

Discrete Mathematics and
Its Applications (Fourth Edition)

离散数学 及其应用

(原书第4版)

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



机械工业出版社
China Machine Press



Education

HZ BOOK
华章教

国外经典教材



Classical Texts From Top Universities



北京华章图文信息有限公司

国外经典教材



Classical Texts From Top Universities

(原书第4版)

离散数学 及其应用

*Discrete Mathematics and
Its Applications* (Fourth Edition)

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



机械工业出版社
China Machine Press

本书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。本书取材极其广泛，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，适合各种需求的练习和题目，以及丰富的历史资料和网站资源。本书的第3版曾被全世界几百所大学选为教材，第4版作了新的改进和补充。本书适合于数学、计算机科学和工程技术专业人员使用。

Kenneth H. Rosen: Discrete Mathematics and Its Applications, Fourth Edition.
Original edition copyright © 1998 by McGraw-Hill Companies, Inc.
All rights reserved.
Chinese edition copyright © 2002 by China Machine Press. All rights reserved.

本书中文简体字版由美国麦格劳-希尔公司授权机械工业出版社独家出版。未经出版者书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

版权所有，侵权必究。

本书版权登记号：图字：01-1999-2594

图书在版编目 (CIP) 数据

离散数学及其应用 / (美) 罗森 (Rosen, K. H.) 著; 袁崇义, 屈婉玲等译. - 北京: 机械工业出版社, 2002.1

(国外经典教材)

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

ISBN 7-111-07577-3

I. 离… II. ①罗…②袁…③屈… III. 离散数学 IV. 0158

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 038005 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: 马珂

北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16·52 印张

印数: 0 001-5 000 册

定价: 75.00 元

凡购本书, 如有倒页、脱页、缺页, 由本社发行部调换

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中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、研究及收藏。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，有的还专诚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：针对本科生的核心课程，剔抉外版菁华而成“国外经典教材”系列；对影印版的教材，则单独开辟出“经典原版书库”；定位在高级教程和专业参考的“计算机科学丛书”还将保持原来的风格，继续出版新的品种。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。

“国外经典教材”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本科教学度身订造的。在广泛地征求并听取丛书的“专家指导委员会”的意见后，我们最终选定了这 20 多种篇幅内容适度、讲解鞭辟入里的教材，其中的大部分已经被 M. I. T., Stanford, U. C. Berkley, C. M. U. 等世界名牌大学采用。丛书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：hzedu@hzbook.com

联系电话：(010) 68995265

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

(按姓名笔画顺序)

尤晋元	王 珊	冯博琴	史忠植	史美林
张立昂	李伟琴	李师贤	李建中	杨冬青
周克定	周傲英	孟小峰	岳丽华	范 明
高传善	梅 宏	程 旭	程时端	谢希仁
石教英	吕 建	孙玉芳	吴世忠	吴时霖
邵维忠	陆丽娜	陆鑫达	陈向群	周伯生
郑国梁	施伯乐	钟玉琢	唐世渭	袁崇义
裘宗燕	戴 葵			

译者序

离散数学既是计算机科学的理论基础，又是计算机应用必不可少的工具。《离散数学及其应用》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。作者肯尼斯 H. 罗森博士具有很深的数学造诣，有丰富的教学经验。我们翻译的这一本书是该书的第 4 版，其第 3 版曾在欧美 400 多所学校使用，获得了很大的成功。成功的作品还要修订，还要出新版，可见作者对学术的追求和对读者的热爱。

新版并不是简单纠正旧版的错误。信息时代使作者有可能与广大读者，包括教师、学生和自学者，保持及时的联系。新版对原版的修正反映的正是来自教和学两种实践的宝贵意见。新增加的内容既包括离散数学新的研究成果，也包括网络时代新的应用实例。

