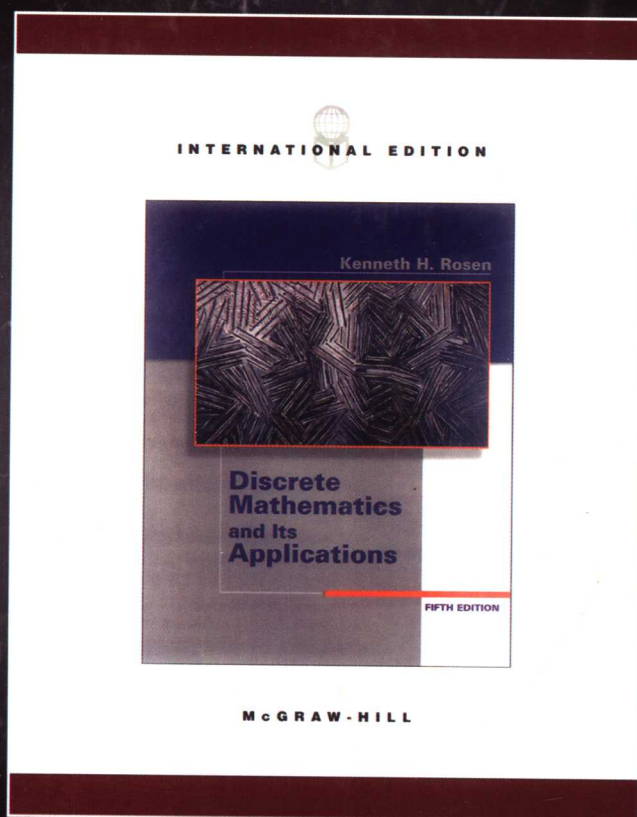


离散数学及其应用

(美) Kenneth H. Rosen 著 袁崇义 屈婉玲 王捍贫 刘田 译



Discrete Mathematics and Its Applications
Fifth Edition



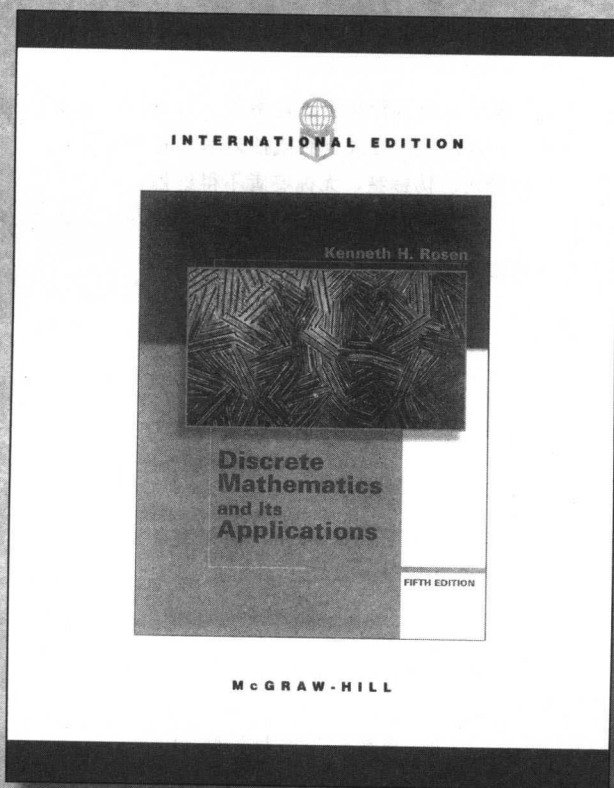
机械工业出版社
China Machine Press

计 算 机 科 学 丛 书

原书第5版

离散数学及其应用

(美) Kenneth H. Rosen 著 袁崇义 屈婉玲 王捍贫 刘田 译



0158

35=4

2007

Discrete Mathematics and Its Applications

Fifth Edition



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、离散结构和算法设计。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5版在前四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, Fifth Edition (ISBN 0-07-119881-4).

Copyright © 2003, 1999, 1995, 1991, 1988 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

Original English edition published by The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

Simplified Chinese translation edition jointly published by McGraw-Hill Education (Asia) Co. and China Machine Press.

