



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



21世纪大学本科  
计算机专业系列教材

王晓东 编著  
陈道蓄 主审

# 数据结构 (STL框架)

<http://www.tup.com.cn>

- 国家精品课程配套教材
- 根据教育部“高等学校计算机科学与技术专业规范”组织编写
- 与美国 ACM 和 IEEE *Computing Curricula 2005* 同步



清华大学出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
21世纪大学本科计算机专业系列教材

国家精品课程配套教材

# 数据结构(STL框架)

王晓东 编著  
陈道蓄 主审



清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书以 ACM 和 IEEE/CS Computing Curricula 2005 课程体系以及教育部计算机科学与技术教学指导委员会发布的“高等学校计算机科学与技术本科专业规范”中制定的关于数据结构和算法设计与分析的知识结构和体系为依据,以基本数据结构和抽象数据类型为知识单元而编写。本书一个明显的特色是在 STL(Standard Template Library)框架下描述数据结构的设计思想和实现方法,使读者循序渐进地理解数据抽象,面向对象设计方法和泛型算法设计三位一体的面向高层次的现代化软件设计风格。全书共分 16 章,涵盖 CC2005 课程体系中有算法与数据结构、知识结构和体系的重要内容,包括算法与数据结构引论、向量、双端队列、表、栈和队列、排序与选择、树、二叉搜索树、平衡搜索树、集合、映射、堆与优先队列、散列、并查集、图与相关算法。

全书采用面向对象的 C++ 语言作为描述语言,以 STL 的设计理念为描述和实现框架,内容丰富,叙述简明,理论与实践并重,每章设计有应用举例、数据结构与算法实验题,并为任课教师免费提供电子课件和课程实验用数据。

本书可作为高等学校计算机、电子信息、信息与计算科学、信息管理与信息系统等专业数据结构课程教材,也适合工程技术人员和自学者学习参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

## 图书在版编目(CIP)数据

数据结构(STL 框架)/王晓东编著. —北京:清华大学出版社,2009.9

(21 世纪大学本科计算机专业系列教材)

ISBN 978-7-302-20393-3

I. 数… II. 王… III. 数据结构—高等学校—教材 IV. TP311.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 101093 号

责任编辑:张瑞庆 薛 阳

责任校对:李建庄

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:26 字 数:631 千字

版 次:2009 年 9 月第 1 版 印 次:2009 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:34.80 元

本书如存在文字不清、漏印、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)62770177 转 3103 产品编号:024085-01

## 21世纪大学本科计算机专业系列教材编委会

名誉主任：陈火旺

主任：李晓明

副主任：钱德沛 焦金生

委员：（按姓氏笔画为序）

马殿富 王志英 王晓东 宁 洪 刘 辰

孙茂松 李大友 李仲麟 吴朝晖 何炎祥

宋方敏 张大方 张长海 周兴社 侯文永

袁开榜 钱乐秋 黄国兴 蒋宗礼 曾 明

廖明宏 樊孝忠

秘 书：张瑞庆

本书主审：陈道蓄

21 世纪是知识经济的时代,是人才竞争的时代。随着 21 世纪的到来,人类已步入信息社会,信息产业正成为全球经济的主导产业。计算机科学与技术的信息产业中占据了最重要的地位,这就对培养 21 世纪高素质创新型计算机专业人才提出了迫切的要求。

为了培养高素质创新型人才,必须建立高水平的教学计划和课程体系。在 20 多年跟踪分析 ACM 和 IEEE 计算机课程体系的基础上,紧跟计算机科学与技术的发展潮流,及时制定并修正教学计划和课程体系是尤其重要的。计算机科学与技术的发展对高水平人才的要求,需要我们从总体上优化课程结构,精炼教学内容,拓宽专业基础,加强教学实践,特别注重综合素质的培养,形成“基础课程精深,专业课程宽新”的格局。

