

原书第8版

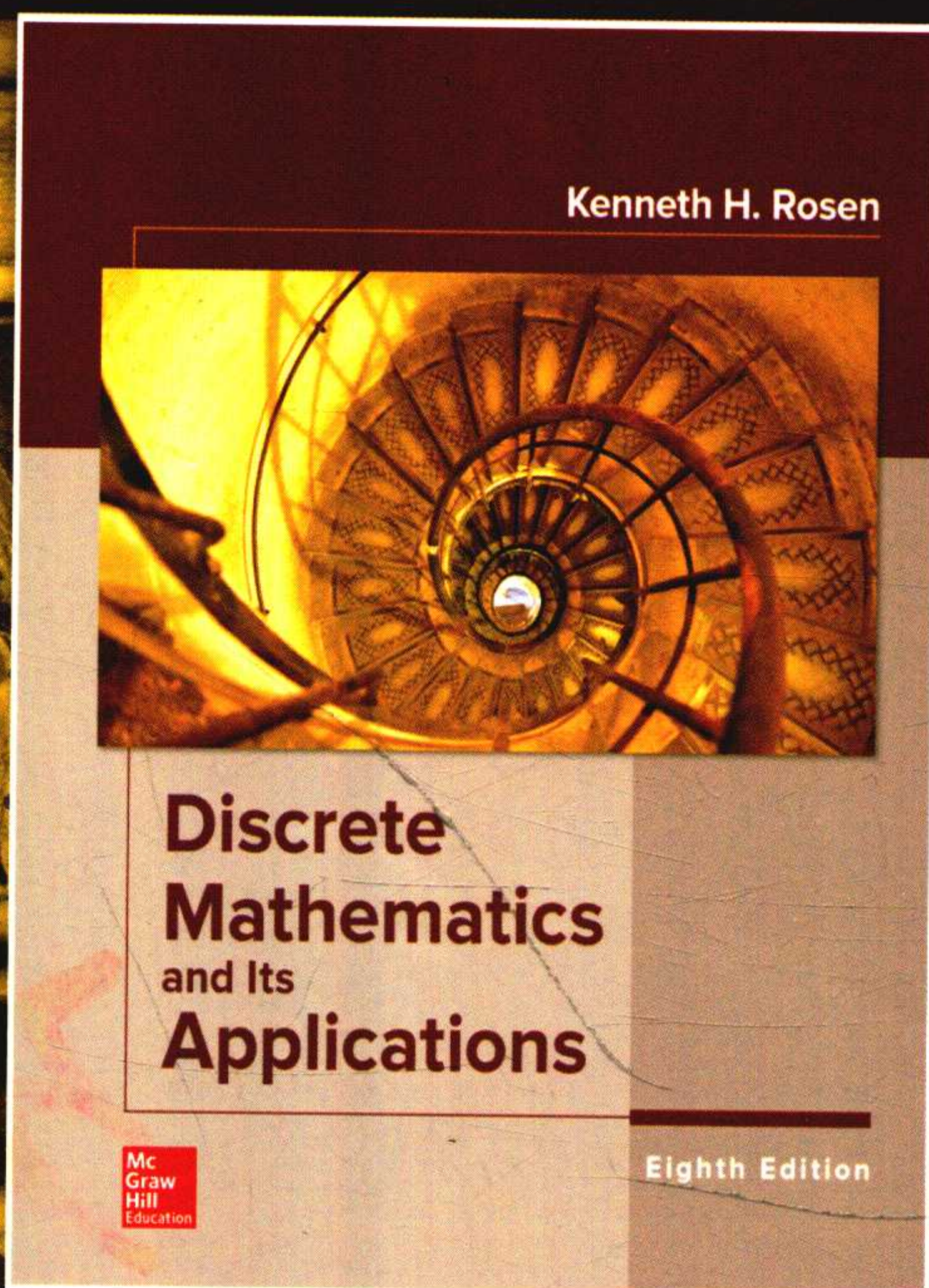
Mc
Graw
Hill

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

经典教材全面升级，全球数百万学生阅读，新版包含超过800道例题和4200道习题



Discrete Mathematics and Its Applications

Eighth Edition



机械工业出版社
China Machine Press

离散数学及其应用 原书第8版

Discrete Mathematics and Its Applications Eighth Edition

本书是介绍离散数学理论和方法的经典教材，被全球数百所高校采用，获得了极大的成功。第8版做了与时俱进的更新，添加了多重集、字符串匹配算法、同态加密、数据挖掘中的关联规则、语义网络等内容，同时更新了配套教辅资源，成为更加实用的教学工具。本书可作为1~2个学期的离散数学课程教材，适用于数学、计算机科学、计算机工程、信息技术等专业的学生。

本书特色

- 例题：共800多道例题，用于阐明概念、建立不同主题之间的关联以及介绍实际应用。
- 应用：涉及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、商业和因特网等，展示了离散数学的实用性。
- 算法：每一章都介绍了一些关键算法，提供伪代码，并简要分析其计算复杂度。
- 历史资料：给出了89位数学家和计算机科学家的简短传记，帮助读者了解不同技术的历史背景和发展轨迹。
- 练习、复习题和补充练习：共有4200多道难度各异的练习题，可以满足不同层次学生的需求。此外，还有一些研究性题目，帮助学生通过计算来探索新知识和新想法。

