

原书第7版

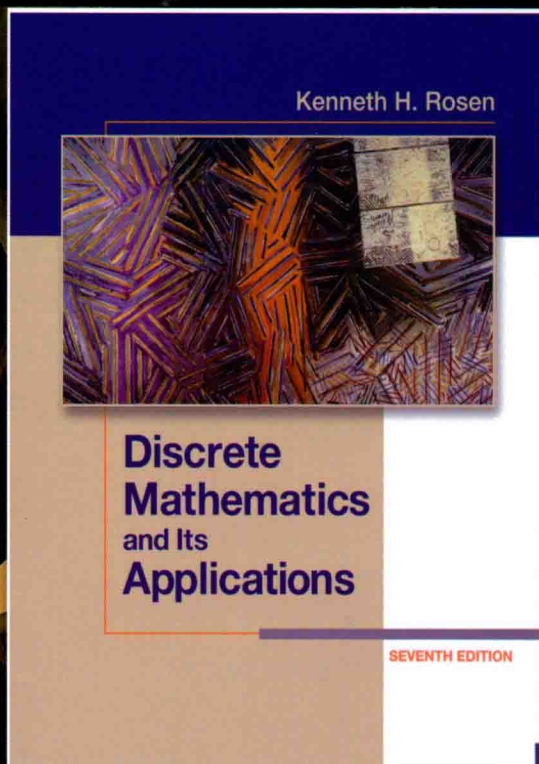


本科教学版

离散数学及其应用

[美] 肯尼思 H. 罗森 (Kenneth H. Rosen) 著 徐六通 杨娟 吴斌 译
陈琼 改编

Discrete Mathematics and Its Applications
Seventh Edition · Chinese Abridgement



机械工业出版社
China Machine Press

计 算 机 科 学 丛 书

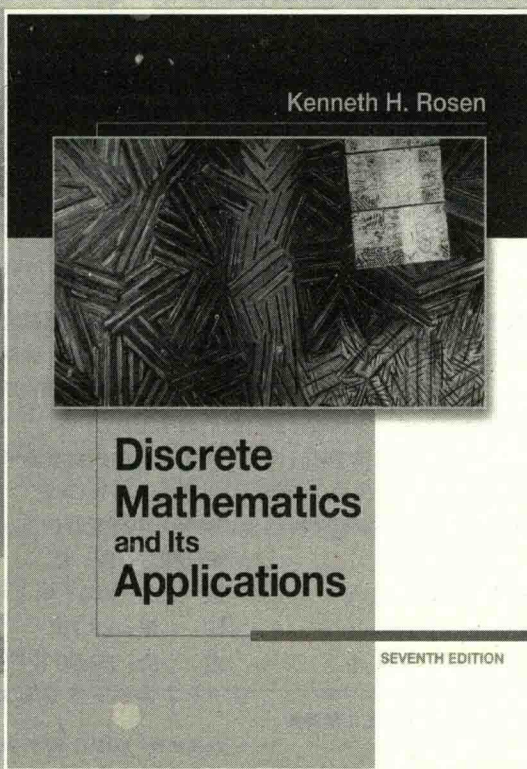
原书第7版



离散数学及其应用

[美] 肯尼思 H. 罗森 (Kenneth H. Rosen) 著 徐六通 杨娟 吴斌 译
陈琼 改编

Discrete Mathematics and Its Applications
Seventh Edition · Chinese Abridgement



图书在版编目 (CIP) 数据

离散数学及其应用 (原书第 7 版·本科教学版)/(美) 肯尼思 H. 罗森 (Kenneth H. Rosen) 著; 徐六通, 杨娟, 吴斌译. —北京: 机械工业出版社, 2016.12

(计算机科学丛书)

书名原文: Discrete Mathematics and Its Applications, Seventh Edition, Chinese Abridgement

ISBN 978-7-111-55539-1

I. 离… II. ①肯… ②徐… ③杨… ④吴… III. 离散数学—高等学校—教材 IV. O158

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 301590 号

本书版权登记号: 图字: 01-2013-0741

Kenneth H. Rosen: Discrete Mathematics and Its Applications, Seventh Edition, Chinese Abridgement (ISBN 978-0-07-338309-5).

Copyright © 2012 by McGraw-Hill Education.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including without limitation photocopying, recording, taping, or any database, information or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

This authorized Chinese abridgement is jointly published by McGraw-Hill Education and China Machine Press. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan.

Copyright © 2017 by McGraw-Hill Education and China Machine Press.

版权所有。未经出版人事先书面许可, 对本出版物的任何部分不得以任何方式或途径复制或传播, 包括但不限于复印、录制、录音, 或通过任何数据库、信息或可检索的系统。

本授权中文简体字删减版由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司和机械工业出版社合作出版。此版本经授权仅限在中华人民共和国境内(不包括香港、澳门特别行政区及台湾地区)销售。

版权 © 2017 由麦格劳-希尔(亚洲)教育出版公司与机械工业出版社所有。

本书封面贴有 McGraw-Hill Education 公司防伪标签, 无标签者不得销售。

本书是经典的离散数学教材, 为全球多所大学广为采用。本书全面而系统地介绍了离散数学的理论和方法, 内容涉及逻辑和证明, 集合、函数、序列、求和与矩阵, 计数, 关系, 图, 树, 布尔代数。全书取材广泛, 除包括定义、定理的严格陈述外, 还配备大量的实例和图表说明、各种练习和题目。第 7 版在前六版的基础上做了大量的改进, 使其成为更有效的教学工具。

本书可作为高等院校数学、计算机科学和计算机工程等专业的教材或参考书。

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 迟振春

责任校对: 殷虹

印刷: 北京瑞德印刷有限公司

版次: 2017 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 185mm×260mm 1/16

印张: 28.75

书号: ISBN 978-7-111-55539-1

定价: 59.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88378991 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱: hzjsj@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光/邹晓东

