

Mysteries of the universe

宇宙奥秘

张邦固 著 | (第二版)



科学出版社

Mysteries of the
universe

宇宙奥秘

张邦固 著 | (第二版)

科学出版社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

宇宙奥秘/张邦固著. —2版. —北京: 科学出版社, 2015

ISBN 978-7-03-045817-9

I. ①宇… II. ①张… III. ①宇宙-普及读物 IV. ①P159-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 227204 号

策划编辑: 侯俊琳

责任编辑: 樊 飞/ 责任校对: 胡小洁

责任印制: 张 倩/ 封面设计: 众聚汇合

编辑部电话: 010-64035853

E-mail: houjunlin@mail. sciencep. com

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2002 年 6 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2016 年 1 月第 二 版 印张: 9 插页: 2

2016 年 1 月第一次印刷 字数: 200 000

定价: 35.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

第二版前言

本书初版 2002 年 6 月面世。在当年暑假的一次学术会议上，我概要地介绍了其主要内容。与会的老师们反映热烈。初次见面的北京航空航天大学梁家惠老师邀我去做讲座。10 月，讲演进行时，同学们坐满了阶梯教室。两个学时的报告之后，相互交流了一个学时还意犹未尽。为了不影响旁人，交流移到走廊又持续了一个多小时。这期间，要求签名的同学有 20 多名。让我头一次体会了当“明星”的滋味。2003 年 3 月在南开大学又讲了一次。情况大同小异。社会对《宇宙奥秘》的反响继续看好。9 月在吉林大学、10 月在中国科学院高能物理研究所研究生班、11 月在北京工业大学又讲了三次。不到一年，首印 7000 册书就没有了库存。

2008 年 12 月，其姊妹篇《空间奥秘》由清华大学出版社出版，首印 5000 册；第二年重印 3300 册；之后三印、四印。

这些情况均表明，读者，特别是青年学生对宇宙学知识的科普书籍是欢迎的。

同时，非科学的“无中生有”宇宙观甚嚣尘上，文章、书籍、电台、电视，铺天盖地。记得，21 世纪初，笔者在电视中看到，当时的梵蒂冈教皇接见了此宇宙观的代表人物霍金，亲切地摸着他的头。2014 年 10 月 28 日，罗马天主教教皇方济各在梵蒂冈教皇科学院发表演说，肯定大爆炸及演化，称“上帝不是魔术师”，不是挥一挥魔术棒便创造世界。他称大爆炸及演化跟上帝神圣创造者角色并不矛盾，反而印证了上帝存在，因为大爆炸及演化都需要上帝。



看来，二者是不分彼此的。

这些表明，科学宇宙观的研究和宣传普及任重而道远。本书希望能为此聊尽绵薄之力。

2014年10月，在科学出版社建社60年退休人员的活动中，张小凌领导的关心是笔者动手再版的直接动力。

再版会增加一些篇幅。其中多数是笔者在十多年中的工作。例如，在“原子核物理评论”上发表的‘孤立纯光子系统与背景辐射’（2004）和‘宇宙质心参考系’（2005），在“科学研究月刊”上发表的‘宇宙微波背景辐射的物理内涵’（2006）等。特别是后者的英文‘The Physics in Cosmic Microwave Background Radiation’有比较大的影响，发表八年以来，每隔一两个星期，笔者的电子邮箱就会收到该段时间所发表的相关论文的信息。

感谢张小凌领导、侯俊琳分社长、樊飞编辑和他们的同仁，由于他们的帮助，本书才得以出版。

张邦固

2015年7月29日

第一版前言

宇宙有多大？

为什么说它是膨胀着的？

它膨胀多长时间了？

它会一直膨胀下去吗？

将来，它会收缩吗？会收缩多长时间？

以后呢？

这些就是本书希望能够说清楚的主要问题。笔者希望读者不仅了解这些问题的答案，而且能够知道得到这些答案的方法和根据。

这是一本科普书。第1章是引子，从我们身边的物质，通过地球、太阳系、银河系，把读者引到本书的主题——宇宙的整体运动。我们还介绍了对科学与神学、科学与哲学等关系的看法。希望读者清楚科学与非科学的区别。

