

探索宇宙的奥秘

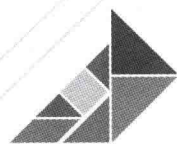
现代宇宙学

(第2版)

吴大江 编著



清华大学出版社



现代 宇宙学 (第2版)



吴大江 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书介绍了宇宙学中一些最基本的知识、一些著名宇宙学家的创新思维和突出贡献,以及自然科学的一些研究方法。其主要内容包括神秘的宇宙、漫话地心说、漫话日心说、经典力学的建立和牛顿经典宇宙学、时空观的革命、膨胀的宇宙、宇宙大爆炸理论、恒星的形成与演化、暗物质和暗能量之谜。

本书还配备了多媒体课件、电子教案、题库和视频等教学资料,供授课教师使用。

本书可以作为高等院校各专业学生的科学素养教育通识教材,也可以供有兴趣的读者参考学习。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

现代宇宙学/吴大江编著.—2版.—北京:清华大学出版社,2015

ISBN 978-7-302-38776-3

I. ①现… II. ①吴… III. ①宇宙学—青少年读物 IV. ①P159-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第286444号

责任编辑:张龙卿

封面设计:徐日强

责任校对:袁芳

责任印制:何芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795764

印 装 者:北京鑫丰华彩印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:210mm×285mm 印 张:14 字 数:373千字

版 次:2013年2月第1版 2015年4月第2版 印 次:2015年4月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:45.00元

产品编号:062109-01

前言

我们生活在一个奇妙无比的宇宙中,只有凭借我们非凡的想象力才能鉴赏宇宙的年龄、尺度、狂暴甚至美丽。在这个极其广袤的宇宙中,我们人类所处的地位似乎微不足道。绚丽的宇宙总是带给人们无穷无尽的遐想。美丽的流星雨、罕见的日全食、偶尔出现的彗星与木星相撞,以及神秘的外星生命、宇宙大爆炸与黑洞等,一次又一次将我们的注意力引向天空,探索茫茫宇宙的奥秘已成为许多人一生的梦想。诺贝尔物理学奖得主查理德·费曼说过:我们有幸生活于仍在进行发现的年代。这正如发现美洲一样——你只能发现一回。我们生活的年代正是我们发现自然基本定律的年代。今天,我们正前所未有地了解宇宙的本质。

宇宙学(cosmology)就是从整体的角度来研究宇宙的结构和演化的学科。自古宇宙的结构就是人们关注的对象,历史上曾出现过各种各样的宇宙学说,中国的如浑天说、盖天说和宣夜说;其他的如古希腊阿利斯塔克的日心说、《圣经》的创世说、统治中世纪欧洲一千多年的地心说、16世纪波兰哥白尼的日心说等。中国历史上的思想家非常重视对自然的观察和对自然规律的研究。

古代的哲人、先贤们凭借简单的观察和直觉对自然进行猜想和思辨,并确认宇宙万物有共同的本源。古人曾努力尝试理解宇宙,但是当时还没有产生我们所知道的数学和科学。后来在牛顿力学创立以后,建立了经典宇宙学,从此,宇宙学从哲学和神学中解放出来。21世纪的今天,我们拥有强有力的工具:诸如数学方法和其他科学工具,以及计算机和太空望远镜等先进的高科技产品。科学家借助这些工具,在分析大量天文观测资料、用大型计算机进行庞大信息的处理和现代物理学(相对论和量子力学)的基础上,创建了现代宇宙学。

关于宇宙,我们究竟知道什么?并且我们如何可以得到这些知识呢?宇宙从何处来?它又向何处去?宇宙有一个开端吗?如果有,在此之前发现了什么?时间的本质是什么?它会到达一个终点吗?我们能在时间中返回到过去吗?物理学中最新的突破,使我们有可能为其中一些悬而未决的问题提供答案,而新技术是实现这些突破的部分原因。对我们而言,这些答案有朝一日会变得像地球绕太阳公转那么平常。

现代宇宙学是当代物理学的前沿和物理文化灿烂辉煌的壮丽诗篇。宇宙是包罗万象的,对这么一个最大的研究对象,完全用物理学的规律、用物理学的知识来研究,能够达到什么程度?事实上现在已经达到相当可观的程度了,并得到了一些相当精确的结果。物理学作为当今科学技术发展中的一门基础学科,一系列重大发现或发明都是人文社科知识和科学两方面相互融合后所创造出的成果,它充分体现了物理学的真、善、美。物理学是充满生机的、富有技术创新力的科学,可以说物理学史就是一部创新史。物理学的萌芽、产生与不断发展无不依赖于创新。从古代的亚里士多德、阿基米德,到经典物理学中的伽利略、牛顿,再到近代物理学中的普朗克、爱因斯坦,他们在推动物理学的发展、丰富物理学的内容时,无不凭借人类的创新智慧。

中华民族正在东方大地崛起,整个国民素质有待提高。国民科学文化素养的高低,反映了一个国家和民族竞争力的强弱。只有社会公众懂得科学、数学和技术,培养出科学思维的习惯,科学技术在改善生活质量方面的潜力才能发挥出来;如果人们没有科学素养,对一个更美好的世界的期望就会落空。全民科学素养的提高应建立

