

可下载教学资料

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



高等学校教材
信息管理与信息系统

数据结构

(C语言描述)

张瑞军 主编
张文萍 副主编
邓洪 王静 编著



清华大学出版社

高等学校教材

信息管理与信息系统

数据结构 (C语言描述)

张瑞军 主编
张文萍 副主编
邓洪 王静 编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书针对信息管理与信息系统、电子商务等非理工专业计算机类学生基础课程掌握较少的特点,以多年教学经验为基础,从读者的角度出发,努力回避复杂的数学定义与推导,用读者熟悉的 C 语言作为数据结构和算法的描述语言,采用图文并茂的方式通俗易懂地叙述了线性表、栈、队列、串、树、图等各种数据结构的概念及相关算法,介绍了查找、排序、文件等各种算法及数据组织方式。全书共分 10 章,每章的结尾均有丰富的习题,以利于知识点的巩固。

本书可作为信息管理、电子商务、计算机等专业本科生的教材。

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 语言描述/张瑞军主编. —北京:清华大学出版社,2009.4

(高等学校教材·信息管理与信息系统)

ISBN 978-7-302-19444-6

I. 数… II. 张… 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. TP311.12 TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 015984 号

责任编辑:闫红梅 徐跃进

责任校对:梁毅

责任印制:王秀菊

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 装 者:北京市昌平环球印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:14.75 字 数:367 千字

版 次:2009 年 4 月第 1 版 印 次:2009 年 4 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:23.00 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:028642-01

改革开放以来,特别是党的十五大以来,我国教育事业取得了举世瞩目的辉煌成就,高等教育实现了历史性的跨越,已由精英教育阶段进入国际公认的大众化教育阶段。在质量不断提高的基础上,高等教育规模取得如此快速的发展,创造了世界教育发展史上的奇迹。当前,教育工作既面临着千载难逢的良好机遇,同时也面临着前所未有的严峻挑战。社会不断增长的高等教育需求同教育供给特别是优质教育供给不足的矛盾,是现阶段教育发展面临的基本矛盾。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2001年8月,教育部下发了《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》,提出了十二条加强本科教学工作提高教学质量的措施和意见。2003年6月和2004年2月,教育部分别下发了《关于启动高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作的通知》和《教育部实施精品课程建设提高高校教学质量和人才培养质量》文件,指出“高等学校教学质量和教学改革工程”是教育部正在制定的《2003—2007年教育振兴行动计划》的重要组成部分,精品课程建设是“质量工程”的重要内容之一。教育部计划用五年时间(2003—2007年)建设1500门国家级精品课程,利用现代化的教育信息技术手段将精品课程的相关内容上网并免费开放,以实现优质教学资源共享,提高高等学校教学质量和人才培养质量。

为了深入贯彻落实教育部《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》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上;精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展、顺应并符合新世纪教学发展的规律、代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻

性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。首批推出的特色精品教材包括:

(1) 高等学校教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。

(2) 高等学校教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 高等学校教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

(4) 高等学校教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

(5) 高等学校教材·信息管理与信息系统。

(6) 高等学校教材·财经管理与计算机应用。

清华大学出版社经过 20 多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

E-mail: dingl@tup.tsinghua.edu.cn

现实生活中的数据如何在计算机世界中组织、存储和运算？这是计算机自诞生以来人们普遍关心的一个问题。数据结构这门学科很好地回答了这个问题。它以现实生活中的数据为对象，在研究其特征的基础上采用合理的数据集合的组织方式，设计合理的方法来表达这些数据，为数据集合选择适当的逻辑结构、存储结构及相应的处理算法，并给出相应算法的时间、空间复杂度的分析方法，以期培养良好的程序设计风格。

作为信息科学领域内程序设计的一门重要理论技术基础，数据结构不仅仅是计算机、自动化等理工类学科的核心课程，它已开始渗透到信息管理与信息系统、电子商务等与计算机相关的非理工类学科领域，逐渐成为一门跨学科的计算机类专业课程。

本书编写特色

目前市面上介绍数据结构的教材很多，但多半针对计算机专业的学生，如何针对非计算机专业的学生开设这门课程，成为各高校普遍关心的问题。我们在多年从事信息管理与信息系统、电子商务等专业教学的基础上，从读者的角度出发，精心编写了本课程。在整本教材的编写过程中，我们注意把握以下特色：

