

高 等 学 校 计 算 机 课 程 规 划 教 材

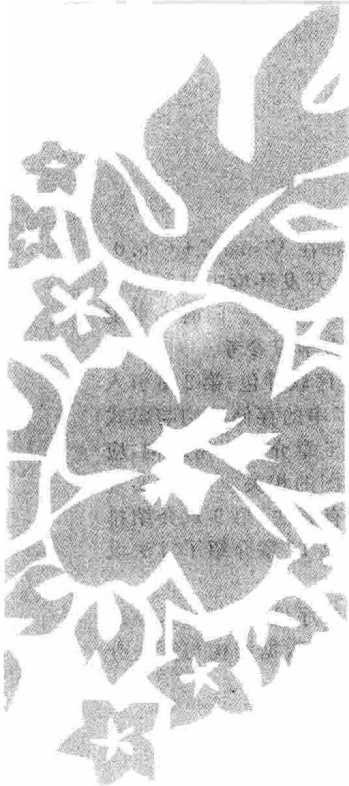
课程
精品
教材
核心

数据结构与算法(C++版)

唐宁九 游洪跃 朱宏 杨秋辉 主编
李炳法 何明儒 主审



清华大学出版社



高等学校计算机课程规划教材

课程配
教材精
品

数据结构与算法(C++版)

唐宁九 游洪跃 朱宏 杨秋辉 主编

李炳法 何明儒 主审

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书结合 C++ 面向对象程序设计的特点,构建了数据结构与算法,对所有算法都在 Visual C++ 6.0、Visual C++ 2005、Visual C++ 2005 Express、Dev-C++ 和 MinGW Developer Studio 开发环境中进行了严格的测试,作者教学网站(<http://cs.scu.edu.cn/~youhongyue>)提供了大量的教学支持内容。同时本书配有《数据结构与算法(C++版)实验和课程设计教程》(ISBN 978-7-302-17503-2)供读者学习参考。

本书共分 11 章,第 1 章是基础知识,介绍了基本概念及其术语,并讨论了实用程序软件包;第 2 章引入线性表;第 3 章介绍了栈和队列,用栈实现了表达式求值;第 4 章介绍串,详细讨论了串的存储结构与模式匹配算法;第 5 章介绍数组和广义表,首次提出了广义表的使用空间表存储结构;第 6 章介绍了树结构,应用哈夫曼编码实现了压缩软件;第 7 章介绍图结构,实现了图的常用存结构,讨论了图的相关应用,并实现了相应算法;第 8 章介绍查找,讨论了静态查找表、动态查找表与散列表,实现了所有算法;第 9 章介绍排序,以简洁方式实现各种排序算法;第 10 章介绍了文件,讨论了各种常用文件结构;第 11 章介绍了算法设计技术、分析技术与可计算问题。

通过本书的学习,不但能迅速提高数据结构与算法的水平,同时还能提高 C++ 程序设计的能力,经过适当的选择,本书能作为高等院校计算机及相关专业“数据结构”、“数据结构与算法”、“数据结构与算法分析”和“数据结构与算法设计”等课程的教材,也可供其他从事软件开发工作的读者参考。

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

数据结构与算法:C++版/唐宁九等主编. —北京:清华大学出版社,2009.2

(高等学校计算机课程规划教材)

ISBN 978-7-302-18894-0

I. 数… II. 唐… III. ①数据结构—高等学校—教材 ②算法分析—高等学校—教材
③C 语言—程序设计—高等学校—教材 IV. ①TP311.12 ②TP301.6 ③TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 176038 号

责任编辑:汪汉友

责任校对:时翠兰

责任印制:杨 艳

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

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京密云胶印厂

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:31.25 字 数:749 千字

版 次:2009 年 2 月第 1 版 印 次:2009 年 2 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:45.00 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:025029-01

读者意见反馈

亲爱的读者：

感谢您一直以来对清华版计算机教材的支持和爱护。为了今后为您提供更优秀的教材，请您抽出宝贵的时间来填写下面的意见反馈表，以便我们更好地对本教材做进一步改进。同时如果您在使用本教材的过程中遇到了什么问题，或者有什么好的建议，也请您来信告诉我们。

