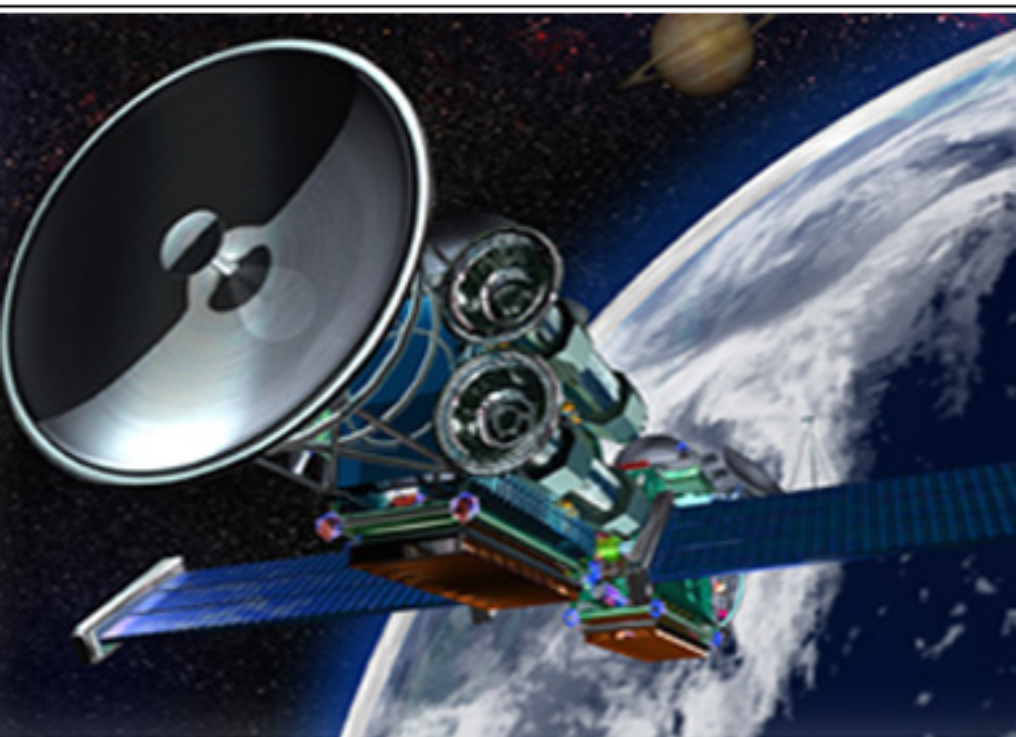


青少年科技知识文库

QINGSHAONIAN KEJI ZHISHI WENKU

地球探源与地表之石



科普教育与艺术修养
青苹果电子图书系列

青少年科技知识文库

(4)

地球探源与地表之石

于 明 主编

目 录

地球探源

一、地球的诞生

地球——宇宙沧海中的一粟	3
地球起源的猜想	5
地球的年龄与编年史	11
相对年代表的建立	13
地球的绝对年龄	16

二、地球的形态

梨形的地球	22
千姿百态的地球表面	24

三、地球的外层

地球的水圈	30
水和大气从何处来?	31
海水	33
地下水	35
地球的大气圈	40
生物圈	45

四、探索地球的内部

照亮地球内部的明灯——地震波	54
地球内部圈层的划分	57
地球内部各圈层的物质组成	59
地球内部圈层的形成	63
地磁	65

五、火山喷发

火山喷发现象	73
火山为什么喷发	76
火山喷发类型	78
火山喷出物质	80
火山地形	84

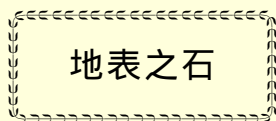
六、地震

地震的概念	88
发震的原因	94
地震在哪里发生	97
地震产生的破坏现象	99
地震预报	102

七、大陆漂移、海底扩张到板块构造

二十世纪初之前的地学状况	106
魏格纳	109
大陆漂移说	112
海底扩张	119

板块构造	129
板块构造与山脉形成	130
板块构造存在的问题	134



九、岩石

什么是岩石?	137
组成岩石的矿物	139
怎样鉴别不同的岩石	147
岩石是“水成”的吗?	159
“火成论”的挑战	162
地壳中的三大类岩石	165
岩石是地球历史的见证人	176

十、化石

化石的含义与类型	183
化石的保存条件与形成过程	185
形形色色的化石	188
“活化石”	203
化石的用途	207
化石的采集	215

十一、宝石

何谓“宝石”	218
宝石的性质与鉴定特征	221
如何评价宝石的经济价值	225
狭义的“宝石”	227

玉石	244
有机宝石	254
宝石的用途	259

A decorative rectangular border with a repeating floral or scroll-like pattern, rendered in black, framing the central text.

地 球 探 源

一、地球的诞生

地球是我们人类居住的星球。它赋与了人类的一切,因此,我们常把大地比作母亲。“地球的历史知识不仅为人类增添了无穷的乐趣,而且还提供了大量的精神食粮。”

今天,人类的足迹已经踏遍了地球的每一个角落,无论是高山和海洋,还是沙漠和绿洲,科学家们对地球的大小、形状,出露的岩石和构造,都有了很好的了解。并且对于地球的内部,借助先进的仪器,也有了一定的认识。但是这些仅仅是地球的现状。而对于人类来说,最有意义的是地球的起源和演化,所有这些都强烈吸引着我们的兴趣。

地球的现状和历史是不可分割的两个方面,自然界没有永恒的物体,一切都在不断变化和发展之中,地球也有自己的形成、发育、成熟、衰老并走向死亡的历程。

地球从它诞生至今,已有漫长的历程,距今约有 50 亿年了。而我们人类的历史则不超过 300 万年,相比之下,仅仅是短短的一瞬间。因此,人类很难从自身感受和观察中科学地认识地球的演变历史。

现今的知识告诉我们:地球的现状是昨天的结果,漫长的地质活动历史早已把早期的地球特征淹没了,因此对于地球早期历史的设想,势必依赖于它的所在——太阳系,甚至整个宇宙。

那么,让我们从宇宙说起。

地球——宇宙沧海中的一粟

宇宙是我们周围无边无际的物质世界,“宇”是空间——无边无际;“宙”是时间——无始无终。

图 4—1 银河系结构示意图

上—顶视图 下—侧视图

地球在宇宙中占什么样的位置,一直是古代哲学争论的重要课题。过去曾认为地球是宇宙的中心,一切物体都围绕着它运行。自从哥白尼的日心说出现后,这个观点逐渐被人们抛弃,中心位置让给了太阳。现在知道,太阳也只是银河系中一

颗普通的恒星,银河系之外还有无数的其他星系。

现在最大的光学天文望远镜可观测到 100 多亿光年的遥远目标(1 光年约为 9.46 万亿公里),就连这部分能观测到的空间,也只是无限宇宙中的一个小小局部。随着科学的发展,人类对宇宙认识的范围将不断扩大。而现今的观测范围内,大约存在着十亿个以上的庞大恒星系统(简称星系),这些星系大小不一,通常由几十亿至几千亿颗星组成。因此,地球在已知的天体中只不过是“沧海一粟”。

银河系是一个由在约 1400 亿颗恒星和大量星际物质组成的庞大天体系统,侧面看呈中间厚边缘薄的扁饼形,正面看呈旋涡形。太阳是银河系中的一颗中等恒星,位于距银河系中心的 3 万光年的银盘内(图 4—1)。以太阳为中心存在着一个受太阳引力支配的天体系统——太阳系,太阳是其中唯一的一颗行星,其质量占整个太阳系的 99.87%,能发出强烈的光和热,上一俯视图 下一侧视图围绕太阳旋转的是一个行星体系、主要有九大行星(由里向外依次为:水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星、冥王星)及众多的小行星、卫星、彗星和陨星等。太阳系目前以冥王星轨道为边界,直径为 11.8×10^9 公里。太阳系中行星的分布及运转几乎都在一个共同的平面内,这个平面称为黄道面。行星运动有两种主要方式:自转和绕太阳的公转。行星公转的轨道都是扁率很小的椭圆(近圆形)(图 4—2)我们居住的地球是太阳系的第三颗行星,它到太阳的平均距离约为 1.5×10^8 公里。(表 4—1)

地球绕太阳公转一周时间平均为 365.256 日,即一年。地球绕自己的轴转动一周时间为 23 小时 56 分 4 秒,即一天一

夜。月球是地球的天然行星绕地球旋转,周期为 27.32 日。月球本身也有自转,但恰好等于绕地球公转的周期,因而月球总是以同一面朝向地球。

图 4—2 太阳系及行星示意图

上图—系大小比例 下图—系分布及运行轨道

地球起源的猜想

我们已经知道,地球在宇宙天体中的位置,因此,对其起源问题的探讨,必须把地球与太阳系,甚至整个宇宙环境结合起来。显然,认识地球形成和早期演化的历史,可以从天文学

关于天体和太阳系起源和演化的理论中得到解答。

第一个关于太阳系起源的科学假说是康德和拉普拉斯的假说。德国哲学家康德(1724~1804)在他年轻当教师时,就写出了《自然通史与天体论》一书,并于1755年出版,关于太阳系起源的第一个假说就在这部著作中提出。拉普拉斯是德国天文学家兼数学家(1749~1827),在1796年出版的《宇宙体系解说》中提出太阳系成因的“星云假说”。据记载,拉普拉斯的假说虽然提出在后,但是他当时并不知道康德的假说,由于这两个假说基本内容相同,又互为补充,所以后人把它们称作:康德——拉普拉斯假说。

图 4-3 角动量守恒示意图。

这个假说的要点是:天体是从弥漫在宇宙空间的原始物质形成的,由于物质之间的相互引力而集中成一团团的星云,在星云形成的过程中,原始物质因互相碰撞而发热、旋转;从侧面看,一团炽热而旋转的气体星云成两端尖而中间稍厚的

纺锤形,由于星云向外散热而降低温度和收缩体积。根据力学中的角动量守恒原理,一个旋转体的体积收缩,它的旋转速度必然加快,这就象一个伸开两臂在冰上作旋转运动的运动员,当两臂突然收回,他旋转的速度就立即加快(图 4—3)。

图 4—4 康德——拉普拉斯星云假说图示

- a、弥散的,大致为球形的,缓慢旋转的星云开始收缩。
- b、由于收缩和旋转,形成一个快速旋转的扁平圆盘随而物质向中心集聚。
- c、继续收缩,形成原始太阳,留下物质环。
- d、各个环的物质凝聚成行星,沿轨道绕太阳旋转。

同样地,当缓慢旋转的星云收缩时,其旋转速度加快。旋转加快使纺锤形星云团的扁度加大。当转动加快到一定程度,边缘的物质将被甩到外边,分离出一个环绕星云的圆环,圆环的物质互相吸引,渐渐集中成行星。这样的过程持续发生,一系列行星就产生了。(图 4—4)

康德——拉普拉斯假说的理论基础是牛顿的经典力学,开创了从天文学来研究地球起源和早期历史这条途径。它对当时种种神创论是个沉重的打击,这个假说在整个十九世纪的天体起源问题上占据着统治地位。由于康德——拉普拉斯假说不能解释太阳与行星之间的角动量分配问题,到了十九世纪末,“星云假说”基本上受到了否定。

由于康德——拉普拉斯的星云假说没有成立,人们开始寻找太阳系以外的原因。于是出现了一些新的假说,具代表性的有“潮汐假说”和“俘获假说”。

“潮汐假说”由英国天文学家兼物理学家金斯(Jeans 1877~1946)在 1916 年提出,他主张炽热的原始太阳在与另一巨大星体接近时受重力吸引或碰撞,使原始太阳抛出一股气流或团块,凝聚成行星绕太阳旋转。“潮汐假说”的根本问题是:恒星之间相距遥远且各有自身的轨道和运行规律,不可能出现靠近到发生引潮或碰撞。即使发生吸引,产生引潮现象,也不可能吸出到冥王星那么远的距离。

“俘获假说”是由俄国学者施密特(1891~1956)在 1946 年提出。他认为,旋转着的太阳在穿过一片暗星云时,便俘获了一部分气尘物质绕其旋转,并且相互聚集和碰撞,使各个方向的轨道逐渐平均化,最终趋于同一轨道面。并且按密度大小

聚成行星和卫星。行星占有大的角动量是原来暗星云给的,而不是太阳给的。他这样解释角动量的分配问题,但仍存在问题。因为实际上,当太阳比暗星云的角动量小得多的时候,不可能发生俘获。

图 4—5 霍伊尔—沙兹曼的

“磁耦合假说”示意图

随着本世纪中叶以来天文地质学家的发展,人们认识到,太阳系的天体在物质成分、结构构造及形成演化方面都具有相似性,应该具有共同的起源。于是人们开始重新认识“星云假说”的合理成分,并对其进行修正。其中解决问题的焦点就

是已经提到的质量与角动量分配上。现代比较流行和合理的解释为“磁藕合假说”。

六十年代英国天文学家 E·霍伊尔和法国天文学家 E·沙兹曼从电磁作用的机制来研究太阳系的起源问题,提出了“磁藕合假说”。这个假说的要点是角动量是可以由带电粒子在磁场中运动的方式来转移的。

他们认为在太阳系形成的开始阶段和拉普拉斯的星云说有些相似。主张太阳系开始时是一团凝缩的星云,但温度不高,转动并不快,转动速度因急剧收缩,而加快,当这些星云的半径收缩到一定程度时,它的转动就达到不稳定的状态,两极自然变扁,赤道突出,物质终于由此处抛出,形成一个圆盘。圆盘的质量很小,只有太阳的百分之一。当中心体与圆盘脱离后继续收缩,不再分裂,最后形成太阳,圆盘内物质则凝集最终形成了行星。星际空间存在着很强的磁场,太阳的热核反应发出电磁辐射,使周围的气体云盘成为等离子体在磁场内转动,当太阳与圆盘脱离时,太阳与圆盘内缘就产生了电磁流体力学作用。由于角动量的增加,圆盘向外扩展,太阳不断收缩因失去了角动量而使其自转速度减慢,因为太阳辐射作用产生的太阳风推开了轻的物质,聚集成类木行星,较重的物质未能推去,便在太阳附近聚集成成为类地行星。

以上只是一个比较令人满意的假设,也只是在大体轮廓上为人们所接受,还远远不是公认的结果。太阳系起源的新假说不断提出来。例如瑞典学者阿尔芬(Alfven)企图以宇宙间的等离子体为出发点来建立一个新的太阳系起源的假说,根本不提太阳星云,有待科学家们进一步去探索研究。

地球的年龄与编年史

我们从未怀疑过“天长地久”的真实性,认为地球是永恒的,年龄是无限大的,这从我们人类的生命来看,无疑是正确的,但是从天文观测和地球的起源假设中,可见地球是有开端的,它的年龄是有限的,只是不能用衡量人类年龄的时间尺度来衡量地球的年龄。

谈及地球的年龄,我们首先必须明确一个概念:地质年龄指的是地球上开始地质作用(侵蚀、沉积、构造运动等)之后到现在的时间。这个时间的开始点有很大的差异,不过小于地球的天文年龄,后者指地球形成到现在的时间。年龄的实际时间叫绝对年龄,可以用日、月、年等有明确时间长短的数量给出。而对于地质问题中,最重要的是要知道它们的相对时间大小,这种只表示先后次序的时间关系叫相对年龄。远在放射性元素发现之前,地质工作者已经建立了比较完整的确定地层相对年龄的方法和年代表,其中主要是依据岩层的相对位置和它们所含生物化石的进化程度。

地球年龄并不是一个抽象的概念,它对于我们理解许多自然现象,地质变化是一个必须考虑的因素。地球上有许多无休止的细微变化过程在进行着,短时间内不显著,但积累足够长的时间,就可以产生巨大的变化,沧海变桑田,高山出于深谷,就是这个道理。例如,现在世界上最雄伟的喜马拉雅山,现在每年的上升速度假如以肉眼来识别根本可以忽略不计,但

是它正以这个速度在新生代(六千五百万年)内形成的。

而对于地球年龄的认识,从远古人类有文化开始就有种种假说,只是受当时科学技术水平的限制,都是出于想象,各民族又有各自的解释。我国古代曾传说“自开辟至于获麟,凡三百二十六万七千年”。古印度哲学家认为一切事情是某个旋迴的一部分,都有形成、发展和消失,并认为宇宙一次旋迴的时间等于婆罗门生命的一天,大约是四十三亿年。而根据印度教经典,一个旋迴大约是二十亿年,关于宇宙在几十亿年前形成的观点,在若干世纪后,被一些基督教徒摒弃。在西方,人们很久以来一直在研究《创世纪》这本书,尽管柏拉图把其中提到地球产生的6天(而不是144个小时)看作是一个寓言。可是,一些基督教派,以后在文字中却接受了这个“天”字,从“在你的心目中,一千年还只是昨天……”这首圣歌中发现了《圣经》里的一天并不是24小时的线索,于是创造天地的“六”天是六千年,地球大约有六千年历史的这种观点持续了长达一千五百多年。一直到中世纪,莎士比亚曾在他的名著《皆大欢喜》中写道:“这个可怜的世界差不多有六千年的岁数了。”1654年爱尔兰的阿瑟大主教从希伯来的经典中居然考证出“地球是在公元前4004年10月26日上午9时由上帝创造的”结论。

时间虽然是一个抽象的概念,但是时间不论过去,还是尚在进行中,它都可以被测量到。留在我们记忆或文献中的过去事件的记录,可以告诉我们关于自己的过去以及从前人们的事件。要想确定地球的事件,必须要到岩石地层中去寻找这种记录。岩层地层被地质工用者称为地球的编年史。

相对年代表的建立

判别岩石地层的相对年龄,地质工作者提出了几条相对时间来了解地球历史的法则,尽管这些法则简单,却不大好理解。

1. 地球上的任何物理或生物上的特征,都是由那些同现有的自然法则一样起作用的过程造成的。这个法则,试图提供一个相关模式,可以让我们利用现今事物发展规则去了解和推断过去,应用于地质上就称为重要的“将今证古”工作方法。这是由英国地质学家莱伊尔在赫屯(1726~1797 英国学者)的均变论基础上提出的。例如,现代珊瑚只生活温暖、平静、水质清洁的浅海环境中,如果在古代形成的岩石中发现有珊瑚化石,便可推断这些岩石也是在古代温暖、清洁的浅海环境中形成的。

2、叠加作用:在一个未受扰动的层状沉积岩中,每一层都在其下的岩层之后形成。

我们知道,现代的河流进入湖(海)的时候,水流速度减低,使它所携带的泥沙沉积在湖、海的边缘。如果这些接受沉积物的湖、海伴随沉积过程不断下降,那么沉积物在这些区就一层层逐渐积累下来。应注意的是,沉积物不只是外来的岩屑、泥沙、土壤,而且还有从水里通过化学反应形成的物质。如原来溶解在水里的碳酸氢钙分解成碳酸钙而沉积。另外,包括生活在水中的生物遗骸,如骨骼、贝壳等,经过成百、上千万年

后,一部分没有遭到破坏的沉积层在上面覆盖的沉积物的重压和地热作用下,转变成坚硬的岩石,这个过程称成岩作用。这种坚硬的岩石叫沉积岩。如大家熟知的砂岩、砾石、碳酸岩等。因此不难想象,先来的沉积物总是在下面,而后来的地层在上面,所以它们的位置就表示了它们的时代顺序,从下而上,依次为从老到新。

3、生物群总是随时间而变化,并且一旦发生灾变,将不再重复出现它们过去的生态。

几世纪以前,人们注意到在一个岩层中,上下几米范围的动、植物化石差别很大,认为生物群周期性毁灭。而随着后来研究的发展,明显看到同类生物化石基本上是一致的,只有很小的差别,生物群分散在不同的岩层中,不同种类的生物化石在时间上的分布是不同的,然而它们有一定联系,这就是生物随时间变化在岩层中留下的纪录,成为人们研究生物演化的基础。

现代研究表明,生物是从低级向高级逐渐演化发展、循序渐进的过程和某些突然发展相结合。当生物从低级向高级发展后,它不可能再从高级退回到低级。因此,地质学者通过研究地层发育特征,就可根据化石的特征,确定出它相对的年龄位置,如甲地的泥岩地层中三叶虫,三叶虫产于早古生代,而乙地的地层中含开始于二迭纪的爬行类,所以得出甲地比乙地老。

因此,地质学利用这些法则可判断各地层的相对年龄,而且还可确定地层的大致形成时代。是利用化石层序律对比甲、乙、丙三个地区的地层新老关系的例子,通过对比建立统一的

综合地层序图。

根据地层的相对顺序,就可以建立起地质时代顺序,叫相对地质年代。经过各国地质学家二三百年的不懈努力,已经建立了世界性标准相对年代表(表 4—2)表中的地层几乎全以欧洲地层的研究作为基础,因为欧洲是最早开展地质工作的地区。地质年代中最基本的划分单位并可以在世界范围进行准确对比的单位是“纪”,“纪”是标准剖面的地质年代。例如:某一时代形成的地层,首先必须研究它的岩石组成和所含生物化石,确定它在地层顺序里的相对位置,并且给它命名,这样它就成了世界其它地区同时代地层对比的样板,称它叫标准剖面,它的所在地点叫标准地点。地质年表中的各个纪非常古怪,但是这些名字是有一定道理的。有些是标准地点的名字,如寒武、泥盆、侏罗;有些是曾经居住在标准地点的古代民族的名称,如奥陶、志留;有的是反映这一地层本身特征的,如石炭、二叠、三叠、白垩。

在一个纪的时间段落里形成的岩层叫“系”,若干个相邻的系组成更大一级的地质年代单位为“代”,“代”的更高一级划分单位为“宙”,它们相应的岩层划分单位为“界”和“宇”。纪划分的更小单位为“世”,各“世”内形成的地层称“统”,世或统还可进一步划分。划分越小,越难对比。

第一张地质年代表的建立过程与地史学发展同步。

早在十八世纪六十年代,地史学还没有形成独立学科时,阿杜伊诺就把地层从老到新划分为原始系、第二系和第三系、第四系。虽然原始系和第二系已被前寒武系,寒武系直至白垩系各系所取代,但这一系统为地质年代表的建立开辟了道路。

十九世纪初,英国著名的古生物学家史密斯通过对欧洲中生代地质古生物研究之后,发现了地层中所含化石内容各具特色,同时据此可以划分对比地层,从而提出了化石层序律。这一发现不仅开创了地史学,而且为地质年代表的建立也奠定了基础。此后,居维叶建立了新生代地层序列,1878年,在法国巴黎的第一届国际地质大会上建立了一个“全世界标准地层表”。

地球的绝对年龄

地球的绝对年龄到底有多大?这是人们一直孜孜以求解的问题。早在上一世纪,人们就开始探索绝对年龄的计算方法,曾经用过的方法大体如下:①曾经认为海水是由淡变咸的,如果知道海洋含盐的总量,同时知道每年由河流从陆地带入海洋的盐量来估算地球年龄。②根据地球上沉积岩层的总厚度,又知道每年的大致沉积厚度,来估算地球的年龄。③潮汐摩擦的方法:地球和月球组成了一个转动系统,月球对海水和地球所引起的潮汐产生摩擦,使地球的自转速度变慢,使月球和地球之间距离慢慢增大,根据月球由原来离地球最近时的位置与现在的位置,计算地球的年龄。④地球的冷却:假定地球原由液体状态凝固而成的,深度越大,温度越高,当灼热的地球凝固后继续冷却,温度随深度的变化率(叫温度梯度)随着冷却的时间变化,据热传导率,从现在地面附近的变化率计算地球开始凝固到现在的时间。还有宇宙膨胀的计算及太

阳辐射能方法的计算等。上述几种方法,受各种条件的限制和原始理解的不准确,结果是毫无意义的。

十九世纪以来,放射性同位素的出现,为测定岩石的绝对年龄提供了科学的方法。这种方法是利用放射性同位素的蜕变规律:即放射性元素在自然界中自动地放射出 α (粒子), β (电子)或 ν (电磁辐射量子)射线,而蜕变成另一种新元素,并且各种放射性元素都有自己恒定的蜕变速度,通常用半衰期表示,半衰期是指母体元素的原子蜕变一半所需的时间,例如:碳-14 的半衰期为 5692 年,如果开始有 10 克碳-14,经过 5692 年后就只剩下 5 克,再经过同样长的时间后,剩下 2.5 克……。因此,自然界的矿物和岩石一经形成,其中所含的放射性同位素就开始蜕变,就象天然的时钟一样,记录着它们的自身形成年龄。

本世纪三十年代,同位素年代学开始应用于地质学,从此,才算真正揭开了地球年龄的奥秘。地质年代表正式用时间单位“年”表示。三十年代以后,地质年代表不断地更新换代,日致完善。目前流行的地质年代表是由相对地层年代表配上绝对年龄的时间表,实际上是一个双重表。

同位素测年技术为解决地球或地壳的形成年龄带来了希望。首先,人们着手对地球表面最古老的岩石进行了年龄测定,获得了地球形成年龄的下限值为 40 亿年左右,如南美洲圭亚那的古老角闪岩的年龄为 41.30 ± 1.7 亿年,格棱兰的古老片麻岩的年龄应在 36~40 亿年。这些都说明地球的真正年龄应在 40 亿年以上。其次,人们通过对地球上所发现的各种陨石的年龄测定,惊奇地发现各种陨石都具有相同的年龄,大

致在 46 亿年左右。从太阳系内天体形成的统一性考虑,可以认为地球的年龄应与陨石相同。最后,取自月球表面的岩石的年龄测定,又进一步为地球的年龄提供了佐证,月球上岩石的年龄值一般为 31~46 亿年。综上所述,现在一般认为地球的形成年龄约为 46 亿年。

二、地球的形态

我们人类对于地球形态的认识有着十分悠久的历史。但并不是一开始就有正确的了解,由于地球本身体积的庞大无比,人们的直观视野不可能如此辽阔。在古代,更不可能飞离地球到宇宙太空中去观察地球。因此,凭直观的感觉不能认识地球的真实形态,大有“不识庐山真面目,只缘身在此山中”的感觉,便产生过诸多离奇的认识。

如我国古人主要生活在黄河流域,那里的地理环境特征是:中间是平坦的大平原,四周是高山,西北方向地形比东南方向高,河流自然由西向东流,这样的地形,使生活在其中的人们就产生相似的天地形状观。我国流传最广的神话为女娲补天说,这则神话原文为:“共工与颧顼争天子,不胜,怒而触不周之山,使天柱折,地维绝。女娲销炼五色石以补苍天,断足以立四极,天不足西北,故日月移焉”。“天道日圆,地道四方”这里的天地观念中,天和地毗连的,天是圆穹,被四根大柱支撑在大地之上,而地是方的,又被几根大的绳索悬系在天的下方,成为相互依赖的状态。

回顾人类对地球形态的认识史,导致人类去认识和研究地球形态,至少有多方面的因素,并且不断地推动这一认识向真实的目标前进。

首先是人类相互之间交往的需要。我们的祖先,为了生存

的目的,不断地熟悉周围活动地区、地形、地貌,并随人类社会的发展,商业的兴起,战争的发生,交往更加频繁,国家建立之后,出于政治和经济的需要,建立起发达的交通网。我国秦朝时代就有“周道如网”,“天下驰道”等,以及古罗马帝国时代“条条大路通罗马”之称,这里不仅需要丰富的地理知识,而且伴随人类社会活动范围的不断扩大,从而提高了人类对于地球形态的认识,这种认识,尤其是在西方经历了中世纪长夜之后的资本主义萌芽和早期阶段,表现尤为突出。哥伦布发现新大陆,麦哲伦船队的环球航行,就是出于交通的需要,并不是一开始就为证明地球为球形的目的,而麦哲伦的成就,的确是人类对地球形态认识的一大飞跃。

麦哲伦小时候在葡萄牙宫廷服务,强烈地被葡萄牙海外扩张而获取的暴利所吸引,十六岁他就加入航海事物所,开始了他的航海生涯,1505年,经非洲来到印度,一呆就是八年,制订出环航地球的远航探险计划,他首先向葡萄牙国王呈送,遭拒绝后,说服了西班牙国王,并得到批准。

1519年9月20日,麦哲伦率队从西班牙圣路卡尔港出发,船队总共有五只陈旧的大船和二百六十五名海员组成,虽然麦哲伦的航海计划非常详细,但是与实际情况不符,船队在南美东海岸花了一年时间,最后在南美洲尖端与火地岛和圣伊内斯岛之间找到了一条海峡(后命名为“麦哲伦海峡”),进入了“大南海”,由于暴风雪,暗礁流、饥饿、坏血病等诸多因素,五条船只剩三条船,另外二条船,一条沉没,一条叛逃返回西班牙。

麦哲伦进入“大南海”后,满怀成功的希望,在“大南海”中

风平浪静地航行三个月,麦哲伦就把“大南海”命名为“太平洋”,因此“太平洋”的意思就有希望和风平浪静两方面的含义,1521年3月,船队克服艰难险阻,终于登上了菲律宾群岛中的马索华岛,但他们当时不知道已经到了东方,其中有一位马来种“奴隶”,听出了当地的方言,马上同当地土著民用马来语相互交谈,大家才恍然大悟,刹时狂喜不止,十二年前,麦哲伦曾从东方的印度返回葡萄牙,现在他又从西方绕到了这里,他的环球航行基本成功了,因为后面的路程他已熟悉。

但是,麦哲伦没有能回到西班牙,完成这次闻名于世的环球航行,因为船队在菲律宾的宿务岛停泊时,他和船队企图挑起当地土著之间的纠纷,从中渔利,反而被菲律宾人击毙。

后来船队在埃里、卡诺的率领下,几经波折,终于在1522年10月6日胜利返回西班牙的出发地,此时,船队仅剩下一条船和18名海员了,麦哲伦船队终于完成了有史以来第一次环航地球一周的创举!这是人类历史上对地球球形论认识的最伟大的实践!从而结束了“天圆地方”的谬论!

第二;认识地球形态是测量和计算土地面积的需要。现今专门研究地球形状的科学是地球物理学和大地测量学,大地测量学的本意就是测量地面或将地面分割的意思,现在从考古发掘所能看到最早的地图,是公元前二千八百年前的巴比伦泥版地图,是供当时土地财产抽产人用的地图,图上地球示意为一个圆盘的形状,对于地形的研究,必然导致对于地球的研究。

我们今天所知道的地球形状,是人类对地球认识历史长期发展的结果,经历了由地平到弧形大地,再到球形的阶段,

再由球形到椭扁球形,大地水准体到梨状地球的最新阶段,地球形态得到真正的认识,是在现代空间技术产生以后。

梨形的地球

目前,通过人造卫星的观测和计算,人们对地球形状和大小的认识也愈来愈准确。我们知道,地球表面是非常崎岖不平的,有高山、海洋、峡谷和平原,我们通常所说的地球形状是由平均海平面所构成并延伸通过陆壳的封闭曲面,是地形高差起伏比较的基准面。

真实的地球形状与我们平常所见的地球仪是有差别的,地球仪是为了直观教育和制作的方便而没有作一些必要的校正,地球仪是一个真正的球体,而地球的实际整体形状十分接近于一个扁率非常小的旋转椭球体(即扁球体),其赤道半径略长,两极半径略短,南北两极的极轴相当于扁球体的旋转轴,根据国际大地测量与地球物理联合会 1980 年公布的地球形状和大小的主要数据如下:

赤道半径: 6378.137 公里

两极半径: 6356.752 公里

平均半径: 6371.012 公里

赤道周长: 40075.7 公里

子午线周长: 40008.08 公里

表面积: 5.10×10^8 平方公里

10832×10^8 立方公里

地球到底有多大,从数字上很难想象。让我们来打个比方,假如地球是足球那么大,那么真正的足球小到人的眼睛看不清的程度。

图 4—6 地球的形状示意图

实线为大地水准面圈闭的形状

(比例尺夸大)

虚线为地球理想的扁球体

其实,地球的真正形状与上述扁球体稍有出入,其南半球略粗、短,南极向内凹约 30 米,北半球略细、长,北极约凸出

10 米,所以夸张地说,地球的真实形状略呈梨形。(图 4—6)

千姿百态的地球表面

无论我们生活在城市和农村,都能说出一些地球表面的形态:山脉、谷地、平原、河流和海,如果按照大小等级分,假如我们离开地球来到月球上,利用一个能够穿透云层的望远镜,那么我们会辨出地球陆地上两个主要的区域,最大的一个是占陆地面积一半以上的大洋盆地,另一个是大陆台地,其中大部分都在海平面以上。陆地面积为 1.49×10^8 平方公里,占地球表面的 29.2%,海洋面积为 3.61×10^8 平方公里,占地球表

图 4—7 地球表面的海陆分布轮廓

面的 70.8%,而且在地球表面,陆地与海洋分布极不均匀,65%以上的陆地集中在北半球,各大陆的轮廓有某些相似之处,如所有的大陆看起来都呈倒三角形,北端宽,南端窄,并多

在北端与其它大陆相连(图 4—7)地球的表面是起伏不平的,大陆有高耸的大山,深深的谷地,广壤无边的平原,而海底呢?水下的世界并不是平坦无奇的平原,而是具有各种各样颇为壮观的地形态,可以说海底比陆地更为波澜起伏,陆地上最高点是雄伟的喜马拉雅山脉的珠穆朗玛峰,高出海面 8848.13 米,而海洋内最深的地点位于太平洋西侧菲律宾附近的马里亚纳海沟,离海面约 11034 米,也就是说,整个珠穆朗玛峰还填不满马里亚纳海沟,大陆和海洋各有不同形态的地貌,两者很不相似。(图 4—8)

图 4—8 地球表面海陆起伏曲线

下面让我们从地质学角度看看大陆和海洋各有何种特殊的地形。

大陆的形态

如果你观察一下地势图,就会注意到大陆截然高出深深

的洋底约 5400~6000 米,(海洋平均深 3729 米),并且大陆有 8000 多米的高山之峰。但是,大陆上大片地区显然是很平坦的,大陆的大部分地区都在海拔 1000 米以内,因此陆地的平均高度只有 875 米。

虽然各个大陆在大小、形状及表面形态互不相同,按照高度和起伏特征,大陆的地形都可分为山地、丘陵、平原、高原、盆地等类型。

山地:是大陆上最重要的外貌之一,通常是相对于平原和低地来讲。如果山地成为窄的线状(海拔高度在 500 米以上)延伸就被称为山脉,若干条相脉的山脉组成一个山系。例如:大陆上最高、最雄伟的山系是两条,欧洲的阿尔卑斯山——亚洲的喜马拉雅山系,另一条为环绕太平洋的山系,山系一般位于大陆与大陆之间,这是有地质原因的。

丘陵是指那些海拔小于 500 米,顶部浑圆,坡度平缓的低矮山丘群。我国有许多丘陵地区,如胶东丘陵。世界上丘陵分布最广的地区位于俄罗斯西部的东欧平原上。

平原:我国的平原都分布于沿海地带,如松辽平原、华北平原、长江中下游平原。平原地区是指那些海拔低于 200 米宽广平坦(略有起伏)的地区。世界上最大的平原是美洲的亚马逊河平原,比半个中国还大,有 560 万平方公里。那些面积宽阔,顶部同样较为平坦的海拔高于 500 米以上的地区,我们称之为高原地区。我国拥有世界上最高的高原——青藏高原,它的高度在 4000 米以上。最奇特的是黄土组成的黄土高原,而世界上最大的高原是巴西高原。

盆地:是指四周为山地或高原,中央低平的地区,形状象

一只盆,四川盆地、塔里木盆地、准噶尔盆地等都是我国的大盆地,世界上最大的盆地是位于非洲的刚果盆地,当一些盆地中积水时便形成了湖泊或洼地。

图 4—9 大西洋洋底地形

海底地形

在本世纪五十年代之之前,多数人相信洋底仅仅是沉没的陆地,底面广阔平坦,并被河流带入海洋中的泥沙等沉积物所覆盖。1953年,发明了精密探测仪,它能在任何深度的水中自动绘出洋底的连续剖面,从此以后,测制了数以百万公里的剖面,利用这些资料,绘成了海底地形图。结果表明,被海水覆盖的海底地形与陆地一样复杂多样。(图4—9)既有高山深谷,也有平原丘陵,而且规模非常庞大,外貌更为奇特,另外,洋地形的某些形态也能在卫星照片上辨别出来。

洋底虽然极端复杂,但我们能够辨出几个主要的部分:①大洋中脊②大洋盆地③海沟④海底山脉⑤大陆边缘。一般大洋中脊分布在海洋中间,而大洋盆地位于两侧,海底山脉都是由火山形成的,那些突出到海面以上的就成岛屿,海沟处于大洋盆地与大陆边缘之间,具有地质学家迷惑不解的形态,大陆与大洋盆地的连接地带为大陆边缘,由大陆架和大陆坡组成,大陆架实际是被海水淹没的大陆部分,它在各地的宽度不等,最宽达1500公里,窄的地方甚至没有大陆架,大陆架以含丰富的石油而著称。

大洋中脊:现代海洋研究中最重大的成果大概就是大洋中脊的发现,这是我们地球上突出的地形之一。这个巨大的海底山岭成为一个连续不断的从北极海盆开始经过大西洋的中部进入印度洋,然后跨过南太平洋向北进入美国西侧的加利福尼亚海湾,全长将近64000公里。大洋中脊是一个宽阔的破

裂隆起,宽度超过 1400 公里,较高的山峰高出海底达 3 公里,比喜马拉雅山脉更为崎岖不平,它的轴部有一裂缝状的山谷,如同陆地上裂谷一样。(图 4—10)

图 4—10 沿北纬 44°线横穿大西洋中脊的地震剖面仪记录剖面图

中脊顶部是一条深深的裂谷,顺着整个中脊延伸。中脊外侧的沉积物最厚,但靠近中脊处则迅速减薄

海沟:是地球表面最低的地区,多年以来,强烈吸引着地质学家和海洋学家的注意,海沟是洋底上狭长而深的深渊,最大的深度达 8000~10000 米,可以在海底延伸几千公里以上,海沟几乎都位于大陆沿岸山脉、孤岛靠大洋的一侧,海沟常与岛孤岛平行伴生发育,岛弧不仅仅指某些一个个的岛,还包括大洋边缘延伸距离很长,是弧形分布的群岛。如太平洋西北部边缘的阿留申、千岛、日本、琉球、菲律宾等群岛。

三、地球的外层

从距离地球大约十万公里的地方来看地球,所能见到的是明亮的白色旋涡状的云和蓝色的海洋,因此地球也被称为蓝色星球,即地球是一个水的行星。

地球表面生活着我们人类,还有千千万万千姿百态的动物和植物,使地球成为有生命的行星。

我们都对水、空气、生物等习以为常,它们是我们周围环境的基本要素,但是很少有人去思考:包围着地球的空气,水,生物对我们人类,对地表形态起何重要作用?

大气、水、生物是地球在特定的、得天独厚的天文条件下演变的结果,三者在地球表面形成封闭的圈状,分别称之为大气圈、水圈、生物圈。

地球的水圈

自然界的水以气体、液体、固体三种形式存在于大气圈、海洋和大陆表层之中,约占 96.5% 的水在海洋中,地球上的总水量多达 13.9×10^8 立方公里,如果设想将地球表面全部削平,那么地球上的水足以覆盖整个地球达 2700 多米厚。

水圈中的各种水体是相互联系和转化的,陆地水和海水

通过蒸发进入大气圈,大气圈中的水蒸汽又凝结成雨水再降到陆地和海洋,降落在陆地上的水一部分蒸发再变化水蒸汽,一部分转入地下成为地下水,其余部分则注入河流、湖泊,最后汇入海洋,地下水与河湖水互相沟通,互相补充;高山和寒冷地区的冰雪也处在积累和消融的不断变化之中。总之,自然界的水体都处在不断地运动、循环之中,这就是水圈的循环。(图 4—11)实际上地球表层的水体是一个完整封闭的圈层,这个圈层就是水圈。

图 4—11 水圈的循环

水和大气从何处来?

