

江苏省高等教育学会组织编写

文科大学生

下

自然科学技术知识读本

宇宙·地球·生命

廖佳敏 叶怀义 祁贵全 编著



凤凰出版传媒集团
江苏科学技术出版社

江苏省高等教育学会组织编写

文科大学生自然科学技术知识读本(下)

宇宙·地球·生命

廖佳敏 叶怀义 祁贵全 编著

凤凰出版传媒集团
江苏科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

文科大学生自然科学技术知识读本/张相轮,廖佳敏,
叶怀义,祁贵全编著. —南京:江苏科学技术出版社,
2007.9

ISBN 978-7-5345-5670-8

I. 文... II. ①张... ②廖... ③叶... ④祁...
III. 自然科学—青年读物 IV. N49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 144560 号

文科大学生自然科学技术知识读本(下) 宇宙·地球·生命

编 著 廖佳敏 叶怀义 祁贵全

责任编辑 郁宝平 王明辉 胡海群

责任校对 郝慧华

责任监制 张瑞云

出版发行 江苏科学技术出版社(南京市湖南路 47 号,邮编:210009)

网 址 <http://www.pspress.cn>

集团地址 凤凰出版传媒集团(南京市中央路 165 号,邮编:210009)

集团网址 凤凰出版传媒网 <http://www.ppm.cn>

经 销 江苏省新华发行集团有限公司

照 排 南京紫藤制版印务中心

印 刷 南京大众新科技印刷有限公司

开 本 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张 25.5

字 数 570 000

版 次 2007 年 9 月第 1 版

印 次 2007 年 9 月第 1 次印刷

标准书号 ISBN 978-7-5345-5670-8

定 价 39.80 元(上、下册)

图书如有印装质量问题,可随时向我社出版科调换。

目 录

宇宙篇	1	(二) 地球的物理特征	53
一、宇宙	1	(三) 地球的构造	56
(一) 宇宙观与宇宙学	1	(四) 地球的年龄	59
(二) 宇宙模型	6	(五) 地球的起源	63
(三) 大爆炸宇宙学说	8	二、地壳运动	65
二、星系	12	(一) 海陆的起源	65
(一) 星系的形态与结构	12	(二) 海底扩张	66
(二) 星系的起源与演化	14	(三) 板块构造	70
(三) 银河系	16	三、资源	76
三、恒星	20	(一) 资源概述	76
(一) 恒星世界的图景	20	(二) 大气资源	79
(二) 恒星演化理论	24	(三) 土地资源	82
四、太阳系	30	(四) 矿产资源	84
(一) 太阳系的结构与组成	30	(五) 水资源	86
(二) 太阳系的运动与起源	34	(六) 能源资源	89
(三) 我们的太阳	37	(七) 海洋资源	93
(四) 行星与卫星	39	(八) 生物资源	96
五、航天技术	40	四、环境	100
(一) 火箭与人造卫星	40	(一) 自然环境	100
(二) 宇宙飞船与航天飞机	45	(二) 自然灾害	104
(三) 宇宙空间站与星际探测器	47	(三) 环境问题	109
(四) 航天技术的特点及应用	49	五、海洋技术	115
地球篇	52	(一) 海洋矿产资源开发技术	116
一、地球	52	(二) 海洋生物资源开发技术	119
(一) 行星地球	52	(三) 海洋化学资源开发技术	121
		(四) 海洋淡水资源开发技术	123
		(五) 海洋能源资源开发技术	124
		(六) 海洋空间资源开发技术	125

目 录

生命篇	129	(三) 酶工程	168
一、生命的起源与演化	129	(四) 基因工程	171
(一) 关于生命起源的多种假说	129	(五) 蛋白质工程	175
(二) 化学进化和细胞的形成	130	(六) 现代生物技术的伦理问题	177
(三) 生命进化的历史	132	五、生命与环境	179
(四) 关于生命进化的学说	135	(一) 生物与环境	179
二、生命体的基本组成单位——		(二) 植物界的类群及特征	181
细胞	137	(三) 植物的向性运动	185
(一) 细胞的发现与细胞学说的建立		(四) 生物群落及其演替	185
.....	137	(五) 生态系统	189
(二) 细胞的分类	137	(六) 生物多样性	198
(三) 细胞的化学组成	138	(七) 城市生态系统	201
(四) 细胞的基本结构	141	六、医学常识与健康	206
(五) 能量之源——光合作用	146	(一) 生理医学与生命健康	206
(六) 细胞的生命历程	147	(二) 不可忽视的亚健康状态	209
三、生命的遗传	151	(三) 学会使用抗生素	210
(一) 遗传因子的发现	152	(四) 奇妙的放射介入治疗	211
(二) 基因的本质	153	(五) 传染病对生命健康的威胁	212
(三) DNA 的结构及其复制	154	(六) 现代文明病	215
(四) 遗传信息的转移——蛋白质合成		(七) 烟酒对健康的危害	217
.....	157	(八) 心理状态对健康的影响	218
四、现代生物技术	159	(九) 常见的急救方法	221
(一) 细胞工程	159	(十) 常见病治疗方法	223
(二) 发酵工程	163	参考文献	229

宇宙篇

一、宇宙

(一) 宇宙观与宇宙学

1. 宇宙

宇宙是指包括地球及其他一切天体的无限空间。具体一点讲,宇宙是指广袤空间和其中存在的各种天体以及弥漫物质的总称。哲学上又叫世界,指一切物质及其存在形式的总体。“宇”指无限空间,“宙”指无限时间。