为了读者理解上述问题答案的依据，第2章简要介绍了一些必要的物理学基础知识。

第3章简要介绍了一些天文观测的方法和重要的观测结果。主要有星星、星系的距离及速度的观测方法、最远星系的距离、哈勃关系、宇宙微波背景辐射等。通过这一章，读者就会了解宇宙有多大了，也会知道，说宇宙正在膨胀的根据。

第4章简要介绍了牛顿宇宙论和现代宇宙标准模型，它们的成功和不足。

第5章介绍了笔者的有关工作，主要想说清楚，背景辐射在宇

宙目前阶段是非常重要的，宇宙将来会收缩，收缩到一定程度会引发下一次大爆炸。

第6章主要介绍了笔者对人类未来的一些设想，为回避将来人类会遇到的灾难，设计了一些可能的初步方案。

在叙述中，本身尽量少采用数学推演，只保留很少的数学。它们对于增强读者对书中所阐明观点的信心大有益处。对数学感到头痛的读者完全可以跳过所有的数学式子，只读文字也会弄清楚所介绍的内容。当然，对于喜欢深入研究的读者，本书的介绍就远远不够了。作为弥补，在相关的地方，本书给出了参考文献。有兴趣的读者可以阅读有关的书籍。

在准备和出版本书的过程中，笔者得到了中国科学院葛庭燧院士、北京大学张树霖、复旦大学陆全康、西南交通大学焦善庆、湖南师范大学颜家壬、中国科学院物理研究所邢修三、商丘师专罗绍凯、云南大学张一方等许多专家教授的鼓励和支持，还得到了马素卿编审和科学出版社许多同仁的帮助，笔者在此一并致谢。

目 录

C O N T E N T S

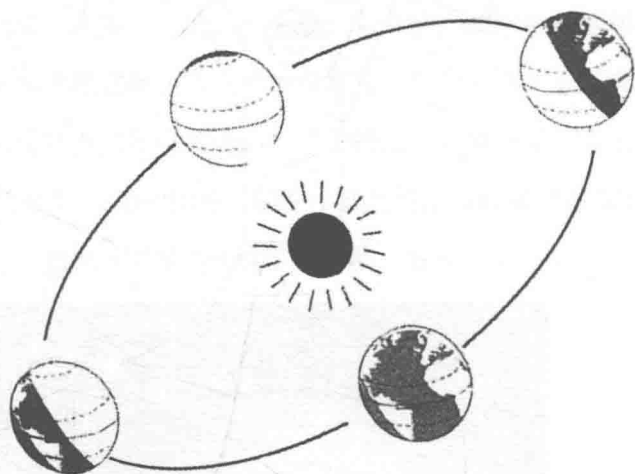
第二版前言

第一版前言

第 1 章 引子	1
1.1 神话传说与科学	1
1.2 本书宗旨	7
1.3 关于哲学	8
第 2 章 物理学基础	10
2.1 物理学的对象	10
2.2 物质运动 时间和空间	12
2.3 质量 质量守恒	17
2.4 功、能、能量守恒	19
2.5 质能关系	20
第 3 章 膨胀的宇宙	28
3.1 距离的测量	28
3.2 波动与多普勒效应	34

3.3	光波与特征谱线	37
3.4	哈勃关系和大爆炸宇宙模型	40
3.5	黑体辐射	41
3.6	背景辐射	44
第4章 宇宙学		47
4.1	牛顿宇宙论	48
4.2	广义相对论引力场方程	49
4.3	宇宙学原理	52
4.4	标准模型	54
4.5	有关标准模型的问题	57
4.6	“有产生于无”	72
第5章 运动的宇宙		75
5.1	光子平衡态	75
5.2	宇宙总能量	80
5.3	宇宙从膨胀到收缩的转折	84
5.4	宇宙收缩	86
5.5	宇宙膨胀过程中的熵	90
5.6	黑洞的震荡	91
5.7	孤立系统	93
5.8	大宇宙的图像	94
5.9	小结	105
第6章 对人类的挑战		107
6.1	我们宇宙还要膨胀多久?	107
6.2	太阳晚期	112

6.3 宇宙间的流浪	116
6.4 宇心的方位	117
6.5 飞行速度与载荷比	123
6.6 宇宙飞船	124
6.7 外行星、燃料库	125
附录 作者简历	131
名词术语.....	134