文艺复兴以来,源远流长的科学精神和逐步形成的学术规范,使西方国家在自然科学的各个领域中取得了垄断性的优势;也正是这样的优势,使美国在信息技术发展的六十多年间名家辈出、独领风骚。在商业化的进程中,美国的产业界与教育界越来越紧密地结合,计算机学科中的许多泰山北斗同时身处科研和教学的最前线,由此而产生的经典科学著作,不仅擘划了研究的范畴,还揭示了学术的源变,既遵循学术规范,又自有学者个性,其价值并不会因年月的流逝而减退。

近年,在全球信息化大潮的推动下,我国的计算机产业发展迅猛,对专业人才的需求日益迫切。这对计算机教育界和出版界都既是机遇,也是挑战;而专业教材的建设在教育战略上显得举足轻重。在我国信息技术发展时间较短的现状下,美国等发达国家在其计算机科学发展的几十年间积淀和发展的经典教材仍有许多值得借鉴之处。因此,引进一批国外优秀计算机教材将对我国计算机教育事业的发展起到积极的推动作用,也是与世界接轨、建设真正的世界一流大学的必由之路。

机械工业出版社华章公司较早意识到“出版要为教育服务”。自1998年开始,我们就将工作重点放在了遴选、移译国外优秀教材上。经过多年的不懈努力,我们与Pearson, McGraw-Hill, Elsevier, MIT, John Wiley & Sons, Cengage等世界著名出版公司建立了良好的合作关系,从他们现有的数百种教材中甄选出Andrew S. Tanenbaum, Bjarne Stroustrup, Brian W. Kernighan, Dennis Ritchie, Jim Gray, Alfred V. Aho, John E. Hopcroft, Jeffrey D. Ullman, Abraham Silberschatz, William Stallings, Donald E. Knuth, John L. Hennessy, Larry L. Peterson等大师名家的一批经典作品,以“计算机科学丛书”为总称出版,供读者学习、研究及珍藏。大理石纹理的封面,也正体现了这套丛书的品位和格调。

“计算机科学丛书”的出版工作得到了国内外学者的鼎力相助,国内的专家不仅提供了中肯的选题指导,还不辞劳苦地担任了翻译和审校的工作;而原书的作者也相当关注其作品在中国的传播,有的还专门为其书的中译本作序。迄今,“计算机科学丛书”已经出版了近两百个品种,这些书籍在读者中树立了良好的口碑,并被许多高校采用为正式教材和参考书籍。其影印版“经典原版书库”作为姊妹篇也被越来越多实施双语教学的学校所采用。

权威的作者、经典的教材、一流的译者、严格的审校、精细的编辑,这些因素使我们的图书有了质量的保证。随着计算机科学与技术专业学科建设的不断完善和教材改革的逐渐深化,教育界对国外计算机教材的需求和应用都将步入一个新的阶段,我们的目标是尽善尽美,而反馈的意见正是我们达到这一终极目标的重要帮助。华章公司欢迎老师和读者对我们的工作提出建议或给予指正,我们的联系方式如下:

华章网站: www.hzbook.com

电子邮件: hzsj@hzbook.com

联系电话: (010)88379604

联系地址: 北京市西城区百万庄南街1号

邮政编码: 100037



华章科技图书出版中心

Kenneth H. Rosen 编著的《离散数学及其应用》一书包括计算机专业学生必须掌握的数学基础知识, 并且给出许多应用离散数学解决现实问题的实例, 一些知识点给出相关的历史背景知识, 配有大量计算、研究和实践的题目及推荐参考读物。该书内容全面, 由浅入深, 通俗易懂, 被全球很多大学使用, 是一本非常优秀的教材。

近年来, 国内的许多高校都采用国外的优秀原版书作为教材。而《离散数学及其应用》原版书篇幅较长, 使得部分中国学生难以阅读。为了将这本优秀教材介绍给更多的中国学生, 在保留原作者写作风格的前提下, 我们删减了部分章节内容编成此本科教学版, 以适合中国学生的使用和阅读。

原书中的一些内容, 如第 3、4、5、7、13 章(算法、数论和密码学、归纳与递归、离散概率、计算模型), 在其他课程中已有讲授或单独作为一门课程讲授, 我们在本科教学版中将这内容删除, 保留了逻辑和证明、集合、函数、计数和高级计数技术、关系、图、树和布尔代数等内容。

原书有 4000 多道各种类型的练习题, 其中包括帮助学生掌握基本概念的练习、提高应用离散数学知识解决问题的计算机课题及计算和探索题目, 以及需要查阅课外资料扩展学习的写作课题。题目按难易程度分级, 分为简单、难度适中和难度较大各种类型。为了保持原书的特点, 对于保留的章节, 我们删去了每节后的偶数练习题, 这样可以使得原书的各种类型、不同难度的习题都得以保留。关于一些知识点的相关历史背景知识未作保留, 目的是减少本书的篇幅。

感谢原书作者 Kenneth H. Rosen 教授和 McGraw-Hill 出版社的授权, 感谢机械工业出版社的努力, 使更多的中国学生可以使用这本优秀教材。感谢同行和读者提出的宝贵建议。本科教学版力求保持原书的特点并符合本科离散数学教学大纲的要求, 但难免存在不足之处, 可能会给读者阅读造成一定影响, 欢迎广大师生和读者提出宝贵意见。

陈琼

2016 年 11 月于华南理工大学

离散数学一直被 IEEE & ACM 确定为计算机专业最核心的课程(最新版 CC2005),也是《中国计算机科学与技术学科教程 2002》中界定的计算机科学与技术专业的核心基础课程。当你学习离散数学时,你会发现离散数学为许多计算机专业课程提供理论基础,尤其是为大多数计算机算法提供基础。

