

国外经典教材

数据结构与算法

——面向对象的C++设计模式

〔美〕Bruno R. Preiss 著

胡广斌 王 崧 惠民 等译

*Data Structures and Algorithms with
Object-Oriented Design Patterns in C++*


WILEY



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

URL: <http://www.phei.com.cn>

Data Structures and Algorithms
with Object-Oriented Design Patterns in C++

数据结构与算法

——面向对象的C++设计模式

〔美〕 Bruno R. Preiss 著

胡广斌 王崧 惠民 等译

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 提 要

本书是作者根据他在滑铁卢大学计算机工程学院教授数据结构与算法课程的经验编写而成的。它采用C++面向对象的设计模式,不仅系统全面地介绍了各种传统的数据结构,还把它们按照类如类层次的现代理念予以展开,进而达到抽象结构与实际设计的完美统一。本书的后三章通过引入抽象问题求解的概念,集中讲述了算法技术和各算法之间的关系。另外,作者运用一定的数学工具以及必要的分析技术和分析理论,对每种数据结构及相关算法都进行了时间和空间效率分析。

作为教科书,本书作者还在每章后面布置了习题和设计项目,并在全书的后面给出了问题参考答案,希望读者能在其中汲取宝贵的知识与经验。



WILEY

Copyright © 1999 by Terry Escamilla, All Rights Reserved. Authorized translation from the English language edition published by John Wiley & Sons, Inc. and Terry Escamilla. No part of this publication may be stored in a retrieval system, transmitted, or reproduced in any way, including but not limited to photocopy, photograph, magnetic or other record, without the prior agreement and written permission of the publisher.

本书英文版由美国John Wiley & Sons, Inc.出版,版权持有者为Terry Escamilla,经持有者同意,John Wiley & Sons, Inc.已将中文版独家版权授予中国电子工业出版社及北京美迪亚电子信息有限公司。未经许可,不得以任何形式和手段复制或抄袭本书内容。

图书在版编目(CIP)数据

数据结构与算法:面向对象的C++设计模式/(美)普瑞思(Preiss, R. B.)著;胡广斌等译. —北京:电子工业出版社, 2000.4

ISBN 7-5053-5416-7

I. 数… II. ①普… ②胡… III. ①数据结构 ②电子计算机—算法理论 IV. TP311.12

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第06294号

书 名: 数据结构与算法——面向对象的C++设计模式

著 作 者: [美] Bruno R. Preiss

译 者: 胡广斌 王崧 惠民 等

责任编辑: 李莹

印 刷 者: 北京天竺颖华印刷厂

装 订 者: 三河金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社 URL: <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编: 100036 电话: 68279077

北京市海淀区翠微东里甲2号 邮编: 100036 电话: 68207419

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 41.75 字数: 1060千字

版 次: 2000年4月第1版 2000年4月第1次印刷

书 号: ISBN 7-5053-5416-7

TP·2715

定 价: 62.00元

版权贸易合同登记号 图字: 01-1999-0928

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页所附磁(光)盘有问题者,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系调换。

前言

这本书是根据我教授E&CE250（滑铁卢大学计算机工程学的算法和数据结构）这个课程的经验写成的。我有幸目睹了面向对象的方法的出现以及它对数据结构和算法分析方面的教学产生的重大影响。这些技术的成功实施带来了一种认识上的一致性：当合适的设计模式和抽象方法被使用时，那些独立的明显不相关的思想好像得到了统一。

这种范例的转变是进化的和革命性的。一方面，随着程序员和研究人员不断发现新的算法和数据结构，这种知识的基础得到了长足的增长。另一方面，面向对象技术的正确使用又需要程序设计和实施方式上的根本变化。

目的

这本书的主要目的是为了促进用C++进行面向对象的设计并且阐述如何使用面向对象的设计模式。富有经验的面向对象的程序员发现了某些使工作完成得很好的方法并且不断地加以实践。这本书就是告诉你如何使用这些方式来实现好的软件设计。特别地，下面的这些设计方式贯穿于全文之中：单元素，容器，迭代器，适配器和访问者等。

