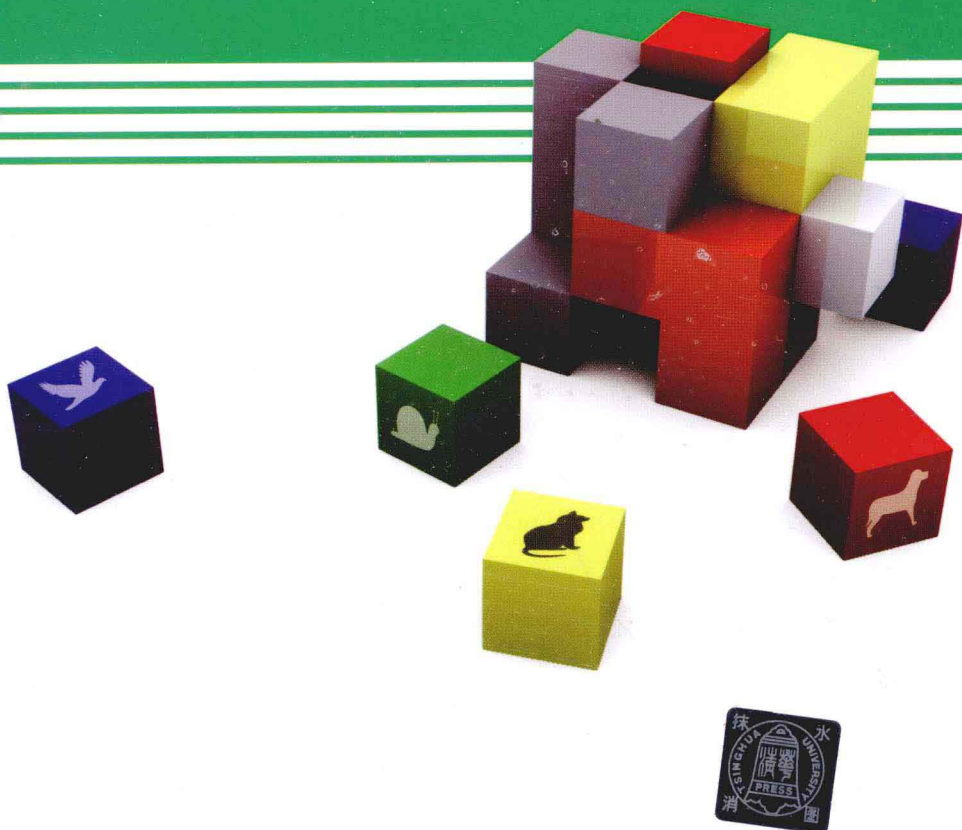


高等学校数据结构课程系列教材

数据结构简明教程

李春葆 主编



清华大学出版社

高等学校数据结构课程系列教材

数据结构简明教程

李春葆 主编
方颖 喻丹丹 曾平 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书内容包括概论、线性表、栈和队列、串、数组和稀疏矩阵、树和二叉树、图、查找和排序,附录中给出书中部分算法清单、全国计算机专业数据结构 2013 年联考大纲、部分练习题的参考答案。

本书具有概念清楚、表述明晰、示例丰富、图示准确和内容完整的特点。

本书可用作高等院校计算机及相关专业本、专科生数据结构课程的教材,也适合计算机爱好者和参加各类计算机考试人员研习。

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

数据结构简明教程/李春葆主编. —北京:清华大学出版社,2014

(高等学校数据结构课程系列教材)

ISBN 978-7-302-33618-1

I. ①数… II. ①李… III. ①数据结构—教材 ②C 语言—程序设计—教材 IV: ①TP311.12
②TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 203882 号



责任编辑:魏江江 薛 阳

封面设计:杨 兮

责任校对:梁 毅

责任印制:何 芊

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 装 者:北京鑫丰华彩印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:21

