

(原书第7版)

Pearson

天文学与生活

Astronomy:
A Beginner's Guide to the Universe, Seventh Edition

◇ [美] Eric Chaisson Steve McMillan 著
◇ 孙艳春 译



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

张外借

(原书第7版)

天文学与生活

Astronomy: A Beginner's Guide to the Universe, Seventh Edition

[美] Eric Chaisson Steve McMillan 著

孙艳春 译

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

天文学是研究宇宙空间天体、宇宙结构和发展的学科。本书内容涉及天文学基础、现代科学的产生、宇宙的内部运作原理、望远镜、太阳、地球、类地行星、类木行星、卫星、环、类冥矮行星、恒星、星际物质、中子星、黑洞、星系、宇宙、大尺度结构、暗物质、大爆炸、宇宙的命运、外星生命等。全书语言简洁，无复杂的数学计算，并使用身边的类比详细说明了复杂的概念。

全书自成体系，不要求学生具备各基础科学的背景知识，可作为高等学校天文相关专业学生的导论性课程，也可作为相关人员的科普书和参考书。

Authorized translation from the English edition, entitled Astronomy: A Beginner's Guide to the Universe, Seventh Edition ISBN: 9780321815354 by Eric Chaisson, Steve McMillan. Published by Pearson Education, Inc. Copyright © 2014.

All rights Reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any forms or by any means, electronic or mechanical, including photocopying recording or by any information storage retrieval systems, without permission from Pearson Education, Inc.

CHINESE SIMPLIFIED language edition published by PEARSON EDUCATION ASIA LTD, and PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY, Copyright © 2019.

本书中文简体字专有出版权由Pearson Education（培生教育出版集团）授予电子工业出版社，未经出版者预先书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

本书封面贴有Pearson Education（培生教育出版集团）激光防伪标签，无标签者不得销售。

版权贸易合同登记号 图字：01-2014-7299

图书在版编目（CIP）数据

天文学与生活：原书第7版/（美）艾瑞克·简森（Eric Chaisson），（美）史蒂夫·麦克米兰（Steve McMillan）著；孙艳春译．—北京：电子工业出版社，2019.1

书名原文：Astronomy: A Beginner's Guide to the Universe, Seventh Edition

ISBN 978-7-121-35275-1

I. ①天… II. ①艾… ②史… ③孙… III. ①天文学—普及读物 IV. ①P1-49

中国版本图书馆CIP数据核字（2018）第243222号

策划编辑：谭海平

责任编辑：谭海平 特约编辑：王 崧

印 刷：天津嘉恒印务有限公司

装 订：天津嘉恒印务有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编：100036

开 本：787×1092 1/16 印张：30.5 字数：820千字

版 次：2019年1月第1版（原著第7版）

印 次：2019年1月第1次印刷

定 价：158.00元（全彩）

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888，88258888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88254552，tan02@phei.com.cn。

序 言

天文学是最能引起人们广泛兴趣的学科，现代天文学已进入全新的全波段研究阶段，研究成果日新月异，发展迅速。21 世纪是天文学发展的黄金时代，国家需求和国际竞争对天文人才在数量和质量上提出了更高的要求。我国天文学人才培养的目标定位是：按天文学一级学科设置课程，培养既重视基础知识又注意培养创新能力，既重视理论又重视观测和数据处理能力的基础研究人才与应用研究人才。因此在基础天文教学中，要从理念、体系、内容、方法和教师队伍等方面进行创新和改革，使得天文专业的学生、广大的天文科普和爱好者了解天文学，尤其是了解近代天文学的发展过程和当前研究的新成就与新动态。无论是发达国家还是中国，无一例外地都把“天文学导论”列入天文本科生的必修（选修）课。

美国大学的这本天文学导论为新入学的学生提供了一本内容丰富的教材，从地球、行星到天体物理导论，覆盖了所有的天文学发展阶段。相比国内的天文学教材，更能激发学生学习天文的兴趣和热情。

原书（第 7 版）是广泛在美国使用的天文学导论畅销书。原书前言中详细地介绍了新增和改进的内容，结合近些年天文学的迅猛发展，增加了许多天文学进展的新内容，尤其是有关当代天文学的新认识、新发展和公众对天文学的各种兴趣热点。书中教学手法多样先进，教学目标、内容、网络学习、作业和反馈方式等都做了精心设计，努力做到科学知识的有趣和寓教于乐；是一本不可多得的大学本科生或天文爱好者的入门教材。

译者孙艳春是国家级精品课程“天文学导论”的主讲老师，从事天文学教学十多年，经验丰富，多次获得学校和北京市教学奖，希望本书的出版能为我国的天文书库增加一份光彩。

北京师范大学天文系教授



前言

很荣幸有机会在本书中介绍当今天文学的知识。书中介绍的知识不仅包括那些我们耳熟能详的内容，还包括一些先进的思想方法，以及许多人类不久前才刚刚探索到的领域。

本书的对象是未在大学上过自然科学课程或不主修物理学或天文学的读者。全书以简单易懂的语言来描述天文学的各个领域，不提供复杂的数学计算。尽管略去了复杂的数学过程，但仍保留了对天文学中许多重要概念的讨论。我们选择使用定性的方式进行推理。某个概念相对比较复杂时，我们会使用读者熟悉的物体或现象进行类比。我们在本书中传达了我们对天文学的热爱，希望读者能够对奇妙的宇宙产生浓厚的兴趣。