事实上，所有的数据结构都在一个单一、统一、多态的类层次的关系中表现出来。这个框架清楚地表示了数据结构之间的关系并且阐述了多态性和继承性的有效应用。另外，当提到算法类时，算法抽象被广泛地使用。也就是说在描述一种一般性的算法时可以不用去关心它特殊的具体的实现细节。

这本书的第二个目的是提出一些数学工具，以及必要的分析技术和分析理论。在过去，当本书中的课程只向研究生教授时，作者依赖于学生已经有了在数学方面的基础理论。然而要将本书向大学二三年级的学生推介，就有必要加入一些所需的背景知识。我们的出发点是尽可能地培养他们对概念的直观感觉而不是对数学的严谨性。

方法

仅仅读一本书就学会编程序是可望而不可求的，经验必须要通过实践来积累并升华。然而，最好的实践就是研究他人的工作并把他们的观点融合到自己的实践中。我建议在学习基本的程序设计后，学生们应该接触一些复杂的、很好的程序，使他们能够了解如何设计好的软件。

为此，本书全部采用C++的程序片段介绍各种各样的数据结构和算法。所有这些程序段都是从正在使用的和经过测试的程序源代码中自动提取出来的。

ANSI标准C++语言的草案中提出的所有功能在这些例子中都被使用了，包括模板、例题和运行时类信息[3]等。根据我的经验，通过进行适当的提取，就有可能把这些概念应用于完全的功能性程序，而不需要求助于伪代码或手写。

概述

这本书中出现的素材在ACM/IEEE-CS联合课程任务的Computing Curricula 1991报告中已得到确认。本书特别专注于以下的几个知识单元：AL1：基本数据结构，AL2：抽象数据类型，AL3：递归算法，AL4：复杂性算法，AL6：排序和查找，以及AL8：问题求解策略。其覆盖的宽度和涉及的深度在计算科学/计算工程专业二或三年级学生的课程中最具有代表性。

为了分析一个程序，需要提出一个计算机的模型。在第2章中就有许多此类模型以及阐述这些模型如何预测性能的实例，它们都考虑了运行时正常的情况和最糟糕的情况。复杂性算法和如何用重复的代入法来解决重复性问题也是本章要讨论的，另外还有对数学、几何级数、Horner法则和调和数的特性等所做的总体回顾。

第3章介绍不对称（大-oh）符号，还通过与第2章比较说明不对称分析的结果和更高的逼真模型是相容的。除 $O(\cdot)$ 之外，这章还讨论了别的不对称符号 $\Omega(\cdot)$ ， $\Theta(\cdot)$ 和 $\mathcal{O}(\cdot)$ 及多项式和对数的性质。

第4章介绍基本数据结构——数组和链表。事实上，本书其余部分所有的数据结构都能用这些基本数据结构的一种或两种来实现。这章还要讨论多维数组和矩阵。

第5章介绍抽象的数据类型。它提出了贯穿于本书中所使用的重复的设计模式和后面几章中出现的一种统一的结构。特别是，所有的数据结构都被看作抽象的容器。

第6章讨论堆栈，队列和双端队列。本章提出了基于两种基本数据结构（数组和链表）的实现。堆栈，队列和双端队列的应用都有介绍。

第7章讨论顺序列表，包括有序和无序。在这一章里，列表被看作一个可查找的容器。关于列表的许多应用也有介绍。

第8章介绍散列和哈希表。本章致力于为各种基本数据类型以及第5章所介绍的抽象数据类型进行散列函数的设计，对分散表和哈希表都有相当深度的介绍并且得到了解析的性能结果。

第9章介绍树和它们的多种形态，以及树的深度优先和广度优先遍历。同时也基于访问者模式之上的完整的一般遍历算法，表明算法抽象的强大功效。本章还介绍如何用树表现数学表达式，以及遍历和各种各样的表达式符号（前缀，中缀，后缀）之间的关系。

