

中国大百科全书

天文学

中国大百科全书出版社

北 京

1998. 10

图书在版编目(CIP)数据

中国大百科全书/中国大百科全书总编辑委员会.
—北京:中国大百科全书出版社,2002.9
ISBN 7-5000-5997-3

I. 中… II. 中… III. 百科全书—中国—现代
IV. Z227

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 072041 号

中国大百科全书

中国大百科全书总编辑委员会

中国大百科全书出版社 出版发行

(北京阜成门北大街 17 号 邮政编码:100037)

新华书店经销 长沙鸿发印务实业公司印装

开本 787×1092 1/16 印张 3336 插页 2271 字数 120,000,000

2002 年 9 月第 1 版第 6 次印刷

ISBN 7-5000-5997-3 / Z·103

定价:19800.00 元(74 卷)



中国大百科全书

中国大百科全书出版社

中国大百科全书总编辑委员会

主 任 胡乔木

副主任 (按姓氏笔画顺序)

于光远 贝时璋 严济慈 张友渔 陈翰伯
陈翰笙 周 扬 周培源 姜椿芳 夏征农
钱学森 裴丽生

(编辑委员会全部委员名单容后公布)

天文学编辑委员会

主 任 张钰哲

副主任 戴文赛 李 珩 程茂兰 王绶琯

委 员 (按姓氏笔画顺序)

万 籁 王绶琯 方励之 叶叔华 冯克嘉 曲钦岳

李 珩 苏定强 邹仪新 易照华 陈 彪 陈遵妫

张钰哲 席泽宗 龚树模 程茂兰 戴文赛

各分支学科编写组主编、副主编

综 论	主编	戴文赛	副主编	陈载璋	
天 文 学 史	主编	席泽宗	副主编	薄树人	庄威凤
天 体 测 量 学	主编	叶叔华	副主编	万 籁	苗永睿 全和钧
天 体 力 学	主编	易照华	副主编	童 傅	
理论天体物理学	主编	方励之	副主编	孙 凯	汪珍如
天 文 仪 器	主编	苏定强	副主编	李 挺	黄佑然
射 电 天 文 学	主编	王绶琯	副主编	赵仁扬	
空 间 天 文 学	主编	张和祺	副主编	杭恒荣	郝允祥
太 阳	主编	陈 彪	副主编	章振大	
太 阳 系	主编	戴文赛	副主编	陈道汉	胡中为
恒星和星际物质	主编	沈良照	副主编	蒋世仰	
星系和宇宙学	主编	李 竞	副主编	李启斌	

前 言

《中国大百科全书》是我国第一部大型综合性百科全书。

中国自古以来就有编辑类书的传统。两千年来曾经出版过四百多种大小类书。这些类书是我国文化遗产的宝库，它们以分门别类的方式，收集、整理和保存了我国历代科学文化典籍中的重要资料。较早的类书有些已经散佚，但流传或部分流传至今的也为数不少，这些书受到中国和世界学者的珍视。各种类书体制不一，多少接近百科全书类型，但不是现代意义的百科全书。

十八世纪中叶，正当中国编修庞大的《四库全书》的时候，西欧法、德、英、意等国先后编辑出版了现代型的百科全书。以后美、俄、日等国也相继出版了这种书。现代型的百科全书扼要地概述人类过去的知识和历史，并且着重地反映当代科学文化的最新成就。二百多年来，各国编辑百科全书积累了丰富的经验，在知识分类、编辑方式、图片配备、检索系统等方面日益完备和科学化。今天，百科全书已经在人类文化活动中起着十分重要的作用，各种类型的和专科的百科全书几乎象辞典那样，成为人们日常生活的必需品。

一向有编辑类书传统的中国知识界，也早已把编辑现代型的百科全书作为自己努力的目标。本世纪初叶就曾有人试出过几种小型的实用百科全书，包括近似百科型的辞书《辞海》。但是，这些书都没有达到现代百科全书的要求。

中华人民共和国成立之初，当时的出版总署曾考虑出版中国百科全书，稍后拟定的科学文化发展十二年规划也曾把编辑出版百科全书列入规划，1958年又提出开展这项工作的计划，但都未能实现。

直到1978年，国务院才决定编辑出版《中国大百科全书》，并成立中国大百科全书出版社，负责此项工作。

因为这是中国第一部百科全书，编辑工作的困难是可想而知的。但是，由于读书界的迫切要求，不能等待各门学科的资料搜集得比较齐全之后再行编辑出版；也不能等待各学科的全部条目编写完成之后，按照条目的汉语拼音字母顺序，混合编成全书，只能按门类分别邀请全国专家、学者分头编写，按学科分类分卷出版，即编成一个学科（一卷或数卷）就出版一个学科的分卷，使全书陆续问世。这不可避免地要带来许多缺点，但是在目前情况下不得不采取这种做法。我们准备在出第二版时，再按现在各国编辑百科全书一般通行的做法，全书的条目不按学科分类，