在中国古籍中最早使用宇宙这个词的是《庄子·齐物论》。“宇”的含义包括各个方向,如东西南北的一切地点。“宙”包括过去、现在、白天、黑夜,即一切不同的具体时间。

宇宙是物质世界,它处于不断的运动和发展中,在空间上无边无际,在时间上无始无终。宇宙是多样而又统一的,它的多样性在于物质的表现形态,它的统一性在于其物质性。

人类对宇宙的认识,是从太阳到银河系,再扩展到河外星系、星系团、总星系,是不断发展的。人们的视野已达到 100 多亿光年的宇宙深处。有人把总星系称为“观测到的宇宙”、“我们的宇宙”,也有人把总星系称为宇宙。宇宙天体呈现出多种多样的形态:有密集的星体状态,有松散的星云状态,还有辐射场的连续状态。各种星体千差万别,它们的大小、质量、密度、光度、温度、颜色、年龄、寿命也各不相同。

宇宙天体处于永恒的运动和发展之中。天体的运动形式多种多样,例如自转、各自的空间运动、绕系统中心的公转以及参与整个天体系统的运动等。如月球一方面自转,一方面围绕地球运转,同时又跟随地球一起围绕太阳运转。太阳一方面自转,一方面又向着武仙座方向以 20 千米/秒的速度运动,同时又带着整个太阳系以 250 千米/秒的速度绕银河系中心运转,运转 1 周约需 2.2 亿年。银河系也在自转,同时也有相对于邻近星系的运动。

天体不是同时形成的,每个天体都有它的发生、发展、衰亡的历史,但作为总体的宇宙则不生不死,无始无终。

2. 宇宙观

宇宙观通常又称为世界观,是关于宇宙的整个图景及其一般性质的观点。宇宙观的

内容主要包括两个方面:一是宇宙的一般图景,即宇宙的本质或物质基础;一是宇宙的发展及其一般规律,即宇宙的演化过程以及贯穿于这个过程中的一般规律。

科学的宇宙观是以人类实践和相关科学为基础,又对人类实践和相关科学的研究具有指导作用,这就是我们经常讲的科学的宇宙观是我们认识世界和改造世界的最一般的思想、方法。

人类的宇宙观有其发展的历史,概括起来有两条主线,一是宇宙结构观念的发展,一是宇宙演化观念的发展。

(1) 宇宙结构观念的发展。远古时代,人们对宇宙结构的认识处于十分幼稚的状态,他们通常按照自己的生活环境和生活经验对宇宙的构造进行推测。

中国古代的宇宙观主要有:盖天说、浑天说、宣夜说、昕天说、穹天说、安天说等。

盖天说:这是创立于商代的在中国居于统治地位的学说。生活在华夏大地上的人们提出的早期盖天说认为,天是帽子,地是棋盘,天圆地方,当然天比要地大一些了。看看中国历史上的主流钱币的形状,就可以轻易地理解盖天说了。后来此说发展为天穹像一口锅,倒扣在平坦的大地上的说法。

浑天说:创立于周朝,东汉张衡为集大成者,制成了浑天仪,著有《浑天仪图说》。张衡把天地比喻为一个鸡蛋,视天体为浑圆如弹丸,所以称为“浑天”。地是鸡蛋里面的蛋黄,天是外面的蛋壳,天包着地,就如蛋壳包着蛋黄一样。张衡认为,天体像一个圆球一样不停地旋转着,而日月星辰则随着天的旋转一起运动。天绕着地每天旋转一周,所以总是半见于地平之上,半隐于地平之下。

宣夜说:宣夜者,彻夜不眠也,说明这是大量天文观察得出的结论。此说认为,大地是一个球状实体,而日月星辰全是气体,飘浮于也是气体球的天空中。此说创立于周朝,比较著名的反映这一理论的是《列子》中的一篇寓言《杞人忧天》。

昕天说:昕者,太阳运动也。此说是盖天说的改进型,认为天像一个车轮,会转动,所以天体在运行。

穹天说:穹者,房顶也。此说也是盖天说的改进型,认为天是一个球状的壳,而且还会转动,带动了天体运行。

安天说:安天者,天不动也。这是宣夜说的改进型,也是中国古代宇宙观中最接近现代思想的一种,认为天是不动的,是无边的,是永恒的,日月星辰各依轨道在天中运行,而球状的大地在天的中间转动,使我们觉得天是动的。

公元前7世纪,巴比伦人认为,天和地都是拱形的,大地被海洋所环绕,而其中央则是高山。古埃及人把宇宙想象成以天为盒盖、大地为盒底的大盒子,大地的中央则

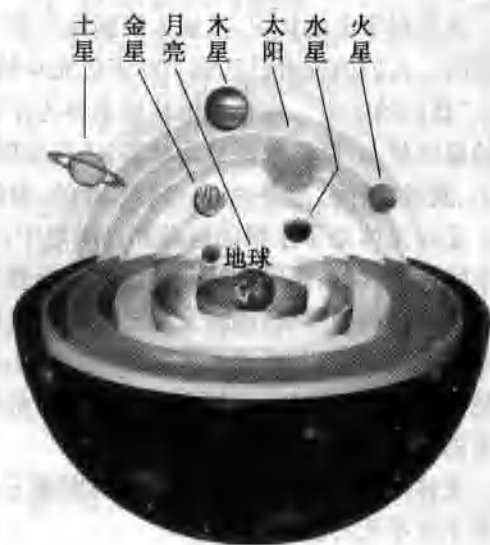


图1 宇宙观(1)

是尼罗河。公元前7世纪末,古希腊的泰勒斯认为,大地是浮在水面上的巨大圆盘,上面笼罩着拱形的天穹。

最早认识到大地是球形的是古希腊人。公元前6世纪,毕达哥拉斯从美学观念出发,认为一切立体图形中最美的是球形,主张天体和我们所居住的大地都是球形的。这一观念为后来许多古希腊学者所继承,但直到1519~1522年,葡萄牙的麦哲伦率领探险队完成了第一次环球航行后,地球是球形的观念才最终被证实。