水圈的研究往往与大气结合在一块,因此水从何处来的问题,实际上与水和大气从何处来一样。

我们知道,地球有将近五十亿年的历史,水圈和大气圈的地质历史是不可能重新再现的,我们只能看到现在海洋、湖泊、大气的状态,还有留在岩石中的水和大气记录。在如此漫长的地质历史时期,环境经过多次的变化改造,留在岩石中的记录是不完整和不全面的,因此从不同的角度有多种理解。

水圈和气体的成因以及随后的变化,都是与地球起源有关的。

现在大气中的成分与太阳系的成分相比,有许多不同。首先是地球的大气中,较重的情性气体:氖、氦、和氩相对于太阳系的含量较低;另外地球上气体和石质物质的比例也远远低于太阳系的平均值。因此,基于以上原因,科学家认为,地球现在的大气圈和水圈是在地球形成时作为气体成分吸附在固体质点表面或者以化合物形式累积起来的。

当地球形成后,挥发成份势必从地球内部排出,释放到地表环境。又由于地球的吸引力,而积累于地球的表面,气体和水等成分从地球内部排出过程的具体环节还不清楚。

科学家们认为气体和水是由火山、温泉释放出的,简称“火山喷气作用”或“脱气”作用,地球内部的脱气作用是逐渐发生的,在地球形成早期迅速演变阶段,脱气作用规模最强,形成了大部分气体和水,接下来的时间,气体和水通过地壳和地幔出现反复循环,并造成目前的火山气体喷出。

海水

地球上的水主要储存于海洋中,并且地球形成早期就已经存在海洋。寒武纪时代的化石证据表明,海洋生物从来没有受到海洋中盐含量变化的影响,即海洋成分。自从地质时期形成以来,没有发生过很大变化,海水成分是恒定的。

现在,海水的盐度约为 3.5%,含有多种盐类物质,主要有氯化钠、氧化镁、硫酸镁、硫酸钙及少量碳酸钙和溴化镁,这些物质从何处来呢?从水成因中知道,地球的脱气过程是从地球深部以溶液与气体一道脱出。因此,海水中的盐类物质一部分是随着水的形成而本身拥有的,另一部分盐类的物质,则是大陆岩石遭受风化作用,各种盐类物质被溶解后,由江河流入海洋,并且这部分是主要来源。

风化作用在地表极常见,几乎无时不有,无处不在,风化作用使地表岩石或矿物遭受分解和破坏,依其性质可分为物理风化、化学风化和生物风化。

物理风化主要是通过日温度变化、冰冻膨胀、盐类结晶生长等进行的,因为岩石的矿物质有不同的热膨胀系数,日温变化的结果使岩石强度降低,产生破裂,随着雨水等溶液的渗入。产生化学风化,使原岩的某些成分不断溶解。

化学风化作用导致矿物质进入溶液,地壳中 95%的岩石为火成岩,它们是在地下深处高温高压下形成。当它们暴露于地表,处于新的环境,并与水接触时产生一系列化学变化。岩

石的风化程度与当地气候有关,潮湿地区比干旱地区强,水溶液的化学风化能力与它的成分有密切关系,如果水中含有盐类物质和碳酸,它的侵蚀能力就大大超过水中的氧,很容易与岩石中铁和镁起反应,形成氧化铁和氧化镁,使岩石的铁镁成分进入水溶液。

生物风化一部分属物理风化,通过植物根系的生长使岩石破坏,另一部分属化学风化,生物遗体在腐烂过程中产生的有机物对岩石进行化学侵蚀。

在悠久的地质历史中,高山夷为平地,高地变成凹陷,都包含有风化作用的功绩。(图 4—12)因此,通过风化作用,导致大量的钾、钠等盐类形成,尔后,随同河流以溶液的形式带入大海,在海底,也有风化作用,只是其能力远比陆地小。

图 4—12 W. M 戴维斯认为上,下两类地形的演变是由风化,河流磨蚀造成的。

大陆流水不断地汇入海洋,由于流水中含有大量盐类物

质,每年大约有 3.5×10^{12} 吨盐类物质被河流带进海洋,而我们知道,海水中的盐度自古以来是恒定不变,因此每年必须有盐类物质从海水中去掉,使海中的盐类物质处于输出与输入平衡的循环中,正象海水本身通过降雨、河流汇入和蒸发输出使水保持平衡一样。事实上,海水中的盐类物质输出平衡主要通过海洋沉积物的形成、海洋生物的生长等方式来实现的。所以,海水中的盐度基本保持稳定。

地下水

地下水,顾名思义,是地表以下的水。我们如何认识地下水呢?我们可以在许多地方直接见到雨水和河流消失在地表之下,某些土壤,能起吸收水的作用,有些坚硬的土层,则阻挡水的渗透,吸水性差,特别是岩石表面,没有或很少有土壤阻,几乎没有水渗入地下。

我们也常常见到冒泡的泉水,说明那里的地下水又从地下冒上来,这种泉水经常出现在低坡、谷壑上。如果选择一个良好的位置钻井,水就会充满整个井,甚至有的井水还会自动流出井外,称为自流井经过长期干旱之后,井水水位就会下降,甚至枯竭,同时,地表河道缩小,甚至会完全干掉,因此,显然可以看到河水、井水、雨水渗入地下,它们在地表下形成了某种联系。

地下水通过土壤和岩石相互联通,但并不象地表水那样可以自由流动,水的流动除两地高差外,还需要空间。地表河

道是完全开放的,没有阻挡。而地表下面有的岩石,大多数火成岩和变质岩没有多少孔隙,而许多沉积岩,特别是砂岩,是多孔的,甚至孔隙是连通的,形成小通道,而有些岩石,虽然有孔隙,但不连通,因此地下水的流动状态是不一致的。

地面象海绵一样,有些地方吸入雨水,而另一些地方漏出水来,如果把地下水的状况表示出来就会得到图 4—13。在图中,我们看到各水井的水面高度是不一致的,如果把各井内水位连成一线,便得出一个地下水面,称为地下水位,水位以下的岩层中全部充满水,称为饱和带或地下水饱和带,而水位以上的带称非饱和带或渗流带,孔隙中部分充水和部分充气。

图 4—13 各个井中的水位表明,地下水的水位在不同的地方有不同的深度,在有泉和深床的地方,水位与地面相一致。

了解水位的深度和形状,是地质水文学家和打井人员的一个重要目的,根据对一个特定区域的地下水文了解,结合其它说详细资料,就可以预测水位及地下水的丰富程度及何处打井。

地下水位一般沿地形等高线分布,地下水水位的出没点

是泉和河床,那儿水从地下排出。

泉水的涌出,表明地下水是流动的,而不是静止不动的,但流动速度的快慢取决多方面的因素,一般平原地区的地下水流动比山区要慢。

在干旱的地区,例如我国的西北部地区,年降雨量很少,不能满足工农业及生活所需的水量,往往大量抽取地下水作为补充,但是地下水也是雨水补给的,因此过量地抽水,造成抽水量大于地下水的补给量,使得地下水位下降,长此以往,造成地下水枯竭,并引起原地下水附近未胶结的地层因大量抽取地下水后造成压缩引起地面的塌崩、沉降、地面形成裂缝,造成建筑物的破坏。例如我国西安市区已有地下水下降而引起的地裂缝。

在近代火山活动区,熔岩流和近地表侵入岩体经过很长一段时间后,仍可能保持很热,地下水流过这些热区而变热,当其排泄到地表时,产生温泉和间歇喷泉(图4—14)。世界上三个最著名的温泉和间歇喷泉区是:黄石公园、冰岛和新西兰。间歇喷泉的喷发是由于:断裂,洞穴或者多孔岩层中所含的地下水其压力增加到了临界点。因为在断裂底部的水,比上部承受更大的压力,它在沸腾之前必须要比上部的水热到更高的温度,最后,温度稍稍增加,或者由于溶解气体的释出使得压力稍稍降低,就引起较深处水的沸腾。当水蒸汽生成时,发生膨胀,把水从地下的洞穴和断裂中高高地冲向天空。压力释放后,断裂和洞穴中又充满了水,并重复上述过程,这种过程说明了许多间歇喷泉的周期性喷发的原因,喷发的间隔是水渗入断裂和热到临界温度所需要的总时间,象黄石公园的

老实泉这类间歇泉是定时喷发的,这是因为岩石是透水的“灌水系统”能迅速地重新充水,而另外一些间歇喷泉则需要更多的时间以便水渗入洞穴,其结果是喷发的时间间隔就不固定了。

图 4—14

地表水偶尔沿断裂下渗到岩浆室附近,
在那里受到加热,加热后通过其他渠道上升,
以蒸气加热的间歇泉和热泉形式喷出到地表

地下水的沉积:被地下水溶解的矿物质可以用多种方式沉积,最壮观的沉积物是通常在洞穴中找到的滴水石,比较不明显的是象在砾岩和砂岩这些透水岩中,地下水通常在那里沉积了矿物质,成为颗粒之间的胶结物。地下水的矿物沉淀,

对于形成某些矿床(例如美国科罗拉多高原上找到的铀矿)来说也起重要作用。

图 4—15 灰岩(碳酸钙)地区的洞穴堆积

上:滴水石的形成过程:当水滴从裂缝中渗出并在它蒸发时,沉积下一个圈碳酸钙时,在洞顶上的滴水石就开始生成了。小环长成一根管状物,它的头部逐渐变细。这里因为可以从附近的地方渗出,并顺着它的外表面往下流动。

下:各种各样的洞穴堆积物,以石钟乳为主。

洞穴堆积物几乎是人人知道,许多著名的溶洞风景区中(桂林芦笛岩,贵州龙宫、浙江的瑶琳仙景等)按各种千奇百怪的优美造型,人们曾经起过种类繁多的名字,然而,它们绝大多数按同样的方式生成,都属于滴水石,当水进入洞穴时(通常来自洞顶上的断裂),它一部分蒸发,因而留下一点碳酸钙。第二滴水又多增加了一点碳酸钙,最后,从洞顶上就往下

形成了圆柱形或锥形的突出物,结果造成许多美丽和奇异的形状,称为石钟乳(图 4—15)

地球的大气圈

大气圈是因地球引力而聚集在地表周围的气体圈层,主要由氮、氧、二氧化碳、水气组成,大气圈并无明确的上界,一般认为在 2000~3000 公里的高空向行星的尘埃的密度过渡。由于地球引力的作用,大气的绝大部分质量集中在近地表附近,愈向高空大气愈为稀薄。因此,我们在攀登高山时,总是感到呼吸困难,这是由于高山上空气稀薄所致,在地表以下的土壤及某些岩石中也含少量的空气它们是大气圈的地下部分,其深度一般小于 3 公里。

大气圈的来源除前述的主要来自地球内部脱气过程,另一部分则来自太阳。直到今天,太阳能的辐射(太阳风)还在放出大量的物质,这些物质主要是由氢原子核和电子组成,太阳每秒钟能够以每秒 400~800 公里的速度放射出若干亿公斤的物质,辐射物质笼罩着整个行星系,而且,如果地球没有磁场的话,也会受到波及。此外,星际间的物质含有一定量的气体,它们也能加入地球的大气圈,许多彗星也可以提供少量的气体,彗星核主要是由似陨星颗粒和一些易挥发的水、氨、甲烷、一氧化碳和二氧化碳组成,它们不仅存在于过去的大气圈,而且部分存在于现代大气圈。目前,已有证据证明地史时期曾有陨星撞击地球的事件,其中最明显的事件遗迹是内德

林根和施海梅尔贝克陨石坑。1980年7月30日,在苏联西伯利亚降落了一颗名叫通古斯的陨石(实际上是一颗彗星),激起了众多科学家们的极大重视和浓厚兴趣。据苏联的科学家们报道,这颗陨石发出极为明亮的白光,以致在数百公里以外都清楚地看到。撞击引起了巨大烟柱直冲云天,1200公里以外的地方都能清楚地听到一声巨响,估计其撞击爆炸的能量相当于第一颗原子弹能量的1000~2000倍,爆炸气体引起了大火,温度高达数千摄氏度,并伴随有强烈的冲击波。

地球早期,大气圈含量较高的气体为氢和氦,但现在已退居次要地位,此后,经过复杂的物理化学反应,直到40亿~45亿年适合生命起源的原始大气物质基本形成,嗣后最原始的生命开始出现。

不断发展的生物圈和大气圈之间相互作用,缓慢地改变着大气圈的成分。从岩石记录表明,古老的岩石中只能发现微弱的氧化作用迹象,即早期大气圈中氧的含量很少,在较新的岩石中,氧化现象十分明显。大约27亿年前,大气圈中氧的含量仅为现在的1/1000,大约距今7亿年,氧的含量已达到现在的1/100,至此,大气圈的成分促使生物发生重大变革,开始呼吸氧气,大约距今4.2亿年,氧的含量已达10%,生命开始征服陆地,氧,尤其是自氧(O_3),能够吸收太阳放射出的强烈的紫外线,从而保护了地球上生命的繁衍。因此,在氧气未达到10%时,生命只能借助于水作为屏障,生命只能生活在水中,氧气虽然是地球演化过程中的产物,但也是地球必需的特殊保护体。

自从生命从水中发展到陆地后,大气圈除对生命的发展

起着重要的保护作用外,同时,大气圈可以调节气候的变化,不会象月球上昼夜之间有极明显的温差,还可以阻止水体从地球上流失。

大气圈在悠长的地质历史过程中,是极其重要的风化营力,而且还参与搬运碎屑岩石等地质作用,如风吹搬运沙尘,形成我国的黄土高原。

长期以来,地球工作者和天文学家一直在研究史前的气候变化状况。

现在的气候有干旱炎热的沙漠气候,寒冷潮湿的冰川气候,而比较常见的气候是多雨的、潮湿的气候和干燥,炎热的气候,无论是过去还是今天,气候都是环境的重要因素,因此通过岩石的环境记录,可以推测出岩石形成时的古气候状况,尤其是气候急剧变化期的岩石。例如:寒冷的高山冰盖向温暖的地方不断发展,直到冰盖前部融化的速度相当于冰盖推进的速度才停止下来,显然,冰盖的前端位置是不固定的,但取决于气候的变化,在冰盖的前部,由冰川融化造成水流带来的大量沉积物堆积下来,形成冰水沉积物,冬季来临时,来自冰盖的水量较少,携带的沉积物也少,一般来说,冬季的沉积物为细粒及黑色粘土质物质,而夏季,气温上升,流水增大,沉积物则变为粗粒色调浅的砂质物质,因此形成浅色粗物质与深色的细物质相互交替的岩层,通常叫做季节泥层或纹泥,每一对浅色和黑色岩石代表一年,故能够根据纹泥序列的统计测定出当时气候的周期变化。

干燥气候条件下形成的沉积岩中,常常可以看到盐类晶体,土壤指示潮湿的(常为温潮湿的)气候条件,岩石中见到红

色氧化铁矿可以反映干暖气候条件,分布在世界各地的煤层,在形成时的气候必为温暖潮湿气候。

干旱平原和沙漠地区,风力作用形成了一系列波状纹饰、沙丘,通过沙丘的延伸方向,能够推测当时的风向,并且风成沉积物粒度的大小反映出风力的强弱,一般风的强度大则能搬运较大的物质。

随着时间的流逝,岩石年代的增加,上露岩石不断地暴露,相应的压力和温度同时增加,造成各种地质作用,如造山运动,引起的褶皱和断裂等,都能使岩石发生变化,这些变形会破坏岩石中原来的古气候指标。

化石也是鉴别古气候的佐证,例如,同样是湖泊沉积的岩石,干旱气候条件下形成的湖泊沉积岩中不会含有大量的植物化石,已经灭绝的猛犸象生存在更新世寒冷时期。

目前,要整个恢复地史时期古气候变化仍有许多困难,但是我们已经知道,在整个地史时期,总的气候变化格局是发生过多明显变化,不断交替出现的,一段时期为广泛的冰川,气候十分寒冷,而另一段时期则转变为大范围的干旱和温暖的。(图4—16)例如:一般认为,更新世共有八个冰期旋迴。冰期是指气候显著变冷时期,极地或高山冰盖扩大,并向中纬度推进(高山冰川下移),并引起生物迁移和部分绝灭。

虽然人类的历史只有短短的几百万年,但是人类的活动会不影响地球的气候,尤其是高度发达的今天,引起人们的普遍关注。现代工业如同火山一样,释放出大量的尘埃进入大气圈,大气圈中二氧化碳的增多可能会引起地球平均温度的逐渐增高,但不断在大气圈中富集的尘埃会阻碍太阳辐射线到达

图 4—16 地史中的气温变化趋势及冰期

地球,又会引起地球的温度下降,另外,工业和城镇民用热能的排出以后,为不断进入大气。现在,这方面并不是影响气候的重要因素,但是,预计再过 40~50 年,这种废热、废气将增加十倍,那时就不得不考虑。

综上所述,地球的未来气候似乎会逐渐地被人类自己所影响和控制,未来的气候到底将如何变化实际上是很难预测的。

生物圈

生物大部分主要分布在地表以上 100 米和水面以下 200 米这一薄层中,(微生物的范围很广),生物圈是指生物及其生命活动的地带所构成的连续圈层。

地球大概是众多行星中唯一具有符合生命进化所需条件——地壳、大气圈和水圈的星球,它们不仅决定了生物进化的进程,而且它们本身也受到生物作用的影响。

整个人类历史的大部分时间内,生命起源问题一直成为各种神话或理论阐述的对象,目前,关于生命起源的说法,大致可归纳为三个方面:

- 1、生命是由神创造的,西方圣经中描述过,大约六千年前,上帝创造出一对男女:亚当和夏娃,以后为满足他们的需要,上帝又创造出其他生物。

- 2、生命可能来自外部空间,以菌类或孢子的形式通过辐射压力或附着陨石上传入地球的,然后再逐渐起发展起来。

3、生命是从无机到有机,从有机转变为单细胞,再从单细胞逐渐发展起来,即在地球演化过程中产生的。

第一种神创造万物之说已被科学家们否定,第二种可能性,目前还不能证实,有待于继续研究,第三种解释,现在已通过地层中的化石纪录以及大量的实验资料获得了不少证据,先了解一下化石中的生命记录:

几十年前,生物学家还以为距今六亿年前的寒武纪地层中不含任何真正确信的化石记录,但六亿年以后寒武纪突然发现大量的高度进化的生物类型而迷惑不已,随着新技术的发展,特别是电子显微镜和高倍显微镜用来观察研究化石,发现生命三十多亿年前已开始。

目前,已知最古老的化石是格陵兰的“似酵母菌状”微化石,距今大约三十八亿年,其次可能是南非发现的球状或丝状菌体化石,距今约三十四亿年,这种化石可能是最早的有机化学化石,迄今所发现的最早的后生动物化石记录为澳大利亚的埃迪卡拉动物群,距今约六七亿年,其中一些化石可能是水母、入射珊瑚、棘皮动物和蠕虫等动物的直系祖先,最早的真核细胞化石发现于美国明尼苏达州,距今古十亿年左右,叠层石的最早化石发现于南非,距今三十亿年左右。距今约三十四亿年的南非化石可能是原核细胞的最早化石记录。

由上可知,生命在大约四十六亿年前地球形成以后不久就开始出现了,在这样早的时期,地球的环境是怎样的呢?生命又是如何诞生的呢?

根据地球化学理论和起源理论,地球初生时,是一个赤热的接近均质的水球体,既没有大气圈,又没有水圈,但是,随着

地球内部放射性元素的蜕变,热量的释放以及重力作用,地球慢慢地冷却下来,渐渐地发展形成一种类似今天火山喷发物的原始大气层。大约距今四十亿年时,正在发育的大气圈可能主要含有二氧化碳、水蒸汽、氮气、一氧化碳、硫化氢和氢气,同时也可能含少量的甲烷和氨以及其它化合物,游离氧极少或根本不存在,当时地球表面的温度已从数百数降到水的沸点和冰点之间,由于二氧化碳的富集出现了大气圈的“温室效应”,适宜生物生存和维持的环境就渐渐出现了,此后,大概由于紫外线的辐射和化学作用,大气圈上部的水蒸汽慢慢地被分解了,氧的游离分子逐渐产生并富集起来,由于闪电和辐射能的突然释放,慢慢地使原始的还原大气层中产生了氨基酸、糖、嘌呤和嘧啶碱等有机物。

当这些有机物在水里富集为一种“原始溶液”时就等于形成了生物的化学演变媒介物,此后,高分子量的化合物联合起来就形成了大分子,即蛋白质、核酸以及多糖,可是,这些有机物是怎样转化为具有新陈代谢、繁殖及演变等特征的原始生命的呢?对于这个问题,仍处于众说纷纭、莫衷一是的阶段,但是这一转化过程中最重要的一点目前已被人们发现:即蛋白质有产生酶的能力,核酸有传递信息的能力。

当原始生命能够在水体中吸收二氧化碳,并能把二氧化碳转化为碳水化合物时,生命已完成了一次重大的进化过程,太阳光为这一过程提供了所需的能源,而叶绿素的产生,使生物能够通过光合作用产生自身营养,这时生命由异养转变为自养,大约距今二十八亿年时,生物的光合作用丰富了游离氧的含量。最初的原核细胞慢慢地发育为细胞核、线粒体、叶绿

体,然后发展为真核细胞,真核细胞的逐步完善,又进一步由单细胞向多细胞发展,随着细胞群体的演变。又促进了细胞的分工和分化,从此生命向更高级、更完善的生命体突飞猛进的发展和演变,在漫长地质历史岁月中,生物由简单到复杂,由低级到高级,由水生到陆地,适应环境的能力都越来越强,最后形成现今的生物面貌。

图 4—17 元古宙的菌藻类生物

从已知的化石中:我们可以简略回忆一下生物的演化和演变历史过程。

在元古宙时,地球上的有机界处于萌芽状态。到元古宙晚期,海水里的生命物质已发展成为最原始的生物,出现了一些原始的单细胞菌藻类生物。元古宙的藻类空前繁盛。(图 4—17)被称为菌藻植物时代,除了低等的兰绿藻,还出现了大量的褐藻,红藻等高级藻类植物。元古宙晚期,从古老的原生动

物中发展出低级等多细胞类型的海棉动物和腔肠动物,再从某些古老的腔肠动物发展出高等多细胞动物(图 4—18),在震旦纪地层中曾发现微少的贝壳无脊椎动物化石及无脊椎软体印模化石。

图 4—18 动物进化图解

进入显生宙,海生藻类在早古生代的海洋中继续发展,并海生脊椎动物出现和发育(图 4—19),早古生代后期开始出现鱼类,到早古生代晚期,第一次出现了陆生植物,即原始植物开始登上陆地,在晚古生代,虽然海生无脊椎动物仍较繁盛,但脊椎动物的发展表现更为突出,早古生代晚期出现的鱼类,在泥盆纪得到充分的发展(图 4—20)并在泥盆纪晚期逐渐演化成原始两栖类,开始了动物登陆的历史,并且在泥盆纪时,开始出现半水陆的裸蕨植物和古松植物。石炭纪时,植物

图 4—19 早古生代的
海生脊椎动物

图 4—20 泥盆纪的鱼类

进一步由水边向陆地扩展,鳞木,芦木等繁盛,当时森林茂密,万木参天,因此在石炭纪的地层中含有丰富的煤层而得名,在石炭纪晚期开始出现爬行类。而在二叠纪爬行动物得到进一步发展,昆虫繁多,两栖类空前发展,到二叠纪末,爬行类已完全摆脱对水的依赖,晚古生代的植物以蕨类孢子植物发展为

特征(图 4—21)中生代的植物界则以裸子植物为特点,苏铁

图 4—21 晚古生代的蕨类孢子植物

类,银杏类和松柏类为其代表。因此,我国特有的银杏树被誉为最古老的活化石。到中生代晚期被子植物开始出现,中生代是爬行动物的时代,特别是在三叠纪中期出现了恐龙、种类繁多,恐龙以草食为主,身体庞大(可长达 30 米,重达 60 吨)的雷龙,梁龙等,也有以肉食为主,身体灵活的霸王龙等,不仅陆上有恐龙,而且海洋中有鱼龙,蛇颈龙等,天空中也有翼龙类等(图 4—22)。中生代恐龙称霸一时,成为地球上占绝对优势的陆生动物。但是在白垩纪末,恐龙绝灭,至今还不知其确切原因。中生代时期,鸟类和哺乳类开始出现。

新生代植物界中裸子植物退居次要地位,被子植物占主要地位。新生代是哺乳动物大发展的时代。哺乳类为恒温热血动物,由卵生变为胎生,对环境有更广泛的适应性,哺乳动物绝大部分生活在陆地,但有的则生活在海中(如鲸鱼、海豚

图 4—22 中生代的爬行动物恐龙

图 4—23 新生代的哺乳动物和被子植物

等)、空中(如翼手类)(图 4—23)人类是从灵长类中的猿类进化而来的,始新世至渐新世出现了最早的猿类。它们过着栖树的生活。在以后发展中,由于气候和植被的变化,有些绝灭,其

中一支发展成为古猿,具有地面和树上生活的双重能力,到中新世时,古猿中的一种为类人猿,上新世到第四纪出现了最早的人类,他们在劳动中创造工具,产生语言,逐渐变成现代的人类(图 4—24)

图 4—24 人类进化历程

四、探索地球的内部

照亮地球内部的明灯——地震波

限于科学技术水平,人类可以直接观察到的地下深度十分有限,现在世界上最深的矿井仅 4-5 公里,最深的钻探钻井不过仅 12.5 公里,即使是火山喷溢出来的岩浆,最深也只能带出地下几十到二百公里左右的物质,而我们知道,地球的半径有 6371 公里之巨。

目前对地球内部的了解,主要借助于地震波研究的结果。地震发生时人们会感到地球在剧烈颤动,这是由于地震所激发出的弹性波在地球中传播的结果,这种弹性波就叫地震波。

地震波是一个总体概念,实际上它可以分成体波(纵波即 P 波和横波即 S 波)和面波两类,其中对地球内部构造研究有意义的是纵波和横波,因为面波只沿地表传播,对探测地球内部不起实际作用。

我们知道,在水中和空气中,一个爆炸的声音只能听到一次(除回音外),我们听到的声音波就是纵波(P 波),它的特点是质点振动方向与波传播方向一致;相反,质点的振动方向与波传播方向垂直的波就是横波(S 波)。横波只能在弹性固体

内传播,弹性固体在横波传播时发生变形,而后马上恢复原形(图4—25)。因为空气和液体是没有形状的,所以也没有弹性现象,这种没有弹性的现象,就是为什么横波不能在气体和液体中传播的原因,为什么在液体和空气中只听到一次爆炸声的原因。

图4—25 地震波纵(a)横波(b)示意图

地震波从地震的震源激发向四面八方传播(图4—26)到达地表的各个地震台站后被地震仪记录下来。根据这些记录,

人们可以推断地震波的传播路径,速度变化以及介质的特点,通过对许多台站的记录进行综合研究,便可以了解地球内部的组成物质和结构情况。所以,人们把地震(自然地震和人工爆炸造成的地震)比为地球内部的一盏明灯,它发出的地震波“照亮”了地球的内部。

图 4—26 地震波的传播途径。O 为震中;P 波传播较快,为纵波;S 波传播较慢,为横波。地震波从地球内部向地球表面反射,并在地核发生折射。

地震波传播速度的大小与介质(波通过的物质)的密度和弹性性质有关,如果地震波速度发生变化,就意味着介质的密度和弹性物质发生了变化。纵波的传播速度大于横波的传播

速度,在同一物质中传播,纵波比横波快约 1.73 倍。

地震波具有波的所有普遍特征,它能如同光传播一样,当遇到不同波速物质的突变接触界面时,地震波射线就会发生反射和折射。在地球物理界,这个界面称为波速不连续界面。假如地球物质是均一的,那么由震源发生的地震波都将以直线和不变的速度前进传播,但实际上地震波的分析研究表明,地震波总是沿着弯曲的路径传播,并且不同深度有不同的波速。这些表明地球内部的物质是不均匀的。传播路线的连续缓慢弯曲表示地球内部物质的密度和弹性性质是逐渐变化的。传播速度的跳跃及传播路线的折射和反射表示物质密度和弹性性质发生了显著的突变。

地球内部圈层的划分

根据自然地震和人工地震发出的地震波,发现地震波的传播速度总体上是随深度递增变化的。其中出现两个明显的一级波速不连续界面,一个明显的低速带和几个次一级的波速不连续面。(图 4-27)

第一个不连续面是由南斯拉夫的莫霍洛维奇提出。他在 1909 年提出了地震波为表面波和透射波的观点,这使人们对地震波特征的解释有了重大突破,并使地震波可穿过地球内部这一事实在理论上得到了解释。他还发现了地震波的传播速度随深度而加快,并认为这是深部物质密度加大的结果,以他名字命名的莫霍维奇面(简称莫霍面)就是通过地震的分析

而发现的。是一个地震波的不连续面,莫霍面出现的深度在大陆之下平均为 33 公里,而在大洋的底下平均为 7 公里,在大陆和大洋之下两者相差很大。在界面附近,纵波的速度从 7.0 每秒/公里左右突然增加到 8.0 每秒/公里左右,横波的速度也从 4.2 每秒/公里增加到 4.4 每秒/公里,莫霍面以上的地球表层在地质上就称为地壳。

图 4—27 地球内部结构及 P 波和 S 波的速度分布图

1941 年,美国地球物理学家古登堡首先发现了地下第二个地震不连续界面,它位于地下 2885 公里的深处,在此不连续面上下。纵波速度由 13.6 每秒/公里突然降低到 7.98 每秒/公里,而横波速度,是由 7.2 每秒/公里突然消失。并且在该不连续面上地震波出现极明显的反射、折射现象,这个重要的界面被命名为古登堡面。古登面以上到莫霍面以下之间的地球部分被称之为地幔,而古登堡面以下的地球部分称地核。

从宏观上分,地球内部分为地壳、地幔、地核三个主要部

分。根据次一级界面,还可以把地幔进一步划分为上地幔和下地幔,把地核分成外地核、内地核和过渡地核。地壳亦可分为上部的花岗岩层和下部的玄武岩层。

在上地幔中,地震波出现一个低速带,它的深度一般位于60至~25公里之间,因此,接近地幔的顶部。在低速带内,地震波速度不仅未随深度的增加,反而比上层减少5~10%左右,低速带的上下没有明显的界面,波速的变化是渐变的,而不同于莫霍面、古登堡面是突然变化。同时低速带的埋深在横向上是起伏不平的,即此低速带在地球中不是一个平整的面,而是有很大的高差,各地距地表的深度是不一致的。而低速带本身的厚度也有很大的变化,各地的厚度不均匀。横波在带内全球范围内普遍存在。纵波的低速带在地球中构成一个重要的圈层——软流圈。在软流圈以上的地球部分称之为岩石圈,因此,岩石圈包括地壳和部分上地幔。

地球内部各圈层的物质组成

根据地震波的变化,已经把地球分成三个主要圈层:地壳、地幔、地核。那么组成它们的物质是什么呢?除地壳有直接的岩石证据外,大部分这方面地资料只得依赖其它方面的资料来推测,主要依据有以下几个方面:

- 1、根据各圈层的密度和地震波速度与地表见到的岩石或矿物对比进行推测。

- 2、根据各圈层的压力和高温高压模拟实验进行推测。

3、根据来自地下深部的物质进行推断。火山喷发和构造运动有时能把地下深部(如上地幔)的物质带到地表,这些物质是我们认识深部物质的直接实体。

4、与陨石研究的结果进行对比。陨石是来自太阳系空间的天体碎片。由于陨石的起源和演化与地球及整个太阳系相关,现代天文学及天文地质学的研究表明,陨石应来自于太阳系内部的天体或小行星,当它们进入地球引力场时被地球吸引,并有相当一部分被大气层摩擦燃烧。因此,在夜空下,我们经常见到一瞬而逝的流星。其残骸成为陨石落入地表,而太阳系以外的物质穿过遥远的太空来到地球的可能性极小。人类登上月球,获得月球表面岩石样品,研究结果证明与地球表面的某些岩石类似,而且众多的证据表明太阳系内的物质成分及形成演化具有统一性,因此,可以运用陨石来对比地球内部的某些物质。

陨石按成分区别分成三类:石陨石、铁陨石、铁石陨石。

1. 地壳

莫霍面以上的地球表面,厚度在 5-70 公里之间,其中大陆地区厚度较大,平均为 33 公里,而大洋地区的地壳厚度仅 7 公里,全球的平均厚度为 16 公里,地壳中矿物的密度一般为 2.6~2.9 每立方厘米/克。大洋地壳和大陆地壳两者结构是不同的(图 4-28)地壳为固态岩石所组成,包括沉积岩,岩浆岩和变质岩这三大岩类,地壳是地质学的主要研究对象。

2. 地幔

地幔处于莫霍面与古登堡面之间,厚度为 2850 公里,占地球总体积的 82.3%是地球的主体部分,从整个地幔可以通过地震波横波的事实看,它主要由固态物质组成,根据地震波的次级不连续面,以 650 公里深处为界,将地幔分为上地幔和下地幔。

上地幔的密度与陨石中的石陨石相似,可能是有与石陨石相类似的物质成分,即超基性岩,主要由橄榄石、辉石等矿物组成。

图 4—28 大洋地壳和大陆地壳的对比

上:大洋地壳。 下:大陆地壳: A-上地壳 B-下地壳 C-下地壳
N-地幔

上地幔内部仍然是很不均匀的,还可以进一步划分。1965 年到 1970 年间,国际地球科学联合组织实施了国际上地幔计划,该计划耗资巨大,专门研究地幔物质组成、物理性质。全世界的许多地质学家和地球物理学家集中力量对地球上部一千公里的圈层进行研究,取得了令人鼓舞的成果,整个地幔被分成七个带,各带有自己的特色。

3. 地核

从古登堡面以下到地心是地核部分,其体积只占地球的 16.2%,而质量却占地球的 31.3%,地核的密度很高,达到 9.8~12.5 每立方厘米/克,根据地震的传播特点可将地核进一步分为三层:外核(深度 2885~4170 公里),过渡层(4170~5155 公里)内核(5155 公里到地心)。有意思的是,横波在外核中不能通过,纵波发生大幅度衰减,因此可以推测外核呈液态,而不是坚硬的固体。在内核中,横波又重新出现,说明内核为固态。

地核的密度如此之大,在地表物质中只有一些少数金属物质才能达到。而地表中最常见的金属铁,它的密度只有 8 每立方厘米/克,还达不到地核的密度,但是铁如果在超高压下完全可以达到地核的密度,地核的密度与陨石中铁陨石相似,表明物质是由铁、镍组成。

地球具有封闭的磁场,我们的祖先早已掌握和运用地球的磁场,指南针的发明为人类增添了征服自然的工具。而地球的磁场主要是由内部物质引起的。因此在地球的内部一定具有高磁性—铁镍物质非常集中在某个圈层。所有的研究表明,在地壳、地幔中均不存在,那么这一高磁性层应该存在于地核中。推测地核中最合理的物质组成应是铁、镍及少量的硅,硫等元素组成的合金。

地球内部圈层的形成

目前一般认为地球在原始时,它是均质的固体,又没有出现分层现象,主要由硅、氧、铁、镁等的化合物组成。地球开始是冷的(另一种假说认为地球开始是热的),由于下列原因逐渐变热(图 4—29):小星体碰撞转换来的热能,可能是地球形成初期的主要热源,小天体的冲击,尘埃碎块的碰撞将大量的动能转变为热能。虽然一部分要扩散到宇宙空间去,但仍有一部分保存下来使地球增温;随着地球体积缩小,内部压力不断增高,重力压缩使地温升高;还有放射性元素蜕变放出的热量,同样造成地球升温,并且这种热量大部分被积累在地球内部是地球内部后期的主要来源。

图 4—29 地球变热的三种机制

(a)碰撞作用 (b)重力压缩 (c)放射性元素蜕变

上述热源造成地球温度的不断升高。在地球的形成初期,由碰撞、压缩和放射性物质而产生的热量使地球温度达到 1000°C 或更高,地球形成的最初十亿年内,在地球深度 400~800 公里范围内,温度已经上升到达铁的熔点,(由于铁和镍的熔点较比硅酸盐要低。这时达到熔点首先熔化,形成熔融的

金属层,同时硅酸层开始软化,因此为重力分异作用创造了有利条件,按重力分异原则,比重大的铁、镍形成大的熔滴向地心下沉,同时,在沉降过程中将释放出来的重力能转变为热

图 4—30 不同时期地球的内部温度

1. 铁熔化曲线;2. 10 亿年的地球温度;
3. 5 亿年的地球温度;4. 0 亿年的地球温度

图 4—31 地球内圈形成过程示意图

(黑点和箭头表铁、镍,白点表示硅酸盐)

能,使地球出现局部熔融状态。最后,铁、镍向地心富集结成地核。与此同时,硅铝、硅镁等较轻物质上浮,冷却而成为原始地壳,二者之间的铁镁硅酸盐组成地幔(图 4—30),在长期引力

作用下,地核不断加大,由于地核内热不再散失,致使外核保持液体状况(图 4—31)

地 磁

地球周围存在着磁场,称为地磁场。地磁近似于一个放置地心的磁棒所产生的磁偶极子磁场,它有两个磁极,S 极位于地理北极附近,N 极位于地理南极附近。两个磁极与地理两极位置相近,但不重合,有一定距离的偏差。长期观测证实,地磁极围绕地理极附近进行着缓慢的迁移。

地磁场的磁场强度是一个具有方向和大小的量。为了确定地球上某点的磁场强度,通常采用磁偏角、磁倾角和磁场强度大小三个地磁要素。

人类对地磁的认识历史很古老,我国古代杰出的四大发明中就包括地磁方面的内容,指南针的发明是古代我国地磁知识的灿烂光辉的结晶。十五世纪的地理大发现直接推动了地磁研究。罗盘为什么指北?这在十五、十六世纪仍是谜。古人认为,天空的北极有个巨大的星体吸引磁针,所以指北。或者干脆说磁石有灵魂,能吸引铁,能指北。这都是从地球以外去寻求磁针指北的原因。

磁针指北,并非正指地理北极,有个偏角这在公元十一世纪我国沈括就发现了。在欧洲最早发现磁偏角的是哥伦布,1492 年在横渡大西洋时发现磁偏角,并记叙于航海日志上,当时他怕引起海员骚动而未敢声称。

磁针指北,还有个有倾角,即磁针不是水平指向北,而向下倾斜。这是英国人诺尔曼(R. Norman)首先发现的。他是伦敦的一位海员,退休后以制造罗盘为业。1581年他出版《新奇的吸引力》,第一次记述在实验中发现磁倾角。他还证明磁力没有重量,是定向力。诺尔曼论述了磁偏角随纬度变化而变化,但不象通常说的规则变化,他说是无规则变化的。磁针为什么指北的问题,他不愿冒犯亚里斯多德的权威,不相信天体作用说,但持审慎态度,不加揣测。诺尔曼是位非科班出身的科学家,强调观察与实验是科学认识的基础。

给地磁学奠定基础的是英国的吉伯和哈雷。

吉伯(1540—1605)是英王伊丽莎白一世的御医、著名科学家、他受法国人朝圣者彼得和诺尔曼的影响,用实验方法研究地磁。他用天然磁石磨成小球,在球面上画上子午线,观察磁针在这个“小地球”上的磁偏角与磁倾角变化。吉伯把实验结果写成《论磁石》(1600)一书,提出地球是一个巨大磁体的概念,并认为天体之间都有这种磁引力。吉伯的思想是牛顿引力理论的思想来源,吉伯的“小地球”是牛顿天体力学的物理模型。

吉伯总结前人成果,指出利用磁偏角、磁倾角图在海上确定船只的位置。他认为,只要有适当仪器,可在海上精确校正磁偏差,再根据磁图就可定位。他还首次提出用测磁倾角方法测定任何地区的纬度,无须求助于太阳和星星。吉伯这一论断,1609年为英国人哈德逊在北美航行中实测证实。

吉伯是第一位系统研究地磁的先驱。

比吉伯晚半个世纪的哈雷(1656—1742)是英国著名天文

学家,同时也是地磁学奠基人之一。他生于伦敦一个商人家庭,从小热爱天文学,上中学时就测出伦敦磁偏角为 $2^{\circ}30'W$ 。在牛津大学学习期间,他设计了测定行星轨道单元的新方法。1703 年被聘任为牛津大学教授。1720 年成为皇家天文学家,并担任格林威治天文台台长。

1682 年以后,哈雷为解决海上经度的确定问题,对月球进行了一系列观测。1698—1702 年,他为了观测地磁的变化,并考察英吉利海峡的潮汐和海岸,进行了连年的探险工作。

英国是个海洋国家,海上航行关系到国家命脉,对经度测定与地磁研究十分关注。1635 年伦敦格雷山姆学院天文学家盖里布兰德,利用 100 年来测得的磁偏角资料分析,提出磁偏角随时间而缓慢变化的看法,1580~1692 年之间,伦敦的磁偏角改变了 17° 多。哈雷进一步搜集全球各地资料,然后得出明确结论:整个十七世纪全球都有磁偏角变化。哈雷全面肯定磁偏角随时间变化的概念。

1683 年,哈雷发表了一张磁偏角变化表,说明地表各处不同时代磁偏角变化的规律性。并提出一个假说:“整个地球是个大磁体,它有四个磁极或四个吸引点,靠近赤道有两个;靠近磁极的邻近区有两个,磁针由它支配,离极近的比离极远的,磁力显然要强些。”他认为,要精确确定磁引力的量值是不可能的,因为“是什么性质的力使磁引力增加,还不能确定”。他曾经设计一个磁针装置,企图精确测定磁引力变化,但没有成功。后来,1750 年他的同胞米歇尔,1777 年库伦,发表了磁引力精确测量值,用的是灵敏度较高的扭秤,但都证明哈雷的设想是正确的。

磁引力测定带来磁本质的探索,米歇尔对地磁成因提出“磁力涡动说”,是较早的假说;后来库伦把电、磁和牛顿的超矩作用统一起来思考,都是有成效的尝试。

哈雷在 1683 年磁变化图中曾提出解释,说磁极向西移动不是地球绕地轴旋转的效应;他认为,所有磁极是否随同一个运动移动,抑或随不同运动移动,这时人类完全是个未知的迷。

1693 年,哈雷发起组织了 Paramour 号海上探险,他参加了 1698~1700 的探险航行,在南北大西洋网络航线中实测了磁偏角,事后发表了《大西洋等偏角图》并对他早年的磁极移动观点作了进一步说明:“地球外部可按贝壳状计算,内部要按果核状或含有内球来计算。内外之间流体介质……地球外壳是个磁体、其磁极离地极有一段距离;内核是另一个磁体,其磁极离地极又有另一段距离。”他认为外壳和内壳的角速度不同,是地磁场随时间变化的原因。

哈雷提出测定地磁场的一般程序,又提出地磁场成因假说与许多基本概念,因此可以把 1683~1700 年定为地磁学的建立时期。而对地磁本质的解释则在十九世纪。

磁场变化不仅有几十年、几个世纪的长期缓慢变化,而且也有短期变化。甚至有一天或几个小时的快速变化。哈雷曾经观察到北极光闪现的磁场暂短变化,以及太阳黑子集中所引起的磁场变化。1759 年,英国物理学家康登观察到“磁暴”现象。

十九世纪的地磁研究,受到两个因素的刺激:一个是对外的扩张;另一个是电报通讯要求了解地电与地磁的关系。前一

个因素明显地表现为政府组织地磁测定与建立地磁观察网络。

第一幅地区宽广的磁强图,是由洪保德测制的,由他在1790~1804年南美探险时完成。1829~1830年、洪保德到俄国考察,又建议俄国政府组织西伯利亚探险与地磁、天文观察站的建立。1835年,俄国建成了从彼得堡到北京一线的地磁、天文观察站网络。

十九世纪有两个科学组织对地磁学发展起了推动作用,英国科学家协会、哥丁根磁学联盟。

英国科协在一份备忘录中强调地磁研究是该协会的“最高目的”,因为“它是英国的未来”。这充分反映了进入铁舰时代后英国称霸海上的雄心。1832年,英国科协成立的第二年设置了地磁委员会。1834~1835年,组织了大不列颠岛全域地磁要素的测定,以后组织了对海上、殖民地的多次测定,对地磁资料作了系统的长期收集为二十世纪英国在地磁与古地磁研究方面作了准备。

十九世纪中,为地磁作出杰出贡献的科学家是德国的高斯(1777—1855),它是德国的数学家、物理学家和天文学家。童年时就显示了超人的数学才能,十一岁发现了二项式定理。十五岁读完了牛顿、拉格朗日等的著名著作,十八岁进入哥丁根大学,1782年大学毕业,第二年即取得博士学位。1801年他发表了《算术研究》的重要生著作。1807年获得了哥丁根大学的数学和天文学教授职位,并担任了该校天文台台长。

高斯在洪堡德的怂恿下于1831年开始研究地磁,1833年他和物理学家韦伯共同发明一项电报装置,与此相关地研

究了地磁。同年,他得到哥丁根大学的支持,作系统的地磁测定。1834年在伯林等地建立地磁观测站,从而使哥丁根大学成为欧洲大陆地磁研究中心,并成立“地磁联盟”,1837年,高斯与韦伯开始研制两用磁力仪,并用自己的仪器首次精确测定了磁场强度。他提出了著名的地磁球谐分析,首次从理论上说明实测磁场强度与均匀磁体磁场的差异,论证了地磁场规则与不规则部分都来源于地球内部,把数学引入地磁研究中,为日后地磁学的发展打下了理论基础。

二十世纪初,地磁学的重要课题之一是探索地磁场成因。比较流行的假说,是1600年吉伯提出的永久磁铁说,认为地球内部是块大磁铁。当时地球物理获得的地震资料也支持这个假说。认为地核是铁镍合金的磁体,表面上看地震资料似乎论证了永久磁铁说,实际上地震资料的解释是以永久磁铁说为主论根据,是一种循环论证。

1914年,巴尔特从理论上推导出“回旋磁效应说”,认为旋转天体会产生磁矩,但1947年英国诺贝尔物理奖获得者布莱克特所作的实验,否定了这个假说。

1919年,拉莫尔提出“自激发电机说”,该假说认为地磁场主要起源于地球内部的外地核圈层,由于外地核可能为液态,并且主要由铁、镍组成,因此它可能为一个导电的流体层,这种流体层容易发生差异运动或对流。如果在地核空间原来存在着微弱的磁场时,上述差异运动或对流就会感生出电流产生新的磁场,使原来的弱磁场增强,增强了的磁场使感生电流增强,并导致进一步的磁场增强,如此不断进行,磁场增强到一定程度就稳定下来,于是便形成了现在的基本地磁场。第

二次世界大战后,许多学者对这个假说作了多次实验与理论分析,并且实验证明导电流体能自激发电,产生磁场,但仍然有人怀疑地球是个自激发电机。不过,这个假说是目前对地磁成因解释最为满意的一个。

磁要素测定中,人们已经发现地磁的空间变化与时间变化的信息。自从同位素年龄测定以来,人们自然而然联想到,既然岩石中保留有放射性衰变的绝对年龄记录,是否也能从岩石中找到地磁的历史纪录呢? 1906年,法国布容在马西夫火成岩中发现反向磁化,接着世界各地都发现岩石中正向与反向磁化的许多事实,研究岩石中磁化要素的学科称为古地磁学。

古地磁学主要研究岩石中的剩余磁性或化石磁性。岩石在形成过程中受外界地磁场的作用将具有磁性,其磁化方向、强度和当时当地的地磁场方向、强度有关。当外界磁场去掉后,其磁性保持不变。因此,这种磁性可反映岩石形成时的地磁场状态,叫做剩余磁性或化石磁性。