本书供 1 至 2 个学期使用。本书使学生学会特定的一些数学事实并知道怎样应用，更重要的是教会学生做数学思维，因此本书强调数学推理和用不同的方法解题。

本书有五个重要的主题融为一体：数学推理、组合分析、离散结构、算法思维以及应用和模拟。一门成功的离散数学课应该使这五部分内容有机地交融和取得平衡。

阅读、理解和构造数学证明依赖于数学推理的能力。逻辑和数学归纳技术是数学推理的基础。组合分析是一项重要的解题技巧，它指的是借助枚举而非公式来解决数学问题。离散结构是抽象的数学结构，包括集合、置换、关系、图、树和有限状态机等，用于表示离散对象及离散对象之间的关系。借助计算机解题需要给出程序，程序设计必须从算法规范入手。算法思维指的是算法设计（给出规范）、正确性证明和复杂性分析。离散数学已应用到包括化学、植物学、动物学、语言学、地理学、商业以及互联网等众多的领域，为各个领域建立数学模型是离散数学应用的基础。应用模拟是另一项重要的解题技巧。

显然，以上五个主题互为依存，它们构成离散数学的整体。本书既说明了它们独立的作用，又突出了它们有机的结合。

罗森博士在写作过程中充分考虑了教和学两个方面的需要，为教师和学生分别编撰了参考资料，并在书中提供了各章节相关的网站地址。从这些方面来看，这是译者见过的最完备、最成熟的教材。

译者大多有多年的从事计算机专业离散数学课程教学的经验，他们参与编撰的离散数学教材获得过多种奖励。希望本译著的出版能为我国离散数学的教与学提供宝贵的参考。

直接参与翻译的共有 4 人：袁崇义、屈婉玲、王捍贫、刘田。

译者

2001 年 4 月

译者简介

袁崇义 男，1941年生，山东邹平人；1964年毕业于南京大学数学系；现为北京大学计算机系教授，博士生导师，计算机理论教研室主任；研究兴趣包括并行处理的形式化方法和 Petri 网。

屈婉玲 女，1970年毕业于北京大学物理系；现为北京大学计算机系教授，副系主任；研究兴趣包括并行算法、并行理论。

王捍贫 男，1993年于北京师范大学数学系获博士学位；现为北京大学计算机系副教授；研究兴趣包括数理逻辑、形式语义和程序正确性证明。

刘田 1966年生；1989年从中国科技大学数学系本科毕业，1999年在北京大学计算机系获博士学位；主要从事离散数学教学和计算复杂性理论研究。

前 言

多年来教授离散数学的经验和兴趣指引我写作本书。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和演示。我的目标是向爱怀疑的学生们展示离散数学的相关领域和实用性。我希望为学习计算机科学的学生提供一切必需的数学基础。我希望使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而言是重要的。而且我希望既能达到这些目标，又不使教材含太多的水分。

对教师而言，我的目的是使用成熟的数学教学设计一个灵活而全面的教学工具。我希望为教师们提供一套有效的教材，使他们能高效地以适合于特定学生特点的方式教授离散数学。我希望已经达到这些目标。

我为此教材已经取得的巨大成功而分外高兴。此次第4版的许多改进都是成功使用本书的400多所学校大批师生反馈和建议的结果。此版有许多提高之处。原有的辅助材料更加丰富，还有配套网站提供的辅助材料，使它更易于被师生使用以达到他们的目标。

本教材为是1至2个学期的入门离散数学课而写的，适用于包括数学专业、计算机科学专业和工程专业在内的许多专业的学生。大学代数是它唯一的预备课程。

离散数学课的目标

一门离散数学课有多个目标。学生应该学会特定的一些数学事实并知道怎样应用；更重要的是，这样一门课应教会学生怎样作数学思维。为达到这些目标，本教材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、算法思考以及应用和建模。一门成功的离散数学课应该细心地使这五部分内容交融和取得平衡。

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，因为数理逻辑是随后讨论的证明方法的基础。数学归纳技术是通过许多例子来重点介绍的。通过这些例子还仔细地说明了为什么数学归纳是有效的证明技术。

组合分析：解题的一项重要技巧是计数或枚举对象的能力，本书中对枚举的讨论就从基本的计数技术着手。重点是用组合分析来解决计数问题而不使用公式。

离散结构：一门离散数学课应该教学生如何使用离散结构，离散结构是抽象的数学结构，用来表示离散对象及离散对象之间的关系。离散结构包括集合、置换、关系、图、树和有限状态机。