第10章把树作为可查找的容器。通过揭示简单算法和平衡算法之间的关系，算法抽象的力量再一次得到了体现。本章还介绍平均概率性能分析以及通过伸缩性来解决循环等问题。

第11章介绍许多优先级队列的实现，包括二叉堆，左翼堆和二项式队列等。并特别阐述如何把一个比较复杂的数据结构（左翼堆）展开为已经存在的一种（树）。同时将离散事件的模拟作为优先队列的一个应用而提出。

第12章介绍集合和多元集合。还有分割和解体集合的算法，它再一次阐述了算法抽象。

第13章介绍动态存储管理，这在这一类的书籍中通常是找不到的。然而允许使用者重新定义new和delete操作符这一C++的特征使得这个主题具有可实现性。

第14章概述许多的算法设计技术。包括蛮干算法和贪心算法，回溯算法（包括分支界线法），分治算法和动态程序设计等。建立在一个抽象求解空间和抽象求解程序这两种概念

之上的面向对象的方法统一了许多的讨论。本章还简要介绍随机数的产生，蒙特卡洛方法和模拟退火等。

第15章介绍基于抽象排序概念的面向对象方式中的主要排序算法。另外，以算法抽象来阐述各种各样的排序算法类之间的关系并示范算法抽象的使用。

最后，第16章全面介绍图和图算法。包括深度优先和广度优先这两种图的遍历，以及被看作是另一种特殊遍历的拓扑排序。本章还提出基于访问者设计模式的一般的遍历算法，再一次阐述算法抽象，并对最短路径算法和最小跨度树算法做了介绍。

在每一章的结尾都有一套练习题和一套程序设计题：练习题用来巩固出现在文中的概念，程序设计则需要学生去拓展文中所给的实例。

建议课程大纲

本书可以在一学期或两学期的课程中使用。我在滑铁卢教这个课程时用的就是一个学期的36个学时，具体安排如下：

1. 复习C++程序设计的基础知识，概述用C++进行面向对象的程序设计（附录A）。
[4个学时]
2. 计算模型，算法分析和渐近表示法（第2章和第3章）。[4个学时]
3. 基本数据结构，抽象和抽象数据类型（第4章和第5章）。[4个学时]
4. 堆栈，队列，线性表和排序表（第6章和第7章）。[3个学时]
5. 散列，哈希表和分散表（第8章）。[3个学时]
6. 树和查找树（第9章和第10章）。[6个学时]
7. 堆和优先队列（第11章）。[3个学时]
8. 算法设计技术（第14章）。[3个学时]
9. 排序算法和排序器（第15章）。[3个学时]
10. 图和图算法（第16章）。[3个学时]

取决于学生的背景知识，教师会发现重新回顾C++语言的特征是必要的。例如，在第4章中讨论的基本的数据结构需要对模板有一个理解。同样的，为了理解在第5章中讨论的统一类的层次，学生们需要理解类以及继承的工作。

联机课程资料

可以在下面的Web站点中找到支持本书的另外的一些资料。

<http://www.pads.uwaterloo.ca/bruno.preiss/books/opus4>

另外，你还会在那儿找到本书中所有程序片段的源代码以及勘误表。

Bruno R. Preiss
Waterloo, Canada
January 22, 1998

译者序

数据结构及算法分析是计算机专业的一门基础学科，在计算机各领域及各种应用软件中都要使用到。

本书的特点是：把数据结构的原理与算法分析技术有机地结合在一起，并对每种数据结构及其相关的算法都进行了时间、空间——主要是时间效率方面的分析，这就是算法分析技术。有时，对实现同一目的程序进行了多种算法设计，以分析它们在时间方面的差异。这在大型程序设计方面是经常要考虑的。另外，本书对数据结构及算法的描述，采用了当今广为使用的面向对象的C++语言——这使得本书的许多算法可直接应用于将来的实践中，从而增强了算法的移植性，就像你的“保留节目”一样。本书应用了C++中一些重要的特征，如继承、多态性、操作符重载、模板、对象与类等等。这些在本书的一些章节及后面的附录中作了一些说明，但是本书并不拘泥于C++的这些重要特征，也不是一本C++教材，而是从抽象的角度上讲述数据结构，使得算法的实现清晰易懂。