剩余磁性最重要的特点是它的稳定性。它经过很长的地质时期和环境的变化也不会消失。但是当岩石、矿物受热超过居里点温度时(一般为 $400\sim 580^{\circ}\text{C}$)时,磁性消失。

岩石的剩余磁性可能有不同的起源。例如岩浆在地磁场中降温至居里点以下时,铁磁性矿物将按照地磁力线方向排列而使岩石磁化,若它仍在地磁场中继续冷却至普通大气的温度磁性便保留下来。铁磁矿物在沉积过程中或沉积的软泥中,也趋向于按当时地磁方向定向排列。固结成岩作用使这种定向排列固定下来而获得剩磁。因此测定岩石剩磁就可确

定岩石形成时的古地磁极和磁纬度位置,进而追溯地球磁场的历史。

布容认为,反向磁化是因为古地磁场方向和现代磁场方向不一致所致,当时未被接受。1948年,英国的约翰逊成功地测定了英格兰纹泥的磁化方向和强度变化,从而确定了“古地磁场”概念,表明了古地磁场有过倒转。目前,已能从理论和实验上肯定地磁场倒转的真实性,现代的古地磁研究表明,在地质历史中,地磁场是周期性反转的,即曾经过去某段历史的地磁北极处于现代地磁南极的位置附近。科学家们结合地球的地质年龄,编制了地球过去的地磁极性年代表。反向磁场也称负磁异常。

地球磁场的强度很弱,平均为 $50\mu\text{T}$ (微特斯拉),在地磁极附近强度最大,为 $60\mu\text{T}$ 左右,由磁极向磁赤道强度逐渐减弱,并在磁赤道附近最小,为 $30.7\mu\text{T}$ 。

自然界中各种岩石矿物具有不同的磁性强度。如磁铁矿、铬铁矿、镍矿、超基性岩等,具有较强的磁性;而像盐矿、天然气、石油等磁性较弱。因此,利用磁场强度不同可以进行找矿勘探和了解地下的地质构造情况。

地磁是地球内部的一个主要物理性质参数。对于地球内部来说,相应的物理参数有密度、压力、重力、温度及弹性,它们都是了解地球内部组成的重要参数。

五、火山喷发

火山喷发现象

自古以来,火山喷发被人们认为是一种神秘莫测,令人生畏的事件。人们对火山喷发的感性认识直接来自火山喷发过程,炽热的熔岩,火山云雾的火光反照,刺鼻的硫磺味儿以及有时好象雷鸣,有时又嘶嘶作响的声音。

迄今为止,人们对火山喷发的认识还是很有限。报导较详细的火山爆发过程是墨西哥米却肯州的帕里库庭火山,对它曾有这样的描述:“它发生在帕里库庭附近的一块玉米地里。1943年2月20日,当玉米地主人珀利多下地劳动时,发现地上有一条裂缝,接着便是地面隆起并伴随着隆隆的响声,并喷出大量烟雾。他当时非常害怕,便很快地跑开了。后来在那里形成了一个火山口,玉米地很快就被喷出的溶岩、火山弹、火山灰等物质所覆盖。随着火山物质的不断喷发,形成了一个不断生长的山体,在其顶部有一个火山口。”

对这个火山,德国地质学家特莫尔在1955年报道了他在1949年11月26-27日对这一火山的考察,他注意到该火山最初是爆发性活动,1949年开始才进入熔岩溢出阶段。当时

火山体已相当大,并且每隔 20 分钟就喷发一次蒸气,从而在空中形成大片淡云雾。11 月 27 日那天,从火山口喷出气体形成淡黄色的云雾笼罩着天空。可以想象,攀登这种火山是很困难和危险的。特莫尔开始是骑马沿溶岩流边缘,穿过了还有树木正在燃烧的火山灰层。由于火山坡越来越陡,并且在流水的侵蚀下形成一个深沟。所以,他靠步行前进,穿过陡峭的山崖便是一个马鞍形平台,那里的喷气孔正冒着热气,有些气体具有强烈的硫磺味,再向上便到达 300 米高山的火山锥顶部。在那里,火山口喷出的大量气体形成密集的云雾,火山弹和火山灰不时地从空中落下,有的落回到火山口中,有的落到火山锥的斜坡上,这些火山弹和火山灰是熔岩被喷到空中后冷凝形成的,由于它们在空中急速旋转而形成了半球形或球形。

火山爆发的景象非常壮观,特别在夜间更是引人入胜,喷发作用可使火山弹抛上 600 米的高空,较大的火山弹往往在空中变化成扁平状,由于它们在上升的热气云雾中忽隐忽现,远远看来象一只只小鸟在空中飞翔。当抛到空中的溶岩落到地面时,因为它们是炽热的,所以就会与其接触物质溶合在一起,并能在一定时间内保持其炽热。

帕里库庭火山喷出的溶岩形成溶岩流,沿着火山锥斜坡向下流动。在夜幕中闪耀着强烈的火光,就象红色的瀑布从山顶倾泻而下。形成火山锥翼部比中心火光更强的奇特景观。熔岩流的前缘在前进中总是保持陡立,象一堵墙一样,在其前进的道路上,一切障碍物都会被吞没,特别是树木更是被烧得干干净净。

火山喷发过程极为复杂,在不同地区以及不同的岩浆作

用阶段,所喷发方式和物质是各不相同的,有的喷发很平静,,岩浆沿裂隙通道上升,缓慢地流出地表,边流动边冷凝。有的则非常强烈,岩浆喷出时具有猛烈的爆炸现象,可将大量的气体、岩浆团块和固体碎屑物喷射到火山口以外,在火山口上空形成巨大烟柱。

1985 年 11 月 13 日,哥伦比亚托马利省一座沉睡了四百年的内瓦多德尔鲁伊斯火山突然爆发,周围几个城镇被七、八米厚的岩浆、石块和火山灰掩埋,造成两万多居民死亡。

我国较晚的一次大规模火山活动是黑龙江省德都县五大莲池的火山喷发,始于 1719 年,1720-1721 年大量喷发,结果造成熔岩阻塞白河河道,集水形成五个相互联系的堰塞湖,即著名的五大莲池。

随着地球演化和地壳加厚,火山活动有逐渐减弱的趋势。根据火山活动的时间可将火山分为:死火山,即人类历史以来不再活动的火山;休眠火山,在人类历史上曾有过活动而近百年来停止活动的火山,好象人们正在休息睡眠,有可能将来再次喷发;活火山是指现代正在活动的火山。死火山也有可能再度活动变为活火山,我国已发现的活火山,有新疆的和田火山(1951 年仍在活动)和台湾屏东县的鲤鱼山火山(1980 年 7 月 7 日爆发),目前,大陆上的活火山和休眠火山有 1500~2000 座,在海底更多,所以火山活动是一种普遍的自然现象。

火山为什么喷发

地球看起来非常坚固,但是它内部并非到处都为固体,实际上,地球内部存在着大量的气体和熔融状态的岩石,在一定的条件下,它们可溢出地表,形成火山和矿泉。

矿泉活动一般是在火山活动的晚期,且活动范围很小,它与大规模的溶岩火山喷发不同。

我们知道,在地球内部,随着向地核深度的增加,温度升高。但是,由于不同岩石的热导率不同和其它因素的影响,使各地随深度增加而升高的温度并不相同,在欧洲每 33 米增加 1 摄氏度;在美洲为每向下 44 米增加 1 摄氏度,而在我国大庆油田每 22 米增加 1 摄氏度,另一方面,地温并不是一直以此比例增加下去,如果这样,在地心的温度就会高达 200.000 摄氏度,而实际上地心温度大约在 3000~5000 摄氏度之间,可以看出,地球内部存在着大量热能。一般认为,这种热能主要是铀—钍系列的放射性元素和放射性同位素钾-40 产生。

岩石圈的主要成分是硅酸盐,即二氧化硅(SiO_2)、钾(K)、钠(Na)、钙(Ca)、铁(Fe)、镁(Mg)、铝(Al)的化合物。这些硅酸盐在常压下到 1000℃ 是就会溶化,但熔点随着压力增加而加大。所以,在地下深处岩石的溶融可能有两方面原因,一是地壳中的局部压力降低,比如断裂存在,这就象在地球这个高压器上穿了一个孔造成局部压力降低。二是有附加热源存在,造成局部温度上升。也有人提出,局部温度增高是地核—地幔

边界上,临时性热点处的物质上升造成的,而这种热点可能是由于地核物质不规则的流动造成的。

这种炽热的,粘度较大并含有丰富挥发成分的硅酸盐物质,处在 1000℃ 左右高温下的物质常呈液态,但在几千兆帕斯卡的压力下很可能处于潜柔状态,即具有极大的潜在膨胀力,一旦构造运动破坏了地下平衡使局部压力降低时炽热物质立刻转变为液态同时体积膨胀形成岩浆。

人们自然会问,为什么岩浆要喷出地表面不保留在地球内部呢?一个很明显的原因是断裂使那里压力降低,溶体内的气体就会大量溢出,并导致岩浆产生泡沫而急速上升,运移。这与啤酒从瓶子里向外喷的道理差不多。由此可见,岩浆的喷出必须有通往地表的通道,就是说断裂存在,尤其是在两个断裂交叉部位更有利于岩浆上升。

大陆地壳一般厚度为 30~50 公里,岩石圈厚 100 公里左右,然而,地壳是不均匀的。岩石圈被分成几大板块,板块间以大断裂为界,所以地壳的薄弱地带,特别是板块边界处往往有岩浆活动和火山活动,比如大洋中的大规模张拉带一大洋中脊裂谷,一直都在进行着岩浆喷出作用。冰岛是一个著名的火山岛,它位于大西洋中脊的北部。1933 年 1 月 23 日午夜 12 时,韦斯特马纳埃亚火山爆发,在喷出地点东侧形成一个长达 1.8 公里的地裂缝,并且沿这条裂缝形成了几十个火山锥。在冰岛,除火山经常喷发外,间歇性的热喷泉出广泛发育。这种热泉含有多种矿物质,并通过火山热气作用可使地表水加热。

火山喷发类型

火山喷发按其岩浆物质从深部到地表火山口之间的通道形状分类,火山分为裂隙式喷发和中心式喷发。

裂隙式喷发

岩浆沿一个方向的大断裂或断裂群上升喷溢出地表,这种火山口不呈圆形,往往是长达数十公里以上的断裂带,或火山口沿断裂成串珠状分布。往下可连成通道。

裂隙式喷发的岩浆一般粘性小,流动性较大,大部分为慢慢沿断裂溢出,然后流向不同的方向。形成溶岩被,即大地好象铺上由熔岩做成的被子。在地质历史时期,因地壳较薄,常以裂隙喷发为主。而近代这类喷发主要在大洋中脊和大陆裂谷带上。

中心式喷发

喷发物沿火山喉管喷出地面,平面上成点状喷发。喉管多位于两组断裂的交叉部位。中心式喷发是现代,近代火山活动的主要方式。中心式喷发常伴随有强烈的爆炸现象,除喷出大量气体外,还喷出大量的碎屑物质,最后溢出溶浆。按照爆炸的强弱程度,中心式喷发又可分为猛烈式、宁静式、递变式三

种。

1、猛烈式：又称培雷式，这种火山以猛烈爆炸的形式出现，具有突然性，因此给人类造成大灾难。这种喷发的岩浆中含有气体多、粘性大，流动慢，冷凝快的特点，因此岩浆常在火山喉管中凝固，像“塞子”一样堵住火山的通道，随下部岩浆的不断积累，内部压力变得极为强大，当压力足够大时，“塞子”就会被突然挤出。岩石被炸碎，大量的气体，岩屑等喷向天空然后降落到火山口周围堆积。

这类火山以西印度群岛上的培雷火山为代表，1902年5月8日上午时零2分，培雷火山爆发，附近的圣皮尔城市，几分钟内被灼热的火山物质所毁灭，两万八千居民除两个以外全部遇难。

当时有一位海员目睹这次惨剧：他亲眼见到在一场大火的闪光中圣皮尔城市被抹掉，停泊在港口内十八条船只仅一艘幸免于难。没有任何征兆就把培雷山的翼部爆成碎块，空气逐渐变热，热气以时速100公里，飓风似地急驰，滚滚的火球从培雷山向四周散布，响声似万炮齐鸣，场面极为可怕。

2、宁静式：又称夏威夷式，以夏威夷群岛的火山为代表，该岛上的莫纳罗亚火山是世界上最大的活火山，它的熔浆溢出十分缓慢，宁静，以致人们可以到现场观看。

3、递变式：以猛烈和宁静式有规律地交替喷出为特点，多数火山属于此类，通常是先为猛烈式，喷出大量的气体和岩屑，随后成为宁静式溢出溶浆，反复交替出现，著名的意大利维苏威火山就属于此类型。该火山具有明显的周期性而闻名于世。

由于岩浆性质和气体数量的变化,可造成一座火山在不同时期属于不同的喷发类型。如早期为猛烈式,后期为宁静式,以后又变成猛烈式,出现周期性的重复更替。

火山喷出物质

火山喷出的物质有气态、液态、固体三种。

气态喷出物

火山从开始喷发至终止时都有气体喷发、特别是喷发后期,气体更占主导地位。气体是岩浆上升过程中,上覆岩石的压力逐渐减小,从原来溶解在岩浆中分离出来的。当岩浆喷出后,压力进一步降低,更多的气体被释放出来,气体中主要为小蒸汽,含量达 70% 以上,以外还有二氧化碳(CO_2),二氧化硫(SO_2)等其它气体成分。

气体的喷出状况能预示火山活动的进程,如果气体喷出量越来越多,硫质成分越来越浓温度变高,这就是大规模火山喷发即将来临的预兆,如果气体喷出量逐渐减少,二氧化碳(CO_2)成分增多,硫质成分减少,温度降低,则表明火山活动将逐渐减弱。

火山喷出的气体不是全部逸散,其中有相当部分直接由气体凝固成固体堆积在火山口附近,常见的有硫磺,氯化铵,氯化钾,硫化砷等,有的可形成矿床,自然硫升华可使火山口

具有淡黄,淡绿的色彩,另外水和气体的含量对溶岩的粘性,流动性都有一定影响。

液态喷出物

火山喷出的液态物质称为溶浆,溶浆和岩浆的区别在于溶浆中挥发性的气体成分较少,与岩浆相似,主要为硅酸盐物质,溶浆冷凝后形成的岩石为熔岩。

岩浆和熔浆按它们所含二氧化硅(SiO_2)的量分成酸性、中性和基性三类。基性溶浆含二氧化硅低,挥发组分较小,粘性小,流动快,冷却后形成的岩石颜色较深,如玄武岩。这类溶浆好象流水一样,溶岩的不断喷发,那怕只有一个火山口也能形成大面积的溶岩盖,形成盾状火山。这类基性溶浆有时形成特殊外表的溶岩,如果基性溶浆表面冷凝成塑性薄壳,而下面的熔浆继续流动性,就会拖曳上部薄壳而使它产生波状起伏,形成波状溶岩。此时,波状熔岩下面还继续流动,使上部薄壳进一步拖引,则形面绳状的外表,称为绳状熔岩,当基性熔岩在水下喷发时,基性熔浆在水下凝固时首先表面结成硬壳,并由于冷却收缩而出现裂隙,而壳内的熔浆尚未结固,这样溶浆就可能从裂隙中流出,流出的熔浆又在表面之上冷凝成硬壳。由于冷却收缩及内部压力,硬壳又发生破裂,尚未固结的熔浆又从裂缝中流出,如此发展下去,使整体熔浆分成许多小股熔浆最后冷凝固结,并因在完全硬化前重力作用和周围其它物质的挤压而成为枕状体,形成枕状熔岩。美国地质调查所的詹姆斯·摩尔博士和他的同事对枕状熔岩作出了卓越的贡献,

并有精采的报道：

“由美国地质调查所，夏威夷大学和洛克希特航空公司的 5 位潜水员组成一个小分队，潜水到 1971 年 4 月 19 日从夏威夷南海岸的基拉厄厄火山流到海底的溶岩流处。熔岩已流动了 6 周，现在已流入海底。熔岩流在海底推进好象一堵石墙，伸向海里约 100~170 米，像海里新的陡崖，前缘截面呈舌状。从舌形熔岩流脱胎出典型的枕状溶岩体，我们到达其中一个舌形熔岩流，它实际上在它的内部熔岩仍在继续流动。外表层热得不能触摸。表面一般呈暗色，但是周期性的破裂。在破裂凝固前，可以有几秒钟时间透过裂缝看到里面光亮白热的熔岩。以后又换一个地方裂开。不断混杂有撕撕声，碎裂声和小爆炸声，隆隆的噪声就像熔岩沿管道下流，流动熔岩舌周围的水温略有升高，但在熔岩舌表面裂开的裂缝中和在熔管尾部附近，水正在沸腾。从管道裂缝中放出许多气泡。令人吃惊的景象是包括鱼，大红虾和美洲鳗等海生物云集在碎石堆底部，拥挤的迎着碎石中的水流向前游，看来改变了它们沿着海岸游动的习性，在水下的能见度比原来想像的好得多”。

酸性熔浆富含二氧化硅和挥发性组分气体。它粘性大，流动慢，冷却后形成的岩石颜色较浅如蛇纹岩，相应的岩浆具有很大破坏性，因为熔岩中的气体不易溢出，而往往产生爆炸性喷发，它所释放的能量远为一枚原子弹爆炸的能量所不及，实际上，这种火山在强烈喷发期释放的能量，相当于 170000 枚美国向日本广岛投下的那种原子弹，粘度大的溶岩喷发一般形成火山锥这种典型的火山型式，酸性溶浆表面迅速冷凝面薄壳并由于强烈收缩而破裂，下面熔浆继续流动，由于流动速

度慢,往往形成块状溶岩。

中性熔浆的二氧化硅和挥发性的气体成分介于酸性和基酸熔浆之间,形成的岩石主要为安山岩。

熔浆在冷凝过程中,如果本身成分均匀,地形平坦,而且缓慢冷缩,就可能围绕一些大致成等距离排列的凝结中心收缩,从而形成垂直于冷凝面的张性裂隙,把岩石分划成多边形柱状体。这种裂隙称为柱状节理。我们在野外最常见的是玄武岩中六边形柱状节理。如福建第三外玄武岩,四川峨嵋山二叠系玄武岩中的柱状节理都很发育。

固体喷出物

固体喷出物统称为火山碎屑物,可分为火山弹,火山块,火山砾和火山灰四种基本类型,是由于岩浆中气体的膨胀和及其产生的冲击作用,使得火山喉管及火山口附近的岩石被炸碎并抛射出来,同时未冷凝的岩浆呈团块,细滴喷射出来并在空中或落地后凝结为固体,这些物质为固态喷出物。

火山弹是常见的喷出物,它是岩浆喷离火山口后在空中旋转运移时,发生不同程度的冷却和固结,落地时呈现出不同的形态。如纺锤形火山弹,麻花状火山弹。它们是落地时表层固结的火山弹,当落地时基本未固结,则形成饼状或不规则的火山弹,如果落地时整体基本固结,则呈现暗色不规则渣状块体,多气孔,表面锯齿状不平整,称为火山渣,是最常见的一类火山弹。火山弹大小不等。(图4—33)火山碎屑物大部分降落到火山口附近,呈环状分布,并且从火山口向外,颗粒的大小

由粗变细,火山喷发的碎屑物有时量很多,散落面积很广,如1883年印度尼西亚克拉克托火山爆发,细小的火山灰被带到大气层上层,而后随大气飘移散落到全球各地。

图 4—33 黑龙江五大连池的火山弹

A—麻花状火山弹(长 34 厘米)

B—火山渣(长 14 厘米)

火山地形

火山喷发所形成的地形,往往与喷发的类型不同有所区别。中心式喷发与线状裂隙式喷发不同,它的岩浆来自点源,溶浆从中心喷口喷出大量的物质,地形常呈锥状,这种锥状体就是我们最熟悉的火山锥(图 4—34),主要由熔岩组成的熔岩火山锥,是因连续熔岩流动造成的。如果溶岩流的补给充足,就可堆积成一座宽广的锥形火山,方圆数十公里,高度可达上千米,斜坡非常缓。如果补给不足,仅产生较小的火山锥体,大多数玄武岩火山开始可能为裂隙式,后来成中心式喷发。玄武岩流动性极好,因此面积分布很广,如印度德干高原几公里厚的玄武岩层分布面积达古十万平方公里。

主要由碎屑组成的火山碎屑岩锥,(或火山渣锥),往往在火山顶附近的碎块较大,形成的坡度中等,30 摄氏度左右,而较细的分布在火山口较远的地方,火山锥底部的坡度较小。如 1943 年墨西哥的巴里库庭的火山喷发,在活动开始的头 6 天就堆积了一座 150 米高的火山渣锥。

图 4—34 复合火山锥示意剖面图

L-侧火山锥 F-熔岩 C-火山碎屑岩层 D-岩干墙 S-岩床

而大陆上最常见的火山锥为复合火山锥或成层火山锥,它的特点是熔岩与火山碎屑层相互间隔成互层。例如日本的富士山,它海拔高度为 3776 米。

在火山,顶部常有低洼的部位,略呈圆形,边缘很陡,火山物质是从此喷出,称为火山口,当火山再次喷发时可以将原有的火山口炸掉一部分,使火山口顶部扩大,或者火山口后期塌崩使火山口不完整,则成为破火山口。火山停止喷发后,火山口积水往往形成火山口湖,如我国吉林长白山主峰的白头山

天池就是一个典型的火山口湖。

火山口下的岩浆通道叫火山喉管(火山颈)。火山颈内的岩石是岩浆冷凝而固结成的,与周围喷出的岩性相比,往往是火山颈内岩石比较致密坚硬,更耐风化侵蚀。如果当时遭受长期的风化剥蚀后,火山颈常常残留在四周平地之中,形成突出的孤立山峰。

六、地 震

地震是地球或地壳的快速颤动,地震运动是短的,一瞬即逝,它是现今发生构造运动的有力证据,构造运动是主要由地球内力引起的使地壳或岩石圈的物质发生变形和变位的机械运动,因为地震过程中,地壳和岩石圈不仅表现出明显的水平运动和垂直运动,而且还可出现明显的岩石变形。

据统计,全世界平均每年发生地震约 500 万次,但绝大多数是人们不可能直接感觉到的,只有借助于灵敏的地震仪才能观测到;七级以上的破坏性地震,平均每年仅 20 次,而且通常只有在少数地区发生,大部分发生在海洋中。

地震时,常因突如其来、难于防范的地面变形和地层错动,大的地震往往造成极大的灾害。例如我国 1976 年 7 月 28 日发生的唐山 7.8 级地震,造成 24 万人死亡,16 万多人重伤,仅唐山市可以计算的直接经济损失就达 30 亿元以上。

由于地震的灾害性,引起人们对地震运动的特别重视,从而促进地震学的发展。

地震学家主要研究地震成因机理和地震波,如何减轻避免地震灾害是主要的研究任务,编写合理的抗震建筑和地震区划分的规范,研究地震预报,甚至控制地震等问题。

然而,地震学家的工作并不局限于降低地震危险性,如研究地震发生的图象,提供了发展板块构造概念的一个重要线

索。现代地震仪记录的自然地震和人工爆炸的地震波,为探索地球内部深层构造提供了其他手段所达不到的最重要的工具。

地震的概念

图 4—35 地震术语示意图

震源、震中、震中距

地震时,地下深处发生地震的地区称为震源,它是地震能量积聚和释放的地方。实际上,震源是具有一定空间范围的区域,称为震源区,震源在地球表面上的垂直投影叫震中,震中

也是有一定范围的,称为震中区,震中区一般是地震破坏最强的地区,从震中到震源的距离叫震源深度,从震中到任一地震台站的地面距离叫震中距,从震源到地面任一地震台站的距离叫震源距(图 4—35)。按震源深度可把地震分为浅源、中源和深源三种类型,浅源地震(0—70 公里)分布最广,占地震总数 72.5%。其中大部分的震源深度在 30km 以内;中源地震(70—300 公里)占地震总数的 23.5%;深源地震(300—720 公里)较少,只占地震总数的 4%。目前已知的最大发震深度为 720 公里。我国绝大多数中、深源地震仅见于西南的喜马拉雅山及东北的延边、鸡西等地。

地震波及其记录

地震时、震源区积聚的能量以弹性波的形式释放出来,向四面八方辐射传播,这就是地震波。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。面波的特征是沿地面传播,且振幅最大,周期最大,传播速度最慢,因此,面波是引起地面破坏的主要力量。

地震波可用地震仪在地震台站进行观测记录。近代地震仪一般都是根据摆的原理设计的,主要是利用重物体的惯性,使它成为不随地面振动而运动的点,从而把地面的振动记录下来。地震仪主要由两部分组成,一部分是只接受振动而不作记录的装置,称为拾震器;另一部分是将接受到的振动记录下来并绘制成图的记录装置,称为记录器。如(图 4—36),拾震

器中悬挂着一个重量较大的摆锤,地震时摆锤因受惯性力支配而保持不动,框架以及记录器则随地面振动而运动,运动的轨迹由记录器自动记录成曲折的线条,称为地震记录图。(图4—37)地震图中线条起伏的幅度相当于地面振动的幅度。它

图 4—36 地震仪装置原理图

取决于地震能量的大小,即震级大小。震级越大,幅度相应越大,并成一定的比例关系。

由于纵波速度大于横波,因而发生地震时,总是纵波最先到达地震台,横波随后到达。而且震源距或震中距越远,横波

到达的时间越晚,即二者之间的时差越大。因此,反过来,我们如果从地震图上知道了纵、横波到达地震台的时间差,便可知道这次地震的震源距,如果有三个以上的地震台,便可根据各台的纵、横波的时间差交会测定震源的位置。

图 4—37 从远震记录到 P 波 S 波和面波的地震记录图

震级和烈度

地震的震级和烈度是描述地震强度的两种不同尺变。

1. 震级:是指地震能量的大小的等级,一次地震只有一个震级。发生地震时从震源释放出来的弹性波能量越大,震级就越大。弹性波能量可利用它的振幅大小来衡量。因此,震级可用地震仪上记录到的最大幅度来测定。

震级与能量之间有一个关系式。表示为:

$$\log E = 11.8 + 1.5M$$

其中 M 表示震级, E 为震源发出的总能量。(单位为焦耳 J)

通过关系式可得出不同震级的相应的地震总能量。(表 4—3)。一次强烈地震所释放出的总能量是十分巨大的。例如, 一个 7 级地震相当于 30 个 2 万吨级原子弹的能量, 一个 8.5 级地震的能量相当于一百万千瓦的大型发电厂连续十年所发电的总和。从公式中可知, 震级与能量之间不是简单的比例关系, 而是对数关系。因此, 震级相差一级它们的能量约相差 32 倍, 小于 2 级地震, 人们感觉不到, 称为微震; 2—4 级地震称为有感地震; 5 级以上的地震开始引起不同程度的破坏, 称强震; 7 级以上地震称大震。迄今为止, 世界上记录到了最大震级是 1960 年 5 月 22 日发生在南美洲智利西岸的 8.9 级地震。

表 4—3 各级地震的能量

M	E(尔格)	M	E(尔格)
1	2.0×10^{13}	6	6.3×10^{13}
2	6.3×10^{14}	7	2.0×10^{22}
3	2.0×10^{16}	8	6.3×10^{23}
4	6.3×10^{17}	8.5	3.60×10^{24}
5	2.0×10^{18}	8.9	1.4×10^{25}

2. 烈度: 是指地震对地面和建筑物的影响或破坏程度。地

震烈度往往与地震的震级、震中距及震源深度直接有关。一般来讲,震级越大,震中区的烈度越大。离震中区越远,烈度越小。对相同震级的地震,震源深度越浅,地表烈度越大,震源深度越大,地表烈度越小。另外,震区地质构造对地震烈度也有明显的影响。如一般在断裂构造发育的地带或古河道通过的地段烈度较大,地质基础坚实的地区烈度较小。此外,建筑物地基的稳固程度、房屋建筑的结构特征等也影响烈度的大小。

表 4—4 简缩烈度表

烈度数	判器	最大加速度 (厘米/秒 ³)	M 级	
I	微震	只有仪器记录。	2.5	
II	轻震	极少数敏感之人有感。	2.5	$3\frac{1}{2}$
III	小震	少数休息之人有感,震动如大车驶过。	5	4
IV	弱震	行动中的人亦有感,吊物摇动。	10	$4\frac{1}{2}$
V	强震	人人有感,睡者震醒	25	5
VI	损坏	树木摇动,架上东西掉落,老朽和劣质房屋损坏。	50	$5\frac{1}{2}$
VII	轻破坏	人惊逃;房屋普遍掉土,壁面裂;不好的房屋有倾倒;	100	6
VIII	破坏	砖砌房屋裂缝,烟突倒;一般建筑物严重破坏。	200	$6\frac{1}{2}$
IX	重破坏	地裂,喷水带泥沙;水管折裂;建筑物多倒塌。	500	7
X	毁坏	地烈成渠,山崩滑坡,桥梁水坝损坏,铁轨轻弯。	1000	
XI	毁灭	很少建筑物能保存,铁轨扭曲,地下管道破坏,水泛滥。		
XII	大灾难	全面破坏,地面起伏如波浪、大规模变形。		

判断烈度的大小主要依据人的感觉,家俱以及物品的震动情况,地面建筑物和地形的破坏程度等因素综合考虑确定的。按照它们的强弱分成若干等级,并用数字依序表示烈。如(表 4—4)为现在世界上一般采用的 12 度烈度表。地震发生后,通过对地震区的宏观调查,并在地形图上注明地震各地的烈度。然后把烈度相同的地点用曲线连接起来,便可构成等震线图。等震线图通常为封闭曲线,环绕震中大致呈同心圆分布,等震线图类似于地形的等高线图。

发震的原因

在谈及地震时,我们常常提及地震的成因,然而,对于地震的成因历来是有争论的话题。

目前,根据地震的形成原因,可把地震分成火山地震、陷落地震和诱发地震、构造地震等几类。

火山地震

顾名思义,它是由火山活动所引起的地震。火山活动时,由于岩浆及内含的挥发性物质向上运移,冲破附近围岩而发生地震,这类地震有时发生在火山喷发前夕。因此,可作为火山活动的预兆,有时则直接与喷发过程相伴随。通常此类火山地震的震级不大。波及区较小,并且这类地震为数不多,约占全部地震总数的 7%,我国除台湾省外,这种地震很少见,1961 年 6 月 12 日,我国云南腾冲发生过这类地震,腾冲在三

百年前曾有过火山活动。这个地震的震级是 5.8 级,震源很浅。

陷落地震:

这类地震是易溶岩被地下水溶蚀后所形成的地下空洞,经过不断扩大,上覆岩石突然陷落所引起的,陷落地震的震源极浅,影响范围很小,只占地震总数的 3%。它的地震能源主要来自重力作用。所以,它主要发生于石灰岩及其它易溶岩石(如石膏、石盐等)广泛分布的地区。此外,山崩、地滑及矿洞塌陷也可发生类似的地震。

诱发地震

由于人类因素的激发作用而引起的地震称为诱发地震。例如,我们常听说的水库地震和人工爆破地震等。水库地震是典型的诱发地震,它因水库蓄水而引起的地震。因为水库蓄水后,厚层水体产生巨大的压力,这种压力改变原来地下岩石的应力状态,加上水库里的水沿岩石裂隙、孔隙和空洞渗透到岩层中,水起到润滑剂的作用和其它物理化学作用,从而导致岩层滑动或断裂,由此引起地震。另外,如地下核爆炸也可以诱发一系列的地震活动。一般认为,爆炸诱发而成的地震是由于爆炸时产生的短暂巨大脉冲的影响,使原有的断层发生滑动而造成地震。因此诱发地震是一种特殊的构造地震。

构造地震

此类地震是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，特别是震级较大的地震均属此类。其特点是活动性频繁、延续时间较长、影响范围较广，并且破坏性最大。因此，在地震中构造地震是被作为研究的主要对象。

弹性回跳发震机制示意图

A: 钢板受力变形，弯曲到突然断开引起震动

B: 推测岩块错断所产生的地震形成过程

关于构造地震的成因，目前比较流行的是断层成因的弹性回跳说。该理论认为构造地震发生是由于断层错动所引起的岩石突然断裂和弹性反跳，可以以弹性钢片变形为例（图 6—5），当弹性钢片两端受力后发生弹性变形。积累弹性能量当钢片弯曲变形到达最大极限时，它自然便会突然发生断开，并且两侧的钢片分别向弯曲变形的反方向迅速弹回，在弹回

过程中释放原来积累的能量,并且产生弹性波。与此类似,地壳或岩石圈也是具有弹性的刚体物质。在构造运动所产生的构造应力作用下,也会产生弹性应变,积累大量应变能,当应力逐步地加到超过岩石的强度极限时,岩石就会突然发生断裂或使地壳中原来已经存在的断裂再次突然错动,断裂两侧的岩石以弹性反跳的形式恢复变形。同时释放大量的应变能产生地震波,地震成因的弹性回跳说是1910年由美国学者吕德提出的,该假说不仅已经在实验室中得到证实,并且符合野外的地震形变测量结果,因而得到普遍的公认和接受。但是也有学者认为该理论只能解释浅源地震,不能解释中、深源地震。因为处于中、深源深度的岩石周围环境是高温、高压,岩石成为塑性较强,不可能发生断裂和弹性回跳,本世纪六十年代岩石圈板块构造学说提出后,使中、深源地震的成因问题得到了比较合理的解释。

地震在哪里发生

从全球范围来看,地震分布具有明显的分带性,(图4—38)此图表示1961—1971年全球约3万次地震震中位置的地震活动性图编图的地震学家把全部震中的数据输入计算机储存器,以便能统计研究地震的空间分布和时间选择,并自动绘图。

我们从图上可明显看出,大多数地震都密集在太平洋周围。表明地球这部分是一个活动带,叫做环太平洋地震带,约

有 80% 的地震波能量都在这个带上释放,这个带上的地震活动并不是各地一致,本身还有几个分支。另外,许多地震发生在南亚向西直到地中海地区,形成一个欧亚横贯带,这个带叫阿尔卑斯—喜马拉雅带。除这两个带外,在海洋中成带地分布着许多小震,这个小震带绵延几万公里。与大洋中脊的位置完全符合。实际上这个地震图的分布极好地与板块分离的洋脊,板块碰撞的典型地区相一致。

图 4—38 1961—1967 年间记到的 3 万次地震震中分布图震源深度在 0 至 700 公里之间

虽然绝大多数地震发生在板块边界上,但是占比例不大的地震发生在板块内部。例如我国的河北邢台地震(1966 年 3 月 8 日和 22 日),震级 6.8 和 7.2。1973 年 2 月 6 日的四川炉霍地震,震级 7.6 级。我国除台湾属于环太平洋地震带和西南地区属于欧亚地震带外,大陆上的地震都在这两大地震带之间,它们的成因至今仍是迷,有待于继续研究。

地震产生的破坏现象

我们经常听到地震,但是很少有人到过地震现场,亲眼目睹地震所造成的巨大破坏。地震产生的破坏现象主要包括地面建筑物的破坏,地壳岩石的变形,地表地形的改变等方面,常见的破坏现象有:

建筑物破坏

地震造成建筑物破坏是最普遍的宏观现象,是最直观,最现实的。古今中外有关地震灾害的记载也多偏重于这一方面,建筑物的损坏主要是由地震波引起地面的快速震动而使建筑物倒塌,地震时地面震动的方向很复杂,往往掺杂有水平方向。垂直方向和倾斜方向,其中以水平方向的振动幅度和加速度最大。随着地面的快速、复杂的振动,地面建筑物随地面的振动而振动,使之倾倒、坍塌,断开及变形等等。如据 1923 年日本关东 8.2 级地震记载,地震时几秒钟内房屋即被破坏二十五万余间,由于水火交加(海啸与火灾),建筑物又被烧毁四十余万间,卷入海中八百余所。1988 年我国云南澜沧—耿马发生的 7 级地震,以及我国有名的八大地震都造成了大量的房屋倒塌。此外,关于桥梁损坏,铁路弯曲,水管破裂等等的记载也很多,如唐山地震时使许多公路桥破坏,铁路铁轨发生扭曲。

地裂缝和鼓包

地震时地面伴生的破裂统称为地裂缝,它是震中区最常见的地面破坏形式。地裂缝的长度以几厘米到几十米或更长,宽度从几毫米到几十厘米、也有达一米以上。地裂缝的分布和形式多种多样,有呈散漫毫无方向和规则的分布。也有呈密集分布成条带状。地裂缝一般以拉开的张性裂缝最多。如有的可以显见到沿两组不同方向的裂缝发育。追踪它们的分布则呈锯齿状,有的也可见到呈雁行状(大雁飞行时的形状)排列的压扭性裂缝。在雁行状裂缝的首尾相接部位常常产生一些挤压变形,出现各种压性构造的鼓包,在平整的地面由于地震而形成高出地面的土层或岩层组成,一般规模没有很大的鼓包,如 1973 年炉霍地震形成的最大鼓包,高 1.5 米。

地震断层

地震断层是由地震作用而成的断层,而断层是地质学的基本术语,并常被引用到其它方面。喷沙如常听说的人才断层,断层指两侧岩石或地层有过相对运动位移,使两侧岩石。

地震断层通常规模巨大,延伸方向及形状比较稳定,它的发展往往不受地形、岩性的控制,延续可达数十至数百公里,可构成一条断裂带,其中包括众多的地裂缝、鼓包等小型地质构造,如 1931 年 8 月在我国新疆阿尔泰山脉里发生的富蕴 8 级地震,沿早先的二台断层形成了 176 公里长的地表地震断

裂带,又如 1906 年美国的旧金山大地震,沿圣安德烈斯断层形成了长达 430 公里的新地震断裂。

喷沙冒水

喷沙冒水往往发生在发震阶段,由地壳震颤使未成岩的沙土液化,地下水携带着沙土沿地裂缝上涌,而发生的一种现象,开始时水柱甚高,可达数米,以后渐次渐落。沙土在地表有时堆积成圆丘状小沙堆,并常沿着地震裂缝呈定向排列。

山崩和滑坡

地震时发生山崩和滑坡现象是常见现象之一。尤其是在地形陡峻并伴有碎石层、土层覆盖着或基石松散破碎的地区更容易发生,大规模的崩滑若发生在江边,则由于崩滑到江中,往往堵塞河道,积水成湖,或进一步因土石坝溃决而造成水灾,如 1933 年四川迭溪地震,崩滑作用使大量砂石阻塞岷江,生成湖泊,后又决口成灾。

海啸

海啸是一种可怕的自然灾害之一,而它大部分是由发生在海底的地震引起的。海啸传播速度极快,每小时达 700—800 公里。其波长长达 100 公里以上,在大洋中,海啸的波高与一般的海流相差并不大。但当海啸传播到浅水区域时,由于它

的波长立刻被缩短,造成波高迅速加大,当它冲击海岸时,波高可达 10—30 米,形成巨大的波涛,能够颠覆船只,摧毁港口设施,给沿海地带造成严重损失。如 1933 年,日本海沟 8.5 级地震所掀起的巨大波浪高达 27 米,沿海地区的各种建筑物被一洗而空,数以千计的人淹死。波浪以 750 公里的时速前进。10 小时后传到美国旧金山沿岸,造成严重破坏。20 小时后传到南美洲的智利北部时仍有明显影响。

地震预报

中国是一个多地震的国家,处在世界上最强烈的环太平洋地震带和喜马拉雅地震带的包围和影响下,地震活动十分强烈。约占全球总数的 8%。

我国最早的地震记录可追溯到公元前 1831 年,从那时起中国 8 级以上的大地震就发生过 19 次之多。本世纪内世界上仅发生过三次 8.5 级特大地震,除 1960 年智利 8.9 级外,其余两次发生在我国,1920 年宁夏海原 8.6 级地震和 1950 年西藏察隅 8.6 级地震。

我国大陆地区发生的地震居于典型的板块内部地震,绝大多数地震发生在地壳中部,地下 10~20 公里深度范围内。由于震源浅,再加上人口密集,发生在居民稠密地区的大地震都造成严重的灾害。造成人员伤亡和财产经济损失。地震造成的伤亡占各种自然灾害造成伤亡人数的一半以上。因此地震给人们带来一种恐惧感。减轻地震灾害是我们的当务之急。

减轻地震灾害的方法可以分成两类，一类是地震发生之前采用的方法，称为预防性的方法。另一类是在震后采用的，称为善后性的方法。预防性方法包括地震预报、宣传教育、工程抗震等。

地震预报是人们为减轻地震灾中所进行的努力中最富魅力的探索。地震预报是对破坏性地震发生的时间、地点和震级的预报及地震影响的预测。“什么时候”、“什么地点”和“多大的震级”是地震预报的三个要素。预报分为长期（几年到几十年甚至更长时间）、中期（几个月到几年）、短期（几天到几个月）和临震（几天之内）预报。

地震有反复出现的现象，虽然也有只震一次就不再发生的地震，但这是非常罕见的。因此对于地震预报中“什么地方”、“多大的地震”会发生，可从以前发生过的地震中大致推定出来。剩下的问题是尽量弄清以后“什么时候”发出的问题。也是地震预报中最关键的问题，如果只是说会在以后几十年内会发生，显然是不能令人满意的。当然，这样的长期预报也是重要的。因为建造楼房，大型工程项目都需要几年甚至几百年的预报，对于地震预报。最好是能正确地预报某年某月某日发生。可是这一点怎么也做不到。因为地震是岩面承受不住外力而滑动的自然界发生的破坏现象。应变积累的方法、断层的大小等都受到偶然因素的影响。但也不要对地震预报丧失信心。就目前的科技水平而言，大地震前的短期和临震预报是完全有可能的。如我国 1975 年海域 7.3 级地震预报的成功。

地震发生前都有短期前兆现象，这和折断树枝时候一样，折断之前会咯吱响。树枝缓慢地弯曲，虽然开始不知道什么时

候断,可是临近折断的时候,就会发生喀吱喀吱的声音。地震发生的方式也和这一样。但遗憾的是地震预报做不到几点几时的预报,只能作出二、三天的预报。

大地震决不是昨天应变猛烈积累起来,今天突然发生的事情,而是经过几十年甚至更长的准备时期之后才发生的。因此地下应变在积累的话,相应的地下状态也会发生变化,用某种方法捕捉变化的状态的可能性也越来越大。

地震前兆现象是多种多样的,通过不同的方式表现出来。对于地震工作者来说,是如何准备捕捉这种前兆现象。以我国为例,各地建立了多种专业台站,观测点,群众地震测报点,形成了一个相当规模、专群结合的地震监测网。各台站观测的项目不断增多。包括:地震活动性、地壳变形、地下水位、水化学成分、地磁、地应变、地声、地温和动物习性等多方面。我国地震学家们经过长期的观测、研究,曾成功地预报了几次强震和一些中强震。

虽然地震预报取得了一定的成绩,但是地震预报毕竟是一个非常复杂的科学问题,对地震孕育发生过程的物理机制和综错复杂的前兆现象的认识还很肤浅,基本上处于经验性认识阶段。目前预报地震的能力还是很有限的,同时,对不同类型、不同地区的地震预报能力的差别也很大。对于有前震和短期前兆异常出现得较早、较明显的大震,其预报相对容易一些。

众所周知,地震预报事关重大,否则会给社会造成无谓的恐慌与混乱。因此,我国对地震预报作了明确的规定,严格管理。一般来说,长期预报意见,由国家地震局组织有关单位提

出,作为国家规划和建设的依据。中期预报意见由省级地震部门和每年一度的全国地震趋势会商会提出,经政府批准后,对预报的地区作出防震工作部署。中期预报意见,不向社会公布。短期和临震预报,由省级政府批准发布。北京地区则需要国务院批准后,由北京市政府发布。在已有中期预报的地区,如发现明显的前兆而又情况紧急来不及向省政府报告时,当地市、县政府可以发布 48 小时之间的临震预报。明确规定,科技人员及所有的地震工作者和政府工作人员,不得以任何形式向社会上传播,更无权对外发布。地震预报只能由政府公布。因此不要对社会上传说的某地何时将要发生多大的地震信以为真,这些都是没有根据的传言。

七、大陆漂移、海底扩张 到板块构造

十八世纪以来,许多地质工作者认为地球上部的构造活动是固定论的观点,海陆的发展和地球上部的运动主要表现为地面的隆起和沉降,以垂直运动为主,水平运动只是次要的。地壳变形带有原地升降的性质。而几十年近研究表明,地球上部不但有垂直运动,而且水平运动更大。海洋和大陆在地质时期都不是固定不动的,它们彼此之间和它们各自的内部都发生着构造作用。相对于前者是一种活动论的观点。大陆漂移、海底扩张和板块构造是全球性的大地构造活动理论产生的三部曲。海底扩张是大陆漂移的新形式,板块构造是海底扩张的引伸。用地质现象的时间尺度来标定,地球上正发生着极活跃的“新陈代谢”作用。地球决不是我们所想象的那样沉寂,而是一个仍然充满活力的星体。下面简单谈谈它们的产生过程。

二十世纪初之前的地学状况

十八、十九世纪,是地质学的创立和发展阶段。那时,首先引起科学家注意的是地质记录所提供的地质历史资料,特别是那些沧桑巨变。地质学家详细地考察了大陆上的地层,建立

了几乎每一块被考察过的地方的地层记录资料,即地质历史时期的“沉”与“浮”档案。事实表明,大陆遭受海侵或海退在地层中记录下的记录最为丰富、确凿和明显。因此,诞生并日趋成熟一种地质学理论——传统地质学理论——固定论,认为地球表面海洋的位置是基本不变的,它们主要的运动方式是上升或下降的垂直运动。这本来是人类认识发展、科学发展中正常的事情。可是,当这种理论观点在地质学中占据统治地位后,就渐渐形成了一种传统,产生了惰性和排它性。于是,任何主张地壳运动不是以垂直运动为主的观点,都被地质学界的传统势力视为不可思议的、荒诞不经的。

在固定论的种种表现形式中,地壳冷缩说是盛行一时的。这个学说认为,就犹如一个风干的苹果由于内部水分的丧失而导致表皮产生皱纹一样,地球是由于本身冷却收缩,才使地壳产生褶皱,形成山脉。

这个学说存在的问题是很明显的。苹果皮由于其内部水分丧失而产生的皱纹是乱糟糟的,无规律可循的,而地球表面从多有褶皱山脉的分布却表明了相当清楚的规律性。陆地海洋和盆地范围是如此宏伟,也是冷缩说难以解释明白的。

另一方面,随着日益增多的海深测量,人们发现地球表面有两个频率最大的高程,那就是陆地表面和海洋的底面。它们之间的平均高差达 5 公里左右。与之相比较,陆地上的山脉,即使是喜马拉雅那样雄伟高峻的山系,也不过象平静水面上一条小小的涟漪而已。那种认为山脉是大陆骨架的传统信念,在科学家的头脑中也就发生了动摇。

到了二十世纪初,一些地质学家已经感到:“冷缩说早就

不能被完全接受了,但是能够取而代之并足以解释一切事实的其他学说还没有找到。”无可讳言,在地质学领域内,新理论的诞生已是不可避免的了。

在地质学处于理论上徘徊不前的几十年里,整个地球科学在不断前进。

图 4—39 地壳均衡理论示意图

A: 普拉特地壳均衡模式 B: 艾利地壳均衡模式

图中数字为各物体的密度,单位克/立方厘米

十九世纪中叶,物理学上的阿基米德浮力原理,被地球物理学家应用到地球的研究中,建立了地壳均衡理论。这个理论指出:坚硬的大陆地壳块体,漂浮在其下可塑性的岩浆之上;它们相互关系是遵从阿基米德原理而保持平衡的,即处于均衡状态。当这种漂浮的条件发生变化时,大陆地块为了恢复其原来的均衡状态就要发生相应的浮升或下沉运动,即产生重力均衡作用(图 4—39)。世界各地的重力测量结果,有力地支持了这一观点,使它成为地球物理学的基本概念之一。

上述这一基本概念发表于 1859 年,到二十世纪初,已为地质学界所熟知。可是,五十年来,地质学家囿于固定论观点,虽然在运用地壳均衡、均衡补偿作用原理,却没有看到也没有

想到在这一原理中包含了一个极其简单而又富有生命力的启示,甚至可以说孕育着新的地质学理论。这就是:地壳既然能够在一定的条件下进行升降运动,它为什么不能够在某种条件下发生水平运动呢?!

