

地 球

地 球 概 述

【地球】人类居住的星球，太阳系的九大行星之一。地球与太阳间的平均距离为 1.496×10^8 公里（即一个天文单位）。地球绕地轴自转，又绕太阳公转，还随太阳系在星际空间运行。地球自转的周期为 23 时 56 分 04.1 秒（一恒星日），自转速度为 0.465 公里/秒；公转周期为 365 日 6 时 9 分 10 秒（一恒星年），公转速度为 29.79 公里/秒。据国际大地测量和地球物理联合会 1980 年公布地球形状的主要数据为：

赤道半径 6378.137km

两极半径 6356.752km

平均半径 6371.012km

扁率 $1/298.257$

赤道周长 40075.7km

子午线周长 40008.08km

表面积 $5.1010 \times 10^8 \text{km}^2$

体积 $10832 \times 10^8 \text{km}^3$

平均密度 5.518g/cm^3

大地水准面和扁球面

实线为大地水准面虚线为理想球面

(比例尺已夸大)

地球的形状为扁率不大的三轴椭球体(地球椭球体),赤道突出,两极稍扁。过去曾将地球视为扁椭球体,但根据人造地球卫星测定,地球的形状不同于一般的扁椭球体,而更接近梨形,故称地球梨状体。其南半球比理想椭球体表面偏低,内凹约 30 米,北半球略向外凸起,伸长约 10 米,中纬度南半球突出、北半球收进约 7.5 米。地球赤道面呈椭圆形,其长轴指向东经 160° 、西经 20° ,长轴比短轴长 430 米。

地球具层圈构造，其固体部分可分为地壳、地幔、地核；外部有水圈、大气圈和生物圈。地球表面 70.8% ($3.61 \times 10^8 \text{km}^2$) 被海洋覆盖，陆地只占 29.2% ($1.49 \times 10^8 \text{km}^2$)，而且大陆和大洋在地表的分布也是不均匀的，65% 的陆地集中在北半球，因而北半球有陆半球之称，南半球陆地面积较少，有水半球之称。

地球的物理性质 固体地球内部具有的密度、压力、重力、地磁、弹性、地热等性质。通过对上述地球物理性质的研究，可推测地球内部物质成分、温度、压力的状态及变化规律，是了解和划分地球内部圈层构造的主要手段和找矿的重要手段。

地球的化学成分 地球各部分所含化学元素的种类和数量各不相同。地球深部的化学成分目前只能根据地球物理性质和陨石等方面的资料推算得知。地球表层的化学成分则是通过对岩石、矿石的化学分析求得的。根据近百年的研究，现知组成地壳的元素约有 92 种，这些元素在地壳中的平均含量和空间分布都是很不均匀的，氧、硅、铝、铁、钙、钠、钾、镁 8 种元素即占地壳总重量的 97—99% 以上，而其余 80 多种元素只占 1—3%，其中包括很有用的金属元素铜、铅、锌等。但地质作用可使某些元素发生分散或富集，所以在一些地区某些元素可相对集中，以至成为矿产。

地球的外部圈层 固体地球外部，有由大气圈、水圈和生物圈组成的圈层。大气圈是地球最外面的一个圈层，位于星际空间和地球之间，没有明显界面，赤道上方 4200km 高处仍有大气存在的迹象，地下 3km 也常有少量空气存在。大气圈主要由氮、氧、二氧化碳、水蒸气及惰性气体组成，总质量约 $5.6 \times 10^{18} \text{kg}$ ；水圈是由地球表层水体构成的连续圈层，水圈的存在，是地球与太阳系其他行星的主要区别之一，估计水圈的质量约 1.5×10^9 亿吨，其

中海洋中的水约占 96.54%，大陆表层的河、湖、冰雪及地下水约占 3.461%，大气圈中的水蒸气约占 0.001%；生物圈是由生物及其生命活动的地带所构成的连续圈层。生物主要生活在陆地的表面和水体的上层，但在地下 100m 的岩石空隙、4000m 深海底及 7—8km 的高空都发现有生物存在的迹象。生物圈中生物和有机体的总量约 11.4×10^{12} 吨。生物及其生命活动对地球表层的演变起着重要的作用，例如生物的新陈代谢不但可以影响大气圈成分的变化、造成地表岩石的破坏，还可促使某些分散元素富集并在适当条件下形成有用的矿产，如铁、磷、煤、石油等。大气圈、水圈、生物圈之间及其与固体地球之间都没有明显的界面，相互重迭，而且在运动中亦相互影响，是改造地表面貌的重要动力。

地球的内部圈层 由地壳、地幔、地核组成的固体地球的圈层构造。有关地球内部圈层的划分及其物理特性，主要借助于地震波研究的成果。地震波在地球内部传播的速度总体上是随深度递增的，但出现两个明显的波速不连续界面。第一个界面位于地表以下 5—70km 深处，在大陆部分平均深 33km，最深可达 70km 以上；大洋区较浅，平均为 17—10km，有些地区小于 5km，最浅处不足 0.5km。在界面附近，纵波速度由 7.6km/s 突增至 8.1km/s，横波速度由 4.2km/s 增至 4.6km/s。此界面是南斯拉夫学者莫霍洛维奇 1909 年发现的，故称为莫霍洛维奇不连续面，简称为莫霍面。另一明显界面位于 2885km 深处，是美国学者古登堡 1914 年发现的，命名为古登堡不连续面。界面附近纵波速度由 13.64km/s 变为 7.98km/s，横波速度由 7.23km/s 突然消失。根据不连续界面，地球内部可划分为地壳、地幔和地核三个主要圈层。根据次一级界面，地幔还可进一步划分为上地幔和下地幔，地核划分为外地核、过渡层和内地核。在上地幔上部（60—250km）

还存在一个地震波波速降低的地带，称为低速带，按波速变化特征推断，低速带的物质状态应是塑性较强的物质，因此又称为软流圈。软流圈以上的上地幔与地壳合称为岩石圈，是由岩石组成的地球表层的固体薄壳。

地球内部圈层示意图

【大地水准面】由平均海平面构成的并延伸通过陆地的封团曲面，面上各点的重力位相等。通常所谓地球的形状，就是指大地水准面所圈闭的形状。

【地轴】通过地心和地球两极的假想线。地球绕地轴自转，故又称地球自转轴。通过地心并与地轴垂直的平面称赤道面。地球绕太阳公转的轨道面称黄道面。赤道面与黄道面的交角为 $23^{\circ}26'33''.59$ ，称黄赤交角。

【地极】地球自转轴与地球表面相交的点。在南半球的称南极，北半球的称北极，南、北极分别代表地球的最南点和最北点，是地面正北和正南方向的标志，经线在此两点相交。地极在地球表面的位置经常有轻微的移动，称极移。

【地壳】固体地球最外面的一个圈层。为一相对很薄的由各种岩石组成的固体硬壳，多以莫霍洛维奇不连续界面（莫霍面）作为地壳的下界面。地壳的厚度约在 5—70 公里之间，其中大陆地区厚度较大，平均约 33 公里，喜马拉雅山一带超过 70 公里；大洋地区厚度较小，平均约 8 公里，总体的平均厚度约为地球半径的 $1/400$ ，地壳的体积约占地球总体积的 1.55% ，总质量的 0.8% 。组成地壳物质的密度一般为 $2.6—2.9\text{g/cm}^3$ ，其上部密度较小，向下部密度增大。地壳的横向变化明显，按其物质组成、结构、构造及演化特征，可分为大陆地壳（陆壳）和大洋地壳（洋壳）两种主要类型。

大陆地壳 位于大陆、大陆架和大陆坡部分的地壳，简称陆壳。陆壳的平均厚度约 33 公里，但各地并不一致，如中国华南地区为 32 公里，昆明附近 53 公里，喜马拉雅山一带则超过 70 公里。组成陆壳的物质成分相当于中—酸性岩，平均密度约 $2.7—2.8\text{g/cm}^3$ ，陆壳内的岩石大多发生了不同程度的形变（褶皱、断裂），说明陆壳有漫长的演化历史，据岩石测年资料，38 亿年前，在地球形成的早期便已开始形成。关于陆壳内部的结构，尚未取得一致的认识，通常认为具有双层结构：其上部为硅铝层（花岗岩层），下部为硅镁层（玄武岩层）。但亦有人提出三层结构。

地壳结构示意图

大洋地壳 大陆坡以外大洋地区的地壳，简称洋壳。洋壳的厚度较薄，一般 5—10 公里，但在一些洋隆或海山地区可达 10 公里以上。洋壳的结构比较一致，从上到下可分为三层：最上层为未固结的沉积物，厚 0—2 公里；中间层主要由玄武岩组成，玄武岩常具枕状构造，厚度 0.5—2.0 公里不等，密度 $2.55\text{—}2.65\text{g/cm}^3$ ；最下层的物质成分一般认为是已变质的玄武岩或辉长岩，密度 $2.86\text{—}3.0\text{g/cm}^3$ ，厚 3—5 公里。组成洋壳岩石的年代一般较新，大多为一亿年以来形成的。洋壳内部岩层变形程度较弱，也说明洋壳形成的年代较新。

【地幔】 地球内莫霍面以下至古登堡面（2885 公里）以上的部分。其体积占地球的 82.3%，质量占 67.8%，是地球的主体部分，它主要由固态物质组成。根据地震波速的变化，以 650 公里为界，地幔可分为上地幔和下地幔两个次级圈层。上地幔的平均密度为 3.5g/cm^3 ，物质成分可能与石陨石相当，它们是由含铁、镁多的硅酸盐矿物（辉石、橄榄石）组成的，与超基性岩类似。其组成比例大约是橄榄石占 46%；辉石占 25%；斜长石占 11%；铁—镍合金占 12%。后来发现，在上地幔上部从深约 60 至 250 公里范围内，存在一个不连续的低速带（层），该带地震波的传播速度明显

降低，根据地震波速度变化特点推断，低速带的岩石有较大的塑性，故又称为软流圈（层）。按地热增温率推算，软流层的温度可达 700—1300℃，已接近超基性岩的熔点，部分熔融或软化，可能这就是使波速降低的原因。由于软流圈的物质已接近熔融的临界状态，因此是岩浆的重要发源地。软流层以上的上地幔又称盖层，盖层与地壳合称为岩石圈，组成地球的固体薄壳。上地幔下部（350—650km），地震波速和密度都随之增高。下地幔（650—2885km）的地震波速平缓增加，密度已达 $5.1\text{g}/\text{cm}^3$ 。一般认为其化学成分与上地幔相似，密度的增加可以用物质在高压下被压缩来解释。当然也可能是因为铁含量增加所致。

软流圈位于岩石圈之下，软流圈的温度高、塑性大、易于移动，这对解释构造运动、板块移动和极移等现象都有重要意义。

【岩石圈】由各种岩石组成的地球表层的固体薄壳，包括地壳的全部和上地幔的上部，厚约 60—120km。岩石圈之下为软流圈。

【地核】地球内自古登堡面到地心的部分。根据地震波波速的变化，地核可分为三层：由 2885—4170 公里是地核的外层，称外核；4170—5155 公里称过渡层；5155 公里至地心为地核的内核。地核的体积占地球的 16.2%，质量却占地球质量的 31.3%。地核的密度可达 $9.98—12.51\text{g}/\text{cm}^3$ （与铁陨石相似）。根据横波不能通过和纵波大幅度衰减的事实，推断外核的物质呈液态。过渡层中波速的变化很复杂，可重新测得横波，表明它已向固态过渡。内核又能测得横波和纵波，并发现纵波进入内核时可转化为横波，在穿出内核时又转化为纵波的现象，证实内核为固态物质。关于地核的物质成分及状态，目前认识尚不一致，有人根据地核的密度与

铁陨石相似的特点，推论地核主要由铁镍组成，称铁镍核心，地磁场特征亦是旁证。另有人认为其成分与地幔相似，主要是物质状态不同。根据冲击波实验，表明地核的物质组成除铁、镍外，还应包括少量轻元素，如硅、硫等。

【地球的重力场】地球的表面及其周围重力作用的空间。其中任意一点既受地球质量的引力作用也受地球自转离心力的作用，它们的合力就是重力。因为重力所作的功与路径无关，所以具有位场的性质，可以通过一个标量来描述，即重力位。重力位相等的面称为等位面。重力的方向与等位面垂直。如果将地球看成是理想的旋转椭球体，相应的重力场称为正常重力场。地球上任一点重力场与正常场之间的差异称为重力异常场。地球质量分布不均匀是引起重力异常的原因。正常的重力等位面是椭球面，也就是水准面。其中与平均海平面重合的面就是大地水准面。因此，重力场的研究与大地测量学的关系非常密切，从中可以求得平均地球椭球的形状，并建立水准网。在空间科学中可根据重力场校正空间飞行器的轨道。研究重力异常与矿产分布之间的关系可以用于矿产勘查。

【地磁场】从地心直至地球周围上万公里高空的广大区域内都存在磁场，称为地磁场。它的强度在类地行星中是最大的。两磁极处约 0.6 高斯，赤道上为 0.3—0.4 高斯。它大致可看成是一个偶极场，地磁轴与地球自转轴有 11° 多的交角，1970 年，地磁北极位于北纬 78.6° ，西经 70.1° 处。地磁场主要来源于地球内部，有比较复杂的变化。它的强度存在着长期的和许多不规则的变化，方向也不断变动，近一时期地磁北极的纬度每年增加 0.004° ，经度

(西经) 每年增加

0.007° 。地磁场是空间矢量场,需要用三个独立分量来描述,称为地磁要素。地磁场的单位用特拉斯 (T),或纳特拉斯 (简称纳特) (nT) 来表示。一纳特为 10^{-5} 高斯。地磁场分为基本磁场和变化磁场两部分。基本磁场具有相对稳定的特征。为研究方便地磁要素可以采用不同的表示方法,它们之间可以通过一定关系相互换算。若 O 为观测点,OX 为正北方位取一个直角坐标系。地磁场可表示为 X、Y、Z 三个分量, X 指地理正北、Y 指正东、Z 垂直指向下。若在 O 点地磁场的总强度 $\vec{T}$ 、水平分量 ($\vec{H}$) 与正北方位间的夹角称磁偏角 (D)。水平分量与总场强之间夹角称磁倾角 (I)。X、Y、Z、 $\vec{T}$ 、 $\vec{H}$ 、D、I 这七个量通称为地磁要素。

【地电场】天然存在于地球中的电场。其中一类具区域性乃至全球分布特征,称为大地电流场,一类仅具局部性分布特征,称为自然电场。大地电流场的谐波成分几乎可以和地球变化磁场成分相对应,被认为是由地磁场所激发的感应电场。在磁暴时大地电流场强度很大,有时可以引起通讯暂时中断。大地电流强度变化很大,与纬度和地质构造有关。一般高纬度区大于中低纬度区,高阻基岩隆起区大于凹陷区。它还与季节和当地时间,即日、地相对位置有关。一般夏季大于冬季,白日大于黑夜。大地电流场是矢量,以矢端轨迹形状可分为线性和非线性极化两类。观测大地电流场分布可用于研究地质构造,称为大地电流勘探法。同时观测相应磁场的勘探方法称为大地电磁法,是地球电磁感应法中的一种。自然电场一般与地下存在某种类型的矿体和地下水活动有关。利用自然电场找矿的方法称为自然电场法。

【地热】地球内部的热能。许多现象表明地球是一个巨大的热库，估计地球表面每年通过热传导辐射到空间的热量达 $2 \times 10^{20} \times 4.1840\text{J}$ ，相当于现代人类消耗的总能量 10 倍以上。地球内部总热量估计为地球全部煤炭储量的 1.7×10^8 倍。一般认为地内热能的来源主要是由地内放射性物质蜕变产生的热能，其次是重力能、地球的旋转能等等。

【地热增温率】在常温层以下，地球的温度随深度的增加而增加，通常把每向下加深 100 米所升高的温度称为地热增温率，又称地温梯度。地球的平均地温梯度为 3°C ，但由于地质条件的差异，世界各地的地温梯度不尽相同。据实测，海底的平均地温梯度为 $4^\circ\text{—}8^\circ\text{C}$ ，大陆为 $0.9^\circ\text{—}5^\circ\text{C}$ 。大陆地区也不完全一致，如华北平原约 $1\text{—}2^\circ\text{C}$ ，大庆油田为 5°C ，西藏羊八井在距地表 65 米深处温度高达 165°C 。这些明显高于平均地热增温率 ($3^\circ\text{C}/100\text{m}$) 的地区，称地热异常区。若能引出可供发电或工农业生产及生活用的热水，就成为人类可利用的能源。上述地温梯度都是根据浅层地壳实测资料计算的平均值，不适用于推算整个地球内部温度的变化。据地球物理资料估算，在地下 30 公里深度的地温大约为 $400^\circ\text{—}1000^\circ\text{C}$ ，100 公里约为 1300°C ，300 公里约为 $1800^\circ\text{—}3000^\circ\text{C}$ ，2885 公里约为 $2850^\circ\text{—}4000^\circ\text{C}$ ，地心的温度估计在 $4000^\circ\text{—}6000^\circ\text{C}$ 左右。地热增温率（地温梯度）的倒数，即在常温层以下，每增加 1°C 所需增加的深度叫地热增温级。

【大地热流】从地球内部向地表传播的热量，传播量可以用大地热量表示，常用单位是微卡/厘米²·秒 (HFU)。在陆地上可以通过在钻孔中测量温度的垂直梯度和岩石导热率求取。世界上最深的

钻孔只不过十多公里，因此人们所能了解的范围极其有限。在海洋上也可在海底测量。根据对现有资料分析发现大陆和海洋地区大地热流量相差并不大。大地热流量与地壳运动、构造单元等地质因素之间有明显关系。洋脊处热流量最高，向海沟逐渐降低。在现代构造运动强烈地区热流量高，古老稳定的构造单元上热流量低。因此也可以根据某地区的构造单元的地质发展史反推该地的大地热流量。此外，大地热流量与岩石圈厚度也有密切关系。根据热流量求得温度变化曲线从而可求得上地幔开始熔融的深度。由于岩石熔融及电导率大幅度降低、地震波速度也发生明显变化，大地热流量和这些资料相结合对研究岩石圈构造很有意义。

【元素丰度】元素在宇宙体、地球及其地质体中的平均含量。通常用重量百分数（%），ppm（百万分之一）表示。有关太阳系、地球及地球各圈层的丰度，许多地球化学研究者作了大量工作，但由于各家研究方法不同，至今尚未定论，需继续深入研究。尽管如此，各个体系中元素丰度具一些共同规律：同一体系及不同体系间元素丰度相差悬殊，如地壳中丰度最大元素氧（47%）是最小元素氢（ 7×10^{-16} ）的 10^{17} 倍；元素丰度随原子序数增大而减少；原子序数为偶数的元素丰度大于相邻奇数元素的。地球中元素的丰度取决于原子核结构的稳定性，也受地球形成前、地球形成时以及地球存在时期物质演化和分异的影响。研究元素丰度是地球化学的一项基础工作。

【克拉克值】元素在地壳中的丰度。是为表彰地球化学家克拉克在研究地壳平均化学成分方面的功绩而以其名命名的。地壳元素丰度是地球化学最早从事的一项研究，一直受到世界许多地球化学

家的重视。已经发表了许多著者的元素克拉克值，使用最多的是克拉克和华盛顿（1924）、维诺格拉多夫（1962）、泰勒（1964）、黎彤（1976）等发表的数据。各家在确立地壳丰度时，采用的地壳概念、深度、物质组成、计算方法不尽相同。最早获得较完整的地壳丰度的克拉克以广义的地壳为对象，地壳厚度 16 公里将岩石圈、水圈、大气圈的质量比值分别定为 93%、6.97%、0.03%，通过分析岩石、土壤、水、大气中元素含量进行质量加权平均而得的。而罗诺夫则将整个地壳分成大陆、次大陆、大洋三种类型，得出这三种类型的面积和平均厚度以及分别计算出各类型地壳的平均化学成分后，加权平均而得。尽管各家计算方法不同，但所得的氧、硅、铝、铁、钙、镁、钠、钾主要元素的克拉克值十分相近，只是少数含量极低、分布不均匀的微量元素的克拉克值分歧较大。地壳丰度是各类丰度研究中最完整精确的，随着对地壳精细结构了解的不断提高，克拉克值会更近于真实。元素克拉克值确定着地壳中各种地球化学过程的总背景。在某种程度上影响着元素参加地球化学作用的浓度，支配着元素的地球化学行为。

【元素在地球中的分布分配】分布指元素在地球及其各圈层、各种地质体中整体的含量和状态；而分配则指元素在地球及地质体内部各个部分中的含量和状态。元素在地壳中的分布就是在地球中分配的具体表现，而元素在各类岩石中的分布则又是在地壳中分配的表现。分布和分配既有联系又有区别，是两个相对的概念，取决于研究体系的层次，二者常通用，其实质指元素在空间上表现出的含量变化特征。地壳中各类岩石中元素的含量及分配规律已有详细研究，具体可参阅沉积岩、岩浆岩、变质岩元素丰度。元素在地质体中的分布分配受元素自身的化学性质和体系物理化学

条件的影响，周期表中化学性质相似的元素具相近的分配特征。

【元素的地球化学分类】在元素周期表的基础上结合元素的地球化学性质作出的分类。它反映了元素在地质作用中的活动规律及与其它元素组合的情况。由于各家依据的重点不同，有关元素地球化学分类方案较多。目前最常用的有戈尔德施密特和查瓦里茨基分类。戈氏的分类是根据元素的原子结构及其在地圈中的分布规律将元素分为五个地球化学组：(1) 亲气元素：氢、氦、氟、氡、氯、溴、碘、氮原子最外层具 8 个电子，原子容积大，具挥发性，主要分布在大气圈。(2) 亲石元素：锂、钠、钾、镁、钙、等 I、II、III、IV、V 主族元素和氧、氟、氯。离子的最外层具 8 电子 (S^2P^6) 惰性气体型的稳定结构，与氧亲合力强。(3) 亲铜元素：铜、银、金、锌、镉、汞等离子最外电子层具 18 电子 ($s^2p^6d^{10}$) 铜型结构的元素，与硫的亲合力强，易熔于硫化铁熔体，主要分布于硫化物—氧化物过渡圈。(4) 亲铁元素：铁、钴、镍等离子最外层具 8—18 过渡型结构的元素，与氧和硫的亲合力均弱，集中于铁—镍核。(5) 亲生物元素：碳、氮、氢、氧、磷等，在生物圈内富集。需要提出的是，戈尔德施密特分类中，同一元素可以归属于不同类，如铁既可归于亲铁元素类，也可属于亲铜元素。查瓦里茨基将周期表中元素划分为十二族，更详细地反映了地壳中元素自然组合等地球化学性质。

【元素的赋存状态】元素在其迁移历史的某个阶段所处的物理化学状态及与其他元素的共生关系。简单地说就是元素在地质体中的产出形式。也称元素的存在形式。地壳中元素的主要赋存形式有：
(1) **独立矿物：**元素在用肉眼或光学显微镜下能进行研究的矿物

(通常粒径大于 0.001 毫米)晶格中以主要成分存在,是地球固相体系主要的元素存在形式。如石英中的硅。(2)类质同象(或称结构混入物):参加到主元素的矿物晶格中,在某些位置代替主元素的元素。地壳中大多数微量元素和所谓的稀有分散元素(铷、铯、镓、锗、钪)主要以造岩元素的类质同象混入物形式存在。(3)超显微非结构混入物(超显微包裹体):一种颗粒小于 0.001 毫米的极细的混入主矿物中但不占据主矿物晶格位置的独立化合物。如火成岩中的微细硫化物。(4)吸附状态:元素以离子或化合物分子形式被胶体、矿物晶面、解理面等所吸附,为一种非独立化合物形式。(5)有机质:亲生物元素的主要赋存形式。研究元素的赋存形式在追踪元素的迁移历史,探索地球化学作用条件,确定矿产合理选冶工艺,环境污染防治等工作中有重要意义。

【元素的迁移】元素由于地球化学性质不同,随地球物质的不断运动和体系条件的改变而不断结合、分离、集中、分散的活动。又称元素的运移。元素的迁移活动空间上表现为元素发生从一地到另一地的位移,时间上包括元素的活化、搬运、沉淀的整个过程,结合状态可从一种存在形式转变为另一种存在形式。元素迁移寓于各种地质作用之中。例热液成矿作用过程中,成分与围岩不同的热液淋滤活化出途径岩石中某些元素,并随热液运移到构造裂隙中沉淀富集成矿床,这种热液活动实则为元素迁移。

地 震

【地震】由于某种原因引起地球、特别是地壳的快速颤动，俗称地动，包括天然地震和人工地震两种类型，通常所说的地震是指天然地震。地震是现代构造运动的一种表现形式，也是一种极为常见的自然现象。据统计，全球每年平均发生地震约 500 万次，但绝大多数只有借助灵敏的地震仪才能观测得到，人们能够感觉到的约有 5 万次，而造成严重破坏的仅约 20 次。引起地震的原因是多方面的，一般认为其直接原因是岩石圈的某部分岩石受力破裂，释放的能量部分以弹性波的形式向四周传播，便引起大地的震动，这种原因引起的地震称为构造地震，世界上绝大多数地震，特别是破坏性地震都为构造地震。另外，火山活动、岩层大规模陷落、水库蓄水等原因亦可引起地震，分别称为火山地震、陷落地震、水库地震。大地震常给人类带来巨大的破坏。地震的能量大小和破坏程度分别用震级和地震烈度表示。迄今为止，世界上记录到的最大地震是 1960 年 5 月 22 日智利发生的 8.9 级地震，中国自有记载以来发生等于或大于 8 级以上的地震共有 16 次。通过对地震的研究，不仅可以了解地球的内部结构，对防震、减灾也具有重要的现实意义。

【地震成因】即形成地震的原因。地震可以有多种成因，如构造运动、火山活动、塌陷、山崩、水库蓄水、深井注水、爆炸等。因

此按成因可将地震划分为构造地震、火山地震、陷落地震、诱发地震等几种类型。构造地震是由构造运动引起的地震，这类地震约占地震总数的 90%，而且大地震都是构造地震，其破坏性大，是地震研究的主要对象，但到目前为止，构造运动引起地震的详细过程仍不很清楚，处于假说阶段。关于构造地震成因的理论，最主要的有：断层说、岩浆说、相变说等。火山地震是由于火山活动时岩浆的冲击或热应力作用形成的地震，约占地震总数的 7%，且多为浅源地震，并常限于火山活动地带，影响范围小。陷落地震是由于岩层大规模陷落、崩塌引起的地震，只占地震总数的 3%，震级小，这类地震多发生在石灰岩或其他易溶岩石地区。诱发地震，是由于人为因素激发产生的地震，如水库地震、注水地震、抽水地震、爆炸激发地震等，随着人类工程活动量的急剧增大，诱发地震的数量不断增多。

【构造地震】由构造运动所引起的地震。这种地震约占地震总数的 90%，世界上绝大多数地震，特别是大地震，均属此类。其特点是活动频繁，延续时间较长，影响范围最广，破坏性最大，因此，是地震研究的主要对象。构造地震的成因和震源机制研究是地震理论中最核心的问题。关于构造地震的成因理论，最主要的有断层说、岩浆说和相变说等。

【火山地震】由火山活动引起的地震。火山在其活动过程中，岩浆冲破围岩引起震动。这类地震可产生在火山喷发的前夕，亦可在火山喷发的同时。火山地震为数不多，只占地震总数的 7%。其特点是震源常限于火山活动地带，一般深度不超过 10 公里的浅源地震，震级较大，多属于没有主震的地震群型，影响范围小。

【陷落地震】由于岩层大规模崩塌或陷落而引起的地震。这种地震为数很少，只占地震总数的3%左右，一般震级较小，影响范围不大。地震能量主要来自重力作用。主要发生在石灰岩或其它易溶岩石地区，由于地下溶洞不断扩大，洞顶崩塌，引起震动。矿洞塌陷或大规模山崩、滑坡等亦可导致这类地震发生。

【诱发地震】由于人为因素激发引起的地震。如深井注水、地下核爆炸、水库蓄水等都可诱发一系列地震。水库蓄水引起的地震称水库地震，主要是因为水库蓄水后，水体的静压力以及水代润滑剂作用，增加了岩层断层的活动性，当其活动时，便形成地震。人工爆炸诱发地震是由于爆炸时产生的压力脉冲使原有断层滑动而产生的。

【海震】发生于海底、大洋底、海沟边缘等地的地震。海震是由于海洋底部的岩层破裂或位移引起的。海震常可形成拥有巨大波动能量的海浪（长浪），当长浪传播到浅海或岸边时，由于波动能量的集中，便可形成汹涌澎湃的海啸。由于海水不能传播横波，因此海震时在海面上感受到仅是纵波的冲击，当冲击力量大到一定程度时，船上的人有触礁的感觉。

【海啸】由海震、海底火山爆发等原因引起海水的长周期波动，因海水激荡上涌时形成惊涛恶浪，声如虎啸，故称海啸。海震引起的海啸又称津浪，其周期由数分钟至数十分钟不等，波长一般可达100—1000km，因此又称长浪。在开阔的大洋中，由于波长很长，波高不大（仅1—2m），这种波浪并不汹涌，但传播到接近海

岸地带，由于水深逐渐变浅，海底阻力加大，波浪变形，波高急剧增大（可达 10 余米），便形成巨浪冲向陆地。因能量集中，常造成严重的灾害。如 1960 年智利 8.9 级地震产生的长波，传至夏威夷推起百米高的浪墙，将沿岸建筑物荡涤一空，随后又传至日本，最大浪高 6.5m，将岸边的渔船抛上陆地。强大的低气流通过洋面时产生海啸，称风暴海啸。

【古地震】人类历史记载以前所发生的地震。广义，古地震应包括整个地质历史时期中所发生的地震，但因向前追溯的历史越长，与现今地震活动的关系越小，所以更有现实意义的是第四纪以来，特别是全新世以来所发生的地震。因此也有人将古地震理解为第四纪以来发生的史前地震。由于世界各地人类历史记载长短不一，在时间上有很大的不固定性，“古地震”一词的含义还不十分明确。对古地震的研究，主要通过研究地质历史时期中与地震有关的各种地质现象，来确定古地震大体震中位置、震中烈度、震级以及发震的时间等，从而为研究某一地区的地震分布规律、活动周期、烈度区划、地震形成的地质条件等提供重要依据。世界各主要地震国家均开展了古地震研究，如美国的地震记录仅有 200 年历史，通过古地震研究，在加州圣安德列斯断裂的帕列溪段发现了 8 次古地震事件，将地震记录时间追溯至公元 6 世纪。

【地震波】地球内部岩石破裂时所产生的波动。构造运动使地球某些地带应力集中，当其超过岩石的强度时，岩石突然破裂、错动，释放出贮存的能量，并以弹性波的形式向四周辐射传播，引起地球或地壳的快速颤动，即为地震。因此这种波动称地震波。火山喷发、岩层陷落、人工爆炸等亦可产生地震波。地震波在地球内

部的传播路径,由于受物质性质的影响,是一条很复杂的曲线,到达地面的地震波便可被地震仪接受,其震波曲线称地震波谱,依此便可推算发震时间、震级、震源深度及震中位置。从震源区发射出来的地震波,主要有纵波和横波,当它们辐射到地面时,还会激发出沿地球表面传播的面波。纵波又称疏密波,其特征是振幅小、周期短、传播速度较快,在地壳中平均速度为每秒 5—6km。横波又称剪切波,其特征是质点振动方向和震波射线方向垂直,其振幅较大、周期较长、传播速度较慢,在地壳中平均速度每秒约 3—4km。面波又有两种传播方式,一种似水波浪,其质点作垂直于地面的椭圆运动,另一种是质点在地平面内作垂直于传播方向的运动。面波的传播速度最慢,但其周期最长、振幅最大,因此,是地震引起地面破坏的主要力量。

【震源】地震时,地下深处首先发出地震波的地区,它是地震能量积聚和释放的地方。因此,震源具有一定空间范围,称为震源区。震源在地球表面上的垂直投影,叫震中。人为因素引起的地震的震源称人工震源。

【震源深度】从震中到震源的距离,即震源到地面的垂直距离。按震源深度地震可分为浅源、中源和深源三种类型。浅源地震(0—70km),分布最广,约占地震总数 72.5%,其中又以小于 30km 者为数最多;中源地震(70—300km),占地震总数 23.5%;深源地震(300—700km)较少,只占地震总数 4%,已知的最大震源深度可达 720km。震源愈深的地震,对地面的影响范围愈大,而破坏力愈小。

震源、震中、震中距等震线示意图

【震中】震源在地面上垂直投影位置。震中也有一定范围，称为震中区，震中区是地震破坏最强的地区。从震中到任一地震台（站）的地面距离，称震中距。确定震中位置一般有两种方法：一是震后调查，将破坏最厉害的地方定为震中，称宏观震中；另一是根据地震仪测定的震源在地面上的投影，称微观震中。由于震源区的物理状态和地震区地质条件等因素的影响，地面上破坏最大的地点不一定正好位于震源的正上方，因而宏观震中不一定与微观震中重合。

【震中距】震中到观测点的地球球面距离（ Δ ）。可用长度（km）或地心张角度来表示， 1° 约 110km。根据震中到观测点的距离，地震可分为地方震（ $\Delta \leq 100\text{km}$ ）、近震（ $100\text{km} \leq \Delta \leq 1000\text{km}$ ）和远震（ $\Delta > 1000\text{km}$ ）。

【震级】地震释放弹性波能量大小的等级，是衡量地震强度的一种尺度。震级是根据地震仪记录到的震波曲线的最大振幅经计算求得的，迄今所记录到的最大震级为 8.9 级，最小—3 级。一般将小于 2 级的地震称微震，2—4 级的称有感地震，5—6 级的称强震，7 级以上的称为大震。一次地震只有一个震级，震级越大，表示从震源区释放出的弹性波能量越大，但两者并不是成简单的比例关系，而是函数关系：震级虽差一级，弹性波能量则相差近 32 倍，例如一个 7 级地震释放出的弹性波能量 (2×10^{15} 焦耳) 约相当于 32 个 6 级地震或 1000 个 5 级地震所释放的弹性波能量。

【地震烈度】地震对地球表面及建筑物影响或破坏的程度，也是衡量地震强度的方法之一。地震烈度大小主要是根据人对地震的感觉，器具、建筑物、地形等受地震影响或破坏的程度来确定的。国际上比较通用的是将地震烈度分为 12 度。I 度，人无感觉；XI 度，建筑物全面破坏，地形大规模变形。地震烈度与震级有内在联系，按理震级越大，烈度越高，但由于震源深度的影响，深源地震的烈度较低。地震烈度与震中距亦有直接关系，震中距越大，烈度越小，因此同一次地震可有不同等级的地震烈度，一般震中区的烈度最高，破坏最严重，因此震中区又称极震区。另外，地质构造、地基性质、建筑物结构等对地震烈度亦有很大影响，因此会在低（或高）烈度区内出现高（或低）的烈度区，称烈度异常区。一次地震烈度相等地点的连线称等震线。

唐山地震烈度图

【等震线】同一次地震中，烈度相等各点的连线或不同烈度区的分界线。等震线通常为封闭曲线，环绕震中大致呈同心圈状分布，震中区烈度最高，向四周逐渐降低，震中区长轴的方向一般代表发震断层走向，等震线之间的距离与震级及震源深度有关，一般震源深度越大、间距越大。等震线是在地震发生后通过宏观调查作出的，标绘等震线的图件称等震线图。根据等震线的形态等资料可确定宏观震中位置；估算震级、震源深度、发震断层走向等等。

【地震带】地震集中分布的地带。地震、特别是大地震的震中明显成带状分布，反映了地震分布的成带性。全球性的地震带有四个：(1) 环太平洋地震带，地震活动频繁，约占全球 80% 的浅源地震、90% 的中源地震、几乎 100% 的深源地震，地震释放的能量约占全球的 76%，是最强烈的地震活动带；(2) 阿尔卑斯—印尼地震带，该带的地震较分散，基本上都为浅源地震，地震释放的总能量约占全球的 22%，为第二大地震带；(3) 大洋中脊地震带，基本上全为浅源地震，主要分布在中央裂谷附近及转换断层错断的洋中

脊处；(4)大陆裂谷地震带，主要沿东非裂谷及红海、亚丁湾、死海裂谷系分布，均为浅源地震。上述地震带都位于板块的接合部位，是构造活动很强烈的地带。中国正好处于环太平洋及阿尔卑斯—印尼两大地震带之间，是个多地震的国家。中国地震的震中亦呈带状分布，如台湾、东南沿海地震带、西藏—滇西地震带，南北（中枢）地震带、华北地震带等。

【地震预报】对未来地震的发震地点、发震时间和震级进行的预测。现一般认为，浅源构造地震是由于地壳中的岩石长期受力、变形、破裂并以弹性波的形式释放应变能，引起地壳震动。当岩石濒临破裂前，常会产生很多与之相关的现象，称地震前兆，预示地震将要到来。因此通过对地震演变规律的研究和地震前兆的观测，预报地震是有可能实现的。预报地震的方法大体有三种：地震地质法、地震统计法、地震前兆法，但三者必须相互结合、相互补充，才能取得较好的效果。地震预报又分为长期预报（十几年至百年左右可能发生的地震）、中期预报（几个月至几年可能发生的地震）、短期预报（几天至几个月可能发生的地震）、临震预报（几小时至几天可能发生的地震）。预报地震是人们长期的愿望，但由于地震是在地下发生的，不能直接观察，更由于影响因素十分复杂，因此尚未完全解决，有成功的经验，也有失败的教训。

【震源机制】又称地震机制，是指在震源区地震发生时的力学过程，如地震发动方式、地震成因等。对于构造地震（断层说），震源机制是利用地震波纵波初动方向的分布状况来判断的，包括震源区断层的走向、倾向、倾角、错动方向，断层的传播方向、传播速度，断层面的长度、宽度，错动幅度和产生这种幅度所需的时间

及应力降等。震源机制目前虽还处于推断性解释阶段，但对地震预报及构造带应力分析都很有意义。广义的震源机制除研究地震的发动方式外，还包括震后震源区能量再积累以及地震能量的转移等问题。

【地震活动周期】或称地震的周期性活动，是指地震活动的活跃期和平静期交替出现的特点。一个地区或一个地震带，在地震强烈活动以后，往往需要经过一段相对平静的时期才会再度活动，一般认为这是由于在活跃期中，地震释放了大量能量，需要有足够的时间重新积累能量，当能量足以使岩石变形、破裂，地震活动方能再次活跃。活跃期中的地震，除次数增多外，大地震也增多。两个活跃期之间的时期称平静期。

【地震前兆】一次地震，特别是一次强烈地震发生之前出现的与地震有密切联系的异常现象。例如地应力异常、地形变异常、前震异常、地磁异常、地电异常、地下水异常等等。目前一般认为上述异常是地下岩石濒临破裂之前产生的与之相关的现象，它们预示岩石将要破裂、地震将要到来，因此称为地震前兆。地震前兆是短期地震预报、临震预报的重要依据。但是必需指出，地震并不是产生上述异常现象的唯一原因，可有多种成因，因此在地震预报过程中必需综合分析，相互验证，排除干扰因素的影响，才能取得较好的效果。

【地震仪】观测地震的仪器，用来记录地震时地面质点的位移、运动的速度和加速度。通常使用的地震仪是记录地面质点位移的地震仪，它由拾震器、放大器和记录器三部分组成。地震仪需牢固

安装在地基中。地震时，拾震器的重锤由于惯性力的作用产生与地面振动方向相反的差异运动，运动轨迹经放大后被记录下来，可真实地反映地面的振动状况。地震仪记录下来的震波曲线称地震波谱。从地震波谱可求出发震时间、震级、震源深度和震中位置等。张衡创造的候风地动仪是世界上最早的观测地震的仪器，近代地震仪有了很大的发展，测量地动的振幅从百分之几微米到几厘米、几米，频率从几十赫兹到百分之几赫兹。

【地震序列】发生在同一地质构造带上或同一震源体内具有成因联系的一系列地震的先后次序。在一个地震序列中，如果有一次地震特别大，即称为主震。主震之前发生的地震称前震，主震以后发生的地震称余震。按照地震序列中地震能量的分布、大小地震的比例和地震的时间、空间活动特点等，中国强震序列一般划分为主震型、震群型和单发型（孤立型）三个基本类型。

【震中迁移】又称地震迁移。指强震按一定的时间、空间规律有次序地发生的现象。地震迁移的时、空尺度有较大的差别。它可以是沿一条断裂带在十几年内完成的一个迁移过程；也可以是在一个地震带或一个地震区内经几百年才能完成的一个迁移过程；也有人认为地震可沿纬度作更长距离的迁移。地震具有迁移性，是因为地震发生时，原先地应力集中的地点遭到了破坏，不能再进一步蓄积能量，需在新的有利部位（如断层端点）积累应变能，孕育着下一次地震。探讨地震的迁移规律，对预报发震地点是很有意义的。

【人工地震】人类活动直接引起地壳颤动形成的地震。如打桩、爆

破、乃至车辆通行等都可形成人工地震。一般来说，能量愈大的活动引起人工地震的震级愈大，但也受地质条件等因素的影响，一次百万吨级的氢弹在花岗岩中爆炸所产生的地震效应约相当于一个六级地震。人工地震一般不会造成损害，但对要求高度稳定的精密设备，仍有不利的影响。

【地震区划】或称地震区域划分。是指对全国（或某一区域）的不同地区、某一时限内可能遭受到的地震危险程度的划分。通常是用最近若干年内可能发生的最大的地震烈度来表示。地震区划是在地震地质及历史地震研究的基础上进行的，需推测未来地震可能发生的地点、强度及产生的影响，因此是一项战略性的地震预报工作，也有称之为中、长期地震预报的。地震区划对考虑经济建设布局及采取相应的防震、抗震措施都有指导意义。

【地震危险性区划】是在综合分析各地震区、带未来一定时期内（一般为 100 年）地震活动趋势的基础上，结合各区、带内不同强度地震的地质标志，判定各级地震发生的可能地段，圈定各级地震危险区。地震危险性区划是地震地质学的主要研究内容之一。在地震危险性区划的基础上，通过对强震发生的地质构造条件、强震重复特征及强震的填空和迁移特征的分析，结合地震活动期、震级和频度等，确定地震危险地段，圈定出不同震级地震的范围，从而作出地震危险性区划图。为各级各类的工程建设提供依据。

矿 物

【矿物】由地质作用所形成的天然单质（金刚石、自然金等）和化合物（方解石、石英等），具有相对固定的化学成分。除极少数呈气态（如氦）、液态（如自然汞）以及有机物（如琥珀）外，绝大多数均呈固态，固态者具有确定的内部结构。固态矿物绝大多数是结晶质的。来自地球以外的（如陨石和月岩）矿物称为宇宙矿物，它们大多数与地壳中矿物完全相同。由人工方法制成的矿物称为合成矿物，它们可以与天然矿物相同。矿物是组成岩石的基本单元，已知矿物约 3000 种。矿物是极为重要的矿产资源，广泛应用于工农业生产和科学技术等部门。矿物有许多物理特性，如颜色、透明度、延展性等。其他尚有硬度、光泽、断口、解理等。

矿物的颜色 矿物选择性地吸收不同波长的光而产生，或者是反射光或散射光之间发生干涉而导致的色调。根据呈色的原因和矿物本身的关系，可将矿物的颜色分为自色、他色和假色三种。自色是指矿物本身所固有的颜色。如黄铜矿的铜黄色、孔雀石的翠绿色、贵蛋白石的彩色等。自色直接与矿物本身的化学成分内部结构有关，如色素离子引起的。一般来说自色总是比较固定的，在鉴定矿物上具有重要意义。他色是指矿物由于外来带色杂质的机械混入所染成的颜色。如纯净的石英为无色透明，但由于不同杂质的混入，可使石英染成紫色（紫水晶）、玫瑰色（蔷薇石英）、烟灰色（烟水晶）、黑色（墨晶）等。有些他色可以是比较固定的，

如紫水晶的紫色、蔷薇石英的玫瑰色等，也可以作为鉴定矿物的依据。假色是由于某种物理原因（光的内反射、内散射、干涉等）所引起的颜色。假色主要包括晕色、锖色和变彩，它们只对某些矿物具有鉴定意义。

条痕 矿物粉末的痕迹。实质上应称条痕色，因矿物粉末的颜色可消除假色，减弱他色，因而较矿物颗粒的颜色更为固定。条痕对不透明矿物的鉴定很重要。通常以矿物在白色天轴瓷板上擦划而取得。

矿物的比重 指纯净的单矿物的重量，与 4℃ 时同体积的水的重量比。比重的符号为 G 。不同的矿物其比重从小到大变化范围较大，从小于 1（如石蜡、琥珀等）到 23（如铂族矿物）。肉眼鉴定矿物时，通常是凭经验用手掂量，将矿物比重分为三级，小于 2.5 的为轻，2.5—4 的为中等，大于 4 的为重，绝大部分矿物为中等比重。在重砂分析中，比重大于 2.85 的为重矿物，比重小于 2.85 的为轻矿物。矿物的比重决定于晶体结构中质点堆积的紧密程度，另外是组成矿物的元素的原子量。比重是鉴定矿物的特征之一，特别是对于比重大的矿物是重要的鉴定特征，也是矿物重力分离、重力分选、重力探矿和重砂测量找矿工作的依据。

矿物的透明度 矿物允许可见光透过的程度。以 1 厘米厚矿物的透光程度为准，将矿物的透明度分为三级：（1）透明，能容许绝大部分光透过的现象。隔着 1 厘米厚的透明矿物能看见另一侧物体轮廓的细节，如水晶、冰洲石等。（2）半透明，能允许部分光透过的现象。隔着 1 厘米厚的半透明矿物可看见另一侧物体轮廓的阴影，如浅色闪锌矿、辰砂等。（3）不透明，基本上不允许光透过的现象。当隔着不透明矿物的薄片观时，完全看不到另一侧的物体，如石墨、磁铁矿等。

矿物的延展性 当矿物受外力的拉张时能延伸的特性称为延性,在受到外力的碾压或锤击时能展成薄片的性质称为展性。延展性对于自然元素矿物和某些硫化物(如辉铜矿)具有鉴定意义。当用小刀刻划这些矿物时,不产生粉末,而只是留下光亮的刻痕。矿物的延展性随混入杂质的增多而降低。

矿物的压电性 指某些电介质晶体,录受到定向压力或张力的作用时,能激起表面荷电的性质。例如 2-石英晶体,垂直晶体的一个 L^2 切下一块晶片,当平行于该 L^2 的方向对晶片施加压力时,晶片的两个侧面上就出现数量相等而符号相反的电荷;如果以张力代替压力的话,则电荷变号,即原来正电荷的一面变成带负电荷,原来带负电荷的一面则变为带正电荷。如果将具有压电性的晶体置于外电场中时,晶体斜相应地发生伸展或收缩;当外电场为一交变电场时,则晶体将随电场变号而同步地交替发生伸展和收缩,即发生其振动频率与电场频率相同的机械振动。压电晶体的这一特性广泛应用于科学技术上,如用作频率控制的石英谐振器、广泛用于无线电工业等方面。只有属于异极对称型的(即不具对称中心的)电介质晶体才可能具有压电性。

矿物的热电性 某些电介质晶体,受热或冷却时,能激起晶体表面荷电的性质。例如当加热电气石晶体时,在晶体唯一的 L^3 的两端,就出现数量相等符号相反的电荷。只有属于异极对称型(不具对称中心)的电介质晶体才可能具有热电性。热电性可用来确定晶体的真实的对称性。

【光泽】 矿物表面对可见光的反射能力。在肉眼鉴定时矿物的光泽自强而弱分为金属光泽、半金属光泽(二者统称为金属光泽)、金刚光泽和玻璃光泽(后两种统称非金属光泽)。金属光泽指反光极

强，如同平滑（抛光）的金属表面所呈现的光泽，一般为不透明（金属）矿物具金属光泽，如方铅矿、自然金、黄铜矿、黄铁矿等。半金属光泽矿物指反光较强，呈如同一般金属表面那样的光泽，如磁铁矿等。金刚光泽指反射较强，呈如同金刚石那样灿烂耀眼的反光，如金刚石、锡石等。玻璃光泽指反强弱，呈如同玻璃表面那样的反光，如石英、萤石等。光泽的强弱主要取决于它对光的折射和吸收程度的大小。不透明矿物一般对光的折射和吸收都很强，而透明矿物则较弱而只相应呈现金刚光泽和玻璃光泽。由于光泽是指矿物表面对光的反射能力，所以表面的光滑程度必然会影响反射光的强弱。上述四种光泽是指矿物在平坦晶面、解理面或劈理面上所反射的光泽。当矿物表面不平坦或呈集合体时常呈一些特殊的光泽，如油脂光泽和树脂光泽（松脂光泽）、珍珠光泽、丝绢光泽等。油脂光泽是表面象涂了油脂的光泽，如石英、霞石断口上的光泽。树脂光泽（又称松脂光泽）是指一些呈黄、棕或褐色的矿物呈现如同松香般的光泽，如浅色闪锌矿、琥珀等。珍珠光泽指如同蚌壳凹面（珍珠层）上的那种柔和而多彩的光泽，如透石膏、滑石、云母解理面上的光泽。丝绢光泽如同一束蚕丝所反射的那种光泽，在纤维集合体的浅色矿物呈现此种光泽，如石棉、纤维石膏的光泽。光泽是鉴定矿物的重要特征之一，也是评价宝石的质量的重要标准之一。

【硬度】矿物抵抗外力的机械作用的强度。根据机械作用的不同可分为刻划硬度、压入硬度、研磨硬度三类。矿物硬度的肉眼鉴定通常采用摩斯硬度（是一种刻划硬度）。以十种具有不同硬度的矿物作为标准，构成摩斯硬度计，最低的为滑石，然后依次排列为石膏、方解石、萤石、磷灰石、正长石、石英、黄玉、刚玉、金

刚石。其他矿物的硬度是与其相比较来确定的。例如绿柱石能刻划石英，但不能刻划黄玉，而本身却能被黄玉刻伤，所以绿柱石的摩斯硬度即介于 7—8 之间。通常还可以用其他工具帮助测定矿物的硬度，如指甲的硬度约为 2—2.5，铜钥匙的硬度约为 3，小钢刀的硬度约为 5—5.5，窗玻璃的硬度约为 6。测定硬度要选择致密的新鲜矿物，最好是选用单晶体。硬度是鉴定矿物的重要特征之一。高硬度的矿物（如金刚石、刚玉等）已被广泛应用于研磨工业、精密仪器工业等工业技术上。

【解理】晶体在外力打击下沿一定的结晶方向破裂成平面的固有性质。所裂成的平面称为解理面。在不同的晶体中或同一晶体的不同方向上其解理面的完好程度有所不同，通常将其分为五级：（1）极完全解理，解理面平整光滑，如云母；（2）完全解理，解理面显著而平整，如方解石；（3）中等解理，解理面清楚，但不很平整，且常不连续，如辉石；（4）不完全解理，沿解理面分裂较为困难，仅断续见到不明显的解理面解理不中整，如橄榄石；（5）极不完全解理，受力后极少沿解理面分裂，通常认为是无解理，例如石英。解理是鉴定矿物的一个重要特征。

【断口】矿物在外力打击下，不依一定的结晶方向破裂而形成的断开面。按其形态可分为贝壳状断口（呈具有同心圆纹的椭圆形曲面，状似蚌壳内壳面，如石英、玻璃质矿物具此种断口）、次贝壳状断口（与贝壳状断口相似，但不具同心纹）、锯齿状断口（断裂面呈尖锐锯齿状）、参差状断口（断裂面粗糙、参差不齐）等。断口是鉴定矿物辅助依据。

【结晶质】组成物质的质点（原子或离子）在三维空间呈有规律地周期性重复排列即具有格子构造的固态物质称为结晶质。每一种结晶质各自都有其固定的熔点。由结晶质构成的物体就是晶体。自然界物体中绝大多数结晶质在温压等条件不具备时，可以非晶质状态存在。在条件适合时可回复到结晶状态。

【非晶质】又称玻璃质。内部质点（原子或离子）呈不规则排列的固态物质。可认为是硬化的液体，它没有一定的熔点，加热时随温度升高而逐渐软化，最后变成液体。如玻璃、塑料、沥青、黑鲕岩等均属非晶质物质。与结晶质相比它只占极少的部分。

【结晶作用】非晶质物质在一定的物理化学条件（温度、压力、组分浓度）下转变为结晶质的作用。其方式主要有：由气体结晶，如火山口硫蒸气冷凝直接形成硫磺晶体；从溶液（过饱和溶液）中结晶，如盐湖中由于蒸发作用使溶液达到过饱和而结晶出石盐、石膏、硼砂等晶体；熔融体冷却结晶，如岩浆冷却结晶出长石、云母、石英等晶体；由固态的非晶质结晶，如火山玻璃由结晶作用而形成结晶质。

【晶核】物质结晶时的生长中心。又称晶芽。它可以是结晶作用过程中首先结晶出来并达到一定临界尺寸的一些微小的晶粒，也可以是外来的固体微粒。晶芽形成后，晶体就以晶芽为中心连续生长。由本身结晶形成的晶芽称为自发晶芽，由外来微粒构成的晶芽称为非自发晶芽。人工培养晶体时大多都需要放入非自发晶芽。

【晶形】晶体的几何外形。它是鉴别矿物的特征之一。对晶形的研

究有助于阐明矿物的成因。晶形可分为单形和聚形两种：单形指晶体中能以对称要素相互联系的一组晶面组成一个“单形”。在晶体中可能出现的几何外形不同的单形有 47 种。聚形指两个或两个以上的单形聚合在一起所构成的晶形。只有对称性相同的单形才能组成聚形。

【晶面】组成晶体几何多面体的平面称为晶面，是在晶体生长进程中自发形成的包围晶体表面的平面。晶面基本上是光滑平整的，但常见微有凹凸而表现出各种晶面花纹。

【整数定律】又称有理指数定律或阿羽依定律。以平行于晶棱的三根直线作为坐标轴（三者交于晶体中心且不在同一个平面内），此时任意两晶面在三根坐标轴上截距的比值之比为一简单整数比。其意义在于阐明了用数学方法来表示晶面在晶体上的方向的可能性，从而为晶面符号的建立奠定了基础。

【晶面符号】简称面号。根据整数定律用数字的形式表示晶面在晶体上的方向的符号。晶面符号有许多种，常用的为米氏符号，它以晶面在三个结晶轴上的截距系数的倒数比来表示。例如，某一晶面在三个结晶轴上的截距之比为 $2a : 3b : 6c$ ，截距系数的倒数比为 $\frac{1}{2} : \frac{1}{3} : \frac{1}{6} = 3 : 2 : 1$ ，其晶面符号即为 (321) 的形式。当晶面与某结晶轴平行时，相应的该晶面指数即为 0，例如 (001) 代表晶面与 c 轴相交而平行于 a 轴和 b 轴，如一个晶面与 b 轴相交而平行于 a 和 c 轴，其晶面符号应写为 (010)。

【结晶轴】简称晶轴。用来确定晶面和晶棱在晶体上的方向规定的三根（或四根）坐标轴。结晶轴应平行晶体的对称轴（或倒转轴）、对称面法线或适当的晶棱方向，使之相交于晶体中心。等轴、四方、斜方、单斜和三斜晶系中选择三个结晶轴： a （ x ）轴、 b （ y ）轴、 c （ z ）轴，其 c 轴永远置于直立的方向，上正下负； b 轴置于左右方向，右正左负； a 轴置于前后方向，前正后负。在三方和六方晶系中，选择四根结晶轴： c 轴置于直立方向，上正下负； a 、 b 、 d 三轴位于同一水平面内，它们正端间的交角均为 120° ，以 b 轴置于左右方向，右正左负为基准。晶体中三个（或四个）晶轴的夹角称为轴角。用 α 、 β 和 γ 表示。晶体中三根晶轴上量度单位的单位长度比称为轴率，又称轴单位比。除等轴晶为 $1:1:1$ 外，其他不同晶体的轴率都是不同的，是晶体的一个特征性常数。

【轴角】晶体中结晶轴彼此间的交角。用 α 、 β 、 γ 表示，它们依次对应于 b 轴与 c 轴、 c 轴与 a 轴、 a 轴与 b 轴正端间的夹角。根据对称特点，只有单斜晶系晶体的 β 角及三斜晶系晶体的全部三个轴角随晶体的不同而异，是晶体的特征性常数，其他各晶系晶体的轴角及单斜晶系晶体的 α 和 γ 角均为确定的特殊角。

【晶体习性】某一种晶体在一定的外界条件下总是趋向于形成某一种形态的特性，即晶体在外形上所表现的习惯性质。又称结晶习性。根据晶体在空间上三个方向的相对发育程度，可分为三种类型：晶体沿一个方向延伸，呈柱状、针状、纤维状等，叫做一向延伸，如绿柱石、角闪石等；晶体平面延展，呈板状、片状、鳞片状等，称为二向延展，如黑钨矿、云母和石墨等；晶体在三个方向上均发育，呈等轴状或粒状等称为三向等长，如黄铁矿、石

榴子石、橄榄石等。晶体习性取决于内部结构及晶体生长过程中的外在条件（温度、压力、浓度、粘度及杂质等）。

【晶族】晶体按对称特点分类时的最高类别。共分为低级、中级、高级三个晶族。低级晶族包括三斜、单斜和斜方三个晶系，它们都不具高次轴。中级晶族包括四方、六方和三方三个晶系，其共同特点是必定有而且只有一个高次轴。高级晶族只有等轴晶系，其特点是具有多于一个的高次轴。

【双晶】两个或两个以上的同种晶体，彼此间按一定的对称关系相互结合而成的不呈平行关系的连生体。双晶中两个单晶体间实际邻接的公共界面，称结合面。各单体间必有一部分结合方向彼此平行，但其余方向肯定互不平行。双晶的具体结合关系可用双晶面、双晶轴和双晶中心来表示。通过反映后重合或平行的假想面，称为双晶面。使其中的一个单体旋转 180° 后，能与另一单体重合或平行的轴，称为双晶轴。使两个单体能够通过倒反后相互重复的假想点，称为双晶中心。根据双晶单体间接合方式的不同可分为接触双晶、贯穿双晶（穿插双晶或透入双晶）、聚片双晶和轮式双晶等。两个单晶只以一个明显而规则的接合面相邻接触，称为接触双晶。如锡石的膝状双晶。两个或两个以上单体相互穿插，结合面曲折而复杂，称为穿插双晶。如萤石的双晶。由若干个单体按同一种双晶律所组成，所有结合面均相互平行的，称为聚片双晶。如斜长石的钠长石律双晶和方解石的机械双晶。由两个以上的单体按同一种双晶律所组成，各接触面依次成等角度相交，双晶总体呈轮辐状或环状者称为轮式双晶或环状双晶，并可按单晶体的个数称三连晶、四连晶、六连晶等。如金红石轮式双晶。双

晶是鉴别矿物的重要依据之一。双晶对某些晶体（如压电石英、冰洲石）的工业价值有很不利的影响。

【双晶律】指双晶中单晶体之间相互结合的规律。表示按一定规律结合的双晶，由双晶面或双晶轴的方向而定。如卡尔巴斯律双晶，专门指长石族矿物中以C轴为双晶轴结合的双晶，又如钠长石律双晶，它专门指三斜晶系的长石中以(010)为双晶面的双晶等。有时两个以上的单晶体可以按不同的双晶律而在一起形成多重的复合双晶，如斜长石的卡-钠复合双晶等。

【晶体测量】测量晶体各晶面间的夹角以恢复晶体几何形态的一种方法。又称晶体测角。所测晶体大小以2—5毫米最为合适，其晶面要求平滑、有光泽。测量仪器主要是双圈反射测角仪。依测得的数据先做出极射赤平投影图或心射极平投影图，确定对称要素和单形，再经计算求出晶面符号和轴率，最后绘成晶体的顶视图和立体图。晶体几何形态特征对晶体结构及其形成条件的研究有一定意义。晶体测量可为鉴定矿物提供基本数据。

【均质体】各个不同方向上的物理、化学性质均相同的物体。光学性质在不同方向上完全相等。通常等轴晶系矿物和非晶质（玻璃），以及气体、液体等均属之。如石榴石、萤石、火山玻璃、树胶等。光波在均质体中传播时，其传播速度不因振动方向的不同而有所改变，即其折光率只有一个。

各个方向上的物理、化学性质不相同的物体称非均质体。各种特性因方向的不同而有所不同。中级和低级晶族（如三方、四方和斜方、单斜晶系）矿物的光学性质随方向而异，光波传播速

度（折光率）随振动方向不同而发生改变，具有二个或三个折射率。如长石、石英、橄榄石等。光波射入非均质体，除特殊方向外，均分解成振动方向互相垂直、传播速度不等的两种偏光，称双折射。两种偏光折射率值之差，称双折射率（又称重折率）。光波沿非均质体的某些特殊方向传播时（如沿中级晶族晶体的Z轴方向）不发双折射，这种不发生双折射的特殊方向称为光轴。中级晶族晶体只有一个光轴方向，称为一轴晶，低级晶族晶体有两个光轴方向，称为二轴晶。

【非均质体】见“均质体”。

【金属矿物】具有明显的金属性的矿物。如呈金属或半金属光泽，具各种金属色（如铅灰、铁黑、金黄等），不透明，导电、导热性较好等，如方铅矿、磁铁矿、自然金等。少数不具典型金属性者如闪锌矿、辰砂、锡石等亦属金属矿物。石墨虽具明显的金属性，但它不是金属矿物。金属矿物主要构成各种有色金属，黑色金属、贵金属矿床的矿石矿物。

【非金属矿物】不具金属或半金属光泽，导电、导热性差，无色或呈各种浅色（0.03毫米厚的薄片呈透明或半透明）的矿物。包括绝大部分的含氧盐矿物，部分氧化物和卤化物矿物。大多是造岩矿物（即组成岩石的矿物），如石英、长石等；少部分是非金属、轻金属、稀有金属和稀土金属等矿床的矿石矿物。如一水铝石、三水铝石等。有些本身就是矿石（矿物材料），如白云母、高岭石等。

【粘土矿物】组成粘土（岩）的主要矿物成分。其特征是均具层状

结构，很细小（ <0.01 毫米）。主要矿物有高岭石、蒙脱石、伊利石等。是制作陶瓷和耐火材料的主要原料。

【原生矿物】内生作用过程中，在形成岩石或矿石时期形成的矿物。如岩浆结晶过程中所形成的橄榄岩中的橄榄石，花岗岩中的石英、长石，热液成矿过程中所形成的方铅矿等，均是原生矿物。

【次生矿物】相对于原生矿物而言，在岩石或矿石形成以后，其中的矿物遭受化学变化而改造成的新矿物。如橄榄石经热液蚀变而形成的蛇纹石，正长石经风化分解而形成的高岭石，方铅矿经氧化而形成的铅矾，铅矾进一步与含碳酸的水溶液反应而形成的白铅矿等，均是次生矿物。

【表生矿物】在地表和地表附近范围内，由于水、大气和生物的作用而形成的矿物。主要包括湖海中的沉积矿物（如石盐、硅藻土等）以及原生矿物在地表条件下遭受破坏而转变形成的次生矿物，如褐铁矿、高岭土、铅矾等。

【变质矿物】在变质作用过程中所形成的矿物。通常分为区域变质和接触变质两种。前者如结晶片岩中的蓝晶石和十字石等。后者如碳酸盐围岩接触带中的硅灰石和石榴子石等，均是变质矿物。

【重砂矿物】简称重矿物。岩石或矿石由于风化作用而被破碎，这些碎屑物质经过搬运、沉积作用形成松散的沉积物，在沉积砂粒中一部分矿物碎屑其比重 >2.85 ，一部分 <2.85 。重砂矿物则指比重 >2.85 的碎屑矿物。重矿物机械性质和化学性质均较稳定。

常见的重矿物有：自然金、自然铂、金刚石、磁铁矿、钛铁矿、铬铁矿、尖晶石、刚玉、锡石、锆石、独居石、黑钨矿、白钨矿等。重矿物大都具有经济价值，如果其富集程度达到工业要求时，便成为砂矿床。例如砂金矿床。

【包裹体】矿物在生长过程中所捕获的包裹在晶体中的外来物质。其大小和形态不一，固态、液态和气态的都有。包裹体往往影响矿物的颜色。包裹体（特别是气液包体）对于研究矿物形成时的物理化学条件有重要意义。详见“矿物包裹体”。

【晶簇】矿物单晶体在岩石的裂隙或空洞壁上聚生，呈簇状集合体。它们的一端固着于共同的基底上，另一端则自由发育而具有良好的晶形。晶簇可由一种或几种矿物组成。常见的如石英晶簇、方解石晶簇等。工业上利用的压电水晶、冰洲石等矿物原料常呈晶簇产出。

【结晶水】以中性水分子 H_2O 的形式存在，它参与组成矿物的晶格，有固定的配位位置；水分子的数量也是一定的，与矿物中其他组分的含量成简单的比例关系。结晶水多半出现在含氧盐矿物中，如石膏 $\text{Ca} [\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、胆矾 $\text{Cu} [\text{SO}_4] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 等。结晶水由于受晶格的束缚，因此，它不易从矿物中脱失，一般的脱失温度为 $200—500^\circ\text{C}$ ，或更高。

【化合水】又称结构水。不是真正的水分子，而是以 $(\text{OH})^{1-}$ 或 $(\text{H}_3\text{O})^{1+}$ 离子的形式参与组成晶体结构，有固定的配位位置及确定的含量比。它在晶格中的结合强度比结晶水大，因此，只有在

高温（500—900℃或更高）下才会脱失。如水镁石 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 、白云母 $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$ 等。

【吸附水】不参与组成矿物晶体结构，只是被机械地吸附于矿物颗粒的表面或缝隙中，以呈中性的水分子 H_2O 存在。它在矿物中的含量不定，随外界的温度、湿度等条件而变。一般在 110℃ 即可全部脱失。吸附水包括薄膜水、毛细管水和胶体水。

【自然金】矿物名。主要成分为金，常含银和微量的铜。等轴晶系，晶体少见，一般呈分散粒状或不规则集合体。颜色和条痕均为光亮的金黄色，金属光泽，硬度 2.5—3，比重 15.6—18.3。延展性极佳。为电和热的良导体。按产出特点分为脉金（又称山金）和砂金两种，前者产于热液成因的含金石英脉中，后者产于砂矿床中。

【自然铂】矿物名。主要成分为铂，通常含铁及银、钯、铑等，当铁含量达 9—11% 时称为粗铂矿。实际上自然铂大多为粗铂矿。等轴晶系，晶体少见，一般为集合体呈不规则粒状。颜色随铁含量的增加由银白色至暗钢灰色。条痕呈光亮钢灰色。金属光泽，硬度 4—4.5，比重 15—19。具延展性，电和热的良导体，微具磁性。产出分原生矿和砂矿两种，前者产于超基性、基性岩中，后者是含铂的岩石经风化破碎冲积，而富集于砂矿中。

【自然银】矿物名，主要成分为银，常含金和汞等。等轴晶系，通常呈不规则的粒状、块状或树枝状集合体，新鲜断口和条痕为银白色，表面常因氧化而微呈灰黑色，金属光泽，硬度 2.5，比重

10.1—11.1，具强延展性，为电和热的良导体，主要产于中低温热液矿床中。

【自然铜】矿物名。主要成分为铜，常含银和金。等轴晶系，晶体少见，一般呈树枝状，片状或致密块状集合体。铜红色，条痕为光亮的铜红色，金属光泽。硬度 2.5—3，比重 8.5—8.9。断口锯齿状，具强延展性，为电和热的良导体，多产于含铜硫化物矿床氧化带内。

【自然汞】矿物名。俗称水银，主要成分为汞。在常温下为液态，银白色，金属光泽，比重 13.6，在 -38.87°C 时凝结成固态。在汞矿床氧化带由辰砂分解而成，或见于温泉沉积物中，也可呈液态小球状散布于一些岩石中。

【金刚石】矿物名。化学成分为碳，与石墨是碳的同质多象变体。等轴晶系，呈八面体或菱形十二面体。晶面常弯曲，晶形轮廓常呈浑圆状，晶体较小。纯者无色透明，一般常带黄、蓝、褐、黑等色调。金刚光泽。硬度 10，是自然界中最硬的矿物。比重 5.0—3.52。在紫外线或 X 射线照射下发天蓝色或青灰荧光。原生金刚石矿产于金伯利岩中，也常形成砂矿。透明美丽的金刚石是高级的宝石（钻石）。一般的金刚石用作高级的研磨材料，现也被用作原子能工业上高温半导体等方面的材料。

【石墨】矿物名。化学成分为碳，六方晶系，层状结构，完好晶形少见，一般为鳞片状或致密块状、土状，铁黑至钢灰色，条痕光亮黑色，金属光泽，硬度 1—2，易污手，有滑腻感，{0001} 解理

完全，比重 2.09—2.23，具导电性。与金刚石是碳的同质多象变体。在高温还原条件下形成，富含有机质或碳质的沉积岩受区域变质作用而成的分布最广，由于其熔点高，抗腐蚀，不溶于酸等特性，用于冶金工业上的高温 锅，机械工业上的滑润剂，原子工业作减速剂，制造铅笔芯、涂料、染料等。

【辉铜矿】矿物名。含铜最富的硫化物矿物，成分为 Cu_2S ，常含有银。斜方晶系，单晶体少见，通常呈致密块状、粒状、粉末状。暗铅灰色，条痕暗灰色、金属光泽。硬度 2—3，小刀刻划时不成粉末，而呈光亮刻痕。比重 5.5—5.8，电的良导体。产于某些热液成因的铜矿床和某些含铜硫化物矿床氧化带的下部，辉铜矿在风化作用下易分解而转变为铜的氧化物和铜的碳酸盐，在不完全氧化时可转变为自然铜，辉铜矿是提炼铜的重要矿物原料。

【黄铜矿】矿物名。成分为 CuFeS_2 ，有时含微量的金和银，四方晶系，晶体少见，通常呈柱状或致密块状。黄铜色，条痕绿黑色，金属光泽，硬度 3—4，性脆，比重 4.1—4.3，能导电。主要产于铜镍硫化物矿床、斑岩铜矿床、接触交代铜矿床以及某些沉积成因（包括火山沉积成因）的层状铜矿床。在氧化带，黄铜矿易于氧化分解而转变为易溶于水的硫酸铜。后者与含碳酸的溶液作用时便形成孔雀石、蓝铜矿；与原生的硫化铜矿物作用，可形成次生斑铜矿、辉铜矿和铜蓝（ CuS ，粉末状），形成铜的次生富集。黄铜矿是炼铜的重要矿物原料。

【方铅矿】矿物名。成分为 PbS ，常含银、铋、锑等。等轴晶系，呈立方体晶系，有时为八面体和立方体聚形，通常呈粒状和致密块

状集合体。铅灰色，条痕灰黑色，金属光泽。硬度 2—3，比重 7.4—7.6。解理 {100} 极完全。具弱导电性和良检波性。形成于各种热液矿床，以中温热液为主，也有表生沉积成因的。经常与闪锌矿共生，而多数铅锌矿中又经常与黄铁矿、黄铜矿、石英、方解石、重晶石等共生。在氧化带方铅矿易转变为铅矾 (PbSO_4) 和白铅矿 (PbCO_3) 等次生矿物。方铅矿是主要的铅矿石，含银多时可从中提取银，铅主要用于冶金、电工、国防等工业。

【闪锌矿】 矿物名。成分为 ZnS ，常含铁、镉、镍、锗、汞等，其中的锌常被铁代替。等轴晶系，晶形为四面体，通常呈柱状集合体，有时呈葡萄状和同心圆状。解理 {111}、{110} 完全。颜色变化较大，由无色到浅黄、棕褐至黑色，随含铁量增多而变深。条痕由白至褐色。金刚光泽至半金属光泽。透明至半透明，硬度 3—4.4，比重 3.9—4.2。不导电。常与方铅矿共生。成因与产状与方铅矿相同。是提取锌的主要矿石，还可以从中提取镉、铟、镓、锗等分散元素，它们是现代工业的重要原料，金属锌用于合金、镀锌、印刷、颜料等。

【辉钼矿】 矿物名。成分 MoS_2 ，常含铼，六方和三方晶系，晶体为六方板状和片状，通常为片状或鳞片状集合体。铅灰色，条痕亮灰色或黄绿色。金属光泽。硬度 1—1.5，能在纸上划出条痕。一组解理极完全。薄片有挠性，具油腻感。比重 4.7—5.0。成因与酸性侵入岩有关，主要见于高、中温热液矿床和矽卡岩型矿床。热液成因的多为三方晶系，含铼较高，接触交代成因的多为六方晶系。辉钼矿为主要钼矿石，也是提取铼的矿石。

【黄铁矿】矿物名。成分为 Fe_2S 。常含钴和镍，石英脉内的黄铁矿含金、银。等轴晶系，常呈立方体和五角十二面体。晶面上常有三组互相垂直的聚性条纹。集合体呈粒状、致密块状、浸染状或球状结核体。浅黄铜色，表面常有黄褐色锍色。条痕绿黑或褐黑色。强金属光泽、硬度 6—6.5，比重 4.9—5.2。导电性因结晶方向和随成分变化而异，理论值为不良导体，当硫亏损时为良导体。黄铁矿是地壳上分布最广的硫化物。在各种地质条件下均可形成，以热液矿床为主，有时可形成黄铁矿的巨大矿床，该类黄铁矿为致密块状并与黄铜矿等共生。在沉积岩、煤及其他沉积矿床中黄铁矿呈团块、结核或透镜体，此类黄铁矿的形成与有机物还原条件下的分解有关。在风化作用下黄铁矿易变为褐铁矿；褐铁矿常常保留黄铁矿的晶形，称为黄铁矿假象。黄铁矿是提取硫的主要矿石，而成为制取硫酸的原料。并广泛应用于化工、橡胶、造纸、农药、化肥、染料等。

【白铁矿】矿物名。成分 FeS_2 ，常含砷、锑、铋、镍、钴等。是黄铁矿同质多象变体。斜方晶系。晶体常呈板状。集合体呈结核状、钟乳状、皮壳状等。淡黄铜色，微带浅灰或浅绿色。条痕灰绿色。金属光泽。硬度 5—6，比重 4.6—4.9。在自然界的分布远比黄铁矿为少。为热液矿床，见于晚期低温成矿阶段的产物，常见于晶洞，呈肾状或胶状集合体。外生成因的白铁矿见于泥岩、砂泥岩和碳质地层中，常呈结核状。白铁矿与黄铁矿形成条件不同，白铁矿由弱酸性溶液沉淀，形成温度低，在氧化带较黄铁矿更易分解，其产物与黄铁矿相同，其用途同黄铁矿。

【毒砂】又称砷黄铁矿。分布最广的一种硫砷化合物矿物。成分

FeAs，常含钴和镍，当含钴高达 3—9% 时，称为钴毒砂。单斜或三斜晶系，晶体呈柱状，有时呈十字穿插双晶或三连晶。集合体呈柱状或致密块状。锡白色，表面常带浅黄的锈色。条痕为灰黑色。金属光泽。硬度 5.5—6.0，比重 6.2。敲击时发出蒜臭。主要见于高温或中温热液矿床。在氧化带易分解成浅黄或浅绿的臭蒜石。是提砷及制造砷化物的原料。含钴时可提取钴。

【辰砂】分布最广的汞矿物，俗称朱（硃）砂、丹砂等。成分 HgS ，三六晶系，晶体为薄板状。柱状及菱面体，并常呈双晶，集合体为粒状，致密块状、粉末状及皮壳状等。暗红色、鲜红色或浅红色，有时带铅灰色的锈色。条痕鲜红色。金刚光泽，暗色者显金属和半金属光泽。晶体薄片半透明。硬度 2—2.5，比重 8—8.2。一个方向解理完全。是典型的低温热液矿物。常与辉锑矿、雄黄、雌黄、黄铁矿等共生。也有外生成因的，形成于氧化带的下部，由含汞可达 13.7% 的黑黝铜矿分解而成，是提取汞最重要的原料。

【雄黄】又称鸡冠石。含砷的重要矿物，成分 AsS ，单斜晶系。晶体呈柱状，晶面具纵纹。通常呈细微粒状或致密块状。桔红色。条痕淡桔红色。透明至半透明，晶面为金刚光泽，断口具树脂光泽，硬度 1.5—2，比重 3.5。一个方向的解理极完全。阳光久照发生破裂，转变为淡桔红色粉末。以低温热液矿床为主，也见于温泉沉积物。外生成因的偶而发现于煤层和褐铁矿层中，常与雌黄共生。是提取砷和制造砷化物的主要原料。

【雌黄】含砷的重要矿物。成分 As_2S_3 ，单斜晶系，晶体呈短柱状。集合体呈片状、梳状、土状、具放射状构造的肾状、球状以及皮

壳和粉末状。柠檬黄色（略带绿色），有时微带浅褐色，条痕鲜黄色。油脂光泽至金刚光泽，解理面为珍珠光泽，暴露在空气中很快变暗淡。薄片透明并具挠性。一个方向的解理完全。比重 3.4—3.5。硬度 1—2。不导电，主要见于低温热液矿床。与雄黄、辰砂、辉锑矿等共生。为重要的砷矿石。

【萤石】又称氟石。最重要的含氟矿物，成分 CaF_2 ，当富含钇时，称为钇氟石。等轴晶系。晶体多呈立方体，少数为菱形十二面体和八面体。常呈穿插双晶。集合体为柱状、块状、纤维状、球状和土状等。无色透明者极少，呈各种绚丽颜色，如黄、绿、蓝、紫、红、灰、黑色等。加热后可失去颜色，受伦琴射线照射后，又可恢复原色。条痕白色。玻璃光泽。透明至半透明。一个方向的解理完全。硬度 4，比重 3.18。在阴极射线和紫外光照射下发紫色萤光，有时为红色萤光，在灯光上加热和阳光照射后发淡紫色磷光。主要为热液成因，有时也大量出现于铅锌硫化物矿床中，沉积成因的很少。是制取氢氟酸的唯一矿物原料，冶金工业用作溶剂。

【石盐（岩盐）】分布极广的最重要的含钠矿物。成份 NaCl 。等轴晶系。晶体常呈立方体。通常呈粒状或块状集合体。无色透明。白色。玻璃光泽。风化面呈现油脂光泽。一个方向的解理完全。硬度 2。比重 2.1—2.2。易溶于水。味咸。主要形成于干涸盐湖中。主要是用为食料和防腐剂；制取金属钠、盐酸和其他多种化学产品的原料。

【钾盐】含钾的主要矿物。成份 KCl 。等轴晶系。晶体常呈立方体，

集合体通常为致密块状。纯者无色透明，含细微气态包裹体呈白色，含 Fe_2O_3 呈红色。玻璃光泽。硬度 2。比重 1.97—1.99。一个方向解理完全。易溶于水。味咸且涩。其成因与石盐相似。但其数量要比石盐少得多。主要用于制造钾肥和化学工业中的钾的化合物，常含溴、铷、铯等，可综合利用。

【刚玉】分布很广的富含铝的氧化物矿物。成份 Al_2O_3 。常含铬、钛、铁等。三方晶系。晶体常呈桶状、柱状、板状等。柱面上常有斜的或横的条纹。常呈双晶。集合体呈柱状或致密块状。颜色多种多样。不透明或半透明的呈蓝色、黄色等，透明的刚玉除白色和无色外，常呈黄、红、紫、绿、蓝、棕、黑色。玻璃光泽。硬度 9。比重 3.95—4.10。在高温富铝贫硅的条件下形成，主要与岩浆作用、接触变质及区域变质作用有关。刚玉硬度仅次于金刚石。主要用于高级研磨材料。手表和精密机械的轴承材料，色彩绚丽的晶体作为宝石。作为激光发射材料的红宝石系人造晶体。

【赤铁矿】常见的富含铁的氧化物矿物。成份为 Fe_2O_3 ，常混有钛、硅、铝等。三方晶系。晶体呈板状。集合体常呈片状、鳞片状、鲕状、肾状、块状和粉末状等。结晶质呈铁黑至钢灰色，隐晶质（鲕状及肾状）的呈暗红色，块状及粉末状呈褐黄色。条痕樱红色。金属至半金属光泽，或土状光泽。硬度 5.5—6.0，比重 5.0—5.3。主要形成于热液、沉积及区域变质作用。是提炼铁的主要矿石矿物。

【钛铁矿】常见的含铁及钛的氧化物矿物。成份 FeTiO_3 ，三方晶系。晶体呈厚板状或菱面体，通常呈粒状或块状集合体。铁黑或钢灰

色，条痕黑至棕红色。半金属光泽，微粒呈磁性。硬度 5—6。比重 4.7—5。常和磁铁矿共生。一般形成于基性岩中，亦产生于碱性岩中。是炼钛的主要矿物。

【赤铜矿】常见的含铜氧化物矿物。成份 Cu_2O 。等轴晶系。晶体呈八面体，有时呈针状或发状。通常为粒状或土状集合体。暗红色，条痕褐红色。金刚光泽或半金属光泽。硬度 3.5—4.0。比重 6.14。形成于外生条件，主要见于铜矿床的氧化带。常与自然铜、孔雀石共生。可作为提炼铜的矿物原料。

【金红石】分布最广的富含钛的氧化物矿物。成分 TiO_2 ，常含铁、铌、钽。四方晶系。晶体常呈针状和柱状。常见晶形为四方柱和四方双锥。双晶呈膝状及三连晶和环状六连晶。集合体致密块状。褐红色、黄色、富铁者黑色。条痕浅黄—浅褐色。金刚光泽。微透明。性脆。一个方向的解理完全。硬度 6。比重 4.2—4.3。形成于高温高压条件，在岩浆岩中为副矿物，其颗粒细小；亦见于某些伟晶岩和热液脉，在伟晶岩中可成巨晶。也常见于区域变质岩及砂矿中。是提取钛的重要矿物原料。

【锡石】常见的富含锡的氧化物矿物。化学成份 SnO_2 ，常见含铁、铌、钽等。四方晶系。晶体常呈双锥状、锥柱状等。膝状双晶多。集合体是不规则粒状。无色者少见，一般呈褐至黑色，含铌、钽高者可呈沥青黑色。条痕白至浅褐色。性脆。金刚光泽，断口油脂光泽。硬度 6—7。比重 6.8—7.0。其成因与花岗岩关系密切，主要见于花岗岩分布区的伟晶岩、气化高温热液锡石石英脉和锡石硫化物热液矿床中。因其化学性质稳定，也可形成砂矿床。是

提炼锡的重要矿物原料。

【软锰矿】常见的含锰氧化物矿物。成分 MnO_2 。四方晶系。晶体少见，有时呈针状、柱状或放射状集合体，通常呈肾状、结核状、块状或粉末状集合体。颜色和条痕均为黑色，微现蓝色。半金属光泽至暗淡。硬度视结晶程度而异，从 6 降至 2。能污手。比重 4.5—5。一个方向解理完全。是沉积成因的锰矿床的主要矿物之一，氧化条件下最稳定的锰矿物。是重要的锰矿石矿物，在炼钢工业中，可作还原（除氧）、去硫剂；又可在钢中加入少量锰以提高钢的硬度及延展性、韧性等机械性能，是制造多种型号钢材的不可或缺的原料。也是有色冶金和化学工业上的重要原料。

【晶质铀矿】富含铀的氧化物矿物，成分 UO_2 ，常含钍、镭、稀土元素等，等轴晶系晶体呈立方体和八面体，但晶体不常见，通常呈分散粒状。黑色，条痕黑褐色。半金属光泽至树脂光泽，贝壳状断口。硬度 5—6。比重 10 左右，具强放射性，产于花岗伟晶岩和高温热液矿脉中。是原子能工业的原料，并可提取镭、钍和稀土元素。

【非晶铀矿】富含铀的氧化物矿物。又称沥青铀矿或铀沥青。成分 UO_2 ，常含铅。等轴晶系。外形呈肾状、钟乳状葡萄状或致密块状。沥青黑色，条痕黑色。主要呈油脂光泽。硬度 3—5，比重 6.5—8.5。随放射蜕变程度增大，硬度和比重趋于降低。具强放射性。主要产于中低温热液矿床和沉积矿床中，是提取铀的最主要的矿物原料。原生铀矿床的铀矿物经不完全氧化或由氧化带渗滤下来的 UO_3 ，再经部分还原而形成的铀矿物称为“铀黑”。前者产于氧

化带中称残余铀黑；后者产于氧化带下的胶结带中称再生铀黑。铀黑一般为非晶质，通常呈粉末状、土状集合体。黑色、灰黑色、深灰色。光泽暗淡。硬度 1—4，具强放射性，是提取铀的矿物原料。

【石英】晶质二氧化硅矿物，是地壳中分布最广的矿物之一。成分 SiO_2 ，三方晶系。单晶体很常见，晶体呈六方柱状，柱面上具横纹，常具双晶，但外形上与单晶极为类似。通常呈粒状、块状或晶簇集合体。纯净的石英无色透明，称为水晶。常由于含有不同的混入物或机械混入物而呈多种颜色。乳白色（含细小分散的气态或液态包体）的称乳石英；紫色者称紫水晶（含锰和铁）；黄色者称黄水晶；褐色透明者称茶晶；黑色透明者称墨晶。玻璃光泽，贝壳状断口，断口油脂光泽，无解理，硬度 7.0。比重 2.65。具压电性和旋光性。一般所说的石英形成于低温（低于 573°C ）。大的石英晶体主要见于伟晶岩；完好的晶体产于晶洞中。石英是许多岩浆岩、沉积岩和变质岩的主要造岩矿物。伟晶和热液成因的石英是天然压电水晶的重要来源。在表生条件下，石英稳定，常集中成砂矿。石英在工业上用途广泛，良好的晶体用于光学仪器和压电材料，一般纯净的石英可作玻璃和陶瓷原料等。

【玉髓】又称石髓。石英的隐晶质亚种，隐晶质二氧化硅矿物。外形常呈肾状、钟乳状、葡萄状、皮壳状等。一般为淡黄、灰蓝、乳白色，也有红褐（光玉髓）、苹果绿（绿玉髓）、绿色中夹红色斑点（血玉髓）等等，蜡状光泽，微透明。硬度 6.5，比重 2.57—2.64，低温热液成因的见于喷出岩的空洞，热液脉和温泉沉积中；风化沉积成因的见于风化壳。具有不同颜色而呈带状分布的石髓称玛瑙。通常沿岩石空洞的周壁向心逐渐填充，形成同心层状或

平行层状的块体。主要用于精密仪器上的轴承、耐磨器皿及装饰品材料。

【蛋白石】矿物名，含结晶水的二氧化硅。成分 $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 。通常认为是非晶质，呈致密块状、钟乳状、结核状、皮壳状等。通常为蛋白色，常因含杂质而呈各种颜色。玻璃光泽，微透明，贝壳状断口。硬度 5.0—5.5，比重 1.9—2.5。带乳光变彩的称为贵蛋白石；带红色、桔红色或黄色变彩的称为火蛋白石；黄褐又具木质纤维状结构（交代树干等）的称为木蛋白石，或玉滴石。无色透明呈球状或葡萄状的称为玻璃蛋白石，蛋白石可由火山温泉中沉淀而成，称硅华；在外生条件下可由硅酸盐矿物分解产生的硅酸溶液凝聚而成。硅酸溶液带至海中，被硅藻、放射虫等吸收构成硅质骨骼，死后堆积成硅藻岩或放射虫岩。色美者可作宝石和工艺品材料，硅藻土质轻、多孔，是重要的建筑材料和隔音材料。

【铝土矿】常见的富铝矿石，不是单一的矿物名称。它是三水铝石、一水硬铝石、一水软铝石、赤铁矿、高岭石等多种矿物的集合体。成分富含 Al_2O_3 ，一般为 40—75%，常含镓。通常呈致密块状，或呈豆状、鲕状集合体。多呈灰、灰黄、黄绿、红、褐等色。无光泽。由胶体沉积形成或是富铝火山岩和变质岩化学风化的残余物质。是提炼铝的最重要的矿石，也是镓的重要来源。

【褐铁矿】常见的铁氧化物。成分 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ，它往往不是单一的矿物，常包含铁的氢氧化物和泥质等。通常呈块状、土状、钟乳状或葡萄状。黄褐色或深褐色，条痕黄褐色。光泽暗淡。硬度

变化大，富硅块状者为 5.5；富泥土状者为 1。形成于地表，由铁矿物经氧化分析而形成；也有湖沼沉积形成的，该类常聚积成较大的矿体。可作为炼铁的原料。

【方解石】分布很广的碳酸盐矿物。成分 $\text{Ca} [\text{CO}_3]$ ，常含铁和锰。三方晶系。晶面常呈菱面体，聚片双晶多见。集合体常呈粒状、致密块状、钟乳状、鲕状、晶簇等。无色，一般呈白色，常因含杂质而成多种颜色，如灰、黄、浅红（含 Co、Mn）、绿和蓝（含 Cu）等色。玻璃光泽，硬度 3。比重 2.6—2.8，性脆，一个方向解理完全，通常见三组解理。加稀 HCl 剧烈起泡。主要是外生生物化学和化学沉积成因，岩浆热液成因的少。是烧制石灰和制造水泥的材料，在冶金工业上作溶剂。无色透明的方解石晶体称为冰洲石，其形成主要与热液作用有关。主要产于玄武岩和沸石方解石脉中。是制造光学仪器的贵重材料。

【文石】又称霰石。分布比方解石少的碳酸盐矿物。与方解石同质二象，成分同方解石。斜方晶系，晶体呈柱板和尖锥状，集合体呈柱、针纤维、钟乳、豆、鲕状等。外生成因为主，生物化学作用的产物，常见于头足、瓣鳃等动物的贝壳和骨骼中，是构成珍珠的主要矿物。文石在常压下经 400℃ 的高温可变为方解石（三方晶系）。反之方解石在常压下经 -40℃ 低温可变为文石。

【白云石】分布较广的碳酸盐矿物。成分 $\text{CaMg} [\text{CO}_3]_2$ ，常含铁、锰。三方晶系，晶体呈菱面体。集合体呈粒状或块状。无色或白色，黄褐、浅褐色（含铁），淡红色（含锰）。玻璃光泽。硬度 3.5—4，解理平行菱面体，完全，比重 2.8—2.9。外生成因为在蒸发作

用很强的湖盆中形成的。但大部分是石灰岩白云石化（镁代替钙）作用形成的，也可见于热液矿脉中。用作耐火材料、熔剂和化工原料。

【菱铁矿】二价铁的碳酸盐矿物。成分 $\text{Fe} [\text{CO}_3]$ ，常含镁、锰。三方晶系，晶体呈菱面体。集合体呈柱状、块状或结核状等。灰黄至浅褐色，氧化呈深褐色。玻璃光泽，硬 3.5—4.5。比重 3.9。解理平行菱面体完全。形成于还原条件，有热液成因和外生成因，后者见于页岩、粘土或煤层中。在氧化条件下分解转变为针铁矿和纤铁矿。规模大者可作为铁矿开采。

【重晶石】常见的钡的硫酸盐矿物。成分 $\text{Ba} [\text{SO}_4]$ ，常含锶和钡。斜方晶系，单晶常见，晶体呈板状或厚板状。集合体呈晶簇、块状、粒状、结核状、钟乳状等。无色或白色，有时呈黄、褐、淡红色等。玻璃光泽，解理面呈珍珠光泽。硬度 3—3.5。性脆，二个方向解理完全。比重 4.5 左右。产于热液或沉积矿床中。可用作钻井的加重剂、X 射线防护剂和用于化工、医药等工业。

【天青石】锶的硫酸盐矿物。成分 $\text{Sr} [\text{SO}_4]$ ，常含钡和钙，斜方晶系。晶形与重晶石极为相似，呈板状或柱状。集合体呈粒状、纤维状和结核状等。常呈浅蓝和蓝灰色，有的无色透明，玻璃光泽，解理面显珍珠变彩。硬度 3—3.5。性脆，两个方向的解理完全。比重 3.9—4.0。外生沉积成因为主，主要见于白云岩、石灰岩、泥灰岩及含石膏的粘土中，与石膏、硬石膏、石盐等共生，提炼锶的主要矿物原料。

【石膏】钙的硫酸盐矿物，成份 $\text{Ca} [\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ，单斜晶系，单晶常呈板状，常呈燕尾双晶。集合体呈块状、纤维状、片状和粉末状。无色或白色，有时透明，玻璃光泽，解理面呈珍珠光泽。纤维石膏呈丝绢光泽，硬度 2，比重 2.30—2.37。一个方向解理极完全，两个方向中等。透明而呈月白色反射光的石膏晶体称透石膏；纤维状集合体具丝绢光泽者称纤维石膏；细粒致密块状者称雪花石膏。主要见于蒸发作用明显的盐湖中化学沉积产物。

【硬石膏】钙的硫酸盐矿物。成分 $\text{Ca} [\text{SO}_4]$ ，常含锶。斜方晶系。晶体呈厚板状，集合体呈块状或粒状，有时呈纤维状。纯者透明，无色或白色，含杂质则呈暗灰色，有的微带红色或蓝色，玻璃光泽，解理面呈珍珠光泽。硬度 3—3.5，两个方向的解理完全，一个方向中等，三组解理相互垂直。比重 2.8—3。主要产于蒸发作用所形成的盐湖沉积物中。常与石膏、石盐等共生。石膏脱水后形成硬石膏，硬石膏水化后可变为石膏，在不同的外界条件下二者可相互转变。用于造型塑料、医疗、造纸、水泥等方面。

【芒硝】钠的硫酸盐矿物。成分 $\text{Na}_2 [\text{SO}_4] \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 。单斜晶系。晶体呈柱状，集合体呈针状、粒状、块状或粉末状、皮壳状。无色或白色。透明、玻璃光泽。硬度 1.5—2，性极脆。一个方向解理完全，比重 1.48。是盐湖中典型的化学沉积物。在干燥空气中失水而成白色粉末状无水芒硝。提炼钠的矿物原料。味寒而苦，医药上用作泻剂。

【明矾石】钾铝硫酸盐矿物。成分 $\text{KAl}_3 [\text{SO}_4]_2 (\text{OH})_6$ 。三方晶系。常成细粒状、土状或致密块状集合体。白色，微带浅灰、浅黄、浅

红或浅褐色。玻璃光泽。硬度 3.5—4。比重 2.6—2.8。性脆。其成因是含硫酸的低温热液作用于中酸性火山岩蚀变而成。用于制取明矾、炼铝、制造钾盐等。

【泻利盐】 镁的硫酸盐矿物。成分 $\text{Mg} [\text{SO}_4] \cdot 17\text{H}_2\text{O}$ 。斜方晶系。晶体呈针状。集合体呈纤维状、块状、钟乳状、土状等。无色或白色，玻璃光泽。硬度 2—2.5，比重 1.68，一个方向解理完全。易溶于水。味苦咸，属高镁盐湖化学沉积物。用于提取镁、纺织、造纸、制药、制糖及化工等。

【白钨矿】 又称钙钨矿或钨酸钙矿。钨酸盐矿物，成分 $\text{Ca} (\text{WO}_4)$ 。四方晶系，晶体呈四方双锥，通常呈粒状或块状集合体。白色、灰白色，有时微带浅黄、浅绿色。油脂光泽或金刚光泽。硬度 4.5，性脆，比重 5.8—6.2。在 X 射线、阴极射线和紫外线照射下均发浅蓝色荧光。主要产于接触交代矿床。炼钨的重要矿物原料。

【黑钨矿】 又称钨锰铁矿。钨酸盐矿物，成分 $(\text{F}, \text{Mn}) [\text{WO}_4]$ 。是钨铁矿 $\text{Fe} [\text{WO}_4]$ 和钨锰矿 $\text{Mn} [\text{WO}_4]$ 类质同象系列的中间成员。单斜晶系。晶形呈厚板状或柱状。黑褐色至黑色。条痕褐色，半金属光泽，硬度 4.5—5.5。比重 6.7—7.5，性脆，一个方向的解理完全。富铁者显弱磁性。主要产于高温热液石英脉中。炼钨的主要矿物原料。

【钼铅矿】 又称“彩钼铅矿”。铅的钼酸盐矿物，成分 $\text{Pb} [\text{MnO}_4]$ ，四方晶系，呈四方板状晶体，有时呈双锥状，集合体呈粒状或块状。橙黄、蜡黄、灰或浅褐等色。条痕白色或微带浅色。金刚光

泽，断口树脂光泽。硬度 3，比重 6.5—7.0。产于铅锌矿床的氧化带。大量产出时，可作为提炼铅和钼的矿物原料。

【铬铅矿】 铬酸盐中常见的矿物，成分 $\text{Pb} [\text{CrO}_4]$ ，单斜晶系，晶体呈柱状，常在岩石裂隙中呈晶簇出现。鲜桔红色，条痕桔黄色。金刚光泽，硬度 2.5—3.0，比重 5.99。产于超基性岩附近的含铅矿床的氧化带。如大量聚积可作为提炼铬和铅的矿物原料。

【磷灰石】 常见的磷酸盐矿物。成分 $\text{Ca}_5 [\text{PO}_4]_3 (\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$ 。六方晶系，晶体呈六方柱状或厚板状。集合体为块状、粒状或结核状等。颜色多种多样，一般呈黄绿、绿黄、灰、褐黄等色。玻璃光泽，断口油脂光泽。硬度 5，比重 2.9—3.2，可有多种成因，岩浆成因的为细小的副矿物；有时在碱性岩中及与其密切有关的碳酸盐岩中可形成有经济价值的磷灰石矿床；在伟晶岩及高温热液脉中可见粗大晶体。海相沉积成因常形成最有经济价值的磷矿床。用于制造磷肥和化学工业上的各种磷盐和磷酸的矿物原料。

【独居石】 又称磁铈镧矿。铈镧的磷酸盐矿物，成分 $(\text{Ce}, \text{La}) [\text{PO}_4]$ ，单斜晶系。晶体呈板状，有时呈楔状或粒状，黄褐色或红褐色，条痕白色。树脂光泽或蜡状光泽，硬度 5—5.5，比重 5—5.3，断口贝壳状或参差状。常具放射性。主要产于岩浆岩中，较大的晶体见于伟晶岩中，与锆石、磷灰石、铌铁矿等共生，但独居石的主要矿床是砂矿。是提取铈、镧、钍的主要矿物原料。

【硼镁石】 镁的硼酸盐矿物。成分 $\text{Mg}_2 [\text{B}_2\text{O}_4 (\text{OH})] (\text{OH})$ 。单斜晶系。晶体呈针状或柱状。晶体少见，通常呈纤维状、块状、疏

松白垩状等集合体。硬度 3—4。比重 2.62。白色或微带黄色，条痕白色。玻璃光泽或丝绢光泽，块体暗淡。主要产于侵入体与镁质石灰岩或白云岩的接触带中；也可在湖相沉积中出现，由含水硼酸盐矿物脱水而成。是提取硼和制造硼化物的矿物原料。

【硼砂】钠的硼酸盐矿物。成分 $\text{Na}_2 [\text{B}_4\text{O}_5 (\text{OH})_5] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 。单斜晶系，晶形呈短柱状或板状，不常见，通常呈粒状、土状或皮壳状。白色，微带绿灰色、蓝色。条痕白色。玻璃光泽，土状者暗淡。一个方向解理完全。硬度 2—2.5。比重 1.69—1.72。性极脆。易溶于水，微带甜味。烧时显著膨胀，随后成透明的玻璃状体（或成小球体）。硼砂是分布最广的硼酸盐矿物。主要产于干涸的含硼盐湖（含硼盐湖的干涸沉积物）中。是提炼硼和硼化物的重要矿物原料。

【橄榄石】铁、镁硅酸盐矿物，成分 $(\text{Mg}, \text{Fe})_2 [\text{SiO}_4]$ 。斜方晶系。晶体呈厚板状，单晶少见，通常呈粒状集合体。含 Fe 高，呈橄榄绿至黄绿色，镁高则色浅呈白色浅黄色。玻璃光泽或油脂光泽。硬度 6.5—7，比重 3.2—3.5，贝壳状断口。主要产于超基性和基性岩浆岩中。易蚀变为蛇纹石。贫铁镁者可用作耐火材料。色泽优美的晶体可作为宝石。

【锆石】又称锆英石、风信子石。锆的硅酸盐矿物，成分 $\text{Zr} [\text{SiO}_4]$ ，四方晶系。单晶常见，晶体呈四方柱状或带双锥的柱状。呈红棕、褐黄、灰至无色。金刚光泽，硬度 7—8，比重 4.7。化学性质稳定，主要产于酸性和碱性火成岩及片麻岩中。也常见于砂岩。提取锆的主要原料。亦用于制造耐酸、耐火的玻璃器皿和

耐火材料。

【榍石】 钛的硅酸盐矿物。成分 $\text{CaTi}[\text{SiO}_4]\text{O}$ 。单斜晶系，多以单晶出现，晶形常呈横切面为菱形的扁平信封状的柱体，有时呈板状或粒状。黄褐色、浅褐色、绿色、灰色或黑色。玻璃光泽，硬度 5—6，比重 3.3—3.6。是火成岩中的付矿物，碱性伟晶岩中常有较大的晶体。也见于砂矿中。富集时可作为提炼钛的原料。

【石榴子石】 常简称石榴石。常见的硅酸盐矿物，石榴子石族矿物的总称，一般化学式为 $\text{A}_2\text{B}_3[\text{SiO}_4]_3$ ，其中 A 代表二价阳离子钙、铁、镁、锰等，B 代表三价阳离子铝、铁、铬等，类质同象现象广泛存在，常见的端员矿物有：镁铝榴石、铁铝榴石、钙铝榴石、钙铁榴石、钙铬榴石等。等轴晶系。晶体多呈完好的菱形十二面体或四角三八面体。颜色随成分而异，有暗红、褐、红褐、黄褐、黄绿、黑等色。玻璃光泽，断口呈油脂光泽。硬度 6.5—7.5，比重 3.4—4.3。是典型的高温矿物和变质矿物，主要产于矽卡岩中。用于研磨材料，透明色美者可作为宝石。

【蓝晶石】 铝的硅酸盐矿物。成分 $\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{O}$ ，常含铁、铬。三斜晶系。晶形呈扁平柱状或长板状、刀片状。多呈蓝色、蓝灰色，也有黄、浅绿色。玻璃光泽，解理面上呈珍珠光泽。一个方向的解理完全，一个方向中等。在 (100) 晶面上平行晶体延长方向的硬度为 5.5，而垂直方向为 6.5—7，差异显著，故有“二硬石”之称。比重 3.56—3.68。主要是泥质岩经区域变质作用形成的，多产于结晶片岩中。色泽优美者可作宝石。在 1300℃ 高温下可分成富铝红柱石。

【红柱石】常见的铝硅酸盐矿物。成分 $\text{Al}_2 [\text{SiO}_4] \text{O}$ 。与蓝晶石、矽线石为 Al_2SiO_5 的同质多象变体。斜方晶系。晶体呈柱状，横断面近正方形，集合体呈放射状，形似菊花，俗称菊花石。灰白色、肉红色或褐色，有时为白色、蓝色、绿色等。玻璃光泽。硬度 6.5—7.5，比重 3.13—3.16。一个方向的解理完全。是中低级热变质作用的产物。见于接触带的泥质岩石中，也常见于结晶片岩中。当由细小晶体逐渐结晶成粗晶时，析离出来的杂质（少量的碳质）残留在晶体内部，并呈规则排列，在近方形横面上呈对角十字形。这种红柱石称为“空晶石”。色美透明的红柱石可作宝石。

【黄玉】又称黄晶。铝硅酸盐矿物，成分 $\text{Al}_2 [\text{SiO}_4] (\text{F}, \text{OH})_2$ 。斜方晶系。晶体呈短柱状，柱面有纵纹。集合体呈粒状或柱状。通常为无色透明，因含杂质可呈浅黄、浅绿、浅蓝、浅紫、浅红等色。日光照射时，其色可渐褪。玻璃光泽，硬度 8，比重 3.52—3.57。一方向解理完全。主要产于花岗伟晶岩、云英岩及高温热液钨锡石英脉内。因化学性质稳定，故常见于砂矿。可用作研磨材料、精细仪器轴承，透明色美者可作宝石。

【绿帘石】钙、铝硅酸盐矿物，绿帘石族矿物的通称。成分通式可为 $(\text{Ca}_2\text{Al}_3) [\text{SiO}_4] [\text{Si}_2\text{O}_7] \text{O} (\text{OH})$ ，有时铁、锰离子取代钙、铝。该族主要包括：

黝帘石 $\text{Ca}_2\text{AlAl}_2 [\text{SiO}_4] [\text{Si}_2\text{O}_7] \text{O} (\text{OH})$ ；

绿帘石 $\text{Ca}_2 (\text{Al}, \text{Fe}) \text{Al}_2 [\text{SiO}_4] [\text{Si}_2\text{O}_7] \text{O} (\text{OH})$ ；

红帘石 $\text{Ca}_2 (\text{Mn}, \text{Fe}, \text{Al})_2\text{Al} [\text{SiO}_4] [\text{Si}_2\text{O}_7] \text{O} (\text{OH})$ ；

褐帘石 $(\text{Ca}, \text{Ce})_2 (\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}) \text{Al}_2 [\text{SiO}_4] [\text{Si}_2\text{O}_7] \text{O}$

(OH)。

除黝帘石属斜方晶系外，其它均为单斜晶系。晶体呈柱状，柱面常具纵纹，横断面常呈六边形。比重黝帘石为 3.25—3.37，绿帘石为 3.37—3.50，褐帘石为 3.50—4.20，颜色与成分有关，铁含量高则色深，从黝帘石的灰白色至褐帘石的褐黑色。该类矿物多为岩浆期后矿物或区域变质较浅带。绿帘石由于化学性质较稳定，常在砂岩中出现。

【绿柱石】 又称绿宝石。含铍和铝的硅酸盐矿物。成分 $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ 。是主要含铍矿物。六方晶系，晶体呈六方柱形，常见单晶体，柱面上有细纵纹，也可呈短柱状、粒状，甚至板状，集合体呈晶簇状等。通常呈不同色调的绿色，也有白色、浅蓝色、深绿色、玫瑰色或无色透明者。呈翠绿色透明的称纯绿宝石（又称祖母绿），呈蔚蓝色透明的称海蓝宝石，深蓝色透明的称水蓝宝石。玻璃光泽，硬度 7.5—8，比重 2.66—2.83。主要产于花岗伟晶岩中。晶体往往很大，可长至几米，重达数十吨，也产于花岗岩、云英岩及高温热液或热液矿床中，也见于砂矿。是提炼铍的重要矿物原料。透明色美者可作为宝石。

【电气石】 电气石簇矿物的总称，常见含硼的硅酸盐矿物。成分复杂 $(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al}, \text{Li})_3\text{Al}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}][\text{BO}_3]_3(\text{OH}, \text{F})$ 。类质同象发育，主要有三个端员组分。锂电气石、黑电气石、镁电气石。三方晶系，晶体呈短柱状、长柱状或针状。柱面有纵纹。柱体横断面呈弧线三角形。集合体呈放射状或纤维状，有的呈粒状或块状。颜色因成分而异，含铁高者呈黑色，所以黑电气石通常呈绿黑色至黑色，锂电气石呈蓝、绿色（含铁离子）或淡

红色(含锰离子), 镁电气石无色至暗褐色。玻璃光泽。硬度 7。比重 3.03—3.10。具有明显的热电性和压电性。主要产于花岗伟晶岩和气成—高温热液脉中, 也见于变质岩和砂岩中。色泽美丽的(俗称碧玺)可作宝石。

【辉石】辉石族矿物的总称, 是镁、铁、钙、钠、锂、铝的硅酸盐矿物。按晶系可分为: 斜方辉石(正辉石)和单斜辉石(斜辉石)两个亚族。斜方辉石为斜方晶系, 主要有顽火辉石、古铜辉石和紫苏辉石等; 单斜辉石为单斜晶系, 主要有透辉石、钙铁辉石、普通辉石、霓石、霓辉石、硬玉和锂辉石等。其晶体多数呈短柱状。颜色均较深, 通常呈暗绿色、棕色、褐色到黑色。玻璃光泽, 硬度 5—7。比重 3.1—3.5。两个方向的解理中等, 其交角近 90° 。产于岩浆作用, 是超基性岩和基性岩的主要造岩矿物; 也产于深变质岩和矽卡岩中, 碱性辉石(含钠的辉石)如霓石、霓辉石等是碱性岩的主要造岩矿物, 是提取锂的矿物原料, 色泽美丽透明的锂辉石, 如紫锂辉石和翠绿锂辉石可作宝石。

【透闪石】一种钙镁硅酸盐变质矿物, 成分为 $\text{Ca}_2\text{Mg}_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$ 。单斜晶系, 晶体呈长柱状、针状, 有时呈毛发状。常呈放射状和纤维状集合体。后者称做透闪石石棉, 呈隐晶质坚硬致密的块状者叫做软玉。呈白色或灰白色。具角闪石式解理。玻璃光泽、丝绢光泽, 半透明或透明, 硬度 5.5—6, 比重 2.9—3.0。主要产于白云质灰岩、白云岩与岩浆岩的接触变质带中。也见于区域变质岩, 主要由不纯灰岩、基性、超基性岩、硬砂岩等变质而成。透闪石石棉是工业石棉的矿物原料之一。

【阳起石】是一种变质矿物。成分为 $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$ 。与透闪石为类质同象关系。其成分的差别在于阳起石中铁多于透闪石。晶系、晶形及其他物理性质均与透闪石相同。其不同点在于阳起石绿色（不同色调的绿色，如鲜绿、亮绿、浅灰绿等）。由于含铁较多，其硬度为 3.02—3.44。纤维状集合体叫做阳起石石棉。呈坚硬致密的块状者，叫做软玉。其产出特征及用途见透闪石。

【角闪石】角闪石族矿物的总称，是含氢氧根的镁、铁、钙、钠、铝的硅酸盐矿物。按晶系分为斜方角闪石（正闪石）和单斜角闪石两个亚族。斜方角闪石亚族为斜方晶系，主要是直闪石，晶体纤维状，白色至淡绿褐色，玻璃光泽或丝绢光泽，硬度 5.5—6，比重 2.8—3.4。单斜角闪石亚族为单斜晶系。该类主要有透闪石、阳起石、普通角闪石、钠闪石、软玉和蓝闪石等。晶体多呈长柱状，也有针状。集合体呈柱状、纤维状、放射状等。除不含铁者颜色均较深，呈绿色、棕色、褐色至黑色。玻璃光泽。硬度 5—6。比重 3.0—3.5。两个方向的解理中等，其交角为 124° (56°)。主要见于变质岩及中性火成岩。透闪石和阳起石见于火成岩与石灰岩、白云岩的接触带及结晶片岩中。富钠的碱性角闪石是碱性岩的主要造岩矿物。直闪石、钠闪石、透闪石、阳起石有时呈纤维状集合体，统称角闪石石棉，用作工业上的绝缘、绝热材料。软玉为隐晶致密块状的透闪石、阳起石，质地坚韧，色泽美丽，是著名的工艺品材料。

【滑石】含氢氧根的镁的硅酸盐矿物。成分为 $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$ ，单斜晶系。晶形呈片状，集合体呈致密块状、叶片状、放

射状和纤维状等。无色透明或白色，由于含杂质可呈浅绿、浅黄、浅棕等色。珍珠光泽，一个方向的解理完全。硬度 1。手触有滑腻感。比重 2.7—2.8。导电导热性差，能耐火，不溶于酸。是富含镁的基性和超基性岩经过热液蚀变的产物；接触变质作用形成的滑石见于白云岩中，也见于区域变质岩中。在造纸和橡胶工业中用作填充剂，在纺织工业中用作漂白剂，冶金工业中用作耐火材料。

【叶腊石】含氢氧根的铝硅酸盐矿物。成分为： $\text{Al}_2 [\text{Si}_4\text{O}_{10}] (\text{OH})_2$ ，单斜晶系，单晶罕见。通常呈片状、放射状及致密块状集合体。白色、黄色、浅蓝或灰色。玻璃光泽、解理面珍珠光泽，致密块状者为脂状光泽。一个方向解理完全。贝壳状断口。硬度 1—1.5。比重 2.26—2.90。中国浙江青田的青田石、福建寿山的寿山石均为致密块状的叶腊石，是传统的工艺雕刻材料。片状叶腊石可作绝缘耐火材料，还可用于陶瓷、油漆、造纸等工业。叶腊石主要是由酸性喷出岩、凝灰岩等经热液蚀变而形成的。

【蛇纹石】蛇纹石族矿物的总称，含氢氧根的镁硅酸盐矿物。成分 $\text{Mg}_6 [\text{Si}_4\text{O}_{10}] (\text{OH})_8$ 。单斜晶系。其单晶罕见，通常呈细鳞片状、致密块状或胶凝状、纤维状集合体，有时夹极薄的石棉细脉。呈鳞片状者多为叶蛇纹石或鳞蛇纹石，呈纤维状者称蛇纹石石棉或温石棉，隐晶质状者称胶蛇纹石。多呈浅绿色、黄绿色、深绿色，也有灰白色、蓝绿和褐黑色。蜡状光泽，丝绢光泽，硬度 2.5—3.5，比重 2.5—2.6。主要是由超基性岩如橄榄石、辉石岩经热液蚀变而成，镁质大理岩或白云岩受热液作用也可以形成蛇纹石。可用作建筑材料；色泽鲜艳的致密块状，称做岫岩玉，用于工艺美术

材料；含 SiO_2 低者可作耐火材料；温石棉可制做各种石棉制品，用于建筑、化工、农药、冶金等。

【石棉】具纤维状集合体而又能分割成柔韧的细纤维的硅酸盐矿物的总称。绿黄色或白色，丝绢光泽。按成分和结构分为两类：角闪石石棉（包括青石棉、透闪石石棉、阳起石石棉、直闪石石棉等）和蛇纹石石棉（温石棉）。石棉具耐酸、耐碱、耐热性能，又是热、电的不良导体。纤维较长者加工成防火的纺织物，如石棉绳、石棉带、石棉布等；纤维较短者可广泛用于制造石棉水泥制品。石棉隔音、隔热、保温、绝热、防腐、防酸等材料。但近来关于石棉及其制品对环境及人体可造成危害的报道，在国外时有出现，应加强研究。

【温石棉】即蛇纹石石棉。见“石棉”。

【白云母】分布极为广泛的片状矿物。成分为： $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$ 。单斜晶系。晶形呈假六方柱状、板状或片状，横切面呈六方形。薄片无色透明，含杂质则微带黄、绿、红等色。平行底面的解理极完全。解理面具珍珠光泽。薄片具弹性，硬度 2.5—3，比重 2.86—3.10。绝缘隔热性特强，难溶于酸。主要产于花岗岩、伟晶岩、云英岩和云母片岩，伟晶岩中的白云母常形成有工业价值的较大的晶体。主要用于电气工业的绝缘材料，细、碎的白云母可作建筑材料、造纸、塑料、橡胶等的填充料。呈致密状微晶集合体的白云母称为绢云母。绢云母呈丝绢光泽，是中低温热液蚀变的产物。白云母中还有钠云母、钒云母和多硅白云母等。

【黑云母】分布最广的片状矿物。成分为： $K(Mg, Fe)_3[AlSi_3O_{10}](OH, F)_2$ 。单斜晶系。晶体呈板状或短柱状。横切面呈六方形。含铁高者色深，如黑色、深褐色、红褐色、带绿的褐色。若含钛高时为红棕色，玻璃光泽，解理面珍珠光泽。硬度 2.5—3。比重达 3.02—3.12。平行底面解理极完全，薄片具弹性。在岩浆岩中分布广泛，伟晶岩可成巨大晶体；在结晶片岩和片麻岩中分布也很广。黑云母因为含铁绝缘性能差，其工业用途远不如白云母。黑云母中还包括铁叶云母、金云母等。

【绢云母】一种细鳞片状的白云母。成分和白云母基本相同。绢云母含氧化钾略少，而含水略多。通常呈微晶鳞片状集合体。灰白色、淡黄或淡绿色。丝绢光泽。一般是铝硅酸盐矿物的蚀变产物。主要是中低温热液蚀变的产物。其次是风化成因的。

【蛭石】较常见的矿物。成分 $(Mg, Fe)_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2 \cdot nH_2O$ ，单斜晶系，呈黑云母和金云母的假象，晶形为假六方形板状、片状。平行底面的解理极完全。薄片弹性微弱或没有弹性。褐色、黄褐色。硬度 1—1.5，比重 2.4—2.7。加热（烧灼）后沿 C 轴方向剧烈膨胀，体积可膨胀 18—25 倍。大部分蛭石由黑云母水化而形成。富含黑云母的岩石遭受风化时也往往形成蛭石。有些蛭石可由橄榄岩、辉长岩热液蚀变而来。是良好的隔热、隔音材料，也可做橡胶、塑料、油漆等工业的填充料。

【海绿石】沉积岩中常见的绿色矿物。成分为： $K_{<1}(Fe^{+3}, Fe^{+2}, Al, Mg)_{2-3}[(Si, Al)_3Si_3O_8](OH)_2 \cdot nH_2O$ ，海绿石的特点是同时含有三价铁和二价铁，另外是各组分含量变化较大。常呈柱

状或土状集合体，形状为各式各样圆球状、肾状、卵状等，有时呈叶片状和薄膜状。其颗粒大小一般为 0.2—0.3mm。颜色为不同色调的绿色，如鲜绿、孔雀绿、橄榄绿、黄绿、黑绿等。硬度 2—3，比重 2.2—2.9。一般认为海绿石是典型的海相沉积矿物，是由一些铁镁硅酸盐如黑云母、绿泥石等发生分解而形成的，也可能是由微小的海生生物排泄物变化而成。常见于砂岩和石灰岩中。海绿石可变化为褐铁矿。可作为钾肥的原料。

【绿泥石】分布很广泛的铁、镁、铝的铝硅酸盐矿物，绿泥石族矿物的通称。其化学成分相当复杂，一般化学式可用 $(\text{Mg}, \text{Al}, \text{Fe})_{12} [(\text{Si}, \text{Al})_8\text{O}_{20}] (\text{OH})_{16}$ ，常含钙、钛、锰、铬等。单斜晶系，晶体呈板状，单晶形状与云母一样具假六方形外貌。一个方向的解理很完全，叶片可弯曲，但无弹性。解理面珍珠光泽。一般为不同色调的绿色，含铁多则色深。硬度 2.5，比重 2.6—3.0，分为两个亚族：正绿泥石亚族，其特点为 $\text{Mg} > \text{Fe}$ ，一般结晶较粗，呈粗大的鳞片状，主要有叶绿泥石、斜绿泥石和蠕绿泥石；鳞绿泥石亚族：其特点是 $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3$ ，结晶细（呈微鳞片状），有鲕绿泥石和鳞绿泥石。常见的绿泥石主要是黑云母、含铝的辉石、角闪石等矿物蚀变产物，在变质岩中是低级区域变质作用的产物，是绿色片岩和干枚岩的主要矿物成分。一般认为鲕绿泥石和鳞绿泥石是海相沉积成因，其规模巨大者可作为铁矿资源。

【高岭石】最常见的粘土矿物。因最早发现于江西省景德镇附近的高岭而得名。成分为： $\text{Al}_4 [\text{Si}_4\text{O}_{10}] [\text{OH}]_8$ 。三斜或单斜晶系。晶体为片状，晶体很小，多呈六边形，通常呈土状或致密块状集合

体。纯者白色，因含杂质常呈浅黄、浅灰、浅红、浅绿、浅褐等色。硬度近于 1。比重 2.6 左右，干燥时粘舌，潮湿时具可塑性。是长石、云母等铝硅酸盐矿物的风化产物，也有热液交代成因的。是陶瓷、电瓷工业的主要原料，也用于建材、橡胶、造纸等工业部门。本族除高岭石外，还有珍珠陶土、地开石等。

【蒙脱石】又称微晶高岭石或胶岭石。最常见的一种粘土矿物，成分 $\text{Na}_x (\text{H}_2\text{O})_4 \{ (\text{Al}_2 - x\text{Mg}_x) [\text{Si}_4\text{O}_{10}] (\text{OH})_2 \}$ ，成分复杂且变化不定。单斜晶系，常呈土状块体。白色，有的呈浅灰、粉红、浅绿等色。硬度 1.5 左右，比重 2—2.7。有滑感，加水膨胀，体积可增加几倍，具有很强的吸附性和阳离子交换性能。主要是由基性火山岩特别是基性火山凝灰岩风化而成，热液蚀变作用也可形成。所谓漂白土是以含蒙脱石为主的粘土矿物。广泛用于陶瓷、染料、造纸、橡胶等部门，还广泛用于油脂和石油的净化工艺中。

【伊利石】分布极广的粘土矿物。其成分为： $\text{K}_{1-1.5}\text{Al}_4 [\text{Si}_{1-1.5}\text{Al}_{1-1.5}\text{O}_{10}] (\text{O}_{1-1.5})_4$ ，单斜晶系。呈显微或超显微鳞片状，在电子显微镜下呈不规则集合体，常呈块状集合体。纯者白色，因含杂质而常呈黄、褐、绿色等。块状体呈油脂光泽。硬度 1—2，比重 2.6—2.9，一个方向的解理完全。主要由长石、云母等硅酸盐矿物风化而成，也可由其粘土矿物转化而来，低温热液过程中亦可形成，在潮湿环境易向蒙脱石转化。主要见于粘土和粘土质岩石中。

【长石】长石类矿物的总称。是分布最广泛而重要的造岩矿物，是钾、钠、钙、钡的无水架状结构铝硅酸盐。由钾长石 (Ar) $\text{K} [\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ 、钠长石 (Ab) $\text{Na} [\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ 、钙长石 (An) Ca

$[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ 和钡长石 (Cn) $\text{Ba} [\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ 四种简单的长石分子按一定规律混溶组成。 $\text{K} [\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ 与 $\text{Na} [\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ 的组合称钾钠长石系列式称碱性长石，其主要种属有透长石、正长石、微斜长石、冰长石和歪长石，具有条带构造的碱性长石称条纹长石。 $\text{Na} [\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ 与 $\text{Ca} [\text{AlSi}_2\text{O}_8]$ 的组合称为钠钙长石系列或斜长石，其主要种属有钠长石、更长石、中长石、拉长石、培长石和钙长石。长石有单斜晶系和三斜晶系，但其内部结构和结晶习性均很相似。晶体呈柱状或板状。均具双晶。具两个方向的完全解理，其夹角为 90° 或接近 90° 。在岩浆岩、沉积岩及变质岩中均有出现，前者含长石最多，约占长石的 60%，长石的含量及其类别可作为岩石分类标志之一。长石的硬度较大为 6—6.5。比重较小为 2.55—2.76。颜色一般较浅，常见的有灰白色和肉红色两种，均为玻璃光泽。

【钾长石】 富钾长石类的总称。包括透长石、正长石和微斜长石，是 $\text{K} [\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ 的三个同质异象矿物。前两者为单斜晶系，后者为三斜晶系。晶体均为短柱状或厚板状。透长石，成分为 $\text{K} [\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ ，含数量不等的 $\text{Na} [\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ ，最高可达 50%。无色透明，有如玻璃，常见卡氏双晶，一般产于酸性、碱性的喷出岩或浅成岩中，是一种高温相钾长石。正长石，成分 $\text{K} [\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ ，总是含一定量的 $\text{Na} [\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ ，往往可达 20%。通常为肉红色或淡黄色，有时呈黄褐或灰白色，常见卡氏双晶，产于酸性、碱性及部分中性火成岩中，是片麻岩的主要矿物，也见于砂岩中。微斜长石，也称“钾微斜长石”，成分 $\text{K} [\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ ，常含 20% 左右的 $\text{Na} [\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ ，具格子双晶。产于各种花岗岩质岩石及含碱性长石的深成岩、伟晶岩、细晶岩和砂岩中。富含铷和铯的微斜长石

称为天河石，呈绿色。产于伟晶岩中，可作为提取铷和铯的矿物原料，并可作为装饰石料。

【斜长石】钠长石 $\text{Na} [\text{AlSiO}_8]$ (Ab) 和钙长石 $\text{Ca} [\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ (An) 的类质同象系列矿物的总称。依据成分可划分为 6 种斜长石，以两种组分的百分数表示斜长石的成分。一般采用如下的划分：

钠长石 $\text{Ab}_{100}\text{An}_0$ — $\text{Ab}_{90}\text{An}_{10}$ ；

更长石 $\text{Ab}_{90}\text{An}_{10}$ — $\text{Ab}_{70}\text{An}_{30}$ ；

中长石 $\text{Ab}_{70}\text{An}_{30}$ — $\text{Ab}_{50}\text{An}_{50}$ ；

拉长石 $\text{Ab}_{50}\text{An}_{50}$ — $\text{Ab}_{30}\text{An}_{70}$ ；

培长石 $\text{Ab}_{30}\text{An}_{70}$ — $\text{Ab}_{10}\text{An}_{90}$ ；

钙长石 $\text{Ab}_{10}\text{An}_{90}$ — $\text{Ab}_0\text{An}_{100}$ 。

其中 An 的百分数称为斜长石的号数或号码。号数在 30 以下的称为酸性斜长石，30—50 称为中性斜长石，50 以上的称为基性斜长石。斜长石为三斜晶系，晶体呈板状，有的呈柱状。聚片双晶极为常见。多呈白色、灰白色和暗灰色。斜长石占长石的 70%。广泛分布于火成岩、变质岩中，变质岩中以酸性斜长石为主，也见于砂岩中。

【副长石】又称似长石。钾、钠、钙的无水架状结构铝硅酸盐矿物。其矿物的化学成分相似于长石。主要包括霞石、白榴石、方钠石、黝方石等。副长石矿物中碱金属和碱土金属阳离子的含量比长石高，而 SiO_2 的含量比长石低。不与石英共生。只出现于碱性岩或其接触变质带中。

【沸石】沸石族矿物的总称。是 Ca、Na、K、Ba、Sr（主要是 Na、Ca、K、Ba、Sr 少量）的铝硅酸盐，为斜方和单斜晶系，少数为等轴、三斜晶系。晶体呈薄板状或片状，大多呈纤维状、针状、叶片状、放射状或鳞片状集合体。颜色一般较浅，硬度 3.5—5.5。比重 2.1—2.5。该族矿物种类很多，常见的主要有：菱沸石、辉沸石、片沸石、交沸石、杆沸石、钠沸石、钙沸石、方沸石、浊沸石等，已达 34 种。其产出特点是由岩石中的长石、副长石的热液交代形成的次生矿物，常见于玄武岩、辉绿岩的气孔中，构成杏仁状构造。在沉积岩中最常见的自生硅酸盐矿物之一，常常是火山玻璃的蚀变产物。沸石类矿物对于压力和温度比较敏感，故对于成因分析有一定的意义。沸石可以籍水的渗滤作用进行阳离子交换，工业上用以软化硬水。沸石晶格中存在着大小不同的空腔，可以吸取或过滤其他物质的分子，工业上常将其作为分子筛，如气体分离、石油净化等。

宝石·玉石·石料

【宝石】瑰丽多彩、晶莹无暇、坚硬耐久，可作精美首饰、工艺品的产出稀少的矿物单晶和矿物集合体。目前在中国宝石有狭义和广义两种概念，狭义宝石仅指符合工艺要求的天然矿物单晶体，如钻石、红宝石、蓝宝石、祖母绿等；广义宝石还包括玉石（彩石）、砚石以及有机宝石（如珍珠、珊瑚等）和人造宝石等。宝石是一种重要的经济矿产资源，中国玉雕工艺品驰名中外，是重要的出口商品之一。

【钻石】最贵重的宝石，由优质金刚石琢磨而成。矿物学特征及产状同金刚石，硬度为 10，是最硬的物质。颜色大多为淡色，以无色透明为最好，称净水钻或水钻、高级钻、优质钻；带点蓝色称水火，尚属佳品；深蓝，深黑、深黄者分别称为蓝钻、黑钻、金钻亦均属上品；但略带黄色、褐色者则为较差的品种。许多钻石在紫外线照射下有荧光和磷光，经日光曝晒后夜间发出淡青色磷光。钻石多琢成正圆形、长方形、正方形、榄尖形、心形、三角形、椭圆形等，由专门加工技师根据原石形状、裂隙和光学特点加工而成。评价钻石主要依据颜色、光泽和瑕疵（杂质、裂纹和包裹体）等。鉴别钻石应测定硬度及用 X 光照射，钻石在 X 光下透明。

【红宝石】红色透明的刚玉晶体。其矿物学特征及产出特点同刚玉。评价红宝石主要是依据其颜色，颜色优劣依次为：血红、鲜红、粉红、紫红至深紫红。红色是因含铬离子所致。最优者为血红（又称鸽血红或鸽子血）。除显六道放射光的称星光红宝石或星彩红宝石者为不透明或半透明外，红宝石均要求透明（透明度可利用聚光手电筒检查，不以肉眼为准）。因为红宝石多产于缅甸，故又称缅甸红宝石。由于其硬度为 9，又有美丽的颜色，所以在宝石中仅次于钻石。人工可以制造红宝石晶体，但它不能用作宝石，但在工业上作为激光发生器和手表轴承被广泛应用。

【蓝宝石】蓝色透明的刚玉晶体。蓝色是由于铁及钛离子所致。蓝宝石的颜色最为关键，最好的颜色是有如雨过天晴的那种“蔚蓝”或所谓“阳青色”，太深或太浅均不理想。有星线者，称星光

宝石；若颜色理想则为最佳蓝宝石，自然界产出的蓝宝石比红宝石多，大颗粒者也常见。至今最大者为重达 951 克拉的优质晶体，当前 5 克拉以上的优质者也已属很贵重的宝石。其成因与碱性岩浆岩有关。人造蓝宝石不能用作宝石，而只是用于工业。纯净无色透明的刚玉晶体，即是白宝石。因含二价镍而呈金黄色的透明的刚玉晶体，称金黄宝石或称金宝石。白宝石和金宝石均较少见。

【绿宝石】除祖母绿以外的绿柱石质宝石的统称或宝石级绿柱石的通称。由于含微量元素，常呈现不同艳丽色调。重要的宝石品种主要有：（1）金色绿宝石，指黄带淡绿，桔黄、金黄色、淡柠檬黄色绿宝石；（2）红色绿宝石，又称玫瑰绿宝石，是含锂、铯或锰而呈桃红、玫瑰红色绿宝石；（3）透绿宝石，是一种无色透明的绿宝石；（4）海蓝宝石，是一种含微量二价铁离子的呈海蓝—绿色的绿宝石。清澈透明者称为水蓝宝石，其颜色以深湖水绿为好。其矿物学特征与绿柱石同。

【海蓝宝石】绿宝石的一个变种，属绿柱石质宝石。具美丽的天蓝色至海蓝色的绿宝石，亦称天蓝宝石。呈绿蓝色透明或半透明，深蓝色透明者为名贵宝石。见“绿宝石”。

【祖母绿】又称纯绿宝石、翠绿宝石、吕宋绿。翠绿色、浓绿色半透明—透明的绿柱石。颜色是一种特殊的碧绿苍翠（晶莹翠绿）的“祖母绿色”。其绿色是由于铬在晶格中取代铝引起的。有些专家认为不由铬引起的绿色不是祖母绿。清澈透明者极优，祖母绿一般大小为 0.2—0.3 克拉，可作高级首饰戒面，大于 0.5 克拉的优质品由于稀罕难得，其价值高于优质钻石。主要产于超基性岩中

的气成热液岩脉中及伟晶岩中，也见于相应的砂矿床中。其矿物特征与绿柱石相同。

【金绿宝石】指金黄色或黄绿色透明的能用作宝石的绿柱石。金黄色者为佳品，其颜色主要因含三价铁所致。能变色的金绿宝石叫作变石。

【变石】指颜色有变化的金绿宝石。因含微量铬对不同光源有选择吸收而变色的金绿宝石称为变石，又叫紫翠玉。在日光下呈现绿色、淡黄绿色或蓝绿色；在灯光（烛光、钨丝灯光）下呈现红色、深红到紫红色，褐红色最常见。不同产地的变石在日光下其颜色都不尽相同。优质者在日光下应为亮绿或蓝绿色，在灯光下应为紫红色。变色强烈显著者为上等珍品。优质者极为难得。矿物学特征见绿柱石。

【翠绿宝石】是一种深翠绿色的可作为宝石的铍尖晶石。主要产于花岗伟晶岩与其不同成分的围岩的接触带，也见于砂矿中。矿物学特征与尖晶石接近。

【红色绿宝石】具有玫瑰红、粉红或橙红色而又透明的绿柱石。上述各种颜色是由于含有微量的锂、铯或锰而致。以鲜红色为最佳。根据颜色可分别命名为玫瑰绿宝石、紫红绿宝石。

【晶宝石】透明的呈红、玫瑰红、蓝色的尖晶石族矿物，成分为 $MgAl_2O_4$ ，等轴晶系，透明—半透明，玻璃光泽，硬度 7.5—8.0，主要产于接触变质带，区域变质岩中，也见于相应的砂矿中。红

色透明的宝石级尖晶石称为红晶宝石，由于含微量氧化铬而呈红色、玫瑰红等色，历史上许多所谓的“红宝石”不少就是红晶宝石，呈蓝色透明的宝石级尖晶石称作蓝晶宝石。

【猫眼石】 俗称“猫儿眼”，一种极珍贵的宝石。猫眼是指宝石表面有形如猫眼中所见的那道垂直闪光带，又称“活光”，且恰在宝石正中，称猫眼状闪光。中外宝石界所说的猫眼石主要有两种：一种因产于澳洲的最好而称作“澳洲猫眼”的猫眼石，成分为蛋白石，是含水较少的蛋白石，其硬度（6.5）稍大于同类成分的宝石。呈黄色、棕色或乌黑，后者最佳。产于湖相沉积、海盆边缘及各种岩石的裂隙和火山岩气孔中等。矿物特征与蛋白石同。另一种猫眼石，其成分为铍尖晶石（ BeAl_2O_4 ）。因斯里兰卡产的最多也最好，所以称作锡兰猫眼，也称东方猫眼或金绿猫眼，中国宝石界称的猫眼主要指这一类。优质者呈金黄绿色、黄绿色、蜜黄色、黄褐色等。最好完全透明，一般为微透明—半透明，玻璃光泽。产于区域变质岩，伟晶岩、气成热液矿床及砂矿床中等。

【玛瑙】 条纹状隐晶质玉髓块体，属二氧化硅质低温矿物。因含色素离子及一些杂质则常呈现出灰、褐、红、蓝、绿、黑等色，各色相间形成各种不同色彩的美丽的层纹状、条带状、条纹状花纹等。玛瑙致密坚硬耐磨，常用于制作乳钵（研钵），较透明者可作为宝石或工艺制品的原料。根据颜色及花纹的不同，有着不同的名称，如合子玛瑙、截子玛瑙、苔纹玛瑙、竹叶玛瑙、锦红玛瑙、火玛瑙、红玛瑙等。天然产出的红玛瑙呈褐红、黄红、酱红等色，不太悦目，但经高温焙烧一次则可变成悦目的鲜红色，此种加工后的红玛瑙称烧红玛瑙。玛瑙主要产于喷出岩气孔、洞穴中，也

产于沉积层中。其矿物特征同玉髓。

【水晶】透明的石英晶体，水晶多呈柱状晶簇，产于伟晶岩或其他岩石的晶洞和裂隙中。根据颜色有如下几种：呈淡紫、浓紫、或葡萄紫色者称紫晶，无瑕透明者是作首饰戒面的上品，属中档宝石，主要产于火山熔岩暗玢岩孔洞中，紫晶加热至 270°C 时紫色消退呈黄色，至 575°C 时变为无色；呈烟色至深褐色者称烟晶，又称茶晶，烟晶加热后可变为无色，当经放射性辐射后仍可恢复原色；黄晶指浅黄色、黄褐色水晶，或称黄玉水晶（又叫假黄玉）；黑色称为墨晶；呈淡红、玫瑰至深紫红色的蔷薇石英称为芙蓉石，有些芙蓉石含显微针状金红石包体，在反射光下呈现如六道星光，称为星光芙蓉石，加热或久晒于日光下可使颜色变淡，置于水中颜色稍有恢复，常产于伟晶岩的核部。水晶的矿物特征见石英。

【茶晶】烟晶的一种，即烟黄色到褐色及深黄色的水晶。其颜色过去认为是由于含有杂质引起的，现在认为是因为含有放射性物质引起的。其透明者，过去常作眼镜片，今已少用。

【黄晶】宝石级黄玉晶体，透明度好者为优质品，以石竹色、红色、橙色等为最好。经曝晒、受热和日久颜色会变浅。其矿物特征及产出特点见黄玉。

【碧玺】电气石质宝石的统称，一般为中级宝石，优质的碧玺颜色丰富多彩、鲜艳夺目、晶莹通透、无包裹物及瑕疵。碧玺品种以颜色命名。呈石竹色、玫瑰红、枣红、大红等色者均称为红碧玺。颜色为碧绿、浅绿者称作绿碧玺。绿色是由铬和钒离子引起的。矿

物特征及产出见电气石。

【日光石】长石质宝石，成分为更长石，含有均匀分布的鳞片状镜铁矿微细包体。在亮的底色上呈现金黄色或灰红色闪光，又称砂金石，矿物特征及产出特点见斜长石。

【月光石】长石质宝石，成分为拉长石。具碧蓝、淡蓝、蓝白色，变色者叫“月光石”。这是由于拉长石的晶体中有规律排列的微细包裹物及细纹理所引起的一种光的干涉现象。矿物特征见斜长石。我国历史上（战国时期）一块很著名的宝石“和氏璧”，据记载是“侧视之色碧，正视之色白”。可能是拉长石的变色现象，即是一块月光石。

【欧泊】宝石级蛋白石，系 Opal 的音译。也有“凡是颜色比较浅淡的各种蛋白石质宝石都叫做欧泊”的说法。欧泊因变彩或游色而迷人，以透明度高，具强烈变彩者为优质。常见的有贵蛋白石、火蛋白石等，纯净贵蛋白石无色，由于含铁而呈浓淡不一的红色、橙色、黄色、绿色、蓝色和黑色等；火蛋白石一般为白、浮白、乳黄、桔黄及红棕色等。欧泊按不同底色分类，主要品种有（1）白欧泊，一种底色为透明无色-乳白色贵蛋白石品种，其变形犹如银白幕上浮现的彩虹，以墨西哥产的最著名，日本俗称“墨西”；（2）黑欧泊，底色为黑色或深绿、深蓝、深灰或褐色欧泊品种，以黑色最佳，由于黑底色上变彩更加华丽夺目，为欧泊之名贵品种，以澳大利亚最为著名；（3）火欧泊，底色为黄、桔黄和紫红色的品种，为欧泊中的低档品。矿物特征及产出特点见蛋白石。

【勒子石】一种浅黄棕色蛋白石质宝石，也称勒子，半透明，有的正中有亮带闪光，似猫眼活光，但较猫眼低级，称作勒光，勒子石实质上仍是欧泊的一种。

【玉】硬玉和软玉。古人称玉是“石之美者”，所以玉的广义概念，不仅指硬玉和软玉，还包括许多用于工艺美术雕刻的矿物和岩石，如岫玉（一部分为蛇纹族矿物）、密玉（为次生石英岩类）、碧玉（为海底火山喷发形成的硅质胶体沉积岩）等。一般说来，玉的硬度应在 4.0 以上，具蜡状或玻璃状光泽。如硬度不够，则不属玉或玉雕材料，而只算石雕材料，如“汉白玉”、青田石，任何玉石未经加工的原石，都叫做璞。

【硬玉】辉石的一种，是单斜辉石中碱性辉石的一种。成分为 $\text{NaAl}(\text{Si}_2\text{O}_6)$ 。呈纤维状集合体，致密块状。有韧性。颜色为无色、绿、翠绿、苹果绿、褐、红、粉紫等色。不透明至半透明，玻璃光泽。硬度 6.5—7.0，比重 3.3—3.4。化学性质稳定。是玉石中珍贵的品种。特别是其中的“宝石绿”其珍贵价值可与祖母绿媲美。杂色的劣质玉价值低。主要产于蛇纹化的橄榄岩中，有些产于超基性或产于喷发—沉积建造中。

【翠玉】专指翡翠或广义而言是绿色玉的统称。即包括各种不同成分而同为绿色的玉，如中国的台湾玉、美国的加州玉及澳洲玉、非洲玉等。缅甸人所说的罗甘、洛都是翡翠。

【翡翠】一种翠绿色的硬玉，其实“红色为翡，绿色为翠”，由于翡玉较少，而且远不如翠玉惹人喜爱和贵重，故习惯上已把翡翠

作为翠绿色硬玉的专用词了。翡翠的绿色还可分为葱绿、葡萄绿、秧绿、豆荚绿、青绿和真正的翡翠绿色，以翡翠绿为最好。由于其翠色新美，光泽喜人，透明晶莹，硬而不脆，优质者是玉中珍品，价格极为昂贵。主要产于缅甸，故亦称缅甸玉。矿物特征见硬玉。

【软玉】简称玉，指透闪石和阳起石的致密硬韧的块体。是仅次于翡翠的玉种。颜色有白、灰白、绿、灰绿、黄、褐、黑等色。透闪石为主要成分时，颜色较浅，由乳白色到浅苹果绿色。以阳起石为主要组分时，颜色较深，由墨绿到苹果绿色。为纤维状集合体，质地细腻坚韧。一般为油脂光泽或蜡状光泽。以纯净、无裂隙缝为优质。按颜色分为白玉、青玉、黄玉、碧玉和墨玉等。按产地有：新疆的和田玉、天山的碧玉、陕西的蓝田玉等。其重要的品种为“羊脂白玉”、“青玉”、“墨玉”等。其中以白玉为最优质，又称羊脂白玉。深绿色者亦是玉中珍品。其矿物特征及产出特点见透闪石和阳起石。

【和田玉】软玉的一种。因产于新疆和田故名，又称新疆玉，是著名的玉种之一。以白、黑、杂色为主，绿色者少。其纯白色称“羊脂玉”。在故宫博物院陈列着的一件大型（重达 5250 公斤）玉雕“夏禹治水”即是新疆玉制品。矿物特征见软玉。

【羊脂玉】即白玉，优质者称羊脂玉或白脂玉。是一种非常洁白、质地细腻无瑕的软玉。因洁白细腻如同羊脂而得名。是软玉中最名贵的品种。色愈洁白愈好，任何邪色都减等。羊脂玉极难得，主要产于新疆于田昆仑山中。

【青玉】一种深青绿的软玉。是我国产出较多的高档玉料。主要产于新疆于田。

【墨玉】一种黑如墨，质地细腻的软玉，是一种高档玉料，产于新疆于田。

【蓝田玉】软玉的一种。推测因产于或集散于陕西蓝田，故名。是著名玉种之一。以殷色、白、黄、灰色为主，绿色者较少。但现在蓝田并无玉的产地。

【京白玉】石英质玉雕材料，一种白色的次生石英岩，隐晶质、块状，坚硬耐磨。以次生石英岩为玉雕材料的还有：密玉、独山玉，东陵石等。密玉呈黄色到黄褐色。因产于河南密县而得名。独山玉，也叫南阳玉，白色中带翠绿色，产于河南南阳独山而得名。东陵石是含有细鳞片状云母或赤铁矿而呈均匀分布的次生石英岩或石英晶体，琢磨后呈闪烁的金黄色、粉红色、油绿色者较贵重，以绿色、碧绿色为最好。其矿物特征见石英。

【岫岩玉】又称岫玉，因产于辽宁岫岩县而得名。是蛇纹石族矿物，成分 $\text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_8$ 。是重要的玉雕材料，颜色为湖水绿、苹果绿或淡绿色。微透明——半透明。我国著名的汉墓出土文物“金缕玉衣”即用岫岩玉片制成。

【汉白玉】纯白色大理岩。是一种结构均匀，质地致密的变质岩——细粒大理岩。一般俗称的大理石即岩石学中的大理岩，主要由方

解石、白云石组成，是一种著名的石雕材料，优质者可作工艺制品。天安门前的石华表及故宫内的许多精美的石雕均是汉白玉的雕刻制品。其产出特点见大理岩。

【孔雀石】具有 $(\text{OH})^-$ 的铜的碳酸盐。成分 $\text{Cu}_2 [\text{Co}_3] (\text{OH})_2$ 。单斜晶系，单晶体呈柱状或针状，极少见，通常呈钟乳状、结核状和纤维状集合体。深绿—鲜绿色，条痕淡绿。玻璃—金刚光泽，纤维状集合体，呈丝绢光泽。硬度 3.5—4.0。比重 3.9—4.0。孔雀石是含铜硫化物矿床氧化带中的风化产物，质纯色美者，琢磨后显美丽的翠绿色花纹，是一种优良的工艺美术制品原料。

【松石】绿松石矿物的工艺名称，又称甸子。是含铜、铝的磷酸盐矿物，成分为 $\text{CuAl}_6 [\text{PO}_4]_4 [\text{OH}]_8 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 。晶体小，多呈隐晶质块体。颜色为淡蓝、深蓝、绿、苹果绿、蓝绿及灰绿等色。受热易脱水而使蓝色变为绿色，在酒精、芳香油、肥皂泡沫等一些有机质的作用下可变成褐绿色。不透明。蜡状光泽。性脆。硬度为 5—6。多用于玉雕，是贵重的玉料之一。其品种是根据颜色、产地等划分，如蓝色松石、绿色松石、斑点松石、湖北松石（古称荆州石或襄阳甸子）等。多呈脉状、结核状等产出。

【青金石】玉石的一种。其成分中含有方解石、黄铁矿等，青金石矿物只占 25—40%。微透明至不透明。油脂光泽。致密块状，硬度 5—5.5。天蓝、深蓝、紫蓝、绿蓝色，浓而不黑。磨光面上往往在深蓝色背景中有闪亮的金星（黄铁矿细粒）。古有金碧、璧琉璃等名称，工艺名称为“青金”。青指玉的颜色，金指玉中因含黄铁矿颗粒而产生的“金星”。无黄铁矿者不能称为青金。主要产于

碱性岩与碳酸盐岩接触带中，很少见，是一种贵重的细雕（工艺品）及装饰石料。

【虎眼石】是一种硅化石棉，又称木变石。成分为 SiO_2 ，但仍保留石棉纤维状外貌。未被琢磨时呈丝绢光泽，琢磨后在玻璃状闪亮底色上显丝绢束状反光，非常美丽迷人。主要呈黄、金黄、棕黄、黄褐色或蓝及灰蓝色，后者较少见。在磨割的圆形、椭圆形制品中“丝状束状”闪光，闪耀显著，也称“洁光”，有如“老虎眼睛”，故称虎眼石。一般呈薄板状产出，但因质地坚硬不易破碎，故能雕刻大件作品。虎眼石是优良的饰品或工艺美术制品石料。

【琥珀】是一种松柏科植物的树脂经石化而成，是一种有机树脂的混合物，成分相当于 $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$ 。非晶质。呈滴状、瘤状等不规则块状，一般呈黄、黄褐色等。微透明—透明，性脆，硬度 2.0—3.0，松脂或珍珠光泽。其中常含有完美的昆虫等小动物化石，无瑕透明的质优者为高档玉料，用于雕制装饰及工艺品。根据颜色，金黄色者称为金珀，褐红色者称为血珀，均为上品，尤以含完整化石者为佳。不透明蜡黄者称为蜜蜡或蜜蜡石，为中低档玉石，在中国多产于下第三纪煤层中。

【珊瑚】系现代八射珊瑚的一种贵珊瑚，作为玉石的珊瑚多为红色和粉红色，是一种海生底栖腔肠动物珊瑚虫的遗体。珊瑚由微晶方解石组成，成分为碳酸钙，颜色多为白、红及紫红色，透明或不透明、半透明，玻璃光泽，硬度 3.5—4.0，比重 2.6—2.7，由于呈树状，有枝、杈、干为特点，最宜人物雕琢，是一种高档玉料。色调均匀浓艳红色为上品，西方喜好粉红色，俗称“天使

面”。中国台湾、澎湖列岛海域和日本、马来西亚产有红色贵珊瑚。

【彩石】指不透明或微透明具天然美色、质地细腻均匀、硬而易琢磨的岩石或矿物。光泽强，磨光后显美丽的花纹或色调。可作工艺美术品原料或装饰石料等。有些专家将彩石作为宝石和玉石的统称，中国目前一般把彩石作为大理石等低档玉石之名，实际上中国目前玉石和彩石两者之间界线很难区分，所以也可以把彩石作为玉石的同义语。

【砚石】制作砚台（或石砚）的石料（或原石）。实际上是一种彩石。主要为板岩及浅变质的泥灰岩（或黑色泥晶灰岩）等。质致密细腻，优质者如玉，有时含少量生物化石。其颜色以黑为主，也有灰、灰褐、紫红、绿灰等色，有时具花纹或色块等。

【建筑装饰矿物岩石材料】指颜色或花纹美丽，致密块状，完整性、加工性能好的矿物岩石。一般能采出 $60 \times 60 \times 60$ 厘米的块体，硬度一般在 4 以下，化学性质稳定，难溶。琢磨后显腊状或油脂等美丽的光泽。主要有青田石等叶腊石族矿物变种；汉白玉等各种大理石以及某些花岗岩类。建筑饰材中国各地均有产出，最著名的有云南的云石、北京的汉白玉、浙江的青田石、福建的寿山石等。

【大理石】即大理岩。因产于云南大理而得名。主要由方解石、白云石组成，常含微量的石英、绢云母、蛇纹石等。有多种颜色：白、灰、粉、红、绿、黄、褐色等，并常形成不同色调的花纹。根据其颜色、花纹及产地的不同可划分为很多类型，如汉白玉、曲阳

玉、曲纹玉、紫纹玉、香蕉黄、晶白、桃红、莱阳绿、点苍山大理、艾叶青等。其他特征见大理岩。产出遍布中国，其绝大多数均用于石雕和建筑装饰石料。

【云石】大理石的一种，是一种具有山水画花纹的大理石。其花纹是由灰、深灰、暗绿、褐、浅褐等色调显示出“丛山”、“险峰”、“彩云”、“山间的溪流”、“壁悬的瀑布”等。抛光后显示出一幅幅山水画来，非常美观。它质地纯净，结构细致均匀，透光性较好，块度大，抛光性较好，是最优质的工艺大理石。常用于高级工艺制品和高级家俱摆设。如石屏风、石桌面等。产于云南大理苍山东坡一带。

【艾叶青】建筑饰用大理石的一种，是一种为浅灰色、青灰色，并有各种灰色花纹及斑痕的大理石。其结构细—中粒，很是均匀细致，可与汉白玉媲美。抛光后油光发亮，给以“淡青”之感，有如“艾叶”，故自古有“艾叶青”之称。是很著名的一种彩石。人民大会堂门前大石柱即为艾叶青所装饰。主要产于北京郊区周口店一带及房山石窝村。

【莱阳绿】大理岩的一种。一种蛇纹石化大理岩。蛇纹石呈橄榄绿色，较均匀地分布于灰白色大理岩中。也是一种很出名的建筑彩石。产于山东莱阳县。

【东北红】指一种紫色含叠层石的石灰岩。具细粒结构，致密块状，抛光后显美丽光亮的紫色，并具各种纹带或条纹。是一种著名的建筑彩石。北京火车站出站通道中的大石柱就是用这种材料装饰

的。产于东北辽宁震旦纪地层中。

【东北绿】一种蛇纹石化大理岩，是很出名的饰用建筑材料。浅橄榄绿色的蛇纹石浸染状散布于白色大理石中，抛光后显出美观的油脂橄榄绿色。主要产于辽宁。

【青田石】致密块状的叶腊石，因产于浙江省青田县而得名。有白、黄、红、绿、青灰、绿紫、黑等色。优质者质地细腻，半透明至微透明。依其色泽、结构，及花纹的不同进行分类命名，主要有：灯光绿、封门青、五彩冻以及松皮冻、紫檀冻、鱼脂冻等。前三种最为珍贵。福建的“寿山石”、广东的“广绿石”、辽宁的“林西石”及浙江的“冒化石”都属此类物质。其成因、用途及矿物学特征见叶腊石。

【寿山石】块状叶腊石，因产于福建省福州东北郊的寿山乡而得名，又称“冻石”、“塔石”等。常用于制图章及各种工艺装饰品。再依其颜色、质地、产地等来命名，如田坑石、水坑石、山坑石等。

【昌化石】致密块状叶腊石。因产于浙江省昌化县而得名。颜色有白、黑、红、黄、灰等色。依其色调、花纹又分为：鸡血石、白昌化、黑昌化及花昌化等。其他特征见叶腊石。

【独山石】一种蚀变长石岩。因产于河南省南阳市东北的独山而得名，又叫南阳玉。是中国早已驰名中外的玉种。其主要矿物成分是斜长石，蚀变矿物有黝帘石、透闪石、绿帘石、阳起石、透辉石等等。致密块状。颜色有绿、白、紫、黄等色。硬度 7.5—8。微

透明、半透明至不透明。磨光面光亮如同翡翠。独山玉由于色泽鲜艳，质地细腻，光泽好，硬度高，可与翡翠媲美。为优质玉料，用于雕磨工艺美术品。

【克拉】宝石的重量单位，一克拉为 200 毫克。这是现今全世界统一的重量标准。

【色级】评价钻石颜色时所用的钻石颜色分级，钻石的颜色是钻石品级和商品档次的主要因素。一般以无色纯净透明者为最佳，此种就叫“100 色”，也称“十足色”，为最高级色级。“95 色”以上都只有极微弱的黄色，“80 色”则有明显的黄色，“75 色”指显著黄色。总之，一般钻石颜色差度甚微。鉴于钻石在日光照射下微现淡蓝色莹光效应，往往掩盖淡黄色钻石本色，以及陪衬材料等干扰因素，都必须考虑排除。另外，钻石颜色分级，国内乃至各国间分级标准差异较大，精细程度亦不统一。若钻石夹杂别的色素或色斑时，称做“色不正”或“邪色”。彩色钻石是中低档品种。

【批工】也称“造工”。钻石和其他宝石饰品都是由宝石矿物经人工琢磨而成的，这种加工琢磨就叫作批工，批工精美与否直接关系到宝石的质量。过去批工是由工匠设计，通常批成“正圆形”、“正方形”、“鸡心形”等等。现代尽量批成“正圆形石”。一颗正圆形石该如何批才最为理想，经过光学原理等研究后，已制定出标准格式，即一颗正圆形石的瓣数、瓣形、大小和整个钻石的长、宽、厚比例都已标定，叫做标准批工，被世界公认为最好的批工。

【瑕疵】宝石的瑕疵包括脏、裂纹、丝纹、包体等。脏是最主要的

瑕疵，是宝石矿物晶体在形成过程中因杂质混入而出现斑点、斑块及丝纹等。钻石的净度即指钻石含杂质瑕疵的程度，它影响透明度及批工。钻石瑕疵的鉴定包括颜色、形状、大小和分布等，系以 10 倍放大镜下观察为准，其净度为 6 级：（1）纯净无瑕或全美净，10 倍放大不见瑕疵；（2）极微瑕或叫微花，10 倍放大难见；（3）微瑕或叫一花，10 倍放大不难见；（4）明显瑕疵或叫二花，肉眼难见；（5）明显瑕疵或叫三花，肉眼可见；（6）严重瑕疵或大花，肉眼很易见。

岩矿鉴定

【岩石薄片】是用来在偏光显微镜下观察的厚度为 0.03mm 的矿片，0.03mm 的矿片一面用加拿大树胶粘在载玻璃（25×50mm，厚 1mm）片上，其上面用加拿大树胶粘上盖玻璃（15×15mm 或 20×20mm，厚 0.1—0.2mm），简称薄片。制作方法是用切片机从岩石标本上切下一小块（一般为 2×2cm 的薄块），先把一面磨平，用加拿大树胶把这一平面粘在载玻璃上，再磨另一面，磨到厚度为 0.03mm 为止，再用加拿大树胶粘上盖玻璃，所以岩石薄片是由薄的矿片、载玻璃及盖玻璃组成的。

【偏光显微镜】研究晶体（透明矿物）及岩石薄片光学性质的重要仪器，是装有两个偏光镜的显微镜。一个偏光镜装在显微镜载物台下面；称下偏光镜（起偏镜），另一个装在载物台之上的镜筒中，称上偏光镜（分析镜）。二者透过光波的振动方向互相直交。若只

使用下偏光镜（将上偏光镜推出）观察时称为单偏光。在单偏光镜下主要是观察矿物的晶形、解理、突起、吸收性等。若上、下偏光镜同时使用时。称为正交偏光，在正交镜下可观察晶体的消光特点、干涉色等。正交偏光时再加上聚光镜和勃氏镜称为锥光，锥光时用高倍物镜，可观察矿物的轴性（一轴晶或一轴晶）、光性符号（正晶或负晶）、光轴角等特征。偏光显微镜的类型很多，但基本构造及基本附件都基本相同。

【显微镜热台】研究矿物热学性质的仪器之一。简称热台。它一般用电阻丝作为加热元件，用热电偶测量样品加热温度。温度范围一般由室温至 750°C ，高可达 2000°C 左右。用于测定矿物中包裹体的均匀化温度，以确定矿物或矿床形成时的温度和压力；测定矿物脱水时的温度；测定矿物多形结构的转变温度；用于双变油浸法中测定矿物的折射率；观察矿物在加热过程中光性的变化等。热台有不同的型号，一种可安装在偏光显微镜的载物台上，一种是直接取代替载物台。

【染色法】鉴定矿物的一种方法。以前主要是用于碳酸盐矿物和粘土矿物。目前已有百余种矿物可用染色法加以鉴别，如某些硅酸盐、钨酸盐、氧化物、硫化物等。多用于薄片及磨光面染色。对各类矿物配制不同的试剂，其作用主要是矿物中的某些离子被试剂中的离子交换，或有色试剂被矿物吸收，致使不同矿物显示出不同的颜色，以此来鉴定矿物。染色法经济、简便易行，因此，多年来被人们所广泛采用。

【差热分析】研究矿物热学性质的方法之一。主要用于粘土矿物、

氧化物矿物和盐类等。将被测样品和标准物（中性体）放入差热分析仪的加热炉内，在升温过程中标准物不发生任何热效应（吸热或放热），而样品发生热效应，它便与标准物之间产生温度差。加热过程中样品可发生脱水、分解等变化，即产生吸热反应，在曲线上为谷；在加热过程中矿物（样品）也可发生氧化、重结晶等变化，即产生放热反应，曲线上为峰。反应能量越大，其峰或谷的幅度越大。每种矿物在加热过程中，吸热及放热反应有其特定温度，并有其不同的能量。以此来鉴定和研究矿物。

【油浸法】常用的测定矿物折射率的一种方法。将欲测折射率的矿物浸没于已知折射率的浸油中，对比二者的折射率，通过更换折射率不同的浸油，从而测出矿物的折射率。因为浸没介质为油液（浸油），或称油浸液，所以称作“油浸法”。该方法是鉴定矿物的简便有效而又经济的方法，所以多年来一直被广泛采用。

【极射赤平投影】表示物体上的点、线与面之角距关系的平面投影方法的一种。设想以晶体的中心为球心，任意长为半径作一球面。然后从球心出发，引每一晶面的法线，并延长各自交球面一点，这些点便是晶面的球面投影点。经过球面投影，面角关系依然不变。若将上述的投影球与地球相比拟的话，极射赤平投影就是：以赤道平面为投影面，以南极（或北极）为视点，再将球面投影点进行投影。即球面上的每个点分别与南极（或北极）联线，每一联线与投影平面截于一点，这些点便是球面投影点的极射赤平投影，也就是相应晶面的极射赤平投影点。这种投影称为极射赤平投影。它在结晶学、晶体光学、岩组学及地质构造学中都有广泛应用。

【心射极平投影】表示物体上点、线与面之角距关系的平面投影方法的一种。在球面投影的基础上，它与极射赤平投影不同的是其投影平是与投影球面相切的某一平面（通常是相切于北极的平面）。球心为视点进行投影。即球面上的投影点分别与球的中心相连，并延长与投影面截于一点，这些点便是球面投影点的心射极平投影，也就是相应晶面的心射极平投影点。这种投影称为心射极平投影。它也是长期以来应用较为广泛的一种方法。

【吴氏网】一种极射赤平式投影网。它相当于地球上的经纬线极射赤平投影所得的结果。所有经圈均表现为通过两极的大圆，所有的纬圈，除赤道表现为东西向的直径，为一大圆而外，其余均为小圆。任一经线与纬线均相互正交。作为一种量度工具，吴氏网中的任一网线都不再具有任何固定的含义，而只是相互间具有一定角距关系的大圆和小圆罢了。通常用的吴氏网其直径为 20cm，各大圆和小圆的分度均为每小格 2° 。吴氏网用于点、直线、平面之间角距的图解计算，在晶体测量及旋转台工作中使用很广，也用于构造地质学中。

【荧光灯】测定矿物在紫外线照射下发光性质的仪器，即紫外光灯。由紫外线光源（石英水银灯）和透紫外线滤光片（紫外线玻璃）构成。其设备简单轻便，野外室内均可使用。

【矿相显微镜】即反光偏光显微镜，又称“矿石显微镜”。是研究矿石（或不透明矿物）的重要仪器。它是在偏光显微镜上加一套“垂直照明系统”组成。因此它的机械系统与偏光显微镜完全相同，其光学系统也基本相同，主要由光源、垂直照明系统、物镜、目

镜组成，只有物镜在设计上与偏光显微镜有所不同，故新型反光偏光显微镜备有两套物镜分别在反光镜和透射光下使用。自光源射入的光波被棱镜或反射器垂直向下反射，射向矿石光片表面上起照明作用。在单偏光镜下观察矿物的反射率、反射色、双反射及反射多色性等。在正交偏光镜下观察矿物的均质性和非均质性等特征。

岩 石

【岩石】天然产出的由一种或几种矿物组成的集合体，主要由造岩矿物组成，少数由天然玻璃质、胶体或生物遗骸组成，具有一定的化学成分和矿物成分，具有一定的结构构造，具有稳定的外形的固态集合体。是构成地壳和上地幔的主要独立组分。岩石按其成因分为三类：岩浆岩（火成岩）、沉积岩和变质岩。其中以岩浆岩数量最多，在地壳以下深至 76 公里范围内 95% 以上为岩浆岩，而在地球表面沉积岩占 75%。一些在经济上可供利用的特殊的岩石叫矿石。煤也是特殊的岩石。

【岩石的结构】岩石组成部分（包括矿物、玻璃质等）的结晶程度、形状、粒度（包括绝对大小和相对大小）、分布及结合关系。岩浆岩、沉积岩、变质岩有相同的结构类型，如结晶结构。也有其各自特有的结构类型，如岩浆岩的玻璃质结构、沉积岩的碎屑结构、变质岩的变晶结构等。

【岩石的构造】岩石中不同矿物集合体之间或矿物集合体与岩石其它组成部分（如玻璃质）之间或岩石的各个组成部分之间的关系，即它们之间的排列方式及充填方式所表现出来的特点。岩石最常见的构造是块状构造。岩浆岩、沉积岩和变质岩除了都具有块状构造以外，各自还有其特有的构造类型。如沉积岩的层理构造和变质岩的片状构造等。

【岩浆】地幔和地壳深处形成的炽热，粘稠的熔融体（融体），其成分以硅酸盐为主，并含有挥发分，它在构造运移或其他内力作用的影响下，可以侵入地壳或喷出地表，经冷却固结后，形成各种岩浆岩（火成岩）。

【岩浆分异作用】原始均匀的岩浆在没有外来物质的加入下，依靠本身的演化最终生成不同成分的岩浆岩的全部过程。包括结晶分异作用和溶液的不混溶性（熔离作用）等，以结晶分异为主的最容易观察。

【结晶分异作用】岩浆分异作用的一种方式。即早期晶体晶出后就与液相体系分离，不再与液相发生反应。分离的晶体可以形成独立的岩石。随着晶体不断从岩浆中析出，成分逐渐改变，因而可形成多种成分的岩石。结晶分异作用以重力分离作用为主，可形成规模较大的成分复杂的层状侵入体。由于早期析出的比重较大的矿物，如橄榄石、辉石等受重力作用而下沉到熔体的底部。而晚期析出的比重较小的矿物则集中在上部，在自然界大型层状基性—超基性岩体可谓良好的实例。

【同化作用】岩浆完全熔化了围岩及捕虏体，使岩浆成分发生改变的地质作用。或者说，岩浆完全熔化了围岩及捕虏体，也就是围岩被岩浆同化了，所以称为同化作用。岩浆可熔化低熔点的矿物集合体，不能熔化比自身熔点高的围岩，但可以发生反应。岩浆同化了不同成分的围岩，则形成不同成分的岩浆。不完全的同化作用称为混染作用，被改变了成分的岩浆称为混染岩浆。

【混杂作用】岩浆与围岩接触，并吸收部分围岩成分，对岩浆而言，它被围岩所混杂，称作混杂作用，实质上是不完全的同化作用。

【混杂岩】由混杂作用所形成的岩石。两种岩浆混合所形成岩石也叫做混杂岩。它常具有特殊的矿物及结构构造，如长石的反环带结构、斑杂构造等。

【岩浆杂岩】一种岩浆岩组合，即在时间和空间上、矿产、成分及成因上有共性或有密切联系的一些岩浆岩组合。如云南某地的超基性—基性杂岩，下为橄榄岩，中为橄榄岩和辉石岩，上为辉长岩，自下而上明显分带，为同一岩浆分异的产物。由各种侵入岩组成的杂岩称侵入杂岩，由喷出岩组成则称喷出杂岩。

【岩浆建造】成因上有密切联系的特征相似的几个岩浆杂岩的总称。从它们的岩浆来源、岩浆性质和演化等反映一定的地质发展阶段和一定的地质构造环境。如中国祁连地槽发展早期的细碧—角斑岩建造。

【捕虏体】岩浆侵入过程中落入岩浆中的围岩碎块。捕虏体常常与熔岩发生化学反应（交代）。即使成分发生变化。捕虏体多分布于岩体的边缘部位或顶部。由于围岩崩落时其碎块常发生转动变位，所以其构造方位与围岩整体的构造方向常不一致。

【岩浆岩】又称火成岩。由岩浆凝固结而成的岩石称为岩浆岩。岩浆侵入地壳上层，在地表以下冷凝而成的岩石称为侵入岩，也称侵入体。按其形成时不同的深度分为深成岩、浅成岩。按其岩体的大小和形态可分为岩基、岩株、岩床、岩盘和岩脉等。岩浆喷出地表（溢流或爆发）形成的岩石叫喷出岩，也称火山岩。岩浆岩大部分为块状结晶质岩石，小部分为玻璃质的。根据岩浆岩化学成分和矿物成分不同，可分为超基性岩、基性岩、中性岩、酸性岩和碱性岩四大类。按其产出特点通常分为侵入岩和喷出岩两大类。

【岩浆岩（火成岩）产状】岩浆岩体的形状及存在的特征，主要指岩体的形态、大小和围岩的接触关系，以及形成时所处的地质构造环境和岩浆上升、活动方式等。

【岩浆岩相】又称火成岩相。在不同地质条件下生成的岩石和岩体总的特征。侵入岩与喷出岩相的特征及划分上均不相同。侵入岩相的划分主要的依据是岩石形成的深度，结合总体产状、部位及岩石特征。由于不同深度的岩浆其温度、压力、冷却速度、挥发份的散失等物理化学条件是有差异的，所以形成的岩石其结构构造及成分等也就有所不同。按深度分为深成相、浅成相和喷出相。同一岩体中可以分成内部相、过渡相和边缘相。火山岩相的划分

则有几种方法，按火山岩形成的时代分为古相火山岩和新相火山岩；按喷出环境分为陆相火山岩和海相火山岩；按距火山口距离分为远火山口相和近火山口相等方案。目前，一般认为比较好的方案是分为溢流相、爆发相、侵出相、火山颈相、次火山相及火山沉积相。对于岩浆岩相的研究，对于找矿勘探有一定的理论和实际意义。

【岩浆岩体】又称火成岩体，通常简称岩体。由岩浆岩（火成岩）构成的地质体，通常指侵入的岩浆岩体。岩体的大小和形状多种多样，大者可达数千平方公里，小的只有几平方公里。可呈岩基、岩株、岩床、岩盖、岩脉等形状产出。

【侵入体】又称岩体。岩浆岩体的一种，由侵入岩构成，岩体与围岩的接触关系有整合接触和不整合接触两种类型，前者称整合侵入体，有岩床、岩盖、岩盆等；后者称不整合侵入体，有岩脉、岩镰、岩株、岩基等。

【侵入岩】岩浆在地表以下不同深度的部位冷凝而成的岩石，由于冷却较慢，所以侵入岩的矿物结晶颗粒比较大，肉眼多能看出矿物结晶颗粒。按形成深度可进一步分为深成岩和浅成岩。深成岩一般大于 3 公里，多为大岩体。浅成岩一般小于 3 公里，多呈小岩体产出。距地表 0.5—1.5 公里的侵入岩，可称为超浅成岩体。

【深成岩】侵入岩的一种，岩浆在地下深处（>3 公里）即缓慢冷却、凝固所形成的岩浆岩，深成岩的主要特征是具有全晶质粗粒结构。如花岗岩、闪长岩、辉长岩等。

【浅成岩】侵入岩的一种。其产出特点介于深成岩与喷出岩之间，最主要特征是具有细粒结构或斑状、似斑状结构。如辉绿岩、闪长玢岩、正长斑岩、花岗斑岩等。

【超浅成岩】侵入岩的一种。岩浆侵入到接近地表（0.5—1.5 公里）处冷却、凝固而形成，如以火山颈产出的侵入岩即为超浅成岩。

【脉岩】充填构造裂隙呈脉状产出的岩浆岩类。常呈岩墙状、枝状、岩床状等。根据其成分可有两类。一类与深成岩成分相似，如花岗斑岩、辉绿岩、闪长玢岩。一类与深成岩成分相差甚大，而依颜色又可分为两种：一种以浅色矿物为主，色浅，称浅色脉岩，如细晶岩和伟晶岩；一种以暗色矿物为主，色暗，称暗色脉岩，总称为煌斑岩，如云煌岩。

【火山岩】由火山作用（岩浆喷出或溢出地表）形成的岩浆岩。为细粒、隐晶及玻璃质结构。它包括熔岩、火山碎屑岩及与火山作用的有关的次火山岩。

【次火山岩】与火山作用有关的并与火山岩系同源的浅成和超浅成侵入岩。有人把火山通道根部的岩石也称为次火山岩。次火山岩必须与火山活动同期或略晚；分布于火山岩附近；化学成分和岩石特征与火山岩相似。次火山岩与热液成矿作用关系密切。

【喷出岩】又称火山岩。岩浆沿构造裂隙上升，由火山通道喷出或

溢出地表后冷凝而形成的岩石。由于熔浆在地表条件下冷却很快，所以喷出岩为细粒甚至玻璃质岩石，常具斑状结构。从火山喷溢流出的熔浆冷却而形成的岩石叫熔岩，如玄武岩、安山岩、流纹岩等。而从火山爆发出来的各种碎屑物堆砌（陆上或水下）而成的岩石叫火山碎屑岩。喷出岩（火山岩）应包括这两部分。但通常人们所说的喷出岩，仅指熔岩这一部分。

【熔岩】火山岩的一种。指由火山作用喷溢出的炽热的熔浆（缺少挥发份的岩浆）冷却凝固而形成的岩石。熔岩包括流纹岩、安山岩、玄武岩等喷出岩。有人将火山喷出的液态熔浆称熔岩流，也有人将液态熔浆亦统称为熔岩。

【火山机体】又称火山机构。在一定时间内由火山作用所形成的各种产物在空间分布的格局。包括地表爆发产物、接近地表的侵入岩及有关矿产等构成的一个整体。包括火山颈、火山口、火山锥、熔岩流、熔岩被及相关的其他构造等。

【岩浆岩结构】组成岩浆岩的矿物颗粒及其相互关系间的特征，包括结晶程度及颗粒大小、形状等。根据结晶程度可分为全晶质结构、半晶质结构、玻璃质结构三大类。根据结晶颗粒肉眼可见者为显晶质结构；肉眼不可见者为隐晶质结构。上述各大类结构还可进一步划分出多种结构类型，如显晶质结构按矿物颗粒大小（相对大小和绝对大小）划分为：等粒结构、不等粒结构、斑状及似斑状结构、粗粒结构、中粒结构、细粒结构、微粒结构等。影响结构的主要因素是形成岩石时的物理化学条件（温度、压力及粘度等）。常以具某种典型结构的岩浆岩名称命名结构，如花岗结

构等。

【全晶质结构】造岩矿物颗粒全部结晶的结构。是岩浆在地下深处缓慢冷却从容结晶而形成的。多见于侵入岩。先结晶的矿物自形程度高，后结晶的矿物自形程度差。岩石主要由自形晶组成的结构称做自形（晶）结构。主要由他形晶组成的结构称做他形（晶）结构。主要由半自形晶组成的结构称作半自形（晶）结构。若肉眼观察能分辨矿物颗粒称作显晶质结构，不能分辨矿物颗粒者称作隐晶结构。

【显晶质结构】全晶质结构的一种。肉眼观察能分辨矿物颗粒者。显晶质结构可根据矿物的颗粒大小组分。按矿物颗粒的绝对大小可分为：粗粒结构（晶粒直径 >5 毫米）；中粒结构（晶粒直径 2—5 毫米）；细粒结构（晶粒直径 2—0.2 毫米）；微粒结构（晶粒直径 <0.2 毫米）。粒径很大的矿物称为巨晶、伟晶。按矿物颗粒的相对大小可分三种结构类型。等粒结构指岩石中同种主要矿物颗粒大小大致相等；不等粒结构，指岩石中同种主要矿物颗粒大小不等；斑状及似斑状结构，指岩石中所有矿物颗粒可分成大小截然不同的两群，大的称斑晶，小（细）的称为基质，若基质为隐晶质或玻璃质者，称为斑状结构，若基质为显晶质则称作似斑状结构。

【辉长结构】显晶质结构的一种。其特点是辉石和斜长石自形程度相近，均为半自形或他形晶粒。这是辉石和斜长石同时结晶的结果。这种结构以辉长岩最为典型，故名。

【辉绿结构】辉绿岩所特有的结构，故名。其特点是斜长石为板条状自形晶，呈交织状分布，而辉石则呈粒状他形晶，分布（充填）在板条状斜长石构成的三角形孔隙中。

【隐晶质结构】矿物颗粒很细肉眼无法分辨出矿物颗粒的结构。具有隐晶结构的岩石致密块状，以瓷状断口为特征。隐晶质结构还可进一步分为显微显晶质结构（或显微晶质结构）和显微隐晶质结构。前者指在显微镜下能看出矿物颗粒，而后者在显微镜下也不能分辨。霏细结构即属这种结构。一般火山岩及部分脉岩具有这种结构。

【半晶质结构】岩石由矿物晶体和玻璃质两部分组成，如具有以玻璃质为基质的斑状结构的岩石。多见于喷出岩及浅成岩边部。

【斑状结构】岩浆岩的一种结构。指岩石中所有矿物可分成大小截然不同的两群，当细小的部分为玻璃质或隐晶质时，称为斑状结构。细的部分称作基质，粗的大的矿物称作斑晶。大颗粒较稀疏地镶嵌在细的玻璃质或隐晶质中，呈斑点状，故名。是喷出岩和浅成岩中常见的结构。当基质为显晶质时，称为“似斑状结构”。这种结构常见于浅成花岗岩类岩石中。

【安山结构】即玻晶交织结构。岩石基质中斜长石微晶杂乱排列，无一定向，在微晶之间被玻璃质或隐晶质充填。为安山岩所特有的结构，故名。

【霏细结构】隐晶质结构的一种。在显微镜下也不能分辨矿物颗粒，

这种结构称为显微隐晶质结构，也叫作霏细结构。酸性熔岩或某些脉岩大都具有这种结构。

【玻璃质结构】岩石全部（或几乎全部）由未结晶的火山玻璃组成。这是由于岩浆温度快速下降，很快冷却（如喷出地表）而形成的。主要见于酸性喷出岩。玻璃质结构肉眼观察为致密块状、贝壳状断口。玻璃质是不稳定的固态物质，随地质时代加长，玻璃质逐渐转化为结晶质，叫做去玻化（或脱玻化）作用。当温、压较高时，则更有利于去玻化。

【岩浆岩的构造】岩浆岩的各个组成部分及集合体之间相互关系的特征。以块状构造（均一构造）为主。还有带状构造、球状构造、气孔和杏仁构造、枕状构造、流纹构造、流动构造等。影响构造的主要因素，除岩浆本身的特点外与岩石形成时的地质因素有关。如侵入岩多为块状构造，喷出岩则常见气孔、杏仁构造等。

【块状构造】组成岩石的矿物排列无一定次序、无一定方向，在整个岩石中分布均匀。不具任何特殊形象，构成均一块体。块状构造是岩浆岩中最常见的一种构造，如花岗岩等。

【流纹构造】酸性溶岩中最常见的构造。其特点是由不同颜色的条纹和拉长的气孔等在岩石中呈定向排列，而表现出来的一种流动构造。是熔浆流动过程中形成的，是流纹岩具有的典型构造，在中性喷出岩中也有。

【气孔构造】喷出岩中常见的一种构造。是在熔浆喷出地表后，压

力降低、挥发份逸出而形成各种浑圆形，管状及不规则状等气孔。在玄武岩中最为常见。气孔主要见于熔岩之顶，气孔拉长方向指示熔浆流动方向。当气孔很多时，则称作熔渣状构造。

【杏仁状构造】熔岩气孔被岩浆期后矿物或次生矿物充填所形成的构造。充填物状似杏仁，故名。充填的不是一个矿物颗粒，而是矿物集合体，其矿物多为方解石、沸石、石英、绿泥石等。

【斑杂构造】在岩石的不同部位，其矿物成分或结构构造差别很大，看上去整个岩石是不均一的，斑斑块块，杂乱无章。不均匀同化作用、岩浆多次侵入等均可形成斑杂构造。

【造岩矿物】构成岩石的矿物。通常指组成岩石的一般矿物。常见的造岩矿物有 10 余种，主要是硅酸盐，其次为氧化物和碳酸盐等，如橄榄石、辉石、角闪石、云母、长石、石英、方解石、白云石、高岭石等。按成因可分为原生矿物和次生矿物两类；按化学成分可分为硅铝矿物和铁镁矿物两类；根据在岩浆岩中按矿物成分的含量分类中的作用分为主要矿物、次要矿物和副矿物三类。岩石中含量较多在分类命名中起主要作用的矿物称做主要矿物，如花岗岩类中主要矿物是石英和钾长石；岩石中含量较少，对划分大类不起作用，而对确定岩石种属起一定作用的矿物称做次要矿物；如花岗岩中的黑云母、角闪石等，则可命名为黑云母花岗岩、角闪石花岗岩；含量很少，通常不到 1% 在一般分类中不起作用的矿物，称做副矿物，如磷灰石、榍石等。

【铁镁矿物】含二氧化硅低而铁镁成分较多的硅酸盐矿物（造岩矿

物)的总称。主要有橄榄石、辉石、角闪石、黑云母等。这些矿物的颜色都为深色(黑色、绿黑色等),故又称做“暗色矿物”或“深色矿物”。岩浆岩的颜色与其所含铁镁矿物的数量有关,含量高颜色则深,反之则浅。岩石中含铁镁矿物总和的百分数称为岩石的色率。

【硅铝矿物】石英及含二氧化硅高而铁、镁低的铝硅酸盐矿物(造岩矿物)的总称。主要有石英、长石、白云母和副长石等。这些矿物的颜色均为浅色,故又称作“浅色矿物”。硅铝矿物和铁镁矿物相对含量的变化,是岩浆岩分类的根据。当岩浆岩中浅色矿物多($>70\%$)时称为浅色岩,反之,暗色矿物多($60—90\%$)时,称为深色岩。

【超基性岩】岩浆岩的一个大类,二氧化硅的含量 $<45\%$,而含氧化铁、氧化镁很高的岩石,又称作“超铁镁质岩类”。主要矿物有橄榄石、辉石等。色深,比重大,其代表岩石为橄榄岩、纯橄榄岩、辉石岩和金伯利岩、苦橄岩等。超基性岩性脆,抗风化能力差,容易发生变化,并有透水性。与超基性岩有关的矿产是铬、镍、钴、铂、金刚石和石棉等。

【橄榄岩】超基性深成侵入岩的一种,主要矿物为橄榄石,其含量为 $25—75\%$,其他矿物成分以辉石为主,可含少量的角闪石、黑云母等。岩石呈深绿色,粒状结构,块状构造,比重大。最常见的为二辉橄榄岩。当矿物成分几乎全部由橄榄石($>90\%$)组成时,称为纯橄榄岩。该类岩石容易蚀变。蚀变后可变为蛇纹石岩,其中常有蛇纹石石棉。橄榄岩常与纯橄榄岩、辉石岩、辉长岩等

形成杂岩体。与其有关的矿产有铬、镍、铂、钴、石棉、滑石等。

【辉石岩】超基性侵入岩的一种。主要由辉石组成，其量 $>90\%$ ，含少量的橄榄石、角闪石、黑云母等。色深，粒状结构，块状构造。根据辉石的成分可进一步命名为透辉岩、二辉岩等等。有关的矿产为铬、镍、钴、铂等。

【角闪石岩】超镁铁质岩深成岩的一种。即超基性岩侵入岩的一种。主要矿物成分为普通角闪石（含量 $>90\%$ ），有时含少量的辉石和橄榄石等，有时含铬铁矿或钛铁矿，可形成矿床，主要是含钒钛磁铁矿。

【金伯利岩】旧称“角砾云母橄榄岩”。常富含金刚石的一种超基性岩浆岩，因最早见于非洲金伯利而得名。是一种偏碱性的超基性岩。主要矿物成分为橄榄石（但大部分已蛇纹石化或钙化）、镁铝榴石、铬透辉石、金刚石等，同时含有大量的捕虏体。常呈角砾状和不等粒结构。呈岩筒、火山颈、岩墙和脉状产出。有关的矿产为金刚石。

【苦橄岩】超基性岩（橄榄岩）的喷出岩。矿物成分以橄榄石、辉石为主，少量副矿物及玻璃质，具细粒—微粒结构，或斑状结构。具斑状结构的称为苦橄玢岩，橄榄石大部分呈斑晶。岩石呈暗绿色至黑色。苦橄岩的“苦”字系从日文转译而来，是富含“镁”的意思。有人认为成分与辉橄岩相当的喷出岩为苦橄岩，成分相当纯橄榄岩者称为麦美奇岩（因产于苏联麦美奇河而得名）。

【碳酸岩】岩浆成因的以碳酸盐类矿物为主要成分的岩石。化学成分上二氧化硅含量 $<20\%$ ，应归于超基性岩类。碳酸盐类矿物占 80% 以上，主要为方解石、白云石、铁白云石、菱镁矿等。此外，还有很多种类的其他矿物，常见有磁铁矿、磷灰石、辉石、黑云母、碱性角闪石、碱性长石、黑榴石、霞石、锆石、萤石等。具中、粗粒结构，多为块状构造。通常呈白色至棕色。成因上与空间上与超基性—碱性岩关系密切，其产状有喷出岩（呈熔岩流、火山颈等）和侵入岩（常呈岩株、岩脉等）两大类。从它的成因和产状特征都可与沉积的碳酸盐岩相区别。（为避免混淆，属于岩浆成因的称为“碳酸岩”，属于沉积成因的称“碳酸盐岩”）。与之有关的矿产为铌、钽、稀土元素、磷、铁等。最为重要的矿床类型为稀土碳酸岩及烧绿石碳酸岩。

【地幔岩】假想的原始上地幔物质岩石，pyrolite 的译名。根据不同的资料拟定出其原始物质成分的各种模式，较流行的地幔岩是 1 份玄武岩和 3—5 份橄榄岩的混合物，成分比较接近二辉橄榄岩。地幔岩可沿地壳深大断裂带进入地壳，如洋中脊的二辉橄榄岩和裂谷带的金伯利岩。高温高压实验证明：地幔在不同的深度，分熔出来的玄武岩成分不同。

【基性岩】岩浆岩的一个大类，二氧化硅的含量为 $45—52\%$ 。主要矿物为辉石、基性斜长石，不含石英或石英极少。色深，比重较大。其代表岩石包括深成岩中的辉长岩、浅成岩中的辉绿岩、喷出岩中的玄武岩。同其有关的矿产为铁、钛、钒、铜、镍等。

【辉长岩】基性侵入岩的一种。主要矿物成分为基性斜长石和单斜

辉石，二者含量近于相等，暗色矿物偏高。次要矿物为橄榄石、斜方辉石、角闪石等，副矿物有磷灰石、磁铁矿、钛铁矿等。具中—粗粒结构，通常为块状构造。岩石呈灰黑色、灰色。根据次要矿物成分可进一步分类命名，如橄榄辉长岩、角闪辉长岩等。一般当辉石为斜方辉石（通常是紫苏辉石）时，称为苏长岩。多为中小型侵入体，如岩盆、岩盖、岩株等。与之有关的矿产有铁、钛、铜、镍、磷、铂等。

【斜长岩】一种浅色的基性侵入岩。几乎全部由基性斜长石（85—90%）所组成。含少量（<10%）普通辉石、橄榄石、角闪石等暗色矿物。具粒状结构。岩石呈灰白色。可构成较大独立岩体，可与辉长岩共生。与之有关的矿产为钒钛磁铁矿及钛铁矿等。其岩石本身即是优良的建筑材料，可作高级装饰石料。

【辉绿岩】基性浅成侵入岩。矿物成分与辉长岩相似，具辉绿结构，具有斑状结构的辉绿岩称为辉玢岩，岩石呈暗绿或黑色。基性斜长石和辉石容易蚀变，前者常蚀变为钠长石、石英、黝帘石、绿帘石等，而后者常蚀变为绿泥石、角闪石、碳酸盐等。常形成岩床、床墙等。辉绿岩是铸石的主要原料，用它为原料制造的铸石，是重要的耐磨和耐腐蚀性的工业材料。

【玄武岩】基性喷出岩，玄武岩分布极为广泛。矿物成分相当于辉长岩。黑色、暗灰绿色等。多半具有气孔构造和杏仁状构造，可具规则的六方柱状节理，斑状结构或无斑隐晶结构，也有玻璃质和半晶质结构，斑晶为橄榄石、斜长石和辉石，其中橄榄石常变为褐红色的伊丁石。根据斑晶矿物成分，玄武岩可分为橄榄玄武

岩、伊丁玄武岩、辉石玄武岩、斜长玄武岩；根据化学成分可分为拉斑玄武岩（含二氧化硅较多）、高铝玄武岩（三氧化二铝含量较高）和碱性玄武岩等；按构造分为气孔状玄武岩、杏仁状玄武岩等。由于玄武岩浆粘度小，易流动，常可形成较大规模的熔岩流和熔岩被。中国各时代均有玄武岩喷出。较著名者如晚二叠世川滇等地的峨眉山玄武岩，华东、华北、内蒙和雷州半岛的新生代玄武岩，大同、五大莲池等。玄武岩除本身可作铸石原料外，气孔中充填的冰洲石、玛瑙、铜、钴、硫磺等均为有用矿产。

【拉斑玄武岩】玄武岩中常见的一种类型。根据橄榄石斑晶的含量划分为：拉斑玄武岩（狭义的），含橄榄石斑晶 $<5\%$ ；橄榄拉斑玄武岩，橄榄石 $>5\%$ ；苦橄玄武岩（大洋岩），含橄榄石斑晶丰富，长石含量 $<1/3$ 。多分布于大洋岛屿。

【细碧岩】海底喷发的含氧化钠高（ $>4\%$ ）的基性熔岩。矿物成分为钠长石、绿泥石、绿帘石、方解石等，具隐晶质结构或斑状结构，斑晶为富钠斜长石（钠长石及更长石）和辉石，通常辉石均变为阳起石、绿泥石、绿帘石等矿物。岩石呈浅绿色，具杏仁状构造，也常具特殊的枕状构造。主要分布于地槽区。常伴有黄铁矿、黄铜矿的富集层。

【浮岩】玻璃质酸性喷出岩。俗称浮石。成分相当于流纹岩。有很多气孔，比重很轻（0.3—0.4），能浮于水面，故名。白色或浅灰色，无光泽。浮岩在化学工业中可用作过滤器、干燥器、催化剂。孔隙间壁锋利的可作磨料，在建筑方面可用作轻质（浮岩）混凝土的材料，以减轻建筑物自重。并具有保温、隔热、隔音等性能。

浮岩还可用作洗涤剂，橡胶的填料，陶瓷、釉彩和珐琅的一种辅料。

【中性岩】岩浆岩的一个大类。二氧化硅的含量为 52—65%。主要矿物成分是角闪石和中性斜长石，石英很少。呈灰色。常见的深成岩为闪长岩、浅成岩为闪长玢岩、喷出岩为安山岩。有关的矿产为铁、铜等多种黑色金属和有色金属。

【闪长岩】中性深成岩。深灰色、灰色或灰绿色。中细粒结构。一般为块状构造。主要矿物为中性斜长石和普通角闪石，常有少量的辉石、黑云母、石英和钾长石。暗色矿物为 1/3。当石英含量为 5—20% 时（向酸性过渡），称为石英闪长岩。向基性过渡的为辉石闪长岩。副矿物为磷灰石、磁铁矿、钛铁矿、榍石等，与之有关的矿产为铜矿和铁矿，闪长岩也可用作建筑材料。

【石英闪长岩】闪长岩的一个常见类型。其矿物成分特征为含石英 5—20%，暗色矿物含量为 15% 左右。它常与酸性侵入岩伴生，属酸性岩与中性岩的过渡类型。其他特征见闪长岩及花岗岩。

【辉长闪长岩】为闪长岩向辉长岩过渡的类型。矿物成分中的斜长石除中长石外尚有拉长石，暗色矿物以单斜辉石为主。其他特征见闪长岩及辉长岩。

【玢岩】具有斑状结构的中性、基性浅成岩及超浅成岩。其斑晶矿物成分为斜长石和暗色矿物。进一步分类命名主要根据斑晶矿物成分，如常见的有辉绿玢岩、闪长玢岩、辉长闪长玢岩、石英闪

长玢岩等。其产状主要为岩脉、岩墙、岩床、岩株等。

【安山岩】中性喷出岩，其成分与闪长岩相当。通常紫红色、灰绿色、浅褐色，新鲜者呈灰色。具斑状结构 and 无斑隐晶结构。一般为块状构造、气孔构造及杏仁构造。安山岩进一步分类命名主要根据斑晶中暗色矿物的种类，如辉石安山岩、角闪安山岩、黑云母安山岩等。如基质脱玻化，则有的称之为安山玢岩。安山岩在热液作用下，常蚀变为青盘岩（变安山岩），其原岩矿物变为钠长石、绿泥石、绿帘石、方解石、高岭石等。岩石呈绿色和绿灰色，与之有关的矿产为铁、铜、金、银等等。

【花岗闪长岩】中酸性侵入岩。矿物成分特征介于闪长岩和花岗岩之间，斜长石（更长石和中长石）多于钾长石，其量约占长石总量的 $2/3$ 。斜长石 $>40\%$ ，钾长石 $<20\%$ 。石英的含量略低于花岗岩。暗色矿物约 15% ，多以角闪石为主，其次为黑云母。岩石呈灰色，中粗粒状结构，通常为块状构造，与之有关的矿产为铁、铜、铅、锌等。

【英安岩】成分与花岗闪长岩或石英闪长岩相同的喷出岩。灰色或白色，斑晶以斜长石为主，其次为碱性长石，石英少量。其他特征见安山岩。常与流纹岩、粗面岩、安山岩等共生。有关矿产为高岭石、蒙脱石、明矾石、叶蜡石、黄铁矿、萤石等。

【酸性岩】岩浆岩中的一个大类。二氧化硅的含量 $>65\%$ ，浅色矿物（硅铝矿物）的数量大大超过暗色矿物（铁镁矿物）。主要矿物有钾长石、酸性斜长石、石英。石英的含量可占 $1/4—1/3$ 。暗色

矿物很少，一般为黑云母。该类岩石色浅，其分布很广。常见的深成岩为花岗岩，浅成岩为花岗斑岩，喷出岩为流纹岩。同其有关的矿产异常丰富，如锡、钨、钼、铋、铅、锌、银、铜、铁、铀及稀有元素等多种金属矿产。花岗岩是重要的建筑材料，俗称花岗石。

【花岗岩】 俗称花岗石（建材行业中将所有侵入岩石材统称花岗石）和麻石。酸性深成侵入岩，主要矿物成分为石英、钾长石和酸性斜长石，次要矿物为黑云母、角闪石、辉石等。副矿物有榍石、锆石、磷灰石等。石英含量 $>25\%$ ，钾长石多于斜长石，暗色矿物占 5% 左右。岩石呈浅灰白色、浅肉红色、浅灰色等。其结构为中粗粒、细粒等粒结构，一般为块状构造。进一步分类命名主要依次要矿物，如黑云母花岗岩、角闪石花岗岩等。若几乎不含（ $<1\%$ ）暗色矿物，称为“白岗岩”。花岗岩常呈岩基（巨大岩体）、岩株、岩钟产出。在中国分布广泛，各个地质时代均有出露。与之有关的矿产有钨、锡、钼、铋、锑、汞、稀散元素及放射性元素。花岗岩质地坚硬，颜色美观，是优质的建筑材料。

【白岗岩】 花岗岩的一种。含暗色矿物很少（一般暗色矿物 $<1\%$ ）的，花岗岩称为白岗岩。其岩性特征见花岗岩。

【斑岩】 具斑状结构的酸性、中酸性浅成岩。斑晶矿物主要为钾长石、石英。基质矿物成分与斑晶相同。岩石成分与其相应的深成岩基本相同。主要种属有花岗闪长斑岩、花岗斑岩、斑状花岗岩、石英斑岩等。花岗闪长斑岩为全晶质斑状结构，斑晶主要为斜长石，少量的钾长石、石英及暗色矿物，为中酸性浅成岩。花岗斑

岩和斑状花岗岩为酸性浅成岩。斑晶以钾长石、石英为主，有时有少量的暗色矿物，具斑状结构（基质细，隐晶—微晶）者，称为花岗斑岩；具似斑状结构（基质较粗、细粒、中粗或粗粒）者，称为斑状花岗岩。石英斑岩是相当于花岗岩的浅成岩，斑晶主要为石英，基质一般为隐晶质。

【流纹岩】常见的酸性喷出岩。成分与花岗岩相当。多呈灰、灰红等色，少量为深灰或砖红色。具斑状结构，斑晶为石英（多为高温石英），常为烟灰色，粒状；碱性长石（透长石、正长石），透长石透明度高。基质为致密的隐晶质或玻璃质，有时具球粒结构。通常具流纹构造、气孔构造和杏仁构造等。多为中心式喷发，常形成岩钟、岩锥；裂隙式喷发可形成规模巨大的岩流、岩被等。与之有关的矿产为铜、铅、锌、黄铁矿、明矾石、叶腊石及萤石等。蚀变后可形成高岭石等粘土。岩石本身质地坚硬质密，是较好的建筑材料。

【霏细岩】酸性岩的一种。属脉岩或喷出岩。它的主要特征是具有霏细结构。

【珍珠岩】酸性喷出岩的一种。其特点为全玻璃质并具有大量的珍珠状球形裂纹（形似珍珠，如球状），故名。其成分相当流纹岩，含水约 3—5%。颜色一般较浅，多为浅灰、绿灰、灰绿、淡绿或带棕、褐等色。具蜡状或瓷釉状光泽。珍珠岩是制造膨胀珍珠岩的原料。膨胀珍珠岩具有良好的建筑性能，如吸音性、吸湿性、抗冻性等，因此被大量采用。农业上用以改良土壤，还可用于铸造、酿造、过滤、制药等工业。

【黑曜岩】酸性玻璃质喷出岩的一种。成分与珍珠岩相同，但含水很少（小于1%）。颜色为黑色和深褐色，具明显的贝壳状断口和玻璃光泽。可做工艺品、装饰品的原料。

【松脂岩】酸性玻璃质喷出岩，含水较多，约6—8%。具发暗的松脂光泽或沥青光泽。贝壳状断口。具多种颜色：如红灰褐、灰绿、浅绿或黄白、黑等色。可用于制造膨胀珍珠岩。

【伟晶岩】具粗粒或巨粒结构（伟晶结构）的脉岩。常见的是花岗伟晶岩，其成分与花岗岩相似，主要矿物为钾长石、石英、云母。有关矿产除水晶、长石、云母外，还有稀有金属、含稀土元素矿物（如绿柱石、铌钽铁矿）等几十种矿产。

【细晶岩】浅色脉岩的一种。主要由长石、石英组成，故又称“长英岩”。暗色矿物含量很少，一般少于5%，细粒结构。一般为白、浅灰、肉红或淡黄等色。按浅色矿物组分不同，可分为花岗细晶岩、正长细晶岩、斜长细晶岩等等。较常见的为花岗细晶岩。大都产于深成岩体和围岩的裂隙中。有时也见于深成岩体的边缘部分。细晶岩脉一般厚度不大。与之有关的矿产有多种稀有元素如铌、钽等。

【煌斑岩】暗色脉岩的总称。即暗色矿物含量高的脉岩。主要特点是多呈斑状结构，斑晶为呈自形晶的暗色矿物，暗色矿物主要为黑云母、角闪石和辉石，浅色矿物为斜长石和正长石。长石一般都在基质中。由于暗色矿物较多，也较容易鉴别，所以主要依据

暗色矿物组分进行分类命名。如：黑云母煌斑岩、角闪石煌斑岩和辉石煌斑岩等。

【云煌岩】最常见的一种暗色脉岩。主要矿物为黑云母和钾长石。黑云母多呈褐色或略带红色的褐色，有时为绿色，呈六方形片状自形晶。云煌岩在中国分布很广，如河北涞源的云煌岩，由黑云母及钾长石组成。

【碱性岩】岩浆岩中含二氧化硅较低而碱质（氧化钾和氧化钠）较高的一类岩石。其主要矿物成分为碱性长石（正长石、微斜长石、钠长石、歪长石等）、似长石（霞石、方钠石、方沸石、钙霞石等）、碱性辉石（霓石、霓辉石、钠辉石等）、碱性角闪石（钠闪石、钠铁闪石等）。常见的岩石类型有：霓霞岩、霞石岩、碱性辉长岩、碱性辉绿岩、碱性玄武岩、霞石正长岩、响岩、白榴岩等。碱性岩较少成独立岩体，通常与超基性、基性岩、碱性正长岩、碱性花岗岩等共生。与之有关的矿产为铌、锆、铁、钛、稀土和放射性元素等矿床。

【霓霞岩】一种过碱性超基性侵入岩。含二氧化硅低而碱质（氧化钾和氧化钠）很高。主要由霞石、霓石或霓辉石、钛辉石等组成，有的含黑榴石、黑云母，无长石。经常呈小岩体产生，地表分布稀少，与霞石正长岩、基性碱性岩共生。

【霞石岩】与霓霞岩相当的喷出岩。主要矿物成分为霞石、辉石（主要是钛辉石），一般不含长石。多呈斑状结构，或无斑隐晶结构。通常为多孔状。常与其他碱性喷出岩如白榴岩、响岩等共生。

【碱性辉长岩】碱性基性侵入岩的总称。其化学成分与辉长岩相似，只是含碱质较高。其矿物成分不同之处为含碱性长石和似长石，暗色矿物为碱性暗色矿物，富钠辉石、富铁黑云母等。主要岩石类型有：正长辉长岩、正长辉石岩、霞斜岩，浅成岩有碱性辉绿岩。碱性辉长岩色深，呈灰绿、暗灰等色，外貌与辉长岩相似，很少独立岩体，分布较广。

【碱玄岩】又称“灰玄岩”。含似长石的碱性玄武岩，其成分相当于碱性辉长岩的喷出岩，似长石 $>5\%$ ，主要矿物成分为基性斜长石、单斜辉石和似长石。若含白榴石，可称作白榴碱玄岩；若含霞石，则可称作霞石碱玄岩。一般为斑状结构，气孔构造。含橄榄石的碱玄岩称作碧玄岩。碱玄岩常与粗面岩类、响岩类共生，该类岩石可用作铸石材料和其他建筑材料。

【正长岩】中性深成侵入岩的一种。其二氧化硅的含量与闪长岩相当。但碱质（氧化钠、氧化钾）稍高。主要矿物成分为长石（碱性长石占 $2/3$ 、 $1/3$ 的斜长石为更一中长石）。少量的暗色矿物（黑云母、角闪石、辉石等）。副矿物为锆石、榍石、磷灰石、磁铁矿等。无似长石和碱性暗色矿物。岩石呈浅灰色、浅红色（玫瑰色）。具等粒或似斑状结构，块状或似片麻状等构造。进一步分类命名主要以暗色矿物的种类为依据，如黑云母正长岩、角闪石正长岩等。正长岩是良好的建筑材料。与其有关的矿产有：铁、稀有元素等。正长岩的浅成岩为正长斑岩。当斜长石含量与碱性长石接近时，称为二长岩。（暗色矿有所增加，向闪长岩或辉长岩过渡的岩石）。二长岩的喷出岩称粗安岩

【碱性正长岩】碱性深成侵入岩。主要矿物成分全部为碱性长石（透长石、正长石、微斜石、钠长石、歪长石等）。少量的暗色矿物亦为碱性暗色矿物，如碱性角闪石（钠闪石）、碱性辉石（霓石、辉石）等。一般含少量似长石。常与各种过碱性系列的岩石，如霓霞岩、碳酸岩、霞石正长岩等共生。

【霞石正长岩】中性岩过碱性侵入岩。二氧化硅含量低，而碱质（氧化钠、氧化钾）很高，主要由似长石（霞石、方钠石等）和碱性长石组成（正长石、歪长石、微斜长石、钠长石）。不含石英，暗色矿物（可少量）为碱性辉石、碱性角闪石和富铁云母。副矿物丰富，锆英石、独居石、褐帘石、黑榴石、磷灰石、金红石、磁铁矿等。岩石常呈浅灰色，有的呈浅绿、红等色。通常为中粒，有时为粗粒结构。构造具多变性，有块状、似片麻状、条带状等。一般呈巨大的岩体，常与碱性花岗岩、碱性辉长岩共生在一起。与之有关的矿产为钛、锆、铌及稀有、稀土、放射性元素矿床。

【粗面岩】成分相当于正长岩的喷出岩。具斑状结构，斑晶为透长石、正长石，也可有斜长石（更长石），基质为隐晶质，有时具流纹或气孔构造。岩石呈浅灰、浅黄、浅红等色，常与流纹岩、安山岩伴生。

【角斑岩】成分相当于碱性（氧化钠高）正长岩的海底喷发的熔岩。和它共生的为一套火山岩如细碧岩、石英角斑岩及各种火山碎屑岩。岩石呈浅褐色、浅绿色（由于暗色矿物绿泥石化），具斑状结构，斑晶为钠长石，基质为隐晶质，致密坚硬。角斑岩中不含碱

性暗色矿物和似长石。如含石英，则称为石英角斑岩。

【碱性花岗岩】其成分以富钠质为特征，所以实为钠质花岗岩。主要矿物成分为石英、碱性长石（正长石、歪长石、微斜长石、微纹长石等）、碱性暗色矿物（钠闪石、钠铁闪石、霓辉石、霓石等）、含钛黑云母、铁锂云母等，副矿物主要为磷灰石、锆英石、磁铁矿等。依据暗色矿物进一步分类命名如霓石花岗岩、铁钠闪长花岗岩、铁云母花岗岩等。有关的矿产为铌、钼、锡、锆、稀土等。

【响岩】成分和霞石正长岩相当的喷出岩。因沿节理击碎的能发出响声，故名。多呈斑状结构，斑晶大多为透长石、正长石、霞石等。少数为无斑隐晶结构（呈致密状），略具脂肪光泽。岩石色浅，呈灰白或深灰色。根据似长石的种类分为霞石响岩、白榴石响岩等种属。

【白榴岩】碱性基性喷出岩的一种。主要由白榴石和辉石组成，几乎不含长石。如含橄榄石称为橄榄白榴岩，全部由白榴石组成的粒状岩石称作“粗白榴岩”。

【火山碎屑岩】火山爆发所形成的各种火山碎屑物质经搬运、沉积（陆上或水下）、压实、胶结或熔结作用而形成的岩石。该类岩石在成因上介于熔岩和沉积岩之间，是一种具有双重特征的岩石。典型（狭义）的火山碎屑岩指含火山碎屑物质在90%以上，可混入10%的正常沉积和熔岩物质，亦称正常火山碎屑岩。而广义的火山碎屑岩则包括向熔岩和向沉积岩过渡的一系列的岩石类型。这

些类型的岩石可含 10—90% 的熔岩和相应的正常沉积物质。向熔岩过渡的称为火山碎屑熔岩。火山碎屑岩的分类命名依据有两点：一是按火山碎屑物质的相对含量分为正常火山碎屑、火山碎屑熔岩和沉火山碎屑岩等。二是根据火山碎屑物质的粒度，分为集块岩、火山角砾岩和凝灰岩三个类型。分布最广的是凝灰岩。火山碎屑多呈层状产出。岩石常呈多种较鲜艳的颜色，如浅红、浅绿、灰绿、黄绿、灰白、黄白、灰紫等色。

【火山碎屑】火山爆发时所产生的各种碎屑物质。其物质来源主要是地下熔融的岩浆及已固结的熔岩（火山通道等中）、上伏及基底的岩石碎屑。火山碎屑按颗粒大小分为火山岩块或称火山块、火山集块（粒径 $> 64\text{mm}$ ）、火山砾（粒径 $> 2\text{mm}$ ）、火山灰（粒径 $0.01—2\text{mm}$ ）、火山尘（粒径 $< 0.01\text{mm}$ ）。按物态火山碎屑分为岩屑、晶屑、玻屑三种。岩屑包括各种溶岩和火山通道围岩的岩石碎屑。晶屑指岩浆在地下早先析出的矿物晶体（斑晶）在喷发过程中从半凝固的岩浆中脱离出来，并破碎成棱角状的矿物碎屑。玻屑主要是粘度大的岩浆在喷发时，冷却成多孔状的玻璃，由于气体从气孔中迅速溢出，炸成具凹面棱角状的玻屑（火山玻璃碎屑）。

【火山碎屑结构】火山碎屑岩所特有的结构，火山碎屑物质呈棱角状，分选差。按火山碎屑的粒度及其在火山碎屑岩中的含量可分为四种结构类型：（1）集块结构，指大于 2mm 的火山碎屑占 50% 以上，其中并以 $> 64\text{mm}$ 的粒屑为主；（2）火山角砾结构，指大于 2mm 的火山碎屑占 50% 以上，其中并以 $64—2\text{mm}$ 的碎屑为主；（3）凝灰结构，指小于 2mm 的火山碎屑占 70% 以上，其中又以 $2—0.01\text{mm}$ 的碎屑为主；（4）火山尘结构，指以小于 0.01mm 的碎屑

为主的结构。

【正常火山碎屑岩】典型的火山碎屑岩。火山碎屑物质占绝对优势($>90\%$)，熔岩物质及陆源碎屑混入物很少，可堆积在陆上或水下。主要成岩作用方式为熔结、压实、胶结和水化学胶结三种。按成岩方式分为普通火山碎屑岩（以压实胶结为主，其次为水化学胶结）、熔结火山碎屑（熔结胶结）、层状火山碎屑岩（以水化学胶结为主，其次有压实胶结）三种。按粒度分为集块岩（熔结集块岩、层状集块岩）、火山角砾岩（熔接角砾岩、层状火山角砾岩）和凝灰岩（熔结凝灰岩、层状凝灰岩）三种。

【集块岩】具有集块结构的一种火山碎屑岩。其碎屑为火山爆发时崩碎的岩块，岩块（碎屑）成分为火山岩及一些围岩，分选很差，棱角状。不具层理。堆积在火山口附近，故可根据集块岩的分布及其粒度变化寻找火山口的位置。依据岩块成分进行分类命名。如玄武质集块岩、安山质集块岩、流纹质集块岩等。

【火山角砾岩】火山碎屑岩的一种。具火山角砾结构（64—2mm 的火山角砾占 54% 以上），角砾棱角状，分选差。其碎屑成分除火山角砾外，常混入（填隙物）晶屑、玻屑等。斑杂状构造，不具层理或具不清楚的层理。分布较广，除分布在火山口附近外，也堆积在离火山口较远的地方。根据成分进一步分类命名，如玄武质火山角砾岩、安山质火山角砾岩、流纹质火山角砾岩等。

【假流纹构造】又称似流动构造。由塑性火山物质（塑性玻屑、塑性浆屑）压扁、拉长、平行排列而成。状似流纹。与流纹构造的

区别是流纹彼此断开不连，晶屑常具裂纹及熔蚀现象。根据形状可分为火焰状假流纹构造、透镜状假流纹构造、条纹状假流纹构造等等。

【熔结火山碎屑岩】一种特殊类型的火山碎屑岩。是由富含水汽和其他挥发份的粘稠的熔浆发生强烈爆发的产物。由于温度高、气体多、冷却慢，堆积后仍保持炽热状态，故火山碎屑物质具塑性变形，彼此熔结在一起而形成岩石。常具假流动构造。不具层理。熔结集块岩和角砾岩较少见，熔结凝灰岩分布很广，而且大多为独立地质体（凝灰岩不能成独立地质体）。熔结凝灰岩在露头上可看到大小不等的火焰体，一般为几厘米，长者可达 20—30 厘米。按成分可进一步分类命名。如流纹质熔结凝灰岩、粗面质熔结角砾岩等；按熔结程度可进一步分为强、中和弱熔结三种。

【凝灰岩】分布最广的一种火山碎屑岩。具凝灰结构，即火山碎屑物质小于 2mm 的占 90% 以上。其成分为岩屑、晶屑、玻屑，通常以玻屑为最多。晶屑多呈凹面棱角状。岩石具块状构造。一般呈浅色而又多样，如灰白、黄白、绿灰、灰绿、浅褐、灰紫、紫红等色。较疏松，有粗糙感。具不清楚或较清楚的层理。一般堆积在远离火山口的地方。根据岩浆性质可分为玄武质凝灰岩、安山质凝灰岩、流纹质凝灰岩等；按碎屑的物态可分为玻屑凝灰岩（玻屑含量 $>50\%$ ）、晶屑凝灰岩（晶屑含量 $>50\%$ ）、岩屑凝灰岩（岩屑含量 $>50\%$ ）及混屑凝灰岩（晶屑、玻屑、岩屑各占 $1/3$ 左右）四种。其中最常见的为玻屑凝灰岩。该类岩石可作建筑材料，也是制造水泥的原料。

【火山碎屑熔岩】火山碎屑岩向熔岩过渡的类型。其火山碎屑含量不定（10—90%），火山碎屑被熔岩胶结。为火山喷发时，爆发的碎屑产物落入熔岩流中而形成的岩石。该类岩石通常以集块熔岩和火山角砾熔岩比较常见。而凝灰熔岩较为少见。按成分可分为流纹质集块熔岩、英安质角砾熔岩等。

【沉火山碎屑岩】正常火山碎屑岩向正常沉积岩过渡的类型，曾称为层火山碎屑岩。多为在水盆地中火山碎屑（火山碎屑落入盆地）与正常沉积物（泥、砂、砾石等）相掺杂沉积，经压实及化学沉积物胶结等成岩作用而形成的岩石。该类岩石中沉集块岩、沉火山角砾岩较少见，分布比较广泛的是沉凝灰岩。通常层理构造明显，常常与正常火山碎屑岩及正常沉积岩类共生，并往往呈过渡关系。根据火山碎屑物质的含量可分为沉火山碎屑岩（火山碎屑占多数）和火山碎屑沉积岩（火山碎屑占少数）两个类型。

【沉积岩】三大岩类（岩浆岩、沉积岩、变质岩）中在地壳表面分布最广的一类岩石。它是在地表的常温常压条件下，由风化作用、生物作用、某些火山作用及各种沉积作用形成的沉积物，在逐渐被埋藏的过程中经过成岩改造等一系列的地质作用而形成的层状岩石。曾称为水成岩。按体积沉积岩只占岩石圈的5%，但其出露面积却占陆地的75%，大洋底部几乎全部为沉积岩或沉积物所覆盖。因此，沉积岩是野外最常见的一类岩石。沉积岩是地壳发展演变的重要记录。目前已知地壳上最古老岩石的年龄约为46亿年，而成层（沉积岩）岩石中最老的岩石年龄为36亿年。沉积岩中蕴藏着大量的沉积矿产。据统计，世界矿产资源总储量的75—85%是沉积和沉积变质成因的，如煤、石油、天然气、盐类等几

乎全部是沉积成因的，又如锰、铝、铁、铜、铅、锌、磷等沉积成因的也占很大比重。层控矿床理论的出现，更加重了沉积岩在矿床寻找和勘探工作中的作用。因此，对沉积岩的研究，有极重要的经济意义。

【沉积物】组成沉积岩的原始的松散物质，如砾石、砂、粘土、灰泥、生物颗粒等。沉积物是在各种沉积作用过程中形成的，主要来源于母岩（先成的岩浆岩、沉积岩、变质岩）风化产物，其次为生物（有机）物质，火山物质及极少量的宇宙物质。

【沉积分异作用】母岩风化产物及其他来源的物质，在搬运和沉积过程中按颗粒大小、形状、比重、成分依次沉积下来的现象。沉积分异作用可分为机械沉积分异作用和化学沉积分异作用两种。机械沉积分异作用指碎屑物质在搬运沉积过程中当搬运介质（如河流）的运动速度在一定方向上有规律的变化时，碎屑物质按颗粒大小、形状、比重等的不同，按顺序依次沉积的现象。粗的、比重大的首先沉积下来，使之形成了砾岩、砂岩、粉砂岩及泥岩等不同粒度的沉积岩（物），形成了有经济价值的砂矿，如金、铂、金刚石等砂矿。化学沉积分异作用指化学溶解物质按溶解度大小（从小到大的顺序）依次沉淀的现象。一般沉淀的顺序为氧化物→硅酸盐→碳酸盐→硫酸盐→卤化物。沉积分异作用使成分复杂的物质形成一系列成分较简单的沉积岩、沉积矿床，其分布具有规律性。因此，沉积分异作用的研究，对了解沉积岩、沉积矿床的形成、分布规律进而对找矿勘探工作有一定的指导意义。

【沉积作用】狭义指沉积物的堆积作用。广义上，包括搬运和堆积

作用。地表上的风化产物、有机物质及某些火山物质除一部分在原地堆积外，大部分被搬离原地，在搬运介质的能量减弱或由于物理化学作用而使被搬运物质停留下来形成堆积的过程叫沉积作用。如风和水所携带的碎屑物质因风和水的速度减小而沉降下来；溶液中的胶体物质因电解作用产生凝聚而沉淀；溶液中的化学物质由于化学作用或生物化学作用而沉淀等。沉积作用可以在搬运过程中在山麓、河谷等低洼处或在搬运至海洋、湖泊等水盆地后进行。沉积作用可简称为沉积。按沉积性质沉积作用分为三种：（1）机械（碎屑物质的）沉积作用、（2）化学（溶解物质的）沉积作用、（3）生物沉积作用。机械沉积作用又可分为牵引流沉积作用和重力流沉积作用。

【牵引流沉积作用】由自身运动而搬运碎屑颗粒的流体的沉积作用。含少量沉积物的流水（如河流、海流、触及海底的波浪流——属牛顿流体）和大气流都是牵引流。牵引流不但可以搬运碎屑物质，还可搬运溶解物质，不仅有机机械沉积作用，还有化学及生物沉积作用。对碎屑颗粒有推移和悬浮搬运方式。其搬运能力表现为推力（主要取决于流速，流速大则大）和负荷力（主要取决于流量，流量大则大）的大小。随着流速的降低，碎屑颗粒逐渐沉积下来，其沉积和分布规律符合沉积分异作用。空气也是一种重要的搬运和沉积介质，但它只搬运细碎屑物质，而且可以从低处搬向高处，如风和黄土等。

【重力流沉积作用】在重力作用下发生流动的弥散有大量沉积物的高密度流体的沉积作用。是不服从内摩擦定律的非牛顿流体。重力流分为水下重力流和大气重力流两大类。水下重力流是指在水

体底部流动的含有大量碎屑物质（包括粘土）的高密度流体。水下重力流在流动时保持明显的边界，整体流动并整体沉积。因其密度高，故通常是在其它流体的底部沿斜坡向下流动，到盆地深处沉积下来。也可以发生在盆地较浅的近边缘部，如三角洲坡度较陡部分。水下重力流分布广泛，可以分为四类：即泥石流（或碎屑流）、颗粒流、液化沉积物流和浊流。其中浊流最重要，其次为颗粒流。

【大气沉积物重力流】同大气相接触的沉积物与水或与气体相混合的高密度流体。它包括岩块崩塌流；火山爆发出来的膨胀气体与火山物质的高密度流体，当沿地表流动时称作热气底浪沉积。大气重力流分布较少。

【风暴沉积作用】由风暴潮引起的沉积作用。海洋盆地在风暴潮期间，如飓风、台风可使海面升高，潮面高差可达 6m 以上，波浪流速增大几倍，风暴波可将海水涌向滨岸，风浪所波及海底的深度达 200—300m。风暴流使浅海台地上的碳酸盐沉积物和陆源沉积物发生再搬运、再沉积，风暴涌浪引起的悬浮沉积物搬运量超过正常情况的十倍。风暴的退潮流可以产生向海流动的密度流，其延伸可达几十公里甚至百余公里，并形成粒序层沉积，在垂向上类似鲍码层序，故称浅水浊积岩。一个风暴潮的沉积层序代表从风暴高峰到风力减弱的过程。一个单元风暴层层厚为几十厘米到百米。从下到上粒度由粗变细，主要由四个部分组成：（1）粒序层或滞留沉积段；（2）平行层理段（细砂、粉砂）；（3）流动交错层或丘状交错层理段；（4）泥岩或灰岩段。

【风暴岩】由风暴流作用形成的沉积岩或泛指风暴作用形成的一系列沉积岩。是滨岸、浅滩及潮下的沉积物由于风暴流的袭击、冲刷、破碎、再搬运、再沉积而形成的。风暴沉积主要发生在开阔浅海，也可出现于大型浅水湖泊。风暴岩像沉积岩一样有近源和远源的特征。近源风暴岩层相对较厚、粗粒，粒序层段常以生物碎屑灰岩为主，底部侵蚀充填构造发育，产于相对浅的陆棚。远源风暴岩以细粒沉积物为主，层薄，底界明显，侵蚀构造不发育，形成于相对水深的陆棚。风暴岩和浊积岩虽都是密度流沉积，并具相似的沉积层序。但二者有很大差别。其区别在于：（1）风暴岩的粒序层厚度不均匀，可变薄、变厚或成透镜状，与平行层粒度为突变关系。而浊积岩的粒序层均匀，与平行层粒度呈递变关系；（2）风暴岩具波浪及流动成因的层理，而浊积岩缺少波浪成因的层理（如丘状层理）；（3）风暴岩底面构造无槽模，而浊积岩槽模发育；（4）风暴岩形成于陆棚，而浊积岩形成于深水环境。风暴岩的主要类型有风暴砾屑灰岩、风暴再沉积鲕粒灰岩及风暴浊积岩等。风暴砾屑灰岩，其砾屑常呈扁片状，并呈扁形、菊花状，或辐射排列，也可杂乱状排列，呈条带状、透镜状等，与上层面呈凹凸接触，有时形成云朵状，与下伏岩层呈平整或冲刷接触。

【浊流】混合着大量自悬浮沉积物质（泥、砂、砾等碎屑的物质），在水体底部呈高速紊流状的混浊密度流，也是在重力作用下呈涌浪前进的重力流。浊流可以分为两种类型：一类是突发性或阵发性高密度高速度浊流。一般是由于强烈的地震、构造运动或海啸等引起的剧烈震动导致陆棚上、海底峡谷头部未固结的沉积物的滑塌并沿陡坡急流而下形成大量高密度悬浮体而成为浊流。突发性浊流通常时间只是几小时，最多的为一两天。这类浊流可分成

四个部分，即头、颈部、体部和尾部。由于头部碎屑颗粒较粗大、密度高、流速大，而且水流环绕头部发散和上扫并有一系列大的旋涡，所以头部侵蚀能力很强，故在深部软泥上形成冲刷痕和刻划痕，后由本体部充填形成各种印模保存下来。直到由于坡度变缓能量消失，则以沉积为主形成圆锥和扇形浊流沉积。这类浊流较常见。另一类是连续低速浊流，这类浊流密度较低，稳定均匀的流动。例如含泥砂的科罗拉多河进入米德湖形成浊流。这类浊流较少见。

【泥石流】又称碎屑流。重力流的一种，是一种含大量粗碎屑和粘土，呈涌浪状前进的粘稠流体。陆上山麓环境中常见，水下泥石流比较罕见。这种流体如以含粘土为主，仅含少量粗屑，称为泥流，泥流比较少见。

【浊积岩】由浊流形成的沉积岩。大都出现在深海，大的湖泊中也有，按成分分为陆源碎屑浊积岩和碳酸盐浊积岩。陆源碎屑浊积岩由砾岩、砂岩、粉砂岩和泥质岩组成。其砂岩常为富含基质的岩屑杂砂岩和长石杂砂岩。砂岩的底界面通常清晰，而顶面渐变为粉砂岩和泥质岩。浊积岩最大的特点是垂向上的粒级递变韵律层，称为鲍玛层序或称鲍玛序列，从下往上，底层砂岩或砂砾岩具有粒序层理（称 A 段），该层属于典型的浊流沉积；往上砂岩具有平行层理（称 B 段）；粉砂岩具沙纹层理和包卷层理（称 C 段），无大型交错层理；粉砂质泥岩具水平层理（称 D 段）；顶层为无层理泥质岩（称 E 段），该层可能为远洋泥质沉积。底层砂岩底面上有各种冲刷流动成因的印模和重荷模，如槽模、沟模、刷模等。但无浅水浪成波痕和暴露标志，后者如泥裂、雨痕等。化石有浅水

底栖生物和深水生物，浮游生物和底栖生物共存并可有深水遗迹化石。碳酸盐浊积岩由碎屑灰岩组成，往往夹有深海结核和泥质岩层。大部分浊积岩形成复理石建造，但浊积岩并不限于复理石建造，复理石建造也不一定都由浊积岩组成。

【鲍玛层序】又称鲍玛序列。表明一个完整的浊流沉积层序，该层序在岩性上呈现自下而上由粗变细的变化规律。从下到上详细可划分为 5 层：（1）最底层为粗粒砂层（有的含砾），具粒序层理；（2）中细粒砂层，具水平层理，称下平行纹层；（3）粉砂层，具小型交错层理、包卷层理；（4）粉砂、泥质粉砂层，具水平层理，称作上平行层理；（5）泥层，一般为深海页岩。实际上，鲍玛层序往往是不完全的，常缺失一个或几个层段。

【福劳德数】判别急流和缓流的准则。公式为：

$$F = \frac{V}{\sqrt{gh}} = \frac{\text{惯性力}}{\text{重力}}$$

式中 F 为福劳德数； V 为水流速度； g 为单位水体的相对密度； h 为水深。当 $F=1$ 时，为临界流动，这时的水流动态称为过渡水流动态；当 $F>1$ 时，水流为急流，即这时水的流动为水浅流急的流动，称为“上部水流动态”，当 $F<1$ 时，水流为缓流，即这时的水流属于水深流缓的流动，称为“下部水流动态”。急流和缓流的流态变化只出现在明渠中。急流在障碍物处激起浪花，缓流在障碍物处发生水面跌落。

【雷诺数】用来判别管道或明渠中水流流动形态的无量纲数值，即判别层流与紊流（涡流）的准则。其公式为 $Re = Vdp/\mu$ ，式中 Re

为雷诺数； V 为临界速度； d 为管道的直径或明渠的深度； p 为流体的密度； μ 为流体的粘度。试验证明，当 $Re < 500 \pm$ 时的流体流动为层流（或流线型）；当 $Re > 2000 \pm$ 时的流态为紊流（或涡流）型； Re 为 500—2000 时为过渡型流态。

【层流】一种缓慢的流动。其流体质点作有条不紊的平行的线状运动、彼此不相掺混的流动状态。在自然界任何紊流的水体与固体边界接触处（如河道及两壁）均有一薄层层流，称为层流底层。沉积物在层流中如同在静水中一样很容易沉积下来。

【紊流】又称作涡流。一种充满了漩涡的急湍的流动，其流动质点运动轨迹极不规则，彼此互相掺混的流动状态。自然界大多数水流是紊流运动。紊流搬运能力很强，其搬运的沉积物不易沉积下来。

【沉积韵律】两种以上的岩性（岩石单位或沉积单位）在一沉积层序中以一定的沉积序列作有规则的多次重复。组成韵律的单元可以较小，如粉砂岩和泥质岩的互层；也可以是相当大的沉积单位。大规模的沉积韵律通常称为“沉积旋回”。韵律的形成多与局部的地区性因素有关。

【沉积旋回】由于地壳周期性的振荡（升降）运动使沉积作用及沉积条件发生有节奏的周期性变化（即不断重复），表现为岩相的交替变化而形成的一个层序或一个大的沉积旋回。通常表示一次海进开始至海退终了的过程，即一次地壳升降运动。一个大的沉积旋回中，往往还有若干个小的旋回。

【复理石】 由于浊流或块体流在地槽内深水环境中沉积的（海相）砂岩、钙质砂岩或砾岩同页岩或泥层（韵律层）的沉积层系。层系厚度极大，化石罕见。复理石一向既用于建造名称又用于沉积相名称中，用以描述互层的砂岩和页岩。

【成岩作用】 沉积物被固结为坚硬的岩石之前所发生的变化。成岩作用是在低温、低压、还原条件下进行的，本层物质发生移位、物质重新组合、形成新的细小的新生矿物结核。成岩期结核不切割层理。成岩作用阶段，沼泽植物变为泥炭；还形成层状结核状黄铁矿、菱铁矿等。

【石化作用】 一部分欧美、苏联学者的提法，英文为 Lithification，成岩作用的同义语，指整个成岩和后生作用阶段。与化石形成过程中的石化作用（petrification）译名相同而实质不同。

【同生作用】 沉积期后沉积物的改造变化的最初阶段。沉积物与上覆水体接触时发生的一系列化学、物理化学反应，可形成新生矿物。在海盆地底部发生的同生作用称作海解作用，也称海底风化作用。在大陆淡水沉积中所发生的同生作用称为陆解作用。海解作用在沉积过程中具有重要意义，海绿石及某些沸石都是海解作用的新生矿物；海洋中的铁锰结核也是海解作用的产物。陆解作用的间矩，淡水作用极弱，如云母等可变为粘土矿物，但在古代沉积中不易鉴别，故陆解作用远不如海解作用重要和广泛。