而按字母顺序排列，使读者更加便于寻检查阅。《中国大百科全书》第一版按学科分类分卷，每一学科的条目还是按字母顺序排列，同时附加汉字笔画索引和其他几种索引，以便查阅。

《中国大百科全书》的内容包括哲学、社会科学、文学艺术、文化教育、自然科学、工程技术等各个学科和领域。初步拟定，全书总卷数为80卷，每卷约120~150万字(包括插图、索引)。计划用十年左右时间出齐。全书第一版的卷数和字数都将超过现在外国一般综合性百科全书，但与一些外国百科全书最初版本的篇幅不相上下。我们准备在第二版加以调整和压缩。

《中国大百科全书》按学科分卷出版，不列卷次，每卷只标出学科名称，如《哲学》、《法学》、《力学》、《数学》、《物理学》、《化学》、《天文学》等等。

全书各学科的内容按各该学科的体系、层次，以条目的形式编写，计划收条目10万个左右。各学科所收条目比较详尽地叙述和介绍各该学科的基本知识，适于高中以上、相当于大学文化程度的广大读者使用。这种百科性的参考工具书，可供读者作为进入各学科并向其深度和广度前进的桥梁和阶梯。

中国大百科全书出版社，除编辑出版《中国大百科全书》之外，还准备编辑出版综合性的中、小型百科全书和百科辞典，与专业单位共同编辑出版各种专业性的百科全书，以适应不同读者的需要。

《中国大百科全书》的编辑工作是在全国各学科、各领域、各部门的专家、学者、教授和研究人员的积极参加下进行的，并得到国家各有关部门、全国科学文化研究机关、学术团体、大专院校，以及出版单位的大力支持。这是全书编辑工作能够在困难条件下进行的有力保证。在此谨向大家表示诚挚的感谢，并衷心希望广大读者提出批评意见，使本书在出第二版的时候能有所改进。

《中国大百科全书》编辑部

1980年9月6日

凡 例

一、编 排

1. 本书按学科分类分卷出版。一学科辑成一卷或数卷,一学科字数不足一卷的,同其他学科合为一卷。

2. 本书条目按条目标题的汉语拼音字母顺序排列。第一字同音时,按阴平、阳平、上声、去声的声调顺序排列;同声、同调时,按笔画由少到多的顺序排列。第一字同音、同调、同笔画时,按第二字的音、调、笔画的顺序排列,余类推。条目标题以拉丁字母开头的,例如“s 过程”、“X 射线脉冲星”,分别排在汉语拼音 S、X 部的开头部分;条目标题以希腊字母开头的,例如“ α 过程”、“ γ 射线天文学”,按希腊字母的习惯发音,分别排在汉语拼音字母 A、G 部的相应位置。

3. 各学科在条目分类目录以前一般都有一篇介绍本学科内容的概观性文章。

4. 各学科均列有本学科全部条目的分类目录,以便读者了解本学科的全貌。分类目录还反映出条目的层次关系,例如:

天体力学	389
万有引力定律	426
摄动理论	312
变换理论	21
摄动函数的展开问题	312
中间轨道	576
双不动中心问题	328

5. 学科与学科之间相互交叉的条目,例如“惯性参考系”、“爱因斯坦”,在天文学和物理学均有条目,其释文内容分别按各该学科的要求有所侧重。

二、条目标题

6. 条目标题多数是一个词,例如“双星”、“太阳系”;一部分是词组,例如“恒星的形成和演化”。

7. 条目标题上方加注汉语拼音,多数的条目标题附有外文名,例如 ^{tianwangxing} 天王星 (Uranus)。纯属中国内容的条目标题,例如“三垣二十八宿”、“璇玑玉衡”,一般不附外文名。

三、释 文

8. 本书条目的释文力求使用规范化的现代汉语。条目释文开始一般不重复条目标题。

9. 较长条目的释文,设置层次标题。层次标题较多的条目,在释文前列有本条层次标题的目录。

10. 一个条目的内容涉及其他条目并需由其他条目的释文补充的,采用“参见”的方式。所参见的条目标题在本条释文中出现的,用楷体字排印,例如“星际物质的总质量约占银河系总质量的 10%”;所参见的条目标题未在本条释文中出现的,另用括号加“见”字标出,例如“1977 年,发现天王星有光环(见行星环)”。

