

离散数学及其应用

(美) Kenneth H. Rosen 著 袁崇义 屈婉玲 张桂芸 等译

Discrete Mathematics and Its Applications
Sixth Edition

Discrete Mathematics
and Its Applications

SIXTH EDITION



Kenneth H. Rosen



机械工业出版社
China Machine Press

算 机 科 学 丛 书

原书第6版

离散数学及其应用

(美) Kenneth H. Rosen 著 袁崇义 屈婉玲 张桂芸 等译

Discrete Mathematics and Its Applications
Sixth Edition

Discrete Mathematics
and Its Applications

SIXTH EDITION



Kenneth H. Rosen



机械工业出版社
China Machine Press

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，内容涉及数学推理、组合分析、离散结构、算法思维以及应用与建模。全书取材广泛，除包括定义、定理的严密陈述外，还配备大量的实例和图表的说明、各种练习和题目以及丰富的历史资料和网站资源。第6版在前五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。

Kenneth H. Rosen: Discrete Mathematics and Its Applications, Sixth Edition (ISBN 978-0-07-288008-3).

Copyright © 2007 by Kenneth H. Rosen.

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 (Asia) and China Machine Press. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong SAR, Macao SAR and Taiwan.

Copyright © 2011 by McGraw-Hill Education (Asia), a division of the Singapore Branch of The McGraw-Hill Companies, Inc. 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(不包括香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾)销售。

版权 © 2011 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 公司防伪标签，无标签者不得销售。

封底无防伪标均为盗版

版权所有，侵权必究

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

本书版权登记号：图字：01-2007-2449

图书在版编目(CIP)数据

离散数学及其应用(原书第6版)/(美)罗森(Rosen, K. H.)著；袁崇义等译. —北京：机械工业出版社，2011.6

(计算机科学丛书)

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

ISBN 978-7-111-35039-2

I. 离… II. ①罗… ②袁… 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(2011)第 114240 号

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：白宇

北京京北印刷有限公司印刷

2011 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

185mm×260mm·44.5 印张

标准书号：ISBN 978-7-111-35039-2

定价：99.00 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

购书热线：(010)68326294；88379649；68995259

投稿热线：(010)88379604

读者信箱：hzsj@hzbook.com

文艺复兴以降，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；也正是这样的传统，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、从业人员较少的现状下，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图文信息有限公司较早意识到“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襄助，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，有的还专程为其书的中译本作序。迄今，“计算机科学丛书”已经出版了近百个品种，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：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

离散数学被 IEEE& ACM 确定为计算机专业核心课程，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。离散数学为许多专业课程提供理论基础，尤其是大多数算法的基础，可以说，不理解算法背后的数学含义，就不能理解算法的本质，而这种表面的一知半解很可能会给你带来很大的麻烦。本书的写作目标就是向读者展示离散数学的实用性：为计算机专业学生提供一切必要的数学基础，使数学专业学生理解数学概念的重要性以及这些概念为什么对应用而言是重要的。

本书译自 Kenneth H. Rosen 所著的《Discrete Mathematics and Its Applications, Sixth Edition》，是介绍离散数学理论和方法的经典教材，已经成为世界上使用率最高的离散数学教材之一，目前已用五种语言出版，发行 30 多万册，仅在美国就被 600 多所高校用作教材，并获得了极大的成功。国内很多院校也选择这本书作为教材。

这本书是计算机理论中一本很好的入门教材，几乎涉及计算机理论的所有方面。该书有如下几个特点：

- 1) 通俗易懂，深入浅出。问题的引入、概念的描述和定理的阐述等通俗而不失科学性。
- 2) 书中例子很多，而且非常实用，还包含了世界名题和一些趣味性很强的问题。
- 3) 信息量虽然很大，但安排灵活，读者可以根据自己的兴趣选择性地学习。

4) 涉及面特别广，可以使读者大致了解计算机理论的方方面面，有助于读者理解计算机科学与技术中蕴含的数学思想、数学思维，培养读者对问题的数学建模能力，激发读者学习其他课程的兴趣。

5) 习题相当丰富，形容为“触目惊心”也不为过。题量大、题型多，有基础的也有探究的，有理论的也有实践的，正像作者在前言中强调的那样，他相当重视练习。

整本书阅读顺畅，行文活泼，作为参考书查阅也很方便。但书中多数章节还仅仅是相关的基础知识，也就是说，对这本书中的每一个知识点，比如逻辑、函数、组合数学、概率、算法等，都可以进行延伸阅读。有兴趣的话，读者不妨顺着书后的推荐阅读列表，继续深入下去。最后建议大家花些时间仔细阅读前言，这对你用好书、更好地学习离散数学等非常有帮助。

本书第 5 版主要由袁崇义、曲婉玲、王捍贫和刘田翻译完成，而第 6 版的翻译工作是在第 5 版译稿的基础上进行的，其中，作者简介、前言及第 1 章和第 2 章由张桂芸翻译，第 3 章和第 12 章及附录、推荐读物、奇数题答案由赵子平翻译，第 4 章至第 7 章由裴伟东翻译，第 8 章至第 10 章由徐计和张桂芸翻译，第 11 章由王向云翻译。张桂芸做了全书的统稿和定稿工作。由于翻译水平和时间有限，书中难免有不妥的地方，敬请读者不吝赐教。