在科学教育的基础上,让青年人了解自然科学在人类文明中的作用,了解人类文明在宇宙演化中的位置,会大大开阔他们的眼界,提高他们学习的兴趣,让他们了解到物理学不断发展、激动人心的内容;在人类文明的宏大背景下,带领他们进入物理学的殿堂,这样能让他们认识到物理学与人类文明之间的依存关系和相互影响。

本书介绍了宇宙学中一些最基本的知识、一些著名宇宙学家的创新思维和突出贡献,以及自然科学的一些研究方法。在了解宇宙学发展史中一些重大发现的内容和意义的基础上,让大家思考哲学思想对科学发展的指导意义,思考什么是这些著名科学家的成功之路,应该向他们学什么,并思考自然科学中的一些研究方法在科学研究中的价值。同时,要激发和培养人们对科学文化的兴趣,在学习科学文化的同时,还要对科学家有所了解,例如,他们生活的年代、家庭和时代背景,他们不平凡的经历和奇闻趣事,他们是怎样成为科学家的,他们的主要成就、各自的重大科学发现的曲折过程和对科学发展的贡献,他们同其他科学家之间的关系,等等。为了增加本书的可读性和趣味性,在保持历史真实性的前提下,书中还穿插了一些小故事和一些自然奇观,并选配了相关的图片。

笔者撰写这本书的目的是让大家分享探索宇宙奥秘的乐趣。希望广大读者能在轻松、愉快的情况下读完本书并有所收益。也希望有志于自然科学和社会科学的年轻人从书中得到一些启发,增强自己科学研究的能力。青年是科学发现的主力军,“江山代有人才出,各领风骚数百年”,值此中国日益变得富强之际,青年人不应妄自菲薄,而应无愧于时代,为创建民族更大的辉煌,为人类文明的进步和发展作出自己的一份贡献。“士不可以不弘毅,任重而道远。”

本书的写作过程中,得到了北京师范大学珠海分校各级领导和同人的大力支持,并参阅了兄弟院校有关资料,在此表示衷心的感谢。同时,还要特别感谢夫人黄浩琪女士和女儿吴宇梅、吴宇燕的全力支持。

由于编者水平有限,疏漏之处恳请大家批评、指正,并深表感激!

吴大江于北京师范大学珠海分校京师家园

2015年1月

目 录

第一篇 早期的宇宙学

第1章 神秘的宇宙

1.1 古代的宇宙说	4
1.1.1 中国古代宇宙学	4
1.1.2 中国哲学宇宙论	9
1.1.3 古印度的宇宙学	14
1.1.4 西方古代宇宙的各种学说	14
1.2 从太阳系到广阔的恒星世界	17
1.3 有限、无限和静态宇宙引发的佯谬	18
1.3.1 有限还是无限	18
1.3.2 无限和静态宇宙引发的佯谬	19

第2章 漫话地心说

2.1 夜观星空——天象奇观	21
2.1.1 观察星空	21
2.1.2 天象奇观	23
2.2 地理大发现	31
2.3 托勒密的地球中心说	32

第二篇 科学宇宙学的诞生——从哥白尼到牛顿

第3章 漫话日心说

3.1 近代天文学的奠基人哥白尼	40
3.2 哥白尼的《天体运行论》	41
3.3 开普勒行星运动定律	44
3.3.1 第谷·布拉赫的精密观测	44
3.3.2 开普勒	46
3.3.3 开普勒行星运动定律	46

3.3.4 开普勒定律的意义	49
----------------------	----

第4章 经典力学的建立和牛顿经典宇宙学

4.1 伽利略和近代力学的诞生	52
4.1.1 “近代科学之父”伽利略	52
4.1.2 自由落体定律	54
4.1.3 惯性定律	55
4.1.4 力学相对性原理	56
4.2 伟大的科学家、经典物理学理论体系的创立者牛顿	57
4.2.1 经典物理学理论体系的创立者	58
4.2.2 经典物理学的“圣经”	59
4.3 经典力学的建立	59
4.3.1 牛顿运动定律	59
4.3.2 万有引力公式的建立	60
4.3.3 理论预言的实践检验——哈雷彗星的预言和海王星的发现	61
4.3.4 这片空间会荒废吗	63
4.3.5 走下神坛的牛顿	65
4.4 牛顿经典宇宙学	66

第三篇 时间简史——从爱因斯坦、哈勃到霍金

第5章 时空观的革命

5.1 想象比知识重要——科学巨匠爱因斯坦	69
5.2 爱因斯坦的狭义相对论	72
5.2.1 力学相对性原理	72
5.2.2 狭义相对论的基本原理	74
5.3 爱因斯坦狭义相对论时空观	77
5.3.1 同时的相对性	77

5.3.2	物体在运动方向上空间长度缩短——空间长度的相对性	78
5.3.3	物体在运动方向上时间膨胀 (时钟变慢, 时间延缓)	79
5.3.4	近代物理实验的证明	80
5.3.5	爱因斯坦狭义相对论质点动力学	80
5.3.6	谁创建了狭义相对论	83
5.4	爱因斯坦广义相对论	88
5.4.1	爱因斯坦广义相对论的基本理论	89
5.4.2	广义相对论的检验	98
5.4.3	引力波与引力透镜	101

第6章 膨胀的宇宙

6.1	天体距离的测定	107
6.1.1	月球与地球的距离	110
6.1.2	太阳与行星的距离	111
6.1.3	恒星与地球的距离	112
6.2	多普勒效应及红移效应	114
6.3	星系天文学之父哈勃及哈勃定律	117
6.3.1	天文学家爱德温·哈勃	117
6.3.2	发现宇宙膨胀、哈勃定律	124
6.4	膨胀的宇宙	127