Mc
Graw
Hill

www.mheducation.com



华章教育服务微信号



投稿热线：(010) 88379604
读者信箱：hzjsj@hzbook.com
客服电话：(010) 88361066 88379833 68326294

华章网站：www.hzbook.com
网上购书：www.china-pub.com
数字阅读：www.hzmedia.com.cn

Mc
Graw
Hill

上架指导：计算机/离散数学

ISBN 978-7-111-63687-8



9 787111 636878 >

定价：139.00元

计 算 机 科 学 丛 书

原书第8版

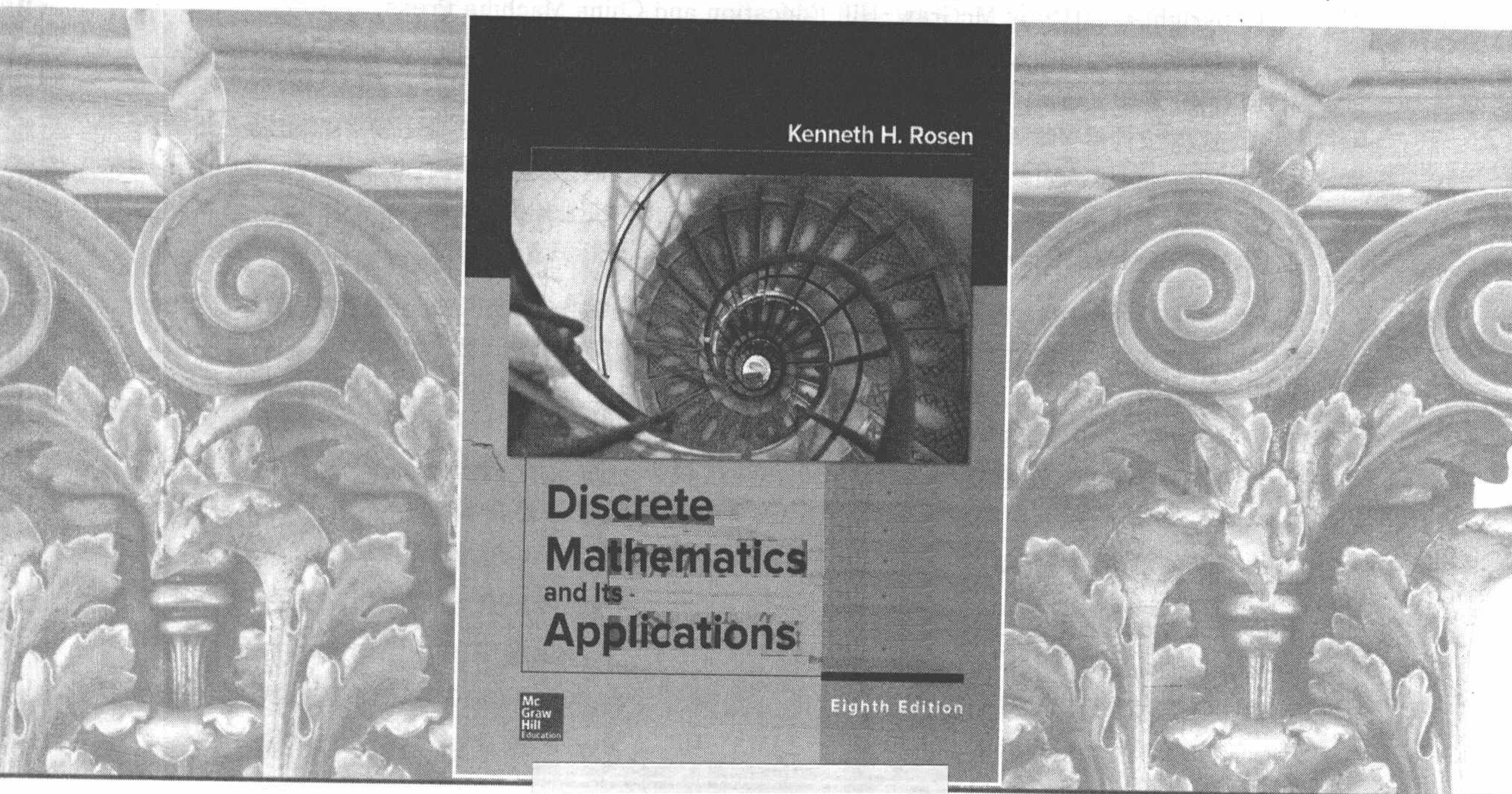
离散数学及其应用

[美] 肯尼思·H. 罗森 (Kenneth H. Rosen) 著

徐六通 杨娟 吴斌 译

Discrete Mathematics and Its Applications

Eighth Edition



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

离散数学及其应用 (原书第 8 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, 2019.10

(计算机科学丛书)

书名原文: Discrete Mathematics and Its Applications, Eighth Edition

ISBN 978-7-111-63687-8

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 204429 号

本书版权登记号: 图字 01-2019-1173

Kenneth H. Rosen: Discrete Mathematics and Its Applications, Eighth Edition (9781259676512).