译者

2011 年 5 月于天津

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而可读的教材，清晰地介绍离散数学的概念和技术。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数学概念的重要性，以及这些概念为什么对应用是重要的，还希望本书既能达到这些目标，又不含太多的水分。

对教师(指导者)而言，我的目的是使用成熟的数学教学技术设计一个灵活而全面的教学工具，希望为教师们提供能够以最适合特定学生特点的方式高效地讲授离散数学的教材。希望本书能够达到这些目标。

我为本教材在过去已经取得的巨大成功而分外高兴。根据成功使用本书的 600 多所学校的大批师生的反馈和建议，此次第 6 版进行了许多改进。很多内容有所提高，辅助材料更加丰富，配套网站提供的材料更有帮助性，使师生更容易达到他们的目标。

本教材是为 1 至 2 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、工程等许多专业的学生。虽然唯一的先修课要求是大学代数，但是要想学习好离散数学还需要掌握更多的数学知识。

离散数学课的目标

离散数学课有多个目标。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，这样一门课应教会学生怎样进行数学逻辑思维。为此，本教材特别强调数学推理及用不同的方法解题。本教材有 5 个重要的主题交织在一起：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部分内容相互融合、平衡。

1. **数学推理**：学生必须理解数学推理，以便阅读、理解和构造数学证明。本教材以数理逻辑开篇，在后面证明方法的讨论中，数理逻辑是基础。同时，本书描述了构造性证明的方法和技巧。本书还十分强调数学归纳法，不仅用许多证明的实例进行介绍，还详细地解释了数学归纳法为什么是有效的证明方法。

2. **组合分析**：解题的一项重要技巧是计数或枚举对象。本书中，对枚举的讨论从基本的计数方法着手，重点是用组合分析方法来解决计数问题，而不直接使用公式。

3. **离散结构**：离散数学课应该教会学生如何使用离散结构，即学会如何使用表示离散对象及其之间的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**：有些问题是通过详细说明其算法来求解的。算法在描述后就可构造计算机程序来实现。这一过程中用到的数学部分包括：算法描述、正确性证明以及执行算法所需要的计算机内存和时间的分析。这些内容在本书中均有介绍。算法是用英语[⊖]和一种易于理解的伪码描述的。

5. **应用与建模**：离散数学几乎应用在所有研究领域。本书既介绍了其在计算机科学和数据网络中的许多应用，也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、商业以及互联网等。这些均是离散数学的实际而重要的应用，而不是编造的。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来掌握这一技巧。

第 6 版的修改

本书的第 5 版已在美国的 600 多所学校使用并获得了成功。加拿大的几十所大学以及欧洲、亚洲和

⊖ 译著中采用汉语。——译者注

大洋洲的一些大学使用第5版也获得了成功。虽然第5版已经是一本非常有效的教材，但许多教师(包括长期使用者)还是提出了使本书更有效的修改要求。我花了大量的时间和精力来满足这些要求，想方设法地使这本书做得更好。

修改的结果就是现在的第6版，它为教师和学生提供了比第5版更多的内容。最重要的是，第6版的内容结构已大为改进，从而使本书成为一本更有效的教学工具。这些改变使得这本书对需要更多帮助的学生更有效，对需要更大程度的挑战的学生也更好。有关逻辑、证明方法和证明策略的材料有了实质性的改进，更能帮助学生掌握数学推理。对于学生经常感到困难的内容，增加了解释和例子加以阐述。在习题中还插入了一些新的练习，有通常的练习，也有富于挑战性的练习。还增加了一些与内容密切相关的應用，如在网络及计算机科学中的应用。

结构的改进

- 本书的第一部分调整为当前更有效、更实际、更灵活的核心主题。
- 第1章集中介绍了数学推理和证明，依次是命题和谓词逻辑、推理规则、基本的证明技术、更先进的证明技术和证明策略。
- 新版的第2章——作为离散结构的单独一章，包括集合、函数、数列与求和。
- 本版将第5版中基本数论的一节内容分成了两节，一节是可除性和同余，另一节是素数。
- 新的第4章完全是归纳与递归的内容。

逻辑

- 用更关键的思想来解释更深入和更需关注的内容，同时也增强了逻辑的内容。
- 扩充了条件命题和德摩根定律内容。
- 比较早而且更加详细地介绍真值表的结构。
- 更详细介绍谓词和量词，而且解释它们如何应用和解决问题。
- 扩大了对系统说明(即系统工程师、软件工程师和硬件工程师所关注的一个主题)的逻辑应用。
- 有效论证和推理规则的内容安排在独立一节中。

书写和理解证明

- 证明方法和证明策略现在安排在第1章的独立一节中。
- 增加了一个附录，该附录罗列了实数和整数的基本公理，以及这些公理怎样用来证明新的结果。在本书的许多证明中，都显式地应用了这些公理及其推论的基本结果。
- 以易于接受的棋盘填充为例阐述得到猜测的过程，以及之后用不同的证明方法和策略来“攻击”这些猜测。
- 在新的第4章中增加了数学归纳法和强归纳法的内容，提供了许多不同寻常的例子，这些例子更有针对性。
- 许多证明显示，在证明中可以详细罗列每一步的推理。

