

星空译丛 | 通识教育丛书

翻译版 · 第3版



〔美〕杰弗里·贝内特

Jeffrey Bennett

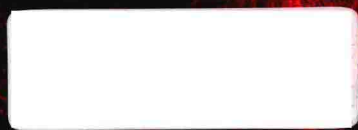
〔美〕塞思·肖斯塔克

Seth Shostak

霍雷/译

宇宙中的生命

LIFE IN THE
UNIVERSE



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

PEARSON

星空译丛
通识教育丛书

宇宙中的生命

(翻译版·第3版)

[美] 杰弗里·贝内特 (Jeffrey Bennett)

科罗拉多大学博尔德分校

(University of Colorado at Boulder)

[美] 塞思·肖斯塔克 (Seth Shostak)

探寻外星智慧研究所

(SETI institute)

著



霍雷 译



机械工业出版社

全书分4部分。第Ⅰ部分就探索宇宙中生命做了简介；第Ⅱ部分是关于地球上的生命，主要讨论有关地球上生命问题研究的现状；第Ⅲ部分讨论了太阳系中其他地方存在生命的可能性；第Ⅳ部分讨论了太阳系外的生命问题。

Authorized translation from the English language edition, entitled *Life in the Universe*, 3rd edition, 9780321687678 by Jeffrey Bennett and Seth Shostak, published by Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings, Copyright © 2012.

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

CHINESE SIMPLIFIED language edition published by PEARSON EDUCATION ASIA LTD., and China Machine Press Copyright © 2016.

本书中文简体字版由培生教育出版公司授权机械工业出版社合作出版，未经出版者书面许可，不得以任何形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。

北京市版权局著作权合同登记 图字：01-2012-5871 号

图书在版编目（CIP）数据

宇宙中的生命：翻译版：第3版/（美）贝内特（Bennett, J.），（美）肖斯塔克（Shostak, S.）著；霍雷译. —北京：机械工业出版社，2016.1
（星空译丛. 通识教育丛书）

书名原文：Life in the Universe（3rd Edition）

ISBN 978-7-111-52139-6

I. ①宇… II. ①贝… ②肖… ③霍… III. ①地外生命-普及读物
IV. ①Q693-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 271186 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：张金奎 责任编辑：孟晓琳 责任校对：刘雅娜

责任印制：乔 宇

保定市中华美凯印刷有限公司印刷

2016 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·32.25 印张·925 千字

标准书号：ISBN 978-7-111-52139-6

定价：128.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线：010-88361066

机工官网：www.cmpbook.com

读者购书热线：010-68326294

机工官博：weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网：www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

教育服务网：www.cmpedu.com

题词

理解地球上生命的问题以及宇宙中地外生命存在的前景，是涉及人类生存的最深刻的问题。它可以揭示人类的起源，引领我们去认识人类能够在地球上繁衍生息的原因和机制，激励我们去思考那些可能会在太空中面临的不可思议的可能性。我们把这本书献给所有想参与这种探索的人，并真诚希望知识会帮助人类在面对未来时能采取明智和负责的行动。

整个世界充满了对这重大事件的期许，在无尽的时间长河中，终有一天，那些目前还藏匿于我们思想深处、潜存在我们欲念之中的生灵，会像我们站在脚凳上一样，站立在地球上并笑着将手伸向繁星之中。

赫伯特·乔治·威尔斯 (H. G. Wells, 1866—1946)

作者简介

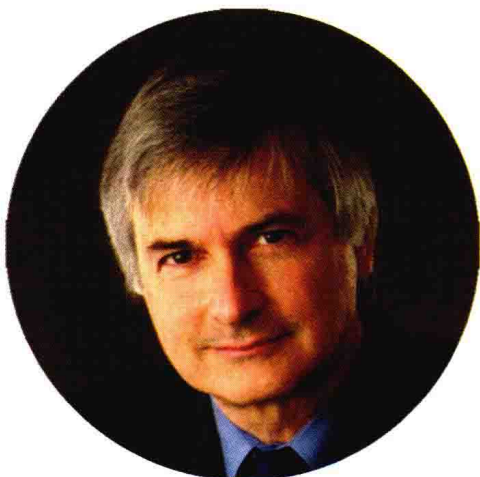
杰弗里·贝内特 (Jeffrey Bennett)