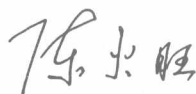
为了适应计算机科学与技术学科发展和计算机教学计划的需要,要采取多种措施鼓励长期从事计算机教学和科技前沿研究的专家教授积极参与计算机专业教材的编著和更新,在教材中及时反映学科前沿的研究成果与发展趋势,以高水平的科研促进教材建设。同时适当引进国外先进的原版教材。

为了提高教学质量,需要不断改革教学方法与手段,倡导因材施教,强调知识的总结、梳理、推演和挖掘,通过加快教案的不断更新,使学生掌握教材中未及时反映的学科发展新动向,进一步拓宽视野。教学与科研相结合是培养学生实践能力的有效途径。高水平的科研可以为教学提供最先进的高新技术平台和创造性的工作环境,使学生得以接触最先进的计算机理论、技术和环境。高水平的科研还可以为高水平人才的素质教育提供良好的物质基础。学生在课题研究中不但能了解科学研究的艰辛和科研工作者的奉献精神,而且能熏陶和培养良好的科研作风,锻炼和培养攻关能力和协作精神。

进入 21 世纪,我国高等教育进入了前所未有的大发展时期,时代的进步与发展对高等教育质量提出了更高、更新的要求。2001 年 8 月,教育部颁发了《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》。文件指出,本科教育是高等教育的主体和基础,抓好本科教学是提高整个高等教育质量的重点和关键。随着高等教育的普及和高等学校的扩招,在校大学本科计算机专业学生的人数将大量上升,对适合 21 世纪大学本科计算机科学与技术学科课程体系要求的,并且适合中国学生学习的计算机专业教材的需求量也将急剧增加。为此,中国计算机学会和清华大学出版社共同规划了面向全国高等院校计算机专业本科生的“21 世纪大学本科计算机专业系列教材”。本系列教材借鉴美国 ACM 和 IEEE 最新制定的 *Computing Curricula 2005* (简称 CC2005) 课程体系,反映当代计算机科学与技术学科水平和计算机科学技术的新发展、新技术,并且结合中国计算机教育改革成果和中国国情。

中国计算机学会教育专业委员会和全国高等学校计算机教育研究会,在清华大学出版社的大力支持下,跟踪分析 CC2001,并结合中国计算机科学与技术学科的发展现状和计算机教育的改革成果,研究出了《中国计算机科学与技术学科教程 2002》(China Computing Curricula 2002,简称 CCC2002),该项研究成果对中国高等学校计算机科学与技术学科教育的改革和发展具有重要的参考价值和积极的推动作用。

“21 世纪大学本科计算机专业系列教材”正是借鉴美国 ACM 和 IEEE CC2005 课程体系,依据 CCC2002 基本要求组织编写的计算机专业教材。相信通过这套教材的编写和出版,能够在内容和形式上显著地提高我国计算机专业教材的整体水平,继而提高我国大学本科计算机专业的教学质量,培养出符合时代发展要求的具有较强国际竞争力的高素质创新型计算机人才。



中国工程院院士

国防科学技术大学教授

21 世纪大学本科计算机专业系列教材编委会名誉主任

计算机技术和计算机的应用技术已经成为信息社会的重要基础设施。高等教育中计算机学科的培养目标,教学计划和课程设置也随着领域的变化在不断地调整,巩固和完善。计算机科学是一种创造性思维活动,其教育必须面向设计。数据结构正是一门面向设计,且处于计算机学科核心地位的技术基础和主干必修课,是计算学科的九个主科目之一。它不仅是计算机科学教育后续课程的理论基础,而且还广泛地用于新兴的技术和研究领域。本书是在国家精品课程“算法与数据结构”的建设过程中,以 ACM 和 IEEE/CS Computing Curricula 2005 课程体系及教育部计算机科学与技术教学指导委员会发布的“高等学校计算机科学与技术本科专业规范”中关于算法与数据结构的知识结构和体系为依据编写。数据结构课程的主要特点是既有严格的理论证明,又具有很强的构造性和应用性,因此本书围绕计算学科常用的基本数据结构和基本算法组织教学内容。在概念的编织上,贯穿学科中反复出现的 12 个基本概念。在内容的组织上,体现计算学科的新概括,融会为学科形态的理论、抽象和设计三个过程。本书的一个明显的特色是在 STL(Standard Template Library) 的框架下描述数据结构的设计思想和实现方法,使读者循序渐进地理解数据抽象、面向对象设计方法和泛型算法设计三位一体的面向高层次的现代化软件设计风格。全书共分 16 章。