地址：北京市海淀区双清路学研大厦 A 座 602 计算机与信息分社营销室 收

邮编：100084

电子邮件：jsjic@tup.tsinghua.edu.cn

电话：010-62770175-4608/4409

邮购电话：010-62786544

教材名称：数据结构与算法（C++版）

ISBN：978-7-302-18894-0

个人资料

姓名：_____ 年龄：_____ 所在院校/专业：_____

文化程度：_____ 通信地址：_____

联系电话：_____ 电子信箱：_____

您使用本书是作为：☐指定教材 ☐选用教材 ☐辅导教材 ☐自学教材

您对本书封面设计的满意度：

☐很满意 ☐满意 ☐一般 ☐不满意 改进建议_____

您对本书印刷质量的满意度：

☐很满意 ☐满意 ☐一般 ☐不满意 改进建议_____

您对本书的总体满意度：

从语言质量角度看 ☐很满意 ☐满意 ☐一般 ☐不满意

从科技含量角度看 ☐很满意 ☐满意 ☐一般 ☐不满意

本书最令您满意的是：

☐指导明确 ☐内容充实 ☐讲解详尽 ☐实例丰富

您认为本书在哪些地方应进行修改？（可附页）

您希望本书在哪些方面进行改进？（可附页）

电子教案支持

敬爱的教师：

为了配合本课程的教学需要，本教材配有配套的电子教案（素材），有需求的教师可以与我们联系，我们将向使用本教材进行教学的教师免费赠送电子教案（素材），希望有助于教学活动的开展。相关信息请拨打电话 010-62776969 或发送电子邮件至 jsjic@tup.tsinghua.edu.cn 咨询，也可以到清华大学出版社主页（<http://www.tup.com.cn> 或 <http://www.tup.tsinghua.edu.cn>）上查询。

编 委 会

名誉主任：彭智勇 李志蜀 周激流

主 任：唐宁九

执行主任：陈良银 游洪跃

副 主 任：傅 彦 张翠芳 廖 强 王 茜 张为群

资深委员：（以姓氏笔画排序）

王 玲	王明辉	王俊峰	王景熙	伍良富	刘东权	刘正熙
刘晓洁	吕光宏	庄成三	朱 敏	何明儒	吴 跃	张志敏
张建州	张洪伟	时宏伟	李 涛	李 超	李炳法	杨红雨
杨宪泽	杨清平	邵明松	陈兴蜀	罗万伯	苗 放	洪 玫
胡景德	贺德珏	凌 红	唐常杰	袁道华	郭 兵	陶德元
章 毅	彭 舰	游志胜	蒋玉明	谢 汶	韩永国	

委 员：（以姓氏笔画排序）

于中华	王 莉	王铁方	卢 莉	刘 循	向孟光	孙亚飞
尼玛扎西	孙界平	朱 丽	朱 宏	邢建川	何 军	何先波
余 强	吴云波	吴仲光	张 磊	张靖宇	李旭伟	杨 频
杨秋辉	沈 琳	陈光柱	陈杰华	陈敬贵	卓碧华	金 虎
胡 旺	胡大策	倪建成	栾新成	殷 锋	袁 平	喻德军
熊 伟						

本书编委会

顾 问：(排名不分先后)

李志蜀 唐常杰 游志胜 邵明松 伍良富

谢 汶 洪 玫 朱 敏 彭 舰 卢 莉

李 涛 杨红雨 刘东权 吕光宏 罗万伯

蒋玉明 王景熙 林建辉 陈良银 于中华

向孟光 孙亚飞 陈兴蜀 张靖宇 李旭伟

冯伟森

主 编：唐宁九 游洪跃 朱 宏 杨秋辉

主 审：李炳法 何明儒

出版说明

信息时代早已显现其诱人魅力,当前几乎每个人随身都携有多个媒体、信息和通信设备,享受其带来的快乐和便宜。

我国高等教育早已进入大众化教育时代。而且计算机技术发展很快,知识更新速度也在快速增长,社会对计算机专业学生的专业能力要求也在不断翻新。这就使得我国目前的计算机教育面临严峻挑战。我们必须更新教育观念——弱化知识培养目的,强化对学生兴趣的培养,加强培养学生理论学习、快速学习的能力,强调培养学生的实践能力、动手能力、研究能力和创新能力。