并非地质学家的魏格纳敏锐地注意到了这一启示,提出了“大陆漂移”说,以地壳水平运动为主的理论观点,向地质学界传统的固定论观点提出了无畏的挑战。

魏格纳

大陆漂移说,不少人都知道它的奠基人是魏格纳,但他绝不是第一个提出大陆漂移设想的人。只是由于魏格纳的提倡,才作为一个科学假设而受到广泛的重视。

魏格纳于 1880 年诞生于德国柏林,他先后在德国最著名的海德爾大学、因斯布鲁克大学和柏林大学学习,并取得天文学博士学位。

青年时期的魏格纳对于探索大自然的奥秘有着浓厚的兴趣、无畏的勇气和顽强的毅力。为了能去极地探险,他曾刻苦地练习长跑、滑冰和滑雪。他还立志要亲自考察高空的气象。为了达到这一目的,他学会乘坐气球。1906 年,26 岁的魏格纳和他的兄弟,共同创造了连续乘坐自由气球 52 小时的世界记录,他还是把气球用于气象预报的创始人。

1906 年,魏格纳以气象员的身份参加了丹麦人组织的第一支格陵兰考察队。在对格陵兰东北部进行的探险性考察过

魏格纳

程中,魏格纳开始对地质学产生了巨大的兴趣。六年后,他又参加了丹麦科学家科赫领导的横跨格陵兰的考察,亲自对格陵兰的大陆冰盖作了长途的细致的考察。考察归来,魏格纳接替了他的老师、岳父、著名气象学家柯本的职务,担任汉堡海

洋气象台气象研究部主任。同时,他和柯本合著了《古地质时期的气候》一书。1942年,魏格纳又受聘为奥国格拉斯大学的气象学和地球物理学教授。

1930年,魏格纳第三次到格陵兰进行考察。10月30日,当他在莽莽冰原高处一个孤独的观测站工作时,心脏病猝发,不幸殉职,时年仅50岁。

主要作为气象学家的魏格纳是如何提出了大陆漂移的设想的呢?看看魏格纳自己的叙述是饶有兴味的。在《海陆的起源》一书中,他说:

‘大陆漂移’的想法是著者于1910年最初得到的。有一次,我在见到新闻记者世界地图时,曾被大西洋两岸的相似性所吸引,但当时我也随即丢开,并不认为具有什么重大意义。1911年秋,在一个偶然的会里我从一个论文集中看到了这样的话:根据古生物的证据,巴西与非洲间曾经有过陆地相连接。这是我过去所不知道的。这段文字记载促使我对这个问题在大地测量学与古生物学的范围内为着这个目标从事仓促的研究,并得出重要的肯定的论据,由此就深信我的想法是基本正确的。

1912年,魏格纳首次公布了自己的研究成果。1月6日,他在法兰克福城的地质协会上作了题为《从地球物理学的基础上论地壳轮廓(大陆与海洋)的生成》的讲演。尔后,他又在马尔堡科学协进会作了题为《大陆的水平移位》的讲演。这一

年,两篇讲稿都在杂志上发表了,魏格纳的年龄是 32 岁。

紧接着魏格纳参加了第二次格陵兰探险,随后又爆发了第一次世界大战,魏格纳刚开始的研究被迫搁置。

1915 年,魏格纳重新研究这一问题,从地理学、地球物理学、地质、古生物学、古气候学和大地测量学等方面进行了系统的论证,发表了论述大陆漂移说的专著——《海陆的起源》。这本书,几乎震动了当时整个地质学界,引起了激烈的反响。在争论中,魏格纳对自己的著作进行了增删,使大陆漂移说基本确立,对地质学的发展产生了不可泯灭的重要影响。

大陆漂移说

魏格纳认为:较轻的硅铝质的大陆块就象一座座块状冰山一样漂浮在较重的硅镁层之上,并在其上发生漂移;全世界的大陆在古生代晚期曾连接成一体,称为联合古大陆或泛大陆,围绕联合古大陆逐渐破裂、分离、漂移,形成现代海陆分布的基本格局。(图 4-40)魏格纳的大陆漂移说主要是根据大陆有关的相似性、地层、地质构造、古生物、古气候等方面的证据提出来的。

魏格纳起初曾从大西洋两岸非洲和南美洲的海岸线弯曲形状的相似性中得到启发。后来他进一步发现美流洲、非洲和欧洲在地层、构造和古生物化石的分布方面均有密切联系。例如北美洲纽芬兰一带的褶皱山系与北欧斯堪的纳维亚半岛的褶皱山系遥相呼应,同属早古生代的加里东褶皱带;美国阿巴

图 4—40 单一的联合古陆,据推测,它存在于 2 亿年前,可能曾经呈现为下图所示的状态。上图为现代的地图

拉契亚山的海西褶皱带,其东北端没入大西洋,延至英国西部和中欧一带复以出现;非洲西部的古老岩石分布区(老于 20 亿年)可以与巴西的古老岩石区相衔接,而且二者之间的岩石结构、构造也彼此吻合;非洲南端的开普劳顿山脉与南美的布宜诺斯艾利斯附近的山脉在地层的构造上可以彼此衔接等等。(图 4—41)

- 图 4—41 南美洲和非洲岩石和构造的拼合
- 1: 大于 20 亿年变质岩及火成岩地盾 2: 年轻地层
 - 3: 褶皱轴等构造线走向(450~650 百万年以前)
 - 4: 放射性测定的绝对年龄地点

对此,魏格纳作了一个很浅显的比喻。他说,如果两片撕碎了的报纸按其参差的毛边可以拼接起来。且其上的印刷文字可以相互连接,我们就不能不承认这两张破报纸是由一大张撕开来的。(图 4—42)魏格纳还指出,在非洲和印度、澳大利亚等大陆之间,也有地层构造之间的联系,而这种联系仅限于中生代以前的地层和构造。

图 4—42 大陆的拼合好象撕碎的报纸

外形和文字都可以拼合

古生物学家早就发现,在目前远隔重洋的一些大陆之间,古生物面貌有着密切的亲缘关系,例如,中龙是一种在淡水生活的小型水生爬行类,它既见于巴西石炭一二叠系的淡水湖相地层中,也出现在南非的石炭一二叠系同类地层中,而迄今为止,世界上其它地区都未曾找到过这种动物化石,这表明巴西和南美之间一定有过陆地相连系。又如舌羊齿植物化石,广布于澳大利亚、印度、南美、非洲等南方诸大陆的晚古生代地层中。为解释这些现象,地质古生物学家曾提出“陆桥说”,设

想在这些大陆之间的大洋中,一度有陆地或一系列岛屿把遥远的大陆联系起来,后来这些陆桥沉没消失了,大陆才被大洋完全分隔开来。然而,魏格纳却认为,各大陆之间古生物面貌的相似性,并不是因为它们之间有什么陆桥相联系,而是由于这些大陆本来是直接毗连在一块,到后来才分裂漂移开来。舌羊齿植物化石所在的印度、南美、南极洲之间,目前在纬度上相差甚远,纵使有陆桥把它们联系起来,仍很难解释舌羊齿这种要求寒冷气候条件的植物为什么会散布于气候带如此不同的地区。然而根据大陆漂移说,这些大陆本来地聚在一起的,当时它们在气候带上相差度不远,都有舌羊齿生长。这样解释比“陆桥说”更为圆满。

在魏格纳提出的漂移说中,古气候的证据占有重要的地位,其中尤以古冰川的分布最具说服力。距今约三亿年前后的晚古生代,在南美洲、非洲、澳大利亚、印度和南极洲都曾发生过广泛的冰川作用,有的还可以从冰川的擦痕判断出古冰川的流动的方向。从冰川遗迹分布的规模与特征判断,当时的冰川为发育在极地附近的大陆冰川。而且南美、印度和澳大利亚的冰川遗迹残留在大陆边缘地区,冰川的运动方各是从岸外指向内陆,反映古冰川不是源于本地。要解释这种古冰川的分布及流向特征,过去一直是地质学上的一道难题。但是,正是这些特征,却为大陆漂移说提供了强有力的证据。在漂移说看来,上述出现古冰川的大陆在当时曾是连结在一起的,并且处在南极附近,冰川中心位于非洲南部,古大陆冰川由中心向四方放射状流动,这就很合理地解释了古冰川的分布与流动特征,除古冰川遗迹外,蒸发盐、珊瑚礁、红层等作为古气候根

据,也可用来推断它们形成时产生的古纬度。魏格纳等曾将石炭蒸发盐、煤等的分布标在联合古大陆上,其中岩盐、石膏、沙漠砂岩均集中在干燥的亚热带,与它们所要求的气候条件完全相符,从而为联合古陆的形成提供了佐证。

大陆漂移学说的证据虽然很多,但漂移的机制并没有很好解决。魏格纳认为轻的硅铝层大陆在重的硅镁层洋底上漂移,但事实上洋壳硅镁层的刚度很大,大陆不可能在上漂移;同时,它所强调的地球自转离心力和潮汐摩擦力的量级也太小,并不能足以推动深厚庞大的大陆进行漂移,等等。因此,受当时认识水平的限制,大陆漂移说受到许多地球物理学家和地质学家的反对。到三十年代,大陆漂移说便逐渐衰落下来。

到了五十年代,由于一些新的、独立的大陆漂移证据的发现,使得大陆漂移说再度活跃起来。其中最有力的证据是古地磁学研究的成果。

古地磁研究在本世纪五十年代时曾盛极一时。英国著名学者布莱克特和朗科恩等测定了大批的岩石化石磁性资料,并根据化石磁性的古地磁要素,求出某一时代岩石标本所在地的古纬度以及相应的古地磁极的位置。他们发现,在一些地区或大陆,所测得的古纬度往往与目前所处的纬度有很大的差别,说明这些地区或大陆曾发生过大规模的水平位移,这就为大陆漂移提供了重要证据。如果假设大陆固定于目前的位置上不动,把大陆上不同时代的岩石的古磁性得出的磁极位置都标在地图上,发现地质时代越古老,古地磁极的位置偏离现代磁极的位置就越远,把各时代的古地磁极连起来即可得出该大陆的古地磁极的迁移轨迹。但实际上地磁极是基本上

位于地理极附近不动的。极移曲线本身反映了大陆漂移的路线。在任何地质历史时期,某一个极性(N 或 S)的古地磁极只可能有一个,但古地磁研究表明,不同的大陆岩石测出了不同的极移轨迹,这说明了这些大陆之间必定发生过相对位移。

图 4—43 北美大陆和欧洲大陆极移曲线图

(图 4—43)是分别根据欧洲大陆和北美大陆岩石测出的两条极移曲线,这两条曲线在现代相交于点。随着时代变化两者偏离越远,为了把北美的极移曲线与欧洲的重合,就必须将北美大陆向东退回三十个经度左右,这时大西洋消失,北美大陆与欧洲拼贴在一起,这就恰好恢复了魏格纳漂移说所提出的联

合古陆的情况。其它各大陆的古地磁资料也进一步表明,如果把各大陆大致按魏格纳的设想恢复到漂移前的位置,则根据古地磁资料测出的各大陆同一地质时代的地磁极位置相当接近,各大陆的极移曲线亦可互相重合,所以古地磁资料再次令人信服地证实了大陆漂移。

古地磁证据使漂移说复苏以后,人们又开始深入探讨与大陆漂移有关的一些问题,并获得了许多新的证据和资料。例如,英国学者布拉德等借助电子计算机对大西洋两岸(按约1000米的等深线)进行了十分完美的拼接,为验证大陆漂移提供了最形象的证据,此外,南极洲及其它大陆发现的古生物、地层、构造新资料等也都进一步证实了大陆漂移的存在性。尽管到了五十年代晚至六十年代早期,大陆漂移说衰而复兴,然而,对大陆漂移的机制问题依然悬而未决。这期间,海底地质与地球物理的研究飞速发展,终于为大陆漂移机制的解决带来了曙光。

海底扩张

海底扩张说的提出

二次世界大战以后,工业较发达的西方各国出于军事、资源与能源等方面的考虑,开展了广泛的海底地形与地质调查。例如,他们利用回声测深等高精确的海底地形图;用重力、地

震、地磁及地热等地球物理勘探方法研究海底的地质构造特征等等。到六十年代初,海底调查已获得了大量的新成果与新资料,为海底扩张说的建立准备了条件。其中比较重要的有下述三个方面。

全球大洋中脊及中央裂谷的发现

五十年代晚期发现了纵贯世界大洋洋底的大洋中脊和裂谷体系。大洋中脊在各大洋中互相连接,延伸总长约 64000 公里,总面积超过陆地面积的一半,它是世界上最巨大的山系,无疑也是地球上最重要的构造单元之一。大洋中脊在横剖面上呈比较对称的地貌形态。大致平行中脊走向,有一系列岭脊和谷地相间排列。岭谷起伏的幅度,一般在中脊顶部附近较大,随着远离洋脊轴部幅度逐渐减小。洋中脊轴部常发育有平行洋脊的巨大的中央裂谷,谷深可达 1000—2000 米,谷壁陡峭,实际上是一系列向谷内陡倾的张性断裂。裂谷宽数十至百余公里,窄的谷底宽度不过几公里。这种张性断裂作用造成的谷地,显示洋中脊附近存在巨大的张力作用。大洋中脊轴部具有很强的构造活动性,常伴生浅源地震及火山活动,并且有高的地热流异常,反映中脊轴部是地热的排泄口和深部岩浆物质上涌的地方。

海沟及贝尼奥夫地震带

在辽阔的大洋中,中部被高大的大洋中脊占领,而深陷的

海沟却分在大洋的边缘。海沟的横剖面多呈 V 字形,沟底深度一般大于 6000 米,深者可达 10000 米以上(如马里亚纳海沟深达 11034 米)。若计海沟沟底与岛弧或海岸山脉的相对高差,则可达 13000 米以上。所以海沟附近是地球上高差最为悬殊的巨型地形单元,其中一定包含着极其重要的地质含义。地球物理调查表明,海沟的重力值相当低,出现负重力异常,这说明海沟下方的物质的密度轻,是否也存在类似于高山之下的“山根”插到地幔之中?但根据地壳重力均衡原理,密度低的物质必将上浮形成高的地势,这与海沟的地势相矛盾。所以,可以推测,在海沟外必定有一种向下拉的作用力存在,这种力破坏了该处的重力均衡,使轻的地壳物质强制下陷。此外,海沟的地热流比正常洋盆显著低,说明海沟下面的物质比较冷。海沟附近是最强烈的构造活动带。例如,沿太平洋边缘的海沟及其附近,形成著名的环太平洋火山带与地震带。在环太平洋地震带中,地震震源深度的变化是很有规律的:在海沟附近都是浅源地震,离开海沟较远出现中源地震,在更远的大陆内部则出现深源地震,最深达 720 公里,震源排列成为一个由海沟向大陆方向倾斜的带,其倾角一般 45° 左右。海沟附近的这种震源排列形式地五十年代美国学者贝尼奥夫发现的,故称为贝尼奥夫地震带。这种现象说明,大陆边缘的海沟,存在着倾向大陆的、正在活动的巨大断裂带。

洋底地壳的新认识

本世纪五十年代,在世界各大洋进行了广泛的地震勘探,

确定了洋底地壳的三层结构。地震资料表明,洋壳第一层,即沉积层非常之薄,平均不过 0.5 公里。即使以每千年沉积一毫米的最低沉积速度计算,只要大洋存在过 10 亿年,就应当有 1 公里厚的沉积物。所以,洋底沉积物的年龄应当是比较新的。通过在大洋裂谷及断裂带的基岩崖壁处开挖采样,至六十年代开展深海钻探以来,在洋底尚未发现比白垩纪更老的岩石。如果大陆和海洋的位置是固定不变的,洋底的年龄就应当与大陆一样老,在洋底也应当存在大量古老的沉积岩或褶皱山系。但事实却完全相反,所有这一切,都说明洋底地壳形成较新。但从古生物演化史以及大陆褶皱山系中的大量古老海洋沉积岩来看,地表的海水或海洋无疑在很古的时期已经出现。由此推测,洋壳是发生着新旧更替的,古老的洋壳已经消失,现在的洋壳是后来形成的。

海底地质新成果与新资料的积累,加之大陆漂移说的重新兴起,终于迎来了地球科学理论上的一场重大革新。

1960 年,在美国普林斯顿大学任教的赫斯,在内部发表了《海洋盆地历史》(1962 年出版)。提出了“海底扩张说。”赫斯是一个治学非常严谨的学者,他觉得海底扩张的论证不足,所以特意创造一个新的字眼,把他的假说叫做“地质史诗”,认为他的思想不合潮流,是一种浪漫主义的作品,并说要等很长时间才能证实。赫斯的文章在内部宣读传阅时,美国海岸与大地测量局的迪茨于 1961 年在英国《自然》杂志上发表了一篇短文,同样概括出“海底扩张”的概念,1968 年,迪茨谦虚而高尚地把这一学说的首创权归于赫斯。

赫斯本人并非搞地质出身,在第二次世界大战中是美国

军舰约翰逊号的指挥官,因战争需要,研究过海洋。战后,他任普林斯顿大学地质系主任,继续从事海洋研究。

这一学说认为,大洋中脊顶部乃是地幔物质上涌的出口,上升的地幔物质就冷凝形成新的洋壳,并推动先形成的洋底逐渐向两侧对称的扩张。随着热地幔物质源源不断地上升并形成新的洋底,先成的老洋底不停地向大洋边缘扩张推移,洋底移动扩展的速度大约是每年几个厘米。

图 4—44 海底的增长

在不同的海区,海底扩张可以有两种情况。一种是扩张着的洋底同时把邻接的大陆向两侧推开,大陆仿佛冻结在相邻的洋底上,与洋底一起向同一方向移动。这样,随着新洋底不断地生成和向两侧扩展,新生的大洋不断张开,两侧大陆逐渐漂移。象大西洋这样宽的大洋,在速度为每年数厘米的海底扩张作用下,大约一、二亿年便可形成。(图 4—44)

另一种情况是当洋底扩展移动至大洋边缘的海沟处时,

沿贝尼奥夫地震带向下俯冲潜没,重新反回到地幔中去。这时,洋底并不推动相邻大陆向两侧漂开,相反,大陆逆掩于洋壳俯冲带上。太平洋就是这样的情况。它本是一个古老的大洋,其洋底不断地在洋脊处新生,同时不断地在海沟处潜没消亡,好似一条运动不息的传送带,大约两亿年左右洋底就可以更新一次。

由于洋底一直在生长和更新着,所以,不管是新生的大西洋和印度洋,还是古老的太平洋,它们的洋底地壳都相当年青,不老于中生代,从而接受的海洋沉积层就比较薄。大洋中脊顶就因为是热的地幔物质涌出的地方,故出现高热流值;而海沟因为是次生的、轻的地壳物质俯冲潜没的地方,故出现低热值和重力负异常。

以新的地学研究成果为依据的海底扩张说,对于海底地质现象的解释如此引人入胜,从而高度激发了人们进一步探讨的欲望,在海底扩张说提出后的短短几年时间里,新的研究成果又纷纷涌现,进一步证实了海底扩张说。其中最有意义的是海底磁异常条带研究、深海钻探成果及转换断层的发现,它们被称为验证海底扩张说的三大论据。

海底磁异常条带

前已述及,从1683年哈雷倡导以来,人们对地磁研究开始关注。两百多年来,只能在陆地测定地磁强度,而且进展很慢。1956年,美国斯克利普斯海洋研究所的英国人梅森,发明了海上磁力测仪,这种仪器不仅解决海洋磁测的难题,而且可

以连续测磁,大大提高了磁测进度。1960年,梅森领导的科研小组发现了圣弗朗—西雅图之间的磁异常,绘制了平面图,从图上看到的磁异常,在南北方向上展布是对称而有规律的,但他们没有作出圆满的解释。在这之前(1957年),尤因与普雷基测绘了大西洋磁异常特征曲线,表明大洋中脊磁质异常在两侧呈有规律展布,距离中脊越远,其值越小。与此同时,加利福尼亚地质所测绘的太平洋磁异常平面图,正异常与负异常相间,呈条带排列。为什么是条带状呢?当时用海底磁性体磁化强弱来解释,但不能自圆其说。

1962年,英国剑桥大学研究生瓦因与青年导师马修斯在印度洋与大西洋作海上磁测,发现磁异常条带在大洋中脊两侧具有平行对称性。1963年,他们对此提出解释并发表在瓦因的博士论文中。瓦因—马修斯模型的基本思想是:磁异常条带是地磁倒转的信息,它记录了海底扩张的轨迹。地幔物质从大洋中脊裂谷涌出,形成新生海底地壳时,按当时地磁方向磁化,随后随海底扩张,洋底地壳向两侧推开,当下一次新生地壳形成并被磁化时,适逢地磁倒转,此时磁化方向正好和前一个磁异常条带的方向相反。地磁场反复倒转,磁异常条带就相间排列。大洋中脊两侧的对称性,正好说明海底扩张速度在两侧是相同的。所以磁异常条带反映了磁极倒转的年份的海底扩张的历史。

瓦因—马修斯模型是综合的产物,它把早已了解到的磁极倒转资料与海底扩张学说综合起来,对磁异常条带提出解释。这种貌不惊人的综合,是思维创造力绝妙的杰作,强有力地论证了赫斯的“地质史诗”,为新全球构造登上历史舞台剪

了彩。

1964年,美国的考克斯等运用陆上岩石中保存的古地磁信息。编制了第一个极性倒转年代表,确认地磁场周期性倒转是地球历史的一个基本事实。瓦因等把地磁场倒转年代表中的正向段和反向段与东北太平洋温哥华岛外一条大洋中脊磁异常条带对比,发现他们不仅一一对应,而且宽度也成比例关系。后来人们发现瓦因—马修斯模型适用于全球,具有普遍性,说明瓦因提出的假说具有准确的科学预见性。

深海钻探

深海钻探是从二十世纪五十年代开始筹划的一项重大地质工程,当时美国制定了一项“莫霍计划”,想在海洋底部打钻,一直钻到莫霍面下面的地幔,看看组成地壳的物质究竟是什么成分。由于经费技术上的原因,该计划1961年实施后不久就搁浅。六十年代海底扩张说崛起之时,美国几个海洋研究机构认定深海钻探对于论证这个新学说是绝妙手段,加上深海钻探技术的进步,所以旧话重提,打算接着干、于是在1968年,美国“格洛玛·挑战者”号深海钻探船启航,开始了对海洋新的划时代探险。

“格洛玛·挑战者”号第三航次选中大西洋,在南纬 30° 附近,沿大洋中脊两侧布置九个钻孔,位置选在磁异常条带最清晰的地点。按推算,大西洋中脊在上新世、更新世每年扩张速率为2厘米(单向),那么7000万年就应扩张1400公里,1500万年扩张300公里,900万年扩张180公里,这样把钻孔

有计划地布置在大洋中脊两侧适当距离,取出钻孔的岩芯,检查海底岩芯年龄和预测是否相符合。钻探结果使科学家们大为惊异,覆盖在玄武岩基底上的沉积物年龄与磁异常条带预测的年龄,达到惊人的吻合程度。这就证实了大西洋洋底扩张速的确是每年2厘米(单向)。据参加这个航次的著名地质科学家许靖华教授(美籍中国人)说,他上船时是个海底扩张说的怀疑派,下船时就变成海底扩张说的信奉者了。“这种百分之百的预测成功,在地质学上是少有的,所以只好认错……我觉得我有这个机会上船去看,不但得到了经验,而且见到预测是十分正确的。这个经验把我们整个地质见解改变了。”

转换断层

论证“地质史诗”的学者,还有加拿大多伦多大学教授、著名地球物理学家威尔逊。1965年他提出“转换断层”概念,是验证海底扩张的有力证据。

所谓“转换断层”,是指大洋中脊的横向断裂带。这种断裂带过去一直认为是平移断层,没有重视。可是威尔逊提出了与众不同的概念。事实上,平移断层与转换断层是根本不同的两种类型的断层。转换断层产生的原因是大洋中脊轴部向两侧扩张所引起的相对运动。威尔逊不只是对转换断层作了力学分析,而且用地球物理资料加以验证。后来根据地震资料,充分说明转换断层是地壳组成单位(后来叫“板块”)的接合边界之一,其错动方向指示海底扩张方向(也就是板块运动方向),这为后来板块学说的建立,提供了直接的思想来源与资料来

源。

威尔逊原来专攻物理学,后来转到地质学上来,五十年代探索过地球冷缩说与北美大陆核心古地盾成因及岛弧成因。六十年代初,他信奉地球膨胀说,相信大洋中脊是地球膨胀的产物。1963年他又信奉地幔对流说,提出“热点说”解释海洋火山岛成因,后又与瓦因合作研究美国西海岸的圣安德烈斯断层,支持海底扩张学说。

威尔逊是位思想极为活跃的学者。随着科学研究的进展,改变自己的学术观点并作出贡献,他在1968年发表了脍炙人口的《地球科学的革命》,在地质科学新思想刚刚活跃的阶段热情宣传,实属难能可贵。威尔逊用历史发展的观点,高度评价大陆漂移说与海底扩张说在地球科学史上的划时代意义,认为这是一次革命性变革,可以和1800年前后化学研究方法的变革、1860年前后达尔文进化论引起的生物学变革、1905年爱因斯坦提出相对论引起的现代物理学变革相媲美。

魏格纳在1915年提出大陆漂移说后,反对最激烈的是地球物理学家,过了五十年,重新支持,热烈宣传这个学说的又是地球物理学家。

六十年代,是地球科学风起云涌,斗转星移的革命时期。磁异常条带、转换断层、深海钻探、是验证海底扩张说的三大支柱。赫斯没有预料到,他提出的海底扩张的“地质史诗”竟在短短的五年时间里得到了证实。

板块构造

六十年代中期由于海底磁异常等一系列振奋人心的发现,海底扩张说取得了稳固的地位。可是,地质科学的发展并没有停步不前。作为海底扩张说的自然引伸,1968年又进一步提出了板块构造学说。

1967年,美国一批青年学者(麦肯齐、摩根、帕克、勒比雄)认为,六十年代以来形成的新概念和研究成果,有必要综合成一个地质思想体系,并起个新学名。于是1967~1968年,他们联合撰写了一系列文章,系统陈述了新学说的思想,并命名为“板块构造”或“新全球构造”。

板块构造归纳了大陆漂移和海底扩张所取得的重要成果,并及时地吸取了当时对地球上部层圈—岩石圈和软流圈所获得的新认识,从全球的统一角度,阐明了地球活动和演化的许多重大问题。因此,板块构造的提出,被誉为是地球科学上的一场革命。板块构造学说的基本思想是:固体地球上层在垂向上可划分为物理性质显著不同的两个圈层——上部的刚性岩石圈和下垫的塑性软流圈;刚性的岩石圈在侧向上可划分为若干大小不一的板块,它们漂浮在塑性较强的软流圈上作大规模的相对运动,(图4—45)目前一般把岩石圈划分为六大板块:欧亚板块、太平洋板块、美洲板块、非洲板块、印度澳大利亚板块和南极洲板块。每个板块还可进一步划分若干个次级小板块。板块内部是相对稳定的,板块的边缘则由于

相邻板块的相互作用而成为构造活动性强烈的地带；板块之间的相互作用从根本上控制着各种地质作用的过程，同时也

图 4—45 地幔中可能的对流系统

- (a) 包括地幔大部的深而大的对流室
- (b) 大部分被软流圈控制的浅对流室
- (c) 由于地球旋转所影响的地幔运动

决定了全球岩石圈运动和演化的基本格局。

板块构造与山脉形成

以前我们已经讲到火山，地震不是孤立、零星分布于地球表面，而是成带出现，主要分布在环太平洋带、大洋中脊带和阿尔卑斯——喜马拉雅带上，而这三个带正好是板块的边界或板块新生的地方，这些地方是如何具体产生地震和形成火山喷发，不作详细的解释。但要记住，火山与地震是板块相对运动的结果，统一在板块的理论中。

下面，我们来谈谈板块运动与山脉的关系。即山脉是如何形成的。世界上最高的山脉为喜马拉雅山脉，就讨论它吧。

位于“世界屋脊”——青藏高原南缘的喜马拉雅山脉，平

均海拔高约 6000 米,东西延绵达 2500 多公里。世界第一高峰,珠穆朗玛峰(18848.13 米)就位于此,这条山脉中有许多座山峰高于 8000 米。这么宏伟的山脉,绝大多数山体是在强烈褶皱的海相沉积地层组成的。并且,这条山脉至今仍处于上升过程之中。

对这条山脉的形成,传统地质学认为,这地方曾经是深深的长槽状的大海——地槽。开始时地槽下沉,在下面沉积了巨厚的海水地层。随着地质岁月的流逝,地槽回返,不断上升。在这个过程中地槽里的沉积地层就发生褶皱。最后升出水面成为高山。这种解释能说明为什么在山上有巨厚的海相地层这一现象,但是对地槽为什么在一段时间里不断下沉,接受沉积,而后受何种作用力驱使回返上升。却没有提出令人信服的理由和原因。

随着板块构造学说的出现和对喜马拉雅山的科学考察研究的进展,一些科学家认为喜马拉雅山附近是一个板块边界。是欧亚板块与印度澳大利亚板块相碰撞的地方,并且板块构造理论解释了喜马拉雅山的隆起原因。

这一解释认为印度板块是南半球“漂”过来撞在欧亚板块上。喜马拉雅山就是这种“碰撞”而成的。

具体地说,在喜马拉雅山形成之前,印度并不是现在亚洲的一部分。它们分属于不同的板块。在它们之间有著名的古特提斯海洋的存在。古特提斯海的海底和印度同属于一个板块。后来,南边的印度——古特提斯海板块向北运移并且俯冲到北面的欧亚板块之下,俯冲的界线大体在今天喜马拉雅山以北的雅鲁藏布江谷地附近。随着这一板块的俯冲过程,古特

提斯海接受海相沉积,而欧亚板块几乎处于原地不动。随着长时期的印度板块向北运动,古特提斯海向欧亚板块俯冲。

图 4—47 喜马拉雅山脉形成示意图

最终,古特提斯海消亡了。原来沉积在古特提斯海中的海相沉积物在两板块碰撞时,发生挤压褶皱变形,地层被铲起并

且隆升为高山。印度古陆和亚欧古陆终于联接到一块。(图 4—47)这种解释是有一定的地质依据的。在印度德干高原上的系统古地磁资料和印度大陆上发现的石炭—二叠纪古冰川遗迹证明这个大陆曾是在南极圈附近,而后漂移了约 7000 公里。并且近年的研究表明,在喜马拉雅山的地层中,发现了一种名叫舌羊齿的古植物化石。这种植物恰恰是南半球澳洲等地古生代的一个具有代表性的植物种属。在现今的亚洲,除印度之外,还未发现这种舌羊齿古植物化石。因此可以充分说明印度板块不同于北边的欧亚板块。是喜马拉雅山的外来部分。

另外,就对喜马拉雅山地区的地震活动的观测表明,绝大多数地震的震源是分布在一个向青藏高原倾斜的面上。这就和环太平洋的地震带的震源绝大多数集中分布在向大陆倾斜的斜面上非常近似。同时象在太平洋边缘的这些俯冲型板块边界靠大陆一侧有带状分布的岩浆及火山活动分布带一样,在靠近雅鲁藏布江谷地上北侧的青藏高原上,有类似的岩浆活动带。正因为如此,这一狭长地带成为高寒的“世界屋脊”上蕴藏有丰富的地热资源的地区,如西藏著名的“羊八井”地热田。

最直观,最易于理解的直接证据,是来源于地球资源卫星的测量资料和照片。人造卫星精确测量的资料证明,就是在现今,印度——澳大利亚板块大约正以每年 5 厘米的速度向北东方向俯冲到欧亚大陆板块之下。看一下任何地区的卫星照片,任何人都会直观地感到喜马拉雅山和其东侧的横断山——中印半岛上的山脉所连成的巨大孤形形态和印度—澳大利亚板块的向北东向挤压运动是令人惊异吻合着,以致任何

别的解释都没有板块运动的解释来得强有力。

与喜马拉雅山类似,科学家们认为。象欧洲的阿尔卑斯山脉,欧洲和亚洲交界处的乌拉尔山脉、我国秦岭山脉等等,都是不同地质时期板块运动的遗迹。即它们是由板块碰撞形成的。

板块构造存在的问题

最后必须指出,科学是不断发展的,板块构造理论并不是尽善尽美的终极真理。它只是现有科学技术条件下,现代地质学对地壳或岩石圈演化规律的认识。其出现仅有三十年的历史。尽管表现出了绝大的生命力和它的合理性,但是还不够成熟,还存在着许多不能解释或解决的问题。并随着地质学研究的深入不断地遇到新问题。

例如、板块构造的证据在很大程度上是根据与地磁和地磁的观测,古地磁测量的精确度一般不是很高的,因此所定的古地磁极位置常很分散,而古地磁极的迁移轨迹正是大陆漂移的重要证据之一。地磁异常的线性排列在海洋中某些地区固然很好,但在另一些地区则很零乱,这些都在结果的解释中引起争议。

另外,既然从大陆几何形状的可匹配性地质学、古生物、古地磁、海底扩张、地震、精密大地测量、卫星照片等等方面。都已经证实了地球表层岩石圈是分成巨大块体的,这些块体又是处于不断的相对运动状态中。那么,毫无疑问是什么力量

推动了这种运动就成了板块构造学说面临的重大问题之一了。这个问题对于一个理论来讲,是生死攸关的关键,科学家把这个问题称为板块运动的机制问题。恰恰这个问题至今还没有令人信服的正面证据。

同时,在大西洋两岸的拼合时,我们已知发现在今天的加勒比海附近,有一个相当不小的空白区,在这个空白区的位置上,是否存在过一个今天已沉入洋底的古陆呢?人类学家在研讨玛雅人古代文明的复杂问题时,确信这里有过一块在人类历史时期里才沉没的古陆,对百慕大魔鬼三角区海底的考察也断断续续发现在海底有诸如海底金字塔之类古代文明的遗迹。如果说这里没有一个沉沦了的古陆,那么到了可以用电子计算机进行大陆拼合的时代才诞生的板块构造学说在论证上的这一疏忽将是不能容忍的。如果说这里确实有过一个古陆。它在近期沉入海底,那么板块学说对它没有提出恰当的解释也不能不说是重大的缺陷。

A decorative border with a repeating floral or scroll-like pattern, rendered in black, frames the central text.

