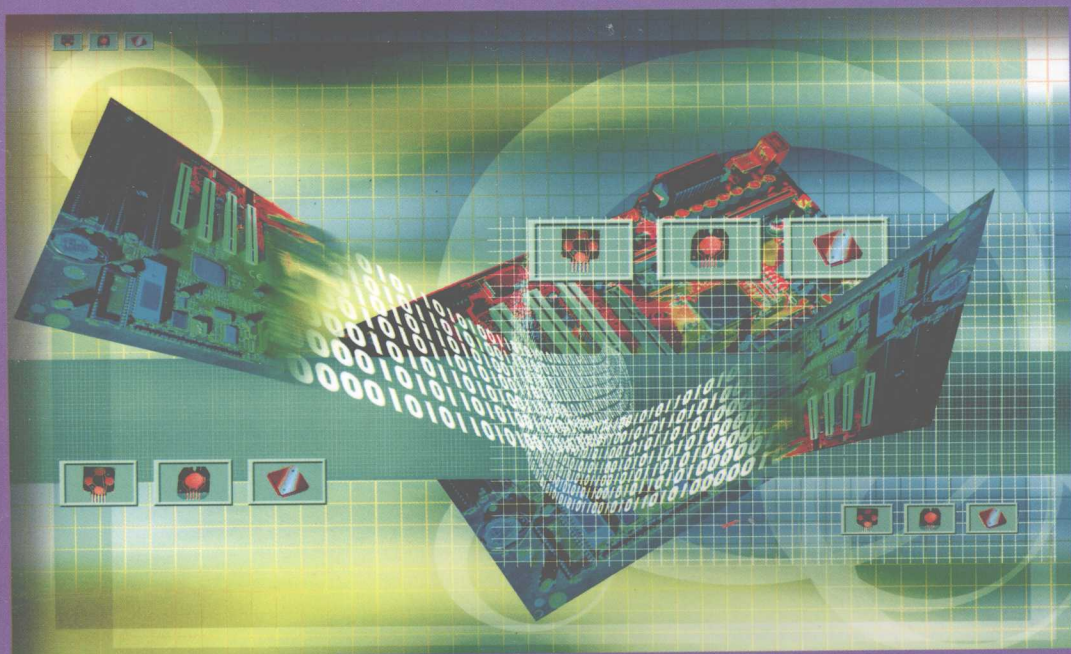


教育部推荐教材 ● 21世纪高职高专系列规划教材 ● 高职高专“工学结合”试点教材



数据结构

主 编 毕小明 潘 毅 刘永宽
副主编 张景华 司马碧荣 唐 庄
张 杰 姚映龙

21SHIJI GAOZHI GAOZHUAN XILIE GUIHUA JIAOCAI

SHUJU JIEGOU



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

教育部推荐教材

21世纪高职高专系列规划教材

高职高专“工学结合”试点教材

数据结构

主 编 毕小明 潘 毅 刘永宽

副主编 张景华 司马碧荣 唐 庄 张 杰 姚映龙

参 编 顾东虎 徐 娜 郑乾生 杨 旭



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

数据结构/毕小明等编. —北京: 北京师范大学出版社,
2008. 2

(21 世纪高职高专系列规划教材)

教育部推荐教材

ISBN 978-7-303-08995-6

I. 数… II. 毕… III. 数据结构—高等学校: 技术
学校—教材 IV. TP311. 12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 014536 号

出版发行: 北京师范大学出版社 [www. bnup. com. cn](http://www.bnup.com.cn)

北京新街口外大街 19 号

邮政编码: 100875

印 刷: 唐山市润丰印务有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 170 mm × 230 mm