字 数:526 千字

版 次:2014 年 1 月第 1 版

印 次:2014 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:34.50 元

产品编号:054581-01

出版说明

随着国家信息化步伐的加快和高等教育规模的扩大,社会对计算机专业人才的需求不仅体现在数量的增加上,而且体现在质量要求的提高上,培养具有研究和实践能力的高层次的计算机专业人才已成为许多重点大学计算机专业教育的主要目标。目前,我国共有16个国家重点学科、20个博士点一级学科、28个博士点二级学科集中在教育部部属重点大学,这些高校在计算机教学和科研方面具有一定优势,并且大多以国际著名大学计算机教育为参照系,具有系统完善的教学课程体系、教学实验体系、教学质量保证体系和人才培养评估体系等综合体系,形成了培养一流人才的教学和科研环境。

重点大学计算机学科的教学与科研氛围是培养一流计算机人才的基础,其中专业教材的使用和建设则是这种氛围的重要组成部分,一批具有学科方向特色优势的计算机专业教材作为各重点大学的重点建设项目成果得到肯定。为了展示和发扬各重点大学在计算机专业教育上的优势,特别是专业教材建设上的优势,同时配合各重点大学的计算机学科建设和专业课程教学需要,在教育部相关教学指导委员会专家的建议和各重点大学的大力支持下,清华大学出版社规划并出版本系列教材。本系列教材的建设旨在“汇聚学科精英、引领学科建设、培育专业英才”,同时以教材示范各重点大学的优秀教学理念、教学方法、教学手段和教学内容等。

本系列教材在规划过程中体现了如下一些基本组织原则和特点。

1. 面向学科发展的前沿,适应当前社会对计算机专业高级人才的培养需求。教材内容以基本理论为基础,反映基本理论和原理的综合应用,重视实践和应用环节。

2. 反映教学需要,促进教学发展。教材要能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。在选择教材内容和编写体系时注意体现素质教育、创新能力与实践能力的培养,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。规划教材建设的重点依然是专业基础课和专业主干课;特别注意选择并安排了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重点大学

计算机专业教学内容和课程体系改革成果的教材。

4. 主张一纲多本,合理配套。专业基础课和专业主干课教材要配套,同一门课程可以有多种具有不同内容特点的教材。处理好教材统一性与多样化的关系;基本教材与辅助教材以及教学参考书的关系;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,择优落实。在制订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、评审确定主编。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。建立一支高水平的以老带新的教材编写队伍才能保证教材的编写质量,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。

教材编委会

前言

用计算机解决实际问题时,必然涉及数据的组织及数据的处理,而数据组织及数据处理正是数据结构课程的主要学习内容。

数据结构课程在计算机科学中是一门综合性的专业基础课。在计算机科学中,数据结构内容不仅作为一般程序设计的必备知识,而且是设计编译程序、操作系统、数据库系统及其他系统程序和大型应用程序的重要基础。

数据结构的主要研究内容有:数据的逻辑结构描述即表示求解问题中的数据和数据元素之间的逻辑关系;数据的存储结构设计即将数据逻辑结构在计算机内存中表示;运算算法设计即实现求解问题的功能,如设计插入、删除、修改、查询和排序算法等。

很多学习数据结构课程的学生都感觉数据结构比较抽象,算法理解比较困难,这很大程度上是因为没有领会数据结构的特点造成的。首先,一个学习计算机专业的学生必须具有某种计算机语言编程能力,能够将求解问题的思路转换成计算机可以执行的程序代码,会编写基本的程序就像一个小学生识字和掌握基本的词汇一样重要;其次,必须掌握用计算机求解问题的三个层次,即提取求解问题中数据的逻辑结构、设计相应的存储结构和在存储结构上实现求解问题的算法。在设计一个算法时,先要充分理解相关的存储结构,试想一下,一个图的邻接表存储结构还没有弄清楚,如何设计一个图的遍历算法呢?所以在写算法时脑海里要准确地呈现数据的存储结构,这样才会下笔有“神”,流畅地写出正确的代码,如同小学生在掌握相当的词汇和写作技巧后才会写出高质量的作文。

本书是作者针对数据结构课程的特点,在总结长期教学经验的基础上编写的,本书的“简明”性主要体现在两个方面。

一是内容上的简明性,本书内容涵盖了最新全国计算机专业联考大纲(2013年)数据结构部分的知识点,省去了一些难度较大的应用和扩展内容,如栈和队列中求表达式值和迷宫问题、串的KMP算法和广义表等。

