

宇宙世纪

The Cosmic Century

[英]马尔科姆·朗盖尔 著 王文浩 译

 湖南科学技术出版社

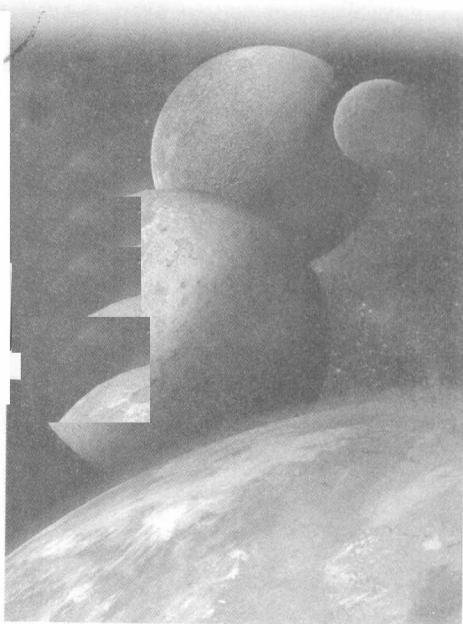
CAMBRIDGE

宇宙世纪

The Cosmic Century

[英]马尔科姆·朗盖尔 著 王文浩 译

湖南科学技术出版社



CAMBRIDGE

The Cosmic Century

© Cambridge University Press 2006

湖南科学技术出版社通过英国剑桥大学出版社获得本书中文简体版中国大陆地区出版发行权。

著作权合同登记号：18 - 2008 - 030

图书在版编目 (C I P) 数据

宇宙的世纪 / (英) 马尔科姆·朗盖尔著 ; 王文浩译. — 长沙: 湖南科学技术出版社, 2010. 4

ISBN 978-7-5357-6107-1

I. ①字… II. ①朗… ②王… III. ①天体物理学—研究 IV. ①P14

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 045110 号

宇宙的世纪

著 者: 马尔科姆·朗盖尔

译 者: 王文浩

责任编辑: 吴 炜

出版发行: 湖南科学技术出版社

社 址: 长沙市湘雅路 276 号

<http://www.hnstp.com>

邮购联系: 本社直销科 0731 - 84375808

印 刷: 长沙化勘印刷有限公司

(印装质量问题请直接与本厂联系)

厂 址: 长沙市青园路 4 号

邮 编: 410004

出版日期: 2010 年 4 月第 1 版第 1 次

开 本: 710mm×1000mm 1/16

印 张: 36.5

字 数: 620000

书 号: ISBN 978-7-5357-6107-1

定 价: 69.00 元

(版权所有·翻印必究)

目 录

前言	1
致谢	5
第一部分 第二次世界大战前恒星及其演化的研究	9
第一章 19 世纪的遗产	10
1.1 引言	10
1.2 从约瑟夫·夫琅禾费到古斯塔夫·基尔霍夫	11
1.3 1 等星的视差	15
1.4 照相术的发明	16
1.5 新一代望远镜	20
1.6 前史总结	23
第二章 恒星光谱的分类	27
2.1 威廉·哈金斯——恒星天体物理学的创立者	27
2.2 1 等星光谱分类系统	29
2.3 哈佛恒星光谱分类	31
第三章 恒星结构及其演化	41
3.1 恒星结构及其演化的早期理论	41
3.2 赫罗图的起源	45
3.3 新物理学的影响	51
3.4 爱丁顿与恒星结构及其演化理论	55
3.5 量子力学的影响和新粒子的发现	62
第四章 恒星演化的终点	76
4.1 红巨星问题	76

4.2	白矮星	78
4.3	超新星和中子星	82
第二部分 宇宙的大尺度结构,1900—1939		91
第五章 银河系和旋涡星云的性质		92
5.1	“岛宇宙”与星云表	92
5.2	银河系结构	95
5.3	大论战	100
5.4	哈勃和星系宇宙	103
5.5	银河系旋转的发现	105
5.6	星际物质与尘埃消光	107
5.7	作为旋涡星系的银河系	108
第六章 天体物理宇宙学的起源		117
6.1	爱因斯坦时代以前的物理宇宙学	117
6.2	广义相对论与爱因斯坦的宇宙	119
6.3	德西特、弗里德曼和勒迈特	125
6.4	星云的退行	127
6.5	罗伯逊-沃克度规	132
6.6	米尔恩-麦克雷与爱因斯坦-德西特模型	134
6.7	爱丁顿-勒迈特模型	137
6.8	1939 年的宇宙学问题	139
第三部分 电磁波谱的拓宽		143
第七章 电磁波谱的拓宽与新天文学		144
7.1	引言	144
7.2	亚原子粒子和宇宙线的发现	149
7.3	射电天文学	156
7.4	X 射线天文学	163
7.5	γ 射线天文学	169

