天 文 学

天文学学科体系

【天文学】人类最早发展起来的一门自然科学。以宇宙和各种天体、天文现象为研究对象的科学。也是自然科学中一门重要的基础科学。在人类争取生存的斗争中，除了食宿之外，确定季节、时间和判定方向，逐渐成为人们对科学最初和最基本的要求，从而诞生了天文学。由于地域和文化的差异，古代世界上形成东方和西方两大主要的天文学体系：以中国为中心包括朝鲜、日本等周边国家和地区的东方天文学体系，重视天象观测和天象资料的记录，创立了内容广泛、系统的天文历法，发展出一套以赤道坐标系为基础的天文仪器和星表星图，具有自然科学和人文科学的双重特征；起源于古埃及、美索不达米亚，经过古希腊、波斯及阿拉伯人发展的西方天文学体系，重视日月五星运动规律的探研，创立了几何学、三角学、球面三角学等数学手段，发展出一套以黄道坐标系、地平坐标系为基础的天文仪器和巨型结构天文仪器。它们都满足了当时各自的社会需求。尽管经历了数千年的发展，由

于局限于肉眼观测，人们对天体的认识还停留在表象上，还不能揭示出天体运动的本质。

从哥白尼创立日心说起，经第谷、开普勒到牛顿等许多科学家的推动，随着数学、力学、物理学等科学的发展，特别是光学望远镜的发明大大扩展了人类的眼界，天文学发展为近代科学，可称之为经典天文学。它有天体测量学和天体力学两个主要的分支，还有一个包括对太阳、太阳系天体、恒星和银河系天体的形态、运动、表面细节甚至亮度的有广泛研究领域的综合分支。人类第一次认清太阳系运动的力学本质及运行图象，发现了许多肉眼观测永远观测不到的天体及物理现象，获得极其有力和有效的研究手段和方法。

19 世纪中叶以来，特别是进入 20 世纪以后，天体光度测量，尤其是光谱分析和天体分光光度测量技术的发展，使新生的天体物理学呈现出巨大的生命力。量子论、相对论、原子核物理学和高能物理学理论的建立，使天体物理学的研究深入到天体的内部结构、化学组成、从内部直到外层大气各层次的物理性质、运动状态、产能机制和辐射转移规律，不但能揭示各类天体的性质，而且从大量不同类型天体的研究中，寻找出天体演化的许多规律，建立了恒星演化理论和元素合成理论，从而使天体物理学成为现代天文学的主体。按观测对象可细分出太阳物理学、太阳系物理学、恒星物理学、星际介质物理学、星系物理学等分支学科；按研究方法可分成实测天体物理学和理论天体物理学；按获取信息渠道可分成电磁波、引力波、中微子、宇宙射线天体物理学；还可以在电磁波段内再划分出可见光、红外线、射电、紫外线、X 射线、 γ 射线天体物理学；随着空间科学发展又区分出地面的和空间的天体物理学。

20 世纪中叶以后，射电天文学的一系列重大发现，使射电天体物理学脱颖而出，成为新崛起的天体物理学的一个极重要的分支。射电干涉技术的应用，使射电观测的分辨本领远远超过可见光观测。脉冲星、类星体、星际分子和 3K 宇宙微波背景辐射的发现，不但丰富了银河系天体的内容，而且更为重要的是开辟了星系级天体研究的新渠道，用这种人眼不能感受的波段观测，使人类探测到宇宙最遥远的地方，取得宇宙早期天体的大量信息。这一成就大大鼓舞了空间探测的积极性，一系列分别探测红外线、紫外线、X 射线、 γ 射线的空间探测器投入观测，携带口径 2.7m 望远镜的哈勃空间望远镜也发回了大量信息，从而使现代天体物理学的研究热点转向宇宙学。只是到了现在，当人们的观测领域扩展到 120 亿光年范围的时候，才真正有了观测宇宙学。宇宙学的研究不但早已摆脱了思辩的方法，也摆脱了“坐井观天”的“井底蛙”式的研究，天文学真正成为研究宇宙的科学。20 世纪末期的天文学，已将研究的矛头指向宇宙学。希望揭开宇宙生成、星系演化、宇宙结构和演化等奥秘。另一方面，空间科学和射电技术的发展，使近距离采用多种手段研究太阳系天体空前活跃起来，在一定程度上改变了单纯的被动观测局面，可以在某些太阳系天体上开展实验，这也是划时代的成就。

观测技术的发展、终端设备的改进、自适应光学理论的应用，使地面光学观测也不甘寂寞空前发展起来，并没有因为空间观测和射电崛起而打消制造口径大于 10 米甚至综合成 20 米以上光学望远镜的积极性，一系列口径 8 米以上的光学望远镜即将投入使用，成为现代天文学发展中引人注目的现象。

天文学研究的是超大尺度、超长时间、超大质量、超高速度、超高密度和超稀薄真空、超高温、超高压力和超低压、超强

磁场等极端条件下的研究对象,无论是从理论上还是从实践上,都为人类的科学研究提供了无穷的课题,因而天文学也就成为最具吸引力、最具产生新突破希望的一个科学领域。可以预见,进入21世纪以后,天文学发达的国家仍将在基础科学、应用科学和信息科学方面继续领先。

【天体测量学】天文学的一个分支学科。主要任务是研究和测定天体的位置和位置的变化,建立基本参考坐标系;研究和确定天文常数;研究和测定地球表面点的坐标,测定精确的时间,研究地球的自转。主要的分支学科有球面天文学、实用天文学、方位天文学和天文地球动力学。天体测量学是天文学中最早发展起来的学科,因为它可以提供研究天体运动的基本资料,并以其实用性为社会生活提供服务。中国早在公元前3世纪,就有测量的星表问世,星数超过100颗;公元前2世纪古希腊天文学家伊巴谷测量的星表有星一千多颗。恒星位置的确定有助于研究日月五星相对于恒星的运动,精确测量它们的运动周期,促进了历法的发展,也逐渐使人们形成了各种有关宇宙结构的观念。近代天体测量学始于17世纪,望远镜用于天体测量后,星表精度越来越高,发现了恒星的自行、光行差、章动并测出了视差。对地球子午线的测量、地球形状和时纬测量工作,都直接服务于国民经济和国防建设。20世纪60年代以来,天体测量新技术淘汰了许多经典测量手段,雷达和激光测距、卫星和射电、空间天体测量卫星等方法相继应用,使天体测量学步入新阶段,为天文学其它分支学科提供越来越多的基本资料。

【球面天文学】天体测量学的一个分支学科。天文学及其各分支学

科的基础，也是学习天文学的基础课程。它所研究的是怎样利用球面坐标确定天体投影在天球上的视位置，并研究这些视位置变化的规律和产生原因，提出以时间为参数的计算天体视位置的依据和方法，成为一切天文观测所必需的基础知识，主要的数学手段是球面三角学和矩阵运算。具体的研究内容有：天球坐标系的建立；天体的周日视运动和周年视运动；天体的视差、大气折射、光行差、岁差、章动的理论及应用；天文时间计量的原则和时间系统的建立；天体视位置的归算方法等。

【实用天文学】天体测量学的一个分支学科。它的理论基础是球面天文学和误差理论，主要研究地面坐标点和地面两点之间连线的方位角的测定原理、测定方法、操作程序和归算方法。同时要对使用的主要测量仪器、重要附属装备的性能、操作、误差进行研究，以提高观测的精度。实用天文学可以说是天文学最古老的分支学科，早在人类的新石器时代，就利用太阳出没方向定向了，并发明了圭表利用日影测定方向和季节。中国半坡遗址房基定向可以说是天文学走向生活实用的例证，相传河南登封有公元前 8 世纪以前西周用圭表测日影的遗址；外国的如公元前 3 世纪末厄拉托塞内斯对地球周长的测量等，公元 8 世纪唐代一行所作的大地测量是中国古代实用天文学所取得的重大成就。现代实用天文学是 18 世纪发展起来的，先后从理论和实践上解决了中星仪测时、太尔各特测纬以及多星等高法同时测定经度和纬度的方法，出现了经纬仪、等高仪、中星仪、天顶仪、照相天顶筒、六分仪等实用天文学仪器，最常用的是光学全能经纬仪。20 世纪 60 年代以后实用天文学领域出现了崭新的技术，如人造卫星多普勒观测和人卫激光测距，不但精度超过光学观测，而且作业速度大大提高，并

能直接提供地面点的地心坐标。

【方位天文学】天体测量学的主要分支学科。研究天体位置测量的理论和方法，研究天体位置变化的规律，建立参考坐标系。其中基本天体测量学的主要任务是精确测定恒星的赤经、赤纬、自行，以及某些基本天文常数。为此要独立测定坐标系的原点，并精确测量出少数基本恒星的位置，然后再以这些基本恒星为定标星，通过相对测量方法确定大量恒星的赤经和赤纬。前者叫做绝对测量法，主要采用大型子午仪做子午天体测量；后者一般通过照相天体测量方法来完成。恒星自行的测量靠比较分析相隔较长时间的位置测量结果而得，相隔时间的长短视一次观测的精度而定，单次观测的定位精度越高，采用两次同一天区观测资料之间的时间间隔越短，一般为几年到几十年。经过长时间资料的集累，人们发现河外星系自行很小，产生了以它们为基准确定恒星位置的想法，随着射电干涉测量特别是甚长基线射电干涉测量的射电源，其位置精度大大高于光学测量结果，人们正在建立更好的天文基本参考坐标系，从而使射电天体测量方法进入方位天文学领域。但是地面观测受地球大气的严重干扰，20世纪70年代以来空间天体测量使方位天文学进入新阶段，天体测量卫星不仅提高了观测的精度特别是观测星数大大增加。

【航海天文学】实用天文学的一个分支。主要测量仪器为六分仪，通过观测天体的高度确定航船的地理坐标。其基本原理是建立在球面天文学和初等几何中的轨迹作图法基础上的，观测一个天体的天顶距，则航船就位于以星下点为圆心，此星天顶距为半径的船位圆上，观测两个天体或者不同时间同一天体的两个观测值，就

可以得到两个船位圆,则航船一定在两个船位圆的一个交点上。至于是两个交点的那一个点,需要借助于船离港后连续记录的推算船位来确定。20世纪60年代以来,航海天文学定位技术有了新的突破,利用人造卫星多普勒观测或测地卫星,可以更快更准确地确定船位,并且不受是否晴天的影响。多普勒定位卫星是由一系列沿经线方向飞行,上面携带有固定频率的发射器组成。航船上接收卫星讯号因船与卫星相对位置的变化而发生频率变化,叫做多普勒频移,可用于确定卫星位置,而船位位于以卫星位置为焦点的双曲面上,考虑到双曲面与地球表面的交线,则船位于两条曲线的交点上。利用多点观测,计算机可以很快计算出船位。航海天文学是海上航行天文导航技术的理论基础,在国防建设和远洋航行中有重要意义。

【航空天文学】实用天文学应用于航空领域的一个分支,是飞机天文导航技术的理论基础。为此有专用的航空六分仪,与航海六分仪的最大区别是不用水天线作为观测天体高度的基准平面,而是利用气泡、液体摆、单陀螺垂直仪、陀螺水平仪等装置造出人工地平,并以此为基准平面测量天体的地平高度。观测的天体均为亮天体,除太阳、月亮和五颗亮的大行星外,还选择了不同天区的几十颗亮星,测出高度后应用等高线解算飞机的地理坐标。20世纪60年代以后,卫星导航技术的应用,提高了定位速度和定位精度。

【卫星大地测量学】新兴的大地测量学分支学科,是随着人造地球卫星的应用研究而出现的新分支。它研究应用卫星运动理论和卫星观测,解决地球表面点位置、地球形状、地球高程、板块运动

等涉及位置、运动、形变以及重力场的问题，建立卫星大地网作为国家基本控制网。具体的研究内容有人造地球卫星运动理论、动力式卫星的观测及归算、观测仪器和观测点的设立等多项内容。20世纪60—70年代，曾用为气象观测发射的高空气球卫星，作为卫星几何测地法的观测目标。80年代美国发射子午仪卫星，它有几个沿不同经圈方向飞行的卫星，以解决任何时候都会有一颗卫星可观测的问题。其上播发稳定的150兆赫和400兆赫载波频率，由于卫星和地面站之间的相对速度变化，引起观测站接收频率发生多普勒频移，从频移数据解算测地结果。与此同时，带有激光反射器的卫星发射升空，激光测卫也用到了大地测量工作中。现在新一代全球定位系统卫星已陆续发射，有20多颗发射电波的动力卫星运行于不同的经度圈上，任一观测点可以同时接收到三颗卫星的信号并定位，新的卫星几何测地法定位速度快、精度高，甚至可达几个厘米量级的测量结果，在国防、国民经济中发挥出更大的作用，并必将进一步推动对地球的研究。

【空间天体测量学】天体测量学的新兴学科。伴随天体测量新技术而产生，是专门用于天体测量的空间望远镜在围绕地球的空间轨道上进行观测研究的科学。1989年8月8日，欧洲空间局发射天体测量卫星伊巴谷号卫星，它载有口径29厘米反射望远镜，4个地面观测站进行资料接收与分析，目的是要通过空间观测编出含星12万颗的空间测量星表，位置精度为 $\pm 0.002''$ ，测量视差的精度为 $\pm 0.002''$ ，自行为每年 $0.002''$ ，现在初步估计上述三个数据实际为 $0.004''$ 、 $0.003''$ 和 $0.005''$ ；1990年4月美国发射哈勃空间望远镜，载有口径2.4米的望远镜，可工作15—20年，可以测量出17—18等星的视差，得到几十万颗星的测量结果。空间天体测量

大大扩充了观测对象，并且提高了观测精度，许多工作是地面测量所不能完成的。主要原因是地面测量受大气折射、大气吸收和散射、大气抖动以及望远镜在重力作用下出现的镜筒弯曲等多种因素制约，观测精度和观测星等难于提高。空间观测摆脱了地球大气影响，观测波段可延伸到 0.1 微米的远紫外区。空间天体测量提供了天体的相对位置，但与射电源的射电测量联系后也能取得绝对测量结果。今后空间天体测量还可望提供更多的测量内容，如恒星的直径、近距分光双星等。

【天文地球动力学】用天文学方法研究地球的各种运动状态及其力学机制的学科，是天体测量学与地学交叉的科学。地球的自转运动和公转运动本来就是天体测量学和地学共同的研究课题，但方法和目的有所不同。随着研究的深入，发现地球的自转运动同地球内部结构、内部物质运动、地壳、水圈、大气圈物质的运动相互影响，而这些运动的力学机制涉及广泛的地球物理课题，如地球内部结构、物理性质及物质运动，重力场的精细结构及其变化，洋流、大气环流等大规模水或气团的运动，空间引力场和电磁场的变化与地球及地球磁场的作用等，也涉及到太阳系和地球的形成和演化问题，从而拓宽了天文地球动力学的研究领域。主要的研究课题有：地球自转速率变化和地极移动的规律和机制，板块运动及机制，固体潮和地球弹性参数及地球重力场的确定，地球内部结构对地球运动的影响，天文观测参与地震监测等。研究这些课题不仅可以使经典的天体测量光学仪器，天体测量新技术更增添了新的研究手段。20 世纪 60 年代以来，甚长基线射电干涉测量仪和人造卫星多普勒观测仪、人造卫星激光测距仪的使用，地壳运动的测量精度接近厘米数量级，显示了天文地球动力学新的

前景。

【天体力学】天文学的一个分支学科。主要研究天体的力学运动和形状。它以万有引力定律为基础，研究天体在空间围绕天体系统质量中心运动的规律和天体自身围绕其质量中心转动的规律，由于天体的形状是组成天体的流体或弹性体在内部引力和自转离心力共同作用下达到平衡而形成，所以它的形状和变化规律也是天体力学研究的课题。1687年牛顿的《自然哲学的数学原理》一书出版，标志着天体力学的诞生，第一次回答了太阳系天体运动的力学本质，从此对天体的运动和形状的研究进入动力学新阶段。此后到19世纪末，经典天体力学体系形成，大行星和月球运动理论已成为完善的理论。19世纪末到20世纪50年代是近代天体力学时期，改进了分析方法，新增加了定性方法和数值方法。50年代以后，天体力学的研究对象从太阳系天体扩展到人造天体运动理论以及为数不多的恒星系统，拓宽了研究领域。天体力学的主要研究课题有：摄动理论，用分析方法研究天体受摄动运动；数值方法，研究天体运动方程的数值解法；定性理论，研究轨道所应具有的性质；天文动力学，研究人造天体的运动；历书天文学，建立某些天体的历表、天象及天文常数研究；天体形状及自转理论；多体问题等。

【历书天文学】天文学的一个分支。天体力学诞生以后，成为天体力学的一个次级学科。如果把编制天体历表，预报某些天象作为历书天文学的内容，它是一个很古老的学科。中国古代《夏小正》、《月令》等文献都记有太阳历表，长沙马王堆汉墓出土《五星占》记有大行星历表，公元前2世纪伊巴谷曾编出几个世纪内

的太阳和月亮运动表。现代历书天文学是利用摄动理论和天体力学数值方法编制某一具体天体的历表的，如太阳、月亮、大行星、彗星和小行星等，编算天文年历，预报各种天象，研究天文常数系统的建立。编制天体的历表要依靠天体的运动理论和对天体位置的观测，尤其是新发现的彗星或小行星等天体，由观测资料通过轨道计算定出初步的轨道要素，再在进一步观测的基础上不断修正原定的轨道，还要同时确定有关的天文常数，如地球运动的轨道要素、摄动行星的质量、太阳视差和章动常数，才能计算出实用的天体历表。由于天文常数关系历表计算，所以确定天文常数也是历书天文学的重要内容。为了计算大行星的质量，需要从大行星对其他行星或它的卫星的摄动影响中作出计算。太阳视差的测定现代已采用雷达和激光技术取得了更好的采用值。

【天文动力学】又称人造天体动力学。人造天体发射成功以后出现的天体力学新的分支学科。不同类型的人造天体有不同的力学问题，所以按类型分成人造地球卫星动力学、月球火箭动力学和行星际飞船动力学三个次级学科。人造卫星动力学包含发射、轨道运行和回收三个过程，其中轨道运行阶段卫星在地球引力场作用下在近地空间围绕地球运行，卫星飞行可看成典型的天体力学问题，由于卫星有自己的运动特点，不能套用经典天体力学方法而注入一些新的内容，如大气阻力、光压摄动、地球形状不规则及密度分布不均匀的摄动等。月球火箭在接近月球时只考虑月球对火箭的引力，其他时候则只考虑地球对火箭的引力，用双二体问题作近似分析，精确计算需要采用数值方法，并要考虑其他摄动的影响。飞往太阳系其他行星的空间探测器其飞行大致可分为三个阶段，即从发射到未脱离地球作用范围阶段，脱离地球作用范

围的过渡阶段，这时主要受太阳引力作用，进入目标行星作用范围是第三阶段，此后可能成为被目标行星俘获的卫星，或者飞离目标行星后成为人造小行星。整个飞行过程是火箭飞行力学与天体力学的过程，有时是典型的火箭飞行力学问题，有时是典型的天体力学问题。

【天体物理学】天文学的一个分支。现代天文学的主体。应用物理学的技术、方法和理论，研究天体物理性质、化学组成、形态结构和演化规律的学科。它的分支学科很多，按研究对象可分为太阳系物理、太阳物理、恒星物理、星系物理等学科，按研究方法可分为实测天体物理、理论天体物理两大学科，还可以按研究的问题和信息的渠道分为宇宙学、宇宙化学、天体演化学、中微子天文学、引力波天文学、射电天文学等多种分支学科。对天体形态、亮度、颜色的研究，可以追溯到公元前 2 世纪甚至更早，中国的司马迁在《史记》中记录了恒星的颜色和比较判别法，也按星的亮度给予不同命名；古希腊的伊巴谷提出了星的亮度等级。望远镜发明后这类研究获得了很大的进展，直到 19 世纪中叶，分光光度学和照相术应用于天体观测，才开始了现代意义的天体物理学，真正成为揭示天体物理状态、化学组成、结构和演化的学科。天体物理学的观测技术经历了肉眼、光学望远镜、射电望远镜，其他非可见光的电磁波探测、大气外观测、空间探测、非电磁辐射探测等几个阶段，为天体物理学的理论研究提供了越来越全面的观测资料，另一方面越来越多的新的观测事实要求新的物理学理论。