本书清晰地介绍了离散数学中的概念和技术,并向读者展示其相关性和实用性,给计算机科学专业的学生将来的学习提供一切必需的数学基础。

本书的优秀之处不仅在于作者对离散数学知识点精心编排,而且其行文流畅、通俗易懂,拥有大量有趣而实用的例子,推荐读物吸引读者广泛的好奇心,丰富的练习帮助读者掌握离散数学的概念和技巧。本书最大的优势在于它的配套网站中给出了一系列丰富的课外资源,既可以辅助教师根据实际情况安排教学活动,又能够帮助学生评估自身学习状况,学习撰写证明并避免常见错误,从各个方面提高学生学习和解决问题的能力,引领学生探索离散数学的新应用。

本书译自 Kenneth H. Rosen 所著的《Discrete Mathematics and Its Applications, Seventh Edition》。这本书在北美及全球有 600 多所大学采用,在中国也已经被多所大学采纳作为计算机系的离散数学教材。作者一直根据广大教师和学生的反馈意见不断完善这本书,使其能适应计算机科学及应用的发展。自出版以来这本书在北美发行超过 350 000 册,同时这本书也已经被翻译成法文、希腊文、中文、越南文和韩文等。因此,本书是一本不俗的教科书。

如果你有幸读到本书,那恭喜你了。你可以参考作者的建议或按自己的兴趣阅读本书,我相信你一定能从本书中获益匪浅。

本书第 7 版做了重大修订,翻译工作是在第 6 版译稿的基础上进行的。感谢第 6 版的译者袁崇义、屈婉玲、张桂芸。第 7 版翻译分工如下:作者简介、前言、配套网站、致学生,以及第 1 章和第 2 章(含练习答案)、推荐读物由徐六通(本书英文原版第 7 版正式评阅人之一)翻译,第 3 章和第 4 章(含练习答案)由吴斌翻译,第 5 章至第 8 章(含练习答案)由杨娟翻译。由于译者水平所限,本书难免有不妥的地方,敬请读者不吝赐教。

译者

2014 年 10 月于北京

本书是根据我多年讲授离散数学的经验和兴趣写成的。对学生而言,我的目的是为他们提供准确且可读性很强的教材,清晰地介绍并展示离散数学中的概念和技术。我的目标是向爱怀疑的学生们展示离散数学的相关性和实用性,希望为学习计算机科学的学生提供一切必需的数学基础,也希望学数学的学生理解重要的数学概念,以及为什么这些概念对应用来说很重要,最重要的是希望本书既能达到这些目标,又不含太多的水分。

对教师而言,我的目的是要利用数学中行之有效的教学技术来设计一个灵活而全面的教学工具,希望为教师提供能够以最适合特定学生特点的方式高效地教授离散数学的教材。希望本书能够达到这些目标。

我为本教材在过去所取得的巨大成功而感到非常欣慰。根据北美 600 多所学校以及全球各地许多大学成功采用了本书的大批师生的反馈和建议,此次第 7 版进行了许多改进。

本教材是为一至两个学期的离散数学入门课程而设计的,适用于数学、计算机科学和工程等各类专业的学生。虽然唯一的先修课程要求是大学代数,但是要想真正学好离散数学还需要掌握更多的数学知识。

离散数学课程的目标

离散数学课程有多个目标。学生不仅要学会一些特定的数学知识并知道怎样应用,更重要的是,这样一门课应培养学生的数学逻辑思维。为此,本教材特别强调数学推理以及用不同的方法解题。本书中五个重要主题交织在一起:数学推理、组合分析、离散结构、算法思维、应用与建模。成功的离散数学课程应该努力使这五个主题相互融合、平衡。

1. **数学推理**: 学生必须理解数学推理,以便阅读、领会并构造数学论证。本书以数理逻辑开篇,在后面证明方法的讨论中,数理逻辑是基础。本书描述了构造证明的方法与技巧。本书特别强调数学归纳法,不仅给出了这种证明的许多不同类型的实例,还详细地解释了数学归纳法为什么是有效的证明技术。

2. **组合分析**: 一个重要的解题技巧就是计数或枚举对象。本书中,对枚举的讨论从计数的基本技术着手,重点是用组合分析方法来解决计数问题并分析算法,而不是简单地应用公式。

3. **离散结构**: 离散数学课程应该教会学生如何处理离散结构,即表示离散对象以及对象之间关系的抽象数学结构。离散结构包括集合、置换、关系、图、树和有限状态机等。

4. **算法思维**: 有些问题可以通过详细说明其算法来求解。在清楚地描述算法后,就可以构造一个计算机程序来实现它。这一过程中涉及的数学部分包括算法的详细说明、正确性验证以及执行算法所需要的计算机内存和时间的分析等,这些内容在本书中均有介绍。算法是用英语^①和一种易于理解的伪代码来描述的。

5. **应用与建模**: 离散数学几乎在每个可以想象到的研究领域中都有应用,本书介绍了其在计算机科学和数据网络中的许多应用,还介绍了在其他各种领域中的应用,如化学、植物学、动物学、语言学、地理学、商业以及因特网等。这些均是离散数学的实际而又重要的应用,而不是编造的。

① 译著中采用汉语。——译者注

用离散数学来建模是十分重要的问题求解技巧，本书中的一些练习让学生有机会通过自己构造模型掌握这一技巧。

本书特色

易理解性：本书对于初学者来说已被实践证明是易读易懂的。绝大部分内容不需要读者具备比大学代数更多的数学预备知识。需要额外帮助的学生可以在配套网站找到相应工具将数学水平提升到本书的水准。本书中少数几个需要参考微积分的地方也已显式注明。大多数学生应该很容易理解书中用来表示算法的伪代码，无论他们是否正式学过程序设计语言。本书不要求正规计算机科学方面的预备知识。