杰弗里·贝内特 1981 年毕业于加利福尼亚大学圣地亚哥分校生物物理学专业，获学士学位。1987 年在科罗拉多大学博尔德分校获天体物理学博士学位。从学龄前儿童的幼儿园直到研究生院，他在各水平层次的教学机构中都从事过教学工作。在大学中讲授过天文学、物理学、数学以及教育学等领域的 50 余门课程。他以资深访问科学家的身份在美国国家航空航天局 (NASA) 总部工作了两年，创立了 NASA “概念” 资助计划，开启了资助教师搭乘美国航空航天局的机载天文观测台（包括 SOFIA 机载天文观测台）项目，并为哈勃空间望远镜和其他空间科学计划开发了大量教育项目。他还提出了一个在太阳系微缩模型——Voyage 模型的建设中发挥了作用的理念。Voyage 模型设立在华盛顿哥伦比亚特区国家广场上（贝内特的这张照片就是在太阳模型前拍摄的）。除了这本太空生物学教科书外，他还著有天文学、数学和统计学方面的大学教科书，同时他还为普通大众撰写了两本书：《宇宙的地平线》（*On the Cosmic Horizon*, Pearson Addison Wesley, 2001 年）和《超越 UFO》（*Beyond UFOs*, Princeton University Press, 2008, 2011）。他的系列儿童书籍：《马克斯去月球》（*Max Goes to the Moon*）、《马克斯去火星》（*Max Goes to Mars*）和《马克斯去木星》（*Max Goes to Jupiter*）荣获了大奖。工作闲暇时，他喜欢和研究生们一起游泳，或者与妻子丽莎（Lisa）、孩子格兰特（Grant）和布鲁克（Brooke）以及他家的狗科兹莫（Cosmo）一起参加日常冒险活动。从他的个人网站（www.jeffreybennett.com）上，你可以对他有更多的了解。



塞思·肖斯塔克 (Seth Shostak)

塞思·肖斯塔克 1965 年毕业于普林斯顿大学物理学系，获学士学位。1972 年在加利福尼亚州技术研究所获天文学博士学位。目前，他是位于美国加利福尼亚州山景城的探寻外星智慧 (SETI) 研究所的资深天文学家，在那里他协助开展搜索宇宙智慧新闻出版方面的工作。在其职业生涯的大部分时间里，塞思致力于利用射电天文学探索星系方面的工作，研究这些巨大天体中包含了大量的暗质量这样的实验事实。他曾在弗吉尼亚州夏洛茨维尔的国家射电天文观测台以及在荷兰格罗宁根（在那里，他学会了讲一口蹩脚的荷兰语）的卡普坦天文研究所工作。塞思还创建并经营了一家为电视制作计算机动画的公司。他还写了



数百篇通俗文章，内容涉及天文、技术、电影以及电视等不同的主题。频繁的巡回演讲成了塞思必须做的事情，他每年要在教育和研究机构做大约 70 场报告，他还常常就一些天文事件为广播和电视做评论员。他撰写的书《一个外星人搜寻者的自白：一个科学家对外星智慧的探寻》（*Confessions of an Alien Hunter: A Scientist's Search for Extraterrestrial Intelligence*, National Geographic, 2009）详细介绍了一些最新的观点以及他在日常工作中的个人经历。塞思致力于寻找外星人踪迹的工作，工作之余，人们也经常能看到他坐在麦克风旁。他是 SETI 研究所每周一小时的有关科学的广播节目的主持人，该节目是：我们孤独吗？

译者的话

古往今来，人们对生命现象充满了敬畏与好奇。什么是生命？地球上的生命是如何形成的？在浩瀚的宇宙中，人类是孤独的吗？我们是否能移居到宇宙中的其他星球上去？这些谜团启迪着人类的灵感和热情，也促使了探索和研究宇宙中生命的新兴学科——“太空生物学”的产生和发展。

本书译自 Jeffrey O. Bennett 和 Seth Shostak 共同撰写的《Life in the Universe》(Third Edition) 一书。能把这两位学术造诣深厚的天文学家撰写的这部书介绍给广大读者，我们由衷地高兴。作者在书中用严谨又通俗易懂的方式引入了理解宇宙中的生命问题所涉及的一些物理学、化学、生物学、天文学以及地质科学的基本概念，并以之来解释自然现象、探讨太空生物学涉及的深刻科学问题。书中概述了探寻和研究宇宙中的生命问题的科学意义，归纳了太空生物学关注的主要研究范畴。在繁星密布的宇宙中，我们生活的地球是目前已知的唯一拥有生命的星球。本书以地球上的生命为出发点，揭示了地球上生命的本质特征，讨论了地球上生命的起源、地球环境对生命的意义以及生命产生和进化的现代观点。以此为基础，讨论了太阳系中其它星球上存在生命的可能性和相关研究的进展及其科学意义，进而讨论了太阳系外的生命问题，并为读者展示了星际旅行的前景和面临的挑战。

本书内容丰富、资料翔实、图文并茂。阅读本书并不需要经过特殊的科学训练或者有特别的知识背景，读者可以在无数压力的氛围下理解太空生物学这一新兴的科学领域。实际上，太空生物学涉及的许多问题目前尚无明确的答案，但书中翔实的实验资料和最新的科学进展可以让读者在探索那些尚没有答案的科学问题时，能从科学的角度检验自己的观点。相信在许多方面本书会对读者的心灵有所启迪，一些观点会使读者耳目一新、豁然开朗。

对宇宙中生命的探索和研究受到越来越广泛的关注，许多大专院校都开始开设了太空生物学的相关课程，Jeffrey O. Bennett 和 Seth Shostak 撰写本书的目的之一就是为这类课程提供一本教科书。本书不仅是读者拓展知识视野，提升科学素养的优秀读物，也可以用作高等院校开设通识教育类课程的教材或者用作相关专业学生的入门教材。

