

21世纪高等学校计算机**专业**实用规划教材

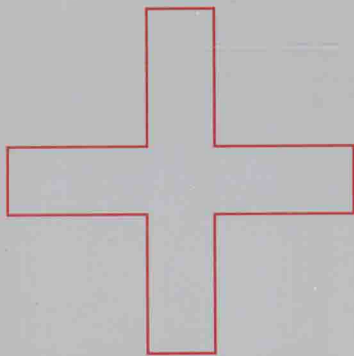
数据结构

(C++描述) (第2版)



C

熊岳山 编著



清华大学出版社

21世纪高等学校计算机**专业**实用规划教材

数据结构

(C++描述)(第2版)

熊岳山 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

数据结构是计算机科学与技术、网络工程、软件工程、信息安全等专业的重要基础课,是这些专业的核心课程之一,是一门集技术性、理论性和实践性于一体的课程。本书重点介绍抽象数据类型、基本数据结构、算法性能评价、C++语言描述数据结构、数据结构的应用等内容,进一步使读者理解数据抽象与面向对象编程实现的关系,提高使用计算机解决实际问题的能力。

本书内容包括基本数据类型、抽象数据类型、算法效率分析、顺序表、链表、树和二叉树、图、多维数组等内容。本书结构合理,内容丰富,算法理论分析详细,数据结构的算法描述丰富。书中用C++语言编写的算法代码都已调试通过,便于自学。本书可作为高等学校计算机科学与技术、网络工程、软件工程、信息安全等专业以及军事院校的基础合训或其他相关专业的教材和参考书,也可供从事计算机软件开发的科技工作者参考。

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(C++描述)/熊岳山编著.—2版.—北京:清华大学出版社,2015

21世纪高等学校计算机专业实用规划教材

ISBN 978-7-302-38818-0

I. ①数… II. ①熊… III. ①数据结构—高等学校—教材 ②C语言—程序设计—高等学校—教材 IV. ①TP311.12 ②TP312

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第301058号

责任编辑:刘 星

封面设计:何凤霞

责任校对:梁 毅

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 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

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

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:185mm×260mm

印 张:15.25

字 数:378千字

版 次:2012年1月第1版

2015年2月第2版

印 次:2015年2月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:32.00元

产品编号:062439-01

编审委员会成员

(按地区排序)

清华大学

周立柱 教授

覃 征 教授

王建民 教授

冯建华 教授

刘 强 副教授

杨冬青 教授

陈 钟 教授

陈立军 副教授

马殿富 教授

吴超英 副教授

姚淑珍 教授

王 珊 教授

孟小峰 教授

陈 红 教授

周明全 教授

阮秋琦 教授

赵 宏 教授

孟庆昌 教授

杨炳儒 教授

陈 明 教授

艾德才 教授

吴立德 教授

吴百锋 教授

杨卫东 副教授

苗夺谦 教授

徐 安 教授

邵志清 教授

杨宗源 教授

应吉康 教授

陆 铭 副教授

乐嘉锦 教授

北京大学

北京航空航天大学

中国人民大学

北京师范大学

北京交通大学

北京信息工程学院

北京科技大学

石油大学

天津大学

复旦大学

同济大学

华东理工大学

华东师范大学

上海大学

东华大学

浙江大学

扬州大学

南京大学

南京航空航天大学

南京理工大学

南京邮电学院

苏州大学

江苏大学

武汉大学

华中科技大学

中南财经政法大学

华中师范大学

江汉大学

国防科技大学

中南大学

湖南大学

西安交通大学

长安大学

哈尔滨工业大学

吉林大学

山东大学

中山大学

厦门大学

仰恩大学

云南大学

电子科技大学

成都理工大学

西南交通大学

孙 莉 副教授

吴朝晖 教授

李善平 教授

李 云 教授

骆 斌 教授

黄 强 副教授

黄志球 教授

秦小麟 教授

张功萱 教授

朱秀昌 教授

王宜怀 教授

陈建明 副教授

鲍可进 教授

何炎祥 教授

刘乐善 教授

刘腾红 教授

叶俊民 教授

郑世珏 教授

陈 利 教授

颜 彬 教授

赵克佳 教授

邹北骥 教授

刘卫国 教授

林亚平 教授

沈钧毅 教授

齐 勇 教授

巨永锋 教授

郭茂祖 教授

徐一平 教授

毕 强 教授

孟祥旭 教授

郝兴伟 教授

潘小轰 教授

冯少荣 教授

张思民 教授

刘惟一 教授

刘乃琦 教授

罗 蕾 教授

蔡 淮 教授

于 春 讲师

曾华荣 教授

出版说明

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程(简称‘质量工程’)”,通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