(1) 深入浅出的讲解方法。本书在叙述时，努力回避复杂的数学定义与推导，以读者都熟悉的 C 语言作为数据结构和算法的描述语言，采用通俗易懂的方式叙述各种数据结构的概念，包括数据结构的定义、逻辑结构、物理存储和基本运算，并通过实例来讲述运用抽象的理论来解决实际问题。使没有学过离散数学、图论、概率论等计算机和数学类基础课程的读者都能顺利地完成本书内容的学习。

(2) 丰富的实例和习题。数据结构通常被认为是一门较为枯燥、较难学习的课程。为了提高读者对这门课程的兴趣，本书在编写时尽量结合现实生活安排一些有趣的实例，如线性表一章中的多项式计算、栈与队列一章中的舞伴问题和迷宫问题、树一章中的信息加密问题等。同时为了便于内容的掌握和一些读者进一步深造（如考研和考程序员等）的需要，每章在最后都设计有丰富的习题，并按填空题、判断题、选择题、问答题和上机题等进行了系统的分类。

(3) 图文并茂的编写方法。针对树、图等数据结构中一些较复杂的动态算法，精心设计了图例，力争以丰富的静态图表来表达动态的算法运行过程，并对这些算法加上详尽的文字说明。

本书内容设置

全书共分 10 章,具体内容如下:

第 1 章从实例入手,介绍了数据结构的基本概念,并阐述了算法的设计要求、时间复杂度、空间复杂度等相关概念。

第 2 章介绍了线性表的概念及基本操作,并讨论了线性表的顺序存储结构及其相关运算,接着介绍了线性表的链式存储,包括单链表、循环链表、双向链表,最后探讨了数组与特殊矩阵的存储与运算方法。

第 3 章介绍了栈和队列的概念及基本操作,然后介绍了二者的一些主要应用。

第 4 章在介绍串的概念与运算的基础上,讲述了串的定长顺序存储、堆分配存储、块链存储等 3 种存储方式,并给出了应用实例。

第 5 章介绍了树、森林、二叉树的概念及基本操作,给出了其逻辑结构与物理存储方法,最后讲述了哈夫曼树及其应用。

第 6 章介绍了图的概念及存储方法,讲述了图的深度优先搜索和广度优先搜索两种遍历方法,最后探讨了图的最小生成树、关键路径、最短路径等具体应用。

第 7 章介绍了查找的相关概念,并探讨了静态查找表、动态查找表、哈希表等多种查找方法。

第 8 章介绍了内部排序的相关概念,并探讨了插入排序、交换排序、选择排序、基数排序等多种查找方法。

第 9 章介绍了外部排序的相关概念,并探讨了磁盘和磁带两种外部排序的方法。

第 10 章介绍了文件的基本概念,并介绍了顺序文件、索引文件、ISAM 和 VSAM 文件、散列文件和多关键字文件。

编写情况

本书由张瑞军担任主编,张文萍担任副主编,邓洪、王静参与了编写工作。具体分工如下:本书第 1、第 5、第 6 章由张瑞军编写;第 2、第 3、第 4 章由张文萍编写;第 8、第 9 章由邓洪编写;第 7、第 10 章由王静编写。本书在编写过程中,参考了清华大学严蔚敏教授、西北大学耿国华教授以及其他各兄弟院校编写的《数据结构》教材,并翻阅了大量的中英文论文,在此一并表示感谢。

限于自身水平,全体参编人员虽全身心投入,书中错误和不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2009 年 1 月

第 1 章 绪论	1
1.1 什么是数据结构	1
1.2 基本概念与术语	3
1.2.1 数据的逻辑结构.....	4
1.2.2 数据的存储结构.....	5
1.3 算法	5
1.3.1 算法的特征.....	5
1.3.2 算法设计的要求.....	6
1.3.3 时间复杂度.....	7
1.3.4 空间复杂度.....	9
1.4 习题.....	10
第 2 章 线性表	12
2.1 线性表的概念及基本操作.....	12
2.1.1 线性表的概念	12
2.1.2 线性表的基本操作	13
2.2 线性表的顺序存储.....	14
2.2.1 线性表的顺序存储结构	14
2.2.2 线性表的顺序存储结构上的运算	15
2.3 线性表的链式存储.....	19
2.3.1 单链表	19
2.3.2 单链表上的基本运算	21
2.3.3 循环链表	27
2.3.4 双向链表	30
2.3.5 顺序表与链表的比较	33
2.4 数组与矩阵.....	34
2.4.1 数组的顺序存储及实现	34
2.4.2 特殊矩阵的压缩存储	36
2.5 线性表的应用实例.....	42