公元2世纪,托勒密提出了一个完整的地心说。这一学说认为地球在宇宙的中央安然不动,月亮、太阳和诸行星以及最外层的恒星天体都在以不同的速度绕着地球旋转。地心说曾在欧洲流传了1000多年。1543年,哥白尼提出科学的日心说,认为太阳位于宇宙中心,而地球则是一颗沿圆轨道绕太阳公转的普通行星。1609年,开普勒揭示了地球和诸行星都在椭圆轨道上绕太阳公转,发展了哥白尼的日心说。同年,伽利略则率先用望远镜观测天空,用大量观测事实证实了日心说的正确性。1687年,牛顿提出了万有引力定律,深刻揭示了行星绕太阳运动的力学原因,使日心说有了牢固的力学基础。在这以后,人们逐渐建立起了科学的太阳系概念。



图2 宇宙观(2)

在哥白尼的宇宙图像中,恒星只是位于最外层恒星天上的光点。1584年,布鲁诺大胆取消了这层恒星天,认为恒星都是遥远的太阳。18世纪上半叶,由于哈雷对恒星自行的发展和布拉得雷对恒星遥远距离的科学估计,布鲁诺的推测得到了越来越多人的赞同。18世纪中叶,赖特、康德和朗伯推测说,布满全天的恒星和银河构成了一个巨大的天体系统。赫歇尔首创用取样统计的方法,用望远镜数出了天空中大量选定区域的星数以及亮星与暗星的比例,1785年首先获得了一幅扁而平、轮廓参差、太阳居中的银河系结构图,从而奠定了银河系概念的基础。在此后一个半世纪中,沙普利发现了太阳不在银河系中心,奥尔特发现了银河系的自转和旋臂,以及通过许多人对银河系直径、厚度的测定,科学的银河系概念才最终确立。

18世纪中叶,康德等人还提出,在整个宇宙中,存在着无数像我们的天体系统(指银河系)那样的天体系统,而当时看去呈云雾状的“星云”很可能正是这样的天体系统。1924年,哈勃用造父视差法测仙女座大星云等的距离,确认了河外星系的存在。

近半个世纪,人们通过对河外星系的研究,不仅已发现了星系团、超星系团等更高层次的天体系统,而且已使我们的视野扩展到远达100亿光年的宇宙深处。

(2) 宇宙演化观念的发展。在中国,早在西汉时期,《淮南子·俶真训》指出:“有始者,有未始有有始者,有未始有夫未始有有始者。”认为世界有它的开辟之时,有它的开辟以前的时期,也有它的开辟以前的以前的时期。《淮南子·天文训》中还具体勾画了世界

从无形的物质状态到混沌状态再到天地万物生成演变的过程。

在古希腊,也存在着类似的见解。例如留基伯就提出,由于原子在空虚的空间中做漩涡运动,结果轻的物质逃逸到外部的虚空,而其余的物质则构成了球形的天体,从而形成了我们的世界。

太阳系概念确立以后,人们开始从科学的角度来探讨太阳系的起源。1644年,笛卡儿提出了太阳系起源的漩涡说;1745年,布丰提出了一个因大彗星与太阳碰撞导致形成行星系统的太阳系起源说;1755年和1796年,康德和拉普拉斯则各自提出了太阳系起源的星云说。现代探讨太阳系起源的新星云说正是在康德-拉普拉斯星云说的基础上发展起来的。

现代天文学已能揭示天体的起源和演化的历程。当代关于太阳系起源学说认为,太阳系很可能是50亿年前银河系中的一团尘埃气体云(原始太阳星云),由于引力收缩而逐渐形成的。恒星是由星云产生的,它的一生经历了引力收缩阶段、主序阶段、红巨星阶段、晚期阶段和临终阶段。星系的起源和宇宙起源密切相关,流行的看法是:在宇宙发生热大爆炸后40万年,温度降到4000 K,宇宙从辐射为主时期转化为物质为主时期,这时或由于密度涨落形成的引力不稳定性,或由于宇宙湍流的作用而逐步形成原星系,然后再演化为星系团和星系。大爆炸宇宙模型描绘了宇宙的起源和演化史:我们的宇宙起源于200亿年前的一次大爆炸,当时温度极高、密度极大。随着宇宙的膨胀,它经历了从热到冷、从密到稀、从辐射为主时期到物质为主时期的演变过程,直至10亿~20亿年前,才进入大规模形成星系的阶段,此后逐渐形成了我们当今看到的宇宙。1980年提出的暴胀宇宙模型则是大爆炸宇宙模型的补充。它认为在宇宙极早期,在我们的宇宙诞生后约 10^{-36} 秒的时候,它曾经历了一个暴胀阶段。

随着天文学的不断发展,人们已逐步建立了科学的宇宙观,对人类所处的位置及所起的作用有了更清楚的认识。

3. 宇宙学

宇宙学是天文学的一个分支学科,它从整体的角度来研究宇宙的结构和演化,即从大尺度的范围来研究时间、空间的性质,物质及运动的基本规律。由于宇宙问题的特殊性,几千年来,人们对宇宙的探索几乎没有质的突破,以至于宇宙学被不少人看做是不够成熟的学科。

在中国古代,关于宇宙的结构主要有三派学说,即盖天说、浑天说和宣夜说。在古代希腊和罗马,从公元前6世纪到公元1世纪,关于宇宙的构造和本源有过许多学说。如毕达哥拉斯学派的中心火焰说(设想宇宙中心有一团大火焰);阿里斯塔克的日心说;柏拉图的正多面体宇宙结构模型等。进入中世纪后,宇宙学被纳入经院哲学体系,地心说占据正统的地位。16世纪,哥白尼倡导日心说。到17世纪,牛顿开辟了以力学方法研究宇宙学的途径,建立了经典宇宙学。20世纪以来,由于先进的探测技术和大量观测资料的出现,加上现代物理学的日益发展,产生了现代宇宙学。现代宇宙学不仅十分活跃,而且在许多方面取得了令人信服的成就。