注意，本书广泛使用了一个非常重要概念——类。各种数据结构也是按照类和类层次展开的。首先，讲述抽象基类；再从抽象基类派生出具体类；然后，讲述类中的值集和操作集，即类的成员变量和成员函数。这些使得你很容易理解某一抽象数据结构是如何实现的。最后，在每一章的后面都举了一个应用例子，让你从中理解某种数据结构的应用，从而受到启发。

本书是按照从浅入深由一般到具体来讲述的。第2章算法分析及渐近性表示是算法分析技术的基础，在以后各章都要用到。第4章基本数据结构及第5章数据类型与抽象是后面数据结构及算法实现的基础。数组与链表是两种基本的数据结构，后面各种数据结构（从第6章到第12章及第16章的图）都用这两种基本数据结构来实现，并比较了它们在时间或空间上的效率。而随后的每一种数据结构都是一种ADT，它们的设计遵循着一定的规律——类层次，这也是面向对象设计的一种优点。第6章到第12章及第16章图的数据结构基本上可以分两类：一类为线性结构，包括栈及队列、有序线性表及排序表、哈希表和分散表等；另一类为非线性结构，包括树、查找树、堆及优先队列、集合及多重集和分区、图等。第15章排序历来是讲述的重点，同时也可以看到一种算法的优劣在时间上的差别，这从算法的运行时间对比上可以看到。第13章和第14章是高一级的内容，它们讲述在动态存储管理方面的应用及各种算法求解策略。采用何种存储管理，采用何种问题求解策略，这对计算机资源和运行效率都有非常重要的影响。这也是在大型程序设计时所要面对的问题。

最后是附录部分。附录介绍了一些必要的C++语法，从而使一些不懂C++语法的程序员能够更好地理解本书。

本书是由胡广斌，王崧等翻译的，限于水平难免有不妥之处，敬请批评指正。

目 录

第1章	概要	1
1.1	本书的主要内容	1
1.2	面向对象的设计	1
1.3	对象分级与设计方法	2
1.4	需要了解的C++特性	3
1.5	本书是如何组织的?	4
第2章	算法分析	5
2.1	一个细化的计算机模型	6
2.1.1	基本公理	6
2.1.2	例1: 算术级数求和	8
2.1.3	数组下标操作	8
2.1.4	例2: 霍纳(Horner)法则	9
2.1.5	分析递归函数	10
2.1.6	例3: 找出数组中最大元素	11
2.1.7	平均运行时间	13
2.1.8	关于调和数	13
2.1.9	最佳情况与最差情况的运行时间	15
2.1.10	最后的公理	16
2.2	一个简化的计算机模型	17
2.2.1	例1: 求几何级数之和	17
2.2.2	关于算术级数求和	18
2.2.3	例2: 再次求几何级数之和	19
2.2.4	关于几何级数求和	20
2.2.5	例3: 幂计算	20
2.2.6	例4: 再三求几何级数之和	23
	习题	24
	设计项目	25
第3章	渐近表示法	26
3.1	渐近上界——大O表示法	26
3.1.1	一个简单的例子	26
3.1.2	大O表示法中的错误与陷阱	27
3.1.3	大O的特性	28
3.1.4	多项式	30
3.1.5	对数	31

3.1.6	紧凑大O界	32
3.1.7	大O表示法中更多的错误与陷阱	33
3.1.8	常用的大O表达式	34
3.2	渐近下界—— Ω 表示法	34
3.2.1	一个简单的例子	35
3.2.2	再次关于多项式	35
3.3	更多的表示法—— Θ 及小o表示法	37
3.4	算法渐近分析	37
3.4.1	运行时间分析的大O规则	38
3.4.2	例1: 求级数的前项和	39
3.4.3	例2: Fibonacci数	41
3.4.4	例3: 桶式排序	44
3.4.5	现实检查	45
3.4.6	检查你的分析	46
	习题	47
	设计项目	49
第4章	基本数据结构	50
4.1	动态数组	50
4.1.1	缺省构造函数	52
4.1.2	数组构造函数	52
4.1.3	备份构造函数	52
4.1.4	析构造函数	53
4.1.5	数组成员函数	54
4.1.6	数组下标操作符	54
4.1.7	数组大小的重调	55
4.2	单链表	55
4.2.1	链表的实现	57
4.2.2	链表元素	59
4.2.3	缺省构造函数	59
4.2.4	析构造函数与Purge成员函数	60
4.2.5	存取器	60
4.2.6	First与Last函数	61
4.2.7	前插	61
4.2.8	添加	62
4.2.9	备份构造函数与赋值操作符	62
4.2.10	析取函数	63
4.2.11	InsertAfter与InsertBefore函数	64
4.3	多维数组	66
4.3.1	数组下标计算	66

