

面向 21 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century

天文学教程

上 册 第 二 版

胡中为 萧耐园



高 等 教 育 出 版 社
HIGHER EDUCATION PRESS

面向 21 世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

天文学教程

上册 第二版

胡中为 萧耐园



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容简介

本书是教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的研究成果,是面向 21 世纪课程教材和普通高等教育“九五”国家级重点教材。全书全面系统地阐述了天文学的基础知识,反映了天文学中的新进展方面的重要成果,包括已经出现和正在兴起的新技术、新方法、新思想和新理论以及已经取得的最新成果。全书分上、下两册。上册内容包括天球坐标和时间计量系统、天体的辐射和天文观测、太阳系的各种天体。下册内容包括各类恒星、致密星(白矮星,中子星,黑洞)、双星、星团、星云和恒星演化,银河系以及星系和宇宙学。

本书可作为天文、物理、地理等专业大学生的基础教材,也可供其他有关专业的师生和科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

天文学教程. 上册/胡中为,萧耐园.—2 版.北京:
高等教育出版社,2003.12

ISBN 7-04-012970-1

I.天... II.①胡...②萧... III.天文学-高等
学校-教材 IV.P1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 080670 号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-82028899		http://www.hep.com.cn
经 销	新华书店北京发行所		
印 刷	北京外文印刷厂		
开 本	787×960 1/16	版 次	1987 年 10 月第 1 版
印 张	30		2003 年 12 月第 2 版
字 数	560 000	印 次	2003 年 12 月第 1 次印刷
插 图	4	定 价	32.30 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究



面向 21 世纪课程教材



普通高等教育“九五”
国家级重点教材

序 言

天文学是人类认识宇宙的一门自然科学,它观测研究各种天体和天体系统,研究它们的位置、分布、运动、结构、物理状况、化学组成和起源演化规律.天文学是一门最古老的学科,又是与科学技术不断发展并驾齐驱的前沿学科.近半个世纪以来,随着航天和空间技术的兴起和发展,从可见光和射电波段扩展到红外、紫外、X射线、 γ 射线的全波天文观测和粒子探测,又有飞船探访太阳系天体,天文学进入突飞猛进的新时代,新发现和新成果纷至沓来,大大地拓展了认识天体的时空范围,揭示了天体和宇宙的很多新奥秘,展现出天体大千世界的美妙画卷,又提出了一些新的问题,人类对宇宙的认识发生了深刻变化.

《天文学教程》是大学天文专业低年级的基础课教材.本书第一版由高等教育出版社于1987年出版,至今已过去十多年了,天文学又有了大量的新进展.为了面向21世纪,与时俱进,很多过时的知识需删除,内容要更新和补充.本书的新版是在原第一版的基础上撰写的.根据多年的教学实践,考虑到与国际接轨,取消了原第一版的下册,将天体测量和天体力学的少部分内容融入上册,中册改为下册,章节做了较多的调整和改动,内容做了更新,删去了不当和过时的东西,尤其上册绝大部分内容是重新撰写的.全书内容出新,反映了近十多年来天文学的新进展.天文学作为一门基础学科,与社会需要,尤其与科学技术有广泛联系,本书的内容也体现了这一点,因此,本书还可以用作有关专业教师和学生的参考书以及供其他读者查阅.

本书是按照教育部天文教学指导组和天文教学改革课题组审定的《天文学教程》大纲撰写的.全书较全面系统地阐述了当代天文学的基本知识,分为上册和下册.上册包括地球坐标和时间计量系统、天体的辐射和天文观测、太阳系的各种天体(太阳、行星、卫星、小行星、彗星等),下册包括各类恒星、星团、星云、银河系、星系和宇宙学,书末附录有四季星图和一些重要的备用知识、数据表、彩图,并附有主要参考书目.上册第一、二、四章由萧耐园撰写,第三、五、六、七、八章由胡中为撰写;下册第九至十四章,由朱慈墟撰写.

在本书的撰写过程中,第四章的作者参照了本书第一版作者之一张明昌先生所写的这一章的内容,谨向他致以谢意.此外,作者得到了很多天文界同仁提供的资料和帮助.作者为此尤其要向北京天文台沈良照、北京大学乔国俊、紫金山天文台夏昌立、北京师范大学李宗伟、南京大学章振大、陆焱和宣焕灿等先生

II 序 言

致谢.