【压实作用】 成岩作用的一种方式。在上覆沉积物和水体的负荷压

力（静压力）下，下伏沉积物脱水，体积缩小、孔隙度降低（密度增大），变为较致密的岩石。压实作用对泥质岩尤为显著，泥质沉积物孔隙可达 80%，经压实作用其孔隙仅为 20%，有的接近零。使粘土矿物产生定向排列，因而生成定向性结构构造。压实作用使孔隙度减小，对油气的运移、存储及开采有不利影响；压实作用可使松软的泥炭成为坚硬的煤或使松散的岩石变得坚硬而加强其承载率，则是有利的一面。

【压溶作用】在压力作用下，沉积物或沉积岩内部发生溶解，有物理作用，也有化学作用。方解石和石英的压溶现象较为常见。压溶作用可生成压溶构造，如缝合线构造等，压溶还引起颗粒接触处的溶解，而呈凹凸接触，形成压入流。

【交代作用】由于外来物质的加入及物质的带出，使化学成分改变的作用。常见的有白云石交代方解石，称作白云石化作用；方解石交代白云石，称为方解石化作用；石灰岩可以被二氧化硅交代，称为硅化作用，还形成燧石结核或燧石层。

【胶结作用】成岩作用中的最主要的一种作用，松散的碎屑颗粒（物质）被从孔隙溶液中沉淀出来的矿物质粘结成坚硬岩石的过程。该作用对于碎屑岩（如砂岩）和粒屑内源岩（如粒屑灰岩）尤为重要。起胶结作用的化学沉淀物质称为胶结物。

【固结作用】松散沉积物转变为固结岩石过程的总称。是通过胶结作用，压实作用、重结晶作用、生物的粘结作用等许多过程或方式完成的。实质上是化学—物理的综合作用。

【重结晶作用】矿物组分以溶解—再沉淀或固体扩散等方式，使细小晶粒变为粗大晶粒的过程。该作用化学成分基本不变，其主要特征是小晶体变为大晶体。例如燧石中微细的玉髓或石英重结晶为粗粒石英；石灰岩中的泥晶方解石重结晶为粗晶方解石。

【自生矿物】在沉积岩形成过程中原地生成的矿物，凡同生期、成岩期、后生期及表生阶段形成的矿物均称为自生矿物。常见的自生矿物有方解石、白云石、粘土矿物、海绿石、硅质矿物（蛋白石、玉髓、自生石英）等。

【后生作用】沉积岩转变为变质岩或被风化之前所发生的变化和作用。沉积岩形成后可能继续深埋，上覆岩层压力增大，温度升高，也可有外来物质的加入，所以该阶段的作用有重结晶作用、压溶作用等，还有较大的自生矿物及结核的生成。这种深埋的后生作用称为深层后生作用。沉积岩形成后也可能被抬升到近地表，因而处于温度低、压力小，受到渗透水和浅部地下水的影响。这种被抬升到近地表所发生的后生作用称为浅层后生作用或表生成岩作用。

【沉积构造】沉积物沉积时或沉积之后，由于物理作用、化学作用和生物作用形成的显示岩石各组成部分分布、排列方式的宏观特征。在沉积过程中或尚未脱离沉积物环境时形成的沉积构造，称原生沉积构造，如层理构造。沉积岩固结以后或脱离沉积环境形成的沉积构造称次生沉积构造，如缝合线构造。根据原生沉积物构造可以确定沉积环境，分析和恢复水流系统和水流状态等。按

成因沉积构造可分为物理的（机械的）、化学的、生物的三大类。

【床沙形体】流水沿着底沉积物（如河床中的砂、粉砂称床砂）表面（称床面）流动时，在沉积物表面产生的床沙几何形态，又称底形。如小型沙浪（沙纹）、沙丘、大型沙波（沙垄）、平坦沙床和逆行沙波等。床沙形体在流水作用下不断地迁移变化，主要是受流速、水深及颗粒大小的影响。床砂形体的形迹如被保存在岩层面上，即为波痕；如被保存在层内，即为层理。

【层理构造】简称层理。沉积岩中最常见、最重要的一种构造，是由岩石成分、结构、颜色及层的厚度、形状等在垂向上的变化而显示出来的。组成层理的要素有细层（纹层）、层系、层系组。按细层的形态及与层系界面的关系划分为水平层理、平行层理、波状层理、交错层理等；按层内粒度递变特征划分为块状层理、韵律层理（砂层互层）、粒序层理。层理形成与水流动态有关，床砂形体迁移过程在层内留下的痕迹就是层理。

【纹层】又称细层。层理的最小单位，通常只有几毫米厚，内部均一。是在相同物理条件下同时或接近同时形成的。纹层的上、下界面称纹理或纹层面。

【层系】又称丛系或单层。同一类型细层的组合，是在相同的水动力条件下、不同时间形成的。层系内的结构、成分是相同的，也可以呈递变层理。与其他层系间有明显的层系界面分隔。层系上下界面之间的垂直距离为层理厚度，可以从数毫米至数十米，通常为数厘米至数米。层系界面（层理面）基本代表了一个沉积间

断或沉积条件的突变。由两个或两个以上的相似的层系组合在一起称作“层系组”。按层系厚度可分为：(1) 厚度 $<3\text{cm}$ 的小型层理（薄层理）；(2) 厚度为 $3\text{—}10\text{cm}$ 的中型层理（中厚层理）；(3) 厚度为 $10\text{—}100\text{cm}$ 的大型层理；(4) 厚度 $>100\text{cm}$ 、内部均匀的块状层理或均匀层理。层理厚度与野外常用的岩层厚度（或层厚）不能混为一谈。后者有一较明显的剥开面，它代表单位地质时间间隔内的堆积速率，按厚度分为：(1) $>1\text{m}$ 的块状层；(2) $1\text{—}0.5\text{m}$ 的厚层；(3) $0.5\text{—}0.1\text{m}$ 的中厚层；(4) $0.1\text{—}0.01\text{m}$ 的薄层；(5) $<0.01\text{m}$ 的微细层或页片层。

【水平层理】层理的基本类型之一，细层平直并与层面（沉积水平面）平行。细层厚为 $1\text{—}2$ 毫米或更多。水平层理主要产于细粒级岩石如粉砂岩和泥岩中。是在比较弱的水动力条件下，即低能的环境中如湖泊深水区、泻湖及深海环境中形成的。

【平行层理】外貌上与水平层理极相似（细层彼此平行并平行于岩层面）。主要产于砂岩中，是在较强的水动力条件下形成的，平坦底砂的迁移则可形成平行层理。平行层理一般出现在急流即能量高的环境中，如河道、湖岸、海滩等环境中。常与大型交错层理共生。

【波状层理】层内的层纹呈连续的波状、互相平行或薄的泥纹层和砂纹层成波状互层，细层可连续或断续，总方向平行层理。形成波状层理一般要有大量的悬浮物质沉积，沉积速率大于流水的侵蚀速度，方能保存连续的细层。

【脉状层理】 又称压扁层理。泥质物主要分布在砂质波痕的波谷（槽）中，泥质往往呈不连续的薄层。砂质中发育有良好的前积纹层。

【透镜状层理】 又称泥包砂。砂质透镜体包于泥质层之中。砂质透镜体内发育良好的前积纹层。是在有利于泥质沉积、保存和砂质供给不足的条件下形成的。在潮汐带的泥坪沉积中较为常见。

【韵律层理】 由于成分、结构、颜色不同而显示韵律变化的薄层，又称为韵律层。常见的是水平层理中的砂、泥质层（厚度通常小于4—5mm）的韵律互层。也可称作砂泥互层层理。潮汐流的周期变化、季节性变化等均可形成韵律层理。潮汐环境形成的韵律层为砂泥薄层相间的交替纹层；季节性变化形成的韵律层出现在泥质岩、粉砂岩中，由颜色的深浅交替变化显示出来，有时被列入水平层理。

【交错层理】 最常见的一种层理，指层内有一系列倾斜的纹层斜交于层面或层系界面，斜纹层层系相互重叠、交错、切割。过去称作“斜层理”。根据层系及上、下界面的形状、通常分为：（1）板状交错层理；（2）楔状交错层理；（3）槽状交错层理。板状交错层理层系界面平整，而且近于平行（即厚度变化不大），大致反映单向水流，细层的倾斜方向代表水流方向；楔状交错层理层系界面平整但不平行（即厚度变化大呈楔形）；槽状交错层理层系下界面呈槽形，层系交错。交错层理的形成与流动约制有关，流体的流动产生了床沙形体的迁移，沙纹的迁移，则形成小型交错层理；沙浪、沙丘的迁移，则形成中型或大型的交错层理。确定交错层

理类型最好有三度或两度空间的露头，因为不同的断面上，细层或层系有不同的形态。如板状交错层理，在与水流平行的断面上，细层呈单向倾斜，而在与水流垂直的断面上，细层则可以水平。

【粒序层理】在没有任何其他纹层的同一岩层（如砂岩层、石灰岩层）内，从层的底（下）部至顶（上）部粒度由粗逐渐变细（称为正粒序）或由细逐渐变粗（称为反粒序），又称递变层理。是浊积岩中的一种特征性的层理。

【假层理】一种似层理的次生现象。由于胶体溶液的扩散，沉淀作用形成的。如氢氧化铁 $[\text{Fe}(\text{OH})_3]$ 溶液在碎屑岩和火山碎屑岩的孔隙中周期性扩散、沉淀，在岩石外部形成一系列同心环状构造，又称作“李泽冈格环”。是在风化带形成的。

【变形构造】又称为准同生变形构造。沉积物固结成岩之前，还处于富含孔隙水的塑性状态时，在无机作用影响下发生的变形。变形的类型有微弱的扭曲、褶曲、破碎、变位等。变形构造是局部性的，基本上局限于未变形的某一层内。常出现于粉砂岩中。其成因是沉积物的差异负荷作用、沉陷作用、重力作用（顺坡滑塌或滑动）、液化作用等。常见的变形构造有：重荷模、球状和枕状构造，主卷构造等等。

【包卷层理】又称旋卷层理、扭曲层理等。变形构造的一种。在一个层内的层理柔皱现象。由连续的开阔“向斜”和紧密“背斜”组成。虽然细层扭曲很复杂，但是连续的，没有错断和角砾化现象，只限于一个层内的层理变形，而不涉及上下层。一般认为主要是

由于沉积层内的液化层横向流动产生的。常见于浊流沉积中。

【枕状构造】变形构造的一种。被泥质包围了的紧密堆积的砂质椭圆体或枕状体。其大小从十几厘米到几米。主要分布于泥质层之上的砂岩层底部，也见于碎屑灰岩中。其成因主要由于受外界因素影响（如地震等）发生沉陷作用，使砂层破碎，并陷到下伏含水塑性泥质层中形成。

【负荷构造】又称重荷模。变形构造的一种。覆盖在泥上的砂岩底面上的圆丘状或不规则的瘤状突起。其形状不一、排列杂乱、大小从数厘米到十几厘米，高从几毫米到几厘米。在同一层理上其形状和大小是较接近的。当砂质层沉积在含水的塑性泥质沉积物之上，由于超负荷或差异负荷作用使沉积物发生垂向流动而成。

【滑陷构造】变形构造的一种。沉积岩在重力作用下发生运动和位移所产生的各种同生变形构造的总称。沉积物可以顺斜坡滑动，使沉积物变形、柔皱、断裂、角砾化等。通常局限于一定的层位，与上下层呈突变接触，可以是局部的也可以延伸数百米，甚至几公里，常出现于粉砂岩、粉砂质泥岩或细砂岩中。是识别水下滑坡的良好标志。多发生在三角洲前缘、大陆斜坡、海底峡谷的前缘等。

【层面构造】层面上出现的各种构造和铸模。保存岩层顶面上的如波痕、干裂纹、雨痕等，称做顶面构造，有的岩层底面（特别是下伏层为泥质岩的砂岩的底面）上呈铸模保存下来，如沟模、槽模等，叫作底面构造；按成因分为流动成因的（如波痕）和曝露

成因的（如干裂纹、雨痕等）两种。干裂又称龟裂纹、泥裂，是指泥质和灰泥沉积物，曝露、干涸、收缩产生的裂隙，在层面上呈多角状或网状。裂隙呈“V”字形断面，被砂质、粉砂质充填。干裂规模大小不一，裂隙宽1毫米到3—5厘米，深度为1—2厘米，甚至几十厘米；雨痕、冰雹痕指雨点、冰雹落在泥质沉积物表面撞击成的小坑。只有偶而阵雨形成的雨痕才能保存下来；泡沫痕是沉积物近于出露水面时，水泡沫在沉积物表面停留所留下的半球形小坑，大小悬殊，常成群出现。

【波痕】由于风、流水或波浪等在沉积物表面所形成的波状起伏的构造，即砂质沉积物层面上的床沙形体痕迹，在层内的痕迹就是层理。流水和风成波痕为不对称波痕；浪成波痕有对称和不对称两种。

【生物痕迹（遗迹）构造】保存在沉积物表面上及层内的生物活动痕迹（即为生物遗迹化石）。层面上为爬痕（迹）及停息痕（迹）；层内的为居住迹和钻孔迹等。

【叠层构造】生物成因构造的一种，是藻类（蓝绿藻）在生长过程中发育成叠层构造，构造是由暗层（富藻纹层）和亮层（贫藻纹层或富屑纹层）相间叠置而构成的，层纹厚薄、形状不一。具叠层构造的岩石称作“叠层石”。柱状、锥状叠层石形成于水动力条件较强的环境，如潮间带下部或潮下带；层状、波状叠层石形成于水动力条件较弱而水浅的环境，如潮间带。

【缝合线】化学成因沉积构造的一种。指垂直层面的切面中呈头盖

骨接缝似的锯齿状微裂缝。最常见于碳酸盐中，在石英砂岩、硅质岩、盐岩中也可出现。缝合线的形状多种多样，如锯齿状、波状等。其成因为岩石遭到压力（静压力和构造应力）后发生不均匀溶解而成。缝合线与层面可以平行、斜交或垂直。具缝合线的岩石不利于作建筑材料，但可为油、气、水、成矿溶液的通道。

【叠锥】由一连串漏斗状锥体套叠在一起组成，锥体垂直于层面或脉壁，故在层面上呈同心圈状，纵切面呈“V”形套叠，一般高为1—10cm。其成因与压溶作用有关，大部分是在后生期形成的。常见于泥灰岩、钙质泥岩中，也可见于石灰岩和方解石脉中。锥顶向上和向下者均有。

【鸟眼构造】沉积构造的一种，是碳酸盐岩中一种微小的空洞构造。空洞的形状似鸟眼、扁平透镜状、斑点状及不规则状，长轴大到平行层面，具成层性，一般互不相连，不破坏周围的原始结构构造。在岩石中鸟眼多半有亮晶方解石或石膏充填。其大小一般为1—3毫米，常成群出现于叠层石中。其成因有多种，干化收缩，气泡成因、藻腐成因等。鸟眼构造具有重要的指相意义，主要见于潮上带和潮间带上部的沉积中。

【结核】在成分、结构等与围岩截然不同的自生矿物集合体。常呈球形、椭球形及不规则的团块体。其大小从几毫米到几十厘米。主要出现在泥质岩、粉砂岩、碳酸盐岩及煤系地层中。可以孤立出现或成群产出。按形成阶段分为同生结核、成岩结核、后生结核；按成分可分为钙质结核、硅质结核、菱铁矿结核、黄铁矿结核、磷质结核等。龟背石（表面有多边形同心环及放射状的细脉）是一

种特殊类型的结核。可用以划分和对比地层。

【母岩】提供陆源物质的先生成的岩浆岩、沉积岩和变质岩。

【陆源区】又称母岩区、物源区、剥蚀区和供给区。母岩供给沉积物质的地区。

【陆源矿物】又称他生矿物、继承矿物、陆源碎屑矿物。母岩经物理（机械）风化产生的矿物碎屑物质，经过搬运至沉积场所沉积下来。陆源矿物主要为石英、长石等，是砂岩的主要组分。

【陆源组分】又称陆源物质、陆源碎屑物质。母岩经物理（机械）风化作用而生成的母岩的碎屑物质，包括矿物碎屑、岩石碎屑和一些粘土矿物（指碎屑成因的）。上述碎屑物质经过搬运至沉积场所沉积下来。是组成陆源碎屑岩的主要成分。

【碎屑岩】又称陆源碎屑岩或正常沉积碎屑岩。母岩物质风化（机械破碎）所形成的碎屑物质经过搬运、沉积及压实、胶结作用而形成的岩石。陆源碎屑岩，是分布最广的一种沉积岩。它由四部分组成：（1）碎屑（陆源碎屑）物质，是岩石的主体，其含量 $>50\%$ ；（2）杂基（或称基质），包括粘土（碎屑成因）和细粉砂，其含量 $<50\%$ ；（3）胶结物，即起胶结作用的化学沉淀物质；（4）孔隙，包括沉积时形成的（称原生孔隙）和后生作用形成的（称为次生孔隙）两种类型。按粒度碎屑岩分为：砾岩、砂岩、粉砂岩。

【碎屑结构】碎屑岩所具有的结构，碎屑结构包括三个方面：(1) 碎屑颗粒本身的特征（包括粒度、圆度、球度、形状及表面特征）、(2) 填隙物（包括杂基和胶结物）、(3) 碎屑与填隙物之间的关系（称为胶结类型）。按碎屑的大小（粒度）可分为：(1) 砾状结构（ $>2\text{mm}$ 的碎屑 $>30\%$ ）、(2) 砂状结构（ $2—0.05\text{mm}$ 的碎屑 $>50\%$ ）、(3) 粉砂状结构（ $0.05—0.005$ 的碎屑 $>50\%$ ）。

【粒度】颗粒（即碎屑颗粒）大小，以颗粒直径（通常是筛孔直径或切面最长直径）计量。粒度标准（划分方法）有两种：一是自然粒级标准，以毫米值为单位；一是 Φ 值标准，简称 Φ 值，它与自然粒级的换算关系为 $\Phi = -\log_2 D$ ， D 为颗粒直径（以毫米计）。粒度是碎屑沉积物（岩）的重要结构特征，是其分类命名的基础。

【粒级】或称粒度等级，按自然粒级标准可分为： $>2\text{mm}$ 的为砾级、 $2—0.05\text{mm}$ 的为砂级、 $0.05—0.005\text{mm}$ 的为粉砂级、 $<0.005\text{mm}$ 的为泥（粘土）。自然粒级与 Φ 值粒级标准换算关系如下：

	颗粒大小 (mm)	Φ 值
砾	32 (2^5)	—5
	16 (2^4)	—4
	8 (2^3)	—3
	4 (2^2)	—2
	2 (2^1)	—1

	颗粒大小 (mm)	ϕ 值
砂	1 (2^0)	0
	0.5 (2^{-1})	+1
	0.25 (2^{-2})	+2
	0.125 (2^{-3})	+3
粉 砂	0.063 (2^{-4})	+4
	0.0315 (2^{-5})	+5
	0.0157 (2^{-6})	+6
	0.0078 (2^{-7})	+7
粘 土	0.0039 (2^{-8})	+8
	0.0020 (2^{-9})	+9
	0.0010 (2^{-10})	+10

【粒度分析】又称机械分析测定碎屑沉积物中不同粗细颗粒含量的方法。分析的方法有：筛析法、沉速法、薄片法。筛析法是用 $1/3\Phi$ — $1/4\Phi$ 间距的不同孔径的筛网将碎屑颗粒自粗至细逐级过筛分开，求得各粒级的重量百分比。此方法用于砂级碎屑（粒度下限为 4Φ ）和较松散、易解离的岩石；沉速法用于很细（ $< 0.067\text{mm}$ ）的样品，利用颗粒在水中的沉降速度来划分粒级，在悬浮液中、在一定深度上按一定的时间吸取悬浮液，烘干求出各粒级百分含量；薄片法用于胶结致密难于松解的岩石，就是在薄片上测定各个粒级的百分数，而不是重量百分数，一般一个薄片需测 300—400 颗的测值作统计。粒度分析的资料广泛用于沉积岩

成因或沉积环境的分析。对于粗碎屑（砾级）则采用直接测量方法。

【粒度分布】粒度分析所获得的各粒级百分含量，直接用各种图件表示出来，可以直观了解粒度分布特点。表现粒度分布的图件有直方图、频率曲线、累计曲线、概率曲线等，均称为粒度分布曲线。直方图是以横座标表示粒状大小、纵座标表示粒级的百分含量（频率），按每个粒度的百分含量画出不同高度的柱子，表示粒度分布特点；频率曲线法是将直方中每个柱子边的中点和柱顶的中点依次连接而成；累积频率曲线法是以横座标代表粒级（向右变细），纵座标为各粒级的累积百分含量，累积曲线常成S形；概率曲线法是累积曲线法的一种，只是纵座标采用概率座标。大量的粒度分布规律表明，经过搬运的沉积物，其粒度分布是遵循正态分布的规律。正态分布是数理统计学中最重要的理论频率分布，又称高斯分布，从图形上看，它是一个连续的、无限的、钟状的曲线（单峰、对称），曲线对于算数平均值、中值、众数均为对称。

【分选】碎屑岩中颗粒大小均匀的程度，称为分选性或分选度。通常分为好、中、差三级。当主要粒级成分含量 $>75\%$ （即以一种粒级为主），或颗粒大小接近相等时，称为分选性好；当主要粒级成分含量为 $50—75\%$ 时，称为分选中等；当没有一种粒级成分 $>50\%$ 时，或者颗粒大小相差很大时，称为分选差。搬运距离越长、搬运介质强烈搅动都有利于分选度的提高，另外与搬运介质性质有关，如风的搬运比水搬运分选好。

【圆度】又称磨圆度。碎屑颗粒的棱角被磨蚀圆化的程度，一般分

为四级：(1) 棱角状，碎屑颗粒具尖锐的棱角、轮廓线以凹线为主加直线，这种颗粒一般为未经搬运或搬运距离短快速沉积；(2) 次棱角状，碎屑颗粒棱角稍有磨蚀，轮廓线的直线为主加凹线，说明碎屑被短距离搬运；(3) 次圆状，碎屑颗粒的棱角有明显的磨损，轮廓线为直十凸线，说明颗粒经过较长距离的搬运，或处于水动力较强的介质中；(4) 圆状，碎屑颗粒棱角已经磨损消失，轮廓线为凸的弧线，说明碎屑经过长距离搬运或长时间反复磨蚀。

【球度】碎屑颗粒接近球体的程度。是三度空间的形态，其形状根据三个轴之间的关系来判断： $\Phi = \sqrt{BC/A}$ 式中 Φ —球度系数、 A —最大扁平面上的最长轴、 B —最大扁平面内垂直 A 轴的最长轴、 C —垂直最大扁平面的最长轴。最大球度值为 1，最小值则趋于零。一般分为圆球体、椭球体、扁圆体、长扁圆体。球度对粗碎屑岩（砾岩）的研究有更大的意义。

【胶结物】碎屑岩中填隙物的一种。对碎屑颗粒起胶结作用的化学沉淀物质。即是在沉积、成岩及后生期所形成的自生矿物。常见的胶结物有二氧化硅（蛋白石、玉髓、石英）、碳酸盐（方解石、白云石、菱铁矿等）、各种氧化物及重晶石、石膏、硬石膏等。

【胶结类型】碎屑岩中碎屑颗粒和填隙物（胶结物和基质）间的关系。有两方面的含意：(1) 碎屑颗粒与填隙物的相对含量、(2) 颗粒间的接触关系。胶结类型通常分为：基底式胶结，其特点是大多数碎屑颗粒不相接触（颗粒漂浮在基质中）；孔隙式胶结，即大部分颗粒直接接触；胶结物充填于孔隙中；接触式胶结，即胶结

物只在颗粒接触处才出现；基底式胶结的基质相对含量高，称为基质支撑；孔隙式和接触式胶结属于颗粒支撑。

【基质】又称杂基。碎屑岩中细的机械混入物。即与碎屑物质一块搬运同时沉积的一些极细的物质，包括粘土（碎屑粘土）、细粉砂。对于不同粒度的碎屑岩杂基的粒度可以有所不同，如砂岩的杂基指粘土或极细粉砂，而砾岩的杂基可包括细砂、砂。杂基的含量 $<50\%$ 。

【成分成熟度】又称矿物成熟度。碎屑成分接近最终稳定组分富集的程度。碎屑物质在形成过程中，经过搬运、沉积作用，而且是反复进行。可能在不同气候条件下经受作用。因此，不稳定组分不断被淘汰消失，稳定组分相对富集，最终留下的是最稳定的石英质碎屑。最终稳定组合常为：石英—高岭石组合。所谓砂岩矿物成熟度即砂岩碎屑成分接近上述矿物组合的程度。其表示方法为：

稳定碎屑/不稳定碎屑，例如石英+燧石/长石+岩屑，其比值越大，则矿物成熟度越高。

【结构成熟度】碎屑物质经长距离搬运、沉积作用的过程中，结构达到一种终极状态，即基质冲洗干净，碎屑磨圆度、分选度极好。碎屑岩的结构成熟度即指基质含量、碎屑的圆度、分选性接近终极状态的程度。

【砾岩】粗碎屑岩的一种。圆状、次圆状砾石（ $>2\text{mm}$ ）含量大于30%的碎屑岩。根据砾石大小可分为：细砾岩（岩石中砾石的直

径以 2—10mm 为主)、中砾岩 (以 10—100mm 为主)、粗砾岩 (以 100—1000mm 为主)、巨砾岩 (以大于 1000mm 为主); 根据砾石成分复杂程度可分为: 单成分砾岩, 同种成分的砾石占 75% 以上、复成分砾岩, 不同成份的砾石无一超过 50%; 根据砾岩在地层剖面中的位置可分为: 底砾岩, 指位于海侵层位最底部侵蚀基准面以上的砾岩层, 它代表了长期的沉积间断; 层间砾岩, 分布于层间或层内, 是沉积条件局部发生变化形成的。它往往是同时冲刷和沉积的产物 (又称同生砾岩), 不代表长期的沉积间断。按成因可分为: 河成砾岩、海滨砾岩等。

【角砾岩】粗碎屑岩的一种棱角状、次棱角状的砾石含量 $>30\%$ 的碎屑岩。角砾岩分布不多, 根据成因可分为: 岩溶角砾岩, 又称洞穴角砾岩, 由于溶洞崩塌堆积而成; 滑塌角砾岩, 由于地滑或滑塌作用形成的; 构造角砾岩, 形成于构造破碎带, 又称断层角砾岩; 还有成岩角砾岩和后生角砾岩等。

【砂岩】粒度为 2—0.0625mm (即 1Φ — 4Φ) 的碎屑 (砂) 占全部碎屑颗粒的 50% 以上的碎屑岩, 也称中碎屑岩。砂岩是最重要的沉积岩类之一, 其分布极为广泛 (仅次于泥质岩, 居第二位)。其碎屑成分最主要是石英, 其次是长石、岩屑, 以及云母、重矿物等。按砂粒的大小可进一步分为: 巨粒砂岩 (2—1mm)、粗粒砂岩 (1—0.5mm)、中粒砂岩 (0.5—0.25mm)、细粒砂岩 (0.25—0.1mm)、微粒砂岩 (0.1—0.0625mm); 按成分可分为: 石英砂岩、长石砂岩、岩屑砂岩以及净砂岩、杂砂岩等。

【石英砂岩】碎屑组分中石英占 95% 以上的砂岩, 其次含少量长

石、岩屑和极少量的重矿物。石英均为单晶石英，磨圆度高，分选性良好，极少或无杂基，即成分成熟度与结构成熟度都很高。胶结物大都为硅质，其次为钙质、铁质及海绿石质等。按胶结物分别称为：硅质石英砂岩、钙质石英砂岩、铁质石英砂岩、海绿石石英砂岩等。硅质胶结的石英砂岩还可细分为：硅质石英砂岩，简称石英砂岩，硅质胶结物为玉髓、蛋白石，石英碎屑无自生加大边；石英岩状砂岩，大部分碎屑石英具自生加大边，称为再生加大胶结，肉眼观察难以辨清颗粒与胶结物的界线。石英砂岩的颜色一般较浅，大多数为灰白色，有的略带浅黄、浅绿和浅褐红等色。多呈厚度不大的稳定层状产生，常发育波痕，交错层理。主要产于海洋环境。

【长石砂岩】按碎屑组分中石英 $<75\%$ ，长石 $>25\%$ ，岩屑 $<25\%$ 的砂岩。胶结物主要为钙质、铁质，硅质较少。常含粘土杂基并常重结晶为绿云母、绿泥石或形成长石的自生加大边。其结构以中、粗粒居多，磨圆及分选因成因不同变化较大，从好至差均可出现。颜色多为红色或浅黄色、灰色等。其形成条件大致有两种：在构造活动比较强烈的地带，以物理风化作用为主，强烈侵蚀，快速堆积的条件可形成长石砂岩，称为构造长石砂岩，其磨圆、分选都不好；在构造条件比较稳定，母岩经长期缓慢侵蚀并长距离搬运，则在干旱或寒冷气候条件下可形成长石砂岩，其磨圆、分选都比较好，称之为气候长石砂岩。长石砂岩常形成于山间坳陷、边缘坳陷的河流、湖泊环境中，海洋环境很少见。

【长石石英砂岩】石英砂岩和长石砂岩之间的过渡类型。分布十分广泛。其碎屑组分中石英 $>75\%$ ，长石 $10—25\%$ （ $<25\%$ ）。也称

作长石质石英砂岩。

【岩屑砂岩】碎屑组分中石英 $<75\%$ ，岩屑 $>25\%$ ，长石 $<25\%$ 的砂岩，重矿物比较多，胶结物常为硅质和碳酸盐质，常含较多的粘土杂基。岩屑成分比较复杂：（1）火山岩（隐晶质的熔岩碎屑），（2）低级变质岩（如板岩、干板岩及云母片岩等），（3）沉积岩（如页岩、粉砂岩、燧石及少量的泥晶灰岩、白云岩等）。通常磨圆、分选均较差，即其成分与结构成熟度都低。岩屑砂岩一般为稍暗的色调，如灰色、灰绿色、灰黑色等。形成条件为强烈剥蚀及快速堆积的构造条件。它可以是海成的（如浊流沉积）和陆相环境（如垂直山麓沉积和洪积沉积）。

【净砂岩】粘土基质小于 15% 的砂岩。如当长石砂岩中的基质 $<15\%$ ，则称作长石净砂岩；当岩屑砂岩中的基质 $>15\%$ 时，则称作岩屑净砂岩。但各类净砂岩定名时不加“净”字。

【杂砂岩】粘土基质的含量 $>15\%$ 的砂岩。如长石杂砂岩、岩屑杂砂岩等。

【硬砂岩】岩屑砂岩的特殊变种。指浅变质岩屑杂砂岩。其成分特征是不稳定岩屑、泥质基质较多（ $>15\%$ ），并重结晶为绢云母、绿泥石等。其颜色常呈灰、灰绿色等较暗的颜色。也称作“灰瓦克岩”。

【粉砂岩】碎屑成分中 $0.05—0.005\text{mm}$ 粒级占 50% 以上的细碎屑岩。碎屑成分以石英为主，长石、岩屑很少，而白云母、重矿物

相对较多。填隙物除粘土较多外，多为钙质和铁质胶结。常具薄的水平层理及小型交错层理。按粒度可分为：粗粉砂岩（0.01—0.05mm）、细粉砂岩（0.05—0.005mm）。第四纪黄土是典型的粉砂质沉积物。

【粘土岩】由粘土矿物和小于0.005mm的细碎屑大于50%组成的岩石，或称为“泥质岩”。泥质岩是沉积岩中分布最广的一类岩石。按成分可分为单矿物粘土岩，如高岭石粘土（岩）、蒙脱石粘土（岩）（斑脱岩、膨润土）、伊利石（水云母）粘土（岩）等；复矿物粘土，如高岭石—水云母粘土（岩）等。按成岩后生作用分为：泥岩、页岩等。粘土岩具有一些独特的物理性质，如可塑性、耐火性、烧结性、吸附性（吸收性）及吸水性等，这些物理性质在工业上有广泛的应用价值。

【高岭石粘土】俗称高岭土，指主要由高岭石（>90%），其次为埃洛石和水云母组成的粘土，也含有一些非粘土矿物，如石英、长石、云母、重矿物、黄铁矿、菱铁矿、有机质等。岩石一般色浅，为白色、浅黄色，致密块状或土状，性脆，贝壳状断口，具强粘结性，可塑性大，耐火度高。是造纸工业、橡胶工业的重要填充料和耐火工业和陶瓷工业的重要原料。

【蒙脱石粘土】又称膨润土或斑脱岩。主要由蒙脱石组成的粘土，次要成分是伊利石、绿泥石等，非粘土矿物有长石、石英、石膏、方解石等。岩石通常呈白色或带粉红、淡黄、淡青绿等色调。呈致密块状或土状，有滑感，吸水性很强，浸入水中剧烈膨胀，吸水后体积可膨胀10—30倍。可塑性及粘结性均较强。常用于石油

化工、制糖、油脂等工业作脱色剂，铸造工业作粘结剂，钻探中作泥浆原料，陶瓷工业作粘结剂等。

【漂白土】一种胶质粘土，属于蒙脱石粘土。含钙较多，含钠较少，吸水性和膨胀性较差。具有很强的吸附能力，能吸收大量色素、粘液胶状物等杂质，在石油工业、精制各种矿物及植物油工业上用作脱色剂或漂白剂。

【泥岩】无纹理、无页理构造的块状粘土岩。其成分比较复杂。分类原则与页岩相同，常见的类型如红色泥岩、黑色泥岩、炭质泥岩等，富含有机质的暗色泥岩是良好的生油岩系。

【页岩】具有纹层及页理构造的泥质岩。其成分复杂，主要是水云母，还有高岭石、蒙脱石、绿泥石，常含一些碎屑矿物和自生矿物。页岩分类的根据是：颜色及混入物的化学成分。常见的类型有：钙质页岩、铁质页岩、硅质页岩、炭质页岩、黑色页岩，油页岩等。

【黑色页岩】含有较多的有机质及细分散状的黄铁矿（硫化物）而呈黑色的页岩。外貌与炭质页岩相似，其区别是黑色页岩不染手。它形成于缺氧的、富含 H_2S 的较闭塞的海湾、湖泊的较深水区及深海沟内。黑色页岩中含有较高的各种金属元素，特别是：镍、钼、钒、铀、铜、铅、锌等，可形成有价值的综合性金属矿床。

【炭质页岩】含有大量炭化了的有机质，并呈细分散状均匀分布的泥质岩类。能染手。常含有大量植物化石。炭质页岩是沼泽环境

的产物，出现在煤系地层中，常形成煤层的顶底板。

【化学沉积岩】由化学作用所形成的沉积岩。即来自母岩化学风化的溶解物质（包括胶体溶液和真溶液），以化学方式在溶液中沉淀而成的岩石，也可称作“化学岩”。化学成因的岩石有碳酸盐、硅质岩及岩盐等。化学岩大多是在水盆地中沉积的，其成分较单一。一般为隐晶结构或结晶结构。有些岩类本身就是重要的沉积矿床，如岩盐、钾盐、石膏、硬石膏及磷质岩、铝质岩及铁质岩等。

【生物化学岩】由生物化学作用形成的沉积岩。该成因的岩类有：某些碳酸盐、硅质岩及磷、铝、铁质岩等。

【碳酸盐岩】主要由碳酸盐矿物（方解石、白云石）组成的沉积岩。其矿物成分通常含有非碳酸盐矿物（如海绿石、玉髓、石膏、硬石膏、重晶石等）及陆源矿物（如石英等）。按成分可分为石灰岩和白云岩两大类，及一些过渡岩类，如白云质灰岩（白云岩）、含砂灰岩（白云岩），泥质灰岩（白云岩）等。碳酸盐岩的绝大部分是海洋沉积，尤其以浅海环境沉积为主。碳酸盐岩中的矿产十分丰富，除多金属、金属矿床外，还有其特有的岩盐、钾盐、石膏、硬石膏等。该岩类是水泥、化工及建筑业的重要原料。

【石灰岩】主要由方解石（含量 $>50\%$ ）组成的碳酸盐岩。也常含有白云石或混入一些粘土、粉砂等。岩石一般呈灰色、深灰色，致密、块状、性脆，小刀能刻动，滴稀盐酸剧烈起泡。按成分可进一步划分出一些过渡类型，如石灰岩与白云岩的过渡类型，当含白云岩为 $25—50\%$ 时，称作白云质灰岩；石灰岩和粘土岩的过渡

类型，当泥质含量为 25—50% 时，叫做泥质灰岩（泥灰岩）。按结构—成因可分为三大类：（1）正常化学灰岩（通常指泥晶灰岩或微晶灰岩），即直接由化学、生物化学作用直接沉淀而形成的石灰岩；（2）异常化学灰岩（即粒屑灰岩）；（3）原地礁灰岩（或生物礁灰岩、礁灰岩）。石灰岩较易于溶解，故在石灰岩发育地区常常形成溶洞，洞内可形成千姿百态的石钟乳和石笋，构成多种奇特优美景观。石灰岩可作为石灰、水泥以及化肥、电石的原料，冶炼钢铁的溶剂等。也用于制糖、陶瓷、制碱、玻璃、印刷等工业。

【泥晶灰岩】基本上由泥晶组成的石灰岩。可混有极少量的粒屑和陆源碎屑或粘土等。岩石致密均一，隐晶结构。纯净均一的泥晶灰岩便于精细刻划，可用作印刷石板，称为“石印灰岩”。泥晶灰岩分布广泛，它形成于受保护的潟湖，盆地、深水处等静水环境。

【结晶灰岩】主要由方解石晶粒（ >0.004 或 0.007mm ）组成的石灰岩，亦称“晶粒灰岩”。它是由泥晶（或微晶）灰岩及其它类型的灰岩重结晶而形成的。按重结晶方解石晶粒大小可分为粗晶灰岩（方解石晶粒 $>0.5\text{mm}$ ）、中晶灰岩（ $0.5—0.25\text{mm}$ ）、细晶灰岩（ $0.25—0.05\text{mm}$ ）、微细晶灰岩（ $0.05—0.004\text{mm}$ ）。

【异化颗粒】碳酸盐岩粒屑结构的主要组分，即异常化学颗粒，简称异化粒，亦称粒屑或颗粒（碳酸盐颗粒）。颗粒类型有：生物碎屑（简称生物屑）、内碎屑、鲕粒、团粒、藻粒（包括核形石、凝块石、藻团块和藻屑），其成因分为：（1）有机的，即由直接或间接的生物和生物化学作用形成的；（2）无机的，化学和物理作用方式形成的。

【碳酸盐岩结构】指碳酸盐岩石所具有的结构,常见的结构类型有:粒屑结构、物质骨架结构、泥晶或微晶结构等。各类结构均与其岩石成因有着密切的关系。上述各种结构经过重结晶作用均可以变为晶粒结构。碳酸盐岩的结构是分类命名的重要依据,也是分析沉积环境的重要标志。

【粒屑结构】碳酸盐岩的一种结构类型。粒屑结构相当于陆源碎屑岩的砂状或砾状结构,所以亦称作碎屑结构。它由颗粒(粒屑)、基质、胶结物、孔隙四部分组成。根据颗粒类型粒屑结构可分为:生物碎屑结构、鲕粒结核等。

【泥晶】又称灰泥。粒屑结构的组分之一。是与颗粒同时堆积的泥级碳酸盐岩,称作“泥晶基质”。它又是泥晶灰岩或泥晶白云岩的主要组分。泥晶的粒级界线为小于 0.004mm 或小于 0.005mm。“泥屑”、“微晶”、“微晶碳酸岩泥”都是同义语。其成因为:(1)化学沉淀作用、(2)生物作用、(3)机械破碎作用。

【亮晶】粒屑结构的组分之一,指在颗粒沉积之后,在孔隙中化学沉淀生成的起胶结作用的方解石。其特征是干净、透明,称为“亮晶方解石”或“淀晶方解石”,它充填于孔隙中作为胶结物而不独立存在,呈较粗大的粒状,一般指大于 0.004mm 或大于 0.01mm 的晶粒。晶面比较平直,常具世代性,第一世代的胶结物围绕在颗粒表面(未充满孔隙),呈栉壳状或马牙状,第二世代以至第三世代胶结物填满孔隙,呈粒状嵌晶,晚期世代较早期世代的颗粒粗。重结晶作用形成的较粗粒方解石称为亮晶,其区别

在于：重结晶的方解石颗粒大小过渡甚至可过渡为泥晶，常有些混浊（透明度差），无世代性、晶面不规则凹凸状。

【异化粒灰岩】又称粒屑灰岩。粒屑组分为主（ $>50\%$ ）的石灰岩。根据粒屑类型可分为：（1）生物碎屑灰岩（骨粒灰岩）、（2）内碎屑灰岩、（3）鲕粒灰岩等根据亮晶、泥晶的相对含量进一步分为：当亮晶 $>$ 泥晶，则分为亮晶生物碎屑灰岩、亮晶鲕粒灰岩等。当亮晶 $<$ 泥晶，则分为泥晶生物碎屑灰岩、泥晶鲕粒灰岩等。

【鲕粒】具有同心层纹（或放射状）包壳围绕着一个核心的球状或椭球状的碳酸盐颗粒。小于 2mm（以 0.2—0.5mm 为主），成群出现，大小较均一，因象鱼子而得名。根据鲕的形态及内部结构可分为：真鲕（包壳厚）、放射鲕（包壳呈放射状）、藻鲕（包壳的同心纹由藻组成）等。有有机成因和无机成因两种。多形成于热带、亚热带地区，浅海搅动环境。

【鲕状灰岩】又称粒状灰岩。一种以鲕粒为主要颗粒的粒屑灰岩。根据亮晶胶结物与泥晶基质的相对含量，可分为亮晶鲕粒灰岩和泥晶鲕粒灰岩等。

【内碎屑】盆地内弱固结的碳酸盐沉积物，经岸流、潮汐、波浪等作用剥蚀破碎、搬运（在盆内搬运）再沉积的碳酸盐颗粒。按直径大小可分为：砾屑（直径 $>2\text{mm}$ ）、砂屑（直径为 2—0.05mm）、粉屑（0.05—0.005mm）、泥屑（ $<0.005\text{mm}$ ）。

【内碎屑灰岩】以内碎屑为主要颗粒的粒屑灰岩。根据内碎屑的大

小可分为：砾屑灰岩、砂屑灰岩、粉屑灰岩等。

【竹叶状灰岩】内碎屑灰岩的一种，是一种砾屑灰岩。其砾屑呈圆、椭圆形扁平状的，平行层面排列，沿垂直层面（砾屑的扁平面）断开时，砾屑形状很象竹叶，故名“竹叶状灰岩”。“竹叶”（砾屑）常具薄薄的呈黄褐或紫红色的氧化铁质边。竹叶一般为泥晶灰岩，其大小通常为几厘米至十几厘米。

【化石碳酸盐岩】含有化石颗粒（包括完整化石及化石碎屑）的碳酸盐岩。过去一直把这类灰岩称为“生物碎屑灰岩”。化石颗粒是大多数碳酸盐岩常见的一种碎屑组分，它是碳酸盐岩（特别是石灰岩）分类的重要依据。鉴定化石颗粒和鉴定岩石的矿物（或造岩矿物）一样，除定出化石的类别之外，还要观察其各门类的含量、自形程度、粒度、分选、磨蚀及泥晶化程度等特性。化石碳酸盐岩的进一步分类命名以化石颗粒的门类为主要依据，如绿藻泥晶灰岩、有孔虫亮晶灰岩等。

【生物碎屑】又称骨屑、生屑、生物屑、生物颗粒、化石颗粒、骨粒等（包括生物碎屑及完整化石颗粒）。异化粒的一种。指经过不同程度搬运和磨蚀的生物硬体（骨骼或外壳）以及原地自解或食肉动物造成的生物碎屑。生物碎屑是很重要的碳酸盐岩颗粒类型。

【生物碎屑灰岩】以生物碎屑为主（生物碎屑含量 $>20\%$ ）的粒屑灰岩。可分为亮晶生屑灰岩、泥晶生屑灰岩，还可以依生物的种类分类命名，如绿藻灰岩、抱球虫灰岩等。

【礁灰岩】由固着生长的、积极建造并粘结沉物的造礁生物组成岩石的骨架，并在地貌上高于同期沉积物的块状岩隆，即生物礁灰岩、生物岩、粘结岩等。主要造礁生物有：钙藻、群体珊瑚、海绵、苔藓虫、层孔虫等。一般可按造礁生物种类分类命名：如珊瑚礁灰岩、藻礁灰岩等。

【藻灰岩】以绿藻、红藻、轮藻等钙藻为主要颗粒的粒屑灰岩。有大量藻迹的灰岩（如叠层石灰岩、藻凝块灰岩、核形石灰岩等）统称隐藻灰岩，不属藻灰岩。藻灰岩大多为浅海沉积。

【白垩】一种特殊的泥晶灰岩，色白而疏松多孔。成分很纯，几乎全部由方解石组成。孔隙可达 36—63%，是由微体生物化石（如颗石藻含量高达 80%）堆积而成。常混入少量的粘土杂质、有孔虫、放射虫及软体动物碎屑。主要形成于浅海环境。

【石灰华】在石灰岩洞穴内及泉口附近由于流经石灰岩层的地下水含的饱和 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ，当与空气接触时，如地下水沿裂缝进入洞穴或流出地表， CO_2 气体逸出而沉淀出 CaCO_3 所形成的石灰岩。主要产于石灰岩溶洞中，从洞顶部渗出的水滴，外表沉淀的 CaCO_3 薄膜层层向外生长，由于重力作用逐渐向下拉长，形成悬挂在溶洞顶上的石钟乳（或叫钟乳石），内部呈同心状或放射状构造，落到洞底的水滴则形成锥柱状的石笋。形成于泉口附近的石灰华，其形态受泉口地形控制，呈台阶状、扇状和幔状等。

【白云质灰岩】由石灰岩向白云岩过渡的一种碳酸盐岩。矿物成分以方解石为主（50—75%），其次为白云石（25—50%）。岩石呈

灰至浅灰色，有些为浅黄灰色，致密，性脆，多具贝壳状断口。加稀酸起泡沫不如石灰岩多。

【豹皮灰岩】一种白云石化灰岩。岩石呈黄色、褐红色，具不规则的斑状花纹，貌似“豹皮”，故名。斑纹部分即是白云石化部分（白云石多），基质部分为隐晶或微晶方解石。

【白云岩】主要由白云石（含量 $>50\%$ ）组成的碳酸盐岩，也常常混入方解石、粘土矿物、石膏等。岩石外貌与石灰岩相似，通常白云岩颜色较浅，呈灰白色或灰白或浅黄灰色，滴稀盐酸在粉末上只是缓慢的微解起泡，新鲜断口上不起泡。按结构可分为粒屑白云岩、微晶白云岩、中—粗晶白云岩等。粒屑白云岩按原岩的颗粒类型可分为内碎屑白云岩、鲕状白云岩、生物碎屑白云岩等；微晶白云岩主要由微晶白云石组成，常含陆源碎屑、燧石条带（或结核）、石膏、硬石膏、岩盐等，断口较粗糙，呈瓷状或砂糖状，其风化面常具纵横交错的刀砍状溶沟；中、粗粒白云岩即成岩白云岩（后生白云岩），是由于强烈的白云石化或重结晶作用形成的。

【蒸发岩】又称盐类岩。由含盐度较高的溶液或卤水，通过蒸发作用产生化学沉淀而形成的岩石。但不包括与蒸发作用有关的碳酸盐岩。其化学组份主要是：钾、钠、钙、镁的氯化物、硫酸盐、硼酸盐及钠、钾的硝酸盐等。主要矿物成分有：石盐、钾盐、光卤石、钾盐镁矾、钾钠芒硝、芒硝、泻利岩、石膏、硬石膏、天然碱、钠硝石、钾硝石、硼砂等。岩石呈结晶结构或粒屑结构，呈均匀块状构造、层理构造等。主要岩石类型有：石膏硬石膏岩、石

盐岩或盐岩等。产于盐湖及咸化泻湖沉积中。

【硅质岩】由化学、生物和生物化学作用及某些火山作用所形成的富含二氧化硅（一般 $>70\%$ ）的岩石。主要矿物成分为石英、玉髓和蛋白石。岩石多呈隐晶结构，生物结构及也有粒屑结构。颜色多呈灰黑或灰白色，少量为红色或绿色。致密坚硬，贝壳状断口。呈层状、条带状或结核状产出。分布广泛，仅次于泥岩、砂岩、碳酸盐岩居第四位。按成因、结构可划分为如下五种类型：硅藻土、海绵岩、放射虫岩、燧石岩、碧云岩等。

【硅藻土】主要由硅藻遗体（硅藻壳）堆积而成的硅质岩。含硅藻可高达 $70—90\%$ ，其成分为蛋白石。硅藻个体微小（ $0.002—0.05\text{mm}$ ），只有在显微镜下才能观察。质地纯则呈白色，但通常呈黄色或暗灰色、甚至黑色。其结构疏松，呈土状，质软而轻，孔隙度极大（可达 90% 以上），故具强吸附性、粘舌。工业上用作过滤漂白、吸着剂及隔音、隔热材料。

【燧石】或称燧石岩，俗称打火石。常见的一种硅质岩，主要由玉髓和石英组成，隐晶结构、致密坚硬，具贝壳状断口，其颜色以灰、灰黑色为主，黄、红、白色较少见。燧石多呈结核状（称燧石结核）、条带状（称燧石条带）产于碳酸盐岩中，也可呈层状（薄层状夹层，不呈独立厚层）。因其硬度大，常用作研磨材料。

【附生岩】含有极其重要混入组分的沉积岩。这些混入组分不足以构成独立的岩类，但影响岩石特征，并且具有重要的经济价值。常见的附生岩有：铜质岩、磷质岩、铝质岩、铁质岩、锰质岩等。

【沉积相】沉积环境的物质表现，即一定的环境可以产出特定的岩石和古生物组合，所以“相”（或沉积相）有两种含义：（1）指沉积环境本身；（2）沉积环境的特定产物。“相”和“沉积相”是同义语，而岩相则侧重于物质表现。可以说沉积相就是岩相古地理，两者常是同义语。根据沉积物的特点（沉积岩和古生物的特点），恢复古代沉积环境称相分析或环境分析。根据自然地理环境分为大陆相、海陆过渡相及海相三个大相。按次级环境进一步划分相或亚相。大陆相可分为：冲积扇相、河流相、湖泊相、沼泽相、沙漠相、冰川相；过渡相分为：三角洲相、堡坝碎屑岩相、潮坪—泻湖碳酸盐相；海相分为：滨海相、浅海相、半深海—深海相。

【沉积环境】在物理上、化学上和生物上均有别于相邻地区的一块地球表面，是进行沉积作用或以沉积作用为主的自然地理单元。沉积环境可分为大陆环境、海陆混合环境（海陆过渡环境）和海洋环境三大类。大陆环境包括陆地环境（冰川及沙漠）、河流环境、沼泽环境、湖泊环境等；海陆混合环境包括滨海、三角洲和边缘泻湖、河口湾环境；海洋环境分浅海、半深海及深海环境等。

【沉积微相】岩石微观特征和微沉积环境的综合，即微环境的物质表现。以某一环境所特有的岩石成因类型（岩石的可以指示环境的岩性特征）为依据划为若干类型。主要应用于海相碳酸盐岩。如远洋环境的放射虫灰岩相、淡水湖的淡水介壳灰岩相等。研究微相主要是在显微镜下观察岩石薄片，结合电镜、揭片及野外工作等。确定微相类型，在镜下要观察岩石的泥晶和亮晶相对含量；观察颗粒（异化粒）的类别、含量和特征（包括破碎情况、粒度、分

选及变化)等。如包壳生物碎屑处于亮晶灰岩中,生屑泥晶化明显(如泥晶化有孔虫亮晶灰岩),这种岩性特征表明形成于浪基面之下,搅动水浅滩环境。因此,岩石微观特征对解释微环境是非常有效的。威尔逊总结的石灰岩 24 个微相,被称为标准微相。

【沉积模式】又称相模式或沉积环境模式。根据现代沉积环境及古代沉积的研究,对古代沉积作用机理所作的成因解释类型,也就是以图解、文字、或数学等方法表现的一种理想的和概括的沉积相。或事实上就是描述和再现了沉积作用的面貌。其分类原则与沉积相是一致的,分为:河流相模式、三角洲相模式、湖相模式、沼泽相模式、海退模式、海进模式等。

【沉积建造】在一定的大构造及古地理环境中所形成的在成因上有密切联系的共生的一系列沉积岩层的组合体。通常按大地构造分为三大类,即:地槽沉积(地槽型)建造、地台沉积(地台型)建造和过渡型建造,每一类还可进一步划分为若干建造,如地槽型建造又可分为硅质火山岩建造、泥质页岩建造、碳酸盐岩建造和复理石建造等。

【陆相】大陆环境沉积的物质的总特征。其沉积物质以碎屑岩和粘土岩为主,化学及生物成因的沉积物比较少见,如尚未见大规模的碳酸盐沉积。碎屑物质通常成因比较复杂,粒度较粗,分选性较差,磨圆度不高。另外,主要含陆生动物(如脊椎动物和昆虫等)、淡水生物(如叶肢介、螺、蚌等)以及植物化石等。各种沉积物其横向变化较大,颜色常见红色色调(氧化或弱氧化条件下形成的)。陆相可分为冲积扇相、河流相、湖泊相、沼泽相等。

【冲积扇相】陆相之一，发育在山麓地区的富含粗碎屑、常有泥流沉积的半圆锥状或扇形的沉积体。其成因是洪水流出山口时，由于坡度急剧变缓，流水变成放射状散流（极浅的席状漫流），水中携带的砂、砾、碎屑极易在山口沉积下来，形成以山口为顶点的扇形沉积，称作冲积扇。这类主要由砂砾等碎屑物质组成的冲积扇体，干旱气候地区形成的多为红色；潮湿气候地区形成的多呈灰色或灰绿色。其沉积物的特点是粒度较粗，分选差，岩性变化大，扇顶（山口）主要是砾石组成，不显层理，向远端逐渐变细。砾石一般呈叠瓦状，砾石的最大扁平面向上游方向倾斜。冲积扇沉积物中还常常有泥石流沉积物，其成因是山麓区有些表面被雨水泡软，并由于本身重力发生滑动而形成水、泥混合的一种流体。

【河流相】陆相的一种，河流作用所形成的沉积体的总特征。河流环境复杂，沉积物变化大，有的以砾和粗砂为主，有的以砂、粉砂为主，粗、细比例不定。岩层横向变化大，平面上砂体呈宽窄不同的条带状，剖面上砂体呈透镜体。沉积剖面具下部粗（为砾、砂），上部细（为粉砂、泥质）的沉积层序（或称序列）。常有植物化石和淡水生物化石。泥质岩常显红色（氧化环境）。其沉积构造多样，层序底部具冲刷面，层理发育，常见大型槽状交错层理、大型板状交错层理和平行层理等单向流水的构造。河流相主要类型是蛇曲河（或曲流河）相和辫状河（或网状河）相。前者以砂、粉砂、泥质沉积为主，砾很少（只在洪峰时搬运），成分较复杂，分选较差。砾砂质沉积物一般产于主河道，粉砂和泥质沉积主要产于天然堤、牛轭湖和洪泛区。底部具大型槽状交错层理，向上为小型交错层理。辫状河相与蛇曲河相基本相同，只是基沉积物

较粗（以砾、砂为主）。

【湖泊相】陆相的一种。湖泊环境非常复杂，在其物理、化学及其规模上均可有很大差别。按湖水的含盐度分为淡水湖和咸水湖（盐湖）。淡水湖泊相形成于潮湿气候，沉积物主要是陆源物质，常有淡水生物化石。沉积物常成环带状分布，自湖岸边到湖盆中心沉积物由粗到细，理想的分布依次为砾、砂、粉砂和泥。通常近岸浅水带以砂、粉砂为主，其次为砾。碎屑分选、磨圆均较好。层理发育，有各种小型交错层理，中小型单斜层理、还有泥裂、雨痕、虫孔等。在湖心深水带主要沉积为灰黑色、黑色泥、页岩及泥灰岩、油页岩，常具微细水平层理。盐湖相形成于干旱环境，主要沉积石膏、硬石膏、芒硝、岩盐、钾石盐、光卤石等。当盐度较低时，主要沉积泥灰岩、石灰岩、粉砂质石灰岩及白云岩等。

【沼泽相】陆相沉积的一种。形成于沼泽环境。主要由煤层和泥炭（炭质页岩、黑色页岩、炭质泥质粉砂岩）及粘土岩构成，一般无砾石、砂等碎屑物质。具有典型的块状构造及不很清晰的水平层理，偶见小型沙纹层理。含有大量植物化石，并常有黄铁矿、菱铁矿等还原矿物。沼泽相通常厚度不大，分布范围较小，多与湖泊相、河流相及滨海泻湖相共生。

【冰川相】陆相沉积的一种类型。主要由冰川携带的大量的碎屑物质在冰川运动或消融时直接堆积下来而形成的。主要由巨砾、砾石、砂及粘土等组成，碎屑成分呈尖角状，分选差，在较大碎屑上有的具有冰川擦痕。按其形成作用特点冰碛物可分为两类：非层状冰碛物是由于冰川的作用直接堆积在底部的沉积物，由完全

无分选的岩屑组成，层纹构造不发育；层状沉积物是冰川的消融沉积，略有分选，可见层纹构造。

【沙漠相】陆相沉积类型之一。沙漠中雨量少，蒸发量大于降雨量，植被很难生长，风是主要的地质营力，称为沙漠或风成环境。沙漠相按沉积物特征分为岩漠、戈壁（石漠）、风成沙漠等相。岩漠相为底层，主要由巨砾及岩块组成；戈壁相（石漠相）主要由砾石和粗砂组成，层薄而延伸远，分选差，很多砾石呈风棱石状，层理发育；风成沙漠相，以细粒砂为主，分选性及磨圆度均好，沙粒表面往往呈毛玻璃状，该层具有大型交错层理，前积层倾角较大（ 25° — 34° ），称为风成交错层理。

【海相】海洋环境沉积的物质的总特征。其沉积物很复杂，主要沉积有碳酸盐岩，（该类岩石很发育）碎屑岩和粘土岩，另外有铁质岩、锰质岩和硅质岩。海洋沉积的岩层规模较大，层位稳定（横向变化小）。碎屑岩一般成分较为单一，碎屑磨圆度较高，分选性较好。另外，具有种类繁多的海洋动物化石（如有孔虫、造礁生物海绵、珊瑚等）。按海洋深度可分为滨海相、浅海（陆棚）相、半深海相及深海相。

【滨海相】海岸带（滨海）沉积物的总特征。其沉积一般是以砂质物质为主，在陡峻沿岸地区可发育砾石沉积，但范围小，重要的是砂质沉积物，除各种陆源碎屑沉积外，还可以形成较发育的滨海碳酸盐沉积，以及泥质岩沉积等。可进一步分为滨海碎屑岩相、滨海碳酸盐岩相和滨海泥岩相等。

【萨勃哈】干旱气候条件下潮上带有盐壳的盐坪、盐沼和盐碱滩沉积环境。名称源于阿拉伯语对盐坪的译音，原指波斯湾滨岸的一片荒芜低平的盐碱地。萨勃哈沉积常为微晶白云岩，并有结核状膏岩层及泥砾，也可有石英砂、盐岩、天青石等。具有条带状构造、鸟眼和生物成因的构造等。

【陆棚相】海相沉积类型之一。平均低潮线以下至 200 米左右的平缓地带的沉积，相当于浅海相，又称作浅海陆棚相。主要由砂岩、粉砂岩、泥质岩组成。砂岩分选性及磨圆度均较好，多为石英砂岩，常见海绿石颗粒，含有丰富的生物化石。交错层理及水平层理发育。

【次深海相】又称半深海相。在大陆斜坡环境中沉积物质的总特征。形成于大陆斜坡，其沉积物主要是陆源泥质物，包括蓝（青）色软泥（以粉砂、粘土为主，其次为碳酸盐泥）、黄色或红色软泥和绿色软泥（含海绿石和少量长石、石英、云母），还有碳酸盐软泥，另外，发育滑塌和重力流沉积等。

【深海相】形成于大洋底（即深海——水深 >2000 — 3000m ）环境的沉积物的总特征。其主要沉积物为各种深海软泥，有褐色—红色粘土、抱球虫软泥及铁锰结核等，另外，深海沉积中广泛分布有浊积岩。

【过渡相】海洋与大陆之间的过渡地带（过渡环境）中沉积的物质总特征。即海陆过渡相。它主要由细砂岩、粉砂岩、泥质岩及碳酸盐岩组成，干旱地区有盐类，潮湿地区有泥炭及煤层等；含有

丰富生物化石，淡水、半咸水、咸水生物化石混杂，如藻类、软体动物、介形虫、有孔虫等；具有多种层理构造、生物痕迹构造等。过渡相主要以海岸三角洲为重要组成部分，还有河口湾及滨海湖相所组成。过渡相与很多矿产有关，如世界上许多大油田往往与三角洲环境有关，因此，研究过渡相具有重大的实际意义。

【三角洲相】海陆过渡相的一种。指河流与海盆（或湖盆）汇合处沉积的大型锥形沉积体，是顶尖朝向陆地一边的三角形沉积体。主要由河流运载供给大量的物质堆积而成。它受河流、波浪、潮汐、海流等多方面作用的影响，其岩性及构造等均为多种多样。岩石类型主要有砂岩（以岩屑质石英砂岩、长石岩屑质石英砂岩等为主）、粉砂岩、泥质岩等，泥质岩常富含有机质，可为很好的生油层。层理构造发育，主要为脉状交错层理、沙纹交错层理及水平层理等，生物扰动构造也很普遍。三角洲相的规模可以很大，大者可达几十万平方公里。根据传统概念，三角洲相可分为底积层、前积层和顶积层。三角洲相常有重要的煤、石油及天然气等矿产。

【岩相图】表示沉积层的岩石岩性特征及分布规律的图件。以表现其源区位置、搬运特点等。

【变质岩】由变质作用形成的岩石，是地壳发展过程中，原来已存在的各种岩石（主要是火山岩等成层岩石）在特定的地质和物理化学条件下，所形成的具有新的矿物组合和结构、构造的岩石。这种转化作用叫做变质作用。根据原来岩石（原岩）的类型变质岩可分为两类：（1）由岩浆岩变质形成的岩石叫正变质岩。（2）由沉积岩变质形成的岩石叫副变质岩；根据变质作用类型可分为五

类：区域变质岩类、接触变质岩类、动力变质岩类、混合岩类及交代变质岩等。

【变质作用】地壳形成和发展过程中，已形成的岩石，由于地质环境的改变，物理化学条件发生了变化，而发生固态情况下的矿物成分、结构构造的变化，有时伴有化学成分变化的各种作用的总和。变质作用的主要方式有重结晶作用、变质结晶作用和交代作用、变形和碎裂作用等。据变质作用因素及地质条件变质作用可分为：接触热变质作用、区域变质作用、气成水热变质作用、动力变质作用及混合岩化作用等 5 种类型。

【区域变质作用】由于区域性的地壳活动、温度、压力区域性增高的影响下发生的一种变质作用。区域变质作用形成的岩石呈大面积分布，可达数百乃至数千平方公里。与造山运动有密切成因关系。主要发育于太古代和元古代结晶基底及显生代的造山带。我国的区域变质作用，根据原岩建造、变质相和相系类型及其空间分布规律、伴生的构造运动、变质作用及花岗质岩浆作用等特征，划分为四个主要类型：埋深变质作用、区域低温动力变质作用区、区域动力热流作用及区域中高温变质作用。

【接触变质作用】发生在岩浆岩侵入岩周围（与围岩接触的）由于温度的升高所发生的一种变质作用。主要使岩石发生变质结晶和重结晶作用，有时可有交代作用。其变质有不同的宽度，多数为数米到一公里。变质带的形状和规模取决于侵入体的成分、产状、形态及围岩的性质。其岩石一般无片理化，称为角岩。

【气成热液变质作用】又称气化热液变质作用。指化学性质比较活泼的气态或液态的流体，与固体岩石发生交代而使岩石发生变质的一种作用。使岩石的矿物成分和化学成分发生显著改变。其气、液体可有多种来源：来自岩浆的挥发份、地壳内区域性分布的热水溶液或区域变质作用所产生的热液等。气成热液变质作用可形成一些有价值矿床，所以是重要的找矿标志。

【动力变质作用】又称碎裂变质作用。局部有强烈错动而使岩石磨碎或压碎的一种变质作用，一般是在低温条件下进行的，重结晶作用不明显，通常位于大断裂附近，多呈带状分布，可达几公里宽。动力变质作用使原来岩石的矿物发生变形、破碎等。由于作用的强度不同，可形成碎裂岩、糜棱岩及千糜岩等，是断裂带的重要标志。

【复变质作用】又称多次变质作用或多期变质作用、复合变质作用和叠加变质作用。岩石经受了两次或两次以上不同时期的彼此没有直接成因联系的相同或不相同类型的变质作用。一个变质地区常发现岩石经过不止一次的变质作用，例如，千枚岩或片岩被花岗岩侵入，千枚岩中显示出热变质叠加于区域变质之上的迹象。这种不同类型的变质作用的复合称为复合变质或叠加变质。同类型变质作用的叠加，可称为多期变质作用或多相变质作用。

【混合岩化作用】介于变质作用和岩浆作用之间的一种地质作用和造岩作用。在造岩作用过程中长英质组分（脉体）和原岩（变质岩）或变质岩中的难熔组分（富含铁、镁）基体在新的条件下相互作用和混合。混合岩化作用其作用方式有深熔（即部分熔融）、

岩浆注入、交代作用和变质分异作用等四种。岩浆注入作用指花岗岩类的细脉或岩枝贯入于变质岩中形成混合岩，即脉体物质来自相邻的花岗岩体。深熔作用（或选择性重熔作用）是区域变质作用的温度、压力条件超过了深熔作用的下限时，岩石中长英质组分就开始选择性的重熔，当熔体比例增加时，可以发生流动和变形，形成复杂的混合岩。变质分异作用指长英质易熔组分的局部富集，如均匀的片麻岩，它选择性地分离为铁镁物质残留体（基体）和活动的长英质（脉体），这种变质分异是短距离的组分迁移。交代作用是由于粒间溶液和裂隙溶液在变质岩中渗透或扩散方式运动，可将 Si、Na、K 等组分带入岩石，同时使 Fe、Mg、Ca、Al、Ti、磷、锰等元素带出并相对富集，使岩石中部分发生改变成为脉体，部分交代残余成为基体，总体构成混合岩。

【花岗岩化作用】混合岩化的一种。固态岩石不经过熔融阶段而在固体条件下就地转变为花岗岩或花岗质岩石的作用。是一种最强烈的混合岩化作用。

【洋底变质作用】洋中脊（大洋裂谷）附近洋壳中的镁铁、超镁铁质岩石中发生的变质作用。即背离型的板块边缘包括洋中脊及大陆裂谷带是地球上的高热流地区，这里有地幔物质上涌和热流的上升，热流值可以比地壳平均热流高出 10 倍。所以洋中脊下面的岩石广泛地受到变质，称为洋底变质作用。洋底变质作用的热源是来自深部地幔，而海水沿裂隙向下渗入洋壳，在深处加热后又上升，形成复杂的热环境。洋底变质岩石以沸石相、绿片岩相岩石为主，其次为角闪岩等。

【埋藏变质作用】一些巨厚的火山沉积物，由于深埋导致压力和温度升高而发生的变质作用。多发生于显生宙的地槽或大陆边缘沉降带的海相火山沉积岩系中。该变质作用具区域的规模，可看作区域变质作用的一种，但埋藏变质作用是由于沉积物深埋所引起，与地层深度关系密切，与岩浆活动、构造作用（非静水压力）关系较少。变质的主要热源是地热。变质温度较低，因此为很低至低级变质作用。其变质岩石自浅至深可分为沸石相和葡萄绿纤石相。岩石特征为缺乏片理，变质改造不彻底，有不少原岩矿物残余。常具变余结构。其原岩为安山岩、英安山、流纹质凝灰岩和硬砂岩。

【变质相】变质岩中一定的温度、压力区间内的一整套变质矿物共生组合，它们在时间上、空间上反复出现并紧密地伴随在一起，一个变质相内部其矿物组合和岩石总体化学成分之间存在着固定的、因而也是可以预测的对应关系。一般根据不同变质相具代表性的矿物组合或相当于该组合的特征性岩石划分命名，如辉石角岩相、普通角闪石角岩相、沸石相、蓝闪石——硬柱石片岩相、绿片岩相、绿帘角闪岩相、角闪岩相、麻粒岩相等。变质相的研究，能确定该地区的变质作用的温度和压力范围及其变化关系。

【变质相系】反应特定的地热梯度类型和所经历的事件及演化过程，在该变质地区在空间上所处的大地构造和板块构造位置、在时间上所处的地壳发展阶段和当时当地造山运动性质的综合表现，相应地产生了一整套特定的标型矿物组合的序列。

【特征变质矿物】变质过程中所形成的稳定范围较窄、反映外界条

件变化比较灵敏的矿物。此类矿物可作为变质条件和原岩性质的标志。

【变余结构】又称残留结构。在变质岩中仍保留的原岩的结构。它是由于变质重结晶作用不彻底,原岩的结构特征部分被保存下来,如变余砾状结构、变余砂状结构、变余辉绿结构等。该类结构常出现在低级变质岩中,该类结构对于查明原岩性质具有重要意义。

【变成构造】由变质作用(主要是变质结晶和重结晶作用)形成的构造。是变质岩的最重要的构造。常见的类型有斑点状构造、板状构造、千枚状构造、片状构造、片麻状构造和块状构造等。

【变晶结构】岩石在变质作用过程中(在固态条件下)重结晶作用所形成的结晶结构。是变质岩中最常见的一种结构。它与岩浆岩中的结晶质结构相似,但有其许多不同的特点,变晶结构是在固态条件下形成的,各种矿物同时结晶和发育,矿物的自形程度代表矿物结晶能力的大小,而不表示矿物的先后结晶顺序。为了区别于岩浆岩结构,在命名结构时加“变晶”二字。根据变质岩中矿物自形程度的高低而排列的顺序称为“变晶系”。变晶结构进一步分类是根据晶粒大小、形状和相互关系等。据晶粒相对大小可分为等粒变晶结构;不等粒变晶结构和斑状变晶结构,据晶粒绝对大小(为等粒结构时)可分为粗粒变晶结构($>3\text{mm}$)、中粒变晶结构($1-3\text{mm}$)、细粒变晶结构($0.1-1\text{mm}$)和显微变晶结构($<0.1\text{mm}$);根据晶粒形态可分为粒状变晶结构、鳞片状变晶结构和纤维状变晶结构;据晶粒相互间的关系可分为包含变晶结构、穿插变晶结构等。

【粒状变晶结构】主要矿物为自形程度不等的颗粒状（近等轴状），如主要由石英、方解石、长石等所组成的一种变晶结构。有时也称为花岗变晶结构，此名称与成分无关，常见的石英岩、大理岩、浅粒岩等通常具有典型的粒状变晶结构。

【角岩结构】粒状变晶结构的一种，指显微粒状变晶结构。它用于接触变质岩，由泥质岩石接触热变质作用形成的。

【鳞片变晶结构】主要矿物为片状矿物所构成的一种变晶结构。片状矿物主要有云母、绿泥石、滑石等，片状矿物通常呈定向排列。常见的千枚岩、片岩等具该种结构。

【纤状变晶结构】主要矿物为一向延长的纤维状颗粒，如矽线石、阳起石等，如变晶的矿物为柱状矿物，如角闪石，则称为柱状变晶结构。纤状和柱状矿物可呈定向排列和不定向排列。

【斑状变晶结构】变质岩中在大量细粒的基质中分布有少量特别粗大的矿物（变斑晶）所构成的一种变晶结构。为与岩浆岩中的斑晶相区别，在变质岩中称为变斑晶。该结构多见于变质泥质岩，常见的变斑晶有石榴子石、十字石、蓝晶石、红柱石和蓝青石等。变斑晶和基质在变质过程中基本上是同时形成的，变斑晶的结束时间可能比基质矿物稍晚，变斑晶通常为结晶力强的矿物。

【交代结构】由交代作用形成的结构。指一个变质矿物或矿物集合体被另一矿物或矿物集合体所取代，在取代过程中有物质成分的

交换和结构的改组。常见的有交代结构或有交代残余结构、交代假相结构（或交代假相）等。

【碎裂结构】岩石中多数矿物具有裂纹或破碎（呈碎粒即所谓颗粒化）的现象。当刚性岩石在低温下受到定向压力时发生破裂而产生的结构，为动力变质岩所具有的结构。按碎裂程度的不同可分为压碎角砾结构、碎裂结构、碎斑结构、糜棱结构等。

【板状构造】页岩或泥质岩等受应力后产生的一组平行破裂面，使岩石呈板状剥离的现象。劈理面整齐而光滑，有时有少量的绢云母和绿泥石。板状劈理常与原层理斜交。一般为低级区域变质或区域动力变质时，在应力强而温度低的条件下形成的。常见于板岩中。

【斑点状构造】岩石中某些组分（主要是炭质、铁质或新生成的空晶石、堇青石等矿物的雏晶）聚集构成小的斑点，呈不均匀分布，主要见于轻微热接触变质的泥质岩石中。

【千枚状构造】岩石中细小的叶片（鳞片）状矿物初步具定向排列，由于重结晶程度不高，矿物颗粒肉眼不易识别，在片理面上具强烈的丝绢光泽，这是绢云母或绿泥石在片理面上呈连续密集排列所形成。该构造是千枚岩最常有的特征。

【片状构造】岩石中片状矿物（云母、绿泥石、滑石等）和柱状矿物（角闪石等）及部分粒状矿物（常有压扁和拉长的特征）呈定向排列所组成的定向构造。是变质岩最常见最典型的构造。由于

重结晶程度高，晶粒较粗，矿物颗粒肉眼能够识别。片理面可以较平直，也可以成波状弯曲。

【片麻状构造】岩石主要由粒状矿物所组成，同时有部分呈定向排列的片状或柱状矿物，后者在岩石中呈断续分布所组成的定向构造。若片状或柱状矿物与粒状长英质矿物分别集中，则岩石呈现出色调不均和粒度不同的条带，称为条带状构造。

【板岩】浅变质岩的一种。由泥质岩、粉砂岩及部分中酸性凝灰质岩石经区域低级变质作用而形成的岩石。具有典型的板状构造，板理面平滑。质地脆硬。原岩矿物成分无明显重结晶，在显微镜下仅可见少量的很微小的分布不均匀的绢云母、绿泥石等矿物，基本上是隐晶质的。板岩类的分类命名是依其颜色和所含杂质的不同进行的，如炭质板岩、斑点板岩、灰绿色钙质板岩等。该类岩石沿板理面可成片剥开，用作房瓦及铺路等建筑材料。

【千枚岩】具有典型的千枚状构造的浅变质岩石，由粘土岩、粉砂岩、中酸性凝灰岩或部分中基性火山岩经低级区域变质作用而形成。是温度低和较强应力下的产物，故岩石细密，具发育良好的方向性构造——千枚状构造。是比板岩变质程度更深的一类岩石。原岩几乎全部重结晶，但粒度仍很细（平均在 0.1mm 以下），肉眼下仍是隐晶质，但具有明显的丝绢光泽，并有微小的皱纹。其具微细粒鳞片变晶结构。根据颜色、矿物成分进行划分和命名，如绢云母千枚岩、硬绿泥石千枚岩、黄绿色钙质千枚岩等。

【片岩】具有明显片状构造的变质岩。是分布极为广泛的区域变质

岩类。其原岩类型复杂，可以是超基性岩、基性岩、各种凝灰岩、含杂质的砂岩、泥灰岩及粘土岩，经低中级变质作用而形成。主要由片状矿物（云母、绿泥石、滑石等）、柱状矿物（阳起石、透闪石、普通角闪石等）和粒状矿物（石英、长石等）组成。有时含有石榴石、十字石、蓝晶石等特征变质矿物的变斑晶。片状或柱状矿物至少 $>30\%$ ，少量长石（ $<25\%$ ）粒状矿物以石英为主。岩石呈鳞片变晶结构或斑状变晶结构，比千枚岩变质更深（结晶程度高），肉眼可辨别矿物成分。根据主要的片状或柱状矿物、特征变质矿物进行分类命名，如云母片岩、角闪片岩、绿泥石片岩及滑石结岩等。

【滑石片岩】主要由滑石组成的具有片状构造的岩石。矿物除滑石外可含少量绿泥石、蛇纹石、碳酸盐矿物（方解石、白云石或菱镁矿等）及石英等。多呈浅色，有浅灰、浅绿、浅红等色。硬度低，具明显滑感。一般是超基性岩或极富镁的碳酸盐岩经低级区域变质以及一些热液蚀变等作用的产物。该岩类是主要的滑石矿石。

【绿片岩】具细粒鳞片变晶或纤状变晶结构，片状至千枚状构造，呈绿色至暗绿色的区域变质岩，或称绿色片岩，主要矿物成分有绿泥石、绿帘石、黝帘石、阳起石、钠长石和石英，可有少量的绢云母、方解石等，该岩类暗色矿物含量一般大于 40% 。根据主要（最多）的暗色矿物进行命名，如绿泥石片岩、绿帘绿泥石片岩，绿泥阳起石片岩等。该岩类通常是基性火山岩、火山碎屑岩和泥灰岩经低级至中级变质作用的产物。

【绿岩】浅变质岩的一种。原岩主要为海底喷发的玄武岩、玄武安山岩及辉绿岩等经低级区域变质作用而形成的岩石,通常呈绿色,致密块状,片理不发育,主要矿物有绿泥石、绿帘石、黝帘石、阳起石、钠长石、石英及绢云母、方解石、磁铁矿等。

【片麻岩】具有明显片麻状构造的变质岩。为变质程度较深的区域变质岩。其矿物成分中长石(钾长石、斜长石)和石英的含量大于50%。其中长石多于石英(长石 $>25\%$)。片状或柱状矿物为云母、角闪石或辉石等。有时可含矽线石、蓝晶石、石榴石等特征变质矿物。根据长石种类可分有钾长石片麻岩和斜长石片麻岩两大类,再根据暗色矿物、特征变质矿物详细命名,如黑云母钾长片麻岩、矽线石斜长片麻岩等。

【变粒岩】深变质岩的一种。由粉砂岩、岩屑砂岩、基性—酸性凝灰岩及少量中酸性喷出岩经中、高级变质作用而形成的变质岩。其矿物成分以长石、石英为主($>70\%$),其中长石 $>25\%$,云母及其他暗色矿物一般 $>30\%$,暗色矿物为黑云母、普通角闪石、透闪石等,具细粒等粒变晶结构。与片麻岩的区别在于片麻状构造不清楚。变粒岩的进一步命名是根据主要的片状矿物、纤状矿物,如黑云母变粒岩、角闪石变粒岩。当暗色矿物含量 $<10\%$,浅色矿物中长石 $>25\%$ 时,称为“浅粒岩”。浅粒岩可以由长石砂岩或酸性火山岩变质而成。

【麻粒岩】一种变质程度深的区域变质岩,是在高温、高压条件下的地壳深部形成的。主要见于深度剥蚀的前寒武纪地盾区。主要由长石、辉石(以紫苏辉石为特征,还有单斜辉石)、石榴子石、

石英等组成，有时含矽线石、蓝晶石等，其结构一般为中细粒粒状变晶结构，具不明显的片麻状构造或块状构造，麻粒岩中暗色矿物含量 $>30\%$ 时称为暗色麻粒岩（或超基性、基性麻粒岩），当暗色矿物 $<30\%$ 时，称为浅色麻粒岩（或中、酸性麻粒岩）。

【大理岩】由石灰岩、白云岩等碳酸盐岩类经变质（区域变质及接触热变质）而形成的一类变质岩。大理岩类的矿物成分中 50% 以上为碳酸盐岩矿物。由于原岩所含杂质及变质条件的不同，可含有少量的非碳酸盐岩矿物，如蛇纹石、透闪石、透辉石、橄榄石、金云母、方柱石等。一般呈白色，有些因含杂质而呈现不同的颜色和花纹。大理岩类分布较为广泛，我国云南大理县是大理岩的著名产地，大理岩即由此而得名。根据碳酸盐矿物的种类、特征非碳酸盐变质矿物、结构构造及颜色等进行分类命名，如大理岩、白云质大理岩、透闪石大理岩、条带状大理岩、粉红色大理岩等。结构均匀、质地致密的细粒白色大理岩称为“汉白玉”。大理岩是高档的建筑材料。

【石英岩】石英含量 $>85\%$ 的变质岩。由石英砂岩或硅质岩经区域变质作用或热接触变质作用而形成的岩石。由于原岩所含杂质和变质条件的不同，其矿物成分除石英外，可含少量长石、绢云母、绿泥石、白云母、黑云母、角闪石等。具粒状变晶结构、块状构造。是优良的建筑材料和制造玻璃的原料。

【角闪质岩石】主要由角闪石、斜长石和石英组成的中深区域变质岩。次要矿物有帘石类、黑云母、辉石、石榴石等。其结构构造不定。常见的构造为片状、片麻状、条带状或块状。根据矿物成

分可分为角闪片岩、斜长角闪岩、角闪斜长片麻岩、角闪石岩（角闪石 $>95\%$ ）等。

【辉岩】辉石含量大于85%的中深区域变质岩。主要由透辉石和紫苏辉石组成，含少量角闪石、斜长石、石英及磁铁矿等。通常为中粗粒变晶结构，块状构造。一般呈小透镜体产出。是超基性或富镁不纯的白云岩经中高级变质作用形成的。

【榴辉岩】主要由绿辉石（为含透辉石、钙铁辉石及硬玉组分的单斜辉石）和石榴石（主要是镁铝榴石）组成的区域变质岩。可含少量橄榄石、蓝晶石、金刚石、石英及金红石等。典型的榴辉石不含长石。岩石通常为中粗粒不等粒变晶结构，块状构造。以比重大（3.6—3.9）为特征，其产状有三种类型：（1）呈包体产于金伯利岩和超基性岩中；（2）呈透镜体产于角闪岩和麻粒岩相中；（3）呈透镜体产于蓝闪石—硬柱石片岩相中。一般认为它是在极高压条件下形成的，但温度范围变化较大。

【蛇纹岩】几乎全部由叶蛇纹石、利蛇纹石、纤蛇纹石和胶蛇纹石等蛇纹石族矿物组成的岩石。其他矿物还常有钙质碳酸盐、滑石、水镁石、石英、磁铁矿、铬铁矿等。它是由纯橄榄岩、橄榄岩等和镁铁质岩石经热液交代而形成的。一般为隐晶质块状，质地较软，略具滑感。通常颜色不均匀，常呈暗绿、黄绿及黑绿色，颜色的深浅随磁铁矿等金属矿物的含量而异。风化后颜色变浅，可为灰白色土状。其分布多位于构造活动带附近，常产于绿片岩相的区域变质体中的超基性岩体内。与其有关的矿产有铬、镍、钴、铂、石棉、滑石、菱镁矿等，蛇纹岩本身即为化石原料和装饰石

材，蛇纹岩的裂隙中可产生石棉脉。

【科马提岩】一种超镁铁质或镁铁质火山岩。岩流上部发育特殊的鬃刺结构，顶部有多边形节理。是太古代花岗岩绿岩区绿岩带的三个组成部分之一，是绿岩带的重要组成部分，当然也不是必不可少的。可细分为橄榄岩质科马提岩、辉绿岩质科马提岩和玄武岩质科马提岩等。

【青盘岩】由绿泥石、钠长石、绿帘石、石英、方解石及阳起石、黄铁矿等组成的暗绿色到浅绿色致密块状的热液蚀变岩石。最初认为是一种热液蚀变的安山岩，所以，青盘岩又称为“变安山岩”。其原岩可以是中到基性的火山岩、浅成岩及火山碎屑岩。常具变余斑状结构、变余火山碎屑结构，或为细粒到显微变晶结构。其构造为块状、斑杂状及角砾状构造。青盘岩常与金、银、铜、钼、铅、锌等金属矿床伴生，因此青盘岩是重要的找矿标志。

【云英岩】由含氟的白云母、石英、黄玉、电气石、萤石以及锡石、黑钨矿等矿物组成的浅色蚀变岩石。通常为中粗粒粒状变晶结构。块状构造。岩石呈灰色、浅灰绿或淡红色等。大多呈脉状、网脉状。多产于黑云母花岗岩体及其他酸性侵入体的裂隙及边部、接触带附近的围岩中。它是含氟或含硼、锂的流体沿花岗岩体的裂隙上升并交代蚀变裂隙两侧的岩石而形成的。与云英岩关系密切的矿产有钨、锡、钼、铋、铌、钽等稀土矿产及含钨、锡的多金属硫化矿床等。

【角岩】接触变质带中特有的常见的岩石，其特征为致密均匀的块

状构造。基质部分为典型的角岩结构或花岗变晶结构。按原岩成分可分为：泥质角岩、长英质角岩、钙硅酸盐角岩等，再按斑晶矿物进一步命名。泥质角岩一般呈暗色，常含炭质和红褐色黑云母，矿物组合取决于原岩：纯富铝粘土岩变来者为红柱石角岩；含铁镁较高的粘土岩变来者含堇青石、黑云母较多等，泥灰岩岩高为透闪石—钙铝榴石—斜长石角岩。

【矽卡岩】在侵入体接触带附近的碳酸盐岩石和少数硅酸盐岩石被交代而形成的由钙质（以及镁质和铁质）硅酸盐矿物所组成的岩石。大多分布在侵入体的接触变质晕内的碳酸盐岩岩层内或其附近靠近接触面的围岩一侧。其外貌和颜色随其矿物成分和粒度而变化，颜色通常为棕褐色、红褐色、绿褐色、暗绿色及浅灰色。结构主要是不等粒或等粒的粒状变晶结构。多呈块状构造及带状、斑块状、角砾状构造等。根据成分矽卡岩分两类：（1）钙质矽卡岩：主要由钙铝—钙铁榴石系的石榴子石和单斜辉石（透辉石—钙铁辉石）等钙质硅酸盐矿物组成。常见的岩石类型有钙铝榴石矽卡岩、钙铁榴石矽卡岩、钙铝榴石—透辉石矽卡岩等；（2）镁质矽卡岩：主要由硅镁石族矿物、橄榄石、蔷薇辉石、金云母等组成。常见的岩石类型有硅镁石矽卡岩、硅镁石—金云母矽卡岩、金云母—橄榄石矽卡岩等。与矽卡岩有密切相关的矿产为铁、铜、铅、锌、钨、钼、锡、铋、钴、金、砷，还有铍、硼、磷、稀土元素和铀等矿产。

【碎裂岩】具碎裂结构的动力变质岩。是原岩在较强的应力作用下受到挤压破碎而形成的。原岩破碎成大小不同的碎块分布在被粉碎的细粒（0.5—1mm）基质中，碎斑常具微裂脆性破裂特征。岩

石无明显定向构造，重结晶作用微弱，有时可见少量绢云母、绿泥石等新生矿物。一般为碎裂结构或碎斑结构、块状构造。多发育于粒度较粗的刚性岩石（如花岗岩、石英岩等）中，通常根据原岩命名，如碎裂花岗岩，具碎斑结构者，可称为碎斑岩。

【糜棱岩】动力变质岩中最主要的类型之一。是具有糜棱结构和定向构造的岩石。由 50—90% 很细 ($<0.5\text{mm}$) 至隐晶质基质及其中的圆化的碎斑（较粗的原岩碎屑呈眼球状）所组成。其原岩多为花岗岩、片麻岩、石英砂岩等，常见的主要矿物为石英、长石，常见的新生矿物有绿泥石、绢云母、白云母、滑石等，这些矿物呈定向排列，因而具显著的定向构造。岩石可具片理、条带及似流纹构造。岩石致密坚硬。当主要由 $<0.2\text{mm}$ 的基质组成时，称为超糜棱岩。

【千糜岩】在强烈挤压的应力作用下形成的千枚岩状糜棱岩。其矿物成分及结构构造与区域变质的千枚岩很相似，但其成因及产状不同。

【混合岩】由混合岩化作用形成的岩石，指一种由浅色花岗物质（脉体）和暗色铁镁质变质岩（基体）共同组成的一种宏观上不均匀的复合岩石。脉体（或称浅色体）可呈眼球、平行细脉、树枝状脉、网状脉、褶皱脉等形式出现于基质中，其岩石类型通常为花岗质或长英质的伟晶岩、细晶岩等，脉体岩石一般呈块状构造。暗色基体为混合过程中残留（难溶）的变质岩，其岩性类型为各种变粒岩、片麻岩、斜长角闪岩等。基体和脉体以不同比例、不同形式相混合，则构成各种类型的混合岩。故其分类是以基体与

脉的空间排布方式（即混合岩的构造）来分类命名。主要构造类型有眼球状混合岩、条带状混合岩、网状混合岩、角砾状混合岩、肠状混合岩或肠状岩、阴影混合岩（雾迷状混合岩、云染岩）、混合花岗岩等。

【混合花岗岩】强烈混合岩化作用所形成的岩石。脉体与基体难以区分，岩性比较均匀，与岩浆成因的花岗岩极为相似。但混合花岗岩没有完整的产状形态和明显接触面，没有冷凝边和接触变质带，与周围混合岩相互过渡。它常含有斜长角闪岩、磁铁石英岩和大理岩等残留体，残留体的片理与混合花岗岩和围岩片理是连续的。该岩类是由渗透交代作用或重熔（溶）交代作用所形成。

【阴影混合岩】很深的混合岩作用形成的岩石。其脉体数量远远超过基体，基体仅为隐约可见的分布不均匀的暗色矿物集中的斑点、条片或团块。它们与脉体之间无明显界限，远观似阴影状或雾迷状，故名阴影混合岩或雾迷状混合岩或云染岩。

【眼球状混合岩】具有眼球状构造的混合岩。基体通常为具有明显定向构造，富含黑云母、角闪石的片麻岩或片岩等。脉体是一些透镜状的碱性长石变斑晶和长石、石英集合体，其长轴平行于片理排列，基体的片理常常绕过透镜体，构成眼球状构造。主要是由注入交代作用形成的。

【条带状混合岩】具有条带状构造的混合岩。基体为片理较发育的黑云母片麻岩或斜长角闪岩等。脉体为花岗质呈条带状平行于基体的片理分布。其厚度较均匀，延伸较远。构成明显的条带状构

造，它可以是脉体沿片理注入或选择性重熔使浅色矿物和暗色矿物相对集中而形成。

【角砾状混合岩】具有角砾状构造的混合岩。基体呈碎块或角砾状分布于脉体中，二者界线一般比较明显，角砾大小极不相同。基体多半是片理不发育或具块状构造的斜长角闪岩、角闪石岩和辉石岩等。该类岩石的成因可能是先期的构造角砾岩由注入-交代作用所形成。

构造地质

【地质体】研究者选来进行研究和鉴定的任何体积的岩石体。不限大小，是一个不确定的术语。但在地质学中使用频率极高，如北京房山的花岗闪长岩体、在野外观察和分析的任何尺度的岩石或手标本、以及薄片中的矿物颗粒及矿物集合体等，都可称为地质体。

【同生变形构造】沉积物在沉积过程中或沉积后固结成岩前所发生的变形，诸如小型的滑动、揉流褶皱、角砾构造等，多为局部现象。起因于差异负荷、沉陷、拖曳及重力影响下的顺坡滑动等。其主要类型有：负荷构造、球状构造、枕状构造、滑塌构造等。从构造样式上看，这类构造与变质固态流变构造相似，区别在于前者形成于沉积岩中，后者则伴随有明显的变质作用特征。

【重力构造】岩石在重力作用控制、影响下发生变形而形成的构造。是论述构造地质形成机制的学说之一。重力构造现象在岩石圈的不同层次和不同尺度上都有表现。重力构造思想早在构造地质学建立初期就已出现，本世纪 50 年代又引起构造地质学家的注意。60 年代以来，马杏垣等通过对嵩山变形的研究，对重力构造基本特征和发育规律作了系统总结和概括，并广泛应用于生产实践之中。目前，世界各国地质学家正就重力构造的动力学机制进行深入的研究。

【褶皱】由岩石的各种面（如层面、叶理、劈理等）的弯曲而显示的变形，它形象地反映了地壳中岩石的塑性变形。褶皱是地壳中最基本的构造形式。褶皱的形态复杂多样，规模差别很大，小至手标本中或显微镜下才能观察到的微型褶皱，大至需在卫星相片上才能识别的区域性褶皱。褶皱的基本组成部分称褶皱要素，包括：核、翼、拐点、翼间角、转折端、枢纽、脊线和槽线、轴面等。按褶皱要素的变化，可对褶皱进行多种几何分类。最基本的两种类型是背斜和向斜。褶皱的大小是根据波长（两相邻褶皱轴面间的垂直距离）和波幅来描述的。褶皱的研究对于揭示一个地区的地质构造及其形成和发展具有重要意义；褶皱与生产实践的关系极为密切，许多矿产的形成、分布等都受褶皱的控制。因此，研究褶皱具有重要的理论和实际意义。

【叠加褶皱】已经褶皱的岩层或面状构造，再次弯曲变形而形成的褶皱，又称重褶皱。叠加褶皱反映了多期构造变形的结果，是变质岩区常见的构造类型之一。在叠加褶皱中，由于各期褶皱作用

的方式、方位、规模和强度不同，以及褶皱岩石力学性质的差异，使得叠加褶皱形态十分复杂，类型极其繁多，曾有多种分类。目前在实践中应用较多的主要根据是褶皱轴向方位不同造成的干扰格式，进行分类，概括为二种基本形式：当两期褶皱轴向垂直或以较大角度交切时，称为横跨褶皱；如两者轴向一致或近于一致时，称为共轴褶皱。一般说来，叠加褶皱的不同形式及部位都有不同的地貌单元相对应，因此叠加褶皱分析具有很直观的实践效应。

【褶皱横剖面】又称正交剖面。垂直褶皱枢纽切制的剖面。褶皱横剖面可准确地反映褶皱在枢纽倾伏向没有改变的区段内的几何形态。褶皱横剖面图是褶皱形态分析的重要图件。

【背斜】核部由老地层、翼部由新地层组成的岩层凸向地层变新方向弯曲的褶皱。如岩层的时代不明，则泛称背形。背斜是褶皱的两种基本类型之一。背斜的描述和分析与褶皱同。

【向斜】核部由新地层、翼部由老地层组成的褶皱，地层凸向地层变老的方向弯曲。若岩层的时代关系不明，则泛称向形。向斜是褶皱的两种基本类型之一。向斜的描述和分析与褶皱同。

【褶皱要素】褶皱的基本组成部分。根据它所在褶皱中的空间位置（如图示），分别叫做褶皱的核：褶皱的中心部分；翼：褶皱核部两侧比较平直的部分；拐点：褶皱面不同凸向的转折点；翼间角：正交剖面上两翼间的内夹角；转折端：褶皱面从一翼过渡到另一翼的弯曲部分；枢纽：单一褶皱面上最大弯曲点的连线；脊线和

槽线：同一褶皱面上背形最高点的连线为脊线，向形最低点的连线为槽线；轴面：各相邻褶皱面的枢纽连成的面；根据各种褶皱要素及其组合可以准确地描述褶皱。

褶皱要素图

【倾伏端】倾伏背斜转折端在平面上的表现。是描述倾伏背斜空间位态的构造术语。背斜倾伏端的岩层均向外倾斜，故又称外倾转折，其平面轮廓一般反映转折端的形态。倾伏端处的岩层层序一般正常，即顺枢纽倾伏向地层正常。

枢纽倾斜的褶皱的转
折端在平面上的表现

【仰起端】倾伏向斜转折端在平面上的表现。仰起端是描述倾伏向斜空间位态的构造术语。向斜仰起端岩层均向内倾斜，故又称内倾转折。仰起端的平面轮廓一般反映转折端的形态。仰起端岩层层序正常，即顺枢纽倾伏方向地层正常。

【膝折带】又称纽折带。以两个面（称膝折面）为界，其两侧的层理或面理发生急剧转折而形成的褶皱。是褶皱类型之一，多发育在薄层的或具显著面理的岩石中，并常组成不对称尖棱褶皱的短翼部分。从几何形态看，膝折带可看作是一个具一定宽度的剪切带。由一系列互相平行的膝折带组成的尖棱褶皱，称为膝折褶皱；膝折带规模大小不等，大者可形成明显的褶皱如尖棱褶皱，小者需在显微镜下观察到的云母等的晶内纽折等。膝折构造常出现在面理化细粒变形岩石中，如板岩、千枚岩等。

【挠曲】在水平或平缓的岩层中，某一段岩层突然变陡而表现出的膝状弯曲。挠曲是褶皱的一种特殊类型，广泛分布于各类变形岩石中，它和膝折带所构成的不对称尖棱褶皱不同，其转折端圆滑，构成不对称的圆滑褶皱。

【底辟构造】地下较深处密度较小的高塑性岩石（如岩盐、石膏、粘土等）在差异重力作用下向上拱起，并刺破上覆岩层而形成的一种构造。又称挤入构造，一般说来，底辟构造是一种复杂的褶皱类型，主要包括 3 个部分：（1）高塑性物质组成的底辟核，常呈复杂的塑性变形；（2）核上构造，由上覆岩层组成，常隆起形成穹隆或短轴背斜，并常为断层复杂化；（3）核下构造，当底辟

核为岩盐时，称为盐丘构造。以岩浆为核形成的类似构造则称为岩浆底辟。盐丘构造核部是具经济价值的盐矿，其上的穹状构造常是有利的储油构造，因而底辟构造是石油构造中的一种重要类型。

【压扁作用】地质体在压缩作用下发生塑性变形的过程。压扁作用是构造变形形成的主要方式之一。这种作用使在平行于主要压缩应力的方向上发生缩短，而在垂直于这个方向上发生伸长。压扁作用对受垂直轴面挤压力作用下的褶皱等构造的形成、发展及形态特征等都具有显著影响。

【滑脱】由变形作用引起的拆离构造。分隔上下变形岩石的滑脱分离面叫滑脱面，滑脱面通常沿地层分界面、不整合面或地层中岩性显著差异的分隔面等面发生。滑脱面上下岩石中的构造变形型式不同。滑脱现象也可顺一个软弱层发生，这个层称滑润层。研究表明，沿基底和盖层之间多形成全球规模的大型滑脱面，滑脱面下的基底变形微弱或不变形，而盖层则多形成“侏罗山式”滑脱褶皱。

【构造盆地】由构造作用形成的沉陷并为沉积物所充填的地区。这类盆地在平面上呈圆形或椭圆形，地层向中心倾斜，是地台区有代表性的构造，如鄂尔多斯盆地；此外，构造盆地还可以指在造山带中的一种长形的以断层为边界的山间盆地。

【拗陷】一种宽阔平缓的浅构造盆地，一般盆缘由断层控制，在断层附近岩层下拗形成盆地，又叫凹陷。这类盆地广泛分布于造山

带前麓，如美国的密协安盆地、伊利诺盆地等。

【构造阶地】在倾角较陡或在均匀倾斜岩层里的一段局部的、台阶状的平缓地段。它们由在上面的一个向斜弯曲以及紧跟在下面的一个背斜弯曲所组成。或者是一种为下伏岩层控制的阶状地形，如层理水平的岩层，位于较坚硬岩层之上的软弱岩层被蚀而形成的阶地。可见构造阶地是一种构造控制下沉积岩层所形成的地貌。

【断裂带】地壳上具有一定宽度的断层破裂地带。断裂带是一种断层组合类型，它可由一些近于平行的，或互相交织的断层组合而成，其中常有断层角砾岩、碎裂岩或糜棱岩及断层泥等。有时，断裂带并无明显的断层面，而是由呈带状分布的节理、劈理和片理、角砾岩甚至强裂揉皱带等反映出来。断裂带规模大小相差极大，其宽度自几米至数十公里，大型断裂带延伸可达数千公里，成为地球上十分醒目的构造现象，如中国的郯城—庐江断裂带（简称郯庐断裂带），横亘中国东部；美国西部的圣·安德烈斯断裂带，沿北美洲西海岸向南延伸进入太平洋，并与东太平洋洋隆相连。对地球上大型断裂带的研究，除具重要理论意义外，还由于许多火山、地震沿这类断裂带发生，因此，对于减灾、防灾等实践活动也具重大意义。

【断层】岩层或岩体顺破裂面发生明显位移的构造。构成断层的破裂面为断层面，断层面可平直，亦可弯曲；可以有一个断层面或形成一组相距不远的互相平行的断层面。断层面与地面的交线为断层线。断层面多数为一倾斜的面。断层面上侧的岩层称上盘，下侧的岩层称下盘。断层两侧岩层相对上升的称上升盘，相对下降

的叫下降盘。当上盘下降而下盘相对上升时，形成正断层。正断层多由重力及张力形成，又称重力断层或张断层。当上盘相对上升而下盘相对下降时，形成逆断层。逆断层多由水平挤压力作用而形成，又称冲断层。当上盘与下盘沿断层面走向相对滑动时形成平移断层，或称为平推断层、走向滑动断层。断层位移量可达数十公里。断层发育广泛，是地壳中最重要的一种构造类型。大断层常构成区域地质格架，不仅控制区域地质的结构和演化，还在大面积内控制和影响成矿作用。一些中、小型断层常直接控制某些矿床或矿体的形态和大小等。活动断层则直接影响水工建筑，与地震关系密切。因此，断层的研究具重要的理论意义和实际意义。

断层要素

I — 下盘，上升盘；

II — 上盘，下降盘

【断层岩】断层两盘岩石在断层作用下被改造形成的具有特征性结构构造和矿物成分的岩石。断层岩是断层组成部分之一。由于断层从产出的深度上可分为脆性断层和韧性断层，断层岩也相应地可划分为与脆性断层伴生的碎裂岩系列和与韧性断层（即韧性剪切带）伴生的糜棱岩系列。按变形程度强弱，碎裂岩系列可进一

步划分为断层角砾岩、碎裂岩或碎斑岩、碎粉岩、假玄武玻璃和断层泥等；糜棱岩系列则可划分为超糜棱岩、糜棱岩、初糜棱岩和糜棱岩化岩石。断层岩是研究断层不可或缺的部分。

【断层效应】泛指被错断地层的空间分布特征。断层效应是野外全面正确观察和分析断层产状和性质的首要考虑的因素之一。在断层效应分析过程中，最直观且证据最多的是被断地层表现出的位移情况，它是由断层的产状、断层的真位移、地层的产状以及不同的剖面位置等因素及其不同的组合情况决定的。同一条断层，当其切过不同产状的地层，或在不同的剖面上进行观察时，可发现以断层两侧地层的错开关系为依据而测算的位移方向和距离也各不相同，这就是断层效应所造成的结果。可见，只有对断层各种效应进行全面分析，才能正确分析断层的性质和产状。

【地垒】由两条走向基本一致的反向倾斜的正断层构成，两条正断层之间是一个共同的上升盘。地垒是正断层的组合型式之一。组成地垒的正断层可以呈单条产出，也可以是由数条产状相近的正断层组成的依次断落的阶梯状断层带。地垒是一种相对上升的长条形断块，但只代表一种构造形态，在地貌上可以有所显示，也可以受后期夷平而没有显示。

【地堑】主要由两条走向基本一致的相向倾斜的正断层构成。两条正断层之间是一个共同的下降盘。地堑是正断层组合型式之一。组成大中型地堑的边界正断层常常不是一条单一断层，而是由数条产状相近的正断层构成一个同向倾斜的阶梯式断层系列。两侧正断层可以是均等发育的，也可以是一侧断层较另一侧发育。地堑

是一种长条形的构造形态，大规模地堑在地貌上可以表现为裂谷或与裂谷相似。如欧洲的莱因地堑和中国的汾渭地堑等，它们在地形上均呈狭长的谷地或一连串长条形盆地或湖泊。

【逆掩断层】又称仰冲断层，断层的一种类型。规模较大的、断面倾角小于 30° 的逆断层。当规模巨大的逆掩断层上盘沿波状的低角度断层面（滑脱面）远距离推移（数公里至数十公里）时，则称为辗掩构造或推覆构造。这类构造在世界各大造山带中分布很广，如欧洲的阿尔卑斯造山带、中国的秦岭造山带、美国的阿巴拉契亚造山带等。

【叠瓦状断层】一系列产状相近的逆断层的组合型式。各断层的上盘依次相对上升，在剖面上呈屋顶盖瓦式或鳞片状依次叠覆，故得名。叠瓦状构造在推覆体中最为发育，与造山作用关系密切。

【推覆体】又译为“拉铺”或“纳布”。沿波状起伏的低角度大型滑脱面逆掩距离很远（数公里或数十公里）的复杂岩席，常由大型平卧褶皱、等斜褶皱及冲断层等组成。是一种以逆掩断层为主体的地质构造现象。滑脱面以上的推覆体是由别处逆掩推覆而来，故称为外来岩体；滑脱面以下的基岩称为原地岩体。推覆体岩席遭受剥蚀后，外来岩体为原地岩体包围，形成飞来峰；在外来岩体中由于剥蚀露出的原地岩体称构造窗。推覆体广泛发育于世界各大造山带中，而且在不同造山带中的构造形式不同，具复杂多样的特点。目前，对推覆体的形成机制尚有争议，主要的观点有侧向压缩说和重力滑脱说等。

【断块】边界完全或部分由断裂所限制的地壳单元。一般说来，在构造活动过程中，断块常作为一个整体参与运动。断块的规模可大可小，而且视研究对象、研究区域不同，其划分也不尽相同。在一个大的断块中，也还可以划分出若干小断块。所以断块是一个不确定的构造名称。

【断层位移】在任意方向上量度的断层两盘的相对运动。由断层位移大小可度量断层的运动大小。断层位移是以断层面上的标志层或标志点被错开的距离来测量的。如图所示，断层位移主要包括：表示位移方向和相对大小的总滑距，它以在断层面上或平行断层面所量度的断层两侧原来相邻的两点间的距离为代表；位移在视横向方向上包括走向滑距和走向离距；在视垂直方向上包括倾向滑距和倾向离距。

断层位移总体图

【面状构造】泛指岩体中所有构成平面状的构造。面状构造是一个无成因意义的描述性构造地质学名词。如果它们在一定尺度上是透入性的，则称为面理。面状构造包括原生的和次生的两种。原生的如层面、间断面、不整合面、岩体之间或岩体与围岩间的接触面、岩浆岩的流面等；次生的亦称变形面，包括断层、节理、劈

理和片理等。

【透入性构造】在某一定构造尺度内均匀而连续地分布于地质体中的构造。透入性构造与非透入性构造是构造地质学研究的主要内容之一。透入性构造反映出岩体作为一个整体均匀地发生了变形，如片理、线理等均属透入性构造。与此相反，在某一定的构造尺度内，有些构造只是作为分隔而个别地存在于地质体中，如断层和节理等，称为非透入性构造，或称分隔性构造。必须明确，“透入性”和“非透入性”是相对于一定的构造尺度而言的，从小区域看，断裂是非透入性的，但从卫星照片上观查和它构成均匀分布的断裂网格时，则可视为透入性构造。对一定构造尺度中面状构造的透入性分析，有助于构造动力学研究，在构造地质学中具有重要理论意义。

【节理】岩石中的裂隙系统两盘无明显位移。节理是地壳上部岩石中发育最广泛的一种构造。根据节理的成因可将其分为构造节理和非构造节理；根据节理的力学性质可将其分为张节理和剪节理；根据节理与成岩过程的关系可将其分为原生节理和次生节理。此外，根据节理分割的岩块形状可命名为柱状节理、板状节理、菱形节理等。节理常常为矿液上升、分散、渗透提供了构造条件，一些矿区中矿脉的形状、产状和分布与该区节理的性质、产状和分布有密切关系。节理也是石油、天然气和地下水的运移通道和储聚场所。大量发育的节理常引起水库的渗漏和岩体的不稳定，为水库和大坝等工程带来隐患。节理的性质、产状和分布规律与褶皱、断裂和区域构造有着密切的成因联系。所以，节理的研究在理论和生产实践中都具有重要意义。

【面理】变形和变质过程中形成的展现于手标本和露头上的次生透入性面状构造，还可包括成岩过程中形成的原生面状构造，如侵入体中的流面。面理是一种面状构造，包括劈理、片理、片麻理等。常见的面理主要见于变形—变质岩石中，并与岩石的变形变质作用过程密切相关，因此，对面理的研究有助于对岩石变形和变质作用过程的认识。

节理的形态分类

- 1、2—走向节理，纵节理；3—倾向节理，横节理；
4、5—斜向节理；6—顺层节理

【线理】手标本和露头范围内可见的岩石中的透入性线状构造。线理是变形岩石中的一种重要地质构造。根据成因，线理可分为原生线理和次生线理，前者为成岩过程中形成的线理，如岩浆岩中的流线；后者指构造变形—变质中形成的线理，如矿物生长线理、拉伸线理、交面线理和皱纹线理等。线理常可指示变形岩石中物质运动的方向，据此可将线理划分为：a 轴线理—与物质运动方向平行；b 轴线理—平行于中间应变轴。变形岩石中除小型线理外，还有大型线理，如石香肠构造、窗棂构造、压力影构造等。次生线理是研究岩

石变形—变质作用过程的重要构造现象。

【窗棱构造】又名窗棂构造。由强硬岩石组成的、形似棂柱的、半圆柱状的大型线状构造。棂柱的表面有时被磨光,并蒙上一层云母等矿物薄膜,其上可以有与其延伸方向一致的沟槽或凸起。窗棱构造常呈波状起伏,是一种沟、脊相间且平行排列的构造,两波峰之间距离大小变化很大,长者可达数米。这种构造是在强烈变形岩石中发育的一种粗大线理,在断层面上常可见到。按不同的形态和成因,窗棱构造可以分为节理式、肿缩式、褶皱式、劈理式等。这种构造反映了平行层理的缩短,长轴代表变形的 b 轴。

【杆状构造】变质岩中由石英等单矿物组成的较细小的平行棒状体。杆状构造是强烈变形、变质形成的一种线理,常产出于变质岩内小褶皱的转折端。杆状体的长度一般较小,从数厘米至数十厘米。以前许多学者认为,杆状构造多由脉石英和石英砾石等单一成份的岩石,在强烈褶皱和辗滚作用下形成。现代研究表明,除上述成因外,杆状体主要由变形过程中同构造分泌物质所组成。最典型的杆状构造为石英棒,其物质来源可以是早已存在的石英脉,也可以是在变形、变质过程中分泌出来的石英质在褶皱转折端低压地带集中,经辗滚形成。同时由于断层作用造成的低压空间也有利于石英、方解石沉淀,经辗滚而形成石英棒、方解石棒等。杆状构造长轴与褶轴平行,并与运动方向直交,故称为 b 轴线理。

【构造透镜体】岩层或岩体因构造作用碎裂成的不连续块体,多呈透镜状或扁豆状。构造透镜体多为断裂带或韧性剪切带的组成部分,其各块体之间横间隔距离可以很大。变质岩中构造透镜体的大

小极为悬殊,长径可从几厘米至几百米,其走向大致平行于区域片理或片麻理。断层破碎带中的构造透镜体则多为断层成因的脆性破裂产物。

【香肠构造】又称布丁构造。强、弱相间的岩层受到垂直或近于垂直岩层的挤压时,强岩层被顺层拉断所形成的构造。在近于垂直岩层的挤压力的作用下,软弱岩层被压扁向两侧呈塑性流动,而夹于其间的强硬岩层因不易塑性变形产生顺层拉伸以致拉断,形成断面上形态各异、平面上呈平行排列的长条状块段,即石香肠。可见,香肠构造是一种大型线理。在被拉断的强硬岩层的间隔中,或由软岩层呈褶皱楔入,或由变形过程中分泌出的物质所充填。因此,香肠构造实际上是各种断块、裂隙与楔入褶皱或分泌物充填的构造组合。

【应力矿物】在变质岩石中形成的与剪应力作用有关的一些新矿物,如绿泥石、硬绿泥石、滑石、钠长石、绿帘石、闪石类和蓝晶石等。应力矿物是构造地质学研究和矿物学研究相结合而产生的一个概念。自1918年提出这个概念后,对其是否存在及研究意义一直存在争议。70年代以来,中国的王嘉荫等对应力矿物作了系统的研究。

【构造应力场】导致构造运动的应力状态随空间点的变化,或指由于构造运动而产生的地应力的空间状态。构造应力场是构造地质学动力学分析的主要内容。在构造地质学分析中,构造应力场一般指造成构造组合形态、构造体系和构造型式的地应力场、展布区域,以及其内部在形成这些地质构造时的应力分布状况。20世纪

后期,构造应力场的研究已发展到电子显微镜下物质变形的超微观定量分析和与电子计算机相结合的数学力学分析。

【应变场】应变状态的空间函数,即应变状态随空间点的变化。是构造应力场的研究内容。当物体受外力或其他因素影响时,其内部应变呈现某种分布状况,则物体及其内部应变的分布状况以应变场来表明。

【双重地层系统】研究变形—变质岩区区域构造地层关系时提出的一个概念。层状变质岩系发生变质前,大多数是沉积岩或火山岩系,存在着恢复其原始成层顺序的可能性,尤其是原生成层的特殊标志保存较好的浅变质岩系,其可能性更大,这种可恢复的地层系统称为原生地层系统;但在经过多次构造变形和变质作用重建的变质岩系里,原生成层标志已遭到不同程度的改造和替换,甚至其原始的成层性破坏殆尽,变为由一些新形成的面所分割的不同构造岩石单元,由此构成地质制图的不同单位,称为构造地层系统。这两个地层系统叫做区域变质岩系的双重地层系统。这一概念的提出,有助于在进行区域地质图填图时,根据研究区域内成层构造的特点以及其地层系统的属性,确定划分填图单位的准则和方法。鉴于此,世界各国地质学界对区域变质岩区双重地层系统的研究均很重视。

地 层

【地层】泛称岩层。组成地壳的层状岩石(包括沉积岩、岩浆岩及变质岩)。在研究层状岩石形成的先后顺序、地质年代和组合或填图单位时,则称为地层。单个地层是指具有共同特征和属性,并能与相邻地层分开的一层岩石,地层的特征包括岩性、化石、地球物理性质、地球化学性质及其分布。地层的属性是指通过对地层的物质特征的综合分析得出的地层时空分布规律及成因环境等推论。广义上说,组成地壳的各种岩石的地质体无论是成层的,还是不成层的,是沉积的,还是岩浆或变质成因的,都是在一定的三维空间内依次形成的。故在现代地层学的概念中,地层的定义与应用已更接近本质,变得宽广,既不局限于层状岩石,更不局限于沉积岩。可以北美地层规范中规定的岩躯单位为例——“一个根据岩石特征区别和划分,主要由侵入的、高度变质或高度变形的岩石限定的岩石体”。这种地层概念的扩展主要反映了地史学中对于地质历史时期沉积及岩浆、变质组合的时空分布、岩石圈构造发展历史研究的追求,也反映了一般地质工作的实际需要。

【层型】“指一个已经命名的地层单位或其界线的原始(或后来厘定的)典型剖面。在一个特定的岩层层序内,它代表一个特定的间隔,或一个特定的界线。这个特定的间隔和界线就是这个地层单位的单位层型或地层界线的界线层型”。(引自《中国地层指南》)。根据

其性质,层型有 4 种:(1)界线层型 定义和识别一个地层界线的标准所用的一特殊岩层序列中的一个特殊点,这个点必须选定在不间断的连续层序的位置上;(2)单位层型 一个地层单位的模式剖面,是识别和说明一个地层单位的标准。单位层型的上限和下限,是它的界线层型,单位层型应选择一个连续的、出露齐全、化石丰富、顶底界限清楚的模式剖面;(3)如因条件限制选择两个模式剖面,分别代表某新建地层单位的上部模式和下部模式,并把两个特定的模式段落综合为一个单位层型,即称为复合层型;(4)辅助层型 即参考剖面,是指用其它沉积相内或其它地层区内的层型来补充说明一个地层单位或一个地层界线的层型。鉴于界线层型的最基本作用,为发展全球标准地层表,自 20 世纪 70 年代以来,尤其《国际地层指南》(1976)出版后,国际地层委员会活动的中心是界线和界线层型,在建立系与系之间的年代地层界线时,“钉金钉子”成为这个工作的俗称,“金钉子”是作为界线层型点的标志物。事件地层学诞生后,部分地层学家主张用突变事件划分年代地层界线,从而出现把国际地层委员会用层型方法确定的界线称为“委员会界线”,以相对于“事件界线”,使层型的概念在使用中面临挑战。矛盾的焦点在于界线划分在连续的岩层中以反映时间的连续中的一点,还是反映全球一致性的同时发生的全球事件以便于实际运用。80 年代出现的层序地层学,为建立全球统一的年代地层格架提供崭新的思路,也给层型的工作带来新的冲击。

【地层产状】地层的层面相对于水平参考面的空间位置。描述地层产状的数据称地层产状要素。地层的产状要素包括走向、倾向和倾角。地层的层面与水平参考面的交线称地层的走向线,走向线的延伸方向即地层走向,如 $NE36^{\circ}(SW216^{\circ})$ 。而垂直于走向线,沿层面

倾斜向下的方向在水平面上的投影为地层倾向。层面与水平参考面间夹角之锐角称倾角。

【层面】两个沉积岩层之间的分界面。沉积地层所包含的每一个连续的岩层被两个面所限定,这两个面都是层面。其中一个是底面,把岩层与其底板分开。另一个是顶面,把岩层与其顶板分开。层面中,有一些是依据岩层的岩性和岩石学特征的不同程度的递变确定的,看不到沉积中断的现象。另一些则相反,它们是与岩性、岩层的岩石学特征急骤变化相对应的,呈现明显的沉积作用中断的现象。这时,层面上经常出现层面构造,标志在沉积中断期间发生的突然事件。

【等时面】岩层中对应于同一个时刻的所有各点集合组成的一个时刻面。因为没有时限,因而是个无厚度的界面。实际工作中,它通过两种途径确定:一是掌握一个时限尽可能短的现象,在多数情况下就是指尽可能薄的并且通过其鲜明特征可以鉴别的一个沉积层。另一是确定一个位于两相邻的年代地层单位之间的界面。技术手段包括古生物学方法、同位素年龄值法、磁性反向法、古气候方法、古地理方法等。

【穿时】一个岩石地层单位或其他地层单位的界面在横向延展时,界面上的点所代表的时刻与初始点的年代地层(或生物地层)时刻不一致,这类地层界面是不等时的,穿越了初始点的年代地层的等时面。形成穿时现象。岩石地层单位被认为通常是穿时的。

【地层规范】关于地层学原理、术语和划分命名程序规则的公开阐

述。从使用范围看,有国家级地层规范,如美国、中国、英国、法国、日本、印尼、沙特等约 27 个国家制定有自己的地层规范;有区域性的国际级地层规范,如北美地层规范,原苏联地层规范;有全球性国际地层规范。如 1976 年出版的《国际地层指南》,作为趋势和理想,地层学家们希望,能象国际动物命名法规那样,实现全球只有一个地层规范。《国际地层指南》认为“关于地层学原理、术语和划分程序的统一,对全世界的地质学家来说是取得地层学共同语言必不可少的。只有这样,才能让他们更有效地把精力集中到许多地层学的真正科学问题上,而不致于耗费在因基本原理分歧、术语用法不一、以及其他不必要的阻碍彼此了解所引起的无益辩论和无休止的争吵之中”。当今,多重地层划分的原理、层型的概念、年代地层单位、岩石地层单位、生物地层单位等术语的应用,以及地层命名优先法原则等构成了地层规范,尤其是国际地层规范的主要内容。

【生物地层单位】以所含化石特征的一致性和差异性划分的地层单位。生物地层单位即生物地层带,简称生物带。理论上,生物地层单位与年代地层单位不同,它有时是穿时的,也不同于岩石地层单位,这两者有时互相穿越。

【岩石地层单位】由岩性、岩相或变质程度均一的岩石构成的三度空间岩层。岩石地层单位是客观的物质单位。这些单位必须建立在岩石特征的纵、横两个方向延展的基础上而不考虑其年龄。岩石地层单位分为 4 级:群、组、段和层,其中组是最基本的单位。

【时间地层单位】以地层的形成时限为依据划分的地层单位,即年

代地层单位。从大到小有宇、界、系、统、阶、时带、分别对应于地质时间单位的宙、代、纪、世、期、时。理论上,时间地层单位间的界面是等时面。在实际确定等时面的工作中,即进行年代对比时,生物地层方法、同位素年龄法、构造运动法、古地理法、以及古地磁、古气候法中,以生物地层方法精度最高最有效,因而有人认为时间地层的划分事实上是生物地层的划分。时间地层单位也应为是生物地层单位。

【地层柱状剖面】基本地质图件之一。把一个露头点或一个钻井记录或一个地区的地层层序、时代、岩性(包括地球物理测井记录)化石、厚度及相互接触关系等,按一定的比例尺和图例,用柱状图解的方式,按从老至新的顺序自下而上表示出,并附有简要文字描述,就成为—个地层柱状剖面图。柱状剖面图有三个类型:露头地层柱状图,钻井地层柱状图和综合地层柱状剖面图。前二者可表示某一特定地点、剖面线或钻井的情况;后者常综合若干地点(或剖面、钻井)的情况,表示某一或大或小地区的总体情况。

【地层区划】根据大地构造背景、古地理及古气候条件和古生物群特征差异造成的地层发育的不同,而划分出不同的地层区域,即地层区划。专门地层区划是对某一个系地层或其他级别年代地层单位进行地层区域的划分。综合地层区划则是综合各个层系的共同点,依据沉积建造特征,层序特征,古地理条件、生物群特征和构造变动,划分出三级地层区划:地层大区,地层分区,地层小区。其中地层大区 and 地层分区的划分基本与一级构造单元(如华北地台)和二级构造单元(如辽东台背斜)的划分相当,而地层小区的划分则主要考虑能够达到组一级地层单位的对比。

【地层对比】对不同地区的地层单位间特征和地层位置、年龄等相同或不同的论证过程。岩石地层单位的对比论证岩石特征和岩石地层位置是否相当;生物地层单位的对比论证其化石内容和生物地层位置是否相当;而年代地层单位的对比则论证其年龄和在地质年代表中的位置是否相当。地层对比的方法有:(1)野外直接追索对比;(2)岩石或岩性相似性对比;(3)古生物标志对比;(4)地质事件的对比,如地磁极性对比、小星体撞击事件对比、冰川事件对比等;(5)同位素年龄测定。

【地层层序律】在沉积岩层未发生构造变动(如逆掩断层和褶皱倒转)的情况下,沉积岩的层序保持着正常顺序,先形成的岩层在下,后形成的岩层在上,即上覆岩层比下伏岩层新。这个地层学重要的基础定律,是丹麦医生斯坦诺根据在意大利托斯卡尼山脉的地质观察,于1668年最早指出的。后人称之为地层层序律,或称地层叠覆律,它指明了如何确定岩层的相对年代。

【地层缺失】由于假整合或不整合表现出的地史时期地层记录的明显中断。从时间上,地层缺失指示的地层中断包含有两个过程,一是停止沉积的沉积间断,再是其后的已沉积的老地层被明显侵蚀破坏。地层缺失表明的是比沉积间断更高级别更大规模的时间记录的中断。一个明显的例子是中国华北地台上,早奥陶统(或中奥陶统)与中石炭统之间的平行不整合,缺失了上奥陶统或中上奥陶统以及志留系,泥盆系,下石炭统地层。这不仅指示几个系地层的无沉积,还显示原始奥陶系地层一部分遭侵蚀。

【沉积间断】发生在整合岩层中的地层中断,它指示一个短暂的停止沉积的时间间隔,一般在恢复沉积前很少或没有发生过侵蚀作用。由于沉积间断出现在整合岩层中,通常很难由岩性间断显示,大多用生物地层学方法,例如化石带的缺失来推断。

【小间断】短暂的小型沉积间断。通常使用于详细的生物地层工作中,反映一个或数个化石带规模的地层中断,甚至更短。对于小间断的理解还有另一种观点,即认为小间断代表短于一个化石带持续时间的沉积间断,因而无法用生物地层方法确定。至于一个化石带以及一个化石带以上的地层中断,用小不连续的概念描述。

【小不连续】持续时间长于(含)一个化石带的地层间断。对于小不连续的概念有两种理解:其一认为小不连续即小间断;其二则认为小不连续与小不间断代表不同级别的短暂沉积间断。小不连续所代表的时间间断更长,一般超过一个化石带以上。因而通过化石带的缺失可以显示。而小间断则不能由化石带的缺失事反映,它持续时间短于一个化石带的时间。

【生物带】各类型生物地层单位的通称。是根据地层中所含有的生物化石内容和特征划分出来的地层单位,以含有相同的化石内容和分布为特征,并与邻层化石有别的三度空间岩层体。常用四种类型:组合带、延限带、顶峰带和间隔带。其中组合带是指所含的化石或其中的某一类化石,从整体看,构成一个自然的组合,并以此区别于相邻地层内的生物组合。组合带常以典型的种或属命名。延限带是指任一生物分类单位在其整个延续范围之内所代表的地层体,延限带则以此类生物分类单位名命名。顶峰带是指某些化石

种、属最繁盛的一段地层,它不包括前期化石出现不多的地层,也不包括后期逐渐稀少时的地层,其命名采用此化石种名或属名。间隔带是指位于两个相邻的含生物化石的生物带之间的无化石的一段地层。其命名用上下的相邻两生物带名。

【化石】见第二卷中的“化石”。

【活化石】见第二卷中的“活化石”。

【孢粉分析】见第二卷中的“孢粉分析”。

【海侵】又称海进、海侵超覆。地质历史中某一时期海洋向陆地推进的现象,从规模看,有局部海侵和全球海侵,通常认为局部海侵与区域性构造运动有关,而全球海侵的解释有气候原因(冰川融化)和地球动力行为(如地球收缩)等假说。全球海侵又称为海平面升降的海侵。海侵会形成向陆地超覆的岩层系列,即海侵系列。地史中曾发生过多次巨大规模的全球海侵,其中显生宙著名的有石炭纪海侵和晚白垩世海侵两次最大规模的海侵。有人用“海浸”,不确。

【海进】一般意义上等同于海侵,但有时特指海水向地台型平原,即向平布沉积层的陆地表面的侵进,这种侵进一般不伴有海水侵蚀,海进沉积层与下伏地层间无明显间断显示,不见角度不整合。海进有时还专用于说明一个给定地区的凹陷区(如河谷)沉陷时海水的浸进现象。

【海退】地质历史时期中某一时间间断海洋退出曾占据的大陆而向洋盆收缩的现象,海退通常在一个相当短暂的时间间隔内完成。海退的规模亦有局部海退和全球海退之分,其原因的解释有区域的构造升降和全球的气候变冷或地球的扩涨等假说,海退会形成向洋盆退覆的海退岩层系列。地史上最大的海退目前被认为是发生在 3000 万年前的渐新世晚期。

【全球海平面升降运动】在各大陆同时表现为海进或海退变化的全球海平面升降现象。海水体积的变化和洋盆体积的变化都可以引起全球海平面的升降。但具体原因尚未弄清。前者可能起因于水圈体积的变化、陆地冰体体积的变化、洋盆脱水、海水温度的变化和大气温度的变化;后者可能起因于大洋中脊体积的变化、陆壳水淹和海沟的形成、沉积物的堆积、地球膨胀和大地水准面的改变。新近的层序地层学将海平面升降变化及其产生的不整合作为地层层序划分建立的依据,并依据升降周期及规模划分出三级周期,其一级周期约 3.5 亿年,二级周期 1000—8000 万年,三级周期 100—1000 万年。

【激变论】又称突变论、灾变论。地球发展演化的学说之一。突变是一种非连续的跳跃式的变化。突变论的观点认为:自然界的发展过程中交替出现急速短暂的突变与缓慢的渐变,突变对自然界的发展产生更大的结果,在地质历史中,突变导致有机界和无机界的飞跃点。当前地学领域流行的新灾变论,间断平衡论、幕式加积说,间断加积旋回说以及事件地层学等都是“以突变论”为其基础,人类对“突变”的现象的认识由来已久,但真正构成一个理论范式的则首先是居维叶用“灾变论”和“物种不变论”对生物界的说明。20 世

纪 70 年代初,在微分方程的定性理论、分歧理论、奇点理论和拓扑学的基础上,数学上创立了“突变理论”,并迅速应用于社会学、生物学、医学等方面。同时,生物学家提出间断平衡论的生物演化型式的假说,70 年代末物理学家首先在白垩系——第三系界线粘土层中发现铱异常,为地史上的灾变事件提供实证,从而使新灾变论和事件地层学成为地学领域的一股激潮。“幕式沉积说”“间断加积旋回说”等相继出现,生物进化的“宏进化”“大进化”“微进化”等概念结合“突变论”更频繁使用,人们逐渐认识到“突变理论”所描述的突变特性是自然界的基本特性之一,而“突变论”则会更广泛地渗透于关于“过程”研究的一切领域,现译激变论或突变论,以避免与居维叶主张的灾变论混淆;80 年代初期曾名之为新灾变论,以资区别,现已少用。

【均变论】地球发展演化学说之一,由威维尔替莱伊尔的自然界的均变性取的名称。莱伊尔认为地球不仅在空间上,而且在时间上即地质历史上是处于平衡状态的,以不变的速度进行循环(非定向)的运动。渐变的侵蚀与沉积相平衡,火山爆发,地壳震荡上升与震荡下降相平衡,生物界中的渐变的新生与绝灭相平衡。他的这种地质观与当时流行的牛顿自然哲学观是一致的。

【渐变论】地球发展演化学说之一。也是对自然界变化方式及强度的一种认识。这种观点认为,地质变化由一系列微小的变化构成,新的生物群可由旧生物群经过一系列小规模的新生和绝灭形成,新的物种可由老物种经过一系列中间环节进化而成。在地质历史中,漫长的时间足以使微小的渐变产生惊人的后果。渐变论是作为对“灾变论”的否定而诞生的。但无数事实正在显示出自然界的运

动不可能只是量的渐变,而亦应有短促完成的质变(突变和灾变)。而且后者往往对事物发展起决定作用。

【将今论古】又称现实主义原理。有一个格言式的简述:“现在是认识过去的钥匙”。赫屯最早认识到这个原理,但莱伊尔作出了最有效的阐述,即其著名的《地质学原理》的副题“用现代进行着的作用解释地质历史上地表变化的尝试。”作为实际操作中的原理,莱伊尔基于他的“地史上的地质作用”在能量级别上与现代地质作用没有什么不同的信念,认为古今地质作用不仅在类型上,而且在强度上都是相同的,漫长的地质时间具有极其重要的意义,足以使微小的渐变产生惊人的效果,规定那些“超出人类历史记录到的强度范围”地质作用的“合乎理性”。从而使他的成功局限于狭窄的地质时间范围(如第三纪以来的百分比法生物地层学)。

【固定论】大地构造学的一种基本观点。认为地球的地壳运动以垂直升降运动为主,不存在大规模的水平运动。大陆与海洋自形成以来,外形轮廓和地理位置基本未变。固定论的具体学说有槽台说,地球膨胀、收缩说等,代表人物是丹纳,柯伯,舒可特和史蒂勒等。

【活动论】与固定论对立的一派大地构造学基本观点。认为地质历史中地壳存在大规模的水平运动,海洋和大陆无论是相互间还是与古磁极间都发生过大规模的地理位移,具体学说有大陆漂移说、板块学说等,代表人物是魏格纳、杜多瓜、施布陶等。

【红层】陆地环境中形成的红色沉积层,红层的沉积物主要为陆相碎屑岩,局部夹淡水灰岩及膏盐沉积。其红色标志沉积物所经受的

强氧化作用。整个红层至少应有 60% 的红色岩层,少量杂色岩层夹于其间,中欧、北欧的泥盆系陆相沉积——老红砂岩是典型的红层,在中国,红层一般指中生代和第三纪形成的陆相地层。

【联合古陆】被假定曾在地史时期存在过的单一的大陆,这个大陆联合了地球上所有的大陆壳,而被原始的大洋即联合古洋围绕。这主要是大陆漂移假说的创始人魏格纳的一个设想。此外他还认为现在各大陆是联合古陆分裂漂移形成的,最初的分裂漂移形成了北方的劳亚古陆,南方的冈瓦纳古陆和其间的特提斯海。在现今的地史学中,联合古陆出现于二叠纪并在三叠纪中期达到极盛。当时地壳的主要陆块紧密相连,形成一个大陆。亦称泛大陆。

【泛大陆】泛大陆有两种含义,其一等同于联合古陆;其二,既可指联合古陆,称潘加拉泛大陆,也可指地史时期曾存在于北半球的超级大陆——劳亚古陆即劳亚泛大陆和南半球的冈瓦纳古陆即冈瓦纳泛大陆。

【冈瓦纳古陆】地史时期存在于南半球的超级大陆。南非的托伊特否认魏格纳的单一原始大陆,代之以两个原始大陆,其中位于南方的被称为冈瓦纳古陆,包括现在的南美洲、非洲、阿拉伯半岛、印度、澳大利亚和南极洲、古陆的名称 Gondwana 来源于印度中东部的冈瓦纳地盾区,最早由奥地利的修斯于 19 世纪末期命名。现今认为,一个完整的冈瓦纳古陆曾存在于古生代初至部分中生代。另有一些人认为主要存在于晚古生代。

【特提斯海】古地中海。南非托伊特认为最初的北方原始大陆劳亚古陆与南方的原始大陆冈瓦纳古陆在西部紧密相连,在东部则被特提斯海古海湾分隔。特提斯是古希腊神话中女海神的名字。现今认为特提海存在于晚古生代到第三纪早期,经阿尔卑斯—喜马拉雅造山运动成为现在的阿尔卑斯—喜马拉雅山系,地中海是它的残留。有人译为古特提斯海,与 Tethys 原文不符;但可译为古地中海,以与现代地中海区别。

【陆桥】连接两大陆的岛链或地峡。被大洋隔开的大陆,由于海平面的下降,而被一系列新暴露的陆块连通,这些连接两大陆的陆块组成了陆桥。陆桥的概念主要被用来解释生物古地理学中,两个原本具有不同陆生生物面貌的大陆,在一段地史时期中出现极其相似甚至相同的陆生生物。陆桥被认为是这些陆生生物迁移通道。

【地质时期】地球历史中在岩石圈中有岩层记录的漫长时期。又称地史时期,由于目前所发现的最老岩层距今 46 亿年,因而 46 亿年以来的地球历史阶段便是地质时期,自此向前,追溯到地球的诞生为地球的天文时期。地质时期又称地史时期是因为这是地史学研究的时限。

地 质 年 代

【相对时代】表示地层之间相对新老关系的时代顺序。它是利用地层学方法确定的,尤其是生物地层学的方法,如确定地层中所含鲕类化石是石炭纪,那么这意味着这个地层的时代介于泥盆纪与二叠纪之间。

【绝对时代】根据岩石中放射性元素蜕变产物的含量,计算出来的岩石形成后所经历的实际时间。又称同位素年龄,绝对年龄的测定方法有铀-钍-铅法,铷锶法,钾氩法等。绝对时代在确定前寒武系时代中起主要作用。

【地质时间单位】地质时期的时间划分单位。按级别从大到小分为宙、代、纪、世、期、时。划分的主要依据是生物进化的阶段性和不可逆性。相对应的年代地层单位分别是宇、界、系、统、阶、时带。宙、代、纪、世是国际性的地质时间单位,适用于全球。而期和时是区域性的地质时间单位,适用于大区,不是全球一致的划分。

【地质年代表】按年代顺序排列。用来表示地史时期相对地质时代及其绝对年龄值的表格,故又称地质时代表。内容包括各级地质年代单位及其开始和延续的年龄。最早的包括古生代以来各纪相对地质年代的地质年代表于 19 世纪 70 年代末在欧洲建立。

【冥古宙】又称无生代。地质时代。自地球形成至距今 38 亿年左右

时期。地球上尚无生物存在的证据。这一时期地球自灼热变为温暖。最初的原始大气也已逸散,地球被缺少氧的次生大气所包围。在地球降温过程中,次生大气中的水也逐渐凝固。在冥古宙末期,在地表低洼处形成最初的高温酸性原始大洋。

【冥古宇】冥古宙形成的沉积岩层。现在的地质记录中,尚无这一时期的沉积岩层被发现。

【太古代】又称始生代。地质时代。距今 38.5 亿年前至 25 亿年前。地球上开始出现沉积岩层和生命存在的证据。已在非洲、澳大利亚、加拿大和中国的辽宁、河北、山西等地发现这一时期的沉积岩层(包括已变质的)和菌、藻等生物遗迹。此时地球外仍包围着次生大气。大气含氧量极低,约相当于现代大气氧含量的万分之一。此时火山作用强烈,地壳变动规模大。一些古老的陆核在此时形成。目前将隐生宙分解为冥古宙、太古宙、元古宙的意见逐渐被接受。如将太古代提为太古宙,可再分为古太古代和新太古代两个代。前者包括“辽西纪”;后者包括“阜平纪”和“五台纪”。

【太古界】太古代形成的地层。目前仅出露在少数地区,但在稳定地台区沉积盖层下,可能存在。中国太古界分为“迁西系”、“阜平系”、“五台系”三部分。迁西系上界为 31 亿年。山东的泰山群、河南的登封群和内蒙的乌拉山群均属太古界。加拿大的苏必利湖区域及格陵兰西部、西伯利亚的阿尔丹地块和阿纳巴尔地块、俄罗斯地台西化部的波罗的地盾区,非洲的罗德西亚和特兰斯瓦地块、安哥拉陆核、印度的德干高原和澳大利亚西部、南美洲东部和此部都有太古界露头分布。

地质年代表及各阶段的主要特征

地 质 时 代			绝对年龄 (距今百万年)	主要地 质事件	地质构 造阶段	生 物 发 展 物 征				古气候 特征		
代	纪	世				动 物		植 物				
						阶段	特 征	阶段	特 征			
新 生 代 Cz	第四纪 Q	全新世	—0.01—		喜马拉雅构造阶段 (新阿尔卑斯阶段)	人类时代		被子植物时代		第四纪大冰期气候		
		更新世	—1.64—				人类出现					
	新第三纪 N	上新世	—5.3—			哺乳动物时代					大 间 冰 期 气候	
		中新世	—23.3—				近代哺乳类出现					
	老第三纪 E	渐新世	—36.5—									
		始新世	—53—			古老哺乳动物繁盛						
		古新世	—65—			有胎盘哺乳类出现						
中 生 代 Mz	白垩纪 K	晚早	—135—		燕山构造阶段(老阿尔卑斯阶段)	爬行动物时代	恐龙、翼龙、鱼龙、蛇颈龙、菊石等绝灭, 今鸟类出现	裸子植物时代	浮游钙藻、被子植物出现			
	侏罗纪 J	晚中早	—208—	冈瓦纳古陆解体			始祖鸟出现					
	三叠纪 T	晚中早	—250—				印支构造阶段		原始哺乳类出现			
									恐龙出现			
古 生 代 Pz	晚古生代	二叠纪 P	晚早	—290—	联合古陆形成	海西沟 造阶段	两栖动物时代	似哺乳爬行动物出现, 笔石、三叶虫、四射珊瑚绝灭	陆生植物孢子时代	其他裸子植物出现	石炭二叠纪气候	
		石炭纪 C	晚中早	—355—				迷齿两栖类繁盛		种子蕨、科达类出现		
	早古生代	泥盆纪 D	晚中早	—409—			加里东构造阶段	鱼类时代	鱼石螯出现, 盾皮类, 总鳍鱼类, 古鲑类繁盛, 正笔石类绝灭		节蕨、石松、真蕨植物出现	大 间 冰 期 气候
		志留纪 S	晚中早	—439—					棘鱼类出现	半陆生植物时代	裸蕨植物出现	
		奥陶纪 O	晚中早	—510—					无颌类出现, 笔石四射珊瑚鹦鹉螺类繁盛, 三叶虫繁盛, 硬壳动物出现			
元 古 代 Pt	晚	寒武纪 Є	晚中早	—570—			水生无脊椎动物时代	不具硬壳动物出现	菌藻植物时代		震旦纪大冰期气候	
		震旦纪 Z		—800—	大陆地台形成							
	中			—1000—	原地台形成						高级藻类出现	元冰古代气候
				—1800—	陆核形成						真核生物(绿藻出现)	
太古代 Ar	早		—2500—								太古代大冰期气候	
冥古代			—3850—	地质作用明显				原核生物(菌类、蓝藻)出现	生命现象开始出现			
			—4500—	地球形成								

【太古宙】见“太古代”。

【元古代】地质时代。始于距今 25 亿年止于距今 5.7 亿年。元古代是地球上发生较大变动的时代。表现为现代大气形成、现代大

洋水形成、生物开始繁盛和稳定型盖层沉积的广泛分布等。此时大气中含氧量逐渐增加至相当于现代大气含氧量的千分之一左右。大约在距今 20 亿年左右还原性的次生大气已经被现代大气所代替。与此同时，在 20—15 亿年间酸性缺氧的大洋水也完成了向现代大洋水的过渡。生物的繁盛是元古代的重要事件。除早期的原核生物、原始的真核生物之外，到元古代末期，还出现了包括多种动物门类的伊迪卡拉动物群（澳大利亚）。元古代火山作用已减弱，但末期曾发生全球性的大冰期。早（古）元古代形成原地台（20 亿年左右），中和晚（新）元古代形成稳定地块上的似盖层沉积。古元古代早期为晚于 25 亿年的原“五台系”上部地层，后期为滹沱纪（上限 18 亿年），中元古代包括长城纪（上限 14 亿年）和蓟县纪（上限 10 亿年），新元古代包括青白口纪（上限 8 亿年）和震旦纪。目前也有人主张将元古代提为元古宙。

【元古界】元古代形成的地层。元古界火山岩减少，碎屑和生物、化学沉积出现。晚期有较大规模冰碛层出现。古元古界多遭受不同程度的区域变质作用，中及新元古界较少遭受区域变质作用。中国南方的扬子地区，以元古界构成地台基地。中元古界在中国北方称“长城系”及“蓟县系”，过去曾称为震旦系或北方震旦系。其厚度大，显然是下陷海槽型沉积，夹有火山岩及铁矿层。

【元古宙】见“元古代”。

【隐生宙】地质时代。相当于地球形成至寒武纪前的地球形成早期的近 40 亿年的漫长时期。用隐生宙喻其未发现动物化石或动物化石极为稀少。也通称前寒武纪或前寒武。过去曾将其分为太古及元古两个代。现在趋向于将其废弃，而代之以冥生宙、太古宙、元

古宙。关于这一地质时代的地质历史的研究至今尚在不断探索中。参见“冥古宙”、“太古宙”、“元古宙”。

【震旦纪】地质时代。新元古代的最后一个纪，也是争论较多的一个纪。始于 8 亿年前，延续至 5.7 亿年前。震旦纪最先命名于中国长江三峡东部地区。生物以叠层石、藻类和其他微古植物为主，晚期有不具硬壳的后生动物，如水母、蠕虫等。在震旦纪发生过火山活动。震旦纪沉积多形成盖层。晚期的冰期气候使得冰川广布。

【震旦系】震旦纪形成的地层。以在中国南方长江三峡以东地区建立的地层剖面为模式。底部含陆相碎屑堆积，上部具冰渍层。震旦系沉积遍布各大洲，但出露面积大小差别很大。欧洲、西伯利亚、华南、阿拉伯半岛、东北非、西非、中非、澳洲中部均有稳定型沉积。北美东、西海岸、中美、南美东、西海岸、比利牛斯、南欧、北欧、乌拉尔、西伯利亚南部、中国东北北部、堪察加、东南亚、澳大利亚东部及非洲东部和南部均有地槽型沉积。

【显生宙】从距今 5.7 亿年以后至今的一段地质时期。以大量动物出现为标志。分为古生代、中生代和新生代。代以下各分为若干个纪，古生代包括寒武纪、奥陶纪、志留纪、泥盆纪、石炭纪和二叠纪，并可以分为早及晚古生代二部分，各包括三个纪；中生代分为三叠纪、侏罗纪、白垩纪三个纪；新生代包括第三纪和第四纪，通常把第三纪分为老第三纪和新第三纪两个纪。每个纪下可分为若干世，一般分为早、中、晚三个世或早、晚二个世。世下再分为期。纪和世、期的划分以地壳变动和生物群的面貌为标

志，并参照以同位素年龄。

【古生代】地质时代，显生宙的第一个代。始于距今 5.7 亿年，止于距今 2.5 亿年。6 包含寒武、奥陶、志留、泥盆、石炭，二叠 6 个纪，并以志留纪与泥盆纪间的界限，划分为早古生代与晚古生代。以生物界的组成中有最古老的有骨骼（硬壳）的无脊椎动物而得名。寒武纪早期，有奇形怪状的和微小的小壳化石。在中国有澄江动物群，在加拿大有布尔基司动物群。这些动物的总体面貌与震旦纪的伊迪卡拉动物群相比，已有很大区别。此后海生无脊椎动物中的三叶虫，鹦鹉螺、笔石、腕足动物、四射珊瑚等得到发展。自志留纪无脊椎动物逐渐发展，迄古生代末，两栖动物之得到极大发展，爬行动物也开始走向繁盛。自志留纪末起陆生植物开始出现，并很快得到发展，并在石炭纪及二叠纪形成高大的成煤植物森林由各种蕨类植物组成。古生代陆块周围有广褒的陆表海，整个古生代是分散的陆块逐渐拼合对接的过程。至古生代末已接近完成。

【古生界】古生代形成的地层。古生界以浅海相碎屑岩及生物碎屑岩和硝酸盐岩为主。在大陆边缘及海槽有地槽型沉积。

【寒武纪】地质时代，古生代的第一个纪。时限为 5.7—5.1 亿年。1835 年建立，其名称源于英国威尔士语“人民”（Cymry）一词的拉丁化，日人音译，中国沿用日文译名，故寒武与 Cambrian 发音不能对应。寒武纪以大量动物出现为特征，早期有奇形怪状的小壳动物。在中国有著名的澄江动物群，在加拿大有著名的布尔基司动物群。出现了节肢动物、腕足动物等，尤以三叶虫极为丰富

为特征。寒武纪的三叶虫形成不同的动物地理区，包括亚澳太平洋区的东方动物群与欧美大西洋区的西方动物群。各群内又因生活于地台浅海或地槽深海中而有底栖型与浮游型之分。寒武纪气候分异不明显；大气含氧量仍较低，大约相当于现在大气中氧含量的 1%；由于各个大陆块处于低纬及中纬地带，气候多温暖潮湿，表现为热带、亚热带气候，仅华北及东欧可能属温带气候。寒武纪时在陆台区广布的陆表海是海洋无脊椎动物大规模发展和分异的极好条件。

【寒武系】寒武纪形成的地层。中国寒武系分为三统十阶。自下而上依次为下寒武统：梅树村阶、筇竹寺阶、沧浪铺阶、龙王庙阶；中寒武统：毛庄阶、徐庄阶、张夏阶；上寒武统：崮山阶、长山阶、凤山阶。下寒武统以云南东部地层为模式；中寒武统以山东西部为模式；上寒武统以冀东唐山一带为模式。主要为浅海碎屑岩及碳酸盐岩沉积。在地槽区则有火山活动。寒武系主要分布于欧亚大陆。非洲仅北部及西南部有少量分布，南美洲仅安底斯山区有寒武系；北美洲仅科迪勒拉及阿巴拉契山区有寒武系。

【奥陶纪】地质时代，古生代的第二个纪。始于距今 5.1 亿年前，止于距今 4.39 亿年前。1879 年创立。奥陶为北威尔士古代民族，在他们曾经生活过的地方这一时代地层发育较好。奥陶纪浅海广布，是海侵范围最广的一个纪。早奥陶世气候温暖；中奥陶世曾一度变冷，形成海退，不久温度又回升；晚奥陶世末温度再次下降，发生全球性海退。奥陶纪冈瓦纳古陆移向南极，波罗的地块也移至高纬区，北美、西伯利亚、中国、哈萨克斯坦仍在低纬区。中国由相邻的几个地块代表，中奥陶世的海退使华北地块出露

地表，此后长期遭受剥蚀。奥陶纪海洋中无脊椎动物继续繁盛，三叶虫、鹦鹉螺、笔石极为繁荣，腕足动物、珊瑚等也开始发展。最早的脊椎动物——甲胄鱼类也已发生。陆生植物尚未出现。奥陶纪在冈瓦纳古陆多处发生冰川，晚期尤为显著，可能是极地冰盖。

【奥陶系】奥陶纪形成的地层。西欧奥陶系分为六个统，自下而上为：特马豆克、阿伦尼格、兰维恩、兰代洛、卡拉道克、阿什极尔。中国分为宜昌、扬子、艾家山和钱塘江四个统，每统又分为二阶，自下而上为：两河口、红花园、大湾、牯牛潭、庙坡、宝塔、临湘、五峰共八个阶。中国华北及东北南部缺少中奥陶统中上部及上奥陶统。华南有以碳酸盐岩及底栖具壳动物构成的壳灰岩相（或壳相）和以暗色页岩及浮游生物组成的笔石页岩相堆积。奥陶系覆盖了世界上很多地区，仅非洲中部、南部和拉丁美洲东部无奥陶系。

【志留纪】地质时代，古生代的第三个纪，早古生代的最后一个纪。1835 年建立。名称源于威尔士边境的古罗马时代部落名，日人音译，中国沿用汉字。早期的志留纪包括现在的奥陶纪及志留纪，1960 年国际地层委员会决议确认奥陶纪与志留纪分开。志留纪始于距今 4.39 亿年止于距今 4.09 亿年。志留纪特提斯洋已具轮廓，其南为冈瓦纳古陆，其北为构成劳亚古陆的几个陆块（尚未合并成劳亚古陆）。赤道暖流穿越而过。早期气候可能仍较冷，中晚期气候转暖，海生无脊椎动物繁盛，最早的淡水动物已经出现如板足鲎、蜘蛛。原始鱼类开始繁荣。中国处于热带亚热带气候，仅最北部及藏南处于温带气候。华北仍遭受侵蚀无沉积，华南普遍为海水所覆盖。志留纪末的海退，在各大陆形成陆相堆积。

【志留系】志留纪形成的地层，由于波罗的海的哥特兰岛志留系发育较好，故曾称哥特兰系。在西欧分为兰德维里、文罗克、罗德洛、普里多利四个统（自下而上）。中国分为下、中、上、三个统，下志留统分为龙马溪、石牛栏、白沙三个阶；中志留统仅秀山阶；上志留统分为关底阶及妙高阶。中国志留系多分布于华南及西南地区，华北缺少志留系。

【泥盆纪】地质时代，古生代的第四个纪，晚古生代的第一个纪。始于距今 4.09 亿年，止于距今 3.55 亿年。1839 年创立，名称源于英国的德文郡（Devonshire），日人音译，中国地质学家沿用汉字，因日人读音与中国人读音不同，所以发音相差极大。志留纪末的加里东构造运动使海陆分布发生较大变化，北美与东欧地块对接形成老红砂岩大陆，劳亚大陆的几个陆块相互靠近北移，冈瓦纳大陆从南极区北移，特提斯海形成。中国的华北，塔里木、柴达木陆块合并，祁连海槽闭合，东南部的加里东褶皱带形成，扬子地块部分升出海面。当时气候较暖，偏干旱，在许多地区形成蒸发岩系和红层堆积。中国绝大部分处于热带亚热带气候区，仅北部为暖温带区。

生物面貌有较大改观。首先是陆地植物开始大规模生长，从裸蕨类到石松和较原始的裸子植物均已出现。海生无脊椎动物中三叶虫、笔石、直壳鹦鹉螺类减少，四射珊瑚和腕足动物中的石燕贝类繁盛，原始菊石类也已出现。脊椎动物中除鱼类有较大发展外，两栖类也开始出现。

泥盆纪早期中国大陆的海水只及于云贵、两广，此后逐渐北侵，中泥盆世晚期到达两湖，晚泥盆世达到苏皖一带。北部则有

海槽型沉积。整个华北陆块没有泥盆纪沉积。华南温暖浅海中珊瑚礁发育，碳酸盐沉积广布，具极特征的动物群。滨海及陆相沉积中有独特的身披骨甲的无颌类 and 盾皮鱼类。

【泥盆系】泥盆纪形成的地层。一般分下、中、上三个统。下泥盆统在西欧为洛霍考夫、布拉洛、爱姆斯三个阶；中国分为妙高山、那高岭、郁江，四排四个阶。中泥盆统和上泥盆统各有两个阶，西欧为爱菲尔、吉维特、弗拉西、法门四个阶；中国为应堂、东岗岭、余田桥、锡矿山四个阶。西欧的陆相地层为老红砂岩，海相地层为页岩、灰岩。北美下泥盆统为不厚的海相层，中上泥盆统为海相沉积，地槽型沉积围绕地台四周。中国华南有海相地层，华北无泥盆系，周围地槽区有不同类型的地槽型沉积。泥盆系浅海——半深海相沉积中，象州型沉积代表近岸富氧环境，含丰富的底栖动物化石，沉积物以泥质及碳酸盐为主；南丹型沉积代表远岸缺氧环境沉积，含浮游生物化石，沉积物为黑色泥质及硅质沉积。泥盆系除沉积矿产外，还赋存有众多内生矿床。

【石炭纪】地质时代，古生代的第五个纪。1822年首先用于英国富含煤藏的地层，并命名。始于3.62亿（或3.55亿）年前止于2.9亿年前，持续约6500万年。石炭纪陆生植物极为繁盛，种类多、分布广，有些成为巨大的森林。海生无脊椎动物门类极多，一些重要类群均已出现。随着森林的发育，昆虫也随之而生，巨大的蜻蜓翼展可达一米。脊椎动物中两栖类繁盛，生活于沼泽地带，石炭纪晚期爬行类开始出现。石炭纪造山运动频繁，许多山系开始形成。晚期，劳亚大陆和冈瓦纳古陆形成，劳亚古陆中间被乌拉尔地峡隔开。在陆缘及山前沼泽地带植物尤为繁茂，常形成含煤

沉积。石炭纪气候分带较明显，大气氧含量约相当于现在氧含量的三倍。石炭纪晚期在南半球有大规模冰川活动。石炭纪曾被分为早、中、晚三个世。在美国被分为密西西比亚纪和宾夕法尼亚亚纪，前者相当早石炭世，后者相当中晚石炭世。中国习惯三分，但目前二分的意见渐占上风。

在石炭纪，南方大陆北移，并接近北方大陆。后期，非洲与北美对接，特提斯洋西端闭合而东端极为开阔。

晚古生代大陆未漂移 前冰川分布的位置

【石炭系】石炭纪形成的地层。有二分和三分两种意见。下石炭统在欧洲曾称狄南统，在北美为密西西比亚系。早石炭世地层在欧洲被分为杜内、韦宪、谢尔普霍夫三个阶，中上石炭统分为巴什基尔、莫斯科、卡西莫夫、格泽里四个阶。中晚石炭世陆相地层

则分为纳缪尔、威斯特法伦、和斯蒂芬阶。中国下石炭统仅分布于华南，为海陆交互相沉积，有煤层。中上石炭统在南方为浅海相碳酸盐岩，华北为海陆交互相含煤岩系。东北北部、西北及青藏石炭系厚度较大，并夹有火山岩，系地槽型沉积。

【二叠纪】地质时代，古生代的最后一个纪。始自距今 2.9 亿年，止于距今 2.5 亿年。因德国二叠纪沉积具明显的二分性（上部为白云质灰岩，下部为红色砂岩）而得名，系日本地质学家首先使用，中国沿用。二叠纪地层最早被研究的地区在乌拉尔西坡的彼尔姆城，故英文名称为 Permian。在二叠纪末南北大陆最终对接，形成联合大陆。全世界形成一个环绕联合大陆的泛大洋。在大陆东侧则为喇叭形的特提斯海。受赤道暖流影响，特提斯海域及北美西部区有暖水型动物群。二叠纪海生无脊椎动物继续繁盛，陆生脊椎动物中仍以两栖类中的迷齿类为主，但形状奇特的壳椎类仍继续存在。温暖浅海中珊瑚礁仍时常出现。美国得克萨斯西部和新墨西哥东部的礁灰岩成为石油的良好储集层。陆生植物极为繁茂，晚期松柏、苏铁等繁育。二叠纪在世界各地形成巨大煤田，是地史上一个重要的成煤期。在另一些地方自二叠纪晚期开始气候干旱，形成红层和盐类矿床。非洲中南部则自石炭纪末起即为陆相沉积。中国华南早二叠世海侵，晚二叠世在许多地区形成海陆交互相含煤沉积。晚二叠世最晚期又有新的海侵。华北则早二叠世为重要的成煤环境，至晚二叠世成煤环境逐渐南移，最终成为红色陆源碎屑堆积环境，成为典型的内陆干旱盆地。西部海槽沉降；北部海槽早期接受沉积，晚期隆起；南部喜马拉雅海槽晚二叠世出现海陆交互相及陆相沉积。二叠纪中期开始地壳活动转烈，晚二叠世许多陆块隆起，华南西部发生大面积玄武岩流。秦

岭昆仑和天山兴安海槽褶皱成山。

【二叠系】二叠纪形成的地层。在欧洲分为赤底及镁灰岩两个统。下统有阿赛尔、萨克马尔、阿丁斯克、空谷四个阶；上统有卡赞和鞑靼两个阶。中国二叠系也为两个统，各含两个阶，依次为栖霞、茅口、龙潭、长兴四个阶。二叠系中常有含煤沉积，可形成具工业价值的煤田。

【中生代】地质时代，显生宙的第二个代。始于距今 2.5 亿年前，止于距今 6500 万年前。包于三个纪：三叠纪、侏罗纪、白垩纪。陆地植物以裸子植物为主，晚期已出现被子植物。海生无脊椎动物中，以菊石最有代表性，分布广，进化规律性明显。脊椎动物中的以恐龙最为重要，曾占领陆地的大部分生态域。同时其他爬行动物，如水中的鱼龙、蛇颈龙、幻龙，空中的翼龙也繁育在适合的环境中。始祖鸟首先出现于中生代中期稍晚，有牙齿的鸟则大量出现于白垩纪晚期——中生代之末。中生代还是哺乳动物最初获得发展的时代，整个中生代占去哺乳动物生命史的 $3/4$ ，但中生代哺乳动物数量少、种类少、个体小，地域分布不广，对于划分对比地层的意义不大。中生代末发生的地壳运动及气候的剧变，尤其是大气中氧含量的减少，造成许多生物种类的绝灭。这时期的绝灭事件仅次于二叠纪——三叠纪之交的那次绝灭事件，也就是中生代以地球上两次最大的绝灭事件为界。白垩纪末的地壳运动造成的大规模海退也使陆地面积明显增加，形成现代大陆的基本轮廓。中国在中生代初受海西构造运动的影响相对小于三叠纪晚期的印支运动。中生代末的燕山运动影响范围可及于环太平洋带及特提斯带。

【中生界】中生代形成的地层。中国的中生界以陆相地层为主，分布于大陆上的许多沉积盆地中；海相地层多分布于大陆边缘，仅三叠纪早期和中期曾分布于南方。中生界陆相沉积中夹有含煤地层，可形成有价值的矿产资源。其次石油、天然气及与蒸发岩有关的矿产（石膏、石盐、钾盐）等也很多。

【三叠纪】地质时代，距今 2.5 亿年至 2.05 亿年，为中生代的第一个纪。1834 年曾先应用于德国中部，因这一时期的岩层三分性质明显而得名。经过二叠纪的大规模生物绝灭，三叠纪生物群面貌有较大改变。裸子植物中的苏铁、银杏以及真蕨类和节蕨类开始繁盛。菊石类开始大发展，双壳类也开始繁盛，腕足动物的穿孔贝类、小嘴贝类开始繁盛。鱼类中亚全骨类及全骨类繁盛，恐龙类开始大发展，古两栖类渐趋绝灭，哺乳动物在三叠纪晚期开始出现。三叠纪地壳运动规模及强度减小，三叠纪末联合大陆开始解体，陆地面积开始增加。三叠纪气候比较均一，大气中氧含量比二叠纪明显减少。三叠纪共持续 4500 万年，可分为早、中、晚三个世。中三叠世之末，在中国南方及其以南地区发生了规模宏大的构造运动，称为印支运动。从此时起形成大规模海退。印支运动前全球已形成泛大陆与泛大洋体系。即除中国华南几个小型陆块外，全球的大型陆块均已完全拼合，被大洋所包围。大陆东部为一个巨型海湾（特提斯海），位于赤道偏北部。

【三叠系】三叠纪形成的地层。分为下、中、上三统。在德国上统及下统为红色陆相沉积、中统为灰绿色海相沉积，三分明显，因而得名。在英国为陆相红色砂岩称新红砂岩。阿尔卑斯区全部为

海相沉积，分为三统八阶，下三叠统称斯基特统，自下而上分为哥里斯巴赫阶、那马尔阶和斯帕斯阶。中三叠统有安尼阶、拉丁阶，上三叠统包括卡尼阶、诺利阶、瑞替阶。在北美上三叠统为红色陆相沉积。在南非、南美、南极、印度、澳大利亚广泛分布红色陆相碎屑沉积。三叠纪沉积中蒸发岩较发育。中国南部在早中三叠世形成大面积碳酸盐岩沉积，晚三叠世为海陆交互相沉积并有具工业价值的煤层。中国北方则为陆相沉积，局部地区可能有海相夹层。二叠系及三叠系之间地层界限及生物绝灭事件的性质、规模及其意义的研究，正引起地质学家的极大兴趣。印度古生物学家古普塔在二叠——三叠系界限地层研究中的作伪事件，曾一度引起地质界瞩目。在古特提斯海地区，包括中国华南，下三叠统分为哥里斯巴赫、那马尔和斯帕斯三个阶。

【侏罗纪】地质时代。中生代的第二个纪。始自距今 2.08 亿年，止于距今 1.35 亿年。1829 年得名于法国和瑞士交界的侏罗山（现代地图上译名汝拉山）。侏罗纪生物反映了典型中生代的面貌，植物以苏铁、松柏、银杏等裸子植物为主。恐龙极为繁盛且有许多大型种类。鱼龙及翼龙也处于全盛时期。海洋中的菊石等也在分异度和种群数量上占有优势。鱼类中软鲨鱼类——鲨和真骨鱼类中的全骨类遍布全球海域。哺乳动物处于进化的早期阶段。联合古陆仍在继续裂开，冈瓦纳古陆开始解体，开始形成南大西洋，印度洋也开始形成。全球气候较一致，气候较炎热，并从湿润向干旱发展。中国属暖温带及热带、亚热带气候。繁茂的森林利于形成煤炭资源。

【侏罗系】侏罗纪形成的地层。下统称里阿斯统，在西欧多黑色岩

石，又称为黑侏罗统，自下而上可分为赫唐、辛涅缪尔、普林斯巴和托尔顿四个阶。中统称道格统，因一些含铁岩石中常有大而不规则的结核而得名，又因岩石多呈褐色而称褐侏罗统，包括巴柔、巴通和卡洛斯三个阶。上统为麻姆统，因多灰白色灰岩及泥灰岩，又名白侏罗统，分为牛津、基末里和提塘阶。

【白垩纪】地质时代。距今 1.35 亿年至 6500 万年。由于西欧的白垩而得名（1822 年）。赫胥黎《天演论》中所描述的英吉利海峡的断崖即由白垩沉积形成。白垩纪的生物群与侏罗纪近似，直到白垩纪晚期发生大规模绝灭止。此时，冈瓦纳大陆继续解体。劳亚古陆继续北移，末期北美与欧洲间开裂，形成北大西洋。海侵发生于欧洲、北美、非洲及南美，亚洲大陆边缘有海水，大陆本部隆起为陆，有陆相湖泊河流沉积。白垩纪气温较高，潮湿气候区范围大，直到白垩纪末，气候转冷。燕山运动自侏罗纪开始，至白垩纪末，活动日益剧烈。白垩纪末的生物绝灭事件的规模仅次于二叠至三叠纪间的大规模绝灭事件，已引起学术界愈来愈多的注意。尤其与恐龙绝灭有关的问题至今仍为人们热衷讨论的问题。

【白垩系】白垩纪形成的地层。习惯上分为两个统，下统包括贝里阿斯、凡兰吟、欧特里、巴列姆、阿普第和阿尔比六个阶，上统分为赛诺曼、土仑、康尼亚克、三冬、坎潘、马斯特里赫特六个阶。现在也有人主张分为三个统，但未为大多数人所接受。中国南方白垩系多为红层，华东多为火山物质和杂色沉积。

【新生代】地质时代。显生宙的最后一个代。始自 6500 万年前，一直延续至今。新生代包括二或三个纪，即第三纪，第四纪，或老

第三纪、新第三纪和第四纪（将第三纪的二个亚纪视为独立的纪）。新生代为被子植物和哺乳动物大发展的时代。人类也在新生代出现。新生代的造山运动在中国称为喜马拉雅运动，以喜马拉雅的隆起，特提斯海的闭合和北美落基山脉和南美的安底斯山的隆起为特征。

【第三纪】地质时代。始于 6500 万年前，止于 164 万年前。1866 年起正式命名（沿用早期的命名）。第三系一名，1760 年已出现，原用于阿尔卑斯及意大利平原地层划分，指盖在古老变质岩系（名原始系）和中生界（第二系）之上的已固结的沉积物。第四系一名指第三系上的松散未固结岩层。第三纪分为老第三纪和新第三纪二个亚纪（或纪），前者又分为古新世（65—56.5 百万年）、始新世（56.5—35.4 百万年）和渐新世（35.4 百万年—23.3 百万年），后者分为中新世（23.3—5.2 百万年）和上新世（5.—1.64 百万年）。在第三纪冈瓦纳古陆继续解体，印度板块向北运动挤压亚洲板块，其他各大陆也已接近现在位置，大西洋继续扩张。渐新世后期特提斯海封闭，自中新世最后期至上新世，青藏高原隆起逐渐加速（最初平均海拔 1500 米左右）。各陆块间的通路（地峡）时开时合，从而造成陆生脊椎动物的迁移通道时有时无，影响到各地动物群的一致性。同时有关海峡通与闭也使海生无脊椎动物的分布发生变化。例如特提斯海东部自渐新世末封闭，形成非洲与欧亚大陆间的通道；中新世晚期特提斯海西部出口闭合，形成蒸发岩沉积；上新世大西洋与地中海新出入口打通；白令海峡于中新世末打通而在上新世末再次闭合；巴拿马地峡到中新世末形成等。第三纪早期气候温暖，中间有过几次降温。中新世后期气温开始逐步下降，直到第四纪初进入全球性冷期。早第三纪哺

乳动物具有原始特征，由于气候适宜，多大型哺乳动物；自中新世以后的晚第三纪起，与现在哺乳动物面貌相近的哺乳动物得到发展，以迄于今。第三纪陆相沉积的区域性特征较强，但由于陆生脊椎动物的迁移，使之尚可进行对比，但作为地层对比的标准仍以海相沉积为准。因此，对地层的划分及地质时代的确定有时有较大变动。最近的变动为中新世陆相地层系统的变化，在中国将过去认为属于上新世的“三趾马红土”划为中新世最晚期地层。

第四纪地质

【第四纪】地质时代。新生代的最后一个纪，至今的人类社会仍属这一时代。始于距今 164 万年前，直到现在仍未结束。可分为两个世，早期为更新世，自 1 万年前进入全新世。第四纪的海陆位置及动植物群的面貌均与现代极为接近。气候自上新世末期的寒冷期后，即处于大冰期气候中，但气候波动较多。第四纪下限是地学界近年讨论的热点问题，曾有 300 万年、240 万年、180 万年和 70 万年等多种意见。中国目前多采用 240 万年（古地磁松山反向期之前，高斯正向期之后）的界限。有一部分古脊椎动物学家主张采用 185—164 万年间的界线，这一界线是以海相沉积与深海温度曲线及海生无脊椎动物对比为依据的，它位于吉尔萨正极性事件之前，奥杜威正极性事件之后。69—70 万年则取布容正向期与松山反向期之间的一条界限。300—320 万年的界限是取吉尔伯特反向期与高斯正向期之间的一条界限。基于现代环境变迁及其

演变规律是人类认识环境及预测未来的重要环节，第四纪不同阶段环境及其规律的研究正日益引起重视。第四纪地质及环境变迁已成为研究的热点。

【第四纪沉积物】第四纪时期形成的沉积物的总称。按成因可划分为残积物、重力堆积物、坡积物、洪积物、冲积物、湖泊沉积物、沼泽沉积物、海洋沉积物、地下水沉积物、冰川沉积物、风成沉积物、生物沉积物、人工堆积物等类型（火山碎屑沉积物是一种特殊的成因类型）。第四纪沉积物断续地覆盖在陆地表面和海洋底部，一般呈松散状态，保持原有堆积形态和原始产状。第四纪沉积物的厚度各地差异较大，在连续下沉地区可达到 1000 米以上，而上升地区则几乎没有接受沉积。第四纪沉积物中最常见的化石是哺乳动物（人类化石及文化遗存是第四纪沉积物中所特有的）、软体动物、有孔虫、介形虫及植物的孢粉。第四纪沉积物中 useful 矿物富集可形成第四纪矿床，如金、金刚石、锡石等。

【重力堆积物】陡坡下方或洞穴底部由于重力作用形成的堆积物，包括崩塌、滑坡形成的堆积物。重力堆积物的分选性和磨圆度一般都很差，碎屑物多呈棱角状、无层理、厚度和规模不一。重力堆积物可以由基岩的碎屑组成，也可由各种第四纪沉积物再堆积而成。大型滑坡形成的堆积物中有时还保存有原岩的结构、构造和地层的层理。由重力作用形成的岩屑堆，其顶部碎屑较细，向下逐渐变粗，具有一定的分选性。

【人工堆积物】由人类地质作用形成的堆积物。又可分为废石堆积物——是指人类采矿活动中由地下采出的矸石、围岩等暂时无利

用价值的岩石角砾所构成的堆积物，无分选、无磨圆、大小混杂；废渣堆积物——是人类生活中抛弃的废品所形成的堆积物，如垃圾、炉渣等，其成分可以是有机质和无机质的混合物，全世界每年约有 10^9 吨以上；建筑堆积物——是人类按其目的经过一定程度加工、有固定形状的堆积物质，按加工情况又可分为松散的土石堆积物，如路基、堤坝等，和固结的建筑堆积物，如柏油路面、水泥建筑物等。考古学将人类历史上形成的人工堆积物称为“文化层”。人工堆积物可形成一些特殊的地形，但同时也加重了堆积地面的负荷，可引起地面沉降。

【古土壤】地质历史时期形成的土壤。被埋藏的古土壤称埋藏土壤。由于后期的破坏，古土壤的上部往往被冲刷，只保留其下部的淀积层。古土壤中腐植质由于被分解、淋滤而减少，使其颜色变浅，深埋地下的古土壤，由于上覆地层压力的作用，结构往往发生变化，原土壤中的裂隙、团粒结构等变得不明显，因此，时代越老的埋藏土壤其次生变化的程度一般越高，越不易鉴别。目前所见的主要是第四纪形成的古土壤，有些是第三纪的，再早地质历史时期的古土壤因已石化变形，难以辨认。古土壤是研究古气候和古地形的重要标志，是划分、对比第四纪地层的重要依据，如我国北方第四纪黄土中有多层埋藏土壤，反映了气候由潮湿渐次变为乾旱的过程。

【洞穴堆积物】石灰岩地区溶洞等洞穴中的沉积物。洞穴是岩溶地区重要的沉积场所，其中的堆积物主要有：溶蚀残余物——富含三氧化二铁及三氧化二铝的红色粘土物质，称“赭土”；化学沉积物——石钟乳、石笋、重晶石、石膏、石英、萤石等；重力堆积

物——是洞顶及洞壁崩塌下来的石灰岩岩块及石钟乳碎块等，角砾状，大小不等，是洞穴堆积物的主要部分；地下河、地下湖沉积物——砾砂及淤泥等；生物及文化堆积物——第四纪哺乳动物化石、人类化石及文化遗迹，有些洞穴中还有鸟粪及蝙蝠粪的堆积，是极好的肥料。洞穴常是古代动物和人类的栖息场所，因此在洞穴堆积物中常可发现动物化石、人类化石，有时还保存有人类活动的文化遗迹等，这些都是研究地质历史、人类发展史及岩溶发育历史的珍贵资料。如北京周口店龙骨山的溶洞中发现了世界著名的中国猿人北京种化石和山顶洞人化石，以及相应的文化层。另外，有些有用矿物在洞穴堆积物中富集，可形成矿床。

【第四纪冰期】发生在第四纪的冰期。又称第四纪大冰期，是地球近代历史中的重要事件。第三纪末，气候开始转冷，至第四纪初，全球气候显著变冷，寒冷气候带向中、低纬度迁移，在高纬度及高山地区广泛发育冰盖或山岳冰川，根据对冰川作用遗迹的分析，这一时期冰川的规模很大，在欧洲，冰盖南缘可达北纬 50° 附近；在北美，冰盖前缘一直伸到北纬 38° ，南极洲的冰盖也远比现在大得多；在中、低纬度，以至赤道附近的高山上也有冰川作用；在中国，不仅包括东北、西北、西藏和西南等地的山地和高原，而且波及到东部山区和山麓平原。全盛时期，冰川覆盖了全球 32% 的面积。由于第四纪的气候有过多次寒、暖交替，并且大的周期性变化有全球一致性的特点，因此又形成了次一极的冰期（亚冰期）和间冰期。第四纪冰期在欧洲研究最早，根据对阶地及冰碛物等的研究，确定阿尔卑斯地区由老到新有恭兹、民德、里斯、玉木四个亚冰期和三个间冰期。近年来在恭兹亚冰期前又发现了多脑亚冰期和伯比亚冰期。中国的第四纪冰期分为红崖（龙川）、鄱

阳、大姑、庐山、大理五个亚冰期和四个间冰期。

【中国第四纪冰期】指根据中国境内的冰川遗迹对第四纪冰期的划分。第四纪冰川作用的遗迹，在中国分布相当广泛，不仅包括东北、西北、西藏和西南等地的山地和高原，而且波及到东部的山区和山麓平原（对中国东部山区是否有过冰川活动目前尚有争议），但由于地理位置和自然条件的影响，主要为中、小型山岳冰川，且更新世早期冰川作用的范围远远超过更新世晚期冰川作用的范围，冰期和冰缘气候几乎笼罩全国。对中国第四纪冰期的划分，首先由李四光在 20 世纪 30 年代提出，他根据冰蚀与冰碛地貌，冰碛物的风化程度、分布规律以及接触关系等，将庐山的第四纪冰期划分为鄱阳、大姑、庐山三个亚冰期。经最近几十年工作，有很多新发现，目前有采用五次冰期的方案，由老到新依次为：红崖冰期或龙川冰期、鄱阳冰期、大姑冰期、庐山冰期、大理冰期。基于北半球第四纪冰川现象的同时性，中国由鄱阳冰期以后的四次主要冰期大致可以和欧洲恭兹冰期以后的主要冰期相类比。

【龙川冰期（红崖冰期）】分别代表中国北方和南方第四纪中第一个冰川气候周期的开始。红崖冰碛层的出露剖面在河北省阳原县红崖村，为一套棕红色冰水粘土夹砾石及含漂砾的冰碛泥砾层，总厚约 30 米，含有磨面条痕石。红崖冰碛层的钻井剖面见于北京延庆、通县等地钻井中，为绛紫红色泥砾、冰水砂及粘土互层，厚约 150 米，半成岩，并已遭受风化。龙川冰碛层见于云南省元谋龙川河畔老雅塘，为埋藏在元谋组底下的冰蚀洼地及一套冰碛、冰水砾石层，冰碛层受构造变动有 40° 倾角。红崖冰期及龙川冰期的

古地磁测定距今大于 310 万年。对红崖冰期至今仍有争论。

【鄱阳冰期】中国第四纪冰期中较早的一次冰期。李四光首先在江西庐山鄱阳湖畔发现此期残留的冰碛物，故名。冰碛物为胶结坚硬的绛色泥砾，湿热化程度较深，泥砾中充满铝土质白条、白斑，风化剥落后呈蜂巢状孔洞。冰水相砂砾石层分布在九江甘棠湖附近。鄱阳湖中鞋山岛遗留有本期冰川泥及来自庐山的漂砾。这期冰碛物在中国东部多有发现，冰川遗迹表明它是大规模的山麓冰川。

【大姑冰期】中国第四纪冰期中继鄱阳冰期后的一次规模较大的冰期。其命名地点在庐山鄱阳湖畔大姑山。本期的冰流由庐山王家坡冰川谷向东北方向流注，共形成五条环带状终碛堤，岩性主要是红土泥砾或赭红色粘土包裹砾石的堆积物，其成岩及湿热化程度均较鄱阳冰期的绛色泥砾为轻，但冰碛层剖面上白条较粗，不呈蜂窝状，多网纹。本期冰碛物与冰蚀地形相联系，并伴随有羊背石、冰溜面、表皮构造等现象，终碛衔接有冰水沉积物。大姑冰期遗迹在国内分布较普遍，保存较好，表明为规模较大的山麓冰川。

【庐山冰期】中国第四纪冰期中晚于大姑冰期的一次冰期。命名地点在庐山王家坡冰川谷中的长岭头地段，在海拔 800 米以上，分布有冰斗，悬谷及冰蚀谷等冰蚀地貌；冰蚀谷中见有四道终碛和侧碛等冰碛物及冰碛地貌。冰碛物由黄褐色冰川泥砾构成，冰川条痕石较多，疏松，风化浅，覆盖在大姑冰期红色泥砾之上，因此应晚于大姑冰期，是庐山地区最晚的一次冰川活动。庐山冰期

冰川的规模较小，在中国东部多为山谷冰川。

【大理冰期】中国第四纪冰期中最晚的一次冰期。命名地点在云南省大理市点苍山，在海拔 3000 米以上分布一套冰蚀地貌、冰碛物和冰碛地貌，形态清晰，保存完好。大理冰期时，中国东部处于冰缘气候，东北广泛分布猛犸象—披毛犀动物群。当大理冰期的极盛时期，发生了全球性最大海面下降，在中国沿海及大陆架地区，最低海面降到—150 米等深线位置，中、朝、日的大陆架露出水面成为滨海大平原。大理冰期在沿海一带明显地划分为早、晚两次副冰期，其中被一次小间冰期分隔，在此期间（距今约 2—3 万年）发生了全球性的海进，中国渤海湾的海水抵达河北献县一带。

【中国第四纪火山】即中国境内第四纪时期的火山活动。中国第四纪的火山活动十分频繁，有的地区一直延续到近代。中国第四纪的火山活动与地质构造关系密切，主要分布在东部沿海及横断山脉南端、青藏高原北缘的中、西段、冈底斯山北侧等地，属于环太平洋和地中海——喜马拉雅构造带的一部分。第四纪时期，中国有过多期、多次的火山活动；早更新世，除西北地区外，其他地区均有活动，形成玄武岩、安山岩；中更新世，东部地区相对较强烈；晚更新世，活动广泛，且有多次喷发，以大同火山群为代表，形成橄榄玄武岩和火山碎屑岩；全新世，在中国东部及西部地区均有活动，以黑龙江五大莲池为代表，形成玄武岩。

【大同火山群】位于山西省大同盆地东部的更新世火山群。火山区面积约 700 平方公里，分布有 22 座火山锥及一些寄生火山和大片

熔岩。火山锥大多由熔岩和火山碎屑物组成，一般无明显火山口，少数具环状或半环状火山口。熔岩为橄榄玄武岩、橄榄玻璃玄武岩、玻璃玄武岩、橄榄中粒玄武岩、橄榄粗粒玄武岩及橄榄斜长玄武岩等，一般呈黑色，熔岩的中部致密，底部及顶部呈熔渣状、多气孔。该地的火山喷出物常夹于更新世古大同湖的湖积物、古桑干河的冲积物、以及风积、坡积、洪积的黄土层中。该火山群的喷发时代约在中更新世—晚更新世间，并有多次喷发。

【腾冲火山群】位于云南省腾冲附近的新生代火山群。其分布面积近 1000 平方公里，已查明的火山口有 60 多个，其中火山口明显可辨的火山锥 20 多座，最高的为大六冲火山锥，海拔 2761 米，最大的火山口为象塘，直径达 1000 米。腾冲火山群从上新世开始活动，一直延续到全新世，有四个活动时期：上新世，火山活动的特点是较分散，早期喷发中性熔浆；早更新世，火山活动的规模较大、较集中，形成高大壮观的火山锥，主要由安山质火山岩组成；中更新世，活动规模减小；晚更新世——全新世，主要为沿盆地中心线的零星喷发，以玄武质火山岩为主，多形成溶岩台地及小型火山锥。全新世形成的火山，其外貌清晰，火山机构完整，熔岩流表面可见流动构造，基本上无风化层。该火山群附近多温泉，小震、微震活动频繁。有资料表明，腾冲火山群很可能是一休眠火山而不是死火山。

【大屯火山群】位于中国台湾省的最北端，为上新世晚期——更新世间喷发形成的火山群，由大屯山（海拔 1081 米）等 16 座火山锥组成，分布在南北长 23 公里，东西宽 27 公里的地区内。该火山群喷发形成的熔岩以角闪石安山岩、辉石安山岩为主，伴有少

量玄武岩。区内多温泉，并有天然蒸气喷出，产硫磺，为中国最大的自然硫矿床。

【卡尔达火山群】位于新疆维吾尔自治区于田县南部昆仑山山间盆地中的现代火山群。已发现火山锥共 5 座，还有一些穹隆状熔岩丘。分布范围达 200 平方公里。熔岩为辉石安山岩、橄榄玻基安山玄武岩、碱性玄武岩、次火山岩及流纹岩。有的火山锥顶部呈复式火山锥，显示曾有过两次活动。该区在 1951 年 5 月 27 日曾有过一次喷发，形成一个锥体十分完整的火山锥，比高 145 米，锥顶海拔标高约 4900 米，锥体底座直径 642 米，火山口呈圆筒状，深 56 米。这次喷发为中国最近的一次火山喷发。

【五大连池火山群】位于黑龙江省德都县北部，是第四纪更新世以来多次火山喷发形成的火山群。火山群由大小 14 座火山锥组成，分布面积约 600 平方公里。其中南、北格拉球等火山形成于晚更新世；老黑山、火烧山形成于 1719—1721 年，这次火山喷出的熔岩堵塞了河流，形成 5 个串珠状的堰塞湖，合称五大连池。（参见中国自然区划中的五大连池火山分布图。）该火山群喷发形成的熔岩主要有玻基辉橄岩、白榴石玄武岩、歪长橄榄岩，此外还有浮石、火山弹、火山砾、火山灰等。熔岩流表面常形成千姿百态的表壳构造，极为壮观。该火山群的火山锥都由火山碎屑组成，为岩渣钢，锥体高度一般 65—160 米，老黑山 250 米，坡度 30°左右。顶部可见火山口，略呈圆形，内壁陡峭，其直径与基底直径之比一般在 1:2—1:3 之间。五大连池火山群是一个理想的天然火山博物馆，同时也蕴藏有丰富的火山矿产资源、热水资源和旅游资源。药泉山还有矿泉水，是个良好的疗养地。

【第四纪矿床】第四纪时期形成的矿床。按其成因类型可分为内生矿床、风化淋滤矿床和沉积矿床。内生矿床目前仅见少数的火山矿床，如金刚石、硼、自然硫、石材等。风化淋滤和沉积型矿床是第四纪矿床中的主要类型，可形成多种金属和非金属矿产资源，如铁、磷、铝、泥炭、浅层天然气、盐类及金、金刚石、锡石的砂矿等。我国的第四纪矿产资源非常丰富，更由于第四纪矿床大多位于地表或接近地表，矿石疏松，具有良好的开采条件。

【第四纪砂矿床】第四纪形成的各种砂矿床。是第四纪矿床中最重要的类型，按其成因可分为：残—坡积砂矿，是母岩经过风化、剥蚀，堆积在原生矿床附近或经重力作用堆积在缓坡地带砂砾层中的砂矿；洪—冲积砂矿，分布于河床、河漫滩、阶地、冲出锥、洪积扇中的砂矿，是流水将原生矿床中的有用矿物或较老堆积物中的砂矿搬运到适当部位富集而成的；湖积砂矿，多分布在河流入湖的入口地带，因水动力条件发生变化，使河流携带的耐风化、耐磨蚀的矿物沉积下来形成砂矿；海积砂矿，即滨海砂矿，海浪的重力分异作用，使有益的矿物富集而成，它存在于海滨月形沙滩、沙嘴及海岸阶地上。第四纪砂矿床中又以冲积和海积砂矿最为重要。第四纪砂矿可以形成一些具有工业价值的矿床，如金刚石、锡石、金、铂、金红石、水晶、独居石、石英沙、锑等。

大地构造

【大地构造单元】地壳（岩石圈）的基本构造单元。是根据构造运动（地壳运动）和地质构造的类型、基本特点而划分的各种类型的大地构造区，是地壳大型构造的基本单位，属大地构造学范畴。由于人们对构造运动和地质构造类型与基本特点的认识不完全一致，所以划分的大地构造单元也有所不同。如地槽—地台说者，根据构造运动的活动程度，将地壳划分为两类大地构造单元，即活动性弱的地台区和活动性强的地槽区；地洼说者又划分出一种新的活动区——地洼区；板块构造说者则将全球岩石圈（地壳）划分为六大板块或若干个板块等。

【克拉通】地壳上已经达到稳定、在漫长的地质时代里（至少自古生代以来）很少受到变形的部分。是一种大地构造单元。按 1921 年柯柏提出这个概念的内涵，克拉通既包括大陆部分，也包括有大洋盆地的部分，但板块构造的研究表明，海洋中不可能存在克拉通，因此这个词现仅局限于大陆部分，也有的学者将其称为高位克拉通。大陆上广布的克拉通（中央稳定区）既包括地盾也包括有地台，即过去所谓的大陆克拉通。克拉通在世界各大洲均有分布，如中朝地台、扬子地台、南非地盾等，由于克拉通具有古老而稳定的特征，所以它对于前寒武地质研究及一些大型和巨型矿床的生成具有良好的条件。

【地盾】克拉通或地台中有大面积古老的基底岩石出露的地区。地盾是一个大地构造学名称。它通常具有平缓的凸面，且被有盖层的地台所环绕；由于地盾长期稳定隆起，遭受侵蚀而缺少盖层，或仅在局部拗陷中有薄的盖层沉积。可见，地台和地盾在结构上的差别是前者由盖层和基底构成双层结构，而后者仅由基底组成，均是前寒武纪的岩石，为一元结构。世界上著名的地盾有加拿大地盾、波罗的海地盾，南非地盾等。

【地轴】地台边缘呈长轴状展布的，由基底变质岩系组成的、长期隆起且活动性较强的地带。属地台的次一级大地构造单元。如康滇地轴，内蒙地轴等。地轴这一概念是黄汲清根据对中国地台区的研究提出的。地轴具有以下特点：（1）常与地台边缘的轴缘拗陷相伴随；（2）地轴与地槽临接的一边常以深断裂为界；（3）具多旋回的造山运动和岩浆活动，构成了多旋回的构造、岩浆活动带，也是一个多旋回的成矿带。

【地台】（陆台）大陆的一部分，其上部覆盖着水平或缓倾斜的岩层（主要为沉积岩），其下伏岩层是埋深不同的、更早期变形时固结形成的结晶基底。地台是一种大地构造单元，具有双层结构。地台形成后以升降运动为主，但升降的幅度和变化都较小，因而沉积盖层较薄，厚度和岩相亦较稳定，构造变动、岩浆活动及区域变质作用均较弱，是地壳当中运动性较小的部分。与地台相对立的大地构造单元为地槽，活动性强。一般认为，地台是由地槽转化而来，但地台形成后，仍在继续发展。中国主要的地台有华北地台，塔里木地台和扬子地台。

【地槽】地壳上一些沉降很深的活动地带，主要是呈狭长或盆地状的槽形，长可达数十至数百公里以上，宽数十至数百公里。地槽是一种大地构造单元。地槽的沉降和接受沉积及火山活动的时间较长，其中的浅海相火山岩及沉积岩可厚达数千米。地槽位于较稳定地区或克拉通之间，或者是活动时的大陆与大洋盆地之间。史蒂勒（1940）根据火山物质的有无或多少将地槽划分为优地槽和冒地槽。板块构造学说的研究表明，地槽相当于大陆边缘。

【前陆】又称前地。与造山带相毗邻的稳定地区，造山带的岩石受挤压向前陆逆冲或推覆。一般说来，前陆为地壳的大陆部分，相当于克拉通或地台区的边缘。在世界各地造山带的前陆地区，多形成复杂的构造盆地，并接受来自造山带的沉积物。

【上叠盆地】造山带发展期后产生的叠置在其上的断陷盆地或坳陷盆地。上叠盆地是次一级的大地构造单元，它常跨越在地槽内部的不同构造单位上。中国西南部的三江造山带及其它许多造山带的上叠盆地极为发育，而且这类盆地在农业、矿产等许多方面对发展山区经济有着重要意义。

【造山带】构造运动中地壳上经受强烈褶皱和其它变形的狭窄线形地带。造山带是一个大地构造单元，其发展的前期为活动带或地槽，在遭受构造变动及造山作用之后上升隆起成山脉。因此，造山带与地槽回返形成的褶皱带含义相似。例如中国的燕山造山带、秦岭造山带、喜马拉雅造山带、三江造山带和东南造山带等。

【活动带】泛指地壳上构造活动性、运动幅度和速度都比周围大的狭长地带。活动带的含义广泛，是一个大范围内的描述性名词，不能作为严格的构造单元名词。各类型的地槽、褶皱带、造山带、断裂带及围绕克拉通核部的较年轻的线状变质带均可称为活动带。

【盖层构造】发生在地台盖层内的构造。由于地台盖层刚性小，所以其中除断裂外，也可产生地台型褶皱，但其变形则较为轻微。基底构造对盖区构造有一定的影响，盖层中形成的箱状褶皱或梳状褶皱具有典型性，在中国四川省东部华莹山一带及欧洲侏罗山一带发育完美，构造地质学上称之为侏罗山式褶皱。

【正向构造】又称正性构造，正量构造。泛指地壳中相对隆起的构造单元。因其规模、形状、内部结构及成因均具有不确定性，仅用于研究程度较低区域的构造单元划分，与正向构造对应的是地壳中相对坳陷的构造单元，称为负向构造或负性构造、负量构造。

【构造层】地壳发展过程中在一定的构造单元里于一定构造阶段中形成的岩层组合。构造层是一种大地构造单元。通过分析构造层的岩层组合特点及构造样式可以认识并恢复形成时这一区域的大地构造性质和类型。每一构造层在时间上代表地壳发展历史的一定构造阶段，空间上代表构造阶段所影响的范围。各个构造层之间通常表现为明显的间断、区域性的不整合和构造样式群的性质改变。相邻构造层在变形类型和强度上有显著不同，构造层可分为不同的级别，构造地质学上运用最多的是细分的亚构造层，此外，按构造旋回的时代划分的大的构造层如加里东构造层，海西构造层，燕山构造层等也经常使用。

【构造岩浆区】在一定构造环境中，发育着一定类型的岩浆建造并具有相应的内生成矿特点的地区。构造岩浆区是一类大地构造单元，由马杏垣等（1961）提出。根据中国的具体条件，可划分出三种基本类型的构造岩浆区：（1）地槽型构造岩浆区；（2）地台型构造岩浆区；（3）太平洋型构造岩浆区。

【沉积建造】泛指在地壳发展的某一构造阶段中，于一定的大地构造环境中以及在一定的气候条件下所形成的沉积岩的共生组合。沉积建造是地槽的重要组成部分。根据沉积岩石的组合特点，可将沉积建造划分为复理石建造，磨拉石建造、硬砂岩建造和硅质——火山岩建造等，每一类型均反映了地槽发展的不同阶段及形成时的不同的构造环境。如复理石建造反映地槽回返前的振荡、侵蚀及重力滑动的构造环境；而磨拉石建造则出现于褶皱回返的期后阶段，在褶皱带（造山带）外侧边缘拗陷的补偿性盆地中。总之，各种沉积建造都是在构造运动相当强烈的条件下发展起来的，反映构造运动速度快、幅度大，而且极其频繁。沉积建造与成矿关系极其密切。

【绿岩带】绿色岩系的分布地带。这种绿色岩系主要由玄武质和安山质火山岩及沉积岩组成，形成于地壳强烈活动地带。绿岩带是一种大地构造单元，是由于后期的变质作用产生大量角闪石、绿帘石及绿泥石等绿色矿物而得名。由于太古代的大多数金属及非金属矿产的形成和空间展布都与绿岩带发育密切相关，所以世界各国地质学家特别重视对太古代绿岩带的研究。太古代绿岩带为发育在太古宙克拉通范围内的变质火山岩和沉积岩的特殊组合。

它是地球历史中早期阶段的特有产物，也是地壳最早的火山岩和沉积岩，并与太古宙花岗岩或花岗片麻岩共同构成地盾中最古老的稳定核心。中国早元古代早期的五台群的空间延伸即为一个绿岩带。

【华北地台】主体位于中国华北地区的地台，轮廓大致呈三角形，北以阴山山系北缘为界；西南界位于龙首山及合黎山之南，后经清水河，六盘山西麓向南延至天水附近；由天水往东大致经西安、栾川、六安一线，构成地台南界；东界为由合肥往北北东方向延经嘉山、连云港没入黄海的郯城—庐江断裂带构成。华北地台是位于中国境内的主要大地构造单元之一，它和朝鲜地块一起，统称为中朝地台。华北地台总体地势为西高、东低，其基底大致形成于早元古代末的吕梁运动；此后特别是古生代表现相对稳定，形成了地台盖层。本区内出现的前寒武纪地层最大同位素年龄为 32 亿年。根据华北地台内部地质构造发育及发展历史的差异可进一步划分为内蒙地轴，东满地块，山东地块，及淮阴地盾，秦岭地轴，鄂尔多斯地台等次一级构造单元。

【塔里木地台】位于新疆南部塔里木盆地的前寒武纪地台。包括介于天山山系及昆仑山系之间的塔里木盆地及盆地边缘的中低山脉，长约 1500 千米，宽约 200—600 千米。塔里木盆地为塔克拉玛干大沙漠覆盖。塔里木地台是中国西北地区的一个相对稳定的大地构造单元，其基底形成于晚元古代晚期，从震旦纪开始进入盖层稳定发展阶段，中新生代，地台区内形成了规模巨大的断陷和坳陷盆地。根据其内部地质构造发育及发展历史的差异可划分出一系列的次级构造单元。塔里木地台盖层中由于蕴含大量石油

和天然气资源，越来越受到重视。

【扬子地台】位于中国中部及西南部的地台。包括从云南东部到江苏整个长江中下游流域及南黄海。扬子地台是中国南部一个相对稳定的大地构造单元，其内部地势复杂，西南部为云贵高原，海拔一般为 1500—2000 米间，由于强烈上升，导致河流强烈切割；西部为四川盆地，海拔仅 400—600 米；东部为低山丘陵及平原区。扬子地台基底经历了多个构造阶段，最终形成于约 8 亿年前的晋宁运动扬子期；震旦纪至中三叠世为盖层形成的稳定发展阶段；晚三叠世—新生代地台又重新活化。扬子地台在其形成、演化过程中，内部构造的发育及发展都表现出很大的差异，据此可划分出次一级的构造单元。扬子地台在中国大地构造学等理论研究及矿产和工、农业生产实践中占有极重要的地位。

【天山—兴蒙地槽系】位于中国北部的地槽系。东起东北北部，西经内蒙、宁夏、甘肃等省、自治区北部，到新疆北部。是横贯天山、内蒙、大兴安岭的褶皱带。天山—兴蒙地槽系是亚洲区的一个大地构造单元，属于亚洲中部鄂霍茨克—蒙古—中亚巨大的中亚地槽褶皱区的一部分。天山—兴蒙地槽系区内以高山峡谷的地势为主，其地质经历复杂，在古生代先后进入强烈活动阶段；最后在二叠纪晚期封闭；中、新生代形成地槽期后的小型山间拗陷和大型内陆拗陷。区内巨厚的槽型沉积建造、大量的火山喷出和岩浆侵入证据以及多期构造运动的形迹表明它具地槽的各种基本特征。根据褶皱系内各地区地质构造特征及其发展历史的差异，可将地槽系划分为九个二级构造单元，如阿尔泰地槽，天山地槽、松辽地块等。

【秦祁昆仑地槽系】横贯中国中部呈近东西向延伸的地槽系。西起昆仑山南麓，往东经祁连山、巴颜喀拉山，直至秦岭、大别山。北邻华北地台和塔里木地台，南与扬子地台和喜马拉雅造山带相连。地势上属青藏高原北缘的山区，以一系列平行高耸的山脉和深切的峡谷和盆地间列为特点。秦祁昆仑地槽系为中国大地构造单元之一，是一个自震旦纪以来直至三叠纪末长期活动的地区，内部结构非常复杂，根据地质发展的特征，可划分为若干次级构造单位。现代板块构造学从造山带的形成、发展和演化对秦祁昆仑地槽系进行了新的研究，取得了系统的认识。

【喜马拉雅造山带】位于中国西南部的造山带，包括西藏的绝大部分，新疆南部边沿，青海的南部，四川和云南的西部及印度、巴基斯坦、不丹和东南亚国家的北部。北接秦祁昆仑地槽系，东界扬子地台，南邻印度地台。喜马拉雅造山带是全球范围醒目的大地构造单元，其内部地势包括藏北高原、横断山系及喜马拉雅山系。喜马拉雅造山带是印度板块和欧亚板块碰撞而形成的。板块的凸出部分先于始新世（约 4.5—5 千万年）发生碰撞，在碰撞部位发生强烈的挤压和逆掩作用，板块之间接合在一起而形成缝合线，缝合线中由于推覆出露洋壳岩石而形成线状分布的蛇绿岩套。陆壳在部挤压带厚度增大，形成推覆辗掩构造和巨厚的陆壳厚度，在地形上表现为最高的山链和大高原。

【华南地槽系】又称东南地槽系。位于中国东南部的地槽系。包括浙、赣、闽、粤四省全部，湘桂两省的大部，苏皖两省南部及鄂、滇两省东南部。其西北界与扬子地台相邻，在滇东南以红河断裂

带与喜马拉雅造山带为邻,东以台湾海峡与西太平洋地槽系毗连。华南地槽系是中国东南部的一个活动性比较大的大地构造单元,地势上基本为一个丘陵地带,西南部为云贵高原的一部分。华南地槽系的地质构造和发展历史均很复杂。在长期的地质历史中,各个阶段均具有各具特色的沉积建造,岩浆活动和构造变动,而且在空间上各个地区都有明显的差异,据此,华南地槽系可进一步划分为南岭地槽、东南沿海地槽及右江地槽三个二级构造单位。

【郯庐断裂带】中国乃至亚洲东部的一条重要的剪切深断裂带。总体呈北北东向延伸。该断裂带的起迄点、延伸长度及路径迄今尚有争议。多数学者认为它南起北部湾,北至鄂霍茨克海,如此全长达 5000 千米。郯庐断裂带大体可分为北、中、南三段;北段自沈阳向北;中段北起沈阳,南至大别山东麓、长江北岸;南段自长江向南。目前中段的研究程度最高,南段是否存在及存在方式均有不同认识。郯庐断裂带是亚洲东缘中、新生代岩浆活动的地带,也是重要的成矿带和地震带。该断裂带在地质历史中发生过明显的裂谷作用和左行平移,但震源机制表明现在呈右行平移。

【雅鲁藏布江深断裂带】大体沿西藏雅鲁藏布江延伸的深断裂带。在中国境内长达 2000 千米。该断裂带向西,顺印度河延伸;向东,在雅鲁藏布江大拐弯处,经墨脱一带折向瓦弄之南,而后进入缅甸境内。沿断裂带出露了中国境内规模最大的蛇绿岩套和混杂堆积带,在缅甸境内,不仅有大量的硬玉,而且还发现大量的蓝闪石片岩。因此世界上大多数地质学家认为这一断裂带是印度板块和欧亚板块的缝合线;但也有人认为缝合线在更北一些的位置。沿整个断裂带现代地震活动频繁,特别是两个弧束形成的构造结点

(帕米尔和阿萨姆)附近,震源深度大100—200千米。

【加里东造山带】欧洲的主要造山带。从爱尔兰、苏格兰的西北延至斯堪的纳维亚。因系早古生代的加里东造山运动造成,故得名。加里东造山带既是欧洲的一个大地构造单元,也可指世界上同期形成的造山带。加里东造山带的东南前沿在斯堪的纳维亚保存完好,从造山带向波罗的地盾的逆冲推覆距离多达100千米以上。带内的岩石变形,挠曲和花岗岩化极其强烈,其构造关系极为复杂。造山带西北前沿已被大西洋切割,仅在英国西北侧有所保存。英国的加里东带东南前沿出露不好,大部被后期沉积覆盖。与加里东造山带同期形成的造山带在世界广泛分布,因而被各国地质学家广泛研究。

【华力西造山带】又称海西造山带。由海西(华力西)造山运动所形成的褶皱带。其延伸方向从南爱尔兰和威尔士到法国北部、比利时和德国北部。乌拉尔亦属海西造山带。从英国延伸到德国东部的东西向宽阔海西期褶皱带已经破裂成一系列孤立地块和岩块。海西造山带形成于晚古生代,自泥盆纪初期始,至二叠纪末。

【阿尔卑斯造山带】欧洲阿尔卑斯以及其他一些年青的巨大造山带和褶皱山系。该带呈东西向延伸,从西班牙一直延至亚洲南部,该造山带形成于中、新生代,是阿尔卑斯运动的产物。

【中央构造线】又称中央裂线、中央线等。将日本西南部划分为内、外带的一条构造线。目前最明显的表现是赤石山地西缘领家带与三波川带分界带以及沿和泉层群南缘的垂直断层,该带自赤石山

地西缘南下，经纪伊半岛北部、四国北部、以至中九洲。中央构造线从白垩纪至第四纪都有断续活动，是日本最重要的构造线之一。

【大地构造学假说】为解释地球外层（岩石圈）的岩石组成、分布、变形、变质以及各种地球物理场的变化而提出的理论假说，属大地构造学中的综合性理论分支，是地质学中的上层建筑，是通过对各种地质、地球物理资料（如地层、古生物、岩石、岩相、构造、变质、古地磁等）的综合分析而成。同时，其反过来又能指导地质学各分支学科的研究工作。地质学的发展历史表明，一个新的大地构造学理论（假说），常对地质学各分支学科的研究方向及研究内容产生深远的影响。板块构造理论，就是一种能较好地解释地球的现状和历史的大地构造假说。

【槽台说】大地构造假说之一，提出于 19 世纪中、下叶，20 世纪中叶达到顶峰。该学说认为地球表层由两部分组成：一部分为狭长条带状的拗陷，具有较大的沉降速率，沉积地层较厚，而且常有火山活动及变质作用，为地球上的活动带，称为地槽；另一部分称为地台，其范围广泛，而且比较稳定，沉降速率小，因而其沉积地层薄而稳定。该学说还认为，地槽与地台可以相互转化，地槽通过造山作用发生褶皱而隆起，形成稳定的地台，地台也可以通过地台的裂陷作用而重新转化成活动带——地槽，两者的转化组成了地质历史的主旋律。槽台说是一定历史条件下的产物，对地质学的发展起到了一定的促进作用。但也有一定的局限性，事实上，地槽概念一提出就引起了某种程度的混乱。目前该学说已逐渐被板块构造理论所取代。

【多旋回说】中国地质学家黄汲清（1945）提出的大地构造假说，是槽台说的进一步发展。多旋回说认为，任何一个褶皱造山带大都经历了多次造山运动，每一次运动称为一个旋回，每一个旋回都包含有相应的岩浆活动、沉积建造、变质作用及成矿作用。这些地质作用在每一构造旋回的不同阶段有不同的特点，如每一旋回初期出现基性、超基性岩浆岩，而后地槽部分褶皱、同时花岗岩侵入，而后是安山岩的喷发、基性、超基性岩—花岗岩—安山岩系列活动构成了一个完整的构造岩浆旋回。根据各次构造运动（旋回）对地槽演化的重要性可将各旋回划分成：（1）主旋回，结束地槽发展阶段的质变旋回（2）次旋回，除主旋回外的各旋回，又可据时间划分成前期旋回及后期旋回。多旋回说部分地反映了地质发展的实际情况，可与现代板块构造互相渗透，互相补充，从而丰富板块构造的内容。

【断块构造说】中国地质学家张文佑于 50 年代后期提出的大地构造假说。断块构造说首先强调地球自转派生的经向水平挤压力是构造运动的主要力源；其次强调深大断裂在地壳变形中的作用。经向水平挤压首先形成潜势剪切应力网络，应力进一步作用，形成全球“X”型断裂体系，并将地壳分割成形状各异、排列规则的地块，地块的性质和变形取决于分割该地块的断裂性质。当进一步变形所形成的大型的隆起和凹陷，而后又发展成张性追踪断裂，这些追踪断裂进一步活动就构成了地堑、地垒式构造，这样的地带就是地壳的应力集中带，这些应力集中带控制了地壳中的板块运

动、深大断裂、转换断层、裂谷成因及地槽系的演化等。形成“X”型构造体系的应力场在地质历史中是不断发展和变化的，可以因地壳的进一步隆起或凹陷发生局部改变，或随地壳经纬度方向和径度方向的蠕变作用而加强或减弱。根据断块的性质、形变特点及年代将断块划分成三种类型：断块、断拗、断褶。据切割深度将断裂划分成四级：岩石圈断裂、地壳断裂、基底断裂及盖层断裂。该学说极大地丰富了大地构造理论，开阔了人们的思路，但由于受当时科技发展水平限制，也有一定的局限性，如控制构造演化的主要力源等问题依然值得探讨。

【地洼学说】中国地质学家陈国达于 50 年代提出的大地构造假说。该学说认为，地壳构造的发展过程是“活动区”与“稳定区”这一对矛盾相互更叠的过程，两者是对立的，但又以一定的条件向其对立面转化，这种转化并不是简单的重复，而是由低级到高级、由简单到复杂的发展过程。当稳定地台转化成活动区时，其已不再是地台之前出现过的地槽了，而比地槽更复杂，称为地洼，因而地壳的演化发展阶段为：地槽→地台→地洼。地槽之前可能有古老的稳定区，地洼之后也可能有新生的稳定区，地壳就是循环不断地向前发展、不断地转化成有别于早期阶段的更新的构造单元。该学说将是辩证思想在大地构造学中的反映，还以其独特的视角提出了地洼成矿学理论，指出了地洼区找矿的远景，很好地指导了地质找矿工作。

【波浪状嵌镶构造说】中国地质学家张伯声于 20 世纪 60 年代提出

的大地构造假说。主要内容有两点：（1）地壳由不同级别的构造带或结构面分割成一级套一级的块体，这些块体又为夹于其间的构造带或结构面结合起来。这就是镶嵌状构造。（2）在同一应力场作用下形成的构造带与夹于其间的块体相间排列，这种排列在构造地貌上显波状起伏，这就形成了地壳的波浪状结构。同一地壳波浪系统的同级相邻构造带之间具有等间距性。不同方向的波浪系统相互交织组成网格状，从而形成了地壳的波浪状镶嵌构造格局，这一构造格局是由地壳的波浪状运动引起的，运动的原因是地球的脉动——膨胀与收缩及由此引起的地球自转速度的变化。该学说认为全球存在四个最大一级的收缩中心及相应的隆起中心：（1）北冰洋（收缩）—南极洲（隆起）（2）太平洋（收缩）—非洲（隆起）（3）印度洋（收缩）—加拿大地盾（隆起）（4）南大西洋（收缩）—西伯利亚地台（隆起）组成了全球最大一级的波浪状镶嵌系统，是地球作四面体收缩所致。

【地质力学】运用力学原理对地质构造现象进行解释的一种大地构造假说。中国学者李四光教授提出的与地球自转有关的大地构造假说，是力学与地质学相结合的边缘学科。该学说认为，地球转速变化是引起海岸线变化及岩石变形的动力，当转速增大时，海水流向赤道，引起低纬度地区的海侵，相反，海水流向两极，引起高纬度地区海侵。这种作用也必然会引起岩石变形，岩层向经向及纬向滑动，从而形成纬向、经向、弧形等构造带，地质力学认为结构要素、构造地块和构造体系是地质构造的三重基本概念。地壳各部分发育的各种构造形迹都不是孤立存在的，它们彼此相

互依赖，相互制约，构成具有内在联系的统一体。不同形态、不同性质、不同级别、不同层次，但具有成生联系（源于统一应力场）的各种形迹所组成的，具有一定形态特征的总体称为构造体系。现在所说的构造体系主要有三大类：（1）纬向构造体系（2）经向构造体系（3）扭动构造体系。构造体系思想是系统论在地学中的反映，符合矛盾相互联系的原理。

【板块构造说】又称新全球构造说。最流行的大地构造假说，该学说是在地幔对流、大陆漂移、海底扩张学说基础上由勒皮雄、摩根及麦肯齐等于1968年提出的，该学说认为，平均70公里厚的岩石圈是由为数不多（10—25个）、大小不等的岩石圈板块拼合起来的。每一板块都“浮”在地幔的某些粘性层（软流圈）上，彼此都能独立地运动、相互挤压、磨擦，形成各种构造现象。板块之间有三种接触边界类型（1）离散型边界，如洋中脊等，这种边界两侧的板块向相反方向运动。（2）会聚型边界，如海沟附近，边界两侧板块相互挤压，碰撞，往往形成山脉（3）转换型边界，如转换断层，该处两板块相互侧向错动。该学说认为板块的驱动力是地幔的对流及海底扩张，在洋中脊附近，地幔物质上涌，推动板块向两侧运动，同时，地幔对流也带动其上的板块运动，在海沟附近，两大板块发生碰撞，大洋板块因较重而下沉，俯冲到大陆板块的下面，当到达一定深度，发生重熔，一部分物质以火山的形式喷出地表，另一部分重新进入地幔参加对流。这一过程控制了地球上大部分地质现象。板块构造假说一经提出就引起地学界的广泛重视，因其能较好地解释地球上的许多地质现象，被称

为地质学的一场革命，但板块的驱动力、板内构造特点等一系列问题依然有待于进一步研究。

板块边界类型

【热点】地球表面与深地幔流动有关的热异常点，深地幔流动指地幔中一种上升的圆柱状热固体物质流，可能是从软流圈以下地幔内几百千米的相变界面上涌出的，一般称为热柱，热点则是热柱的地表出露点，表现为地面上一些孤立的火山，形成一些与板块会聚边界无关的火山活动中心。热点的分布特点是静止板块上热点多，而快速移动板块上热点少，原因是热点群的移动速率缓慢，与其上移动的板块相比几乎不动，因而，静止的板块因长期位于热点之上，板块易被熔透而形成地表热点火山，这些地区常有不同时代的熔岩重叠，如果热点之上的板块移动较快，而板块又易被熔透，则在板块上形成链状的火山活动带，离热点愈远，火山时代愈老；若快速移动的板块不易熔透，则其上热点很少。因而，热点的分布及活动性，可用来推测板块的活动性。

【大陆增生】一种大地构造假说。早在 19 世纪就已提出。该假说认为，大陆有一个古老的核心（陆核），随着地质时代的发展，较年青的地质体逐渐“焊接”到陆核之上，从而使大陆范围扩大，因而大陆有一个从核心到边缘递减的时代分带。目前对大陆增生有两种不同的解释。槽台说认为，地槽一般沿大陆克拉通边缘发育，通过造山及变质作用，地槽转化成新大陆并焊接到陆核之上，大陆通过这种方式扩展；板块学说认为，在大陆边缘的俯冲带上，由于火山作用及俯冲引起的削刮作用也能使火山岩及部分海洋沉积物“焊接”到大陆之上形成新大陆，使大陆“生长”。

【缝合线】又称地缝合线。两大板块相向运动，互相碰撞时的接合线。碰撞时受到强烈变形，往往表现为强烈的褶皱山脉。其为划分板块边界的要素之一，也是寻找古板块的重要依据，同时还是成矿的有利地带。

【九十度东海岭】位于印度洋东部的一条海岭。在印度洋中共有四条海岭，其中的三条在印度洋中部相交形成一个倒“Y”字形。另一条位于印度洋东部东经 90°线附近，近南北向展布，向北直插孟加拉湾，其被称为 90°东海岭。

【裂谷系】全球规模的狭长断陷地带。是地球上规模最大的构造现象之一。地球上的裂谷并非完全独立，往往以一定规律组合成裂谷系或裂谷带。裂谷在地貌上往往表现为线形排列的一系列盆地、谷地、低洼地、湖泊等，裂缘带常为断崖。在地质构造上最大特点是：裂谷两侧边界为一对大致平行的，向内倾斜的高角度正断

层，在剖面上常呈 V 型，内部构造复杂。裂谷系岩石组合中常有火山岩，一般产于穹状隆起背景上，为水平张应力作用的结果。受异常地幔控制，地壳较薄，重力值降低地震波速降低，电导率增高，热流值增大等。按地壳结构类型，一般将裂谷系划分成三种类型：（1）具大陆型地壳的大陆裂谷系如东非裂谷及莱茵裂谷系等（2）具大洋型地壳的大洋裂谷系，以洋中脊为代表（3）具过渡型地壳的过渡型裂谷系或陆间型裂谷系，如亚丁湾，红海等。裂谷系是地壳张力活动带，三种不同类型的裂谷系代表了地壳分裂演化的不同阶段，其演化序列如下：大陆裂谷→过渡性裂谷→大洋裂谷。裂谷系也是现代火山活动带、浅源地震带，对寻找石油、褐煤、钾盐、金刚石及火山型金属矿产具有重要意义。

【混杂堆积】不同岩性、不同形状、不同大小、不同时代、不同变质变形程度的岩石共存在一起的地质体，一般没有层理，或层理不完全，但却可以在地质图中填出的岩石地层单位。它由外来岩块、原地岩块及基质三部分组成。构成岩块的岩石一般较坚硬，基质一般是相对塑性的岩石。在强大的压力作用下，基质普遍发生剪切变形，甚至流动，流进岩块之间的不规则空隙中。混杂堆积常具如下特点：（1）成份复杂；（2）岩块大小不一，形态各异；（3）普遍受不同级别的剪切变形；（4）分布于特定的构造部位，常见于俯冲板块前端的迭瓦状构造带中。其形成包含了两种作用，即破碎作用和混合作用，当一板块俯冲到另一板块之下时，俯冲板块上的沉积物一部分随同俯冲板块进入地幔，另一部分则因仰冲板块的阻挡、挤压，储积在接触线上，与沉积在海沟中的物质，逆冲板块前缘的塌落岩块以及通过构造侵位上来的洋壳碎片挤压混杂在一起，形成混杂堆积。混杂堆积是板块俯冲带前缘的岩石学

标志，对于确定板块俯冲带位置意义重大。

【双变质带】区域上大体平行，地质时代相近，性质绝然不同的高压型和低压型的两条变质带。是日本学者都城秋穗据环太平洋特别是日本列岛的区域岩石学研究成果提出的概念。其形成与大洋板块的俯冲有关。在大洋板块的俯冲带上，俯冲一侧由于温度较低的新沉积岩石及洋壳下沉比较迅速，因而地温较低，同时由于上覆岩石的重力以及俯冲的挤压力，在俯冲板块上面形成了高压低温环境，并发生变质作用，形成以蓝闪石，硬柱石等高压矿物组合为特征的高压变质带。在俯冲带的仰冲板块一侧，由于俯冲板块的熔化消失，引起挥发份和岩浆上升，因而常有火山活动，在地壳表层形成侵入岩，在侵入岩的接触带上发生接触变质，形成低压高温变质带。这两条带共同组成了双变质带。双变质带是板块会聚边缘的直接证据。

【剩余磁性】岩石都含有一定的磁性矿物，在岩石形成过程中，由于受当时地磁场的影响，磁性矿物定向排列，从而使岩石显出一定的磁性，当岩石固结时，磁性就被保持下来，这就是岩石的天然剩余磁性。古地磁就是古老岩石在形成及演化过程中保存下来的剩余磁性。通过对古地磁的研究，可以确定岩石所处的古纬度，结合其他地质资料可以推测岩石的运移方向和距离。20 世纪 70 年代对大洋古地磁的研究促进了板块构造的诞生，随后又开展了古地磁与构造变形之间关系的研究，初步研究发现，通过岩石古地磁的研究，可以推测岩石的变形强度及矢量。古地磁研究的前景十分广阔。

【地磁倒转】一个地区的古地磁，在经历一段时期之后，常常倒转 180° ，恰恰指示相反的方向的现象。这种现象通过古地磁的测量发现，起先人们认为这是由于岩石内部原因引起的。后来发现地磁倒转与地球磁场南北极周期性转换有关。引起磁极倒转的原因依然需要进一步研究。地磁倒转比较普遍，据太平洋及大西洋洋底岩石的古地磁研究，在最近的 8000 万年内，地磁倒转次数已达 170 次以上，由此建立起来的地磁倒向表可用于对比及确定地质时代。

【伸展构造】用板块构造学说来解释和揭示岩石圈内大规模的引张作用。现代构造地质学的研究业已表明，在地球岩石圈演化的所有阶段和各种不同的构造环境中均有伸展构造产生；在形成的规模上，可大至全球规模，或者发生区域性或局部性的引张裂隙作用；而在岩石圈较深的内部物质则表现为地壳内或壳下的韧性流动带。伸展构造是 20 世纪 80 年代才逐步为人们所认识的。此前，由于人们直观看的是地球表面由挤压而引起的隆起的高山、高原等，所以对由挤压而引起的推覆构造等进行了详尽的研究；而对伸展构造的发现和认识使人们对构造地质学科的研究从单纯的“浅层次挤压体制”走向更全面。近年来，随着大陆伸展构造的兴起，人们已逐渐认识到，大陆伸展环境对成矿控矿的重大意义；同时，有关大陆热点、裂谷带成矿以及剥离断层控矿研究的成功实例，更推动了全球的伸展构造研究高潮的兴起。

【剥离断层】大陆伸展区(拉张区)发育的低角度正断层。地表是以脆性变形为主形成的高角度正断层，向深部延伸以逐渐变缓的角度交于一个低角度正断层上。由于这个低角度正断层正位于岩石

圈中的脆性变形与韧性变形的过渡区域,因而构成了岩石圈的层圈界面,且其中的岩石变形后形成了糜棱岩。由于剥离断层具正断层性质,随着它的活动而产生构造剥离,使地下较深的老岩石逐渐出露地表与近地表的较新的岩石接触,而两者之间可造成地层的大量缺失。剥离断层形成的特殊构造环境也表明其在物理化学性质上具氧化—还原过渡的性质,加之强烈的脆、韧性剪切作用,使得许多金属矿物如铜、铅、锌、金、银等容易沉淀富集,形成大型内生金属矿床。自1972年提出这一概念以来,在各国受到地质学界的重视;中国先后在北京西山、中条山、安徽月山、湖南桃林等地发现了类似的构造,并实际应用于矿床成因理论的研究和找矿勘探工作。

【变质核杂岩构造】大陆伸展构造的重要型式。是从破裂和被拉开的上地壳岩石下被拉出来的,位于大规模缓倾的正断层(剥离断层)之下的较老的由中下地壳岩石组成的地质体。变质核杂岩构造在空间上呈穹状或长垣状大型背斜的外貌,顶部为以韧性变形为特征的磨棱岩组成的韧性剪切带,因而具有韧性剪切变形的各种运动学特征。由于构造剥离作用,变质核杂岩中早期韧性变形岩石上升进入脆性变形域而叠加了脆性变形和退变质作用;而这个变化的过程伴随了一系列的岩浆及热液和矿液活动,可在不同环境中分别形成各种规模的多种内生金属矿床。所以自1980年提出这个概念以来,人们对变质核杂岩进行了广泛的研究。在中国,先后发现了房山、中条山等许多类似构造,同时,对其在理论上及实际应用上的认识也更趋深化。

【褶皱层构造】在地壳较深构造层次中,由于伸展作用使原生成层

且顺序排列的沉积岩发生水平的分层剪切流变,其变形结果,就某个单层看,形成顺层的韧性剪切带和顺层的掩卧褶皱,其新形成的平行的面状构造完全置换了沉积层理;但从总体上看,岩层的大套层序仍保持不变。这种经过了变形—变质作用重新组合的具一定层序的成层岩石具有杂序的特点。运用这种概念很好地解释了许多中、浅变质岩区的岩石变形特点,因而目前已被普遍运用于这类地区的区域地质调查工作之中。

【大陆漂移说】一个有关地壳运动的假说。早在 16 世纪就已有有人提出,但在 20 世纪初才由德国气象学家魏格纳及泰勒等人完善并正式提出。他们认为,所有大陆在中生代以前曾连为一体(约 2 亿年),称为联合古陆或称泛大陆,侏罗纪之后,大陆发生大规模的分裂漂移,使联合古陆解体,并在较重的玄武质地幔上漂移,逐步形成现今的格局。大陆漂移的主要依据有:(1)大陆边界有如撕裂的报纸,能很好地拼合;(2)各大陆中的地层组合、古生物及构造形迹等的一致性;(3)古地磁资料;(4)古气候及古冰川资料等,当时魏格纳等人并没有很好地解释漂移的原因。后来,大陆漂移说与地幔对流,海底扩张说相结合,形成了板块构造学,才较好地解决了这一问题。

【海底扩张说】20 世纪 60 年代初由赫斯和迪茨等人提出的有关海底地壳生长和运动的一种假说,该学说认为,洋中脊及其他大型裂谷系是地幔对流物质的出口,新的洋底就在这儿形成,新的洋壳形成后,逐渐向洋中脊两侧扩张,当其到达海沟附近后,又重新沉降到地幔中去,海底地壳边生长,边消亡,因而其时代比较新,一般不超过 2 亿年。这就是海底扩张的主要内容。该学说是在大规模海

底古地磁测量的基础上产生的,海洋钻探等方面的资料为海底扩张说提供了有力的依据。

【现代地质时期】决定现代山地高度及现代盆地深度的剧烈地壳垂直运动出现的时期。现代地质时期是新构造学研究的时期。是冰期的一部分。实际上,决定现代地形起伏的时期可推至冰期以前,所以也可能不全属冰期。现代地质时期没有确定的时间限制,因而为一个描述性名词。

【构造蠕动】相对较缓慢的构造变动。构造蠕动是新构造运动方式之一,是新构造学研究的主要内容之一。构造蠕动包括活褶曲及大范围的缓慢的地壳形变和断层蠕动等形式。断层蠕动是相对于急剧破裂位移活动的另一种断层活动方式,即稳定滑动方式,它反映了断层构造活动的增强或减弱,通常,大地震是在断层蠕动小或无蠕动的地段发生的,所以断层蠕动停止的地方可能是大地震前兆。实验理论研究表明,在高压、低温、低孔隙度或含白云石、方解石等软弱矿物条件下,易于产生蠕动。在世界上一些主要的地震带及地震区如中国的京、津、唐地区及美国的圣安德列斯断裂带,都广泛地进行着断层蠕变的观测和研究,作为地震预报的依据。

【差异性断块构造】广大的范围内为众多的断裂分割成断块,各断块间产生错动的新构造。差异性断块构造是新构造运动方式之一。断块错动多继承古老的断裂,特别是长期发育的深断裂。在中国主要表现为两种活动方式的差异性断块构造:一种是西部地区的受深大断裂控制的强烈差异性断块构造,地貌上形成高耸的断块山和深陷的断陷盆地,如天山、龙门山及四川盆地等;另一种在中国

东部沿海地区发育,地形上形成低山丘陵,其断裂活动的深度较大,有大规模基性熔岩溢出,现代火山活动及温泉也很发育,但构造运动梯度较小,如胶东半岛。

【活褶曲】正在活动的现代的岩层弯曲、挠折、褶曲等各种褶皱构造。活褶曲是活动构造类型之一,也是新构造学研究内容之一。活褶曲主要在阿尔卑斯、喜马拉雅等新生代造山带中继承性表现出来。在相对稳定地块内部,伴随地震的断裂活动及大面积升降运动也可形成。对活褶曲的研究,特别是地壳大范围的最新拱曲变形,采用精密水准测量及地倾斜测量方法,编制地壳垂直变形图进行研究。

【活动构造带】地壳中构造运动十分活跃的地区,多呈带状分布。活动构造带是活动构造表现的主要形式,是新构造学研究的地壳构造单元。在活动构造带中,表现出火山活动多且强烈,地震频繁,温泉和热泉密集,地形起伏高差悬殊,呈线性或弧形的隆起,第四纪地层变动显著。显然,这种构造活动地带多位于板块的边缘,如环太平洋造山带,东非裂谷带等。

【活动构造单元】大型的、现今正在活动或断续活动的构造群或构造体系。活动构造单元是研究活动构造过程中进行的一种分类,并无确切的含义,是一个描述性的名词。它包括如活动断裂带,活动地块以及地壳的板块等。

【第四系厚度分析法】运用第四系的沉积厚度对新构造运动的方式、速率及发育史进行研究的一种方法。第四系厚度分析法是地质

—地貌法的一项主要方法,也是新构造学研究手段之一。第四纪是新构造时期的主要阶段,其堆积物的厚度变化,间接反映了地壳运动的性质和幅度。第四系厚度很小,甚至缺失堆积物的剥蚀区,表示新构造期中地壳上升;而新构造沉降区,则有厚度较大的第四纪堆积物。在确定地层的绝对年龄和堆积史的情况下,还可以此计算出新构造沉降史。值得注意的是,第四系厚度所反映的新构造幅度只是近似值,而且以反映新构造沉降区最为有效。这种方法目前在第四纪地质学上广泛运用。

【现代地壳运动委员会】研究现代地壳运动的国际性学术团体。1954年,在国际大地测量和地球物理协会下,曾设立现代地壳运动问题的专门研究组。1960年作出决定,建立研究现代构造运动的常务委员会。仍隶属于国际大地测量及地球物理协会。该委员会成立后,倡议召开过多次关于现代地壳运动问题的国际座谈会、讨论会,对现代地壳运动的研究起了一定的促进作用。该委员会第一任主席为原苏联的舍里亚科夫,秘书为日本的宫村摄三。

【阜平运动】华北地区发生于太古代的一次构造运动。华北的太行山区太古代岩石自下而上可分为三个群:阜平群、建屏群、五台群。其间均为角度不整合。阜平运动就是形成阜平群与建屏群间角度不整合的那次构造运动。后来的进一步工作取消了建屏群,归并到阜平群中,因而阜平运动成了阜平群与五台群之间的构造运动。

