

数据结构

张建林 刘玉铭 申贵成 编著



机械工业出版社
China Machine Press

高等院校计算机专业人才培养规划教材
(应用型)

数据结构

张建林 刘玉铭 申贵成 编著

Data Structures



机械工业出版社
China Machine Press

本书介绍了各种常用的线性结构、树形结构、图形结构的概念、存储结构及各种典型操作在不同存储结构下的算法,然后讨论了各种查找和排序实现方法及其性能分析、比较。全书采用类C语言作为数据结构和算法的描述语言,大部分算法都已通过调试,稍加修改即可作为程序的一部分。全书共分八章,每一章都配有习题,便于学生复习巩固所学知识。

本教材可作为计算机或信息类专业学习数据结构与算法的参考教材,适合在学习程序设计语言后使用,也可供计算机工程与应用软件开发人员参考。

封底无防伪标均为盗版

版权所有,侵权必究

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

图书在版编目(CIP)数据

数据结构 / 张建新, 刘玉铭, 申贵成编著. —北京: 机械工业出版社, 2010.10
(高等院校计算机专业人才培养规划教材)

ISBN 978-7-111-32070-8

I. 数… II. ①张… ②刘… ③申… 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 (2010) 第191217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: 刘立卿

北京市荣盛彩色印刷有限公司印刷

2010年10月第1版第1次印刷

185mm × 260mm · 14.75印张

标准书号: ISBN 978-7-111-32070-8

定价: 26.00元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88378991, 88361066

购书热线: (010) 68326294, 88379649, 68995259

投稿热线: (010) 88379604

读者信箱: hzjsj@hzbook.com



机械工业出版社华章公司多年来以“全球采集内容，服务中国教育”为己任，致力于引进国际知名大学广泛采用的计算机、电子工程和数学方面的经典教材，出版了一大批在计算机科学界享誉盛名的专家名著与名校教材，其中包括Donald E.Knuth、Alfred V. Aho、Jim Gray、Jeffery D. Ullman等名家的一批经典作品。这些作品为我国计算机教育及科研事业的发展起到了积极的推动作用。

近年来，我们一直关注国内计算机专业教育的发展和改革并大力支持、参与相关的教学研究活动。2006年，教育部高等学校计算机科学与技术专业教学指导分委员会在对我国计算机专业教育现状和社会对人才的需求进行研究的基础上，发布了《高等学校计算机科学与技术专业发展战略研究报告暨专业规范（试行）》（以下简称《规范》）。为配合《规范》的实施和推广，我们出版了“面向计算机科学与技术专业规范系列教材”。这套教材的推出，对宣传《规范》提出的“按培养规格分类”的理念、推进高校学科建设起到了一定的促进作用。

2007年，教育部下发了《关于进一步深化本科教学改革全面提高教学质量的若干意见》，强调高等教育以育人为本，以学生为主体，坚持以培养创新人才为重点，下大力气深化教育教学改革。在“质量工程”的思想指导下，各高校纷纷开展了相关的学科改革和教学研究活动。高等学校计算机科学与技术专业的教育开始从过去单纯注重知识的传授向注重学科能力的培养转型。2008年年底，教育部高等学校计算机科学与技术专业教学指导分委员会成立了“高等学校计算机科学与技术专业人才专业能力构成与培养”项目研究小组，研究小组由蒋宗礼教授（组长）、王志英教授、岳丽华教授、陈明教授和张钢教授组成，研究计算机专业人才基本能力的构成和在计算机专业的主干课程中如何培养这些专业能力。

为配合“高等学校计算机科学与技术专业人才专业能力构成与培养”专项研究成果的推广，满足高校从知识传授向能力培养转型的需求，在教育部高等学校计算机科学与技术专业教学指导分委员会专家及国内众多知名高校专家的指导下，我们策划了这套“高等院校计算机专业人才培养规划教材”。这套教材以专项研究的成果为核心，围绕计算机专业本科生应具有的能力组织教材体系。本套教材的作者长期从事教学和科研工作，他们将自己在本科生能力培养方面的经验和心得融入教材的编写中，力图通过理论教学及实践训练，达到提升本科生专业能力的目标。希望这些有益的尝试能对推动国内计算机专业学生的能力培养起到积极的促进作用。