从古代到中世纪,人们对于宇宙的认识充满了科学与宗教、唯心主义与唯物主义的斗争。其重要的表现之一就是日心说与地心说的斗争。进入16世纪,随着观测技术的

进步,地心体系的错误日益暴露。波兰天文学家哥白尼在对行星位置的精确测定和对行星运动规律进行分析的基础上,于1543年发表了名著《天体运行论》,提出了日心地动说的正确思想。由于日心说危及了教会的思想统治,罗马教廷于1616年把《天体运行论》列为禁书,并对宣传日心说的科学家进行公开的、残酷的迫害。然而经过开普勒、伽利略、牛顿等人的工作以及后来的天文观测结果证明,日心体系终于为人们所接受。日心说的胜利被认为是人类认识史上的一次飞跃,它使自然科学从神学中解放出来。

从历史上看,随着时代的发展,作为宇宙学研究对象的天体系统,在深度和广度上不断扩展。古代自然哲学家所讨论的宇宙,不外乎大地和天空。哥白尼在《天体运行论》一书中说“太阳是宇宙的中心”,意味着宇宙实质上就是太阳系。18世纪,天文学家引进“星系”一词,当时这个词在一定意义上说只不过是宇宙的同义语。20世纪以来,天文观测的尺度大大扩展,达到上百亿年和上百亿光年的时空区域。现代宇宙学所研究的课题,就是现今直接和间接观测所涉及的整个天区的大尺度特征,即大尺度时空的性质、物质运动的形态和规律。

事实上,太阳只是太阳系的中心,不是宇宙的中心。1783年,英国天文学家赫歇尔首次通过对恒星运动的分析,发现太阳以约17.5千米/秒的速度朝织女星座附近方向运动,这比哥白尼的日心体系又大大前进了一步。1918年,沙普利建立了银河系的正确模型,太阳仅是银河系中的普通一员,太阳到银河系中心的距离约3万光年。美国天文学家哈勃的工作则证实我们所处的银河系也只是广袤宇宙空间中无数个星系中的普通一员,星系本身又参与到更高层次的运动。至此我们认识到,宇宙处处是平等的,人类所处的地球没有特殊的地位,仅是“沧海中普通的一滴水”而已。

现代宇宙学包括密切联系的两个方面,即观测宇宙学与理论宇宙学。前者侧重于发现大尺度的观测特征,后者侧重于研究宇宙运动学和动力学以及建立本宙模型。

4. 人和宇宙

在无垠的宇宙中,人类究竟处在什么样的地位,这是人们普遍关心的问题,也是人们孜孜探索宇宙本质的重要动力来源。

从20世纪60年代开始,由于人择原理的提出和讨论,出现了人类存在和宇宙产生的关系问题。人择原理认为,可能存在许多具有不同物理参数和初始条件的宇宙,但只有物理参数和初始条件取特定值的宇宙才能演化出人类,因此我们只能看到一种允许人类存在的宇宙。人择原理用人类的存在去约束过去可能有的初始条件和物理定律,减少它们的任意性,使一些宇宙学现象得到解释,这在科学方法论上有一定的意义。但有人提出,宇宙的产生依赖于作为观测者的人类存在,这种观点值得商榷。现在根据暴胀模型,那些被传统大爆炸模型作为初始条件的状态,有可能从极早期宇宙的演化中产生出来,而且宇宙的演化几乎变得与初始条件的一些细节无关。这样就使上述那种利用初始条件的困难来否定宇宙客观实在性的观点失去了基础。但有些人认为,由于暴胀引起的巨大距离尺度,使得从整体上去观测宇宙的结构成为不可能。这种担心有其理由,但如果暴胀模型正确的话,随着科学实践的发展,一定有可能突破人类认识上的困难。

(二) 宇宙模型

1. 宇宙模型的概念

宇宙模型是指对观测可及的大尺度时空结构和物质演化的统一的理论描述。现代宇宙模型主要有:牛顿无限、静止宇宙模型;爱因斯坦静态模型;弗里德曼宇宙模型;稳恒态宇宙模型和大爆炸宇宙模型。宇宙模型都是建立在一些简化了的假设之上的。这些假设在大尺度范围内是否正确,要看这一宇宙模型能否解释观测到的事实,能否经受住新发现的考验。

以牛顿引力理论和欧氏几何学为基础的宇宙模型,由于星系红移、奥伯斯(光度)佯谬现象的挑战,早在20世纪20年代已被新一代的宇宙模型所取代。目前最流行的两大宇宙模型是有演化的弗里德曼宇宙模型和无演化的稳恒态宇宙模型。两者都以哈勃定律为前提,但前者的理论基础是宇宙学原理和爱因斯坦引力场方程。一般认为,演化宇宙模型能较好地说明一系列观测事实,如微波背景辐射、射电源计数等。

2. 有限无边的静态宇宙模型

1692年,牛顿根据他的万有引力理论,提出了“无限均匀的宇宙模型”,第一次在自然科学的基础上描绘了宇宙图景:空间平直无限,时间无始无终,天体无数且均匀分布。牛顿开辟了以力学方法研究宇宙的途径,建立了经典宇宙学。至今,牛顿的宇宙模型在一般人的心目中仍然有着重要地位。