算法思考：有几类问题是从给出算法说明入手求解的。描述了算法以后就可构造计算机程序来实现它，这一过程中的数学部分包括算法说明，证实它能正确执行，以及分析执行这一算法所需要的计算机内存和时间。所有这些内容均在本书中介绍。算法是用文字陈述和易于理解的一种伪码这样两种方式描述的。

应用与建模：离散数学已被应用到几乎所有研究领域。本书既有许多计算机科学和数据网络的应用实例，也有各式各样领域中的应用实例，包括化学、植物学、动物学、语言学、

地理、商业以及因特网。这些实例均是离散数学的自然而重要的应用，不是编造的。用离散数学建模是十分重要的解题技巧，本书的练习使学生有机会通过构造自己的模型来发展这一技巧。

为什么要出第 4 版

本书第 3 版在美国的 400 多所学校，加拿大的几十所大学，以及在欧洲、亚洲和大洋洲的大学使用获得成功。许多学生和教授均喜欢第 3 版的形式，那么为什么还要出第 4 版？这个问题值得认真回答。

首先，尽管第 3 版使用起来十分有效，许多教师还是要求做某些特定的改进。许多人希望改动正文，增加例题或使例题更易于理解，增加某种类型的练习，或增加能覆盖新内容的练习等。在新版中我根据已收到的大量建议对本书作了改进。根据用户要求做的改动使本版变得更好。

第二，离散数学是一个活跃的学科，每年都有许多新发现，其中有一些可以反映在教科书中。于是我在本版中收入了自第 3 版以来的某些新发现（随后的新发现将在本版以后印刷时尽可能收入，在网站上也会有反映）。

 第三，自第 3 版发行以来，因特网变得十分重要，十分有用。在本版中将有把离散数学的应用和因特网自身结构联系起来的例题和练习。与本版配套的还有一个内容广泛的网站，它能对正文作有益的补充，为师生提供额外材料。想更多学习离散数学的人还可以通过本网站提供的路径访问网上有关的网站。不过，由于许多人不选用与本课程相连的网站，所以本书正文中给出了若干 Web 图标，指示网站链接，作为注释本书网站的网上指南。

下面列出的是本版中为使本书更有效所做的主要变动。

1. 新添内容

- 除大 O 记号以外新增加了大 Ω 和大 Θ 记号。
- 概率论的新内容包括随机变量的方差和切比雪夫不等式。此外，还对 Monty 大厅三门问题做了讨论。
- 对停机问题做了处理，包括其不可解的证明。
- 讨论了流动推销员问题。

2. 扩充了原有内容

- 增加了关于数理逻辑和数学推理的附加材料，用新增例题说明怎样在量化语句和文字陈述之间互译，强化了推理规则的讨论。特别是关于量化语句的推理规则，现在明确地做了讨论，并且增加了阐明为何使用推理规则的例题。
- 加强了对底函数和顶函数的讨论。
- 正文中现在专有一节讨论生成函数，这是对原书附录内容的扩充。这一节的中心是生成函数怎样用于解决计数问题，解决递归关系，及证明组合恒等式。
- 常系数非齐次线性递归关系现在在正文中讨论，而不是放在一组练习题中。
- 对整数序列进行了更多的介绍，增加了从初始项识别整数序列可能的通项公式的例题和练习。
- 增加了传记内容，包括 Peirce(皮尔斯)、Chebyshev(切比雪夫)、Knuth(克努斯)、Hardy(哈弟)、Ramanujan(拉曼扭因)、Tukey(图凯)、Sloane(斯罗尼)和 Mersenne(莫孙尼)。

3. 跟上时代的新例题

- 在课文某些关键之处增加了例题，用以帮助解释学生难于理解的重要概念，使课本更有趣。
- 增加了说明离散数学应用于因特网通信协议和网络结构的例题和练习。其中包括：与因特网地址及因特网协议包有关的计数问题；因特网搜索引擎使用的布尔搜索问题；还增加了一个关于怎样在 IP 组播中使用生成树的例题。
- 增加了材料以说明离散数学仍有许多未解决的问题，仍是不断有新发现的活跃领域。例如增加了莫孙尼素数的内容，包括 1997 年和 1998 年新发现的素数，还讨论了哥德巴赫猜想已经证明有效的范围，阐述了汉诺塔难题的变种，即有四根塔柱的问题。