华章作为专业的出版团队，长久以来遵循着“分享、专业、创新”的价值观，实践着“国际视野、专业出版、教育为本、科学管理”的出版方针。这套教材的出版，是我们以教学研究指导出版的成功范例，我们将以严谨的治学态度以及全面服务的专业出版精神，与高等院校的老师们携手，为中国的高等教育事业走向国际化而努力。





我国高等学校计算机专业建立于20世纪50年代。经过近60年的迅速发展,经历了从精英化教育到大众化教育的发展阶段,目前在校生多达40余万人,已成为我国规模最大的理工科专业,为国家建设培养了大批信息技术人才。2006年,教育部计算机科学与技术专业教学指导委员会发布了《高等学校计算机科学与技术专业发展战略研究报告暨专业规范(试行)》(以下简称《规范》),提出了以“按培养规格分类”为核心思想的专业发展建议,把计算机专业人才划分为研究型、工程型、应用型三种不同类型。在《规范》的方针指导下,培养合格的计算机本科人才。

教育包括知识、能力、素质三个方面。知识是基础、载体和表现形式,能力是技能化的知识及其综合体现,素质是知识和能力的升华。专业教育不仅要重视知识的传授,更应突出专业能力的培养,实施能力导向的教育。如何以知识为载体实现能力的培养和素质的提高,特别是实现专业能力和素质的提高是非常重要的。对计算机专业本科教育而言,要想实现能力导向的教育,首先要分析专业能力的构成并考虑如何将其培养落实到教学实践中。为此,教育部高等学校计算机科学与技术专业教学指导委员会开展了计算机科学与技术专业人才培养能力(简称为计算机专业能力)的培养研究。该项研究明确计算机专业本科人才应具有的四大基本能力--计算思维能力、算法设计与分析能力、程序设计与实现能力、系统能力,并将这四大基本能力分解为82个能力点,探讨如何面对不同类型学生的教育需求,在教学活动中进行落实。

针对计算机应用型人才的培养,由于其培养数量巨大、社会需求广泛和多样化,所以培养应用型人才的专业能力在具体教学实践上有其自身的特点。计算机应用型人才的培养目标是为国家、企事业信息系统的建设与运行培养信息化技术型人才。本类型人才应能承担信息化建设的核心任务,掌握各种计算机软、硬件系统的性能,善于进行系统的集成和配置,有能力管理和维护复杂信息系统的运行,研究如何实现服务及方便有效地利用系统进行计算等。计算机应用型人才的培养凸显了职业特征,使企业与学校的合作更加紧密,部分课程设置凸显能力培养特征,教学模式也呈现了职业化趋势。

为体现研究成果在教学活动中的实现,我们根据《高等学校计算机科学与技术专业人才培养能力构成与培养》和计算机应用型人才培养的特点和社会需求出版了这套教材。本套教材面向高等院校计算机应用型人才培养从知识传授向能力培养转型的需求,在内容的选择、体系安排和教学方法按照专业能力和职业特征的需要进行了探索和诠释。

本套教材在体系结构上,遵从公共基础课程平台、专业核心课程平台、专业选修课程平台、方向课程平台和基本素质课程平台的体系。专业核心课程主要有程序设计基础、离散数学、数据结构、计算机组成原理、操作系统原理、计算机网络原理、数据库系统原理、编译原理等课程。方向课程分为计算机网络、软件工程、信息系统、程序设计、电子商务、嵌入式系统、多

媒体技术和计算机硬件等方向。在教材编写上,汇集作者才智,重点突出对计算机应用能力和应用技术的培养。

本套丛书的出版是在配合计算机应用型人才专业能力的培养和落实方面的初步尝试,在教材组织和编写上还会有许多不足和缺陷,需要进一步完善,我们衷心希望本套教材的出版能起到抛砖引玉的作用,也希望广大教育工作者加入到计算机应用型人才能力培养的研究和实践中来,并对相关的教材建设提出自己的宝贵意见。

丛书主编

陈明

丛书编委会



主 任： 陈 明

副主任： 王锁柱

委 员： (以姓氏拼音为序)