教育观念的更新,必然伴随教材的更新。一流的计算机人才需要一流的名师指导,而一流的名师需要精品教材的辅助,而精品教材也将有助于催生更多一流名师。名师们在长期的一线教学改革实践中,总结出了一整套面向学生的独特的教法、经验、教学内容等。本套丛书的目的就是推广他们的经验,并促使广大教育工作者更新教育观念。

在教育部相关教学指导委员会专家的帮助和指导下,在各大学计算机院系领导的协助下,清华大学出版社规划并出版了本系列教材,以满足计算机课程群建设和课程教学的需要,并将各重点大学的优势专业学科的教育优势充分发挥出来。

本系列教材行文注重趣味性,立足课程改革和教材创新,广纳全国高校计算机优秀一线专业名师参与,从中精选出佳作予以出版。

本系列教材具有以下特点。

1. 有的放矢

针对计算机专业学生并站在计算机课程群建设、技术市场需求、创新人才培养的高度,规划相关课程群内各门课程的教学关系,以达到教学内容互相衔接、补充、相互贯穿和相互促进的目的。各门课程功能定位明确,并去掉课程中相互重复的部分,使学生既能够掌握这些课程的实质部分,又能节约一些课时,为开设社会需求的新技术课程准备条件。

2. 内容趣味性强

按照教学需求组织教学材料,注重教学内容的趣味性,在培养学习观念、学习兴趣的同时,注重创新教育,加强“创新思维”,“创新能力”的培养、训练;强调实践,案例选题注重实际和兴趣度,大部分课程各模块的内容分为基本、加深和拓宽内容3个层次。

3. 名师精品多

广罗名师参与,对于名师精品,予以重点扶持,教辅、教参、教案、PPT、实验大纲和实验指导等配套齐全,资源丰富。同一门课程,不同名师分出多个版本,方便选用。

4. 一线教师亲力

专家咨询指导,一线教师亲力;内容组织以教学需求为线索;注重理论知识学习,注重学

习能力培养,强调案例分析,注重工程技术能力锻炼。

经济要发展,国力要增强,教育必须先行。教育要靠教师和教材,因此建立一支高水平的教材编写队伍是社会发展的关键,特希望有志于教材建设的教师能够加入到本团队。通过本系列教材的辐射,培养一批热心为读者奉献的编写教师团队。

清华大学出版社

前 言

数据结构与算法内容丰富,包含了计算机科学与技术的许多重要方面。分析和解决问题的思路和方法新颖,技巧性强,对学生的计算机软件素质的培养作用明显。培养和训练学生选用合适的数据结构与算法设计方法编写质量高、风格好的应用程序,并具备评价算法优劣的能力至关重要。

本书采用 C++ 面向对象的观点介绍数据结构与算法,并使用模板程序设计技术,与采用面向过程的传统观点相比优势较大,使所设计的程序更容易实现代码重用,在提供通用性和灵活性的同时,又保证了效率。本书已将面向对象程序设计的思想融合到数据结构与算法中,读者通过学习可进一步提高面向对象程序设计的能力。

全书共分为 11 章。

第 1 章是基础知识,介绍了基本概念及其术语,抽象数据类型的实现,还讨论算法的概念和算法分析的简单方法。作为预备知识,读者应具有一定的 C++ 程序设计的基础。但是为了降低读者的门槛,本章还介绍了要用的 C++ 的主要知识点,并介绍了实用程序软件包。

第 2 章引入线性表,详细讨论线性表的顺序存储结构与链式存储结构。在讨论链式存储结构时,首先仿照传统方法实现线性表,然后在此基础之上,在链表结构中保存当前位置和元素个数。这样,在难度增加不大的情况下提高算法效率,使学生逐步体会改进算法的途径与方法。

