



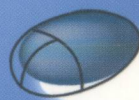
高职高专 立体化教材 计算机系列

数据结构

(C语言版)

SHUJU JIEGOU (C YUYANBAN)

郝春梅 齐景嘉 主 编
董春波 卢金昊 吴 波 副主编



赠送电子课件及
其他立体化资源



清华大学出版社

高职高专立体化教材 计算机系列

数据结构(C 语言版)

郝春梅 齐景嘉 主 编

董春波 卢金昊 吴 波 副主编

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书系统地介绍了各种常用的数据结构以及查找、排序算法,对每种数据结构以实例作为切入点,详细阐述了基本概念、逻辑结构、存储表示、基本操作以及相关的应用,书中每章均有典型案例,并给出了算法实现的思路及完整的C程序。为了便于学生自学和教师教学,每章后均配有大量习题及参考答案。附录B是各章实训题目及参考答案。本书中所有程序均在TC 2.0下调试运行通过。

本书内容精练,通俗易懂,既便于教学,又适合自学。本书既可作为高职高专计算机专业及信息管理专业讲授数据结构课程的教材,也可作为从事计算机软件与应用的工作人员、参加自学考试的考生及社会上数据结构学习者的参考用书。

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语言版)/郝春梅,齐景嘉主编;董春波,卢金昊,吴波副主编. —北京:清华大学出版社,2010.6
(高职高专立体化教材 计算机系列)

ISBN 978-7-302-22814-1

I. 数… II. ①郝… ②齐… ③董… ④卢… ⑤吴… III. ①数据结构—高等学校:技术学校—教材
②C语言—程序设计—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TP311.12 ②TP312

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第096921号

责任编辑:张瑜 张丽娜

封面设计:山鹰工作室

版式设计:杨玉兰

责任校对:周剑云

责任印制:杨艳

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 刷 者:北京嘉实印刷有限公司

装 订 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:17.25 字 数:410千字

版 次:2010年6月第1版 印 次:2010年6月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:28.00元

产品编号:035914-01

《高职高专立体化教材计算机系列》丛书序

一、编写目的

关于立体化教材,国内外有多种说法,有的叫“立体化教材”,有的叫“一体化教材”,有的叫“多元化教材”,其目的是一样的,就是要为学校提供一种教学资源的整体解决方案,最大限度地满足教学需要,满足教育市场需求,促进教学改革。我们这里所讲的立体化教材,其内容、形式、服务都是建立在当前技术水平和条件基础上的。

立体化教材是一个“一揽子”式的,包括主教材、教师参考书、学习指导书、试题库在内的完整体系。主教材讲究的是“精品”意识,既要具备指导性和示范性,也要具有一定的适用性,喜新不厌旧。那种内容越编越多,本子越编越厚的低水平重复建设在“立体化”的世界中将被扫地出门。和以往不同,“立体化教材”中的教师参考书可不是千人一面的,教师参考书不只是提供答案和注释,而是含有与主教材配套的大量参考资料,使得老师在教学能做到“个性化教学”。学习指导书更像一本明晰的地图册,难点、重点、学习方法一目了然。试题库或习题集则要完成对教学效果进行测试与评价的任务。这些组成部分采用不同的编写方式,把教材的精华从各个角度呈现给师生,既有重复、强调,又有交叉和补充,相互配合,形成一个教学资源有机的整体。

除了内容上的扩充,立体化教材的最大突破还在于在表现形式上走出了“书本”这一平面媒介的局限,如果说音像制品让平面书本实现了第一次“突围”,那么电子和网络技术的大量运用就让躺在书桌上的教材真正“活”了起来。用 PowerPoint 开发的电子教案不仅大大减少了教师案头备课的时间,而且也让学生的课后复习更加有的放矢。电子图书通过数字化使得教材的内容得以无限扩张,使平面教材更能发挥其提纲挈领的作用。

CAI(计算机辅助教学)课件把动画、仿真等技术引入了课堂,让课程的难点和重点一目了然,通过生动的表达方式达到深入浅出的目的。在科学指标体系控制之下的试题库既可以轻而易举地制作标准化试卷,也能让学生进行模拟实战的在线测试,提高了教学质量评价的客观性和及时性。网络课程更厉害,它使教学突破了空间和时间的限制,彻底发挥了立体化教材本身的潜力,轻轻敲击几下键盘,你就能在任何时候得到有关课程的全部信息。