7.6 紫外天文学与哈勃空间望远镜	173
7.7 红外天文学	176
7.8 新天文学世纪的光学天文学	186
7.9 其他类型天文学	194
第四部分 1945 年以来的恒星和星系天体物理学	199
第八章 恒星与恒星演化	200
8.1 引言	200
8.2 核合成和化学元素的起源	200
8.3 太阳中微子	203
8.4 日震学	209
8.5 恒星演化	214
8.6 中子星的发现	219
8.7 X 射线双星和黑洞研究	224
8.8 射电脉冲星和广义相对论的检验	228
8.9 引力波的检测	231
8.10 超新星	233
第九章 星际介质物理学	246
9.1 星际气体的光致电离	246
9.2 中性氢与分子谱线天文学	248
9.3 多相星际介质	253
9.4 恒星的形成	256
9.5 太阳系外行星和褐矮星	263
9.6 宇宙线天体物理学和星际介质	267
第十章 星系和星系团物理学	277
10.1 星系	277
10.2 星系中的暗物质	282
10.3 椭圆星系动力学	287
10.4 星系的大尺度分布	289
10.5 星系团物理学	294

第十一章	高能天体物理学	305
11.1	射电天文学和高能天体物理学	305
11.2	类星体及其近亲的发现	308
11.3	广义相对论和活动星系核模型	312
11.4	活动星系核光谱学	316
11.5	活动星系核中黑洞的质量	319
11.6	活动星系核非热现象	327
11.7	γ 射线暴	338
第五部分	1945 年以来的天体物理宇宙学	357
第十二章	天体物理宇宙学	358
12.1	伽莫夫与大爆炸	358
12.2	稳恒态宇宙论	362
12.3	射电源计数	366
12.4	氦问题	369
12.5	宇宙微波背景辐射的发现	369
12.6	氦问题再讨论	371
第十三章	宇宙学参数的确定	380
13.1	桑德奇与 H_0 和 q_0 的值	380
13.2	哈勃常数	383
13.3	宇宙年龄 T_0	386
13.4	减速参数 q_0	390
13.5	密度参数 Ω_0	399
13.6	本章总结	403
第十四章	星系和活动星系随宇宙历元的演化	407
14.1	活动星系的宇宙学演化	407
14.2	星系计数	419
14.3	莱曼 α 云	422
14.4	莱曼 α 吸收体中元素的丰度	426
14.5	莱曼截断星系	428

14.6	总产星速率	430
14.7	结论	435
第十五章	星系和宇宙大尺度结构的起源	436
15.1	引力坍缩和膨胀宇宙结构的形成	437
15.2	宇宙的热史	438
15.3	小扰动随宇宙历元的发展	443
15.4	星系形成的绝热图景和等温图景	446
15.5	热暗物质——具有有限静质量的中微子	450
15.6	冷暗物质和结构形成	451
15.7	偏值	454
15.8	初始功率谱的重构	456
15.9	冷暗物质图景的变种	457
15.10	宇宙微波背景辐射的涨落	460
15.11	萨哈罗夫振荡的发现	467
15.12	宇宙学参数的确定	468
15.13	后复合期宇宙	473
第十六章	极早期宇宙	486
16.1	大问题	486
16.2	观察极限	490
16.3	宇宙学人存原理	491
16.4	暴胀宇宙与粒子物理学的线索	491
16.5	初始扰动谱的起源	495
16.6	重子起源学说	496
16.7	普朗克阶段	497
	星名索引	501
	主题词索引	504
	人名索引	559
	译后记	572