第 3 章介绍了栈和队列,讨论了栈和队列的顺序存储结构与链式存储结构,用栈实现了表达式求值。通过学习能掌握各种栈和队列的实现与使用方法,对后继课程(如操作系统原理和编译原理)的学习打下良好的基础。本章还讨论了优先队列,使队列应用更加广泛。

第 4 章介绍串,详细讨论了串的存储结构与模式匹配算法,为开发串应用(如实现文本编辑软件)软件打下坚实的基础。

第 5 章介绍数组和广义表,详细讨论了数组,特殊矩阵,稀疏矩阵和广义表的存储结构及实现方法,首次提出了广义表的使用空间表存储结构,并使用广义表实现了 m 元多项式的表示。

第 6 章介绍了树结构,讨论了二叉树、线索二叉树、树、森林及其哈夫曼树的结构及其实现,还应用哈夫曼编码实现了压缩软件。

第 7 章介绍图结构,实现了图的常用存储结构,并讨论了图的相关应用,实现了相应算法(如求最小生成树的 Prim 算法与 Kruskal 算法,求最短路径的 Dijkstra 算法与 Floyd 算法)。

第 8 章介绍查找,讨论了静态查找表、动态查找表与散列表,还讨论了二叉排序树、二叉平衡树与 B 树,并实现了所有算法。

第 9 章介绍排序,以简洁方式实现各种排序算法,还测试了各种排序算法的实际运行时间。

第 10 章介绍了文件,讨论了主存储器和辅助存储器,以及各种常用文件结构,还特别介

绍了在数据库中经常采用的 VSAM 文件,对读者研究与学习数据库有一定的帮助。

第 11 章介绍了算法设计技术、分析技术与可计算问题,详细讨论了各种算法设计技术(如贪心算法、分治算法、回溯算法)的使用方法并实现了各种算法,对算法分析技术和可计算问题也进行了深入浅出的讨论。对读者的算法设计和分析的理论和实践都有极大的帮助。

对于初学者,要完全独立编写数据结构与算法的代码是相当困难的。因此,本书讨论的数据结构与算法都加以实现并进行了严格测试,提供了完整的测试程序,读者可参考这些测试程序编写相关算法。但是,如果只会使用已有的数据结构编写简单的程序也不利于读者对数据结构与算法的深入理解,以及研究新数据结构与算法的能力。因此,本书的习题不但包括了基本练习题,还包括了仿照书中数据结构构造新数据结构的题目,或改造已有算法的题目,这样使读者具有构造新结构及改造或改进算法的能力。

本书各章还提供了实例研究,主要提供给那些精力充沛的学生深入学习与研究,这些实例包括对正文内容的补充(例如第 9.9.3 小节中的用堆实现优先队列),读者可能感兴趣但感到无从下手的算法(例如第 1.6.2 小节中的计算任意位数的 π)、离散数学中学习的著名算法的实现(例如第 7.7.1 小节中的周游世界问题——哈密尔顿圈与第 7.7.2 小节中的一笔画问题——欧拉问题)以及应用所学知识解决实际问题(例如第 6.8.2 小节中的 Huffman 压缩算法)。通过读者对实例研究的学习,可提高实际应用数据结构与算法的能力。当然,这可能有一定的难度,但应比读者想象的更易学习与掌握。

现在,各校在开设“数据结构与算法”课时都安排有上机实验课时,因此本书每章都安排有上机实验题,这些实验题不但包括读者感兴趣的实验(例如纸牌游戏——“21 点”),数据结构与算法基本应用的实验(例如编写一个程序读入一个字符串,统计字符串中出现的字符及次数,然后输出结果,要求用一个二叉排序树来保存处理结果,结点的数据元素由字符与出现次数组成,关键字为字符),对课本数据结构与算法改进的实验(例如改进本书实现的求最小生成树的 Kruskal 算法,用最大优先队列来实现按照边的权值顺序处理,用等价关系判断两个结点是否属于同一棵自由树以及合并自由树),还包括了解决实际问题的实验(例如采用散列文件实现电话号码查找系统),通过实验能极大地提高读者对数据结构与算法的应用能力。