【实测天体物理学】天体物理学的一个分支。研究收集天体物理信

息的渠道、方法和仪器的学科。天体物理学有关的信息可通过四种渠道收集，即宇宙射线、中微子、引力波和电磁辐射，其中电磁辐射是最主要的渠道。此外就是直接采集天体样品的实验手段，如收集和分析陨石，航天器直接从外星球采集样品。宇宙射线和中微子的探测现在都有专门的探测器，但引力波探测仪器尚不太满意。接收天体电磁辐射需要辐射探测器，最简单的就是人眼，它可以检测可见光。照相底片比人眼客观，并有累积光能的优点。光电信增管有更高的灵敏度，又能克服照相底片非线性响应的缺陷，兼顾二者优点的是光电成像器件，如称做 CCD 的电子耦合器件现已被广泛采用。按测量的方法可以分为天体光度测量、天体分光测量和偏振测量，以便获得天体表面温度、表面压力、光度、化学组成、视向速度、自转等许多信息，对双星的观测还可以得到天体的半径和质量等重要参数。现在对天体电磁辐射的接收和研究，已不再局限于可见光波段，而发展到红外线、射电、紫外线、X 射线、 γ 射线等各个波段，除地面接收外，发展了大气外空间探测。实测天体物理学手段正以空前的速度和丰富的内容，提供来自天体的物理信息。

【射电天文学】天文学的一个分支。是通过探测天体在无线电波段的辐射研究天体的分支学科。1932 年 1 月美国的央斯基首次接收到来自银河系中心的射电辐射，1940 年美国的雷伯制成第一面抛物面型天线射电望远镜。射电天文学可分成射电天文方法和射电天体物理学两个分支，前者属于实测天体物理学范畴，后者属于理论天体物理学。前者主要解决射电接收仪器的理论和实践，提高和完善射电仪器，研制新的射电接收设备，以便获得射电流量、偏振、频谱、射电源的位置、图像等资料；后者要应用物理学理

论,分析和解释天体射电观测的结果。射电观测与光学观测比较,它可以接收到穿过星际尘埃的天体辐射。这是光学观测办不到的。20世纪60年代以来,射电天文学取得许多重大发现,开创了天体物理学的新领域。例如探测到星际空间普遍存在着2.7K的微波背景辐射,为大爆炸宇宙论提供了一个观测依据;在星际空间陆续发现星际分子,如氨、水、羟基、甲醛等超过100种,为天体演化学研究提供了新素材;类星体和中子星的发现,是星系和恒星演化研究中的大事件。现在射电天文学研究覆盖了从近到远的各类天体,在短短几十年内,它已成为天文学的一个主要学科,其发展方兴未艾。

【红外天文学】天体物理学的一个分支。通过天体电磁波红外波段辐射的探测开展天文研究的学科。可以分成红外天文学方法和红外天文学两个分支,前者研究提高红外接收设备的性能,提高灵敏度,制造越来越好的红外观测仪器;后者探讨天体红外辐射的机制,并由红外波段的观测事实,揭示天体辐射的物理过程。1800年英国的赫歇耳用温度计在太阳光谱红端外首先发现了太阳的红外辐射,但直到20世纪30年代,红外天文学进展缓慢。第二次世界大战以后,各种高灵敏度的红外探测器相继问世,红外天文学开始兴起。红外天文学填补了光学天文学与射电天文学之间的一处缺口,为实现全波段天文观测创造了条件。特别是观测那些本身不发光的的天体,红外探测成为不可替代的手段,这对于行星、卫星、彗星、星系特别是太阳系外行星系的探测尤为重要。观测天体红外辐射的主要仪器是红外望远镜,它是一种采用红外调制技术并采取液氮或液氦致冷的大型望远镜,20世纪90年代计划建造口径8米的红外望远镜。地球大气是红外天文观测的主要障

碍，红外天文卫星（IRAS）排除了这一干扰，1983年发射，共工作了10个月，取得了大量观测数据和红外图像，是红外天文学研究的极为丰富的资料。

【紫外天文学】天体物理学的一个分支。研究天体紫外波段辐射的接收方法、资料处理和辐射机制。紫外天文学的方法与技术可以说与光学天文学没有本质区别，只是因为绝大部份天体的紫外辐射为地球大气所吸收，所以必须将镜面材料力学强度大、重量轻、热传导率高、膨胀系数小的紫外天文望远镜送入空间在大气外观测。涂膜材料要求有高的反射效率和短的截止波长。已发射过的紫外望远镜口径从15—30厘米不等，1990年发射的哈勃空间望远镜口径达2.4米，也可以探测1200—4000埃波段的紫外辐射，在它15年的工作时间内，可观测上万亿个天体。太阳的紫外观测，提供了色球—日冕过渡区的研究资料，并成为探测不同高度太阳大气物理状态的方法。由于许多原子、分子的共振谱线在紫外区，紫外观测也同行星和彗星联系起来，例如金星的紫外照片上显示出称作“金星眼”的巨大的大气对流穴。热恒星的紫外探测使我们知道，O与B型恒星的表面温度比地面探测所得结果更高，即使表面温度低的恒星，也同太阳类似，存在着高温冕，辐射出紫外光。特别是在短于2000埃的波长上，遥远的星系和类星体上探测到强烈的紫外辐射，表明这类天体有极强的高能辐射。

【X射线天文学】天体物理学的一个分支。研究X射线波段天体辐射的观测技术、观测方法和辐射机制的学科。最早探测到X射线的天体是太阳，现已探明太阳X射线辐射有三种成份：宁静辐射、缓变辐射和突变辐射。太阳的X射线像就是日冕像，往往出现大

片黑暗区域，是露出来的完全没有 X 射线辐射的光球，被称作冕洞。银河系中有许多 X 射线密近双星，一颗为光学热星，另一个子星则是致密天体，不同的致密天体子星吸积另一子星物质释放的 X 射线能量不同，从而使人想到这是探测黑洞存在的一种有效手段。第一个被发现的 X 射线双星是半人马座 X-3，其中一个子星为中子星，X 射线辐射以脉冲形式出现，周期为 4.8 秒。天鹅座 X-1 十分引人注目，一个子星为蓝超巨星，暗子星质量大于 5M（太阳质量），X 射线辐射有不规则涨落，是黑洞的候选者之一。还有一些射线延伸源被证认为历史上超新星爆发的遗迹，例如 1054 年超新星爆发遗迹蟹状星云就有延伸 200 光年范围的 X 射线辐射区。20 世纪 60 年代末到 70 年代中，又观测到暂现 X 射线天体，属于 X 射线新星，还发现了 X 射线爆发源，在几秒或更短时间内 X 射线辐射突然增强，此外还证认出一些 X 射线源是河外天体，观测到了近似各向同性的 X 射线背景辐射。

【 γ 射线天文学】天体物理学的一个分支。探测和研究波长短于 X 射线的来自天体的电磁辐射。 γ 光子都是能量大于 0.5 兆电子伏特的光子，因此从探测手段到物理内容都与高能物理学相关。地球大气对 γ 射线吸收严重，来自宇宙深处能量极高的 γ 射线，可在地球大气中产生高能粒子簇射，所以在大气内只能进行间接观测，直接探测主要在空间进行。1958 年，莫里森从理论上预言了天体 γ 辐射的存在，1967 年轨道太阳观测台 3 号 (OSO-3) 卫星探测到来自银盘并在银心方向达到极大的 γ 射线辐射，光子能量高于 50 兆电子伏特。随后其他空间探测器证实这一观测，特别是 1975 年进入空间的欧洲宇宙卫星 SAS-B，是专用于宇宙 γ 射线探测的卫星，确定发射 γ 射线的银盘带宽度小于 6° ，并发现了 25

个分立的 γ 射线源，人们预想，太阳耀斑、超新星爆发、超新星遗迹、脉冲星、耀星、星系核、星系盘、射电源、类星体、黑洞、正反物质湮灭区等天体都是 γ 射线辐射源。20世纪70年代发现的 γ 射线暴，能量可达 10^{37} — 10^{40} 尔格，其源头和它的能量转换机制引起人们关注。90年代初，GRO γ 射线天文台发射升空，将观测50千到10京电子伏特能量的 γ 光子，会提供更多的资料，推动 γ 射线天文学的发展。

【空间天文学】天文学的一个分支。是20世纪40年代以来发展起来的新兴的天文学分支学科。地面天文观测研究有两个不可克服的困难，一是大气的吸收和干扰，一是观测天体细节的分辨率受到限制，在大气高层特别是大气外层空间进行天文观测，解决了上述困难，开辟了全波段天文学研究的新阶段。已经发射的天文红外卫星（IRAS）探测到多达25万的红外源，1993年预计将发射携带口径60厘米的红外望远镜卫星，90年代末准备发射的SIRTF卫星将观测2—700微米的广阔波段，望远镜口径85厘米，可望探测10亿个天体。1968年发射的装有11架紫外辐射探测仪的OSO—2卫星，除太阳紫外观测外，还提供了含星5068颗的紫外星表，70年代以来，“国际紫外探测器”将观测目标从行星、恒星、星系延伸到射电星系和类星体。太阳X射线辐射于1949年用火箭探测到，用同样方法于60年代初探测到非太阳X射线源，70年代初“乌呼鲁”X射线探测卫星巡天3年发现161个X射线源，随后发射的“高能天文观测站”Ⅰ号Ⅱ号使源的数目超过1500个，并使黑洞候选者增加到4个，它们是天鹅座X—1，圆规座X—1，天蝎座X—1和GX339—4。而GRO γ 射线天文台卫星将提供更多的 γ 射线辐射源的信息。

【高能天体物理学】理论天体物理学的一个分支学科。主要研究发生在天体上的高能物理过程和宇宙间的高能现象，既涉及到宇宙深处的天体，又涉及到核物理、粒子物理学的领域，它是大宇宙和微观物理学紧密联系在一起的一门学科。高能天体物理学的重要研究成果有：对于在恒星上可能发生的中微子过程的研究，可以较好地解释恒星晚期演化；实测太阳中微子，发现与理论预期值有较大的短缺；对超新星爆发的机制和产生宇宙线的过程的研究；发现宇宙 γ 射线爆发、宇宙X射线爆发，其爆发机制引人注目；对致密天体物态和结构的研究以及对星系核爆发激烈活动现象的研究等。高能天体物理学发展起来主要在20世纪60年代以后。由于空间技术、基本粒子探测技术的进步，一系列高能天体物理观测卫星发射升空并取得丰硕资料，射电天文学的重大发现如类星体、脉冲星、2.7K微波背景辐射、射电星系，都与高能物理过程有关，X射线源、 γ 射线源的发现与探测，都促使高能天体物理学发展。

【理论天体物理学】相对于实测天体物理学来说的天体物理学分支学科。一般来说可以认为：理论物理学+天体物理学=理论天体物理学。因为它是以理论物理学方法研究天体的物理性质和天体上物理过程的学科；按研究的对象为天体，又可看成是理论物理学的一个分支学科。这就是从事这一领域研究的既有物理学家也有天文学家的原因。天体上具有地面上没有的高温、高压、高密度、低密度、强磁场及时空范围，现在我们仍然须将在地球实验室范围内发现的规律应用于天体研究。一方面理论物理为解释这些天体物理现象提供了条件，另一方面天体物理现象又向理论物

理学提出了挑战，成为理论物理学发展的一个广阔领域。例如各类天体的辐射转移理论、能量发射机制；原子核理论和元素生成理论；恒星的结构和演化；致密天体和引力理论；宇宙学和宇宙模型等，都是理论天体物理学研究所取得的重大成果。按照研究的内容和应用的理论，理论天体物理学还可细分为：高能天体物理学、相对论天体物理学、等离子体天体物理学、中微子天文学以及宇宙磁流体力学等分支。

【元素合成理论】阐明宇宙中各种元素及其同位素的形成过程的学说。元素及其同位素的分布呈现一定的规律性，这说明原子核结构有规律性，另外也说明元素的起源和演化有一定的规律可循。元素的丰度曲线的特征，便是一个有力的例证。多年来人们一直试图找到一个较好的元素起源理论来解释元素分布的规律性，但均没有成功。1957年，伯比奇夫妇、福勒、霍伊尔等人提出了元素在恒星中合成的假说，即通常所称的 B^2FH 理论。 B^2FH 理论抛弃了全部元素是由单一过程一次形成的想法，提出了所有元素及其同位素是通过氢在恒星上的八个过程逐步合成的。这八个过程是：(1) 氢燃烧，温度 T 大于或等于 $7 \times 10^6 K$ ，4个氢核聚变为氦核；(2) 氦燃烧，温度大于或等于 $10^8 K$ ，氦核聚变为碳核(^{12}C)和氧核(^{16}O)；(3) α 过程： α 粒子与 ^{20}Ne 反应生成 ^{24}Mg 、 ^{28}Si 、 ^{32}S 、 ^{36}Ar 等；(4) e 过程，在高温、高密条件下，元素 V 、 Cr 、 Mn 、 Fe 、 Co 、 Ni 等元素丰度曲线上的铁峰元素生成，又称平衡过程；(5) s 过程，即慢中子俘获过程；(6) r 过程，即快中子俘获过程。比铁峰元素更重的元素通过 r 或 s 过程形成；(7) p 过程，即质子俘获过程，一些低丰度的富质子同位素可能通过此过程形成；(8) x 过程， Li 、 Be 、 B 等低丰度轻元素在此过程中生成。元素的这8个过程对应着

恒星的不同演化阶段。当这些元素逐步合成后，由恒星抛射到宇宙中，形成了所观测到的元素丰度。

【恒星内部结构理论】理论天体物理学的一个分支。其主要内容是：（1）研究恒星内部的物态如：温度、密度和压力等随恒星半径的分布；（2）研究恒星内部能量产生和传输的物理机制；（3）研究恒星内部的化学成分及元素的分布情况；（4）研究恒星的演化和元素的合成。恒星内部结构主要由它的质量、化学成分和演化阶段来决定。恒星内部结构及其中心温度、密度和化学成分决定恒星的产能机制。一旦新的热核反应发生，转过来，它会影响恒星的结构和演化。研究恒星内部结构要求解由质量守恒、动量守恒、能量守恒以及产能方程联立的微分方程组。比较简单的是把恒星当作处于流体静力平衡的稳定的炽热气体球。往往取半径为自变量，压力、质量和光度等为因变量。恒星内部的能量来源有引力收缩、核聚变过程等。能量的传输主要有辐射和对流两种。不同质量的恒星将有不同的产能机制和不同的能量传输方式。由各元素的吸收系数合成的不透明度在辐射转移微分方程中控制着传能的快慢。采用数值积分并作一些假定，可建立恒星内部结构的模型。太阳是离我们最近的恒星，它的质量、光度、半径、表面温度和化学成分已有较为精确的数据。采用质子—质子反应和碳氮循环作为产能机制。由恒星内部结构理论，可求得太阳中心温度为 $1.5 \times 10^7 \text{K}$ ，中心密度为 160克/厘米^3 。恒星内部结构理论能说明赫罗图上恒星分布和演化以及元素的合成和演化，还可以阐明各种星团的赫罗图的意义，对于了解恒星的起源有很大帮助。

【等离子天体物理学】理论天体物理学的一个分支，是应用等离子

体物理学的基本理论和实验结果来研究天体的物理状态和物理过程的学科。宇宙中许多天体处于等离子态，并且天体的等离子体远非处于热动平衡状态，而是不稳定状态。在天体等离子体中存在着彼此互相作用的三种成份，因为其中既存在着电子和离子，又有等离子体激元，它们之间相互作用的形式表现为三种成份之间集体相互作用。在等离子体内两体碰撞常是带电粒子激发起的振荡和波动互相之间的作用，或称之为等离子体激元之间的碰撞、湍动，可以看作是一种准粒子之间的相互作用。上述三种主要成份再加上天体中的中性粒子之间复杂的作用过程，构成天体等离子体的物态。在湍动状态下，它们之间的相互作用极强烈并呈现非线性，可引起能谱的改变，等离子体波加速带电粒子又能引起辐射谱的变化。等离子体天体物理学研究的对象广泛，因为绝大多数天体处于等离子体态，如太阳大气、行星际空间太阳风、地球磁层，超新星、类星体、星系核、星风、星系核风等。

【宇宙磁流体力学】理论天体物理学的分支。将磁流体力学的方法与理论，应用于天体上导电流体在电磁场中的相互作用，以研究天体的物态及其运动变化的学科。宇宙中绝大部份物质是处于气体和等离子体状态。在恒星内部，气体几乎是完全电离的，恒星表面光球部分电离，而大气高层又进入高度电离状态，这些天体往往在普遍磁场外还有局部随时间变化的更强的磁场，作为普通恒星的太阳是这样，而一些磁变星则存在更强的磁场。即使是恒星际空间和星系际空间，也仍然存在着磁场。这就决定了各种天体上几乎都有导电流体与电磁场的相互作用。在电磁场中运动的导电流体（天体的等离子体可以看作导电流体），一方面受到洛伦兹力的作用，同时又产生感应电动势。流体运动受到电磁场的作

用而受影响，又反过来作用于电磁场，从而形成流场与电磁场之间的耦合。所以磁流体力学成为研究等离子体理论的宏观方法。宇宙磁流体力学是宇宙电动力学与宇宙气体动力学的交叉科学，研究在介质流动下宇宙磁场的演变；磁流体力学波；磁场对天体内不稳定性的影响，以及磁场与湍流的作用等。

【宇宙电动力学】天体物理学分支。研究宇宙磁场对带电粒子的影响和带电粒子在宇宙磁场中运动规律的学科。宇宙中普遍存在磁场，如星体磁场、行星际磁场、恒星际磁场和星系际磁场，它们的存在影响着带电粒子的运动，建立宇宙电磁场理论的基础是麦克斯韦方程组、洛伦兹方程以及描述高速运动的相对论。太阳就是一个等离子体体系，太阳黑子出现在局部磁场增强的地方，是磁场对带电粒子作用的典型事例，太阳能把大量带电物质微粒抛射向行星际空间，形成太阳风，也是磁场作用的结果，这些都是宇宙电动力学研究的具体内容。

【中微子天体物理学】天体物理学的一个分支。主要研究恒星上可能发生的中微子过程以及这些过程对恒星结构和演化的作用，研究天体中微子的探测和分析技术。早在研究原子核 β 衰变时就预言了中微子的存在，它是几乎没有静止质量、不带电的基本粒子，1956年在实验中探测到。中微子和一般物质作用非常微弱，所以产生于恒星内部的中微子能不受阻碍地穿过内部射向宇宙空间，是取得恒星内部信息的重要载体。按太阳内部产能区进行的质子—质子反应过程，会有中微子产生，美国布鲁克黑文实验室的戴维斯等人，用洗涤剂四氯化碳作靶，检测受中微子作用后产生的氯同位素而取得太阳中微子通量，结果与理论预期值相差一个数

量级，尚无圆满解释。1987年大麦哲伦云中爆发的超新星1987A，有人探测到来自这次爆发的中微子，并研究了它的静止质量。理论研究表明，中微子在恒星晚期演化中扮演着重要角色，由于中微子带走大量能量而加速了恒星的演化过程。在超新星爆发前，中心的铁原子核中子化过程产生的强大中微子束，是产生剧烈爆发吹散外壳的动力，剧增的中微子发射，有可能在地球上探测到。

【后牛顿天体力学】引入后牛顿修正的天体力学。后牛顿修正指引入特定参量的广义相对论场方程展开后，得到逐级近似的天体系统的运动方程中的第一级修正。它的前一级即最低级的方程组就是牛顿引力理论中的天体力学基本方程，第一级修正为后牛顿修正。后牛顿天体力学的结果与经典理论结果的比较，可看出广义相对论效应在某些具体问题上的效应，例如水星近日点进动的解释。

【相对论天体物理学】天体物理学分支，是以广义相对论等引力理论的概念和方法研究有关天体现象的学科。广义相对论的检验最初都是通过天文方法实现的，如光线经过太阳引力场的偏转；同一原子谱线太阳的要比实验室的受到引力红移；行星轨道近日点反常进动；经过太阳的雷达回波时间延迟等。但相对论天体物理学的主要成果在于发现宇宙间具有强引力场的天体有多种，对于宇宙的时空特性有了更好的解释。当蟹状星云中脉冲星发现以后，根据它脉冲时间短、脉冲周期稳定、大光度而证明它是经过引力坍缩形成的中子星，使经过引力坍缩过程形成各种类型的致密天体的理论得到公认。研究大尺度时空特性建立起来的相对论宇宙学，是相对论天体物理学的一个十分活跃的分支学科。研究强引

力场天体引力波的发射及这种辐射对天体现象的影响，成为又一个分支引力波天文学的研究内容。研究广义相对论对以牛顿引力理论为基础的天体力学的修正，出现了后牛顿天体力学。现在用天体的运动性质检验各种引力理论，用引力理论解释天体和宇宙中涉及高密度、高速、高温、高能、强场的相对论效应，都是这一学科的研究课题。

【引力波天文学】相对论天体物理学分支。研究各种天体的引力波辐射以及这种辐射对天体的影响，也研究如何直接探测来自天体的引力波。按照广义相对论或其他一些相对论性引力理论，引力作用也是以有限速度传播的，也有类似电磁波形态的引力场、引力波，真空中弱引力场是以光速传播的横波，有两种偏振方式。引力波与物质相互作用很弱，所以难以直接检测，至今没有公认的引力波观测结果。理论上分析，引力辐射在某些情况下不容忽视，如超新星爆发后新生中子星，其自转减速主要因引力辐射而引起。按照广义相对论，一个做高速圆周运动的物体，会在圆运动平面上辐射具有连续谱的引力波，叫做引力同步加速辐射。大质量天体的激烈活动可能辐射强引力波，间接检测可通过观测双星进行：双星因不断辐射引力波而能量逐渐减小，表现为间距减小，公转周期变快。20世纪70年代末通过射电脉冲双星 PSR1913+16 的观测，得到肯定的结果。