4. 扩充了练习题

- 根据使用第 3 版的教师们的要求，增加了 500 多道练习题，包括常规的和有挑战性的问题，还包括基于逻辑和数学智力游戏的练习。新的分块练习题以一系列步骤展开一些关键概念。新练习能保证所有重要类型的题目既有奇数编号的，也有偶数编号的。此外，还有与以前学过的微积分有关的练习，不过对这些习题按习惯作了注明，不想做的话很容易就能避开它们。

5. 网上支持



- 做为正文的补充，已建立了一个既适合于学生也适合于教师的网站，它包含范围广泛的内容（见“配套网站”），包括一个注释性的网上指南，列出因特网上相关的网站。这一指南对课本正文能提供重要线索，在本版整个生命期中将不断更新以保证跟上发展。
- 课文中凡是网上指南有链接指向与所讨论内容相关的网站的地方，均有 Web 图标。（指南中不同的链接有 200 多个。）网上的这些网站包含有关概念和应用的补充材料、名人传记、最新发现、可下载的源代码、交互式小应用程序（applet）、动画的算法以及其他有趣的内容。

特别之处

易入门 实践证明本书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，少数涉及微积分的地方均有明确的说明。大部分学生应该很容易理解课文中用于表示算法的伪码，不管他们是否学过程序设计语言。本书不要求形式化的计算机科学方面的预备知识。

灵活 本书为灵活使用作了精心设计。各章对其前面内容的依赖降到最小。每一章都分成长度大致相等的若干节，每一节又根据内容的自然分块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 本书体现的写作风格是直接和实用。使用了准确的数学语言，但没有过份的形式化与过份的抽象，在适当的地方引入并使用记号。在数学陈述中对记号和文字的平衡作了仔细的考虑。

广泛的课堂实践 本书已在 400 多所学校使用过，其中 325 所以上使用了不止一次。来自许多学校师生的反馈使第 4 版成为比前几版更成功的教学工具。

数学上的严密性和准确性 本书所有的定义和定理均是分外细心陈述的。所以学生可以

欣赏其语言的准确以及数学上的严密性。证明则是缓慢引入并展开的，每一步都经细心论证，递归定义均有周密的解释并大量使用。

图和表 本书有 550 多幅图，用于阐明关键的概念和证明步骤。图上带有细心选用的颜色用以解释重点。只要可能，就用表格来小结关键内容或说明量化关系。

实例 本书用 650 多个实例阐明概念，表示不同内容的关系，以及引入应用。在例题中，首先提出一个问题，再按适度的细节给出它的解。

应用 本书包含的应用展示了离散数学在解决现实世界问题中的使用价值。本书所含的应用涉及的范围很广，包括计算机科学、数据网络、心理学、化学、工程、语言学、生物学、商业和因特网。

算法 离散数学的结果常能用算法表示，因此本书每一章均介绍了关键算法。这些算法一方面用文字描述给出，另一方面又用一种易于理解的结构化伪码的形式给出。附录 2 中对伪码作了描述和说明。书中对算法的计算复杂性也有初步的分析。

历史资料 本书对许多题材的背景作了简要的介绍。书中以脚注的形式给出了 55 位以上的数学家和计算机科学家的传记。传记中介绍了对离散数学作出巨大贡献的这些科学家们的生活、事业及成就。此外，作为对正文中历史资料的补充，还有大量史实的脚注。

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。关键术语只包括学生必须学会的那些最重要的而不是该章中定义的所有术语。

练习 正文中有 3000 多道练习，提出了大量不同类型的问题。有足够多的简单直接的问题用于开发基本技巧，还有大量的中等程度的练习和许多有挑战性的练习。练习的叙述是明白而无二义性的，全部按难易程度分级。分组给出的练习包含专门的讨论，提出正文中没有涉及的新概念，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都用一个星号作了标记；相当有挑战性的问题则用两个星号标记。必须用微积分来解的练习均有明确说明。能导出正文中用到的结果的练习则用手指符号  指明，在正文最后给出了所有奇数号的练习的答案或解题概略，其中包括清楚给出的大多数证明步骤。