第7章 宇宙大爆炸理论

7.1	现代宇宙学的诞生	132
7.2	宇宙大爆炸理论	135
7.2.1	宇宙之始	141
7.2.2	宇宙学原理	142
7.2.3	标准宇宙模型	142
7.2.4	极早期宇宙	145
7.2.5	大爆炸核合成过程	145

7.2.6 大尺度结构的形成和演化	147
7.3 微波背景辐射	148
7.4 新的挑战	151

第8章 恒星的形成与演化

8.1 恒星的形成	156
8.2 恒星的演化	163
8.3 白矮星	165
8.4 中子星	171
8.5 超新星爆发	175
8.6 黑洞	180
8.6.1 科学家的预言	182
8.6.2 黑洞的各种假设	184
8.6.3 黑洞的类型	188
8.7 白洞及虫洞	195
8.7.1 白洞	195
8.7.2 连接宇宙的虫洞——时空隧道	196

第9章 暗物质和暗能量之谜

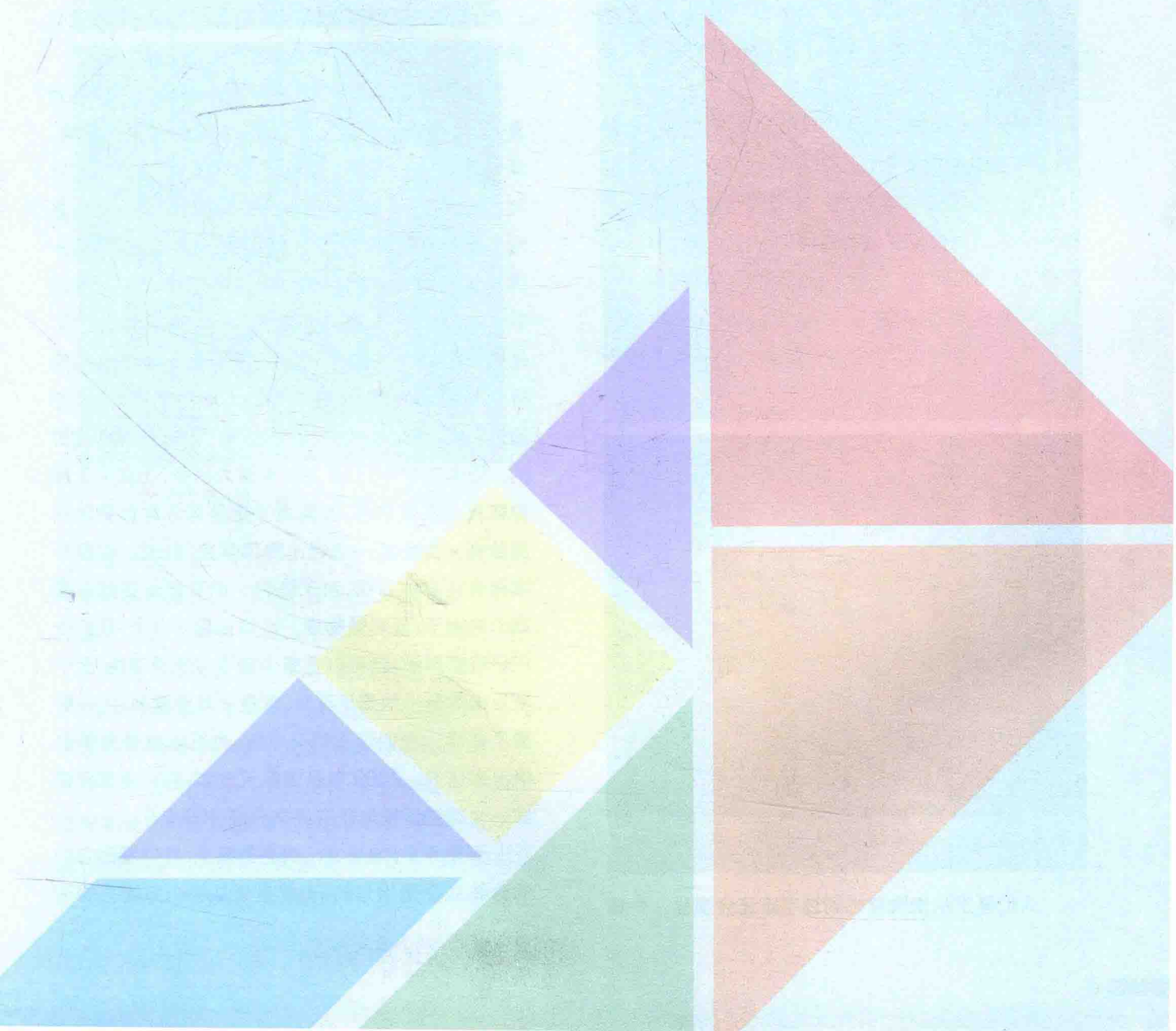
9.1 暗物质存在的证据和迷惑	200
9.2 暗能量存在的证据和迷惑	210
9.3 暗物质、暗能量随宇宙的变化而变化	212
9.3.1 三种膨胀情况	212
9.3.2 平坦性与物质密度的关系	213
9.3.3 精确宇宙学	213
9.4 反引力——一种新的猜想暗能量之谜	214