最后还有资料库,它把教学资料以知识点为单位,通过文字、图形、图像、音频、视频、动画等各种形式,按科学的存储策略组织起来,大大方便了教师在备课、开发电子教案和网络课程时的教学工作。如此一来,教材就“活”了。学生和书本之间的关系不再像领导与被领导那样呆板,而是真正有了互动。教材不再只为老师们规定什么重要什么不重要,而是成为教师实现其教学理念的最佳拍档。在建设观念上,从提供和出版单一纸质教材转向提供和出版较完整的教学解决方案;在建设目标上,以最大限度满足教学要求为根本出发点;在建设方式上,不单纯以现有教材为核心,简单地配套电子音像出版物,而是

以课程为核心,整合已有资源并聚拢新资源。

网络化、立体化教材的出版是我社下一阶段教材建设的重中之重,作为以计算机教材出版为龙头的清华大学出版社确立了“改变思想观念,调整工作模式,构建立体化教材体系,大幅度提高教材服务”的发展目标。并提出了首先以建设“高职高专计算机立体化教材”为重点的教材出版规划,希望通过邀请全国范围内的高职高专院校的优秀教师,在2008年共同策划、编写这一套高职高专立体化教材,利用网络等现代技术手段实现课程立体化教材的资源共享,解决国内教材建设工作中存在教材内容的更新滞后于学科发展的状况。把各种相互作用、相互联系的媒体和资源有机地整合起来,形成立体化教材,把教学资料以知识点为单位,通过文字、图形、图像、音频、视频、动画等各种形式,按科学的存储策略组织起来,为高职高专教学提供一整套解决方案。

二、教材特点

在编写思想上,以适应高职高专教学改革的需要为目标,以企业需求为导向,充分吸收国外经典教材及国内优秀教材的优点,结合中国高校计算机教育的教学现状,打造立体化精品教材。

在内容安排上,充分体现先进性、科学性和实用性,尽可能选取最新、最实用的技术,并依照学生接受知识的一般规律,通过设计详细的可实施的项目化案例(而不仅仅是功能性的小例子),帮助学生掌握要求的知识点。

在教材形式上,利用网络等现代技术手段实现立体化的资源共享,为教材创建专门的网站,并提供题库、素材、录像、CAI课件、案例分析,实现教师和学生更大范围内的教与学互动,及时解决教学过程中遇到的问题。

本系列教材采用案例式的教学方法,以实际应用为主,理论够用为度。教程中每一个知识点的结构模式为“案例(任务)提出→案例关键点分析→具体操作步骤→相关知识(技术)介绍(理论总结、功能介绍、方法和技巧等)”。

该系列教材将提供全方位、立体化的服务。网上提供电子教案、文字或图片素材、源代码、在线题库、模拟试卷、习题答案、案例动画演示、专题拓展、教学指导方案等。

在为教学服务方面,主要是通过教学服务专用网站在网络上为教师和学生提供交流的场所,每个学科、每门课程,甚至每本教材都建立网络上的交流环境。可以为广大教师信息交流、学术讨论、专家咨询提供服务,也可以让教师发表对教材建设的意见,甚至通过网络授课。对学生来说,则可以在教学支撑平台所提供的自主学习空间中进行学习、答疑、作业、讨论和测试,当然也可以对教材建设提出意见。这样,在编辑、作者、专家、教师、学生之间建立起一个以课本为依据、以网络为纽带、以数据库为基础、以网站为门户的立体化教材建设与实践的体系,用快捷的信息反馈机制和优质的教学服务促进教学改革。

本系列教材专题网站: <http://lth.wenyuan.com.cn>。

前 言

数据结构是计算机应用、计算机软件及信息管理专业的一门重要的基础课程,也是计算机课程体系中的核心课程之一,是设计和实现系统软件及大型应用软件的技术基础,它主要研究各种基本数据的逻辑结构、存储结构和基本运算的实现,以及查找排序等常用算法的实现。通过学习数据结构课程,使读者学会如何把现实世界的问题转化为计算机内部的表示和处理,进而学会组织数据,选择合适的逻辑结构和存储结构,设计算法,形成良好的程序设计风格,提高逻辑思维和抽象思维的能力。