为了进一步提高读者运用数据结构与算法的水平,现在很多学校还开设了“数据结构与算法课程设计”。为此,本书的附录提供了 11 个课程设计项目,这些项目包括了接近实际课题的题目(例如开发排课软件与公园导游系统)、容易引起读者兴趣的项目(例如理论计算机科学家谱系的文档/视图模式)与需要通过查找资料进一步提高的题目(例如采用自适应形式的哈夫曼编码方案开发压缩软件)。课程设计项目一般都提供功能的扩展方法,基础较差的读者可只实现基础功能,对数据结构与算法有兴趣的读者可实现更强的功能,这样使不同层次的读者都会有所收获,通过做这些项目能快速提高读者解决实际问题的能力。

为了尽快提高读者的学习能力,本书各章还提供了深入学习导读,包含了本书作者实现相关数据结构与算法的最原始思想的资料来源,也包括了进一步学习的参考资料,极大地方便读者与教师查阅资料。

本教材在内容组织上特别考虑了读者的可接受性;在算法实现时,重点考虑了程序的可读性,为实现更强的功能,一般采用启发的方式在习题、上机实验或课程设计中实现,这样容

易培养起读者的学习兴趣,使读者感到自己具有发展或改进已有算法的能力,也会使读者感到自己已达到计算机高手的自信心。

本书作者都活跃在教学研究第一线上,同时有的作者还具有深厚的数学功底。因此,本书不但完成了所有算法的测试程序,对算法分析的相关公式进行了严格的数学推理,还独立地从数学上严格推出了一种产生泊松随机数的算法(见附录 B)。事实上,用同样的方法可产生任何离散随机分布(例如二项分布),本书作者还首次对本书中关于计算任意位数 π 的算法作了严格的理论推导。

本书采用了模板程序设计技术,现在模板技术已成为现代 C++ 语言的风格基础,C++ 98(1998 年标准化的 C++)提供的标准程序库中有 80%的成分是使用模板机制实现的 STL (Standard Template Library,标准模板库)。而国内现阶段教学并未重视 C++ 的模板程序设计,书籍资料也不是很多。作者认为在 C++ 中,只要模仿本书算法,读者会在不知不觉中掌握模板程序设计技巧。

现在来讨论一下在国外“数据结构与算法”课程上机教学时喜欢采用的 STL。实际上,STL 是 AT&T 贝尔实验室和 HP 研究实验室的研究人员将模板程序设计和面向对象程序设计的原理结合起来,创造的一套研究数据结构与算法的一种统一的方法,现在已成为 C++ 标准库的一部分。STL 提供了实现数据结构的新途径,它将(数据)结构(即组织数据的存储结构)抽象为容器,将之分为 3 类:序列容器、关联容器和适配器容器。通过使用模板和迭代器,STL 使得程序员能够将广泛的通用算法应用到各种容器类上。通过本书作者的研究与了解,STL 只覆盖了数据结构中的线性结构和树结构,并没有覆盖图部分。因此,对数据结构来讲,STL 并不完备。同时,如果读者上机编程都只使用 STL 解决数据结构的相关算法,可能使读者在数据结构编程方面,只会使用 STL,而不能独自设计新数据结构。本书采用模板方法实现了书中所有的数据结构算法,应比 STL 更完备。同时,STL 中包含的源代码可读性差,不适合作为教学使用,本书的算法源程序首要强调可读性,使读者容易接受与模仿,并且读者可进行改进或修改算法实现。因此,在某种意义上讲,本书提供的关于数据结构与算法实现的类模板与函数模板是一种 GTL(General Template Library)或 OSGTL (Open Source General Template Library)。读者也可由作者个人主页提供的软件包(具体内容请参看附录 C)来进行实际数据结构与算法方面的软件开发。当然,通过本书的学习,再返回来学习 STL 的应用,将会达到事半功倍的效果。读者只要找一本介绍 STL 的书籍或上网找一些介绍使用 STL 的文档,并用 STL 试着编程即可完全掌握 STL 的使用。