曹永存

郝 莹

贾宗璞

解 凯

刘贵龙

孟庆昌

任化敏

袁 薇

张建林

张晓明

周 苏

联络人： 姚 蕾



前言

“数据结构”作为一门计算机领域十分重要的基础课程，不仅是计算机学科，也是其他信息类或理工类专业的专业基础课，是进行程序设计的重要理论基础。随着计算机科学技术的飞速发展，其应用已不再局限于解决那些传统的数值计算，而是更多地应用在数据采集、信息检索、企业管理、工业过程控制、办公自动化、经济管理、社会服务等非数值计算领域。而应用到这些领域，计算机面对的数据具有结构复杂、数据量大，且种类繁多的特点，同时还面对大多数应用中面临的大数据量存取和处理的能力问题。要设计出高效、准确、适应性好和重用强的程序，就必须对待处理的数据自身的特性及数据元素间的关系进行深入的研究。研究内容主要包括数据的逻辑结构、存储结构以及对数据进行有关操作的算法。

我们研究和学习数据结构的目的是为了学会分析、研究计算机加工的数据的结构特征，并为数据选择合适的逻辑结构、存储结构和相应的处理算法，初步掌握算法的时间复杂度分析和空间复杂度分析，并对复杂程序设计进行一定的训练。

现在市面上有关数据结构的教材比较多，主要包括三类：第一类主要以伪代码方式描述算法，强调对数据结构原理的阐述和理解；第二类用结构化语言（C或Pascal）描述算法，强调对数据及数据元素的描述，侧重于算法的实现；第三类是用面向对象语言（C++或Java）描述的，强调对数据和数据类型的抽象。根据我们大量的教学实践经验，这三类教材各有利弊，第一类教材不利于学生掌握算法的实现以及对算法的复杂度分析；第二类教材则容易让学生过分关注程序的实现，而不是算法的分析和研究，不利于学生解决问题能力的培养；第三类教材则让很多对面向对象思想和程序设计理念不熟悉的学生望而却步。

当然除了这三类教材以外，还有很多介于三类之间的教材，但面对日新月异的IT技术、计算机应用范围的不断扩大，学习和使用计算机的人群已不限于计算机专业了，大量非计算机信息类或理工类专业也把数据结构作为一门必修的基础课。同时，随着社会发展对人才的需求变化及我国人才培养模式的改变，强调对相关的生产技术、技术经济和管理知识的了解，应用型人才越来越受到社会的欢迎。而应用型人才的培养不仅体现在课堂体系的调整上，而且要在每门课程内容的编排上，通过潜移默化的知识渗透和影响来实现应用型人才的培养。正是基于这种理念，根据计算机应用型人才培养目标、教学实际及学生继续深造的要求，我们组织编写了这本教材。本书的作者均是有十多年数据结构教学经验，而且还拥有其他学科背景的一线老师。

根据数据结构特点及目前绝大多数应用型人才培养的需要，本书采用类C语言作为数据和算法的描述语言。对于每一种基本数据结构，给出相关定义后，用规范化的ADT（抽象数据类型）进行描述，使读者能从面向对象的角度理解和把握概念的本质；在对数据的存储结构和算法进行描述时，尽量采用C语言。这样使得对各种数据结构的定义和实现简洁、清晰，又不

拘泥于某种语言,又容易转换成能上机执行的C或C++程序。

本书内容安排合理,详略得当,遵循易于理解的宗旨,讲解时由浅入深;文字表达上力求简练、通俗易懂;实现的算法具体,稍做修改即可上机调试。

全书分8章:第1章是绪论,引入数据结构的概念,并介绍了数据、结构、数据的逻辑结构、数据的存储结构、数据的操作、ADT、算法的概念及特点、算法的复杂度分析等;第2章是线性表,介绍了线性表的基本概念、两种存储结构及其相应存储结构下的操作实现及一些简单应用;第3章是栈与队列,介绍了栈与队列的基本概念、两种存储结构下的操作实现,并列举了一些应用;第4章是数组、串和广义表,介绍了数组的概念、压缩存储的概念和实现、串的概念、串的存储及应用、广义表的基本概念等;第5章是树,介绍了树和二叉树的概念、各种存储结构,以及遍历、线索化二叉树、恢复二叉树、Huffman树的概念与实现;第6章是图,介绍了图的基本概念、图的存储方式,以及图的遍历、最小生成树、拓扑排序、关键路径和最短路径的概念与实现;第7章是查找,介绍了查找的概念与分类、各种查找方法的实现及复杂度分析;第8章是排序,介绍了排序的概念、排序的分类,重点介绍了各种内部排序方法的实现,对各种内部排序方法进行了分析和比较,最后简单介绍了一下外部排序的概念。