【恒星天文学】天文学的一个分支。通过大量恒星组成的恒星集体的空间分布、结构和空间运动，研究银河系结构、成员的分布和运动的学科。恒星天文学的研究需要观测和集累大量的资料，如恒星的位置、自行、视差、星等、光谱型、视向速度等基本数据，

按银河系成员星不同的特征选取基本参数，运用统计学和恒星天文学自身的方法，求得各种类型成员集体所呈现的分布、结构和动力学特性，为研究这类成员的起源和演化提供资料。为此，它要求研究取得基本数据的方法，如三角视差、分光视差、平均视差、造父视差等多种视差测定法。除了疏散星团、球状星团外，它要研究不同特性恒星组成的星族、次系、本星群以及它们在银河系各种结构上的分布和运动。它还要研究银河系自转的测量和理论。恒星天文学有两个分支，一为恒星统计学，研究获取恒星空间分布和空间运动的统计方法和统计结果；另一个分支是恒星动力学，也称星系动力学。研究恒星系统的引力所决定的物质分布和运动状态的动力学理论，是利用气体质点动力学和天体力学中限制性问题的原理，将恒星运动看作质点运动进行分析研究的学科。所研究的系统可以是含气体及尘埃的星团、星协、星系和星系团。

【恒星统计学】见“恒星天文学”。

【恒星动力学】见“恒星天文学”。

【星系天文学】又称河外天文学。天文学的分支学科。研究银河系和河外星系的结构、动力学和演化，以及星系的空间分布和空间运动，星系集团的结构和特征。确定出观测到的星云属于银河系外星系并研究它们的运动性质开创了星系天文学，1919年，哈勃测出了仙女座星系、三角座星系和人马座星系的距离，并发现星系谱线存在红移，红移的大小同星系的距离成正比的规律。此后的半个世纪，星系天文学研究的重点为星系的形态分类、结构、运

动和物理状态,并通过空间分布和红移效应研究宇宙大尺度结构。60年代以来星系天文学成为天文学最活跃的领域之一,因为射电星系、类星体等一系列激烈活动的星系发现后,为与以前研究的内容区别,分成了正常星系和特殊星系,并改进了仅建立在光学形象的星系分类法,分成旋涡星系、椭圆星系、超巨型椭圆星系、DE或ED型星系、哑铃星系、N型星系和类星体等七大类,一定程度上是射电辐射系列。特殊星系的射电辐射功率在 10^{40} — 10^{45} 尔格/秒以上,向天体物理学提出了新的问题。它们的距离是今日观测宇宙学所得到的最遥远的天体,有助于宇宙物质大尺度结构的研究,成为现代宇宙学的基础。

【星系动力学】见“恒星天文学”。

【宇宙学】天文学的分支学科。利用天文学的观测资料和对天体及天体系统的研究成果,阐述宇宙的结构、起源和发展的理论,主要研究整个可观测时空范围的大尺度特征。实际研究中可分观测宇宙学和理论宇宙学两个有所侧重的分支,前者通过观测研究大尺度时空范围内物质运动的形态、规律,以发现宇宙大尺度特征;后者研究宇宙运动学、动力学,建立宇宙模型。宇宙学是一门古老的学科,但它研究的内容是随着时代发展而改变的。最初以天地为宇宙,中国古代就有过盖天、浑天和宣夜三说。随后太阳系就是所研究的宇宙,牛顿力学建立起经典宇宙学。再以后扩展到银河系,进而扩延到上百亿年的时空范围,成为今日宇宙学研究的范围。观测宇宙学发现的系统性特征有:河外天体谱线红移、微波背景辐射、星系形态及其中判断天体年龄的时标、氢和氦的丰度比、河外天体计数、引力透镜现象;理论宇宙学建立的模型按

是否演化大致分两类，一类为演化态宇宙论，认为广义相对论适用于整个宇宙，宇宙状态随时间变化，现以正统宇宙学称呼；另一类为稳恒态宇宙论，认为宇宙在空间上均匀各向同性，在时间上也是均匀的，星系彼此远离依靠物质不断从虚无中连续创造而补偿。大爆炸宇宙学属于前者，仍然是研究中的宇宙学。

【天体演化学】天文学的分支学科。研究各种天体以及天体系统的起源和演化，也就是它们产生、发展和衰亡的历史。可以按照天体的层次分成太阳系演化学、恒星演化学和星系演化学，关于宇宙的起源和演化可划入宇宙学的研究范畴。天体演化学也是一门古老的学科，早在天文学发展初期就有关于天体形成的看法产生，中国先秦时就有天地生于气，“清阳为天，浊阴为地”的说法。科学的天体演化学始于近代，1644年和1745年法国笛卡儿、布丰先后提出天体形成的旋涡说和灾变说，1755年拉普拉斯、1796年康德各自提出太阳系起源的星云说，是太阳系演化学的前驱。20世纪60年代以后，随着恒星物理学的重大进展，恒星演化学成为一门成熟的科学，对恒星的形成和演化作出了理论计算，可以明晰地回答各阶段的演化过程。恒星演化学的建立，关于河外天体的发现和研究迅速进展，使星系演化学受到重视，因为它与宇宙学关系密切。天体演化学是多学科的边缘科学，从事研究的人员除天文学专业的以外，还有从事哲学、数学、地学、物理学、化学等专业的人。大家都可以从各自专业的特长开展研究。这也是一个永葆青春的学科，科学的进步总会给它注入新的活力。

【太阳系演化学】天体演化学的分支。主要研究太阳系天体的形成和演化，是一个最早提出但至今尚没有一种能被普遍接受的完善

理论的学科。尽管空间探测提供了太阳系外行星系统存在的证据，但目前详细研究过的样品还是只有太阳系本身，这是本学科研究的主要困难。完善的太阳系演化理论，必须能圆满解释整个太阳系及太阳系各种天体运动的特性，如公转运动的同向性、近圆性、共面性，普遍存在自转，分布符合提丢斯-波得定则等普适规律及逆向自转、不规则卫星、特别大的轨道偏心率等。归纳起来，众多的太阳系演化说可分为灾变说和星云说两大类，前者认为太阳系主要成员的构成物质，是由于某种偶然巨变从太阳物质中分离出来的，这种巨变可能是走近太阳的恒星甚至碰撞太阳的恒星造成的，也可能是太阳自身的爆发；后者则认为太阳及行星物质由星云演化而来，可能原本是一团星云共生，也可能是太阳俘获一团星云后形成的。两种类型中灾变说受到的否定较多，星云说则有趋向同一的倾向，多数认为太阳系星云由星际云中分离出来以后，原始星云是有自转的，中央部份收缩形成太阳，外部由星云盘逐渐演化成现在这个样子。

【恒星演化学】天体演化学分支。研究恒星的形成和演化，现代天体物理学最大的成就之一就是基本搞清楚了恒星的演化和元素的演化。元素核的综合演化在恒星内部完成，并成为恒星演化的动力。一般认为恒星是由低密度的星际物质凝缩而成的，星云内的不稳定性使其中出现凝缩核心，在引力作用下快速收缩，中心温度达到 700 万度以上时中心发生氢聚变氦的热核反应，产生的向外压力与向内的引力平衡，这就是由原恒星经慢收缩演化成主序星的过程。主序星本质上就是由氢核聚变成氦核提供能量的阶段，是恒星一生最长的一段时间，时间的长短取决于恒星的质量，大质量恒星中央氢消耗得快，所以演化得也快。红巨星是主序星之

后的一个演化阶段，这时核心温度可高过 1 亿度，出现三个氦核聚变为碳核的热核反应。恒星演化的后期，星体结构愈来愈复杂，变化愈来愈剧烈，随着内部温度的升高，碳氧等核先后参与热核反应，这些聚变过程十分激烈，其中有些星会经过新星或超新星那样的大爆发，大部份都要抛失质量，最后，一些恒星经过行星状星云走向末期。它们的归宿有三类，即白矮星、中子星和黑洞，取决于它们原有的质量。现在演化的许多过程都可以经理论计算推得符合观测事实的结果。

【宇宙化学】天文学分支。研究宇宙物质的化学组成及其演化规律的学科，是天文学与化学之间的边缘学科。1833 年，瑞典柏济利乌斯首次通过陨石测量了地球外宇宙物质的化学组成，1859 年，基尔霍夫成功地用元素谱线解释了太阳光谱，首次证认了太阳的化学组成。上述两例反映了宇宙化学的两种研究手段，一种为直接取样，如陨石、月岩、宇宙尘、其他行星样品，这些样品甚至可能在空间作出测定；另一种是大量采用的、主要的手段，就是测定天体电磁辐射中的特征谱线，如恒星的光谱分析，星际物质的射电、红外频谱分析，空间可以进行的紫外、X 射线、 γ 射线频谱分析等。通过这些测量以便得到宇宙物质的各种元素、同位素、分子和矿物，以及它们的含量，现在已经发现了一些在地球上尚未发现的若干矿物和分子。化学元素的生成过程与宇宙形成、恒星演化有关。这些化学元素在星际空间能形成复杂的有机分子，甚至是导致生命出现的复杂分子，这种演化途径无疑对生命科学也是十分重要的。

【天体地质学】天文学与地质学之间的边缘学科。应用地质学、地

球化学和地球物理学的理论和方法、研究邻近地球的一些天体表层的地质特征和地质演化规律。1877年利西维奇首先提出天文地质学的概念，随着阿波罗号飞船登月取回月岩、月壤样品，20世纪70年代以后这门科学迅速发展，不但对月球做了多次考察和取样，而且已进行了大量的化验、分析，对火星、金星的地貌已经考察，已着手对它们开展地质学研究。天体地质学研究的主要内容有：对天体的遥感观测和实地考察；直接采集天体表层物质带回地球分析研究；研究影响天体地质变化的天文因素及其作用过程，如陨石冲击、太阳辐射、潮汐作用等；研究天体地质史并与地球地质史作比较研究。

【天体生物学】天文学与生物学之间的边缘学科。研究地外天体上生物存在的条件和有无生物及其上生物的形态的学科。生物生存的必要条件有：有组成生物必须的物质，如能形成蛋白质的碳、氢、氧、氮等化学元素，这些元素在宇宙中是普遍存在的；有适宜生物生存的温度环境，以蛋白质为基础形成的生命不可能在过高或过低的温度下生存；有生物体不可缺少的液态水，既是组成生物体的需要，也是维持生命所必需；适合于生物的大气环境；足够的时间，以维持生物发生、发展的过程。以上条件综合起来能够具备的星球就不那么多了，但仅就银河系而言就有几千亿颗星，有人估计会有上百万颗恒星周围的行星系统中有可能有生命。主要的研究对象还是太阳系天体，重点是火星和土卫六，初步探测的结果否定了火星，但仍将继续探测。

天文学史

【天文学史】研究天文学发生、发展的历史和研究天文学发展与社会、文化与其他科学发展关系的科学。有时人们将天文学史分成内史和外史两个分支，前者研究天文学自身发展的规律，侧重于学科本身内在的规律，揭示古老天文史料的天文学内容、意义及影响，各学派的研究成果及异同以及他们的论战和交流，天文学家的成就和贡献等；后者研究的重点不在天文学发展的本身，而将关注点放到影响天文学发展的各种外在因素上，例如国家的政治和政策、社会经济的状况、当时的社会思想、哲学观点、其他科学发展、文化习俗、宗教信仰、民族、战争等，研究它们之间的关系和相互作用等。天文学史就时序看，可以分为古代天文学史、近代天文学史和现代天文学史；就各分支学科可分为天体测量学史、天体力学史、天体物理史等分科史；还可就地域划分。总之，可以按时序、地域、国家、分支学科等内容区分为天文学史的不同分支。

【考古天文学】天文学史的一个分支。以遗迹、遗址和文物遗存为信息载体，发掘其中的天文学内容，揭示遗存相应时代的天文学发展水平和研究状况，是天文学史研究中不可取代的一个分支学科。作为天文学的一个独立的分支学科，它具有独立的研究方法，实际上是考古学、历史学和天文学的交叉学科，研究的是历史天

文学。对史前天文学的研究，由于当时没有文字记载，所以只能依靠考古天文学方法去探讨；即使是有文字记载的历史时期，天文遗存也常常弥补了文献史料的空缺和不足，成为天文学史研究中一个引人注目而又十分活跃的领域。

考古天文学受到世人注意并迅速发展起来，与研究英国索尔兹伯里以北的巨石阵有很大关系，有人也称它为环状列石，是公元前 2000 年前开始，历经几个世纪分三次才最后建成的。为什么要建造它？许多研究者发现巨石的安排有天文学意义，例如巨石阵的主轴线指向夏至时日出的方向，有两块巨石连线方向恰是冬至日落方向，更有人用计算机将巨石阵中各种可能的指向线与可能发生的天象方向拟合，从而发现有更多的方向线与日月出没有关，20 世纪 60 年代有人认为它还能预报月食和日食。尽管这些结果并非没有争议，但有一点是多数专家的共识：就是巨石阵中有与天文学有关的指向线。巨石阵的研究促使各国科学家对欧洲大陆上存在的许多巨石结构和古代建筑开展了研究，对古文明发祥地的许多遗址重新考察，如埃及的神庙、中美洲玛雅文化遗址等，研究这些建筑本身以及与周围突出自然地貌之间有无天文学意义的方向线，并进一步扩展到史前岩画、石雕的天文学内容，并有《考古天文学》学科杂志出版。中国是天文文物遗存极为丰富，相应文献史料很多的国家，也有许多史前遗址、遗迹，研究成果很突出。

【中国天文学史】研究中国天文学的发生、发展和天文学与中国社会、中国文化关系的科学。中国天文学发展很早，是世界上少数几个最早发展天文学的国家之一，对日、月、星象的认识和应用它们运行规律解决定向和季节，可追溯到距今七八千年甚至更远，

公元前 14 世纪天文学已经很发达,当时的天象记事及天文历法记录在河南安阳殷墟出土的甲骨文中。西周时期观象授时知识十分普及,春秋战国时期形成体系雏形,秦汉时代中国古代天文学体系已经完整,经魏晋南北朝和隋代的发展,至唐代更为兴盛,体系得到强化。宋、元两代中国天文学达到繁荣鼎盛。明代天文学发展出现停滞和倒退。西学东渐使中国传统天文学逐渐向近代天文学过渡,辛亥革命后开始向现代天文学发展,可以 1934 年建成紫金山天文台为标志。中华人民共和国成立以后,中国现代天文学加速发展。中国天文学史研究的史料丰富,既有大量珍贵的天文文物出土,又有连绵不绝的天文文献史料,不但正史中有记载,还有许多内容收集于子部类、集部类和大型类书中。中国天文学史的研究已成为世界性的研究课题。

【外国天文学史】中国以外世界上其他国家和地区的天文学发展史。按地域区分的天文学史研究分支。在古代,以几个文明发展最早的国家或地区最受重视,其中有埃及、古巴比伦、亚述、印度、中美洲、古希腊、罗马和阿拉伯。研究它们,对于了解天文学的发生和发展至关重要,它们之间的交流促使天文学发展的更迅速。近代外国天文学史实际上以欧洲为中心,随着哥白尼学说的创立和传播,随着望远镜制作技术的发展,在欧洲诞生了近代天文学。现代天文学特别是天体物理学的进展,欧洲和美国走在前列。外国天文学史,除研究各国或地区天文学科的发生和发展外,还有比较科学史研究,它注意从同一历史时期不同国家或地区天文学发展的比较中,探讨科学和文化的地域差异和交流,研究社会和文化对天文学发展的影响以及天文学发展对社会和文化发展的反作用,它是建立在对不同国家全面了解并深入到它们天

文学的详细认识后，才能进行的研究，已引起愈来愈多的科学史家的关注。

【中国史前天文学】有文字记载以前的中国上古天文学。中国天文学的萌芽和初步发展阶段，可以从夏代上溯到新石器时期。有三种研究方法：（1）考古发掘与天文学研究的结合，或者称为考古天文学，是研究史前天文学的主要方法；（2）发掘神话传说中的天文学内涵；（3）古代典籍中对传说时期天文学发展情况的追述，虽然不是第一手材料，但其中口头相传的记事有一定的可信度。《尚书·尧典》追述的就是距今 4500 年前的天文学，其中以下内容受到国内外学者重视：（1）帝尧十分重视天文历法，设有叫做羲氏、和氏的专职官吏负责此项工作，他们要在二分、二至时敬祭上天；（2）决定分至时刻有两种方法，即用太阳出没方向和昼夜长短法，以及用四季傍晚南中天星象法，即著名的四仲中星（日中星鸟，以殷仲春；日永星火，以正仲夏；宵中星虚，以殷仲秋；日短星昴，以正仲冬）。春分秋分，昼夜等长，谓之日中、宵中，按日出日落方向“寅宾出日”和“寅饯纳日”，举行祭典。傍晚南中天分别可见“鸟”星、“虚”星；夏至昼最长，谓之日永，南天见“火”星；冬至昼最短，谓之日短，南天见“昴”星。一年有 366 天，有设置闰月的方法。

《尧典》的记载有一定的考古证据：山东莒县出土的含有日出陶文的陶尊可能是寅宾出日的祭祀礼器，是日出东方春分宾祭庆典用品。这个陶文是象形会意字，上为圆形太阳，中为云气，下为山峰，是 4500 年前人们依据日出方向定春分的遗存；考古发掘还有许多重要发现，例如半坡遗址的住房及墓葬反映天文定向的应用，郑州大河村出土太阳纹陶片复原陶钵上 12 个太阳带来原始

历法信息，仰韶文化遗址中陶器上的月亮纹、蟾蜍、三足鸟、人面鱼纹，以及河姆渡文化中的双鸟捧日等，都是史前人们对月亮、太阳及其运动的想像和认识。许多史前岩画遗存也含有深刻的天文学内容，如连云港将军崖星象岩画，仰韶文化遗址八角星纹陶盆，河南濮阳蚌壳龙虎及北斗七星墓葬图案等都反映史前人们对星象的认识。仅从以上几例已经看出，考古发掘揭示了史前人们所具有的天文学知识。

中国古代许多神话传说有史前天文学知识的印记：《国语·楚语》等书关于天文学家“火正”的传说，《书·胤征》关于羲和漏报日食遭诛的记事，《山海经》关于羲和、常羲分别生有十日、十二月，关于日出之山、日落之山，关于汤谷扶木上乌载日行，关于夸父追日，《淮南子》关于女娲、后羿等都是深刻天文学内涵的神话传说。无论是考古、文献记载还是神话，都揭示出中国史前天文学有丰富的内容。

【先秦天文学】夏商周三代以及春秋战国时期的天文学，中国古代天文学体系形成雏形的时期。这一时期中国天文学：（1）由物候历逐步过渡到天文物候历并逐渐发展为数量化的天文历法；（2）由氏族图腾崇拜发展到观象授时和观象祭占，逐渐认识了日月及星空变化的周期；（3）天文学知识的社会化促进了中华文明，加快了天文学发展的步伐；（4）天文仪器、天文台成了社会需要。

《史记·历书》就指出，上古时代人们以冰融河开、动物惊蛰、鸟鸣草发的物候决定初春的来临，《尧典》所记标志着观天象决定季节的天文物候历阶段，《夏小正》相传为夏代历法，有正月鞠则见、三月摄桑委扬、五月良蜩鸣等物候记事，同时又有正月初昏参中斗柄悬在下、三月参则伏、六月初昏斗柄正在上等天象记事。

有的研究者找到多种证据，例如经过五个月斗柄从悬在下面转到正在上，认为夏代有过一年有十个月的太阳历。商代甲骨文不但有六十干支纪日法，有十三月的记事，有“冬八月”、“多八月”、“冬六月”、“冬五月”和“冬十三月”的记事，释为出现了年终置闰的后来演变为年中置闰的阴阳历，历法开始向数量化过渡。根据《左传》关于日南至的记载，计算出从公元前 655—前 522 年的 133 年中，共有 49 个闰月，从而得出春秋时期已采用 19 年 7 闰的闰周，实行的是一年有 $365\frac{1}{4}$ 日的古四分历，历法开始数量化。

不同民族的星象崇拜，形成商民族重视“火”（天蝎座 α 星），夏民族重视“参”（猎户座 δ 星）等习俗，并用以观象授时和进行祭占。殷商时代凡事必卜、重要天象必占，相传夏仲康时期天文官羲和漏报日食即遭诛杀，可见天文星占已成为国家政治生活中的大事。传说文王演周易其核心是“天垂象，见吉凶”。《春秋》记事每年只有几条，但日食却记了 36 次，《汉书》将它与“弑君三十六”相应。天文星占的重要地位刺激了天象观测的进步，加速了对天体运行规律的认识。