Copyright © 2019 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 translation edition 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 © 2019 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。

本授权中文简体字翻译版由麦格劳-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 © 2019 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, 被全球数百所大学广为采用。书中全面而系统地介绍了离散数学的理论和方法, 主要包括: 逻辑和证明, 集合、函数、序列、求和与矩阵, 算法, 数论和密码学, 归纳与递归, 计数, 离散概率, 关系, 图, 树, 布尔代数, 计算模型。全书取材广泛, 除包括定义、定理的严格陈述外, 还配备大量的例题、图表、应用实例和练习。第 8 版做了与时俱进的更新, 成为更加实用的教学工具。

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, 也可作为科技领域从业人员的参考书。

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: 曲 熠

责任校对: 李秋荣

印 刷: 三河市宏图印务有限公司

版 次: 2019 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 185mm × 260mm 1/16

印 张: 53.25

书 号: ISBN 978-7-111-63687-8

定 价: 139.00 元

客服电话: (010) 88361066 88379833 68326294
华章网站: www.hzbook.com

投稿热线: (010) 88379604
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，从它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、Afred 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500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：hzjsj@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

从在路边小摊贩处扫码完成支付到为黑洞拍摄第一张照片，再到各类世纪工程的竣工，这一切进步与奇迹的背后都离不开计算机科学与技术的飞速发展。

如果你也想为将来的奇迹做出自己的贡献，就必须先了解计算是什么、计算机的工作原理是什么、计算机是如何解题的等问题。你需要学习的第一门基础课就是离散数学。什么是离散数学？离散数学是致力于研究离散对象的数学分支。说得更通俗一点，就是利用计算机进行问题求解时，一切问题背后的原理性东西均属于离散数学的范畴，或者说离散数学就是计算机科学的数学语言。

离散数学一直被 IEEE-CS 和 ACM 认定为计算机专业最核心的课程，也是我国计算机科学与技术专业的核心基础课程。当你学习这门课程的时候，会发现离散数学为许多计算机专业课程提供了理论基础，尤其是为课程中大量的算法提供了基础。顺便提一下，大家都知道计算机领域的最高奖是图灵奖，但你知道在一个约会场景中寻找稳定匹配的算法是诺奖级的算法吗？有兴趣的读者可以阅读本书 3.1 节练习 65 前导文中介绍的延迟接受算法。

本书英文版自出版以来在北美发行超过 450 000 册，目前已经被翻译成西班牙文、法文、葡萄牙文、希腊文、中文、越南文和韩文等，在世界各地发行数十万册。

第 8 版对许多内容进行了完善、更新、补充和润色，所有这一切都是为了使本书成为现代离散数学课程的更加有效的教学工具。本书清晰地介绍并展示了离散数学中的概念和技术，行文流畅，通俗易懂。书中包含大量有趣而实用的例子，吸引读者广泛好奇心的推荐读物，以及帮助读者掌握离散数学的概念和技巧的丰富练习题，为计算机科学学生将来的学习提供了一切必需的数学基础。此外，本书还提供了一个非常有价值的网站资源——在线学习中心(OLC)，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实际解决问题的能力，引领学生探索离散数学的新应用。

本书的另一个特色是给出了 89 位数学家和计算机科学家的简短传记，介绍他们的生活、事业以及对离散数学做出的重要贡献。让读者了解数学知识的来龙去脉，可以极大地提高读者学习离散数学的兴趣并使读者理解其发展历程。这一版新增的传记包括在孪生素数猜想研究中做出重要贡献的华裔数学家张益唐。

本次更新还包括离散数学领域的新发展，比如在密码学一节专门介绍了利用同态加密技术实现数据在加密状态下的直接运算，使得对加密数据所做运算的结果和解密数据做运算后再加密的结果是一样的。将该技术用于云计算场景时，可以保证数据始终处于加密状态。

在本次翻译工作中，徐六通翻译全书前言、第 1 章至第 4 章、附录及推荐读物，吴斌翻译第 5 章至第 8 章，杨娟翻译第 9 章至第 13 章。由于译者水平所限，尽管已经修正了之前版本中的一些错误，但是难免还会有不妥的地方，敬请读者不吝赐教。

译者

2019 年 8 月于北京

本书是根据我多年来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内容准确且可读性强的教材，清晰地介绍并展示离散数学中的概念和技术。对于那些爱怀疑的学生，我的目标是展示离散数学的相关性和实用性。对于计算机科学专业的学生，我希望为他们将来的学习提供一切必需的数学基础。而对于数学专业的学生，我希望帮助他们理解重要的数学概念，并且意识到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：只要有本书在手，教师就能迅速地从中筛选内容，以最适合特定学生的方式有效地开展离散数学的教学工作。希望我已经实现了这些目标。

在过去的30年中，本书取得了极大的成功，被世界各地超过100万名学生使用，并被翻译成多种语言，对此我感到非常欣慰。此次第8版所做的许多改进，正是得益于大量读者的反馈和建议。在这些读者中，既有来自北美600多所学校的师生，又有来自全球各地众多高校的读者，他们都曾将本书成功用作教材。由于所收到的这些反馈，以及在不断更新中所投入的大量精力，我才能够每次升级时显著提高本书的吸引力和有效性。

本教材是为了一学期或两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、工程等各类专业的学生。大学代数是唯一要求的先修课程，不过，要想真正学好离散数学，还是需要有一定的数学素养。本书的设计目标是满足各种类型离散数学入门课程的需求，内容高度灵活且非常全面。我希望本书不仅是一本成功的教科书，而且成为学生在日后的学习和职业生涯中可以参考的有价值的资源。

离散数学课程的目标

离散数学课程有多个目标。学生应该学会一系列特定的数学知识并知道怎样应用它们，更重要的是，这门课应教会学生怎样运用数学逻辑思维。为了达到这些目标，本教材特别强调数学推理以及问题求解的不同方法。本书中，五个重要主题将交织在一起：数学推理，组合分析，离散结构，算法思维，以及应用与建模。一门成功的离散数学课程应该小心谨慎地融合并平衡所有五个主题。