但是,牛顿的这种宇宙模型与他自己的理论体系产生了矛盾。根据牛顿力学原理计算,无限大的空间均匀地分布着无限多的天体,那么宇宙的每一点的引力强度就会变得无限大,这就是说宇宙的任何一个物体都会受到无限多恒星的无限大引力的作用,产生无限大的加速度,比如我们地球就会受到如太阳般无限多恒星的吸引,以超过光速的极大速度飞离现在的轨道,这显然与事实不符。另外,按照牛顿的宇宙理论,我们在任何方向上都应当看到无限多个像太阳那样灿烂夺目的恒星,即使在夜晚,夜空中没有了太阳,但还是有数不清的星星在闪耀,就会出现黑夜与白天一样亮的情况。然而实际生活中绝不会出现此种情况。这些问题和看法是德国物理学家西利格尔和奥伯斯提出的,通常称作“西利格尔(引力)佯谬”和“奥伯斯(光度)佯谬”,他们指出了牛顿宇宙论的缺陷和不足。

1917年,爱因斯坦在《普鲁士科学院会议报告》上,发表了《根据广义相对论对宇宙学所作的考查》一文,提出了一个“有限无边静态宇宙模型”。爱因斯坦首先针对牛顿宇宙模型的困难,作出了两个基本假定,一个是各向同性的假定,即宇宙从大尺度上来看,在任何假定时刻,对各个方向所观测的结果都是一样的;另一个是均匀性假定,即宇宙从大尺度上来看,天体的分布是均匀的,星系的平均密度、光度和相互间的距离都是一样的。这两个假定也称为宇宙学原理。

爱因斯坦通过计算,得出宇宙空间应弯曲成一个封闭的区域,它有一定的直径,也有一定的体积,但是没有边界,因为球面有固定的面积,而它的面积是没有边缘的。这就是有限无边的来源。所谓静态,是说宇宙在小范围内有运动,但从大范围来看则是静止

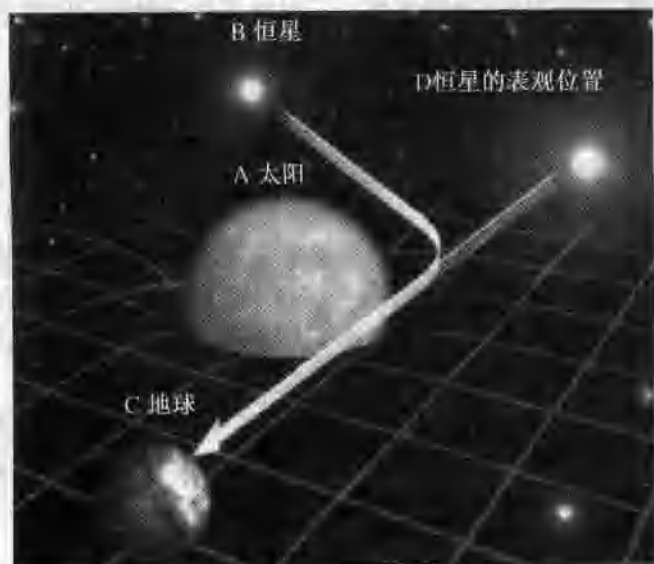


图3 空间弯曲

的。根据这个图景,在宇宙任何一点上发出一道光线,将约在 100 亿年后返回它的出发点。换句话说,如果我们有一架可以看到任意远处的望远镜,我们最终看到的是自己的后脑勺。

爱因斯坦《根据广义相对论对宇宙学所作的考查》一文的发表,开创了现代宇宙学研究的先河。爱因斯坦坚持广义相对论,认为物质分布决定空间的几何性质,进而决定天体的运动,这显然比牛顿的理论前进了一步。

然而爱因斯坦的宇宙理论也包含着矛盾。宇宙是否有限有待研究,静态的观点显然是错误的,至于等效原理(在任何一个时空点,一定存在局部惯性系,即引力可以局部地消除或抵消)只有在均匀引力场的条件下才能成立。可是天体周围的引力场并不是均匀的,如地球上重物下落的方向并不是完全平行的,所以建立在等效原理基础上的空间弯曲的理论就必然有它的局限性。

3. 动态的膨胀宇宙模型

按照爱因斯坦原先建立的关于宇宙时空的场方程,是不可能得到一个静态的解的。也就是说,我们宇宙的大小是变化的。但爱因斯坦认为,这样的宇宙是不和谐的、不完善的。为了得到静态的解,爱因斯坦在他的引力方程里插入一个所谓的“宇宙项”,并明确指出,之所以需要这个宇宙项,只是为了使物质的准静态分布成为可能。1929 年,发现哈勃定律后,爱因斯坦很后悔加进了这个宇宙项。

1917 年,荷兰天文学家德西特在他的论文《爱因斯坦的引力理论及其天文学影响》中也提出了一个静态的宇宙模型,认为宇宙的空间并不随时间变化而变化,这与爱因斯坦的观点是一致的,不同的是,他又认为宇宙的物质有运动,不过物质的平均密度趋近于零。德西特认为,在这种宇宙内存在着某种斥力,河外星系在此斥力作用下普遍退行,产生星系光谱的红移现象。哈勃认为,德西特模型促使天文学家注意到红移与距离的关

系。但是,如果说爱因斯坦的宇宙模型是一个只有物质没有运动的模型,那么德西特的宇宙模型是一个有运动而无物质的空虚宇宙模型。

1922年,俄国科学家弗里德曼放弃了爱因斯坦人为插入的宇宙项,重新采用原来的广义相对论的引力方程,求得了均匀的、各项同性的宇宙的动态时空度规。这个解反映了宇宙的膨胀特性。同时,弗里德曼认为,宇宙物质平均密度不为零。如果宇宙物质的平均密度小于某个临界值,宇宙将在空间上永远而无限地膨胀下去;如果宇宙物质的平均密度大于某个临界值,物质产生的引力场使宇宙收缩、弯曲,甚至回到原来的地方,形成一个无边有限的动态宇宙——弗里德曼宇宙模型。弗里德曼等人还预言,宇宙的膨胀会表现为天体间的一种离散运动,离散的速度与离散的距离成正比。后来,这一预言被哈勃等人的发现证实了。