前言

x

本书的缘起

写作本书的初因是应皮帕德^①的要求，为他与布朗以及后来的派斯主编的三卷本著作《20 世纪物理学》（Bristol: Institute of Physics Publishing and New York: American Institute of Physics Press, 1995）撰写 20 世纪天体物理学和宇宙学概要。这是一项考虑周到的任务，但我的第一稿远远超出了规定的页数。经过大幅度修改，我把内容压缩到原先的一半，整个综述成为该书第三卷的第二十三章。

我很不情愿放弃所有那些经过出版部门审核过的重要素材，令人高兴的是，物理研究所同意了我向剑桥大学出版社建议出版全部材料的请求。出版社也热心推动这项计划，并建议对内容做进一步充实，特别是各章的解释性附录，不妨增加些简单的数学推导，使关注这方面的读者得到更有说服力的论据。我还从我的其他书上援引了大量参考文献，并对主题进行了处理以适用于本书。结果整个计划几乎完全重新来过，内容扩充为原计划的五倍。

由于我在撰写我的《物理学的理论概念》第二版（Cambridge: Cambridge University Press, 2003）时，已经为准备此书积累了大量资料，这些都是我进入这一行以来一直就想深入了解的。历史资料提供了看待天体物理学和宇宙学思想基础结构的真实的物理洞察力，遗憾的是这种洞察力不是那么容易为学生、研究人员和老师们所掌握。更有甚者，天体物理学和宇宙学中在许多场合下发生的趣闻轶事就更是难以为公众所了解，尽管它们不是弄清许多深刻思想的来龙去脉所必需的。

本书原来的副标题是“20 世纪天体物理学和宇宙学的历史”，以反映它与

^① Brian Pippard, 英国物理学家, 1971 — 1984 年任卡文迪什实验室教授。——译注

《20 世纪物理学》有关章节的关系。后来出版社的编辑认为，既然本书内容上已触及 2005 年甚至更晚些时候的进展，而天体物理学和宇宙学与近代物理学的联系则可追溯到 1900 年以前，因此副标题中去掉“20 世纪”似乎更恰当。

预先申明和致歉

xi 只是当我进入最后一章的写作时，我才看清我给自己设定的任务有多大。本书不是集大成之作，也不可能包容所有杰出人物的重要贡献。因此，选材上我不得不有所挑选，并将内容限定在已发表的成果上。同样，我不相信自己能够写出对 20 世纪天体物理学和宇宙学如此复杂的局面给予完全客观描述的历史。我只能尝试着尽量公正地对具有长远重要性的那些事情进行评述，这无疑具有一定的主观局限性。

同样值得一提的是，在 20 世纪 60 年代早期，当整个天体物理学和宇宙学经历着前所未有的从光学天文学向多波段测量天文学变革，从而使天体物理学的方方面面开始成为这幕大戏的主角的关键时期，我有幸进入了该领域研究。从那时起，物理学家的兴趣向天体物理学转移成为该领域的重要特点之一，我正是从这个角度切入展开写作的。本书在记述这段历史时，最重要的一个特点就是强调物理学发展与它对天体物理学和宇宙学影响之间的紧密联系，以及二者间的互动。这一标志性的事实从该学科诞生以来就一直是该领域研究的主调。这从本书开列的作者索引中除了天体物理学家和宇宙学家外，还包含了大量物理学家这一事实中亦可得到佐证。

虽然作者索引已包括了近千人，但我还是要指出，遗珠之憾在所难免。许多曾作出重要贡献的人有时仅仅是因为他们不是论文的第一作者而割爱。在 20 世纪后半叶的几十年里，很多关键性论文常常包括了几十上百位作者，因此要准确判断每个人的贡献已变得越来越困难。这反映了这样一个事实：当今许多大的太空基和地基项目涉及许多研究工作者，因此荣誉应当归功于这个项目集体而不是个别科学家。我在书中已对这些情形作了说明，并略去或仅在参考书目中给出详细名单。我希望我的同行能理解这一点。

有必要再次重申，我不是职业科学史家，更不是科学哲学家。我的目标是按天体物理学和宇宙学发展的本来面目来追溯该学科发展的思想史，这段历史构成了科学史上最辉煌的一个世纪。因此这不是纯粹的天文学史，而是通过物理学这