11. 条目释文中出现的外国人名、地名,一般不附原文。重要的外国人名和著作名在“内容分析索引”中注出原文。释文中容易混淆的同姓的外国人名,在姓的前面加上外文名字的缩写,即名字的第一个字母,例如 W.S.亚当斯, J.C.亚当斯。人们所熟知的外国人名,不冠缩写字母,例如英国大物理学家牛顿,不作 I.牛顿。

四、插 图

12. 本书在条目释文中配有必要的插图。

13. 彩色图汇编成插页,并在有关条目释文中注明“参见彩图插页第××页”。

五、参考书目

14. 在重要的条目释文后附有参考书目,供读者选读。

六、索 引

15. 本书各学科均附有本学科全部条目的汉字笔画索引、外文索引和内容分析索引。各种索引前有简要说明。

七、其 他

16. 本书所用科学技术名词以各学科有关部门审定的为准,未经审定和尚未统一的,从习惯。地名以中国地名委员会审定的为准,常见的别译名必要时加括号注出。

17. 本书字体除必须用繁体字外,一律用 1956 年国务院公布的《汉字简化方案》中的简化字。

18. 本书所用数字,除习惯用汉字表示的以外,一般用阿拉伯数字。

天 文 学

张钰哲 戴文赛 李 珩 王绶琯

翻开人类文明史的第一页,天文学就占有显著的地位。巴比伦的泥碑,埃及的金字塔,都是历史的见证。在中国,殷商时代留下的甲骨文物里,有丰富的天文记录,表明在黄河流域,天文学的起源可以追溯到殷商以前更为古远的世代。

几千年来,在人类社会文明的进程中,天文学的研究范畴和天文的概念都有很大的发展。为了说明我们今天对天文这门学科的理解,本文将在第一节里首先介绍一下天文研究的特点。本文的第二节——星空巡礼,是对目前所认识的天文世界的几笔速写。在第三节里,我们举出伽利略-牛顿时代天文学的一次飞跃,来对照当前天文研究的形势,希望借此探讨天文学发展的规律,并强调说明一次新的飞跃正近在眼前。

我们做准备、也不可能用这篇短文囊括天文学悠久的历史和丰富的内容(这是本书这一整卷的任务),而只是对它的特征、现状和趋向作一个概括性的描述。为使读者对天文学的轮廓有一个认识,本文的第四节,用简单的图解方式介绍当前天文学科各分支之间的相互关系。

天文学研究的特点

天文学是一门古老的学科。它的研究对象是辽阔空间中的天体。几千年来,人们主要是通过接收天体投来的辐射,发现它们的存在,测量它们的位置,研究它们的结构,探索它们的运动和演化的规律,一步步地扩展人类对广阔宇宙空间中物质世界的认识。

作为一颗行星,地球本身也是一个天体。但是,从学科的分野来说,“天”是相对于“地”的。地面上实验室里所熟悉的那些科学实验方法,很多不能搬到天文学领域里来。我们既不能移植太阳,也无法解剖星星,甚至不可能到我们所瞩目的研究对象那边,例如,到银河系核心周围去看一看。从这个意义上来说,天文学的实验方法是一种“被动”的方法。也就是说,它只能靠观测(“观察”和“测量”)自然界业已发生的现象来收集感性认识的素材,而不能象其他许多学科那样,“主动”地去影响或变革所研究的对象,来布置自己的实验。

观测,主要依靠观测,是天文学实验方法的基本特点。不断地创造和改革观测手段,也就成为天文学家一个致力不懈的课题。宇宙中的天体何止“恒河沙数”,而同类型的天体离开我们愈远看起来也愈暗弱。因此,观测设备的威力愈益提高,研究暗弱目标的能力就愈益增强,人的眼界就愈益深入到前未能企及的天文领域,同时也就愈益扩展到遥远的空间深处。

天文观测尽管可以看作是一种“被动”的实验,但是,在浩瀚无际的宇宙空间中,从犹如沧海一粟的地球上所能进行的实验,无论是多么“主动”,多么“精确”,然而在规模上,在内容和条件的多样化上,都不可能同天文世界中大自然本身所演出的“实验”相比拟。因此,天文观测尽管带有它所不可避免的“被动”性和由此而来的粗略性,却仍然是、而且将永远是人类考察自然、认识自然的一个必不可少的方面。

认识自然是改造(或利用)自然的前提,而改造自然,也就是生产实践,又往往是认识自然的动力。天文学,作为一门以认识自然为主题的自然科学,同生产实践之间正是存在着这种辩

证关系。与此同时,二者又各有自己的发展规律。天文学的发展规律,概括来说,总是表现为针对每一时期中学科本身的主要矛盾(也包括由生产课题向学科提出的矛盾),沿着观测——理论——观测的途径螺旋上升。