本系列教材立足于计算机专业课程领域,以专业基础课为主、专业课为辅,横向满足高校多层次教学的需要。在规划过程中体现了如下一些基本原则和特点。

(1) 反映计算机学科的最新发展,总结近年来计算机专业教学的最新成果。内容先进,充分吸收国外先进成果和理念。

(2) 反映教学需要,促进教学发展。教材要适应多样化的教学需要,正确把握教学内容和课程体系的改革方向,融合先进的教学思想、方法和手段,体现科学性、先进性和系统性,强调对学生实践能力的培养,为学生知识、能力、素质协调发展创造条件。

(3) 实施精品战略,突出重点,保证质量。规划教材把重点放在公共基础课和专业基础课的教材建设上;特别注意选择并安排一部分原来基础比较好的优秀教材或讲义修订再版,逐步形成精品教材;提倡并鼓励编写体现教学质量和教学改革成果的教材。

(4) 主张一纲多本,合理配套。专业基础课和专业课教材配套,同一门课程有针对不同层次、面向不同应用的多本具有各自内容特点的教材。处理好教材统一性与多样化,基本教材与辅助教材、教学参考书,文字教材与软件教材的关系,实现教材系列资源配套。

(5) 依靠专家,择优选用。在制定教材规划时要依靠各课程专家在调查研究本课程教

材建设现状的基础上提出规划选题。在落实主编人选时,要引入竞争机制,通过申报、评审确定主题。书稿完成后要认真实行审稿程序,确保出书质量。

繁荣教材出版事业,提高教材质量的关键是教师。建立一支高水平教材编写梯队才能保证教材的编写质量和建设力度,希望有志于教材建设的教师能够加入到我们的编写队伍中来。

21 世纪高等学校计算机专业实用规划教材

联系人:魏江江 weijj@tup.tsinghua.edu.cn

本书是根据教育部颁布的《计算机专业人才培养方案》,结合我国计算机专业教育现状,参照国外计算机专业教育经验,在广泛征求有关专家、学者意见的基础上,由清华大学计算机系教授、副教授、讲师、助教等共同编写而成的。本书可作为高等院校计算机专业及相关专业的教材,也可供从事计算机工作的工程技术人员参考。

本书共分 10 章,主要内容包括:绪论、数据的表示、数据的运算、数据的组织、数据的检索、数据的安全、数据的传输、数据的存储、数据的处理、数据的应用。本书力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进,力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进,力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进。

本书在编写过程中,参考了国内外许多优秀的教材和有关文献,在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请广大读者批评指正。

本书由清华大学计算机系教授、副教授、讲师、助教等共同编写,其中:第 1 章由魏江江编写,第 2 章由魏江江编写,第 3 章由魏江江编写,第 4 章由魏江江编写,第 5 章由魏江江编写,第 6 章由魏江江编写,第 7 章由魏江江编写,第 8 章由魏江江编写,第 9 章由魏江江编写,第 10 章由魏江江编写。

本书在编写过程中,参考了国内外许多优秀的教材和有关文献,在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请广大读者批评指正。

本书由清华大学计算机系教授、副教授、讲师、助教等共同编写,其中:第 1 章由魏江江编写,第 2 章由魏江江编写,第 3 章由魏江江编写,第 4 章由魏江江编写,第 5 章由魏江江编写,第 6 章由魏江江编写,第 7 章由魏江江编写,第 8 章由魏江江编写,第 9 章由魏江江编写,第 10 章由魏江江编写。