本书的翻译过程得到了我的同事和学生的诸多帮助，在此向他们表示衷心的感谢。本书出版过程中得到了机械工业出版社的大力支持和帮助，在此对出版社和编辑们的辛勤工作表示诚挚的谢意。翻译中我们直接给出了原作者的例证和观点，力图能体现原著的风格和特点，以便读者体会和领悟。但限于译者的水平，不妥、疏漏或错误之处在所难免，欢迎读者批评指正。

霍 雷

2016 年 2 月于哈尔滨工业大学

前言

致读者

古往今来，很少有几个问题能像我们人类在宇宙中是否形单影只这一谜团那样启迪人类的灵感和热情。许多古希腊的哲学家相信，在离地球很遥远的地方可以发现智慧生命。17 世纪，当第一架望远镜对准月亮时，一些著名的天文学者把月球的表面特征解读为月球是宜居星球的证据。仅仅一个世纪之前，对存在火星文明的信念已经相当普遍，以至于火星人这一称谓也变成了外星人的代名词。尽管对有关外星生命存在可能性的研究具有重要的历史价值，但直到不久之前，还仅有少数学者致力于去理解那些与之密切相关的重要问题，更不用说对生命的认真搜寻了。

然而，在过去的几十年里，生物学、地质学、天文学以及其他科学的交融凸显了探索外星生命问题的重要性，并将其置于了研究的前沿领域。对地球上生命起源的理解所取得的进展，可以帮助我们预测在其他地方产生生命所需的条件。微生物能在地球上极端条件下（至少按人类的标准）繁衍生息这一现象的发现，增加了生命可以在太阳系中更加恶劣的环境中生存的希望。20 世纪 90 年代，人们首次获得了环绕其他恒星运行的行星的存在证据，进一步推动了对其他恒星系统上可能存在产生生命的条件这一问题的探索。技术的进步使我们对来自外星文明的信号开展前所未有的、大规模的细致搜寻成为可能，这更加增进了人们对探寻外星智慧（the Search for Extraterrestrial Intelligence, SETI）的兴趣。最为重要的或许是，科学家们发现，无论对地外生命的搜寻最终能否取得成功，对与之相关问题的跨学科研究都有其自身的内在价值。

考虑到科学界所付出的巨大努力和公众对搜寻地外生命由来已久的痴迷，意料之中的就是对宇宙中生命的研究成了最引人注目的科学之一。这一科学也被称为太空生物学。高等院校也已经认识到这个学科越来越重要，许多院校已开设了太空生物学课程。本书就是为这类课程编著的，其目的就是要系统地介绍宇宙中的生命这一广泛的科学领域。

虽然本书是一本教科书，但我们希望它能为所有希望了解太空生物学研究现状的读者提供帮助。学习本书的内容并不需要读者经过特殊的科学训练或者有特别的知识背景，书中在提到所有的科学概念时，都会给出一个回顾性分析。如果你受过高中教育并有学习的意愿，你就有能力理解本书中涉及的每一个主题。我们衷心祝愿你的努力能够得到回报。

杰弗里·贝内特
塞思·肖斯塔克

致当前和未来的教师

以下这部分内容主要是为那些正在讲授或将要讲授有关宇宙中的生命课程的教师而写的。由于这部分内容解释了写作本书除了适合教学这一特点之外的另一些动因以及本书的组织编排，可以使读者在阅读本书时有最大的收获，因此学生和普通读者也能从中获益。

为什么要讲授有关宇宙中生命的课程？

仅仅因为对太空生物学的研究兴趣迅速提高，还不足以说明为什么要在非科学专业开设这一新课程。但这类课程至少有三个重要特征，把它们综合在一起，就为把它列为标准的科学课程提供了有力的支持：

- 1. 对那些只学了一门或少数几门必修的科学课程的学生来说，宇宙中生命研究的多学科交叉特征使他们比学习任何单一学科的一门课程更能广泛地了解科学研究的范畴。
- 2. 公众对 UFO 以及外星人来访之类问题的兴趣为宇宙中的生命这一课程提供了特殊的机会，它可以作为宣传科学的特征以及区分科学与伪科学的媒介。
- 3. 宇宙中的生命这一科学涉及许多人类想了解的深刻问题，例如：什么是生命？地球上的生命是如何形成的？人类是孤独的吗？我们是否能移居到其他行星或者其他恒星系去？学生一定会对这些问题感兴趣，甚至会刺激那些仅仅出于必需而修习这门课程的科学专业学生。

以上这些特征或许可以说明为什么开设宇宙中的生命这一课程的高等院校甚至中学越来越多。需要特别指出的是，除了学生特别感兴趣外，关于宇宙中的生命之类的课程对教师也是一个特别好的经历。无论你具有何种科学背景，对任何水平的学生讲授太空生物学课程都会让你了解一些新的知识。