参考文献



第一篇

早期的宇宙学



第 1 章

神秘的宇宙

太阳、月亮、星星、银河、星系……壮丽而遥远，神秘的宇宙总是让我们产生无限的遐想，引起我们一种强烈的探索宇宙奥秘的欲望。自从盘古开天辟地，人类就没有停止过探索宇宙奥秘的步伐。人类对宇宙的认识从神话、猜想开始，逐步通过观察星空而提出假设，并建立理论来了解季节的来临和气候的变化，再指导农耕生产。

中国古代就有超新星 SN1054 的遗迹——蟹状星云的图像相关记录（图 1-1）。但是，人类理念的进化是极其缓慢和艰苦的。从亚里士多德、托勒密的地心说到哥白尼—伽利略的日心说的演化就花了 2000 年的时间。令人吃惊的是，尽管人们知道世间的一切都在运动，只是到了 20 世纪 20 年代因哈勃发现了红移定律后，宇宙演化的观念才进入人类的意识。

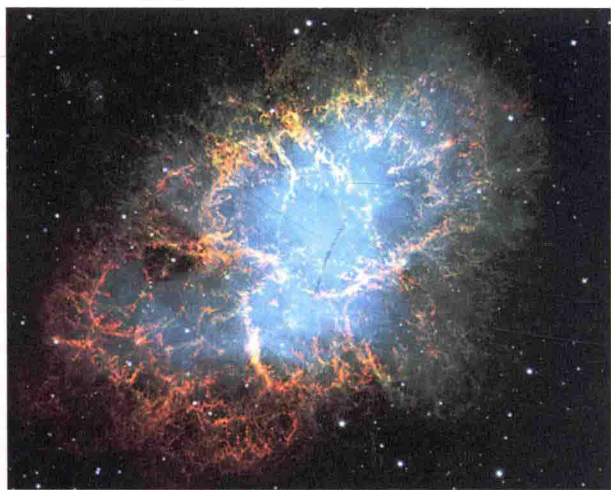


图 1-1 蟹状星云

人们甚至从来没有想到过宇宙还会演化。牛顿

的万有引力定律表明，宇宙的物质在引力作用下不可能处于稳定的状态。即使在爱因斯坦的广义相对论中也仍有迷津，为了得到一个稳定的宇宙模型，爱因斯坦曾将宇宙常数引进理论中。他们都希望在自己的理论中找到稳定的宇宙模型。可见，宇宙演化的观念并不是产生于这些天才的头脑之中。

宇宙是包罗万象的，对这么一个最大的研究对象，完全用物理学的规律、用物理学的知识来研究，能够达到什么程度？事实上，现在已经达到相当可观的程度了，得到了一些相当精确的结果。特别是对宇宙的早期研究已经非常细致，也许会有人问，人类怎么反而会对宇宙的幼年时期研究得如此清楚呢？比如说，我们现在已经知道宇宙的年龄。宇宙是有诞生这一过程的，我们对宇宙的年龄还是了解得相当精确的，今天的宇宙是 137.3 亿岁，误差不超过 2%，而宇宙的早期，比如 38 万岁，是非常重要的。因为对宇宙的 38 万岁有深入研究，而诞生了两位诺贝尔奖获得者，其前提一定是有非常重要的观测数据。费曼是一个理论物理学家，他说：物理学家具有这样的习惯，对于任何一类现象研究其中最简单的例子，就叫做物理。比如说量子力学，我们专门研究氢原子，就可以把整个量子力学弄清楚，至于更复杂的分子的量子现象，就属于其他学科了，叫做量子化学。我们现在研究宇宙，也可以挑最简单的情况来研究。2009 年是国际天文年，它距离伽利略第一次用望远镜来研究天文已经 400 年了。