每章都是从易于理解和领会的水平开始。一旦详细介绍了基本数学概念，就会给出稍难一些的内容以及在其他研究领域中的应用。

灵活性：本书为能灵活使用做了精心设计。各章对其前面内容的依赖程度都降到最低。每章分成长度大致相等的若干节，每节又根据内容划分成若干小节以方便教学。教师可以根据这些分块灵活地安排讲课进度。

写作风格：本书的写作风格是直接而又实用的。使用准确的数学语言，但没有采用过多的形式化与抽象。在数学命题中的记号和词语表达之间做了精心的平衡。

数学严谨性和准确性：本书中所有定义和定理的陈述都十分仔细，这样学生可以欣赏语言的准确性和数学所需的严谨性。证明则先是动机再缓慢展开，每一步都经过了详细论证。证明中用到的公理及其所导出的基本性质在附录中均有显式描述，这呈现给学生一个清晰的概念，即在一个证明中他们能够作何种假设。本书解释并大量使用了递归定义。

实例：通过许多例子阐述概念、建立不同主题之间的关联，并介绍应用。在大部分例子中，首先提出问题，然后再以适量的细节给出其解。

应用：本书中所含的应用展示了离散数学在解决现实世界中的问题时的实用性。本书包含的应用涉及广泛的领域，包括计算机科学、数据网络、心理学、化学、工程学、语言学、生物学、商业和因特网。

算法：离散数学的结论常常要用算法来表述，因此本书每章都介绍一些关键算法。这些算法采用文字叙述，同时也采用一种易于理解的结构化伪代码来描述。简要分析了书中所有算法的计算复杂性。

关键术语和结论：每章最后列出关键术语和结论。关键术语只列出学生必须掌握的那些，而非该章中定义的所有术语。

练习：书中包含很多练习题，涉及大量不同类型的问题。不仅提供了足够多的简单练习用于培养基本技能，还提供了大量的中等难度的练习和许多具有挑战性的练习。练习的叙述清晰而无歧义，并按难易程度进行了分级。练习还包含一些特殊的讨论来展开正文中没有涉及的新概念，使得学生能够通过自己的工作来发现新的想法。

那些比平均难度稍难的练习用单个星号 * 标记，而那些相当有挑战性的练习则用两个星号 ** 标记。需要用微积分来求解的练习也明确指出。而那些其结果要在正文中用到的练习则会明确地用指向右侧的手形符号  来标识。本书最后给出了所有奇数编号练习的答案或解题纲要。解答通常包含那些大多数步骤写得很清楚的证明。

复习题：每章最后都有一组复习题。设计这些问题是为了帮助学生重点学习该章最重要的概念和技术。要回答这些问题，学生必须写出较长的答案，而不是仅做一些计算或一个简答。

补充练习：每章后面都有一组丰富而多样的补充练习。这些练习通常比每节后的练习难度更大些。补充练习强化该章中的概念，并把不同主题更有效地综合起来。

计算机课题：每章后面还有一组计算机课题，这些计算机课题将学生在计算和离散数学中所学到的内容联系起来。对于那些从数学角度或程序设计角度来看其难度超过平均水平的计算机课题用一个星号 * 标记，而那些非常具有挑战性的则用两个星号 ** 标记。

计算和探索：每章的最后都有一组计算和探索性的问题。完成这些练习需要借助于现有的软件工具，如学生或教师自己编写的程序，或 Maple™ 或 Mathematica™ 这样的数学计算软件包。大部分这些练习为学生提供了通过计算来发现一些新事实或想法的机会（其中的一些练习在配套的在线练习册《探索离散数学》中也有讨论）。

写作课题：每章后面都有一组写作课题。要完成这类课题学生需要参考数学文献。有些课题本质上是关于历史的，需要学生查找原始资料。有些课题则是通往新内容和新思想的途径。所有此类练习是要向学生展示正文中没有深入探讨的想法。这些课题把数学概念和写作过程结合起来，以帮助学生面对未来可能的研究领域（在线版或印刷版的《学生解题指南》中可以找到为这些课题准备的参考文献）。

推荐读物：在附录后还提供了一组针对全书及各章的推荐读物。这些推荐读物包括难度不超过本书的书籍、更难些的书籍、阐述性的文章，以及发表离散数学新发现的原始文章。其中一些是多年前出版的经典读物，而另一些是在最近几年内才出版的。

辅助资料

《学生解题指南》：这本可以单独购买的学生手册包含了所有奇数编号练习的完整解答。这些解答解释了为什么要用某种特定的方法以及为什么这个方法管用。对于有些练习，还给出了一两种其他可能的解法以说明一个问题可以由多种不同方法来求解。本指南给出了为每章后面的写作课题推荐的参考文献，还包含撰写证明指南、离散数学学习中学生常犯错误的一般性描述，以及为每章提供的考试样例及解答以帮助学生准备考试。

(ISBN-10 : 0-07-735350-1)

(ISBN-13:978-0-07-735350-6)

《教师资源手册》：本手册在网站上有提供，教师也可以申请印刷版的。手册包含书中所有偶数编号练习的完整解答。给出了如何讲授本书每章内容的建议，包括每节中应强调的重点以及如何组织内容。手册还为每章提供了考试样例以及一个可供选择的包含 1500 多道考试题目的试题库。对于所有考试样例及试题库中的题目都给出了解答。最后，还给出了针对不同的侧重点以及学生能力水平的课程教学大纲样本。

(ISBN-10 : 0-07-735349-8)

(ISBN-13:978-0-07-735349-0)

致谢

感谢各类学校中使用本书并向我提供有价值的反馈和有益的建议的许多教师和学生，他们的反馈才有可能使得本书更出色。特别感谢 Jerrold Grossman、Jean-Claude Evard 和 Georgia Mederer，他们作为第 7 版的技术审阅，以其“鹰眼”般敏锐的目光确保了本书的准确性。我也很感激那些通过网站提交评论的人们所提供的帮助。