第1章

引子

1.1 神话传说与科学

千百年来，在中华民族流传着盘古开天地的神话。

很久很久以前，天地一片混沌，分不清哪儿是天，哪儿是地，盘古便沉睡其间。有一天，盘古醒来，感到十分气闷。于是，他大吼一声，双手擎起了天，双脚踏实地了地。后来，又逐渐有了山川万物。这是我们的祖先通过观察、想象、又经过多少代的流传而形成的故事（图 1.1）。

随着历史发展，观察仪器和手段的进步使科学家得到关于宇宙的更接近实际的想法。



图 1.1 盘古开天地

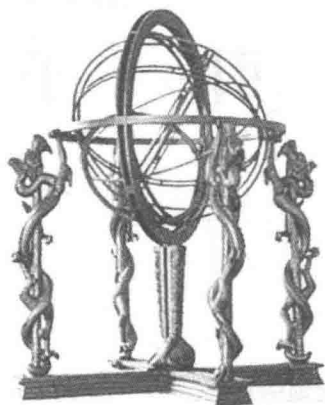


图 1.2 浑天仪

我国东汉时代的科学家张衡（78～139）发明的浑天仪（图 1.2）反映了当时人们的天地观：大地如鸡蛋黄，天空如蛋壳，日月星辰在天穹上运动。所以，人们才看到，太阳每天从东方升起，越过天空，到西方落下。

这种混天说实际上是一种地心说。西方中世纪盛行的地心说的大意是，地球位于宇宙的中心，日月星辰都环绕地球运动。

15 世纪波兰天文学家哥白尼（1472～1543）提出了日心说：不是太阳绕着地球旋转，而是地球绕着太阳旋转，绕行一周的时间是一年。表面上看到的太阳升落的原因是地球在自转，自转一周要一天。

日心说是天文学上一场革命性变化。它开辟了科学发展的新阶段。今天我们知道，除了地球绕着太阳旋转之外，还有七颗星星绕着

太阳旋转。我们把它们叫做行星。依照距离太阳的近远，它们分别是水星、金星、火星、木星、土星、天王星、海王星。地球在金星和火星之间。在火星和木星之间还有一个小行星带，其中有成千上万颗小行星。大行星往往还有卫星绕其旋转。月亮就是地球的卫星。它绕地球一周要用一个月少一点的时间。在各行星之间还有许多彗星穿行。太阳和它的行星、彗星、卫星等构成了太阳系（图 1.3）。

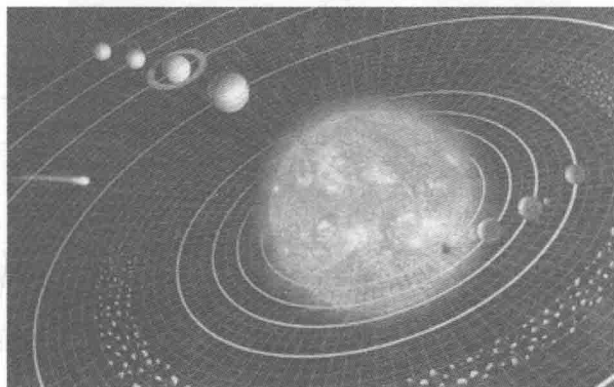


图 1.3 太阳系

太阳是一个大火球。表面温度约为 5600K。质量约为 2×10^{33} 克，大约是地球质量的 30 万倍。太阳的半径大约是 7×10^8 米，约为地球半径的 100 倍（图 1.4）。