算法和应用

- 更多的内容表明，应用强数学归纳法来证明递归算法是正确的。
- 描述了如何应用贝叶斯定理构建垃圾邮件过滤器。
- 增加了计算几何的例子和练习，包括多边形的三角剖分。
- 介绍了二分图在匹配问题中的应用。

数论、组合学和概率论

- 数论的内容这次变化更多，用4节介绍这个主题的不同方面，并且后三节作为选修内容。
- 加强了基本计数技术、排列和组合的介绍。
- 丰富了计数技术的内容，包括分散在盒子中物体的计数方法。
- 扩展了概率论的内容，增加了新的一节来介绍贝叶斯定理。

图和计算理论

- 有效改进了图理论的介绍。
- 简要介绍了术语及其应用，强调正确决定何时建立图模型，而不只是术语。
- 扩充了二分图及其应用的内容。
- 增加了辨认指定集合的有限状态自动机结构的示例。
- 增加了一系列关于有限状态机最小化的练习。
- 扩充了图灵机的内容，包括简要地介绍图灵机如何应用到计算复杂性、可判定性和可计算性的研究之中。

练习和例子

- 从始至终增加了一些一般的例子和练习，特别是关键概念介绍少的地方。
- 为确保基本概念和技能的掌握，提供了相应的偶数和奇数编号的练习。
- 一般的练习与介绍关键概念的例子很相似。
- 增加了许多富有挑战性的新练习。
- 增加了 400 多道练习，尤其是更贴近关键概念和新的主题的练习。

新的人物传记、历史资料和新发现

- 增加了下列人物的传记：阿基米德、霍珀、斯特林 (Stirling) 和贝叶斯。
- 丰富了以前版本中描述的许多人物传记，包括奥古斯塔·艾达 (Augusta Ada)。
- 增加了书中主体和脚注内容的历史资料。
- 标注了与前几版不同的新发现。

本书特点

易入门 实践证明：此课本对初学者来说易读易懂。它的大部分内容只要求学生学过大学代数，不需要其他的预备知识，少数几个涉及微积分的地方也有明确说明。大部分学生应该很容易理解课本中用于表示算法的伪码，不管他们是否学过程序设计语言。本书不要求正规计算机科学方面的预备知识。

每章都是从易理解的水平开始。本书在仔细研究基本的数学概念之后，就介绍了其他领域中更难的部分和应用。

灵活性 课本为灵活使用作了精心设计。各章对其前面内容的依赖都降到最低程度。每一章分成长度大致相等的若干节，每一节又根据内容划分成小节以方便教学。教师可以根据这些分块灵活地安排进度。

写作风格 本书的写作风格是直接和实用。使用准确的数学语言，但没有过分的形式化与过分的抽象。在记号和数学命题的词汇间作了精心的平衡。

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详细，所以学生可以欣赏其语言的准确以及数学所需的严谨。但证明则是缓慢引入并展开的，每一步都经过了详细论证。证明中应用的公理和基本性质都在附录中显式描述，清晰地呈现了学生在证明中所能假定的思想。本书解释并大量使用了递归定义。

实例 本书使用了 750 多个例子来阐述概念、建立不同内容之间的关系或导入应用。在大部分例子中，先提出问题，再适当给出它的解。

应用 书中叙述的应用展示了离散数学在解决现实问题中的使用价值，所涉及的范围很广，包括计算机科学、数据网络、心理学、化学、工程、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示，因此，本书每一章都介绍了一些关键算法。这些算法既可以用文字叙述，也可以用更易于理解的结构化伪码来叙述。附录 A 对伪码作了描述和规范。书中还

简要分析了所有算法的计算复杂性。

历史资料 本书对许多内容的背景作了简要介绍。以脚注的形式给出了 60 多位数学家和计算机科学家的简短传记，这些传记介绍了对离散数学做出过重要贡献的科学家们的生活、事业及成就。此外，脚注中还包含了大量历史资料，作为正文中历史资料的补充。

关键术语和结果 每一章后面都列出了本章的关键术语和结果，但只列出了学生必须学会的那些最重要的关键术语，而不是在该章中定义的所有术语。

练习 书中包含 3800 多道练习，代表了大量不同类型的问题。本书不仅提供了足够多的简单问题用于练习基本技巧，还提供了大量的中等难度的练习和许多有挑战性的练习。练习的叙述清晰而无歧义，并按难易程度进行了分级。有些特殊的论题还设计成系列练习。这些练习不仅给出了正文中没有介绍的新概念，还使学生可以通过自己的努力发现新思想。

比平均水平稍难的练习用单个星号作标记，相当有挑战性的问题则用两个星号来标记。必须用微积分来解的练习也作了明确说明。导出正文要用到的结果的练习则用符号“ \square ”识别。课本最后给出了所有奇数号练习的答案或解题大纲，解题大纲清楚地给出了大多数证明步骤。

复习题 每章最后都有一组复习题。设计这些问题的目的是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，而只做点计算或简答是不够的。