仰望天空，如果专门选亮的星星，能够看到它们的分布几乎是均匀的，也就是说从各个方面去看天

空,看到亮的星星的密度、数目都差不多。如图 1-2 所示显示了星空中亮星分布的各向同性。

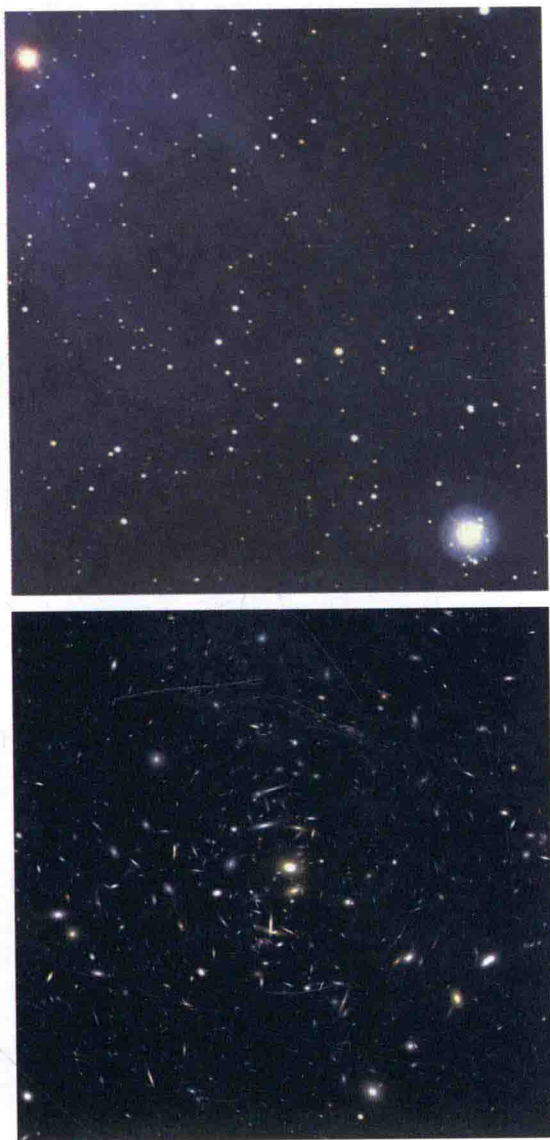


图 1-2 星空亮星分布的各向同性

星系在宇宙中的分布几乎是均匀的,有些地方稍微密集一点,会形成一个星系团,由此形成宇宙学原理。

这是一个很重要的事实,亮的星星是均匀分布的,但如果是暗的星星呢?从地球上,暗的星星可不是均匀分布的,你可以看到暗的星星是集中在一条带子上的(图 1-3),这条带子就是银河系。银河系像饼的形状,长度达 10 万光年,中间高出来一点,厚度为 2000 光年。太阳离银河系中心的距离是 2.5 万光年(图 1-4)。如果我们看星星,亮的星星因

距离较近才显得亮,远的星星是暗的。如果离开地球的距离不超过银河系的厚度,那么四面八方的亮星看起来都是差不多的。但如果看远的星星就不一样了,例如看地球上空的星星,朝一个方向看没有,朝另外一个方向看也没有,但是朝其他方向看又有了。所以我们看远的星星,也就是暗的星星,看到的就是一带子。银河系会是什么样的呢?本来恒星是个点,但是星系是各种各样形状的,我们可以看到许许多多的类似星系,实际上并不是点,而都是有形状的(图 1-5)。其实星系各个方向的星星几乎是一样多的,不是集中在一条带子上。

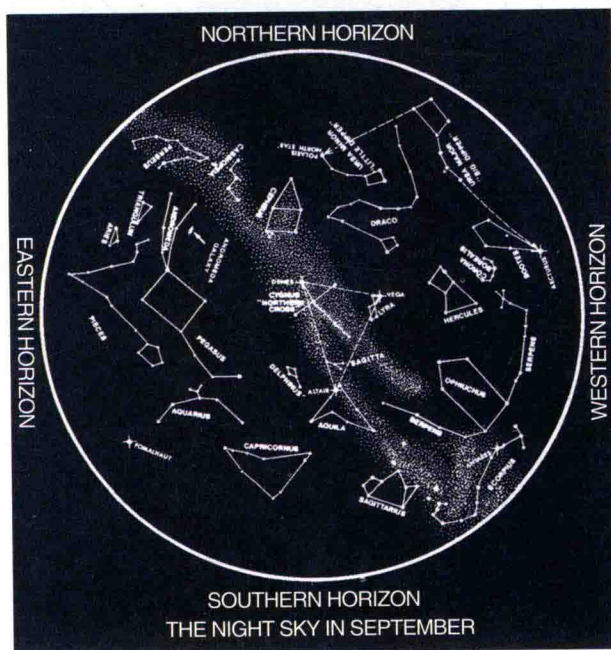


图 1-3 银河系像一条带子

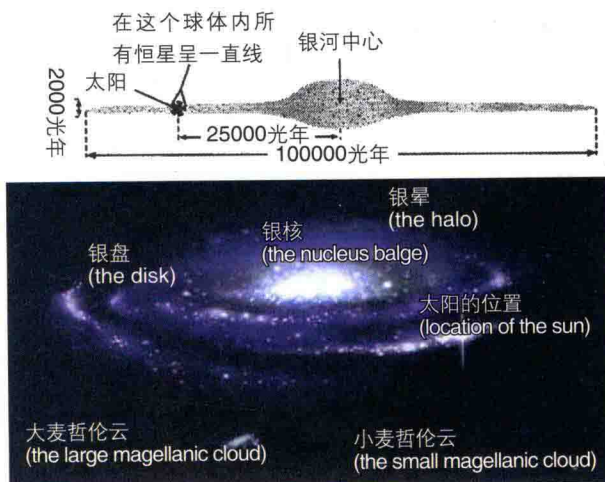


图 1-4 银河系



图1-5 星系

1.1 古代的宇宙说

古时候,人们习惯地把自己居住的地表称为地,相对于地面的空间称为天。有人把天地形成的原因解释为:混沌初开的时候,轻气上升为天,浊气下降为地。站在地面上观察,他们认为:天是圆的如斗笠,地是方的如棋盘,这就是古代有名的“天圆地方说”。唐代诗人李白说:夫天地者,万物之逆旅也;光阴者,百代之过客也。李白把天地比作万物栖身的旅舍,把时间比作匆匆来往的过客。他引出了时间的概念,并把时间和空间巧妙地结合起来,成为一个完整的概念,这就是今天我们所说的宇宙。