感谢第 7 版以及前六版的评阅人，这些评阅人给予我许多有益的批评和鼓励，希望这一版不会辜负他们的期望。

第 7 版评阅人

Philip Barry 美国明尼苏达大学明尼阿波里
斯分校

Miklos Bona 美国佛罗里达大学

Kirby Brown 美国皇后学院

John Carter 加拿大多伦多大学

Narendra Chaudhari 新加坡南洋理工大学

Allan Cochran 美国阿肯色大学

Daniel Cunningham 美国布法罗州立学院

George Davis 美国佐治亚州立大学
 Andrzej Derdzinski 美国俄亥俄州立大学
 Ronald Dotzel 美国密苏里大学圣路易斯分校
 T. J. Duda 美国哥伦布州立社区学院
 Bruce Elenbogen 美国密歇根大学迪尔本分校
 Norma Elias 美国普渡大学卡鲁梅分校(哈蒙德)
 Herbert Enderton 美国加州大学洛杉矶分校
 Anthony Evans 美国莱特州立大学
 Kim Factor 美国马凯特大学
 Margaret Fleck 美国伊利诺伊大学香槟分校
 Peter Gillespie 美国费耶特维尔州立大学
 Johannes Hattingh 美国佐治亚州立大学
 Ken Holladay 美国新奥尔良大学
 Jerry Ianni 美国纽约长岛社区学院
 Ravi Janardan 美国明尼苏达大学明尼阿波利斯分校
 Norliza Katuk 马来西亚北方大学
 William Klostermeyer 美国北佛罗里达大学
 Przem Kranz 美国密西西比大学
 Jaromy Kuhl 美国西佛罗里达大学
 Loredana Lanzani 美国阿肯色大学费耶特维尔分校

我要感谢责任编辑 Bill Stenquist 的倡导、热情和支持, 他对这一版的帮助是不可或缺的。我还要感谢原编辑 Wayne Yuhasz, 他的洞察力和技能确保了本书的成功。

我想要对这一版做出宝贵贡献的 RPK 编辑部职员表达我的感谢, 包括同时担任开发和产品编辑的 Rose Kernan, 还有 RPK 编辑团队的其他成员——Fred Dahl、Martha McMaster、Erin Wagner、Harlan James 和 Shelly Gerger-Knechtl。感谢 PreTeX 公司的排版人员 Paul Mailhot 为这一版做了大量的工作, 以及他精湛的 LaTeX 知识。还要感谢 Photo Affairs 公司的 Danny Meldung 很巧妙地寻找到新的传记脚注的图片。

新版的准确性和高质量要归功于 Jerry Grossman 和 Jean-Claude Evard, 他们校对了整个手稿的技术准确性; Georgia Mederer 校对了本书最后的答案和《学生解题指南》、《教师资源手册》中题解的准确性。像往常一样, Jerry Grossman 编辑了这两册重要的辅助资料, 怎么感谢他都不为过。

我还要对麦格劳-希尔高等教育的科学、工程和数学部(SEM)表达感谢, 他们对这一版本以及相关的媒体内容给予了强有力的支持。特别是, 感谢麦格劳-希尔高等教育 SEM 总裁 Kurt Strand、SEM 主编 Marty Lange、编辑部主任 Michael Lange、全球发行主任 Raghothaman Srinivasan、责任编辑 Bill Stenquist、市场执行主任 Curt Reynolds、项目经理 Robin A. Reed、采购员 Sandy Ludovissey、内部开发编辑 Lorraine Buczek、设计协调人 Brenda Rowles、铅照片研究协调人 Carrie K. Burger 和媒体项目经理 Tammy Juran。

Steven Leonhardi 美国威诺纳州立大学
 Xu Liutong 中国北京邮电大学
 Vladimir Logvinenko 美国迪安萨社区学院
 Darrell Minor 美国哥伦布州立社区学院
 Keith Olson 美国犹他谷大学
 Yongyuth Permpoontanalarp 泰国国王科技大学
 Galin Piatniskaia 美国密苏里大学圣路易斯分校
 Stefan Robila 美国蒙特克莱尔州立大学
 Chris Rodger 美国奥本大学
 Sukhit Singh 美国得克萨斯州立大学圣马科斯分校
 David Snyder 美国得克萨斯州立大学圣马科斯分校
 Wasin So 美国圣何塞州立大学
 Bogdan Suceava 美国加州州立大学富尔顿分校
 Christopher Swanson 美国阿什兰大学
 Bon Sy 美国皇后学院
 Matthew Walsh 美国印第安纳-普渡大学韦恩堡分校
 Gideon Weinstein 美国西部州长办大学
 David Wilczynski 美国南加州大学

为本书配套的内容广泛的网站针对第 7 版进行了大量扩充。该网站可通过 www.mhhe.com/rosen 访问。主页展示的是信息中心，同时包含学生区和教师区的登录链接。每一部分的主要特点如下。

信息中心

信息中心含有本书的基本信息，包括展开的目录（包括小节标题）、前言、辅助资料的描述，以及一个样章。还有一个链接可以用来提交关于本书的错误报告或其他反馈信息。

学生区

学生区包含丰富的资源供学生使用，包括下列与本书紧密相关的资源（在书中用相应图标加以标记）：

- **额外例题：**你可以在该网站找到大量额外的例题，涵盖本书所有章节。这些例题主要集中在学生经常要求额外资料的领域。虽然大部分例题只是扩充了基本概念，但这里也能找到一些非常具有挑战性的例题。
- **交互式演示小程序：**这些小程序使得你能以交互方式探索重要算法是如何工作的，并且通过链接到例题和练习直接与本书内容相关联。同时提供了关于如何利用和应用这些小程序的资源。
- **自我评估：**这些交互式指南帮助你评估你对 14 个关键概念的理解程度，评估系统提供一个问题库，其中每个问题包括一段简短教程和一个多选题。如果你选择了一个错误答案，系统会提供建议帮助你理解错在哪里。利用这些自我评估，你应该能诊断出学习中的问题并找到合适的帮助。
- **网络资源指南：**该指南提供了数百个带有注释的外部网站链接，涉及历史及传记信息、谜题及问题、讨论、小程序、程序以及其他。这些链接可以通过本书的页码来查找。