以本书作为课程的教材

随着太空生物学的诞生，教师很快就面临着一个挑战：由于课程具有多学科交叉的特点，确定哪些内容才是需要重点强调的成了一件困难的事情。无论如何，随着时间的流逝，在涉及宇宙中生命研究的不同学科中基本达成了一致的观点。撰写本书的目的就是描述这一观点，而本书的前两版坚定了我们实现这一目标的信心。第 3 版中，我们更加强调了这种跨学科方案，积极回应了读者对前两版的反馈意见，并就科学的最新进展进行了更新。着眼于课程隶属于交叉学科的特点，下面我们将把注意力放在能够帮助教师更好地利用本书的一些细节上。

课程类型

本书是供非科学专业开设的课程使用的，例如用作必修的自然科学核心课程的教材，或者用作那些缺乏后续学习更专业的太空生物学课程所需知识的学生的选修课教材。本书也可用于高中阶段开设的课程，特别是那些旨在弱化独立科学学科间的传统分界的综合科学课程。

总体结构

经发展和完善，本书现分为 4 部分，希望能最大限度地满足大多数与宇宙中生命相关课程的教学需要。前面的目录中已给出了较为详细的介绍，下面给出本书扼要的结构提纲。

第 I 部分：对探索宇宙中生命的简介（第 1~3 章）。第 1 章简单回顾了关于宇宙中的生命的主要论题以及它成为科学研究前沿的原因。第 2 章基于多数学生首次真正认识到科学思维与其他思维方式的差别这一假设，讨论了科学的特征。第 3 章给出了理解本课程后续内容所需掌握的天文学和物理学的基本概念。

第 II 部分：关于地球上的生命（第 4~6 章）。这是深入研究太空生物学问题的第一部分，主要讨论有关地球上生命问题研究的现状。第 4 章讨论了地球具有宜居性的地质学条件。第 5 章揭示了地球上生命的特征。第 6 章讨论了关于地球上生命的产生和后续进化的现代观点。

第 III 部分：太阳系中的生命（第 7~10 章）。利用在第 II 部分了解到的关于地球上生命的知识，讨论了太阳系中其他地方存在生命的可能性。第 7 章讨论了生命存在的环境需求，并简单浏览了太阳系内的不同星球，探讨了潜在的宜居性。第 8 章和第 9 章集中讨论了太阳系中最可能存在

生命的地方：火星（Mars）和木星卫星欧罗巴（木卫二，Europa）、盖尼米德（木卫三，Ganymede）、卡里斯托（木卫四，Callisto）、提坦（土卫六，Titan）、恩科拉多斯（土卫二，Enceladus）和特里同（海卫一，Triton）。第 10 章讨论了太阳系内宜居性是如何随时间进行演化的，深入比较了金星和地球上过去及现在的宜居性；这一章还介绍了恒星周围的宜居带概念，并为第 IV 部分讨论太阳系外生命的问题搭建了平台。

第 IV 部分：群星间的生命（第 11~13 章）。本书最后一部分讨论了太阳系外的生命问题。第 11 章重点介绍了对宜居行星而言适于做“太阳”的恒星类型，讨论了太阳系外行星的探测方法和最近的探测结果，该章还涉及了宇宙中与地球类似的行星是稀有的还是普遍的问题。第 12 章介绍了探寻外星智慧（SETI）的问题。第 13 章讨论了星际旅行的挑战和前景，进而在这些观念的基础上讨论了费米悖论（“他们在哪？”）问题、悖论的可能破解方案以及所考虑的方案的应用。

课程内容的教学安排

虽然各个章节的长度不等，但以平均每周三学时大致完成一章内容的速度安排教学是可以做到的。这样，本书 13 章的内容基本可以满足一个学期的教学要求。如果课程只有 1/4 个学期的教学时间，则需要从中选择教学内容，甚至要完全放弃某些专题。如果课程有一学年的教学时间，比如在高中教授此课程，则需要拓展课程的内容，以平均每两周大约一章的速度开展教学。

第 3 版的新内容

太空生物学是一个发展迅速的领域，自我们编著本书第 2 版以来，已经有了许多新的进展。因此，尽管我们保持了上一版书的基本架构，但你会发现本版书中的许多章节几乎完全重新改写了。下面是我们所做的重要改变和更新的一个简单列表：

- 明显拓展了光和望远镜的内容覆盖面，例如，插图 3.31 到图 3.33 及相关的描述。
- 最新研究结果指出，发生在重撞击期的巨大撞击不太可能像以前想象的那样造成生物的灭绝。基于这一研究结果，我们修订了关于冥古宙时期的地球的讨论。我们还对雪球地球时期的讨论进行了类似的更新。
- 虽然我们仍然用原核与真核这样的术语来区分有核和没有核的细胞，但基于它们不再是生命基本类别的事实，我们更新了讨论内容。事实上，虽然众所周知细菌和古生菌都是原核生物，但古生菌可能与真核生物有着更紧密的联系。
- 在有关早期地球上的条件以及生命起源的研究方面已经取得了许多新的进展，我们特别对第 6 章做了重大的修订来反映这些新的进展。
- 增加了月球上存在有水结成的冰的新证据及其对人类将来定居月球可能性的影响的讨论。
- 我们对第 8 章关于火星的内容做了全面修订，包含了来自火星漫步者探测器（Mars rovers）、火星勘测轨道飞行器（Mars reconnaissance orbiter）以及其他飞行器的最新进展。
- 将来自卡西尼（Cassini）飞船的最新进展融入了对提坦和恩科拉多斯卫星的讨论中。
- 第 10 章包含了关于金星上活火山活动的最新证据，对地球全球变暖问题的讨论进行了更新和修订。
- 自上一版出版以来，已经新发现了 300 多颗太阳系外行星，我们对系外行星的描写也相应地做了重大修改。
- 我们的更新也涵盖了来自 SETI 艾伦望远镜阵列（Allen Telescope Array）的最新进展。