在这样螺旋上升的发展过程中,天文学和其他学科一样,并不是孤立地前进,而是随时都同许多邻近学科互相借鉴,互相渗透的。它从应用光学、无线电电子学以及各种工程、技术中汲取养料,创造独特的观测手段,而天文观测手段的每一发展,又都给应用科学带来有益的东西。天文学借助于数学来分析天文观测结果和进行理论演算,反过来,由于天文学上的应用而发展起来的数学方法,又丰富了数学的内容。物理学各个分支以及力学、化学等的研究成果,是天文工作的理论基础,而天文学的各种发现以及天体的理论研究,又多次地反过来为物理学和其他有关学科开辟新的研究前沿。这说明各种学科之间的辩证关系,也正是包括天文学在内的各门科学的共同特点。

天文学的发展对于人类的自然观发生重大的影响。哥白尼的日心学说(见日心体系)曾经使自然科学从神学中解放出来。康德和拉普拉斯关于太阳系起源的星云学说,在十八世纪形而上学的自然观上打开了第一个缺口。在当今的天文学前沿上,辩证法与形而上学、唯物主义与唯心主义的斗争,仍然在持续地进行。

天文学研究中的一个重大课题是各类天体的起源和演化。在我们所观测到的天体中,百万岁的年龄算是很年轻的。太阳的年龄约为五十亿岁,是一个中年的恒星。可是,人类的文明史迄今不过几千年,而一个天文学家毕其一生也不过几十年的岁月。因此我们所能研究的天文现象,在天体的生命史中只相当于一刹那的过程。从“一刹那”的观测来探讨百亿年的演变,应当说是天文学研究的又一个特点。

天文学家虽然无法进行长达亿年的观测,但是可以观测到数以亿计的天体。一个天体的物理特征,除了反映出它的基本结构以外,还反映它所处的演化阶段,就象一个人的各种特征可以反映出他的年龄一样。此外,天体的信息是通过辐射(比如光)传给我们的。对于遥远的天体,光在旅途中要经历漫长的时间,比如说对于离我们一亿光年的天体,光要用一亿年才送到它的信息,而我们看到的则是它一亿年前的形象。这样,我们所观测到的许许多多天体,展示给我们的是时间上各不相同的“样本”。特别是我们目前所看到的河外(银河系以外的)天体,代表从百万年直到上百亿年前的各种“样本”,包含着上百亿年的演化线索。因此,通过统计分类和理论探讨,我们就可以建立起天体演化的模型。

这样,天文学是在极其“短暂”的千百年时间里,以基本上“被动”的观测方法,面向广阔无边的宇宙空间,探索各类天体在漫长时间历程中的存在和演变。它不断地从同代科学技术的宝库中,充实自己的实验武器和理论武器,同时也不断地以自己的成就丰富这个宝库。在科学相对真理的长河中,天文学循着观测——理论——观测的发展途径,不断把人的视野伸展到宇宙的新的深处。

星 空 巡 礼

现在我们环顾一下目前所认识的天文世界。

太阳和太阳系 太阳是太阳系的中心天体,占有太阳系总质量的99.86%。太阳系的其他成员:行星、小行星、彗星、流星,都绕着太阳旋转。

从天文学的角度看,地球贵在是一个适于生物存在和繁衍的行星。虽然我们相信宇宙间

还会有千千万万个能够繁殖生命的星球,但以目前的科学水平,我们还不能发现它们。作为行星,地球只是太阳系的一个普通成员。它的直径约 13,000 公里,与太阳相距约 1.5 亿公里,每年绕太阳公转一周。它的物理结构和化学组成虽然都有自己的特点,但并不特殊。连地球在内,太阳系内已经知道的有九个行星,从离太阳最近的算起,依次为水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星、冥王星。它们都沿着同一方向自西向东绕着太阳转动,轨道都是椭圆的。大多数行星的轨道,都大致在同一平面上。冥王星离太阳最远,轨道直径约 120 亿公里。但太阳系的疆界可能还要遥远得多。

除了水星和金星,太阳系的行星周围都有卫星。地球有一个卫星——月球,直径约 3,500 公里,在太阳系里算是一个大型卫星。截至目前,除了几颗尚待证实外,连月球在内,已经确知的卫星共有 34 颗。

小行星是太阳系里较小的天体,已经发现并正式命名的有 2,000 多颗,其中最大的一颗——谷神星,直径约 1,000 公里。大部分小行星分布在火星和木星的轨道之间。