第 1 章是算法与数据结构引论,介绍数据结构、抽象数据类型和算法等基本概念,并简要阐述了算法的计算复杂性和用面向对象的 C++ 语言描述算法的方法。介绍了 C++ 标准库中最重要的组成部分标准模板库 STL 以及与其相关的容器,泛型算法和迭代器等泛型数据结构和算法的基本概念。

第 2~16 章以抽象数据类型为主线索,以 STL 的设计理念为描述和实现框架,围绕计算学科中常用的基本数据结构组织内容。

第 2~6 章依次介绍基于序列的数据结构向量、双端队列、表、栈和队列。

第 7 章介绍在实际应用中常用的排序与选择算法。

第 8 章讨论反映层次关系的抽象数据类型树。

第 9 章的主题是二叉搜索树以及以有序集为基础的抽象数据类型字典的实现方法。

第 10 章平衡搜索树是第 9 章内容的延伸,主要从提升二叉搜索树效率的角度来考察搜索树的平衡性。

第 11 章和第 12 章讨论的集合和映射是 STL 中最有用的关联式容器。在这两章中详细讨论了它们的设计思想和实现方法。

第 13 章讨论散列技术及用散列技术实现符号表,集合和映射的方法。

第 14 章讨论堆与优先队列的实现方法。

第 15 章讨论以不相交集为基础的抽象数据类型并查集及其实现方法。

第 16 章介绍非线性结构图及相关算法。

数据结构是一门理论性强,而且实践难度较大的专业基础课程。为了使学生在深刻理解课程内容的基础上,灵活运用所学的知识解决实际问题,在每个知识单元都特别设置了“应用举例”作为该知识单元的小结,以期通过本知识单元内容的具体应用来深化学生对学习内容的理解和实际应用的能力。另外每章末有难易适当的习题,并特别设计了数据结构与算法实验题,以强化实践环节,要求学生课后通过上机实验来完成。作者的教学实践证明,这类实验题对学生掌握课堂教学内容有很大帮助,效果非常好。作者还结合国家精品课程建设,建立了教学网站 <http://ds.fzu.edu.cn>,欢迎广大读者访问教学网站,并提出宝贵意见。

在本书的编写过程中,得到了教育部高等学校计算机科学与技术教学指导委员会的关心和支持。福州大学和泉州师范学院“211 工程”计算机与信息工程重点学科实验室为本书的编写提供了优良的设备和工作环境。在此谨向每一位曾经关心和支持本书编写工作的各方面人士表示衷心的感谢!