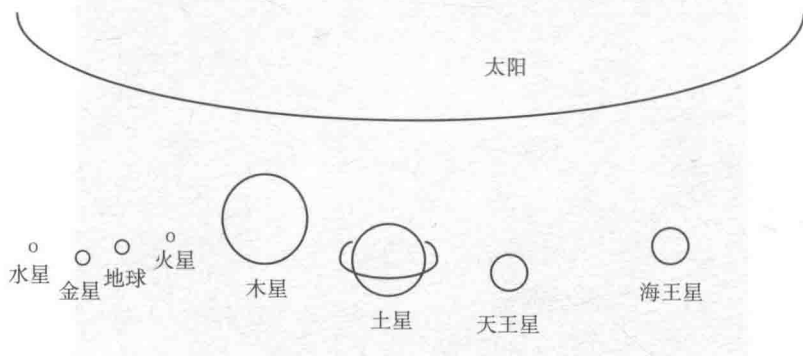


图 1.4 八大行星与太阳的大小，实际上，这只是一个示意图，太阳的实际比例还要大得多

地球到太阳的距离约为 1.5×10^8 千米。我们知道，光每秒运动 3×10^5 千米。所以，太阳光照射到地球大约运行了 8 分钟。

我们离开主题一会儿，介绍一下用指数方式来表示大数的形式。数字太大，位数很多，后面有许多零，写起来不方便。这时，用指数形式就很方便。例如，上面提到的光速，光每秒运动 3×10^5 千米，就是说，它每秒跑 300 000 千米。换句话说， 10^5 就是 100 000，右上角的数字（叫做指数）就是零的个数。

像太阳这样发光的星星叫恒星。离我们太阳系最近的一颗恒星到太阳的距离大约是 4 光年。光年是一个很大的距离单位，它等于光运动一年的距离，大约是 10^{16} 米。可见，天空是多么空旷。

太阳和其他约 10^{11} 个恒星一起形成了银河系。人们在夜空看到的横贯天空的一条由星星组成的带子就是银河系。银河系是一种旋涡星系。它们的形状很像是两个钹合在一起（图 1.5～图 1.7），中间基本上是一个球。银河系的中间球半径约 67 光年，质量约 2×10^{38} 千克；周边扁，半径约 5 万光年，厚约 670 光年。太阳位于距中心 3.5 万光年处。