2.6	习题	45
第3章	栈与队列	48
3.1	栈	48
3.1.1	栈的概念与运算	48
3.1.2	栈的存储方式	49
3.1.3	栈的应用举例	53
3.1.4	栈与递归的关系	57
3.2	队列	59
3.2.1	队列的概念与运算	59
3.2.2	队列的存储方式	60
3.2.3	队列的应用举例	66
3.3	习题	69
第4章	串	73
4.1	串的定义	73
4.1.1	串的基本概念	73
4.1.2	串的基本运算	74
4.2	串的存储结构与运算	76
4.2.1	串的定长顺序存储	76
4.2.2	串的堆分配存储	79
4.2.3	串的块链存储	81
4.3	串的应用举例	82
4.3.1	串的模式匹配算法	82
4.3.2	文本编辑	83
4.4	习题	85
第5章	树	87
5.1	树、森林的基本概念	87
5.1.1	树的定义	87
5.1.2	基本术语	88
5.1.3	树的基本操作	89
5.2	二叉树	89
5.2.1	二叉树的定义与基本操作	89
5.2.2	二叉树的性质	90
5.2.3	二叉树的存储结构	92
5.3	二叉树的遍历及应用	94
5.4	线索二叉树	99
5.4.1	线索二叉树的存储结构	99

5.4.2	二叉树的线索化	100
5.4.3	线索二叉树的遍历	101
5.5	树和森林	102
5.5.1	树的存储结构	102
5.5.2	树、森林和二叉树的相互转换	105
5.5.3	树与森林的遍历	108
5.6	哈夫曼树及其应用	109
5.6.1	哈夫曼树	109
5.6.2	哈夫曼编码	110
5.6.3	哈夫曼编码算法的实现	112
5.7	习题	116
第 6 章	图	119
6.1	图的定义与基本术语	119
6.1.1	图的定义	119
6.1.2	图的基本术语	120
6.2	图的存储表示	122
6.2.1	邻接矩阵表示法	122
6.2.2	邻接表表示法	125
6.2.3	十字链表	127
6.2.4	邻接多重表	128
6.3	图的遍历	129
6.3.1	深度优先搜索	129
6.3.2	广度优先搜索	131
6.4	最小生成树	133
6.4.1	普里姆算法	133
6.4.2	克鲁斯卡尔算法	135
6.5	有向无环图的应用举例	136
6.5.1	拓扑排序问题	136
6.5.2	关键路径问题	138
6.6	最短路径问题	140
6.6.1	求某一顶点到其他各顶点的最短路径	140
6.6.2	求任意两个顶点之间的最短路径	142
6.7	习题	143
第 7 章	查找	146
7.1	基本概念	146
7.2	静态查找表	147
7.2.1	顺序表的查找	148

7.2.2	有序表的查找	149
7.2.3	索引顺序表的查找	152
7.3	动态查找表	154
7.3.1	二叉排序树	154
7.3.2	平衡二叉树	159
7.4	哈希表	165
7.4.1	哈希表的定义	165
7.4.2	哈希函数的构造	166
7.4.3	处理冲突的方法	168
7.4.4	哈希表的查找与分析	169
7.5	习题	170
第8章	内部排序	173
8.1	排序的基本概念	173
8.2	插入排序	175
8.2.1	直接插入排序	175
8.2.2	折半插入排序	177
8.2.3	表插入排序	178
8.2.4	希尔排序	179
8.3	交换排序	180
8.3.1	冒泡排序	180
8.3.2	快速排序	182
8.4	选择排序	184
8.4.1	简单选择排序	184
8.4.2	树状选择排序	185
8.4.3	堆排序	186
8.5	归并排序	190
8.6	基数排序	192
8.6.1	多关键字排序	192
8.6.2	链式基数排序	192
8.7	习题	196
第9章	外部排序	199
9.1	外存信息的存取	199
9.1.1	磁带信息的存取	199
9.1.2	磁盘信息的存取	201
9.2	外部排序的方法	202
9.2.1	磁盘排序	202
9.2.2	磁带排序	207