印 张: 11.5

字 数: 250 千字

版 次: 2008 年 2 月第 1 版

印 次: 2008 年 2 月第 1 次印刷

定 价: 17.00 元

责任编辑: 周光明

装帧设计: 李葆芬

责任校对: 李 菡

责任印制: 马鸿麟

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010-58800697

北京读者服务部电话: 010-58808104

外埠邮购电话: 010-58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010-58800825

出版说明

随着我国经济建设的发展,社会对技术型应用人才的需求日趋紧迫,这也促进了我国职业教育的迅猛发展,我国职业教育已经进入了平稳、持续、有序的发展阶段。为了适应社会对技术型应用人才的需求和职业教育的发展,教育部对职业教育进行了卓有成效的改革,职业教育与成人教育司、高等教育司分别颁布了调整后的中等职业教育、高等职业教育专业设置目录,为职业院校专业设置提供了依据。教育部连同其他五部委共同确定数控技术应用、计算机应用与软件技术、汽车运用与维修、护理为紧缺人才培养专业,选择了上千家高职、中职学校和企业作为示范培养单位,拨出专款进行扶持,力争培养一批具有较高实践能力的紧缺人才。

职业教育的快速发展,也为职业教材的出版发行迎来了新的春天和新的挑战。教材出版发行为职业教育的发展服务,必须体现新的理念、新的要求,进行必要的改革。为此,在教育部高等教育司、职业教育与成人教育司、北京师范大学等的大力支持下,北京师范大学出版社在全国范围内筹建了“全国职业教育教材改革与出版领导小组”,集全国各地上百位专家、教授于一体,对中等高等职业院校的文化基础课、专业基础课、专业课教材的改革与出版工作进行深入的研究与指导。2004年8月,“全国职业教育教材改革与出版领导小组”召开了“全国有特色高职教材改革研讨会”,来自全国20多个省、市、区的近百位高职院校的院校长、系主任、教研室主任和一线骨干教师参加了此次会议。围绕如何编写出版好适应新形势发展的高等职业教育教材,与会代表进行了热烈的研讨,为新一轮教材的出版献计献策。这次会议共组织高职教材50余种,包括文化基础课、电工电子、数控、计算机教材。2005年~2006年期间,“全国职业教育教材改革与出版领导小组”先后在昆明、

哈尔滨、天津召开高职高专教材研讨会,对当前高职高专教材的改革与发展、高职院校教学、师资培养等进行了深入的探讨,同时推出了一批公共素质教育、商贸、财会、旅游类高职教材。这些教材的特点如下。

1. 紧紧围绕教育改革,适应新的教学要求。过渡时期具有新的教学要求,这批教材是在教育部的指导下,针对过渡时期教学的特点,以3年制为基础,兼顾2年制,以“实用、够用”为度,淡化理论,注重实践,消减过时、用不上的知识,内容体系更趋合理。

2. 教材配套齐全。将逐步完善各类专业课、专业基础课、文化基础课教材,所出版的教材都配有电子教案,部分教材配有电子课件和实验、习题指导。

3. 教材编写力求语言通俗简练,讲解深入浅出,使学生在理解的基础上学习,不囫圇吞枣,死记硬背。

4. 教材配有大量的例题、习题、实训,通过例题讲解、习题练习、实验实训,加强学生对理论的理解以及动手能力的培养。

5. 反映行业新的发展,教材编写注重吸收新知识、新技术、新工艺。

北京师范大学出版社是教育部职业教育教材出版基地之一,有着近20年的职业教材出版历史,具有丰富的编辑出版经验。这批高职教材的编写得到了教育部相关部门的大力支持,部分教材通过教育部审核,被列入职业教育与成人教育司高职推荐教材,并有25种教材列为“十一五”国家级规划教材。我们还将开发电子信息类的通信、机电、电气、计算机、工商管理等专业教材,希望广大师生积极选用。

教材建设是一项任重道远的工作,需要教师、专家、学校、出版社、教育行政部门的共同努力才能逐步获得发展。我们衷心希望更多的学校、更多的专家加入到我们的教材改革出版工作中来,北京师范大学出版社职业教育与教师教育分社全体人员也将备加努力,为职业教育的改革与发展服务。