除了以上这些基于科学的更新，我们还对叙述方式进行了简化和完善，使书中的文字表述更加流畅。书中还增加了大量的新图片，其中包括为概括复杂观点而专门设计的 5 幅跨页图片。这些图片覆盖了哥白尼革命、光与望远镜、全球变暖、系外行星的探测以及对赫罗图的理解等内容。

补充和资源

除了本书之外，许多补充资料可以为你提供指导。下面给出了一个扼要的概括；想要了解更多信息，可以与 Addison-Wesley 出版社在当地的代理联系。

- 《宇宙中的生命》第 3 版的优质网站 (<http://www.aw-bc.com/bennett/>)。该网站有密码保护设置，为学生提供大量的太空生物学资料，包括学习测验题、交互式教学以及检测对重要课题理解的自我引导教程，以本书中的图片、作者的影像资料、链接、可检索的词汇表、抽认卡等资料为基础的交互图和交互照片™。提供密码之后，网站上还有一个教师资源区，可下载试题库、媒体文件、书上所有的图片和照片 (jpeg 格式)。网站上还有一个教师共享资源区 (见下面)。

- 培生电子书 (ISBN 0-321-74089-0)。交互式的培生电子书可用于本书的第 3 版。阅读时，使用者可以用它来检索单词和短语、做笔记、凸显文本、书签标注、点击关键术语的定义、启用自我引导教程和交互图和交互照片™。教师还可以为他们的课程制作注释文本，也可以隐藏其教学大纲中不包括的章节。

- 《宇宙中的生命活动手册》，第 2 版，艾德·普莱瑟 (Ed Prather)、埃里卡·奥弗达尔 (Erika Offerdahl) 和蒂姆·斯莱特 (Tim Slater) 编著 (ISBN 0-8053-1712-0)。其修订工作与主教材密切配合，这本手册提供了一些有创意的项目，可用来探索更广泛的太空生物学概念。可以将其视作宇宙中的生命课程的零部件实验室，或者是课堂教学中分组活动的资源库。

- 教师共享资料。许多教师需要一种便于共享其补充的教学资源的途径，如补充的测试题、课堂上的选择题以及讲稿的幻灯片等。为此，作者杰弗里·贝内特将把教师们愿意与其他人分享的相关资料整合在一起，这些资料会被置于优质网站上受密码保护的教师资源区，资料会以提供者的名字来命名。如果你愿意提供共享资料，或者你有任何其他问题，请与作者联系：jeffrey.bennett@mac.com。

致谢

一本书要写上它的作者的名字，但它的出版是许多人共同艰苦工作的结果。我们无法写下每一个对本书有贡献的人的名字，但我们希望读者能关注几个对本书的完成起了特别重要作用的人。首先就要感谢我们的朋友和家人，他们在我们写作本书的过程中给予了长期和一贯的支持与理解。没有他们的支持，本书是不可能完成的。

我们要特别感谢本版的编辑，艾迪生维سر理出版公司 (Addison Wesley) 的南茜·威尔顿 (Nancy Whilton) 和特马·古德温 (Tema Goodwin)，他们为本书按计划完成付出了大量心血。其他一些人，包括亚当·布莱克 (Adam Black)、琼·马什 (Joan Marsh)、玛丽·道格拉斯 (Mary Douglas)、玛戈尔·奥特威 (Margot Otway)、克莱尔·马森 (Claire Masson)、迈克尔·吉莱斯皮 (Michael Gillespie)、黛比·哈丁 (Debbie Hardin)、莎莉·利夫兰德 (Sally Lifland)、马克·翁 (Mark Ong) 等，对本书的完成也提供了很多帮助。

我们很荣幸能够利用艾迪生维سر理出版公司其他几个作者的专门技术，有时候会直接从他们的杰出作品中引用观点或插图。我们还要对坎贝尔生物学教科书的作者以及天文学教材《宇宙透视》的作者的大力帮助表示感谢。我们还要特别感谢布鲁斯·贾科斯基 (Bruce Jakosky)，他是我们编著本书第 1 版时的合著者，为本书的完成提供了很多建议和构想。

