



国外经典教材·计算机科学与技术

PEARSON
Prentice
Hall

A Friendly Introduction to Graph Theory

图论简明教程

(美) Fred Buckley 著
Marty Lewinter
李慧霸 王凤芹 译



清华大学出版社

国外经典教材·计算机科学与技术

图论简明教程

(美) Fred Buckley 著
Marty Lewinter

李慧霸 王凤芹 译

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书是一本通俗易懂的图论入门教材。全书共分 11 章, 其中第 1 章回顾了图论所需的数学基础知识; 第 2 章讲解了图论领域的各种基本概念; 后面的 8 章讲解了几类特殊的图及应用, 并给出了一些重要而常用的算法; 最后一章讨论两个附加的专题: Ramsey 理论和图支配。为了便于读者理解和掌握基本理论, 书中不仅提供了丰富的例题, 而且每节后配有大量习题, 并在书的最后提供部分习题的答案。

Simplified Chinese edition copyright © 2005 by **PEARSON EDUCATION ASIA LIMITED and TSINGHUA UNIVERSITY PRESS.**

Original English language title from Proprietor's edition of the Work.

Original English language title: A Friendly Introduction to Graph Theory by Fred Buckley, Marty Lewinter, Copyright © 2003

EISBN: 0-13-066949-0

All Rights Reserved.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc., publishing as Pearson Education, Inc.

This edition is authorized for sale only in the People's Republic of China (excluding the Special Administrative Region of Hong Kong and Macao).

本书中文简体翻译版由 Pearson Education 授权给清华大学出版社在中国境内(不包括中国香港、澳门特别行政区)出版发行。

北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01-2004-2823

版权所有, 翻印必究。举报电话: 010-62782989 13901104297 13801310933

本书封面贴有 Pearson Education (培生教育出版集团) 激光防伪标签, 无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

图论简明教程/(美)巴克利(Buckley, F.), (美)勒文特(Lewinter, M.)著; 李慧霸, 王凤芹译.—

北京: 清华大学出版社, 2005.1

(国外经典教材·计算机科学与技术)

书名原文: A Friendly Introduction to Graph Theory

ISBN 7-302-10150-7

I. 图… II. ①巴…②勒…③李…④王… III. 图论—教材 IV. 0157.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 135506 号

出 版 者: 清华大学出版社 地 址: 北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175 客 户 服 务: 010-62776969

文稿编辑: 徐刚

封面设计: 久久度文化

印 装 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印 张: 19.25 字 数: 429 千字

版 次: 2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-10150-7/TP·1063

印 数: 1~3000

定 价: 39.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题, 请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话: (010)62770175-3103 或(010)62795704

出版说明

近年来，我国的高等教育特别是计算机学科教育，进行了一系列大的调整和改革，急需一批门类齐全、具有国际先进水平的计算机经典教材，以适应当前我国计算机科学的教學需要。通过使用国外先进的经典教材，可以了解并吸收国际先进的教学思想和教学方法，使我国的计算机科学教育能够跟上国际计算机教育发展的步伐，从而培育出更多具有国际水准的计算机专业人才，增强我国计算机产业的核心竞争力。为此，我们从国外知名的出版集团 Pearson 引进这套“国外经典教材·计算机科学与技术”教材。

作为全球最大的图书出版机构，Pearson 在高等教育领域有着不凡的表现，其下属的 Prentice Hall 和 Addison Wesley 出版社是全球计算机高等教育的龙头出版机构。清华大学出版社与 Pearson 出版集团长期保持着紧密友好的合作关系，这次引进的“国外经典教材·计算机科学与技术”教材大部分出自 Prentice Hall 和 Addison Wesley 两家出版社。为了组织该套教材的出版，我们在国内聘请了一批知名的专家和教授，成立了一个专门的教材编审委员会。

教材编审委员会的运作从教材的选题阶段即开始启动，各位委员根据国内外高等院校计算机科学及相关专业的现有课程体系，并结合各个专业的培养方向，从 Pearson 出版的计算机系列教材中精心挑选针对性强的题材，以保证该套教材的优秀性和领先性，避免出现“低质重复引进”或“高质消化不良”的现象。