全国职业教育教材改革与出版领导小组
北京师范大学出版社

参加教材编写的单位名单

(排名不分先后)

沈阳工程学院	唐山学院
山东劳动职业技术学院	江西现代职业技术学院
济宁职业技术学院	江西生物科技职业学院
辽宁省交通高等专科学校	黄冈高级技工学校
浙江机电职业技术学院	深圳高级技工学校
杭州职业技术学院	徐州技师学院
西安科技大学电子信息学院	天津理工大学中环信息学院
西安科技大学通信学院	天津机械职工技术学院
西安科技大学机械学院	西安工程大学
天津渤海职业技术学院	青岛船舶学院
天津渤海集团公司教育中心	河北中信联信息技术有限公司
连云港职业技术学院	张家港职教中心
景德镇高等专科学校	太原理工大学轻纺学院
徐州工业职业技术学院	浙江交通职业技术学院
广州大学科技贸易技术学院	保定职业技术学院
江西信息应用职业技术学院	绵阳职业技术学院
浙江商业职业技术学院	北岳职业技术学院
内蒙古电子信息职业技术学院	天津职业大学
济源职业技术学院	石家庄信息工程职业学院
河南科技学院	襄樊职业技术学院
苏州经贸职业技术学院	九江职业技术学院
浙江工商职业技术学院	青岛远洋船员学院
温州大学	无锡科技职业学院
四川工商职业技术学院	广东白云职业技术学院
常州轻工职业技术学院	三峡大学职业技术学院
河北工业职业技术学院	西安欧亚学院实验中心
陕西纺织服装职业技术学院	天津机电职业技术学院

漯河职业技术学院
济南市高级技工学校
沈阳职业技术学院
江西新余高等专科学校
赣南师范学院
江西交通职业技术学院
河北农业大学城建学院
华北电力大学
北京工业职业技术学院
湖北职业技术学院
河北化工医药职业技术学院
天津电子信息职业技术学院
广东松山职业技术学院
北京师范大学
山西大学工程学院
平顶山工学院
黄石理工学院
广东岭南职业技术学院
青岛港湾职业技术学院
郑州铁路职业技术学院
北京电子科技职业学院
北京农业职业技术学院
宁波职业技术学院
宁波工程学院
北京化工大学成教学院
天津交通职业技术学院
济南电子机械工程学院
山东职业技术学院
天津中德职业技术学院
天津现代职业技术学院
天津青年职业技术学院
无锡南洋学院
北京城市学院
北京经济技术职业学院

北京联合大学
大红鹰职业技术学院
广东华立学院
广西工贸职业技术学院
贵州商业高等专科学校
桂林旅游职业技术学院
河北司法警官职业学院
黑龙江省教科院
湖北财经高等专科学校
华东师范大学职成教所
淮南职业技术学院
淮阴工学院
黄河水利职业技术学院
南京工业职业技术学院
南京铁道职业技术学院
黔南民族职业技术学院
青岛职业技术学院
陕西财经职业技术学院
陕西职业技术学院
深圳信息职业技术学院
深圳职业技术学院
石家庄职业技术学院
四川建筑职业技术学院
四川职业技术学院
太原旅游职业技术学院
泰山职业技术学院
温州职业技术学院
无锡商业职业技术学院
武汉商业服务学院
杨凌职业技术学院
浙江工贸职业技术学院
郑州旅游职业技术学院
淄博职业技术学院
云南机电职业技术学院

云南林业职业技术学院
云南国防工业职业技术学院
云南文化艺术职业学院
云南农业职业技术学院
云南能源职业技术学院
云南交通职业技术学院
云南司法警官职业学院
云南热带作物职业技术学院
西双版纳职业技术学院
玉溪农业职业技术学院
云南科技信息职业学院
昆明艺术职业学院
云南经济管理职业学院
云南爱因森软件职业学院
云南农业大学
云南师范大学
昆明大学
陕西安康师范学院
云南水利水电学校
昆明工业职业技术学院
云南财税学院
云南大学高职学院
山西综合职业技术学院
温州科技职业技术学院
昆明广播电视大学
天津职教中心
天津工程职业技术学院
天狮职业技术学院
天津师范大学
天津管理干部学院
天津滨海职业技术学院
天津铁道职业技术学院
天津音乐学院