除此之外，学生区其他资源还包括：

- **探索离散数学：**这些辅助资料能帮助利用计算机代数系统来进行离散数学中很广泛的一类计算。每章都给出计算机代数系统中相关函数的描述以及如何使用、执行离散数学中计算的程序、例题，以及可以利用计算机代数系统来完成的练习。有两个版本可供使用：《探索离散数学 Maple™ 版》和《探索离散数学 Mathematica™ 版》。
- **离散数学应用：**这个辅助资料包含 24 章（每章都有独立的一组练习题），给出了各种有趣而又重要的应用，涉及离散数学中三个领域：离散结构、组合学和图论。这些应用对于补充本书或自主学习都是很理想的资料。
- **撰写证明指南：**该指南为撰写证明提供一些帮助，撰写证明是许多学生都觉得很难掌握的一种技巧。从课程刚开始以及当需要写证明之后定期阅读本指南，你会发觉你撰写证明的能力提高了。（在《学生解题指南》中也有提供。）
- **离散数学中的常见错误：**该指南包括一个详细列表，列举了离散数学中学生经常误解以及很容易犯的各类错误。你最好时常复习该列表，这有助于避免这些常见的陷阱。（在《学生解题

指南》中也有提供。)

- **写作课题的建议：**该指南为本书中的写作课题提供非常有益的提示和建议，包括有助于研究的书籍和文章的广泛的参考文献，以印刷版或在线版提供的各种资源的讨论、在图书馆里做研究的一些技巧和如何更好写作的建议。(在《学生解题指南》中也有提供。)
- **虚拟离散数学导师：**这个全面的辅助工具能够为学生从低级课程转向离散数学时提供有价值的帮助。我们通过对学生在使用本书学习离散数学过程中所犯的错误的分析之后设计了这个工具。学生关注的许多问题都能在这里找到答案，同时能够通过这个工具克服许多障碍。“虚拟离散数学导师”将会在 2012 年秋季上线。

教师区

这里可以访问学生区的所有资源以及为教师准备的资源：

- **教学大纲样本：**给出的详细课程大纲为有不同侧重点、不同学生背景和能力水平的课程提供建议。
- **教学建议：**包含给教师的详细教学建议，包括全书章节概况、每小节详细注解，以及关于练习的评论。
- **可打印试题：**以 TeX 格式和 Word 格式提供每章可打印试题，并且教师可以自行定制。
- **讲义幻灯片以及图表：**一组完整的涵盖全部章节的 PowerPoint 幻灯片可供教师使用。此外，本书所有图和表格的图片资料也以 PowerPoint 幻灯片方式给出。
- **作业提交系统：**一个开发中并计划于 2012 年秋季上线的全面的作业提交系统将会提供与本书直接相关的问题集，这样学生就能够在线做作业了。而且，他们也可以在指导模式下使用该系统。该系统能够自动给作业评分，并将这些形式自由的学生作业信息提交给教师做进一步分析。系统还将提供课程管理模块允许教师创建作业、自动分配和评估作业、小测验，以及从与本书直接相关的试题库中抽取考试题，创建并编辑他们自己的测试题，管理课程公告和提交作业截止时间，并跟踪学生进展。

什么是离散数学？离散数学是数学中研究离散对象的部分。（这里“离散”意味着由不同的或不相连的元素组成。）可利用离散数学来求解的问题包括：

- 在计算机系统中，有多少种方式可以选择一个合法口令？
- 赢得乐透彩的概率是多少？
- 网络上两台计算机之间是否存在通路？
- 怎样鉴别垃圾 E-mail 消息？
- 怎样加密消息使得只有预期收件人才能够阅读它？
- 在交通系统中两个城市之间的最短路径是什么？
- 怎样把整数按递增顺序排列？
- 完成上述排序需要多少步？
- 如何证明一个排序算法能正确地排序？
- 怎样设计两个整数相加的电路？
- 存在多少合法的因特网地址？

你将学习解决诸如以上问题时需要用到的离散结构和技术。

更一般地，每当需要对对象进行计数时，需要研究两个有限（或可数）集合之间的关系时，需要分析涉及有限步骤的过程时，就会用到离散数学。离散数学的重要性不断增长的一个关键原因是信息在计算机中是以离散方式存储和处理的。

为什么要学离散数学？学习离散数学有许多重要理由。首先，通过这个课程可以培养你的数学素质，即你理解和构造数学论证的能力。没有这些技巧，你在学习数学科学时不可能走得太远。

其次，离散数学是学习数学科学中所有高级课程的必由之路。离散数学为许多计算机科学课程提供数学基础，这些课程包括数据结构、算法、数据库理论、自动机理论、形式语言、编译理论、计算机安全以及操作系统。学生会发现当他们没有从离散数学课程获取适当的数学基础时，要学习这些课程会感到非常困难。有一个学生给我发送电子邮件说，在她选修的每门计算机科学课程中都用到了本书的知识。