9.3 习题	209
第 10 章 文件	210
10.1 基本概念	210
10.1.1 文件的基本概念	210
10.1.2 文件的逻辑结构及操作	211
10.1.3 文件的存储结构	211
10.2 顺序文件	212
10.3 索引文件	213
10.4 ISAM 文件和 VSAM 文件	214
10.4.1 ISAM 文件	214
10.4.2 VSAM 文件	216
10.5 散列文件	218
10.6 多关键字文件	219
10.6.1 多重表文件	219
10.6.2 倒排文件	220
10.7 习题	220
参考文献	222

绪 论

自从 1946 年第一台计算机问世以来,计算机在各行各业及各个领域的应用得到了突飞猛进的发展。计算机的功能早已突破当初科学计算的初衷,更多地涉足控制、管理、信息处理等非数值计算领域;其处理的对象也由单纯的数值扩展到字符、表格、声音、图像等多媒体信息。面对如此多样化的处理对象,如何选择合适的表示方法,有效组织数据存储的方式,完成数据对象的初始化、插入、删除、查找及各数据对象之间的相互访问的功能,以高效的程序设计技巧为手段,来实现这些运算等,成为需要迫切解决的问题,于是“数据结构”这门学科应运而生。

概括起来,数据结构这门学科主要完成以下工作:

- (1) 数据集中各数据元素之间的逻辑关系,即数据的逻辑结构;
- (2) 在对数据集合进行访问和处理时,各数据元素在计算机物理介质中的实际存储,即数据的物理结构;
- (3) 对数据集中各数据元素的各种运算。

1.1 什么是数据结构

计算机早先的设计是用来解决一些经典的科学计算问题,如桥梁工程结构力学中的 Gauss 多元一次方程、人口增长的 Logistic 微分方程数学模型等,其大致流程为:首先设计一个数学模型,然后针对该数学模型设计相应的算法,最后编程调试,以得出问题的最终解。同样这种流程也可引入到非数值计算领域,以解决现实生活中的一些具体问题,概括起来可以分为如下几步:

(1) 分析问题,建立数学模型。界定问题的输入输出的边界,抽取问题的实质,忽略其细节,对问题进行抽象,形成相应的数学模型。

(2) 确定数据结构。一旦对问题进行抽象后,就要设计合适的结构对解决问题所需的数据及数据之间的关系进行存储,描述出其相应的逻辑结构及存储结构。

(3) 算法设计。解决问题的算法通常有很多种,一般要根据问题的要求和数据结构具有的特点来选择和设计算法,同时要考虑该算法在执行效率和占用内存空间上是否具有优越性。

(4) 编程实现。选用适当的计算机设计语言编写相应的程序,必要时设计相应的输入输出界面,然后调试并运行这个程序,得出问题的解。

下面通过一个例子阐述该过程。

【例 1.1】 新生入学注册问题。

(1) 学号的编码规则。新生入学时因管理的方便需要填写姓名、出生年月、籍贯等信息,同时为了识别每位新生的身份需要为其分配一个学号,为此,不同的学校有不同的方案:

① 最简单的方法是按报名的顺序号来分配学号,其特点是简便,但不利于管理,每个学生的身份无法识别。

② 其次是采用入学年份+报名流水号的编码方式。这比上一种方案有所改善,但无法体现学生的专业等详细信息。

③ 采用入学年份+学院编号+专业编号+流水号的编码方式。这种方案既可以体现学生的入学年份、专业等信息,也便于教务管理、学生管理等部门的管理。

采用最后一种方案后,可以建立一张按学号排序的学生基本信息文件和两张分别按学院号、专业编号排序的索引表,如表 1.1 所示。

表 1.1 学生信息管理文件示例

学号	姓名	学院编号	专业编号	性别	出生年月
200805165001	赵飞霞	05	165	女	1988.5
200805165002	朱晨	05	165	男	1989.1
200805165003	孙磊	05	165	男	1988.2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
200805178023	华明	05	178	男	1989.5
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

学院编号	学院名称
01	机械学院
02	自动化学院
⋮	⋮
05	管理学院

专业编号	专业名称
165	信息管理
166	财务管理
⋮	⋮
178	电子商务

由这 3 张表构成的文件便是学生信息自动检索的数学模型,计算机的主要操作便是按照某个特定要求(如按学院、按年份、按专业等)完成主文件及各索引文件的增加、删除、修改、查询等工作。