本书主要面向高职高专、成人高校等计算机类专业的学生,本着“培养技术应用型人才”的原则,力求以应用为主体,对基本理论作深入浅出的阐述。因此本教材具有如下特色。

(1) 简洁性: 尽量避开抽象理论的介绍和复杂公式的推导,简明扼要地介绍学生需要掌握的基础知识和技术。

(2) 通俗性: 对每章中的基本数据结构均通过具体的实例引出,通过通俗易懂的语言介绍专业知识。

(3) 实用性: 本书采用 C 语言作为描述语言,在介绍各种数据结构的基本操作及查找排序算法后均给出主函数,使每个算法都能直接上机实现,并且除第 1 章以外每章的最后一节都精选了涉及该章内容的案例,另外,最后还配有专门的实训内容,并给出了完整的 C 程序,供学生上机操作,方便学生自学,同时也方便教师授课。

本教材共分 9 章,总课时数为 70 学时左右,其中上机实习 20 学时。

第 1 章介绍数据结构的一般概念和算法分析的初步知识;第 2 章~第 5 章分别讨论了线性表、栈与队列、串、数组等线性逻辑结构、存储结构以及对于不同存储结构的各种基本操作的算法实现;第 6 章和第 7 章介绍了树和图这两种重要的非线性逻辑结构、存储方法及重要的应用;第 8 章和第 9 章讨论了各种查找算法及排序算法。

本书由郝春梅任第一主编,齐景嘉任第二主编,董春波、卢金昊、吴波任副主编,各章编写分工如下:第 1 章和第 6 章由大庆石油学院应用技术职业学院卢金昊编写;第 2 章由哈尔滨金融高等专科学校吴波编写;第 3 章和实训部分由哈尔滨金融高等专科学校齐景嘉编写;第 4 章和第 5 章由大庆职业学院董春波编写;第 7、8、9 章由哈尔滨金融高等专科学校郝春梅编写;全书由哈尔滨金融高等专科学校郝春梅统稿和定稿,黑龙江大学李傲霜审阅了书稿,在此表示感谢。

本书编者都是多年从事本课程教学的一线教师,但由于水平有限,书中难免存在错误与疏漏之处,敬请读者及同行们予以批评指正。

编 者



读者回执卡

欢迎您立即填妥回函

您好！感谢您购买本书，请您抽出宝贵的时间填写这份回执卡，并将此页剪下寄回我公司读者服务部。我们会在以后的工作中充分考虑您的意见和建议，并将您的信息加入公司的客户档案中，以便向您提供全程的一体化服务。您享有的权益：

- ★ 免费获得我公司的新书资料；
- ★ 寻求解答阅读中遇到的问题；

- ★ 免费参加我公司组织的技术交流会及讲座；
- ★ 可参加不定期的促销活动，免费获取赠品；

读者基本资料

姓 名 _____ 性 别 ☐男 ☐女 年 龄 _____
电 话 _____ 职 业 _____ 文化程度 _____
E-mail _____ 邮 编 _____
通讯地址 _____

请在您认可处打√ (6至10题可多选)

- 您购买的图书名称是什么：_____
- 您在何处购买的此书：_____
- 您对电脑的掌握程度：
☐不懂 ☐基本掌握 ☐熟练应用 ☐精通某一领域
- 您学习此书的主要目的是：
☐工作需要 ☐个人爱好 ☐获得证书
- 您希望通过学习达到何种程度：
☐基本掌握 ☐熟练应用 ☐专业水平
- 您想学习的其他电脑知识有：
☐电脑入门 ☐操作系统 ☐办公软件 ☐多媒体设计
☐编程知识 ☐图像设计 ☐网页设计 ☐互联网知识
- 影响您购买图书的因素：
☐书名 ☐作者 ☐出版机构 ☐印刷、装帧质量
☐内容简介 ☐网络宣传 ☐图书定价 ☐书店宣传
☐封面、插图及版式 ☐知名作家（学者）的推荐或书评 ☐其他
- 您比较喜欢哪些形式的学习方式：
☐看图书 ☐上网学习 ☐用教学光盘 ☐参加培训班
- 您可以接受的图书的价格是：
☐20元以内 ☐30元以内 ☐50元以内 ☐100元以内
- 您从何处获知本公司产品信息：
☐报纸、杂志 ☐广播、电视 ☐同事或朋友推荐 ☐网站
- 您对本书的满意度：
☐很满意 ☐较满意 ☐一般 ☐不满意
- 您对我们的建议：_____