1914年,美国天文学家斯莱弗在对光谱作了多年研究后,发现星系谱线的红移现象,即光谱向长波方向——红端移动。斯莱弗根据谱线红移对15个星系进行视向速度的研究,发现有13个星系正退离我们向远处运动,并且全都以每秒数百千米的高速飞驰远去。

1929年,美国天文学家哈勃进一步分析研究了新的观测结果,确定了星系红移和距离之间的线性关系。哈勃指出,一个星系的退行速度同这个星系离我们的距离成正比,呈现有规律的增长。也就是说,离我们越远的星系,远离我们的速度越快。这个规律被称作哈勃定律。

这里需要强调的是,哈勃定律并不说明地球、太阳系或银河系是宇宙的中心,相反地,在任何星系上都可以看到其他星系远离它们而去,任何一个星系都没有特殊的地位,宇宙是均匀的、各向同性的。这就好比有一个表面上画着许多小点的气球,当气球膨胀时,气球表面的各个小点便四散分开,每一个小点不管在哪个位置结果都完全相同。各星系的运动,就仿佛宇宙在像气球那样膨胀着。

斯莱弗和哈勃的发现反映了宇宙的膨胀图像,而且正好同膨胀宇宙模型的预言相符合。膨胀的动态宇宙模型逐步为天文学家们所接受。在这种情况下,爱因斯坦不得不放弃了他的宇宙项和静态模型,承认弗里德曼的工作是正确的。后来每当谈起此事,爱因斯坦总是深感懊悔,甚至说这是他一生中“最大的失误”。但不管怎么说,动态的宇宙模型还是建立在爱因斯坦引力方程基础上的,爱因斯坦对现代宇宙学的贡献是谁都不能否认的。

(三) 大爆炸宇宙学说

1. 大爆炸宇宙学说

当宇宙是膨胀的观点逐渐被人们接受的时候,又出现了新的问题:宇宙为什么会膨胀?宇宙是如何膨胀的?宇宙膨胀的结果是什么?这样就又有宇宙的起源问题。最容易而且顺理成章的解释是:宇宙膨胀是最初一次爆炸的结果。这样,大爆炸宇宙学说就被提了出来。

最早对大爆炸宇宙学说做出贡献的是英国天文学家爱丁顿,他把哈勃的发现与宇宙膨胀理论联系起来,提出了大量的观测数据。1932年,比利时天文学家勒梅特在爱丁顿

工作的基础上,探讨了宇宙起源问题,提出一个宇宙起源于“原始原子”的假说。他认为在 50 亿~100 亿年以前,一切物质起初大概都来自一个极端致密的“原始原子”,或称“宇宙蛋”,由于剧烈的放射性衰变的原因,这个“宇宙蛋”发生了猛烈的爆炸,于是就诞生了我们现在所看到的这个宇宙。

1948 年,美籍奥地利物理学家伽莫夫把基本粒子同宇宙学联系起来,提出热宇宙大爆炸学说。他把勒梅特的“原始原子”改为“原始火球”,认为宇宙起始于高温高密状态的“原始火球”,物质以基本粒子形态出现,在基本粒子的相互作用下,“原始火球”发生爆炸,并向四面八方膨胀。

大爆炸宇宙模型的主要观点是:我们的宇宙曾有一段从热到冷,物质密度从密到稀的演化历史。这一从热到冷、从密到稀的演化过程如同一次规模巨大的爆发。

根据大爆炸宇宙模型的基本观点,宇宙大爆炸的整个过程是:在宇宙的早期,温度极高,大约在 100 亿摄氏度以上,物质密度也相当大,宇宙间只有光子、中微子、电子、极少量的质子、中子以及它们的反粒子等形态的物质。随着整个体系的不断膨胀,温度很快下降。当温度降到 10 亿摄氏度左右时,中子开始失去存在的条件,它要么发生衰变,要么与质子结合成氢、氦等元素。化学元素就是从这一时期开始形成的。温度进一步下降到 100 万摄氏度后,早期形成化学元素的过程结束。宇宙的物质主要是质子、电子、光子和一些比较轻的原子核。当温度降到几千摄氏度的时候,辐射减退,宇宙间主要是气态的物质。气体逐渐聚集成气体云,再进一步形成各种各样的恒星体系,成为我们今天看到的宇宙。

膨胀的宇宙由于宇宙内物质间万有引力的制动作用,膨胀速度一定会愈来愈小。速度变化的具体情况可通过求解爱因斯坦引力场方程得到。理论分析表明,宇宙演化的去向有 3 种可能:第一种可能是,宇宙间的物质相当多,减速效果很明显,经过一段时间之后膨胀速度就会减到零,然后变成收缩,最后又收缩成一点,这种宇宙叫做封闭的宇宙;第二种可能是,如果宇宙间物质过少,减速作用永远不能制止膨胀,宇宙就会一直膨胀下去而没有尽头,这种宇宙叫做开放的宇宙;而第三种可能则介于前面两者之间,处于临界状态,膨胀速度逐渐趋于零,这种宇宙叫做临界宇宙。因此,宇宙中物质质量的多少、密度的大小直接关系到宇宙的现状和未来。

从 20 世纪 30 年代开始,科学家发现用光度学方法和用动力学方法测出的天体质量相差很大。如 1933 年,茨维基宣称他测出的星系团的动力学质量是光度学质量的 400 倍。1936 年,史密斯测出的室女星系团的动力学质量是光度学质量的 200 倍。因此,有的科学家就提出:宇宙中有一种暗物质,它遵守牛顿动力学定律,所以用动力学方法可以测出它的质量;但因为它“暗”,所以用光度学方法就测不出它的质量。据他们估计,宇宙中的物质有 90% 以上是暗物质,宇宙基本上是“暗宇宙”。