本教材可作为高等院校计算机科学与技术、软件工程、信息工程、信息与计算科学、应用数学、信息管理与信息系统、电子商务、教育技术等专业的教材、参考书或考研辅导用书,也可供其他相关理工类专业或工程技术人员参考。对于信息类专业,可讲授64学时,对于非信息类专业,可适当删减,讲授48学时。

本书的第1、2、3、7章由张建林编写,第4、5章由申贵成编写,第6、8章由刘玉铭编写,最后由张建林对全文进行通审和定稿。

在本书的编写过程中,中国石油大学的陈明教授、首都师范大学的王锁柱教授、中央民族大学的曹永存教授对本书的编写提出了宝贵的意见,在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中难免有错误和疏漏之处,恳请广大读者赐教。

编者

2010年7月



教学建议

教学内容	学习要点及教学要求	课时安排	
		计算机专业	非计算机专业
第1章 绪论	理解数据、数据元素和数据项、数据类型的概念及相互关系 理解数据结构的概念 理解数据的逻辑结构与数据的物理结构的关系 理解抽象数据类型的概念 了解四种基本的数据结构 理解算法的概念,了解算法分析、时间复杂性、空间复杂性的概念 本章重点: 数据结构的概念和抽象数据类型的概念	4	4
第2章 线性表	理解线性结构的定义和特点 理解线性表的概念 熟练掌握顺序表和链表的组织方法及实现基本运算的算法 掌握在顺序表和链表上进行算法设计的基本技能 理解循环链表、双向链表的概念 掌握在循环链表、双向链表上进行简单算法设计的技能 了解运用单链表完成多项式的加减运算 本章重点: 线性结构的定义和特点;线性表的运算;顺序表和链表的组织方法和算法设计	8	6
第3章 栈和队列	理解栈和队列的定义、特点及与线性表的异同 熟练掌握顺序栈和链栈的组织方法,队满、队空的判断条件及其描述 掌握在顺序栈上的简单应用 熟练掌握循环队列和链队列的组织方法、算法 掌握在队列上的简单应用 本章重点: 顺序栈和链栈上基本运算的实现和简单算法;链队列上基本运算的实现和简单算法设计;循环队列的组织,队满、队空的判断条件及算法设计	6	6
第4章 数组、串和广义表	理解数组的存储方法 掌握数组在以行序为主序时的数组元素地址计算方法 掌握特殊矩阵压缩存储的原理 了解对稀疏矩阵的各种操作 理解串的定义及相关操作的定义 掌握串的定长顺序结构和堆存储结构上实现串的各种操作的方法 理解串的模式匹配过程及算法 了解广义表的结构特点和存储方法 掌握广义表中取表头和取表尾操作的概念和使用 本章重点: 数组元素的地址计算,特殊矩阵、稀疏矩阵的各种压缩存储方法和适用范围	6	4

(续)

教学内容	学习要点及教学要求	课时安排	
		计算机专业	非计算机专业
第5章 树	理解树形结构的基本概念和术语 深刻领会并掌握二叉树的定义和存储结构 掌握二叉树的性质及应用 理解满二叉树和完全二叉树的概念 熟练掌握二叉树的遍历概念, 先序、中序、后序及层次遍历方法及算法实现 掌握遍历算法的应用、线索二叉树的概念及应用 掌握二叉树的构造及恢复方法 了解树和森林的定义、树的存储结构 掌握树、森林与二叉树之间的相互转换方法 理解Huffman树的概念 掌握构造Huffman树的方法 了解Huffman树的构造算法 本章重点: 树形结构的概念; 二叉树的定义、性质、存储结构、遍历算法的应用及Huffman树的构造	10	8
第6章 图	理解图的概念并熟悉有关术语 熟练掌握邻接矩阵表示法和邻接表表示法 熟练掌握连通图遍历的基本思想和算法 理解最小生成树的有关概念和算法 掌握最小生成树的求解过程 理解最短路径的概念及算法 掌握最短路径的求解过程 了解拓扑排序的概念、步骤和背景 掌握关键路径的求解过程 理解关键路径的概念及算法 本章重点: 图的遍历及最小生成树、最短路径、关键路径等典型问题的求解过程	10	8
第7章 查找	了解集合的基本概念 理解查找表的定义、静态查找表和动态查找表的定义及特点 熟练掌握顺序查找和折半查找的思想和算法 掌握二叉排序树的概念及其插入、删除及查找算法 掌握平衡二叉树的概念及调整过程 了解平衡二叉树的调整算法实现 了解B-、B+树的概念、查找过程及插入、删除方法 理解哈希函数、哈希表的概念 掌握哈希表、哈希函数的构造方法以及处理冲突的方法 掌握哈希存储和哈希查找的基本思想及有关方法、算法分析 本章重点: 顺序查找、折半查找的方法; 二叉排序树插入和删除、平衡二叉树的构造; 哈希表的构造	10	6