1 0 0 0 8 4

北京100084—157信箱

读者服务部

收

邮政编码：□□□□□□

请剪下本页填写清楚，放入信封寄回，谢谢！

贴 票 邮 处

技术支持与课件下载: <http://www.tup.com.cn> <http://www.wenyuan.com.cn>

读者服务邮箱: service@wenyuan.com.cn

邮购电话: (010)62791865 (010)62791863 (010)62792097-220

组稿编辑: 张瑜

投稿电话: (010)62773995-313

投稿邮箱: book1402@126.com

目 录

第 1 章 绪论	1	3.1.4 栈的链式存储表示和 操作的实现	51
1.1 引言	1	3.2 栈的应用	53
1.2 基本概念与术语	4	3.3 队列	56
1.3 抽象数据类型	9	3.3.1 队列的引例	56
1.3.1 数据类型	9	3.3.2 队列的定义及基本操作	56
1.3.2 抽象数据类型概述	10	3.3.3 队列的顺序存储表示和 操作的实现	57
1.4 算法和算法分析	11	3.3.4 队列的链式存储表示和 操作的实现	61
1.4.1 算法的基本概念	11	3.4 队列的应用	64
1.4.2 算法的时间复杂度	14	本章小结	66
1.4.3 算法的空间复杂度	16	习题	67
本章小结	16	第 4 章 串	71
习题	17	4.1 串的定义及基本操作	71
第 2 章 线性表	19	4.1.1 串的基本概念	71
2.1 线性表的定义及其基本操作	19	4.1.2 串的基本操作	72
2.1.1 线性表的引例	19	4.2 串的存储结构	73
2.1.2 线性表的定义	20	4.2.1 串的顺序存储结构	73
2.1.3 线性表的基本操作	20	4.2.2 串的堆式存储	78
2.2 线性表的顺序存储结构	20	4.2.3 串的块链式存储结构	81
2.2.1 顺序表结构	20	4.3 串的应用	81
2.2.2 顺序表的基本操作	22	本章小结	84
2.3 线性表的链式存储结构	26	习题	84
2.3.1 链式存储结构	26	第 5 章 数组	86
2.3.2 单链表上的基本运算	26	5.1 数组的定义和运算	86
2.3.3 循环链表和双向链表	33	5.2 数组的顺序存储结构	87
2.4 顺序表与链表的比较	36	5.3 矩阵的压缩存储结构	89
2.5 线性表的应用	36	5.3.1 特殊矩阵	89
本章小结	43	5.3.2 稀疏矩阵	91
习题	43	5.4 广义表的定义	94
第 3 章 栈和队列	47	5.5 广义表的存储结构	95
3.1 栈	47	5.5.1 头尾表示法	95
3.1.1 栈的引例	47		
3.1.2 栈的定义及基本操作	47		
3.1.3 栈的顺序存储表示和 操作的实现	48		

5.5.2 孩子兄弟表示法.....	96	7.1.2 图的定义.....	136
5.6 数组的应用.....	97	7.1.3 图的基本术语.....	136
本章小结.....	101	7.2 图的存储结构.....	139
习题.....	101	7.2.1 邻接矩阵.....	139
第6章 树和二叉树.....	104	7.2.2 邻接链表.....	141
6.1 树的概念和基本操作.....	104	7.3 图的遍历.....	144
6.1.1 树的引例.....	104	7.3.1 深度优先搜索.....	144
6.1.2 树的定义和基本术语.....	104	7.3.2 广度优先搜索.....	147
6.1.3 树的基本操作.....	106	7.4 最小生成树.....	149
6.2 二叉树.....	107	7.4.1 普里姆(Prim)算法.....	149
6.2.1 二叉树的定义.....	107	7.4.2 克鲁斯卡尔(Kruskal)算法.....	150
6.2.2 二叉树的性质.....	107	7.5 最短路径.....	151
6.2.3 二叉树的基本操作.....	109	7.5.1 单源最短路径.....	151
6.3 二叉树的存储结构.....	110	7.5.2 每一对顶点之间的 最短路径.....	153
6.3.1 顺序存储结构.....	110	7.6 AOV网拓扑排序.....	157
6.3.2 链式存储结构.....	110	7.6.1 AOV网.....	157
6.4 二叉树的遍历.....	112	7.6.2 AOV网拓扑排序.....	158
6.4.1 先序遍历.....	112	7.7 图的应用.....	162
6.4.2 中序遍历.....	113	本章小结.....	166
6.4.3 后序遍历.....	113	习题.....	166
6.4.4 层次遍历.....	114	第8章 查找.....	170
6.5 线索二叉树.....	115	8.1 基本概念.....	170
6.5.1 线索二叉树的概念.....	115	8.2 静态查找表.....	171
6.5.2 中序线索二叉树的 构造算法.....	116	8.2.1 顺序查找.....	171
6.5.3 线索二叉树的遍历.....	117	8.2.2 折半查找.....	173
6.6 哈夫曼树及其应用.....	119	8.2.3 分块查找.....	175
6.6.1 哈夫曼树的定义.....	119	8.3 动态查找表.....	176
6.6.2 构造哈夫曼树.....	120	8.3.1 二叉排序树的概念.....	176
6.6.3 哈夫曼树的应用.....	122	8.3.2 二叉排序树的查找.....	177
6.7 树与森林.....	124	8.3.3 二叉排序树的插入和生成.....	178
6.7.1 树的存储结构.....	124	8.3.4 二叉排序树的删除.....	179
6.7.2 树、森林与二叉树的转换.....	126	8.3.5 二叉排序树查找算法 效率分析.....	180
6.8 二叉树的应用.....	128	8.4 哈希表查找.....	181
本章小结.....	131	8.4.1 哈希表的概念.....	181
习题.....	131	8.4.2 哈希函数的构造方法.....	181
第7章 图.....	135	8.4.3 处理冲突的方法.....	182
7.1 图的定义和术语.....	135		
7.1.1 图的引例.....	135		