最后，我们要感谢那些对本书内容给出认真评价的人，正是他们的帮助才使本书能够跟上当代科学的发展步伐并能在教学中发挥作用，他们是：

Wayne Anderson, Sacramento City College
 Timothy Barker, Wheaton College
 Wendy Hagen Bauer, Wellesley College
 Laura Baumgartner, University of Colorado, Boulder
 Jim Bell, Cornell University
 Raymond Bigliani, Farmingdale State University of New York
 Janice Bishop, SETI Institute
 Sukanta Bose, Washington State University
 Greg Bothun, University of Oregon
 Paul Braterman, University of North Texas
 Juan Cabanela, Haverford College
 Christopher Churchill, New Mexico State University
 Leo Connolly, San Bernardino State
 Manfred Cuntz, University of Texas at Arlington
 Steven J. Dick, U.S. Naval Observatory
 James Dilley, Ohio University
 Jack Farmer, Arizona State University
 Steven Federman, University of Toledo
 Eric Feigelson, Penn State University
 Daniel Frank, University of Colorado School of Medicine
 Richard Frankel, California Polytechnic State University
 Rica S. French, MiraCosta College
 Tracy Furutani, California Polytechnic State University
 Bob Garrison, University of Toronto
 Harold Geller, George Mason University
 Perry A. Gerakines, University of Alabama at Birmingham
 Donna H. Gifford, Pima Community College
 Bob Greeney, Holyoke Community College
 Bruce Hapke, University of Pittsburgh
 William Hebard, Babson College
 Beth Hufnagel, Anne Arundel Community College
 James Kasting, Penn State University
 Laura Kay, Barnard College
 Jim Knapp, Holyoke Community College
 David W. Koerner, Northern Arizona University
 Karen Kolehmainen, California State University,
 San Bernardino
 Kristin Larson, Western Washington University
 James Lattimer, Stony Brook University
 Abraham Loeb, Harvard University
 Bruce Margon, Space Telescope Science Institute
 Lori Marino, Emory University
 Christopher Matzner, University of Toronto
 Gary Melcher, Pima Community College
 Stephen Mojzsis, University of Colorado, Boulder
 Michele Montgomery, University of Central Florida
 Ken Nealson, University of Southern California
 Norm Pace, University of Colorado, Boulder
 Stacy Palen, Weber State University
 Robert Pappalardo, Jet Propulsion Laboratory,
 California Institute of Technology
 Robert Pennock, Michigan State University
 James Pierce, Minnesota State University at Mankato
 Eugenie Scott, National Center for Science Education
 Beverly J. Smith, East Tennessee State University
 Inseok Song, University of Georgia
 Charles M. Telesco, University of Florida
 David Thomas, Lyon College
 Glenn Tiede, Bowling Green State University
 Gianfranco Vidali, Syracuse State University
 Fred Walter, Stony Brook University
 John Wernegreen, Eastern Kentucky University
 William Wharton, Wheaton College
 Ben Zuckerman, University of California, Los Angeles

如何成功修习太空生物学课程

使用本书

本书的每一章都是经过精心设计的，以便让你的学习更充分更有效。为了最有效地发挥每一章的作用，建议参考下面的学习计划：

- 教科书不是小说，你最好按下面的顺序阅读本书的内容：

1. 从阅读每章开头部分的学习目标和引言开始学习，这样你会简要了解该章要学习的东西。

2. 接下来，通过观察插图并阅读对应的说明文字概览一些关键概念。插图强调了几乎所有的主要概念，因此这种“插图优先”的技巧给了你一个在深入了解这些概念之前先审视一下它们的机会。

3. 阅读每章的内容，并将加框的内容（如专题、宇宙计算等）略过，留待以后阅读。阅读时应该在页面上做些注释，提醒自己这些观点以后还会再次浏览。不要使用荧光笔，用钢笔或铅笔做下划线的效果要好得多，因为它会迫使你更加谨慎，因而有利于你在学习保持清醒。小心选择应该做下划线的地方，如果你画得到处都是，那么对你的继续学习不会有什么帮助的。

4. 再一次通读整章的内容，这一次要阅读加框的内容以及你还没有完全弄清楚的任一部分内容。

5. 利用每章的总结确认自己是否已经正确理解了本章的关键点。利用总结的最好方式就是在阅读那些简短的给定答案之前，尝试自己去回答学习目标中的问题。

- 像前面所说的那样完成了阅读之后，试着去回答各章末尾的复习题；如果你回答不出某一问题，重新看书，直到把问题弄明白为止。然后尝试回答“你清楚了吗？”（或类似的标题）和快速问答题，更深入地检测你的理解能力。

- 如果你的课程有定量的要求，在完成定量问题之前，先做完宇宙计算中的所有例子。记住，在你开始将数字输入计算器之前，可以一直尝试定性地回答问题。例如，对你可能给出的答案做一个数量级的估计，这能使你确认所选择的计算方案是否正确，答案是否有意义，是否使用了恰当的单位。

成功的关键：学习时间

在任何大学课程的学习中，取得成功的最关键问题是要花足够的时间去学习。对于大学课程，一般的经验法则是，对每一个学分，每周在课外的学习时间应该为 2~3 小时。例如，学生要获得 15 个学分，那么每周要花费的课外学习时间应该在 30~45 小时。结合课上时间，每周应该花在学业上的时间是 45~60 小时，这一时间并不比一项典型的工作所需要的时间更长，而你可以选择自己的时间。当然，如果你在学校学习期间已经参加了工作，那就要仔细地规划自己的时间了。