- **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。本书开篇即讨论数理逻辑，这为后续讨论证明方法打下了基础。本书描述了构造证明的方法与技巧两个方面。本书特别强调数学归纳法，不仅给出了这种证明技术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一种有效的证明技术。
- **组合分析**。一个重要的解题技巧就是计数或枚举对象。本书中关于枚举的讨论从计数的基本技术着手。重点是运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。
- **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。这些离散结构包括集合、置换、关系、图、树和有限状态机等。
- **算法思维**。有些类型的问题可以通过算法的规范说明来求解。当一个算法被清楚地描述后，就可以编写计算机程序来实现之。该活动涉及的数学部分包括该算法的规范说明、正确性的验证，以及执行算法所需要的计算机内存和时间分析等，这些在本书中均有阐

述。算法将采用自然语言[⊖]和一种易于理解的伪代码形式来描述。

- **应用与建模。**离散数学在几乎每个可以想到的研究领域都有应用。许多应用涉及本书提到的计算机科学和数据网络，还有一些应用涉及更为广泛的领域，如化学、生物学、语言学、地理学、商业和互联网等。这些是离散数学的自然而又重要的应用，而非人为编造的。用离散数学来建模是一项十分重要的问题求解技巧，学生可通过一些练习来自己构造模型，从而掌握这一技巧。

第 8 版中的变化

虽然第 7 版已经是一本极具影响力的教材，但许多教师还是提出了一些修改请求，以使本书更适于教学。我花了大量的时间和精力来满足这些请求，努力以自己的方式改进本书并使之紧跟最新发展。

第 8 版的修改基于 20 多位正式审稿人的意见、学生和教师的反馈以及我自己的见解，希望新版本能成为一个更加有效的教学工具。第 8 版中所做的大量更新是为了帮助学生更好地学习这些内容。我增加了额外的解释和例子以便阐述那些学生经常感到困难的内容，增加了知识性的和富有挑战性的新练习，还增加了一些与 Internet、计算机科学以及数学生物学等密切相关的應用。在开发人员的努力下，本书配套网站现在提供了很多工具，可以帮助学生掌握关键概念并探索离散数学世界。此外，还提供了有效和全面的学习和评估工具，以作为教科书的补充。

我希望教师能仔细阅读新版，以了解如何满足自己的教学需求。要列出所有更新是不切实际的，不过，我将给出概要性的描述，包括一些关键更新及其所带来的好处，这对读者来说或许是有益的。

本书新版对许多内容进行了完善、更新、补充和润色，所有这一切都是为了使本书成为现代离散数学课程的更加有效的教学工具。之前使用过本教材的教师会发现这次更新遍及全书，其中最值得注意的修订如下。

全书范围的更新

- 对内容编排的完善贯穿全书，重点是使之更清晰，以便帮助学生阅读和理解概念。
- 通过增加细节和解释来改进证明，同时提醒读者注意所采用的证明方法。
- 新增例题，用于满足审稿人提出的需求，或是对新内容进行解释。有些例题可以在书中找到，有些例题则只在配套网站上提供。
- 新增练习，有知识性的也有富有挑战性的，用于满足教师提出的需求或配合新内容。同时，还有些练习是为了完善或拓宽已有的练习。
- 引入了更多的小标题以便将章节划分成更小的部分。
- 极大地扩展了在线资源，以为教师和学生提供广泛的支持。后面会给出关于这些资源的详细描述。

主题方面的更新

- **逻辑。**引入了若干逻辑谜题。一道新例题解释了如何将 n 皇后问题建模为可满足性问题，这是一个简明易懂的例子。
- **集合论。**在正文中引入了多重集的概念(之前是在练习中引入的)。
- **算法。**新版讨论了字符串匹配算法，这是一个应用很广的重要算法，可用于拼写检查、关键字搜索、字符串匹配以及计算生物学。此外，还给出了求解字符串匹配练习的蛮力算法。
- **数论。**新版包含有关素数及其猜想的最新数值发现和理论发现。在正文中论述了扩展欧

⊖ 原书采用英语，而中译版则采用汉语。——译者注

几里得算法和一遍(one-pass)算法(之前是在练习中介绍的)。

- **密码学**。由于在云计算中的重要性,新版涵盖了同态加密的概念。
- **数学归纳法**。扩展了数学归纳法证明的模板,并将其放在数学归纳法证明的例题之前。
- **计数方法**。扩充了用于计数的除法法则的讨论。
- **数据挖掘**。在 n 元关系一节讨论了数据挖掘中的一个关键概念——关联规则。另外,在练习中还引入了雅卡尔指数,可用于计算两个集合之间的距离。
- **图论应用**。添加了一道新例题,解释语义网络是如何工作的。这是人工智能中的一个重要结构,可以用图来建模。
- **人物传记**。新的人物传记包括怀尔斯、婆什迦罗、瓦列·普金、阿达马、张益唐和金特里。原有的传记也做了一些扩展和更新。这次更新是多方面的,包括具有历史意义的东方数学家、19世纪和20世纪的主要研究人员,以及目前活跃的21世纪的数学家和计算机科学家。