复习题 每章最后都有一组复习题。这些问题的设计目的是帮助学生集中学习该章最重要的概念和技术。学生必须写出长长的答案才能回答这些问题，而不能只作计算或简短的应答。

补充练习 每章后面都有一组丰富而多变的补充练习。这些练习一般来说都比每一节后面的练习难度大。补充练习使一章的概念得以加强；并把不同内容更好地融为一体。

计算机题目 每一章后面还有一组计算机题目。这大约 150 个计算机题目可以把学生已经学到的计算和离散数学的内容联系起来。从数学角度或程序设计角度看来难度超过平均水平的计算机题目用一个星号标记，特别难的则用两个星号标记。

计算和研究 每一章的结尾都有一组计算和探索性问题。这些练习（大约共 100 个）的完成需要用现有的软件工具，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。不少这种练习为学生提供了通过计算发现新事实或新思想的机会。（有些这类练习在本书的姊妹篇《用 MAPLE 研究离散数学及其应用》中作了讨论。）

写作题目 每一章后面都有一组应书面完成的题目。学生需要参考数学文献才能做这类题目。有些这类题目涉及历史，可能需要查找原始资料。其他的题目起着联系新题材和新思

想的作用。所有此类练习均向学生展示了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过程结合在一起,以帮助学生探索可供未来研究的领域。(为这些题目准备的推荐文献可以在《学生解题指南》中找到。)

附录 正文有两个附录。第一个介绍指数函数和对数函数,以回顾课程中反复使用的某些基本内容;第二个介绍正文中用以描述算法的伪码。

推荐读物 在正文最后专门有一节为每一章提供推荐读物,其中包括不超过本书水平的书籍、较难的书籍、综述性文章以及发表离散数学新发现的原始文章。

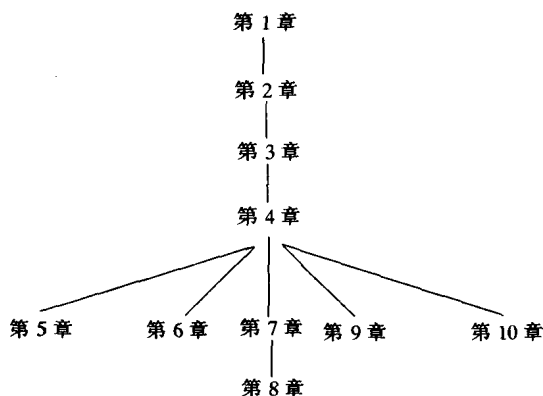
怎样使用本书

本书是精心写作和编排的,适用于不同水平有不同重点的离散数学课程。表1列出了核心章节和供选择的章节。二年级学生离散数学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。两学期的入门课程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。

表 1

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 (按需要定)		
2	2.1~2.3, 2.6 (按需要定)	2.4	2.5
3	3.1~3.3	3.4, 3.5	
4	4.1~4.4	4.7	4.5, 4.6
5	5.1, 5.5	5.3	5.2, 5.4, 5.6
6	6.1, 6.3, 6.5	6.2	6.4, 6.6
7	7.1~7.5		7.6~7.8
8	8.1	8.2~8.4	8.5, 8.6
9		9.1~9.4	
10		10.1~10.5	

使用本书的教师可以选用或略去每节最后更具挑战性的例题及更加困难的练习,以调整其课程的难度。各章对以前各章的依赖关系如下图所示。



辅助读物

《学生解题指南》(*Student Solution Guide*) 这本可以单独购买的学生手册包括各组练习中用奇数编号的所有习题的完整的解答。这些解答解释了为什么使用某一特定的方法以及为什么这一方法管用。对有些练习还给出了一两种其他可能的解法,用以说明一个问题可以通过不同的途径求解。为每一章后面列出的书面题目推荐的文献可以在本指南找到。本指南包含对学生书写证明题的指导意见,并列出了学生在做离散数学题时常犯的若干错误。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*) 本手册包含所有以偶数编号的练习题的完整解答。它还提出了如何教授每一章教材的建议,包括每一节的重点,以及怎样正确地使用材料。此外,本手册包含每一章的考试样题库,以及样题的解。最后,本手册还给出了样板课程提纲。