8.4.4 哈希表的查找.....	184	9.4 选择排序.....	200
8.5 查找的应用	185	9.4.1 直接选择排序	200
本章小结	188	9.4.2 堆排序.....	201
习题	189	9.5 归并排序.....	205
第9章 排序	191	9.6 各种内部排序方法的比较	207
9.1 基本概念	191	9.7 排序的应用.....	208
9.2 插入排序	192	本章小结	210
9.2.1 直接插入排序.....	192	习题	211
9.2.2 希尔排序.....	194	附录 A 习题答案	213
9.3 交换排序	195	附录 B 数据结构实训及答案	233
9.3.1 冒泡排序.....	195	参考文献	261
9.3.2 快速排序.....	197		

第1章 绪 论

学习目标与要求:

数据结构主要研究非数值应用问题中数据之间的逻辑关系和对数据的操作,以及如何将具有一定逻辑关系的数据按一定的存储方式存放在计算机内。通过本章的学习,要求掌握如下内容。

- 了解数据、数据元素、数据项、数据对象、数据类型及抽象数据类型等基本概念。
- 掌握数据结构和算法的概念。
- 掌握数据结构的逻辑结构、存储结构和数据操作(运算)3个方面的概念及其相互之间的关系。
- 掌握算法的评价标准。
- 分析算法的时间复杂度,评价一个算法的好坏。

1.1 引 言

目前,计算机技术的发展日新月异,其应用已不再局限于科学计算,而是更多地用于控制、管理及事务处理等非数值计算问题的处理。与此相应,计算机操作的对象由纯粹的数值数据发展到字符、表格、图像、声音等各种具有一定结构的数据,数据结构就是研究这些数据的组织、存储和运算的一般方法的学科。

1968年美国唐·欧·克努特(Donald E.Knuth)开创了数据结构的最初体系。现今,数据结构是一门介于数学、计算机硬件和计算机软件三者之间的核心课程(如图1.1所示)。在计算机科学中,数据结构不仅是一般非数值计算程序设计的基础,还是设计和实现汇编语言、编译程序、操作系统、数据库系统,以及其他系统程序和大型应用程序的重要基础。打好数据结构这门课程的扎实基础,将会对程序设计有进一步的认识,使编程能力上一个台阶,从而使自己学习和开发应用软件的能力有一个明显的提高。

下面讨论一下数据结构研究的内容。通常我们用计算机解决一个具体问题时,大致需要经过以下几个步骤。

- (1) 从具体问题抽象出适当的数学模型。
- (2) 设计求解数学模型的算法。
- (3) 编制、运行并调试程序,直到解决实际问题。

寻求数学模型的实质是分析问题,从中提取操作的对象,并找出这些操作对象之间的关系,然后用数学语言加以描述。描述非数值计算问题的数学模型不再是数学方程,而是诸如表、树、图之类的数据结构。