本书内容广泛,涉及天文学众多领域,鉴于作者学识有限,不当和错误之处在所难免,恳请广大读者和业内方家批评指正.

作者
世纪之交

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581698/58581879/58581877

传 真：(010) 82086060

E - mail：dd@hep.com.cn 或 chenrong@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社法律事务部

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)64014089 64054601 64054588

目 录

第一章 绪论	1
§ 1.1 天文学的研究对象和方法	1
§ 1.2 宇宙概观	14
§ 1.3 研究天文学的意义	27
§ 1.4 天文学的起源和古代天文学	31
§ 1.5 近代天文学的兴起和发展	48
§ 1.6 现代天文学的兴起和发展	52
§ 1.7 中国近现代天文学的发展	57
第二章 天球坐标和时间计量系统	60
§ 2.1 天球	60
§ 2.2 球面三角初步	64
§ 2.3 常用的天球坐标系	68
§ 2.4 天体的周日视运动	77
§ 2.5 星空周年变化与太阳周年视运动	83
§ 2.6 时间及其计量	86
§ 2.7 不同时间计量系统的换算	92
§ 2.8 历法简介	98
§ 2.9 天体位置的变化和归算	105
第三章 天体的辐射和天文观测	121
§ 3.1 天体的辐射	121
§ 3.2 辐射谱及其解释	123
§ 3.3 光学望远镜	130
§ 3.4 辐射分析器和探测器	139
§ 3.5 射电望远镜	144
§ 3.6 其他波段望远镜和空间探测	150
§ 3.7 天体光度测量	156
§ 3.8 天体光谱测量	160
第四章 地球和月球	167
§ 4.1 地球的形状和大小	167
§ 4.2 地球的表层和内部结构	172
§ 4.3 地球的大气	177

II 目 录

§ 4.4 地球的磁场	182
§ 4.5 地球的运动	184
§ 4.6 地球的潮汐	189
§ 4.7 月球概况	190
§ 4.8 月球的表面和内部结构	196
§ 4.9 月球的运动	204
§ 4.10 日食和月食	214
§ 4.11 月球的起源和演化	225
第五章 行星和卫星的运动	228
§ 5.1 行星的视运动及其解释	228
§ 5.2 行星和卫星的轨道根数和星历表	235
§ 5.3 行星和卫星的轨道特征、引力范围和洛希限	242
§ 5.4 行星和卫星的自转	249
§ 5.5 行星和卫星的质量和大小	251
第六章 行星科学	257
§ 6.1 行星和卫星的内部结构	257
§ 6.2 行星和卫星的大气	263
§ 6.3 行星的磁场和磁层	275
§ 6.4 类地行星的表面	281
§ 6.5 卫星	295
§ 6.6 行星的环系	312
第七章 太阳系小天体和太阳系起源	319
§ 7.1 小行星与彗星的发现和命名	319
§ 7.2 小行星的轨道特征	321
§ 7.3 彗星的轨道特征	325
§ 7.4 小行星的物理性质	332
§ 7.5 彗星的结构和性质	339
§ 7.6 流星体和行星际物质	351
§ 7.7 陨石	358
§ 7.8 比较行星学	365
§ 7.9 太阳系的起源	370
§ 7.10 太阳系之外的行星	378
第八章 太阳	385
§ 8.1 太阳的一般性质	385
§ 8.2 太阳的观测	388
§ 8.3 太阳的结构	398
§ 8.4 光球层	403
§ 8.5 色球层和过渡区	406

§ 8.6 日冕和太阳风	411
§ 8.7 太阳黑子和光斑	418
§ 8.8 谱斑和耀斑	426
§ 8.9 日珥	433
§ 8.10 日地科学	436
附录 I 球面三角的一些基本公式	442
附录 II 日面坐标	454
附录 III 四季星图	460
主要参考书目	466
彩色插图	

第一章

绪 论

§ 1.1 天文学的研究对象和方法

天文学是自然科学中的基础学科之一。它既是一门古老的学科，也是一门“年轻”的学科，因为在长期发展的历史进程中，天文学始终处于自然科学的前沿，直到今天它仍然充满“青春”活力，富有继续发展的勃勃生机。