天津石油职业技术学院
渤海石油职业技术学院
天津冶金职业技术学院
天津城市职业学院
常州机电职业技术学院
天津公安警官职业技术学院
武警昆明指挥学院
天津工业大学
天津开发区职业技术学院
黑龙江大兴安岭职业学院
黑龙江农业经济职业技术学院
黑龙江农业工程职业技术学院
黑龙江农业职业技术学院
黑龙江生物科技职业技术学院
黑龙江旅游职业技术学院
中国民航飞行学院
四川信息职业技术学院
四川航天职业技术学院
四川成都纺织高等专科学校
四川科技职业学院
四川乐山职业技术学院
四川泸州职业技术学院
四川成都农业科技职业技术学院
四川宜宾职业技术学院
江西省委党校
齐齐哈尔职业学院
深圳安泰信电子有限公司
山东经济干部学院
潍坊教育学院
德州科技职业技术学院
天一学院
成都烹饪高等专科学校

前言

“数据结构”是计算机程序设计的重要理论基础，是计算机及相关专业的核心课程。它的主要任务是讨论从现实世界中抽象出来的数据的各种逻辑结构，在计算机中的存储结构，以及进行各种非数据运算的算法，为后续专业课程的学习打下基础。

本书内容为9章：第1章引出数据结构与算法的一些基本概念与术语；第2章至第7章从抽象数据类型角度，分别讨论线性表、栈、队列、串、多维数组、稀疏矩阵、树和二叉树、图等基本类型的数据结构及其应用；第8章、第9章介绍了在实际应用中使用非常广泛的查找和排序的基本算法，并进行了简单的性能分析。

参加本书编写的作者都是有课程教学实践经验和课程建设经验的教师。在本书的编写过程中，我们根据高职高专学生的特点，由浅入深、循序渐进，叙述通俗、重点突出，强调理论与实践相结合，注重培养学生的实际应用能力。全书还提供了大量的典型例题和形式多样的习题，同时为配合上机实践课程的需要，我们有针对性地安排了相应的上机实训，帮助学生更好的掌握相关的算法。

本书由温州科技职业学院毕小明、潘毅、刘永宽担任主编，张景华、司马碧荣、唐庄、张杰、姚晓龙担任副主编。其中第1、6、9章由毕小明编写，第2章由郑乾生编写，第3章由徐娜编写，第4、5、7章由顾东虎、姚映龙编写，第8章由杨旭编写。潘毅、刘永宽、司马碧荣、张杰等参加部分章节编写并参与统稿。全书由毕小明负责统稿。

由于编者水平有限，加之时间较为仓促，书中难免有不足之处，请读者给予批评指正。

编 者

2007年11月10日

目录

Contents

第1章 绪论	(1)
1.1 数据结构的基本概念和术语	(1)
1.1.1 什么是数据结构	(1)
1.1.2 数据结构的基本概念和术语	(2)
1.2 算法描述和算法评价	(5)
1.2.1 算法与算法描述	(5)
1.2.2 算法设计的要求	(8)
1.2.3 算法效率的度量	(9)
习题	(11)
第2章 线性表	(13)
2.1 线性表的定义和抽象数据类型	(13)
2.1.1 线性表的定义	(13)
2.1.2 线性表的抽象数据类型	(14)
2.1.3 操作举例	(15)
2.2 线性表的顺序存储及运算实现	(16)
2.2.1 线性表的顺序存储结构	(16)
2.2.2 顺序存储下线性表运算的实现	(18)
2.2.3 顺序表的应用举例	(20)
2.3 线性表的链式存储结构及运算实现	(21)
2.3.1 单链表	(21)
2.3.2 单链表的运算	(22)
2.3.3 单链表应用举例	(24)
2.3.4 循环链表	(24)
2.3.5 双向链表	(25)
2.3.6 静态链表	(26)
本章小结	(27)
习题	(27)
第3章 栈和队列	(32)
3.1 栈	(32)
3.1.1 栈的定义和基本运算	(32)
3.1.2 栈的顺序存储结构和运算实现	(33)
3.1.3 栈的链式存储结构和运算实现	(37)
3.2 队列	(38)
3.2.1 队列的定义和基本运算	(38)