为了保证出版质量，我们为这套教材配备了一批经验丰富的编辑、排版、校对人员，制定了更加严格的出版流程。本套教材的译者，全部来自于对应专业的高校教师或拥有相关经验的 IT 专家。每本教材的责编在翻译伊始，就定期不间断地与该书的译者进行交流与反馈。为了尽可能地保留与发扬教材原著的精华，在经过翻译、排版和传统的三审三校之后，我们还请编审委员或相关的专家教授对文稿进行审读，以最大程度地弥补和修正在前面一系列加工过程中对教材造成的误差和瑕疵。

由于时间紧迫和受全体制作人员自身能力所限，该套教材在出版过程中很可能还存在一些遗憾，欢迎广大师生来电来信批评指正。同时，也欢迎读者朋友积极向我们推荐各类优秀的国外计算机教材，共同为我国高等院校计算机教育事业贡献力量。

清华大学出版社
2004.03.20

国外经典教材·计算机科学与技术

编审委员会

主任委员：

孙家广 清华大学教授

副主任委员：

周立柱 清华大学教授

委员（按姓氏笔画排序）：

| | |
|-----|---------------|
| 王成山 | 天津大学教授 |
| 王 珊 | 中国人民大学教授 |
| 冯少荣 | 厦门大学教授 |
| 冯全源 | 西南交通大学教授 |
| 刘乐善 | 华中科技大学教授 |
| 刘腾红 | 中南财经政法大学教授 |
| 吉根林 | 南京师范大学教授 |
| 孙吉贵 | 吉林大学教授 |
| 阮秋琦 | 北京交通大学教授 |
| 何 晨 | 上海交通大学教授 |
| 吴百锋 | 复旦大学教授 |
| 李 彤 | 云南大学教授 |
| 沈钧毅 | 西安交通大学教授 |
| 邵志清 | 华东理工大学教授 |
| 陈 纯 | 浙江大学教授 |
| 陈 钟 | 北京大学教授 |
| 陈道蓄 | 南京大学教授 |
| 周伯生 | 北京航空航天大学教授 |
| 孟祥旭 | 山东大学教授 |
| 姚淑珍 | 北京航空航天大学教授 |
| 徐佩霞 | 中国科学技术大学教授 |
| 徐晓飞 | 哈尔滨工业大学教授 |
| 秦小麟 | 南京航空航天大学教授 |
| 钱培德 | 苏州大学教授 |
| 曹元大 | 北京理工大学教授 |
| 龚声蓉 | 苏州大学教授 |
| 谢希仁 | 中国人民解放军理工大学教授 |

译者序

当欧拉在 1736 年访问哥尼斯堡城时，他发现当地有一条名叫普雷哥尔的河流横经城中，在河上建有七座桥。市民们正在从事一项非常有趣的消遣活动，这项活动是在星期六进行的，要求一次走过所有七座桥，且每座桥只能经过一次，而且起点与终点必须是同一地点。这项活动难倒了许多人。

这类似于常见的“一笔画”问题。欧拉证明了这是不可能完成的，理由如下：除了起点以外，每次画到一个点，那么一定会离开这个点，所以与该点相连的边数一定为偶数；由于最后必须回到起点，所以与起点相连的边亦为偶数。七桥所对应的图形中，没有一点连有偶数条边，因此上述的任务是不可能实现的。

此后，欧拉发表了著名的论文《依据几何位置的解题方法》，这是图论领域的第一篇论文，标志着图论的诞生。这种利用模型图来解决问题的方法在当时还只是个别现象……。图论的真正发展始于二十世纪五六十年代，这和计算机技术的发展是同步的。由此也可以说，图论是一门既古老又年轻的学科，正日益显现出活力。

本书的英文原名是 *A friendly introduction to graph theory*，正如名称所表述的那样，书中的内容通俗易懂，对读者的基础知识要求不高，各种概念十分清楚，所有的证明和算法也都力求简洁明了。此外，虽是一本以理论为主的书，但作者引用了大量现实生活的事例，既使得内容趣味盎然，又能引导读者理论联系实际。总之，这是一本出色的图论入门教材，可以为读者打下良好的理论基础。