宇宙究竟是什么?《淮南子·原道训》注:“四方上下曰宇,古往今来曰宙,以喻天地。”宇宙是天地万物的总称,是无限的空间和时间的统一,“宇”是空间的概念,是无边无际的;“宙”是时间的概念,是无始无终的。茫茫宇宙曾引起古人无尽的遐想,从而产生了许多美丽的传说。比如,盘古开天辟地(图1-6)、女娲炼石补天(图1-7)、牛郎织女鹊桥相会……这些美丽动人的传说,反映了古人对宇宙的认识。



图1-6 盘古开天辟地



图1-7 女娲炼石补天

1.1.1 中国古代宇宙学

中国古代的宇宙学说也可分为宇宙创世学说和宇宙结构学说两部分。中国古代关于宇宙创世学说,与神话传说和哲学思辨混杂在一起,还很难说得上是一种具有数理内容的科学宇宙学说,但这些古

代宇宙创世学说无疑也反映了中国人对于宇宙是怎么来的这个问题的严肃认真的思考。一种在古代比较流行的神话是说自盘古开天辟地之后宇宙得以创生。根据三国时徐整所著的《三五历纪》中的说法：“天地混沌如鸡子，盘古生其中，万八千岁；天地开辟，阳清为天，阴浊为地，盘古在其中，一日九变，神于天，圣于地。天日高一丈，地日厚一丈，盘古日长一丈。如此万八千岁。天数极高，地数极深，盘古极长。故天去地九万里，后乃有三皇。”盘古开天辟地的神话故事是相对晚的，在此前的一些先秦和两汉的文献当中，对宇宙的创生有更多一些偏哲学思辨性的描绘。《老子》中提道：“有物混成，先天地生。寂兮寥兮，独立而不改，周行而不殆，可以为天地母。”

《淮南子·天文训》中的叙述更为详细一点：“天地未形，冯冯翼翼……故曰太昭。道始于虚廓，虚廓生宇宙，宇宙生气，气有涯垠，清阳者薄靡而为天，重浊者凝滞而为地，清妙之合专易，重浊之凝竭难，故天先成而地后定。天地之袭精为阴阳，阴阳之专精为四时，四时之散精为万物。”

在这里我们可以看到，古人认为天地不是一下子创生出来的，它的创生要经历几个阶段。最初的阶段叫做“太昭”，后来才生出“虚廓”，有了“虚廓”才生出“宇宙”，在宇宙中才演化出天地。在张衡的《灵宪》中对这样一个过程有更为具体的阐释：“太素之前，幽清玄静，寂寞冥默，不可为象，厥中惟虚，厥外惟无，如是者永久焉，斯谓溟滓，盖乃道之根也。道根既建，自无生有。太素始萌，萌而未兆，并气同色，混沌不分……如是者又永久焉……于是元气剖判，刚柔始分，清浊异位。天成于外，地定于内……天有九位，地有九域。天有三辰，地有三形……过此而往者，未之或知也。未之或知者，宇宙之谓也。宇之表无极，宙之端无穷。”

张衡的《灵宪》是一篇将近1500字的长文，从宇宙的创生一直说到宇宙的尺度、星辰的排列、天球的运行，是一篇非常重要的古代宇宙学文献。其中一些内容涉及宇宙的结构，可以与他的另一篇文献《浑天仪注》结合起来读。

秦汉之后，思考宇宙创世的仍不乏其人。如朱熹在这个问题上曾经说过：“天地初间，只是阴阳之气。这一个气运行，磨来磨去，磨得急了，便拶许多渣滓。里面无处出，便结成个地在中央。气之清者便为天，为日月，为星辰，只在外常周运转。地便在中央不动，不是在下。”在朱熹的论述中，虽然没有明确说明地与天相比在尺度上是否可以忽略不计，但俨然有西方地心说的影子了。

关于宇宙是否必然有一个创世，这在中国古代也不是没有疑问的。明代董谷在《豢龙子》里写道：“或问天地有始乎？曰：无始也。天地无始乎？曰：有始也，未达。曰：自一元而言，有始也；自元元而言，无始也。”这一段虚拟对话反映了一种相当深刻的宇宙学思想。套用现在的多宇宙理论来理解，就是说对某一个宇宙，譬如我们生存于其中的宇宙，它是有始的。但对于由无限多这样的宇宙组成的宇宙系统来说，却是无始的。明代王夫子在《张子正蒙注·大心篇》中写道：“天地本无起灭，而以私意起灭之，愚矣哉！”在这里王夫子明确提出了宇宙无始无终、不生不灭的观点。这大致与西方现代宇宙学说中的稳态宇宙学说暗合。

随着古人天文知识的积累，开始对天地的结构、天体的存在和运动等提出各种理论，试图对常见的天文现象加以系统化的一致解释。据《晋书·天文志》记载：“古之言天者有三家，一曰盖天，二曰宣夜，三曰浑天。”

1. 中国古代的天文观测

从中国古代文明确立之时起，天学就一直被天子所垄断，是皇家的禁忌。据《国语》、《山海经》等古书记载，在远古的少嗥氏时代，天下混乱，人与神都混杂不分，人人都搞起与上天沟通交往的巫术，于是颛顼帝采取断然措施，任命专职官员掌管天地之事，这就是所谓的“绝地通天”的传说。其最主要的意义是断绝了平民与上天交流的权利，这种权利从此以后就由天子垄断起来，只能由皇家的专职巫覡去施行。