(续)

教学内容	学习要点及教学要求	课时安排	
		计算机专业	非计算机专业
第8章 排序	理解排序的概念、各类内部排序方法的指导思想和特点 熟练掌握插入排序的基本思想及直接插入、折半插入、希尔排序的基本步骤及算法实现 熟练掌握交换排序的基本思想及冒泡排序、快速排序的基本步骤及算法实现 熟练掌握选择排序的基本思想及简单选择、树形选择、堆排序的基本步骤及算法实现 理解并掌握归并排序的概念、基本步骤及算法实现 理解并掌握基数排序的概念、基本步骤及算法实现 了解外部排序的概念 本章重点： 希尔排序、快速排序、堆排序三种改进排序方法的思想及算法实现	10	6
	教学总学时建议	64	48

说明：

- ① 本教材主要是为计算机学科及其他信息类等理工专业的“数据结构”课程而编写的。建议课堂教学学时数为48~64（包含习题课、课堂讨论等必要的课堂教学环节，但不包括实验教学，实验需另行安排学时），不同学校、不同类型的专业，可以根据各自的教学要求和计划学时数酌情对教材内容进行取舍。带星号部分内容为选讲内容。
- ② 对于非计算机类专业的师生，在使用本教材时可适当降低教学要求。若授课时为48学时或更少时，可根据每一章的学习要点及教学要求，重点讲授教学建议中要求掌握、熟练掌握的内容，对各种类型的操作算法可以适当降低要求。

课堂教学建议：

- ① 本书的重点是从抽象数据类型的角度讨论线性结构、树形结构和图形结构及其应用，所以第2章、第3章、第5章、第6章是教学的重点。
- ② 第7章、第8章是在掌握数据结构的基本内容的基础上讨论查找和排序的各种实现方法及其综合分析、比较。教学中可以根据学时数情况，略去带星号部分。
- ③ 如果学时数少于48学时，则对于第4章的内容可以只作简单介绍，安排2学时或直接跳过。
- ④ 在每一章结束，尤其是第3章、第5章、第6章、第8章学习结束后，应根据学生掌握情况，安排一些习题课。

实验教学建议：

- ① 原则上，每一章除书后习题外，还要安排不少于一道的综合性上机实验题。
- ② 实验教学组织方式可根据条件及学生情况而定。一般可以采用2~3人一组或个人独立完成等多种形式。
- ③ 如果学时有限，实验题可集中在线性表、树、图、查找、排序部分。

目 录

出版者的话
丛书序言
丛书编委会
前言
教学建议

第1章 绪论	1
1.1 数据结构的由来与发展	1
1.1.1 什么是数据结构	1
1.1.2 数据结构的发展简史	4
1.2 数据结构的有关概念与术语	5
1.3 抽象数据类型	8
1.4 算法和算法分析	11
1.4.1 算法的概念与性质	11
1.4.2 算法设计的分类	12
1.4.3 算法的设计要求	12
1.4.4 算法分析	12
本章小结	15
习题	16
第2章 线性表	17
2.1 线性表的类型定义	17
2.1.1 线性表的概念	17
2.1.2 线性表的抽象数据类型定义	18
2.2 线性表的顺序表示和实现	20
2.2.1 顺序表	20
2.2.2 顺序表上基本运算的实现	21
2.2.3 顺序表的应用举例	24
2.3 线性表的链式表示和实现	25
2.3.1 线性链表的概念	25
2.3.2 单链表上基本运算的实现	27
2.3.3 线性链表的应用举例	32
2.3.4 循环链表	34
2.3.5 双向链表	34
2.4 静态链表	36
2.5 一元多项式的表示和运算	38