【五台运动】华北地区元古代早期的一次褶皱运动。反映在五台山区五台群(太古代岩石)与早元古代滹沱群之间的角度不整合。其发生运动的绝对年龄在24—17亿年间。

【吕梁运动】华北地区前震旦晚期岩系与震旦系之间的强烈地壳运动。主要表现为褶皱及断裂变动、岩浆活动、区域变质作用及部分混合岩化作用,这次构造运动使华北地区及东北南部地区自地槽转化成稳定的地台状态,吕梁运动的时限为 19—18 亿年,其最明显的地质表现就是在华北地区常见的,前震旦纪地层与震旦系之间的角度不整合。

【四堡运动】发生于震旦纪早期的一次地壳运动,据广西罗城地区前寒武系岩层板溪群与四堡群之间的角度不整合所确定,具体活动时代为距今 14 亿年左右。

【震旦旋回】震旦系顶底面所代表的时限内的构造运动,并认为这是元古代阶段与寒武纪以来地质阶段之间的中间环节。

【晋宁运动】震旦纪的一次褶皱运动。这次运动使得震旦系岩石与下伏前震旦系岩石间形成强烈的角度不整合。这次运动在中国南方十分常见,并使扬子准地台基底基本固结,开始其稳定发展阶段,运动发生的时限约距今 9.5 亿年。

【印支运动】发生于包括三叠纪在内的整个中生代初期的地壳运动,时限大约为距今 2.25—1.9 亿年前,这次运动使整个世界的格局都发生了很大变化,因而这次运动得到了广泛的承认。

【燕山运动】侏罗纪、白垩纪期间广泛发育于中国境内的重要构造运动。主要表现为褶皱和断裂变动、岩浆喷发、侵入活动及部分地

带的变质作用。在不同部位,燕山运动的强度及表现形式有很大不同,如中国东部乃至整个西滨太平洋带,构造活动及岩浆活动有向太平洋方向愈加强烈的趋势。燕山期运动有长期性、多幕性相结合的特点。这次构造运动与太平洋板块的运动密切相关。燕山期运动是中国的重要形变期、成矿期,对整个环太平洋带以至部分特提斯带等都有重要影响。

【喜马拉雅运动】新生代以来的造山运动。首先在喜马拉雅山地区确定,故名。这一运动使中生代的特提斯海变成巨大山脉,更新统的湖泊,河流堆积物隆起达 2000 多米,因而是一次极强烈的构造运动。这次构造运动的时限从始新世末(约 5000—6000 千万年)开始,一直延续至今。这次运动不限于喜马拉雅山地区,在中国的台湾以及地中海、高加索、缅甸西部、印尼、菲律宾等地都有反映,对现代的地形特别是中国的地形起了决定性的作用。

大 气

【大气】包围地球的整个大气圈的总体称为大气,大气在地球表面的密度在标准状态下每升重 1.293 克,愈向上愈稀薄。大气总体质量约 5.3×10^{18} 千克,约占地球总质量的百万分之一。其中 90% 集中在离地面高度的 15 千米以内,99.9% 在 48 千米以下,约在 2000 千米以上空气极其稀薄,逐渐向星际空间过渡。大气属于混合气体,在 85 千米以下其组成成分除少数可变气体(如水汽、二氧

化碳、臭氧等)外,主要气体的组成是不变的,称匀和层,在匀和层中氮、氧、氩合占总体积的 99.96%,其余为氦、氩、氖、氙、氢等微量气体。110 千米以上称非均匀层,这里各种气体是按分子量或原子量的大小由下向上排列的。自 110 千米向上原子氧逐渐增加,直到主要是原子氧的层,再向上为原子氮层(高 1000—2400 千米)和原子氢层(2400 千米以上)。在均和层中有少量可变气体,其中有些虽然很少但却很重要。臭氧主要分布在 10—50 千米之间的气层内,特别集中在 20—30 千米范围内(称为臭氧层),这里的臭氧浓度达 1×10^{-6} (体积比)。在大气低层不受污染时臭氧浓度约为 0.005×10^{-6} ,受污染后可达 0.5×10^{-6} 。二氧化碳在 10—20 千米以下分布比较均匀,相对含量基本不变,但随着工业化的发展,化石燃料用量增加,以及森林面积减少,使大气中二氧化碳增加,1890 年二氧化碳的含量为 0.0296%(体积比),1978 年已增至 0.0332%。它的增加对气候变化有影响。水汽的含量随海陆及温度不同有较大的变化,它的变化与云和降水有很密切的关系。

大气按温度随高度的变化,可分为对流层、平流层、中层、热层及外逸层。对流层详见条目“对流层”,平流层详见条目“平流层”。中层是从平流层顶(50—55 千米)到约 80—85 千米的气层。在中层,一则由于臭氧已很少,二则由于氮氧等气体能直接吸收的波长更短的太阳辐射,大部分已被上层大气吸收。层内温度类似于对流层,随高度的增加而递减,因此中层有相当强的垂直气流。中层顶高约 80—85 千米,年平均温度约 190K,有时出现夜光云。从中层顶到 250 千米(太阳宁静期)或 500 千米(太阳活动期)称热层,热层由于直接吸收太阳辐射温度随高度增高。在太阳宁静期的夜里,约为 500K 左右。在太阳活动期的白天,温度可达 2000K 左右。外逸层指离地面高度约 500 千米以上的大气区。外逸层大气十分稀

薄,有些速度较大的中性粒子,能克服地球引力而逸入星际空间。

大气按电磁特性分层,可分为中性层、电离层和磁层。中性层从地面到约 60 千米,主要为不带电的中性粒子,只在局部地区(如雷暴区)有较多的带电粒子。电离层为 60 千米到 500—1000 千米的气层。这里较多的气体分子吸收了太阳中的 X 射线和紫外辐射电离而成带电粒子。根据电子密度的大小,可把电离层从下而上分为 D 层(60—90 千米),E 层(90—140 千米),F 层(140—500 或 1000 千米),各层的高度、厚度和电子密度随昼夜、季节、太阳活动而变化。电离层能反射电波,对无线电通信很重要。在电离层之上是磁层,从 500 至 1000 千米开始延伸到磁层边缘,太阳风动能密度和地磁场能密度相平衡的曲面就是地球磁层的边界,称磁层顶,被作为地球大气的上界。磁层顶对向太阳的一侧,离地心约 8—11 个地球半径;背太阳一侧磁层可延伸到几百个甚至 1000 个地球半径以外,形成一个磁尾。

【对流层】大气圈最下面的一层大气,在赤道约 17—18 千米厚,中纬度平均厚度约 12 千米,极地约 8 千米,并有季节变化,夏季增大,冬季减小。对流层的温度一般随高度递减,平均每上升 1 千米降低 6.5°C 。因为大气对太阳的短波辐射吸收很少,不会因太阳的直接辐射而直接加热,太阳辐射使地面加热后发射长波辐射,再加热低层大气,通过对流、湍流逐步将热量向上传,高度愈高温度愈低,直到对流层顶。对流层顶是对流层过渡到平流层的过渡区,厚度约几百米到 1—2 千米。对流层中对流活动较强是其主要特点,并因之而得名。风、云、雨、雪、雷暴等天气现象都在这层发生,所以是气象学研究的主要对象。对流层的底部接触地球表面,受地球表

面状况的影响很大;所以对流层的底层的大气运行规律更为复杂,又把这一层称为大气边界层。

【平流层】从对流层顶到约 50 千米高度的大气层。平流层内温度随高度的增加而增高,下半部增高缓慢,上半部增高很快,这种特征,主要是臭氧对紫外辐射的吸收形成的。平流层内空气大多作水平运动,对流十分微弱,并因此而得名。大气污染物进入平流层后,由于垂直交换过程微弱,缺少云、降水的净化作用,因此能长期存在。偶尔在高纬度地区,在 20—30 千米高度上可有珠母云(又称贝母云)出现。平流层顶位于离地面 50—55 千米处,那里的温度约为 271K。

【大气边界层】地球大气层中与地表面相互影响很强烈的下层大气称大气边界层。地面对大气的主要作用为摩擦,该层也称摩擦层。其他行星上若有大气,也必存在这种边界层,故该层亦称行星大气边界层。它的顶部在地面以上 200—1500 米上下变动。该层内各处风速测量值随时间和空间快速起伏且无规则呈所谓湍流状态。这一层里气象要素、污染气体、气溶胶等在地面摩擦、加热、冷却等作用下而上下混合、交换。同时大气与地面的热量、水份、动量及其它各种物质与属性的交换也在该层进行,这些交换作用的强度及范围则因昼夜、季节、纬度、地表起伏、水陆状态、生态、人类活动等不同而差异很大。边界层顶附近,风速常大于上下两侧,且存在一薄层逆温层,顶部以上湿度急骤减少。大气边界层还可分上下两层,上层称混合层或爱克曼层,在该层内湍流混合作用非常显著,

而且各高度上的风速、风向投影到水平面后大体上符合爱克曼首先指出的螺旋线形状。下层又称近地层。大气中的各种能量、水份主要来源于边界层,大气动能也主要耗散于该层。对该层物理过程的认识有助于对各种天气、气候过程的理解。目前大气边界层已成为动力气象、大气物理及污染气象等学科的重要研究对象之一。

【近地层】大气边界层的最下部,其厚度约为大气边界层厚度的 $1/10$ 。该层与地表接触并受其强烈影响,故又称为地表层。近地层厚度薄,气象要素如风速、温度、湿度、气溶胶浓度等随高度的变化而有很大改变。由地面摩擦及浮力产生的近地层湍流总是将大气动能传送到地面消耗于摩擦;同时将地面输入到该层的热、水、气溶胶等能量或物质输出到本层上空的大气中去(如在晴空白天的热湿地面上),在较少情况下也有相反情形(如在晴朗夜间干冷地面上)。由于进入该层的量与输出量大致相等,近地层亦称常通量层。这一层易于探测,且与人们活动密切相关,对该层研究较详尽。目前已通过大量试验而掌握了各种状态下风、温、湿随高度变化的许多半经验半理论规律,可用于上述要素的分布描述,也可用于通量计算。近地层的研究除对气象学有重要意义外,还得到农业、林业、城市建设、水库设计、园林、运输、大气污染等学科的密切关心。

【标准大气】反映较大范围内大气的各种特性,如温度、气压和密度随高度变化的平均状况的大气标准。在标准大气中不同高度上的温度、气压和密度是根据给定的海平面气压值、大气温度铅直递减率、地球重力加速度的平均值进行计算得到的。此外还对大气成

分、平均分子量、热传导、粘滞系数等很多物理、化学属性也依据平均状况做出相应的规定。国际标准化组织、世界气象组织和国际民用航空组织对 50 千米以下采用一致的大气标准。其具体规定如下,在海平面上的气温取为 15°C ,气压取为 1013.25 百帕,海平面重力加速度取为 9.8066 米/秒^2 ,海平面至 11 千米高度间的温度铅直递减率取为 6.5°C/千米 ,11—20 千米间温度不变 (-56.6°C),20—32 千米间温度随高度增加而增高,其递增率取为 1.0°C/千米 。

标准大气广泛用于飞行器的性能计算,压力测高表的标定,火箭和炮弹等的弹道计算和气象图表制作等很多领域。由于标准大气仅代表大气的多年平均状况,由于纬度不同、季节不同和所处天气系统不同都可能造成实际大气与标准大气有较大偏离;因此,在具体应用时需根据需要做相应的订正。

【气象要素】说明大气状态和大气现象的各种基本要素。主要指:气压、气温、湿度、风、云、能见度、降水、蒸发、辐射、日照等物理量。另外,诸如露、霜、米雪、冰雹、虹、晕、雷暴、闪电等各种天气现象也属于气象要素。

【气压】指作用在测量位置上单位面积上的大气压力,它与该位置单位水平截面以上的铅直大气气柱产生的重力相等。气象上目前用的气压标准单位是百帕(hPa)。地面上的标准大气压等于 1013.25 百帕,它就是重力加速度为 $9.80665 \text{ 米} \cdot \text{秒}^{-2}$ 与温度为 0°C 时,760 毫米高的铅垂水银柱的压强。大气中的气压一般随高

度增加而按指数律递减,离地面 5.5 千米高处的气压大约是地面气压的一半。气象台站用水银气压表、空盒气压表、气压计来测量气压。

【气温与空气湿度】天气预报中说的气温与空气湿度指离地 1.5 米高度上的气温与湿度。用仪表测量气温与湿度时要防止太阳光对仪表的直接照射和地面反射辐射照到仪表上。气象台站是在距高大建筑一定距离、空旷通风处设置的木质百叶箱中安置测量温度的玻璃水银温度表、测量湿度的毛发湿度表和干湿球温度表。气温的常用单位是摄氏度($^{\circ}\text{C}$)。湿度表示空气潮湿程度,用相对湿度来衡量,即空气中实际水汽压与当时气温下的饱和水汽压之比,以百分数($\%$)为单位。

【风】空气相对于地面的水平运动称为风,用风向和风力来描述。风向指风的来向,以八方位(东、东南、南、西南、西、西北、北、东北)或更细的十六方位来表示,也可以用角度来表示,如 90° 为东, 180° 为南。风力即风速,就是单位时间内空气的行程,用米/秒或千米/小时表示。风力也常用国际上通用的蒲福风力等级来表示。(见下表)。在天气图上,风矢的尾端(风羽)所指的方向为风的来向,风速由风羽代表,风羽有三角旗、长划和短划三种,分别代表 20、4、2 米/秒。天气预报说的风向风力指离地 10 米高处的地面风。气象上把 8 级(17 米/秒)以上的风称为大风。常用的仪器有电接风向风速计,达因式风向风速计。地面以上的风,称为高空风,通常用测风气球方法测量。

风力等级表

风力等级	自由海面状况		海上船只征象	陆地地面物征象	距地 10 米高处的相当风速		
	浪高				千米/时	千米/时	米/秒
	一般(米)	最高(米)					
0	—	—	静	静,烟直上	小于 1	小于 1	0—0.2
1	0.1	0.1	平常渔船略觉摇动	烟能表示风向,但风向标不能转动	1—5	1—3	0.3—1.5
2	0.2	0.3	渔船张帆时,每小时可随风移行 2—3 千米	人面感觉有风,树叶微响,风向标能转动	6—11	4—6	1.6—3.3
3	0.6	1.0	渔船渐觉颠簸,每小时可随风移行 5—6 千米	树叶及微枝摇动不息,旌旗展开	12—19	7—10	3.4—5.4
4	1.0	1.5	渔船满帆时,可使船身倾向一侧	能吹起地面灰尘和纸张,树的小枝摇动	20—28	11—16	5.5—7.9
5	2.0	2.5	渔船缩帆(即收去帆之一部)	有叶的小树摇摆,内陆的水面有小波	29—38	17—21	8.0—10.7
6	3.0	4.0	渔船加倍缩帆,捕鱼需注意风险	大树枝摇动,电线呼呼有声,举伞困难	39—49	22—27	10.8—13.8
7	4.0	5.5	渔船停泊港中,在海者下锚	全树摇动,迎风步行感觉不便	50—61	28—33	13.9—17.1
8	5.5	7.5	近港的渔船皆停留不出	微枝折毁,人向前行,感觉阻力甚大	62—74	34—40	17.2—20.7
9	7.0	10.0	汽船航行困难	建筑物有小损(烟囱顶部及平屋摇动)	75—88	41—47	20.8—24.4
10	9.0	12.5	汽船航行颇危险	陆上少见,见时可使树木拔起或建筑物损坏较重	89—102	48—55	24.5—28.4
11	11.5	16.0	汽船遇之极危险	陆上很少见,有则必有重大损毁	103—117	56—63	28.5—32.6
12	14		海浪滔天	陆上绝少见,摧毁力极大	118—133	64—71	32.7—36.9
13					134—149	72—80	37.0—41.4
14					150—166	81—89	41.5—46.1
15					167—183	90—99	46.2—50.9
16					184—201	100—108	51.0—56.0
17					202—220	109—118	56.1—61.2

注:13—17 级风力是当风速可以用仪器测定时使用。

淡 积 云

发展中的淡积云,云底平整,略有淡影。上部几块云的云顶呈弧形凸起(1)。几块较扁平(2)。

蔽光层积云

蔽光层积云正在由东北向西南方向移动,尚未布满全天(1)。云块较大,结构松散,成波状排列,整个云层呈深灰色。上层为蔽光高层云(2)呈灰白色

拍摄时测站正在降雨

钩 卷 云

图中钩卷云(1)平行排列,卷曲成钩,毛丝般纤维结构较明显,呈白色。(2)处是密卷云。

浓 积 云

浓积云垂直发展旺盛,云顶都呈圆弧形重叠(1)。底部显得阴暗(2)。云的主体与相邻的淡积云连接着(3)。天边伴有淡积云和碎积云。

蔽光高层云

正在移出测站的蔽光高层云(1),云体厚而比较均匀,辨别不清太阳位置,西方天边已露出蓝天(2),其余天空仍是高层云。高层云上面的是密卷云(3)。

毛 卷 云

江面上空出现的毛卷云,被夕阳映射呈金黄色。由于高空风的垂直切变,毛卷云成箭头形(1)。低空较暗处是霜层(2)。

积雨云

积雨云正在迅速发展,云的顶部已向左侧伸展成砧状(1),云的底都已出现降雨(2)。

透光高积云

透光高积云分成四条向测站伸展,云块厚薄不太均匀,中间两条(1)比较厚密,云隙明显,可见蓝天(2)。

毛卷层云

毛卷层云系统地由西北向测站移来,但还未进入测站上空(1)。云体上部仍有卷云特征,下部均匀成层,呈灰白色。

【云】悬浮在大气中的小水滴或冰晶微粒或两者混合的可见聚集体。云粒子的大小一般在1—100微米左右。云中小水滴有可能多到每立方厘米几千个。按云的高度与形态特征,把云分为三族、十属、二十九类(见下表)。云的多少即云量,按云遮蔽天空的份数来表示,一般把全部天空划分为10份,如云遮蔽天空5份,云量即为5,如此类推,碧空无云时云量为0。气象上还分低云量与总云量,低云量是低云遮蔽天空的份数。云底离地高度被称为云高,一般用目测估测云高,或用云幕气球或云幕灯、激光云高仪测量。低云云底高度低于2500米,高云云底高度高于5000米,云高介于两者之间的为中云。按气象规定,天空云量少于1时为晴天,云量为1至3时为少云,高云量为6—10或中、低云量为4—7时为多云,中低云量在8以上时为阴天。

云 的 分 类

云族	云属	云 类
低云	积 云	淡积云 碎积云 浓积云
	积雨云	秃积雨云 鬃积雨云
	层积云	透光层积云 蔽光层积云 积云性层积云 堡状层积云 荚状层积云
	层 云	层云 碎层云
	雨层云	雨层云 碎雨云
中云	高层云	透光高层云 蔽光高层云
	高积云	透光高积云 蔽光高积云 荚状高积云 积云性高积云 絮状高积云 堡状高积云

云族	云属	云 类
高 云	卷 云	毛卷云 密卷云 伪卷云 钩卷云
	卷层云	毛卷层云 匀卷层状
	卷积云	卷积云

【降水】雨、雪、雹、霰等降水物的总称。露、霜有时也包含在降水物之内。降水量是指从天空降落到地面上的液态水或固态降水物融化后在水平面上积聚的深度,以毫米(mm)为单位。降水大致分阵性降水与连续性降水两种。阵性降水一般发生在对流云中,云中上升气流速度为1—20米/秒;云中最初形成的降水粒子的降落速度小于上升气流速度,因而积聚在云的中上部,不会下落。一旦上升气流速度减小到比粒子落速还小,粒子就陡然下落,这就是阵性降水,比如阵雨、阵雪。阵性降水的开始和停止比较突然,降水持续几十分钟或十几分钟就结束,降水的水平范围也较小,几十千米甚至不到一千米。另一种是连续性降水,它是由大范围天气系统(如锋面)的空气辐合上升造成的,降水水平范围可大到几千千米,持续时间也可长到几天。气象台站常用的测定降水的仪器有雨量器、翻斗式雨量计和虹吸式雨量计。

【蒸发】液态水变为水汽称为蒸发。气象台站测定的蒸发量,是指一定口径(如20厘米)蒸发器中的水在24小时中因蒸发而降低的深

度,以毫米为单位。这样测出的蒸发量实际上是蒸发能力的一种度量。天然水体的实际蒸发量大约是这样测出的蒸发量的 70—80%。如要比较准确地估算自然水面(湖泊、海洋、河流等)、土壤表面的蒸发量、植物表面的蒸腾量,则须利用其它途径与方法。

【辐射】气象上通常要测量太阳直接辐射和太阳总辐射。太阳直接辐射指来自太阳圆面的立体角内投向与该立体角轴线相垂直的面上的太阳辐射。用直接日射表进行测量。太阳总辐射指水平面上接受的来自水平面以上整个半球天空(2π 立体角范围内)的太阳直接辐射与散射辐射之和。用总日射表进行测量。

【日照(时数)】太阳中心从出现在一地的东方地平线到进入西方地平线,其直射光线在没有地物和云雾等任何遮蔽的理想条件下,地面受到照射的时间,称为可照时数,以小时为单位。太阳实际照射地面的时数,称为日照时数,由于云雾降水等原因,日照时数比可照时数要少,日照时数与可照时数之比称为日照百分率。气象台站用乔唐式日照计或康培司托克式日照计来测定。

【能见度】视力正常的人在当时天气条件下,能够从天空背景中看到和辨认出具有一定大小的目标物的最大距离。这里的“辨认”是指能分辨目标物的轮廓和形体。能见度是表示大气光学性质的一个要素。大气愈浑浊,能见度就愈小。烟、霾、雾和降雨降雪等都使能见度变小。

【天气现象】从广义说,在大气中所发生的风云雷电、雨露霜雪等都是天气现象。但是,在气象业务工作中,把风、云、降雨(雪)量作为

专门要素来考虑,而把某些具有明显特征及重要意义的现象特定为天气现象。对它们,气象站要作观测记录;对其中大部份,气象台要作预报。最初各个国家规定了本国需要观测记录的天气现象,并各自给以定义。以后为了便于资料交换,世界气象组织作了统一规定和统一的记录符号。按 1975 年出版的“云和天气现象观测手册”所规定的天气现象共有 61 种。中国 1979 年出版的“地面气象观测规范”将其简化并增加几个,共 34 种,如下表所列。

现象名称	符 号	现象名称	符 号	现象名称	符 号	现象名称	符 号
雨	•	冰雹	▽	吹雪		霾	∞
阵雨		雪暴	△	雪暴		尘卷风	
毛毛雨	,	冰针	↔	龙卷	〕〔	雪暴	
雪	*	雾	≡	积雪		闪电	
阵雪		轻雾	=	结冰		极光	
霰		露		沙尘暴		大风	
米雪	△	霜		扬沙		飏	
冰粒		雨淞	∞	浮尘	S		
雨夹雪		雾淞	V	烟幕			

以上所列这些现象都是和我们的生产、生活有关或者是少见的引人注意（如极光）的现象。对这些现象气象站要进行观测纪录，同时还要记下起止时间与地点等，对有些少见的稀有的现象（如球状闪电、特大的冰雹等）还要详细记述。有些少见的或特异的现象，气象站可能看不到，气象部门很欢迎广大群众提供所看见的情况记述，和提供照片或实物（如大冰雹）。

【雨】从云中降下的小水滴。雨滴比毛毛雨的雨滴大，直径一般大于 0.5 毫米。一般的雨强度变化不大，这大都是从层状的云中降落的。如果强度变化很大，忽降忽停，叫阵雨（符号是▽）。阵雨从积雨云中降下，伴有雷电时又称之为雷雨，多见于夏天。雨按其强度又分为小雨、中雨、大雨、暴雨、大暴雨、特大暴雨。天

气预报按 12 小时及 24 小时雨量来区分，观测上按 1 小时或更短时间的雨量来区分，见下表。

有时风暴把地面的塵沙、煤灰及树林的花粉等吹到空中，在另一地又被雨冲刷下落就出现黄雨、黑雨等怪雨。短时暴雨常导致山洪及泥石流。雨（雪）水是主要的淡水资源，所有的江、河、湖水及地下水都来源于雨（雪）水。中国为季风气候，夏季雨多，冬季雨少。从全国讲，东部及南部雨多，西部及北部雨少。而且各年也不一样，有些年多，有些年少。山上雨多，平地雨少。总的来说，中国水资源不足，而且分布不均，常出现干旱及水涝。所以要用好现有的水资源，要注意调蓄。多造林可以调蓄雨水，同时还可以增加雨量。

【雪】从云中降下的冰晶或多个晶体组成的雪片称雪或雪花。雪花的形状、大小变化很大，随它们形成的温度和云的条件而不同。即使在一次降雪中也有各种不同形状，美丽多样的雪花常为人们赞美（见图）。有时雪花上还有一些小雨滴冻结在上面。温度在 -5°C 以上时，冰晶常聚集成雪片或雪团下降，俗称鹅毛雪。雪对我们既有利，又有害，但利益更多。瑞雪兆丰年说明雪对农业有好处。因为中国是季风气候，冬季以陆风为主，普遍缺雨雪。雪就是水，可使冬季农作物得到需要的水。在南方，雪使温度降低、能冻死病虫害，而在北方，大雪盖住麦苗像盖一层被，使小麦等越冬作物不致过冷冻死。但是大雪对交通运输有妨碍，常造成交通事故，或

固态降水物的基本形态

1. 板状雪晶 2. 星状雪晶 3. 柱状雪晶 4. 针状雪晶 5. 立体枝状雪晶
6. 线轴状雪晶 7. 不规则雪晶 8. 霰（或软雹） 9. 冰粒 0. 冰雹

	天 气 预 报 用		气象电报用
	12 小时雨量（毫米）	24 小时雨量（毫米）	1 小时雨量（毫米）
小 雨	0.1—4.9	0.1—9.9	<2.5
中 雨	5.0—14.9	10.0—24.9	2.6—8.0
大 雨	15.0—29.9	25.0—49.9	>8.0
暴 雨	30.0—69.9	50.0—99.9	
大 暴 雨	70.0—140.0	100.0—250.0	
特大暴雨	>140.0	>250.0	

使飞机停飞，汽车停运。在南方随大雪而来的强降温常造成冻害。特别是已到春暖的时候，大雪及大雪过后的强降温常对农作物及已开花的果树造成严重的冻害。降雪时会影响视程，使能见度降

低；因此根据能见度可定性地判断雪的大小。按降雪的强度分为小雪、中雪和大雪，具体的区分标准，见下表。

	24 小时 降水量 (毫米)	降雪时的 能见度 (米)
小雪	小于 2.5	大于 1000
中雪	2.5—5.0	500—1000
大雪	大于 5.0	小于 500

【冰雹】从积雨云中降下的透明、半透明或完全不透明的小冰块，呈球形、锥形或不规则形状。直径大多在 5—50 毫米之间，也有大到 10 厘米以上的。较大的冰雹常由透明及不透明的冰层相间组成。冰雹或者从单个积雨云中降落，或者从多单体的积雨云中降落，其下降带阵性，经常伴有雷电大风，不少地方下冰雹时常有连续不断的推磨雷声，有时可长达半小时。冰雹在中国很多，山区多于平原，并且冰雹、山洪、大风常一齐出现，对农作物、果树等造成很大损害，是中国农业的一大灾害，特别在夏熟作物及秋熟作物快成熟时，也正是多冰雹的季节，会砸得作物颗粒无收。中国及前苏联等国家采用向冰雹云中发射带碘化银的高射炮弹或小火箭等方法防雹，可减轻冰雹灾害。

【霾】由悬浮在空中的大量肉眼看不见的微粒组成。它使空气浑浊，在光亮背景衬托下天空看起来呈黄色或微红色。这就是佛家说的“红尘”。而透过霾看暗色物体（如山）则带蓝色，这主要是光线

受微粒散射造成。微粒本身的颜色也赋予霾一定的色度。在雨后或一次冷空气过后，天气晴朗清新连晴数日后，空中逐渐积累大量尘埃微粒就容易形成霾。霾主要形成在1000米左右的大气边界层内。在高山或飞机上能很清楚地看见霾层顶部。在霾层顶以上空气非常清洁，能见度十分好。

【雾】由悬浮在空气中极小的水滴形成，使能见度降低，降低的程度决定于雾滴的数密度及雾滴的大小，同时还要看其中有无尘埃烟粒等气溶胶。当雾伴随城市或工业区的各种污染物存在时称为烟雾。国际上规定能见度小于1千米称雾，能见度在1—10千米间称轻雾，即浓度较小的雾。雾常使人感到阴冷而潮湿。烟雾更使人不适。雾使能见度降低，使飞机不能起飞降落，严重时公路汽车也不能行驶。江湖海上的船舶常因雾互相看不见而相撞。世界上每年因雾造成的各种大的交通事故屡见不鲜。雾通常不形成降水量，但在雾多的山区、雾能在树干树枝叶上沉积出相当多的水量，有利于树木的生长。

【露】空气中的水汽直接凝结在地面物体上称为露。露有两种，一种是在温暖季节晴朗无风的夜晚，辐射降温强时，使地物周围的空气达到饱和而在地物上凝成露水。要注意不要把雾在地物上沉积的水当作露。也不要将植物自身夜间在叶上排出的水珠当作露。另一种露叫平流露，是地面相当冷时，暖湿空气流来，在冷的地物上达到饱和凝结出的露。它主要出现在地物的垂直迎风面上，但不要与表面上有吸水物质而形成的水膜相混。露的凝结水量很小，大时一夜可达0.1—0.3毫米，在干旱地区、露有利于农作物的生长。

【霜】在冷季晴朗无风的夜间，由于辐射冷却，地面物体表面温度降到 0°C 以下，空气中的水汽直接凝华到地物表面上形成的冰晶。冰晶呈针状、鳞片状、羽状或扇状。还有一种霜是由已结成的露在温度继续下降时冻结而成。世界气象组织称白露，中国统称霜。还有一种是暖湿空气流到寒冷地面、在地物上形成的冰晶，由于是空气平流造成的，又叫平流霜，它出现在地物的迎风垂直面上。一年中在秋天最早出现的霜称为初霜，春天最后出现的霜称为终霜。终霜日到初霜日之间的日数称为无霜期，代表作物能生长的日期。秋天过早出现的霜及春天过晚出现的霜，因作物还在生长、成熟或春天作物已出苗、开花，易受冻害，常称霜冻。但霜冻不一定有霜，只要温度降得很低，作物受冻害，就叫霜冻。有的地方把这种无霜的冻害称作黑霜。

【雾凇】由过冷却雾滴或云滴冻结在温度低于 0°C 或略高于 0°C 的地物表面上形成的冰体。可分为三种：（1）软雾凇，又称晶状雾凇，是一种很松脆的雾凇，由细针状或鳞片状冰晶组成，物体摇动时很易落下。它主要在环境温度低于 -8°C 、风很小而有雾的情况下在地面物体的各个面上形成。在温度远低于 -8°C 时，不一定有雾也会形成软凇。（2）硬雾凇，又称粒状雾凇，是雾滴直接冻结在物体表面而成的白色小冰粒，冰粒累积成分叉的枝。硬雾凇的形成至少要有 4 级风，过冷雾滴被风吹到物体的迎风面上而迅速冻结，物体温度约在 -2°C 到 -10°C 之间。它较硬，能紧附在物体上，但易于刮下。（3）明冰，这是光滑而紧密的雾凇、常为透明玻璃状，但表面不平，与雨凇相似，但无雨。明冰多在山区雾中含水量大、且环境温度不太低（ 0 至 -3°C ）时缓慢冻结而成。明

冰附在物体上很紧，不易除去。严重时压断树枝与电线。

【雨淞】由过冷雨滴、毛毛雨滴冻结在地物表面而形成的冰体。物体表面的温度在 0°C 以下或略高于 0°C 易于形成，它凝结在所有暴露在雨中的地物面上，其外观光滑、紧密、大多透明像玻璃，形态上像明冰。但明冰的表面不如雨淞光滑平整。雨淞形成的条件是：在长江流域一带初春时，有时下层相当厚的气层空气温度在 0°C 以下，而上层温度反而在 0°C 以上，此时在上层形成的雨下降过程中温度会降到 0°C 以下，如地面温度也在 0°C 以下或略高于 0°C ，就会在地面冻结成雨淞。如果落到地面不完全冻结，还有一部分是冰，就叫冻雨，也称过冷却雨。但两者区别不大，常不易区分，中国只记雨淞，不记冻雨。雨淞是一种不利天气，在树上的雨淞重量很大常压断树枝，在电线上压断电线，在飞机上常造成危险，在公路上常因路滑造成交通事故。雨淞造成的灾害常很大。

【沙尘暴】地面有松散的尘或沙的地区、在强风作用下沙尘被吹起达到相当大的高度，并随风散布到本地以外的现象。其前部常有宽而高的风沙墙，迅速随风前进。风沙墙后有时隐藏着积雨云，但有时后面完全没有云。沙尘暴在中国西部、北部春季常见，特别是在地面无植被，完全为松散的尘沙覆盖的地区，当强冷空气来时易形成沙暴。强的沙暴来时，天昏地暗，水平能见度小于100米，狂风大作，风沙掩埋田野道路，人与车不能行进，有时还造成人畜死伤。

【扬沙】又称吹沙，强风把沙尘从地面吹起，但只达到中等高度的

一种天气现象。扬沙都在当地或其附近吹起，不会吹得很远。扬沙时间短、范围小、强度也比沙尘暴小。春季多见于半农半牧区，对农田及牲畜有影响。

【毛毛雨】雨滴直径小于 0.5 毫米的雨。雨滴大小相当均匀，雨滴数密度很大，由于水滴下落速度很小，看起来似飘浮在空中，由此可看出空气的流动。毛毛雨主要从厚而低的层云中降落，有时层云很低与地面接触而成雾，毛毛雨的雨量通常很小，但在沿海及山区有时可达到每小时 1 毫米。

【焚风】最初是指发生在欧洲阿尔卑斯山北麓的干热风，现泛指气流过山造成的出现在山脉背风面的暖而干的风。湿润气流在山脉向风坡爬升，气流中水汽凝结变为雨，使气流变干，同时凝结释放出的潜热使气流爬升降温不很剧烈。气流越过山脊后便下沉而剧烈增温，比气流过山前要暖得多（有时可高出 10°C 以上），也干得多。某些地理条件下会经常出现焚风，常以地名来命名，如北美落基山东坡的钦诺克风，伊朗的萨蒙风，美国加利福尼亚州的圣安娜风等。中国太行山东麓、乌鲁木齐也有焚风现象。焚风可能引发雪崩，也会使谷物早熟甚至枯萎。

【干热风】又称干旱风或火风。指中国华北、西北和黄淮地区春末夏初 5、6 月份小麦灌浆至乳熟期间，常出现的使小麦灌浆不足、籽粒秕瘪或枯萎死亡的又干又热的风。它的发生是由于暖平流、大范围空气下沉以及焚风效应造成的。这时白天最高气温达到 30°C 以上（曾到过 37°C ），午后相对湿度在 35% 甚至 20% 以下（曾到过 9%），风速在 2—4 米/秒或更大。小麦因蒸腾而失水很多，根

系来不及吸水补充，叶功能失调，光合作用受抑制甚至破坏。山西省临汾盆地 1992 年曾出现连续 12 天的干热风天气，小麦严重减产。为避免受害，要选用小麦早熟品种，避开干热风，建设防护林可减轻干热风，还可以用浇水、施肥等办法来减轻小麦受害。

【气象观测】气象观测是获取气象信息的手段，是气象工作的基础。常规气象观测都必须按照国家气象局颁发的，统一的观测规范进行。鉴于目前科学技术发展水平，有些气象要素如云的类型和降水性质等，人们还需用肉眼进行观察；而基本的气象要素如气压、气温、湿度、风向、风速、雨量等，都用专门的气象仪器进行测定。气象观测有漫长的发展历史。最早是人们对天气和物候的目测，自从 1643 年托里拆里发明水银气压表后，陆续出现了温度表、湿度表、风向风速仪、太阳辐射仪等。由气象观测收集到的数据分析结果表明，各种天气现象在广大的范围内有着相互的联系。天气系统如寒潮、台风、暴雨等在时间和空间上，能找出其发生、发展的规律。这就需要在广大范围内及时收集大量的气象信息，为工农业生产和军事服务，因而出现了遍及全球的气象台（站）网。现代气象观测网大致可分为两大类：一类进行日常的观测，主要是常规地面气象观测和常规高空观测。它的主要目的是为日常的天气预报，特别是灾害性天气预报服务，也为积累气候资料为气候分析和气候咨询、科学研究服务。另一类是特种观测如气象火箭观测，农业气象观测等。气象观测的方法有直接观测和遥感观测之分。直接观测是用各种感应元件直接测量大气的要素，如用水银温度表观测大气的温度等；遥感观测是通过对大气的声、光、电磁波等信息的监测，反演出大气要素的时间和空间分布，如气象卫星就用辐射扫描仪对天空中的云进行观测，得出云的时空分

布等。为了得到精确的，可进行比较的气象观测数据，对仪器的测量准确度、惯性、灵敏度及其安装方法必须有较高的、统一的要求。此外，还要求这些仪器结构简单，易于操作维护、价格低廉。一个完整的气象观测站，由观测场所、观测仪器和观测人员组成。观测场所是安装仪器，进行观测的地方。一般来说，就是观测场、工作室等。观测用的仪器是获得气象信息的工具。观测人员应进行专门的培训。除地面观测场外，塔、船舶、海上浮标、气球、飞机、火箭、气象卫星等，也都可作为气象观测平台。随着科学技术的发展，各种自动气象站已在业务中应用。它可快速收集大量的气象信息。为及时处理、储存、传送这些信息，一般都有独立的计算机系统。气象观测方法也必须统一，包括统一仪器的性能、安装方式、观测时间和顺序、取样方法等。为了在全球范围内对气象数据进行比较分析，世界气象组织对气象观测方法制定了各种技术文件，供各成员国参照执行。中国国家气象局根据实际情况，分别制定了地面和高空气象观测规范，各级气象台（站）都必须执行此规范。

【地面气象观测】在地球表面进行的气象观测，是气象观测的重要组成部分，它的任务是观测、发报和编制报表。地面气象观测按全国统一规定的方法和要求开展的观测项目有：（1）云、能见度、天气现象、气压、空气温度和湿度、风、降水、雪深、日照时数、蒸发量（用小型蒸发皿）、地温（地面温度），这些是所有台站均要观测的项目。（2）由省、市、自治区气象局指定的台站观测项目有雪压、蒸发量（用E—60型蒸发皿）、地温（浅层和较深层）、冻土深度、电线结冰。按省或地区或县气象局、站自行规定的方法和要求开展的观测项目包括系统云、指示云、地方性云和天象等。地面气象观测必须按统一规定的观测顺序和时次进行。每天

在北京时间 2、8、14、20 时进行四次或在 8、14、20 时进行三次定时观测。从事地面气象观测的气象观测员必须经过严格的技术培训。观测员的职责是坚守工作岗位，密切监视天气演变，严格执行观测规范，注意保护观测场地和周围环境，使其符合规范要求，使用合格的仪器，认真对待每个观测数据、每份电报、每份报表。随着科学技术的进步，已有许多地面自动气象站陆续投入业务使用。在地面自动气象站上，用仪器测量的项目，均实现自动化测量。但有些项目如云状、天气现象等还需要用人工观测。所以，目前许多地面自动气象站还是一种人机结合的观测装置。但用于艰苦地区的、用卫星中继通信的自动站（又称资料收集平台），虽然观测项目仅限于基本要素观测，但可不用观测人员值班。用于监测中小尺度天气系统的自动站，可在较小范围内实现站网自动化观测。

【地面气象站】在地球表面的一些固定地点建立的观测气象要素的设施和人员构成地面气象站。中国的地面气象站，为了管理方便，基本按地方政府的行政建制建立，但也兼顾监视天气变化的需要。即一般按省、市、县建立地面气象站。为了监视天气变化，在高山、海岛、边疆、沙漠也设有少量地面气象站。这样，在东南沿海和其它发达地区，地面气象站布点较密；而在西北、西南地区，由于交通不便、供应困难，地面气象站的布点较稀。若按工作任务分类，中国的地面气象站有：（1）国家基本站：这是由国家气象局指定的站，每天进行 02，08，14，20 时（北京时）四次定时观测，昼夜守班。除了向国家气象局及时编发天气电报外，还要报送月报表和年报表。（2）国家一般站：只向国家气象局报送年报表的站。它由省、市、自治区气象局确定，每天进行 02，08，14，20 时四次或 08，14，20 时三次定时观测，昼夜守班或白天守班。

(3) 基准气候站：在国家基本站中，某些由国家气象局指定的站，它们每天进行 24 次（每小时一次）的定时观测。(4) 特种观测站：在气象系统之外的部门，为了本部门业务的需要建立的地面气象站。如农田小气候观测站，林业、牧业气象站，盐业气象站等。这些气象站的业务工作除参照气象系统的业务规定外，另有本部门的特殊规定。经国家气象局指定的台站，按规定的时次、种类和有关电码，观测、编发基本定时天气观测报告、补充定时绘图天气观测报告和观测场仪器布置参考图其他种类的气象报告。经省、市、自治区气象局指定的台站，按规定的时次、种类和有关电码，观测、编发航空天气报告、危险天气通报和其它种类的天气报告等。地面气象站的观测场应设在能较好地反映本地较大范围气象要素特点的地方，避免局部地形的影响。观测场四周必须空旷平坦，避免设在陡坡、洼地或邻近丛林、铁路、公路、工矿、烟筒、高大建筑物的地方。

观测场仪器布置参考图

【自动气象站】自动气象站是一种不需要或不完全需要工作人员值

班的气象站。它用遥测仪器去测量气象要素。有的自动气象站定时将测量结果自动记录下来；有的自动气象站定时将遥测结果自动发送给接收站。对那些暂时还不能用仪器测量的气象要素如云状等，可先由人工肉眼观测，再将其结果用键盘输入自动站。从20世纪40年代以来，许多国家就开始了研制自动气象站，随着半导体集成电路和计算机技术的发展，自动气象站已经高度自动化并联网成为系统工程，在业务上发挥了巨大作用。一个自动站主要由传感器、数据处理器、数据传输、电源等四个部分组成。传感器包括感应元件与变换电路。重要的传感器有气压、气温、湿度、风向、风速、雨量等6项。数据处理器由数据采集电路、计算电路和编码电路组成。数据传输电路，在有人值班的自动站，是将处理好的数据显示或打印输出。对于无人值班的自动站，则将处理好的数据，编制成电报，通过有线或无线电方式将数据传输到目的地。自动站所需的电源，有的用交流电，有的用太阳能电池或风力发电机加蓄电池。中国有如下几种自动气象站：有线综合遥测站、长期自记气候站、资料收集平台、中小尺度天气监测站等。

【地面气象观测仪器】一般的常规地面气象观测仪器有：（1）干球和湿球温度表，又称干湿球温度计。它们是由两支型号完全一致的玻璃温度表组成。这种温度表分感应球部、毛细管、刻度磁板、外套管四个部分组成。它们被安装在自然通风良好的小型百叶箱的支架上，球部中心离地1.5米高。湿球温度表球部包扎一条纱布，纱布的下部浸到一个带盖的水杯内，杯中盛蒸馏水，由干球与湿球温度的差值计算大气湿度。另外，在百叶箱内，还有最高、最低温度表各一支，用来测定每天的最高气温与最低气温。在另

一个大型百叶箱内，安装有温度自记仪和湿度自记仪，用来测定每日的气温和湿度的连续变化。在冬季当气温降至 -10.0°C 以下时，用毛发表测定空气相对湿度。(2) 雨量器，由承水器（漏斗）、储水筒（外筒）、储水瓶组成。并配有与其口径成比例的专用量杯，用以测定自然降水量。若为固态降水，则将其融化后测量。在气象站上还配用虹吸雨量自记仪和遥测翻斗式雨量计。(3) 气压计。测定气压的仪器，主要用动槽式（福丁式）或定槽式（寇乌式）水银气压表。另配有气压自记仪，用以连续记录气压日变化和挑选日极值。(4) 风。测定风向、风速的仪器为 EL 型电接风向风速计，用来测定平均风速和最多风向；并配有自记仪器用来测定风向风速的连续变化。(5) 其他仪器。有测量蒸发量的蒸发皿；有测量不同深度土壤温度的地温表；有测量日照时数的日照计；有测量积雪深度的量雪尺；有测量冻土深度的冻土器等。

【高空气象观测】高空气象观测指对自由大气进行的探测。所谓自由大气是指受地面直接影响的大气边界层以上的大气。高空气象观测的目的，是为天气预报提供及时、准确的气象信息，为高空气候分析和科学研究积累可靠的资料。它对天气系统的分析、航空航天有重大意义。常规高空气象观测可以得到温度、湿度、风向风速随高度的分布，云的高度和云的厚度等。特种高空观测可以观测到云的微结构、大气湍流、云的照片等。高空气象观测的方法可以分为直接法和间接法两种。第一种是用飞行工具所携带的仪器对高空大气进行观测，如常规高空观测站用探空气球携带的无线电探空仪，在升空的过程中，不断测量不同高度上的大气压力、温度和湿度，与此同时利用光学经纬仪追踪气球，测出气

球对观测点的仰角与方位角，再用气球所在的高度可计算出不同高度上的风向和风速；或在探空仪上装上无线电回答器，利用测风雷达来测定不同高度上的风向和风速。第二种是利用大气中声、光、电、微波辐射等进行高空气象探测。如用微波辐射计对大气进行遥感观测；用无线电波传播特性来研究高层大气物理状况及变化等。中国的日常高空气象观测属于第一种，即用无线电探空仪和测风气球观测高空的各种气象参数。这样，在气球可能达到的高度（平均高度约 30 千米）以下的气压、温度、湿度、风向、风速随高度的分布都能准确地记录下来，再与地面气象观测信息相结合，就使我们能从三维空间上分析各种天气系统的存在、移动、变化的实况，为天气预报提供了可靠的实测资料。

【高空气象站】承担高空探测业务的人员及高空探测设备组成高空气象站。中国的高空气象站与该地的地面气象站设置在一起。但前者比后者数量要少得多。常规高空气象站的业务是用探空仪和测风气球进行高空探测。世界各地的高空气象站每日按规定进行定时观测。根据任务的不同，在中国每日 07 时、19 时（北京时）观测两次或每日 01 时、07 时、13 时、19 时（北京时）观测四次高空大气状况。每次定时高空气象观测的结果，编成电码，在规定时间内，发至指定单位。高空气象观测人员，在探空仪施放前的若干天内，需对探空仪进行仔细检查，并准备好充足的氢气，处理好探空气球，对探空仪的无线电发射机及电池进行测试检查。在施放探空仪前 1—1.5 小时，将准备施放的探空仪拿到百叶箱内暴露，在施放前半小时，进行基值测定，并进行初算，初算的结果用来对气象要素进行基值订正。在规定的观测时刻，施放探空气球，接收信号，并用经纬仪或测风雷达跟踪气球。然后整理记录，

编发电报，还需按规定编制报表上报。

【探空气球】探空气球是目前高空观测中使用的升空工具。一种是上升速度为 100 米/分，200 米/分的小型测风气球；另一种是携带探空仪升空的探空气球，它可携带 1—2 公斤的仪器升至 30 千米以上的高度。探空气球不需要动力，使用方便，价格低廉。中国使用天然乳胶制成的探空气球，可在 50℃——60℃ 温度下使用，按原始直径大小分为 150，120，100 号三种。

气球号码	双层厚度 (毫米)	标准重量 (克)	原始直径 不大于 (毫米)
150	0.34±0.10	800	1200
120	0.34±0.10	500	950
100	0.34±0.10	400	750

球皮在使用前一个星期要放在比较温暖的室内，使用前一天，要将球皮放入 60°—70℃ 热水中，浸泡约 30 分钟，然后阴干，以恢复球皮的弹性。使用时充以氢气，使其净举力（总举力减去探空仪和附加物的重量）一般在 800—1000 克左右。这样就能使气球升速约为 360 米/秒。气球充气后，球内外压力差很小。气球上升时，随着大气压力的降低，气球的体积不断增大，直至破裂时为止。为了使球皮有良好的伸缩性，在制作球皮时，加入了耐寒、耐光老化的助剂。气球的球颈用来结扎气球和系结探空仪。整个球皮厚度要均匀、无气孔。由于氢气能自燃，因此充气时速度不

能太快，并注意安全。此外，有的气球充灌氦气（多用于特种观测），比较安全，但浮力较小，成本较高。除上述探空气球外，还有可随风漂移的定高气球，它用气压开关控制其飘移高度；用绳索牵制在固定地点的系留气球，它能反复使用。就制作气球的材料而言，还有合成橡胶等；还有些探空气球是容积固定的非膨胀型气球。

【无线电探空仪】探空仪是探测高空气压、气温、相对湿度等垂直分布的仪器，由探空气球携带它升空。利用光学经纬仪追踪它，或用测风雷达接收它上面附加的无线电回答器信号，还可以测出不同高度上的风向和风速。用探空仪观测高空的气象要素是中国高空台站的主要业务工作，是高空气象资料的主要来源。一个探空仪由三个单元组成：（1）感应单元 感应大气压力是用经温度补偿后金属真空膜盒，它是一种形变元件；感应大气温度是用双金属片，它也是一种形变元件；在电子探空仪上，测温用的是半导体热敏电阻；感应大气相对湿度一般用毛发或肠膜，这也是一种形变元件，在电子探空仪上则采用湿敏电容或碳膜湿敏电阻。形变元件是随气象要素而产生形变，经机械传动后接入编码器中；而电子感应元件直接接入编码器电路中组成。（2）编码单元 由转换开关和编码器组成。转换开关的作用是将测量到的压、温、湿信号按顺序接入编码器中，然后由编码器将这些信号编制所需要的电码。（3）发射单元 由振荡器和电源组成。编码器的信号载在振荡器所产生的电磁波上，向地面接收站发射。电源一般采用小型蓄电池。世界各国使用的探空仪类型繁多。如果按编码的方式来分类的话，有气象要素按点（·）、划（—）组合成莫尔斯电码的电码式探空仪；气象要素用无线电信号调制频率表示的变低

频式探空仪；气象要素以载波频率表示的变高频式探空仪；气象要素用起始信号至读数信号的时间间隔表示的时间间隔式探空仪；气象要素用脉冲数表示的脉冲数式探空仪等。中国普遍使用五九型转筒式电码探空仪。其感应元件为膜盒（气压）、双金属片（温度）、肠膜（相对湿度）。并正在研制和推广电子式探空仪。

【气象飞机探测】用飞机作大气探测。其优点是人与仪器一起升空，这样就可以进行更为详细的补充观测。特别是对云的观测，目前还没有理想的仪器设备，而随机人员可以直接测量云顶和云底的高度，描绘云的外观特征，摄取云的照片，观测结冰现象等。气象飞机探测还可以专门研究自由大气中的天气过程和各种天气现象。总之，飞机探测的特点是观测项目多和具有良好的机动性。各种观测结果可在飞行过程中借飞机与机场间的无线电通信及时传送至地面。对于一些特殊的观测，如高空日射、大气电的观测、大气化学成份、云的微结构，乃至台风的位置与强度等，飞机探测更为重要。用于气象探测的飞机，其飞行上限不应小于8—12千米，且应有适应复杂气象条件下飞行的能力。为了适应水平大气探测的需要，其飞行半径应大于1000—1500千米。在飞机上，不但要能容纳1—2名随机气象员，还应配备必须的航行仪器，如罗盘、高度表、飞行指示器、爬高指示器、转向指示器、航空瞄准仪、气象雷达和各种通信设备。需携带的探测设备有：记录气压、气温、湿度和飞行速度的气象计，并根据探测任务的需要，加装各种专门仪器。根据飞行的航向、空速、地速和偏流角还可以计算飞行高度上的风向和风速。

【气象火箭探测】利用携带仪器的火箭探测高层大气的特征。由于

气球探测高度一般不超过 30—40 千米,高层大气的探测多采用火箭探测。气象火箭的重量一般为 300—400 公斤。用这种火箭能使重量不超过 15—20 公斤的仪器升空。由于火箭升空的速度很大,温度传感器因惰性来不及感应真实温度,因此需在火箭头部连同测温仪器借降落伞下落时进行温度测量。空气样品的采集、气压的测量、宇宙射线的测定等,也要借降落伞下降时进行。各种测量数据以无线通信方式传至地面接收站。

【大气遥感】利用某些仪器设备,不直接接触被研究的目标物(如地物、现象等),从远处感测目标物信息特征的信号(一般是电磁波的反射、发射或吸收强度随时间和空间变化量等),经过传输处理,获得目标物特征的信息。大气遥感是用遥感的方法,推断目标区的气象要素值、大气成份和运动状态等。遥感系统由遥感仪器、遥感数据传输系统、遥感信息处理、判读设备组成。大气遥感分主动遥感和被动遥感。主动遥感常使用雷达。被动遥感一般使用微波辐射计。主动遥感是遥感设备向目标物发射电磁波束,然后接收由目标物反射回来的电磁波,以达到遥测的目的;被动式遥感则是遥感设备只接收来自目标物的自然辐射信息,以达到遥测的目的。用于被动遥感的设备体积小,功耗低,易于运载或携带。例如在气象卫星上使用的就是被动遥感的辐射扫描仪。用于大气遥感的电磁波遥感包括有:可见光遥感、红外遥感和微波遥感等。在气象卫星上,利用可见光遥感可获得可见光云图照片;利用红外遥感可获得红外云图照片,测量出大气气象参数等。微波遥感接收微波波段的信息,是一种不受天气条件限制的“全天候”遥感。辐射在大气中传输时,有许多吸收带,也有一些透明窗口。利用这些吸收带和透明窗口,可以探测到较大范围内的大

气温度、湿度、气压、风、云和降水、雷电、大气湍流、大气成份的分布特征等。就探测的灵敏度而言，微波遥感比红外遥感高；就辐射能量而言，红外波段高于微波波段。

【微波大气遥感】微波波长在 1 毫米至 1 米之间（相当频率为 300 千兆赫至 300 兆赫），比广播电台和电视台发射的无线电波短得多，但比可见光和红外光的波长长得多。物体的结构不同，对微波的反射能力不同，物体自身辐射微波的特性也不同。利用遥感仪器，远距离探测出目标物的反射或辐射微波的特性，就能识别目标物的性质，这就是微波遥感。微波遥感最大的优点是能在无日照的、阴雨天气下工作，是一种“全天候”的遥感方法。被动式微波遥感使用的是微波辐射计。根据基尔霍夫定律，物体对某个波段有强烈的吸收，必然在此波段有强烈的辐射。这些辐射作为大气信息传输下来，就成为实现大气探测的依据。在传输过程中，由于微波的波长较长，大气的散射比吸收小得多，可以忽略不计。微波大气遥感用于温度测量时，选择的波段必须具备两个条件：一是辐射的气体浓度的混合比应是不变的，以便突出温度因子；二是在此波段气体有强烈的吸收，且具有单一性。所谓单一性，就是在此波段只有某种分子有强烈的吸收，而其它分子吸收得很少，只作为噪声存在。研究证明，氧分子在波长 5 毫米附近具备以上两个条件。用微波辐射计观测天空亮度温度，再通过公式计算，可反演出温度随高度的分布。同样，用微波辐射计测量波长为 1.35 厘米附近的水汽吸收特性，可计算出大气湿度随高度的分布。现在，利用微波遥感的方法，还能遥感云雨、海洋温度、土壤温度、大气污染状况等。

【红外大气遥感】红外大气遥感是利用大气红外辐射信息探测大气的方法与技术。红外线的波长范围在 0.76—1000 微米之间。红外遥感可以日夜测量目标物的红外热辐射。大气中有几个红外大气窗口。红外辐射在大气中的传输能力受到雨、雪、雾等天气条件的影响，这是红外遥感最大的缺点。用光栅光谱仪，在晴空条件下，利用 15 微米附近波段 CO_2 吸收带，可以测量 0—6 千米内的温度层结，测量精度约为 1.6—2K。用地面红外测湿仪，测量太阳光在 1.91 微米水汽吸收带和 1.65 微米大气窗口的辐射，比较这两个辐射值，就可算出大气总含水量。红外大气遥感还可以测量大气污染物质。大气中的 CO_2 ， CO ， SO_2 ， NO 等物质在大气中含量很小，但它们在红外波段有一些吸收谱线。利用这些痕量物质的吸收光谱，可监视这些物质的存在与变化。一般是在卫星上探测地球红外辐射来监视大气污染物的含量。

【激光大气遥感】主动遥感的一种，利用激光探测大气的技术与方法。激光大气遥感常使用激光雷达。它可用来探测气溶胶和烟羽、大气光学参数与能见度、大气气体成份及其分布、大气温度与气压等。激光雷达主要由发射系统和接收、显示系统两部分组成。用激光雷达可以探测出大气消光系数。有了消光系数就可以在不设目标物的条件下估算水平能见度和灯光能见度。消光系数是大气的基本光学特性，它除对能见度的探测有重要意义外，还反映了空间位置上气溶胶的总散射能力，所以对观测气溶胶的分布的演变、大气边界层的热力和动力状况也有十分重要的意义。当激光雷达探测到了消光系数和后向散射系数后，除去空气分子成分的影响，就可决定气溶胶的光学特性。而气溶胶在致雨过程中是大气凝结核，又是大气污染的一个监测项目。因此作为激光大气遥

感的激光雷达受到了广泛的重视。随着工业的发展和城市人口的增长,大气污染的监测日益受到重视。利用激光雷达探测烟羽浓度是大气污染监测的重要项目,方法是用人工烟羽为示踪物质,用激光雷达测定烟羽绝对浓度分布变化,为工程设计提供大气扩散数据。应用激光遥感还可以探测晴空大气中的风和湍流,估计云高与中、高云的层次,大气逆温层的高度、识别气体成份、测量大气密度、水汽分布等。

【气象雷达】气象雷达是属于主动式微波大气遥感的装备,是大气探测的重要设备之一,它对监视局部灾害性天气有重大作用。1942年出现了用于气象目的的雷达。20世纪60年代又出现了可对大气流场结构有定量探测能力的多普勒气象雷达。雷达通过方向性很强的天线,定向发射的电磁波,在大气中近似光速直线传播,遇到目标物时,一部分电磁波能量被反射回来。这种称为回波的、反射回来的信号,由雷达接收机接收,再由显示装置显示出来,就可知道目标物的方位。由发射电磁波至收到回波的时间差,就能算出目标物离测量点之间的直线距离。而回波强度又表征着目标物的物理特性,如降水强度、云中含水量、风场、闪电等。气象雷达的目标物可以是云雨、气溶胶,还可以是折射率很大的涨落区域等。普通气象雷达只能测量目标物的方位、距离和回波强度;而多普勒气象雷达除可测量上述项目外,还可以通过检测回波位相变化来测定目标物的移动速度。气象雷达一般由定向天线、发射机、接收机、天线控制装置、显示器、照相装置、计算机、图象传输等部分组成。雷达使用的波段主要有:K波段(波长0.75—2.4厘米)、X波段(波长2.4—3.75厘米)、C波段(波长3.75—7.5厘米)、S波段(波长7.5—15厘米)、L波段(波长15—30厘米)

米)等。使用的波段不同,雷达的性能也不同。例如:可用X、C、S波段雷达探测降水;用K波段雷达探测不产生降水的云等等。气象雷达的主要种类有:测云雷达,用来探测未形成降水的云的高度、厚度及云内物理特性,波长为1.25厘米或0.86厘米。天气雷达,用来探测降水的发生、发展和移动。气象用多普勒雷达,利用多普勒效应来测量云和降水粒子相对于雷达的径向移动速度。中国普遍采用的气象测雨雷达有国产711(X波段)、713(C波段)、714(S波段)雷达。气象测风雷达有国产701(P波段)雷达。

【气象卫星地面站】接收来自气象卫星上扫描辐射仪获得的大气及地表信息的设备。气象卫星上的扫描辐射仪获得各个通道的遥感数据,经卫星上的计算机对信号(数据)进行编排,然后用它去调制无线电波,地面站上的接收装置首先接收这种无线电波,然后对其通道数据进行分离,再把分离后的数据进行定标、定位的处理。然后按用户要求进行专业性处理。气象卫星地面站的关键设备是:接收天线、前置放大器和变频器、主接收机及资料处理计算机。中国建成了三个气象卫星地面站,即北京气象卫星地面站、广州气象卫星地面站、乌鲁木齐气象卫星地面站,其中广州、乌鲁木齐站接收的资料,通过通讯卫星传到国家卫星气象中心,三个站接收的卫星资料可以覆盖亚洲绝大部分地区。

【天气系统】伴随一定天气的大气运动系统。大气运动系统的水平尺度差别很大,对天气有直接影响的约在 10^2 — 10^7 米之间,一般可分为四类:(1)行星尺度系统:水平尺度与地球半径相当(3000—10000千米),生命史为3—10天的天气系统,如高层大气的长波

系统。(2) 天气尺度系统：水平尺度约为 1000—3000 千米，生命史为 1—3 天的天气系统，如低层大气的高压和低压系统。(3) 中尺度系统：水平尺度为 10—1000 千米，生命史为 1—24 小时的天气系统，如小气旋和飑线。(4) 小尺度系统：水平尺度小于 40 千米，生命史为 10 分钟到 3 小时的天气系统，如积雨云和浓积云等对流系统。

【气团】在水平方向上具有大体相同热力性质（温度和湿度分布均匀）的大块空气。这些均匀属性的形成，是由于大块空气长时间停留在某种环境的地区获得的。该地区称为气团源地。当气团离开源地后，其热力性质会逐渐发生变化，这种变化称为气团变性。气团按地理分类主要可分为极地气团和热带气团，它们又有大陆性和海洋性之分。气团按热力分类可分为暖气团与冷气团。中国境内出现的气团多为变性气团，冬半年主要受极地大陆性气团影响，夏半年主要受热带海洋性气团影响。

【锋】在气象学上，把两种不同性质气团的界面称为锋面。锋面与地面的交线称为锋。锋面在移动过程中，若冷气团起主导作用，推动锋面向暖气团一侧移动，称为冷锋；若暖气团起主导作用，推动锋面向冷气团一侧移动，称为暖锋，当冷、暖气团势力相当，锋面移动很少时，称为准静止锋。在暖气团、较冷气团和更冷气团相遇时，先构成两条锋面，然后其中一条锋面追上另一条锋面，即形成锢囚锋。冷锋在中国一年四季都有，冬半年更常见。暖锋多在中国东北地区和长江中、下游活动。准静止锋在华南、天山和云贵高原等地活动。锢囚锋常出现在东北和华北等地（见图）。

第一型冷锋云系

有积状云的第一型冷锋云系

第二型冷锋云系

中国冬半年常见的第二型冷锋云系

暖锋云系

有积状云的暖锋云系

暖性锢囚锋云系

皮耶克尼斯和索尔贝格的锋面气旋模式

上图和下图分别表示气旋中心以北和以南（穿过暖区）剖面上的云系和空气运动，剖面的取向与气旋运动方向一致

【气旋】大气流场中，在北（南）半球呈反（顺）时针方向旋转的大型涡旋，在气压场上表现为低气压区。气旋的直径平均 1000 千米，中心气压值一般在 970—1010 百帕之间，强台风中心气压值可低于 935 百帕。当气旋中心气压随时间降低时，称气旋“加深”。当气旋中心气压随时间升高时，称气旋“填塞”。根据气旋形成和活动的主要地理区域，可分为温带气旋和热带气旋。按其温度分布特征，可分为无锋气旋和锋面气旋。热带气旋都是无锋气旋。锋面气旋中有锋面，一般移动较快（见图）。

【反气旋】大气流场中，在北（南）半球呈顺（反）时针方向旋转

的大型涡旋，在气压场上表现为高气压区。反气旋的直径一般较大，如冬季亚洲大陆的反气旋，可占整个亚洲大陆的 $3/4$ 。中心气压值一般在 1020—1030 百帕，冬季亚洲大陆的反气旋中心气压可达 1040 百帕。当反气旋中心气压随时间升高时，称反气旋“加强”。当反气旋中心气压随时间降低时，称反气旋“减弱”。根据反气旋形成和活动的主要地理区域，可分为极地反气旋、温带反气旋和副热带反气旋。按温度状况则可分为冷性反气旋和暖性反气旋。

【低空急流】对流层低层（离地约 1.5 千米高度）出现的较强的风速带，它与暴雨关系密切。与暴雨有关的低空急流，常存在于西太平洋副热带高压的西北侧的西南气流中。急流的左侧经常是辐合上升运动区，伴有大片降水和暴雨中心，其右侧为副热带高压，高压下天气通常晴朗，没有成片降水区，是辐散下沉运动区。低空急流的存在，有利于暴雨的发生，暴雨中心常沿着低空急流的方向移动。而暴雨的发生又促进急流的加强和维持。直到暴雨发生的条件消失时，低空急流和暴雨也随之减弱消失。所以，低空急流与暴雨是相互促进的。

【切变线】风场中的一条不连续线，两侧的风矢量平行，该线的分量有突变。气象上一般把出现在低空（离地约 1.5—3 千米高度）风场中的这种不连续线，称之为切变线。中国的切变线多为东西走向，是中国夏季主要降水天气系统之一。例如，华南切变线、江淮切变线和华北切变线。据统计，由于江淮切变线产生的暴雨，约占夏半年该地区总暴雨日数的 41%。切变线形成后，移动缓慢，一般可维持 3—5 天，长的可达 10 天以上。

【副热带高压】位于亚热带地区的高压系统。出现在西北太平洋上的副热带高压，称为西太平洋副热带高压。副热带高压内偏东和偏西风之间的分界线，称为副热带高压脊线。西太平洋副热带高压脊线对中国的天气、气候变化有极其密切的关系。冬季，西太平洋副热带高压脊线在 20°N 以南，中国的主要雨带在华南沿海一带。春季，西太平洋副热带高压脊线逐渐北移，华南前汛期雨季开始。初夏（6月中旬—7月中旬）西太平洋副热带高压第一次北跳，脊线稳定在 20° — 25°N ，雨带北移到江淮流域，梅雨开始。7月中旬，西太平洋副热带高压第二次北跳，江淮流域梅雨结束进入伏旱期，华北和东北雨季开始。8月下旬后，西太平洋副热带高压开始南撤。10月上旬返回到 20°N 以南。但是，副热带高压脊线位置的移动各年都不相同。例如，1991年江淮流域持续性特大暴雨过程，就是由于这一年西太平洋副热带高压提前北跳（5月中旬）和长期维持形成的。因此，西太平洋副热带高压脊线位置的预报是中国夏季天气预报中重要关键之一。

【阻塞高压】形成于西风带内缓慢移动的高压，因对其上游天气系统的移动有阻碍作用，故称为阻塞高压。在亚洲地区，阻塞高压经常出现在乌拉尔山和鄂霍次克海地区，一般可维持8天。阻塞高压的建立、崩溃和移动常常伴随着一次大范围环流型的强烈转变，它的长久维持常会使大范围地区的天气异常。例如，中国梅雨出现的典型形势是在鄂霍次克海上空存在着阻塞高压。冬季乌拉尔山阻塞高压崩溃时，会使中国出现一次寒潮天气过程，造成广大地区严寒风雪的天气。

【急流】气象学术语，指在大气中存在着的窄而强的气流带，其结构与江河急流相似，故称急流。急流内的风速比上下左右四周的风速都大得多，具有强的垂直风切变和水平风切变。在急流附近，常有晴空颠簸，直接影响到飞机航行安全。其中，高空急流位于对流层上部，约离地 10 千米高度上；低空急流位于对流层下部，约离地 1.5 千米高度上。高空急流随地理位置又可分为中纬度的极锋急流（ 40° — 60°N ）、副热带急流（ 20° — 30°N ）和热带东风急流（ 10° — 15°N ）。

【高压脊】从高压区向外延伸出来的舌状高压区域。高压脊中的气压值比两侧的气压高，因为有空气向外流出，是空气的辐散区，常有下沉运动，所以在高压脊控制的地区常对应着有晴好天气。高压脊两侧的气流呈顺时针方向旋转，高压脊一般情况都是自西向东移动，因此，在其前部常吹偏北风，在其后部常吹偏南风。在高空大气中的高压脊常与低压槽相间出现，它们的移动速度和加强或减弱的趋势是预报天气的重要依据。

【低压槽】从低压区向外延伸出来的舌状低压区域。它是最常见的天气系统，根据其出现的高度层又分为地面槽和高空槽。在北半球，低压槽一般从北向南延伸，如从南向北延伸则称为倒槽，有时呈东西向伸展又专称之为横槽。低压槽中的气压值比两侧的气压低，是空气的辐合区，常有上升运动，因此，在低压槽附近有利于形成云和降水等天气。从卫星云图上看到的在高空槽附近出现的大片云区称之为高空槽云系。在高空，槽和脊常相间出现，自西向东移动，对应着阴晴相间出现的天气。

【锋面云带】沿锋面出现的狭长的带状云系，也称为锋面云系；其宽度为几百千米，长度可达数千千米。根据云区出现部位所对应的锋面性质，又区分为冷锋云系、暖锋云系、锢囚锋云系和静止锋云系等。锋面云系常由高云（卷云）、中云（高层云和高积云）、低云（层云和层积云）和对流云（积云和积雨云）等多种云状的云组成；并具有一定的分布特点和组织形式。锋面云带经常对应着大范围的降水；利用卫星云图可对锋面云带的移动及其增强、减弱的趋势进行监测，是进行天气预报的重要工具。

【低涡】出现在高空的有闭合低压中心的空气涡漩，在其周围的空气做反时针旋转（在北半球），是影响中国的重要天气系统。低涡中心附近同时出现空气温度最低的中心时，又专称之为冷涡。在中国依据其形成或出现的地区，又分为东北低涡、西南低涡、西北低涡等。低涡中的气压比周围低，是空气的辐合区，有较强的空气上升运动，因此，常产生云和降水天气。从卫星云图上看到的在低涡附近出现的云区或呈螺旋状的云带称为低涡云系或冷涡云系。

【涡度】衡量空气运动涡旋性强度和特征的物理量，由水平风在与风向垂直的方向上的风速变化率进行计算。气旋性涡度为正值，反气旋性涡度为负值，天气预报中常根据所计算出的涡度的空间分布特点预测天气系统的发展；是推测天气演变的主要参考量。

【热带辐合带】又称赤道辐合带。热带地区经常出现的大范围来向不同的气流的汇合带。在东南亚和西北太平洋地区，热带辐合带主要是近赤道的西南季风和它北边的偏东信风之间的辐合。在太

平洋中部和东部以及北大西洋地区，热带辐合带主要是近赤道的东南信风和它北边的东北信风的辐合。辐合带中的气压比周围稍低，也称为赤道槽、季风槽或信风槽。由于气流的辐合和气温高、湿度大，热带辐合带附近常常对流旺盛，形成大量的积云和云团。从卫星上俯瞰，热带辐合带构成了一种由云团和云带断续分布组成的，大致与赤道平行的，差不多环绕地球的云带。约 80% 以上的台风是由这种辐合带的云团扰动发展起来的，热带辐合带的地理位置基本上随热赤道的位置变化，在西北太平洋地区，冬季移至赤道以南，春季明显向北移，盛夏 7、8 月份可移到南海北部，甚至到达华南。有时伴随着台风在中国东南沿海登陆，辐合带也进入大陆，造成大暴雨或特大暴雨。

【台风】 又称热带气旋或热带风暴。在西北太平洋和中国南海的热带海洋上形成的一种强烈的大气涡旋运动。台风的范围大小不等，大的涡旋半径可达 1 千千米以上，小的只有 200—300 千米，大多数 500 千米左右。在大气层的下部靠近地面 1—2 千米处，台风中心的气压很低；由于气压差的作用和地球自转的影响，四周的暖、湿空气以反时针方向螺旋式地向台风中心区流动；气流愈接近中心速度愈大，在离中心数十千米处风力达到最大。在天气预报中，根据这种最大风力的蒲福风力等级，将热带气旋由弱到强划分为：热带低压——最大风力 6—7 级，热带风暴——8—9 级，强热带风暴——10—11 级，台风——12 级以上。同时，暖、湿空气在向台风中心流动的过程中出现了强烈的辐合上升运动，空气中的水汽在高空大量凝结，形成螺旋形的云带和很大的降雨；水汽凝结时释放出来的潜热，使台风上空的气温比周围明显高；来自低层辐合上升的气流，在高空转为从台风中心附近向外辐散流出，并在

中心区域出现了下沉气流，上述中心区域气温较高（气柱轻、气压低）和空气在高层向外流出，是台风涡旋运动的重要特征和条件。在台风中心几十千米的范围内，天气状况发生了显著的变化：风力迅速减小，气压出现了最低值，上升气流消失，高空气流下沉，在四周耸立的云墙中间出现了晴朗少云的天空；气象学家把台风中心这一圆形或椭圆形的无云区称为台风“眼”。

风云一号气象卫星的

台风云系的三通道合成云图

在西北太平洋和南海平均一年有 28 个热带气旋达到热带风暴、强热带风暴和台风的强度。虽然各月均可发生，但 70% 集中在 7—10 月。台风或热带风暴基本上沿着大范围环境的平均气流移动。初期多数在东风带气流中向西和西北移动，以后由于副热带环境气流的不同，有些在副热带高压西侧的气流中逐渐转向北和东北移动，变性为温带气旋；有些则在副热带高压南侧继续向西和西北移，进入陆地减弱消失。在中国登陆的热带风暴、强热带风暴和台风的总数平均一年有 7 个，最少的一年为 4 个，最多的一年达 12 个。从华南至东北的中国沿海，甚至河南等内陆地区，都直

接或间接地受到台风的影响。台

中国台风路径图

（不包括南海台风）

风伴随着的狂风、暴雨和巨浪（风暴潮）常常给海上航运、渔业、盐业生产和沿岸人民的生命财产造成很大危害，是一种严重的灾害性天气。因此，在台风活动的季节，气象台严密监视台风的活动，根据气象卫星观测资料，沿海雷达探测资料和日常气象观测资料的分析结果，及时进行台风编号，并根据距离中国的远近发出台风消息和台风警报，以期防御和减少其危害。另外一方面，8、9月份广东和福建等地的雨水60%以上来自台风，一次热带气旋登陆常可解除或缓解旱情，有益于农业生产。

【热带云团】热带地区上空经常出现的范围在几百千米至上千千米的比较密集的成团的云区。云团由范围数十千米的对流云群和一些孤立的范围数千米的对流云单体组成。云团常常伴随着很强的降雨。热带云团经常出现在热带辐合带和东风波谷部附近。台风是热带云团有组织的发展。热带云团与强降水等剧烈天气变化密切相关。另外，青藏高原等地还出现一种范围只有几十千米的热

带云团；在热带印度洋和东南亚的季风气流中，经常出现范围达数千千米的特大热带云团，这些对中国南方天气都有很大影响。

云团一般可维持数日，其中对流云群可维持数小时到1天，孤立的对流云单体一般只有几十分钟的生命史。

【雷暴】狭义指积雨云云中、云间或云地之间的放电现象，有闪电和雷声，有时只闻雷声而不见闪电。广义指一种中尺度对流性天气系统，其特征是具有旺盛的积雨云活动，因而有闪电雷鸣或（和）其他各种对流性天气现象（如冰雹、龙卷、阵雨、阵风等）以及一系列气象要素变化（如气压陡升、气温急降、风向急转、风速突增等）。在气象观测及日常生活中多指前者，而在天气学分析研究中，多指后者。产生雷电的每个积雨云单体或雷暴单体，其发展过程有三个阶段：（1）发展阶段，整个云体内为上升气流，云内温度高于环境空气温度。（2）成熟阶段，降水开始产生，由于降水物的拖带而产生了下沉气流，与上升气流并存。（3）消散阶段，下沉气流扩展至整个云体，降水逐渐停止，云体消散。每个阶段约十余分钟至半小时左右，每个单体大小约几千米。

雷暴分一般雷暴和强雷暴两大类。当各个雷暴单体散乱分布，各自按上述过程发展的是一般雷暴，天气现象较弱。强雷暴又称强风暴，它呈现出稳定有序的组织形态，根据其强度又分为二种：（1）多单体风暴，它由多个处于不同发展阶段的雷暴单体组成，聚集成群，此起彼伏，新陈代谢，排列没有组织，但仍带有一般雷暴特点。（2）超级单体风暴，它具有单一的上升和下沉气流，组织得较好较稳定，构成一个强大的垂直环流系统，时空尺度和天气现象强度都远远超过一般雷暴。这两种强风暴持续时间均可达几个乃至十几个小时，范围达数十至一二百千米。

雷暴云中同时存在多种复杂的物理过程，可以产生雷电、阵雨（可达每小时数十毫米）、冰雹。降水粒子在下落过程中的蒸发和对空气的直接致冷可造成局部地区的冷空气堆。由于冷空气密度较大因而加大了整层空气柱的质量而造成气压陡升，并形成局部地区的高压区（称为雷暴高压），冷空气因凝结物的拖带而急速下沉，冲向地面并快速向四周辐散，造成阵风（可达 15—25 甚至 40 米/秒）和风向急转，气温急降。这种低空急剧的风向变化（称为低空风切变）和强下沉气流（称为下击暴流）对飞机起降威胁极大，曾造成多起空难。而此冷空气堆的前锋（由于它象一条小型的冷锋，故又称伪冷锋）又可抬升其前的暖湿空气而造成新的雷暴对流。雷暴形成的基本条件有二：（1）大气为强烈的热力不稳定；（2）低空有将这种大气抬升，导致不稳定能量释放的触发机制。触发机制一般有下列几种：辐射加热使空气上升，气流在山地、坡地被抬升，暖湿气流遇锋面或冷空气而被抬升，在低空有空气辐合上升的各种天气系统等。因此，人们又进一步将一些雷暴称为气团雷暴或热雷暴、地形雷暴、锋面雷暴、冷涡雷暴等。雷暴的移速每小时数十千米，其移动包含两种成份：一种是随其

所在环境的平均气流平移，另一种是因雷暴对流不断在它的一些部位形成、发展而在另一些部位消散（新陈代谢）而造成雷暴整体位置的变动（这种位移称为传播）。两者合成的结果，使雷暴的移向偏离其所在环境的平均气流，绝大多数偏右（称为右移风暴），少数偏左。

【飚线】伴有多种强天气现象（如大风、强降水、冰雹、龙卷等）和剧烈的气象要素变化（如风向突变、气压陡升、气温急降等）的强雷暴带。它是一种中尺度的强对流灾害性天气系统，存在时间为几小时到十几小时，若以雷暴区计量，其长度为数十到数百千米，宽度为几千米到几十千米。而其移动和影响所及的区域，长宽都可达数百乃至上千千米。它带来的天气现象和气象要素变化，和强雷暴一样（参见雷暴），只是范围更大，强度更强，因此，可造成更为严重的灾害。它的形成，要求大气有强烈的热力不稳定性；通常要求大气在中高层有冷干空气流入和低层有暖湿空气不断补充。它的形成还需要有触发的动力条件，这种条件常出现于高空槽线、高空冷涡、台风、热带扰动及锋面等天气系统附近，飚线形成的基本物理过程是在这些天气系统的触发下将具有强烈热力不稳定性的空气抬升，使对流猛烈发展，造成带状的雷暴群。飚线的移动和强雷暴一样，也包含平移和传播两部份，两者合成的结果，使飚线的移动方向，多偏于中层气流的右方。飚线的移速通常为每小时数十千米。根据与飚线相联系的天气系统，人们又进一步称一些飚线为锋前飚线、锋后飚线（为数甚少）、台风飚线等。由于飚线是大气非常不稳定的产物，故又称为不稳定线。由于它伴有气压陡升，故也称为气压涌升线。

【龙卷】一种强烈的小旋风，外观像漏斗状的云柱从积雨云底部向下延伸。当延伸到地面时，把海（江、湖）面的水及地面上的沙、石、杂物卷起。漏斗云柱的轴常垂直，有时倾斜甚至弯曲。龙卷中的气压非常低，只有外围的 $1/2—1/3$ ，所以气压梯度很大、形成旋转很快的旋风，大多按顺时针方向旋转。外围的空气则很平静。云柱直径可从数米到数百米，在一块云下有时可出现几个小龙卷。由于龙卷中心气压很低；以及龙卷风速度很大，可达 11、12 级，因此龙卷的破坏力很大。所经之处，房屋被毁、大树连根拔起，人畜被卷至空中，高压线铁塔被扭曲，甚至大煤气罐也被卷起，在海上或江湖上上千吨的船也被卷起或掀翻。在世界上美国是龙卷最多的国家，每年平均有 500 次左右。龙卷多在潮湿闷热的天气下发生，所以中国龙卷以沿海及南方为多。上海、天津等沿海城市历史上曾多次出现大的龙卷灾害。

龙卷风

积雨云底部比较阴暗混乱，在其中心下垂一条直径不大的龙卷，开始由粗变细，后又由短而长，但未及地图中所示龙卷风持续约 7 秒

【海陆风】出现于海岸附近地区的具有明显日变化的风，即白天从海洋吹向陆地的风（称为海风），夜间从陆地吹向海洋的风（称为陆风）。海陆风形成的原因，是由于陆地和海洋的热力性质不同，因而在白天和夜间，两者的温度状况不一致之故。白天在阳光照射下，海洋因海水比热远大于空气而升温较少，陆地则升温较大，造成海洋上空低层的空气较陆地上空同高度的空气为冷，因而密度较大，由此造成海陆之间的气压差使空气从海洋流向陆地。夜间情况则相反，陆地辐射冷却的降温较海洋大，造成陆地上空的空气较冷和密度较大，由此造成的气压差使空气从陆地流向海洋。在背景气流微弱和天气晴朗、日照强的条件下，海陆风最为明显。海陆风影响的水平范围为数十千米，铅直高度为1—2千米，风速为每秒数米，距海岸愈远，海陆风愈弱。由于海陆间的温度差白天较大，所以海风常大于陆风，海风在下午达到最强，陆风在后半夜达到最强。在较大的湖泊与陆地的相邻地区，由于同样原因，也有这种类似于海陆风的局地环流，称为湖陆风。

【山谷风】出现于山区的具有明显日变化的风，即白天从谷地吹向山坡的风（称为谷风），夜间从山坡吹向谷地的风（称为山风）。山谷风形成的原因是由于山坡和谷地的热力性质不同，因而在白天和夜间，两者的温度状况不一致之故。在晴朗的白天，阳光照射下，山坡升温较快，其上的空气因受热而密度减小。而与山坡同高度的谷地上空空气则温度较低，密度较大，由此造成的山坡与谷地间的气压差使空气从谷地流向山坡。夜间温度状况则相反，山坡的辐射冷却较快，其上的空气因冷却而密度增大，这时与山坡同高度的谷地上空空气温度却相对较高，密度较小，由此造成的

气压差使空气从山坡流向谷地。

在天气晴朗，日照较强和背景气流较弱的情况下，山谷风最为明显。由于白天太阳加热造成的坡谷之间的温差一般大于夜间辐射冷却造成的温差，因此，谷风一般大于山风。山谷风的风速一般为每秒数米，谷风通常在下午达到最大，山风通常在后半夜达到最大。谷风在吹向山坡时沿山坡爬升，常在山顶形成对流云，对流强时可产生阵雨。在山区与平原相邻的地区，由于同样原因，也可出现与山谷风类似的日变化明显的局地环流。

【寒潮】秋、冬、春三季寒冷气团经由西伯利亚等地侵袭中国造成剧烈降温、大风、降水等现象的天气过程。寒潮暴发时，中国大部分地区和沿海出现大风和气温明显下降的现象。国家气象局规定，受冷空气影响，气温在 24 小时内下降 10°C 以上，最低气温达到 5°C 以下，为气象台发布寒潮警报的标准。中央气象台根据不同地区的情况又补充为：长江中下游及其以北地区，48 小时内降温 10°C 以上；长江中下游最低气温达到 4°C 以下；陆地大范围有 5 级以上大风，渤海、黄海、东海出现 7 级以上大风。此外，寒潮常常伴随着低温霜冻、大风沙、暴风雪和冻雨等恶劣天气。寒潮暴发是范围数千千米的冷性高压系统（冷气团），由西北向东南迅速移动的过程；在冷气团的东南前沿与暖空气的交界处，形成了一条气象上称为冷锋的过渡带；冷锋过境，气压升高、气温降低、风向由南转北、风力迅速加强等，表示寒潮已经来临。大多数寒潮来自西伯利亚，经蒙古人民共和国和新疆，由西北向东南影响中国大部地区；少数寒潮，由西向东首先进入新疆，然后向东偏南移动影响中国，这种路径的寒潮一般势力较弱。还有少数寒潮来自西伯利亚东部和鄂霍次克海附近，只对中国东北和华北北部

有较大影响,寒潮暴发的次数逐年变化很大,有的年份多达 10 次,有的年份只有 2 次,平均一年有 5—6 次。寒潮暴发主要集中在 11 月至翌年的 4 月,最早在 9 月,最晚在 5 月。这些最早和最晚出现的寒潮,常常给中国农业生产等活动带来较大的危害。寒潮暴发是大气西风带中大范围波动加强,波动的谷部(气象上叫长波槽)在东亚上空向南加深的过程。近年来,根据气象探测的资料,应用大型电子计算机,可以较准确地计算和预报出这种西风带大范围波动的发展和变化,为气象台发布寒潮预报和警报提供比较可靠的依据。

【天气分析】根据天气学和动力气象学原理,对天气图和各种大气探测资料所进行的分析。通过天气分析,可以了解天气系统的分布状况和空间结构,随时间连续演变规律及其与天气变化的关系,为天气预报提供依据。

天气图分析是指在天气图上从形态上定性分析天气和天气系统,是天气分析中发展最早、使用最广泛的方法,包括地面天气图分析、高空天气图分析和辅助天气图分析。诊断分析是指利用大气探测资料,计算各种大气物理量场,并对其空间分布和时间演变特征,以及它们和天气系统发展演变的关系进行定量物理分析的技术。是天气分析由定性向定量化发展的产物,开始于 20 世纪 70 年代初,计算的物理量场有散度、涡度、垂直速度、水汽通量等。

随着大气探测技术和电子计算机的发展,天气分析的内容不断丰富。20 世纪 40 年代气象雷达的使用,为分析降水系统的水平和垂直结构提供了便利条件。而 20 世纪 60 年代气象卫星的发射成功,使卫星云图资料的分析成为天气分析的一个重要内容。由

于计算机技术应用于天气分析中，使分析方法从手工操作逐渐转为人机结合或自动化的方式，大大提高了天气分析的速度。

【天气图】填有各地同时间的气象资料，能够表征大气状况，用以分析和预报天气变化的特制图表。常用的天气图包括地面天气图和高空天气图，此外还有辅助天气图。天气图上填写的气象资料为世界各地的气象站根据统一规范，在相同的时间观测所得到的气象要素及天气现象记录。在观测后气象资料被迅速集中并传送至各地气象台，再按照一定格式填在空白地图上或填在按不同需要设计的各种空白图表上，便制成天气图。根据天气图范围大小，可以分为全球天气图、半球天气图、洲际天气图、国家范围天气图和区域天气图等，按照不同要求可选择不同范围的天气图。自1820年世界上第一张天气图问世以来，由于天气图在综合分析判断天气变化中起着重要作用，已成为常规天气分析预报的主要工具。随着气象现代化的进展，天气图可在工作站的荧光屏上快速调阅显示。

【地面天气图】反映某时刻地面层大气状况和运动情况的天气图。在图面上的每个气象站的相应位置上填写该站的地面观测记录，有气温、露点、海平面气压和3小时内的气压变量、风向、风速、能见度、云量、云状、云底高度、天气现象以及过去6小时内的降水量等。再根据各气象站的海平面气压值分析绘制等压线，确定高低压系统的位置及各类锋的位置。常规地面天气图每日绘制4次，分别为北京时间02时、08时、14时和20时。

【高空天气图】又称高空等压面图。用于分析天气系统和大气状况

的空间分布的天气图。根据高空不同气压选取 925 百帕、850 百帕、700 百帕、500 百帕、300 百帕、200 百帕、100 百帕等几个主要层次为常用的标准等压面。每一标准等压面图上填有各测站上空该等压面上的高度、温度、湿度露点差、风向、风速等。在高空天气图上要分析绘制等高线、等温线，并标注各类天气系统（低压槽、高压脊、高低压中心）及冷暖中心。高空天气图每天绘制两次，分别为北京时间 08 时和 20 时。

【天气预报】泛指对未来天气变化的预测。自古以来，天气与人类社会关系密切，恶劣天气不仅对人们日常生活，而且对社会经济、军事和政治有重要的影响。据统计，气象灾害位居各种自然灾害之首。为了减轻灾害性天气的危害，趋利避害，天气预报早已成为世界各地广为关注的科学问题。数千年来流传于民间的天气谚语是早期的单站天气预报，这是广大劳动人民在生产实践中通过观测天象、物象来预测当地未来天气变化的经验结晶。17 世纪至 19 世纪中叶，气压表、温度表等气象观测仪器相继问世，地面气象站也陆续建立，这时期主要根据单站气压、气温、风、云等要素的变化来预报天气，这是近代天气预报的初始阶段。19 世纪中叶到 20 世纪 30 年代，随着电报、探空气球等通信、探测手段的发展而开创了天气图预报阶段，将各地气象站同时间的观测资料绘制成天气图，从地面天气图发展到高空天气图，因而使大气运动的三维图象得以生动显现。这时期，气团锋面学说和大气长波理论先后创立并应用于天气图预报，使之发展成熟。20 世纪 40 年代后期，天气雷达的应用，为台风、暴雨、强风暴等灾害性天气的预报，提供了有效的工具。20 世纪 50 年代以来，随着电子计算机的出现和发展，基于动力气象学原理和数学物理方法的数值天

气预报已广泛应用于天气预报，成为近代天气预报的主要标志和发展方向。与此同时，概率论和统计学的许多新成就在天气预报中也得到前所未有的应用，建立了概率统计预报方法。尤其是自20世纪60年代发射气象卫星以来，利用卫星的探测资料，弥补了海洋、沙漠、极地和高原等地区因气象站稀少而资料不足的缺陷，使天气预报的水平有显著的提高。

现代天气预报正向全盘自动化的方向发展。从气象观测、发报、通信、资料收集和分发、填绘天气图、按模式进行计算、数值天气预报产品的输出和分发，均由计算机控制。预报员可在预报工作站和终端调阅所需的各种资料和数值预报产品，综合作出天气预报。

按天气预报的时效长短，可分为短时预报（预报局地强风暴等系统未来1—6小时的动向），短期预报（预报未来24—48小时天气情况），中期预报（预报未来3—15天的主要天气变化趋势及主要天气影响过程），长期预报（预报1个月至1年降水和气温平均值与多年平均值的偏差和旱、涝发展趋势），超长期预报（未来1—5年的预报），气候展望（5年以上的预报）。按预报范围可分为本地预报、区域预报和大范围预报。按预报服务对象可分为公众预报（通过电视、电台、报纸等新闻媒介发布的天气预报和灾害性天气警报）和专业预报（按工业、农业、交通等部门的特殊需要，气象台所提供的专项预报。如农业气象预报、航空气象预报、海洋气象导航预报、森林防火气象预报等）。

【天气谚语】民间流传的群众测天经验的谚语。这是劳动人民在长期生产实践中通过观测天象、物象、海象来预测未来天气变化的经验积累。多数口头相传流行于民间，仅部分有文字记载，分散

于古书、文物和地方志。天气谚语文字简练生动，内容丰富，地方性强，预报时效长短不一。多数天气谚语符合近代气象科学原理。如流传较广的“朝霞不出门，晚霞行千里”。说明清晨出现与朝霞辉映的红光，预示西方可能有低气压系统移来，空气中水汽较充沛，降水可能性很大；晚霞则反映大气层结较稳定，或风雨已经东去，天气晴好。“清晨宝塔云，午后雨倾盆”。反映堡状高积云所在气层不稳定，午后随着太阳辐射的增强会使低层对流发展，有利于出现雷雨天气。天气谚语具有地区性特点，如“春南夏北，有风必雨”适用于长江以北；“春南夏北，没水磨墨”适用于福建沿海。由于天气谚语对时空条件、状态描述、变化历程均说明不详，是否仍适用于目前天气气候变化规律，必须结合理论和实践进行科学分析和验证，因地制宜地正确运用。如浙江衢县气象站验证“日晕三更雨”表明：出现日晕前一天无雨时，当天无雨，则第二天、第三天有雨机率高达 92%；反之，当出现日晕前一天有雨时，未来 3 天内有雨或无雨的机率均不高，不能作为预报依据。

【单站预报】气象站制作的当地天气预报。近代的单站预报始于 17 世纪中叶。随着温度表、气压表等气象观测仪器相继问世、气象站在西方国家陆续建立，气象站主要根据单站气压、气温、风、云等要素的变化来预报当地天气。中华人民共和国成立后，气象站开展地方天气预报工作取得飞速发展。气象站结合本地气候、地形、单站气象要素变化和当地群众的看天经验来补充订正气象台发布的大范围天气预报。1978 年后，气象站可通过传真接收到环流形势分析和数值预报产品，以及气象卫星云图分析资料，有利于点面结合，为进一步提高单站预报质量创造了条件。

【天气图预报】依据地面天气图、高空天气图的三维实况分析和气象学原理来预测各地未来天气变化。天气图能显示各种天气系统和天气现象的分布及其相互关系，是分析判断天气变化、制作天气预报的基本工具。1855 年因发现海王星而著名的法国巴黎天文台台长勒佛里埃研究在克里米亚战争时导致英、法联军几乎全军覆灭的黑海风暴的路径，收集到 1854 年 11 月 12 至 16 日 5 天的气象报告，绘制天气图，查明风暴自西北向东南移动，经过欧洲，在其到达联军舰队以前一、二天，西班牙和法国西部已受其影响。他认为：“若组织观测图，迅速将观测资料集中于一地，分析绘制天气图，可推断出未来风暴运行路径。”他的建议受到各国政府的重视和响应。1860 年前后，欧美各国和日本先后用电报传送当日气象观测资料，绘制天气图，发布风暴警报。早期的天气图预报仅限于地面天气图上高压和低压系统的经验外推，即依据天气系统过去的移动路径和强度变化趋势，推测它们未来的位置和强度。当系统发生突然变化或有系统新生、消亡时，预报往往失误。20 世纪 30 年代，无线电探空仪的发明，高空天气图出现，长波理论得以创立和广泛应用，使天气图预报进入成熟阶段，由于发现锋面气旋的运动和发展与高空大气长波有密切联系，因而可预报地面气旋、强风暴的新生和发展。尽管天气图预报带有经验性和主观性，但至今仍然是不可缺少的预报依据。

【数值天气预报】通过数值计算，求解描写天气演变过程的流体力学和热力学方程组，预报未来天气的方法。这是一种定量和客观的预报，已成为现代天气预报的主流。1922 年英国理查逊首先进行了数值天气预报的尝试，当时电子计算机尚未问世，只能雇用

大量人员进行手工计算，试报欧洲地面气压，其结果 6 小时预报误差高达 154 百帕。试验虽然失败，但为以后数值天气预报的发展开拓了思路。第二次世界大战结束后，由于电子计算机的出现，高空观测的发展，气象资料有了很大改善，数值天气预报再度引起关注。尤其发现导致理查逊试验失败的主要原因是他求解的方程组中没有滤去快速传播的声波和重力波，这些快速波在计算过程中常被扩大，以致掩盖了气象上有意义的波动。1948 年查尼提出了滤波理论，1950 年查尼等人用准地转正压模式，在电子计算机上首次成功地对北美地区 500 百帕高度场，作了 24 小时预报。以后，数值天气预报迅速发展和广泛应用。计算方法由差分法到谱方法；大气模式有正压过滤模式、斜压过滤模式、正压原始方程模式、多层原始方程模式。20 世纪 80 年代，已有 30 多个国家和地区把数值天气预报作为制作日常预报的主要方法。预报时效已达一周。我国自 1955 年起开展了数值天气预报研究；1965 年开始发布正压 500 百帕预报；1973 年开始用原始方程三层模式制作预报；20 世纪 80 年代初，建立了北半球原始方程五层模式的数值天气预报业务自动化系统，预报时效达 3 天；1991 年建立了中期数值天气预报业务系统，采用 9 层原始方程谱模式（T42L9），预报时效为 5 天。

【形势预报】针对天气图上各种不同尺度天气系统的生消、移动和强度的未来变化作出预报。天气形势虽由各种不同尺度的天气系统所组成，但其基本特征决定于大尺度的天气系统。由于后者在高空的反映最明显，因此高空形势较地面形势更受重视。形势预报是气象要素预报的基础。其方法有数值预报方法和天气图方法两类。前者可直接预报气压场、温度场和风场，天气形势也是由

这些基本气象要素场的相互配置所组成。后者一般包括经验外推法、相似形势法、统计资料法和物理分析法，这四种方法各有优缺点，应相互补充、取长补短、综合考虑，才能获得较好效果。另外，数值形势预报也会出现一定误差，应充分了解数值预报模式的性能，修正其预报误差，才能取得最佳效果。

【要素预报】气温、风、云、降水和天气现象等未来变化的预报。要素预报方法有经验诊断法，即依据天气形势预报，对未来受天气系统影响地区的天气分布作出预报，预报准确性主要取决于预报员的经验；统计预报法，这种方法对小概率事件的预报一般无效；数值天气预报方法，一般采用有限区高分辨格距的天气模式制作气象要素预报，效果较好；动力——统计预报方法，将数值预报方法算出的未来气象参数作为预报因子，用回归方程求得一组预报公式，作出预报，随着数值预报模式的改进，此法的准确率将稳步提高，目前已被广泛应用，取得令人满意的效果。应该指出，对一些突发性大暴雨和天气现象的预报能力还较低，有待于进一步研究。

【大气边界层物理】研究在大气边界层中发生的物理过程的学科，是大气物理学的一个分支。边界层大气在地面摩擦和温度分布不均匀的影响下，其运动带有涡旋和湍流性质，因而大气湍流是其理论基础。边界层物理主要研究大气边界层中的湍流特征，大气边界层中的温、湿、风等要素的垂直分布和变化规律，边界层中动量、热量和水汽的输送，微量气体和气溶胶粒子的扩散输送和沉降，辐射在边界层中的传输等。大气边界层物理研究与工农业生产和军事密切相关；通信、制导需要了解电磁波在湍流大气中

的传输特点；核武器，化学武器以及工业生产造成的大气污染的扩散和防治对策；作物生长的气象条件研究等。应用安装有快速响应仪器和通量测量仪器的气象塔和系留气球等工具，可以测量大气湍流特征，温、湿、风的高度分布，及动量，热量和水汽通量。遥感仪器如声雷达、风廓线雷达也在边界层测量中得到应用。

【云凝结核】水汽能在其上凝结成云滴或雾滴的大气悬浮微粒。由于在实际成云过程中，水汽的过饱和度一般都在 1% 以下，所以云凝结核有很强的吸湿性，其尺度在 0.1 微米量级。大气中云凝结核的浓度随水汽过饱和度加大而增加。因气团性质和地域其浓度不同。大陆性气团云凝结核浓度为每立方厘米 10^2 — 10^3 个，海洋性气团云凝结核浓度低一个量级。云凝结核来源于燃烧直接排放的烟尘；硫氧化物和氮氧化物经大气中的化学转化过程而生成的硫酸、硝酸，及其盐类；经气体转化为粒子过程生成的可溶性微粒（主要含硫酸铵和硫酸氢铵）；海水飞沫蒸发生成的海盐粒子。

【大气冰核】能使大气中的过冷水滴在其上冻结，或使大气中水汽能在其上凝华而生成冰晶的悬浮微粒。纯净的小水滴在高于零下 40 摄氏度时，却往往并不冻结而处于过冷却状态，大气冰核使成冰温度增高，增加云中生成冰晶的机会。单位体积空气中所含能起冰核作用的微粒数（冰核浓度）随温度降低而呈指数增加，在零下 20 摄氏度时大约每升空气有一个冰核，温度每降低 4 摄氏度，冰核浓度约增大 10 倍。大气中的冰核浓度随气团性质和地域不同而不同。大气冰核的主要来源是土壤和灰尘，燃烧的工业生产也排放出一些成冰性能高的微粒，一些植物的腐殖质，微生物以及海洋的浮游生物，具有较高的成冰性能，是大气冰核的生物

源。

【气象雷达回波】由雷达发射、经大气及其悬浮物散射而返回并被雷达天线接收的电磁波信号。这些信号可用来分析散射物的空间位置及特性，大气中的悬浮物：如雨滴、云滴、冰晶、雪花、冰雹、尘埃以及折射率分布很不均匀的空气等都可以造成雷达回波。各种不同的天气系统，由于其内部结构和尺度的不同，形成各不相同的回波图形，例如冷锋回波通常由紧密排列成带的许多回波单体组成，带的长度约 300—600 千米。暖锋回波则成大片连续的回波区。气团内部热对流雷暴的回波则在显示器上呈零散无规则的分布。强雷暴的回波由于其回波强度很大，故在显示器上呈明亮的区域，单体的水平尺度也较大，回波在垂直方向的剖面结构，还可以看到自回波上部向前方伸展的云砧，自砧部下垂的前悬回波及云中弱回波穹窿等特征。台风是强对流天气系统，在雷达显示器上可以比较清楚地看到台风眼及其周围大片连续性降水回波和螺旋形的条带状分布的对流性降水回波。利用对这些回波特征的分析 and 计算，可获得大量的气象信息。

【雷达测量降水】根据气象雷达回波的强度推算大范围降水强度和降水量。测量的方法主要有两种：（1）利用雷达反射因子 Z 和降水强度 I 的关系测雨强；（2）利用雷达波衰减效应和降水强度 I 的关系测雨强。但无论用哪种方法，一般都在雷达探测的区域中设置几个遥测自动雨量计，以便使用直接测量的雨强和雷达测量的值进行比较和校正，使降水强度的测量精度能满足实际应用的需要。有人进行过比较，用 10 厘米波长的雷达测量降水，在经过雨量器校正后，单点每小时降水量的平均相对误差为 37%，而 400 平方

千米面积的降雨量误差仅为 13%。随着雷达资料数字化处理技术和通讯手段的发展，雷达联网监测大范围流域降水的技术正在走向实用。这一技术再结合气象卫星降水量监测的资料，对预报洪水和流域预报都将发挥重要作用。

【太阳辐射】太阳向宇宙空间发射的电磁波和粒子流。在大气科学中，太阳辐射通常指太阳的电磁波辐射。太阳是一个直径约 139 万千米的气质高温球体。我们能直接观测到的是太阳大气层，包括光球层、色球层和日冕。其中光球层厚度约 500 千米，平均温度约 6000K，地球上接收到的太阳辐射能基本上是由光球层发出的。虽然太阳辐射能量分布覆盖了从 X 射线到无线电波的整个电磁波谱，但 99.9% 的能量集中在 0.2—10.0 微米波段内，最大辐射能量位于 0.480 微米处。由于地球绕太阳运行轨道呈椭圆形，故不同季节日地之间距离不同，达到地球大气上界的太阳辐射的强度也稍有变化。在日地平均距离处，和太阳入射辐射垂直的大气上界单位面积单位时间所接收到的太阳辐射总能量值称为太阳常数，其值为 $1367 (\pm 7) \text{ 瓦/米}^2$ 。它是研究地球大气辐射平衡的基本数据，因此受到各方面的关注。但至今对太阳常数是否变化，变化幅度有多大，仍未完全研究清楚。太阳活动引起的瞬时变化（如太阳耀斑引起太阳辐射的增强）主要集中在紫外波段，其能量很小，完全可以忽略。而太阳常数的长周期变化，根据美国史密森天文台半个多世纪的观测资料分析，其变化在 1% 以内，即在观测精度之内。

【长波辐射】电磁波辐射中波长大于 $4\mu\text{m}$ 的辐射。辐射是受热物体以电磁波形式向四周发射能量的过程。发射能量的大小及随波长

的分布主要取决于发射体的温度及表面特性。地球大气由于其平均温度在 270K 上下，故其辐射能量主要集中在 4—120 微米这一范围，与太阳辐射相比波长较长，故称地球大气的辐射为长波辐射，而太阳辐射则称为短波辐射。根据辐射定律，一定温度的辐射体若对某一波长的辐射有较强的吸收，则在这一波长上的辐射能力也较强。地面对不同波长的吸收较为均匀，而大气的吸收主要是由几种吸收气体造成的（ CO_2 ， H_2O ， O_3 ， N_2O 等），因此大气发射的长波辐射也集中于这些气体的吸收波段。地球大气主要通过长波辐射向宇宙空间发送能量，因此全球大气顶部总的长波发射量（OLR）与太阳入射辐射和地球大气反射的太阳辐射这三者的平衡是地球大气基本气候情况的决定性因子。近年气象卫星上一直有专门的仪器进行全球大气长波出射辐射的监测。

【大气窗区】大气中的 CO_2 和 H_2O 等气体能大量地吸收地面长波辐射，但却让其中波长 8.5-11 微米波段的辐射几乎全部透过并进入宇宙空间，好象大气对这个波段开了一个窗子。实际上大气窗区的现象在整个电磁波段中都存在。在可见光波段，波长为 0.3—0.7 微米的可见光在大气中可以顺利地通过。在射电波段，波长在 1 毫米至 30 米的电磁波也能较好地透过大气，被称为微波窗口。大气窗区在大气辐射和遥感探测方面都有重要意义。例如可见光窗区使我们能得到太阳的光和热；红外窗区被广泛地用作热成像遥感，常用的卫星云图就是利用红外窗区进行拍摄的。气象雷达和卫星通讯的波长也都选择在射电窗区。

【温室效应】大气对地球的保暖作用的俗称。大气对于短波辐射有较大的透过率，但对长波辐射则有相当程度的吸收。到达大气顶

的太阳辐射能大约有 50% 可达到地面而被地面吸收，使地表升温。但地表发出的长波辐射则被大气中的二氧化碳和水汽吸收后，又被发射回地表。这就大大地减少了地表向外的辐射量。其结果是使地表的温度升高。据估计，如果没有大气层，地球在处于辐射平衡的状态，其平均温度应为 255K。但由于大气的作用，使地表的平均温度约 285K。大气的这种使地表温度升高，使地球表面维持较高温度的作用，和玻璃温室有相似之处，故俗称温室效应。而大气中起到温室效应的气体（主要是 CO_2 ， H_2O ， O_3 ， CH_4 等）也被称为温室气体。近半个多世纪以来记录到地球大气中几种主要的温室气体（ CO_2 ， CH_4 等）有连续增长的趋势。同时也发现地球大气有变暖的趋势。因此有关人类活动引起温室气体的增加从而导致全球气候变迁的问题已成为人类环境研究的中心课题。

【虹】 阳光射入水滴（雨滴、毛毛雨或雾滴）经折射和反射而形成在雨幕或雾幕上的彩色或白色光环，称为虹。它对观测者的角半径约 42° ，色序排列是内紫外红，总宽度约为 2° ，又称主虹。在主虹外侧，有时还能看到角半径为 52° 的同心光环，称为副虹或霓。其色序排列与主虹相反，为外紫内红。偶尔在副虹以外还可以看到很弱的彩环，称为附属虹。虹是由太阳光在雨滴中经过折射和反射而形成的。通常雨滴越大，虹的颜色越鲜艳明亮。当雨滴平均直径为 1—2 毫米时，虹的色彩十分鲜明；当平均直径为 0.1—0.2 毫米时，虹带较宽较淡，只有紫色较为明显；当水滴平均直径小于 0.05 毫米时，只出现淡白光环，亦称白虹。因此可以根据虹的色彩变化，大致估计水滴的大小。

【晕】 日、月光线经云层中的冰晶折射和反射而形成的光象。多发

生在卷层云上。常见的为环绕日、月的视半径为 22° 和 46° 的彩色光环，以及通过日、月的白色光带。其中最常见的是 22° 度晕，因其晕环对观测者的张角半径为 22° 而得名，也称内晕。它的色彩鲜明，色序为内红外紫，与虹相反。 46° 度晕出现的机会较少，它对观测者的张角半径为 46° ，也称外晕。外晕的色序与内晕相同，但色彩不鲜明，亮度也弱。往往只能看到白色光环。有时在 22° 度晕上、下还可出现两个切弧，称为外切晕，在太阳两侧同高度角的晕圈上出现的两个亮斑，称为近幻日，这些都是大气晕族中的一些现象，只是出现的机会不多。晕是太阳（或月亮）入射的平行光在冰晶上折射和反射而造成的。目前的理论已能完整地解释 22° 度晕、 46° 度晕等一系列现象，但对完整地解释大气晕族中出现的所有现象还有一些困难。晕是在层状的冰晶云中形成的，因此晕的出现常常是坏天气的预兆。

【华】天空有薄云存在时，透过云层在太阳或月亮周围看到的彩色光环，其色序为内紫外红。华的光环最多可重复出现 4—5 圈。最靠近日月光盘的光环称华盖。华的角半径通常小于 5° ，但发展完善的华，其角半径也可达到 10° 。华是由日、月光线通过云层中水滴或冰晶的衍射所形成的，经常发生在高积云上，有时也出现在卷积云、卷云或层积云上。华环半径大小和云滴的平均半径成反比，其色彩的鲜艳情况又与云滴大小的均匀程度有关。云滴大小越一致，华的色彩就越鲜艳。华是一种地方性的天气预兆。如果从晕变到华，而且华的张角又在变小，则表示云滴在增长，云层变厚，因此有可能降雨。

【海市蜃楼】又称蜃景。是光线经过不同密度的空气层发生显著折

射(有时还含有反射),把远处景物显示在空中或地面的奇异景观。最常见的有上现蜃景和下现蜃景。上现蜃景把远处地面景像抬高到天空中,经常出现在雪原、寒冷海洋等地区。当有暖空气移到这些冷的表面时,可形成下冷上暖的温度分布,是形成上现蜃景的基本条件。下现蜃景使地上实物的景象下降到地面之下,呈倒象。这种蜃景常出现于暴晒而强烈增温的陆地、海滨和公路。由地表增温所形成的强烈上冷下热的温度分布是形成下现蜃景的基本条件。中国山东蓬莱常见渤海庙岛群的幻景,这是由于暖空气移至冷水面所造成的上现蜃景。在《梦溪笔谈》中早就有记载。

【大气电场】大气所具有的电场。就全球而言,地表可看作为一个导电的等位面,高空的电离层是另一个导电的等位面,它们组成一个球形电容器,而大气则是这两者之间的介质。地表和电离层所处的电位是不同的,若取地表电位为零,则电离层的电位约为30—40万伏。因此,在晴天,大气中有一个自上指向下的电场。由于在大气中具有一定数量的离子存在,晴天大气电场随高度分布也并不均匀,一般呈指数形式向上递减。当然,大气电场也存在着局地的变化,尤其是在雷暴附近,电场方向常倒转过来。但在全球,雷暴区只占约1%的面积,因此晴天电场常视为正常大气电场。据观测,大气电场有以一日和一年为变化周期的时间变化。电场的日变化在陆地上一天有两个极大和极小值(但有些地方冬季只有一个极大和极小),海洋上则只有一个极大和极小值。

【闪电】大气中发生的火花放电现象。通常在雷雨云情况下出现,但在雨层云、雪暴、尘暴和火山爆发时也偶尔会出现。闪电按发生的部位可分为云内放电、云际放电和云地放电三种。前两种统

称为云闪，第三种称为地闪。自然界中大部分闪电为云闪，地闪仅占 $1/3—1/6$ （温带地区比值比热带高）。根据闪电的不同形态和特征，可将闪电分为线状闪电、带状闪电、片状闪电、珠状闪电和球状闪电等不同类型。自然界最常见的是线状闪电，其特征是细亮的发光光柱。如光柱蜿蜒曲折而又分叉，则称为叉状闪电。球状闪电是一种不太常见而有时会造成一定危害的奇异闪电。直至今今天对其成因尚无统一的认识。一般人眼观测到的闪电发光光柱实际上包含着复杂的放电过程。通过高速摄影可以看出，一次闪电往往是在同一通道上，相隔约百分之几秒的多次相继放电组成。每一次放电称为一次闪击，有的多达 10 次以上。而每次闪击还包含有先导和回击两个过程。闪电由于与它相伴的光和声的现象以及对人类的可能破坏能力，早就为人们所注意。中国早在公元前 14 世纪的殷代甲骨文中就有关于闪电的记载。到 18 世纪，为揭示闪电的性质，许多科学家进行了探测实验，甚至付出生命。近代闪电的研究建立在先进探测设备的基础上，已能解释大部分闪电过程的物理本质，为防止其可能的危害提供了依据。

【天电】大气中放电过程引起的脉冲电磁辐射。主要是闪电过程中的放电，也包括雪暴、尘暴及其它电晕放电。天电的特性由其振幅谱来表示。由于放电源的不同以及电磁波在大气中传播特性的差异，天电的振幅谱也各不相同。闪电过程的振幅谱其峰值出现于 5 千赫左右，在高于此值的频段，振幅大致和频率成反比。闪电以外的其它天电源强度一般很弱。天电是无线电通信的主要噪声背景。利用天电的特性也能确定雷暴的位置或研究雷雨云的物理过程。

【雷雨云起电】雷雨云中产生电荷并形成一定空间分布的过程。是大气电学的重要研究内容之一。雷雨云中正负电荷常有分离并形成几个电荷中心的现象。据观测结果，在云上部约 6 千米处，有一个半径约 2 千米的含正电荷的区域，含电量约 24 库，在此以下约 3 千米处有一个半径 1 千米，含负电荷约 20 库的区域。在云底附近约 1.5 千米处有时还有一个半径 0.5 千米含正电荷 4 库的区域。雷雨云起电的研究主要要说明这种电荷的分布是怎样形成的。目前主要有 5 种理论：（1）云滴或冰晶由降水粒子上碰弹回的荷电过程；（2）离子选择俘获的荷电过程；（3）冰的热电效应起电过程；（4）雨滴破碎起电过程；（5）对流起电过程。但所有这些理论均只能解释一部分观测事实，都不是完善的理论。由于雷雨云内部结构复杂和观测的困难，也极大地阻碍了雷雨云起电理论的发展。

【气溶胶】大气中由悬浮的液态或固态微粒组成的体系，是大气的组成部分。大气中的烟、浮尘、霾都是气溶胶。这些微粒的尺度在 10^{-3} — 10^2 微米，由地面扬尘、海水飞沫蒸发，人为和自然燃烧，工业、交通、建筑排放乃至火山喷发直接产生的微粒称作原生粒子；由某些气体分子如硫酸和水汽聚合生成的微粒为次生粒子。机械性粉碎生成的粒子尺度通常大于 2 微米称为粗粒子；由气体转化生成的粒子尺度很小。通常把小于 0.05 微米的粒子称为爱根核，它们通过互相凝并和云凝结再蒸发等过程长大。气溶胶粒子的化学组分因其来源及后续经历的并合等过程而异，来自土壤的粒子以硅铝等组分为主，来自海盐的则包含氯、钠、镁和少量的硫和钙。气溶胶粒子经由并合、沉降和云雨过程的冲刷落到地面，从大气中被清除。气溶胶粒子中的一部分可以成为促使云中产生

冰晶和云滴的成冰核和凝结核。并影响云和降水的演化过程，以及其化学组分，乃至云雨滴的酸度。2—10 微米的粒子可停留在上呼吸道，2 微米以下的粒子可滞留在肺内引起呼吸道疾病；有毒的或有放射性的粒子更加危害人类健康。气溶胶粒子可散射和吸收可见光从而影响能见度，严重时影响交通。气溶胶粒子的光学特性影响可见光和红外辐射在大气中的传输从而影响大气的热平衡，进而影响天气和气候。

【大气微量气体】大气中除氮、氧和惰性气体以外的气体组分，其浓度很低，大多低于 100 微克/米³。大气微量气体都参与大气中的化学循环，因而从产生到清除在大气中滞留时间很短仅几十年到几天或更短。而氮、氧和惰性气体可认为含量长时间不变。大气微量气体由土壤、海洋和生物体发射，经大气化学转化，输送，并为土壤、海洋和生物体所摄取或沉积而被清除。它的循环过程涉及大气圈、水圈、岩石圈和生物圈。碳循环对地球上的生命具有重要意义，二氧化碳来自一氧化碳的氧化，水圈蒸发，燃烧矿石燃料和生物体，有机物分解释放的甲烷的氧化等；二氧化碳的清除过程包括大气降水清除，水面吸收和植物的光合作用。大气中的硫以二氧化硫和硫化氢为主，它们在大气中能氧化生成硫酸盐粒子或被云雨水清除。二氧化硫主要来自高硫物燃烧。硫化氢来自有机物的腐败过程，海洋浮游生物可以排放二甲基硫，此外火山爆发也能排放二氧化硫和硫化氢。硫化氢和二甲基硫可以经大气化学转化生成二氧化硫。二氧化硫生成的硫酸是构成酸沉降的重要来源。氧化亚氮，一氧化氮，二氧化氮和氨是大气中的主要氮化物。氮化物来源于有机物分解，雷电过程和燃烧过程，氮氧化物活跃地参与大气化学过程，可生成硝酸而被降水清除也可为

土壤固氮菌固定成硝酸盐，再转化为动植物蛋白。在适当的地形和光照条件下，有一定量的氮氧化物、碳氢化物存在可生成臭氧和其他氧化性很高的气体构成的光化学烟雾。人类活动排放的四氯化碳，氟利昂等氯氟化碳，不溶于水，可在大气中滞留几十年到上百年，扩散到平流层，经光解产生游离的氯原子和氧化氯可以破坏臭氧层，造成危害。现在研究认为南极春季平流层中臭氧急剧减少，所谓“臭氧洞”是氯氟化碳的作用。大气中的某些微量气体，如二氧化碳、甲烷等可以通过影响辐射过程而对气候变化产生重要影响，从而日益受到重视。

【大气绝热过程】处于大气中的物质系统在发生物理或化学状态变化时，不考虑与其周围环境空气存在热量交换的过程。例如，由于大气压力随高度增加而减小，当空气块上升时会因膨胀而冷却，空气块下沉时会因受到压缩而增温；如不考虑空气块与周围大气有热量交换，做为绝热过程考虑时，可以由热力学第一定律推算出空气块每上升 100 米时，其温度约下降 1°C ；每下降 100 米其温度上升 1°C ；即绝热递减率为 $1^{\circ}\text{C}/100$ 米。如果空气块中包含的水汽由于上升冷却达到饱和而凝结，则会释放出凝结潜热，从而减少气块的冷却率，出现凝结时气块中的水汽含量越多，气块的温度递减率越小。为区别空气块做垂直运动时在绝热温度递减率上的这种差异，又区分为干绝热过程（空气块中水汽未饱和）和湿绝热过程（空气块中水汽达到饱和）。当水汽凝结物下落离开气块，潜热完全用于加热气块，此过程为不可逆的，称为假绝热过程。在气绝热过程是对实际过程的一种近似描述；由于空气的导热率甚小，在很多表况下能反映出大气的真实过程；因此而广泛的应用于大气科学领域。

【大气层结稳定度】大气温度和湿度在垂直方向上的分布对空气块垂直位移影响的趋势和程度，又称大气静力稳定度。它由气块垂直运动时的温度变化和周围大气温度的垂直分布所决定。干空气块绝热上升每 100 米，温度下降约 1°C ，此称为干绝热递减率 Γ_d 。周围大气温度递减率为 Γ ，其大小因时因地而异。当 $\Gamma > \Gamma_d$ 时，空气块上升时其温度将大于周围空气温度，气块受周围空气浮力作用，具有远离原来位置的趋势，大气为不稳定的； $\Gamma < \Gamma_d$ ，则气块具有回到原来位置的趋势，大气为稳定的；当 $\Gamma = \Gamma_d$ 时，气块温度始终与周围大气温度相同，气块随遇而安，大气为中性。对湿空气块而言，达到饱和后，因凝结释放潜热其湿绝热递减率 Γ_s 小于 Γ_d 。实际大气中，如 $\Gamma > \Gamma_d$ ，则无论干、湿空气都是不稳定的，称为绝对不稳定； $\Gamma < \Gamma_s$ ，大气总是稳定的，称为绝对稳定；如 $\Gamma_s < \Gamma_d$ ，则对干空气是稳定的，对饱和湿空气是不稳定的，此种大气状态称为条件不稳定。气块只有上升到某一高度后才出现不稳定，称为潜在不稳定。对于处于静力稳定的大气，若将整层空气柱抬升到完全饱和时，才出现静力不稳定状态，称大气为位势不稳的或对流不稳定。

【对流】物理学上指受热流体通过自身运动输送热量的过程，大气中指空气块受热力或动力作用下的上升运动，它使热量、动量和水汽垂直交换。在大气不稳定条件下，空气块温度高于周围空气，受浮力作用而作上升运动称为热力对流；水平气流辐合或地形影响造成的空气抬升是强迫对流或动力对流。天气系统中对流输送热量往往在短期内比辐射和传导要强得多。对流运动引起水汽凝结和降水，并可影响大气的热力结构，进而影响大范围的空气运

动，热带地区的对流活动所释放的潜热是维持天气尺度大气运动的能量来源。

【大气中的作用力】大气中的作用力，主要有重力、气压梯度力、地转偏向力（科里奥利力）、粘性力（摩擦力）和浮力等。地心引力和离心力的合力，称为重力。它的方向与地心引力有微小偏差。通常取纬度 45° ，海平面处重力加速度为 9.81 米/秒^2 。同一纬度上随高度增加，其值变小；不同纬度上，重力加速度也略有差异。在造成天气现象的高度范围内，这些差异都不算大，可忽略不计。由于气压在空间分布不均匀而作用在空气上的力称为气压梯度力，其值与气压梯度成正比，从高压指向低压。由于地球自转，且空气块相对于地球的速度不为零，空气块受到垂直于运动方向的惯性力，称为地转偏向力，在北半球，其方向垂直于速度矢量，并指向右方，在南半球则指向左方。空气块和邻近空气发生相对运动，引起动量输送而使空气块受力，称为粘性力。粘性力源于分子运动的动量输送和湍流动量输送，通常前者比后者小得多，可忽略不计。在离地面 1—1.5 千米以上自由大气，一般不考虑粘性力作用。由于空气块内和周围空气密度差异而产生的浮升力称浮力或阿基米德浮力，其大小等于空气块所排开的周围空气的重量。重力与浮力之差为净浮力，当空气块温度高于（或密度低于）环境大气则净浮力使气块上升，反之下沉。

【准平衡状态下大气运动】大范围空气运动，空气块受重力、气压梯度力、地转偏向力和粘性力作用下产生的速度很小，运动主要是准平衡状态的。铅直方向的气压梯度力和重力平衡，称静力平衡。大尺度运动，其铅直加速度比重力加速度小得多，故满足静

力平衡条件。水平方向气压梯度力和地转偏向力平衡条件下的运动称为地转风。自由大气中，大尺度铅直运动比水平运动速度小得多，且水平运动的惯性力和粘性力也比水平气压梯度力和地转偏向力小得多，因而具有准水平运动性质和准地转风关系。地转风的方向与等压线平行，在北半球背风而立，高压在右侧低压在左侧，南半球则相反。在地转风条件下，空气块没有加速度，故速度大小方向都不变，不仅风沿等压线吹，且等压线只能是直线，这是理想情况。实际等压线有弯曲，因而有向心加速度，此时由气压梯度力、地转偏向力和离心力三者平衡所决定的水平匀速运动称梯度风。因大尺度运动轨迹曲率都不大，且梯度风计算不便，故仍常用地转风表征实际风。地转风在铅直方向上的速度矢量差称为热成风。热成风方向与等平均温度线平行，在北半球顺热成风方向看，高温在右，低温在左；南半球则相反。在自由大气中实际风近似于地转风，故实际风随高度的变化，可近似地用热成风表征。

【大气波动】地球大气因受各种力作用和自身温度或密度铅直分布状况所发生的各种振荡，有声波、重力波、惯性重力波和行星波等。大气中声振动使相邻空气压缩膨胀，形成弹性振荡，称为声波，是纵波，其传播速度约为 320 米/秒。一般大气运动研究中，不考虑声波。在具有一定温度或密度铅直分布的大气中，在重力和铅直惯性力作用下，空气绕平衡位置振荡，并向四周传播，称为重力波，属横波。其中发生在大气上下边界或自由表面上的波动称重力外波，是快波，波速在 300 米/秒，波长远大于流体深度；发生在稳定大气中的则称重力内波。在一定的铅直气温分布大气中，受重力和科里奥利力作用下的波动称为惯性重力波，也有外

波和内波之分。西风带气流，受南北方向扰动，由于利里奥利力随纬度变化而产生的波动是长波，其水平尺度与地球半径相当，称行星波或罗斯贝波。重力内波、惯性重力内波和行星波分别是大气的小尺度、中尺度和大尺度过程中的主要波动，分别与小尺度、中尺度和大尺度天气过程相关联。行星波的发现是近代动力气象的最重要成果之一。大气波动是大气动力学的重要研究内容，是中小尺度天气过程，天气分析和预报以及数值天气预报的理论基础。

【大气环流】大气层中大范围大气运动状态，是具有一定稳定性的各种气流运行的综合现象。其水平尺度在数千千米，乃至半球和全球；垂直范围可涉及对流层整层、平流层和高层，时间尺度可由一、两天乃至上年。它构成地球大气运行的基本形势，是地球—大气系统能量、动量和水分输送、平衡和交换的重要机制，是构成大范围天气形势和全球气候的主导因素，也是各种尺度天气系统的背景。大气运动的根本的能量来自太阳辐射，高低纬温差是造成大气运行的基本因素，并随季节变化。从平均情况看，大气大体上沿纬圈绕地极运行，称纬向环流。对流层低纬盛行东风，称为东风带，中高纬盛行西风，称为西风带，极地低层有弱东风，称极地东风带。平流层冬半球为西风环流，夏半球为东风环流。大气在沿南北方向从赤道至地极的铅直剖面上存在三个经圈环流：低纬正环流，称哈特莱圈；中纬逆环流，称费雷尔环流；极区弱正环流，称极地环流。哈特莱环流和费雷尔环流的下沉气流区和副热带高压带的平均纬度相一致；费雷尔环流和极地环流的上升气流区和极锋平均纬度一致。纬向环流和经圈环流都有明显的季节变化。由于地表、海洋的差异，地面摩擦和地形的作用，太阳

辐射的周期和非周期性的变化，大气环流不是轴对称的。高空有西风带槽、脊、副热带高压等扰动；低空则存在一些半永久性的低压和高压系统，称为大气活动中心；有些地区出现季风环流。大气还呈现波动型或涡旋运行状态，由各种不同尺度和频率的大气波动叠加而成。

【大气湍流】空气服从一定统计规律的无规则随机运动，一般把它看作为大于分子自由程的各种尺度的空气涡旋运动的叠加和相互作用。它常发生在大气边界层、对流层上部急流区和对流云内。起因于地表摩擦和强风速切变等动力因素和温度分层结构热力因素。它是大气运动的一种重要形式，是大气中特别是在大气边界层中、物质、动量和热量扩散输送的主要过程。大气湍流脉动影响声波、光波和无线电波在大气中的传输，造成波传播的闪烁，抖动和散射。强湍流可以破坏建筑，造成飞机颠簸和飞行事故。近年来，科学界应用混沌理论研究和解释大气湍流。

【气象卫星】主要用于天气预报和气候变化监测的卫星。通常按用途分为极地轨道气象卫星和静止轨道气象卫星。极轨气象卫星又称太阳同步气象卫星，这类卫星通过世界各地的当地的地方时间是相同的，这种卫星可以获得全球的环境遥感资料。它的主要用途是每天两次收集全球环境、气象参数。高度大约 900 千米，绕地球一周约为 102 分钟，美国的 NOAA 系列卫星，中国的风云一号系列卫星均属于这类卫星。静止轨道气象卫星又称高轨道卫星或地球同步卫星，它的主要用途是天气预报，通常每 30 分钟便可获得一次气象资料，便于作出及时天气警报和天气预报。这种卫星位于赤道上空大约 3 万 6 千千米处，运行周期为 24 小时，与地

球自转周期一致，故在地球上看来它是静止的，其覆盖范围大约是地球表面的 $1/4$ ，四个静止气象卫星即可覆盖全球。随着航天技术、遥感技术的发展，气象卫星上安装的仪器越来越多，每个仪器的探测通道的探测精度也不断提高。目前 NOAA 极轨气象卫星上安装有 HIRS/2（20 个光谱通道的大气探测辐射仪）、SSU（平流层探测器）、MSU（微波探测器）、SBUV（测量 O_3 廓线的紫外后向散射仪）、AVHRR（改进的甚高分辨率扫描辐射仪）等。在中国的风云一号气象卫星上，安装有 5 个通道的 VHRSR（甚高分辨率扫描辐射仪）。该卫星分别于 1988 年 9 月 7 日和 1990 年 9 月 3 日发射成功。这两颗卫星向地面接收系统发回了清晰的反映云和地表特征的图像，风云一号气象卫星本体是 $1.4 \times 1.4 \times 1.2$ 米的六面体，星体外侧对称安装六块太阳能电池帆板，卫星总长度为 8.6 米。卫星姿态是三轴稳定。高度 900 千米，偏心率小于 0.005，周期 102.86 分钟，一天内绕地球运行 14 圈。中国正在积极研制的风云二号静止气象卫星和风云一号的后续星，投入使用后，中国将成为既有极轨气象卫星又有静止气象卫星的国家。

【卫星云图】卫星上安装的扫描辐射仪，通过扫描方式获得的各个通道云的图像，这种图像以照片方式记录下来或显示在屏幕上就称为云图。通常把可见光通道图像称为可见光云图，把红外通道图像称为红外云图。这两种云图在反映云的物理特性方面是有本质区别的。可见光云图是气象卫星接收的云层反射太阳光的辐射，由于云的结构的不同，云图会出现很大差别，这种云图只有白天才能获得。红外云图是卫星接收来自云层的上表面的辐射，不管有、无太阳光照射都可获得云的图像。这种云图主要反映云的上表层温度分布信息，而可见光云图主要反映云层上表面的状态信

息。可见光云图的制作与红外云图的制作方法也有很大的不同,在可见光云图上亮度越大,表示云层的厚度越大,通常把亮度分成256个等级,不同的等级表示不同的云的状态。而红外云图给出的是云顶的温度信息,温度越高,卫星上的探测器获得的辐射值越大;温度越低,获得的辐射值愈小。通常高云温度低,而低云温度高。如按温度高低的顺序制作云图,高云在图像上变得很暗,低云在图像上反而亮,这就与人们通常看云的亮度习惯不一致,所以在制作红外云图时使之反过来,温度低的高云,浓厚的云用高等级表示,而薄云低云用低等级表示。气象卫星的气象应用首先是从卫星云图开始的,例如用卫星云图监测台风的发生、发展,预测其路径。用它分析天气、估计降水。在无云天气则可获得陆地及海洋表面的遥感图像,这些图像对于农作物长势监测及产量估算、干旱监测、雪灾监测、森林火灾监测均有广泛的应用。

【增强红外云图】通过对卫星观测到的红外辐射资料进行增强处理获得的具有更大的反差或更丰富的层次的卫星云图。增强处理后的云图可以提高对云或云系的一些细致结构的分辨率。从而提高了卫星云图在雷暴、暴雨、台风等中小尺度天气分析中的使用价值。

【卫星遥感】以人造地球卫星为平台,用遥感仪器对大气状态和地表特征进行远距离探测的技术。卫星遥感技术是航天技术与遥感技术相结合,并被广泛用于涉及空间、地球物理、军事、地理、海洋、水文、气象、农业及环境保护等研究及应用领域的结果。卫星遥感的分类方法很多,有按工作方法划分的,有按探测波长划分的,有按被探测对象划分的。按工作方式分为主动式和被动式。

所谓主动式就是测量由人工发射然后经被测量物体反射回来的电磁辐射能量，再根据测量的反射电磁辐射数量来识别和推断目标物的特征。对于这种探测方式需要有能发射电磁辐射的系统和接收系统，所以整个设备系统的体积大，重量重、消耗功率大。被动式则是测量目标物自身发射的电磁辐射或反射的太阳辐射来推测目标物的特征，对这种方式只需要一套感应电磁辐射的接收系统，所以其体积小，重量轻、耗能少。一般遥感都采用这种被动式探测。按探测器选用的电磁波波段划分为紫外遥感、可见光遥感、红外遥感和微波遥感。随着卫星探测技术的发展，在探测某一目标物时常采用几个波段同时观测，这种观测称多光谱遥感。按被遥感对象分类，有大气遥感，海洋遥感、农业遥感和地质地理等。按信息表现形式划分，有图像式和非图像方式两类。图像方式是把探测目标的辐射值或反照率以黑白色调的图像表示。非图像方式则是把探测目标的辐射值或反照率用数据或图表表示出来。卫星遥感与以往的地基观测相比具有许多特点和优越性：

(1) 卫星在固定轨道上进行观测。卫星一旦进入轨道，便只能在固定的轨道上观测，不象飞机那样可以自由选择区域。卫星的轨道不同，其观测范围和区域也不同，所以对于一定观测目的。轨道的选择是重要的。由于卫星入轨后，不再需要象飞机那样提供飞行动力。其工作时间长达几年以上。

(2) 实现了全球观测和大范围观测。卫星在几百千米到几万千米的高空，不受国界和地理条件的限制，可以取得大范围的资料。例如 NOAA 系列气象卫星在大约 900 千米高度对地球东-西向扫描观测可达 27300 千米；一个地球同步气象卫星的观测面积约为地球表面积的 $1/4$ ；在海洋、沙漠、高原等人烟稀少地区，卫星遥感可以填补地基观测资料的空白。由于卫星遥感具有的这些优点，卫星资料在许多领域得到

了广泛应用。一些国家发射了专门用于各种探测目的的卫星，如陆地卫星 Landsat 系列，海洋卫星 Mos 系列和气象卫星 GMS 和 NOAA 系列，FY-1 系列卫星。

【卫星测风】静止气象卫星对某一固定区域每半小时就进行一次观测，因此根据其观测到的各个时间序列云图上云的移动就能计算出风速和风向。其具体作法是将间隔为 30 分钟的一连串卫星云图，制成动画映像，放映时选择一些云区进行追踪，根据云的移动，推算出云的移动方向和速度。云的这种移动方向和速度可以代表风向和风速。通常选择与天气尺度云系有关的云作为示踪云；在估计低空风时，挑选由积云、浓积云的积云群为示踪云；在估计高空风时可以由红外云图的温度确定云的高度，温度越低，表示云的高度越高。根据各种云的辐射值（或反照率）和云顶温度的变化量与风矢量之间的统计关系可以确定风速、风向。用这种方法可以得到低空风和高空风的资料。卫星测风的不足之处主要有两方面：（1）这种测风是以云为示踪物，因此在有云的地方才能获得风的资料。（2）由于云的生消演变和大气中水汽含量的变化而导致云的定位不准，使云顶高度定不准。这两个因素，使卫星测风的风向误差可达 20 度，风速误差可达 10 米/秒。虽然有这些不足，卫星测风仍可用于天气分析、天气预报和气象研究的一些方面，特别是在海洋、高山、沙漠等常规气象探测资料稀少的地区作用更为显著。

【作物气象】农业气象学的一个分支领域。主要研究与阐述农作物种植生产过程与环境气象条件的相互关系及其规律。具体包括农作物地理分布与气候的关系、作物生长发育、产量形成及品质优

劣与气象条件的关系、农作物丰产栽培中的农业气象问题及所采用农业对策措施的农业气象依据，农作物不同品种和引种的气候适应性及其经济效益分析等。农作物的生产实质上是一个能量转换、物质积累、平衡与分配的过程。在众多的气象影响因素中，光、热、水、气（以二氧化碳为主）是四个最主要的影响因素。这些因素不仅提供了光合作用的基本原料，又是环境气象条件的最重要组成部分。因此，研究和掌握作物的生长发育及产量形成对气象条件的定量要求（包括最适范围、不利于生长甚至导致死亡的上限与下限）及作物对不同气象条件的反应与适应规律，进而建立作物—气象定量关系模式与相应的生产管理程序，便可结合天气预报和作物生长实况的监测，为合理利用气候资源，趋利避害，力争作物生产的高产、优质和低耗，提供农业气象科学依据。按照作物的不同，还可以分为水稻气象、小麦气象、棉花气象、花生气象等。

人类对作物生长与气象条件相互关系的认识由来已久，逐步深化。当前，卫星遥感和计算机等高科技的发展，促进了作物群体生长与环境气象条件关系的研究，也推动了调控局部气候环境下作物生长对气象条件定量要求的研究，为进一步应用于农业增产发挥科技效益展示了美好的前景。

【农业气候】农业气象学的重要分支学科。主要研究与阐述农业生产与气候条件之间的相互关系及其规律，研究分析农业生产与气候条件之间的定量关系，可用以鉴定地区间农业气候条件的差异及评估其对农业生产的利弊程度，开展利用地区气候资源的农业生产潜力，为农业的合理布局、种植制度的优化改革，农业规划决策及开荒、育种、引种等提供农业气候依据。具体的研究内容

有农业生产对象（农林牧渔）及农业生产过程（种植制度、栽培措施等）对气候条件的要求与反应；地区的、农业生产对象的和专题的（病虫害、引种育种等）农业气候资源分析与农业气候区划；地形气候对农业生产的影响和农业生产对象对气候的生态适应性；农业土壤气候的利用和改善以及农业气候资料的加工处理与为农业生产服务的途径与方法等。在中国，山区占国土面积的 $\frac{2}{3}$ 以上，干旱半干旱地区约占国土面积的一半。因此，当前开发利用山区和干旱半干旱地区农业气候资源已成为中国农业气候分析和研究工作的重要内容。在农业气候分析和研究中，一般应着重考虑对农业生产类型、农作物合理布局、农作物生长发育和产量形成等起决定作用的关键性农业气候条件，如光、温、水等，它们将直接影响农业生物的正常生存、发育、繁殖和高产优质。其它农业气候条件，如风、云、雾等，在一般情况下只起加强、抑制或削弱关键性农业气候条件影响的作用。

【农田小气候】农田贴地气层和土层与作物群体之间各种生物学和物理学过程相互作用影响所形成的一种空间范围较小的局部气候，它包括作物群体中的光（辐射）分布、空气温度、湿度、风、二氧化碳浓度以及土壤温度和水分等分布状况。农田小气候不仅受农田土层和近地气层之间物质（如水汽和二氧化碳等）和能量（如辐射、土壤热量等）交换作用——物理过程——的影响，还受作物群体种类及其生育进程与长势变化——生物过程——的影响。在作物生长初期，茎叶幼小稀疏，农田小气候几乎与裸地上的局部气候一样；进入生长盛期后，茎叶茂密，株间郁闭度增大，农田小气候与裸地上的局部气候就有很大的不同；而在生育末期，作物茎叶枯黄脱落，其间的小气候特征又趋于与裸地上的局部气

候相近似。实际上，作物群体与农田小气候之间既相互联系，又相互制约。当农田小气候适合作物生长发育时，作物正常生长，枝繁叶茂；但若群体生长过于旺盛茂密，便会导致田间通风透光和温湿条件急剧恶化，不仅不利于作物正常生长，还会引发各种病虫害。人们可以通过各种农业技术措施来调控和改善农田小气候，促进和提高作物群体对小气候变化自身的调节和适应能力。因此，农业技术措施是一个能影响农田小气候的重要因素。研究农业技术措施的小气候效应是农田小气候调控研究中的一个重要内容。随着农业生产的发展，农田小气候已逐步发展为农业小气候，它包括了地形小气候、农田小气候、森林小气候、水域小气候、温室小气候、畜舍小气候、贮藏小气候以及各种人工影响措施小气候，诸如防风林、塑料薄膜覆盖小气候等。研究和阐明近地面气层与上述各种农业生物和有关农业措施之间的相互关系，可为提高光能利用率，经济合理用水以及农业小气候的调节与改善提供科学的农业气象依据。

【农业气象预报】农业气象学的一个分支学科。这是一种专为农业生产需要编发的农用天气预报和农业生物的生长发育、产量和受灾状况的预报。在实际工作中，上述两种预报都是以生物学和物理学原理为基础，根据已经出现的气象条件，结合有关农业气象指标，运用一定的分析和计算方法预测未来一段时期内农业生产的环境气象条件和农业生物生育产量状况的变化。与一般天气预报不同，它是一种针对性很强的专业性气象预报，它要鉴定并估算环境气象条件对农业生产可能产生的影响，尽可能给出一个客观的和定量的预报结果。编发农业气象预报是气象为农业生产提供科学预测服务的有效方式之一，它可以向有关部门及时提供未

来农业生产可能变化趋势的信息，以便采取相应措施，做到科学规划、及时决策、合理安排、趋利避害、稳产高产。对制定国民经济发展计划、外贸出口、商业运输和抗灾救灾等工作都有重要意义。农业气象预报按预报内容可分为以下 4 类：（1）农用天气预报，如土壤水分预报，灌溉期灌溉量预报、田间作业（施肥和喷洒农药）天气条件预报等；（2）农业生物的生育状况预报，包括发育期预报、长势预报、播种期和收获期预报等；（3）农业气象产量预报，如农作物的产量预报和农业年景预报；（4）农业气象灾害预报，包括霜冻预报、越冬冻害预报、寒露风预报、干热风预报、病虫害预报、森林火险预报、牧区黑白灾预报等。农业气象预报时效有：短期预报（24 小时至 3—5 天），中期预报（5 天至 1 个月）；长期预报（一个月以上）和超长期预报（几个月甚至半年或 1 年）。常用的预报方法有数理统计方法、天气学方法、气候学方法、物候学方法、动态模拟方法和卫星遥感监测方法等。实践表明，应根据不同预报内容，选择不同预报方法，经科学检验和试报合格后，才能投入业务应用，取得较好的预报效果。

【畜牧气象】农业气象学的一个分支领域。主要研究畜牧业生产与气象条件之间的关系及其规律。具体说要研究气象条件对牲畜饲养、繁殖、放牧、转场以及牧草生长发育和产量形成的影响：大风大雨严寒等不利或灾害性天气对禽畜放牧饲养的危害；禽畜疫病发生流行与安全越冬等气象条件及其调控；畜禽厩舍建筑的最优小气候条件及其调控改善等。这些研究以及相应的预测预报可为畜牧业的合理布局、引种育种、饲料牧草生产、疫病防治、科学饲养管理及防御畜牧气象灾害提供科学依据，为畜禽的健康生长、品种改良、提高繁殖率等畜牧业的兴旺发展和增产服务。

畜禽的体温是相对稳定的，但气温却是瞬时变化的。因此畜禽需要不断地调节生理机能以适应环境温度的变化。但畜禽对环境温度的适应程度因种类、年龄和不同的饲养管理而有很大的差异。畜禽生长还要求空气相对湿度为 45—70%。低于 30% 或高于 80% 都会有有害的影响。高温高湿或低温阴雨则更为不利，它将导致各种疫病的发生和流行。光照对畜禽的健康生长有重要影响。据研究：紫外光可以杀菌；兰绿光和黄光有利于增重，促进早熟，增强交配繁殖力；红外光则有利于取暖，提高厩舍的环境温度。但畜禽对光照时间的要求则因其种类、年龄和季节的不同而差异很大，如冬季适当增加光照时间可提高奶牛的产奶量。但冬季风速大于 12 米/秒时，牲畜就不宜进行放牧，尤其是大风与雨雪交加，更不利于进行牧业生产。此外，牧草产量的形成与气象条件的关系也十分密切。其中尤以降水的影响最大，它将导致牧草产量发生明显的年际波动和季节差异。

当前，国内外均开始应用卫星遥感和局部调控小气候等高科技为监测草原产草量和气象灾害，改善畜禽生产环境条件，促进畜牧业健康发展提供有力的科技服务。

【空气污染气象学】空气污染气象学是应用气象学的一个分支，也从属于环境地学。主要研究大气污染物的迁移、扩散、转化、清除的物理及化学过程的规律，为防治大气污染改善大气环境提供依据和保证。同时为研究大气污染的全球环境效应如气候效应提供理论基础及事实依据。本学科是新兴学科。虽然 19 世纪 60 年代已认识到人类活动排放的 CO_2 会加强温室效应改变气候，但因工业规模小，该理论未受重视。一次世界大战出现化学武器，战后出于军事需要，开始了有计划的大气扩散试验，同时泰勒的大

气扩散统计理论问世。二次世界大战出现原子武器，战后核工业发展。为了取得对放射性大气污染物的防护知识，进行了一些大规模的实验研究，提出了一些实用方案。这时期已认识到污染物的地面浓度与排放源高的平方成反比。萨顿的《微气象学》为当时的主要著作。这段时期因气温偏高， CO_2 “增温”论受到重视。1960年前后的20年内世界工业高速发展，生产规模大、能源消耗急速增加。大气污染排放物数量空前，浓度高。恶性污染事件在工业国不断发生，要求保护大气环境、制定防治大气污染法规的呼声高涨，从而刺激了污染气象学的迅猛发展，出现了一些供法规使用的实用大气扩散模式及参数图表。这时期高烟囱排放受到许多发达国家政策的鼓励。主要著作为帕斯奎尔的《大气扩散》。20世纪70年代后期到90年代初工业化国家局地污染事件减少；但因经济规模更加扩大，能源工业规模空前发展、工业化地区扩展、污染物大浓度、高烟囱集中排放的结果造成污染物跨地区、国界甚至洲界的中远距离输送。同时空中飞行器的广泛使用造成污染物的立体排放，大气污染范围及高度空前扩大。由于不少地区的气温呈升高趋势， CO_2 “增温”论进一步受到全球重视。环境危机感迫切。污染气象学的研究空前活跃，研究范围也空前扩展，研究的污染物迁移扩散尺度已从“微气象”尺度（10km）伸展到数百、千 km 的区域乃至全球尺度。以前很少涉及的光化学烟雾、酸雨酸雾、各种温室气体、臭氧等的研究受到很大重视。此外为适应法规需要，为各行业环境影响评价、风险对策、土地规划、设计等，甚至为国土整治、城市建设，污染预测预报等建立了许多不同尺度、类型的大气污染物迁移、扩散、转化、清除模式。用于分析或估计温室气体、气溶胶气候效应的全球气候变化模式的研究正方兴未艾。本学科涉及气象学许多方面如湍流扩散、气溶

胶、大气化学、气候学等，也涉及环境科学各方面如环境地学、工程学、法规、生态等等。研究方法仍以实验为主。今后随着人类控制污染能力的增加，本学科必将在纵深方向得到飞跃发展，为人类改善环境发展生产提供科学依据。

【气候】某地或某地区平均天气特征及其变化特点。气候是地球表面长期以来大气现象的综合体现，既包括稳定的（一般的和平均的）情况，也包括偏离平均状态的情况和极端情况。决定气候和气候变化的基本自然因素是太阳辐射、地球及地面状况、大气性质和大气环流。但气候不仅是大气内部状态和行为的反映，而且是与大气有明显相互作用的海洋、冰雪圈、地表面及生物圈等共同组成的复杂系统的总体行为。它们的相互作用决定了气候的长期平均状态和各种时间尺度的变化。要获知一地的气候状况，需对该地天气资料进行统计，世界气象组织规定，统计常规气候特征，所需的资料年份至少要有 30 年。

【气候分类】为了一定的社会活动和生产需要，制定一定的标准，对各地错综复杂的气候进行分析、比较、归纳，将各种相似的气候归为一种类型，并把不同的气候类型区别开来，这种确定气候类别的方法，就是气候分类。气候分类因目的或学科的不同有各种不同的划分方法，如以气候现象分类的经验分类法，代表性的有德国的柯本（1918）分类法。还有以气候成因分类的成因分类法，如以气团的不同特点分类的阿里索夫（1936 年）分类法。此外应特殊需要进行气候分类的如特莱格（1970 年）的地球太阳能分类法等。气候分类所涉及的范围广阔，主要是把全球或某一广阔地域划分为若干气候带、气候型以至划分为更小的气候类型。

【气候区划】根据一定的气候指标，将某一特定区域（国家或地区），进行适应某种特定目的的气候特征分布的区域划分。可分为综合气候区划（例如全国气候区划）和专业气候区划（例如房屋建筑的气候区划）两大类。前者适用于人类生产及生活的一般目的，后者仅适用于某一专业需要。气候区划所用的气候因子及气候指标都必须服从于区划的目的，能够清楚地反应各区之间气候特征的区别。气候区划目的不同，所有气候因子及气候指标也不同。气候区划着重于气候应用。它往往是对一个国家或地区，在划分气候带、气候型的基础上，结合实际需要并适当照顾自然区或行政区，取一定标准划分气候区的。

【气候带】按一定气候标准，将气候特征不同的相邻地区划分开来，从而在大范围地面显示一系列标志气候分布各具特点的地带，称为气候带。在同一气候带内，气候具有同一特征。由于划分气候带的标准不同，因而有不同的气候带划分法。在气候学上，应用较广的气候带划分法有德国的苏潘（1879）、柯本（1918）以及苏联的阿里索夫（1936），美国的桑斯威特（1948）等方法。通常最简略的地球气候带划分为赤道气候带、南北半球的热带、亚热带、温带、亚寒带、寒带等。又如在高山地区由于气候随海拔高度而发生变化，因此也有山地垂直气候带的划分。不同的气候带适合于不同植被的生长，因而有不同的景观。

【热带雨林气候】又称赤道雨林气候。位于热带地区温热多雨、森林茂密地带的气候类型。主要特征是：（1）常年如夏。气温年较差小于日较差。年平均气温在 26°C 左右，年较差小于 3°C ，日较

差却可达 6—12℃ 左右。(2) 全年多雨。年降水量大都在 2000 毫米以上,少数地区在 1500 毫米以上。降水年分布较均匀,最少月降水量在 60 毫米以上。多对流性降水,空气湿度大。(3) 森林茂密。蕴藏着极为丰富的植物资源。由于高温多雨,对植物生长极为有利。发育了常绿雨林,并表现为多层次,林中长有很多藤本植物和附生植物,影响通行。属于这一气候的地区主要有南美亚马逊河流域,非洲刚果河流域,几内亚湾、马达加斯加岛东海岸,印度尼西亚、菲律宾群岛,中美洲东海岸、哥伦比亚西岸等。

【地中海气候】类似位于地中海沿岸地区的冬湿夏干气候。主要特征是夏季干燥少雨,炎热,冬季湿润多雨、温和。夏季地中海地区正处于副热带高压中心范围,受下沉气流控制,日照强、云量少,十分炎热,日最高气温可达 35—38℃,甚至出现 43—46℃ 的极端最高气温。夏季降水往往不及全年降水量的 10%。冬季西风带输送来自大洋上的湿润空气,地中海也自成暖水环流,于是气旋活动频繁,带来许多降水。冬季最冷月平均气温变化于 4—14℃ 之间。属于地中海气候类型的地区主要有地中海沿岸,美国加利福尼亚中部和南部,澳洲南端和西南沿岸,南美智利中部海岸,南非南岸等地,其中以地中海地区分布最广,故称地中海气候。

【极地气候】南北极及其附近地区的气候。其主要特点为终年低温,年平均气温在 0℃ 以下。北极地区为由大陆环绕的永冻水域,而南极地区则是由海洋包围的终年被冰雪覆盖的大陆。极地气候主要有两种类型。在极圈附近的亚极地区域,最暖月平均温度在 0℃ 以上,虽无树木生长,但可生长苔藓类低等植物,故称之为苔原气候。该区极地气旋活动频繁,相对而言还有一些降水。中国的南

极长城站和中山站就在这一气候区内。在更接近极点的地方，为永冻气候，气候终年在 0°C 以下，冬季漫长，气温变化小，而暖季则十分短暂。该区降水很少，在南极点附近年降水量仅几毫米，故有“白色沙漠”之称。在南极大陆东部为一平均高度在 2000 米以上的高原，该地除极地永冻气候外还具有高原气候的某些特点。在南极高原腹地，曾测得目前世界最低气温记录 (-89.2°C)，在东南极沿岸地区，受沿冰盖下滑的下降风的影响，瞬时最大风速可达 100 米/秒。南北两极的冰雪覆盖及其变化对全球气候形成和变化有重要作用。

【高原气候】高原条件下形成的气候。在中低纬度，世界上最高大的高原是青藏高原。其气候主要特点是：气压低，在海拔 5000 米的地方，单位体积的含氧量只相当于海平面的 50% 左右；大气透明度高，太阳光照强，地面吸收的太阳辐射能多；气温日变化显著，日间强烈增温、夜间又剧烈冷却，对块茎植物生长极为有利。高原地形对降水有明显影响。在高原主体上通常分干、湿两季，降水大多集中在 7—8 月，且以阵性降水为主，多雷暴和冰雹天气，次数多而降水量少。在迎湿润气流的高原一侧为多雨带，而高原内部及背湿润气流一侧雨量较少。例如青藏高原南麓的印度乞拉朋齐年降水量可达到 17027 毫米，而高原西北部和腹地大多在 100 毫米以下。高原的海拔高度，所在地理位置、海陆环境及高原形态对气候有很大影响。位于南极洲，平均高度在 2000 米以上的南极高原，大部分地区终年为冰雪所覆盖，其气候状况与中纬度高原相比，有不同的特点（见极地气候）。

【海洋性气候】指因受海洋空气调节，全年湿润温和地区的气候。

其特点是冬无严寒，夏无酷暑，春温低于秋温，最低和最高月平均温度多分别出现于2月和8月。气温的年较差和日较差都较小。全年湿润，降水充沛，云雾频数多，降水的季节分配较均匀。海洋性气候以位于温带大陆西岸的欧洲最为典型，因为该地面迎直接来自大西洋上的暖湿西风，并受墨西哥湾暖洋流的影响。气候的海洋性大小并非仅以距海洋远近为唯一依据。有些地区，如南美大陆西岸的智利北部虽然近海，但因盛行离岸气流，几乎不受海洋湿润气团的影响，成了世界上最干旱的地区之一，并不属于海洋性气候。

【大陆性气候】通常指中纬度大陆腹地的气候。主要受大陆气团控制，难以受海洋空气调节。其特点是四季分明，夏季酷暑，冬季严寒，春温高于秋温。最低和最高月平均温度多分别出现在1月和7月。气温的年较差和日较差都很大。降水的季节分配不匀，多集中于夏季。且降水不多，年云雾日较少，晴日较多，年平均气温低于同纬度其他气候区。属干旱或半干旱气候。中国西北地区，处于大陆腹地，极少受海洋空气影响，是典型的大陆性气候区。

【沙漠气候】沙漠地区的气候。极端干燥、气温日较差很大，日照丰富，为典型的大陆性气候。沙漠地区降水稀少，最少者可全年无雨。空气干燥，晴日多，风沙盛行。昼夜温差可达 50°C 以上，白昼地面最高温度可达 $60\text{—}80^{\circ}\text{C}$ ，夜间冷却很快，日较差可大于年较差。沙漠气候大致可分为热带沙漠气候和中纬度沙漠气候两类。热带沙漠气候主要分布于南北纬 20° 左右的大陆西侧，夏季炎热，冬季不冷，长期处于副热带高层控制下，盛行下沉气流，降水量远小于蒸发量。如北非撒哈拉沙漠、澳洲沙漠、南美阿塔卡马沙

漠等。中纬度沙漠气候主要分布于大陆腹地，难于受到海洋湿润空气调节，夏季炎热，冬季寒冷，降水极少。如中国新疆的塔克拉玛干沙漠、中亚的卡拉库姆沙漠等。

【季风气候】盛行风向随季节而转换地区的气候。一般有温带季风气候、亚热带季风气候和热带季风气候之分。温带季风气候区主要在亚洲东部，包括中国东部、朝鲜和日本等地。季风主要由海陆热力差异的季节性变化引起，冬季盛行来自西伯利亚的偏西北气流，天气晴朗，气候寒冷、干燥；夏季受海洋偏东南气流影响，高温，湿润多雨，且夏季风风力比冬季风弱。亚热带季风气候以印度半岛、中南半岛最为显著，其气候特征是冬季风时干燥少雨，夏季风时潮湿多雨，夏季风风力比冬季风强。热带季风气候以西非地区为典型，季风主要由南北两半球的东南信风及东北信风带位置的季节性变化引起，冬季气候干燥，夏季湿润多雨。

【气候监测】利用各种技术对气候系统的演变进行定量观测。监测项目不仅有常规的气候要素，还有用于描述气候系统各成员之间相互作用过程的众多因子。气候监测的目的在于了解气候演变进程，监测影响或反映这些气候进程的诸因子的发展趋势，提供各因子的长期平均气候背景资料或某些特殊资料，用于气候数值模拟的实测对比及气候变化的理论研究。气候监测是当代世界气候研究的重要基础性工作。联合国世界气象组织除了有一个世界气候资料计划(WCDP)为气候研究提供必要的资料外，还组织了一系列全球的或区域规模的国际性气候监测试验，如“热带海洋和全球大气”计划(TOGA)、“世界海洋环流试验”(WOCE)、“海冰预测国际气候试验”(SIPICE)、“国际卫星陆面气候学计划”

(ISLSCP)、“国际卫星云气候学计划”(ISCCP)等。

【厄尔尼诺】位于秘鲁太平洋沿岸的冷洋流区，在圣诞节（圣子耶稣诞辰）前后，水温反常升高，使大量鱼群死亡的现象。因西班牙文厄尔尼诺的意思是圣子，所以称这种现象为厄尔尼诺。这种水温的异常升高，是由于北太平洋一支暖流偶然越过赤道南下到达秘鲁沿海，抑制了冷洋流的上升所致。由于冷洋流中的浮游生物难以到达海面，从而造成鱼类饥荒致死，食鱼的鸟类也大量死亡。通常厄尔尼诺每隔3—5年发生一次，且有强弱之分。强烈的厄尔尼诺现象往往可使海水温度比常年高出 3°C — 6°C 。这种高温洋流可影响信风大气。从而影响整个热带大气环流，甚至热带外的大气，造成气候反常。如1982—1983年的厄尔尼诺现象促使澳洲出现200年来最严重的干旱，南美北部出现历史上罕见的暴雨、洪水，南美中部及南部严重干旱，中国东北部也因此出现低温。近年来著名的厄尔尼诺年为：1953—1954年，1957—1958年，1963—1964年，1965—1966年，1969—1970年，1972—1973年，1976—1977年，1982—1983年，1986—1987年。

【大气环流型】一定时域内大气环流的重要类型。它由环流系统的典型分布所决定，并且各种大气环流型都对应着特定的气候特征，所以大气环流型常作为长期天气预报的依据，也是划分季节的指标。一般冬、夏的大气环流型较为稳定，历时较长，但春秋季节的环流多变，历时短暂。因此，从环流型的年变化看，有两次跳跃性转型过程，称为环流突变。大气环流根据不同的着眼点可取不同的分型标准，由此得到的各种大气环流型对天气和气候的特点、变化及转折各有不同的指示意义。各地的环流型是全球大气

环流的组成成分，它们受地区特点的影响，同时又受全球大气环流活动的制约。

【大气活动中心】在全球气压场形势中，控制一般天气系统活动，对气候平均状况和季节性特征起重要影响作用的大型气压系统。如北半球的冰岛低压、大西洋高压、太平洋高压和格陵兰高压，它们常年存在，不同季节里只是范围和强度有所变化，称永久性大气活动中心。另外北半球冬季的阿留申低压、西伯利亚高压、北美高压和夏季的蒙古低压、北美低压、它们只是季节性的存在，称半永久性大气活动中心。无论是永久性还是半永久性大气活动中心，它们的存在都促使南北之间、海陆之间的热量、水分交换，对全球的气候有着重大的影响。

【季节】按照常年气候周期性变化特征，将一年分为若干时段，称为季节。有天文季节、气候季节及自然天气季节之分。天文季节是根据太阳照射的周期性变化规律进行划分的。一般北半球温带以3—5月为春季，6—8月为夏季，9—11月为秋季，12—2月为冬季。中国古代以立春、立夏、立秋、立冬为四季开始。欧洲以春分、夏至、秋分、冬至为四季开始。气候季节按气候要素的周年变化结合物候现象进行划分。如中国采用张宝堃（1934）的划分标准，以候（5天）平均温度小于 10°C 为冬，在 $10^{\circ}\text{—}22^{\circ}\text{C}$ 之间为春季及秋季，大于 22°C 为夏季。自然天气季节是从天气图上以天气形势的季节性变化来区分的。此外在低纬度地区，日射和温度的周年变化很小，主要以降水在全年中的不同分布，用雨季和旱季来划分季节。

【梅雨】指初夏发生于中国江淮流域到日本南部的带状区域内的一段连阴雨时期。因此时正值中国江南梅子黄熟季节，故称“梅雨”。又因这段时间阴雨连绵，湿度大，温度较高，器物极易因潮湿霉烂，故又称“霉雨”。梅雨是东亚大气环流春夏季节转换的产物，是大陆气团和南方很湿的季风气团在江淮流域长期交绥，造成大范围雨带在江淮流域停滞的结果。在梅雨时期，雨量充沛，湿度大，风力小，气温高，天气闷热。梅雨季节开始的一天称为“入梅”，结束的一天称为“出梅”。根据梅雨出现的早迟，雨期长短，可分为典型梅雨和早梅雨两类。前者一般在6月上旬到中旬入梅，7月上旬到中旬出梅。后者指出现于5月份的梅雨，时间大约半个月，出梅后雨带不是北跃，而是南退。以后雨带如再次北跃，就会出现典型梅雨，这样，在一年中可能出现两段梅雨。此外，不出现梅雨的年份称为“空梅”，空梅将造成长江中下游的干旱。

【气候形成因子】形成气候的各种因素。可分为自然因子及人类活动影响因子两大类。自然因子包括辐射因子、地理因子及海气环流因子。一般说来，辐射因子是气候能量的供应因子，指太阳短波辐射，地面与大气的长波辐射以及它们之间的传输交换过程；地理因子是气候能量的制约和改变因子，指地理纬度、海陆分布、火山爆发、地势起伏及植被等不同陆面性质所形成的动力和热力作用；海气环流因子是气候能量的调节和再分配因子，指海洋与大气的各级环流及它们所导致的物理量输送过程。自然因子对形成自然气候起重要作用，但是随着人类活动的增加，对作为环境的自然界不断进行改造和破坏。例如城市与工业区的增多，化石燃料的大量消耗，人口增殖，林木砍伐，各种污染物的排放等各种自然气候形成因子发生干扰，影响了自然气候形成因子的正常

运行，从而改变着人类的气候生态环境。气候形成因子反映了地球系统内大气圈、陆圈、水圈和生物圈的相互作用。

【辐射差额】物体对辐射能的收入与支出的差额。它表示物体净得到或净损失的辐射能。当辐射能的收入大于支出时，辐射差额为正，收入少于支出，辐射差额为负。收支相等时，就是辐射平衡。气候学上重视研究地面辐射差额。地面辐射能的收入包括到达地面的太阳直接辐射、天空散射辐射和大气逆辐射。其支出项是地面反射辐射及地面长波辐射。就一天而言，白天地面辐射差额为正，最大值出现在正午前后，夜间地面辐射差额为负值。一年中地面辐射差额的最大值出现在夏季，最小值出现在冬季。雨季也是辐射差额小值期，旱季是辐射差额大值期。全球地面年辐射差额值随纬度增高而逐渐减小，就全国范围而言，辐射差额最大值在海南岛，最小值在川黔地区。沙漠地区和高原积雪地区的辐射差额也相对较小。

【辐射平衡】物体收入的辐射能与支出的辐射能相等时的情况。这是一种动态平衡。而且平衡是相对的，当收入的辐射能不等于支出的辐射能时必有辐射差额。当收入大于支出时，辐射差额为正；当收入小于支出时，辐射差额为负。辐射差额为零时即辐射平衡。

【热量平衡】物体的热量收入与支出相等的状态。热量平衡时，物体温度保持不变。热量不平衡，就产生热量差额。当热量差额为正时，即收入的热量大于支出的热量，物体升温；当热量差额为负时，即收入的热量小于支出的热量，物体降温。气候学中主要研究地面热量平衡、地气系统中的热量平衡及大气的热量平衡。在

这些系统中的热量收支主要是由辐射、湍流、传导、水分相变等过程产生的。

【水分循环】指地球上的水通过蒸发、气流输送、凝结、降水、径流等作用在大气及水陆间往复转移的过程。在这个过程中，通过太阳辐射加热，把陆地和海洋表面的水蒸发为水汽，大气环流将水汽输送到各地，通过上升冷却凝结等过程转变为雨、雪、雹等降水物，重新降落到地面。有些降水渗入地下，形成地下水，流到河床，或直接流到海洋。有些则通过地面蒸发或植物蒸腾回到大气。也有一部分成为地表径流汇入河流，最终归入海洋。水分循环一般可分为二种：（1）全球水分循环；（2）局部水分小循环。全球水分循环由各局部水分小循环组成，而局部水分小循环则指仅发生于陆地与空气之间、水域与空气之间等局部地区的水分循环。就全球而言，水量是个常数，平均的年蒸发量与年降水量相等，即水量一般作为收支平衡考虑的。但局部水分小循环中，水量收支是很不平衡的，严重时由于局部水分小循环失调，会出现旱涝等天气或气候灾害。

【太阳—天气气候关系】指太阳辐射、太阳磁场、粒子流及太阳活动等变化与地球上天气及气候变化间的关系。其中太阳辐射对地球天气及气候的影响，已有较成熟的理论和实况研究。而太阳磁场、粒子流及太阳活动的变化对地球天气和气候的影响，近年来有许多统计性观测事例，如某些地区的降水量增减，干旱出现的频率，大气环流型的转换等与太阳活动的11年、22年、80年周期之间的对应关系。对这类现象所作的初步分析及提出的一些新观点，已引起人们的重视，但其物理机理尚待进一步探讨。

【海—气关系】地球海洋与大气间物质和能量相互交换、相互影响、相互制约的关系。海洋和大气是地球上两部分密度不同的流体,它们之间有广阔的交界面,构成了相互作用的耦合系统。太阳辐射加热是海气系统的主要能量来源,进入系统的太阳能量除少部分直接加热大气外,大部分用于加热海洋。然后海洋通过向上的长波辐射、海水蒸发的水汽的凝结释放潜热,及感热等各种方式从底部再加热大气。大气因温度分布不均匀产生运动,大气运动的动能一部分用于摩擦消耗,一部分以风应力形式作用于海洋,使海水产生漂流和上翻运动,此外大气垂直运动造成的云雾、降水,影响海洋上空的天空状况及海气间热量交换,这些过程导致了海温分布发生变化,从而改变海洋对大气的加热作用。海洋是大气环流的主要能源之一,大气中的近地层风又是海洋环流的主要驱动力。海洋和大气间热量、动量、水汽交换的过程显示了海气相互作用对气候形成与变化的重要意义。

【气候模拟】对各种规模及特征的气候,根据其形成机制及影响因素,用数值的或实验的方式进行模拟的过程。气候数值模拟是根据基本的物理定律如牛顿运动定律、能量守恒定律和质量守恒定律等来确定气候系统各部分(大气、海洋、冰雪、植被及陆地表面等)的性状。这些物理定律用数学方程式表达,由此构成了气候数值模式。然后在电子计算机上用数值方法求解,求算过程就是气候数值模拟。气候数值模式不仅可用于模拟当代气候,而且可模拟某些外部条件(如太阳辐射等)和内部参数(如大气中 CO_2 浓度等)的变化所引起的气候变化。这是研究气候形成、变化及预告的有效途径之一。实验气候模拟是在实验室用专门设计的设

备，模拟出可类比的某些气候要素特征，从而确定影响气候形成的因子及它们的作用。例如用盛有流体（代表大气）的、受不均匀加热（代表太阳辐射的不同加热方式）的旋转圆筒（代表自转中的地球），模拟出各种流体运动形式（代表各种大气环流形势），然后与现实大气环流进行对照、类比研究。实验气候模拟对确定气候因子的作用、大气环流的类型、及某些经验性参量，有很重要的帮助。

【中气候】指水平距离在几十千米至几百千米范围的各种下垫面上的气候。也称地方气候或局地气候。如森林气候，草原气候、城市气候、山地气候等。中气候的各气象要素的水平梯度和垂直梯度比大气候相应的梯度约大1—2个量级。研究中气候，有助于了解特殊环境地区的气候特征和规律。

【山地气候】因高度和地形影响形成的山区特殊气候。由于地理纬度、距海洋的远近，季节变化和大气环流以及山区本身的地形作用等因素，使山区气候的局地性差异十分显著。山地的高度、坡向、坡度、山峰分布、地形起伏导致了山区气候的垂直地带性，并对山区太阳辐射分布、热状况、风状况、降水再分布、霜冻的出现等气候特征产生重大影响。山区地形复杂，下垫面及植被性质多样，造成山区地面湿润状况的局地差异，对山区局地气候差异的大小有着明显影响。此外，山地的大尺度地形类别如山脉、高原、盆地等，不仅影响山区本地的气候，还对周围地区造成影响，如秦岭是华北与华中的气候分界线，南岭是华中与华南的气候分界线等。

【城市气候】由于城市的建立和发展而形成的特殊局地气候。其主要现象是大气污染，能见度减弱，有热岛效应，地面干燥，蒸发少，风速减弱，市区雾、云量及阵性降水增多。越是规模大的城市，市中心与市郊的气候差异就越大。城市气候的特点由城市规模、性质、地理位置、地表状况、街道分布、建筑情况、人口密度和工业布局、绿化程度等因素决定。

【小气候】指在局部地区，因下垫面条件及小范围环境影响而形成的特殊气候。其水平范围可小到包括叶面、蜂房、衣着内的微气候，洞穴、街道、车间的小空间气候及几千米到几十千米的林区、城市、峡谷等的局地气候。在垂直方向有近地 1.5 米—2.0 米以下的贴地层小气候及距地 100 米—200 米以下的近地层小气候。小气候的主要特点是：空间尺度范围小，在同样天气条件下，各小气候区的气候差异明显；在同一小气候区内，无论铅直方向或水平方向，气象要素相差都很大，即气象要素的空间变化大；各小气候区的气候特征随时间变化小，即变化规律相对稳定。

【气候变化】泛指各种时间尺度（ 10^0 - 10^8 年）的气候演变。地球气候变化主要由太阳辐射变化、地壳升降和海陆变迁、大气动力和热力特性变化所致。太阳辐射的变化不仅与太阳本身热力状态的变化有关，还与地球轨道参数（地球轨道偏心率、黄道倾斜、岁差）的变化有关。地球地质、地理变化中的地壳运动、地磁变动、冰川进退等也对地球气候变化起重要作用。这些因素的变化周期较长，引起的气候变化大多属于地质时期的气候变化（ 10^4 — 10^8 年）。地球环境中极冰的范围、火山的活动、洋流的分布、植被变异及大气动力和热力特性等因子的变化一般周期较短，造成的气

候变化多出现在历史时期 (10^0 — 10^4 年)。现代气候变化除考虑自然因子的影响外, 还需考虑人类活动对大气成份及下垫面性质改变的作用。

【历史气候】指人类文明出现后, 尚无气象仪器观测记录的历史时期的气候。在中国, 指从 5000 多年前的仰韶文化直到 19 世纪末的气候; 世界各地则泛指公元前 4000 年埃及文化出现以来的气候。

历史气候的研究主要依据历史文献、考古发掘物中的气候记录以及从冰川进退、沙漠扩展收缩、湖泊演变和树木年轮获得的过去气候变化的信息, 推断过去的气候状况, 分析过去数百年、数千年间的变化规律, 探讨变化的原因。

历史文献如正史、宫廷档案、地方志、农书、航行日志、私人日记和文学作品中有着关于水、旱、风、雨、冷、暖、霜、雹、作物种植分布和收获情况等浩繁记载, 是历史气候研究的极好依据。系统地收集、鉴定这些材料后, 可以将其转换成定量的气候参数序列, 比如每年的旱涝等级值、每 10 年的冷暖指数等, 还可以推算出历史上的降水量和温度的数值来。例如研究指出: 距今 3000—5000 年间是一个温暖时期, 其 1 月份气温比现今高 3° — 5°C ; 在距今 3000 年间存在 4 次明显的冷暖波动, 波动幅度为 2° — 3°C , 有 4 次明显的寒冷期, 其中最近的一次寒冷期出现在 16—19 世纪, 亦称为小冰期。

历史时期世界各地的气候变化的相互关联及全球大范围气候实况的复原研究对气候模式的检验和气候预报有着重要意义。

【现代气候变化】指有气象记录以来的气候变化。其时间尺度的量

级小于 10^2 年, 故主要是指近百年来气候情况。从冷暖趋势上看, 从 19 世纪世纪末期到 20 世纪 40 年代, 是北半球增暖时期, 其中以高纬地区增暖最明显, 增暖趋势在 40 年代到达顶点。40 年代以后, 气候变冷, 进入 60 年代后, 高纬地区气候变冷趋势更加显著。有记载说南半球在相应时期里, 温度变化趋势与北半球相反。总的变温幅度在 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。中国气温变化基本上与北半球平均气温演变趋势一致。从近百年世界降水变化趋势看, 大陆西岸从 20 世纪初至 40 年代降水逐渐增多, 而后递减; 大陆东岸自上世纪末降水开始减少, 至 40 年代以后才开始增多。热带和赤道地区降水变化复杂。70 年代以来, 非洲持续干旱。中国降水在 19 世纪末、20 世纪 30 年代、60 年代是三个少雨时期, 基本形势是干湿交替明显。本世纪温度和雨量有一定变化和异常, 但根据已有的历史资料, 目前气候变化反映在程度上, 还远未超出历史变化范围, 还不足以证实有巨大的气候变化趋势。

【气候展望】对一定地区未来各种不同时期内气候发展趋势的预估。一般月和季的气候展望较为具体, 常以未来的月或季平均气候量或气候距平的方式表示。半年以上的气候展望, 一般仅预估较强的异常气候事件出现的趋势及对气候量进行简单等级(如雨量分两级: 偏多、偏少)预估。至于 10 年以上的气候展望, 更难具体估计, 一般是估计人类活动的累积效果可能在多大程度上影响未来的气候和生态环境及灾害性气候事件出现的频率和极端状态。展望的时间越长, 所需依据的气候资料及所需参考的可能引起气候变化的因子的资料序列就越多。气候展望对国际、国家或地区的各项规划的制定, 有重要参考价值。

【人类活动对气候的影响】指人类通过改变下垫面性质或改变大气成分影响气候。有些影响是无意识的，如盲目开荒，过度放牧、砍伐森林，扩大城市、工业污染等。有些是有意识的，如扩大灌溉面积，兴建大型水库，种植防护林带，减少大气污染等。这些影响主要表现为：当人为增加下垫面植被时，将改变局地地表反射率，平缓土壤与近地层大气的昼夜温差，湿润空气；在水库地区，大水面将引起局地平均气温升高，地面风和降水的改变；当海洋受到石油污染时，海面蒸发被抑制，海面空气变干燥；在城市地区气温明显高于郊外；因工业生产、航空交通、人类生活使大气中 CO_2 成分及废气、气溶胶粒子增多、高层大气中臭氧减少时，将改变大气对太阳短波辐射及地球长波辐射的接受，从而影响大气温度等。就当前状况看，对大区域的气候变化，人类影响尚未超过自然因子，但从长远发展看，人类活动不论是有意识或无意识，也不论是恶化作用还是优化作用，都会对气候造成愈来愈重要的影响。

【二十四节气】根据太阳在黄道上的位置，将全年划分为 24 个段落。其中 12 个为节气，另 12 个为中气，统称为二十四节气。节气与中气是相间出现的。其名称为：立春（正月节）、雨水（正月中）、惊蛰（二月节）、春分（二月中）、清明（三月节）、谷雨（三月中）、立夏（四月节）、小满（四月中）、芒种（五月节）、夏至（五月中）、小暑（六月节）、大暑（六月中）、立秋（七月节）、处暑（七月中）、白露（八月节）、秋分（八月中）、寒露（九月节）、霜降（九月中）、立冬（十月节）、小雪（十月中）、大雪（十一月节）、冬至（十一月中）、小寒（十二月节）、大寒（十二月中）。每一“节”或每一“中”均对应黄经 15° 。但有时也将太

阳进入该节气段的第一天赋予节气名。二十四节气是中国古代的独特创造。对中国农历来说，中气必在农历本月出现（如雨水为正月中气，必出现于农历正月），而节气可以在农历上个月或本月出现（如立春为正月节气，可以在农历十二月或正月出现）。有时农历某一月不出现中气，则此月定为上个月的闰月。二十四节气是中国农事行动的主要依据。

气 象 灾 害

【气象灾害】由气象原因造成的灾害。在各种自然灾害造成的损失中，气象灾害导致的损失占 60% 以上。气象灾害除对人类社会经济发展活动造成直接损失外，还通过引发的许多次生灾害造成间接损失。气象灾害主要包括干旱、洪涝、霜害、雪害、冻害、雹害、风害、低温冷害、雾害、干热风等。气象灾害对农业的影响尤为重要，据 1949 年以来 30 多年的资料统计，中国平均每年受灾的耕地面积约 4.6 亿亩，其中旱灾占 62%，涝灾占 24%，风、雹灾害占 8%，冻害占 6%。初步估算，1950—1980 年的 30 年全国粮食产量受各类自然灾害的影响，每年平均要减产 200 亿斤左右，其中 95% 是洪涝、旱灾的影响，属于干旱影响而引起的减产约 50%。气象灾害还影响林、牧、渔业的发展，有时会造成严重损失。此外，气象灾害还可以通过对工业、交通、生活设施的破坏而造成生命、财产的巨大损失。

气象灾害对人类的经济活动有重要影响，不仅影响人类社会经济财富的增长，也是人类社会进步和发展的重要制约因素。为

减轻或避免气象灾害的影响，必须不断地研究气象灾害的形成原因、变化规律、灾害的类型和地域分布。为此就需要不断改进、完善对各种灾害性天气的监测、预测系统；借以增强防灾、减灾的主动性。从长远考虑，还需要有目的地保护和改善气候生态环境，以适应大规模的生产活动和经济活动的需要。积极开展防灾抗灾新途径的研究，增强抗御灾害的能力。

【风暴潮】 又称风暴增水、气象海啸、俗称风潮。

由台风、温带气旋、冷锋、飕线等强烈天气系统引起的海面的异常升降现象。风暴潮由强风作用和气压骤变作用而形成，所造成的海浪是一种波长很长的重力波，周期从几小时到几天不等，振幅可达数米。风暴潮是沿海地区的一种自然灾害，与其相伴的狂风巨浪可引起水位暴涨、堤岸决口、摧毁房屋和船舶，造成灾害。在风暴潮和潮汐高潮位相叠加的情况下，灾害更为严重。通常把风暴潮分为温带气旋引起的温带风暴潮和热带风暴(台风)引起的热带风暴潮两类；前者多发生于春秋季节，后者常见于夏秋季节。风暴潮的预报主要是根据风暴潮与气象要素（风和气压等）的经验关系，利用气象要素的预报作出；也可利用求解海水运动的动力学方程组的数值预报方法作出。

【干旱】 长时期降水偏少，造成土壤缺水，使农作物体内水分发生亏缺，影响正常生长发育而减产的一种气象灾害。

当某一年份、季度或月份的降水量比多年平均降水量显著偏少时发生干旱灾害。按照干旱发生的季节，可区分为春旱、夏旱、秋旱和冬旱。中国华北、西北和东北的许多地方，春季温度回升、空气干燥、风力较大、蒸发很强；一旦春季雨量明显偏少，就容

易发生春旱。在长江流域的江苏、安徽、江西、湖南、湖北等省，进入夏季后气温高、太阳辐射强、蒸发很强；农作物处于生长旺期，耗水量很大，如长时间无雨或少雨，常发生夏旱。入秋以后降水量迅速减少，大秋作物正处于洪灌阶段，耗水多，长期无雨会发生秋旱，影响秋收作物产量；华北地区的群众称秋旱为“秋吊”，在长江流域秋旱的发生机率比春旱要高，对晚稻生产影响很大。秋播小麦种植地区，秋旱影响小麦出苗和冬前生长。冬季，干冷气团控制中国广大地区，降水量较小，在冬作种植地区，如降水比常年显著偏少，也会发生冬旱；但干旱发生的范围不大，对生产的影响较小。

【涝灾】由于降水时间过长、过于集中，在一段时间内的降水量比常年显著偏多而造成的灾害。按照降水量的多少和降水的性质，可分为洪水、涝害和湿害，有时泛称为洪涝。洪水是指由大雨、暴雨引起山洪暴发、河水泛滥，淹没农田，毁坏工、农业和交通设施的灾害。涝害是指由于雨量过大或过于集中，造成农田积水，使旱田作物受到损害。湿害则指由于连阴雨时间过长，雨水过多，或洪水、涝害之后，排水不良，使土壤水分长期处于饱和状态，作物根系因缺氧而发生伤害，有的地方叫做沥涝或渍害。涝灾是中国主要气象灾害之一，据统计，从公元前 206—1949 年间，有较大涝灾 1029 次，给人民带来严重灾难。如 1931 年长江、淮河流域的大水，造成这一区域 8 个省份中 40 万人死亡，受灾人口达 5127 万，受灾的农田面积达 1.4 亿亩。

按照涝灾发生的季节可分为春涝、夏涝和秋涝。春涝以湿害为主，涝害次之，局部地区也有洪水发生。江淮地区春季常有连阴雨，容易发生大面积湿害。中国北方如冬季降雪量过大，早春

迅速回暖，积雪融化，土壤尚未化通，也会发生湿害甚至涝害。冬季河流封冻，春季上游回暖，河冰融化流向下游，形成冰块，导致河水漫溢，发生洪涝害，这一类河水猛涨的现象又专称之为凌汛。夏涝以洪水为主，涝害次之，局部地区有湿害。中国约有大部分地区降水量集中于夏季，常因雨时过长或连降暴雨而发生洪水或涝害。秋涝则是由于局部地区的大雨、暴雨而引起小范围积水而发生涝害；连阴雨持续时间过长、雨量过大，也可能引发大面积的涝害。入秋后由于雨量迅速减少，涝害比较少见。

【台风警报】根据天气预报台风将袭击本地或某一区域而发出的警报。如果预测某一区域在未来 48 小时内可能受台风影响而有 8 级大风或暴雨，或台风前进方向的边缘距离警报目标区 300 千米时，气象台、站就发布台风警报。如果某地或某一区域未来 24 小时内将受台风影响有 9—10 级大风，或有暴雨，或台风前进方向的边缘距离警报目标区 250 千米时，气象台、站就发布台风紧急警报。

【低温冷害】农作物生育期间，在重要阶段的气温比生长发育所要求的气温偏低（但仍高于 0°C ）而造成的农业减产。由于不同地区农作物的种类不同，同一农作物在不同发育时期对温度条件的要求也不相同；因此，低温冷害具有明显的地域性，且有不同的名称。春季，发生在长江流域的低温造成水稻的烂秧的天气，称为春季低温冷害。秋季，长江流域的后季稻抽穗扬花期遭受的低温冷害，称为秋季低温冷害。在两广地区的后季稻开花期遇到的低温冷害，称为寒露风。东北地区在 6—8 月出现的低温，称东北低温冷害或夏季低温冷害。

【冻害】植物越冬期间温度剧烈降低或温度长期持续在 0°C 以下；导致植株受害或死亡，以及引起牲畜死亡的现象。中国冬半年发生的大范围冻害常常是由寒潮引起。冻害的发生除与寒潮的强度有关外，还取决于受害对象和地理条件。中国冻害发生最多的是北方及长江流域中下游地区，个别年份华南地区也会出现。有两个主要冻害区，东北、华北和西北冻害区，主要发生在华北平原、黄土高原、长城内外和新疆北部等冬麦区；如果冬季积雪少，冷空气活动强烈、频繁、往往出现低于 -15°C 的低温造成冬小麦死亡。春季冻害使返青的冬小麦受冻减产。使春播作物幼苗受冻死亡。秋季冻害主要危害秋熟作物及秋播作物。长江中、下游和南岭山地冻害区，主要危害冬小麦、油菜、蚕豆、绿肥等越冬作物生长，以及热带、亚热带经济作物。冻害的范围有时可达云南、广东、广西等省区。为避免冻害采取的措施有：培育耐寒品种提高抗冻能力，加强冬前管理增强抗冻能力，利用局地小气候环境避冻栽培和采取防冻措施等。

【黑灾】牧区冬季积雪过少或无积雪而导致牲畜缺乏饮用水而死亡或掉膘而造成的灾害。中国牧区一般都降水少、气候干旱，水源不足；有大量草场因缺少供人、畜饮用的水源而不能充分利用发展畜牧业，往往要等到冬季形成稳定积雪后才可利用作为冬牧场。在没有积雪或积雪很少的年份，放牧的牲畜因吃不上雪而造成掉膘或大量死亡，如 1974—1975 年冬春，西藏日喀则地区连旱 223 天，牲畜放牧饮水困难，造成乏、病、死畜达 10 万头以上。黑灾灾情的程度主要取决于放牧期日连续无积雪日数的长短。内蒙古牧民的经验认为，牲畜 20 天左右吃不上雪就会受到影响；40 天吃不上雪就会普遍掉膘；60 天以上无积雪，牲畜瘦弱，极易引起疫

病流行，会造成较大损失。内蒙古西部、甘肃、宁夏等地牧区，黑灾出现频率较大。防御黑灾的主要措施有：在牧业点打水井或贮水窖、在无水草场寻找地下水源打机井。注意天气预报，及时转移牧场；以及扩大抗灾力强的牲畜的比重等。

【白灾】牧区冬季由于降雪量过多，积雪过厚影响牲畜放牧吃草或不能吃草，而造成牲畜冻、饿、病、死的灾害。中国牧区的白灾主要发生在内蒙古草原、新疆、黑龙江和青藏高原的部分地区。1977年10月在内蒙古锡林郭勒盟牧区发生的白灾，积雪15—30厘米，牲畜死亡达300万头，占牧畜总数的2/3。由于各地牧草的种类和高度不同，因此，造成白灾的积雪深度各异。牧草高度30厘米时，积雪厚度低于15厘米，一般不会成灾。牧草高度低于20厘米时，积雪深度为5—10厘米时，可形成轻灾；积雪深度小于5厘米时，一般不会成灾。牧草过于矮小时，积雪深度超过3厘米时，就可能造成重灾。建立草料库，在入冬前备足越冬草料是抵御白灾的主要措施。

【黑风暴】大风卷起大量沙尘，使能见度急剧降低，日光昏暗的强烈沙尘暴。常见于春夏季在沙漠或土壤松散的干旱地区发生。由于长期缺雨、自然植被破坏，当有大风天气时容易出现，如中国新疆、甘肃、宁夏、内蒙，以及中亚细亚、美国中南部等地。黑风暴常造成牧区的人、畜伤亡，强烈的黑风暴还可能埋没道路，阻断交通造成灾害；如1977年4月22日在甘肃、1993年5月5日在甘肃、内蒙古和宁夏发生的黑风暴都造成重大损失。

【人工影响天气】为减少气象灾害通过人为影响，诱导某些天气过

程向所期望的方向转化的科学技术,早期曾称之为人工控制天气。人工影响天气的内容包括人工降水、人工防雹、人工消雾、人工消云、人工削弱台风、人工防霜冻和人工抑制雷电等。人类为抗御干旱、冰雹等气象灾害而进行改变天气的活动有悠久历史;但有科学指导的人工影响天气是在大气科学有重大发展之后,始自20世纪40年代,并逐渐发展为大气科学中的一个分支学科。

自然大气中包含着巨大的能量,一个雷暴云所包含的能量相当于10万吨级TNT当量的核弹,从能量观点上考虑,人工制造或遏制任何一个天气系统都不可能。曾经进行过的试验表明,在没有云的晴空下每半小时燃烧油料100吨可以制造出局部范围的上升气流,并产生小块的云,但不能产生降水,而所耗成本极高。为军事目的在20世纪40年代曾利用燃烧油料加热空气使飞机跑道上空的雾蒸发,以保障飞机起降,这是唯一完全依靠能量改变天气的事例,其成本也十分高,在和平时期极少采用。在现阶段,人工影响天气主要是利用各类天气过程中已潜在的能量,经过人工影响通过自然能量的转化达到目的。人工影响天气的主要内容中,除防霜外都与云有关。因此,云是主要影响对象。人工降水、防雹、消云、削弱台风等都是通过向云中播撒催化剂,改变云的微结构以及云和降水的演变过程达到预期目的。目前最常用的催化剂是能在低于 0°C 的云中产生冰晶的物质,例如冰核剂碘化银和成冰冷却剂干冰等。成冰剂的优劣以每克物质能产生多少个冰晶来衡量,在 -10°C 的云中每克碘化银可以产生 10^{14} 个冰晶,每克干冰可产生 10^{12} 个冰晶;因此向云中播撒少量的催化剂就可以引起云中结构的显著变化。人工增加云中的冰晶就可以通过冰晶吸取云滴的水份而迅速长大,进而下落增加降水量。在冰雹云中人工增加冰晶则期望能增加冰雹数目,减小冰雹的质量,而

减少雹灾。成冰物质也用来消除过冷却雾、抑制雷电和削弱台风。人工影响天气的技术关键是针对不同对象和目的,选择播撒催化剂的时机和部位;为此需要根据大气物理学,特别是云物理学的原理进行设计,因此人工影响天气与大气物理、云物理等许多学科有密切关系。

人工影响天气还面临着很多科学问题需要研究,目前仅人工降水、人工防雹和消除过冷却雾已在世界一些地区做为改变天气的业务手段实施。

【人工降水】人工对云施加影响,以促使其产生降水、增大降水量或改变降水空间分布的技术,是人工影响天气的主要内容之一。由于云中最初形成的云滴尺度微小(约10微米)不能降落,需要长成几百微米的大粒子时才能形成降水;如果云中大粒子的形成过程太慢或产生的数量太少,则云中大量的水份就会在云的边界上蒸发。人工降水的途径就是通过人工影响促使云中降水粒子加快形成或使其数目增多,使更多的云水转化成降水。具体实施方法常利用飞机或高炮、火箭向温度低于 0°C 的云中播撒干冰或碘化银等成冰物质,增加云中的冰晶数目。云中的冰晶通过吸收云中过冷云滴的水份就可以迅速长大成雪粒子,从而增加云中降水粒子的数目。雪粒子在下落到高于 0°C 的暖气层后融化成雨滴,这些雨滴碰撞并合暖云层中的云滴再进一步增长;从而加强了整层云中的云水向降水的转化,达到人工降水的目的,称为冷云催化。由于在温度低于 -20°C 的云中,自然产生的冰晶已经很多,云中的过冷水已经十分稀少,而高于 -5°C 的云中冰晶的增长又十分缓慢;因此,适宜人工播撒成冰剂的云中温度范围大致在 -5°C 至 -20°C 的区间内。如果整个云体的温度高于 0°C (称为暖云),就不能通

过播撒成冰剂达到人工降水的目的。这时常采用向云中播撒吸湿性物质，如食盐粒子等；盐粒子在云中吸湿后可以形成比云中自然云滴大得多的水滴，由于其降落速度与云滴有显著差异，在有利的条件下可以通过碰并云滴而长成雨滴，从而增大降水量，称为人工降水的暖云催化。暖云催化所播撒的盐粒子尺度大，每克吸湿剂能产生的粒子数目少，因此所需播撒的剂量要比冷云催化高上万倍，从而提高了成本，影响了效益。大部分人工降水都采用冷云催化方法，一些经过较严格设计的试验结果表明，可以增加自然降水量的 10—30%。世界不少地区已把人工降水做为开发水资源的一项辅助手段实施。

【人工消雾】用人工方法消除雾滴，改善视程以利于交通、航空等活动的技术。20 世纪 30 年代国外曾开展过向雾中撒播吸湿性粒子进行消雾的试验，但效果不理想。40 年代为军事目的在英国曾进行过用燃烧油料加热空气的方法消除飞机场跑道上的雾，获得了成功，保障了上千次飞机起降，但成本高昂，加热法在和平时期极少采用。世界一些重要的航空港投入业务使用的都是通过向雾中喷撒冷却剂（丙烷、干冰、压缩空气等）使雾中产生大量冰晶，通过冰晶增长消耗雾中的水滴，达到消雾的目的，这种方法只能用于温度低于 0℃，由过冷水滴组成的雾——冷雾。消除温度高于 0℃的暖雾，除加热法外还没有其他可投入业务使用的办法。

【人工消云】为保障飞机航行或改善生活环境，通过人工对云的影响使云消散的技术，是人工影响天气内容之一。对温度低于 0℃的过冷水云采用播撒成冰剂，在云中制造大量冰晶，通过冰晶吸收云中过冷水而增长、沉降达到消云的目的。利用这一方法对发展

很弱、而且不太厚的过冷云层有消云成功的报导。对温度高于 0°C 的暖云，采用播撒吸湿性粒子或喷撒较多的水滴，通过这些大粒子碰并云滴、沉降进行消云，这种方法要大剂量的播撒催化剂，实施困难，成本高昂，尚处于试验阶段。

【人工防雹】人工影响冰雹云抑制冰雹形成的技术，是现代人工影响天气的主要内容之一。冰雹产生于强烈发展的积雨云（冰雹云），它是由于在云中温度低于 0°C 的云体内的冰粒子大量碰撞、冻结云中过冷水滴而形成的冰块。这些冰块落速很大，在下落到高于 0°C 的暖层来不及完全融化落至地面就成为降雹。冰雹在云中冰雹增长区的较大冰粒上形成，这些可做为冰雹核心的冰粒称为雹胚。防雹的科学依据是在冰雹增长区内人工增加雹胚的数目，使云中的过冷却水冻结到更多的冰雹胚胎上，导致云中雹块数目增多而每个冰雹的质量减少；如果人工增加的雹胚达到一定数量，就可以使产生的冰雹减小到在落至地面之前完全融化变为雨滴。从而达到防雹的目的。具体实施方法是向冰雹云中的适当部位发射带有碘化银的高射炮炮弹或火箭，在云中制造大量的冰晶，这些冰晶有一部分会长大成雹胚大小，在进入冰雹增长区后就会与自然雹胚竞争瓜分云中的过冷水，达到减小冰雹块的质量的目的。

由于冰雹云中垂直气流强大且多变，雷电活动频繁，又存在巨大的雹块；故利用飞机在云内进行直接观测非常困难。对冰雹云的结构和冰雹生长过程的细微了解尚十分缺乏，对防雹的科学依据和技术方法还在不断的研究、改进、据世界各地所开展的防雹试验的一些初步结果表明，通过防雹可能使雹灾所造成的损失减少 40—80%。

【人工抑制雷电】通过人工对雷暴云的影响使雷电减少或消除的人工影响天气试验。人工抑制雷电的试验始于 20 世纪 60 年代，至今仍在持续。抑制雷电的方法包括：向雷暴云内播撒成冰催化剂或细长的导电纤维，通过加强云中的电晕放电过程或改变云内的电荷分布达到遏制雷电的目的。外场试验初步表明，有减少闪电次数和缩短闪电持续时间的效果。另一种方法则采用小火箭携带细金属线射入云，用以触发尚未成熟的闪电，也表明有一定程度的成功。

【人工防霜冻】人工提高地表层空气和土壤表面的温度，防止农作物受到霜冻危害的技术措施。

霜冻常由于冷空气团移入及夜间地面或农作物表面的辐射冷却，使温度降至 0°C 以下而形成，可导致农作物受害或死亡。防霜冻最常用的方法是熏烟法，在预报将有霜冻形成的夜间，当地表气温降至一定温度时点燃烟雾剂；由于燃烧放热及烟雾减少辐射冷却作用可提高地表层的气温；实验表明，可增温 $0.5—2^{\circ}\text{C}$ ，但风大时效果不明显。此外，还试验过在农作物上连续洒水、利用风机增加上、下层空气混合等其他方法；但对防御大面积的严重霜冻，至今还缺少行之有效的办法。

国际气象合作

【国际气象组织（IMO）】1878 年成立的非官方（非政府间的）国际间气象机构群众性组织。其最高权力属于国际气象大会，每六

年召开大会一次,1905 年第六次大会以后改称为各国气象局长会议。国际气象组织的主要任务是协调各国气象业务工作,推进国际合作。日常工作由秘书处负责处理,并针对各项业务,设立了仪器和观测方法、高空气象、天气、气候、农业气象、水文气象、航空气象、航海气象等技术委员会。还相继设立了非洲、远东、南美、北美和中美、西南太平洋、欧洲 6 个区域协会。1947 年确定在全球统一采用 5 码一组的电码格式来交换气象情报,大大促进了全球气象工作。在 IMO 的第十二次国际气象局长会议上,通过了世界气象组织公约,决定将 IMO 改组成新的政府间机构世界气象组织(WMO),并作为联合国专门机构之一。1951 年 3 月 IMO 正式宣告结束。

【世界气象组织(WMO)】1951 年正式建立的国际气象组织。其前身是国际气象组织。

世界气象组织是一个政府间的组织,为协调各国气象业务工作和气象科技合作的国际机构,是联合国专门机构之一。其最高权力机构是世界气象大会,从 1951 年起每四年举行一次,选举主席 1 人,副主席 3 人,任期 4 年。下设执行理事会(早期是执行委员会),6 个区域协会(与 IMO 相同)。还设有 8 个技术委员会:基本系统委员会、大气科学委员会、仪器和观测方法委员会、水文学委员会、气候委员会、海洋气象学委员会、农业气象学委员会、航空气象学委员会。最初签订世界气象组织公约成为成员的包括中国共 31 个国家,1992 年已有国家会员与领地会员共 160 多个。1972 年,世界气象组织承认中华人民共和国的代表为中国在该组织的唯一合法代表,1973 年中国代表张乃召当选为执行委员会代理委员。1983 年中国代表邹竞蒙当选为第二副主席,1987

年邹竞蒙当选为主席，这是中国首次在联合国专门机构中担任主席，1991 年邹竞蒙连续当选为主席。

【国际大地测量和地球物理学联合会 (IUGG)】1919 年在比利时首都布鲁塞尔成立的一个国际学术团体。每四年召开一次大会。处理日常事务的执行委员会总部设在巴黎。其目的是促进各国开展地球外形与地球物理学方面的研究，筹划、组织和协调这方面的国际合作，开展学术交流与资料交换。它由 7 个专门协会组成，即国际大地测量学协会 (IAG)、国际地磁学和高层大气物理学协会 (IAGA)、国际水文科学协会 (IAHS)、国际气象学和大气物理学协会 (IAMAP)、国际海洋物理科学协会 (IAPSO)、国际地震学和地球内部物理学协会 (IASPEI)、国际火山学和地球内部化学协会 (IAVCEI)。每个协会都有自己的章程和领导机构。IUGG 又是国际科学联盟理事会 (ICSU) 的组成机构之一。

【国际气象学和大气物理学协会】国际大地测量和地球物理学联合会的一个专门协会。其最高权力机构是代表大会和执行委员会，每四年举行一次，与国际大地测量学和地球物理学联合会同时举行。为方便开展学术活动，下设 10 个专业委员会，即国际辐射委员会 (IRC)、国际大气臭氧委员会 (IOC)、国际大气化学和全球污染委员会 (ICACGP)、国际高层大气气象学委员会 (ICMUA)、国际云物理学委员会 (ICCP)、国际大气电学委员会 (ICAE)、国际动力气象学委员会 (ICDM)、国际极地气象学委员会 (ICPM)、国际气候委员会 (ICC)、国际行星大气及其演变委员会 (ICPAE)。

【世界天气监视网】世界气象组织 20 世纪 60 年代末开始，通过各

成员国的合作，在各成员国气象业务工作的基础上，并加强或新建某些环节，使各国气象观测、气象通信、天气分析和预报、气象资料处理都纳入一个全球性的气象业务体系，称为世界天气监视网（WWW）。在体制上设置世界气象中心（华盛顿、莫斯科、墨尔本 3 处）、区域气象中心（全球 25 处，包括北京）、各国气象中心。世界天气监视网包含：（1）全球观测系统（GOS）。纳入此观测系统的有各国 9000 多个地面气象站、800 多个高空气象站、9 个定点海洋天气站，数以千计的自愿承担观测的船舶与民用航空班机；还有 5 颗静止气象卫星、2 颗极轨气象卫星；（2）全球电信系统（GTS）。由三级电信线路（主干线及其支线、区域气象电信网、各国国家级气象电信网）组成，把世界气象中心、区域气象中心、各国气象中心连成闭合的通信环路；（3）全球气象资料加工系统（GDPS）。各级气象中心对汇集收到的气象情报分析加工，做出自己的预报与警报，并通过全球电信系统迅速分发给其它中心，供所有成员国应用。中国在世界气象组织的合法地位 1972 年得到恢复以后，中国积极参与世界天气监视网的各项工作，中国国家气象中心成了主干线上的区域气象电信枢纽，相继接通了北京—东京、北京—奥芬巴赫气象电路（主干支线）；北京—香港、北京—莫斯科、北京—平壤、北京—乌兰巴托、北京—伯力等气象电路。

【全球大气研究计划（GARP）】世界气象组织和国际科学联盟理事会共同建立的一项大型全球大气综合观测试验研究计划，包括 10 个子计划，如夏季季风试验、冬季季风试验、大西洋热带试验、气团变性试验、极地试验等。总的目的是延长天气预报的时效、提高预报准确率。从 1977 年底到 1979 年底用两年时间进行了 GARP 的第一次全球试验（FGGE），第一年准备阶段，第二年

是正式实施阶段，为设计并验证大气过程的数值模式，组织了大规模全球性的大气观测。设置了两个特别观测期（1979年1月5日至3月5日、5月1日至6月30日），其中又规定了两段共约两个月的加强观测期，集中人力、物力对热带赤道地区和南半球平常缺少观测资料的地区进行较密集的观测。中国许多气象台站参加了统一的观测工作，并派两艘海洋调查船赴赤道参加观测和试验。本来打算进行的 GARP 第二次全球试验的内容，已作为世界气候研究计划来组织实施。

【世界气候计划（WCP）】20 世纪世界人口的急剧膨胀与人类生产力达到的空前水平，已使地球资源与地球环境的承受能力几乎到了极限。1979 年世界气象组织与其他国际机构合作在日内瓦召开了第一次世界气候大会，发表了世界气候大会宣言，唤起全球人民与各国政府重视气候变化问题对社会与经济发展的重大意义。1979 年第八次世界气象大会批准了一个世界气候计划（WCP），由世界气象组织（WMO）、联合国环境计划署（UNEP）和国际科学联盟理事会（ICSU）共同负责，目的是推动各国科学家协手共同研究人类生存环境的气候及其变化。此计划分为四个子计划：（1）世界气候资料计划（WCDP）；（2）世界气候（知识）应用计划（WCAP）（（1）、（2）两个子计划以世界气象组织为主）；（3）世界气候影响研究计划（WCRP），以 UNEP 为主；（4）世界气候研究计划（WCRP），也称为世界气候变化及变率研究计划，由世界气象组织与国际科学联盟理事会共同承担。为了响应配合此计划，许多国家成立了各自国家的气候计划。中国 1987 年成立了以宋健为首的国家气候委员会。这项世界气候计划的四个子计划，10 多年来取得了很大成绩。1988 年世界气象组织与联合国环境计

划署共同建立了政府间气候变化专业委员会(IPCC),它应联合国的要求,发动全球许多一流科学家用了1年多时间,撰写了一本几十万字的综合报告,1990年11月召开了第二次世界气候大会,审议了上述报告。1990年12月联合国第四十五届大会作出了“为了人类的现代和未来保护气候”的决议。1992年6月在巴西里约热内卢召开的联合国环境与发展大会上,有160多个国家签署了气候变化框架公约。

【世界气象日】1950年3月23日世界气象组织公约正式生效,为纪念这一有意义的日子,1960年世界气象组织将每年3月23日定为世界气象日,每年围绕一个主题,在全球各地开展庆祝活动,向政府与公众做宣传。1984—1993年历年来的世界气象日的主题是:气象为农业服务,气象与公众安全,气候变化、干旱和沙漠化,气象—国际合作的典范,气象与宣传媒介,气象为航空服务,气象和水文部门为减少自然灾害服务,地球的大气,天气和气候为稳定发展服务,气象与技术转让。

测 量

【测量】研究地球的形状和大小、测定地面点的位置和高程、测制各种比例尺的地图以及根据工程要求进行放样等各项工作的总称。

【平均海面】由验潮站长期观测海水水位升降而确定的海面平均位置。是高程起算的基准面。中国规定，按 1956 年根据青岛验潮站观测数据计算的黄海平均海面作为中国高程起算的基准面，称为“1956 年黄海平均海面”，简称黄海平均海面。

【大地水准面】一个假想的、与平均海面相重合并不断延伸而通过大陆和岛屿所围成的封闭的水准面。此面上各点的重力位相等，故又称重力等位面。它是高程测量中正高系统的起算面。

【高程】又称绝对高程或海拔。指地面某一点到平均海面的铅垂距离。高程有正、负之分，当地面点位于平均海面之上时，高程值为正；在平均海面之下时，高程值为负。测量高程的方法一般采用几何水准测量（简称水准测量）、三角高程测量（又称间接高程测量）和气压高程测量（物理高程测量）。

【测量误差】对某量进行测量时所获得的观测值与该量真值之间的差。由于外界条件、仪器状况及观测者本身因素的影响，测量误差的出现是不可避免的。根据误差的性质，可分为偶然误差和系统误差两种。偶然误差的产生是由于偶然的原因，如温度的变化可使物体的长短发生变化，测量结果也会随之发生变化。偶然误差是测量平差的主要对象。系统误差是一种带有规律性的误差，如尺子的刻度不准，测量结果就必然偏大或偏小。系统误差在一定条件下和一定范围内是积累性的，原则上可以通过对仪器进行测定以及检验校正，并选择适宜的测量方法和程序予以消除或改正。

【国家坐标系】一个国家为处理测绘成果，在全国范围内统一规定

以某种地图投影的经纬线作坐标轴，以确定国家所有测量成果在平面上的位置的坐标系统。中国采用高斯-克吕格投影平面直角坐标系，大地原点设在陕西省泾阳县（西安原点），平差时采用 IAG—75 的参数（ $a = 6378140$ 米， $b = 6356775$ 米， $f = 1/298.257$ ），又称 1980 年国家大地坐标系。

【国家大地网】又称国家大地控制网。在全国领土范围内，由互相连系的大地点所构成的网。大地点的水平位置按国家统一的大地测量规范测定，并设有固定标志，以便长期保存。国家大地网中还要用天文观测方法测定天文经度、纬度和方位角。一般采用三角测量方法，有时也兼用导线测量或三边测量方法，采取由大到小，逐级控制的原则来布设。中国除青藏高原采用精密导线测量方法布设之外，其他地区一律采用三角测量方法，按纵横锁系布网法分成一、二、三、四等布设大地网。

【国家水准网】又称国家高程控制网。在全国领土范围内，由一系列按国家统一规范测定高程的水准点所构成的网。中国国家水准网采用 1956 年黄海高程系统，其水准点的高程是由一、二、三、四等水准测量测定的，施测精度逐级降低，由高级控制低级。一、二等水准路线需要定期进行重复测量，以检查水准点的高程变化和研究地壳垂直运动，此外还需实施重力测量，供改正水准测量数据之用。

【大地测量】为建立国家平面和高程控制网所进行的精密控制测量。是地形测量和工程测量的基础，并为研究和测定地球形状及大小、地壳形变以及空间目标的坐标及方位提供重要资料。分为

几何大地测量、物理大地测量和卫星大地测量等。

【大地控制点】简称大地点。通过大地测量所测定的平面或高程的控制点。

【大地原点】又称大地基准点。确定国家水平控制网中各点大地座标的基准点。通常在国家三角网（锁）上选定一个适中的三角点作为大地原点，它应具有如下条件：（1）点的大地经纬度与天文经纬度相等；（2）此点至另一点的大地方位角与此点同一边的天文方位角相等；（3）此点到参考椭球面的高程与到大地水准面的高程相等。1978年4月中国天文大地网整体平差会议决定：1980年中国国家大地坐标系的大地原点设在陕西省泾阳县永乐镇，简称西安原点。

【天文测量】通过观测太阳或其他恒星位置以确定地面点的经度、纬度或两点方位角的测量工作。其测量结果可作为大地测量的起算数据和校核数据。

【天文点】用天文测量方法所测定的具有天文经度、天文纬度的点。大地控制点兼作天文点时，还常测有到另一相邻大地控制点的天文方位角。这样的点被称作拉普拉斯点。

【控制测量】平面控制测量和高程控制测量的总称。即在测量的区域内，用较精确的方法，测定一系列控制点的水平位置和高程，建立起测量控制网，作为地形测量和工程测量的依据。平面控制测量包括三角测量、三边测量和导线测量。高程控制测量包括水准

测量和三角高程测量。

【控制点】用控制测量方法测定的具有平面位置和高程的地面点。一般包括大地控制点和地形控制点两种。

【三角测量】在地面上布设一系列连续三角形，采取测角方式测定各三角形顶点水平位置的方法。即在地面上根据一定条件选定一系列的点（三角点），组成许多互相连接的三角形；精确测定这些三角形的一边或数边的边长和方位角，以及一个或数个三角点的坐标，作为起算或校核的数据；测量所有三角形的内角，从而求得其他各点的坐标。中国的三角测量，按照精度分为一、二、三、四等，由高等级控制低等级，组成全国性的基本平面控制网。

【三角点】三角测量或三边测量中三角形的顶点。点上埋设中心标石，作为三角点的实地位置，并架设觇标，供观测使用。三角点的平面坐标和高程，以及与相邻三角点间的边长和方位角等，称为三角点成果，是地形测量和工程测量的基本控制资料。

【三边测量】在地面上布设一系列连续的三角形，采取测边方式来测定各三角形顶点水平位置的方法。即用电磁波测距仪直接测定三角网（锁）中各边的边长，按照三角公式推算各三角形的顶角，从而计算出各边的方位角和各项点的坐标。

【导线测量】在地面上选择一条适宜的路线，在其中的一些点上设置测站，采取测边和测角方式来测定这些点的水平位置的方法。即在地面上选定一系列前后通视的点（导线点），组成前后连接的折

线(导线);在导线中精确测定其中一条以上边的方位角和一个以上点的坐标作为起算或校核数据,并直接测定所有边的边长和两相邻边间的夹角,从而计算出各点的坐标。适用于荫蔽地区和某些通行困难地区的平面控制测量工作。按精度可分为精密导线测量和普通导线测量两种,前者可代替同等级的三角测量。

【水准测量】又称几何水准测量。用水准仪和水准标尺测定地面两点间高差的方法。中国国家水准测量分一、二、三、四等,由高等级控制低等级,构成全国水准网。水准测量是全国地形测量及工程测量的高程控制基础,也是研究地壳升降、平均海水面变化等科学问题的主要方法。

【水准点】用水准测量所测定的高程控制点。水准点上应埋设标石并架设觇标。中国国家水准点上的标石分为基岩水准标石、基本水准标石和普通水准标石三种:(1)基岩水准标石,只布设在一等水准路线上,大约每隔 500 千米一座,它的高程变化直接显示地壳垂直运动;(2)基本水准标石,埋设在一、二等水准路线上,大约每隔 60 千米一座,可是基岩标石,也可是混凝土标石,用于长期保存水准测量成果和研究地壳垂直运动;(3)普通水准标石,可埋设在各等水准路线上,一般每隔 2—6 千米一座,可是混凝土或岩层标石,也可为钢管标志或墙内标志。

【水准原点】国家高程控制点(水准点)的起算基准点。以黄海平海水面的高度位置为高程零点,用精确的方法进行联测,求出预先建立的某个地面点的高程,此点的高程即可成为其他高程控制点的起算基准。中国的水准原点在青岛市观象山上,它相对黄海

平均海水面的高程为 72.289 米。

【觐标】设置在测量控制点上供观测使用的标架。觐标照准部分的中心位于控制点的铅垂线上，其作用是升高测角仪器的整置位置 and 提供角度观测的照准标的，保证观测方向有良好的通视。通常建造的觐标分为：（1）寻常标，没有内架的木质三角锥形或四角锥形觐标；（2）钢寻常标，没有内架的钢质三角锥形觐标；（3）钢标，由钢材制成的有内、外架的觐标，呈六角锥形，分为 4—6 米高的觐标和 19—35 米高的两类；（4）墩标，用混凝土、石块、砖或木材筑成的仪器墩上插供架设仪表用的钢制圆筒的觐标；（5）马架标，用钢材或木材建造的高 1.5 米左右的内架，再加设置仪器的钢制圆筒的觐标。寻常标和钢寻常标在山区和丘陵地区用得较高，钢标在平原地区较常用，墩标和马架标通常建在峻峭山顶或建筑物面积狭小而无法建造外架的三角点上。觐标应妥为保护，因可供长期使用，故科学价值极大。一经破坏，则使以前所测之图失去根据。觐标为钢木质，拆毁后即成为废钢材和碎木材，而失去其科学价值。

钢标 马架标 墩标

【标石】测量控制点在实地位置的标志。一般用规定形状和大小的混凝土或岩石埋在地下或使其顶端露出地面，有时也用竖立的铁管或钢轨固定在混凝土中埋在地下，在标石中央嵌有铁质或瓷质标志，以标示控制点的位置。标示平面控制点位置的称中心标石，

以标石中心“+”字形交点表示其精确位置。标示水准点位置的

叫水准标石,以标石中心圆盘上突起的半球体之顶点表示其高程。在基岩露头上凿制标志以代替标石的,称岩石标志。标石之价值全在其中心点的位置或高程的准确度。标石中无任何其他贵重金属或其他有价之物。离开控制点的标心则成为一块重量不大的废铁。

【摄影测量】利用摄影像片测定物体的形状、大小和空间位置的方法。按摄影站的位置可分为地面摄影测量、航空摄影测量、航天摄影测量和水中摄影测量。

【地面摄影测量】利用摄影经纬仪在地面摄取立体像对(从两个不同地点对同一地区所摄取的一对像片),然后通过野外控制测量、调绘和利用仪器进行室内测绘等步骤,编绘成地形图的技术。主要用于局部山区或难以进入的地地区的地形测图,以及为各种工程中非地形测量提供数据,如沉陷变形观测等。包括地面立体摄影测量和非地形摄影测量。

【航空摄影测量】简称航空测量。利用航摄仪在空中对地面摄取连续像片,然后再通过控制测量、调绘和测图等步骤而测绘成地形图的方法。航空摄影测量所获得的航摄像片,能客观详尽地记录地表地物和地貌的现状及相关位置,用其所测绘的地形图,各部分精度均匀,而且可以把大量的作业移至室内进行,减少了野外工作量,可以不受或少受地形和天气条件的限制,已成为现代测绘地形图的主要方法。

【工程测量】各种工程在勘测设计、施工和使用三个时期所进行测

量工作的总称。根据工程性质的不同可分为建筑测量、路线测量、矿山测量、水利测量、河道测量、隧道及地下铁路测量……。按工作程序可分为勘测设计阶段的控制测量和地形测量；施工阶段的放样测量；使用阶段的变形测量等。

【地籍测量】以国家等级控制点为依据，对工作区内土地及其上附着物的位置、数量、质量和利用现状所进行的大比例尺的测绘工作。地籍测量所获得的资料是土地管理、房产管理、城市和农村规划、土地整理和税收工作的重要依据。通过土地登记和发证、地籍资料将具有法律效力。地籍测量工作的内容包括：（1）进行地籍控制测量，测设地籍基本控制点和地籍图根控制点；（2）测定测区内地表的地形图形及其上附着物的几何形状和所在位置，绘制地籍图；（3）测定行政区划界线、土地的权属界线、界址点的坐标及权属范围的面积；（4）调查土地权所有者的姓名、地址及拥有土地的编号，土地的数量、类别、等级和使用状况，建筑物的面积等地籍要素；（5）进行地籍要素的动态监测，进行地籍图的修测或重测，以及地籍簿册的修编；（6）根据国土整治和土地规划的要求，进行有关的测绘工作。按工作方法和测量精度的不同，可分为图解地籍测量和解析地籍测量两种。

【图解地籍测量】采用平板仪测图方法来测绘地籍图，或利用航测像片、卫星像片以及已有的大比例尺地形图进行外业调绘来编绘地籍图，然后在图上读取坐标和距离等数据并计算面积的方法。优点是速度快、成本低，但其计算面积时的误差，除实测误差外，尚包括制图误差和图上量测误差等，因此其量算精度较低。目前中国正在进行的农村土地利用现状调查主要采用此种方法。

【解析地籍测量】使用测角和测距仪器，在实地测定所需的地籍数据，然后通过计算的方法来求得面积和界址点坐标的方法。解析法的误差仅包括实测误差，因此精度较高，但需要投入较多的人力、物力和财力。

【界址点】土地权属界限的拐点。一块土地周围的界址点确定了，则其位置、形状、面积和权属界线也就确定了。界址点上必须设立界桩或界标，以确切表示界址点的位置。界桩和界标目前尚无统一的规格标准，通常采用的有石桩、混凝土桩、灰桩和铁钉等。

地图（地图制图）

【地图】按照一定的数学法则和制图综合原则，将地球上的自然和社会现象，运用专门符号缩小、概括和有选择地表示在平面上的图。地图具有严格的数学基础、符号系统和文字注记，科学地反映地图对象的地理分布规律、质和量的特征，以及相互联系、相互制约的关系。地图不仅是区域性学科调查研究成果的表达形式，而且是国民经济、军事、科研等部门进行分析研究、量算数据、综合评价、预报、规划设计和指挥调度等的重要基础资料。地图有许多分类方法，如按内容、用途、比例尺、区域、使用方法、色数、维数等分类。按表示内容分为普通地图和专题地图；按比例尺分为大、中、小比例尺地图等是最常用的分类方法。按使用要

求、表示方法和制作材料可分为挂图、桌图、单幅图、地图集、影像地图、塑料地图等。现代还出现了缩微地图、图象数字磁带及电视图象等新形式。

【地图分类】根据某种标志对地图的归类。地图的种类很多，为了便于地图的保管和使用，必需对地图进行分类。分类的标志主要有：地图的内容、地图的比例尺和地图的用途。按地图内容可将地图分为普通地图和专题地图两大类。普通地图又可分为地形图和普通地理图两种；专题地图的类型较多，故又可分为自然地图和人文地图两类。按地图的比例尺，可将地图分为大、中、小比例尺地图。一般将大于 1 : 1 万的地图称为大比例尺地图，小于 1 : 1 万、大于 1 : 100 万的地图称为中比例尺地图，小于 1 : 100 万（包括 1 : 100 万）的地图称为小比例尺地图（比例尺的划分，不同作者会有差别）。按地图的用途，可分为各种专用地图，如教学用图、军事地图、航空图、航海图，以及旅游地图等等。地图的分类还可以按其他标志进行，例如按制图区域可分为世界地图、某洲、某国地图；按地图的形式，则可分为挂图、桌图、地图集等。

【普通地图】全面、综合反映制图区域内自然和社会现象一般特征的地图。其内容包括地形、水系、土壤、植被、居民点、交通线、境界线等。目前广泛应用于经济建设、国防建设和文化教育等方面；并可作为编制各种专题地图的基础。研究普通地图编制的各种问题，是普通地图学的主要任务。普通地图又分为地形图和普通地理图两种类型。地形图是以等高线系统着重表示地形特征的普通地图。地形图有国家基本地形图和专业生产部门测制的大比例尺地形图两类，前者根据国家统一的编绘规范编制，具有统一

的数学基础，内容详细和几何精度高的特点，后者内容一般按专业部门需要有所增减。普通地理图是指除地形图外的普通地图，亦称一览图。特点是数学基础因制图区域不同而异，如比例尺和地图投影多样化；其次是内容和表示方法亦因用途不同而异。类型也很多，除单幅图外还有桌图和合订成册的普通地理图集等。

【专题地图】又称主题地图。着重表示自然和社会某一种或数种主题要素或现象的地图，其内容包括专题内容和地理基础两部份。专题内容是各学科长期研究自然和社会的成果；地理基础是用以标明专题要素空间位置和地理背景的普通地图的内容，主要有经纬网、水系、境界、居民点等。按地图的内容，专题地图可分为自然地图和人文地图（社会经济地图）两大类。自然地图的例子有：地质图、地貌图、气候图、水文图、土壤图、植被图、土地类型图等；人文地图的例子有：人口地图、工业地图、农业地图、城市地图、土地利用图、文化地图等。专题地图采用专门的表示方法和图例系统。表示方法有：区域法、质底法、等值线法、点值法、符号法、动线法和统计图法等。研究专题地图的制图理论、技术与应用是专题地图学的任务。目前，专题地图广泛应用于经济和国防建设，以及科学研究和文化教育等领域。

【专用地图】为某种专门用途设计编制的地图。是地图按用途分类的一种结果。这类地图的内容有很强的针对性，在形式上也多种多样，比例尺也有大、中、小之分，可以是单张图，多幅图或地图集。例如供航空、航海使用的航空图和航海图，其内容重点表示与导航有关的资料，并且采用等角航线为直线的正轴等角圆柱投影（墨卡托投影）；供旅游者使用的旅游地图，其内容则详细表

示出名胜古迹、娱乐场所、购物中心、旅游路线和饭店服务设施等；供教师和学生使用的教学地图，内容根据教学要求重点突出，层次分明，符号与字体醒目，在教学上能产生直观效果；科学参考地图则应用范围更广，不仅用于科学研究，还广泛用于高等学校教学和国民经济建设的某个方面。由于专用地图使用对象明确，发行量大，能产生较好的经济效益和社会效益。

【自然地图】又称自然地理图。反映自然环境各组成要素或其综合特征的专题地图。表示各要素质量和数量特征及其地理分布规律的图有：地质图、地貌图、气候图、水文图、土壤图、植被图和动物分布图等；表示它们的综合特征及其地域分异规律的图有：土地类型图、土地资源图和自然区划图等。各类自然地理图都是相应学科的研究成果。某些自然地理图还可以反映出制图对象的动态特点，例如各月平均气温图、气压图、海岸变迁图、河道变迁图等。自然地理图的编制除应用常规专题地图制图方法外，已广泛应用遥感图像判读制图。机助制图方法也开始在某些自然地理图制图中应用。

【经济地图】反映一定区域内工业、农业、能源、商业、交通运输、通讯等各种经济现象的空间分布、特点、生产规模和内在联系，以及动态变化的专题地图。它既可局部地反映某一经济部门的发展情况，又可全面反映区域内各主要经济现象的发展情况和发展全貌。按地图内容可分为综合经济地图和部门经济地图两类。前者反映区域内国民经济各部门生产结构和发展水平的综合情况，把工业、农业、能源、交通运输等多种要素有机地联系起来；后者反映区域内某一生产部门的情况，如工业地图、农业地图、能源

地图、交通运输地图和商业地图等。这些地图还可以进一步划分为专业部门经济地图。编制经济地图，主要以社会经济统计和区划调查资料为依据。遥感技术和地理信息系统的支持，为编制经济地图提供了最新的技术手段；以及提供详尽而严格定位的数据和大范围的同步信息。

【地形图】着重表示地形特征的普通地图。地形特征一般用等高线系统表示。比例尺大于1:100万的地形图是实地测绘或根据航空象片、卫星影象等遥感图象配合有关资料编制而成。国家基本地形图必须根据国家颁布的编绘规范进行编制。地形图的地图投影、大地坐标系统、高程系统、分幅和编号，以及比例尺系统等数学基础都是统一的；其精度、制图综合原则、等高距、图例符号和整饰规格等都有统一的要求。因此，地形图的几何精度高、内容详细，是国家经济建设、军事应用、地学研究所必需的重要图件。同时又是编制其他地图的基础。专业生产部门根据各自的需要也测制大比例尺地形图，其内容详略主要受自订的规范和地图比例尺的制约。

【地图数学基础】决定地图上各种地物的位置和几何精度的数学要素。包括：地图投影、制图格网、比例尺和大地控制点等。地图投影是运用数学法则将地球椭球面上的点、线、面等图形投影到平面上的理论和方法；制图格网是各类地图用来确定点位坐标的格网，分为地理坐标格网和直角坐标格网两种；比例尺是表示地球的全部或一部分，以及各种地物在地图上被缩小的程度，一般以地图上线段长度与实地相应线段的水平长度之比值来表示；大地控制点是指具有统一而精确的水平和高程位置的点。广义的地

图数学基础还包括方位、图廓和分幅编号等。

【系列地图】统一设计编制，能反映制图区域环境综合特征或部门特征的成套专题地图。各图幅之间形成相互关联和相互协调的地图系统。系列地图可以是同一比例尺、内容不同的成套地图，如中国编制出版的《陆地卫星像片太原幅农业自然条件目视解译系列图》；也可以是同一内容、不同比例尺的成套地图，如中国目前从全国到各省市、地区和县编制的大、中、小比例尺的土地系列地图（土地类型图、土地利用图和土地资源图）；也有同一比例尺、同一内容，而时期不同的成套地图，如同一地区、比例尺相同而不同时期的一套土地利用图。系列地图是国家各方面建设（如国土整治与规划）的基本资料。已广泛利用多谱段、多时相遥感图像进行编制，卓有成效。

【地理坐标】用经纬度表示地面点位置的球面坐标。地面上点的经纬度需用测量方法求出。地图上所用的经纬度是用大地测量方法在参考椭球面上推算出的大地经纬度。利用地理坐标可以确定地球（地图）上任一区域或地面点的地理位置。一般在小于1：20万比例尺的地图上，都绘有相应经纬度数值的地理坐标网，在大于1：10万比例尺的地形图上，图廓四周注有经纬度数值，图廓间绘有分度带。中国规定大于1：100万的地形图则按经纬度分幅，其内图廓即为经纬线，图廓四角注有经纬度。在“陆地卫星”影象图幅四周也有地理坐标注记。

【制图格网】又称制图网或坐标格网。地图上用以确定点位坐标、方向和距离的地理坐标格网和直角坐标格网的总称。地理坐标格

网是以一定经纬度间隔并按某种地图投影方法绘制的经纬网，在各条线的端点外注有经纬度数值，以便确定任一点位的地理坐标；直角坐标格网一般是垂直和平行于某种投影的中央经线的方格网，注有千米数，故又称公里网。制图格网在编制地图时，则是用来控制地图内容转绘精度的格网，格网的密度与地图性质和比例尺有关。地形图上常同时绘有两种坐标格网，以满足军事上和经济建设上量算方位和距离，记录与检索信息等的需要。在“陆地卫星”影象图幅四周，标有经纬度注记，但没有绘制经纬度坐标格网，使用时需自行绘出。在卫星云图上也有概略的地理坐标网；用遥感影象编制的影象地图上，则绘制有地理坐标网。

【地图比例尺】又称缩尺。地图上某一线段的长度与实地上相应线段水平距离之比。是地图判读和地图量算的重要参数。地图比例尺有数字比例尺和图解式比例尺等形式。前者为直接用数字表示，例如图上 1 厘米而实地上为 10 千米，则比例尺表示为 $1:100$ 万或以分数 $1/M=1/100$ 万表示， M 称为“比例尺分母”，表示缩小为若干分之一；后者又称图解式直线比例尺，直接印制在地图上。为化算量测方便，也为避免图纸伸缩而产生误差，地图量算时以图上所绘的图解比例尺为准。如图上为 $1:50000$ 的直线比例尺，图上 1 厘米相当于实地 500 米。地形图上都有数字比例尺和图解式比例尺。