本书主要由李慧霸、王凤芹翻译。全书最后由李慧霸统稿。在翻译过程中，顾剑、钟鸣、吕雅帅、王睿伯、于潇、孙元波、万光宇给予我们很大的帮助，在此特别感谢。我们还要特别感谢严琰同志在这段时间对我们的支持和鼓励。肖国尊负责本书翻译质量和进度的控制与管理。在本书翻译过程中，我们对书中的疏漏之处进行了更正。此外，对一些笔误和排版错误也进行了校正。敬请各位读者就本书提供反馈意见，我们希望通过读者的意见来了解自己的不足，以求在今后的译作中更多地和更切实际地考虑读者的需要。

译者

前 言

图论是一门极有趣味的学问，其广阔的应用领域涵盖了人类学、计算机科学、化学、环境保护、流体动力学、心理学、社会学、交通管理、电信领域等等。在 20 世纪，随着运筹学的出现，图论更是为确立其卓越的地位起到了十分重要的作用。严格地讲，图论是组合数学的一个分支，例如，它交叉运用了拓扑学、群论和数论。图论中定理和证明的难度高低不等，有的简单易懂，有的几乎不可理解，然而图论终究还只是研究点和线的学问。

图论的应用非常广泛，不仅局限于数学和计算机科学，因此各专业的学生都应该打下一定的图论基础，这样他们就会多掌握一种强大而灵活的工具来分析和处理自己学科领域中的问题。这本教材主要面向本科水平的读者，使他们能比较容易理解。我们仅仅假设读者具有一定的代数基础，因此，本书敞开了一座大门，无论数学、计算机科学、社会科学、商学还是工程专业的学生，只要有需求，你都能尽早地接触这个精彩而颇有裨益的研究领域。

虽然这是一本易懂的教材，但读的时候还是应该拿上纸和笔——这不是睡前的休闲读物。书中的习题有易有难，能够体现相应章节的内容。书后有解答或提示，其涵盖了大部分的习题。此外，应该意识到，数学不是一项观赏性质的体育赛事（当然当您看到有人对某个重要结论做出了简单得惊人的证明，您也一定会觉得这是一件激动人心的事），请务必做习题，否则当您读到最后一章时，第一章的内容就会被忘到脑后。能够做完较难习题的勤勉的学生会得到很大益处——为今后的图论研究打下坚实基础，他们也会有能力将图论的思想应用到纷乱复杂的现实问题中去。

在第 1 章，我们讨论了必备的基础概念，读者应该熟练掌握这些内容。我们虽然称这一章为复习，但其内容仍然十分完备，提供了必要的数学工具来帮助读者理解全书其余部分的内容。因此这一章讲了集合、函数、奇偶性、数学归纳法、证明技巧、计数原理、排列组合、Pascal 三角形和组合恒等式。对于不熟悉证明技巧的学生来说，本章对他们会有很大的帮助。而对于基础比较扎实的学生，老师可有选择地跳过本章的部分甚至全部内容。

如前所述，图论的应用极为广泛。在第 2 章中，我们将介绍图论中最基本的概念，同时也将展示图论的一些应用领域。当然，我们也会在后面看到许多其他的应用。

有一类非常重要的图值得我们用单独的一章（第 3 章）来介绍，这就是树。由于结构简单，树常常被用作新理论的试验场。树的概念起源于许多领域，例如分析商务层次、求具有最小代价的运输网络等等，此外树也是计算机科学中的一种十分重要的数据结构。树是更大的一类图的特例，这类图称作二分图。在第 3 章中，我们讲述了树、二分图以及它们的应用。最后，本章以工作分配问题结束。

距离的概念在图论的理论和实践中应用很广泛，许多有关图的操作都需要使用距离，例如同构判定、凸面问题。另外，距离也是许多对称概念的基础。许多图中心的概念亦由距离来定义，中心的概念在场地布局问题中起着关键的作用。图论的众多算法都与距离相关，这些算法往往需要在图中搜索各种长度的路。距离也在连通性问题中扮演着重要的角色，而连通性问题涉及到计算机网络的可靠性和健壮性问题，因而占有十分关键的地位。在第4章，我们将讨论关于距离和连通性的一些重要概念和结论，然后作为总结，我们将解决一个场地布局问题，并给出计算机网络的可靠性概念。

图论中许多的理论和实际问题都需要我们以某种方法遍历整个图。例如在某些问题中，我们的目标是求出一条迹或回路，满足经过每条边一次且仅一次；在另一些问题中，我们可能要求出一条路或圈，满足经过每个结点一次且仅一次。我们在第5章中讨论这些问题，然后以两个著名的问题结束，这两个问题是中国邮递员问题和旅行售货员问题。