农业是立国之本，农业对天文历法的要求和国君对星占的重视成为推动天文学发展的动力，《诗经》中许多观象授时的诗句涉及到多种天象和各行各业的人，以至明代顾炎武发出“三代之上人人皆知天文”的感叹。战国时期“甘石星经”的出现，标志着已经有天文测量仪器问世。

【秦汉天文学】秦汉时期中国天文学得到迅速发展，奠定了中国古代天文学的理论基础，完善了天文历法体系，建立了天文工作体制，形成中国特色天文仪器的形制，是中国古代天文学形成独特

体系的时期。

秦始皇结束了战国时期诸雄争霸的局面。国家的统一，政局稳定，经济发展，才有可能系统总结三代以来特别是春秋战国时期天文学的发展，统一收集分散于各地的天文学资料，出现了许多天文学经典著作，建立了中国天文学的理论体系。其中重要的有司马迁的《史记·天官书》、《史记·历书》，有《周髀算经》，张衡的《灵宪》、《浑天仪注》，刘歆的《三统历谱》等，此外还有众多的占书、纬书中有天文学内容，如京房占、郗萌占、《尚书考灵曜》、《春秋元命苞》等。这一体系最重要的理论基础是“天人合一”、天人相关。

汉初由邓平、落下闳等人制订的《太初历》是中国历史上一部具有开创意义的历法，为后世历法的师宗，其内容包括制历理论，历日计算安排、日月食及行星位置、恒星观测以及每月太阳所在位置等，建立了独特的历法体系。太初历术保留在刘歆所著《三统历谱》中。从汉代起，天文职官的编制和职责，天文观测灵台及其他机构，都形成了制度，太史令主管天象、历算、祭典、记史、卜筮等许多事务，下属众多职官分头负责，为历代统治者所效法。因此而形成中国天文学的官办特色和以制历、改历、星占、卜筮服务于皇家的特色。

据扬雄《法言·重黎》“或问浑天。曰：落下闳营之，鲜于妄人度之，耿中丞象之”，可知出现了测量用浑仪，演示推算用浑象和专门使用这些仪器测量的人，这两种仪器成为中国古代一直使用的天文仪器类型。此外还出现了石制天文水准方位仪，使用在大型水利工程灵渠修建过程中，遗物现存广西兴安灵渠铧嘴附近。中国古代关于天地结构的学说在汉代已系统总结并形成三家并存的局面，它们是“天象盖笠，地法覆槃”的盖天说；“浑天如鸡子，

地如鸡子中黄”的浑天说；“日月众星自然浮生虚空之中”的宣夜说。

【魏晋南北朝天文学】以几个极为重要的新发现构成天文学发展的新特点，此外，在恒星观测、历法计算和天文仪器制造诸方面比汉代又前进了一大步。东汉时期发现了月亮运动的不均匀性，在此基础上，北齐张子信又发现了太阳、五星的运动也是不均匀的，动摇了历法计算中以太阳平均运动为依据的传统观点。东晋的虞喜发现了岁差，发现做为历法起算点的冬至点在黄道上岁岁微差，改变了“天周岁终”的陈见。西晋束皙发现日初出看上去大，升高后看上去小是由人眼错觉造成。后秦姜岌发现“地有游气”，有折光和消光的影响。姜岌和南朝何承天等人为更好地确定冬至点之所在，发现采用月食时与月亮相冲位置定太阳坐标的新方法。南朝祖冲之发现将岁差引入历法后，提高了历法的精度。一系列的新发现显示了天文学的新进步。

在恒星观测方面，晋太史令陈卓作出了卓越的贡献，他将截止到那时起认识并在实际中应用的 1464 颗星，归纳成一个新的恒星体系，含 283 个星官，区分出 1000 多颗星分属于那一个星占体系，绘出甘氏、石氏和巫咸氏三家星图，使中国古代的星官体系定纪，并创作了星象诗赋《玄象诗》，使新的体系得以普及。在天文仪器制造上出现了许多革新，前赵孔挺的浑仪是第一台留下较详细结构材料的仪器，他对东汉贾逵内外有三重的结构作了简化，改为两重后方便使用；南朝刘宋的钱乐之则继承发展了东吴制造浑象的传统，制成“地在天内”的浑天象，并在仪器上采用陈卓星官体系，用不同颜色的星分别表示甘、石、巫咸三家星；北魏制成的铁浑仪在底座上置水槽以便注水找平，它从永兴四年

(412) 制成，历经北魏、北齐、后周、隋、唐等几个朝代，直到711年经修理后还继续使用，可见其制作之好。在历法方面，祖冲之的《大明历》是数据准确，引入岁差的优秀历法，提出391年设144个闰月的闰周。何承天的《元嘉历》也是一部优秀的历法，提出用定朔注历的思想和调日法的新数学方法。

【隋唐天文学】中国古代天文学的大发展时期。隋唐时代，充分利用魏晋南北朝时期的天文新发现，使其开花结果。国力的强盛，教育的进步，与国外文化交流的发展，使这一时期天文人才辈出，民间天文学研究活跃，印度天文历法传入，中国天文学传向国外。尤其是唐代，无论是天文历法、天文仪器制造、天文学名著等哪一个方面，都取得了空间的成就。

隋代刘焯编造的《皇极历》是一部优秀的历法，他将北齐张子信的发现应用于历法，提出了计算太阳运动不均匀的方法，在历法计算中采用“定气”。张子信关于五星运动不均匀的发现，在隋唐历法中应用也放出异彩，几部历法关于五星会合周期的计算，都达到令人惊叹的精确度。祖冲之大明历的岁差采用约45年11月差一度值偏小，《皇极历》岁差率约76.5年差一度与实际值就相差甚小，李淳风的《麟德历》不但保留了皇极历内插法的计算方法，还在计算技巧上多有创造。开元年间一行编撰的《大衍历》是唐代最优秀的一部历法，这部历法有坚实的观测基础，对太阳运动不均匀性有了更符合实际的认识，计算定气中又发明了新的数值计算方法，提出了日食的“食差”算法。公元762年，《五纪历》又求得比较准确的交食周期，780—783年间，民间天文学家曹士蔦研制的符天历，大胆地革除了上元积年的计算。

唐代李淳风创制出有黄道环和白道环结构极为复杂的浑仪；

一行和梁令瓚研制出新的黄道游仪，并用其做了大量的恒星位置测量，还重新发明了类似张衡制作过的水运浑象仪。一行还组织了规模宏大的大地测量，用实际测量结果否定了一直奉为经典的“日影千里差一寸”的错误说法。这一时期重要的天文著作有《皇极历》、《麟德历》、《大衍历》、印度《九执历》、《乙巳占》、《开元占经》、《步天歌》等。其中开元年间王希明作的《步天歌》，不但是朗朗上口的认星歌诀，而且开创了我国恒星三垣二十八宿的新划分体系。《九执历》内容收于《开元占经》之中，译自梵文，是唐代中外天文学交流活跃的证据。

【两宋天文学】宋代是中国古代天文学繁荣发展走向高峰的时期。天文历法进一步完善，所用数据更加精确；天文仪器推陈出新，大型仪器多，有一些结构复杂，可在动力推动下跟踪天体运转；恒星观测规模空前，测量次数多，数据比较精确；天象观测勤奋，留下了不少极有价值的观测记录。

北宋颁行过九部历法，南宋颁用过 10 部历法，民间历算研究活跃。1106 年颁用的纪元历采用数据精确，创立新的经验公式用于历法计算，采用利用内行星求太阳位置的新定位法。1199 年行用的统天历，定回归年长为 365.2425 日，与现行公历一样，但要早 384 年。宋代是制造大型天文仪器最多的朝代之一，比较突出的如 979 年张思训水银滴漏转浑象，水银比重大而粘滞系数小，以它为动力浑象冬夏运转速度差别不大；韩显符制作了两台测量用浑仪，其中一台专为教学使用；沈括制的熙宁浑仪结构简化；舒易简等人的皇祐浑仪后来还成为金国司天台的主要仪器；元祐年间苏颂、韩公廉制成的水运仪象台，更是宋代天文学高度发展的重要标志：它高约 12 米宽约 7 米，大体相当今日一座小三层楼。

国内外许多研究者认为它是近代钟表的祖先；苏颂还制成过假天仪，人在球内观看斗转星移，是今日天象仪的鼻祖；在计时器方面，莲花漏加入一级平水壶，提高了记时精度。

测量仪器的进步，计时器的革新，为大规模恒星测量创造了条件。有的测量改用二十八宿距星与冬至点的角距，这与今日采用的赤经仅有计量原点相差 90° 的区别，几次测量留下的记录都是研究古代恒星观测的珍贵资料。有的测量结果被收入书中，如苏颂《新仪象法要》一书附有五幅星图；有的被刻石保存，著名的苏州石刻天文图就是一例。宋代还留下了许多珍贵的天象记事，如《梦溪笔谈》中关于常州陨石的完整描述。如景德三年（1006）豺狼座超新星“状如半月”、光可“鉴物”的记事，以及公元1054年金牛座超新星爆发记录，前者留下射电源，后者留下蟹状星云和中子星遗迹。

【辽、金、西夏天文学】辽、金和西夏是与宋对峙，雄踞北方和西部由少数民族建立起来的政权，其天文学发展受汉族影响颇深。辽代用过中原的历法，从天禄元年（947）到统和十二年（994）使用晋代马重绩编制的调元历，995年改用经贾俊改动过的祖冲之的大明历。辽司天监也重视天象观测，他们地处北方，常有极光记事，如《契丹国志》载天庆八年正月（1118）“是夕，有赤气若火光自东起，往来纷乱，移时而散”。河北宣化辽墓星图是辽代重要天文文物，星图外圈为黄道十二宫，知识来自西域，但图案显示有明显的“辽化”，双子、室女都身着辽服就是证明。

金国的历算很有成就，天会十五年（1137）颁用司天监官杨级编撰的大明历，此历与祖冲之大明历同名不同历，据研究它是由宋纪元历增改而成，大定二十年（1180）颁用的赵知微重修大

明历，是一部极优秀的历法，回归年、朔望月等数据精确，还创立了等间距三次差内插法的计算方法，是水平超过纪元历的历法。金代在中都燕京建有规模宏大的司天台，台上使用的是金人攻破汴京后掠来的宋代天文仪器，实际观测和数学的进步是编创成优秀历法的基础。金代也有丰富的天象记事，如日食、日珥等，极光记事十分形象。《大金国志》记它“北方有赤色，大三四围，长二三丈，索索如树”。

宋王朝曾应西夏请历要求，颁赐过中原的仪天历、崇天历。据《西夏书事》可知，元昊称帝，“自为历日行于国中”，看来参照内地历法专门编制了西夏历法。从西夏碑文可知，当时也流行过藏历，在由党项、汉、吐蕃、回鹘、吐浑、契丹等多民族组成的西夏国内，这也是很自然的。西夏国观测天象与内地发挥着同样的功能，《西夏书事》于1030年记有“火星入南斗。西州谣言：‘火星入南斗，天子下堂走。’”1088年记有“太白昼见，司天言：‘不利用兵’，梁乙逋不听。”等，这些例证可以看出，西夏司天监的职能与内地相同。此外随着佛教在西夏的传播，黄道十二宫知识可能先进入西夏，以后又中转而传到中国其他地方。

【元代天文学】蒙古初无历法，只看草木荣枯月亮圆缺记时，天文知识停留在原始的崇天习俗之中。成吉思汗时期契丹人耶律楚材曾献上《庚午元历》，后又造基于西域历法的麻答历，但未被采用。忽必烈时期，1672年西域天文学家扎马鲁丁献上回回历法《万年历》，元世祖将它颁用于信奉伊斯兰教的地区。1271年忽必烈根据《易经》“大哉乾元”之意，以“元”为国号，1276年南宋灭亡后，元世祖着手组建编造新历法的班子。元代天文学经忽必烈本人的领导和支持成就辉煌，与宋代一道，成为中国古代天文学发展的

高峰时期。做为发展高峰的标志，是大型天文台的建设，《授时历》的编制，大规模的天体与大地测量，和杰出天文学家的贡献。

1263年元世祖升开平府为上都，1267年扎马鲁丁向元世祖进献7件西域天文仪器，1271年上都承应阙宫增置司天台，7件仪器置于司天台，上都天文台是具有阿拉伯式天文仪器的独具特色的大型天文台。1279年兴建的大都天文台是更大的司天台，院墙长123米，宽约92米，台上置有郭守敬设计制造的简仪、高表、玲珑仪、仰仪等。1281年颁发的《授时历》是王恂、郭守敬、许衡等人编制的优秀历法，其中独创了许多新的数学方法用于计算，由于它精度高，行用时间达360多年。

为提高授时历精度，元代进行了大规模的“四海测验”，全国设有27个观测站，超过唐代一倍还多。至今河南登封还留有一处观测站遗迹，它就是观星台和量天尺，是固定的四丈高表。此外郭守敬还测量了许多恒星的位置，据研究，明代隆福寺藻井星图上恒星的位置，可能就是依据郭守敬测量结果的抄本点上去的。民间抄本的存在还可从梅文鼎的记叙中旁证，许多学者认为，北京图书馆藏明钞本《天文汇钞》中的星表也是其中之一。

【明代天文学】中国古代天文学发展的一个重要的历史阶段：传统天文学出现停滞甚至倒退，欧洲天文学开始传入中国。由于两种天文学体系较大的差异，欧洲天文学虽不断遇到抵抗和改造，但它却满足了中国社会对新天文知识的渴求，从而出现了极有特色的汉化西方天文学，构成明代天文学的发展特征。

明初“学天文有厉禁，习历者遣戍，造历者殊死”（《野获编》），朱元璋的禁令为明代天文学的发展设置了严重障碍。朱元璋没有编造新历，采纳刘基献上的大统历，实际上是改换名称的

郭守敬授时历。后来元统将历法的起算点从元至元十八年（1281）改到明洪武十七年（1384），整理成有4卷的《大统历法通轨》，行用到明末。明初在今南京鸡鸣山上设有灵台，放置着仿郭守敬制成的天文仪器4件，1437年明英宗决定在北京建观象台，按南京仪器样式也制成4件仪器置于台上，其中浑仪和简仪至今犹保存于南京紫金山天文台上，明代较突出的天文工作，当数对回回天文学的整理研究和郑和下西洋等航海活动中对天文学的应用，有译著《明译天文书》、《回回历书》等。

万历年间和以后进入中国的耶稣会传教士和中国学者一道译著了多部书籍。如《几何原本》、《浑盖通宪图说》、《乾坤体义》、《天问略》、《经天该》、《远镜说》等。由于多次日食预报不准，1629年崇祯皇帝终于批准改历，为此成立了由徐光启领导的，不少外国传教士参加的历局，在北京宣武门内开始编制新历。历经5年于1634年完成了有137卷之多的《崇祯历书》。但在保守势力的攻击和崇祯皇帝的优柔寡断和政局不稳等多种因素影响下，历书未获准颁布。尽管如此，《崇祯历书》是吸收了欧洲天文学知识，采用中国传统天文学模式的汉化欧洲天文学，没有摆脱以历法服务于封建皇帝的模式。

【清代天文学】中国古代天文学的最后发展阶段：中国传统天文学体系和传入的西方天文学体系继续较量，汉化西方天文学得到清政府的官方承认。西方天文学知识继续在中国传播并逐渐深化；中国传统天文学研究复兴，尤其是乾嘉学派的研究取得丰硕成果。这是一个中国古代天文学逐步向近代天文学过渡，中国天文学走向新生的历史时期。

清初传教士汤若望删改《崇祯历书》，更名《西洋新法历书》

献上，获准颁发，汤若望被任命为钦天监监正。后汤若望陷狱而死。因无取代新法历书的历法，改由传教士南怀仁接任钦天监监正。他领导制作了6件大型天文仪器置于清观象台上。无论是西洋新法历书还是灵台上的新仪象，都是汉化西方天文学的产物，表面上看遵从祖制，实际上历法的计算和仪器的形制都是属于西方天文学体系的。康熙五十四年（1715）传教士纪利安又献上地平经纬仪，是路易十四时代装饰风格的仪器，后来乾隆认为过于欧化，于1744年命人制成了一台中国传统风格的仪器，它就是玑衡抚辰仪。

清代对传统天文学的研究，在整理古籍编撰大型类书的过程中受到重视并逐渐加深研究，著名的研究者如梅文鼎、李锐、汪日祜、王锡阐、阮元等人，他们整理研究了古代历法、编撰了大型天文数学史书《畴人传》，写出了专著《明史·历志》、《晓庵新法》等多部，取得很大的成就，出现了传统天文学研究的复兴和繁荣。但是影响更大的是西方近代天文学知识的传播，哥白尼日心地动说、伽利略用望远镜发现的新的宇宙奇观、新的数学方法如几何、球面三角、三角函数、关于大地球形和地理经纬度等。1859年李善兰和伟烈亚力翻译《谈天》系统介绍欧洲近代天文学成就。人们逐渐认识到：天文学是认识自然、认识世界的重要知识，不能再把它仅当作是实用知识来看待了。

【近代中国天文学】鸦片战争后，首先由洋务派兴办学堂开设天文学课程；其次，广泛介绍和宣传西方新天文学知识。魏源的《海国图志》中有6卷是介绍天文知识的，还讲了望远镜及其制造的方法。最系统地介绍欧洲近代天文学的书当推《谈天》，原作者是英国约翰·赫歇耳，由李善兰和伟烈亚力于1859年译出。其内容

包括了截止到 19 世纪中期天文学发展的各个方面。在介绍天文知识的同时，也提出了转变天文观念的大问题。过去中国传统天文学偏重实用，较少追究天文现象的本质，李善兰要求读者学习“西士善求其故”的研究方法，指出正是追求运动的本质，才使哥白尼发现“地球五星也绕日”，开普勒知道了“五星与月之道皆为椭圆”，牛顿总结出万有引力定律，是转变天文学研究思想的先导。

1877 年法国天主教会在上海徐家汇建立天文台，安置了天文测时仪器，开展了授时服务工作，他是中国土地上第一个从事近代天体测量的天文台。1894 年日本在台北建立测候所，1911 年所内增设天文测时仪器。1900 年法国天主教会又在上海松江县佘山上修建了佘山天文台，中国土地上第一次树起了口径 40 厘米的天体照相机，它与当时欧洲一些折射望远镜比，也毫不逊色。

【现代中国天文学】1915 年中央观象台以中国天文学会的名义出版《观象丛报》，1922 年 10 月 30 日中国天文学会在北京正式成立，1924 年《中国天文学会会报》创刊。第一次世界大战以后，1924 年中国接管青岛观象台（原为德国所建，后为日本占据），1929 年更名青岛市观象台。1926 年广州中山大学创立数天系，和原来有天文系的齐鲁大学成为培养天文人才的学府。1928 年国立中央研究院天文研究所成立，高鲁任所长，决定筹建南京观象台。1929 年余青松接任所长，负责此项计划。1934 年建成紫金山天文台，设有 60 厘米反射望远镜、20 厘米折射望远镜、子午环等天文仪器，是中国人自己建成的第一座用于现代天文研究的天文台。抗日战争爆发，紫金山天文台迁往昆明，1939 年在昆明凤凰山建成云南昆明天文台。1946 年迁回南京后，仪器受损，经费不足，几陷于停顿。1954 年底，60 厘米反射望远镜修复，以后又添置了许多新

型、精密的天文仪器，使之成为能从事天体物理、天体力学、天体测量、射电天文和空间天文多学科研究的综合性大型天文台。

1958年兴建北京天文台，拥有兴隆、沙河、密云、怀柔4个观测站和国内口径最大的2.16米反射望远镜，还有综合孔径射电望远镜和在国际上享有盛誉的多通道太阳磁场望远镜。上海天文台历史最长（指现代意义的天文台），现在有六个研究室和一个研究组，中国时频标准基地之一，建成了25米口径可从事甚长基线干涉测量的射电望远镜。1978年扩建后的云南天文台也是一个综合性的大型天文台。1966年以后建成的陕西天文台则是以时间频率及其应用研究为主的天文台，并负责发射BPM和BPL授时讯号。1958年建立的南京天文仪器厂已研制了许多台大型高精度的天文仪器，有些设备还出口国外。1952年、1960年先后建立了南京大学天文系、北京师范大学天文系、北京大学地球物理系天文专业等系科，为现代中国天文学研究培养和输送人才。

【埃及古代天文学】埃及古代文明的重要标志，希腊古代天文学的源流之一，是世界上天文学最早发达的地区之一。公元前6000年埃及农业已经发展，尼罗河泛滥是农事活动的报时信号。发现天狼星偕日出在尼罗河泛滥之前并与它同周期，开始了用此天象预报农事活动的粗疏天文历法年代。这一天象与重要物候的周期都与太阳运动有关，最初人们以为其周期是360天，孕育出埃及的阳历。天象对农业的重要，使信仰荷特和迈特神的古埃及人观测天象，以祈神示，在神庙中有专司观天的祭司。从上埃及国王美尼斯统一埃及后，第三王朝到第六王朝天文学得到很大的发展，这一时期兴建的金字塔反映了这种发展。金字塔方形基座的南北方向定的很准，是天文方位测量的结果；有一座金字塔建于北纬 30°