【地图精度】指地图上所表示地物的位置和界线的准确可靠程度。是衡量地图质量的重要指标。各种地图精度由相应的制图规范来确定。例如地形图的精度通常以所表示的地理要素的平面和高程误差的大小来体现；专题类型图则强调地物轮廓界线的准确性；某

些统计地图则要求定位准确等。影响地图精度的因素很多，与地图投影、地图比例尺、地图编制方法和制印工艺等有关。特别应指出的是，应用遥感技术制图可以提高地图精度，或修正地图误差。

【地图地理要素】地图基本内容之一。指地图上表示的具有地理位置、分布特点、能起控制作用，并且相互联系的自然地理要素和社会经济要素，是地图内容定向定位的基础。自然地理要素相对稳定，变化较小，包括水系、地形、土质、植被和海岸线等。社会经济要素又称人文地理要素，是人类活动的结果，变化较大。例如居民地、交通线、境界线及其他文化经济地物等。为保持地图的现势性，地图上的社会经济要素需要不断更新。地理要素是普通地图的基本内容，水系、地貌、土质与植被、居民点、交通与通讯网、行政区划及其中心等“六大地理要素”在普通地图上都具有同等重要地位。地理要素简化后成为各种专题地图或专用地图基础底图的骨架。其取舍取决于专题地图或专用地图的类型、用途和比例尺。影像地图也根据需要在其上绘制出某些地理要素，反映制图对象相对的地理位置及其与地理环境之间的联系。

【地图图例】又称地图语言。显示地图内容的彩色、线划、符号、影象和文字说明。地图通过各种彩色、各种形状的点、线、面符号、影象和文字说明表示制图对象的质、量、动态、空间位置、分布特征和相互关系等信息。因而地图图例是现代地图的语言；是读图、用图的钥匙。各种地图符号要求形象、直观和易于区别，一目了然，为读图者通过地图符号了解和研究制图对象提供便利；文字说明要求简明和易于理解，既有联系性，又要有差异性。图例

的排列要求结构严谨、合乎逻辑、形成系统。例如表示质量特征的类型图图例,是按制图对象分类系统从高级到低级顺序排列;表示数量特征的分级图图例,一般按由小到大的数量级顺序排列。某些专题地图,如地质图、土壤图的图例符号有制图规范明确规定,地形图的图例符号也规范化。图例一般习惯排列在地图的右侧或下方。

【地图符号】表示地图内容各要素的空间位置、大小、质量、数量和动态特征的特定图形。地图符号是地图的语言。现代地图符号还具有相互间有机联系和共同表达地理环境整体特征和动态变化的功能。地图符号按其形状可分为:点状符号、线状符号和面状符号;透视符号、形象符号等;按与地图比例尺的关系可分为:依比例尺符号、不依比例尺符号和半依比例尺符号等。符号的制定与制图对象、地图图型、地图用途和比例尺等有关。中国国家基本地形图规定有统一的地图图式,包括符号的图形、颜色、尺寸、注记的字体等。各种专题地图的符号除少数外,大部分还没有规范化。

【地图注记】地图上地物名称、文字和数字的总称。与地图图例配合进一步说明地物的质和量特征。是地图内容的重要组成部份。地图上的注记分为名称注记、说明注记和数字注记三种。其中名称注记量最大,例如居民地名称、水体和地貌名称等;说明注记常用一两个字简注地物的性质、如地形图上温泉用“温”、松树用“松”、铁矿用“铁”等;数字注记如高程、水深、流速、公路宽度、千米数和人口数等。地图注记采用规定的字体、字级、字隔和排列方向。

【境界线】地图上各种地物和区域界线的总称。地物界线如地质、地貌、植被、土壤和气候类型的界线；区域界线包括：国界、行政区界（如省、市、县等）和地理区划（自然区划和经济区划）的界线等。在地图上的各类境界线的确定均有严格的规定和要求。例如类型图上的地物界线，如地质、地貌、植被、土壤等的界线，根据这些地物的分类，利用遥感图象上影象特征的差异去确定；气候、水文和某些经济区划的界线，则需要根据某些数量指标的统计值确定；至于国界和行政区界线，则根据边界条约、历史因素或有关文件确定。境界线在地图上的表示方法由有关制图规范规定，形式各异。

【地图容量】又称地图载负量。地图单位面积内线划、符号和注记面积的总和。地图容量愈大，地图内容就愈丰富。但地图容量超过一定限度时，就难以判读和使用。编制地图时，需按照地图的用途和地图各要素的差异，规定出地图的最高容量（如图上单位面积内表示的要素个数、长度或面积）和一般容量，以保证地图的科学性和易读性。为了得到良好的易读性，经测定，地图图形（包括线划、符号和注记）的数量必须少于地图总面积的 20%；12%为适度载负量。如超过地图总面积的 35%，地图的易读性就明显下降。

【地图编制】地图设计、原图编绘和出版准备的总称。地图设计包括：研究和确定制图的目的和要求，收集、整理和研究制图资料，研究制图区域的特点，地图数学基础的确定，拟定地图内容概括指标，设计地图符号及其表示方法，以及制定地图编绘作业方案。

原图编绘包括：编绘前的准备、展绘地图的数学基础、地图内容的转绘和编绘等。出版准备的主要任务是：地图的清绘和整饰、制作出版原图和分色参考图作为地图制印的依据。最后是地图制印。地图的编辑和审校工作则贯彻整个地图编制的过程始终。

【制图资料】用于编制地图的各种原始资料。包括测绘成果、各种统计数据、地学考察报告、专业文献，以及遥感资料和地图等。按使用价值和程度可分为基本制图资料、补充制图资料和辅助制图资料三种。制图资料的使用价值和使用程度取决于资料的现势性、完备性、可靠性和精确性。其中各种遥感资料在编制地图时具有特殊重要意义，例如最新拍摄的航空相片，多谱段、多时相的卫星影象和数据，已广泛应用于各种专题地图的编制，成为基本制图资料，对于保持地图内容的现势性，修正和更新地图内容，保证地图的精确性，以及在地图上反应地物的动态变化特征等均有重要作用。编制地图时收集何种制图资料，需根据制图目的、任务和比例尺而定。

【图型】地图的某种表现形式。根据地图内容和表示方法分为分析性图型和综合性图型。前者指在一幅地图上用一种表示方法表示某种地物或其单项指标。例如等值线图（如等温线图）、分布图（如人口分布图）等。后者指在一幅地图上同时表示出地物的多种类型、多种要素和现象，或一种要素的多种指标。例如综合农业自然条件图、区域综合经济地图、水污染现状图等。根据地图的内容和用途，对地图表现形式的全面设计，称地图图型设计。其核心问题是地图内容和表示方法的研究。随着遥感技术的广泛应用于地理制图，又设计出影象地图这种新图型。其特点是既保留

地物影象的丰富信息和直观效果，又因在其上突出表示出某些地理要素或专业内容而具有地图的特点。

【底图】又称地理底图。编制专题地图用的基础图件。用于专题地图的底图有两种，即编稿底图（又称工作底图）和印刷底图（又称正式底图）。前者要有较详细的地理要素，供编绘画图时作为转绘专题内容的基础；后者地理要素较为简略，供成图印刷时用。其作用都是专题要素定向、定位的骨架和控制基础，表明各要素分布的地理位置与周围自然和社会经济环境间的相互关系。底图上地理要素的取舍取决于专题地图的内容、用途、比例尺和制图区域的地理景观特点。例如工业分布图上，需要有联系各工业中心的主要交通线；在气候图上则交通线可以省略。地图集或某一地区的系列地图，底图要求规格统一，内容要求彼此协调。

【地图更新】又称地图修测。为了局部更换地图内容，按照统一的技术要求，对地图进行修改和补充的过程。其目的在于保证地图的现势性。确保地图能及时反映地理景观，特别是社会经济要素的最新变化，或地理测绘、考察和专题调查研究的最新成果。例如河道变迁、湖泊消长、海岸进退；以及居民点、交通线、城市建设、水利设施等的发展变化；人类通过实地考察或对遥感图象判读，对特定地区地理景观认识的加深等都要及时地反映在地图上，以提高地图的使用价值。为此，地图需要不断更新。由于航空、航天遥感和计算机辅助制图技术的应用，为地图更新提供最新技术手段，不仅作业快，而且效率高。例如将地形图或专题地图以数字方式存储在计算机内，形成地图数据库；利用不同地面分辨率的航空象片或多时相、多谱段的卫星影象，对自然地理和

人文景观进行动态监测，随时与计算机内存储的地图信息进行复合和叠加，检查需要更新的部位，这样成图速度快，并能在大范围内同步更新。

【制图】地图的制作。包括地图的投影、编绘、整饰和制印等。广义理解，则包括一切地图制作的研究工作。随着现代科学技术的发展，制图对象已从地球表面扩展到其他天体；并广泛应用遥感技术制图和电子计算机辅助制图等先进理论和方法。

【遥感制图】通过对遥感图像目视判读，或利用电子计算机和光学仪器组成的图像处理系统对各种遥感资料进行增强，加以识别、分类和制图的技术过程。遥感制图可划分为如下几个阶段：专业人员在室内初判、编制草图，地面实况验证，再回到室内对地图修正和补充，最后成图。要求做到“遥感影像、图形、地面实况”三一致的原则，这是成图质量的重要保证。遥感制图可以实现多、快、好、省编图的目的，是地学研究、资源考察、测绘和军事部门制图的最新技术手段。

【综合制图】反映区域地理环境多种要素或其综合特征的制图方法和过程。综合制图首先按照统一的制图规范和一定的程序，编制某一制图区域的成套专题地图，用以反映制图区域内地理环境各自然或社会经济要素的特征、动态和彼此间的相互联系。因此，各图幅之间要求从内容到形式统一协调。其次，可以利用反映各要素特征的专题地图进行叠置和信息复合，分析与综合评价，编制出反映区域地理环境综合特征的新图型。例如水文下垫面类型图、综合自然区划图等。综合制图可以充分利用遥感图象判读与常规

制图方法结合进行。为各地区的建设提供系统的、全面的地理环境综合分析与评价的资料。

【制图综合】根据地图的用途、比例尺和制图区域的地理景观特点，对地图内容进行取舍和概括的理论和方法，又称“地图概括”。地图是以缩小形式表示地面景观特征的，不可能把地面全部景物都表示在地图上。为了保证地图主题突出易读，就必须选取最主要的和本质的内容加以表示，舍去或概括次要的或非本质的部份，以便保证在有限图面上表示制图区域的基本特征和制图对象的主要特点。制图综合包括对地图内容的取舍、质量和数量特征的概括，以及图形轮廓的简化等。遥感图象是地面景观的详细记录，利用其判读结果制图时，在地图上只能表示其中的某些地物信息，因此制图综合在遥感制图过程中十分重要。通过计算机实施制图综合是利用“人机对话”系统进行概括，但还不能完全实现自动概括。

【地图整饰】研究地图内容表现形式的理论和方法。地图制图学的一个重要组成部份。内容包括地图符号的设计、彩色整饰、线划整饰、地貌立体显示、出版原图绘制、图面配置、地图集的图幅编排和装帧设计等。利用遥感图像判读结果编制的专题地图，需运用色彩、符号、线划、注记及其相互配合来表示专题内容的质量、数量和动态特征。地图整饰的目的不仅使地图内容的表达符合科学性，而且使地图内容各要素重点突出、层次分明、协调美观、清晰易读，有完美的艺术性。

【地图配置】又称图面配置。地图内容及有关略图、剖面图、图表、

图例等在图廓内外的位置。地图配置的设计是地图整饰的重要组成部分。要求突出地图的主要内容、充分利用图幅、美观而又使用方便。国家基本比例尺地形图的地图配置是固定的，通常附在相应比例尺地形图图式中，即图廓整饰。专题地图的地图配置不固定，视地图的特点和需要在相应制图规范或设计书中具体规定。

【制图字体】地图注记的字体，即地图上所用的字体。常用的有宋体、等线体、仿宋体、隶体和各种变形字体等。地图上的字体要求差别明显、字体清晰、易读。各种字体的应用原则由相应图式规定。目前中国出版的地图采用简体字。各种制图字体可以通过照像排字机获得。

【图廓】地图的周边线。表明制图区域的范围。图廓的形式很多，例如地形图的图廓通常由内图廓、分度带和外图廓组成。内图廓是图幅的实际范围线；分度带是内图廓经纬线的加密划分；外图廓仅起外框的装饰作用。在一些小比例尺挂图上，外图廓采用各种图案或花边装饰。小比例尺专题地图中的一些图廓比较简单，只用粗细不等的直线。有些地图（如航空图、旅游图）甚至取消图廓，采取满幅印刷的形式。

【绘图设备】绘制地图所用的仪器和工具。绘制地图的常用工具有：小钢笔、直线笔、单曲线笔、双曲线笔、旋转小圆规和曲线板等。机助制图主要使用各种类型的自动绘图机。在计算机控制下，将数字信息转换为图形，实现绘图笔或绘图头自动绘图。绘图设备中还有专门设计的绘图桌等。

【地图制印】地图复照、印刷的各种工艺技术和理论的总称。具体包括地图复照、制版和印刷三个主要部分，是地图制作过程中的重要环节。地图制印也是地图制图学的分科。中国制印地图多采用平版制版印刷，其工艺过程一般包括：原图复照、翻版、分涂、晒版、打样、样张审校和修改印版、印刷、成品检查及包装等工序。制印工艺现已采用电子分色制版、静电复印、缩微、无压力印刷等新技术。

【地图投影】按照一定的数学法则把地球曲面要素正确地表示在地图平面上的理论和方法。通常是把地球椭球面上的经纬网投影到地图平面上，形成地图的经纬网，以此作为地图的数字控制基础。由于把地球不可展的曲面上的经纬网变换成地图平面上的图形，必然会发生变形。随着投影方法不同，变形的情况也各异。按变形性质区分为：等角投影（使其角度变形为零）、等面积投影（使其面积变形为零）和任意投影等；按经纬网形状划分，有方位投影、圆锥投影、圆柱投影、伪方位投影、伪圆锥投影、多圆锥投影等。各种地图投影特点各异，可以满足不同用途地图绘制的要求。例如墨卡托投影是一种正轴等角切圆柱投影，其经纬线成正交的直线，纬线间距从赤道向两极愈来愈大，到极点达到 ∞ ，所有纬线长度与赤道相等。但墨卡托投影保持了方向和相互关系的正确，在图上任何一直线穿过各经线的角度不变，这就是说，在海上和空中航行时，沿两点间的直线航行，方向可以不变，一直到达目的地。这条线称为等角航线或恒向线，对航海和航空具有重要意义。因此，世界上航海图和航空图都采用墨卡托投影。

墨卡托投影及其经纬线

【地图判读】详细、深入分析研究地图内容的过程。是应用地图、提取有关地物质和量信息为国家各方面建设或科学研究服务的重要手段。判读者根据地图的比例尺、图例和注记，结合实际需要研究制图对象和制图区域内地理环境的各种特征、规律性和它们的相互关系；或根据需要在地图上量算某些数量指标。地图判读（包括对地形图和各种专题地图的判读）与遥感图像判读相结合，是专题地图编制的重要阶段。

【地图量算】在地图上量测和计算地物数量指标的方法。地图学的重要分支，也是从地图上提取地物数量信息的重要途径。内容包括地物的方位、长度、高度、坡度、面积和体积等。地图量算一般是在大比例尺地图上进行才能保证精度。例如对地形图的量算，所获得的数据广泛应用于经济建设、工程技术设计、科学研究、文化教育和军事活动。电子计算机的应用为地图量算开辟了新途径，例如用数字地形模型可以方便地量算出水库的蓄水量、土方、流域土地面积等，精度较高。

【地理信息系统】为某种目的而建立，在计算机软、硬件支持下，对地理环境信息按地理坐标或空间位置进行预处理、输入、存储、检索、分析和显示的综合性技术系统，简称 GIS。在中国也称资源与环境信息系统。它一般包括数据源选择和规范化、资料编辑预处理、数据输入、数据管理、数据分析应用和数据输出及制图 6 个部份。地理信息系统的研制始于 20 世纪 60 年代，70 年代渐趋成熟，到 80 年代又有所突破。它在自然资源的开发、区域和城市规划与决策、环境研究和管理，以及地理学的研究和地图自动编制等方面发挥重要作用。其主要功能有：（1）对地理环境信息查询检索，从而获得各种资源与环境要素的数据清单；（2）有对地理环境信息进行统计分析的能力；（3）在输出设备上可以用图形和图象的形式显示查询检索和分析的结果，为用户提供直观的形象；（4）综合模拟分析和预测预报能力；（5）以专家经验和知识为基础的人工智能分析，形成专家系统，回答用户提出的咨询，提供决策方案。地理信息系统由硬件设备和软件系统两大部分构成。前者包括数据采集装置、人机图形交换装置、中央处理装置、数据存储设备、图形输出设备等；后者主要包括系统软件和应用软件两部份，其中地理数据库是系统的核心部份。随着计算性能、容量、速度、外围设备、软件系统和数据库技术的完善，特别是遥感技术的迅速发展，为 GIS 的发展提供了更新的保证和丰富的数据源。地理信息系统有多种类型：以区域宏观综合分析为主的称区域地理信息系统，如全球资源与环境信息系统、加拿大地理信息系统（CGIS）等；以某种专题为主体的“专题地理信息系统”，如全国森林资源信息系统、土地资源信息系统、人口信息系统等。目前地理信息系统正朝着具有统一标准的、多层次和分布式系统方向，并和遥感技术紧密结合与直接接口，以及具有专家

水平的智能分析与决策等方面深入发展。

【地图数据库】又称制图数据库。指各种制图要素的特征编码和具有统一坐标体系的坐标值组成的制图数据的集合。亦即以地图数字化数据为基础的数据库，是计算机辅助地图制图系统的重要组成部分。为所有制图者直接提供自动制图的数据，内容包括地图的自然要素和社会经济要素等。例如地形、土地覆盖、居民地、交通线、行政区划界线和控制点等。数据主要是在具有统一的比例尺和地理坐标系统的地图上按规范化、标准化要求数字化而获取的。数据的这一特点使得有可能在较大的区域范围，以至全国范围内分层次、分区域逐步建立地图数据库，最后进行集中的地图数据管理。地图数据库的建立有利于地图数据的保存和查询，并可随地理信息系统的发展成为区域决策的一个重要数据基础；同时也是地图更新、自动制图及有关工程设计的基本数据库。建立地图数据库的方法、内容和数据源取决于多种因素，其中遥感资料是重要的数据源。

【计算机辅助地图制图】简称机助制图。利用电子计算机和各种自动化制图设备进行地图制图的过程。机助制图是地图制图学的一个新领域，是实现地图制图自动化的主要途径。其方法是：根据地图制作原理，利用电子计算机和图形输入、输出等设备，通过应用数据库技术和图形的数字处理方法，实现地图信息的量化、编辑、传输、处理，最后以自动或人机结合的方式输出地图。机助制图又称数字制图或自动化制图。机助制图可使地图各要素用数码形式存储在磁带或磁盘中，便于随时提取、更新、处理和应用。可以绘制各种类型地图，以及内容转绘、投影转换、比例尺变换

等各项编图技术。在土地管理、土地资源合理利用、环境保护、人口调查等许多领域都可以采用机助制图技术。随着遥感技术的发展，机助制图将成为处理遥感数据的重要手段，它们互相结合促进地学和地图学的发展。

【自动化制图】即机助制图。由电子计算机、图—数转换装置和图形输出设备及其软件组成的制图系统为技术保障，通过资料输入、计算机处理和图形输出三个过程实现地图制图自动化。参见“计算机辅助地图制图”。

【土地信息系统】又称国土资源基础信息系统。在计算机硬、软件的支持下，把各种国土资源基础信息，如地形、水系、居民地、交通网、行政区划界线、土地利用等，按照空间分布或地理坐标，以一定的格式进行输入、存贮、检索、更新、显示、制图和综合分析的技术系统。为中央和地方政府进行国土资源清查、研究国土整治与开发利用、规划、农业区划、环境保护、经济决策等提供数据和图件。土地信息系统是地理信息系统中的专题信息系统，由两部份组成：即数据库管理系统和分析应用软件包。前者具有对格网数据和多边形数据进行组织、管理、转换和处理的功能；后者可对数据库数据进行快速检索、更新、再生、动态分析、模拟对比、综合分析和显示制图的功能。可在全国土地规划、管理中发挥重要作用，并成为卫星遥感制图的支撑系统。

【资源信息系统】在计算机硬、软件支持下，分析研究各种资源信息及其相互关系的专题信息系统。可以利用计算机对各种资源信息，如土地资源、水资源、旅游资源等信息数据按照空间位置或

地理坐标，以一定格式输入、存储、更新、查询检索、显示制图和综合分析，为用户提供有关资源的各种信息、数据、图件；并根据用户的要求，输出数据进行综合分析，提供各种方案，为资源的合理开发利用和科学管理提供依据。例如美国已建成的资源信息显示系统，可协助区域环境计划人员，就开发政策和资源管理作出决策。中国的旅游资源信息系统已研制成功，能有效地利用旅游资源、综合地安排旅游计划、宣传介绍旅游情况、统计各类旅游数据，以便对旅游资源进行统一评价、管理和规划，为合理地利用旅游资源提供信息和方案。

【环境信息系统】以环境为研究对象，并和社会经济要素相结合的多层次、多学科、综合性的专题地理信息系统。是在计算机软、硬件的支持下，对各种环境信息数据（物质、能量等数据）按照空间位置或地理坐标，以一定的格式输入、存储、更新、查询检查、显示制图和综合分析应用的一种技术系统。环境信息系统可为用户提供准确的、及时的、高度综合的环境信息。其应用范围包括区域生态环境的监测与分析、环境污染的现状与预测、环境质量评价、区域环境保护决策等方面服务，或为有关部门进行环境信息的分析和综合，为宏观的、战略性的决策提供咨询。中国正在广泛地开展这方面的研究工作，如“京津唐区域生态环境信息系统”的研究。

【人口信息系统】在计算机软、硬件支持下，研究人口的数量、构成、分布及其发展变化等基础信息的技术系统。主要包括：国家或地区人口的数量、构成和分布特点；劳动资源、劳动力的合理利用和部门分配、人口的地域移动和城镇人口聚集等基本资料，以

及人口研究的方法模型等。而人口的空间和时间分布与发展趋势是人口信息系统研究的主题。人口信息系统是将有关人口的各种信息数据,按照空间位置或地理坐标输入,并进行存储、更新、查询检索、显示制图和综合分析,为研究人口的地域容量、制定人口政策和解决人口按地域再分配等提供科学依据。目前世界上大多数国家已建立了人口统计信息系统。1982年,中国第三次人口普查时,在联合国帮助下,从中央到各省、市(自治区)都建立了相应的人口统计信息系统。并在此基础上编辑出版了《中华人民共和国人口地图集》和出版了各种人口普查计算机汇总资料。

历史地理

【沿革地理】以记述并考证历代疆域分合伸缩和政区建置沿革等为传统内容的研究领域,是历史地理学某些专题研究的基础。在中国,其发端于公元1世纪东汉史学家班固所撰《汉书·地理志》。此后历代相承,依附于史学及经学发展,故长期被学界视为历史学的辅助学科。至宋代开始形成了独立的沿革地理研究,以王应麟的《通鉴地理通释》为代表著作。至清初顾祖禹的《读史方輿纪要》、清末杨守敬的《历代輿地图》更是博大详实的沿革地理专著,代表了封建时代中国沿革地理研究的最高成就。

【历史地图】反映历史时期区域自然地理和人文地理及其变迁的专题地图。主要依据历史文献、考古和实地考察资料,经分析研究

编绘而成。突出特点是以“古墨今朱”双色注记为技术处理手段，以显示古今地理事物的演变。西晋裴秀的“制图六体”和唐代贾耽“古墨今朱”双色注记的地图编绘技术为中国历史地图的编制作出了杰出贡献。中国重要的历史地图有西晋裴秀《禹贡地域图》、唐贾耽《海内华夷图》（均佚），北宋税安礼《历代地理指掌图》，清杨守敬《历代舆地图》及《水经注图》，当代谭其骧主编《中国历史地图集》（8卷），程光裕、徐圣谟主编《中国历史地图》，侯仁之主编《北京历史地图集》等。西方在地图编绘中运用的圆柱地形投影和大地测量技术先进于中国，但在以双色注记技术编绘历史地图方面却大大落后于中国。直到20世纪40年代之后西方才陆续出版了有一定影响的历史地图集即证明了这一点。目前，历史地图的内容、编制理论和读史地图与历史地图的区别和联系，计算机制图技术的运用还有待深入探讨。

地名·方志

【地名】各种地理实体的指代符号，通常以语言文字表达。一般包含反映自然地理特征或者反映社会历史背景的音（语音）、形（字形）、义（字面意义）、位（地理实体的位置）和类（地理实体的类型）5个基本要素；具有社会性、时代性、民族性和地域性特征。地名属于专有名称。中国地名构词的一般模式是地名专名加地名通名。地名专名是表示同类地理实体中某一特定实体的语词；地名通名是表示地理实体某一类型的语词。例如黑龙江、太平洋、台

湾岛、北京市、山东省、曲阜县等地名均由专名和通名组合而成，其中黑龙、太平、台湾、北京、山东、曲阜系地名专名，而江、洋、岛、市、省、县均为地名通名。在某些情况下地名专名和通名可以转化，如兖州县中的“州”和石家庄市中的“庄”本为通名，在此则为专名的组成部分；古代“江”、“河”原为长江与黄河的专名，而后来则演变为江河的通名。地名可以按不同标准分类，如按地理属性划分、按政区划分等。

【地名标准化】按照一定规范要求统一地名的书写形式。以国家的官方或通用文字统一地名的书写形式，即地名国家标准化；在此基础上，通过国际协议规定国际间通用的地名书写形式，即地名国际标准化。中国地名标准化包括：（1）地名的文字书写符合正字、正音规定；（2）地名不应有损害领土主权和民族尊严及违背国家方针政策含义；（3）根据国家有关规定命名、更名并履行法律手续；（4）以《汉语拼音方案》作为地名罗马字母拼写的统一规范；（5）地名译写符合国家制定的规范等原则。地名国际标准化原则包括：（1）地名单一罗马化，即使用统一的罗马字母拼写形式拼写地名，使全球乃至其他星球地名书写统一；（2）地名译写，通过国际协商制订各有关国家均能接受的方案。

【地名单一罗马化】指国际交往中使用统一的罗马字母拼写形式拼写地名，系地名国际化的最终方向。世界各国文字各异，使同一地名的书写形式很混乱，甚至在同一字母文字的国家中，同一地名拼写形式也有不同。地名拼写形式的差异带来国际交流上的困难，因此产生了地名拼写形式应统一的要求。而在各国文字中以罗马字母影响最广，故各国地名统一使用罗马字母拼写形式。

按联合国地名标准化会议的要求，罗马字母文字国家的地名，以本国拼写形式为准；非罗马字母文字的国家，提供一种代表官方的本国地名罗马字母拼写方案；各国主权范围以外的地名，则由联合国地名标准化会议讨论确定。中国关于用《汉语拼音方案》作为中国地名罗马字母拼写的国际准则的提案，已由1977年在雅典举行的第三届联合国地名标准化会议通过，并已在实际工作中得到广泛运用。

【方志】又称地方志。综合记述地方各类自然和人文情况具有地域性、连续性、综合性、资料性等特征的著作。其内容广泛，包括地方建置沿革、天文地理、社会经济、科学人文等。编修志书是中国的文化传统。按中国志书内容由简单到复杂、体例逐渐完备的过程划分，经历了地记、图经和方志三个阶段。至12世纪，早期出现的史、书、记、录、传、图、经、表、乘、略等体裁已演变统一为志，体例日趋完备定型，故自此以后称作中国志书发展的方志阶段。其中明清至民国时期是中国方志发展的繁盛时期，具有修志类型增加、内容充实、体例完备等特点。方志可按不同标准分类，按区域划分，有省、府、州、县、厅、都邑、乡镇、关、卫等志；按内容划分，则有通志、专志、杂志等。据《中国地方志联合目录》统计，中国现存志书达8000余种，其中以东汉《越绝书》、晋《华阳国志》、北宋《长安志》等为现存最早且最重要的志书。

【地记】又称记、传、书、抄、谱等。记载地方山川风土、资源物产和人物艺文等情况的专门著作。内容单一、文字简洁，不附地图，为中国志书发展早期阶段的主要编纂形式。主要盛行于东汉

至魏晋南北朝时期，即公元 1—6 世纪。隋、唐、宋代时有所见，但它已被图经所取代；图经遂成为当时志书的主要形式。《隋书·经籍志》所录地记多已亡佚，现知中国最早的地记是东汉初的《南阳风俗传》（已佚），现存最早的地记是三国谯周的《三巴记》。现有书目或辑本可查的地记还有晋《吴郡记》、《珠崖传》、《邕中记》、刘宋《吴兴记》、《荆州记》等。有关山水、物产、职官、人物、风俗、艺文等的专项地记如《汉水记》、《交州异物志》、《陈留风俗传》等的辑本多见于清《汉唐地理书抄》、《玉函山房辑佚书补编》中。地记为研究中国古代区域自然及人文地理的重要资料之一。

【图经】又名图志或图记。以图为主附以文字说明或图文并重记述地方山川形胜、建置沿革及风土人情的专门著作。图指一地疆域、政区、沿革、山川、名胜、关隘、宫衙、寺观等的地图，经是对图的文字说明，包括该地疆界、道里、物产、户口、风俗、职官、古迹等内容。它是中国志书发展过程中的一种早期编纂形式，至隋唐宋代（6—12 世纪）最为发达，内容较地记完备，为当时方志的通称。现知中国最早的图经是东汉《巴郡图经》，现存最早的图经是 8 世纪前后成书的《沙州都督府图经》（简称《沙州图经》）和《西州图经》，这两种图经均残。其体例已类似宋代以后的方志，唐代后期的某些图经志书开始出现文多图少趋势，至南宋图便退居志书的附录地位，至 12 世纪，图经进一步被方志所取代。图经是研究各该时期区域自然与人文地理的重要资料。

综合自然地理

【地理环境决定论】认为自然地理环境是社会发展的决定性因素的唯一主义和形而上学理论，又是社会学和地理学的一个学派。产生于18世纪，以法国的孟德斯鸠、英国巴克尔、德国拉采尔、美国森普尔等为主要代表。孟德斯鸠认为气候特征影响人的气质，热带地区的人民愚昧落后，唯凉冷气候下的人民最有智慧最为勇敢；巴克尔把个人与民族特征归之于自然条件的效应。拉采尔强调地理环境决定人的生理、心理和人类分布、社会现象及其发展；森普尔则系统地论述了地理条件对人类体质、民族发展和国家历史的决定作用。这些论点在西方资本主义上升时期，在反对神意决定一切的封建观点方面起过作用。

【区域】用某一种指标或几种特定指标的结合，在地表划分出具有一定地理位置、范围和界限的完整的个体空间单位。是地理学常用的基本空间概念之一，也是区域地理学的主要研究对象。其组成要素有内在本质的联系和外部形态特征相似或内部结构和功能相近。由于划分区域的目的不同，使用的指标和方法有别，因此存在各种各样的区域。大致可分为：（1）内部具有一定的共性，其边缘具有模糊过渡性的等雨量区、人口密度分布区等或内部结构一致性的气候区、植被区、综合自然地理区等；（2）具有一定吸引辐射范围的经济区、贸易区等；（3）内部功能相近的城市居住

区、商业区、工业区等；(4) 根据特定的管理目的，人为划分的行政区、经济技术开发区、教区等。自然地理学中的区域概念常被视为“景观”的同义语。在自然区划工作中被当作区划等级系统的下限单位。

【区域分异】又称地域分异。地球表面客观存在的自然地理现象之一，在地带性因素和非地带性因素共同作用下，地球表面不同地段之间的相互分化以及由此而产生具有方向性的变异。反映这种分异的规律性称为区域分异规律。区域分异有不同的尺度，如地球表面的海陆分异是大尺度的区域分异；陆地上的山地和平原分异是中尺度的区域分异；平原上的岗地和洼地分异是中小尺度的区域分异；岗地的顶部和边坡分异是小尺度的区域分异。也有人将相同尺度的地段间的差异称为地域分异，不同尺度地段间的差异称为区域分异。区域分异规律是划分自然区域的基本理论依据。

【热带地理】研究地表热带地区地理环境及其自然资源开发、利用和保护的区域综合研究领域之一。所谓热带大体上是指地球表面南北回归线($23^{\circ}27'$)之间的地区，其范围可因地区不同而稍向南北扩展。热带地区的主要地理特征是：太阳年中有两次直射，终年高温。按其环境结构特征又分为热带雨林、热带稀树草原、热带荒漠和热带季雨林四种类型。热带地区人口稀疏，现代大城市少，经济发展缓慢，多为单一的种植业，多未开发的土地。光热条件优越，作物生长周期短，单位面积年净生产力高，动植物种类多，矿产资源十分丰富，开发潜力大。随着世界经济发展，对热带地区自然资源的开发激增，人类活动对热带生态系统的影响日烈，随之而来的环境问题，引起世人瞩目。20 世纪 50 年代开始，

世界许多国家开展了热带地理的研究。1968 年建立的法国波尔多热带地理研究中心，先后在几十个国家和地区开展了热带自然地理和人文地理研究，并出版了《热带地理论文集》、《热带地理研究》等著作和地图集。巴西国立亚马孙河研究院着重对亚马孙河流域热带雨林的研究。中国从 50 年代起为发展热带农业亦开展了热带和亚热带地理研究。当今热带地理的研究课题偏重于热带地理环境和自然资源开发利用和保护；人口和城市问题；自然灾害问题以及人类活动对生态系统和地理环境影响问题等。

【干旱区地理】研究干旱和半干旱地区地理环境特征、形成和发展规律以及改造利用的区域综合研究领域之一。一般将年降水量在 200 毫米以下（或干燥度大于 2.0）的地区称为干旱区；年降水量 200—500 毫米（或干燥度在 1.5—2.0）的地区称为半干旱区。干旱区的主要地理特征是：气候干旱、太阳能丰富、温差大、降水极少、蒸发旺盛；植被稀疏、旱生特征发育、种类贫乏；内陆水系，河流稀少或无河；风力强盛、风沙频繁、风成地貌广布；人口密度小、畜牧业较发达、农业活动局限于绿洲。世界干旱和半干旱地区约占全球陆地面积的三分之一，主要分布在南北纬 15° — 35° 之间的副热带和北纬 35° — 50° 之间的温带、暖温带大陆内部，其中在非洲的面积最大，亚洲其次，在欧洲的面积最小。中国境内的干旱半干旱区约占全国土地面积的 52.5%，大部分分布在内蒙和西北诸省（区）。中外对干旱区和半干旱区进行全面系统的地理综合研究始于 20 世纪 50 年代中期以后，联合国教科文组织设立了干旱区研究咨询委员会，德、英、法诸国在非洲进行了许多研究、澳大利亚开展的干旱区研究，均获得大量成果。中国在 50 年代初至 80 年代中期也先后成立了研究干旱区地理和防治

流沙侵袭的相应机构和单位,对新疆、内蒙古等西北五省(区)的干旱半干旱地区进行多次考察和普查研究工作,并在治沙工作上取得明显成效。研究干旱区地理对于开发利用干旱区和半干旱区的自然资源、解决开发过程中的荒漠化等环境问题有重要意义。

【极地地理】研究地球南北极地区地理环境结构及其演化规律,以及开发利用和保护的区域综合研究领域之一。南北极地区的界限范围尚未最后定论。一般把北极圈(北纬 $66^{\circ}33'$)以北的大陆、岛屿和北冰洋称为北极地区,其中陆地面积约 800 万平方千米;北冰洋面积 1310 万平方千米。若以最暖月(7 月)平均气温 10°C 的等温线为界,则北极地区的陆地面积约 1000 万平方千米,海域面积约 1500 万平方千米。南极地区界线也有多种说法,南极研究科学委员会认为南极辐合带(南纬 50° — 60° 之间)是最合适的界限。包括南极大陆及其沿海岛屿、陆缘冰(总面积约 1400 万平方千米)和南大洋(即南太平洋、南大西洋、南印度洋面积约 1820 万平方千米)。南极和北极地区的地理特征有明显不同,最主要的差别是:(1) 北极地区是大陆环绕的洋盆,而南极地区则是大洋环绕的大陆;(2) 北极地区的冰山规模小、海冰范围有限,陆冰面积不大,而南极地区则冰山规模大、海冰范围、厚度均大,陆冰面积广、冰量大;(3) 北极地区有长期人类活动、有土著居民、有现代城市、人口超过 200 万,而南极地区则无原始人类活动、无土著居民,人口稀少,只有一些科学考察站。极地地理研究是随着人类对极地的探险和多学科的科学考察而逐步开展的。学科领域新颖独特,学科体系尚在形成阶段。

【山地地理】又称山岳地理。研究山地地理环境及其自然资源的开

发、利用和保护的区域综合研究领域之一。山地（包括山、高原、丘陵）是组成世界陆地的地貌骨架，其面积约占全球陆地的 30%，也是一种特殊的自然和经济综合体。山地的热、水条件随海拔高度增加而发生变化，从而引起植被、土壤的垂直分布变化，自然景观和农业生产方式也因此而不同。山地地理环境和资源在人类生活和经济活动中具有重要意义。人类对山地的认识和开发、利用山地的历史久远，但对山地进行综合、系统、科学的研究则始于 20 世纪中期。1936 年贝第出版了《山岳地理》一书，1940 年德国特罗尔创建高山比较地理学。第二次世界大战以后，山地地理环境问题的研究受到美、苏、法、德、日等国普遍重视，先后成立了专门的山地研究机构。50 年代以来中国也开展了山地综合考察和研究，1968 年国际地理联合会成立了高山地生态学委员会。1973 年联合国教科文组织把“人类活动对山地的影响”研究专题纳入“人与生物圈”研究计划。1980 年国际山地学会成立，翌年出版了《山地研究与开发》，开创了山地研究国际合作的新阶段。中国于 1984 年成立山地研究委员会并创办了《山地研究》刊物。山地地理研究内容主要包括以下几方面：（1）山地自然环境结构特征、演化发展规律；（2）山地自然资源开发利用和保护；（3）山区农业、交通建设规划及布局、文化经济发展特点和人口分布迁移规律；（4）山地自然灾害（山崩、雪崩、滑坡、泥石流、旱涝等）研究及其预报和防治。

【自然保护区】人类社会为了保护地球上具有代表性的自然生态系统、生物资源、珍稀动植物天然分布区、独特的自然景观、有科学研究价值的自然历史遗迹，以及重要的自然风景区和水源涵养地等而划定的各类自然地域。建立自然保护区的重要意义在于：

(1) 保留生态系统的天然本底；(2) 保存物种基因库；(3) 提供科学研究实验基地；(4) 提供宣传教育的博物馆和发展旅游事业的场地；(5) 维持生态平衡。人类保护自然的朴素思想自古有之，而有目的和科学地保护自然的行为则始于近代。1872 年美国建立的黄石公园是世界上最早的自然保护区。随着世界经济发展、人口激增、资源和环境问题出现，人们的保护自然意识增强。1984 年以后，各种有关自然保护的世界性组织和机构先后成立。许多国家在本国划定和建立了多种类型的自然保护区，公布了《世界自然资源保护大纲》，自然保护进入了全球性行动的新时代。中国从 1956 年建立第一个自然保护区（广东鼎湖山）起到 1988 年底，自然保护区已达 606 个，面积超过国土总面积的 3%。长白山，鼎湖山、卧龙自然保护区于 1980 年 1 月参加联合国教育科学文化组织的“人与生物圈”计划的自然保护区网。

【地理环境】人类社会赖以生存和发展的外部世界，其范围限于地球表层。地理环境可分为自然地理环境、经济地理环境和社会文化环境。自然地理环境指由岩石、地貌、气候、水、土壤、生物、矿藏等自然要素构成的自然综合体；也包括人类活动的结果，如围海造地、植树造林、灌溉系统等。经济地理环境是在自然地理环境基础上经人类开发利用后形成的地域生产综合体，包括工业、农业、交通和城乡居民点等各种生产力实体的地域配置条件和结构状态。社会文化环境包括人口、社会、国家、民族、语言、文化、宗教、民俗等方面的地域特征和组织结构关系。上述 3 种地理环境在地域上和组成上互相重叠、相互联系，构成统一的整体地理环境。地理环境是人类社会存在和发展的经常必要条件。

【地球表层】与人类直接有关的一部分地球环境,其范围大致上始大气对流层顶,下至岩石圈上部,是由岩石圈、水圈、大气圈、生物圈和人类圈(又称智能圈)交互重叠所形成的特殊圈层。又称为地理壳、景观壳、地理圈、景观圈等。现代系统理论赋予地球表层新的含义:由于太阳辐射能在地球表层流通转化成负熵流,使地球表层形成远离热力学平衡态的稳定的耗散结构系统。包括庞大的自然地理系统、自然生态系统和人类生态系统(包括社会经济系统)3个基本层次;是一个由非生物过程、生物过程和逐渐居于主导地位的人文过程相互叠加有自组织能力的物质体系,具有从混沌到有序的长期演化发展历史。

【地理圈】又称地理壳。地球岩石圈、大气圈、水圈、生物圈相互作用、相互渗透形成的统一整体。地理圈具有以下特点:(1)太阳辐射能被大量吸收和转化,对地理圈的发展演化起着重要作用;(2)物质的3相(气相、液相、固相)同时存在;(3)存在着自身发展的形成物,包括生物、土壤、风化壳、沉积物、地貌等;(4)进行着复杂的物质循环和能量交换,其速度和强度比地球其它部分都来得快和强;(5)具有复杂的内部分化,并按地域分异规律形成一系列不同等级的自然地理综合体,除水平差异外还有垂直方向上的差别;(6)是生命起源和演化的场所,也是人类社会生存和发展的环境。

【土壤圈】陆地表面能够生长植物的疏松土层。因其断续分布,并不成圈,故现多称为土被。土壤是成土母质、气候、生物、地形和时间(年龄)五大成土因素共同作用下形成的历史自然体,人类通过耕作、施肥、灌溉和排水等直接作用以及采伐、放牧等间

接作用也影响着土壤的形成和发展。土壤由矿物质、有机质、土壤溶液、土壤空气、土壤生物（包括微生物）等组成。土壤的本质特征是具有不断供给植物以水分和养分的能力，即肥力。因成土因素的地域差异，土被普遍呈现不均一性。各种土壤类型在空间上有规律地构成不同组合形式，这种土壤群体组合称土被结构。

【智能圈】又称人类圈或技术圈。人类通过各种技术手段而直接和间接使生物圈受到影响的部分。是地球表层中的圈层之一。可作生物圈的一部分或生物圈的高级阶段。由前苏联地球化学家维尔纳茨基于1945年创用，他认为智能圈是人类智能支配的世界，将逐渐取代自然演化的生物圈。法国学者德日进认为，人类有意识的活动自我反映对自然界的演化起着推动作用，他称之为“智能成因”。而美国生态学家奥德姆则认为，人类通过科学技术使自己置身于自然界的对立面并生活在一个人造世界的设想，是一种危险的哲学。人类的出现和发展，使地球表层的演化历史进入了一个新时期，即智能圈时期。

【地理系统】在特定地理边界范围内所有地理要素构成的具有一定结构、完成一定功能的时—空动态整体。各种要素都遵从地理基本规律，在其自身之间和与其环境之间不断进行着物质、能量和信息的交换和传输，且以“流”的形式（如物质流、能量流、信息流、人口流、资金流、商品流）贯穿其间，既维系系统内各要素的关系，又维系系统与环境的关系，形成一个动态的、成等级的、有层次的、可实行反馈的开放系统。地理系统应建立在可观测性、可比较性、可控制性的量化基础上，并由此去探讨地理系统的结构、行为与作用机理。完整的地理系统是由自然子系统、经

济子系统、社会子系统通过联系与耦合共同构成的复杂巨系统。地理系统研究的目的，是要精确地表达、解释、模拟和预测，并由此达到调控和优化。

【自然带】受地带性地域分异因素影响，在地表大致沿纬线方向呈带状延伸分布，并具有一定宽度的地带性自然区划单位。广义的自然带是不同等级地带性区划单位的统称，包括自然带、自然地带、自然亚地带等，甚至包括垂直带。狭义的自然带仅指最高一级的地带性区划单位。由于太阳辐射能在地表各纬度分布不均，大陆和大洋都形成不同的自然带。从赤道向两极地依次有：赤道带、热带、亚热带、暖温带、中温带、寒温带、亚寒带、寒带。大陆自然带还受海陆分布和地势起伏等非地带性因素的影响，表现较为复杂，一般依据植被类型的特征分为：热带雨林带、热带稀树草原带、热带荒漠带、亚热带荒漠草原带、亚热带森林带、温带荒漠带、温带草原带、温带阔叶林带、亚寒带针叶林带、寒带苔原带、极地冰原带。

【土地】陆地表层一定范围内全部自然要素相互作用形成的自然综合体，包括一定垂直厚度内的岩石、矿藏、地貌、气候、水文、土壤、植物、动物和微生物及其相互作用的产物，还包括长期人类活动的结果。土地具有明显的空间变异性和区位特征，故利用时必须因地制宜、因害设防；土地还具有时间变化的特点，包括多年变化、季相变化甚至日变化。土地作为人类最重要的生产和生活资料，作为生产力布局的基地和生产过程进行的空间，作为劳动对象和劳动手段，还具有一系列区别于其他生产、生活资料的自然特性和经济、社会特性，主要有：数量的有限性；功能的不

可替代性；位置的不动性；生产能力的持久性；用途的多样性；报酬递减性（即投入某块土地的劳动和资本不断增加到某一点后，投入每增加一单位，所得报酬小于前一投入单位所得报酬）；供给稀缺性；利用效益的缓慢性；社会控制的必要性。土地历来是地理学研究的重要内容，特别是在现代，由于人口增加和生活水平提高，土地的充分开发、持续利用、保护治理、规划管理等问题受到普遍关注，逐渐形成一门涉及多学科的综合性科学——土地科学。地理学研究土地的特点是注重其综合自然特征和空间状况，其中关于土地分级和土地类型的研究是综合自然地理学的重要内容。

【土地结构】多种土地类型在一定范围内的组合方式、数量比例和相互关系，包括质量结构和数量结构两方面。质量结构指该范围内有哪些土地类型，它们的分布格局如何，彼此有何联系；数量结构指各种土地类型所占的绝对面积和百分比。广义的土地结构还包括土地利用和土地评价的类型组合结构，甚至包括土地组成要素的结构和土地演替结构。通常所说山区是“七山一水二分田”，黄土丘陵沟壑区是“一川二沟三坡四峁梁”，土地利用类型的“八山半水一分田，半分道路和庄园”等，便是土地结构的一种通俗表达。研究土地结构是自下而上进行自然区划的基础，也是合理利用土地资源，保证良性生态循环的前提，对于确定区域的产业结构尤其是大农业构成具有重要意义。

【土地分级】土地个体单位级别的划分。根据不同的尺度标准把土地划分为规模不同、内部复杂程度有别的个体单位。同级土地单位内的复杂程度和相对一致程度相同；从低级土地单位到高级土

地单位，内部差异性增大而一致性减小。土地分级的关键问题是确定各级单位内的一致性指标。由于土地的区域差别极其复杂，长期以来对土地单位的级别数量和各级的划分指标并无一致意见。直到 20 世纪 70 年代后，各国地理学者才逐步统一看法。现在一般以地貌形态尺度为客观基础，定出三级基本土地单位，从小到大分别为土地片、土地块、土地段。土地片大致相当于一个地貌部位的范围，其内所有自然要素已无地理意义上的分异，一般是 $>1:10000$ 比例尺调查的制图单位；土地块大致相当于一个具有相对独立的形态、天然界线比较明显的基本地貌单元，其内有土地片的分异，而这些土地片又彼此联系，一般是 $1:20000$ 到 $1:100000$ 比例尺调查的制图单位；土地段是几种土地块有规律重复出现的地段，一般是 $1:10$ 万到 $1:100$ 万比例尺调查的制图单位。某些国家的地理学者还定出更高级的土地单位，如土地小区、土地区、土地省、土地带等，但我们都作为自然区划单位处理（参见“综合自然区划”）。土地分级是土地分类的前提，因为只有在同一级的土地个体中进行类型概括才能得到符合逻辑的分类系统。

【土地类型】从一定的研究目的出发，选择对该目的有意义的土地属性及其量度指标，将一定级别的大量土地个体进行类型概括而得到的具有一定从属关系的土地种类等级系统。包括土地自然类型、土地利用类型、土地适宜性类型、土地潜力类型等。狭义的土地类型仅指土地自然类型。土地类型研究可以把土地调查所面对的大量土地个体的繁杂材料加以条理化、系统化和抽象化，从而为进一步的科学研究创造条件。同时，科学的土地类型系统可以反映土地内部各属性及各土地个体间的规律性联系，能将个别

典型土地单位上取得的研究成果加以外推和预测，大大提高了工作效率，因而成为土地研究中很重要的工作方法。将土地类型的特点、分布和空间组合用专题地图的形式表现出来，就得到土地类型图。

【土地资源】目前或可预见的将来在一定条件下可供人类开发利用的土地，是人类赖以生存和发展的基本生产资料和劳动对象。某些土地在人类当前或可预见将来的经济、技术条件下还难以投入开发利用，如极地、大荒漠、极高山等，它们还不是土地资源。因此，土地资源并非全部土地。但可以预言，当经济、技术发展到一定水平时，人类必将大规模开发利用目前不能利用的土地，那时它们又成为土地资源。土地资源在不同历史时期所包含的内容不尽一致。此外，土地资源的质和量在空间分布上都是不均一的，在其利用过程中需要因地制宜地采取不同的方针和改良、管理措施。土地资源也是人类千秋万代赖以生存的基本物质资料，每一代人在利用时都必须十分珍惜，妥善保护，不断改良，切忌“掠夺式”经营。

【土地评价】根据国民经济发展的需要，从一定的目的（例如种植业发展、林业开发、城市用地）出发，对一定地区土地的基本特点和基本条件加以鉴定、比较和评判。是土地利用规划和设计的不可缺少的基础工作。土地评价的指标有坡度、地形、土层厚度、地表组成物质、土壤理化性质和肥力、水分与热量条件、土壤侵蚀方式和程度、土地利用现状、受灾情况、区位、通达性、地基承载力等，可针对不同的目的选取不同的指标及不同的量级。土地评价有土地适宜性评价、土地潜力评价和土地经济评价，地理

学主要作前两种评价。土地适宜性指一定地段的土地对特定用途的适宜与否和适宜程度，并且强调持续的适宜性，因此还要考虑作某种利用后土地在未来可能发生的变化。与适宜性相对，则有土地限制性的概念。例如对某种用途而言，排水不良、坡度过陡、盐碱化、土层太浅等都可能是限制性因素。土地适宜性评价结果一般可从几个层次上来表达：（1）适宜类——适宜、不适宜、有条件适宜；（2）适宜级——适宜类中分非常适宜、中等适宜和临界适宜，不适宜类中分当前不适宜、永久不适宜；（3）适宜亚级——反映各级内不同的限制性因素及需要采取的相应改良措施。土地潜力评价是对土地未来利用的潜在可能性加以评价，或从土地生产力角度来评价土地质量。其评价结果往往是把土地分成若干等级。等级越高，潜在用途的范围越广，土地生产潜力也越高；等级越低，未来利用的范围越受局限，土地生产潜力也越低。

【土地系统】英语国家用以表示某一土地分级单位的专用名词。土地系统相当于我们的土地段。参见“土地分级”。

【生态系统】由生物群落及其生存环境共同组成的开放性动态平衡统一体。生物群落由存在于自然界一定范围或地域内相互依存的一定种类动物、植物、微生物组成；其生存环境包括无机环境和有机环境。无机环境又称非生物环境，如气候、地形因素和化学物质等；有机环境又称生物环境，其他生物种群就是某一生物种群的生物环境。生物群落及其生存环境之间，生物群落内不同种群生物之间不断进行着物质交换和能量流动，并处于相互作用和相互影响的动态平衡当中，共同构成生态系统，也曾称为生物地理群落。自然界里的生态系统大小不一、种类多样。小如一滴湖

水、培养细菌的试管、小沟、小池、花丛，大至湖泊、海洋、森林、草原乃至整个生物圈。按类型则有水域的淡水生态系统、河口生态系统、海洋生态系统等；陆地的沙漠生态系统、草甸生态系统、森林生态系统、冻原生态系统等。还可按由来分为自然生态系统（如极地、原始森林），半自然生态系统（农田、果园、养殖塘）和人工生态系统（城市、工矿、航天或潜海载人密封舱）。一个完整的生态系统由非生物物质、生产者有机体（主要是植物）、消费者有机体（动物）和分解者有机体（微生物）这4个营养级组成。当生产、消费和分解之间，即能量和物质的输入与输出之间接近平衡状态时，系统即发展到成熟的相对稳定阶段。系统的组成越多样、结构越复杂，其自组织能力越强，因而越稳定；反之则是脆弱的。生态系统研究能为人类合理利用和保护自己的生存环境提供理论和方法，具有重大的科学和实际意义。

【地带性】自然地理环境各组成成分及其相互作用形成的自然综合体，在地表近于带状展布，并按一定方向有规律更迭的现象。包括纬度地带性、经度地带性和垂直地带性。纬度地带性指由于太阳辐射能在各纬度分布不均，使自然带大致沿纬线方向延伸、按纬度不同递变的现象（参见“自然带”）。经度地带性是由于海陆相对位置的差别，使降水自沿海向内陆逐渐减少，从而引起整个自然综合体大致沿经线方向延伸、按经度不同递变的现象。纬度地带性与经度地带性叠加所形成的地带性称水平地带性。垂直地带性指在具有足够高度的山地，温度和降水都随高度不同而变化，使整个自然综合体大致沿等高线方向延伸、随高度不同而递变的现象。狭义的地带性仅指纬度地带性。

【非地带性】与地带性相对的现象，指自然地理环境各组成成分及其相互作用形成的自然综合体偏离地带性规律的特征，或仅指不呈带状分布的地方性差异。前者如由岩性组成、地势起伏、地质构造等引起的隐域性土壤或植被，虽与地带性生物气候条件有关，但与地带性土壤或植被有明显区别。后者如受局部地形、土质和排水条件影响的土壤或植被，夹杂在地带性土壤植被中间，不成其为带。若与狭义的地带性即纬度地带性相对，则经度地带性和垂直地带性也属非地带性。

【综合自然区划】根据自然地理环境的综合特征，将地表划分为不同尺度的又具有等级从属关系的地域单位。例如中国可划分为东部季风、西北干旱、青藏高寒三大自然区；每一自然大区又可划分为若干自然地区，如东部季风区可划分为东北湿润和半湿润温带地区、华北湿润和半湿润暖温带地区、华中和华南湿润亚热带地区、华南湿润热带地区；每一自然地区又可划分为若干自然区，如东北湿润和半湿润温带地区可划分为大兴安岭针叶林区、东北东部山地针阔叶混交林区、东北平原森林草原区。综合自然区划是自然地理研究发展到一定阶段的产物，它是以较全面地认识地表自然界地域分异规律，掌握较丰富的地理事实，了解区域的自然历史过程为基础，应用适当的理论和方法进行的。它本身又成为综合自然地理学研究的基本途径和重要内容；对全面分析和比较各种自然因素的相互作用和历史演变，完整地认识自然地理综合体的特征和分布有重要意义。其目的在于了解各地自然界的基本情况以及自然资源、自然条件对生产和建设的利弊，了解充分利用、合理保护并不断改善自然界的可能途径和措施。可为工农业生产、基础设施建设、环境保护等的规划和设计提供必要的科

学依据。

【大陆】地球表面被海洋分隔和包围、面积广大而完整的陆地。全球共有 6 块大陆，即亚欧大陆、非洲大陆、北美大陆、南美大陆、澳大利亚大陆和南极大陆。其中亚欧大陆和非洲大陆、北美和南美大陆，实际上都是两两相连的，但习惯上都被分别当作两块大陆。亚欧大陆和非洲大陆被苏伊士运河分割，北美大陆和南美大陆被巴拿马运河分割，人为地一分为二。南极大陆和澳大利亚大陆则被海洋完全分隔和包围。各大陆块的面积大小如下所列：

亚欧大陆	5070 万平方千米
非洲大陆	2920 万平方千米
北美大陆	2000 万平方千米
南美大陆	1760 万平方千米
南极大陆	1400 万平方千米
澳大利亚大陆	760 万平方千米

共计总面积约为 13910 万平方千米，占全球陆地总面积的 93%。除南极大陆和澳大利亚大陆外，多数大陆集中分布在北半球，且大陆外形轮廓均呈北宽南窄的倒三角形，边缘曲折。

【内陆】位于大陆腹部、距海遥远、受海洋影响甚微、地形阻隔、环境封闭、无直接出海通道的地区。也是地理学上一种表示一个地区的相对地理位置的常用术语，与其他地理名词结合则组成特定的区域类型的名称，如内陆地带、内陆地区、内陆国家、内陆省份、内陆湖泊、内陆盆地、内陆流域等。

【洲】地球表面每个大陆及其附近岛屿的总称。是世界政治区划中最高级的区域单位。全世界共分 7 个大洲，即亚洲、非洲、北美洲、南美洲、南极洲、欧洲和大洋洲。每个大洲的范围基本上以一个大陆为基础，唯独欧洲和亚洲同在亚欧大陆内。习惯上以乌拉尔山脉、乌拉尔河、外高加索山地以及里海和黑海为划分亚洲和欧洲的界线。各洲的名称、面积及其所占全球陆地面积的%如下：

名称	面积（万平方千米）	占全球陆地面积（%）
亚洲	4247	28.9
非洲	3029	20.0
北美洲	2420	16.3
南美洲	1828	12.3
南极洲	1400	9.4
欧洲	1052	7.1
大洋洲	896	6.0

有时把墨西哥及其以南地区称为拉丁美洲（因该地大多数国家和地区的居民的语言属拉丁语系），把南北美间的“中美地峡”叫中美洲，但和七大洲不是同一等级的概念。

【时区】地球表面按经度划定适用某一种标准时的地区范围。由于地球是个不规则的、不透明的椭球体，又围绕着太阳不停地自西向东转，地球上东边的地方总是比西边地方的时间早，因而每条经线通过的地区都有自己的时间，即地方时，同一时刻地球上各

地的时间不相同。为使各地的时间便于比较，根据地球自转一周 24 小时，经过 360° 经度，即每小时转过 15° 经度的情况，把全球划分为 24 个时区。1848 年国际经度会议规定以英国伦敦格林尼治天文台的零度经线为标准，从西经 7° 半到东经 7° 半划为中区（又称零时区），区内以零度经线的地方时为标准时间（即“格林威治”时间）。零时区以东和以西各划分出 12 个时区，即东 1—12 区，西 1—12 区，其中东 12 区和西 12 区是重合的，各时区均以该区中央经线的时间为该区的标准时间。

【日界线】即国际日期变更线。该线把完整的第 12 时区分成两个半时区（各跨经度 7.5° ），即东 12 时区和西 12 时区。这两个时区都以 180° 经线为标准经线，因而两区具有相同的钟点，而有不同的日期，两者相差 24 小时。飞机或船舶由东 12 时区越过 180° 经线进入西 12 时区时要将日期退后一日（如由星期一改为星期日），反之，由西 12 时区跨越此线进入东 12 时区时则要进一日。为避免环球航行和时间推算上发生日期混乱，国际上规定将 12 时区的中央经线（即 180° 经线）作为国际日期变更线。该线原则上与 180° 经线重合，为避免通过陆地，实际上此线有两处向东凸出和一处向西凸出。

【极昼】又称永昼。地球表面南北极圈范围以内地区，年中特定时段内出现“太阳终日不没”的自然现象。每年当太阳直射于北半球时，极昼出现在北极地区，而极夜出现在南极地区；当太阳直射于南半球时则情况相反。如太阳直射于北纬 10° ，则北纬 80° — 90° 地区为极昼；南纬 80° — 90° 地区为极夜（不计太阳视半径和大气折光作用）。在南北极圈范围以内地区，每年都有极昼和极夜季节，

而时间长短随纬度增减而不同。在南北两极，每年有半年极昼和半年极夜，从北极向南和自南极向北，出现永昼和永夜的时间逐渐缩短，到极圈处只有一天永昼、一天永夜。除南北两极以外，极昼期间的太阳在一天内仍有高度和方位的变化，但太阳总是处在离地平线很近的高度。

【极夜】又称永夜。地球表面南北极圈范围以内地区，年中特定时段内出现“太阳终日不出”的自然现象。

【高山】按高度划分出的山地类型之一。山地通常按高度划分为极高山、高山、亚高山、中山、中低山、低山和丘陵。但划分的高度指标尚未统一。通常所指的高山的划分标准，有以绝对高度2000—2500米至5000—5500米，有以3000—5000米、或大于2000米、或大于2500米为准的。目前中国多以绝对高度3500—5000米为标准，其中相对高度大于1000米者为深切割高山；500—1000米者为中切割高山；200—500米者为浅切割高山。高山的下限为3500米，此线以上的高山地带，冻融作用特别强烈，常有陡峭的山坡和粗大的岩屑堆积物，风力强劲，气温低，基岩裸露，草木难长，有寒冻草甸和垫状植被、岩屑地衣或高山冰雪。

【亚高山】按高度划分出的山地类型之一。位于高山地带下部，水热条件较高山地带优越，冻融的自然地理过程较弱，自然景观多表现为亚高山草甸或亚高山草甸草原或亚高山灌丛草甸。

【荒漠】干旱区的一种自然景观。在长期干旱气候条件下形成。主要分布在热带、亚热带和温带。特点是气候干燥、少雨多风、蒸

发量大、气温变化激烈；河湖稀缺、多为内流流域；地面多为流沙或砾石覆盖；植被稀疏、种类单调贫乏，以根深叶小或无叶的旱生和盐生植物为主；动物具耐干旱、穴居、夏眠、善长途疾走等特性；地表物质粗糙、土壤不发育或发育缓慢、有机质含量少或没有，盐分含量高、局部出现盐漠、低洼处或地下水接近地表的地方常形成盐碱地；在有外来地表水流附近有绿洲出现。按其地表组成物质，又分为岩漠、砾漠、泥漠和盐漠。在高山上部或高纬亚极地地带常出现一种特殊的荒漠类型，是由于低温导致植物生理干旱，植被稀疏，植物贫乏，呈现出一派寒冷荒凉景象，称为寒漠。

【荒漠化】生态环境恶化或退化的地理过程之一，也是当今世界性的严重的生态环境问题。主要出现在干旱、半干旱和部分半湿润地区。引发原因一方面是由于自然环境演变，气候进一步旱化；另一方面是人类不适当的经济活动所致，这是目前更重要的原因，使本来就脆弱的生态环境遭到破坏，造成土地生产力衰退或丧失，形成荒漠或类似荒漠的景象。在中国一般指在具有沙质地表物质组成和干旱大风地区，由于强度的人为经济活动，使原非沙质荒漠的地区出现显著的风沙活动，导致土地生产力衰退或丧失的环境退化过程，即土地沙质荒漠化，简称沙漠化。据联合国环境规划署统计，目前全球已经受到和将会受到荒漠化影响的地区占全球土地面积 35%，平均每年约有 5—7 万平方千米土地荒漠化，以热带稀树草原和温带半干旱草原地区发展最为迅速，其中又以非洲撒哈拉沙漠南部、萨赫勒地区最为严重。中国西北和内蒙半干旱农牧业交错地区也有较大面积的沙漠化土地。荒漠化过程存在发生、发展和形成三个阶段，也存在逆转和自我恢复的可能性，因

此，可以人为地加以控制和改变。1977 年联合国召开的世界荒漠化会议，研究分析了荒漠化的成因和过程并提出治理荒漠化的行动纲领。中国着重对沙漠化地区进行综合考察和制图，提出治理规划和防治措施，并建立治理示范试验基地和研究站，在防治沙漠化工作上取得初步成效。

【戈壁】又称戈壁滩、戈壁荒漠。一种被粗砂、砾石覆盖于硬土层上的荒漠地貌景观。原出蒙古语，意为“难生草木的土地”。按其成因可分为风化的砾质戈壁、水成的砾质戈壁和风成的沙质戈壁。主要分布在蒙古国南部和中国内蒙古自治区北部，塔里木、准噶尔、柴达木等盆地边缘山麓地带，也有砾质戈壁带分布。

【绿洲】干旱荒漠地区中水源丰富或泉水常流可供灌溉而土壤肥沃可农垦的地方，又称沃洲。多呈带状或点状分布在大河沿岸或三角洲和山麓冲洪积扇前缘地带。绿洲上植物生长良好，与周围的荒凉戈壁、沙漠景观截然不同，犹如浩瀚沙海中的绿岛。绿洲的面积大小不一，有的小绿洲只有一群棕榈树、一股泉水，有的大型绿洲则是面积广达几百平方千米的沃野。如由尼罗河和幼发拉底河形成的绿洲、中国昆仑山、天山、祁连山山麓的绿洲均为较大型的绿洲，经长期开发，成为农牧业较发达和人口集中之地。在热带荒漠的绿洲中，枣椰树是典型树种，椰枣成为当地人民的主要食品来源。此外，也有人把南极洲边缘没被大陆冰层覆盖的、岩石出露、鸟兽集聚的地方称为绿洲。

海 洋

【海水】广布地球表面的海和洋中水体的通称。海水是含有多种溶解盐（氯化钠、氯化镁、硫酸钠、氯化钙和氯化钾等）的溶液。在全世界海洋中，海水盐度平均为 34.7，外海海水盐度可达 35—36，近海和河口区盐度可低于 30。海水含盐量是描述海水特性的基本物理量之一，海水的盐度与温度、压力都是研究海水的物理过程和化学过程的基本参数。海洋中发生的许多现象和过程，常与盐度的分布和变化密切相关，因此关于海洋中盐度的分布和变化规律的研究，在海洋科学上占有重要地位。世界大洋表层海水，因受蒸发、降水、结冰、融冰和陆地径流的影响，其盐度分布不均。如两极附近、赤道地区及受陆地径流影响的海区，盐度较小；而在北纬 20°—南纬 20°的海区，盐度则较大。1902 年建立绝对盐度为海水溶质的质量与海水质量之比定义，由于绝对盐度难以直接测量，自 1982 年 1 月 1 日起采用实用盐度。实用盐度值在数值上为绝对盐度值的 1000 倍。海水表层的水温在低纬度区高，在高纬度区低，其差可达 30℃。在深 1000 米处水温为 4—5℃，2000 米处为 2—3℃，深于 3000 米处为 1—2℃。大洋表面的温度变化于 -2—30℃ 之间，年平均温度为 17.4℃。其中，太平洋最高，为 19.1℃；印度洋为 17.0℃；大西洋最低，为 16.9℃。大洋水体大部分（75%）的温度在 0—6℃ 之间。全球海洋平均温度为 3.5℃。海水的温度对大气温度有很大影响，它能使地球的气候发生变化。

【海水密度】单位体积中海水的质量的分布及变化与海水的运动有着极密切的关系。其倒数，称为比容（单位质量海水的体积）。海洋学所采用的密度，是海水密度与 4℃ 时蒸馏水的密度之比。因为 4℃ 蒸馏水的密度可取为 1，所以在此定义下密度与比重有相同的量值。海水密度和比容随温度、盐度和压力（深度）的变化而不同。海水比容在研究水团和计算地转流时，也是重要的测量值。

【水色和透明度】人们在岸边或船上所看到的海洋的颜色，称为海色。它是由光从海面向大气的反射、海洋水体向大气的光辐射及海面热辐射组成的海面向上光辐射的可见光光谱所呈现的颜色为海色。因此，海色常因天空颜色和海面状况而变化。海水的水色则是观测者在船舷背光一侧，将直径为 30 厘米的透明度盘放于最大可见深度的一半的水层中，根据透明度盘上呈现的颜色，在水色计（共 21 种颜色，由深蓝至褐色，依次编号）中对比找出与之最相近的色级号码。号码愈小，水色愈蓝，习惯上也称水色愈高；反之，号码愈大，水色则愈低。透明度（平行光束通过一定厚度的海水层后的辐射通量与入射通量之比）即海水的透光性能，可用透明度仪测量；但目前仍借助于透明度盘目测。一般大洋水色高，透明度大，浅海则相反；大洋的亚热带海区水色最高，透明度最大，马尾藻海达 66.5 米，为世界最高值，热带次之，寒带更次之；寒流和暖流的水色和透明度大不相同，这与其源地的海水性质有关。

【海冰】海水经过逐渐冻结而成的咸水冰。广义上的海冰则指海洋上的一切冰（包括咸水冰、河冰、湖冰、冰山等）。其结冰温度

(冰点) 低于淡水的结冰温度, 且随盐度的增加而降低。海冰按其运动状态分为固定冰和浮(流)冰两大类; 按其发育阶段可分为初生冰、尼罗冰、饼冰、初期冰、一年冰和多年冰 6 大类。在大陆冰川或陆架冰滑入海洋后断裂成的巨大冰块中, 露出海面的高度在 5 米以上者称为冰山, 大者高达数十米, 长度一般为数百米至数十千米; 特大的冰山称为冰岛。海冰密度为 $0.85\text{—}0.94\text{ 克/厘米}^3$, 略小于海水密度, 故冰块一般均浮于海面。形状规则的冰山, 露出海面部分为其总厚度的 $1/7\text{—}1/10$; 尖顶冰山露出海面的高度, 约为其总厚度的 $1/4\text{—}1/3$ 。海冰主要分布在高纬度海区。在北半球冰区以 3—4 月最大, 8—9 月最小。北冰洋几乎皆为海冰所覆盖, 北冰洋的冰山经常维持在 4 万座左右; 北大西洋的冰界在格陵兰东部、中部、戴维斯海峡及纽芬兰东南; 北太平洋的白令海、鄂霍次克海、日本海北部, 冬季均有冰。在南半球, 冰区以 9 月最大, 3 月最小。冰界分布较规则, 大致呈纬向分布。固体冰分布在南极大陆周围和威德尔海; 浮冰冰界在南太平洋和南印度洋分别在 $50^{\circ}\text{S}\text{—}55^{\circ}\text{S}$ 和 $45^{\circ}\text{S}\text{—}55^{\circ}\text{S}$ 之间, 南大西洋则在 $43^{\circ}\text{S}\text{—}55^{\circ}\text{S}$ 。在南极大陆周围洋面上, 经常有 22 万座冰山在游动。

【海洋水文预报】又称海洋环境预报。根据海区环境特征的历史资料 and 现实观测结果, 对未来的海洋环境特征值作出预报并发布公告。是海洋学服务工作之一。海洋水文预报的主要内容有海浪、潮位、潮流、水温、盐度、密度、海冰及风暴潮等。预报服务的对象主要为航运、水产、海上油气探采、盐业和国防部门等。

【海流】海洋中海水沿一定途径(水平和铅直方向)的大规模的非周期性流动。海流形成的最基本的原因, 一是受海面风的作用, 一

是由于海水密度分布不均匀。前者表现为作用于海面的风应力,由它产生的海流称为风海流;后者表现为海水中的水平压强梯度力,由之产生的海流称为密度流。当某种条件下摩擦力可以忽略不计时,密度流又称为地转流。另外,由于大量的径流以及由于其他原因导致的海面倾斜又可形成倾斜流等。此外,由于海水的连续性,一处海水流失,另处海水将流来补充而形成补偿流。风是形成这种补偿作用的主要原因。这不仅能导致水平方向的海流,而且导致铅直方向的海流——上升流和下降流。如果海流的水温与其所流经海区的水温不同,则水温较高的称为暖流,水温较低的称为寒流,而寒流和暖流多半是偏南北向流动的海流。

【海浪】海洋中由风产生的波浪,包括风浪、涌浪和海洋近岸波。在不同的风速、风向和地形条件下,海浪的规模变化很大,一般周期为 0.5—0.25 秒,波长为数十厘米至数百米,波高为数厘米至 20 余米;在罕见的情况下,波高可达 30 米以上。(1) 风浪是在风直接作用下产生的水面波动,风浪的基本特征是风浪中同时出现许多高低、长短不等的波,波面较陡,波峰附近通常有浪花或大片泡沫,此起彼伏,瞬息万变。风浪的强度(平均波高和平均周期等)决定于风速、风区(风作用区域)的长短或风时(风作用时间)的久暂。(2) 涌浪通常是指风浪离开风吹的区域后所形成的波浪。并且,风速、风向等风要素的突变,也可能使风区内原来的风浪转变为涌浪。涌浪的特征是比风浪更具有较规则的外形;在传播过程中,其波高渐低,周期和波长渐增;波长波高大 40—100 倍,传播距离可达数千至上万千米。(3) 海洋近岸波系指由外海的风浪或涌浪传至海岸附近受地形作用,改变波动性质而成的一种海浪。波速和波长随海水变浅而减小,波高亦随之

变化。此外，波形也会发生变化，直至发生近岸波的倒卷、破碎现象，同时形成水体的向前流动。

海浪谱是研究海浪的一个十分重要的概念，用以描述海浪内部能量相对于频率和方向的分布。海浪谱可有频谱（或能谱）、方向谱、波数谱等数种。事实上，海浪的研究（包括许多应用问题），大多与谱有关。海浪预报系根据影响海浪的生成、发展和消衰的外界条件，结合海区内的初始海浪状态，对海区未来的海浪状态（特征波高、周期、波向等）作出计算和预报，有时也要预报作为海浪内部结构的谱。作海浪预报时，必须掌握：（1）海区气象条件；（2）海区的地理环境（海陆分布和深度分布）；（3）海区内海浪在预报时刻的初始分布。海浪预报为海上运输、水产、海上油气开发和军事活动等提供环境资料，以保障海上活动的安全。

【海浪能量】表示海浪运动的一种量度。海水在波动中水质点以一定速度运动，故具有动能；水质点的位置相对于它的轨迹中心不断地发生变化，故具有势能。因此，当海面出现波动时，海水便具有能量。海洋中波涛汹涌，蕴藏着巨大的能量。若波高为 3 米，周期为 7 秒，每米宽的海面可提供的功率为 63 千瓦。

【海洋内波】由于海水的密度在铅直方向上存在着分层的差异，所以在外力的作用下，内层海水也产生相对运动，从而引起波动，这样形成的波浪称为内波。其特点是波动主要发生在海洋内部，在海面反而很轻微，或者完全没有反应。内波的振幅一般比表面波大，周期比表面波长。内波是一种普遍现象，因为实际海水密度的层间变化很小（跃层上下的相对密度差也仅约 0.1%），所以仅要很小的扰动就会在内部产生轩然大波。内波是一种重要的海水

运动，是转移大中尺度运动能量的重要环节，也是引起海水混合、形成细微结构的重要原因。由于内波常具有很大的振幅（有的竟达百米），所以对人类的海上生产和军事活动产生重要影响。它将海岸上层能量传至深处，也将深处较冷的海水连同其中的营养物质带到较暖的浅层，从而促进生物的生长。内波导致的等密度面的波动，使声速的方向和大小均发生脉动，因而极大地影响着声呐的功能，故有利于潜艇的隐蔽，而使监听遇到困难。在海洋开发中发现，内波对海上设施也有影响。

【涌浪】见“海浪”。

【海浪预报】见“海浪”。

【海浪谱】见“海浪”。

【潮汐】海水受引潮力作用而产生的海洋水体的长周期波动现象。它在铅直方向表现为潮位升降，在水平方向表现为潮流涨落。引潮力系指月球、太阳或其他天体对地球上单位质量物体的引力与地心单位质量物体的引力之差。任意天体对地球某处的引潮力的大小，与天体的质量成正比，与地心至天体中心的距离的三次方成反比，尚与天体至该处的天顶距有关（天顶距愈接近 90° ，引潮力愈小）。因此，地球上引潮力的大小和方向均因时因地而异。由月球的引潮力引起的潮汐，称为太阴潮；由太阳引潮力（仅为月球引潮力的 46%）引起的潮汐，称为太阳潮；二者均属天文潮。引潮力不仅产生了海洋潮汐，而且引起固体地球潮汐（地潮）和大气潮汐（气潮）。对海洋来说，地潮在海潮之下，气潮在海潮之上，

二者均对海潮产生影响。潮汐现象可看作由许多周期不同且振幅各异的分潮所组成。在这些分潮中，以太阴半日分潮、太阳半日分潮、太阴太阳合成日分潮和太阴日分潮为最重要。潮汐分为（1）半日潮（在一个太阴日，即在 24 小时 25 分中有两次高潮和两次低潮）；（2）混合的不正规半日潮（在一个太阴日中虽有两次高潮和两次低潮，但两次高潮或低潮的潮高不等，涨潮时和落潮时亦不等）；（3）混合的不正规全日潮（在半个月内的大多数时间为不正规半日潮，少数几天在太阴日内会出现一次高潮和一次低潮的全日潮现象）；（4）全日潮（在每半个月中有连续 7 天以上的天数在一个太阴日出现一次高潮和一次低潮，而少数几天潮差较小，且呈现出半日潮现象）4 种类型。潮汐的升降和涨落，与人类的多种活动有密切关系，如船只活动、沿海地区各项建设、大地测量、环境保护和军事活动等都必须掌握潮汐变化规律。此外，利用潮汐发电也是能源开发的一个重要方面。

【分潮】 见“潮汐”。

【涌潮】 又称暴涨潮或怒潮。发生在某些喇叭形（漏斗状）河口区的潮水暴涨现象。在上述河口区，由于地形的影响，当涨潮时它犹如一堵水墙，排山倒海而来，壮观异常。如钱塘江涌潮系太平洋潮波经东海传入杭州湾，而杭州湾又连接钱塘江口，呈典型的漏斗形状，水域变浅变窄。潮波在此处与河水相遇，波面受到较大阻力，使潮波波峰前沿出现破碎现象；又遇水下沙坝，潮流继续向河口推进，并在尖山和宁波之间发生潮波的折射、反射和交汇，有时能激起 10 余米高的水柱。破碎的潮峰呈现出滚滚白浪，高 1—2 米，并以 4—6 米/秒的速度传播，历史上最大潮差曾达

8.93 米。世界上的涌潮至少有 15 处以上。例如，南美洲的亚马孙河，涌潮可高达 5 米，流速约 6 米/秒；法国塞纳河口，涌潮高达 4—6 米。

【潮流】海水水体受月、日引潮力作用而发生的周期性水平运动。涨潮和落潮过程中水体的水平运动分别称为涨潮流和落潮流。潮波运动过程表现为潮流变化和潮位变化。一般而言，潮流变化对应于潮位变化，即多数地方的潮位为半日潮（或全日潮），其潮流也是半日潮流（或全日潮流），但在个别地方二者的变化并非对应。潮流运动，按其形式为旋转潮流和往复潮流；按其周期又可分为半日潮流和全日潮流等。在大洋和外海中的潮流，不仅流速有变化，其流向亦沿一定方向不断旋转，称为旋转潮流；在海峡、海湾口和河口中的潮流，因受两岸及海底地形的影响而做往复运动，称为往复潮流。当涨、落潮流相互转换时，往复潮流的水体在短时间内几乎不动，称为憩流。

【潮流界和潮区界】潮波在河口地区传播过程中，因受河水径流顶托和河床阻力的影响，能量逐渐耗损，涨潮时流速愈来愈慢，潮差愈来愈小。在涨潮流消失的地方，称为潮流界。在潮流界以上，河水受潮水顶托，潮波仍可影响一定距离。在潮差为零的地方，称为潮区界。从河口的口门到潮区界之间的河段，称为感潮河段。沿此河段高潮面和低潮面之间的河床容积，称为潮棱体。潮区界和潮流界的位置，随径流和潮流势力的消长而变动。例如，长江在枯水期的潮区界，可达距口门 640 千米的安徽大通，而在洪水期则仅达芜湖附近；潮流界在枯水期可达镇江，而在洪水期则仅达江阴附近。潮区界距口门的远近，取决于潮差的大小、径流的强

弱和河口的几何形态等的不同组合。例如，南美洲亚马孙河口的潮波，可上溯 1400 余千米；中国黄河口的潮波，仅上溯 20—30 千米。

【全日潮】见“潮汐”。

【半日潮】见“潮汐”。

【风暴潮】又称风暴增水、气象海啸或风暴海啸。由热带风暴、台风或飓风、温带气旋或寒潮过境所引起的海面异常升高或降低现象。风暴潮达到浅水海域时则猛烈增长，一般可高达数米。当风暴潮与天文潮相叠加时则会导致海水漫溢，甚至泛滥成灾，往往造成工业、农业、渔业、盐业、交通运输、港湾建筑和人民生命财产的重大损失。风暴潮一般分为温带风暴潮（由温带气旋引起）和热带风潮（由热带风暴引起）。前者多发生在春秋季节，其潮位变化稳定且持续；后者多发生在夏秋季节，其水位变化急剧。风暴潮是沿海地区的一种严重的自然灾害。在世界范围内，风暴潮灾害最严重的地区是印度洋的孟加拉湾沿岸，其次是中国再次是美国，西欧和日本。

【海平面变化】全球海平面的升降变化。它是海水本身的水量变化、冰川消长、地壳变迁及地球形变等的一种综合反映，也是全球变化的一个重要侧面。海水无时不在运动，海面平面也在不停地变化。海平面变化有短时的，也有长期的。前者主要是受波浪、潮汐、气压、水温、盐度、风暴、海啸等影响造成的海平面的日变化、季节变化、年变化和实发生性变化，其升降幅度小，而且往

往是局部的；后者主要是受冰川消长、地壳升降、大地水准面、水压均衡作用和地球演变均衡作用等影响造成的地史时期的海平面变化，其升降幅度大，而且是大范围的，甚至是全球性的。研究海平面变化不仅具有理论意义，而且具有现实意义。近百年来全球海平面上升问题已引起世界各国政府和科学家的广泛关注。目前一般认为引起海平面上升的原因主要有二：（1）极地冰盖和高山冰川融化使海洋增加了额外的水体；（2）由于海水增温使海水体积膨胀。

【跃层】亦称“飞跃层”。海水中某些可量度的环境特征在铅直方向发生明显差异的水层（即不连续面）跃层的存在表明其上、下层海水性质。主要有温度跃层、盐变跃层和密度跃层三种。温度跃层通常是其他各种跃层的光驱，而且它与水产捕捞、潜艇探测、水下通讯关系密切，因此研究得比较广泛。盐度跃层可导致海水密度的变化，而且也可歪曲海水中声波能量传播的路线。强大的密度跃层能形成所谓“液体海底”，对潜艇活动影响很大。海水密度的剧烈变化可使声波发生折射，从而形成探潜声呐的“盲区”，便于潜艇隐蔽活动。

【海啸】又称地震海啸。由海底地震、火山爆发、海底塌陷及滑坡所激起的巨浪。破坏性的地震海啸，仅在地震构造运动出现垂直运动，震源深度小于20—50千米、里氏震级大于6.5的条件才能发生。深水中的海啸波长可达180千米，波速每小时达900余千米，其典型波高仅0.6米。当海啸到达浅水区并在岸边破碎时，则比任何海浪都高。世界上有记载的由大地震引起的海啸，80%以上发生在太平洋地区。海啸主要分布在日本太平洋沿岸，太平洋

的西部、南部和西南部，夏威夷群岛、中南美和北美。受海啸灾害最重的是日本、智利、秘鲁、夏威夷群岛和阿留申群岛沿岸。中国是一个多震害国家，但海啸却不多见。海啸给沿海地区的人、畜、树木、房屋建筑、港湾设施、船舶和海上建筑物等造成的严重灾害，往往大于地震灾害。

【水团】海洋中形成于同一源地、形成机制相近，物理、化学、生物特征以及运动状况基本相同，并与周围海水存在明显差异的宏大水体。水团多是在一定时间内，在海洋表面获得其初始特征（主要取决于水团源地的地理纬度、气候条件、海陆分布及该海域环流特征）后，因混合或下沉、扩散而逐渐形成的。此后，水团特征因外界环境的改变而变化，终因动力或热力效应而离开表层，下沉到与其密度相当的水层。通过扩散及与周围海水不断混合，继而形成表层以下的各种水团。水团的特征一般以温度和盐度来表示，按温度可分为暖水团和冷水团；按理化性质在铅直方向上的差异，又可分为表层水团、次表层水团、中层水团、深层水团和底层水团。海区的水团分析与海洋渔业、海洋污染、海洋资源开发及国防建设等均有密切关系。

【大洋声道】声波在大洋水下某个相当厚的水层中传播时，能量损失很小，传播距离甚至可超过通常传播距离的数百倍，这样的水层称为大洋声道。由于大洋中各层海水的温度、盐度和静压力不同，声波在各层海水中的传播速度也不同。声波在大洋声道中传播的速度最小，由此水层发射出的声线，由于折射效应，使声线总是向着声速小的方向弯曲，从而使声线保持在上、下两个声速相等的层面之间传播，其声强大、传播距离远。例如 1 千克 TNT

炸药的爆炸声，可在声道中传播达 1 万千米以上。人们利用这种现象，建立海洋中的水声系统，并借以进行水下通信，接受遇险船只的求救信号，记录海底地震、火山爆发的时间和地点，军事上则用以建立海上警戒、反潜、防潜作战系统等。低频声波在声道中能传播到很远的地方。

【海发光】又称海火。由海水中动物和植物发射的可见光。这种可见光所发的热量非常小，故常称为冷光。海洋中能发光的种类繁多，有浮游生物、底栖生物和浮游动物。它们由于某一共同原因的激发或数十亿生物互相刺激而同时发光，能照亮海面数千米。这种海发光现象是由数千种海洋生物（主要是海洋动物）造成的，它常发生在温暖的海洋各个海域和深度中，特别是在温暖季节。海洋生物的发光类型包括：（1）细胞内发光，多见于细菌、单细胞生物和低等无脊椎动物；（2）细胞外发光，有水母、介形甲壳类和较高等无脊椎动物。机械的碰撞、温度、电流和化学刺激等都能引起海洋生物发光。刺激愈强，亮度愈大，发光持续的时间也愈长（细菌除外）。海发光现象常被渔民用来探测和捕捞各种鱼类。

【海水的化学组成】组成海水的化学成分。海水是一个含有多种物质的复杂体系，其中的物质大致可分为两类，一为溶解物质（包括溶解无机盐类、有机化合物和气体）；一为不溶于液相的物质（包括以气相存在于水体中的气泡和以固相存在于水体中的无机和有机物质）。溶解于海水中的化学元素有 80 余种，它们主要以阳离子、阴离子形式存在于海水中，部分以不解离的无机化合物形式存在，这些称为海水中的无机盐分；此外，部分以气体形式存在于海水中，称为海水中的溶解气体。海水中的溶解无机盐分

可分为：(1) 主要成分（常量元素，大量元素）：海水中 80 余种元素中，除组成水的氢、氧外，溶解成分的含量大于 1 微克/千克的仅有 12 种（如 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- (CO_3^{2-})、 B_T^- 、 $\text{B}(\text{OH})_3$ 、 F^- 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 K^+ 、 S_r^{2+} 及 $\text{Si}(\text{OH})_4$) 除 $\text{Si}(\text{OH})_4$ 外的 11 种成分称为海水的主要成分，其总量占海水总盐分的 99.9% 以上。(2) 营养元素（营养盐，生原要素）：在化学海洋学上，习惯上总是指硅、磷和无机氮化合物。(3) 微量元素：包括其他一些含量低于 1 微克/千克的成分。

【海洋地质构造】研究海洋地壳结构、构造形象、空间分布、形成原因及演变历史。海洋地壳主要由基性、超基性岩构成，比陆壳薄而致密年轻，缺失陆壳特有的花岗岩层，洋壳一般不超过 2 亿年。海洋地壳具有 3 层结构，上层为沉积层，中层为玄武岩和岩墙，下层是辉长岩、角闪岩等。洋壳一般厚 5—10 千米，但厚度变化较大。在洋中脊轴部地壳厚仅 2—6 千米，由于缺失沉积层而玄武岩常出露海底；在无震海岭或海底高地，地壳厚达 20 千米或更大。大陆边缘是大洋地壳和大陆地壳之间的过渡区，有的海台残存有花岗岩质陆壳。海底主要构造单元是大洋板块和板块边缘。大洋盆地是大洋板块的主体，那里起伏的玄武岩基底被沉积盖层几乎连续填充和披盖，沉积层产状多水平，一般无形变痕迹，褶皱断层十分少见。洋盆中的海岭几乎没有地震活动，海山多属火山成因。火山活动仅局限于个别地区，洋底岩石圈沿软流层顶面作整体位移，构造活动相当微弱。板块边缘是两个板块之间的接触带，板块边缘是构造活动带，按照板块的相对运动状态，板块边缘有三种类型，即以板块俯冲消亡为特点的汇聚型板块边缘，以海底扩张、洋底增生为特点的分离型板块边缘和以水平错动为特

点的转换性板块边缘。汇聚型板块边界表现为海沟和活动造山带，分离型板块边界见于大洋中脊轴部和裂谷带，转换型板块边界可连接洋脊与海沟、洋脊与洋脊、海沟与海沟。大洋构造的演化历史一般多用海底扩张和板块构造模式来解释。板块构造学说认为，洋壳形成于大洋中脊轴部，向两侧运移，经过深洋盆，最后在海沟处向下俯冲并消亡于地幔之中。大洋中脊原始的地幔物质部分熔融，分异出海洋地壳前述三层结构中的下层辉长岩、角闪岩；部分岩浆上升，喷出地表，冷凝成中层玄武岩和岩墙，海底在扩张过程中逐渐接受沉积物形成上层沉积层。

【海洋起源与演化】海洋起源与演化和地球成因密切相关。一般认为地球于 46 亿年前起源于原始太阳星云，原始地球温度较低且接近均质。由于地球收缩和放射性元素衰变等原因，地球物质受到加热熔融，轻者上升，重者下降，相继分化出地核、地幔和地壳。40 亿年前开始的这一进程既决定了岩石圈演化，也影响着大气圈、水圈和生物圈的生成和演化。原始大气圈形成于地球演化早期，是地球吸积、扩大以及气体与固体粒子分离的结果。原生大气组分中最初以氢（重量占 63.5%）和氦（重量占 34.9%）为主。后来逐渐变为以一氧化碳和氢为主。在原始大气向星际空间的逸散过程中，由于地球内部挥发物质的不断替补，逐渐演变为次生大气圈。次生大气成分与火山排气相近，水汽占 79%、二氧化碳占 12%，还有甲烷，氢和氨等，但没有氧。当时地球温度较高，当地表温度降至沸点以下时，大气中的水汽便冷凝为水，形成原始酸性的热海洋，但其深度较浅，海水较淡，面积较大。推测原始的水圈形成于 35—38 亿年前，生命起源于 34 亿年前。35—20 亿年前是酸性缺氧的原始大洋水向现代大洋水的过渡时期，15—20

亿年前大洋水开始具有现代特点,有单细胞的绿色植物的出现,使生物造氧能力大增。大量游离氧的生成,使大气圈、水圈和岩石圈发生变化,逐步形成具有现代特点的大洋水、大气和高氧化地面条件,并且碳酸盐岩和部分硫酸盐岩开始大规模形成。由于地面可溶性盐类和各种元素带入海洋,逐年积累,大洋水盐度增高。但在水和某些盐类向大气圈蒸发的同时,某些盐类必然以矿物形式从水中析出而转移到岩石圈,或是被生物圈吸收而转移出水圈,故现代大洋水长期维持盐类收支平衡状态。关于大洋海盆的起源和演化曾出现许多学说,一般认为海底扩张和板块构造说做出了较合理的解释。地幔物质对流迫使地球深部物质沿大洋中脊上涌,并逐渐冷却固结生成大洋地壳,较老的地壳被推向两侧生成洋盆,新洋脊不断生长伴随较老的洋壳在深海沟俯冲下潜返回地幔,板块的分离和汇聚造成大洋的产生、更新和消亡。在地球演化史中,大陆和海洋经常改变它们的地理位置和配置型式以及海洋的大小和数量。大洋演化的胚胎期是东非裂谷系,幼年期是红海、亚丁湾和加利福尼亚湾,壮年期是大西洋、印度洋和南大洋。胚胎期具有大洋中脊类似的特点,幼年期出现新生洋壳,壮年期洋盆发育成熟,如大西洋在侏罗、白垩纪即已开始扩张。以上三期均处于洋盆生长阶段。大洋演化的衰老期是太平洋,终结期是地中海、里海、黑海,残痕期是雅鲁藏布江地缝合线。太平洋盆边缘收缩率大于东太平洋海隆的扩张率,是二叠纪、三叠纪泛古洋的残余。地中海是中新世时曾封闭干枯的中生代古地中海,只是距今 500 万年前大西洋水冲破海峡灌入地中海。雅鲁藏布江地缝合线是大洋封闭后留下的疤痕,是中生代特提斯海的遗痕。以上三期均处于洋盆的衰退阶段。板块的分裂与聚合作用至少有 7 亿年,也可能长达 20 多亿年历史。2 亿多年前地球上所有大陆相连组成联合

古陆，当时只有环绕联合古陆的泛大洋，以后由于联合古陆破裂，各大陆漂移，其间才形成大西洋和印度洋。依据深海钻探资料认为所有大洋地壳是最近 2 亿多年以来新生的。古太平洋（泛大洋）萎缩为现今太平洋，其面积减少了 1/3 以上，太平洋虽然古老，但洋底年轻。更古洋盆的遗迹由于板块俯冲汇聚闭合于大陆内部。各种证据表明，古生代时，大陆由分而合，其间为关闭的古加里东洋、古乌拉尔洋、古阿巴拉契亚洋。

【海底地质构造】见“海洋地质构造”。

【岛弧与海沟】岛弧指大陆边缘的弧形岛屿链。主要分布在西太平洋边缘，是分隔大洋盆地和边缘海盆地的构造地貌单元。岛弧多以岛屿形式出现，大多呈弧形（如琉球群岛），但少数不是弧形（如俾斯麦岛弧和所罗门岛弧）。岛弧系有时与半岛相连，如千岛群岛和堪察加半岛相连。岛弧主要由火山岩和深成岩组成，现代岛弧有强烈地震和火山活动。按其地貌特征，岛弧可分为单弧型、双弧型和多弧型；按成因可分为原生岛弧和次生岛弧；按地理位置可分为陆缘弧和洋内弧。海沟指比相邻海底深 2000 米以上、两坡较陡的狭长深海洼地。海沟多分布于大陆边缘，主要集中于环太平洋地带。多数海沟位于岛弧向洋一侧，少数在陆侧边缘海盆地中（如南海东缘马尼拉海沟、珊瑚海中新赫布里底海沟）。海沟是海洋向大陆地壳的过渡地带，有强烈的地震活动，主要属浅源地震带。海沟一般长 500—4500 千米，宽 40—120 千米，水深达 6000 米以上，已知最大的深度 11034 米。海沟平均坡度为 5—7°，而两侧坡度多不对称，洋侧一般为 3—8°，陆侧一般大于 10°，如汤加海沟有的陡达 45°。海沟中沉积物厚度大多不超过 1 千米。关

于海沟的定义仍存在不同见解,若将水深超过 6000 米作为划定海沟与海槽的指标,则大洋中部许多深长洼地将列为海沟,但它们在构造及成因上与大陆边缘海沟迥然不同。在某些情况下海沟和海槽并无严格界限,如凯曼海沟称凯曼海槽、班达海沟称韦伯海槽,它们的水深均超过 7000 米。近年来,不少学者倾向于将海沟一词限于与岛弧伴生的边缘海沟。板块构造学说认为,大洋岩石圈随着地幔对流从大洋中脊产生扩张,当大洋板块潜没于陆侧板块之下时,摩擦作用使地幔物质增温发生分熔,岩浆上升形成火山,构成岛弧;靠近大洋一侧,由于大洋板块俯冲拖曳下潜,形成深海沟;弧后地区由于次生扩张而形成弧后盆地。

【海岸地貌】在海岸地带,由波浪、潮汐、海流等海洋动力作用及其生物作用,在地质构造、岩石性质、入海河流、地壳运动等因素影响下所形成的地貌。海蚀作用地貌主要有海蚀崖和海蚀平台。在海蚀崖下有海蚀穴、海蚀洞、海蚀窗,在海蚀平台上有海蚀柱、岩脊滩、海蚀拱桥。海积作用地貌系在波浪、潮汐横向运动和沿岸流纵向运动的动力作用下形成各种海积地貌。海积作用地貌主要有水下堆积台、水下沙坝、离岸坝、沿岸堤、海滩、海岸沙嘴、拦湾坝、湾顶滩、连岛坝等。地质历史上海面曾多次发生相对升降变化,古海岸地貌的遗迹或出露于海面以上不同高度及海面以下不同深度,如海面下降出露有海积阶地、海积平原、海蚀阶地、古海蚀穴、古海蚀崖等。19 世纪前海岸研究处于地形描述和资料累积初始阶段,1909 年戴维斯提出上升、下沉海岸的侵蚀轮回说,建立了海岸发育的系统概念;1919 年约翰逊发表《海岸过程和海岸发育》论著,使海岸地貌学成为一门独立学科。20 世纪 40 年代以来,海岸地貌学进入动力机制研究阶段,迅速形成海岸动力地

貌学,并应用波浪、潮汐等理论揭示海岸地貌的形成动力机理,如海岸动态过程、海岸分类、海岸环流、海岸水下地形、潮汐通道演变、海平面变化及海岸生态环境系统研究等。随着科学技术的发展,新技术的广泛采用,数理模型的应用,海岸地貌研究正向定量化和动态预测方向发展。

【海岸带】海洋与陆地相互作用的地带。现代海岸带包括三部分,由陆向海依次为海岸(亦称潮上带或后滨)、潮间带(亦称海滩、潮中带或前滨)、水下岸坡(亦称潮下带或外滨)。海岸带除包括现代海岸带外,还包括上升古海岸带和下沉古海岸带。古海岸带遗迹,在阶地上是一些抬升的海蚀阶地、海积阶地、沿岸堤、潟湖及海积平原等,残留在海底的古海岸带遗迹有溺谷、古贝壳沙堤、浅滩、古潟湖泥及古三角洲等。现代海岸带的宽度,一般为10千米左右,最大宽度达20千米,向海至水深10—15米处,最深达20米;在河口区向陆可延伸至潮区界,向海可延至淡水舌前端。任何类型海岸均有海岸带,但任何类型海岸并不一定都有上升古海岸带和下沉古海岸带。

【水下岸坡】平均低潮线以下波浪作用仍然起作用的浅水斜坡地带,包括下沉的古海岸带。水下岸坡又称潮下带,亦称外滨。其下限位置约相当于 $1/2$ 波长的水深处,通常位于水深10—20米等深线处。例如波高10米、波长200米的大浪并不罕见,在200米水深处波高不足2厘米;波高4米、波长60米的大浪,在60米深处的波高仅8毫米;而近岸区的波浪要小得多。因此,把 $1/2$ 波长的深度看作波浪作用的极限深度,外海传来的波浪进入水深小于 $1/2$ 波长的浅水区时,波浪中的水质点才能比较明显地扰动海

底，与海底发生相互作用。总之，该带是浅水波浪长期作用的地带，亦即波浪能够强烈搅动海底泥沙的浅水区域。

【潮间带】又称海滩，也称前滨或潮中带。海岸带的一部分，系指平均高潮线与平均低潮线之间的潮间陆地地带。该带于高潮时被海水淹没，低潮时出露为陆地，宽约数百米至数千米，随潮水涨落而反复处于海陆交替环境之下，是激浪作用最积极、最强烈的地带。海滩存在于高能量环境中，且总是处于一种变动状态。它是由波浪破碎后产生的上冲进流和回流作用形成的。海滩动态研究以激浪流理论为基础而进行，拍岸浪的力量在海滩上每平方米可达数千千克，给与海岸和海岸建筑物的压力每平方米达3—4万千克。为适应海滩资源利用开发和保护的需要，对其动态演变规律研究具有重要的理论和实践意义。

【海岸】现代平均高潮线以上的狭窄的沿岸地带，包括上升的古海岸带。这一地带又称为潮上带或后滨。现代海岸线以上的狭长地带在大部分时间内裸露于海面之上，仅在特大高潮和暴风浪时才被海水淹没。全球海岸的分类，通常是以形态成因原则而对各种海岸类型进行科学分类的。随着海洋地质学的发展，海岸分类亦不断完善，但由于海岸成因和形态复杂，各家分类标志尚不统一，先后提出10余种海岸分类方案，各自从不同角度对海岸类型进行了研究，以下归纳介绍影响较大的海岸分类。按板块构造海岸可分为板块前缘碰撞海岸、板块后缘拖曳海岸及边缘海海岸；按地质构造又可分为斜向海岸、纵海岸（达尔马其亚式海岸）与横海岸（里亚斯式），包括断层海岸和褶皱海岸；按海面升降划分为上升海岸、下沉海岸、中性海岸、复式海岸；按原始陆地上地形可

分为峡湾海岸、山地港湾式海岸、溺谷海岸、三角洲海岸、三角湾海岸；按海洋动力作用可划分为海蚀海岸（后退海岸）、海积海岸（前进海岸）和复式夷平岸；按生物分类又可分为珊瑚礁海岸、红树林海岸、贝壳堤海岸及沼泽草地海岸；按岩石性质可分为基岩海岸和松散沉积物海岸。基岩海岸又可划分为各种岩性海岸（如火山岩海岸、石灰岩海岸等），松散沉积物海岸又有砂质海岸、砾石海岸、砂砾石海岸、砂泥质海岸和淤泥质海岸。

【贝壳堤海岸】在波浪作用强烈的海岸带，由海生贝壳碎屑、细砂、粉砂堆积的贝壳堤海岸。一般在波浪、潮汐作用为主的海湾，具有粉砂、细砂底质组成的潮间带，其水质清澈而坡度较陡，利于海生贝壳大量生长繁殖，激浪对海滩具有较强的冲刷扰动作用，滩地中被淘汰的死亡贝壳碎屑及泥沙被激浪流搬运到岸边，并抛至高潮滩，形成平行于海岸的贝壳堤。贝壳堤一般高数米、宽数十米至数百米，长数百米至数千米，平面上多条贝壳堤常呈帚状展布。贝壳堤斜层理结构清晰，碎屑物质纯净，磨圆分选良好，有明显交错层和透镜体。中国天津以东至海边粉砂淤泥质平原上曾发育过 4 期古贝壳堤海岸，贝壳堤的逐步东移和古黄河变迁密切相关。每次当黄河入海口南迁时，均造成渤海湾泥沙减少，波浪力增强，海岸遭侵蚀，进而发育了贝壳堤海岸。

【红树林海岸】在热带、亚热带受周期性海水侵淹的淤泥质海滩，生长以红树科为主的耐盐的常绿乔灌木植物群落的海岸。红树林中的植物以“胎生”方式进行繁殖，即种子在母体植株中发育，形成幼苗后坠入淤泥中生根固定。有密集的支柱根及特殊的板根和呼吸根，能减弱波浪强度和减缓潮流，促使悬浮泥沙在滩面沉积，

是良好的保淤护岸和促滩植物，是许多鸟类和其他动物的栖息场所。树干质地坚密可供建材、造船，枝叉可烧优质木炭，树皮可提取单宁，果实可酿酒，树叶可作绿肥和饲料。世界上红树林海岸主要分布在北纬 32° 到南纬 44° 之间，其中以赤道附近最为发育。中国红树林主要分布在海南、广东、福建、广西、台湾等省区的港湾、河口和其他隐蔽岸段，浙江南部沿海也已引种成功。

【峡湾海岸】滨海地区的山地受古冰川侵蚀作用形成的冰槽谷，因海水入侵淹没而形成的海岸。峡湾型海岸的特点是海岸高度曲折，多岛屿和半岛，港湾狭长深入陆地，海水深而谷坡陡峭，海岸常有冰川侵蚀遗迹和冰碛物。峡湾海岸常见于大陆山地海岸，以斯堪的纳维亚半岛西海岸最为典型，主要分布于挪威西岸、加拿大西岸、阿拉斯加东南海岸、新西兰南部沿岸、智利南部西岸。峡江的成因与峡湾相似，但港道较宽、地势较低、深度较小的称为“峡江”，以芬兰湾沿岸较为典型。

【溺谷海岸】在平原海岸中，河口段因陆地下沉或海面上升，海水淹没河口，形成岸边低缓多沉溺谷、口部有沙嘴的海岸。溺谷海岸水下保存有古河道，溺谷口往往因沙嘴阻隔留有狭窄通道，海岸曲折，多港湾河汊。沉溺谷海岸是下沉海岸的一种类型，是河口海岸分类中，入海河口在河流泥沙供应不足的情况下发生海侵时而形成的溺谷海岸，反之则形成三角洲海岸。若溺谷经潮流和波浪强烈冲刷，扩展成喇叭口型，则形成三角湾海岸。

【里亚斯式海岸】山地海岸中，由于海面上升或陆地下沉，构造线控制的沿岸谷地和山脉与海岸线平均走向大致直交，而形成的漏

斗状海湾、岛屿和半岛的海岸。它是横向海岸的一种，也称横海岸。海岸曲折，岬湾交错分布，呈锯齿状，以西班牙西北部大西洋沿岸的里亚斯地区最为典型而得名。又因大西洋的海岸多属这一类型，故亦称大西洋型海岸。中国福建部分海岸，也具有类似的性质。

【达尔马提亚式海岸】山地海岸中，由于海面上升或陆地下沉，构造线控制的沿岸谷地和山脉与海岸线平均走向大致平行，而形成的长条状港湾、岛屿或海峡的海岸。它是纵向海岸的一种，也称纵海岸。海岸平直，岛屿、半岛和海湾多与海岸线平行，以亚得里亚海东岸的南斯拉夫达尔马提亚沿岸最为典型而得名。又因太平洋的海岸多属这一类型，故亦称太平洋型海岸。中国闽浙的部分岸线也具有类似的性质。纵向海岸若发育大规模顺岸断层，则形成岸线平直陡峻的断层海岸，如中国台湾岛东海岸即为典型的断层海岸。

【海积海岸】由现代海积作用形成的海岸。海积作用主要通过波浪携带海岸带碎屑物质作横向和纵向移动而进行堆积。当波向线与岸线直交时，沉积物颗粒垂直于岸线横向运动；当波向线与岸线斜交时，沉积物颗粒沿岸线纵向运动。此外，在粉砂淤泥质海岸，由于该种物质常呈悬浮状态，故以潮流搬运堆积为主。海积海岸地势低平，形态较单一，岸线较平直，缺乏天然港湾。其上分布有海积阶地、沿岸堤、古潟湖、海岸沙丘、海积平原等。海积海岸类型主要有三角洲平原海岸、粉砂淤泥质平原海岸、砂砾质平原海岸、生物碎屑海岸、基岩砂砾质海岸，其次尚有基岩淤泥质海岸。中国每年由河流输送入海泥沙总量高达 26 亿吨，使黄海、

渤海沿岸广泛发育着海积平原。如黄河口近 10 余年来平均每年造陆 33.6 平方千米；又如，珠江三角洲海岸线平均每年以 10—15 米速度向海推进。

【海蚀海岸】由现代海蚀作用发育的海岸。海蚀作用主要是波浪侵蚀作用，它通过冲刷、研磨和溶蚀作用使岸线逐渐后退。海蚀海岸一般发育于陆地上升的海岸带，其中基岩海岸分布最广，发育最为明显。基岩海岸水深大，外来波浪能直接到达岸边，波浪压力及其压缩空气每平方米对岩壁的压力达 30—60 吨。被侵蚀下来的岩石碎屑随波研磨基岩，加大了海蚀作用的速度，加之海水对海岸基岩的溶蚀，塑造了海蚀崖、海蚀平台、海蚀穴、海蚀柱、海蚀拱桥等一系列现代海蚀地形；同时并保存有古海蚀地形。基岩岬角处由于波向线辐聚，动能增大，海蚀地形尤为典型。松散沉积物组成的海岸，由于入海河口泥沙供应不足或局地海岸上升形成海蚀海岸，但海蚀地形发育单调。

【海岸变迁】过去地质历史时期同一海岸地带海水入侵或海水从陆地退出现象。如意大利那不勒斯湾罗马塞拉比斯古庙 3 根 12 米高的大理石柱，距该庙地面以上 3.5—6.3 米处有海生贝壳钻凿斑痕小孔遗迹。经历史资料考证，该建筑于公元 2 世纪始建，13 世纪海水侵入，15 世纪淹至 6 米之多，16 世纪该地回升，至 1749 年在陆地海岸灌丛中发现而闻名于世。自古以来中国就有“沧海桑田”科学成语，表明中国是世界上认识海陆变迁的最早国家之一。关于海岸变迁的原因一般认为由于地壳运动和冰川消长引起的海平面升降最为普遍，前者多表现为区域性和局部性的变化，后者表现为全球性和周期性的变化。此外，还有海底构造运动引起洋

盆水容量增减、冰川均衡作用等导致的海平面升降。

【古海岸线】地质历史时期形成的海岸线称古海岸线。在确定古海岸线时，一般认为海相生物化石是最可靠的证据，如渤海湾、苏北、上海、浙江乐清湾等沿岸贝壳堤均系古海岸线。在黄海、东海大陆架滨海软体动物壳体及淡水、半咸水泥炭分布地带即代表当时的古海岸。至于根据海相微体化石来确定古海岸线则应用更为广泛。而历史资料和古文化遗址以及沉积学资料相互吻合时则更为可靠，如滦河三角洲滨外曹妃甸地区，据《滦洲志》记载，即古海岸线所在。

【海岸线】海面与陆地相交接的分界线。实际上，海面随潮汐作用等因素涨落变动，海岸线位置也随之迁移。海岸线一般指海岸带在多年平均高潮时海水所能达到的岸线。全世界海岸线总长度约为 43.9 万千米，中国大陆海岸线总长度 1.8 万千米，中国岛屿海岸线长 1.4 万千米。此外，平均低潮位的海岸线又称海滨线。

【古海滩】地质历史时期的潮间陆地。其研究内容为古海滩的岩体物质组成、形态、大小和分布，可确定古海岸地形、波浪方向和强度与物质供应多少及沉积环境。如海滩砾石是在强烈而稳定的水动力环境下形成的，颗粒磨损强烈趋近扁平状。海滩砂质沉积成熟度高，分选好，重矿物含量高，海滩层理具低角度交错层，沙堤向海坡以交错层为主，向岸坡主要为平行层理，常含贝壳构成的纹层。淤泥质海岸有多列沙体和贝壳堤，一般可作为不同时期的古海岸线。在平面上，海滩沙体随海湾、岬角变化而呈各种不规则状，且规模小。而在平直海岸带，海岸沙体呈伸长较宽的带

状或席状与岸线平行。在垂向剖面上，每层海滩沙体呈透镜状或席状，随着海水的进退而呈雁行状随之进退分布。

【海成阶地】因水动型海面升降或地动型陆地升降，使海蚀台或海滩抬升或下沉而形成的阶梯状地形。高于海面以上的上升阶地，即通常将由海蚀台构成的阶地称为海蚀阶地，阶面上往往残留有少量海相沉积物或有海蚀遗迹；由海滩构成阶地通常称为海积阶地。海面以下的下降阶地，一般称为水下阶地，阶面上往往被后期海相沉积物所掩埋。同一地区的海岸或海面在地质历史上曾经历过多次升降，可形成多级海成阶地。如晚更新世末全球气候变冷，冰川面积扩大，海面阶段性下降，距今 1.5—2 万年前曾降至现今海面以下 120—150 米处，大陆架上相应发育了多级海成阶地。冰后期以来海面上升，这些阶地又重沦为水下阶地。

【珊瑚岛】由珊瑚礁构成的岩岛或由珊瑚礁碎屑构成的灰砂（砾）岛。它属于大洋岛。主要分布于热带和亚热带，岛屿地势低平，海拔一般仅 4—5 米，面积很小，常以平方米计算。岛上有珊瑚碎屑组成的古岸堤、沙丘及珊瑚灰岩溶蚀沟槽。岛上多为鸟类栖息场所，并覆盖有较厚的鸟类层。珊瑚岛可在基底海底火山上发育，也可沿大陆或岛屿外缘发育，而在海洋中则多呈花环状及长蛇阵状。中国珊瑚岛主要发育于南海海域，其北界可达钓鱼岛附近海域，总数约占中国岛屿总数的 4.8%。石岛是南海诸岛中海拔最高的珊瑚岛，海拔高达 12 米以上。西沙群岛最大的珊瑚岛永兴岛，面积达 1.85 平方千米，海拔高 5 米。

【岸礁】又称裙礁或边缘礁。指沿大陆或岛屿边缘生长发育与陆地

相连的珊瑚礁。属珊瑚礁的一种。岸礁直接沿着岩石海岸生长，宽度一般数十米至数百米，最宽达数千米。退潮时可以见宽度不一的礁平台。现代最长的岸礁发育红海沿岸，断续绵延约 2700 余千米，分布水深约 36 米。中国海南岛东岸、雷州半岛南部和台湾岛南部恒春半岛沿岸均有岸礁分布，最宽处可达千米。

【堡礁】又称离岸礁，或称堤礁。有潟湖与陆地隔开的珊瑚礁。属珊瑚礁的一种。堡礁和海岸之间的潟湖，其一般水深 20—100 米，礁体通常宽约 500 米，最宽达数千米。礁体向外海坡度陡峭，退潮时多呈链条状列岛出露水面，潟湖内有孤立尖礁。世界上规模最大的堡礁，是澳大利亚东北岸断链状绵延的大堡礁，全长 2013 千米，宽 2—150 千米，距离海岸 16—24 千米，其间水深约 30 米。一般认为由于岛屿和陆地海岸缓慢下沉或海面上升，原岸礁区造礁珊瑚礁与沉降速率保持同步向上增长，同时礁体向海一侧增长快于向陆一侧，逐渐与海岸分离，其间有潟湖相隔，从而使岸礁演变成堡礁。

【环礁】海洋上呈环带状或马蹄状的珊瑚礁。属珊瑚礁的一种。环礁带状围绕潟湖，与外海多有水道相通，低潮时礁体往往出露于水面。环礁直径数十米至数十千米，宽度一般较窄，有时可大于 1.5 千米。环礁礁坪上常有灰砂（砾）岛或礁岩岛，统称为珊瑚岛。世界上最大的环礁是太平洋马绍尔群岛的夸贾连环礁和印度洋马尔代夫群岛的苏互迪瓦环礁，面积均超过 1800 平方千米。其中夸贾连环礁长 120 米，宽约 20 千米，面积为 2175 平方千米。中国南海诸岛大多属于环礁类型，礁体厚达 1 千余米。南海环礁类型多样，有全封闭的玉琢环礁、三通道的华光环礁、多通道的永乐

环礁、半月形全开放式的宣德环礁。关于环礁成因，一般认为是由于堡礁或岸礁环绕的岛屿继续下沉或海面上升，岛屿被海水淹没，珊瑚礁继续向上生长，原岛屿范围成为潟湖，由堡礁或岸礁演变为环礁。

【海底地貌】 又称洋底地形。海水覆盖下的地球起伏形态的总称。整个海底地貌可分为大洋中脊、大洋盆地和大陆边缘三个巨型基本地形单元。三个地形单元又可进一步划分出一些次一级的海底地形类型。大洋中脊一般位于大洋中部，大洋盆地位于大洋中脊和大陆边缘之间，大陆边缘则位于大陆和洋底两大台阶面之间的广阔过渡地带。大洋中脊和大洋盆地构成了大洋的主体。(1) 大洋中脊是地球上最大、最长、最宽的环球性洋中山系，面积占海洋总面积 33%。大西洋中脊呈“S”形，印度洋中脊呈“入”字形，太平洋中脊则因位置偏东且起伏较缓而称为东太平洋海隆。三大洋中脊在南部相互串连，北端伸入大陆。洋中脊地形起伏比较复杂，脊顶水深一般 2—3 千米，高出两侧洋底 1—3 千米；中央裂谷切入中脊 1—2 千米；脊翼区有纵向岭脊和谷地相间排列，平行于中脊轴；横向断裂把中央裂谷和纵向岭脊显著平错；火山地形沿中脊轴向广泛发育，岭谷起伏由脊顶到脊翼愈益减小。(2) 大洋盆地一侧与大洋中脊坡麓相接，另一侧与大陆隆或海沟相邻，其轮廓受中脊分布格局控制，面积约占海洋总面积的 45%。许多大洋盆地被海岭等正向地形分割成多个次一级深海盆地。深海盆地水深一般 4—6 千米，其底部发育有深海平原、深海丘陵、海丘和海山等地形。此外，洋盆区可散布有海底高原（海台）、海槽等正负地形。(3) 大陆边缘位于大洋盆地与大陆之间，面积约占海洋总面积的 22%，可划分为大西洋型和太平洋型两类大陆边缘。大

西洋型大陆边缘地形宽缓，由大陆架、大陆坡和大陆隆（大陆坡与深海平原之间向海缓倾的巨大楔状沉积体）构成。太平洋型大陆边缘则大陆架窄，大陆坡陡，大陆隆多由海沟取代。其中，又可分为两类，一类是海沟—岛弧—边缘海系列，另一类是海沟直逼陆缘的安第斯型。一般在大陆架上有古海岸线侵蚀和堆积地貌，大陆坡上有海底峡谷，峡谷口发育有海底扇等地形。

【海沟】 见“岛弧与海沟”。

海底地貌

【海槽】 又称舟状海盆。海底上较长而宽，且两侧坡度较平缓的凹陷地带。海槽一般较海沟规模小，水深相对也小，是比海沟相对宽浅的长条形洼地，主要在边缘海中出现。在划分海沟和海槽时，一般从洋底水深为5000—6000米的事实出发，把深度超过6000米的细长洼地称为海沟，而海槽水深一般则小于6000米。实际上在

某种情况下，二者并无严格界限，例如西南日本海沟亦称南海海槽，凯曼海沟亦称凯曼海槽，班达海沟亦称韦伯海槽。东海东部的冲绳海槽为较典型的海槽，其北部深 700 米左右，其南部最深达 2719 米，海槽两侧坡度约 10° ，槽底坡度极小。目前，关于海沟、海槽的定义尚存不同的见解。若将 6000 米以深的长条形洼地列为海沟，则大洋中部的许多深长洼地均应划归海沟，但这些沟槽却常沿断裂带发育，在构造和成因上与大洋边缘的海沟完全不同。近年来不少学者认为海沟一词应限于同火山岛弧伴生的边缘海沟。

【边缘海盆地】 边缘海中的深海盆地，亦称边缘盆地或弧后盆地。是位于岛弧陆侧的深海盆地，它可在岛弧和大陆之间，也可在岛弧和岛弧之间；可单个出现，也可被海岭分隔成多个次级海盆。如日本海及鄂霍次克海均属岛弧与大陆之间边缘盆地，而菲律宾海则属岛弧和岛弧间边缘盆地，并被海岭分隔成多个次级海盆。边缘海盆地大多属于大洋型地壳，如南海海盆；有的则属于过渡性地壳或变薄陆壳，如冲绳海槽属于后期弧后盆地的雏形。边缘海盆地一般呈现地堑-地垒式地形特征，盆地中多正断层和地堑张性构造，断裂与相邻岛弧近于平行，盆地中沉积盖层厚约数百至数千千米，其物质主要来源于大陆和岛弧。多数的边缘海盆地，其热流值较高，且大多形成于新生代。

【深海平原】 深海盆地底部平原，地球上最平坦的区域。亦称深海盆地。深海平原通常位于大陆隆和深海丘陵之间，水深 3000—6000 米，地面坡度小于 $1/1000$ ，有的甚至小于 $1/10000$ 。平原基底属于大洋型地壳。原深海丘陵等起伏不平的地形被深海沉积物

所淤平，沉积物主要来源于大陆架陆源物质，浊流沿陆架坡将陆源沙和粉砂带来与远洋沉积交互堆积，并填平洼地超覆丘陵，深海沉积物近大陆坡厚度大，远大陆坡厚度小，平均厚度达 1000 米。深海平原在各大洋均有发现，其中大西洋最为普遍，太平洋主要分布在东北太平洋海盆，原因则在于太平洋海沟广布，阻拦了大量陆源物质，而大西洋少海沟却多大河，且泥沙供应充足。深海平原多光滑平整水平状，有的微倾斜或缓波状，大的深海平原可延伸数百至数千千米。深海平原确定于 1947 年大西洋洋脊的考察中，以后在其他大洋中亦陆续发现。

【深海丘陵】大洋底部的水下丘陵，通常不高于海底 500 米，简称海丘。深海丘陵位于水深 3000—6000 米处，起伏较为平缓。一般海丘呈圆形或椭圆形，直径达数千米，小者不足 1 千米，坡度约为 $1—15^{\circ}$ ，多为玄武岩流组成的小型盾状火山丘。有些丘陵呈长条状延伸，并有数个海丘峰顶。深海平原靠大洋中脊一侧丘陵广布，称深海丘陵区。深海丘陵基岩裸露，有的有薄层沉积，如果深海丘陵上覆沉积层较厚，往往构成波状深海平原。深海丘陵在各大洋中均有分布，但在太平洋中，则由于海沟拦截陆源物质结果，深海丘陵分布最为广泛，约占太平洋底面积的一半以上；而在大西洋中，深海丘陵呈条带状延伸，平行于大洋中脊两侧。广义的海丘指深海丘陵，狭义的海丘指少数散布在深海平原中的单个丘陵。

【深海高原】又称海台或称海底长垣。顶部平坦开阔伸展的海底高地。深海高原台面较平坦，起伏较小，边坡一般较陡，但有的也较和缓。一般高于周围海底 1000—2000 米以上，可绵延数千千米，

通常无明显的地震和火山活动。按其所在的位置不同，可分为洋中海台和边缘海台。洋中海台指洋中孤立的海底高原，上覆钙质为主的较厚沉积物，水深多在 4000—5500 米。有的则具有陆壳性质，认为是从大陆分离出来沉降的微型陆块，如印度洋马斯克林海台。边缘海台指发育于大陆边缘上的海底高原，一般有花岗岩基底，水深多在 500—4000 米，是大陆坡或岛坡上的平坦面，如美国东南岸外布莱克海台。深海高原在太平洋和印度洋分布最广，如太平洋马绍尔群岛和夏威夷群岛之间的海台长 2800 千米，宽 900 千米。

【海岭】亦称海底山脉，又称海脊。狭长的海底山脉。海底山脉坡度陡峻，一般高出海底 2000—3000 米，通常处于海平面以下，有的峰顶出露海面成为岛屿，如夏威夷群岛周围海盆水深 5000 余米。世界上著名的印度洋东经 90 度海岭长达 4500 千米以上，结构属大洋型地壳。一些海岭往往由链状火山构成，如太平洋的夏威夷海岭、天皇海岭。上述海岭缺乏地震活动，也称无震海岭，或称不活动海岭。大洋洋脊是最为壮观的海底山脉，世界上最典型的海岭是大西洋海岭，也称大西洋中脊。印度洋中脊的三支分别称中央印度洋海岭、西南印度洋海岭、东南印度洋海岭。太平洋洋脊由于位置偏东、坡度平缓，故称东太平洋海隆。三大洋洋脊南端彼此相连，北端伸入大陆和岛屿（大西洋中脊穿过冰岛，与北冰洋中脊相连）。大洋中脊全长 8 万千米，占大洋总面积 32.7%。

【海山】海底上孤立或比较孤立的，且坡度较陡有较小峰顶区的高地。海山有尖顶的和平顶的两种，顶部平坦的海山，称平顶山或

盖奥特。海山多高于洋底 1 千米以上，高 1—2 千米的小海山数量众多。其坡度多为 5—15°，较陡的达 35°。海山在各大洋分布广泛，且大小悬殊，总计达 2 万余座，其中太平洋内估计多达 1 万座，多集中于该洋西半部。海山实际上多是火山（死火山或活火山），即使一些海山顶部有珊瑚礁，但其基底也是火山，基岩多为玄武岩类。一般认为，平顶海山是波浪削平的，因为在平顶海山顶部采集到磨圆的玄武岩砾石及浅水环境的珊瑚等化石。目前，平顶海山处于水下数百米至数千米，反映了海底火山曾发生可观下沉。平顶海山在太平洋、大西洋和印度洋均有发现，其中也是太平洋最多。

海山和平顶海山

【海丘】 见“深海丘陵”。

【海槛】 分隔海盆之间的水下隆起。两个海盆之间海水能进行水平流动的最大深度即是海槛的深度。如在直布罗陀海峡，分隔大西洋海盆和地中海海盆的海槛深度为 320 米。由于地中海与大西洋之间海槛的深度太浅，双方水交换仅限于表层水，因此地中海是世界上营养盐类最贫乏的大型水域。西西里岛与突尼斯北端之间的海槛深 366 米，分隔地中海中的第勒尼安海盆和爱奥尼亚海盆。

【海渊】海沟中已测得的最深陷部分。通常以测得此深度的考察船只的名字命名,如马里亚纳海沟的裴查兹海渊,测得深度是 11034 米,是世界海洋已知最深处。也有称深度超过 6000 米的海沟为海渊。

【海洋能资源】海洋本身蕴含的能源总称。广义地讲,除包括海洋本身蕴含的各种动力能、热能和物理化学能量之外,还应包括海底石油、天然气资源,溶解于海水中氢、钠、锂、铀、重水等资源,海洋风能资源以及海洋生物能等资源。由于海洋矿产资源、海洋化学能资源和海洋生物能等资源开发已形成独立的海洋工程技术科学,因此现在通常所称的海洋能资源主要指海本身蕴含的能量,如海洋潮汐能、波浪能、海流能、潮流能、海水温度差能、海水盐度差能等。它们的特点是:(1) 无污染;(2) 蕴藏丰富,且可再生。据估计,全球温差能可用功率达 10^{10} 千瓦,潮汐能、波浪能、海流能、海水盐度差能等可再生功率达 10^9 千瓦。(2) 能源密度小,能源分布不均。(4) 能量多变,部分海洋能不稳定。由于海洋能处于海洋环境中,致使能量转换技术比较复杂,所以海洋能的开发投资费用昂贵。但在缺乏能源步沿海地区和岛屿,将它作为一种补充能源而加以开发利用还是可行的。

【海洋矿产资源】海洋中的各类矿产资源,包括海滨砂矿。海洋矿产资源丰富,从海岸到大洋均有分布。按其成因和存在状况,可分为三大类:(1) 砂矿:主要源于陆上岩矿碎屑,经过水的搬运和分选,最后形成矿床。砂矿分布广,有的开采量很大,如世界上 96% 的锆石和 90% 的金红石均产自海滨砂矿。常见的主要砂矿有砂金矿、砂铂矿、金刚石砂矿、砂锡矿、砂铁矿和复矿型砂矿

等。(2) 海底自生矿产：主要由化学作用、生物作用和热液作用等在海洋中生成的自然矿物，或直接或经富集后形成矿床。如磷灰石矿、海绿石、重晶石、海底锰结核、多金属热液矿和多金属结壳。(3) 海底固结岩层中的矿产：主要是陆上矿床向海底下的延伸。首先是石油、天然气，它是最重要的海底矿产资源。据估计，世界上浅海油气资源量约有 1000 亿吨原油和相当于 556 亿吨原油的天然气以及 500 亿吨二次可采原油和 300 亿吨重质原油。目前海上产油量约占世界总产量的四分之一。其次是硫矿（常赋存于盐丘顶部）和煤矿（对一些陆上贫煤国家和地区具有开采价值）。

【海洋油气资源】埋藏在海底的石油和天然气。无论其生成条件是否属于海洋环境，均列入海洋油气资料。海底蕴藏有丰富的石油和天然气资源。据 1979 年统计，世界近海海底已探明的油气可采储量分别为 220 亿吨和 17 万亿立方米，占当年世界油气探明总可采储量的 $\frac{1}{3}$ 。有的科学家认为全球具有含油气远景的海洋沉积盆地面积共有 7800 万平方千米，约与陆地上具有含油远景的沉积盆地面积相当。目前海洋油气资源的勘探和开发主要集中在大陆架区，然而在水深较大的大陆坡和大陆隆也拥有良好的油气远景。近 20 年来，世界各地共发现了 1600 余个海洋油气田，其中 70 余个是大型油气田。目前已开发的近海油气田主要集中在波斯湾、墨西哥湾、西非尼日尔河三角洲、马拉开波湖、北海、东南亚等。中国近海具有含油气远景的沉积盆地有 7 个（渤海湾盆地、南黄海盆地、东海盆地、台湾盆地、珠江口盆地、莺歌海盆地、北部湾盆地），面积共达 70 万平方千米，而且海底油气资源的勘探和开发工作已逐步开展。

【海滨砂矿资源】亦称滨海砂矿。富集于滨海地区的各种砂矿资源。它是在海滨地带由河流、波浪、海流的及冰川、风的作用使重矿物聚集而成的矿床。另外，现已淹没于水下的陆架上的古河床及冰期低海面形成的海滨砂矿也都是寻找海滨砂矿的理想场所。据统计，世界上产于海滨砂矿的某些矿产的生产量与同类矿产总产量的比例为：锆石占 96%，金红石占 98% 以上，独居石占 80%，锡石占 75%，钛铁矿占 30%，砂金占 6%，金刚石占 5.4%。海滨砂矿已占世界海底矿产经济产值的第二位。世界海滨砂矿广泛分布于北纬 60° 至南纬 50° 的温带—热带—温带大陆边缘沿海和近海广大地区。其中，稀有金属矿产主要分布于印度半岛、斯里兰卡、中国南部、大洋洲、非洲海岸；贵重金属中的砂金、砂铂主要分布于美国阿拉斯加、新西兰、俄罗斯东部海滨、澳大利亚及塞拉利昂；有色金属中的砂锡主要分布于东南亚的泰国、马来西亚、印度尼西亚等；黑色金属中的磁铁矿主要分布于加拿大、日本、俄罗斯，钛磁铁矿主要分布于新西兰，铬铁矿主要分布于美国西海岸；特种或稀有非金属中的金刚石砂矿主要分布于西南非洲沿岸和近海。中国海滨砂矿蕴藏丰富，主要分布于胶东半岛、辽东半岛、广东、台湾沿岸，且多属于复矿型砂矿，如钛铁矿、锆石、独居石、金红石、磷钇矿、砂锡矿、铌铁矿、钽铁矿、钪矿、砂金、磁铁矿、石英砂、金刚石等。海滨砂矿资源的特点是：分选程度好，品位高；一矿床含多种矿物，可综合利用，矿层松散，易采易选；砂矿粒度小，选矿简单，便于开发利用。

【深海多金属结核】又称深海锰结核、锰矿球、锰矿瘤、锰团块。含有多种金属元素（铜、钴、镍等）的自生于深海底的矿物结核。

结核的直径一般为 1—15 厘米，颜色为深褐色，形状似马铃薯。其主要成分为锰、铁的氧化物和氢氧化物。这些矿物是经过复杂的沉积过程在 2 000~4 000 米深海底形成的。在结构上，结核一般是不同颜色的同心圈，它仿是围绕岩石、动植物残骸的微小颗粒生长形成的。多金属结核的特点是储量大，且能不断增长。关于其总储量，有人估计为 3 万亿吨。仅太平洋即有 1.7 万亿吨（一说为 1—2 千亿吨），其中含锰 4 千亿吨、镍 164 万吨、铜 88 亿吨、钴 58 亿吨。目前估计，多金属结核形成的速度为每年 1 千万吨。虽过多金属结核在世界各大洋均有分布，但以太平洋富集度最高、远景最好，而大西洋和印度洋较差。而且，在同一大洋的不同地区，其形状、表面结核、内部构造和富集度差异甚大。

【多金属结壳】又称富钴锰结壳锰结壳。由岩石基核和金属壳层组成。其外形和组分因地而异，变化较大。据调查，在太平洋莱恩群岛海岭、夏威夷海岭、马绍尔群岛、中太平洋海山群等海山和海台顶部及斜坡上广泛分布有富钴锰结壳，其覆盖率一般大于 50%，平均富集度达 20 千克/米²；个别地区覆盖率可达 80%—90%，而且结壳壳层很厚，一般为 2—4 厘米，最厚者达 7—9 厘米。中太平洋海山区锰结壳的化学成分变化很大，各种金属含量的变化范围为：锰 5%—34%，铁 6%—22%，镍 0.2%—1.3%，钴 0.1%—2%，铜 0.02%—0.11%。锰结壳中钴含量相当高，一般超过 0.3%，有的可达 2%—2.5%，这与陆地钴矿边界品位（0.3%）相比则显得相当高；铂的含量也较高，可达 0.6%。中太平洋海山区锰结壳分布区深度较浅，一般均小于 3000—1100 米，故容易开采。考虑到目前钴的市价比钼和镍高数十倍，因此锰结壳的经济价值不亚于锰结核，是有远景的矿产资源，故被誉为第

三种深海底矿产资源。

【海底热液矿床】与含矿热液从海底喷口喷出的热泉有关的一种多金属硫化物矿床。据不完全统计，世界上已确定的此类矿床或矿点有 11 处。按其产出位置，可分为大洋中脊型、岛弧-边缘海型、热点型和活动断裂型。例如红海是最早发现多金属热液矿床的地方，其中又以阿特兰蒂斯Ⅱ号深渊最为著名。在 2000 米深处，高温（60℃）、高盐度（达 25）卤水层厚达 200 米，含铁、锌、铜量分别为正常海水的 8000 倍、500 倍和 100 倍。深渊底部为富含多种重金属的杂色软泥覆盖。据估计，该矿床规模极大，锌的储量可达 320 万吨，铜 80 万吨，铅 8 万吨，银 4.5 千吨，金 45 吨，具有潜在的经济价值。

【海洋化学资源】海水中为人类所能利用的、有经济价值的各种稀缺的化学元素、化合物和核能物质。海洋水体是地球上最大的连续矿体，其储量为 13.18 亿亿吨左右，为地球上总水量的 97%。而溶解于海水中的盐类，每立方千米海水中，则含有约 3.5 千万吨之巨。从经济开发角度，海洋化学资源可分为：（1）海洋盐业资源：海洋中含有大量盐类，其中以氯化钠为最多。若将世界海水中的盐类全部提取出来平铺在陆地上，则全球陆地的高度可增加 150 米；假如所有的海水都蒸发干，则余下的盐层平均厚达 60 米。（2）海洋淡水资源：海洋中最重要的资源，首先是水本身。由于人类对可用水的需求量不断增长，致使海水淡化成为海洋开发的重要组成部分。（3）海洋微量元素资源：海水中除 11 种主要溶解成分（钠、镁、钙、钾、锶离子和氯根、硫酸根、碳酸氢根、溴根、氟根离子及硼酸分子，它们占海水中所有溶解成分的 99.9%）

都是微量元素，如氮、磷、硅和铁、铝、锰以及铜、铅、锌、镉、铬、铀等。

【海洋盐业资源】见“海洋化学资源”。

【海洋淡水资源】见“海洋化学资源”。

【海洋微量元素资源】见“海洋化学资源”。

【内水】指一国领海基线以内的水域，包括湖泊、河流及其河口、内海、港口、港湾、领海内海峡以及其他位于领海基线以内的水域。《联合国海洋法公约》（1982年）第八条规定：“领海基线向陆一面的水域构成国家内水的一部分”。内水与陆地领土一样，是沿海国领土的组成部分，沿海国对其拥有完全的排他的主权，有权制定自己的内水制度，有权禁止外国船舶进入其内水航行。但如采用直线基线作为领海基线，使原来并未认为是内水的区域被包围在内而成为内水，则在此水域内外国船舶可享有无害通过权。

【领海】有时称领水。指处于沿海国主权之下、位于其陆地领土及其内水以外邻接的一带海域。领海是国家领土在海中的延续，属于国家领土的一部分。国家对领海行使主权，对领海内的一切人和物享有专属管辖权。国家对领海的主权及于领海的上空及其海床和底土。领海的划分方法是首先确定领海基线（即起算领海宽度线）。在海陆分界明显、海岸线较平直的地方，通常以海岸的低潮线作为领海基线（即“正常基线法”，或称“自然基线法”）；在海岸线较曲折或海岸附近有一系列岛屿区，可在海岸突出处或邻

近的岛屿上确立若干点为基点，将各基点的曲折连线作为领海基线（即“直线基线法”或称“折线基线法”）；或将上述两种方法交替使用。其次是划定领海的外部界限（它是一条每一点同领海基线上的最近点的距离等于领海宽度的线）。关于划定领海的外部界限的方法，国际上通常有交圆法、共同正切线法和平行线法三种。关于领海的宽度，国际上没有统一的规定，最窄者为 3 海里，最宽者为 200 海里。中国领海宽度为 12 海里，并采用直线基线法来划定领海。沿岸国家在其领海中行使自然资源的所有权、沿岸航运权、国防保卫权、边防与关税和卫生监督权、管辖权及领空权等主权，同时必须承认外国船舶享有无害通过权。

【内海】四周被大陆或岛屿、群岛所包围，但有狭窄水道或海峡与大洋相通的海。属于广义的内海。世界上内海的总面积为 3184.9 万平方千米，占世界海洋总面积的 8.8%。另一类内海是完全为陆地所包围而不通海洋的，这是严格意义的内海，也是绝对意义的闭海或封闭海。按照内海的水文状况、海底地质及地貌特点，通常将面积较小、平均深度浅、地貌较单纯、深入一个大陆并受大陆影响较显著者称为陆内海或陆内地中海，如渤海、波罗的海；面积大、水深较大、海底地质及地貌较复杂、位于大陆几个大陆之间，受大陆影响较弱者称为陆间海、陆间内海，如加勒比海、地中海。

【专属经济区】领海以外并邻接领海，具有特定法律制度的区域，其宽度自领海基线量不超过 200 海里。在该区域内，沿海国享有以勘探和开发、养护和管理自然资源为目的的主权权利，以及对于人工岛屿、设施和结构的建造和使用，海洋科学研究、海洋环

境的保护和保全的管辖权。其他国家则享有航行、飞越、铺设海底电缆和管道等自由。无论从地理位置或法律性质上说，专属经济区都是介于领海和公海之间的第三种海域。据计算，在实行专属经济区制度情况下，大约有 1.05 亿平方海里，即将近世界海域总面积 36% 的海域将处于沿海国的管辖之下。在此部分区域内提供了 94% 的世界总渔获量和蕴藏着 87% 的已探明的世界海洋石油储量。专属经济区作为一项法律制度，为沿海国维护国家主权，保护和管理沿岸自然资源，使之用于发展民族经济，提高本国人民生活水平，提供了法律保障，因而受到许多沿海国，特别是发展中沿海国的赞同和支持。

【毗连区】 又称连接区、特别区、保护区、补充区、尊重区或专门管制区。毗连一国领海并在领海外一定宽度的区域。在此区域内，沿海国为了保护渔业、管理海关和财政税收、查禁走私、保障国民健康、管理移民，以至为了安全等需要，制定相应的法律和规章制度，行使某些特定的管制权。毗连区是保护沿海国权利和利益的重要海域之一。从各国的实践来看，毗连区的种类很多，有：专属渔区、渔业保护区、海关缉私区、卫生区、移民区、要塞区、中立区、刑事或民事管辖区、防止污染区等。《联合国海洋法公约》第三十三条规定：“……2. 毗连区从测算领海宽度的基线量起，不得超过 24 海里。”这就是说，毗连区的宽度与领海的宽度之和，不得超过 24 海里。

【公海】 法律概念。它的地位及其所指的范围随着时间的推移而有所变更。按照国际法的传统观念，各国领海以外的海域统称公海。由于近年来广大第三世界国家维护海洋权斗争的结果，以及专属

经济区、大陆架制度的建立，国家管辖范围内的海域日益扩大，而公海的范围日益变小。《联合国海洋法公约》第六十八条明确指出：“公海部分的规定适用于不包括在国家的专属经济区、领海或内水或群岛国的群岛水域内的全部海域。”

【国际海底区域】国际海底区域的制度，所涉及的是各国大陆架以外的深海海底的制度，即各国管辖范围以外的海床、洋底及其底土的制度。它的出现，是人类社会的政治、经济和科学技术发展到现阶段的产物，是国际海洋法发展史上的一个新的重要的里程碑。在国际海洋法中，近年来已确定了国际海底区域的法律地位。国际海底区域不同于地球上任何其他种类海域（领海、专属经济区、大陆架或公海），不得由任何国家据为己有或由任何国家自由开发，而是人类的共同继承财产。

【海洋环境污染】由于人类的活动，直接或间接地输入某些物质和能量带入海中而引起海洋环境质量变化。其种类可有海洋石油污染、海洋重金属（汞、镉、铅、锌、铬、铜）污染、海洋有机物污染、海洋放射性污染、海洋农药污染、海洋病原体（细菌、病毒、寄生虫等）污染等。其特点是污染源广、持续性强、扩散范围广、防治困难。受到海洋污染危害的方面主要有：人类的健康、海水淡化、制盐业、海洋生物和水产资源开发、旅游业、海上交通和海洋工程等，其中受害最甚者是水产业和旅游业。其防治措施主要是：坚持海洋开发与海洋环境保护协调发展的方针；深入开展海洋污染的科学研究；健全海洋环境保护法制；建立一支海上消除石油污染事故的力量；加强有关保护海洋环境、防治污染的宣传教育；加强国际合作，共同保护海洋环境。

【赤潮】又称红潮。由某些微小浮游生物大量繁殖和高度密集所引起的海水变色的自然现象。一般发生在近岸海域晚春至早秋季节。发生赤潮时海水常带有粘性，并有腥臭，故渔民俗称“臭水”。发生赤潮的海水的颜色，随浮游生物的种类和数量而异，一般呈红色或近红色。例如，由一种蓝藻——束丝藻产生的赤潮呈红色；夜光虫产生的赤潮为桃红色；腰鞭毛虫类产生的赤潮则呈褐色。20世纪60年代以来，由于城市生活用水和工业废水的大量排放，造成沿岸和海湾水域富营养化，也能出现赤潮。赤潮能杀死贝类、虾类和鱼类，并可使渔汛推迟、鱼群分散，难于捕捞，故对渔业危害很大。

【海洋倾废】通过船舶、航空器、海洋平台或其他各种载运工具，向海洋抛洒处置废弃物和其他物质；向海洋弃置船舶、航空器、平台和海上人工构造物，以及向海洋处置由于海底矿产资源的勘探开发及与勘探开发相关的海上加工所产生的废弃物和其他物质。为实施《中华人民共和国海洋环境保护法》，严格控制向海洋倾废废弃物，防止对海洋环境的污染损害，保持生态平衡，保护海洋资源，促进海洋事业的发展，我国于1985年3月6日颁发了《中华人民共和国海洋倾废管理条例》。其中，根据废弃物的毒性、有害物质含量和对海洋环境的影响等的大小将其依次分为一、二、三类，并规定须经国家海洋局批准，依次分别获得紧急许可证、特别许可证和普通许可证后，方可到指定的区域按规定的方法倾倒。

【海洋污染监测】为保护海洋环境而进行的监测工作。海洋环境保护工作包括海洋污染调查、监测和研究，而海洋污染监测工作是

在特定海域进行污染调查并初步掌握其污染状况之定期进行的。其主要任务是：（1）监测污染物的浓度及其他指标；（2）估量污染物对人类和海洋生物等的影响；（3）当污染物超标时发布警报等。其监测的内容包括水质监测、底质监测、大气监测及生物监测。其监测方法有：（1）现场监测：指现场采样、观测及使用多参数自动监测仪器自动观测；（2）遥感遥测：使用感应红外遥测装置，激光遥测仪和人造卫星监测石油、温排水及放射性污染物等污染。自 70 年代以来，国际上相继开展了国际性和区域性的海洋污染监测，沿海国家陆续建立了国家级海洋污染监测网络，如中国在 1978 年建立了“渤海、黄海环境监测网”的基础上，又于 1984 年建立了“全国海洋污染监测网”。

【海洋】地球上具有相似盐类成分的水域。海洋的总面积为 3.61 亿平方千米，约占地球总面积的 71%。平均深度为 3800 米，最大深度为 11034 米，容积为 13.7 亿立方千米。在北半球海洋面积占该半球面积的 61%；在南半球，海洋面积占该半球面积的 81%。根据地球表面海陆位置相对集中情况，可将地球划分为水、陆两个半球。水半球以在南纬 42°与 180°经线交汇处为中心，海洋面积占该半球面积的 90.5%；陆半球以在北纬 42°和 0°经线交汇处为中心，海洋面积占该半球面积的 47%。由于地球表面大部分为海水所覆盖，因此可以形象地将地球称之为水球。一般来说，海洋的中心部分称之为洋，边缘部分称之为海，海与洋彼此沟通，组成统一的世界海洋或称大洋。

【洋】海洋的主体部分称为洋。一般远离大陆，深度较大，面积广阔，盐度、水温、水色、透明度等不受大陆影响，并有独立的潮

汐系统和强大的洋流系统。世界上洋的总面积为 3.2 亿平方千米，占全球海洋总面积的 89%，占地球总面积的 63%。海水盐度为 35 左右。通常全球大洋可分为太平洋、大西洋、印度洋和北冰洋四大洋；也有人分为太平洋、大西洋、印度洋三大洋；近来有人分为太平洋、大西洋、印度洋、北冰洋和南大洋五大洋。太平洋是世界第一大洋，约占世界大洋总面积的二分之一，略呈圆形展布于美洲与亚洲、大洋洲之间。大西洋位于美洲和非洲、欧洲之间，大体呈 S 形，居世界大洋第二位。印度洋面积次之，位于非洲、亚洲、大洋洲与南极洲之间，略呈三角形。北冰洋面积最小，大致位于以北极为中心的、以北极圈为界的欧亚大陆、北美洲之间，呈近似圆形展布。

【太平洋】世界上最大、最深、边缘海和岛屿最多的大洋。它位于亚洲、大洋洲、美洲和南极洲之间。北面以白令海峡与北冰洋相连；南达南极洲；东南以南美洲南端（合恩角， $69^{\circ}55'W$ ）至南极半岛（ $61^{\circ}12'W$ ）的连线与大西洋分界；西南界尚有争议，一般认为自马六甲海峡北端，沿苏门答腊岛、爪哇岛、努沙登加拉群岛至新几内亚岛（伊里安岛）南岸的锡比迪里（布季），越过托雷斯海峡与澳大利亚北端约克角的连线，以及澳大利亚塔斯马尼亚岛东南角至南极大陆的经线（ $146^{\circ}51'E$ ）与印度洋分界。太平洋南北最长为 15900 千米，东西最宽为 19900 千米，总面积为 17868 平方千米，平均深度为 3957 米，最大深度为 11034 米，容积为 70710×10^4 立方千米，均居世界大洋之首。该洋有许多边缘海，而且绝大部分集中在亚洲沿岸，如白令海、鄂霍次克海、日本海、黄海、东海和南海等。该洋有岛屿 1 万余个，主要分布在中部和西部，其中新几内亚岛（伊里安岛）是世界第二大岛。流入太平洋的河流

有亚洲大陆的长江、黄河、珠江、黑龙江及湄公河以及美洲大陆的育空河、哥伦比亚河及科罗拉多河等。该洋东西两岸的海岸类型有明显差别。东海岸的山脉走向与海岸平行，岸线平直陡峭，大陆架狭窄；西岸自北向南分布着一系列的岛弧，岛屿错列，岸线曲折，岛弧后深海盆较浅，大陆架宽广。洋底地形的主要特征是环绕大洋边缘有一连串巨大深海沟，大洋中脊（东太平洋海隆）则偏于太平洋东南一侧。按地形和地质构造，太平洋大致可分为三部分：（1）东部的东太平洋海隆（长 1.5 万千米，水深 1—4 千米，宽 2—4 千米）及东北太平洋海盆区；（2）中部的大洋盆地区（海岭、海山和平顶海山最为密集，其间分隔成西北太平洋海盆、中太平洋海盆和西南太平洋海盆）；（3）西部的岛弧-海沟-边缘海区（多地震和火山）。太平洋盆地中的沉积物以褐粘土、生源沉积（硅质软泥和钙质软泥）为主，并有浊流沉积和海底火山沉积等。太平洋气候以热带和亚热带气候为主，兼有各种气候带。在太平洋南、北两部分洋面上各形成一个分别以南北副热带为中心的反气旋式大洋环流。北太平洋环流为由北赤道流、黑潮、北太平洋流和加利福尼亚流构成的顺时针环流；南太平洋环流为由南赤道流、东澳大利亚海流、西风漂流和秘鲁海流组成的逆时针环流；在此二环流之间是向东流动的赤道逆流。在北极和南极海区分别形成逆、顺时针环流。太平洋表层水温分布随纬度的增加而降低，最高值发生在赤道海区。该洋年平均表层水温为 19°C ，是世界最温暖的大洋。表层盐度自赤道向两极呈马鞍形分布，赤道附近为低盐区，南北副热带海区盐度最高，两极海区盐度降低。波浪主要受盛行风的影响，有明显的纬度区带性和季节性，冬季在南、北纬 40° 附近洋面上为大浪区，向赤道渐弱，夏季减弱。太平洋中各处潮汐类型不相同。中部潮差为 1 米上下，最大潮差在大陆岸边，

如品仁纳湾达 13.2 米，仁川为 10 米，杭州湾为 8 米。海洋植物在温带数量多，向南、北减少；海洋动物种类繁多，热带种属特别丰富，向南、北减少。太平洋海洋资源丰富，已开发的主要是水产资源和矿产资源。其中，渔获量居世界各大洋之首，占世界之半。主要渔场有西太平洋渔区和秘鲁渔场等。目前矿产资源勘探、开采主要在浅海区，而且主要是海底石油。近年来，在太平洋深海盆中发现大量锰结核矿层，其分布范围、储藏量（1.7 亿吨）和品位均居各大洋之首。

【大西洋】世界第二大洋。位于欧洲、非洲与南北美洲之间。南抵南极洲，与太平洋和印度洋南部海域相连；北以冰岛和法罗岛海丘和威维尔-汤姆森海岭与北冰洋为界；西南以南美洲南端合恩角的经线与太平洋分界；东南以非洲南端厄加勒斯角的经线与印度洋分界。大西洋轮廓略呈 S 形。南北长约 1.6 万千米，东西狭窄（最窄处仅 2400 余千米），总面积为 9165.5 万平方千米，平均深度为 3597 米，最大深度为 9218 米（位于中部西缘波多黎各海沟）。南半部海岸较平直，较重要的边缘海仅有南极大陆与南极半岛之间的威德尔海；北半部岸线较曲折，较重要的边缘海、内海和海湾有地中海、黑海、波罗的海、北海、比斯开湾、几内亚湾、加勒比海、墨西哥湾、圣劳伦斯湾、哈得孙湾和巴芬湾等。大西洋海底地形最突出的特征是沿大洋中轴有一条纵贯南北的海底山脉——大西洋中脊（又称大西洋海岭），北起冰岛，南至布韦岛，长达 1.7 万千米，平均深度为 4008 米，占该洋面积的 32%。沿洋中脊顶部有一条深 1—2 千米的中央裂谷。大西洋被洋中脊分为东西对称的两半。在洋中脊和两侧大陆边缘之间为大西洋洋盆区，其平均深度为 4670 米，地形单一，深海平原分布甚广。其中有一些

横向或斜向海岭,又将大洋洋盆分割成许多次一级的深海盆地。大西洋的大陆架分布较广,面积约 921 万平方千米,占该洋面积的 10%。大陆坡面积约 768 万平方千米,占该洋面积的 8%。此外,该洋中、南部尚有两条岛弧带和深海沟。大西洋洋流在南北两部各成一环流系统,北部反气旋型(顺时针)环流由北赤道暖流、墨西哥湾暖流和加那利寒流组成;南部气旋型(逆时针)环流由南赤道暖流、巴西暖流与西风漂流、本格拉寒流组成。表层海水温度最高达 27℃,最低为 -1℃ 至 -2℃。表层海水盐度为 33—37,其平均值 (34.87) 居四大洋之首。该洋海冰主要分布在南大西洋的南部和北大西洋的西北部,包括冰山和浮冰两类。大西洋矿产资源甚为丰富,主要有石油、天然气、煤、铁、砂矿和锰结核等。油气资源主要分布在委内瑞拉北部的马拉开波湖和委内瑞拉与特立尼达岛之间的帕里亚湾、北海、墨西哥湾和西非沿岸浅海区。美国沿岸大陆架有丰富的钛铁矿-独居石-金红石-锆石砂矿,安哥拉近海有世界最大的海滨金刚石砂矿。该洋生物资源也很丰富,北大西洋主要捕捞鳕类、毛鳞鱼、鲱类及鲭、鲾、贝类;南大西洋则以沙丁鱼、油鲱、无须鳕、贝类为主,并在邻近南极洲周围海域捕捞磷虾及鲸等。

【印度洋】世界第三大洋。位于亚洲、大洋洲、南极洲与非洲之间,北部封闭,南部开敞。西南以非洲南端厄加勒斯角的经线与大西洋为界,东南以塔斯马尼亚岛东南角至南极大陆的经线与太平洋为界;东北界尚有争议,一般认为自马六甲海峡北端,沿苏门答腊岛、爪哇岛、努沙登加拉群岛南岸到新几内亚岛(伊里安岛)南岸的锡比迪里(布季),越过托雷斯海峡与澳大利亚北端约克角的连线,与太平洋为界。面积为 7617.4 万平方千米,平均深度为

3711 米，最大深度为 7450 米（位于爪哇海沟）。该洋东、南、西三面岸线平直，唯北面岸线曲折，形成一系列边缘海、内海及海峡，自西向东有红海及亚丁湾（其间有曼德海峡）、阿拉伯海、阿曼湾及波斯湾（其间有霍尔木兹海峡）、孟加拉湾、安达曼海（经马六甲海峡沟通太平洋），以及澳大利亚大陆与马来群岛和新几内亚岛之间的帝汶海和阿拉弗拉海。此外，在澳大利亚南岸尚有大澳大利亚湾，在非洲大陆东南岸与马达加斯加岛之间有一宽阔的莫桑比克海峡。印度洋海底最显著的地形是呈“入”字形的印度洋中脊，它由北分支中印度洋海岭（北段为卡尔斯伯格海岭，又称阿拉伯海-印度洋海岭）、西南分支西南印度洋海岭（或称西印度洋海岭）及东南分支东南印度洋海丘（或称南极-澳大利亚海丘）组成。上述三支海岭将该洋底分割成三大洋盆，而每个洋盆又被若干小海岭、海山等分割成一些次一级的深海盆。东经 90°海岭（又称东印度洋海岭）长 6000 千米，是迄今所发现的最长、最直的海岭，它将东印度洋洋盆又分为东、西两个海盆。西部海域海底地形十分繁杂，南部海域海底地形较为简单，北部海域则发育有世界上罕见的大型深海扇——孟加拉深海扇和阿拉伯海深海扇。该洋东北缘有长近 6000 千米的巽他岛弧，其南侧为爪哇海沟，是印度洋唯一的深海沟。印度洋的洋流系统有季风暖流系统（主要分布在北部海域，冬季为逆时针环流，夏季为顺时针环流）、南赤道暖流系统（自东向西流）和西风漂流（寒流）系统（主要分布在南纬 40—55°海域，自西向东流）。该洋盐度最大的海域为红海（40）、波斯湾（37—39）和阿拉伯海（36 以上）。该洋南缘为永冰区，海冰分布界线随季节而变化。海底油气资源丰富，其中波斯湾是世界上已探明的最大的海底含油气区。金属矿藏中以锰结核为最重要，尚有砂矿和红海多金属软泥。

【北冰洋】又称北极海。世界最小和最浅的大洋。位于地球最北端，为亚欧、北美大陆和格陵兰岛所环抱。在亚洲与北美洲之间有白令海峡与太平洋相通，在欧洲与北美洲之间以冰岛-法罗岛海丘和威维尔-汤姆森海岭与大西洋分界，并有丹麦海峡和史密斯海峡与大西洋相连。面积为 1475 万平方千米，平均深度为 1225 米，最大深度为 5527 米（位于格陵兰海东北部）。该洋按自然地理特点可分为欧洲海域（包括挪威海、格陵兰海、巴伦支海和白海）和北极海域（位于斯瓦尔巴群岛、亚欧及北美大陆北岸与加拿大北极群岛和格陵兰岛之间）。前者水温较高、冰情较轻、海洋生物资源较丰富。后者按成因和水深又可分为两部分，一是基本上属于大陆架范围的边缘海（如喀拉海、拉普捷夫海、东西伯利亚海、楚科奇海、波弗特海、巴芬湾、哈得孙湾等）；二是北冰洋中央部分，各类浮冰广布，大部海域为“永冰区”，生物资源较贫乏。该洋海底地形的突出特点是大陆架非常宽阔，面积为 584 万平方千米，约占整个大洋面积的 40%。其中，亚欧大陆沿岸大陆架宽度一般为 500—1000 千米，最宽达 1700 千米，其余大陆架较窄。北冰洋略呈椭圆形，沿其短轴方向有 3 条彼此平行的海岭，即罗蒙诺索夫海岭、门捷列夫海岭（又称阿尔法海岭）和北冰洋中脊（又称南森海岭或加克利海岭），其长度达 1500—2000 千米。3 条海岭分别将北欧海域分隔成挪威海盆和格陵兰海盆；将北极海域分隔为南森海盆、阿蒙森海盆（又称弗拉姆海盆、马卡罗夫海盆和加拿大海盆），其深度为 3000—4000 米。北冰洋是北半球海洋中寒流的主要发源地。其中以东格陵兰寒流和拉布拉多寒流最强，它们带走了北冰洋大量的浮冰、冰山和北极海域过剩的海水。该洋也受到北大西洋暖流的巨大影响，它带来了大量的高温高盐海水。该洋表层广覆着平均厚约 3 米的冰层，此处海冰已持续存在了 300 万年。北纬 75°以北洋区存在着永久性冰盖。海冰最大覆盖面积

(冬季)为 1140 万平方千米, 约占该洋面积的 77.3%; 夏季最小约为 700 万平方千米, 约占该洋面积的 47.5%。北冰洋海冰总体积为 2.6 万立方千米。北冰洋的海洋生物资源较少, 但北欧海域鱼类资源丰富, 如鳕类、鲱、毛鳞鱼、竹筴鱼、鲾等, 在沿岸岛屿和浮冰上栖息着北极特有的北极熊、海象、海豹、北极狐等。北冰洋的矿产资源以石油、天然气最为重要, 主要分布在北美、亚欧大陆沿岸大陆架, 前景良好。

图 1 西半球各大洋及海的范围

图 2 东半球各大洋及海的范围

图 3 欧洲各海的范围

图 4 远东各海的范围

1——波罗的海（图 3） 2——北海（图 3） 3——格陵兰海（图 1） 4——挪威海（图 2） 5——巴伦支海（图 2） 6——白海（图 2、3） 7——喀拉海（图 2） 8——拉普捷夫海（图 2） 9——东西伯利亚海（图 2） 10——楚科奇海（图 1） 11——波弗特海（图 1） 12——拉布拉多海（图 1） 13——林肯海（图 1） 14——爱尔兰海（图 3） 15——加勒比海（图 1） 16——地中

海（图 3，包括：直布罗陀海峡及 17、18、19、20、21、22、23 各海） 17——阿尔沃兰海（图 3） 18——巴伦西亚海（图 3） 19——利古里亚海（图 3） 20——第勒尼安海（图 3） 21——爱奥尼亚海（图 3） 22——亚得里亚海（图 3） 23——爱琴海（图 3） 24——马尔马拉海（图 3） 25——黑海（图 3） 26——亚速海（图 3） 27——红海（图 2） 28——阿拉伯海（图 2） 29——拉克代夫海（图 2） 30——安达曼海（图 4） 31——苏禄海（图 4） 32——苏拉威西海（图 4） 33——马鲁古海（图 4） 34——哈马黑拉海（图 4） 35——斯兰海（图 4） 36——班达海（图 4） 37——阿拉弗拉海（图 4） 38——帝汶海（图 4） 39——佛罗勒斯海（图 4） 40——巴厘海（图 4） 41——爪哇海（图 4） 42——萨武海（图 4） 43——南海（图 4） 44——东海（图 4） 45——黄海（图 4，含渤海） 46——日本海（图 2、4） 47——濑户内海（图 4） 48——鄂霍次克海（图 2） 49——白令海（图 2） 50——菲律宾海（图 4） 51——塔斯曼海（图 2） 52——珊瑚海（图 2） 53——所罗门海（图 2） 54——俾斯麦海（图 2、4）。

【南大洋】环绕南极大陆的太平洋、大西洋、印度洋的南部海域。其中包括上述三大洋的附属海，即南极大陆周围的威德尔海、罗斯海、阿蒙森海、别林斯高晋海、斯科舍海等。曾有南冰洋、南极海、南极洋等名称，其北界众说纷纭。近来有关文献多采用“南大洋”名称。并以“副热带辐合线”（一条环南极的海水等温线密集带）为其北界。此线变化于南纬 38—42°间，南大洋面积约为 7700 万平方千米，占世界大洋总面积的 22%。环南极的大陆

架,除威德尔海和罗斯海均较窄。其前缘坡折线深达 400—800 米,较其他大洋深得多。大陆坡陡峭,坡度为 5%。洋底很深,由三条海岭(斯科舍海岭、凯尔盖朗海岭和麦夸里海岭)分割为三大海盆(大西洋-印度洋海盆、南印度洋海盆和东南太平洋海盆)。南大洋仅有 1 条深海沟,称为南桑威奇海沟,其最大深度为 8264 米,此为南大洋最深处。南大洋的海流为南极绕极流,除南极沿岸一小股东风漂流外,主流是自西向东的宽阔、深厚而强劲的西风漂流。海水具有低温高密特征。潮汐以日潮型为主,间有混合潮。潮差较小,除南极半岛尖端可达 5 米外,一般不及 3 米。南极海冰主要有海水冻结而成的海冰及由冰架前缘崩解而成的冰山两类。大洋南部有 400 万平方千米的永久封冻区,另有 1700 万平方千米的随季节生消的冰面。南极周围平均冰厚 2 米。南大洋的冰山主要来自罗斯海和威德尔海冰架,常见者长达 8 千米,高不超过 35 米。冰山吃水深度为露出水面高度的 5—7 倍,一般冰山寿命为 4 年。冰山北移的最远位置,在大西洋、印度洋和太平洋分别可达南纬 35°、45°和 60°。南大洋生物资源丰富,尤其是磷虾和鲸。磷虾是世界上蕴藏量最为丰富的生物资源,一般估计为 10 亿吨,磷虾年捕获量为 20—30 万吨;鲸类资源已遭严重破坏,但须鲸类年捕获量仍为 150—170 万吨。此外,海豹、企鹅、鱼类等资源也已引人注意。南极大陆近海的石油资源受到重视,但开采和运输均有困难。另外,在南大洋南部,尚发现几处较大的锰结核产地。

【海】大洋的边缘部分,附属于各大洋。有的海以狭窄、孤立的海峡与大洋相通,有的海以岛弧与大洋分隔。按所处地理位置不同,又可分为内陆海(位于大陆内部,仅以狭窄海峡与大洋或其他海

相通，亦称地中海）、边缘海（位于大陆边缘，以岛屿、群岛或半岛与大洋隔开，以海峡或水道与大洋相连）和陆间海。由于海是靠近大陆的水域，深度较洋浅，面积较洋小，水温、盐度、水色、透明度受大陆影响较大，潮汐现象明显，没有独立的海流系统。世界上最大的海是澳大利亚东北岸外的珊瑚海，面积为 479.1 万平方千米，平均深度为 2394 米，最大深度达 9140 米。红海由于没有河水径流流入，且蒸发强烈，是世界上盐度最高的内海，盐度高达 42。边缘海与大洋相通，有大量河水汇入，盐度一般低于 32。世界上海的总面积约为 0.4 亿平方千米，占全球海洋总面积的 11%，占地球总面积的 8%。根据国际水道测量局公布的材料，世界大洋的附属海共有 54 个（见图）。

【海湾】伸入陆地、深度逐渐减小的海或洋的部分水域。通常三面为陆，一面为海，海湾分界线一般以湾口附近两个对应海角的连线划分。海湾大小不一，有的海湾甚至比一般的海还大，如加拿大的哈得孙湾。有些海湾实质上是海，如印度洋的孟加拉湾、北大西洋的墨西哥湾。海湾中的海水性质，一般与相邻海洋的海水性质相似。但由于海湾本身特定的地形条件，故湾内波能辐散、风浪较小，易于泥沙堆积。海湾内独特的水文性质主要是潮差较大，如北美洲的芬迪湾潮差达 21 米，是世界上潮差最大的地方。海湾地处陆地边缘，是人类从事海洋活动的重要场所，是现代海洋开发（如海港开发、油气开发、旅游开发、养殖开发、滩涂开发）的基地。随着海洋开发的迅速兴起，海湾生态环境保护已受到各国政府和专家日益重视。

【海峡】两块陆地之间连接两个海或洋的狭窄水道。沟通两个海的

海峡，如台湾海峡连接东海和南海；沟通两个洋的海峡，如白令海峡连接北冰洋和太平洋；沟通海和洋的海峡，如直布罗陀海峡则连接地中海和大西洋。海峡一般水深流急，多涡流，海水盐度、温度、水色和透明度等水文要素在垂向与水平方向上变化较大，在海运和军事上具有重要意义。根据海峡水域同沿岸国家之间的关系可分为内海海峡、领海海峡和非领海海峡。内海海峡位于领海基线以内，航行制度由所属主权国自定。领海海峡位于领海宽度以内，通常允许外国船只享有无害通过权。如海峡两岸分属两国，则航行制度由沿岸国商定。非领海海峡指宽度大于两岸沿岸国的领海宽度，各国船只均可自由通航。

【海岛】 散布在海洋中的小块陆地。世界最大的海岛是格陵兰岛，面积为 217.56 万平方千米。海岛按成因主要可分为大陆岛、海洋岛两大类。大陆岛又称基岩岛，指地质构造与邻近大陆相似或联系密切的岛屿，原为大陆的一部分。海洋岛指离大陆较远，其发育过程与大陆无直接联系的岛，它又可分为火山岛和珊瑚岛。中国的台湾岛、海南岛属大陆岛；中国的南沙群岛、西沙群岛属珊瑚岛；中国的台湾省火烧岛、澎湖列岛属火山岛。世界岛屿总面积为 970 余万平方千米，约占陆地面积的 7%，主要指的是海岛。海岛按数量及分布特点又可分为孤立的岛屿、群岛（如舟山群岛）和列岛（如庙岛列岛）。

【陆间海】 处于几个大陆之间的海。面积和深度均较大，有海峡与毗邻海区或大洋沟通。地中海和加勒比海是世界上最大的陆间海之一。地中海位于欧洲、亚洲、非洲之间，为大陆所环抱，面积为 251.6 万平方千米，平均深度为 1541 米，最大深度为 5530 米。

西端有直布罗陀海峡与大西洋相通，东北经达达尼尔海峡、博斯普鲁斯海峡与黑海相连。加勒比海位于中美地峡、南美大陆和西印度群岛之间，为中美和南美大陆与安德列斯群岛所环抱，面积为 275.4 万平方千米，平均深度为 2491 米，最大深度为 7680 米。东北部有向风海峡、莫纳海峡、阿内加达海峡、瓜德罗普海峡、多美尼加海峡、马提尼克海峡、圣卢西亚海峡、圣文森特海峡与大西洋相通，西北部经尤卡坦海峡与墨西哥湾相连。

【峡湾】滨海地区由古冰川侵蚀成冰槽谷，后因海水侵入形成的。峡江成因与峡湾相似，但港道较宽，深度较小，地势较低。二者之间无严格界限，亦可通用。峡湾的特点是深入陆地，港湾狭长，两岸陡峭，槽谷水深。典型的峡湾大体呈矩形，底部为 U 型，边坡呈陡壁悬崖，谷底向海的一端常有海槛，海槛一般深 40—150 米，也有的海槛深仅 5 米。挪威的松恩峡湾深达 800 米，长度为 100 千米。峡湾主要分布于纬度较高地带的大陆山地海岸，如挪威西海岸、加拿大西岸和智利南部西岸等。

【三角湾】又称三角港。河流的河口段因陆地下沉或海面上升，海水入侵而形成的喇叭形海湾。往往在潮流很强和河流挟沙很少的河口形成三角湾，反之则形成三角洲。因为涨潮时潮流以很快速度沿河上溯，形成很强的侵蚀；退潮时积蓄的河水和潮流二者一起沿河而下，加强了落潮的力量，强烈冲刷河道，故形成喇叭形的海湾。喇叭形三角湾外，常有沙坝阻拦，形成了退潮堆积。中国的钱塘江河口杭州湾是典型的三角湾，河口每年输沙 890 万吨，最大潮差可达 8.9 米，其北侧水底冲刷坑比一般湾底深 40 米。南美洲东海岸的拉普拉塔河口也是典型的三角湾。

【渤海】中国的内海。基本上为陆地所环抱，其东侧的北半部为辽东半岛，北侧为下辽河平原，西侧的北半部为辽西山地，西侧的南半部为华北平原，南侧为山东半岛，仅东侧的南半部以渤海海峡与黄海相通，为一近封闭的浅海。因其面积较小、水深较浅，故国外学者视其为一海湾而称之为“渤海湾”。渤海的面积为 7.7 万平方千米，容积为 1400 立方千米，平均深度为 18 米，最大深度为 70 米。整个渤海由五部分组成，即北面的辽东湾、西面的渤海湾、南面的莱州湾及其间的渤海中央盆地，以及东面的渤海海峡。由于有黄河、海河、辽河、滦河等带来大量泥沙的堆积，所以 3 个海湾的深度较小，仅渤海中部略深，而东部的渤海海峡深度最大。渤海海峡南北宽 105.6 千米，其南部有庙岛列岛横亘其间，渤海海水主要通过各岛间诸水道流入黄海，而北部的老铁山水道则是黄海海水进入渤海的主要通道，此为渤海最深处。渤海海底地形平坦，但在平缓的海底上却有着各种地貌类型，如渤海南部的巨大的黄河水下三角洲、沙坝围封的滦河水下三角洲、沉溺于海底的长大的古辽河水下谷地、延伸至中央盆地的蓟运河-海河水下河谷、老铁山水道西端北侧的潮流冲刷槽以及深槽北端出口处巨大的潮流三角洲等。渤海水文状况受季风气候和陆地径流影响甚大。夏季表层水温可达 28℃，冬季则出现结冰现象。夏季表层盐度平均为 25—30，冬季低于 31.5，近岸河口则在 26 以下。渤海以风浪为主，涌浪较少。冬季风浪最大，通常为 3—4 级（波高 1—2 米），寒潮侵袭时可达 6 级（波高 3.5—6 米）；其他季节为 2—3 级（波高 1 米上下）。潮汐进入渤海后形成了两个按逆时针方向旋转的驻波系统，其无潮点的位置分别在秦皇岛和黄河口附近。渤海潮差，除秦皇岛近岸在 2 米以下外，沿岸其他地方均在 3 米上下，

而渤海湾和辽东湾最大，分别大于 4 米和 5 米。渤海海浪较小，年平均波高为 0.5—1.0 米。渤海的主要岛屿，除庙岛列岛外，尚有长兴岛、凤鸣岛、西中岛、菊花岛等。渤海主要经济鱼类有小黄鱼、鲷鱼、黄姑鱼、鲷鱼、带鱼、梭鱼、鲆鲽、鳊鱼、鲈鱼，盛产毛虾，对虾是最著名的水产品。沿岸盛产海盐，西岸的长芦盐场产盐量居中国之首。近些年来，海上石油勘探与开发正方兴未艾。

【黄海】西太平洋边缘海的一部分。西面和北面与中国大陆相接，东邻朝鲜半岛，西北与渤海沟通，南与东海相连，东南面至济州海峡西侧，并经朝鲜海峡与日本海相通，为一半封闭陆架浅海。面积为 38 万平方千米，容积为 1.7 万立方千米。整个黄海均位于大陆架上，深度较小，平均为 44 米，最大深度为 140 米。山东半岛伸入黄海之中，其顶端成山角与朝鲜半岛中段西岸的长山串之间最为狭窄，且将黄海分为南、北两部分。北部平均深度为 38 米，南部为 46 米。黄海中央偏东部分，有一呈反 S 形的、近南北向的狭长洼地，由济州岛伸向渤海海峡，其东侧较陡，西侧平缓。此洼地自北向南渐深，在朝鲜半岛西南端附近，水深增至 80—100 米，到济州岛北侧深达 140 米，此为黄海最深处。黄海西有海州湾、胶州湾，东有西朝鲜湾、江华湾等。在南黄海南部发育有由古黄河、古长江两个三角洲交互叠置而成的复式古三角洲。尤其是在中国苏北沿岸淤港外侧，因后期经波浪、潮流作用改造形成今日规模巨大、槽脊相间的辐射状潮流沙脊群。这是黄海海底地貌的又一大特点。注入黄海的主要河流有中朝界河鸭绿江、淮河水系诸河流及朝鲜的大同江等。黄海中的主要岛屿，除长山群岛外，尚有朝鲜半岛西岸附近诸岛。黑潮的分支黄海暖流和黄海沿

岸流是黄海的两支基本海流，虽其流速有冬强夏弱的变化，但其平均流向不随季节而改变，全年比较稳定。黄海水团对黄海的水文状态影响甚大，它是进入大陆架的外海水团与沿岸水团混合后，在当地水文气象条件下形成的混合水团。冬季是黄海水团最强烈时期，盐度最高，温度最低，垂直分布均匀；夏季上层海水温度升至最高（ 20° — 28°C ），盐度降至最低（ 30.6 — 31.7 ），但下层仍为低温（ 6° — 12°C ）、高盐（ 31.6 — 33.0 ）水所占据，故名“黄海冷水团”，它实际上是残留在海底洼地中的冬季状态的黄海水团。黄海潮差较大（大部分区域均在4米以上），东岸的西朝鲜湾和江华湾顶潮差达8米以上，尤其是仁川港附近高大10米之巨，是世界闻名的大潮区。黄海海浪较小，年平均波高，北部为 0.5 — 1.0 米，南部为 1.0 — 1.5 米。黄海的主要经济鱼类和虾类，有小黄鱼、黄姑鱼、叫多古鱼、带鱼、对虾、鹰爪虾、鲷鱼、鳎鱼、鲨鱼、鳕鱼、鲐鱼、鲅鱼、鲱鱼、鲳鱼、鲽等。

【东海】西太平洋边缘海之一。又称东中国海，有时仅指东海，有时泛指东海、黄海和渤海三个海区。东海西接中国大陆，北与黄海相连，东北面以济州岛经日本的五岛列岛至长崎半岛南端连线为界，并经朝鲜海峡与日本海相通，东面与太平洋之间隔以日本的九州岛、琉球群岛和中国的台湾岛，南面通过台湾海峡南界（福建省南端诏安的宫口半岛与台湾岛南端西角猫鼻头连线）与南海相通。为一较开阔的西有宽广陆架、东有深海槽，兼有深浅海特征的海区。面积约为77万平方千米，容积为28.5万立方千米，平均深度为370米。东海海底地形在台湾与五岛列岛间的向外突出的弧形连线以西基本上属于大陆架，浅海面积约占东海总面积的60%，上有巨大的水下三角洲平原及长江古河道遗迹；而以东

则为大陆坡和深海槽（共约占东海总面积的 40%）半深海区。冲绳海槽为一北东—北北东走向的弧形舟状海槽，断面呈 U 字型，北浅南深，最大深度达 2719 米，此为东海最深处。东海的海湾以杭州湾为最大。流入东海的主要河流有长江、钱塘江、闽江、甌江及浊水溪等。东海岛屿众多，主要有台湾岛、舟山群岛、澎湖列岛、钓鱼岛等岛屿。其中，钓鱼岛等岛屿位于台湾岛东北约 180 千米的大陆架上，自古以来就是中国领土，它们与日本的琉球群岛之间隔有冲绳海槽。东海东部边缘各岛间有一系列海峡、水道与太平洋相通。东海存在着入海巨量径流与海水混合而成的低盐沿岸水和黑潮及其分支构成的高盐外海水两个性质不同的基本水体。台湾海峡西部直接受南海暖水控制，东海北、中部则受黄海冷水影响。流经台湾东岸和东海东部的黑潮，是黑潮流系的起源和上游部分。它在九州岛西南，先后分出对马暖流（经朝鲜海峡流入日本海）和黄海暖流（经济州岛西南流入黄海），在东海西部则分布有台湾暖流。在东海中国近岸海域则有自北而南的东海沿岸温度大致在 27—29℃ 之间；冬季，西部温度较低（常低于 10℃），东部水温高（约 20℃）。东海表层盐度自岸向外海递增。冬季，近岸处在 31.0 以下，黑潮水域高达 34.7 以上。夏季，长江口最低盐度可低到 5—10，水平梯度极大，年变幅大（达 25 左右）。东海的潮汐性质为规则半日潮（中国大陆沿岸和韩国的南岸）和不规则半日潮（中国台湾岛南岸南部及钓鱼岛等岛屿和兰屿以及日本的琉球群岛及九州岛西岸南端和韩国的济州岛）。东海的潮差分布，大致是西岸大（4—6 米），东岸小（2—3 米）。东海年平均波高为 1.0—1.5 米。东海主要经济鱼类有带鱼、大黄鱼、小黄鱼、乌贼、鳓鱼、鲳鱼、鳗鱼、鲨鱼、鲐鱼、鲷鱼、海蟹、鱿鱼、马面鲀等。西部近海有著名的舟山渔场、渔山渔场、温台渔场和闽

东渔场，此外钓鱼岛等岛屿附近也是一个较好的渔场。东海坳陷带含油气远景甚佳。此外，中国沿海一带蕴藏着具有良好的开发前景的动力资源，如潮汐能等。

【南海】西太平洋边缘海之一。北接中国大陆，东面与南面分别隔以菲律宾群岛、大巽他群岛与太平洋、印度洋为邻，西邻中南半岛和马来半岛。东北部以台湾海峡与东海相通，并经巴士海峡、巴林塘海峡和巴布延海峡与太平洋相连；东部经民都洛海峡、巴拉巴克海峡与苏禄海相接；南部经卡里马塔海峡、加斯帕海峡、邦加海峡与爪哇海相通；西南面经马六甲海峡与印度洋沟通。南海面积约为 350 万平方千米，平均深度为 1212 米，最大深度为 5559 米。南海为一长轴呈东北—西南向的菱形海域。海底地势为南北坡缓、东西坡陡、中部深陷的盆状。海底地形复杂，大陆架以北部和南部最宽（数百千米），东部和西部甚窄（仅数千米至四五十千米），大陆架面积约占南海总面积的 50% 以上；大陆坡分布于大陆架外缘，除东部外，均较宽缓。水深一般为 150—3500 米，地势呈阶梯状逐渐下降，在不同深度的台阶上分布着东沙、西沙、中沙（含黄岩岛）和南沙群岛，大陆坡约占南海总面积的 30%；中央海盆大致位于东沙与南沙群岛的大陆坡之间，海底地形主要是北东向延伸的宽广而平坦的深海平原（长约 1600 千米，宽约 530 千米），北部较浅（平均约 3400 米），南部较深（平均约 4200 米），平原上矗立着一些相对高度为 5000 米至三四千米的孤立的海山，海盆东缘有深达 5377 米的马尼拉海沟，海盆西缘有一深达 5559 米的狭窄洼地，此为南海最深处。深海盆面积占南海面积的 20% 以下。南海岛屿众多，除海南岛、黄岩岛及西沙群岛中的石岛等岛屿外多为珊瑚岛、礁。北部湾和泰国湾（原称暹罗湾）为

南海的两大海湾。流入南海的主要河流有珠江、韩江及红河、湄公河、湄南河等。南海季风漂流发达。西南季风期（夏季）盛行东北向漂流，东北季风期（冬季）西南漂流发展。故夏季南海表层主要为顺时针的水平环流，冬季相反。南海水温终年很高，夏季北部约为 28°C ，南部约为 30°C ；冬季除粤东海区最低为 15°C 外，大部分海区仍高达 $24\text{—}26.5^{\circ}\text{C}$ 。南海盐度平均为 34，近岸区较低，且变化大；外海区终年较高，变化较小。南海大部分海区以不规则全日潮为主，北部湾、吕宋岛西岸、苏门答腊岛与加里曼丹岛之间以及泰国湾湾顶为正规全日潮，巴士海峡、广东站岸、越南中部及南部沿岸、马来半岛南端、加里曼丹岛西北站岸出现几个不规则半日潮区。南海潮差一般较小，中部及东、西两岸在 2 米以下，最大潮差（7 米）出现在北部湾湾顶北海港。南海大部分海域的年平均波高为 1.5 米上下。主要经济鱼类有蛇鲻、鲱鲤、红笛鲷及中国鱿鱼，深海区有旗鱼、鲔鱼和鲸，西沙和南沙盛产海参和海龟等。此外，北部湾、莺歌海、珠江口等盆地蕴藏着丰富的油气资源，远景甚好。

【渤海湾】渤海西部的一大海湾。位于黄河口与大清河口一线以西，状如横放的扇贝形。面积约为 12500 平方千米，最大深度在湾口中部（约 25 米）。西有海河、蓟运河、马颊河、徒骇河，东南有黄河，东北界外有滦河入海，并分别形成海河现代三角洲、废黄河水下三角洲和古滦河三角洲平原。湾内绝大部分为海湾三角洲平原，仅湾口中部为堆积平原和侵蚀—堆积平原。湾内地形单调，向东缓倾。由于受黄河和海河的影响，形成了中国规模最大的潮间带和范围最广、岸线最长的淤泥质海岸。湾的北部有一始于海河、蓟运河口且基本上往东伸向渤海海峡的水下谷地，此为沉溺

于海底的古河道。夏季，湾顶表层水温可达 28°C 以上，一般为 27°C ；冬季，冰情较重，结冰期约 3 个月（12 月至次年 2 月），正常年份的冰厚为 20—30 厘米。湾顶和北部沿岸、黄河口有大量固定冰，其外尚有距西岸 40—55 千米宽的流冰区。除黄河口为不规则全日潮外，该湾均为不规则半日潮。湾顶潮差达 2.5 米。潮流以半日潮潮流为主，流速为 80 厘米/秒。海浪较小。渤海湾是鱼类和对虾的良好产卵场。海底油气资源丰富，已钻出石油。

【莱州湾】渤海南部的一大海湾。位于黄河口与岬三岛一线以南，略呈平行四边形。面积为 7353 平方千米。入海河流有黄河、小清河、弥河、白浪河、潍河、胶莱河等。湾内地形平坦，向渤海中央缓倾，水深一般为 5—10 米，最大深度（约 15 米）位于湾口中部。夏季表层水温约 27°C ，湾顶可达 28°C 以上；冬季冰情较重，岸外有 0.5—5 千米宽的固定冰，其外又有 30—45 千米宽的流冰区。结冰期约 2.5 个月（12 月至次年 2 月），正常年份的冰厚为 15—25 厘米。除黄河口为不规则全日潮区外，均为不规则半日潮区。湾顶潮差达 3 米上下。潮流以半日潮流为主，潮流较弱，流速为 50 厘米/秒左右。海浪较小。黄河口和湾顶是遭受台风和寒潮所引起的风暴潮灾的多发区和重灾区，历史上发生的每次潮灾，潮水高度一般均在 2—3 米上下，海水入侵陆地达 20—30 千米。莱州湾河口附近是著名的鱼类产卵场。

【辽东湾】渤海东北部的一大海湾。位于秦皇岛与长兴岛一线以北，状似梯形。面积约为 18300 平方千米；最大深度为 32 米，在湾口中部。北部有辽河、双台子河、大凌河、小凌河，西部有六股河、石河，东部有熊岳河注入湾中。海底地形自湾顶及东西两侧向中

央缓倾，近岸部分坡度较大 (5×10^{-3})，中部地势平坦宽浅（水深在 20 米上下）。湾顶与辽河平原相连，且地形平缓，而湾的东西两侧水下地形复杂。在砂质海岸外常有与岸平行的水下沙坝（高数米至 10 余米）和冲刷槽。河口处大多有水下三角洲，如以双台子河口为顶端的水下三角洲覆盖了整个湾顶，其前缘几乎与 20 米等深线重合。由此向南为侵蚀-堆积平原，至湾口中部则为规模较大的古湖沼洼地。湾的东侧有两条长 180 千米的水下谷地，是沉溺于海底的辽河古河道和双台子河古河道；西侧有一条长约 150 千米的水下谷地，则是小凌河古河道。盐度约为 30，近岸仅 26。夏季表层水温分布均匀，一般为 26°C 上下，东南部低于 24°C 。冬季冰情是中国沿岸（渤海、黄海北部）最严重的，结冰期约 130 天（11—3 月），正常年份的冰厚为 25—40 厘米，沿岸数千米为固定冰，而整个海湾几乎均为流冰所占据。除秦皇岛外为全日潮区外，其余均为不规则半日潮区。湾顶平均潮差高达 2.7 米，为渤海最高值，而秦皇岛附近仅 0.8 米。潮流以半日潮流为主，流速为 100 厘米/秒。湾内海浪较小。辽东湾是黄花鱼、鲈鱼的重要产卵场。海底油气资源丰富，是辽河油田向海的延续部分，已钻出石油。

【北部湾】南海西北部一向西北凸出的半封闭海湾。通常以雷州半岛西南端灯楼角与海南岛西北部的临高角连线为东界，以海南岛西南角莺歌海与越南永灵附近的来角连线为南界，北接中国大陆，西邻中南半岛。面积为 12.7 万平方千米，平均水深为 40 米，最大水深约 100 米（位于该湾南口中部）。湾内地形平坦单调，自湾顶至湾口呈阶梯状逐级下降。夏季，湾北表层流为顺时针方向，流速为 10—20 厘米/秒；其他季节湾内环流为逆时针方向，流速为 20—30 厘米/秒。沿岸水盐度小于 32.5，最低水温为 15°C ，最高

为 30℃；进入此湾的南海表层水盐度大于 34.0，水温为 20—30℃。潮汐和潮流均以全日潮为主。湾顶潮差最大达 7 米，潮流主要为往复流。湾内海浪较小，年平均波高为 0.5—1.0 米，9—次年 3 月以东北浪为主。经济鱼类有红笛鲷、二长棘鲷、金线鱼、沙丁鱼、竹荚鱼、蓝圆鲹以及头足类、海蛇、牡蛎、珍珠贝、日月贝、儒艮等。石油资源较丰富，莺歌海西南已钻出油气。

【渤海海峡】辽东、山东二半岛之间海域。南北宽 105.6 千米，最深 80 米。庙岛列岛纵列于海峡中，北距辽东半岛南端老铁岬 40 千米，南距山东半岛北端蓬莱角 7 千米。海峡北部的老铁山水道是黄海海水进入渤海的主要通道，因水深流急而冲刷成一 U 形深槽，为渤海海峡最深处。深槽末端形成指状沙脊，通称“辽东浅滩”，为一典型的“潮流三角洲”。海峡中部和南部的岛间诸水道是渤海海水流入黄海的主要通道，自北而南诸水道依次为隍城水道、小大钦水道、北南砣矶水道、高山水道、猴矶水道、长山水道和庙岛海峡（登州水道），其海底北深（40 米）南浅（20 米）。海峡中表层海水平均盐度为 30 左右，平均水温为 12℃。海洋水产资源丰富，为著名的渔场，盛产鲅鱼、鲈鱼、比目鱼、黄花鱼、带鱼、真鲷、对虾、鹰爪虾、海带、裙带菜、贻贝及海参、鲍鱼、扇贝等海珍品。

【台湾海峡】连接东海与南海的通道，属东海的南部海域。是中国福建省与台湾岛之间的狭长海域，位于东海大陆架南部，与南海北部大陆架相连。其北界为福建省平潭岛至台湾省富贵角连线（宽约 172 千米），南界为福建省南端至台湾岛南端西角猫鼻头连线（宽约 370 千米）。海峡南北长约 333 千米，东西平均宽度约 230

千米，最窄处仅 130 千米。台湾海峡面积为 7.7 万平方千米，容积为 6200 立方千米。整个海峡深度较浅，平均深度为 80 米。水深 50 米以浅的面积占一半以上，水深 100 米以浅者占 90%。台湾海峡地形复杂，其绝大部分属东海大陆架，而东南部却属大陆坡，其面积虽不大（水深 200 米以深的面积仅占 5%），但地形急转直抵南海深海盆。台湾海峡最深处 1400 米即在此处。海峡中南部偏东侧有澎湖列岛，它与台湾岛西岸有一宽约 37 千米的澎湖水道（水深超过 100 米）隔开。海峡南端西侧为台湾浅滩，其南北宽约 93 千米，由东北向西南延伸约 213 千米，外缘水深 36 米，最浅处仅 8.2 米。台湾海峡的海流是黑潮分支、南海季风漂流和沿岸流组成。由于“狭管效应”，台湾海峡是东海西部的强流区，流速流向均较稳定。由于高温高盐水终年占据海峡东南部，而西北部则受低盐沿岸流控制，所以温度、盐度均为东南高、西北低。夏季表层水温 26—30℃，盐度为 33.0—34.0；冬季水温 13—24℃，盐度为 31.0—34.5，河口地区小于 30.0。海峡的潮汐性质，北部和中部属规则半日潮，南部属不规则半日潮和不规则日潮。海峡两岸潮差相差较大，西部福建岸段达 4 米以上。海峡潮流较强，最大可能潮流流速为 75—100 厘米/秒，北部和南部潮流流速较弱，为 100 厘米/秒，澎湖列岛附近达 200 厘米/秒。海峡海浪较大，且季节变化明显，最大海浪出现在夏季台风期间，浪高可达 15 米以上。台湾浅滩是中国重要渔场之一，主要经济鱼类有带鱼、鱿鱼、鳀、鲷、鲳、鲨、黄花鱼等，是中国著名的鱿鱼基地。养殖业很发达，主要有牡蛎、缢蛏、花蛤和泥蚶，藻类有石花菜、紫菜和海带等。此外，海峡地区富有油气远景，尚有磁铁矿等矿产。

【琼州海峡】中国的内海，位于雷州半岛与海南岛之间。西界为雷

州半岛西南端至海南岛西北部临高角连线，东界为雷州半岛东南端至海南岛东北部木栏头连线。海峡东西长约 100 千米，南北宽 26 千米，最窄处仅 14 千米，一般水深不足 40 米，最大深度为 113 米（位于海峡西端）。海峡狭窄且流急，涨潮流流速最大为 3 米/秒。潮流冲刷力强，使峡底难以停积细颗粒泥沙，而仅残留有碎石、砂砾、中粗砂或基岩出露。海南岛最大河流南渡江在海峡南岸中部将大量泥沙带入海峡中，由于往复潮流作用逐渐在海峡东、西出口堆积成潮流三角洲。尤其是在西口外形成指状水下沙脊和脊间深槽，沙脊主要是砂，而槽内则为砾砂。它酷似渤海海峡北口西侧外的指状潮流沙脊，只是规模略小。

【南海诸岛】中国南海中 200 多座岛礁的总称。由东沙群岛、西沙群岛、中沙群岛、南沙群岛及黄岩岛组成。南起北纬 4° 附近，北至北纬 $20^{\circ}42'$ ，东起东经 $117^{\circ}50'$ ，西至东经 $109^{\circ}30'$ 。南北长 1800 千米，东西宽 900 千米。南海诸岛绝大部分是水下礁滩，给予命名的岛屿、礁滩有 150 座，在中国最南端的是曾母暗沙。东沙群岛位于南海诸岛最北端，由东沙岛和北卫滩、南卫滩等暗礁组成。东沙环礁形似新月，长 5—6 千米，宽约 2 千米。东沙岛长 2.8 千米，宽 0.7 千米，海拔平均 6 米左右。西沙群岛位于海南岛东南 300 余千米，由宣德群岛和永乐群岛组成，共有 30 余个岛屿。其中永兴岛最大，东西长约 1.8 千米，南北宽 1.2 千米，面积为 1.85 平方千米，海拔 5 米；最高的岛屿是石岛，高于海面 15 米；最重要的岛屿是甘泉岛，因有淡水而闻名。中沙群岛位于西沙群岛东南 100 余千米，由水下巨大的珊瑚环礁组成，顶部平均水深 20 米处，主要由本固、比微、华夏、海鸠、波状五暗沙以及隐矶滩构成。黄岩岛位于中沙群岛东南 300 千米海域中，由略呈三角形的

环礁组成，礁盘上散布着数百个出露水面的礁石，其中西北端较大的一块礁石称黄岩岛，其实它是一座海底火山喷发形成的高山。南沙群岛是南海诸岛中位置最南、范围最广、岛屿最多的一组群岛，距海南岛约 1000 千米，约有 200 个岛屿、礁滩和暗沙，分布范围为 45.19 万平方千米，可分为郑和群礁、中业群礁、道明群礁、尹庆群礁等。其中太平岛最大，东西长约 1.4 千米，南北宽 0.4 千米，面积为 0.43 平方千米，海拔 7.6 米；另外较大的 9 个岛屿总面积共 1.6 平方千米，最高海拔为 6.1 米。南海诸岛岛屿的共同特点是海拔低、面积小、成陆时间短、多由珊瑚礁组成。该地终年高温多雨，热带植物资源丰富，盛产鸟类、鱼类以及其他珍贵海产，蕴藏着丰富的石油与天然气，具有广阔开发前途。南海诸岛自古以来就是中国领土，在交通上和国防上均具有十分重要地位。

【台湾岛】位于东海海域，东濒太平洋，西隔台湾海峡与福建相望，相距 135 千米，是中国第一大海岛，亦是多山的大陆岛。南北长 380 千米，东西宽 243 千米，略呈梭形，面积为 3.6 万平方千米，最高峰玉山海拔 3997 米，是中国东部最高的山峰。台湾岛地形复杂，山地占全岛 $2/3$ ，平原占 $1/3$ 。中央山脉是全岛骨干，纵贯南北，全长 320 千米，东为台东山脉，西为玉山及阿里山。阿里山以西多为冲积平原，地形平坦，交通发达。其中以台南平原面积最大。此外，台湾山脉以东有宜兰平原和台东、花莲纵谷平原。台湾山脉两侧多断层，沿断层线分布许多盆地和湖泊，如台北盆地、台中盆地和日月潭等。台湾岛多火山、地震、温泉，地热资源丰富，火山以北部的太火火山群最为著名。主要河流有浊水系、下淡水溪等，流路短、水流急、水力资源丰富。岛屿东部沿岸多悬

崖，水深流急，风浪较大。岛屿西部沿岸地势低平，多砂泥岸。著名港口有基隆、左营和高雄等。台湾岛主要形成于第三纪至第四纪地质时期。矿产资源主要有金、硫磺、煤、石油、天然气、盐等 80 余种。该岛南部属热带季风气候，北部属亚热带季风气候。除高山外，全年高温，长夏无冬，霜雪少见，雨量充沛，多热带风暴。森林面积占全岛 $2/3$ ，山地盛产红松、扁柏、樟木及樟脑。平原盛产稻米、甘蔗、茶、菠萝、香蕉、柑桔、龙眼等。海域渔业资源也很丰富，台湾海峡位于大陆架上，是中国主要渔场之一。台湾岛资源丰富，故称为“宝岛”。台湾省包括台湾岛、澎湖列岛及其周围附属岛屿（兰屿、火烧岛、钓鱼岛、赤尾屿）等。

【海南岛】位于南海西北部，隔琼州海峡与雷州半岛相望，是中国第二大岛。由东北到西南斜长 300 余千米，由西北向东南宽 180 千米，面积为 3.4 万平方千米，地势西北高、东南低，最高峰五指山海拔 1879 米。海南岛原是大陆的一部分，在第四纪期间，由于琼州海峡断陷使海南岛与大陆分离形成大陆岛。岛上台地和平原占 $2/3$ ，主要分布于北部和环岛沿岸，其中台地占绝对优势。北部有玄武岩台地并有火山锥分布。山地丘陵主要分布于该岛中南部，山脉多呈北东向，山地海拔一般多在 500—800 米，超过 1000 米的山峰有 81 座，超过 1500 米的山峰有 5 座。由于海南岛中南部高，四周低，因而河流多呈独流入海的放射状水系。该岛港湾较多，岸线曲折，海岸线长达 1400 千米，主要港口有海口、三亚、东方、洋浦等。海南岛属热带季风气候，长夏无冬，雨量充沛，是中国热带作物的重要基地和热带植物资源宝库。海南岛及其附近海域矿产资源丰富，主要有铁、海盐、石油、天然气等。

【黄岩岛】 又称民主礁。中国南海诸岛的中沙群岛中的一个岛礁。位于中沙群岛巨形水下环礁以东偏南（北纬 $15^{\circ}09'$ ，东经 $117^{\circ}45'$ ），它孤立地屹立在南海海盆的东部，高出海盆底部 3500 米。黄岩岛是一个略呈等腰直角三角形的大环礁，其南北、东西两边各长 15 千米，面积约 150 平方千米（包括深度为 19.5 米的潟湖）。其顶面除黄岩、南岩（海拔 3 米）以及数以百计的呈带状环绕潟湖的大礁块（1—4 平方米不等）外，一般皆在水下 0.5—3 米。环礁礁坪在东南方有一潮汐通道。黄岩岛的基底岩层属大洋型地壳的玄武岩类物质，上覆由火山喷发物及沉积岩（包括珊瑚礁）组成的顶部松散沉积层。海盆东部有由褶皱的沉积岩组成的南北向海岭，而黄岩岛则可能是海岭在海面以上的显现，即在海底平顶山基础上由珊瑚礁叠加而成的海峰。据测定，该岛礁的年龄为距今 470 ± 95 年。

【钓鱼岛】 中国台湾岛的附属岛屿。位于台湾岛东北部，距台湾岛基隆港 190 千米。钓鱼岛及其附近的南小岛、北小岛和黄尾屿、赤尾屿等称为钓鱼列岛等岛屿。其中，钓鱼岛面积最大，东西长 3.5 千米，南北宽 1.5 千米，面积约 5 平方千米。主要由第三系砂砾岩夹泥岩及少量薄层灰岩组成，其中中新统中部为含煤层，并有酸性岩侵入。海拔 363 米。北侧海岸较平缓，南侧海岸陡崖高达 200 米。岛屿沿岸多发育珊瑚礁。岛屿位于大陆架上，并与日本琉球群岛之间隔有深逾 2000 米的冲绳海槽。钓鱼岛资源丰富，岛上热带亚热带植物丛生，盛产海蛇、蜈蚣等珍贵药材及海参，这一带海底还蕴藏着丰富的石油资源。自古以来，钓鱼岛等岛屿就是中国的领土，早在明代，这些岛屿就在中国海防区域内，是中国台湾省的附属岛屿，中国劳动人民一直在此从事采集和渔猎活动。

【赤尾屿】中国台湾岛的附属岛屿。位于台湾岛东北部的东海大陆架上。主要由安山质集块岩组成，沿岸珊瑚礁发育，该岛历来属于中国，明太祖统一中国后，琉球王国与明代建立了朝贡和册封关系，在《册封史录》中多次记载了中国和琉球王国的疆界是在赤尾屿和久米岛之间，赤尾屿属中国所有。该岛一带是中国在东海的一处渔场，中国台湾等地渔民历来在赤尾屿从事渔业生产活动，历史证明赤尾屿是中国领土不可分割的一部分。这一海底蕴藏有丰富的石油、天然气资源。

【舟山群岛】中国沿海第一大群岛。位于浙江省东北部，杭州湾以东的外海中。该群岛由 771 个岛屿组成，北起花鸟山岛，南到六横岛，南北长 150 千米，东西宽 100 余千米，面积为 1246 平方千米。主要岛屿有嵎泗列岛、崎岖群岛、舟山岛、岱山岛、六横岛等。群岛主要由火山喷出岩和花岗岩组成，地貌特征以丘陵为主。岛屿东侧因风力强，受波浪、潮汐侵蚀而岸线陡峭，海岸带多海蚀崖、海蚀穴、海蚀柱、海蚀台等海蚀地貌。岛屿西侧因波浪力减弱，多狭窄海积平原。群岛中的舟山岛为中国第四大岛，东西长 40.9 千米，南北宽 16.5 千米，面积为 541 平方千米，最高峰黄汤尖海拔 500 米。驰名中外的普陀山是舟山岛以东的一个小岛，面积为 12.8 平方千米，最高峰佛顶山近 300 米。该地位于亚热带季风区，沿海地处台湾暖流和长江、钱塘江、甬江冲淡水及其海水团的交汇区，加之海域磷、硅含量高，水质肥沃，饵料丰富，是中国最大的渔场，鱼类资源达 300 多种。舟山以东海域，是东海陆架盆地西部的浙东长垣储油构造带，具有广阔开发前景。

【澎湖列岛】分布于台湾海峡东南部的一群岛屿的总称,属台湾省。由澎湖岛、渔翁岛、白沙岛等 64 个岛屿组成,西距福建省 278 千米,东距台湾岛 46 千米。其南北长 72 千米,东西宽 37 千米,岛屿总面积为 127 平方千米,最高海拔 66 米。澎湖岛为列岛的第一大岛,海拔 45 米,面积为 64 平方千米,岛上地势平坦,马公港湾广水深,是著名天然良港。渔翁岛海拔 58 米,面积为 21 平方千米;白沙岛面积为 18 平方千米;其余诸岛更小,有的不足 1 平方千米,且为海拔 20 米以下的平缓岛屿。澎湖列岛形成晚于台湾岛,岛屿主要为第四纪的火山玄武岩组成,由于岩浆沿海底地壳断裂带缓慢喷溢,因之形成平缓的玄武岩台地,后经外力作用分割成众多岛屿,故群岛平缓坦荡,海岸曲折多岩岸断崖,无明显高峻火山体。澎湖列岛四周岩滩发育,海水较浅,利于珊瑚繁殖,有珊瑚王国的美称。此外,该地贝壳、玳瑁产量很大,水产业占重要地位。

【长山群岛】又称长山列岛。位于辽宁省辽东半岛东侧黄海海域。包括大长山、小长山、广鹿岛、石城岛、海洋岛、獐子岛等 50 多个岛屿,面积为 170 余平方千米。其中,大长山岛为群岛中第一大岛,岛长 17.13 千米,宽 1.90 千米,面积为 25.46 平方千米,距大陆 13.3 千米,是长海县政府驻地。广鹿岛和石城岛面积超过 25 平方千米,小长山岛、海洋岛和獐子岛面积超过 15 平方千米。长山群岛是与辽东半岛分离的大陆岛。从地理分布和地质构造上可分为外长山和里长山两列岛屿,其间为外长山海峡和里长山海峡与大陆分隔,前者水道宽 13 千米,后者水道宽 15 千米。外长山列岛包括海洋岛、獐子岛等,呈近东西向排列,主要由绢云母片岩和石英岩构成,地势高峻挺拔,多悬崖峭壁,最高峰哭娘顶

海拔 388 米。里长山列岛包括大长山岛、小长山岛、广鹿岛、石城岛等，呈北东向排列，主要由石英岩、板岩、千枚岩和片麻岩组成，地势低缓，一般不足百米。长山群岛海蚀地貌发育，海蚀洞、海蚀柱广为分布。群岛周围渔场广阔，自古以来是中国著名的天然鱼仓，产鱼虾百种以上。其中以海参、鲍鱼、贝类、对虾闻名国内外。该地处于中国北温带寒暖流交汇处，冬不冷，夏不热，阳光充足，海水洁净。夏季最低和最高气温分别为 21.3°C 和 33.4°C ，是良好的旅游胜地。

【庙岛列岛】曾称庙岛群岛，又称庙群岛、眉山列岛。位于辽东、山东二半岛之间，纵跨渤海、黄海分界处。属山东省长岛县。由南北长山岛、庙岛、大小黑山岛、大小竹山岛、车由岛、猴矶岛、高山岛、砣矶岛、大小钦岛、南北隍城岛等 32 座岛屿组成，面积为 53 平方千米。该岛群纵列于渤海海峡中，北距老铁山 40 千米，南距蓬莱 7 千米，约占据海峡的 $1/2$ 。各岛间水道自北而南有隍城水道、大小钦水道、南北砣矶水道、高山水道、猴矶水道、长山水道和庙岛海峡（登州水道）等。列岛气候宜人，是旅游避暑胜地。海洋水产资源丰富，是中国著名渔场，并已成为中国重要海珍品增养殖基地。大黑山岛蝮蛇数以万计，被称为中国第二蛇岛。长岛县尚素有“候鸟旅站”之称，已辟为鸟类自然保护区。

【蛇岛】又称蟒岛、小龙山岛。位于辽宁省大连市旅顺口西北海中，距大陆最近 13 千米。是与辽东半岛分离的大陆岛。全岛略呈四边形，长 1500 米，宽 800 米，面积为 1.2 平方千米，由石英岩、石英砂岩和砂砾岩组成，海拔高程为 216.9 米，地面由西北向东南倾斜。岛周沿岸峭壁悬崖，多海蚀崖、海蚀穴、海蚀柱。岛上岩

石裸露，峰峦起伏，坡陡谷深，岛上灌木草丛茂密，以多黑眉蝮蛇著称。蛇岛气候受季风影响十分明显，属温带季风型，气候温和湿润。年均温为 9°C 上下，最冷月均温 -5°C ，最热月平温在 26°C 以下，年降水量为 562—775 毫米。由于地理位置和自然条件特殊，是候鸟南北迁徙主要途径和停歇站。盛夏无酷暑，隆冬少严寒，夏秋多湿润，春秋多候鸟。为岛上蝮蛇繁殖提供了良好的条件。据辽宁省蛇岛管理处专家多年考察结果，蛇岛有黑眉蝮蛇 1.4 万条。蛇岛蝮蛇药用价值高，蛇皮、蛇胆及全蛇均可入药。蛇毒现已应用临床，治疗多种疾病，且疗效高，副作用小，是理想的蛇毒药源地。蛇岛及周围 200 米海域于 1980 年已列为中国国家重点自然保护区，科研部门每年都组织科研小组对蛇岛进行广泛研究，保护和开发蝮蛇宝贵资源。

【地中海】世界最大的陆间海之一。位于欧洲、亚洲、非洲之间，西端有直布罗陀海峡与大西洋相通，东北经达达尼尔海峡、博斯普鲁斯海峡与黑海相连；东南经苏伊士运河、红海达印度洋。国际航运和战略地位均十分重要。该海东西长 4000 千米，南北最宽为 1800 千米，面积 251.6 万平方千米，平均深度为 1541 米，最大深度为 5530 米，容积为 375.8 万立方千米，平均盐度为 37—39。地中海北岸岸线曲折多海湾，南岸平直多低地。大陆架多狭窄，平均宽 40 千米。陆坡陡峭，深海盆常被海脊分割。如西西里岛与突尼斯北端之间的水下海脊将地中海分为东西两部分，西部由西到东有阿尔沃兰、阿尔及利亚、第勒尼安 3 个海盆，东部有爱奥尼亚、利万特 2 个海盆。地中海中的许多岛屿是海脊出露部分，如巴利阿里群岛、科西嘉岛、撒丁岛、西西里岛、克里特岛、塞浦路斯岛等。地中海地壳很不稳定，是世界主要火山、地震活

动带之一。夏季处于副热带高压、冬季处于西风带范围内，因此形成冬温多雨、夏热干燥的地中海式气候。地中海的蒸发量大于降水量和河川径流之和，年蒸发量达 4168 立方千米，而降水量仅占其 $1/10$ ，从而使地中海水位下降、盐度增加，引起大西洋和黑海的海水从表层流入，地中海水从深处流出，其水量平衡主要由大西洋水补充。流入大西洋的海水流量为每秒 168 万立方米，盐度 37 以上；流进地中海的流量为每秒 175 万立方米，盐度略高于 36。海底扩张和板块学说认为，地中海是古特提斯海的残余部分，范围最大时，呈向东的扇形展开，与古太平洋连成一片。从中生代开始，由于欧亚板块与非洲、阿拉伯、印度板块的相向运动，使海域范围逐渐缩小。

【日本海】西太平洋边缘海之一。位于亚洲大陆和朝鲜半岛与萨哈林岛（库页岛）、日本群岛之间。北部和东北部通过鞑靼海峡和宗谷海峡（拉彼鲁兹海峡）与鄂霍次克海相通，东部和南部通过津轻海峡和濑户内海与太平洋相连，西南部通过朝鲜海峡和对马海峡与黄海和东海为邻。海域呈不规则的菱形，主轴为西南—东北向，南北长 2254 千米，东西最宽 1265 千米，面积为 106.2 万平方千米，容积为 163 万立方千米，平均深度为 1535 米，最大深度为 4036 米。大陆架为 28.4 万平方千米；大陆坡分 500—1000 米和 2000—3000 米两个海底斜面；海盆大多深于 3000 米，面积约为 30 万平方千米。北部（北纬 44° 以北）为较深浅（小于 2000 米）的鞑靼海槽；中部（北纬 40° — 44° ）为海底平坦、水深大于 3000 米的日本海盆；南部（北纬 40° 以南）海底地形复杂，有海岭、海盆、海槽、海隆和海底峡谷等。海流呈气旋型（逆时针）环流，它由来自东海的对马暖流和从鄂霍次克海流入的利曼海流所组成。表

层水温南北差别较大，2月北部为 -2°C ，南部为 13°C ；8月北部为 18°C ，南部为 27°C ，盐度平均为34.1。潮差一般较小，除朝鲜海峡和鞑靼海峡北部为2—3米外，均在0.5米以下。经济鱼类有沙丁鱼、鲭、乌贼和鲱等。大陆架和海盆均有油气储藏。

【菲律宾海】北太平洋西部的一个边缘海，位于菲律宾群岛东北方，西北部以台湾岛、琉球群岛为界与南海和东海相隔，北界以九州岛、四国岛及本州岛的东南岸为界，东部以伊豆诸岛、小笠原群岛、马里亚纳群岛为界，南部以关岛、雅浦群岛、贝劳群岛至哈马黑拉岛的连线为界，面积为100万平方千米，深海盆地最大深度为6927米。菲律宾大海盆被中部的九州—帕劳海岭分为东西两部分，西部为菲律宾海盆，东部为西马里亚纳海盆及北端的四国海盆。北部海岭有海山出露海面，大东群岛周围海盆水深可达5791米。菲律宾海有深海沟系统环绕，西缘内侧海域有菲律宾海沟（10497米）、琉球海沟（7790米），东缘外侧有日本海沟（10680米）、马里亚纳海沟（11034米）、雅浦海沟等。菲律宾海是世界热带气旋主要发源地之一，热带风暴经常进入南海、东海和黄海。菲律宾海南部海流主要受北赤道暖流控制，在自东向西流动的过程中，在菲律宾以东海域向北偏转形成黑潮。

【红海】印度洋西北部的长形内海，位于非洲北部与阿拉伯半岛之间。红海海水通常呈蓝绿色，因沿岸水中多生长红色藻类繁盛时，把表层海水染成红褐色，故名红海。红海长2253千米，最大宽度306千米，面积为45万平方千米，平均深度558米，海中裂谷水深多在1500米以上，最大深度3039米，容积为25.1万立方千米。红海年降水量，北部为28毫米，南部为127毫米。年均蒸发量为

2100 毫米。两岸无径流入海。北部含盐度为 41—42，南部为 37。北部水温为 32℃，南部为 27℃。红海是世界上盐度和水温最高的海域之一。红海两岸岸线平直，多峭壁。滨岸陆架水深多小于 50 米，海岸多珊瑚礁，较浅的陆架上有几个岛屿和群岛。红海南经曼德海峡与印度洋亚丁湾相通，北部有苏伊士运河与地中海相连，是欧、亚、非三洲之间海上国际交通要道，战略地位十分重要。矿产资源主要有石油、蒸发盐以及裂谷底部软泥中的多金属矿。一般认为红海是海洋扩张的雏形，距今 2000 万年前在阿拉伯半岛从非洲大陆分裂后，印度洋海水流入。研究证实，300—400 万年以来红海两岸平均以 2.2 厘米的速度继续分离。

【北海】北大西洋的边缘海。位于大不列颠岛、斯堪的纳维亚半岛和欧洲大陆之间。北邻挪威海，南经多佛尔海峡和英吉利海峡与大西洋比斯开湾相接，东经斯卡格拉克海峡、卡特加海峡与波罗的海相通。南北最长 1126 千米，东西最宽 676 千米，面积约为 57.5 万平方千米，平均水深 91—94 米，最大深度 725 米，海区容积为 15.5 万立方千米。海水盐度为 31—35.5。北海大部分水深不足 100 米，中部的多格尔沙洲水深仅 13 米，是世界著名的浅海之一。北海受大西洋暖流影响，常年不冻，冬季水温为 2°—7℃，夏季水温为 11°—17℃，年降水量为 600—800 毫米，属典型的温带海洋性气候。北海潮差在英格兰沿岸为 7 米，在外海为 1.5 米。秋冬季节西北侵袭的北海风暴，往往给岸长 6436 千米的沿海常造成巨大损失，是世界多风暴和海啸的海域。北海海底为大陆架，温暖的海水常被波浪搅动，带到表层的营养盐类十分丰富，还有许多河流注入，是世界著名的渔场之一。随着北海石油和天然气的开发，北海的地理位置愈加重要，是欧洲重要的海上通道，也是世

界航运最繁忙的海域之一。

【黑海】欧洲东南部的介于欧亚两洲之间的内海。它位于巴尔干半岛和高加索之间，四周为陆地环抱，西南经博斯普鲁斯海峡和达达尼尔海峡与地中海相通，东北以刻赤海峡连接亚速海。因冬季多浓雾，使水色呈黑灰色，故名黑海。黑海海盆略呈椭圆形。除西北部外，大陆架狭窄并多次被海底峡谷所切割，陆架陡峭倾向深海盆，海盆底部平坦。黑海东西长 1130 千米，南北宽 611 千米，面积为 42.2 万平方千米，平均深度为 1315 米，最大深度为 2210 米。表层盐度为 16—18，深层盐度为 21—22。北部盐度较低，冬季沿岸结冰。每年流入黑海的径流量为 400 立方千米，由于径流量和降水量之和多于蒸发量，致使多余的表层水经博斯普鲁斯海峡流出，而地中海则流进次表层水以补充流出的表层水。由于下层高盐水的迅速输入，形成很强的密度梯度，抑制了表层水和深层水的混合，因而约在 200 米深处溶解氧消失，不利于生物生存。表层水温冬季为 0℃，夏季为 22℃，200 米深处水温稳定为 8.5℃。在地质历史上，黑海曾是古地中海的一部分，在距今 6000 年前形成地中海与黑海之间的现有海峡。

【波罗的海】欧洲北部的内海。位于斯堪的纳维亚半岛的东南侧，四周几乎为陆地环抱，西部经厄勒海峡和大小贝尔特海峡等与北海和大西洋相通。南北长约 1496 千米，东西宽达 80—683 千米，面积为 41.9 万平方千米，容积为 2.15 万立方千米，平均深度为 51 米，最大深度为 470 米，海岸线长达 8045 千米。该海北部的波的尼亚湾最大深度为 254 米，东部的芬兰湾最大深度为 100 米。由于周围多条河流的注入，海水平均盐度仅为 7，北部为 2，西南部

不足 20，是世界上盐度最低的海。因受北大西洋暖流影响，南部终年可以通航，波的尼亚湾和芬兰湾每年有 3—4 个月封冻期，冰厚 0.76 米。该海潮差甚小，哥本哈根的潮差为 15 厘米，斯德哥尔摩的潮差仅 2.5 厘米。本海区基本上具有温带海洋性气候特征，同时亦有大陆性气候特点，表层水年际温度变化范围为 0° — 18°C ，深层水为 2° — 5°C 。波罗的海原是北欧的一个基岩洼地，末次冰期时曾被大陆冰川所覆盖。波罗的海深入内陆，是贯通北海的重要航道。

【珊瑚海】地处西南太平洋的西北部，是澳大利亚东北岸的外海。位于新几内亚岛、所罗门群岛、新赫布里底群岛、新喀里多尼亚岛和澳大利亚东北岸之间。面积为 479.1 万平方千米，为世界上最大的海。海底向东倾斜，平均深度为 2394 米，最大深度为 9165 米，容积为 1147 万立方千米。该海海水来自太平洋，主要从所罗门群岛和新赫布里底群岛之间流入。海中表层环流主要受东澳大利亚暖流控制。气候为热带海洋性，年平均水温在 20°C 以上，最热月达 28°C ，水面洁净，海水盐度为 31 上下。海中珊瑚礁十分发育，有世界上最大的三个珊瑚礁，故名珊瑚海。其中，最大的大堡礁位于澳大利亚东北岸，离岸 16—241 千米，长达 2400 余千米；宽约 2—150 千米，总面积为 8 万余平方千米；另外两个是塔古拉堤礁和新喀里多尼亚堤礁。珊瑚海深海盆四周陡峭，底部地形复杂，有大型海沟、海盆、深海平原和海台。北部有珊瑚海盆，东北部是新赫布里底海盆，其间为塔斯曼深海平原。昆士兰海台位于珊瑚海盆西南部。洛德豪海岭南北延伸，地处珊瑚海中部。所罗门群岛南侧和新赫布里底群岛西侧分布两条大型海沟，海沟深达 9165 米。

【加勒比海】大西洋西部的一个边缘海，位于南美大陆、中美地峡和西印度群岛之间。东西长 2800 千米，南北宽 1400 千米，面积为 275.4 万平方千米，平均深度为 2491 米，最大深度为 7680 米（开曼海沟）。表层水温夏季达 28—29℃，冬季为 25℃；表层盐度为 35—36。安的列斯群岛间的众多开阔水道是与大西洋水体交换的天然水道，东南部有大西洋北赤道暖流一部分与圭亚那暖流汇入加勒比海，形成加勒比暖流。其昼夜流速 60 千米，最后在尤卡坦海峡流出而汇入墨西哥湾。因地处热带和暖流的影响，表层平均水温达 25—28℃。在该海浅滩和火山岛基座上，普遍发育珊瑚礁。这里终年盛行东北信风，每年夏秋之交多有热带海洋飓风侵袭。该海盛产金枪鱼，是美洲重要的渔场之一；南部大陆架盛产石油和天然气。加勒比海海底被宽阔的牙买加海台分为东西两部，东部包括哥伦比亚海盆和委内瑞拉海盆，西部包括尤卡坦海盆和开曼海沟。其中，海盆深度一般为 4000 米，开曼海沟一般深为 5000—6000 米。该海是南北美洲以及大西洋与太平洋的重要海上通道。

【马尾藻海】位于北大西洋北纬 20—35°、西经 40—75°之间的广大海区。面积为 520 万平方千米，最大深度为 4572 米。无岸线，因海面上成块、成行普遍漂浮着以马尾藻为主的藻类而得名。该海海面平静，海水清澈，富集低等海生生物，而高等海洋动物甚少。在副热带无风带附近由西部的湾流、北部的北大西洋暖流、东部的加那利寒流和南部的北赤道暖流组成了一个巨大的环流。在环流内海水运动缓慢。海水蒸发量大于该地降水量。在周围海流和风的作用下，较轻的海水堆积于该区中部，致使中部海平面高于

美国大西洋沿岸海面 1 米。该地温跃层呈最大梯度，阻碍了富营养盐的深层冷水上升运动，故这一海区海水洁净，海洋动物稀少。在该海中，虽然马尾藻比比皆是，但对船只航行从未构成危害。1492 年哥伦布的船员曾误将该地漂浮的海藻当作浅海，后来葡萄牙船员发现海藻的许多小气囊浮在水面酷似该国的一种葡萄，故名马尾藻，后来则以此作为该海的名字。

【洋流】又称海流。海洋中具有相对稳定流速和流向的大规模海水运动。洋流的形成主要受风力、压强梯度力、海水密度、地转偏向力、海底地形、陆地、岛屿屏障等作用影响。按其成因可分为风海流、密度流、倾斜流、补偿流、地转流、潮汐流等；按其稳定性和持续时间可分为定常流、非定常流、周期流等；按其水温高于或低于流经海区又可分为暖流和寒流。海流流速和流向是海水水平运动性质的基本要素，流速一般以节（海里/秒）或厘米/秒表示，流向以度和方位表示。大洋中由于受行星风系作用海面所产生的切应力引起海水流动。行星风系风力的大小和方向随纬度变化，导致海面海水辐合和辐散，与地转偏向力平衡后形成风海流，同时使海水密度重新分配并产生升降流等。大洋上海水蒸发、降水、结冰和融冰等热盐效应，造成海水密度不均，产生大洋热盐环流。陆地和岛屿的配置及海底地形在一定程度上干扰和破坏了大洋风生环流和热盐环流的分布。如由于地形屏障作用可产生海水辐合和辐散，从而形成升降流、沿岸流、浅内海环流、大陆架环流、海峡海流等，海陆之间热力差异的叠加使大洋环流更加复杂。海洋中各种物理过程、化学过程、生物过程、地质过程及海洋上空的气候变化均对洋流有一定影响。因此，加强洋流的研究，掌握海流规律，对海洋渔业、航运、旅游、海洋海岸工程、

矿产资源调查和开发、海洋环境监测保护、海洋国防建设具有重要意义。

【大洋环流】大洋中海水做大规模的连续的并近一定路线由一个海域流入另一海域的独立的流动系统。这些环流主要是在海面风、热、盐等作用下进行的。其中，最显著、最重要的是在赤道南北的低纬度海域，由于在东南和东北信风作用下分别形成的自东向西流动的南赤道暖流和北赤道暖流。它们的主流在大洋西岸海域分别向南、北流动，形成逆时针和顺时针流动的环流；两股小的支流分别向北、南流去，并在赤道附近会合后形成二主流之间的分别流向东、西的赤道逆流。在北半球的中纬度地区，海水在西风作用下形成自西向东流动的北大西洋流和北太平洋流，当它们流抵大洋东岸后又形成流向南、北两个支流。而在南半球的中纬度地区，却因无海岸阻挡，在西风作用下形成南极环极流（又称南极绕极流或南极海流。）在南半球的高纬度地区，海水在东风的作用下，向西流动，称为极地东风流。上述这些洋流在低纬至高纬地区，分别形成热带环流、亚热带环流和亚寒带环流等环流系统，其海水状态不一，水温、盐度各异。大洋环流除水平环流外还有铅直环流，即有降流。

【寒流】海水温度低于所流经海区的海流。通常，寒流自高纬海区流向低纬海区，在流动过程中海水温度逐渐增高，对沿途气候有降温 and 减湿作用，并对表层水的混合亦起重要作用。北大西洋拉布拉多寒流、北太平洋千岛寒流和南太平洋秘鲁寒流都是世界上最强寒流之一，对所经海区及其附近陆地气候影响显著。

【暖流】海水温度高于所流经海区的海流。通常，暖流自低纬海区流向高纬海区，在流动过程中海水温度逐渐降低，对沿途气候有增温和增湿作用，对于表层水的混合亦起重要作用。墨西哥湾暖流、黑潮、北大西洋暖流都是世界大洋中最强盛的暖流之一，对所经海域及其附近陆地气候影响显著。

【风海流】又称风生海流（风洋流）、吹流或漂流。由风对海面作用所产生的切应力所引起的海水流动。海水在风的作用下产生运动，海水堆积密度重新分布，导致派生压强梯度力，使海水流动与其相适应，由风力直接作用形成风海流。在地转偏向力作用下，表层海水的流向多偏离风向 45° ，北半球右偏，南半球左偏，且其偏向随深度增加，而流速随深度减小。其摩擦阻力深度通常为几百米。因此漂流只能在海面和摩擦阻力深度之间流动，而该深度以下可与表面流向相反。世界各大洋近表层洋流系统的成因主要属于风海流，如各大洋的南赤道海流是该海区东南信风形成的，而东北信风则形成北赤道海流。又如，印度洋北部的季风洋流，随印度洋季风的更替而发生季节性的转变。

【补偿流】由于某种原因，海水从某一海区流出而引起海面降低，而邻近海区海水则随之流入补充，这种海水的流动称为补偿流。补偿流可为水平方向，也可为垂直方向；垂直方向补偿流称为升降流，升降流又分上升流和下降流。如秘鲁寒流、加利福尼亚寒流、本格拉寒流等均属于补偿流。

【梯度流】见“密度流”。

【地转流】由于地转偏向力（科里奥利力）作用，在海水相当厚的水平层中形成水平方向的转动。科里奥利力是由于地球自转产生的偏转力，在赤道上为零，随纬度的增高而加大，在极地达最大值。科氏力作用于地球上运动的任何物体，其运动路线在北半球向右偏移，在南半球向左偏移。如墨西哥湾暖流运动方向向北，在向高纬流动过程中，由于科氏力作用不断加速，并不断向右偏移，一直进入西风带盛行区，折向东呈扇形展开，延续成北大西洋暖流。又如沿欧洲西南部和北非西部沿岸的加那利寒流向南运动，在向低纬流动过程中，由于科氏力作用减小，海流逐渐减慢、加宽，成为缓慢的漂流。在佛得角群岛附近，由于东北信风作用向西汇入北赤道暖流。

【季风流】又称季风洋流或季风海流。印度洋北部随季风更替出现的洋流系统。它属于风海流的一种特殊形式。印度洋北部海区，由于季风的影响，洋流流向具有明显的季节变化。冬季盛行东北季风，海水在风吹动下向西流，洋流呈反时针方向流动。出现了主要由北赤道流和赤道逆流构成的东北季风环流。夏季盛行西南季风，海水在风吹动下向东流，洋流呈顺时针方向流动，形成西南季风环流，加强了南赤道暖流的发展。顺时针方向的西南季风环流比逆时针方向的东北季风环流的流速大，持续时间长。

【沿岸流】沿着局部浅海海岸流动的海流。一种是由于风力作用或河流入海作用，形成沿着局部海岸流动的海流称沿岸流。此外，在海岸带由于波浪作用形成近岸流系。其中，一般沿着海岸运动的水流也称为沿岸流。中国近海有黄海沿岸流、东海沿岸流和南海沿岸流，它们是由河水和海水混合形成且具冲淡水性质的低盐水

流。黄海沿岸流起自渤海湾，沿海州湾南下，至长江口转向东南，流速一般每秒小于 25 厘米。东海沿岸流由长江、钱塘江、闽江等入海径流与海水混合而成，夏季向北和东北，冬季顺岸南下，流速每秒 25 厘米左右。南海沿岸流是指广东和广西沿岸冬季向西南、夏季向东北的海流。珠江口附近平均流速每秒 25 厘米，最大每秒达 70 厘米。