许多由图论描述的现实问题都需要把结点集或边集划分为一些不相交的子集，使同一子集中的所有元素互不相邻。这类问题中比较常见的有：安排会议或考试的日程以免冲突，还有安排化学品的存储以避免互相反应。这些问题都与第6章的主题——图着色相关。

矩阵是由数字组成的矩形表。在计算机中存储图的一种最简单的方法就是用矩阵，或者说数组，这是矩阵在计算机科学中的对应数据结构。图论有效地利用了矩阵，将其作为检测结构和其他性质的工具。在第7章中，我们首先复习了矩阵的一些基本概念，然后讲述了矩阵在图论中的一些应用。

图论和计算机科学之间有着千丝万缕的联系，因此算法在现代图论中占有举足轻重的地位，以至好几本著作都专注于图的算法。在第8章中，我们将简单地介绍一下图论算法及其应用。首先给出了重要的广度优先搜索和深度优先搜索算法，然后考察了图着色和树编码算法，其他一些算法也在行文中有所体现。我们将不在这里考察算法的效率和NP完全性，但是建议有兴趣的读者参考一下 Buckley 和 Harary、Chartrand 和 Oellermann 还有 Gould 对这些问题的讨论。

如果能在平面内将图画出且使其边各不相交叉，那么这个图就是可平面化的。可平面图曾经受到了多年的广泛关注，其原因在于一个长期困惑人们的问题——四色猜想，这个问题最终花费了一百多年的时间才得到证明。时至今日，可平面图在其应用领域仍然占有很重要的地位，例如在运筹学中的场地布局，或是计算机科学中的印刷电路板设计等问题中，可平面图都起着至关重要的作用。在第9章中我们就来讨论可平面图及其性质。

简单的图论模型不足以刻画某些现实问题，我们已经见过不少这样的实例。在第10章，我们将考虑另一些结构。有向图和图类似，只是边有方向。有些问题中，流（信息、交通、液体、电子等）的方向性比较重要，有向图就是对这种问题建模的。当有向边上存在流量的大小限制后，就得到了网络。一类特殊的没有圈的有向图称统筹图，它的边上有权，表示工作持续时间。这种有向图用来安排复杂工程的各项工作。在第10章，将介绍不同种类的有向图及特点，也将研究网络流问题并给出求最大流的算法，最后讨论统筹图

及其应用。

在第 11 章，我们讨论了两个专题：**Ramsey** 理论和图支配。前者涉及图的边着色，而后者则与距离和独立性有关，并且有着广泛的应用。这两个专题有一个共同之处，那就是研究它们都很有趣。

我们衷心希望这本书将带来一个愉快的阅读过程，正如我们愉快的写作过程一样。

教辅资料申请及教师信息反馈表

为了更好地为您提供教辅资料或/和相关服务,使您的教学工作更加轻松高效,也使您的教学成果能够得以推广,请按下表填写您的基本信息、意见和要求;然后剪下寄到:北京清华大学出版社对外合作部(邮编 100084);您也可以登录清华大学出版社网站(www.tup.com.cn)下载该表,通过网络把信息反馈到 rights-tup@mail.tsinghua.edu.cn 和 liwh@tup.tsinghua.edu.cn。您的支持将对我们的出版工作有很大的帮助,谢谢!

一、基本信息:

姓名: _____ 年龄: _____ 职称职务: _____
所在院校: _____ 系别专业: _____
联系电话: _____ 电子邮箱: _____
通信地址: _____ 邮 编: _____

二、您所授课程的学术领域(或课程名):

计算机基础理论 操作系统 计算机网络 计算机软件及理论
 计算机科学理论 数据库 信息系统 计算机语言与程序设计
 计算机系统结构 软件工程 信息安全 多媒体技术
 图形学和 CAD 人工智能 计算机通信技术
其他: _____

三、教材采用信息:

教材名称: _____ 书号: _____
使用该教材的专业: _____ 使用该教材的学生人数: _____
您对该教材有何建议: _____

四、您希望得到哪些教辅资料?

五、您希望我们就上述教材提供哪些服务?

六、近期您有何教材或专著出版计划?

七、您所在院系的联系方式?