面镜子反映出来的天文学史。这段历史中有许多相互抵触的观点需要理清，但我的处理更多的是集中在天体物理学和宇宙学问题上，而不是为故事添枝加叶。

另一些有用文献

关于 20 世纪天体物理学和宇宙学历史的文献可谓汗牛充栋，我不得不将它压缩到一个适当的规模。在参考文献列表中，我已经给出了所有原始文献的出处。在准备本书的材料时，还参考了如下一些很有价值的著作：

Bernstein, J. and Feinberg, G. (1986). *Cosmological Constants: Papers in Modern Cosmology* (New York: Columbia University Press). 本书包括了宇宙学方面许多研讨会资料的翻译。 xii

Bertotti, B., Balbinot, R., Bergia, S. and Messina, A., eds (1990). *Modern Cosmology in Retrospect* (Cambridge: Cambridge University Press).

Bondi, H. (1960). *Cosmology*, 2nd edn (Cambridge: Cambridge University Press).

Gillespie, C. C., ed. (1981). *Dictionary of Scientific Biography* (New York: Charles Scribner's Sons).

Gingerich, O., ed. (1984). *The General History of Astronomy, Vol. 4. Astrophysics and Twentieth-Century Astronomy to 1950: Part A* (Cambridge: Cambridge University Press).

Harrison, E. (2001). *Cosmology: The Science of the Universe* (Cambridge: Cambridge University Press).

Hearnshaw, J. B. (1986). *The Analysis of Starlight: One Hundred and Fifty Years of Astronomical Spectroscopy* (Cambridge: Cambridge University Press).

Hearnshaw, J. B. (1996). *The Measurement of Starlight: Two Centuries of Astronomical Photometry* (Cambridge: Cambridge University Press).

Kragh, H. (1996). *Cosmology and Controversy: The Historical Development of Two Theories of the Universe* (Princeton: Princeton University Press).

Lang, K. R. and Gingerich, O., eds (1979). *A Source Book in Astronomy and Astrophysics. 1900 — 1975* (Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press).

本书包含了对 1900 — 1975 年间许多重要原始文献的重印和简要的历史述评，所有文献均译成了英文。

Learner, R. (1981). *Astronomy through the Telescope* (London: Evans Brothers Limited).

Leverington, D. (1996). *A History of Astronomy from 1890 to the Present* (Berlin: Springer-Verlag).

Martinez, V. J., Trimble, V. and Pons-Bordeña, M. J., eds (2001). *Historical Development of Modern Cosmology*, ASP Conference Series, vol. 252 (San Francisco: ASP).

North, J. D. (1965). *The Measure of the Universe* (Oxford: Clarendon Press).

还有一个对天体物理学和宇宙学所有领域均至关重要的文献源是名为《天文学和天体物理学周年述评》(*Annual Review of Astronomy and Astrophysics*) 的期刊，这本期刊创刊于 1963 年，其中的述评很具权威性，代表了当时学界对相关问题的理解。更近的一些著作中包括了本书中出现的许多重要人物撰写的自传性文章。由于头绪纷繁，我在每章的注释中给出了相关的权威性著作和评述。

本书中使用了一些天文学术语。关于天文学术语和评述的更多的细节，请参考以下著作：

Nicholson, I. (1999). *Unfolding our Universe* (Cambridge: Cambridge University Press). 这是一本基础性读物，但却包括了大量天文学各个方面的有用的背景材料。

Maran, S. P., ed. (1992). *The Astronomy and Astrophysics Encyclopedia* (New York: Van Nostrand Reinhold. and Cambridge: Cambridge University Press).

Murdin, P., ed. (2001). *Encyclopaedia of Astronomy and Astrophysics* (4 vols) (Bristol and Philadelphia: Institute of Physics Publishing, and London, New York and Tokyo: Nature Publishing Group).