由于作者的知识和写作水平有限,书稿虽几经修改,仍难免有缺点和错误。热忱欢迎同行专家和读者批评指正。使本书在使用中不断得到改进,日臻完善。

作者

2009 年 7 月



第 1 章 算法与数据结构引论 .....	1
1.1 算法及其复杂性的概念 .....	1
1.1.1 算法与程序 .....	1
1.1.2 算法复杂性的概念 .....	1
1.1.3 算法复杂性的渐近性态 .....	2
1.2 数据结构与抽象数据类型 .....	3
1.3 用C++ 描述数据结构与算法 .....	4
1.3.1 指针和引用 .....	4
1.3.2 函数与参数传递 .....	4
1.3.3 C++ 的类 .....	5
1.3.4 类的对象 .....	6
1.3.5 模板 .....	6
1.3.6 动态存储分配 .....	7
1.4 递归 .....	8
1.5 标准模板库 STL 与泛型算法 .....	9
1.5.1 STL 概述 .....	9
1.5.2 容器 .....	10
1.5.3 迭代器 .....	10
1.5.4 泛型算法 .....	11
1.5.5 函数对象 .....	14
1.6 应用举例 .....	19
1.6.1 用C++ 的类实现抽象数据类型 .....	19
1.6.2 顺序搜索与二分搜索算法的设计与分析 .....	23
1.6.3 递归算法的设计与分析 .....	25
习题 1 .....	26
数据结构与算法实验 1 .....	27
数据结构与算法实验题 1.1 实系数复变多项式问题 .....	27
数据结构与算法实验题 1.2 平面几何问题 .....	28
数据结构与算法实验题 1.3 $m$ 进制数问题 .....	29

<b>第 2 章 向量</b> .....	30
2.1 向量的基本概念 .....	30
2.2 抽象数据类型向量 .....	30
2.3 向量的迭代器 .....	30
2.4 向量的实现方法 .....	31
2.5 矩阵与多维向量 .....	35
2.6 高精度整数 .....	36
2.7 应用举例 .....	47
2.7.1 搜索公共元素问题 .....	47
2.7.2 同色方块识别问题 .....	48
2.7.3 全排列问题 .....	49
习题 2 .....	49
数据结构与算法实验 2 .....	50
数据结构与算法实验题 2.1 前缀与后缀和问题 .....	50
数据结构与算法实验题 2.2 投票选举问题 .....	50
数据结构与算法实验题 2.3 稳定婚姻问题 .....	51
数据结构与算法实验题 2.4 凸多边形的三角剖分问题 .....	52
<b>第 3 章 双端队列</b> .....	53
3.1 双端队列的基本概念 .....	53
3.2 抽象数据类型双端队列 .....	53
3.3 双端队列的实现方法 .....	54
3.4 双端队列的迭代器 .....	60
3.5 应用举例 .....	62
3.5.1 双端队列的简单应用 .....	62
3.5.2 简单多边形的凸壳问题 .....	63
习题 3 .....	65
数据结构与算法实验 3 .....	65
数据结构与算法实验题 3.1 排队购票问题 .....	65
数据结构与算法实验题 3.2 循环向量的极值问题 .....	66
<b>第 4 章 线性表</b> .....	68
4.1 表的基本概念 .....	68
4.2 用数组实现表 .....	69
4.3 用指针实现表 .....	73
4.3.1 用指针实现单链表的方法 .....	73
4.3.2 单链表的迭代器 .....	75
4.4 用间接寻址方法实现表 .....	79

4.4.1	间接寻址方法的基本思想	79
4.4.2	间接寻址表的迭代器	82
4.5	用游标实现表	84
4.5.1	用游标实现表的基本思想	84
4.5.2	游标实现的表的迭代器	89
4.6	循环链表	90
4.6.1	实现单循环链表的基本思想	90
4.6.2	单循环链表的迭代器	92
4.7	双链表	94
4.7.1	实现双向循环链表的基本思想	94
4.7.2	双向循环链表的迭代器	97
4.8	应用举例	101
4.8.1	多项式函数	101
4.8.2	Josephus 排列问题	106
习题 4		107
数据结构与算法实验 4		108
数据结构与算法实验题 4.1	实系数一元多项式问题	108
数据结构与算法实验题 4.2	Josephus 排列问题 1	109
数据结构与算法实验题 4.3	向量分类问题	110
数据结构与算法实验题 4.4	条形图轮廓问题	110
数据结构与算法实验题 4.5	Josephus 排列问题 2	111
<b>第 5 章</b>	<b>栈</b>	<b>113</b>
5.1	栈的基本概念	113
5.2	栈的实现方法	114
5.3	应用举例	115
5.3.1	等价类划分问题	115
5.3.2	模拟递归问题	117
5.3.3	电路板布线问题	119
习题 5		121
数据结构与算法实验 5		121
数据结构与算法实验题 5.1	车皮编序问题	121
数据结构与算法实验题 5.2	单柱 Hanoi 塔问题	122
数据结构与算法实验题 5.3	多栈模拟问题	123
数据结构与算法实验题 5.4	亲兄弟问题	124
<b>第 6 章</b>	<b>队列</b>	<b>125</b>
6.1	队列的基本概念	125
6.2	队列的实现方法	125