如果您申请教辅资料或者相关服务,请务必填写下面的信息:

院系负责人姓名: _____ 电话: _____

目 录

| | |
|------------------------------|----|
| 第 1 章 基础知识 | 1 |
| 1.1 数学预备知识..... | 1 |
| 1.1.1 取整运算..... | 1 |
| 1.1.2 奇偶性..... | 2 |
| 1.1.3 集合..... | 3 |
| 1.1.4 子集..... | 5 |
| 1.1.5 集合运算..... | 6 |
| 1.1.6 笛卡尔积..... | 8 |
| 习题 1.1..... | 10 |
| 1.2 数学归纳法..... | 12 |
| 1.2.1 数学归纳法..... | 14 |
| 1.2.2 第二数学归纳法..... | 19 |
| 习题 1.2..... | 20 |
| 1.3 排列组合..... | 21 |
| 1.3.1 排列..... | 21 |
| 1.3.2 组合..... | 23 |
| 习题 1.3..... | 26 |
| 1.4 Pascal 三角形与组合恒等式..... | 30 |
| 1.4.1 递归式..... | 32 |
| 1.4.2 Pascal 三角形行性质..... | 33 |
| 1.4.3 几个组合恒等式..... | 35 |
| 习题 1.4..... | 39 |
| 本章难题与工程..... | 40 |
| 参考文献..... | 41 |
| 推荐读物..... | 41 |
| 第 2 章 图的基本概念与应用 | 42 |
| 2.1 图论模型..... | 42 |
| 2.1.1 图..... | 42 |
| 2.1.2 数学模型..... | 43 |
| 2.1.3 在化学领域的应用..... | 44 |
| 2.1.4 商业应用：仓库/零售店问题..... | 45 |
| 2.1.5 应用：最短航线问题..... | 46 |
| 2.1.6 应用：冰淇淋车的路线图..... | 46 |

| | |
|----------------------------|-----------|
| 2.1.7 应用: 旅行售货员问题 | 47 |
| 2.1.8 应用: 考试时间安排问题 | 48 |
| 2.1.9 应用: 一个任务分配模型 | 48 |
| 习题 2.1 | 49 |
| 2.2 子图与图的分类 | 50 |
| 2.2.1 基本概念 | 50 |
| 2.2.2 子图 | 51 |
| 2.2.3 一些重要类型的图 | 53 |
| 习题 2.2 | 54 |
| 2.3 图的同构 | 56 |
| 2.3.1 度序列 | 58 |
| 习题 2.3 | 61 |
| 2.4 图操作 | 63 |
| 2.4.1 并与和 | 63 |
| 2.4.2 边与结点的删除 | 64 |
| 2.4.3 补图 | 65 |
| 2.4.4 笛卡尔积 | 66 |
| 2.4.5 超立方体 | 67 |
| 2.4.6 网格 | 68 |
| 2.4.7 线图 | 69 |
| 2.4.8 边收缩 | 70 |
| 习题 2.4 | 70 |
| 参考文献 | 71 |
| 推荐读物 | 71 |
| 第 3 章 树与二分图 | 72 |
| 3.1 树的性质 | 72 |
| 3.1.1 树的一些性质 | 72 |
| 3.1.2 树的度序列 | 73 |
| 3.1.3 非同构树 | 74 |
| 3.1.4 树的叶子数 | 75 |
| 3.1.5 饱和烃 | 76 |
| 习题 3.1 | 77 |
| 3.2 最小生成树 | 78 |
| 3.2.1 生成树 | 78 |
| 3.2.2 生成树中的 k -差结点 | 79 |
| 3.2.3 最小代价生成树 | 80 |
| 习题 3.2 | 84 |
| 3.3 二分图 | 85 |
| 习题 3.3 | 88 |