现在谈谈有关 C++ 编译器的问题,在 C++ 之外的任何编程语言中,编译器都没有受到过如此重视。这是因为 C++ 是一门非常复杂的语言,以至于编译器也难于构造。我们常用的编译器都不能完全符合 C++ 标准,以至于本书的部分测试不得不使用条件编译技术来适应不同 C++ 编译器,下面介绍一些常用的优秀 C++ 编译器。

(1) Visual C++ 编译器:由微软开发,现在主要流行 Visual C++ 6.0、Visual C++ 2005 以及 Visual C++ 2005 Express,特点是集成开发环境用户界面友好,信息提示准确,调试方便,对模板支持最完善。Visual C++ 6.0 对硬件环境要求低,现在安装的计算机最多,但对标准 C++ 兼容只有 83.43%。Visual C++ 2005 与 Visual C++ 2005 Express 在软件提示信息上做了进一步的优化与改进,并且对标准 C++ 兼容达到了 98%以上的程度,但对硬件的要求较高。同时,Visual C++ 2005 Express 是一种轻量级的 Visual C++ 软件,

易于使用。对于编程爱好者、学生和初学者来说, Visual C++ 2005 Express 是很好的编程工具, 微软在 2006 年 4 月 22 日正式宣布 Visual Studio 2005 Express 版永久免费。

(2) GCC 编译器: 著名的开源 C++ 编译器。是类 UNIX 操作系统(例如 Linux)下编写 C++ 程序的首选, 有非常好的可移植性, 可以在非常广泛的平台上使用, 也是编写跨平台、嵌入式程序很好的选择。GCC 3.3 与标准 C++ 兼容大概能够达到 96.15%。现已有一些移植在 Windows 环境下使用 GCC 编译器的 IDE (集成开发环境), 例如 Dev-C++ 与 MinGW Developer Studio。其中, Dev-C++ 是能够让 GCC 在 Windows 下运行的集成开发环境, 提供了与专业 IDE 相媲美的语法高亮、代码提示、调试等功能; MinGW Developer Studio 是跨平台下的 GCC 集成开发环境, 目前支持 Windows、Linux 和 FreeBSD。根据作者的实际使用, 感觉使用 GCC 编译器的 IDE 错误信息提示的智能较低, 错误提示信息不太准确, 还有就是对模板支持较差, 对语法检查较严格, 在 Visual C++ 编译器中编译通过的程序可能在 GCC 编译器的 IDE 还会显示有错误信息。

本书所有算法都同时在 Visual C++ 6.0、Visual C++ 2005、Visual C++ 2005 Express、Dev-C++ 和 MinGW Developer Studio 中通过测试。读者可根据实际情况选择适当的编译器, 建议选择 Visual C++ 2005。

教师可采取多种方式来使用本书讲授数据结构, 数据结构与算法分析, 数据结构与算法设计, 数据结构与算法等课程, 应该根据学生的背景知识以及课程的学时数来进行内容的取舍。为满足不同层次的教学需求, 本教材使用了分层的思想, 分层方法如下: 没有加星号(*)及双星号(**)的部分是基本内容, 适合所有读者学习; 加星号的部分适合计算机专业的读者深入学习; 加有双星号的部分适合于感兴趣的同学研究, 尤其适合于那些有志于 ACM 竞赛的读者加以深入研究。下面给出了几种可能的课程安排, 建议习题及实验的主要形式是让学生编写并调试一些程序。开始时程序可以比较短, 随着课程的深入, 程序将逐渐变大。学生应根据课堂上所讲授的主题同步阅读课本相关内容。

学 分	大约课时数	内 容
2	32	选讲第 1 章~第 9 章中没有打星号(*)及双星号(**)的内容
3	48	第 1 章~第 10 章中没有打星号(*)及双星号(**)的内容
4	64	第 1 章~第 11 章中没有打星号(*)及双星号(**)的内容
5	80	第 1 章~第 11 章中没有打星号(*)及双星号(**)的内容, 选讲部分打有星号(*)的内容
6	96	第 1 章~第 11 章中没有打双星号(**)的内容, 选讲部分打有双星号(**)的内容