【上升流】表层以下的海水从深层上升的流动。上升流是升降流的一种。上升流出现于世界海洋各处，大多数出现于海流辐散和辐聚的地区。如当风向平行于海岸吹刮时，在北半球大陆右岸由于科氏力作用，使大洋表面水流右偏，表层海水离开海岸，引起近岸下层海水上升。在辐聚流的情况下，特别是遇到陆地时水将下降，周围水体则上升补充下降的海水。在上升流相对稳定区域，海洋生物因有丰富营养的水而适于生长。秘鲁近海岸的上升流因秘鲁海流离岸偏转结果，形成世界著名渔场。世界上最强的上升流出现在索马里和阿拉伯半岛东岸。

【赤道逆流】又称反赤道流。赤道两侧南、北赤道海流之间的逆向海流。赤道逆流自西向东流，以补充大洋东部被赤道海流所带走的海水，实际具有补偿流和倾斜流的性质。赤道逆流处于赤道两侧信风系统之间的低气压地区，宽度较为狭窄，呈约为 400 千米宽的带状，水层厚度为 300 米左右，流速为 1—3 节。由于赤道附近终年高温多雨，因此赤道逆流表层海水具有高温低盐性质。赤道逆流速流通常为每秒 40—60 厘米，最大达每秒 150 厘米，冬季一般小于每秒 15—30 厘米。据新近观测发现，赤道逆流不仅位置不是一成不变的，并且也不是正好在赤道无风带内，而可以在赤

道北面（北纬 5° — 10° ）和南面（南纬 8° ）都出现向东的海流，分别称北赤道逆流和南赤道逆流。

【赤道潜流】出现在赤道附近海域次表层中的海流。它处在赤道暖流之下、中层水的上部。与表层南、北赤道暖流的流向相反，自西向东流动，其流速比表层者大，它所分布的海域几乎对称于赤道。太平洋的赤道潜流（又称克伦威尔海流）位于 100—300 米深处，其核心位置通常位于温跃层之上，且自西向东上升（西经 146° 处深约 100 米，西经 140° 处深约 40 米，至加拉帕戈斯群岛附近深约 20 米以浅）；流幅（宽度）约 300 千米，大约介于南北纬 2° 之间；最大流速约为 1.5 米/秒；流量估计为 40×10^6 米³/秒（相当于黑潮流量的一半左右）；流长（自菲律宾外海向东至加拉帕戈斯群岛附近）约为 14000 千米，几乎横跨太平洋。大西洋的赤道潜流（又称罗蒙诺索夫海流）的特点与太平洋赤道潜流相似，只是其流幅狭窄，流速为 0.5 米/秒，流量为 40×10^6 米³/秒。印度洋在赤道处的风，于 11—次年 3 月吹北风，于 5—9 月吹南风，故不能产生赤道潜流，仅在 3—4 月才形成印度洋的赤道潜流。

【余流】一种非周期性的海流。在生产实践中，有时把海岸带的海流分为潮流和余流两种。在海岸带实测到的海流通常是潮流、风海流、地转流等叠加的合成海流，这种合成海流可分解为周期性海流——潮流和非周期性海流——余流。严格地说，余流包括长周期性（数年至数十年）海流。余流的分析对海洋环境研究和海洋污染调查有着重要的意义。

【异重流】两种或两种以上不同比重的水体层发生的相对运动。主

要液体的密度差异产生的运动,一定密度差异重流有相应的宽度、水深和流速,并含一定数量的细泥沙。例如,河口的表层淡水和底层海水的相对流动,海岸带浑浊的沿岸流呈带状水流潜入海底向前运动。研究异重流的方法有模型实验、实地观测和理论分析。

【北赤道暖流】北半球的赤道暖流。赤道暖流的一种。由于北赤道区受东北信风趋使影响,形成自东向西流动的海流,流速较低、深度较浅。流速一般 0.5—2 节,深度约为 500 米。在大西洋中,始于非洲佛得角群岛以北向西流向中美洲安的列斯群岛附近转向西北,小部分进入加勒比海,平均流速 0.7 节。在太平洋起源于赤道逆流水体折向中美洲以北,横亘太平洋,至菲律宾附近转向北,西经 160°处流量为 450 万立方米。在印度洋,由于受热带季风气候的影响,冬季产生逆时针方向的东北季风环流,故北赤道海流是向东流动的季风漂流;夏季出现顺时针方向的西南季风环流,且越过赤道汇入南赤道暖流,北赤道海流消失。

【南赤道暖流】南半球的赤道暖流。赤道暖流的一种。由于南赤道区受东南信风趋使的影响,在大西洋、太平洋、印度洋中形成自东向西流动的海流,流速较低、深度较浅,流速一般 0.5—2 节,深度约为 500 米。在大西洋中始于几内亚湾赤道以南,向西流向南美洲,在南纬 7°受布朗库角向东伸入影响分为南北两支暖流,平均流速 0.6 节,南美沿岸有时达 2.5 节。在太平洋始于南美沿岸的北向流,在赤道附近向西流动,横亘太平洋后,转向南入珊瑚海。在印度洋,南赤道暖流全年由东向西,在靠近非洲大陆东岸时转向南北。

【黑潮】北太平洋西部流势最强的暖流。它与北大西洋中的湾流齐名，同是世界大洋中的著名强流。黑潮具有流速快、流量大、流幅窄、深度大、高温、高盐等特征。因水呈蓝黑色而得名。它由太平洋北赤道海流在菲律宾群岛以东向北流动的一个分支延续而成。其源地位于中国台湾岛东南和巴士海峡以东海域。主流沿台湾岛东岸北上，流入东海。后沿琉球群岛西侧流向东北，在东海大陆架外缘的东海大陆坡上流动。当它在奄美群岛西北分出对马暖流（通过对马海峡进入日本海）分支后转向东流，通过吐噶喇海峡北部流出东海，进入日本以南太平洋海域；再沿日本本州岛沿岸流向东北，在本州岛钁子附近离开大陆坡向东流去，成为黑潮续流。约在东经 165° 处再延伸为北太平洋流。狭义的黑潮系指自台湾岛东南海域至钁子一段紧沿大陆坡流动的高速带状水流；广义的黑潮流系则包括黑潮续流。黑潮对日本、菲律宾和中国气候有较大影响。

在菲律宾以东，北向最大流速约为 $80\text{—}100$ 厘米/秒；在巴士海峡、台湾岛南端及东岸最大流速约为 150 厘米/秒。在台湾岛以东，流幅宽约 $125\text{—}170$ 千米，向北渐窄，深度达 200 米，离岸 $60\text{—}100$ 千米，流轴上最大流速平均约为 95 厘米/秒，流量的年际变化很大，在 $19\times 10^6\text{—}42\times 10^6$ 米³/秒之间，海面温度夏季达 29°C ，冬季达 20°C ，均向北递减。黑潮到达日本以南时，流速变快，流量增大，途径变化最为复杂。其表层最大流速可达 190 厘米/秒以上，流轴宽约 125 千米，深约 600 米。因此，若把黑潮描述成比较窄的且流速为 6 节、流量为 $40\times 10^6\text{—}50\times 10^6$ 米³/秒的海流，在某些时候和地方会给人以错觉。因为黑潮与湾流一样，其流速、流量以及热盐结构等均随地区、时间和季节而变化，时常发展成蛇形弯曲，有时可偏离主轴达 500 千米。关于黑潮的名称，有人曾

称日本暖流，甚至曾误称为台湾暖流。

【北太平洋暖流】北太平洋的西风漂流。是黑潮的延续，于北纬 40° 附近与千岛寒流相遇，在盛行西风吹送下折向东流，横过太平洋北部，形成北太平洋暖流。至北美洲西海岸分为两支，一支折向北称阿拉斯加暖流，一支折向南称加利福尼亚寒流。该暖流位于热带水与极地水交界处，具有宽广的过渡区。夏季表层水温为 8°—23℃，冬季表层水温为 7°—16℃。流速由西向东递减，即由 0.5 米/秒减至 0.1 米/秒，流量为 1500—3500 米³/秒。

【加利福尼亚寒流】流经北太平洋东南部的一支寒流。是北太平洋暖流的南分支，它源于北纬 40° 附近，沿美国西部加利福尼亚海岸向南流动，最后补充北赤道暖流。该寒流宽 550—660 千米，时速 1—2 千米，北部水温为 9℃，南部水温达 26℃。

【亲潮】又称千岛寒流。流经北太平洋西北部的一支寒流。起源于白令海，受极地东风影响，经堪察加半岛，沿千岛群岛东岸南下，在北纬 40° 日本北海道附近与黑潮相遇，并潜入暖的黑潮水之下，其余部分在西风吹送下转向东流。亲潮与黑潮交汇处，由于两者水温和盐度差异，水色和透明度有较大差异，具有丰富的营养物质和浮游生物，此海域的北海道渔场是世界最大的渔场之一。亲潮水温较低，约为 4°—5℃，表面水温低于 19℃，流速低于 1 米/秒。

【东澳暖流】又称东澳大利亚暖流。流经南太平洋西部的一支暖流。是太平洋南赤道暖流的南分支，形成于珊瑚海中的大堡礁和切斯

特菲尔德礁之间，沿澳大利亚东岸南下，至南纬 40°附近同西风环流汇合。该暖流宽度较窄，但流速大（可达 30—50 厘米/秒），其宽度仅 100—200 千米，水温为 15°—25℃。

【西风漂流】在盛行西风吹动下，海水自西向东大规模流动所形成的海流。在北半球为北大西洋暖流和北太平洋暖流，在南半球为全球性寒流性质的西风环流。

【西风环流】又称南极绕极流。南纬 40°—50°辽阔洋面上的西风漂流。极地寒冷海水在强劲的盛行西风吹送下，海水自西向东环绕纬圈流动，形成横亘太平洋、大西洋和印度洋的全球性的西风环状寒流，是世界上海洋中最大的洋流，其最低流量是世界最大河流亚马孙河流量的 400 倍，其流速约 $(90—100) \times 10^6$ 米³/秒。由于受大陆、海底地形和北部边界其他海流影响，致使局部地带偏离围绕南极的路径。

【秘鲁寒流】又称洪堡洋流，或亨博尔特海流。流经南太平洋东部的一支寒流。该洋流是由西风漂流向东流动中，遇南美洲西海岸，转向北而成，沿智利和秘鲁海岸向北流动，于南纬 10°以北折向西流，围绕智利-秘鲁海盆呈逆时针旋转，成为南太平洋南赤道暖流的补偿流。秘鲁寒流对南美洲西岸气候有显著降温 and 减湿作用。该寒流比较浅，昼夜流速约 6 千米。该地在盛行风和科氏力作用下使表层水向西，使下层营养物质丰富的冷水上升至表层，为鱼类提供大量饵料，形成世界著名的渔场。并吸引了大量海鸟，海鸟又生产了大量商业性海鸟粪。

【安的列斯暖流】流经西印度群岛中的安的列斯群岛沿岸的一支暖流。由大西洋北赤道暖流和南赤道暖流的北支合并转向西北而成，携带马尾藻海的海水沿大安的列斯群岛北侧流动，在巴哈马群岛附近和佛罗里达海流汇合，延续为墨西哥湾暖流。

【莫桑比克暖流】流经南印度洋西部的非洲大陆沿岸南流的一支暖流。由于南赤道暖流在向西流动过程中遇非洲大陆转向分为两支，其中一支折向南，沿非洲大陆和马达加斯加岛之间的莫桑比克海峡南流，即为莫桑比克暖流。该暖流的延续部分与马达加斯加暖流汇合向南直达非洲南端，称厄加勒斯暖流，最后汇入西风漂流。

【西澳寒流】又称西澳大利亚寒流。流经南印度洋东部的一支寒流。由西风漂流的一小部分遇澳大利亚大陆转向而成，沿澳大利亚西岸由南向北流动，在南纬 15°附近最后汇入南赤道暖流。该寒流时速 0.7—0.9 千米，水温南低北高，盐度为 35.5—35.7。该寒流对澳大利亚大陆西岸起着明显的降温和减湿作用，是澳大利亚沙漠邻近海边的原因之一。由于澳大利亚大陆西南角仅达南纬 35°附近，对西风漂流的阻挡作用不大，该寒流的强度和作用远小于南美洲西岸的秘鲁寒流。

【湾流】又称墨西哥湾暖流。流经北大西洋西部最强盛的一支暖流。由佛罗里达暖流和安的列斯暖流汇合而成。佛罗里达暖流是由北赤道暖流和圭亚那暖流汇聚于加勒比海、墨西哥湾后，经佛罗里达海峡流出的暖流。安的列斯暖流是由北赤道暖流和南赤道暖流的北支合并后，转向西北，流经大安的列斯群岛东岸海域的暖流。墨西哥湾暖流沿北美洲东海岸自西南向东北运行，直达北纬 40°

附近的纽芬兰大浅滩以东海域。该湾流具有流速高、流量大、流幅窄、高温、高盐、流路曲折、流域广阔、透明度大等特点。在佛罗里达半岛东南岸，流幅宽 170 千米，每昼夜流速 130—260 千米，厚度约 800 米，表层水温达 27°C — 28°C 。在哈特勒斯角附近海域，流幅宽 110—120 千米，厚度 700—800 米，表层水温 25°C — 26°C ，盐度 36.2—34.4，流量为每秒 8200 万立方米。该湾流流势强盛，水温和流速随地区、时间、季节变化，与季风强弱关系密切，对北美洲东部的气候影响十分显著。冬季湾流与沿岸水温之差在哈特斯角附近为 8°C ，在纽约和波士顿达 12°C — 15°C 。该暖流在北纬 40° 附近，在盛行西风吹动下折向东呈扇形展开，流向欧洲西岸，延续成北大西洋暖流。

【北大西洋暖流】又称北大西洋西风漂流。墨西哥湾暖流的延续部分，是在盛行西风吹送下，横过大西洋北部，流向欧洲西部沿海的一支暖流。该暖流起始于纽芬兰外大浅滩附近，在欧洲西海岸北纬 40° 附近分为两支，南支南流称加那利寒流，北支北流折向东北后，在北纬 60° 附近再分为两支，左支最后成为西格陵兰暖流，右支经挪威海伸入北冰洋的巴伦支海。该暖流对西欧和北欧的气候有显著的增温和湿润作用，并在强劲西风吹送下把海洋上的暖湿空气输送到欧洲西部广大地区，使西欧成为典型的温带海洋性气候。该暖流主干段时速由南部的 20—50 厘米/秒向北部减至 10—20 厘米/秒。其流量受墨西哥湾暖流强弱势力影响，变化于 2000—4000 万米³/秒。

【加那利寒流】流经北大西洋东部的一支寒流。是北大西洋暖流的南分支，它在接近欧洲西南部伊比利亚半岛时沿葡萄牙沿岸南下，

形成较弱的加那利寒流。经非洲西北岸附近的加那利群岛向南流向佛得角群岛附近,最后向西汇入北赤道暖流。寒流时速小于 2 千米,宽约 400—600 千米。对非洲西岸气候有降温 and 减湿的作用。

【拉布拉多寒流】流经加拿大北极群岛和拉布拉多半岛东岸的一支寒流。源于格陵兰岛与巴芬岛之间的巴芬湾,南流至纽芬兰东南北纬 40°附近与墨西哥湾暖流相遇,向东汇入北大西洋暖流。春夏季多巨大冰山造成大雾,最常见的是格陵兰岛沿岸山谷冰川滑入海中,影响海上航行。寒流时速 1—2 千米。纽芬兰东南温水鱼群和冷水鱼群汇聚,是世界著名的纽芬兰渔场。

【东格陵兰寒流】源于北冰洋,沿格陵兰岛东岸向南流的一支寒流。该寒流通过格陵兰和冰岛之间的丹麦海峡南流,其强弱变化直接受北冰洋海冰的生成与融化的影响,春季多冰山和浮冰,最常见的是格陵兰岛沿岸山谷冰川滑入海中,由于源于高纬,水温和盐度均较低。该寒流时速 1 千米,盐度为 32—33,夏季水温仅 2.4℃。

【巴西暖流】流经南大西洋西部的一支暖流。它是南赤道暖流向南的一个分支,沿巴西东岸向南流动,在南纬 40°附近与北上的福克兰寒流汇合,然后受西风影响汇入西风漂流。巴西暖流时速为 1—2 千米,水温为 18°—26℃,盐度为 35—37 以上。

【本格拉寒流】流经南大西洋东部的一支寒流。西风漂流在向东流动的过程中,一部分接近南非后继续向东进入印度洋,一部分遇到非洲大陆后转向沿非洲西岸北上,经安哥拉西岸本格拉继续向北流,最后汇入南纬 10°附近的南赤道暖流,形成南大西洋反时针

环流系统。本格拉寒流时速为 1—2 千米。水温南部低，北部高，沿岸并有深层水上升，对非洲西岸气候有降温和减湿的作用。

【海洋调查】狭义的海洋调查是指根据调查任务制订调查计划，按时在选定的测区、测线和测点上使用适当的观测手段，获取海洋环境要素资料，并写出调查报告的全过程。广义的海洋调查应称为海洋观测系统，系指对海洋环境状况或现象及其时空变化进行调查、监测、监视的系统。它是由各种观测设备、海洋调查船、执行辅助海洋观测的各种作业船只、岸边和岛屿海洋站、海洋天气船站、各种观测浮标、卫星、飞机、雷达和其他形式的观测平台，以及获取标准海洋学资料的组织和管理机构所组成。它所观测的海洋环境要素主要有：（1）物理学参量，如海水温度、盐度、海流、潮位、波浪等；（2）与天气站网有关的物理学参量，如海面风、气温及露点、气压、海冰、风浪和涌浪；（3）其他参量，如太阳辐射和降雨量；（4）非物理参量，如污染物质、化学和生物量参量等。海洋观测仪器通常指观察和测量海洋现象的基本工具，即采样、测量、观察、分析和数据处理等设备。海洋观测仪器按结构原理可分为声学式仪器、光学式仪器、电子式仪器、机械式仪器以及遥感遥测仪器等；按运载工具又可分为船用仪器、潜水器仪器、浮标仪器、岸站仪器和飞机、卫星仪器；按所测要素还可分为测温仪器、测盐仪器、测波仪器、测流仪器、营养盐仪器、重力和磁力仪器、底质探测仪器、浮游生物与底栖生物仪器等。将它们归纳起来可划分为四大类，即海洋物理性质观测仪器、海洋化学性质观测仪器、海洋生物观测仪器、海洋地质与地球物理观测仪器。

【海洋科学国际合作】国际间联合进行的各种海洋科学调查研究活动。例如，1958年的大西洋极锋调查。其后的国际合作项目有近百个，或就某一海域，或就某一专题进行，如1969年的地中海西部调查、1968年的北海波浪分析等。60年代以来的在型合作项目有：国际印度洋考察（1959—1965年）、国际热带大西洋合作调查（1963—1964年）、黑潮及邻近水域合作研究（简称“黑潮联合调查”）（1965—1977年）、加勒比海及邻近水域合体调查（1970—1976年）、地中海合作调查（1969年开始）。其余尚有1974年全球大气研究计划大西洋热带实验、1978—1979年的全球大气研究计划第一期全球实验热带海洋学计划等。目前，正在实施的最重要的国际海洋科学侯作计划是海洋勘探与研究长期扩大方案，其第一阶段计划即为“国际海洋考察十年”（1971—1980年），共有40个国家参加，其活动主要包括环境预报、海洋环境质量、海底的非生物资源和海洋生物资源四大类。

【深海钻探计划】1968年8月至1983年11月进行的一项全球性大洋钻探计划，即用大洋钻探获得的海底岩心及井下测量资料来研究大洋地壳的组成、结构、成因、历史及其与大陆关系的一项海底地球科学研究计划。钻探任务由“格洛玛·挑战者”号钻探船完成。除北冰洋外，千余口钻井遍及世界各大洋。此项计划的完成获取了大量的珍贵资料，填补了深海地质学的空白，验证了“海底扩张说”和“板块构造说”，为古海洋学的建立奠定了基础，极大地推动了海洋地质学的发展，为近代地质学理论和实践作出了重大贡献。

【国际地球物理年】1957年7月1日至1958年12月31日世界各

国对全球地球物理现象进行的一次联合观测活动。国际地球物理年为每 25 年举行一次，此前原名为“国际极年”，并且每 50 年举行一次。此次研究内容有气象学、地磁和地电、极光、气辉和夜光云、电离层、太阳活动、宇宙线和核子辐射、经纬度测量、冰川学、海洋学、重力测量、地震、火箭及人造卫星探测。参加此次活动的共有 67 个国家，中国也开展了观测和分析工作，各参加国对极地、高纬区、中纬区和赤道地区进行了全球性的联合观测。

【黑潮联合调查】 全称黑潮及邻近水域合作研究 (CSK)。1964 年由政府间海洋学委员会第三届大会正式通过。第一期现场调查始于 1965 年 7 月，有 10 个国家和地区参加，动用了 40 艘调查船，于夏、冬季进行同步观测。1967 年以后，一年四季均进行调查，各季度保持 15—24 艘调查船。1970 年 8 月第一期调查结束，以后继续调查，直至 1977 年为止。在调查中，发现了黑潮的起源及其分支，亚热带、赤道海域水团，热带逆流，并绘制了海洋生产力图。至 1975 年，共收集加工了 435 个航次的 16727 个海洋站资料，并以《CSK 资料报告》的形式发表，共出版了 328 卷。于 1977 年还出版了 CSK 图集 7 卷。

【中国海洋考察】 最早可追溯到公元 1 世纪。明代郑和七下西洋，曾对海洋进行了考察。直至 20 世纪 20 年代后期中国才开始近代海洋科学考察。1949 年前，仅进行了几次以海洋生物为主的调查。1949 后，设立了调查机构，组织了考察队伍，建造了考察船只，研制了调查仪器，积极开展海洋调查研究工作。中国海洋考察的重大项目有：全国海洋综合调查（1958—1960）（通称“全国海洋普查”）、近海标准断面调查（1960 至今）、全国海岸带和海涂资源

综合调查(1980—1986)、南海海区综合调查(包括1973—1989年对中部、东北部及南部海域的多次调查)、太平洋锰结核调查(1976—1978、1983、1985、1986—1989年多次调查)、西太平洋科学考察(1983—1986年多次考察)、中美长江口海洋沉积合作调查(1980—1981年)、中美渤海及黄河口海域沉积动力学合作调查(1985—1988年)、中美热带西太平洋海气相互作用合作调查(1986—1990年)、中日黑潮合作调查(1986—1992)、长江口及济州岛邻近海域综合调查(1981—1982)、台湾海峡地质地球物理调查(1983—1984)、大洋地质科学调查(1983—1989)、中美南海海洋地质联合调查(1979—1990)、中—西德南海地球科学联合研究(1987—1988)、南海海洋地质综合调查(1987—1989)、台湾海峡海洋环境综合调查(1984—1988)、台湾海峡油气资源调查(1989)以及南大洋考察(1984—1985、1986—1987、1989—1990)、“极地”号首次环球海洋科学考察(1986—1987)等。通过上述海洋考察,对中国近海及某些大洋的海洋环境和资源状况有了进一步的认识,为中国海洋科学研究和海洋资源开发利用积累了宝贵的资料,从而为中国海洋事业的发展打下了良好的基础。

【近海标准断面调查】在中国近海四个海区(渤、黄、东、南海)设置的标准断面上进行的海洋调查工作。共布设26条标准断面、205个观测站,每月实施一次调查(后来有所调整)。断面调查的项目有:水温、盐度、溶解氧、pH值、碱度、活性磷酸盐、活性硅酸、海浪、海发光、水色、透明度、水深、海面气象要素和船舶气象测报等。此项调查始于1960年,多年来取得了大量调查资料,在经济建设、国防建设和科学研究上已发挥了重要的作用。

【太平洋锰结核调查】中国在太平洋进行的锰结核调查。调查始于本世纪 70 年代中期。1976—1978 年在赤道太平洋进行综合调查时,曾由“向阳红 5 号船在 3000—5000 米深的海底采得锰结核,从而开始了中国的锰结核的调查研究工作。1983 年中国在中太平洋(7°N—13°N,167°E—178°E)面积约 80 万平方千米海域,由“向阳红 16 号”船对锰结核进行了系统调查。1983 年以后,中国又多次派遣“向阳红 16 号”和“海洋 4 号”船进行了锰结核和锰结壳调查,1985—1989 年航次调查区域从中太平洋扩大到东太平洋,调查研究的程度有了更大提高,并圈定出 20 万平方千米的富矿区,初步估算出干结核 13 余亿吨。

【中国南极科学考察】中国的南极科学考察是从 1980 年 1 月首次派出董兆乾、张青松两位科学家赴澳大利亚南极凯西站进行科学考察而起步的。直至 1984 年先后共派出 40 名科学工作者分赴澳大利亚、新西兰、智利、阿根廷和日本等国的南极站参加度夏和越冬考察,以及新西兰 1983—1984 年度的南极夏季考察队。1985 年 1 月,有 2 人参加“南极条约系统讨论会”,到达南极极点——美国的阿蒙森-斯科特站。中国赴南极考察的科学工作者对气象、冰川、地质、地貌、地球化学、海洋物理、海洋生物、海洋地球物理等进行了考察。自 1984 年 11 月至 1992 年 12 月,中国已组织了 9 次南极科学考察。现将前 6 次考察简况介绍如下:(1) 中国首次南极考察(1984 年 11 月至 1985 年 4 月):1984 年 12 月 31 日中国南极考察队登上南极洲南设得兰群岛乔治王岛,并举行“中国南极长城站”奠基典礼,第一面五星红旗插上了南极洲。1985 年 2 月 20 日,中国南极长城站胜利建成。中国南极洲考察队、南大洋考察队完成了陆上和海上科学考察任务。1985 年 4 月 4 日至

11月25日,8人越冬队首次在长城站越冬。(2)中国第二次南极考察(1985年11月至1986年3月):进行了地质、地貌、高空大气物理、地震、地磁脉动、生物、气象、海洋、冰川、天文、大地测量和固体潮的考察或观测。越冬队进行了多学科考察和观测。(3)中国第三次南极考察(1986年10月至1987年5月):此次科学考察活动由陆上考察(包括站上常规观测项目和野外考察项目——地质、环境、冰川、测绘、生物圈)、南大洋考察(由中国“极地”号船完成)和环球海洋科学考察(由“极地”号船完成中国首次环球海洋科学考察任务)三部分组成。越冬队完成了冬季科学考察任务。(4)中国第四次南极考察(1987年11月至1988年3月):冰川学、地貌学和生物学是此次考察的重点学科。越冬队进行了冬季科学考察。(5)中国第五次南极考察(1988年11月至1989年4月):组织了中国首次东南极考察队赴东南极大陆建立“中国南极中山站”和科学考察。1989年1月26日举行中山站奠基仪式,2月26日建成。进行了测绘、地质、环境、生物、海洋、气象等学科考察。越冬队首次在中山站越冬,并进行冬季科学考察。五次队于1988年11月—1989年3月赴长城站考察,其重点是考察潮间带生态系;越冬队进行了常规观测项目,还进行了生物、冻土、地貌和人体生理等学科考察。(6)中国第六次南极考察(1989年10月—1990年4月):六次队进行了中山站科学考察、长城站科学考察和南大洋考察。自长城站、中山站建成后,开始了有组织、有计划的多学科综合考察与研究。其主要学科有:气象、地质、地貌、冰川、生物、大地测量、环境、地球物理、高层大气物理、人体生理、心理学和海洋学等。经过10余年的努力,中国南极科学考察与研究取得了显著的成绩。

【中国南极长城站】建于1985年2月20日，为常年（越冬）站。坐落在南极洲南设得兰群岛中最大的岛屿乔治王岛上。其地理坐标为 $62^{\circ}12'59''\text{S}$ 、 $58^{\circ}57'52''\text{W}$ 。距北京17501.949千米，与北京的方位为 $170^{\circ}38'27''$ 。海拔高程为10米。三面环山，一面临海。淡水充足，海滩平缓。距该岛上的智利、前苏联和乌拉圭站很近，便于国际交流与合作。经不断扩建与完善，长城站已初具规模。长城站地区的科学考察，主要包括气象、地震、地磁、高空大气物理、测绘等常年观测，以及环境、地质、生物生态、人体医学、冰川、太阳22峰年的观测与研究。

【中国南极中山站】建于1989年2月26日。为常年（越冬）站。位于东南极大陆普里兹湾边的拉斯曼丘陵上。其地理坐标为 $69^{\circ}22'24''\text{S}$ 、 $76^{\circ}22'40''\text{E}$ 。距北京12553.160千米，与北京的方位为 $32^{\circ}30'50''$ 。站区三面环山，一面向海，地势开阔。站前是水深20米的中山湾良港。站区最低气温一般不低于 -50°C ，风速不超过55米/秒。淡水资源丰富，距具有重要科研价值的冰盖不到10千米。离前苏联的进步站和澳大利亚的劳基地不远，便于国际交流与合作。中山站地区的科学考察，主要有测绘、气象观测以及环境本底值、环境演化、生物生态、地质、冰川、高空大气物理、地磁、电离层、固体潮等考察与研究。

【中国首次南大洋及环球海洋科学考察】中国首次南极考察（1984）时，中国南大洋考察队曾对南大洋进行了首次考察。即对南大洋南北跨越7个纬度、东西跨越14个经度、面积为10万平方千米的海域，进行了磷虾资源和环境状况的多学科考察。在34个站位进行了海洋水文、气象、生物、化学、地质和地球物理等

6 个学科 23 个项目的综合观测。共取得温、盐、深测量数据 6 万组，浮游生物和底栖生物样品数百瓶，成体磷虾 109 千克（并进行了活体培养），1920 海里的重力测量数据，1682 海里的磁力测量数据和 4850 海里的水深测量数据。此外，在第三和第六次南极考察过程中也曾对南大洋进行了考察。中国首次环球海洋考察是在第三次南极考察期间（1986—1987）在“极地”号船上进行的。共进行了 4 个学科 5 个项目的观测。获得了青岛至长城站、长城站至青岛 27222 海里的重力连续剖面资料，记录累计深度 183500 米，气溶胶采样 47 个，微生物采样 183 次，分离菌种 143 株，采集海洋浮游植物标本 120 瓶，发布 3 天航行和锚地天气预报资料 147 份，接收传真天气图 698 张、卫星云图 728 份等。

中国主要河流水量平衡表

河 名	流域面积 (km ²)	降 水 (mm)	蒸 发 (mm)	径 流 (mm)	多年平均 径流系数
松花江	555080	526.7	390.1	136.6	0.26
海滦河	318161	559.8	469.3	90.5	0.16
黄河	794712	465.7	382.5	83.2	0.18
淮河	191174	909.1	671.5	237.6	0.26
长江	1807199	1082.4	549.1	533.3	0.49
珠江	444304	1469.3	1718.0	1751.3	0.51
雅鲁藏布江	240480	949.4	261.5	687.9	0.72

水 文

【水文循环】又称水分循环或水循环。地球上的水在太阳辐射和重力作用下，以蒸发、降水和径流等方式进行的周而复始的运动过程。地球上水分所以能循环是因为：水的三态转化特性是产生水文循环的内因，太阳辐射和地心引力作用是这一过程的动力。水文循环是从海洋蒸发开始，蒸发的水汽被气流输送至各地，一部分深入内陆，一部分留在海洋上空。在适当条件下凝结而成降水，降落到地面的雨雪，经植物截留、地面拦蓄、土壤入渗等环节，转化为地表与地下径流，最后又回到海洋。构成一个巨大的、统一的、连续的动态系统，这就是水文循环基本模式。实际上，由于在水分循环过程中蒸发、水汽输送、凝结降水、入渗以及径流等环节，交错并存，所以情况十分复杂。通常，将发生于海陆间的水分交换过程叫大循环，又称外循环；将发生在海洋与大气间，或陆地与大气间局部地区的水分循环叫小循环或内循环。小循环又可为海洋小循环与内陆小循环。内陆小循环是指从海洋输送来的水汽及由陆地蒸发的水汽，在内陆上空凝结降水所构成的局部地区的小循环。水文循环是地球上最重要的物质大循环之一，意义重大。它深刻地影响着地理环境的结构，影响自然界中发生的一系列物理的、化学的和生物学的过程。水分循环将地球上各种水体组合成连续统一的水圈；又是海陆间相互联系的主要纽带；又是巨大的物质和能量流，它使地表从太阳获得的辐射能重新分布，

由于水热的不同组合，使地球上形成了不同的自然地带；水文循环使水成为再生性资源，使人类能周而复始的重复利用水。水文循环所带来的洪水和干旱，也会给人类和生物造成威胁。

【水平衡】地球某一区域在一定时间内，水量的收入与支出之差等于该区域内的蓄水变量。即在水分循环过程中，水分的收支平衡。水平衡的研究区域可以是整个地球、可以是某个流域、湖泊、沼泽、海洋或某个地区。所研究的时段可以是日、月，也可以是一年、数十年或更长的时间。蓄水变量是指时段始末区域内蓄水量之差。水量平衡是质量守恒定律在水文循环中的表现形式。水量平衡通常用水量平衡方程式表示，利用水量平衡方程式，可以确定水文循环各要素的数量关系，估计地区的水资源数量，也可用来鉴别各种水文学方法和研究成果。所以，水平衡也是水文学中最重要的基础理论和基本方法。通过计算，全球水量的多年平均值基本是恒定的。平均每年从海洋和陆地上蒸发的水量为 577000 立方公里，等于平均每年的降水量。流域水量平衡方程式（闭合流域）为： $P=E+R\pm\Delta u$ 。式中 P 为研究时段的总降水量， E 为研究时段的流域总蒸发量， R 为流域出口断面的总径流量， Δu 为蓄水变量。对多年平均而言， $\Delta u=0$ ，则得闭合流域多年平均水量平衡方程式为： $\bar{P}=\bar{E}+\bar{R}$ 。当研究流域为不闭合流域时，应当计入所研究流域与相邻流域间的交换水量。中国主要大河流域的水量平衡见附表。

【水资源】在一定时期内能被人们开发利用的那一部分水体。这种开发利用的条件是：不仅在技术上可能，而且在经济上合算，又不会造成不利的环境影响。主要包括地表水体和地下水体中的淡

水资源部分以及部分海水和咸水资源等。人类大量直接利用的是大气降水、江河、湖泊、水库、土壤和含水层的淡水（含盐量 $<0.1\%$ ），冰川和积雪只在融化为液态水后，才易被利用。海水和其他水体的咸水被直接利用的数量很小，两极冰盖和永久冻土中的水被利用的机会极少。岩石中的结晶水则很难被利用。海洋、江河、湖泊和水库的水域可供发展航运、水产、游憩之用，这些水体所含的动能和势能是一种可再生的洁净的能源。海水和其他水体的咸水所含的化学物质，可以提炼利用，但一般被当作矿物资源。因地球上存在着巨大的水分循环过程，使水资源的所有水源：河水、地下水、土壤水、海水等都密切相互联系，并使水体多次更换，供人类循环使用，水资源是一种动态资源。随时间而变化，地球表面各水体的更换周期大致如下表。

水体类型	更换周期
海洋水	2500 年
深层地下水	5000 年
浅层地下水	340 年
土壤水	1 年
河流水	16 天
湖泊水	17 天
大气水	8 天
冰川水	10000 年

据研究，陆地表面总径流深为 31.4 厘米，按人口平均每人年

约有 10000 立方米水量,但由于水资源时间空间分布的不均匀性,而形成某些地区和国家严重缺水,另一些地区则遭受洪水灾害的威胁。由于土壤水在农业生产中的作用,而使土壤水资源成为水资源的一部分。由于水资源数量变化大,区域分布不均匀,人们为了获得更多的淡水,采取一系列的工程措施,如修建水库以调节天然径流量,建渠道以利于引水灌溉,掘井提水以便充分利用地下水。中国的水资源丰富,列为世界第六位水资源丰富的国家,但由于人口众多,人均占有量居世界第八十六位。水资源又是环境质量评价的重要指标之一,是一个地区发展生产的限制性因素,世界上干旱半干旱地区,由于严重缺水而限制了生产进一步的发展,以至人类的生存。

【水能】又称河流的潜在水能资源,或水力资源。自由流动的天然河流的出力和能量。构成水能资源的最基本条件是水量和落差,流量大、落差大的河段,所包含的能量就大,即蕴藏的水能资源大。全球江河的理论水能资源为 48.2 万亿度/年,技术上可开发的水能资源为 19.3 万亿度。中国的江河水能理论蕴藏量为 6 万亿度/年,可开发的水能资源为 1.9 万亿度。主要分布在长江中上游和黄河上游地区。水能是清洁的可再生能源。目前水力发电几乎为水能利用的唯一方式,故通常把水电作为水能的代名词。

【河流】流经地表或地下条状槽形洼地内水流,流经地表的叫河流,在地下流动的称为地下河。槽形洼地称为河谷,为水所充满的部分称河槽,河床是由流水本身侵蚀活动所造成的,河槽内水流来自河流自己的集水区,这是河流区别于由人类开挖的运河的主要标志。河流是地球上水分循环的重要路径,径流通过河流输送至

海洋，同时带走泥沙、盐类和各种化学元素。河流也是塑造地貌的重要外动力，径流又是重要的水资源，是人类生活与生产的基本物质。河流按其水文情势的主要差别，分为常流河、间歇河和偶然性河流。一年四季均有水流通过的为常流河，长江、黄河等世界上许多大河全是常流河。间隙性河流是有周期性的河川径流；而偶然性河流为干旱气候区域的河流，因降水稀少，河流有水的时候短暂而无规律。一条较大的河流可分为河源、河口和上、中、下游 5 个部分。河源是河流的发源地，河口是河流的终点。河源可能是冰川、湖泊、沼泽和泉水，河流各段的河道比降、水流特性、水量和侵蚀堆积作用都很不相同，故可分为上游、中游和下游 3 部分。一般说来上游河道比降大，水流湍急，以下切作用为主；中游河道比降减小、流速减缓、水量增多，以侧蚀为主；下游河道开阔，水量大而流速很小，泥沙以沉积为主。

【外流河】河水可以注入海洋的河流。如中国长江、黄河注入太平洋，就是外流河，世界上大多数河流都是外流河。外流河多为较大水系，河水流量大，大多为常流河，水分循环为外循环，它把大量的盐分带入海洋，也把大量泥沙带入海洋。中国外流区占全国领土的 64%，外流区域由分水岭将其与内陆流域分开，但这不是绝对的。如嫩江中下游沿河洼地、鄂尔多斯高原北部，由于特殊自然地理条件，区域内也有小面积的无流区。地质历史时期，由于地质构造的变动和湖水水位的下降，使原来同黄河沟通的青海湖水系变成内流水系。

【内流河】又称内陆河。河水不能流入海洋的河流，内流河大多分布在大陆内部干燥地区，或发育在封闭的山间高原、盆地内，一

般支流少而短小，多数河流单独流入盆地，缺少统一的大水系，水量少，多数为季节性或间隙性河流，矿化度由上游向下游增加。河水最终消失于沙漠或注入内陆湖泊沼泽中，为内循环水系。中国内流区占全国面积的 36%。著名的内流河有新疆塔里木盆地的塔里木河、青海柴达木盆地的格尔木河等。在一定条件下，内流河也可转化为外流河。如滦河上游的闪电河，原为从南向北流的内流河，后因滦河的溯源侵蚀把它袭夺过来，变成了外流河。

【间歇河】在干燥与半干旱地区，由于降水稀少，又缺乏充足的地下水补给，只有在雨季里或开春气温升高时的冰雪融水补给，才有短时间的水流流动，而到了旱季时河流干涸无水，这类河流称间隙河、暂时性河流、季节性河流等。山区小河多属于这类间歇河。

【瞎尾河】河流下切河槽的深度受侵蚀基准面控制。由于地壳变动等原因，会引起侵蚀基准面上升或下降。侵蚀基准面的变动可引起入海河口被淹没而成漏斗形三角港，干流沉溺后，沉溺河段的支流便只能独流入海，这种河流叫“断尾河”或“瞎尾河”。如中国浙江省钱塘江河口被沉溺为三角港，其原来的支流曹娥江、甬江独流入海，成为瞎尾江。流入干燥沙漠区的河流，由于强烈蒸发与渗漏而消失在沙漠中，这类河流没有河口，也称为瞎尾河。

【暗河】即地下河，又称伏流。流经地面以下的河段。多分布在岩溶作用强烈的地区，如中国西南各省，岩溶地貌分布广，气温高，雨量充沛，岩溶特别发育。地面形成溶洞和地下通道，地表水往往经地面溶洞潜入地下，而形成暗河。广西左江流域这类地下河

较多，有的地下河如地面有出口则成为可游览的风景区。中国北方也有少量的暗河，如辽宁本溪的水洞就是一段著名的地下河，也是一处著名的风景区。

【地上河】河槽的高程高于河流两侧地面，河水靠堤坝保护的河流。黄河下游就是世界著名的地上河。输沙量大的河流，下游流速变小，水流挟沙能力变小，河流所携带的泥沙小于上游来沙量，不能为水流带走的那部分泥沙在河底淤积，使河底高程逐渐增大，为防止河水漫溢，不断加高堤防，河流在地面以上流动，成为“地上河”，又称“悬河”。黄河下游河道滩面一般比两侧耕地高出2—5米，有的地段达到10米，成为世界上著名的“悬河”。这种高悬在大平原之上的河道，河床很不稳定，主流经常摆动，突然遭遇大洪水，很容易决口，灾害比一般河流严重。

【运河】人工河道。为沟通不同河流、水系和海洋，发展水运，综合利用水利资源而开挖的人工河道。运河一般都沟通于重要河流之间，以便改善有关地区的交通。世界著名的运河有巴拿马运河、苏伊士运河和中国的大运河。大运河沟通海河、黄河、淮河、长江和钱塘江等五大水系，是世界最长的运河。巴拿马运河沟通大西洋和太平洋，是连接两大洋的通道。苏伊士运河是沟通红海、地中海的通道。

【引河】人工开挖的河道。根据引水的目的不同可以分为减河和运河。减河主要用于泄洪，运河则主要用于运输。中国的南北大运河主要用于运输，天津的独流减河、永定新河等主要作用是排泄汛期洪水。

【减河】人工开挖的河道，目的是为分泄河流的洪水。减河可以直接入海、入湖或在下流再汇入干流。如天津市的独流减河是为了将大清河直接引入渤海以减轻海河的洪水。

【干流】流域中长度或水量最大的河道。是与支流相对的概念。干流长度最大，水量丰沛，如黄河、长江。干流也称“主流”，它是由许多条支流汇集而成，源远流长。干流的长短同水系形状有关，羽状水系的干流相对长，而扇状水系，干流不长，如海河干流从天津算起。有时干流的划分又常根据习惯而定，如岷江和大渡河，其中大渡河无论是长度还是水量都大于岷江，但它却是岷江的支流，岷江是干流。

【支流】水系中除干流以外的所有河流的统称。直接流入干流的支流，称一级支流，汇入一级支流的河流称二级支流，依此类推。大河的支流众多，如黄河集水面积大于 1000 平方公里的支流有 150 余条，较大的支流有洮河、湟水、无定河、汾河、泾河、北洛河、渭河、伊洛河、沁河及大汶河等。其中除泾河、北洛河为二级支流外，其他均为一级支流。支流的发育程度主要受降水和蒸发影响，湿润地区的水系支流众多，而干旱地区的河流支流稀少。

【河源】河流的发源地。河流源地可以是泉水、溪流、冰川、沼泽或湖泊。如长江的河源是唐古拉山主峰各拉丹冬雪山西南侧冰川，流出后称沱沱河，接纳当曲后称通天河。第二松花江发源于长白山天池，而著名的热河则发源于当地的温泉泉水。确定河源需进行大量的实地考察，当一条河流由两条以上支流汇合而成时，一

般应以长度较长，水量较大的河流的源地为河源。由于河流溯源侵蚀作用，河流可不断地向上移动或改变位置。

【河口】河流的终点。由于河流的终点可以是海洋、河流、湖泊或沼泽，因此河口分为入海河口、入河河口、入湖河口等。在干燥沙漠区，河流由于大量蒸发与渗漏，最后消失在沙漠中，而无河口，这种河流称瞎尾河。河口地区其水文特征受河流和所注入水体的双重影响，而不同于河流。特别是入海河口的水文特性，既不同于河流，又不同于海洋。由于入海河口地区大都是人口稠密、工农业发达地区，有许多港口和大城市，如上海、广州等，研究河口的水文规律对利用自然资源、发展生产意义重大。当前，河口学已成为水文科学的独立分支。

【上游】直接连着河源而奔流于深山峡谷中的一段河流。其基本特征是：落差大、水流急、冲刷强烈，两岸陡峻，河槽中常有急滩、瀑布，为峡谷地形。在河流发育阶段上相当于河流的幼年期。例如，黄河的上游是从河源到内蒙古自治区托克托县的河口镇段，长 3472 公里，有 26 个峡谷，著名的有龙羊峡、刘家峡、桑园峡、青铜峡等。落差大，总计为 3846 米，水力资源丰富。

【中游】介于河流上游和下游间的河段。中游的基本特点是：河道比降逐渐缓和，水流的下切力减小，河床冲淤大致平衡，两岸受河流的侵蚀而逐渐开阔，水量逐渐增加，两岸为 U 形河谷地形，河道弯曲并出现滩地。在河流发育史上相当于成熟期。例如：黄河中游段从河口镇开始，到河南省孟津止，河段长 1206 公里，支流众多，落差只有 890 米，河道上下段是峡谷河段，中间一段较宽

阔，禹门口以下河谷最宽处达 15 公里，滩地宽阔。峡谷地段也有急滩瀑布，落差 111 米的壶口瀑布是黄河上的一大奇观。

【下游】中游以下至河口间的河段。其基本特点是：河流奔流于冲积平原上，河槽坡度小而平坦，水流慢，流量大，泥沙淤积严重，浅滩沙州非常发育，河曲连绵不绝，河道开阔并多叉河弯道，断面复杂。在河流发育史上相当于老年期。黄河孟津以下进入下游，河段长 786 公里，落差只有 95 米，水势平缓，河道宽浅散乱，郑州以下防洪大堤间距一般 10 公里，窄处也有 5 公里，最宽处达 20 公里。河道滩面一般高出两岸地面 2—5 米，有的地段达十多米，成为世界上著名的“悬河”。

【河槽】有水流的谷地叫河谷，谷底被河水占据的部分称河槽或河床。河槽按照流过的水量多少可分为两个部分：即枯水河槽和洪水河槽，枯水河槽又称基本河槽。河流上游由于水流下切作用强，河谷狭窄谷坡陡峻，往往整个谷底都是河槽。河流中下游河谷宽，谷底平坦，谷坡渐缓，河床只占据河谷的一部分。平原地区的河谷常有心滩、边滩出现，河槽往往不是一个，形成复式河床。根据河槽的平面形态及其演变规律，可以将河槽分为：顺直微弯、弯曲、分叉、游荡四种类型。

【落差】任一河段首尾两端的高度差（河底的或水面的）。将每一河段的落差加起来，即河源与河口的高度差，称为该河流的总落差。落差大小直接影响河水的流动速度，影响河水的能量。由于地貌和地质构造等影响，河流各段落差并不相同，一般来说，河流上游的落差大，峡谷段落差大，平原河流落差小。例如，黄河

干流总落差达 4830 米，而上游段落差高达 3846 米。

【比降】河槽或水面的纵向坡度变化。河槽的纵比降指河段上下游河槽上两点的高度差（落差）与河段长度的比值；水面纵比降是指河段上下游两点间同一时刻的水位差与河段长度的比值。比降可用下式表示： $i = \frac{H_{\text{上}} - H_{\text{下}}}{L}$ ，式中， i 为河槽（或水面）纵比降； $H_{\text{上}}$ 、 $H_{\text{下}}$ 为河段上下游两点的高程（或水位）； L 为河段长度。例如，河段长为 10 公里，落差为 2 米，则比降为 $2 \text{ 米} / 10000 \text{ 米} = 0.0002 = 0.2\text{‰}$ ，即每公里长的河段平均落差为 0.2 米。山区峡谷地段比降大，而平原河流和河流下游比降较小。

【过水断面】某一时刻的河槽横断面，即某一研究时刻的水面线与河底线所包围的面积。过水断面决定研究时刻的河流流量和输沙量的大小，所以计算过水断面面积必须通过实测，并绘制过水断面图，再进行量标。每一个水位都对应一个过水断面，根据不同水位的过水断面面积资料可以绘制水位面积关系曲线图，如研究的河槽无冲淤变化，就可以根据水位值推求过水断面面积。常用以下几个形态要素说明过水断面的形状：过水断面上，河槽被水流浸湿部分的周长称为湿周；水面宽度；平均深度；水力半径 $R = \frac{F}{P}$ ，即过水断面面积与湿周的比值。

【河流纵断面】河底或水面的高程沿河长的变化。其中，河底高程沿河长的变化称河槽纵断面；水面高程沿河长的变化叫水面纵断面。两个纵断面常成平行曲线关系。河流纵断面的纵向坡度变化可以用比降来表示，比降大说明纵向坡度大，比降小则反之。河

流上游的河流纵断面坡度变化大，下游则变化小。河流纵断面可用测量的方法测出谿线上河底若干地形变化转折点的高程与各点到河流一端的距离，以河底高程为纵坐标，河长为横坐标，即可绘出河流的纵断面图。河流的纵断面图可以表示河流的纵坡及落差的沿程分布，也是推算河流水能蕴藏量的主要依据。

【地下水库】在地表以下调节地表水和地下水的水利工程。包括腾空地下水库的浅井系统和用回灌水补充地下水的孔渗系统，如果是引洪入渗，还应包括沉沙池系统。其工作原理是运用浅井系统将地面水转化到地下库容中，达到地面水与地下水联合运用。浅层地下水库常分为有坝式和无坝式两种，以后者为主。地下水库的水文地质条件好，有贮存大量地下水的构造条件。利用地下水库，可在非灌溉季节人工回灌地下水，使之在地下蓄积，准备在枯水期使用，以期达到充分利用水资源的目的。

【河槽横断面】垂直于主流方向的河底线与水面线所包围的平面。由于水量是变化的，因而有不同的水位，不同的水位有不同的水面线。称最大洪水时水面线与河底线包围的面积为大断面。任一时刻的水面线与河底线所包围的面积，称过水断面。河槽横断面是决定河槽输水能力、流速分布、比降以及流向的重要特征。河槽横断面面积也是计算流量和输沙量不可缺少的要素。河槽横断面的形态多种多样：山区的河槽深而窄，河底多为基岩或砾石；平原河槽则宽而浅，有的还是复式断面，河底多为细砂或淤泥。

【瀑布】从河谷纵剖面的岩坎上倾泻下来的水流。流水侵蚀掉较软的岩石而形成陡壁，山崩、断层、熔岩阻塞以及冰川差别侵蚀与

堆积均能造成瀑布。邻近的数个瀑布联合起来形成瀑布带。瀑布多形成于坚硬的岩石边缘或断裂线上。如中国贵州省白水河上的黄果树瀑布，河水从 67 米高的悬崖上直泻犀牛潭，是中国最为雄壮的瀑布，宽度达 81 米。瀑布具有巨大的能量，是重要的风景资源。

【河流补给】又称河流水源。河水的来源。流域上的大气降水是多数河流补给来源。河流补给主要类型有：雨水补给、季节性积雪融水补给、冰雪融水补给、湖泊和沼泽水补给、地下水补给等。河流补给的类型及其变化，决定着河流水情要素的变化，在开发利用水资源时，必须研究河流补给，才能从根本上认识河流的特性。

雨水补给：雨水补给是世界上大多数河流的补给源，由于降雨本身是间断的，所以降雨对河流的补给是不连续的。年内降雨比较集中，雨季到来，河流进入汛期。旱季则出现枯水期。据估计，中国东部河流雨水补给占年径流量的 70% 左右，西部雨水补给也占重要地位。雨水补给的河流主要水情特点是河水的涨落与流域上雨量大小和分布密切相关，河川径流年内分配很不均匀，年际变化很大。中国河流多在夏季和秋季形成洪水，流量过程线上形成锯齿状的尖峰。

季节性积雪融水补给：冬季的积雪，至次年春季随着气候转暖而融化，补给河流形成春汛。季节性积雪融水补给河流的水量变化，取决于积雪量和气温变化，补给的基本特点是具有连续性和时间集中性，河流的水量变化，与气温的变化一致，并且比雨水补给河流的水量变化平缓。中国东北地区的融雪水补给可占年径流量的 20% 左右。

冰雪融水补给：指流域内高山地区，永久积雪或冰川融水的补给。该补给的河流的水文情势主要取决于流域内冰川、积雪的储量及分布和流域内气温的变化。基本特

点是：与太阳辐射、气温的变化一致，具有明显的日变化和年变化。由于气温的年际变化比降雨量年际变化小，因此，冰雪融水补给河流水量的年变化幅度比雨水补给的河流为小。湖泊、沼泽水补给：有些河流发源于湖泊和沼泽，有些湖泊一方面接纳若干河流来水，另一方面又注入更大的河流，如长江流域的洞庭湖、鄱阳湖。湖泊对河流水量的起调节作用。地下水补给：主要指从流域地面以下获得的水量补给，它是河流水量的可靠而经常的来源。这是河流补给的普遍形式，地下水对河流的补给量大小取决于流域内水文地质条件和河流下切深度。潜水埋藏较浅，潜水补给有明显的季节变化，潜水与河水有特殊的河岸调节的关系。承压水水量丰富，河流下切越深，切穿含水层越多，获得的地下水补给也越多。地下水补给的河流水量的年内分配和年际变化都十分均匀。较大河流很少是单一形式的补给，几乎都是两种以上形式的补给。高山高原地带，河流水源具有明显的地带性：高山地带河流以冰雪融水补给为主；而低山地带，则以雨水补给为主。

【流域】河流的集水区域或分水线所包围的区域。分隔两个相邻流域的山岭或河间高地叫分水岭，分水岭上最高点的连线叫分水线，它是流域的边界线。分水线将降雨形成的径流分成两个不同方向汇入两边的水系，如秦岭是长江与黄河的分水岭。秦岭以南的降水流入长江，秦岭以北的降水流入黄河。多沙河流下游往往会形成地上河，如黄河下游的河床成为淮河与海河流域的分界线。分水线可分为地面分水线与地下分水线，由于地质构造、岩层性质以及地貌的影响，地面分水线与地下分水线往往不完全重合，对地面与地下分水线重合的流域叫闭合流域，否则叫非闭合流域。对于多数流域地面与地下分水线不重合产生的水量交换对总水量的

影响较小，所以通常用地面集水区代表流域。但在岩溶发育的地区，如发源于广西、贵州石灰岩地区的河流，由于分水线不一致而产生的水量交换较大，在计算流域总水量时必须考虑。流域面积的大小、形状、流域长度、流域的平均高度等几何特征，直接影响河流的水量和径流的变化过程。

【流域面积】又称集水面积。分水线所包围的面积。流域面积的大小，不仅决定河中的水量，而且是直接影响河流水文情势的基本因素。测定流域面积，通常在大比例尺的地形图上画出分水线，用求积仪量出它所包围的面积。也可以采用几何方法，将流域划分成若干个几何图形，再用面积公式或数方格法求出面积，再求总和，即得到流域面积。如长江的流域面积为 1807199 平方千米，钱塘江为 41700 平方千米等。

【外流面积】按照河川径流的水分循环形式，可把河流分成注入海洋的外流流域和不与海洋沟通的内陆流域两大部分。世界上大多数河流都属于外流流域。外流流域面积叫外流面积。中国河流的外流流域面积占全国总面积的 64%，达 612 万平方千米。以太平洋流域为最大，又占外流流域面积的 89%。中国印度洋流域占全国总面积的 6.5%，北冰洋流域占 0.5%。外流面积最大的河流是长江，其流域面积为 1808500 平方千米，约占外流面积的 30%。

【内流面积】按照河川径流的水分循环形式，把不与海洋沟通的河流流域叫内陆流域，内陆流域面积叫内流面积。中国内陆流域与外流流域的分界线北起大兴安岭西麓，沿东北—西南方向南下，经内蒙高原南缘、阴山山脉、贺兰山、祁连山、日月山、巴颜喀拉

山、念青唐古拉山和冈底斯山，而止于中国西端的国境线上。此线以西的河流、湖泊等水体，不能直接汇入海洋，属于内陆流域。中国内流面积为 3479970 平方千米，主要河流有塔里木河、伊犁河、黑河、石羊河等。

【无流区】基本上不产生地表径流的地区。无流区多分布在干燥沙漠地区，降水稀少，虽偶尔有流水穿过，也因强烈蒸发和渗漏很快消失。中国的无流区主要分布在西北沙漠地区，包括内蒙、宁夏、甘肃的沙漠、青海柴达木盆地、新疆塔里木和准噶尔盆地等地区，这些地方年径流深近于零，分布有面积广大的无流区。

【水系】又叫河网或河系。在一定的集水区内大大小小的水体构成脉胳相通的系统。它是由干流、若干级支流及流域内沼泽、湖泊等水体组成。地表径流对地表产生侵蚀，从面蚀、沟蚀到槽蚀的全过程，受一定的地质与环境条件控制，使水体在平面表现为有规律的排列，形成不同的水系形式，如扇状水系、羽毛状水系、树枝状水系、平行状水系、格状水系等。水系的的不同形式直接影响流域内的水文过程。如扇状水系，汇流时间短，如果流域内普遍降雨，各支流的洪水几乎同时汇入干流，容易形成陡涨陡落的洪水过程；而羽毛状水系，由于支流短，汇流时间长，干流的洪水过程较平缓。水系的形成有其长时间的发展过程：初期，水流切割地表浅，河网密度小，支流少且短小；随着水量增加，流水不断下蚀和溯源侵蚀，使河道不断伸长，流域面积增大，支流众多，水系进入繁荣时期；流水继续下蚀、侧蚀，强烈的侵蚀造成河流袭夺、兼并，使水系改观。一般将河道长的称为干流，把直接流入干流的支流，称之为一级支流，把汇入一级支流的称二级支流，

依此类推。如渭河是黄河的一级支流，泾河是黄河的二级支流。对干流的划分有时据习惯而定，如岷江和大渡河，后者的长度和水量都大于前者，但却把大渡河称为岷江的支流。水系特征主要包括河流长度、河网密度、河流的弯曲系数等。

【扇状水系】干支流总体大致呈扇状分布的水系。这种水系中来自不同方向的各支流较集中地汇入干流，使流域呈扇形或圆形。海河水系属扇形水系，其上游的北运河、永定河、大清河、子牙河、南运河均在天津汇入海河。闽江也属扇状水系，闽江在南平以上的剑溪、富屯溪、沙溪同时汇入闽江。扇形水系的流域，当全流域发生暴雨时，由于集流很快，容易造成危害性洪水。

【羽状水系】支流从左右两岸相间汇入干流的水系，总体有如羽毛状。如滦河水系就是典型的羽状水系。这类水系的支流一般都较短小，干流长汇流时间也长，大雨时不容易发生洪灾。

【树枝状水系】干支流分布呈树枝状的水系，大多数河流属此种类型。树枝状水系基本特征是支流多而不规则，干流与支流间多呈锐角相交。此种水系常形成于地面倾斜平缓、岩石抗蚀力较一致的地区，如在平缓的没有大节理及断裂的沉积岩分布区或平缓的完全不受构造控制的更新世冰川堆积的地区。西江水系沿途接纳柳江、郁江、桂江等，即为一树枝状水系。四川盆地的河流树枝状水系发育尤其典型。

【平行状水系】几条支流平行排列，至下游或河口附近始行会合。平行状水系多发育在平行褶曲或断层地区，此地区的河流因受构

造控制，常形成显著的平行排列的河流。淮河水系为平行状水系。淮河左岸的洪河、颍河、西淝河、涡河、浍河等河为平行排列。

【格状水系】干支流分布呈格子状，即支流多呈 90° 角汇入干流的水系。这类水系多出现在紧密褶皱倾伏地层区，由于侵蚀作用使露头呈之字型，干流位于沿褶皱出露的软岩层中，支流依硬岩石形成的山脊两侧流入干流。闽江水系属于格状水系。这是由于河流沿着互相垂直的两组构造线发育而成。西部如祁连山地、天山山地中的水系，辽东丘陵地区的水系，都是格状结构的代表。

【向心水系】各条河流从源地向其共同的出口处汇集，或者消失于陷穴、洼地中的水系。多发生在部分火山口、具有松软核心的穹窿构造、部分石灰岩分布地区以及封闭式的沙漠洼地中。白头山地区在火山地貌的基础上发育了向心水系。

【水系特征】水系的形态学特点。由于水系受一定的地质构造和自然环境控制，在平面上表现为有规律的排列，并具有不同的形式，如有羽状水系、树枝状水系、格状水系、平行水系、向心水系等。水系的干流长短、支流多少与排列、干支流弯曲状况等都可以反映出水系的特点，如水系形式对河流水情有重要影响，羽状水系由于汇流时间长，各支流的洪水先后汇入干流，因而干流的洪水过程平缓；而扇状水系，汇流的时间短，各支流洪水几乎同时汇入干流，容易形成陡涨陡落的洪水过程。反映水系特征的主要参数主要有：河流长度、河网密度、河流弯曲系数等。

【河流长度】河源到河口的轴线长度。通常指从河源沿河道至河口

的距离。确定河流长度可以在大比例尺的地形图上，用曲线计或两脚规量取。地图的比例尺越大，量得的河长越精确。河流的弯曲程度，两脚规跨度大小，都会影响河长的量算结果。河流长度的量算由于采用的方法与选取的河源不同，其结果往往有很大出入。世界最长河流尼罗河长 6650 公里，亚马孙河长 6437 公里，中国的长江长 6300 公里，是世界第三大河。

【河网密度】单位流域面积内的河流总长度。可用下式表示： $D = \frac{\sum L}{F}$ ，式中， D 为河网密度（千米/平方千米）； $\sum L$ 为河流总长度（千米）； F 为流域面积（平方千米）。河网密度表示一个地区的河网疏密程度，它能综合反映一个地区的自然地理条件，它常随气候（主要是降水和蒸发）、地质、地貌、土壤和植被条件而变化。一般来讲，在降水量大，地形坡度陡，土壤不易透水的湿润地区，河网密度大，如中国秦岭、淮河以南，河网密度比较大。而西北干燥地区，由于降水少，蒸发大，渗漏也较严重，河网密度就很小。如长江三角洲河网密度达到 6.4—6.7 千米/平方千米，其中杭嘉湖平原达 12.7 千米/平方千米，而广阔内陆流域河网密度小，多在 0.1 千米/平方千米以下。

【河流弯曲系数】某河段的实际长度与该河段直线长度之比值。可用下式表示： $K_a = \frac{L}{l}$ ，式中， K_a 为弯曲系数； L 为河段实际长度（千米）； l 为河段的直线长度（千米）。弯曲系数越大，表示河段越弯曲。而河流弯曲系数大的河段对航运及排洪不利。河流弯曲系数是影响河流水力特性的因素之一。黄河全河弯曲系数为 2.4。

【漫流】径流形成的一种过程。当降雨满足植物截留、洼地蓄水以及下渗，多余的雨水形成地面积水，并沿着流域坡面由高处向低处流动，称为坡面漫流。由于流域内降雨分布及自然地理条件不同，坡面漫流开始时间各处并不一致。首先是在坡度陡峻、透水性较差或土壤含水已饱和的地方开始漫流。起初是许多细小的分散的水流，时分时合，当降雨强度大时，这些分散的细股水流互相连接，延绵成片，扩展到全坡面，形成漫流。坡面上漫流的路径长短不一，一般不超过数百米，历时也较短。坡面漫流一般以细小的沟流、坡地表面的片流等形式为主，在流动过程中还可能有降雨补给，还有下渗、蒸发等。这种水流是一种不稳定流，流速、流向都在不断地变化。

【径流】从地表和地下汇入河川后向流域出口断面汇集的水流。来至地表的水流叫地表径流，来至地下的水流叫地下径流。径流形成过程是流域降雨，经过坡面产流和汇流等过程而形成。河川径流的形成和变化规律受气候因素，主要是降雨和蒸发，自然地理条件等因素影响，十分复杂。降雨会引起径流，一次中等强度降雨初期除少量的河槽上降雨外，大部分落在流域表面。这部分降雨首先满足流域蓄渗，即满足植物截留、填洼、蒸发和下渗，多余的雨水才能产生地表径流和地下径流，称为产流过程。产流一般有两种方式，即蓄满产流和超渗产流。蓄满产流主要发生在湿润地区，当土壤包气带含水达到饱和，下渗趋于稳定，产生地下径流补给河流，多余的地面水产生地表径流。超渗产流多发生在干旱地区，当降雨强度大于下渗强度时产生地表径流。产流先从坡面漫流开始，初期产流只在局部地区，随着降雨加大，产流面积不断扩大，最后达到全流域产流。入渗到土壤包气带的雨水，由

于土壤结构不均匀，地表附近土层疏松，下渗能力比下层大，在土壤结构差别的地方形成界面，使水分聚积并沿着饱和层的倾斜方向在土壤孔隙中流动，注入河槽形成径流，称为壤中流。土壤中的雨水继续下渗，产生浅层地下潜水和深层地下径流，地下径流通过泉水和其他形式补给河流。上述各种径流成分陆续汇集到附近的河网，再沿河槽由上游和向下游汇集，最后全部流经流域出口断面，这个过程称为河网汇流，是径流形成的最后阶段。

【径流总量 W 】一定时段内（日、月、年）通过河流某一出口断面的总水量，以立方米或亿立方米表示。 $W_T = Q_T \cdot T$ ，式中 Q_T 为 T 时段内的平均流量； T 为时段长，以秒计。如果取时段为一年，计算的结果称年径流量，最常用的是多年平均径流量。例如黄河年径流量为 626 亿立方米，长江为 979353 亿立方米。多年平均径流总量作为比较各流域水资源多少的主要依据。

【径流深度】某一时段内的径流总量平均分布于全流域面积上，所得的水层厚度。通常以毫米计，即 $R = W/1000F$ ，式中 F 为流域面积，以平方千米计。例如，黄河流域面积取 752443 平方千米，径流总量取 626 亿立方米，则黄河流域平均径流深为 83.2 毫米，是水量较低的河流。长江流域平均径流深为 513 毫米，浙江的钱塘江更高达 916 毫米。按所取时段不同，有年径流深、多年平均径流深、月径流深等。用径流深可绘制等值线图，该图表示地表径流的分布，用以研究径流的空间变化规律，也可以查算研究区域径流量值。

【径流系数】某一流域或地区同一时段内的径流深度 R 与降水深

度 P 的比值。以小数或百分数计。 $\alpha = R/P$ ，径流系数 α 表明流域降水量转化为径流量的比率，综合反映了流域内自然地理因素对降水与径流的影响。 α 值一般在 0—1 间，若 $\alpha \rightarrow 1$ ，说明降水大部分转化成径流；若 $\alpha \rightarrow 0$ ，则说明降水大部分消耗于蒸发。中国南方湿润地区的河流 α 较大，如珠江 0.53，长江 0.49；北方干旱半干旱地区河流 α 较小，如黄河为 0.18，海河为 0.16，辽河更小为 0.14。中国径流系数分布大致由南向北、自东向西递减。

【径流模数】单位时间（秒）内从单位流域面积上产生的水量，以升/秒、平方千米计，表达式为 $M = 1000Q/F$ 。中国主要河流的年径流模数从南向北逐渐减少。如珠江 24.9、长江为 16.3、淮河为 7.72、黄河为 2.64、海河为 2.79、辽河为 2.10。按计算时段不同，常有多年平均径流模数、年平均径流模数等。它可以用来比较不同自然地理条件下，流域径流量的大小，它具有一定的区域分布规律。

【径流变率 K 】同一时段某一年的径流量 W_i 与多年平均径流量 W_0 之比值，又叫模比系数。它反映了这一年的径流量偏丰（ $K > 1$ ）或偏枯（ $K < 1$ ）的程度。例如某河 1958 年 K 值为 1.55 水量偏丰，是平均值的一倍半。而 1965 年 K 值为 0.53，这一年偏旱，径流量仅为平均值的一半。

【流量】单位时间内水流通过某一过水断面的水量，以米³/秒计。流量是反映江河湖库水量及其变化的基本指标，也是安排防洪、发电、灌溉、给水、航运等水资源综合利用的重要依据。根据定义，

通过微分面积 dW 的流量 $dQ = u dw$ ，则断面流量为 $Q = \int_w dQ = \int_w u dw$ ，式中 Q 为流量、 w 为过水断面面积、 u 为垂直于断面的平均流速。流量和水位之间存在一定依存关系，流量的增减可以引起水位的变化，水位的变化又是流量变化的反映，两者可用曲线 $Q = f(H)$ 来表示，称为水位流量关系曲线。由于流量的测量步骤繁多，不能连续施测。只要掌握了流量同水位之间的关系，水位是逐日要观测的，这样就可以通过水位推求出每日的流量来。有了日流量资料就可以计算出月平均流量、年平均流量及多年平均流量。多年平均值又称正常径流量。可以用流量随时间变化的过程线来研究某断面水量随时间的变化，从流量过程线上可分析汛期洪水涨落的特征，一年四季流量的变化，通过对流量过程线的分割，可以了解各种径流补给对河流的补给数量。根据统计计算的各年平均流量资料，可以分析水量的年际变化以及丰水年群和枯水年群出现的规律。丰水年的径流变率 K 大于 1，枯水年则小于 1。如用频率估算，频率为 20% 的水量为丰水年，频率为 75% 的水量一般定为枯水年。

【洪峰流量】洪水峰段曲线的最大流量。洪峰流量的推求是水文学研究的重要问题。影响洪水的因素主要是暴雨特性、流域特性、河槽特性以及人类改造自然的活动等。将每次发生的洪水，以横坐标表示时间，纵坐标表示流量，绘制成洪水流量过程线，可以将此过程线分为涨水段、峰段和退水段三部分。洪峰曲线的形状同降雨历时、集流时间、河槽容蓄能力等有关。一般山区河流的峰段曲线呈尖顶形，平原河流的峰段曲线较平缓。洪峰流量不是出现在最高水位时，而是常出现在洪峰水位之后。分析多年发生的

洪水资料，可以确定本次洪峰流量的机率。

【暴雨径流】暴雨产生的径流，由坡面流和河槽汇流组成。因其历时短而强度大，容易造成灾害，它是陆地水文学研究的核心问题之一。影响暴雨径流的主要因素是暴雨强度、暴雨笼罩面积和历时长短，下垫面因素有流域土壤前期含水量、流域大小、形状和植被覆盖程度。暴雨径流过程是暴雨因素和流域自然地理条件综合作用的结果。估算暴雨径流大小用洪峰流量、不同时段洪水总量，一般采用频率或重现期的概念，如百年一遇的洪水、千年一遇的洪水等。20 世纪 60 年代不少学者提出最大可能降雨，或极限暴雨的概念，由此产生的径流，是该地区暴雨径流的极值。由于影响暴雨径流的因素十分复杂，不可能用一个数学模式完全地描述这个复杂的物理过程。所以人们常需对暴雨径流形成过程进行概化，在此基础上提出些有一定物理意义的数学模型。

【汛期】江河中由于流域内季节性降雨或冰川融雪水，引起有规律的定时性的水位上涨现象。按发生的季节和原因可分为春汛（或叫桃汛）、伏汛、秋汛和凌汛。有潮汐的河口，由于潮汐的影响，在朔望日潮位特别高，河口地区水位上涨，称大汛，在上下弦时，潮位较低，称小汛。夏季由暴雨引起的洪水称伏汛，也叫夏季暴雨洪水；发生在秋季的秋季暴雨洪水称秋汛。这类暴雨洪水流量大，来势猛，流量过程线洪峰段特别尖峭，洪水总量可占全年径流量的 50% 以上。中国北方，由于春季气温回升，河冰与积雪开始融化形成的洪水称为融雪洪水，也叫春季洪水、春汛或桃汛。这类洪水流量小，汛期历时较长，洪水流量过程线的变化比较平缓，一般不易造成洪灾。河口地区发生大潮时，如果遇到大风，将会

助长水势，也会发生灾害。中国大的水灾绝大多数是由暴雨洪水造成的。

【凌汛】冰凌壅塞河道造成的涨水现象。北半球中高纬地区自南向北的河流或河段，在冬季北部河段开始结冰封冻，而南部河段尚在流凌，当大量冰凌流到北部已封冻的河段处，往往会壅积成为冰坝，使水位升高。到了春季，南部河段先解冻开河，大量的冰凌连同河水壅至北部尚未解冻的河段，同样会堵塞河道形成冰坝，抬高的水位甚至高于暴雨洪水的最高水位。随着流冰增加，水压过大而冲开冰坝，会形成历时很短，急骤涨落的洪峰，这种涨洪称作凌汛。中国黄河上游自兰州至包头一段和兰考至河口一段；松花江下游通河以下河段，都存在凌汛现象。

【淌凌】又称流冰。结冰期冰块随水向下游流动的现象。北方冬季河流结冰封冻，春季气温升至 0°C 后，河冰迅速融化。河岸土壤吸热比冰层多，沿岸冰首先消融，由于水流或大风作用，冰层滑动甚至断裂，破冰顺流而下称春季淌凌。秋末冬初气温下降到 0°C 以下，河水开始结冰，开始产生水面或水中冰晶，在发生岸冰的同时，也产生多孔而不透明的海棉状冰团，称为水内冰。流冰在适当河段堆积卡塞，形成冰坝，上游水位猛烈抬升，极易造成水灾。流冰对沿河水工建筑物的威胁也很大。

【结冰期】从河水开始结冰，到形成最初稳定冰盖时止的时期。结冰，首先在水流缓慢的一些河湾和岸边附近出现冻结的冰带，称为岸冰。初生岸冰呈薄而透明的冰层，固定在岸边。随着气温下降，河水冷却，水面出现流动的水内冰、棉冰、冰屑、藻冰，称

为流花冰。冰屑、冰花增多增厚，互相连结，当以冰块流动为主时，称为流凌或行凌。冰块流动过程中互相碰撞而聚集起来，遇到狭窄河段，河湾、或人工建筑物、沙洲等阻挡，流动冰块便停积在一起，使冰面逐渐扩大，最后形成冰盖。

【潮汛】河口地区因潮汐引起的河流周期性涨水现象。在有潮汐的河口地区，这种涨水不是由于其上游增水引起，而是由于潮汐引起的周期性涨落所致。每月在朔（初一）望（十五）后一、二天，由于月球和太阳在同一直线上，所引起的潮相组合，潮差最大，叫大潮，也称“大汛”；每月的上弦（初七、八）和下弦（廿二、廿三）后一、二日，月球所引起的潮汐与太阳所引起的潮汐相互抵消一部分，潮差最小，称小潮，也称小汛，两者统称潮汛。当涨潮时如果遇上飓风、地震引起的海水运动，有时会造成水害。

【洪水】暴雨或急骤的融冰化雪和水库垮坝等引起江河水量迅猛增加及水位急剧上涨的现象。山区河流涨水叫山洪。山洪有时夹有大量的泥石同水流下泄，可形成泥石流。水库溃坝引起河流涨水，称为溃坝洪水。寒冷地带河流由于各地解冰时间不一致，在下游会因冰凌堵塞引起水位急剧上涨称为凌汛。在河口的感潮河段，河流发生洪水时受到台风或高潮的影响，也会使水位升高很多。“洪水猛兽”一词，说明每次洪水都会给人类带来灾难，使经济遭受巨大损失。经过人类长期的观测研究，根据洪水成因归纳成以下几种：暴雨型洪水，由暴雨形成，中国多雨季节，南方2—6月，北方6—10月，1975年8月河南大水、1991年淮河大水全是由暴雨造成；凌汛型洪水，由大量冰凌壅积成冰坝而引起，黄河下游等地段发生这种现象；融雪型洪水，由春季融雪水造成，多发生

在北方寒冷地区,如黑龙江的嫩江水系,大兴安岭冬季积雪多,最大流量出现在4月底;融冰水与暴雨混合型,中国甘肃、青海等地,每年6、7月份高山冰雪融水大量入河,如遇到暴雨则会加大洪水。预报洪水的方法很多,其数值采用统计方法计算,平均每百年出现一次的洪水叫百年一遇的洪水。这些数据多用于防洪和水利工程设计。

【水位】江河、湖泊、地下水和海洋等水体的自由水面,在某一地点某一时刻的水面高程叫该地该时的水位。它以一定的零点为起算的标准,中国以青岛基准面为起算标准。测量水位用水尺和自记水位计,经过长期水位观测,可以绘制水位过程线和水位历时曲线。经过分析计算,可以得到不同时段(月、年、多年)的最高水位、最低水位、平均水位和不同历时的水位值。水位对防洪、排涝、灌溉、发电、航运、城市供水等水利工程是最基本的数据。水位的变化主要由于流量的变化所引起, $Q=f(H)$,可以通过水位推求某地点的流量。风和潮汐等因素对水位的变化也有影响。

【警戒水位】在汛期由水利机构根据河流湖库等水体防洪、保证堤防的安全等具体条件而确定的特征水位。当接近这个水位时,防汛人员除及时预报外,需组织防汛人员上堤日夜保护。特别对于重要城镇,堤坝一旦决溃,会造成巨大的人员伤亡和经济损失。所以在汛期一旦水位接近警戒水位就要及时动员城镇居民防洪,这期间各电台都要及时通报各地水汛,以便各地及时采取应急措施。

【泥沙运动】河流中泥沙在水流作用下产生的各种运动。泥沙按其在水流中的运动状态,分为推移质和悬移质。推移质泥沙指受水

流拖曳力作用沿河床滚动、滑动或跳跃前进的泥沙；悬移质泥沙则指受重力作用和水流紊动作用悬浮于水中随水流前进的泥沙。在一定条件下两种泥沙可以互相转化。河水流速变大，推移质运动达到一定规模，河床表面形成起伏的沙波。沙波运动是推移质泥沙的主要运动形态。悬移质泥沙一般近水面处含沙量少，其数量随水深增大。水流挟沙能力：指在一定水流和一定的河床物质组成条件下水流所能挟带的各种泥沙数量。当水流挟带的泥沙超过挟沙能力时，河段发生淤积，反之则发生冲刷。

【悬移质】受重力作用和水流紊动作用悬浮于水中而随水流前进的泥沙。泥沙悬浮需要一定的水流流速，使泥沙悬浮的力有上举力和推移力，而泥沙颗粒抗拒起动的力有重力。只有这两种力达到平衡时，泥沙才能悬浮。在天然河流里，悬移质常常是一部分处于下沉状态，另一部分则处于上浮状态，绝对平衡状态是不存在的。悬移质泥沙在天然河道里泥沙沿垂线分布具有自自由水面向河底增加的趋势。泥沙粒径也是近河底处较大，向上逐渐变小，这是由于紊动能量由下向上减小之故。一般来说天然河流的流速由上游向下游减小，悬移质粒径沿河长分布，总的趋势向下游方向逐渐变小。如黄河泥沙平均粒径，在龙门为 0.021 毫米，潼关为 0.019 毫米，陕县为 0.0165 毫米，至冻口则降为 0.0105 毫米了。

【输沙能力】河流输送泥沙的能力。其大小主要取决于水流的挟沙能力。水流挟沙力指在一定的水流和一定的河床物质组成条件下水流所能挟带的泥沙数量，即水流挟带泥沙的能力。水流挟沙能力是分析河流淤积、冲刷或平衡的重要依据。通过实验和调查，河流泥沙主要是悬移质泥沙，而推移质泥沙占的比例很小，例如长

江宜昌段，推移质泥沙仅为悬移质输沙量的 0.43%。研究河流输沙能力，可用输沙率和输沙量来表示。悬移质输沙率：是指单位时间内通过断面的悬沙的重量，单位是千克/秒或吨/秒。输沙率与断面平均含沙量 $\bar{S}$ 、流量 Q 之间的关系为： $G_s = Q\bar{S}$ 。河流总输沙量：指某一时段内（日、月、年）推移质与悬移质输沙量的总和。由于推移质输沙量所占比例极小，一般可以略而不计，常用悬移质输沙量代表总输沙量。黄河的输沙量最大，陕县站平均每年为 16 亿吨，其次是长江，长江宜昌站平均每年为 5.14 亿吨。输沙量年际变化大，这同暴雨和水量变化有关，黄河三门峡站最大年输沙量为 39.1 亿吨（1933），最小年输沙量仅为 5 亿吨（1928），变化幅度超过 7 倍。而各支流站变幅高达 10—80 倍，远远超过流量的变化幅度。输沙量年内分配不均，主要沙量集中于夏季的几个内，黄河干流各站 7—9 月输沙量占年总量的 73—83%。如遇特大暴雨，往往几天内的输沙量可占全年的 50% 以上。

【含沙量】单位体积浑水中所含泥沙的数量，单位为千克/米³。河流含沙量随时间而变化，一年中最大含沙量出现在汛期，最小含沙量在枯水期。含沙量沿水深的分布，通常在水面处最小，河底处最大，颗粒也大，呈某种指数曲线分布。含沙量在河流横断面上的分布随断面上水流情况不同而异。含沙量沿河长分布取决于流域产沙特性和河道特性。黄河流经黄土高原，沿途有高含沙量支流汇入，泥沙沿程增加。三门峡站平均含沙量为 37.6 千克/米³，最大含沙量高达 666 千克/米³。而长江大通站平均含沙量只有 0.54 千克/米³。当高含沙量水流进入下游河段流速减小，往往造成大量淤积。

【水土流失】在缺乏植被保护的土壤表层,被雨水冲蚀后引起跑土、跑肥、跑水,使该地土层逐渐变薄变瘠的现象。在土质疏松的丘陵山区或沙洲土质平原坡地,在植被破坏、利用不当或耕作不合理的情况下,往往会引起严重的水土流失。中国最严重的水土流失区是黄河中游的黄土丘陵沟壑区和南方的红壤区。其根本原因一是这类土壤土质疏松和森林植被的被破坏,二是当地多暴雨,经常的冲蚀造成千沟万壑、土地贫瘠。

【水土保持】防止水土流失、保护水土的一切措施和方法。这些措施分为单项和综合治理措施。其中单项措施有:(1)生物措施。封山育林、植树种草、营造水土保持林等。(2)工程措施。砸沟打坝、修建谷坊、鱼鳞坑、塘库等。(3)农业技术措施:休耕、修筑梯田等。综合治理措施指各种单项治理措施的结合,对上述农林牧工程等措施统一规划、统筹安排,使治理水土流失的效果最佳。中国北方的黄土高原和南方的红壤山丘地区水土流失最为严重。搞好水土保持对于发展丘陵山区的农业生产、减少水旱灾害、减少河水含沙量、维持当地生态平衡以及在国土整治工作中都具有重要意义。

【涝】因地表大面积积水或土壤水分含量过高使农作物生产不良而减产的现象。广义理解包括耕作层土壤过湿通气性差的渍害。一般把地面有积水的称为明涝,把地面积水不明显而耕作层土壤水分含量过高的渍害叫渍涝。多形成于地下水位高的低洼地区,因地面排水不畅,每遇连续降雨即有大量水分积聚。防治涝灾的主要措施有:挖截渗沟拦截区外来水,建排水沟,用抽水机把涝水提出区外;挖深沟排地下水,降低地下水位,减少土壤含水量。

【盐湖】湖水矿化度大于 35 克/升的湖泊。多位于干旱地区。由于降水量少而蒸发量较大,湖水蒸发量超过降水量和注入的河水量,湖水容易聚积大量的盐分,往往矿化度高。如柴达木盆地内蒸发量达 2400—3600 毫米,为年降水量的 30—50 倍,故多盐湖,如察尔汗盐湖、茶卡盐湖等。按化学成分盐湖可分为碳酸盐类型、硫酸盐类型、氯化物类型及硫酸盐向氯化物过渡类型。湖泊水化学类型的变化规律是由碳酸盐类向硫酸盐类和氯化物类演变。据有关研究表明,目前大部分盐湖正逐渐浓缩,湖泊化学成分随盐类的析出而发生剧烈变化。既有干盐湖,又有水盐湖,也有介于二者之间的过渡型盐湖。盐湖中资源丰富,如中国内蒙古的盐湖盛产天然碱,新疆的盐湖盛产食盐和芒硝,青藏高原的盐湖盛产钾、硼、锂等。

【咸水湖】矿化度在 1—3.5 克/升的湖泊。咸水湖的化学组成多为氯化物,矿化度高,硬度也比淡水湖大,多为硬水或极硬水。咸水湖除含有常量元素外,还含有丰富的微量元素。中国的咸水湖主要分布在内流区域,大多属中营养型或贫营养型湖泊。由于气候因素和水资源的短缺,大部分咸水湖向浓缩的方向发展,矿化度有不断增加的趋势。中国著名的咸水湖有青海湖、西藏自治区的纳木错、色林错等。其中青海湖面积 4200 平方公里,湖水贮量 742 亿立方米,是中国的第一大咸水湖。有的湖泊受入湖河水流量变化的影响,时咸时淡,还可能随河流改道而游移,如新疆维吾尔自治区著名的罗布泊。

【淡水湖】又称吞水湖、排水湖。湖水矿化度小于 1 克/升的湖泊。

主要分布在湿润地区。由于入湖河流流入的水量超过湖面蒸发量，造成湖泊的溢流，在这种情况下，湖水的矿化度较低。这类湖泊由于有河流来水，并有泄水道与河流相通，湖水外泄流动，对河流起调节作用。多分布在外流区域。在中国长江中下游的湖泊均为淡水湖，湖水矿化度不到 200 毫克/升。中国五大淡水湖为洞庭湖、鄱阳湖、洪泽湖、太湖、巢湖。鄱阳湖湖水面积 3960 平方公里，是中国第一大淡水湖。洞庭湖面积 2740 平方公里，这两个淡水湖贮水量达 437 亿立方米，对长江洪水起了重要调节作用。

【构造湖】由于地壳构造运动（断裂、褶皱、地堑等）所产生的凹陷而汇集地表水和地下水形成的湖泊。其湖岸特征一般平直狭长，岸坡峻陡。湖水深，容积大，呈长条形。按地壳运动的性质可分为褶皱湖、断层湖两大类。世界上最深的湖泊，俄罗斯的贝加尔湖即为断层作用所致，其长 636 千米，平均宽 48 千米，最宽处 79.4 千米，平均深 730 米，最大水深达 1620 米。东非大裂谷为世界构造湖群最集中的分布区，著名的坦噶尼喀湖（最深处达 1435 米）、马拉维湖（最大深度 706 米）就位于此。中国云南的滇池、洱海也属构造湖。

【季节性湖泊】季节性积水的湖泊。这类湖泊全靠降水补给，在雨季降水多时，在低洼处积水成湖。旱季时由于大量蒸发和渗漏，湖泊干涸无水，湖盆则成为低地，每年可种一季旱作。如云贵高原很多岩溶湖，江汉平原一些碟形低地很多都为季节性湖泊。

【火山湖】又称火口湖。以死火山口为湖盆积水而形成的湖泊。火山喷发后，冷却的熔岩和碎屑物堆积于火山口周围，形成一个四

壁陡峻、中央深邃的漏斗洼地，集水后形成火山湖。其外形近圆形或马蹄形，面积较小而深度较大。有的火山湖没有出口，湖水从多孔的火山物质中渗出。有的火山湖水从破口溢出而形成瀑布。有的火山湖形成后火山复活重新喷发，在湖中心形成新的火山锥或岛屿。Crater Lake 火山湖英文词来源于美国的俄勒冈州的克来特湖。中国长白山主峰白头山顶的天池即为著名的火山湖，其面积 9.8 平方千米，平均水深 204 米，最大水深达 384 米。

【高山湖】又称高原湖。位于高山和高原上的湖泊。按湖水含盐分多少高山湖可分为淡水湖与咸水湖；按流出湖泊的河流特征可分为外流湖与内陆湖；按湖盆的成因可分为构造湖、火山湖、岩溶湖、风蚀湖、冰川湖与堰塞湖。中国高山湖很多，海拔多在 4000 米以上，位于西藏的纳木错（湖）海拔 4798 米，湖水面积达 1920 平方千米，是世界上海拔最高的大咸水湖。南美洲的的喀喀湖海拔 3812 米，湖面积约 8.3 万平方千米，水深 304 米，是一个大的高山淡水湖。中国天山巴音布鲁克草原的天鹅湖也是一个高山湖。

【游移湖】湖泊的位置不固定，受入湖河流改道的影响，在一定范围内移动的湖泊。如新疆维吾尔自治区的罗布泊就是一个有名的游移湖。罗布泊靠塔里木湖、孔雀河来水，也有部分地下水补给。由于罗布泊地东部地壳不断抬升，河流改道，使湖水不断向西滚动。

【地下湖】又称暗湖。在可溶性岩层内部因岩溶作用而形成，具有

较大空间汇聚地下水的湖泊。它与暗河相通，起储存和调节地下水的作用。

【热湖】又称热水湖。湖水水温高于常温的湖泊，例如西藏羊八井热水湖面积 7300 多平方米，最深处达 16 米，水温保持在 46—57 度之间，可以煮熟鸡蛋。热湖多分布在岩浆活动区，岩浆活动是热源，高山冰雪和降雨提供源源不断的地下水。在古老的火山口处也是热湖的分布区，此外在深部裂隙水上升的地区，在适当地方也会有热湖存在。羊八井地区分布着许多的温泉、热泉、热水塘等。北美加勒比海的多米尼加岛上有一个面积达 5400 平方米的热热水湖，分布在古老的火山上，水温高，可达到沸腾状态。

【湖泊富营养化】湖泊水体内植物营养元素逐渐积累的过程。由于植物营养物（氮、磷等）含量的增加，使水生生物，主要是各种藻类大量繁殖，导致鱼类生存空间越来越小，失去良好食料。水体中溶解氧急剧减少，从而影响鱼类生存，严重时常使鱼类大量死亡。在城市化和工业化地区大量的洗涤剂、肥料和废弃物排入湖泊中，可加速湖泊富营养化过程。

【水库】人类按一定目的，在河道上建坝面形成的人工湖泊。水库一般由拦河坝、输水建筑物和溢洪道三部分组成，其中拦河坝起着抬高水位拦蓄水量的作用；输水建筑物供农用灌溉取水、引水发电、放空水库存水等用；溢洪道是水库的太平门，泄洪用。水库分为湖泊型和河道型两类型，不同类型的水库其形态特征、水文特征和

泥沙淤积规律等各不相同。湖泊型水库的坝身高、库容大、形状浑圆,如官厅、密云等水库;河川型水库的坝身较低、库容小、形状狭长,基本保持河流的形状。由于水库在蓄水和放水过程中,其水位经常变化,其相应的库容也时时在变化,为此规定将能起限定变化范围的控制性水位叫特征水位,其相应的库容叫特征库容。主要的特征水位有死水位、正常高水位、设计洪水位等。死水位即水库的最低水位,其下的库容叫死库容,死库容的水量有能被利用;正常高水位又叫设计兴利水位,是为满足设计的兴利要求应蓄到的高水位,该水位与死水位间的库容称为兴利库容;设计洪水位是大坝设计时,预计有洪水时,水库在坝前达到的最高水位,遇大坝校核洪水时的最高水位叫校核洪水位,其水位以下的库容叫总库容。死水位以上的库容叫有效库容。水库的大小是由库容决定的,我国规定总库容一亿立方米以上的水库为大型水库、 $0.1\sim 1$ 亿 m^3 为中型水库、 0.1 亿 m^3 以下为小型水库,小型库又可分为小(一)型库容为 $100\sim 1000$ 万 m^3 、小(二)型库容为 $10\sim 100$ 万 m^3 小于 10 万 m^3 库容的叫塘坝。全世界已建成总库容超过 5 万亿 m^3 的水库,我国是修建水库多的国家,1981 年止已成各种类型水库 86800 座,库容为 4169 亿 m^3 ,如龙羊峡水库、新安江水库等,已开工修建的长江三峡水库将是我国最大的水库。追溯水库的历史,兴建最早的水库为埃及的凯费拉水库,建于公元前 2700 年,中国安徽省寿县的安丰塘水库建于公元前 600 年,是我国最古老的人工湖泊,古代建库的目的仅限于农业灌溉。现代水库的作用是多方面的,有防洪、灌溉、发电、通航、养殖和旅游度假等作用。

地 质 作 用

【地质】泛指地球或地球某一部分的性质和特征，包括其组成的物质成分、构造运动和演变历史、物理性质等。在中国，“地质”和“地质学”是两个涵义不同的名词，“地质学”是研究地质的科学。“地质”一词最早见于三国时魏国王弼（226—249）的《周易注·坤》，但其概念属哲学范畴，与现代科学的“地质”的含意有所不同。具有科学意义的“地质”一词，目前所知，最早出现于1853年（清咸丰三年）出版的《地理全志》一书。

【地质作用】自然界中能引起地壳或岩石圈物质成分、结构、构造、地表形态等不断变化、发展的各种作用。引起这些变化的各种自然动力称为地质营力。产生地质作用的能主要来自太阳辐射、日月引力、地球转动、重力和放射性元素蜕变等。根据引起地质作用动力来源的部位可将地质作用分为内力地质作用和外力地质作用两大基本类型。地球内部能源引起的地质作用叫内力地质作用。主要的内能有地球的热能、重力能及地球自转和转速变化的动能以及化学能、结晶能等。内力地质作用包括构造运动、岩浆作用、地震作用和变质作用。内力地质作用可促使地壳或岩石圈的某部分发生缓慢的水平位移及垂直升降，以至发生分裂和碰撞，还可导致地震和火山活动及各种构造变动等。内力地质作用不仅使岩石圈内部的构造复杂化，还形成了地表的高低起伏，控制了地表

形态的基本格局。主要由地球以外的能，如太阳能及宇宙空间能等引起的地质作用叫外力地质作用，又称外营力地质作用。其中太阳辐射能起着主要作用，它引起大气圈、水圈、生物圈的物质发生循环运动，形成了风、流水、冰川等地质营力，从而产生了各种地质作用。按照地质营力的方式和介质条件，外力地质作用又可分为风化作用、风的地质作用、地面流水的地质作用、地下水的地质作用、冰川的地质作用、湖泊的地质作用、海洋的地质作用和块体运动等。外力地质作用一般是按照风化作用、剥蚀作用、搬运作用、沉积作用和硬结成岩作用这样程序（序列）进行的。外力地质作用主要发生在地表，它使地壳表层原有的矿物、岩石不断遭受破坏，但又不断形成新的矿物和岩石，并可促使某些元素富集，形成可供开采和利用的矿产，同时也引起地表形态不断发生变化。内、外力地质作用相互联系又相互制约，内力地质作用控制着地表的起伏及基本形态，而外力地质作用则是破坏原有地形及产物，总的趋势是削平凸起的地势，而在低凹的地区进行堆积，形成新的沉积物，同时又进一步塑造了新的地表形态。

【剥蚀作用】各种运动的介质（地面流水、地下水、海洋、湖泊、冰川、风）在其运动的过程中使地表岩石遭受破坏并将其产物剥离原地的作用。剥蚀作用是一种极为常见的地质现象，因为水体、冰川、风等运动介质在地表到处都有分布，介质的运动具有一定动能和化学溶蚀能力，使与之接触的岩石遭受破坏，同时也改造了原有地形，塑造了新的地形。剥蚀作用的方式有机械的、化学的和生物的三种。

【搬运作用】运动介质（地面流水、地下水、海水、湖水、风、冰

川) 将风化作用、剥蚀作用形成的碎屑物质和化学物质运移到另一地方的作用。碎屑物质的搬运主要是通过推移、跃移、悬移和载移等方式进行的, 故称为机械搬运; 溶解物质的搬运以真溶液和胶体溶液的形式进行, 故称为化学搬运; 搬运作用的另一种类型是生物搬运, 但与前两种相比, 意义较小。搬运作用是风化、剥蚀作用与沉积作用之间的一个重要环节。碎屑物质在搬运过程中将按比重、粒度、形态等方面进行分选, 形成丰富多样的沉积物及砂矿床。因此搬运作用也是很重要的地质的一种外力作用。

【风化作用】指在地表或接近地表的环境下, 由于气温变化, 大气、水和水溶液的作用, 以及生命活动等因素的影响, 使矿物、岩石在原地遭受分解和破坏的作用。产生风化作用的根本原因是由于处于地下深处的矿物、岩石暴露地表后, 温度、压力改变, 破坏了原有的平衡条件, 必须在物理性状和化学(矿物)成分上发生某些改变, 以达到新的平衡。按照风化作用的性质又可分为物理风化、化学风化和生物风化, 它们在岩矿遭受风化的过程中实际上是同时或交替进行的, 相互影响、相互促进, 只是由于岩性、气候及地形等条件不同而有所差异。风化作用是地表最常见的一种外力地质作用, 在一定深度的海底也有风化作用发生。风化作用是改造地壳表层形态和成分特征的重要地质过程。由于风化作用使岩石强度降低或发生崩解, 为其他外力地质作用的进行创造了条件, 同时又可使某些元素富集, 形成有价值的矿产, 如铁矿、铝土矿、镍矿等。

【物理风化作用】地表的岩石、矿物, 在温度变化等因素的影响下, 在原地发生的机械破坏作用。它使岩石裂开或崩解, 形成大小不

等的碎块，但其成分并未发生显著的变化。常见的物理风化作用的方式有温差风化、冰劈、盐类结晶和潮解以及粘土质岩石因干湿变化产生的龟裂等。物理风化为化学风化的深入发展创造了极为有利的条件。在干热或干寒的大陆性气候条件下，物理风化最为强烈。

【化学风化作用】岩石、矿物与大气圈、水圈中的各种化学成分发生化学反应使其遭受破坏的作用。这种作用不仅使岩石破碎，矿物成分、化学成分也发生改变，并形成新的矿物（如高岭石等）。在化学风化的过程中，水及水溶液起着重要的作用。化学风化作用的方式有溶解作用、氧化作用、水解作用和碳酸化作用。岩石进行化学风化的同时通常伴随有进一步的物理风化，二者相互促进。在炎热而潮湿的气候条件下，化学风化最为强烈。化学风化的结果使易于淋出的元素呈真溶液或胶体溶液被带走，而难溶或难于迁移的成分残留下来，形成残积物。

【生物风化作用】由于生物的生命活动引起岩石、矿物的破坏作用。生物风化作用有两种方式：一是由生物活动导致岩石的机械破坏作用称生物物理风化作用，例如生长在岩石裂缝中的植物，根系长大，对岩石施加压力（达 10—15 千克/平方厘米），促使裂隙扩大以致崩解，又如穴居动物的挖掘等等；另一种主要是由生物新陈代谢过程中的分泌物和生物遗体腐烂后分解出的某些物质引起的破坏作用，其中相当一部分是有机酸，称为生物化学风化作用。另外，人类活动在生物风化作用中也起着重要的作用。

【风化壳】地表岩石经物理、化学、生物风化作用形成由风化产物

组成的、分布于大陆表面的不连续薄壳。风化壳与基岩之间没有明显的界限,但由于表层和下部岩石所经受风化的强度不一致,因此风化的产物在成分和结构上都有明显的差异,一般自上而下可分为土壤层、残积层、半风化层和基岩。不同地区由于地形等条件的影响,风化壳的厚度很不一致,由数百米至一米,以致不存在风化壳。地质历史时期形成的风化壳称古风化壳。

风化壳的形态类型

A—面状风化壳; B—线状风化壳; C—复合型风化壳

【残积物】大陆地区的岩石经长期风化作用形成的、残留在原地的风化产物。残积物一般呈黄褐、褐红色,主要由粘土矿物组成,富含铁、铝质,较松软。残积物分布于较平坦的山顶或缓坡上,无层理。残积物与基岩间无明显的界面,常含有原岩的岩块或岩屑,但原岩的结构、构造消失。

【地面流水地质作用】沿陆地表面流动的水体(包括片流、洪流和

河流)改变陆地面貌的地质作用,包括剥蚀作用、搬运作用和沉积作用。地面流水在陆地表面广泛分布,其总量约2100立方千米,因此是陆地上一种重要的地质营力,在塑造陆地地貌形态中起着突出的作用,并可形成多种砂矿,如金、铂、锡、金刚石等。

【洗刷作用】片流对地面的破坏作用。片流是大气降雨或冰雪融化在倾斜地面上形成的面状流水,是一种暂时性水流。片流实质上是由无数细小的股流组成,它们无固定的流路,沿坡面呈网状向倾斜方向流动,在流动过程中破坏岩石,使地面均匀降低。片流的流量、流速都较小,因此洗刷作用只能破坏比较松散的岩层,但由于片流在广大地区都可发生,其侵蚀量也很大,尤其是在由松散细粒沉积物构成的斜坡上,常造成严重的水土流失。洗刷作用的强度主要受降雨量、降雨强度、斜坡坡度、岩性及植被发育情况等因素的影响。

【坡积物】由片流地质作用形成的沉积物。坡积物分布于山坡下部,围绕坡麓披盖,堆积形成类似衣裾状的地形,称坡积裾。坡积物的物质成分与斜坡的母岩大体一致,一般以细砂、粉砂和亚粘土为主,也可夹有粗粒石块和碎屑,由于搬运距离不远,碎屑的分选性和磨圆度都较差。由于每次片流的流量、强度不完全相同,因此各种粒径碎屑物堆积的宽度也不尽相同,在垂直剖面上常可见到由粗碎屑组成的透镜层理顺斜坡分布。

【冲刷作用】洪流的剥蚀作用。洪流以其自身的动力和挟带的沙石对沿途的沟壁和沟底的破坏作用。由于洪流的流量集中、流速快、挟带的砂石较多,所以机械冲击力较强。

【洪积物】由洪流地质作用形成的沉积物。洪积物分布于洪流出口的开阔地带，形成向山前倾斜的扇状地形（称洪积扇），洪积物具有一定的磨圆度，分选虽较差，但从沟口向外，粒径的分布有从沟口到洪积扇边缘呈带状分布的特点：近沟口处多由粗大砂、砾组成，透水性好，常形成良好的储水层；边缘则为亚粘土和粘土等细粒物质，透水性较差，阻碍了地下水的流动，故在洪积扇的边缘常有泉水流出。

【侵蚀作用】河水在流动过程中，以其自身的动力及挟带的沙石对河床的破坏作用。侵蚀作用的方式包括水流的冲蚀作用和所携带的碎屑物的磨蚀作用及化学溶蚀作用，但化学溶蚀作用占次要地位，只有在流经可溶性岩石地段，才表现得比较明显。侵蚀作用按侵蚀方向可分为垂直侵蚀作用和侧方侵蚀作用两种类型。侵蚀作用的结果使原有的河谷加深、加长、加宽。由于河水是地表具有固定河道的常年流水，因此侵蚀作用形成的河谷为狭长的谷地，其上游的横断面一般为“V”字型，中、下游近“U”字型。

【垂直侵蚀作用】河水及其携带的碎屑物对河床底部产生的破坏作用。又称下蚀作用。其结果使床底变低，河谷加深。下蚀作用的强度受多种因素控制，如流水速度、流水中的含砂量、流经地区岩石的性质等。例如当组成河床的岩石软硬不均，下蚀速度发生差异，形成了阶梯状的谷底，陡坎处的水流湍急以至有明显的跌水（急流、瀑布），陡坎处的水流挟带着泥沙从陡坎上跌落，猛烈冲击河床及陡坎下部的岩石并形成洞穴，当洞穴达到一定深度，其上部岩石失稳而垮落，这样就使原有河床明显加深，随着急流、瀑

布的位置向上游后退，河谷也加长了。河流的上游和山区河流，因其纵比降大，流速大，下蚀作用强度也大，因此河谷加深的速度大于拓宽的速度，河谷的形态多为谷坡高度远大于谷底宽度，称V形谷或峡谷。一般认为侵蚀基准面是垂直侵蚀作用的极限。侵蚀基准面是指河水所注入的水体的水面。当河流的水面趋近于其注入的水体的水面时，因不再具有势能，下蚀作用也近于停止。

【侧方侵蚀作用】简称侧蚀作用，又称旁蚀作用。河水及其携带的碎屑物对河床两侧或谷坡的破坏作用。侧蚀作用的结果，使河床变弯曲，河谷展宽。侧蚀作用和下蚀作用实际上是同时进行的，但在河流纵比降较小的弯道河段，侧蚀作用占主要地位，这是由于河水进入弯道河段后，水流受惯性离心力的影响，主流线逐渐向凹岸偏移，在弯顶已紧靠凹岸，由于流水的强烈冲蚀，凹岸岸壁底部被掏空，岸壁发生崩塌而后退。与此同时，弯道水流在惯性离心力的作用下还产生单向横向环流，其表流对凹岸进行侵蚀，底流则把破坏下的碎屑物带向凸岸沉积，使凸岸不断向凹岸前伸，这样就使河床变得愈来愈弯曲。连续弯曲的河床称河曲，在河曲中，凹岸的弯顶和弯顶下方崩塌、后退最强烈；凸岸的下方堆积前伸的速度最大。其结果是河曲不断向下游移动，就使河谷进一步展宽。河床进一步弯曲，最后，河床只能在宽阔的谷底上迁徙摆动，这种极度弯曲的河床称为蛇曲或自由河曲，蛇曲的发育使河流的长度加大，纵比降减小，侵蚀能力削弱，这时河流的侧方向侵蚀作用已到了晚期。

【向源侵蚀作用】又称溯源侵蚀作用。河水使河谷向源头扩展延伸的侵蚀作用。实际上是垂直侵蚀作用的另一种表现形式，河水在

加深河床的同时也使河床加长。例如在急流、瀑布地段，当水流携带着碎屑物从陡坎上跌落时，猛烈冲击河床及陡坎下部的岩石，形成洞穴，当洞穴达到一定深度时，上部岩石失稳而垮落，瀑布向源头方向后退，其结果是使河床在加深的同时加长。自然界河流的源头大都存在跌水地段，该处下切力最强，发生与瀑布、急流后退类似的现象，使河床不断向源头方向延伸，直至分水岭。

【侵蚀基准面】控制河流垂直侵蚀作用的极限面。河流的下蚀作用不断使河床降低，但并不是无止境的。当下切到一定深度，即河水水面趋近于其注入水体的水面时，河水不再具有位能，流动趋于停止，下蚀作用也近于停止。因此河流注入的水体的水面可认为是下蚀作用的极限面，称为河流的侵蚀基准面。一般把海平面看作入海河流的侵蚀基准面。当支流注入主流时，主流河面便是支流的侵蚀基准面。一些阶梯状的河床，每一个阶梯平台可以认为是其上游河段的侵蚀基准面。

【河流的平衡剖面】当河流的侵蚀基准面位置稳定不变时，因下蚀作用的长期进行，使河床纵坡降逐渐减小，河流的侵蚀能力也逐渐减弱，当进行到河流的动力仅能克服其负载时，河流的下蚀作用和堆积作用将达到平衡状态，这时河流的纵剖面称为河流的平衡剖面。但各种自然因素是经常变化的，河流地质作用难以达到动态平衡，因而平衡剖面只是一个理想剖面。在理想状态下河流平衡剖面的形态是一条下凹形的圆滑曲线，其上游较陡，下游较平缓并趋向于河流的侵蚀基准面。平衡剖面虽然是个理想的剖面，但对研究河流的下蚀作用，尤其是向源侵蚀作用有重要意义，对研究河流纵剖面的演化以及各种影响因素（包括人工兴建水利工

程等引起的) 有重要的指导作用。

【冲积物】河流地质作用形成的沉积物。冲击物的特点是砾石成分较复杂,泥沙中含有较多不稳定的矿物成分;具有较好的分选性、磨圆度,且搬运距离愈远,碎屑物的分选性、磨圆度愈好;常具清晰的层理,冲击物的层理是由于水动力条件变化,使先后沉积下来的冲积物在碎屑物的成分、粒度及颜色等方面具有一定的差异而显示出的成层现象。冲积物除具水平层理外,常具有因沙波移动造成的斜层理。因河流水动力条件多变,所以单层层理延伸不远,可在短距离内变薄或消失。冲积物往往具有二元结构。

【冲积层的二元结构】冲积层的中上部为细粒的河漫滩沉积物和下部为粗粒的河床沉积物所构成的结构形式。多发育于平原区河流较平坦的河漫滩上。它是由侧方侵蚀不断展宽河谷,并经过平水期、洪水期反复交替形成的。具二元结构的冲积层上部的河漫滩沉积物具水平层理,下部的河床沉积物中常具斜层理。

【地下水的地质作用】埋藏在地表以下岩石和松散堆积物空隙中的水体所进行的潜蚀、搬运和沉积作用。地下水是分布广泛的水体,它不仅发育在潮湿气候地区,在沙漠、极地、高山地区也都有地下水。因此地下水也是改造地球表面形态的重要外力地质作用。例如以峰峦拔地而起,“无山不洞”而闻名中外的桂林山水,就是地下水溶蚀作用的产物。地下水的地质作用还可形成很多有用的矿产,如冰洲石、砂锡矿等。

【潜蚀作用】地下水在运动过程中对周围岩石的破坏(剥蚀)作用。

按作用方式可分为机械潜蚀作用和化学潜蚀作用两种。但因地下水主要是在岩石空隙中渗流，流动缓慢，水量分散，冲击力甚小，所以其机械潜蚀作用占次要地位；而地下水中因富含二氧化碳和各种溶剂，有较强的溶解能力，当与可溶性岩石（如碳酸盐岩等可溶性岩石）广泛接触时，被溶解，形成的钙离子和重碳酸根离子随水流带走，使原来的岩石遭受破坏。因此潜蚀作用中化学潜蚀占主导地位。化学潜蚀作用中国称为岩溶作用，国外称为喀斯特作用，这种作用可使岩石中的孔隙或裂隙逐渐扩大以至发育成巨大的洞穴（溶洞），并形成一些独特的岩溶地貌（喀斯特地貌），如溶沟、石芽、落水洞、溶斗、溶洞、孤峰、石林等。

【岩溶作用】以地下水为主的水流通过对可溶性岩石、矿物的溶解所产生的破坏作用。即化学潜蚀作用。这种作用在南斯拉夫的喀斯特高原发育较典型，因此亦称喀斯特作用。中国的岩溶发育地区约占全国面积的 13%。分布之广，类型之多，为世界各国所不及。早在 300 多年前，徐霞客就作了较详细的研究描述，因此 1967 年中国改称喀斯特作用为岩溶作用。地理学名词审定委员会 1992 年讨论决定恢复使用“喀斯特”一词岩溶发育地区应具备可溶性岩石，如碳酸盐岩、石膏等；岩石有较好的透水性；地下水有较强的溶蚀能力，主要取决于二氧化碳的含量，含量越高，溶蚀能力越强；地下水有较好的流动性等基本条件。可溶性岩石在岩溶作用下形成一系列独特的地貌，统称为岩溶地貌（亦称喀斯特地貌），如溶沟、石芽、落水洞、溶洞、暗河、石林、孤峰、溶蚀洼地等。

【石柱】溶洞中由碳酸钙沉淀形成的柱状体。在岩溶作用的过程中，

当饱含碳酸氢钙的地下水渗入溶洞后，由于压力降低，水中的二氧化碳逸出，水分蒸发，过饱和的碳酸钙便在渗出口附近沉淀。悬挂在洞顶的锥状沉淀物称石钟乳，洞底向上增长的竹笋状沉淀物称石笋，两者相连便形成石柱。三者通称钟乳石。世界上已知最长的石钟乳是在爱尔兰波尔洞，长达 11.6 米；最高的石笋在法国的阿尔芒洞，高达 29 米；西班牙内尔雅洞内的石柱高达 59 米。这些沉淀物多呈圆柱状，并具同心圆状结构，它反映了沉淀过程中的周期性变化。石钟乳的中心多有小孔，为渗出水流的通道。

【泉华】堆积于泉水溢出口附近的疏松多孔的化学沉淀物。饱含矿物质的泉水溢出地面时，因压力降低，温度升高，二氧化碳大量逸出，水分蒸发，溶液中的矿物质迅速达到过饱和，沉淀形成泉华。以碳酸钙为主的泉华称石灰华，以硅质为主的称硅华。泉华在形态上多为大片分布的台阶状或孤立出露的锥状等。中国岩溶地区的泉水和不少温泉附近都有泉华分布。四川康定的半个城就是坐落在石灰华之上。

【冰川的地质作用】冰川在运动过程中通过刨蚀、搬运、沉积改造地表形态及物质组成的作用。冰川主要分布于极地附近或高山地区。它是由积雪层在较长时间的压力作用下，经过一系列物理变化，形成可塑性冰川冰，冰川冰在其自身的压力和重力作用下，沿斜坡或谷道缓慢地流动而形成冰川。现代冰川分布面积约 $1.49 \times 10^7 \text{km}^2$ ，占大陆面积的 10% 左右。在地质历史中曾有过多次大规模冰川活动的时期，称冰期。第四纪冰川鼎盛时期，曾覆盖了大陆面积的 $1/3$ 。因此冰川是大陆上重要的地质营力之一。冰川的地质作用不仅塑造了许多奇特的冰蚀地形，如冰川槽谷、冰斗、角

峰、刃脊、悬谷、羊背石等。而且还形成了独特的沉积物，如漂砾、纹泥等。对冰川地质作用的研究，有助于了解古地理、古气候的变化规律，对找矿及水文地质和工程地质等工作也有一定意义。

【雪线】终年积雪区的下限线。雪线附近年降雪量与年消融量大体相等；雪线以上，年降雪量大于年消融量，常年积雪，所以冰川必须在雪线以上才能形成；雪线以下，年降雪量小于年消融量，只有季节性积雪。雪线所处的高度受气温、降雪量及地形等因素的影响，因此不同地区有所差异，如低纬度地区的雪线一般要高于高纬度地区雪线的高度。地质时期（通常指第四纪）的雪线称古雪线。

【粒雪】粒径较大的团粒状的雪。是由积雪盆地中积聚的结晶形态的新雪，在压力或热力作用下，经融化、冻结、归并而成。粒雪呈白色粒状，粒径常达 0.5 厘米以上，比重平均 0.5 左右。粒雪在热力、压力的继续作用下，压紧、冻结或发生重结晶形成块状的冰川冰。冰川冰呈蓝色，比重约为 0.9。如对积雪盆地作一剖面，自上而下大致可分为积雪、粒雪和冰川冰几部分。

【冰川】指由积雪形成的、运动的冰体（冰川冰）。组成冰川的冰体（冰川冰）是由积雪经较长时间的压紧、冻结、重新结晶等一系列过程形成的，冰体的下部具有一定的可塑性，在其自身的压力和重力作用下，沿斜坡或谷地缓慢地流动，这样就形成了冰川。冰川在其流动过程中通过刨蚀、搬运和沉积作用，不断地改造地表面貌，塑造了许多奇特的地形和独特的沉积物。现代陆地上的

冰川主要分布于地球两极及高山地区，覆盖陆地面积的 10%，集中了全球 85% 淡水，若全部融化，可使全球海平面上升 66 厘米，因此冰川是重要的淡水资源。地质历史中也曾有过广泛分布的时期，称为冰期。冰川根据其分布、形态、规模等分为大陆冰川和山岳冰川，山岳冰川又可进一步分为冰斗冰川、悬冰斗、山谷冰川、山麓冰川等几种类型。

【冰山】漂浮于海洋中的巨大冰块。是大陆冰川边缘的冰体或伸入海洋中的冰舌断裂形成，其侧壁近垂直，顶面高出冰面，但因冰川冰的比重与海水的比重相差不大，因此冰山体积的 85—90% 位于海水面以下。冰山常成群出现，大小不一，大西洋中的一座冰山宽 75 千米、长 120 千米。冰山随洋流由高纬度地区向中、低纬度地区漂流，当冰体消融时，所挟带的碎屑物质便沉落到海底，故在深海盆地中亦可见到冰碛物。漂浮的冰山会给海洋中航行的船只带来危害。

【刨蚀作用】又称冰蚀作用。冰川及其挟带的岩石碎块对冰床的破坏作用。冰川不但以自身的重量挤压、破坏冰床的岩石，在运动过程中还对冰床进行挖掘和锉磨作用。冰冻风化作用更加速了刨蚀作用的进行。挖掘作用又称拔蚀作用，是冰川在运动中将冰体冻结在一起的冰床基岩碎块拔起并推走的作用，其结果使冰床加深，并形成粗粒岩石碎屑。磨蚀作用是冰川以其自身的压力，及冻结在冰流两侧和其底部的岩石碎块刮削、锉磨冰床的作用。磨蚀作用的强度取决于冰川所挟带的岩石碎屑数量、冰层的厚度以及冰川的流速。磨蚀作用不断挖深床底和拓宽谷地，使冰床受到破坏，并形成细粒的碎屑物（粉砂、粘土等）。冰川的刮挫，可以

在冰床的基岩面上形成断续的磨光面——冰溜面。冰溜面上常见擦痕和刻槽。擦痕深度一般为几毫米至几厘米，开始端常较宽且深，沿流动方向逐渐削减，长数米，称冰川擦痕。作为磨蚀工具的石块，也可被磨出一两个光滑面。冰川砾石整体呈熨斗状，磨光面上有擦痕和刻槽，故称条痕石。挖掘作用和磨蚀作用是同时进行的，但以挖掘作用的破坏力最大。一般来说，在冰层厚、压力大、冰川流速快时，磨蚀作用显著；当消融量增加，冰水反复融、冻时，冰劈作用也相应活跃，这时会使挖掘作用加强。刨蚀作用的结果形成一系列冰蚀地形，常见的有冰斗、角峰、刃脊、冰川槽谷、悬谷、羊背石等。

【冰蚀平原】由大陆冰川长期挖掘、磨蚀所形成的广阔平原。由于大陆冰川范围广、冰层厚，冰蚀作用明显，因此在基岩面上往往形成刻痕，羊背石、冰川漂砾和冰蚀洼地在平原上广泛分布，洼地积水形成冰蚀湖。

【悬谷】复式山谷冰川支冰川刨蚀作用形成的，“悬挂”于主冰川谷壁上的谷地。这是因为支冰川的刨蚀能力远小于主冰川的刨蚀能力，而且因为冰川是固体介质，支冰川的冰面可以高于主冰川的冰面，因此在汇入处支冰川的谷底可高于主冰川的谷底，高差可达 100—500 米。悬谷是山岳冰川特有的地形，可依此作为鉴别古冰川存在的标志。

【冰川的沉积作用】冰川消融时将其搬运的物质进行堆积的作用。按沉积时介质的条件分为冰川沉积和冰水沉积两大类。冰川沉积是冰川流至消融区，或因雪线上升，冰川退缩，冰川前端冰体融

化时发生的沉积。冰川沉积的堆积物称冰碛物，堆积地形称冰碛地形，如终碛堤、侧碛堤、鼓丘等；冰水沉积是指以冰融水为主要营力，经过再搬运后而发生的沉积，其沉积物称冰水沉积物，冰水沉积物既有冰碛物的特点，又有冲积物的某些特点。冰水沉积常形成冰前扇地、冰水平原、蛇丘等地貌形态。

【中碛堤】位于冰川中部、由冰碛物组成的垅岗状地形。它是由复式山谷冰川相邻两条支冰川的侧碛合并消融形成的。

【冰水湖】又称冰前湖。在冰川区外围，由冰融水补给的湖泊。冰水湖中常形成具有很好水平层理的沉积物，称纹泥。纹泥的层理是由于冰融水的流速、流量随季节发生变化，冰水搬入湖中泥沙的数量和粒度也随之发生变化，这样就形成了粗细不同、颜色深浅不同的薄层。

【冰舌】冰川前端呈舌状流动的冰体。长数公里至数十公里，冰舌的最前端也称冰川的末端，冰舌可流至雪线以下，因此雪线是积雪区的下界而不是冰川的下界。冰舌前端的位置取决于冰体的供给量与消融量之间的关系：当冰川冰的供给量大于消融量，冰舌的位置向前推进，称冰进；反之称冰退。影响冰川进退的主要原因是气候和降雪量。

【冰碛物】冰川地质作用形成的沉积物的统称。冰碛物的分选性、磨圆度极差，往往形成大块漂砾和粘土混杂在一起的堆积物；冰碛物中的粗粒碎屑表面常有磨光面或交错的钉头形擦痕及压坑等；无明显层理；冰碛物中化石稀少，但常保存有寒冷型的孢子

花粉；冰碛物常堆积形成一些特殊的地形，如终碛堤、侧碛堤、中碛堤等。

【冰川条痕石】简称条痕石。在磨光面上具有擦痕、刻槽的冰川砾石。条痕石是由冰川以其自身压力及冻结在冰川冰中的石块刮削、锉磨形成的。擦痕、刻槽往往呈钉头形，显示作为锉磨工具的石块在磨蚀过程中被磨损变小，因此其开始端一般较宽、较深，沿流动方向逐渐变浅、变细以至消失。擦痕、刻槽可用来判断冰川的流动方向，亦是古冰川存在的证据。

【冰期】全球气候显著变冷、冰川覆盖面积迅速扩大的时期。地质历史中曾有过三次大的冰期，即震旦纪大冰期、石炭—二叠纪大冰期和第四纪大冰期。介于两个冰期之间气候温暖、冰川覆盖面积缩小的时期称间冰期。冰期、间冰期又可按较小的气候波动分为亚冰期和间冰期。第四纪冰期欧洲研究最早，阿尔卑斯地区由老至新分为多瑙、恭兹、民德、里斯、玉木等几个亚冰期。中国第四纪的冰期从老到新一般划分为红崖、鄱阳、大姑、庐山、大理五个亚冰期。

【冰后期】第四纪大冰期末一次亚冰期冰川退缩至今的时期。世界大多数地区 1 万年前气候显著转暖，冰川开始退缩，但各地开始退缩的时间不很一致，中国的山岳冰川，有人认为是从 1.6 万年前开始退缩的。

【间冰期】介于两次冰期之间、气候变暖、冰川消融退缩的时期。如欧洲阿尔卑斯地区，第四纪间冰期从老至新可分为多瑙—恭兹、

恭兹—民德、民德—里斯、里斯—玉木等几个间冰期；中国一般分为红崖—鄱阳、鄱阳—大姑、大姑—庐山和庐山—大理等间冰期。

【雪崩】巨厚的积雪，在重力及雪融水的作用下，沿沟槽或山坡向下迅速滑动倾泻的现象。雪崩时，大量积雪及其冲击空气产生的冲击力对高山道路和人民生命财产的安全常造成严重危害。

【冰川漂砾】由冰川地质作用形成的巨大砾石，其直径可达10—20米。简称漂砾。因其是由固态的冰川搬运，可以翻山越海，搬运距离很远，故称之为“漂”砾。漂砾表面常具磨光面和擦痕、刻槽等，漂砾的岩性往往与本地的岩性不同。冰川漂砾是冰川存在的有力证据，其分布范围及其上的擦痕是研究冰川流向和活动范围的证据。

【冰湖纹泥】又称季候泥在冰水湖中堆积形成的粗细相间、颜色深浅交替、层理极薄的沙粘土层。其中的浅色层多为沙层，是夏季冰融水充沛时形成的，主要成分为石英、长石，层较厚。深色的为粘土层，是在冬季冰融水剧减时，悬浮于湖水中的粘土胶粒发生沉积形成的，层较薄。这种一粗一细的沉积层构成一个年层。根据年层的数目可推算冰川开始退缩到冰水湖停止沉积的年限和古气候的演变。

【风的地质作用】风及其所挟带的沙石在运动过程中改造地表面貌的地质作用，包括风蚀作用、搬运作用和沉积作用。携带沙粒的风，通过吹扬和磨蚀，不断改造原有的地表形态。并形成特有的

风蚀地貌；风蚀作用形成的碎屑物被风带走，当风力降低，紊流的上举速度小于沙粒的沉降速度时，沙、砾、尘土便堆积下来，形成风积物和风积地貌。风的地质作用常形成风蚀谷、风蚀柱、风城、荒漠、沙丘、风棱石、风成沙及黄土等很具特色的产物。风是陆地常见的一种地质营力，风的地质作用在植被稀疏、松散沉积物大量裸露的地区，特别是干旱气候区最为显著。中国的沙漠及戈壁滩约占全国面积的 11.4%，在沙漠地区外缘约 63×10^4 平方公里的半干旱地带，广泛覆盖着与风的地质作用密切相关的黄土，形成了世界上独特的“黄土高原”，因此在中国研究风的地质作用有着重要的实际意义。

【风沙流】携带沙粒移动的气流（风）。形成风沙流需有足够的风速，当风速达到一定程度时，气流的冲击力和上举力就可使地面的沙粒进入气流并随之移动。如在新疆莎车沙漠中，当距地面 2 米高处的风速达每秒 4 米时，就可使 0.1—0.25 毫米的细砂移动，达每秒 15 米时，可使大于 2 毫米的砾石移动。风速越大，风沙流中的含沙量越大，但地表状况对起沙风速有很大影响。风沙流中沙粒多集中在距地面 30 厘米以下，特别是 10 厘米以下的区域内，砾石多在近地面处滚动，粘土可悬浮于高空。风沙流的含沙量及含沙量随高度的变化，对风的剥蚀作用和搬运作用都有重要的影响。

【风蚀作用】风以其自身的力量和所挟带的沙石对地表岩石进行的破坏作用。按作用方式可分为吹蚀（吹扬）作用和磨蚀作用。吹蚀作用是指风的冲击力及其紊流将地表疏松物质吹离原地的作用，但通常只是将沙和粘土吹离地表，而砾石仍留在原地；磨蚀作用是指风沙在流动过程中沙粒对地表岩石冲击、磨擦而使岩石

发生破坏的作用。持续的风蚀作用在破坏原有地表形态的同时,形成了风蚀谷、风蚀湖、蜂窝石、石蘑菇、风棱石、风城、岩漠、砾漠等奇特的风

石蘑菇

蚀地貌。风蚀作用的强度,取决于风速、含沙量、地表物质组成及地形等。

【荒漠】岩漠、砾漠、沙漠、泥漠的总称。大陆内部气候干旱、雨量极少(年降雨量少于 250 毫米),几乎没有植物生长,荒无人烟的不毛之地。在那里的蒸发量大大超过降雨量,往往一年仅几次降雨,甚至几十年才有一次,而且多是暴风雨。这种地区常有强风吹刮。风是这种地区的主要地质营力。

【戈壁】又称砾漠。主要由砾石组成的荒漠。在干旱气候区,强大风力的吹扬作用运走了沙粒和粘土,粗大的砾石残留在原地,便形成了大片砾石荒滩。砾石经风沙流长期磨蚀,形成风棱石。“戈壁”源于蒙古语,为难生草木的砾石滩之意。中国内蒙古西北部、塔里木、准噶尔、柴达木盆地边缘都有戈壁滩分布。

【泥漠】泥质的荒漠。往往形成于低洼地带或封闭盆地的中心，是由洪流带入的粘土游积而成。泥漠的表面常有龟裂现象，植被稀少，十分平坦，有些甚至可作飞机场使用。盐渍化的泥漠称盐漠。

【盐漠】又称盐沼泥漠。在地下水面较高的泥漠地带，富含盐分的地下水沿毛细管孔隙上升地表，水分蒸发后，盐分聚集于地表，即成盐漠。盐漠分布于荒漠的低洼部分，因盐分易于吸水引起膨胀，所以长期处于潮湿状态，干涸时可形成龟裂地。盐漠地区仅能生长少数盐生植物，是荒漠中土壤最贫瘠的地区。

【沙漠】由沙质组成的荒漠。沙漠是荒漠中规模最大，最为常见的一种。在沙漠中，沙丘、沙垅等堆积地貌发育。全球现代沙漠地区约占陆地面积的 $\frac{1}{5}$ ，主要分布于南、北纬 20° — 35° 之间。中国沙漠的面积约 63.7 万平方公里，主要有塔克拉玛干沙漠、古尔班通古特沙漠、巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠、毛乌素沙漠等。

【岩漠】干旱气候区岩石裸露的山地或丘陵，是荒漠中的一种。岩漠大多位于山地边缘，其间广泛分布着不同高度的封闭盆地，岩漠地区物理风化作用和风蚀作用强烈，植物稀少，景色荒凉。

【沙漠漆】沙漠地区附于地表或沙、砾表面橙黄色、红色或黑褐色的被膜，具有油脂光泽，很像涂抹了一层油漆，故俗称“沙漠漆”。实际上是由于强烈的氧化作用及毛细管作用形成的氧化锰和氧化铁的薄膜。

【风棱石】经风沙流长期磨蚀作用形成的、具有多条明显棱脊和光

滑棱面的砾石。风棱石表面呈油脂光泽，棱脊常见的有三棱、四棱以至多棱，是由于风向改变或石块滚动形成的，棱脊线的延伸方向一般与形成时的风向垂直。风棱石广泛散布在戈壁滩的表面，是风蚀作用的重要证据。

风棱石及其形成

风蚀谷

a. 最初的侵蝕谷；b. 受风力改造形成的风蚀谷

【风蚀谷】风蚀作用改造形成的谷地。风蚀谷往往是在原有沟、谷的基础上，经风长期的吹扬、磨蚀形成的，因此其平面形态蜿蜒曲折，宽窄不定，无规则地延伸；风蚀谷长可达数十公里，谷底

崎岖不平，忽高忽低，可以出现下游高于上游的现象；风蚀谷的谷坡陡峭，其上分布着大小不一的风蚀洞穴，坡脚堆积着崩塌的岩石碎屑。

【风蚀城堡】简称风城。风蚀作用形成的平顶状多层墩台，高10—30米，远观酷似古堡或古塔的断垣残壁，因此得名，风城地形多发育在盆地边缘沉积岩出露的地带，尤其是产状近水平、软硬相间的沉积岩地区更易形成。新疆准噶尔盆地西北部乌尔乐地区的风城很典型。

【风蚀柱】垂直裂隙发育、岩性较单一的岩石，经风沙流长期吹扬、磨蚀形成的柱状地貌。其高度大小不一，有的孤立存在，有的成群分布，柱壁上常可见蜂窝状孔洞和大小不等的凹坑。

【风蚀洼地】松散沉积物组成的地面，经长期风蚀作用改造形成宽浅、轮廓不明显的洼地。一般呈椭圆形，常成排分布，其长轴与风力方向平行。在内蒙古和柴达木盆地西北部都有分布。

【风的沉积作用】简称风积作用。当风速减小或因遇到障碍物、两股气流相遇使风力减弱时，紊流的上举速度低于沙、土的沉降速度，风沙流中所挟带的碎屑物质便发生沉积的过程。经风搬运、沉积的物质称风积物，主要有风成沙和风成黄土。风成沙具有良好的磨圆度；其分选性是陆相沉积物中最好的一种；沙粒的成分以石英为主，表面受冲击呈毛玻璃状，较粗的沙粒表面常附有“沙漠漆”；风成沙中具有弧形的层理。由风积物构成的地貌称风积地貌，如沙丘、沙垅等。

【纵向沙垄】由风成沙堆积形成顺风向延伸的长条垄状高地。垄脊一般呈平缓状或波状起伏。垄脊高度 10—30 米,最高可达 200 米。单条垄长一般数百米至数公里,多条垄平行排列可连续延长达几公里至几十公里。纵向沙垄可以有多种原因形成,一是由平行地面的强大旋风将风成沙卷向两侧堆积而成;另一是由新月形沙丘两翼在定向风的作用下演化而成;此外,若干个沙堆沿风向彼此相接,也可形成纵向沙垄,但这类沙垄比较固定。

【黄土】一种灰黄色或棕黄色疏松多孔的土状沉积物。黄土主要由粒径小于 0.05 毫米的粉沙组成,另外还含有少量的细沙、粘土和较多的碳酸钙,黄土的结构疏松,多孔隙,质较轻,稍具粘性,无层理,垂直裂隙发育,地表水极易渗透,遇水浸湿后常发生塌陷,形成两壁陡立的沟壑。黄土主要分布于中纬度干旱或半干旱气候的沙漠地区或大陆冰川覆盖区的外缘。中国是世界上黄土分布最广的国家之一,面积达 44×10^4 平方公里,主要集中在陕、甘、宁、晋等省,厚度多在百米以上,以至超过 200 米。组成中国黄土的矿物多达 40—50 种,但以石英和长石为主,共占 90% 以上。关于黄土的成因尚无定论,主要有风成、水成和成土作用三种学说。

【黄土高原】甘肃东部、陕西北部和山西吕梁山以西地区,由厚层黄土堆积而成的高原。是中国高原地形的一个特殊类型,它是新生代以来由于该区大面积隆起和黄土堆积相结合形成的。黄土高原上黄土的厚度多在百米以上,陇西地区甚至超过 200 米,最厚达 400 米,是世界之冠。

【湖泊的地质作用】指湖水改变地表物质成分及地表形态的地质作用，包括剥蚀作用、搬运作用和沉积作用。由于湖水是地表相对宁静的水体，因此剥蚀作用较弱，沉积作用占主要地位，但在较大的湖泊中，湖浪作用较强，剥蚀作用的强度也增大。湖泊的地质作用不但可以改变地表的面貌，还可形成很多有用的矿产，如铁、铝、锰、煤、石油及盐类等。另外，由于湖泊的沉积作用受气候、地形等因素影响较大，因而可通过对地质历史时期湖泊沉积物的研究来分析古地理和古气候特征，并为研究该区的地壳运动规律提供重要的证据。

【海洋的地质作用】海水及海水运动引起物质成分及地表形态发生改变的地质作用。包括海洋的剥蚀（海蚀）作用、搬运作用和沉积作用。海蚀作用指海水的运动、溶解及海洋生物活动使海岸及海底的岩石遭受破坏的作用。海洋是一个连续性的水体，海蚀作用是很强烈的；海洋更是地球上最广阔的积水盆地，陆地上风化、剥蚀作用的产物随着风、水、冰等介质输入海洋进行沉积，因而海洋的沉积作用具有重要的地位。海洋的地质作用可形成各种地形和沉积物，如海蚀崖、海湾、岬角、海滩、沙坝、沙嘴、珊瑚礁以及砂矿等。现今大陆上见到的很多沉积岩和沉积矿产，都是地质历史时期海洋中沉积形成的，如石灰岩、铁矿、锰矿等。

【破浪】又称激浪。海浪向岸边传播时，由于水深逐渐变浅，海底的阻力加大，波浪发生变形，波峰向海岸方向倾倒、破碎所成的碎浪。在海底坡度较平缓的近岸海域可出现几道首尾相衔接的破浪。

【拍岸浪】推进至浅滩或礁石附近的海浪，受海底阻力的影响，迫使波峰超前涌向岸边并拍击海岸，称拍岸浪。拍岸浪形成一股冲向海岸的水流，称进浪流，当其上冲的能量在海岸被消耗殆尽后，海水便受重力影响而顺斜坡退回海中，形成底流。此时，下一个拍岸浪业已形成并冲向海岸。据估计，海岸每天经受拍岸浪冲击的次数可达 5500 次，按此推算，每年拍岸浪可冲击同一地段海岸达 200 余万次。拍岸浪的能量相当巨大，冲击力可达 2.9t/m^2 ，在拍岸浪的长期作用下，使基岩海岸遭受破坏。波浪斜向冲击海岸，还会形成沿海岸方向流动的沿岸流。

【海蚀作用】即海洋的剥蚀作用。指海水运动、海水溶解及海洋生物活动等因素使海底及海岸岩石遭受破坏的作用。海蚀作用的方式可分为机械的、化学的和生物的三种，以机械的剥蚀规模最大，对海岸的改造起着决定性作用。机械剥蚀是由海水运动（波浪、潮汐、洋流、浊流等）产生的动能引起的，主要发生在滨海环境及海水运动所能影响到的海底部分。化学剥（溶）蚀是因海水中含有较多的 CO_2 等溶剂，通过溶解岩石进行破坏。生物剥蚀是由海洋生物的生命活动引起的，如钻孔、分泌物的溶解等。

【海蚀平衡剖面】指在地壳相对稳定条件下，近岸海底受波浪作用形成向海洋方向平缓倾斜的既不受侵蚀也不堆积的理想岸坡剖面。

【波切台】在地壳稳定的条件下，基岩海岸受携带泥沙拍岸浪长期的冲击、磨蚀、溶解不断后退，形成一个微向海洋方向倾斜的平台。其高度几乎接近平面，宽数米至数十米，以至数百米。波切

台的表面较平坦，其上常覆有沙、砾等海积物，或残留有较坚硬岩石形成的海蚀柱、海穹等海蚀地形。当地壳上升或下降，波切台发展形成海蚀阶地。

【波筑台】基岩海岸边由沙、砾堆积构成的平台。海洋的拍岸浪具有巨大的能量，长期冲击基岩海岸，形成海蚀岸及大量碎屑物质，碎屑物质被底流带入海水进行堆积，形成波筑台。当地壳上升，波筑台露出海面形成海积阶地。

【锰结核】又称锰团块、锰铁瘤、锰矿球等。它由多种矿物组成，常见的有水针铁矿、钠水锰矿和钡镁锰矿等，其主要成分为二氧化锰和三氧化二铁。锰、镍、钴、铜的含量均已达到可供工业利用的品位，总储量约为 3×10^{12} 吨。所以锰结核有很高的经济意义，而且它还在不断形成，有“永远资源”之称。锰结核的外形多为球状、团块状。颜色主要为黑褐色，含锰多时呈暗黑色；含铁多时呈棕红或红褐色。结核大小不一，一般为 0.5—25 厘米，平均直径 8 厘米，个别大于 1 米（重达 850 千克）。锰结核一般由核、杂质和含锰矿物三部分构成。含锰矿物形成纹层，以同心圆形式包在核外。锰结核主要分布于水深 4000—6000 米的深海底，以太平洋深海底为最多，绝大多数散布在深海粘土和放射虫软泥中。

【大陆边缘】大陆至大洋深水盆地之间的地带。它包括大陆架、大陆坡和大陆基。海沟和岛弧也可归于大陆边缘，但也有人将其划为另一类地形单元。通常把大陆边缘分为两类，一类由大陆架、大陆坡和大陆基组成，主要分布于大西洋，称为大西洋型大陆边缘。另一类由大陆架、大陆坡及海沟组成，主要分布于太平洋，称为

太平洋型大陆边缘。

【大陆架】又称陆棚。海洋与陆地接壤的浅海平台，其范围是由海岸线向外海延伸，直至海底坡度显著增大的转折处。大陆架的海底坡度平缓，一般小于 0.3° ，平均约为 0.1° 。其水深一般不超过 200 米，最深可达 550 米，平均为 130 米。大陆架的宽度差别很大，平均 75 千米，北冰洋巴伦支海的大陆架可宽达 1300 千米，东太平洋的则仅数公里，中国的渤海和黄海全为大陆架，东海最宽处约 560 千米，南海最宽处 278 千米。大陆架上常发育有海底水道，称陆架谷，其成因可以是沉溺的河谷或冰川谷，如东海大陆架上就有长江的水下古河道；也可以由潮流冲刷而形成。大陆架的面积宽广，资源丰富，是主要的渔场和海底油田区域。

【大陆坡】又称陆坡、大陆斜坡。位于大陆架外缘到深海海底地形明显变陡的地带，其水深一般不超过 2000 米，平均坡度为 4.25° 。大陆坡以斯里兰卡附近珊瑚礁岸外缘最陡，可达 $35—45^\circ$ 。大陆坡的宽度约为 20—100 公里，平均为 20—40 公里。大陆坡上常发育有海底峡谷，峡谷的下切深度可达数百乃至数千米，两壁陡峭（坡度可达 40° 以上），有些海底峡谷可切过整个大陆架，并与现代大河河口相接。大陆坡上的沉积物主要是软泥和夹杂贝壳的泥质沙。大陆坡是大陆地壳与大洋地壳的过渡地区，多火山、地震。

【大陆基】又称大陆裾。大陆坡与大洋盆地之间的缓倾斜坡地，坡度通常为 $5'—35'$ ，多分布于水深 2000—5000 米的海底，展布宽度可达 1000 公里。主要由海底滑塌浊流和海流搬运的碎屑物堆积而成，是潜在的油气田富集区。

【深海盆地】又称大洋盆地。是介于大陆边缘及洋中脊之间的较平坦地带，平均水深 4000—6000 米。大洋盆地又可分为深海丘陵和深海平原两类次级地形。深海丘陵为表面具有一定起伏的高地，由高度几十至几百米的海底山丘组成；深海平原是坡度很小（平均坡度小于 1/1000）、被来自大陆的沉积物覆盖的平缓地形。太平洋洋底约 80—85% 的区域为深海丘陵，近大陆边缘部分为深海平原。大洋盆地中还常散布着规模不大的海山、海岭。海山露出海面部分成为海洋中的岛屿。

【海沟】海底的带状深渊。其长度多在 1000 千米以上，宽度近 100 千米，深度多在 6000 米以上。全球已知海沟近 30 条，多发育于太平洋和大西洋；印度洋的海沟不甚发育。西太平洋的海沟与弧形火山列岛——岛弧伴生，组成海沟—岛弧系。东太平洋的海沟则与大陆上的弧形山脉相邻。海沟附近是地形高差较大的地带，如西太平洋马里亚纳海沟最深达 11033 米，其旁的马里亚纳群岛最高点海拔为 478 米，相对高差达 11515 米。在海沟附近地震频繁并有火山活动。

【岛弧】大洋边缘延伸距离很长、呈弧形展布的岛群。如在太平洋北部和西部边缘有阿留申、千岛、日本、琉球、菲律宾、马里亚纳、汤加—克马德克等群岛。岛弧常与海沟平行伴生，海沟发育在岛弧靠大洋一侧的边缘，组成统一的海沟—岛弧系。在上述太平洋的各岛弧边缘都存在海沟。

【海底峡谷】大陆坡上深切的大峡谷。峡谷的下切深度可达数百乃

至数千米，两侧谷壁陡峭，坡度可达 40° 以上。峡谷大多数切割在基岩中，有些可切过整个大陆架与大河的河口相接。形成海底峡谷的主要因素是构造运动和海底浊流的作用，因在形成大陆坡的过程中产生一系列与之平行和垂直的断层，垂直陆坡的断层构成峡谷的皱形，再遭受浊流及海底滑坡的改造形成海底峡谷。

【深海扇】海洋中由浊积物堆积形成的扇状地形。深海扇大小不一，扇面坡度一般小于 2% ，扇顶水深平均约 2000 米，扇缘水深可达 5000 米。印度洋的孟加拉深海扇是世界上已知的大型深海扇，在海底延伸逾 2000 千米，面积约 2×10^6 平方千米，体积达 5×10^6 立方千米。深海扇是由于携带大量碎屑物的浊流流出海底峡谷时，大陆基的地势平缓、开阔，流速骤减，大量搬运物发生沉积而成的。浊流形成的堆物称浊积物。

【洋中脊】又称洋脊。是绵延在大洋中的巨型海底山脉。洋中脊的横断面一般呈较对称的中间高两侧低的形态，中部通常高出海底 2—3 千米，宽度可达 2000—4000 千米。洋中脊的轴部常发育巨大的中央裂谷，谷深可达 1—2 千米，谷宽可达 13—48 千米，有些中央裂谷正缓慢溢出高温的类似岩浆的物质。洋中脊常被一系列与轴线斜交或垂直的断裂错开，错距可达 300—500 千米。洋中脊在三大洋中均有分布，相互衔接，全长近 65000 千米，是全球最大的“山系”。太平洋洋脊主要分布于太平洋的东部和南部，东太平洋洋脊的中央裂谷不明显，两侧斜坡也较平缓，地震活动和构造运动也较弱，因而被称为洋隆。洋中脊主要由玄武岩组成，其上沉积物很少或完全不存在，岩石的年龄最新，是岩石圈板块不断生长的地方。

【平顶海山】散布于大洋盆地中顶部平坦的海山。海山由海底火山构成，其直径可达 100 千米，相对高差 1 千米以上，顶部平坦的称平顶海山或截顶山。一般认为是海山顶部接近海面时被海浪夷平而成。

【无震海岭】大洋盆地中通常无地震活动的海底山脉。海岭由海底火山构成，多呈链状分布，延伸达千余千米，其露出海面部分成为岛屿，如夏威夷群岛。

【负荷地质作用】地表的松散堆积物和岩块等由于自身的重量，并在各种外因触发下产生运动所引起的地质作用。负荷地质作用是一种固体或半固体的物质运动，负荷物本身是地质作用的动力，也是作用对象。引起负荷地质作用的触发因素如水、冰雪、风、雷电、地震等。根据运动特点，负荷地质作用可划分为崩落、潜移、滑动、流动等几种。

【构造运动】又称地壳运动、岩石圈运动。是由于地球内部原因引起的组成地球物质的机械运动。构造运动使地壳或岩石圈的物质发生变形和变位，其结果一方面引起了地表形态的剧烈变化，如山脉形成、海陆变迁、大陆分裂及大洋扩张等；另一方面在岩石圈中形成一系列岩石变形形迹，如岩层的倾斜、弯曲、破裂、相对错动等。此外，构造运动还是引起岩浆作用与变质作用的重要原因，对地表各种外力地质作用也起控制作用。因此，构造运动在地质作用中处于很重要的地位。构造运动按其运动方向可分为垂直运动和水平运动；按发生的时间分为古构造运动、新构造运

动和现代构造运动。

【升降运动】使组成地壳或岩石圈的物质发生垂直于地表（沿地球半径方向）的运动。升降运动是波及面较广、相对比较缓慢的一种构造运动，主要引起大面积的升降，造成海洋和陆地的变化，地势高低的改变，岩层的垂直位移以及大型平缓弯曲等。实际上升降运动与水平运动不能截然分开。只是在一定时期、一定地区内以某一种运动为主而已。

【水平运动】使组成地壳的物质沿着地球切线方向（平行地球表面）的构造运动。这种运动使地壳受到挤压、拉伸、平移甚至旋转，是造成板块消减、碰撞和形成海岭和山脉的主要动力，造成岩层褶皱、破裂。水平运动与垂直运动实际上是不能截然分开的，只是在某一时期或又某一地区某种方向为主。

【现代构造运动】在人类历史时期发生的或正在发生的构造运动。现代构造运动可以通过地貌、大地测量、历史地震、考古等方面的资料进行研究。现代构造运动是唯一能够直接观测的构造运动，这些资料对经济建设和了解地质历史时期构造运动的特点有重要的意义。

【古构造运动】发生在新第三纪以前时期内的构造运动。新第三纪及第四纪发生的构造运动称新构造运动。由于距今年代久远，古构造运动只能根据保存在地壳中的部分遗迹进行研究，如岩层的岩性、厚度、接触关系、变形等。

【活动构造】第四纪以来活动过的、现今正在活动或继续活动的地质构造。包括褶皱构造、破裂构造和块体活动。活动构造与火山活动、地震以及经济建设等有着密切关系，因此对活动构造的研究引起人们的重视。活动构造可以通过地貌、第四纪地层、古建筑、地震活动、地形变化、地球物理、地球化学等方面的标志进行研究。

【构造变动】又称构造变形。指岩石的原始层位在构造运动的作用下所发生的变位和变形。按其表现的主要形式构造变动可分为两种类型：一类是岩层弯曲，而连续性仍然存在，称褶皱构造；另一类是岩层中产生了破裂面，岩石的连续性遭到破坏，称断裂构造。自然界中这两类构造的关系密切，断裂构造常是褶皱构造进一步发展的结果。

【岩浆作用】又称岩浆活动。岩浆在其形成、运动、冷凝过程中所产生的地质作用，包括岩浆本身的变化及对周围岩石的影响。岩浆作用形成的岩石称岩浆岩，形成的矿床称岩浆矿床。岩浆作用是一个复杂的过程，当岩浆沿着构造软弱带上升、运移的过程中，由于物理、化学条件的改变，岩浆的成分不断发生变化，因此岩浆作用的特点不同，可分为侵入作用和喷出作用两种类型。发生在地面以下的岩浆作用称侵入作用，形成的岩浆岩称侵入岩；发生在地表的岩浆作用称喷出作用，又称火山作用，形成的岩浆岩称喷出岩或称火山岩，喷出作用还可形成各种火山地貌，如火山锥、火口湖等。

【岩浆】在地壳深处或上地幔形成的、以硅酸盐为主要成分的、炽

热、粘稠并富含挥发分的熔融体。岩浆的主要成分是 SiO_2 ，含量占 45—75%，另外还含有金属硫化物、Al、Fe、Mg 等的氧化物，Li、V、Cr、Co、Ni、Cu、Zn 等元素及 H_2O 、 CO_2 、 SO_2 等挥发物。根据 SiO_2 的含量，岩浆分为酸性岩浆 ($\text{SiO}_2 > 66\%$)、中性岩浆 ($\text{SiO}_2 53—66\%$)、基性岩浆 ($\text{SiO}_2 44—53\%$) 及超基性岩浆 ($\text{SiO}_2 < 44\%$) 4 种基本类型。随着 SiO_2 含量减少，岩浆中 MgO、FeO 的含量增多，岩浆的颜色加深、比重增大、粘度变小。岩浆的温度通常为 800—1000°C，压力几千兆帕斯卡。处于高温高压下的岩浆呈潜柔状态，具有极大的潜在膨胀力。当构造运动使局部压力降低，破坏了原有的平衡条件，过热的岩浆变成液体，沿地壳的软弱带贯入地壳，直至溢出地表形成火山。

【熔浆】沿火山口或火山裂隙喷至地表的岩浆，与岩浆的差别在于丧失了部分气体和水分。熔浆冷却后形成喷出（火山）岩或熔岩。按 SiO_2 的含量，熔浆可分为酸性、中性及基性三类。酸性熔浆 SiO_2 含量 $> 65\%$ ，FeO、MnO 较少，颜色浅，比重小，粘度大；基性熔浆 SiO_2 含量 $< 52\%$ ，FeO、MgO 较多，颜色深，比重大，粘度小。基性熔浆由于粘度小、流速快、流程远；中性熔浆的化学成分和物理性质介于前两者之间。熔浆在流动过程中可形成各种表面形态的熔岩流，概括起来有结壳熔岩、渣块熔岩和枕状熔岩。

【岩浆的喷出作用】又称火山作用。地下深处的岩浆喷出地面所产生的地质作用，包括熔浆本身的变化及其对自然界产生的影响。岩浆喷出时由于受岩浆成分、通道形状、喷出环境等因素的影响，可以有不同的方式，主要是熔透式、裂隙式和中心式。基性岩浆喷出时一般比较宁静。酸性岩浆喷出时可引起猛烈的爆炸。火山喷

出的物质可以是气态的、液态的或固态的。喷出物冷凝后形成各种火山岩（或称喷出岩）和矿产。岩浆喷出作用形成的地形称火山地形，如火山锥、火山口、火山颈、熔岩穹窿等。火山喷发可能会给人类带来灾难，特别是爆烈式（又称培雷式）火山喷发具有突发性，危害性较大，但也会带来很多益处，例如火山灰经风化可形成肥沃的土壤；火山作用可形成硫、金刚石等很有价值的矿产；地下热能随火山活动带至地表形成温泉、热泉；岩浆喷溢时的喷火冒烟现象，是一种极为壮观的自然景象。

【火山的气态喷发物】火山喷出的气体物质。其主要成分是水蒸汽，占气态喷发物的 70—90%，其他有 CO_2 、 SO_2 、 N_2 、 H_2S 等。火山从开始喷发直至终止都有气体喷出，气体主要由岩浆析出，岩浆由深处向地表运移时，由于上覆压力降低，溶于其中的挥发分便被分离出来至地表，则有更多的气体释放出来。火山地区喷出气体的数量可很大，例如美国阿拉斯加的万烟台，从众多的喷气孔中每秒喷出约 23000 立方米的水蒸汽，每年还有 $1.25 \times 10^6 \text{tHCl}$ 和 $2.5 \times 10^5 \text{tHF}$ 随水蒸汽被带入空中。火山喷出气体的成分、数量与火山活动的阶段有密切关系，因此可以根据气体性质的变化来预测火山活动的动向，例如当火山处于向活动期发展时，喷出气体中氯化物增多，高温喷气孔向火山口四外扩展；相反，当火山处于衰亡期时，喷出的水蒸汽、二氧化碳含量增多，高温气孔向中心退缩，甚至消失。火山喷发的气体，在火山口周围可形成升华物，其中最常见的是硫磺，此外尚有岩盐、氯化钾、硫化钾、二氯化铜等。如果这种升华物大量堆积起来，也可形成有价值的矿产。

【火山的液态喷发物】火山喷出的液态物质为失去部分水分和气体的岩浆，称熔浆。熔浆自火山口溢出后沿地面流动，流动速度一般不超过每小时 16 公里，但与熔浆的粘度及地势的坡度有关，坡度较陡时可达每小时 80 千米，流动的熔浆在流动过程中形成各种形态的熔岩流，如结壳熔岩、渣状熔岩、枕状熔岩等。熔浆冷凝所形成的岩石称熔岩或喷出岩。熔浆依 SiO_2 含量可分为酸性、中性和基性三类。酸性熔浆 SiO_2 含量 $>65\%$ ， FeO 、 MgO 较少，颜色浅，比重小，粘度大，流动慢，冷凝后形成颜色较浅的岩石，如流纹岩；基性熔浆 $\text{SiO}_2 < 52\%$ ， FeO 、 MgO 较多，颜色深，比重大，粘度小，流动快，冷凝后形成颜色较深的岩石，如玄武岩，玄武岩中常具有六边形的柱状节理，是由于基性熔岩在冷凝时围绕一些中心收缩形成的。中性熔浆的性质介于两者之间，冷凝形成的岩石称安山岩。

【火山的固态喷发物】火山喷发作用形成的固体物质。运移至地表附近的岩浆，因围压骤降，释放出大量气体，猛烈冲击地面并引起爆炸，将被破碎的岩石碎块及尚未完全固结的熔浆喷至高空，然后在火山口附近堆积起来，形成大小、形态、结构不同的火山碎屑物。粒径 < 0.05 毫米的称火山尘， $0.05—2$ 毫米的称火山灰， $2—50$ 毫米的称火山砾， > 50 毫米的称火山块。尚未凝固的大块熔浆，喷至高空后在空中旋转、凝固，形成纺锤状、梨状、麻花状的火山弹，火山弹的直径一般 > 100 毫米，有的可达 10 米以上。质轻、多孔的固态喷发物称浮石。粗大的物质多堆积在火山口附近，细

小的在离火山口较远的地方,最细的火山灰和火山尘可随风飘移,携带到很远的地方。例如克拉克托火山 1883 年喷发时,火山尘被喷到 70—80 千米高空的平流层中,漂移到欧洲上空,形成“血霞现象”,估计火山灰的总量超过 1.8×10^9 立方米。由火山碎屑物堆积、固结而成的岩石称火山碎屑岩,如凝灰岩、火山角砾岩、集块岩等。

【火山】在地表由岩浆作用形成的,具有特殊机构及形态的地质体。但通常是指由岩浆喷出物堆积成的山体。典型的火山外形是一个锥形的山丘,称火山锥,锥顶常有圆形洼坑,是火山物质喷溢的出口,称火山口,火山口下与岩浆房相连的管状通道称火山喉管。由于受地质构造的控制,火山常成群、成带分布。现代正在活动的火山称活火山,人类历史中曾有过活动,而近百年来停止活动的火山称休眠火山,人类历史中不再活动的火山称死火山,地质历史时期中的火山称古火山。中国已发现的火山有 600 多座,大多为死火山。全球已知的活火山约 518 座,集中分布的三个地带是:环太平洋火山带、地中海—印度尼西亚火山带、大洋中脊火山带。

【熔透式喷发】地下的岩浆以其热力熔透地壳的喷发形式,形成熔透式“火山”。这种喷发类型多发生在地壳发展的初期,因当时的地壳很薄,岩浆的热力很强,有可能大面积熔透。而现代则很少见。

侵入体和火山活动构造示意立体图

【裂隙式喷发】岩浆沿地壳中断裂喷溢至地表的现象。这种喷发类型一般以基性熔浆为主。因基性熔浆的粘性小，流动性大，喷溢时无猛烈爆炸现象，往往是大片流出，可形成玄武岩高原。现代大洋中脊的中央裂谷地带发生的即为裂隙式喷发，溢出的大量熔浆形成新洋壳。中央裂谷是地幔物质上升的通道。冰岛的拉基火山是大陆上现代的裂隙式喷发形成的火山。因而裂隙式喷发又称为冰岛式喷发。这种喷发形式可能是古生代、中生代以至第三纪时期火山喷发的主要形式。因这时地壳厚度较大，脆性也大。这一时期世界各地都有大规模岩浆喷出活动，熔岩面积往往达到数千甚至数万平方公里。例如中国二叠纪的玄武质熔岩（峨眉山玄

武岩)几乎覆盖了中国西南云、贵、川三省交界的广大区域。

【中心式喷发】岩浆沿火山喉管喷至地面的喷发型式。在面上成点状的喷发，是大陆上现代火山喷发的主要型式。这可能是由于现代陆壳加厚，岩浆只能沿裂隙交叉处的通道喷出。按照喷发的剧烈程度，中心式喷发又可分为宁静式、爆烈式和递变式三种。宁静式喷发（或称夏威夷式喷发），以基性熔浆缓慢溢流为主，因其粘度小，流动快，气体少，通常无猛烈爆炸现象，熔岩流面积很广，常形成坡度平缓的盾形火山锥，以太平洋夏威夷群岛上的基劳洼火山为最典型；爆烈式喷发（又称培雷式喷发），这是一种猛烈爆炸的喷发，喷出的熔浆以粘度大、不易流动、含气体多、冷凝快的酸性熔浆为主。因有些岩浆尚未达到地表，在火山喉管中就已凝固，阻塞了喷出通道，当地下岩浆的压力增大冲破堵塞时，就发生猛烈的爆炸，喷出大量火山碎屑和气体。以培雷火山为代表。递变式喷发，这类火山的喷发特点介于前两者之间，可从宁静到猛烈。喷发物以中基性熔浆为主，有一定的爆炸力，通常是首先喷出大量的气体和碎屑，随后喷出熔浆，但溢流不远，一般没有火山灰。大多数火山都属于这种类型。一个火山在不同时期可能属于不同的喷发类型，如早期为爆烈式，后期变为宁静式，以后又可变为爆烈式，这主要是由于地下岩浆性质和气体数量的变化所致。

【深成侵入体】由深成侵入岩所构成的地质体。深成侵入体一般形成在地下3—6千米以下的深处，由于这里的压力和温度较高，岩浆冷却缓慢，因而构成深成侵入体的深成侵入岩为全晶质等粒结构；岩体的规模较大；围岩的变质现象较强。常见的深成侵入体

有岩基、岩株两种类型。岩基多由花岗岩类组成，是侵入体中最大的一类，其面积大于100立方千米，直径可达千公里以上，平面形状不规则，深度可达10—30千米。岩基在中国分布很广，如南岭、秦岭、天山等地都有分布；岩株的规模较小，面积小于100立方千米，平面近圆形或不规则状，其根部可能与岩基相连，岩株在中国各地都有分布，亦多由花岗岩类岩石组成，其周围形成丰富的矿产。

【岩浆的侵入作用】发生在地面以下的岩浆作用。地下高温高压的岩浆沿软弱带向地表运移的过程中，其本身的变化以及对周围岩石的影响称为岩浆作用。从岩浆房至地面范围内发生的岩浆作用称岩浆的侵入作用，简称侵入作用，包括机械力的挤压及热力的熔化两种方式。岩浆侵入过程中冷凝结晶形成的岩石称侵入岩，侵入岩所占据的空间称侵入体。侵入作用由于所处环境不同，又可分为浅成侵入作用和深成侵入作用。岩浆主要以其极高的温度熔化围岩，占据空间，并逐渐冷凝形成侵入岩体的作用称深成侵入作用。这种作用形成的岩石称深成侵入岩，岩体称深成侵入体。深成侵入作用多发生于地下3—6千米以下的深处；在接近地表部分，岩浆主要以机械力挤入围岩，这种侵入作用称浅成侵入作用，形成浅成侵入岩及浅成侵入体。岩浆的侵入作用除形成各种侵入岩及侵入体外，亦形成很多有价值的矿床，如铬、铂、镍等。

【浅成侵入体】从地面到3—6千米深处形成的侵入体。由于接近地表，岩浆冷却较快，矿物只能结晶成细小的颗粒，岩石多为中、细粒及似斑状结构。浅成侵入体的规模一般较小，岩浆的侵入活动主要靠机械力扩大岩石的裂隙或层面，酸性、基性岩浆都可形

成浅成侵入体，并与矿产关系较为密切。浅成侵入体主要有：岩床，是一种厚度小而面积大的层间侵入体。其边界与围岩产状平行。它多半由流动性比较大的基性岩浆形成。岩盆，是一种中央较厚、边缘较薄、中间下弯的盆状侵入体，其直径从几公里到几百公里，厚度最大处可达千米以上。它是岩浆侵入到构造盆地，或层状岩层中，在岩浆本身重量引起的压力下，使下部岩层下弯而形成的，因此常由比重大的基性、超基性岩浆冷凝形成。与岩盘形状相似，但中央部分向上拱起的称岩盘，或岩盖。岩盖形成深度较浅，直径约 3—6 千米，厚可达 1000 米。以中配性侵入体最常见。岩饼（岩鞍），是岩浆侵入到背斜转折端的虚脱部位而形成的岩体，在平面上或剖面上多成新月形。岩墙，是顺裂隙贯入的厚板状侵入体。它切过围岩的层理或片理，其规模变化很大，一般长几十米到几百米，厚几米。一个地区的岩墙往往成群出现，不同方向的岩墙群，它们的成分和时代可以不同。

【岩浆的演化】原始岩浆在侵入过程中，派生出较多种类“次生岩浆”的作用。现在一般认为原始的岩浆是上地幔或地壳下部的岩石经局部熔融形成的，种类很少（有人认为只有一种，也有人认为两种或多种），但由岩浆冷凝形成的岩浆岩却多达百余种，产生的原因虽有多种解释，现多认为主要是由于岩浆在侵入过程中的演化，这种演化既有岩浆本身的分异，也有岩浆与围岩的化学反应，其主要方式有分异作用和同化混染作用。岩浆的分异作用是指成分均一的岩浆，在没有外来物质加入的条件下，由于物理化学条件的改变，分化为若干成分不同的岩浆的过程。分异作用可以发生在岩浆尚未上升之前，也可以发生在上升的过程中，包括结晶分异、气态分异；同化混染作用是指岩浆熔化围岩，将围岩

成分加入岩浆，使岩浆成分发生改变的作用。岩浆的演化不但形成了种类众多的岩浆岩，也为各种金属矿床的形成创造了物质条件。

【变质作用】岩石在地下特定的地质环境中，由于物理化学条件的改变，使其矿物组分、结构、构造发生变化形成新岩石的地质作用。这种作用基本上是在固体状态下发生的，引起变质作用的主要因素是温度、压力和化学活动性流体。变质作用的方式是很复杂的，主要有重结晶作用、重组合作用和交代作用。根据变质作用发生的地质背景和物理化学条件，变质作用可分为四种变质型：接触变质作用、动力变质作用、区域变质作用和混合岩化作用，经变质作用形成的新岩石称变质岩。变质作用常导致某些元素富集，形成重要的矿产，如 Fe、Mn 及 Cu、Co 等。

【变质作用的方式】岩石基本上是在固体状态下，由于物理化学条件改变，使其矿物组分、结构、构造发生变化，并形成新岩石的方式。变质作用的方式实际上是很复杂的，但主要是以下三种：重结晶作用，是岩石在固态下，同种矿物经过有限的颗粒溶解、组分迁移，又重新结晶成粗大颗粒的作用。但未形成新的矿物。最典型的例子是隐晶质的石灰岩（主要成分为方解石），经重结晶作用变成颗粒粗大的大理岩（主要成分为方解石）。重组合作用是指在一定的温度、压力范围内，岩石的总体成分不变，而其内部的化学成分重新组合，结晶成新矿物，形成新岩石的过程。这种作用通常是经过化学反应来完成的，所以又称为变质反应。作用前后没有物质成分的带入和带出，但可有 H_2O 及 CO_2 流体直接参与活动。交代作用，是指在变质过程中，化学活动性流体和固体岩

石之间发生的物质置换或交换的作用,其结果不仅形成新矿物,而且使岩石的总体化学成分发生改变。

【变质作用的类型】岩石基本上是在固体状态下,由于温度、压力及化学活动性流体的作用,使其矿物成分、化学成分或结构、构造发生变化的类型。根据地质背景和物理、化学条件可分为四种基本类型:接触变质作用,是指由于岩浆侵入引起围岩发生变质的作用。通常规模不大,分布局限,主要发生在侵入体与围岩的接触带附近,岩浆的温度及其析出的挥发性组分。是促使岩石变质的主要因素。又可分为热接触变质作用和接触交代变质作用。动力(碎裂)变质作用是指由于构造运动所产生的定向压力,使岩石发生破碎、变形和重结晶等的作用。这种作用主要发生在断裂带附近,特别在一些经过强烈挤压的构造带上最为明显。区域变质作用,是指在广大范围内由于温、压及化学活动性流体共同作用所引起的变质作用。其影响范围可达数千至数万平方千米,影响深度可达 30 千米以上。构造运动与区域变质作用有密切关系,依温、压环境又可分成低压、中压和高压三种区域变质作用。混合岩化作用,是由变质作用向岩浆作用过渡的超深变质作用。这种作用通常是区域变质作用进一步发展的结果,其深度一般大于 10 千米,由于温度升高达 600°C ,原来岩石中熔点较低部分被熔融并与尚未熔融的高度变质的岩石相互交插混合。

地 貌

【地貌营力】地貌形成与发展的内外力作用。内营力是地球内部的热能、化学能、原子衰变能、重力能与地球自转能对地壳表面的作用，包括地壳运动、岩浆作用等，导致地表形态轮廓和组成物质的成分、结构和构造的改变。外营力指太阳辐射能及重力与地球外的天体引力能，通过大气、水与生物对地球表面的作用。外营力使地球表面发生风化、侵蚀、搬运与堆积，而使地表地形发生一系列的变化。外营力主要包括重力、流水、冰川、风、波浪、海流、喀斯特等外力作用过程。内营力在多数情况下使地表起伏变大，如一些地块抬升成为山地，而另一些地块下降形成盆地，但也存在相反的情形，如盆地的反向上升和山地的反向下降等。外营力在多数情况下使地表起伏变小，即高地发生侵蚀，低地发生堆积，最后使地形趋向于准平原化。有些地形是在单一的营力作用下形成的，如断层崖、火山锥、熔岩丘、河流中的一些边滩、心滩，海岸的某些沙坝、沙嘴等。有些地形是在多种营力共同作用下形成的，如流水侵蚀的山地是在构造抬升的条件下，再受流水切割侵蚀而成。一般说来，地形都是在某种营力为主导，多种营力参与下共同作用形成的。著名地貌学家戴维斯的侵蚀循环理论的主要含义是：一切不同的地形是构造（内营力）、过程（外营力）、时间这三个因素的函数，地壳变形和上升的力量决定一个地区的构造和高度，然后在外营力作用下被切割和剥蚀，直至夷平。

从上升到夷平就是一个循环。彭克则提出，一切地形都是由内力与外力共同作用的结果，内外营力总是同时作用的。戴维斯强调了内外营力作用的顺序和阶段性，而彭克强调了内外营力作用的相互性和同时性。

【地貌演化】地貌形成、发展和演变的阶段与过程。地貌的形成需经历较长的时间过程，一般说规模愈大的地形的形成所经历的时间愈长。一种地形形成后，还会随时间的推移而发生变化。这种形成、发展、变化的过程是没有止境的，但这种演化过程具有明显的阶段性和规律性。美国学者戴维斯的“侵蚀循环”理论即强调了这种演化过程的阶段性和循环性特征。他将一个地块由急剧抬升到构造相对稳定，然后经历剥蚀夷平的过程称为一个侵蚀循环，并把一个侵蚀循环划分为早、中、晚三个时期。早期地块急剧抬升达到某一高度后渐趋相对稳定，地面起伏不大，侵蚀作用开始进行，形成深切“V”形峡谷，但河间地仍非常广阔而平坦，此时称为幼年期地形。随着侵蚀作用的继续，地形切割达到最大深度，河间地变窄，地面主要由谷坡及狭窄的分水岭构成，地形发育进入壮年期。剥蚀作用的继续，使得分水岭降低，坡面变缓，最后形成具有残丘的准平原地形，进入老年期地形，代表一个侵蚀循环的完成。如果地块进入又一次新的急剧抬升，则另一个新的侵蚀循环又开始进行。早期盛行的“地文期”，即袭用这种侵蚀循环学说，并认为这种循环具有大区域的一致性。一个相当区域内的地形演化过程就是这样一系列循环的更替，即构造抬升（或侵蚀基准下降）导致下切侵蚀——剥蚀夷平——新的一次抬升（或基准面下降）导致侵蚀回春——新的一次剥蚀夷平——……如

此循环往复,每一次循环都会在地形面上或地形剖面上留下残迹,地貌学者即可据此划分出一系列的“侵蚀”和“夷平”(彼此一一相间和对立)时期或阶段,这一系列的“侵蚀”、“夷平”期即称为地文期。侵蚀循环学说虽然盛行了半个多世纪,但它描述的只是一种理想化的、简单的和刻板的模式,实际中的地貌演化要复杂得多,构造活动除了平稳抬升外,还有下降、褶皱、掀斜、水平位移等运动形式,活动阶段、幅度和范围都可大可小,外营力过程也可因气候的变化而发生千变万化,不同的岩性也明显影响地貌的演化。所以,40年代以来,人们发现循环学说具有明显的局限性,地貌演化研究中,区域的地文期划分和对比,既困难而又不可靠,因此,国内外地貌演化的循环观点逐渐被非循环观点所代替,地文期方法也越来越少地被人们所使用,而越来越多的是采用同时考虑内外营力、岩性特征、时空变化的动力学方法来解释地貌的形成和演化。某一时段内或一小区内的地貌的演化方向既可以向有序化方向发展,也可向无序化方向发展,但从整个地球已有的演化历史来看,地貌系统的演化是从简单到复杂,低级向高级,无序到有序的方向发展。

【夷平面】剥蚀平原(准平原、山麓剥蚀面、山前剥蚀平原)抬升或侵蚀基准面下降,侵蚀作用重新活跃,经过一个时期后残留的夷平形态。其形态不单受侵蚀作用影响,更多地决定于内力作用。除抬升高度、次数、间歇时间等以外,褶皱、断裂活动还会使夷平形态发生变形,一个剥蚀平原可以被断裂成若干个高度不同的夷平面。原来的夷平面也可因后期的构造运动而发生变形。一般

情况下，一级夷平面代表一个地区的一次构造相对稳定阶段（发生了剥蚀夷平）和一次构造抬升（或侵蚀基准下降），而使剥夷面变为残留的夷平形态，所以多数情况下较老的夷平面所处位置较高，保存较差，较新的夷平面，所处位置较低，保存较好。有几级夷平面即代表有几次相对的构造稳定和构造抬升阶段，但要区别于断裂活动所导致的夷平面的差异升降。查明古夷平面及其高度、数量、年龄和变形，能够给区域地貌发育提供重要信息。在地貌学、地质学、古地理学的研究及找矿等方面有重要意义。

【古地貌】任何地形都是在一定的环境条件和一定的营力作用下形成的。当一个地区的环境和营力过程发生改变后，在过去（或古代）环境和营力作用下形成的地貌称为古地貌，它与现今环境下形成的地貌已全然不同。如在一些中纬度的温暖地区可以见到一些第四纪冰期时期遗留下来的古冰斗、古冰川槽谷、古冰碛堤等古冰川地貌。在一些湿润地区可以见到第四纪干旱气候时期遗留下来的古沙丘等古风沙地貌。现今的一些沿海平原可以见到第四纪高海面时留下的贝壳堤等古海岸地貌，近岸陆架上也可见到一些低海面时的古河流遗迹。古地貌既是地貌学，也是古地理学研究的重要对象，是重建古气候和古环境的重要标志，在全球气候和环境变化研究中具有重要意义。

【火山地貌】火山爆发时由喷出物堆积而成的各种地形的统称。火山喷发就是岩浆喷出地表的过程，伴有大量气体（水蒸汽、碳酸气、二氧化硫等）、液体（熔岩流）和固体（火山灰、火山砂、火

山砾和火山弹)，它们通过火山喉管从地球深部喷发出来。大量的固体物质随气体喷到空中，再落下堆积成锥形的火山体（火山锥）；液体岩浆溢出地面后，顺坡流动，形成缓缓的火山锥或微微凸起的熔岩盖或波状起伏的熔岩垄岗。火山的规模大小不一，大的火山相对高度可达 4000—5000 米，如苏联堪察加半岛的克留契夫火山相对高度达 4572 米。规模较小的火山的相对高度不及 100 米。火山有时可以成群分布，称为火山群。火山喷发有中心喷发和裂隙喷发两种形式。现在活动或周期性活动中的火山称为活火山；有史以来未活动的火山称为死火山；历史上活动过，但长期宁静的火山称为休眠火山。

【火山锥】火山喷出物堆积而成的锥形山体。根据火山锥的内部构造和组成物质，可划分为碎屑锥、熔岩锥、混合锥和熔岩滴丘。火山喷发时，固体喷发物（火山灰、火山砂和火山砾）从空中降落堆积成碎屑锥。碎屑锥呈圆锥形，上部坡度较大，下部较缓，锥的坡度与喷出物的堆积休止角有关。熔岩锥又叫盾形火山，它是坡度很小的熔岩堆积体，主要是由流动的熔岩形成，在熔岩锥的侧坡上常有许多熔岩自小孔道或者裂缝溢出。混合锥（复合火山锥）由熔岩和火山碎屑交互成层组成。大部分熔岩常自火山锥坡上溢出，向火山锥的一侧流动，形成较缓的山坡，而另一坡由于全由火山碎屑物组成，坡度较陡，这样就形成两侧坡度不对称的火山。熔岩滴丘是体积不大、周边较陡的熔岩锥，它是由粘性很高的熔岩喷发后，急剧冷却形成的。

复合火山锥示意图

【火山口】火山锥顶上的凹陷部分，平面近圆形。最简单的火山口是一个倒立锥体，有的底部是平的。在火山刚爆发时，火山口的底部直径很少有超过 300 米的。火山口是火山喉管顶部爆破而成。碎屑物被抛到空中后，再落在火山喉管附近几十米至数百米以内，堆起一道环状围墙。有些坑状火山口底部为固结的熔岩，称为熔岩坑，坑口常能积水成湖，成为火山口湖（火口湖），或称天池。东北长白山天池就是一个火山口湖。由于崩塌、流水侵蚀或火山的再次爆发导致火山口的环形凹陷部分残缺时，称为破火山口，一般较大形的火山口多是破火山口。

【火山喉管】供给岩浆的中央通道。如果经侵蚀把上层熔岩与火山碎屑岩剥去以后，火山喉管的形状及其填充物就可以看到。这些被填充了的喉管称为火山颈或火山塞。火山喉管常位于两条断层

相交的部位。有时，当岩浆沿断裂上升接近地面时，断裂的局部地段由于熔融、气熔和爆炸而变宽，形成火山喉管。

【丹霞地貌】中国南方由钙质胶结的红色砂砾岩水平岩层组成的顶平坡陡麓缓的一种特殊地貌类型。在侵蚀、溶蚀和重力崩塌综合作用的影响下发育的陡崖深谷以及方山、奇峰、赤壁、岩洞和石柱等，以广东省北部仁化县丹霞山最为典型，因而得名。其发育经过下述过程：地表组成物质为红色砂砾岩，特别是从侏罗纪到早第三纪堆积在断陷盆地中的陆相红色砂砾岩系，岩性强弱相间，固结较好，地层产状水平，垂直节理发育；地层整体抬升后，受流水侵蚀、溶蚀或重力崩塌等作用形成顶平壁陡的方山、切割破碎的城堡状或塔状峰等地貌。丹霞地貌是一种风景资源，但其发育区水土流失严重。

【河流地貌】河流作用所形成的地貌，包括河流侵蚀地表所形成的各种侵蚀地貌和被河流搬运后沉积下来的物质所形成的各种堆积地貌。河流作用塑造的地貌极其多样。从河谷横剖面看，可分谷底和谷坡两大部分，谷底包括河床和河漫滩，谷坡常有阶地发育。从河流纵剖面看，上游河谷狭窄，多瀑布，中游河谷展宽，发育较宽阔的河漫滩，下游河床坡度较小，多形成曲流和汊河，河口段形成三角洲和三角湾。

【河谷】在水流的长期侵蚀作用下，侵蚀出低于周围地面、自上游向下游呈现为连续伸展并大致逐步拓宽的谷形地。其规模由宽几米到几十公里、长几十米到数千公里不等。河谷最基本的形态可分为谷坡与谷底两大部分。谷底比较平坦，由河床与河漫滩所组

成；谷坡分布在河谷两侧，常有阶地发育。谷坡与谷底的交界处称为谷坡麓，谷坡与周围地面的交界称为谷肩或谷缘。河流上游或山区河流多形成深切狭谷；下游或平原河流的河谷多宽浅型河谷。

【河床】河流平水期所占的谷底部分。从河源到河口，沿河床最低点所作的剖面称为河床纵剖面。多数河床纵剖面呈向下游倾斜的凹形。一般上游河段或山地河段的河床纵剖面坡度较陡，中下游河段或平原河段纵剖面坡度较缓。河流下切到接近某一水平面后，逐渐失去侵蚀能力，这一水平面称为河流的侵蚀基准面。侵蚀基准面分终极侵蚀基准面和局部侵蚀基准面两种。一般将海面作为河流的终极基准面，但一些河流下切到海面高度时仍有一定的侵蚀能力。河床在发展过程中形成不同的地貌，如河床中的浅滩与深槽、各种沙波，山地基岩河床中的壶穴和岩槛。浅滩是河床底部的一些不同规模的冲积物堆积体，分布在河边的称边滩，分布在河心的称心滩。浅滩与浅滩之间较深的河槽称深槽。沙波是河床底部堆积的、呈波状起伏的沙质微地貌。壶穴是基岩河床中被水流冲磨的深穴。岩槛是基岩河床中较坚硬岩石横亘于河床底部形成的，常形成瀑布或跌水。河床的平面形态可大致划分为 4 种类型：（1）顺直微弯型：河段顺直或略弯曲，河床曲折率小于 1.5，但深泓线可弯曲。两岸边滩交错分布，深槽与浅滩相间；（2）弯曲型：河床曲折率等于或大于 1.5，河床蜿蜒曲折，河漫滩宽广，深槽紧靠凹岸；（3）分汊型：河床宽窄相间，窄段为单一河床，宽段则由一个或几个江心洲隔成二股或多股汊道；（4）散乱型：河段顺直，河深宽浅，水流散乱，槽滩高差不大，沙滩众多，河汊密布，无固定主槽。

【河漫滩】河流洪水期淹没河床以外的谷底部分。河漫滩的形成和发展与河床的侧方移动及洪枯水位变化有直接关系。平水期或枯水期，河漫滩露出水面。水流在河床中流动时侵蚀凹岸，把物质带到凸岸沉积，即沉积在河漫滩外侧水面以下。洪水期，河漫滩被淹没。洪水带来的大量泥沙水平堆积在河漫滩顶面。就是这样周期反复，使河漫滩不断加宽和增高。河漫滩下部是平、枯水期沉积的河床相沉积，物质粗而分选好，具交错层理；河漫滩上部是洪水期沉积的漫滩相沉积，物质较细而分选较差，具水平或块状层理。河漫滩上、下部这种沉积物粗细、层理的二分性称为河漫滩的二元结构。不同期洪水的高程有差异，形成的河漫滩也有高低之分，低洪水位形成低漫滩，高洪水位形成高漫滩。河漫滩表面常呈现微地貌起伏，从水边向岸，分别有天然堤、鬃岗、废弃的汉道和背河湿地等。一般山地河流中的河漫滩高而窄，而平原河谷中的河漫滩宽而低。

【天然堤】洪水泛滥河床两岸所形成的堤状堆积体。是在洪水期河水溢出河床，流速减慢，大量悬浮物质很快沉积下来，沿河床两侧堆积而成的。天然堤的两坡不对称，朝向河床的一坡较陡而背向河床的一坡较缓。天然堤随每次洪水上涨而不断增高。如果天然堤不被破坏，河床也将继续淤高，最后甚至高于河间低地。在天然堤外侧的低地上，常形成洼地及湖泊。

【河流阶地】河流下切侵蚀，使原河谷底部高出于一般洪水位，并呈阶梯状分布于河谷两侧的平坦地貌。阶地高度指阶地面与河流平水期水面间的垂直距离。阶地通常有若干级，一般由下而上划

分,高于河漫滩的最低一级为第一级阶地,向上依次为第二级、第三级等。阶地顶部平坦的地面(古河谷底面)称阶地面,阶地向河床一侧的陡坡称阶地陡坎,阶地面与阶地陡坎之间的界线为阶地前缘,阶地面与高一级阶地陡坎之间的界线为阶地后缘。阶地的形成首先要求有一个延续时间较长、比较稳定的地理环境,使河流尽可能充分地进行侧蚀,形成宽广谷地。其后或因地壳上升,河床坡降加大;或因长周期的气候变化,流量增加或河流含沙量减少;或因侵蚀基准面下降等,导致河流下蚀作用加强,老谷底相对抬升,形成河流阶地。根据阶地的结构和组成物质分为:(1)侵蚀阶地,由河流的侵蚀作用形成,组成物质为基岩,高度变化较小;(2)堆积阶地,一般位于河流的中下游,由松散的冲积物组成,易受破坏;(3)基座阶地,上部由冲积物覆盖,下部为基岩。河流阶地反映一条河流的变化历史,研究河流阶地可获得对一地区不同时期气候变化、新构造运动的性质和幅度,以及古地理环境变迁的大量信息。

【分水岭】河流之间把相邻两个水系分隔开来的高地。在自然界,有的分水岭是山岭,有的是高原,也有的是微微起伏的缓丘,甚至坡度很平缓的平地。分水岭两侧的坡度有些是对称的,但在许多情况下是不对称的。其原因有二:(1)岩层构造的控制,如单斜构造形成单面山,一坡缓,另一坡陡,由此而构成的分水岭也必然不对称;(2)侵蚀基准面的控制,侵蚀基准面较高或侵蚀基准面离分水岭距离较远的一侧,其坡度必然较另一侧为缓。由于分水岭两侧的不对称,必然影响到两坡河流溯源侵蚀的速度。速度快的一坡的河流源头便较快地向分水岭伸展,使分水岭不断降低,并向坡度较缓的一坡移动。分水岭迁移的结果,导致分水岭

一坡的河流夺取另一坡河流的上游段，这种水系演变现象，称河流袭夺。除分水岭迁移外，新构造运动等原因也可以引起河流的袭夺。

【冲积平原】河流搬运的碎屑物因流速减缓而逐渐堆积所形成的平原。主要特征为地势平坦开阔，沉积深厚。河流上游有持续而丰富的泥沙供给及堆积地区地壳的不断沉降（或相对沉降）是其形成的必要条件。中国的华北平原主要由黄河、淮河和海河等大河合力堆积而成。仅黄河每年下泄的泥沙近 16 亿吨，华北平原地区自第三纪以来持续沉降，故形成沉积层厚数百米至数千米，总面积达 30 余万平方公里的大平原。冲积平原一般可分为 3 部分：（1）山前平原，是冲积平原的山前部分，属冲积—洪积成因，沉积物较粗，地面仍具有一定的坡降；（2）中部平原，是冲积平原的主体，地面平坦，常有若干条河流或水系流经，一些河间低地易积水成湖。沉积物以冲积物为主，也夹湖沼相沉积；（3）滨海平原，属冲积海积成因，低地湖沼面积较大，有周期性海水入侵，并残留一些海岸地貌形态，如贝壳堤、潟湖、海湾等。一些非滨海的冲积平原只包括前二部分，这类冲积平原常见于一些较大的盆地中，如银川平原、河套平原等也都是由黄河泥沙为主堆积而成。

【冲积扇】山地河流出山口进入平坦地区后，因河床坡降骤减，水流搬运能力大为减弱，部分挟带的碎屑物堆积下来，形成从出口向外辐射的扇形堆积体。尤其一些山地短小河流，纵坡降很陡，如遇大雨或暴雨，能形成迅猛山洪，挟带包括巨石在内的大量泥沙，出山口后不仅坡降骤减，还失去了谷岸的约束而变成放射状或片

状散流，洪流所挟带的物质几乎全部堆积下来，所以冲积扇亦称为洪积扇。冲积扇纵剖面呈凹形，坡降上陡下缓，沉积物也由粗变细。横剖面呈凸形。冲积扇规模迥异，小的纵向长度仅数十米，由于体小坡陡，形态上具明显的锥形，故也称冲积锥。大型的冲积扇纵向长度可达数十公里乃至数百公里。沿山麓地带一系列冲积扇互相连接而成为冲积裙。冲积扇部位地下水资源丰富，常成为农业发达和聚落密集的地区。

【古河道】曾经为河道占据，目前已被废弃但仍保存有原河谷地形或河床相沉积体或古河谷的遗迹。古河道的成因一般有三：（1）河道的摆动，如牛轭湖、废汉道等属废弃时间较短的古河道；（2）构造抬升，迫使河流改道，在废弃的古河道中可见河道地形和河流相沉积物。如果废弃的时间已很久远，则古河道的一些证据会被坡面流水等侵蚀过程逐步破坏掉；（3）构造下沉地区被上覆沉积所掩埋，被埋藏的古河道因保存有河床相沉积砂体，可以在沉积剖面上显现出来。古河道是河流演化历史的证据。古河道砂体既可以成为地下水富存场所，也可以成为油气的聚集场所，故古河道的研究具有重要生产意义。

【河口地貌】河流入海或入湖的河口地段所形成的各种地貌形态的总称。这里存在河流与海洋（或湖泊）的相互作用。除了河川径流作用外，还存在潮流、波浪和咸淡水的混合等作用。河流带来的泥沙在河口形成河口沙嘴和河口沙坝或河口浅滩，河口浅滩导致河口水流分汊。河口沙嘴、沙岛、沙洲等继续发展即形成河口冲积平原，河口冲积平原在平面形态上像三角形，所以称为三角洲。如果河流来沙较少，潮汐的侵蚀搬运能力又很强，则形成喇叭

叭形的河口，称三角湾。

【三角洲】河流泥沙在入海或入湖河口处的沉积体，平面形态多呈三角形，顶端指向上游，底边对着外海。一般形成三角洲的有利条件是：（1）丰富的泥沙来源；（2）海洋的侵蚀搬运能力较小；（3）口外海滨区地势平坦，水深较浅，造成河口地区水动力能量较弱的沉积环境。河水入海，流速迅速降低，造成泥沙大量沉积，形成河口沙嘴和沙坝，沙嘴和沙坝增长露出水面形成沙岛，它与由废弃的汉道、港湾转化而成的湖泊、沼泽和天然堤等共同组合为三角洲平原。三角洲沉积分为底积层、前积层和顶积层三部分。三角洲按平面形态可分为扇形、尖头形和鸟足形等类型。黄河三角洲和长江三角洲分别是扇形和尖头形的代表，美国密西西比河三角洲是鸟足形的典型。

【海岸地貌】海岸带在波浪、潮汐、海流等海洋动力作用下形成的地貌。属外动力地貌。海岸带是海水水体与陆地交互作用的地带。由狭义海岸、海滩和水下岸坡三部分组成。波浪是海岸带海水动力作用最普遍、最活跃的因素。波浪是风通过其对海面的压力与摩擦作用，该能量使海水质点作圆周运动，海面随之周期起伏而形成。波浪分深水波与浅水波。 $1/2$ 波长深度以外为深水区。深度小于 $1/2$ 波长的称浅水区。深水区波浪能量 $E = 1/8 \rho g (H/2)^2 \lambda$ 。式中 ρ 、 g 分别为海水密度和重力加速度， H 、 λ 分别为波高和波长。波浪进入浅水区开始变形，当进入深度一般为两个波高（ $2H$ ）处波浪开始破碎。深度达一个波高（ H ）处，波浪完全破碎形成巨大的片状激浪流（即拍岸浪）。它们在惯性作用下沿坡向上产生进流。而后在重力作用下沿坡向下形成退流。当波射线（即与波峰连线

垂直的线)与岸线斜交时产生波浪折射现象。波射线逐渐趋于与岸线垂直。在平直岸段,波浪折射引起波峰线拉长,单位宽度波浪能量降低,海岸堆积。在弯曲岸段,岬角处波射线幅聚,波能增大,形成侵蚀岸段。在海湾段波射线幅散,波浪强烈折射,波能降低,产生堆积。波浪冲蚀、研磨、溶蚀海岸,形成海蚀地貌。海蚀地貌类型有:海蚀穴、海蚀凹槽、海蚀窗、海蚀崖、海蚀柱、海蚀平台、岩脊滩、海蚀拱桥、水下海蚀阶地等。波浪对泥沙的横向和纵向搬运过程中形成的海积地貌类型有:水下堆积阶地、水下沙坝、海滩、滨岸坝、离岸坝——潟湖、凹岸填充沙滩、沙嘴、拦弯坝、连岛坝等。海水在月球与太阳引潮力作用下产生周期性海面升降和随之而来的水平运动称为潮汐和潮流。潮汐作用下也形成海积与海蚀地貌。海岸地貌的发育还受到海面变化、地壳运动、地质构造、原始地形、生物及人类活动的影响。海岸地貌的研究对人类的生活、生产活动有重要的意义。

【海岸带】海洋水体与陆地交互作用的地带。地图上常呈一条线,称海岸线。实际上是一个地带。它分为三个部分:(1)狭义的海岸带:高潮位以上的陆地部分,是一个狭窄的地带,是风暴潮能溅击到的地段。又称潮上带、后滨、滩肩。(2)海滩:高低潮位之间的地带。亦称潮间带、前滨。(3)水下岸坡:低潮位以下至波浪作用能达到的海底部分,相当于 $1/2$ 波长的水深处。又称潮下滩或近滨。波浪作用下限的波基面以下的浅海部分称外滨。三个部分互相关联、不可分割、具统一的过程。其发育演化是海岸平衡剖面在新的条件下重新达到平衡的结果。平衡剖面是指假设水下岸坡均匀向海倾斜,物质粒径相等的条件下,物质只作往复运动而不发生净位移时的剖面。海岸带剖面的不平衡是绝对的,但

总是力趋达到平衡。海岸带的研究对全球海陆变迁、地球的演化有重要的理论意义。对生活、生产、经济、国防建设有实际意义。

波浪由深水区进入海岸带时的变化以及由此而引起的沉积物移动情况。岸坡面上部的单线箭头表示在同一次波浪运动中沉积物向陆或向海移动的距离；岸坡面下部的双线箭头代表一次完整的波浪运动后，沉积物最终移动的距离。

波浪折射

【古海岸线】地质历史阶段，海面升降变化时，海水面与陆地的交界线。与现代海岸线一样，并不只是指一条线，而是一个具有空间地域范围的地带。也由古海岸、古海滩、古水下岸坡组成。一般海面的升降分为水动型与地动型。由气候变化（如冰期与间冰

期)引起的海面变化称水动型的海面升降。由地壳运动引起的海面变化称地动型海面升降。往往在现代海岸带的内、外侧,可以找到古海岸线的遗迹。例如,现代华北东部沿海的冲积平原上遗留着多条地质历史阶段中古海岸带堆积的贝壳堤。又如秦皇岛现代海滩、海积阶地地下埋藏有全新世高海面时期沉积的海相贝壳层和潟湖沉积。研究古海岸线的分布与变化规律,可以揭示全球海陆变迁历史以及预测未来变化的趋势。

【海蚀地貌】海岸带由于波浪、潮汐、海流的冲蚀、磨蚀、溶蚀的作用所形成的地貌。海岸地貌的组成部分。海蚀地貌多分布于基岩岸段。如中国浙、粤、鲁等地海岸带。砂砾质岸段也可受蚀形成海蚀类型。海蚀地貌主要类型:海蚀凹槽、海蚀洞穴、海蚀窗、海蚀拱桥、海蚀崖、海蚀柱、海蚀平台等。它们的发育受海岸平衡剖面演化规律制约。浪蚀陆地形成高出海面的崖壁称海蚀崖。浪蚀崖壁成带状称海蚀凹槽。波浪携带砂砾旋磨崖壁成洞穴称海蚀穴。浪击洞顶并旋磨,使岩顶崩塌,形成天窗称海蚀窗。海蚀崖受多向波射线作用而对穿形成海蚀拱桥。桥顶崩落形成海蚀柱。柱形与波向、岩性、节理裂缝有关。基岩岸段长期受海蚀使崖壁不断后退,崖下残留的平坦基岩称海蚀平台。台面上时残留1—2米高基岩滩地称岩脊滩。海蚀地貌的存在是海岸带正遭受侵蚀的标志。美丽的海蚀地貌是重要的旅游资源。

海蚀地貌形态 N-海蚀穴；R-海蚀崖；
P-海蚀台；A-海蚀拱桥；S-海蚀柱；T-水下堆积阶地

与沉积物流有关的地貌

泥沙纵向移动形成的海积地貌类型

A-凹岸填充；B-凸岸堆积；C-波影区堆积

海积地貌的形态类型

1—海滩；2—三角滩；3—砂嘴；4—翼状砂嘴；5—箭状砂嘴；
6—环状砂坝；7—拦湾坝（7a—湾口坝；7b—湾中坝；7c—湾内坝）；
8—连岛坝；9—离岸坝；10—潟湖；11—三角洲；12—泥滩

海岸上升(或海面下降)形成的海积阶地(与保存于其上的古滨岸堤)、海蚀阶地及其高度计算方法
 h_I — I 级阶地拔海高度; h_{II} — II 级阶地拔海高度;
 h — I 级阶地与 II 级阶地塑造期间的海岸上升幅度

【海积地貌】海岸带泥沙堆积形成的地貌。类型繁多，是海岸地貌的组成部分。根据泥沙运动动力特征及岸带的不同条件所形成的堆积地貌分为波浪搬运与潮汐搬运形成的两大类堆积地貌。波浪作用使泥沙产生横向的与纵向的运动。泥沙流垂直岸线时的运动称横向运动。随着波浪进入浅水区变形、破碎，逐段形成：水下堆积平台、水下砂坝、离岸坝—潟湖、海滩、滨岸坝。坝体与岸线平行。物质由海向陆变粗。波浪作用形成的泥沙流沿着岸带运移称纵向运动。饱和泥沙流沿岸遇地形的变化，改变了波射线与岸线交角时，泥沙流过饱和而堆积成：凹岸填充沙滩、凸岸形成砂嘴、拦湾坝（根据坝位可分为湾口坝、湾中坝、湾内坝）。在有岛屿遮蔽的波影区形成海滩、连岛沙坝等。潮流作用下形成：潮上带的盐滩、沼泽地；潮间带的高潮滩、低潮滩；潮下带的沙坝、潟湖、沙滩。潮汐通道处形成潮流三角洲（包括涨潮流三角洲和退潮流三角州）。

【海滩】高潮位与低潮位之间的海岸带堆积地貌。呈长条形或片状沿岸展布。滩面平坦微向海倾。物质组成各地不一，砂砾质或砂质或粘土质。地域范围时淹时露，随波浪强弱、潮差大小、物源多少而增减。海滩可分为以下几类：（1）波浪作用形成的：1. 泥沙横向运动，波浪完全破碎时向岸的激浪流携带泥沙、砾石的进流条件下形成。由于岸带条件不同可以分为完全式海滩或称自由式海滩与不完全式海滩两种。前者是陆岸具广阔的平坦的空间，激浪流不受阻碍的将所携带物质堆积在潮间地带。海滩的横剖面呈双坡形，向陆侧较向海侧坡度陡。不完全式海滩是陆岸因有崖壁使进流受阻而堆积于崖壁下。海滩横剖面呈单坡型。2. 泥沙纵向运动，饱和泥沙流遇凹岸时，岸线向海转折，波浪入射角增大，致使波浪纵向输沙的能力降低，泥沙充填在凹岸，形成填充海滩。（2）潮汐作用在潮间带形成高、低潮滩。潮汐海滩物质向岸变细。滩坡一般小于 $1—0.5\%$ 。宽可达几至 10 几公里。中国苏北海岸带多见。

【滨岸坝】又称沿岸堤。沿岸沙坝。其充足的砂砾石物质在潮间带沉积的堤坝。沿岸分布。是在风暴潮条件下，泥沙作横向运动堆积在海滩上的一条或数条坝形地貌。坝的向陆坡陡，向海坡缓。坝高一般不到 10 米，宽可达上百米。坝内砾石的 ab 面与坝坡向一致，砾石长轴与岸平行。坝间距离的宽窄，取决于暴风潮的强度和时间间隔长短等因素。滨岸坝顶代表其形成时海面的最大风浪高度（当时海面的高度）。因此在一系列滨岸坝形成过程中，如果海岸或海面发生升降变化，则各坝顶的海拔高度也随之变化。所以，观察滨岸坝的高度，并结合其沉积结构的研究，可以了解近

期地壳活动构造或海面升降的变化规律，从而预测未来。

【离岸坝—潟湖】海岸堆积地貌中的一对组合地貌。离岸坝是波浪进入浅水区，在水深为一个波高的地段，波浪完全破碎时在水下岸坡上挖掘出的泥沙，堆积在掘出处后部的水下砂坝，经多次堆挖，逐渐加高堤坝，由水下沙坝逐渐堆高出海面，形成平行岸带的离岸坝。坝断续长度可以很大。陡坡向岸，缓坡向海，主要由砂砾石组成。分选、磨圆度较好。两侧为斜层理，顶部略具水平层理。离岸坝与陆地间为封闭或半封闭的浅水潟湖，是海岸带由岛屿、堤坝所隔开的海水域。规模大小不等。潟湖常有一个或多个潮汐通道与外海相通。涨潮流经过通道口，在其上游水下形成涨潮流三角洲。在下游水下形成退潮流三角洲。潟湖内四周常因潮水涌入或河流细沉积物的堆积，形成潮滩，又称潮坪。潟湖能接受波浪、潮汐、海流携带的近岸海底物质，也接纳入海河流沉积物。因而其沉积速率一般要比广海陆架高。潟湖水一般为半咸水。生物种类不多，但数量较多。滩地往往受生物的扰动。湖内沉积物粒度细，富含有机质。长期淤积，潟湖消失。与离岸坝相连，形成海岸带广阔的堆积平原。往往潟湖随离岸坝的产生而产生，同时随潟湖的消失，离岸坝也不复存在。

【珊瑚礁】由造礁生物（珊瑚群体、石灰藻、软体动物和有孔虫等）的灰质分泌物及骨骼残体聚积而成，分布在热带、亚热带海岸带的礁体。珊瑚生活条件十分严格：海水温度平均在 20°C 以上，盐度在 $27\text{—}48\text{‰}$ 的清洁静水中，并有充足的氧气与阳光，水深不大于 45 米。常见的珊瑚礁有岸礁、堡礁、环礁。发育于近岸浅水带，以礁坪形式沿岸分布的称岸礁，又名裙礁或边缘礁。东非桑

给巴尔海岸、中国海南岛沿岸分布。堡礁又称堤礁，它与海岸间由潟湖或带状浅海与陆地隔开。间隔距离可达几十公里。礁体呈长条形，多平行于海岸。宽度几百米，断续长度可达上千公里。澳大利亚昆士兰堡礁长达 1600 公里。环礁的平面主要呈椭圆形，也有矩形、三角形或不规则体的环形礁体。达尔文假说认为岛屿下沉，原岸边的岸礁、堡礁存留下来或在平坦沉降台地上直接形成环礁。环岛的礁体外缘坡陡。是航海中良好的避风港。

达尔文珊瑚礁成因假说示意图

【风成地貌】风对地表物质进行吹蚀、搬运与堆积过程中所形成的各种地貌。近地面的风是紊动气流，它将地表风化的松散物质扬走，这是风的吹蚀作用。风挟带砂粒与岩石表面磨擦，以致钻进裂隙、凹坑旋磨称磨蚀作用。含沙的气流使沙位移称为风的搬运作用。风的搬运有三种形式：悬移、跃移、蠕移。当风所搬运的

物质，由于条件的改变而发生堆积称作风的堆积作用。堆积的原因有：遇障碍、风力减小、气流中相对含沙量增加超过了风力所能搬运的能力等。风的作用可以发生在不同的地区。世界上广阔的荒漠分布在中、低纬度的干旱和半干旱区，高纬寒冷地区，地形低平而植被贫乏的砂质海岸、湖岸、河岸地带。但以干旱、半干旱气候地带为最强烈。那里有剧烈的物理风化作用使岩石破碎，降雨很少（小于 250 毫米/年），蒸发强烈（大于降雨量的 5—15 倍），植被稀疏等，使风力盛行，足以进行风的作用。风成地貌分为风蚀地貌与风积地貌两类。风蚀地貌有：石窝、风蚀蘑菇、风蚀柱、风蚀槽垄（即雅丹地貌）、风蚀洼地、风蚀谷地、风蚀残丘等。风积地貌包括新月形沙丘、纵向沙垄、抛物线沙丘、新月形沙丘链、梁窝状沙地、蜂窝状沙地、格状沙地、环状沙丘、金字塔沙丘等。沙漠化给人类生存带来严重威胁，必须注意保持环境的生态平衡，固定沙丘，营造防护林体系。风成地貌的研究对掌握流沙移动规律、防治沙漠化意义重大。

【风蚀地貌】风的吹蚀作用扬起地表松散的风化物质，以及形成的含沙气流（即风沙流），对地表进行磨蚀作用所形成的地貌。是风成地貌类型之一。风蚀地貌主要分布在荒漠地区。风的吹蚀作用仅限于一定的高度，因风挟沙量在近地表 10 厘米处最为集中，跃移的高度一般不超过 2 米，所以风蚀地貌在近地面处最明显。风蚀地貌类型有：风蚀穴（石窝）、风蚀蘑菇、风蚀柱、风蚀拱桥、风蚀槽垄（雅丹地貌）、风蚀洼地、风蚀谷地、风蚀残丘等。风蚀崖壁呈凹形似壁龛称风蚀壁龛。风旋磨形成的洞穴称风蚀穴，又名石窝。风蚀穴的穴口较小，洞内部因旋磨十分开阔。具有裂缝的岩石经风蚀作用崩解，尤其是突起的孤立岩体，在风的吹、磨

蚀下易形成顶部宽大、下部呈柱状的风蚀蘑菇。下部细长呈柱状是因含沙气流高度的限制，近地表风蚀作用较集中而形成的。当顶部因重力而坠落的石块，在地面不稳定，随大风摇摆称风动石或摇摆石。残留地面的孤立石柱称风蚀柱。在干旱、半干旱地区的一些干涸湖底，常因干缩开裂，风沿缝隙吹蚀，使裂隙扩大。原来平坦的地面形成许多不规则的鳍形垄脊和宽浅沟槽。这种脊槽相间、地面支离破碎的地貌称为雅丹。中国罗布泊地区十分典型，维吾尔语称之为雅丹。另外，还有人研究认为该区虽然量不大但十分集中的暴雨冲刷也有助于沟槽的刷深和展宽。沟可深达 1 千米，长度近 1 千米。雅丹地貌的沟槽走向与主风向一致。沟内常有沙泥堆积。

风蚀雅丹

【风积地貌】当风沙流遇阻、风力减小或气流中含沙量增加超过风所能搬运的能力时，物质堆积下来形成的各种地貌。属风成地貌。风积地貌的成因与风沙流的结构、运动方向及含沙量有关。按风沙流结构特征可以划分为四种类型：（1）单风向或近似的多风向作用下形成的地貌。又称信风型风积地貌。主要形成新月形沙丘、抛物线沙丘和纵向沙垄。（2）两个相反方向的风交替出现，其中一个为优势风向所形成的地貌，称季风—软风型风积地貌。有新月形沙丘链、横向沙垄、梁窝状沙地。（3）对流型风积地貌。由于白昼地面受太阳照射强烈增温，引起空气强对流，形成龙卷风。主要形成蜂窝状沙地。（4）干扰型风积地貌。风沙流遇山地阻挡，

在山前引起多向气流干扰而形成的地貌。主要是金字塔形沙丘类型。又名锥形沙丘。除此而外，荒漠区因地面稍有植被，气流受干扰改变方向，形成格状沙地。还可以形成交错的复合新月形沙丘。新月形沙丘和抛物线沙丘是风积地貌中两个重要的类型。新月形沙丘形似新月。单风向、沙量大、风力强的荒漠地区比较发育。如中国塔克拉玛干沙漠的中部。新月形沙丘一般高几十米，宽几百米，规模不一。纵剖面不对称：迎风坡缓，坡度约 10° — 20° ，背风坡较陡，约 28° — 33° 。背风坡又称落沙坡，沙丘两翼指向风力作用的方向。沙丘具斜层理，层面倾向风作用的前进方向。抛物线沙丘：平面呈抛物线形，孤顶突向背风方向，沙丘两翼伸向风源。是单风向和信风型沙丘类型之一。抛物线沙丘与新月形沙丘的不同之处是：下垫面上有一定的植被生长。其不仅在半干旱地区外，在河湖海岸的有丰富沙源的地区也可形成。由于植被阻滞，沙丘被拉成细长弧形，称发针形沙丘。风力强大时可将在弧形前进方向的中部拉断，形成平行低矮的纵向双生沙垄。掌握风沙地貌特征、发生、发展、结构与分布的规律，对于沙漠化的防治极为重要。中国甘肃省的沙坡头地区的治沙的成功经验已远扬国内外。

【冰川地貌】分布在极地和高山地区，由积雪形成，在地表长期存在并能流动的天然冰体。根据形态和规模，冰川分为大陆冰盖（简称冰盖）和山岳冰川（又称山地冰川或高山冰川）两类。冰川冰在重力作用下缓慢向低处流动，在运动过程中对底床产生磨蚀和掘蚀，形成特征的侵蚀地形，称冰蚀地貌；由冰蚀作用产生的碎屑随冰川运动，在冰川末端随着冰川的消融堆积下来形成冰川堆积地貌，称冰积（碛）地貌。具代表性的冰川类型（形态）有

冰盖、冰帽、山谷冰川、山麓冰川等。冰蚀地貌有角峰、刃脊、冰斗、冰川槽谷、峡湾、羊背石、冰擦痕、磨光面等。冰碛地貌有冰碛垅（侧碛堤、终碛堤、冰碛丘陵等）、鼓丘、蛇形丘、冰水扇、外冲平原、冰砾阜等。

【大陆冰川】又称冰被、大陆冰流。覆盖着整个岛屿与大陆的冰川。其面积广、厚度大，冰面呈微凸形。冰川不受下伏地形的限制，由中央高处向四周作放射状流动。小型的中心表面突起的称冰盾或冰帽，规模巨大、表面有起伏的大陆冰体称冰盖。世界上最大的两个冰盖就是南极冰盖和格陵兰冰盖。南极冰盖面积 1398 万平方公里（包括冰架），最大冰厚超过 4000 米，冰由冰盖中央向四周流动，最后流到海中崩解。由冰盖边缘崩解的大块冰浮入海中，即为冰山。

【山岳冰川】发育在高山上的冰川，主要分布在中、高纬地区，类型多样，主要的类型有三种。（1）悬冰川。悬挂在山坡上的一种小型冰川，无明显的粒雪盆和冰舌，体积小，是发育较多的一种山岳冰川。（2）冰斗冰川。分布在雪线附近或雪线以上围椅状粒雪盆中的小型冰川，前方可有一个小型冰舌流出冰斗。粒雪盆围壁陡峭，冰斗内常发生频繁的雪崩，系补给冰川的一个重要途径。（3）山谷冰川。又称谷冰川，是山岳冰川中发育最成熟的冰川。以雪线为界，雪线以上部分为补给区，雪线以下为消融区。由粒雪盆流出的冰舌沿山谷延伸，可达数公里至数十公里，厚数百米。世界上最长的山谷冰川是美国阿拉斯加的阿伯德冰川，长 150 公里。喀喇昆仑山北坡的音苏盖提冰川，全长 42 公里，是最长的完全在中国境内的山谷冰川。按照冰川的组合方式，山谷冰川又分为单

式山谷冰川和复式山谷冰川，按形态又分为树枝状山谷冰川、网状山谷冰川、溢出山谷冰川、宽尾山谷冰川和山麓冰川等。山岳冰川是地形和气候的产物，发育在温带海洋性气候区的山岳冰川具有很大的活动性，表现为补给量和消融量都很大，冰川底部处于融化状态，冰川的运动速度较快。处于极地和大陆纬度高的地区的山岳冰川活动较弱，靠低温来维持存在。

山谷冰川所表成的地形

a—冰川发育时期；b—冰川退缩以后

【冰蚀地貌】冰川侵蚀作用形成的地貌。冰川在流动过程中对下伏的岩石产生压碎作用，冰川中携带的岩屑对底部的岩石产生刻蚀，另外冰川底部的局部消融和再冻结会把岩块冻结在冰川体内随冰

川搬运。以上过程就称之为冰川的侵蚀作用，或冰蚀作用。代表性的冰蚀地貌有冰斗、刃脊、角峰、槽谷、峡湾、羊背石、磨光面、冰擦痕等。冰斗是山岳冰川最重要的冰蚀地貌之一，它位于冰川的源头。典型的冰斗呈围椅状洼地，三面环以陡峭的岩壁，向下坡有一出口，出口处常有一高起的岩坎，称冰坎。冰川消退之后冰斗底部可积水成湖，称冰斗湖。冰斗形成于雪线之上，冰斗的底部可以近似地看作是雪线的高度，当有成群的古冰斗在某一高度出现时，古冰斗底的平均高度就是冰川发育时当地的雪线所在高度。因此，冰斗具有十分重要的气候指示意义。冰斗发育过程中不断扩大，溯源侵蚀，使相邻冰斗间的山脊变得十分尖锐，称为刃脊。多个相邻冰斗包围的山峰呈尖状的金字塔形，称为角峰，如珠穆朗玛峰即是。槽谷，又称冰川谷和 U 形谷，位于冰斗之下，是由冰斗流出的冰沿山谷前进，改造原谷地形成。其横剖面形态近似 U 形，可以用抛物线方程拟合。在大陆冰川的边缘也有巨大规模的冰川谷形成。支流冰川汇入主流冰川谷会形成悬谷。冰川切削山鼻形成冰蚀三角面。槽谷两侧常有明显的坡折，称为谷肩。大的槽谷底部常见冰阶（岩槛，相对凸起）与岩盆（洼地）交替出现，岩盆积水成为串珠状湖泊。由冰川侵蚀形成的洼地积水成湖统称为冰蚀湖。峡湾是一种特殊的槽谷，为海侵后被淹没的冰川谷。如挪威西海岸的峡湾十分发育，风光绮丽。羊背石是形成在冰川底部基岩上的一种侵蚀地形，凸起于地表。长数米至数百米，高数米至数十米。大陆冰川和山谷冰川都可以形成羊背石。羊背石外形纵长，长轴平行于冰川流动的方向，迎冰面受冰川的磨蚀作用，向上游平缓倾斜，表面布满擦痕；背冰面受拔蚀作用，以参差不齐的陡坡向下游倾斜。羊背石可以用来识别古冰川的运动方向。冰川擦痕是由冰川中携带的岩屑相互刻蚀磨擦及其对基岩

底床的刻蚀磨擦在岩石表面形成的一种磨擦痕迹，也称擦痕或冰擦痕。基岩面经过长期的磨擦形成布满擦痕的平整面称为冰川磨光面或冰擦面。基岩面上大量出现擦痕有助于较大范围内恢复古冰川运动的方向。

【冰积地貌】冰川堆积作用形成的各种地貌的总称。冰川侵蚀产生的岩屑和山坡上崩落到冰川表面的岩屑随冰川运动向下游搬运，冰川消融后，被冰川搬运的岩屑（称冰碛物）堆积下来形成各种各样的冰积地貌，也叫冰碛地貌。其主要类型有终碛堤、侧碛堤、冰碛丘陵、鼓丘、蛇形丘、冰砾阜、冰水扇和外冲平原。终碛堤（或终碛垅）是冰川末端冰碛物堆积下来形成的垅岗状地形，它表明冰川有一较长时间的稳定平衡状态。侧碛堤（侧碛垅）堆积在冰川的侧边，常在冰川谷两侧形成堤状，向下游延伸，有时与终碛堤相连。冰碛丘陵（基碛丘陵）是冰川消失时由冰面、冰内和冰下碎屑降落到底碛之上，所形成的不规则丘陵地形。大陆冰川区的冰碛丘陵规模较大，高数十至数百米。冰碛丘陵指示冰川的停滞或迅速消亡。鼓丘是由冰碛及冰水沉积组成的一种流线型堆积地形。其平面呈椭圆形，长轴与冰川的流向一致，迎冰面陡而背冰面缓，高数米至数十米。鼓丘的内部常有一基岩核心。在大陆冰盖地区鼓丘常成群出现。鼓丘长轴的延伸方向常用作恢复古冰川的流向。蛇形丘、冰砾阜、冰水扇和外冲平原都是冰水堆积物组成的地貌。其中蛇形丘和冰砾阜是冰川接触沉积形成的地貌，即在冰川边沿、表面和底部冰川融水中沉积的碎屑，沉积时有冰的支撑或包围，冰川融化后它们会因失去支撑而发生塌陷变形。蛇形丘是一种狭长曲折如蛇的垅岗地形，小的数米至数十米，大的数公里至数十公里。其组成物质为有分选的成层砂砾，表面一般

有薄的冰碛覆盖。冰砾阜是散布在冰川作用区的不规则形态的小丘，其组成物质为有层次、分选和磨圆的砂砾层，系冰川表面或冰内空穴接纳冰川沉积物，在冰川消亡时坠地而成，由负地形变成了正地形。冰川融水携带有大量来自冰川作用区的碎屑，在冰川外围区会导致强烈的加积，形成扇形的冰水堆积体，称冰水扇。许多冰水扇相连就形成了外冲平原，也叫外冲冰水平原、冰水冲积平原。冰水扇和外冲平原的组成物质粗大而缺乏分选，表现流水沉积构造，常夹有大的漂砾，并有许多锅穴。

【石冰川】出现在永久冻土区坡地上和谷地中的舌形或叶状冰岩混合体。它在重力作用下以块体运动的形式缓慢地运动。组成的岩屑由倒石堆或冰碛垅演化而来。其前缘陡峭，坡度 $35—45^{\circ}$ ，顶面有挤压形成的脊和沟呈弧形。石冰川在中高纬山地冰缘环境中广泛发育，是近年来冰缘冻土研究的一大热门。石冰川长数十米至数千米，宽数十米，形成在年均气温在 -2°C 以下的环境中。其运动速度缓慢，平均每年数十厘米至数米。一般来说海洋性冰缘环境中石冰川运动速度较快，大陆性石冰川运动较慢。

【冰期】地球表面由于气温降低，大规模冰川发育的地质时期，又称冰川时期。地球形成演化史中曾发生多次冰期。两次冰川之间相对温暖的时期称为间冰期。现有的可靠证据表明 40 多亿年的地质历史中持续时间达数百万年至数千万年的冰期有 5 次，它们持续的时间特别长，对地球的演化影响也深远，称为大冰期。在每次大冰期内又有相对的冷暖波动和冰川进退。目前被确认的大冰期有几次。(1) 前寒武纪中期大冰期为已知最早的冰川作用期，出现在大约 27—23.5 亿年前。(2) 前寒武纪晚期大冰期，距

今约 9.5—6.15 亿年前，几乎全球都有此次冰期的遗迹。(3) 早古生代大冰期，发生在晚奥陶纪至早志留纪，距今约 4.6—4.4 亿年。(4) 晚古生代大冰期，发生在中石炭纪至二叠纪初，持续时间约 8000 万年。(5) 晚新生代大冰期，自新第三纪始一直延续到现在。人类对最近的晚新生代冰期研究最详细，划分出多次亚冰期和亚间冰期。冰期最显著的特点是全球性气温下降，冰川大规模发育。它会引起地表自然现象的大变化。大量水分以冰川的形式封固在地表使海面下降，冰川外围干燥寒冷的环境形成黄土沉积，生物的迁移和绝灭等都与冰期有关。

【冻土地貌（冰缘地貌）】在高纬地区和中低纬的高山高原地区，其气候寒冷，地温常在 0°C 或 0°C 以下，而降水又不足以形成永久积雪的条件下，地表的上部常随温度的季节变化而发生周期性的冻融，称活动层，下部的土层则长期处于冻结状态，称为永冻层。如果土层只在冬季冻结，夏季全部融化，叫季节冻土。在多年冻土区，地表发生强烈的寒冻风化作用和冻融作用，形成的地貌就叫冻土地貌。在气候寒冷的非永久冻土区也存在强烈的冻融作用和寒冻风化作用，会形成相应的独特地貌，加上冻土地貌，合称冰缘地貌。在不太严格的意义上讲，冻土地貌和冰缘地貌具有相同的含义。在永久冻土或冰缘环境中，最典型的地貌过程有冻胀作用、热融作用、冻融蠕流作用、雪蚀作用、风力作用和流水作用等。冻胀作用是指水冻结引起基岩或土体膨胀的过程。基岩孔隙或裂隙中的水冻结的膨胀作用会导致岩石的崩解，形成大量的寒冻风化碎屑。热融作用是指冻土中的冰融化使土体产生收缩、沉降的过程，可以形成各种热融洼地。冻融蠕流作用指坡地物质随冻融而向坡下发生蠕动。雪蚀作用指积雪区的冻融及流水产生的

侵蚀和搬运，会在雪斑处形成一雪蚀洼地。风力作用会使冰缘区的细碎屑吹向外围，形成沙丘和冰缘黄土（冷黄土）。

【多年冻土】又称永（久）冻土。温度持续两年或两年以上低于 0°C 而自然形成的冻土。如果温度低于 0°C 而不含冰的永冻土，叫寒土。永久冻土的地表面称为冻土面，冻土面以下分为上下两层。上层每年夏季融化，冬季冻结，叫活动层；下层常年处于冻结状态，叫永冻层。再向下为不冻层，一直向下延伸。多年冻土是气候的产物，其厚度从高纬向低纬逐渐减薄，以至完全消失，分布状况也由连续的多年冻土过渡为不连续的多年冻土。中国的多年冻土分布在东北北部山地、西北高山及青藏高原，面积约 215 万平方公里，约占全国总面积的 22.3%。

【季节冻土】冬季冻结，夏季全部融化的冻土。也有冬季冻结，一二年后融化的，称隔年冻土，是季节冻土与多年冻土之间的过渡类型。季节冻土的出现只需要冬季有一段相当持续的时间里气温降到 0°C 以下。因此，可以出现季节冻土的区域非常广泛，如寒带、温带的广大地区均属之。在季节冻土区，可以出现强烈的冰缘过程，如寒冻风化、冻融作用等；也可以不出现明显的冰缘地貌过程。季节冻土的厚度由高纬向低纬变薄，由高山向低山变薄。

【冰楔】出现在多年冻土区因地表裂隙反复注水冻结而形成垂直向下呈楔状的冰体。在平面上冰楔联成网格，每一网眼呈多边形，直径大小不一，最大达数百米。深度数十厘米至数米，最大深度达 40 米以上。楔宽最大可达 5—8 米。形成冰楔的条件是，有深入到永久冻土层中的裂隙，并为脉冰所充填；裂隙的围岩具可塑性，在

冰的冻胀作用下能发生塑性变形；需要严寒的气候条件形成裂隙，年平均气温一般为 $-3^{\circ}\text{C}-6^{\circ}\text{C}$ 。永久冻土消融之后冰楔留下的痕迹称古冰楔。出现在地层里的古冰楔是一种指示过去曾有永久冻土存在的证据，其规模和大小可以进一步推算古平均气温。

【石海】冰缘气候环境下，裸露的基岩受寒冻风化作用而崩解，形成大量有棱有角的大砾石，就地堆积而形成的地貌。其面积和深度受气候条件、地形条件和岩性的影响。石海的深度可达4米之多。石海的形成条件：气温在 0°C 上下波动的次数多，日温差大，并有一定的湿度，海洋性的中低纬高山冰缘环境最有利。地形较平坦，地面坡度小于 10° 。坚硬而节理发育的块状岩石，如玄武岩、花岗岩、石英岩等。保留下来的古石海是过去气候变化的证据。古石海发育的平均下限比同期雪线高度低200—300米或400—500米，因此，可以用古石海线的高度大致确定古雪线的高度。

【石河】多年冻土区的凹地和谷地里，由寒冻风化作用所形成的碎屑堆积物，受重力、冻融作用和流水作用的影响向下缓慢地运动，多呈蠕动状态。运动的深度限于活动层之上。中央部分的运动速度比两侧快，如瑞士山区石河中央部分的速度为1.35—1.55米/年，边缘部分0.23—0.25米/年；中亚山地—石河的流速0.13—0.15米/年。有些石河向上过渡为石海，有些石河向上过渡为一岩屑堆。由于石河所处的地势低洼，经受流水作用的改造，细颗粒物很少，由较粗大的棱角状砾石组成。受冻融推挤作用，扁平状的砾石形成一定的定向构造。

【多边形土】冰楔在地面的表现形式。发育在由细颗粒物质组成，坡度平缓的永久冻土地区。多边形土的边界由冰楔分开，受冰楔挤压隆升的边缘呈一小垅，中心相对较低，可以积水。在夏季，边界的冰楔冰融化成沟道，成了排水系统。多边形土的直径数米至数百米不等。如在中国青藏高原发育的多边形土直径一般小于2—3米；唐古拉山南麓发现有直径达130米的晚更新世巨型多边形土。北极地区的湖积平原，河流三角洲和河间平原上有大量的多边形土发育。古多边形土保存在地层中，平面上仍为原来的多边形形态，剖面上为古冰楔，是气候变化的指示性遗迹。

【石环】永久冻土区的一种构造土（成型土）。石环的中心物质较细，边缘物质较粗，整个地面呈网格状或环状。极地高纬地区的石环直径可达数十米，中低纬高山区则为0.5—3.5米。一般分布在水分充足、细粒物质含量大的平坦地表。根据物质分选的程度分为分选的石环和未分选的石环，根据边缘和中心的相对高度分为高中心石环、过渡型和低中心石环。石环的形成与冻融过程频繁作用有关，在冻融过程中较粗大的碎屑向上和向边缘运动，发生物质的粒度分选，形成细物质核心和粗物质边缘的石环。石环形成之后，边缘受流水的改造，带走一部分细粒物质。石环的活动只限于活动层中。

【冰丘】发育于永久冻土区的湖积或冲积层中，是地下冰逐步聚积产生冻胀作用引起土层隆起形成的丘状地貌。平面上呈圆形或椭圆形，顶部扁平，周边较陡。顶部由于隆升使土体变形，产生张性裂隙。随着顶部裂隙的加大和顶部物质的剥蚀及土体内冰核的加大和上升，冰丘逐渐走向消亡，消亡后的冰丘处常形成一小湖。

中国昆仑山垭口冰丘高 20 米、长 75 米、宽 35 米。冰丘在加拿大北极地区的冲积平原和湖积平原区分布最广,研究得也最深入。冰丘的形成分开放型和封闭型。开放型冰丘的形成中有外来水分;沿斜坡下渗的水分在冻结过程中形成地下冰,体积不断扩大,使地面升起形成冰丘。封闭型冰丘形成在有层间水的冻土融区,随着融压的不断缩小,冻土层间水向上和向中心迁移,水分冻结形成冰核,冰核不断扩大使地表隆升,形成冰丘。

【热融地貌】 又称热喀斯特地貌、热喀斯特洼地、热力喀斯特等。由地下冰的融化产生的地貌。热融地貌有两种类型:热融沉陷,主要出现在平坦的地面、形成各种沉陷洼地、漏斗、盆地等,积水后称为热融湖,出现在平坦的多年冻土地面。热融滑塌,多见于缓坡地面,地表物质较细、地下水丰富的永久冻土区。滑塌发生之后常在原地留下一新月形、长条形、围椅状、枝叉状洼地。多见于夏季,始于春季,结束于冬初。热融地貌可以由于局部永冻土的水热平衡被打破引起,如河流下切或侧蚀引起永冻层冰的融化;也可能是区域性气温上升引起,这种情况下,热融地貌的出现具有一定的规律和规模;也可以由人类活动打破永冻土的热力平衡引起,如人工建筑、开挖土方、人为蓄水、砍伐森林等。冻土的热融性对冰缘地区的人类活动有着重要的影响,产生 4 类工程问题:(1) 含水丰富的永冻土引起道路、建筑等的地基沉陷;(2) 供暖引起的地面沉降;(3) 由于排水差而加强了冰冻作用;(4) 埋设在永冻土中的水道、油管等发生冻结。常用的防治措施有:不扰动永冻土、彻底清除永冻土、铺垫砾石或打桩等。

【冻融堆积】 由冻融泥流作用(或融冻泥流作用)形成的一类寒冷

气候下的特殊沉积物。冻融泥流作用发生在冰缘冻土的地面，坡地上的松散物质在春天融化后沿永冻土或不透水层的顶面向坡下缓慢蠕动。蠕动的速度每年数厘米至数十厘米。在地表形成冻融地形泥流舌和泥流阶地。其堆积物由混杂的碎屑组成，内部的粗大砾石受蠕动的推挤而产生定向，夹有草皮、泥炭等。内部有揉皱和断裂现象，出现在地层中称之为“冰卷泥”。冻融堆积和常态坡积或冲积等在沉积剖面中互层，则是气候冷暖波动的有力证据。

【黄土地貌】发育在黄土（包括黄土状土）地层中各种地貌的总称。黄土是一种黄色的、质地均一的特殊的第四纪土状堆积物。黄土并不是土壤作用的产物，而是经风力搬运以后堆积下来的。风成黄土称为原生黄土，经流水搬运以后再沉积的称次生黄土。黄土物质较细，很少有超过 0.1 毫米的颗粒，粉砂（0.05—0.005 毫米）含量在 50% 以上。黄土的细颗粒中有一部分遇水容易发生溶解或成分散状的矿物，如碳酸盐、易溶盐类和粘土矿物等，它们是黄土遇水时强度显著降低的原因之一。黄土的孔隙度高，一般达到 45—50%。黄土的矿物成分特征和高孔隙度导致黄土浸水后易引起地面塌陷，这种现象称为黄土的湿陷性。黄土的粒度、矿物和孔隙度等特征也使得黄土极易被流水和下渗水侵蚀，所以黄土地貌区的突出特点是沟壑众多，地面支离破碎、崎岖起伏，现代侵蚀异常强烈。塑造黄土地貌的外动力有水力、风力、重力和人力。风力既可以从远方将黄土物质搬运而来进行堆积，又可使黄土地表发生吹蚀和吹扬。地表水渗入地下的潜蚀过程，形成许多独特的黄土地貌形态，如陷穴、盲沟、天生桥等，称为黄土喀斯特。黄土地貌的基本类型有黄土塬、黄土梁、黄土峁和各类沟谷。中国的黄土高原是世界上黄土和黄土地貌最发育、规模最大

的地区。

【午城黄土】中国黄土地层单位名，指黄土高原的下更新统黄土。标准地点位于山西省隰县午城镇。黄土覆于一层砾石层之上，颜色较红，含红色古土壤，底部的黄土层中偶夹小石粒，层理不清楚，含砂砾数量极少。在午城地区，这一套黄土向上与离石黄土直接接触。午城黄土顶部最上一层的埋藏土壤的表面有被破坏的现象，就以此作为午城黄土和上覆离石黄土的分界线。黄土高原其他一些地区见午城黄土假整合或不整合覆于上新统静乐红土之上。在午城黄土中发现了长鼻三趾马、三门马、中国貉和步氏真枝角鹿化石。