4.3.2	二维数组的实现	67
4.3.3	C++中多维数组的下标	68
4.3.4	例: 规范矩阵相乘	69
习题		71
设计项目		72
第5章	数据类型与抽象	73
5.1	抽象数据类型	73
5.2	设计模式	74
5.2.1	类层次	74
5.2.2	对象	74
5.2.3	NullObject单元集类	78
5.2.4	内嵌类型的对象包装	79
5.2.5	容器	81
5.2.6	访问者	82
5.2.7	迭代器	85
5.2.8	NullIterator类	87
5.2.9	直接存储与间接存储	88
5.2.10	被包含对象的所有权	89
5.2.11	关联	90
5.2.12	可搜索容器	93
习题		94
设计项目		95
第6章	栈、队列及双端队列	97
6.1	栈	97
6.1.1	栈的数组表示法	98
6.1.2	栈的链表表示法	103
6.1.3	应用	107
6.2	队列	110
6.2.1	队列的数组表示法	110
6.2.2	队列的链表表示法	113
6.2.3	应用	115
6.3	双端队列	117
6.3.1	双端队列的数组表示法	119
6.3.2	双端队列的链表表示法	121
6.3.3	双向链表及循环链表	122
习题		123
设计项目		124
第7章	有序线性表与排序表	127
7.1	有序线性表	127

7.1.1	有序线性表的数组表示法	128
7.1.2	有序线性表的链表表示法	136
7.1.3	比较ListAsArray和ListAsLinkedList	141
7.1.4	应用	142
7.2	排序表	145
7.2.1	排序表的数组表示法	146
7.2.2	排序表的链表表示法	149
7.2.3	比较SortedListAsArray和SortedListAsLinkedList	150
7.2.4	应用	151
	习题	154
	设计项目	155
第8章	散列、哈希表及分散表	156
8.1	散列的基本知识	156
8.1.1	关键字和散列函数	157
8.2	散列法	158
8.2.1	相除散列法	158
8.2.2	平方取中散列法	159
8.2.3	相乘散列法	160
8.2.4	Fibonacci散列法	161
8.3	散列函数的实现	162
8.3.1	整型关键字	163
8.3.2	浮点型关键字	163
8.3.3	字符串关键字	164
8.3.4	散列对象	167
8.3.5	散列容器	168
8.3.6	使用关联	168
8.4	哈希表	169
8.4.1	拉链法	170
8.4.2	平均情况分析	173
8.5	分散表	174
8.5.1	链式分散表	174
8.5.2	平均情况分析	181
8.6	使用开地址法的分散表	181
8.6.1	线性探查	182
8.6.2	二次探查	183
8.6.3	双散列法	184
8.6.4	开地址法的实现	184
8.6.5	平均情况分析	191
8.7	应用	192