地 表 之 石

九、岩 石

什么是岩石？

我们伟大的祖国地域辽阔，山川秀丽；既有巍峨的山系，又有广大的平原。生长在山区的人们，他们可能对岩石十分熟悉，并且可能在日常生活中逐渐积累了许多有关岩石的通俗知识。例如，他们知道岩石是天然存在的坚硬固体，由岩石组成了山脉，岩石有着不同的颜色、种类和用途等等。但是，生活在平原的人们对岩石的了解就差得多，他们接触更多的是一些较松散的土类，实际上这些土类正是由岩石风化而来的。生活在城市的人们对岩石的有限认识 and 了解，则多是从一些建筑石料获得的，如常见的建筑石料大理石（即大理岩）和花岗岩等。

岩石的“岩”其原意是“岸”，也就是高峻的山崖。所以，岩石的本意是指形成高山陡崖的石头。后来，随着人类对岩石知识的积累，“岩石”逐渐发展成为泛指自然界所有石头的一个科学术语。

人类是在与自然界的斗争中发展起来的。岩石作为自然界的主体，是人类认识和利用最早的事物，岩石的认识和利用

在人类的文明进步中发挥了极其重要的作用。正如恩格斯指出的：“人能够用他的手把第一块岩石做成石刀，终于完成了（从猿到人的转变）决定性的一步”，人类的文明随之进入石器时代。石器时代的人类主要是利用整块的岩石，他们将岩石打制或磨制成生活用品、劳动工具和狩猎的武器。后来，人们逐渐认识到岩石中的某些颗粒往往具有良好的特性，它们便于加工和冶炼，可以制成精美、坚硬或锋利的生活用品、生产工具和战斗武器。这些特殊的颗粒被称之为矿物，包含有大量这类特殊颗粒的岩石被称之为矿石，实际上“矿物”这一概念后来发展成为泛指组成岩石的所有颗粒。由于人类对矿石开采、冶炼的兴起和发展，人类的文明逐渐发展为铜器时代和铁器时代。在中国、印度、巴比伦、埃及和希腊等古代文明国家，早在公元前几百年或上千年以前就先后学会辨别含铜、金、银和铁等元素的矿石，并掌握了开采、冶炼这些矿石的技术。在这一过程中，人类关于岩石和矿物的知识逐渐丰富起来。

古代的人们往往把岩石和矿物不分，统称为石（石头）。我国最早记述石头的书有《山海经》，该书为春秋战国时期（公元前 700—221 年）所著，书中载岩石、矿物七十三种，分为金、石、玉、珉（土）四类。在欧洲，集古代岩石、矿物知识大成者是德国的阿格里可拉（Agricola, 1494—1555 年），著有《化石的性质》和《金属》，他将岩石、矿物划分为可燃矿产、土壤、盐、宝石、金属矿物、矿物混合物诸类，后人称之为“矿物学之父”。直到十八世纪，随着采矿事业蓬勃发展，地质学研究不断深入，岩石和矿物之间的关系得到明确，逐渐形成了岩石的科学概念，即：岩石是天然产出的由一种或多种矿物

组成的固态集合体。岩石是“天然产物”，因此，对于人工合成的矿物集合体，如陶瓷、砖瓦等，不叫岩石，而称作工艺岩石。岩石是“固态”，所以石油等不属于岩石范畴。

组成岩石的矿物

我们说岩石是各种矿物的集合体，那么矿物又是什么呢？

我们知道，任何物体都是由化学元素组成的，矿物也不例外。已知地壳中大约存在有 92 种元素，最主要的化学元素有 O、Si、Al、Fe、Ca、Na、K、Mg、Ti、H 十种，它们共占地壳总重量的 99.96%，其中 O、Si、Al、Fe 四种元素即占 88.13%。矿物正是由这些化学元素以特定的规律结合而成的。准确地说，矿物是地壳中由地质作用自然形成的单质或化合物，它具有一定的化学成分和内部结构，因而具有一定的物理、化学性质及外部形态。

矿物是自然形成的。在实验室条件下，虽然可以获得某些成分和性质与自然矿物类似的物质，但它们只能称为“人造矿物”或“合成矿物”。

不同的矿物均具有一定的化学成分。自然界大多数矿物是由两种以上的元素组成的化合物，如石英(SiO_2)、方解石(CaCO_3)、磁铁矿(Fe_3O_4)等；少数是由一种元素组成的单质矿物，如自然金(Au)、自然硫(S)、金刚石(C)等。在通常状况下，绝大多数矿物是固体，只有极少数是液体，如自然汞(Hg)、水(H_2O)等。

图 4—48 岩盐的内部构造

(右图中,小球代表 Na^+ ,大球代表 Cl^-)

矿物中的质点常组成一定的内部结构。固体矿物按其内部质点的结构不同可分为晶质矿物和非晶质矿物两类。晶质矿物的内部质点(原子、离子或分子)呈有规律的排列,如岩盐(即食盐, NaCl)内部的 Na^+ 和 Cl^- 离子在任一方向上都是按一定间隔重复出现并组成网格状(图 4—48)。由于内部质点

图 4—49 几种矿物的晶体形态

a 石英 b 辉锑矿 c 角闪石 d 云母 e 长石 f 黄铁矿 g 石榴子石

的规则排列,所以,晶质矿物在有利的条件下都能生长成规则的几何多面体外形,这种几何多面体称为晶体(图 4—49),包

围晶体的平面称晶面。晶体的大小不等,小的可以是几微米到几毫米,大的可以达几十厘米甚至几米以上。非晶质矿物的内部质点排列无规律,颇类似于液体,可以说是硬化了的液体。它在外形上常表现为均一的、无颗粒的不定形凝固体面貌。自然界中绝大多数矿物是晶质矿物,只有少数矿物,如火山玻璃及一些胶体凝固矿物属非晶质矿物,而且非晶质矿物随时间增长可自发转变为晶质矿物。

不同矿物的化学成分与内部结构不同,决定了不同矿物具有不同的外部形态与物理性质,这种特定的矿物形态与物理性质是鉴定矿物的重要依据。

图 4—50 矿物集合体的几种形态

1. 粒状 2. 片状 3. 晶簇 4. 鲕状 5. 钟乳状

晶质矿物在有利的条件下形成的单个完整晶体往往具有特殊的几何形态,这些形态多种多样,有些呈长条形,如石英、

辉锑矿、角闪石等；有些则呈扁形，如云母、长石等；有些则呈方形或等轴形，如黄铁矿、石榴子石、磁铁矿等（图4—49）。由同种矿物的多个颗粒聚合在一起时称为矿物集合体，矿物集合体也常具有某种习惯性的形态，如小片的云母聚集在一起可组成鳞片状集合体、溶洞中凝结的方解石常形成钟乳状集合体、许多石英晶体生长在一起形成石英晶簇等等（图4—50）。

矿物的物理性质中重要的是矿物的光学性质和力学性质。

矿物的光学性质包括颜色、条痕、透明度和光泽等。

颜色是一种最明显、最便于识别矿物的标志，有许多矿物就是以颜色命名的。当矿物的化学成分比较纯净时，往往具有某种稳定的颜色，矿物有时因混有不同杂质或其它原因使本身的颜色发生一定的变化。矿物颜色一般常利用标准色谱（黑、灰、白、红、橙、黄、绿、青、兰、紫）来描述；有时为区别同种颜色，加上深、浅、浓、淡的修饰，如深红、浅绿、淡黄等；如果矿物不只是一种颜色时，可用双重的颜色表示，如黄绿、褐红，通常前面为修饰颜色，后面为主要颜色。还有些矿物也使用一些实物形象的颜色表示，如雄黄为桔红色、雌黄为柠檬黄色、磁铁矿为铁黑色等等。观察矿物的颜色必须观察它的新鲜面的颜色，以免因假色而引起错觉。

条痕指的是矿物粉末的颜色。通常是将矿物在一块白色的无釉瓷板（条痕板）上擦划，看瓷板上所留下的粉末痕迹的颜色。由于矿物的粉末可以消除一些杂质和物理方面的影响，即消除假色，所以条痕色比矿物的颜色更为固定，因而是鉴定

矿物的比较可靠的特征。如赤铁矿的颜色可以是铁黑色,也可以是红褐色,但它的条痕总是樱红色。

矿物的透明度指的是光线透过矿物的程度。矿物的透明度可分为透明、半透明和不透明三个等级,透明度由强变弱通常与矿物颜色由浅变深呈对应关系。矿物的颜色越浅透明度越好,反之,矿物的颜色越深透明度越差。

矿物的光泽是矿物表面反射光的能力,或者通俗的说是矿物表面的光亮程度。光泽的强弱,主要取决于矿物折光率的大小。光泽可分为金属光泽、半金属光泽和非金属光泽三种。

金属光泽:矿物表面反光极强,如同光亮的金属器皿表面所呈现的光泽。一些不透明的金属矿物,如金、黄铁矿、方铅矿、辉锑矿等常具有金属光泽。

半金属光泽:反射光的强弱介于金属光泽与非金属光泽之间,暗淡而不刺眼。如黑钨矿、赤铁矿等。

非金属光泽:主要是透明或半透明矿物,是一种不具金属感的光泽。常见类型有:

玻璃光泽——反射较弱,象普通玻璃表面那样的光泽,如长石、方解石等。大多数非金属矿物常具有此种光泽。

金刚光泽——反射较强,光泽闪亮耀眼。如金刚石、闪锌矿等。

油脂光泽——在矿物的反射面不平滑的情况下,反射光呈散射现象,使光泽微带暗淡阴影,就象涂了一层油脂一样。如敲断了的石英断口处就呈现油脂光泽。

此外,非金属光泽中还有丝绢光泽、珍珠光泽、土状光泽等。

矿物的力学性质指矿物受外力作用(敲打、刻划等)后所表现出的性质,包括硬度、解理与断口等。

硬度指矿物抵抗外力刻划的能力,即矿物的坚硬程度。测定矿物硬度的绝对值需用特殊装置,为了应用方便,德国矿物学家摩斯选择了 10 种软硬不同的矿物作为 10 个等级标准,组成相对硬度系列,称为摩氏硬度计(表 4—5)。摩氏硬度计中硬度等级高的矿物可刻动硬度等级低的矿物,但各等级之间的绝对硬度值并不成倍数或等差关系。

表 4—5 摩氏硬度计

矿物名称	化学组成	硬度	矿物名称	化学组成	硬度
滑 石	$\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_2$	1	正长石	$\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$	6
石 滑	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	2	石 英	SiO_2	7
方解石	CO_3	3	黄 玉	$\text{Al}_2[\text{SiO}_4][\text{F} \cdot \text{OH}]_2$	8
萤 石	CaF_2	4	刚 玉	Al_2O_3	9
磷 灰 石	$\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3[\text{F} \cdot \text{Cl}]$	5	金刚石	C	10

矿物受力后沿一定方向规则裂开的性质称为解理,裂开的面称为解理面。如菱面体的方解石被打碎后仍呈菱面体(图 4—51),云母可揭成一页一页的薄片等。各种矿物解理发育程度不一样,解理面的完整性也不相同。如果矿物受敲击后沿任意方向裂开成凹凸不平的断面,则称为断口。断口与解理是互为消长的。

矿物除力学、光学性质外,还有比重、磁性、压电性等物理性质。这些物理性质有时在鉴定矿物时具有特殊的作用,如方铅矿(PbS)比重大(为 7.6)、磁铁矿具磁性、纯净的石英(水晶)具压电性等。此外,某些矿物的化学性质对鉴定矿物也特别有利,如碳酸盐类的方解石加盐酸会剧烈起泡等。所以,在

鉴定矿物时往往要综合各方面的特点进行分析。

图 4—51 方解石晶体及解理

目前世界上发现的矿物约有 3000 种,根据矿物的化学成分类型,共分为五大类(如表 4—6)。各类矿物在地壳中的分布与含量并不是均衡的,而是相差极大。地壳中分布最广、含量最高的是含氧盐矿物,约占地壳重量的 82.5%,其中又以硅酸盐类矿物最多,估计含量占地壳重量的 80%;次于含氧盐的是氧化物及氢氧化物,约占地壳重量的 17%;其它类型的矿物含量极少。

关于矿物的命名,目前尚无统一的规定。矿物命名的依据大体有以下几个方面:

矿物的化学成分:如钨锰铁矿($\text{Mn,Fe})\text{WO}_4$

矿物的物理性质:如重晶石(比重大)、方解石(可以顺菱

面体解理分裂成块)、孔雀石(孔雀绿色)、蛇纹石(颜色如蛇皮)。

表 4—6 矿物分类

大类	类
I 自然元素	1. 金属元素,如自然金 Au 2. 非金属元素,如石墨 C、金刚石 C
II 硫化物	1. 简单硫化物,如方铅矿 PbS 2. 复硫化物,如黄铜矿 CuFeS_2 3. 硫盐
III 卤化物	1. 氟化物,如萤石 CaF_2 2. 氯化物,如石盐 NaCl 3. 溴化物、碘化物等
IV 氧化物及氢氧化物	1. 简单氧化物,如赤铁矿 Fe_2O_3 2. 复氧化物,如磁铁矿 $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ 3. 氢氧化物,如三水铝石 $\text{Al}[\text{OH}]_3$
V 含氧盐	1. 硅酸盐,如正长石 $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ 2. 碳酸盐,如方解石 CaCO_3 3. 硫酸盐,如石膏 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 4. 钨酸盐,如白钨矿 CaWO_4 5. 磷酸盐,如磷灰石 $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3[\text{F}, \text{Cl}]$ 6. 钼酸盐、砷酸盐、钒酸盐、铬酸盐、硼酸盐、硝酸盐等

矿物的化学成分和物理性质:如黄铁矿、赤铁矿、磁铁矿、方铅矿。

矿物的形态:如石榴子石。

矿物的物理性质和形态:如绿柱石。

此外,还有根据人名和地名命名的矿物。如高岭石,即因我国江西高岭而命名。

关于矿物的具体名称,有一部分是沿用我国的传统名称,如两千多年前的《山海经》、明朝李时珍《本草纲目》等古籍中,记载有许多矿物。如石英、雄黄、雌黄、辰砂、石膏等都属于这一类。有一部分是根据外文名称直译或意译而来。

矿物中具金属光泽或可提炼金属的矿物,多称为某某矿,如方铅矿、闪锌矿;具非金属光泽的矿物,多称为某某石,如长石、方解石、萤石;一些宝石矿物多称为某玉,如黄玉、刚玉、碧玉。

怎样鉴别不同的岩石

地壳中岩石的种类很多,如何鉴别这些岩石呢?这里我们主要是依据组成岩石的矿物成分和岩石具有的结构、构造。不同的岩石有着不同的矿物成分和结构、构造。

地壳中目前已发现的矿物虽有近 3000 余种,但组成岩石的主要矿物仅有 20 多种。其中,含钾、钠、钙、铝较多的硅酸盐类矿物长石(包括钾长石、斜长石)约占地壳重量的 50%,含铁、镁较多的硅酸盐类矿物普通辉石、普通角闪石、橄榄石约占地壳重量的 16.8%,硅酸盐类矿物云母约占地壳重量的 3.8%,硅酸盐类的粘土矿物高岭石、绿泥石等约占地壳重量的 4.5%;硅的氧化物石英(SiO_2)约占地壳重量的 12.6%,铁的氧化物和氢氧化物(赤铁矿、磁铁矿、褐铁矿等)占地壳重量的 3—4%;碳酸盐类矿物方解石和白云石约占地壳重量的 2%。这些在岩石中十分常见且含量高的矿物被称为造岩矿物。所

以认识主要的造岩矿物是鉴别岩石的基础。以下介绍几种主要的造岩矿物。

石英 SiO_2

石英晶体多为六方柱状,两端为锥形,柱面上有明显的横纹;石英在岩石空洞中常形成多个晶体组成的晶簇(图 4—52);在花岗岩类岩石中呈无晶形的颗粒状;在一些沉积岩石中常呈肉眼看不到颗粒的致密块状。根据结晶程度,石英大致分为两类:

一类为晶体,颜色多种多样。无色透明者称水晶;紫色者(因含锰质染色)称紫水晶;烟黄及烟褐色者(因含有机质)称烟水晶;黑色者称墨晶;淡红至蔷薇色者(因含铁、锰)称蔷薇石英或芙蓉石。这类石英具典型的玻璃光泽,透明至半透明,硬度为 7,无解理,性脆,敲断时呈现贝壳形状的断口,断口具有油脂光泽,比重为 2.65。

另一类为隐晶体,主要由二氧化硅胶体溶液沉淀而成,具油脂光泽,半透明,贝壳状断口。白色或灰白色者称玉髓;由白、灰、红等不同颜色组成,具明显同心层或平行条带结构者称玛瑙;含有多重杂质,呈黑、灰色者称燧石。

还有一种含水的 SiO_2 胶体矿物,多为乳白色(或青、黄、红各色),呈致密的珍珠或蜡状光泽的块体,极似熟鸡蛋的蛋白,称蛋白石($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)。贝壳状断口,硬度 5—5.5。

石英是化学性质极稳定的矿物,除氢氟酸能腐蚀外,不溶于任何酸。石英是自然界几乎随处可见的矿物,在地壳中含量

仅次于长石。它是各类岩石的重要造岩矿物。因石英化学性质稳定,硬度大,含石英的岩石风化后形成的石英砂粒遍布各地。

图 4—52 石英晶簇

石英用途很广,可用于制光学器皿、精密仪器的轴承;石英砂可用作研磨材料;纯石英砂为玻璃及陶瓷工业的原料;质纯透明、无裂隙者称为压电石英,用它制成的谐振器、滤波器,广泛应用于雷达、导航、遥控、遥测、电子、电讯设备。

长石

长石是自然界中分布最广的一类矿物,约占地壳重量的一半。它包括三种基本的矿物:

钾长石 $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$

钠长石 $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$

钙长石 $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$

由于通常情况下钠长石和钙长石是按不同的比例混溶在一起的,所以,一般把钠长石、钙长石及两者混溶而成的矿物统称为斜长石。因此,自然界的长石主要是钾长石和斜长石两类。

图 4—53 斜长石晶体

图 4—54 钾长石晶体

斜长石的晶体一般为薄板状或板条状(图 4—53);常为

白色或灰白色,具有玻璃光泽;硬度为 6—6.5;有两组解理,解理面平整光滑,比重 2.61—2.75。

钾长石的晶体一般为厚板状或短柱状(图 4—54);常为肉红色,有时也具有较浅的色调;具有玻璃光泽;硬度为 6;有两组解理,解理面平整光滑,比重 2.54—2.57。

橄榄石

橄榄石晶体呈扁柱状(图 4—55),

在岩石中呈分散颗粒或粒状集合体。颜色一般为橄榄绿色,因含铁多少不同可由浅黄绿至深绿色,玻璃光泽,透明至半透明;硬度为 6.5—7;断口常为贝壳状,性脆;比重 3.3—3.5。优质的橄榄石晶体是名贵的宝石原料。

图 4—55 橄榄石晶体

普通辉石

普通辉石晶体为短柱状,晶体横剖面近八边形(图 4—56),在岩石中常呈分散粒状或粒状集合体。颜色为绿黑至黑色,条痕为浅灰绿色,玻璃光泽,半透明—不透明,硬度 5—6;有两组平行柱面的解理,解理面较平整光滑,且相交近直角(87° , 93°);比重为 3.23—3.52。

图 4—56 普通辉石晶体

普通角闪石

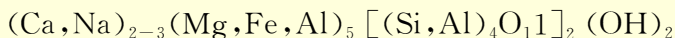


图 4—57 普通角闪石晶体

普通角闪石晶体为长柱状,横剖面为近菱形的六边形(图 4—57),在岩石中常呈分散柱状、粒状及其集合体;颜色为绿黑至黑色,条痕颜色为浅灰绿色,玻璃光泽,半透明—不透明;

硬度为 5—6, 有两组平行柱面的解理, 解理面平整光滑, 相交成 124° ; 比重为 3.1—3.4。

云母

图 4—58 金云母

云母晶体呈六方短柱状或板状, 一般为片状或鳞片状(图 4—58)。具各种颜色, 云母片呈现玻璃光泽或珍珠光泽, 透明或半透明; 硬度为 2—3, 具有一组最完全的解理, 可以用手撕成薄片, 薄片有弹性; 比重为 2.7—3.1。具高度的不导电性及耐火性。云母是一族矿物, 根据成分和颜色, 可分为白云母、金云母、黑云母等。

白云母($\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}][\text{OH}]_2$): 基本不含铁的云母, 无色及浅灰、浅黄、浅绿等色。呈细小鳞片状、具丝绢光泽的白云母称绢云母。

金云母($\text{KMg}_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}][\text{OH}]_2$):含镁的云母,金黄褐色,解理面上常具有半金属光泽。

黑云母($\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}][\text{OH}]_2$):含镁、铁的云母,黑褐、黑绿至黑色,是云母中最主要的一种。

云母是重要的造岩矿物,分布广泛。其中白云母化学性质稳定,不易风化;而黑云母在地表条件下极易风化分解(失去 Mg,Fe),颜色变浅(变成黄褐色,易误认为金云母),失去弹性,或者变为绿泥石等次生矿物。白云母具有高度的绝缘、耐热性能良好,为电器、电子等工业部门所不可缺少的绝缘材料。黑云母的工业实用价值较小。

高岭石($\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_3$)

高岭石一般呈分散粉末状、土状集合体,或者呈肉眼看不见颗粒的块状;颜色为白或浅灰、浅绿、浅黄、浅红等色,条痕颜色为白色,土状光泽;硬度为1—2.5,比重2.6—2.63;有吸水性(可粘舌),湿水后有可塑性,湿润时有粘土味,干土块有粗糙感。

高岭石为主要粘土矿物之一;主要是富铝硅酸盐矿物特别是长石在地表条件下风化形成的。通常所见大都是高岭石及其近似矿物和其他杂质的混合物,通称高岭土。高岭土是陶瓷的主要原料。我国为产高岭土有名国家,高岭土即因江西景德镇附近的高岭所产质佳而得名。

方解石 CaCO_3

方解石晶体常为菱面体、六方柱,集合体多呈块状、粒状、钟乳状及晶簇等。纯净的方解石无色透明,称冰洲石,具有显著的双折射现象(图 4—59);一般为乳白色,含杂质则为灰、黑等色,玻璃光泽;硬度为 3,有三组很好的菱面体解理,解理面非常平整光滑,比重为 2.71。方解石极易分解于稀盐酸中,并强烈起泡。

图 4—59 冰洲石的双折射

方解石主要是在地表水体中由 CaCO_3 溶液沉淀,或生物遗体沉积而成,为石灰岩和大理岩的重要造岩矿物。在岩石裂缝中,含 CaCO_3 的水溶液可以沉淀填充形成方解石脉;在泉

水出口处,可以析出疏松多孔的方解石沉淀物,称为石灰华。

方解石是烧石灰、制水泥和建筑上的良好原料,冰洲石是制造光学仪器的贵重材料。

赤铁矿(Fe_2O_3)、磁铁矿(Fe_3O_4)、 褐铁矿($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)

赤铁矿包括两类:一类为结晶的赤铁矿,晶体多为板状,普通多为叶片状、鳞片状及块状集合体;颜色为钢灰色至铁黑色,条痕颜色为樱红色,具有金属光泽,不透明;硬度为 2.5—6.5,性脆;比重为 5.0—5.3,无磁性。另一类为肉眼看不见颗粒的隐晶赤铁矿,常呈鲕状、肾状、块状或粉末状。颜色为暗红色,条痕颜色为樱红色,呈现半金属或土状光泽,硬度较小。

赤铁矿为最重要的铁矿石之一。赤铁矿粉可用作红色涂料和制红色铅笔。我国赤铁矿产地甚多,辽宁鞍山、湖北大冶、湖南宁乡、河北宣化等地都是著名的产地。我国各类铁矿资源储量占居世界前列,但已知富铁矿资源较少。

图 4—60 磁铁矿晶体

磁铁矿最常见的晶体为小八面体,有时为菱形十二面体

(图 4—60), 通常呈粒状或块状集合体; 颜色为铁黑色, 条痕颜色为黑色, 具有金属或半金属光泽, 不透明; 硬度为 5.5—6; 无解理, 性脆; 比重为 4.9—5.2; 具有强磁性。

磁铁矿主要在还原条件下形成, 是最重要的铁矿石之一, 常与赤铁矿共生。我国产地甚多。如我国四川攀枝花即为大型磁铁矿基地。

褐铁矿是许多氢氧化铁和含水氧化铁等胶体矿物集合体的总称。成份不纯, 水的含量变化也很大。一般呈致密块状、土状或疏松多孔状, 又常呈钟乳状、肾状、葡萄状等; 颜色为黄褐, 黑褐以至黑色, 条痕颜色为黄褐色(铁锈色), 为半金属或土状光泽, 不透明; 硬度为 4—5.5, 风化后硬度小于 2, 可染手; 比重 2.7—4.3。

褐铁矿多为含铁胶体溶液在湖、海中沉积而成, 或者是含铁矿物的风化产物。褐铁矿为一种重要的炼铁矿石。

岩石可以是由一种矿物组成的单矿物岩石, 如大理岩主要由方解石组成; 也可以是由几种矿物组成的复矿物岩石, 如花岗岩是由长石、石英、云母等组成; 岩石还可以是由岩屑所组成的(岩屑或称碎屑, 是指早先存在的岩石破碎后的碎块, 在一个岩屑中往往包含多个矿物颗粒), 如砾岩是由粒径大于 2mm 的岩屑所组成。

不同类型的岩石往往具有不同的矿物共生组合, 这种特定的矿物共生组合一方面表现在矿物的种类上, 另一方面还表现在矿物的含量上。如花岗岩主要由长石、石英、云母组成, 其中长石常达 60% 以上, 石英占 30—40%, 云母为 5% 左右,

在这个组合里不可能出现橄榄石；而在橄榄岩中，矿物主要为橄榄石及辉石，在这个组合里不可能出现石英。

岩石的结构是指组成岩石中的矿物(或岩屑)的结晶程度、颗粒大小、形状及其相互关系。也就是说，它主要是指岩石中矿物颗粒本身的一些特点。例如花岗岩，其中的矿物颗粒全是结晶的，且颗粒较粗大，各颗粒的大小基本相等，因此，它的结构可称为中—粗粒、等粒结构；如果岩石是由岩屑组成的，这类岩石的结构称为碎屑结构，如砾岩、砂岩等就具有碎屑结构。不同类型的岩石，它的结构是不一样的，而相同类型的岩石，它们的结构则是相同的。它主要是由组成岩石的矿物成分和岩石形成时的环境所决定的。

岩石的构造是指岩石中的矿物(或岩屑)颗粒在空间上的分布和排列方式特点。也以花岗岩为例，其中的长石、石英、云母颗粒都是以随机的方向和方式均匀分布，这种构造称为块状构造；而对于矿物成分与花岗岩类似的片麻岩，其中的长石、石英、云母常沿着一定的方向作断断续续的定向排列，这种构造称为片麻状构造；又如砾岩、砂岩中碎屑颗粒的排列或堆积常具有分层性，这种构造称为层理构造。岩石的构造往往是鉴别岩石类型的最明的标志。不同类型的岩石，它的构造是不一样的，这主要是由岩石形成时的各种物理、化学条件所决定的。

岩石是“水成”的吗？

在大自然的怀抱里，文学艺术家们面对着美丽的景致如醉如痴；地质学家却另有一番情趣，他们悉心探索山水的形成，研究它们的来龙云脉，象密峰一样辛勤地积累着自己的劳动成果。

早在六百年前，我国南宋学者朱熹曾写道：“尝见高山有螺蚌壳，或生石中。此石即旧日之土，螺蚌即水中之物，下者却变为高，柔者却变为刚”。他认为岩石“初间极软，后来方凝得硬”。这里，朱熹已经看出，化石是由生物遗骸变来，坚硬的岩石则是由旧日水中的泥土转变而成。

到了十八世纪，欧洲出现了有关岩石形成的“水成”学说。德国人魏纳是这一学派的领袖，他认为所有岩石都是在水中沉淀而形成的，地球最初到处为“原始海洋”所覆盖。该学说统治地质学界达半个世纪之久。

魏纳(A. G. Werner, 1749—1817)是地质学史上一位划时代的人物。他 1749 年生于德国普鲁士西里西亚的一个矿业世家，他父亲是当地铁工厂的官方视察员，这使得小魏纳对采矿与冶炼抱有浓厚兴趣，从小就掌握了不少矿物知识，能分辨当时已知的各种矿物。魏纳 20 岁进入弗赖堡学院，学采矿与冶炼工艺，学习中他遍访德国巨大的萨克森矿业中心，积累了丰富的地质知识。两年后他又进入莱比锡大学。1775 年，他从莱比锡大学毕业，被任命为弗赖堡矿业学院采矿与矿物讲座

的主持人,当时他年仅 25 岁。他在这个岗位上勤奋工作了四十年。他平易近人,经常带学生作野外地质考察,志趣终生不衰,为后人称道。魏纳 1817 年逝世,终身未婚。

魏纳是位才华横溢、循循善诱的演说家、教育家。他主持的讲座,风靡全球,名扬遐尔,使弗赖堡成为地质界的“麦加”圣地。魏纳演说从来不用手稿,口若悬河,妙语连珠,赋予地质学这门古老知识以夺目光彩,唤起年青人的美好理想,终于造就了欧洲一大批地质人材,把地质学奠定于坚实的大地之上。法国著名地质学家居维叶 1817 年在《魏纳悼词》中这样写道:

“魏纳的思想,富于创造性,同时对于各种学识都非常丰富。他把一切的事物和他所爱的科学结合在一起;他可以在他散漫性的演讲中,指出矿物的各种经济用途,和在医药上的应用;岩石的矿物成分对土壤的影响以及土壤对资源、财富和人类文明的影响。他会这样说,鞑靼和非洲的广大沙质平原,使那里的居民保持着游牧生活;花岗岩山脉以及石灰质和冲积土的平原,产生各种形式和程度的财富和智慧。甚至于语言的历史和部落的迁移,也决定于个别地层的方向。用于建筑的某种岩石特性,可以引起他滔滔不绝地谈论各时代和各民族的建筑学;而一个地方的地形,常引起他讨论战术问题。动人的风度和雄辩的口才,在他的门徒的思想中,燃起了无限的热情;许多原来只打算略微学习一点矿物学知识的人,一旦听了他的演讲,竟至把矿物学作为他们的终身事业。以前在欧洲不享盛名的小矿业学校,在几年之内,竟变成了一个规模的大大学;而在科学界已经有了声望的人物,也学习了德文,从很远

的地方来听地质大师的演讲”

这段文字形象地、准确地描绘了这位地质大师的风貌，道出了青年人倾倒于魏纳的真谛。地质学是青年人的科学。在魏纳时代，地质学刚刚从矿物学的胚胎中独立出来，它所讨论的知识领域，还是一片待开垦的处女地，魏纳用自身的灼热感情，燃烧起青年人胸中的火焰，把地质教育推向了时代高峰，为莘莘学子指出了生活的道路。

1777年，魏纳根据厄兹山区的考察资料，把岩层划分为四种基本类型，并认为这个岩层序列也是地壳的发展历史。魏纳所划分的四类岩层从下到上（从老到新）依次为：

(4) 冲积层：砾石、沙子、粘土。含大量化石。机械沉积。

(3) 成层岩层：石灰岩、砂岩、凝灰岩、石膏、岩盐、煤。含大量化石，有机生命种类增多。主要是机械沉积，也有化学沉积。

(2) 过渡层：结晶片岩，粘板岩等。含最早的生物化石。化学沉积为主。

(1) 原始层：花岗岩、片麻岩、云母片岩、玄武岩、蛇纹岩等。在原始海洋中由化学沉积而成。不含化石。

魏纳在这里实际上已系统地提出了“水成论”的思想。他认为组成地层的岩石是逐渐形成的，地层的层序反映了岩石形成的年代顺序，这在原则上是正确的。关于岩石的成因，他认为一切地层都是世界洪水期沉积而成，水是地壳形成与变化的唯一动力因素，地下火的作用是次要的、局部的，火山则是地下煤层与硫磺燃烧的结果，这一观点却具有很大的片面性。

岩石果真是全部在水中沉积而形成的吗？

“水成论”认为结晶很好的原始层的岩石是在原始海洋中由化学沉积而成,那么原始海洋真的存在吗?用什么方法证明原始海洋的存在?原始海洋的大量海水后来跑到什么地方去了?这些问题水成论者都无法回答,因为原始海洋本身就是臆想的。况且,魏纳所划分的原始层也并不一定是形成最老的岩石。特别是“水成论”说火山作用不重要,甚至把典型的火成岩——玄武岩说成是水成成因,这就实在不能令人心服了。所以,继“水成论”之后,十八世纪后期出现了“火成论”学派,于是,“水成论”和“火成论”两者之间展开了激烈的学术论战。

“火成论”的挑战

反对水成论的地质学派,向来称为“火成论”。这不完全正确,因为火成论并不认为火是地质变化的唯一动力因素,而是认为水与火都起作用。由于历史上习惯于叫“水火之争”,而且“火成论”也有鲜明的针对性。

“火成论”的发祥地在苏格兰的爱丁堡。这个学派的领袖人物是郝屯。

郝屯(J. Hutton, 1726—1797)是苏格兰人。他学过医,但从不行医,却埋头钻进地质研究方面。以他为首的火成学派认为,象花岗岩等结晶岩石,是高温的熔融物质冷却凝结成的,地球内部就是熔融的岩石。由于组成花岗岩的主要矿物石英等矿物不溶于水,显然不可能从水溶液中结晶出来的。火成论者还指出,在有的玄武岩分布地区,可以追索出原来的火山

口。

郝屯

1785 年,郝屯在格仑·提尔特发现石灰岩被红色花岗岩岩脉所穿插,在接触处,石灰岩有烧灼和烘烤现象。这就无可争辩地证明,花岗岩原是一种高温熔融的岩浆。由于找到了

火成论的有力证据,这位平时态度温和的学者,也禁不住激动、狂欢,响导还以为他在面前的矿脉中发现了黄金或白银呢!

郝屯于 1785 年在爱丁堡哲学学会发表第一篇论文,这就是最初的《地球学说》,提出“火成论”观点,此后他六次到野外去搜集材料,补充论证自己的观点。1795 年,郝屯重新发表《地球学说》,震动了地质界,这时他已年近七十。古稀成名,大器晚成。

郝屯学说是在驳论“水成论”时阐述的。郝屯认为地球内部的热能是最根本的动力,地球就是一部热机器。他引用采矿经验,指出地球深处热量远远超过地表热量,火山喷发的灼热岩浆也是例证。他强调地内热是使岩石变形的主要动力,并且在形成结晶岩石时起决定作用。他从花岗岩表现为不成层的结晶物质,推断它是火成岩;再从花岗岩脉切穿沉积岩层,说明花岗岩是融熔物质侵入形成。关于原始岩层的看法,郝屯用事实证明,魏纳所谓的原始岩层并不一定是最古老的。他还科学的推论:凡沉积岩层总是由已经存在的岩石破碎、搬运、沉积而成,所以最古老的沉积层之先必有更古老岩层。由此可见,在这个问题上“火成论”比“水成论”更富有哲理性和科学性。

“水成论”与“火成论”这两大学派确实是水火不相容,斗争非常激烈。据称,有一次在苏格兰一个小山上,水火两派为岩层成因争论起来,双方都动了肝火,由争论到谩骂,由谩骂到动武,拳打脚踢,斯文扫地。但水火之争有其积极作用。争论双方为支持各自的主张,都勉力到野外去搜集资料,这对推

动地质研究是非常有益的。

但是,随着时间的推移,有利于“火成论”的事实越来越多,“水成论”的许多忠实信徒也不得不改信“火成论”了。当时,英国剑桥大学的一位精明强干的地质学教授塞奇威克,曾经醉心于水成学派,甚至说准备做魏纳的一名奴隶。但他经过周游欧洲大陆的考察之后,在 1829 年宣称,结晶岩层不是象魏纳所说的是在水中结晶的,而是熔融岩浆凝结而成。所以,随着人们了解到更多的地质现象,到 19 世纪初。“水成论”观点逐渐被扬弃,“火成论”取得了胜利。

地壳中的三大类岩石

“水成论”与“火成论”之争大大推进了人们对岩石的认识。其实水成的岩石和火成的岩石都存在。现在,我们把岩浆冷凝而成的岩石,叫做火成岩或岩浆岩;把泥砂等风化物质,在地表(主要是在海洋、湖泊、河流等水域中)日积月累地沉积下来,逐渐压实、固结而成的岩石,叫做水成岩或沉积岩。花岗岩、玄武岩等属于火成岩;砂岩、页岩、泥岩、石灰岩等都是沉积岩。还有一类岩石,叫做变质岩,它是已经形成的沉积岩和岩浆岩在高温、高压等地质因素作用下,改变了原来的面貌,形成的一种新的岩石,例如,由石灰岩变成大理岩,由花岗岩变成片麻岩等。这大理岩和片麻岩就属于变质岩。地球上的岩石千变万化,归结起来,不外乎岩浆岩、沉积岩、变质岩这三大类。

(1) 岩浆岩

对地下有“火”，古人早有认识。“地有火，明于内，暗于外”。随着科学的发展，使人们愈来愈认识到，地球内部并不存在熊熊的“地下火”，而是存在着炽热的岩浆，这些岩浆的形成和发展演化，反映了地球内部物质复杂的物理、化学作用过程，是地球内能的表现之一。它的直接见证就是火山活动。

根据火山的喷发以及岩浆在地下或地表凝结的岩浆岩特征来分析，形成火成岩的岩浆的成分是十分复杂的。岩浆是一种炽热而富含挥发分的具有粘性的硅酸盐熔融体。它的主要成分是二氧化硅，其含量一般在 45% 至 75% 之间，并与一些金属元素组成各种硅酸盐，常含有大量的挥发成分，主要为过热的 H_2O 、 CO_2 、 CO 、 N_2 、 Cl 等，岩浆的温度通常在 800—1000℃，但岩浆喷出地表后因强烈氧化和放热效应，其温度常较内部温度更高。

一般认为岩浆发源于上地幔上部，或地壳的深部，据地表深度一般为几十公里。岩浆在地下处于高温高压的状态，因此，它在地下深处，很可能是一种粘度极高，过热的潜柔体。它在地壳中所处的环境是平衡的，一旦由于某种原因，例如，岩石中出现裂缝，局部地区压力降低，使岩浆所处的平衡关系受到破坏时，过热的岩浆就会变成液体，沿地壳的软弱带而贯入到地壳中，或直接溢出地面。岩浆到达新的位置后冷却下来就形成了岩浆岩。

岩浆岩按形成的环境有两种类型：岩浆喷出地表后冷凝形成的岩石称为喷出岩或火山岩；岩浆在地表以下冷凝形成

的岩石称为侵入岩。岩浆岩的物质成分主要是各种硅酸盐,如果以岩浆岩中 SiO_2 化学组分的百分含量来划分的话,则岩浆岩可分为四大类:超基性岩($\text{SiO}_2 < 45\%$)、基性岩(SiO_2 为 $45\% - 52\%$ 之间)、中性岩(SiO_2 为 $52\% - 66\%$ 之间)和酸性岩($\text{SiO}_2 > 66\%$)。

岩浆岩的矿物成分主要包括橄榄石、辉石、角闪石、黑云母、斜长石、钾长石、石英七种。岩浆岩的结构随岩浆岩的形成环境不同有一定的变化。在地表以下冷凝形成侵入岩时,由于岩浆冷却速度慢、挥发性组分逸散慢,使得结晶时间长,因而形成的矿物颗粒一般比较粗大;而岩浆喷出地表形成火山岩时,因岩浆迅速冷却、挥发性组分大量逸走,岩浆结晶时间短,大部分岩浆来不及结晶而成为玻璃质,即便已结晶的矿物,其颗粒也很细小;如果矿物结晶的颗粒有大有小,大的矿物颗粒点缀地分布在细小的或未结晶的矿物之中时,称之为斑状结构,斑状结构中的细小部分被称为基质,斑状结构中的大颗粒常被称为斑晶。由于岩浆岩是由岩浆冷凝形成的,因此它不成层,通常为块状构造;在喷出的火山岩中,由于挥发性气体的快速、大量的逸出,常在岩石中留下一些孔洞,称为气孔构造;如果这些气孔被后来的物质充填以后,则称为杏仁构造。

岩浆岩在地表的分布面积约占 20% 左右,但地下深处有增加的趋势,从体积上看估计占地壳的 $30 - 40\%$ 。地壳中最常见、分布最广的岩浆岩是花岗岩、玄武岩和安山岩。

玄武岩

玄武岩为典型的基性火山喷出岩,在地表分布最广,在所有喷出岩中居首位。玄武岩的颜色多呈黑、黑灰或暗褐色,风化后常呈黄褐色或灰绿色。从成分上看,玄武岩的 SiO_2 化学组分偏低,为 45%—52% 之间,组成玄武岩的矿物成分主要是辉石和斜长石,含少量橄榄石、角闪石,基本上不含石英。通常呈隐晶质、玻璃质或斑状结构,有时呈极细粒结构;具有块状构造、气孔构造和杏仁构造。由于玄武岩的岩浆粘度小,流动性大,大量溢出地表时,就可形成规模巨大的熔岩流、熔岩被及熔岩台地。

安山岩

安山岩是中性喷出岩的代表岩石。分布之广仅次于玄武岩。安山岩多为灰、灰绿、浅紫或紫红色。安山岩含的 SiO_2 化学组分中等,为 52%—66% 之间,矿物成分主要是角闪石和斜长石及少量辉石、黑云母和石英。安山岩常具有斑状结构,基质常为肉眼看不见的隐晶质矿物;斑晶主要为斜长石,有时见有普通角闪石或少量黑云母及辉石;它的构造主要为块状构造、气孔构造和杏仁构造。安山岩常以块状熔岩流或火山链、火山锥等形式产出。

花岗岩

花岗岩是地壳中分布最广的酸性侵入岩。在我国这类侵入岩所占面积相当于所有侵入岩面积的 80% 以上。花岗岩的 SiO_2 化学组分含量较高, 大于 66%, 主要矿物是钾长石、斜长石和石英; 特别是石英含量大于 20%, 是一个重要的鉴定标志; 此外, 常含有少量的黑云母、普通角闪石等矿物。此类岩石因浅色的长石占绝对优势, 故通常为肉红色或灰白色, 略具黑色斑点。花岗岩一般具有等粒结构。根据晶粒大小又可以分为粗粒(颗粒直径 $> 5\text{mm}$)、中粒(颗粒直径为 $1 - 5\text{mm}$) 和细粒花岗岩(颗粒直径为 $0.1 - 1\text{mm}$)。花岗岩为块状构造。多以大规模的岩体产出, 出露面积从数平方公里到数万平方公里。

(2) 沉积岩

沉积岩是在地表或近地表的条件下, 由母岩(岩浆岩、变质岩和早先形成的沉积岩)风化、剥蚀的产物, 经搬运、沉积和硬结成岩而形成的岩石。

早先形成的母岩, 在地表时由于气温、大气、水及生物的天长日久的作用, 逐渐发生破坏和分解, 使坚硬的岩石变松散, 这种作用在地质上称为风化作用。同时, 地面的河流、冰川、以及湖泊和海洋中的波浪等, 在其运动过程中, 也对地表岩石产生破坏作用, 并把破碎或分解了的产物剥离原地, 这种作用在地质上称为剥蚀作用。风化、剥蚀的松散物质或者是分

解的矿物溶液,可以被流水、风等介质带到地表的低洼地方(湖泊、海洋等)沉积下来。日积月累就可以形成厚厚的沉积层,沉积层的厚度不断增加,压力增大,温度升高,在长时间里逐渐脱水胶结,就形成坚硬的岩石。这种岩石便是沉积岩。

沉积岩绝大部分是在水介质中沉积形成的,但也有少数是在空气介质中沉积形成的(如风积岩等)。组成沉积岩的物质成分主要为:岩屑、矿物、有机质及胶结物。由于组成沉积岩颗粒往往经历了破碎和磨损,因而常形成碎屑结构;而且沉积岩中常包含有大量生物遗骸或化石,形成生物结构。沉积岩主要是在水中沉积下来的,沉积时层层相叠,所以沉积岩看上去常呈层状,这种现象称为层理构造,它是鉴别沉积岩的最显著标志。沉积岩在地表分布广泛,约占地表面积的 70%,但其主要集中于地壳表层,全球的平均厚度约 1.8km,估计占地壳体积的 10%左右。沉积岩中最常见、分布最广的是页岩、砂岩和石灰岩。

砂岩

砂岩是由 2—0.05 毫米的碎屑(含量大于 50%)组成的岩石。砂岩的矿物成分大致可分三类:①各种岩石碎屑;②石英、长石和重矿物;③白云母及粘土矿物。通常以石英颗粒为主。砂岩的化学成分决定于碎屑成分及胶结物成分。砂岩的 SiO_2 含量平均达 78.3%。凡含有 90%以上的石英碎屑颗粒的砂岩,称石英砂岩;如果碎屑中石英含量小于 75%,长石含量在 25%以上,则称为长石砂岩;如果石英含量小于 75%,长

石含量小于 10%，岩石碎屑含量在 25% 以上，矿物成分比较复杂，则称为岩屑杂砂岩。

页岩

页岩是地球表面分布最广的一种岩石。它主要由粘土矿物组成，其特点是具有平行的、可分裂的薄层状层理构造，称页理。页理是鳞片状的粘土矿物在压紧过程中平行排列而成的，页岩中常含有石英、长石、云母等矿物的细小碎屑。页岩致密，硬度低，不透水，表面光泽暗淡。页岩的颜色不一，含有机质的呈灰黑或黑色，含高价氧化铁的呈褐红、棕红等色，含氧化锰的呈黑、黑棕色（易染手），含绿泥石等则为绿色。产煤层的页岩往往含碳质较高，称碳质页岩。含 CaCO_3 (10—30%) 和 SiO_2 (85% 以上) 者分别称钙质页岩和硅质页岩。此外，还有混入一定砂质成分者，称砂质页岩。页岩抵抗风化能力弱，所以在地形上往往成为低山低谷。页岩不透水，往往成为不透水层或隔水层。

石灰岩

石灰岩是极为常见的一种碳酸盐岩，也是地球表面分布十分广泛的一种岩石，在我国石灰岩到处可见，占我国沉积岩分布区的 50% 以上。大量的石灰岩主要形成于浅海中，由海水中的 CaCO_3 、 MgCO_3 等碳酸盐凝结沉淀形成。石灰岩主要由 50% 以上的方解石组成。较纯的石灰岩一般为灰、灰白色，

含有有机质及其它杂质时,颜色较深,呈灰黑、褐红以至黑色。石灰岩中粘土类矿物成分含量增至 25%—50%时,则称为泥灰岩。除含硅质者外,石灰岩的硬度不大。石灰岩能与稀盐酸发生剧烈反应,放出 CO_2 。较纯的石灰岩可以用于烧石灰和作为制造水泥的原料,还可以作为冶金熔剂及化工原料等。

(3) 变质岩

岩石在它们形成时,总是与它们当时的物理、化学条件之间处于平衡或稳定状态,但是这种平衡状态是相对的和暂时的,一旦它们所处的物理、化学条件发生变化,原有的平衡就会遭到破坏,原来的岩石被改造成为在新的环境中稳定的岩石,这种新的岩石就是变质岩。例如,在地表浅海环境中形成的石灰岩,如果处于地下较高温的条件下,它将会转变成为大理岩。

引起原来的岩石发生变质的主要因素是温度、压力及化学活动性流体。

温度往往是引起岩石变质的主导因素,它可以提供岩石变质所需要的能量,促使一系列的化学反应和结晶作用得以进行。导致岩石温度升高的主要原因主要有:岩浆的侵入使它周围岩石的温度升高;地壳浅部的岩石进入更深部时,由于地内热量使原岩的温度升高;由深部热流上升所带来的热量使岩石的温度升高等等。

压力也是引起岩石变质的重要因素,导致岩石压力增高的主要原因是:地壳浅部的岩石被带到深部时,由于上覆岩石

的重量引起的压力和由于地壳运动给岩石施加的压力。压力可以使岩石中矿物的结构发生变化,形成密度大、体积小的新矿物;同时还可以使矿物发生定向排列,形成新的岩石构造。

化学活动性流体是指岩石在变质过程中存在于岩石孔隙中的一种具有很大的挥发性和活动性的流体。这种流体的组分以 H_2O 和 CO_2 为主,并含有多种其它易挥发物质及其溶解的矿物成分。化学活动性流体可以促使矿物组分的溶解和迁移,引起原岩物质成分的变化,而且,还参与和促进了各种化学反应的进行。正是这几种因素互相配合,共同改造了原来的岩石,而形成了新的变质岩。

变质岩一般形成于地下深处。变质岩的矿物以长石、石英、云母、角闪石、方解石、辉石等含量高、分布广,特别是变质岩中常出现某些只在变质岩中出现的矿物,这类矿物称变质矿物,如石榴子石、红柱石、滑石、蛇纹石、石墨等,这些矿物是鉴别变质岩的有力标志。变质岩中的矿物是通过变质作用而重新结晶的,故一般称为变晶结构;这些矿物常定向排列构成定向性构造,如片状构造、片麻状构造等,这种定向构造也是鉴别变质岩的良好标志。变质岩在地表分布面积较小,约占10%。地表的这些变质岩一般是由地下深处升起并经剥蚀而出露的,变质岩在地下深处分布广泛。地壳中含量多、分布广的变质岩主要有片岩、片麻岩及大理岩等。

片岩

片岩主要由各种片状或柱状矿物,如云母、绿泥石、滑石、

石墨、角闪石以及粒状矿物石英、长石等组成,有时含石榴子石等。片岩具有鳞片状变晶结构和明显的片状构造,片状构造是由片状矿物平行定向排列所构成的薄层,岩石可以沿着片状构造很容易的裂开,这是鉴定片岩的主要标志。片岩主要是经受中级(部分低级)变质作用的产物,原岩比较复杂,可以是各种火山岩,也可以是砂岩、泥质岩、页岩等沉积岩。

片麻岩

片麻岩以具有明显的片麻状构造为主要标志。所谓片麻状构造,是指岩石中片状矿物、柱状矿物和粒状矿物(主要是石英和长石)相间平行排列所构成的一种不连续的定向构造,岩石不易沿片麻状方向裂开成平整的面。片麻岩的晶粒较粗,多为中、粗粒鳞片状、粒状变晶结构。主要矿物成分有长石、石英(以上二者大于50%)、云母及角闪石等。此外,还常有少量的石榴子石、石墨等典型变质矿物。片麻岩中的长石以斜长石为主,钾长石不太发育。

片麻岩和片岩除各具不同构造外,所含矿物成分也不完全相同。如片麻岩中含长石,而片岩中则含长石较少;如片麻岩中长石减少,石英增加,则过渡为片岩。

片麻岩分布很广,可以大面积出露。形成片麻岩的温度、压力范围也很宽,但主要是中级至高级变质作用的产物。原岩为粘土岩、粉砂岩、砂岩和各种中、酸性的岩浆岩等。片麻岩可作建筑及铺路材料,但易沿片麻理方向裂开,坚固性较差。

大理岩

大理岩是由碳酸盐类岩石主要是石灰岩经过重结晶作用变质而成。它具有等粒状的变晶结构,呈白、浅灰、浅红、浅蓝等各种颜色。如果石灰岩中含有各种杂质,重结晶后可以产生若干新矿物,而使其具有各种色彩。如含有机质可以形成石墨大理岩;含硅质可以形成硅灰石大理岩;含镁质可以形成蛇纹石大理岩等。大理岩色泽美观,硬度为 3—3.5,加工容易,是优质的装饰石材。纯白而致密的大理岩习称汉白玉,除用于建筑外,还可供艺术雕刻之用,北京房山周口店是有名的产地。我国云南大理盛产这种岩石,大理岩名称来源于此。

(4)三大类岩石的演变

三大类岩石形成的环境和过程是不同的,沉积岩是在地表环境下经沉积作用所形成;变质岩是在地下环境中经高温、高压等作用所形成;而岩浆岩是由形成于地下深处的岩浆经运移、冷凝后形成。但岩石形成后,由于其所处的环境及经受的各种作用发生变化,岩石随之发生改造,可以转变成其它类型的岩石。

出露于地表的岩浆岩、变质岩及沉积岩,在水、冰、大气等各种动力的作用下,经风化、剥蚀、搬运、沉积及成岩作用可以重新形成沉积岩。地壳表层形成的沉积岩经构造运动的作用可卷入或埋藏到地下深处,经高温、高压等作用可形成变质

岩;当受到高温作用以至熔融时,可转变成岩浆岩。地壳深处的变质岩及岩浆岩,经构造运动的抬升与水、大气等各种外力作用的风化与剥蚀,又可上升并出露于地表,进入形成沉积岩的阶段。因此,三大类岩石是可以相互不断转化的。

岩石是地球历史的见证人

岩石是地质历史演化的产物,也是地质历史的记录者,无论是生物演变历史、构造运动历史、古地理变迁历史等都会在岩石中打下自己的烙印。

1、地球的年龄到底有多大?