2. 宇宙形成学说的困难和发展

从大爆炸宇宙模型提出以来,已经有了一套比较完整的理论体系。与其他宇宙模型相比,它能够较好地解释诸如宇宙的年龄、星系红移、氦丰度、微波背景辐射等观测事实,甚至一些定量的描述也与观测数据符合得较好。因此大爆炸学说成为现代宇宙学中最有影响的一种学说,在宇宙学乃至整个科学界产生了“爆炸性”的影响,并将现代宇宙学

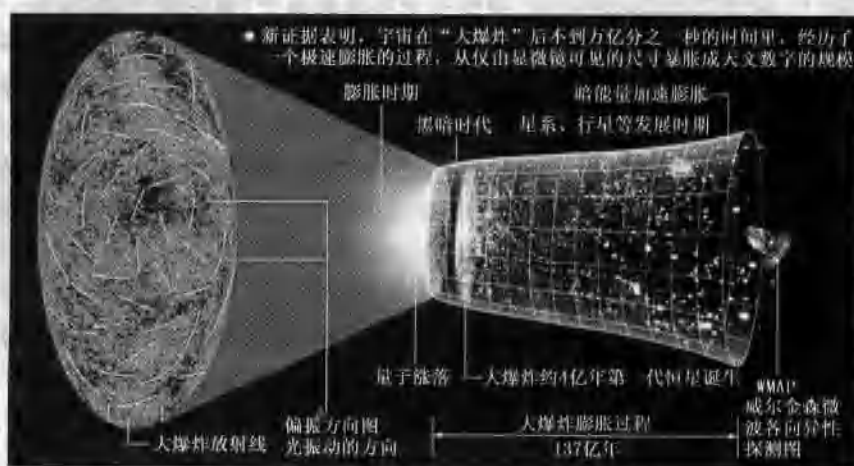


图4 宇宙大爆炸示意图

向前推进了一大步。

但是,在20世纪70年代后期,大爆炸宇宙模型就表现出并不总是能够称心如意地解释宇宙的某些现象了。这些难题包括人们常常提及的宇宙视界问题、宇宙平直性问题以及奇点问题等。

(1) 宇宙视界问题。大爆炸宇宙的视界问题是指任何观测者只能看见宇宙的有限部分。由于光线的传播需要时间,我们看到的遥远天体,必定是它们从前的样子。我们向空间看得越远,我们在时间上就看到了更早的过去。这就在空间与时间上为我们可观测的宇宙范围限定了一个边界,我们将不可能看到远在这个边界之外的任何东西,这个边界就称为视界。视界本身并不成为问题,成问题的是宇宙早期的视界极其微小。如果对膨胀效应进行回溯,目前我们宇宙的视界半径约等于150亿光年,与之对应的宇宙年龄就是150亿年。也就是说,当宇宙年龄为30万年时,视界半径也只有30万光年。由于此时宇宙已经变得对光子透明,所以能够看到的就是年龄为30万年的宇宙范围。我们那时从地球上应当能够看见彼此位于各自视界之外的许多区域。著名的宇宙背景辐射,实际上乃是宇宙在年龄为30万年时发射出来的光芒。实际上,视界的大小乃是大爆炸以来光线传播过的距离。但光线跑过1年的距离,宇宙年龄真的就会增加1岁吗?在一个膨胀着的宇宙中旅行会造成一种意外的结果:距出发点的实际距离实际上大于已经走过的距离,这是因为膨胀使已经走过的距离继续保持伸长。在年龄150亿年的宇宙中,光线从大爆炸起点传播过的距离就应当是150亿光年。然而,由于膨胀,那时离开起点距离及视界的大小已差不多达到450亿光年之遙了。

(2) 宇宙平直性问题。我们知道有3类曲率不同的大爆炸模型:曲率 $K=0$,为平面形; $K=1$,为球形; $K=-1$,则为马鞍形。膨胀会使曲率衰减,但曲率的衰减比物质密度的降低和辐射的衰减更加缓慢。这意味着平直模型是不稳定的。这一结果与我们观察到的宇宙接近平直的事实相互抵触。观测结果表明,物质和曲率对膨胀产生的影响,怎么说也应当具有相同的数量级。这就是宇宙大爆炸理论遭遇到的平直性难题。

(3) 奇点问题。大爆炸模型对膨胀着的原始星云是如何凝聚成各级天体,特别是它

开始时的奇点问题的存在难以解决,所以这个学说遇到了困难。所谓奇点问题,是说从膨胀着的宇宙倒推回去,将会在 10^{10} 年前得到一个温度和密度为无限大而半径为 0 的奇点状态,这是一个数学奇点。这个奇点是温度、密度、时空曲率等物理量均为无穷大的奇异状态,这个无穷大状态是现有物理理论还无法理解和处理的问题。如果这个奇异状态是宇宙存在过的现实状态,那么奇点之前宇宙是否存在? 大爆炸学说的这些困难只有通过对于宇宙极早期的深入研究才能得到解决。

针对大爆炸宇宙模型的困难,一些科学家提出了“暴胀宇宙论”。这种暴胀宇宙模型认为,宇宙是从 100 亿~150 亿年前的一个密度极大和温度极高的“原始火球”开始的,从那时起便一直在膨胀和冷却,在宇宙 10^{-30} 秒后的所有时间内,暴胀宇宙模型与大爆炸宇宙模型的描述是完全一致的,而在开始的 10^{-30} 秒的瞬间却存在极大的差异。按照暴胀宇宙模型,宇宙有过一个急剧膨胀的短暂时期,在此期间宇宙直径的增大比过去认为的要大 10^{50} 倍以上,宇宙中所有物质和能量可能就在这惊人的暴胀过程中从虚无中产生的。如果暴胀宇宙模型是正确的话,那么我们现在观察到的宇宙便仅仅是整个宇宙非常小的一部分。