| | | |
|--------------|-----------------|------------|
| 3.4 | 匹配与工作分配问题 | 89 |
| 3.4.1 | 二分图中的匹配 | 89 |
| 3.4.2 | 最大匹配 | 90 |
| 3.4.3 | 二分图中的完全匹配 | 92 |
| 3.4.4 | 相异代表系 | 94 |
| 3.4.5 | 更一般的匹配 | 94 |
| | 习题 3.4 | 95 |
| | 参考文献 | 97 |
| | 推荐读物 | 97 |
| 第 4 章 | 距离与连通性 | 98 |
| 4.1 | 图的距离 | 98 |
| 4.1.1 | 偏心距、中心、半径与直径 | 98 |
| 4.1.2 | 树与距离 | 101 |
| 4.1.3 | 树的中心 | 101 |
| 4.1.4 | 自补图与距离 | 102 |
| 4.1.5 | 树的重心 | 103 |
| | 习题 4.1 | 104 |
| 4.2 | 图的连通性 | 106 |
| 4.2.1 | 割点、桥与连通性 | 106 |
| 4.2.2 | 块 | 108 |
| 4.2.3 | Menger 定理 | 109 |
| | 习题 4.2 | 111 |
| 4.3 | 应用 | 112 |
| 4.3.1 | F-图 | 112 |
| 4.3.2 | 网络可靠性 | 114 |
| 4.3.3 | 简单的概率计算 | 114 |
| | 习题 4.3 | 115 |
| | 参考文献 | 116 |
| | 推荐读物 | 116 |
| 第 5 章 | 欧拉图与哈密顿图 | 117 |
| 5.1 | 欧拉图 | 117 |
| 5.1.1 | 多重图 | 117 |
| 5.1.2 | 哥尼斯堡七桥问题 | 118 |
| | 习题 5.1 | 121 |
| 5.2 | 哈密顿图的性质 | 123 |
| 5.2.1 | 哈密顿图 | 123 |
| 5.2.2 | 哈密顿游戏 | 124 |
| 5.2.3 | 哈密顿图的充分条件 | 125 |
| 5.2.4 | 均匀连通图与哈密顿连通图 | 126 |

| | | |
|--------------|---------------------|------------|
| 5.2.5 | 网格与哈密顿图 | 127 |
| 5.2.6 | 超立方体 | 128 |
| | 习题 5.2 | 128 |
| 5.3 | 应用 | 130 |
| 5.3.1 | 中国邮递员问题 | 130 |
| 5.3.2 | 旅行售货员问题 | 131 |
| | 习题 5.3 | 132 |
| | 参考文献 | 134 |
| | 推荐读物 | 134 |
| 第 6 章 | 图着色 | 135 |
| 6.1 | 结点着色与独立集 | 135 |
| 6.1.1 | 色数 | 135 |
| 6.1.2 | 色数与独立性 | 137 |
| 6.1.3 | 可惟一 k 着色图 | 138 |
| | 习题 6.1 | 140 |
| 6.2 | 边着色 | 141 |
| 6.2.1 | 边色数 | 141 |
| 6.2.2 | K_n 中的单色三角形 | 144 |
| | 习题 6.2 | 147 |
| 6.3 | 图着色的应用 | 148 |
| | 习题 6.3 | 153 |
| | 参考文献 | 154 |
| | 推荐读物 | 154 |
| 第 7 章 | 矩阵 | 155 |
| 7.1 | 矩阵的基本概念 | 155 |
| 7.1.1 | 矩阵运算 | 156 |
| 7.1.2 | 矩阵的乘法 | 158 |
| | 习题 7.1 | 161 |
| 7.2 | 邻接矩阵 | 162 |
| 7.2.1 | 一个简单的实例 | 162 |
| 7.2.2 | 图的邻接矩阵 | 163 |
| 7.2.3 | 关联矩阵 | 164 |
| 7.2.4 | 不同类型图的邻接矩阵 | 166 |
| 7.2.5 | 子阵和矩阵的块 | 166 |
| | 习题 7.2 | 168 |
| 7.3 | 距离矩阵 | 169 |
| 7.3.1 | 一个简单的实例 | 169 |
| 7.3.2 | 由 A 推出 D | 170 |
| 7.3.3 | 距离矩阵的图化 | 171 |