很高兴本书的前六版在天文学教育界受到了广泛欢迎。前六版的读者为我们提供了许多有益的反馈和建设性批评，让我们更好地了解到了天文学的许多基本原理和趣事，并在第7版中做了改进。

本书的结构与研究方法

类似于此前的版本，我们仍然遵循当前流行且有效的“冲出地球”项目。我们发现，大多数学生，尤其是没有自然科学背景的学生，相较于恒星与星系，更了解太阳系。因此，我们首先以地球和月球作为基本的行星系统模型来讨论太阳系中天体的运动。然后，我们整合太阳系的内容并讨论太阳系的形成。研究太阳的这一认知过程对读者而言是最普遍的。

我们把太阳作为标准星，以便将讨论拓展到一般恒星。我们将研究普通恒星的性质，研究它们的演化史和不同命运。当然，大量恒星的研究会促使我们去了解恒星的结合体——星系。我们位于银河系中，因此自然会去了解银河系，继而引导我们去研究那些非常遥远的星系——河外星系。最终，我们将触及宇宙层面的内容，包括宇宙学、宇宙大尺度结构和宇宙动力学。自始至终，我们都力求强调宇宙的动态本质。实际上，每个主题（不论是关于行星的还是关于类星体的）都将讨论这些天体的形成与演化。

源于近年来的教学经验，我们在前几章中新增了许多物理学基础知识。此后，不论是在正文中还是在“发现”和“更为准确”模块中，都可能新增其他的物理学原理。对物理学的内容，我们进行了更多的定量讨论，必要时读者可以略过这些内容。若教师希望在研究恒星和宇宙前，只对太阳系的基础部分进行教学，则只需在讲授第4章后，直接跳到第9章。

第7版的新内容

天文学领域发展迅速，第7版中每章的内容都有更新。有些章节因为内容精简的需要，结构上做了重大调整，增加了关于科学进展的内容，以便反映当代天文学的新认识。书中的主要改进如下：

- 在开篇处添加了关于天文最新发现的图片。
- 提供了更直接、更准确的天体描述。
- 对大量图片添加了注释，并对大多数图片的说明文字进行了精简。
- 在每章末尾增加了复习题和讨论题。
- 简化了数学计算。
- 第1章新增内容：古代天文学的发现。
- 第3章新增内容：费米伽马射线望远镜的介绍及其发现。
- 第4章更新内容：小行星和彗星的探测项目。
- 第4章重写并更新内容：系外行星的讨论。
- 第5章更新内容：月球勘测轨道卫星、月球环形山观测和传感卫星、引力恢复和内部实验室的月球项目。
- 第5章新增内容：月球固态内核中的新发现。
- 第6章重写内容：类地行星大气演化和碳循环的讨论。
- 第7章新增内容：空间探索的新发现。
- 第7章更新内容：彗木碰撞和土星风暴的新图像。
- 第7章和第8章更新内容：卡西尼和朱诺项目介绍。
- 第8章增加并更新内容：卡西尼对土卫二、土卫六、土

- 卫八、土星 E 环的新发现，冥王星及其卫星的新图像。
- 第 9 章更新内容：太阳动力学天文台（SDO）项目，包括几幅太阳的新图像。
- 第 9 章更新内容：太阳内部环流及其对太阳黑子周期的影响。
- 第 11 章更新内容：银河系和星云图像。
- 第 12 章更新内容：星团赫罗图和一些图像。
- 第 12 章更新内容：球状星团中关于星族的最新讨论。
- 第 12 章更新内容：SN 1987a 的最新报道。
- 第 13 章更新内容：中子星的质量和脉冲星的数量。
- 第 13 章修改内容：伽马射线暴。
- 第 14 章新增内容：银晕中恒星的潮汐流。
- 第 14 章更新内容：银河系核球的最新讨论。
- 第 15 章修改内容：哈勃常数的当前值。
- 第 15 章和第 16 章更新内容：一些已知最遥远星系和类星体的数量、红移和图像。
- 第 17 章修改内容：更清晰地对宇宙学进行了表述。
- 第 18 章修改内容：行星系统和宜居行星。

呈现方式

可视化教学在天文学教学和实践中有重要的作用，因此本书将继续强调这一点。为丰富书中的内容，并力求展示各种宇宙天体最好和最新的图像，我们会尽可能地使美学与科学紧密结合；为方便读者的学习，书中的每个演示示例都是精心设计的。

全波段覆盖和光谱图标

天文学家越来越多地使用整个电磁波谱来收集宇宙的信息。本书选择在射电、红外、紫外、X 射线或伽马射线波段拍摄的图像，作为可见光波段图像的补充。由于有时很难（即使是专业人员）一眼看出哪些图像是在可见光波段拍摄的，哪些图像是其他波段合成的伪彩色图像，因此我们在每幅照片旁添加了一个图标，用以识别成像时所用电磁辐射的波长。