【离石黄土】中国黄土高原中更新统黄土的地层名，标准地点在山西离石县的陈家崖。离石黄土分布面积广，厚度大，是构成黄土高原的主要基础，为塬、梁、峁地形的骨架。离石黄土直接覆盖在午城黄土或其他不同时代的地层之上，顶部被马兰黄土所覆盖或直接裸露在地表。离石黄土一般厚约100米左右，塬区更厚，其特点是自上而下普遍含有红色的埋藏土壤层。离石黄土上部颜色为棕黄色，含较多方氏鼯鼠化石。离石黄土下部颜色较红，土质较硬，含十几层古土壤及钙结核层。其中含丁氏鼯鼠、赵氏鼯鼠阿氏鼯鼠和肿骨鹿等化石。

【马兰黄土】黄土高原上更新统黄土地层名。马兰黄土呈淡灰黄色，较疏松，柱状节理发育，无层理，易产生陷穴和天然桥。马兰黄土广泛分布在黄河中游地区、华北平原及山麓地带。马兰黄土原指发育在北京西山斋堂一带马兰阶地上的黄土状物质和砂砾石

层。马兰阶地高出河面 30—40 米，其上并无黄土，整个阶地由松散的黄土状沉积及砂砾石组成，但斋堂村北的山坡上有黄土覆盖。马兰黄土中的化石一般石化不深，含有较多的鸵鸟蛋及碎片，并含有方氏鼯鼠。

【黄土沟谷】黄土区地面被片状或线状水流侵蚀所形成的各类谷地。根据沟谷发生部位、发育阶段及形态，可将黄土沟谷划分为以下 5 种：（1）细沟，由于坡面上的微小起伏，坡面水流相对集中成细股水流，而冲刷出来的众多微小细沟，一般宽约 10 多厘米，深仅几厘米；（2）浅沟，在较长的坡地上，地面水流汇集成较大的股流，在坡面上冲刷出而成，一般深约 0.5—1 米，多出现在塬和梁峁范围内；（3）切沟，随着坡面水流的进一步汇集，水流的深切作用逐渐增大，当沟身切入黄土达 1—2 米以上，并开始形成明显沟头时称为切沟。沟边缘有完整陡壁，沟长一般在几十米以上，在疏松黄土区沟深可达 10 米以上，其下游段的横断面呈箱状；（4）冲沟，切沟进一步下切加深并展宽，沟谷横断面呈梯形，沟底纵剖面上游较陡，下游较缓，这些特征表明侵蚀沟已发育成冲沟。一般深达数十米，宽度不等，一般发育早期较窄，后期较宽；（5）河沟，沟谷多已切穿整个黄土层，沟床发育在下伏基岩上面。河沟横断面呈梯形，底宽数十米以上，沟床曲折，有常流水，沟底比较平缓，流水侧蚀作用活跃，沟底出现由冲积物组成的曲流阶地。河沟往往是在黄土堆积时已形成的古凹地内发育起来的，通常已成为河流的主要支流。

【黄土塬】黄土高原经过现代沟谷分割后存留下来的高原面。塬面平坦，边缘地带的平均坡度也都在 5° 以下，水土流失轻微。塬的

周围为沟谷环绕，沟头溯源侵蚀迅速，使塬边在平面上呈花瓣状。塬面经沟谷强烈分割后呈指状，称为破碎塬。塬是在比较平坦的古地面（夷平面、盆地面、倾斜平原和开阔的阶地面等）上经风积黄土覆盖而成。黄土厚时可达 100 多到 200 多米，所含古土壤层的产状也很平坦。塬顶面面积可达数十至数百平方公里，是黄土高原地区主要农耕地所在。

【黄土梁】长条状黄土丘陵。长度几百米至数十公里，宽仅几十米到数百米。梁的脊线起伏较小，但横断面呈明显的穹状，坡度达 20° 左右。顶面较平坦的称为平顶梁，顶面倾斜的为斜梁。代表黄土高原最高的黄土堆积面的一级梁称为头道梁，往下依次为二道梁、三道梁等。头道梁和长梁的下伏基岩面也为长条状丘陵，二道梁和三道梁都是沟谷从黄土堆积的古宽谷中下切而成，与下伏基岩面形态关系较小。黄土梁进一步被切割破碎可以发展成为峁状梁。黄土梁是黄土丘陵区重要的农、林、牧生产土地。

【黄土峁】孤立的圆穹状黄土丘。峁坡均成凸形斜坡，坡度也可达 20° 左右。两个峁之间有地势显著凹下的分水鞍，称作塬。个体出现的峁称为孤立峁，群体分布并有一定走向排列的称为连续峁。以峁为主的黄土地貌类型区称为黄土峁状丘陵区。大部分黄土峁都是黄土堆积过程中外营力侵蚀的产物，多数由黄土梁演化而成，只有少数地区才受黄土下伏基岩面控制。

【黄土塬】黄土地区分布于河源的古河谷内，由黄土物质堆积形成的长条形平坦谷地。一般未受现代沟谷切割。横剖面呈宽浅凹地形态，宽可达几百米至数公里，长达几公里至数十公里，并沿袭

水系特征组合成树枝状格局。当现代沟谷侵蚀后，黄土塬被破坏时有残余在沟谷内的两侧梁、峁边缘呈台阶状的地貌，称为黄土坪。

【黄土坪】出现在黄土谷坡两侧梁峁边缘的局部平坦地形。它是由于现代侵蚀沟的发展使黄土塬遭到切割而残留下来的部分地段。

【岩溶地貌】国际上通称喀斯特地貌。岩溶作用形成的各种地貌的总称。以地下水作用为主，地表水作用为辅，以化学过程（溶解与沉淀）为主，机械过程（流水侵蚀和沉积，重力崩塌与堆积）为辅的对可溶性岩石的破坏和改造作用，叫做岩溶作用，也称喀斯特作用。这种作用所造成的地表和地下的各种地貌统称为岩溶地貌。可溶岩包括碳酸盐、硫酸盐、卤盐等类岩石，但绝大部分为碳酸盐类岩石（主要是石灰岩和白云岩），其他岩石少见。所以石灰岩地区，尤其处于湿热气候条件下的地区，形成地面坎坷崎岖，地下洞穴发育的特殊地貌。岩溶地貌可以划分为地表和地下两大类。地表岩溶地貌属于正地形的有石芽、孤峰、峰林、峰丛和岩溶丘陵等。负地形包括有溶沟、漏斗、竖井、落水洞、溶蚀洼地、坡立谷、干谷和盲谷等。地下岩溶地貌包括溶洞及发育其中的石钟乳、石笋、石柱、石幔等。岩溶地貌是一种优越的风景旅游资源，如桂林山水和路南石林。

【喀斯特】又称岩溶。Karst 的音译。水对可溶性岩石的化学溶蚀（包括对溶解物质的搬运和再沉积）作用为主、机械侵蚀和重力崩塌等为辅的地貌过程及由此而产生的一系列独特地貌的统称。喀斯特一词原来是南斯拉夫西北部一石灰岩高原的地名，19 世纪

末，南斯拉夫学者司威治首先对该地区的地貌及形成过程进行了研究，并借用该地名来称呼这种可溶性岩石地区的独特地貌过程及其所形成的产物，之后，这一名称已逐渐成为世界各国通用的专门术语。中国对喀斯特现象的记载已有 2000 多年历史。17 世纪初的明代地理学家徐霞客考察了湖南、广西、贵州、云南等地的喀斯特地貌，探寻了 300 多个溶洞，《徐霞客游记》被称为喀斯特地貌的经典之作。但把喀斯特作为一门独立学科来研究，却还是 20 世纪初开始的。

【石林】由密集林立的锥柱状，锥状，塔状岩石体组合成的景观。其间多为溶蚀裂隙。隙坡直立，坡壁上部有平行的溶沟。以云南的路南石林最为典型。石林相对高度一般 20 米左右，高者可达 50 米。石林是一种高大型的石芽。地表水沿石灰岩的裂隙流动时溶蚀出许多纵横交错的溶沟，溶沟间的脊状或芽状岩体称为石芽。如果在厚层、质纯、倾角平缓和具有较疏的垂直节理的石灰岩地区，以及在湿热的气候条件下，就形成高大林立的石芽，即石林。

【漏斗】又称溶斗、斗淋。一种碟形或漏斗形的封闭式洼地。直径数米至百余米，一般在 100 米以内，深度一般小于直径。漏斗底部常有落水洞或溶隙通往地下起消水作用。漏斗底部被碎屑物覆盖后就成为平底圆洼地。漏斗按成因有溶蚀漏斗和塌陷漏斗两类：溶蚀漏斗是地表径流沿裂隙密集地段溶蚀而成，一般深度不大，斗壁和缓，斗缘也不明显，外形多成碟状，当进一步向下加深时，斗壁变陡，斗缘也变得明显；在喀斯特地区，地下经常出现大小不等的洞穴，覆盖在洞顶上的土层或岩层，有时由于重力作用而崩塌形成塌陷型漏斗，这种漏斗多成井状，底部有崩积物，斗壁陡

峭，斗缘明显，深度可大于宽度。

【落水洞】开口于地面而通往地下深处裂隙、地下河或溶洞的洞穴。落水洞的深度比宽度大得多，一般宽度很少超过 10 米，但深度可达 100 米以上，有的甚至超过千米。落水洞多分布于溶蚀洼地、岩溶沟谷和坡立谷底部，也有的分布在斜坡上。是流水沿裂隙进行溶蚀、机械侵蚀作用及塌陷而成。其形态主要有两种：一是裂隙状，形态狭长，作一定倾斜和曲折向地下延伸，这种落水洞分布最广；二是井状落水洞，它的深度和宽度都很大。

【竖井】由喀斯特作用形成的一种垂向深井状的通道，平面轮廓上呈方形、长条状或不规则圆形。长条状是沿一组节理发育的，方形或圆形则是沿两组节理发育的。井壁陡峭，近乎直立，深数十米至数百米。往往分布在临近河谷的谷坡地带。因地下水位下降，渗流带增厚，由落水洞进一步向下发育或洞穴顶板塌陷而成。底部有水的，叫天然井、岩溶井、溶井或天坑等。

【溶蚀洼地】四周为低山丘陵和峰林所包围的洼地。其形状和溶蚀漏斗相似，但规模要比溶蚀漏斗大得多。溶蚀洼地的底部较平坦，直径超过 100 米，最大可达 1—2 公里。溶蚀洼地一般是漏斗进一步溶蚀扩大而成。底部常发育落水洞和漏斗，还有一些小溪。从洼地四周流出的泉水，经小溪最后流进落水洞中。溶蚀洼地常在褶皱轴部或断裂带中发育。沿大的断裂带中发育的溶蚀洼地，常呈串珠状排列。溶蚀洼地底部如被红土或边缘的坠积岩块覆盖，底部的漏斗和落水洞就被阻塞，将形成岩溶湖。

【溶蚀谷地】又名坡立谷。大都是沿断裂带或构造带溶蚀发育而成的宽广平坦谷地。宽数百米至数公里，长数公里至数十公里。谷地两侧多被峰林夹峙，谷坡急陡，但谷底平坦，横剖面如槽形，又称为槽谷。谷地内常有过境河穿过，它由谷地一端流出，至另一端潜入地下。在河流作用下，谷地不仅迅速扩大，而且堆积了较厚层的冲积物。也可以保留石灰岩残积红土，以及低矮的石灰岩孤峰或残丘。溶蚀谷地的发育与构造有很大关系。如沿碳酸盐岩与非碳酸盐岩的接触面发育的溶蚀谷地多呈长条形，谷形不对称。沿断裂带发育的溶蚀谷地，谷底较平坦，亦成长条形，其大小决定于断裂带的规模。沿向斜轴发育的溶蚀谷地，多呈梭形或椭圆形。沿次一级构造裂隙发育的溶蚀谷地，一般规模小，形状不规则。

【峰林】在热带地区，气候高温潮湿，碳酸盐类岩石被强烈溶蚀，石峰突起，并有地下排水系统，共同侵蚀形成峰林地形。在国外称圆锥状岩溶和塔状岩溶，系指高耸林立的石灰岩山峰，分散或成群出现在平地上，远望如林。其个体为石峰。峰体相对高差100—200米，坡度很陡，一般均在 45° 以上，有的地方依构造方向排列，其表面发育石芽与溶沟。桂林附近石峰常有脚洞，它是在岩溶边缘平原上长期受洪水泛滥形成的，内部常发育溶洞或地下河，共同侵蚀山体，使石峰成为山山有洞的空架子。中国的桂林、阳朔、安顺、独山、邱北等地最为典型，国外学者称为“中国式喀斯特”。

【峰丛】一种连座的峰林，基部完全相连，顶部分散成一个个山峰。它与峰林的区别主要是基部与顶部的比例关系不同。峰林是山峰

的部分超过基座的部分,而峰丛是基座的部分超过山峰的部分。峰丛多由改造而来,一般是在峰林、洼地形成之后,地壳上升,地下水位下降,洼地逐渐蚀低加深而变成峰丛洼地。所以峰与峰之间常形成“U”形的马鞍形地。峰丛之间,岩溶洼地、漏斗、落水洞很发育,常形成峰丛洼地或峰丛漏斗的组合形态。中国的峰丛主要分布在桂西、桂西北与云南高原和贵州高原的边缘部分,相对高度一般为 200—300 米,高的高达 600 米以上。

【盲谷】河流缺乏上、下游的河谷段。常见于岩溶地区。往往地下水通过地下暗河、泉水出露于地表,形成地表河流段的地面河。当地面河前方为可溶岩壁阻挡,流水使壁下岩石沿裂隙注蚀成洞,地面河入洞转为地下河。地下河再进入地表的出口处称伏流出口,地表河入地下河口处称伏流入口。当地面河某段被地下伏流所袭夺时,该河段成为干谷。在贵阳市南的涟水时隐时现,地面河、暗河、盲谷、干谷交替出现。

【地下河】又称暗河。具有河流主要特性的岩溶地下通道。它是地下径流集中的通道,常具紊流运动特征,并有自己的汇水范围。其动态变化明显受当地大气降水影响。地下河的规模和地下河系的完善程度决定于岩溶作用的方式和程度。由地下河的干流及其支流组成的地下通道系统称地下河系。

【溶洞】地下水沿着可溶岩的层面、节理或裂隙,特别是沿着各种构造面互相交叉的地方,逐渐溶蚀而开拓出来的地下洞穴。当地下孔道较小时,地下水运动缓慢,只存在溶蚀作用。随着孔道的不断扩大,地下水的运动随之加快,除溶蚀作用外,还产生机械

侵蚀作用，地下通道因而迅速扩大。若因地壳上升，河流下切，地下水水面下降，洞穴脱离地下水而成为干溶洞。溶洞的形态多种多样，如管状、袋状、长廊状和大厅状等。一些大型的溶洞常是狭窄的长廊与开阔的大厅交替出现，串珠状连接。如桂林的七星岩有 6 个大厅，最大的宽 70 米，高 15 米。目前已知的最大溶洞厅堂是美国新墨西哥州的卡尔斯巴德洞穴系统中的“巨室”，长 1310 米，宽 213 米，高 210 米。目前世界上已知最长的溶洞是美国肯塔基州的猛犸洞，是一个干涸了的古地下河系，总长达 150 公里，如果把附近几个跟它相通的岩洞也计算在内，总长可达 250 公里。溶洞可以作为地下河通道，也可以作为地下仓库、地下隐蔽所和地下工厂的厂址等。溶洞也是一种优良的风景旅游资源。

【石钟乳】悬于溶洞顶部的倒锥状碳酸钙堆积。其生成是由于洞顶部渗入的地下水中 CO_2 含量较高，对石灰岩具有较强的溶蚀力，呈饱和碳酸钙水溶液，因洞内空气中的 CO_2 含量比下渗水中 CO_2 含量低得多，所以水滴将失去一部分 CO_2 而处于过饱和状态，于是碳酸钙在水滴表面结晶成为极薄的钙膜，水滴落下时，钙膜破裂，残留下来的碳酸钙便与顶板连接成为钙环。由于下渗水滴不断供应碳酸钙，所以钙环不断往下延伸，形成细长中空的石钟乳。有时下渗水中含有其他杂质或者中央通道上的晶体生长，通道由此被堵塞。以后下渗水继续往石钟乳外部流动与堆积，石钟乳不断增大。它的横切面具有同心圆结构。如果石钟乳附近有多个水滴堆积时，则形成不规则的石钟乳。如果水滴呈线状排列下渗或沿洞壁漫流，就可能形成石幔或称石幕。

【石笋】由洞底往上增高的碳酸钙堆积体。当水滴落到洞底时，变

成许多小水珠或流动的水膜，使原来已含过量 CO_2 的水滴有了更大的表面积，促进了 CO_2 的散逸，碳酸钙被析出而沉积在洞底，日积月累，年复一年，会形成一个个由洞底向上生长的尖锥体，很象竹笋，故名石笋。石笋有锥状、塔状和盘状等形状。石笋横切面没有中央通道，但同样有同心圆结构。石笋和石钟乳往往相对生长，直至两者连接而成为柱状体，称为石柱，由洞顶下渗的水溶液可导致碳酸钙继续沿石柱表面堆积，使石柱加粗。

【重力地貌】地表风化松动的岩块和碎屑物，主要在重力作用下，通过块体运动过程而产生的各种地貌现象的总称。重力地貌过程分突发性和缓慢性两类，突发性过程常造成灾害。重力地貌分侵蚀型和堆积型两类，前者以陡崖为主；后者主要有倒石堆、石流坡（岩屑坡）、滑坡体、泥石流扇、泥流阶地和石冰川等。原因包括自然因素和人为因素。自然因素指各种风化作用生成松散的风化层和岩石风化裂隙，岩体结构面发育程度与产状，地形形态，水活动浸润作用降低岩土强度与休止角，侵蚀、潜蚀与溶蚀作用产生临空面而增加岩土剪力，震动等。人为因素指各种人类活动破坏斜坡稳定态。重力地貌不仅存在于陆地上，还可见于海底。重力地貌过程是一重要的环境问题，因而受到人们的重视。

【崩塌】在陡峻的斜坡上，巨大的岩体、土体、块石或碎屑层，在重力作用下，突然发生急剧的崩落、翻转和滚落，在坡脚形成倒石堆或岩屑堆的现象。崩塌的运动速度很快，有时可以达到自由落体速度。一次崩塌的体积可从小于 1 立方米到几亿立方米不等。山坡上发生的大规模崩塌称为山崩；河、海、湖岸的崩塌称为坍岸；地下溶洞、潜蚀穴或采空区所引起的崩塌称为坍塌；岩屑沿

斜坡向下作滚动和跳跃式的连续运动称为散落。陡峭的坡面、岸边和陡崖是崩塌发育的地貌条件，一般松散岩屑坡面 45° 以上和坚硬岩层在 50° — 60° 以上才能发生崩塌；节理发育、构造破碎以及脆弱面与坡面一致的岩层是崩塌发育的地质条件；日温差、年温差较大的干旱、半干旱区和冻融过程强烈的地区是有利于崩塌发生的气候条件。暴雨、强烈的融冰化雪、爆破、地震及人工开挖边坡等是引起崩塌的触发因素。

【滑坡】斜坡上的大块岩体碎屑和土体，由于地下水或地表水的影响，在重力作用下，沿着滑动面整体下滑的现象。滑坡体的大小可以从十几立方米到几亿立方米不等，下滑速度慢的几个月才滑动几厘米，快的可以短期内滑动几百米。滑动面近似圆弧形，可以有一个或几个滑动面。滑坡体上方的围椅状陡崖称滑坡壁。滑坡体前缘常形成舌状突出称滑坡舌。滑坡舌前面常因受阻、挤压而鼓起形成滑坡鼓丘。滑坡壁下部和滑坡台阶的后缘常形成滑坡洼地，有时洼地积水或地下水出露形成滑坡湖或潜育为湿地。滑坡开始滑动时地面出现的裂缝称滑坡裂缝。松散堆积、构造破碎、陡坡或临空面、降雨、融冻作用、地下水、地震和人工开挖等都是引起或有利于滑坡发育的影响因素。滑坡的发生过程可以划分为蠕动变形、剧烈滑动、暂时稳定或渐趋稳定等阶段。滑坡的类型可以根据物质不同划分为黄土滑坡、粘土滑坡、碎屑堆积层滑坡和基岩滑坡等；根据滑动面与岩体结构面之间的关系可划分为同类土滑坡、顺层滑坡、切层滑坡等；根据滑动面深度划分为浅层滑坡（数米）、中层滑坡（数米到 20 米）和深层滑坡（数十米以上）；按滑动年代可划分为古滑坡、老滑坡和新滑坡；据滑坡体前后部的关系可划分为推动滑坡和牵引滑坡。

【泥石流】一种含有大量泥沙石块等固体物质，突然爆发，历时短暂，来势凶猛、具有强大破坏力的特殊洪流。泥石流中泥沙石块的体积含量一般都超过 15%，最高可达 80%。泥石流爆发时，象一条褐色的巨龙，奔腾咆哮，巨石翻滚，激浪飞溅，石块撞击声如雷鸣响彻山谷。泥石流的前锋称龙头，以数米高的浪峰，倾泻而下，摧毁沿途建筑，埋没农田。泥石流沟谷一般分三段：上游侵蚀区，由风化积累和崩塌、滑坡和流水侵蚀等过程提供固体物质；中游通过区，常为谷坡陡峭、沟床纵比降大的峡谷；沟口堆积区，地形开阔，使泥石流发生停积形成泥石流扇等堆积地貌。泥石流的形成条件有三：（1）构造复杂、岩体破碎和物理风化严重的地区，为泥石流提供丰富的碎屑物质；（2）大暴雨，形成的洪水既是泥石流的组成部分，也是碎屑物的搬运介质；（3）泥石流推移下行所需的较大的沟床纵比降。泥石流类型一般依据碎屑物成分特征划分为泥流、泥石流和水石流等三类。

【地貌区划】根据各地区地貌及发生发展过程的相似性和差异性，把地球表面划分为不同区域。地貌区划必须遵循形态成因原则和区域性原则。地貌区划分普通地貌区划和部门地貌区划。部门地貌区划以某一个（如形态）或某几个指标为依据进行区划。而普通地貌区划则以 1—2 种指标为主导，综合地考虑以下各项基本指标来进行划分，它们是：地貌特征；地貌成因类型及组合；地貌发展史和地貌年龄；现代地貌作用的分布和强度；地层岩性和构造；新构造；松散沉积物的成分、成因、年代和沉积历史等。地貌区划具有多级性：第一级为地貌大区，基本上与完整大地构造单元相当；第二级为地貌省，与较小的或次一级的大地构造单元

相当（如褶皱带、凹陷带等）；第三级为地貌地区，包含有较小的地貌形态（高地、低地、山脉等）和较小的构造单元（复背斜等）；第四级为地貌区，根据地貌结构形态、小构造性质及岩性等指标来划分。

【地貌类型】地球表面在一定内、外营力作用下形成的具有一定形态、结构和空间分布的地貌体。任何地貌体都归属于一定的地貌类型。地貌类型是地貌分类和分区的基础。它的划分往往反映了地貌理论和研究方法的阶段性和成熟程度。在地貌研究和地貌制图时，都必须确定每一地貌单元的类型和归属。目前地貌类型划分或称地貌分类所遵循的形态成因原则，已被多数学者所接受。如在陆地地貌分类中，首先按形态划分出山地、平原、台地、丘陵，然后按海拔、起伏大小、坡度等进一步细分。成因方面，比较一致的意见是大的地貌类型按构造特征划分，较小的地貌单元则主要依外力成因划分，如侵蚀、溶蚀、冲积等。命名时，成因在前，形态在后，如喀斯特丘陵、冲积—湖积平原等。还可以考虑岩性，如侵蚀剥蚀花岗岩中山。也可以依据形成年代进一步细分，如晚更新冲积砂质平原。

【地貌图】直观反映地貌研究成果和内容的一类图件。一般用图斑、颜色、符号和代码等将某种或多种地貌内容在图上表现出来。不同的地貌图所反映的内容是不一样的。地貌图分专题地貌图和普通地貌图两类。专题地貌图有地面坡度图、沟谷密度图、溶洞分布图等等，完全根据作者的需要而编制。普通地貌图要求将地貌形态特征、成因、年龄、岩性、营力方式和强度等尽可能全面地反映在图上。普通地貌图又可分为地貌类型图、地貌区划图和地

貌解析图等。地貌类型图和区划图都是将某一地区的地貌类型或地貌分区用图斑表示在图上，图面内容简单，便于非地貌学工作者阅读使用。地貌解析图要求用图斑、符号、注记、颜色等手段将地貌形态特征、成因、营力方式和强度、地貌年龄和岩性成分等分别表示在图上，图面表达清楚，但很复杂，便于专门的地貌学工作者使用，也可供具有一般地貌学知识的其他人员参考。

生 物 地 理

【生物地理群落（生态系统）】生物圈的结构单位，它是由植物群落及其中的动物栖居者、微生物和相应的无机环境构成的一个开放系统。在这一系统内，通过植物、动物和微生物不断地进行着能量流动和物质循环，它们分别扮演着生产者、消费者和分解者的角色。生物地理群落从外界获得太阳辐射能、降水、气体、尘埃等物质；从土壤或水体中吸收营养元素，通过生物有机体进行生物地球化学循环。系统中的能量沿着食物链逐级传递，并以热的形式消失。生物地理群落有明确的边界和范围，通常借助植物群落来确定。

【分布区】泛指地球表面某一物种或某一生物类群分布的地理空间。例如银杏的分布区、大熊猫的分布区，或者松科的分布区、云杉属的分布区等。最主要、最基本的研究对象是种的分布区。植物或动物在分布区内的分布状态并非是布满的，而是生长、分布

于最适宜的生境之中。

【生境】某一动、植物生活地点全部生态因素和生存条件的总体。地球上动物和植物的生存都紧密地依赖于周围的环境。环境是由许多要素组成的，直接作用于动、植物生命过程的那些环境要素叫做生态因素，如光、热、水、空气、土壤和生物因素、人类影响等。其中决定动、植物生长、发育和繁殖必不可少的因素叫生存条件，它们是氧、二氧化碳、光、热、水和无机盐类。

【植物区系】某一地区植物种类（科、属、种）的总体。它是组成各种植被类型的基础，同时也是研究自然历史变迁的根据。通常把一个地区的植物进行科、属、种的数量统计，然后再把所有植物按其分布区的类型、种的发生和迁移路线等分成若干群，这些统称为植物区系成分。

【植物生活型】不同种类的植物长期适应某种生活环境，产生在生态习性或形态特征上的趋同现象，彼此相似的植物联合成一个类别，叫植物生活型。植物生活型是一定地区自然条件尤其是气候条件的综合反映。流行的生活型分类是按照植物在度过不利季节的适应方式或芽的位置与受到保护的程度来划分的，分为高位芽植物、地上芽植物、地面芽植物、隐芽植物和一年生植物五类。

【植物生态型】同种植物的不同个体群生长在不同的环境条件下，在长期的生态适应过程中形成了互有差异的、稳定的形态、生理和生态特征，这些特征在遗传上被固定下来，这种种内分化的个体群类型，称为生态型。根据形态生态型的主导因子可以把生态

型分为气候生态型、土壤生态型和生物生态型等类型。如晚、中、早稻属于不同的光照生态型,粳、籼稻属于不同的温度生态型,水、陆稻属于不同的土壤生态型。

【指示植物】能够经常地、巩固地与一定的生态条件相联系,对某一特定生态条件具有指示意义的植物。可以根据指示植物本身的存在或者它们的这种或那种特征来判断生态条件的某种特征,如在中国热带、亚热带地区,铁芒箕(*Dicranopteris dichotoma*)的存在能指示强酸性土和酸性岩石。指示植物被广泛地应用于生产实践,如中国长江中下游一带广泛分布的海州香薷(*Elsholtzia haichowensis*)已证实为一种有效的铜矿指示植物。

【植被】一个地区全部植物群落的总体。一个地区的植被不仅包括这个地区的自然群落,也包括这个地区的人工群落。如北京地区的植被包括栎林,油松林,杨桦林,荆条、酸枣灌丛,胡枝子、绣线菊灌丛,小麦玉米作物组合,苹果园,梨园,菜地等多种类型。

【植物群落】生活在一定地段的彼此相互作用的植物种群的有规律组合。它是生态系统最基本的也是最重要的组成部分。植物群落种类多样,既有天然植物群落,也有人工植物群落。群落的概念可大可小,森林、草原、荒漠都是群落,北京附近的油松林、井冈山竹林也各是群落。

【植被分类】对植被类型的划分。植物群落类型多样,为了更好地认识群落、认识植被,必须对其进行类型划分。目前,国际上已提出了多种分类系统,在中国普遍采用群落学分类,其分类基础

是群落学关系(主要是层片结构),该系统的三个主要单位是群丛、群系和植被型。群丛是基本单位,凡层片结构相似,各层片的优势种组成相同的群落联合为群丛;基本层片的优势种(即建群种)相同的群丛联合成群系;建群种种类组成虽然不同,但属于同一生活型的群系联合成植被型。如中国暖温带南部的栓皮栎—连翘—披针叶苔草群丛属于栓皮栎群系,而栓皮栎群系又属于落叶阔叶林植被型。

【群落演替】一个群落被另一个群落不可逆地取代的现象。自然界的群落总是处在不断地发展变化之中,除了季节性变化(季相)和年际变化这些可逆的变化以外,还出现有规律的一个群落被另一个群落所代替的现象,这种变化是不可逆的,我们称之为演替。在演替过程中,每一植物种为它们的继承者创造了更有利的条件。演替可以分为原生演替和次生演替两大类。从原生裸地(以前没有植被覆盖过的地段)上开始的演替叫原生演替;以次生裸地(原来有植被覆盖,后来由于种种原因植被被消灭了)上开始的演替叫次生演替。

【顶极植物群落】与地带性气候条件相适应、结构稳定的植物群落。如栎类为主的群落是北京附近排水良好的高地上的顶极植物群落。在顶极植物群落中植物与环境之间存在一系列的动态平衡,如总第一性生产量与总呼吸量之间的平衡,从太阳摄取的能量和通过分解作用释放的能量之间的平衡。目前关于顶极植物群落有三种理论,一是单顶极理论,该理论认为只存在一个由气候确定的顶极;二是多顶极理论,认为在一个地区存在着由不同因素(如土壤水分、坡度、坡向等)控制的多种顶极;三是顶极—模式假

说，该理论认为顶极类型是连续的，是沿着环境梯度逐渐变化的，不能截然地分为离散的顶极类型。当然，顶极群落不是绝对不变的，随着群落与环境之间的相互作用，顶极群落也在变化之中，它的稳定性是相对的。

【针叶林】又称北方针叶林或泰加林。由耐寒的针叶乔木组成的森林植物群落。主要分布在寒温带及中低纬地区的山地。针叶林分布的地区一般冬季严寒、夏季温凉，气候较为湿润。群落结构非常简单，树冠外貌常呈特殊的圆锥形或尖塔形，多形成单一树种的纯林，主要由耐阴的冷杉，云杉和喜阳的松树、落叶松组成。云杉林、冷杉林树冠稠密，林内比较阴暗，称为阴暗针叶林；松林、落叶松林内明亮，称为明亮针叶林。欧亚大陆和北美洲北部分布着世界上最大的针叶林带，中国的针叶林主要分布在东北大、小兴安岭、长白山、青藏高原的东部及天山、阿尔泰山等山地，是中国主要的森林资源。

【落叶阔叶林】由温暖季节长叶、寒冷季节落叶的乔木组成的植被类型，又叫夏绿阔叶林。落叶阔叶林分布的地区属于温带半湿润的季风气候或具有海洋性气候特点，四季分明，雨热同期，适于中生植物生长。群落结构比较简单，组成成份单一，在西欧以山毛榉属为主；以栎属占优势的夏绿林广泛分布于欧、亚和北美洲；以杨、桦为主的落叶阔叶林多分布在内陆山区的山地；此外还有沿河岸、沟谷分布的落叶阔叶杂木林。中国的夏绿林主要分布在华北和东北南部，树种以栎属占优势，如辽东栎、蒙古栎、栓皮栎和槲栎等。

【常绿阔叶林】分布于湿润亚热带地区的森林植被类型。气候特点是：冬季温暖，夏季炎热而潮湿，空气湿度大，云量多。森林外貌呈暗绿色。主要由樟科、壳斗科、山茶科、木兰科、金缕梅科等科的常绿阔叶树组成，灌木层中亦多常绿种类，群落结构比较复杂。常绿阔叶林分布于亚热带地区的大陆东岸。南北美洲、非洲、大洋洲均有分布，但面积不大。在亚洲除朝鲜和日本有少量分布外，以中国分布面积最大。从秦岭、淮河一线以南一直分布到广东、广西中部。

【硬叶林】发育在亚热带大陆西岸地中海气候地区的地带性植被，因大多具有革质常绿叶片而得名。地中海气候地区夏季炎热干旱，冬季温和多雨，因此硬叶林发育旱生结构。典型的硬叶林由常绿革质叶的栎类组成，如刺叶栎、木栓栎等。林下灌木和草本植物种类较多。目前地中海地区分布最广泛的是各种硬叶常绿灌丛。它们是硬叶常绿林反复破坏后的产物，各地有不同的名称，如马基群落、加里哥宇群落、佛里干群落、托米里亚尔群落。在大洋洲和北美洲也有硬叶常绿林分布，如北美西岸的加利福尼亚分布有栎属占优势的常绿林和硬叶常绿灌丛称为沙巴拉群落。

【季雨林】分布在热带有周期性干、湿季节交替地区的一种森林类型。季雨林分布区的气候属热带季风气候，降水季节分配不均匀，因而植被也表现出明显的季节变化。主要树种在干旱季节落叶，当雨季来临时又长出叶子。大部分的灌木和草本植物在雨季也相继开花，群落外貌显得华丽。群落结构较复杂，但比雨林简单。季雨林呈不连续的带状分布于亚洲、非洲和美洲等的热带地区，其中以东南亚最为典型。中国的台湾、广东、广西、云南、西藏等

省区的热带部分也有季雨林分布。

【红树林】分布于热带海滨地区，受周期性海水浸淹的淤泥质海滩上的高温、耐盐的乔灌木植物群落。红树林所在的生境为风浪小、地势平缓的淤泥质海滩或河口湾，海水平均温度 25°C — 27°C ，年平均气温 25°C — 30°C 。红树林由常绿灌木和小乔木组成，包括 10 科 30 余种植物，其中最重要的是红树科，其次为马鞭草科、海桑科、爵床科等。红树林中的某些种有“胎生现象”，种子在母体植株上萌发，坠入淤泥中生根、固定。很多红树林植物支柱根和呼吸根发达。红树林植物有盐生生理特征。红树林有两个分布中心，一在东南亚，一在中南美洲。中国红树林主要分布于海南、广东和福建沿海，在广西和台湾沿海亦有分布。

【热带稀树草原】以高温、旱生的多年生草本植物为主的大面积热带草地，其中散布着耐旱灌木和非常稀疏的矮生孤立乔木，具有特殊的大而扁平的伞形树冠。草本植物为高达一米的大型禾草。热带稀树草原主要分布在热带干燥地区，气候炎热，旱季长 4—6 个月，雨季与旱季交替。除了气候干旱之外，土壤浅薄贫瘠，或自然和人为的火烧，都是形成稀树草原的原因。热带稀树草原在非洲分布最广，也最典型，称为“萨王纳”，其中生长有著名的长寿植物猴面包树。在南美、亚洲南部和澳洲也有分布。中国云南一些热带河谷、海南岛北部、雷州半岛和台湾的西南部分布着类似热带稀树草原的群落，系由热带森林反复破坏产生的次生植被。热带稀树草原的禾本科草类丰富，是草食动物的“王国”，又是发展畜牧业的良好基地。

【森林草原】分布于温带森林与草原之间的群落交错区的植被景观，是森林群落和草原群落的大型镶嵌体。气候条件介于温带森林与温带草原之间，一年中有一定的干旱时期。森林草原结构不均匀，在森林带一侧草原呈岛屿状，随着气候趋于干旱，到草原带一侧森林成为岛屿状。森林草原带的草原属于草甸草原，是草原群落中喜湿润的类型，建群种为中旱生多年生草本植物，经常混生大量中生或旱中生植物。中国的森林草原主要分布于松辽平原和内蒙古高原的东部边缘，主要建群植物有贝加尔针茅、羊草、线叶菊等。

【草原】由低温旱生多年生草本植物组成的植被类型。草原分布的地区气候条件为半干旱到半湿润，分为草甸草原、典型草原和荒漠化草原，相应的土壤为黑钙土、栗钙土和棕钙土。青藏高原分布有高寒草原。草原植物普遍发育旱生结构，如叶面积缩小，叶片内卷，气孔下陷，机械组织发达等。草原的建群植物多是禾本科针茅属丛生禾草和其它旱生杂类草。生活型以地面芽为主。草原在北半球成带状分布，在北美称普列利群落，在南美称盘帕斯群落。中国草原是欧亚草原的一部分。

【坎普群落】巴西中部的热带稀树草地。当地称坎普斯 (Campos)。

是一种耐高温、旱生、多年生草本植物占优势的植被类型。以禾本科植物为主，还有莎草科、豆科和菊科植物。矮生的乔木，具有伞状的树冠，稀疏分布在广袤的草地上，所以在有的文献上将它归入热带稀树草原。

【普纳群落】南美洲热带高山寒冷气候下的植被。一般分布在安第

斯山海拔 3300—4300 米左右。根据植物群落的组成又分为：具有垫状植物的潮湿类型的普纳群落；具旱生禾草的干旱普纳群落；海拔 4500 米以上的寒冷荒凉的禾草干荒漠被为荒漠普纳。

【高山矮曲林】亚高山森林带到无林的高山带之间生长的低矮扭曲的树林。由于夏季短促、冬季漫长而寒冷，林木渐稀，受冻旱危害或被强劲的冷风吹袭，发育不良，形成矮生、扭曲的畸形树或匍匐状林木。如北美南落基山的刺果松群落和中国大兴安岭北段的偃松群落。

【树木线】简称树线。高山或寒冷地区树木生长的极限。一般在连续的森林群落上限以上，仍有树木生长，一直到矮生或偃生树木生长带。树木线的位置因树种而异。通常越靠近赤道带树木线的位置越高，但最高的树木线并不在赤道地区，而是在北纬 30° 和南纬 25° 。树木线的形成原因主要是由于海拔高，生长期的温度不足，影响树木的成活和生长。

【荒漠】一种自然景观，即地球表面蒸发量大大超过降水量的干旱和极干旱气候条件下，土壤贫瘠、植被极为稀疏的广大地区。荒漠因基质不同可分为：沙漠、砾漠、石漠（岩漠）、壤漠、粘土荒漠、盐荒漠和石膏荒漠等。荒漠又是陆地生态系统类型之一，荒漠植被以超旱生半乔木、灌木、半灌木或旱生肉质植物占优势，以多种方式适应严酷的生态条件，种类贫乏、群落结构简单、生产力低下；荒漠动物以特别能适应缺水环境，消耗水分很少的种类为主，并以穴居和昼伏夜出为特征。若按植被的优势种和占优势的生活型划分，荒漠分为灌木荒漠、半灌木荒漠、肉质植物（仙

人掌)荒漠、短命植物荒漠等。按气候特征荒漠又分为热带荒漠、亚热带荒漠和温带荒漠。世界最广阔的荒漠区为亚非荒漠区,其次有北美荒漠区、南美西海岸荒漠区和澳洲荒漠区等。

【冻原】由微温的北极和北极—高山成分的藓类、地衣、小灌木、矮灌木及多年生草本组成的植物群落,也称苔原。分为平地冻原和山地冻原两类。冻原分布区气候条件严酷,冬季漫长而严寒,夏季短促而凉爽。土壤非常寒冷,一定深度存在“永冻层”,由于永冻层的存在,常引起土壤沼泽化。冻原植被种类组成很贫乏,无林,群落结构简单。冻原分布于北冰洋的周围沿岸,在欧亚大陆北部和美洲北部占了很大面积(包括北方一些岛屿),形成一个大致连续的地带。冻原从南到北分为:森林冻原亚带、灌木冻原亚带、藓类地衣冻原亚带、北极冻原亚带。中国没有平地冻原,在长白山 2100 米以上和阿尔泰山 3000 米以上的高山地带有山地冻原发育。冻原的严寒限制了农业的发展,目前主要是作为养鹿业的饲料基地。

【草甸】以多年生中生草本植物为主的植物群落。属于非地带性植被。它是在土壤中度湿润条件下形成的。草群十分茂密,土壤为草甸土。群落种类组成比较丰富,除以禾本科、莎草科植物占优势外,含有丰富的杂类草。生活型组成以地面芽为主。草甸按地型部位分为山地草甸、大陆草甸、河漫滩草甸、高山草甸和亚高山草甸;按植物群落的生态特点分为典型草甸、草原化草甸、沼泽化草甸等。草甸是重要的饲料基地,可以做牧场或割草场。

【沼泽】一种湿生植被类型,由生长在积水地区的多年生湿生植物

组成。沼泽植被主要由泥炭藓科、莎草科、禾本科、石南科、毛茛科、雨久花科、泽泻科、灯芯草科、蓼科和木贼科等植物组成，以沼生植物占优势。植物体多发育有很好的通气组织，以适应水下缺氧的环境。沼泽多分布于低洼的地形部位。由于积水，在嫌气条件下，有机物难以分解，普遍发生泥炭积累现象。沼泽一般分为草本沼泽（低位沼泽）和泥炭藓沼泽（高位沼泽）两类。又可按外貌和生活型分为木本沼泽、草本沼泽和藓类沼泽。中国的沼泽主要分布在东北的三江平原、川西北的若尔盖高原和青藏高原。

【水生植被】由生长于水体环境的高等植物和低等藻类组成的植被类型。代表性植物分属眼子菜科、金鱼藻科、小二仙草科、睡莲科、水鳖科、天南星科、浮萍科等。水体环境的一致性和流动性，有利于水生植物的广泛传播和迁移，所以水生植物多系广布种或世界种。水生植物群落的分布与水深、水体透明度、水底基质情况有关，分为挺水植物、沉水植物和浮水植物三类，多沿水体呈环带状或平行条带状分布。水生植被与人类关系密切，是发展渔业的基础，亦可作为环境污染的指示体，还是水乡风景旅游资源的一个组成部分。

【残遗种】地质历史上曾广泛分布、现在只在局部地区存在的植物种。根据形成原因可分为（1）分类学残遗种，即系统发育上古老的子遗种类，如中国的银杏，被称为“活化石”，中生代银杏属曾有许多种，广泛分布于全球，现今只存一种；（2）地理残遗种，系因气候、地貌、土壤或植被等地理条件发生变化而产生，如气候残遗种、地貌残遗种、土壤残遗种，如分布于滇藏地区的高山栎

即属于地貌残遗种；(3) 人为残遗种，指有些因人为栽培得以保存下来的古老种类。

【特有种】只分布于一个有限地区或局布生境而不出现在其他地区的植物种。特有种常与一个地区特殊的地质历史相联系，如很早即与大陆分离的岛屿，由于长期隔离产生特有种，夏威夷群岛特有种高达 97.6%。另外，特异的生境条件，如白垩土、石灰岩、砂土、蛇纹岩等都可能产生特有种。有的特有种只分布于狭小的区域，如百山祖冷杉，只见于浙江省庆元县的百山祖地区。

【生态脆弱带】由于自然或人为原因引起的生态系统结构瓦解、功能失调的地区。一般健全的生态系统是稳定的，但是生态脆弱带对环境变化的反映十分敏感，产生能流与物流的运转发生部分阻滞、系统状态处于距平波动之中、生物生产力和抗干扰能力下降等现象。生态脆弱带的产生主要是由于气候跃变或人为造成的超常生态负荷，引起系统简化、退化和生态界面的摆动。生态脆弱带主要分布于干湿过渡地区和极端生态系统中，如冻原带、森林草原带以及草原与荒漠的过渡地带。在热带的干旱地区，如中国西南的干热河谷地区，生态系统结构简单，水热状况处于临界状态，也属于生态脆弱带。

【植被图】反映地球表面或某一地区植物群落的类型及其组合空间分布的专门地图。根据植被图的内容分为一般性植被图和专门性植被图。前者主要反映植物群落分布的基本规律，后者多为派生的各种应用性专题植被图，如草场类型图、林型图、药用植物资源图等。从时间概念出发，植被图又分为现状植被图和复原植被

图。根据比例尺可分为大比例尺植被图（大于 1:10 万），中比例尺植被图（1:10 万至 1:100 万）和小比例尺植被图（小于 1:100 万）。植被图是研究植被与生态条件相互关系的重要依据，是植被分类、植被动态研究、进行植被分区的基础资料。

【群落交错区（带）】相邻的两个地带生物群落之间的或宽或窄的过渡带。群落交错区是一个生态过程活跃的生态界面，制约着两侧生物群落的能量流和物质流、种的迁出迁入；可降低外来的干扰；能保持较大的生物多样性；又是监测全球变化的敏感带。群落交错区的空间结构多半随渐变的环境梯度，形成镶嵌状格局，如森林草原作为落叶阔叶林与草原之间的群落交错区，即是草甸草原与岛状分布的森林形成的大型镶嵌体。另一种情况，如人工林或农田之间的群落交错区则变得十分狭窄，形成清楚的界线。

【植被区划】根据植被分布规律及其组合特征将地表划分为不同的区域。植被区划的理论依据是地域分异规律。植被区划的高级单位以地带性植被类型为主要依据，在无天然植被的地区，栽培植被的性质，也是植被区划的依据之一，生态条件可作为区划的辅助性指标。植被区划是一个地区植被研究成果的总结，目的是阐明植被的空间结构和地理特征。中国植被区划单位采用植被区域、植被地带、植被区和植被小区四级。如北京地区在中国植被区划中属于暖温带落叶阔叶林区域，暖温带落叶阔叶林地带，冀辽山地、丘陵油松、辽东栎、槲栎林区。平原部分属于黄（河）海（河）平原栽培植被区。

【植被带】植被宏观分布格局表现为带状的现象。由于南北光热条

件的变化，或随海拔高度变化产生的热量、湿度分异，均可导致植被型或植被亚型的差别，形成水平植被地带或垂直植被带。如中国亚热带常绿阔叶林区可分为南亚热带季风常绿阔叶林地带、中亚热带典型常绿阔叶林地带和北亚热带常绿、落叶阔叶混交林地带。

【替代种】特征相近，有亲缘关系，在空间分布上依次替代的物种。它们由一个共同的祖先派生出来，各自占据独立的小分布区，并在空间上彼此替代，这种现象叫替代分布。替代种的产生主要是由地理隔离或气候变化引起的。山区多样而复杂的生境条件有利于替代种的形成，例如，槭树属的一系列替代种分布于亚洲东部山地。

【动物区系】一定地理区域中所有的动物种及分类类群（属、科、目等）的总和。是动物地理学关于动物分布研究的基本概念之一。实际运用中，区域的界限既可以依照自然区域的界线（如草原区、荒漠区等），也可以根据研究需要人为划定或直接按行政区划选择界线。同样，动物类群也可以按研究目的加以选择（如中国鸟类区系、北京兽类区系等）。在进行动物区系分析时，有时也将其中一部分分布区范围基本一致的动物种类之总和称为动物区系（或区系成分）。因为这种分布区范围的一致，反映它们是在一定的历史时期，由于地理隔离作用而形成专门适应于某种特定自然环境的一个动物群。如亚洲草原动物区系，指的是第四纪冰期消失后形成的由适应于干旱半干旱草原环境的动物种构成的动物群，其大多数成员的分布区界线与该草原范围大体一致。

【动物地理图】用于描述动物的空间分布格局及其演变，为动物资源保护利用而编制的分布、分区和评价图等专题地图。如某种动物（或类群）分布图、动物区系演化图、陆栖动物区划图、皮毛兽分布图、珍稀动物分布图等等。动物地理制图可以在不同的空间尺度上进行。它不仅是动物地理学研究成果的一种表示方法，同时也是一种研究手段或工具。一般的自然图集中都包含有动物地理图集，如英国出版的《巴塞洛缪自然地图集》（1911）第五卷。

【动物分布区】某一动物种或分类类群（属、科等）在地球表面所占据的空间范围。在此范围内，该动物能充分地进行个体发育并留下具有生命力的后代。从空间尺度上讲，分布区一般用于描述区域尺度以上的水平。在局部地段水平上则由栖息地（或生境）的概念所代替。这意味着动物不可能占据其分布区以内的每一个地点，而仅存在于满足其生存条件的那些局部地段（即栖息地）上。如大熊猫（*Ailuropoda melanoleuca*）的分布区包括青藏高原东缘大、小凉山、岷山山地及秦岭南坡等广大区域，但一般只栖息在针阔混交林内一定的海拔高度带的少数栖居地内。因为这里为其提供了丰富的食物——箭竹类和较少的人类活动干扰。动物分布区都有一个形成、发展、变迁和消亡的过程。某个动物种或分类类群由其发生中心（或起源地）逐渐向四周扩展而形成其分布区。分布区的大小、形状及其演变一般取决于自然环境条件（有无阻限存在）、由动物生理遗传特性和繁殖能力决定的种的生态耐受性和竞争能力，以及其演变进化的历史等三方面因素。

【陆栖动物区划】又称陆栖动物地理区划或动物区系区的划分。依据陆栖动物区系的历史发生、脊椎动物主要类群的分布及其亲缘

关系分析，将地球陆地表面划分成不同等级的动物地理区域（或动物区系区）。区域分异是地表自然界的普遍现象，动物分布也不例外。由于地理阻限的存在（如高大山脉、海洋等）抑制了动物的迁移，一个动物种不能占据其所有潜在栖息地，从而产生了区域间动物类群的替代现象。长时期的地理隔离也使各个区域逐渐进化出更多的特有种或其它分类类群（如属、科、目等）。实际应用中常以哺乳类和鸟类的分布作为区划的基础。全球陆栖动物区划始于 19 世纪。1858 年斯克莱特根据鸟类分布首次将全球陆地划分为 6 个界（区）：旧北界、埃塞俄比亚界、印度界、澳大利亚界、新北界、新热带界。此后，许多学者都在此基础上修订或重新拟定出各自的分界方案。然而，目前为大多数学者所接受的区划分界方案，仍是华莱士在 1876 年对斯克莱特方案稍加修订后的结果。即分为（1）古北界（或旧北界）；（2）新北界；（3）东洋界；（4）热带界（即埃塞俄比亚界）；（5）新热带界；（6）大洋洲界（即澳大利亚界）。1887 年海尔普林和牛顿又分别根据哺乳类和鸟类将旧北界和新北界合并为全北界，也为多数学者所接受。南极大陆也在近年来被发现拥有自己独特的动物区系（尤其是无脊椎动物区系），故将南极界也单列出来。

【古北界】全球陆栖动物区划中最大的一界。包括全部欧洲，北回归线以北的非洲和阿拉伯地区，喜马拉雅山至秦岭—淮河南岸一线的以北地区，以及欧亚大陆附近的一些岛屿。本界范围广大，气候跨暖温带、寒温带及寒带，南部多高大山脉和巨大高原，北部较平坦。植被类型有冻原、寒温性针叶林（即泰加林）、针阔混交林、落叶阔叶林、温带草原和荒漠等。动物区系的主要特征是种类相对较少，特有科很少且包括的种也有限，反映出本界生态环

境之严酷性（如冻原、荒漠、高原等地域广大）及第四纪冰川之影响（冰川退却后年代不长，景观发育较简单）。与其他界的关系中，北方物种与新北界相似，两界拥有许多共同种类（常合称为全北界）。南方则与东洋界混杂，并与新热带界有许多属种上的亲缘关系。

代表性动物：哺乳纲中，熊猫科 (Ailuropodidae)、月鼠科 (Seleviniidae)、跳鼠科 (Dipodidae)、鼯鼠科 (Spalacidae) 等为本界特有的科。特有的属有旅鼠 (Lemmus)、狼獾 (Gulo)、狐 (Vulpes)、貉 (Nyctereutes)、麝 (Capreolus)、麝 (Moschus) 等。鸟纲中的岩鹳科 (Prunellidae) 主要分布在本界。特有的属有山鹧 (Perdix)、鸨 (Otis)、毛腿沙鸡 (Syrrhaptes)、戴菊 (Regulus) 等。爬行纲中特产的有乌龟 (Chinemys)、河套沙蜥 (Phrynocephalus przewalskii)、枕纹锦蛇 (Elaphe dione) 等。两栖纲中特有的有小鲵属 (Hynobius)、北鲵属 (Ranodon)、大鲵 (Andrias davidianus) 等。淡水鱼类，特有的有鲑科 (Salmonidae)、裂腹鱼亚科 (Schizothoracinae) 等。

【新北界】 全球陆栖动物区划中最北的界之一。包括整个北美洲，西包括阿留申群岛，东包括格陵兰岛，南至墨西哥中部高原。本界气候跨暖温带、寒温带和寒带。山脉多为近南北走向，中部为平原地带。植被类型有冻原、泰加林、落叶阔叶林、温带草原荒漠等。区系特征与古北界相似，种类较少且特有类群不多。种类组成上也与古北界相似，二者有很多共同的类群，如鼯科 (Talpidae)、河狸科 (Castoridae)、潜鸟科 (Gauiidae)、松鸡科 (Tetraonidae)、攀雀科 (Remizidae) 等，常合称全北界。古生物学材料说明，像骆驼、野马、猴、象等现代仅分布在某一半球或

全北界均缺乏的种在过去曾广泛分布于整个北半球，说明第三纪后北美大陆与欧亚大陆曾通过白令地峡有过动物种类交流。

代表性动物：哺乳纲中叉角羚科 (Antilocapridae)、山河狸科 (Aplodontidae) 为本界特产科。特产属有美洲鼯 (Scalopus)、美洲獾 (Taxidae)、麝牛 (Ovibos)、美洲野牛、(Bison) 等。鸟纲中的松鸡科 (Tetraonidae)、吐绶鸡科 (Meleagrididae) 主要盛产在本界。爬行纲中北美蛇蜥科 (Anniellidae) 为特有科。两栖纲中特有科有鳗螈科 (Sirenidae)、两栖鲵科 (Amphiumidae) 等。

【东洋界】又称印度—马来界。全球陆栖动物区划中面积较小的一界。包括中国秦岭山脉至淮河以南的区域、印度半岛、中印半岛、马来半岛、马来群岛及菲律宾群岛等。本界地跨热带、亚热带。北部为陆地而南方为一系列海岛（如马来群岛包括 12000 多个大小岛屿）。植被类型主要有热带雨林、亚热带常绿林、热带草原等。动物区系仍属大陆动物区系，种类虽不如热带界和新热带界丰富，但科、目没有缺失，高等的特有类群不多。与热带界动物区系相似程度大，有许多共同的类群。与古北界在横断山脉和中国秦岭山脉以东缺少有效的天然阻限，形成了广泛的过渡带。与大洋洲的界线即华莱士线，自巴厘与龙目岛之间经加里曼丹岛与苏拉威西岛间的海峡，止于菲律宾东南洋面，也为一两界成分混杂的过渡带。

代表性动物，哺乳纲特有科有长臂猿科 (Hylobatidae)、眼镜猴科 (Tarsiidae)、树三科 (Tupaiaidae) 等。鸟纲仅一个特有科即和平鸟科 (Irenidae)。特有的属如鹎属 (Pycnonotus)、鹛属 (Garrulax) 等。爬行纲有平胸龟科 (Platysternidae)、鳄蜥科 (Shinisauridae) 为特有科。此外还有一些特著种类，如猩猩 (Pongo

pygmaeus)、狒狒 (Papio)、穿山甲 (Manis)、猕猴 (Macaca mullatta) 等。

【热带界】全球陆栖动物区划中的一界。曾叫埃塞俄比亚界。包括北回归线以南的阿拉伯半岛、撒哈拉沙漠以南的整个非洲及马达加斯加岛和附近岛屿。本界气候上跨热带和亚热带，由大陆、半岛和海岛构成。植被类型主要有热带雨林、亚热带季雨林、热带草原、荒漠等。动物区系主要特征是区系成分复杂古老、种类丰富且有大量的特有类群。与古北界动物区系联系密切，一些现代特有的有蹄类就是第三纪时迁入非洲热带草原并仅存留在本界的。本界与东洋界曾有过密切联系，第三纪以前曾同为冈瓦纳古陆的一部分。二者因而拥有一些共同的特有类群。如哺乳纲中的懒猴科 (Lorisidae)、犀科 (Rhinocerotidae)、穿山甲科 (Manidae) 和鼯鹿科 (Tragulidae)；鸟纲中的犀鸟科 (Bucerotidae)、太阳鸟科 (Nectariniidae) 等。

代表性动物中，哺乳纲特有的有金毛鼯科 (Chrysochloridae)、狐猴科 (Lemuridae)、河马科 (Hippopotamidae)、长颈鹿科 (Giraffidae) 等。鸟纲特有的科有锤头鹳科 (Scopidae)、珠鸡科 (Numididae)、鼠鸟科 (Coliidae)、林戴胜科 (Phoeniculidae) 等。爬行纲的带蜥科 (Zonuridae) 和两栖纲的非洲树姬蛙科 (Phrynomeridae) 等也为本界所特有。

【新热带界】全球陆栖动物区划中种类最丰富的一界。包括南美洲、中美洲、墨西哥南部及西印度群岛。本界大部分地区在热带范围内。植被以热带雨林为主，还有热带草原、温带草原及湿寒森林等类型。动物区系最大特征是动物种类丰富并有众多的特有类群，

反映了本界复杂的发展历史及优越的生态条件（如大面积的热带雨林等）。与其它界的联系方面，第三纪以前曾与南极洲、澳大利亚、非洲大陆相连共同构成冈瓦纳古陆，因此至今保留一些与上述各大陆的共同种类，如肺鱼，走禽类及有袋类等。第三纪末本界又与北美大陆相连，两界动物互相迁移。本界中从北美侵入的有食肉目、长鼻目、奇蹄目、偶蹄目等多种动物，丰富了其动物区系。

代表性动物中哺乳纲有 20 个特有科，包括新袋鼠科（Caenolestidae）、吸血蝠科（Desmodontidae）、卷尾猴科（Cebidae）、食蚁兽科（Myrmecophagidae）、豚鼠科（Caviidae）等。鸟纲中有 25 个特产科，美洲鸵科（Rheidae）、叫鸭科（Anhimidae）、麝雉科（Opisthocomidae）等。爬行纲的泥龟科（Dermatemydidae）及两栖纲的无肋蟾科（Rhinophrynidae）均为本界特有。

【大洋洲界】全球陆栖动物区划中最原始且较小的一界。曾称澳洲界。包括澳大利亚、新西兰、塔斯马尼亚、伊利亚、夏威夷及南太平洋诸岛。本界跨南半球温带、亚热带及赤道热带。除澳大利亚外多为岛屿。植被类型有热带雨林、温带阔叶林、荒漠等。动物区系以原始古老为主要特征，富有低等哺乳类如单孔目和几乎全部有袋类。除了晚近迁入的翼手目、啮齿目等个别种类及澳洲犬外，没有其他真兽动物。鸟类也以低等种类走禽为其特色。这反映了本界约在中生代末与其他大陆脱离后经历了长期独立发展过程的历史。

代表性动物哺乳类如单孔目的鸭嘴兽（*Ornithorhynchus anatinus*），有袋目的袋鼠科（*Maccopodidae*）、袋鼬科

(Dasyuridae) 等。鸟类如鹤鸵科 (Casuariidae)、鸸鹋科 (Dromaiidae)、无翼科 (Apterygidae)、雀形目中的琴鸟科 (Menuridae)、凤鸟科 (Paradisaeidae)、园丁鸟科 (Ptilonorhynchidae) 以及鹦鹉科 (Psittacidae) 的一些属种等均为本界所特有。爬行类有新西兰的楔齿蜥科 (Sphenodontidae)、伊里安的两爪蠪龟 (Carettochelyidae) 为特有科的代表。

【南极界】全球陆栖动物区划中的一个界，包括南纬 50° — 60° 以南的南极大陆和岛屿，位于地球最南端，周围是太平洋、印度洋和大西洋。南极自然条件极为严酷，平均海拔高度 2100—2400m，在陆几乎全部被冰雪覆盖。冰层厚约 2000m，南极气候独特，是世界上最寒冷，风暴最多的地区。冬季最冷月份，沿海地区气温平均为 -20 — -30°C ，内地平均为 -40 — -70°C ；夏季最高气温，沿海地区平均 0°C ，内地平均为 -20 — -35°C 。南极地区风力强劲，且多狂风。南极地区无原始人类活动，只有来自世界各地的科学考察人员、探险人员和捕鲸队。南极动植物种类贫乏，无树木，仅有极少显花植物 (2—3 种)，主要是地衣 (约 400 种) 和苔藓 (约 100 种)，附近海域生长着大量的浮游生物，其中硅藻最丰富。南极界没有完全的陆地哺乳动物，只有海豹、海豚、鲸等哺乳动物。鸟类有企鹅、海鸥、海燕等 80 余种，南极磷虾极为丰富，是企鹅、海豹和鲸等动物的主要食物来源。由于过量捕捞，海豹和鲸的数量锐减。

【华莱士线】动物地理区划中东洋界和澳大利亚界之间的假设界线，19 世纪由英国博物学家 A·R·华莱士提出，故名华莱士线从印度洋通过龙目海峡 (位于巴厘岛与龙目岛之间)，和望加锡海

峡（位于加里曼丹岛和苏拉威西岛之间），向东从棉兰老岛的南面经过，进入菲律宾海。在华莱士线东南一侧动物属于澳大利亚界，有大袋鼠、树袋鼠、袋熊等有袋类以及鸭嘴兽等，而没有猿、猴、猫、鹿、马、牛、羊等（以后引进饲养者不计入），也就是设有遍布世界各地的四足类动物。巴厘岛与龙目岛是两个邻近的岛屿（海峡宽只有几十公里），但它们的动物种类区别非常大。例如巴厘岛上有毛刷嘴鸟、画眉和啄木鸟，龙目岛则看不到；龙目岛上有鸚鵡、食蜜鸟，而巴厘岛上则没有。在华莱士线两侧动物类群差别大的原因，华莱士认为是由于该线两侧的岛屿原先分属于不同的大陆。至今，华莱士线仍然受到许多动物地理学家的承认注意。

【苔原动物群】又称冻原动物群。分布于泰加林以北的苔原动物群。分布于北美大陆和欧亚大陆及北方各岛屿上。在北半球一些高山树线以上也有出现，称为高山苔原动物群。苔原地区夏季短暂，冬季严寒漫长，年均温在 0°C 以下，地下有永冻层。主要生长苔藓、地衣和矮小灌木。严酷的生态条件造成动物种类贫乏，缺少两栖类和爬行类。

苔原动物一般具有较高的繁殖力，如鸟类产卵数目较其它地区为多，旅鼠甚至在雪下也能繁殖。种类少而繁殖力强使苔原动物种群数量可以达到很大。由于这里气候条件严酷、生态系统脆弱，所以动物种群数量高而不稳定，呈现较明显的周期性波动。如雷鸟、雪兔、旅鼠及以它们为食的北极狐、雪鸮等，每隔 3—4 年或 9—10 年数量波动一次。苔原动物群的另一个显著特点是生命活动季节性十分明显。短暂的极昼夏天一过，鸟兽们或迁飞去南方或移入泰加林带，如候鸟和驯鹿等。但也有些动物通过改变体

毛颜色并营雪下生活而居留下来，如雷鸟、雪兔、北极狐等。

代表性动物：哺乳类有驯鹿(*Rangifer*)、北极狐(*Alopex lagopus*)、白鼬(*Mustela erminea*)、雪兔(*Lepus timidus*)、旅鼠(*Lemmus*)、麝牛(*Ovibos*)、北极熊(*Thalarctos*)。鸟类有雪鹀(*Nyctea candiaca*)、雪鹑(*Plectrophenax nivalis*)、滨鹑(*Calidris*)、雷鸟(*Lagopus*)、白额雁(*Anser albifrons*)等。

【荒漠动物群】适应于荒漠生活的动物群。分布地区有中国西北、蒙古、中亚、阿拉伯、北非撒哈拉、北美西部和澳大利亚中部等。这些地区气候炎热干燥，植被稀疏，多为散、丛生小半灌木、半灌木、肉质植物。有大片流沙或砾质荒漠（戈壁）。恶劣的食物、水源和隐蔽条件使动物种类和数量都很贫乏。哺乳类以啮齿目和有蹄类为主。鸟类很少，以地栖种类为主。爬行类以蜥蜴为主。缺乏两栖类。荒漠动物群引人注目的特点是对严酷生态环境的多方面适应方式。如对高温的适应表现为多数动物的夏眠和昼伏夜出性行为；对干旱条件的适应表现在可以从食物中取得水分而不依赖于饮水以及具有一系列减少水分损失的机制；对荒漠开阔景观的适应表现在穴居习性和善于奔跑习性的发达上。

代表性动物：哺乳类典型的有骆驼(*Camelus*)、阿拉伯大羚羊(*Oryx leucoryx*)、非洲野驴(*Equus hemionus*)、鹅喉羚(*Gazella subgutturosa*)、高鼻羚羊(*Saiga tartarica*)、虎鼬(*Vormela pereguska*)、沙狐(*Vulpes corsac*)、沙鼠(*Meriones*)及各种跳鼠、袋鼠(*Caloprymnus*)、草原犬鼠(*Cynomys*)等。鸟类中有沙鸡(*Pterocles*)、地鸦(*Podoces*)等。爬行类有沙蜥(*Phrynocephalus*)、麻蜥(*Eremias*)等。

【落叶林动物群】生活在温带落叶阔叶林地带的动物群。分布地区有北美大西洋沿岸、西欧中欧海洋性气候区以及亚洲东部季风区。这里四季分明，冬寒夏热，降雨集中。植物群落种类较丰富但优势现象明显。乔、灌、草、地被层结构分层明显。季节性变化显著，夏绿冬枯。动物种类比较丰富，优势种种群数量较大。种类组成混杂，具明显的过渡性。冬季针叶林动物群中大型哺乳类和鸟类多出现在该带，而夏季则许多南方种类可在此繁殖。这里丰富的草本和灌木为地栖动物提供了丰富的食物和隐蔽条件，所以地栖、穴居种类及数量都比热带森林多。营树栖、地栖及穴居的哺乳类以及在乔木层、灌木草本层生活的鸟类却各有其独特的适应特征。落叶林的季节性变化使动物种类的季节性变化很大。冬季大部分鸟类迁至南方，很多昆虫、啮齿类、爬行类则以冬眠形式渡过。

代表性动物中，哺乳类欧亚大陆有狍 (*Capreolus*)、野猪 (*Sus scrofa*)、獾 (*Meles*)、鼬 (*Mustela*)、狐 (*Vulp-es*)、姬鼠 (*Apodemus*) 等，亚洲东部有麝 (*Moschus*)、黑熊 (*Selenarctos*) 等，北美有浣熊 (*Procyon totor*)、臭鼬 (*Mephitis*) 等。鸟类中欧亚大陆广布的有椋鸟 (*Sturnus*)、杜鹃 (*Cuculus*)、黑枕绿啄木鸟 (*Picus canus*)、斑啄木鸟 (*Dendrocopos*)、灰喜鹊 (*Cyanopi-ca*)、大山雀 (*Parus major*) 等，亚洲东部有鸳鸯 (*Aix*)、丹顶鹤 (*Grus japonensis*)，北美有吐绶鸡 (*Meleagris*)。

【针叶林动物群】生活在北半球的针叶林地带内的动物群。分布地区包括北方苔原带以南、温带落叶林和草原以北的欧亚大陆及北美大陆的寒温带。这里冬季悠长寒冷，夏季湿润短促。针叶林树

种单调，群落结构简单，缺少灌丛及藤本植物。冬季积雪很深。由于生态条件较差且单调，动物种类贫乏，主要由耐寒和广适性种类组成，包括大部分苔原带动物冬季在此生活，如驯鹿、旅鼠、雪兔、北极狐、雷鸟等。动物以季节性迁徙或冬眠方式度过不利季节。由于种类少而种群数量大，天气条件及食物（如雪松果）丰欠的年际变化对动物种群数量有很大影响，存在一定的周期性变化。针叶树果实欠收时也会引起一些动物种大批迁徙。

代表性动物中，哺乳类有驼鹿（*Alces alces*）、马鹿（*Cervus elaphus*）、狼獾（*Gulo gulo*）、貂（*Martes*）、猞猁（*Lynx lynx*）、松鼠（*Sciurus*）、花鼠（*Eutamias*）和鼢鼠（*Clethrionomys*）等。鸟类有松鸡（*Tetrao urogallus*）、三趾啄木鸟（*Picoides tridactylus*）、交嘴雀（*Loxia*）、松鸦（*Garrulus*）、戴菊（*Regulus regulus*）等。两栖类仅有北美的雨蛙数量较多。

【草原动物群】生活于温带草原地带的动物群。主要分布在欧亚大陆和北美的温带，南美和非洲南部有小片分布。这些地区介于温带森林和荒漠之间，冬寒夏暖降水较少，不适宜乔木生长但草本植物生长旺盛。植被的季相变化明显。这里的动物种类比森林地带贫乏，但个体数量很多，并多营群居性生活。哺乳类中以草食性的啮齿目和有蹄类最为繁盛。昆虫的数量很多，以蝗虫、蚁、蜂、粪食尸食甲虫等最为常见。两栖类和爬行类则较为贫乏。由于开阔的草原缺乏隐蔽条件，为逃避天敌袭击，有蹄类发展了迅速奔跑的能力，啮齿类则具有很强的挖掘能力，二者都以群居生活为主。啮齿类的高繁殖力使其种群数量有很大的年际变化从而间接地影响以其为食的某些食肉类的数量。动物生活的另一个特点是季节性很明显。秋冬季候鸟南飞，啮齿类冬眠，有蹄类则长途迁

徙至雪少处觅食。

代表性动物：哺乳类中，欧亚大陆有黄羊（*Procapra gutturosa*）、高鼻羚羊（*Saiga tatarica*）、旱獭（*Marmota*）等，北美有美洲野牛（*Bison bison*）、叉角羚羊（*Antilocapra americana*）、美洲黄鼠（*Spermophilus*）等。鸟类中欧亚大陆有大鸨（*Otis tarda*）、云雀（*Alauda arvensis*）等，北美有草原榛鸡（*Tympanuchus cupido*）等。两栖类，欧亚大陆有花背蟾蜍，分布较广。

【稀树草原动物群】生活在热带稀树草原地区的动物群。主要分布在非洲东部、南美洲中部、澳大利亚东部和北部、亚洲的印度、缅甸以及中美洲的墨西哥等地。这里气候具有明显的旱季和雨季，植物生长也呈现出明显的季节变化，茂密的大型草本植物中稀疏地散生着旱生乔木。虽然动物群在种类组成上比热带雨林要贫乏，且两栖类很少，但草食性的大型兽类、小型啮齿类及昆虫不仅种类丰富而且数量极大。适应这里的开阔自然环境，动物群拥有众多善于奔跑且营集群生活的大型草食兽类（各种羚羊、角马等）以及穴居的啮齿类、爬行类和昆虫（白蚁等）。相应的肉食性动物也有类似特征。与热带雨林动物群相反，这里以地栖种类占绝对优势，甚至连仅有的几种灵长类也改为地栖生活，如非洲的狒狒和印度的猕猴等。动物生活的另一个显著特征是干湿季变化明显，动物群或迁至其他有水处（大型食草兽、食肉兽、鸟类）或以夏眠方式（昆虫、啮齿类、爬行类）渡过干旱季节。

代表性动物，非洲有长颈鹿（*Giraffa*）、非洲象（*Elephas africanus*）、犀（*Rhinoceros*）、河马（*Hippopotamus*）、斑马（*Equus zebra*）、各种羚羊（*Kobus*、*Ourebia*）等、狒狒（*Papio*）、狮（*Panthera*

leo)、斑鬣狗 (Crocuta)、鸵鸟 (Struthio) 等; 美洲有食蚁兽 (Myrmecophaga)、犰狳科 (Dasypodidae)、草原鹿 (Ozotoceros)、南美胡狼 (Dasicyon)、美洲鸵鸟 (Rhea americana) 等; 澳洲有袋熊 (Vombatas)、甲尾袋鼠 (Onychogalea)、鸸鹋 (Dromaius) 等。

【热带雨林动物群】生活在热带雨林地区的动物群。主要分布在东南亚、印度、非洲刚果河流域、中美洲及南美洲的亚马孙河流域。这里常年高温、多雨。植被种类繁多, 生长茂盛。由于乔木有多层树冠及层间林下藤本植物极为发育, 分层不明显。在这样优越和复杂多样的生态条件下, 动物种类十分丰富, 但每种动物个体数目又很少, 优势现象不明显。拥有大量的特有类群(科、属、种等) 以及变温动物(昆虫、两栖爬行类等) 也是其重要特征。由其气候和植被条件决定, 动物群季节变化不明显。在此生活的动物以树栖类型占绝对优势。地栖种少且体型也小。大多数动物在食性上高度特化, 并发展出许多适应树栖生活的特征如锐利的钩爪、拇指与其他手指的对握(灵长类)、能缠绕的尾(卷尾猴等)、能滑翔的肢间皮膜(鼯鼠等) 等。热带雨林动物还以鲜丽的体(毛) 色和奇怪的形状著称。

代表性动物, 美洲有卷尾猴 (Cebus)、蛛猴 (Ateles)、树懒 (Bradypus)、小食蚁兽 (Tamandua)、蜂鸟 (Trochilus)、麝雉 (Opisthocomus) 等; 非洲有大猩猩 (Gorilla)、黑猩猩 (Pan)、长尾鲛鲤 (Manis pentadactyla)、犳狓狓 (Okapia johnstoni)、倭河马 (Choeropsis)、太阳鸟等; 亚洲主要有猩猩 (Pongo)、长臂猿 (Hylobates)、蜂猴 (Nycticebus)、树鼩 (Tupaia)、猕猴 (Macaca)、大鼯鼠 (Petaurista)、绿孔雀 (Pavo muticus) 等; 澳

洲的袋貂 (Phacanger)、树袋熊 (Phos-colarcfos)、极乐鸟 (Paradisaea) 等。

【亚热带森林动物群】生活在亚热带森林地区的动物群。分布于南北半球热带雨林以南和以北的地区，包括中国东南部、美国和澳大利亚东南及西南部、地中海沿岸和非洲的西南部。这里夏季炎热冬季温凉，所以植被能常年保持青绿。但群落结构不如热带雨林复杂，层次比较清楚。动物种类比较丰富，仅次于热带。由于基本上未受第四纪冰川的影响而保留了一些古老的动物类群，如大熊猫、扬子鳄等。亚热带森林动物群最显著的特征是其种类组成有明显的过渡性，尤以中国东南部表现最为明显。由于缺乏地理障碍，在这里形成了热带与温带森林动物群的广泛过渡地带。根据分析，本带动物群多数种类与热带森林动物群共有，也混杂有一些温带森林动物。受季风的影响，亚热带森林的季相变化越北越明显，伴随着动物群的季相变化以及优势现象也比南方明显。

代表性动物中，亚洲东部有金丝猴 (*Rhinopithecus roxellanae*)、猕猴 (*Macaca numata*)、小麂 (*Muntiacus reevesi*)、毛冠鹿 (*Elaphodus cephalophus*)、穿山甲 (*Manis pentadactyla*)、红腹锦鸡 (*Chrysolophus pictus*)、画眉 (*Carrulax canorus*) 等。地中海地区有菊头蝠 (*Rhinolophus*)、石貂 (*Martes foina*)、棕熊 (*Ursus arctos*)、扁角鹿 (*Cervus vulgaris*) 等，北美有黑尾鹿 (*Odocoileus hemionus*)、东部林鼠 (*Neotoma floridana*)、象牙啄木鸟 (*Xiphorhynchus flavigaster*) 等。

【海洋动物群】生活于海洋中的动物总体。海洋占地球表面积的 71%，为一连续的水体。为动物提供了一个巨大的生存空间。据

统计现在已知生活在海洋中的动物，从单细胞原生动物到高等哺乳类鲸鱼，总计有 16—20 万种。由于海洋环境广大，所以动物的分布并不均匀。一般动物数量随海洋深度增加而减少，动物的种数随纬度增高而减少。海洋历史的古老使它所拥有的动物类群繁多。现有 37 个动物门中，海洋至少有 34 个门；现有 86 个纲中海洋拥有 73 个纲。但由于海洋环境的相对简单稳定，它所包含的种数并不很多（如昆虫纲在海洋中几乎没有），并且进化缓慢，因而保留有一些古老的物种类型，如舌形贝（*Lingula*）、新碟贝（*Neopilina*）、矛尾鱼（*Latimeria*）等。海洋动物根据其生活方式可以划分浮游动物、游泳动物和底栖动物三大类群。也可以按其生活环境划分为沿岸动物群、远洋动物群和深海动物群。

土 壤 地 理

【土壤】能够供生物生长和涵养水分的地球陆地的疏松表层，是构成土地的主要自然因素。也有人从地质学的角度把土壤看作地表的由岩石风化物形成的覆盖层。土壤学家认为土壤是一种独立的自然体，是在地方气候、地形、母质和生物的共同作用下经历一定的时间所形成的。土壤的本质特征是具有肥力，即能同时并持续地供给和调节植物生长所需要的水分、养分、空气和热量的能力。世界各地气候与生物群落的不同造成土壤性质的差异，形成不同的土壤类型，如湿润气候森林植被下的棕壤、红壤和砖红壤等，半干旱与干旱气候草原植被下的黑钙土、栗钙土和棕钙土等。

同时由于气候和生物的分布随纬度高低、距海远近和地势起伏呈现有规律的地理分布，各类型土壤的性状也呈现有规律的变化。

【成土过程】发生于土壤中，并决定土壤组成与性质的一切物理、化学和生物现象的总和。它包括一系列互不相同甚至方向相反的过程与反应，这些过程与反应有些可能同时存在，有些则相继进行。例如某些矿物质和有机质的分解与合成、淋溶与淀积等方向相反的过程可能同时存在，而土壤表面植物与动物残体的残落堆积作用与其腐殖质化作用则是相继进行的。现存的一切土壤都是多种成土过程共同作用的产物，而对每一种土壤类型来说，都有一种起主导作用的成土过程对该类土壤的形成与性状起决定作用。例如灰化土中的灰化过程、砖红壤中的富铝化过程、白浆土中的白浆化过程和黑钙土中的腐殖质化过程等，分别是这些土壤的主导成土过程。

【土壤分类】通过对比和归纳，把发生上和属性上相同或相异的土壤归并在一起或区分开来，构成一个由不同分类单元组成的、往往是多等级的系统，就是土壤分类。近代土壤分类只有百余年的历史，目前国际上尚无一致公认的土壤分类原则和系统。现在流行的土壤分类大体上可归纳为两大学派：以原苏联为代表的发生学土壤分类和以美国为代表的土壤系统分类。发生学土壤分类以土壤发生特征与环境相统一的原理作为其分类的基本原则，根据土壤形成条件（地理环境）、成土过程（土壤发生）和土壤属性（包括土壤的形态、物理学、化学、矿物学等特征）进行分类，因此又称为土壤地理发生分类。该学派内有部分学者更着重土壤的多元发生和土壤的历史演化，并据此进行土壤分类，称为土壤历

史发生分类。土壤系统分类主要根据诊断土层和土壤的诊断特性进行分类。从本质上看,诊断土层和诊断特性都是成土过程的外部反映,因此诊断学土壤系统分类也遵循发生学的原理,但诊断层和诊断特征更便于量化,有利于土壤分类从定性向定量发展。该方案于 1975 年正式公布以来在世界上引起强烈反响,迄今已有 80 多个国家以此作为本国的第一或第二分类。中国近代土壤分类属于发生学分类,自 20 世纪 30 年代开始,几经修改渐趋成熟。80 年代以来转向系统分类的研究,并于 1991 年发表了“中国土壤系统分类(首次方案)”,标志着中国土壤分类进入了量化的新阶段。

【森林土壤】泛指湿润和半湿润地带森林植被下所发育的土壤,在世界上分布极其广泛,从寒带到赤道均有其分布,包括高纬和中纬地带的灰化土、暗棕壤、灰黑土、棕壤、褐土和灰褐土等,以及低纬地带的黄棕壤、红壤、黄壤、赤红壤、砖红壤和燥红土等。森林地带气候湿润,土壤一般遭受较强的淋溶作用,盐基物质存留较少,土壤一般呈酸性反应,盐基饱和度较低,剖面中一般有明显的淀积层发育。同时,土壤有机质大多以枯枝落叶的形式从土表进入土壤中,因此,表土腐殖质含量较高,但向下则急剧减少。

【草原土壤】泛指草原植被下发育的土壤,广泛分布于温带、暖温带和热带内陆地区,包括黑钙土、栗钙土、棕钙土、灰钙土、黑土、黑垆土和黑棉土等。其中黑钙土和栗钙土为最典型的草原土壤,它们分别发育于温带草甸草原和干草原下;棕钙土是向荒漠过渡的土壤;灰钙土是山前地带黄土母质上的暖温性荒漠草原土

壤；黑土是向森林地带过渡的土壤；黑垆土是受人类耕作强烈影响的暖温带草原土壤；黑棉土则是热带萨瓦纳（稀树草原）下的暗色土壤。草原土壤的有机质是以草本根系的形式进入土壤的，剖面上部有一个较深厚的腐殖质层。同时，由于淋溶作用较弱，剖面中一般有明显的钙积层存在。上部的腐殖质层和下部的钙积层构成草原土壤的“两层性”。

【荒漠土壤】 分布于温带、亚热带和热带荒漠地区的地带性土壤。在中国，包括温带荒漠的灰棕漠土、暖温带荒漠的棕漠土和温带荒漠与半荒漠地带过渡的灰漠土。在干旱气候影响下，化学风化作用与生物过程均较微弱，土层均较浅薄、多石砾、质地粗糙，腐殖质含量低，具强烈的石灰反应，并常有石膏和盐分聚积，有时形成盐磐。

【高山土壤】 高山和高原地区森林线以上无林地带的土壤，在中国主要分布在青藏高原和西北地区。这类土壤的形成主要受低温的影响，表现出土壤发育的幼年性，矿物质化学风化程度低、土壤质地粗、含石砾多、土层薄和淋溶作用弱为其特点。同时土壤表层的草本植物根系在低温下分解缓慢，常按原形积累，交错盘结，形成毡状的草皮层。高山草甸土在季节性冻结的过程中，由于冻胀力的作用，常形成多边形土、石环、石带、石条和石网等地面形态。中国的高山土壤现划分为 7 个土类，即高山草甸土、亚高山草甸土、高山草原土、亚高山草原土、高山漠土、亚高山漠土和寒冻土。

【灰化土】 北半球寒温带针叶林（泰加林）和针阔混交林下的一种

酸性土壤。在低温潮湿的水热条件与酸性腐殖质的作用下，土壤剖面上部有一个灰白色富含二氧化硅的灰化层，下部有一个比较坚实的红棕色灰化淋淀层，这是土壤发育中灰化过程的结果。这类土壤一般酸性强、结构差、养分含量低，多用于林业生产。中国东北大兴安岭北部地区和青藏高原边缘山地垂直带中有灰化土类型的土壤，曾命名为棕色泰加林土、棕色针叶林土和森林潜育土，现在称为漂灰土。

【棕壤】又称棕色森林土。中纬度暖温带湿润地区落叶阔叶林（或有少量针叶树混交）下发育的地带性土壤。分布于欧洲、北美和亚洲东部。在中国主要分布在辽东半岛和山东半岛，在距海较远的华北山地、鲁中山地、秦岭山地以及西南和南方山地垂直带上也有分布。棕壤地表有枯枝落叶层，下面为富含有机质的表土层和粘化的淀积层，呈棕色或黄棕色，因此得名。肥力较高，表土腐殖质含量可达 2—9%，呈微酸性反应，盐基饱和度为 50—90%，无石灰性反应。这类土壤宜于发展苹果、梨和枣等果树，也宜种植小麦、玉米、花生、芝麻和大豆等农作物。

【褐土】又称褐色森林土。中纬度暖温带近海地区干旱森林和森林草原下发育的地带性土壤。分布在地中海沿岸和黑海周围等地。中国褐土主要分布在华北平原及其边缘的低山、丘陵，以及汾河谷地、关中盆地等处。在水平分布上位于棕壤地带以西，在垂直分布上位于山地棕壤带之下。褐土全剖面以褐色为主，层次分异不甚明显，但中部有质地稍粘重的粘化层，呈核状或块状结构。表层是灰褐色的腐殖质层，有机质含量可达 3—8%，中至微碱性反应。剖面下部可有钙积层存在。这类土壤比较肥沃，适于发展农

业。关中地区黄土母质上的褐土经长期耕种形成了一种高度熟化的土壤，当地称之为壤土。

【黄壤】湿润生物气候条件下形成的地带性土壤，广泛分布在亚热带和热带中等高度的山地。黄壤的水平分布与红壤属同一纬度，水湿条件较红壤高，热量条件则略低。在山地垂直带谱中，黄壤分布在山地红壤或山地砖红壤之上，山地黄棕壤之下。植被主要为亚热带常绿阔叶林、常绿落叶阔叶混交林。黄壤的成土过程中富铝化作用较弱，氧化铁强烈的水化作用使土壤呈黄色。粘土矿物以蛭石为主，高岭石、水云母次之，并含有较多的长石、石英等原生矿物。氧化铁主要以针铁矿和褐铁矿形态存在。黄壤全剖面质地粘重，有机质含量较高，在 5—10% 之间。土壤反应为酸性到强酸性，盐基含量少，盐基饱和度为 5—20% 之间，阳离子交换量为 10—20 毫克当量/100 克土，粘粒部分硅铝率为 2.3—2.7 之间，硅铝铁率 2.0—2.3 之间。中国黄壤通常分为黄壤和受局部地形植被影响而发育的表潜黄壤、灰化黄壤三个亚类。

【红壤】发育于亚热带干湿季节比较明显的地区和排水比较良好地形部位上的地带性土壤。中国主要分布在长江以南的低山丘陵区，包括江西、湖南两省大部分，云南、广东、广西、福建等省区北部、及四川、贵州、安徽、浙江等省南部。红壤原生植被为亚热带常绿阔叶林，但中国红壤自然植被大都被破坏，农业利用率高，水土流失亦较严重。红壤的形成是富铝化和生物富集两个过程长期作用的结果。红壤土体呈均匀红色，土壤有机质含量与利用状况关系密切，林下红壤一般为 5%—6%；草地红壤 1—2%；荒地红壤为 1% 左右。土壤反应呈酸性，盐基大部分淋失，阳离子交换

量为 5—11 毫克当量/100 克土，粘粒部分硅铝率为 2.0—2.5，硅铝铁率为 1.7—1.9，粘土矿物主要为高岭石，有时有水云母。红壤可分为红壤、黄红壤、暗红壤、褐红壤四个亚类。

【砖红壤】发育于热带湿润地区的森林土壤，在中国土壤系统分类（初步方案，1991）中属铁铝土纲，相当于联合国粮农组织土壤分类的典型铁铝土和美国土壤分类中的氧化土。在高温多雨的气候条件下，矿物质彻底风化并遭强烈淋溶，发生脱硅和富铁铝作用，铁铝氧化物脱水后使土层染上特有的砖红色。由于土体中粘土含量高，脱水干燥后具有很高的强度，可用作砌墙的材料，故有砖红壤之名。位处砖红壤地区的马六甲城过去有很多房屋就是用砖红壤砌块建造的。这种土壤上常生长着热带雨林，生长十分旺盛，每年从土壤中吸收大量营养元素，而又以残落物的形式归还给土壤，使营养元素保持在生物循环之中，土壤中所含养分并不很丰富。因此，森林破坏后不易恢复，易致水土流失，形成砖红壤硬壳，有些地方最后形成热带荒漠景观。

【黑钙土】温带大陆性气候和草原植被下发育的土壤，广泛分布于欧亚大陆，自东欧一直延伸至中国东部，北美的美国中部亦有呈南北带状分布。中国主要分布在东北大兴安岭东西两侧及松嫩平原地区，向西延伸至阴山山地垂直带谱中，在新疆、甘肃的山地中亦有分布。中国黑钙土地区属于温带半湿润或半干旱气候，自然植被为草原和草甸草原，以旱生菊科蒿类和禾本科为主。黑钙土的成土过程具有明显的腐殖质累积和钙化过程。黑色腐殖质层厚约 30—50 厘米，有机质含量多在 5—8% 之间，阳离子代换量高；其下是由于腐殖质淋溶作用而形成舌状灰棕色过渡层，钙积

层多出现在 50—90 厘米处，土壤反应表层为中性，以后向下逐步过渡到碱性。黑钙土可分为淋溶黑钙土、普通黑钙土、碳酸盐黑钙土、草甸黑钙土四个亚类。黑钙土区一般都适合于农、林、牧业的全面发展。

【栗钙土】形成于温带半干旱草原环境的一种土壤，主要分布在欧亚和北美大陆的温带半干旱和干旱草原地区。中国主要分布在内蒙古高原东南部，呼伦贝尔西部，大兴安岭东南麓，新疆、青海、甘肃等省的山地垂直带谱中亦有分布。栗钙土的植被为旱生多年生草类组成，以禾本科为主，其次为走茎和根茎的草类，草原灌木、半灌木亦占相当比重。由于半干旱气候条件，栗钙土的腐殖质化过程比黑钙土弱，钙化过程则增强。栗钙土腐殖质层为栗色，厚 25—45 厘米之间，有机质含量多为 1.9—3.8% 之间。土壤阳离子交换量不高，土壤反应呈弱碱性至碱性，并随深度增加而增加。栗钙土分为暗栗钙土、栗钙土、淡栗钙土和草甸栗钙土四个亚类。栗钙土是农、牧并重的地区。

【棕钙土】由温带草原向荒漠过渡的一种地带性土壤，主要分布在温带荒漠边缘地带，其中以欧亚大陆荒漠草原地带的面积最大，中国主要分布在内蒙古高原和鄂尔多斯高原中西部。新疆准噶尔盆地的两河流域及天山北坡山前洪积扇上部，在西部和北部山地垂直带上亦有分布。棕钙土区自然植被包括荒漠化草原和草原化荒漠，蒿属和针茅属是植被的主要组成成分。棕钙土成土过程中物理风化作用强，化学、生物风化作用弱。土壤腐殖质累积弱，质地多为轻壤、砂壤质，并含有砾石。土壤淋溶作用弱，大部分易溶盐未从土体中淋出，钙化过程十分强，一般土壤表层有石灰反

应，钙积层位置高，并伴有盐化、碱化、石膏化作用。棕钙土土层薄，有机质含量为 1.0—2.0%。棕钙土一般分为棕钙土、淡棕钙土和草甸棕钙土三个亚类。棕钙土主要为天然牧场，或有适当发展的灌溉农业。

【灰漠土】由温带漠地向半荒漠地带过渡的土壤类型。主要分布在新疆准噶尔盆地南部，天山北麓山前倾斜平原与古老的冲积平原上。在甘肃、宁夏、内蒙古亦有小面积分布。灰漠土地带年降雨量为 100—200 毫米之间，植被属旱生、超旱生小半灌木和灌木的荒漠类型，植被覆盖度一般在 10% 左右，并间有地衣、藻类形成的结皮。灰漠土表层有机质含量约为 1.2%，腐殖质多与矿物质紧密结合，不含活性胡敏酸。表层土有微弱的石灰淋溶，在 10—50 厘米土体中形成聚积层，并在 100 厘米以下有第二个聚积层。中国灰漠土中石膏含量从东部向西部增加。灰漠土常伴有明显的盐化作用和碱化现象。中国灰漠土可分为灰漠土、龟裂灰漠土、盐化灰漠土和碱化灰漠土四个亚类。

【棕漠土】中国暖温带半灌木—灌木荒漠中发育的特殊土壤，一般与石质荒漠或戈壁相适应，与北部非洲的石漠相似，但干旱程度更强，土壤中出现世界荒漠土壤中罕见的氯化物盐磐层。棕漠土主要分布在河西走廊的最西部和新疆的南部与东部，即塔里木盆地、吐鲁番盆地、哈密盆地及噶顺戈壁等地。这些地方夏季极其炎热干旱。棕漠土植被属于典型亚洲中部半灌木——灌木荒漠类型，覆盖度约 1%。棕漠土成土过程生物作用影响较小，主要是强烈的钙化和盐渍化过程，铁质化过程亦很典型和强烈。棕漠土的地表为成片的黑色石砾，全剖面由砾石和碎石组成。棕漠土的有

机质含量极低，碳酸钙集中于表层，向下显著减少，石膏从表层开始聚积。棕漠土分为棕漠土、石膏棕漠土、石膏盐磐棕漠土三个亚类。

【盐土】土壤中易溶盐含量达到危害作物生长程度的土壤，通常以易溶盐含量达到 0.1% 为标准。含盐量 0.1—1.0% 者称为盐渍化土壤，>1.0% 者为典型盐土。盐土主要分布在世界各大洲内陆干旱和半干旱区，常呈宽条带状或斑块状分布在其它土壤中，在滨海地区亦有较大面积分布。中国华北、东北、西北和东南沿海均有分布。盐土的形成过程是盐分不断累积的过程，可以在自然条件或人为影响下发生，并与地下水位、降雨和蒸发、植物等因素有关。盐土剖面分异和土壤结构不明显，土体中常有盐霜、盐结皮。盐土天然植被少，仅生长耐盐植物。土壤腐殖质含量低，土壤反应近于中性到碱性。盐土农业利用困难，干旱、半干旱地区水利建设和农业开发中尤其要注意防止次生盐渍化。盐土分类方法有多种，一般按盐土形态或盐分来源与土壤其他特点进行划分。

【碱土】土壤中交换性钠离子占阳离子交换量的百分数即所谓碱化度超过 20% 的土壤。碱土中也含有较多量的易溶盐，但以 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 较多，其他盐类较少。而且剖面上部含易溶盐少（俄文碱土为 COAOHeu 及其英译 Solonetz 意为无盐），底部含易溶盐较多，这些特点有别于盐土。碱土分布于干旱与半干旱地区。碱土的起源有两种学说，一种是盖德罗伊茨的碱土起源于盐土的理论，另一种是威廉斯的碱土形成不经过盐土阶段的理论。碱土从上到下可分为淋溶层、淀积层和盐类聚积层。淀积层又叫碱化层，具有发达的柱状结构。土壤反应为强碱性，土壤通气、透水等物

理性质差，给农业利用和改良带来极大困难。碱土通常分为草甸碱土、草原碱土和龟裂碱土三个亚类。

【有机土】美国土壤系统分类中的一个土纲，其主要诊断特征为表层 40 厘米内有机质含量超过 30%，这些有机质主要是植物和动物的残体及其分解产物。有机土主要存在于温带内陆与沿海地区，但只要有足够的水分，它同样出现于赤道地区、北方冻原乃至荒漠地区。全世界有机土总面积约 130 万平方公里，即占陆地面积的 1%。其中前苏联占总数的 61%，芬兰 11%，美国（包括阿拉斯加和夏威夷）10%，加拿大 8%，瑞典 3%，爱尔兰 2.5%。有机土相当于传统分类中的沼泽土。

【新成土】美国土壤系统分类中的一个土纲。以不存在明显的诊断层为其主要特征。它是一种弱度发育的土壤，其母质决定了它的主要性质。这种土壤常见于年轻的冲积物上、硬岩上、泞湿的沼泽和潟湖沉积物上，以及被人类活动混合过的土地上。由于下述原因使土壤发育受阻：发育时间短，过湿或过干的水分状况，母质抗风化能力特强（如石英岩）。它有时可具有弱发育的淡色、漂白或泥炭质表层以及人为活动形成的表层。有人把新成土视作土壤与非土壤之间的中间体。中国土壤分类中的潮土和紫色土即属新成土，它们在农业生产中占有相当重要的地位。

【始成土】美国土壤系统分类中的一个土纲。是一种弱度发育的矿质土壤，广泛分布于湿润地区，其发育程度高于新成土。土壤矿物质发生了一定的变化和移动，但未表现为明显的淋溶与淀积作用。常具有暗色表层、淡色表层或生草表层，下面可能有雏形层、

钙积层、石化钙积层、薄的铁磐层、硬磐或脆磐，但没有粘化层、灰化淀积层、氧化层或碱化层。该土纲不具有干旱的水分状况，每年有一半时间或在暖季连续 3 个月可给植物供水。它包括传统分类中的棕色森林土、酸性棕壤、腐殖质潜育土、酸性湿草原土和某些石质土和粗骨土。

【变性土】美国土壤系统分类中的一个土纲，相当于传统分类中的热带腐殖质黑粘土。是一种质地粘重，湿时膨胀、干时收缩的暗色土壤。其主要诊断特征是各层粘粒含量均超过 30%，干燥时出现深度达 50 厘米的裂缝，宽约 3—5 厘米甚至达 10 厘米。在风、雨和动物活动影响下表土落入裂隙深处，年复一年，土体上下掺合。这种特性被称为自吞作用。这种作用使土壤分层不明显，各土层腐殖质含量差别不大。这类土壤的颜色暗黑，但腐殖质含量不高，通常只有 1% 左右。其暗黑的颜色与其矿物组成（蒙脱组矿物）和腐殖质组成（稳定的胡敏酸与富里酸）有关。变性土广泛分布于除南极洲以外的各大陆，主要在南、北纬 45° 之间，总面积达 235 万平方公里。在澳洲、印度德干高原、非洲和美洲均有较大面积的连片分布。

【旱成土】又译干旱土。美国土壤系统分类中的一个土纲。包括传统分类中的荒漠土、红色荒漠土、灰钙土、某些棕钙土和红棕钙土以及有关的碱土。这类土壤广泛地分布于干旱区，总面积约占世界陆地面积的 18.3%。较集中地分布于北非、中东和中亚，包括中国的西北地区，其次为澳洲的西部和中部，此外北美西部，拉丁美洲南部和非洲南部也有较大面积的分布。旱成土的主要诊断特征是一年中 有 50% 以上的时间干旱，并且无松软表层，但常具

有下述层次中的部分或全部：结皮层、砾幕、雏形层、粘化层和碱化层、钙化层、硬磐、石膏层和盐化层。

【淋溶土】美国土壤系统分类中的一个土纲，主要分布于温带，但在热带和亚热带也有广泛分布，总共占陆地面积的 13%。其主要诊断特征为具有淀积粘化层、高岭层或碱化层。它包括传统分类中的灰化棕壤、灰色森林土、非石灰性棕壤、退化黑钙土、某些粘磐土和半沼泽土。其自然肥力较高，又处于湿润和半湿润地区，且耕性良好，故已大多被开垦为农田。

【老成土】美国土壤系统分类中的一个土纲，广泛发育于温暖湿润地区未受大陆冰川作用的母质上。如同其名称所表明的那样，这类土壤所发育的母质和景观都比较古老，典型老成土剖面深厚，常达 1 米以上，下伏厚度 3 米以上的残积层。土壤呈酸性反应，尤以发育于含盐基较少的硅质结晶岩和沉积物母质上者最为典型，而在同一地区镁铁质母质上则易发育为淋溶土。老成土主要分布在亚热带和热带地区，森林和萨瓦纳植被下均有分布，在传统分类中称为灰化红黄壤，红棕色砖红壤性土，有关的粘磐土和部分的半沼泽土。

【氧化土】美国土壤系统分类中的一个土纲，相当于传统分类中的砖红壤和砖红壤性土。其主要诊断特征是 1.5 米土层内具有氧化层但无高岭层，或 18 厘米表土中粘粒含量 $\geq 40\%$ 并在 1.5 米土层内具有高岭层。氧化层和高岭层均属高度风化的土层，可风化的矿物含量 $< 10\%$ ，但高岭层风化程度更深，其粘粒含量比相邻土层高出 20%，形成明显的质地界线。根据这个标准，原来砖红壤

和砖红壤性土中无氧化层的土壤不能归入氧化土纲，可能归入老成土、淋溶土甚至始成土纲中。

【软土】美国土壤系统分类中的一个土纲。广泛分布于中纬度草原和高草草原（即湿草原）地区，相当于传统分类中的黑钙土、栗钙土、部分棕钙土、黑土、湿草原土、黑色石灰土、棕色森林土和部分碱土。软土的诊断特征是具有一个松软表层，或心土层的盐基饱和度 $\geq 50\%$ （醋酸铵法）。表下层可能有漂白层、粘化层、钙积层、雏形层、硬磐、石化钙积层或石膏层。软土表层腐殖质含量高、颜色暗黑、结构良好，是一种肥沃的土壤。

【灰土】美国土壤系统分类中的一个土纲，相当于传统分类中的灰化土。但它们的诊断特征有所不同：灰化土以土壤表层或亚表层中存在漂白的灰化层为分类依据，灰土则以灰化层下面暗色（如红棕色）的有腐殖质和三氧化物淀积的灰化淀积层作为诊断层。而且，灰化土主要分布于寒温带针叶林（泰加林）下，而灰土广泛地发育在不同地带的针叶林、落叶阔叶林（栎树、水青冈、桦、杨等）、欧石南、高山禾草与苔草、热带雨林、萨瓦纳以及棕榈等植被下。但灰土所占的总面积并不很大，只占陆地总面积的4.2%。分布在英伦列岛北部、斯堪的那维亚、前苏联、阿拉斯加、加拿大至北美五大湖地区和哈得逊湾、南美的安第斯山和火地岛、非洲的安哥拉和赞比亚、澳大利亚和新西兰、西欧以及马来西亚等地。

【火山灰土】美国土壤系统分类中新设立的一个土纲。原属于始成土中的火山灰始成土亚纲。如同其名称所表明的那样，它主要发

育在火山灰母质上，其主要诊断特征是有一个累加厚度 ≥ 35 厘米具有火山灰土性质的亚层（无论是否埋藏）而无漂白层存在。这类土壤散布于世界各地，从北方的冰岛至南半球的智利均有其分布，在环太平洋的火山带上更为常见。它大多分布在火山山坡上，但火山灰也可随风降落在低平的地形上，或因流水作用而沉积在泛滥平原上。火山灰土常具有较高的肥力，在气候适宜的地区常可支持高密度的人口。

【土壤资源】具有农、林、牧业生产力和其他利用价值的各种土壤的总称，是人类生存最基本、最广泛、最重要的自然资源，也是陆地生态系统的重要组成部分。土壤与生态系统的其他组分、尤其是与生物不断地进行着物质、能量与信息的交换，处于动态平衡的状态。在现有土壤的下层和新出现的成土母质（如火山灰和冲积物以及被侵蚀的土壤）上，都在活跃地进行着成土过程。因此，土壤资源被看作是一种可更新的自然资源。但实际上土壤形成过程是非常缓慢的，一寸土层的形成，在不同的母质上往往需要百年、千年乃至万年的时间。肥沃的土层一旦流失，需要很长的时间方能恢复。所以，从实践的意义上看，它和许多矿物资源一样是不可更新的。就其肥力而言，全世界土壤资源中质量较低的所占比重很大。在约 30 亿公顷可耕地中，肥力高者仅占 20%，肥力低者约占 50%。后者常存在旱涝障碍、侵蚀危害、盐渍化、养分亏缺，以及酸化、沙化和土壤污染等问题。土壤资源和土地资源是相互联系而在涵义上又有区别的两个概念。前者着重考虑土壤的类型、性状、肥力水平和利用改良的方向和措施等，后者则除了要考虑土壤这个自然要素外，还要全面综合地考虑气候、地形、地表水与水文地质情况和植被，以及有关的社会经济因素。

【土壤区划】对一个区域内的土壤的地理分区。其目的主要是为农业生产建设服务，用以因地制宜地配置农、林、牧业，合理安排生产过程和有针对性地进行土壤改良。对于充分利用土地资源，发挥土壤生产潜力和保护土壤，具有重要意义。它还是农业区划与自然区划的重要基础，而且三者之间具有很大的一致性。土壤区划是一地区土壤研究成果的总结，要在全面地认识该地区土壤的发生、特性、生产力、分类和分布的基础上才能进行。在进行区划的时候往往又发现实际资料 and 理论问题的空白点，从而提出新的课题与新的概念，促进土壤科学的发展。中国近代的土壤区划工作始于 20 世纪 40 年代，50 年代末首次作出了全国性的土壤区划，采用多等级区划系统：第一级为土壤生物气候地区，第二级为土壤地带，第三级为土壤省，第四级为土区，第五级为土组，第六级为土片。在第一级之上还分出土壤生物气候带，不作为正式级别，称为 0 级，属于参考级别。因此，实际上共有 7 级。在此基础上，20 世纪 70 年代和 80 年代又陆续提出新的区划方案，即 8 大区分区制与 4 大区分区制。前者是中国科学院《中国自然地理》编辑委员会于 1977 年提出的，将全国分为 8 个大区（一级）、42 个地区（二级）和 135 个土区（三级）。后者为席承藩于 1982 年所提出，将全国分为 4 个土壤区域（一级）、14 个土壤带（二级）和 60 个土区（三级）。这两个土壤区划未进行更低等级的划分，但有些省和县已在较低级土壤区划工作中取得了进展。

【土被】全球或某一地区土壤的总体。任何一个地区，由于地形、母质、植被和水文条件的分异，常有不同分类单元的土壤在空间组合上构成一定的格局，这种格局称为土被结构。其中各分类单

元在发生和形成因素上有不同程度的相关性，在地理分布上表现为多种空间上的重复，或呈一定顺序的交替出现。在测制大比例尺土壤图时，可用土被结构作为制图单元，这种图称为土被结构图。土被结构的最基层单元是单元土区，即内部不能再分割、具有一定几何形状的土壤形成物。土被结构具有多种形状，如树枝状、均称斑点状、线状、条纹状、扇状、镶嵌状等。土被结构的研究尚在迅速发展之中，许多概念与术语尚未统一。中国土壤学家在土被结构中已作出了有益的尝试，编制了一些地区的土被结构图，如毛乌素沙地土被结构图和长江三峡地区的土被结构图，后者是用遥感资料直接编成的。

【土壤组合】在不大的地域内，由于受中地形的影响，两种或两种以上的土壤交错分布的格局。类似的格局在类似的中地形范围内可重复出现。由于制图比尺较小难以将这几类土壤分开，或因制图的目的不宜将它们分开，即以土壤组合作为制图单元。如在中国大兴安岭东麓，自丘陵或低山顶部到谷底，常依次出现暗棕壤、白浆土、黑土、沼泽化黑土、草甸沼泽土和沼泽土等。土壤组合常有三种形式：（1）树枝形组合，多见于高原与低山、丘陵地区的沟谷上下；（2）扇形土壤组合，多见于山前和冲积平原的扇形地上；（3）盆形土壤组合，多见于内陆低地的湖泊周围。

【土壤复区】又称土壤复域。在小的地域范围内，因微地形的影响，二种或多种土壤交错分布的格局。通常按比尺的要求，难以将这些土壤分开制图，因而将复区作为一个制图单元。土壤复区有些是天然的，也有许多是人为造成的。前者如天然的小丘、平地 and 浅洼地相间分布而造成几种土壤交错或镶嵌分布。后者往往由于

耕种整地所造成，常见者有：（1）梯田式土壤复区，如长江中下游地区，从小丘顶到沟底依次修建岗地、塍田与冲田，相应地出现黄刚土、小粉土和马肝土或青泥土复区；（2）棋盘式土壤复域，常因平原地区的林网化与园田化所造成；（3）框式土壤复区，如珠江三角洲的基塘（如桑基鱼塘）土壤；（4）垛式土壤复区，如苏北里下河地区的垛田或条田土壤。

【土链】几种土壤沿微地形从高向低呈有规律的分布，其横断面就象悬挂在两个小丘之间的链条。1935年英国的米尔恩称之为土链，可用作分类和制图的单位。如把土链从中间断开，则半条土链就可对称地反映出另一半的情况。米尔恩认为土链可发育于不同的母质之上；也有人认为土链一般应发育于同一矿质母质上，不过土链的最低处允许有机母质的存在（T. 布什内尔，1942）。土链概念的使用往往与剖面中有潜水面出现的土壤景观有关，因此在描述土链中各类土壤的特性时常使用“排水良好”、“排水不畅”和“排水不良”等词语来表示有关土壤剖面中潜水位的高低。因此，土链中各种土壤的特性与其在景观中所处的位置有关。

【土壤侵蚀】土壤或土体在外营力（水力、风力、重力和冻融作用等）作用下被冲刷、剥蚀、吹蚀，以及其被搬运和沉积的全过程。按其动力的不同通常分为水蚀（片蚀、沟蚀）、风蚀（滑动、跳跃、飞扬）和重力侵蚀（滑塌、崩塌、泻溜等）三种类型。土壤侵蚀可因天然的原因产生，称为自然侵蚀。如暴雨、山洪、林火等均可造成土壤侵蚀。自然侵蚀所造成土壤流失入海的数量每年约为93亿吨。在人类活动影响下，特别是破坏坡地植被使土壤侵蚀速度加速，称为加速侵蚀，亦即一般所称的土壤侵蚀，现在每年由

河流输入海洋的物质数量约为 240 亿吨,此即加速侵蚀的结果。土壤侵蚀防治的基本原则是合理利用土壤资源,注意土壤保护,生物措施与工程措施相结合。但是,上述措施必须和整个社会的经济建设相结合方能奏效。没有经济的繁荣,土壤侵蚀防治往往难以取得成功。

【土壤退化】由于天然或人为的原因,使地形、植被、母质和气候等成土因素发生不利的变化,进而导致土壤物理、化学和生物性质变劣的综合表现。如土壤有机质含量下降、土壤结构破坏、营养元素亏缺、土壤侵蚀、土层变浅、板结、盐渍化、酸化和沙化等,均属土壤退化的表现。其中有机质含量下降可以作为土壤退化的重要标志,因为它与上述多种表现相联系。联合国粮农组织把土壤退化的十种原因归为三大类。第一类是影响严重、需立即采取措施的,包括:(1)土壤侵蚀;(2)盐碱积累;(3)有机废弃物污染;(4)传染性微生物与昆虫滋生。第二类是其影响范围、强度或增长速度小于第一类的,包括:(5)工业三废污染;(6)放射性污染;(7)重金属污染;(8)农药污染。第三类是影响较小和较局部的,包括:(9)过度施肥;(10)洗涤剂污染。由此可见,土壤污染也是造成土壤退化的重要原因。

【古土壤】地质历史时期所形成并残存下来的土壤。多形成于第四纪各个时期以及第三纪末期。其成土因素有别于现代,使古土壤的特性与现代成土条件不尽相符而具有残余的性质。它们具有埋藏或非埋藏的表面。埋藏的古土壤上面常覆盖着一些地质形成物,如火山灰、熔岩、黄土、崩积物、冲积物和风积物等;非埋藏的古土壤则多因成土因素的变化而形成,如气候的变化,地形的发

育，或新构造运动等因素改变了原有的成土条件，现代土壤已朝别的方向发育，而古土壤则仍残存着原有的特性。根据上述特征，可将古土壤分为埋藏土与残余土（或称残遗土）两大类。埋藏土中有的埋藏较深，发生石化作用，称为化石土；相反，有的埋藏土上面的覆盖层因受侵蚀而再次暴露于地表，称为裸露埋藏土。对古土壤的研究有助于重建古地理环境和了解土壤的发生和演变，在古土壤研究中除了要使用一般的理化分析法外，还常使用孢粉分析与 ^{14}C 定年等现代分析手段。

化 学 地 理

【地球化学景观】化学组成有共同特点、化学地理过程在时间和空间上将各个组成部分联成有机整体的特定区域。地球化学景观是组成自然景观的一个重要方面，它着重分析景观的化学组成，元素和化合物的迁移转化特点以及各个组成部分之间的地球化学联系。单元景观是最基本的景观单元，根据化学元素迁移特性可划出3种基本型：残积景观、水上景观和水下景观，前者又称自成景观，后二者合称从属景观。自成景观和从属景观间具有地球化学的共轭性，并呈有规律的组合，自成景观在物质组成等特征上的变化，常引起相应从属景观的变化，二者既有联系，又有一定差别。地球化学景观又可分为非生源景观与生源景观，非生源景观只有物质和能量的物理化学迁移转化过程，缺少物质和能量的生物迁移转化过程。生源景观除有物质和能量的物理化学迁移转

化过程之外，还有物质和能量的生物迁移转化过程。前者如永久积雪景观，后者如草原景观、森林景观等。

【化学径流】化学物质在径流携带下的迁移。在水文学中，称为离子径流。化学径流量指的是某时段通过某水断面的化学物质的数量，它受到物理过程和生物过程的综合影响。地质和气候条件是决定化学径流的主导因素，土壤、植被、河道及流域特征等是次一级的影响因素。不同的化学物质在径流中的迁移形式也不同，易溶盐类通常以极不饱和的离子溶液形式迁移，较难溶的钙、镁的碳酸盐、二氧化硅及有机质大部分以溶液形式迁移，小部分以悬浮物形式迁移，难溶的铁、锰等则主要以悬浮物形式迁移。

【景观标型元素】在景观中迁移转化并决定着景观许多重要地球化学特征和其它元素迁移条件的化学元素。又称标志元素。它是反映景观地球化学性质的重要指标，也是进行地球化学景观分类和区划的重要依据。景观标型元素的离子或化合物称为标型离子或标型化合物，最重要的标型元素和离子有 H 、 Ca^{2+} 、 Na^{+} 、 Fe^{2+} 、 Si 、 Cl^{-} 、 SO_4^{2-} 等，其标志程度取决于元素的克拉克值和迁移能力，如草原景观中的 Ca 、荒漠景观中的 Na 、 Cl 、 S 都属于标型元素。

【物质的地质循环】陆上岩石经过风化作用，其风化产物通过各种不同的物质运动形式，汇入湖泊、海洋、再经过长期的地质作用，形成岩石的过程。地质循环是一种在地球内外营力的共同作用下的一种时间长、范围遍及整个地球的过程。在现代，地质的循环速度和强度有一定的区域差异，如两极地区要弱于热带和亚热带地区。物质的地质循环也是物质生物循环的基础，在成土过程中，

两者是同时进行的，互相渗透，不可分割。

【物质的生物循环】植物吸收空气、水、土壤中的无机养分合成植物的有机质，植物的有机质被动物吸收后合成动物的有机质，动物、植物死后的残体被微生物分解成无机物回到空气、水和土壤中的连续过程，即无机物→有机物→无机物的转化过程。这种过程不完全是可逆的，而是处在不断的发展与演化之中。物质的生物循环学说是 20 世纪 20 年代由前苏联威廉斯提出的。物质的生物循环包括生物的合成作用与分解作用两部分。由于地表接受太阳辐射量有差异，以及海陆分布、地形等因素的影响，物质生物循环有地带性和地区性的特点。

【生物地球化学省】地表环境化学元素（或化合物）含量水平互不相同并引起动植物区系生物反应的一些地区。1949 年前苏联学者维诺格拉多夫正式提出生物地球化学省学说，1957 年科瓦爾斯基把生物地球化学省作为生物地球化学区划单位。生物地球化学省的形成与岩石、土壤水、大气的化学元素绝对含量以及化学元素在环境中赋存的生物有效性有关，并受到地质、地貌、气候、水文、土壤、植物以及人文等多种因素的综合影响。

【化学地理区划】根据地理环境的化学属性（元素及其各种结合形式的组成、含量和运动特性）在空间上的地域分异对地理环境及各要素进行的区域划分。包括类型区划和区域区划。进行化学地理区划要考虑多方面的因素，如：有关的地理要素的性质、化学元素迁移特性的地理变化、生物学上或生物过程中有重要作用的生命元素的地理变化和生物效应、标志元素的地理变化等。前苏

联曾进行过生物地球化学区划和景观地球化学区划，中国也曾进行过若干元素的生态化学地理类型区划。

矿产·矿床

【矿产】自然界产出的可供人类利用的矿物资源。矿产按其性质及工农业利用的特征，划分为金属矿产、非金属矿产和可燃有机矿产三类。有时将地下卤水也视为矿产资源。它是地质作用的产物，因此，它和动植物、森林资源和水资源不同，矿产是不能再生的自然资源。中国矿产资源较丰富，某些矿产占世界前列，如钨、锡、钼、锑、稀土元素等，但人均储量较少，故仍需合理开发和保护。至今，矿产资源的开发和利用程度，已成为一个国家科学技术和经济发展水平的重要尺度。

【矿床】地壳中矿产的集中产地。它是地质作用下形成的有用矿物堆积而成的地质体，其质和量达到工业要求，在现代技术条件下能被开采利用。矿床中有用组分（矿物）的质要达到的要求以开采出的矿石能提炼出有用物质，而在经济上合理为标准。因此，矿床不是一般地质体，它是具经济价值的地质体。要有足够的量以保证一定的开采年限，才能具有更大的经济效益，因此必须有足够大的规模。例如铜矿石开采品位（工业品位）为 0.5% 左右，低于此值的矿石在当前技术条件下无法用经济的办法提炼出金属铜（用化学试验室方法则可）。当开采铜矿时要建厂（矿山、选矿厂、

冶炼厂)。如建厂后,因储量小,仅短短几年即将矿石采尽,则造成建厂资金无法回收,或使成本提高而降低经济价值。矿床按其形成条件划分为内生矿床、外生矿床、变质矿床三大类;按工业利用和组分划分为金属矿床和非金属矿床并可进一步划为许多亚类如铁矿床、铜矿床、磷矿床等。按矿床储量的大小又可分为大、中、小型和超大型等。

【同生矿床】矿体与围岩在同一地质作用过程中,同时或近于同时形成的矿床。如由沉积作用形成的沉积铁矿、锰矿床以及盐类矿床等,矿体和围岩整合产出,具有成层特征,横向可以变为不含矿沉积岩。由于岩浆结晶分异作用、熔离作用和混合作用过程中造成成矿物质富集形成的矿床,都属同生矿床,如岩浆型铬矿、钒钛磁铁矿以及铜镍硫化物矿床等。

【后生矿床】矿体形成晚于围岩的一类矿床。矿体是后来就位,它与围岩是由不同地质作用和不同时间形成的,如热液矿床中的各类矿体是由于热的含矿溶液沿着沉积地层层理或交切层理的裂隙交代充填形成的;沉积岩(围岩)是早于矿体形成,并由沉积作用形成的。因此矿体与围岩一般有明显的界线,矿物组成和结构构造也不同。脉状铜矿床、石英脉型金矿床等均属于后生矿床。同生矿床和后生矿床的划分是相对而言一般依成矿作用相对围岩形成的时间差异加以区分的,但有时某些矿床形成时间不能很好确定,或同生—后生兼而有之的现象。

【层控矿床】矿体赋存于一定的地层层位,呈层状产出或矿体形状虽不规则但限于一定层位的一类矿床。层控矿床概念是近 20 年才

提出的。它们具有“层、相、位”的特征，即受一定地层层位控制，赋存在某一特殊沉积相带内，又受一定的构造控制，如华南铅锌矿常产于泥盆纪某一组地层内，又受碳酸盐台地相—礁相微相分布范围限制，在这一微相内矿化富集；区域上受古隆起或断裂控制，中国凡口、泗顶、滇东北金沙厂等铅锌矿床都属此类。层控矿床具有规模大、分布广、经济价值高等优点。因此，受到地质工作者的重视，已有不少篇幅浩繁的专著出版。由于这类矿床成因较为复杂，因此，不同文献资料表达的含义、范畴不尽相同。据大多数学者的见解有以下几方面：（1）层控矿床不应包括岩浆矿床和典型的沉积矿床。矿脉超过一个地层单位（组）的脉状矿体也不属此列。（2）层控矿床是多成因的，它是以外生作用为基础，又受到内生成矿作用包括岩浆作用、变质作用和热液叠加和改造而形成的复成因矿床。因而它们是具有外生矿床标志，又有内生成矿作用特征的复成因矿床。（3）层控矿床形成经历漫长地史演化过程，其成矿历史可在一个成矿期甚至两个期内完成。在沉积期成矿物质初步富集，经变质期再改造富集成矿。或者沉积期形成矿源层（成矿物质来源层）。经过后期叠加改造成矿。因此，一些学者强调矿源层在层控矿床中的重要性，强调沉积改造的成矿意义。由于成矿物质不仅可以来自某些沉积岩层，也可以来自火山岩或基底杂岩，故有“矿源岩”之称。由于层控矿床兼有内生、外生成矿特征，因此，层控矿床研究为探索内生外生成矿作用联系提供了途径。

【超大型矿床】矿床根据储量常划为大、中、小型。矿床储量超过大型若干倍的矿床称为超大型矿床，即特大型矿床。20世纪80年代初，加拿大学者拉兹尼克提出超大型矿床的概念：其富集指数

超过 10^{11} 时为巨型矿床、 10^{12} 时为超巨型矿床；富集指数为矿床中经济金属的吨数正比于元素克拉克值的商。如大型铜矿床储量为 50 万吨，5 万吨为小型，若储量为 500 万吨者称超大型矿床；金矿 10 吨者为大型，百吨以上为超大型。当前，矿床学研究的新动向是重视超大型矿床的研究。由于超大型矿床经济价值大，在矿产资源的开发中占有重要地位，因此，国内外都注意寻找超大型矿床。中国的白云鄂博稀土矿、柿竹园钨锡多金属矿、大厂锡矿、金顶铅锌矿和焦家金矿等都属于超大型矿床。进一步总结超大型矿床分布规律，具有重要理论和实际意义。

【矿体】矿床的主要组成部分，工业开采和利用的对象。它是在地质作用下形成的有用物质（矿石）堆积体，具有一定的形状和产状。一个矿床常由多个矿体组成。矿体的形状产状有时很清楚，即矿体与围岩界线清楚，有时是不清楚的，需要通过取样分析，按工业要求标准来圈定。按照矿体三度空间的比例不同，可以将矿体划分为三种基本类型：（1）等轴状矿体：在三度空间上大致均衡延伸，直径达数十米称矿瘤；直径几米称矿巢，直径更小的称矿囊和矿袋等；（2）板状矿体：二向延伸（长度和宽度）大，而第三方向（厚度）较小的矿体称矿脉；如果矿体与岩层产状一致，厚度虽小但延伸稳定时称矿层或层状矿体，在沉积矿床中层状矿体可延伸几公里至几十公里以上；（3）柱状矿体：仅在一个方向（大多是垂向）延伸很大，而另外两个方向延伸较小的矿体，通常称柱状、筒状或管状矿体，如原生金刚石矿床中常见管状矿体。实际上矿体类型可以有过渡类型，或很不规则，如网脉状矿体和梯状矿脉，还可有更复杂形态。矿体产状是指矿体产出空间位置和环境，包含几个方面的内容：（1）矿体的空间位置，即矿体的走

向、倾向、倾角等要素；对筒状和柱状矿体还要确定侧伏角和倾伏角；(2) 矿体与围岩包括岩浆岩空间关系或与层理、片理关系；同时还要了解与地质构造，如断层褶皱的关系等。影响矿体产状和形状的因素很多，其中围岩性质，构造条件和矿床成因等有决定性意义。

【围岩】矿体周围的岩石，有时称容矿岩石。矿体与围岩界线有时是清楚的，有时则不清楚，决定于矿床成因和围岩性质。对后生矿床来说，围岩的化学成分和物理性质对成矿物质的富集具有较大影响。围岩的性质对矿床开采、保安支护等方面也有重要影响。母岩在矿床形成过程中提供主要成矿物质的岩石，它与矿床在空间上和成因上有着密切的联系。有些矿床的围岩就是母岩，如岩浆结晶分异作用形成铬铁矿矿床，围岩是超基性岩即其母岩。有些矿床的成矿物质来源于某沉积岩层则称矿源层。

【盲矿体】在地表不能见到或直接找到的矿体。其中一部分深埋在地表，从不曾在地表出现，常称为隐伏矿体；另一些则在地质历史期间虽曾出现在地表，甚至在此时成矿（如某些风化矿床），但又被后期的沉积物或熔岩流等掩埋于地下较深处或遭覆盖而不出露于地表，被称为埋藏矿体。现代地质勘查工作寻找的主要对象是隐伏矿体。

【矿石】从矿体中开采出来的，从中可以提取有用组分（元素化合物或矿物）的矿物集合体。它是矿床的重要组成部分。矿石一般由矿石矿物和脉石矿物组成。矿石矿物是指可以被利用的金属或非金属矿物。如铜矿石中黄铜矿、斑铜矿，金矿石中自然金、石

棉矿石中石棉等。脉石矿物是指矿石中不能利用的矿物。如铜矿石中的石英、绢云母等，它们在选矿中被抛弃，即尾砂。矿石矿物和脉石矿物的区分是相对的，因其利用价值而定。随科学技术和人类对新矿物原料的需求的不断增长，目前尚无利用价值的脉石矿物，将来也可成为矿石矿物。与矿石相对而言的还有脉石和夹石，前者一般泛指矿体中无用物质，它们在开采和选矿中与围岩碎块、夹石和脉石矿物等被抛掉；后者是指矿体内部不符合工业要求的矿化岩石、夹层等，当它的厚度超过允许范围时，就从矿体中剔除。开采中应注意清除围岩碎块和夹石，以防止矿石的贫化。

【矿石的结构和构造】矿石结构指矿石中矿物颗粒的特点，即矿物颗粒大小、形态及其空间相互结合关系所反映的形态特征。如由晶形很好矿物组成的矿石称自形晶结构，结晶较差或不完整晶形称半自形晶结构，不具晶形时称他形晶结构等。又如矿物之间有融蚀现象称交代结构。矿石构造指矿石中矿物集合体相互关系，即矿物集合体形态、大小、成分和不同结构的组合特征。矿石构造有大小差别，分巨型构造、粗显构造和显微构造。巨型构造是在矿体断面（露头、采坑）中直接观察到的大型矿物集合体相互分布的关系；粗显构造是在各个矿块中肉眼可以看到，如不同矿物、不同颜色或不同颗粒大小构成条带状构造；显微构造是在显微镜下才能观察到，如由赤铁矿和硅质构成鲕状构造。常见的矿石构造有块状、浸染状、带状、球状、肾状、骨骼状构造等。通过矿石结构构造研究可以帮助了解成矿物理化学条件，以及为矿石的加工和选矿流程提供基础资料。

【矿石的品位和品级】矿石中有用组分的百分含量称品位。矿种不同，矿石品位的表示方法也不同。大多数金属矿石，如铁、铜、铅、锌等矿石，是以其中的金属元素的重量百分比表示；有些金属（如钨、钼）则以金属氧化物的重量百分比表示；贵金属则以每吨矿石中所含克数表示（克/吨= g/t ）；非金属矿物原料的品位以其中有用矿物或化合物的重量百分比表示，如钾盐、磷矿；砂矿品位一般以克/立方米或公斤/立方米表示。矿石品位是矿石质量好坏、贫富的标志。在找矿勘探工作中常使用边界品位和工业品位两个名词，前者是用来划分矿与非矿界限的最低品位，如铜矿的边界品位为 $0.2—0.3\%$ ；后者是指在当前能供开采和利用矿段或矿体的最低平均品位，只有矿段或矿体的平均品位达到工业品位时，才能计算工业储量，如铜的工业品位为 $0.4—0.5\%$ 。工业品位随经济技术条件的发展和需求程度而不断变化。工业品位的高低决定于矿床的规模大小；矿石综合利用的可能性和矿石工艺技术条件（如可选性等）。矿石的品级是矿石质量的另一个标志，主要根据矿石的品位及有益和有害组分的含量确定的。如铁矿石可分为平炉富矿、要求 $\text{TFe} > 55\%$ ；高炉富矿（ TFe ） $> 50\%$ ；贫矿（ TFe ） $> 20—25\%$ 。这类贫矿石往往需要选矿提高品级，才能供冶炼使用。全铁（ TFe ）指矿石或岩石中铁元素的总含量，包括磁铁矿、褐铁矿等矿物中可冶炼出铁的可熔铁（ SFe ）和含于硅酸盐矿物中的不能冶炼出铁的非可溶性铁。

【成矿作用】地质作用的一种，即在地球演化的过程中，使分散在地壳和上地幔中的化学元素，在一定的地质环境中相对富集形成矿床的作用。地球演化过程中，地壳和上地幔的元素处于不断运动状态，运动的结果导致元素的集中与分散。当元素富集到一定

程度时才能形成矿床，集中程度可用浓度系数来表示，即工业品位与该元素克拉克值之比。如铁的克拉克值为 5.8%，工业品位为 30%，则浓度系数为 5，表明地壳中的铁必须集中 5 倍以上，才能成为铁矿床。又如铜必须集中 80 倍、钼需 461 倍、汞需 10000 倍才能成矿。因此，必须在特定环境下的地质作用才能造成元素的富集。和地质作用相似，成矿作用按作用性质和能量来源，可以划分为内生成矿作用、外生成矿作用和变质成矿作用三大类，相应形成内生矿床、外生矿床和变质矿床。由于矿床形成的时间很长，形成又经历各种作用影响，成矿过程复杂，因此，必须从演化观点去分析和研究矿床。

【内生成矿作用】主要由地球内部热能的影响导致形成矿床的一组地质作用。热能的来源主要是放射性元素的蜕变能，地幔及岩浆热能及地球重力场中物质调整过程中释放的位能等。内生成矿作用除火山和温泉外，都是在地壳不同深度、不同压力、不同温度和不同地质构造条件下进行的。内生成矿作用按其物理化学条件不同，可以划分为岩浆成矿作用，伟晶成矿作用，接触交代成矿作用和热液成矿作用。

这些作用一般是不能直接观察到的，只有根据作用的产物，即对矿床特征的研究，以及高温高压下的模拟实验、火山作用、温泉观测来追索成矿过程。

【岩浆矿床】由在地壳深处的各类岩浆，经过分异作用和结晶作用，使分散在岩浆中的成矿物质聚集而形成的矿床。其中以与上地幔来源的镁铁质熔浆（基性-超基性岩浆）有直接成因联系的岩浆矿床最为主要；与碱性侵入岩有关的稀土碳酸盐矿床，也有重要的

价值。这类矿床是在岩浆期形成的，因此也称岩浆矿床。岩浆矿床具有如下特点：(1) 成矿作用和成岩作用基本上是同时进行的，即在母岩体的冷却结晶过程中有用矿物聚集形成矿床。(2) 矿体主要产在岩浆母岩体内。有的矿床中，整个岩体就是矿体，如含金刚石的金伯利岩筒。但多数情况下，矿体之间为不含矿的岩浆岩隔开，少数矿体可离开母岩，进入围岩。(3) 贯入矿体与围岩界线清楚外，浸染状矿体与围岩呈渐变或迅速过渡关系，围岩蚀变较弱。(4) 矿石的组成与母岩的矿物组成基本相同，仅矿石矿物相对富集。如纯杆橄岩中含铬铁矿，当铬铁矿在岩体中相对富集 15%，即其氧化铬达 10% 时，就构成矿体。(5) 成矿温度较高。一般在 1500°C — 1200°C 。但岩浆型硫化物矿床形成较低， 1200°C — 500°C 。形成深度在几至几十公里；金刚石矿床形成较深。岩浆矿床主要类型有：产在基性—超基性岩中铬铁矿矿床；苏长—辉长岩中铜镍硫化物矿床；产于金伯利岩和钾镁煌斑岩中的金刚石矿床；基性岩中钒钛磁铁矿矿床和碱性碳酸盐岩杂岩体中霞石—烧绿石—稀土元素矿床。在基性-超基性杂岩中发现富铂族元素矿床等。岩浆矿床是铬、镍、钴、铂族元素、钒、钛、铁、铜等矿产资源的重要来源。金刚石、磷灰石等非金属矿产也很重要。

【伟晶岩矿床】由伟晶岩形成的矿床。伟晶岩是一种矿物颗粒结晶粗大，具有一定的内部结构构造特征的，常呈不规则岩墙、岩脉或凸镜状的地质体，是一种岩石类型。当伟晶岩中有用组分（成矿元素或矿物）富集达到工业要求时，即构成伟晶岩矿床。伟晶岩矿床具有如下几个特点：(1) 伟晶岩矿床中化学成分多种多样，主要是亲氧元素硅铝钠钾钙等，稀有分散、稀土和放射性元素铷铍铌钽铯钍钷钆镧铈钪等，以及锡钨钼铁锰等元素和氟氯硼磷等

挥发组分等。因而伟晶矿床中矿物成分也丰富多采，包括硅酸盐、稀有和放射性元素矿物、稀土元素矿物、金属矿物和电气石、磷灰石、萤石等。花岗伟晶岩中可达 300 种以上。(2) 伟晶岩（矿床）具有特征结构构造。如伟晶结构，常由长石、云母、石英等一些矿物巨晶组成，一个长石晶体达百吨、一云母片达 5 平方米。又如文象结构和粗粒结构等。伟晶岩具有带状构造。发育完好的伟晶岩具有边缘带-外侧带（文象结构）—中间带（粗粒，块状构造）—内核（特别粗大石英—长石）。(3) 伟晶岩体大小、形状产状各异。大小差别由几十厘米至几十米，长达几米至几百米，呈脉状、透镜状、囊状以及网状、串珠状等，多受围岩岩性及构造控制。其产状陡缓均有，陡倾斜岩体内部具对称分带特征。有晶洞时、可产出压电石英和宝石类矿物。伟晶岩有两种。岩浆伟晶岩是晚期岩浆产物，在岩浆侵入体冷凝的最后阶段形成，且多分布于侵入体的顶部或其附近的围岩中。成分与母岩体成分一致，区别在于规模小、呈脉状和巢状。依其关系可划分花岗伟晶岩、碱性伟晶岩和基性—超基性伟晶岩。变质伟晶岩与变质作用有关，主要是前寒武纪岩石受变质改造的各个阶段形成的伟晶岩，其成分相当于围岩变质相，其形成受地质构造条件、变质作用及围岩性质等因素控制。伟晶岩矿床在矿床成因分类中有其特定的位置，作为独立类型，具有特殊成因和工业意义。它是某些稀土元素和稀土元素矿产的重要来源，还产有宝石类矿物。如新疆阿尔泰地区的一些矿床。

【矽卡岩矿床】产在中酸性—中基性侵入岩与碳酸盐岩石（灰岩、白云岩）接触带或其附近，由于含矿气水溶液交代作用形成的、具有特征的石榴石、透辉石等矿物组合的一类矿床。因交代作用形

成故又称接触交代矿床。“矽卡岩”一词系瑞典中部矿工对与铁矿石不伴生的粗粒钙硅酸盐脉石的称呼，后来用于具相似组合的各种类型的岩石。矿体分布在蚀变碳酸盐（矽卡岩）围岩中，少部分在内接触带蚀变的侵入岩中，常呈似层状、透镜状、巢状、脉状等，一般厚几米至几十米，沿走向长二三百米。矿石成分较复杂，非金属矿物有石榴石、透辉石、透闪石，阳起石、绿帘石等；金属矿物有磁铁矿、赤铁矿、白钨矿、锡石、黄铜矿、辉钼矿、方铅矿、闪锌矿、黄铁矿等。围岩蚀变强烈，具有明显的矿物分带；一般靠近岩浆岩一侧蚀变带称内矽卡岩带，由石榴石、透辉石、方柱石、磁铁矿组成，反映高温的矿物组合；近围岩一侧形成外矽卡岩带，由石榴石、透闪石、绿帘石，阳起石、黄铁矿、黄铜矿等组成。由于围岩性质不同，矽卡岩分两类，由镁质碳酸盐蚀变形成杆榄石、硅镁石、金云母、蛇纹石等组合称镁矽卡岩，可能伴生有硼镁铁矿、白钨矿、黄铜矿等矿化。含矿热液交代钙质碳酸盐则形成石榴石、透辉石、硅灰石、透闪石等矿物，称钙矽卡岩，伴随有锡、铜、铅锌、金矿化。矽卡岩矿床的形成可分为两个成矿期和五个阶段：即矽卡岩期，包括早期矽卡岩阶段、晚期矽卡岩阶段（含水硅酸盐为代表）和氧化物阶段；石英—硫化物期包括了早期硫化物阶段和晚期硫化物阶段，形成石英和典型热液矿物绿泥石、绿帘石、方解石等，伴有大量硫化物形成，是重要成矿时期。不同矿床因矿物组合不同，其工业开采对象亦不同。若以锡石为主则称矽卡岩锡矿床，铜为主称矽卡岩铜矿床等。矽卡岩矿床以中小型规模为主，个别大型，矿石品位较富、伴生组分多可综合利用、铁、铜、钼、铅、锌、金等都具有重要工业意义，如中国大冶铁矿、铜官山铜矿、寿王坟铜矿、杨家杖子钼矿，均属矽卡岩矿床。

【热液矿床】含矿热水溶液（简称热液）在一定的物理化学条件下，在各种有利的构造和岩石中，以充填和交代等方式形成的有用矿物堆积体。各种来源的热液在循环过程中能从岩石中萃取出各种成矿物质，其温度较高，矿化度也大，除水外还含有硫、二氧化碳、氯、氟、硼以及多种金属组分：铁铜铅锌汞锑银金等。沿构造裂隙运移，在适合的物化条件（温度、压力降低；不同流体混合；与围岩相互作用，含矿溶液 pH 及 Eh 变化……）下形成有用矿物沉淀，并达到工业要求。因此，热液矿床常具脉状、网脉状、似层状等多种形态，又具有对称条带、角砾状、栎状、浸染状的矿石构造。由于热液与围岩作用，产生了不同的围岩蚀变。不同围岩蚀变（如云英岩化、电气石化、绿泥石化等）不仅反映了成矿环境差异，也是重要的找矿标志。矿石成分较复杂，金属矿物以硫化物、砷化物、氧化物为主，非金属有硫酸盐、碳酸盐、含水硅酸盐及石英等。它们形成于地下不同深度，并具有多期多阶段的特征。含矿热液具有多来源特征。有来自岩浆热液；有来自火山一次火山热液；有来自地下水的地下水热液以及来自深层变质热液。还有以不同比例混合形成的混合热液。由于含矿热液来源不同，成矿地质环境不同，因而形成众多的矿床类型，各自的矿床特征也不同。在不同文献中，热液矿床的分类是不同的，综合起来可划分为岩浆热液矿床；非岩浆热液矿床；火山—热液矿床和变质热液矿床等四类。此外，按成矿温度划分为高温热液矿床；中温热液矿床；低温热液矿床的分类也很常见。热液矿床类型众多，工业价值巨大。包括大部分有色金属矿产（铜铅锌汞锑钨锡钼金），稀有和分散元素矿产（锂铍镓锗铟等）以及铁铜镍矿产和非金属矿产等。中国钨锡汞锑等矿产占世界前列。

【**高温热液矿床**】形成温度约 600°C — 300°C ，形成压力 2×10^7 — 10^8 帕，深度大约在 4.5—1 千米。在成因上和空间上往往与深成岩浆岩关系密切，矿体常产在岩体的内外接触带或其附近。但浅成高温热液矿床形成深度小于 1 公里和次火山岩有关。矿体受各种构造裂隙控制，呈脉状、串珠状，也见沿层面交代成扁豆状、似层状者。矿石成分主要为氧化物和含氧盐类，其次为硫化物；非金属有石英、长石、锂云母、电气石、黄玉等；金属矿物有磁铁矿、钨矿、黑钨矿、辉钼矿、辉铋矿、锡石、毒砂等。近矿围岩和岩体内都有强烈蚀变，主要有云英岩化、钠长石化、电气石化、黄玉化等。矿床规模多为中小型，少数规模很大，如江西大庾钨矿世界著名。矿床与燕山期花岗岩有成因联系，产于岩体内外接触带中。矿脉多发育于剪切裂隙中，呈近东西向排列，脉厚多为 10—20 厘米至 40—50 厘米，走向长 200—300 米至 500—600 米，可采深度在 200—300 米间。主要由石英（90—95% 以上）及黑钨矿组成，共生金属矿物有锡石、辉钼矿、辉铋矿、毒砂、黄铁矿、黄铜矿等。以云英岩化为主。这类矿床自地表至地下有微脉—密集细脉—中脉—大脉带—稀疏大脉带的变化规律，即“五层楼”模式，用于指导找矿取得良好效果。

【**中温热液矿床**】形成温度为 300°C — 200°C ，压力 10^7 帕，深度在 2—0.5 千米左右。矿床在空间上往往与中小型侵入体有关，但一部分矿床与岩体无明显成因关系。前者矿体多产于侵入体外围的沉积岩、变质岩或火山岩中。矿体呈简单脉状或复脉以及网脉、梯状等，矿石成分较复杂以硫化物为主，黄铁矿、毒砂、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等，常含自然金和金银矿物等。具有中等粒度，常

见角砾状、带状构造，也常见胶状构造。围岩蚀变有绿泥石化、绢云母化、硅化、碳酸盐化等。与非岩浆热液有关的矿床蚀变较弱，多产在大断裂带侧旁的沉积岩中。其规模大小不一，以中大型为多，大矿脉可达数公里长，厚几米至几十米。湖南桃江铅锌矿属此类型，含矿断裂带宽 200—300 米，沿长达 20—30 千米，矿体长达 500—1000 米，厚数十米，由方铅矿、闪锌矿、石英、萤石组成。

【低温热液矿床】形成温度在 200°C — 50°C 左右，压力小于 10^7 帕，形成深度在几百米至地表范围内。矿床所在广大地区内基本上无深成岩出露。矿体主要受断裂系统控制，在各种围岩中呈复杂的细脉、网脉和浸染状，亦有成似层状者。矿石常由一系列低温矿物组成，如辰砂、辉锑矿、雌黄、雄黄、自然金、自然银、方铅矿、内锌矿、白铁矿等金属矿物，非金属矿物有石英、冰洲石、萤石、重晶石、明矾石、沸石、高岭石以及碳酸盐矿物等，围岩蚀变有重晶石化、明矾石化、高岭土化等。矿石常见有胶状、皮壳状、梳状、晶洞构造、角砾构造普遍。矿物颗粒细小，近廿年发现微细浸染型金矿，往往金颗粒极细小，产于硫化物裂隙或包裹晶体内部。矿床规模常中型，部分为大型特大型，如产于碳酸盐岩石中铅锌矿、锑矿、金矿均有特大型。中国有湖南锡矿山锑矿、贵州丹寨汞矿、陕西公馆汞矿等。世界著名的有密西西比河谷型铅锌矿、卡林型金矿床等。

【外生成矿作用】在太阳能的影响下，岩石圈上部、水圈、气圈和生物圈的相互作用过程中，导致地壳表层形成矿床的各种地质作用。外生成矿作用是在常温、常压条件下进行的。如风化作用和

沉积作用，是在地表或沉积水体中发生的，成矿物质主要来源于地表的矿物、岩石和矿床、生物有机体、火山喷发物等；地表的岩石或矿床、经风化分解、部分被溶解带走，部分残留原地形成粘土矿物和氧化物等。而生物活动和繁殖、遗体堆积等都可提供有机质，并在适当环境下转化为煤、石油、磷块岩矿床；火山喷发产物都可提供如铁、锰等成矿物质。外生成矿作用可分为风化成矿作用和沉积成矿作用两大类。据成矿条件又可分为若干亚类。由外生成矿作用形成的有用矿物堆积称外生矿床，外生矿床特别是沉积矿床通常规模大而具有重要的经济价值。

【风化矿床】陆地表层岩石或矿床在风化作用下形成质和量都达到工业要求的有用矿物堆积的地质体。多分布在原生岩石或矿体上部呈覆盖层状，故又称风化壳矿床。风化作用是在地表条件下，由于岩石和大气、水、生物等相互影响，发生一系列的物理—化学变化的地质作用，它包括物理风化和化学风化作用。前者产生机械破裂、崩塌，后者产生矿物的分解，形成一部分易溶物质被带出风化带，原地残留新生矿物和抗风化的稳定矿物，造成有用物质聚集形成矿床，如高岭土矿床、红土型铝土矿床等。这类矿床大都是第三纪和第四纪风化产物，离原岩石或矿床出露范围不远或一致；矿体多为面型，呈盖层状分布；矿体的延深决定于自由氧渗透到地下的深度，一般几米至几十米；矿石成分多为风化条件下稳定的元素和矿物，如自然金，铁、锰、铝的氧化物、磷酸盐等；矿石为多孔土状、网格状；矿床以中小型为主，个别大型和特大型。陶瓷工业的主要原料高岭土矿床，来自风化矿床。由超基性岩风化而成红土型镍矿或玄武岩风化而成红土型铝土矿等。此外还有离子吸附型稀土元素矿床都具有重要工业意义。

【硫化矿床次生富集作用】金属和非金属矿床，在风化作用下发生变化，尤其是金属硫化物矿床的硫化物易于氧化，铜、银、铀等金属元素被溶液淋离进入下部胶结带，经再沉淀作用发生次生富集，地表则残留氧化物形成铁帽。由于次生富集作用大大提高矿床工业价值，因此，研究矿床的次生富集作用，具有重要的理论和经济意义。金属硫化物矿床由于长期氧化，形成完好的表生垂直分带：即氧化带、次生硫化物富集带和原生硫化物矿石带。这种分带性和地下水的分带相一致（地下水划分为渗滤带、地下水流动带和停滞水带）。氧化带：主要是铁锰氧化物和氢氧化物以及粘土砂粒等构成铁帽，而很少保留原生硫化物，有用组分如铜、银等也被淋失。氧化带发育程度不同、厚几米至几十米不等。铁帽具有找矿标志，指示深部含矿性，同时也可构成工业开采对象、如铁帽型金矿。次生富集带：是从氧化淋滤出来某些金属硫酸盐溶液渗透到潜水面以下，在还原环境中，交代原生硫化物的方式生成次生硫化物，增加了原生矿石中某种金属的含量，提高了矿石的品位，故称次生硫化物富集带。如硫酸铜溶液中铜离子和铅锌铁等（原生硫化物）置换，形成辉铜矿的沉淀和铅锌铁的硫酸盐，也可以产生置换黄铜矿、斑铜矿、形成辉铜矿、铜蓝等造成铜品位富集。如斑岩铜矿床常有这种次生富集现象。次生硫化物富集带矿石较松散，呈烟灰状。原生硫化物矿石带：保留了原来矿床的组成特征，未受风化作用影响。硫化矿床次生富集带发育程度受原生矿床成分、矿体产状、围岩性质和地形气候条件等的控制。

【砂矿床】地表的岩石和矿床由于风化作用产生碎屑物质，易被雨水、河水、湖水、海水或风搬运走。当搬运介质的运载力减弱时，

碎屑物质往往按体积和比重不同分别沉积下来，其中有用矿物富集起来就形成砂矿床。但不是所有矿物都能富集成矿，只有那些比重大、化学性质稳定和有足够物理强度的矿物才能富集成矿。如自然金、锡石、独居石、磁铁矿、金红石、金刚石等矿物。根据砂矿形成时间可分为现代砂矿和古砂矿两类，以现代砂矿最重要。根据成因可划分为风成砂矿、冰川砂矿和水成砂矿三类，以水成砂矿最重要并可进一步划分为：洪积砂矿、冲积砂矿、湖滨砂矿和海滨砂矿。以冲积砂矿为例，它是由于河流搬运的碎屑物质在适当的地方沉积形成矿床，水系不同部位其动力条件不同是造成矿物集中的主要原因：上游以侵蚀作用为主，一般不形成重矿物堆积，而在中下游地区沉积作用加强，在河谷、河床、阶地等部位可形成不同规模砂矿。冲积砂矿是金、金刚石、锡石，以及稀有金属的重要矿床类型之一。

【沉积矿床】在蓄水盆地底部由沉积作用产生的矿床。沉积矿床产于沉积岩系或火山沉积岩系中、其矿体和顶底板岩石同属沉积成因，并表现出沉积的同时性和连续性，属于同生矿床。矿体与周围沉积岩整合产出，常具有特定的地层层位、呈层状、似层状、扁豆状。矿层延伸较大，可达几十公里，而含矿岩系可延伸达几百公里。沉积矿床的物质成分由三类矿物所决定：（1）风化时稳定的矿物，石英、金、金红石等；（2）化学风化产物、高岭石、水云母类；（3）沉积时新生矿物、金属矿物、碳酸盐、盐类、磷酸盐等。沉积矿床按照沉积物堆积性质，可以分为：机械沉积矿床；化学沉积矿床；生物化学沉积矿床；火山喷溢沉积矿床等类型。此类矿床一般规模大，工业价值也很大，其中有建筑材料，岩盐，磷块岩，铁、锰和铝矿以及某些有色稀有金属（铜、铀、钒）和可

燃有机矿产——煤、油页岩、石油等都属沉积矿床。

【盐类矿床】水盆地中某些溶解度较大的无机盐类，通过蒸发作用产生各种有用盐类矿物的沉淀，富集而形成的矿床。又称蒸发沉积矿床，主要由钾、钠、镁、钙的氯化物、硫酸盐、碳酸盐类矿物组成，有时也包括硼酸盐和硝酸盐类等。如石盐、钾盐、光卤石、石膏、芒硝、无水芒硝、钙芒硝、杂卤石、天然碱、智利硝石（ NaNO_3 ）、硼砂等矿物。由于盐类矿物溶解度大，要从高浓度溶液中沉淀形成，因此，这类矿床的形成必要条件是：干旱气候条件，封闭和半封闭的水盆地环境。干旱气候使水体不断蒸发，当蒸发大于补给时，水溶液浓度不断提高，当浓度达到某种盐类饱和浓度时，即可沉淀。盐类沉淀顺序是碳酸盐—硫酸盐—石盐—钾镁盐。成盐盆地是一个长期构造凹陷地区，可以是海湾、内陆海，也可以是内陆不泄湖泊；由于封闭而保证盐类继续积聚，而形成大规模的盐类沉积。在地质历史中曾存在这些条件，表现为一次大的构造运动末期，出现成盐时代。世界范围内、泥盆纪、二叠纪和第三纪都是重要成盐期，亚洲地区还有寒武纪，三叠纪、白垩纪。青海柴达木盆地有大量现代盐湖沉积，察尔汉盐湖还有沉积石盐和光卤石等。盐类矿床按形成环境分为陆相和海相两大类：它们具有如下特点：（1）多产于红色碎屑岩系和蒸发碳酸盐岩相（白云岩、石灰岩）中，构成一套含盐岩系；（2）矿体呈层状、透镜状，亦有呈卤水状存在于岩石中者。盐类易变形，常形成盐丘；（3）具有明显的从碳酸盐、石膏或硬石膏、石盐到钾盐的沉积韵律，有时表现为粘土和各种盐的互层，并由沉积韵律构成沉积旋回；（4）矿石多为青白色，或无色透明晶粒；（5）盐矿形成后要有不透水层保护，盐矿才能不被溶解。盐类矿床是重要的化工和

建筑原料的资源、钾盐是重要的农肥资源。

【胶体化学沉积矿床】由悬浮体和胶体溶液沉淀在水盆地内形成的矿床。铁、锰、铝、矿床多具典型的胶状构造，但它们的搬运、沉淀方式较复杂、有胶体沉积的部分，也有化学沉积的部分，故称胶体—化学沉积矿床。大陆岩石受风化作用后，一部分易溶成分被溶解呈真溶液搬运，另一部分较难溶的物质如铁锰铝等则以胶体或悬浮体状态被地表水搬运，它们可以在湖或海盆中聚集起来，受水体中电解质的影响，使金属化合物的胶体发生凝集作用而沉积。由于铁、锰、铝化合物的地球化学性质不同，它们在水盆地的沿岸地带发生分异作用，铝土矿在近岸地方堆积，铁矿在陆棚的上部沉积，更远一些的陆棚下部则沉积锰矿。由于分异作用常可见铁—锰和铁—铝的沉积矿床。铁、锰各自还有矿物分带的形成。

按矿床形成环境可分为湖相沉积和海相沉积矿床，以后者为重要。按矿石成分可分为铁矿床、锰矿床和铝土矿床。它们产于沉积岩系或火山沉积岩系中，矿体呈层状或凸镜状；沿海岸或湖岸边缘分布，延伸几十公里；矿石以氧化物，碳酸盐和硅酸盐为主，常具鲕状、豆状、肾状构造。对铁矿层而言，沉积受成矿环境 $Eh-pH$ 控制，由近岸向盆地有：氧化物—碳酸盐—硅酸盐—硫化物分带现象。还常被锰矿所替代。此类矿床形成条件，一般认为必需有发育的风化壳提供物质来源；物质迁移则受气候因素影响（热带亚热带有丰富水量，又发育茂盛植物提供了胶体搬运保护剂腐植质使大量胶体溶液在水盆地中聚集）；有相对稳定沉积环境而形成巨厚矿层。海底火山喷发物和海底岩石分解也可以成为矿物质的来源。中国宣龙式铁矿、湘潭锰矿、巩县铝土矿等均

属这一类型矿床。

【生物化学沉积矿床】由生物遗骸堆积或经过生物有机体的分解而导致有用矿物沉淀所形成的矿床。也包括在沉积过程中，由细菌或其他生物的活动使某些元素聚集而形成的矿床。如沉积磷块岩矿床、沉积自然硫、硅藻土矿床、生物灰岩、可燃有机岩矿床等。煤矿是植物成因的产物，硅藻土由硅藻大量死亡堆积而成，生物灰岩由贝壳或珊瑚等堆积而成，部分磷块岩也可由含磷甲壳堆积而成。这些矿床的生物成因是明显的。有一些矿床，如磷块岩、自然硫和黑色页岩中的金属矿床，被认为是和生物生命活动过程有关的产物。因此，关于这类矿床的生物化学作用的过程是有争论的。以磷块岩矿床为例：磷块岩矿床赋存于一定时代含矿层位中，含矿岩系由富含有机质的页岩、硅质岩—碳酸盐岩组成，呈层状与地层整合，具条带状，致密块状构造，常见鲕粒；由胶磷矿及其他碎屑物质组成。如昆阳及襄阳磷矿等。它们的成因常有三种假说。生物成因说认为沉积磷块岩是由海水中生物大量死亡后聚集而成的，证据是矿层中发现有矿化的软舌螺（昆阳）或贝壳（爱沙尼亚）。化学成因说认为磷矿是海水垂直循环的产物，与富含磷和二氧化碳的深部水上升到陆缘地带时，因压力减小，二氧化碳溶解度降低，产生碳酸盐和磷酸盐的沉淀而成矿，即“上翻洋流说”。生物—化学说认为磷的富集与海洋浮游生物有关，生物吸收海水中磷，死亡后下沉到海底淤泥中，细菌作用又使残骸分解出磷，富磷的淤泥长期沉积，而形成较厚的沉积磷矿床。三种假说都强调生物在成矿中意义。

【火山成因矿床】与火山作用有成因联系的金属和非金属矿床，它

们与火山岩、次火山岩在时空上和成因上密切相关。火山成矿作用比较复杂，它和岩浆侵入作用，沉积作用和变质作用均有联系；携带成矿物质的介质可以是岩浆，也可以是喷气和热液。火山热液在运移过程中可以和围岩发生交换反应，引起围岩蚀变，也可以与海水、地下水、地表水混合成矿；矿床与火山岩一起发生变质作用，形成各种变质矿床和变质岩。因此，火山成因矿床是一个成矿系列。火山-岩浆成矿作用形成火山岩浆矿床；火山-次火山气液成矿作用形成火山气液矿床；火山-沉积成矿作用形成的火山沉积矿床。依据火山作用环境又可分为陆相火山成矿作用和海相火山成矿作用。火山成因矿床类型多、矿产丰富、分布广泛，如铁、铜、金、银、铝、锌、钼、镍、稀土等金属矿产、还有黄铁矿，金刚石、明矾石、沸石、叶腊石、石膏、高岭土等非金属矿产，有重要经济价值。

【火山气液矿床】在火山旋回晚期或两个旋回的间隙期，形成大量的含矿气水溶液，这些热液在地下浅处（1—2 千米），与火山岩或其它围岩发生作用而沉淀出有用组分，或与地下水混合而发生沉淀形成矿床。与次火山气液成因有关的矿床又称次火山热液矿床（如斑岩铜矿）。这类矿床产于一定的火山岩、次火山岩系中，矿化发生在近地表附近或浅处，成矿温度在 600°C — 50°C 之间，矿化明显受火山机构控制，如受火山口、破火山口，角砾岩筒、环状断裂或放射状断裂系统的控制；矿床中围岩蚀变强烈，具有明显的分带现象，与矿化关系密切。常见蚀变有绢云母化、硅化、绿泥石化和高岭土化等。矿体具脉状或网脉状等，矿石成分和结构构造均较复杂。

火山气液矿床可依地质背景、喷发环境划分为四个亚类：陆

相火山—喷气矿床，陆相火山—热液矿床，陆相次火山—热液矿床，以及海相火山—热液矿床。

【斑岩铜（钼）矿床】 又称细脉浸染型铜（钼）矿床。陆相次火山热液矿床的一种。斑岩型矿床指在时间、空间、成因上与其斑状结构的中酸性浅成或超浅成小侵入体（如花岗闪长岩、石英二长岩、石英斑岩等）有关的矿床。一般矿床规模大（斑岩铜矿占世界已探明铜储量一半）；埋藏浅，易于开采；矿床受区域断裂控制，常呈带状分布，如环太平洋带；矿石品位较低，但矿化分布均匀；有些矿床有次生富集带，经济价值很大。矿石中常可综合利用，除铜钼外尚有金银等。矿床形成时代较年轻，主要集中在中—新生代褶皱带中。矿床的围岩蚀变发育，蚀变范围可达几百米至几千米。常具有明显的、有规律的水平和垂直分带，自岩体中心向外可以分为：钾化带—主要由钾长石、黑云母、石英组成；石英—绢云母化带（又称千枚岩化带）—由石英、绢云母、少量黄铁矿组成；泥化带（粘土化带）—由高岭土、绢云母、石英、绿泥石组成；青盘岩化带—由绿帘石，绿泥石、绢云母、石英、黄铁矿组成。上述四个带在矿床中不一定都存在，可能是其中某一两个带发育。蚀变范围和强度直接与矿化规模有关，可作为找矿标志。矿体形态受构造、岩体形态和围岩的控制，若围岩中有碳酸盐岩夹层则可以出现矽卡岩蚀变和矿化。矿石中金属矿物主要有黄铜矿、辉钼矿、斑铜矿、黝铜矿、方铅矿、闪锌矿、磁铁矿、自然金、含银矿物等。近年来，运用板块构造理论解释斑岩矿床成因，认为含矿斑岩和矿质来自地壳深处，而含矿热液部分可能来自大气降水，自深部上升的岩浆热液与围岩中地下水对流循环相互作用而成矿。除斑岩铜（钼）矿床外还发现有斑岩钨矿、斑岩锡矿、

斑岩金矿床等。中国著名的斑岩铜矿床有德兴铜矿、玉龙铜矿等。

【火山—喷溢沉积矿床】火山气液沿构造裂隙上升地表或海底，沉积成矿，矿石中含大量黄铁矿，故称黄铁矿型矿床。这类矿床产于太古代至中—新生代各造山带的海相火山—沉积建造中、即以拉斑质玄武岩以及长英质有关钙碱性火山岩建造中；发育完整的矿床包含有两部分矿体：上部为块状矿石组成的似层状、透镜状矿体，上盘与围岩整合；下部则由网脉状浸染状硫化物矿石组成，往往与上部矿体交接，呈圆柱状或漏斗状。主要金属矿物有黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、磁黄铁矿等。非金属以石英为主，含绢云母、绿泥石等。可分为铜型、铜—锌型和铜—铅—锌型三类矿床。常含金银可综合利用，或可构成独立矿体。矿石中多见块状、条带状、网脉状构造。一些矿床中可见有准同生角砾构造和滑塌构造。下盘的蚀变发育可见有石英绢云母带、绢云母—绿泥石带和绿泥石，绢云母—钠长石带的分带。此类矿床过去认为是交代成因的。20 世纪 70 年代以后普遍认为是火山—喷溢沉积成因的。网脉状矿化相对晚于围岩，具交代充填特征，上部矿体是同生的。这类矿床与围岩一起受区域变质作用影响，其形态及矿物组合均有变化。这类矿床是铜、铅、锌、金、银、硒、碲等金属重要来源，中国甘肃白银厂、浙江西裘、四川麻叩等矿床以及日本黑矿（产于海底喷发长英质火山、次火山岩及火山沉积岩中的层状多金属矿床）都属此类型。

【热水沉积矿床】地下含矿热水溶液沿构造裂隙上升到地表或水盆地中，因物理化学条件变化而使有用矿物聚集形成的矿床。它们具有沉积矿床特征，又有热液矿床的许多标志。矿床形成于拉张

环境下沉积盆地中，受同生断裂的控制；产于碎屑岩—页岩—碳酸盐岩的复理式沉积建造中，其中不含或夹很少的火山凝灰岩，含矿岩系多由细碎屑岩、硅质岩、纳长石岩、镁电气石及重晶石层夹矿层组成；矿体呈层状与围岩整合产出，厚几米至几十米，延伸几千米，也常见有网脉状矿化，形成不规则矿体，矿石以黄铁矿为主，含方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、磁铁矿等，具有水平和垂直的分带性，矿石多具层纹状、条带状构造，常可见同生角砾状和滑塌构造等沉积标志，又有热液交代脉状和蚀变特征。多数矿床经过区域变质作用影响，矿石和围岩具有变质组构，矿体形态也较复杂。此类矿床一般规模较大，具有重要的工业意义，是铜、铅、锌、（银）等矿产重要来源。内蒙古狼山地区和陕甘榨水—西城地区有此类矿床。

【变质矿床】由内生作用或外生作用形成的岩石或矿床，由于地质环境的改变，温度和压力的增加，其矿物成分、化学成分、物理性质以及结构构造等，都发生变化，即原岩组分发生改造和迁移，在新的条件下富集形成的矿床。变质矿床的形成与褶皱造山运动、板块碰撞和俯冲，岩浆活动和构造活动密切相联，与区域变质作用、接触变质作用、混合岩化作用有关。因此，变质矿床形成受原来物质组分、温度、压力的控制，一般分为受变质矿床；变成矿床和混合岩化有关矿床三类。它们包括了铁、有色金属和滑石、菱镁矿、磷灰石、刚玉等许多非金属矿产，有重要的经济意义。

【受变质矿床】原矿床与围岩一起受到变质作用，形成新的矿床类型，它们在矿石物质成分，化学成分，结构构造乃至矿体形态和产状上，均发生变化。如原来沉积硅质铁质（赤铁矿、磁铁矿）成

分的铁英岩建造经变质作用形成条带状磁铁矿矿床，又如原生沉积磷块岩变成磷灰石矿床等。矿床受变质后，未改变其工业利用价值。这类矿床受原生沉积建造控制，保留许多沉积组构，因此多由致密块状或浸染状矿石组成层状、透镜状及条带状矿体，有时见脉状矿体，矿石多发育压碎或揉皱构造和变晶结构，规模有时相当大，矿体厚达几百米，延伸几公里甚至几十公里，主要分布在前寒武纪古老变质岩区，如鞍山式铁矿、镜铁山铁矿及东海磷矿等。

【变成矿床】原来的岩石经变质作用，形成有用矿物聚集成的矿床。如粘土岩经变质形成蓝晶石、矽线石矿床。也包括原来矿床经变质作用而形成新工艺特征的矿床。如煤变质形成石墨矿床，它们的工业利用价值即完全不同。典型变成矿床还包括石灰岩变成大理岩矿床，砂岩变成石英岩，粘土质页岩变成板岩、金云母矿，碳质岩石变成石墨矿床等。变质作用特别是区域变质作用中，除重结晶和重新组合形成新矿物外，如在有变质热液存在的情况下，交代原来含矿建造或围岩而形成有用物质的进一步富集而成金矿，如美国霍姆斯塔克金矿。这类矿床分布范围和产出特征受原始含金硅铁建造控制，全聚集在硅酸盐及硫化物中呈包体产出，受构造和褶皱控制。具有重要的经济价值。

【混合岩化（超变质）矿床】区域变质作用进一步发展产生混合岩化，由于广泛而强烈的交代作用，使一部分成矿物质发生迁移和富集，从而形成的矿床。从混合岩化作用发展过程来看，成矿过程分为两阶段：主期交代重结晶阶段和中晚期热液交代阶段。前者主要表现为新生的长英质熔浆对原岩组份进行交代反应，以钾

化和钠化为主。形成如云母、刚玉、石榴石等矿产，或伟晶岩化作用形白云母、绿柱石、独居石及磷灰石等伟晶岩型矿床。中晚期热液交代阶段，既可引起围岩蚀变也可成矿，如钙镁质碳酸盐被交代形成菱镁矿、方镁石、滑石等矿床，含硼热液交代可形成含硼（硼镁铁矿、硼镁石）矿床。在混合岩化过程也还形成一些铀金、铜及某些稀土等矿床。如分布于辽东—吉南一带的早元古代宽甸群变质岩中，产有混合岩化热液硼镁铁矿床。

【成矿规律】矿床形成和分布的空间关系、时间关系，物质共生关系以及内在成因联系的总和。在空间上可以表现为各种地质构造单元的分布规律；在时空上表现为地史上的分布规律；物质聚集方面表现为各种矿床类型的形成以及有关矿床及矿种的共生规律。由于矿床是局部出现的复杂地质体，是成矿物质在一定的地质发展历史阶段和构造环境中长期演化、高度聚集的产物，因此要获得对成矿规律的全面认识，必须从时间、空间、物质组成三个方面进行综合分析。它包含成矿时代、成矿区域、成矿系列、矿床演化等方面内容，并逐渐形成矿规律学的分支学科。

【成矿时代】在地质历史上，矿床形成比较集中的时代。在地壳发展的过程中，成矿作用不是连续不断地发生的，而是间歇性地与地壳运动的旋回有密切的联系，因此，矿床在时间上的分布也是不均匀的。成矿时代主要是根据世界范围或区域范围资料，综合对比分析确定的。内生矿床的成矿时代因与构造岩浆活动密切相关，一般以构造运动为划分依据。外生矿床的成矿时代与地层关系密切，一般按地质年代来划分。中国成矿时代划分为：太古代成矿期；早元古代成矿期；晚元古代成矿期；加里东成矿期、海

西成矿期，及燕山成矿期等。各期成矿不尽相同，如加里东期是中国昆阳、荆襄沉积磷矿、湘潭锰矿以及白银厂铜矿、镜铁山等火山—沉积矿床形成期。

【成矿区域】地壳中矿产在空间上和时间上的分布是不均匀的，在地壳中某种（些）矿产大量集中的那一部分地区，称为成矿区或。如中国南岭一带钨、锡、锂，铍等矿床特别集中，形成钨、锡成矿区。成矿区域大小不一，它常与一定的大地构造单元、一定的构造—岩浆带和一定的构造岩相带相带相符合。一般划分为：

全球性成矿区（带）：位全球性构造系统中，如巨大板块边缘。巨型地槽带等。最著名的全球成矿带是环太平洋成矿带、古地中海—喜马拉雅成矿带。

成矿区：是大区域成矿单元，或称成矿省或成矿域，如中国东部成矿域。

矿带：区域性矿化单元，如长江中下游铁铜矿带。

矿区或亚带：介于矿带与矿田之间的矿化单元。

矿田：由同一地质作用形成的、成因上近似，空间上邻近的一组矿床。其分布面积一般几十到一二百平方千米。

【成矿系列】指在一定的地质环境中形成的，在时间上、空间上和成因上有密切联系的一组矿床类型，它们由一种或几种成矿元素组成，且包括了两个以上的矿床成因类型。如宁芜陆相火山岩盆地中形成与火山、次火山作用有关的一组矿床，包括晚期岩浆到高温气液交代矿床—伟晶高温气液交代—充填矿床—接触交代—充填矿床—中低温热液充填矿床—火山—沉积矿床构成了“玢岩铁矿”的成矿系列；又如斑岩铜矿中常有矽卡岩型和热液脉型共

生，形成斑岩—矽卡岩—热液矿床系列。成矿系列研究是 20 世纪 70 年代才开始的工作，正处于发展阶段，但它的研究对指导找矿有良好效果。

【多成因矿床】由两种或两种以上不同成矿作用叠加形成的矿床。自然界中有一部分矿床是单一成矿作用产物，如典型岩浆矿床和沉积矿床；但近年研究成果表明一些重要矿床是多种成因的，这类矿床形成包括二次成矿作用、叠加成矿作用和再造成矿作用等。如某些矿床形成经历早期沉积初次富集（矿源层）在此基础上经改造形成工业矿床，大部分层控矿床属此类。有些矿床原来早期已是矿床，后来又经过新的成矿作用的叠加，如著名的白云鄂博铁—稀土矿床可能就是早期沉积铁矿，由于花岗岩的侵入，产生含稀土热液叠加在其上形成多组分多成因矿床。某些沉积铁矿，经过岩浆侵入接触变质改造，原来黄铁矿或菱铁矿层转化为磁铁矿矿床，并产生热液蚀变，形成层控矽卡岩型矿床等。

【矿床分带】矿物成分、化学成分、矿石结构构造在区域、矿床或矿体范围内空间上的变化规律。一些矿床的空间分带性常表现为围绕某一侵入体，有一系列矿床作有规律分布，也可以表现为沿矿体走向有不同矿物组合、蚀变类型、元素等有规律变化。如云南个旧锡矿床，以斑状黑云母花岗岩株为中心，向东南方向有铜带—铜、锡带—锡、铜带—锡、铅带—铅、锌锡带的水平和垂直方向分带性。含铜砂岩型矿床中则常见有辉铜矿—斑铜矿—黄铜矿—黄铁矿的金属矿物分带。矿床分带是成矿系列的一种反映形式。

【宝石矿床】可以利用的天然宝石和玉石已达 200 余种，但应用最多的还是金刚石、绿松石、欧泊石、红宝石、蓝宝石、祖母绿、石榴石、黄玉、水晶等 10 余种，占珠宝利用量的 75%，其余种类仅占 25%。宝石和玉石矿床类型包括：（1）岩浆型矿床，如与金伯利岩有关金刚石矿床；（2）伟晶岩型矿床，如黄玉、蓝宝石（绿柱石）红宝石（电气石）、水晶（烟水晶、茶水晶、紫水晶）、天河石等宝石都与伟晶岩有关；（3）热液型矿床为硬玉和软玉的重要来源；（4）变质型矿床；（5）风化壳型；（6）砂矿床等。

【粘土矿床】粘土由细微粒粘土类组成，粘土矿物主要是层状水铝硅酸盐类矿物，由于粘土矿物含量不同，可以形成各种不同性质的粘土矿床；其工业价值也不同，主要用于陶瓷，耐火材料、电气绝缘材料、搪瓷、造纸、化工等工业中。中国是世界上开发利用粘土最早的国家。远在公元前 2700 年的仰韶文化时期已利用粘土做陶瓷。江西景德镇于北宋景德年间（1004—1007）置镇时，该地所产瓷器已闻名全国，其工艺水平之高，原料质地良好，驰名中外。粘土的性质和工业技术性能（如可塑性、粘结性、膨胀性、烧结性和耐火性、绝缘性等）以及其使用价值主要取决于它所含粘土矿物的种属和相对含量；根据粘土矿物成分和性质，结合工业应用，可以把粘土划分为：高岭土、膨润土和凹凸棒石粘土和耐火粘土，它们各有独特的工业用途和技术要求。高岭土主要由高岭石、埃洛石组成（占 90%），其次有多水高岭石及水云母，混入石英、长石、菱铁矿、黄铁矿等。一般为白色、浅灰色等，含杂质时为褐灰或黑色。主要用于造纸，陶瓷、橡胶、搪瓷等工业。膨润土以蒙脱石类矿物为主，尚含少量其他矿物。一般划分为以吸附钠离子为主的钠膨润土和以吸附钙离子为主的钙膨润土。前

者灰到灰白色、油脂光泽，具油腻感，吸湿性好；后者颜色较杂，软质疏松，吸水性中等，可塑性较前者差。主要用于作粘结剂和催化剂，橡胶工业的填充剂等。凹凸棒石粘土是少见的镁质粘土，结晶差，或呈针状、棒状，或聚集成束，具油脂、蜡状光泽，遇水崩裂但不膨胀。具有极强的吸附、脱色、除臭性能，主要用于钻探泥浆、铸造、炼油脂、净化污水、军工等方面。耐火粘土由水铝硅酸盐类组成，按其成分和工业用途有软质、半软质、硬质和高铝质粘土。常混有铁氧化物、碳酸盐和硫酸盐而影响质量。主要用于耐火材料工业。粘土矿床按其成因有热液蚀变型粘土矿床、沉积型粘土矿床，如本溪牛心台粘土矿；风化残余型粘土矿床如江西景德镇高岭土矿床；陆相火山—沉积型膨润土矿床如浙江临安县平山钠质膨润土矿床等。

【宣龙式铁矿】海相环境沉积形成的一类铁矿床，产于中国北方震旦纪地层中，以河北宣化、龙关一带最佳而得名。铁矿层产于碎屑岩与碳酸盐岩的过渡地带。矿层 2—7 层不等，以宣龙一带的庞家堡为例，矿体的底盘为白色厚层石英岩，第一层矿为“肾状”及豆状赤铁矿层（Ⅰ），厚 0.5 米；其上为石英岩夹薄层页岩，厚 0.8 米；第二层矿为赤铁矿层（Ⅱ），厚 1 米；薄层石灰岩，厚 1.2 米；第三层矿为鲕状赤铁矿层（Ⅲ），厚 2 米；顶部为菱铁矿层；矿体的顶板为黑色碳质页岩，厚 50 米。再上为厚层石灰岩。沉积铁矿矿体为层状，沿走向延伸较大，可达几公里。空间上，矿体沿古陆边缘的浅海盆地分布。矿石有两种：赤铁矿和菱铁矿两种，矿石品位一般在 40% 以上，含 SiO_2 15—20%。这里肾状及豆状是指矿石的一种构造，由赤铁矿薄层包壳形成豆状或肾状（0.5—1 厘米）大小集合体，被认为是沉积成因标志特征。最近的研究还认

为是由藻类生物成因的产物。

【宁乡式铁矿】中国南方地区广泛分布的类海相沉积铁矿床，湘、鄂、赣、桂、黔川等地均有，以宁乡铁矿最发育。矿层产于上（中）泥盆统之中，矿体呈层状、厚度一般 1—3 米，有时可达 7 层之多。矿石成分以赤铁矿为主，有少量磁铁矿、菱铁矿等；还含有石英、绿泥石、方解石、白云石和玉髓等。具有鲕状构造。鲕核除石英、粉砂及粘土外，还有锰质或铁质的碎屑。研究表明宁乡式铁矿形成于古陆边缘半封闭的海盆地中。由沉积盆地的边缘到盆地中心，可形成由砂质鲕状赤铁矿—钙质鲕状赤铁矿—菱铁矿质鲕绿泥石矿的分带现象。当地壳运动相对稳定时期，铁矿分布也较稳定。

【鞍山式铁矿】前寒武纪铁硅质建造受变质成因的铁矿床，以本溪、鞍山一带分布最广、规模大而得名。国外这类矿床称阿尔果马型和苏必利尔湖型（代表性产地）。以鞍山、弓长岭二矿区为例，矿区地层由太古代的鞍山群和元古代辽河群组成，矿床赋存于鞍山群地层中，是由角闪岩、斜长角闪岩、变粒岩和片岩组成。可分为上含矿带和下含矿带，分别赋存二至三层铁矿，矿层一般延长 4—5 千米，延深可达千米，厚数十米。主要由磁铁矿、赤铁矿、角闪石、石英组成，成条带状构造为贫矿石。矿层中还含富铁矿体，产状与贫铁矿层一致，矿石成分也相似，但铁的含量大量增加，形成致密块状矿石， TFe 可达 50—64.16%；富矿体周围有明显的围岩蚀变。如果说贫矿是火山-沉积变质成因的，那么，富矿石形成是在贫矿基础上受构造和混合岩化热液交代成因的。

【攀枝花铁矿床】岩浆型铁矿床，也是中国重要铁矿类型之一，位于四川西昌钒钛磁铁矿带。该带北起泸沽西昌、南到渡口攀枝花、红格一带，南北长 200 公里，东西宽 40 公里，形成一系列矿床。攀枝花铁矿由朱家包、兰家火山、纳拉箐等矿区组成，含矿岩浆岩为辉长岩，呈走向北东的单斜状侵入岩。侵入在震旦纪灯影组白云质灰岩中，延长达 19 公里，出露宽约 2 公里。岩体可划分为五个岩相带和九个矿化带，其中以ⅦⅣ矿化带为重要，赋存于岩体中部及下部暗色辉长岩的底部。各矿化带和矿体均呈层状、似层状。矿石中主要金属矿物有钛磁铁矿、钛铁矿、钛铁晶石、次有钒磁赤铁矿、磁铁矿、赤铁矿等，含硫化物一般为 1—2%，以磁黄铁矿为主，少量黄铁矿、黄铜矿、镍黄铁矿。矿石以浸染构造（贫矿）、块状构造（富矿）为主，次有斑杂状、云雾状构造。多见陨铁结构，填隙结构。全区含铁在 25—47%。钛磁铁矿中含钒、铬、锰、钴、镍、铜，硫化物中还含铂族、硒、碲等，可以综合利用，该矿床属岩浆晚期分异矿床。

【白云鄂博铁矿】位于内蒙古自治区包头附近的白云鄂博，中国巨大的铁-氟-稀土-稀有矿床，也是目前已知世界上最大的稀土矿床。矿床在大地构造上位于内蒙地轴北缘。区内出露地层有早元古界五台群和中晚元古界白云鄂博群浅变质石英岩、板岩、白云岩夹云母片岩，铁矿赋存于白云鄂博群中。区域构造为复式背斜。岩浆岩发育。铁矿呈似层状、透镜状与白云岩整合产出。全矿包含东矿、主矿、西矿三个矿段。主矿最大，东矿次之，各由一个主矿体组成，西矿则由 18 个矿体组成。主矿矿体长 1250 米，最厚处 250 米，常夹白云岩层，向两端减薄至尖灭。下盘为白云岩，上盘为硅质板岩、云母板岩。矿石主要矿物为磁铁矿、赤铁矿，普

遍含稀土矿物；金属硫化物有：黄铁矿、磁黄铁矿、方铅矿、黄铜矿等，非金属矿物有黄石、金云母、钠质闪石、钠质辉石、白云石、石英等。已发现 71 种元素，114 种矿物。形成六种矿石类型：块状铌—稀土铁矿石；萤石型铌—稀土铁矿石；霓石型铌—稀土铁矿石；钠质闪石型铌—稀土铁矿石等。矿石具有条带构造，层纹状、块状、浸染状、脉状构造等，具粒状、鳞片变晶结构等。含铁最高达 68%，最低 20%。矿区内热液蚀变普遍，有钠辉石化、钠闪石化、萤石化、黑云母化等。矿床地表受风化淋滤作用、发育氧化带。矿床成因一直受地质学者们关注，观点分歧。一种观点认为铁矿形成与白云鄂博群形成一致，约 14 亿年，与重稀土稀有元素矿化密切的蚀变和矿区南部花岗岩年龄接近（2.7—2.3 亿年），认为受晚古生代岩浆热液叠加有关，属沉积—岩浆热液叠加成矿。也有认为属火山沉积稀有金属碳酸盐岩矿床。近年来提出它与澳大利亚奥林匹克坝 Cu-U-Au 矿床、瑞典基鲁那铁矿床有相似成矿特征、和大陆裂谷作用有关的说法。它因矿床特殊、稀土含量高而受国内外学者所重视。

【多宝山斑岩铜矿床】位于黑龙江嫩江县境内，是中国较大型铜钼矿床之一。矿区出露地层以奥陶系为主，北面构造发育，中酸性岩浆岩广泛分布，含矿岩体为花岗闪长斑岩。多宝山铜（钼）矿床由四个矿带组成，其编号为一号、二号、三及四号矿带。一号矿带位于花岗闪长斑岩的下盘，二三四号矿带位于斑岩体的上盘，其中以三号矿带规模最大，约占全区储量的 80%。矿体在矿带中多呈透镜状、扁豆状，似板状和不规则形态，并有尖灭再现、分复合现象。矿体多出露地表，沿走向变化大。主要工业矿物有黄铜矿、斑铜矿和辉钼矿，综合利用有自然金、银金矿、自然银、辉

银矿、碲银矿等。具有黄铁矿—黄铜矿、黄铜矿—辉钼矿、黄铜矿—斑铜矿等矿石组合。脉石矿物以石英、绢云母、绿泥石、碳酸盐、少量黑云母、钾长石等。具有细脉浸染状、细脉构造、角砾状构造等。斑岩具有石英化核—钾化带—绢云母化带—青盘岩化带的蚀变分带。绢云母化带为工业铜矿体赋存地段。

【玉龙斑岩铜矿】位于西藏江达县境内。属于世界阿尔卑斯—喜马拉雅成矿带的一部分，金沙江深断裂带的西侧。矿区出露以上三叠系地层为主，系一套砂页岩、砾岩、碳酸盐岩及火山碎屑沉积岩。矿带与区域北北西构造线相一致，位于夺盖拉复式向斜中次一级背斜内。具多期岩浆活动，其中燕山期有两期，斑岩铜矿化与燕山期第一期斑岩体有关，为花岗闪长斑岩及二长花岗斑岩组成。玉龙铜矿有三个矿体，按产出构造部位和矿石特征可分为两种类型：Ⅰ号矿体是由含矿斑岩体及其接触带的矿化角岩等组成，矿体形态模型与含矿斑岩体近于一致，矿体平均厚为 331.5 米，平均含铜 0.52%、含钼 0.028%。具细脉浸染状构造。因其核心为无矿核，矿化发育于接触带内外，故矿体形同一倒置杯状。矿化从地表至深处有贫→富→贫的趋势。Ⅱ号矿体位于矿区东部为似层状矿体，平面上呈半环状包围Ⅰ号矿体，赋存于波里拉组底部白云岩、大理与甲丕拉组角岩之间，矿体与围岩产状一致，近含矿斑岩体接触带矿体厚度增大品位也高。Ⅴ号矿体类似Ⅱ号矿体分布于斑岩体西侧，为似层状矿体，产状与围岩一致，矿石中金属矿物以黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿为主，其次有铜蓝、辉铜矿、黝铜矿、具细脉浸染状构造。矿床具有次生淋滤富集现象。除铜钼外，还有铯、金、银、铂族等有益元素。围岩蚀变有：钾化、矽卡岩化、硅化、绢云母化、青盘岩化等，蚀变分带明显。

【德兴斑岩铜矿田】位于江西德兴县境内。由铜厂、富家坞、朱砂红三个铜矿床组成，构成德兴斑岩铜矿田，区域构造上受江南台隆与钱塘拗陷接壤地区之赣东北深断裂控制，矿田位于深断裂西侧。矿田内出露前震旦系九岭群变质岩系，上段为千枚岩和凝灰质千枚岩为主，下段以变质沉凝灰岩为主，偶夹变质安山岩或英安岩。区内断裂发育，主要有东西、北东和北北东向构造。含矿斑岩体属燕山期产物，主要是花岗闪长斑岩、石英闪长玢岩、花岗斑岩及英安玢岩等。业已查明，三个矿床具有类似矿化特征，主要特点是铜矿体产于斑岩体内外接触带，铜厂、富家坞铜矿体有三之二产于外接触的变质岩中。上盘接触带矿体多大于下盘接触带矿体，且上盘富铜，而下盘矿体钼矿化富集。矿体与围岩界线呈过渡渐变关系。矿石主要成分简单，黄铁矿、黄铜矿较多，辉钼矿次之，已知金属矿物可达 50 种，伴生有金、银、铼、硫、硒、碲、钴等有用元素。矿化蚀变分带明显。矿床储量可观，属世界超大型斑岩铜矿行列，已成为中国重要铜矿基地。

【城门山铜矿】位于江西省瑞昌县。是斑岩铜矿—矽卡岩铜矿—块状硫化物铜矿构成的“三位一体”的铜矿床之一。矿区出露地层有奥陶系志留系、泥盆系直至三叠系海相碳酸盐岩—碎屑岩建造，区内发育一系列北东东向褶皱，组成九江—瑞昌复式向斜，伴生一组高角度冲断裂和北西向张扭性断裂、控制岩浆岩的展布。主要侵入岩为花岗闪长斑岩，其次为石英二长闪长玢岩、二长斑岩等。根据铜矿化产出特征，可划分三种类型：第一类为接触交代型铜矿、即矽卡岩型铜矿、矿体赋存于岩体与石炭系碳酸盐岩石接触带，有典型矽卡岩化。矿体为透镜状，如ⅡⅢⅣ号矿体。第

二类为斑岩型铜矿，矿体赋存在花岗闪长斑岩体内接带，矿体呈透镜状与矽卡岩体相随。矿石细脉状为主，浸染状次之，以黄铁矿、黄铜矿、辉铜矿为主，含辉钼矿，铜品位在 0.37—0.87%，在斑岩体的下部，还存在第二成矿期的钼矿体。第三类为块状硫化物型铜矿、矿体赋存黄龙组与五通组石英砂岩之间，层状产出，与地层产状一致，以黄铁矿、黄铜矿为主，含少量磁铁矿、闪锌矿，非金属有方解石、石英。矿石呈块状，以硫化物为主（>90%）故称块状硫化物型铜矿，含铜在 0.9—1.5%，含硫达 25—35%。伴生组分有金银、硒、碲、铊、钴等。由于这层矿化在长江中下游许多矿区发育，其成因引起地质学家们重视，多认为是沉积成因的，但也有人认为是火山沉积、热卤水喷流沉积成因或交代成因的，目前尚无统一的认识。三种矿化类型在铜陵地区如铜官山、狮子山等地可观察到，并已构成独立矿床类型，它们应属斑岩—层控矽卡岩—矽卡岩—热液成矿系列范畴。

【东川铜矿】位于云南省东川市，包含因民、落雪、龙山等矿区，是中国重要的铜矿床类型之一，称之为层控铜矿床。它产于昆阳群海相碳酸盐岩地层中，主矿体呈层分布、层位稳定，矿化均与因民组紫色板岩夹泥砂质白云岩，过渡层及其上盘藻白云岩有关。矿石具有沉积构造，沿层理条带、层纹状、马尾丝状、交错层状、结核状等。少数矿体呈脉状、网脉状，或不规则状。矿物成分主要有斑铜矿、黄铜矿，次为辉铜矿、铜蓝及硫砷铜矿，非金属为白云石、方解石、石英、绿泥石等。矿床具有明显的分带，从地表至深部为辉铜矿带—斑铜矿带—黄铜矿带—黄铁矿带。矿石以贫矿为主，铜品位达 1% 以上者仅占 1/3。伴生有锗、钴、银和金。矿山开采日久，成因认识也不断变化，早年认为交代成矿，后认

为是同生沉积，再后来认为与火山活动有关，又有沉积变质之说等，总之矿床形成经历长期复杂地质作用。

【白银厂铜矿】位于甘肃省，距兰州市 90 公里。明朝时已开采金银，为中国重要有色金属基地之一。有折腰山、火焰山、铜厂沟、小铁山、四个圈等 5 个规模不同矿床组成。矿床赋存在中下奥陶统的细碧角斑岩系中：一般矿床由数十至百余个大小不等的扁豆状、透影状、似层状、脉状矿体组成。矿石有致密块状和浸染状两种。其中致密块状矿石由 90% 黄铁矿组成，故文献中称块状硫化物矿床。矿体与围岩界线明显，与含矿带的围岩片理展布方向一致。常见金属矿物有黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿，少量的有斑铜矿、黝铜矿、磁铁矿、毒砂、银金矿、自然金、自然铋等，可达几十种，组成不同矿石类型。围岩蚀变主要有硅化、绢云母化、绿泥石化，重晶石化等，并形成一定的分带性。此类矿床是火山喷气沉积成因的。同类的还有青海红沟铜矿、河南刘山岩铜矿和四川拉拉厂铜矿等。

【云南六苴砂岩型铜矿】六苴铜矿位于大姚县境，矿床位于滇中红色盆地北部大雪山背斜的倾没端，含矿层位为白垩系上统马头山组郝家河段下五段的砂（砾）岩层。由一个主矿和 6 个小矿组成，主矿延长达 10 余公里，最大厚 36 米，向两侧变薄，似鱼状的矿体。矿石主要金属矿物为辉铜矿，少量斑铜矿、黄铜矿；氧化带有孔雀石、赤铜矿、铜蓝等。矿床内可形成辉铜矿—斑铜矿—黄铜矿—黄铁矿的分带现象。矿化发育在紫色层至浅色层交互带内，向紫色层尖灭。

【绿岩带金矿】赋存于太古代绿岩带中的各种类型金矿床简称。绿岩带是一套浅变质的超镁铁质、镁铁质、长英质火山岩和部分沉积岩组成的岩系，主要为绿片岩相，部分达角闪岩相，在区域内成带状分布。世界上许多大型金矿床产于绿岩带中，它包括含金石英脉、富硅铁建造中层控金矿床和产于长英质变质火山—沉积岩中黄铁绢云片岩中金矿床。绿岩带金矿具有如下几个特征：绿岩带中发育剪切带，它是重要的控矿构造；金矿体为含金石英脉，含硫化物（黄铁矿、磁黄铁矿和毒砂）的似层状矿体和透镜状矿体；金以自然金产出，金/银约为 9：1；此外，也常见含金黄铁矿、黄铜矿、辉锑矿、硫盐及其他硫化物，故多数矿床含铜、锌、银、铅、砷、锑等，部分矿床含硒、钼、钡、汞、硼为特征；矿化带中发育硅化、碳酸盐化、绢云母化、黄铁矿化等。矿床成因，争论颇多，但成矿可能与原岩组分、剪切作用、变质作用、花岗岩化作用以及后期岩浆活动有关。世界上著名产金地区分布在加拿大、巴西、印度和澳大利亚等地，中国绿岩带金矿分布于东北—冀东地区—河南、陕西小秦岭地区、五台—太行山区和胶东地区。太古代绿岩带金矿的是当前找金的重点地区。

【卡林型金矿】一种微细浸染型金矿床，以美国内华达州卡林矿床最典型而得名。也是 20 世纪 60 年代发现的新类型，因矿床规模大而引起世人瞩目，许多国家都注意寻找这种类型矿床。中国陕西二台子、黔西南等地均有发现。这类矿床主要特点：金的颗粒极细，大都小于 10 微米，金以胶体吸附，或次生微包体于黄铁矿等硫化物中以自然金形式存在；矿床主要赋存于含碳质的碳酸盐岩、粉砂岩、泥岩和火山岩中；矿体成层状或沿断裂延伸产出，与断裂构造关系密切。矿石中除金外，还有黄铁矿、黄铜矿、金沙、

毒砂重晶石、碳酸盐等，呈浸染状、网脉状或角砾状产出；围岩蚀变主要为硅化和绢云母化、高岭石化。矿床成因意见不一：认为矿床与第三纪火山作用加热而循环的大气水热液系统形成的低温浸染状交代型矿床；也有认为与地热梯度驱动的大气降水形成热卤水成矿有关。在找矿中用传统重砂法无法发现，要运用化探方法发现 Au、Hg、Sb、As 异常，寻找找矿靶区。

【焦家式金矿】中国地质工作者根据山东招远掖县地区焦家金矿、三山岛金矿特征而命名的金矿床。它产于区域性断裂蚀变岩带中，具有矿化连续、稳定、矿体形态简单，矿石类型单一，可选性好，与已知金矿类型的特征不同等特色。由于它和蚀变岩关系密切故文献中常称蚀变岩型金矿。焦家金矿构造上位于胶东隆起的西缘、沂沐断裂的东侧，矿区附近出露胶东群地层，主要为黑云变粒岩、斜长角闪岩、片麻岩等，容矿围岩为玲珑花岗岩。矿体产在破碎蚀变花岗岩中，破碎蚀变带的范围也框定了金矿化的空间，它呈脉状或带状，长千余米，平均厚 2—4 米，有膨胀狭缩现象，金矿石品位在 2—10 克/吨者最多，主要金属矿物为黄铁矿，少量黄铜矿、闪锌矿、方铅矿，金矿物主要为银金矿及少量自然金、自然银等；非金属矿物主要为石英，少量绢云母、长石、方解石等。矿石常以脉状及细脉浸染状构造为主。近矿有蚀变分带，由黄铁绢英岩化带→强绢英岩化带→弱绢云岩化带→硅化带→钾化钠化赤铁矿化复合带。金矿化强度与黄铁绢云岩中硫化物的多少有关，硫化物量愈多金矿化就愈高。据研究焦家金矿成矿物质来源于胶东群，蚀变与成矿热液是多来源的，主要为变质水和岩浆热液水混合成因的。

【韧性剪切带型金矿】与韧性和脆-韧性剪切带有成因联系的一种

金矿床。韧性剪切带是地壳中高应变带两侧岩石发生明显的相对位移，但未见明显的断裂面的一种韧性变形带，常发育于基底变质岩中，呈线性分布。韧性剪切带控制区域的金矿带的展布，某些金矿床，它是控矿构造，矿体为韧性剪切带一部分，金矿产状与韧性剪切带一致，为同时形成的；更多的金矿床，矿体受韧性剪切带中的脆性断裂控制，控矿断裂叠加其上，因而韧性剪切带是间接控矿的。中国一些重要的金矿如吉林夹皮沟金矿、河北金厂峪、内蒙、小秦岭以及广东河台金矿均受控于韧性剪切带构造。韧性剪切带岩石有特殊组构和变形特征，如面理、鞘褶皱、香肠构造和糜棱岩等。过去认为的许多前寒武纪一些大型超大型含金石英脉矿床，多与剪切带有关，因此，它已成为当前研究的重点之一。

【火山岩型金矿】与火山岩、次火山岩和小侵入体有关的金矿床，在空间上、时间上和成因上与火山一次火山作用有关。它是重要的金矿床类型之一。20 世纪 80 年代以来世界上发现大型金矿如日本菱刈、巴布亚新几内亚波尔盖拉金矿、中国吉林五凤金矿等都属此类。这类矿床具品位高、近地表产出、易开采易造特点，而受重视。这类矿床具如下特征：矿床产出大地构造背景多为活动大陆边缘和岛弧；大多数火山岩型金矿成矿时代属第三纪或中生代；其容矿围岩为钙碱性喷出岩或浅成侵入岩，部分可为沉积岩，控矿构造与火山机构有关，并受区域断裂控制，两组断裂交叉处，矿体产于断裂带及放射状和环状断裂内，也产于爆破角砾岩体内；主要以金银矿体为主，呈脉状或网脉状，含自然金、自然银、银金矿、金银矿，及其黄铁矿、闪锌矿、黄铜矿等矿物，非金属矿为有石英、玉髓、绢云母、菱锰矿、方解石、重晶石、高岭石、冰

长石等。依据矿石组成，矿床可划分为两类：酸性硫酸盐型和冰长石—绢云母型，后者矿床较前者常见，它们的差异和产出的地质和地球化学环境有关。这类矿床围岩蚀变主要是硅化、黄铁矿化、绢云母化、绿泥石化，以及碳酸盐化、高岭土化等，矿床常有一定分带，基本趋势为上部黄铁矿含金，中部含银硫化物，下部为黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等硫化物。矿床原生晕表现为如下分带：Hg、As、sb 为矿上晕，Mo、W、Co、Ni 为矿下晕。

【含金石英脉】最常见的金矿化类型，全赋存于石英和硫化物中，常呈自然金产出。石英脉含金多少和规模决定于成矿背景，含金石英脉常以单脉或复脉形式产出，长几十米至几百米，厚几米或数厘米不等，受断裂构造控制，脉旁常有围岩蚀变。随矿床研究深入，它可归入不同的成因类型。

【砂金矿床】重要的金矿类型，由于易发现和易采易选，分布广而被人们所重视。砂金来源于原生金矿床或其他含金矿石或岩石，由于风化剥蚀作用，原生金被河流搬运到合适地方沉积而富集成矿。金砂呈细小分散颗粒分散在砂砾层中，其颗粒大小和形状与金的来源远近和原始含金状态有关，一般上游粗颗粒金占多数，下游则细粒、片金占多数。砂金常见 0.1—0.5 毫米为主，某些地区常见大块金，达几公斤，称“狗头金”。产砂金地区常可发现原生岩金。因此，地质工作者常以重砂测量方法作为找岩金的一种手段。中国砂金产地是黑龙江、吉林、山东、河南、广西、四川、云南等地。

矿产普查勘探

【矿产勘查】矿产普查与矿床勘探的总称。矿产普查是对矿化显示的广泛的寻找,而矿床勘探是对这种显示的更局部的评价研究,其研究和工作内容与国家生产力发展水平、技术状况和技术政策有关。对矿产资源的研究,目前已形成一个包括矿床地质及成矿规律,总量预测及潜力评价,普查勘探及开发利用,矿产经济及资源政策的完整体系。矿产勘查是其中的重要环节,是整个矿业开发过程中的一大阶段。勘查工作是一项由面到点,逐渐缩小搜索范围,逐次筛选对象,逐渐确定勘探区的过程,是对地质体进行调查研究,查明矿产资源和储量以及获取有关信息的过程,从其发展变化特点,可概括出四个阶段:区域地质调查阶段,矿产普查评价阶段,矿床勘探阶段,开采勘探阶段。每个阶段都包含着预测和评价两个内容,前一阶段的评价都为下一阶段进一步工作提出意见和方向,预测和评价贯穿地质工作的全过程,是勘查中的关键内容。

【矿产普查】运用地质科学的基础知识和理论,使用相应的技术手段与方法,摸清一定地域内,区域地质构造特征,成矿地质条件,找到或发现各种矿床、矿点和成矿远景区,而进行的地质调查工作。按照工作程度的不同,可分别开展大、中、小比例尺的区域地质填图工作,并利用区域调查资料和有关矿产资料,编制不同

比例尺的矿产预测图，再辅以遥感、航空地质工作、地球物理及地球化学探矿和重砂找矿等方法手段，寻找出有利的成矿地段。对找到的矿点，结合群众报矿提供的线索，进行矿点检查，就其地质和经济意义作出初步的评价，阐明工作地区的成矿远景。对较有远景的矿点或矿床还需开展较详细的普查找矿工作，可适当地动用一些山地工程和钻探工程，进一步揭露矿体，粗略地探求相应的储量，为矿床勘探工作的可行性提供出地质的和经济的依据。

【找矿方法】在找寻矿产的过程中，应用不同技术措施和手段，能更省时、省力，经济合理地发现、研究和评价各种矿化标志。为进行找矿工作，按其原理和方法可分为 4 类：地质方法；地球物理方法；地球化学方法；探矿工程方法。地质方法主要是地质填图、砾石及重砂找矿法；地球物理方法包括：遥感地质、航空物探、磁法、电法、重力法、地震法、放射性测量；地球化学方法有岩石地球化学（原生晕）、土壤地球化学（次生晕）、水系沉积物地球化学（分散流）、水地球化学（水化学）、气体地球化学及生物地球化学找矿等。此外还可采用地表（探槽、浅井）和深部（钻探和坑探）工程等手段，直接揭露出矿化露头及相应的地质现象以达到进一步找矿的目的。

【找矿标志】直接或间接指示矿产存在或可能存在的地质现象或线索。一般可分为直接找矿标志和间接找矿标志，前者如矿体原生露头、矿体氧化露头（如铁帽）、矿砾、有用矿物重砂、旧矿遗迹、热泉、油气苗等，后者如近矿围岩蚀变，特殊色彩的岩石、特殊的地形、特殊的植物、地名、地球化学和地球物理探矿发现的异常及某些历史资料等。

【矿点】具备矿产形成的一系列有关的地质条件，显示矿产存在的若干标志的地点，如各种直接找矿标志所显示的地点或由区域地质调查、群众报矿或旧有资料中所发现的线索。一般矿点是指仅有矿产情报而尚未评定其经济意义的矿产地，当仅有地表矿化现象时，也可称为矿化点。

【矿点检查】矿产普查找矿工作内容之一。综合地质和技术经济资料，对矿点的工业价值做出初步评价，为进一步工作提供依据。一般需要根据相应的原始资料，编绘地形地质简图、剖面图和矿石的测试、化验等数据及矿床开采条件和自然经济地理条件等，论证矿点可作为勘探后备基地的可能性和将来开采的可能性。

【成矿预测】运用地质理论和假说，采用合理有效的途径和方法，研究成矿规律。对不同范围（区域、矿田、矿床等）的成矿远景区做出预测评价，为矿床勘查指出方向。按目的及要求，大体上分为三类：大区域成矿预测，是对资源远景进行战略性评价，其目的是迅速对矿产资源总量或潜力做出预测及估算；区域成矿预测（要在预测图上分级圈出矿带或成矿区），是对区域内各类矿产资源作远景评价或预测储量评价；矿区成矿预测，通常是在含矿远景区内的局部地段或矿区内及其外围进行，预测新的矿床或矿体存在的可能性。

【重砂找矿法】在矿产普查和区域地质调查中广泛使用的一种找矿方法，又称重砂测量法。重砂找矿法适用于地水系发育的地区，沿水系、山坡、海滨等处，对疏松沉积物（如冲积、洪积、坡积、残

积、滨海沉积等)系统采集样品,将样品进行筛选、淘洗,分离出重矿物,经鉴定分析和整理,综合工作区的地质、地貌和其它找矿标志,按照重砂的分布特征,圈出重矿物的机械分散晕,即重砂异常,据此可进一步追索原生矿床及砂矿床。主要用来寻找某些有色金属(钨、锡、铅、锌等),稀有及放射性元素(铌、钽、铍、锆、钇、铈等),贵金属(金、铂、钨、铱等)及铬、钛、金刚石等矿床。

【矿床勘探】在对矿点和相应有关的预测区基本上确定了工业价值后,按照矿山建设设计的需求,应用各种有效的勘查技术手段和方案,对矿床进行全面的调查研究,为矿山建设设计提供必要的矿石储量和地质技术和经济资料,对矿床做出确切的工业评价,以保证矿山的顺利建设和正常开采,为此,在矿床勘探期间要进一步查明矿床(或矿体)赋存地质条件,矿体的大小规模,产出特征,分布规律,用相应的工程手段对矿体圈界定形、查质估量、查清矿区的水文工程地质条件和开采技术条件,再结合自然地理及经济条件,对矿床进行综合评价。

【勘探阶段】由于矿床勘查工作是对地质体进行调查研究获取有关信息的过程,是查明矿产资源和储量的过程,一个矿床,从发现和初步确定其工业价值直至开采,不可能一次完成,都需要有程度不同的勘探工作。同时,矿床勘查工作还要求有经济的观念,即要用最小的人力、物力和时间的消耗,而获取最大的效益,还要避免在地质依据不足或任务不明的情况下,进行盲目地勘探或开采,造成不应有的损失。为此,一般将勘探工作分成初步勘探、详细勘探和开发勘探三个阶段,前两个阶段的勘探工作,由地质部

门进行，这两个阶段并无明显截然的界线，目前有人提出，将初步勘探阶段与矿产普查评价阶段统一起来，认为确有开采价值的矿床才进行详细勘探，这体现出找到矿床或矿床是否具有工业价值，不同阶段工作的风险性有差异。阶段的划分还有争议。开发勘探工作则通称矿山地质工作，由矿山生产部门进行。

【勘探方法】在详细普查确定矿床工业价值后，按照矿山建设设计的需要，应用各种有效的勘探技术手段和方法，揭露、追索、查明矿床地质特征及矿体的变化规律，对矿床进行全面的质和量的评价，需要使用相应的方法来进行勘探，主要包括有：依据已有地质资料做出矿区勘探工作总体设计、勘探技术手段选择及工程布置、取样、编录、储量计算、勘探报告的编写等。

【矿体地质】从勘探和调查研究的角度出发，以矿体为研究对象，对矿体的形态、厚度、长度、产状、规模大小、内部结构构造（不同自然类型、不同工业品级矿石及夹石等在矿体中的分布）、矿石品位等各种地质参数的变化特征所进行的地质的、数理统计的工作，除将这些特征记录和描述，还要用相应的图表进行综合概括。

【矿床勘探类型】按勘探难易程度而划分出的类别。在勘探过程中，由于矿床地质，矿体地质特征及复杂程度的不同，所使用的勘探方法，在具体的要求上（如勘探手段、勘探工程间距、取样方法、取样间距、储量计算方法等）就有较大的差异，特别是矿体地质（矿体的形态、厚度、规模大小、品位变化等）变化性，对勘探工作的难易程度及精度有较大的影响，为此，将大量探采资料和勘

探矿床经验进行总结，将不同矿种，相似特点的矿床加以归并而作出。勘探类型的查找可参阅不同矿种的“勘探规范”，这些“规范”是借助以往对前苏联的有关“规范”，结合中国的具体情况进行编制的，对勘探工作有较大的参考价值。但是，对勘探类型的具体划分及其在勘探工作中的作用还有不同意见，各种类型的标志过于笼统，实际应用困难，有人主张加以废除或进行改革，以更好地适应矿山生产的需要。

【勘探技术手段】在勘探工作中，为揭露和查明矿床地质构造、矿体地质特征、矿石的数量和质量进行储量计算和评价，而使用的各种勘探工程和技术方法，主要有钻探工程（岩心钻、冲击钻等）和山地工程（探槽、浅井、平硐、竖井等），根据需要，还可配合地球物理和地球化学等探矿手段，以指导探矿工程的布置和施工，寻找新的盲矿体。

【勘探工程系统】多种勘探工程的组合形式。进行矿床勘探时，往往需要几种勘探工程联合使用，才能达到勘探的目的。其组合形式取决于矿体的形态、产状、规模大小、挖矿的地质条件及自然地理和经济等因素，目前按照勘探剖面的形式，可分成三大类：即坑道工程系统；钻探工程系统；坑钻工程系统。在坑道及坑钻工程系统中又可分出垂直的、水平的和水平及垂直组合的三种形式。当矿体埋藏不深，产状近于水平或缓倾的矿床多采用垂直工程系统；而当矿体产状较陡，呈筒状、脉状，且地形有利时，多使用水平工程（如平窿、沿脉、穿脉等），亦称水平勘探；水平与垂直联合系统适用于矿体形状复杂，埋藏比较深，常在浅部用水平坑道而深部用钻探进行勘探。

【勘探地质剖面】根据勘探工程所揭露的地质资料和有关的参数，编绘出的包含有勘探工程的地质切面。这种剖面是对矿体和矿床不断追索和圈定的成果的最基本的表示方法。勘探剖面可分为铅直的和水平的两类，铅直的剖面多与矿体的走向垂直。与地表相交的直线，可称做勘探线。剖面上的勘探工程必须按一定的间距有规律地布置，尽可能将从地表到地下的相邻工程布置在同一铅直的切面上。剖面中要客观地反映出矿体的完整形态（形状、大小、产状变化），有用组分、矿石自然类型和工业品级的分布，不同级别储量块段的分布等。当勘探工程（主要是水平坑道）沿一定的标高布置在同一个水平面上，则可编绘成水平勘探剖面，表示的内容与铅直勘探剖面相同。勘探地质剖面的真实性，受工程数量和布置的合理性，工程质量及地质复杂程度的影响，故其精度是一个相对的概念。

【勘探网度】又称勘探工程间距和勘探工程密度。指的是沿矿体走向和倾向延长上，相邻两工程所揭穿的矿体间的距离。如勘探网度为 100×50 米，是指勘探工程沿矿体走向的间距为 100 米，因勘探线多垂直矿体走向分布，故 100 米也是勘探线之间的距离，为线间的水平距；50 米是沿矿体倾斜或变化最大方向上的工程间距，一般是指勘探工程间穿过矿体底板的斜距（薄矿体）或穿过矿体中心线的距离（厚矿体）。当矿体为陡倾斜而用坑道勘探时，则沿倾斜的间距系为不同标高（不同水平）的坑道的垂直距离，又称中段高或中段间距。勘探网度不要与勘探网相混淆，勘探网是由不同方向的两组勘探工程相交而成，所有的工程要布置在两组剖面的交点上，呈规则的网状排列，网有正方、长方、菱形等，一

般多使用垂直的勘探工程（如直钻、浅井等），只适用于矿体起伏不大，无明显走向和倾向的等向延长矿体以及无明显边界的大型网脉状矿体。

【勘探程度】经过勘探对整个矿床的地质、技术和经济特点研究所达到的详细程度。其研究的具体内容包括：矿床成矿地质条件、矿体的分布和边界、矿体的外部形态和内部结构、矿石物质成分和技术加工性能、共生矿产及伴生有益组分、矿床开采技术条件和矿区水文地质条件等方面的勘探和研究程度，是矿床勘探和研究程度的总和，从某种意义上讲它又是勘探的核心问题，一方面矿山建设设计要求地质资料尽可能准确可靠，则勘探工作相对愈详细愈好，可是勘探工作最好是省时、省力、低成本地探明地质特征，因此，地质效果和经济效果的统一，才能确定出合理的勘探程度，勘探程度的研究离不开对勘探方式（包括手段、网度等）和精度的分析。为此，人们力图从大量探采对比资料所建立的有关储量和矿体主要参数（面积、厚度、品位等）的误差模式中，寻找出表征矿床合理勘探程度的定量指标（储量误差与工程数量间的对比、不同级别储量的比例及分布等）系统，对矿床勘探工作给以合理指导和评价。

【矿床评价】在一系列地质和勘查工作的基础上，综合考虑地质、经济、技术等方面的因素，然后就其经济意义作出估算的一项综合性的地质工作，一般包括地质评价和经济评价两方面的内容。矿床地质评价，是勘查成果的地质效果分析、对比工作，它是通过对地质矿产评价因素的分析，依据成矿地质条件的有利程度，矿化标志的发育情况和矿床类型、规模、质量等，作出勘查对象是

否具有工业价值的一种估价工作。矿床经济评价，是以矿产储量、价值等不同计量形式估算勘探对象开发利用经济意义的一种方法。评价时，必须进行成本的估计。通常成本的估计有两种形式，即单位成本能获得多少储量和单位储量的获得需要多少投资；根据矿床规模、投入的工作量与获得的储量、勘查投资和采选冶费用与最后获得的产品价值来计算其可能的经济价值，为矿山设计提供依据。

【矿产取样】按一定的规格或要求，从岩体、地层、矿体、土壤及各种松散沉积物、地表水、地下水、植物、空气以及矿山生产的产品（原矿、精矿、尾矿、矿渣等）中，采取一定数量的样品，通过分析、试验、鉴定和研究，来解决地质、矿石质量和工程技术及生产中的有关问题。由于取样目的不同而划分成化学取样、岩矿鉴定取样、技术取样、技术加工取样四类。化学取样是对采取的样品通过化学分析，来确定矿石中主要有用组分、伴生组分、有害组分的含量，划分矿石自然类型及工业品级等，是勘查及矿山生产工作中，为评定矿石质量及能利用的可能性的采样样数最多的一种取样。岩矿鉴定取样是采集矿石或岩石标本，进行矿物学、矿相学及岩石学的研究，以确定矿石的矿物组成、成分和含量，解决矿床成因及其它专门地质问题。技术取样又称物理取样，为了对矿山开采技术条件作出评价，了解岩矿的物理性质（体重、强度等），对某些非金属矿产，如水晶、云母、石棉等测定其与工业用途有关的物理和技术性质。技术加工取样是对金属和部分非金属矿产确定其矿石的可选性和选矿方法，对矿石的加工技术性能作出评价。

【取样方法】根据勘探工程的不同，采样方法不同，可分为山地工程取样及钻探工程取样两种。在山地工程中，因人工揭露出的矿体面积较大，采样的方法多种多样，有刻槽法、剥层法、全巷法、刻线法、方格法、拣块法和打眼法。刻槽法主要用于化学取样，所采样品代表性强，在勘查各阶段得到广泛的应用，但人工刻槽效率低，有时可采用刻线法来取代，但也需正规刻槽取样校正检查，这多适用于普查阶段。剥层法和全巷法都因采样工作量大、成本高、效率低而影响其使用，但优点是精度较高，多用于有用组分分布极不均匀的网脉状矿床、伟晶岩、贵金属矿床等，还主要用于技术和技术加工取样，或用于检查其它取样方法。方格法和拣块法适用于矿化均匀的矿床，用于化学取样，但都要避免人为的挑选而出现系统误差，拣块法在生产矿山用于检查矿石的贫化损失、矿石均衡工作，适用性较宽。打眼法多适用于均匀的块状或浸染状矿体的化学取样。钻探工程取样，按钻进方式不同，有岩心钻探和冲击钻探取样两种，在固体矿产中，前者应用甚为广泛。

【山地工程取样】在勘探工程（探槽、浅井、沿脉、穿脉等）中，对揭露出的矿体和围岩进行样品的采集，其样品的采集方法如下：

（1）刻槽法：沿矿体厚度或矿化变化最大方向，穿过矿体的全部厚度，按一定的断面规格（指横断面，一般用宽度×深度表示，如10×5厘米），刻凿一条长槽（其长度指单个样品长度），所取下的全部矿石碎块作为样品。

（2）剥层法：沿矿体走向连续或按一定的间距，凿取下一层矿石作为样品，其规格指样层的长、宽、深三个度量，宽度一般采用20—50厘米，深度为5—15厘米，样重可达几十到几百公斤。

（3）全巷法：取样要求坑道在矿体内掘进，在坑道的一定掘进进尺范围内采集全部或部分矿石作为样品。

(4) 方格法：在露头或坑探工程的矿体部位，按一定的网格（正方、长方等），在网格的交结点处取下碎块，每个点的碎块大小要近于相等，再合并成一个样品。(5) 拣块法：在矿石堆或矿车上，按一定的网格捡取矿石，合并成一个样品。(6) 打眼法：利用掘进时炮眼的碎屑和粉尘作为样品，可以一眼一样，也可数眼合并后为一个样品。

【钻探工程取样】主要是对钻进后取出的岩心和岩粉、岩屑进行取样。(1) 岩心钻探取样：采用劈分法，使用劈切机沿岩矿心长轴方向劈为两分，一半作为化学样品，另一半保留为他用。每个样品的长度，因岩矿心磨损，要按岩心采取率换算出钻孔实际进尺，而不是岩矿心的实际长度。当矿体比较厚时，取样长度随矿化均匀程度而不同，黑色金属矿床一般 2—3 米。另外如使用金刚石小口径岩心钻进时，由于岩心直径小，为保证样品的代表性，不进行劈样，全部岩矿心作为样品，不留副样。岩心钻进时，如出现有选择性磨损现象，岩心采取率降低，会使矿石品位出现系统误差时，则取样时要求系统地收集岩粉、岩泥。一般按进尺的不同深度在相应的沉淀箱里采取。(2) 冲击钻探取样：对冲击钻头击碎的岩矿屑进行取样，采样时用抽筒从钻孔底部提取出矿屑作为样品，样长同刻槽法，如矿化均匀的矿床样长为 1—1.5 米。

【有用组分】在一定的（或目前）技术和经济条件下，矿产中能被工业利用的成分即为有用组分，它的含量是鉴别矿石质量的标志。有用组分包括主要有用组分和与主要有用组分相伴生的其它伴生有益组分。伴生有益组分包括两方面，一是矿石加工利用时可综合回收的组分，如与铜、铅、锌矿石伴生的金和银，当其含量达

到能加工回收时，金与银为伴生有益组分；另外，加工时某组分虽不一定能回收利用，但可对加工后的产品质量有所提高的组分，如含锰的铁矿石，锰不能单独回收，但可增加钢铁的硬度和延展性，锰即作为铁矿石的伴生有益组分。与此相反矿石中有些组分，会对矿产加工生产过程造成不良影响，或使产品质量下降，称有害组分。如直接入炉的富铁矿石中含有一定量的硫、磷、砷时，会降低产品的强度，使其在高温和冷却时变脆，要排除它们，造成成本增高，生产率降低，它们是铁矿石的有害组分。

【伴生组分】见“有用组分”。

【有益组分】见“有用组分”。

【有害组分】见“有用组分”。

【样品加工】各种取样方法所得的原始样品由于重量大，颗粒粗细不一，各种成分分布不均匀，一般都不能满足化学分析或其它试验对样品的要求，因此，必须在测试前对样品加工，使其最终重量和颗粒大小满足实验室的要求。为了保证加工过程中保持原始样品所具有的代表性，并提高加工效率，要按照样品加工公式及实际条件设计出操作程序和技术要求，样品加工公式有若干种，常用的是切乔特公式，表示为 $Q = Kd^2$ ， Q 为样品可靠重量， K 为样品加工系数，它与矿石的性质和矿化的均匀程度有关，据经验一般介于 0.05—1.0 之间， d 为样品的最大颗粒直径。这表明，样品的 d 越大或矿化越不均匀时，要求的可靠重量越大。样品加工的步骤是根据编制的加工程序，一般是分几个阶段使颗粒逐渐变细，

重量减少，经过破碎—拌匀—缩分达到所要求的最小可靠重量。

【化学样品分析】样品的化学分析通常分为基本分析、多元素分析、组合分析、合理分析和全分析。(1) 基本分析：又称普通分析，为了解矿石质量，用以查明矿石中 useful 组分含量的一种化学分析。分析项目因矿种和矿石类型而异，如铁矿需分析全铁 TFe 和可熔铁 SFe ，金矿仅分析金。基本分析是勘查和矿山工作中数量最多的一种分析工作。(2) 多元素分析：在矿体的不同部位采取有代表性的样品，有目的地分析多种元素，以检查可能存在的伴生有益和有害组分的种类和含量，为组合分析提供出应分析的项目。(3) 组合分析：确定可综合回收利用的有益组分及影响选冶性能的有害组分的含量。组合分析样品不需单独采取，由基本分析样品的副样视地质条件及工业要求组合而成。(4) 合理分析：又称物相分析，分析后确定出有用元素赋存的矿物相，划分矿石的自然类型和技术品级。如硫化物矿床经物相分析后，据硫化矿物和氧化矿物的比例，划分出氧化带、混合带和硫化带。(5) 全分析：是分析样品中全部元素及组分的含量，全面了解各种矿石类型中各种元素及组分的含量。包括光谱全分析和化学全分析。

【化学分析检查】用作储量计算的基本分析都要进行检查，以保证化学分析的质量。检查有下列三种：(1) 内部检查：为检查化学分析有无偶然性误差及误差的大小，选择基本分析样品总数的 5—10%，送本单位化验室分析，要求每季度至少检查一次。(2) 外部检查：是由外单位检查基本分析有无系统误差和误差大小。系统误差可以因分析方法、药品质量和设备等不同而引起，将样品总数的 3—5%，送水平较高的化验单位检查。(3) 仲裁分析：当

外检结果证实基本分析有系统误差存在而检查与被检查双方意见不一且又无法解决时，要报主管部门批准，找有权威的单位进行再次检查，这种分析称仲裁分析。如仲裁分析证实基本分析仍然存在误差，又无法补救时，则基本分析需全部返工。

【地质编录】在矿产勘查过程中，将地表露头及坑钻工程所揭露出的各种地质现象，按照勘探方法的要求，用不同的尺度（比例尺不同）直接素描、记录或综合成相应的图表和材料，客观地、系统地、系统地将矿床地质、矿体地质、水文地质、环境地质等有关的问题，用文字、图件、表格等形式提供出准确、可靠的实用资料，这一工作过程称做地质编录。地质编录是一项经常性的基本作业，它的好坏直接影响勘查工作进展及地质成果的质量，因此，编录工作要随着探矿工程和地质工作的进展及时进行，不得积压；编录的各种图表、符号、名称、比例尺大小要有统一的标准。编录工作要准确而客观地反映出地质矿产的实际，成果是否真实，是衡量地质编录资料质量好坏的标准。按照编录的要求不同，可分为原始地质编录和综合地质编录。

【原始地质编录】在室外对天然露头和探矿工程揭示的地质现象进行地质观察后，按照比例尺的要求，绘出原始素描图，并对素描的内容用文字记录下来，同时采集有关的岩矿石标本；在室内，对各种素描图按名称、坐标、统一图例、符号、绘成正式的图件，如浅井素描图、老硐素描图等，采集的样品进行分析、鉴定整理出文字报告及相应的表格，最终整理成统一的、相互对应的完整的图、表、实物的整体工作称做原始编录。按其工作性质又可分出坑探工程原始编录和钻探工程原始编录。

【坑探工程原始编录】按照原始编录的要求,对相应的工程进行地质编录有:(1)探槽地质编录,通常绘一壁—底展开图,如两壁地质现象相差较大时,则须绘出两壁—底展开图。展开方法一般采用槽探按地形坡度作图,槽底作平面投影,槽壁与槽底间留有一定的间距,便于注记有关的符号。(2)浅井地质编录,采用四壁平行展开,从浅井的工程起点处折开,四壁按逆时针方向并立展开,如需作井底素描时,应将井底图形画在第一壁的下方。(3)穿脉地质编录,通常画制两壁—顶展开图。展开常用压平法,两壁向外掀起,顶板下压,壁与顶间地质现象互相衔接较好,当坑道出现弯曲较大($>15^\circ$)时,应以拐弯处为界,分段素描。(4)沿脉地质编录,需要绘顶板及掌子面,必要时也可绘一壁—顶或两壁—顶(矿体倾角较缓,矿体在顶板和一壁出露时,或在两壁出露时),掌子面的素描应每掘进一定距离进行一次,必须按顺序系统编号,并在顶板素描图上表示出它的具体位置。(5)斜井地质编录,可视需要画一顶—壁或一顶两壁。其展开可采用坡度法或压顶法。

【钻探地质编录】根据钻孔取出的岩(矿)心、岩屑、岩粉的观察鉴定,采取率的计算、描述记录,并整理出每个钻孔的原始编录表,其中主要内容有:每回次岩心长、岩心采取率、回次孔深、地层换层深度、孔斜、终孔深度等。然后收集在钻孔内进行的各种测试资料,编制成钻孔柱状图。图件的内容有回次进尺,岩(矿)心采取率,岩层或矿层的层位、厚度,相应的各岩(矿)层的地质描述(颜色、结构构造,物质成分及含量)、各层间的接触关系,以及取样化验、孔内简易水文地质观测和地球物理测井成

果等。另外，对手摇和机动两种冲击钻探的地质编录，又因施工目的不同，而有不同的要求。如研究第四系和工程地质问题时，要详细描述每个成因类型的沉积物成分、含量及特征。对了解覆盖以下基岩的钻孔，除对基岩矿心编录外，对基岩面上的疏松沉积物也要分层描述和取样。由于岩心、岩屑都受到磨损，又不能全部取出，不如坑探编录的资料全面、完整，主要是间接观察，所以编录要及时、仔细、认真。

【综合地质编录】一项综合整理工作，把点、线、面上的地质资料归纳分析，从三维空间上研究矿床、矿体的变化特征及分布规律，并用图件、表格和文字表示出来的工作称为综合地质编录。图件资料有区域地质图、矿区地形地质图、勘探线剖面图、坑道平面图、矿体纵投影图、储量计算平面图、矿体顶底板等高线图、矿床水文地质图、矿层对比图、品位变化曲线图、物化探异常成果图等。表格资料有储量计算表册、内外检验证分析结果对比表、各种测试成果表及矿石加工技术试验成果表等。文字资料主要是各种地质报告文字说明书，如普查评价报告、矿区勘探报告、补充勘探报告等。

【综合编录平面图】在矿产勘查中，对从大范围的区域地质到矿区地质直至小的矿体地用二维平面图形表示出的一类图件。一般包括有：（1）区域地质图，反映范围较大的区域地质特征的基本图件，图件比例尺从1：50万—1：5万不等，图内要绘出区域的地质特征（如地层、构造、岩浆岩等）及其相互关系，反映出该区的矿产远景。（2）矿区地形地质图，是详细表示矿床或矿区地形、地层、岩浆岩、构造、矿体、矿化带等基本特征及其变化规律的

图件。比例尺自1:500—1:10000不等,图上须表示:地形等高线、坐标、水系、地物标志、各种实测及推测地质界线及代表性的产状要素。如同时标有探矿工程位置及物化探异常等资料,便称做矿床综合地质图。(3)中段地质平面图,简称中段地质图。由相应标高上勘探工程的原始编录资料整理编制出同一标高平面上矿体及地质构造特征、勘探工程分布等,如标有储量级别块段时,可作为储量计算的图件,一般比例尺为1:500—1:1000。(4)矿层底(顶)板等高线图,将各工程点及地表矿层的厚度展示在图上,用插入法或垂直剖面法,按一定的等高距求出各个等高点,等高点连接成圆滑曲线,即为矿层顶(底)板等高线。它反映出矿体的产状变化与构造形态,可按不同标高的高度划分块段,计算储量、适用于中等倾斜程度、厚度稳定、工程较密的层状矿床,如煤矿计算储量时常用此种图件。

【综合编录剖面图】从垂直切面上反映出矿床或矿体地质特征的图件,通常多用勘探线剖面图来表示。本图系综合地表剖面测量和探矿工程所获得的全部资料编制而成,其比例尺一般为1:500—1:2000。图纸的主要内容有:剖面地形线及方位,坐标线及标高线,在勘探线上的和投影于该勘探线剖面上的探矿工程位置及编号,地(岩)层、岩体、构造、蚀变带、矿体与围岩的界线与产状、矿体编号、不同矿石类型、工业品级的界线。用于储量计算的勘探线剖面图,还应有各级储量的分界线、样品位置、分段、品位及编号,并将样品化学分析结果表附于图的下方。图中的钻探工程如有偏斜,必须经钻孔弯曲校正后,方可投影于相应的位置上。位于剖面线左右近侧的工程,视需要可将其位置投影到剖面图上,但必须注明偏出的距离。

【矿体投影图】在沿与矿体延长（走向）方向平行的理想平面上，用一定的投影方法（一般用正投影法），将矿体界线及探矿工程和其他有关内容进行投影所得到的综合图件。矿体产状较陡，大于 45° 时一般用垂直投影面，小于 45° 时，则用水平投影面。比例尺据矿体规模和要求而定，一般为 $1:500—1:1000$ 。编图所需的主要资料应有相应的矿区地形地质图、勘探线剖面图、中段地质平面图及各勘探工程采样分析结果。图件的主要内容有：投影面方位线、坐标线、勘探线、矿体投影边界线、各勘探工程投影位置及编号，不同储量级别和不同自然类型、工业品级矿石的界线、块段面积、平均厚度、平均品位、矿石量、金属量等。本图是表示矿体的整体分布轮廓和各部分的勘查研究程度，标明不同级别储量的分布范围，是某些方法（地质块段法、开采块段法）计算储量的基本图纸。还可表示出矿山开采的进度，为开发阶段常用的基本图件之一。