附近，塔北正中向内的通道也成 30° 角，意味着在金字塔内沿通道看出去可以看见北极星。

埃及人长期观天的结果之一是认识了许多恒星，从出土的棺盖上画的星图可知他们早已认识了天鹅、牧夫、仙后、猎户、天蝎、昴星团等星座。对天狼星偕日升周期的初步认识，使他们将赤道带星空分成 36 组，每组星管 10 天，谓之旬星，视旬星偕日升是那一组来定第几旬，36 旬后就是尼罗河将要泛滥的时间，这种作法，至少从第三王朝就已经采用了。旬日制度发展为一种历法，1 年 364 天，分成 3 季，每季 4 个月，每月有 3 旬。对天狼星等恒星偕日升周期的长期观测，终于发现这一周期在 365 天左右，公元前 13 世纪认识到每年为 365.25 日，公元前 238 年定四年加一个闰日的原则。出土的埃及草纸书文字还有阴阳历的记载，规定 25 埃及年有 309 月共 9125 日。可见以 365 日为年长，25 年中有 9 个闰月，朔望月长为 29.5307 日。这种阴阳历用于宗教祭祀，逢朔日举行杀羊祭礼。历法离不开必要的天文测量，出土文物证明埃及的天文测量仪器有圭表、日晷和一种叫麦开特的东西，使用漏壶计时，日出为昼，日落为夜，每昼夜分成 24 小时。

【美索不达米亚天文学】世界上天文学最早发达的地区之一，它是古希腊天文学的另一个源流。约在公元前 3000 年，苏美尔人创立城市国家，天文学取得了很大的成就，可以从当时留下来的楔形文字记录获得其梗概。这里是农业最早发展的一个地区，两河河水的泛滥与某些天象都是事关农业的周期性现象，因而较早地出现了历法。昼夜纪日，月相纪月，形成一年 12 个月的阴阳历，由公元前 2000 年左右的乌尔第三王朝国王颁发的附加月令可知，那时已经用闰月来调整 12 个朔望月与回归年长不相等的矛盾。公元

前 19 世纪至公元前 16 世纪的古巴比伦时期，历法有了更大的进步。12 个月各有专用月名，元旦在春分，大月 30 日，小月 29 日，一年 354 天，约在公元前 500 年以后，先后采用过 8 年 3 闰、27 年 10 闰等闰周，公元前 383 年以后定为 19 年 7 闰。以初见新月为一个月的开始。使用阴阳历要求仔细测量日月在恒星间的运动规律，从公元前 311 年留下的日月运行表中可知，朔望月误差只有 0.4 秒，近点月的误差 3.6 秒。巴比伦人早就将一圆周划分为 360° ，并按这种分度方法制造日晷；他们将一昼夜分为六更，每更 60 分，一昼夜共 360 分，用此计时制度制成的漏壶刻有 12 大格 360 小格，1 大格为 $1/2$ 更，即 1 小时，内含 30 分。

约在公元前 13 世纪，巴比伦人分黄道带星空为 12 宫，依次是：白羊、金牛、双子、巨蟹、狮子、室女、天秤、天蝎、人马、摩羯、宝瓶、双鱼等 12 个星座。亚述王国时期，对日月食的认识有了很大进步，约在公元前 9 世纪的萨尔贡二世时，已经认识到月食于望，并且是月亮运行到黄白交点的结果。亚述时期还形成 1 星期 7 天的计时周期，意思是日月五星共 7 个天神轮流值日，后来成为国际通用的制度。公元前 612 年迦勒底人取代亚述，建立新巴比伦王朝，不但定出准确的闰周，还测量昼夜长度变化、月行速度的变化、朔望月长度、黄道与地平的夹角、月亮的纬度，所测五星会合周期也很准确，例如水星 146 周 = 46 年，金星 5 周 = 8 年，火星 15 周 = 32 年，木星 65 周 = 71 年，土星 57 周 = 59 年。

【印度古代天文学】印度是世界上天文学发展很早的国家之一，可以分成两个大的阶段：上古时期形成具有印度特色的天文学，出现过历日制度相当不同的多种历法。公元前 5 世纪左右，国家相对地统一和佛教的兴起，除历法外又形成独特的宇宙观念；笈多

王朝以后(4—5世纪以后),先是希腊天文学后是伊斯兰天文学传入,印度天文学吸收外来知识,形成传统与传入融汇的特色。印度有文字记载的历史约从公元前12世纪开始,早期的天文历法知识记载于《吠陀经》中,可以看出吠陀前期(前10—前6世纪)有过分别以12个或13个恒星月为1年的恒星月历,1年分别是324日和351日;有过阴历,12个朔望月共354天为一年,大月30日,小月29日;有过阳历,称世间年和“假设太阳年”,前者有每月30天的12个世间月,后者在1世间年结束后再加18天,每过两个世间年接下去是1个假设太阳年,得到平均年长366日的阳历;有过阴阳历,《梨俱吠陀》中有13月的记载。1年360日,又有以两次满月或朔的时间为望终月或朔终月,是以月相为周期的,为了调整这种矛盾,古代印度发明了一种独特的消失日方法,意思是应当丢开的多余日。于是超过朔望月长的多余日,为1个月30天找到了根据,月的名称由望月所在的星宿名称命名,一年大约要消失五个日期。据《吠陀支节录—天文篇》记载的阴阳历,1年为366天,5年1830日,62个朔望月,即5年两闰,是公元前1世纪以前的一种历法。

印度有27宿划分法,叫“纳沙特拉”,即月站,也有28宿划分法,其作用与中国28宿相同,但它是对黄道等分后得到的,各宿的代表星多取亮星,具有印度特点。笈多王朝时期希腊天文学传入印度,印度著名的天文著作如《阿耶波提亚》(《圣使历数书》)、《五大历数全书汇编》等,引入本轮概念、日月地平视差、日月地球直径的推算等内容,但都保留了印度使用恒星年的传统。中国唐代《九执历》译自印度,由此书可知,古代印度天文学家还把黄白交点叫罗睺、计都,当作看不见天体。

【希腊古代天文学】公元前 7 至公元 2 世纪近 800 年的时间里，在欧洲古代文明的发祥地希腊，天文学得到了很大的发展，形成欧洲古典天文学体系。它的核心是把天体当做自然存在的客体加以研究，从人们居住的地球和直到天空中运行的天体，研究它们的形状、大小、远近和运动规律，力图寻找完美的解释，建立起理想的宇宙图景。他们的哲学思想是：宇宙必定以地球为中心，和谐完美地运动，圆、球是最完美的，宇宙是可以认识的。在这大约 800 年的时间里，希腊地区先后有 4 个学术活动中心形成，成为有代表性的 4 个大的学派：公元前 7—前 5 世纪，泰勒斯创立并以米利都为中心的是爱奥尼亚学派；公元前 6—前 4 世纪，毕达哥拉斯创立并以意大利南部克罗托内为基地的毕达哥拉斯学派；柏拉图创立并以雅典为据点的柏拉图学派，是公元前 4—前 3 世纪活跃的学派；此后直到公元 2 世纪，以埃及亚历山大为中心的亚历山大学派形成并发展，他们系统总结了前人的工作，开创了希腊天文学的黄金时代，使它成为一个完整的天文学体系。这个体系最重要的特色之一是宇宙的同心球结构，即日月众星在以地球为中心的各自不同的同心球上围绕地球运动，各同心球有各自的转动轴，以这种同心球运动的组合解释观测事实，后来由亚里士多德发展成为一种九重天的宇宙体系。

希腊天文学体系的另一个重要特色是天文学思想活跃，例如，尽管地心体系占上风，仍然有菲洛劳斯、赫拉克利德、阿利斯塔克等人提出地动说或者日心说。另外是用实际的观测来检验理论，埃拉托塞内斯等人测量地球的大小，阿利斯塔克等人试图用几何学方法测量日、月、地之间的相对距离和它们的相对大小。在观测的基础上不断创立新的学术观点，成为推动希腊古代天文学前进的动力。集希腊古代天文学大成的是伊巴谷和托勒密，其

成果收集于托勒密所著《天文学大成》之中。伊巴谷改进了本轮均轮体系，用偏心圆轨道和移动的偏心圆轨道以及一套本轮均轮系统，解释日月五星的运动，求出朔望月、恒星月、交点月、近点月、回归年、黄白交角等精密的数值，并发现了岁差。他之后托勒密于公元 2 世纪写出 13 卷之多的《天文学大成》，完善了地心体系理论，是天文学发展历史上的一座里程碑。

【玛雅天文学】玛雅人在中美洲创造的古代天文学是玛雅文明的重要标志之一，玛雅人主要分布在墨西哥南部、危地马拉和伯利兹以及洪都拉斯、萨尔瓦多西部地区。由印第安人种创建的玛雅文明开始于公元前 2500 年，公元 3—4 世纪繁盛，是以农业种植为主要生产手段的城邦社会，对天文历法有需求。遗迹中有古代祭祀崇拜中心。农业及确定祭祀日期都要求不同城邦使用相同的历法。从 250—900 年的一些遗迹看，许多建筑同天文测量有关，玛雅人的天文台是一组建筑，金字塔式台庙的台顶是观测点，在它的东北、东方和东南各有一座庙宇，观测点与这些庙宇连线的方向，恰好是夏至，春、秋分和冬至的日出方向，类似的天文台遗迹不止一处，是当时测定季节、校验历法的场所。正因为有很好的测量基础，玛雅天文历法是比较精密的古代历法。可能是适应举行祭祀和宗教典礼的需要，他们创建了一种非常特殊的圣年历，1 圣年就是一个完整的祭祀周期；为了适应农业生产的需要，他们也发现并创建了一种太阳历。不论那一个小的城邦国家，都同时使用着这两种历法，出现了同一天同时记用两种历月历日名称的独特习俗。圣年历每月 20 天，称 1 乌纳尔，它对玛雅人既是重要的周期，也是很受重视的数字。1 年 13 个月共 260 天。这 20 个日期名称还和月序组成类似中国干支纪日的以 260 天为 1 循环周的

纪日法，于是圣历年每日都有专用名，用于祭祀十分方便。太阳年1年18个月，每月仍是20天，另加5个忌日，平年365日，每4年闰1天，闰年366日。由于玛雅人早于欧洲800年在计算中使用数字0，其历法计算、五星运动计算都受益。他们的历法中还有一个52年的周期，它正是圣历年日数的 $\frac{1}{5}$ ，或者是4年的月数。他们将金星的会合运动分成4段，观测出它晨见236天，伏90天，夕见250天，伏8天，从而得到金星的会合周期为584天，并且每5个会合周期的总时间为8年。这种观测可能借助于某种简单的天文仪器，以便测量行星与恒星的关系。他们认识了许多星，有响尾蛇、海龟、蝎子、蝙蝠等星座的命名。

【阿拉伯天文学】伊斯兰天文学，公元7世纪伊斯兰教兴起后由穆斯林创建并发展起来的天文学。阿拉伯半岛的两河流域，远在公元前3000年苏美尔人就发展了天文学，由小亚细亚做通道西传到希腊，发展成为欧洲古典天文学。公元7世纪以后阿拉伯国家强盛起来，它们东面吸取印度天文学的知识，西面接受古希腊天文学，结合宗教的需要，创立伊斯兰天文历法，形成基于希腊体系的阿拉伯天文学。穆罕默德晚年，阿拉伯半岛已大体统一，他的继承人后来建立倭马亚王朝（史称白衣大食），定都大马士革。公元8世纪阿拔斯夺取政权，建立阿拔斯王朝，建都巴格达（史称黑衣大食）。公元700年，大马士革曾建有天文台，827年第四代哈里发阿尔·马蒙在巴格达建立天文台，他们都继承巴比伦和波斯的天文学遗产。阿巴斯王朝组织人翻译印度天文学著作，第二代哈里发还特别召见印度天文学家，译出《增订婆罗门历数全书》，阿尔·马蒙又组织翻译了托勒密的《天文学大成》，为天文学进一步发展打下良好基础。巴格达天文台的阿尔·法干尼写出

介绍说明托勒密学说的《天文学基础》，塔比·伊本·库拉和阿尔·巴塔尼分别测得较准确的黄赤交角($23^{\circ}35'$)和误差只有 2 分 24 秒的回归年数值。巴塔尼还将他发现的太阳远地点进动和他编制的各种精密天文表收入其《萨比历数书》一书中，稍后又有苏菲写出名著《恒星的图象》，绘有精美星图，附有恒星的星等及颜色，再后就是阿布·瓦法，写过《天文学大成》的简编。

法提马王朝建都开罗（909—1171，中国史称绿衣大食），10 世纪后成为西亚、北非的一大强国，最突出的天文学家有编制著名的《哈基姆历表》的伊本·尤努斯，其中不但有观测和计算的各种天文数据，还有天体运动的理论和计算方法。倭马亚王朝后裔在西班牙建立的后倭马亚王朝（750—1031），于公元 1080 年编出《托莱多星表》，阿尔·扎贾里在计算中对托勒密天文体系加以修正，以椭圆的均轮代替水星的本轮，还附有天文仪器的结构和用法，这里的天文学家反对托勒密体系影响很大。

【欧洲中世纪天文学】中世纪前期（5—10 世纪），是欧洲天文学停滞、倒退的时期；中世纪后期（10—15 世纪），是欧洲天文学开始复苏的时期，整个来说，在长达近 1000 年的中世纪，是欧洲天文学的黑暗时期。公元四世纪以后，日耳曼人大规模地向罗马帝国境内迁徙，他们不满罗马残暴统治而起义，476 年西罗马帝国灭亡，欧洲出现了许多新的王国。与此同时基督教在欧洲兴起并得到广泛的传播，新建的君主国家成为政教合一、神学至上的王国，在这种宗教政治统治的国度里，古希腊优秀的天文学说被遗忘了，他们解释宇宙完全按照圣经和教会对圣经的诠释，大地为球形被列为异端，相信它被看成疯子，从观念上说是大大地倒退了。但是教会学校仍有天文学课，虽然主要是学习如何计算复活节日期，

也有少数人希望学习更多的知识。10世纪开始,随着十字军东征,阿拉伯天文学开始由西班牙向周围邻国传播。穆斯林统治的西班牙保留有许多阿拉伯天文著作和译成阿拉伯文的古希腊科学著作,现在又由基督徒逐渐翻译过来,特别是1085年托莱多被十字军攻陷后,成立了翻译学校,1091年十字军又攻陷西西里岛,这里的人大多能使用拉丁、阿拉伯和希腊三种语言,加强了译书势头,如意大利的杰拉尔德一生译书80多种,重要的天文学著作如《天文学大成》和《托莱多天文表》,为欧洲天文学的复苏提供了条件。

教会也对科学知识的传播做出反应,经院哲学家阿奎那斯把古希腊的天文学说与神学结合,把亚里士多德和托勒密的体系内加进上帝存在的证据,是上帝提供了原动力。革新派教徒英国的培根则提出用实验方法弄懂天上地下的一切事物,法国人霍利伍德写出《天球论》,是球面天文学的通俗本。1450年普尔马哈写成《天文学手册》,是以《天文学大成》为基础的著作,他还写成《行星理论》一书。随着欧洲航海业的发展和对星表的需要,1252年西班牙国王领导下完成了《阿尔方斯天文表》,1475—1505年间,普尔巴哈的学生雷乔蒙塔努斯每年都出版修订的《阿尔方斯天文表》,极为实用。

【东亚地区古代天文学】东亚地区天文学发展较早的国家有中国、印度、朝鲜和日本,随着佛教传入中国,印度的一些天文知识也传入中国,两国之间天文学的交流在唐代最盛;中国对黄道带星空的知识也对印度有所影响,例如二十八宿的划分。除中国和印度外,朝鲜和日本的古代天文学也值得注意,虽然它们都源自中国,却也有各自的特点。

2 世纪中期以后，朝鲜半岛高句丽、百济、新罗三国鼎立，都有国家官办天文机构，派员从中国学习天文学。高句丽有石刻天文图，从 14 世纪李朝保留下来的参考 7 世纪石刻图绘制刻石的星图看，系学习中国盖图法并参照中国星图绘制而成；百济曾习用中国南朝何承天制定的元嘉历；现存朝鲜东南海岸庆州附近的古代瞻星台，建于新罗善德女王时期（632—647），是一座瓶形砖石结构建筑，李约瑟博士用它想像中国唐代的观星台。但它很可能是朝鲜化了的建筑，可使观星者和仪器在风雨中得到保护，并可以在塔内透过北边的天窗看清紫微垣有无异常天象。记载这一时期历史的《三国史记》中，涉及天文、气象的记事多达 419 条，其中有 55 条日食和 40 条彗星记事，这也是学习中国天文入史的传统。10 世纪以后高丽统一朝鲜，出现过崔致远的《年代历》、金成译的《十精历》以及《孝纬雌雄图》等重要著作。14 世纪李朝郑钦之等人编出比较研究朝鲜历、中国历和回回历的专著《七政算内篇》、《七政算外篇》，金镛等人还设计制造出类似苏颂水运仪象台的钦敬阁。

约在公元 554 年，来自百济的天文学家给日本带来了由中国传来的天文知识，602 年后传入中国的数学、历学和天文学书籍，604 年日本行用何承天制定的元嘉历，从一开始就受到中国天文学体系的强烈影响。日本的天文机构叫阴阳寮，是官方机构，其天象记录一如中国，所以中、朝、日三国古代的天象记事，已成为世界科学史宝库中的珍品，也是东亚天文学的一大特点，为现代天体物理学家所注目，因为三国天象记录可互为补充。

【近代天文学】波兰天文学家哥白尼创立日心说，向神学宣战，冲开神学对自然科学的束缚。之后，布鲁诺更将日心说发展成为没

有中心的宇宙无限说。伽利略发明望远镜结束了单靠肉眼观测天体的历史。在一定程度上可以说，近代天文学史也是天文望远镜的发展史。第谷虽然用的是裸眼观测，但他大量的十分精密的观测成为创立正确行星理论的基础，他的继承人开普勒利用了他的观测结果，创立了行星运动的开普勒三定律，将哥白尼学说大大推进了一步。牛顿的《自然哲学的数学原理》中提出万有引力定律。完美的理论终于使哥白尼学说得到公认。近代天文学摆脱了神学，树立了自然科学研究思想；提高观测手段和观测精度；创立符合观测结果的新理论；并用新的观测事实检验理论。

近代天文学的主要成就有：建立了经典天体测量学。发现了自行、光行差、章动，测量了地球形状和测定经纬度方法，测量了太阳视差，编制了精度很高的星表；建立了经典天体力学的摄动理论，提出了比较完整的大行星运动理论和月球理论，拉普拉斯写出巨著《天体力学》，发展了分析方法；对太阳系作出许多新发现，如太阳黑子 11 年活动周期，周期彗星的回归预报，行星表面一些细节，天王星和海王星的发现，提丢斯-波得定则和发现小行星；对银河系的认识，得出太阳在银河系中的运动方向，通过恒星计数认识了银河系形状，测出恒星的距离等。

【天体物理学的诞生】天体光谱的发现和研究表明了天体物理学的诞生，是现代天文学发展的标志之一。早在 1666 年，牛顿就从太阳光透过棱镜后的色散而发现光谱，但直到 1814 年，德国的夫朗和费制成太阳分光镜，才发现太阳光谱中有极多的暗线，他为其中一些主要的谱线命名，发表了被称为夫朗和费线的太阳光谱图。1859 年，德国的基尔霍夫和本生揭示了光谱的本质：暗线是太阳大气对光球连续光谱吸收的结果，因为每一种化学元素都有其固

定的谱线，所以谱线可以分析出天体的化学组成。他们将太阳谱线与实验室中各种元素的谱线比较，证认出太阳上有钠、铁、钙、镍等化学元素，并分析得出太阳光球温度很高的结论。1869年瑞典的埃斯特隆发表了太阳光谱中1000条谱线的波长，鉴别出光谱中的氢谱线。同年，英国的约瑟夫·诺曼·洛克耶分析日全食时日珥光谱中的一条橙黄色的线，认为是地球上没有的元素产生的，命名为氦，1895年苏格兰化学家拉姆塞在地球上也发现了它，大大加深了人们对太阳的认识。

随后人们又把光谱分析的方法应用于其他天体：1863年意大利的塞奇观测恒星的光谱，1867年他按恒星的光谱将它们分成四类。在他之前，美国的拉瑟弗德也注意到恒星之间的光谱及它们与太阳光谱之间存在着许多差异。从1864年起，英国的哈金斯又将光谱分析方法应用于星云，他发现某些星云不是由恒星组成的，而是由大量尘埃和气体组成的，因为某些星云光谱中只有亮的发射线，类似于实验室中加热蒸气后得到的那种光谱。1868年，哈金斯又发现天狼星光谱中一条十分明显的谱线有红移，推算出天狼星正以每秒47.3公里的速度远离我们，虽说数值偏大些，但光谱分析使我们对天体的物理状态又有了进一步的了解。天体物理学的另一个重要分支是天体光度测量。1857年英国普森定出星等数值，将肉眼可见星分成六等，一等星比六等星亮100倍。1859年，德国泽尔纳发明光度计，1861年他刊布了第一个光度星表，这一分支也发展起来。