3.2.2 顺序队列的存储结构 和运算实现	(39)	6.1.3 树的基本术语 ...	(79)
3.2.3 链队的存储结构和 运算实现	(43)	6.2 二叉树	(81)
3.3 栈和队列的应用举例	(47)	6.2.1 二叉树的定义及性质	(81)
3.3.1 栈的应用	(47)	6.2.2 二叉树的存储结构	(84)
3.3.2 队列的应用	(48)	6.3 二叉树的遍历	(87)
本章小结	(49)	6.4 二叉树的其他运算 ...	(88)
习题	(49)	6.5 二叉树的应用举例 ...	(90)
第4章 串	(58)	6.6 树和森林	(93)
4.1 串的类型定义及作用	(58)	6.6.1 树的存储结构 ...	(93)
4.1.1 串的定义	(58)	6.6.2 树、森林与二叉树的 转换	(95)
4.1.2 串的抽象数据类型的 定义	(58)	6.6.3 树和森林的遍历	(96)
4.2 串的实现和实现	(60)	习题	(97)
4.2.1 定长顺序存储表示	(60)	第7章 图	(103)
4.2.2 堆分配存储表示	(61)	7.1 图的基本概念	(103)
4.3 串操作应用举例	(62)	7.1.1 图的定义	(103)
习题	(63)	7.1.2 图的基本术语	(104)
第5章 多维数组和稀疏矩阵	(65)	7.2 图的存储结构	(106)
5.1 多维数组及其操作 ...	(65)	7.2.1 邻接矩阵法	(107)
5.2 稀疏矩阵的压缩存储	(67)	7.2.2 邻接表法	(108)
本章小结	(72)	7.3 图的遍历	(111)
习题	(72)	7.3.1 深度优先遍历	(111)
第6章 树和二叉树	(77)	7.3.2 广度优先遍历	(113)
6.1 树的基本概念	(77)	7.4 图的最小生成树	(115)
6.1.1 树的定义	(77)	7.4.1 普里姆(Prim)算法	(115)
6.1.2 树的表示	(79)	7.4.2 克鲁斯卡尔(Kruskal) 算法	(116)

7.5 拓扑排序	(118)
本章小结	(121)
习题	(121)
第8章 查找	(127)
8.1 查找的基本概念与术语	(127)
8.2 顺序表查找	(128)
8.2.1 顺序查找	(128)
8.2.2 二分查找	(130)
8.3 索引查找	(132)
8.3.1 索引的概念	(132)
8.3.2 索引(分块)查找算法	(133)
8.4 散列查找	(135)
8.4.1 散列的概念	(135)
8.4.2 散列函数	(135)
8.4.3 冲突的处理方法	(137)
8.5 二叉排序树的查找	(137)
8.5.1 二叉排序树定义	(137)
8.5.2 二叉排序树的查找	(138)
8.5.3 算法分析	(139)
习题	(140)
第9章 排序	(147)
9.1 排序的基本概念	(147)
9.2 插入排序	(148)
9.2.1 直接插入排序	(148)
9.2.2 希尔排序	(150)
9.3 交换排序	(151)
9.3.1 气泡排序	(151)
9.3.2 快速排序	(153)
9.4 选择排序	(155)
9.4.1 直接选择排序	(155)
9.4.2 堆排序	(156)
9.5 归并排序	(161)
9.6 各种内部排序方法的比较	(163)
习题	(163)