(2) 确定数据结构。接下来设计适当的数据格式来存储和表达这些信息,这里不仅存储结点信息,也要存储结点之间的连接信息,必要时可能要增加一些辅助性的数据结构。

对于本问题,由于涉及学院、专业等信息,它们之间有一种层次性的关系,为此,可以增加学校、班级等辅助性数据结构,形成如图 1.1 所示的树状数据结构。

可以使用不同的高级语言表达这种数据结构,由于各种高级语言的特点不同,其表达方式也不一样。对上述问题,如采用 C 语言,可使用结构和链表来实现;而如果采用 VB 等语言,则只能采用结构和数组来实现。

(3) 算法设计。对于上述问题,主要涉及学生信息的增加、删除、修改、查询等操作。这里涉及树状数据结构的初始化、创建、增加、删除等算法。关于树这种数据结构的相关算法,第 5 章将有详细介绍。

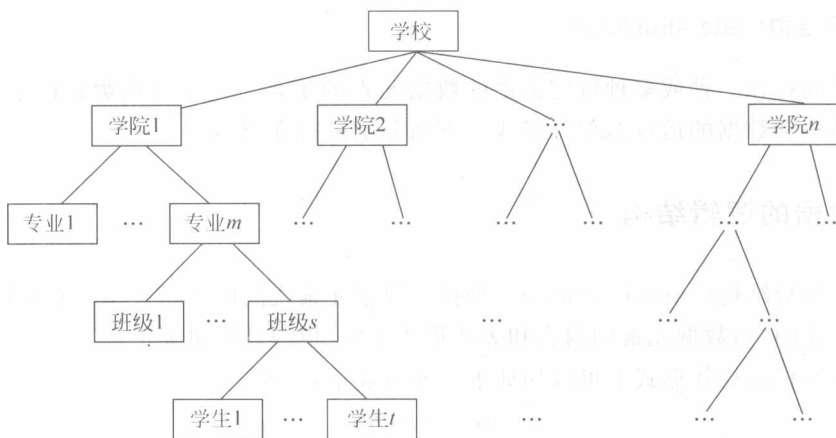


图 1.1 树状数据结构示例

(4) 程序设计。根据实际问题所具有的特点,选择一种高级语言来实现。

通过上述例子可以看出,数据结构描述的是一种数据的集合,该集合中的各数据元素存在着一定的关系。

1.2 基本概念与术语

在学习本章之前,先给出几个术语的确切定义,以便在后继章节的学习中有一个统一的概念。

1. 数据(data)

对客观事物的符号表示,它描述客观事物的数值、字符等所有能输入到计算机中并能被计算机所接受和处理的符号的集合。

数据概念的形成是与计算机的发展息息相关的。早期的计算机仅局限于数值计算这一功能,数据只包括整型、实型、布尔型。而目前随着计算机硬件的发展及应用领域的不断普及,非数值运算与处理成为计算机应用的主流,数据的外延被大大扩展,目前已扩展到图像、声音等各种可以被计算机表达的信息。

2. 数据元素(data element)

组成数据的基本单位,是数据这一集合中的个体。例如它可以是一个数、一个字符、一个声音存储单元等。它由一个或多个数据项组成,数据项(data item)是独立含义的最小单位,此时的数据元素有时也称为记录。如表 1.1 中的学生基本信息表的学号即为一个数据项,而其中的一行如(200805165001,赵飞霞,05,165,女,1988.5)则为一个数据元素(记录)。

3. 数据对象(data object)

具有相同性质的数据元素的集合,是数据的一个子集。例如整数的数据对象为 $\{0, \pm 1, \pm 2, \dots\}$,字符的数据对象为 $\{'A', 'B', \dots, 'Z'\}$ 。

4. 数据结构(data structure)

相互之间存在一种或多种特定关系的数据元素的集合。它主要由数据的逻辑结构、数据的存储结构和数据的运算 3 部分组成。下面分别进行介绍。

1.2.1 数据的逻辑结构

数据的逻辑结构(logical structure)是指各数据元素之间的逻辑关系。它是用户根据数据模型所建立的,与数据元素的内容和表达形式无关,也与计算机无关。

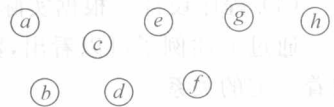
数据的逻辑结构在形式上可以用如下二元组表示:

$$B = (D, R)$$

其中, D 是数据元素的有限集, R 是 D 上关系的有限集, 这种关系可以用图形来表示。

数据的逻辑结构大致可以分为下面 4 类:

1. 集合



在这种逻辑结构中数据元素之间没有逻辑关系, 如图 1.2 所示给出一个示例。

图 1.2 集合

图 1.2 中的集合可形式化表示为:

$$B_1 = (D_1, R_1), \quad \text{其中 } D_1 = \{a, b, c, d, e, f, g, h\}, R_1 = \phi.$$

2. 线性结构

所有数据元素存在一对一的关系, 图 1.3 给出一个示例。



图 1.3 线性结构

该示例中的线性结构可形式化描述为:

$$B_2 = (D_2, R_2), \quad \text{其中 } D_2 = \{a, b, c, d, e\}, \\ R_2 = \{ \langle a, b \rangle, \langle b, d \rangle, \langle d, e \rangle, \langle e, c \rangle \}.$$

线性结构通常有线性表、栈、队列、链表等多种表现形式, 这些在第 2、第 3、第 4 章有具体阐述。

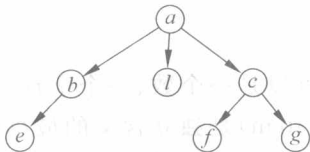


图 1.4 树状结构

3. 树状结构

结构中的数据元素之间存在一对多的关系, 图 1.4 给出一个示例, 其具体定义参见第 5 章。

图 1.4 所示的树状结构可形式化描述为:

$$B_3 = (D_3, R_3), \quad \text{其中 } D_3 = \{a, b, c, e, f, g, l\}, \\ R_3 = \{ \langle a, b \rangle, \langle a, l \rangle, \langle a, c \rangle, \langle b, e \rangle, \langle c, f \rangle, \langle c, g \rangle \}.$$

4. 图状结构或网状结构

结构中的数据元素之间存在多对多的关系,图 1.5 给出一个示例。

图 1.5 所示的网状结构可形式化描述为:

$$B_4 = (D_4, R_4), \quad \text{其中 } D_4 = \{a, b, c, d, e\},$$

$$R_4 = \{\langle a, b \rangle, \langle a, d \rangle, \langle b, d \rangle, \langle a, c \rangle, \langle c, d \rangle, \langle c, e \rangle, \langle d, e \rangle\}.$$

在图状结构或网状结构中,如果数据元素之间的关系是无向的,则用圆括号来表示,如图 1.6 所示的网状结构可形式化描述为:

$$B_5 = (D_5, R_5), \quad \text{其中 } D_5 = \{a, b, c, d, e\},$$

$$R_5 = \{(a, b), (a, c), (b, c), (b, d), (d, e), (c, e)\}.$$

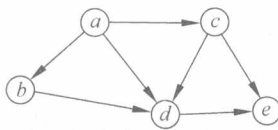


图 1.5 有向网状结构

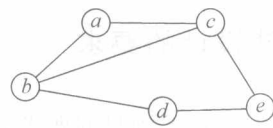


图 1.6 无向网状结构

1.2.2 数据的存储结构

数据的存储结构是指逻辑结构在计算机存储空间中的存放方式,有时也称为数据的物理结构。

数据的存储结构分顺序存储结构与链式存储结构两种。在顺序存储结构中,各数据元素在计算机存储空间中按顺序存放,在存储时按其相对位置来表示数据元素间的关系。而对链式存储结构,各数据元素在存储空间上不一定是连续的,它用指示数据元素存储地址的指针表示元素间的逻辑关系。

对于线性逻辑结构,可以采用顺序存储结构,也可采用链式存储结构;对于树状逻辑结构,一般采用链式存储结构;对于图状结构或网状结构,一般采用链式存储结构。

1.3 算 法

通过前面例 1.1 可知,数据结构与算法(algorithm)是紧密联系的。对于某一问题,如果使用计算机求解,其本质上是对某一种或几种数据结构施加一些运算,因而在计算机界有人用“程序=数据结构+算法”这一公式来形象地描述二者之间的关系。

1.3.1 算法的特征

算法是解决某一特定类型问题的有限运算序列。描述算法的方式有多种,可以采用流程图,也可以采用自然语言、计算机语言等来描述。

算法与程序不同,它具有以下 5 大特征。