本书特色

易理解性。实践证明,本书对于初学者来说是易读易懂的。书中绝大部分内容不需要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,以将数学素养提升到本书要求的水准。书中少数几处需要用到微积分知识的地方都已注明。大多数学生应该很容易理解用于表示算法的伪代码,无论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易于领会的水平开始。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。为了便于灵活使用,本书做了精心的设计。各章对之前章节的依赖程度都被降到最低。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。教师可以利用章节划分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。书中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间做了精心的平衡。

数学严谨性和准确性。书中所有定义和定理的陈述都十分谨慎,这样学生可以欣赏语言的准确性和数学所需的严谨性。证明则是先由动机引入,然后再慢慢展开,并且所有步骤都经过了详细论证。证明中用到的公理及其所导出的基本性质在附录中均有描述,这呈现给学生一个清晰的概念,即在证明中他们能够做出何种假设。本书解释并大量使用了递归定义。

例题。全书共有超过800道例题,用来阐述概念、建立不同主题之间的关联以及介绍应用。在大部分例题中,首先提出问题,然后再以适量的细节给出解法。

应用。本书中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。这些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、商业和互联网。

算法。离散数学的结论常常要用算法来表述,故书中多数章节都介绍了一些关键算法。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。关于伪代码的描述和说明在附录C中给出。对于本书中的所有算法,都简要分析了其计算复杂度。

历史资料。书中对许多主题的背景做了简要介绍,并给出了89位数学家和计算机科学家的简短传记。这些科学家为离散数学做出过重要贡献,传记中介绍了他们的生活、事业和成就,同时配有照片(如果有的话)。

此外,我们还提供了一些历史资料,作为对正文中历史资料的补充。我们做了大量努力以使得本书能够反映新的发现。

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学会的那些,而非该章中定义的每个术语。

练习。书中包含 4200 多道练习题，涵盖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。练习中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努力来发现新的想法。

那些比平均难度稍难的练习用一个星号(*)标记，而那些更具挑战性的练习则用两个星号(**)来标记。需要用微积分知识求解的练习会明确指出。有些练习的结果要在正文中用到，我们用☞符号来标识这类题目。本书最后给出了所有奇数编号练习的答案或解题纲要。答案中大部分证明的步骤都十分清晰。

复习题。每章后面都有一组复习题。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。要回答这些复习题，学生必须写出较长的答案，而不是仅做一些计算或给出简答。

补充练习。每章后面都有一组丰富多样的补充练习。这些练习通常比每节后面的练习难度更大。补充练习旨在强化该章中的概念，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。全书共有大约 150 道计算机课题，用于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难度超过平均水平的计算机课题，我们用一个星号(*)标记，而那些非常具有挑战性的题目则用两个星号(**)标记。

计算和探索。每章后面都有一组计算和探索性的问题，共有大约 120 道。完成这些练习需要借助现有的软件工具，诸如学生或教师自己编写的程序，或像 Maple 或 Mathematica 这样的数学计算软件包。这些练习大多为学生提供了通过计算来发现一些新事实或想法的机会。(其中一些练习在配套的在线练习册《探索离散数学》(Exploring Discrete Mathematics)中也有讨论。)

写作课题。每章后面都有一组写作课题，要完成这类题目，学生需要参考数学方面的文献。有些题目本质上是关于历史知识的，需要学生查找原始资料；其他题目则将带领学生通往新内容和新思想。这些练习旨在向学生展示正文中没有深入探讨的想法，通过把数学概念和写作过程结合起来，帮助学生面对未来可能的研究领域。(在网络版或印刷版的《学生解题指南》(Student's Solutions Guide)中可以找到为这些题目准备的参考文献。)

附录。本书有三个附录。附录 A 介绍实数和正整数的公理，并解释如何利用这些公理直接证明事实。附录 B 介绍指数函数和对数函数，复习课程中常用的一些基本内容。附录 C 则介绍正文中用来描述算法的伪代码。

推荐读物。在附录后还提供了一份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才出版的。本书的网站中包含许多有价值资源的链接，可以作为对这些推荐读物的补充。

怎样使用本书

本书经过了精心写作和编排，以支持不同层次以及侧重点不同的离散数学课程。下表列出了核心章节和可选章节。为大学二年级学生开设一学期的离散数学入门课程可以以本书核心章节为基础，其他章节可由教师取舍。两学期的入门课程可以在核心章节上外加所有可选的数学章节。强调计算机科学的课程则可以涵盖部分或全部计算机科学章节。教师可以在本书网站上的《教师资源手册》(Instructor's Resource Guide)中找到离散数学课程教学大纲样本，以及针对本书章节的教学建议。

章节	核心章节	计算机科学可选章节	数学可选章节
1	1.1~1.8(视需要)		
2	2.1~2.4, 2.6(视需要)		2.5
3		3.1~3.3(视需要)	
4	4.1~4.4(视需要)	4.5, 4.6	

(续)

章节	核心章节	计算机科学可选章节	数学可选章节
5	5.1~5.3	5.4, 5.5	
6	6.1~6.3	6.6	6.4, 6.5
7	7.1	7.4	7.2, 7.3
8	8.1, 8.5	8.3	8.2, 8.4, 8.6
9	9.1, 9.3, 9.5	9.2	9.4, 9.6
10	10.1~10.5		10.6~10.8
11	11.1	11.2, 11.3	11.4, 11.5
12		12.1~12.4	
13		13.1~13.5	