一、天文学的研究对象

天文学的研究对象是宇宙空间的各类天体和其他宇宙物质。天文学观测和研究它们的位置、分布、运动、形态、结构、物理状态、化学组成、相互关系和起源演化。

首先，按一般的理解，宇宙空间是指地球大气层外广袤无垠的空间，即通常所称的太空。天体是指太空中的一切实体，例如太阳系的天体包括太阳、行星、卫星、彗星、流星体等；银河系中的天体有恒星、星团、星云等。银河系本身是一个“天体系统”。在宇宙空间分布着无数个与银河系类似的河外星系，它们也可以被作为单个的天体来处理。以射电天文手段和空间天文手段探测到的某些射电源、分子云、红外源、X射线源和 γ 射线源等也是天体。以上这些都属于自然天体。由人类发射升空，在大气层外的太空运行的人造卫星、宇宙火箭、空间站、行星际探测器、空间天文台等属于人造天体。除了天体以外，天文学也探测和研究行星际、星际和星系际的弥漫物质和各种微粒辐射流以及作为物质存在形式的电磁场和引力场等。由此可见，地球大气层内的物体和现象通常并不是天文学研究的对象，除非它们起源于太空，例如流星、流星余迹、陨星、极光等。天文学与气象学的分界，概而言之就是大气层，它们研究的对象分别在大气层之外和之内。

其次，地球本身也是运行于宇宙空间中的一个天体，它是太阳系中的一个行星，甚至还是行星中类地行星的典型。为了研究人类居住的家园，许多关于地球的学科蓬勃发展起来，包括大气科学、海洋科学和地球物理学、地球化学、地质学

等,这些都归诸地球科学(简称地学)的范畴.从天文学的角度来看,地球作为一个天体,它的空间运动、它与其他天体的相互作用、它的起源与演化等则属于天文学的研究范围.自然,地球科学的某些成果必然推动并丰富天文学中相同领域乃至行星科学的研究,而且,地学与天文学各自的某些分支学科相互交叉而形成了新的边缘学科.

二、天文学的分支学科

从古至今,在天文学发展的悠久历史中,随着观测和研究方法的不断改进和研究对象的渐次扩展,天文学所涵盖的内容也有与日俱进的变化.与之相应,先后创立了天体测量学、天体力学和天体物理学,它们基本上是按研究方法分类的学科.这里所说的方法既包括了观测和实验方面的内容,也包括理论研究的内容,而且不同的研究方法和对象必然与不同的研究目的有关.

在很长时期中,光学手段一直是天文观测的唯一手段,因此“光学天文学”发展得相当成熟,内容十分丰富.不过到了20世纪30年代以后的一二十年间,射电天文手段和空间天文手段相继问世,实现了对天体的全波段观测,射电天文学和空间天文学也成为与光学天文学并驾齐驱的全新学科.这些是按观测手段分类的学科,这里所称的“手段”是指对于电磁波的不同波段,应用相应的不同观测和研究的工具.

学科分支更可以按研究对象来区分.天文学的对象,按空间尺度的层次可以分为太阳系天体、太阳和恒星、星团和星云、银河系和河外星系、星系团、物理宇宙(或称观测宇宙,即现代宇宙学所研究的对象,与哲学意义上的宇宙有区别).实际上把太阳和银河系分别突出于恒星和星系之外,因为它们易于深入研究并具有典型意义;而星团和星云以及星系团的研究则涉及星系(包括银河系)和宇宙学的研究范畴,通常并不作为独立的分支学科来对待.这样,太阳系、太阳、恒星、银河系、河外星系和宇宙学便成为按研究对象分类的学科.

以上三种学科分类,实际上呈现相互交叉的关系,大体上可以用下面的平面图(图1.1)表示.更具体的内容在下面以研究方法为纲,以观测手段和研究对象为目,结合二级分支学科阐述.

1. 天体测量学

这是天文学中最早萌芽和发展起来的分支学科.它的主要任务是测定和研究天体的位置和运动,建立基本参考坐标系和确定地面点的坐标.它又包括球面天文学、方位天文学、实用天文学和天文地球动力学等二级分支学科.