6.3	应用举例 .....	126
6.3.1	最优电路布线问题 .....	126
6.3.2	和谐短信问题 .....	129
	习题 6 .....	130
	数据结构与算法实验 6 .....	130
	数据结构与算法实验题 6.1 组队列问题 .....	130
	数据结构与算法实验题 6.2 双栈队列问题 .....	131
	数据结构与算法实验题 6.3 猴子分桃问题 .....	132
	数据结构与算法实验题 6.4 逆序表问题 .....	132
<b>第 7 章</b>	<b>排序与选择 .....</b>	<b>134</b>
7.1	简单排序算法 .....	134
7.1.1	冒泡排序算法 .....	134
7.1.2	插入排序算法 .....	135
7.1.3	选择排序算法 .....	136
7.1.4	简单排序算法的计算复杂性 .....	136
7.2	快速排序算法 .....	137
7.2.1	算法基本思想及实现 .....	137
7.2.2	算法性能分析 .....	139
7.2.3	随机快速排序算法 .....	139
7.3	合并排序算法 .....	140
7.3.1	算法基本思想及实现 .....	140
7.3.2	消除递归 .....	141
7.3.3	自然合并排序算法 .....	141
7.4	链表排序与索引排序算法 .....	142
7.4.1	链表排序算法 .....	142
7.4.2	索引排序算法 .....	149
7.5	线性时间排序算法 .....	151
7.5.1	计数排序算法 .....	151
7.5.2	桶排序算法 .....	152
7.6	中位数与第 $k$ 小元素 .....	152
7.6.1	平均情况下的线性时间选择算法 .....	153
7.6.2	最坏情况下的线性时间选择算法 .....	154
7.7	泛型排序算法 .....	156
7.7.1	排序算法的泛化方法 .....	156
7.7.2	泛型合并排序算法 .....	158
7.7.3	泛型快速排序算法 .....	159

7.7.4 泛型选择算法	160
7.8 应用举例	161
7.8.1 区间覆盖问题	161
7.8.2 输油管道问题	161
习题 7	162
数据结构与算法实验 7	163
数据结构与算法实验题 7.1 交换排序问题	163
数据结构与算法实验题 7.2 DNA 排序问题	163
数据结构与算法实验题 7.3 邮局选址问题	164
数据结构与算法实验题 7.4 最优服务次序问题	165
<b>第 8 章 树</b>	166
8.1 树的定义	166
8.2 树的遍历	168
8.3 树的表示法	170
8.3.1 父结点数组表示法	170
8.3.2 儿子链表表示法	170
8.3.3 左儿子右兄弟表示法	171
8.4 二叉树的基本概念	171
8.5 二叉树的运算	173
8.6 二叉树的实现	174
8.6.1 二叉树的顺序存储结构	174
8.6.2 二叉树的结点度表示法	175
8.6.3 用指针实现二叉树	176
8.7 线索二叉树	179
8.8 应用举例——信号增强装置布局问题	181
习题 8	184
数据结构与算法实验 8	185
数据结构与算法实验题 8.1 层序列表问题	185
数据结构与算法实验题 8.2 最近公共祖先问题	186
数据结构与算法实验题 8.3 子树问题	187
数据结构与算法实验题 8.4 同构二叉树问题	187
数据结构与算法实验题 8.5 后序中序遍历问题	188
<b>第 9 章 二叉搜索树</b>	189
9.1 有序集与二叉搜索树	189
9.1.1 抽象数据类型字典	189
9.1.2 用数组实现字典	189
9.1.3 二叉搜索树的基本概念	190