习题	194
设计项目	195
第9章 树	197
9.1 基础	197
9.2 N叉树	200
9.3 二叉树	203
9.4 树的遍历	203
9.5 表达式树	205
9.6 树的实现	207
9.6.1 树的遍历	208
9.6.2 树迭代器	212
9.6.3 广义树	215
9.6.4 N叉树	218
9.6.5 二叉树	223
9.6.6 二叉树的遍历	225
9.6.7 树的比较	226
9.6.8 应用	227
习题	230
设计项目	231
第10章 查找树	233
10.1 基础知识	233
10.1.1 M路查找树	233
10.1.2 二叉查找树	233
10.2 搜索查找树	234
10.2.1 搜索M路查找树	234
10.2.2 搜索二叉树	235
10.3 平均情况分析	236
10.3.1 搜索成功	236
10.3.2 递归关系的求解——拓展递归法	237
10.3.3 搜索失败	238
10.3.4 查找树的遍历	239
10.4 查找树的实现	240
10.4.1 二叉查找树	241
10.4.2 在二叉查找树中插入数据项	243
10.4.3 从二叉查找树中删除数据项	244
10.5 AVL查找树	246
10.5.1 AVL树的实现	248
10.5.2 在AVL树中插入数据项	250
10.5.3 从AVL树中删除数据项	255

10.6	M路查找树	255
10.6.1	M路查找树的实现	256
10.6.2	在M路查找树中查找数据项	258
10.6.3	在M路查找树中插入数据项	260
10.6.4	从M路查找树中删除数据项	261
10.7	B树	263
10.7.1	B树的实现	264
10.7.2	在B树中插入数据项	265
10.7.3	从B树中删除数据项	270
10.8	应用	271
	习题	273
	设计项目	274
第11章	堆和优先队列	275
11.1	基础知识	275
11.2	二叉堆	277
11.2.1	完全树	277
11.2.2	二叉堆的实现	280
11.2.3	在二叉堆中插入数据项	281
11.2.4	从二叉堆中删除数据项	283
11.3	左翼堆	284
11.3.1	左翼树	285
11.3.2	左翼堆的实现	286
11.3.3	左翼堆的合并	287
11.3.4	在左翼堆中插入数据项	288
11.3.5	从左翼堆中删除数据项	289
11.4	二项队列	290
11.4.1	二项树	290
11.4.2	二项队列	293
11.4.3	实现	294
11.4.4	二项队列的合并	297
11.4.5	在二项队列中插入数据项	299
11.4.6	从二项队列中删除数据项	300
11.5	应用	301
11.5.1	离散事件模拟	301
11.5.2	实现	302
	习题	304
	设计项目	306

第12章 集合、多重集和分区	307
12.1 基础知识	308
12.1.1 集合的实现	308
12.2 数组和位矢量集合	309
12.2.1 位矢量集合	312
12.3 多重集	315
12.3.1 多重集的数组表示法	315
12.3.2 多重集的链表表示法	318
12.4 分区	320
12.4.1 用森林表示分区	322
12.4.2 折叠查找	326
12.4.3 按大小合并	328
12.4.4 按高度或层号合并	329
12.5 应用	330
习题	332
设计项目	333
第13章 动态存储分配：另一种堆	334
13.1 基础	334
13.1.1 C++ Magic	335
13.1.2 堆	338
13.2 单链自由存储器	339
13.2.1 实现	339
13.3 双链自由存储器	345
13.3.1 实现	346
13.4 伙伴存储管理系统	351
13.4.1 实现	353
13.5 应用	358
13.5.1 实现	359
习题	360
设计项目	361
第14章 算法模式和问题求解	363
14.1 蛮干算法和贪心算法	363
14.1.1 例1：数钱	363
14.1.2 例2：0/1背包问题	364
14.2 回溯算法	366
14.2.1 例1：平衡称	366
14.2.2 解空间的表示	367
14.2.3 抽象回溯求解程序	368
14.2.4 分支界限求解程序	371