本书中文简体字翻译版由机械工业出版社和美国麦格劳-希尔教育(亚洲)出版公司合作出版。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 McGraw-Hill 公司防伪标签，无标签者不得销售。

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：01-2003-1003

图书在版编目(CIP)数据

离散数学及其应用(第5版)/(美)罗森(Rosen, K. H.)著；袁崇义等译. —北京：机械工业出版社，2007.6

(计算机科学丛书)

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

ISBN 978-7-111-20326-1

I. 离… II. ①罗… ②袁… III. 离散数学-教材 IV. O158

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 133483 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：王 玉

三河市明辉印装有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2007 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·51.75 印张

定价：79.00 元

凡购本书，如有倒页、脱页、缺页，由本社发行部调换

本社购书热线：(010)68326294

出版者的话

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，不仅肇划了研究的范畴，还揭橥了学术的源变，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，华章公司就将工作重点放在了遴选、移译国外优秀教材上。经过几年的不懈努力，我们与Prentice Hall, Addison-Wesley, McGraw-Hill, Morgan Kaufmann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Tanenbaum, Stroustrup, Kernighan, Jim Gray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、研究及度藏。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，为进一步推广与发展打下了坚实的基础。

随着学科建设的初步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步入一个新的阶段。为此，华章公司将加大引进教材的力度，在“华章教育”的总规划之下出版三个系列的计算机教材：除“计算机科学丛书”之外，对影印版的教材，则单独开辟出“经典原版书库”；同时，引进全美通行的教学辅导书“Schaum's Outlines”系列组成“全美经典学习指导系列”。为了保证这三套丛书的权威性，同时也为了更好地为学校和老师服务，华章公司聘请了中国科学院、北京大学、清华大学、国防科技大学、复旦大学、上海交通大学、南京大学、浙江大学、中国科技大学、哈尔滨工业大学、西安交通大学、中国人民大学、北京航空航天大学、北京邮电大学、中山大学、解放军理工大学、郑州大学、湖北工学院、中国国家信息安全测评认证中心等国内重点大学和科研机构在计算机的各个领域的著名学者组成“专家指导委员会”，为我们提供选题意见和出版监督。

这三套丛书是响应教育部提出的使用外版教材的号召，为国内高校的计算机及相关专业

的教学度身订造的。其中许多教材均已为M. I. T., Stanford, U.C. Berkeley, C. M. U. 等世界名牌大学所采用。不仅涵盖了程序设计、数据结构、操作系统、计算机体系结构、数据库、编译原理、软件工程、图形学、通信与网络、离散数学等国内大学计算机专业普遍开设的核心课程,而且各具特色——有的出自语言设计者之手、有的历经三十年而不衰、有的已被全世界的几百所高校采用。在这些圆熟通博的名师大作的指引之下,读者必将在计算机科学的宫殿中由登堂而入室。

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,但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。教材的出版只是我们的后续服务的起点。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:

电子邮件: hzjsj@hzbook.com

联系电话: (010) 68995264

联系地址: 北京市西城区百万庄南街1号

邮政编码: 100037

专家指导委员会

(按姓氏笔画顺序)

尤晋元
石教英
张立昂
邵维忠
周克定
郑国梁
高传善
裘宗燕

王 珊
吕 建
李伟琴
陆丽娜
周傲英
施伯乐
梅 宏
戴 葵

冯博琴
孙玉芳
李师贤
陆鑫达
孟小峰
钟玉琢
程 旭

史忠植
吴世忠
李建中
陈向群
岳丽华
唐世渭
程时端

史美林
吴时霖
杨冬青
周伯生
范 明
袁崇义
谢希仁

作者介绍

肯尼思 H. 罗森(Kenneth H. Rosen)博士是 AT&T 米德尔顿实验室(新泽西州)技术员工中的杰出成员。

罗森博士于 1972 年获密歇根大学(位于 Ann Arbor)数学学士学位, 1976 年获麻省理工学院数学博士学位, 其博士论文研究的是数论, 导师是哈罗德·斯达克(Harold Stark)。在 1982 年加入贝尔实验室之前, 他在科罗拉多大学(位于 Boulder)和俄亥俄州立大学(位于 Columbus)工作过, 还在缅因大学(位于 Orono)担任过数学副教授。在 AT&T 实验室工作时, 罗森博士还在蒙马斯大学任教, 讲授离散数学、编码理论和数据安全的课程。

罗森博士在专业期刊上发表过许多关于数论及数学建模的论文。他的《初等数论及其应用》一书由 Addison-Wesley 公司出版, 目前已是第 4 版。本书由 McGraw-Hill 公司出版, 也已出第 5 版。这两本教科书均被几百所大学广为采用。他还是《UNIX: The Complete Reference, UNIX System V Release 4: An Introduction》和《Best UNIX Tips Ever》的作者之一。这两本书都由 Osborne McGraw-Hill 公司出版, 销量都达 10 万册以上, 并被译成中文、德文、西班牙文和意大利文。罗森博士还是《Handbook of Discrete and Combinatorial Mathematics》的编者。该书已于 2000 年由 CRC 出版社出版。罗森博士是 CRC 出版社离散数学丛书的编辑顾问。他还对将数学软件应用到教育领域和专业领域感兴趣, 并且已与滑铁卢 MAPLE 软件公司(Waterloo MAPLE Software)合作研究这两个课题。