为了使读者对数据结构有一个感性的认识,下面给出几个数据结构的示例,读者可以通过这些示例去理解数据结构的概念。

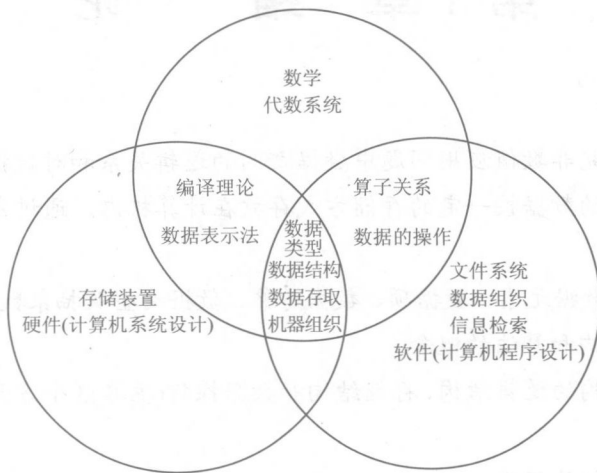


图 1.1 “数据结构”所处的地位

【示例 1】职工基本情况表。

表 1.1 是一张单位职工基本情况表。该表中每一行是一个数据元素(或称记录、结点),它表示一个职工的基本信息。每个职工的编号不相同,所以可以用编号来唯一地标识每个数据元素。因为每个职工的编号排列位置有先后次序,所以在表中可以按编号形成一种一一对应的次序关系,即整个二维表就是职工数据的一个线性序列,这种关系称为线性数据结构。

表 1.1 职工基本情况表

编 号	姓 名	性 别	出生年月
001	李泽勇	男	1968/10
002	王丽敏	女	1959/02
003	张永健	男	1978/11
004	潘晓婷	女	1982/04

【示例 2】井字棋对弈问题。

图 1.2(a)是井字棋对弈过程中的一个格局,任何一方只要使相同的三个棋子连成一条直线(可以是一行、一列或一条对角线)即为胜方。如果下一步由“×”方下棋,可以派生出 5 个子格局,如图 1.2(b)所示;随后由“○”方接着下棋,对于每个子格局又可以派生出 4 个子格局……因此若将从对弈开始到结束的过程中所有可能出现的格局都画在一张图上,则可得到一棵倒放的“树”。“树根”是对弈开始之前的棋盘格局,而所有的“叶子”是可能出现的结局,对弈的过程就是从根经树杈到叶子的一个过程。我们把这种关系称为树

形数据结构，在这种结构中，数据呈现出一对多的非线性关系。

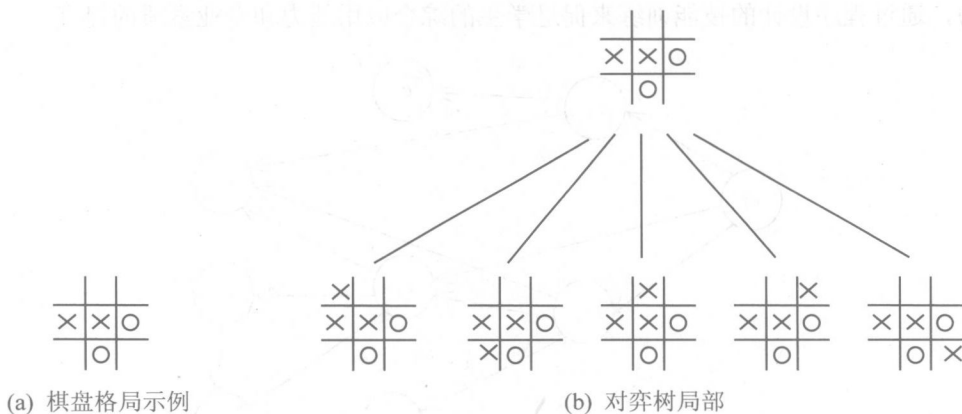


图 1.2 井字棋对弈“树”

【示例 3】 教学计划编排问题。

一个教学计划包含许多课程，在教学计划包含的许多课程之间，有些必须按规定的先后次序进行，有些则没有次序要求。即有些课程之间有先修和后续的关系，有些课程可以任意安排次序，如表 1.2 所示。表 1.2 中各个课程之间的次序关系可用一个称作图的数据结构来表示，如图 1.3 所示。有向图中的每个顶点表示一门课程，如果从顶点 i 到 j 之间存在有向边 $\langle i, j \rangle$ ，则表示课程 i 必须先于课程 j 进行。