补充练习集 每章后面都有一组丰富而多变的补充练习。这些练习一般比每节的练习难度大。补充练习强化该章中的概念，并把不同内容更有效地综合起来。

计算机题目 每一章后面还有一组计算机题目。大约有 150 个这样的题目，把学生可能已经学到的有关计算和离散数学的内容联系起来。如果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题目用一个星号标记，特别有挑战性的则用两个星号标记。

计算和研究 每一章的结论部分都有一组计算和研究性问题。要完成这些练习(大约有 100 道)需要软件工具的帮助，例如学生或教师自己编写的程序，或数学计算软件包(如 Maple 或 Mathematica)。大部分这样的练习为学生提供了通过计算发现新事实或新思想的机会。(在《Exploring Discrete Mathematics with Maple》的在线配套习题册中也讨论了一些这类练习。)

写作题目 每一章后面都有一组应该书面完成的题目。要完成这类题目，学生需要参考数学文献。有些题目在过去的历史上是很重要的，学生需要查找原始资料，其他的题目则是通往新内容和新思想的途径。所有此类练习均向学生展示正文中没有深入探讨的思想。这些题目把数学概念和书面写作的过程结合在一起，以帮助学生探索未来的研究领域。(在《学生解题指南》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 介绍实数和整数公理，并说明如何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，目的是复习在课程中要反复使用的某些基本内容；附录 C 则介绍正文中用来描述算法的伪码。

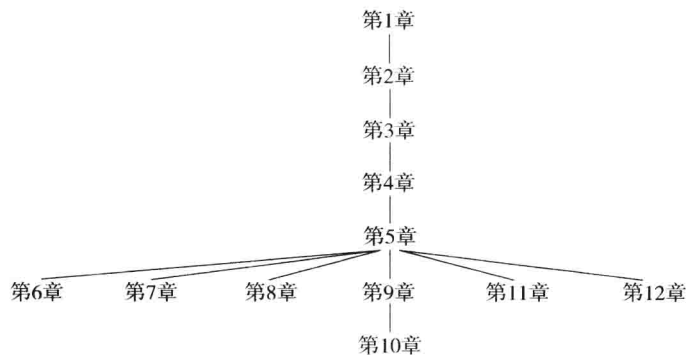
推荐读物 在正文的最后，专门有一节用来为各章推荐参考读物，其中有不超过本书水平的书籍，也有较难的书籍；有综述性文章，也有发表离散数学新发现的原始文章。其中一些是许多年前出版的经典读物，而其他一些是在最近几年内出版的。

怎样使用本书

本书经过了精心写作和编排，适用于不同水平有不同重点的离散数学课。下表列出了核心章节和可选章节。为大学二年级学生开设的一学期的入门课程可以以核心章节为基础，其他章节由教师取舍。两学期的入门课可以在核心章节外加上所有可选的数学章节。强调计算机科学的课程可以使用计算机科学的部分或全部可选章节。

章	核心节	可选的计算机科学章节	可选的数学章节
1	1.1~1.7(根据需要)		
2	2.1~2.4(根据需要)		
3	3.1~3.5, 3.8(根据需要)	3.6	3.7
4	4.1~4.3	4.4, 4.5	
5	5.1~5.3	5.6	5.4, 5.5
6	6.1	6.4	6.2, 6.3
7	7.1, 7.5	7.3	7.2, 7.4, 7.6
8	8.1, 8.3, 8.5	8.2	8.4, 8.6
9	9.1~9.5		9.6~9.8
10	10.1	10.2, 10.3	10.4, 10.5
11		11.1~11.4	
12		12.1~12.5	

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, 以调整课程的难度。每章对以前各章的依赖关系如下图所示。



辅助资料

《学生解题指南》(Student's Solutions Guide) 这本可以单独购买的学生手册包含了所有奇数编号练习题的完整解答。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。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不同的方法求解。本指南还包含了为每章后面的写作题目推荐的参考文献, 以及对学书书写证明的指导意见, 并列出了学生在做离散数学题时常犯的错误。本指南还为每一章提供考试样题及解答, 以帮助学生准备考试。学生们感到本指南分外有用。

(ISBN-10: 0-07-310779-4) (ISBN-13: 978-0-07-310779-0)

《教师资料手册》(Instructor's Resource Guide) 本手册包含所有偶数编号练习题的完整解答。它对教材的每一章提出了讲解建议, 包括每一节中应强调的重点, 以及本节内容在整个体系中的位置。此外, 本手册也为每章提供了样卷和包含 1300 道考试题目的考试题库, 对于所有样卷及题库中的题目都给出了解答。最后, 本手册针对本课程不同的重点与学生水平还给出了几个教学大纲的样本, 以及完整一节的内容和练习的教学指导, 以帮助使用本书作教材的教师将第 5 版的课程资料修改到匹配第 6 版。

(ISBN-10: 0-07-310781-6) (ISBN-13: 978-0-07-310781-3)

CD 题库向导 本题库内容丰富, 包含了 1300 多道习题, 用 Brownstone Diploma 测试软件可以在 Windows 系统或 Macintosh 系统中使用。教师可以使用这一软件选择试题, 也可随机产生试题, 并可以根据难度水平和类型选择套题; 编辑题目以及加上自己的题目; 对同样的试题, 教师可以加上自己的标题和要求, 也可以打乱其顺序后再打印; 可以在 Word 编辑器或 Web 上输出试卷; 创建和管理课程等