使用本书的教师可以选用或略去每节最后有挑战性的例题及练习来调整课程的难度。右侧的各章依赖图展示的是强依赖性。星号表示该章只有部分相关小节是学习后续章节所必需的。弱依赖关系不再列出。更多详细信息可以在《教师资源手册》中找到。



教辅资源[⊖]

《学生解题指南》。这本可以单独购买的学生手册包含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种方法管用。对于有些问题，还给出了一两种其他可能的解法，以说明一个问题可以用多种不同方法来求解。指南的内容还包括：为每章后面的写作课题推荐的参考文献；关于如何撰写证明的指南；在离散数学学习中学生常犯的各类错误；为每章提供的考试样例及解答，以帮助学生准备考试。

《教师资料手册》。本手册在网站上提供，教师也可以申请印刷版，手册中包含书中所有偶数编号练习的完整解答。手册的内容还包括：关于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；为每章提供的考试样例，以及一个包含 1500 多道考试题目的可选试题库，对于所有考试样例及试题库中的题目都给出了解答；针对不同的侧重点以及不同学生能力水平的课程教学大纲样本。

致谢

感谢所有将本书用作教材的教师和学生，他们来自不同的学校，并向我提供了很多有价值的反馈和有益的建议。正是有了他们的反馈，才使本书变得更为出色。特别感谢 Jerrold Grossman 和 Dan Jordan，作为第 8 版的技术评审，他们以“鹰眼”般敏锐的目光确保了本书的准确性。在本书出版过程中的各个阶段，他们两位多次审阅了本书的每个角落，帮助消除了之前勘误表中的错误，并防止出现新的错误。

感谢 Dan Jordan 为《学生解题指南》和《教师资源手册》做出的贡献。他在更新这些教辅资源方面完成了令人钦佩的工作。感谢 Jerrold Grossman，他是本书前 7 版教辅资源的作者，并为 Dan 提供了非常有价值的帮助。还要感谢许许多多曾经为本书创建并维护在线资源的人。特别

⊖ 关于本书教辅资源，只有使用本书作为教材的教师才可以申请，需要的教师可向麦格劳·希尔教育出版公司北京代表处申请，电话 010-57997618/7600，传真 010-59575582，电子邮件 instructorchina@mheduaction.com。——编辑注

感谢 Dan Jordan 和 Rochus Boerner, 他们所做的大量工作解决了配套网站的诸多问题(后面会介绍这个网站)。

感谢第 8 版以及所有之前版本的审稿人。他们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。自从本书第 1 版出版以来, 已经有超过 200 位审稿人, 其中有许多来自美国以外的国家。近期审稿人列表如下。

近期审稿人

- | | | |
|--|---|---|
| Barbara Anthony
<i>Southwestern University</i> | Peter Gillespie
<i>Fayetteville State University</i> | Kathleen O'Connor
<i>Quinsigamond Community College</i> |
| Philip Barry
<i>University of Minnesota, Minneapolis</i> | Johannes Hattingh
<i>Georgia State University</i> | Keith Olson
<i>Utah Valley University</i> |
| Benkam Bobga
<i>University of North Georgia</i> | James Helmreich
<i>Marist College</i> | Dimitris Papamichail
<i>The College of New Jersey</i> |
| Miklos Bona
<i>University of Florida</i> | Ken Holladay
<i>University of New Orleans</i> | Yongyuth Permpoontanalarp
<i>King Mongkut's University of Technology, Thonburi</i> |
| Steve Brick
<i>University of South Alabama</i> | Jerry Ianni
<i>LaGuardia Community College</i> | Galin Piatniskaia
<i>University of Missouri, St. Louis</i> |
| Kirby Brown
<i>Queens College</i> | Milagros Izquierdo
<i>Linköping University</i> | Shawon Rahman
<i>University of Hawaii at Hilo</i> |
| John Carter
<i>University of Toronto</i> | Ravi Janardan
<i>University of Minnesota, Minneapolis</i> | Eric Rawdon
<i>University of St. Thomas</i> |
| Narendra Chaudhari
<i>Nanyang Technological University</i> | Norliza Katuk
<i>University of Utara Malaysia</i> | Stefan Robila
<i>Montclair State University</i> |
| Tim Chappell
<i>Penn Valley Community College</i> | Monika Kiss
<i>Saint Leo University</i> | Chris Rodger
<i>Auburn University</i> |
| Allan Cochran
<i>University of Arkansas</i> | William Klostermeyer
<i>University of North Florida</i> | Sukhit Singh
<i>Texas State University, San Marcos</i> |
| Daniel Cunningham
<i>Buffalo State College</i> | Przemo Kranz
<i>University of Mississippi</i> | David Snyder
<i>Texas State University, San Marcos</i> |
| H.K. Dai
<i>Oklahoma State University</i> | Jaromy Kuhl
<i>University of West Florida</i> | Wasin So
<i>San Jose State University</i> |
| George Davis
<i>Georgia State University</i> | Loredana Lanzani
<i>University of Arkansas, Fayetteville</i> | Bogdan Suceava
<i>California State University, Fullerton</i> |
| Andrzej Derdzinski
<i>The Ohio State University</i> | Frederic Latour
<i>Central Connecticut State University</i> | Christopher Swanson
<i>Ashland University</i> |
| Ronald Dotzel
<i>University of Missouri-St. Louis</i> | Steven Leonhardi
<i>Winona State University</i> | Bon Sy
<i>Queens College</i> |
| T.J. Duda
<i>Columbus State Community College</i> | Chunlei Liu
<i>Valdosta State University</i> | Fereja Tahir
<i>Illinois Central College</i> |
| Bruce Elenbogen
<i>University of Michigan, Dearborn</i> | Xu Liutong
<i>Beijing University of Posts and Telecommunications</i> | K.A. Venkatesh
<i>Presidency University</i> |
| Norma Elias
<i>Purdue University, Calumet-Hammond</i> | Vladimir Logvinenko
<i>De Anza Community College</i> | Matthew Walsh
<i>Indiana-Purdue University, Fort Wayne</i> |
| Herbert Enderton
<i>University of California, Los Angeles</i> | Tamsen McGinley
<i>Santa Clara University</i> | Sheri Wang
<i>University of Phoenix</i> |
| Anthony Evans
<i>Wright State University</i> | Ramon A. Mata-Toledo
<i>James Madison University</i> | Gideon Weinstein
<i>Western Governors University</i> |
| Kim Factor
<i>Marquette University</i> | Tamara Melnik
<i>Computer Systems Institute</i> | David Wilczynski
<i>University of Southern California</i> |
| Margaret Fleck
<i>University of Illinois, Champaign</i> | Oswaldo Mendez
<i>University of Texas at El Paso</i> | James Wooland
<i>Florida State University</i> |
| Melissa Gaddini
<i>Robert Morris University</i> | Darrell Minor
<i>Columbus State Community College</i> | |