表 1.2 计算机专业的课程设置

课程编号	课程名称	先修课程
C ₁	计算机导论	无
C ₂	数据结构	C ₁ , C ₄
C ₃	汇编语言	C ₁
C ₄	C 程序设计语言	C ₁
C ₅	计算机图形学	C ₂ , C ₃ , C ₄
C ₆	接口技术	C ₃
C ₇	数据库原理	C ₂ , C ₉
C ₈	编译原理	C ₄
C ₉	操作系统	C ₂

由以上三个例子可见，描述这类非数值计算问题的数学模型不再是数学方程，而是诸如表、树、图之类的数据结构。因此，可以说数据结构课程主要是研究非数值计算的程序设计中数据之间的逻辑关系和对数据的操作，以及如何将具有一定逻辑关系的数据存储到计算机内。

学习数据结构的目的是为了了解计算机处理对象的特性，将实际问题中所涉及的处理

对象在计算机中表示出来,并对它们进行处理。与此同时,通过算法训练来提高学生的思维能力,通过程序设计的技能训练来促进学生的综合应用能力和专业素质的提高。

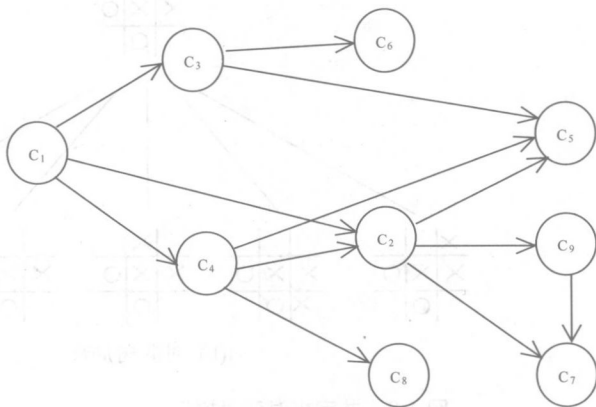


图 1.3 表示课程之间优先关系的有向图

1.2 基本概念与术语

在深入学习数据结构这门课程之前,我们先来学习一些与数据结构相关的概念和术语,下面介绍了一些基本概念和常用术语。

数据(Data)是对客观事物的一种符号表示,是指所有能输入到计算机中并被计算机程序加工处理的符号的总称。在计算机科学中,它可以是数值数据,也可以是非数值数据。数值数据包括:整数、实数、浮点数或复数等,主要用于科学计算、金融、财会和商务处理等;非数值数据则包括:文字、符号、图形、图像、动画、语音、视频信号等。随着多媒体技术的飞速发展,计算机中处理的非数值数据已经越来越多。

数据元素(Data Element)是组成数据的基本单位,在计算机程序中通常作为一个整体进行考虑和处理。一个数据元素可由一个或多个数据项构成,数据项是构成数据的最小单位。例如,在职工基本情况表(表 1.1)中,为了便于处理,通常把其中的每一行(代表一个职工)作为一个基本单位(即数据元素)来考虑,在该表中共有 4 个数据元素,而每一个数据元素又是由“编号”、“姓名”、“性别”、“出生年月”这 4 个数据项构成的。数据元素也可以称为记录、结点。

数据项(Data Item)是数据不可分割的、具有独立意义的最小数据单位,是对数据元素属性的描述。数据项也称为域或字段(Field)。数据项一般有名称、类型、长度等属性。C(或 C++)语言中的数据类型有:整型、实型、浮点型、字符型、指针型等。

数据、数据元素、数据项反映了数据组织的 3 个层次,即数据可以由若干个数据元素组成,数据元素又由若干个数据项组成。

数据对象(Data Object)是性质相同的数据元素的集合。例如,在表 1.1 所示的职工基本

情况表中,所包含的4个类型相同的数据元素可以看成是一个数据对象。数据对象由性质相同的数据元素组成,它是数据的一个子集。

数据类型(Data Type)是指一组结构相同的值构成的值集(类型)和定义在这个值集(类型)上的操作集。例如,在C语言程序设计中,我们知道有整型、字符型、浮点型、双精度型等基本的数据类型,它们都是由一组结构相同的值构成的值集,以及在这个值集上允许进行的操作的总称。

数据结构(Data Structure)是指数据元素之间的逻辑关系和这种关系在计算机中的存储表示,以及在这种结构上定义的运算。数据结构包括数据的逻辑结构、数据的存储(物理),结构和数据的运算。