【地质报告】一种全面反映矿产勘查工作成果的技术报告，一般由报告正文及各种图件、表格、附件等组成。根据指定任务不同可分为普查评价报告、矿区勘探报告、区域地质调查报告、水文地质或工程地质报告、物化探报告等。按工作阶段，可有中间报告、总报告和补充报告等。各类地质报告均须审查、批准。特别是为矿山建设设计提供依据的矿区勘探报告，要由主管部门组织有关单位审查后，方能批准使用。矿区勘探报告的主要内容，首先要全面系统地介绍区域和矿区地质特征及变化规律。然后要着重介绍所采用的一整套勘探方法（勘探手段、网度大小、工程布置、取样、编录及储量计算方法），最后要提交勘探的结果、储量计算总

量及其分布特征,有必要时还须提出水文及工程地质等有关内容,提交出为满足矿山建设设计或下一步工作所需要的总结报告。

【矿产资源分级】依地质可靠程度对矿产资源进行的分类。赋存于地壳内部或表面的,呈固态、液态或气态的地质作用产物统称矿产。它即包括在当前的技术经济条件下可以开发利用的物质,又包括在未来的条件下具有潜在价值的物质。随着勘查工作的详略,技术的改进和市场价格的变化其物质的量会发生改变。为提高世界范围矿产资源的对比性,试图建立统一的国际分类系统,联合国矿产资源定义和术语专家小组于1979年推荐出了一个“矿产资源和国际分类系统”。按照地质的可靠程度,将矿产资源分为三个基本级别:R—1、R—2和R—3。R—1是指经过足够详细的检查而确定了每个矿体产状、规模及矿石质量基本特征的矿床中所拥有的矿产资源,主要是通过对矿体的实际揭露和测量,再利用地质、地球物理和地球化学资料有限外推而查明的,矿产资源数量的可靠程度是比较高的,主要供制定采矿计划之用。R—2是指通过初步估算得到的,与已发现矿床直接毗连的矿产资源,估算的主要依据是通过某些点的观测结果所作出的概略地质判断,主要作制定进一步的勘查计划之用。R—3是指尚未发现的,但认为是存在于可以发现的已知类型矿床中的矿产资源。估算的主要依据是地质外推、统计类比以及地理物理或地球化学标志,不论其存在或规模都是外推的,只反映一个较长期内这种矿产的远景或勘查工作的可能打算。这些级别又按当前的经济条件划分若干亚级,能开采利用的称E级,未来能利用的称S级。美国矿务局及地调所于1976年颁发的“矿产资源分类系统”中是分为已查明资源(测定的、推定的、推测的)和未经发现的资源(假定的和假想

的)两类。原苏联按其可靠程度将矿产资源分出探明的(相当矿产储量的 $A+B+C_1$ 级)、初步评价的(相当矿产储量的 C_2 级)和预测资源(分 P_1 、 P_2 、 P_3 三级,分别代表已知矿床内、矿田内和成矿区内分别圈定的)。中国有关部门共同制定的矿床地质勘探规范中,仅对矿产储量进行了分级(A、B、C、D四级),地质矿产部对预测资源初步划分出E、F、G三级(与原苏联的 P_1 、 P_2 、 P_3 大体相当)。目前,对矿产资源还未列出正式的分类。

【矿产储量】简称储量。一般是指矿产在地下的埋藏量。矿产储量是一部分已查明的矿产资源,即在一定的技术经济条件下,可以从中经济、合理地开采及提取有用矿产的已被查明的矿产资源量。根据中国当前技术—经济条件,并考虑远景的需要,将其划分为能利用(表内)储量,即符合当前生产技术经济条件要求的储量;暂不能利用(表外)储量,即因有用组分含量低、矿体厚度薄、矿石开采技术或水文地质条件特别复杂、对这种矿产加工技术方法尚未解决,工业上暂不能利用,而未来有可能利用的储量。按照勘查工作任务和要求精度的不同,矿产储量有不同的称谓。在区域地质调查和普查评价阶段,常因只对工作区内的矿点(矿床)进行概略的储量计算,称做远景储量,其精度较低,只相当中国储量级别的D级储量,可作为矿山远景规划和进一步勘查工作的依据资料。在矿床勘探阶段,要据勘探资料详细计算储量,亦称工业储量,相当储量级别D级以上的储量。当矿床进行开采后,经生产勘探探明的高级储量按生产准备程度又分为三级矿量(开拓、采准和备采矿量)。不同的矿产用以表示数量的单位是有差异的,多数矿产的储量单位为吨(T),贵金属用公斤(kg),宝石用克(g)、克拉(1克拉=0.2克)等。一般建筑材料储量只计算矿产

的体积，用立方米计。黑色金属和某些非金属矿产如石棉、云母、耐火材料等，只要求计算矿石的储量。有色金属及稀有分散元素等，除计算矿石量外，还要计算出矿产的金属量（有用组分含量）。

【储量级别】矿产储量分级是由国家有关部门制定的，用以统一区分和衡量矿产储量精度及工业上的用途，便于正确掌握国家的资源，更加经济合理地做好矿产勘查工作。储量分级在各国的情况不尽相同，最早出现于英国，常采用证实的储量、概略的储量及可能的储量三级来区分。这三个术语，也常被美国使用。1901年在国际地质学会第十一次会议上，提出用字母符号，即 A、B、C 表示铁矿石的各级储量。而美国则根据对矿体的揭露程度、观测点及取样点的密度以及对矿体位置、质量、数量了解的可靠程度，将矿产储量（查明资源）分为测定储量（约相当中国的 A+B 级）、推定储量（约相当 C 级）、推测储量（约相当 D 级——原苏联 C₂ 级）。原苏联按勘探和研究的程度，将其分为探明储量（相当 A、B、C₁ 级）、初步评价储量（相当 C₂ 级）和预测储量（即 P₁、P₂、P₃ 级）三类。中华人民共和国建国初期，暂用原苏联的四级（A、B、C₁、C₂）分类。至 1977 年，先后制定出了《金属矿床地质勘探规范总则（试行）》和《非金属矿床地质勘探规范总则（试行）》。规定在全矿区勘查研究的基础上，按照对矿体不同部位的研究和控制程度，相应的工业用途，将固体矿产储量分为 A、B、C、D 四级。

【A 级储量】勘探和研究的详细程度，足以保证完全查清矿体产状、形态和结构，完全查清矿物原料的不同自然类型和工业品级，

以及它们的相互关系和空间位置，区分并圈出矿体内无矿或非工业矿化地段，完全查清矿产的质量、技术加工特性及影响矿山开采条件的各种自然因素（水文、工程地质等）。矿产储量的边界线由钻孔或坑道确定。其工业用途是编制矿山采掘计划所依据的储量。一般多由生产部门探求。

【B 级储量】勘探及研究程度，是以保证查清矿体产状、形态及结构的基本特征，查清自然类型及工业品级及其分布规律，查清矿体内无矿或非工业矿化地段的相互关系和特点，查清矿石质量、主要技术加工性质及影响开采条件的主要自然因素。矿石储量边界线由勘探工程确定，是矿山建设设计依据的储量，又是地勘阶段探求的高级储量，并可起到验证 C 级储量的作用。是在 C 级储量的基础上求得的。矿山初期开采阶段，B 级储量多分布于矿体的浅部。

【C 级储量】勘探和研究程度能保证大致查明矿体产状、形态和结构，并大致查明自然类型、工业品级、矿石质量、技术加工特性及开采自然条件。储量边界根据勘探工程及据地质和物化探资料外推进行确定，或由 B 级以上储量地段向外推算的储量。是矿山建设设计依据的储量，是在地勘阶段探明的。

【D 级储量】大致控制了矿体形状、产状和分布范围，大致了解破坏和影响矿体的地质构造特征，大致确定矿石的自然类型和工业品级，它包括以下几部分：用稀疏工程控制的储量；虽用较密工程控制，但由于矿体变化复杂或其它原因仍达不到 C 级要求的储量；物、化探异常经过工程验证所计算的储量；以及由 C 级以上

储量块段外推或配合少量工程控制的储量。它的主要用途是作为矿山建设远景规划或进一步布置地勘工作的依据。某些情况下,一定数量的 D 级储量也可作为矿山建设设计的依据。

【矿产储量计算】是根据矿床勘探所获得的资料和数据,运用有关的理论和方法确定不同自然类型和不同工业品级矿石的数量、质量、空间分布及其可靠程度的过程。对固体矿产来说,一般是先根据工业指标的要求,在相应的图件上圈定出工业矿体的边界和不同工业品级矿石的边界,根据矿石特性圈定出不同自然类型矿石的边界,按照勘探工程的控制程度划出不同级别储量的边界;然后分别测量各边界范围内的矿体面积,计算出其平均厚度、平均品位和矿石的平均体重;最后根据这些参数计算出各不同边界范围内矿体的体积、矿石量和金属(有用组份)储量。

【矿产工业指标】在当前技术经济条件下工业部门对矿产质量和开采条件所提出的最低标准要求。工业指标是圈定工业矿体和计算矿产储量的依据,也是评定矿床工业价值的标准。

【边界品位】又称边际品位。在储量计算圈定工业矿体时对单个样品中有用组份含量的最低要求,以它作为区分矿石与非矿石的最低品位界限。

【最低工业品位】又称最低平均可采品位或最低工业可采品位。矿体的单个勘探块段或开采块段内矿石主要有用组份的最低平均含量要求,以它作为衡量该块段目前是否具有工业开采价值的标准之一,即区分平衡表内与表外储量的标准之一。

【最小可采厚度】在一定的技术经济条件下，对有开采价值的矿体的最小厚度要求，它是区分平衡表内与表外储量的标准之一。

【最低工业米百分值】简称米百分率。最低工业品位与最小可采厚度之乘积，这一指标只用于厚度小而品位高的某些工业价值较大的矿体之圈定。

【夹石剔除厚度】在储量计算圈定工业矿体时，允许夹在矿体中间的非工业矿石（夹石）的最大厚度。厚度大于此指标的夹石需单独圈出，小于者则圈入矿体，并和工业矿石部分一起参予平均品位的计算。

【矿产储量计算方法】根据矿床地质特征及勘查阶段的不同，而有各种不同的储量计算方法，固体矿产常用的储量计算方法有如下几种：（1）算术平均法：矿产普查和矿点检查时较为常用的一种储量计算方法。即把勘探地段内全部勘探工程所查明的矿体厚度、品位、体重等数值，用算术平均法加以平均，求出平均厚度、平均品位及平均体重，然后按圈定的面积计算出矿体的体积、矿石量和金属储量。（2）断面法：又称剖面法，是矿床勘探中应用最广的一种储量计算方法，即利用勘探剖面将矿体横切为若干块段，分别计算两两勘探剖面间块段的储量，其方法是根据两相邻剖面上矿体的截面积求出平均面积，乘上断面间距得出块段体积，再乘以矿石平均体重得出矿石量，最后乘以平均品位即得出块段的金属储量，将各块段的储量加起来即为总储量。这种方法的优点是，勘探剖面真实地反映了矿体不同部分的横断面形状和产状、不

同类型和不同品级矿石的分布以及工程对矿体的控制情况和不同级别储量的分布,不需另作图纸,精度较高。(3) 开采块段法:以坑道为主要勘探手段时以及在矿床开采中经常使用的一种储量计算方法。坑道将矿体分割为若干块段,计算储量时,先根据块段周围的坑道资料(有时包括部分钻孔资料),分别计算各块段矿体的平均厚度、平均体重和平均品位,在沿矿体倾向的投影面上测定出块段内矿体的面积,然后求出每个块段的矿石量和金属量,各块段储量的总和即为所计算的总储量。(4) 克立格法:目前世界上许多生产矿山所采用的一种储量计算方法,该方法与传统的储量计算方法不同,它既考虑到地质变量的随机性,同时也充分反映了它们的空间结构性(相关性),它把矿床或矿体的地质参数(变量)看成是与空间位置相关的一种随机变量,即区域化变量,应用变异函数及变差图来描述区域化变量的随机变化和规律变化,并根据变差图所提供的矿床(体)变化性进行克立格方法插值,从而计算出矿床中所有块段的品位和储量。用这种方法进行储量计算,不仅能给出在无偏条件下达到估计方差为极小的矿石平均品位估计值,而且还能给出估计值的精度。

矿物包裹体研究

【矿物包裹体】矿物在结晶生长过程中,由于压力(P)、体积(V)、温度(T)、组分(X)发生变化,导致晶面、晶棱等处产生空穴、裂隙等晶体缺陷,矿物周围的流体介质,如溶液、熔浆或

气体（即成岩成矿溶液）滞留并被圈闭于其中，形成了矿物中的包裹物，称矿物包裹体。包裹体具有一定的外形轮廓，与圈闭它的主矿物间有明显的相界线，即固、液相间；固、气相间和固、固相间的相界线。包裹体被捕获之后，即不受外来物质影响，也没有内部物质的外逸，成为独立的地球化学体系，即反映了圈闭时的温度、压力、组分、酸碱度、氧逸度、活度、密度、氧化还原电位等一系列物理化学特征。所以，矿物包裹体是一定地质时期、某种地质作用的成岩成矿流体的样品，它与主矿物共存，一直保留至今。其形态、大小、颜色及数量和分布特征是主矿物生长条件的直接反映，常见的包裹体多小于 0.01 毫米，大于 1 毫米的较罕见，在电子显微镜下观察到最小包裹体其长径为 2×10^{-5} 毫米。其形状有规则的也有不规则的，规则者形状与主矿物晶体形态一致，称做负晶形；不规则的形态各异，无规则图形可循。数量及分布完全受控于晶体生态环境，变化较大，如乳白色石英中，1 立方公分可出现 10^9 — 10^{15} 个包裹体。无论是天然矿物，或是人造矿物中都普遍含有包裹体。

【包裹体成因分类】据包裹体的成因，按其与主矿物形成的时间关系分为原生、假次生、次生和变生四类。（1）原生包裹体，在矿物晶体生长时，被捕获于不规则生长的缺陷中的包裹体，随主矿物的不断结晶而同时被圈闭，其分布基本是随机的，常沿矿物的结晶面展布。（2）假次生包裹体，原生包裹体的特殊类型，主矿物结晶生长时，因受某种压力作用产生裂隙，流体充填其中后又被愈合封存，其后晶体继续生长，故这种裂隙只分布于晶体内部，是晶体生长过程中，产生的微裂隙，仍可以代表矿物周围介质流体的样品，与原生流体包裹体类同，只是其多呈规则形态沿裂隙

分布。(3) 次生包裹体, 它们是主矿物结晶后的任一过程所形成的包裹体。如矿物后期的脆性变形产生的裂隙和塑性变形产生的变形界面的复原愈合及晶体变形后的重结晶作用, 它们之中的流体可能来自外部或是晶体内部的某些过程, 称之为次生包裹体。常沿切穿矿物颗粒的裂隙或某些变形界面分布。(4) 变生包裹体, 是指变质作用中形成的包裹体, 反映从低级到高级变质作用过程中流体的特征, 相对原始(变质前的)岩石, 是次生包裹体。

【流体包裹体】 根据常温常压下出现的相态不同, 分出几种类型:

(1) 单相态纯液或纯气体包裹体, 纯液体、气体的往往是从均匀流体中形成的, 前者是在较低温或冷水条件下, 缺乏成核条件, 多见不到气泡; 后者多在火山喷气、气成或流体沸腾条件下形成。(2) 两相态气液包裹体, 在室温时, 包裹体的流体中气相和液相以各种不同的体积比出现, 常用气液比($V_{\text{气}}/V_{\text{气+液}} \times 100\%$)来表示, 气液比 $>50\%$ 的称气体包裹体, 其小于 50% 时则称液体包裹体。这类是各种地质环境中均可见到且分布最广的包裹体。(3) 多相态含子矿物或含有机质的和液态 CO_2 包裹体, 子矿物常有石盐、钾盐, 其次为硬石膏、萤石、赤铁矿、方解石和石英等, 有机质可以是固态的沥青, 液体的石油和高碳氢化物, 如甲烷、乙烷等。这类包裹体多出现于有关的矿床、变质岩和油田等处。

【岩浆包裹体】 指岩浆阶段生成的矿物捕获了岩浆熔体(或早期固相)固化而成, 按照常温下的相态及结晶程度可分为: (1) 晶质包裹体, 是主矿物生长过程中捕获熔体中早期结晶的固相为晶质包裹体, 一般呈微小的自形单晶展示, 常是各种岩石中的副矿物, 如磷灰石、锆石、榍石、磁铁矿等。结晶温度多在 1000°C 以上。

(2) 结晶质熔融包裹体, 是被捕获的硅酸盐熔体在较缓慢的冷却过程中结晶而成, 结晶相多占体积的 70% 以上, 矿物组成与母岩体成分相近, 还可有液相和气相出现, 是侵入岩中的一种岩浆包裹体。(3) 玻璃质熔融包裹体, 由于岩浆在高温下迅速冷却而成, 可以为单一的玻璃相组成, 也可由玻璃相和气相组成, 如受后期热事件的影响, 玻璃质会产生脱玻化, 生成细小的雏晶。此种包裹体常见于火山岩中。(4) 流体熔融包裹体, 是流体与熔体共存并被捕获或是捕获后流体相由岩浆分异而成的。包裹体中有结晶相或玻璃相与气相间存在一个流体相, 与不同岩浆共存的流体不同, 花岗质岩浆与含 $\text{NaCl-H}_2\text{O}$ 流体共存, 基性和碱性岩浆常与含 CO_2 流体共存。

【异常包裹体】从不均匀流体中捕获的包裹体称异常包裹体。可出现三种情况:(1) 捕获了液+固不均匀流体, 其中的固相可以是饱和流体中的晶核或外来的杂质, 这与多相包裹体的子矿物不同, 如若是子矿物, 应该是普遍存在, 并与其它相有一定的比率, 而不均匀捕获, 仅有某些包裹体内出现且含量变化很大的矿物。(2) 捕获了两种不混溶的流体, 包括液体—液体和液体—气体两种, 如油和水, 二氧化碳和水, 大气和水等。(3) 沸腾包裹体群, 是在矿物生长过程中由于外界条件变化热液发生沸腾时捕获了的包裹体。由于流体的沸腾造成其不均匀性, 所捕获的介质呈现出多样性, 表现为各种不同的气液比, 不同的化学组成的多种类型包裹体在矿物中同时出现, 而形成群体。但因捕获时温压相同, 群体中的不同类型的包裹体所测定的形成温度是近同的。

【均一温度】根据矿物包裹体的基本假设和前提, 包裹体所捕获的

流体呈均匀的单一相充满着整个包裹体的空腔。随着温度下降到观察时的温度，流体经收缩后出现气相或液相，如原来捕获的是大于临界密度的流体，则分离出一个小气泡，相反的情况，则气体流体中将凝聚出一个液相，当对包裹体进行加温后，两相（或多相）将合转变成一相，达到了相的均一，恢复到捕获时的初始态，这时的温度，即为均一温度。这一温度值只反映捕获时的最低温度时，必须经过捕获时压力的校对，才能得到捕获时的温度，即矿物生长时的温度。由于捕获时流体的密度不同，相的转变会出现三种方式：（1）捕获了高密度流体，加热时气相偏小，均一呈液相；（2）捕获了低密度流体，加热时液相变少，气相扩大，均一呈气相；（3）捕获了超临界流体，加热时，气与液相体积不变，至均一温度时，两相界突然消失，均一呈流体相。所以，通过均一化方式，可了解包裹体捕获时的相对密度。

【爆裂温度】当加温使包裹体均一后，包裹体内压随温度升高而逐渐加大，在相对的封闭体系内，当内压超过主矿物的极限压力时包裹体腔壁破裂，这时的温度称爆裂温度，爆裂温度的取值需在爆裂仪上测出的谱线上读出，爆裂仪将包裹体的爆裂热声进行电的转换，在谱线图上可出现大量包裹体起爆点（拐点）、脉冲峰腐和爆裂终点，其中的拐点相当的温度为爆裂温度。脉冲峰高仅代表包裹体数量的多少。爆裂法多用于均一测温无法解决的不透明矿物的测温，但爆裂温度往往高于矿物的形成温度，多利用相应矿物的均一温度来验证补充。

【冷冻法】是研究矿物包裹体流体中组成，特别是盐度的基本方法之一。通过对包裹体的低温冷冻测量，观察其冰冻后相态的变化

及相应的温度值，与有关的已知体系的实验相图进行比较，测定其流体所属的化学体系和成分。经常是按照拉乌尔定律，即稀溶液的冰点下降与溶质的摩尔浓度成正比的原理来测定溶液的盐度。目前已知的体系相图有： $\text{NaCl}-\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NaCl}-\text{KCl}-\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3-\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NaHCO}_3-\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NaCl}-\text{Na}_2\text{CO}_3-\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3-\text{NaHCO}_3-\text{H}_2\text{O}$ 等。还可用于含 CO_2 包裹体成分和性质的研究。由于纯 CO_2 、 $\text{CO}_2-\text{H}_2\text{O}$ 、 CO_2-CH_4 、 CO_2-N_2 等体系，其混合流体的相变主要是在低温下发生，如 CO_2 的固结温度为 -56.6°C ， CH_4 的固结温度是 -182.5°C ， N_2 的固结温度为 -209.8°C 。所以，利用冷冻法对这些组合的初涪（共结）温度，冰点温度等的测定可以定性或半定量的测定包裹体中组分的体系及其组成。是目前测定单个包裹体化学组成应用最广泛的方法之一。

【蒸发晕】又称热液扩散晕。矿床或矿体周围岩石中矿物包裹体数量随着离开矿床中心距离的增加而减少的趋势。与矿床形成有关的围岩蚀变和矿化作用的强度随着热液运移距离的增加而减弱，相应地矿物中包裹体数量也呈现减少的趋势。可利用爆裂法测定矿物包裹体的数目进行蒸发晕的测量，以指导找矿工作。同样的原理，还可利用矿物包裹体测定矿体周围的热晕（温度场）、气晕（成分场）和盐晕，用以寻找盲矿体，确定热液的运移方向和沉淀的场所，并对进一步探寻矿床成因，有所助益。

石油地质

【石油】各种碳氢化合物与少量杂质组成的油状可燃矿物。石油与天然气及固体沥青三者常被统称为石油沥青类。石油多呈黄色、黄褐色、深褐色及黑色，但也有白色、淡黄色、绿色及墨绿色石油。石油比重变化较大，在 20℃ 时一般在 0.75—1.00 之间，但也有更低和更高者。通常是颜色越深，比重越大。石油通常为粘稠液体，但在温度较低时也可凝固。除去这些性质外，石油还有其他一些特性，如在紫外线照射下发光的荧光性，使光波偏振而旋转的旋光性等。

石油不但是非常宝贵的优质能源，而且是最重要的化工原料，从中能够提炼出 3000 多种产品，在工农业、国防、科研和日常生活中得到广泛应用。因能提炼出各种动力燃料而被称为工业的血液，因能提炼出各种高级润滑油料而被称为机器的“食粮”，因能提炼出合成纤维、合成橡胶、合成塑料等三大合成工业的基本化工原料如乙烯、丙烯、甲苯二甲苯和乙炔等及发展现代农业必不可少的化肥而成为中国实现农业、工业、国防及科学技术四个现代化的重要物质基础。因此石油在国民经济中占有极其重要的地位。

石油组分：石油组分很复杂。组成石油的主要元素是碳、氢、氧、硫、氮，组成石油的主要化合物有烃和非烃两类。石油的元素组成中，碳含量一般占 84—87%，氢占 11—14%，硫、氧、氮

及其他微量元素总量一般占 1—4%，仅个别情况下可高过 7%，主要是由于硫含量增加所致。石油的烃类组份主要有三类：（1）烷烃，又名脂肪族烃，通式为 C_nH_{2n+2} ，视碳原子排列方式不同又可分为正构烷烃（无支链）和异构烷烃（有支链），均属饱和烃；（2）环烷烃，在分子结构中含有碳环结构，碳原子所有的价都已饱和，所以也属饱和烃；（3）芳香烃，具有 6 个碳原子和 6 个氢原子组成的特殊碳环—苯环的化合物，为不饱和烃。根据烃类组份的含量可把石油分为五类：烷属类、环烷属类、芳香属类及其间的过渡类型烷—环烷属类，烷—环烷—芳香属类。石油的非烃组份在重质馏分中含量较高。主要有含硫化合物、含氮化合物及含氯化合物。含硫化合物主要有 H_2S 、 FeS 、硫醇铁（ $[RS]_2Fe$ ）、 H_2SO_3 、 H_2SO_4 等。石油中含有的硫是属杂质，中国产出的石油多属低硫油和含硫油。含氯化合物可分为酸性氯化物和中性氯化物，前者有环烷酸、脂肪酸、酚，后者有醛、酮等，酸性氯化物中的环烷酸易溶于地下水，可作为找油标志。含氮化合物，以金属卟啉化合物最重要，是研究石油成因的依据之一。石油类型：依某一固有性质可对石油进行的分类。如根据蒸馏残留物的有无，可分为二类原油，蒸馏后残留有高分子化合物的原油和蒸发后无残留物的凝析油，凝析油是石油气在减压后凝析出的优质原油，可直接用作燃油。按照比重可分为：轻质油，比重 <0.90 ；重质油，比重 >0.90 ；超重原油，比重 >1 。凝固点高于 $40^{\circ}C$ 的称为高凝油。地下原油粘度大于 50 毫帕，地面原油密度大于 0.934 克/立方厘米者称为稠油。按照含硫的多少，可分出高硫油（硫含量大于 2%）、低硫油（低于 0.5%），含硫油（介于前二者之间）。按照烃类组成则可分出：烷族石油、环烷族石油、烷族—环烷族石油、烷属—环烷属—芳香族石油及环烷族—芳香族石油 5 类。习惯上常

将产自地壳的石油称为天然石油，而将从煤或油页岩中提炼出来的成份与天然石油类似的物质叫做人造石油。

关于石油的记载最早见于 1900 多年前班固所著《汉书·地理志》。科学术语“石油”则由北宋著名科学家沈括在《梦溪笔谈》中首先提出：“石油……生于水际沙石，与泉水相杂惛惛而出。”并说明它可燃烧生成炭黑，其炭黑可制墨。并说它这种墨后世可能会大量被使用。当时沈括并未认识到石油可作为能源的巨大潜力。

【天然气】地下产生的可燃碳氢化合物气体，不是泛指的自然界一切天然生成的气体如沼气。一般无色，依其组份不同可无味，也可有汽油味或硫化氢味。燃烧发淡黄至淡蓝色火焰。由于其化学组成变化很大，其比重、粘度、蒸气压力溶解性和热值也变化很大。每立方米甲烷燃烧时发出的热量为 8870 大卡，而煤和石油的热值分别为 4000 及 10000 大卡/公斤。早在 3000 多年前（前 1122—前 770）周代《易经》就记载了水面上气苗燃烧时的情景：“火在水上”“泽中有火”等。2200 多年前（前 221—前 210）秦始皇时代，四川临邛郡（今邛崃县）就曾钻井采气煮盐，“取井火煮之，一角斗水得五两盐”。天然气不仅是优质能源，还是重要的化工原料，用于制造染料、农药、医药、化肥。特别是石油化工的主干原料，常被用来衡量一个国家石油化学工业水平的乙稀 77% 由天然气加工而成。

天然气组分：天然气主要由气态低分子烃和非烃气体如 CO_2 、 N_2 、 H_2S 等混合组成。其混合比因产地而异变化很大。其元素组成通常为：C 42—78%，H 14—24%，O+S+N 0.3—44%。在绝大多数天然气中，烃类气体是主要成份， CH_4 比例最大，还有少量 C_2 — C_6 烷。甲烷量大于 95% 的天然气称为干气，含有较多气态重

烃 (C_2 烷以上者) 的称为湿气, 在普通高压下 1 立方米湿气可得 100g 或更多的汽油蒸气。非烃气体在一般情况下含量不高, 但在个别情况下, 也有 CO_2 、 H_2S 及 N_2 含量很高的天然气, 如胜利油区平方王油气田所产天然气就以 CO_2 为主, $CO_2 + H_2S$ 含量高达 97.7%, 华北赵兰庄气田所产天然气中 H_2S 含量高达 92%。 He 、 Ar 等稀有气体在天然气中含量一般只有千分之几, 但个别情况下也有高的, 如美国本得隆起二叠系砂岩中 He 含量高达 8.6%。 He 、 Ar 是极其宝贵的工业原料, 目前大多数 He 采自天然气中。

天然气的类型: 依据天然气的自身特性和不同目的可进行分类。据产状可分为: (1) 气藏气: 基本上不与石油伴生, 通常单独聚集成矿藏的天然气。(2) 气顶气: 与石油共存于同一油气藏中, 并呈游离态存在于油气藏顶部的天然气, 成因上与石油关系密切的重烃含量可达百分之几至几十。(3) 溶解气: 溶解于石油或水中的天然气。油内溶解气主要见于饱和或过饱和油藏中, 其中重烃含量较高, 有时可达 40%。水内溶解气, 包括低压溶解气和高压水溶气两种, 前者气含量 ≤ 5000 厘米³/公升, 后者气含量 > 5000 厘米³/公升。据估计地下水中气资源总量可达 $n \times 10^{16} - 10^5 \times 10^{17}$ 米³, 比常规气藏总储量数十至上百倍。因此在国民经济中应考虑综合利用。(4) 凝析气: 地下温度压力超过临界条件后, 液态烃逆蒸发而形成的气体称为凝析气。采出后, 由于地表压力、温度降低而凝结成为轻质油, 即凝析油。凝析气可在地下聚集成凝析气藏。(5) 固态水含气: 在洋底特定压力和温度条件下天然气 (主要是甲烷) 分子被封闭在水分子晶格中形成的“冰冻”气体或固态水化气。这些固态水含气可作深部气藏的基层, 也可形成气体水合物气田。此外, 根据石油组分含量还可分出干气和湿气。

【沥青】石油的固体衍生物。呈褐色至黑色，化学成分不定也无一定晶形。与石油有关的固体沥青有 100 余种。物理分异作用产生的固体沥青有地蜡、高氮沥青、含胶地蜡等。地蜡由烷族石油在地下冷却结晶而成，呈棕黄至浅褐色，似蜂蜡，比重 0.9—0.94，可作高级绝缘材料，供民用及军用。风化作用产生的固体沥青有软沥青（非石蜡基原油氧化和凝缩的产物）、地沥青（软沥青进一步氧化和凝缩的产物）、石沥青（地沥青进一步演化的产物）。腐殖化产生的固体沥青有酸性碳质沥青。变质产生的固体沥青则有黑沥青、焦性沥青及次石墨等。这些固体沥青有的可作为找油的标志，如地蜡、软沥青、地沥青及石沥青等，有的形成沥青砂油田，加拿大阿萨巴斯卡沥青砂油田储量达 800 亿吨，为世界之最。由天然气、石油及石油的这些固体衍生物组成的固体沥青类和煤、油页岩都是自然界常见的可燃矿产。因为这些矿产多由古代动、植物遗体演变而成又有燃烧能力，所以又被称为可燃有机矿产或可燃有机岩。

【油田水】油田水是指储集油气的地层中所含的地下水，常与油气组成一个统一的流体系统。石油的生成、运移、聚散一般都是在地下水存在的情况下发生的，因此油田水的研究在油气田勘探和开发中具有十分重要的意义。由于油田水在地质历史时期中，长期与油气接触，其性质发生了不少变化，因之与非油田水或地表天然水不同。油田水矿化度普遍较高，可达几万乃至几十万毫克/升（地表水一般仅几百毫克升，海水也不过 35000 毫克/升）。油田水中还常含微量元素，如碘、溴、硼、锶等，前二者是国防、医药和化工原料，当油田水中含量较高时可开采利用。油田水中的有机组份，特别是环烷酸、酚和苯是重要的油气勘探标志，油田

水中一般不含氧但却含一些重烃可作含油远景评价的依据。根据化学成份油田水大多为氯化钙型水 ($r_{Cl-rNa}/r_{Mg} > 1$) 和重碳酸钠型水 ($r_{Na-rCl}/r_{SO_4} > 1$)。其物理性质与天然纯水的差别是比重大于 1, 粘度高, 透明度差, 颜色深, 含 H_2S 时, 呈淡青绿色, 含铁质胶状体时呈淡红色、褐色或淡黄色。味道特异, 含油时有汽油、煤油味, 含 H_2S 时有臭蛋味, 溶有 $NaCl$ 时咸, 溶有硫酸镁时苦。油田水中含有各种离子能够导电且随所含离子增多而导电性增强。

【石油（天然气）成因】石油地质学三大重点课题之一，是自然科学领域内长期激烈争论的重大研究课题。牵涉到地质学、物理学、化学、生物化学及地球化学等许多学科。其实践意义在于油气的生成是油气藏形成的物质基础，只有掌握了油气生成及其以后的活动规律，才能深入认识油气藏的形成及其分布规律，才能正确确定找油方向，提出正确的油气勘探方案。其理论意义则是这个问题的解决有利于深入地正确认识自然。由于石油、天然气化学成分比较复杂，又是流体，其聚集处往往并非其生成地，使油气成因的研究成为一个很复杂的问题。为了解决这个问题，从研究生成油气的原始物质、这些物质所处的地理地质环境、实现物质转化即原始物质变为油气的条件等因素出发，根据油气勘探开发及室内分析试验取得的大量成果数据，归纳提出各种成因解释并建立起油气成因的理论学说。目前可归纳为无机成因和有机成因两大学派。前者认为石油和天然气是在地下深处高温高压条件下由无机物变成的，后者则主张油气是在地质历史上由分散在沉积岩中的生物有机体转化而成的。也有人认为今日地壳中所蕴藏的油气，两种成因兼具，只是以一种为主，另一种为辅而已。

【油气有机成因说】油气成因学说之一。认为石油是由原始有机质在一定的温度、压力及介质条件下，经历复杂的物理、化学及生物化学作用转化而成的。油气有机成因说的主要依据是：（1）到目前为止已发现的石油 99.9% 都埋藏在沉积岩中；（2）在石油成份中见到只有有机物质才具有的要素和其他生物标记化合物；（3）在现代沉积中发现有碳氢化合物的形成过程；（4）石油的烃类组成和微量元素的富集与其地质时代有一些良好的对应关系；（5）在所有石油中，轻质芳香烃卟啉化合物、旋光性以及的一些同系物存的关系都证明石油是在低压条件下形成的。油气有机形成过程分为四个阶段：（1）生物化学生气阶段，有机质埋深数百至 1500 米左右，温度 10—60℃，以细菌活动为主，除树脂体等生成未熟——低熟凝析油外，以甲烷为主。（2）热催化生油气阶段，有机质埋深 1500—2500 米左右，地温 60—180℃。在粘土矿物参加下的热催化作用使有机质大量转化为石油和湿气。生成的烃类已经成熟。（3）热裂解生凝析气阶段，埋深超过 3500 米—4000 米，地温 180°—250℃，主要反应是 C—C 链裂解，主要形成甲烷及其同系物，在地下呈气态。采出后成为凝析油并伴有湿气。（4）深部高温生气阶段，深度超过 6000—7000 米，温度超过 250℃，沉积物进入变质阶段，已形成的液态烃和重质气在高温高压下强烈裂解变成热力学上最稳定的甲烷，并有热演化的最终产物碳沥青或石墨出现。在这四个阶段中，由生物化学降解作用形成的气态产物叫生物化学气，与煤系有机质热演化有关的天然气称煤成气，而与成油有关的干酪根演化过程中产生的天然气则统称油型气。油气有机成因说从生油的原始物质到致使其转变为油气的各种地质、物理、化学及生物化学条件等各方面较为系统地阐明了石油

成因能够指导实践因而是目前指导油气勘探的重要理论基础之一。

【油气无机成因说】油气形成理论之一。认为油气主要是由无机物质转变而成的，其主要依据是：（1）实验室中，无机物能制成烃类，如门捷列夫用盐酸加含锰生铁获得了烃类；（2）天体光谱分析中，有碳、氢和烃类；（3）火山喷出的气体、岩浆岩包裹体中含有烃类物质；（4）陨石中发现有烃类物质。油气无机成因说对于油气来源的主要见解可归纳为 3：（1）地球上丰富的铁和碳在地壳深处所形成的碳化铁遇沿裂缝渗入的热水生成了碳氢化合物，此说由门捷列夫提出。（2）油气来自宇宙和火山喷发，二说分别由 Coko（1889）和 Costs（1904）提出。（3）油气是岩浆成因的原始物质来自地幔中的碳和氢。代表性的说法由库德果采夫提出，他认为 C 和 H_2 在 $600—1200^{\circ}C$ 形成甲炔基，在 $3000—4000^{\circ}C$ 时形成亚甲基，随着岩浆上侵温度下降可形成甲基化合物、甲烷并与其他物质反应聚合而生成油气中常见的烃类。并逐渐进入周围的岩层。石油无机成因说不能解释油气组份的复杂性及其与生物成因有机质的密切关系，不能解释油气在时间、空间上的分布状况和规律性，因而目前基本上还只能作为一种假说进行讨论。

【陆相生油说】又称非海相地层生油说。陆相生油说。该学说认为，大陆相组的一些地层，如湖泊、沼泽环境下沉积形成的地层，可以生成烃类，并发生大规模运移聚集形成具有工业开采价值的油气藏。该学说源自本世纪 30 年代起在美国西部新生代、中国西部中生代等非海相地层发育区的油气勘探活动。此后为更多的实践，特别是 60 年代起在中国东部中、新生代湖相沉积中一系列大型、

特大型油气田的发现所证实。由于国内外学者，特别是中国学者的努力，在理论上也有了全面深入的认识和论证，从而发展成为完整的陆相生油理论。

【海相生油说】海相生油说认为油气是海相地层生成的。该学说产生于油气勘探的早期，那时世界绝大多数大油田的生油层都属于海相地层。这个认识因后来陆相油气田的发现而有所改变。

【生油岩】生成过油气的岩石，又称生油母岩或烃源岩。现在普遍认为石油和天然气都是古代的动、植物遗体和泥、砂及碳酸盐沉积物埋在地下经过长期物理化学作用逐渐转变而成的，在这个过程中，生物残体和沉积物一起变成了岩石。生油岩形成于缺氧环境，有机质保存较好，故颜色一般较暗，多为灰色、黑灰色及黑色。红色岩层的红色大部分是氧化铁所致，岩石形成于强氧化环境，不利于有机质的保存，不利于生油。生油岩里含有很多动植物遗体或某些生物如藻类细菌等转化为油气后留下的指纹化合物。生油岩主要有形成于古代深水盆地中，富含有机质和低铁化合物的泥质岩类生油岩（泥岩和页岩）和碳酸盐岩生油岩（一般含有一定量的泥质成分，富含藻类、有孔虫等生物）。由生油岩组成的岩层叫生油层。沉积盆地内有生油层的区域叫生油区或油源区。因为只有在有生油层供给油气的前提下才能形成有工业价值的油气藏，所以在油气勘探中研究生油层及其分布具有十分重要的意义。

【干酪根】沉积物和沉积岩中不溶于一般有机溶剂的沉积有机质。严格地说干酪根应是沉积岩中所有不溶于非氯化型酸、硷和非极

性有机溶剂如氯仿、苯等的分散有机质。与其相对应，岩石中可溶于有机溶剂的部分则称为沥青。由于在干酪根高温热解和低温降解产物中找到活有机体中含有的全套核苷类、甾族卟啉氨基酸、醣、醇、酮等物质，证明干酪根是动植物遗体转化而来的高分子聚合物，没有固定的化学成分，主要由 C、H、O 和少量 S、N 组成。干酪根是沉积有机质的主体约占总有机质的 80—90%，石油烃大部分是由干酪根转化而成的。在石油地质上，通常将干酪根分为三种类型：Ⅰ型称腐泥型干酪根，H/C 比高，O/C 比低，链式结构为主，主要由藻类、低等生物等富含脂肪族有机质的生物遗体在缺氧条件下分解聚合而成，富含类脂物和蛋白质分解产物；Ⅲ型称为腐殖型干酪根，H/C 比低，O/C 比高，芳香结构为主，主要由富含木质素和碳水化合物的高等植物分解聚合而成；Ⅱ型为过渡型干酪根。Ⅰ型干酪根生油潜力最大，Ⅲ型是天然气的主要母源物质，Ⅱ型生油或生气能力取决于其与Ⅰ、Ⅲ型的接近程度。

【有机质成熟度】有机质向石油转化的程度。生油层埋藏过程中，随着深度及相应的温度的增加，生油母质逐渐向石油转化，且其性质结构和数量都发生规律性变化。这种变化的程度称为有机质成熟度。其指标则称为有机质成熟度指标。最常用的成熟度指标是镜煤反射率 R_0 。油气大量生成时的深度和温度称为生油门限深度和生油门限温度。此时的 R_0 值为 0.5% 左右。地下有机质在成熟演化过程中从开始大量生油即生油门限起到液态石油消亡时温度范围称之为生油窗。其相应的 R_0 值为 0.5—1.3%，生油层在地质演化过程中，可能在进入生油门限而又没有达到生油窗上限的深度经历一段时间后，抬升变浅停止生烃。然后再次深埋进入生油窗范围，重又开始生烃。在这种情况下第一次埋藏期生烃称为

一次生烃或一次生油，其后的再次生烃则称为二次生烃或二次生油。

【生油指标】反映生油岩生油母质丰度、性质、成熟度、转化程度及判断生油岩沉积环境、氧化—还原特征等的标志。生油母质的丰度通常用有机碳（岩石中与有机质有关的碳的含量）表示。因为测得的是经过成油转化而残存在岩石中的有机碳，所以又叫做残余有机碳。有机碳含量高表示生油母质（生物死亡后经氧化、生化作用而保留下来的部份，即干酪根的含量）丰富。较确切的有机质性质（类型）和成熟度指标常采用多种标志综合表征，主要有正烷烃分布和奇偶优势、芳烃结构、分布指数、干酪根元素组成、有机质颜色、干酪根热效应及最常用的有机质反射率等。有机质转化指标主要有氯仿抽提物（氯仿沥青 A）和烃类总量及不同烃类的相对比例。生油岩的环境指标通常用铁的还原系数 K 值和还原硫（ S^{2-} ）的含量来表示。

【油源对比】通过原油与原油（产层不同）及原油与岩石抽提物的烃类组份、同位素特征以及生物标记化合物的对比以确定不同产层原油是否同源及与原油相对应的生油层。油源对比研究的三个主要对象是油源岩中的不溶干酪根、可溶沥青以及聚集在圈闭中的石油和天然气。油气和沥青中的各种烃类和非烃化合物可用作对比参数。选择参数的原则是（1）在演化运移和次生变化中较稳定的特征化合物，如生物标记化合物（生物标记化合物是沉积有机质原油岩和煤中那些来源于活的生物体，在有机质演化过程中具有一定稳定性，没有或较少发生变化，基本保持了原始生化组份的碳骨架，记载了原始生物母质的特殊分子结构信息的有机化

合物)。目前这类化合物中的甾类、萜类已广泛用于原油对比。(2) 不同类型的油气采用不同的参数。如油—油对比, 用 C_{15+} 烃类分布型式, 油—凝析油用轻烃组份 (C_1-C_{10}), 而在油气对比中则常用同位素组成与含量。(3) 尽量少用有机化合物的绝对浓度, 而采用系列化合物的分布型式及相对比值, 原油的姥鲛烷、植烷、钒卟啉及镍卟啉比值都可作为有效对比参数。(4) 用各种参数综合对比。(5) 广泛采用数理统计和计算机进行定量对比。常用有机地化对比参数大体有: (1) 轻烃组成 (包括族组成与浓度); (2) C_{15+} 正构烷烃碳数分布及主峰碳值; (3) 类异戊二烯烷烃的系列对比与比值对比; (4) 甾类与萜类化合物的分布型式与特征化合物; (5) 芳香族化合物碳数分布; (6) 族组份; (7) 碳同位素组成。

【陆相 (海相) 生油岩】 古代海洋和陆上湖泊消亡、被埋藏而成为海相和湖相盆地后, 其中富含有机质的沉积物随着埋深的加大和温度压力的升高, 经过复杂的物理、化学及生物化学变化都能成为可以析出烃类的生油岩。为了区别, 习惯上将形成于陆相盆地的生油岩称为陆相生油岩或非海相生油岩; 而形成于海相盆地的生油岩则称为海相生油岩。我国侏罗纪前的沉积盆地, 特别是古生界多属海相生油岩, 如四川盆地、鄂尔多斯盆地、塔里木盆地等, 而侏罗纪及其以后, 则多属陆相生油岩, 如松辽盆地及渤海湾盆地等。

【油气运移】 石油和天然气在地壳内一切运动和迁移的总称。油气运移从其在生油岩中形成开始。生油层中形成的呈分散状态的油气首先进入邻近有孔隙的岩层, 在这种有孔隙缝洞的岩层中, 进

一步运移进入顶部有封盖、侧向有封堵条件的孔隙或缝洞性岩层聚集起来形成油气藏。在油气藏内部常有上气中油下水的规律,说明在油气藏内部仍有运移。由于封堵或遮盖条件的破坏,油气可以从油气藏中逸散出来,再次运移,其结果可以形成新的油气藏,也可以散失地表,使油气藏受到破坏。因此油气运移和油气藏的形成、破坏、再聚集密切相关。油气运移研究包括油气在运移中的物理状态、运移方式、运移动力、油气在生油层及孔隙性岩层(储层)中运移的机理、过程以及运移的时期、方向、规模等。对研究油气藏的形成及油气勘探有着重要的理论意义和实际意义。

【初次运移】石油和天然气从生油层向有孔隙或缝洞的岩层(储集层)的运移。此时液态烃主要以单相态运移,气主要溶于水中运移。运移动力主要是压实、水热增压、渗透压、粘土脱水及毛细管力等。分散状态的油气能否从生油层中运移出来,运移量在生成量中所占的比例,对油气能否大规模聚集有重要意义。初次运移的时期是油气藏形成的最早时间,在没有初次运移之前油气藏是不可能形成的。在评价圈闭形成时间对油气聚集的重要性时,初次运移时期也是一个重要依据,因为早形成或与初次运移同时形成的圈闭更利于油气聚集。

【二次运移】石油和天然气进入储集层以后的一切运移。包括油气在储集层内部的运移、油气沿断层或不整合面等通道所进行的运移以及已形成油藏遭到破坏造成的油气重新分配等。油气进入储集层后所处环境变化很大:孔隙空间大、毛细管限制少、半固态水少、压力连通性变好等等。在充满水的储层内,游离态小油滴逐渐连结扩大。油气二次运移的主要动力是构造运动力、水压力

和浮力等。通常二次运移的主要时期是在主要生油期之后所发生的第一次构造运动期，二次运移的主要通道是储层中孔隙、裂缝、断层和不整合面。油气运移总是沿着阻力最小的方向，凹陷附近的隆起带及斜坡带，常是油气运移的主要方向，特别是其中长期继承性隆起最为有利。断层则为油气垂向运移提供了良好的指向。油气的一次、二次运移是油气藏得以形成的重要原因和研究油气分布规模的重要依据，对油气勘探极具重要性。

【储油（气）层】简称储集层，指油气可以在其中运移、聚集的岩层。构成储集层的岩石叫储集岩。评价其好坏的最主要指标是有效孔隙度和渗透率。岩石的孔隙按其大小可分为超毛细管孔隙（管径 >0.5 毫米，缝宽 >0.25 毫米）、毛细管孔隙（管径 $0.5—0.0002$ 毫米，缝宽 $0.25—0.0001$ 毫米）和微毛细管孔隙。由于后者管形孔隙直径在 0.0002 毫米以下，裂缝宽度在 0.0001 毫米以下，由于分子间引力很大，液体实际上不能流动，所以微毛细管对油气运移聚集意义不大，孤立孔隙也没有意义。决定储层好坏的主要是连通的超毛细管及毛细管孔隙，其定量指标是有效孔隙度（岩样中那些互相连通且在一般压力下油气就可以在其中流动的孔隙总体积与岩样总体积之比），它一般变化于 $5—30\%$ 之间。储层渗透性是指在一定压差下岩石允许流体通过其孔隙的性质，即渗透性是指岩石中流体的渗滤传导性。渗透性是评价储层产能的主要参数之一，用渗透率表示。其单位是微米的二次方（微²），通常渗透率在 100×10^{-3} 微米² 以上的为好储集层， $100—10 \times 10^{-3}$ 微米² 的为中等储层，而 $10—1 \times 10^{-3}$ 微米² 的则较差。对于渗透性较差的低渗透储层，仅用孔隙度和渗透率还无法正确评价储层，必须研究岩石的孔隙结构、研究连通孔隙的孔喉半径和有效

流动孔隙的含量。大油田一般都有渗透性孔隙性良好的储集层。也有些大油气田，特别是大气田的孔渗性能较差，此时油气田一般都有面积大、油气层厚的特点，且常有裂缝发育使总孔隙度变大，渗透性得以改善。世界上已知储集层岩性类型很多，但主要是两类，即碎屑岩和碳酸盐岩。据全世界 546 个大中型油田统计，碎屑岩中的储量占 42.7%，碳酸盐岩中的储量占 57.1%，其他岩类仅占 0.2%。

【碎屑岩储集层】简称碎屑岩储层。由碎屑岩构成的储集层。包括砾岩、砾状砂岩、砂岩、粉砂岩储层等，其中以中细砂岩储层分布最广，物性最好，这些砂岩主要是河流及三角洲沉积形成的。但也有的油田主要以砾岩和粗砂岩为主，特别是盆地边缘地区的一些油气田。这些砂、砾岩常在盆地边缘形成。有时在盆地内属于古水域的深水区，也会见到以砂砾岩为储集层的大型油气田。粒间孔隙是碎屑岩储集层的重要孔隙类型，影响碎屑岩储集层物性的主要因素是：（1）岩石的矿物成分。碎屑岩的矿物成分以石英和长石为主，通常石英砂岩比长石砂岩储集物性好；但风化作用较弱、粘土矿物含量较低的长石砂岩，如中国渤海湾盆地的一些砂岩储层也有很好的储油物性。（2）岩石的结构构造。通常以磨圆好、分选好的砂岩孔隙率高、渗透率大。（3）成岩后生作用。压实胶结作用使孔隙减小，而各种溶解作用会使储层物性变好。碎屑岩储层的主体是各种砂层和砂岩体，主要由冲积扇（多在盆地边缘）、河流、三角洲及浊流（多在深水区）沉积作用形成，风成砂丘、火山碎屑沉积、湖、海滨沙滩沉积也可形成碎屑岩储层。

【碳酸盐岩储层】由碳酸盐岩组成的储集层。碳酸盐岩储集层形成

的油气田常具有规模大、产量高的特点，据世界 546 个油气田统计，碳酸盐岩油气田储量平均为 2 亿吨，而砂岩油气田平均只有 0.9 亿吨。世界上日产量曾达万吨以上的 9 口高产井，有 8 口以碳酸盐岩为储集层。20 世纪 90 年代中国较大的气区如鄂尔多斯盆地、四川盆地主要以碳酸盐岩为储集层，而较大的油区如松辽盆地、渤海湾盆地各油田则主要以砂岩为储集层，这意味着两者都有巨大的发展前景。碳酸盐岩储层的主要储集空间通常包括孔隙、溶洞和裂缝三类，而以前二者为主，后者主要是作渗滤通道。碳酸盐岩孔隙按其成因可分为原生孔隙和次生孔隙。原生孔隙主要指沉积时形成的与岩石结构有关的孔隙，它们在成岩期可以发生一些变化，但变化不大。原生孔隙包括粒间孔隙、生物骨架孔隙、生物体腔孔隙和生物潜穴等。溶蚀孔隙是指碳酸盐矿物或其他伴生易溶矿物被溶解后形成的孔隙。主要有粒内溶孔、粒间溶孔、晶间溶孔。而裂缝则主要有构造裂缝、成岩裂缝及风化裂缝等。影响碳酸盐储层物性的主要因素是沉积环境和充填溶蚀作用。通常溶蚀作用有利孔隙发育，而充填作用则相反。沉积环境中，以生物礁环境、浅滩环境对发育孔隙性碳酸盐岩储层最有利，潮坪环境相对较差，但由于面积巨大，且可因后期溶蚀作用使物性变好，也可成为区域性储层。中国陕甘宁盆地的大气田主要就是潮坪相碳酸盐岩储层。

【风化壳储集层】由古风化壳中形成的储层。储集层的形成与风化作用密切相关，风化作用改变了一些岩石如花岗岩、变质岩、非渗透或孔隙条件很差的灰岩、白云岩等岩石原有的结构、构造乃至化学成分使其具有一定的孔隙性和渗透性而成为储集层。风化壳的厚度决定于岩性、气候、地形、构造、生物和地下水的深度

等因素，厚可达几十米至数百米。纵向上有明显的分带性，自下而上可分为崩解带、淋滤带、水解带等，其中以淋滤带、部分崩解带储集性能最好。中国已在多处发现风化壳型大中型油气田如华北油田，以及陕甘宁盆地中部大气田等。

【盖层】覆于储集层之上，可以封隔储集层使其中的油气免于向上逸散的保护层。盖层岩性致密、渗透性差并具有较高的排替压力（岩层中的水被油气排替所需的最低压力）。如果驱使油气运移的动力未达到进入盖层所需的排替压力，则油气就被遮挡于盖层之下。常见的盖层有页岩、泥岩、盐及石膏等，某些致密灰岩也可作为盖层，据数百个大气田的统计资料，盖层为泥页岩的占 65%，为蒸发岩的占 33%，盖层为致密灰岩的占 2%。有些盖层只能起障碍作用，不能封隔油气，但是只要透过盖层逸散的油气小于聚集量，仍可作为临时盖层而使油气藏得以形成，中国柴达木盆地的气田盖层即属此类。排替压力大小与岩石的孔径及流体的性质密切相关。孔径越小排替压力越大，如泥岩、页岩、蒸发岩颗粒细、排替压力大。岩层的排替压力大于促使油气通过它的动力，岩层对油气将起封隔作用该岩层成为盖层；如果油气可进入该岩层，此时该岩层成为储层。同样的岩性在一处为储层而在另一种地质条件下又成为盖层的现象是常见的。

【生储盖组合】生油层、储集层和盖层同时存在且紧密联系在一起的一套地层。组合内的生油层中生成的油气能运移到储集层中，盖层则阻止运移到储集层中的油气向外逸散。根据岩性可分为 4 种：（1）暗色泥岩生油、砂质岩储油、致密泥页岩为盖层；（2）灰岩生油、裂缝性碳酸盐岩储油、膏盐致密灰岩为盖层；（3）泥岩生

油、碳酸盐岩储油、泥岩为盖层；(4) 以火成岩、变质岩、火山岩等为储层，而生油层、盖层与前几种类似。根据生储盖层在空间上的关系可分为(1) 正常生储盖组合：剖面上，生储盖表现为由下而上的正常分布关系，即生油层在下，储层在中，盖层在上，油气主要从生油层以垂向向储集层运移。(2) 侧变式生储盖组合，由岩相、岩性在空间上的侧向变化导致生、储、盖层呈侧向排列而成。生油层和储集层属同一层位，油气以横向同层位运移为主。(3) 上生下储式生储盖组合：生油层和盖层常为同层，而储集层则位于其下。根据生储层的时代关系则可分出(1) 新生古储式：即较新的地层中生成的油气储于较老地层中，如华北诸盆地，第三系生成为油储于古生界灰岩中形成的潜山油气藏等；(2) 古生新储式：较老地层的油气储于较新地层中，如渤海湾下第三系生成的油气在上第三系中聚集形成的一些大油气田；(3) 自生自储式：生油层、储集层及盖层属于同一地层，如胜利油田的砂岩透镜体油藏、柴达木盆地裂缝性泥岩油藏等。

【圈闭与油气藏】可捕集油气的场所及油气进入这种场所所形成的地质体。圈闭：由储集层、盖层以及从各方面阻止油气逸散的封堵层或遮挡物组成的可捕集油气并将其聚集起来的场所。油气藏：油气进入圈闭内储集层中的孔隙空间后形成的宏观上被封闭的、渗透性地质体，一旦有足够数量的油气进入圈闭中的储层，充满或占据其一部分，便成为油气藏。如果圈闭中只聚集了石油称为油藏，只聚集气，称为气藏，气液两相兼具则称为油气藏。如果油气聚集的数量足够大，具有开采价值即可成为油、气田或油、气田的组成部分。一个盆地内要能形成储量丰富的油气藏必须有(1) 充足的油气源（有面积广、厚度大或总体积巨大的生油层）。

(2) 有利的生储盖组合。(3) 有效的圈闭, 且容积巨大。有效圈闭指圈闭形成于油气运移聚集之前或同时, 圈闭位置恰在油气运移指向区并且是油气运移能够达到的地区(距离越近越好)。(4) 良好的保存条件。在漫长的地质历史中未遭到各种因素的毁灭性破坏。通常地壳运动不剧烈, 岩浆活动没有或微弱, 水动力环境相对稳定的地区利于油气保存。

【构造圈闭与构造油气藏】由于地壳运动使地层发生变形和变位而形成的圈闭及油气聚集在构造圈闭中形成构造油气藏。构造圈闭与构造油气藏主要有 5 种类型:(1) 背斜圈闭及背斜油气藏。背斜圈闭可以由褶皱、基地拱升、地下柔性物质流动、压实及断层牵引等因素单独作用或联合作用产生。油气在背斜圈闭中聚集便称背斜油气藏。(2) 断层圈闭与断层油气藏。沿储集层上倾方向受断层遮挡所形成的圈闭。油气聚集在断层圈闭中便称断层油气藏。(3) 刺穿接触圈闭及刺穿接触油气藏。由于盐丘、泥火山、岩浆柱等穿刺地层导致接触遮挡而形成。油气聚集于被遮挡层中而形成油气藏。(4) 裂缝性圈闭及裂缝性油气藏, 即油气储集空间和渗滤通道主要是裂缝的圈闭及油气藏, 当然其中也还会伴有一些孔隙, 但非主要者。(5) 向斜圈闭及向斜油气藏是较少见的, 一般由相邻背斜气顶挤压造成。

【地层圈闭及地层油气藏】由于地层不整合的存在而形成的圈闭称为地层圈闭。油气聚集其中则形成地层油气藏。主要有:(1) 不整合遮挡圈闭与不整合遮挡油气藏。储层上倾部位被剥蚀而后被不渗透岩层不整合覆盖导致遮挡而形成的圈闭及油气藏。(2) 地层超覆圈闭及地层超覆油气藏。在盆地隆起边缘倾斜的不整合面

上,在水体加深扩大过程中先沉积砾岩、砂岩等孔隙性储层,水体继续加深扩大,其上超覆沉积了非渗透性泥岩等盖层,形成地层超复圈闭,油气聚集为地层超覆油气藏,如胜利油田。(3) 基岩圈闭与基岩油气藏。基岩突起被上覆不渗透岩层覆盖而形成的圈闭(又称为潜山圈闭)。相应的油气聚集叫基岩油气藏或潜山油气藏,华北任丘油田可作为实例。(4) 生物礁圈闭与生物礁油气藏。由不渗透层覆盖、遮挡生物礁而形成圈闭,油气聚集于生物礁内的孔隙和溶蚀孔隙之中成为生物礁油气藏。胜利油田及南海油田均有此类油气藏。

【岩性圈闭及岩性油气藏】由储层岩性或物性发生侧向变化而形成圈闭,油气聚集其中形成岩性油气藏。主要有:(1) 透镜状岩性油气藏,油气聚集于透镜状或不规则状储集层中,四周为不渗透或渗透性不好的岩层所包围,如延长油田。(2) 岩性上倾尖灭圈闭与上倾尖灭油气藏,由于储层在上倾方向尖灭或渗透性变差而形成圈闭,油气聚集其中而成油气藏。

【水动力封闭与水动力油气藏】地层水顺倾向流动造成压力,抑止了石油在浮力作用下向上移动使油气得以保存下来的油气藏。如酒泉盆地北部的油田。由于水动力油气藏常受其他因素如构造、地层、岩性等的制约,有人不将其作为一种独立的类型,认为它只能反映对油藏研究的加深;或作为复合圈闭与油气藏。

【复合圈闭与复合油气藏】受两种以上主要因素控制的圈闭称为复合圈闭,油气聚集其中则形成复合油气藏。如由构造、岩性两种因素形成的构造岩性圈闭与构造岩性油气藏,由地层、构造两种

因素形成的地层构造圈闭与地层构造油气藏、水动力封闭油气藏等。由于事实上很少有单一因素控制的油气藏，绝大多数圈闭与多重因素有关，且以一种为主，故有人主张复合油气藏也不应独立为一类，应据主要控制因素命名。

【含油气盆地】有油气田存在的盆地，通常长期持续沉降，沉积巨厚海相或湖相地层，具有油气生成聚集的物质基础和有利条件，能够形成工业开采价值的油气藏并得以保存下来。其规模决定于盆地的大地构造状况和形成演化的历史。中国的松辽盆地、渤海湾盆地、陕甘宁盆地、四川盆地以及塔里木、柴达木等盆地都可叫做含油气盆地。在大型盆地内基底起伏形成的隆起与坳陷，如渤海湾盆地的埕宁隆起与济阳坳陷等属一级构造单元，控制含油区的分布；背斜、向斜、单斜、断层等是盆地内最低级构造单元，控制油气田的形成；而由背斜群、向斜群及单斜带组成的构造带则为二级构造单元，控制油气聚集带的分布。由于油气的生成、运移和聚集成油气藏是在一个含油气盆地范围内进行的，所以通常把含油气盆地看作油气生成、运移和聚集的基本地质单元。油气勘探也常从这个整体出发，研究含油气盆地沉积史、构造变动史、水文地质发展史、烃类演化史及油气运移、聚集条件，确定油气生成、聚集的有利地区，提出勘探部署方案。

【含油气区】属于同一大地构造单位、有统一地质历史、成油条件和油气聚集规律的沉积坳陷。有利的油气聚集带多位于沉积盆地的凹陷区，这种适于油气生成和聚集的凹陷，常分布在一定的区域大地构造位置上（地台区边缘及内部坳陷、褶皱区的山前坳陷、山间坳陷内和中间地块区）。在每一个沉积坳陷中，地质发展历史

和沉积岩发育特征都具有统一性，油气生成、聚集也有共同的规律。如渤海湾盆地即包括黄骅、冀中、下辽河、胜利等油气区。这些相同大地构造单元的不同油气区，常既有共性，又有自身特性。如上扬子地台中生代末期形成的四川盆地中，形成于元古代、古生代、中生代的天然气都可保存下来并得以形成气藏，但是西北油气区以三叠系大型地层上倾尖灭气藏最具勘探远景，川东油气区以高陡构造带石炭系背斜气藏含气最富，而川中、川南过渡带则以古隆起背景上的背斜、古岩溶带含气最富或最富远景。柴达木盆地东西部都为山间坳陷盆地，但西部茫崖坳陷以第三系受逆冲断层及三角洲砂体共同控制的构造岩性油气藏最有意义，而东部三湖坳陷区则以第四系低缓背斜气藏最有意义。共性在进行战略决策时是重要的类比依据，而特性则使进行油区勘探必须区别对待，确保勘探具有高的效益。

【油气聚集带】按一定的地质规律聚集在一起，成群出现油气田的地带。从油气田着眼也可以说油气聚集带就是同一构造带或地层岩相变化带中，油气聚集条件相似的一系列油气藏或油气田的总和。控制油气聚集带分布的主要因素是区域地质特性、二级构造带、油源区、岩相及岩性带的分布等。例如在地壳相对活动区，受侧向压力作用可形成背斜带，多呈线状或雁行状排列，在油源及储层有利的情况下，便可形成若干背斜油气田，并成群成带形成背斜型油气聚集带。在紧邻生油洼陷或上由生油层覆盖的潜山披覆背斜带可以形成潜山披覆背斜油气聚集带。在生物礁、盐丘及滨岸沙洲发育地带形成相应的油气聚集带等。不同油气聚集带在一个油气区内常呈规律性分布。胜利油区的济阳坳陷，在发育较好的情况下，五种类型的油气聚集带就呈规律性的环状分布。即

从凹陷中心到边缘凸起，依次为：洼内岩性油气藏聚集带；中央拱张背斜油气藏聚集带；缓坡断层、断块、鼻状构造及地层油气聚集带；陡坡滚动背斜及地层油气藏聚集带；边缘潜山披覆背斜油气藏聚集带。掌握这一规律，对在不同地质单元有目的有针对性地进行勘探不同类型油气具有重要指导意义，可加快勘探速度及提高经济效益。

【油气田】受单一局部构造或地层岩相单位所控制的同一面积内油藏、气藏及油气藏的总和。如果在该范围内只有油藏称为油田，只有气藏称为气田。局部构造或地层岩相单位有穹窿、背斜、单斜、盐丘、泥火山刺穿构造、古潜山、生物礁、古河道、古砂洲等。由于油气田可以包括不止一个、不止一种类型的油气藏，在工业管理上为了方便，又常考虑地理与行政因素，加之习惯的影响和法律上的原因，实际上的油田常与定义的要求有很大的差别。同一个油藏，因为隔在大江两侧属于两个单位，可以称为两个油田；既不属于一个局部构造带，也不属于同一地层岩性单元，性质完全不同的两个油气藏，仅因为管理单位和工程上的方便可以被划入同一个油田。因此在现实中，对于油田的理解可以有相当大的伸缩性。尤其是，如大庆油田、胜利油田、华北油田等并不是地质意义上的所谓油田，只是管理单位的名称，已均改称××石油管理局等，每一管理局管理着10几个至数十个油气田。

【油气分布规律】油气分布与诸多控制因素之间规律性关系或必然联系。就整个地壳而言，含油气盆地及其中油气丰度主要受大地构造控制，而就盆地及其中的含油气区、油气聚集带而言，其中的油气分布则主要受盆地沉积史、构造史、热力史、成烃史、生

储盖组合及圈闭发育规律等地质因素的控制。油气分布规律可从不同规模不同级次不同理论体系进行研究。以全球论,从槽台学说出发,认为油气主要分布在地台边缘拗陷及地台内部拗陷中,其次是在山前拗陷、山间拗陷盆地中。从板块构造学说出发,油气富集于大陆板块边缘型沉积盆地。著名的波斯湾油区、墨西哥湾油区、中国渤海湾油区、北部湾及珠江口油区、欧洲北海油气区都是这类盆地。就一个盆地而言往往因构造史、沉积史、生烃史、成烃史的不同而有贫富悬殊之差。从时代上看,从太古宙到第四纪的地层中均有油气藏,但从储量分布看,则以中新生界最多,世界 87% 的油气储量分布在中、新生界。中生界大体占一半,新生界约占三分之一。油、气两者也还有所差别。石油以中新生代为主,古生代及以前地层中只占 8—13%,天然气在中新生代减少,约占 74—84%,古生代及其以前地层约占 16—26%。从空间上看,油气主要分布在地台边缘及地台内部拗陷区,其次是在一些山前拗陷和山间拗陷盆地中。板块学说则认为主要是在大陆边缘拗陷盆地中。不同学说所用名称虽不同,但所指对象却基本一致,对具体地区的看法也是一致的。如波斯湾盆地、墨西哥湾盆地、渤海湾盆地、欧洲北海盆地、西西伯利亚盆地、乌拉尔—伏尔加盆地等都被认为是含油气最丰富的盆地。

油气在深度上的分布规律也很明显,虽然目前在 7000 余米深度仍发现油气藏,近 9000 米的超深钻见到气显示,但世界 95% 以上的油气都在地壳上 3000 米深度范围内,50% 在 1600 米以内。世界上主要含油气盆地油藏平均深度都浅于油气大量生成的深度(即门限深度),与油气通常向上运移有关。

【油气普查与勘探】使用一切必要和可能的手段,在认识沉积盆地

地质特征及其发展规律的基础上找到油气田并探明油气储量被称为油气勘探。油气普查是油气勘探的早期阶段，在较大面积内以较低的精度进行涉及或可能涉及的石油地质特征各个方面的广泛调查活动。使用的主要方法是卫星遥感、地质调查、机载遥感调查、地面地质调查、重、磁、电法勘探、地球化学勘探和稀测网地震勘探等。在该阶段末期，对盆地大致可以得到如下认识：（1）沉积盆地的性质、大小、所处区域地质位置或所属大地构造单元；（2）盆地内部的结构单元和地质构造特征；（3）生油层和储层的有无和可能规模；（4）盆地的地质演化和盆地含油气远景预测。在这个基础上，如果认为必要则钻探一口或少数几口基准井或参数井，原则上尽量钻穿全部沉积地层以便通过岩心、岩屑、泥浆、气测、地质录井、电测井及岩石样品的矿物、岩石物理、岩石化学、地球化学、古生物的分析对盆地内的基底、沉积层时代、生储层情况有一个初步的而直接的确切认识。如果普查勘探阶段确证盆地内有生油层、储集层和圈闭显示，即可进一步开展地震详查、（钻井）预探评价。在预探评价进一步查清有利构造圈闭的基础上，全面部署，整体解剖，找出主要油气田及油层特点，探明储量，为油田开发提供储量基础。对油气普查勘探的阶段划分，不同的人有不同的理解。有人将其划分为普查、详查、预探、详探 4 个阶段。普查着眼于全盆地整体分析，对全区含油气远景作出评价。详查的任务是详细研究控制油气聚集的二级构造带，提供可供钻探的圈闭。预探是在完成详查的面积内进行钻探，证实地下有无工业油气藏直到获得工业油气流。详探则是查明油气藏的规模提交可供开发设计的油气储量和必需的地质资料。有人在预探后又分出初探阶段，详探之后又分出工业勘探阶段。其实油气的普查勘探阶段常常具有连续和交叉进行的特点，尤其是一个

大盆地，全区的详查阶段还没有完全结束，局部地区详探可能已经开始。

【地面地质】地质工作者用肉眼或借助一些仪器设备，对地面呈现的地质现象、物质组成、地质事件的痕迹等，如岩石、矿物、地层、构造、矿苗等进行的由表及里的观察、调查、取样、分析研究的总称，是相对于石油地质工作的地下地质提出的。利用卫星遥感资料进行观察的主要对象也是地面地质特征或较深部现象在地面的反映。

【地下地质】依据钻井、测井、地震及采油等取得的地下资料研究地下地层、构造、生储盖组合、圈闭发育特点、油气水性质及运移聚集控制因素等地质规律的工作。通过地下地质研究可以作出各种地下地质图如地下地质构造图、剖面图、柱状图、栅状图、等厚图、岩相图等等，近年更进一步发展到储层、油气层横向追踪及油藏的精细描述。总之地下地质是由许多钻井、采油、地球物理与地球化学手段获得的地下地质资料的综合，将其表现在各种平面图、剖面图、立体图上，分析比较以期得出对地下地质情况的尽可能正确的认识并将这些认识用于指导油气勘探与开发。

【油藏描述】利用钻井、电测、地震、地化、地质等多学科的理论知识与现代技术，研究和认识油藏地质特征的工作的总称。其主要内容包括地质构造及断裂系统、沉积相、岩相与储层、油气层特征分布规律、油气水系统、流体性质、油藏类型、油层压力及温度的确定等。油藏描述既是油气勘探工作的成果总汇和高级阶段，也是油田开发阶段油藏工程设计的基础。

【盆地模拟】当代资源评价方法之一。借助计算机技术利用已有的地质、地球物理及地球化学资料模拟盆地构造史、沉积史、热力史、成烃史，最后算出生烃量方法。在模拟盆地的发育历史的基础上，恢复地层压实过程，追塑温度演变过程，进而以干酪根热降解理论为基础，模拟地质时期岩石有机质的受热历史，运用罗帕丁方程求得镜煤反射率值($R_o\%$)，再依 $R_o\%$ 与烃产率的关系曲线获得任何一处的产烃值，进而结合生油岩体积、有机质类型及含量，通过网络系统求得盆地生油气量。

【油气资源评价】对特定区域内地壳中天然生成的油气藏在目前或将来，从经济上值得开采的，而在技术上又能达到的油气总潜力进行的预测和评价。包括评价该区有无油气？有多少？能否采出？经济上是否值得勘探开发？甚至还力求指出油气所在的大体位置。需对地质、地球物理资料、分析化验数据、勘探效果与经验、生产情况及经济效益等进行全面研究和汇总，然后分析计算得出数据，才能作出结论。

【石油储量】石油储量是石油地质储量、可采储量等的泛称。地质储量指在地层条件下，具有产油气能力的储层中原油的总量。包括（1）预测储量：在地震详查以及其他方法提供的圈闭内，经过预探井钻探获得油（气）流、油气层或油气显示后根据区域地质条件的分析、类比，对有利区按容积法估算的储量，它是制定评价钻探方案的依据；（2）控制储量：在某一圈闭内预探井发现工业油（气）流后，以建立探明储量为目的，在评价钻探过程中钻了少数评价井后所计算的储量。所计算的储量相对误差不超过±

50%；(3) 基本探明储量（又称Ⅲ类储量）：地质情况复杂，不能在短期内完全查明，而且等待也是不经济的情况下，可在完成了地震详查、精查或三维地震、钻完部份评价并且储量计算参数基本取全、含油面积基本控制的情况下计算石油储量，此时计算出的储量为基本探明储量，相对误差小于30%，可作“滚动勘探开发”的依据；(4) 未开发探明储量（Ⅱ类储量）：完成评价钻探、取得可靠储量计算参数后计算的储量，其相对误差不超过20%，它是编制开发方案和投资决策的依据；(5) 已开发探明储量：油田在完成开发井并投入开采后补充新资料计算的储量。在开发过程中还要定期复核，已开发储量是各级储量误差对比的标准。可采储量，又称石油的工业储量，指在现有技术和经济条件下可以采出来的石油的数量。其与石油地质储量的比值称为采收率或回采率。剩余储量，指油田投入开发后，可采储量与累积采出量之差。

【天然气地质储量】在地层原始条件下，具有产气能力的储层中天然气的总量。可分为表内储量及表外储量。前者在现有条件下，有开采价值并能获得社会效益；后者在现有条件下，尚无开采价值，今后天然气价格的提高或工艺技术的改进均可使某些表外储量转为表内储量。天然气储量也有可采储量、剩余储量之分，其定义可与相应的石油储量类比。

煤 田 地 质

【煤】又称煤炭。可燃有机岩或化石燃料的一种，是由古代植物遗体经煤化作用形成的，灰分一般 $<40\%$ 的固体可燃矿产。它是一种高分子有机化合物和矿物质的集合体，具明显的非均质性。其中的有机化合物大部分不溶于三氯甲烷(CHCl_3)有机试剂，元素成分以碳为主，氢、氧、氮和硫等次之，矿物质燃烧后大部分成为灰分。根据成煤的原始质料一般把煤分为腐殖煤（或腐植煤）、残殖煤（或残植煤）、和过渡腐泥煤类型的腐殖腐泥煤四种成因类型，其中以腐殖煤类最有经济价值，目前被用于能源、化工、炼焦等多属此类煤。为合理开发煤炭资源和适应国际贸易的需要，中国自1989年10月1日起正式实施新的“中国煤炭分类”。依据挥发分产率($V^r\%$)和粘结指数($G_{R,1}$)等指标，划分为褐煤、长焰煤、不粘煤、弱粘煤、1/2中粘煤、气煤、气肥煤、肥煤、1/3焦煤、焦煤、瘦煤、贫瘦煤、贫煤和无烟煤14大类（内设29小类）。这一系列又被称为煤的牌号或煤种，其排列次序基本上反映了煤化程度由低到高的演化序列。煤的物理化学性质随物质成分和成因类型而有所不同，如颜色呈褐色、黑色或灰黑色，结构上可具宽窄不一的条带，也可呈质地均一等不同特点。煤的许多性质还随煤化程度加深而呈规律性变化：如褐煤的颜色呈褐色、无光泽，长焰煤到无烟煤的颜色可由黑色到灰黑色，光泽由沥青光泽、玻璃光泽到似金属光泽；比重和硬度从褐煤到无烟煤逐渐增

大；褐煤、烟煤无导电性，无烟煤导电性良好；长焰煤等低煤化程度的煤，具有明显的荧光性；煤的发热量（QR）从褐煤到焦煤逐渐增大，最高的高位发热量 $Q_{gr, v}$ 可达 37.170MJ/Kg（百万焦耳/公斤），而后到无烟煤又逐渐减小。这样就使得不同煤有着不同的用途，如粘结性和结焦性好的焦煤、肥煤等适于炼焦，无烟煤则适于作民用燃料和动力用煤。中国是世界上用煤最早的国家，在春秋战国的《山海经》的〈山经〉中称煤为“石涅”，汉、魏、晋称为“石炭”或“石墨”。在煤的利用上西汉最早用于冶铁，唐、宋除冶炼外，也广泛用于家庭炊烹，明代宋应星在所著的《天工开物》中，根据煤的块度和用途进行煤的分类，把煤分为明煤、碎煤和末煤；指出“明煤产北，碎煤产南”；“炎（火焰）高者曰饭炭用于炊烹，炎平者曰铁炭用以“冶煅”，同时对矿井通风排气、顶板支护等都作了详尽的叙述。明代名医李时珍在“本草纲目”中不仅对煤的命名、产地作了叙述，而且记述了煤作为药物的性能。马可波罗在他的游记中写道：“中国全境有一种黑石，来自山中，如同脉络，燃烧与薪无异，其火候较薪为优……，致使全境不燃他物”。煤有“工业面包”之称，不仅是燃料和冶金工业的原料，同时在炼焦过程中所获得的煤焦油、焦炉气和氨水等，经过合成加工可以生产出染料、药品、炸药、人造纤维等上百种新产品及化工原料苯、酚等；近年来通过低温干馏、高压加氢、气化等也可以得到液体燃料、气体燃料及价值更高的副产品。煤作为世界储量最多的矿种之一，预测总储量 11—16 万亿吨，中国居世界第三位（1986 年预测储量约 2.7 万亿吨）现已探明储量为 8000 亿吨，煤在中国的能源构成中约占 70%，仍居首位。煤也可给人类造成危害，是环境污染源，为此必须大力加强煤的综合利用的研究，探讨制成煤的新能源形式——水煤浆液体燃料和气体

燃料等最佳方案和流程，开拓综合利用的新途径。

【煤的成因类型】根据形成煤的原始质料及聚积环境划分的类型。有腐殖煤、残殖煤、腐泥煤和过渡型的腐殖腐泥煤四种成因类型。基于残殖煤也是在沼泽环境中由高等植物形成的，将其并入腐殖煤类，则有腐殖煤、腐泥煤和腐殖腐泥煤三大类之分。腐殖煤是在泥炭沼泽环境处于滞水少氧的情况下，由高等植物经过成煤作用之后形成的；残殖煤则是在活水、多氧的泥炭沼泽环境中，经泥炭化作用，植物中稳定性差的木质及纤维组织氧化分解，余留下来稳定组分如树皮、树脂体等富集起来并转变成煤的；腐泥煤则是低等植物和少量动物在湖泊或沼泽中积水较深部位形成的；腐殖腐泥煤是高等植物和低等植物都占重要位置情况下，在湖、沼过渡的环境中形成的。由于成煤的原始质料多种多样、聚积环境也不一样，致使形成的每种成因类型中可以进一步划分出亚型，如残殖煤中以稳定组分的种类分为孢子残殖煤、角质残殖煤、树皮残殖煤等；腐泥煤分为藻煤和腐泥煤等。在目前发现的成因类型中以腐殖煤的储量最大、分布最广，是开发利用的主要对象。

【腐殖煤】又称腐植煤。由高等植物形成的煤。高等植物遗体在海、湖的滨岸等环境的泥炭沼泽中，经泥炭化作用和煤化作用转变而成。由于泥炭化作用是在滞水、少氧的泥炭沼泽环境中进行的，植物遗体未完全分解，在低变质腐殖煤中可见保存程度不同的树枝、树干和树叶等植物残体，在显微镜下可以见到包括木质素等植物部分组成的残体及细胞结构。因此，有的学者提出按煤中占主要成分的显微组分划分腐殖煤的成因类型，但现在通常是根据煤化程度将腐殖煤分为褐煤、烟煤、无烟煤等。腐殖煤的主要特点是

具有不同强度的光泽（从无光泽到沥青光泽、玻璃光泽、似金属光泽）和具有条带状结构。由于腐殖煤的分布广、储量大和质量好，为目前主要开发利用的煤类。

【腐泥煤】由藻类及浮游生物形成的煤。成煤质料是以藻类为主的低等植物及浮游生物等遗体，聚集在湖泊、海湾泻湖及浅海等水体较深的还原环境中，经过成煤作用转变而成。煤中保存有未完全腐解的植物遗体，煤的表面均一，光泽暗淡，具贝壳状断口；变质程度低的腐泥煤挥发分产率、氢含量和含油率高，适合炼油。一般根据组成腐泥煤原始物质分为藻煤和胶泥煤：藻煤的原始物质以藻类为主，显微镜下可清晰分出藻类和基质；胶泥煤的原始物质几乎全部分解为基质，镜下看不出藻类的轮廓，胶泥煤的挥发分、氢含量和发热量都较藻煤略低。中国早古生代的石煤属于一种高变质的灰分比较高的腐泥煤。在一般的腐泥煤中灰分若 $>50-70\%$ 时则称为油页岩。

【腐殖腐泥煤】由高等植物及藻类混合形成的煤。高等植物和低等植物遗体堆积在海湾潟湖等水盆地滨岸地带的还原环境中，成煤原始物质既有藻类等低等植物，又混入了大量的腐殖质，经过成煤作用转变而成为腐殖煤和腐泥煤的过渡类型煤，典型代表为产于我国山西省浑源等地的烛煤，还有烛藻煤、藻烛煤、煤精也属于此类型。共同特点是具沥青光泽，多呈灰色、灰黑色，韧性大，具贝壳状断口。烛煤因燃点低，点燃时火焰与蜡烛火焰相似而得名；煤精因致密均一、韧性大、硬度 >3 ，可雕刻成工艺品，又称为“雕漆煤”或“煤玉”；烛藻煤和藻烛煤同为烛煤和藻煤的过渡类型，接近烛煤者称藻烛煤，接近藻煤者称烛藻煤。

【残殖煤】又称残植煤。由高等植物的稳定组分形成的煤。高等植物遗体在泥炭沼泽环境中,处于活水多氧的条件下强烈氧化分解,木质、纤维素等有机组成大部分被破坏腐解殆尽,孢子、花粉、角质层、树脂及树皮等稳定组分富集起来,然后经过成煤作用转变而成。残殖煤一般常呈薄层和透镜体夹在腐殖煤中,或与腐殖煤呈过渡关系。根据构成残殖煤的主要稳定组分分为树皮残殖煤、角质残殖煤、树脂残殖煤和孢子残殖煤等。残殖煤的光泽暗淡、韧性大,因挥发分产率高、氢含量和焦油产率高等工艺特性而适合炼油。

【煤的形成】当植物或低等生物死亡后的遗体原地(包括微异地)或异地搬运(为数少)堆积在泥炭沼泽或泻湖、浅海环境中,经过复杂的泥炭化作用或腐泥化作用,使高等植物遗体转变成煤的前身——泥炭,或使低等植物或浮游生物遗体转变成腐泥,这是成煤第一阶段,又称为泥炭化阶段或腐泥化阶段。当堆积在泥炭沼泽中的泥炭或堆积在泻湖、浅海中的腐泥,被其他沉积物覆盖埋于地下,受到压力、温度及时间因素的影响,发生以成岩作用和变质作用为主要过程的地球化学变化即煤化作用(参见“煤化作用”),使泥炭(或腐泥)转变成褐煤(或腐泥褐煤),再由褐煤(或腐泥褐煤)转变成烟煤(或腐泥烟煤)、无烟煤(或腐泥无烟煤),这是成煤第二阶段,又称为煤化阶段。因此,煤的形成经历了泥炭化和煤化两个明显不同特点的阶段,经过了以复杂的生物化学作用和地球化学作用为主要内容的成煤作用(参见“成煤作用”)形成的。煤的形成需要有不断生长繁殖的植物或低等生物作为原始质料,有适宜植物不断繁殖生长的潮湿气候,要有为遗体

提供堆积场所的自然地理环境，以及能使遗体埋藏保存并进行煤化作用的地壳构造运动条件。四者密切相关，对煤的形成都起重要作用，尤其对形成有经济价值的煤是缺一不可的。

【成煤作用】从植物或低等生物死亡、堆积到转变成煤的作用。它是一个包括泥炭化作用和煤化作用连续进行的、复杂的生物化学和地球化学作用的过程。在地表条件下，堆积在泥炭沼泽中或湖泊、浅海中的植物遗体或浮游生物，在微生物的参与下发生分解、化合和聚积等复杂的生物化学变化，使高等植物遗体转变成泥炭，低等植物和浮游生物转变成腐泥，这个转变过程即称为泥炭化作用或腐泥化作用。当泥炭或腐泥随着地壳的沉降而被上覆的沉积物埋于地下，在温度、压力和时间因素的作用下，泥炭或腐泥发生一系列地球化学变化过程，其中早期进行的是成岩作用，使泥炭或腐泥转变成为褐煤或腐泥褐煤；后期进行的是变质作用，是使褐煤转变成烟煤、无烟煤，腐泥褐煤转变成腐泥烟煤、腐泥无烟煤。对煤的成岩作用和变质作用又统称为煤化作用。

【成煤质料】形成煤的原始物质。通过在煤层及其顶、底板岩层中经常可以见到保存有不同完好程度的炭化树干、树叶和树皮等植物组织，以及在显微镜下观察到煤中有清晰轮廓、保存程度不一的植物细胞组织及孢子、花粉、树脂、藻类以及少量浮游生物的遗体，这都表明高等和低等植物的各个组成部分以及浮游生物都是成煤原始质料。同时根据测定煤中的碳元素和植物中的碳同位素成分基本相同，而与无机物中的碳同位素成分有明显差别，亦证明成煤的质料主要是植物的遗体。

【泥炭化作用】又称生物化学煤化作用。高等植物遗体堆积在泥炭沼泽中，在微生物细菌参与下发生的使遗体经过分解、化合和聚积等生物化学变化而转变成泥炭的作用。由于植物遗体堆积进行生物化学变化的环境不同，又可分为两种作用过程：当堆积植物遗体的泥炭沼泽环境处在停滞强覆水的缺氧（或还原）条件时，植物主要组成部分木质纤维组织在厌氧细菌参与下，进行生物化学作用及进行分解和合成的胶体化学变化，形成腐殖酸和沥青质为主要成分的胶体物质——凝胶和溶胶，即镜质体组分，此过程称为凝胶化作用，该作用可延续到成煤第二阶段初期——泥炭转变成褐煤时；当泥炭的堆积环境处在比较干燥的少水多氧的条件，有喜氧细菌的参与下，植物的木质纤维组织经过氧化为主、脱氢脱水的生物化学作用，而后再转入还原环境的生物化学作用，最后形成细胞结构保存程度不一的贫氢富碳的丝质体组分或因森林火灾形成丝炭，此过程称丝炭化作用。在成煤的泥炭化阶段，凝胶化作用和丝炭化作用经常交替出现，但作用的结果都是使碳的含量增加，氢、氧和挥发分减少，发热量增高，其生物化学作用的实质一致，因此通常把这两种作用统称为泥炭化作用。泥炭多呈褐色、黑褐色，风化后易碎裂，质松软，时有未完全分解的枝、叶和草类等植物残体，个别情况下尚可见树的较大枝或干。泥炭发热量低（10.45-14.64MJ/kg），除用作燃料外，尚可制腐植酸用于农业肥料制品。部分高矿化的泥炭有医疗作用。多产于较晚地质时代的地层中，以更新世较多。

【腐泥化作用】又称沥青化作用。在湖泊、泻湖或闭塞的浅海环境中，富含脂肪、蛋白质和碳水化合物的藻类植物及浮游生物死后沉于水底，在滞水少氧的还原环境中，在厌氧细菌的参与下，经

过分解、化合及缩合等生物化学作用转变成腐泥的过程。与泥炭化作用的环境不同之处是水介质的 pH 值约 8, 高于泥炭化作用的氧化还原电位, 细菌活动微弱, 生物遗体分解缓慢, 先形成腐胶质, 再经过压实、脱水等生物化学作用才形成腐泥。与泥炭相比氢的含量高, 氧含量低, 富含沥青质。

【煤化作用】使泥炭经过褐煤转变成烟煤、无烟煤、超无烟煤的作用。是与无机物质的成岩作用和变质作用的转变过程相似的生物物质的转变过程。煤化作用的前期是成岩作用, 当泥炭(或腐泥)被上覆沉积物或水体覆盖时, 由于压力、温度及时间等因素的影响产生压实、脱水、胶结等作用, 发生使碳含量增高、氧和碳氢化合物减少、胶体陈化等一系列地球化学变化, 使泥炭转变成褐煤(或腐泥转变成腐泥褐煤)。之后, 进入后期的变质作用: 褐煤(或腐泥褐煤)随着地壳不断沉降而进一步受到压力、温度及时间等因素的影响, 使其发生碳含量继续增加, 氧和碳氢化合物进一步减少的地球化学作用, 最后使褐煤(或腐泥褐煤)转变成不同煤级的烟煤、无烟煤、超无烟煤(或腐泥烟煤、腐泥无烟煤)。因此, 煤化作用就是泥炭(或腐泥)经过成岩作用和变质作用转变成超无烟煤的生物物质转变过程。在此过程中随着煤化作用的进行, 煤化程度加深, 煤的元素组成中碳含量呈规律性增高, 氢和氧的含量呈规律性减少, 物理及工艺性质也呈规律性变化, 如颜色由褐色转变为深黑、钢灰色; 光泽由弱到强; 粘结性和发热量由低到高, 再降低等变化。表示煤化作用的参数很多, 如碳含量、氢含量、挥发分、水分、发热量, 镜质组反射率, X 射线等, 但目前公认最好的参数是镜质组反射率(最大反射率或平均反射率)表示, 如在煤化过程中引起煤的物理、化学和光学性质变化

的四次跃变界线，分别用平均反射率为 0.6%、1.3%、2.5% 和 3.7% 表示；又如最大反射率 $< 0.28\%$ 为泥炭，0.28—0.5% 为褐煤、0.5—2.5% 为烟煤， $> 2.5\%$ 为无烟煤。

【煤的变质作用】褐煤在地下受压力、温度和时间的影响转变成烟煤、无烟煤（有时也可形成半石墨和石墨）的地球化学作用。根据引起煤变质作用的机制分为深成变质、接触变质、区域岩浆热变质和动力变质等类型。其中以煤形成后因在沉降过程中受地热和上覆岩层静压力作用发生的“深成变质作用”为主要类型，在中国深成变质上常叠加着区域岩浆热变质作用类型。随着变质作用的加深，煤的内部结构、化学性质、物理特征及工艺性能均呈规律性变化。因此，将煤划分为不同变质阶段或“煤级”来表示煤化程度深浅和反应变质作用的特点。如常用的西安煤炭科学研究分院提出的方案中，煤级和相应包括的煤牌号是：Ⅰ级、褐煤；Ⅱ级、长焰煤；Ⅲ级、气煤；Ⅳ级、肥气煤；Ⅴ级、气肥煤和肥煤；Ⅵ和Ⅶ级、焦煤；Ⅷ级、瘦煤；Ⅸ级、贫煤；Ⅹ、Ⅺ和Ⅻ级均为无烟煤。亦有人采用按煤的变质程度分为未变质（指褐煤）、低变质（包括长焰煤、气煤，肥气煤）、中变质（包括气肥煤、肥煤和焦煤）及高变质（包括瘦煤、贫煤和无烟煤）来表示变质作用特点。煤的变质作用与无机物质的变质作用相比，由于煤对压力、温度作用的敏感性而超前进行。从褐煤到烟煤、无烟煤的作用仅与围岩（沉积岩）的成岩作用相当，从无烟煤转变成石墨、天然焦的作用才与沉积岩的变质作用相当。因此，目前广泛地利用这一特性和能灵敏的反映变质程度的“煤级”及与油气生成界线的对比，如：平均反射率 $< 6\%$ ，为长焰煤煤级，为煤的沥青化作用阶段，也是石油形成阶段，1.35%，为气肥煤煤级，是石油烃

转化为气态烃，开始生成凝析油和湿气，即石油的死亡线， $>2\%$ 为瘦煤煤级，是生成甲烷气等，来研究沉积岩的成岩作用和有机质的成熟度，进而预测和研究油气的生成规律。

【烟煤】一种腐殖煤，由褐煤经过变质作用形成，因燃烧时有烟而得名。由于变质作用在不同阶段产生的煤化作用不同，按烟煤的挥发分产率高低和粘结性的强弱依次分为长焰煤、不粘结煤、弱粘结煤、气煤、肥煤、焦煤、瘦煤、贫煤等煤种。特点为：表面呈黑色；条痕色棕到黑色；内生裂隙发育；光泽随变质程度加深可见沥青光泽、油脂光泽和金刚光泽；具条带状透镜状结构；大多数烟煤具粘结性；发热量 $28.68—37.01\text{MJ/Kg}$ ，挥发分产率范围大 ($10—37\%$)，碳含量高 ($76—92\%$)；镜质组最大反射率 $0.6—2.5\%$ 。烟煤广泛用于炼焦、炼油、动力、气化、液化、化工及民用燃料等，是经济价值最高的煤种。

【半无烟煤】美国煤级分类方案中高煤级的一种，介于低挥发分烟煤与无烟煤之间，镜质组最大反射率 $2.2—2.8\%$ (平均反射率 $2.0—2.5\%$)。与德国煤级分类方案中的瘦煤级相当，按中国煤级分类标准，介于贫煤与无烟煤之间。

【无烟煤】由烟煤（或腐泥烟煤）变质而成的煤，因燃烧时火焰短而无烟（或少烟）得名。一般为灰黑到钢灰色，条痕呈深黑色，似金属光泽，硬度大，内生裂隙不发育，无明显的条带状结构，具导电性，发热量 $31.36—36.17\text{MJ/Kg}$ ，燃点高，无粘结性，氢含量 $<4\%$ ，碳含量最高 ($90—98\%$)，挥发分产率最低 ($<10\%$)。无烟煤在工业上制取合成氨、石墨、电石和碳化硅，民用作燃料，

少数亦用于炼铁和配焦。由于无烟煤的煤级幅度变化范围很大,近年来不少国家为了合理利用无烟煤,根据镜质组反射率和双反射率对无烟煤又作了进一步的煤级划分,中国划分了三级,德国把镜质组最大反射率 2.8—4% 划为无烟煤, >4% 称为超无烟煤;美国是 2.8—6% 划为无烟煤,把 >6% 称为超无烟煤。

【天然焦】煤受岩浆侵入,在高温的烘烤和岩浆中热液挥发气体等因素的影响下,受热干馏而成的焦炭。属于接触变质作用的产物。呈深灰到灰黑色,多孔隙,具垂直柱状节理,灰分高,外貌很似人工焦炭。一般用作燃料,少数用于炼铁和铸造等手工业。近年在河南永城等地区发现的天然焦,是由封闭条件好的大型岩床型岩浆侵入引起的接触变质作用形成的,焦炭的块度和硬度特别大,性能优于人工焦炭,表明天然焦亦可适用于大型冶金铸造工业的潜力。

【煤岩成分】即煤岩类型或肉眼煤岩类型。煤中宏观可见的基本岩石类型。在腐殖煤中通常分为镜煤、丝煤、亮煤和暗煤四种煤岩成分。镜煤和丝煤为单一组分:镜煤具最强的光泽——玻璃光泽,质地均一,内生裂隙发育,性脆,在煤层中呈厚几毫米到 1—2 厘米的薄层或透镜体;丝煤又称丝炭,色深黑,丝绢光泽,具纤维状结构,易染手,在煤层中呈厚几毫米不连续扁平体。亮煤和暗煤是复合组分:亮煤光泽较强,隐约可见层理,组成亮煤的显微组分以镜质体为主,在煤层中呈透镜体或较厚层状;暗煤光泽暗淡,颜色暗黑,致密坚硬,韧性大,主要由壳质体和惰质体组成,在煤层中以较厚的分层出现。

【煤的宏观类型】又称煤的光泽类型。肉眼观察煤时，按变质程度相同的煤的平均相对光泽强度划分出的煤岩成分的自然共生组合。在腐殖烟煤和无烟煤中一般划分为光亮煤、半亮煤、半暗煤和暗淡煤四种类型。光亮煤：由镜煤和亮煤组成，是煤层中光泽最强的类型，可含少量的暗煤和丝煤，结构近于均一；半亮煤：主要由镜煤和亮煤组成，是煤层中光泽较强的类型，具条带状结构；半暗煤：主要由暗煤和丝炭组成，是煤层中光泽较暗淡的类型，具条带状或线理状结构；暗淡煤：主要由暗煤和丝炭组成，是煤层中光泽暗淡的类型，条带或线理状结构不明显，质地坚硬，韧性和比重都较大。在褐煤中以物质组成的不同划分为木质煤、碎屑煤、丝质煤和矿化煤四种类型。

【煤的显微组分】显微镜下可以辨认的煤中的有机成分。一般在烟煤中根据成因、光学性质和物理化学工艺性质大体相似的显微组分归为镜质组、惰质组和壳质组三类。镜质组：又称镜质体，由高等植物的木质纤维组织受凝胶化作用转化而成，一般在透射光下呈橙色，反光色为灰色，无突起，挥发分和氢含量高，具粘结性，为腐殖煤中的主要组成组分。它包括结构镜质体、无结构镜质体、均质镜质体、基质镜质体、团块镜质体、胶质镜质体、碎屑镜质体及相应的半镜质体等组分。惰质组：又称惰质体，由植物遗体主要受丝炭化作用转化而成，透射光下黑色不透明，反光色呈白色、高突起、高的反射率、无粘结性、挥发分和氢含量低，碳含量高，为煤中常见（10—20%）的组分，其中包括丝质体、半丝质体、微粒体、粗粒体、菌类体及碎屑惰质体等组分。壳质组：又称壳质体或稳定体，主要是由高等植物繁殖器官、树皮、分泌物以及藻类等形成的，透射光下透明呈黄色，轮廓清楚，外形各

具特征，反射光下呈深灰色—黑灰色，反射率最低，低突起，挥发分和氢含量高，具粘结性，主要包括大、小孢子体、角质体、树脂体、树皮体、沥青体、渗出沥青体、荧光体、藻类体、碎屑壳质体等组分。显微煤岩类型（如微亮煤、微镜煤等）就是上述三类煤岩组分不同百分含量的组合。

【煤相】煤的沉积相或煤的原始成因类型。它取决于泥炭形成时的环境，植物遗体堆积方式（原地或异地）、形成泥炭的植物群落、沼泽覆水条件（浅水沼泽、湖沼、微咸水—咸水、富钙）及水介质（pH 值、细菌活动性、硫的供应等）等多种因素的综合反映。一般通过煤的显微组分和矿物含量、硫氮的含量和镜质组碳氢比等指标，表示和划分煤相。公认常见的煤相类型有陆地森林沼泽煤相、森林沼泽煤相、芦苇沼泽煤相和开阔沼泽煤相等类型。近年来亦有较多学者采用原始质料决定的植物组织保存指数（ $TPI = \text{结构镜质体} + \text{均质镜质体} + \text{丝质体} + \text{半丝质体} / \text{基质镜质体} + \text{粗粒体} + \text{碎屑惰性体}$ ，反映植物组织保存状况）和受覆水程度决定的凝胶化指数（ $GI = \text{镜质组} + \text{粗粒体} / \text{丝质体} + \text{半丝质体} + \text{碎屑惰性体}$ ，反映煤岩组分中镜质体组分的含量）两个参数来研究和划分煤相类型。不同的煤盆地中有不同的煤相类型和组合关系。

【含煤岩系】又称煤系、含煤地层、含煤建造。指含有煤层的一套有成因联系的沉积岩系。它是一定的古构造、古地理、古气候条件下的产物，一般主要由砂岩、粉砂岩、泥质岩、碳质泥岩和煤组成，也常见砾岩、灰岩、粘土岩等碎屑岩和碳酸盐岩，有时夹有硅质岩、火山碎屑岩及共生的沉积矿产。根据含煤岩系的沉积环境分为近海型、内陆型和浅海型三种含煤岩系类型：近海型含

煤岩系：又称海陆交替相含煤岩系，是聚煤盆地长期处在海岸线附近的环境下形成的，由代表陆相、过渡相和浅海相的碎屑岩和碳酸盐岩组成，垂向上旋回结构清楚，煤层横向上较稳定易对比；内陆型含煤岩系：又称陆相含煤岩系，是远离海洋的内陆和山间盆地的环境下形成的，全部由山麓相、河流相等陆相沉积物组成，岩性和厚度横向变化大，煤层分布范围较小，但厚度较大；浅海型含煤岩系：是煤盆地经常处于浅海环境下，煤层只是在短暂的海退时形成的，沉积物以浅海相灰岩、泥岩等组成，煤层薄、硫分高，但分布广。

【煤层】赋存在沉积岩系中的层状煤体。由植物遗体转变成的沉积成层的固体可燃矿产。一般由有机质和混入的矿物质组成，夹在顶板与底板岩石之间呈一层或数层的层状或似层状分布。由于成煤的古地理、古构造、侵蚀冲刷及后期形变和岩浆活动等影响，煤层实际保存的形态复杂多样，或呈透镜状、或呈串珠状、马尾状等，厚度常变化很大，厚者可达 200—300 米，薄的仅为几厘米的煤线。

【煤成气】煤或煤系地层形成的天然气。含煤岩系中的腐植型（干酪根Ⅲ型）有机物在成煤过程中形成的以甲烷为主的天然气。一般煤成气的甲烷含量 $>95\%$ ，重烃 $<5\%$ ，含氨气（7—16%）和二氧化碳（ $<5\%$ ）；与油型气不同， H_2S 含量极微，但含汞蒸气 $0.18-0.45mg/m^3$ ，在世界上大气田大都属煤成气。一般根据埋藏深浅（大都是以 1500 米为界）分成浅层煤成气和深成煤成气；根据煤成气产出的产状分为煤生气和煤层气。煤层气：又称煤矿瓦斯、煤层甲烷，是基本上未逸散运移出煤层生气层的、是以吸附

或游离状态赋存于煤层及周围岩石中的煤成气，虽然仅占煤成气总量的 3—24%，但它是与煤矿开采相伴随可被利用的潜在能源，近年来已被人类认识和开发。煤生气又称煤出气，是指由碳质页岩、煤层等生气母岩内运转出来的那部分煤成气，但其中大部分属于逸散到空气、水或围岩中的“分散煤生气”，无经济意义；而具工业价值的是聚集成气藏的“集中煤生气”，目前世界上 26 个大气田中有 16 个属于此类型，在世界已探明储量中居首位，占 26 个气田总储量 72% 之多，因此有人把此类型称做“聚煤气”（不称煤生气）与煤层气并列称为煤成气的两大类型。

【煤系共生矿产】含煤岩系中除煤层以外可开发利用的矿产。如油页岩、高岭石、耐火粘土、膨润土、硅藻土、黄铁矿、菱铁矿等，以及赋存于煤层顶、底板中锆、镓、铋、钽、铀等稀有分散放射性元素。一般油页岩多为煤层顶板与煤层交替出现。粘土、铝土矿、及菱铁矿等多在煤系的底部沉积间断面上，稀有分散放射性元素常伴生在煤中或顶、底板中，它们与煤的形成环境、地球化学条件等有许多一致性。因此，应该而且有可能对其进行综合找矿、综合评价和综合开发。

【油页岩】高灰分的腐泥型可燃矿产，又称油母页岩。是地质历史时期繁殖在内陆湖泊或滨海潟湖中的低等动、植物在较深水的还原条件下，经过生物化学和物理化学作用形成的灰分高于 40% 的低变质腐泥煤。油页岩是由碳、氢、氧、氮、硫等元素组成，以碳氢比低（ <10 ）、氮和硫含量高及含油率高为特点。油页岩的有机组分是腐泥基质，无机组分为粘土、粉砂等。常具水平纹理，比一般页岩的比重和硬度小，韧性较大，用指甲刻划有油痕，用火

点燃时发出沥青臭味。经低温干馏可以得到液体燃料，可提炼硫酸铵等化工原料，也可直接用作燃料。

【聚煤沉积环境】又称聚煤环境、成煤沉积环境或聚煤古地理。含煤岩系形成过程中起主要支配作用的古地理环境或地貌景观。它是地壳运动和气候及由它们引起的海水进退、海陆分布特点及地理位置的综合反映。因此，在进行聚煤沉积环境分析时通常要对沉积盆地的地貌特征、水动力条件、水介质的化学特征、生物群落的分布，盆地距剥蚀陆源区的远近、剥蚀区的地貌特征和海洋对它的影响等方面开展工作。常见的聚煤环境：属于内陆型的有山前地区的冲积扇前缘到泛滥平原的过渡地带；冲积平原上沿河道分布的岸后沼泽和废弃河道充填的部位；内陆湖泊的湖三角洲和湖滨地带的沼泽发育地区等有利的聚煤环境。属近海型的有滨海地区由河流入海或海湾所形成的三角洲平原和三角洲前缘滨岸地带、废弃的潮坪环境以及障壁潟湖的障壁后沼泽等有利的聚煤环境；属于浅海型的主要有低等生物生长繁殖的浅海环境或有短暂海退期的浅海地区，但远不及上述环境重要。为更好地概括和形象的总结出不同沉积环境聚煤特点、煤层空间组合变化的特点，与现代沉积环境进行类比并重建聚煤古地理，在新区预测指导聚煤沉积环境的研究提出了“聚煤模式”的概念。如在美国以阿帕拉契煤田实际资料总结出对美国东部石炭纪煤田的聚煤沉积环境有普遍意义的滨海地区聚煤模式，详细地论述了从三角洲平原到下三角洲平原等各个环境带的沉积特征及聚煤作用特点，强调了上、下三角洲平原的过渡带在形成有工业价值煤层上的重要性。聚煤模式对其他国家的对聚煤环境研究也有借鉴作用。

【聚煤盆地】地史上形成煤聚积的原始沉积盆地，其形态和分布范围通常需经过古地理重建，即由盆地边缘相的位置所限定。也即是同沉积盆地。聚煤盆地的形成需要构造沉降，以提供充填的场所，为此，从聚煤古构造的角度又称聚煤坳陷。极个别盆地是非构造因素形成的，如古火山口、古岩溶洼地，一般规模都很小，绝大多数聚煤盆地都是由构造因素形成并控制了盆地的基本面貌及其含煤岩系的沉积特征。由于聚煤盆地大都被后期的构造运动破坏或侵蚀冲刷，盆地的原始沉积边界可能被破坏或被部分破坏，因此除了一些地质年代很年轻未经严重变形和剥蚀的盆地还保留了原聚煤盆地面貌外，一般现今所看到的煤田（或煤盆地）都是原聚煤盆地的一部分，如中国的华北聚煤盆地被分成豫西、淮南、沁水等 10 多个煤田（或煤盆地）。

【煤田和煤盆地】地史上同一聚煤期内形成并连续发育的含煤岩系分布的区域，称为煤田。由于大多数情况下含煤岩系是保存在负向构造单元中，以盆地型式出现，故又称为煤盆地，如沁水煤盆地、鄂尔多斯煤盆地是向斜构造型式的煤盆地，阜新等盆地是地堑型式的煤盆地。煤田或煤盆地的划分与范围圈定一般是根据同一聚煤期内可以连成一片的含煤岩系的范围，一般面积大小由几十到几百平方千米。但有时也考虑到次要的因素如范围的大小，储量多少以及生产中习惯用法等，如在地质勘探过程中据含煤岩系出露的情况分为三类：（1）含煤岩系在区内出露良好者称暴露式煤田，如石拐子煤田；（2）出露情况达到大致了解含煤岩系分布的情况称半暴露式煤田，如开滦煤田；（3）露头极少含煤岩系大部分被掩盖者称隐伏煤田，如兖州煤田等。

【聚煤盆地类型】又称煤盆地类型、聚煤拗陷类型。根据盆地的成因分为非构造成因、构造成因盆地及二者过渡类型侵蚀构造盆地。

(1) 非构造成因聚煤盆地，统称为侵蚀聚煤盆地：是在没有地壳下沉条件下形成的，包括由于河流侵蚀、冰川侵蚀而成的称为侵蚀盆地；由于地下水作用使地下深处一些灰岩、白云岩发育的地区产生了巨大的溶洞引起地表塌陷形成的盆地，称为塌陷聚煤盆地；以及由于死火山口、盐丘上隆引起傍侧下降而形成的聚煤盆地。此类盆地一般规模较小，含煤岩系仅数米至数十米，工业价值小。(2) 构造成因聚煤盆地，又称为构造盆地，其中又分为拗陷型、断陷型及断拗型三种聚煤盆地。拗陷型聚煤盆地：规模大，含煤岩系分布广，盆地呈圆或长圆形，盆地基底面比较连续分异不大，从盆地边缘到中心沉降幅度由小变大，含煤岩系由边部向盆地中心加厚，煤层多分布于盆地的斜坡带部位，如晚古生代的华北聚煤盆地，早、中侏罗世的鄂尔多斯煤盆地；断陷型聚煤盆地：盆地受边缘断裂控制呈狭长形，面积不大，规模多为中、小型，基底断裂发育使盆地基底呈不连续断块，含煤岩系厚度和岩性及含煤性变化大，但常发育巨厚的煤层而具重要的工业价值，如辽宁阜新、内蒙古霍林河等许多中新代聚煤盆地都属此类型；断拗型聚煤盆地：在聚煤期内断裂和拗陷同时发育而形成的煤盆地，即前陆盆地型聚煤盆地，盆地两侧具明显的不对称性，陡的一侧受同沉积断裂控制沉降拗陷幅度大，沉积物和含煤岩系厚度大，向另一侧随沉降幅度减小，含煤岩系变薄或尖灭。由于含煤性较好，又常和油气共生，近年来被列为寻找煤和油气资源的煤盆地类型，如四川晚三叠世盆地。(3) 侵蚀构造型聚煤盆地：是早期非构造成因形成盆地后，又受到地壳的构造运动影响使聚煤盆地基底不断下沉，沉积物增厚，侵蚀盆地向构造盆地转化，并使含煤岩系

加厚、煤层增多、分布范围加大，其工业价值相对提高的聚煤盆地，如云南的昭通聚煤盆地。

【煤聚积规律】地史时期的植物在古气候、古地理和古构造有利的条件下形成煤矿床（或煤田）的聚煤作用，在时间和空间上的变化规律。在全球随聚煤期的演化，聚煤作用从赤道向两极扩张，泥盆纪和早石炭世聚煤作用范围小，主要集中在赤道附近，中石炭世以后到二叠纪向两极扩展，形成世界上许多大煤田，到第三纪扩展到全球，受古气候的影响形成环太平洋和环地中海两个聚煤带。中国的聚煤作用，泥盆纪开始出现在云南，为浅海型含煤岩系；石炭二叠纪逐渐由华南扩展到华北，演化为近海型含煤岩系；侏罗、白垩纪聚煤作用迁移到东北和西北，变为内陆型含煤岩系；第三纪则环绕海岸线分布在东部和东南沿海诸省，以内陆型为主，夹头有近海型含煤岩系。不同的聚煤盆地又有各自的聚积规律，如坳陷型聚煤盆地突出受古地理条件的影响，煤主要聚积在盆地坳陷的斜坡带上，古地理属河流入海（或入湖）的三角洲发育地区，富煤带呈圆形集中分布在废弃的三角洲朵体上或三角洲间湾上；断陷型聚煤盆地明显受断裂控制，煤的聚积大都平行断裂方向，富煤带呈串珠状等形态沿盆地一侧或两侧的扇三角洲（或湖三角洲）相带分布。

【聚煤期】又称成煤期。地质历史中形成煤矿床（或煤田）的时期。世界上主要聚煤期为中—晚石炭世、二叠纪、侏罗纪、晚白垩世和第三纪。另外还有早石炭世和三叠纪两个次要聚煤期。中国主要聚煤期为石炭纪、二叠纪、早—中侏罗世、晚侏罗世—早白垩世和第三纪，与世界范围的聚煤期基本一致。另外还有早古生代

(形成石煤)和三叠纪等次要聚煤期。其中早—中侏罗世聚煤期形成的煤储量最多；石炭—二叠纪聚煤期形成的煤目前在国民经济中最重要；早—中侏罗世聚煤期形成的煤田今后将是我国煤炭工业基地。

【聚煤带】地球上同一聚煤期出现的呈带状分布的聚煤最丰富的地带。由于聚煤作用主要发生在湿热气候带，在全球各聚煤期中都可划分为赤道、北部（北半球）和南部（南半球）三个聚煤带。随不同时期气候带的变化，聚煤带出现位置上的迁移和延伸方向也有变化。石炭纪聚煤作用主要集中在热带和亚热带，聚煤带呈东西向分布，主要在古纬度 $<30^\circ$ 的地区；二叠纪以后的聚煤作用发生在温带和寒温带潮湿条件下，聚煤带呈东西向延伸而位置却向两极迁移。第三纪聚煤带则环太平洋及环地中海分布。

【聚煤中心】聚煤带中聚煤量最多的地区。由于聚煤中心的形成更多的受古地理和大地构造条件的控制，在一个聚煤带中常有多个聚煤中心，不同聚煤期的聚煤中心也不一致。如石炭纪出现以顿涅茨等煤田为代表的俄罗斯聚煤中心，以阿帕拉契、伊列诺埃为代表的北美聚煤中心，以下莱茵—维斯特伐伦、南威尔士等煤田为代表的西欧聚煤中心都是世界上北半球最重要的聚煤中心；澳大利亚东部煤田是南半球二叠纪聚煤期的聚煤中心。中国华北聚煤盆地的煤田也属世界石炭二叠纪聚煤期中重要的聚煤中心之一。

【富煤带及富煤单元】盆地内同一时代煤层相对发育较好、可采煤层总厚较大、在空间常呈带状分布的块段，称为富煤带。它反映

该地段一个时期内古地理和古构造条件都有利于长期进行聚煤作用的特点。对同一层位煤层相对较厚而又稳定、空间有一定形态方向性的煤体，称为富煤单元，形态可呈带状、浑圆状及其他不规则形态。以此更准确表示单独煤体范围内聚煤富集部分的特点，并进而反映煤聚积规律及其与古地理、古构造的关系，突出沉积环境分析的实际意义。富煤单元也是研究煤质原生分带的基础，已发现煤的灰分、镜惰比等重要煤质参数分带的轮廓与富煤单元密切相关。

【煤田普查与勘探】寻找煤炭资源为矿井初步设计进行的地质调查、资源评价和勘探工作。根据工作性质和完成的任务分为煤田普查和煤田勘探。煤田普查是发现煤田和概略的评价煤炭资源的地质工作。是为了煤矿建设的远景规划、划分矿区和进行煤田勘探提供地层层序、含煤层段及煤层特点、主要构造等地质资料。主要手段是地质调查，辅以地球物理和探矿工程。其中又分为找煤和普查两个步骤：（1）找煤，又称初步普查：是寻找煤炭资源、对工作地区作出评价而进行的地质调查工作；（2）普查，又称详细普查：是为资源的远景规划和下阶段的勘探工作提供资料进行的详细地质调查研究工作。煤田勘探是为矿区建设开发的总体设计及矿井设计进行的地质工作，主要采用探矿工程和地质研究等手段。其中也分为两个步骤：（1）详查，又称初步勘探；（2）精查，又称详细勘探，是分别为矿区建设开发和矿井建设的设计提供地质构造、煤层煤质特点、岩浆活动和水文地质等资料所进行的勘探和详细勘探工作。

【煤田勘查及阶段】煤田发现后所进行的地质和煤炭资源评价工作

和为矿井建设初步设计提供资料的勘探工作，统称煤田勘查。根据地质工作特点和煤田勘探工作应与煤炭工业基本建设相适应的原则，把煤田勘查划分为煤田普查、矿区详查和井田勘探三个阶段，分别与原煤炭工业部划分的普查、详查和精查阶段大致相当。国家储量管理委员会认为原煤炭工业部提出的找煤（即初步普查）阶段应属于区域地质调查工作的范围，不再划为煤田勘查的一个阶段。煤田普查阶段要完成为概略评价煤炭资源，作出长远规划和进行勘探提供资料进行的详细地质调查工作；矿区详查阶段要完成满足矿区建设开发总体设计进行的地质勘探工作；井田勘探阶段要完成为矿井设计提供可靠的地质资料进行的详细勘探工作。在实际工作中一般都是三个阶段循序渐进，从普查到矿区详查和最后到井田勘探阶段、完成提交建井设计的勘探程序。但在地质构造简单或老矿区外围及深部地区进行勘查工作时，经主管部门批准可简化或合并上述阶段。

【煤田预测】根据区域地质、包括地球物理在内的地质勘探、以及群众报矿等资料，在老矿区外围和新区通过聚煤规律与煤的赋存条件的研究，预测可能存在的含煤地区及估算其煤炭资源的数量和质量，为找煤指出远景的工作。煤田预测工作要根据煤田地质图、大地构造区划图、岩相古地理图、煤质分布图、含煤性变化趋势图等成果，结合煤田勘查等资料，综合分析编制出煤田预测图，以集中反映煤田预测的最终成果。在图中通常都要划分出“可靠的”、“较可靠的”和“可能的”几个级别表示预测区的勘查程度和预测的可靠程度。中国已进行过两次全国性的煤田预测工作，并编制出全套 1：200 万—1：500 万的中国煤田预测图。

【煤炭综合利用】通过物理或化学加工工艺等途径和方法，回收和利用煤中的各种有益组分，以获取多种产品和更大的经济效益。当主要是通过对煤的洗选、焦化、气化、液化和加水等工艺加工方法，从煤中制取焦炭、焦油、气体和液体燃料及水煤浆等新能源型式，不仅带来极大的经济效益，而解决了污染环境的公害。同时通过对煤焦油等进一步分馏合成等多种加工工艺提取和制成化肥、染料、塑料、合成纤维、合成橡胶、涂料、炸药、药品、香料、石墨、电极、活性炭等制品以及感光材料等百余种产品，这样成百上千倍的提高煤的价值。另外有的煤中或煤灰还可以提取锗、镓、钒、铀等稀有分散及放射性元素以及钼、钍、钴、镍、金、铂等金属。还可以提取稀有金属铍和用煤制成碳纤维素制品（抗拉力强度比钢大四倍多），都是用作制造宇宙飞船、喷气飞机等的重要材料。用煤灰渣制造硅酸盐制品及轻质高强度的混凝土等建筑材料，都说明煤浑身是宝，要大力推广煤炭的综合利用。

【石煤】早古生代海湾潟湖以及浅海环境中，由菌藻类等低等生物遗体经过腐泥化作用、煤化作用转变而成的固体可燃矿产。是一种灰分高、比重大、发热量低的高变质腐泥煤，由于含矿物质高、外观似黑色的石头而得名。石煤变质程度相当于无烟煤、超无烟煤甚至到石墨的过渡阶段。石煤中常含有钒、钼、镍、铀、铜、铬、铂和钯等金属元素，有的达到工业品位可加以综合利用。中国对石煤中的钒等已有成熟的提炼加工流程，可综合开发、利用。石煤可作燃料，炉渣可作水泥及轻型建筑材料。

地球物理勘探

【重力测量】对地球重力加速度的测量。作用在单位质量上的重力称为重力场强度，数值上等于该点的重力加速度。常用的单位是伽和毫伽。伽的单位是厘米/秒²，毫伽是它的千分之一。相应的测量仪器就是重力仪。重力测量又分为绝对测量和相对测量两类。前者根据自由落体或摆的原理测量自由落体加速度或由摆的周期来换算加速度。后者是测量两点间的重力差，现今都用弹簧重力仪观测。其精度可达几十或几个微伽（ 10^{-6} 伽）。根据观测重力场的空间位置又可分为地面重力测量以及海洋和航空重力测量。绝对重力值已知的重力点可作为相对测量的基准点。由此可建立全国和国际的重力基准网。它不仅作为相对测量的计算标准而且可作为重力仪格值标定的标准。因此要求具有更高的精度。由于地球是椭球体，从赤道向两极重力值逐渐增加。此外地球与日、月间互相引力的影响使地球发生周期性形变，因之重力值随时间也发生一定的变化，这就是固体潮。

【重力异常】地球上一点实测的重力值与把地球当成理想旋转椭球体时的正常重力值之间的差，也称纯重力异常。在重力勘探中也将由岩石密度而引起的重力变化称为重力异常。如果将一个面上某点的重力值与另一面，比如大地水准面上相应的重力正常值之差称为混合重力异常。为了求得重力异常需要对观测值进行若干

改正。消除因高程而引起的重力差称为高程改正，其结果是将重力值换算到一个基准面上。消除由测点与基准面之间质量影响而作的校正称为层间改正。这两种改正总称布格改正。消除测点附近地形起伏造成质量盈亏而作的改正称为地形改正。此外还有均衡改正，是指消除因地壳均衡作用而造成的地壳内部质量过剩和亏损而作的改正。固体潮改正是消除日、月引力而造成的影响。作了上述改正后便得到重力异常。它是由地球内部质量分布不均匀所造成的。分析重力异常的原因对研究地球内部构造、组成以及找寻矿产资源具有重要意义。

【重力勘探】由于岩石密度分布不均匀会引起重力加速度变化，便产生重力异常，根据重力异常寻找矿产或研究地质构造的方法称为重力勘探。它是在重力测量学基础上发展起来的，是应用地球物理中的主要方法之一。进行重力勘探时需要在测区内建立基准点并布置一定密度的测网。所有各点的重力值都与基准点的值相比。一点的重力观测值除了与矿体和围岩的密度差有关外还和纬度、高程、地形等因素有关。为了求得单纯由密度差引起的重力异常需要作相应的改正消除这些因素影响。高程改正又称自由空间改正是测点的高程换算到一个基准面上。中间层改正是消除测点与基准面之间质量的影响。这两项改正总称为布格改正，所得到的异常称布格异常。地形改正消除测点周围地形起伏引起质量盈亏而造成的影响。重力异常中包含区域异常和局部异常两部分。对找矿来说有意义的是局部异常。为此要对重力异常图作进一步的特殊处理。重力勘探的结果在于确定地质体的空间位置、大小、形状等，通过重力资料反演可实现此目的。现代重力勘探可在陆地、海洋、空中及井下进行。重力勘探成本低、效率高，特别适

用于区域普查。它能解决多种地质问题,如区域构造单元划分、研究沉积盆地、寻找油气构造、寻找致密的矿体等。

【地球基本磁场】地磁场中相对稳定的成分,是地磁场的主体。实际上它也在变化、只不过极其缓慢,在漫长的地质年代中才能觉察出。地球基本磁场起源于地球内部。它又可分为偶极子场、非偶极子场和磁异常场三部分。偶极子场约占其中 90%,是其主要部分。也就是说地磁场可以用一个处于地心的磁偶极来描述。非偶极子场又称为大陆磁场,在地球上呈现八个正负中心。其成因尚无定论,存在很大争议。磁异常场是由地壳中磁性岩石或矿体分布不均匀所引起的。它又可分为区域性和局部性磁异常。局部性磁异常是磁法勘探研究的主要对象。对找矿勘探具有重要意义。

【地球变化磁场】地磁场中的变化成分,起因于地球外部。太阳带电粒子的辐射与地磁场相互作用产生了复杂的不同频率的地磁变化叠加在基本磁场之上。地球变化磁场可分为平静变化和干扰变化两类。平静变化包括以太阳日(24 小时)为周期的静日变化和以半个太阳日(24 小时 50 分 28 秒)为周期的太阳日变。这两种可以经常观测到。干扰变化的出现具有偶然性,叠加在基本磁场和平静变化之上,振动形式和频率成分都比较复杂。它又可分为许多类型、主要有磁暴、磁亚暴和地磁脉动。磁暴与太阳喷射的带电粒子流有关,可以在世界各地的观测台上同时观测到。出现的次数与强度有一定规律。磁亚暴分布在高纬度特别是极区。地磁脉动的特点是连续性和稳定性较好。根据周期和振动形式还可进一步分成许多小的类型。地球变化磁场是研究地球内部构造的电磁测深法的观测对象,对找矿也有重要意义。

【地磁测量】测量地磁要素的空间分布及时间变化。测量不同地磁要素需要选择不同类型和功能的仪器，总称为磁力仪。测量结果可服务于固体地球物理学研究，也可用于地球物理勘探。根据观测点布置的场所可分为地面、航空、海洋磁测。近年来又发展了卫星测量。地面磁测是基本方法。根据研究任务测点均匀地分布在一定的测区范围内。为研究地磁场的时间变化在一些测点需要作定期或不定期的重复观测。航空磁测将磁力仪安置在飞机上，工作效率高而且可以在地面磁测不能到达的地区进行。海洋磁测需要将仪器安置在无磁性的船上或海底。近年来随航天技术的发展磁力仪可以安置在卫星上，能够迅速取得全球地磁场的资料，了解全球地磁场模型为研究地球磁层的结构提供了新手段。

【磁法勘探】由于地下岩石和矿物磁性差异而引起地磁场变化，根据地磁场变化特征寻找矿体和研究地质构造的方法称磁法勘探。它是重要的地球物理勘探方法之一。在自然界中磁铁矿、磁黄铁矿等铁磁性矿物有较强的磁性，它们的存在对岩石磁性有很大影响。一般沉积岩没有磁性、基性、超基性，火成岩具较强磁性，花岗岩具弱磁性，变质岩的磁性与其变质前岩石的磁性有关。地磁场测量有绝对测量和相对测量两种方法，前者测量各点上的实际场值，可选用核子旋进磁力仪和近年发展的超导磁力仪，后者测量各点与某固定点的磁场之差，可选用磁秤或磁通门磁力仪。实际磁观测值除岩石磁性外还受其它诸多因素影响。为了求取由磁性矿体和岩石所引起的磁异常需要作适当的改正，主要有消除纬度分布引起的正常场改正，消除地磁静日变化的日变改正以及消除仪器因素的温度系数校正等。磁法勘探可以在地面、海洋、井中进行，特别是航空

磁法在航空物探中占有重要地位。野外观测结果可编制各种磁异常图。磁异常中包含区域异常和局部异常两部分,它们可以通过适当的数字处理方法加以区分。局部异常往往和矿体或局部构造有一定联系。磁法勘探成本低、效率高,可用于研究区域构造,圈定火成岩体。在找矿方面可寻找隐伏的磁性矿体,获得有关矿体产状、规模等参数。近年来由于高精度磁力仪的出现扩大了磁法勘探的应用领域,满足工程地质乃至考古学研究中的某些特殊需要。

【地震波的走时】从震源到观测点地震波传播所需的时间称走时。震中经纬度与测点经纬度之间的距离称震中距,常用公里表示,也可以用两点相对于地心的张开角表示。走时与震中距之间的关系曲线称为走时曲线。它是地震学研究的基本资料之一。为提高走时曲线编制的质量需要汇集整理大量地震波记录,对比地震波的波形求得地震波到达各观测点的时间。根据走时曲线可求得有关震源的参数,如震中、震源深度等。显然,精确求取这些参数与地球的速度模型的选取关系很大。对不同地区应考虑到该区地震波传播速度的特点。走时曲线相当于地震勘探中的时距曲线。

【地震勘探】利用岩石在弹性波传播特性上的差异研究地质构造、寻找矿产资源的勘探方法,是重要的地球物理勘探方法之一。通常使用炸药、重锤或连续振动等人工源激发地震波,在地表接收从地下返回的地震信号,从而推知地下岩层的起伏状况。在不同介质中地震波传播速度不同,在分界面上会产生反射和透射,其中一部分又返回地面并被检测到。根据地震波返回的时间和地震波传播速度可以求各个界面的深度。地震勘探分反射波法和折射波法两类。前者接收来自各层界面上的反射波。反射波到达的时

间与反射界面的深度及其上部岩层传播特性有关。后者接收折射波。当某一岩层的地震波速度高于上覆岩层的速度，地震波又呈临界角入射时，透射波将沿界面滑行并在上层介质中又引发一种地震波，这就是折射波。地震勘探可以在陆地、也可以在海洋上进行。一般来说，就其对地质目标的分辨能力和精度而言地震勘探的结果均优于其它地球物理方法。在研究沉积盆地，寻找油气田方面地震勘探成效尤为显著。近年来高频地震勘探技术的发展使之在工程地质和金属矿产勘探方面也收到良好效果。

【地球的电磁感应】由地球外部场源激发在地球内部感应生成变化的电磁场。地表一点所测得的电磁场是场源和地球内所感应的电磁场之和。因此其分布特征与场源与地质构造有关。若地球介质的导磁率取为 1，则通过测量地球感应电磁场可以研究地球的导电结构。大地电磁测深和地磁测深是两种基本方法。不同频率的电磁波具有不同的穿透深度，由此可以获得地球导电性随深度变化的规律。大地电磁测深的观测频率大约为 10^{-3} — 10^2 Hz，在这频率下地球可近似看成是平面层状结构。地磁测深观测 10^{-4} Hz 的或更低低频电磁场，这时需要考虑到地球的球状结构。根据近年地球电磁感应的研究结果，发现地壳上层的沉积盖层具低电阻特征，下部为高电阻的地壳，其中含有不连续的良好导电性地层，埋藏深度为十几到几十公里不等。大约在 100 公里附近上地幔的顶部导电性显著降低，大致与软流圈相当。至 400 公里以下导电性又突然增加。地球电磁感应研究结果还揭示地球导电结构的横向不均匀性。大地电磁测深法还可用于矿产勘探，特别是用于油气田普查与地热资源的调查。

【电法勘探】利用岩石在电磁学性质上的差异观测人工或天然电场和电磁场分布特性研究地质构造、寻找矿产资源的地球物理勘探方法。岩石的电磁性质主要有电阻率、介电常数、极化率和导磁率等。由于电法勘探所用的岩石物性参数多，而且建立电磁场的方式也多，就出现许多分支方法。按造成异常电磁场的原因可分为传导类和感应类电法勘探。前者研究由传导作用产生的稳定或似稳定电流场的分布特性。它又可分为电阻率法、充电法、自然电场法和激发极化法等。感应类电法勘探根据交变电磁场感应原理研究交变电磁场的分布规律。它又可分为时间域电磁法和频率域电磁法。每一种方法随观测装置和场源性质又可分许多小分支。在不同的电磁场作用下不同电性和产状的地质体会表现出不同的异常特征。因此可以针对不同的地质目的选择不同的电法勘探方法。电法勘探具有非常广泛的应用领域。可用于寻找多种金属、非金属矿体，勘察地下水资源。近年来随着观测仪器和观测技术的改善，电法勘探已成功地应用于工程地质和工程建设等方面。地球的电磁感应作为一种电法勘探方法在研究地壳构造中也发挥了重要作用。电法勘探仪器可安装在飞机上进行观测，称为航空电法，也可安装在船上，在海洋上观测，称为海洋电法。

【地热物探】应用各种地球物理勘探方法勘查和寻找地热资源。地震、重力与磁法资料可以提供地热资源存在的构造因素，岩石的电阻率和温度有密切关系。因此，传统的物探方法皆可用于地热勘查。此外，地温场的测量是了解地热分布的重要手段。地球表面和内部各点的温度不相等。其外部原因是太阳的辐射，内部原因主要是岩浆的侵入、喷发及其冷却过程。太阳辐射的影响不稳定，随季节而变。但影响不大，一般仅为几米左右。内部因素是

稳定的。地温测量可以在井中或坑道内进行。现今发展起来的测红外线的遥感技术也是地热调查的重要手段。各种物探方法的使用因勘探阶段及热贮类型的不同而不同。近年来在油田、煤田及某些金属矿床上方发现地热异常，因此地热调查也成为一种找矿手段。

【放射性物探】测量地壳中放射性元素射线强度用以发现放射性矿床以及某些与放射性元素共生矿床的地球物理勘探方法。实际工作中存在多种方法可以用于测量放射性的强度。天然放射性元素在衰变过程中放出 α 、 β 、 γ 射线。其中 γ 射线穿透能力最强，在岩石可达50—60厘米。因此 γ 射线测量成为主要方法之一。放射性测量可在地面、井中和飞机上进行。 γ 射线测量的勘探深有限，只能用于寻找浅部矿体。射气测量可用于测量氡的同位素。天然放射性系列中都有一个气态元素，它们是氡的同位素，称为射气。射气可通过扩散作用而迁移。因此可用来寻找比 γ 测量更深的矿体。 α 径迹测量是用积累方法测量放射性元素在衰变过程中释放的 α 粒子的径迹。该方法可发现埋深一百米的矿体，但需要较长时间。随仪器的创新和技术的改进又发展了许多测量放射性元素的方法。此外，还有通过非放射性元素测量，如氦气、汞气、铅同位素等，寻找放射性元素的方法，这些和地球化学有着密切的联系。放射性测量不仅用于寻找放射性矿床，当今在水文、工程地质及环境地质研究中也有广泛的应用，成为监测环境质量的重要手段。

【地球物理测井】将专用仪器和设备置于钻井中并沿井壁移动测量井壁周围岩石的物性参数，用以划分岩层或发现矿体，是地球物理勘探方法之一。由于观测仪器可直接接触或紧靠岩层，对岩层

物性的观测比较准确、精细。根据所研究的物性参数不同可划分为不同的测井方法。电测井主要测量岩层的视电阻率，视极化率或自然电位等。声波测井是利用声波在岩石中传播速度上的差异沿井壁测量其通过各层时速度变化。声波速度不仅与岩性有关而且与孔隙度等因素有关。放射性测井测量岩石天然放射性强度或测量经激发后次生放射性强度用以发现放射性矿体或研究岩石成分。此外还有磁测井、重力测井与气测井等，分别测量岩石的磁化率、密度及烃类等气体的含量。测井不仅可确定岩石物性，还可确定岩层的走向等产状要素。测井能了解的范围也是有限的，而且和一般物探方法一样对岩石的了解属于间接方法只有和钻井资料相结合才能获得正确解释。测井可以减少钻井取芯工作量，从而降低工作成本提高勘探效率。

【地下地球物理勘探】简称地下物探。将激发和观测装置全部或部分置于钻井或坑道中所进行的地球物理勘探方法。它是在地面物探和地球物理测井基础上发展起来的。一般说来所有地面物探方法都可用于地下物探。但使用最多的是井中低频电磁法、电磁波法、井中激电和井中磁测等。根据发射和接收装置所处的位置又可分为井—井、井—地、地—井形式。由于装置布置在地下可以较好地克服地形和覆盖层的影响，而且场源或观测点更接近矿体或相对矿体处于不同位置可以提高对矿体的分辨能力。地下物探适用于发现盲矿体和追踪已发现的矿体，确定矿体的产状、延伸及规模等。

【遥感物探】专指在人造卫星或高空飞行器上对地球进行地球物理测量的技术，广义地说所有物探方法都是遥感，但通常只作狭义

的理解。遥感物探是随人造地球卫星发射和多频段电磁辐射能量摄取而发展起来的。大多数遥感物探都是被动源。记录包括紫外线,可见光和红外线在内的太阳光在地面反射的能量。此外物体自身温度而形成的热辐射电磁波也能被记录下来。遥感物探中也有利用主动源的,记录从飞机上发射的微波,这些电磁波信息记录在胶片上制成遥感图像,对其进行解释,辅以必要的地面调查可以解决许多地质问题。在区域地质研究中用于区分岩性、火成岩相、发现断层和裂隙等。在矿产普查中用于研究控矿构造,圈定成矿有利的岩体、蚀变带等。在水文、工程环境地质方面也有广泛应用。若将磁力仪、重力仪安装在卫星上可以研究地球磁场和磁层的结构,以及获得地球重力场分布的信息。

【地球物理资料处理】将野外观测所得到的各种地球物理原始记录通过电子计算机加工、运算再以数据或者图形、列表等方式输出,提供解释工作者使用。这是近30年来随电子计算机技术而发展起来的新技术。野外所得到的原始数据含有用信息和干扰信息(即噪音)两部分。有些噪音是由人为的或环境因素造成的,有些则是天然因素造成的。噪音很复杂,根据具体研究对象有具体的含义。如在反射波地震勘探中,面波、绕射波、多次波等都被视为干扰,在电法勘探中,由发电厂、电台等电气设备形成的游散电场都被视为干扰场。另外由非地质目标,比如在找矿工作中非矿体而形成的异常也被当作干扰。数据处理的目的就是要削弱干扰信息,突出有用信息。使所获得的物探异常能更准确地反映探测的目的体。物探数据处理信息量大、重复运算次数多是其主要特点。物探数据处理方法吸收了近代通讯理论中的许多研究成果,从而获得了迅速发展。

【地球物理勘探资料解释】根据野外所测得的地球物理场的数据或各种物探异常图，利用物理的、数学的和地质学的理论和方法说明物探异常形成的原因及其所反映的地质构造的形状、规模和产状等要素。地球物理资料解释包含地球物理解释和地质解释两部分。前者又称为地球物理反演，即根据观测结果求得地下地质体的物性参数的分布特征及其空间变化。它又可分定性和定量解释两种。定性解释只要求概略地了解物性参数的分布特征及变化规律，而定量解释则要求给出各物性参数的数值及误差范围等。因为任何观测资料都是有限的，而且包含误差所以反演结果都具有多解性，即同一物探异常可能由多种原因所引起。综合利用各种物探资料以及某些先验资料可以不同程度地克服多解性。地质解释在地球物理解释的基础上进行。利用岩石物性、区域地质以及钻井等资料说明引起物探异常的地质背景和原因。近代计算机技术的发展不仅促进物探资料反演技术的发展而且也为地质解释提供了重要的现代化手段。

【综合地球物理勘探】为某种地质目的或完成某一地质任务合理部署各种地球物理勘探方法以便提高勘探效果、降低成本、加速勘探进程。单一的物探异常往往可以有多种推断解释结果，也就是存在多解性。而一个地质体可以通过多种物理性质来表现。若能合理地运用多种参数可以减少解的不确定性。在部署综合物探工作时首先考虑的是物理前提，即所研究的地质对象在物性上有何特点，用哪一种或哪几种方法最为有效，每种方法在解决问题中的作用如何。其次从经济的观点考虑，如何提高效率、降低成本、如何用最少的工作量获得最大的效果。为此，既要考虑到勘探阶

段和任务，又要考虑各种物探方法的技术特点。有些方法，比如重力和磁法勘探成本低、效率高更适合于大面积的区域普查阶段。有些方法精度高，比如地震法适用于矿产勘探，圈定油气田构造等。提高综合物探的地质效果还在于合理使用各种物探资料进行推断解释，使各种资料起到相互验证和相互补充的作用。当然，任何物探资料都是间接资料，综合物探资料解释推断的结果也具有多解性，需要通过钻探或其它地质工作加以验证。因此物探和地质方法的结合是非常重要的。

地球化学勘探

【地球化学异常】地质体中地球化学指标与周围背景有显著不同的现象。

【地球化学背景】矿化活动及其影响范围以外的附近地区称为背景区。背景区地球化学指标的一般含量称为背景值。背景值在背景区内有一定的起伏变化。

【岩石地球化学调查】又称岩石地球化学测量，简称岩石测量。这种方法是系统地采集岩石样品，分析其中的地球化学指标，发现原生地球化学异常（地球化学省、区域原生异常、矿床原生晕）进而寻找矿床或解决其他基础地质问题。区域岩石地球化学测量，主要是在大范围（地球化学省）内按一定采样密度与布局采集岩石

样品,分析各种元素,进行地球化学分区,划分成矿远景区带,探索新的矿化类型及为区域地球化学提供基础资料。岩石地球化学详查一般在局部地区进行,目的在于发现或圈定与矿床或石油储集体有关的原生晕或渗滤晕,一般采用网格取样或采集钻孔岩芯样品,将所有数据绘成平、剖面图,圈出原生晕,并与地质情况对比,发现或评价矿化区。进行岩石测量时预先要做一些试验工作,了解已知矿原生晕特征作为未知区确定工作及资料解释的依据。采样时可采岩石碎块或据工作需要采集特殊样品象断层泥、裂隙充填物、蚀变岩、矿化脉等强化异常的样品。

【土壤地球化学调查】简称土壤调查,最早称金属量测量。通过系统地采集土壤样品,测定其中各类指示元素的含量或其他地球化学指标,圈定出次生地球化学异常,进而达到找矿等目的。是化探中较成功有效的方法之一,在不同的景观地球化学环境和不同的地质条件区都可实施。这里的土壤主要指残积物、坡积物。这种方法多用于中大比例尺的详查工作,采样网格较密。采样位置十分重要,关系找矿效果的好坏,一般选取B层物质,在某些地质条件下,需要在所有的土壤层位中采样。有些地方,用钻具对C层进行深部取样是唯一满意的方法,如冰碛物覆盖区和冻土区。土壤测量时,往往对样品进行淘洗,分选耐风化的重矿物,进行肉眼和显微镜观察并分析其中的某些元素含量,按土壤测量同样的网格绘制出重矿物分布图,帮助解释土壤次生地球化学异常。土壤分析样品粒度多为小于80目的细粒物质,分析重矿物样品多选择粘粒物质。

【水系沉积物调查】又称分散流找矿法。系统地采集水系沉积物样

品,分析测定其中指示元素含量和其它地球化学指标,圈定沿水系发育的次生地球化学异常(分散流),追踪分散流形成的源地,达到找矿等目的。该方法早期主要用来寻找矿床,现已扩大到解决基础地质地化问题(如估算元素丰度,划分构造单元国土规划、环境保护等)。是一种效率较高的地球化学普查方法。最大特点:以少数采样点的资料获取广大汇水盆地内的矿化、岩石、地层等信息。适用于小比例尺的大区域(如国家级)的地化普查。样品选择十分重要,直接影响调查效果,一般采样布局要由所研究的目标大小、水系分布模式和元素衰减模式而定。所采样品主要为水系中的新鲜沉积物,也可采集阶地和河漫滩的老沉积物,筛取小于 80 目的细粒物质作为分析对象。但在某些剥蚀作用强烈的山区分析较粘粒的物质常可获得更明显的异常。有时可配以重矿物、磁矿物测量,帮助寻找矿化源区。化学分析数据和重矿物资料可绘于水系分布图上,进而进行异常的推断解释。配备冷提取箱可在现场直接分析某些元素,发现异常后立即进行追踪,更有效地寻找原生异常和矿床。

【生物地球化学调查】系统地测量生物中的元素含量和其它地球化学特征,以发现与矿化等有关的生物地球化学异常,进而评价和解释,达到研究目的。植物地球化学调查是生物地球化学调查中应用最多成果较好的。主要测量植物(灰份)中的指示元素含量和利用地植物标志发现植物地球化学异常。取样时应该选择同种植物的某个部分(小枝、树皮、果实),选择不同种植物时需试验它们的元素含量变化是否一致。采样点的布置,一般若被取的植物分布较均匀,可按网格或剖面取样;若分布稀疏,只好按生长地点采样。植物测量的采样、分析较烦琐,异常发育受水文地质

条件制约。因此植物测量多为一种辅助方法。在厚层运积物覆盖地区采集深根植物可有效地发现埋藏异常。地植物测量主要依靠指示植物种属分布和由于某些元素含量过高引起植物中毒和生态变异的特征即地植物异常进行找矿。如箭叶堇菜可指示铀矿的存在，植物矮小症指示正异常。这种方法无须取样，凭肉眼观察及可发现，经济、快速。航空遥感技术可以直接通过航卫片解译发现地植物异常。动物地球化学测量只是处于试验阶段。加拿大和苏联分析过动物（或某部分）如鱼（肝）、软体动物（软部分）、昆虫（整体）内所含的某些元素，结果表明动物中含量在矿化地区具有高于正常值的各种元素含量，反映了矿点的存在。微生物测量，又称细菌测量。在寻找油气藏的石油化探中广泛使用。在富含羟类的土壤、岩石、地下水中某些细菌的生长密度与羟类量成正比。利用专门的细菌计数技术，可绘制出细菌分布（羟类）等值图，异常指示深部的油气藏。

【气体地球化学调查】简称气体测量或气测。通过测定天然物质（土壤、岩石、大气、水）中的气体成分和含量，发现气体地球化学异常。主要测试的气体有 Hg 、 CO_2 、 SO_2 、 O_2 、 Rn 、 He 、 I 烃类。烃类气体和其他天然气、 Hg 、 I 、 He 是寻找油气藏的有效指标；在一些金属硫化物上方常有 Hg 、 SO_2 、 I_2 、 H_2S 气体异常；地震活动区可有 Rn 、 He 、 CO_2 异常。气测不仅可直接用于找矿，也应用于地质制图（深部构造填图）地热勘查、地震预报、环境调查等多方面。气体测量对寻找某些深部盲矿和厚层运积物下的隐伏矿效果良好。随着先进的分析技术和航空技术的发展，使气体测量不仅能在地面开展，也能在空中进行，航空气体测量正在成熟中。

水 文 地 质

【水循环】又称水文循环。由于太阳能热辐射和地球重力等作用造成的地球不同层圈中的水分经常不断地相互转化的过程。在这种循环过程中，海洋和陆地表面的水蒸发成为水汽进入大气圈；水汽随气流飘移，在适宜的条件下，重新凝结成液态或固态降落（即雨雪等不同形式的降水）；降落在陆地的水分，一部分汇集于江河湖泊形成地表水；另一部分渗入土壤岩石中，成为地下水。地表水有的重新蒸发成为水汽，返回大气圈；有的渗入地下，成为地下水；其余部分则流入海洋。地下水有的通过土面蒸发直接返回大气圈，有的被植物吸收，通过植物叶面蒸发而返回大气圈；其余部分则形成地下径流。地下径流或直接流入海洋，或在径流过程中泄露地表转化为地表水，然后再返回海洋。地壳浅表的水分就是这样长期往复不已地互相转化着，从而为地球上生命的繁衍提供了必要条件。

【包气带】地表面与潜水面之间的地质体。在包气带中，空隙壁面吸附有结合水，在细小的空隙中保持着毛细水，空隙未被液态水占据的部分包含空气及气态水。空隙中的水超过吸附力和毛细力所能支持的量时，剩余的水便以重力水形式下渗。所有上述的水统称为包气带水。包气带自上而下可分为三部分：土壤水带、中间带及毛细水带。包气带顶部植被根系活动带通常发育于土壤层，

其中所含的水称为土壤水。由地下水面上升的支持毛细水，在包气带底部构成毛细水带。包气带是饱水带与大气圈、地表水圈联系的通道，饱水带通过包气带获得大气降水和地表水的补给，又通过包气带蒸发排泄。

【饱水带】地下水面以下，土层或岩层的空隙全部被水充满的地带。饱水带中的水既有重力水，也有结合水。由于饱水带中地下水连续分布，能够传递静水压力，在水头差的作用下，可以发生连续运动。饱水带中的重力水是开发利用或防治的重点对象，同时也是目前水文地质学研究的重点。

【地下水】以各种形式埋藏在地壳岩石中的水。松散岩石的颗粒表面及坚硬岩石空隙壁面均带有电荷，水分子又是偶极体，由于静电吸引，固相表面具有吸附水分子的能力。根据库仑定律，电场强度与距离平方成反比。因此，离固相表面很近的水分子受到的静电引力很大；随着距离增大，吸引力减弱，而水分子受自身重力的影响就愈显著。受固相表面的引力大于水分子自身重量的那部分水，称为结合水。结合水束缚于固相表面，不能在自身重力影响下运动。距离固体表面更远的那部分水分子，重力对它的影响大于固体表面对它的吸引力，因而能在自身重力影响下运动，这部分水就是重力水。重力水能自由流动，井泉取用的地下水都属重力水。松散岩石中细小的孔隙通道能构成毛细管，因此，在地下水面以上的包气带中能够由于毛细力的作用而保持一定的水分，称为毛细水。岩石能容纳一定水量的性能称为容水性，以容水度表征，即岩石所能容纳的水的体积与岩石总体积之比。容水度在数值上与空隙度相等。空隙度是衡量岩石空隙发育程度的

指标，指岩石中的空隙体积与岩石总体积的比值。饱水岩石在重力作用下释水时，由于分子力及表面张力作用，能在其空隙中保持一定水量的性能称为岩石的持水性，以持水度表征，即重力作用下岩石排水后空隙中所保持水的体积与岩石总体积之比值。饱水岩石在重力作用下能自由排出一定水量的性能称为岩石的给水性，以给水度表征，即重力作用下岩石能排出水的体积与岩石总体积之比值。显然，容水度等于持水度与给水度之和。

水是人们赖以生活及从事生产不可缺少的宝贵资源，地下水是水资源的重要组成部分。由于其水质好、分布广、供水延续时间长等优点而往往是更为可贵的供水水源，而在干旱、半干旱地区，则是主要的有时甚至是唯一的可用水源。另外，当地下水中富集某些元素如溴、碘、锶等时，便可成为有工业价值的矿床；当地下水具有较高温度时，可作为一种能源而加以利用；当其含有某些特殊组分时，则可以用于医疗保健事业。

【地下水化学成分】地下水含有各种无机的和有机的化学物质。自然界中存在的元素，绝大多数已在地下水发现。地下水化学成分可分为气体成分、离子成分及其它成分。气体成分常见的有氧、氮、硫化氢及二氧化碳等，一般情况下，地下水中气体含量不高，但它们能很好地反映地球化学环境并影响地下水中存在的各种化学过程。地下水中分布最广、含量较多的离子共 7 种，即氯离子、硫酸根离子、重碳酸根离子、钠离子、钾离子、钙离子及镁离子。地下水中的其他成分一般为微量组分，如溴、碘、氟、硼、锶、钡等，它们常可说明地下水的形成环境，同时对人体健康有着明显影响。地下水中还有未离解的化合物构成的胶体，其中分布最广的是氢氧化铁、氢氧化铝及二氧化硅。地下水中所含

各种离子、分子与化合物的总量称为总矿化度，以克/升 (g/L) 表示。为了便于比较不同地下水的矿化程度，习惯上以 105—110℃ 时将水蒸干所得的干涸残余物总量来表征总矿化度。也可以将分析所得水中各种离子的浓度相加，再减去重碳酸根离子含量的 $1/2$ ，因为在蒸干时有将近 $1/2$ 重碳酸根离子分解成二氧化碳和水而逸失。地下水按矿化度的大小一般可分为：淡水，矿化度 $M < 1$ 克/升；微咸水， $M = 1—3$ 克/升；咸水， $M = 3—10$ 克/升；盐水， $M = 10—50$ 克/升；卤水， $M > 50$ 克/升。水中钙、镁离子的含量称为地下水硬度。水煮沸后，一部分钙、镁离子会发生沉淀，沉淀的钙、镁离子数量称暂时硬度；沸腾后不沉淀仍以离子形式含于水中的钙、镁离子含量称永久硬度；二者之和称为总硬度。一般情况下，随着总矿化度的变化，地下水中占主要地位的离子成分也随之发生变化。低矿化水中常以重碳酸根及钙、镁离子为主；高矿化水则以氯及钠离子为主；中等矿化的地下水中，阴离子常以硫酸根离子为主，主要阳离子则可以是钠离子，也可以是钙离子。矿化度与离子成分之间的这种对应关系，一个主要原因是水中盐类的溶解度不同。总的说来，氯盐的溶解度最大，硫酸盐次之，碳酸盐较小，钙的硫酸盐，特别是钙、镁的碳酸盐溶解度最小；随着矿化度增大，钙镁的碳酸盐首先达到饱和而沉淀析出，继续增大时，钙的硫酸盐也饱和析出，因此，高矿化水中便以易溶的氯和钠占优势了。与地下水化学成分相对应，地下水物理性质则包括地下水的比重、温度、透明度、颜色、味道、气味、导电性及放射性等。

【地下水化学成分的形成作用】在一定的情况下，地下水可能对生产建设带来危害。在干旱或半干旱地区，由于地下水蒸发，土壤

积盐，会导致土壤盐渍化；过多的灌溉水大量入渗，抬高地下水位，使土壤过湿，从而形成土壤沼泽化；采矿过程中，由于地下水大量涌入矿山坑道，往往使施工复杂化和采矿成本增高，严重时甚至威胁矿山工程和人身安全；在工程建设中，由于地下水的渗漏等作用常会对建筑物的修建、正常运行和安全造成危害，一些大中城市由于过量开采地下水而产生地面沉降。因此，地下水一方面是宝贵的自然资源，我们要充分合理地利用它；另一方面它又是工农业生产和建设的不利因素，我们要有效地防治它。

地下水在其发展过程中，在自然及人为因素影响下，常发生一系列使地下水赋予新的化学成分或使原有成分不断地发生变化的作用。这些作用主要有以下几种。溶滤作用：岩石中的某些可溶成分被溶解转入地下水中的作用，由溶滤作用形成的化学成分与地下水运动所经岩石的成分有关。例如，地下水流经岩盐矿床或含岩盐的岩石时，会溶滤其中的盐岩而使地下水具有 Na^+ 、 Cl^- 成分。混合作用：当两种或两种以上不同成分或矿化度的地下水相遇时，所形成的地下水在成分与矿化度上皆与混合前不同。如滨海地区的地下水，往往是海水与大气降水渗入补给混合作用的产物。浓缩作用：在地下水埋藏较浅时，由于水分不断被蒸发，地下水中的含盐量便会相对增加，其结果除表现为矿化度增高外，其成分也可能发生变化。阳离子交替吸附作用：岩石颗粒表面往往带有负电荷，它可以吸附某些阳离子，当地下水与岩石表面接触时，地下水中某些阳离子会被岩石颗粒表面吸附以替代原来被吸附的阳离子，而原来被吸附在岩石颗粒表面的阳离子则进入水中，因而改变地下水的化学成分。各种离子的吸附能力不同，其吸附能力大小的顺序为：氢、铁、铝、钙、镁、钾、钠。交替吸附作用的进行并不完全决定于离子的性质，还与其浓度有关。例如，当地下水钠离子浓

度较高时,水中的钠离子也可替代吸附在岩石颗粒表面的钙离子。脱硫酸作用:在还原环境中,当存在有机质时,脱硫酸细菌能使硫酸根离子还原为硫化氢,结果使地下水中硫酸根离子减少。在地下深处封闭环境并有有机质存在时,这种作用最易进行,这正是深层地下水常含有 H_2S 气体的原因。脱碳酸作用:地下水溶解碳酸盐类岩石的能力主要决定于水中二氧化碳的含量,当温度升高或压力降低时,其一部分便会逸出,这时水中的重碳酸根离子就会与钙、镁离子结合形成碳酸钙或硫酸镁沉淀析出。脱碳酸作用的结果,使地下水中重碳酸根及钙镁离子减少,矿化度降低,pH 值变大。深部地下水上升形成的泉口附近往往有石灰华的沉淀,这即是脱碳酸作用的产物。通常情况下,地下水化学成分的形成往往是上述作用共同影响的结果。

【含水层】能够透过并给出相当数量水的岩层。含水层的确定是相对的。实际上,地下水面以下的岩石均能不同程度地透过并给出水。在实际工作中,主要考虑其所给出的水是否具有实际价值,也就是说能否满足开采利用的实际需要,或者是否对工程设施构成危害。以供水为例,某一能够透过并给出某一数量水的岩层,在水源丰沛,需水量很大的地区,由于远不能满足供水需要而不认为是含水层;而在水源缺乏,需水量不大的地区,同一岩层能够在一定程度上满足实际需要,那末,这一岩层就可视为含水层。

【隔水层】重力水流基本上不能透过的岩土层。一般孔隙很细小的土层如粘土、亚粘土,以及致密岩层如完整的页岩、火成岩、变质岩等通常都认为是隔水层。由于隔水层的存在,使上、下两层含水层基本上不存在水力联系。因此在有多层不同水质、水量的

含水层地区，需要分层开采地下水时，必须确定隔水层的厚度和位置。在地下水位以下开采矿产时，为防止含水层中地下水突入矿井，必须保持隔水层的完整。隔水层是一个相对的概念，例如，粗砂层中的泥质粉砂夹层，由于粗砂的透水 and 给水能力比泥质粉砂强得多，相对来说，后者就可视为隔水层；而同样的泥质粉砂夹在粘土层中，由于其透水和给水能力均比粘土强，就应当作含水层了。

【潜水】 饱水带中第一个具有自由表面的含水层中的水。潜水没有或只有局部的隔水顶板。潜水的水面为自由水面，称为潜水面。从潜水面到隔水底板的距离为潜水含水层厚度。潜水面到地面的距离为潜水埋藏深度。由于潜水含水层上面不存在隔水层，直接与包气带相接，所以潜水在其全部分布范围内都可通过包气带接受大气降水、地表水或凝结水的补给。潜水通常在重力作用下由水位高的地方向水位低的地方流动。它的排泄方式有两种：一种是流动到适当地形处，以泉、渗流等形式泄出地表或排入地表水，这便是径流排泄；另一种是通过包气带或植物蒸发进入大气，即蒸发排泄。潜水直接通过包气带与大气圈及地表水圈发生联系，所以，气象、水文因素的变动对它影响显著，丰水季节或年份，潜水接受的补给量大于排泄量，潜水面上升，含水层厚度增大，埋藏深度变小。干旱季节排泄量大于补给量，潜水面下降，含水层变薄，埋藏深度加大。因此，潜水的动态有明显的季节变化。潜水的水质变化很大，主要取决于气候、地形及岩性条件。湿润气候及地形切割强烈的地区，利于潜水的径流排泄，而不利蒸发排泄，往往形成含盐量不高的淡水。干旱气候及低平地形区，潜水以蒸发排泄为主，常形成含盐量高的咸水。潜水容易受到污染，

应注意保护。

【承压水】充满于两个隔水层之间的含水层中的水。承压水含水层上部的隔水层称为隔水顶板，或叫限制层；下部的隔水层叫做隔水底板。顶底板之间的距离为含水层厚度。承压性是承压水的一个重要特征，下图为一承压水盆地示意图。含水层中心部分埋没于隔水层之下，两端出露于地表。含水层从出露位置较高的补给区获得补给，向另一侧排泄区排泄，中间是承压区。补给区位置较高，水由补给区进入承压区，受到隔水顶底板的限制，含水层充满水，水自身承受压力，并以一定压力作用于隔水顶板。当用钻孔揭露含水层时，钻孔中的水位将会上升到含水层顶板以上一定高度才静止下来。静止水位高出含水层顶板的距离便是承压水头。井中静止水位的高程就是含水层在该点的测压水位。测压水位高于地表时，钻孔能够自喷出水，即自流井。承压水受到隔水层的限制，与大气圈、地表水圈的联系较弱。当顶底板隔水性能良好时，它主要通过含水层出露地表的补给区获得补给，并通过范围有限的排泄区排泄。当顶底板为弱隔水层时，它还可以通过弱隔水层从上部或下部的含水层获得补给，或向上部或下部含水层排泄。无论在哪一种情况下，承压水参与水循环都不如潜水那样积极。因此，气候、水分因素的变化对承压水的影响较小，承压水动态比较稳定。

【上层滞水】当包气带存在局部隔水层时，在局部隔水层上积聚的具有自由水面的重力水。上层滞水分布最接近地表，接受大气降水的补给，以蒸发形式或向隔水底板边缘排泄。雨季获得补充，积存一定水量，旱季水量逐渐耗失。当分布范围较小而补给不很经

常时，不能终年保持有水。由于其一般水量不大，动态变化显著，只能在缺水地区才能成为有意义的小型水源或暂时性供水水源。利用上层滞水作为饮用水源时，应特别注意其污染情况，因为水从地表补给上层滞水的途径很短，极易受污染。

【泉】地下水的天然露头。在地形面与含水层或含水通道相交点处地下水出露成泉。山区及丘陵的沟谷与坡脚，常可见泉，而在平原地区则很少见。根据补给泉的含水层的性质，可将泉分为上升泉及下降泉两大类。上升泉由承压含水层补给，下降泉由潜水或上层滞水补给。根据出露原因，下降泉可分为侵蚀泉、接触泉与溢流泉。沟谷切割揭露潜水含水层时，形成侵蚀（下降）泉。地形切割达到含水层隔水底板时，地下水被迫从两层接触处出露成泉，这便是接触泉。潜水流前方岩层透水性急剧变弱，或隔水底板隆起，潜水流动受阻而涌溢于地表成泉，即为溢流泉。上升泉按其出露原因可分为侵蚀泉、断层泉及接触带泉。当河流、冲沟等切穿承压含水层的隔水顶板时，形成侵蚀（上升）泉。地下水沿导水断层上升，在地面高程低于测压水位处涌溢地表，便成为断层泉。岩脉或侵入体与围岩的接触带，常因冷凝收缩而产生隙缝，地下水沿此类接触带上升成泉，就叫做接触带泉。在地形、地质、水文地质条件配合下，可出现成群的大泉。举世闻名的泉城济南，在 2.6km^2 范围内出露 106 个泉，其总流量最大时达到 $5\text{m}^3/\text{s}$ 。济南市以南为寒武-奥陶系构成的单斜山区，地形与岩层均向济南市倾落，市区北侧为闪长岩及辉长岩侵入体，奥陶系灰岩呈舌状为闪长岩及辉长岩所包围。透水性良好的灰岩接受大范围降水补给，丰富的地下水汇流于济南市东南，受到岩浆岩组成的口袋状“地下坎”的阻挡，被迫出露，造成“家家泉水”奇观。

【地下水补给】含水层或含水系统从外界获得水量的作用过程。含水层的补给来源、补给量、补给方式、补给途径和补给区大小等总称地下水的补给条件。含水层中地下水的补给来源主要有降水入渗、地表水渗漏及其它含水层地下水的流入等。影响大气降水补给地下水的因素主要有降水特征、包气带岩性与厚度、地形及植被等。年降水量愈大，对地下水的补给量也愈大；降水强度过大或过小均不利于对地下水的补给。包气带渗透性好，有利于吸收降水；其厚度愈大，滞留的水量便愈多，不利于补给地下水。平缓的地形和植被的存在有利于降水对地下水的补给。河流与地下水的补给关系沿着河流纵断面有所变化。通常山区河谷深切，河水位常年低于地下水位，起排泄地下水的的作用；山前，由于河流的堆积作用，河床处于高位，河水常年补给地下水；冲积平原与盆地的某些部位，河水位与地下水位的关系，随季节而变。河水补给地下水时，补给量的大小与透水河床的长度与浸水周界、河床透水性、河水位与地下水位的高差以及河床过水时间有关。当两个含水层之间存在水头差且有联系的通路时，则水头较高的含水层便补给水头较低者。这种联系通路表现为隔水层分布不稳定时形成的隔水“天窗”以及切穿隔水层的导水断层等。另外，含水层间也可通过弱透水层而发生越流补给。含水层间补给量的大小取决于地下水水位差值及连通带的范围大小及透水性。查明地下水的补给条件是正确进行水资源评价、合理布置给水及排水工程的基础。

【地下水排泄】含水层失去水量的作用过程。地下水主要通过泉（点状排泄）、向河流泄流（线状排泄）及蒸发（面状排泄）等形

式向外界排泄。此外，一个含水层中的水可向另一个含水层排泄，此时，对后者来说，即是从前者获得补给。用井孔抽汲地下水，或用钻孔、渠道排除地下水，均属地下水的人工排泄。地下水有时也集中排泄于河底、湖底或海底，这类水下泉与一般泉的区别是出露于水下而不在地面。更多的情况下，地下水是分散排入地表水体的。当河流切割含水层时，地下水沿河呈线状排泄。此时可通过分割河流流量过程线求得地下水泄流量，在河流上选定断面，定期测定河水流量，即可得出河流流量过程线。常年有水的河流，枯水季节河水流量全由地下水泄流供给，汛期则主要由流域内降水汇聚而成，同时也包含部分泄流量。地下水的蒸发排泄包括土面蒸发和叶面蒸发。地下水沿毛细孔隙上升，在潜水面之上形成一个毛细水带，当潜水埋藏不深，毛细水带上缘离地面较近，大气相对湿度较低时，毛细弯液面上的水不断由液态转为气态，逸入大气，潜水则源源不断通过毛细作用上升补给，使蒸发不断进行，这种过程称为土面蒸发。其结果是使盐分滞留浓集于毛细带的上缘，降雨时，部分盐分经淋溶重新进入潜水。因此，强烈的蒸发排泄将使土壤及地下水不断盐化。植物在生长过程中，经由根系吸收水分，并通过叶面蒸发逸失的过程，称作叶面蒸发或蒸腾。

【地下水径流】地下水由补给处流向排泄处的作用过程。除了某些构造封闭的盆地外，地下水经常处于不断径流之中。径流是连接补给与排泄的中间环节，它将地下水水量与盐量由补给处转输到排泄处，从而影响含水层与含水系统水量与水质的时空分布。地下水的排泄区总是分布于地形相对低下的地方，因此，从总体上说，地下水的径流受地形控制，由高处流向低处。地下水的径流

强度可用单位时间通过单位断面的流量来表示，即以渗透流速表征。因此，径流强度与含水层的透水性、补给区到排泄区间的水头差成正比，而与流动距离成反比。对于潜水来说，含水层透水性愈好，地形切割愈强烈且相对高差愈大，补给愈丰富，则地下径流愈发育。湿润山区的潜水为典型的渗入—径流型循环，入渗补给的水，在径流过程中溶滤岩土，最终水盐共同在排泄区排出。长期循环，使整个含水层的水不断趋于淡化。干旱地区细区堆积平原的潜水，为典型的渗入—蒸发型循环，水分及盐分输送到排泄区后，水分蒸发耗失，盐分就地积聚。长期循环的结果，使补给区的水土离盐淡化，排泄区地下水盐化，土壤发生盐渍化。承压水均属渗入—径流型循环，对于基岩地区的承压水来说，赋存水的地质构造规模愈小，后期的构造与侵蚀破坏愈强烈，补给愈丰富，含水层透水性愈好，则径流愈强烈。

【地下水动态】在有关因素影响下，地下水的水位、水量、水化学成分、水温等随时间的变化状况。地下水动态受气候因素、水文因素以及地质因素的共同影响。潜水与承压水由于排泄方式及水交替程度不同，动态特征也不同。潜水及松散沉积物中的浅部承压水，可分为三种主要动态类型：蒸发型、径流型及弱径流型。蒸发型动态出现于干旱半干旱地区地形切割微弱的平原或盆地，地下水径流微弱，以蒸发排泄为主。其动态特点是：年水位变幅小，各处变幅接近，水质季节变化明显，地下水长期不断向盐化方向发展。径流型动态广泛分布于山区及山前，地形高差大，水位埋藏深，蒸发排泄可忽略，以径流排泄为主。其动态特点是：年水位变幅大而不均（由分水岭到排泄区，年水位变幅由大到小），水质季节变化不明显，长期则不断趋于淡化。气候湿润的平原或盆

地中的地下水，可归为弱径流型动态，这里地形切割微弱，潜水埋深小，但气候湿润，蒸发排泄有限，故仍以径流排泄为主，但径流微弱。其动态特征为：年水位变幅小，各处变幅接近，水质季节变化不明显，长期向淡化发展。承压水均属径流型，动态变化的程度取决于构造封闭条件。构造开启程度愈好，水交替愈强烈，动态变化也愈强烈，水质的淡化趋势愈明显。另外，钻孔取水、矿坑排水、修建水库以及农田灌溉等人类活动可通过增加新的补给来源或新的排泄去路而改变地下水天然动态。选择有代表性的泉、井、钻孔等按照一定时间间隔和技术要求，对一个地区的地下水要素（如水位、水温、泉水流量、自流井涌水量、水质等）进行观测、记录和资料整理的工作称为地下水动态观测。按其性质可分为专门性观测和经常性观测（长期观测）。前者是指某一段时间或为某一特殊目的而专门组织的观测，例如汛期对河水和地下水相互关系的专门观测等。地下水动态观测是水文地质勘察工作的重要组成部分。

【地下水均衡】某一时间段内某一地段地下水水量（盐量、热量）的收支状况。一个地区的水均衡研究，实质就是应用质量守恒定律去分析参与水循环的各要素的数量关系。地下水均衡是以地下水为对象的均衡研究。进行均衡计算所选定的地区称作均衡区，它最好是一个具有隔水边界的水文地质单元；进行均衡计算的时间段，称作均衡期，可以是若干年、一年或一个月等。某一均衡区，在一定均衡期内，地下水水量（或盐量、热量）的收入大于支出，表现为地下水储量（或盐储量、热储量）增加，称作正均衡；反之，称作负均衡。进行均衡研究必须分析均衡的收入项与支出项，列出均衡方程式。陆地上某一地区天然状态下总的水均衡，其收

入项 (A) 一般包括：大气降水量 (X)、地表水流入量 (Y_1)、地下水流入量 (W_1)、水汽凝结量 (Z_1)。支出项 (B) 一般为：地表水流出量 (Y_2)、地下水流出量 (W_2)、蒸发量 (Z_2)。对于潜水来说，其收入项 (A) 包括：降水入渗补给量 (X_f)、地表水入渗补给量 (Y_f)、凝结水补给量 (Z_c)、上游断面潜水流入量 (W_{u1})、下伏承压含水层越流补给潜水水量 (Q_t ，如潜水向承压水越流排泄则列入支出项)。支出项 (B) 包括：潜水蒸发量 (Z_u)、潜水以泉或泄流形式排泄量 (Q_d)，下游断面潜水流出量 (W_{u2})。

【孔隙水】赋存于松散沉积物颗粒之间的地下水。在特定沉积环境中形成的不同成因类型的沉积物，如洪积物、冲积物、湖积物及黄土等，因受到不同的水动力条件的制约，其空间几何形态、粒度与分选的变化，均各具特点，从而控制着赋存于其中的孔隙水的分布及其与外界的联系等。洪积物是集成的洪流出山口堆积形成的，分布于山与平原交接部位，或山间盆地的周围，地貌上表现为以山口为顶点的扇形或锥形，扇锥间形成洼地。此类扇、锥愈近山口坡度愈陡，向外逐渐趋平而没入平原之中，因此称为洪积扇。洪积扇上部，粗大的颗粒直接出露地表，十分有利于吸收降水及山区汇流的地表水，是主要补给区。向下，随着地形变缓、颗粒变细，透水性变差，地下径流受阻，潜水壅水而水位接近地表，形成泉与沼泽，此带称溢出带。再向下，由于地表水的排泄与蒸发，潜水埋深又略增大，岩性变细，地势变平，蒸发成为主要排泄方式，此带称潜水下沉带。冲积物是常年流水形成的沉积物，分选性较好，冲积形成的砂、砾石层往往都是较好的含水层。由于河流上中下游沉积物岩性结构不同，因此其地下水的特点也不同。河流上游河谷狭窄，冲积层亦分布狭窄，厚度不大，主要

由粗砂及砾石组成，透水性好，但水量不大，受大气降水及山区基岩地下水补给，并向河流排泄，河流中游河谷较宽，阶地发育。低阶地（第一、二级）堆积物在垂直方向上多具有双层结构的特点：上层为亚粘土、亚砂土等河漫滩沉积物，具有相对隔水性；下层则是砂层或砂砾层，透水性较强，地下水补给、径流条件较好，平水期河水位低于地下水位，潜水排至河流，雨季往往地表水位高出地下水位，河水补给地下水。河流下游，沉积物较厚，岩性变化也很复杂，常可构成多层含水层，地下水补给主要依靠大气降水，蒸发是其主要排泄方式。黄土广泛分布于中国西北地区，多为粘土质亚粘土、亚砂土及粉砂土组成，多具大孔隙，垂直节理发育，其垂直方向渗透性往往比水平方向大几倍。黄土厚度一般较大，常为数十米至几百米。黄土高原沟谷深切，使地下水埋深加大，往往达数十米，这些地区降水量较小且集中，不适宜于集存，因而黄土地区总的比较缺水。其中黄土梁、黄土峁由于地形受到强烈切割，不利于地下水的赋存，常为极度缺水区，而在梁峁间的宽浅沟谷一带常汇集一些地下水，埋深较小，可作为小型水源地。另外，孔隙水也可赋存于湖积物、滨海三角洲沉积物、冰碛物及冰川沉积物等松散地层中，它们都有各自不同的特点。

【裂隙水】赋存于坚硬岩石裂隙中的地下水。基岩的裂隙空间是裂隙水储存和运动的场所。裂隙的密集程度、开启程度、连通情况和充填情况等直接影响裂隙水的分布、运动和富集。由于岩石中裂隙大小相差悬殊，裂隙分布很不均匀，所以裂隙水的埋藏、分布和水动力性质都非常不均匀。裂隙水按埋藏特征可分为面状裂隙水、层间裂隙水及脉状裂隙水。面状裂隙水埋藏在各种基岩的风化带里，含水层为似层状，呈面状分布，其上部一般无连续分布的隔水层，

属于孔隙—裂隙型潜水或裂隙潜水,一些埋藏的古风化壳,如果被隔水层覆盖,也可形成承压水。面状裂隙水的分布受到地形条件、基岩性质以及气候等因素的影响。埋藏在层状岩石的成岩裂隙和区域构造裂隙中的裂隙水称层间裂隙水。含水层裂隙以网状组合为主,裂隙之间有良好的水力联系,其分布边界主要受不同性质岩层界面的控制,形成较典型的层状含水层。因此,含水层的分布总是与一定层位的裂隙发育的岩层相一致,而且常同裂隙不发育的相对隔水层互层。层间裂隙水通常属承压水,少数为潜水。层间裂隙水的富水性取决于含水层的厚度和裂隙发育程度以及地形条件等,故是不均匀的,在不同的构造部位以及不同的深度上含水层的富水性相差很大,例如褶皱轴部的张力带富水性较褶皱翼部强,埋藏较浅的含水层较相同岩性埋藏较深的含水层富水性强。埋藏在局部的构造断裂带中的裂隙水称脉状裂隙水。脉状裂隙水的分布主要受地质构造控制,一般分布在断裂破碎带、褶皱轴部张裂隙带、侵入岩体与围岩的接触带等局部构造断裂破坏部位。含水带由大小相差悬殊的构造裂隙组成,裂隙之间的组合形式一般呈脉状或网脉状,分布很不均匀。巨大的主干裂隙主要起导水作用,微小的各级分支裂隙主要起蓄水作用。脉状裂隙水大都为承压水。

【岩溶水】又称喀斯特水。存在于可溶性岩层的溶蚀空隙(如溶洞、溶隙、溶孔)中的地下水。岩溶水可分为潜水或承压水。可溶性岩层大面积出露的地区,岩溶水常是潜水,由于岩溶发育不均匀,岩溶潜水分布亦不均匀。它既可以具有相互联系的统一自由水面,又存在径流相对集中的暗河通道。在岩溶强烈发育的山区,岩溶潜水比较集中存在于地下暗河系统中,地下水位较深,常形成地下富水而地表缺水的现象。而在平原地区以及受某些地质结构控

制所形成的汇水地区，由于暗河，溶蚀孔洞发育相连，岩溶潜水的分布相对比较均匀，水位也较浅。岩溶潜水的特点是：水量丰富而集中、富水程度不均、与地表水联系密切和具有较大的动态变化幅度。在可溶性岩层与非可溶性岩层相互成层的地区，则主要是层状岩溶承压水。它与一般承压水的特点不同的是水量大和含水不均匀。岩溶水是良好的供水水源，但对于矿坑和地下建筑工程施工，常造成灾害性的突然涌水。大量抽取岩溶水时要注意防治地面塌陷。

【多孔介质】赋存流体且可使流体在其中运动的孔隙和裂隙岩层，也包括一些岩溶化较均匀的岩层。其主要特征是：空隙中含有多相物质（液相、气相等），均有作为骨架的固体相物质，一些空隙间相互连通，可使流体在介质中运动。当多孔介质的某一性质（如渗透系数、导水系数、导热性等）与空间位置（点的坐标）无关，在研究区域内其性质在各处相同时，称为均质介质；反之，称为非均质介质。当多孔介质某点的性质（渗透性、导热性等）与方向无关，在各个方向上均相同时，称为各向同性介质；反之，称为各向异性介质。对于各向异性介质，其渗透性一般采用渗透系数张量表示。如果平面或空间渗流区的坐标轴，取与各向异性的主方向一致时，沿坐标轴的渗透系数称为主方向渗透系数。例如，在各向异性的裂隙岩层中，沿断裂带发育方向（或岩层走向）渗透系数大于垂直断裂带的方向（或垂直岩层走向）的渗透系数，沿这两个方向常是渗透系数的最大和最小值。由两个具有不同渗透性的土层所组成的含水系统称为双层介质，最常见的情况是上层为弱透水层，下层为渗透性较好的含水层。

【渗流】 流体（地下水、石油、天然气等）在多孔介质中的运动。实际的地下水流仅存在于空隙空间，其余部分则是固体的岩石骨架。为便于研究，人们用一种假想水流来代替真实的地下水流。这种假想水流的性质（如密度、粘滞性等）和真实的地下水相同，但它充满整个多孔介质的空隙和岩石骨架所占据的全部空间，并假设这种水流运动时，通过任一断面的流量、水位以及所受的阻力均应与实际水流相同。这种假想水流称为渗透水流，也将其简称为渗流。假想水流所占据的空间区域称为渗流区或渗流场。为了便于研究地下水的运动，通常根据它的运动特征进行分类。在一定的观测时间内，水位（水头）、流量、流速、运动方向等渗流要素基本上不随时间变化的地下水运动称为地下水稳定运动，反之，称为非稳定运动。当渗流要素（水位、流速等）仅随一个座标变化，即渗流场内水流速度向量有一个分量，所有的流线均彼此平行，与此正交方向上的分速度等于零时称为地下水一维流，又称线性运动；当渗流场内水流速度向量分为两个分量，所有流线均与某一固定平面平行，与此平面正交的分速度等于零时称为二维流，又称平面运动；当渗流场内水流速度向量可分为三个分量，所有流线不同时与任何直线或平面平行时称为三维流，又称空间流。

【地下水流速】 地下水在含水层中的运动速度。地下水流速有实际流速、实际平均流速和渗透流速三种概念。实际流速指水流在含水层空隙中的真实流动速度。由于空隙的大小、形状不同，水流所受阻力有差别，故水流在含水层中不同位置的实际流速是不等的。实际平均流速指通过含水层断面的流量除以断面上空隙的面积所得之值。即 $u = \frac{Q}{F \times n}$ ，式中 Q 为通过含水层断面的地下

水流量， F 为垂直水流的含水层断面积， n 为含水层的孔隙度， u 为地下水实际平均流速。实际平均流速可用野外试验方法测定，是鉴别水流运动状态的指标。渗透流速是指渗流场中渗透水流的流速。可用下式表示 $V = \frac{Q}{F}$ Q ， F 意义同上， v 为渗透流速，渗透流速与实际平均速度 u 的关系是 $v = u \times n$ 。渗透流速又称达西流速。

【流网】在渗流场的某一典型剖面或切面上，由一系列等水头线与流线组成的网格。流线是指地下水水质点沿水头降低方向运动的轨迹，在轨迹上任一点的切线与此点的流动方向相重合；等水头线为渗流场内水头相等各点的连线，对于潜水和承压水分别叫做等水位线或等水压线。在各向同性介质中，地下水必定沿着水头变化最大的方向，即垂直于等水头线的方向运动，因此，流线与等水头线构成正交网格。利用流网可以确定渗流各要素，如水头和渗透压强、水力坡度和渗透速度以及地下水流量。另外，从流网的定性分析，可以了解水文地质条件，如地下水与河流的互补关系。在某一给定区域，作出不同年份的流网图，可分析水文地质条件的变化。绘制流网的方法很多，除了应用解析解的结果外，主要通过各种模拟试验绘制，也可用渐近法徒手绘制。

【达西定律】又称线性渗透定律。地下水在多孔介质中渗流的基本定律，由法国学者达西于 1856 年通过实验获得。在均质各向同性介质中，一维渗透水流的流量 Q 与垂直水流方向的整个横断面面积 F 、水头差 ΔH 成正比，与渗透路程长度 L 呈反比。达西定律的第一种形式为：

$$Q = KF \frac{\Delta H}{L}.$$

式中, K 为比例常数。当把水力坡度 $J = \Delta H/L$ 及单位流量 (指流过垂直水流方向单位横断面的流量) $V = Q/F$ 代入上式, 即得达西定律的第二种形式: $V = KJ$ 。式中, V 又称为渗透速度, 或达西速度。 K 又称为渗透系数, 即水力坡度为 1 时的渗透速度。对三维渗透水流, 达西定律有第三种形式: $\vec{V} = -K \vec{J} = K \text{grad}H$ 。式中, $\vec{V}$ 为渗透速度向量, 在 x 、 y 、 z 、方向分别有速度分量 V_x 、 V_y 、 V_z ; $\vec{J} = -\text{grad}H$, $\vec{J}$ 为水力坡度向量, 在 x 、 y 、 z 方向分别有: (1) $J_x = -\frac{eh}{ex}$, $J_y = -\frac{eh}{ey}$, $J_z = -\frac{eh}{ez}$, K 为多孔介质渗透系数, 对非均质各向同性介质中的渗流, (2) $k = k(x, y, z)$, k 为各点坐标的函数, (3) $\vec{v} = k(x, y, z) \cdot \vec{J}$ 仍适用。和一般的管流类似, 地下水运动也可能存在层流和紊流两种状态, 通常用雷诺数 $R_e = \frac{vd}{r}$ (4) 来判断, 式中 v 为地下水渗透速度, d 为含水层颗粒平均粒径, v 为地下水的运动粘滞系数。一般认为, 当低雷诺数时, 有一个层流区域, 这时粘滞力占优势, 达西定律是适用的, 这个区的上限为 R_e 等于 1—10 之间的某个值; 随着 R_e 增大, 存在一个过渡带, 在该带下端, 从粘滞力占优势的层流方式过渡到另一种层流方式, 这是一种非线性的层流方式, 达西定律不适用; 有人提出 R_e 等于 100 作为层流的上限; 高 R_e 数时为紊流, 达西定律不适用。

【弹性贮存和弹性释放】从承压含水层中抽水, 只是水头或压力的降低, 周围形成漏斗状的水头下降区, 从承压含水层中抽出的水除一部分来自补给区外, 大部分来自含水层本身所贮存水的释放。

抽水前，含水层上覆岩层总压力、含水层内水压力及岩层颗粒骨架的反作用力三者处于平衡状态。抽水后，水头降低但上覆岩层总压力并未改变，为保持平衡，水少承受的这部分压力转移给含水层颗粒骨架承担。同时，水体积由于水压力减小而膨胀，从而释放出一定体积的水量；另一方面由于含水层骨架被压缩而造成孔隙度减小，将储存在含水层空隙中的一部分水挤出。这两种作用都是瞬时发生的，称为弹性释放。反之，当水头上升，原来由含水层骨架承担的上覆岩层的部分压力转移给水承担，水受压储存一部分水，含水层骨架压力减小空隙增大又储存一部分水，这种作用称为弹性贮存。弹性贮存（释放）可用释水系数或释水率来表征。当水头下降一个单位时，从单位面积含水层全部厚度的柱体中弹性释放出的水量，或者水头上升一个单位时，其所贮入的水量，称为释水系数，又称贮水系数或弹性给水度。当水头下降（或上升）一个单位时，从单位体积含水层中释放（或贮存）的水量，称为释水率，又称单位贮水系数、单位释水系数或贮水率。释水系数等于含水层厚度与释水率的乘积。

【裘布依公式】地下水流向井内的平面流稳定运动公式。这个公式是法国水力学家裘布依在达西定律的基础上导出的。裘布依推导公式时有假定条件，称为裘布依假设：含水层是均质、各向同性、等厚、水平的；地下水为层流运动，符合达西定律，地下水运动处于稳定状态；静水位是水平的，抽水井具有圆柱形定水头补给边界；对于承压水，顶底板是完全隔水的，对于潜水，井边水力坡度不大于 $1/4$ ，底板完全隔水。裘布依公式为：

$$\text{承压水完整：} Q = \frac{2\pi R_m (H - h_0)}{\ln R - \ln r_0}$$

$$\text{潜 水 完 整: } Q = \frac{\pi R (H^2 - h^2)}{\ln R - \ln r_0}$$

式中, Q 为井的涌水量, H 为距抽水井 R 处的水位, h_0 为抽水稳定时的井壁水位, r_0 为井的半径, R 为影响半径。完整井为揭穿全部含水层, 并在含水层全部厚度上都进水的井, 反之, 为非完整井。影响半径是井轴到降落漏斗边缘断面 (该处在抽水时水位保持原始水位值) 间的距离。实际上, 长期进行抽水, 影响范围将不断扩大, 最终波及含水层的边界处。影响半径的大小与含水层的透水性、抽水延续时间、水位降深等因素有关。影响半径可按抽水时各观测孔实测的水位降低值按作图法求得, 也可按不同条件下的经验公式根据抽水试验得到的参数计算求得。潜水井抽水水位降深较大时, 井壁附近由于水流阻力增大, 特别是由于过滤器的阻力所致, 会产生井壁含水层中的水位高于井中水位的现象, 称为水跃, 其差值称为水跃值。当水跃值较大时, 计算中应对井中水位进行修正。水跃值可实测或按经验公式计算。

【泰斯公式】 1935 年美国水文学家泰斯以地下水弹性动态理论与热传导理论的相似性为基础, 导出的承压含水层中地下水流向井的平面非稳定流运动公式, 其假定条件是: 含水层为均质等厚、各向同性、水平、无限分布; 无水平和垂直补给; 地下水呈层流、平面运动; 地下水的初始水力坡度为零; 抽水井的孔径可视为无穷小。泰斯公式为:

$s = \frac{Q}{4\pi T} W(u) \quad u = \frac{r^2 \mu^*}{4Tt}$ 式中, s 为计算点任一时间的水位降深值, Q 为抽水井的流量, T 为导水系数, t 为自抽水开始到计算时刻的时间, r 为计算点到抽水井的距离, u^* 为含水层释水系数。 $W(u)$ 为井函数, 等于积分指数函数。导水系数为水力坡度为 1 时,

地下水通过单位含水层垂直断面的流量，它等于含水层渗透系数 K 与含水层厚度的乘积。泰斯公式在 $s \leq 0.3H$ 时，可近似用于潜水，得 $(2H-s)s = \frac{Q}{2\pi R} W(u)$ 。当含水层水文地质参数已知时，利用泰斯公式可进行水位预测，预测抽水影响范围之内任意点任一时刻的水位降深，也可预测在允许降深条件下井的涌水量。反之，可根据抽水试验资料来确定含水层的参数，由于用泰斯公式直接求解导水系数和释水系数非常困难，因此通常采用图解法来确定。

【越流】在含水层组中对某一含水层进行抽水时，当抽水层的顶底板岩层或其中之一为弱透水层，相邻含水层水在水头差的作用下，通过弱透水层渗透而进入抽水含水层的现象。抽水层通过相邻含水层的越流作用而得到的补给称为越流补给。越流补给有时还包括抽水层顶底板弱透水层的弹性释放量。可用越流系数表征越流能力的大小，即当抽水含水层与补给层间水头差为一个单位时，垂直渗透水流通过弱透水层与抽水含水层单位界面的流量。实际上，越流系数就是弱透水层的垂直渗透系数与其厚度的比值。

【水动力弥散】恒温条件下多孔介质中的流体所产生的溶质扩散效应。水动力弥散是由溶质在多孔介质中的机械弥散和分子扩散同时作用所引起的。多孔介质中液体的运动速度无论大小和方向都是很不均一的。这主要和下列三种情况有关：由于液体有粘滞性以及孔隙壁上在寻常条件下不运动的结合水对重力水的摩擦阻力，使得最靠近隙壁部分的（重力）水流速度趋近于零，向轴部流速逐渐增大，轴部最大；由于孔隙大小不一，造成不同孔隙间

沿轴部的最大流速有差异；由于孔隙本身弯弯曲曲，水流方向也随之不断地改变着，因此对水流的平均方向而言，具体流线的位置在空间是摆动的。这三种现象是同时存在的，由此造成开始时彼此靠近的示踪剂质点群在流动过程中不是一律按平均流速运动，而是不断地向周围扩展开来，超出按达西定律所表达的按平均流速所预期的扩展范围，在沿平均流速方向下和垂直方向上都可以看到这种扩展开来的现象。这种液体通过多孔介质流动时由于速度的不均一所造成的这种特有的物质运移现象称为机械弥散。分子扩散是由于液体中所含溶质的浓度不均一而引起的一种物质运移现象。浓度梯度使得物质从浓度高的地方向浓度低的地方运移，以求浓度趋向均一。机械弥散和分子扩散是同时出现的，当流速较大时，机械弥散是主要的；当流速甚小时，例如在粘土等沉积物中，分子扩散变得很明显。显然，机械弥散和分子扩散都会使溶质既沿平均流动方向又沿垂直于流动方向扩展，前者称为纵向弥散，后者称为横向弥散。

【地下水污染】由于人为活动引起地下水化学成分、物理性质及生物学特性发生变化而使其质量恶化的现象。地下水污染与地表水污染明显不同，其特点有二。其一是隐蔽性。即使地下水受某些组分严重污染，也往往是无色、无味的，不能象地表水那样，从颜色及气味或鱼类等生物的死亡、灭绝鉴别出来。即使人们饮用了受有害或有毒组分污染的地下水，对人体的影响也往往是缓慢的长期效应，不易察觉。其二具有难以逆转性。地下水一旦受污染，便很难治理及恢复。这主要是因为其流速极其缓慢，不象地表水那样流速快、靠稀释作用即可很快恢复。切断污染源后，靠含水层本身的自然净化，则所需的时间往往会长达 10 年、几十年

乃至上百年。地下水受污染的方式可分为直接污染及间接污染。直接污染的特点是：地下水中污染组分直接来源于污染源，污染组分在迁移过程中，其化学性质没有任何改变。由于地下水污染组分与污染源组分的一致性，因此较易查明其污染来源及途径，这是地下水污染的主要方式。间接污染的特点是，地下水的污染组分在污染源中的含量并不高，或低于附近的地下水，或该污染组分在污染源里根本不存在，它是污水或固体废物淋滤液在地下迁移过程中，经复杂的物理、化学及生物反应后的产物。例如，地下水硬度的升高，多半以这种方式形成。有人也将这种污染方式称为“二次污染”。凡是人类活动导致进入地下水环境，会引起水质恶化的溶解物或悬浮物，无论其浓度是否达到使水质明显恶化的程度，均称为地下水污染物。地下水污染物种类繁多，按其性质大致可分为三类。化学污染物：地下水中最普遍的无机污染物是 NO_3^- ，其次是 Cl^- 、硬度 (Ca^{2+} 、 Mg^{2+}) 和总溶解固体等；微量非金属主要是 As、F，一般是天然产生的；微量金属主要有 Cr、Hg、Cd、Zn、Pb 等，由于受溶解度及吸附作用控制，除 Cr 外，这些微量金属在地下水中浓度较低或污染范围很有限；有机污染物近年来由于其对人体健康具有许多潜在威胁而受到重视，一些发达国家如美国环保局把对有机污染物的研究集中在 120 种上，并将其列为优先监测项目，其中最经常发现的是二氯乙烯、三氯乙烯、四氯乙烯、三氯甲烷等。生物污染物：包括细菌、病毒和寄生虫，在人和动物粪便中有 400 多种细菌，已鉴定出的病毒有 100 多种，在未经消毒的污水中也含大量细菌和病毒，它们都有可能进入含水层污染地下水。放射性污染物：地下水中放射性核素的来源可能是人为的，如核电厂、核武器试验的散落物以及医院和实验室等部门使用的放射性同位素，也可能是天然来源（放射

性矿床或含放射性矿物的地层), 主要污染组分有 Ra-226、Sr-90、Pu-239、Cs-137 等。

【地下水污染源】地下水污染来源可分为人为污染源和天然污染源, 人为污染源又可分为城市液体废物、城市固体废物、农业活动及采矿活动等。城市液体废物主要包括生活污水、工业污水及地表雨水径流。生活污水中悬浮固体(SS)、生化需氧量(BOD)、N(主要 $\text{NH}_4\text{-N}$)、P、Cl、细菌及病毒等含量较高, 其次是 Ca、Mg 等, 重金属含量一般都是微迹量。其对地下水具有较大威胁的是氮、细菌和病毒及微量有机化合物。工业污水种类繁多, 成分各异。如食品加工废水 BOD、SS、酚及硫化物浓度较高; 电镀和金属加工废水 pH 低, 有毒金属如 Cr、氰化物浓度高; 化学工业废水成分及浓度变化大, 其中常含对地下水威胁很大的有机毒物, 有些是致癌物。地表雨水径流往往含有较高的悬浮固体、细菌和病毒, 在北方的冬天, 由于路面抛洒防结冰剂, 如 NaCl 和尿素等, 使地表雨水径流中 Na^+ 、 Cl^- 和 NH_4^+ 浓度较高。城市固体废物包括生活垃圾、工业垃圾及污水河渠和污水处理厂的污泥等。新鲜的生活垃圾含有较多的硫酸盐、氯化物、氨、细菌及有机质, 这些废物经生物降解和雨水淋滤后, 可产生 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 NH_4^+ 、BOD 和 SS 含量高的淋滤液, 还可产生 CO_2 和 CH_4 气体。工业垃圾来源复杂。如冶金工业可产生含氰化物的垃圾; 电子工业产生含汞垃圾; 石油—化学工业产生含多氯联苯、农药废物和含酚焦油的垃圾。污泥中除富含各种金属外, 还有大量的植物养分如 N、P 等。农业活动中, 农药、化肥及农家肥的施用是重要的地下水非点状污染源, 它可引起浅层潜水水质大面积恶化。矿床开采过程中, 可能成为地下水污染源的是尾矿淋滤液及矿石加工厂的污水; 另外,

矿坑疏干，氧气进入原来的地下水环境中，可使某些矿物氧化而成为地下水污染源。如含煤地层中的黄铁矿，经氧化并淋溶后，可使地下水中 Fe 和 SO_4^{2-} 升高。pH 值降低。天然污染源是天然存在的，地下水开采活动可能导致天然污染源进入开采含水层。天然污染源主要是海水、含盐量高及水质差的含水层中的地下水。

【地下水污染途径】可按照水力学特点将地下水污染途径分为 4 类。（1）间歇入渗型：污染物通过大气降水或灌溉水的淋滤，使固体废物、表层土壤或地层中的有害或有毒组分，周期性地从污染源通过包气带渗入含水层。这种渗入多半是呈非饱和状态的淋雨状渗流形式，或者呈短时间的饱水状态连续渗流形式。这种途径引起的地下水污染，其污染组分原来是呈固态形式存在于固体废物或土壤里的。无论在范围或浓度上，均可能有季节性的变化。其主要污染对象是潜水。（2）连续入渗型：污染物随污水或污染溶液不断地渗入含水层。在这种情况下，或者包气带完全饱水，呈连续渗流形式渗入含水层；或者包气带上部饱水呈连续渗流形式，下部则不饱水呈淋雨状形式渗入含水层。这类污染其污染组分是液态的，最常见的是污水聚集地段如污水池、污水渗坑、污水快速渗滤场、污水管道等以及被污染地表水体和污水渠，其污染对象也大多是潜水。上述两种途径其污染物都是从上而下经包气带进入含水层的，其对地下水污染程度取决于包气带结构、厚度等。（3）越流型：污染物通过层间越流的形式转入其它含水层。这种转移或者是通过天然途径（水文地质天窗），或者通过人为途径（钻孔井管等），或者人为开采引起地下水动力条件变化而改变了越流方向，使污染物通过大面积弱隔水层越流转移到其它含水层。其污染来源可能是地下水环境本身的，也可能是外来的，它可以

污染承压水或潜水。(4) 径流型：污染物通过地下径流的形式进入含水层。即或者通过废水灌注井、或者通过岩溶发育的巨大通道，或者通过废液地下储层的隔离层的破裂进入其它含水层。海水入侵淡含水层也属此类。这种形式的污染，其污染源可以是人为或天然来源，污染对象可以是潜水或承压水。

【水源地卫生防护】为了使地下水水源免受污染，将水源地延伸范围划为特别保护区的措施。卫生防护一般可分为两个带。严禁活动带：此带系指取水构筑物周围附近的小范围，该带内应取消一切可能引起污染的活动及妨碍取水构筑物运行的活动。活动限制带：位于严禁活动带的外围，包括了更大的区域范围，应清除此范围内含水层污染的可能性。一般认为在 25 年的开采期限内，保证水质不受污染，以此来计算该带的范围。活动限制带的范围大小还应根据具体的经济条件和自然条件来决定，应充分考虑含水层天然防污性能、水源地的类型和生产效率等。含水层天然防污性能是指含水层防止污染的能力，它与水文地质结构、包气带地质条件及土壤条件、地下水埋深及隔水层厚度等因素有关。在活动限制带必须执行的措施如下：各种建筑物在得到卫生防疫机关和水文地质管理部门的许可后才能施工；禁止在带内进行可能引起开采含水层污染的活动；须经同意后才可打新钻孔；清除封填无用的及不合理的开采钻孔，清除其引起污染的可能性。对于大型水源地（如抽水量大于 5 万吨/天），如果在活动限制带以外尚存在污染的潜在危险时，还应在外围继续建立第三、第四防护带，以便清除地下水和有关的地表水污染源，并控制和堵截已发生在含水层中的污染点。

【海水入侵淡含水层】近海水源地，因水动力条件改变而引起的海水向大陆淡含水层入侵的现象。在天然条件下，大陆含水层中淡水是排入海洋的，咸、淡水体之间的平衡是依靠含水层中淡水体保持了比海面更高的水头压力来维持的。其咸、淡水界面的具体位置，是由含水层排入海中的淡水流量所确定的（一般是淡水排泄量越大，界面距海岸线越近）。在开采条件下，如果水源地的开采量不超过含水层的淡水补给量，则咸淡水界面便可在某一新的位置上固定下来，只要此界面不接近抽水地段，水源地仍可保证安全地开采淡水。但是如果开采量超过补给量，则必然引起含水层中的淡水体水位持续降低，开采水位降落漏斗终将扩展至海岸，结果导致海水全面入侵，使地下水咸化。某些情况下，开采量虽不超过淡水的天然补给量，但是由于取水量较大，含水层中淡水体的水头压力已减少到难以维持咸、淡水体之间的天然平衡条件时，咸淡水界面也会向大陆推移，在某一新的位置固定下来。如果该界面推进到抽水井的影响范围内，同样也会导致咸水补给开采井，从而使水质恶化。海水入侵可通过限制淡水开采量、人工回灌以及沿海岸线附近布设抽水槽或隔水墙进行预防与治理。

【水文地质测绘】在地表通过对地质、地貌、地下水及其他与地下水有关的各种现象的观测、综合分析及制图工作，来认识勘察区域地下水埋藏、分布和形成条件的基本调查方法。是水文地质勘察的基础和先行工作（水文地质勘察方法包括测绘、物探、钻探试验及动态观测等）。通过水文地质测绘，要确定各时代地层的岩石含水性质、地下水的基本类型，并指出各含水层的埋藏和分布规律。阐明区内地下水补给、径流、排泄条件及其动态的一般特征。根据含水层的分布状况、岩石含水空隙发育程度、地下水补

给条件及已有水点资料,初步判明含水层的富水性及区内整个地下水资源概况。从含水层岩性、地下水径流条件、含水层间及地下水与地表水间水力联系和已有水质资料,初步阐明地下水化学特征及形成条件。由于勘察要求不同,对上述水文地质问题研究的深度和重点也不尽相同。水文地质测绘的基本内容一般包括:地质调查、地貌调查、地表水调查、地下水点调查及与地下水有关的物理地质现象等的调查,综合研究地下水、岩性、地质构造之间的内在联系。水文地质测绘的方法,主要是通过观测点和观测路线进行填图来完成的,观测路线和观测点的数量根据专门的规范要求确定,同时,还要合理布置观测线和正确选择观测点,以最少的工作量取得最好的效果。

【水文地质钻探】水文地质勘察的钻探施工,一般在测绘和物探工作的基础上进行。其任务是:研究地质—水文地质剖面,确定含水层层位、埋藏深度、厚度及岩性,查明含水层的孔隙性;测定各含水层中地下水水位,判明含水层间的水力联系及与地表水间的补、排关系;利用钻孔进行各项水文地质试验及进行物探测井,以获取水文地质参数;采取水样测定地下水物理性质及化学成分,取土、岩样测定其水理性质与物理力学性质;在可供利用的情况下,作为供水开采孔、排水疏干孔、回灌孔或动态观测孔之用。水文地质钻探的特点是成本昂贵,周期性长。钻孔的布置是否合理,对整个钻探工程的质量影响最大。通常,钻孔的主要勘探线应沿水文地质条件变化最大的方向布置,勘探线应分别控制地下水的补给、径流、排泄区以及垂直地貌、地质构造线。为了获得准确的水文地质资料,在进行水文地质钻探时,必须注意此种钻探工作的特殊要求:应有较大的口径以便使用来进行抽水试验;一般采用清水钻进,因为泥浆

钻进会在孔壁造成泥皮,堵塞岩石孔隙或裂隙,影响水文地质参数的精确性;在钻探过程中应进行简易水文地质观测,观测内容通常有水位、水温、冲洗液消耗量、涌水漏水现象等;必须取得足够的岩样,加以详细编录和保存;必须做好各个含水层之间的止水工作,以便能够分别确定其水位、水质和涌水量。

【水文地质物探】通过对地壳的各种物理性质(如弹性波、电阻率、磁性、密度等)的测定,间接地判断地面以下各种地质、水文地质现象的一种勘察方法。是获取深部水文地质资料的辅助手段,具有速度快、成本低等优点,常与测绘、钻探和试验工作配合使用。物探方法能够查明覆盖层的厚度、隐伏的古河床和掩埋的冲洪积扇的位置;断层、裂隙带、岩脉等的产状和位置,含水层的宽度和厚度;钻孔的地质剖面;地下水的矿化度,咸、淡水的分布范围;暗河的位置和隐伏岩溶的分布;通过井下摄影和电视直接观察钻孔井壁上的水文地质现象。物探方法很多,每种方法的效能不同,有一定的局限性。实际工作中应根据实际情况来选用有效的方法。供水水文地质勘察中常用的物探方法包括地面物探(其中最常用的是电测深法和电剖面法等)、水文测井及遥感技术(包括航片、卫片的解译和红外线扫描等)。

【抽水试验】一种测定含水层富水性和水文地质参数的试验。其方法是:在水井或钻孔中进行抽水,观测记录水量和水位随时间的变化,利用水位与流量间的函数关系,计算含水层渗透系数等参数以及井孔出水能力。同时,它还可以确定降落漏斗(因在井孔中抽水形成的漏斗状水位下降区)和影响半径、岩层给水度和含水层与地表水及各含水层间的水力联系等。试验时要求对抽水时

的水位和流量进行系统的观测和记录，并绘制水位与流量关系曲线。抽水试验有稳定流抽水试验、非稳定流抽水试验；单孔抽水试验、多孔抽水试验及干扰孔抽水试验等类型。稳定流抽水试验要求在一定持续的时间内流量和水位同时相对稳定（即不超过一定的允许波动范围），可进行 1—3 个落程的抽水，抽水后还要对水位恢复情况进行观测和记录，稳定流抽水试验主要用于计算含水层的渗透系数。非稳定流抽水试验在抽水钻孔中仅保持水量稳定并使水位不断改变，或仅保持水位稳定而使水量不断改变，其目的是用人工控制的方法，使钻孔周围含水层中发生地下水的非稳定运动，通过测定水位随时间的变化过程（或水量随时间的变化过程），来计算含水层中地下水在非稳定运动时的水文地质参数如导水系数（ T ）、给水度（ μ ）或释水系数（ S ）。单孔抽水指没有观测孔而只有一个抽水孔的抽水试验，它只能用经验公式及试算法来计算影响半径，故测定的渗透系数精度较差。在水文地质调查的初步阶段，单孔抽水常用来了解和对比不同地段含水层的透水性和富水性。在钻探成本高的基岩地区，仅需实际测定单孔涌水量时也采用单孔抽水。多孔抽水指由一个抽水孔和若干个观测孔组成的抽水试验，它能比较精确地测定渗透系数、影响半径和下降漏斗形状，还能确定含水层间的水力联系。多孔抽水时观测孔一般以抽水孔为中心呈放射状排列。当含水层透水性均匀时，一般以单排在抽水孔的一侧垂直于流向排列。当含水层透水性复杂及成果要求较高时，除垂直水流外，还需在抽水孔的上游和下游沿平行水流方向布设观测孔。干扰孔抽水也称孔群抽水，即二个或二个以上抽水孔同时抽水，各孔的水位和流量有明显的相互影响。它的目的不仅为了测定渗透系数，主要是取得在相互影响条件下，孔群的总涌水量或井群降落漏斗中水位降深值的资料。孔

群抽水一般用于拟作井群供水或井群降低地下水位的地段。目前中国还在一些水文地质条件复杂的岩溶矿区,用大型孔群抽水,形成大型降落漏斗,用以测定水流的主要补给、排泄方向和预测矿井涌水量等。

【水文地质图】反映一个地区地下水分布和特征的图件。它是总结和表示水文地质调查成果的主要形式。主要包括:(1)反映一个地区主要水文地质特征的综合水文地质图。图上应表示出含水层组的分布及埋藏情况;含水层组的类型和富水性;各种地质构造如断层等的水文地质意义;代表性水点的水量和水质数据;地下水水化学类型及矿化度;与地下水有关的重要自然地质现象等。(2)反映地下水某一方面特征的图件。如反映径流条件的地下水位埋藏深度图、等水位线图;反应地下水水质特征的地下水水化学图等。(3)为某项经济建设服务的专门性图件。如为矿床疏干服务的矿层底板承压含水层等水位线图;为供水服务的地下水资源图,地下水开采利用条件图等。

【矿床充水】在自然状态下,矿体尤其是围岩中,通常充满一定数量和含有某种成分的地下水的现象。当开采矿产时,这些地下水和某些地表水,则可持续地流入采矿井巷,称矿井涌水,其水量大小称充水或涌水强度。水源和通道是矿井(床)涌(充)水不可缺少的条件,其他因素则仅能影响涌水量的大小。将矿床充水水源、充水途径(通道)和影响充水强度的因素三者矿床上的综合作用称为矿床充水条件,它决定了一个矿床水文地质条件的复杂程度。通常,矿床充水水源有大气降水、地表水、地下水或旧采矿井巷中的水;其充水通道则包括断裂带、地震裂隙、导水

陷落柱、采矿造成的裂隙通道、岩溶区塌陷及钻孔等；影响充水强度的因素有充水岩层出露和接受补给的条件、矿床侧向边界条件、矿床顶底板的隔水或透水条件以及地质构造条件等。

【矿床（井）水文地质类型】在总结研究各类矿床水文地质特征的基础上，根据相似的水文地质条件和矿床开采时所产生的共同性水文地质问题对矿床所进行的分类研究。矿床水文地质分类方法很多，中国目前较为普遍采用的分类方法是，首先以矿床充水的主要含水层类型，将固体矿床划分为三类：第一类是以孔隙含水层充水为主的矿床，简称孔隙充水矿床；第二类是以裂隙含水层充水为主的矿床，简称裂隙充水矿床；第三类为以岩溶含水层充水为主的矿床，简称岩溶充水矿床，岩溶充水矿床又可划分为三个亚类：以溶蚀裂隙为主的岩溶充水矿床、以溶洞为主的岩溶充水矿床、以暗河为主的岩溶充水矿床。其次，将各类充水矿床，按矿体（或矿层）与主要含水层的接触关系及其进水方式，分为：直接进水的矿床、顶板间接进水的矿床、底板间接进水的矿床。最后，将各类充水矿床，根据矿层与当地侵蚀基准面及地下水位的关系，地表水体对其影响程度，主要含水层和构造破碎带的富水性及补给条件，矿层直接顶底板隔水层的稳定性等因素，划分为三个型：水文地质条件简单的矿床、水文地质条件中等的矿床、水文地质条件复杂的矿床。例如，根据上述分类法，中国凡口铅锌矿区属于以溶洞为主、顶板间接进水、水文地质条件复杂的岩溶充水矿床类型。

【矿井涌水量预测】对未来矿床开采条件下矿井涌水量大小的评价，它是制定矿山疏干排水设计的主要依据。其内容与要求通常

包括：矿井正常涌水量，指开采系统达到某一标高时，正常状态下保持相对稳定时的总涌水量，通常指平水年的涌水量；矿坑最大涌水量，指正常状态下开采系统在丰水年雨季的最大涌水量；开拓井巷涌水量，指包括井筒和巷道在开拓过程中的涌水量；疏干工程排水量，指在规定的疏干时间内，将水位降至某一规定标高时所需的疏干排水强度。在进行矿井涌水量预测时，首先应建立水文地质模型，包括概化已知状态下矿区的水文地质条件，给出未来开采矿坑的内边界条件，预测未来开采条件下的外边界条件，然后选择计算方法，建立相应的数学模型，目前矿井涌水量预测中常用的数学模型有非确定性数学模型，包括 $Q-S$ （流量—水位降深）曲线法、水文地质比拟法和相关分析法；确定性数学模型，包括解析法、数值法及水均衡法。最后对所建立模型求解，并评价预测结果。由于问题本身的复杂性，加之研究程度较低，目前矿井涌水量的预测仍处于近似计算的水平。

【矿床疏干】根据合理的经济、技术原则，使用各种排水工程，对威胁采掘工作的直接顶底板含水层进行排水，将水位降低至开采水平以下，保证采掘工作处在水位以上，达到消除突水威胁和安全生产的措施。疏干可分为多种类型。按疏干与矿床开采时间上的关系，分为预先（超前）疏干和并行（疏干）：预先疏干是在掘进井巷以前进行的，经排水将地下水位（压）全部或部分降低之后才开始掘进施工；并行疏干则是排水与采掘工作同时进行。国内外有相当数量的矿区是先用预先疏干，开掘井巷后则转为并行疏干。按疏干方式又可分为地表疏干、地下疏干及地下地表联合疏干。地表疏干是在地表按需要打钻孔至待疏干的含水层内，用深井泵或潜水泵把水抽到地表，迫使地下水位下降；地下疏干则

是在井巷中借助各种疏干工程如放水孔、疏干巷道等进行排水,将疏干的水集中于水仓再排出地表。

【矿井突水】掘进或采矿过程中大量地下水突然涌入矿山井巷的现象。矿井突水一般来势凶猛,常会在短时间内淹没坑道,给矿山生产带来危害。按工程性质可分为巷道(掘进)突水和采场(回采)突水;按顶底板突水时间分为即时突水和滞后突水,前者指掘进井巷达到或接近薄弱点后立即突水,突水量大并很快达峰值然后递减,后者指采掘面或旧巷道等处的突水,其突水量由小逐渐增大,到达峰值有段滞后时间;按矿井突水量最大值一般可分为:特大突水(大于 $50\text{m}^3/\text{min}$)、大型突水($50—20\text{m}^3/\text{min}$)、中型突水($20—5\text{m}^3/\text{min}$)及小型突水(小于 $5\text{m}^3/\text{min}$)。矿井突水是由于巷道揭穿导水断层、富水溶洞、积水老窿或由于掘进过程使隔水底板破裂而引起的。只要查明水文地质条件,采取措施,矿井突水是可以预防的。

【地下水资源】凡天然存在并可为人类利用的一切物质均为资源。地下水也是一种资源,它具有系统性、可恢复性、宝贵性及复杂性等特点。目前较为普遍地采用补给量、储存量及可开采量来评价地下水资源。(1) 补给量:指单位时间内流入含水层或含水系统中的总水量。用“亿方/年”($10^8\text{m}^3/\text{a}$)或“方/日”(m^3/d)等单位表示。它是论证地下水资源保证程度的重要依据。由天然补给量、人工补给量和开采后新增加的激化补给量三部分组成。天然补给量指天然条件下单位时间内流入含水层或含水系统中的水量,包括大气降水、地表水、凝结水通过表层渗入和相邻含水层越流补给的垂向补给量,以及地表水、地下水在天然水头差的作

用下流入的侧向补给量。人工补给量是指借助于工程措施，人为地引导汛期洪水或经处理的废水等，单位时间内入渗到含水层或含水系统中的水量。激化补给量则指单位时间内，在开采条件下，因水动力条件的改变而夺取过来的补给量。通常包括由于降落漏斗扩展到地表水体，因而决取地表水；在地下水浅埋地带，由于水位下降蒸发作用减弱；由于水位下降，可能夺取泉流量，获得或增强相邻含水层越流补给等。

(2) 储存量：指某时期在含水层或含水系统中的重力水体积。用“ 10^3m^3 ”、“ 10^4m^3 ”或“ m^3 ”等单位表示。这部分水体积，按埋藏条件可分为容积储存量和弹性储存量两种。前者是指常压下，实际容纳在潜水含水层及承压含水层中的重力水体积，而后者是指承压含水层开采减压后新释放出的弹性贮存量。按其是否参与天然条件下的地下水补排作用，储存量又可划分为可变储存量和稳定储存量。可变储存量指含水层或含水系统中最低水位以上的储存量（包括容积储存和弹性储存）。它受气候因素影响，每年的数值均不相同，具有可恢复性。稳定储存量指含水层或含水系统中，最低水位以下的储存量，它不受近期气候影响，不具恢复性质，不参加天然条件下的水均衡。

(3) 可开采量：是指通过技术经济合理的取水构筑物，在整个开采期内出水量不会减少、动水位不超过设计要求、水质和水温变化在允许范围内、不影响已建水源地正常开采、不发生危害性工程地质现象的前提下，单位时间内从水文地质单元或取水地段开采含水层中可以取得的水量，常用“ m^3/d ”或“ m^3/h ”或“ $10^8\text{m}^3/\text{a}$ ”表示。简言之，可开采量就是用合理的取水工程能从含水层中取得出来，又不会引起一切不良后果的出水量。

【饮用天然矿泉水】化学成分及物理性质满足特定要求、有益人体

健康的天然露头（泉）或经人工揭露（井）的深部循环的地下水。目前，不同国家对饮用天然矿泉水具有不同的标准。中国规定，若天然地下水中锂、锶、锌、溴、碘、偏硅酸、硒、游离 CO_2 及矿化度等指标中的一项满足限量要求者，可称为饮用天然矿泉水。如锂的含量在 $0.2\text{—}5\text{mg/L}$ 时，为锂矿泉水；硒的含量在 $0.01\text{—}0.05\text{mg/L}$ 时，为硒矿泉水。但锶含量在 $0.2\text{—}0.4\text{mg/L}$ 和偏硅酸含量在 $25\text{—}30\text{mg/L}$ 时，各自都必须具有水温在 25°C 以上或水的同位素测定年龄在 10 年以上的附加条件，方可称为饮用天然矿泉水。另外，作为饮用天然矿泉水，其它组分如铅、汞、银、砷、硝酸盐及细菌学指标等也应满足一定要求。

【地下水系统】一个错综复杂，包括各种天然因素及人为因素所控制的，具有不同等级的互有联系又互相影响，在时空分布上具有四维性质和各自特征，不断运动演化的若干独立单元的统一体。依系统的观点，可将地下水系统视为由输入、输出和水文地质实体三部分组成。外界对地下水系统施加的物质和能量，如降水入渗补给、人工抽水或注水等，使系统内部状态发生变化的作用，称为地下水系统的输入。这些输入量通常是随时间、空间而变化的，故称为输入变量。其中有人类不能控制的，如降水入渗补给量，称为非可控变量；而可由人类控制的，如抽水量、注水量，称为可控变量。由输入使地下水系统作出的响应，称为输出，如水位、流量、水质、水温等，通常称之为输出变量。它表示系统处于某一状态或状态的改变，也称状态变量。水文地质实体具体反映出地下水系统的规模、几何形状、边界条件及水文地质参数等。由输入通过水文地质实体，遵循一定的物理、化学规律而输出。这种物质或能量的转换纽带，就是信息传输。即由输入信息通过系统

的接收、贮存、加工、传递而输出信息的过程。因此，作为输出信息的地下水动态，不仅是外界输入的结果，也反映系统内部结构的特征。提取这些信息，可以有助于识别含水层结构的某些特点和参数，获得定量的表达式，从而有利于对地下水资源进行评价和管理。此外，利用信息反馈方法，还可及时改善地下水系统的状态，防止偏离地下水资源的管理目标。将系统的观点应用于地下水系统的研究，是近年来国际水文地质界的重要动向，已日益引起各国的重视。

【地下水资源评价】对地下水资源的可利用程度及利用方式进行评价的过程。地下水资源评价的中心问题是地下水允许开采量的计算，目前常用的计算方法有开采试验法、相关分析法、水均衡法、水文分析法、水动力学的解析法和数值法以及电模拟法等。(1) 开采试验法：在选定的水源地范围内，根据水文地质条件，选择合适的布井方案，打探采结合孔。并最好在夏季尽可能地按开采条件（开采降深和开采量）进行较长时间的抽水试验。根据抽水试验的结果来确定允许开采量。(2) 相关分析法：根据开采地下水的历史资料或不同流量不同降深的抽水试验资料，用数理统计方法找出流量与降深或其他自变量间的相关关系，并依据这种关系外推未来开采时的开采量，或外推增大开采量以后的水位降深。(3) 水均衡法：也称水量平衡法，是通过全面研究某一地区（均衡区）在一定时间段内（均衡期，一般用一年）地下水的补给量、储存量和消耗量之间的数量转换关系，并进行平衡计算，用来评价地下水的允许开采量。它是运用物质守恒原理来分析计算地下水量。实际上，这一原理也是其它许多方法的基本出发点。(4) 水文分析法：是仿照地表水文学，用测流的方法来计算地下水在某

一区域一年内总的流量。这个量如果接近于补给量或排泄量，则可以用它来作为区域的允许开采量。由于地下水是在地下岩石空隙中流动，其流场比地表水复杂得多，直接测流往往非常困难。所以此法只能用于一些特点地区如岩溶管流区、基岩山区等。（5）解析法：根据水文地质条件和布井方案，选用地下水动力学中相应的井流公式来计算各个井的涌水量，总加起来便是开采量，只要没有不良后果发生，便是允许开采量。（6）数值法：根据评价区的地质和水文地质条件建立相应的地下水运动的数学模型，该模型包括反映地下水流特征的一组偏微分方程以及初始条件及边界条件，然后，运用有限差分法和有限单元法等数学方法对模型求解，即可获得一定开采条件下的地下水水位分布及流量情况，从而评价地下水允许开采量。（7）电模拟法：由于地下水在多孔介质中渗流的达西定流与电流的欧姆定律相似，可把渗流场中的地下水位、流量、渗透系数及储存量与电场中的电位、电流、电导率及电容储存的静电量相对应，通过测定电网络模型中电位、电流等，经比例常数换算，可得出渗流区内水位分布及流量值。目前常用的电网络模型有电阻网络（R—R）和电阻—电容网络（R—C）模型两种。在对地下水资源的评价中应遵循下列原则：即三水（地表水、地下水、大气降水）互相转化的统一评价原则；以丰补欠、调节平衡的原则；考虑人类活动增加补给量以及供排结合的原则；安全生产防止产生不良后果的原则。

【地下水人工补给】通过各种人工入渗措施，把各种地表水源补充到含水层内，使之增加可利用的地下水资源。人工补给是直接扩大地下水资源最有意义的手段，也是解决当前许多地区水资源不足和改善水圈的一个重要途径。同时，人工补给也是防治区域地

下水位下降、沿海平原海水入侵、地面沉降等的有效措施之一。某地区能否进行地下水人工补给，主要决定于三方面条件。首先是水文地质条件是否适于人工补给，其中最重要的是含水层的可利用容积、埋藏深度、导水和储水性能以及排泄条件等。如果一个含水层可利用的容积不大，或者补给水很快就流失或排入附近河道或沟谷中，这样的含水层就不适于人工补给。其次是有无可利用的补给水源。用于补给的水源，在多数情况下是天然状态或经人工调节处理的河水，如在质或量上不能满足要求时，也可利用汇集的大气降水或临时性的表流，也可利用经过一定深度处理的污水作为补给水源。最后，还应考虑所提出的地下水人工补给方案与其它解决水源问题的工程方案相对比，是否在经济上可行。地下水人工补给的方法可分为直接或间接两类。直接方法是指以完成人工补给地下水为直接目的的方法，它包括地面入渗法、管井注入法以及地下径流调节法（即在含水层中修建挡水帷幕或地下坎）。间接方法是指那些除达到兴建工程设施本身的目的外，同时也对地下水储量起到补充或增加的方法。如利用水库调节地表径流同时也增加了河水对地下水的渗入补给量；农田灌溉进行的同时，灌水也渗入补给地下水；傍河（或渠、湖、库）取水建筑物开采地下水的同时又夺取了地表水的渗漏补给；造林绿化的同时也改变了气候和降水的入渗条件等。

【地下水资源管理】在一定的约束条件下，通过对某些决策变量的操纵，使地下水系统按既定的目标达到最优的过程。地下水资源管理是本世纪初随着现代工农业与科学技术迅速发展，全球人口剧增，对地下水的需求量和开采规模日益扩大，所引起的环境问题日益严重而发展起来的，是现代水文地质学发展的一个新方向。

它以研究如何合理开发、利用、调控和保护地下水资源，使之处于对人类生活与生产最有利的状态，以获得最大的经济、社会、环境效益为其主要任务。地下水资源管理的内容，包括法律、行政和经济技术等方面。地下水资源的法律管理：即国家或地方政府为合理勘查、开发利用和监督保护地下水资源，防止水环境恶化而制定的地下水资源管理法规。把地下水资源管理的政策、措施办法，用法律形式固定下来，以取得社会一体遵守的效力，做到依法管理地下水。世界上许多国家，如苏联、美国、英国、法国等，都颁布了有关水资源管理法。这些法律，通常均明令规定水资源所有权，建井开采地下水要进行审批，并对井距、井深、井数及开采量和水质要求以及收费和违法处罚等，都作了明确规定。中国已颁布了水法，并将发布全国地下水管理条例。这些都将有助于改变目前中国地下水资源管理的混乱状况。地下水资源的行政管理：为保证地下水资源管理法规及经济技术措施的贯彻执行，必须建立一套统一的水资源行政与专业管理机构。由于地下水是按系统发育的，因此，地下水资源行政管理机构的设立，既要考虑按行政区划，也要考虑水文地质单元，不能各自为政，自行其事。美国中部高平原的俄加拉拉含水层，分布横跨6个州，是该地区的重要供水水源，为统一管理，成立了跨州的专门机构，就是一例。中国已有许多省市成立了水资源管理机构。山西省还按泉域设立保护区和管理单位，并规定对于跨市县的泉域，由省一级水资源管理委员会管理。这些行政管理机构，是地下水资源管理工作中必不可少的组织保证。地下水资源的经济技术管理：由于地下水资源管理除了要考虑地下水资源形成的自然条件外，还必须考虑人类活动与自然环境之间的复杂关系。因此，一项地下水资源管理工程，往往需要包容多功能、多目标，综合考虑诸如

供排结合、多种水源（地下水、地表水、淡水、咸水等）调配、开发地下库容、控制水环境以及废水改良和循环用水、开源节流等经济技术措施，以便兴利避害，充分利用有限水资源，最大限度地提高水的利用率和经济效益。

【地下水资源管理模型】为达到某既定管理目标，应用运筹学求解最优化的技术方法（或称优化技术），所建立的一组数学模型。它往往是由两个以上数值模型耦合而成，即由地下水流或溶质迁移的模拟模型（又称预报模型）及最优化模型耦合而成。换言之，地下水资源管理模型是这样一个复合模型，它考虑所研究的水资源系统自身的特殊性能，并在管理决策人员给定的管理目标与限定条件下给出最优的管理决策。为了最经济最有效地合理开发利用地下水资源，应综合考虑多方面的因素进行全面管理，因此在建立地下水资源管理模型时应综合考虑下列因素。水力学因素：即控制地下水系统的水动力条件，这是系统发展演化的基本制约因素，也是建立管理模型的基本依据；经济因素：分析管理方案实施时产生的经济效益及所需费用，诸如价格、成本、利润、净效益等；自然环境因素：评价如何通过建立管理模型维持环境的生态平衡，防止污染，有利于水土保持等；技术因素：在制定管理方案时要考虑所选用的设备能力，设施规模，运营方案以及建立合理的管理制度；政治要素：包括各种法律（水法、环境保护法等）的要求，管理体制的约束，合理政策的制定等。地下水资源管理模型的一般数学表达式为：

目标函数

$$\max F(x) \quad \text{或} \quad \min F(x)$$

约束条件

$$g_i(x) = b_i \quad i=1, 2, \dots, n$$

目标函数即以数学函数表达式来表示的管理目标。典型的管理模型一般至少包括一个目标函数，这个目标函数或者取极大值，或取极小值，并用于评定可供比较的解或方案。一般情况下，目标函数是一个标量函数，即不管包括多少项，每项的量纲必须相同，比如不能把求解可供水量（量纲为 M^3/T ）和国民生产总值（亿元）的极大化同作为一个单一的目标函数。约束条件中的 x ($x = x_j, j=1, 2, \dots, m$) 称为决策变量。管理模型的求解就是在满足每个约束条件的条件下，求得目标函数 $F(x)$ 中每个决策变量 x_j 的值，使目标函数极大（或极小）化。求解最优化模型的方法，称为数学规划法。

工 程 地 质

【土的粒度成分】土的固体颗粒（土粒）大小通常是以其直径尺寸表示的，称为粒径，单位为毫米。土粒粒径相差十分悬殊，根据土粒特性与其粒径变化关系，将组成土的土粒按粒径大小划分为若干组，每个组的粒径变化，以两个粒径数值限制在一定范围内，并且给以适当名称。这种按粒径大小的分组称为粒组或粒级。目前中国普遍采用的粒组划分方法见下表。

名称	粘粒	粉 粒		砂 粒				砾 粒		
		细粉粒	粗粉粒	极细砂粒	细砂粒	中砂粒	粗砂粒	砾石	卵石	漂石
粒径 (mm)		0.005	0.01	0.05	0.1	0.25	0.5	2.0	20	200

自然界的土一般均由几个粒组组成，而且往往由于各粒组在土中的相对含量不同，其工程性质也不同。为便于研究，把土的各粒组在土中的重量百分含量，称为土的粒度成分，也称颗粒级配。测定土中各种颗粒及粒组百分含量的过程称为粒度分析或颗粒分析。土按粒度成分的分类称为粒度分类。粒度分类方案很多，常见的分类方法为：（1）根据粒径大于 2 毫米的土粒含量是否大于 10%，将土分为粗碎屑土和细碎屑土两大类；对细碎屑土，又可根据粘粒含量细分，含量<3%为砂土，含量 3—10%为亚砂土，含量 10—30%为亚粘土，含量>30%为粘土。（2）砂土可进一步细分，当>0.5 毫米的颗粒超过全重的 50%时称为粗砂；当>0.25 毫米的颗粒超过全重的 50%称为中砂；当>0.1 毫米的颗粒超过全重的 75%时，称为细砂；当>0.1 毫米的颗粒不超过全重的 75%时，称为极细砂。（3）粗碎屑土及亚砂土、亚粘土、粘土还可进一步细分。

【土的物理性质】表明土的物理状态的一些性质，如重量、温度、孔隙性等，它反映土的轻重、干湿和松密。土中固体颗粒重与同体积 4℃水重的比值，称为土的比重，即土的固体颗粒单位体积的重量。单位体积土的重量称为土的容重。天然状态下的容重称为天然容重，干燥状态下的容重称为干容重。土含水的性质称为土的含水性，通常用土的含水量和饱和度表证。土中所含水重与土中所含固体颗粒重的比值称为土的含水量，用百分数表示。土孔