级手册。在《教师资料手册》中有此试题库的打印版，包括试题和解答。

(ISBN-10: 0-07-310782-4) (ISBN-13: 978-0-07-310782-0)

配套网站

为本书开发了一个内容广泛的配套网站，该网站将不断地维护和改进。可以以多种方式使用该网站进一步学习离散数学，网站地址是：

www.mhhe.com/rosen

由此地址进入该网站的主页。该网页有下列链接：

- 信息中心
- 学生中心
- 教师中心

信息中心：该中心包含本书及其辅助资料的基本信息。教师在这个网页中可以利用网页抽取系统“Page Out”，建立自己的课程网页，还能学习定制出版信息。从该信息中心出发，沿着适当的链接，可以看到本书网站的一个概观。

学生中心：该中心包含了可供学生使用的丰富资源，包括下列与课本紧密相关的资源(在课本中用相应的图标加以标记)：



• **网络资源指南：**该指南提供了数百个含相关资料的外部网站的链接。可以通过关键词浏览或存取这些链接，它们将把你带到包含下列信息的网站：历史及传记信息、谜题及问题、讨论、Java 小程序、程序以及其他类型的资源。



• **额外的例子：**这个网站包含了大量额外的例子。这些例子主要集中在学生经常需要的课外资料的领域。虽然大部分例子只是扩充了基本概念，但还有一部分十分具有挑战性。



• **额外的步骤：**对一些困难的知识点，提供了更深入的解释帮助理解，尤其是一些特殊的证明和例子。



• **评估：**提供对七个关键概念理解程度的评估。每个评估都提供了一个题库，其中的每个试题由两部分构成：先是一段简短的复习，然后是一个多选题。如果你选择的答案不正确，该系统还能提供建议，帮助你理解错在什么地方。这样的评估系统应该能诊断出你学习中的问题，从而把精力集中在寻找纠正办法上。



• **交互式演示：**已经开发了八个交互式演示系统，你可以用它们考查一些重要算法是怎么工作的。这些演示都与课本中的相应材料相对应。

从该学生中心你可以访问网络教学系统“Net Tutor”。它提供了在线教学帮助。当你提问与课本内容相关的问题时，如果是在规定教学时间内，你会收到实时回答；否则稍后才会收到回答。

学生中心还支持能发布消息的公告板系统。使用该系统，你可以提出问题，还可以回答其他学生提出的问题。

除此之外，学生中心还包括下列资源：

- 证明书写指南
- 离散数学的常见错误
- 写作题目的建议
- Maple 软件

教师中心：除了包含学生中心和信息中心提供的所有链接外，网站中的教师中心还包含下列链接：

- 教学大纲样本
- 教学建议
- 《Applications of Discrete Mathematics》一书中的某些章节

写给学生

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”的含义是“由不同的或不相连的元素组成”。）离散数学能解决的问题包括：

- 在计算机系统中，有多少种方式可以选择一个合法口令？
- 赢彩票的概率是多少？
- 两台计算机之间在网络上是否有通路？
- 怎样鉴别 E-mail 信息中的垃圾邮件？
- 怎样加密信息以避免不该收到的人读取该信息？
- 在某一交通系统下，两个城市之间的最短路径是什么？
- 怎样把整数序列按递增序排列？
- 完成上述排序需要多少步骤？
- 如何证明一个排序方法能正确地排序？
- 怎样设计两个整数相加的电路？
- 有多少合法的因特网网址？

你们将学习解决诸如以上问题要用到的离散结构和技术。

更一般地，在对对象进行计数时要用到离散数学，研究两个有限（或可数）集合之间的关系时要用到离散数学，分析只含有限步的进程时也要用到离散数学。离散数学的重要性还在不断增加，一个关键原因就是计算机以离散的方式存储和处理信息。

为什么要学离散数学？有几条重要的理由来说明需要学习离散数学。首先，通过这个课程你们可以发展自己的数学素质，即理解和创造数学证明的能力。没有这些技巧，你们在学习数学时不可能太深入。

其次，离散数学是学习所有更高级数学课程的必经之路。离散数学为学习计算机科学课程提供必要的数学基础，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。学生如果没有适当的离散数学基础，在学习上述课程时会感到很困难。有个学生给我发电子邮件说，在她学习的每一门计算机科学的课中都用到了本书的知识。

以离散数学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、组合论、图论及概率论（其离散部分）。

此外，离散数学还包括了解运筹学（包括许多离散优化技术）、化学、工程及生物学等领域问题的必要的数学背景。从本书中你将学到在上述某些领域中的应用。

许多学生都感到，与他们以前学过的课程相比，离散数学入门课程的挑战性要大得多。这是因为，本课程的一个主要目的是教你进行数学推理和问题求解，而不只是一些分散的技巧。从课本中练习的设计可以看出这个目的。课本中虽然有大量与重点例子类似的练习，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。虽然课本中的材料提供了解这些问题的工具，但你的任务是创造性地使用这些工具并取得成功。本课程的另一个主要目的是学会处理你以前没有见过的问题。然而，只学会解特殊类型的练习还无法保证能学会足够多的解题技巧，也不能保证在后继课程的学习中或在将来的职业生涯中取得成功。虽然课本讨论了许多主题，但离散数学是一个极为广泛且充满变化的研究领域。作为作者，我的任务之一是帮助你开发学习新知识的能力，在将来的奋斗中你十分需要新的知识。