感谢阅读过本书的学生，他们提供了很多建议并报告了一些勘误。在蒙茅斯大学时，曾经上过我的离散数学课程的学生，包括本科生和研究生，从方方面面帮助我改进了书中内容。

还要感谢麦格劳-希尔高等教育(本书的出版商)的工作人员，以及 Aptara 的生产人员。我还想感谢兰登书屋原来的编辑 Wayne Yuhasz，以及本书之前的许多编辑，他们的见解和技巧是本书成功的有力保障。

我想对产品经理 Nora Devlin 表示深深的谢意，她所完成的工作已远远超出了既定的职责。她不仅能力出众，而且责任心强，努力解决了新版本开发过程中出现的各种问题。

还要感谢 Peggy Selle，作为内容产品经理，她管理着本书的生产过程。她全程跟踪本书的流程，并帮助解决生产过程中出现的许多问题。感谢 Aptara 的高级产品经理 Sarita Yadav 和她的同事，他们的努力工作确保了本书的生产质量。

我还要对麦格劳-希尔高等教育的科学、工程和数学(SEM)部门的同仁表示感谢，他们对新版本以及相关的媒体内容给予了大力支持，包括：

- Mike Ryan，高等教育副总裁，负责作品统筹和学习内容管理
- Kathleen McMahan，数学与物理科学部门常务主管
- Caroline Celano，数学部门主管
- Alison Frederick，市场经理
- Robin Reed，首席产品开发师
- Sandy Ludovissey，采购人
- Egzon Shaqiri，设计师
- Tammy Juran，评估内容项目经理
- Cynthia Northrup，数字内容部门主管
- Ruth Czarnecki-Lichstein，业务产品经理
- Megan Platt，编辑协调人
- Lora Neyens 和 Jolynn Kilburg，项目经理
- Lorraine Buczek，内容授权专家

Kenneth H. Rosen

为给本书提供有价值的网站资源，我们花费了巨大的心血。建议教师花些时间浏览网站，以确定哪些资源可以帮助学生学习并探索离散数学知识。在线学习中心(OLC)的资源可供学生和教师使用，Connect[⊖]站点则专为交互式教学而设计，教师可以选择使用。

在线学习中心

在线学习中心可通过 www.mhhe.com/rosen 访问，其中包含信息中心、学生区和教师区。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、教辅资源说明以及一个样章。还有一个链接，用来提交关于本书的错误报告或其他反馈信息。

学生区

学生区提供丰富的资源，包括下列与本书紧密相关的资源(书中通过特定图标标识)：

- **附加例题**。你可以在该网站找到大量附加的例题，涵盖本书所有章节。这些例题主要集中在学生经常需要寻找额外资料的领域。虽然大部分例题只是扩充了基本概念，但在这里也能找到一些非常具有挑战性的例题。第8版中又添加了许多新的附加例题。
- **交互式演示小程序**。借助这些小程序，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。网站还提供了附加说明，指导你如何应用这些小程序。
- **自我评估**。这些交互式指南帮助你评估自己对14个关键概念的理解程度。评估系统提供了一个问题库，其中每个问题包括一段简短教程和一道多选题。如果你选择了错误答案，系统会提供建议，帮助你理解错在哪里。利用自我评估系统，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、小程序示例、程序代码以及其他资源。

除此之外，学生区的资源还包括：

- **探索离散数学**。这份资料能帮助学生利用计算机代数系统来完成离散数学中很广泛的一类计算。每章提供的内容包括：计算机代数系统中相关函数的描述及用法，离散数学中用于执行计算的程序，以及例题和练习。这些资料包括 Maple 和 Mathematica 两个版本。
- **离散数学应用**。这份资料共24章，每章都有独立的一组练习题，给出了各式各样有趣而又重要的应用，涉及离散数学中的三个领域——离散结构、组合学和图论。这些应用可以补充本书内容，同时也是自学的理想资料。
- **证明撰写指南**。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。可以在课程刚开始时以及在需要写证明之后随时翻阅本指南，你会发觉自己撰写证明的能力提高了。(在《学生解题指南》中也有提供。)
- **学习离散数学时的常见错误**。该指南包括一个详细列表，列举了学生在学习离散数学时常有的一些误解以及容易犯的各类错误。建议你时常看看该列表，有助于避免常见的陷