作为一个粗略的参考，你花在天体生物学课程上的时间应该如下表中所展示的那样进行划分。如果你发现自己用在学习上的时间比表中指导建议的时间少了几小时的话，你或许就应该增加学习时间来提高自己的成绩了。如果你用在学习上的时间比表中指导建议的更长，你就可能需要提高自己的学习效率了；如果这样，你则需要咨询你的老师如何才能更有效地学习。

课程的学分	阅读指定教材的时间 (每周)	用于课下作业的时间 (每周)	复习和准备考试的时间 (平均每周)	总的学习时间 (每周)
3 学分	2~4 小时	2~3 小时	2 小时	6~9 小时
4 学分	3~5 小时	2~4 小时	3 小时	8~12 小时
5 学分	3~5 小时	3~6 小时	4 小时	10~15 小时

学习的一般策略

• 不要逃课。听课并参与讨论要比阅读其他人的笔记有效得多。积极参与可以帮助你更好地记住所学的东西。

• 利用好任课教师提供的学习资源，无论这种资源来自电子邮件、答疑时间、复习课、在线交流，还是与教师直接对话或者了解老师的机会。绝大多数教师都愿意用他们能做到的任何方式来帮助你学习。

• 规划好你的有效时间。与交作业前或者考试前用整晚时间学习相比，每天用 1~2 小时学习会更有效，而且也不会厌倦。

• 如果在某个概念上遇到了麻烦，就要增加阅读量或者学习一些超出指定范围的内容。而如果困难仍不能解决，就要寻求帮助——你当然可以找到愿意帮助你学习的朋友、同学或者老师。

• 与朋友一起学习对于帮助你理解困难的概念是非常有帮助的。当然，一定是在与朋友共同学习，而不能在学习上对朋友产生依赖。

• 确保你完成的每项任务都能体现大学生的素质：干净整洁，便于阅读，组织有序并能反映问题本质。虽然这样会让你付出额外的努力，但这样的努力将帮助你巩固所学的知识，也是为满足你的任课教师或者用人单位的期望所进行的有益训练。

准备考试

• 把复习题、重新研究的问题以及其他课外作业研究清楚；尝试回答一些额外的问题以确认自己确实理解了有关概念。分析自己在课程作业、小测验以及本学期之前的考试中的表现和成绩。