在贝尔实验室以及 AT&T 实验室期间, 罗森博士参与过各种课题的研究, 如运筹学研究、计算机及数据通信设备生产线的设计。他还协助规划 AT&T 在多媒体领域未来的产品和服务, 包括视频通信、语音识别和合成以及图像网络。他还对 AT&T 使用的新技术作评估。他发明过许多新式服务, 已持有或正申请的专利超过 65 项。他的一个有意思的研究项目是辅助评估对 AT&T EPCOT 中心有吸引力的技术。

前言

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，使离散数学的概念和技术得以清晰地介绍。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，也希望学习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高效地、以最适合特定学生特点的方式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 500 多所学校的大批师生的反馈和建议，此次第 5 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。唯一的先修课要求是大学代数。

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。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中。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。

⊖ 译著中采用汉语。——译者注

第 5 版的修改

本书的第 4 版已在美国的 500 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、亚洲和大洋洲的一些大学使用第 4 版也获得了成功。虽然第 4 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。

修改的结果就是现在的第 5 版，它为教师和学生提供了比第 4 版更多的内容。最重要的是，第 5 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。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。配套网站在大量开发活动支持下初具规模，现在已经能提供一些工具，学生可用来掌握一些关键的概念和探索离散数学的奇妙世界。

结构的改进

- 第 1 章集中介绍了数学推理，先介绍命题和谓词逻辑，然后是推理规则，最后是基本的证明技术。
- 大 O 及相关记号的讨论直接放在算法复杂性的前面。
- 数列与求和的讨论直接放在数学归纳法的前一节。
- 用单独一节专门介绍二项式系数。
- 用单独一章专门介绍概率论。
- 排序安排在第 2 章，强调更多的排序算法。

逻辑

- 蕴含式的介绍更深入，还介绍了蕴含式的否命题、逆命题和逆否命题。
- 增加一小节介绍逻辑难题。
- 量词分在两节中介绍。
- 将英语或数学命题翻译为逻辑表达式的解释更加详细，反过来的解释亦然。
- 量词否定的介绍更加深入。
- 介绍了求解及 Prolog 中谓词逻辑的使用。
- 描述了逻辑在系统规范中的应用，这是系统工程师、软件工程师和硬件工程师都感兴趣的内容。

书写和理解证明

- 证明方法安排在第 1 章，这样，书中前面的一些章节就可以直接使用这些材料了。
- 明确讨论了唯一性证明。
- 3.1 节进一步探讨了证明策略，扩充了第 1 章中的初步证明策略。
- 用更多的解释和新例子加强了数学归纳法和强数学归纳法的介绍。
- 介绍了结构归纳法。
- 讨论了递归算法的正确性证明。

算法

- 第 2 章介绍了贪心算法。
- 扩充了递归算法的介绍。
- 加强了深度优先和宽度优先算法的介绍。

- 分析或讨论了更多算法的复杂性。
- 也扩充了分治算法及用来分析其复杂性的递推关系式的介绍。
- 增加了快速模指数算法、求最近点对问题算法、赫夫曼(Huffman)编码算法以及找零钱问题的贪心算法。

应用

- 图模型中增加了网页图、电话呼叫图、好莱坞图、熟人关系图和合作图。
- 讨论了网页蜘蛛所用的搜索方法。
- 描述了卡诺图中格雷码的使用。
- 加强了巴克斯范式的讨论。
- 扩展了 n 元关系和关系数据库的讨论。

数论、组合学和概率论

- 更深入讨论了数论中与公钥密码学相关的内容，如伪素数、卡米切尔数及概率素数测试。
- 扩充了有关不同基扩张之间变换的材料。
- 单用一节专门介绍二项式系数和二项式定理。
- 扩充了概率论的内容。许多关键内容都得到了扩充，并都放在同一章介绍。

图和树

- 增加了用归纳法构造 n 方体的解释。
- 哈密顿回路存在性的充分条件的介绍更加详细。
- 讨论了博弈树和最小-最大策略。
- 介绍了赫夫曼编码。
- 扩充了深度优先和宽度优先搜索。

练习

- 增加了 600 多道练习，有普通的，也有富有挑战性的。特别强调有关逻辑和证明以及数学归纳法的新练习。
- 增加了一些练习来平衡偶数编号的练习和带答案的奇数编号的练习。