练习 我愿意就如何学好离散数学（或数学的其他学科和计算机科学）给同学们提点有益的建议。积极地做练习能使你最大地获益。我建议你尽可能地多做练习。在做完老师布置的练习后，我鼓励你做更多的练习，包括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
*	较难的练习
**	富有挑战性的练习
□□	正文中要用到该练习的某个结论
(需要用到微积分)	解题时要用到极限或微积分的概念

解题时，最好在查阅书后的答案以前，自己先进行尝试。书后提供了所有奇数编号练习的答案。注意，只是答案，而不是完整解答。特别地，答案中省略了解的推导过程。《学生解题指南》包括了课本中所有奇数编号练习的完整解答。在解奇数编号练习时，只有当你身陷绝境时，才建议查阅《学生解题指南》寻找解题指导。你尝试得越多，而不只是被动查阅或抄袭解答，你学到的就越多。出版商有意不提供偶数编号的练习的答案和解答。在解这些练习时，若遇到问题就问老师。

网络资源 我强烈推荐你利用网络提供的新资源，特别是专为本书设计的网站 <http://www.mhhe.com/rosen> 中的资源。其中为澄清关键的概念设计了许多额外的例子，自我评测是考查你对关键问题的掌握程度；交互演示小程序帮你探索关键算法和其他概念；网络资源向导包含了广泛的与离散数学有关的外部链接；额外的解释和实践会帮助你掌握关键的概念，增加的书写证明可以避免离散数学中的一般错误；重要应用的深入探索指导应用 Maple 软件探索离散数学中的计算问题。在文中这些额外的在线资源尽可能在边缘处用特定图标识。你也将发现 NetTutor 是一个在线的课程服务，可以通过实时交流或通过信息得到老师的帮助。

本书的价值 我希望你对本书的投资能得到优质的回报。我们花了多年的努力来开发和优化本书及其配套的辅助读物和网站。对大多数人来说，我很自信本书及其配套资料对掌握离散数学大有帮助。即使你现在的课程可能略去了其中某些章节，但当你学习新课程时会发现，阅读本书中的相关章节对新课程仍然十分有益，许多学生都有这样的感觉。许多人会在将来的研究工作时又找到本书，把它当做一本有用的工具书，特别是那些继续学习计算机科学、数学或工程的人。我设计本书作为你将来研究和探索的入门，希望你能幸运地开始你的征程。

致谢

我要感谢很多学校中使用本书的大批师生们，他们向我提出了宝贵的反馈和有益的建议。没有他们的反馈和建议，本书不可能有很大的改进。我要特别感谢 Jerrold Grossman、John Michaels 和 George Bergman，感谢他们对第 6 版的技术审阅，他们敏锐的目光确保了本书的准确性。我也要感谢通过网站提交评论的人们提供的帮助。