《离散数学应用》 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。它包含使用过课本的教师们撰写的 20 多章内容(每章均有自己的练习)。这本书采用与课本类似的格式,各章既可作为一门独立课程的课本,作为学生讨论班的教材,也可供做独立研究的学生使用。这本辅助读物以后再版还计划扩大其覆盖的应用范围。欢迎教师们投稿介绍其他方面的应用,以备再版时采用。

试题库 包含 1300 多个问题的内容广泛的试题库可以在 Windows 系统或 Macintosh 系统下使用。教师可以使用这一软件自己选择或随机产生他们自己的试题。对同样的试题教师可以加上自己的标题和说明,输出同一试题库的不同版本,以及编排已有的问题,或加上自己的问题。在《教师资料手册》中有此题库的打印版,既包括试题也包括解答。

《用 MAPLE 研究离散数学及其应用》 这是一本独立的辅助读物,用以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,这本新的辅助读物都包括下列内容:对相关的 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 作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

已经为本书建立了一个配套网站,该网站将得到不断地维护和改进。网站地址(URL)是 <http://www.mhhe.com/rosen>。该站点上的网页使你能访问该网站的 5 个不同的部分:

- 关于本书
- 教师资料
- 学生资料
- 离散数学网上指南
- 补充资料

这几部分资料将与本书新版一同问世,当然以后还会增加新材料。

“关于本书”部分包含关于本书及其补充读物的基本信息,还有一个勘误表和一个电子邮件地址,供读者提出勘误和建议。

“教师资料”是网站上的保密部分,它包含有用的工具和资料用以补充课本的不足并提

供离散数学教学经验。

“学生资料”包含对丰富学生学习经验有益的参考文献和补充材料。

“离散数学网上指南”包含带注释的与相关站点的链接，这些站点在书中已用 Web 图标注明（书中凡有 Web 图标之处，网站上均有链接）。本指南中的链接还可用来访问一些站点，这些站点能提供本书中涉及的名人传记、补充材料、最新发现、动画算法和可下载源码。

“补充资料”部分是供师生共用的，包括按章组织的补充教学材料，目的是扩充课本中的内容并使之更清晰。

写给学生

什么是离散数学？离散数学是数学中适用于研究离散对象的那一部分。（这里“离散”的含义是指不同的不连接在一起的元素。）用离散数学能解决的问题包括：

- 有多少种方式可以在一个计算机系统上选择一个合法口令？
- 赢彩票的概率是多少？
- 网络上两台计算机之间是否有通路？
- 使用某一运输系统的两个城市之间的最短路径是什么？
- 怎样把整数列表按增序排列？
- 完成上述排序需要多少步骤？
- 怎样设计两个整数相加的电路？
- 有多少合法的因特网地址？

你们将学习解决上述这类问题需要的离散结构和技术。

更一般地说，在对对象计数时使用离散数学，研究两个有限（或可数）集合之关系时使用离散数学，分析只含有限步数的过程时也使用离散数学。离散数学重要性增长的一个关键因素，是计算机以离散的方式存储和处理信息。

有几条重要的理由需要学习离散数学。首先，通过这一课程你们可以发展自己的数学成熟性，即你理解和创造数学证明的能力。没有这些技巧，你们在数学学科的学习中不可能太深入。

第二、离散数学是通向所有数学学科高级课程的必经之路。离散数学提供许多计算机科学课程的数学基础，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。没有从离散数学中得到适当的数学基础的学生，在学习上述课程时会遇到更多的困难。有个学生给我发了电子邮件，告诉我她在选修的每一门计算机科学的课程上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、组合数学、图论及概率论（其离散部分）。

此外，离散数学还包括解决运筹学（包括许多离散优化技术）、化学、工程和生物学等学科中的问题的必要的数学背景。本书中将学习上述领域的某些应用。

我愿意就如何学好离散数学给同学们提点有益的建议。做练习能使你最大地受益。我建议你尽可能地多做练习，包括正文每一节后的练习和每一章后的补充练习。在参考书后的答案或《学生解题指南》中的答案以前，先要努力自己解题。只有在你已经得出一个解或毫无