其他教学功能

类似于其他教材，本书同样为读者提供提高学习效率的方式。

- **学习目标。**研究表明，新生往往难以确定教材优先学习的顺序。因此，每章的章首都提供一些明确的学习目标，以帮助学生在学习本章后了解应掌握哪些知识与能力，然后据此进行调整。我们对这些学习目标进行了编号，并与“本章小结”和“复习题”部分的项目进行了关联。因此，这样做突出了每章的重要内容，可帮助学生掌握重点并安排学习进度。
- **概念链接。**天文学中，天体性质和物理学原理间的联系至关重要。学生在第 15 章学习哈勃定律时，第 2 章中所学到的关于谱线和多普勒频移的知识很重要。同样，讨论双星系统中每颗恒星的质量时（见第 10 章）或研究银河系的自转时（见第 14 章），都需要具备第 1 章中介绍的关于开普勒定律和牛顿定律的知识。自始至终，天文学中新天体和新概念的讨论很大程度上都取决于之前介绍的概念。
- **概念检查。**每章都给出了概念检查，其具体内容是读者需要通过更多的上下文去重新考虑所提出的一些关键问题。
- **图像类比。**为让读者更清楚地掌握知识，我们使用图像类比法，用日常生活中的经验来解释复杂的天文学概念。
- **图像组合。**一幅图片，不论是照片还是艺术想象图，都难以概括复杂天体的各个特征。因此，我们尽可能用多种图像尝试以最生动的方式来传达最大数量的信息：可见光图像常和其他波段的图像一起出现。解释性曲线常常叠加或并列在真正的天文图像上，以帮助学生了解图像所表达的内容。采用了局部视场放大的形式，以便深入了解图像的细节。
- **赫罗图。**书中的所有赫罗图都是根据真实数据以统一格式绘制的。
- **【更为准确】图文框。**这种图文框提供了许多定量的内容，它是正文中定性讨论的延伸。之所以将这些更有挑战性的主题从正文中删除而放到单独的图文框中，是因为这样做可让教师在教学时更具灵活性。
- **【发现】图文框。**这种图文框探讨各种趣闻，让读者了解科学知识的演化。
- **各章小结。**再次给出每章中的关键术语。
- **章末习题。**我们在章末提供习题，目的是帮助读者自我评估学习成果。习题分为如下几类：“复习题”“概念自测：判断题/多选题”“计算题”“活动”。

教师资源和学生资源

- **MasteringAstronomy:** www.masteringastronomy.com。MasteringAstronomy 是世界上最先进、使用最广泛的天文学教育和评估系统。这个课后作业、辅导和评估系统可以通过具体问题单独指导每名学生。学生也可通过测试练习、动画和视频来进行自学。

- **教师资源手册:** www.pearsonhighered.com/educator。因为第7版的更新,教师手册提供了新的教学大纲和课程安排,包括每章的概述、教学重点、有用的类比、课堂演示、习题解答等。
- **题库:** www.pearsonhighered.com/educator。第7版的题库提供约2500道题,包括多选题、判断题、填空题、简答题和论述题。

致谢

在本书成稿之前,许多同事提出了很多批判性的建议,本书前六版和《今日天文》的很多读者也提出了反馈与建议。在此,对他们致以诚挚的感谢。

第7版审稿人

Ron Armale, *Cypress College*
 Jacqueline Dunn, *Midwestern State University*
 Michael Frey, *Cypress College*

Alina Gabryzewska-Kukawa, *Delta State University*
 Martin Hackworth, *Idaho State University*

前六版审稿人

Todd Adams, *Florida State University*
 Stephen G. Alexander, *Miami University*
 Nadine G. Barlow, *Northern Arizona University*
 Michael L. Broyles, *Collin County Community College*
 Juan Cabanela, *Haverford College*
 Erik Christensen, *South Florida Community College*
 Michael L. Cobb, *Southeast Missouri State University*
 Anne Cowley, *Arizona State University*
 Manfred Cuntz, *University of Texas at Arlington*
 James R. Dire, *U.S. Coast Guard Academy*
 John Dykla, *Loyola University-Chicago*
 Tina Fanetti, *Western Iowa Tech Community College*
 Doug Franklin, *Western Illinois University*
 Peter Garnavich, *University of Notre Dame*
 Richard Gelderman, *Western Kentucky University*
 Martin Goodson, *Delta College*
 David J. Griffiths, *Oregon State University*
 Susan Hartley, *University of Minnesota-Duluth*
 David Hudgins, *Rockhurst University*
 Doug Ingram, *Texas Christian University*
 Marvin Kemple, *Indiana University-Purdue University, Indianapolis*
 Linda Khandro, *Shoreline Community College*
 Mario Klaric, *Midlands Technical College*
 Patrick Koehn, *Eastern Michigan University*
 Andrew R. Lazarewicz, *Boston College*
 Paul Lee, *Middle Tennessee University*
 M.A. K. Keohn Lodhi, *Texas Tech University*
 F. Bary Malik, *Southern Illinois University-Carbondale*
 Fred Marschak, *Santa Barbara College*
 John Mattox, *Francis Marion University*
 Chris McCarthy, *San Francisco State University*
 George E. McCluskey, Jr., *Leigh University*
 Scott Miller, *Pennsylvania State University*
 L. Kent Morrison, *University of New Mexico*
 Richard Nolthenius, *Cabrillo College*