| | |
|----------------------------|------------|
| 习题 7.3..... | 172 |
| 参考文献..... | 173 |
| 推荐读物..... | 174 |
| 第 8 章 图算法 | 175 |
| 8.1 图搜索..... | 175 |
| 8.1.1 广度优先搜索..... | 175 |
| 8.1.2 深度优先搜索..... | 178 |
| 习题 8.1..... | 180 |
| 8.2 图着色算法..... | 181 |
| 8.2.1 顺序着色..... | 181 |
| 8.2.2 最大色度着色..... | 182 |
| 习题 8.2..... | 184 |
| 8.3 树编码..... | 185 |
| Prüfer 编码..... | 185 |
| 树的二进制编址..... | 187 |
| 习题 8.3..... | 190 |
| 参考文献..... | 190 |
| 推荐读物..... | 191 |
| 第 9 章 可平面图 | 192 |
| 9.1 可平面性..... | 192 |
| 9.1.1 欧拉公式..... | 195 |
| 9.1.2 可平面图中的边数..... | 195 |
| 9.1.3 可平面图的特性..... | 196 |
| 习题 9.1..... | 197 |
| 9.2 可平面图, 图着色和镶嵌..... | 199 |
| 9.2.1 图与地图..... | 199 |
| 9.2.2 嵌入..... | 201 |
| 习题 9.2..... | 203 |
| 9.3 对偶图和可平面图的应用..... | 203 |
| 9.3.1 对偶性..... | 203 |
| 9.3.2 场地布局..... | 206 |
| 习题 9.3..... | 208 |
| 参考文献..... | 210 |
| 推荐读物..... | 210 |
| 第 10 章 有向图与网络 | 211 |
| 10.1 有向图..... | 211 |
| 10.1.1 强有向化..... | 213 |
| 10.1.2 有向无圈图及偏序..... | 214 |
| 10.1.3 锦标赛..... | 216 |

| | |
|---------------------|------------|
| 习题 10.1 | 217 |
| 10.2 网络 | 219 |
| 10.2.1 网络中的距离 | 219 |
| 10.2.2 网络流 | 220 |
| 10.2.3 极小割和最小割 | 223 |
| 10.2.4 最大流最小割定理 | 223 |
| 10.2.5 求增流半路径 | 224 |
| 10.2.6 网络、匹配和连通性 | 228 |
| 习题 10.2 | 228 |
| 10.3 关键路径法 | 230 |
| 10.3.1 统筹图 | 230 |
| 10.3.2 关键路径法 | 231 |
| 习题 10.3 | 233 |
| 参考文献 | 236 |
| 推荐读物 | 237 |
| 第 11 章 专题讨论 | 238 |
| 11.1 RAMSEY 理论 | 238 |
| 11.1.1 Ramsey 定理 | 238 |
| 11.1.2 一般化 ramsey 数 | 240 |
| 习题 11.1 | 243 |
| 11.2 图支配 | 244 |
| 11.2.1 支配的概念 | 244 |
| 11.2.2 覆盖、支配和独立集 | 247 |
| 习题 11.2 | 248 |
| 参考文献 | 249 |
| 推荐读物 | 249 |
| 附录 A 部分习题答案 | 250 |
| 第 1 章 | 250 |
| 习题 1.1 | 250 |
| 习题 1.2 | 251 |
| 习题 1.3 | 252 |
| 习题 1.4 | 252 |
| 第 2 章 | 253 |
| 习题 2.1 | 253 |
| 习题 2.2 | 254 |
| 习题 2.3 | 255 |
| 习题 2.4 | 256 |
| 第 3 章 | 257 |
| 习题 3.1 | 257 |

| | |
|-------------------------|------------|
| 习题 3.2..... | 259 |
| 习题 3.3..... | 259 |
| 习题 3.4..... | 260 |
| 第 4 章..... | 261 |
| 习题 4.1..... | 261 |
| 习题 4.2..... | 263 |
| 习题 4.2..... | 263 |
| 第 5 章..... | 263 |
| 习题 5.1..... | 263 |
| 习题 5.2..... | 264 |
| 习题 5.3..... | 265 |
| 第 6 章..... | 266 |
| 习题 6.1..... | 266 |
| 习题 6.2..... | 267 |
| 习题 6.3..... | 268 |
| 第 7 章..... | 269 |
| 习题 7.1..... | 269 |
| 习题 7.2..... | 270 |
| 习题 7.3..... | 271 |
| 第 8 章..... | 271 |
| 习题 8.1..... | 271 |
| 习题 8.2..... | 272 |
| 习题 8.3..... | 273 |
| 第 9 章..... | 275 |
| 习题 9.1..... | 275 |
| 习题 9.2..... | 277 |
| 习题 9.3..... | 278 |
| 第 10 章..... | 280 |
| 习题 10.1..... | 280 |
| 习题 10.2..... | 283 |
| 附录 B 本书符号列表..... | 286 |