第1章 绪论



本章要点

- 数据结构中的基本概念及常用术语。
- 线性结构、树形结构和图形结构的逻辑特点。
- 抽象数据类型的定义。
- 算法的概念及评价算法的标准。

自1946年第一台电子计算机问世以来,计算机产业的飞速发展远远超出人们当初对它的预料,计算机的应用领域从最初的科学计算逐步发展到人类活动的各个领域,它已经不再局限于单纯的科学计算,而更多的是用于控制、管理及数据处理等非数值计算的处理工作。计算机加工处理的对象也由纯粹的数值发展到字符、表格和图像等各种具有一定结构的数据。这就给程序设计带来一些新的问题。为了设计出一个“优秀”的算法或程序,必须分析要处理的对象的特性及各处理对象间的关系,这就要求我们学习《数据结构》这门课程,以便更有效的使用计算机。

1.1 数据结构的基本概念和术语

本节将向读者介绍什么是数据结构,并对书中一些常用的名词和术语赋予确定的含义,以便与读者取得“共同语言”。

1.1.1 什么是数据结构

用计算机解决一个实际问题时,一般要先由具体的问题抽象出一个合适的数学模型,然后设计出相应的算法,再将该算法用某一种程序设计语言表示出来,即编写程序,并上机调试直至最终解决实际问题。当人们利用计算机所处理的是数值计算问题时,所抽象出的求解模型一般是数学方程式,所涉及的运算对象一般是数值型或逻辑型等简单数据类型。此时,程序设计人员的主要精力集中于程序设计的技巧上,而对数据的组织和存储并不是那么关心。随着计算机应用领域的扩大和计算机软、硬件的发展,计算机处理的非数值计算的问题越来越多,如职工信息管理系统、学生成绩管理系统和专

家系统等。据统计,当今计算机处理非数值计算的问题占用了90%以上的机器时间,并且这类问题涉及的数据元素之间的关系更为复杂,解决这类问题的关键是要设计出合理的数据结构,这样才能有效地解决问题。

《数据结构》就是研究非数值计算的程序设计问题中计算机的操作对象以及它们之间的关系和操作等的一门学科。它和高级程序设计语言不同,高级程序设计语言课程所讨论的是简单的程序设计问题,一般不涉及复杂的数据结构,而数据结构课程讨论的是在数据的结构组织基础上的复杂程序设计。

《数据结构》是计算机科学中的一门综合性的专业基础课。它是介绍和研究数据在计算机中的存储和处理的方法。这里所说的数据的概念是广义的,不仅表示单一的数据,如一个数值、一个记录等,而且表示带结构的数据,如一个矩阵、一张登记表及一幅组织结构图等。数据在计算机中的存储方法有顺序、链接、散列和索引等多种,处理实际问题时,根据需要选择一种或几种的组合来存储数据。对数据处理的方法也叫算法,它是根据实际问题的需要而产生和发展的。现在人们已经总结出进行数据处理的各种具体、实用和有效的算法。我们学习《数据结构》这门课程就是要学习和研究前人总结出来的数据的存储结构和相应的算法,并灵活地运用它们解决千变万化的实际问题。

1.1.2 数据结构的基本概念和术语

数据(Data):数据是信息的载体,是对客观事物的符号表示,在计算机科学中是指所有能输入到计算机中并被计算机程序处理的符号的总称。数据能够被计算机识别、存储和加工处理。例如,解代数方程的程序中所用到的整数和实数,Word等字处理软件所处理的字符、画图程序所处理的图形、存储在计算机中的一些影片、动画和音乐等,都是数据。