(1) 球面天文学

要确定天体的位置及其变化,首先要把天体投影在天球上以球面坐标来表示.球面天文学的内容是研究球面坐标系的建立、天体的各种球面坐标间的关系

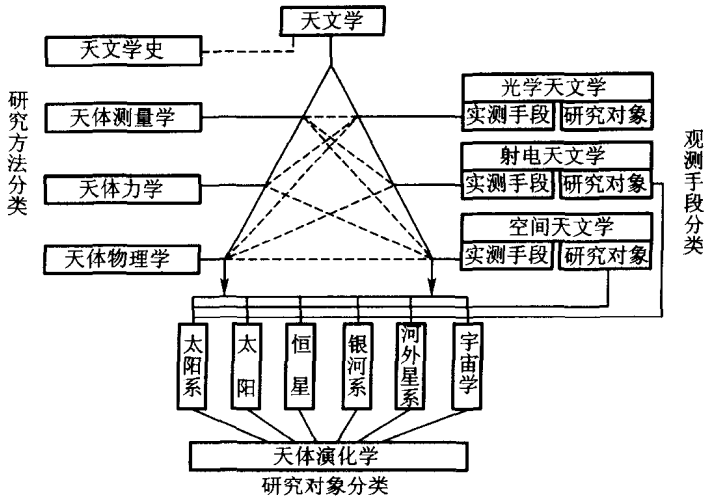


图 1.1 天文学分支学科关系示意图

和因地球运动等因素引起的修正等.它是天体测量学、天体力学、恒星天文学和星系动力学等分支学科所必需的基础理论之一.

(2) 方位天文学

它的内容是测定天体的位置和运动.按照所用的技术分为经典测量、照相测量、射电测量和空间测量.就成果而言,可区分为基本天体测量和一般测量.前者在于精确测定分布于天球各区域的一定数量恒星的位置,编成基本星表,以便确定一个基本参考坐标系(包括确定坐标轴的指向和原点).

(3) 实用天文学

以天体作为参考坐标,测定并研究地面点坐标,用于大地测量、地面定位和导航,为经济建设提供有关资料,并为地球物理学、制图学等学科提供必要的参考数据.它是天文学中直接为国民经济和国防建设服务的分支之一.

(4) 天文地球动力学

它是天体测量学与地学各有关分支学科之间相互渗透、结合形成的边缘学科.内容为用天文学的手段测定地球自转的运动状态并进而研究其力学机制,涉及地球的内外圈层结构、各圈层内的物质运动和地球的整体形变、弹性性质、磁场结构以及太阳活动、月球运动、地月系演化等方面,因而它有十分广泛的研究课题.

2. 天体力学

天体力学也是天文学中较早形成的分支学科.其早期主要研究太阳系天体的力学运动和形状以及太阳系的稳定性问题等.天体的力学运动是指天体在空

间的运行和自转,形状是指天体在自转中达到的平衡形状.20世纪50年代以后,研究内容又涉及人造天体和恒星系统.经典天体力学的理论基础是牛顿万有引力定律,随着原子钟和各种新观测技术相继问世,天体位置的观测精度空前提高,运用牛顿力学获得的理论精度已远不能满足需要,于是在20世纪70年代,广义相对论天体力学应运而生.当前它包括下列次级学科:摄动理论、数值方法、定性理论、天文动力学、历书天文学、天体形状与自转理论、相对论天体力学等.

(1) 摄动理论

这是经典天体力学的主要内容,即用分析方法研究各类天体的受摄运动,求出它们的坐标或轨道要素的近似值.随着观测精度的提高,其理论和方法不断更新.其课题又可以分为关于具体天体(如月球、大行星等)的运动理论和各类天体的摄动理论中共同性的问题.

(2) 数值方法

数值方法是天体力学中运动方程的数值解法.主要课题是研究和改进各种计算方法,研究误差的积累和传播,方法的收敛性、稳定性等.电子计算技术的发展不仅使数值方法获得广泛应用,而且实现了计算机推导公式,使数值方法与分析方法结合起来.

(3) 定性理论

定性理论主要研究天体在长时间内的运动状态和轨道在某些状态下的性质.其课题大致包括研究特殊轨道的存在性和稳定性(如太阳系稳定性等),研究天体间的碰撞问题和俘获理论以及研究运动的全局图像(如运动区域等).在定性理论中常用拓扑学理论,近年来应用非线性科学理论(包括孤子理论、混沌动力学和分形理论),已取得了许多成果.

(4) 历书天文学

历书天文学的课题主要是利用摄动理论和数值方法,根据观测所得的天体位置等数据,计算出天体的轨道要素,进而推算天体在不同时刻的位置,编制各种天体(如月球、行星、小行星等)的星历表,预报诸如日食、月食、彗星、掩星等各种天象,编算天文年历.它还包括研究和建立天文常数系统.