致 谢

xiv

我向所有为本书付梓提供了帮助的朋友和同事表示我热诚的感谢。首先，要感谢莱恩·皮帕德，他推动了整个计划。许多同事为我在《20 世纪物理学》里负责的“天体物理学和宇宙学”一章提供了建议。他们是 Tony Hewish, David Dewhirst 和后来的 Peter Scheuer。在本书计划实施过程中，John Hearnshaw 耐心阅读了我负责这一章的全部初稿，并对我所述内容作了许多关键性的修正和验证。我还要感谢他极其慷慨地允许我使用他在新西兰克赖斯特彻奇（Christchurch）的住所，本书的校对和最后润色都是在那里完成的。后来成为爵士的威廉·麦克雷也耐心阅读了本书的初稿，并对他经历的那段历史提出了许多宝贵的评论。我还在文中引述了 1993 年 12 月 11 日他写给我的重要信件的内容。

更深入探寻现代天体物理学和宇宙学技术发展历史的动力还来自我应邀出席成功举办的瓦伦西亚会议。这次会议是由 Vicent Martinez, Virginia Trimble 和 Maria-Jesus Pons-Bordeia 组织发起的，会议主题是“现代宇宙学的历史发展”。会上 Michael Hoskin 认真评述了本书的内容。应 Wendy Freedman 的邀请，我出席了卡内基天文台成立百周年纪念庆祝活动，并在“宇宙的测量和模型”研讨会上简短回顾了 20 世纪宇宙学发展的历史，这些内容亦使本书增色不少。

我还应特别感谢 Leon Mestel 和 John Faulkner，他们在理解恒星演化的历史方面提供了帮助。本书中还融入了无数同事的智慧——如果不记录下这一点我将感到不安。我还应感谢许多同事允许我在正文里援引他们的生辰年月——我希望所有年龄段的同事都能够从这个很宽的年龄段的贡献者的事迹中获得勇气。

我还要对 David Green 表示特别的谢意，在他的帮助下，本书才能以目前这种面貌呈现在读者面前。

下列人员提供的帮助也一并在此表示感谢：Judith Andrews，她在参考书目提及的许多古老文献的查找和正文给出的人物生辰年月方面给予了很大帮助；卡文迪什实验室瑞利图书馆的 Gillian Wotherspoon 和 Nevenka Huntic，他们在寻找旧书

xv

和过期期刊方面提供了帮助；天文研究所的图书馆员 Mark Hum，他在搜寻这个著名图书馆珍藏的旧的天文期刊方面给予了帮助；在此还要对戈登和贝蒂默尔图书馆、剑桥大学图书馆和爱丁堡皇家天文台图书馆的工作人员表示感谢。还有一位要专门表示感谢的是我的秘书 Judith Andrews，过去 8 年来她一直协助我从事写作，并为我挡掉了实验室管理方面的许多额外负担，使得本书能在适当时间内得以完成。

最后，我怀着无比喜悦的心情将本书敬献给底波拉^①，她的爱和支持无以言表。

对图表使用的致谢

衷心感谢下列出版机构和组织允许我在书中复制使用它们的图表和插图：

Addison-Wesley Publishing Company (Fig. 15. 4)

American Astronomical Society-*Astronomical Journal* (Figs 10. 2, 10. 3, 10. 7, 14. 9, 15. 14)

American Astronomical Society-*Astrophysical Journal* (Figs 3. 6, 5. 2, 5. 4, 5. 6, 5. 7, 5. 8, 6. 1(b), 7. 4, 7. 12, 7. 14, 7. 15(a)&(b), 8. 10, 9. 5, 9. 6, 9. 10, 9. 15, 10. 1, 10. 5, 11. 1(b), 11. 3, 11. 5, 11. 7, 12. 1, 12. 4, 12. 5, 12. 6, 13. 6, 13. 7, 14. 13, 14. 17, 15. 9, 15. 17)

American Astronomical Society-*Astrophysical Journal Supplement Series* (Figs 7. 8, 9. 8, 15. 12)

American Physical Society-*Physical Review D* (Fig. 15. 13)

American Physical Society-*Physical Review Letters* (Figs 7. 7, 8. 4)

American Physical Society-*Reviews of Modern Physics* (Figs 8. 1, 12. 2)

American Science and Engineering (AS&E) (Fig. 7. 6)

Anglo-Australian Observatory (Fig. 10. 9)

Annual Review of Astronomy and Astrophysics (Figs 9. 2, 9. 7, 11. 12, 11. 20)

Annual Review of Nuclear and Particle Physics (Fig. 9. 12)

Astronomical Society of Japan (Fig. 9. 4)