我们知道,地球自形成以来已经历了漫长的岁月,那么,地球的年龄到底有多大呢?从古以来人们无时不在探求这个问题的答案。我国古代的“盘古开天地”、“女娲补天”的传说,似乎也反映了古代人们对这一问题的关心与遐想,他们相信地球形成的初期是一片“混沌”状态,这一点似乎与现代科学研究的结论不谋而合,但是他们对那个遥远的年代只能猜测为“很早,很早以前”,得不出具体的量的概念。其实,对于这个问题的答案,我们应该请教“岩石”这位老人。现代地质科学从岩石入手,已经获得了地球年龄的满意答案。

地球表面分布着各种各样的岩石,他们都是在地球的发展演化过程中逐渐形成的,即是说地球在不同的发展阶段都形成了相应的岩石记录。因此,岩石的年龄就代表了地球在形成该岩石时的年代;而地球在形成初期所形成的最古老的岩

石的年龄就应是地球的年龄。

那么,我们怎么能知道岩石的年龄有多大呢?目前,我们测定岩石年龄的方法主要是放射性同位素测定法。这种方法主要是利用放射性同位素的蜕变规律。

什么是放射性同位素呢?首先我们来了解一下放射性元素,大家一定听说过居里夫人(1867—1934年)发现镭的故事吧,镭就是一种放射性元素,放射性元素具有这样一种性质:它在自然界中能自动地放射出 α (粒子)、 β (电子)或 γ (电磁辐射量子)射线,而蜕变成另一种新元素。至于同位素,是指同一种元素的不同原子,它们的化学性质相同,原子量却不一样,例如碳元素的C和 C^{14} ,普通的C原子的原子量是12,但 C^{14} 的原子量是14, C^{14} 就是碳的一种同位素。通常,普通的元素并没有放射性,而它们的一些同位素却常常具有放射性。因此,这种具有放射性的同位素就叫放射性同位素。如 C^{14} 就是一种放射性同位素。

各种放射性元素都有自己恒定的蜕变速度。同位素的衰变速度通常是用半衰期表示的。所谓半衰期,是指母体元素的原子数蜕变一半所需要的时间。例如,镭的半衰期为1622年,如果开始有10克镭,经过1622年后就只剩下5克;再经过1622年仅只有2.5克,……等等,依此类推。因此,自然界的矿物和岩石一经形成,其中所含有的放射性同位素就开始以恒定的速度蜕变,这就象天然的时钟一样,记录着它们自身形成的年龄。当知道了某一放射元素的蜕变速度(即半衰期)后,那么含有这一元素的矿物或岩石自形成以来所经历的时间,就可根据这种矿物或岩石中所剩下的放射性元素(母体同位素)

的总量和蜕变产物(子体同位素)的总量的比例计算出来。这样就得到了矿物或岩石形成的年龄。

自然界放射性同位素种类很多,能够用来测定岩石年龄的必须具备以下条件:

1). 具有较长的半衰期,那些在几年或几十年内就蜕变殆尽的同位素是不能使用的;

2). 该同位素在岩石中有足够的含量,可以分离出来并加以测定;

3). 其子体同位素易于富集并保存下来。

同位素测年技术为解决地球或地壳的形成年龄带来了希望。首先,人们着手于对地球表面最古老的岩石进行了年龄测定,获得了地球形成年龄的最小值约为 40 亿年左右,如南美洲圭亚那的古老角闪岩的年龄为 41.30 ± 1.7 亿年格陵兰的古老片麻岩的年龄为 36—40 亿年、非洲阿扎尼亚的片麻岩的年龄为 38.7 ± 1.1 亿年等等,这些都说明地球的真正年龄应在 40 亿年以上。这里我们为什么把 40 亿年称为最小值呢?这是因为迄今为止我们所能找到的最古老的岩石,实际上并不是地球最初期所形成的岩石,由于岩石是在不断的消亡和形成的,地球在“混沌”时期形成的最原始的岩石也许我们没有找到,也许它已彻底地破坏和消亡了,我们根本就找不到。所以说从已知的古老岩石获得的年龄是地球的最低年龄。

后来,人们通过对地球上所发现的各种陨石的年龄测定,惊奇地发现各种陨石,无论是石陨石还是铁陨石,无论它们是什么时候落到地球上的,它们都具有相同的年龄,大致在 46 亿年左右。这些陨石都来自太阳系内的一些小行星或其它天

体,从太阳系内天体形成的统一性考虑,可以认为地球的年龄应与陨石相同。最后,取自月球表面的岩石的年龄测定,又进一步为地球的年龄提供了佐证,月球上岩石的年龄值一般为31—46亿年。综上所述,现在一般认为地球的形成年龄约为46亿年。

2、地球历史的“史记”——地层

地球的历史是漫长的,其时间尺度常以百万年为单位,这一点与我们经常所说的人类历史是不同的,因此地质学上通常称之为地质历史。

地球从形成以来不断发生着演变,在它演变的不同阶段都有相应的岩石形成,因此,岩石记录了地球演变的历史。在地质历史上形成的层状岩石称为地层,它主要包括沉积岩、火山岩及由它们经受一定变质的浅变质岩。在不同的地质历史时期都形成了各自相应的地层,所以地层有老有新,具有时间的概念,新老不同的地层实际上构成了记载地球历史演变的一本“巨著”。如果我们撇开地层的时间概念时,这种层状岩石被统称为岩层。

为了弄清一个地区、一个国家、乃至全球的地质历史演变过程,我们首先必须把不同的地质历史时期所形成的地层进行认真的整理,建立一个从老到新的完整的地层层序,这项工作通常称为地层的划分与对比。

层状岩石最初一般是以逐层堆积或沉积的方式形成的,所以,地层形成时的原始产状一般是水平的或近于水平的,并且总是先形成的老地层在下面,后形成的新地层在上面,这种“下老上新”的正常地层叠置关系称为地层层序律。它是确定

同一地区地层相对地质年代早晚的基本方法。

地层层序律只能确定同一地区相互叠置在一起的地层的新老关系,要对比不同地区的地层之间的新老关系时就显得无能为力了,这时,地质学上常常利用保存在地层中的生物化石来确定。这是因为不同时代的地层中具有不同的古生物化石组合,相同时代的地层中具有相同或相似的古生物化石组合;古生物化石组合的形态、结构愈简单,则地层的时代愈老,反之则愈新。这就是化石层序律。利用化石层序律,不仅可以确定地层的先后顺序,而且还可以确定地层形成的大致时代(关于化石的有关知识可以参阅本书后面的有关章节)。

此外,地质学家还常常根据岩层的特征来对比和判断地层的新老关系。比如海洋的沉积,可以在一个相当大的范围里形成具有相同特征的岩石,而在各个不同的年代,由于地质条件和地理气候等环境条件的不同,沉积物的特征也不相同。如果其中某个地区以后地壳的变动不大,岩层破坏较弱,就比较容易确立岩层的新老关系。一旦这个地区的岩层关系确立之后,附近地区的岩层关系就能用对比的方法来确定,就是说,凡是沉积岩层特征相同的地层就有可能是属于同一年代的。

通过地层的划分和对比建立了完整的地层层序之后,接着的任务就是认真地阅读地层这部巨著了。

地层记录了地质历史时期古地理与古气候的演变历史,给我们展示了一幅海陆变迁、沧海桑田的动人画卷。由于沉积岩地层往往是在一定的地表沉积环境(如浅海、滨海、湖泊、河流等)中形成的,不同的沉积环境形成了不同的岩石特征;反过来,不同岩石特征的地层,往往代表了不同的沉积环境。沉

积环境可简单地分为两类：海洋环境与大陆环境。海洋环境中又有深海、半深海、浅海、滨海等环境；大陆环境中又有湖、沼、河流、冰川等环境。例如，在浅海环境中常形成大量的石灰岩，在滨海环境中可形成纯净的石英砂岩，在湖沼环境中可形成大量的煤层，在河流环境中常形成一些磨圆较好的砾岩，在冰川环境中形成角砾岩等等。所以，根据地层中的岩石特征，可以推测当时的古地理与古气候。

以我国的华北地区为例，近六亿年来的地层记录清楚地反映了一部海陆变迁的历史。在大约 4.5—6 亿年前，华北地区主要为一片蓝色的浅海，沉积了大量的石灰岩，并且海水动荡，生物繁茂；此后华北地区大部分升出海面成为陆地，在长达 1 亿多年的时间里，在陆上遭受风化剥蚀，缺失岩石记录；直到 3 亿多年前，华北地区又重新遭受海水的侵漫，成为滨海、近海湖沼的环境，形成了一些砂岩、页岩并夹有煤层和石灰岩层；后来又演变为大陆内部的大型湖泊和河流的环境，沉积了一些砾岩、砂岩、页岩和煤层；约在 1—2 亿年前，华北地区发生了广泛的火山喷发和岩浆侵入作用，形成了大量的火山岩和花岗岩；继而又演变为陆地，很少有沉积地层；约在 60—70 百万年以前，该区又出现了一些星罗棋布的湖盆，后来又扩大、连通为大型的湖盆，沉积了很厚的泥岩、砂岩，该区现今开采的丰富的石油都是产在这一地层中；在最近 5 百万年以来，湖盆逐渐被砂岩、砾岩填满，成为今天的华北平原。

地层也记录了地壳运动的历史。一个地区沉积环境或岩石特征的剧烈变化与地壳运动存在着千丝万缕的联系。例如，一个地区从早期的浅海沉积，逐渐转变为滨海沉积，此后又转

变为陆上河流沉积时,说明了这个地区的地壳是逐渐上升、海水逐渐退出的;相反,如果一个地区从早期的陆上河流、湖沼沉积,逐渐变为滨海、浅海、甚至深海沉积时,则说明了这个地区的地壳是逐渐下降、海水逐渐浸入并加深的。强烈的地壳运动,还使岩石发生了变形。水平的岩层可变成弯曲的褶皱,连续的岩层可被断开或错动,完整的岩体可以被破碎等等。反过来岩石变形又记录了地壳运动的特征,根据岩石变形的特点,可以分析地壳运动的性质、强度及时代等。

岩石是组成地球的物质,也是地球发展过程中的产物,是整个地球,甚至宇宙间星体发展演化的记录者,研究岩石可以了解地球发展演化的历史,促进我们对宇宙奥秘的认识。不仅如此,岩石还是我们生命赖以生存的基础,是人类生产和发展的巨大的资源宝库。我们耕种的土地,是岩石风化、破碎的产物,或者说是尚未固结的岩石;我们必须的能源资源,如煤、石油和天然气等,也都是蕴藏在岩石之中;工农业生产和发展所需要的大量的金属和非金属矿产,也都取自于岩石;岩石还是广泛的建筑原材料。而且,人类要改造大自然、与大自然作斗争也都离不开岩石,如道路建设、地下建筑、水利水电建设等都是和岩石息息相关的。所以,了解岩石一方面能丰富我们的自然知识,另一方面也能直接为我们的生产和生活服务。

十、化石

化石的含义与类型

“化石”一词来自拉丁文，原意是指地下挖出的东西，因此最初把地下挖出的各种岩石和矿物以及动植物的遗体都称为“化石”。后来“化石”一词就只限于岩石中那些石化了的动植物遗体或遗迹使用的术语了。

我国最早在公元四世纪就有关于化石的记载，南北朝科学家郦道元所著《水经注》中记述：“湘乡县历石鱼山下多玄石，山高八十余丈、广十里，石色黑而理若云母，开发一重，辄有鱼形鳞鳍首尾宛若刻画，长数寸，鱼形备足，烧之作鱼膏腥，因以名之”。这是我国关于鱼化石的最早记载。

意大利艺术家达·芬奇(1452—1519)早年曾领导开凿运河工程，对化石进行了细致观察和研究。他认为现今内陆或高山上发现的海生贝壳化石，是原先生长在海水中的生物，后来埋藏在泥沙中而形成，并由此推测海陆变迁历史。他还明确指出，地球是一本书，这本书早于文字记载，科学的任务就是辨读地球自身的历史痕迹。

化石里最主要的一类是由生物的遗体形成的化石，叫遗

体化石。它保存了生物体原有的形状和结构。一般保存下来的多是生物体的硬质部分,如动物的骨骼、牙齿、介壳等,植物的茎干、花叶、种子等。但是也有在特殊条件下保存下来生物的整体,例如在西伯利亚的冻土层里曾发现不少猛犸象(图4—61),它们死后就象是装在一只天然的大冰箱里被冷藏起来,发掘出来的时候,皮毛完好,肉鲜可食,简直就象是刚刚死的。又如在琥珀里的昆虫,也常常翅足完整,栩栩如生。

图 4—61 猛犸(毛象)臼齿化石及复原像

动物的粪便,鱼卵,爬行类和鸟类的卵,原始人制造和使用的石器、烧骨、装饰品等,都是生物的遗物。由这种遗物形成的化石叫遗物化石。

动物的足迹,昆虫的爬痕,也可以形成化石。这一类化石叫遗迹化石。人们发现了许多恐龙脚印的化石。不久前报导,古人类学家在坦桑尼亚找到了二百六十万年前人类留在火山灰上的一批脚印。另外,生物皮肤和外壳形成的印痕,以及原

始人用火遗留下来的灰烬层,也都算遗迹化石。

化石的保存条件与形成过程

在历史上生活过的生物是不是都能变成化石呢?

不能。化石其实是在很偶然的机会里才会形成的。

在一般的情况下,生物死去以后,遗体就腐烂掉或者被风化了。要使生物遗体形成化石,必须防止外界的破坏和风化。这敬的环境条件。

这样的环境条件,最理想的就是在水里的沉积。除了水生生物外,陆生生物的遗体经过流水的搬运,也能落入水域,并且得到同时搬运来的泥沙的及时掩埋,形成了化石。所以化石常常和沉积岩的地层联系在一起。

除了沉积,也有另外一些条件可以形成化石。

一种是泥陷。这就是动物生前陷进了沼泽、湖边、河滩的松软泥沙里,不能自拔而被掩埋起来。

一种是封闭。我们前面提到过的琥珀里的昆虫化石就是这样形成的。它们生前被树胶包裹起来,后来随森林倒塌而埋入地下。森林变成了煤(煤其实也是化石,就是那些森林的化石),树胶变成了琥珀,昆虫就被严密地封锁在琥珀里,整个被保存下来。当煤被开采出来的时候,这些当年的小动物就成了绝妙的艺术品,而且有不小的科学价值。

一种是冷藏。我们前面提到过的西伯利亚冻土层里的猛犸象就是由冷藏得到保存而成为化石的。

一种是火山沉积。由于火山爆发,大量火山灰骤然下降,把火山附近的生物掩埋覆盖,形成了化石。

一种是洞穴堆积。洞穴是动物的天然住宅,原始人也曾经住在洞穴里。洞穴遇到地震或者其他原因,塌陷下来,就把生物埋在里边。还有在洪水爆发时期,大量泥沙涌进洞里,也会把洞穴里的生物遗体、遗物、遗迹掩埋起来。这样就会形成化石。有的洞穴堆积里的化石是和泥沙一起被带进洞穴里的。

图 4—62 生活在温暖、清洁浅海中的珊瑚

A. 现代珊瑚 B. 二亿多年前的珊瑚化石

有的化石是大量同时形成的。比如珊瑚(图 4—62),它们的生活条件十分苛刻;水温要在摄氏二十五度到二十九度,最低不能低于十八度;水深不能超过一百米,三十米左右最适宜;海水里含盐度也不能太高;而且光线要充足,海水要清澈。如果环境改变,珊瑚就会集体死亡,这样就会有大量的化石保

存下来。又比如前面提到过的古代森林,在环境发生巨变的时候,会整片倒坍被掩埋,形成了煤田,这里各种植物化石就很丰富。

但是更多的化石是零散的。

许多化石实际上并不是把原来生物遗骸里的有机物质都保存下来,而是经过了一种石化作用,变成了矿物。

石化作用是一个缓慢的过程,包括物理和化学两种过程。

所谓物理过程,主要是充填作用。如动物的骨骼、介壳等虽是硬体组织,也是极微小的孔隙。含在地下水里的矿物质就会在这些孔隙里沉淀和充填,形成了坚硬的化石。

所谓化学过程,主要是指生物遗骸里的有机物质被含在地下水里的矿物质所置换交替的作用,结果这些遗骸的形状依旧,但是成分变了。例如,硅化木是一种常见的植物化石,它是由植物的木质躯干部分,埋藏于地下,由于二氧化硅的交替石化作用,而成为硅化木,原有的形状,年轮及纤维组织都能完好地保存。另外,煤的形成是有机质的碳化过程,有机质分解变成了碳,却保留了原来植物的形态特征。

化石的石化程度因经过年代久暂而不同,年代越久,石化程度越高。

另外,也有不经过石化作用而保存下来的化石,就象前面所提的猛犸象和琥珀昆虫这一类由冷藏或封闭所形成的。

形形色色的化石

“叠层石”——古老的藻类

走进雄伟壮丽的北京人民大会堂,人们一定会看到四周墙壁和地面上铺砌着五光十色的天然大理石。在大理石上,有许多自然生成的花纹,其中有圆形的,有条形的,有的象树木的年轮,有的象水中的波纹。这许多自然的花纹是怎样形成的呢?

经过科学的观察和研究,终于揭开了这个秘密。原来这是一种原始的植物形成的化石,是七、八亿年前一种水生藻类的遗体。

起初,对于大理石上出现的自然花纹,人们只当做是一种岩石上的特殊结构,与生物无关。后来,由于科学的发展,人们在显微镜下仔细观察,竟发现了生物细胞的结构,它才被认出是一种古老的藻类化石。这类水藻,多是过着群体生活,在水中形成一层层重迭的圆形排列的生长方式,所以定名叫做“同心藻”。同心藻在水中具有吸收矿物质(钙)的能力,这些矿物质一层层沉积下来,在地层中长期得到保存就成为化石,这种化石被称为“叠层石”(图4—63)。叠层石在我国北京西山、东北、山西等地都有发现,它不仅为我们提供了一种坚固的建筑材料,而且还成为一种天然的“艺术品”。

图 4—63 叠层石

在山东省著名的泰山脚下,汶河岸旁有一个村镇叫做大汶口,这里出产一种“蝙蝠石”。在村镇附近出露的岩层里,特别是在经水冲刷的河床里,在灰、黄等色的岩石板上有一种浮起的花纹,它的形状有点象张开两翼的小蝙蝠,所以叫做“蝙蝠石”。当地人民很重视这一发现,不少人把整块的“蝙蝠石”镶了木框加以保护和珍藏。“蝙蝠石”也引起了科学工作者的注意,经过研究和鉴别,弄清它原来是一种叫做三叶虫的古老动物的化石(图 4—64)。根据地层资料推定,它在地下埋藏了五亿多年。

“蝙蝠石”与三叶虫

三叶虫在两亿年前就已绝灭了。根据化石可以知道,三叶虫是一种身体分节的虫类动物,它身体横分有头、胸、尾三部

分,纵分有中轴和对称的两个肋叶三部分,所以叫做三叶虫。三叶虫的背面生有硬壳,容易保存成化石,但完整个体的三叶

图 4—64 三叶虫化石

虫不易寻找,常见的是它们的头、尾和零散的胸节,出现在“蝙蝠石”上的蝙蝠形花纹只是三叶虫的尾部。三叶虫的遗体经常和典型海洋动物珊瑚在一起,说明它也是一种海洋动物。它们有的善于游泳;有的栖居海底;有的眼睛很小,掩藏在泥沙里生存。它们的形状大小不一,小的还不到一厘米,大的达到五十五厘米。在地层里已发现的三叶虫有千种以上,可见,远在五亿多年前的一片苍茫的海水里,它们种类繁多,兴盛一时,是当时海洋里一类重要的动物,所以在地球历史上就有一个三叶虫时代。

穿鳞甲的鱼

在云南昆明附近,有一个叫八街的地方,在红色的砂岩里,人们找到了许多带沟纹和麻点的甲片,偶而也能碰上较完整一些的个体,原来这是一种较原始鱼类叫做沟鳞鱼的化石(图 4—65)。

图 4—65 沟鳞鱼

沟鳞鱼生活在三亿多年前的河湖中,是一种绝灭了的古老鱼类。现在的鱼类多是流线型的身体,体内都有一条脊椎骨连接形成的脊柱,用以支撑身体。早期的原始鱼类这条内脊柱还没有形成或不完全,倒有一套坚硬的外骨甲,沟鳞鱼就是一例。沟鳞鱼的头、胸都有鳞甲,头甲上生有可以活动的下颚。

下颚的出现,是生物进化中的一次大飞跃。沟鳞鱼的外骨甲是由许多小骨片组成,上面有许多弯曲的细沟,它还没有真正的鳍,前肢也装有硬甲,不善游泳,有一对向上的眼睛,说明它可能栖居水底,或靠尾巴慢慢的游动,捕捉食物,并以体外的硬甲对付敌人的侵害。

三亿年前,是鱼类大发展的时期,这时水中的鱼类,种类已很繁多,非常兴盛,因此这一时期又有鱼类时代之称。

统治地球的“恐龙”

“恐龙”这一名称,是在 1842 年由英国学者理查德·欧文勋爵命名的,它是用来描述在 1—2 亿年前的岩层中发现的大型陆栖爬行类动物化石的,原意是“恐怖的蜥蜴”。恐龙这类古代的动物早已绝灭,现在人们只能依据化石来了解它们生存、生活的情况。恐龙化石在世界各地均有大量发现,在我国东北的黑龙江,东部的山东,西南的云南、西藏,沿海的广东,还有新疆的戈壁荒滩等地都有恐龙化石的产出。

图 4-66 A—禄丰龙 B—合川马门溪龙

云南的禄丰是一个产恐龙化石集中的地区,是世界上著名的一个恐龙墓地。1941年在禄丰紫红色的砂岩里发现了一条很完整的恐龙,它从头至尾约有五米长,体高二米多,后腿比前腿粗大,主要靠后腿走路,前肢的趾爪不太尖锐,牙齿也是扁扁的,这些说明它并不是凶猛的肉食类恐龙,而是以植物作为主要食物。我国科学家给它起了个名字叫做禄丰龙(图4—66—A)。

禄丰龙生存的年代约在二亿年前,是早期恐龙的代表。在禄丰发现的恐龙种类很多,其中的中国龙,牙齿锐利,弯如尖刀,显然代表了一种肉食类恐龙,但可惜还没有完整的个体发现。

我国四川,也是一个盛产恐龙化石的恐龙墓地。1952年,在宜宾地区修筑公路时,在一个叫马门溪的地方发现了许多恐龙骨化石,经过修整,虽不太完整,还能看出是一个整体,定名为建设马门溪龙。马门溪龙体躯庞大,头尾全长有十三米多,四肢粗壮,脊背高离地面有三米多,但脖子很长,抬起头来有两层楼那样高。它身体笨重,体重有几十吨,在湖边浅水中生活。马门溪龙生存的年代晚于禄丰龙,约在一亿多年前。那时可以说是恐龙最兴盛的时代,象建设马门溪龙那样大的个体也只能算做中等大小的恐龙。

1962年在四川的合川地区又发掘出一条完整的恐龙,它比建设马门溪龙还要大,叫做合川马门溪龙(图4—66—B)。合川龙全长有二十三米,头、尾细长,身体粗壮,四条腿象四根坚实的柱子。这四条腿支持着笨重的身体,很不灵活。人们推论它生活在浅水的湖边地带,那里植物繁茂、食物丰盛,并可

借助水的浮力自由行动。同时,在水中还可以躲避肉食类恐龙对它的攻击。

图 4—67 准噶尔翼龙

从各地发现的恐龙种类很多,形状大小不一,有二、三十米长的庞然大物,也有小如猫、狐一般的小型恐龙。如我国山东莱阳发现的鹦鹉嘴龙身长才有七十厘米左右。这里值得特别介绍一下的,是 1963 年在我国新疆首次发现的飞龙化石。

在新疆发现的飞龙,定名叫准噶尔翼龙(图 4—67),它和前面介绍的恐龙不同,属于古代的另一支爬行动物。准噶尔翼龙的前肢变成了飞行器官,前肢第四趾骨加长与腹侧有肉质薄膜相联,形成翅膀,从化石骨骼上看细小而中空,重量减轻,以适应飞行。它的眼睛很大,视力很好,两翼伸开长达二米,在广阔的内海和湖面上盘旋翱翔,捕食鱼类和其他动物。准噶尔

翼龙生活的时代约在一亿年前,这一发现说明,现今的戈壁荒滩,过去曾是植物繁盛、飞龙出没的碧波荡漾的湖区。

不仅有生活在陆地上、湖泊中、天空中的恐龙,也有生活在海洋中的恐龙。在我国西藏的喜马拉雅山地区,于海拔四千八百米的高山上发现了一种生活在海中的鱼龙化石,被称为喜马拉雅鱼龙(图 4—68),它们生存在大约二亿年前,由此可知现在喜马拉雅山一带当时还是一片汪洋大海。

图 4—68 喜马拉雅鱼龙

此外,在我国的内蒙、山东、江西、安徽等地还发现了大量的恐龙蛋化石,如 1964 年,在江西赣州发现的一窝恐龙蛋化石成层地排列着,共有二十四颗。

恐龙在生物发展史上,占有重要地位,它曾盛极一时,成为地球上的霸主,但后来全部绝灭了,没有延续生存到今天。从这一演变也可以明显地看出:“自然界也总是不断发展的”。恐龙之后,代替它们兴盛地位的是新生类型的哺乳动物。至于恐龙绝灭的原因,今天仍在探求答案,但总的来说是恐龙自身

不能适应外界环境变化的结果,譬如说,恐龙体表无毛,没有保温的能力,体温不能恒定,遇有寒冷的气候,几乎停止一切活动,进入“休眠”状态,正如今天的青蛙和蛇一样,其活动受到很大限制。再如恐龙是以生蛋方式繁殖后代,蛋的孵化成活不能象哺乳动物生下便是成形的胎儿那样有保障。还有一个原因,那就是庞大的恐龙对食物要求数量较大,如果外界环境发生变化,必然会威胁到它们的生存。

关于古代生存过的恐龙和神话传说中的“龙”是根本不相关的。科学上所说的恐龙,是经过化石证明是真实存在过的一类爬行动物,这类动物既不能兴风作雨,也不是什么神的化身,当环境发生变化不利它们生存的时候,便全部归于灭绝。它和其他动物一样,只能适应环境而生存,人们不过借了“恐龙”二字做为它的名称。而神话中的“龙”,则是虚构的,它综合了几种动物的特征,如鹿的头、鱼身、蛇尾、鸟爪等,加以想象出来的。这种“龙”是根本不存在的。

口里长牙的“始祖鸟”

在欧洲中部的地层里,采掘出来用作石印版材的细腻的岩石上,人们发现了一种奇特的动物化石。在它周身有和鸟类一样的羽毛印痕,有飞行的前翅,但口中生有牙齿,翅尖上还有趾爪,有一条具有椎骨的长尾等一些爬行动物的特征。经过研究,它原来是一类鸟的祖先,叫做始祖鸟(图4—69),生存的时代约在一亿八千多万年前。

始祖鸟的形状大小如同一只鸽子,它生有同鸟类一样的

羽毛,但也具有爬行动物的构造。始祖鸟的这些特征,证明现在的近一万种的鸟类是由爬行动物进化而来的。鸟类是空中飞行的动物,一般很难在地层内保存为化石,所以这一发现十分珍贵。始祖鸟的飞行能力还是很弱的,它不能象现代鸟那样展翅高飞,只能作短距离的低飞和在林中滑翔。这一始祖鸟化石可能是它在飞行中跌落在海滩上,迅速地被很细的灰质沉积物覆盖埋藏起来,在地层中得到保存而成为化石的。

图 4—69 始祖鸟化石

鸟类是爬行动物向空中发展的一种类型。最初它们可能是一些小巧的动物,由于快速急跑渐渐升离地面,或者自高处向低处飘落,逐渐取得飞行的能力,并不断引起了自身结构的变化。

三趾马和铲齿象

提起现代的马,大家都很熟悉,它身体高大强壮,善跑,单

趾,但是在我国华北地区的一些砂岩中发现的马化石,有一个鲜明的特征,就是腿上生有三趾,称为三趾马(图 4—70)。它

图 4—70 三趾马

1. 前脚 2. 后脚

生活的时代在一千万年前前后的时期。三趾马的个儿比现代马要小,走动时三条脚趾都接触地面,但中间的脚趾显得宽大。现代的马脚上只有一个单趾,末端有坚硬的蹄子,能在草地上飞快的奔跑,但仔细观察,在现代马的脚趾骨上还留有三趾的残迹,这证明马是由多趾逐渐发展成单趾的。

根据三趾马和比三趾马更古老的始祖马化石,可以了解到马的发展历史。始祖马生活在距今五千多万年的森林里,身体较小,同现代狐狸一样大小,前脚四趾,后脚五趾,牙齿低小,吃些鲜嫩的枝叶,而现代马则是草原动物,身体高大,牙齿强大耐磨,可以吃干硬的草料。

一部马的发展史表明:任何生物都是不断发展变化的,生物的发展是与生活环境的变化分不开的。从始祖马开始到三趾马出现,地球上不少地方森林减少了,大片草原出现了,这就使起初适应森林生活的马逐渐适应了草原生活,它的身体

结构也发生了显著的变化,牙齿增大了,身体增高了,最后形成了单趾的现代马。

图 4—71 铲齿象下颌骨化石及头部复原像

对于大象,大家比较熟悉,它有一条长长的灵活的鼻子和庞大的身体,雄象头上还生有一对粗大的门齿。但在内蒙的通古尔地区的地层内找到了一种很奇怪地象类化石。它没有现代象那样的长鼻,但嘴部突出伸长,象一把铁铲,叫做铲齿象(图 4—71)。

铲齿象生活在二、三千万年前,是一种绝灭了象类。依据铲齿象和各种古老种类的象化石,清楚地告诉我们象也有一部不断发展的历史。最早出现的始祖象,并没有自由活动的长鼻,也没有现代象这样大的身体,它的形状大小倒和现代的猪差不多。如果把地层里的象化石按先后连接起来,就可以看出,象的身体逐渐增大,鼻子渐渐伸长成为灵活的第五肢,一对门齿不断发达变化成为防御猛兽的武器。

北京猿人

北京周口店的龙骨山,是著名的北京猿人化石的发现地。周口店北部山坡,是一片采石场,工人们在开采石灰岩的过程中,曾发现许多兽骨化石,龙骨山便是因此而得名。在六十多年前,在这里首先发现了北京猿人的两颗牙齿,牙齿构造很接近现代人,但又显得粗壮和原始,证明他的食物是比较粗糙的。

这一人类祖先化石的发现,引起了人们的注意,在龙骨山开始了科学的发掘工作。1929年北京猿人第一具头盖骨在北京猿人居住的洞穴内发现了,从此,北京的周口店成了世界闻名的北京猿人故乡(图 4—72)。

图 4—72 北京人(女性)头像

从北京猿人头骨化石来看,头部有粗壮的眉脊,在眼睛上方突出的象屋檐一样,嘴部突出,没有下颏,这些都是似猿的

原始特征。但北京猿人脑量发达,平均达到一千毫升,远超过一切现代猿类。

更重要的是在洞穴里发现了大量的数以万计的原始工具——石器(图4—73)。这些石器和自然石块不同:第一,从石料上看,有些并不是当地所产,是经猿人由远处带来的;第二,石器上有按着一定使用目的打击和加工的痕迹;第三,石器的刃口上有使用过的磨痕等。这就说明了:这些石器是北京猿人创造的劳动工具。这些石器,按用途可分砍砸器、尖状器、刮削器等多种类型。

图4—73 北京人石器(砍砸器)

工具是区别人和动物的根本标志,任何动物包括高级猿

类都不能制造出一把哪怕是最粗笨的石刀。

在北京猿人洞穴内还有一个重要发现，那便是灰黑、棕红杂色的灰烬，这是北京猿人用火的证据。可以想象：在遥远的四、五十万年前，北京猿人的洞穴内燃起了熊熊的烈火，这是人类征服自然的动人景象。人类有了火可以熟食，促进了人体发展；有了火可以御寒，战胜了自然气候对人类活动的限制；有了火给黑暗潮湿的洞穴带来了光明和温暖，使动物不敢近前。火，成了北京猿人向自然开战的有力武器。但北京猿人使用的火还是自然火，例如雷击森林所产生的火。北京猿人只能保存火种，而不能进行人工取火。为了使火不熄灭，北京猿人在漫长的年月里不辞劳苦，费尽心血，在洞穴里遗留下来的灰烬层最厚处有六米。

北京猿人化石，是祖国一批宝贵的文化遗产，但在旧中国，北京猿人化石和祖国其他资源一样控制在帝国主义手中，至今，弄得下落不明。建国以后，在党和人民政府领导下，很快恢复了北京猿人化石的发掘和研究工作，并有了许多重要的发现，在龙骨山上又发现了一具完整的头盖骨化石。

“活化石”

五十多年前，非洲东海岸的一位渔民，在印度洋里捕捞到一条很奇怪地鱼。这条鱼有一米多长，蓝色的眼睛，青铜色的身体，在渔船上跳来跳去，倔强有力，原来它的鳍很强壮，基部有粗大的肌肉。后来渔民们把这条鱼送给科学人员，经过研

究,这是属于总鳍类的鱼,而总鳍鱼过去只有化石代表,一直认为是一种早已绝灭了鱼类。这一发现被人们称为是总鳍鱼的“活化石”,轰动了科学界,不久,在1952年果然又捕到了一尾和它相同的鱼。

总鳍鱼为什么会引起人们这样注意呢?因为总鳍鱼代表着陆生脊椎动物的祖先,是鱼类进化为两栖类的过渡类型,是水生到陆生的“桥梁”动物。从古老的总鳍鱼化石身体构造上看,它已经具备陆生动物的基本条件。例如,它有可以在水外呼吸的原始的肺,它那成对的胸鳍和腹鳍内的骨骼,可以和原始陆生动物的四足骨骼对比(其结构和排列方式都相似,并能支持身体作缓慢的爬动)。远在三亿年前,总鳍鱼生活在浅水和潮湿的泥水地带,后来,由于外界生存条件的不断变化,特别是天气热、植物腐烂、水中空气不好等不良条件的影响,迫使总鳍鱼去寻求新的生活领域。在长期的陆地生活的尝试和适应中,它的身体构造逐渐得到改变,如鳃退化,肺更发育,鳍变成了四足,便进化成为两栖动物的祖先。

总鳍鱼的化石,在三亿年前的地层里就已发现,表明那时已是陆生脊椎动物的黎明时代。

银杏类出现在二亿多年前,是高大的落叶乔木,木质坚实致密。一直到一亿多年前,银杏类为地球上显赫一时的植物,到后来其数量锐减。目前我国一些庙主庭院里栽种的银杏,就是一二亿年前的银杏类的子遗植物,成为活化石。河南登封嵩山书院有一株银杏,估计已经有二三千岁;北京檀柘寺的一株银杏,俗称帝王树,也已经有一千多岁。银杏类现在的野生种已经很少了。古代银杏有两大类:一类叶子没有柄,叶片细

长；一类叶子有柄，叶片扇形或浅裂，现存的银杏是扇形叶类的一种。

鳄类是在如今活着的动物当中最近似恐龙的爬行动物。它们自古老的恐龙时代起，没有发生多大的变化。而且，在恐龙时代原是无名小卒的鳄，冷眼瞧着它的同类的灭亡，而它们自己却留下子孙后代。

鳄类栖居的地方多属于热带的河流和湖泊以及沼泽地等，也就是说，它们残存在与中生代的古老环境相比没有多大变化的环境里。饵料不是植物而是动物，主要吃鱼。另外，鳄类的身体比起当时的巨大恐龙来，要小得多。更重要的是，在那种地方，过着与鳄相同生活的哺乳类是不存在的。河马虽然栖居在与鳄类相同的地方，却不吃鱼。水獭吃鱼，但比鳄类小。湖里没有更多肉食性的哺乳类。虽说如此，由于地球上的环境的变化，适合鳄类居住的场所已日益减少，鳄类的分布范围逐渐变得狭小了。

古蜥蜴是栖居在新西兰的小型蜥蜴，体长 60 厘米，重量不到一公斤。这种现代的古蜥蜴，与在欧洲 1 亿数千万年前的地层中发现的化石几乎没有两样，可以说是活着的、在陆地上的脊椎动物中最古老的动物。这种古蜥蜴，如今只是在新西兰北岛的东面的小岛上、在政府的保护下才得以生存，从前在本岛上也栖居着这种动物。但是，据说由于人类移居这里，野猪等也闯了进来，所以灭绝了。当古蜥蜴以自然的状态残存着的时期，新西兰还是一个没有哺乳类的岛屿。古蜥蜴吃昆虫及其它的虫类。这种动物行动迟缓，看来，别说是哺乳类，即使有其他种类的蜥蜴存在，它们也是生活不下去的。

不过,这种古蜥蜴也有一个长处,那就是相当耐寒。据说,即使在摄氏7度也能活动。而且因为身体小,看来只以虫类为食就足以维持生存。古蜥蜴栖居的小岛湿度大,地面上覆盖着海鸟的粪,蟋蟀和甲虫在那里繁殖着。由一地方潮湿,所以还有蚯蚓和蜗牛等生存。古蜥蜴就是以这些虫子作为食物。海燕造的洞穴则成为它们藏身的地方。因此,古蜥蜴保持了它们生活上的地位,能够继续过着一如往昔的日子,并且由于这种情况可以延续下去而不会发生多大变化,所以它的绝灭被推迟了。

“恐龙还有残存的吗?”这样一种想法,大概激起了大家不少的幻想吧。看来,如果有可能,谁都希望亲眼看看实际生存着的恐龙,而不象在博物馆里那样,只是观看一下恐龙的骨架。

于是乎,就从各个地方纷纷传来了“见到了恐龙”的说法。

但是,假如真的还有恐龙生存,那就该有人把它捉到并赠送给动物园,或者把射杀的恐龙的身体制成标本,摆在博物馆里才是。同时,还应该有关于“活着的恐龙”的学术论文发表。除非这样,就不能轻易相信有恐龙生存的说法。然而,这并不是说没有这种可能性,在这个世界上的人眼不易接触到的地方,还可能有过我们确信已经灭绝的生物类群在苟延残喘地生存着。

化石的用途

1、追寻生命的足迹—化石在古生物学上的应用

现代科学证明,人类出现的历史约为一百多万年或更多一点的时间,这和整个生物史和地球史比较起来是很短暂的,但是依靠生物遗留的化石,人类就可以了解到漫长的生物发生发展的全部历史。

现代生物界,形形色色,约有一百多万种,这些生物是怎样来的呢?