(5) 天体形状和自转理论

天体形状和自转理论主要研究各种状态的天体在自转时的平衡形状、稳定性和自转轴的变化规律.利用空间探测技术得到的地球、月球和几个大行星的形状和引力场的大量数据,已对这些天体的形状和自转状态有了充分的了解,并进一步建立或验证内部结构模型.

(6) 天文动力学

天文动力学又称人造天体动力学或星际航行动力学,是进入空间时代以来天体力学与星际航行学的边缘学科.主要研究人造地球卫星、月球火箭和行星际

探测器的飞行理论,进行人造天体的轨道设计,通过测量人造天体入轨后的位置进行监控等.

3. 天体物理学

天体物理学就是应用物理学的技术、方法和理论,研究天体的形态、结构、化学组成、物理状态和演化规律等.19世纪中叶,分光学、光度学和照相术等三种物理方法被广泛应用于天体的观测与研究,同时天文望远镜也有重大发展,为研究天体的物理本质提供了条件,形成了天文学的一个独立分支学科——天体物理学.这是古老的天文学向近现代阶段发展的标志.另一方面,天体上特殊的物理条件在地球上往往不能达到,利用天体现象探索物理规律,是天体物理学的重要功能.当前天体物理学涉及不少现代物理学的前沿课题.

就研究方法而言,天体物理学可分为实测天体物理学和理论天体物理学两个分支.前者主要研究观测技术和观测结果的处理方法,为理论研究提供资料,并以观测检验理论研究的结果.后者利用理论物理方法研究天体的物理性质和过程,不仅用以解释所观测到的天象,而且还能预言未知天体和天象.

根据研究对象的不同,天体物理学可分为:

(1) 太阳物理学

太阳物理学通过对太阳从米波射电到 γ 射线的电磁波和粒子(太阳风、中微子等)辐射的探测来研究太阳的本质、能源和演化.太阳是离地球最近的一颗普通恒星,通过对太阳的研究可以获得关于恒星的许多知识.太阳对地球上人类的生存环境有直接和密切的影响.对它的研究不仅与地学的一些分支学科(如气象学、海洋学、地磁学等)有关,也是天文学直接为国防和经济建设服务的重要方面.

(2) 太阳系物理学(行星物理学)

太阳系物理学研究的主要内容是太阳系内除太阳以外的各种对象的本质.这些对象包括行星、卫星、小行星、流星、陨星、彗星、行星际物质、行星际磁场、行星际辐射等.随着空间探测技术的发展,这一领域取得许多新的发现,并成为最活跃的分支之一.

(3) 恒星物理学

恒星物理学的任务是从实验和理论两方面研究各种类型恒星的形态、结构、物理状况、化学组成等.由于恒星的极其多样性,它成为天体物理学最广阔、最丰富的研究领域;它绚丽多彩的成果,极大地丰富了人类对物质世界的认识,推动了现代科学的发展.

(4) 恒星天文学

恒星天文学以银河系为范围,研究恒星、恒星集团、星云和星际介质的分布和运动特性以认识银河系的大小、结构、自转状态,并探讨银河系的起源和演化.

由于恒星为数众多,主要采用统计分析的方法和它本身特有的一些方法来研究.

(5) 星系天文学(河外天文学)

河外星系与银河系属于同一天体层次,它们分布在银河系之外的宇宙空间.星系天文学的研究对象是星系和星系际空间.它探讨星系的形态、运动、结构、相互作用、起源和演化以及成团现象和更大尺度的物质分布.星系是构成宇宙的基本单元,星系天文学是现代宇宙学的基础.

(6) 高能天体物理学

高能天体物理学研究天体和其他宇宙物质中有高能光子或高能粒子参与并释放极高能量的现象和过程.它所涉及的天体有类星体、活动星系、脉冲星、超新星、宇宙 X 射线源、宇宙 γ 射线源等.它与高能物理学之间有十分密切的联系,已成为天体物理学中最前沿和最活跃的分支.

(7) 等离子体天体物理学

它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.宇宙物质绝大部分处于等离子态,而在等离子体中极易产生不稳定状态,大量的天体活动现象.必须用等离子体物理学的理论处理和解释.