Edward Oberhofer, *University of North Carolina-Charlotte*
 Robert S. Patterson, *Southwest Missouri State University*
 Jon Pedicino, *College of the Redwoods*
 Cynthia W. Peterson, *University of Connecticut*
 Robert Potter, *Bowling Green State University*
 Heather L. Preston, *U.S. Air Force Academy*
 Andreas Quirrenbach, *University of California-San Diego*
 James Regas, *California State University, Chico*
 Tim Rich, *Rust College*
 Frederick A. Ringwald, *California State University, Fresno*
 Gerald Royce, *Mary Washington College*
 Louis Rubbo, *Coastal Carolina University*
 Rihab Sawah, *Moberly Area Community College*
 John C. Schneider, *Catonsville Community College*
 C. Ian Short, *Florida Atlantic University*
 Philip J. Siemens, *Oregon State University*
 Earl F. Skelton, *George Washington University*
 Don Sparks, *Los Angeles Pierce College*
 Angela Speck, *University of Missouri-Columbia*
 Phillip E. Stallworth, *Hunter College of CUNY*
 Peter Stine, *Bloomsburg University of Pennsylvania*
 Irina Struganova, *Barry University*
 Jack W. Sulentic, *University of Alabama*
 Jonathan Tan, *University of Florida*
 Gregory Taylor, *University of New Mexico*
 Gregory R. Taylor, *California State University, Chico*
 George Tremberger, Jr., *Queensborough Community College*
 Craig Tyler, *Fort Lewis College*
 Alex Umantsev, *Fayetteville State University*
 Michael Vaughn, *Northeastern University*
 Jimmy Westlake, *Colorado Mountain College*
 Donald Witt, *Nassau Community College*
 J. Wayne Wooten, *University of West Florida*
 Garrett Yoder, *Eastern Kentucky University*
 David C. Ziegler, *Hannibal-LaGrange College*

感谢 Lola Judith Chaisson 绘制书中的赫罗图。感谢 Addison-Wesley 团队的帮助: 责任编辑 Tema Goodwin、策划编辑 Nancy Whilton、美术编辑 Barbara Price 和出版经理 Mary O'Connell。特别感谢 Thistle Hill Publishing Services 项目管理团队的 Andrea Archer 和 Angela Williams Urquhart, 内部设计师 Jerilyn Bockorick, 封面设计师 Mark Ong。

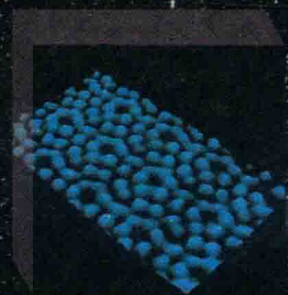
我们十分期待读者的反馈, 勘误和建议请发至邮箱 aw.astronomy@pearson.com。

Eric Chaisson
 Steve McMillan

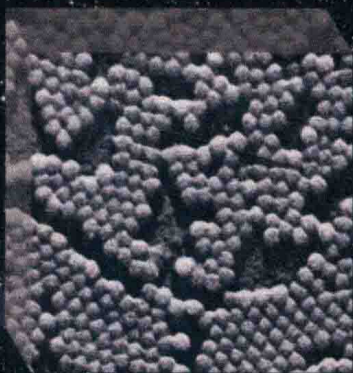
第1部分 基础

许多人认为，天文学仅是一门抬头看天、观察日月星辰的运动轨迹的学问。然而，这只是天文学研究的很少一部分内容。天文学的研究对象覆盖整个宇宙，包括我们所处的空间、时间，所有的物质、能量。天文学涵盖的范围宽广到我们的日常生活经验对天文学研究几乎没有任何帮助。我们不得不改变方式来研究宇宙尺度的事物。因此，要想了解天文学的魅力，就必须拓宽我们的视野，改变我们的思维方式！

第1部分首先介绍天文学家绘制星空图的基本方法，然后介绍科学知识的进步。此外，还会深入研究微观领域中的原子和分子，它们的性质对于理解宏观尺度上的宇宙至关重要。



原子 10^{-10}m



细胞 10^{-6}m



人类 2m

目录

CONTENTS

第1部分 基础

第0章 天空巡礼：天文学基础 2

- 0.1 如眼所见 3
 - 0.1.1 我们在空间中的位置 3
 - 0.1.2 天上的星座 3
 - 0.1.3 天球 4
 - 0.1.4 天球坐标系 6
- 0.2 地球的轨道运动 6
 - 0.2.1 天体的周日视运动 6
 - 0.2.2 季节变化 7
 - 0.2.3 长期变化 9
- 0.3 月球的运动 10
 - 0.3.1 月相 10
 - 0.3.2 日食和月食 12
- 0.4 距离的测量 15
- 0.5 科学和科学方法 16
- 本章回顾 19
 - 小结 19
 - 复习题 20
 - 概念自测：判断题/多选题 20
 - 计算题 20
 - 活动 21

第1章 哥白尼革命：现代科学的产生 22

- 1.1 行星的运动 23
 - 1.1.1 天空中的流浪者 23
 - 1.1.2 地心说宇宙模型 23
 - 1.1.3 太阳系的日心说模型 26
- 1.2 现代天文的产生 27
 - 1.2.1 伽利略的历史性观测 28
 - 1.2.2 哥白尼体系的优势 29
- 1.3 行星运动定律 29
 - 1.3.1 第谷的复杂数据 30
 - 1.3.2 开普勒定律 30
 - 1.3.3 太阳系的大小 32

- 1.4 牛顿定律 33
 - 1.4.1 运动定律 33
 - 1.4.2 引力 34
 - 1.4.3 轨道运动 35
 - 1.4.4 重新考虑开普勒定律 36
 - 1.4.5 科学进步的循环 37