我感谢本书第 6 版及前面 5 版的许多评阅人，他们对我提出了许多有益的批评和鼓励，我希望本版不辜负他们的期望。

第 6 版评阅人名单

Charles Ashbacher,
Mount Mercy College

Ian Barland,
Rice University

George Bergman,
University of California, Berkeley

David Berman,
*University of North Carolina,
Wilmington*

Miklós Bóna,
University of Florida

Greg Cameron,
Brigham Young University

John Carter,
University of Toronto

Greg Chapman,
Cosumnes River College

Chao-Kun Cheng,
Virginia Commonwealth University

Thomas Cooper,
*Georgia Perimeter College,
Lawrenceville*

Beverly Diamond,
College of Charleston

Thomas Dunion,
Atlantic Union College

Bruce Elenbogen,
University of Michigan, Dearborn

Herbert Enderton,
*University of California,
Los Angeles*

Anthony Evans,
Wright State University

- Prosenjit Bose,
Carleton University
- Kirby Brown,
Polytechnic University
- Michael Button,
The Master's College
- Stephanie Fitchett,
Florida Atlantic University
- Jerry Fluharty,
Eastern Shore Community College
- Joel Fowler,
Southern Polytechnic State University
- William Gasarch,
University of Maryland
- Sudpito Ghosh,
Colorado State University
- Jerrold Grossman,
Oakland University
- Ruth Haas,
Smith College
- Patricia Hammer,
Hollins University
- Keith Harrow,
Brooklyn College
- Bert Hartnell,
St. Mary's University
- Julia Hassett,
Oakton College
- Kavita Hatwal,
Portland Community College
- John Helm,
Radford University
- Arthur Hobbs,
Texas A&M University
- Fannie Howell,
Roanoke High School
- Wei Hu,
Houghton College
- Nan Jiang,
University of South Dakota
- Margaret Johnson,
Stanford University
- Martin Jones,
College of Charleston
- Tim Kearns,
California Polytechnic State University, San Luis Obispo
- 前 5 版评阅人名单**
- Eric Allender,
Rutgers University
- Stephen Andrilli,
La Salle University
- Kendall Atkinson,
University of Iowa, Iowa City
- Barbara Cortzen,
DePaul University
- Daniel Cunningham,
Buffalo State College
- George Davis,
University of Georgia
- Jonathan Knappenberger,
LaSalle University
- Ed Korntved,
Northwest Nazarene University
- Przemo Kranz,
University of Mississippi
- Loredana Lanzani,
University of Arkansas
- Yoonjin Lee,
Smith College
- Miguel Lerma,
Northwestern University
- Jason Levy,
University of Hawaii
- Lauren Lilly,
Tabor College
- Ekaterina Lioutikova,
Saint Joseph College
- Vladimir Logvinenko,
De Anza College
- Joan Lukas,
University of Massachusetts, Boston
- Lester McCann,
University of Arizona
- Jennifer McNulty,
University of Montana
- John G. Michaels,
SUNY Brockport
- Michael Oppedisano,
Morrisville State College
- Michael O'Sullivan,
San Diego State University
- Charles Parry,
Virginia Polytechnic Institute
- Linda Powers,
Virginia Polytechnic Institute
- Dan Pritikin,
Miami University
- Anthony Quas,
University of Memphis
- Eric Rawdon,
Duquesne University
- Kim Factor,
Marquette University
- William Farmer,
McMaster University
- Li Feng,
Albany State University
- Henry Ricardo,
Medgar Evers College
- Oskars Rieksts,
Kutztown University
- Stefan Robila,
Montclair State University
- Chris Rodger,
Auburn University
- Robert Rodman,
North Carolina State University
- Shai Simonson,
Stonehill College
- Barbara Smith,
Cochise College
- Wasin So,
San Jose State University
- Diana Staats,
Dutchess Community College
- Lorna Stewart,
University of Alberta
- Bogdan Suceava,
California State University, Fullerton
- Kathleen Sullivan,
Seattle University
- Laszlo Szekely,
University of South Carolina
- Daniel Tauritz,
University of Missouri, Rolla
- Don VanderJagt,
Grand Valley State University
- Fran Vasko,
Kutztown University
- Susan Wallace,
University of North Florida
- Zhenyuan Wang,
University of Nebraska, Omaha
- Tom Wineinger,
University of Wisconsin, Eau Claire
- Charlotte Young,
South Plains College
- Alfred E. Borm,
Southwest Texas State University
- Ken W. Bosworth,
University of Maryland
- Lois Brady,
California Polytechnic State University, San Luis Obispo

- Scott Buffett,
University of New Brunswick
- Russell Campbell,
University of Northern Iowa
- E. Rodney Canfield,
University of Georgia
- Kevin Carolan,
Marist College
- Tim Carroll,
Bloomsburg University
- Kit C. Chan,
Bowling Green State University
- Allan C. Cochran,
University of Arkansas
- Peter Collinge,
Monroe Community College
- Ron Davis,
Millersville University
- Nachum Dershowitz,
*University of Illinois,
Urbana-Champaign*
- Thomas Dowling,
The Ohio State University
- Patrick C. Fischer,
Vanderbilt University
- Jane Fritz,
University of New Brunswick
- Ladnor Geissinger,
University of North Carolina
- Jonathan Goldstine,
Pennsylvania State University
- Paul Gormley,
Villanova University
- Brian Gray,
Howard Community College
- Jonathan Gross,
Columbia University
- Laxmi N. Gupta,
Rochester Institute of Technology
- Daniel Gusfield,
University of California, Davis
- David F. Hayes,
San Jose State University
- Xin He,
SUNY at Buffalo
- Donald Hutchison,
Clackamas Community College
- Kenneth Johnson,
North Dakota State University
- Daniel Somerville,
University of Massachusetts, Boston
- Patrick Tantalo,
University of California, Santa Cruz
- David Jonah,
Wayne State University
- Akihiro Kanamori,
Boston University
- W. Thomas Kiley,
George Mason University
- Takashi Kimura,
Boston University
- Nancy Kinneresley,
University of Kansas
- Gary Klatt,
University of Wisconsin
- Nicholas Krier,
Colorado State University
- Lawrence S. Kroll,
San Francisco State University
- Shui F. Lam,
*California State University,
Long Beach*
- Robert Lavelle,
Iona College
- Harbir Lamba,
George Mason University
- Sheau Dong Lang,
University of Central Florida
- Cary Lee,
Grossmont Community College
- Yi-Hsin Liu,
University of Nebraska, Omaha
- Stephen C. Locke,
Florida Atlantic University
- George Luger,
University of New Mexico
- David S. McAllister,
North Carolina State University
- Robert McGuigan,
Westfield State College
- Michael Maller,
Queens College
- Ernie Manes,
University of Massachusetts
- Francis Masat,
Glassboro State College
- J. M. Metzger,
University of North Dakota
- Thomas D. Morley,
Georgia Institute of Technology
- D. R. Morrison,
University of New Mexico
- Philip D. Tiu,
Oglethorpe University
- Lisa Townsley-Kulich,
Illinois Benedictine College
- Ho Kuen Ng,
San Jose State University
- Timothy S. Norfolk, Sr.
University of Akron
- Truc T. Nguyen,
Bowling Green State University
- George Novacky,
University of Pittsburgh
- Jeffrey Nunemacher,
Ohio Wesleyan University
- Jaroslav Opatrny,
Concordia University
- Jonathan Pakianathan,
University of Rochester
- Thomas W. Parsons,
Hofstra University
- Mary K. Prisco,
University of Wisconsin, Green Bay
- Halina Przymusinska,
*California Polytechnic State
University, Pomona*
- Don Reichman,
*Mercer County Community
College*
- Harold Reiter,
University of North Carolina
- Adrian Riskin,
Northern Arizona State University
- Amy L. Rocha,
San Jose State University
- Janet Roll,
University of Findlay
- Matthew J. Saltzman,
Clemson University
- Alyssa Sankey,
Slippery Rock University
- Dinesh Sarvate,
College of Charleston
- Michael J. Schlosser,
The Ohio State University
- Steven R. Seidel,
Michigan Technological University
- Douglas Shier,
Clemson University
- Alistair Sinclair,
University of California, Berkeley
- Carl H. Smith,
University of Maryland
- Hunter S. Snevily,
University of Idaho
- Thomas Upson,
Rochester Institute of Technology
- Roman Voronka,
New Jersey Institute of Technology