天文学家

【落下闳】西汉民间天文学家。姓落下，名闳，字长公。巴郡（今四川）阆中人。生卒年不详，活动于公元前100年前后，有研究者考证出他是彝族人。官居太史待诏。应汉武帝征聘到京城长安参与修订历法，与邓平、唐都等合作创制出一部体系十分完整的历法《太初历》，公元前104年颁布。他还制造了浑天仪，是中国史籍中记载最早的一架浑天仪，赤道式结构，并进行了二十八宿星距的测量。

【张衡】（78—139）东汉天文学家。字平子，河南南阳人。曾任南阳郡主簿，郎中、尚书侍郎、太史令。著有《灵宪》、《浑天仪注》、《算网论》等天文和数学著作，是浑天说的代表人物，其著作常被浑天说家所引用。117年左右制成水运浑象和候风地动仪，前者是水力推动模拟天球周日视运动的天文仪器，后者是十分灵敏的地震监测仪。他还制作过指南车、自动记里鼓车、可飞行的木鸢。他对月光成因、月食的道理、行星运动的快慢等都有精辟独到的见解，记述了常见亮星有124颗，当时已命名的星有320颗，实际可观测到的星数可达2500颗。他也是一个文学家，著名作品有《二京赋》，在《思玄赋》中浪漫地写出遨游星空。有以他的名字命名的月球背面环形山和小行星。

【陈卓】（公元 3—4 世纪） 三国时吴国的太史令，吴亡后先后任西晋和东晋的太史令。他曾写过多种天文星占著作，如《天文集占》10 卷，《四方宿占》1 卷，《天官星占》10 卷，《甘、石、巫咸三家星官》等。最重要的贡献是总结、综合甘氏、石氏和巫咸氏三个学派对星空的划分，建立了一个有 283 个星官，1464 颗星组成的陈卓星官体系，一直行用到唐代开元年间。他还为这一星空划分体系绘制了星图，编写了占语和赞语。在敦煌藏卷中发现有陈卓《玄象诗》的抄本，诗中写出了他的星官体系。《开元占经》中有陈卓占引语，并说他也写过《浑天论》，其观点与王蕃的一致。

【虞喜】（281—356） 东晋时期天文学家。字仲宁。会稽余姚（今浙江）人。他是中国历史上第一个发现岁差的人，在成帝咸和五年（330）得出冬至点 50 年西移 1° 的结果，从此将回归年与恒星年区分开来。他还提出安天论的宇宙观，认为天高穷于无穷，地深测于不测，天在上，地在下，日月众星各自在元气中自由运行。他深信众天体“光曜布列，各自运行，犹江海之有潮汐，万品之有行藏也”。这种认为天体运动和周而复始的潮汐一样有规律可循，对他作出重大发现很有帮助。

【祖冲之】（429—500） 南北朝时代南朝数学家、天文学家。字文远，范阳迺（今河北涿水北）人。祖父与父亲均是齐宋官吏，他曾在刘宋朝和南齐朝担任过南徐州（今镇江）从事史、公府参军、娄（今昆山县东北）县令、谒者仆射、长水校尉等小官职。他计算出圆周率 π 的真值在 3.1415926 和 3.1415927 之间，得到 π 的约率 $22/7$ (≈ 3.14)，密率 $335/113$ (≈ 3.1415929)，后者早于欧洲 1000 多年。研究过“开差幂”，即在知道长方形面积和长宽差

的条件下求长与宽，“开差立”，即在知道长方柱体积和长宽高差的条件下求长宽高等问题，和他的儿子祖暅圆满解决了球体积的计算问题。在数学上还著有《缀术》一书，唐代国子监列为算学注本，可惜失传。

在天文学上，他编创了中国历史上第一部引入岁差的历法《大明历》，采用了391年中有144闰的闰周，这些都是突破传统的改革，尤其历法引进岁差是重大改革。《大明历》中的数据相当精确，回归年长定为365.2428日，是南宋杨忠辅《统天历》之前最好的数据。定交点月为27.21223日，与今测27.21222日很接近。他计算出岁星超辰84年，相当于木星恒星周期11.858年，五行会合周期也比较精确。他创造的用圭表确定冬至时刻的方法为后世长期采用。

除在数学、天文学上的贡献外，他还长于机械制造，曾造出水力推动的碓磨、指南车、千里船（能日行百余里），木牛、流马等陆上运输工具，以及漏壶，欹器等。博学多才的祖冲之著述较丰，据《隋书·经籍志》记，有《长水校尉祖冲之集》51卷。其他有《缀术》、《九章述义注》、《大明历》、《驳议》、《安边论》、《易老庄义释》等，还写过小说《述异记》10卷。在月亮背面，有祖冲之环形山，小行星，1888号命名为祖冲之小行星。

【张子信】北齐天文学家。河内（今河南北部）人。东汉末刘洪计算月行迟疾后，他是第一个把注意力转向研究太阳及行星视运动是否均匀的人。由于月行速而日行慢，这是一项远为困难的测量。他自制了浑仪，因避葛荣起义社会动乱，他又将浑仪搬到了海岛上，潜心观测研究30多年，终于发现太阳和行星运动的不均匀性。他还发现合朔发生在交点附近且月球在黄道北，则发生日食；若

合朔发生在交点附近且月球在黄道南，则不发生日食。现在知道，这是因为视差对交食的影响。他关于太阳运动不均匀的发现是一个重大发现，月亮运动不均匀的发现导致历法中出现定朔计算，太阳运动不均匀的发现，导致后来历法中出现定气计算。他懂医道，又是当时著名的星占家。虽有作官的任命，但他志在科学，不愿出山。

【李淳风】（602—670）唐代天文学家、数学家。岐州雍（今陕西凤翔）人。贞观初年进太史局，贞观十五年（641）迁太史丞，二十二年升太史令。贞观七年（633）制成浑天黄道仪，这是一具革新的、空前复杂的浑仪，它除了地平环、子午环、赤道环外，增加了黄道环，更增加了白道环，新环不能简单地加一环，它必须考虑其间相对位置的变化，因而成为内外三重，赤道上有孔黄道可移，黄道上有孔白道可移的复杂仪器，既能用于测量，又将天球上不可见的赤道、黄道、白道的相对位置形象地呈现出来。唐太宗视为国宝，置于内宫。

高宗麟德元年（664），他编成麟德历，于次年颁行。该历吸收隋代刘焯《皇极历》的优点，在历法中使用定朔计算，直接以无中气之月为闰月。摆脱闰周累赘。但他却未将岁差引入历法。他对史料有极好的驾驭能力，为《晋书》、《隋书》写了天文志和律历志，都是写的极好的，为以后编写这类史书提供了范例。许多宝贵的史料，诸如论天诸家的观点和辩论，仪器的结构与性能，都写入志中。他还著有《乙巳占》、《法象志》，与梁述等人撰注《算经十书》等书，后者是当时国子监学习数学的教科书。

【王希明】生卒年不详，活跃于唐开元年间。唐代史学家、天文学

家。编纂过《汉书》和《晋书》的志。据《唐书·艺文志》载王希明著有《丹元子步天歌》一卷，可知他号丹元子。《步天歌》是一部著名的天文著作，是陈卓之后对全天恒星划分作出重大改进的新体系。他还有一部重要星占著作是《太乙金镜式经》10卷，收入《四库全书》。

【一行】（673—727）唐代佛学家、天文学家。本名张遂。魏州昌乐（今河南南乐县）人。21岁从普寂出家，后师从善无畏、金刚智学习密宗，又从善无畏入译场，翻译《大日经》，后成为密宗领袖。开元九年（721），奉玄宗命主持编制新历。为取得实测数据，他与梁令瓚合作，研制了黄道游仪，实际上就是黄道可在赤道上游动的浑仪，可用于测量天体的赤道坐标和黄道内外度，他用该仪测量的二十八宿值，是继汉代以来最重要的值，得150多颗星的位置。还和梁合作研制成水力推动可报时的浑象，称开元水运浑天俯视图，这架仪器对张衡的水运浑象有较大的发展，尤其是联动的报时装置在机械制造上很有创造。他还主持了天文大地测量，从开元十二年起在全国设立了12个观测站，测正午日影、极高等量，有的地方还丈量了测站之间的距离。这次测量以南宫说等在河南设立的4个观测站的结果最为重要，这四地差不多在一条经圈上，测量结果已可供计算地球子午线一度弧长使用，可惜当时无地球概念，只计算出数据而未涉及地球形状、大小的讨论，他们计算出北极高度差一度，南北两地相距351里80步（唐尺单位），否定了千百年来“日影千里差一寸”的说法。

从开元十三年起历经3年，一行编写出《大衍历》初稿。整理后有历术七篇、略例一篇、历议十篇。从开元十七年起，根据大衍历编算每年行用的历书，经实测检验，大衍历是当时最好的

历法。一行还著有《大日经疏》20卷、《易论》12卷、《七政长历》3卷等。

【瞿昙悉达】唐代天文学家。生卒年不详，活动于唐开元时期。其先祖由天竺国移居中国，是印度裔。从其父开始四世供职国家天文机构。唐睿宗景云三年（712）任太史令，负责和参加了修复北魏铁制浑仪的工作。开元六年（718）奉诏翻译天竺《九执历》，介绍了当时印度的天文历法及日月五星日月食的计算法。后奉旨编撰大型占书《开元占经》，是他所做的一项意义重大的工作，因为书中保存了中国古代许多宝贵的文献资料。

【苏颂】（1020—1101）宋代天文学家、药物学家。字子容，福建泉州人。元祐元年（1086）奉旨检验太史局等使用的各家浑仪，深入了解了仪器的结构与使用，他希望能制成不需人转动而能自行跟踪天体的测量仪器，以减小“人手有高下”之弊，并由前人已制成过多台水运浑象而进一步设想了浑仪、浑象与报时联动的新仪器。他发现了懂天文善机械的韩公廉，从元祐三年起，领导组织韩公廉等人投入新仪器的研制，元祐七年完成。约在绍圣初（1094—1096）他又把水运仪象台的总体和各部件绘图说明，写成《新仪象法要》一书，使后人清楚了解这台大型仪器的构造与功能。他还设计制作了假天仪，是人从内向外看的大浑象，为现代天象仪的先驱。他还绘制造浑象、假天仪依据的星图附于《新仪象法要》书后，称苏颂星图，是有实测依据的比较准确的星图。在药物学上著有《图经本草》21卷。还曾组织增补《开宝本草》，即《嘉祐补注本草》。

【札马鲁丁】元初西域天文学家。生卒年不详，活跃于13世纪中叶以后。据《元史》记载，忽必烈在开平总领漠南军庶大事时，曾招请西域回回天文学家，札马鲁丁应召而来。至元四年（1267）他向元世祖献《万年历》，世祖命颁行于信奉伊斯兰教的各民族使用，这是一种回回历法。他还向元世祖进献了7件西域天文仪器。至元八年，上都（今内蒙古自治区正蓝旗境内）天文台建成，7件仪器安置在那里，他任“提点”，相当于天文台台长。后任职秘书监。回回司天台是当时中国与阿拉伯天文学交流的基地，不仅要观测，还要负责编颁每年的回回历书，藏有阿拉伯文的天文、数学、星占等书籍。

【王锡阐】（1628—1682）中国明清民间天文学家。字寅旭，号晓庵，江苏吴江人。他学习和研究天文学适逢西学东渐，欧洲天文学知识传入中国之际，他尽可能取其长处，以补充中学原本没有的知识。对中国传统天文学潜心钻研，发掘其中的精华。融汇中西学识，他于1663年写出《晓庵新法》6卷，运用刚传到中国的球面三角学，首创日月食初亏、复圆方位角的计算方法；首先提出水星、金星凌日计算法和月掩行星、五星凌犯初、终时刻的计算方法。这些创造为清政府收入《历象考成》，成为编算历法的部份依据。1673年又写出《五星行度解》，推导出一组计算五大行星位置的公式，提高了准确度。但这是在第谷行星体系基础上建立起来的计算，不会有正确的动力学解释。此外有《晓庵先生文集》、《诗集》收有他的作品。

【高鲁】（1877—1947）中国现代天文学家。字曙青，号叔钦，福建长乐人。毕业于福建马江船政学堂，1905年赴比利时留学，获

工科博士学位。1909年曾参加孙中山在巴黎组织同盟会的活动，1911年辛亥革命后任南京临时政府秘书，随后任中央观象台（今北京古观象台所在地）台长。1928年担任中央研究院天文研究所第一任所长。1922年发起创立中国天文学会并任会长。他参加了1918年巴黎国际统一时辰会议，组织中国日食观测委员会，并任委员兼编纂组组长，参与了紫金山天文台的选址工作。1941年赴福建崇安观测日食。著有《图解天文学》、《日晷通论》、《中央观象台之过去与未来》、《星象统笈》、《相对论原理》等以及论文、诗文集多卷。他发明的天璇式中文打字机，还在巴拿马国际博览会获奖。

【余青松】（1897—1978） 中国现代天文学家。福建厦门人。在清华学堂（清华大学前身）毕业后，1918年赴美留学，先后获哈佛大学土木建筑学学士、匹兹堡大学天文学硕士，加利福尼亚大学天文学博士学位，任职于里克天文台，从事恒星物理研究。1927年回国任教于厦门大学，1929年任中央研究院天文研究所第二任所长，在任期间为创建紫金山天文台作出重大贡献，修改方案、设计道路、设计观测室等一系列工作都是亲自动手。后又为创建昆明凤凰山天文台尽力。曾任中国天文学会会长。1941年在桂林、重庆负责光学仪器及教学仪器的研制。1947年再度出国，先任教于加拿大多伦多大学，后任职于美国博尔登高山天文台和哈佛大学天文台。1955年任马里兰州胡德学院天文学教授兼该校威廉斯天文台台长。1967年退休为名誉教授。他曾当选为英国皇家天文学会会员，有关恒星光谱研究的论文发表多篇，并绘有星图多幅。

【伊巴谷】（约前190—约前125） 古希腊天文学家。他测量计算

出回归年长为 $365\frac{1}{4}$ ，误差只有 6 分钟；测量计算出月地距离，采用的是月食时比较月亮视直径与地影直径比的方法；编制了几个世纪的日月运行表；编出含星 850 颗的星表，并与前人观测比较，发现了岁差，定为每年约 $45''$ ，指出是分点缓慢移动的结果；他求得 $0—180^\circ$ 的正弦表，是那一时代的天文学、数学巨人。

【托勒密】（2 世纪） 古希腊天文学家、地理学家、数学家。生于埃及，长期居住在亚历山大城。他综合了古希腊各派天文学家的研究成果，融汇于有 13 卷的一部天文学巨著《天文学大成》之中，建立了系统的古典天文学体系。这是一个以地球为宇宙中心，借助于圆运动组合描述日月五星位置及运动规律的体系。由于它系统、完整，特别被选为教会理论的支柱，这一体系统治欧洲达 1300 年之久。他还著有《地理学指南》8 卷、《光学》5 卷及其他著作。

【哥白尼】（1473—1543） 波兰天文学家。1491 年在克拉科夫大学学习，后两次去意大利，曾在波伦亚大学、帕多瓦大学和费拉拉大学学习。1497 年 3 月 9 日作月掩毕宿五观测，1514 年写出关于日心说的手稿，经多年测量验算而趋于完善，1543 年出版《天体运行论》，在地心说统治 1000 多年后提出新的宇宙体系。彻底动摇了中世纪宗教神学的理论支柱。这本著作可以看作一部改写欧洲历史的科学名著。

【第谷】（1546—1601） 丹麦天文学家。望远镜发明以前靠肉眼观测达到最高精度的天体位置测量家。1572 年 11 月 11 日他观测到仙后座超新星，激发了他测量天体的热情。受丹麦国王邀请，

1576—1596 年间他在汶岛上建立了大型天文台，制造了许多大型精密的天文观测仪器。集 20 年辛勤观测编制了一部有星 777 颗的精密星表。他还发现黄赤交角的变化、月球运行二均差等，提出了一种调和日心说和地心说的宇宙体系，月球绕地球运行，太阳带着围绕太阳转的行星系再绕地球运行。这种不改变地球在中心的体系易于为教会所接受，于是耶稣会传教士们将第谷体系传播向中国。正确译名应为布拉赫·第谷或第谷·布拉赫。

【伽利略】（1564—1642） 意大利物理学家、天文学家。1590 年在比萨大学任数学教授期间，在比萨斜塔进行了不同重量铁球的自由落体实验，建立了自由落体定律；发现物体运动的惯性定律、合力定律、摆的等时性定律、抛体运动规律、确立了伽利略相对性原理，成为近代实验科学的先驱者。1609 年在帕多瓦大学任教期间发明望远镜，并将它指向天体，发现月亮表面凹凸不平、木星的四颗卫星、金星的位相、太阳黑子及太阳自转等许多前人从未见到的天体现象。使他坚信哥白尼学说，写出《星际使者》、《关于托勒玫和哥白尼两大世界体系的对话》、《关于两门新科学的谈话及数学证明》等作品。1633 年因“反对教皇，宣扬邪说”罪名被教廷宣判终身监禁。1992 年 11 月 1 日教皇保罗二世为伽利略平反昭雪。

【开普勒】（1571—1630） 德国天文学家。1587 年入秋宾根大学学习数学、哲学、神学，1591 年获硕士学位。1594 年任职于格拉茨教会学院。1600 年做了第谷的助手，一年后第谷逝世。后来他利用第谷精确的观测资料研究火星轨道，发现了行星运动第一、第二定律，写入 1609 年出版的《新天文学》一书中。接着又在 1619

年出版的《宇宙和谐论》一书中写入他发现的行星运动第三定律。以开普勒命名的这三个定律为万有引力的发现打下基础。他对光学深有研究，著有《光学》等书，1611年出版。在第谷工作的基础上，他于1627年完成《鲁道夫星表》，为计算过去和未来行星位置而给出一种永久性的表，即推算方法，推算火星的误差在 $10'$ 左右，并附有1005颗恒星的位置表。

【卡西尼】（1625—1712）意大利天文学家。1662年编出新的太阳表，1666年测得火星自转周期 $24^{\text{h}}40^{\text{m}}$ ，木星 $9^{\text{h}}56^{\text{m}}$ ，他发现的土星光环A环与B环之间的大缝隙，即以他的名字命名。1669年迁居法国，领导筹建巴黎天文台，1672年测得火星视差并推算出太阳视差。从1671年起任巴黎天文台台长。其子J. 卡西尼于1712年接任该台台长，编过土卫表，从事经度线弧长测量，著有《地球的大小和形状》。其孙T. 卡西尼于1771年继任巴黎天文台台长，著有《地球的几何学描述》。其重孙J. D. 卡西尼1784年继任该台台长，完成了他父亲所绘制的法国地图。

【牛顿】（1643—1727）英国物理学家、天文学家、数学家。经典力学的奠基人。生于林肯郡，1669年任剑桥大学数学教授。他建立了力学中三条运动基本定律，发现万有引力定律，创立牛顿力学理论体系。1666年用三棱镜成功地作出光的分解，创立光的微粒说。1672年创牛顿式反射望远镜。从理论上论证地球是两极较扁的非球体，赤道部份隆起。在数学上创立微积分学是最大的贡献，还创立了牛顿二项式定理。他的研究使天文学从观测的、经验的上升到理论的、科学的天文学，揭示了天体运行的力的本质。著有《自然哲学的数学原理》（1687年出版）。

【弗拉姆斯蒂德】（1646—1719） 英国天文学家，方位天文学的开拓者。他因患风湿病辍学，依靠自学成为未进大学校门的剑桥大学硕士。1675 年成为英国第一个皇家天文学家，创建格林尼治天文台，并被任命为第一任台长。最先运用安装有望远镜的象限仪、墙仪测量恒星、行星和太阳的准确位置。1673 年编成《月离表》，并编成有 3000 颗星的《不列颠星表》，他用的恒星在星座中的编号沿用至今。

【哈雷】（1656—1742） 英国天文学家。格林尼治天文台第二任台长。1673 年进牛津大学女王学院学数学。1676 年去南大西洋圣赫勒纳岛观测南天星，1678 年发表含星 341 颗的第一个南天星表。1703 年任牛津大学教授，1720 年成为第二位皇家天文学家和格林尼治天文台台长。1705 年发表《彗星天文学论说》，书中论述了 24 颗彗星的轨道。由 1531、1607 和 1682 年出现的三颗大彗星轨道相似，预言了它将于 1758 年再度回归，后人将这颗周期接近 76 年的彗星称为“哈雷彗星”。