(8) 分子天文学

分子天文学利用星际、拱星包层和星系里发现的分子及其谱线,从分子层次上来研究星际物质和拱星包层的物理和化学性质、研究恒星和星际物质的相互作用以及恒星形成与演化问题.这是一个崭新的分支学科,它突破了传统的仅仅对由原子过程产生的恒星光谱的研究的局限,从分子过程来着手研究宇宙中发生的各种现象.它对现代天文学的进步正在产生深刻的影响.

(9) 相对论天体物理学

相对论天体物理学是以广义相对论等引力理论为主要工具来研究有关天文现象的分支学科.它的研究对象包括宇宙的大尺度时空结构和几何特征、致密天体(如白矮星、中子星、黑洞等)、引力波,以及对以牛顿引力理论为基础描述的天体运动(如双星近星点的进动、自转轴的进动等)的必要修正.它也是探索引力规律的一门基础学科.

(10) 宇宙学

宇宙学是从整体的角度来研究宇宙的结构和演化的分支学科.它的研究对象是观测所及的整个天区(即通常所称“物理宇宙”);包括侧重于发现大尺度观测特征的观测宇宙学,以及侧重于研究宇宙的运动学和动力学、建立宇宙模型的理论宇宙学.历史上曾经提出过多种宇宙模型,其中以热大爆宇宙模型最有影响力,能说明的观测事实最多.现代宇宙学的基础是现代物理学理论和现代天文学前沿的研究成果.

(11) 天体演化学

它研究各种天体和天体系统的起源和演化,也就是研究它们的产生、发展和衰亡的历史.具体地说是研究天体在什么时候,从什么形态的物质,以什么方式形成的;形成以后经历怎样的演变过程,直至最后衰亡.通常说的天体演化往往也包括起源和衰亡在内.目前恒星起源和演化的学说已比较成熟;太阳系演化的研究也获得了许多重要成果;星系的形成和演化与宇宙学密切相关,还有不少重大问题有待深入研究.天体的起源与演化是自然科学三大基本理论问题之一,有重大的理论意义和哲学意义.

(12) 宇宙化学

宇宙化学是研究宇宙物质的化学组成及其演化规律的分支学科,也是天文学与化学之间的边缘学科.它的研究对象包括陨石、月球、太阳系天体、行星际物质、太阳、恒星、星际物质、宇宙线、星系和星系际物质等.它的研究成果对于化学元素起源、生命起源、恒星与太阳系演化的研究都有重大的意义.

(13) 射电天文学

射电天文学是通过天体发射的无线电波来研究天文现象的天文学分支学科.它是20世纪30年代射电望远镜发明后才发展起来的,它突破了传统的观测波段的范围、拓展了人类观测宇宙视野,取得了许多前所未有的崭新成果,60年代的四大天文发现都是由射电方法获得的.射电天文不仅为人类展示出天体光学形象以外的另一侧面——无线电形象,而且由于无线电波可以穿透尘雾,从而深入到光学方法无从探测的宇宙深处.它的研究对象几乎遍及各类天体和宇宙物质.除太阳和太阳系天体外,射电望远镜接收的射电辐射还可分为两类:宇宙背景辐射和分立射电源.后一类中银河系内的射电源为射电星(包括脉冲星、射电新星、红超巨星及其蓝矮伴星、X射线星和特殊双星等)以及弥漫状态的气体(包括超新星遗迹、星际物质的中性氢和热电离氢及星际分子云).河外射电源有多种类型,包括正常射电星系、特殊射电星系和类星射电源.几乎所有的宇宙高能现象都伴有强烈的射电反应.它是高能天体物理学的重要探测手段之一和分子天文学的最主要探测手段.随着射电观测技术的不断发展,现在射电望远镜的分辨率已远高于光学望远镜,天体射电像的清晰度也远大于光学像.除了单纯的接收外,对于许多太阳系天体可用雷达向它们发射无线电波,从接收的回波来研究这些天体.

(14) 空间天文学

空间天文学是在高层大气或大气外进行天文观测和研究的天文学分支学科.由于摆脱了地球大气对天文观测的影响,使得天文学进入了“全波天文学”的时代,从而实现了天文学发展的又一次飞跃.由此形成了一些新的分支,如红外天文学、紫外天文学、X射线天文学、 γ 射线天文学等.目前研究的手段有高空气球、探空火箭、人造地球卫星、航天飞机、空间实验室、轨道天文台和空间探测器