Bharti Temkin,
Texas Tech University

Wallace Terwilligen,
Bowling Green State University

George Trapp,
West Virginia University

David S. Tucker,
Midwestern State University

James Walker,
University of South Carolina

Anthony S. Wojcik,
Michigan State University

我还要感谢 McGraw-Hill 出版社高等教育组的工作人员对本课题强有力的支持。特别要感谢出版人 Liz Haeefe 的支持，感谢 Liz Covello 和 Senior Sponsoring 编辑的提倡和热情，感谢开发编辑 Dan Seibert 的献身和关注，还要感谢原编辑 Wayne Yuhasz，是他的洞察力和技巧保证了本书的成功，以及本书前几版的其他编辑。

我还要对制作本书第 6 版做出过贡献的职员表示感谢，他们有：项目总经理 Peggy Selle、高级设计师 Michelle Whitaker、媒体制作负责人 Jeff Huettman、高级媒体项目经理 Sandy Schnee、补充读物协调人 Melissa Leick 以及出色的市场经理 Kelly Brown。我还很感谢 Jerry Grossman，他检查了全部初稿以保证准确性，感谢校对员 Rose Kramer 和 Gayle Casel，感谢 Georgia Mederer 检查了《学生解题指南》及《教师资料手册》的解题准确性。

Kenneth H. Rosen

出版者的话
译者序
前言

第 1 章 基础：逻辑和证明 1

1.1 命题逻辑 1	1
1.1.1 引言 1	1
1.1.2 命题 1	1
1.1.3 条件语句 4	4
1.1.4 复合命题的真值表 7	7
1.1.5 逻辑运算符的优先级 7	7
1.1.6 翻译语句 8	8
1.1.7 系统规范说明 8	8
1.1.8 布尔检索 9	9
1.1.9 逻辑难题 9	9
1.1.10 逻辑运算和位运算 10	10
练习 11	11
1.2 命题等价 17	17
1.2.1 引言 17	17
1.2.2 逻辑等价 17	17
1.2.3 德摩根律的运用 19	19
1.2.4 构建新的逻辑等价式 20	20
练习 21	21
1.3 谓词和量词 24	24
1.3.1 引言 24	24
1.3.2 谓词 24	24
1.3.3 量词 26	26
1.3.4 其他量词 28	28
1.3.5 约束论域量词 28	28
1.3.6 量词的优先级 28	28
1.3.7 绑定变量 28	28
1.3.8 涉及量词的逻辑等价 29	29
1.3.9 否定量化表达式 29	29

1.3.10 翻译语句为逻辑表达式 31	31
1.3.11 在系统说明中运用量词 32	32
1.3.12 选自 Lewis Carroll 的例子 32	32
1.3.13 逻辑程序设计 33	33
练习 34	34
1.4 嵌套量词 38	38
1.4.1 引言 38	38
1.4.2 量词的顺序 39	39
1.4.3 将数学语句翻译成涉及嵌套 量词的语句 41	41
1.4.4 将嵌套量词翻译为汉语 41	41
1.4.5 将汉语语句翻译成逻辑表 达式 42	42
1.4.6 否定嵌套量词 42	42
练习 43	43
1.5 推理规则 48	48
1.5.1 引言 48	48
1.5.2 命题逻辑的有效论证 48	48
1.5.3 命题逻辑的推理规则 49	49
1.5.4 用推理规则建立论证 51	51
1.5.5 消解 51	51
1.5.6 谬误 52	52
1.5.7 带量词命题的推理规则 52	52
1.5.8 命题推理和量化语句推理规则 的结合 53	53
练习 54	54
1.6 证明导论 57	57
1.6.1 引言 57	57
1.6.2 一些专用术语 57	57
1.6.3 定理陈述的理解 58	58
1.6.4 证明定理的方法 58	58
1.6.5 直接证明 58	58
1.6.6 反证法 59	59
1.6.7 归谬证明 60	60