作者为本书提供了全面的教学支持, 如果在教学或学习过程中发现与本书有关的任何问题都可以与作者联系(E-mail: youhongyue@cs. scu. edu. cn), 作者将尽力满足读者的要求, 并可能将解答公布在作者的教学网站(<http://cs. scu. edu. cn/~youhongyue>)上。另外, 在作者的教学网站上还将提供如下内容。

(1) 提供书中所有算法在 Visual C++ 6.0、Visual C++ 2005、Visual C++ 2005 Express、Dev-C++ 和 MinGW Developer Studio 开发环境中的测试程序, 今后还会提供当时流行的 C++ 开发环境的测试程序, 每种开发环境还将提供基本开发过程的文档; 还提供

本书作者开发的软件包(包含所有本书所讲的数据结构与算法的类模板与函数模板)。

(2) 提供教学用 PowerPoint 幻灯片 PPT 课件。

(3) 向教师提供所有习题、上机实验题与课程设计项目的解答或参考程序,对学生来讲,将在每学期期末(第 15 周~第 20 周)公布解压密码。

(4) 数据结构与算法问答专栏。

(5) 提供至少 8 套数据结构与算法模拟试题及其解答,以供学生期末及其考研复习,也可供教师出考题时参考。

(6) 提供数据结构与算法相关的其他资料(例如作者收集的計算任何位数 π 的资料, Dev-C++ 与 MinGW Developer Studio 软件,流行免费 C++ 编译器的下载网址)。

希望各位读者能够抽出宝贵的时间将建议或意见(当然也可以发表对国内外“数据结构与算法”课程教学的任何意见)寄给作者,为我们修订教材提供重要参考。

孙界平、张卫华、邹昌文、王文昌、周焯华、胡开文、沈洁、周德华与欧阳等人对本书做了大量的工作,包括提供资料,调试算法,以及参与部分章节的编写;作者还要感谢为本书提供直接或间接帮助的每一位朋友,由于他们热情的帮助与鼓励,激发了写好本书的信心以及热情。

在此还要感谢清华大学出版社的编辑及评审专家,他们为本书的出版倾注了大量热情。正是由于他们具有前瞻性的眼光才让读者有机会看到本书。

尽管作者秉着负责任的态度编写这本书,并尽了最大努力,但由于水平有限,书中难免有不妥之处,因此,敬请各位读者不吝赐教,以便作者不断提高,提高写作水平。

作 者

2009 年 2 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 数据结构的概念和学习数据结构的必要性	1
1.2 数据结构的基本概念	2
1.2.1 数据	2
1.2.2 数据元素和数据项	2
1.2.3 数据结构	3
1.3 抽象数据类型及其实现	4
1.3.1 数据类型	4
1.3.2 抽象数据类型	4
1.3.3 C++ 程序的典型构架	5
1.3.4 C++ 的类和对象	6
1.3.5 C++ 的友元函数	7
1.3.6 运算符重载	9
1.3.7 C++ 的参数传递	12
1.3.8 C++ 的输入输出	14
1.3.9 有关 C++ 的动态存储分配	15
1.3.10 结构与类	17
1.3.11 C++ 的模板	17
1.4 算法和算法分析	19
1.4.1 算法	19
1.4.2 算法分析	20
* 1.5 实用程序软件包	23
** 1.6 实例研究	31
1.6.1 生命游戏	31
1.6.2 计算任意位数的 π	31
1.7 深入学习导读	38
习题 1	38
上机实验题 1	39
第 2 章 线性表	41
2.1 线性表的逻辑结构	41
2.2 线性表的顺序存储结构	42
2.3 线性表的链式存储结构	51
2.3.1 单链表	51