隙中所含水体积与土孔隙体积的比值，称为土的饱和度。土孔隙的大小、形状、分布特征，连通程度及总体积等，称为土的孔隙性，通常用孔隙及孔隙比表征。孔隙比即土中孔隙总体积与土中固体颗粒总体积的比值。

【土的水理性质】土中固体颗粒与水相互作用时所显示出的一系列性质，包括粘性土的可塑性、膨胀性、收缩性、崩解性以及土的透水性和毛细性等。粘性土因含水多少而表现出的不同物理状态如固态、半固态、塑态、流态等，称为粘性土的稠度。标志粘性土的稠度从一种状态转为另一种状态时的含水量称为界限含水量，其中最有意义的为塑限和液限。土由可塑状态过渡到半固体状态时的含水量称为塑限，土由可塑状态过渡到流动状态时的界限含水量称为液限。液限含水量与塑限含水量之差值，称为塑性指数，用 I_P 表示，即 $I_P = W_L - W_P$ ， W_L 、 W_P 分别为液限和塑限。塑性指数是表征土可塑性程度的指标，其值愈大说明土的可塑性愈强。粘性土的天然含水量和塑限之差与液限与塑限之差的比值，称为液性指数，用 I_L 表示，即 $I_L = \frac{W - W_P}{W_L - W_P}$ ， W 为天然含水量，它是说明粘性土处于何种稠度的一个指标。土的天然含水量愈大， I_L 愈大，土愈稀愈软；相反， I_L 愈小，土就愈稠愈硬。粘性土浸水后体积增大的特性，称为土的膨胀性，它是由于土粒表面结合水膜吸水变厚而造成的。土浸水后所增加的体积与原体积之比称为膨胀率。粘性土在干燥过程中由于水分蒸发使土的体积减小的性能称为土的收缩性，它是由于土粒表面结合水膜减薄，土粒互相靠拢而造成的。粘性土收缩前体积与温度在 $100^\circ - 105^\circ\text{C}$ 下烘至收缩稳定后体积之差与收缩前体积之比称为体缩率。土样在温度

100°—105℃下水分继续蒸发而体积不再减小时的含水量称为缩限。粘性土泡入静水后，由于土粒间连结被削弱、破坏而使土体崩散解体的现象称为土的崩解性。土的崩解性可用崩解所需时间、崩解速度、崩解量和崩解方式等来说明，它与土的粒度成分、矿物成分、结构等关系极大。土透过水的性能称为土的透水性。土中细小孔隙中存在的毛细管现象称为土的毛细管性。

【土的压缩性】土在荷重作用下产生压缩的性质。一般认为，土的压缩性主要是由于土中孔隙体积受压变小造成的。通常用压缩试验来研究土的压缩性。试验时，将土样放在刚性金属筒内，通过活塞在侧向不可膨胀条件下对土样由小到大分级加压，根据各级压应力与相应孔隙比，可绘出压缩曲线。压缩曲线为下降曲线，随着荷重的增加，曲线斜率逐渐减小，说明土的孔隙比随压力的加大而减小，但减小的幅度是逐渐降低的。

在荷载的变化范围不大时，可将压缩曲线上相应于这一变化范围不大的区段，近似地作为直线，这样，在压应力的这一变化范围内，孔隙比与压应力之间成为简单的直线关系，可用下列方程式表示：
$$\frac{e_1 - e_2}{p_1 - p_2} = \frac{\Delta e}{\Delta p} = a$$
式中的 a 称为压缩系数，单位为 $\text{厘米}^2/\text{公斤}$ 。上式表明，在压应力变化范围不大的情况下，孔隙比的变化与压应力的变化成正比，这个关系称为压缩定律。压缩系数是表示土的压缩性的重要指标，也是地基沉降计算所通用的指标。压缩系数愈大，说明土的压缩性愈高。由于压缩曲线实际不是直线，故压缩系数不是一常量，而是随所取的压力段不同而异，通常取压力由 $1—2\text{kg}/\text{cm}^2$ 时的压缩系数 a_{1-2} 作为代表土压缩性的指标，并根据其大小，将土分为高压缩性 ($a_{1-2} \geq 0.05$)、中压

缩性 ($0.05 > a \geq 0.01$) 和低压缩性 ($a_{1-2} < 0.01$)。如果将土的压缩变形用应变即 $\frac{\Delta h}{h_0}$ 来表示, 则压缩定律可表示为 $\frac{\Delta h}{h_0} = E \cdot \Delta P$, 式中 h_0 为压缩试验中土层加压前的厚度, Δh 为加压后土层厚度的减少量, 压应力与应变的比例常数 E 称为压缩变形模量。

【土的抗剪强度】土受剪切而达到极限平衡状态时, 剪切面上的剪应力值。在试验室内一般用应力式直接剪切试验测定土的抗剪强度。在垂直荷重 N , 即垂直压应力 $\sigma = N/F$ (F 为土样水平截面积) 之下, 强加水平力 T , 即剪应力 $\tau = T/F$, 土沿某一平面发生水平向的相对剪切位移, 但在移动一段距离之后速度减小, 最后趋于稳定。若剪力继续加大到某一定值时, 土剪切变形进一步发展而破裂, 此时的剪应力刚好是克服土样抵抗剪切的极限强度, 此极限强度即为抗剪强度。在数值上等于土被剪断破坏时的剪应力, 以 kg/cm^2 表示。用同一种土, 切取数个土样, 分别加以不同的垂直压应力, 可以得到不同的抗剪强度, 压应力愈大抗剪强度也愈大。以抗剪强度 τ 为纵坐标, 垂直压应力 σ 为横坐标可得出 $\tau-\sigma$ 关系曲线, 称为剪切曲线。粘性土和砂类土具有不同的剪切曲线。粘性土剪切曲线是一条不通过坐标原点, 在纵坐标上的截距为 c , 近似于直线的曲线, 一般作为直线看待, 其与横坐标的夹角为 φ , 则 τ 与 σ 具有下列关系 $\tau = \sigma \tan \varphi + c = \sigma \cdot f + c$, 式中 $f = \tan \varphi$ 称为摩擦系数, φ 称为内摩擦角度, c 称为粘聚力 (kg/cm^2)。上述关系式称为粘性土的库伦定律。即粘性土的抗剪强度是由土的内摩擦阻力和粘聚力两部分组成的, 而且内摩擦阻力为 $\sigma \cdot f$, 它与压应力成正比, 其比例常数就是摩擦系数 f 。粘聚力 c 是粘性土颗粒之间的连接力在抵抗剪应力中的表现。砂类土的剪切曲线是一条通

过坐标原点的更近似于直线的曲线,其关系式为: $\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi = \sigma \cdot f$,该式即为砂类土的库伦定律。砂类土的抗剪强度决定于它的内摩擦角 φ 值。由于砂类土是无粘聚性的或只有微弱的水连结,所以其 c 值为零或近似于零,可不予考虑。砂类土的内摩擦角 φ 值与它的粒度成分和相对密度有关,其大小与天然坡角(天然休止角)极为近似,所以在实际工作中,一般不测定其内摩擦角,而以天然坡角代替,天然坡角在 $30^{\circ} - 40^{\circ}$ 之间。 φ 与 c 是土的重要力学性质指标,是计算地基、边坡、隧洞稳定性的重要参数。

【特殊性土】具有特殊物质成分、结构、构造和物理力学性质的土,又称特种土。如淤泥、膨胀土、人工填土、冻土、红粘土、盐渍土等。它们是在某些特殊地质环境中形成的。(1) 淤泥:在静水或缓慢的流水(海滨、湖泊、沼泽、河滩)环境中沉积,经生物化学作用形成的含有较多有机物、未固结的饱水软弱粉质粘性土。其主要特点是孔隙比大于 1,天然含水量大于液限。根据孔隙比大小,又可细分为淤泥(孔隙比大于 1.5)和淤泥质土(孔隙比 1—1.5)。淤泥和淤泥质土具有透水性低、强度低、压缩性高等特点。其承载力一般小于 10 吨/米²,被视为软弱地基。(2) 膨胀土:是一种以蒙脱石、伊利石或伊利石—蒙脱石为基本矿物成分的粘性土,具有明显胀缩(吸水膨胀,失水收缩)特性,又称胀缩土。其液限、塑限和塑性指数都较大,常处于硬塑或坚硬状态,强度较高,压缩性偏低,易被误认为是很好的地基。但当受水浸湿或失水干燥后,产生明显的变形,使建筑物地坪开裂、破坏。(3) 红粘土:由碳酸盐类岩石经风化(以化学风化为主)及残积、坡积形成的褐红、棕红、黄褐等颜色的高塑性粘土,广泛分布于中国南方。红粘土孔隙比大,多处于饱水状态(天然孔隙比大于 1,饱

和度一般大于 85%)。但天然含水量接近塑限时,多呈坚硬、硬塑状态。故强度较高,压缩性低。厚度在水平方向变化很大,而且因其具有较多网状裂隙,从而降低了土体强度,破坏了土体的完整性,促进水流在土中活动。土的状态有从地表往下逐渐变软的规律,所以作为建筑地基时需注意其不均匀性。具有明显湿胀干缩性能的红粘土属膨胀土。(4) 盐渍土:土中平均易溶盐含量大于 0.5%的一种特殊性土。在干旱、半干旱区,系由地下水沿土层中毛细管升高至地表或接近地表,经蒸发后水中盐分凝析出来,聚集于地表或近地表的土层中形成。在滨海地区,则是由于海水侵袭到海岸潟湖或浅滩,经蒸发后海水中盐分凝集于地表土层中而形成。盐渍土所含盐分的种类和含量,对土的性质影响很大。在干燥时,一般坚硬,承载力高,浸湿后则软弱而失去承载力,它还对金属管道有侵蚀性。另外,由于含盐量过大的盐渍土不易夯实,故用来筑坝时,对其含盐量应有限制。(5) 人工填土:由于人类活动而形成的堆积土。物质成分较杂乱,均匀性差,根据组成物质或堆积方式,又可分为素填土(碎石、砂石、粘性土等)、杂填土(含大量建筑垃圾及工业、生活废料)及冲填土(水力充填)、压实填土(分层压实土)等。(6) 冻土:又称含冰土,指温度低于摄氏零度并含有冰的土层。可分为季节性冻土和多年冻土,前者指受季节影响、冬冻夏融、呈周期性冻结和融化的土;后者指冻结状态持续多年(三年以上)或永久不融的土。冻土常由土粒、冰、水和气体四相构成复杂的综合体,比一般三相土具有更复杂的工程地质性质。冻结时,土中水结冰膨胀,土体增大,土层隆起,称为冻胀性;融化时,土中冰融化成水,土体缩小,土层沉降,称为融沉性。这样冻胀隆起和融化沉降,从而引起建筑物的变形和破坏。

【岩石的物理性质】主要指岩石的重量和空隙性，是岩石的基本工程地质性质。单位体积岩石固体部分的重量与同体积 4°C 时水重量之比称为岩石比重。单位体积岩石的重量称为岩石的容重。按岩石的含水状况不同，容重可分为天然容重、干容重和饱和容重。天然容重和饱和容重又可称湿容重。由于一般岩石的空隙很少，其干容重与湿容重数值上差别不大，与岩石比重较接近，因此通常可用干容重来表示岩石的天然容重。干容重是岩石在完全干燥状态下，单位体积岩石的重量。岩石空隙性是岩石孔隙性和裂隙性的统称，可用空隙度表示。

【岩石的水理性质】岩石在水的作用下所表现出的性质。主要有吸水性、软化性、透水性及抗冻性。岩石在一定试验条件下的吸水性能称岩石吸水性，它取决于岩石孔隙数量、大小、开闭程度和分布情况。表征岩石吸水性的指标有吸水率、饱水率和饱水系数。吸水率系指岩石试件在一个大气压下吸入水的重量与岩石干重之比值。岩石吸水在常压下进行，水分只能进入岩石大开型空隙中。所以，根据岩石吸水率可求得岩石大开型空隙率。岩石饱水率系指岩石在高压（一般为 150 个大气压）下或在真空中吸入水重与岩石干重之比，这种条件下，通常认为水能进入所有开型空隙中，因此，岩石饱水率能用来求得岩石总开型空隙率。岩石饱水系数系指岩石吸水率与饱水率之比，它反映岩石大开型空隙与小开型空隙之相对数量。岩石浸水后强度降低的性能称为岩石的软化性，它与岩石空隙性、矿物成分、胶结物质等有关，常用软化系数来衡量。软化系数为岩石饱水状态时的抗压强度与岩石干燥状态时的抗压强度之比。岩石抵抗冻融破坏的性能称为岩石的抗冻性。由

于岩石浸水后,当温度降到 0°C 以下时,其空隙中的水将冻结,体积增大,从而产生较大的膨胀压力,使岩石的结构和连接发生改变,直至破坏。反复冻融后,将使岩石强度降低。可用强度损失率和重量损失率表示岩石的抗冻性能。强度损失率系饱和岩石在一定负温度(一般为 -25°C)条件下,冻融 10—25 次,冻融前后的抗压强度之差与冻融前抗压强度的比值。重量损失率系指在上述条件下,冻融前后干试样重量之差与冻融前干试样重量的比值。岩石抗冻性主要取决于岩石开型空隙发育程度、亲水性、可溶性矿物含量以及矿物颗粒间连接强度。岩石能被水透过的性能称为岩石透水性。

【岩石变形】岩石在外力作用下,其内部应力状态发生变化,使各质点改变位置,结果引起岩石形状和尺寸的改变。岩石在外力作用下,首先发生变形,然后破坏。岩石的变形可分为弹性变形和塑性变形。弹性变形是指岩石受力后立即发生相应的全部变形,在外力解除的同时,全部变形立即消失,因而变形过程是可逆的;塑性变形是指岩石在外力施加的同时立即产生全部变形,但在外力解除后,变形丝毫不恢复并且永远不会恢复,因而又称为永久变形成残余变形。岩石为一种同时具有弹性和塑性的物质,试验表明,岩石在荷载作用下,甚至在刚刚出现弹性变形的时刻便立即出现了塑性变形,而不是像一般固体那样,有一个明显的“屈服点”,在该点以前表现为弹性变形,该点以后表现为塑性变形。岩石的这种特性是因为岩石由不同的矿物组成,而不同矿物各具有不同的弹性限度,而且岩石还具有裂隙,裂隙的压密也构成了部分塑性变形。岩石的变形规律可由应力—应变关系加以说明,具体用应力—应变曲线表示出来。大量试验表明,岩石应力—应变

关系可以大致划分为三个阶段：(1) 岩体裂隙的压密阶段：在荷载作用下，岩石中的裂隙被压密，由于压密过程的特点是压缩量逐渐减小，因而变形增量也随荷载的增量而渐减。由于这一阶段荷载不大，岩石裂隙末端的局部破损虽然也可能有，但并不占重要地位。在总的变形中，塑性变形是主要的。(2) 近似直线变形阶段：随着荷载的增加，其变形量基本上是按比例增长，其应力—应变关系近似于直线。(3) 破损阶段：随着荷载的继续增大，变形量不断变大，应力—应变曲线由上一阶段的直线向曲线转变，局部破损成为变形的主要成分，并且逐渐扩大，并连接形成为滑动面，导致了岩体的破坏。上述阶段的划分是岩石变形的一般情况，对于不同的岩石可能与此有所差别。

【岩石强度】岩石抵抗外部荷载作用而不破坏的能力。外荷作用于岩石，主要由组成岩石的矿物颗粒及矿物颗粒间的连结来承担。外荷过大并超过岩石能承担的能力时便造成破坏。岩石在外荷作用下遭到破坏时的强度，称为极限强度。按外荷作用方式的不同，岩石强度可分为抗压强度、抗剪强度和抗拉强度。岩石单向受压时，抵抗压碎破坏的最大轴向压应力，称为岩石的极限抗压强度，简称抗压强度。岩石抗压强度受下列因素的影响：岩石矿物成分、颗粒大小、胶结程度，特别是岩石层理、片理等；岩石风化和裂隙可大大降低抗压强度；饱水条件下岩石小于天然或干燥条件下岩石的抗压强度。岩石抵抗剪切破坏时的最大剪应力称为抗剪强度。根据工程实际的剪切破坏情况，常可分为三种抗剪强度。岩石抗剪擦强度 (τ_φ) 系指岩石与岩石或岩石与其它材料之间沿某一摩擦面，在压应力 (σ) 作用下，被剪动时的最大剪应力，即 $\tau_\varphi = \sigma \tan \varphi$ ， φ 为摩擦角；岩石抗切断强度 (τ_c)，系指岩石剪断面上无正压应

力条件下，岩石被剪断时的最大剪应力，即 $\tau_c = c$ ， c 为剪切面上之内聚力。抗剪断强度 ($\tau_{\varphi c}$)，系指岩石剪断面上有一定压应力作用下，被剪断时的最大剪应力，即 $\tau_{\varphi c} = \sigma \tan \varphi + c$ 。岩石在单向拉伸破坏（断裂）时的最大拉应力，称为抗拉强度。

【岩体结构】岩体结构有两个含意，即结构面和结构体。结构面是在地质发展历史，尤其是在构造变形过程中在岩体内形成的各种具有一定方向、延展较大，厚度较小的面状地质界面，如层面、节理面、断层面等。结构体是指由不同产状的结构面组合起来，切割岩体而成的单元块体。岩体结构是指岩体受结构面切割而形成的结构体的组合。工程实践表明，大部分岩体受工程作用力后的破坏过程，主要是结构体沿结构面的剪切滑移、拉开以及整体的累积变形和破裂。所以岩体的稳定性主要取决于：（1）结构面的性质及其空间组合；（2）结构体的性质及其立体形状。对岩石的工程地质研究就是以岩体结构的工程地质力学研究为基础的。

【岩体结构面类型】岩体内的结构面是在不同的地质作用中生成和发展的，可根据其成因分为下列类型，各种类型具有不同的工程地质特征。（1）沉积结构面：是沉积岩层在沉积、成岩过程中形成的，包括层理、层面、不整合面、假整合面、原生软弱夹层等。这种结构面与岩层产状一致，很多坝基滑动及滑坡都是由此结构面所造成的。（2）岩浆结构面：指岩浆侵入活动及冷凝过程中所形成的结构面，包括岩浆岩体与围岩的接触面、多次侵入的岩浆岩之间的接触面，以及岩体中冷凝原生节理和侵入挤压破碎结构面等。这类结构面一般为张裂面，较粗糙不平，通常不会造成大规模的岩体破坏，但有时与构造断裂配合也可形成岩体稳定的不

利因素。(3) 变质结构面：受变质作用而形成的结构面，有片理、片岩软弱夹层等。这类结构面光滑平直，片理在岩体深部往往闭合成隐闭结构面，其产状与岩系或构造一致。在变质较浅的副变质岩如千枚岩中的路堑边坡常见塌方。片岩夹层有时对工程及地下洞室稳定有影响。(4) 次生结构面：由于岩体受卸荷、风化、地下水等次生作用所形成的结构面。如卸荷裂隙、风化裂隙、泥化夹层等。这类结构面一般为泥质物充填，遇水易软化，对天然及人工边坡造成危害，一般在施工中均应予以清理。(5) 构造结构面：受构造应力作用在岩体中所产生的破裂面或破碎带，包括节理、断层、层间错动面及羽状裂隙劈理等，其产状与构造线成一定关系。张性断裂不平整，常具次生充填，呈锯齿状；剪切断裂较平直，具羽状裂隙；压性断裂具多种构造岩，成带状分布，往往含断层泥及糜棱岩等。构造结构面对岩体稳定影响很大，在许多岩体破坏过程中，大都有构造结构面的配合作用。此外，它还常可构成边坡及地下工程的塌方、冒顶等。

【岩体结构类型】根据岩体结构面与结构体及其相互组合特征，并考虑到岩性因素，通常把岩体结构划分为下列六种类型。(1) 块状结构：厚层沉积岩、火成侵入岩、火山岩及变质岩等，结构体呈块状、柱状，结构面对以节理为主。岩体在整体上强度较高，变形特征接近于均质。弹性各向同性体，具有良好的工程地质条件。(2) 镶嵌结构：火成侵入岩、非沉积变质岩等，由菱形及锥形结构体组成，节理发育，有小错动带。这类岩体在整体上强度仍很高，但不连续性较为显著。地基条件较好，但在边坡过高过陡时，可能产生崩坍现象。(3) 碎裂结构：构造破碎较强烈的岩体，结构体呈碎块状，节理、断层及断层破碎带发育。岩体完整性破坏

较大,强度受断层及较弱结构面控制,并易受地下水作用影响,岩体稳定性较差。在作为坝基时要对较大的断层进行处理,如灌浆等,在边坡有时出现较大塌方;地下洞室易发生塌方、冒顶。

(4) 层状结构:薄层沉积岩及沉积变质岩等,结构体呈板状、楔状,层理、片理、节理比较发育。岩体稳定与岩层产状关系密切,一般陡立的较为稳定,而平缓的则较差,倾向不同也有很大差异,要结合工程具体情况考虑。这类岩体在坝肩、坝基、边坡出现事故较多。

(5) 层状碎裂结构:较强烈褶皱及破碎的层状岩体,结构体呈碎块状、片状,层理、节理、片理、断层、层间错动面发育。岩体完整性破坏较大,整体强度降低,软弱结构面发育,易受地下水不良作用影响,稳定性差。不宜选作坝基或坝肩,地下施工中常遇塌方,边坡要求设计角较低。

(6) 散体结构:断层破碎带及风化破碎带,结构体呈鳞片状、碎屑状及颗粒状,断层破碎带、风化带及次生结构面发育。岩体强度遭到极大破坏,接近松散介质,稳定性最差。在坝基及人工边坡上要作清基处理,在地下工程进出口处也应进行适当处理。

【砂基液化】砂质地基在地下水压力突然增加时产生流动的现象。疏松的砂性土(特别是粉细砂)经动载荷作用(地震、打桩、爆破及机械振动等)后将趋于密实。如果砂性土是饱水的,空隙完全被水充填,这种趋于密实的作用将导致孔隙水压力的骤然上升。在短时间内,骤然上升的孔隙水压力来不及消散,就使原先通过砂颗粒接触点所传递的压力(称为有效压力)减小,砂颗粒所受的荷载压力全部过渡为中性压力。水压的骤然加大,水就向四面八方急剧运动,破坏了砂土的结构。当有效压力全部消失时,砂体就达到了液体状态,丧失了承载能力。砂基液化能导致地裂缝、

错位、滑坡、不均匀沉降等地基失稳现象。砂土、饱和、震动是砂土液化的基本条件。如果承受震动的不是砂土而是粘土，则除了与有效应力有关的摩擦强度外，粘土还具有粘滞力，不会立即产生液化的危险；若砂土是不饱水的，则震动不一定会引起液化；若不是突然的震动，而有足够的排水时间，液化也不容易发生。有效压力全部传递至孔隙水，使土体结构完全破坏，土体抗剪强度几乎全部丧失时，称为完全液化；但天然地基中砂层在震动时不一定达到完全液化，孔隙压力虽上升，抗剪强度降低，但仍具有一定的承载能力，此时称为部分液化。影响砂土液化的因素包括土的粒度成分、砂的密度、砂层的有效覆盖压力及震动的强度和时间的长短等。只要采取一定的方法和措施，砂基液化是可以预测和防治的。

【地面沉降】地表的高程在一定时间内不断降低的现象。地面沉降有自然的及人为的两种原因。自然原因有因地质构造运动而导致的地层凹曲，也有因地表土壤自然压实而形成。人为原因则主要是开采松散地层中的地下流体如地下水、石油、天然气等。当过度抽取地下水时，由于来不及从含水层外面补给水量，而引起地下水位迅速下降，在隔水层顶底板和含水层接触面上产生水力坡度，从而使作为隔水顶底板的粘土层中的水相应地进入含水层中，粘土层中孔隙水压力降低，有效压力增加，引起土层压密。如果这种粘土层压缩性强，厚度又较大时，其压密的结果就会形成地面沉降。到目前为止，世界许多大城市都因人为原因（主要是开采地下水）而产生地面沉降，如东京、伦敦、墨西哥、曼谷等。中国也是地面沉降严重的国家，上海、天津、北京、西安等 30 余座城市均已出现，其中上海最为严重，最大累计沉降量达 2.63 米。

地面沉降可以对工农业生产、交通及人民生活造成很大危害。如沿海城市由于地面沉降，使地面标高低于平均潮位，经常遭到大海潮的侵袭；一些港湾城市由于地面沉降而使码头、堤岸下沉，降低了港湾设备的能力；地面沉降使桥梁下部净空减小，影响航行；不均匀地面沉降导致地下管道破裂等。控制地面沉降首先要控制地下水位的下降，为了达到这一目的，目前世界上采用的措施大致有下列几种：（1）另外寻求供水水源，减少或停止抽用地下水；（2）在外援水源未开始供水之前，只准抽汲深层地下水；（3）向含水层中注入压缩空气，以恢复孔隙水压力；（4）人工补给地下水，以抬高水位。上海市就是采用人工回灌地下水的方法控制地面沉降的，取得了良好效果。

【水库地震】水库蓄水后诱发的地震。水库蓄水激发地震的原因，一般有两种解释：（1）直接效应，即水体荷载产生的压应力和剪应力破坏了地壳应力均衡，从而引起断层错动，产生地震。（2）间接效应，除水体荷载所造成的压力增值配合已有天然应力场促成断层错动外，地下水孔隙的增加降低了垂直于断面的正应力，水又起着润滑和软化岩石的作用，使沿断层面的抗剪强度值降低，引起断层错动，发生地震。水库地震在全世界大水库中所占的比例是很小的，但由于它严重威胁着大坝的安全，所以仍受到普遍的重视。水库地震的特点是：水库地震与坝高或库容有相关性；统计表明，所有 5 级以上的水库地震均发生于 100 米以上高坝水库中；水库地震具有明显的前震多、余震延续时间长、衰减慢的特征；水库地震范围较小，震源浅，震级不大，而震中烈度偏高。

【岩溶地面塌陷】岩溶分布区，在人类活动影响下或天然条件下所

出现的地面塌陷现象。岩溶地面塌陷可以危及厂房、民舍、道路的安全及矿山的正常生产。岩溶地面塌陷按其地质营力的不同可分为四种类型：（1）采排地下水引起：它是由于岩溶洞穴或溶蚀裂隙的存在，及其上覆土层的不稳定性和地下水对土层的侵蚀搬运作用造成的。其中，地下水对土层的侵蚀搬运作用是引起塌陷的动力条件。特别是在大量采排地下水时，水位下降快、波动剧烈，塌陷的发生和发展更为迅速。（2）爆破震动引起：爆破引起的震动以波的形式向四周传播，它会引起地下水、溶洞和土石的强烈震动，不但对岩溶充填物和上覆土层产生强烈的侵蚀和搬运作用，而且对土层有强烈的冲击力，使之在很短的时间失去平衡，遭到破坏，产生塌陷。（3）天然条件下地下水作用引起：由于可溶岩层与土层接触处常残留 2—5 毫米的风化岩粉，在地下水升降作用下，岩粉不断被带走而形成间隙带。地下水沿此间隙带对抗水性弱的土层继续进行反复的侵蚀作用，土层不断垮落被水带走，逐渐形成土洞。土洞进一步扩展，上部土层失去平衡导致地面塌陷。（4）大气降水作用引起：由于抗蚀性较弱的土层，在干燥状态下易产生裂隙，大气降水沿土层下渗，对土层进行侵蚀搬运作用。被搬运的土粒沿下部溶洞或溶沟、溶槽流失。由于大气降水的不断作用，土层裂隙不断扩大，形成通道。大气降水沿此通道对土层继续作用，并在通道尾部形成应力拱。应力拱不断发展，下部土层支撑力减弱，最终失去平衡，导致地面塌陷。岩溶地面塌陷一般分布于岩溶强烈发育地区，地下水水位降落漏斗中心附近，第四系松散沉积物较薄地区，河床两侧及地形低洼地段。

【渗透变形】土体在渗透水流作用下发生的变形或破坏现象。当渗流的动水压力大于土粒或某部分土体阻力时，土粒或土体就会被

渗透水流带走或被移动，这将改变土层的组成和结构，降低地基的稳定性。若对边坡或地下进行不合理的开挖，当条件适合时，也能产生渗透变形而危及建筑物的安全。渗透变形的发生和发展，与坝基的地质情况（尤其是土的结构、粒度成分）和水力条件有关。渗透变形在土层，尤其是不均匀的砂砾石中表现较典型；胶结不好的砂砾层、泥岩、未胶结的断层破碎带，被泥砂充填的构造裂隙或风化裂隙带中，也可能产生渗透变形。渗透变形主要有三种形式：（1）管涌或称潜蚀，分机械管涌和化学管涌两种。渗流作用将岩体裂隙或土层中的颗粒移动并带走的现象称为机械管涌。其结果使土层或岩体的结构变松，孔隙增大，强度降低，甚至使地基形成空洞，引起地表坍塌，危及建筑物安全。而渗透水流将弱胶结岩层中的可溶物质如岩盐、石膏等溶解并带走的现象称为化学管涌。化学管涌削弱了岩体的内部连结，并为机械管涌的发展创造了条件。（2）流砂，指渗透水流将土体表层所有颗粒同时浮动脱离土体而冲出的现象。例如流砂现象常发生在大坝下游坡脚处，它可能导致塌坡甚至大坝被冲毁。（3）接触冲刷，当粗粒土层与细粒土层接触时，在渗流作用下细颗粒被冲动带走，以至细粒土层被冲刷掏空，危及地基稳定。它是机械管涌的一种特殊类型。

【工程地质勘察】为查明工程建筑场区的地质条件而进行的地质勘探工作。它的任务是评价各类工程建筑区的地质条件；预测在工程建筑作用下可能出现的地质条件的变化及其影响；选定最佳建筑场地和提出为克服不良地质条件应采取的工程措施；为保证工程的合理设计、顺利施工和正常使用提供可靠的科学依据。工程地质勘察是为建筑设计服务的。常规情况下建筑设计一般划分为

规划阶段、初步设计阶段、技术设计阶段和施工设计阶段，所以，工程地质勘察也相应地划分为四个阶段：（1）规划阶段的工程地质勘察：从地质条件论证设计上的技术可能性、经济合理性，通过全面了解，推荐出第一期工程的建筑地段，并提出建筑地段的比较方案。该阶段主要进行中小比例尺工程地质测绘，仅在重点地段进行少量简单的勘探和试验工作。（2）初步设计阶段的工程地质勘察：进行方案的比较，选定建筑地点，并调查选定地点的工程地质条件，供初步设计使用。该阶段主要进行大、中比例尺的工程地质测绘，进行一定数量的勘探和试验工作，为解决专门性问题需进行长期观测工作。（3）技术设计阶段的工程地质勘察：最后选定建筑物具体位置，并提供技术设计所需各种资料。该阶段主要进行试验工作、补充性和专门性的勘探工作、更多地开展长期观测工作。（4）施工设计与施工阶段的工程地质勘察：提供设计所需的工程地质资料，研究并解决专门性地质问题。工程地质勘察方法大体包括有工程地质测绘、工程地质勘探、工程地质试验以及工程地质长期观测。

【工程地质测绘】工程地质勘察工作中最早进行的和最根本的一项工作。其目的是通过野外现场的直接观察，搞清工程所在地区的地质条件和岩体、地质体是否稳定。它的内容主要有：研究测区的地貌特征、划分地貌单元、分析各地貌单元的形成过程、相互关系及其与地质构造、不良地质现象之间的关系；研究地质构造，确定构造线的位置、产状，破碎带岩性特征，裂隙、风化特征及充水情况；调查岩层产状、时代、成因及其相互关系，圈定特殊性质、特殊状态的岩石分布范围，绘制能反映测区岩石分布规律的地质剖面；研究水文地质条件，调查地下水天然与人工露头，如

井、泉、矿坑及钻孔等,了解地下水的类型、埋藏与补给条件、水位变化及与地表水的联系,并分析地下水对未来建筑物的影响;调查研究各种物理地质作用、现象的发育程度和发育规律;研究已有建筑物的变形状况及建筑经验;了解测区天然建筑材料的质、量及其分布。工程地质测绘的详细程度由测绘比例尺决定。比例尺一般分为四种:(1)踏勘性测绘,比例尺为 $1:500000$,多在各类工程初始勘测阶段和在大面积地区进行远景规划时进行;(2)小比例尺测绘,比例尺为 $1:200000—1:100000$ 。多在城市工业区、大型线性工程的布置、河流流域规划时进行;(3)中比例尺测绘,比例尺为 $1:25000—1:100000$,多在新兴城市的总体规划、大型工矿企业的布置、水工建筑物及线性建筑的选线阶段(相当于初步设计)时进行;(4)大比例尺测绘,比例尺为 $1:10000—1:1000$ 或更大,在重要建筑物的初步设计及一般建筑物的技术设计阶段进行。工程地质测绘方法与地质测绘方法基本相同,只是其观察内容必须围绕以研究不同工程建筑所需地质资料为重点。常用方法有路线法、布点法及追索法等。

【工程地质勘探】一般指钻探与坑探工作之合称,是为了解决建筑地基的稳定问题、渗漏问题、施工方法选择以及寻找天然建筑材料等而进行的。其任务是:了解露头不良地段的地质结构及岩土性质;研究建筑地区地下岩层的种类、厚度、纵横变化及软弱夹层分布;研究地质构造破碎带及裂隙的发育程度及其随深度的变化;查明水文地质条件,进行水文地质试验及地下水长期观测;研究某些物理地质现象如滑坡、岩溶的发育规律;进行土的力学性质的野外试验及土质改良措施的实验;采取岩土样品等。钻探与坑探在工程勘探中均普遍采用,它们各有其特点。钻探工作在任

何环境下都可进行,其深度一般无限制,工作效率也比坑探高;其缺点是不易对孔壁进行直接观察以了解裂隙、岩石的天然状态等。坑探工作的优点在于能够直接观察岩层和地质构造的变化,便于素描,可以在野外直接做载荷、剪切等力学试验工作,可以就地按需要取土样或岩样;其缺点则是对施工条件要求较高,速度慢、花费劳力多,技术要求高等。常见的坑探工程有试坑、浅井、探槽、竖井、平峒等。试坑深度一般为1—2米,或最深达地下水面为止,成圆形或方形、直径为1米左右。浅井深度一般5—15米。试坑和浅井主要用来揭露基岩,了解岩石风化情况、确定覆盖层和风化壳厚度,也可做载荷及渗水试验用。探槽是一种平均宽1米,深度一般为3米的长槽形工程,常用于追索构造线、断层、研究坡积层和残积层厚度与性质等。竖井深度一般达数十米,常为圆形,在竖井中能直接观察地质情况,详细描述岩性和分层,能取较深处的接近实际的原状结构的土石试样。平峒为水平向探井,一般适用于较陡的基岩斜坡,其大小视具体情况而定,常用以了解软弱夹层、断层破碎带及岩石裂隙、节理的发育情况。在钻孔施工前,要编制钻孔设计书,对钻孔类型(直孔或斜孔)、钻孔深度、钻孔结构以及其他要求等详细说明。在钻进过程中,则要记录岩芯采取率、鉴定岩芯、进行孔内观察、水文地质观察及钻孔取样等。

【工程地质试验】为评价工程地质条件和问题以及工程处理措施、设计施工提供参数而进行的试验的总称。一般分为室内试验和现场试验两大类。室内试验是对所采集的样品,借助不同仪器设备在室内进行测试分析而获得有关数据。现场试验即是在野外以实际的土石条件作为试验对象,使用不同的仪器设备测定有关数据,

作为定量评价工程地质条件的参数。常见的现场试验有压水试验、静力载荷试验、触探试验等。(1) 压水试验：用专门的止水设备把一定长度的钻孔段隔离出来，然后用固定的水头向这一段钻孔压水，水通过孔壁周围的裂隙向岩体内渗透，最终，渗透的水量会趋于一个稳定值。根据压水水头、试段长度和稳定渗入水量，可以判定岩体渗透性强弱。通常以单位吸水量（升/分·米·米）值表示，即在单位压力下（1米水头）、单位长度（1米）试段在单位时间内的吸水量，它是水工建筑物地基和两岸接头处基岩防渗设计的基本依据。(2) 静力载荷试验：目的主要用于求地基土的允许承载力，测定均质土基的变形模量、研究地基变形范围和应力分布规律等。试验方法是在试坑或钻孔内放一载荷板，在其上依次分级加压，并测得各级压力下最终沉降值，并一直加压到最终载荷达到极限荷载为止。根据每一级压力和相应沉降值，绘出载荷曲线（压力—变形曲线），并按一定公式可求得土的变形模量及地基允许承载力。(3) 触探试验：分为静力触探和动力触探。静力触探是用静力将触探仪的探头压入土层中，用电阻应变仪量测出土的贯入阻力，并将贯入阻力与野外载荷试验测得的地基土允许承载力和变形模量建立相关关系，从而确定建筑物地基土的允许承载力和变形模量等参数。动力触探又称冲击触探，是利用一定重量、落距的重锤动能，将一定尺寸、形状（如圆锥形等）的探头打入土层中。根据打入土层的难易程度（以所需锤击数）表示，来判断土层的性质和确定承载力。触探试验方法机械化程度高，能连续测量，具有提高工效，减低劳动强度的优点。

【工程地质长期观测】通过对观测对象本身或在观测对象上按一定间距布置的观测点，进行定期的或不定期的仪器测绘或观察，以

了解观测对象随时间变化的规律。通过对观测资料的研究可以论证这些变化对建筑物的稳定和正常使用的影响，并校正有关的理论公式和经验公式。长期观测可分为定期观测和不定期观测。工程地质长期观测的对象有：（1）剧烈发育，并对建筑物稳定性有影响的物理地质作用和现象。如滑坡，河、湖、海岸的坍塌，岸流冲刷与堆积，冲沟，岩石风化，岩溶作用和风沙移动等。（2）显著发展的工程地质作用和现象。如地基沉降变形、水库坍岸、人工边坡、坑道变形和地面沉降等。（3）变化明显的水文地质作用和现象。如水位、水量、水质等。

【斜坡稳定性分析】斜坡包括天然斜坡和人工斜坡，它具有一定的高度和坡度，在重力和其它地质营力作用下不断地发展变化着。自然界的山坡、谷壁、河岸等属天然斜坡；人类工程活动形成的路堑边坡、运河渠道、房屋基坑边坡、露天矿坑边帮等属人工边坡。斜坡稳定性分析，在于阐明工程地段天然斜坡是否可能产生危害性的变形与破坏，论证其变形与破坏的方式、方向与规模，设计稳定而又经济合理的人工边坡，或以维护并加大其稳定性而采取经济合理的工程措施，以保证斜坡在工程运行期间不致发生危害性的变形与破坏。斜坡变形以坡体未出现贯通性的破坏面为特点，但在坡体各个局部，特别在坡面附近也可能出现一定程度的破裂与错动，而从整体看，并未产生滑动破坏。它表现为松动和蠕动。斜坡形成初始阶段，坡体表部往往出现一系列与坡向近于平行的陡倾角张开裂隙，被这种裂隙切割的岩体便向临空方向松开、移动。这种过程或现象称为斜坡松动，它是一种斜坡卸荷回弹的现象。斜坡岩土体在以自重应力为主的坡体应力长期作用下，向临空方向的缓慢而持续的变形，称为斜坡蠕变。它是在应力作用下，

岩土体内部一种缓慢的调整性形变，实际上是趋于破坏的一个演变过程。坡体中自由重应力引起的剪应力与岩土体长期抗剪强度相比很低时，斜坡只能减速蠕动；只有当应力值接近或超过岩土体长期抗剪强度时，斜坡才能加速蠕动。因此，斜坡最终破坏，总要经过一定的过程。斜坡中出现了与外界贯通的裂坏面，被分割的坡体便以一定加速度滑移或崩落，脱离母体，称为斜坡破坏。斜坡破坏的形式很多，主要有崩塌、滑坡及滑塌。斜坡前缘的部分岩体，被陡倾结构面分割，并以突然的方式脱离母体，翻滚而下，岩块互相冲撞、破坏，最后堆积于坡脚而形成岩堆，这种现象称为崩塌。其规模相当悬殊，从大规模的山崩到小型块石塌落。斜坡松散岩土的坡角大于它的内摩擦角时，因表层蠕动进一步发展，使它沿着剪变带表现为以顺坡滑移、滚动与坐塌方式，重新达到稳定坡角的斜坡破坏现象及过程称为滑塌，或崩滑。滑塌主要是一种松散岩体或岩土混合体的浅层破坏形式，与风化营力、地表水、土壤水、人工开挖坡角及振动等作用密切相关。进行斜坡稳定性分析的方法主要有：标准数据法，即根据在不同土中进行多年观测的资料拟定出不同土的稳定边坡坡度；工程地质类比法，是以经验数据为基础，在研究确定斜坡稳定因素后，参照已兴建的稳定斜坡进而确定欲设计的边坡坡度；力学数学计算法，是在分析斜坡力学性质的基础上，进行力学数学计算，以确定稳定坡度或验证已知坡度是否稳定。进行斜坡稳定性分析，必须首先对斜坡特征进行详尽分析，然后正确地选用计算方法，最后结合斜坡的具体情况有针对性地予以评价。

【地下洞室山岩压力分析】在岩体或土体内挖掘而形成的空洞或通道称为地下洞室。如铁路隧道、矿井巷道、地下仓库等。地下洞

室的开挖，使岩土体中原来的应力平衡状态发生改变，引起应力重新分布。除了少数情况下工程地质条件特别优越，洞室周围岩体的强度能够适应变化了的应力状态外，一般情况下，围岩都会产生各种变形破坏。对于围岩的这种变形破坏，需要及时支护，这可以分为临时性支撑和长远性衬砌两种。临时支撑用木架、钢架或钢筋混凝土架承受围岩位移或冒落造成的压力，以便施工的进行。衬砌则是永久性的支承结构，以加固和保护洞室。支衬的强度必须超过变形破坏岩体所加于它的压力，才能起到对洞室的支护作用。否则，应力超过支架材料的强度，支架将被压坏，甚至完全失去支撑能力。这种由于围岩变形破坏而施加于支衬上的压力，称为山岩压力。为了采取有效的支衬措施，必须计算确定山岩压力的大小。山岩压力是因为围岩应力重新分布和应力集中引起的。因此，要研究山岩压力，就要知道地下洞室周围应力重新分布和应力集中的特点，而它们又取决于岩体开挖前的初始应力状态。山岩压力是由多方面因素决定的，其中，最主要的是岩石本身的力学强度。强度低的软弱岩石比强度高的坚硬岩石的山岩压力大，对坚硬岩石来说，起主要作用的是软弱结构面的存在及其组合关系。洞室断面的形状也是影响山岩压力的一个因素，如圆形隧道有利于围岩稳定，矩形隧道将加大山岩压力值。此外，施工方法、施工质量，如放炮方式、支护和衬砌是否及时等，对山岩压力都有影响。关于山岩压力的计算方法很多，由于各种方法都作了假设和简化条件，往往不能正确地全面地反映山岩压力的各种现象及影响因素，计算出来的山岩压力只是一个近似值。现有的山岩压力分析理论可分为三大类：（1）松散体理论。该理论中，以普氏压力拱理论应用最广，是1907年由俄国普罗托季雅柯洛夫提出的。他假定岩体为不具内聚力的松散体，洞室开挖之后

就会形成一个压力拱，压力拱以上的岩体不受扰动，而压力拱以下的岩体则将松动，以致塌落。松动岩体作用于支衬上的力即为山岩压力。其中顶压通过计算压力拱下塌落岩体的重量求得，侧压按其它方法求得。(2) 弹塑性理论。若开挖地下洞室后所产生的围岩应力重新分布超过了岩石的弹性极限，而未达到岩石的极限强度，岩石将产生塑性变形，在洞室周围形成塑性变形区。围岩的塑性变形对支衬产生的压力即为山岩压力，这种山岩压力的计算仅采用弹性理论已不适用，必须采用塑性理论，利用弹性区和塑性区边界上弹、塑性理论都适用的条件，推导出计算公式，故称弹塑性理论法。(3) 地质分析法。该方法是详细分析影响围岩稳定的各种因素，包括围岩的完整性、岩体结构面的性质、围岩的物理—力学性质及地下水活动情况等，通过对这些因素的定性分析，再根据不同情况，进行山岩压力的计算。

【坝基强度及坝基变形】坝基承受荷重的能力称为坝基强度；在荷重作用下，坝基内质点的位移及其形状的改变称为坝基变形。坝体的重量一般较大，它作用于地基之上，必然引起地基中应力的重新分布，当其应力超过一定值时，就会引起土体的变形。荷重增加使土体压密，由于土体的压密而产生沉降，沉降量大小可由有关公式算得。当沉降量达到某一数值时，对于坝是不允许的。因为当沉降量过大，可能造成库水从坝顶溢流，冲毁坝体，威胁下游安全。如果地基土层的性质和厚薄不同，就形成不均匀沉降，其危害更大。首先可使坝体产生裂缝，在水流冲刷下以致毁坏；其次是压力不均匀地增加使土体产生滑动面，并向两侧滑动挤出，随

坝体剧烈下沉，造成毁灭性灾害。所以，坝体荷载不能超过地基允许承载力。坝基强度即允许承载力可根据有关工程规范或理论计算获得。

【坝基抗滑稳定性】坝基抵抗由于水库上下游水头差产生的对坝体的剪切破坏的能力。混凝土重力坝与浆砌石重力坝，为了维持自身的稳定，坝体常具有较大的重量，以便能在坝基础与地基接触面上产生足够大的摩擦力来抵抗库水的水平推力，不致发生滑动。这就要求坝基岩层既要有较高的抗压强度，支持坝体重量；同时应具有较大的抗剪强度，以加强抗滑稳定性。为此，大多数混凝土重力坝和浆砌石重力坝是修建在基岩地基上的。坚硬完整的基岩是能够满足上述要求的，然而大多数岩体由于不同的生成条件和后期遭到程度不同的外动力地质作用的破坏，使岩体原有的结构变得不连续，大大影响了岩体的稳定，尤以各种成因的软弱结构面的存在对坝基抗滑稳定性更为不利。坝基滑动破坏形式一般可分为：（1）表面滑动，指坝体混凝土与地基岩体接触面发生平面剪切破坏所造成的滑动。表面滑动主要发生在坝基岩体强度高、节理裂隙稀少、岩体较均一完整、无控制滑动的软弱结构面存在的情况下，而混凝土基础与基岩的接触面就成为唯一的抗滑控制面，这个面的摩擦系数值，就成为控制坝体设计的主要指标。上述摩擦系数值通常是现场剪力试验资料，结合坝区工程地质条件的特点，并参照国内外已建类似工程的经验数据进行确定。（2）深部滑动，指坝体沿坝基岩体内的软弱结构面产生的滑动，这是岩体滑动的基本形式。岩体产生深部滑动的条件比较复杂，除

了有滑动面以外，还必须有切割面和临空面的存在。根据滑动面、切割面与临空面的不同组合关系和坝基岩体中的应力分布情况，通过设计计算，最终确定最危险的滑动控制面。在坝区工作时，一般采用地质分析方法，查明坝基工程地质条件，确定坝基内断层破碎带、裂隙密集带及宽大裂隙、软弱岩层、不整合面等软弱面的分布情况及其产状，运用一定方法（如赤平投影法）找出最可能的滑动面。最后，采用计算方法确定该滑动面的抗滑稳定性。

地 质 灾 害

【地质灾害】 由于地质环境或地质体变化给人类和社会造成的灾害，如崩塌、滑坡、泥石流、地裂缝、地面沉降、地面塌陷、岩爆、坑道突水、煤层自燃、黄土湿陷、岩土膨胀、砂土液化、土地冻融、水土流失、土地沙漠化、土地沼泽化、土壤盐碱化、地震、火山、地热等。导致地质灾害发生的主要因素是自然力的作用，但人为因素亦起很大作用，以至有时是主导的作用，如水土流失、地面沉降等等。地质灾害产生、发展的速度有些是突发性的，如地震、火山、泥石流等；有些则较缓慢，如土地沙漠化、水土流失等，因此又称为环境地质灾害。合理开发利用资源、保护环境是防止地质灾害的根本措施，一些工程设施对某些地质灾害亦可起到防治或减轻灾害的作用。

滑坡要素

1. 滑坡体；2. 滑坡边界；3. 滑坡壁；4. 滑动台阶；5. 滑动面；6. 滑动带；7. 滑坡舌；8. 滑动鼓丘；9. 滑坡轴；10. 封闭洼地；11. 破裂缘；12. 拉张裂缝；13. 剪切裂缝；14. 扇形裂缝；15. 鼓（纵）张裂缝；16. 滑动床

【滑坡】斜坡上的土石体在一定的自然条件（地质结构、岩性和水文地质条件等）及重力作用下，使部分土石体失去稳定性，沿着斜坡内某一软弱面或软弱带整体地缓慢地先缓后急地做不翻滚地往下滑动的现象。一个发育完全的滑坡，其形态特征和内部结构见图。脱离斜坡岩石而向下滑动的岩体称为滑坡体，其体积可以从几百到上万立方米。滑坡体的前缘称滑坡舌。

滑体前缘由于受挤压而产生隆起丘，上有鼓张裂隙。滑体后缘承受张力，产生拉张裂隙。滑体边缘产生剪切裂隙。因滑体下滑向两侧扩张，在滑坡舌部分形成扇形张裂隙。滑体下滑时与母体之分界面称滑动面，滑动面有各种形状，往往是不规律的。滑体沿滑动面滑动时依附的下伏不动岩体称为滑坡床。当滑体下滑后，露出地表的滑动面在斜坡上形成一显著的立壁，即滑坡壁。由于滑坡体滑落使得斜坡上产生了半圆形凹地，称封闭凹地，在滑坡体上常形成滑坡台阶。滑坡的形成条件是：在斜坡内有一个或是几个具有可能的滑动面或滑动带存在，且滑动面或滑动带的产状往

往与斜坡向一致；有促使此滑动面或滑动带以上土石体滑动的力存在；滑动力大于土石体内的抗滑力。滑坡是在斜坡体的内部因素与外部因素共同作用下形成的，内部因素包括斜坡上的土石性质、结构构造，地下水活动情况及斜坡的地形特征；外部因素则主要是地表水和地下水以及人类工程活动等，滑坡的发展有它的过程，即可分为产生、发展和稳定三个阶段。产生阶段是斜坡不稳定因素积累阶段；滑动阶段是能量释放阶段；稳定阶段则是停止发育阶段。滑坡往往会干扰各项工程建设，耽误工期、耗费大量人力物力甚至造成人民生命财产的严重损失。中国是滑坡灾害发生频繁的国家之一。通过一定的工作如斜坡工程地质勘察、滑坡动态和地下水长期观测等，滑坡的发生是可以预测的。例如，1985年湖北省秭归县境内长江西陵峡中新滩镇的大型滑坡的预报，使一场毁灭性滑坡灾害所造成的经济损失和人员伤亡减少到了最低程度。滑坡是可以防治的。防治方法有：（1）排水，即拦截和旁引滑体以外的地表水，汇集和疏导滑体中的地下水；（2）改变斜坡力学平衡条件，如降低斜面坡度、坡顶减重回填于坡脚，必要时在坡脚修筑挡土墙和抗滑桩；（3）改变斜坡岩土性质，如灌浆、电渗排水、电化学加固、砂井和砂桩加固及焙烧加固、增加斜坡植被等。

【地基变形】在各种作用下，地基内部质点的位移和由此引起的外部形状的改变。地基变形是一个复杂的过程，其原因也多种多样。如地下水位升降、地下水渗透及自然或人工振动等，其中最常见的是由建筑物荷载引起的地基变形。地基变形的危害在于，当地基沉降或沉降差过大时，将使上部建筑发生裂缝或崩毁。实际观察和研究表明，当作用在地基上的建筑物荷载逐渐加大时，土的

变形状况可分为三个不同阶段。第一阶段是土的压密阶段（或直线变形阶段）：此时建筑物荷载不大，土的变形主要表现为因孔隙体积缩小而产生的土的压密，建筑物产生沉降。变形在固定荷载的作用下随时间而减缓，最后趋于稳定。这个阶段压力与变形近似于成直线关系。第二阶段是局部剪切阶段：这时荷载与变形之间不再是直线关系，变形的增加要比压力的增加更快。此时，在土压密的同时，个别地区由于应力超过了土的强度而开始发生剪裂，因此，沉降变为不均匀、跳跃式的。第三阶段为完全破坏阶段：当继续增大荷载到某一值时，建筑物便会突然下陷，同时在建筑物周围，地面因下部土体发生塑性移动而产生隆起。此时，地基完全破坏。上述第一阶段造成地基沉降，地基沉降是难以避免的，也没有必要完全避免它，因为并不是只要沉降就会影响建筑物的使用和破坏，而是沉降量达到一定值时，这种情况才会发生。地基沉降量可通过计算求得。地基在荷重作用下，抵抗破坏的能力称为地基强度。地基强度的大小主要表现为两个临界荷载。一为临塑荷载（ P_{kp} ），是由变形第一阶段进入第二阶段的临界荷载，也就是地基中刚要出现塑性变形区的荷载。二为极限荷载（ P_{np} ），是由第二阶段进入第三阶段的临界荷载，也就是地基中刚要出现连续滑动面的荷载。上部荷载如超过极限荷载，地基就完全破坏而失去稳定性，从而引起建筑物的损坏。为保证建筑物安全和正常使用，一般不允许建筑物施加于地基的荷重达到极限荷载，但是也不一定将其限制在临塑荷载之内。因为对于许多建筑物来说，当地基存在着局部塑性变形区时，并不会影响其正常使用与安全。为了充分利用地基承载力，一般把建筑物荷重设计在临塑荷载与极限荷载之间。工程设计中，将地基所能承受的最大荷载量称为地基允许承载力，在这个最大荷载量作用下，地基产生的沉陷或

沉陷差值是建筑物所允许的，并在抗剪切破坏方面具有足够的稳定安全系数。地基承载力可应用有关单位颁布的正式规范查得，亦可按理论公式进行计算。

【水库渗漏】包括暂时性渗漏和永久性渗漏。暂时性渗漏指水库蓄水初期，库水渗入库水位以下未被饱和的岩土体中的孔隙、裂隙和洞穴等，使之饱和而出现的库水渗漏量。因其没有渗出库外，并未对水库蓄水构成威胁。永久性渗漏是指库水沿某些地下渗漏通道流向库外的邻谷或洼地的现象。这种渗漏是长期的，因此对水库蓄水效益影响极大，轻者削弱了水库调节径流的能力，重者可使水库不能蓄水而失去作用。实际上完全不漏水的水库是没有的，一般情况下，只要渗漏量小于该河段平水期流量的1—3%则是允许的。对于渗漏规模更大或更集中的渗漏通道则需进行工程处理。产生渗漏的工程地质条件有：库底和水库周边有透水岩层存在；具备有利于库水渗漏的地形地貌条件；一定的地质构造条件；一定的水文地质条件。

【水库浸没】水库蓄水后，由于水位抬高，库水对地下水起顶托作用，使地下水位上升，称为地下水壅水。当水库边岸比较平缓，地面高程接近正常高水位时，壅水后的地下水位可能接近或高出地表，称为浸没。水库浸没易造成农田盐渍化或沼泽化，建筑物基础沉降加大，地下建筑物破坏，公路、铁路的冻胀、翻浆及房屋倒塌等不良后果。水库浸没的形成决定于水库正常水位上下范围的地貌、岩性及水文地质条件。一般在下列地段易发生浸没：（1）地形过渡带，如上一级阶地和下一级阶地接触的边缘；（2）强透水层向弱透水层过渡的接触带，如冲积层或坡积层与黄土接触

带；(3) 地形平缓和地表排水不畅，特别是那些地面高程低于或略高于水库正常高水位的洼地；(4) 库岸地带原有的常年或季节性积水洼地或沼泽地边缘；(5) 地下水补给来源充沛，补给量大于排泄量的地区等等。

【水库坍岸】水库蓄水后，由于库区自然条件的改变而引起水库边岸破坏的现象。水库坍岸是水库蓄水后必然要产生的工程地质现象，因为蓄水势必使原始自然条件发生很大变化，其表现为：由于库水位抬高，库岸斜坡地带，原来处于干燥状态下的土石体，在水库水位变化范围内的部分受到库水湿润，有的甚至经常处于饱水状态，因而其物理力学性质发生变化，如内摩擦角减少，尤其是黄土和粘性土变化更烈；水库蓄水后，整个库盆形成人工湖泊，河岸斜坡原来受流水作用冲刷，而今变为受库水波浪冲击、掏刷。上述变化使部分原来处于平衡状态的斜坡，不能保持原有稳定而发生坍塌破坏。先是发生在库水位变化幅度范围内的坡岸，而后逐渐向上扩展，直至把库岸斜坡改造成为在新的条件下达到稳定为止。水库坍岸将导致坍岸地带的建筑物及大量农田的毁坏，坍下的土石淤积于库中，又减少了有效库容。

【水库淤积】水库蓄水后，河流上游携带的泥砂因库内水流速度变慢而沉积，库岸坍塌的物质也填入库中，致使水库容积越来越小的现象。水库淤积虽然有时能起到天然铺盖防渗的作用，但是大量淤积物将占去一部分水库容积，使水库有效容积减小，甚至可能在不长的时间内将水库淤满，妨碍水库的正常使用。在厚层松散堆积物地区，特别是黄土地区修建水库，水库容易淤积。其物质来源有库区冲沟侵蚀、塌岸发展、滑坡和崩塌、斜坡面流冲刷、

河流带入的泥砂等。分别估计各来源可能带入水库的泥砂量，便可估算出库区淤积物增加量。防止水库淤积的措施主要是开展水土保持工作。

【道路冻害】由于冻结与融化作用引起的道路变形。包括冻结作用引起的道路冻胀和融化作用引起的路基翻浆。道路冻胀指由于路面地下水的冻结和冰体的增长所导致的不均匀路面隆起。由于路基土质不同，而含水量也不同，在寒冷地带或冬季，易于发生不均匀冻结作用。随着冻结深度的不断加大，邻近地区及路基的水分向冻结部位迁移，在路基中形成冰体而使道路隆起。路基翻浆则是指在春暖化冻时，路基中的冰体在融化过程中，上部已经融化的水被下部未融化的冻土所阻，不能下渗，使路基土处于饱水状态，承载力显著降低，在车轮碾压下，路面下沉，饱水泥浆从路面裂缝中挤出，造成翻浆。道路冻害的程度与土质有关，砂土冻胀值很小，一般不发生冻害；粘土冻胀值最大，也最易发生冻害。通过采用换土、排水、提高路基、筑隔热层等工程措施可防止道路冻害。

【山崩】高山区发生的体积巨大的岩块的崩塌。斜坡上的岩块，在重力作用下，以急剧骤发的方式脱离基岩下坠，便形成山崩，山崩常发生在坡度大于 45° 的山区，暴雨、冰雪融水、地震、爆破等因素的触发，更易引起大规模的山崩。大规模的山崩使建筑物毁坏、河流堵塞、道路冲毁，造成很大的危害。山崩是新构造活动强烈的高山地带常见的一种地质灾害。

【泥石流】是山区突然爆发的，含有大量泥砂、石块等固体物质，

并具有强大破坏力的特殊洪流。泥石流中固体物质的体积一般占总体积的 15% 以上，最多时可达 80%。泥石流的容重通常大于 1.3t/m^3 ，最大可达 2.3t/m^3 。泥石流的流速一般 $5-7\text{m/s}$ ，最高可达 $70-80\text{m/s}$ 。由于泥石流的速度快、粘度大、容重高，因此其侵蚀、搬运和沉积的过程极为迅速，几分钟内就可改变地表面貌。泥石流多发生在新构造运动强烈、固体碎屑物丰富、暴雨集中或有大量冰融水、地形陡峻的山区。固体物质含量较少（15—40%），粘度较低的泥石流称稀性泥石流，其流速快，具有较强的下切能力；固体物质含量 $>40\%$ 、粘度大的泥石流，称粘性泥石流，具有较大的侵蚀搬运能力，可托浮重达数百吨的石块，易使沟谷堵塞。泥石流对农田、道路、桥梁、房屋、水电设施等都有较大的破坏力，但根据泥石流发生、发展的规律，可以实现预报、预防。

【地裂缝】地表的岩层、土层在地质因素或人为因素作用下裂开形成的，具有一定长度、宽度的缝隙。地裂缝可使农田、道路、地下管线、建筑物等造成严重破坏，是主要的地质灾害之一。形成地裂缝的原因复杂多样，常见的有地震地裂缝、基底断裂活动地裂缝、潜蚀地裂缝、黄土湿陷地裂缝、地面沉陷地裂缝、滑坡地裂缝、土体胀缩地裂缝等类型。地震地裂缝是由地震形成的地裂缝，又有两种情况，一种受构造活动控制，这种地裂缝往往沿活动断裂成带状分布，具有较强的方向性和穿越性，不受地形、岩性、土质及障碍物的限制，它们虽有不同的力学性质和规模，但其组合规律的形成机制可用统一的应力场给予解释，实质上它是地震断层在地表的表现形式。另一种是地震时由于重力作用形成的地裂缝，不具备以上特点，主要分布在极震区。由基底断裂活动形成的地裂缝沿断裂带分布、方向性明显，规模和位移较大，危

害性大。其他类型的地裂缝规模较小，较局限。

【地面塌陷】地表的岩石、土体，在自然或人为因素的作用下，发生陷落，形成塌陷坑（洞）的现象。形成地面塌陷，在地下必需有足够大的洞穴，当其上方的岩、土在自身重量或某种触发因素的作用下向下陷落，便引起地面塌陷。地面塌陷主要发生在可溶性岩石地区（如石灰岩、黄土等）或矿山采空区、地下工程附近等地。地震、降雨等是造成地面塌陷的重要触发因素。不合理的或强度过大的人类活动可诱发或加剧地面塌陷。地面塌陷可造成建筑物变形、倒塌，农田毁坏、水井干枯、道路中断等，给人类带来危害。岩溶地区的地面塌陷是铁路的主要病害之一，可造成路基沉降、桥涵开裂、隧道施工受阻。

【岩石蠕动】是指地表的岩层或土层沿斜坡向下缓慢移动的现象。蠕动的速度一般每年仅几毫米至数十厘米，移动体与其下的不动体间设有明显滑动面。尽管蠕动是缓慢的、渐发的，但长期的积累量也相当可观，可使下伏岩层发生弯曲以至破裂，或引起道路、厂房、水坝等工程建筑发生变形，甚至毁坏，给经济建设带来危害。引起蠕动的因素是多方面的，如干湿变化、冻融作用、重力作用等。

【砂土液化】饱水的粉砂、细砂或亚粘土，在地震力的作用下，瞬时失去强度，由固体状态变成液体状态的力学过程。砂土液化主要是使砂土中孔隙水压上升，抗剪强度降低并趋于消失所引起的。砂土液化是平原地区破坏性地震的主要震害之一，由于砂土被液化，地下的砂粒及水体随“喷水”、“冒砂”被带至地表，这样就

使地基失去支撑能力并发生局部沉陷，引起上部建筑物不均匀的沉陷以至破裂、倾倒或路面纵裂；在河岸边，可引起岸边滑移、桥梁落架；大面积的喷水冒砂将淹没农田、堵塞排灌设施等等。因砂土液化造成的危害有时是相当严重的。

【土地冻融】由于土层冻结、融化而产生的地质现象。土地冻融是地质灾害的一种类型，常给人类造成危害，例如：土层冻结时体积膨胀，产生微裂隙，融化后土层变软而沉陷，这样就破坏了建筑物的基础，可引起房屋开裂，道路变形以至翻浆；另外，由于冻融作用改变了土体的平衡状态，可引起斜坡地区的土层发生滑坡、崩塌，以至产生泥石流；强裂的土层冻融可使地面下沉，引起地面塌陷。土地冻融在冬季气温低于零度的地区均有发育，中国以西部高山地区和东北北部高纬度地区最为严重，给道路养护、交通运输和工程施工等带来很大的困难。

【水土流失】土壤在水的浸润和冲击的作用下，变得松散、破碎，并随水流动而散失的现象。在自然条件下，降水所形成的地表径流会冲走一些土壤颗粒，但土壤若有良好的覆盖物（如植被等）保护，水土流失的速度非常缓慢；若人类不合理的开发利用水土资源，破坏了土壤的覆盖物，水土流失的速度显著加快，严重的水土流失，给经济建设会带来很大的危害，主要有：使土地的生产能力下降以至完全丧失，中国每年流失的土壤约有 50 亿吨，其中氮、磷、钾达 4000 万吨；淤积河道、湖泊、水库，如长江流域因水土流失加重，使长江输入海洋的泥沙量达黄河的 $\frac{1}{3}$ ，洞庭湖每年有 1400 多公顷沙洲露出水面，丧失了为长江分洪的作用；污染河、湖的水质等。中国水土流失的面积已达 22.25 亿亩，并有继

续加剧的趋势。不合理的开垦，乱采乱伐植被、森林和生态环境不断恶化是造成中国水土流失的主要原因。

【土地沙漠化】在半干旱地区，由于开垦和过度放牧，使草地和沙质土壤失去植被保护，刮风时沙粒被吹起形成风沙流，出现了以风沙活动为主要特征的类似沙漠的景观。沙漠化往往以畜圈、水井为中心，呈环状向外扩散。沙漠化是当前世界上一个重要的生态环境问题，中国在历史上和现在都存在沙漠化问题，土地资源被侵蚀的形势很严峻。中国制定了森林保护法，并进行了大规模的植树造林、退耕还牧工作，这些对防止沙漠化和保护人民的生活环境有重大、深远的意义。

【地震灾害】由地震造成的灾害。强烈地震常常造成严重灾害，使人民的生命财产遭受巨大损失，例如 1976 年 7 月 28 日唐山 7.8 级地震，使整个唐山变成一片废墟，人员死亡 24.2 万，经济损失 100 亿元。地震灾害中最普遍、最直接的灾害的是房屋、桥梁、水坝等建筑物的破坏，建筑物倒塌不但造成经济损失，也是造成人员伤亡的主要原因，在人口稠密地区这种震害表现得更为突出。另外，地震形成的断层、地裂缝、地面沉降、砂土液化、山崩、滑坡、泥石流、海啸等也可使田园、道路、建筑物等遭受严重的破坏，并造成人员伤亡。地震还可引起火灾、水灾、瘟疫、有毒气体蔓延等灾害，称为地震的次生灾害，这些灾害造成的损失有时比地震本身造成的损失还要严重。如 1923 年 9 月 1 日的日本关东 8.2 级地震，使东京 136 处起火，由于水源断绝，大火蔓延，持续三天两夜，使 2/3 的房屋被烧毁，造成 56000 人死于火灾。因此，对人口集中、工业发达的大城市、大工矿区的防震抗震工作要特

别重视，不但要预防地震的直接灾害，亦要预防地震的次生灾害。

宇宙地质

【地球的演化】地球自形成到现在，已经历了漫长而复杂的变化，其中最巨大的、影响深远的是整个地球分化成同心圈层的变化。地球刚从太阳系星云中分化出来时是一个接近均质的球体。原始地球各种物质混杂在一起，并没有明显的分层现象。但是在地球的重力作用下，物质发生分异，轻的上升，重的下降，从而形成地球的圈层。地球圈层的演化与地球内部温度的变化过程有密切的联系。地球形成的初期，在温度很低的情况下，各种不同的物质都以固态状态存在着，因此重力分异作用无法进行。地球本身因自转体积收缩而产生热能，同时因放射性元素在地内蜕变产生热能，随着地球内部热能量的积累，地球内部温度就逐渐升高，地内物质也就具有越来越高的可塑性。当温度高到一定程度，以致使地内物质具有足够的可塑性的时候，地内就开始了重力分异，较重的物质缓慢下沉，较轻物质缓慢上升。地球内较重物质为含铁镍多的物质，密度高、熔点低，而较轻物质则如硅酸盐等具有低密度和高熔点的特点。这样，地球上层的铁和镍的熔体就渗过硅酸盐物质，流向地内深处，甚至到地球中心。同时地内深处的硅酸盐物质就浮到地球的上部，这样，地球就分化成地壳、地幔和地核。

组成地壳和地幔的物质中，也存在着轻重的差别。在重力分

异过程中岩石圈也基本上按密度高低顺序构成层次；最轻的花岗岩位于最上层，其下为玄武岩，再下是橄榄岩。但是在局部地区，有各种特殊的情况，例如，玄武岩和橄榄岩也有出露地表的。地球内部虽然经过重力分异，但物质的不均一性仍然存在，所以物质的重新分配和再运动是不断地进行着的。地球迄今为止是一个十分有活力的行星。地球的圈层分化过程直至今日从未停止。地壳和地幔间的界面，地幔和地核间的界面，都是高低不平的，不同的物质还在不停地进行升降或水平的运动。其中最活跃的是上地幔中塑性柔软的软流圈，以及地壳表层的流体运动最为明显。而地壳的变化又是各圈层相互作用的结果，在外面，地壳受到水圈和大气圈的作用；在里面，地壳受到地幔的作用。无论是地壳的缓慢升降变化，还是地震、火山等的迅速变化，都是地球演化的表现。

【月陆】 又称高地。指月球表面高出月海的地区。月球正面的月陆总面积和月海总面积大体相等；月球背面的月陆面积要大得多。月陆地区一般高出月海水准面约 1—2 公里。由于月陆主要由浅色的斜长岩组成，对阳光的反照率较高，用肉眼见到月球上洁白发亮的部分即为月陆地区。据各方面研究表明，月陆比月海形成时代要早。月陆斜长岩同位素年龄测定主要为 45—42.5 亿年，也还有低达 39 亿年左右的年龄值。由于月陆区长期经受陨石轰击，据地震资料揭示，月陆上部约 10 公里厚均被角砾化，破裂作用可深达 20 公里。

【环形山】 月球表面环绕在月坑周围高出月面的部分。大多数月坑周围都有环形山，环形山四周还有放射状的构造线，它们共同构

成具有特色的月面上的环形构造。据统计，月面上环形山（月坑）的总数在 33000 个以上。其分布是不均匀的，在月陆上远较月海为多，月面中南部的莫罗利卡斯月坑附近为最密的地区，月海带上密度最小。环形山（月坑）的直径大小不一，大者直径有 200 多公里，如南极附近的克拉维月坑，直径达 240 公里，像被高山环抱的圆形平原。环形山高度在 300—7000 米之间。环形山往往由连续屹立的崖壁构成，崖壁常呈隆起的高峰。环形山在月坑内侧陡，坡度在 25° — 50° 间，一般为 35° ；外侧缓，坡度仅 3° — 8° ，一般为 5° ，再往外与平原相连。关于环形山（月坑）的成因有不同认识：一为火山口说；一为陨石撞击说。从现有资料看，环形山（月坑）主要是陨石撞击形成，可能有些曾发生过由于撞击诱导的火山活动，仅有少数可能纯属破火山口性质。

【月谷】一般指月面上宽阔的谷地，常呈直线或弧形，陡壁平底，很象地球上的东非裂谷。例如位于雨海和冷海之间的东西向雪茄形的阿尔卑斯月谷，长 130 公里，宽 10—12 公里；南海东北面月陆上有一条赖塔月谷，长 500 公里，宽 20—30 公里；在风暴洋中部连接希罗多特斯月坑的南北向施罗特尔月谷和月球背面南部的普朗克月谷（长 350 公里，宽 10—25 公里）都是有名的月谷。有人认为，这种宽大的月谷很可能是月海熔岩冷却时因张力而沿断层下落形成的。

【月溪】月面上的细长沟纹。月陆和月海中均有发现，而在玄武岩充填的低地上尤为常见。其形状各异，有直的月溪和曲的月溪等，因此反映其成因也可能不同。直月溪是呈直线延伸的，例如位于汽海与中央湾之间高地上的希解纳斯月溪，长约 200 公里，宽约

5 公里，一端与希解纳斯月坑相连。曲月溪与地球上的曲流相似，例如腐沼东边的哈德利月溪，就是自亚平宁山脉向北延伸的曲月溪，长 100 公里以上，宽 1.5 公里，深达 400 米，发源于一条深长洼地。阿波罗 15 号即在此溪旁着陆，观测到溪的西壁上有界线分明的基岩层理和侵蚀碎屑，基岩为近水平岩层，可能是月海熔岩流的露头。在风暴洋东南哈宾格山区有一群曲月溪。目前已知长度在 100 公里以上的曲月溪至少有 20 条，如瑟萨利斯月溪，长 450 公里，宽 5 公里。直月溪的成因可能是软质岩墙侵蚀而成；曲月溪可能是熔岩管垮塌，也可能是火山灰层被流水侵蚀而成。此外，还有锯齿形曲月溪，被认为是熔岩冷却而成的大裂隙；链式月溪是由一连串连通的月坑组成，被认为是气体自火山道或喷气孔逸出时形成的。有些月溪可能与较大陨石撞击而产生的辐射状构造有关。

【月岩】构成月壳的岩石。由于月球上的地质作用较地球上的地质作用少而小，因而在月球上能保留较老和较简单的岩石系列。根据月岩、月壤和月尘样品的研究，月面上存在有三种主要岩石类型：（1）富铁或富钛的月海玄武岩，充填广阔的月海洼地。其同位素年龄大多在 31.5—38.5 亿年之间，其中最古老者为 39.5 亿年，中等者 33.5—37 亿年，最年轻者为 31.5—33.5 亿年，这是最晚喷发的熔岩。月海玄武岩是由月球内部富铁和贫斜长石的区域因放射性加热而部分熔融产生的，不是月壳原始分异的产物。（2）富放射性元素和难熔微量元素的苏长岩（克里普岩、非月海玄武岩），是由富斜长石的岩石部分熔融产生的，在富斜长石的岩石中铀、钍、钡、锶及稀土元素的含量至少比在球粒陨石中的含量高 5 倍。（3）富铝的斜长岩，其中含有 70% 的斜长辉长岩。充填于月海的岩石是暗色的月海玄武岩，主要是单斜辉石、基性斜

长石和钛铁矿组成，有时含橄榄石和磷灰石，微量陨硫铁和金属铁等，呈细至粗粒（0.05—0.3 毫米），结构多样，有辉绿结构、间粒结构、间片结构等。主要特点是：富铁、钛，无含水矿物，氧逸散度低，因而无三价铁。在月海凹地除月海玄武岩外，还有少量显微辉长岩、斜长岩、苏长岩、辉石岩和橄榄岩。非月海玄武岩是一种富含斜长石的玄武岩，与月海玄武岩相比，其斜长石含量较高，为 50—70%，而铁镁矿物和不透明矿物含量较低，主要分布在毗邻高地的月海边缘和月海深入月陆部分。月球玄武岩的共同特征是：缺失在相对低温下易挥发的元素——C、N、S、Cl、Hg、Zn 和 Pb，富集难熔元素——Ti 和 Zr。月海玄武岩无论在分布、熔融温度范围、主要矿物成分和化学组成等方面，都与地球上的玄武岩相似，但比地球玄武岩富含氧化铁、氧化镁和二氧化钛，而贫碱金属、铬的含量和难熔元素也较地球玄武岩为高。分布于月球高地的主要岩石有：高地斜长岩，主要由钙长石组成，富铝贫铁；还有苏长岩和橄榄岩，常呈碎块出现在角砾岩中。斜长岩形成的时代最老，同位素年龄为 41—45 亿年；此外，还有少量花岗质岩石，包括流纹岩在内，主要由钾长石等硅酸盐矿物组成，可能是玄武岩岩浆分异的产物，属非月海的岩石，同位素年龄为 39—43 亿年。在风暴洋采得一块象地球上的原生花岗岩，其中所含放射性元素铀、钍、钾，比地球花岗岩多 20 倍，年龄比已知最老的地球花岗岩老 10 亿年，即 46 亿年前形成。在月岩中尚未发现新元素，其冲击变质特征明显。月岩全为火成岩，与地球上的岩石相比，不含水，也几乎不含游离氧。微量元素分析发现，月岩中有一氧化碳、二氧化碳和甲烷等痕迹，还有多种氨基酸。

【月海】月球上充满熔岩的月盆。最初伽利略用望远镜窥测广泛分布在月面上的阴暗部分，推断它是一些低平如海洋的地区，故名月海。现已确知月海里完全没有水，为大片覆盖着基性月岩的月

盆。月面上有 22 个月海，其中有 17 个在月球正面（蛇海、知海、危海、丰富海、冷海、格里马尔迪海、洪保德海、湿海、雨海、云海、澄海、史密斯海、泡海、静海、浪海、汽海和风暴洋），占正面面积的一半；有 3 个在月球背面（智海、莫斯科海和东海）；还有两个跨于正面和背面之间（南海、界海）。此外，正面还有一个类月海叫酒海。月海大小不一，最大的是风暴洋，面积达 500 万平方公里，最小的如泡海，面积仅 2 万平方公里。月海深度不一，静海和澄海比平均月面低 1700 米，湿海低 5200 米，雨海的东南部最深，低达 6000 米以上。月海形状也各不相同，有圆形（雨海）、长条形（冷海）、多边形（静海）、不规则形（风暴洋）等。大多数月海是互相沟通的。月海周围大多有山脉环绕。月海内常有月谷、月溪和月海脊等地貌形态。月海的成因，一般认为是在 38—41 亿年间小天体或巨大陨石撞击成月盆，然后由熔岩充填而形成的，如东海盆地可见有辐射状构造线。80% 以上的月海集中在月球正面的原因有两种解释：一种认为是因潮汐引力把月球内部的熔融物质吸移到靠地球一面；另一种解释是正面月壳比背面月壳薄，以致正面上撞击月盆深入到熔融带，导致熔岩溢出。

【陨石】 陨星穿过大气层尚未完全烧尽降落到地面的残余体叫陨石。古代中国、希腊、罗马的文献里都有记载，但对陨石的了解还远远不够。在载人飞船带回月岩以前，陨石是唯一的天外样品，它可以提供类地行星（包括地球）的物质成分。据估计，每年到达地球附近的质量大于 100 公斤的陨星体有 1500 颗，但到达地面上时质量残留不过 10 公斤左右。因而发现率不过 4—5 块/年。目前全球收集保存有各类陨石 1700 多种，依国际惯例以其陨落或寻获的地点附近的地名命名进行编录。陨石的分类在习惯上主要按成分和结构分类，按成分分为铁陨石（几乎全由铁镍合金组成）、石陨石（主要由铁镁硅酸盐，尤其是由橄榄石和辉石组成）和石铁

陨石（含铁镍合金 50%和硅酸盐 50%）。据不完全统计，这三类陨石各占百分比是：在陨落陨石中，石陨石占 95.7%，石铁陨石占 1.2%，铁陨石占 3.2%，而在寻获陨石中，石陨石占 52.3%，石铁陨石占 5.4%，铁陨石占 42.1%。陨石是直接自天外来天体标本，因此，它可以为其它星体的物理状态和化学成分方面提供有力证据，可以了解宇宙物质的形成条件和演化历史情况。陨石种类繁多，成分各异。其主要元素的平均化学成分见下表。据估计地球每天接受陨落陨石（包括微陨石）约有 10^2-10^3 吨，其中有 1%是属于寻获陨石。按这一估计，在地质时代其陨石降落量只占地壳的 $10^{-3}\%$ ，对地壳化学成分的改变影响极微。但不同学者的估计可差 4 个数量级。根据对各个天体的比较研究表明，地球在历史上曾有过陨石流量比现在大得多的时期。陨石自在空间生成到地球上的过程中大致可分为十个阶段：（1）核合成阶段；（2）凝聚阶段；（3）球粒形成阶段；（4）吸积阶段；（5）静力变质阶段；（6）冲击变质；（7）从母体被抛出；（8）在空间磨损阶段；（9）与地球撞击阶段；（10）在地球上被发现。在第 7—8 阶段中，根据陨石的宇宙成因核可确定陨石在空间的存在时间，即暴露年龄。铁陨石的暴露年龄年为 0—23 亿年，以 2—10 亿年居多；球粒陨石（属石陨石类）的暴露年龄小于 6 千万年。

各类陨石成分对比表

化学元素 的名称 (符号)	平均化学成分 (%)		
	铁陨石	石铁 陨石	石陨石
铁 (Fe)	90.85	55.33	15.50
镍 (Ni)	8.50	5.43	1.10
钴 (Co)	0.60	0.30	0.08

化学元素 的名称 (符号)	平均化学成分 (%)		
	铁陨石	石铁 陨石	石陨石
铜 (Cu)	0.02	——	0.01
磷 (P)	0.17	——	0.10
硫 (S)	0.04	——	1.82
碳 (C)	0.03	——	0.16
氧 (O)	——	18.55	41.00
镁 (Mg)	0.03	12.33	14.30
钙 (Ca)	0.02	——	1.80
硅 (Si)	0.01	8.06	21.00
钠 (Na)	——	——	0.80
钾 (K)	——	——	0.07
铝 (Al)	——	——	1.56
锰 (Mn)	0.05	——	0.16
铬 (Cr)	0.01	——	0.40
钛 (Ti)	——	——	0.12

【陨冰】是从宇宙空间坠落到地球表面以水为基本成分的天体。太阳系空间存在有冰体的理论，最先由美国天文学家惠普尔(1980)提出，他的彗星冰冻团理论模型，认为彗核是由一个吸附着宇宙尘的冰块组成的“脏冰球”。当彗星接近太阳时，太阳的热能使其冰体表面升华为气体，形成彗发、彗尾，但其彗核内部仍保持冰冻状态。彗星的寿命通常只有几千个围绕太阳的公转周期，

它有可能受太阳、行星等天体所施加的引潮力而逐渐瓦解，形成流星群。陨冰则有可能是彗核瓦解后坠入到大气层中还未溶化的冰块。至今尚无确定无疑的陨冰的报道。

【陨石雨】当陨星进入地球大气圈与大气发生撞击、摩擦、燃烧、发光，并在高空发生爆炸，形成碎块、碎片四射，象下雨般地散落到地面的现象叫陨石雨。截止 20 世纪 90 年代初，中国发生过 4 次陨石雨：(1) 明朝广西南丹境内的铁陨石雨（1958 年发现其遗迹）。(2) 1972 年吉林双阳县境内的石陨石雨。(3) 1976 年 3 月 8 日 15 时吉林地区降落的石陨石雨，散落范围约 590 多平方公里，收集的完整陨石共 200 多块，总重达 2.7 吨多。其中重量最小者为 0.5 公斤以下，最大者为 1770 公斤，大大超过了美国收藏的、世界上最大的石陨石重量（1078 公斤）。这次石陨石雨无论是数量、重量和散落范围，都是世界罕见的。(4) 1977 年 3 月 11 日 11 时 54 分，湖南常德地区的石陨石雨，规模、数量和范围均小于吉林陨石雨。

【吉林陨石雨】1976 年 3 月 8 日 15 时 1 分降落在中国吉林地区的一场世界罕见的陨石雨。陨石雨降落前，当地上空出现一个大火球，很快分裂成一大两小的三个火球。由于陨石飞行，产生了冲击波引起的霹雳巨响。陨石雨降落在东西长约 72 公里，南北宽约 8.5 公里的狭长地带。为目前世界上分布面积最广的石陨石雨。已收集到的陨石样品共 200 多块，总重 2700 公斤，其中有三块每块重量均超过了 100 公斤，而最大的一块重达 1770 公斤，是迄今所见最大的石陨石，最小者在 0.5 公斤以下。吉林陨石雨为陨石学研究提供了内容丰富的标本。通过陨石的标本研究，初步认为吉

林陨石雨的母体是一颗重约 5 吨的陨星体。铷—锶模式年龄约为 47 亿年。此时组成陨石的物质从太阳原始星云中分离出来，温度逐渐冷却，相继形成碳硅石、石墨、锆英石、铬铁矿、铁纹石、镍纹石、辉石和橄榄石以及斜长石、白磷钙矿等。吉林陨石的矿物球粒，有遭到冲击破裂的残迹，这说明它在太阳系空间运行中，曾经历过其它小天体的撞击，母体可能经历过多次破碎。其经受碰撞脱离母体的时间，距今约 100 万年。

【新疆陨铁】为陨落在中国新疆地区的陨铁，陨落地点在新疆青河县境内，是世界上发现的第三个大陨铁。其体积为 3.5 立方米，重量约 30 吨（最大的陨铁重约 60 吨，陨落在非洲），现存新疆乌鲁木齐市展览馆。从化验结果得知，含铁 88.67%，镍 9.27%，以及少量的钴、磷、硅、硫、铜等化学元素；这块陨铁还包含有 8 种矿物，其中有 6 种矿物是地球上所没有的。

【雷公墨】中国古时对黑色陨石粒叫雷公墨，可能就是玻陨石。在中国广东雷州半岛和海南岛一带有广泛分布。

【冲击波】超高速物体通过介质时，如果速度超过介质能传播的声速，会形成高压瞬态压缩波，称冲击波。其振幅大于介质的弹性极限，使介质的压力、温度、密度和速度都将发生激烈的变化，但这个激烈变化区范围有限，时间很短。陨星降落地面和炮弹爆炸等初始期产生冲击波，以超声速前进，能够使岩石物质熔化、气化，矿物变化和强烈变形甚至变质。

【基浪】大陨石撞击地面或爆裂式火山喷发时（以及核爆炸和化学

爆炸时)，从爆炸点或撞击坑飞溅出速度较低的环形热气云、熔融碎岩屑和尘埃等溅射物，像密度流一样地向外作辐射状运动，速度可高达 200 公里/小时，这种现象称基浪。

【陨石冲击作用】简称陨击作用。陨石自天外落到地面的过程中发生了一系列的作用，统称为陨击作用。陨石在大气层中高速运动，摩擦生热使大气局部温度可以升到很高，在一定条件下空中可进行热核反应。陨石自空中落到地下的过程中发生的各种作用：首先穿插入地面，产生向下和向周围的侧压力，然后把被粉碎的物质向高空溅射，部分物质回填到陨击坑的四周和下部岩石进行冲击变质作用和破碎作用，形成角砾岩和裂隙带等。

【冲击构造】泛指由陨星、小行星或彗星的超高速撞击形成的地质构造。

【陨石撞击坑】陨石以高速猛烈撞击地面形成的坑穴，称做陨石撞击坑，简称陨击坑。月球表面的陨击坑简称月坑（天文学里常译为环形山）。目前在地球、类地行星、卫星上都发现大量的陨击坑。陨击坑的性质首先取决于宇宙因素（陨落天体的大小、速度、成分等），地面因素（水、岩石的成分和结构、撞击地点等）亦起一定作用。冲击作用对当地的古地理和地质状况亦起了不同程度的改造作用。陨击坑的深度与陨击坑的直径成正比。陨击坑底部岩石受冲击而生成角砾岩，角砾岩的厚度远大于陨击坑的深度。陨击坑的外表形态容易受到后来地质作用的破坏，因此陨击形成很厚的角砾岩就成为识别陨击坑的一个重要标志。陨击坑是一种特殊的地质体，它的内部结构和组成岩石与其它地质作用（构造作

用、火山和侵蚀作用等)形成的结构不同。由陨石撞击造成的结果是使原来的岩石受到粉碎、熔化、改造和搬移,形成辐射状或环形构造和角砾岩。从地球表面的陨击坑数量来估计,在最近几十亿年中,地球受到能造成陨击坑直径大于1公里的近百万个陨石冲撞;在整个显生宙中亦应存在过直径大于1公里的陨击坑约10.8万个。目前,已发现的仅一百多个,大部分陨击坑可能被年轻沉积物覆盖或被地质作用破坏。在地球表面上已发现的陨击坑大小不一,小者直径仅几米,大者直径大于100公里。西伯利亚的波皮盖凹地的直径达100公里,是地球上的一个最大陨击坑。直径大于50公里的有加拿大马尼夸根和非洲南部的弗雷德福特环形构造。直径小于50公里的有加拿大魁北克省清水湖,直径为26公里,加纳的阿善提陨击坑直径约10公里,已被湖水充填;美国亚利桑纳州的巴林格陨击坑直径为1.3公里,深约175米,估计陨石重达100万吨,陨击坑形成年龄为25000年。1976年3月8日吉林陨石雨中最大的一块重达1770公斤的石陨石造成了长径为2.1米、短径为2米,深达6.5米的陨击坑。陨击坑具有以下特征:形状多为圆形、椭圆形或腰子形;具有较好的环壁,内陡外缓;重力为负异常;大陨击坑内有明显的中央峰;常有陨石碎片和镍—铁珠球、石英和石墨的高压变种(柯石英、超石英、金刚石等)矿物;主要造岩矿物中高压变形、微裂隙和微劈理等构造发育;玻质熔体和结晶体并存;难熔矿物有分解和熔化以及震裂锥的出现等冲击变质现象,据此可与外形相似的火山成因的环形构造相区别。陨击坑在类地行星和大行星的卫星上有广泛分布,在时间分布上亦有特点。因此在天体地质研究中,把陨击坑的大小、密度,及相互覆盖的关系作为确定行星地质体相对时代的一个重要依据,在进行行星间地质发展的对比方面起着重要作用。

【水星表面的特征】水星表面是固体物质，覆盖着薄层表土（似土壤），表面有许多圆形的盆地和陨击坑（多数有明显的辐射纹）。有的陨击坑受歪曲修饰成长形洼坑，坑间有山脊、山结，有一条线形槽沟宽 7 公里，长 100 公里以上。水星表面反照率 8—12%，与月陆的差不多，故明暗反差不大，这是因为水星表面没有巨大的地势起伏（因表面温度可以很高），也没有暗色岩充填在盆地里的缘故。但水星表面上常出现长而高的断壁，有的高 2—3 公里，长几百公里，多呈弧形，可能是水星壳收缩时均衡调整派生的挤压断层。由于大气极稀薄，故水星表面温度变化剧烈，赤道区白昼正午为 427℃，下午降到 187℃，黎明前低到 -183℃，温差达 610℃，是九大行星中温差最大者。有人说水星表面应有一层疏松多孔绝热层导致迅速失热，其实可能是水星自转变慢，有充分时间来加热和散热。

【水星内部构造】根据水星体积小、密度大的特征推断其内部应有一个占水星半径 $\frac{3}{4}$ — $\frac{4}{5}$ 的金属核，表面有一层富铁硅酸盐外壳。因水星有磁场，表明水星核处于熔融状态。水星壳冷凝后，饱受陨石撞击致使成分有所改变，加上一层陨击壳。

【水星陨击坑】水星表面布满着大大小小的圆坑。大的直径可达 200 公里，平底，有中央峰，再大的则过渡为盆地。直径在 100—200 公里的水星陨击坑多呈双环状（两个环壁），多为平底；直径小于 100 公里的多为碗形圆底坑，也有中央峰且大多有明显的辐射纹（这比月球陨击坑辐射纹多得多）。辐射纹最显著的水星陨击坑名为凯珀陨击坑，直径 41 公里。直径小于 10 公里的水星陨击

坑为数很多，直径小于 1 公里的多半是次生陨击坑，常呈串珠状、链状、放射状分布。水星的次生陨击坑距离原生陨击坑近，这是因为水星重力比月球重力大之故。水星陨击坑是由陨石撞击形成的，南半球比月球的陨击坑密度大。有辐射纹的水星陨击坑多搭叠在老水星陨击坑之上，新的水星陨击坑周围的较古老表面特征比月球古老表面保存得更多，水星表面从新到老都可清晰见到。

【金星表面的特征】宇宙飞船在金星着陆以前，我们对金星表面几乎一无所知，现在所知的也不多。金星表面温度很高，达 450°C — 470°C ，昼夜温度变化不大，说明金星大气热容量很大，温室效应显著。雷达图像上出现的亮区代表金星表面上的“糙斑”，说明是凸起或者凹陷。并发现金星表面有陨击坑，最大的直径 160 公里，最小的直径 35 公里。还发现有火山口和长达 1500 公里的沟，似为裂谷。金星 8 号着陆点物质密度约 1.5 克/厘米^3 ，雷达图像上是角砾块和碎屑。X 射线表明有花岗岩存在。据 γ 射线光谱分析金星表面物质成分有 K4%，U 约 200ppm，Th 约 650ppm，U/Th 相当于花岗岩和页岩，推测金星壳由富硅物质组成。金星表面地势起伏不会很大，没有明显的地形结构，这可能是由于表面温度很高，岩石强度不大，易塑性流变，不能支持太大高差，故无大山脉。金星大气尽管很浓密，但仍可让阳光透过，使金星表面上得到一点可见光。

【金星内部构造】目前只能根据表面和大气资料并与地球内部类比，假定一个金星内部构造模型：金星壳（质量约占 1%）、金星幔（68—78%）和金星核（21—31%）。假定金星核成分为 Ni—Fe。内部温度在 1700 公里深度附近可达 $2000\text{—}2700^{\circ}\text{C}$ ，如此就会熔

化而发生岩浆活动及火山作用。按热梯度推论金星中心应有一个相当流动的核，从而会引起一个容易检测出来的磁场并会捕获太阳粒子构成辐射带，然而到目前为止还没有发现磁场。这可能有三个原因：（1）金星自转很慢，未达到产生发生磁场的运动速度；（2）需要卫星作为驱使金星核电流穿过进动转矩的能量；（3）金星核已经固结。

【火星表面特征】根据人造卫星的探测，火星表面地形极为复杂。火星表面广泛分布着火山作用形成的地形。如有名的奥林庇斯山，是一座外观完整的火山锥，直径约 600 多公里，它的顶峰高出周围平原 25 公里，火山口的直径达 65 公里，熔岩溢流到火山的侧面，形成从中心放射出的羽状结构。在地球上还未发现这样大的火山。这些火山是刚熄灭不久的死火山。火星表面发育有大而密集的环形坑，据统计，仅在 40% 的赤道区范围内，就发现有 5 万多个直径大于 1 公里的环形坑，大型的环形盆地如黑拉斯盆地深约 4 公里，直径可达 2000 公里以上。一般环形坑的直径可达 50—70 公里。盆地中堆积有玄武岩质熔岩或火山灰。由于火星上有强大的风暴吹扬作用，所以也有很多风积物。火星上的环形坑，大部分为陨击坑，也有的是由火山成因的。火星上分布着延伸上千公里的大断层，形成了一些宽几公里，甚至几十公里的大峡谷。还有长 400 余公里，宽 5—6 公里的“运河”，如同地球上的河系，这种“运河河谷”可能是熔岩流造成的，也可能是火星的早期历史中曾出现过流动的水系所造成的。据近年来研究，这些“运河”也可能是由斑点聚集云造成的。火星上存在一些白色的极冠，即在两极区存在着灰白色部分，随着一年四季的变化，它会改变其大小，即在冬季变大，而夏季则缩小，经测定极冠的温度约 150K，

是由固体的 CO_2 组成的。火星上的暗色带认为可能是暗绿色岩带、或者是季节变化引起的大风，把砂质或灰尘吹扬起来所致。也有人曾用偏光观察，认为也许是与布满了像苔藓那样的低等植物有关。火星上的所谓沙漠，占表面积的 $3/4$ 左右。有些科学家设想这种“沙漠”可能是褐色火成岩或者是褐铁矿粒的集合区。对火星的土壤研究结果发现，火星表面的岩石富含铁镁，估计没有大量的富钾的花岗岩类物质。火星的表面有足够的水和冰与含铁镁岩石作用而生成的含铁粘土。总之，火星表面特征是火星内外力地质作用及陨石的冲击作用的产物。

【火星内部构造】根据火星平均密度 (3.91 克/厘米^3) 和角动量常数 (0.389)，以及水手号获得的“火星密度随深度而增加”的资料等，提出两种内部构造模型：(1) 双层内部构造，火星幔（厚 $200—2000$ 公里，密度 $3.7—4.0 \text{ 克/厘米}^3$ ，由硅酸盐组成）；火星核（半径 $2200—3380$ 公里，由密度 $8.1—10.3$ 的铁镍合金或由密度 $4.2—4.4$ 的金属硅酸盐之类的物质组成）。(2) 三层内部构造：火星壳、火星幔及火星核。火星幔可分成上幔和下幔，火星核可分成内核和外核。火星核边界最高温度为 $2100^{\circ}—2700^{\circ}\text{C}$ 。根据火星大气尘埃（直径 $1—10$ 微米）的 SiO_2 频带发射特征推断，火星壳成分可能是属安山岩类岩石。根据弱磁场判断可能没有金属核，或者有一个运动速度不足以产生强磁场的粘性金属核。有人计算为一个热的 ($800^{\circ}—1500^{\circ}\text{C}$) 固体核，其直径在 $1600—1900$ 公里之间，占火星总质量 5% 以下。

【火星陨击坑】火星表面上有许多圆形浅坑，是常见的主要地貌形象。它和月坑一样，有明显的中央峰，坑的周围分布着抛掷沉积

物，但有明显辐射纹的火星陨击坑却很少，可能是受风蚀作用破坏或者是风积作用填没。火星大陨击坑的直径 125 公里，一般在 50—75 公里，几公里以下的火星陨击坑更多。这些火星陨击坑是陨石撞击火星表面形成的。火星陨击坑分布密度并不均匀，赤道区占 40% 以上，南半球又少于北半球，在南半球，直径大于 1 公里的火星陨击坑有 5 万多个；有的地区火星陨击坑达到饱和，有的地区较稀疏；一片火星陨击坑稀疏的平原上散点着火星陨击坑密集区；有的大盆地几乎没有火星陨击坑，例如希腊盆地沙漠区和极冠区，这可能是已被风沙冻土填平。较老的大量陨击坑多半经过风蚀尘积改造，形态已不完整，年轻的火星陨击坑外貌一般完整。但绝大多数火星陨击坑较老，形成年龄有人认为不到 3—8 亿年，有人认为 20—46 亿年，多数人认为后一估计是可靠的，这是根据与月坑对比得出的，但还有待进一步研究。

【木星磁场】木星有强大的磁场，比地球磁场大 400 倍。据先驱 10 号和 11 号探测，木星磁场的外磁层顶在距木星 760 万公里处（碰到弓形波），内磁层开始于距木星 290 万公里处，磁鞘外限距木星 1660 万公里；磁场像口袋，袋口朝向金牛座。还探测到木星赤道的磁场强度不稳定，在 2—12 高斯之间波动。捕获有大量电子和质子的辐射带位于 3—4 个木星半径处，辐射带强度比地球的两个辐射带强 1 万—100 万倍；木星磁轴与自转轴交角约 15° ，故木星自转一周期间使磁层和辐射带来回摆动达 30° 左右。木星磁场极性与地磁场相反，地磁场罗盘指北针向木星南极。木星磁矩比地磁矩大 2000 倍。

医 学 地 理

【疾病地理】主要研究人类某种疾病（尤其是地方病）的发生、分布、病理过程与环境要素（气候、水、土壤、岩石矿物和生物等）之间的复杂关系（特别是它们的病因联系）的学科。随着社会的发展、科学进步及卫生水平提高，医学地理研究从注重传染性疾病转向非传染性疾病。如随着霍乱、伤寒、鼠疫等生物性病因的传染病的减少与控制，而开始研究心血管病、癌症、遗传病等疾病的地理学问题。同时，环境化学因子的影响成为疾病地理研究的重要内容。疾病地理是医学地理学的传统研究领域。

【传染病分布】传染性疾病在时间、空间和人群中的地理流行特征。传染病的发生与环境有密切关系。传染病分布受自然因素、人类的社会活动、病原体和传染媒介的活动规律所制约，其地理分布的特点为：（1）病区流行范围变化较大。传染病分布范围的大小，取决于病原体的数量和作用强度，以及人类活动的影响。（2）区域性。传染病因病原体和媒介动物的生活习性和所要求的环境条件不同其分布区域有差异。如血吸虫病多在热带、亚热带的水稻种植区流行。（3）季节性和周期性。传染病发生和流行的季节正是病原体和媒介动物大量繁殖与存在的时期，如流行性脑炎的大流行周期为 8—10 年。（4）人类社会活动对传染病的分布有很大影响。包括经济状况、卫生设施、人口密度、风俗习惯、人群迁

移、职业、贸易、战争等。

【热带病分布】发生或起源于热带的疾病，在空间、时间和人群中的地理流行特征。热带病的分布范围很广泛，其特点是：仅限于热带或以热带为主，非热带地区兼有之。根据世界卫生组织重点研究的疟疾、血吸虫病、丝虫病、锥虫病、利什曼病、麻风病等六大热带病来看，其分布趋势多见于热带潮湿地区，但也有差异，与具体的自然环境和传播媒介有关。如疟疾，主要分布于东南亚、南亚、阿拉伯半岛、整个非洲、中美和南美洲大部分地区。因上述地区的自然环境很适合疟原虫的传播媒介按蚊的孳生繁殖而使疟疾盛行。在中国，疟疾分布较广泛，但青藏高原无疟疾流行，因海拔超过 2700 米的高原，按蚊不能繁殖生长。

【高山病分布】由于在海拔 3000 米以上高原地区大气压及氧分压低的大气环境下，引起的人体缺氧的这种疾病的分布。高山病主要分布在世界各地高山、高原地区。其发生除了人体不适应低氧环境外，还与许多环境因素有关联。海拔越高，空气越稀，高山反应越严重，发病率越高。引起高山病诸因素的综合指标称为效应高度，它决定各类型高山病出现的起始海拔高度。效应高度有地带性、地区性和季节性的差异。高山病分轻型，即急性高山反应，多见于海拔 3000 米地区的初入高山者；重型，高山肺水肿和高山昏迷症，大多发生在海拔 4000 米以上的地区。高山病与低压和缺氧有关，但确实病因尚未阐明。有证据认为，激素分泌的异常可能是某些症状发生的原因。

【癌症分布】癌症在空间、时间和人群中的分布特征。癌症是单一

或一群细胞发生变异而脱离细胞生长的正常控制，并增生与扩散所形成的一种症候群。癌症与环境密切相关，大部分癌症是由环境因素作用引起的。癌症分布具有很大的区域差异性。如胃癌在日本和北欧斯堪的那维亚部分地区较为盛行，原发性肝癌在非洲部分地区及亚洲地区多见，中国以患上消化道癌症较多。癌症发生率因性别及年龄而有差异，男性癌症死亡率大部分是由肺癌引起的。40岁以上的人患癌症较多，但其他年龄的人也有可能患此症。年长群中，以乳癌、子宫颈癌、结肠癌、胃癌及肺癌为主要死因；儿童则以血癌、脑癌及脊髓癌为主。不少癌症在地理分布上具有明显的聚集现象，形成某种癌症的高发区。

【心血管病分布】心血管病是高血压病、中风、冠心病、风湿性心脏病、肺心病和先天性心脏病等疾病的总称。心血管病分布具有空间、时间和人群分异等特点。不同国家和地区的人群所患心血管病的病种不同。如美国冠心病居首，日本则以中风领先。这与各国人民的生活习惯、膳食结构等因素有关。即使在同一国家，不同地区的心血管病死亡率也有差异。如中国高血压患病率，北方高于南方。心血管病的地区分布与环境因素有关，即与水、空气中各种元素含量多少、气候条件等密切相关。心血管病有季节变化。该病虽一年四季均可发生，但其死亡率就北半球而言冬季最高，夏季最低。心血管病有随年龄增长而上升的趋势。不同年龄组人群主要心血管病的病种也不同。此外，该病与职业性质有关。

【营养病分布】营养病是因食物或某种营养成分不足或过多；食物或某种营养成分因疾病过程、结构缺陷或生化障碍而吸收不良而造成的一大类疾病。营养病分布范围很广。某种营养病的发生常

与该地区食物中营养素的构成有关。如由于维生素 B₃ 缺乏导致的癞皮病多见于乌干达、肯尼亚、坦桑尼亚与南非贫穷地区内以玉米为主食的人群。营养病的分布还有明显的时间性和人群选择性，包括年龄、性别、职业等。如佝偻病在日照较弱的冬季发病率最高，并在婴儿、孕妇中多见。脚气病海军的发病率很高，它与这些人群吃蔬菜少有关。人文因素与营养病分布也密切相关。如蛋白质缺乏病常见于战争和饥饿时期。

【自然疫源地】在自然界野生动物中长期保存某种传染性病原体并造成动物病流行的地区。在自然疫源地内，某种疾病的病原体不依赖人而独立存在于自然界中通过特殊媒介感染宿主动物。人进入该地区就可能受到感染而得病。如在某些原始森林中，森林脑炎病毒在啮齿类动物（动物宿主）和一种蜱（节肢动物）之间传播，成为森林脑炎的自然疫源地。以后扩展到非虫媒性传染病，如狂犬病和钩端螺旋体病。疫源地一般可分为自然疫源地带、独立自然疫源地和基础疫源地等类型。疫源性疾病的地区性、季节性，并受人类经济活动的影响。

【疗养地理】研究具有一定疗养能力的自然环境因素的地域分异、医学地理评价和疗养区的领域。又称医疗地理。疗养能力主要指具有医疗作用的气候、矿泉水、矿泥、地下热水等自然环境因素对治疗疾病或提高健康水平的效果程度。而上述自然环境因素又主要依赖于生物、气候条件、地质结构、岩石特性和地球化学过程的影响和制约。含有不同化学成分的矿泉水、矿泥、地下热水可以治疗不同类型的疾病，由此建立各种功能的疗养区；而医疗气候主要包括光照度、气压、温度、湿度，尤其是新鲜的空气，由

此建立海滨、森林、高山疗养区。具有疗养能力的自然环境因素又称自然疗养资源。不同国家和地区有不同的自然疗养资源，其分布与火山活动、断层构造、生物、气候带密切相关。

【保健地理】研究医疗保健服务系统的空间结构、地域配置及其与功能关系的领域。医疗保健服务系统的形成和分布，依赖于社会政治、国民经济、科学技术、人口分布和自然条件等多种因素。一般来讲，一个国家的医疗保健服务系统都是以城市为中心，呈网状配置结构向周围延伸。形成卫生所、医务室、医院、疗养院治疗等全方位的医疗保健服务。各国、各地区的保健服务水平和配置结构差异较大，主要反映在医生人数和总人口数之比，如 20 世纪 80 年代初期，美国平均比为 1 : 440，日本平均比为 1 : 740，中国平均比为 1 : 760，而非洲某些国家成千上万的人只有一个医生。

【医学地理区划】根据人群疾病和健康状况与地理环境关系的地域分异而进行的医学地理区域单元的划分。建立医学地理区划的原则是以自然区划为基础，以人群疾病、健康水平为依据，同时考虑社会经济、医疗卫生条件等因素，综合与主导因素相结合，同时考虑各种指标而确定区域界限和进行多级划分。以克山病为例，首先根据克山病的分布及与该病有关的主导自然环境因素划分为第一级区划单元；然后根据病情程度及自然、社会环境因素的区域内部差异划分为第二级区划单元；最后根据病情分析、环境指标和防治对策划分为第三级区划单元。

人 种 地 理

【人种的外貌差异】不同人种在体质形态上有许多差异。肤色有白色、黄色、褐色、棕红色和黑色等，详细划分可分为 32 种不同色调。眼色由虹膜色彩决定，有黑褐色、褐色、浅绿色、灰色、天蓝色等，并可详细划分为 12—16 级。发色包括灰金黄色、浅金黄色、金黄色、深金黄色 14 种色调；棕色 6 种色调；黑棕色 6 种色调；火红色 6 种色调共 32 种色调。有专门的带实物的发色表可供对比。头发的形状可分为直发、波状发、卷发三大类，其下又分为硬直、平直、微波、宽波、窄波、微卷、松卷、紧卷、松螺旋卷和紧螺旋卷等。髭须可根据多少分为五级（见图）：极少（髭须不相接、耳前极少）；少（髭须在口角相连、耳前至下颌角亦有但不与下颌的须相连）；中等（髭须相连、两侧耳前连接成带且面颊部极少）；多（髭须相连但面颊部不浓密）；极多（十分浓密包括颧骨以下的面颊部）。鼻部包括鼻梁、鼻尖의形态和鼻翼部的宽窄和突度等，唇可根据上唇皮肤部的突度、红唇的厚薄和外翻程度等区分为多种类型。头形（颅形）是从顶面观察时颅首的形态，大体上前后为长、左右为宽，可有长头型（颅宽颅长比小于 70）、短头型（颅宽颅长比大于 80）等 7 个级别。面形可形象化的分为方形、倒梯形、圆形、椭圆形等 10 种类型，亦可根据面高（鼻根至颏下）和面宽（两颧骨最高点间）之比分为宽面型与窄面型等五级。此外如蒙古人种常具内眦褶（蒙古褶）、铲状门齿和新生儿骶

部的色素沉积（青色的蒙古斑）；常见于尼格罗人种及太平洋人种的臀部脂肪聚积及外生殖器、乳房的特征。不同人种指纹箕、斗、弓的比例变化等。参见第二卷中的“人种”。

【地理人种】人种分类中的最高级别，体质特征上相似，遗传特征相同，而被较大地理因素所隔离开的人类群体集团，其分布区域常相当于洲或稍小些的范围。原则上不同地理人种由于地理阻隔而不能相互通婚，因而在遗传上是不同的。但实际上，没有任何一个地理人种是真正孤立的，他们或多或少与周边的其他地理人种有所混合。一个地理人种内可以包括若干更小些的人类群体集团，他们间的体质特征上的相似程度更为明显，称为地域人种。地理人种是人类对环境长期适应的结果。但这一适应是不可逆的，也是不可重演的。例如尼格罗人种的卷发、暗色皮肤、细长的四肢等是对炎热气候和强烈日照长期适应的结果。但非洲的俾格米地域人种现在居住于阴暗的热带雨林中，却仍保持着尼格罗人种的典型特征。再如自欧洲地理大发现以后，高加索人种迁到美洲、非洲者日众，这些迁移者如南部非洲的布尔人，除因与当地土著通婚产生了混合外，他们体质形态特征也无进一步向尼格罗人种逼近的事实。

胡须分级示意图

1—极少；2—少；3—中等；4—多；5—极多

【地域人种】人种分类中第二个级别，也是最实用的自然居群的分类。一个地域人种，不仅遗传特征相同，而且在体质形态上有更多的相似之处。他们的形成或由于地理阻隔（如布须曼人），或由于社会、经济、民俗等禁忌和习惯而长期内婚。它们属于最基本的人种单位。一个地理人种内常可包含若干地域人种。由于近代交通的发达，人群的迁移加速，常使一些交通便利、经济发达地区的地域人种发生混合，甚至产生新的地域人种，如夏威夷地域人种、美洲有色人种等。在人口稠密和经济发达地区有时由于各种原因，常有一些较小的居群集团，他们表现为具有某些单独遗传因素，常被冠以微人种（有人译小人种，似易混淆）之称。其中较明显者如巴斯克人和拉普人。但这种划分不是绝对的，有些学者将拉普人列为地域人种；巴斯克人也常被列为民族。参见第四卷中的“民族”。

【澳大利亚地理人种】世界九大地理人种之一，居住在澳大利亚、塔斯马尼亚、新几内亚及附近岛屿。过去曾称棕色人种或列入尼格罗人种。肤色多数浓黑，仅巴布亚地域人种呈褐色。波形发至卷发，尤以卷发者多。欧洲人发现澳洲时，有土著居民 30 万，塔斯马尼亚岛 4000。澳洲土著主要居住在海岸附近，尤其是东和南海岸及墨累河谷。塔斯马尼亚居民于 1876 年最终绝灭（混血种尚存在）。塔斯马尼亚人肤色黑，卷发。身材短壮，少数站高约 6 英尺。鼻宽扁，大鼻孔。下颌突出，但下颏后倾。髭须浓密。未能留下血型资料。但其体质特征不同于澳大利亚土著，可能为一地域人种。澳大利亚岛的居民身材多细长、下颌突出、眉嵴显著、牙齿硕大，超过欧洲的尼安德特人化石，体毛多且浓密，头长而窄，

下端宽，男子秃顶率高，并伴有小腿无毛现象，与高加索人种近似。儿童的发色有时为浅黄或微红色。ABO 血型系统的 B 型血出现率很低，MNS_s 血型系统的 N 型血型出现率极高、无 S 型血型。与非洲尼格罗人种不同，未发现异常血红蛋白，亦未发现 6 磷酸葡萄糖脱氢酶缺乏症。在澳大利亚本岛有墨累地域人种及卡奔塔利亚地域人种生存于内地以游动狩猎为生，他们极为适应夜间的寒冷。N 型血型出现率极高（达 100%），可能意味着 M 型血型对澳大利亚人种是不利的。

【巴布亚地域人种】澳大利亚地理人种中的一个地域人种，分布于伊里安岛（新几内亚）。约 200 万人。肤色暗褐，但有些很浅。高鼻梁、钩鼻、唇厚而不外翻。髭发。下颌突出。高山地区的身材矮，约 5 英尺或更少，但他们与非洲俾格米人无关。高山地区的巴布亚儿童迁到近海平原即可成长到正常身高。A 型血占 30%，B 型 10—15%，Rh 血型中 C 和 e 达 90%。巴布亚人种所操语言极为复杂，达 700—1000 种。高地巴布亚人有蛋白质缺乏症。没有浅色皮肤和浅色头发的成年人。

【尼格利陀地域人种】澳大利亚地理人种中的一个地域人种。分散孤立分布于几个岛屿，如菲律宾的吕宋、棉兰老、安达曼群岛，马来半岛北部山区（塞芒人），印度喀拉拉邦卡尔达蒙山区及印度尼西亚和蒂汶和松巴哇岛等。肤色深暗，髭发，身材矮小（男性成年在 1.5 米或更少）。在安达曼群岛上居住的无髭须、妇女臀部脂肪较多，牙齿小。A 型血占 50%，B 型又高于 O 型。Rh 型 CDe 型占 90%。塞芒人面部有须，身材稍高，O 型血百分比高，A 型 15%，B 型 9%。Rh-cDe 型占 27%。其亲缘关系与澳大利亚、密

克罗尼西亚、美拉尼西亚甚至东南亚蒙古人种均有关。与非洲尼格罗人与俾格米人无关。

【波利尼西亚地理人种】世界九大地理人种之一。分布于太平洋上的波利尼西亚群岛上，包括夏威夷至新西兰一线以东诸群岛的土著居群。过去曾将其划归澳大利亚人种，甚至尼格罗人种。波利尼西亚地理人种在形态上差别较大，肤色从较浅到中等深度，直发、波发至鬈发，鼻型不一，体健壮而稍胖，中等身高。它们的形态特征有些近似于高加索人种，如波发、肤色浅、络腮胡须发育，但其面部特征及体毛少等又近似于蒙古人种。根据血型特征，他们应该是典型的太平洋上的人种。ABO 血型系统的 B 型出现率低（0—5%），MNS_s 血型系统 N 型出现率较高，Duffy 阳性血型不甚高，这些都与蒙古人种不同。无 ABO 系统的 A₂ 型和 Rh- 阴性血型，与高加索人种不同，由于与美洲西北海岸印第安人相似，而有波利尼西亚人种起源于印第安人之说。由于地理隔离，人口数目少，其下的地域人种研究不详。

【新夏威夷地域人种】居住在夏威夷岛上的地域人种之一，是一个混血地域人种。他们的人数已超过留居夏威夷岛而不混血的波利尼西亚人。根据血型研究，即使是自称为夏威夷人（玻利尼西亚地理人种）的当地居民也包含有 8% 以上的高加索人种和 14% 以上的蒙古人种的混血成分。那些实行族外婚的居群和个体其混血成分更高。显然新夏威夷人是玻利尼西亚人种（土著）、高加索人种（欧洲和美洲国家的高加索人种后裔）和蒙古人种（中国人、日本人、菲律宾人）三个地理人种混血的产物。这些新夏威夷人，不论从体型、身材和肤色、容貌上均具特色，为众多旅游观光者所

称道。

【美拉尼西亚地理人种】世界九大地理人种之一。分布于太平洋最西南缘的美拉尼西亚群岛，包括斐济、新赫布里底群岛、所罗门群岛、俾斯麦群岛及圣克鲁斯及新几内亚等。过去曾划归澳大利亚人种。美拉尼西亚人种肤色浓黑、波发至鬃发。下颌粗壮、臼齿硕大、容貌粗犷。铲形门齿出现率高，接近蒙古人类。美拉尼西亚人种生活于新几内亚岛北部沿海一带，与内地的巴布亚人（澳大利亚地理人种中的一个地域人种）相比，除肤色更黑之外，还不具鹰钩状鼻子和不象尼格罗人。B 型（ABO 血型系统）和 S 型（MNS_s 血型系统）为主。有地中海贫血基因和 6-磷酸葡萄糖脱氢酶缺乏症。 β -氨基异丁酸排泄出现率极高（约 85%）。

【密克罗尼西亚地理人种】世界九大地理人种之一。居住于西南太平洋密克罗尼西亚群岛上的居群集团，包括马里亚纳群岛、加罗林群岛、马绍尔群岛、吉尔伯特群岛及瑙鲁岛。过去曾归于澳大利亚人种，或曾认为是澳洲土著与蒙古人种（印度尼西亚）的混血后裔。密克罗尼西亚人种肤色中等至浓黑，波型发至鬃曲发（尤其老年），身材较矮小（近似尼格利陀地域人种）。血型特征为 B 型血（ABO 血型系统）出现率高，A 型亦常见，N 型血（MNS_s 血型系统）出现率高，M 型稍低于 N 型，Duffy-阳性和 Diego-阴性血型常见。

【高加索地理人种】又称欧罗巴地理人种，曾称印欧人种和白种。世界九大地理人种之一，原分布于欧洲、西亚、北非，中世纪以后迅速扩张到美洲、澳洲，并部分定居于非洲和亚洲部分地区。肤

色白，极浅者可见皮下微血管反映的血色，深者可趋棕色。发细、直或波状至微卷曲，发色金黄至棕褐、亚麻色等。面部窄长者较多，鼻狭而直，鼻梁高，尖端呈鹰钩状者多。体毛浓密，男子秃顶者多。有 A₂ 型血型，Rh-阴性出现率高。

【西北欧地域人种】高加索地理人种中的一支，被视为典型的高加索人，分布于斯堪的纳维亚半岛、英国、爱尔兰、荷兰及德国北部。适应于西北欧寒冷而少日照的地理环境，他们肤色白，无色素沉积，日晒不黑仅变红并有灼热感；日光下仅反映出皮下微血管内的红色而呈粉红色。发色多样，以浅色为主，直发或波状发、卷发。身材高而苗条，长头形。碧眼金发型出现率高，以斯堪的纳维亚和苏格兰人最多。对寒冷气候有一定的适应能力，尤其是北部地区的成员。A 型血多于 B 型血。

【东北欧地域人种】高加索地理人种的一支，分布于俄罗斯西部、立陶宛等波罗的海国家以及波兰。肤色白。直发或波发，色灰褐。短头型。灰眼睛出现率高。B 型血出现率高，其出现率自波的尼亚湾向东至乌拉尔呈逐次升高趋势，可能是受蒙古人种的遗传因素影响所致。

【阿尔卑斯地域人种】高加索地理人种的一支，分布于阿尔卑斯山区至巴尔干半岛一带。肤色白，有时较深，有浓密的体毛，身材矮而胖，短头型，褐色直发或波发。低碘地区，有 PTC 盲味现象。

【地中海地域人种】高加索地理人种中的一支，分布于南欧、北非、西亚阿拉伯半岛一带。肤色由浅棕褐至黝黑，发黑色或暗褐色不

等，以波状发较多，眼褐色，身材矮而瘦。血液中有异常血红蛋白，系由 6-磷酸葡萄糖脱氢酶缺乏症和地中海贫血症等而引起。地区性疾病如遗传性淀粉样变性及家族性地中海热等多发。Rh-阴性出现率高，尤其是巴斯克人和摩洛哥的柏柏尔人。撒丁岛人中 O 型血出现率高，M 型可高达 75%，Rh-阴性频率低。

【伊朗地域人种】高加索地理人种中的一支，分布于安那托利亚（土耳其亚洲部分）、伊朗、阿富汗到巴基斯坦的部分地区，亦称西亚地域人种或划入地中海地域人种。肤色棕褐或暗褐、身材瘦高健壮、多髭须、发色黑、鹰钩鼻。6-磷酸葡萄糖脱氢酶缺乏症在虐疾流行区多见。

【拉普地域人种】高加索地理人种中的一支，分布于挪威、瑞典、芬兰北部和俄罗斯西北部科拉半岛一带。身材矮小，牙齿小，圆头型，外貌不十分壮伟。A₂ 型血出现率极高（达 35%），有触珠蛋白异常。由于居住隔离，其体型并不完全一致。

【阿伊努地域人种】又称虾夷地域人种，又译埃努人。高加索地理人种中特殊的一支，分布于日本北海道和俄罗斯库页岛南部、千岛群岛。肤色浅褐多髭须，男性表现为络腮胡，女性则沿唇边有较浓的髭状痕迹。波状黑发，体毛多，眼浅褐色（有少数为浅绿色），无蒙古褶，宽脸，鼻宽扁，两眼间距宽。A 型血出现率 23%、B 型 28%，无 A₂ 型。Rh-阴性仅 4%，NS（MNS_s 血型系统）出现率为全世界最高者。阿伊努人的起源说法不一，其特质特征及地理分布一直是体质人类学中的“谜”。

【美洲印第安地理人种】世界九大地理人种之一，分布于北美、南美及加勒比海地区。包括很大数量的地域人种和微人种，是美洲的土著居民，过去曾将其划入蒙古人种，现在已区分开。肤色棕褐或棕红，粗直发，发黑眼黑，体毛稀疏，男子秃顶和生痤疮者少，铲形门齿出现率高，颅骨骨缝复杂。并常有缝间骨增加现象，如印加骨。身材较矮小，躯干相对较长，脊柱不弯或很少弯曲，手、脚均较小。无 A₂、B 型和 Rh- 阴性血型，N 型也很少 Diego- 阴性出现率高。其血型特征与蒙古人种绝然不同。自欧洲殖民者迁入美洲后，土著印第安人被迫迁向荒凉和偏僻地域，或遭大量屠戮，在北美尤甚；在中美及南美洲现代居民中相当多的居民是印第安人与欧洲人的混血后裔，在中美洲及加勒比地区和南美部分地区则为印第安人与尼格罗人种的混血后裔。在巴西等热带雨林地区尚可找到血统较纯正的印第安人种的聚集部落。

缝间骨

1—复杂型；2—人字点骨；3、4—印加骨

【北美印第安地域人种】美洲印第安地理人种的一支，分布于北美洲许多互相隔离的地区。其特征是体形较高大，头窄，鼻窄，呈

鹰钩状，颧骨高。肤色棕褐或棕红，粗直发，色黑，髭须和体毛（包括腋毛）较稀疏，蒙古褶出现率低，铲形门齿出现率高。无 A₂、B 型及 N 型血型，Rh-阴性血型亦少。A₁ 型从南向北自不足 1% 到 35%，在个别部落可达 50%，B-氨基异丁酸排泄出现频率低。

【中美洲印第安地域人种】美洲印第安地理人种中的一支，分为许多部族，分布于美国西南部至中美洲及南美洲西北部地区。身材较矮小，但粗壮或细长不等。肤色以褐为主，或偏黑褐色。黑发粗而直，鹰钩鼻，脸型较平扁。无 B 型及 A₂ 型血型，A₁ 型也极少，多数人为 O 型血，Diego-阳性达 20%。β-氨基异丁酸排泄频率高，但因地而异，在遗传上有适应于蛋白质缺乏症的能力。在加勒比海周围地区常与尼格罗人种、高加索人种和蒙古人种混血。

【南美印第安地域人种】美洲印第安地理人种中的一支，分布于除火地岛及西北部海岸以外的南美洲大部地区。他们肤色浅褐或黄色，身材较矮，脸宽、颧骨高，鼻宽扁，蒙古褶（内眦褶）出现频率高。髭须极少或无，无体毛。其脸型极接近蒙古人种。只有 O 型血，Diego-阳性出现率达 34%。巴西热带雨林有较多纯印第安血统的部落。

【火地岛地域人种】美洲印第安地理人种中的一支，仅分布于南美洲最南端的火地岛。肤色黄褐或更浅，身材高大，鹰钩鼻。有人视其为最早的美洲居民的代表。适应火地岛的寒冷夜晚的能力强，能提高新陈代谢率以维持体温。在最冷时，他们的体温可低于 30℃ 以下。这一特点在澳大利亚及太平洋地理人种中也常出现。

【拉迪诺地域人种】居住在中美洲及南美洲的地域人种之一，是近期形成的地域人种之一（另外一些包括新夏威夷地域人种，北美有色地域人种和南非有色地域人种）。是南欧（主要是西班牙）高加索人种与南美印第安人种混血形成，其中还包括一些未混血的南美印第安人种。他们体型上难与印第安人区别，但操“拉迪诺”生活方式，如仅讲西班牙语，穿西式服装，经营经济作物农庄（更多使用先进耕作方法和机具）和在城镇从事商业等，遍及城乡。

【蒙古地理人种】世界九大地理人种之一，为人口最多的人种。约占世界人口的70%以上。分布于乌拉尔山以东的亚洲以及北极圈内的美洲部分地区，部分还分布在澳洲、非洲和欧洲。肤色白至浅黄、微褐至暗褐色不等。眼褐色。粗黑直发至波状发，以直发为主，直径超过100毫微米（ μm ）。蒙古褶（内眦褶）出现率高，门齿大，具铲状门齿者多。身材矮小至高大不等，四肢与躯干长度相比是较短的。手及脚均小。髭须较少，体毛稀疏而不明显，男性秃顶者少。脸宽、颧骨高，鼻小而不突出，高鼻梁及鹰钩鼻均较少。脸部平扁，眼眶不深陷。头骨骨缝复杂。B型血型出现率高，常可达40%以上。Rh血型系统中 CD_e 基因出现较普遍。Duggy-阳性（ F_y^a ）出现率较高。 Diego （ D_i^a ）基因及Kidd（ JK^a ）基因出现率变化比较大。 β -氨基异丁酸排泄出现率较高。指纹中斗的出现率高。

【蒙古地域人种】蒙古地理人种中的一支，蒙古人种的典型代表，分布于西伯利亚、蒙古、中国北部和西北部。许多形态特征都是适应于寒冷而多风沙，白天多日照的环境下形成的。如皮肤色素

沉着，高颧骨，平扁的脸部、鼻子突出不高，内眦褶，皮下脂肪聚集，男子秃顶少等。

【华北地域人种】蒙古地理人种的一支，分布于中国长江以北地区及朝鲜、日本等地。肤色浅黄至稍深的黄色至浅褐色，色素沉积较少。黑直发，粗而密，直径在 100 毫微米 (μm) 以上。髭须较少，体毛极稀，且不明显。长头型或圆头型。眼褐色，内眦褶出现率高。脸长、颧骨高，鼻子较小且不突出，鼻梁低，多不具鹰钩状尖端，面部较扁平，铲状门齿出现率高。下颌宽。O 型血出现率高，B 型高于 A 型，无 A_2 型。

【东南亚地域人种】蒙古地理人种的一支，分布于中国长江以南和东南亚的越南、老挝、柬埔寨、马来西亚、泰国、缅甸、印尼、菲律宾及婆罗洲一带，非洲马达加斯岛上居民亦属之。肤色浅褐色、棕色至暗褐色，脸宽，鼻宽但不扁平，通常不具蒙古褶。身材较矮小，黑色直发。Rh-阴性无或极少， CD_e 基因极为普遍。与周围人种有混血，如尼格利陀、印度、澳大利亚和阿拉伯人等。适应于地理环境，易患各种营养缺乏症，如蛋白质及维生素 B_1 、C，甚至 A 缺乏症，以利于仅摄取少量热量即能生存。生活于马达加斯加岛的蒙古人种，与印度尼西亚人有血缘关系。

【西藏地域人种】蒙古地理人种中的一支，分布于中国的西藏及其周边地区，如锡金的雷布查人、尼泊尔的尼瓦尔人、印度那加兰邦的那加人等。肤色较深，一般为棕褐色或深褐色。波状黑发，鼻梁高和鹰钩鼻较常见。身材较高而健壮，适应于寒冷和低钙环境。内眦褶少见。

【爱斯基摩地域人种】又称因纽特地域人种，蒙古地理人种的一支，分布于亚洲及北美的极圈以内地区。肤色较浅，身材矮小而粗壮，手小、脚小，有内眦褶出现。极适应于严寒的北极地区。B型血出现率高，不同于美洲印第安地理人种。

【突厥地域人种】又称中亚地域人种。蒙古地理人种的一支，分布于亚洲的中部乌拉尔以东，青藏高原以北和贝加尔湖以西广大地域，卡尔梅克人和鞑靼人等居于欧洲伏尔加河流域，部分土耳其突厥人生活于土耳其的欧洲部分。有人将突厥（Turks, Turkic）误译为土耳其（Turkey, Turkish），将突厥斯坦（Turkistan）译为土耳其斯坦，不确。肤色白至暗褐、发色多数黑，也有金发者。脸宽，蒙古褶少见。鼻梁高、鹰钩鼻常见。眼色黑。多髭须。身材细长。突厥人种分为东西两部分，西突厥人种包括土耳其突厥人和伏尔加流域的部分民族。东突厥人种又可分为三部分：阿姆河与锡尔河之间的河间地带生活的为乌兹别克人、土库曼人等；锡尔河以北天山、阿尔泰山山麓草原的哈萨克人、吉尔吉斯人及喀什噶尔地区的维吾尔、塔吉克人等。多数信仰伊斯兰教，雅库特人和楚瓦什人、卡尔梅克人等信仰喇嘛教或其他宗教。

【尼格罗地理人种】又称非洲地理人种。世界九大地理人种之一，主要分布于非洲撒哈拉沙漠以南广大地区。肤色浓黑至中等。发型为卷曲状，有些成为螺旋性丛生发。身材细长（手、足均长、纤细、削瘦）。牙齿长，厚唇、外翻，突颌、宽鼻，胸廓近桶状（前后径比左右径略小）。体毛稀少、有髭须。秃顶者少。身材最高的在白尼罗河流域，身材最低的在刚果盆地。A₂型出现率高，与高

加索人种相似。Rh-阴性也较常见（约 20—25%），CDe 血型约 60%。P 血型系统中 P₁ 血型出现率为全世界最高的（超过 80%）。有 6-磷酸葡萄糖氢酶缺乏症。

【森林尼格罗地域人种】又称刚果地域人种。尼格罗地理人种中的一支，居住于西非、扎伊尔和刚果（布拉柴维尔）等地。肤色黑至深黑，眼色黑，发色黑。为鬈发或卷曲成小螺旋状。唇厚、外翻，鼻宽，牙大。身材矮小至中等（仍比俾格米人高），体粗壮而趋向稍胖。为尼格罗地理人种的典型代表。具有多种畸变的血红蛋白和亲血色球蛋白（触珠蛋白）。导致镰状细胞贫血症的异常血红蛋白（血红蛋白 S）基因的携带者可高达 40%，尤其在与俾格米人混血的慢性虐疾流行区。

【班图地域人种】尼格罗地理人种的一支，分布于非洲南部，自北纬 5°向南。很大程度上这一地域人种可以看作一个语言集团。是近代才由于欧洲殖民者的压迫而南移并逐渐扩展的种族集团。由于不同的经济、社会和政治因素的影响，更由于其语言分支的差异而再分为若干小居群集团。如班图语系可有 200 余个语言分支。

【俾格米地域人种】尼格罗地理人种的一支，分布于从北纬 5°到南纬 5°间的非洲赤道雨林地带，包括加蓬到基伍湖和鲁文佐里山脉以及刚果河盆地。他们被以农业为主的尼格罗人包围在热带雨林分散的聚居区，以狩猎为生。俾格米男性身高约 150 厘米，体重约 32 公斤，女性更矮、更轻。其四肢短（与躯干相比），但关节灵活，因此易于在密林中穿行和进行狩猎活动。出生时身材正常，但在整个青年期中不再象其他身材正常种族那样个加速增长阶

段。他们的小身材可不必顾虑食物的不足，因为他们仅以兽肉和昆虫为蛋白质的来源。基础代谢率为世界最高的。俾格米新生儿肤色较浅，尔后渐加深。西部者色较黄，伊图里森林区者色赤褐、基伍湖边者色近黑且比低地者更高而壮。具螺旋状鬃发，男人多须、多体毛，眼色偏蓝，鼻短宽尖端鹰钩状，牙齿大，且向前突出（上颌向前突）。他们的生殖器与正常身材人无异，不特别小。俾格米人和尼格罗人通婚，常为尼格罗人娶俾格米女子为妻，无相反情况。俾格米人为未混血者，而尼格罗基因库中有俾格米成分。A、B 血型出现率高，导致镰状细胞贫血症的 Rh 基因亦高。俾格米人血清胆甾醇低而血清蛋白高。从指纹及其他特征上看不同地区的俾格米人与其相邻的尼格罗人有着不同的血缘关系。

【开普地域人种】尼格罗地理人种中的一支，分布于非洲南部，其中包括布须曼人约 5.5 万居住于博茨瓦纳、纳米比亚和安哥拉西南部；约 3.5 万霍屯督人（有些是混血的）在南非的开普省和纳米比亚。早期布须曼人和霍屯督人发现于东非及苏丹，后迁向南部。布须曼男人身高约 150 厘米；霍屯督男人略高，约 160 厘米。布须曼人的小螺旋状鬃发呈胡椒仔状簇生于头部，胡须和体毛少或无。肤色黄，比其他非洲地理人种色素沉积均少。老年皮肤多皱褶。耳朵小，具直上缘和耳垂。蒙古褶较常见，且眼部四周脂肪发达。四肢短，手、足小。皮下脂肪少，而在局部地区聚积，尤以女性臀部最明显。女性小阴唇长大，其原因一半由于遗传因素，一半由于出生后人为因素。两性乳头位置均较高，女性乳晕狭窄。霍屯督人外貌与布须曼人相似，包括布须曼人臀部和生殖器的特征，且一些霍屯督人甚至缺少腋毛和阴毛。布须曼人 A、B 血型出现率高，无 Rh-阴性，非洲 Rh 基因出现率高（cDe，89%）。血液

中仅有见于蒙古人种而不见于高加索和尼格罗人种的特殊的亲血色素蛋白、血红蛋白等。

【东非地域人种】尼格罗地理人种中的一支，分布于东非及苏丹。肤色中等，毛浓黑，长头型，眼色黑，发色黑，波状发至卷发，鼻狭，身体瘦长。世界上最高的人种即居住于苏丹南部。这些特征与他们处于几个人种交界处，并受当地炎热气候影响不无关系。苏丹人肤色更黑，突颌不明显，身体更加健壮，也有区分为东非地域人种及苏丹地域人种者。

【北美有色地域人种】又称美洲尼格罗地域人种。分布于美国、加拿大及加勒比海地区。遗传基因中森林尼格罗地域人种的约占70—80%，其余20—30%来自欧洲的西北欧地域人种。其肤色浓黑至褐，卷曲发，色黑至褐，鼻宽小于森林尼格罗人，尖端鹰钩状出现率略高。镰状细胞贫血症基因频率可高达5%。

【南非有色地域人种】尼格罗地理人种的一支，分布于非洲最南端，是较晚出现的混血居群集团。其体质特征大体与尼格罗人种近似，基因中除布须曼、霍屯督和班图基因外，尚有高加索、马来亚和印度等种族基因。

【印度地理人种】世界九大地理人种之一，分布于印度次大陆，包括印度、巴基斯坦、孟加拉、尼泊尔、不丹、锡金和斯里兰卡。包括很多地域人种、微人种和“部族”。最早的居民皮肤深暗，身材短小，波状发。面部特征介于高加索人种和澳大利亚人种之间，如鼻梁低矮、有时有宽鼻孔等。来源于澳大利亚人种和尼格罗人种

的包括鬈发和波一直发；此外为达罗毗荼地域人种及雅利安人。大体上，北部及西部居民与中东及阿拉伯的高加索人种有基因交流，南部一些讲吠陀语的民族与澳大利亚人种近似。印度地理人种的特征为肤色暗褐至较淡的褐色，直发或波状发。身材细长，有些则纤细甚至达骨瘦如柴类型，骨密度低。B型血出现率高，Rh-阴性出现率低。其血型特征与蒙古人种接近，外形特征接近高加索人种。

【印度地域人种】又称雅利安地域人种。印度地理人种中更接近高加索人种的一支，主要居住于印度北部、中部及巴基斯坦、尼泊尔、斯里兰卡等地。其肤色淡褐至深褐，中等身材，直发或波状发，发黑色。鼻窄而略高，尖端呈鹰钩状。由于长期以来社会种姓及宗教种姓等的影响和同操印-欧语系的语言，成为一个地域人种。雅利安人是史前居住在伊朗和印度北部的一个民族，操雅利安语，现在南亚印欧语系即源于雅利安语。法国作家、人种学家戈宾诺伯爵约瑟夫—阿瑟曾著有《人种不平等论》（1853—1855）一书。可认为是宣扬种族主义的较早著作。书中提出种族成分决定文化命运的理论。首先提出雅利安人社会在没有闪米特人、黑种和黄种人血缘时，才能保持繁荣；一个种族的特征，如经混血而特征不明显时，其文明就失去生命力和创造性，并陷入腐败和道德败坏。这一思想对瓦格纳和尼采影响较大。H. S 张伯仑（出生于英国汉普郡，后定居于德国拜洛伊特的德国政治哲学家）受教于戈宾诺伯爵，从1892年起，在他发表的著作中宣称西方的雅利安民族，才是欧洲的伟大和创造力的源泉，犹太人的影响将起消极作用。把讲印-欧语种、对人类一切进步有关的人，都视为雅利安人种，并认为雅利安人种在道德上也高于“闪米特”“黄种”

和“黑种”人。而北欧或日尔曼诸民族则是纯粹的雅利安人。戈宾诺、张伯仑等的这些说法到 20 世纪 30 年代已被人类学研究所否定，但被希特勒纳粹所利用，对犹太、吉普赛及其他一切非雅利安人实行种族绝灭政策。

【雅利安地域人种】即“印度地域人种”。

【雅利安人】见“印度地域人种”。

【达罗毗荼地域人种】印度地理人种中的一个地域人种，分布于印度南部和斯里兰卡。身材中等而粗壮，较黑或深黑色皮肤，宽鼻，极似澳大利亚人。其高种姓者肤色浅而鼻较窄。在锡兰的泰米尔人在耳上生有较多的毛。布拉灰人肤色较浅而多毛。有些人认为达罗毗荼人与澳大利亚人种有共同起源。居住在德干高原东北边缘一带的蒙达人约 500 万，其祖先可能在雅利安人之前自东南亚迁入，其血统上可能有澳大利亚人种及蒙古人种的成分。

人 口 地 理

【人地关系论】关于人类的各種社会活动与地理环境关系的理论。它是人文地理学中的一項基础理论，也是研究工作的一个中心课题。人地关系很早就引起地理学家以及有关学者的注意，因此，它源远流长。同时，随着地理科学的发展以及相关学科的理论影响，

人地关系的理论也在不断变化，认识不断深入。在古代，中国就有“天命论”与“人定胜天”，“天定胜人”的人地相关思想。在西方，从希腊开始，直到本世纪初德国学者拉采尔为代表的“环境决定论”占统治地位，认为各地区的人类活动的特征受该地地理环境所制约，完全忽视人的主观能动作用。20世纪初，法国的维达尔认为环境只提供各种可能性，而人类是选择或支配这种机遇的主宰。这种观点称之为可能论（又译作或然论）。其学生白吕纳强调人类选择中的心理因素作用。后来，英国的罗士培与美国的巴罗斯分别提出适应论与生态论的观点。第二次大战后，经济社会发展引起的人口、资源、环境等问题日益严重，人地关系问题重新引起人们的关注。为了避免环境的恶化影响人类赖以生存的地理环境，一些学者提出人类的发展应当考虑与环境的和谐与协调，因此出现了和谐论。总之，人与环境的关系是十分重要的课题，应当深入进行研究。

【人口承载力】在一定地域范围内和现有人口—生态系统条件下，维持一定生活水平的最大人口限度。人口生态系统是以人作为主体，人口与地理环境处于相对协调状态下的自然及社会系统。人口生态系统由许多因素所组成，其中除人口外，包括地形、气候、水文等非生物因素，土壤、动植物、微生物等生物因素，以及人类活动而形成的农业、聚落、经济、社会、文化等社会环境因素。这些因素的相互影响、相互联系、相互制约，形成一定的生产方式、社会组织、生产水平、生活水准的社会经济系统。在人口生态系统中，生物和非生物的自然因素形成的自然环境的变化相对比较缓慢，而人口和经济社会因素则变化比较快。当人口数量增长时，经济社会因素组合所形成的农业生产能力与之相适应，则

该地域内的居民生活水平就会维持不变。如果人口数量增长低于农业生产水平，则生活水平会提高，如果相反则生活水平就会下降。在这种情况下，如果不能通过交换从地域外输入，则只能进行掠夺式的生产，或降低生活水平。掠夺式生产就会招致生态系统的不平衡或破坏。因此，要取得人口生态系统的稳定重要在于使人口数量与生产水平之间处于平衡状态。人口承载力的研究对一地人口、经济与环境之间关系的协调有重要意义。不过，这一系统是一个开放系统，当有输入时，情况就会有变化。

【人口分布】人口在一定时间内和一定地理空间范围内的分布状况。这是一种静态的空间分布现象，其实，它也是人口动态变化在某一时间的表现，它反映该地区内人口数量的增减、空间上的集聚、迁移和定居的变动过程。人口分布是人口地理学中的一个重要的空间现象与重要的研究课题，通常它是用人口密度作为主要衡量指标。

世界人口分布极不均匀，主要集中于工、农业比较发达的地区。在世界上，东亚、东南亚、南亚、西欧、美国东部等地人口多，密度高，而撒哈拉沙漠、西伯利亚等地则人口十分稀少。中国人口集中于东部平原与沿海地区，西部地区由于多山、气候干旱、寒冷，人口比较稀疏。

随着工业的发展，人口向城市集中现象十分明显。

【人口密度】单位面积土地上居住的人口数。它一般用每平方公里的人口数来表示。人口密度在各地的差异反映其居民在空间上的疏密程度。这个术语只是某统计单元内人口分布平均值的抽象计量，无法反映其单元内各地域密度的差异。例如中国 1987 年人口

密度为每平方公里 112 人（不包括台湾省），而江苏省密度为 615 人，西藏自治区则只有 1.7 人，可见其差距之大。

除上述表示人口密度（一般称之为数学密度，或自然密度）的方法以外，还有表示人口规模与生产能力的经济密度，人口与可耕地比例的生理密度，农民数与农田总数比的农业密度。

人口密度的研究对了解其与自然、经济、社会、政治、军事等方面的关系十分重要。

【人口区划】根据人口与各种相关因素的联系而在地域分布上反映出的特征，对一国或一地区进行的区域划分。其目的在于表示人口空间分布的特点，并为与人口区划有关的发展规划提供科学基础。

人口区划的基本依据有：（1）人口数量和密度、人口变动、人口构成的特征；（2）自然、经济、民族等方面的特点；（3）人口的历史、现状和将来发展、变化问题在地域上的相对一致性以及与其他区划界线相对应的关系。

人口区划可以随地域大小而建立不同的层次。人口区划的目的不同，其采取的指标也有所不同。由于影响的因素比较多，往往选定一组指标，形成指标体系。

【人口地图】反映人口分布、密度、构成、变动诸现象的一种专题地图。通常有人口数量分布图，人口密度图，出生率、死亡率和自然增长率分布图，城乡、职业、年龄等构成分布图，人口迁移的空间分布图等。由于这类图反映的是空间分布上的特点，它能直观地反映出自然、经济、人文各要素与人口现象的相关关系，具有人口统计表格和其他形式人口统计图表所不可替代的功能。

人口地图由于不同的内容和目的而采用不同的成图方法。反映人口数量分布，常采用密点法。以图上每点代表某个单位值，点的多少与疏密代表分布上差异。反映人口密度和人口出生率的地图常用分级统计图或等比值线图表示。即以各种晕线或晕点组成的不同灰度、或某种颜色的深浅来表示不同数值的地域差异。

【适度人口】一地区在其具体的自然、经济和社会条件下，获得最大经济和社会效益的理想的人口数。适度人口论是英国经济学家坎南创立的。他认为，在一地区，人口过多或过少都不利于发展，二者之间必有一个合适量。假定资源、资金、技术等条件不变，一国在某段时间内适度人口数应是人均产量或人均收益最大的人口数。法国人口学家索维还以人均产量最高的人口数与一定疆域内保证最大实力的人口数为依据提出经济适度人口和实力适度人口概念。

“适度人口”只是一种理想状态的人口数量概念。在实际生活中，适度人口难以精确量度，加上多脱离社会经济制度来考察人口与经济之间关系，因此往往受到学者们的批评。不过，这一概念用来说明人口数量与经济发展之间的关系仍有一定价值。

【人口金字塔】按不同年龄组 and 不同性别所占的人口数，或占总人口的百分比表示的某地域范围内的人口统计图形。一般以每差一岁或五岁分成一组表示在纵轴上，以横轴在纵轴左右两边的长度分别表示各年龄组男女人口的绝对数或占总数的百分比；一般情况下，横轴各年龄组的长度从下往上依次缩短。由于男女数在各年龄组大体相同，纵轴两边各年龄组的长度亦大体相等，所以，该统计图形呈金字塔形。因此，称为人口金字塔。

人口金字塔不仅形象地反映一地区不同年龄组性别与数量的对比关系，还能看出历史的影响与未来的趋势。如人口增长快的国家，其下面年龄组长度大于上一年龄组，金字塔底宽上窄，斜度小；人口增长慢的国家，塔底较窄，上下长度差距较小，斜度大；人口增长很慢或不增长的国家，金字塔各年龄组长度差距小或相等，金字塔则近似柱状体。

【人口迁移】在一定时期内，某地区内永久的或半永久的居民向其他地区的转移。人口迁移有国际迁移与国内迁移。国际迁移在历史上，规模比较大的有 15 世纪以来地理大发现后，欧洲人向美洲的移民，非洲人被欧洲人贩卖到美洲的移民；后来，中国人向东南亚的移民，印度人向非洲、马来亚和加勒比海沿岸地区的移民。这些移民对今天这些地方的政治、经济和社会各方面都留下深刻的影响。

人口迁移的原因很多，其中最主要的原因还是经济。在农业社会、经济发达地区，往往人多地少，这就迫使贫苦人向边缘地区，土地潜力大的地方迁移。在工业社会中，农村有较多剩余劳动力，城市经济发达提供较多就业机会，人口由农村向城市迁移。此外，战争、灾荒……等因素也是促使人口迁移的重要原因。

【聚落】各种形式的人类聚居地的总称。在人类社会的发展过程中，最早出现的聚落是农村，后来出现的是城市。除农村与城市这两种聚落类型之外，其间还有集市、集镇。城市的规模不仅有小有大，而且还出现大小城市相互接近形成城镇群或城市带。

聚落一般是指固定的居民点，但也有些聚落是不固定的，如游牧民族逐水草而居的帐幕聚落与季节性旅游地的短期聚落则是

流动性的与季节性的。

聚落由各种建筑物、构筑物、道路、绿地等要素组成。其中建筑物外貌在聚落中最为突出。在中国如蒙古族的蒙古包、傣族的竹楼、藏族的石碉方楼、维族的平顶房、黄土高原的窑洞、闽西的土楼、云贵的“一颗印”、华北平原的四合院，各具特色。城市中现在多是高大的多层摩天楼，但各种宗教的寺庙、各种形式的公共建筑也颇引人注目。

【城市】人口数量多、密度大、建成区占地面积广并以第二产业和第三产业高度聚集为特征的聚落。城市具有较大的腹地，往往是一定地域范围内的政治、经济、文化和交通的中心。从历史发展来看，在原始社会末期，由于手工业与农业的分离、商品交换的扩大，便出现了以手工业和商业活动集中的城市。在工业社会，城市使工业能充分发挥其集聚效益和规模效益，从而工业成为城市的重要职能。随着工业生产发展，第三产业成为城市中越来越重要的职能。

20 世纪以来，城市的发展速度加快，城市的规模越来越大，城市的职能综合性特点更加突出，服务行业往往占主导地位。在空间上，在经济特别发达地区，出现不同等级城市比较密集的城市群。由于城市的过大也出现一些交通拥挤、住房紧张、环境污染等城市问题。

【乡村】又称农村。居民以从事农业经济活动为主的聚落的总称。按照其居民具体的经济活动的不同，其聚落可分为农业村、林业村、牧村和渔村，也有兼营两种农业活动的农村，如农林、农牧和农渔等兼业村落。农村聚落多是固定式的；但在牧区，有的则

是迁移型的帐幕聚落；在江河湖沼中，亦有以舟船为家的船户组成的船户村。乡村的规模大小差别比较大，有几千人聚居的大村，也有几户人家的小村，甚至有山区、田间的独家村。在行政管理上，一般一个自然村就是一个行政村；大的自然村可分几个行政村，小的自然村可能几个合成一个行政村。有的乡村中有小商店、小诊所、邮局、小学等设施。在中国，20世纪80年代以来乡镇企业的发展已使农村增添新的功能，改变原有面貌。

在美国等工业发达国家，农村不少是一家一户的农场形成的“独家村”。有的“村落”既无长期住户，又无农民家庭，只有在农忙时临时居住的农业工人。生产专业化形成专营粮食、饲养、蔬菜、水果、乳品与花卉的农场。

【集镇】 介于农村与城市之间的一种过渡类型聚落。在农业地区，某些村落由于地理位置优越，有利于商品的集散与交换，随着经济的发展，往往从初期的定期集市逐渐建立经常性商业服务设施，从而发展成为集镇。这种聚落虽有不少仍从事农业活动，但有相当多的人已脱离农业从事商业，手工业等活动。在规模上，已大大超过农村。在经济上，它不仅是当地农产品的集散地，也是城乡间与地区间商品交换的所在地。有一定的腹地，是城乡之间的纽带。另外，在集镇上还有一些文教卫生等设施，为本身及周围农村提供教育、医疗和娱乐等服务职能。

在中国，集镇是指县行政中心以下那些除建制镇以外的地方服务中心的统称。

【感应地理】 人们的决策和行为往往是以外界环境直接反映为基础经头脑的综合加工形成的感应为依据。感应地理研究人们对不同

地理环境的感应认识特性，形成过程及其相互关系，是人文地理学的一个重要分支。

感应地理侧重于研究特殊环境中的居民、旅游者、规划决策人的感应认识过程。如灾害环境中居民感应研究有助于对灾害的防止；宗教环境中居民对宗教的感应往往是其宗教信仰程度的基础；研究旅游者对旅游环境的感应则有助于完善风景旅游的设计和规划。规划决策人员对不同环境的特殊感应是其对社会各方面生活所持态度的重要因素，亦是对其决策活动产生影响的依据。

研究人们对环境感应多从其头脑中形成和留存的意境地图开始，以此作为进一步分析其空间行为的依据。

文 化 地 理

【文化景观】地球表面各种文化现象的复合体。指环境中所表现出的各种文化创造物。其中包括农田、村落、城市、厂矿、交通、建筑以及文物古迹和服饰。美国地理学家索尔在其所著的《景观的形态》一书中，认为文化景观是人类文化作用于自然景观的结果，主张通过文化景观来研究文化地理。

文化景观是长期历史过程形成的。它反映了不同时代的文化特征，所以一个地方的文化景观往往也是一个地区文化发展过程的综合体。因此，美国地理学者惠特爾西提出“相继占用”概念，主张用历史遗留下的文化特征来说明该地文化景观的演变过程。

文化景观除有形的物质文化景观外，还包括无形的、非物质

的文化景观，如音乐、戏曲、语言、宗教气氛、法律等。

【文化过程】文化内容或结构的变化过程。文化过程可以按其特点分成不同阶段，一般有三个阶段，发明或创造，传播，接触。第一阶段，某种文化或其中的文化特质在文化核心地区出现，由于其某种优势或适合某种为该集团的社会群体所需要而被群体接受。这种现象多是由个人或少数人的发明或发现而产生，亦有经过不断对原有文化现象或事物修改而创新形成的。第二阶段是向外传播。首先从其起源的核心区传播，最后传播到本文化区内所有地方。如果是某种创新，则在本文化区内的传播也是一种以新代旧的过程。第三阶段是与其他文化发生接触的过程。接触的结果可能带来交流、接受，以至出现同化、互化与融合，另外亦可能出现排斥和对抗，甚至危及某一文化的生存和发展。

【文化演进】人类文化从出现以来就不断积累，逐渐变化，不断完善，而且在质上经历了不同的发展阶段。最早持文化演化观点的是英国人类学家泰勒和美国人类学家摩根。泰勒认为人类文化演化有三个阶段，即蒙昧、野蛮和文明。由于各民族具有心理的一致性，所有社会都经历过此三个阶段。摩根在《古代社会》中亦划分出此三阶段，每阶段又有高、中、低三个分阶段。他强调人类起源的单一性和人类欲望的类似性，故认为人类文化发展亦是单一连续性的。这种理论因其不能说明各种文化间的差异而被新演化论所取代。美国学者怀特和斯图尔德的观点引起人们注意。前者用人类利用能量的增加说明文化的扩展和变迁。后者认为文化演化既有普遍的一般过程（即普遍演化），又有特定社会的特殊演化顺序（即特殊演化）。

【文化扩散】文化整体或某种文化特质从一文化集团传到另一文化集团，从某一地区传到另一地区的过程，是文化发展中的一个重要阶段。

文化扩散的方式可分为两大类：（1）扩展扩散，即从其起源地区逐步向周围地区扩散，其扩散的距离往往与时间及速度有关。在扩散中，按接受者的接受情况不同又可分为三类。传染扩散，指当地的居民一般乐于接受其扩散；等级扩散，指当地的居民由于社会等级或地域等级限制，在接受扩散上有先后之分；刺激扩散，指接受者受传播来的文化启迪从而创造出新的文化。（2）迁移扩散，即通过具有该文化的个人或人群的迁移活动而把某种文化传到新的地点。

文化扩散中，并不是无限制地向外扩散，它往往受到自然和人文环境的障碍而无法越过。

【文化体系】由彼此相互关联并相互依存的文化复合体整合而成的文化单位。美国地理学家斯潘和托马斯合著的《文化地理学导论》一书中认为文化的最小单元是文化特质，它可以是一种行为特点，也可以是特殊用途的工具。某些具有相关的文化特质组合而成为文化复合体（在文化人类学中亦称为文化丛），各文化复合体所包含的文化特质数并不相同。这样，一些相关的文化复合体集合起来便形成一个文化体系。此外，具有某种特定文化体系的社会群体聚居后就形成一个文化区。可见文化体系在文化特质组合的垂直等级系统和地域区划的横向类型系统中具有重要地位。文化地理学对文化体系的不同组合方式以及在各文化结构中的作用给予特别重视。

【文化区】具有共同文化特质的地区。文化特质的地域是客观存在的，但是文化区的划分总是依学者的某种需要而划分的。例如，文化现象总是各种文化特质相互联系而综合存在的。有的文化也是以某一文化特质为标志，有的以某些具有紧密联系的文化特质作标志，所以划分出的文化区是多种多样的，都带有一定的主观性。

文化区分为三类：（1）形式文化区。如以某种语言作标志的文化区。它具有该种语言的标准语的中心区，该语言区的边界由于与其他语言区相互交错而比较模糊。（2）机能文化区。如行政单位是以实现其政治机能而划分的，故称机能文化区。其行政管理机关所在地即为中心，其边界具体而明确。（3）乡土文化区，是指具有某种特殊文化意识的居民所在地区。

【宗教地理】研究宗教的地理分布、发源地、传布路线、宗教与地理环境的关系以及宗教对文化景观影响的学科。是文化地理学的一个分支。

宗教是一种社会历史现象，是一种社会意识形态。据统计，世界信教的人数约占总人口的 $\frac{3}{5}$ ，已超过 30 亿。有些国家或民族，几乎绝大多数人都信仰宗教，甚至只信仰一种宗教，有的还将某宗教定为国家宗教。因此，宗教对各国家、各民族的政治、经济、社会、文化等各方面都有深远影响。可以说，宗教本身就是一种综合文化，是一种特殊的历史文化载体。

每种宗教，不论是世界性宗教、民族宗教，还是民间宗教总是在某种自然和人文环境中出现的，其发展变化亦离不开其所在的环境，在塑造文化景观中亦是一种重要的影响力。因此，宗教的研究必然与地理学产生紧密联系。

【语言地理】研究语言现象的地理分布及地理因素在其发展变化中的作用。语言是一种文化现象，其地理分布对政治、经济、社会、民族等方面的空间现象有紧密的相互联系，因此，语言地理是文化地理中的一个分支。

世界上大约有 3000 种语言。根据语言的特点及其起源的相同性，将语言划分成语系、语组、语种和方言。英语、法语、德语和俄语属世界最大的语系——印欧语系。汉语属汉藏语系，是使用人数最多的一个语种。由于历史的原因，汉语一般分为吴、粤、湘、闽、赣、客家和北方七种方言，各有其分布地域。

语言地理的研究，首先多从其空间分布开始。其分布范围除与民族分布地域有关外，还受该民族的移民和殖民的影响。其次，研究其分布对其所在地区的政治、经济、社会与文化等方面的影响。

【民族地理】研究民族的分布、形成、迁移和演变过程中与地理环境的关系。是人文地理学的分支。德国地理学家拉采尔在 19 世纪末出版的《民族学》和《人类地理学》对民族地理学的发展起了重要作用。

民族是历史上形成的一种社会集团，其首要的特征是具有共同的地域。其在语言、经济生活、文化和心理方面的共同性在很大程度上也是受其所在的地理环境的影响。民族一旦形成，其特征就具有相对的稳定性，能长期保持自己的风俗习惯、语言文字、宗教信仰、居住方式、生产特点以及自我意识等文化传统。由于人口的增长、自然环境和人文因素的变化，有些民族往往离开原居住地，迁移到新的地方，这就引起民族之间的各种复杂的相互

关系。各民族的地域分布特点不同，使国家与民族界线并不一致。有的国家是单一民族组成，有的是多民族的，有的民族则分散在好几个国家。了解民族地理对发展民族经济和文化具有重要作用。

【民俗地理】研究一定地理范围内的地理环境在该地民俗的形成、传播和发展过程中的作用及民俗对该地的自然、经济和人文方面诸空间要素的影响。民俗地理是文化地理学中的一个分支。

民俗按其表现形式可以分为：心理习俗（信仰、崇拜和禁忌）、行为民俗（祭礼、婚丧仪式）、语言民俗（神话、传说、歌谣、谚语）。民俗是在当地居民经过长期的生产活动和社会文化活动历史中形成的，并逐渐为当地群体所接受而成为一致的行为。民俗是当地居民或民族的传统文化的一部分，既受当地的自然和人文环境的制约，也反映出该文化不同来源的影响。民俗地理的研究除有助于对不同地区民俗的文化现象有深入了解外，同时对民族学、文化学的研究也有所促进。

【文化地图】表示一定地理范围内教育、科研、医疗、体育等文化发展状况的地图。其反映的内容包括各类学校、科研机构、卫生机构、体育设施、文化娱乐场所、图书馆、展览馆、博物馆、广播电视台站、报纸、杂志、出版社、文物古迹、旅游景点的分布、数量以及按人口计算的拥有量。它反映了该地区文化事业的现状与发展水平，是一种专题地图。

根据不同需要，文化地图包括的地理范围、采用的比例尺、表示文化内容的多少、制图方法亦有所不同。文化地图实际是反映居民的文化质量、文化环境和文化水平，对人文地理学许多研究工作能起到辅助作用，特别是对人口地理学的研究十分重要。

政 治 地 理

【生存空间说】德国地理学家拉采尔在 1897 年发表的《政治地理学》一书中，把达尔文的优胜劣汰的生物演化概念运用到国家发展上，认为国家象有机体一样有兴盛、衰亡的过程，国家的兴盛需要广阔的空间。后又发表“生存空间论”的论文。瑞典学者谢伦在其 1917 年发表的《作为生命形态的国家》一书中发展了拉氏观点，认为“生存空间的思想是国家推动力的源泉”，“空间观念的萎缩”“是国家灭亡的原因”。在 20 世纪 30 年代，德国的豪斯霍弗利用此学说为德国的侵略战争服务，声称德国缺乏必要的生存空间与足够的自然资源，极力主张重新分配世界的领土。因此，这一名词被人们所抛弃。

【陆心说】英国地理学家麦金德在 1904 年的《历史的地理枢纽》和 1919 年的《民主的理想与现实》的著作中提出的学说。他认为从东欧到中西伯利亚的这一欧亚大陆中心是个“心脏地区”，在该地区以外有内、外两个新月形地带。内新月形地带是指除心脏地区以外的欧亚大陆边缘地带，外两个新月形地带是指欧亚大陆的陆地部分以外的海岛与其他大陆。他从历史的角度分析这个心脏地带内居住的游牧民族依靠其机动性多次向外征服其边缘地区，给内新月形地带造成极大的威胁。现代铁路的兴起，形成新的机动性有可能重新对边缘地带带来威胁。他提出：“谁统治东欧，谁就

能控制心脏地区；谁统治心脏地区，谁就能控制欧亚大陆；谁统治欧亚大陆，谁就能控制世界”。这一学说被认为 20 世纪前半叶最重要的全球战略思想。

【陆缘说】美国国际政治学家斯皮克曼在其 1944 年出版的《和平地理学》一书中提出的学说。他认为欧亚大陆的边缘地区拥有大量人口，丰富的矿产资源和农业资源，发达的经济，而欧亚大陆的心脏地区人口稀少、自然条件比较严酷，经济落后。相比之下，陆缘地区居于重要地位。因此，陆缘地区国家如联合起来不仅可以阻止大陆心脏地区国家向外发展，而且可以控制欧亚大陆，甚至整个世界。他将陆缘地区的战略地位概括为：“谁控制陆缘地区，谁就能统治欧亚大陆；谁统治欧亚大陆，谁就控制世界。”

在第二次大战结束后，美苏对立，美国为了控制世界，阻止苏联势力范围扩大到陆缘地带，曾通过各种军事和政治手段控制欧亚大陆边缘不能不说是这一学说的反映。

【行政区划】国家出于行政管理的需要，根据自然环境、经济状况、民族和人口分布、历史发展和沿革、文化特点以及军事需要等条件对其所辖领土进行行政区域划分。由于行政区划在世界各国中都有较长的历史，其区划级别、界线、名称、范围等都留下很深的历史烙印。

中国春秋初期，秦、晋、楚在其边疆设“县”，后各国把县推行到内地，在边疆设“郡”。秦统一六国后，在全国普遍设置郡县。现中国行政区一级是省、自治区、直辖市；二级是把一级行政区分为自治州、县、自治县；三级是把二级行政区再分为乡、民族乡、镇。

世界各国行政区划的级别和名称各有不同。日本的一级行政区为都、道、府、县，其下为市、町、村。美国一级为州和特区，二级为县和市。法国是分省，省下为区、县、市镇。

【首都】 一个国家的最高政权机关的所在地。在许多国家，首都不仅是全国的政治中心，又是重要的经济文化中心，有的还是全国的第一大城市。

首都所在地是由各国宪法决定的。首都一般可以分为三种类型：（1）历史悠久的国家首都多位于经济核心区内，在大河的河畔。如英国的伦敦、法国的巴黎。（2）首都的选择是平衡内部的力量结果。如美国为平衡原 13 州之间力量选在南北中间的华盛顿，加拿大为平衡英语和法语的分歧首都选在两种语言交界的渥太华。（3）非洲和南美洲大部分国家首都都位于海边。这是由于殖民时代遗留的影响。有的国家法定首都与实际首都并不一致。如荷兰法定首都在阿姆斯特丹，那里有王宫，而议会和政府则在海牙，成为实际的首都。

【疆界】 分隔相邻两国领土、领海及公海之间的界限。又称边界。它代表一个国家行使主权的范围。边界通常是由两边主权国家经协商以条约形式确定的，它不仅准确地标定在详细的地图上，有的还在实际地面上设置明确的标志。以地面上和水面上的边界为准，向上和向下分出领空和地下与水下的主权范围。在古代，国家间往往是一条相当宽的地带，称为边境，现在都为边界所替代。

确定边界的标志，有自然的，也有人文的。自然边界，多以山脉、河流等自然要素为标志，人文边界则以语言、民族与宗教差异作标志。在边界起源上，在两国未达到实际接触前划的边界

称先成边界，在其后划的边界称后成边界。世界上不少边界尚未正式划定，有的虽已划定但不明确或存在分歧，这些往往成为国家间冲突的潜在原因。

【飞地】指一国或一行政区位于其他国家或其他行政区境内，或为其他国家领土或其他行政区所隔开而不与本国或本行政区主体相毗邻的那一部分领土。飞地大多是历史留下的遗迹，一般面积都不大。如法国西南部，其境内有一块名为利维亚的地方属于西班牙。在荷兰境内，距比利时边疆仅 5 公里的巴勒村内称为巴勒·赫尔托霍村的那部分则属于比利时的领土。美国的阿拉斯加州由于被加拿大领土所隔开，成为一块面积较大的飞地。

飞地由于与国家的主体相隔离，给国家行政管理、经济发展都带来很大不便。如果是被具有敌意的国家相隔开，则易引起许多纠纷，甚至严重的冲突。另外，飞地由于被隔离开，两地的人民之间的经济交流必然受到一定阻碍，容易产生矛盾，如不能及时解决则成为潜在的离心力。

【领土】国家主权管辖的地域范围，亦称国土。包括陆地、河流、湖泊、运河，地面以下部分以及与陆地相毗连的海港、内海湾、领空和领海，是由疆界向上下作垂直延伸的面所围成的立体空间。领空是一国陆地、水域和领海以上的部分，其高度目前国际上尚无明确规定。领海是指沿海国家从其海岸线向外延伸一定宽度的沿岸带的海域。其宽度目前国际尚无统一规定，各国自行确定的宽度从 3—200 海里不等，相差甚大。

领土是国家组成一个基本要素。国家对领土有绝对管辖权，属国家主权一部分，是神圣不可侵犯的。由于交通原因进入他国的

领土、领空、领海，必须事先征得同意，否则被视为对他国主权的侵犯。

【战区】为实现国家或国家集团战略意图和军事行动而划分的作战区域。有时泛指进行战争的地域。它除包括陆上地域和海域外，还包括与之相对应的空域。战区的划分可以局限在一国或包括若干国家的领土、领海和领空。例如美国出于全球战略的需要，对战区的划分几乎包括全世界各个地区。现代战区的划分必须考虑到影响军事行动准备与实施的各种因素：地理位置，政治军事状况，自然地理条件，人力、物力与交通运输条件，历次战争经验与当前国际战略形势和军事力量的分布等。划分战区不仅要确定相邻两战区的分界线，而且还要注意相邻战区的重叠地带，以便协同作战。全面研究战区是军事地理学的重要任务，也是军队战役和战斗准备的重要任务之一。战区研究的主要内容包括：战区组成和战略价值、自然地理特点对军事行动的影响、社会政治状况及兵员潜力、军事经济潜力、武装力量组成及部署、战场准备程度以及历史战例等。

经 济 地 理

【经济地带性】国民经济各部门在空间上成带状分布的特性。人类的经济活动是在一定的自然环境和社会经济条件下形成和发展起来的。由于自然环境和社会经济条件有着地域的差异，因而经济

活动也表现出有规律的地域分异。如农业生产随自然条件纬度地带性变化而呈现出带状分布；采掘工业受资源分布地域差异的影响而表现出其空间分布特征；制造业则往往是沿重要交通干道延伸形成工业地带。各经济地带内部都存在着有机结构，表现出不同于其它地带的特征。经济地带的长度与宽度也各有不同，视其经济发展程度而异。

【区域经济】一定区域范围内的经济总体。是区域内部因素与外部条件相互作用而形成的经济生产综合体。每一区域都有其独特的自然、社会和经济技术条件，从而导致了各具特色的经济结构、经济布局和经济联系。通过对区域经济的研究，可以为合理开发国家资源、合理布局生产力提供科学依据。区域经济的主要研究内容有：（1）经济地带和经济区域的划分；（2）不同区域的劳动分工与经济联系；（3）区域资源综合开发的合理途径；（4）区域内部经济结构的形成、变化和调整方向；（5）新经济区开发的战略部署；（6）国家经济政策和技术进步对区域经济的影响。

【空间经济】经济的空间分布与空间结构。早期的古典经济学认为空间经济就是经济活动的空间形式，可以通过投入—产出的地理分布和价格—费用的地理变化来研究。地理学则侧重于研究各种经济要素的空间分布规律，以及各个地区之间经济上的相互依赖、相互制约关系。空间经济有 3 种表现形式：（1）经济密度，即单位空间范围内的生产力要素数量；（2）空间布局，指各经济部门在地域上的集聚与分布；（3）地域类型，指经济密度和空间布局综合而形成的地域经济类型。空间经济研究的目的在于探讨合理的空间经济结构，寻求协调的经济建设模式。

【区位论】论证经济活动合理空间位置的理论。是经济地理学和空间经济学的重要基础理论。区位是指地理位置，是地理学中的重要概念。区位论的发展大致经历了三个阶段：（1）古典区位论。主要指 19 世纪德国经济学家杜能创立的农业区位论和 20 世纪初韦伯提出的工业区位论。这一时期区位论的特点是从单一企业的研究入手，寻求成本、运费最低的区位。（2）近代区位论。以克里斯塔勒的中心地理论和廖什的市场区镶嵌等级体系为代表，从自由资本主义时代的成本学派发展为垄断资本主义时代的市场学派，着重探讨市场区的最佳范围和区界划分。（3）现代区位论。第二次世界大战后，区位论的研究发生了很大变化，从对企业、城市区位的研究转向对区域整体的研究，从静态的空间区位选择转向动态的空间分布演变，从单纯经济因素的分析转向经济、心理和社会等多因素综合分析。主要理论有：增长极理论，区域比较利益理论，二元结构理论，协同发展理论等。区位论是经济地理学、区域经济学和区域科学的共同理论基础，对研究区域发展模式、拟定区域发展战略、进行城镇体系规划、合理布局生产力等都具有重要意义。

【增长极】由主导工业部门及其配套企业组成的、具有高度活力的工业群。它不仅本身增长速度很快，而且可以带动其他经济部门的发展。又称生长极或发展极。这一概念最初是法国经济学家佩鲁于 1955 年提出的，后由布德维尔把它转化为地理概念，成为对一定区域的经济增长中心的称呼。如果把一组具有高度活力的推动性工业布置在某一落后区域，围绕着这组工业就会形成集聚经济体，成为区域的增长中心，从而带动整个区域的经济的发展。增

长中心自然会发展成为城市，而这个城市就是区域的增长极。推动性工业必须具备以下特点：规模较大，增长较快，生产的前向与后向联系广泛，有创新能力。以增长极带动区域发展可分为两个阶段，初期是极化效应阶段，增长极的发展会把周围地区的资金、资源和高质量劳动力吸引到中心来，造成中心与周围地区经济发展水平的扩大。后期则是扩散效应阶段，增长极有了相当的经济实力，把资金、技术、人才向周围地区扩散，带动全区域的经济起飞。增长极理论曾在许多发展中国家开发落后区域的实践中得到应用，但由于其极化效应阶段较长，无法快速消灭贫困，因而其效果并不十分显著。

【资源地理】经济地理学的分支学科。研究各种自然与非自然资源的空间组合特征、地域分布规律和合理利用与保护途径。自然资源主要包括：矿产资源、土地资源、水资源、气候资源、生物资源和海洋资源。非自然资源主要有：经济资源、劳动力资源、智力资源、信息资源和文化资源等。资源是经济发展的基础，开发利用得当会带来很大的经济效益；开发利用不当则会造成资源浪费或破坏，对那些不可再生性资源来说后果是严重的。资源地理的主要研究内容有：资源综合经济评价；资源地域分布规律；资源空间组合结构与特征；资源合理开发利用方向；资源保护途径与措施；以及资源远景开发的战略规划。资源地理研究是在第二次世界大战之后发展起来的。20世纪60年代中期之前，仅限于自然资源的研究，以后才扩展到非自然资源。资源地理不仅同地理学密切相关，而且涉及到生物学、土壤学、气象学等自然科学，工业经济、农业经济等经济科学和勘探钻采、遥感遥测等技术科学。是一门综合性很强的边缘学科。

【土地利用】人类在各种经济和社会活动中对土地的使用和经营。20 世纪以来,由于世界人口急剧增加,引起可利用土地资源的相对减少,农业、工业和交通运输等部门的用地矛盾日渐尖锐,引起世界各国的重视。因而对土地利用的研究日益普遍地开展起来。土地利用研究的内容包括:(1) 土地资源的普查登记;(2) 土地资源分类;(3) 土地资源利用现状及存在的问题;(4) 土地质量评价;(5) 土地利用的调整与规划。早期的土地利用研究多集中在农业的土地利用方面。随着 20 世纪 50 年代后城市化过程的加速进行,许多国家已把研究重点转向城市土地利用,并侧重于从保护环境、维持生态平衡的角度进行研究。

【土地评价】从社会经济角度对土地质量、潜力和适宜用途所作的评估。是进行土地利用规划的前期基础工作。土地评价可按不同的地域范围来进行,也可按不同的土地利用类型来进行。评价的内容一般有三方面:(1) 土地质量评价。要根据土地用途确定评价指标,如农业用地要考虑土壤厚度、肥力、保水性、适耕性等;工业用地则要考虑地质构造、承载力、压陷性等。(2) 土地潜力评价。是对土地未来利用的预测,根据一定的指标体系对土地潜力进行分级。如农业用地潜力评价的指标有坡度、地形、土壤组成、土壤侵蚀方式等,每一指标有若干等级,每一等级有一定分数,根据总积分就可评出潜力等级。(3) 土地适宜性评价。要根据特定用途来进行评价,可分为适宜、有条件适宜和不适宜三级。土地评价需要有自然科学、经济科学和技术科学等多方面的知识,是一项综合性很强的工作。

【土地规划】土地的开发、利用、分配和管理计划。可分为全面性土地规划和局部性土地规划。前者是指对一国或一个地区全部土地资源的开发利用所作的规划，涉及到国民经济各部门的土地利用结构，是区域规划的组成部分。后者是指局部地区或单一部门内部的土地利用规划，如城市土地利用规划、农业土地利用规划等。土地是一项重要的资源。任何一种经济活动都要有一定的土地投入。而土地的数量又是基本固定的，无法通过人类劳动大量地生产出来。这就使得合理地开发利用和保护土地具有重大意义。土地规划就是为了达到合理开发利用土地的目的而采取的一项有力措施。

【土地利用图】表现土地资源利用现状和地域差异的专题地图。是土地利用调查的成果，也是土地利用研究的基础资料。土地利用图按其内容包括：土地利用现状图、土地利用类型图、土地资源开发利用程度图、土地利用区划图和土地利用规划图。按其比例尺大小可分为三种：（1）大比例尺图，几千分之一到十万分之一。可详细反映土地利用差异，能够用于生产规划。（2）中比例尺图，十万分之一至五十万分之一。常用于区域规划、农业区划和国土整治。（3）小比例尺图，小于五十万分之一。可供研究宏观布局，编制经济区划和国土规划之用。土地利用图的制作已开始利用航空和航天遥感技术，并以电子计算机为工具，大大提高了其精确度。

【生产布局】物质生产部门（工业、农业、交通运输业等）在一个国家或地区的地理分布，包括生产区位、规模、部门结构与地域组织。又称生产配置。生产布局包括部门布局和地区布局两种类

型。前者是指各生产部门的布局，大至整个行业，小至个别企业；后者是指一定地域范围内各部门的综合布局，大至一个国家，小至一县一镇。生产布局的主要研究内容有：（1）生产布局的自然、社会经济和技术条件；（2）各生产部门的布局要求，部门结构及地域组合规律；（3）生产布局的理论与方法。由于物质资料生产企业是不能轻易移动的，因而生产布局具有相对稳定性。又由于原有布局对新布局的影响而表现出历史继承性。生产布局是发展国民经济的重要战略部署，受到世界各国的高度重视。

【经济区划】根据社会劳动地域分工的特点对全国领土进行战略性的划分。其目的在于揭示各地区生产发展条件和经济结构特点，明确各地区在全国劳动地域分工中的地位和彼此协作关系，为国民经济宏观管理与布局提供依据。社会主义经济区划的主要原则有：（1）充分发挥地区经济优势与国民经济全面发展相结合；（2）地区经济现状与远景发展相结合；（3）地区经济中心与其经济吸引范围相结合；（4）经济区划要与国民经济管理体制相适应。此外，经济区划还要考虑环境保护、民族自治和国防建设等问题。经济区的分区指标和分级系统要根据国家地域范围大小、生产力发展水平和自然与经济条件来确定。

【劳动地域分工】社会劳动分工在地域上的表现形式。指不同地区根据各自的优势实行专业化生产。劳动地域分工的基础是地域差异，包括自然资源、生产条件和经济基础的差异。由于地域差异的存在，使得某些部门的生产在某些特定地域具有比较优势，因而在这些地域形成专业化生产。地域分工又导致了地域协作和贸易关系的建立，使整体经济的内部联系更加紧密。合理的劳动地

域分工有利于充分利用资源，提高劳动生产率，降低生产成本，实现经济效益最大化。

【经济区】不同规模、各具特色的地域经济单元，是社会劳动地域分工的表现形式。经济区一般以一个或一组城市为中心，有自己的工业专门化生产部门，内部经济联系发达，交通运输自成网络并与区外相联结，在国民经济发展中承担着一定任务。根据经济区的职能和结构特点，可分为两种类型：（1）部门经济区，如工业区、农业区、商业区等。部门内部还可进一步划分综合部门经济区和单项部门经济区。（2）综合经济区，即通称的经济区。在中国分为三级，基本经济区、省级经济区和基层经济区。经济区作为社会生产地域分工的表现形式是客观存在的，它具有相对的稳定性。但它又不是一个封闭的系统，在商品经济日益发展的今天，更是一个高度开放的系统。

【经济特区】国家在其领土范围内划出的、享受对外经济活动优惠待遇的特定区域。经济特区是中国特有的概念。按其实质，大体相当于世界其它国家的自由港或出口加工区。中国从1979年开始，先后在广东省的深圳市、珠海市、汕头市、福建省的厦门市和其他沿海地区设立了经济特区，以减免关税等优惠条件吸引外商投资，发展出口加工工业，并兼有旅游、房地产、金融等第三产业。兴办特区的目的在于：引进外国资本、技术和管理经验，扩大就业，扩大出口贸易，以带动和促进国内经济的发展。中国的经济特区位于沿海，水陆交通方便，劳动力资源丰富，并以侨乡为依托。经济特区内部经济成分复杂，国营、集体、独资、合资和个体经济并存，经济运行机制是市场经济。特区的立法权、司

法权和行政管理权由政府掌握。

【经济技术开发区】以引进先进技术、开发新产品为目的，在中国沿海开放城市中划出的实行特殊优惠政策的地区。其性质类似于经济特区，但发展方向是技术密集型产业，经济结构较为单一。经济技术开发区本身是一个经济实体，主要任务是：引进与吸收国外的先进技术和经营管理经验，及时掌握和向内传播国外的经济技术信息，开发具有国内外市场潜力的新产品，培养高级技术与管理人才和扩大出口贸易，增加外汇收入。中国的经济技术开发区都位于东部沿海开放城市中，经济发展水平较高，工业基础雄厚，交通便利，智力资源相对集中，为开发区的发展提供了良好条件。

【区域规划】对一定区域的资源开发与经济建设所作的总体部署。广义的区域规划包括区际关系的协调和区内经济发展的全面布局；狭义的区域规划则主要指区域内的建设项目布局规划。进行区域规划的目的是有效利用资源，合理布局生产力，保护生态环境，使区域经济发展与建设得以顺利进行。区域规划的具体内容有：（1）在对区内资源和建设条件全面分析评价的基础上提出发展方向和战略目标；（2）对工农业生产和相应的建设项目进行合理组织与安排；（3）预测规划期的人口规模和城市化水平，确定城镇体系的规模结构、功能结构和地域结构；（4）合理安排交通运输、能源动力、通讯、供水等项区域基础设施；（5）提出环境保护与治理措施。区域规划是一项战略性、地域性和综合性很强的工作，需要多学科专业人员相互配合，共同完成。规划区的界定既可按经济区，也可按行政区，还有由大到小的多种层次。

【国土规划】根据国家或地区的社会经济发展战略目标，对国土资源的开发、利用、治理、保护所作的总体部署。国土规划既可以是全国性的，也可以是地区性的，后者大体上相当于区域规划，但比区域规划内容更广泛，规划期也更长。国土规划的主要任务是：（1）确定各项资源的开发规模、开发步骤和加工利用方向；（2）合理安排交通、能源、水源等区域性基础设施；（3）组织协调各经济部门和城市间的经济联系与空间布局；（4）提出国土整治与保护的目标和措施。国土规划的根本任务在于协调资源开发利用和治理保护之间的关系，人口、资源、环境之间的关系，以促进区域经济的健康发展。

【流域规划】在江河流域范围内所作的、以水资源的开发利用为中心的长期规划。是区域规划的一种特殊类型。河流是人类生存与发展的主要淡水来源，还蕴藏着大量的动力，又可作为交通通道，是人类的一项宝贵资源。但河流所带来的洪水也会给人类造成很大危害。因而河流的治理和开发利用一直是经济建设中的一项重要内容。流域规划就是要根据河流的自然特性，确定治理和开发方案，统筹安排各项工程设施，协调防洪、发电、灌溉、航运等功能，并制定保护流域生态平衡和防治水土流失的措施。中国自20世纪50年代起，对黄河、长江、淮河等大河和众多的中小河流先后进行了流域规划，并逐步实施，取得了良好的经济效益和宝贵经验。水利电力部还制定有《江河流域规划编制规程》（1982）。

【国土开发】有计划地开发利用各项国土资源，以促进国家经济的发展。世界各国在长期的经济发展过程中，已经不同程度地开发

利用了自己的国土资源。但也有大量尚未开发或利用不充分的国土资源有待进一步的开发利用。由于国土资源是有限的，某些资源（如矿产资源）是不可再生的，因而开发利用时既要考虑到近期的经济效益，又要顾及子孙万代的长远利益。国土开发的目标和任务随经济发展阶段的不同而变化，也随国情和国力的不同而各异。但其内容都基本包括土地资源、矿产资源、生物资源和水资源的开发，以及区域资源的综合利用。

【国土整治】采取有效措施，使被破坏了的国土资源得以恢复和改善，达到保护资源、保护环境的目的。人类在长期的生存与发展过程中，不断开发利用着自然资源，也常常不自觉地毁坏自然资源，破坏生态平衡，造成人类生存环境的恶化。国土整治就是要采取立法、行政、工程、生物等多种措施，进行综合治理，使被破坏的资源 and 环境得以恢复和改善。国土整治的具体内容要根据国情来确定，采用的方法也要根据技术经济条件来选择。但其实质都是要解决人口和经济增长与国土资源开发和环境保护的矛盾。

农 业 地 理

【农业布局】农、林、牧、副、渔各部门和各种农作物的地域分布及其组合。又称农业配置。农业布局受自然、技术、经济、社会等多方面因素的影响和制约。布局安排既要顺应自然规律，因地

制宜，充分有效地利用自然资源，又要考虑到生产技术水平 and 市场需求，以及交通运输条件。合理的农业布局要做到各部门和各种作物分布在最适宜地区，各部门又在一定的地域范围内形成有机结构，相互促进，协调发展，形成良性循环。

【农业地域分工】农业生产社会分工在地域上的体现。不同地区根据各自的优势资源条件发展各具特色的农业生产，并将其剩余产品与其它地区进行交换，从而形成了劳动地域分工。由于农业生产的发展受自然条件的很大约束，某些地区适宜于某些部门和作物的生产，而不利于其它部门和作物，只有因地制宜地安排农业生产才能收到最大的经济效益。而由于各地区产品的不同就出现了商品交换。农业地域分工是在生产力发展到一定水平，农产品商品率达到一定程度之后才形成的，并需要有便利的交通运输条件相配合。

【郊区农业】城市周围以生产城市生活所需的副食品为主的农业类型。它是随城市的出现和发展而形成的，其规模大小也是由城市的大小而决定的。郊区农业以城市为市场，生产城市居民日常生活所需的蔬菜、瓜果、禽蛋、乳品、肉类和花卉等需求量大而又不易贮存和运输的农副产品。大、中城市的远郊区也生产粮食和各种经济作物。由于城市人口集中，副食品消费量大，而副食品又具有易损耗、易腐坏的特点，因而各城市，尤其是大中城市都需重视郊区农业的建设，搞好各种副食品生产基地，并组织好运输、销售各环节，以满足城市居民菜篮子的需要。

【生态农业】源于传统的有机农业，指利用植物或有机物的自然循

环和能量转化来提高农作物产量的耕作方法。进入 20 世纪以来,随着石油化学工业的兴起,大量的化肥、农药投入了农业生产,对提高农产品产量和农业劳动生产率起到了很大作用。由于这些无机物的投入逐步取代了有机物的投入,因而形成了所谓的“石油农业”。但化肥、农药的长期、大量使用会造成土壤、水源和农产品的污染,破坏自然的生态循环,造成环境质量恶化。于是许多学者提出应减少无机物在农业生产中的投入量,尽量利用植物对太阳能的固定功能和生物能的转化作用来提高农业产出。如实行草田轮作,豆粮轮作,施有机肥,生物防治病虫害等,以保持生态的良性循环。

【作物布局】农作物的地域分布。包括各类农作物在不同地区间的分布和在同一地区内的组合结构。各种农作物有着各自的适生条件,对水、肥、光、热有着不同的要求,因而作物布局首先要考虑自然条件,把各种作物安排在具有最优越条件的地区生产。同时还要考虑到原有生产基础和技术基础,向投资少、见效快的地区集中。并形成合理的作物组合,用地与养地相结合,商品性生产与自给性生产相结合,生产与加工相结合,逐步实现生产的区域化与专业化。

【作物组合】一定地域范围内各种作物的种植比例,又称作物构成。主要反映种植业的内部结构和土地利用特点,体现各种农作物之间的内在联系。一个地区的作物组合是与其自然条件、熟制类型、复种指数和轮作方式等密切相关的,也受到市场需求的很大影响。研究作物组合规律,提出合理的作物组合方案,可以充分利用土壤肥力和光热资源,提高产量,促进农业生态的良性循环,争取

更好的经济效益与环境效益。

【耕作制度】农作物的栽培方式和有关技术措施的总称，又称农作制度。栽培方式包括单种、复种、混种、间种、套种、轮作、休闲等。这是为了充分利用地力而又保护地力，在长期的生产中摸索形成的不同种植方式。种植技术措施主要有农田基本建设、水利灌溉、病虫害防治和施肥等。耕作制度是在一定的自然经济条件下形成的，并随着生产力和科学技术的发展而变化。中国汉代时就有了轮作和复种，在现代农业中又进行了广泛的耕作制度改革，提高了复种指数，推广了农业机械的运用，有效地促进了作物产量的提高。

【立体农业】依据不同动植物的生物特性和空间占有情况，在一定范围内实行多种种植、养殖业有机结合的农业生产方式。又可分为两种类型：一是在地势明显起伏的山区，自然条件的垂直地带性分异造成的农、林、牧业和不同物种的立体分布。如在中国云南、四川西部等地，山谷中为种植业，山坡上为林地，林线之上为天然草场，形成层次分明的垂直变化。二是在局部自然条件基本一致情况下为最大限度利用空间和生物能量而实行的立体种植、立体养殖和种养结合。如粮林、粮菜间作套种、稻田养鱼、不同鱼种立体放养、桑基鱼塘等等。立体农业不仅可以充分利用自然空间与物质能量，收到显著的经济效益，而且能够形成良性生态循环，产生良好的社会与环境效益。

【畜牧业地理】农业部门地理的重要组成部分。研究家畜、家禽养殖的地域分布规律。畜牧业可为人类提供肉、乳、蛋等食品和毛、

皮、丝等原材料，以及部分动力和药材。其发展与分布既受自然条件的制约，又受经济、技术、社会条件的影响。畜牧业地理主要研究：（1）畜牧业发展的资源、环境及社会经济条件评价；（2）驯养动物种群的地域分布规律；（3）畜牧业的生产规划与布局；（4）畜牧业内部的结构调整与畜牧资源保护。畜牧业地理的科学研究始于欧洲，以德国为代表。20 世纪是这一领域发展较快的时期，有关畜牧业地理的科学著作不断问世，理论与方法也逐步形成。中国曾在 20 世纪 50 年代和 70 年代对甘肃、新疆、内蒙古等地的畜牧业资源进行了考察，研究了畜种结构、地域分布和生产布局问题，对中国畜牧业生产的调整与发展起到了很大促进作用。

【林业地理】农业部门地理的重要组成部分。研究林业生产的地域分异规律。林业是森林（包括天然林与人工林）经营业，它不仅可以为社会提供木材和其它产品，而且在保持水土、防风固沙、调节气候、减轻污染、美化环境等方面有着重要作用。林业生产的地域分布既受地形、土壤、气候等自然条件的约束，又与市场、加工业、交通等经济因素密切相关。林业地理的主要研究内容有：（1）分析制约林业生产地域分布的自然、经济和技术因素；（2）综合评价森林资源；（3）研究林业生产的地域分布特点及规律；（4）制定林业区划，提出调整林业布局的科学依据。

【水产业地理】农业部门地理的重要组成部分。研究水产业生产的地域分布规律。水产业按生产方式可分为水产种植、水产养殖、水产捕捞和水产加工业；按地域可分为海洋水产业和内陆水产业。水产业地理的主要研究内容有：（1）分析和评价影响水产业生产和

分布的自然、经济、技术条件；(2) 研究不同水产部门的地域分异规律及其原因；(3) 探讨水产资源的开发、利用和保护方向及途径；(4) 进行资源评价和划分水产业生产的地域类型，制定水产业区划。开展水产业地理研究，可为因地制宜地发展生产和保护资源提供科学依据。中国在 20 世纪 50 和 70 年代曾开展了大规模的水产资源调查和水产区划，取得了良好的成果。

【农业系统】在一定地域范围内，农业各部门或各种作物的生产要素按不同比例有机结合而成的生产系统。农业系统的划分标准一般是根据土壤、气候、劳动力、资金、经营方式和生产水平等因素，研究范围可大可小。美国格里格 1969 年提出把全世界的农业系统划分为 9 种类型：(1) 迁移农业；(2) 亚洲水稻耕作；(3) 草原放牧业；(4) 地中海式农业；(5) 西欧和北美混合农业；(6) 乳酪业；(7) 种植园农业；(8) 大牧场；(9) 大规模谷物生产。这是大范围、高层次的农业系统。还有低层次、小范围的农业系统，如种植业中不同的作物组合，林业中不同的林种混交等。对农业系统的研究有助于认识农业生产发展和布局的基本规律，为农业生产计划提供依据。

【农业商品生产基地】商品农产品的集中产区。这些产区可大量稳定地向区外提供诸如粮食、经济作物、蔬菜、畜产品、水产品等商品。农业商品生产基地的选择是经过分析多方因素，如自然、社会经济条件、原有经济基础、生产发展潜力、交通运输条件等，经过综合比较而确定的。并对其发展方向、技术改进措施和商品率的提高进行规划，集中一定的财力、物力、人力进行建设。这样可以大大提高农业生产的专门化、集约化水平，为国家农业发展

打下坚实的基础。中国已经建设的农业商品基地有：太湖平原、洞庭湖平原、成都平原和黑龙江三江平原等 9 大片商品粮基地；江汉平原、黄淮平原和南疆等 5 大片棉花生产基地；福建东南沿海、广东中部沿海和广西南部等 6 片甘蔗生产基地；松嫩平原西部和吉林西部等 4 片甜菜生产基地；以及海南岛的热带作物生产基地和大、小兴安岭及长白山区的木材生产基地。

【农业区划】根据农业生产的地域分布规律划分出体现区内相似性和区际差异性的不同等级的农业区。这是进行农业地理研究和农业生产规划管理的一种科学方法。农业区划的主要内容有：（1）农业自然条件区划。根据与农业生产有关的各种自然条件的空间分异规律划分出各具特点的农业自然区，作为进行农业布局的基本依据。（2）农业部门区划。按照不同部门、不同作物的生态特点和布局要求进行区域划分。（3）农业技术改革区划。这是为因地制宜地改善农业生态环境、改进农业技术而做的区域划分，使每个区都有合理的技术改进方向与途径。（4）综合农业区划。以上述区划为依据，综合多方因素，做出全面的综合分区。综合农业区划不仅体现各区不同的自然、经济、技术特征，而且指明了各区不同的发展方向与改善途径。中国领土辽阔，自然条件差异大，农业生产类型多。各省、市、自治区已经做了大量不同类型、不同层次的农业区划，并于 1981 年编制了全国性的《中国综合农业区划》，对农业生产作出了全面的战略布局。

【农业地带】面积比较广阔、生产结构和耕作制度基本相同的农业生产地域。是反映大范围农业生产地域差异的单位。农业地带的分布在很大程度上是同纬度的变化相一致的。从高纬向低纬农业

地带的作物变化规律是：喜凉作物（如燕麦、荞麦等）→中温作物（如玉米、高粱等）→喜温作物（如棉花、水稻等）→热带作物（如咖啡、橡胶等）。作物熟制变化是：一年一熟→二年三熟→一年两熟→一年三熟。从高海拔地区到低海拔地区，也有类似的带状分布。农业地带的形成既有生物气候地域差异的原因，又有人为农业生产活动的影响。农业地带的划分方法有两种：一是按集约化程度高低分带，称为自然农业地带；二是按专业化程度高低分带，称为农业专门化地带。农业地带的划分与研究，是安排宏观农业布局 and 划分农业区的基础与依据。

【综合农业区划】综合自然和社会经济各方面的地域分异规律，全面反映农业生产条件、结构、特征和发展方向的农业区域划分。它是在各种单项农业区划的基础上综合而成的，反映出明显的区内相似性与区际差异性。综合农业区划的主要内容是：（1）概述各区的农业基本特征；（2）综合分析评价各区的农业资源和社会经济条件，提出利用和改造途径；（3）提出因地制宜调整区内农业布局、建立合理的经济结构的方案；（4）研究区内农业技术改革措施和农业现代化的方向与途径。综合农业区划既有等级之分，又有地区之分。高层次、大范围的区划侧重于全局性和战略性问题；低层次、小范围的区划则注意解决微观经济的主要矛盾。中国的全面综合农业区划分为 10 个一级区和 38 个二级区；各省又根据各自情况划分为一、二、三级综合农业区，形成一个自上而下的完整系统，成为指导当前生产和制订长远规划的基础。

工 业 地 理

【工业体系】在一定地域范围内，由工业生产部门及与其相关的管理和服务单位所组成的具有有机结构和相对独立性的工业生产整体。工业体系有一定层次性，可分为：（1）国家工业体系。在一国范围内，由各工业部门组成的投入—产出生产体系。其规模和结构与国家资源、人口、经济基础及技术水平有密切关系。（2）地区工业体系。一般以大经济区为单位，区内形成具有相对完善的产业结构和突出的主导工业部门、能够协调运转的工业体系，作为全国工业体系的子系统。（3）工业基地。这是在一个较小的地域范围内，以一个或几个主导工业部门为中心形成的专业化生产基地。其形成往往与所在地区的资源优势及地理位置密切相关。中国已经形成了独立完整的国家工业体系；并在东北、华北、华东地区建设了相对完整而又各具特色的大区工业体系，西南、华中、华南的工业体系也已初具雏形；此外还建设了一批能源重工业和轻纺加工业生产基地。

【工业布局】工业生产的地域分布或工业生产的地域组织，又称工业配置。其研究任务包括对工业生产地域分布状况的历史分析，对现实工业建设的地域安排，对地域工业结构演化规律的探讨，以及对未来工作发展与布局的规划预测。工业布局研究可分为多部门、多企业的总体布局研究，单部门的布局研究，和个别企业的

布局研究。按地域范围的大小还可分为：国家工业布局；地区工业布局；工业区内企业布局。工业布局的主要研究内容有：（1）影响工业布局的因素分析。包括自然资源与自然条件，工、农、运输业发展水平，劳动力数量与质量，经济管理体制，及技术水平等。（2）工业部门结构研究。包括部门内部和部门间的结构。目的在于使各部门、各企业按照投入—产出关系和合理的比例结合成有机整体，从而使生产得以顺利进行。（3）各工业部门的布局特点及企业最优区位选择。研究不同部门、不同企业对布局的不同要求是合理布局的基础。（4）工业地域组织（如工业地区、工业枢纽、工业区等）的形成、结构及发展规划。

【工业集聚】工业生产在空间上向一定地域集中的现象。工业生产的集聚是由两方面的原因造成的：一是企业大型化和联合化，可以提高劳动生产率，降低成本，取得规模经济效益，从而促进了企业规模的不断扩大；二是多企业、多部门相互接近，可以共同建设和利用基础设施，节省基建投资，并便于技术交流与信息沟通，使企业愿意彼此靠近。空间集聚是工业布局的一个突出特点，它可以带来低成本、高产出的经济效益。但集聚不是一个无限持续的过程，集聚到何等规模为最佳，仍是工业地理学研究的一个重要课题。

【工业分散】工业生产的空间扩散现象。是与工业集聚相反的一种空间运动过程。集聚过程使得在很小的地域范围内集中了大量的人口、企业和建筑物，集中到一定规模之后就会产生相互干扰，出现用水、用地、原料和能源供应的紧张，交通运输的拥挤和环境质量的下降。这样集聚的经济效益将逐步被其带来的弊病所抵消，

工业布局就会出现分散的趋向，由大城市向小城市、由工业集中区向外围地区扩散。工业布局的集中与分散是相辅相成的两个方面，过度的集中与过度的分散都不利于工业的高速发展。处理好集中与分散的矛盾，是工业布局研究的一个重要问题。

【工业地域组合】在一定的地域范围内，多个工业部门或企业按照其内在生产联系，以一定方式形成的有机组合。这种组合可以充分利用自然资源，广泛开展生产技术协作，从而取得最大的经济效益。组合有两种方式：一是联合化，即把有生产联系的部门和企业组织成联合企业或工业区，成为统一的地域生产体系；二是专业化，即把有工艺特点的生产过程独立出来，形成专门化企业，再按照这些企业的协作关系进行地域组合。工业地域组合有不同类型的组合系统：（1）按等级层次划分有工业地区、工业枢纽、工业区和工业点；（2）按组合性质划分有各类地域综合体；（3）按其在国民经济中的作用划分为工业中心和工业基地等。

【工业地域综合体】在一定地域范围内，由多个具有生产联系的工业部门或企业组成的综合生产体系。一般是以一个部门或企业为主导，相关部门或企业相配合，形成一个有机生产整体。如德国鲁尔地区以煤炭开发利用为主导，形成了包括冶金、机械、化工、建材等多部门、多企业组成的工业地域综合体。按主导工业的性质，可将综合体划分为能源综合体、矿业综合体、冶金综合体、石油化工综合体、建筑材料综合体等。不同的综合体有不同的内部结构与布局特点。

【部门工业地理】工业地理学的重要组成部分。研究各工业部门生

产布局的条件、特点及规律。工业部门是随生产分工的不断发展而分化独立出来的，各部门有着不同的生产特点与布局要求，而部门间又有着不同程度上的投入产出联系。对工业部门的划分各国有不同的标准。按中国统计分类，首先分为重工业（包括采掘、原料、制造）和轻工业（包括以农产品为原料和以非农产品为原料）两大部分，再进一步细分为钢铁、有色冶金、电力、煤炭及炼焦、石油、化学、机械、建材、森林、食品、纺织、缝纫、皮革、造纸、文教用品等部门。按生产特点又可分为劳动密集型工业、资本密集型工业和技术密集型工业。部门工业布局是经济地理学、工业经济学和技术经济学的共同研究领域，地理学则突出其地域性与综合性的特点。

【出口加工区】由国家划定的专门制造、加工和装配出口商品的特殊工业区，是经济特区的形式之一。出口加工区多设于沿海港口或国家边境附近，当地有良好的经济基础，廉价的劳动力，方便的交通运输条件和健全的对外贸易机构，利用国家给予的减免税收的政策优惠，吸引国外资本投资建厂，引进国外先进技术设备和管理方法，增加地方就业，扩大出口贸易，促进经济发展。世界上第一个出口加工区于1956年建于爱尔兰的香农国际机场。20世纪60年代后陆续出现于许多发展中国家，以亚洲数量最多，如中国台湾的高雄，南朝鲜的马山，菲律宾的巴丹等。中国广东、福建省的一些城市也开始兴建出口加工区。

商 业 地 理

【商业中心】一定地域范围之内的商业活动集中区。有两种类型：区域的商业中心城市和城市的商业中心区。前者为担负区域商业中心职能的城市，有为全区域服务的完善商业机构与设施，一般是在区域商品集散中心的位置上发展起来的，有良好的交通运输条件。后者是城市内的商业活动集中区，聚集了大量批发、零售商店和服务设施，可满足居民不同档次、不同品种的商品需求。大城市内可形成不同等级构成的商业中心体系；特大城市的郊区还建有外围商业中心。

【集市】在商品经济不发达的时代和地区定期集中进行的商品交易活动。在世界许多国家的农村地区仍然存在。每隔一定时期（如逢单、双日或逢五、逢十），在固定地点或相邻的几个地点轮流举行。中国的集市有许多不同的名称，如华北称为“集”，四川称为“场”，云南称为“街”，华南称为“墟”等。集市一般位于交通方便的村镇，担负着农村商品交换、生产与生活资料供应和农产品收购的任务。在进行商业活动的同时，人们还在集市上进行各种社会、文化活动。

【零售引力模型】衡量零售业吸引力和划分零售业市场区的公式。由赖利于 1929 和 1931 年提出。模型揭示出：相邻两个商店或商

业中心的营业额同其本身的规模成正比，同二者距离的平方成反比，即

$$\frac{T_a}{T_b} = \frac{S_a}{S_b} \left(\frac{D_b}{D_a} \right)^2$$

式中 T 为营业额， S 为商店规模， D 为二者至市场区分界点的距离， a 、 b 分别代表两个商店或商业中心。由此式推导出市场区分界点的位置：

$$D_a = \frac{D_{ab}}{1 + \sqrt{\frac{S_b}{S_a}}}$$

式中 D_{ab} 代表两商店或商业中心之间的距离。赖氏模型是空间相互作用理论的基本模型之一。

【市场区】一个商业中心的吸引或服务范围。此范围内的居民到此中心购物最经济方便。市场区的划分可为确定商业中心规模和结构提供依据。划分方法主要有三种：（1）重力模型，相邻两个商业中心的吸引力与各自的人口数量成正比，与相间距离成反比，由此可找到两者市场区的分界点；（2）根据当地居民的购买力计算出理论销售额，再与实际销售额比较，若后者大于前者，则该中心服务人口大于居住人口；（3）通过抽样调查，对样本做统计分析，来确定实际市场区界限。

【自由港】由主权国家设立的对外国船舶运载的进出口货物实行免税、免检，并提供装卸、存储、加工和转口便利的贸易港口。由于这种港口可为运输单位节省时间和降低费用，因而能吸引更多的远洋运输商船到港，在国际竞争中处于有利地位。自由港兴起

于欧洲中世纪地中海沿岸国家，后逐步扩散到全世界。如丹麦的哥本哈根，瑞典的斯德哥尔摩，美国的纽约、新奥尔良、西雅图，亚洲的新加坡、香港等。不少发展中国家为了吸引外资，扩大过境贸易，利用廉价劳动力争取加工收入，也开辟了自由港和带有自由港性质的出口商品加工区。中国沿海设立的经济特区就具有自由港的性质。

交通运输地理

【交通运输布局】各种交通运输方式的空间分布与组合。又称交通运输配置。主要研究由各种交通运输方式的线路、站港和技术设备组成的交通运输网的地域结构与类型、客货流分布的动态变化、以及新建线路、站港的合理区位。交通运输布局研究的目的在于建立合理的综合交通运输网，以提高运输能力，降低运输成本，求得最大的经济效益和社会效益。布局应考虑的主要因素有：（1）国民经济发展的要求。要充分考虑经济发展带来的运输需求增长，并使交通运输布局与国民经济其它部门的布局相适应。（2）自然条件的影响。在选择交通运输方式、站港地址和交通线的标准与运营规模时，要因地制宜，充分利用各种自然条件（如河流、岸线等），也要防止自然灾害（如滑坡、泥石流等）对交通运输的破坏。（3）各种运输方式的配合。现代化交通运输方式各有不同的特点，能适应不同的自然条件与运输要求，要使其相互配合，发挥所长，形成综合运输网络。（4）巩固国防的需要。

【客流地理】研究客流产生与客流分布的地域规律，是交通运输布局的基础之一。客流的形成是人们为了一定目的而利用交通工具出行，体现了社会、经济、文化的地域联系。客流强度及其分布主要取决于人口密度和经济发展水平的地域差异。客流产生的主要原因有：人口迁移、商业贸易、探亲访友、旅游观光、通勤通车等。客流地理的主要研究内容有：各类客流产生的人文地理因素；客流空间分布与时间分布规律；客运量预测；客流在各种运输方式间的合理分配。

【货流地理】研究货流形成与货流分布的地域规律，是交通运输布局的基础之一。货流是指一定数量和品种的货物，沿某条运输线路，从一地到另一地的移动。是运输联系在地域上的具体表现。货流按性质可分为：（1）始发货流，即由当地发出的货流；（2）到达货流，即由当地收入的货流；（3）中转货流，指在当地转换运输工具的货流；（4）通过货流，由当地经过的货流。按货种可分为煤炭货流、钢铁货流、粮食货流等 10 多种。货流地理主要研究货流形成的条件和特点；货流在各种运输方式间的分配；主要交通线路上货流的流量、流向、距离、密度的变化和预测；货流对整个经济情况的影响。从而为合理组织货物运输、合理布局运输生产力提供依据。

【交通线布局】指各种运输方式的线路和各项运输设施的布局。包括铁路线、公路线、航线、管道和泵站、港口、机场等。交通线布局是交通运输布局的基本组成部分，主要研究交通线吸引范围内容纳客货流的集散特点及变化，运输能力对运输需求的满足状

况，交通线等级技术标准的确定，以及新线路的选线定点。交通线布局主要考虑因素有：（1）沿线自然条件与自然资源分布；（2）经济发展水平与经济结构特点；（3）城镇规模与人口密度分布；（4）现有运输能力及技术水平；（5）国防要求。

【交通运输部门地理】是交通运输地理学的主要组成部分。研究各种运输方式的特点、发展和地域组合规律。交通运输部门地理包括铁路、公路、内河、海洋、航空、管道运输六个部门的地理研究，主要研究内容有：（1）各种自然、社会经济因素对不同运输方式布局的影响；（2）各种不同运输方式的站港、线路和网络的特点、布局要求和分布规律；（3）各种运输方式在国家或区域运输系统中的地位、作用及发展方向，研究方法包括多因素分析、技术经济论证、目标预测及多方案选择。

【交通运输区划】为揭示交通建设条件的地域差异和合理组织地域运输系统而进行的地域划分，具有经济上的合理性，技术上的可行性和自然条件上的有利性与相似性。交通运输区划主要有四种类型：（1）货流区划。对单项产品所作的供应范围区划，是在该产品各产地产量和消费量已定的前提下，根据产销平衡、运费最低的原则，划出各产地的供应范围和运输路径。（2）产销区划。对单项产品各产地所作的以销定产区划，是以产地为中心，依据社会总成本最低原则，划分各产地的合理销售区，再以销售区内对该产品的需求量为依据确定生产规模。（3）吸引范围区划，依据运费最小原则，对各交通线和站港的合理服务范围所作的区划。（4）陆路交通自然区划。是为陆路交通工程建设和布局服务的自然条件类型组合区划，用于揭示各种道路建设、养护和运营的地

域差别，为制定有关技术标准和政策提供科学依据。

旅 游 地 理

【旅游资源评价】对旅游资源的质量特征和开发利用价值所作的评价，是确定开发程序、开发规模和旅游区规划的基础。旅游资源评价的主要内容有：（1）旅游资源的艺术特征。主要指观赏景物的构成、格调和组合方式，能够给人们提供的感官享受和艺术欣赏价值。（2）旅游资源的历史文化价值。包括文物古迹的类型、年代、规模、保存状况和历史价值。（3）旅游资源的地域组合与开发条件。包括景区或景点的地理位置、交通条件、相互间的距离等。（4）旅游区功能与环境容量。旅游区功能分为游览、度假、疗养、锻炼等类型。环境容量指单位面积上所能容纳的游人数量。功能的确认和容量的测算都是进行旅游资源开发规划设计的依据。

【旅游地域类型】按旅游资源组合特征所作的旅游地分类。一般分为 6 种类型：（1）海岸类，以阳光、沙滩和大海为主要内容；（2）山地类，以山、水、植物构成的自然风光为主要内容，兼有体育锻炼活动；（3）温泉类，以休养、疗养为主要内容；（4）城市类，以城市风貌、历史文物和古迹为主要内容；（5）宗教类，以宗教庙、观为中心，宗教朝圣活动为主要内容；（6）文化类，有民族风情，科学考察等内容。旅游地域类型的划分是进行旅游资

源开发和规划的前提。同类型区一般具有相似的资源组合特征、功能结构和开发建设方向。

【旅游地域系统】由各种类型、各种规模、各具功能的旅游带、旅游区、旅游线和旅游点组成的有结构、有层次的空间系统。其基本特征是：（1）由一系列具备游览对象和服务设施的旅游地域综合体组成；（2）各综合体有各自的空间吸引范围和界限；（3）由于旅游主导功能的差异而形成不同的层次，高层次制约着低层次。原苏联是首先开始进行旅游地域系统研究的国家。这项研究对旅游布局与区划具有重要意义。中国也已开始了这方面的研究，所采用的分级单位有带、区、业区、圈、组、团、片、点等。

【旅游区】围绕着已开发的某项旅游资源或资源组合形成的、包括服务设施在内的旅游地域单元。旅游区内一般有多个旅游点，由旅游线连接在一起，并有配套的服务设施和交通设施。旅游区有相对独立的管理机构，负责区内的旅游资源调查、评价、规划和旅游项目的开发、组织。旅游区的划分主要根据旅游资源的地域分布和组合特征，并参考行政区划；区内资源相对集中，与区外有显著差异。不同的旅游区具有不同的特色、规模和功能，并与所在地区的经济、文化有密切联系。

【旅游中心】集中相当的旅游景点和旅游设施，有一定吸引范围的旅游功能区。可分为不同层次，有国家旅游中心，地区旅游中心和风景区游览中心等。旅游中心的主要特征有：（1）旅游资源相

对集中，可满足游客多种需要；(2) 位置优越，交通方便，有相应的吸引范围；(3) 空间开阔，能容纳大量游客同时游览；(4) 服务设施齐全。旅游中心是旅游地域系统中的枢纽点。

【旅游流】又称旅游客流。指旅游者从出发地到目的地移动形成的客流。对旅游流的流量、流向和变化规律的研究，是旅游地规划布局和交通线路设计必不可少的基础工作。影响旅游流的因素主要有：旅游地吸引力，交通便捷程度，服务设施完备程度，游客经济收入水平、文化素质、宗教信仰等。对旅游流的研究内容包括：(1) 旅游流的发生地和流量、流向；(2) 旅游流产生的原因；(3) 旅游流时间与空间分布特征；(4) 旅游流的内部结构（如游客的年龄结构、职业结构、旅游性质分类等）。旅游流研究中多采用抽样调查、统计分析、模型预测等方法。

【旅游污染】在旅游资源开发和旅游业经营过程中造成的环境污染。主要包括：(1) 旅游区开发建设中开山、修路、造屋导致的山体、草场、森林被破坏，影响到生态平衡；(2) 接待服务设施排出的污水、废气和垃圾，以及游客在游览过程中丢弃的废物造成的污染；(3) 交通工具排放的烟尘、尾气和油污以及噪声造成的污染；(4) 旅游人数超容量或缺乏社会公德造成的资源破坏、古迹损毁。从旅游污染的后果来看，有些是可以治理的，有些则是难以挽回的。因而在旅游业发展规划、旅游区开发设计和经营管理中，都要有防止污染、保护环境的对策和措施。

城 市 地 理

【城市化】伴随着工业化而出现的人口向城市集中的过程，表现为城市规模的扩大和城市数量的增加。又称城镇化。城市化本质上是劳动力由农业转移到非农业（第二、三产业），由农村转移到城市的过程，同时也有城市物质文明和生活方式向农村的扩散。工业革命之后，城市日益成为社会的政治、经济、文化中心，成为先进生产力的代表。因而一个国家或地区城市化水平的高低，就体现了其发展水平的高低。衡量城市化水平的最主要指标就是城市人口占总人口的比重。但由于世界各国对城市的设定标准不同，因而各国的城市化水平不具有实际可比性。中国的市、镇设制标准也有过多次变动，1986 年民政部颁布的标准为：非农业人口在 6 万人以上，年国民生产总值在 2 亿元以上的镇可以设市。联合国则将各国 2 万人以上的居民点都视为城市。世界城市化水平已超过 40%，预测到 20 世纪末城市人口将占到总人口的一半。城市化在促进工业和经济发展的同时，也带来了大量的城市问题，如交通拥挤、用水用地紧张、环境污染、犯罪率增高等，使城市化成为许多学科的综合研究课题。

【逆城市化】与城市化过程相反的、人口由大城市向中小城镇、由市中心向郊区的迁移过程。城市化过程造成了城市规模的过度膨胀和人口的过度集中，在大城市或特大城市中引发了一系列问题，

如地价飞涨,环境质量下降,交通拥挤,犯罪率上升等,使得人口和企业不得不向城市四周扩散。这一过程带来了郊区的发展,卫星城镇、居住区、商业区和工业区在郊区建立起来,周围原有的中小城镇也发展起来。而中心城市的中心区则趋于衰落。这种逆城市化过程是第二次世界大战后在发达国家开始出现的,它标志着城市的发展和空间结构演化进入了一个新的阶段。

【后工业化城市】后工业化社会中的城市。世界上发达国家的工业化过程在 20 世纪上半叶已基本完成,第二次世界大战之后逐步开始进入后工业化时代。这一时代的特征是制造业地位不断下降,而技术与信息成为经济发展的最重要因素,因而也有人称之为信息社会。这一社会的城市功能也有了很大变化。制造业的主导地位让位于第三产业,尤其是金融、保险、信息、咨询和贸易部门;城市由生产型向经营型转化,电脑技术和数据通讯网提供的现代化手段使城市更加开放;居住区向郊区迁移,市中心则被高级第三产业的摩天大楼所占据,另一种类型的城市也在这一时代产生,即集科学研究、技术开发和生产制造为一体的高技术产业集中区,如美国加州的硅谷,日本筑波科学城等。

【城镇】规模小于城市的居民点,设有一级政府组织。城镇是城市与农村居民点之间的过渡层次,是城市体系的最低一级实体,又是农村居民点的最高级中心。世界各国对城镇的设制标准是不同的,同一国家的标准也有地区与时间的差异。中国在 1955 年第一次颁布了设镇建制的标准,以后又做了两次调整。1984 年的规定为:县政府所在地和人口在 2 万以上、政府驻地非农业人口超过 2000 人的乡,以及乡政府驻地非农业人口占全乡人口 10% 以上的

乡，都可设镇。并允许各省（自治区）根据实际情况做适当的调整。

同心圆学说示意图

1—中心商业区；2—过渡地带；3—自食其力的工人居住地带；4—较好的居住地带；5—使用月票者居住地带（通勤带）

【城市地域结构】城市内部各功能区的地域分异与组合。现代城市是具有多种功能的复杂综合体，其各种功能落实到地面上就形成了不同的功能区。研究这些功能区的形态类型和组合结构，是城市地理学的重要课题之一，它有助于揭示城市空间布局规律。城市功能区主要有：工业区、居住区、商业区、行政区、文化区、旅游区和绿化区等。各功能区具有相对的独立性与完整性，但又有互相重叠、交叉的地方，形成既有结构、又联系紧密的城市整体。对城市地域结构的研究，是随着进入 20 世纪以来城市用地规模不断扩大、城市空间结构日趋复杂而展开的。在这方面作出了突出贡献的是美国学者，他们对城市地域结构的理论概括主要有三种：（1）伯吉斯于 1925 年提出的同心圆学说。他认为一般城市在发展

过程中产生的地域分异形成 5 个圆形地带，从中心向外形成不同的功能区。(2) 霍伊特 1939 年提出的扇形学说。他

扇形学说示意图

1—中心商业区；2—批发商业区、轻工业区；3—低级住宅区；4—中等住宅区；5—高级住宅区

指出城市的发展是沿着交通干线向外放射的，形成不同的扇面，各扇面有不同的功能。(3) 哈里斯和厄尔曼 1945 年提出的多核心学说。他们的分析表明大城市的中心不止一个，可有一个主中心和若干个次中心，外围还有相对独立的卫星城镇。上述三种模式是城市地域结构的基本模式，后人在此基础上又有新的发展，如综合学说和三地带学说等。但现代城市的地域结构越来越复杂，并不断发展变化，很难用简单的模式表示清楚。这促使学者们在更加深入的研究中去寻求更接近实际的动态模型。

多核心学说示意图

1—中心商业区；2—批发商业区、轻工业区；3—低级住宅区；4—中等住宅区；5—高级住宅区；6—重工业区；7—外围商业区；8—近郊住宅区；9—近郊工业区

【城市规模】衡量城市大小的数量概念。主要指标有城市人口规模和城市用地规模两种，而以前者用的最为广泛。由于城市可以有不同的空间衡量尺度，行政区界也常和实际范围不一致，使得同一城市可能有不同的规模，要注意加以区别。如 1986 年北京市域总人口为 975 万，而市区总人口为 597 万。为了科学研究和行政管理的方便，人们往往把城市规模按一定标准分成不同等级。中国城市规模分级以市区非农业人口为标准，20 万人以下为小城市，20—50 万人为中等城市，50—100 万人为大城市，100 万人以上为特大城市。

【隔阂区】城市中相对独立的单一种族或文化集团的聚集区。这一概念最早来自欧洲中世纪城市中的犹太人集中区，法律规定将犹

太人居住区用围墙同四周隔开，大门只有白天开放，夜晚不许任何人出入。是种族歧视的一种表现方式。19 世纪后期，大量犹太人移居美国，隔坨区被用来描述美国城市中的移民集中区，后泛指城市中的少数民族聚居区。现代城市中隔坨区的存在往往是种族歧视、民族文化联系或政治需要等原因造成的。

【城市容量】城市对各种构成要素的容纳能力。包括人口容量、建筑容量、工业容量、环境容量等。城市容量的大小是由其经济发展水平和地理环境决定的。超容量发展会带来经济效益下降、环境质量恶化和居民健康受损等严重后果。人口容量是根据城市占地面积和合理的人口密度求出的。合理人口密度的确定要考虑人的生理心理特征和进行各种社会活动的空间需求。建筑容量则是由城市建设用地面积和合理建筑密度求出的。合理建筑密度的确定要考虑利用方便，防灾要求和景观特色等因素。环境容量是指城市所在地环境的自然净化能力。城市每天要排放大量废弃物质到环境中，若超过了环境的自然净化能力就会造成污染的累积，带来严重的破坏性后果。工业是城市的主要污染源，因而城市工业容量在很大程度上受环境容量的制约，还受用水、用地、能源等因素的影响。

【城市体系】一定地域范围内具有功能结构和等级规模结构的城市群体。由于现代城市具有高度的开放性，城市与城市之间有大量的物质、人员和信息交流，相互依赖性与相互联系使城市群体内部形成了有机结构，成为地域城市综合体。对城市体系的研究主要有 3 方面内容：（1）功能结构，研究城市职能的分工与联系；（2）等级规模结构，研究不同规模城市的层次分布与组合特征；

(3) 地域结构，研究城市的空间分布规律与相互关系。城市体系的地域范围有大有小，大到一个国家的城市体系，小到以一个城市为中心的城镇体系，都可作为研究对象。城市体系规划是区域规划和国土规划的重要内容之一，也是城市总体规划和城市发展战略制定的重要依据。

【中心地理论】关于城镇地域结构的一种理论。由德国地理学家克里斯塔勒 1933 年在《德国南部的中心地》一书中提出。他探讨了一定地域范围内城镇数量、等级、职能间的关系及其空间结构形成规律，并抽象概括为六边形模式。这一理论同杜能的农业区位论和 A. 韦伯的工业区位论并列为区位论的三大基础理论，对经济地理学的发展产生了重大影响。中心地理论的基本假设是：一块均质的平原上人口均匀分布，交通条件相同，交通费用与距离成正比，消费者都到距离最近的中心地获取货物或服务。在上述条件下，各中心地的市场区将是标准的六边形。不同级别中心地的市场区相互重叠，构成一个六边形体系。中心地等级越高，则

中心地体系的 3 种排列组织形式

规模越大，职能越全，数量越少。中心地体系受 3 个不同原则的制约而形成 3 种不同的类型：（1）市场最优原则。在货物与服务供应最方便的条件下，每 3 个低级市场区组成一个高级市场区，即 $K=3$ ，市场区系列为 1, 3, 9, 27, 81, ...；（2）交通最优原则。在交通线网最经济合理的条件下，中心地的结构是一个较高级中心地服务于邻近 3 个较低级中心地，并与同级中心地共有其最近市场区，即 $K=4$ ，市场区系列为 1, 4, 16, 64, ...。（3）行政最优原则。在最便于行政管理的条件下，7 个基层单位组成一个高级管理区，构成 $K=7$ 的中心地等级体系，其管理区系列为 1, 7, 49, 343, ...。中心地理论是在第二次世界大战之后才得到西方各国学者承认的，并被广泛应用在城市体系规划和商业网点布局等研究与实际工作中。但该理论也有其不完善之处，如忽略了地形、河流等自然因素对中心地空间结构的影响，没有考虑中心地发展的动态变化等。后来的学者曾对该理论作了种种修改与补充。

【城市职能】城市在区域或国家的政治、经济、文化生活中所起的作用。可分为一般职能与特殊职能。前者指每一城市都必备的为本身居民服务的职能，如商业、服务业、建筑业、食品加工业等。

后者指少数城市才具有的职能，如采矿业、旅游业、科学研究等。城市职能又按其服务范围被分为基本职能与非基本职能。凡是为城市以外地区提供商品与服务的部门或单位，如工业、商业、交通运输、旅游业等构成城市的基本部门，其作用称为基本职能；凡为本城市居民服务和为基本部门生产服务的企、事业单位构成城市的非基本部门，其作用称为非基本职能。城市的基本职能是城市发展的原动力，而非基本职能则是为了自我生存的需要。城市职能是随着社会经济的发展而不断变化的。城市性质则是由其主要职能决定的。

【城市分类】根据城市规模、形态和功能的特征而作的类型划分。由于城市分类的目的不同，因而分类标准也不同，有按城市性质所作的职能分类，按人口数量所作的规模分类，按城市外貌所作的形态分类，以及按地理位置、历史起源等因素所作的各种分类。其中最重要的是职能分类与规模分类。职能分类是根据城市的主要职能所作的分类，如美国的哈里斯 1943 年把美国城市划分为加工工业、制造业、零售商业、批发商业、多种职能、运输业、矿业、大学和游览疗养、行政等 10 种类型；中国学者则把城市分为综合性城市（国家或地区的政治、经济、文化中心），以某种经济职能为主的城市（工矿业城市、交通枢纽城市等）和以特殊职能为主的城市（历史名城、旅游城市等）。职能分类的方法经历了一般性描述、统计分析、多变量分析等发展阶段，但至今仍未找出能得到一致公认的分类方法。规模分类主要根据人口数量进行划分，如中国以城市非农业人口为标准，10—20 万人为小城市，20—50 万人为中等城市，50—100 万人为大城市，大于 100 万人为特大城市。

【城市形态】城市实体成分的空间结构与空间形状。城市的实体成分主要有：工厂、仓库、住宅、车站、码头、公共建筑、道路、广场、绿地等。这些实体的用地形状、相互关系和功能组织就构成了城市形态，可反映城市地域结构、城市土地利用和城市布局等方面的状况。城市形态有三个层次：一为宏观区域内城镇分布形态；二为城市外部空间形态；三为城市内部分区形态。第一层次的形态类型有双子城、三联城、带状城镇等；第二层次的类型有方形、圆形、放射形、长条形等；第三层次的形态最为复杂和不规则，要根据实际情况加以确定。城市形态研究是探讨城市发展规律的一个重要方面。

【城市生态系统】城市中的人类活动与周围的自然环境构成的相互作用系统。人类及其社会经济活动是城市生态系统的主体，而光、热、水、气、植物、土壤等自然要素是这一系统的基础。城市生态系统的特点为：（1）人是系统的主体，不仅是系统的消费者，而且是系统的营造者，系统的平衡关系是靠人来调控的；（2）系统的非生物环境是人工建造的，生物环境也是经过人工改造的，是一个人工生态系统；（3）系统是开放的，与外界有大量的物质能量交流，也有大量废弃物排入周围的环境系统，造成污染。城市生态系统的研究内容有：系统的结构与功能；系统的物质代谢与能量循环；环境质量评价及改善措施；环境合理容量与生态系统平衡。这些研究可为制定城市规划和环境保护规划提供依据。

【城市规划】一定时期内城市发展计划和各项工程建设的综合部署，是城市发展蓝图，也是城市建设和管理的依据。现代城市功

能复杂，各种政治、经济、文化活动高度集中，要使城市有秩序、高效率地发展，就必须作出合理的规划，并按照规划进行建设。城市规划的主要内容有：拟定城市性质、发展方向和合理规模；确定城市用地结构和各功能区的合理位置；布置城市道路；交通和管网系统；安排城市未来发展用地；对近期要进行的建设项目作出具体规划设计。城市规划可分为总体规划与详细规划两个阶段。总体规划是城市发展建设的战略部署，规划期为 20 年；详细规划则是总体规划的具体化，侧重于近期建设安排。城市规划的成果包括规划说明书和相应的一套图纸。城市规划是一项政策性、科学性和综合性很强的工作，需要多学科的协作与配合。目前已引入了电子计算机、数学方法、遥感技术和系统工程学等现代技术理论和方法，大大提高了其科学性与准确性。

【大城市连绵带】众多的城市在发展中逐渐扩张以至相互连接而形成的带状城市群。位于城市高度发达地区，人口稠密，交通方便，内部联系紧密，是现代城市形态的一种新类型。这一名词是法国地理学家戈特曼最早采用的，用以说明美国东海岸的高度城市化地带。该地带自华盛顿至波士顿长约 1000 公里，宽为 48—160 公里，大中小城市连成一片，总人口 3700 万，占美国总人口的 1/5。世界上类似的大城市连绵带还有：美国五大湖沿岸区；日本东京——大阪地区；英国伦敦——利物浦地区；中国的沪、宁、杭地区。大城市连绵带多位于中纬度平原区，沿海岸或湖岸分布，内有国际性大港口和发达的交通网络，其核心城市往往是全国性或国际性的金融贸易中心。