本章小结	40
习题	40
第3章 栈和队列	42
3.1 栈的概念及操作	42
3.1.1 栈的定义	42
3.1.2 栈的抽象数据类型定义	42
3.2 栈的存储和运算实现	43
3.2.1 顺序栈	43
3.2.2 链栈	46
3.3 栈的应用举例	47
3.3.1 数制转换问题	47
3.3.2 表达式中括号匹配的检验	48
3.3.3 栈在递归中的应用	48
3.3.4 表达式求值	52
3.3.5 迷宫问题	54
3.4 队列的概念及操作	57
3.4.1 队列的定义	57
3.4.2 队列的抽象数据类型定义	57
3.4.3 其他操作受限的线性表	58
3.5 队列的存储和运算实现	58
3.5.1 顺序队列	58
3.5.2 链队列	61
本章小结	63
习题	63
第4章 数组、串和广义表	65
4.1 数组	65
4.1.1 数组的概念及其抽象数据类型定义	65
4.1.2 数组的顺序实现	66
4.1.3 矩阵的压缩存储	70
4.2 串	82
4.2.1 串的概念及其抽象数据类型定义	82
4.2.2 串的实现与表示	84

4.2.3 串的模式匹配算法	87	习题	150
4.3 广义表	91	第7章 查找	153
4.3.1 广义表的概念及其抽象数据类型		7.1 查找的基本概念	153
定义	91	7.2 静态查找表	155
*4.3.2 广义表的实现	92	7.2.1 顺序表的查找	155
本章小结	96	7.2.2 有序表的查找	156
习题	96	7.2.3 分块查找	160
第5章 树	98	7.3 动态查找表	162
5.1 树的基本概念	98	7.3.1 二叉排序树	162
5.2 二叉树	101	7.3.2 平衡二叉树	167
5.2.1 二叉树的定义与性质	101	7.3.3 B-树	173
5.2.2 二叉树的存储与实现	104	7.3.4 B+树	177
5.2.3 二叉树的遍历	107	* 7.4 哈希表上的查找	178
5.3 线索二叉树	112	7.4.1 哈希表的概念	178
5.4 树和森林	115	7.4.2 哈希函数的构造方法	180
5.4.1 树的存储	115	7.4.3 处理冲突的方法	181
5.4.2 树、森林与二叉树的转换	117	7.4.4 哈希表的查找及其性能分析	183
5.4.3 树和森林的遍历	118	7.4.5 哈希表的有关算法	185
5.5 Huffman树和Huffman编码	118	本章小结	187
*5.6 等价类问题	121	习题	187
本章小结	124	第8章 排序	189
习题	124	8.1 概述	189
第6章 图	126	8.2 插入排序	191
6.1 图的基本概念	126	8.2.1 直接插入排序	191
6.2 图的表示和存储实现方法	128	8.2.2 折半插入排序	193
6.2.1 图的抽象数据类型定义	128	8.2.3 希尔排序	194
6.2.2 邻接矩阵存储结构	129	8.3 交换排序	195
6.2.3 邻接表存储结构	130	8.3.1 冒泡排序	195
6.2.4 十字链表存储结构	134	8.3.2 快速排序	196
6.2.5 邻接多重表存储结构	135	8.4 选择排序	198
6.3 图的遍历	136	8.4.1 简单选择排序	198
6.3.1 深度优先遍历	136	8.4.2 树选择排序	199
6.3.2 广度优先遍历	137	8.4.3 堆排序	200
6.4 最小生成树	138	8.5 归并排序	202
6.4.1 Prim算法	139	8.6 基数排序	204
6.4.2 Kruskal算法	141	8.7 内部排序方法比较	207
6.5 最短路径	142	*8.8 外部排序概述	208
6.5.1 无权图的最短路径	143	本章小结	209
6.5.2 Dijkstra算法	144	习题	209
6.5.3 Floyd算法	146	部分习题参考答案或提示	211
6.6 拓扑排序	146	参考文献	218
6.7 关键路径	147		
本章小结	150		