以离散数学中研究的内容为基础的数学课程包括逻辑、集合论、数论、线性代数、抽象代数、组合学、图论及概率论（其离散部分）。

此外，离散数学还包含在运筹学（包括许多离散优化技术）、化学、工程学以及生物学等领域问题求解所必需的数学基础。在本书中我们将学习上述领域中的一些应用。

许多学生都感到他们的离散数学入门课程比以前选修过的课程更具挑战性。理由就是本课程主要目标是教授数学推理和问题求解，而不是一些零散技巧的集合。本书练习的设计就反映了这个目标。虽然本书中的大量练习与例题所阐述的类似，但还是有相当比例的练习需要创造性思维。这是有意设计的。本书中讨论的内容提供了求解这些练习所需的工具，但你的任务是用你自己的创造性成功地使用这些工具。本课程的另一个主要目标是学习如何解决那些可能与你以前遇到过的不一样的问题。遗憾的是，只学会求解一些特殊类型的练习还不足以保证成功培养在后继课程及职业生涯中所需的问题求解技能。本书论述众多不同的主题，但离散数学是一个极为多样化又涉及广泛的研究领域。作者的目标之一是帮助你培养为将来掌握事业中需要的其他知识所必需的技能。

练习：我想就你如何更好地学习离散数学(以及数学和计算机科学中的其他科目)给出一些忠告。积极做练习让你收获最大，我建议你尽可能地多做练习。在完成老师布置的练习后，我鼓励你做更多的练习，如本书每节后面的练习和每章后面的补充练习。(注意练习前面的分级标记。)

练习标记含义

无标记

常规练习

*

稍难的练习

**

富有挑战性的练习



练习中包含了正文中会用到的结论(表 1 显示这些练习在哪里会用到)

(需要用到微积分)

练习求解时需要用到极限或微积分中的概念

做练习的最好方法是首先尝试自己解题，然后再查阅书后的答案。注意书中提供的所有奇数编号练习的答案只是答案而已，并不是完整的解答。特别地，这些答案中省略了获得解所需的推导过程。单独提供的《学生解题指南》则提供了本书中所有奇数编号练习的完整解答。当你在试图求解奇数编号练习的过程中遇到困难时，才建议你查阅《学生解题指南》并就如何求解该题寻找一些指导。你越是尝试自己解题而非被动查阅或照抄解答，你学到的就越多。出版商有意不提供偶数编号练习的答案和解答。如果你在解这些练习时遇到困难，就请教你的老师。

网络资源：强烈鼓励你利用网络上的更多资源，特别是本书配套网站 www.mhhe.com/rosen 上的那些资源。你会发现以下资源：为澄清关键概念而设计的许多额外例子，衡量你对核心主题理解程度的自我评估，探索关键算法和其他概念的交互演示小程序，包含有与离散数学世界相关的广泛精选的外部网站链接的网络资源指南，关于撰写证明以及避免离散数学中常见错误的新增说明，关于重要应用的深度讨论，以及利用 Maple™ 软件探索离散数学中计算问题的指南。在本书中有些地方，当有其他在线资源可用时，会在页边用特定图标标识。2012 年秋季后，你还会发现“虚拟离散数学导师”，这是一个能提供更多支持以帮助你从低级课程转向离散数学的在线资源。该教程基于对其他使用本书的学生曾经犯过的错误的分析设计而成，从而应该会帮助你解答许多问题并纠正你可能犯的错误。关于这些以及其他在线资源的详细信息，参见前面的配套网站说明。

本书的价值：我希望你对本书的高额投资能得到一个超值的回报。我们花了多年的努力来开发和优化本书、相关辅助资料及其配套网站。我很自信本书及相关资料能帮助你掌握离散数学，就像以前许多学生一样。即使你现在的课程可能没有覆盖某些章节，但当你学习其他课程时，就像许多其他同学那样会发现再来阅读本书相关章节也是十分有益的。你们绝大多数人，特别是那些继续从事计算机科学、数学或工程学的人，在今后的学习中一定会把本书当作一本有用的工具书。我将本书设计成为你今后学习和探索的一个入门，同时也是一部综合性的参考书，我希望你能幸运地开始你的征程。

Kenneth H. Rosen

Kenneth H. Rosen 作为位于新泽西州蒙茅斯县的 AT&T 实验室杰出技术会员已经拥有一段很长的职业生涯。目前他在蒙茅斯大学任访问研究教授，为研究生讲授计算机科学课程。

Rosen 博士于 1972 年获得位于安娜堡的密歇根大学数学学士学位，1976 年获得麻省理工学院数学博士学位，在哈罗德·斯塔克 (Harold Stark) 的指导下他撰写了数论方面的博士论文。1982 年加入贝尔实验室之前，他曾就职于科罗拉多大学博尔德分校；哥伦布市的俄亥俄州立大学；在欧洛诺市的缅因大学任数学副教授。在 AT&T 工作时，他在蒙茅斯大学任教，教授离散数学、编码理论和数据安全方面的课程。他目前教授算法设计以及计算机安全和密码学方面的课程。

Rosen 博士在数论及数学建模的专业期刊上发表了大量论文。他是《初等数论及其应用》(Elementary Number Theory and Its Applications) 的作者，该书由 Pearson (培生) 出版并广为采用，目前第 6 版也已经翻译成了中文。他也是《离散数学及其应用》(Discrete Mathematics and Its Applications) 的作者，该书由 McGraw-Hill (麦格劳-希尔) 出版，目前是第 7 版。《离散数学及其应用》(Discrete Mathematics and Its Applications) 自出版以来在北美发行超过 350 000 册，在世界其余各地发行成千上万册。这本书也已经被翻译成法文、希腊文、中文、越南文和韩文。他还是《UNIX：参考大全》(UNIX: The Complete Reference)、《UNIX 系统 V 版本 4：简介》(UNIX System V Release4: An Introduction)、《最佳 UNIX 小技巧》(Best UNIX Tips Ever) 的合著者，这些书均由奥斯本/麦格劳-希尔出版。这些书发行超过 150 000 册，并翻译成中文、德文、西班牙文和意大利文。Rosen 博士还是由 CRC 出版社出版的《离散及组合数学手册》(Handbook of Discrete and Combinatorial Mathematics) 的编辑，他是 CRC 离散数学丛书的顾问编辑，丛书包括超过 55 卷论述离散数学的不同方面，其中大多数内容在这本手册中有介绍。Rosen 博士现任《离散数学》(Discrete Mathematics) 期刊副主编，负责审阅提交的论文，涉及离散数多个领域，包括图论、枚举和数论。他对将数学软件集成到教育和专业环境中很有兴趣，并在这些方面参与和 Waterloo Maple Inc. 的 Maple™ 软件的一些合作项目。Rosen 博士还和多家出版公司合作开发作业交付平台。