彗星也是太阳系中质量较小的天体。绝大多数彗星沿着非常扁的椭圆轨道绕日运行。它靠近太阳时显得十分明亮,而且拖着一条扫帚形的尾巴。

流星体是太阳系内更小的天体,大多数还没有豌豆那样大,质量不到 1 克。流星体是固态的,也绕太阳转动,但轨道千差万别。它们进入地球大气层时,由于速度很高,同地球大气的分子碰撞而发热、发光,形成明亮的光迹,划过长空,称为流星现象。绝大部分流星体在进入地球大气时化为气体,也有一些比较大的或特别大的,在大气中没有耗尽,落到地面上便是陨石。

太阳是地球上光和热的泉源。从天文学的观点来看,它还作为离我们最近的一颗恒星而占有特殊的地位。作为恒星来说,太阳既很普通又很典型。它在各类恒星中不算亮也不算暗,不算大也不算小。它的质量约为 2,000 亿亿吨,半径约 70 万公里。太阳的中心处在很高的压力下,温度约达 1,500 万度。那里的高温高压条件导致热核聚变,每秒钟释放的能量可供地球上按现在的消费水平使用 1,000 万年。这种能量中的主要部分,辗转经历千万年的时间才传到太阳表面,然后辐射到周围的空间中去。太阳由约 71% 的氢、27% 的氦和 2% 的其他元素组成。表面温度约 6,000 度。作为太阳大气外层的日冕含有温度高达 100~200 万度的电子气体。太阳外层大气以及太阳磁场,延伸到极其广阔的太阳系空间。

日面上经常出现的以黑子和磁场为标志的太阳活动,是宇宙电动力学现象的一个重要事例。这种活动趋于剧烈时便发生耀斑爆发事件,表现为各种波长电磁辐射的突增和“高”能量质点的抛射。这是天文世界中极为重要、极其复杂的能量聚集、存储、引发和释放过程的一个特写,尽管在恒星世界中这还属于一种较小规模的活动。

随着二十世纪天体物理学的进展,我们已经能够大概地描绘出太阳(以及绝大部分恒星)的发生和发展的历程。大约在 50 亿年前,太阳的前身——银河系里的一团尘埃——气体云,由于引力收缩,在几亿年中聚集成为发光的“星前”天体,随即形成了太阳系的雏形。星前天体在继续收缩中使中心部分愈来愈热,当温度升至 700 万度以上时,便产生核聚变,也就是由四个氢原子核聚变为氦原子核的“氢燃烧”过程。氢燃烧释放出的巨大能量使太阳内部的辐射压力和气体压力一起抵挡住进一步的引力收缩,这时太阳便进入了较为稳定的平衡时期。

太阳所含的氢估计足够燃烧 100 亿年。太阳现在的年龄约 50 亿岁,所以正处在中年。到了氢燃烧末期,太阳的核心部分主要是聚变的产物——氦,外壳部分则仍以氢为主。由氦构成的核心由于引力作用,愈缩愈密,氢包壳则在继续燃烧中膨胀,使太阳变成表面温度较低而体

积很大的红巨星。红巨星的氦核心部分继续收缩,直到中心温度达到一亿度时,开始了内部的“氦燃烧”,也就是氦聚变成碳的过程。到了氦燃烧末期,由碳构成的核心不断收缩,而其外壳可能很快膨胀成为与中心脱离的行星状星云,而中心体在太阳原始质量的条件下不足以引起“碳燃烧”,就继续收缩,直到形成密度非常大、亮度很低的白矮星。

恒星世界 银河系中估计有数以千亿计的恒星,比较稀疏地分布在尺度约 10 万光年的空间范围里。在已经研究过的恒星中,它们的化学组成大同小异(虽然这个小异绝不是无关紧要的),质量的差别也不是很大:恒星最小的质量大约为太阳的百分之几,最大的不过为太阳的 120 倍。不同质量的恒星在自己的各个演化阶段中呈现出不同的颜色和光度。不同恒星的光度,以每秒钟发出的能量来看,可能相差很大。例如一些超巨星,光度可达太阳的 200 万倍,而象白矮星那样的暗星,光度则只有太阳的几十万分之一。当然还有许多我们没有能够观测到的那些并不发光或正在熄灭的星体,它们的光度等于或接近于零。

许多恒星的光度发生引人注目的变化。其中变星的光度变化是周期性的,周期从一小时到几百天不等,也有的可以长达两三年。另有一些恒星的光度变化是突发性的,其中变化最剧烈的是新星和超新星。它们是处在演化过程的某个转折点上,内部严重失去平衡,导致星体的剧烈爆炸。规模较小的可以引起光度突增几万至几百万倍,称为新星,而规模大的则几乎把星体全部质量都抛射出去,这时的光度突变可达千万倍至上亿倍,称为超新星。