14.2.5 例2: 再次分析0/1背包问题	372
14.3 自顶向下算法: 分治算法	373
14.3.1 例1: 二分法查找	373
14.3.2 例2: 求解Fibonacci数	374
14.3.3 例3: 归并排序	376
14.3.4 分治算法的运行时间	377
14.3.5 例4: 矩阵相乘	379
14.4 自底向上算法: 动态程序设计	381
14.4.1 例1: 广义Fibonacci数	381
14.4.2 例2: 求解二项式系数	382
14.4.3 应用: 排版问题	384
14.5 随机化算法	387
14.5.1 产生随机数	387
14.5.2 随机变量	390
14.5.3 蒙特卡罗法	392
14.5.4 模拟退火法	394
习题	395
设计项目	396
第15章 排序算法和排序器	398
15.1 基础知识	398
15.2 排序和排序器	398
15.3 插入排序	401
15.3.1 直接插入排序	402
15.3.2 平均运行时间	402
15.3.3 二分法插入排序	403
15.4 交换排序	405
15.4.1 冒泡排序	405
15.4.2 快速排序	406
15.4.3 运行时间分析	410
15.4.4 平均运行时间	411
15.4.5 轴值的选择	413
15.5 选择排序	414
15.5.1 直接选择排序	414
15.5.2 堆排序	416
15.5.3 堆的建立	418
15.6 归并排序	421
15.7 排序算法的下界	425
15.8 分配排序	426
15.8.1 桶式排序	426

15.8.2	基数排序	428
15.9	算法性能分析	431
	习题	433
	设计项目	435
第16章	图和图算法	436
16.1	基础知道	437
16.1.1	图的表示法	440
16.2	图的实现	443
16.2.1	顶点的实现	443
16.2.3	抽象图和有向图	444
16.2.4	无向图的实现	447
16.2.5	边带权图和顶点带权图	448
16.2.6	图表示法的比较	449
16.3	图的遍历	451
16.3.1	深度优先遍历	451
16.3.2	广度优先遍历	453
16.3.3	拓扑排序	455
16.3.4	图遍历的应用：检查图的回路及连通性	458
16.4	最短路径算法	462
16.4.1	单源最短路径	462
16.4.2	每对顶点间的最短路径	467
16.5	最小支撑树	470
16.5.1	Prim算法	472
16.5.2	Kruskal算法	474
16.6	应用：关键路径分析	477
	习题	482
	设计项目	484
附录A	C++与面向对象编程	485
附录B	类层次图	505
附录C	字符码	506
	参考答案	507

第1章 概 要

1.1 本书的主要内容

本书的主要内容是数据结构和算法的基本原理——这是设计大而复杂的软件产品所必须具备的基础。为了彻底理解数据结构需要知道三件事：首先，必须了解信息在计算机里是如何安排的。其次，必须熟悉那些用来操作包含在数据结构中的信息的算法。最后，还必须理解数据结构的性能特征，使自己在为一个特殊的应用选择合适的数据结构时，能够作出恰当的决断。

本书还阐述了面向对象的设计，并且鼓励使用面向对象的设计模式。本书中的算法和数据结构全部是用C++来实现的。实际上，所有的数据结构都有一个单一类层次相伴。这种约束使得后续章节中出现的程序能够建立于前叙章节中出现的程序之上。

1.2 面向对象的设计

传统的软件设计方法或是面向数据的，或是面向过程的。面向数据的方法强调信息的表示和全局之中各个局部之间的关系，而并不看重操作数据的行为。另一方面，面向过程的方法则强调一个软件执行的行为，却忽略了数据的重要性。

现在，众人一致认为在处理大而复杂的软件产品设计中产生的复杂性时，面向对象的设计方法比面向数据或面向过程的方法更为有效。这是因为数据和过程具有同等的重要性，使用对象可以把数据和操作数据的过程结合起来，从而充分发挥对象自身的主要优点——抽象性和封装性。

抽象性

抽象性可以理解为这样一种机制：在抑制不相关的细节的同时强调相关的细节。抽象性的一个重要的好处就是使程序员能更容易地解决问题。

例如，过程的抽象让程序设计者只需考虑所要执行的动作而不必担心这些动作的具体实现，数据的抽象让程序设计者只去考虑一个程序中的对象和对象之间的相互作用而不用担心如何实现它们。

抽象有许多不同的级别。低级别的抽象揭示了更多实现的细节，高级别的抽象则藏起了更多的细节。

封装性

封装性就是强制地隐藏信息，以此为软件设计人员提供帮助。对象把数据和操纵数据的过程封装在一起，从某种意义上讲，对于对象的使用者，对象隐瞒了实现的细节。