2. 专职天学机构及其日常工作

天学为天子垄断,很自然,天学机构及其直接象征观象台(类似于现代的天文台)也为皇家独占,其他任何地方政权或个人都不能建立,否则就是“犯上作乱”的行为,用现在的话来说就是犯法。但在中国古代历史上,只有一个例外,即北齐的张子信,他可能趁中原长期战乱时在海岛上建立过一个小型天文台,并取得了重要成果。这或许是中国古代唯一可与西方私人天文台相媲美的例子。历代天学机构名称及主要负责人官名变动沿革如下:与现代社会中天文学家的身份截然不同,古代皇家天学机构的负责人及其属吏都是政府官员;天学机构则是中央政府的一个部门,通常在地方上没有常设的下属机构和人员。有时为了特殊的观测任务,则委派临时人员(元、明两代例外)。不过这个部门在理论上的品级却一直不太高,最高是在唐代,曾达到三品左右,最低时在五品左右。天学机构的工作人员主要有三个来源:一是世袭的天文学官员;二是从社会上召集;三是本身有专门的培训。天学机构的主要工作如下:首先是进行天象的观测、记录内容有恒星位置的测定,并编制成星表或绘制为星图;日、月食和掩星观测;行星在恒星背景下的视运动状况;异常天象的观测记录,包括彗星、新星、流星、太阳黑子等。对其中的某些天象还要有选择地向皇帝汇报。其次是观天仪器的研制和管理。最后是修订历法,编算历书历谱并印制颁发。

3. 观测手段与研习——天学仪器与典籍

天学仪器的出现是天文学走向量化的必然结果,只有借助于天学仪器才能精确定量地测定各种天文数据。中国古代的天学仪器大致可分为三类:仪象(浑仪和浑象)、圭表和漏刻。其中浑仪(又名浑天仪,图1-8)、浑象是古代浑天家测气候和演示天象的基本仪器。浑仪是测量天体位置的赤道式仪器。历代制作各不相同,但基本上是由许多同心圆环组成的,中有窥管。测量天体位置是古代天学事务中最为重要的基础性工作,因此,历代对浑仪的制作均是竭尽所能。浑仪何时发明,目前尚难断定。

史籍中最早明确记载浑仪制作的是西汉的落下闳,随后有东汉贾逵、张衡,东晋孔挺,唐代李淳风等。北宋沈括、苏颂等均对浑仪做过不同程度的改进,使它有利于实际观测。而元代郭守敬的简仪则对浑仪进行了革新。

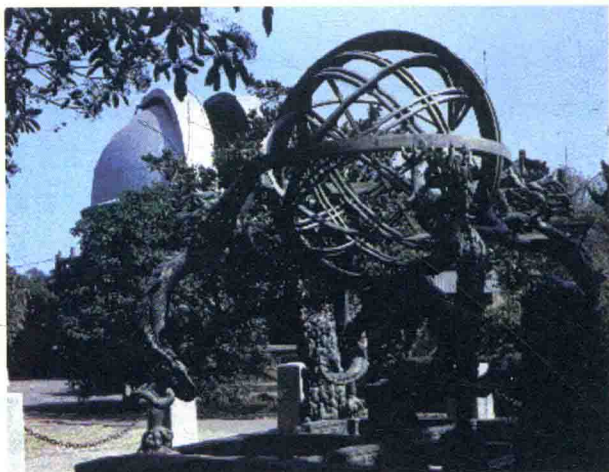


图1-8 浑天仪

如图1-9所示,描绘了古人观天象的场景。



图1-9 古人观天象

浑象是古代浑天家用来演示天球周日运动的仪器,类似于现代的天球仪。其基本结构是一个圆球,在球面上有星辰和黄道、赤道等。汉代的耿寿昌、张衡,三国时期的吴陆绩和王蕃等制作过机械转动的

浑象,最有名的当属唐一行和梁令瓚的开元水运浑天、北宋张思训的“太平浑仪”和苏颂等的元祐浑天仪象(现在统称为水运仪象台)。苏颂曾把整个仪象台的结构、部件的形状、尺寸等写成一份说明书——《新仪象法要》。中国古代最系统、最完整、记载资料最丰富的天学典籍,当首推历代官制中的天学三志:《律历志》、《天文志》、《五行志》。其中有少数几种官史中,这三志的名称稍有变化,但其所述内容仍与传统相符。《五行志》专述该朝灾异、祥瑞的情况,为各地灾异、祥瑞报告的文献汇总;《律历志》是关于该朝律与历的文献汇总;《天文志》所记录的是朝代发生的天文大事、天象记录,以及对应的星占卜辞等。此外,还有重要的星占著作如《开元占经》等,官修大型天学著作如《崇祯历书》等,私家著述如明代朱载堉编著的《圣寿万年历》等。

圭表(图1-10)是一种既简单又重要的测天仪器,它由垂直的表(一般高八尺)和水平的圭组成。圭表的主要功能是测定冬至日所在,并进而确定回归年长度,此外,通过观测表影的变化可确定方向和节气。



图1-10 圭表

圭表由两部分组成：一为直立的标杆,称为表;一为南北方向平放的尺,称为圭。其主要用途是根据日影长短确定每年的夏至日和冬至日,进而推算出一回归年的长度。

漏刻是古代的一种计时工具,漏是指计时用的漏壶;刻是指划分一天的时间单位,它通过漏壶的浮箭来计量一昼夜的时刻。漏刻的计时方法可分为两类:泄水型和受水型。漏刻是一种独立的计时系统,只借助水的运动。漏沙也是一种计时工具