前言

数据结构是计算机科学与技术一级学科相关专业的重要基础课程之一,是软件开发和维护的基础。计算机的数据处理能力是计算机解决各种实际问题的关键。现实生活中的实际问题经过抽象,得出反映实际事物本质的数据表示后,才有可能被计算机处理。从实际问题抽象出数学模型,得出它的数据表示后,如何用计算机所能接受的形式来描述这些数据(包括数据本身与数据之间的关系),如何将这些数据以及它们之间的关系存储在计算机中,如何用有效的方法去处理这些数据,是数据结构研究的主要问题。

面向对象的程序设计(OOP)是当今流行的一种程序设计方法。它以一种与传统的面向过程的程序设计方法完全不同的思维方式来认识软件设计的各个方面,并用于指导软件生产的整个过程。面向对象的程序设计有几个优点:首先,由于对象包含属性和行为,因此它支持模块化的程序设计,而模块化程序设计又便于程序的开发和维护;其次,在面向对象程序设计过程中可以充分地利用已有类库,在此基础上所做的修改与扩充不会损害原有类库,因此应用程序的新增代码明显减少,应用程序的可靠性得以提高。C++是一种支持面向对象的程序设计的语言。C++是C语言的超集,它不但实现了面向对象的程序设计的要求,而且还继承了C语言的所有优点,是开发系统软件和应用软件的有力工具,这就是C++备受青睐的主要原因。

用面向对象的程序设计语言C++描述数据结构,与用面向过程的程序设计语言(C或PASCAL)描述数据结构相比,有很大的变化。用面向对象的C++语言的类来描述抽象数据类型,可利用封装、继承和多态等特性。

本书是在深入研究国内外同类教材的基础上,结合多年“数据结构”课程教学经验编写而成的。选材充分考虑了教育部高等学校计算机类专业教学指导委员会对“数据结构”课程的内容要求,算法理论分析详细,数据结构的算法描述丰富。全书共分9章,第1章为数据结构概述,主要介绍数据结构概念:逻辑结构、存储方法、算法复杂度分析、基本数据类型、抽象数据类型与类。第2章介绍线性表、数组、栈和队列及其应用,内容有向量、栈和队列的逻辑结构,抽象数据类型数组、栈和队列的描述;Josephus问题求解、栈与后缀表达式求值、栈与递归、队列与离散事件模拟等应用实例。第3章介绍链表及其应用,内容有动态存储、单链表、循环表、双链表、栈和队列的链接存储。第4章介绍各种排序方法,内容有排序的基本概念,被排序文件的存储表示,折半插入排序、Shell排序、冒泡排序、快速排序、归并排序和外部排序等各种排序方法,各种排序方法的时空效率,算法的实现细节和算法的时空效率等。第5章介绍了线性表的查找,内容有有关查找的概念,顺序查找、折半查找、分块查找、字符串查找的KMP算法和散列查找。第6章介绍树和二叉树,内容有树(树林)和二叉树的概念、树(树林)和二叉树的遍历、抽象数据类型BinaryTree与类BinaryTree、二叉树的遍历算

法。第7章介绍树形结构的应用,内容有二叉排序树、平衡的二叉排序树、B树和B⁺-树、2-3树、Huffman最优树、堆排序和判定树、红黑树、并查集和键树。第8章介绍图结构,内容有图的基本概念、图的存储表示、Graph类的构造与实现、图的遍历、最小代价生成树、单源最短路径问题、每一对顶点间的最短路径问题、有向无回路图的拓扑排序和关键路径。第9章为多维数组,内容有多维数组的存储方法、稀疏矩阵的存储和抽象数据类型——稀疏矩阵。

本书是作为计算机专业本科生“数据结构”课程教材编写的,也可供从事计算机软件开发和计算机应用的工程与科技人员参考。具备了C++语言基础的读者可学习本教材。书中没有标“*”的章节可用50学时的时间讲授。全部内容可用60学时完成。

此外,为配合课堂教学,便于学生理解和掌握所学知识,提高程序设计编程能力,应另外配有20~30小时的上机时间。

本书的出版得到国防科技大学计算机学院、计算机系、613教研室以及清华大学出版社的大力支持,在此深表谢意。特别感谢陈怀义教授、姚丹霖教授在合作撰写数据结构教材中的辛勤工作。由于时间仓促,加之作者水平有限,书中错误在所难免,敬请广大读者和专家批评指正。