头绪时，才查看建议的解答。只有在这种情况下你才能发现《学生解题指南》中对练习的讨论很有帮助。在做练习的时候，不要忘记较难的问题是有标记的。表 2 是难度及相应的记号。

表 2

练习标记	
无标记	常规练习
*	难题
**	特别有挑战性的练习
□	正文中使用了本练习的某个结论
(需要用到微积分)	解题需要用极限或微积分的概念

最后，我鼓励你们大胆探究超出本书内容的离散数学问题。本书网站的“离散数学网上指南”是个很好的起点，网站地址（URL）是<http://www.mhhe.com/rosen>。

致 谢

感谢许多不同学校使用本书的大批师生，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，本书不可能像现在这么好。我要特别感谢 Jerrold Grossman 和 John Michaels 对第 4 版的技术审阅，他们敏锐的“鹰眼”确保了本书的准确性。

我感谢第 1 版、第 2 版、第 3 版以及第 4 版的多位审阅人，他们对我提出了有益的批评并给予鼓励，我希望本版将不辜负他们的厚望。

我还要感谢 McGraw-Hill 公司高等教育组的工作人员对本课题的支持。特别要感谢出版人 J. P. Lenney 的全面支持；感谢倡议此书的编辑 Maggie Rogers 持久的兴趣和热情；感谢开发编辑 Nina Kreiden 的献身和勤勉；感谢编辑助理 Amy Upgren 宝贵的帮助。我同样感谢最早期的编辑 Wayne Yuhasz，是他的洞察力和技巧保证了本书的成功，还要感谢 Jack Shira, Tom Casson 和 Mike Morales，他们协助策划并启动了第 4 版的工作。

对推出第 4 版的工作人员，我要感谢产品主管 Rich DeVitto，设计师 Suzanne Montazer，网站开发者 Ronald Tigges，补充读物协调人 Louis Swaim，以及市场经理 Mary Kittell。

我一直十分感激 AT&T 实验室的管理人员对我的支持。他们为我的专业发展提供了必要的环境，并慷慨地供给我必需的资料，没有这些支持也就没有本书的成功。

Kenneth H. Rosen

作者简介

肯尼斯 H. 罗森(Kenneth H. Rosen)是 AT&T 荷姆德尔实验室(新泽西州)新概念领域人才部的杰出成员。

罗森博士 1972 年获密执安大学数学学士学位, 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, 导师为 H. 斯达克(Harold Stark)。在 1982 年加入 Bell 实验室以前, 他曾在科罗拉多大学(位于 Boulder)和俄亥俄州立大学(位于 Columbus)工作, 并在缅因大学(位于 Orono)担任数学副教授。在 AT&T 实验室工作时, 罗森还在蒙马斯大学计算机科学夜校任教, 教授离散数学、编码理论和数据安全的课程。

罗森博士已在专业期刊上发表了数论及数学模型领域的许多论文。他的《初等数论及其应用》一书由 Addison-Wesley 公司出版, 目前已出第 3 版。由 McGraw-Hill 公司出版的《离散数学及其应用》已出第 4 版。这两本教科书均被几百所大学广为采用。他还是《UNIX System V Release 4: An Introduction》的作者之一。此书已售 10 万册以上, 并被译成西班牙文和德文。他也是《Best UNIX Tips Ever》的作者之一, 这本书已有中译本。以上两本书均由 Osborne McGraw-Hill 公司出版。罗森还是《离散数学手册》的编者, 这本新书已于 1999 年由 CRC 出版社出版。他是 CRC 离散数学丛书的编辑。罗森的兴趣还包括将数学软件集成为教育环境和专业环境, 目前正与 Waterloo MAPLE 软件公司合作研究这两个方向上的课题。

在 Bell 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, 包括运筹学和计算机及数据通信设备生产线设计。他曾协助规划 AT&T 在多媒体方面的未来产品和服务, 包括视频通信、语音识别和图像网络。他还对 AT&T 使用的新技术作了评估。他发明了许多新式服务, 并拥有或申请过多项专利。他开展的更有趣的课题之一涉及在 EPCOT 中心对 AT&T 有吸引力的辅助评估技术。