有些宇宙学家认为,我们的宇宙是惟一的宇宙;宇宙大爆炸不是在宇宙空间的哪一点爆炸,而是整个宇宙自身的爆炸。但是,新提出的暴胀模型表明,我们的宇宙仅是整个暴胀区域非常小的一部分,很有可能这个暴胀区域是一个更大的始于无规则混沌状态的物质体系的一部分。这种情况恰如科学史上人类的认识从太阳系宇宙扩展到星系宇宙,再扩展到大尺度宇宙那样,今天的科学又正在努力把人类的认识进一步向某种探索中的“暴胀宇宙”、“无规则的混沌宇宙”推移。我们的宇宙不是惟一的宇宙,而是某种更大的物质体系的一部分,大爆炸不是整个宇宙自身的爆炸,而是那个更大物质体系的一部分的爆炸。因此,有必要区分哲学和自然科学两个不同层次的宇宙概念。哲学宇宙概念所反映的是无限多样、永恒发展的物质世界;自然科学宇宙概念所涉及的则是人类在一定时代观测所及的最大天体系统。两种宇宙概念之间的关系是一般和个别的关系。随着自然科学宇宙概念的发展,人们将逐步深化和接近对无限宇宙的认识。弄清两种宇宙概念的区别和联系,对于坚持马克思主义的宇宙无限论,反对宇宙有限论、神创论、机械论、不可知论、哲学代替论和取消论都有积极意义。

暴胀宇宙模型虽然能给解决大爆炸宇宙模型中的奇点问题带来希望,但是它自身也存在一个很大的困难,暴胀宇宙模型提出从虚无中产生物质和能量,这直接与质能守恒定律发生了矛盾。要知道,按照质能守恒定律,物质是绝不能无中生有的。正因为这样,一些科学家也提出了与大爆炸学说不同的其他宇宙模型。

1948 年,英国天文学家邦迪和戈尔德提出了一种新的宇宙模型,后来由另一位英国天文学家霍依耳加以发展和推广,这就是“稳恒态宇宙模型”。这是一种不断创造的宇宙。他们赞同星系在退离而去,宇宙在膨胀。当最远的星系达到光速时,那些星系便无法来到我们这里,于是可以说它们离开了我们的宇宙。但是,当我们宇宙里的星系和星系团四散离去的时候,又有新的星系不断地在老的星系中间形成。每有一个星系越过宇宙的光速边缘消失掉,就有另一个星系加入到我们之中。因此,宇宙维持着稳恒状态,空间中星系的密度总是保持不变。

当然,这个过程中必须有新的物质不断产生出来,才能替代那些离去的星系。邦迪等人认为,这些产生新物质的能量可以从膨胀的能量中取得,换句话说,宇宙可以膨胀得比不形成物质时稍微慢一点,这样,消耗那不断注入膨胀中的能量,就可以制造出新形成的物质来。另外,这些新物质所需的产生率极低,在10亿升那么大的空间范围内每年只需要形成一个氢原子就够了。就我们现在拥有的仪器来说,这样微小的物质产生率是无法探测到的。

邦迪等人的宇宙理论也有一个问题,如果宇宙稳恒态的观点是正确的,那么宇宙就应当处处都完全一样,这既不符合演化理论,也与观测到的某些事实不一致。后来,还有些科学家提出了对称宇宙说,认为宇宙存在着一个与我们总星系不同的、处在收缩之中的、由反物质组成的反宇宙世界,不幸的是我们很难在望远镜中看清那些非常遥远的星系,从而来判断、证实他们的理论。我们期待着科学和技术的发展能彻底揭开宇宙之谜。

二、星 系

(一) 星系的形态与结构

1. 星系、河外星系、总星系

(1) 星系。每当人们遥望星空时,横贯天际、蔚为壮观的银河总能让人欣然神往,思绪万千。如果仔细观察的话,我们能够看出银河实际上是由许许多多颗星星组成的。在天文学中,把这种由几十亿颗甚至几千亿颗恒星以及星际气体和尘埃物质等构成,占据几千光年至几十万光年的空间天体系统称作星系。

自17世纪望远镜发明以后,人们陆续观测到一些云雾状的天体,称之为星云。18世纪,德国的康德、瑞典的斯维登堡和英国的赖特都曾猜想这些云雾状天体是像银河系一样由星群构成的宇宙岛(即把宇宙比作海洋,星系比作岛屿),只是因为太遥远,而不能分辨出一颗一颗的星来。但是它们到底有多远,直到20世纪才找到线索。

1917年,美国天文学家里奇在威尔逊山天文台所拍摄星云NGC6946的照片中发现了一颗新星。随后柯蒂斯也有类似的发现。因为这些新星极其暗弱,他们认为星云应该极其遥远,是银河系以外的天体。

(2) 河外星系。银河系外还有没有天体?这在很长一段时间内是人们争论不休的一个问题。

1924年,美国天文学家哈勃用威尔逊山天文台的2.5米大望远镜清晰地把仙女星云的边缘分解为单个的恒星,并利用标准量天尺——造父变星,计算出了仙女星云的距为80万光年(现在的数据为220万光年),终于肯定了它们是银河系以外的天体系统,于是称它们为河外星系,简称星系。

目前,用光学望远镜能观测到的星系约10亿个,而整个宇宙拥有的星系大概为数千亿个。不过,由于距离太遥远,它们看起来远不如银河那么壮丽。借助望远镜,它们看起来还只是像朦胧的云雾。离咱们银河系最近的星系——大麦哲伦星云和小麦哲伦星云,距离我们银河系也有十几万光年。可见,银河系不过是宇宙中一个普通的星系。