古生物化石便能给予科学的回答。我们可根据地层内的化石和它埋藏的顺序,清楚地看到各门类生物演变的历史过程,了解到各类生物兴衰和灭亡的变化,找出不同门类生物间的亲缘关系。

地层内大量化石的发现告诉我们,整个生物界有一部曲折漫长的发展历史,描绘出一幅支干纷繁的生物进化谱系。海洋是生命的摇篮,经过漫长的孕育过程,约在三十多亿年前,地球上开始出现了原始生命,以后又出现了简单的生物结构—细胞,产生了动物、植物的分化。植物由原始的水生藻类经过裸蕨产生了可以在陆地生长的孢子植物,使大地第一次披上了绿装,为以后的裸子植物和被子植物的发展铺平了道路,以至形成今日百花盛开、绚丽多采的植物世界。动物由单细胞到多细胞,由无脊椎到脊椎动物,脊椎动物由低等的鱼类经过两栖类产生了陆生的爬行类,由爬行类又产生了空中的鸟类

和胎生、定温的哺乳类。从而构成了今天门类繁多的动物世界。人类的产生是动物发展的继续,人类的出现,开辟了地球历史的新纪元,由生物时代进入了人类时代。古生物学家与地质学家通过对不同地质历史时期的石生物化石的详细研究,终于得出了对生物演化的规律性认识——生物演化律,即生物演化的总趋势是从简单到复杂,从低级到高级;以往出现过的生物类型,在以后的演化过程中绝不会重复出现。前一句反映了生物演化的阶段性,后一句的反映了生物演化的不可逆性。生物进化的不可逆性:

生物进化不可逆,就是说历史不能走回头路。已经灭亡的种类不可能重新产生。不可能设想,象木本类苏铁、种子蕨之类的植物,三叶虫、恐龙之类的动物,会在自然界再度出现。除非某些生物本来存有子遗种类,过去我们没有发现,以为它们已经灭亡,如水杉和矛尾鱼,那是另外一回事了。

其实某些生物的灭亡,也是生物进化不可逆规律表现的结果。因为有些生物在进化中产生了特化,在一个方向走得太远,进入了死胡同,当环境稍有变化的时候就适应不了,却又象小卒子过了河一样,不能退回,到了山穷水尽的地步,就只有灭亡一条路了。

有人常常提出这样的问题:人从古猿变来,那么现代猿能不能变成人类呢?回答是不能。这就是因为现代猿已经特化比较厉害,它们的前肢长后肢短,它们不可能退回到人类祖先那种古猿的前肢短后肢长的状态,因而不可能再进化成人类。这也是生物进化不可逆规律在起着作用。

生物进化的阶段性:

(1)最古老的生物化石——生命的起源从古以来,在西方一直流传着生命可能是上帝一次或几次创造出来的观点。就象圣经中描述的那样,大约 6000 年前,上帝创造出一对男女,男的叫亚当,女的叫夏娃,以后为了满足这对男女的需要,继而又创造出其它生物。在我国也一直流传着女娲造人的传说。但是,近代和现代科学通过对保存在岩石中的古老生物化石的研究及大量的科学实验,已彻底地否定了这种“神创论”的观点,为揭开生命的起源的奥秘提供了科学的依据。

在几十年前,人们还认为距今 6 亿年以前的地层中不含任何真正确信的化石记录,但是对 6 亿年以后突然发现大量的高度进化的生物类型又感到困惑不解。随着新技术、新手段和新学科引进地质学,使用高倍显微镜或电子显微镜来观察和研究化石,从而人类对生命历史的认识又向前推进了近 30 亿年的历史。

目前,已知最古老的化石是格陵兰的“似酵母菌状”微化石,距今大约 38 亿年。其次可能是南非粘土板岩和石英岩中发现的球状或丝状菌体化石,距今约 34 亿年,这种化石可能是最早的有机化学化石。迄今所发现的最早的后生动物化石记录为澳大利亚的埃迪卡拉动物群,其中一些化石可能是水母、四射珊瑚、棘皮动物和蠕虫等动物的直系祖先。最早的真核细胞化石发现于美国明尼苏达州,距今 30 亿年左右。叠层石的最早化石发现于南非,距今 30 亿年左右。距今约 34 亿年的南非无花果系地层的化石可能是原核细胞的最早化石记录。

根据这些古老的化石记录,科学家们推测生命是从无机

到有机,又从有机转变为单细胞,再从单细胞逐渐发展起来的,也就是说自然产生的。

(2) 动物界的第一次大发展

大约距今 5.7 亿年左右,出现大量的、门类众多的无脊椎具硬体的动物,几乎所有的无脊椎动物门,绝大部分纲都已出现,是动物界第一次暴发式的大发展。这次发展以具有硬体为特征。其中以节肢动物门的三叶虫纲最为发展,约占化石保存总数的 60%;其次为腕足动物门,约占 30%;软体动物,蠕虫,古杯海绵及节肢动物门的其它类别,约占 10%,在三叶虫有化石记录以前有许多软舌螺,古腹足等小壳化石。这些小壳化石的出现可能要追溯到 6 亿年左右。

(3) 植物和动物的从水生到陆生的发展

早期的植物和动物都是在海中生存的,所以说海洋是生命的摇篮。大约距今 4 亿年左右,植物和动物经历了从海洋到陆地的“登陆”过程,这是生物发展史上的重要事件。在这一过程中,先是植物上陆,这是从藻类植物——主要是绿藻进化而来的一种孢子植物,叫裸蕨。另外有一个旁枝,也是从藻类进化而来的,叫苔藓。植物上陆为动物上陆创造了条件,紧接着,水生的节肢动物三叶虫和其他某些无脊椎动物开始上陆,发展成为昆虫和其他陆生低等动物;另一方面,水生脊椎动物的鱼类也开始上陆,发展成为两栖类。

(4) 从猿到人的飞跃

灵长目是哺乳动物中最高等的一类,人类便是由此目中的进步种类进化而来。灵长目中低等种类个体较小,四足行走,善于跳跃和攀援,多为森林生活。随着由树居移向平地生

活,个体逐渐演化变大。其中一支逐渐形成较进步的类人猿,获得了直立,解放了前肢,形成了能从事劳动、制造工具的双手。制造工具又能发展思维,大脑和理性活动随之发展。由于劳动的结果,出现了原始人类—猿人,再由猿人进化到真人。正如恩格斯所言:“劳动创造了人类本身”。在我国云南发现的元谋猿人,生活的时代距今 170 万年前。非洲肯尼亚发现二、三百万年前的更早的猿人。人类以有意思的劳动,改造自然,干预进化,这是人类不同于动物的本质上的一点。人类的出现,开创了生命史上的新纪元。2、研究地球的历史—化石在地质学上的应用岩层或地层是地球历史的记录者,化石可以测定地层的年龄,划分和确定地层时代,为研究地球的历史提供了可靠依据。根据生物发展的历史,各门类生物出现先后的顺序,生物演化的趋势,可测定出各个含化石地层的相对年龄,对比出各个地层的新老及上下关系。这一方法是英国人史密斯在十八世纪末首先应用的。

史密斯是一个地位卑微的土地测量员。他曾被雇用从事开凿运河的勘测工作,因而有机会接触河道两岸暴露出来的地层。他发现,不同时代的地层中所含的生物化石是不同的,在同一地层中则含有同类的化石。这就找到了对比和划分地层的一种有效手段。史密斯一生过着贫困的生活。他在无人帮助的情况下,步行走遍了整个英国,以难以想象的毅力,单独完成了英国全部岩石的分类工作。他所倡导的生物地层学方法一直沿用到现在。这种方法的理论根据是,在地球历史的发展过程中,生物总是由低级到高级、由简单到复杂不断地进化着,例如由无脊椎动物发展到低等的脊椎动物,进而演化到

爬行动物和哺乳动物,以至出现人类。这种演化过程绝不会向相反方向发展。如果说地层好比是记录地球历史的一本史册,那末,地层中所含的化石就象是史册中所载的一种特殊文字。

这样,根据生物的发展阶段,可以把地球的历史划分为若干时代,后来地质学家还编制成完整的地质年表(表3)。世界上不同地区的各种地层,都可以用古生物或其他方法定出它属于地质年表中哪一个地质时代。

我们常用的时间单位有年、月、日、时,这些是时间的不同等级单位。在划分地质年代上,也有几个等级单位,这就是宙、代、纪、世、期。每个地质时代都有自己代表的生物群。

宙是最大一级的地质年代单位,以生命出现是否明显划分为两个宙:隐生宙和显生宙。

隐生宙是生命发展的早期阶段,生物比较原始,化石保存较少。它包括两个代:太古代和元古代。太古代的生物为极原始的菌藻类;元古代的生物主要为各种原始的菌藻类,包括蓝藻、绿藻、红藻及一些细菌,此外还有少量海绵动物、水母及蠕虫等。

显生宙是开始出现大量较高等生物以来的阶段,它包括地球最近 5.7 亿年的历史,其中又分为古生代、中生代和新生代。

古生代意为“古老生物”的时代,包括六个纪,由老到新依次为:寒武纪、奥陶纪、志留纪、泥盆纪、石炭纪和二叠纪。其中寒武纪、奥陶纪和志留纪为早古生代,泥盆纪、石炭纪和二叠纪为晚古生代。

早古生代是海生无脊椎动物繁盛的时代,包括三叶虫、珊

瑚、海绵动物、苔藓虫、腕足类、笔石类、水母、海百合等,早古生代后期开始出现鱼类,到早古生代末期,原始的植物开始登陆,但主要是一些在海边生存的半陆生低等植物。

在晚古生界,虽然海生无脊椎动物仍较繁盛,但脊椎动物的发展表现更为突出。由古生代晚期出现的鱼类,在泥盆纪得到充分发展,并在泥盆纪晚期逐渐演化成原始两栖类,开始了动物登陆的历史。石炭纪是两栖类的繁盛时代,石炭纪中、晚期开始出现原始的爬行类。在二叠纪爬行动物得到进一步发展。晚古生代陆生植物群的蓬勃发展,成为其生物界的又一显著特征。这上时期主要为蕨类孢子植物,泥盆纪时期开始出现小型森林,到了石炭、二叠纪,各种高大的乔木状植物如节蕨、石松类、种子蕨、真蕨、科达类等开始形成高大森林,为成煤提供了良好的物质基础。

中生代意为“中期生物”的时代,分为三个纪,由老到新依次为:三叠纪、侏罗纪和白垩纪。

中生代是爬行动物空前繁盛的时代。其中有以草食为主、身体庞大(可长达 30m、重达 60t)的雷龙、梁龙等;也有以肉食为主、身形灵活的霸王龙等。不仅陆地上有恐龙;海洋中有鱼龙、蛇颈龙等;天空中也有翼龙类等。中生代时期,鸟类、哺乳类动物开始逐渐形成。在无脊椎动物中,菊石、箭石类软体动物得到充分发展。中生代的植物以裸子植物占统治地位。

新生代意为“近代生物”的时代,其中包括第三纪和第四纪。

中生代末期是地球上生物演化的巨大变革时期之上,原来极其繁盛的爬行动物恐龙类在中生代末期突然全部绝灭,

海洋中的菊石、箭石类也几乎同时全部绝灭。而中生代逐渐形成的哺乳动物及鸟类,由于其适应性较强而逐渐取代了恐龙的位置。新生代是哺乳动物大发展的时代,其中绝大部分生活在陆地,但有的则生活于海中(如鲸鱼、海豚等)和空中(如翼手类)。新生代晚期开始出现人类,这是地球上生物演化史的一次最重大飞跃。新生代的植物以被子植物占统治地位。

生物化石不仅可以用来确定地层形成的地质年代,研究地球的生物演化历史,而且还可以用来研究地质历史时期的古地理与古气候。

地球是生物活动的舞台,地球上的生物都需要一定的生活环境,根据化石和它周围岩层的岩性,往往表白出生物的身世:它生活在什么地方?是在海洋中还是在陆地上?是在淡水中还是在咸的海水里?是在炎热地区还是在寒冷地区?它怎样生活?吃的什么?……比如珊瑚,它是热带海洋独有的生物,但在寒冷的北极圈内两亿多年前的地层中却找到过珊瑚化石,这说明那时的气候要比现在温暖得多。再如鸵鸟,它是热带沙漠中的动物,但在我国河南几十万年前的黄土层中就发现过鸵鸟蛋化石,说明那时的气候比现在热而干燥。又如,在我国的喜马拉雅山脉的希夏邦马峰,曾发现了巨大的海生动物鱼龙的化石,根据埋藏的地层确定它是生活在2亿年前的生物,说明那时整个喜马拉雅山区是一片苍茫辽阔的大海,希夏邦马峰地区只是海中的一隅。

生物化石在找矿勘探方面也具有十分重要的作用。在江苏某地的一个煤矿区,过去曾认为已经采掘到了含煤层的底部,储藏量不大,但是由于地质人员在野外找到了一块蜓类生

物化石(蜓为单细胞动物,呈纺锤形),测定出它不是这个地层时代的底部而是顶部,在这一化石的启示下,果然经过勘探又找到了极为丰富的煤层。

寻找沉积岩里的矿层(如煤、石油、铁、铝等),与生物化石有密切的关系,有些化石是矿床的伴生物,有些矿是直接由古生物造成的,因此一些古生物化石对寻找矿物起着指示作用。

近年来,我国石油工业突飞猛进,迅速发展。石油与化石有着十分密切的关系,石油就是古代生物的脂肪、蛋白质和碳水化合物转化而成的。地下埋藏的生物遗体在一定温度和压力作用下,由于和空气隔绝缺乏氧气,经过“去氧加氢、富集碳”的变化,就形成了石油。形成的石油还常常会运移储藏在古代生物壳体的孔隙中,如我国四川等地的壳贝、有孔虫及珊瑚等形成的多孔石灰岩中,就常有石油发现。古生物化石不仅是生成石油的母体,它还是贮藏石油的仓库。

化石的采集

怎样才能找到化石呢?

其实这里边并没有什么奥秘。我们知道化石通常是埋藏在地下形成的,那就要在地层内寻找。但化石不象现代动物那样可以自由走动,也不象现代植物那样生长出地表,因此寻找化石就象寻找地下矿藏一样,首先要寻找它的露头,没有化石出露,即便是经验丰富的化石猎手也毫无办法。

怎样普查化石的露头呢?

第一,要在沉积岩如灰岩、页岩、砂岩、砾岩等岩层里去找,因为火成岩如花岗岩等是由地下炽热的岩浆冷却而成,因此不可能有生物化石。

第二,要到水冲沟、河床、风蚀坡地等处寻找,因为那里岩层出露最好,剥离速度较快,化石易于出露。在我国内蒙及西北草原戈壁上的风蚀面上常有大量化石发现。那里的土地没有经过耕作,出露完好,化石丰富的地方,真可说俯拾便是,在山地沟壑中寻找化石,不要轻易放掉每一条小水沟,时常会在小水沟上发现大量化石。如棘鼻青鸟龙的化石,便是在山东莱阳金刚口村西一条不大的水沟快到沟头的地方发现的。

沿河寻找化石,眼睛要锐利,脚步要勤快,那怕是一点碎小的骨片都是重要的,因为我们可以追踪寻找。如在江西赣州发现的那窝完整的恐龙蛋,就是从碎小的蛋片追踪寻找出来的。

第三,洞穴也是寻找化石的好地点。洞穴里常有动物出入,也是人类最初活动的场所,常有丰富的化石堆积。只是洞穴采集需要照明和安全措施,比在地层里采集困难一些。

为了更好地行进采集工作,这里简单介绍一下应该注意的采集方法:

(一)必须做好化石记录。要详细记载化石发现的地点和层位,注明产地和层位。这样的化石标本加上它的“履历”才有科学价值,才不至于使许多重要的发现因失去记载而变成瞎标本,失去了科学意义。

(二)要使化石完整。在野外遇到化石,不要急于挖出标本。见头取头,见尾取尾,往往会使化石破坏,并给化石复原、

装架带来很大困难。发现化石后,要使化石面充分暴露,最好拍一张照片或绘一张图后,再决定处置办法。

(三)化石的包装。化石的包装不是一件简单的事。包装化石要起到保护的作用,要使它经过长途运输不至损坏才行。最方便的一种方法是:将化石包在松软的棉花、纸张内,但在装箱时,务必将棉花、纸张包装的化石在箱内挤紧,固定住,使它不能晃动,否则会在颠簸的运输路上撞击破碎。再有一种方法,是用石膏保护,如这一化石较难取下包于纸内,可用石膏敷在上面,凝固后,再将背面同样用石膏敷上,象做包子一样将化石包在石膏中,这一方法比较安全。但应注意在化石面上铺敷一、二层纸,避免石膏粘在化石上。如化石较大,石膏内可用纱布或铅丝加固。第三种方法是套箱法。这种方法较复杂,适于大件标本,即将化石连同围岩一齐取下,将木板按其形状制做木箱,套在整块围岩上,再加底盖。封盖前,用石膏浇注使木箱和化石体成为一个整体。这样包装最保险安全,但比较费工。

化石是我国一项极为宝贵的文化遗产,它是我们认识自然与改造自然的重要的科学资料。恩格斯说:“我们对自然界的整个统治,是在于我们比其他一切动物强,能够认识和正确运用自然规律。”因此,对于化石必须加以认真保护,进行科学的采集、开发和利用,让化石资源更好地为人类服务。

十一、宝 石

何谓“宝石”

宝石是指自然界中色泽艳丽,透明度高,硬度较大,耐腐蚀,化学性质稳定,经过人工琢磨加工后可以制成首饰和工艺品的矿物晶体或岩石。如金刚石(钻石)、海蓝宝石、翡翠、软玉等。如果按照某些天然宝石的化学组成,模拟在自然界中生成时的物理、化学条件,用人工的方法合成的宝石,则只能称为人造宝石或合成宝石。

宝石制品是用来美化和装点人们生活的,为此,矿物或岩石要成为宝石,必须具备美观、耐久、稀少三大特性。

美:首饰和工艺品必须给人以奇特和美感,使人观之富贵而高雅。用做宝石的矿物必须颗粒粗大(粒径大于 3mm),颜色艳丽、透明、少瑕。如果透明度稍差,就必须具有特殊的光学效应,如变彩、变色、星光、猫眼等。目前世界上已发现矿物 3000 余种,但常见宝石矿物仅 20 余种,而宝石仅是宝石矿物中的色美、透明或具特殊光学效应的变种。例如红宝石、蓝宝石是刚玉,但不透明、缺陷多的刚玉就不能用来做为宝石。又如,透明少瑕的金刚石可以用来做钻石,但劣质的金刚石也不

能作为宝石。用做玉雕的玉石必须色泽素雅均一，结构细腻。

久：宝石制品多是世袭之物，必须耐久。目前世界各国均盛行用钻石饰品做为结婚的信物。钻石除折光率高，光泽灿烂之外，更主要的是因为它是世界上最硬而又不怕腐蚀的耐久珍品，具有“永久不变”的含义。又如存放在故宫里的商代软玉玉佩和战国时期镶在铜带钩上的绿松石，虽然历经 3000 多年，但仍然色泽滋润，花纹清晰，不失其天然本色。所以宝石多是一些硬度大、耐腐蚀的硅酸盐矿物和少量氧化物及单质矿物。

少：物以稀为贵，任何美丽的东西如果遍地皆是就不显其名贵了。例如，世界上第七颗最大的粉红色红宝石，重 32.24 克拉，曾数度易主。最早的主人是印度君主，1526 年印度被莫卧尔人征服后，这颗红宝石成了献给莫卧尔皇帝的贡品，他用来做头巾上的饰物。19 世纪，德国的布伦瑞克公爵、伦敦的珠宝商都曾经拥有过它。1990 年美国宝石收藏家路易斯·温斯顿将其送拍卖行拍卖，在伦敦克里斯蒂拍卖行经过激烈竞争后，以 407 万英镑拍卖给了香港的一位珠宝商，创高价拍卖纪录。这颗宝石之所以如此昂贵，除它重量大外，它的经历是绝无仅有的。又如人造红宝石的物理、化学特性皆与天然红宝石类同，但人们购买时，宁愿要价格昂贵的天然红宝石也不要价格极低的人造红宝石，这足以说明少的含义。

关于宝石的分类，目前世界上并无统一的标准。我国珠宝行业按照传统的习惯，将宝石分为狭义的宝石、玉石和彩石三类。

狭义的宝石 是天然生成的矿物单个晶体或晶体的一部

分。这些宝石颜色鲜艳美丽,透明度好,硬度不低于 5.5—6,经加工琢磨后,可用来镶嵌在首饰上。一般来说,这类宝石都比较珍贵,价格也十分昂贵。

玉石 由大量细小的同一种矿物晶体组成的集合体。这类宝石颜色美观,光泽诱人,硬度不低于 4,质地细腻,主要用于雕刻工艺品,也可用于首饰镶嵌。

彩石 由一种或多种矿物的细小晶体组成的集合体。具有性软的特点,同时这类宝石颜色鲜艳,光泽美丽,有的具有奇特的花纹结构,主要用作雕刻工艺品或印章、砚台和建筑装饰。

在国外,也有人将宝石分为钻石和宝石两类。其理由是钻石从矿物成因、开采、加工到作价都与其它宝石有明显的不同。按照宝石的来源,还有人将宝石分为有机矿物宝石和无机矿物宝石两类。前者如琥珀、珍珠、珊瑚等;后者如刚玉、绿柱石等。

宝石的名称比较复杂,它既有历史的沿用、外来的名称,又有形象的称呼、矿物的名称。同时,由于我国地域辽阔,民族众多,因此对于宝石的名称常常有不同的理解;就是同一宝石,各地的叫法也往往不同。

一般而言,宝石名称的来历大致有以下几种情况:

- ①沿用历史上的名称,如白玉、黄玉、碧玉、珍珠、玛瑙等;
- ②以宝石的产地命名,如闪山石、寿山石、澳洲玉等;
- ③以宝石的颜色命名,如孔雀石、翡翠、桃花石、芙蓉石等;
- ④以某一种相似的事物命名,如猫眼石、月光石等;

- ⑤以矿物名称命名,如锂辉石、黝帘石等;
- ⑥以外来语音命名,如祖母绿、亚历山大石等。

宝石的性质与鉴定特征

想了解宝石并且能够识别宝石,首先要弄清楚宝石的性质,掌握一些宝石的常识。由于宝石本身就是矿物或是由矿物组成的,因此,宝石的一些性质特点与矿物的性质特点是相同的。

(1)形态特征 宝石是天然的矿物晶体,除了少数几种宝石如珍珠、琥珀、珊瑚外,绝大多数都是由几个天然生成的光滑表面围成的固体,这些光滑的表面叫做晶面。由于成为宝石的矿物晶体通常结晶程度较好,晶体颗粒较大,因此晶体形态通常完好;而且不同矿物所具有的独特的化学成分和内部质点的排列规律,决定了不同的宝石常常具有独特的晶体形态。因此,晶体形态是鉴定宝石的重要特征。

(2)颜色 宝石的颜色是最引人注目的性质,也是人们鉴定宝石的最明显的标志。宝石的颜色绚丽多彩,如鲜红色的红宝石,蔚蓝色的蓝宝石,翠绿色的祖母绿,等等;同时,宝石的颜色又是多变的。同一种宝石可以有不同的颜色,如水晶,就无色、乳白、紫红、黄、烟、黑等颜色;有时同一块宝石在不同的光源照射下会呈现出不同的颜色,如变石,在白天呈翠绿色,而到了晚上则呈现出紫红色。有趣的是,在世界的珠宝习俗中,宝石的颜色都具有一定的象征意义。如红色宝石表示活

力,象征健康与热情;黄色宝石表示温和,象征光明和快活;绿色宝石表示青春,象征和平与朝气;蓝色宝石表示秀丽,象征清新和宁静;紫色宝石表示高贵,象征典雅和华丽;白色宝石表示纯洁,象征神圣和清爽;橙色宝石表示兴奋,象征喜悦和活泼;青色宝石表示希望,象征坚强和庄重。

(3)光泽与折光率 就宝石而言,其表面越光亮越好。宝石表面的光亮程度,与它对可见光的反射能力有关,这种反射能力叫“光泽”。光泽的强度,取决于宝石的折光率,折光率越高,光泽也就越强。

光在真空中是以每秒 30 万公里的速度传播的。一般来说,光在射入宝石后,其速度会减慢。所谓折光率,就是光在真空中的速度和在透明物质(如宝石)中的速度之比。例如,光在钻石中的速度为每秒 12.5 万公里,那么它的折光率为 $30/12.5=2.4$ 。

4) 宝石中的特殊光学效应

由于宝石内部保存了矿物结晶过程中遗留下来的某些痕迹,如包裹体、双晶、微细球状结构等。当光线与宝石的这些特殊的内在因素发生作用时,则造成光的干涉、散射、衍射等现象,使宝石显现特殊的光学效应,增加了宝石的奇特感,提高了宝石的价值。常见的特殊光学效应有猫眼效应、星光效应、变彩效应、变色效应等。

猫眼效应:弧面宝石在光线照射下,在宝石表面呈现可以平行移动的丝绢状光带,象猫眼睛的虹膜一样,这种现象称为猫眼效应(图 4-74)。



图 4—74 宝石的猫眼效应

星光效应:弧面宝石在光线照射下,在宝石表面呈现相互交会的四射、六射或十二射星状光带,好象夜空中的星光,这种现象称为星光效应(图 4—75)。

变彩效应:当光线以不同的角度照射到宝石表面时,在宝石表面会产生多变的色彩,这种现象称为变彩效应。

变色效应:金绿宝石有一个绿色变种,它日光照射下时呈绿色,而在白炽灯光线照射下时呈紫红色,这种现象称变色效应。

(5)硬度与韧性 硬度是物质(宝石)的耐磨程度,或者是指一种物质抵抗另一种物质刻划的能力。检验宝石硬度最理想的办法是用一种宝石去刻划另一种宝石,看是否有痕或明显的道。一般来说,硬度高的宝石,能在硬度较低的宝石的面上划出痕道;反之,则不能。如钻石可刻划红宝石,红宝石可刻

划黄玉,黄玉可刻划水晶。与矿物的硬度一样,宝石的硬度多使用摩氏 10 级相对硬度计。

图 4—75 宝石的星光效应

一种宝石是否坚固,不但取决于它的硬度,还与它的韧性、脆性有关。宝石的脆性是指其易破碎的程度。一种宝石不易破碎,称这种宝石韧性较好;反之,则称这块宝石脆性较大。例如,玻璃是比较硬的物质,但它一敲就碎,很不坚固,原因是其韧性太小而脆性太大。

(6)解理与断口 与矿物一样,有些宝石在外力的撞击下,会出现沿一定方向的平面裂开,这种性质叫做解理;裂开所成的平面常常比较光滑,叫做解理面。断口,又称破口,是指宝石在一定的外力撞击下,不按一定的结晶方向破裂,而是形成一个断开的面。这种断口常呈现不同的形状,如贝壳状、砂

粒状、裂片状、平滑状。

(7)密度 密度是单位体积物质的质量。单位为克/厘米³。如钻石的密度为 3.52 克/厘米³。在珠宝贸易中,常常使用“克拉”作为重量单位,其换算关系为

$$1 \text{ 克拉} = 200 \text{ 毫克} = 0.2 \text{ 克}$$

宝石的密度是由宝石的成分结构决定的。不同宝石均有各自所固有的密度值。同种宝石的密度值是一个常数,如果其中含有某些微量元素,密度值会有一些微小的变化,但变化范围极小。因此,密度是鉴定宝石的主要物理常数。

如何评价宝石的经济价值

宝石的价值极其珍贵,堪称世界上最贵重的商品。我国古代一直流传着“和氏璧”价值连城的故事。据《南史》记载,东昏侯曾送给其爱妃潘玉儿一支琥珀钏,价值 170 万钱。1980 年 11 月,一颗名叫“北极星”、重为 41.28 克拉的方型钻石曾在伦敦以 450 万美元出售。另据报道,1978 年,在南非普列米尔矿山发现了一颗重 353.9 克拉、名叫“第一玫瑰”的钻石,这颗钻石纯净无暇,颜色极佳,价值达 1200 万美元。宝石的价值由此可见一斑。

虽说宝石均十分珍贵,但不同的宝石价格相差甚远,同是 1 克拉重的优质宝石,钻石的价格达 5000 美元,海蓝宝石 200 美元,黄玉仅 15 美元,有些中、低档宝石则更便宜。之所以如此,是因为国际上有相对统一的评价标准。经济评价的依据有

以下五个方面。

第一,宝石的品种。国际市场常见的 20 余种宝石按美观、耐久、稀少三个因素综合考虑,可分为高、中、低三个档次,日本将其划分为贵宝石(高档宝石)和半宝石(中—低档宝石)。贵宝石就是通常指的五大宝石:钻石、红宝石、蓝宝石、祖母绿和金绿宝石(猫眼石、变石)。它们的优质品价格均在 150 美元/克拉以上。半宝石(中—低档宝石):欧泊、海蓝宝石、绿柱石、电气石、尖晶石、橄榄石、锆石、方柱石、黄玉、水晶、月光石、翡翠等,一般 10—150 美元/克拉,但质优者可超过此价。

第二,宝石的质量。同种宝石不同的质量,如颜色的色相、亮度、饱和度、透明度、净度、特殊的光学效应及清晰程度,均属经济评价的参数。如透有无瑕的蓝宝石,靛蓝色的售价达 110—285 美元/克拉,而黄色的仅 65 美元/克拉。世界著名的哥伦比亚祖母绿颜色大致相同,但按晶体内部的缺陷多少划为三级:高级祖母绿含绵、裂不应超过 5%,中级祖母绿含绵、裂 10%,低级祖母绿含绵、裂 15%。不同的等级差价 5—10 倍。通常优质的半宝石价格会比劣质的贵宝石价格高,这说明任何品种的劣质宝石均不受欢迎,宝石本身的质量好坏是宝石评价的关键。

第三,宝石的大小与重量。自然界中产出的宝石颗粒均较细小,所以宝石的价值通常以宝石个体重量最的平方向上增长。如 1985 年美国报导一颗重 890 克拉的宝石级金刚石价值 1 亿美元。1987 年泰国展出世界上最大的,重 125 克拉的红宝石,价值 4 万美元。象这样特大宝石很少在市场交易,一般情况下,多做为珍宝被国家或富商珍藏。

第四,宝石的款式和磨工。宝石学家按照不同矿物的光性和折光率设计了特定宝石款式,如 58 个刻面的圆钻石型、长方祖母绿型、两头尖的橄榄型、方型、泪滴型等,每种款式的上、下刻面均有一定比例,棱面之间有一定交角,在宝石,尤其是贵宝石的交易中,要用宝石显微镜认真检查,失误的地方要做为扣款的参数,钻石漏光的要剔除。此外,抛光技术更为重要,直接地影响宝石的反光效果。有人说“三分材料七分工”,这一点都不假,同样的原料,磨工不同,宝石效果就相差甚远。中国玉雕工艺品所以闻名于世久盛不衰,,关键就在于造型逼真,工艺精湛。

第五,买主的喜爱。由于购买宝石的买主,各自的文化修养和爱好不同,所以对宝石的颜色、品种和款式的要求也不同。日本人偏爱钻石、珍珠、红宝石、祖母绿和紫晶,而其它宝石则很少有人问津。欧美人士除喜爱五大宝石以外,凡是色美、粒大、透明的宝石均受欢迎,特别是蓝色宝石,如蓝宝石、海蓝宝石、改色蓝黄玉和珍珠等。美国西南部人喜爱绿松石和橄榄石。东南亚一带流行的是翡翠、红宝石、钻石和绿松石。阿拉伯人喜爱珊瑚、绿松石等。为此,在宝石贸易中要充分考虑买主的喜爱这一心理因素。

狭义的“宝石”

狭义的“宝石”专指自然界中色泽艳丽、透明无暇、硬度大、化学性质稳定,或者是透明度稍差,但具特殊光学效应,粒

度大于 3mm 以上的单矿物晶体。它不包括矿物集合体(即岩石)组成的玉石、彩石及有机质类的宝石(如珍珠)等,这类宝石通常最为昂贵,是宝石中的佼佼者。

钻石

钻石的矿物名称为金刚石,英文名称 Diamond,源自于希腊语,其意为难征服。我国佛教经典中称钻石为“金刚不坏”,表示任何物质都破坏不了它。由于它硬度高,很难琢磨,所以用来做装饰品的历史较红宝石、蓝宝石、祖母绿晚。大约 1477 年,人们开始用没有经过琢磨或仅琢磨几个刻面的钻石来做结婚的信物。1558 年—1603 年英国女王戴的钻石戒指,也只是一枚磨平了一个角的八面体金刚石。

历史上钻石的昌盛时期是 1604—1689 年,当时一位名叫塔沃尼的法国人曾六次往返于印度与欧洲的各王室之间,从事大量的钻石生意,推动了钻石的应用和发展。1909 年,波兰人塔克瓦斯基根据金刚石的折光率,按照全反射原理,设计出最佳反光效果的五十八个刻面的标准钻石型,此后闪光灿烂的钻石便成为宝石中的骄子。

钻石的应用虽起源于印度,但兴盛于英国。1880 年英国人朗德在南非创立了戴比尔斯公司,1899 年开始至今,戴比尔斯公司占有世界钻石销售量的 80%,控制了世界范围内钻石的购销和价格。

在宝石贸易中,钻石营业额最大,占宝石总销售额的 80%。

金刚石是诸多宝石中唯一由单一元素碳结晶而成的晶体矿物,晶形呈八面体、菱形十二面体,有时呈立方体等;晶石轮廓常呈浑圆状,无色透明或带有黄、蓝、褐等色,具发光性,熔点高,导电性能良好。

由于金刚石具有硬度大,折光率高,化学性质稳定,而且优质稀少的特点,而被珠宝界当作高档宝石。随着科学技术的发展,金刚石的用途愈来愈广。据统计,世界金刚石总产量的80%用于工业,20%用于首饰和珍藏,但后者的价值却相当于前者的5倍。除用作首饰和钻头研磨和切削工具外,在尖端技术方面金刚石也被作为高温半导体、高导热、红外光谱仪等的原材料。

据统计,有史以来,人类总共生产钻石大约350吨。目前,世界上最大的金刚石生产国是澳大利亚,1986年其年生产能力达2900万克拉,估计到2000年,金刚石生产量最低可达3500万克拉;其次,还有南非、前苏联、扎伊尔、博茨瓦纳、纳米比亚、加纳、巴西及安哥拉等国。我国湖南、山东、辽宁等省也有金刚石出产。

世界上最大的宝石金刚石,是1905年1月21日在南非比勒陀利亚城发现的库利南金刚石,呈淡天蓝色,重量3106克拉,近似一个男人的拳头,质地极优。这块当时献给了英王爱德华三世,后由荷兰阿姆斯特丹的著名工匠加工成9颗大钻石和96颗小钻石。最大的钻石为“非洲之星”,也是第一大钻,重530.2克拉,呈卵形,镶在英王的权杖上;其次是“库利南Ⅱ”号,近似呈正方形,重317.4克拉,镶在英王的王冠上,其它的钻石也基本上为英国王室占有。

1977年12月21日,我国山东临沐县岌山乡常林村的一位女青年,在耕地时发现一颗重为158.78克的特大钻石。它为八面体或菱形十二面体晶体,质地纯洁,晶莹剔透。它是我国迄今发现的一颗最大的宝石级天然金刚石(图4—76)。

图4—77 常林钻石

由于钻石价格十分昂贵,因此在选择时须十分地谨慎,准确地鉴别钻石,识别假冒首饰,是非常重要的。购买的时候,最好请一位这方面的行家至少应具有这方面常识的人帮助挑选。由于钻石性脆,易被打碎,在高温时并且可以燃烧,因此在琢磨加工和佩戴钻石首饰时也须特别注意。钻石的最大特点是强金光泽、色散高、折光率高、硬度高,粒度小。对脂肪的吸附力强,用手触摸后看上去有一层油膜。琢磨后的成品不漏

光,有时腰围上可见到平整的小面。

红宝石和蓝宝石

红宝石和蓝宝石都是色美、透明的宝石级刚玉矿物(图 4—77),它们的化学式为 Al_2O_3 。实际上自然界中宝石级刚玉除红色的称红宝石外,其余各种颜色如蓝色、淡蓝色、绿色、黄色、灰色、无色等,均称为蓝宝石。

红宝石、蓝宝石以其晶莹剔透的美丽颜色,被古代人们蒙上神秘的超自然的色彩,被视为吉祥之物。早在古埃及、古希腊和古罗马,被用来装饰清真寺、教堂和寺院,并作为宗教仪式的贡品。它们也曾与钻石、珍珠一起成为英帝国国王、俄国沙皇皇冠上和礼服上不可缺少的饰物。自从近百年宝石进入民间以来,红宝石、蓝宝石分别跻身于世界五大珍贵宝石之列,是人们珍爱的宝石品种。

图 4—77 刚玉晶体

红宝石的颜色呈红色、玫瑰红色;蓝宝石呈靛蓝色(微带

紫色的蓝色)、蓝色、浅蓝色、绿色、黄色、灰蓝色、无色。透明至半透明,玻璃光泽,折光率 1.762—1.770。硬度 9。密度 3.95—4.1g/cm³。贝壳状或参差状断口,解理多沿双晶面裂开。

当红宝石和蓝宝石内部的某些杂质按宝石的结构特点有规律地排列时,在光线照射下会反射出一种美丽迷人的六射星光,俗称“六道线”,这种宝石被称为“星光红宝石”或“星光蓝宝石”。

在东方,印度人似乎比别的民族更珍视红宝石,不惜用众多美丽的词藻来描绘红宝石的高贵和华丽,称它为“宝石之王”、“宝石之冠”。在缅甸,一直流传着这样一个古老的神话故事:很早以前,在缅甸一个神秘的山谷中,有着不计其数的红色宝石(指红宝石),一到夜晚,人们从数十里以外都可看到山谷中闪烁着的艳丽迷人的光芒。当地人为了获得这些宝石,将一块一块的生肉投入山谷之中,然后引诱秃鹫前去啄食,因红宝石也粘在了这些生肉上,于是,待秃鹫飞出山谷后,便射杀秃鹫取得宝石。这个古老的传说在《天方夜谭》一书关于巴德的冒险经历中可得到证实。缅甸人珍视红宝石,不仅仅因为它的美丽,还因为他们相信红宝石具有保佑人们不受伤害的神奇力量。红宝石很少有大颗粒者,十几克拉就属少见。迄今为止,世界上发现的一枚最大的红宝石产于缅甸,重为 3450 克拉,几乎可以与世界上最大的金刚石媲美。最大的“鸽血红”宝石重仅 55 克拉。

在英国的自然博物馆中,有一颗重达 167 克拉的爱德华兹红宝石,色彩绚丽而透明。在美国自然历史博物馆中,曾展出过两颗最大的优质星光红宝石中的一颗,重为 100 克拉。另

外,在美国斯密森学院博物馆中,还珍藏着另外一颗红宝石——罗斯利夫斯红宝石。这颗宝石重 138.7 克拉,产于斯里兰卡,是世界上著名的珍品。

红宝石的价值很高。其价值主要取决于宝石颜色的浓艳程度,透明程度以及宝石重量的大小和完美程度。根据宝石的外形特征、颜色、绺裂及大小,可将宝石琢磨加工成圆形、长方形、桃心形或尖形。一般而言,透明而色美的红宝石,多制作为有刻面的棱面宝石;而有星光特点的星光红宝石则可琢磨成素身的弧面宝石。

一般而言,蓝宝石也很少有大颗粒者,重量一般为 10 克拉左右,颜色艳丽、体质明净者即为珍品。但世界上也不乏著名的蓝宝石。

在美国的史密斯博物馆中,现陈列着一颗星光蓝宝石,重量为 330 克拉,名为“亚洲之星”。在纽约博物馆中亦有一颗重为 563 克拉的星光蓝宝石,名叫“印度之星”。虽然这颗宝石色泽有些暗淡,但星光却很完美,而且几乎完美无瑕。

1984 年,在澳大利亚发现了一颗著名的昆士兰黑星蓝宝石,当时认为这是世界上最大的星光蓝宝石。这颗宝石原重为 1156 克拉,琢磨后重量为 733 克拉,呈椭圆形、大小如鸡蛋,现为美国洛杉矶一家私人宝石公司珍藏。实际上,世界上最大的蓝宝石可能要算最近在缅甸仰光东北部 650 公里处一座小矿发现的一颗蓝宝石,琢磨后的重量仍达 979 克拉,堪称稀世珍宝。

祖母绿和海蓝宝石

祖母绿和海蓝宝石的矿物名称均为绿柱石,它们的化学组成为 $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_6)$ 。凡是透明的绿柱石均可用来作宝石。由于绿柱石中分别含有锂、铁、锰、铬、钒、钛等微量元素,所以呈现不同的颜色。因此绿柱石类宝石品种实际上是很多的。

祖母绿是一种含铬的翠绿色绿柱石,从史前时期至今,一直是珍贵宝石品种。古希腊人称祖母绿是“发光的宝石”,而现代人视祖母绿为五大宝石品种之一。目前优质祖母绿的价值比钻石还高。海蓝宝石是一种含铁的天蓝色绿柱石,是近期崛起的,受人们喜爱的宝石品种。

祖母绿和海蓝宝石同为绿柱石,晶体呈六方柱状(图 4—78),晶面上有平行柱面展布的纵条纹。含不同金属元素的绿柱石,呈不同的颜色,有翠绿色、红色、粉红色、天蓝色、黄色、绿色、无色等。透明—不透明,玻璃光泽,折光率 $1.564-1.602$ 。硬度 7.5,密度一般 $2.72\text{g}/\text{cm}^3$,断口呈贝壳状到参差状,性脆。

祖母绿以其透明的翠绿色为主要鉴定特征。颜色的优劣主要取决于宝石中铬和铁含量。通常翠绿色祖母绿中含氧化铬 $0.15-0.30\%$,深翠绿色含氧化铬 $0.5-0.6\%$ 。祖母绿颜色的明度取决于氧化铁的含量,如果不含或少含氧化铁,颜色就鲜艳,明度就大,如果氧化铁的含量超过 0.60% ,绿色就会变暗。目前世界祖母绿产地不少,但就质量来说以哥伦比亚祖母绿最佳,世界 90% 的优质祖母绿均来自该区。其它产地有

坦桑尼亚、巴西、前苏联和津巴布韦等。海蓝宝石以天蓝色、淡天蓝色为主要鉴定特征。玻璃光泽,包裹体较少,用肉眼不易察觉,优质的大颗粒宝石较多。世界各地均有海蓝宝石产出,主要产地有巴西、前苏联、中国、巴基斯坦等国。

祖母绿的历史和这种宝石一样,是一幅由传说和迷信以及科学交织而成的神秘画卷。还从来没有一种宝石象祖母绿一样享有人类赋予它的那样神奇的色彩与无尚的荣光。数千年来,人们只要一看到这种可爱的绿色宝石,便会想起春暖花开,树绿叶茂的景象。罗马著名学者普林尼曾对祖母绿表示过由衷的赞叹:“这是一种使人百看不厌的宝石,没有任何一种宝石的颜色象祖母绿一样,使人赏心悦目……。”罗马人相信,祖母绿能够消除眼睛疲劳,恢复视觉。据说尼禄大帝曾透过一片清澈的祖母绿,观看了一场动人心魄的角斗竞技,从而恢复了视力。他们甚至认为,拥有这种宝石的人不仅会博闻强记,才思敏捷,而且具有超人的预测未来的能力。

世界上著名的祖母绿宝石为数不少。现今在美国自然历史博物馆中,收藏有一颗德文郡祖母绿和一颗帕特里西祖母绿。前者是一块未经切割的绿色哥伦比亚晶体,重 1383.95 克拉,是 1831 年巴西最后一位国王唐·皮德罗一世赠给英国德文郡第六公爵的礼物,并因此而得名;后者是一块重为 630 克拉的美丽晶体。此外,该馆中还有五块未曾命名的大祖母绿晶体,重量分别为 1796 克拉、1752 克拉、1492 克拉、1100 克拉和 200 克拉。在奥地利维也纳博物馆中,收藏有一个巨大的祖母绿花瓶,重达 2681 克拉,乃绝世奇宝。