恒星的大小十分悬殊。尽管处在氢燃烧阶段的各类恒星直径相差最多不过几百倍,但是在演化的某些阶段上则不然,如包壳膨胀时形成的超巨星,直径可达太阳的几百或几千倍。而演化末期的白矮星和中子星,星体物质高度压缩,内部密度分别可达水的十万倍到百万亿倍,直径分别只有太阳的几万分之一到几十分之一。

尽管各种恒星的性质千差万别,但是它们的演化几乎都可以用核聚变为主的理论来解释。事实上,只要确定星体的起始质量和化学组成,就可以推断出这颗恒星从诞生到死亡的每一个阶段的物理特性。上面所说的形形色色的恒星,都可以被认为是具有某种起始质量的星体演化到某一特定阶段的表现。恒星演化理论的建立,无疑是二十世纪天文学的一个重大成就。尽管这种理论并非无懈可击,但是它为理解恒星的基本性质奠定了坚实的基础。而由此引伸出来的一些结果,如化学元素的起源学说,以及包括黑洞在内的超密态天体的预测等,除了天文学上的意义外,对现代物理学的影响也是不可低估的(见恒星的形成和演化)。

恒星在空间中常常不是孤栖独处的。估计由两颗星组成的双星可能占全部恒星的三分之一。还有三、五颗星聚在一起的,组成聚星。也有几十、几百乃至几百万个聚在一起的,形成星团。所有恒星都沉浸在星际物质的海洋中。星际物质包括星际气体和尘埃,平均密度约为每立方厘米一个原子。星际物质高度密集的地方形成星云。星云与恒星是天文世界中两种互相矛盾又互相转化的实体。星云是构成恒星的原料,而恒星向空间抛射的物质也成为星云的一部分原料。

银河系与河外星系 夏夜仰望天空,可以看到横贯天空的银河。从望远镜里看去,银河带实际上是由千千万万颗星星组成的。这个庞大的恒星集团取名为银河系。在银河系里,大部分恒星集中在一个扁球状的空间范围内,侧面看去象一只铁饼。人们肉眼看到的银河正是这个“铁饼”的一部分投影。在银河系里,恒星的总数在 1,000 亿颗以上,此外还有各种类型的银河星云、星际气体和尘埃。

银河系的扁球密集部分,直径约十万光年,中心厚约一万光年;除了扁球系统外,还有一部

分恒星稀疏地分布在一个圆球状的空间范围内,形成所谓的银晕。整个银河系在转动着,离开中心的距离不同,转动速度也不同。太阳带着太阳系的其他天体,以每秒 250 公里的速度绕银河系中心转动,转一周约需 2.5 亿年。

银河系以外还有许许多多同银河系规模相当的庞大天体系统,它们曾被形象地称为“宇宙岛”,一般称为河外星系,简称星系。

星系也聚成大大小小的集团,有双重星系、多重星系以至由成百上千个星系组成的星系团。用目前最大的望远镜可以观测到数以十亿计的星系,其中离我们最远的估计达 150 亿光年。

河外星系按它们的形态可以分为椭圆星系、旋涡星系和不规则星系等类型。它们的演化历程目前尚无定论。但是六十年代以来,许多正在经历着爆炸过程或正在抛射巨量物质的河外目标,陆续进入天文学研究的前沿。这些目标包括类星体、各种射电星系、塞佛特星系、蝎虎座 BL 型天体等,统称为“活动星系”。对它们的研究涉及宇宙间规模巨大的能量产生、释放和转移的过程,同时也接触到星系的发生和发展的线索。

河外星系的观测使天文研究的范围扩展到以百亿光年为尺度的广阔空间,使我们对大尺度空间中的物理状态有了实测的基础,成为现代宇宙学(研究大尺度空间中的空、时性质和物质运动规律的科学)的一个重要支柱。

人类认识宇宙的两次飞跃

在这一节里我们将简单地回顾一下天文学的发展历史。恩格斯在《自然辩证法》中指出:“首先是天文学——单单为了定季节,游牧民族和农业民族就绝对需要它。”古代的天文学家测量太阳、月亮、星星在天空的位置,研究它们的位置随着时间变化的规律、从而为农、牧业生产的需要确立了时间、节气和历法。这就是说,是他们最初创建了天体测量学,认识到天体运行的规律性,把它应用到时间服务和历书编算(也就是所谓的“授时”和“编历”)上。千百年来,天体测量学通过授时和编历为生产斗争服务,而生产斗争的发展又不断地促进了天体测量学的发展。