新的人物传记和历史资料

- 增加了下列人物的传记：亚里士多德(Aristotle)、谢佛(Sheffer)、Smullyan、Rivest、Shamir、Adleman、卡米切尔(Carmichael)、麦卡锡(McCarthy)和赫夫曼(Huffman)。

网站

- 增加了数百个网络资源的链接。
- 在某些关键领域中增加了新的例子。
- 可以访问一些例子和证明的更详细解释。
- 对某些主题，用于自评的工具已经可以使用，主题包括蕴含、量词、证明方法、函数、大 O 记号、数学归纳法和计数问题。
- 在课本中设置图标，指示网站中相应内容的类型。
- 开发了关键算法的交互式演示，便于与课本一起使用。

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基础开始。基础的数学概念精确地研究之后，其他领域中更难的部分和应用就提出来了。

灵活 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便教学。教师可以根据这些分块很容易地安排进度。

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。

广泛的课堂实践 本书已在 500 多所学校使用过，其中 400 多所使用了不止一次。这些学校师生的反馈意见使第 5 版比前几版更成功。

数学严密性和准确性 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密。但证明则是缓慢引入并展开的，每一步都经过了详细论证。本书解释并大量使用了递归定义。

实例 本书使用了 700 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 B 对伪码作了描述和规范。书中所有算法的计算复杂性也都给出了初步的分析。

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 3500 多道练习，提出了大量不同类型的问题。本书不仅提供了足够多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的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标记，特别有挑战性的则用两颗星标记。

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《用MAPLE 研究离散数学及其应用》一书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，学生需要查阅参考数学文献。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 正文有两个附录，附录 A 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 B 则介绍正文中用来描述算法的伪码。

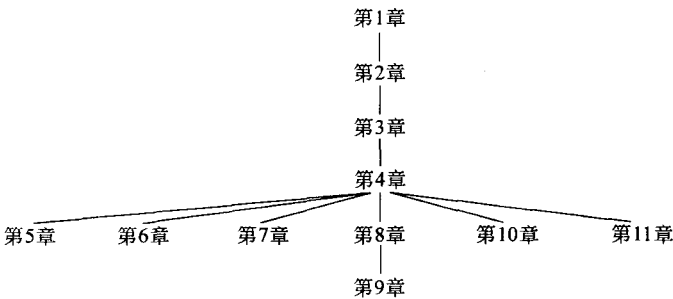
推荐读物 在正文的最后，专门有一节用来为各章推荐参考读物，其中有不超出本书水平的书籍，也有较难的书籍；有综述性文章，也有发表离散数学新发现的原始文章。

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	1.1~1.8(根据需要)		
2	2.1~2.4, 2.7(根据需要)	2.5	2.6
3	3.1~3.4	3.5, 3.6	
4	4.1~4.3	4.6	4.4, 4.5
5	5.1	5.3	5.2
6	6.1, 6.5	6.3	6.2, 6.4, 6.6
7	7.1, 7.3, 7.5	7.2	7.4, 7.6
8	8.1~8.5		8.6~8.8
9	9.1	9.2, 9.3	9.4, 9.5
10		10.1~10.4	
11		11.1~11.5	

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 Solutions Guide) 这本可以单独购买的学生手册包含了各组练习中所有奇数编号问题的完整解答。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,以及对学生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。

《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,本手册为每章提供了考试题库,还包括一些样卷及解答。最后,本手册还给出了教学大纲的样本。

《离散数学应用》(Applications of Discrete Mathematics) 这本辅助读物是一本独立的教程,既可结合课本使用,也可独立使用。它包含了使用过课本的教师们撰写的 20 多章内容(每章均有各自的练习)。因为其编排格式与课本类似,所以该书既可作为一门独立课程的课本,也可作为学生讨论班的教材,还可供学生独立研究使用。

题库 本题库内容广泛,包含了 1600 多道习题,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。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;既可以编排已有的问题,也可以加上自己的问题。在《教师资料手册》中有此题库的打印版,包括试题和解答。

《用 MAPLE 研究离散数学及其应用》(Exploring Discrete Mathematics and Its Applications with MAPLE) 这本补充读物用来帮助学生使用计算机代数系统 MAPLE 来完成离散数学的各种计算。对本书的每一章,这本补充读物包括下列内容:相关的 MAPLE 函数及其使用方法的描述,完成相关计算的 MAPLE 程序,每章结尾处还有阐明怎样使用 MAPLE 做计算和研究的建议和例子,以及可用 MAPLE 做的练习题。

配套网站

为本书开发的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

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？
- 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长，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。