- 本章回顾 38
 - 小结 38
 - 复习题 38
 - 概念自测：判断题/多选题 38
 - 计算题 39
 - 活动 39

第2章 光和物质：宇宙的内部作用 40

- 2.1 来自空中的信息 41
 - 2.1.1 光和辐射 41
 - 2.1.2 波动 42
- 2.2 波是什么 43
 - 2.2.1 带电粒子间的相互作用 44
 - 2.2.2 电磁学 44
- 2.3 电磁波谱 45
 - 2.3.1 可见光成分 45
 - 2.3.2 辐射的整个范围 46
- 2.4 热辐射 47
 - 2.4.1 黑体光谱 47
 - 2.4.2 辐射定律 48
 - 2.4.3 天文应用 50
- 2.5 光谱仪 50
 - 2.5.1 发射线 50
 - 2.5.2 吸收线 52
 - 2.5.3 天文应用 53
- 2.6 谱线的形成 54
 - 2.6.1 原子结构 54
 - 2.6.2 辐射粒子的本质 55
 - 2.6.3 氢的光谱 55
 - 2.6.4 基尔霍夫定律的解释 56
 - 2.6.5 更复杂的光谱 57

2.7 多普勒效应 58

2.8 谱线分析 59

本章回顾 60

小结 60

复习题 60

概念自测: 判断题/多选题 61

计算题 61

活动 61

第3章 望远镜: 天文学的工具 62

3.1 光学望远镜 63

3.1.1 反射式和折射式望远镜 63

3.1.2 反射式望远镜的分类 65

3.1.3 探测器和图像处理 68

3.2 望远镜大小 69

3.2.1 集光能力 69

3.2.2 分辨能力 71

3.3 高分辨率天文学 72

3.3.1 大气模糊效应 72

3.3.2 新型望远镜设计 72

3.4 射电天文学 74

3.4.1 射电望远镜基础 74

3.4.2 射电天文学的价值 75

3.4.3 干涉测量法 76

3.5 空基天文学 78

3.5.1 红外和紫外天文学 78

3.5.2 高能天文学 80

3.5.3 全波段覆盖 82

本章回顾 83

小结 83

复习题 84

概念自测: 判断题/多选题 84

计算题 84

活动 85

第2部分 我们的太阳系

第4章 太阳系: 行星际物质和行星的诞生 88

4.1 太阳系简介 89

4.1.1 行星的性质 89

4.1.2 类地行星和类木行星 91

4.1.3 太阳系碎片 92

4.2 行星际物质 92

4.2.1 小行星轨道 92

4.2.2 小行星的性质 94

4.2.3 彗星 96

4.2.4 彗星轨道 99

4.2.5 流星体 100

4.3 太阳系的形成 103

4.3.1 模型要求 104

4.3.2 星云收缩 105

4.3.3 行星形成 106

4.3.4 形成类木行星 108

4.3.5 太阳系的分异 109

4.3.6 小行星和彗星 110

4.3.7 太阳系的规则性和不规则性 111

4.4 系外行星 111

4.4.1 探测系外行星 111

4.4.2 系外行星的性质 113

4.4.3 系外行星的组成 115

4.4.4 太阳系不同寻常吗 115

4.4.5 寻找地球类行星 116

本章回顾 117

小结 117

复习题 118

概念自测: 判断题/多选题 118

计算题 119

活动 119

第5章 地球及其卫星: 我们的宇宙后院 120

5.1 地球和月球 121

5.1.1 物理性质 121

5.1.2 整体结构 122

5.2 潮汐 122

5.2.1 重力变形 122

5.2.2 潮汐锁定 124

5.3 大气层 125

5.3.1 地球的大气 125

5.3.2 温室效应 127

5.3.3 月球空气 128

5.4 地球和月球的内部结构 130

5.4.1 地震学 130

5.4.2 地球内部建模 130

5.4.3 分异 132

5.4.4 月球内部 132

5.5 地球的表面活动 133

5.5.1 大陆漂移说 133

5.5.2 是什么驱动板块运动 134

5.5.3 月球上的板块构造 136

5.6 月球的表面 136

5.6.1 大尺度特征 136

5.6.2 撞击 137

5.6.3 月球侵蚀作用	139	第7章 类木行星：太阳系中的巨型天体	173
5.7 磁层	139	7.1 木星和土星的观测	174
5.7.1 地球的磁层	139	7.1.1 地球视角	174
5.7.2 月球的磁场	141	7.1.2 空间探测器探索	175
5.8 地月系统的历史	141	7.2 天王星和海王星的发现	176
5.8.1 月球的形成	141	7.3 类木行星的体特性	178
5.8.2 月球的演化	142	7.3.1 物理性质	179
本章回顾	143	7.3.2 自转速率	180
小结	143	7.4 木星的大气	181
复习题	144	7.4.1 整体外观和组成	181
概念自测：判断题/多选题	144	7.4.2 大气结构	182
计算题	145	7.4.3 木星上的天气	183
活动	145	7.5 外层类木行星的大气	184
第6章 类地行星：对比研究	146	7.5.1 土星大气的组成	184
6.1 轨道和物理性质	147	7.5.2 土星上的天气	185
6.2 自转速率	148	7.5.3 天王星和海王星的大气成分	186
6.2.1 水星奇特的自转	148	7.5.4 天王星和海王星上的天气	186
6.2.2 金星和火星	149	7.6 类木行星的内部	187