9.2	实现二叉搜索树 .....	190
9.3	二叉搜索树的迭代器 .....	199
9.4	二叉搜索树的效率 .....	205
9.5	应用举例——条形图统计问题 .....	207
	习题 9 .....	209
	数据结构与算法实验 9 .....	209
	数据结构与算法实验题 9.1 装箱问题 .....	209
	数据结构与算法实验题 9.2 电路板连线问题 .....	210
	数据结构与算法实验题 9.3 字典问题 .....	211
<b>第 10 章</b>	<b>平衡搜索树 .....</b>	<b>212</b>
10.1	红黑树 .....	212
10.1.1	红黑树的定义和性质 .....	212
10.1.2	旋转变换 .....	213
10.1.3	红黑树的插入运算与重平衡 .....	216
10.1.4	红黑树的删除运算与重平衡 .....	218
10.2	AVL 树 .....	223
10.2.1	AVL 树的定义和性质 .....	223
10.2.2	AVL 树的插入运算与重平衡 .....	224
10.2.3	AVL 树的删除运算与重平衡 .....	226
10.3	应用举例 .....	229
10.3.1	条形图统计问题 .....	229
10.3.2	动态选择问题 .....	230
10.3.3	Josephus 排列问题 .....	232
	习题 10 .....	233
	数据结构与算法实验 10 .....	234
	数据结构与算法实验题 10.1 逆序计数问题 .....	234
	数据结构与算法实验题 10.2 $k$ 后继问题 .....	234
	数据结构与算法实验题 10.3 圆内相交弦问题 .....	235
	数据结构与算法实验题 10.4 最小间隙问题 .....	236
	数据结构与算法实验题 10.5 图形周长问题 .....	237
	数据结构与算法实验题 10.6 动态选择问题 .....	237
<b>第 11 章</b>	<b>集合 .....</b>	<b>239</b>
11.1	集合的基本概念 .....	239
11.2	用位向量实现集合 .....	240
11.3	用平衡二叉搜索树实现集合 .....	246
11.3.1	直接应用红黑树实现集合 .....	246
11.3.2	平衡二叉搜索树的泛化 .....	247

11.3.3 符合 STL 标准的集合 .....	252
11.4 多重集合 .....	254
11.5 泛型集合运算 .....	256
11.6 应用举例 .....	259
11.6.1 Eratosthenes 筛法 .....	259
11.6.2 子集和问题 .....	260
11.6.3 拼写检查问题 .....	260
11.6.4 软件产品数据库问题 .....	261
习题 11 .....	262
数据结构与算法实验 11 .....	263
数据结构与算法实验题 11.1 半数集问题 .....	263
数据结构与算法实验题 11.2 账单支付问题 .....	263
数据结构与算法实验题 11.3 张贴海报问题 .....	264
数据结构与算法实验题 11.4 三色棋游戏问题 .....	265
<b>第 12 章 映射</b> .....	266
12.1 映射的基本概念 .....	266
12.2 用平衡二叉搜索树实现映射 .....	266
12.2.1 二叉搜索树的进一步泛化 .....	266
12.2.2 符合 STL 标准的映射 .....	272
12.3 多重映射 .....	274
12.4 应用举例 .....	275
12.4.1 种群分布统计问题 .....	275
12.4.2 电子字典问题 .....	276
习题 12 .....	278
数据结构与算法实验 12 .....	278
数据结构与算法实验题 12.1 工作薪酬问题 .....	278
数据结构与算法实验题 12.2 扑克游戏智能分析问题 .....	279
数据结构与算法实验题 12.3 最优行驶路线问题 .....	280
数据结构与算法实验题 12.4 库存调整问题 .....	281
数据结构与算法实验题 12.5 双字符字频分析问题 .....	282
数据结构与算法实验题 12.6 英文词汇分析问题 .....	283
<b>第 13 章 散列</b> .....	285
13.1 符号表 .....	285
13.2 开散列 .....	286
13.3 闭散列 .....	292
13.4 散列函数的效率 .....	297
13.5 重新散列 .....	298