二是写作上的简明性,作者在写作时遵循“简洁如 iPhone”的风格,具体体现在以下几个方面。

- 力求实现从 C/C++ 语言程序设计到数据结构算法设计的无缝对接,对算法设计中用到的一些 C/C++ 语言难点如指针、引用类型等,结合算法设计的特点予以充分地讲述。
- 通过通俗易懂的示例简单明了地讲解数据结构解决问题的一般性思路,如一些综合性示例统一从问题描述、设计存储结构、设计基本运算算法、设计主程序和程序运行结果几方面来讲解,突出数据结构求解问题的三个层次。
- 采用大量图示描述算法设计的思路,如求最小生成树的 Prim 算法、求图中最短路径的 Dijkstra 算法和各种内排序算法中都通过直观的图示,不仅描述这些算法的设计思路,而且讲解这些算法为什么这样设计的精髓。
- 注重算法设计的简洁和易懂特性,同一种算法可以有多种设计方法,本书中尽可能采用简单的设计方法,如二叉排序树查找、删除等都用非递归算法来实现。
- 力求归纳数据结构算法设计的通用性方法,如单链表算法设计、递归算法设计、二叉树的算法设计和图算法设计等,都相应地总结出通用求解的方法,读者只要灵活运用这些通用方法,便可以举一反三自己设计求解较复杂问题的算法。
- 书中所有算法都用 C/C++ 语言编写并上机调试,并配套有较完整的教学资源(含 PPT、源程序、练习题参考答案、相关试题等),读者可以从清华大学出版社网站 <http://www.tup.edu.cn> 免费下载,对于学习计算机专业的学生,直接阅读程序代码可能比看“伪码”更简明。

全书分为 9 章,第 1 章为概论,介绍数据结构的基本概念,特别强调基本算法设计和分析的方法;第 2 章为线性表,介绍线性表的概念、两种存储结构即顺序表和链表,线性表基本运算的实现算法以及线性表的应用;第 3 章为栈和队列,介绍这两种特殊线性表的概念、存储结构和相关应用;第 4 章为串,介绍串的概念、串的两种存储结构和应用;第 5 章为数组和稀疏矩阵,介绍数组的概念,几种特殊矩阵的压缩方法,稀疏矩阵的定义和压缩存储结构;第 6 章为树和二叉树,介绍树的概念和性质,二叉树的概念,二叉树的两种主要存储结构,二叉树各种运算算法设计,哈夫曼树和哈夫曼编码,特别突出二叉树递归算法设计方法;第 7 章为图,介绍图的概念、图的两种主要存储结构、图遍历算法以及图的各类应用;第 8 章为查找,介绍各种查找算法的实现过程;第 9 章为排序,介绍各种主要的内排序算法设计方法和基本的外排序过程。附录 A 给出了书中部分算法清单,附录 B 给出了全国计算机专业数据结构 2013 年联考大纲,附录 C 给出书中每章的选择题和填空题的参考答案。

本书适合作为计算机及相关专业本科生“数据结构”课程的教材,也适合于各类计算机考试人员参考。

本书的编写得到湖北省教育改革项目“计算机科学与技术专业课程体系改革”的资助,清华大学出版社魏江江主任给予了大力支持,编者在此一并表示衷心感谢。

由于水平所限,尽管编者不遗余力,书中仍可能存在疏漏和不足之处,编者的邮箱为 l1cb1964@126.com,欢迎读者联系并批评指正。

编 者

2013 年 2 月

目录

第 1 章 概论	1
1.1 数据结构概述	1
1.1.1 什么是数据结构	1
1.1.2 逻辑结构	2
1.1.3 存储结构	4
1.1.4 数据运算	7
1.1.5 数据结构、数据类型和抽象数据类型	7
1.2 算法和算法分析	11
1.2.1 算法及其描述	11
1.2.2 算法分析	14
1.3 数据结构程序设计	17
1.3.1 数据结构程序设计步骤	17
1.3.2 应用程序的结构	18
小结	20
练习题 1	21
上机实验题 1	23
第 2 章 线性表	24
2.1 线性表的基本概念	24
2.1.1 线性表的定义	24
2.1.2 线性表的基本运算	25
2.2 顺序表	26
2.2.1 顺序表的定义	26
2.2.2 线性表基本运算在顺序表上的实现	27
2.2.3 顺序表的插入和删除算法分析	30
2.2.4 顺序表的应用示例	31
2.3 单链表	33