6.3 大气层	150	7.6.1 内部结构	188
6.3.1 水星	151	7.6.2 磁层	189
6.3.2 金星	151	7.6.3 内部加热	190
6.3.3 火星	152	本章回顾	192
6.4 水星表面	152	小结	192
6.5 金星表面	154	复习题	192
6.5.1 大比例尺地形图	154	概念自测：判断题/多选题	192
6.5.2 火山作用和陨击	155	计算题	193
6.6 火星表面	157	活动	193
6.6.1 大比例尺地形图	158	第8章 卫星、环和类冥矮行星：巨人之间的小世界	194
6.6.2 火星上的火山活动	160	8.1 木星的伽利略卫星	195
6.6.3 火星上过去有水的证据	160	8.1.1 “小太阳系”	195
6.6.4 今天水在火星上的何处	162	8.1.2 木卫一：最活跃的卫星	197
6.6.5 火星着陆器的探索	164	8.1.3 木卫二：锁定在冰中的液态水	198
6.7 内部结构和地质历史	167	8.1.4 木卫三和木卫四：异卵双生	199
6.7.1 水星	167	8.2 土星和海王星的大卫星	200
6.7.2 金星	168	8.2.1 土卫六：带有大气的卫星	201
6.7.3 火星	168	8.2.2 海卫一：从柯伊伯带中俘获	204
6.8 地球、金星和火星上的大气演化	169	8.3 中型类木卫星	204
6.8.1 金星上失控的温室效应	169	8.4 行星环	207
6.8.2 火星大气层的演化	170	8.4.1 土星的壮观环系统	207
本章回顾	171	8.4.2 洛希极限	208
小结	171	8.4.3 土星环的精细结构	209
复习题	171	8.4.4 木星、天王星和海王星的环	211
概念自测：判断题/多选题	172	8.4.5 行星环的形成	213
计算题	172	8.5 海王星之外	213
活动	172		

- 8.5.1 冥王星的发现 213
- 8.5.2 冥王星-冥卫一系统 214
- 8.5.3 类冥矮行星和柯伊伯带天体 215

本章回顾 217

小结 217

复习题 217

概念自测: 判断题/多选题 218

计算题 218

活动 218

第3部分 恒星

第9章 太阳: 我们的母恒星 222

- 9.1 太阳 223
 - 9.1.1 整体结构 223
 - 9.1.2 光度 224
- 9.2 太阳内部 224
 - 9.2.1 太阳结构建模 225
 - 9.2.2 能量输送 226
 - 9.2.3 太阳对流的证据 228
- 9.3 太阳的大气层 228
 - 9.3.1 色球层 229
 - 9.3.2 过渡区和日冕 230
 - 9.3.3 太阳风 231
- 9.4 活跃的太阳 231
 - 9.4.1 太阳黑子 231
 - 9.4.2 太阳的磁场 232
 - 9.4.3 太阳的活动周期 233
 - 9.4.4 活跃区域 235
 - 9.4.5 X射线下的太阳 236
 - 9.4.6 变化的日冕 237
- 9.5 太阳的中心 237
 - 9.5.1 核聚变 237
 - 9.5.2 质子-质子链 238
 - 9.5.3 太阳中微子的观测 240

本章回顾 241

小结 241

复习题 242

概念自测: 判断题/多选题 242

计算题 243

活动 243

第10章 恒星测量: 巨星、矮星和主序星 244

- 10.1 太阳邻域 245
 - 10.1.1 恒星视差 245
 - 10.1.2 离太阳最近的恒星 246

- 10.1.3 恒星的运动 247
- 10.2 光度和视亮度 248
 - 10.2.1 另一个平方反比定律 248
 - 10.2.2 星等标度 249
- 10.3 恒星的温度 250
 - 10.3.1 颜色和黑体曲线 250
 - 10.3.2 恒星光谱 252
 - 10.3.3 光谱分类 252
- 10.4 恒星的大小 253
 - 10.4.1 直接测量和间接测量 253
 - 10.4.2 巨星与矮星 254
- 10.5 赫罗图 255
 - 10.5.1 主序 255
 - 10.5.2 白矮星和红巨星区域 256
- 10.6 宇宙距离标度的延伸 257
 - 10.6.1 分光视差 258
 - 10.6.2 光度分类 259
- 10.7 恒星的质量 260
 - 10.7.1 双星系统 260
 - 10.7.2 质量的测定 261
 - 10.7.3 质量和恒星的其他性质 261

本章回顾 263

小结 263

复习题 264

概念自测: 判断题/多选题 264

计算题 265

活动 265

第11章 星际物质: 银河系中恒星的形成 266

- 11.1 星际物质 267
 - 11.1.1 气体和尘埃 267
 - 11.1.2 星际物质的密度和组成 269
- 11.2 恒星形成区域 270
- 11.3 暗黑尘埃云 273
 - 11.3.1 可见光的遮挡 274
 - 11.3.2 21厘米辐射 275
 - 11.3.3 分子气体 276
- 11.4 类日恒星的形成 277
 - 11.4.1 引力和加热 277
 - 11.4.2 阶段1——星云 278
 - 11.4.3 阶段2和阶段3——持续收缩的星云碎片 278
 - 11.4.4 阶段4——原恒星 279
 - 11.4.5 阶段5——星前演化 280
 - 11.4.6 阶段6和阶段7——新生恒星 282
- 11.5 其他质量的恒星 282