图 1.5 旋涡星系的正面照片

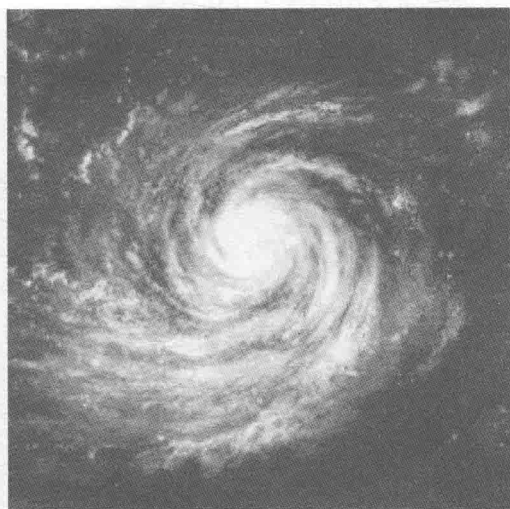


图 1.6 银河系

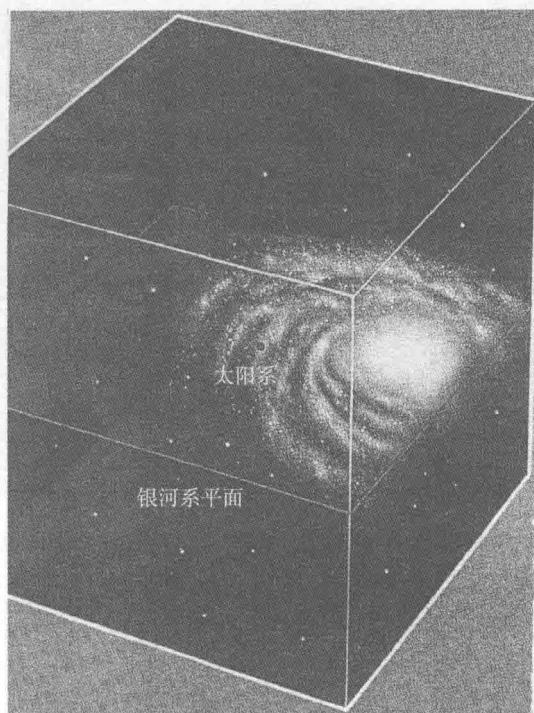


图 1.7 银河系立体图

目前观察到的宇宙大约包含了 10^{11} 个星系。

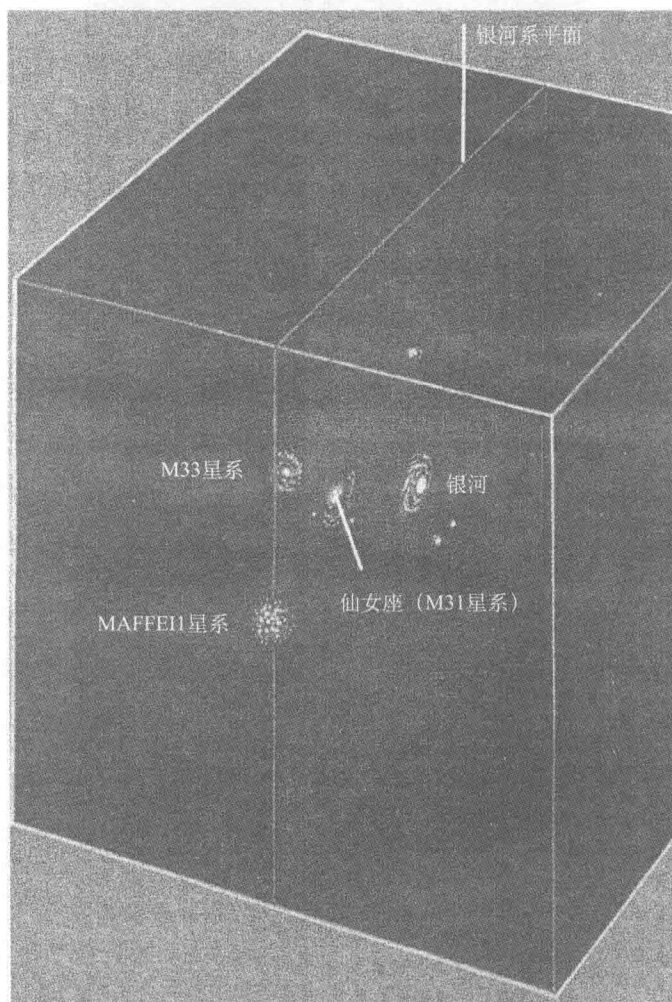


图 1.8 本星系群

20 世纪 20 年代，科学家发现，许多星系都正在远离我们而去；60 年代，科学家又发现了宇宙背景辐射。为了解释这些观测事实，科学家逐渐形成了一个较为成熟的理论，这就是所谓的标准模型。

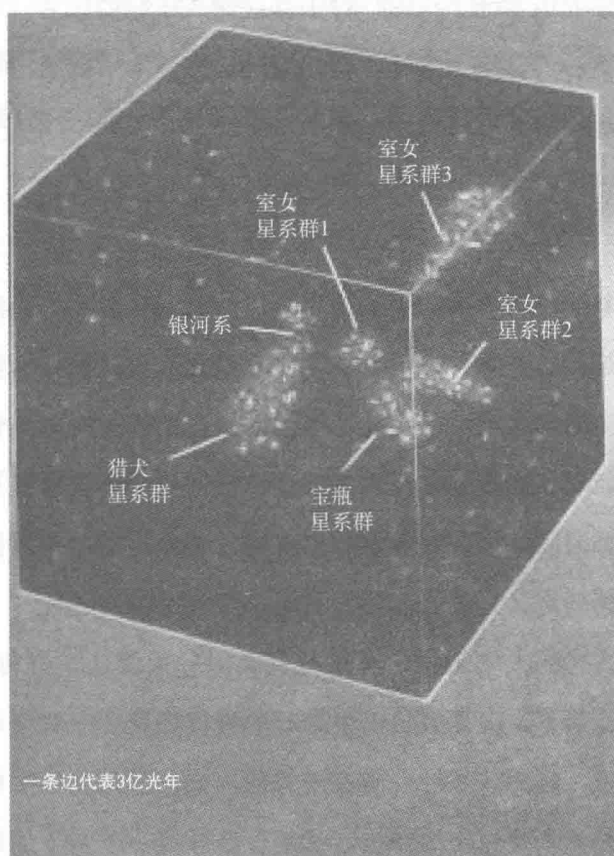


图 1.9 超本星系群

1.2 本书宗旨

我们力图用通俗的语言向读者介绍现代科学的研究成果。首先叙述一些必备的基础知识；再介绍实际的天文观测结果；接着便叙述标准模型；最后介绍一些笔者的研究工作和看法。

在叙述中，本书尽量少采用数学推演，只保留很少的数学，因为它们对于增强读者对书中所阐明观点的信心大有益处。对数学感到头痛的读者完全可以跳过所有的数学式子，只读文字也是会弄清