2.3.1	单链表的定义	33
2.3.2	线性表基本运算在单链表上的实现	35
2.3.3	循环单链表	48
2.4	双链表	54
2.4.1	双链表的定义	54
2.4.2	线性表基本运算在双链表上的实现	55
2.4.3	循环双链表	62
2.5	线性表的应用	67
2.5.1	设计线性表应用程序的一般步骤	67
2.5.2	线性表应用示例	67
小结	.....	71
练习题 2	.....	72
上机实验题 2	.....	74
第 3 章	栈和队列	75
3.1	栈	75
3.1.1	栈的基本概念	75
3.1.2	栈的顺序存储结构	76
3.1.3	栈的链式存储结构	80
3.1.4	栈的应用示例	83
3.2	队列	85
3.2.1	队列的基本概念	85
3.2.2	队列的顺序存储结构	87
3.2.3	队列的链式存储结构	92
3.2.4	队列的应用示例	97
小结	.....	101
练习题 3	.....	101
上机实验题 3	.....	103
第 4 章	串	105
4.1	串的基本概念	105
4.1.1	串的定义	105
4.1.2	线性表的基本运算	106
4.2	串的顺序存储结构	106
4.2.1	顺序串的定义	106
4.2.2	串基本运算在顺序串上的实现	106
4.3	串的链式存储结构	112
4.3.1	链串的定义	112
4.3.2	串基本运算在链串上的实现	113

4.4 串的应用	120
小结	122
练习题 4	122
上机实验题 4	123
第 5 章 数组和稀疏矩阵	124
5.1 数组	124
5.1.1 数组的定义	124
5.1.2 数组的存储结构	125
5.1.3 数组的应用示例	126
5.2 特殊矩阵的压缩存储	126
5.3 稀疏矩阵	128
5.3.1 稀疏矩阵的三元组表示	128
5.3.2 稀疏矩阵的十字链表表示	133
小结	135
练习题 5	135
上机实验题 5	137
第 6 章 树和二叉树	138
6.1 树	138
6.1.1 树的定义	138
6.1.2 树的逻辑结构表示	139
6.1.3 树的基本术语	140
6.1.4 树的性质	140
6.1.5 树的基本运算	141
6.1.6 树的存储结构	142
6.2 二叉树	143
6.2.1 二叉树的定义	143
6.2.2 二叉树的性质	144
6.2.3 二叉树的存储结构	146
6.3 递归算法设计方法	148
6.3.1 什么是递归	148
6.3.2 递归算法设计一般方法	150
6.3.3 二叉树的递归算法设计	152
6.4 二叉树的基本运算算法	153
6.4.1 二叉树的基本运算	153
6.4.2 二叉树基本运算实现算法	153
6.5 二叉树的遍历	156
6.5.1 常用的二叉树遍历算法	157

6.5.2	遍历算法的应用	161
6.6	二叉树的构造	167
6.6.1	什么是二叉树的构造	167
6.6.2	二叉树的构造方法	167
6.7	二叉树与树之间的转换	169
6.7.1	森林/树转换成二叉树	170
6.7.2	二叉树还原为树/森林	171
6.8	线索二叉树	172
6.8.1	什么是线索	172
6.8.2	线索二叉树的存储结构	173
6.8.3	建立线索二叉树及其销毁	174
6.8.4	线索二叉树的基本运算算法	175
6.9	哈夫曼树	178
6.9.1	哈夫曼树的定义	178
6.9.2	构造哈夫曼树	179
6.9.3	哈夫曼编码	180
	小结	181
	练习题 6	182
	上机实验题 6	185
第 7 章	图	186
7.1	图的基本概念	186
7.1.1	图的定义	186
7.1.2	图的基本术语	187
7.1.3	图的基本操作	189
7.2	图的存储结构	190
7.2.1	邻接矩阵	190
7.2.2	邻接表	194
7.3	图的遍历	200
7.3.1	深度优先遍历算法	201
7.3.2	广度优先遍历算法	203
7.3.3	图遍历算法的应用	205
7.4	生成树和最小生成树	209
7.4.1	什么是图的生成树和最小生成树	209
7.4.2	普里姆算法	209
7.4.3	克鲁斯卡尔算法	212
7.5	最短路径	216
7.5.1	单源最短路径算法	216
7.5.2	多源最短路径算法	219