11.5.1 零龄主序	282
11.5.2 “失败”的恒星	283
11.6 星团	284
11.6.1 星团和星协	284
11.6.2 星团和星云	286
本章回顾	287
小结	287
复习题	288
概念自测: 判断题/多选题	288
计算题	288
活动	289
第12章 恒星演化: 恒星的诞生与死亡	290
12.1 离开主序	291
12.1.1 恒星和科学方法	291
12.1.2 结构变化	291
12.2 类日恒星的演化	292
12.2.1 阶段8和阶段9——亚巨星到红巨星	293
12.2.2 阶段10——氦燃烧	294
12.2.3 阶段11——再次成为红巨星	295
12.3 低质量恒星的死亡	296
12.3.1 阶段12——行星状星云	297
12.3.2 致密物质	298
12.3.3 阶段13——白矮星	298
12.3.4 新星	300
12.4 质量大于太阳的恒星的演化	301
12.4.1 重元素的形成	301
12.4.2 超巨星的观测	302
12.4.3 演化结束	303
12.5 超新星爆发	304
12.5.1 新星和超新星	304
12.5.2 I型和II型超新星的解释	305
12.5.3 超新星遗迹	306
12.5.4 重元素的形成	307
12.6 星团中恒星演化的观测	308
12.7 恒星演化的周期	312
本章回顾	314
小结	314
复习题	315
概念自测: 判断题/多选题	315
计算题	315
活动	316
第13章 中子星和黑洞: 物质的奇异状态	317

13.2 脉冲星	319
13.2.1 脉冲星模型	319
13.2.2 中子星和脉冲星	321
13.3 中子星双星	322
13.3.1 X射线源	322
13.3.2 毫秒脉冲星	323
13.3.3 脉冲星行星	324
13.4 γ 射线暴	325
13.4.1 距离和光度	325
13.4.2 爆发的原因	327
13.5 黑洞	329
13.5.1 恒星演化的最后阶段	329
13.5.2 逃逸速度	329
13.5.3 视界	330
13.6 爱因斯坦的相对论	330
13.6.1 狭义相对论	331
13.6.2 广义相对论	333
13.6.3 空间弯曲和黑洞	334
13.7 黑洞附近的太空旅行	336
13.7.1 潮汐力	336
13.7.2 靠近视界	336
13.7.3 黑洞深处	338
13.8 黑洞的观测证据	338
13.8.1 双星系统中的黑洞	338
13.8.2 星系中的黑洞	339
13.8.3 黑洞确实存在吗	340
本章回顾	341
小结	341
复习题	341
概念自测: 判断题/多选题	341
计算题	342
活动	342

第4部分 星系与宇宙

第14章 银河系: 太空中的旋涡星系	346
14.1 银河系	347
14.2 测量银河系	349
14.2.1 恒星计数	349
14.2.2 变星的观测	349
14.2.3 一种新标尺	350
14.2.4 银河系的大小与形状	351
14.3 星系结构	352
14.3.1 银河系成图	353
14.3.2 星族	354
14.3.3 轨道运动	354

- 14.4 银河系的形成 355
- 14.5 银河系旋臂 357
- 14.6 银河系的质量 361
 - 14.6.1 暗物质 361
 - 14.6.2 恒星暗物质的搜索 362
- 14.7 银河系中心 363
 - 14.7.1 银河系中的活动 363
 - 14.7.2 中心黑洞 365
- 本章回顾 367
- 小结 367
- 复习题 367
- 概念自测: 判断题/多选题 367
- 计算题 368
- 活动 368

第15章 正常星系和活动星系: 宇宙的基石 369

- 15.1 哈勃的星系分类 370
 - 15.1.1 旋涡星系 371
 - 15.1.2 椭圆星系 372
 - 15.1.3 不规则星系 373
 - 15.1.4 哈勃序列 375
- 15.2 星系在空间中的分布 375
 - 15.2.1 扩展距离尺度 376
 - 15.2.2 星系团 377
- 15.3 哈勃定律 378
 - 15.3.1 宇宙退行 378
 - 15.3.2 哈勃常数 380
 - 15.3.3 距离阶梯的顶端 380
- 15.4 活动星系核 381
 - 15.4.1 星系辐射 381
 - 15.4.2 赛弗特星系 382
 - 15.4.3 射电星系 383
 - 15.4.4 类星体 386
- 15.5 活动星系的中央引擎 388
 - 15.5.1 能量产生 388
 - 15.5.2 能量发射 390
- 本章回顾 391
- 小结 391
- 复习题 392
- 概念自测: 判断题/多选题 392
- 计算题 393
- 活动 393