13.6	散列集	299
13.6.1	用散列表实现集合	299
13.6.2	用散列表实现多重集合	300
13.7	散列映射	301
13.7.1	开散列表的泛化	301
13.7.2	用散列表实现映射	307
13.7.3	用散列表实现多重映射	308
13.8	应用举例	309
13.8.1	字符串频率统计问题	309
13.8.2	拼写检查问题	310
13.8.3	种群分布统计问题	311
13.8.4	电子字典问题	312
	习题 13	313
	数据结构与算法实验 13	313
	数据结构与算法实验题 13.1 伪随机排列问题	313
	数据结构与算法实验题 13.2 字符串散列问题	314
	数据结构与算法实验题 13.3 英文文本分析问题	314
	数据结构与算法实验题 13.4 最长模式串问题	315
<b>第 14 章</b>	<b>堆与优先队列</b>	<b>316</b>
14.1	优先队列的基本概念	316
14.2	优先级树和堆	316
14.3	堆的顺序存储方式	317
14.4	堆的有关算法	318
14.5	堆的泛型算法	323
14.6	用堆实现优先队列	326
14.7	可并优先队列	327
14.7.1	左偏树的定义	327
14.7.2	用左偏树实现可并优先队列	328
14.7.3	泛化左偏树	331
14.8	应用举例	332
14.8.1	优先队列的比较模式	332
14.8.2	哈夫曼编码问题	334
14.8.3	活动安排问题	337
	习题 14	338
	数据结构与算法实验 14	338
	数据结构与算法实验题 14.1 区间相交问题	338
	数据结构与算法实验题 14.2 整数字典问题	338
	数据结构与算法实验题 14.3 最小权语言问题	339



数据结构与算法实验题 14.4	二叉搜索堆问题	339
数据结构与算法实验题 14.5	区间覆盖问题	340
数据结构与算法实验题 14.6	批作业调度问题	341
<b>第 15 章 并查集</b>		342
15.1	并查集的基本概念	342
15.2	用父结点向量实现并查集	343
15.3	应用举例——离线最小值问题	346
习题 15		347
数据结构与算法实验 15		348
数据结构与算法实验题 15.1	二进制方程问题	348
数据结构与算法实验题 15.2	网络连通问题	349
数据结构与算法实验题 15.3	朋友问题	349
数据结构与算法实验题 15.4	等价类划分问题	350
<b>第 16 章 图</b>		352
16.1	图的基本概念	352
16.2	抽象数据类型图	355
16.3	图的表示法	355
16.3.1	邻接矩阵表示法	355
16.3.2	邻接表表示法	356
16.3.3	紧缩邻接表	356
16.4	用邻接矩阵实现图	357
16.4.1	用邻接矩阵实现图的方法	357
16.4.2	邻接矩阵图的顶点迭代器	359
16.5	用邻接表实现图	360
16.5.1	用邻接表实现图的方法	360
16.5.2	邻接表图的顶点迭代器	362
16.6	用邻接矩阵实现赋权图	362
16.6.1	用邻接矩阵实现赋权图的方法	362
16.6.2	邻接矩阵赋权图的顶点迭代器	365
16.7	用邻接表实现赋权图	365
16.7.1	用邻接表实现赋权图的方法	365
16.7.2	邻接表赋权图的顶点迭代器	368
16.8	图的遍历搜索算法	369
16.8.1	广度优先搜索	369
16.8.2	深度优先搜索	370
16.9	最短路径算法	371
16.9.1	单源最短路径算法	371