绪 论

本章要点:

- 围绕数据结构的发展历程, 引入数据结构的概念和基本应用;
- 数据结构的基本定义及有关术语;
- 抽象数据类型的概念;
- 算法的基本概念、特性及算法分类、设计要求;
- 算法的时间、空间分析方法。

1.1 数据结构的由来与发展

自20世纪40年代计算机问世以来, 以计算机为标志的信息技术产业的发展远远超出了人们对它的预期。目前计算机已广泛而深入地应用到了人类社会的各个领域, 计算机的应用已不再局限于解决那些传统的纯数值计算, 而是更多地应用在企业管理、工业过程控制、办公自动化、经济管理、社会服务等非数值计算领域。与此相对应, 计算机处理的对象也由纯粹的数值数据发展到字符、图像、声音、表格等各种各样具有一定结构的数据。这就给程序设计带来了新的问题。为了有效地组织和管理好这些各式各样的数据, 设计出高质量的程序, 必须深入分析和研究这些待处理对象自身的特性, 以及各处理对象之间的关系。其实这也正是数据结构这门课程形成与发展的背景。

1.1.1 什么是数据结构

计算机是一门研究用计算机进行信息表示和处理的科学。这里涉及两个方面的问题: 信息的表示和信息的处理。在大多数情况下, 这些信息并不是没有组织的, 信息之间以及信息中的各个元素之间往往不是孤立存在的, 它们之间有着一定的结构关系。同时, 这些信息的表示方法又直接关系到处理信息的程序的效率。而数据结构就是指相互之间存在一种或多种特定关系的数据元素的集合, 并研究这些数据在计算机中的存储方式以及处理这些数据的方法。通常情况下, 精心选择的数据结构可以带来更高的运行或者存储效率。

在学习程序设计时, 用计算机解决一个实际问题, 一般需要经过以下几个步骤:

- 1) 首先从实际问题中抽象出一个适当的数学模型;
- 2) 然后设计一个解决此数学模型的算法;
- 3) 最后使用某种程序设计语言编写出程序;
- 4) 上机进行测试、调整, 直到得到最终解答或解决问题。

例如, 用计算机求解数学方程的根。通过分析, 首先确定可以有二分法和迭代法两种不同

的方法来求解方程的根，选择其中之一作为求解的方法，写出二分法的求解公式或迭代公式，选择其中之一，然后设计一个求解方程的步骤；最后用某种程序设计语言，比如C语言编写出相应的程序，然后上机调试、调整，直到能正确求出方程的根。

在这种数值类问题中，分析得到的解决问题的数学方程就是一个数学模型。解决这类问题相对比较简单，但在实际的计算机应用中，绝大多数是非数值计算问题，无法直接用数学方程进行描述。请看如下3个例子。

例1-1 学生选课系统。

现在几乎所有的高校在教务管理系统中都有选课系统。如果某一个学生要在系统中按所在专业培养方案选修下一学期的课，或教务处需要查询有多少同学选修了某一门课程，或班主任想查询、统计一下全班同学下学期的选课情况等，则可以建立相关的数据结构，并且按照某种算法编写出相关的程序，这样就可以实现计算机的自动查询。为此，在选课系统中，需要建立一张按学生的学号顺序排列的学生信息表和分别按专业、课程号和班级代号顺序排列的索引表，如图1-1所示。由这四张表构成的文件就是学生选课系统的数学模型，计算机的主要操作就是按特定要求对学生信息文件进行查询。

学号	姓名	性别	专业	年级	...
1081000031	王 志	男	计算机科学与技术	08	...
1082000123	李天峰	男	应用数学	08	...
1093500001	焦 蕾	女	信息管理与信息系统	09	...
1095000312	张 婧	女	英语	09	...
...	...	...	...	...	...

a) 学生基本信息表

计算机科学与技术	1
应用数学	2
信息管理与信息系统	3
英语	4
...	...

b) 专业索引表

大学语文	4
数据结构	1
管理信息系统	3
高等数学	2
...	...

c) 课程索引表

08计算机一班	1
08数学三班	2
09信管一班	3
09外语八班	4
...	...

d) 班级索引表

图1-1 选课系统中的数据结构

类似的表结构还有图书管理系统、工资管理系统、仓库管理系统等。在这类问题中，主要