7.6	拓扑排序	227
7.7	AOE 网与关键路径	228
	小结	231
	练习题 7	232
	上机实验题 7	235
第 8 章	查找	236
8.1	查找的概念	236
8.2	静态查找表	237
8.2.1	顺序查找	237
8.2.2	折半查找	238
8.2.3	索引查找	241
8.3	动态查找表	244
8.3.1	二叉排序树	245
8.3.2	二叉平衡树	251
8.3.3	B-树	257
8.3.4	B+树	262
8.4	哈希表	264
8.4.1	哈希表的基本概念	264
8.4.2	哈希函数构造方法	264
8.4.3	哈希冲突解决方法	265
8.4.4	哈希表查找及性能分析	268
	小结	271
	练习题 8	272
	上机实验题 8	275
第 9 章	排序	276
9.1	排序的基本概念	276
9.2	插入排序	277
9.2.1	直接插入排序	277
9.2.2	折半插入排序	279
9.2.3	希尔排序	281
9.3	交换排序	283
9.3.1	冒泡排序	283
9.3.2	快速排序	285
9.4	选择排序	288
9.4.1	简单选择排序	288
9.4.2	堆排序	290
9.5	归并排序	294

9.6 基数排序	297
9.7 外排序	300
9.7.1 磁盘排序过程	301
9.7.2 生成初始归并段	302
9.7.3 多路平衡归并	303
9.7.4 最佳归并树	307
小结	309
练习题 9	309
上机实验题 9	312
附录 A 书中部分算法清单	313
附录 B 全国计算机专业数据结构 2013 年联考大纲	316
附录 C 部分练习题参考答案	319
参考文献	323

计算机的主要功能是数据运算,这些数据绝不是杂乱无章的,而是有着某种内在联系。只有分清楚数据的联系,合理地组织数据,才能对它们进行有效的运算。合理地组织数据、高效率地实施数据运算,正是数据结构课程的目的。本章简要介绍有关数据结构的基本概念和算法分析方法。

1.1 数据结构概述

1.1.1 什么是数据结构

计算机数据运算的一般过程如图 1.1 所示。数据是信息的载体,能够被计算机识别、存储和加工处理,数据包括文字、表格、图像等。例如,某个班的全部学生记录、 $a\sim z$ 的字母集合、 $1\sim 1000$ 的所有素数等都是数据。信息是数



图 1.1 计算机数据运算的过程

据的内涵,即数据所表达的意义,例如,通过统计后产生某课程的平均分 85,这里 85 是数据,表示某课程平均分的

信息。

数据的基本单位是数据元素(有时称为元素结点或记录等),通常把数据元素作为一个整体进行处理。例如,一个班的学生数据包括张三、李四等数据元素。数据对象是具有相同类型的数据元素的集合,因为所有数据元素类型相同时处理起来更加方便,所以在数据结构中除特别指定外数据通常都是数据对象。

有时一个数据元素可以由若干个数据项(也可称为字段、域或属性)组成。数据项是具有独立意义的不可分割的最小标识单位。例如,在 $1\sim 100$ 的整数数据中,10 就是一个数据元素;又如在一个学生表中,一个学生记录可称为一个数据元素,而这个元素中的某一字段(如姓名)就是一个数据项。

【例 1.1】 组成数据的基本单位是_____。

A. 数据项 B. 数据类型 C. 数据元素 D. 数据变量

解: 数据是由数据元素组成的,数据元素是数据的基本单位。本题答案为 C。

数据结构是相互之间存在一种或多种特定关系的数据元素的集合,如图 1.2 所示。这些数据元素不是孤立存在的,而是有着某种关系,这种关系构成了某种结构。在现实中,数据元素之间的关系多种多样,在数据结构课程中主要讨论数据元素之间的相邻关系。

归纳起来,数据结构一般包括以下三个方面的内容:

(1) 数据元素之间的逻辑关系,所有元素的逻辑关系构成了**数据逻辑结构**。数据的逻辑结构是从逻辑关系上描述数据,它与数据的存储无关,是独立于计算机的。因此,数据的逻辑结构可以看作从具体问题抽象出来的数学模型。