早在十六世纪以前,中国的天象观测已达到非常精确的程度。中国古代天文学家,如落下闳、张衡、祖冲之、一行、郭守敬等,设计制造出精巧的观测仪器,通过恒星观测,以定岁时,上百次地改进历法。在西方,古代天文学家倾注很大力量,研究行星在星空背景中的运动。他们年复一年,精益求精地测量行星的位置和分析行星运动的规律,终于导致了中世纪哥白尼日心学说的创立。这给当时的宗教势力以有力的打击,是历史上自然科学在捍卫唯物主义、反对唯心主义的斗争中取得的一次辉煌的胜利。

日心学说的发展到十七世纪达到了高峰。牛顿把力学概念应用于行星运动的研究,发现和验证了万有引力定律和力学定律,并创立了天文学的一个新的分支——天体力学。天体力学的诞生,使天文学从单纯描述天体的几何关系,进入到研究天体之间相互作用的阶段。也就是说,从单纯研究天体运动的状况,进入到研究造成这些运动的原因。

牛顿力学的发展给人类社会,特别是给生产斗争带来了革命性的影响;而奠定力学规律的最精确的“实验”,却是从观测太阳和行星的运动开始的。这是历史上最初把宇宙空间作为实验基地的一次巨大进展。

古代的天文工作者日复一日、年复一年、孜孜不倦地探索行星运动的规律,也许他们并未意识到这种劳动会在阶级斗争和生产斗争中导致如此重大的结果。但是这个历史事实却告诉我们,无边无际的宇宙空间作为科学实验的基地,是人类认识自然、改造自然的一个极其重要

的阵地。

这一段历史,记载了那时的天文学家以极大的耐力(事实上,用了一、二千年的时间)不断地积累资料,补充资料,使得天文观测和分析的艺术达到了很高的水平,从而在一定程度上补救了天文学只能“被动”实验的缺陷,也就是单纯依靠观测的缺陷。而他们在当时的条件下选定了矛盾集中点的行星运动作为研究目标,收到了很大的效果。

在牛顿以后的二百年中,我们还看到了天体力学的发展给应用数学以有力的推动。从微积分到现在的数学物理方法,已成为现代科学中必不可少的工具。

天体之间的引力作用虽然说明了许多天文现象(地球运动、潮汐现象、太阳系天体乃至星团、星系动力学现象),却不足以阐明天体的本质。十九世纪中叶以来,物理学的重大发展把天文学推进到一个新的阶段。以测定天体亮度和分析天体光谱为起点的天体物理学成为天文学科的一个新的生长点。十九世纪末到二十世纪初,量子论、相对论、原子核物理学和高能物理学的创立,给了天文学以新的理论工具。研究天体的化学组成、物理性质、运动状态和演化规律,使人类对天体的认识深入到问题的本质。天体物理学带来的第一个成就,是天文学家从此可以有根有据地谈论天体的演化。

天体物理学的诞生标志着现代天文学的起点。天文观测也在这时进入到一个新的阶段。回顾十七世纪以前,天文工作者在漫长的年代里只是靠肉眼来观测天象,能看到的星星不过六、七千颗。十七世纪,伽利略首创的天文望远镜,使人类的眼界忽然大大开阔。随着光学技术的发展(其中相当一部分是出于天文学家本身的努力),望远镜的口径愈来愈大,人类的视野从我们周围的太阳系,从太阳系所在的、由数以千亿计的恒星和星云组成的银河系,扩大到银河系以外广袤无垠的空间。目前竭各种望远镜“视力”所及,有数以十亿计的河外星系呈现在我们眼前。这些种类繁多、结构复杂、内容丰富、而大部分是非常遥远而暗弱的天文对象,需要有很大的望远镜来进行观测,特别是分光观测。二十世纪初以来,直径2米直到5~6米的大型光学望远镜的发展,尤其重要的是近三、四十年来射电天文学和空间天文学的相继诞生,使天文观测手段不但具有空前的探测能力和精度,而且使天文观测的领域扩展到了整个电磁波段。这就是说,除了肉眼可以看见的光波以外,天体的紫外、红外、无线电、X射线、 γ 射线的现象也都能尽收眼底。十分明显,我们的时代正在经历着天文学的一次新的巨大飞跃。