【布拉德雷】（1693—1762） 英国天文学家。方位天文学的奠基人之一。1742 年就任格林尼治天文台第三任台长。1728 年发现光行差，1748 年发现章动，找到了影响天体位置的重要因素。为他的两项新发现，英皇家学会授予他柯普莱奖章。他勤于观测，编制了一本包含 3000 颗星的星表，但积累的观测资料更多，他逝世后于 1798 年和 1805 年分两卷发表了星表。

【梅西叶】（1730—1817） 法国天文学家。他在巴黎一个高塔上

用一具小望远镜独立发现了 13 颗彗星，观测了 48 颗彗星，国王路易十五送给他“彗星猎手”的美称。他发现容易与彗星混淆的星团、星云并将其记录下来，1781 年他率先出版了有 103 个天体的星团、星云表，称梅西叶天体，数字前冠以 M 表示。梅西叶星团、星云表是业余天文爱好者观测的工具书。1770 年当选为法国科学院院士。

【赫歇尔】(1738—1822) 英国天文学家。生于德国汉诺威，1757 年移居英国。他磨制成铜锡锑合金镜面反射望远镜多架，口径 15—45 厘米，直到 122 厘米，越来越大。他发现了天王星及其两颗卫星、土星的两颗卫星、太阳的空间运动、太阳光的红外辐射。用恒星计数法确定银河系形状，编成第一个双星、聚星表。编出星团星云表。他的天文工作一直得到其妹卡洛琳·赫歇尔(1750—1848)的协助，她终生未嫁，进行天文观测及资料处理，发现 14 个星云、8 颗彗星。他的儿子约翰·赫歇尔(1792—1871)也是天文学家，1821—1823 年发表双星总表，1864 年出版《星云星团总表》，将他发现的大量天体列入表中。1849 年出版《天文学纲要》，综述当时天文学发展新成就，清末李善兰等译成中文，取名《谈天》。

【贝塞尔】(1784—1846) 德国天文学家、数学家。1806 年筹建格尼斯堡天文台并任台长。他是天体测量学的奠基者之一。在重新订正布拉德雷星表的工作中，他建立了大气折射改正公式和大气折射表，对原观测数据作了改正，并加上岁差、章动和光行差改正，成为亮于九等包含 75000 颗星的基本星表。1837—1938 年间测量出天鹅座 61 星的视差为 0.31"是最早完成恒星视差这项困

难测量的天文学家之一。1844年提出用暗伴星的存在解释天狼星和南河三自行出现有规律运动的问题，得到观测的证实。在数学上，他提出的贝塞尔函数用于某些方程的解。

【夫朗和费】（1787—1826）德国物理学家、天文学家。天体分光学的创始人。1806年他进巴伐利亚一家大玻璃厂工作，曾制成24厘米口径的优质折射望远镜。为研究玻璃折射性能，1814年他在棱镜前后分别装上带狭缝的准直仪和望远镜，发现了太阳光谱中有许多条暗线，他计数并测量了576条暗线，至今太阳光谱中的吸收线仍被称作“夫朗和费线”，为天体分光学的发展奠定基础。他是第一个使用衍射光栅获得太阳光谱的人。1819年起任教于慕尼黑大学。

【斯特鲁维】（1793—1864）俄国天文学家。生于德国。1817年任多尔巴特天文台台长，用夫朗和费磨制的24厘米折射望远镜巡天，测出3112颗双星，其中75%以上为新发现。1833任普尔科沃天文台首任台长，测出织女一的视差为 $0.125'' \pm 0.065''$ ，为世界上第一批测恒星视差中的第一个结果。其子奥托·斯特鲁维（1819—1905）1862年起接任普尔科沃天文台台长，发现547个双星，1895年移居德国。长孙卡尔·斯特鲁维（1854—1920）1895年任柯尼斯堡大学天文台台长。次孙古斯塔夫·斯特鲁维（1858—1920）1887年测出银河系自转角速度为每百年 $-0.41'' \pm 0.42''$ 。重孙乔治·斯特鲁维（1886—1933）为德国天文学家，对土星及其赤道卫星轨道、土环周期“消失”有很多研究。重孙奥托·斯特鲁维（1897—1963）1921年移居美国，是美国天文学家，曾任《天体物理学》杂志主编，著有《恒星演化》、《宇宙》等书。

【亨德森】（1798—1844） 苏格兰天文学家。1832年他在南非好望角天文台率先测出半人马座 α 星的视差，为保证数据准确，他又验证其观测，直到1839年才公布测量结果，成为最早测出恒星视差的天文学家之一。后来担任爱丁堡大学教授，希尔天文台台长。

【阿格兰德尔】（1799—1875） 德国天文学家。曾任波恩大学天文学教授和天文台台长，主要从事恒星位置测量及恒星光度测量工作。1844年起又研究变星光度测量，提出测定恒星亮度的“等级法”。最著名的工作是1852—1859年编成的《波恩巡天星表》，包含直到9等星的324188颗恒星。其篇幅巨大、内容丰富远远超过他以前的任何星表，是1837年任台长后积25年辛勤工作的结晶，并绘有相应的星图。发表后一个世纪中都是天文学家的工具书。

【多普勒】（1803—1853） 奥地利物理学家、天文学家。1842年发表《论双星的色光》，提出相对运动的振动源，其振动频率因相对运动而变化，由此推知：与观测者有相对运动的星光，其辐射波长也会随相对运动而改变，这就是著名的多普勒效应。多普勒效应在天文学和宇宙学的研究中有广泛的应用。

【勒威耶】（1811—1877） 法国天文学家。1846年任巴黎大学理学院教授。他在1837年左右研究天体力学中的太阳系稳定性问题，1840年他证明7个行星的轨道倾角、偏心率均存在上限。1846年他根据天王星的运动用摄动方法预言了海王星的存在并推算出其质量、轨道及位置，同年9月23日伽勒根据他的预报观测到了

这颗新的行星。这一成就使他获科普利奖章。他的成功证明了万有引力定律的正确，1854年他出任巴黎天文台台长。与他同时代并独立计算预报了海王星位置的还有英国天文学家亚当斯。

【伽勒】（1812—1910） 德国天文学家。任柏林天文台副台长期间，于1838年发现土星光环的内环，后又连续发现了3颗彗星。1846年9月23日晚，他根据勒威耶从计算中发现的新行星的位置预报，成为世界上第一个看到海王星的人。1873年他测出太阳视差为： $8.82'' \pm 0.06''$ 。

【埃斯特隆】（1814—1874） 瑞典天体物理学家，光谱学的奠基人之一。光谱波长单位“埃”（ $\text{\AA}$ ）即以他的名字字头命名，1埃 $=10^{-8}$ 厘米。1862年他在太阳光谱中发现了氢谱线，1868年他发表太阳正常光谱图，关于太阳谱线波长的标度，具有长期的权威性。

【亚当斯】（1819—1892） 英国天文学家，独立发现海王星的两个人中的一个。1843年毕业于剑桥圣约翰学院，曾任英国皇家学会会长。精通天体力学。1845年经摄动计算求得海王星位置，预报了尚未发现的新行星的位置。还研究过月球运动的长期加速度现象和狮子座流星群的轨道等问题。著作收于《亚当斯科学论文》（两卷）之中。

【傅科】（1819—1865） 法国实验物理学家、出版家。1850年证明光在空气中的传播速度比在水中快。1851年用悬在60多米高的钢丝末端的重球摆动—傅科摆，证明了地球的自转。他还发明

检验反射镜面磨制质量的傅科检验法，促进了天文反射望远镜的磨制。1857 年与斐索作了光速的测量。

【哈金斯】(1824—1910) 英国天文学家。自学成才，在伦敦附近塔尔斯山建造了私人天文台。他是最先采用分光镜观测天体光谱的人，观测发现亮的恒星其化学组成与太阳相同。1864 年用分光镜最先观测那些亮星云，从星云光谱中的发射线推知它们是气态星云。1881 年最先拍得彗星 1881 III 的光谱。这些成就使他成为天体光谱学的先驱。

【克拉克】(1832—1897) 美国天文望远镜制造家。他与其父兄合作磨制成许多质量优良的大口径折射望远镜，为天文学的发展作出很大贡献。他们磨制的口径 47 厘米的折射望远镜，因其优良的光学质量而第一次观测到天狼星伴星。磨成的 66 厘米镜第一次发现了离火星表面近而暗的火星卫星。当时世界上最大口径的折射望远镜都是他们磨制的，如美国里克天文台 91 厘米望远镜和叶凯士天文台 101 厘米望远镜。

【纽康】(1835—1909) 美国天文学家。主要从事天体力学研究，美国天文学会的奠基人。出生于加拿大的沃拉斯，1853 年迁居美国。他与唐宁共同开创全世界统一的天文常数系统，他测定的行星运动基本常数，是世界各地编算太阳、水星、金星、火星、天王星和海王星星历表的依据。编有根据 21 个天文台站观测资料归算出的 1591 颗星的定标星星表，有编历著作 8 部及其他作品。

【张德勒】(1846—1913) 美国天文学家。1891 年他在分析 1837—

1891 年间世界上 17 个天文台的 3 万多个纬度观测数据中，发现了地极移动存在着 427 天（约 14 个月）的周期变化。它是地极自由章动的结果，振幅 0.3”，称为“张德勒运动”或“张德勒章动”，其周期就称为“张德勒周期”。他的发现使人们认识了地极移动的两个主要周期是张德勒周期和周年周期。他曾获英国皇家学会金质奖章。

【居斯特纳】（1856—1936） 德国天文学家。曾在汉堡天文台和柏林天文台工作，1891 年任波恩天文台台长兼教授。他用柏林天文台的中星仪测量纬度发现有系统变化，经分析研究确认为地极移动引起纬度变化，开创了研究极移的方法。1908 年他出版有 10663 颗星的星表，1916 年又出版一本有 2083 颗星的星表。

【布朗】（1866—1938） 美国天文学家。生于英国赫尔城，1887 年毕业于英剑桥大学。1897 年获理学博士学位。1891 年移居美国，1907—1932 年一直在耶鲁大学任数学教授。1928—1931 年任美国天文学会会长。主要从事天体力学研究，提出月球运动理论。1919 年发表了集 30 年心血的《月球运动表》，1923—1960 年间全世界《天文年历》中的月球位置都依据该表计算。60 年代后因计算机的进步，都采用他的月球运动理论直接计算月离表。他还著有《行星理论》。他一直保持着每年夏季回剑桥大学的行程。

【海耳】（1868—1938） 美国天文学家。美国叶凯士天文台（1895—1905）和威尔逊山天文台首任台长（1904—1923），在他任职期间为叶凯士天文台建成口径 1.01 米的世界最大的折射望远镜（1897）；为威尔逊山天文台创建了第一台太阳望远镜，并发明太

阳单色光摄影仪，为威尔逊山天文台建成 2.54 米反射望远镜（1917）。最后他创建了口径 5.08 米的大反射望远镜，安装于帕洛玛山天文台（1928—1948）。他还利用塞曼效应从太阳光谱分析中发现太阳黑子的磁场。1895 年他创刊《天体物理学杂志》。为纪念他对天文学的巨大贡献，帕洛玛山天文台被命名为海耳天文台。

【柯蒂斯】（1872—1942） 美国天文学家。他在仙女座星系及其他旋涡星系中观测到新星以后，联系到银河系中的新星爆发，提出那些旋涡星系处在银河系之外的看法，认为仙女座星云至少在 50 万光年之外。当时天文学界中不少人包括像沙普利这样的著名专家都认为星云是银河系内的。后来观测事实证明柯蒂斯是正确的。

【赫茨普龙】（1873—1967） 丹麦天文学家。化学工程师，爱好天文学。他最早建立绝对星等的概念。早在 1905 年他就注意到红颜色的星有亮、暗两种，并区分为巨星和矮星两类。1907 年发表的论文中，提出恒星的颜色和光度（绝对星等）之间存在着统计关系。1913 年罗素的独立研究也发现这一关系，于是恒星的光谱——光度图就称为赫罗图。1913 年他又建立起造父变星的周光关系，为测量遥远星系的距离提供了有力手段。

【史瓦西】（1873—1916） 德国天文学家、物理学家。曾任格廷根大学、柏林大学教授。理论天体物理学的创始人。他在天体力学、照相测光、光谱分析、太阳能量传输、星流现象、引力坍缩等多个领域均有建树。他确定了底片密度与曝光的史瓦西法则，提出焦外像照相测光术，提出恒星大气的辐射平衡理论，计算出坍

缩的“史瓦西半径”。他还求出广义引力场方程的第一个严格解。他的第二个儿子马丁·史瓦西是美国天文学家，普林斯顿大学教授。1958年出版的《恒星的构造与演化》是一部名著。

【金斯】（1877—1946） 英国天文学家。历任普林斯顿大学、剑桥大学和皇家学院教授。1923—1944年在美国威尔逊山天文台从事研究。他最先提出宇宙中物质创生说。他从理论上证明，一团气体在自身引力作用下发生的不稳定性并导致坍缩，称“金斯不稳定性”，是研究恒星早期演化的基础理论之一。曾提出太阳系形成的潮汐生成说。他还是一个多产的科普作家。著有《气体动力学理论》、《天体演化学和恒星动力学问题》、《科学的新背景》、《物理学与哲学》、《环绕我们的宇宙》等。

【罗素】（1877—1957） 美国天体物理学家。1911年起任普林斯顿大学教授。1914年发表了他研究的恒星光度与光谱型图，因赫茨普龙也有类似研究，故称恒星的光度——光谱型图为赫罗图，是研究恒星性质、分类、演化的依据之一。他还提出过一种恒星始于冷巨星，经收缩升温而出现黄、白、蓝到红矮星的演化模型。测量过太阳大气化学成分和估算宇宙中化学成分的工作。

【爱因斯坦】（1879—1955） 德国出生的美国物理学家。生于德国符腾堡乌尔姆市，1896年退出德国籍。1900年毕业于瑞士苏黎士联邦工业大学。1933年迁居美国，1940年入美国籍，任普林斯顿高等学术研究院特约教授。他于1905年建立狭义相对论，1916年发表《广义相对论基础》。他创立的相对论彻底改变了人类对宇宙的认识。质量存在引起时空弯曲的理论为观测所证实。1917年

发表《根据广义相对论对宇宙学所作的考察》，他建立了“爱因斯坦静态宇宙模型”。俄国弗里德曼发展其理论的基础上，建立起演化宇宙学模型，是现代宇宙学的理论基础。他获得 1921 年的诺贝尔物理学奖。

【巴布科克】(1882—1968) 美国天文学家。1951 年与其子 H. W. 巴布科克一道发明了太阳磁象仪，证明太阳上面有迅速变化的局部磁场，强度可达几高斯。1954 年他们在日面高纬度区发现约 1 或 2 高斯偶极性的“普遍磁场”，其极性有周期性的转换。他们还发现了磁变星，是天体磁场研究的开拓者之一。

【爱丁顿】(1882—1944) 英国天文学家、物理学家。剑桥大学天文学教授。曾任国际天文联合会主席。在《恒星运动和宇宙结构》一书中，阐述了恒星的运动和分布。1919 年在普林西比岛进行日全食观测时观测到星光弯曲，第一次对广义相对论的预言作出验证。他对相对论、恒星演化、恒星内部结构等许多方面的研究作出贡献，还著有《相对论的数学理论》、《恒星内部结构》等。

【沙普利】(1885—1972) 美国天文学家。1914—1921 年在威尔逊山天文台工作，1921—1952 年任哈佛天文台台长。他的一项研究改变了人们对银河系的看法。在他之前，由赫歇耳等人建立起的是太阳为银河系中心的看法。1918 年他观测研究了 100 个球状星团，他用 2.54 米的胡克望远镜可证认出球状星团中的造父变星，由球状星团三维空间分布，他得出银河系中心在人马座方向，太阳距离银河系中心约 5 万光年的结论。

【哈勃】（1889—1953） 美国天文学家。1917年获芝加哥大学理学博士学位，1919年起在威尔逊山天文台任职。他观测到仙女座星系中的12颗造父变星，利用周光关系确定了星系的距离，开创了星系天文学研究。他是第一个提出宇宙膨胀实测证据的人，发现星系距离越远，红移越大，人们把红移—距离之间的线性关系称为“哈勃定律”。这一关系的系数称为“哈勃常数”。鉴于宇宙学研究大尺度结构需要更大的距离单位，他提出 10^9 光年为一单位，称作“哈勃距离”。他根据星系的外观形态提出的星系哈勃分类法沿用至今。著有《星云世界》、《用观测手段探索宇宙学问题》等。

【央斯基】（1905—1950） 美国天文学家、无线电工程师，射电天文学的创始人。1928年起在美国新泽西州贝尔电话实验所工作，从事无线电通信干扰实验。1932年1月接收到周期23小时56分的天电干扰，认为是来自银河系中心的射电辐射，开创了射电天文学。量度射电辐射强度的一种单位命名为“央”。

【贝特】（1906— ） 德国出生的美籍理论物理学家。因发现恒星内部由核聚变反应提供恒星的能源而获1967年诺贝尔物理学奖。这个核反应过程称质子—质子反应，是四个质子聚变成一个氦核过程中释放的能量，也称贝特循环，解释了恒星的产能机制。

【汤博】（1906— ） 美国天文学家。1929年入洛韦尔天文台从事未知行星的搜索，1930年1月发现太阳系第九颗大行星冥王星，3月13日发表观测结果。他还进行月地空间流星碎片的研究，以保证航天器的安全。

【昌德拉塞卡】(1910—) 印度出生的美国天文学家。毕业于印度马德拉斯大学,后在英国剑桥大学三一学院学习理论物理。1937年移居美国,任芝加哥大学教授。1930年他利用建立起来的白矮星内部结构模型,计算出白矮星的质量上限为 $1.44M_{\odot}$,称作昌德拉塞卡极限。1939年出版《恒星结构研究引论》专著,1950年出版《辐射转移》,此外还有《恒星动力学原理》、《等离子天体物理》、《流体动力学和磁流体力学的稳定性》等。

【雷伯】(1911—) 美国无线电工程师,射电天文学家。1937年他制成第一架抛物面射电望远镜天线,直径9.4米,可以沿纬度方向转动(不可以东西方向转动),经过15年的观测,在1.9米波长上做出了世界上第一幅射电天文图,发现了仙后座、天鹅座和金牛座中的射电源。他是射电天文学的先驱。

【范艾伦】(1914—) 美国物理学家、天文学家。二次大战后用缴获的V-2火箭考察高层大气。1957年参加国际地球观测年研究,他利用美国发射的探险者号卫星收集地球周围宇宙辐射资料,发现了地球磁层及辐射带,称作范艾伦辐射带。

【霍伊尔】(1915—) 英国天体物理学家。他同伯比奇夫妇、福勒用恒星演化不同阶段的核聚变解释元素的形成,称为 B^2FH 理论,提出重元素来源于超新星爆发的抛出物。他是稳恒态宇宙学派的代表人物,认为宇宙在膨胀过程中,物质不断从虚空中创生,维持着平均密度的不变。他对英国巨石阵的考古天文学研究独树一帜。

【什克洛夫斯基】（1916—1991） 俄国天体物理学家。莫斯科史天堡天文研究所射电天文研究室主任，莫斯科大学教授。他最先将星系射电辐射区分为热辐射和非热辐射两类，并以同步加速辐射解释超新星遗迹、星系非热辐射的射电辐射，揭示了相对论性粒子产生射电辐射的机制。他写的《射电天文学》、《恒星的形成和演化》等著作均有中译本。

【赖尔】（1918— ） 英国射电天文学家。他研制的综合孔径射电望远镜，大大提高了射电望远镜的分辨率。1959年建成的大型“T综合”综合孔径射电望远镜，分辨率达到 $4'$ ，这是导致类星体发现的物质基础。他领导的剑桥射电天文组编出的第三星表（3C），为类星体发现创造了条件。1974年他与休伊什（又译赫威斯）共获诺贝尔物理学奖。

【休伊什】（1924— ） 又译赫威斯。英国天文学家。1967年他和他的研究生贝尔在英国剑桥大学穆拉德射电天文台的一架射电望远镜，观测到第一颗脉冲星—CP1919。为这一发现，他与赖尔获得1974年诺贝尔物理学奖金。

【伯比奇】（1925— ） 英国物理学家，天文学家。1978年任美国基特峰国立天文台台长，《天文与天体物理述评》主编。主要研究活动星系与类星体。他的妻子玛格丽特·伯比奇1972—1973年间任英国格林尼治天文台台长，是英国第一位女天文台长。他们夫妻合作写的《类星体》一书，是有关这类天体的第一本专著，1967年出版。20世纪50年代，他们俩人与福勒、霍伊尔等人研究恒星

内部元素合成过程，共同提出元素合成理论，该理论现用他们名字字头命名，即 B^2FH 理论。

【桑德奇】（1926— ） 美国天文学家。1952年起在海耳天文台工作，继哈勃成为该台进行宇宙学观测研究的领导者。1956年与他人合编《河外星系的红移和星等表》，1978年与他人一道修订了《亮星系表》。经多年研究，1976年将哈勃常数修订为 16 千米/秒·百万光年。1960年第一个将一些射电源的光学对应体证认为类星体，是最早发现类星体的天文学家之一。