海蓝宝石虽不象祖母绿那样受到古代人的重视,但也不

乏对它的描绘与赞美。蓝色或带绿色的海蓝宝石,长期以来被人们奉为“勇敢之石”,并被看成幸福和水葆青春的标志。

世界上时有发现巨大海蓝宝石的报道。1912年,曾在巴西发现一块长19英寸,宽16英寸,重243磅的海蓝宝石晶体,外绿内蓝,非常透明。这块宝石晶体被切割成许多高质量的宝石,其中一块晶体外部的绿色部分,重为13磅,现收藏在美国自然博物馆中。

在美国纽约市海德公园博物馆内珍藏有一块产自巴西的重达1847克拉的海蓝宝石。这是1935年巴西政府赠给美国第32任总统罗斯福及其夫人的,现为该馆珍品。

近几年来,由于优质的或中暗的海蓝宝石色调好、无裂纹,倍受人们的喜爱,所以销路极好,价格一直看涨,而且供不应求。

猫眼石和变石

猫眼石和变石都是矿物中的金绿宝石,只是由于具有不同的光学特点而成为两种不同的宝石。它们的化学组成为 BeAl_2O_4 ,常含铁、钛、铬,晶体一般呈短柱状、板状等,显棕黄色、绿黄色、黄绿色、黄褐色,硬度8.5,密度3.5—3.7克/立方厘米,折光率为1.74—1.76,透明、半透明至不透明。

猫眼石是具有猫眼效应的金绿宝石。由于金绿宝石中含有定向密集排列的绢丝状管状包体,经琢磨成弧面型宝石后能呈现明亮的猫眼效应,表现出与猫的眼睛一样的光学现象,能够随着光线的强弱而变化,因此而得名。

在我国,很早就有关于猫眼宝石的记载,并流传着不少关于猫眼石的传说。据《格古要论》载:“猫眼石,产南蕃,色如酒,中有一道白线如猫睛者为佳品,混浊者、青色者则不足奇矣”。《山堂肆考》载:“猫眼石,产三佛齐国,莹洁明透如猫睛。”《辍耕录》亦载:“猫睛,名猫儿眼,一线中横,四面活光,轮转照人。”在东南亚一带,猫眼石常被认为是好运气的象征,人们相信它会保护主人健康长寿,免于贫困,从而深受人们的青睐。

世界上著名的猫眼石产地为斯里兰卡西南部的特拉纳布拉和高尔等地,其次,在巴西的米纳斯吉拉斯和苏联的斯维尔得洛夫斯克也发现有猫眼石,但非常稀少。

据报道,英国的宝石收藏家霍普珍藏着一块著名的猫眼石。这块宝石被雕成象征祭坛的形状,顶上有一火把,整个宝石呈球形,直径约为1—1.5英寸。在美国的自然历史博物馆中,存有一块重为47.8克拉的质量优良的猫眼宝石。近年来,美国又发现了一些重100克拉以上的猫眼石;不久前,一个珠宝商还出售过一颗重达300克拉的猫眼宝石。猫眼石常被人们称为“高贵的宝石”。在伊朗国王的王冠上,镶有一颗重147.7克拉的黄绿色猫眼,是稀世珍品。

猫眼石是一种产量稀少,坚固耐久,外观美观的宝石,尤其是具相当好的韧性,受撞击后不易破碎。在加工过程中,为了显示出猫眼闪光,最好将宝石琢磨成半球形的素身石,切割时要将猫眼闪光置于球面的正中,不能有所偏斜。在自然界中,有许多宝石具有猫眼效应,其中价廉而颜色又相似者,极易用来冒充昂贵的金绿宝石猫眼,如石英猫眼等。因此,在选购这种宝石时,要注意其闪光与颜色的差异,如石英猫眼的闪

光远不如猫眼强烈灵活,颜色多半为灰白,少有黄绿至蜜黄色者,而且其密度与猫眼石是不同的。

变石是具有变色效应的金绿宝石,又称“亚历山大石”。关于这个名称的来历,说来还有一段有趣的故事。1830年的一天,在俄国乌拉尔一个开采祖母绿的矿山上,矿工们采到了一些颜色与祖母绿不同的绿色矿物晶体,当时并未引起矿工们的重视,可有一天晚上,这些矿物在灯光下不知为何变成了红色,使矿工们惊奇不已。次日白天再看时,这些宝石又恢复了原来的绿色。于是矿工们将这种宝石献给了俄国皇太子。这位皇太子就是后来的沙皇亚历山大二世。在他21岁生日的时候,他将这种新发现的奇异宝石镶在了自己的王冠上,并赐名为“亚历山大石”。

因变石中含有微量的铬,使得它对绿光的透射最强,对红光的透射次之,而对红光和绿光之外的其它光线,则全部强烈地吸收。因此,在白天时,由于阳光(由七种色光组成)的照射,使其透射的绿光最多,故其呈现绿色,如果用近似白光的日光灯照明,变石也呈现绿色。可是一到晚上,当用富含红光的蜡烛、油灯或钨丝白炽灯照明时,变石透射的红光就特别多,故呈现出红色。“变石”由此得名

变石的变色程度随质量的变化而不同,变色强烈显著者,为上等珍品;而变色轻微或很不明显者,则为劣质品。此外金绿宝石即使透明,如果没有变色的特点,也不能叫做变石,而只是极普通的宝石。

变石是一种极受人们喜爱的宝石,许多诗人、作家曾对它进行过描述和赞美。有一句诗这样写道:它是“白昼里的祖母

绿,黑夜里的红宝石”。在俄国,变石深受宠爱,变石所呈现的红色和绿色,曾是俄国国家皇家卫队的代表色,即使在今天,前苏联许多地方的人仍然以佩戴这种宝石引以为自豪,并把它作为一种美好希望的象征。

变石以前主要产于前苏联的乌拉尔地区,目前这种宝石的主要产地是斯里兰卡。其次,巴西的米纳斯吉拉斯以及前苏联的斯维尔得洛夫斯克也有变石出产。

世界上关于著名变石的报道比较零星。据报道,在大英博物馆中收藏有两块变石,一块重 27.5 克拉,一块重 43 克拉,是该馆中的珍品之一。此外,在斯里兰卡还曾发现过一块重达 1876 克拉的巨大变石,琢磨后获得的成品最重为 65.7 克拉,现藏于美国华盛顿的斯密森博物馆。

变石的价值大小,主要取决于其颜色的完美程度和切磨的工艺水平。由于变石具有很高的硬度,又具有相当好的韧性,受撞击后不易破碎,因此是制作戒指的理想材料。选择这种宝石的时候,要注意与人工合成变石的区别。

电气石

电气石的名称来源于它自身所具有的热电性质。相传十八世纪有这样一个故事:“一个温暖的夏天,在荷兰阿姆斯特丹有几个小孩在玩荷兰航海者带回来的石头,发现这些石头在阳光下出现奇异现象,就叫他们的父母亲来看,结果惊奇地发现这种石头具有一种能吸引或排斥轻物体,如灰尘和草屑的力量。”因此,荷兰人把它叫做“吸灰石”,矿物名称为电气

石。

电气石用来做宝石的历史较短,但由于它鲜明的颜色和高透明度所构成的美,在它问世的时候,就赢得人们的喜爱。在我国清代的皇宫中,就有较多的电气石饰物。在现今,是受人喜爱的中档宝石品种。

电气石是自然界中成分最复杂的宝石之一。品种也较多。但用来做宝石的,仅是红色电气石、绿色电气石、蓝色电气石、杂色电气石和电气石猫眼。其中红色电气石最受欢迎。

图 4—79 电气石晶体

电气石晶体呈三方柱状,柱面上有平行晶体延长的晶面条纹,晶体的横断面为球面三角形(图 4—79)。它密度为 2.9—3.2 克/厘米³,硬度为 7.0—7.5,折光率 1.616—1.654,玻璃光泽,断口贝壳状;颜色多种多样,且富于变化,主要有红、蓝、绿、黄、紫、白黑、棕、褐等。其中以蔚蓝色和鲜玫瑰红色为上品。透明度高。粉红、绿者也是相当名贵的宝石,而杂色透明度高者是贵重的玉雕材料。

世界上主要的电气石的主要出产国是美国。其它还有巴西、马达加斯加、中国和斯里兰卡等。

黄玉

黄玉是一种化学成分为 $\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{F}, \text{OH})$ 的矿物。黄玉晶体多呈斜方柱状,柱面常具纵纹(图 4—80)。用来做宝石的多是经水搬运磨蚀成卵形的颗粒。颜色呈红色、淡红色、橙黄色、褐色、淡蓝色和无色。透明,玻璃光泽,折光率 1.619—1.627。硬度 8,韧性大,有一组解理发育,密度 $3.59\text{g}/\text{cm}^3$ 。

图 4—80 黄玉晶体

世界优质黄玉主要产在巴西和斯里兰卡,中国、美国、英国、缅甸、非洲、澳大利亚等地均有产出。当今中国产的改色蓝色黄玉质量优良,是当今我国重要的宝石出口产品。

世界上许多博物馆都展出过名贵的黄玉宝石。在美国纽约的自然历史博物馆中,现存有好几块切好抛光的黄玉标本:两块灰蓝色黄玉,一块重 308 克拉,另一块重达 1463 克拉;一块灰桔黄缅甸黄玉,重 241 克拉;一块红色黄玉,重 170 克拉。美国宝石研究所也收藏了一块重为 40 磅的天蓝色黄玉晶体。

此外,在英国博物馆中,还有一块十分精美的蓝色巴西黄玉,重达 614 克拉,亦是不可多得的珍奇宝石。

黄玉透明洁净,硬度高、粒度大,反光效果好。除天然的颜色、粉红色、天蓝色、无色以外,经人工改色处理后可以变成象海蓝宝石一样艳丽的天蓝色和金黄色。由于当前天然宝石资源短缺,改色后的蓝色黄玉颇受欢迎。是当前流行的中低档宝石品种。

石榴石

图 4—81 石榴子石晶体

石榴石意指它的形态和颜色很象石榴中的“籽”。这个名字准确的刻划出石榴石矿物的外表特征(图 4—81)。实际上,石榴石是一族化学成分比较复杂的硅酸盐矿物,均质,晶形似球形,石榴石可以分为镁铝榴石—铁铝榴石—锰铝榴石和钙铝榴石—钙铁榴石—钙铬榴石两个系列。主要产在许多岩浆岩或变质岩类中。它们可以以颗粒状态无规律地分布于岩石中,或者以它们为主组成岩石。

石榴石硬度为 6.5—7.5,密度 3.5—4.2 克/厘米³,折光率 1.74—1.89,颜色以红为主,还有深红、暗红、紫红、浅红、

黄红、黑红等各种色调,此外还有黄和绿等颜色。世界上石榴石的主要产地有斯里兰卡、印度、马达加斯加、美国、中国以及格陵兰等地区和国家。

世界上关于著名石榴石宝石的报道很多。在美国的国家自然历史博物馆,有一颗质地优良、黄色、重达 6 克拉的锰铝石榴石宝石,产于巴西;另有一颗重达 96 克拉,呈云雾状。此外,该馆中还珍藏着世界上最好的一颗桂榴石(铁钙铝榴石),是一个雕刻精巧的基督头像,重达 61.5 克拉,堪称无价之宝。此外,在中国地质博物馆中,藏有一颗橙红色的锰铝石榴石大晶体,重达 1379 克拉,产于新疆。

石榴石折光率高,光泽强,颜色美丽,是现今人们喜爱的宝石品种。但在购买时须注意辨别真伪。一般而言,带褐红色、红、褐的宝石,价格相对便宜,而紫色和深红色的宝石,价格则较高。

玉石

古人曰:“玉,石之美。”在自然界中凡是质地细腻、坚韧、光泽强、颜色美观,由一种矿物或多种矿物集合组成的岩石,均可称作玉石。

人类发现与利用玉石的历史,与人类社会的文明发展史一样渊远流长。在公元前 4000 年以前,古代埃及人就已经开始利用玉石来制作斧头、刮刀、兵器等。1951 年,我国地质和考古工作者在江苏淮安青莲岗发现了一批 5000 年前的珍宝,

其中有玉石、玛瑙制作的手镯、圆环、珠子等装饰品。这些玉石都经过切割、琢磨和钻孔，具有较高的工艺水平，是我国发现的最古老的玉器。1968年夏天，我国在河北满城西南约1.5公里处的陵山上发现了两座距今2000多年的汉代陵墓，出土了大批文物，其中最著名的是刘胜和窦馆身上穿的金缕玉衣。这两套玉衣各用2000多块小玉片组成，每片玉的四角有孔，用金线互相联缀而成。这两件珍贵的玉制品，反映了我国古代劳动人民高超的玉石切割和加工琢磨技巧。并且早在春秋战国时期，我国就有了识玉的人才，发生在当时的“卞和哭玉”的动人故事一直流传至今。

相传在距今2000多年前的楚国，有一个名叫卞和的人发现了一块玉璞，他便拿去献给楚厉王，厉王让玉匠看，玉匠说是一块普通的石头，于是厉王以欺君之罪砍断了卞和的左脚。厉王死后，卞和又将此玉献给继位的武王，于是又受到同样的命运，被砍去了右脚。武王死后文王继位，卞和脚走不了，急得抱着玉璞在楚山之下哭了三天三夜，此举终于感动了文王，便派玉工剖开玉璞鉴别，发现此石确是一块极好的宝玉，于是这块宝石便被赐名为“和氏之璧”。到了战国后期，和氏璧被赵国的赵惠王得到。秦昭王听说后，便派人到赵国，说愿以15座城市来换这块璧，于是演义了一个“完璧归赵”的历史故事。后来，这块宝石又几经辗转，到南北朝的永嘉年间的战乱中失传，下落至今不得而知。

明清两代是我国古玉器发展的兴盛时期，明代科学家宋应星所著的《天工开物》有“良玉虽集京城，工巧则推苏州”的记载，这说明当时玉雕工艺相当普及，能工巧匠甚多，并

已形成权威、大师。清代宫廷收藏玉器极多,除历代王朝留下的玉器珍品外,主要是臣下的供献和清宫造办处制作的珍品。主要代表作是清宫乐寿堂里陈设的“大禹治水图玉山子”巨作。乾隆四十三年(1778年)间,乾隆皇帝将由新疆和田耗时十年运来的巨大玉料运至扬州,集中全国玉琢名手琢磨,使大禹治水时的劈山开河的大无畏气势逼真的展现在“玉山”上。“大禹治水玉山子”高 2.42 米,宽 0.96 米,是世界最大的玉件。

玉石的应用历史悠久,随着历史发展,对玉料的使用优胜劣汰,玉石品种不断增减,至今已有玉和玉石之分。现今国际上统称的玉是专指翡翠和软玉,其它玉料统称为玉石。目前世界上最受欢迎的优质玉石品种有缅甸的翡翠和我国的软玉,优质翠绿色翡翠价值可以与钻石相比,此外,绿松石、欧泊、玛瑙等也均是既古老而又受欢迎的玉石品种。

识别玉的好坏,要根据玉色、玉质、玉性等。不论是白玉、黄玉、青玉还是碧玉,其玉色一定要鲜明,不邪不灰而无杂色者最佳。就玉性和玉质而言,要求细而匀润,纯而无杂。无论是什么颜色的宝玉,质越细润越好,越细也就越显滋润。玉作为宝石或首饰,适合于各种人物性格和年龄的人佩戴。

翡翠

翡翠是一种以硬玉矿物为主的辉石类矿物集合体。之所以叫翡翠,是因为它的颜色不均一,有时在浅色的底子上伴有红色的和绿色的色团,颜色之美尤如古代赤色羽毛的翡鸟和

绿色羽毛的翠鸟，所以称之为翡翠。优质翡翠是当今世界价格昂贵的宝石品种，是高档玉料。

常见的翡翠为细晶或隐晶的致密块状集合体，硬度为 6.0—6.5，密度 3.3—3.4 克/厘米³；抛光后表面为玻璃至油脂光泽，断口暗，参差状。由于所含杂质的不同以及其中铁、铬等微量元素的影响，而使翡翠呈现出千差万别的颜色，其基本颜色有不同深浅的绿色，还可分为葱绿、葡萄绿、秧绿、豆绿、青绿和真正的翡翠绿，其中以翡翠绿最好。

由于翡翠颜色鲜美，光泽喜人，透明晶莹，硬而不脆，不易损坏，为许多别的玉类宝石所不及，故自古以来，它一直受到人们的喜爱。

世界上有许多著名的翡翠制品，其中最有名的大概莫过于清代慈禧太后的翡翠西瓜。据《爱月轩笔记》记载，在慈禧太后的殉葬珠宝中，除了各种红宝石、祖母绿、蓝宝石、黄玉等珠宝外，还有大量的翡翠制品。其中有：脚下足旁翡翠西瓜两个，绿皮红瓢，白子黑丝；翡翠甜瓜四枚，白皮、黄子、粉瓢者两个，绿皮、白子黄瓢者两个；翡翠荷叶帽一顶，叶满绿筋，浑然天成；翡翠佛像二十七尊。此外还是翠桃一个、翡翠白菜二颗。有趣的是，这两颗白菜绿叶白心，在菜心上落着一只满绿的蝈蝈，绿色的叶旁还有两只黄色的马蜂，雕刻栩栩如生。

另外，在美国自然历史博物馆，现陈列着一尊大慈大悲的翡翠观世音佛像，淡绿色、不透明，漂亮非常。

在我国北京的中国工艺美术馆，现藏有近年来完成的四件精美的翡翠国宝：“岱岳奇观”、“群芳揽胜”、“四海腾欢”和“含香聚瑞”。经鉴定，这四块翡翠均产自缅甸，共重 803.6 公

斤,主要成分为钠铝硅酸,是当今难得的稀世大料。

目前世界 90% 以上的翡翠来自缅甸。前苏联、美国、日本虽然也有翡翠,但质量很差。翡翠作为宝石,其历史充满了古代东方传奇性和象征性的色彩。现在,翡翠仍是珠宝、首饰、玉器、古玩中的上品,为珠宝中著名的四大品类之一。尤其在亚洲的日本、东南亚以及港澳地区,翡翠是最受人们喜爱的珠宝之一。同时,翡翠作为首饰,它具有经久耐用、颜色品种繁多以及质地变化多样等许多优点。正因为这些优点,翡翠几乎适合于各种性格、年龄、肤色的人佩戴。

软玉

软玉主要是由一些粒径小于 0.01mm 的硅酸盐类矿物组成的集合体,软玉矿物组成不同,颜色也不同。我国新疆和田玉主要有白色、青白色、墨绿色、灰色。台湾产软玉主要呈绿褐色。软玉为油脂、蜡状光泽,硬度 6—6.5,韧性大,琢磨比较困难。折光率 1.606—1.632,密度 2.9—3.1。

软玉的最大特征是质地细腻、光泽滋润、柔和,颜色均一,光洁如脂,略具透明感,坚韧、不易碎裂。在抛光面上(玉器)可见明显的象花斑样的结构。

世界软玉产地较多,但以中国新疆和田县产的软玉应用历史最久,质量最佳,故前苏联地质学家费尔斯曼称软玉为中国玉。软玉在中国的应用已有三千多年,丰富的软玉制品已成为中华民族灿烂文化的组成部分,现代玉雕是对外创汇的高档商品。

绿松石

绿松石也是非透明玉石中最为重要的一种。矿物学上绿松石是一种含铜铝的磷酸盐,苹果绿、绿蓝色或天蓝色,隐晶质致密块状,微透明或不透明,蜡状光泽,性脆,硬度 5—6。绿松石主要是在地表生条件下由含铜水溶液与含氧化铝矿物(如长石)及含磷矿物(如磷灰石)经成岩作用后在裂隙中沉积形成的。

绿松石与软玉一样,是深受古今中外人士喜爱的传统玉料,远在新石器时期就为人所知。河南郑州大河村仰韶文化(距今 6500 年—4000 年)遗址出土的文物中,就有两枚绿松石的鱼形饰物。在 5000 年前埃及皇后(Zer 皇后)木乃伊的手臂上,戴有四只绿松石包金手镯。此外,在中国战国时期达官贵人的衣带钩上、隋朝宫廷里使用的金属器皿上,均镶有绿松石饰物。

美国西南部的印第安人,应用绿松石来装饰房前和坟墓,体现一种大海与蓝天之精灵。印第安人笃信:绿松石具有神奇的魔力,会给即将远征的战士带来吉祥与好运,会给狩猎的猎人带来丰硕的猎物。有趣的是,他们还坚信不移,佩带绿松石宝石,可以使从狂奔的骏马背上摔下来的骑手避免伤害;而且使马强健精悍,百战不殆。因此,绿松石成为成功和胜利的象征,有“成功之石”的美誉。

世界上最为古老的绿松石产地,位于今埃及的西奈半岛北部山谷。考古证实,埃及人大约在公元前 5500 年就已经开

始利用绿松石了。现今,美国为世界上最为重要的绿松石产地,其产量占世界的绝大部分,西南部各州是其最重要的产区,其中以亚利桑那州的绿松石最为丰富。我国也蕴藏绿松石,现在绿松石以湖北省郧县生产的质量为最好;其次,陕西省白河、湖北省竹山亦有生产。

作为宝石的绿松石,通过加工,通常可以切割成多种戒面,如圆形、方形、矩形或多面形的凸面,也可磨成珠,制造出抛光精良、凉爽纯正、多种造型的宝石首饰。根据宝石本身的特征,可以将其雕刻成鼻烟壶、花瓶以及小雕像等。绿松石最具魅力的是其别具特色的颜色,以至绿松石的颜色成为蓝色的一种浓度标准。

绿松石是一种雅俗共赏的宝石,它可以镶嵌于传统的首饰上,也可以随身佩戴。但是,绿松石也比较娇嫩,过热的温度可使颜色变化,所以,琢磨、抛光不宜在高温下进行。同时,由于大多数的绿松石有孔,长时间戴在手上,会吸收擦手油、口红和香水等,从而改变其颜色。因此在佩戴绿松石首饰时,最好使首饰和化妆品保持距离,避免因和皮肤接触过多而损坏宝石及首饰。

欧泊

古罗马自然科学家普林尼曾说:“在一块欧泊石上,你可以看到红宝石的火焰,紫水晶般的色斑,祖母绿般的绿海,五色缤纷,浑然一体美不胜收。有些欧泊石之美不亚于画家的调色板,另一些则不亚于硫磺之火焰或燃油之火舌。”在欧洲,欧

泊早在古罗马帝国时代就为人所知,而且价值极高。

欧泊石是宝石学中惯用的名称,在矿物学中属蛋白石类,非晶质,无解理,贝壳状,硬度 5.0—6.5,密度 1.25—2.23 克/厘米³,透明到不透明,玻璃、半玻璃光泽。欧泊石具有绚丽夺目的色彩,叫做“变彩”。这是欧泊石作为珍贵宝石的主要魅力所在,也是欧泊石的鉴定特征。作为宝石,其色彩愈多愈好,尤以红色多者为上乘。根据基本颜色的不同,欧泊石可分为白欧泊、黑欧泊和火欧泊三种。其中以黑欧泊最为名贵,白欧泊次之,火欧泊档次稍低。

目前,澳大利亚是世界上生产欧泊石最多的国家,墨西哥也是欧泊石的重要产地,除此之外,美国、捷克、斯洛伐克、洪都拉斯也生产宝石欧泊。日本、中国等国虽有欧泊石发现的报道,但大多以碎片产出,价值不大。

本世纪初,人们在澳大利亚新南威尔士的闪光山脉中发现了一枚重为 273 克拉的黑欧泊宝石。这枚宝石底色较深,各种色彩熠熠发光,格外瑰丽多姿,成为欧泊石中的佳品,被称为“世界之光”。另外,澳大利亚还发现了另外几枚著名的欧泊宝石,其中一枚重 711 克拉,长 10.16 厘米,宽 5.08 厘米,高 2.54 厘米,质地优良,具有由绚丽的黄色、绿色和蓝色交相辉映而成的图案;另一枚“爱多姆克”欧泊石是在澳大利亚南部的爱多姆克矿区发现的,重 205 克拉,有红色、赤黄色和蓝色变彩,卵圆形。1954 年,南澳大利亚政府把这枚欧泊宝石作为珍贵的礼物,赠给了英国女王。

由于欧泊石具有扑朔迷离与绚丽多姿的色彩,如同五彩缤纷的梦幻,把人们带进了晶莹的神话世界,给人们以无穷的

遐思与憧憬,因此倍受人类的青睐,成为希望与吉祥之石。同时,欧泊宝石也是一种有着广泛适用性的宝石。它不仅适合于与各种头发与皮肤颜色的配合,而且几乎任何人佩戴都是适宜与美丽的。需要提出的是,尽管欧泊石如此楚楚动人,价格高昂,但是她却相当娇嫩、质软而性脆,过分失水也会使宝石损伤。因此在琢磨和抛光、加工时要十分注意。

玛瑙

玛瑙,英文为 Agate,来自希腊文,原是意大利西西里岛上阿克提斯河的名称,意大利人曾在这里首先发现了玛瑙,故此得名。

玛瑙为硅酸胶体矿物,硬度为 7.0—7.5,密度 2.60—2.65 克/厘米³,透明或半透明,断口半亮,为较平坦或贝壳状,成块状、结核状或脉状产出。玛瑙主要产于基性喷出岩气孔、洞穴中,为低温热液胶体矿物,此外也产于残积层及冲积层中。玛瑙具有各种各样的颜色,俗有“千样玛瑙万种玉”之说。其颜色主要有红、白、黄、蓝、黑、紫、绿、灰等,且有同心状、层状、波纹状、斑纹状各种花纹(图 4—82)。根据其颜色与花纹的不同,玛瑙又有各不相同的名称,如缠丝玛瑙、缟玛瑙、红玛瑙等。

缠丝玛瑙具细的红白纹相间,既可作装饰用,又可制成精致的玛瑙球(珠)、玛瑙乳钵等,是玛瑙中的最佳品。缟玛瑙为白、淡褐或黑色花纹平行相间。红玛瑙是一种较常见的单色玛瑙,呈红或紫红色,古时称为“赤玉”或“琼”。

图 4—82 同心带状玛瑙

世界上著名的玛瑙产地很多,如印度、美国的苔藓玛瑙;巴西、印度和乌拉圭的红玛瑙;巴西、马达加斯加和乌拉圭的条带状和缟玛瑙等等。在我国,玛瑙的产地很多,几乎各省都有产出,其中主要产地是辽宁、黑龙江和内蒙古。

世界著名的玛瑙宝石及首饰也不胜枚举。大约在公元前 4000 年左右,埃及的沙美里亚人就用玛瑙制作了一个形似斧头的工艺品,这个工艺品现存在美国纽约的历史博物馆中。在法国的国立爱尔米日博物馆,有一件公元 1 世纪的稀世珍宝。这是不知名的艺术家们利用双层的缠丝玛瑙雕刻而成的两个光彩夺目的人像,在深橄榄色的背景上,古罗马的命运女神福尔图娜给罗马国王图拉真加冕的情景栩栩如生。

有机宝石

有机宝石的形成均与生物有关,常常含有较高的有机质或碳、氢元素,经加工可做首饰和工艺品,如珍珠、珊瑚、琥珀等。

珍珠

早在远古时期,人类在海岸觅食时,就发现了具有彩色晕光的洁白珍珠。它特有的典雅外观,从那时起就成了人们喜爱的装饰之物。流传至今久盛不衰。

我国是世界上使用珍珠最早的国家之一,广西合浦珍珠驰名中外。在古罗马,富人的卧室家俱、装饰物及马鞍上均镶有珍珠。历代英国王室成员及俄国沙皇都用珍珠做衣帽上的饰物。现代女性更酷爱珍珠。

珍珠是产在珍珠蚌类软体动物体内,由内分泌作用而生成的含有机质的矿物(文石)球粒。当外界的细小异物进入到珍珠蚌体内,接触到蚌的外套膜时,外套膜受到刺激,便分泌出珍珠质将异物一层一层地包裹起来,这样就形成了珍珠。珍珠层是由角质和文石晶体垂直层面互相重叠排列呈同心圆状的生长层。所以,珍珠是一个由两种物质构成的放射状小球体(图 4—83)。

当光线照射到珍珠层上,由于重叠排列的角质和文石折

光率不同,波长也就不一样,反射出的光波就会互相叠加或减弱。这种光的干涉造成了珍珠所特有的柔和又带虹彩晕色的珍珠光泽,正是珍珠的这种特殊生物结构导致了它高昂的宝石价值。

图 4—83 珍珠结构图

左. 天然珍珠 中. 珠母壳磨的小球 右. 人工养珠

珍珠的主要成分是碳酸钙,占 91.59%,有机物占 3.83%,水分占 3.97%,其它成分占 0.81%。珍珠的密度为 2.7—2.8 克/厘米³,硬度为 3.5—4.5,由于贝类及水质环境不同,珍珠常呈现出不同的颜色,一般为白色、粉色、淡黄、黄白色等。

世界上最宝贵的海水珍珠产地在今天波斯湾地区,其次是在斯里兰卡和印度之间的马纳尔海湾,澳大利亚的西北和东北岸,日本、墨西哥、巴拿马、委内瑞拉以及中国南海诸岛。已发现的天然淡水珍珠产地主要分布在美国、英国和中国;佛罗里达和西印度则是贝壳珍珠的主要产地。

世界上有许多著名的珍珠。据宝石专家们考证,至今保存的最大的一颗海水珍珠是“希望之珠”,它重 450 克拉,奇怪的是,这颗珍珠并非球状。其长为 2 英寸,最小部位周长为 3.25

英寸,现存于英国大不列颠国家历史博物馆中。已知最好的淡水珍珠是 1857 年在美国新泽西州发现的“珍珠皇后”,重为 23.2 克拉,圆形,半透明。世界上最大的珍珠是 1934 年 5 月 7 日在菲律宾的巴拉旺湾发现的。其名叫“真主”,长为 13.9 厘米,宽 124.1 厘米,重 6350 克,价值高达 408 万美元。

珍珠是人们普遍喜爱的珠宝之一,选择珍珠首饰时,可按颜色、形状、皮光、大小等辨别其质量的优劣。通常情况下,颜色白润、皮光明亮、形状精圆、粒度硬大者为佳品,其价值高;同时,需要注意天然珍珠与人工养殖珍珠、仿制珍珠、染色珍珠的区别。由于珍珠的硬度低,佩戴这类首饰时要避免被玻璃、铁器等硬物划破或磨毛。

珊瑚

珊瑚是古今中外人士喜爱的宝石品种。古罗马人视珊瑚具有防止灾祸、给人智慧、止血和驱热的功能,经常将珊瑚枝挂在小孩脖子上保护他们,避免发生危险。这种信念持续到本世纪,至今意大利还流行用珊瑚做避邪的护身符。珊瑚与佛教关系密切。教徒们视红色珊瑚是如来佛的化身。印度和中国西藏人民把珊瑚做为祭佛的吉祥物,多用来做佛珠,装饰寺庙中的神像。是极受珍视的首饰宝石品种。

珊瑚是圆筒状腔肠动物。在幼虫阶段,它可以自由游动,但管状的成虫早期便自动固定在前辈珊瑚的石灰质(方解石)遗骨堆上。珊瑚是靠管口上段的触手捕捉微生物送入口中,内腔将食物消化掉,同时分泌出一种石灰质(方解石)来建造自

己的躯壳。珊瑚能靠自己的无性生殖—分裂增生方法迅速繁殖,为了追求食物和阳光,珊瑚就象树木抽枝拔芽一样向高处、向两旁生长,越长越高、越长越大,形成了树枝状的群体,取出一束即婀娜多姿、美丽动人,成为天然的艺术品。珊瑚幼虫是白色的,长大后吸收海水中的铁质,由外皮向内逐渐变红,呈现粉红色、红色的外表,但其中心仍常显白色。珊瑚虫老化死亡后就成为我们今日用来做装饰品的珊瑚。

珊瑚的化学成分是 CaCO_3 , 常见为白色。宝石级珊瑚为红色、粉红色、橙红色,亦有少量黑色和蓝色者。颜色是含 1% 左右的氧化铁和有机物造成的。珊瑚呈树枝状,枝体上有纵条纹。

珊瑚不透明—半透明,颜色相对均一,仔细观察可见深浅和透明度稍有差别的平行条带,平行条带在珊瑚的横断面上呈同心圆状。在珊瑚的枝体上有寄生虫的巢穴(凹坑)。蜡状光泽。在偏光器下观察,薄片处不消光。硬度 3.5—4。密度 2.60—2.70g/cm³。折光率 1.48—1.66。遇盐酸起泡。

珊瑚的质量相差无几,颜色和块度是经济评价的依据。有些地方的民族习惯直接影响着珊瑚的价值。阿拉伯人长期以来偏爱鲜红色,而欧洲流行粉红色。

珊瑚在世界许多暖海地区都有出产,但真正的造礁珊瑚虫却总是在近岸相当浅的暖海中发现。通常在距水面 30 米生长最旺盛。例如,在非洲的红海就素以多珊瑚礁著称。在苏伊士湾口有许多密集的珊瑚群。滨海一带海底有珊瑚礁的地方均生长珊瑚。另外,在地中海,日本小笠原群岛至琉球群岛的浅海区,以及我国台湾基隆和澎湖列岛均有质量好的珊瑚产

出。

琥珀

琥珀是自古至今的传统玉料。琥珀做为玩物和装饰品出现的年代很早,我国战国墓中就出土有琥珀珠。汉代以后,琥珀制品更是多见。唐朝韦应物在《咏琥珀》一诗中对琥珀的性质做了高度的概括:“曾为老茯神,本是寒松液,蚊蚋落其中,千年犹可覿。”

据古罗马学者普林尼称,古罗马人赋予琥珀极高的价值,一个琥珀刻成的小雕像比一名健壮的奴隶价值都高。古罗马妇女有将琥珀拿在手习惯,其原因在于琥珀能发出一种优雅的芳香。

图 4—84 昆虫琥珀

琥珀是松柏科植物的树脂,经地质作用掩埋到地下,经石

化而成琥珀,常产于煤层中。在波罗的海沿岸,含琥珀煤层被海水冲蚀,琥珀就悬浮在沿岸的海水中。琥珀的形态多呈饼状、肾状、瘤状及拉长的水滴状。琥珀是碳氢化合物,化学成分为 $C_{10}H_{16}O$,其中,碳 79%,氢 10.5%,氧 10.5%。有时含少量的硫化氢。密度 $1.1-1.16g/cm^3$ 。加热到 $150^{\circ}C$ 软化, $25^{\circ}C-300^{\circ}C$ 熔融燃烧。琥珀溶于酒精。硬度 2—3。非晶质体。油脂光泽,透明一半透明,性脆,贝壳状断口,折光率 $1.593-1.545$,颜色多呈黄色、橙黄色、褐黄色或暗红色。最贵重的是含昆虫的琥珀,依昆虫的清晰程度、形态大小和数量而决定其经济价值(图 4—84)。波罗的海琥珀呈各种黄色,由白黄色一带褐的黄色。有的透明,有的含弥漫状圆形气泡至不透明。缅甸琥珀呈褐色、硬度大,含有昆虫,有时有方解石脉穿插其中。中国抚顺琥珀为黄—金黄色,其中常包有昆虫,清晰美观、十分珍贵。

宝石的用途

宝石一个最重要的用途是作为装饰品。其次,宝石也是一种财富的象征。由于宝石具有体积小、价值高、便于携带、经久耐用等特点,因此它往往比黄金等贵重金属更有优越性。除此之外,鉴于宝石所具有的某些特殊的性质,宝石也常常应用于工业、医学等领域。

晶莹绚丽,温润素净的宝石,因其质地高雅被人们视为圣洁之物,自古以来得到王公贵族的喜爱。随着人类物质文化水

平的提高,近百年来宝石业发展很快,目前镶嵌宝石的首饰已成为广大群众结婚的信物、生日的礼品和服装的配饰。此外,由于通货膨胀和货币汇率的浮动,西方人士已不迷信于储存美元和英镑等国际货币,而在面临宝石价格逐年稳定上升的情况下,高档宝石已成为保值储备的硬通货。就近期宝石市场来看,以年营业额 25% 的速度向上增长,是一个极有潜力的发展中行业。

我国是一个历史悠久的文明古国,也是使用宝石(玉石)最早的国家,据考证已有 7000 多年的历史。人们佩戴宝石不仅因为它美观、耐久、稀少,而且相信它具有“御邪魔、斥鬼神”的作用,被视为吉祥、权力和富贵的象征。例如在中国,祭天的玉璧、祭地的玉琮,传达王令的玉圭、封官拜爵用的玉佩、玉珩,装饰用的凤钗、耳坠、项链、手镯、戒指等。又如在英国,1905 年南非发现了一颗世界上最大的宝石级金刚石,命名“库里南”,做为贡品献给了英国国王爱德华三世。“库里南”重 3106 克拉,被琢磨成 105 粒大小不等的钻石后,将最大的一粒“非洲之星”(重 530.2 克拉),镶在英王的权杖上,第二大的“里南 II 号”(重 317.4 克拉),镶在英国国王的王冠上。

宝石不仅作为一种典雅而华贵的装饰品,自古以来就受到人类的青睐,并且被赋予一种神奇的力量。例如,在我国古代,人们认为佩戴玉石可以驱灾避险;佩戴琥珀则可镇惊防邪。在世界的珠宝习俗中,也常把宝石看成是人们心中一切善良和美好事物的象征,把它作为婚恋、生辰等大喜日子里的吉祥物加以佩戴。例如,结婚 15 周年称为水晶婚;25 周年称为银婚;30 周年称为珍珠婚;35 周年称为珊瑚婚;40 周年称为

红宝石婚;45 周年称为蓝宝石婚;50 周年称为金婚;55 周年称为绿宝石婚;60 或 75 周年称为钻石婚。同时,人们又将石榴石、紫晶……松石作为一年 12 个月份的生辰宝石。

顾名思义,生辰宝石是人们用来纪念生日或生月,以图吉祥如意而佩戴的珠宝。

关于佩戴生辰宝石的风俗习惯,最早大概可以追溯到基督教僧侣们法衣上镶有 12 颗生辰宝石的神奇传说。据说,当犹太人在荒漠上建起圣殿的时候,上帝就给摩西明确规定,要他制作一套法衣,并在法衣的胸铠处镶嵌 12 块宝石,每一块宝石上都刻上以色列 12 个部落中的一个名字。这些在《圣经》中的《出埃及记》及有关章节中都可以找到具体的出处。尽管早期基督教僧侣们法衣上的生辰宝石的排列顺序与今天流行的生辰宝石表的排列顺序有所不同,但就生辰宝石的种类而言,已经十分接近。

关于生辰宝石的来历,还有另一个比较令人信服的说法,那就是生辰宝石是由古代东方民族发明与编录的,后来才由十字军的骑士们带到欧洲并传播开来。

英国的 G·F·昆士很早就对生辰宝石进行过比较系统的研究,并在他所著的《神奇的宝石传说》一书中指出:生活在不同地域和国家的人们,对生辰宝石的理解也不尽相同。例如在罗马,石榴石被认为是一月份的生辰宝石;而西班牙人则认为,只有红锆石才可以推崇为一月份的生辰宝石。其原因可能与各民族的习俗习惯、心理、兴趣、审美情趣以及爱好等有关。

表 4—7 经过国际珠宝协会校正过的生辰宝石表

月份	天然宝石	人工合成宝石
1	石榴石	合成刚玉
2	紫 晶	合成刚玉
3	海蓝宝石	合成尖晶石
4	钻石	合成尖晶石
5	祖母绿	合成祖母绿
6	珍珠	珍珠或合成刚玉
7	红宝石	合成红宝石
8	橄榄石	合成尖晶石
9	蓝宝石	合成蓝宝石
10	欧泊	合成刚玉
11	黄玉	合成刚玉
12	绿松石	合成尖晶石

表 4—8 主要宝石生产国及其宝石

国 家	出 产 的 主 要 宝 石
中 国	软玉、珍珠、钻石、海蓝宝石、黄玉、橄榄石、蓝宝石、水晶
前苏联	祖母绿、变石、石榴石、碧玺、黄玉、钻石
美 国	软玉、松石、石榴石、橄榄石、水晶、碧玺、绿柱石、刚玉、珍珠、黄玉
巴 西	钻石、绿柱石、黄玉、碧玺、水晶、蓝宝石
斯里兰卡	红宝石、蓝宝石、钻石、尖晶石、珍珠、石榴石、橄榄石、碧玺、黄玉
緬 甸	红宝石、蓝宝石、翡翠、尖晶石、水晶、橄榄石、锆石
澳大利亚	钻石、欧泊、蓝宝石、松石、玉髓
肯尼亚	石榴石、刚玉、祖母绿、变石
阿富汗	青金石
哥伦比亚	祖母绿、蓝柱石
英 国	煤玉、水晶

国 家	出 产 的 主 要 宝 石
德 国	琥珀
加 纳	钻石
印 度	蓝宝石、石榴石
伊 朗	松石、珍珠
巴基斯坦	绿柱石
南 非	钻石
坦桑尼亚	钻石、黝帘石、石榴石、刚玉
泰 国	锆石、红宝石、蓝宝石、尖晶石
扎伊尔	钻石、孔雀石

随着科学技术的进步和加工工艺水平的提高,出现了人工合成的生辰宝石。为此,1952年,国际珠宝协会进行了专门的调查,参照历史上传统的生辰宝石有,对生辰宝石进行了校正,并确认了一些原来使用不规范的生辰宝石的名称。这份经过校正过的生辰宝石有很快得到了各国珠宝协会或相应组织的普遍同意与赞赏(表4)。

珠宝在我国有着悠久的历史,人们具有佩戴首饰的传统爱好,而且我国的宝石资源丰富,宝石种类繁多。近年来,我国不少珠宝首饰专家指出,应当考虑我们民族的风俗习惯以及人们的审美情趣,确定出符合我国特色的生辰宝石,以满足人们对于珠宝首饰日益增长的需求。例如,我国人们长期以来对白玉、翡翠等宝石十分推崇,并把其奉为至宝,那么,就应把这些宝石作为主要月份的生辰宝石;象钻石、珍珠这样的珍贵珠宝,也宜参考国际上通行的惯例确立为主要的生辰宝石。同

时,应当成立象珠宝协会一类的组织,对珠宝首饰的加工、检验、销售以及价格等进行指导、监督和协调,同时进行有关珠宝首饰常识的科普宣传。这样,生辰宝石作为一种美化人们生活的珠宝,一种美好而幸福的象征,就一定会为我国各族人民所认识,所推崇,所欣赏,所喜爱。宝石行业发展至今,已成为许多国家赖以生存的经济支柱。据国际地科联新闻杂志报导,1984年,世界非能源矿产总值是1400亿美元,其中宝石149.90亿美元,此产值仅次于金、铁而居第三位。主要生产国是澳大利亚、扎伊尔、博茨瓦纳、苏联、南非、巴西、哥伦比亚、缅甸、斯里兰卡、泰国等(表5)。

博茨瓦纳自1974年开发三个大型金刚石矿以来,成了非洲大陆经济增长最快的国家。1987年生产价值7亿美元的钻石,占该国收入的75%。盛产宝石的斯里兰卡,1981年宝石出口价值2140万美元,1982年为2900万美元。印度1985年仅钻石一项出口额为12亿美元,相当于该国总出口额的14%。哥伦比亚,仅祖母绿原料出口,就为该国提供了外汇收入的一半。此外,世界上还有以宝石加工业为主的“宝石城”。如德国的伊达尔—奥伯施泰因、印度的贾普尔、泰国的曼谷、日本的甲府、香港等,其中比利时的安德卫普明75%的就业人员从事钻石加工业。