第二，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，这些课程如：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，离散数学还包括了用来解运筹学问题(包括许多离散优化技术)、化学问题、工程问题及生物学问题等必要的数学背景。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想。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或《学生解题指南》中的答案以前，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。其中有许多额外的例子，有为学生经常会遇到的问题而补充的额外步骤，有测量你对关键概念理解程度的评估，有考察关键算法的生动演示，还有一个指向外部网站的链接的大杂烩，通过它们可以探索离散数学的奇妙世界。还有一个能和其他学生进行讨论的公告板系统，可以用它请求其他学生帮助你理解概念或指导解题。帮助其他人的学生会发现，回答问题的同时也帮助了自己更好地掌握内容。你甚至还能访问到一个在线教学网站，可以和老师进行实时交流，得到老师的帮助。（关于使用他人帮助结果的问题，请征求老师的意见。）有关这个网站的详细信息，请参阅前面“配套网站”的描述。

本书的价格 最后，我了解到本书的价格偏高，但我希望你在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就会发现，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。

致谢

我要感谢很多学校中使用本书的大批师生们，是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 和 John Michaels，感谢他们对第 5 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 5 版及前面四版的许多评阅人，他们对我提出了许多有益的批评和鼓励，我希望本版将不辜负他们的期望。

第 5 版评阅人名单

Kendall Atkinson,
University of Iowa, Iowa City
Zhaojun Bai,
University of California, Davis
Klaus Bichteler,
University of Texas, Austin
Scott Buffett,
University of New Brunswick
E. Rodney Canfield,
University of Georgia
George J. Davis,
Georgia State University
Cary Lee,
Grossmont Community College

Bruce S. Elenbogen,
University of Michigan, Dearborn
Jonathan Goldstine,
Pennsylvania State University
Brian Gray,
Howard Community College
Jonathan Gross,
Columbia University
Jerrold Grossman,
Oakland University
David F. Hayes,
San Jose State University
Truc T. Nguyen,
Bowling Green State University

Akihiro Kanamori,
Boston University
Takashi Kimura,
Boston University
Shui F. Lam,
California State University, Long Beach
Harbir Lamba,
George Mason University
Sheau Dong Lang,
University of Central Florida
Robert Rodman,
North Carolina State University

Stephen C. Locke,
Florida Atlantic University

George F. Luger,
University of New Mexico

John G. Michaels,
SUNY Brockport

Thomas D. Morley,
Georgia Tech

Timothy S. Norfolk, Sr.
University of Akron

George Novacky,
University of Pittsburgh

Jaroslav Opatrny,
Concordia University

Jonathan Pakianathan,
University of Rochester

Halina Przymusinska,
*California State Polytechnic
University, Pomona*

Don Reichman,
*Mercer County Community
College*

Matthew J. Saltzman,
Clemson University

Michael J. Schlosser,
The Ohio State University

Alistair Sinclair,
*University of California,
Berkeley*

Carl H. Smith,
University of Maryland

Patrick Tantalo,
*University of California, Santa
Cruz*

前 4 版评阅人名单

Eric Allender,
Rutgers University

Stephen Andrilli,
La Salle University

Jack R. Barone,
Baruch College

Alfred E. Borm,
*Southwest Texas State
University*

Ken W. Bosworth,
University of Maryland

Lois Brady,
*California Polytechnic State
University, San Luis Obispo*

Russell Campbell,
University of Northern Iowa

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*

Charles Parry,
*Virginia Polytechnic Institute
and State University*

Thomas Dowling,
The Ohio State University

Patrick C. Fischer,
Vanderbilt University

Jane Fritz,
University of New Brunswick

Ladnor Geissinger,
University of North Carolina

Paul Gormley,
Villanova University

Laxmi N. Gupta,
*Rochester Institute of
Technology*

Daniel Gusfield,
*University of California at
Davis*

Xin He,
SUNY at Buffalo

Arthur M. Hobbs,
Texas A&M University

Donald Hutchison,
*Clackamas Community
College*

Kenneth Johnson,
North Dakota State University

David Jonah,
Wayne State University

W. Thomas Kiley,
George Mason University

Nancy Kinnersley,
University of Kansas

Alyssa Sankey,
Slippery Rock University

Dinesh Sarvate,

Gary Klatt,
University of Wisconsin

Nicholas Krier,
Colorado State University

Lawrence S. Kroll,
San Francisco State University

Robert Lavelle,
Iona College

Yi-Hsin Liu,
*University of Nebraska at
Omaha*

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

D. R. Morrison,
University of New Mexico

Ho Kuen Ng,
San Jose State University

Jeffrey Nunemacher,
Ohio Wesleyan University

Philip D. Tiu,
Oglethorpe University

Lisa Townsley-Kulich,