编者

2014年10月

目 录

第 1 章 数据结构概述	1
1.1 基本概念	1
1.1.1 数据、数据元素和数据对象	1
1.1.2 数据结构	2
1.2 数据结构的分类	3
1.3 抽象数据类型	4
1.3.1 两种软件设计方法	4
1.3.2 数据类型	5
1.3.3 抽象数据类型	5
1.4 算法和算法分析	8
1.4.1 算法的概念	8
1.4.2 算法分析	9
习题	11
第 2 章 顺序表	13
2.1 线性表	13
2.1.1 线性表的抽象数据类型表示	13
2.1.2 线性表的类表示	15
2.2 数组	18
2.2.1 数组的抽象数据类型	18
2.2.2 数组元素的插入和删除	19
2.2.3 数组的应用	21
2.3 栈	24
2.3.1 栈的抽象数据类型及其实现	24
2.3.2 栈的应用	26
2.4 队列	33
2.4.1 队列的抽象数据类型及其实现	33
2.4.2 优先级队列	36
2.4.3 队列的应用——离散事件驱动模拟	38
习题	45

第3章 链表	46
3.1 动态数据结构	46
3.2 单链表	47
3.2.1 基本概念	48
3.2.2 单链表结点类	49
3.2.3 单链表类	50
3.2.4 栈的单链表实现	60
3.2.5 链式队列	62
3.2.6 链表的应用举例	64
3.3 循环链表	68
3.4 双链表	70
习题	73
第4章 排序	76
4.1 基本概念	76
4.2 插入排序	77
4.2.1 直接插入排序	77
4.2.2 折半插入排序	78
4.2.3 Shell 排序	80
4.3 选择排序	82
4.3.1 直接选择排序	82
4.3.2 树形选择排序	83
4.4 交换排序	84
4.4.1 冒泡排序	84
4.4.2 快速排序	85
4.5 分配排序	89
4.5.1 基本思想	89
4.5.2 基数排序	90
4.6 归并排序	92
* 4.7 外部排序	95
4.7.1 二路合并排序	95
4.7.2 多路替代选择合并排序	96
4.7.3 最佳合并排序	97
* 4.8 排序算法的时间下界	98
习题	99
第5章 查找	101
5.1 基本概念	101

5.2	顺序查找	101
5.3	折半查找	103
5.4	分块查找	104
5.5	字符串的模式匹配	106
5.5.1	朴素的模式匹配算法	106
5.5.2	KMP 匹配算法	107
5.5.3	算法效率分析	110
5.6	散列查找	111
5.6.1	概述	111
5.6.2	散列函数	112
5.6.3	冲突的处理	114
5.6.4	散列查找的效率	117
	习题	118
第 6 章	树和二叉树	120
6.1	树的概念	120
6.2	二叉树	121
6.2.1	二叉树的概念	121
6.2.2	二叉树的性质	121
6.2.3	二叉树的存储方式	123
6.2.4	树(树林)与二叉树的相互转换	125
6.3	树(树林)、二叉树的遍历	126
6.3.1	树(树林)的遍历	126
6.3.2	二叉树的遍历	127
6.4	抽象数据类型 BinaryTree 以及类 BinaryTree	127
6.4.1	抽象数据类型 BinaryTree	127
6.4.2	一个完整包含类 BinaryTreeNode 和类 BinaryTree 实现的例子	128
6.5	二叉树的遍历算法	131
6.5.1	非递归(使用栈)的遍历算法	131
6.5.2	线索化二叉树的遍历	133
	习题	137
第 7 章	树形结构的应用	139
7.1	二叉排序树	139
7.1.1	二叉排序树与类 BinarySTree	139
7.1.2	二叉排序树的检索、插入和删除运算	140
7.1.3	等概率查找对应的最佳二叉排序树	143
7.2	平衡的二叉排序树	146
7.2.1	平衡的二叉排序树与类 AVLTree	146