(2) 数据元素及其逻辑关系在计算机存储器内的表示,这构成了**数据存储结构**。数据存储结构是逻辑结构用计算机语言实现的(也称为映像),它是依赖于计算机语言的。一般只在高级语言的层次上来讨论存储结构。

(3) 数据运算,即对数据施加的操作。数据运算的定义(指定运算的功能)是基于逻辑结构的,每种逻辑结构都有一组相应的运算。例如,最常用的运算有:检索、插入、删除、更新、排序等。数据运算的实现是基于存储结构的,通常是采用某种计算机语言编写的算法。

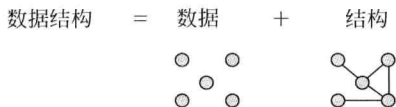


图 1.2 数据结构由数据和结构组成

例如,一个学生成绩表 Score 如表 1.1 所示,它由多个学生成绩记录(即数据元素)组成,每个元素又包括多个数据项,其中学号数据项是关键字,即学号唯一标识一个学生记录。现求所有学生的平均分。

表 1.1 学生成绩表 Score

学 号	姓 名	分 数
201201	王实	85
201205	李斌	82
201206	刘英	92
201202	张山	78
201204	陈功	90

在这个求解问题中,表 1.1 给出了数据的逻辑结构,其数据运算是求所有学生的平均分。为了实现这个功能,先要设计对应的存储结构,即把 Score 表存放到计算机内存中,然后设计出实现求平均分的算法。这里包含的学生成绩表的逻辑结构,对应的存储结构设计和求平均分运算的实现都是数据结构所涉及的内容。

1.1.2 逻辑结构

数据元素之间的逻辑关系称为数据的逻辑结构,数据逻辑结构主要是从数据元素之间的相邻关系来确定的。根据数据元素之间逻辑关系的不同特性,分为下列 4 类基本结构。

(1) 集合: 所属的数据元素同属于一个集合(集合类型由于元素之间的关系过于松散,数据结构课程中较少讨论)。

- (2) 线性结构：所属的数据元素存在一对一的关系。
 (3) 树形结构：所属的数据元素存在一对多的关系。
 (4) 图形结构：所属的数据元素存在多对多的关系。也称为网状结构。

数据的逻辑结构可以采用多种方式描述，二元组是一种既常用也十分通用的数据逻辑结构表示方式。二元组表示如下：

$$S=(D,R)$$

$$D=\{d_i \mid 1 \leq i \leq n\}$$

$$R=\{r_j \mid 1 \leq j \leq m\}$$

其中， D 是数据元素的有限集合，即 D 是由有限个数据元素（简称为元素）所构成的集合； R 是 D 上的关系的有限集合，即 R 是由有限个关系 r_j ($1 \leq j \leq m$) 所构成的集合，而每个关系都是指从 $D \rightarrow D$ 的关系。

每个关系 r_j 用序偶集合来表示，用尖括号表示有向关系，如 $\langle a, b \rangle$ 表示存在元素 a 到 b 之间的关系；用圆括号表示无向关系，如 (a, b) 表示既存在元素 a 到 b 之间的关系，又存在元素 b 到 a 之间的关系。

设 r_k 是一个 D 到 D 的关系， $r_k \in R$ ，若元素 $d, d' \in D$ ，且 $\langle d, d' \rangle \in r_k$ ，则称 d' 是 d 的直接后继元素（简称为后继元素）， d 是 d' 的直接前驱元素（简称为前驱元素），这时 d 和 d' 是相邻的元素（都是相对 r_k 而言的）；如果不存在一个 d' 使 $\langle d, d' \rangle \in r_k$ ，则称 d 为 r_k 的终端元素；如果不存在一个 d' 使 $\langle d', d \rangle \in r_k$ ，则称 d 为 r_k 的开始元素；如果 d 既不是终端元素也不是开始元素，则称 d 是内部元素。

例如，表 1.1 中数据的逻辑结构是怎么样的呢？从该表中看出，学号为 201201 的元素作为开始元素没有前驱元素，学号为 201204 的元素作为终端元素没有后继元素。除此之外，所有元素都只有一个前驱元素和一个后继元素，如学号为 201205 的学生记录的唯一前驱元素为学号为 201201 的学生记录，唯一后继元素为学号为 201206 的学生记录。由此可知，这个表的逻辑结构为线性结构。