(图1-11)。漏壶的改进是个技术性问题,如张衡、沈括等都对漏壶的改进做过贡献。因为除日常生活中需要准确的时间计量外,天文历法中更要求有精确的时间计量系统。

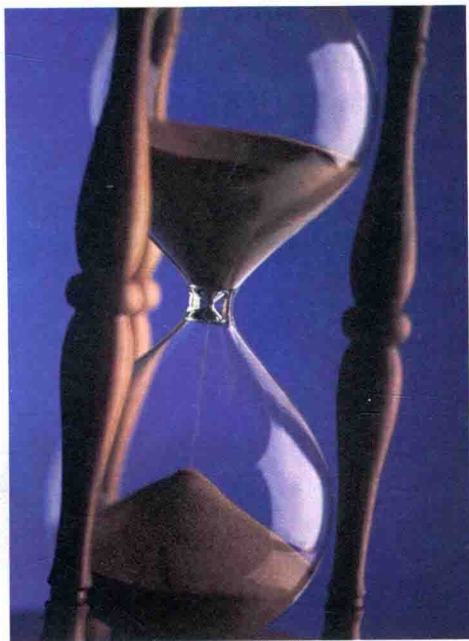


图1-11 漏沙

日晷(图1-12)也是古代的一种计时工具,是利用日影及太阳的位置来测量时间的一种设备,主要由一根投射太阳阴影的指标、承受指标投影的投影面(即晷面)和晷面上的刻度线组成。日晷可以设计在任何物体的表面上,让固定的指针产生阴影来测量时间,因此日晷有许多种不同的形式,基本上可以分为地平式日晷、赤道式日晷、子午式日晷和卯酉式日晷等。

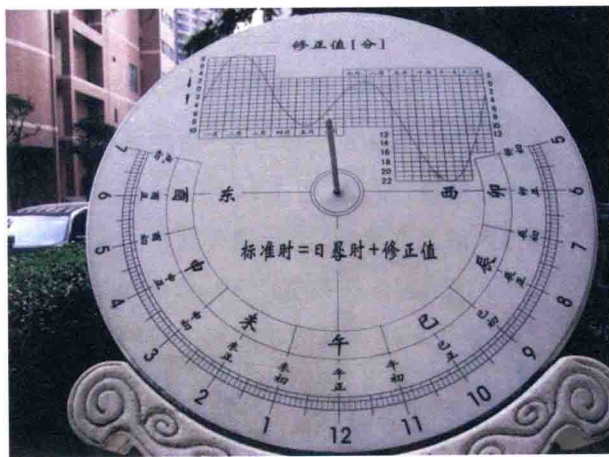


图1-12 日晷

地动仪(图1-13)是汉代科学家张衡的又一传世杰作。在张衡所处的东汉时代,地震比较频繁,据《后汉书·五行志》记载,自和帝永元四年(公元92年)到安帝延光四年(公元125年)的30多年间,共发生了26次大的地震,地震区有时大到几十个郡,引起地裂山崩、江河泛滥、房屋倒塌,造成了巨大的损失,张衡对地震有不少亲身体会,为了掌握全国地震动态,他经过长年研究,终于在阳嘉元年(公元132年)发明了候风地动仪,这也是世界上第一架地动仪。汉章帝在位的时期,东汉的政治比较稳定。到汉章帝一死,继承皇位的汉和帝才10岁,窦太后临朝执政,让他的哥哥窦宪掌握了朝政大权,东汉王朝就开始走下坡路了。



图1-13 地动仪

4. 古代天文学家——张衡

张衡(78—139年),字平子,南阳西鄂(今河南南阳县石桥镇)人,如图1-14所示。他是我国东汉时期伟大的天文学家,为我国天文学的发展做出了不可磨灭的贡献。在数学、地理、绘画和文学等方面,张衡也表现出了非凡的才能和广博的学识。张衡是东汉中期浑天说的代表人物之一,他指出月球本身并不发光,月光其实是日光的反射;他还正确地解释了月食的成因,并且认识到宇宙的无限性和

行星运动的快慢与距离地球远近的关系。



图1-14 张衡像

张衡观测记录了2500颗恒星,制造了世界上第一架能比较准确地表演天象的漏水转浑天仪,第一架测试地震的仪器——候风地动仪,还制造出了指南车、自动记里程的鼓车、能飞行数里的木鸟等。张衡共著有科学、哲学和文学著作32篇,其中天文著作有《灵宪》和《灵宪图》等。为了纪念张衡的功绩,人们将月球背面的一个环形山命名为“张衡环形山”,将小行星1802命名为“张衡小行星”。20世纪中国著名文学家、历史学家郭沫若对张衡的评价是:“如此全面发展之人物,在世界史中亦所罕见,万祀千龄,令人景仰。”

张衡17岁那年离开家乡,先后到了长安和洛阳,在太学里用功读书。当时洛阳和长安都是很繁华的城市,城里的王公贵族过的是骄奢淫逸的生活。张衡对这些都看不惯。他写了两篇文学作品《西京赋》和《东京赋》(西京就是长安,东京就是洛阳),讽刺这种现象。据说他为了写这两篇作品,经过深思熟虑,反复修改,前后一共花了十年工夫,可见他研究学问的精神是很认真严肃的。但是张衡的特长还不是文学,他特别爱好数学和天文研究。