2.3.2	循环链表	59
2.3.3	双向链表	63
* 2.3.4	在链表结构中保存当前位置和元素个数	66
2.4	实例研究	78
* 2.4.1	一元多项式的表示	78
** 2.4.2	计算任意大整数的阶乘	83
2.5	深入学习导读	86
习题 2		87
上机实验题 2		87
第 3 章	栈和队列	88
3.1	栈	88
3.1.1	栈的基本概念	88
3.1.2	顺序栈	89
3.1.3	链式栈	94
3.2	队列	100
3.2.1	队列的基本概念	100
3.2.2	链队列	102
3.2.3	循环队列——队列的顺序存储结构	106
* 3.2.4	队列应用——显示二项式 $(a+b)^i$ 的系数	111
* 3.3	优先队列	112
3.4	实例研究	116
* 3.4.1	表达式求值	116
** 3.4.2	事件驱动模拟	119
3.5	深入学习导读	124
习题 3		125
上机实验题 3		125
第 4 章	串	127
4.1	串类型的定义	127
4.2	字符串的实现	128
4.3	字符串模式匹配算法	134
4.3.1	简单字符串模式匹配算法	134
* 4.3.2	首尾字符串模式匹配算法	136
** 4.3.3	KMP 字符串模式匹配算法	136
** 4.4	实例研究	141
4.4.1	文本编辑	141
4.4.2	查找子序列	142
4.5	深入学习导读	143

习题 4	143
上机实验题 4	143
第 5 章 数组和广义表	144
5.1 数组	144
5.1.1 数组的基本概念	144
5.1.2 数组的顺序存储方式	144
* 5.1.3 数组的类定义	147
5.2 矩阵	150
5.2.1 矩阵的定义和操作	150
5.2.2 特殊矩阵	152
5.2.3 稀疏矩阵	157
5.3 广义表	167
5.3.1 基本概念	167
* 5.3.2 广义表的存储结构	169
** 5.4 实例研究	179
5.4.1 稳定伴侣问题	179
5.4.2 m 元多项式的表示	179
5.5 深入学习导读	182
习题 5	183
上机实验题 5	183
第 6 章 树和二叉树	184
6.1 树的基本概念	184
6.1.1 树的定义	184
6.1.2 基本术语	184
6.2 二叉树	186
6.2.1 二叉树的定义	186
6.2.2 二叉树的性质	188
6.2.3 二叉树的存储结构	190
6.3 二叉树遍历	199
6.3.1 遍历的定义	199
6.3.2 遍历算法	200
* 6.3.3 二叉树遍历应用举例	206
6.4 线索二叉树	211
6.4.1 线索的概念	211
* 6.4.2 线索二叉树的实现	213
6.5 树和森林	221
6.5.1 树的存储表示	221

* 6.5.2	树的显示	228
6.5.3	森林的存储表示	228
6.5.4	树和森林的遍历	233
6.5.5	树和森林与二叉树的转换	235
6.6	哈夫曼树与哈夫曼编码	238
6.6.1	哈夫曼树的基本概念	238
6.6.2	哈夫曼树构造算法	239
6.6.3	哈夫曼编码	239
* 6.6.4	哈夫曼树的实现	241
** 6.7	树的计数	245
** 6.8	实例研究	247
6.8.1	树与等价关系	247
6.8.2	Huffman 压缩算法	251
6.9	深入学习导读	256
习题 6		256
上机实验题 6		257
第 7 章	图	258
7.1	图的定义和术语	258
7.2	图的存储表示	262
7.2.1	邻接矩阵	262
7.2.2	邻接表	267
7.3	图的遍历	274
7.3.1	深度优先搜索	275
7.3.2	广度优先搜索	276
7.4	图的最小代价生成树	277
7.4.1	Prim 算法	278
7.4.2	Kruskal 算法	280
7.5	有向无环图及应用	284
7.5.1	拓扑排序	284
7.5.2	关键路径	287
7.6	最短路径	291
7.6.1	单源点最短路径问题	291
7.6.2	所有顶点之间的最短路径	294
** 7.7	实例研究	296
7.7.1	周游世界问题——哈密尔顿圈	296
7.7.2	一笔画问题——欧拉问题	298
7.8	深入学习导读	299
习题 7		299