实际上，Score 表完整地描述了该数据的逻辑结构，也可以用二元组表示其逻辑结构如下（用学号表示相应的元素）：

$$\text{Score}=(D,R)$$

$$D=\{201201,201202,201204,201205,201206\}$$

$$R=\{r\} \quad // \text{只有一个逻辑关系}$$

$$r=\{\langle 201201,201205 \rangle, \langle 201205,201206 \rangle, \langle 201206,201202 \rangle, \langle 201202,201204 \rangle\}$$

数据逻辑结构的呈现形式称为数据的逻辑表示，除二元组外，数据逻辑结构还可以用相应的关系图来表示，称为逻辑结构图。

【例 1.2】 设数据的逻辑结构如下：

$$B_1=(D,R)$$

$$D=\{1,2,3,4,5,6,7,8,9\}$$

$$R=\{r\}$$

$$r=\{\langle 1,2 \rangle, \langle 1,3 \rangle, \langle 3,4 \rangle, \langle 3,5 \rangle, \langle 4,6 \rangle, \langle 4,7 \rangle, \langle 5,8 \rangle, \langle 7,9 \rangle\}$$

试画出对应的逻辑结构图,并指出哪些是开始结点,哪些是终端结点,并说明是何种数据结构。

解: B_1 对应的逻辑结构如图 1.3 所示。其中,1 是开始结点,2、6、8、9 是终端结点,除开始结点外,每个结点有唯一的前驱结点,除终端结点外,每个结点有一个或多个后继结点,所以它是一种树形结构。

【例 1.3】 设数据的逻辑结构如下:

$$B_2 = (D, R)$$

$$D = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$$

$$R = \{r\}$$

$$r = \{\langle 1, 2 \rangle, \langle 2, 4 \rangle, \langle 1, 3 \rangle, \langle 3, 4 \rangle, \langle 3, 5 \rangle, \langle 3, 6 \rangle, \langle 5, 6 \rangle\}$$

试画出对应的逻辑结构图,说明是何种数据结构。

解: B_2 对应的逻辑结构图如图 1.4 所示,其中每个结点都有零个或多个前驱结点,每个结点都有零个或多个后继结点,所以它是一种图形结构。

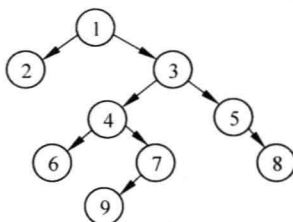


图 1.3 B_1 的逻辑结构图

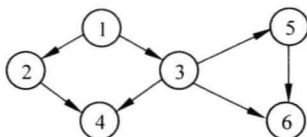


图 1.4 B_2 的逻辑结构图

1.1.3 存储结构

数据逻辑结构在计算机存储器中的表示称为数据的存储结构(或存储表示),也称为物理结构。通常情况下,同一种逻辑结构可以设计多种存储结构,在不同的存储结构中,实现同一种运算的算法可能不同。

逻辑结构、存储结构和运算三者之间的关系如图 1.5 所示。

把数据对象存储到计算机中时,通常要求既要存储各数据元素的数据,又要存储数据元素之间的逻辑关系。在实际应用中,数据的存储方法是灵活多样的,可根据问题规模(通常是指元素数目的多少)和运算种类等因素适当选择。下面简要介绍主要的几种存储结构。

1. 顺序存储结构

顺序存储结构是采用一组连续的存储单元存放所有的数据元素,而且逻辑上相邻的元素的存储单元也相邻,也就是说,元素之间的逻辑关系由存储单元地址间的关系隐含表示,即顺序存储结构将数据的逻辑结构直接映射到存储结构。

对于前面的逻辑结构 Score,假设每个元素占用 30B,且从 100 号单元开始由低地址向

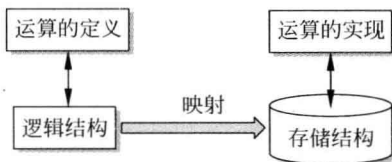


图 1.5 逻辑结构、存储结构和运算之间的关系