数据元素(Data Element)是数据的基本单位,是一个数据整体中相对独立的单位,在进行程序设计时通常作为一个整体来考虑和处理。例如,对于一个文件来说,每个记录就是它的数据元素;对于一个字符串来说,每一个字符就是它的数据元素;对于一个数组来说,每一个数组元素就是它的数据元素。数据元素有时也称为结点、元素、顶点、记录等。有时一个数据元素可由若干个数据项(Data Item)组成,如表1-1所示,通讯录中每一条记录包含某个人的相关信息,是一个数据元素,而每个人的信息包括编号、姓名、性别、年龄、电话和工作单位等项目,这每一个项目就是一个数据项。数据项是数据不可分割的“最小单位”。

表 1-1 通讯录

编号	姓名	性别	年龄	电话	工作单位
001	张大友	男	28	88414687	温州科技职业学院
002	刘小花	女	24	88457982	温州职业技术学院
003	毛明明	男	37	65894622	浙江工贸职业学院
004	谭志勇	男	36	88621439	温州科技职业学院
005	刘成仁	男	35	87876652	温州科技职业学院
...	...	...	...	...	...

在一个表中,若所有记录的某个数据项的值都不同,即该数据项的值能唯一的标识一个记录,则我们称这个数据项为记录的关键数据项,简称关键项(Key Item)。关键项中每一个值称为所在记录的关键字(Key Word 或 Key)。在表 1-1 中,编号是关键项,002 就是第二条记录的关键字。

在一个表中,能作为关键项的数据项可能没有,也可能有一个或多个。当没有时,可以把多个有关的数据项联合起来,构成一个组合关键项,用组合关键项中每一个组合值来唯一的标识一个记录,该组合值就是所在记录的关键字。也可在这个表中加入一个序号项用做关键项,序号项中的值为每一个记录在表中的序号,用做关键字。

引入了记录的关键项和关键字后,为简便起见,在本书以后的讨论中,经常利用关键项来代替所有记录,利用关键字来代替所在的记录,而把记录中的其他项忽略掉。

数据对象(Date Object)是具有相同特性的数据元素的集合(如:整数、实数等),是数据的一个子集。

数据结构(Data Structure),简单地说是指数据及其相互间的一种或多种特殊联系。在客观世界中存在的各个事物及其活动都不是孤立的,它们之间存在着千丝万缕的“联系”,因此在用计算机对它进行处理的时候必然也要将这种关系描述进去,即数据之间必然存在联系。数据之间的相互联系,被称为数据的逻辑结构。在计算机中存储数据时,不仅要存储数据本身,而且要存储它们之间的联系(逻辑结构)。一种数据结构在存储器中的存储方式就称为数据的物理结构,数据的物理结构也叫存储结构。常用的存储方式有顺序、链接、索引和散列等多种方式,所以,一种数据结构可以根据应用的需要选择一种或几种存储方式。

数据的逻辑结构和存储结构都反映了数据的结构,通常所说的数据结构是指数据的逻辑结构。

我们通常采用二元组来描述一种数据结构。数据结构的形式定义为:

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

其中：D 是数据元素的有限集，R 是 D 上关系的有限集。

$$D = \{D_i \mid 1 \leq i \leq n, n \geq 0\}$$

$$R = \{\langle D_u, D_v \rangle \mid D_u, D_v \in D\}$$

D_i 表示集合 D 中的一个元素，n 为 D 中元素的个数，若 $n=0$ ，则 D 是一个空集。D 上的一个关系 R 是序偶的集合。对于 R 中的任一序偶， $\langle x, y \rangle$ ($x, y \in D$)，我们把 x 叫做序偶的第一元素，把 y 叫做序偶的第二元素，通常把序偶的第一元素称第二元素的直接前趋（通常简称前趋），把第二元素称为第一元素的直接后继（通常简称后继）。如在序偶 $\langle x, y \rangle$ 中，x 为 y 的前趋，y 为 x 的后继。