• 研究自己在课堂上和讨论中所做的笔记。特别关注那些教师期望你在考试中应该了解的东西。

• 阅读教科书上的相关章节，特别关注那些你在页面上做出标记的内容。

• 在与朋友们组成学习小组之前首先要独立进行分析。只有每一个人都做好了准备，学习小组才能有效地发挥作用。

• 考试前不要睡得太晚。考试前一小时之内不要吃得太多（当血液被分流到消化系统的时候，思考会变得更加困难）。

• 在考试前和考试过程中要让自己放松。如果你已经有效地学习了，你一定会做得很好。保持放松的状态会让你的思路更加清晰。

简明目录

第 I 部分 宇宙中生命的介绍

第 1 章 生命的宇宙?	1
第 2 章 宇宙中生命的科学	15
第 3 章 生命的宇宙环境	48

第 II 部分 地球上的生命

第 4 章 地球的宜居性	98
第 5 章 地球上生命的特征	143
第 6 章 地球上生命的起源与进化	185

第 III 部分 太阳系中的生命

第 7 章 搜寻太阳系中的生命	227
第 8 章 火星	250
第 9 章 类木卫星上的生命	285
第 10 章 宜居性的特征和演变	319

第 IV 部分 群星之间的生命

第 11 章 太阳系外的宜居性	349
第 12 章 探寻外星智慧	386
第 13 章 星际旅行和费米悖论	424
后记: 探索和发现的启示——接触	462

附 录

附录 A 常用的数据	470
附录 B 常用的公式	472
附录 C 几个算术计算技巧	473
附录 D 元素周期表	474
附录 E 行星数据	475

术语表	480
-----------	-----

目 录

译者序

前言

如何成功修习太空生物学课程

第 I 部分 宇宙中生命的介绍

第 1 章 生命的宇宙? 1

1.1 地外生命存在的可能性 2

1.2 探寻的科学内涵 4

1.3 探寻的场所 7

1.4 新兴的太空生物学 10

疯狂的电影《阿凡达》 9

练习与习题 13

第 2 章 宇宙中生命的科学 15

2.1 古代关于地外生命的争论 16

2.2 哥白尼革命 23

2.3 现代科学的特征 31

2.4 事实与引力理论 38

宇宙计算 2.1 开普勒第三定律 28

专题 2.1 地心说与教会 30

宇宙环境 图 2.15 哥白尼革命 34

疯狂的电影《电影里的外星人》 38

练习与习题 43

第 3 章 生命的宇宙环境

3.1 宇宙和生命 49

3.2 宇宙的结构、规模和历史 50

3.3 天体的特征 68

3.4 物质和能量的宇宙 76

3.5 关于太阳系形成的观念的演变 85

重要的天文学定义 52

宇宙计算 3.1 1 光年有多远? 55

专题 3.1 我们是如何得知宇宙正在膨胀的? 60

疯狂的电影《地球停转之日》 67

宇宙环境 图 3.33 光谱图解 88

练习与习题 93

第 II 部分 地球上的生命

第 4 章 地球的宜居性

4.1 地质与生命 99

4.2 再现地球和生命的历史 101

4.3 冥古宙的地球与生命的出现 114

4.4 地质与宜居性 118

4.5 气候的调节与改变 128

4.6 月球的形成 133

宇宙计算 4.1 放射性测年法 108

重要的地质学术语 113

疯狂的电影《冰河世纪：恐龙的黎明》 114

练习与习题 139

第 5 章 地球上生命的特征

5.1 生命的定义 144

5.2 细胞：生命的基本单元 154

5.3 新陈代谢：生命的化学 161

5.4 DNA 与遗传 164

5.5 极端条件下的生命 171

5.6 进化论是科学理论 175

重要的生物学定义 147

专题 5.1 查尔斯·达尔文和进化论 152

宇宙计算 5.1 地球上占统治地位的生命形式 159

疯狂的电影《星际大战》 174

练习与习题 181

第 6 章 地球上生命的起源与进化

6.1 探索生命的起源 186

6.2 生命的起源 191

6.3 生命的进化 199

6.4 撞击与灭绝 205

6.5 人类的进化 212

6.6 人造生命 216

宇宙计算 6.1 瓶中的细菌I：早期生命的教训 195

疯狂的电影《世界末日》 210

宇宙计算 6.2 瓶中的细菌II：给人类的教训 216

练习与习题 222

第 III 部分 太阳系中的生命

第 7 章 搜寻太阳系中的生命

7.1 生命对环境的要求 228

7.2 太阳系的生物之旅：内太阳系 233

7.3 太阳系的生物之旅：外太阳系 236

7.4 航天器对太阳系的探索 241

疯狂的电影《2001 太空漫游》 238

宇宙计算 7.1 开普勒第三定律的牛顿形式 240

练习与习题 247

第 8 章 火星 250

8.1 火星文明的幻想 251

8.2 火星的现代肖像 254

8.3 火星的气候历史 267

8.4 在火星上寻找生命 271

8.5 火星陨石 277

宇宙计算 8.1 表面积与体积之比 268

疯狂的电影《火星任务》 271

练习与习题 281

第 9 章 类木卫星上的生命 285

9.1 外太阳系中的卫星 286

9.2 木星的伽利略卫星上的生命 295

9.3 土星附近以及更远处的生命 303

9.4 生命所需的化学能 310

宇宙计算 9.1 潮汐力的强度 291

疯狂的电影《2010 威震太阳神》 301

练习与习题 315

第 10 章 宜居性的特征和演变 319

10.1 宜居带的概念 320

10.2 金星：潜在宜居性的一个例子 322

10.3 表面宜居性因素与宜居带 327

10.4 地球上生命的未来 332

10.5 全球变暖 336

宇宙计算 10.1 处于宜居带内的概率 331

专题 10.1 50 亿年 336

疯狂的电影《时间机器》 337

宇宙环境 图 10.12. 全球变暖 342

练习与习题 345

第Ⅳ部分 群星之间的生命

第 11 章 太阳系外的宜居性 349

11.1 遥远的恒星 350

11.2 太阳系外行星：发现与启示 358

11.3 地球稀有的可能性 371

11.4 恒星分类 374

专题 11.1 系外行星的命名 358

宇宙计算 11.1 获取系外行星的质量 363

宇宙环境 图 11-16 探测系外行星 366

疯狂的电影《星球大战》 373

宇宙环境 图 11.22 解读赫罗图 376

练习与习题 381

第 12 章 探寻外星智慧 386

12.1 德雷克方程 387

12.2 智慧的问题 392

12.3 搜寻智慧 396

12.4 地球上的 UFO 和外星人 411

专题 12.1 弗兰克·德雷克和他的方程 389

宇宙计算 12.1 能传递信号的外星社会之间的距离 391

疯狂的电影《超时空接触》 402

宇宙计算 12.2 SETI 探索的灵敏度 405

练习与习题 419

第 13 章 星际旅行和费米悖论 424

13.1 星际旅行面临的挑战 425

13.2 星际旅行飞船的设计 431

13.3 费米悖论 442

13.4 爱因斯坦的狭义相对论 450

宇宙计算 13.1 火箭方程 428

宇宙计算 13.2 时间延缓 436

疯狂的电影《星际迷航》 441

练习与习题 457

后记：探索和发现的启示——接触 462

附 录

附录 A 常用的数据 470

附录 B 常用的公式 472

附录 C 几个算术计算技巧 474

附录 D 元素周期表 474

附录 E 行星数据 475

术语表 480