在贝尔实验室和 AT&T 实验室期间，Rosen 博士所从事的项目涉猎广泛，包括运筹学研究、计算机和通信设备的产品线规划和技术评估。他帮助规划 AT&T 在多媒体领域的产品和服务，包括视频会议、语音识别、语音合成和图像联网。他为 AT&T 使用新技术做评估，并在图像联网领域从事标准化工作。他还发明了许多新服务，并持有超过 55 项专利。他的一个最有趣的项目涉及帮助评估 AT&T 为提高吸引力而采用的技术，这也是 EPCOT 中心的一部分。

主题	符号	意义
逻辑	$\neg p$ $p \wedge q$ $p \vee q$ $p \oplus q$ $p \rightarrow q$ $p \leftrightarrow q$ $p \equiv q$ T F $P(x_1, \dots, x_n)$ $\forall x P(x)$ $\exists x P(x)$ $\exists! x P(x)$ $\therefore$ $p\{S\}q$	p 的否定 p 和 q 的合取 p 和 q 的析取 p 和 q 的异或 p 蕴含 q p 和 q 的双条件 p 和 q 的等价 永真式 矛盾式 命题函数 $P(x)$ 的全称量化 $P(x)$ 的存在量化 $P(x)$ 的唯一存在量化 所以 S 的部分正确性
集合	$x \in S$ $x \notin S$ $\{a_1, \dots, a_n\}$ $\{x \mid P(x)\}$ $\mathbf{N}$ $\mathbf{Z}$ $\mathbf{Z}^+$ $\mathbf{Q}$ $\mathbf{R}$ $[a, b], (a, b)$ $S = T$ $\emptyset$ $S \subseteq T$ $S \subset T$ $ S $ $\mathcal{P}(S)$ $(a_1, a_2, \dots, a_n)$ (a, b) $A \times B$ $A \cup B$ $A \cap B$ $A - B$ $\overline{A}$ $\bigcup_{i=1}^n A_i$ $\bigcap_{i=1}^n A_i$ $A \oplus B$ $\aleph_0$ c	x 是 S 的成员 x 不是 S 的成员 一个集合的元素列表 集合构造器记法 自然数集合 整数集合 正整数集合 有理数集合 实数集合 闭, 开区间 集合等式 空集 S 是 T 的子集 S 是 T 的真子集 S 的基数 S 的幂集合 n 元组 序偶 A 和 B 的笛卡儿乘积 A 和 B 的并集 A 和 B 的交集 A 和 B 的差集 A 的补集 A_i 的并集, $i=1, 2, \dots, n$ A_i 的交集, $i=1, 2, \dots, n$ A 和 B 的对称差 可数集的基数 $\mathbf{R}$ 的基数

主题	符号	意义
函数	$f(a)$ $f:A \rightarrow B$ $f_1 + f_2$ $f_1 f_2$ $f(S)$ $\iota_A(s)$ $f^{-1}(x)$ $f \circ g$ $\lfloor x \rfloor$ $\lceil x \rceil$ a_n $\sum_{i=1}^n a_i$ $\sum_{a \in S} a_a$ $\prod_{i=1}^n a_n$ $f(x)$ 是 $O(g(x))$ $n!$ $f(x)$ 是 $\Omega(g(x))$ $f(x)$ 是 $\Theta(g(x))$ $\sim$ $\min(x, y)$ $\max(x, y)$ $\approx$	函数 f 在 a 点的值 f 是从 A 到 B 的函数 函数 f_1 和 f_2 的和 函数 f_1 和 f_2 的积 集合 S 在 f 之下的像 A 上的恒等函数 f 的逆 f 和 g 的组合 下取整函数 上取整函数 $\{a_n\}$ 中下标为 n 的项 $a_1, a_2, \dots, a_n$ 之和 a_a 之和, $a \in S$ $a_1, a_2, \dots, a_n$ 之积 $f(x)$ 是大 $O(g(x))$ n 阶乘 $f(x)$ 是大 $\Omega(g(x))$ $f(x)$ 是大 $\Theta(g(x))$ 渐近于 x 和 y 的最小值 x 和 y 的最大值 约等于
整数	$a \mid b$ $a \nmid b$ $a \operatorname{div} b$ $a \bmod b$ $a \equiv b \pmod{m}$ $a \not\equiv b \pmod{m}$ $\mathbb{Z}_m$ $(a_k a_{k-1} \dots a_1 a_0)_b$ $\gcd(a, b)$ $\operatorname{lcm}(a, b)$	a 整除 b a 不整除 b a 除以 b 所得的商 a 除以 b 所得的余数 a 模 m 同余于 b a 模 m 不同余于 b 模 m 整数集 以 b 为基数的表示 a 和 b 的最大公因子 a 和 b 的最小公倍数
矩阵	$[a_{ij}]$ $A+B$ AB I_n A^T $A \vee B$ $A \wedge B$ $A \cdot B$ $A^{[n]}$	矩阵, 其中元素为 a_{ij} 矩阵 A 和 B 的和 矩阵 A 和 B 的积 n 阶单位矩阵 A 的转置 矩阵 A 和 B 的并 矩阵 A 和 B 的交 矩阵 A 和 B 的布尔积 A 的 n 次布尔幂
计数与概率	$P(n, r)$ $C(n, r)$ $\binom{n}{r}$ $C(n; n_1, n_2, \dots, n_m)$	n 元素集合的 r 排列数 n 元素集合的 r 组合数 n 选 r 的二项式系数 多项式系数