观测手段的飞跃使天体物理学进入空前活跃的阶段。如果说天体物理学在它诞生之初就对物理学作出某些贡献,如从太阳光谱中发现了化学元素氦,对星云谱线的分析提供了原子禁线理论的线索,对太阳和恒星内部结构的研究获得了热核聚变的概念(见恒星内部结构理论),从恒星演化的理论引伸出元素综合的假说(见元素合成理论),那么,在最近十几年来天文学上接连发现的新现象,可以说给物理学科,包括天体物理学和其他物理学科分支以一连串的冲击。象红外源、分子源、天体微波激射源的发现对恒星形成的研究提供了重要的线索;脉冲星、X射线源(见X射线天文学)、 γ 射线源(见 γ 射线天文学)的测定,则推动了恒星各阶段演化的研究;星际分子的发现,吸引了生物学界和化学界的注意;类星体、射电星系和星系核活动等高能现象的发现,对已知的物理学规律提出了尖锐的挑战;结合各种类型星系观测资料的积累和分析,星系演化和大尺度宇宙学的观测研究也已经提到日程上来。从近处看,人们最熟悉的太阳,由表及里都有一些意外的发现,如太阳内部“核工厂”中的“中微子失踪案”,太阳表面层现象的脉动,日冕上出现的冕洞,都向太阳物理学和物理学提出了新的课题;自从人造卫星上天以来,日地空间物理学已经取得了大量的新结果;宇宙飞船远访行星,以及在月球、火星、金星

上的着陆考察,使太阳系的构成和演化的研究展现出崭新的局面。

这一切,标志着天文学史上一次新的巨大飞跃带来的成果,人们对于把广阔无边的宇宙空间作为科学实验基地有了更深的印象和更大的信心。人们看到,这个基地有地面实验室难以模拟的物理条件:象星际空间中每立方厘米不到一个原子的高度真空,象中子星内部每立方厘米包含着 10 亿吨物质的高密度,象脉冲星表面上强达一万亿高斯的磁场,象一些恒星内部和一些恒星爆发时产生的超过 100 亿度的高温,象一些星系和星系核抛射物质所具有的极高速度——接近于光速、有的看起来甚至大于光速好几倍的速度,……宇宙空间中诸如此类的表演,绝不仅是地面的物理学、力学、化学乃至生物实验室的简单补充。事实上,人们意识到在这里交织着宏观世界和微观世界研究的前沿,可能正酝酿着人类认识自然的一次新的突破,而这个势头目前还在增长。光学、射电和空间观测手段的发展,给予天文学、物理学以及其他学科的冲击,将反过来促进天文观测技术的迅速发展,从而再导致更多的新发现。在这样的背景下,当前的天文学领域将日益集中天文学、力学、高能物理学、等离子体物理学、数学乃至化学的重大课题,成为富有生命力的多学科交叉点。

在不远的将来,口径 2 米以上的光学望远镜将进入空间,而大气外的 X 射线、 γ 射线等观测技术也将趋于成熟。随着电子计算机、光学技术、自动化技术的迅速发展,地面天文观测设备,包括射电天文、光学天文和红外天文的设备,将会产生下一代的巨大口径的望远镜组合系统,其检测暗弱信息和分辨微小细节的能力将达到空前的程度。天体演化学,宇宙学以及天体物理学其他分支学科的发展步伐将会继续加速,而一些重要的物理学领域,如高能物理学、核物理学、引力论、等离子体物理学等可能在天文研究中找到重要的突破口。

不难看出,尽管今天人类对天文现象的认识远远超过三百年前,但是当前天文学的发展形势却同那时的大飞跃颇有相似之处。当时天文观测手段的巨大变革——用望远镜代替肉眼,发现了一系列以往梦想不到的天文现象;今天的变革——用射电望远镜和大气外观测手段把天文学的“视野”扩展到全部电磁波段,又一次带来以往难以预计的重大发现。当时,天体力学的诞生使天文学从单纯描述天体的几何现象进入研究天体之间的相互作用;而今天,天体物理学的发展则使天文学从单纯研究天体的机械运动进入探索它们的本质和演化规律。当时的大飞跃对人类社会所产生的深刻影响是众所周知的,而今日天文学面临的大飞跃,正在迅速推进着人类对自然的认识,从而也必然会为人类改造自然创造十分有利的条件。

这些惊人的发展,也给古老的天体测量学和天体力学带来新的推动力。人造天体的发射和应用,给天体力学带来了新的使命,促进了它在理论上和计算技术上的发展。在天体测量方面,由于射电天文、空间技术和激光技术的应用,通过对一些位置已知天体的观测,已能辨别出地面上微小到几厘米的变化,从而开创了天文学、地球物理学和大地测量学的交叉点天文地球动力学。

当然,这样一个现代天文学的图景,只是整个现代科学技术的一幅特写。各门科学,特别是数学、物理学、无线电电子学和空间技术的发展,为天文学的发展创造了条件,而天文学的发展,也在持续地用它的成就来丰富其他学科的内容。

天文学的学科分支

在天文学的悠久历史中,随着研究方法的发展,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。当然,这里所说的“方法”包括理论和实验两