一种数据结构还能够用图形示意形象的表示出来。示意图中的每个结点（或叫顶点）对应着一个数据元素，两结点之间带箭头的连线（称作有向边或弧）对应着关系中的一个序偶，其中序偶的第一元素为有向边的起始结点，第二元素为有向边的终止结点，即箭头所指向的结点。

根据数据元素间关系的特点，数据结构可归结为以下 4 类：

(1) 集合结构。在集合结构中，数据元素间的关系仅仅只是“属于同一个集合”。集合是元素关系极为松散的一种结构。

【例 1-1】一种数据结构 $\text{SET} = (D, R)$ ，其中

$$D = \{001, 002, 003, 004, 005\}$$

$$R = \{\}$$

在数据结构 SET 中，只存在着元素的集合，而关系 R 为空集。这表明我们只考虑表 1-1 中的每条记录，而不考虑它们之间的任何关系。这是一种集合结构。

(2) 线性结构。结构中的数据元素存在一对一的关系，即所谓的线性关系。线性结构的特征是：若结构非空，则有且仅有一个开始结点和一个终端结点，除开始结点外，其他所有结点都有且仅有一个直接前趋；除终端结点外，其他所有结构都有且仅有一个直接后继。

【例 1-2】一种数据结构 $\text{Linearity} = (D, S)$ ，其中

$$D = \{A, B, C, D, E\}$$

$$S = \{\langle B, A \rangle, \langle A, E \rangle, \langle E, D \rangle, \langle D, C \rangle\}$$

对应的图形如图 1-1 所示。



图 1-1 例 1-2 图

结合表 1-1, 不难发现, 表中数据元素间的关系 S 是通讯录中成员按年龄从小到大排列的关系。这是一种线性关系。

(3) 树形结构。该结构的数据元素之间存在着一对多的关系。我们将在本书的第 6 章学习树形结构。

【例 1-3】 一种数据结构 $Tree=(D, S)$, 其中

$$D=\{A, B, C, D, E\}$$

$$S=\{\langle A, B \rangle, \langle A, C \rangle, \langle B, D \rangle, \langle B, E \rangle, \langle B, A \rangle, \langle C, A \rangle, \langle D, B \rangle, \langle E, B \rangle\}$$

对应图形如图 1-2 所示。

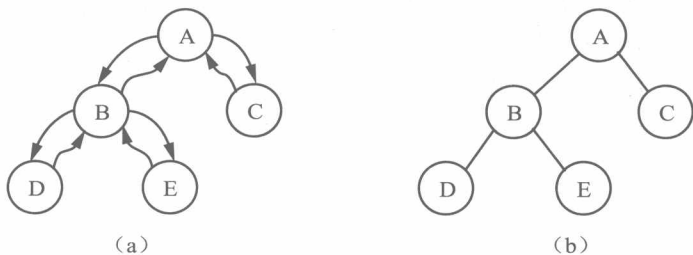


图 1-2 例 1-3 图

从图 1-2(a) 可以看出, S 是 D 上的对称关系。为了简化起见, 我们把 $\langle x, y \rangle$ 和 $\langle y, x \rangle$ 这两个对称序偶用一个无序对 (x, y) 或 (y, x) 来代替。在示意图中, 我们把 x 结点和 y 结点之间两条相反的有向边用一条无向边来代替。这样 S 关系可改写为

$$S=\{(A, B), (A, C), (B, D), (B, E)\}$$

对应的图形如图 1-2(b) 所示。显然, 这是树形结构。

(4) 图形结构。也称为网状结构。该结构的数据元素之间存在着多对多的关系。本书的第 7 章介绍图形结构。

1.2 算法描述和算法评价

1.2.1 算法与算法描述

算法(Algorithm)是为了解决一个特定的问题而采取的有限的方法和步骤, 由指令集构成, 其中每一条指令表示一个或多个操作, 它描述的是解决问题的过程。一个算法应该具有以下特性:

(1) 有穷性。一个算法在执行有穷步之后能正常结束, 且都能在有限的时间内完成。