⊖ 使用 Connect 的学生需要另行购买访问权限，中文版不提供此权限。——编辑注

阱。(在《学生解题指南》中也有提供。)

- **对写作课题的建议。**该指南为本书中的写作课题提供了非常有益的提示和建议，包括：有助于开展研究的各类参考文献，涵盖相关书籍和论文；各种相关资料，包括印刷版和在线版；做图书馆研究的技巧；提升写作质量的建议。(在《学生解题指南》中也有提供。)

教师区

网站的这一部分提供了对学生区所有资源的访问，以及为教师准备的资源：

- **教学大纲样本。**给出了详细的课程大纲，为有不同侧重点以及不同学生背景和能力水平的课程提供了建议。
- **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说明。
- **可打印试题。**以 TeX 格式和 Word 格式提供每章的可打印试题，教师还可以自行定制。
- **讲义幻灯片以及图表。**为教师提供了一组涵盖全部章节的完整 PowerPoint 幻灯片。此外，本书中所有的图和表格也以 PowerPoint 幻灯片形式提供。

什么是离散数学？ 离散数学是致力于研究离散对象的数学分支。（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的口令？
- 赢得彩票的概率是多少？
- 网络上的两台计算机之间是否存在通路？
- 怎样鉴别垃圾邮件？
- 怎样加密一则消息，使得只有预期收件人能够阅读？
- 在交通系统中，两座城市之间的最短路径是什么？
- 怎样按递增顺序排列一系列整数？
- 完成排序需要用到多少步骤？
- 如何证明一种排序算法能正确地排序列表？
- 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器中是以离散方式存储和处理的。

为什么要学习离散数学？ 学习离散数学有许多重要理由。首先，通过这门课程你可以培养自己的数学素养，即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，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，若没有在离散数学课程中打下适当的数学基础，在学习后续课程时将会感到非常困难。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（离散部分）。

此外，离散数学还包含在运筹学（包括离散优化）、化学、工程学以及生物学等领域的问题求解中所必需的数学基础。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，本课程的主要目标之一是教授数学推理和问题求解，而非一些零散技巧的集合。本书练习的设计就反映了这个目标。虽然书中的大量练习与例题所阐述的内容多有类似，但还是有相当比例的练习需要创造性思维。这是有意而为之的。本书中讨论的内容提供了求解这些练习所需的工具，但你的任务是调动自己的创造性成功地使用这些工具。本课程的主要目标之一是学习如何解决那些可能与你以前遇到过的不大一样的问题。不过，学会求解一些特殊类型的练习，还不足以保证你能掌握在后续课程及职业生涯中所需的问题求解技能。虽然本书论述了众多不同的主题，但离散数学是一个极为多样化又涉猎广泛的研究领域。本书的目标之一是培养学生举一反三的能力，以便学生在将来的职业生涯中也能快速学会所需要的其他知识。

最后，离散数学是一门非常好的学习如何阅读和书写数学证明的课程。除了第1章和第5

章给出的明确论述证明的资料外，本教材还包含大量定理的证明，以及要求学生完成证明的练习。这样不仅能加深学生对主题的理解，还能使学生为今后学习数学和计算机科学理论方面的高级课程做好充分准备。

练习。关于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)，我想给出一些建议。积极做练习的收获最多，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。)

练习标记的含义

无标记

常规练习

*

稍难的练习

**

富有挑战性的练习



练习中包含正文中要用到的结论(表 1 列出了这些练习在哪里会用到)

(需要微积分知识)

练习求解时需要用到极限或微积分中的概念

表 1 带有手形图标的练习，以及正文中哪里会用到这些练习

节	练习	会用到的节	节	练习	会用到的节
1.1	42	1.3	4.3	37	4.1
1.1	43	1.3	4.4	2	4.6
1.3	11	1.6	4.4	44	7.2
1.3	12	1.6	6.4	21	7.2
1.3	19	1.6	6.4	25	7.4
1.3	34	1.6	7.2	15	7.2
1.3	46	12.2	9.1	26	9.4
1.7	18	1.7	10.4	59	11.1
2.3	74	2.3	11.1	15	11.1
2.3	81	2.5	11.1	30	11.1
2.5	15	2.5	11.1	48	11.2
2.5	16	2.5	12.1	12	12.3
3.1	45	3.1	A.2	4	8.3
3.2	74	11.2			

做练习的最好方法是在查阅答案之前首先尝试自己解题。注意，书中提供的所有奇数编号练习的答案只是答案而已，而非完整的解答，特别是，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。当你在求解过程中遇到困境时，才建议查阅《学生解题指南》。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，可以请教你的老师。

网络资源。本书的所有用户均可通过在线学习中心访问在线资源。在那里，你会找到：许多为澄清关键概念而设计的附加例题；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式演示小程序；精选的与离散数学相关的网络资源指南；帮助你掌握核心概念的附加解释和实践；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；利用 Maple 和 Mathematica 软件探索离散数学中计算问题的指南。在书中的一些地方，当有其他在线资源可用时，会在页边用特定图标标识。关于这些以及其他在线资源的详细信息，参见前文中的说明。