7.2.2	平衡二叉排序树的插入和删除	147
7.2.3	类 AVLTree 与 AVL 树高度	153
7.3	B-树、B ⁺ -树	154
*7.4	2-3 树	158
*7.5	红黑树	160
7.6	Huffman 最优二叉树	163
7.6.1	Huffman 最优二叉树概述	163
7.6.2	树编码	166
7.7	堆排序	168
*7.8	判定树	174
*7.9	等价类和并查集	175
7.9.1	等价类	175
7.9.2	并查集	176
*7.10	键树	178
	习题	180
第 8 章	图	182
8.1	基本概念	182
8.2	图的存储表示	184
8.2.1	相邻矩阵表示图	184
8.2.2	图的邻接表表示	185
8.2.3	邻接多重表	187
8.3	构造 Graph 类	188
8.3.1	基于邻接表表示的 Graph 类	188
8.3.2	Graph 类的实现	189
8.4	图的遍历	193
8.4.1	深度优先遍历	193
8.4.2	广度优先遍历	195
8.5	最小代价生成树	195
8.6	单源最短路径问题——Dijkstra 算法	199
8.7	每一对顶点间的最短路径问题	202
8.8	有向无回路图	203
8.8.1	DAG 图和 AOV、AOE 网	203
8.8.2	AOV 网的拓扑排序	205
8.8.3	AOE 网的关键路径	207
	习题	209
第 9 章	多维数组	211
9.1	多维数组的顺序存储	211

9.2 特殊矩阵的顺序存储	212
9.3 稀疏矩阵的存储	213
9.4 抽象数据类型稀疏矩阵与 class SparseMatrix	216
习题	221
附录 Nodolib. h	222
参考文献	227

数据结构概述

1.1 基本概念

[illegible]

数据对象是性质相同的数据元素的集合,是数据集合的一个子集。数据元素则是数据对象集合中的数据成员。例如,学生情况表就是一个数据对象。整数集合和复数集合都是数据对象。

1.1.2 数据结构

在任何数据对象中,数据元素都不是孤立存在的,它们相互之间存在一种或多种特定的关系,这种关系称为结构。数据的结构是指数据的组织形式,由数据对象及该对象中数据元素之间的关系组成。数据结构可以描述为一个二元组:

$$\text{Data Structure} = (D, R)$$

其中: D 是数据对象,为数据元素的有限集; R 是该数据对象中所有数据元素之间关系的有限集。

例 1.2 用符号 $\langle k_i, k_j \rangle$ 表示两数据元素 k_i, k_j 的先后次序关系,即 k_i 在 k_j 的前面,则下面两种二元组分别表示两个不同的逻辑结构。

结构 1 = (D, R)

结构 2 = (D, R)

$D = \{k_0, k_1, \dots, k_{n-1}, k_n\}, R = \{r\}$ $D = \{k_0, k_1, k_2, k_3, k_4\}, R = \{r\}$

$r = \{\langle k_0, k_1 \rangle, \langle k_1, k_2 \rangle, \dots, \langle k_{n-2}, k_{n-1} \rangle, \langle k_{n-1}, k_n \rangle\}$ $r = \{\langle k_0, k_1 \rangle, \langle k_0, k_2 \rangle,$

$\langle k_1, k_3 \rangle, \langle k_1, k_4 \rangle\}$

以上是数学意义的数据结构概念,是数据结构的逻辑描述,即逻辑结构。尽管在一般情况下所说的数据结构即指数据的逻辑结构,但当这种数据结构要放在计算机中进行处理时,数据结构概念的含义就不仅限于此了。涉及计算机的数据结构概念,至今尚未有一个公认的标准定义,但一般认为应包括以下三个方面:

(1) 数据元素及数据元素之间的逻辑关系,也称为数据的逻辑结构。

(2) 数据元素及数据元素之间的关系在计算机中的存储表示,也称为数据的存储结构或物理结构。

(3) 数据的运算,即对数据施加的操作。

数据的逻辑结构是从逻辑关系上描述数据,是根据问题所要实现的功能而建立的。数据的逻辑结构是面向问题的,是独立于计算机的。数据的存储结构是指数据在计算机中的物理表示方式,是根据问题所要求的响应速度、处理时间、存储空间和处理速度等建立的,是依赖于计算机的。每种逻辑结构都有一个运算的集合,例如,最常见的运算有检索、插入、排序等,这些运算在数据的逻辑结构上定义,只规定“做什么”,在数据的存储结构上考虑运算的具体实现,规定“如何做”。