① Deborah, 《圣经》中的希伯来女先知，帮助以色列人战胜迦南人。——译注

- Astronomical Society of the Pacific (Figs 7. 11, 13. 4)
 Astronomical Society of the Pacific Conference Series (Fig. 11. 14)
Astronomy and Astrophysics [Figs 7. 19(a)&(b), 8. 5(b), 14. 5(b), 15. 11]
Astrophysics and Space Science (Fig. 15. 2)
 AT&T (Fig. 7. 17)
 Birr Scientific and Heritage Foundation [Figs 1. 4(a)&(b)]
 CalTech Submillimetre Observatory (Fig. 7. 16)
 Cambridge University Press [Figs 6. 3, 6. 4(a)&(b), 7. 1(a)&(b), 8. 3, 8. 11, 10. 11(b), 15. 1, A15. 1, A15. 2, 16. 1, 16. 2]
 Deutsches Museum, Munich (Fig. 1. 2)
 Edition Frontières (Fig. 13. 8)
 Elsevier Publishers (Figs 15. 15, 15. 16)
 European Space Agency [Figs 3. 4, 8. 5(a), 8. 6, 8. 7, 15. 10]
 Harvard College Observatory (Figs 2. 1, 5. 3)
 Harvard-Smithsonian Astrophysical Observatory (Fig. 10. 8)
 Harvard University Press (Fig. 7. 9)
 Huntingdon Library and the Observatories of the Carnegie Institution (Fig. 1. 6)
 International Gemini Observatory (Fig. 7. 18)
Living Review in Relativity (Fig. 8. 12)
Los Angeles Times (Fig. 4. 2)
 Mary Lea Shane Archives of the Lick Observatory (Fig. 1. 5)
 Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics [Fig. 14. 5(a)]
 National Academy of Sciences of the USA [Fig. 6. 1(a)]
 National Aeronautics and Space Administration (NASA) [Figs 5. 8. 7. 10, 7. 13, 8. 15, 9. 11, 11. 2, 11. 6, 11. 19, 11. 21, 12. 4, 14. 15(a), 15. 9]
 National Radio Astronomy Observatory of the USA [Figs 7. 3, 10. 11(a), 11. 1(b), 11. 13(a)&(b)]
Nature [Figs 3. 1, 3. 3(a)&(b), 7. 5(a)&(b), 8. 2, 8. 14, 9. 9, 10. 4, 11. 1(a), 11. 8, 11. 9(a)&(b), 11. 10, 11. 11, 11. 15, 11. 16(a)&(b), 13. 9(b), 14. 8]
The Observatory (Figs 12. 3, 13. 1)

- Phvsiea Scripta* (Fig. 10. 12)
- Potsdam Astrophysical Observatory (Fig. 3. 2)
- Royal Astronomical Society- *Memoirs* (Fig. 9. 3)
- Royal Astronomical Society-*Monthly Notices* [Figs 3. 7, 9. 1, 10. 6, 11. 4, 11. 13(b), 11. 17, 13. 5, 13. 10, A13. 1, 14. 3, 14. 4, 14. 6(a) & (b), 14. 7, 14. 10, 14. 12, 15. 7, 15. 8]
- Royal Astronomical Society-*Quarterly Journal* (Fig. 8. 9)
- Royal Society of London-*Proceedings* (Figs 5. 1, 8. 13, 15. 5)
- Science Museum of London Science and Society Picture Library (Fig. 1. 3)
- Space Telescope Science Institute [Figs 7. 13, 8. 15, 9. 11, 11. 2, 11. 6, 14. 15(b)]
- Springer-Verlag (Figs 8. 8, A9. 1)
- Springer-Verlag-D. Reidel Publishing Company [Figs 7. 2, 9. 13, 9. 14, 13. 9 (a)]
- Springer-Verlag-Kluwer Academic Publishers (Figs 10. 10, 14. 2, 14. 14)
- SUSSP Publications (Fig. 15. 6)
- Swiss Society of Astronomy and Astrophysics (Fig. 14. 1)
- Tartu University Astronomical Observatory (Fig. 4. 1)
- W. H. Freeman and Company (Fig. 13. 2)
- World Scientific Publishers [Figs 14. 11, 14. 15(a), 4. 16]
- Yale University Press (Figs 5. 5, 6. 2)
- Zeitschrift für Astrophysik* (Fig. 3. 5)

第一部分

第二次世界大战前恒星及其演化的研究