第16章 星系和暗物质: 宇宙的大尺度结构 394

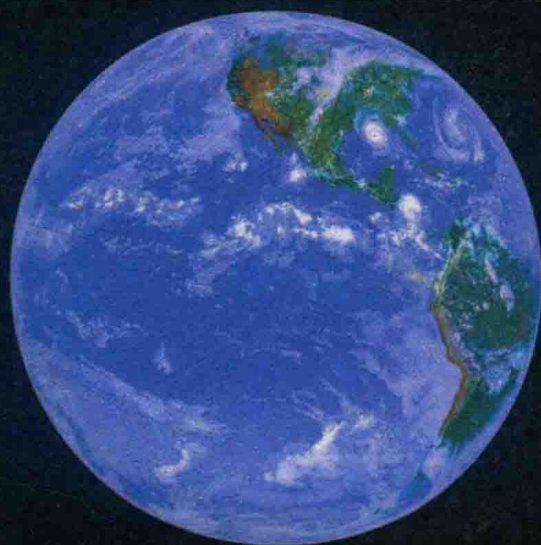
- 16.1 宇宙中的暗物质 395
 - 16.1.1 星系质量 395

- 16.1.2 可见物质和暗晕 396
- 16.1.3 星系团内气体 397
- 16.2 星系碰撞 398
- 16.3 星系形成和演化 400
 - 16.3.1 合并与兼并 400
 - 16.3.2 演化和相互作用 401
 - 16.3.3 建立哈勃序列 404
- 16.4 星系中的黑洞 404
 - 16.4.1 黑洞质量 404
 - 16.4.2 类星体时期 405
 - 16.4.3 活动星系和正常星系 407
 - 16.4.4 活动星系和科学方法 408
- 16.5 超大尺度上的宇宙 409
 - 16.5.1 星系团族 409
 - 16.5.2 红移巡天 410
 - 16.5.3 类星体吸收线 411
 - 16.5.4 类星体“幻影” 413
 - 16.5.5 暗物质成图 415
- 本章回顾 416
- 小结 416
- 复习题 417
- 概念自测: 判断题/多选题 417
- 计算题 418
- 活动 418

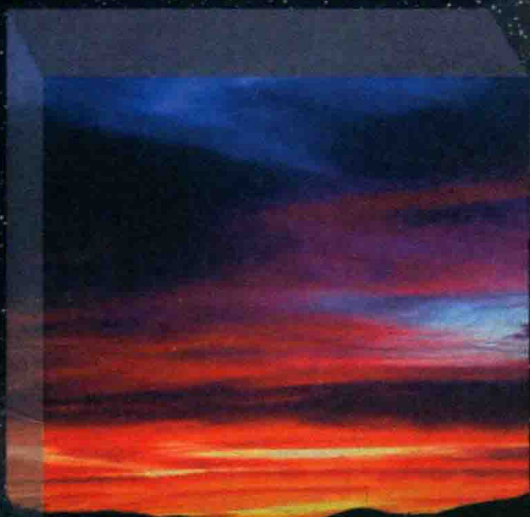
第17章 宇宙学: 大爆炸和宇宙的命运 419

- 17.1 最大尺度上的宇宙 420
- 17.2 膨胀宇宙 421
 - 17.2.1 奥伯斯佯谬 421
 - 17.2.2 宇宙的诞生 422
 - 17.2.3 大爆炸的位置 422
 - 17.2.4 宇宙学红移 423
- 17.3 宇宙动力学和空间几何 423
 - 17.3.1 两种未来 423
 - 17.3.2 宇宙的形状 425
- 17.4 宇宙的命运 425
 - 17.4.1 宇宙的密度 426
 - 17.4.2 宇宙加速 426
 - 17.4.3 暗能量 427
 - 17.4.4 宇宙的组成 429
 - 17.4.5 宇宙的年龄 429
- 17.5 早期的宇宙 430
 - 17.5.1 宇宙微波背景 431
 - 17.5.2 宇宙中的辐射 432
- 17.6 原子核和原子的形成 432
 - 17.6.1 氦的形成 433

17.6.2 核合成和宇宙的组成	433	18.3.3 具有行星系统的恒星的比例	451
17.6.3 原子的形成	434	18.3.4 行星系统中宜居行星的 平均数量	451
17.7 宇宙膨胀	434	18.3.5 出现生命的宜居行星的比例	453
17.7.1 视界和平直性问题	434	18.3.6 出现智慧生命的宜居行星的 比例	453
17.7.2 暴胀时期	435	18.3.7 出现开发和利用技术的智慧生命 的行星的比例	453
17.7.3 暴胀对宇宙的影响	436	18.3.8 技术文明的平均寿命	454
17.8 宇宙中大尺度结构的形成	437	18.4 寻找外星人	454
本章回顾	440	18.4.1 认识我们的邻居	454
小结	440	18.4.2 射电搜索	455
复习题	440	18.4.3 水洞	456
概念自测: 判断题/多选题	441	本章回顾	457
计算题	441	小结	457
活动	442	复习题	457
第 18 章 宇宙中的生命: 我们是否孤单	443	概念自测: 判断题/多选题	457
18.1 宇宙的演化	444	计算题	458
18.1.1 宇宙中的生命	444	活动	458
18.1.2 地球上的生命	445	附录 A 科学记数法	460
18.1.3 星际起源	446	附录 B 天文测量	461
18.1.4 多样性和文化	447	附录 C 常用数据表	463
18.2 太阳系中的生命	448	词汇表	465
18.2.1 我们所知的生命	448	译后记	473
18.2.2 极端环境中的生命	449		
18.3 银河系中的智慧生命	450		
18.3.1 德雷克方程	450		
18.3.2 银河系寿命期间恒星形成的 平均速率	451		



地球 10^7m



山脉 10^4m

地球不是宇宙的中心，也不是什么特殊的存在；
我们在宇宙中的位置并不独特。

第0章 天空巡礼：天文学基础



恒星是宇宙中可见的基本成分。在可观测宇宙中，恒星如同宇宙“沙滩”中一粒一粒的沙子。在黑夜中，我们可以看到一条横贯头顶夜空的奶白色恒星带，其中包含了数不尽的恒星。我们称其为银河。在天文学中，这个由无数恒星组成的恒星系统，称为银河系，而太阳则是银河系中的一员。上图是经单次曝光后得到的银河图像，题为“走向星路”，周围是美国蒙大拿州和加拿大艾伯塔省交界处，被月光照亮的美国冰川国家公园洛根山口的地貌