例如,表 1.1 就是一个数据结构,它由若干个数据元素组成,每个学生的情况数据就是一个数据元素。对任何一个数据元素,除第一个元素外,其他每个元素都有且仅有一个前驱,第一个元素没有前驱;除最后一个元素外,其他每个元素都有且仅有一个后继,最后一个元素没有后继。这就是数据的一种逻辑结构。

要利用这张表对学生的情况进行计算机管理,首先要把这张表存入计算机。可以把表中的这些数据元素顺序邻接地存储在一片连续的存储单元中,也可以用指针把各自存储的数据元素按表中顺序连接在一起,这种表在计算机中的存储方式就是数据的存储结构。

学生情况的管理,必然涉及学生成绩的登记和查询、学生的插班和退学等,这些管理行

为就是数据的运算,这里涉及数据元素的查找、插入和删除等操作。这些操作在数据的逻辑结构上定义,在数据的存储结构上实现。

1.2 数据结构的分类

对于一个数据结构而言,每一个数据元素可称为一个结点,数据结构中所包含的数据元素之间的关系就是结点之间的关系。如果两个结点 k, k' 之间存在的关系可用有序对 $\langle k, k' \rangle$ 表示,则称 k' 是 k 的后继, k 是 k' 的前驱, k 和 k' 互为相邻结点。如果 k 没有后继,则称 k 为终端结点;如果 k 没有前驱,则称 k 为开始结点;如果 k 既不是终端结点,也不是开始结点,则称 k 为内部结点。

数据的逻辑结构可分为两大类:一类是线性结构;另一类是非线性结构。

线性结构中有且仅有一个开始结点和一个终端结点,并且所有的结点最多只有一个前驱和一个后继。线性表是典型的线性结构。学生情况表就是一个线性表。

非线性结构中的一个结点可能有多个前驱和后继。如果一个结点最多只有一个前驱,而可以有多个后继,这种结构就是树。树是最重要的非线性结构之一。如果对结点的前驱和后继的个数不作限制,这种结构就是图。图是最一般的非线性结构。数据的这几种逻辑结构可用图 1.1 表示。

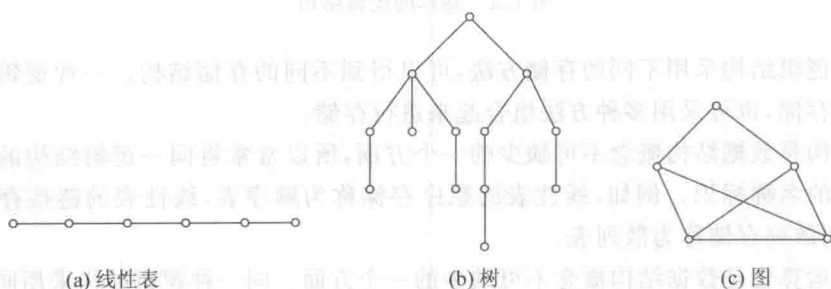


图 1.1 基本的逻辑结构

数据的存储结构取决于四种基本的存储方法:顺序存储、链接存储、索引存储和散列存储。

顺序存储方法是把逻辑上相邻的结点存储在物理位置相邻的存储单元里,结点之间的逻辑关系用存储单元的邻接关系来体现。顺序存储主要用于线性结构,非线性结构也可以通过某种线性化的方法来实现顺序存储。通常顺序存储是用程序语言的数组来描述的。

链接存储方法对逻辑上相邻的结点不要求在存储空间物理位置上亦相邻,结点之间的逻辑关系由附加的指针来表示。非线性结构常用链接存储,线性结构也可以链接存储。通常链接存储是用程序语言的指针来描述的。

索引存储方法是在存储结点数据的同时,还建立附加的索引表。索引表的每一项称为索引项。一般情况下索引项由关键字(关键字是结点的一个字段或多个字段的组合,其值能唯一确定数据结构中的一个结点)和地址组成。一个索引项唯一对应于一个结点,其中的关键字是能唯一标识该结点的数据项,地址指示该结点的存储位置。

散列存储方法是根据结点的关键字计算出该结点的存储地址的,是一种从关键字到地