【彭齐亚斯】（1933— ） 德国出生的美国通讯技师，天体物理学家。1965年在贝尔电话实验室与威尔逊共同发现 3K 宇宙微波背景辐射，获 1978年诺贝尔物理学奖。这是宇宙学研究中的重大发现，目前认为支持了大爆炸宇宙论。

【威尔逊】（1936— ） 美国射电天文学家。1965年在新泽西州贝尔电话实验室与彭齐亚斯合作，探测到绝对温度相当于 2.7K 的宇宙背景微波辐射，是在宇宙学研究方面的重大发现，两人因此共获 1978年诺贝尔物理学奖金。

【泰勒】（1941— ） 1980年进入美国普林斯顿大学任物理系教授。1974年在马萨诸塞大学任教授时与他的研究生赫尔斯在位于波多黎各的阿雷西博 305 米射电望远镜搜寻脉冲星时，发现了脉冲星 PSR1913+16，脉冲周期约 59 毫秒，并发现它是一个公转周期 7.75^h 的脉冲星双星，两子星质量基本相同，约为太阳质量的 1.4 倍，是中子星的典型质量；两子星的直径仅为地球直径的 640

分之一。1978年他两人发现该双中子星相互绕转周期下降了750万分之一秒，是它们发射引力波消耗了部分能量而引起的引力辐射阻尼效应，间接验证了引力波的存在。1993年10月13日瑞典皇家科学院宣布他们师生二人分享1993年诺贝尔物理学奖，因为他们在“一个新的旋转太空实验室”为“有关引力的研究提供了新的机会”。

【赫尔斯】(1951—) 1977年进入美国普林斯顿大学等离子体实验室工作。1974年与泰勒一道发现了脉冲星双星PSR1913+16，1993年与泰勒分享了1993年诺贝尔物理学奖金。

天文学著作

【尚书·尧典】《尚书》中的第一篇，它是后人追述上古唐尧时代的天文历法著作。早出自《古文尚书》，实际是战国以后的作品。因为它是根据传说而记，又有一定的考古资料旁证，有相当的可信度。《尧典》记录了中国上古观象授时的许多具体细节：(1)尧功高德重与他掌握历法，能不失时节地安排农事有关。(2)当时有主管天文历法的官吏羲氏、和氏。(3)羲和观察日月星辰运行，以定季节，并与时举行祭祀。(4)当时以四仲中星及昼夜长短定二分二至时节，即“日中星鸟，以殷仲春；日永星火，以正仲夏；宵中星虚，以殷仲秋；日短星昴，以正仲冬”。意思是昼夜等长傍晚南中天见鸟星是春分；昼最长傍晚南中天见火星是夏至；昼夜

再次等长傍晚南中天见虚宿是秋分；夜最长昼最短傍晚南中天见昴宿是冬至。(5) 当时也注意观测日出方向参照确定季节，有春分去夷地观测日出并举行宾祭，秋分去昧谷观测日落并祭祀日落的记事。这与考古发现，原始民族确定季节的方法都很符合。国内外许多学者都对《尧典》记事开展了研究。

【夏小正】《大戴礼记》中的一篇，记述夏代天文历法，反映中国上古天文物候历时代决定季节的天文依据和物候记录。20世纪80年代以来《夏小正》进一步引起学者们的注意，有的学者根据彝族十月历溯源，认为《夏小正》就是中国上古时代的十月太阳历。例证如：书中记正月初昏斗柄悬在下，六月斗柄正在上，五个月中斗柄旋转了 180° ，经十个月恰转一周；二月春分燕子飞来，七月燕子南归，也是相间五个月；五月白昼最长，十月夜晚最长等等。《夏小正》所记物候，动植物又受到地学、农学、生物学界的注意，成为难得的综合性文献。

【石氏星经】战国时代魏国天文学家石申所著，原名《天文》，共8卷，原书佚失。西汉以后尊称为星经。同时代齐国天文学家甘德也著有《天文星占》8卷，合称《甘石星经》。在唐代编的《开元占经》中，有《石氏中外官》与《甘氏中外官》，是从原书中辑录的，但其中只有石氏部份有测量数据辑存，甘氏部份被辑录者省略，所以研究重点放到了《石氏星经》上。《开元占经》辑录有石氏二十八宿距星等约120颗星的去极度和入宿度，可以说是载有恒星赤道坐标的最古老的星表。因原书已佚，这些坐标究竟测量于何时成了最重要的问题。一般认为唐代辑录时依据的就不是一个本子，其中部份是公元200年前后补测的。据潘鼎《中国恒星

观测史》研究，认为原数据测量于公元前 450 左右，部份补测于公元 200 年左右，确实是世界上最古老的星表。

【史记·天官书】《史记》卷二十七。作者司马迁。《史记》共有书 8 篇，《天官书》是其中的第五篇。专门记载天文学知识、天象、天文事件和星占。这种体裁为司马迁所首创，是以后历代撰写天文志的先河。它总结了汉代以前中国古代的天文学知识，堪称汉代一部系统的天文学大成。《天官书》以较大的篇幅建立了中国历史上第一个完整的星座体系，即五宫二十八宿体系，并以天上封建王国命名了全天可见星官。第二部份讲日月五星相对于恒星的运动，突出的是五星在二十八宿中运行的情况及相应占语。第三部份是天象名词的意义和出现这类天象的占语。第四部份主要是气象及某些地球物理现象。第五部份讲天象观测的重要性、历史和作者的总结。除以上所述，《天官书》还涉及天文历法、天文与社会、天文与哲学等许多方面，内容十分丰富。它的一条记载还引起现代天体物理学家的高度重视，它记的参宿四是黄星的标准，而现已知道这是一颗红超巨星，说明该星演化成红巨星的时间不到 2000 年。

【帛书五星占】1973 年在中国长沙马王堆汉墓出土，约有 8000 字，原件无标题。经过整理的《五星占》，发表在 1978 年出版的《中国天文学史文集》中。该墓主人葬于公元前 168 年，可以推断作品写于公元前 170 年左右。全文共 9 部份，分别是木星、金星、火星、土星、水星、五星总论、木星行度、土星行度和金星行度。可以说是中国现存最早的一部天文书。第一章文中有木星日行廿分，十二日而行一度，显示使用 $1^\circ = 240'$ 进位制。并给出木星会合周

期为 395.44 日；第二章金星中给出金星会合周期 584.4 日，十分准确。研究人员还用它算出汉高祖元年七月初三晨有五星聚于东井的天象，五星与太阳的角距分别为水星 18° ，金星 19° ，土星 43° ，木星 53° ，火星 127° 。而《史记》说汉“元年冬十月，五星聚于东井，沛公至灞上”，是为了附会星占，将天象发生的时间改到十月去了，实际上这一天象只有七月份才能看到。可见《五星占》是一份珍贵的文献。

【灵宪】总结汉代天文学知识的著作。作者张衡，从《后汉书天文志》的注中可全文引出，另《开元占经》卷一起首，也全文引用了《灵宪》。第一部份说宇宙的本原和天地的形成，主元气清浊分化说。第二部份说天文意义，认为天与地相关，“在天成象，在地成形”，“有象可效，有形可度”。常为古代星占家引用。他的“日月运行，历示吉凶，五纬经次，用告祸福，则天心于是见矣”，是星占的理论基础。第三部份正确解释了许多天象，如月相的形成，月食是月亮进入地影之缘故，行星运动“近天则迟，远天则速”，肉眼可见星数“为星二千五百”等，都是精辟的见解。

【浑天仪图注】又称《浑天仪注》。浑天说宇宙观的代表作。作者张衡。《晋书·天文志》部份引用，《开元占经》收入全文。第一部份讲天与地的关系：“浑天如鸡子，天体圆如弹丸，地如鸡子中黄，孤居于内……天之仓地犹壳之裹黄。”是被历代学者引用最多的一段。第二部份讲天球的基本点和圈及它们的度数。这段不常被引用的部份其实很重要，它说明本篇作品是制造浑天仪的理论基础，不仅是天地关系，而且是建立在成功的天球理论基础上的。以天轴斜立，天球不停地旋转，半在地上，半绕地下，地将天球

平分为两部份,明白地解释了常见不隐与常伏不见的星的道理,极为精彩。这篇作品对于促进中国古代天文仪器的研制,推动天文学研究的发展,起了巨大的作用。

【晋书·天文志】《晋书》中志的一部。依《史记·天官书》体裁,记有天文学知识、历史、二十八宿和星官、星占等内容。作者唐贞观天文学家李淳风。魏晋南北朝至隋有许多天文新发现,研制了不少很有特色的天文仪器,对宇宙的看法也趋活跃。李淳风在其《晋书·天文志》中分天文学的重要性及历代传统、有关天地结构的探讨、天文仪器、恒星及其测量、天象及占语等几个层次,言简而信息量大,在二十四史天文志中,有代表性。关于古代论天诸家的观点、争论,天文仪器的解剖和功能叙述,陈卓分甘、石、巫三家星官的体系,都写得极为精彩。

【玄象诗】描述北方可见星空的五言诗,创作于三国至两晋时期,作者陈卓。陈卓是吴、西晋和东晋三朝太史令,星占家。为满足不同星占派别用星的需要和当时又认识命名的大量的恒星,他建立了区分甘、石、巫咸三家星,含星 1464 颗分 283 个星官的新体系,这首诗就是这一新星官体系的认星歌诀。原书已失,现在见到的是唐代抄本,原存敦煌石窟,1908 年为法国伯希和 (Paul Pelliot, 又译潘利奥) 窃出中国,现存法国国家图书馆,编号为 P2512 和 P3589。罗振玉临摹收入《鸣沙石室佚书》,1928 年石印出版。例如关于紫微垣的诗句有:“紫微垣十五,南北两门通。七在宫门右,八在宫门东。钩陈与北极,俱在紫微宫。”潘鼎在《中国恒星观测史》中对全诗作了校订。

【步天歌】以诗歌形式描述恒星及其相对位置的天文学著作。培养灵台工作的天文观测人员的认星口诀，古代天文观测教材。创作于唐开元时代，作者王希明，号丹元子，曾任右拾遗内供奉。《步天歌》建立起中国古代第三个完整的星官体系，陈卓改司马迁星官体系为三家星体系，至唐代已不十分强调区分三家星，加之补充了太微垣，天市垣中的星官以后，金天星官分布趋于均匀，有必要建立三垣二十八宿的新星官体系，《步天歌》就是适应这一形势的产物，新星官体系沿用至清代。《步天歌》按三垣二十八宿分区叙述，二十八宿又按方位每方七宿划分，体制分明，井然有序。郑樵评论它“句中有图，言下见象，或约或丰，无余无失”。如南方柳宿诗为：“八星曲头垂似柳，近上三星号为酒，宴享大酺五星守。”说柳宿八星弯曲，西头低下去好似垂柳，东北三星名酒旗，南边是专司宴请的五颗星叫五星守。诗作收于《四库全书》、《灵台秘苑》。

【乙巳占】天文星占学著作，共10卷。作于唐贞观前后（627—670）。作者李淳风，担任过太史丞和太史令，是著名的天文学家、数学家。全书首先讲天象及基本理论，然后按作占依据的天象不同区分为天占、月占、分野、五星占、荧惑占、太白占、流星占、彗孛占、气占和杂占共10卷。本书集自唐以前各派星占家之大成，经作者增删综合和根据当时具体情况改造，成为李淳风星占体系，书中用的分野是唐代郡县，具有重要的文化史意义。书中记录的唐代历法基本数据、浑仪的结构与安装调整、引用了历史文献史料、有关天象的皇家礼仪、天象定义等，都是重要的科学史料。全书后被收入《文献通考》和《玉海》等类书中。

【开元占经】星占为主的星占大全，古代辑录失佚天文文献大全。也称《大唐开元占经》、《唐开元占经》。作者瞿昙悉达，印裔中国天文学家，供职于唐太史监，担任过银青光禄大夫行太史令。约在开元二年（714）奉敕领导编撰《开元占经》，按他约卒于开元十二年算，也可作此书成书年代的下限。全书120卷，1—4卷为天体浑宗，论天、天占及地占，5—63卷为天象占，64卷分野，65—70卷是著名的石氏中外官，以后直到71—102卷都是不常见天象占、杂占、气象占，103卷麟德历经，104卷九执历经，105卷古今历积年、章率，106—110卷前讲星图，111—120卷是物占。这是一部蕴含丰富科技文化史料的辑录，许多仅见于此书，尤其是中国天文学史的宝贵史料库。如《石氏星经》的辑录，保留下世界上最早的星表。此书因被统治者看成“窥探天意”的书，秘而不传早已失传，直到1616年（明万历四十四年）翻修一座佛像时才在佛腹中发现一部抄本，此后才有了刻本。1989年中国书店重新影印出版了恒德堂版《唐开元占经》，方便了中国文化史、科学史的研究者。

【新仪象法要】天文仪器专著，是为宋代一座大型水运仪象台写的设计、制造和使用的简要说明书。曾名《绍圣仪象法要》、《仪象法纂》等。作者苏颂，宋代天文学家、做过宰相，此书约在绍圣初（1094—1096）成书。现在看到的通行本，第一部份为《进仪象状》，是关于天文仪器向皇帝呈送的工作报告。第二部份是讲水运仪象台的，分浑仪、浑象、星图、整体结构和动力与运转五个部份。《进仪象状》一文对了解古代天文仪器结构、演变，宋代几架仪器情况，研制新仪器的思路都作了详细介绍。其他具体讲水运仪象台的内容都是图文并存，绘制施工图，注出作用、尺寸，是

分解后一一说明的。浑象部份还附有五幅星图，共有 283 个星官，1464 颗星。卷下的总体结构、原动及传动机械、报时机构共绘图 23 种，附别本作图法 4 种，另有一段无附图的文字说明。这些采用透视和示意的画法无疑是中国工程图学的珍贵史料。尤其是动力和控制转动速度的部份，引起全世界科学史界的关注，因为它是世界上最早出现的天文钟。

【崇祯历书】明末时期编成的一部天文历法丛书。主编徐光启（1562—1633），崇祯时任礼部尚书东阁大学士，曾师从利玛窦学习西学。参加编书的还有徐光启死后主持编历的李天经，传教士汤若望（日耳曼人）、罗雅谷（葡萄牙人）、及邓玉函（瑞士人）、龙华民（意大利人）等。崇祯二年（1629）开始编纂，崇祯七年完成，但明代没有颁用。入清后，汤若望将它删改成 103 卷，连同他编的新历本呈给清政府，才得到颁行，改名《西洋新法历书》，依据它编的历书名《时宪历》。全书编成后共 137 卷。主要内容有：（1）法原——天文学理论；（2）法数——天文表；（3）法算——数学知识，主要是三角学和几何学；（4）法器——天文仪器知识；（5）会通——中西各种度量单位的换算表。理论部份占全书约 1/3 篇幅。从多方面引进欧洲古典天文学知识，采用第谷天体系统和几何学计算方法、 360° 圆周分划制、96 刻 24 小时制、度、时以下 60 进位制等，并引进地球、地理经纬度、球面天文学、视差、大气折射等中国原本不明确或没有的概念。是近代天文学西学东渐的重要产物，对中国天文学走向新体系有重要意义。

【灵台仪象志】关于天文仪器的专著。主编南怀仁（1623—1688）。比利时传教士，康熙年间曾任钦天监监正。有 31 人参加编写，于

康熙十三年（1674）完成，共有 16 卷。主要内容是南怀仁监制置于清观象台上的 6 件天文仪器的构造、原理及使用方法。书后附有星表，载 1892 颗星的黄道坐标、1876 颗星的赤道坐标以及星等。在仪象图中还介绍了伽利略《关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话》中的部份内容。

【历象考成】清代论述历法计算专著。是为解决《西洋新法历书》图表不符，解释隐晦难懂的错误和缺点，重新整理、改写和编排而写成的专用书，以解决历书编算中所遇到的实际问题。1714—1722 年由钦天监组织监内外天文工作人员编成，为《律历渊源》的第一部，共 42 卷；上编 16 卷名《揆天察纪》，阐述计算原理，下编 10 卷名《明时正度》，叙述计算方法；附表 16 卷是为运算使用的表。因数据误差大使用中推算的日食与食分不准，1730 年另编《日躔月离表》使用。1737 年吏部尚书顾琮建议，由梅穀成、何国宗、戴进贤、徐懋德、明安图等人为主要成员，组成“增修表解图说”班子，历经 5 年，于 1742 年编成有 10 卷的《历象考成后编》。体例虽然前编相似，内容有很大改动，抛弃了过时的小轮体系，采用了椭圆运动和面积定律，提高了计算的精确度。

【仪象考成】清代以星表为主的天文工具书。主编戴进贤（1680—1746），德国人，耶稣会传教士，担任钦天监监正 20 多年。在读取仪器读数时最先应用游标，使读数达到秒的量级。1744—1752 年编成 32 卷的仪象考成，头两卷讲由他监制的玑衡抚辰仪的结构、性能和用法，后 30 卷是新测编的有 300 个星座，3083 颗星的星表。《仪象考成续编》，主编钦天监监正周余庆，1844 年据道光年间重新测定的数据编成。是有 3240 颗星的新测星表，由中国天

文工作者独立测算编成。

【畴人传】近代中国第一部科学史专著。是以历史上著名的天文学家、数学家生平事迹组织起来的天文学史和数学史著作。主编阮元（1764—1849），担任过浙江、河南、江西巡抚，两湖、两广、云贵总督，是清代著名的经学家。此书约在1797年开始动手编写，最后一编完成于1898年，历经百年。全书共4编，首编分46卷，由阮元主编。续编分6卷，罗士琳主编。三编分7卷，诸可宝主编。四编分12卷，黄钟骏父子主编。首编出力最多的有李锐和周治平。首编收入从传说时代到嘉庆四年为止的畴人共316名，其中有欧洲天文学家及传教士41人。二编收入44人，三编收入110人，四编收中国学者283人，外国学者157人。每人有极简略的传，即姓名、字号、籍贯、科举出身及主要官职，然后以主要篇幅介绍该人的学术成就及学术思想，较详细地摘录其有关改历的奏章、论文和辩论，而不由编者自撰。最后是编者写的“论”，有人有，有的没有。凡写出“论”的，都是编者对该人的褒贬和评价。这些“论”是本书重要组成部份。

【天文学大成】西方古典天文学著作。古希腊天文学成就和体系的代表作。按原希腊名有译作《大综合论》的；按译成阿拉伯语名，有译作《至大论》的。作者托勒密。该书是古希腊天文学的综合和总结，成书于2世纪。17世纪以前一直是欧洲天文学家的经典读物，也是阿拉伯天文学家的经典读物。全书分13卷，第一、二卷是基本的观测事实和数学基础；第三卷讨论太阳的运动和年的计量；第四卷讨论月球运动及运动周期；第五卷讲星盘和月亮、太阳距离；第六卷讨论日月食计算；第七、八卷是有关岁差及天球

仪的；其余 5 卷讨论五大行星的运动。本书建立了地球为中心的天体体系，被称做托勒密体系。书中有一份 48 个星座，1022 颗恒星黄道坐标的星表。

【天体运行论】哥白尼论述日心说的著作。1543 年出版。全书共 6 卷。第一卷论述太阳在宇宙中心及地球和行星绕日运行；第二卷论述天体视运动、黄赤交角测定，并附有星表；第三卷论述地球公转及太阳的视运动、岁差等；第四卷是月球运行及日月食；第五、六卷论述五大行星。这部作品起了推动历史前进的巨大作用，是欧洲科学革命的先声。现已有中译本出版。

【关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话】宣传哥白尼学说的著作。作者伽利略因此而于 1633 年受罗马教廷审判并被判终身监禁，此书也被列为禁书。此书写作始于 1624 年，1632 年出版。全书用三人在四天内的对话形式写出，一为伽利略化身，一为化身的友人，另一人为亚里士多德的信徒。第一天的对话中引用了 1572 年和 1604 年的超新星爆发和太阳黑子事实，说明自然界是变化的；第二天的对话中引用了能说明地球自转的许多新研究成果；第三天的对话论证日心说的合理；第四天讨论的是潮汐。由于引用了当时有利于哥白尼学说的新发现，无疑沉重打击了教会的思想统治。

【大众天文学】天文学科学普及著作。作者弗拉马里翁（1842—1925），法国天文学家，科普作家。1880 年出版。李珩译。所据译本是 1955 年发行的由弗拉马里翁夫人和丹戎等天文学家据原本改写后的新版本，加入了 20 世纪 30—50 年代天文学的新进展。全

书分 6 篇。第一篇讲地球；第二篇讲月球与日月食；第三篇讲太阳；第四篇讲行星世界；第五篇讲彗星、流星和陨星，有彗星详细的历史记载；第六篇讲恒星和宇宙，并概述了天文仪器。1960 年法国又出版了《大众天文学》续篇，讲人造天体与宇宙航行。是 20 世纪 60 年代的畅销书。