1. 逻辑结构

数据元素之间的相互关系称为逻辑结构。数据的逻辑结构主要分为两大类:线性结构和非线性结构。其中非线性结构又包括集合结构、树形结构、图状结构。

(1) 线性结构。该结构中的数据元素除了类型相同外,元素之间还存在一对一的关系。其特点是开始结点和终端结点都是唯一的,除了开始结点和终端节点以外,其余结点都有且仅有一个前驱,有且仅有一个后继。

(2) 集合结构。该结构中的数据元素之间除了“同属于一个集合”的关系外,没有其他关系。

(3) 树形结构。该结构中的数据元素除了类型相同外,元素之间还存在一对多的关系。其特点是每个结点最多只有一个前驱,但可以有多多个后继,即可以有多个终端结点。

(4) 图状结构。该结构中的数据元素除了类型相同外,元素之间还存在多对多的关系。

例如,在表1.1所示的职工基本情况表中,由4个数据元素(记录)组成,各数据元素之间在逻辑上有一定的关系,这种关系指出了这4个数据元素在表中的排列顺序。对于表中的任一个结点(记录),最多只有一个直接前驱结点,最多只有一个直接后继结点,整张表只有一个开始结点(第一个)和一个终端结点(最后一个),显然,这是一对一的线性关系。该表的逻辑结构就是表中数据元素之间的关系,即该表的逻辑结构是线性结构。同理,在图1.2所示的井字棋对弈“树”和图1.3所示的教学计划编排问题中,各数据元素之间分别存在着—对多和多对多的关系,即它们的逻辑结构分别为树形结构和图状结构。

数据的四种基本逻辑结构如图1.4所示。

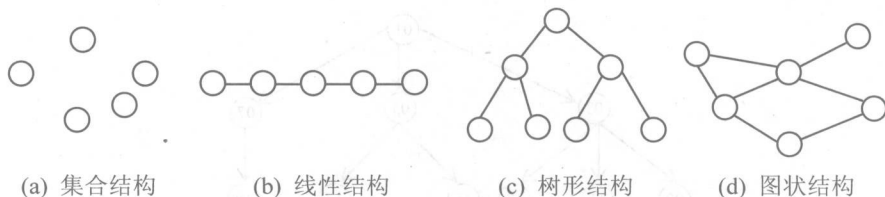


图 1.4 四种基本逻辑结构

数据结构不同于数据类型,也不同于数据对象,它不仅描述同一数据类型的数据对象,而且要描述数据对象中各数据元素之间的相互关系。

从上面所介绍的数据结构的概念中可以知道,一个数据结构有两个要素。一个是数据元素的集合,另一个是关系的集合。在形式上,数据结构通常可以采用一个二元组来表示。

数据结构的形式定义如下。

数据结构是一个二元组: $\text{Data_Structure}=(D, R)$ 。

其中, D 是数据元素的有限集, R 是 D 上关系的有限集。

【例 1.1】一种数据结构 $\text{Line}=(D, R)$, 其中:

$D=\{01, 04, 07, 09, 10, 16, 27, 30, 39, 51\}$

$R=\{r\}$

$r=\{<07,01>,<01,39>,<39,16>,<16,04>,<04,27>,<27,51>,<51,09>,<09,10>,<10,30>\}$

尖括号表示关系集合,如 $<07,01>$ 表示是有向的,即表示从 07 指向 01。细心的读者会发现,除了头结点“07”和尾结点“30”以外,其余结点都只有一个直接前驱和一个直接后继,即结构的元素之间存在着一对一(1:1)的关系。

则该数据结构的图形表示如图 1.5 所示。

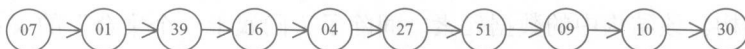


图 1.5 线性结构

显然,这是一种线性数据结构。

【例 1.2】一种数据结构 $\text{Tree}=(D, R)$, 其中:

$D=\{01, 03, 05, 07, 09, 11, 13, 15, 17, 19\}$

$R=\{r\}$

$r=\{<01,03>,<01,05>,<01,07>,<03,09>,<03,11>,<03,13>,<05,15>,<05,17>,<07,19>\}$

这种数据结构的特点是除了结点“01”无直接前驱(称为根)以外,其余结点都只有一个直接前驱,但每个结点都可以有零个或多个直接后继,即结构的元素之间存在着一对多(1:N)的关系。把具有这种特点的数据结构叫做树形结构(或树结构),简称树。

树形结构反映了结点元素之间的一种层次关系,如图 1.6 所示,从根结点起共分为三层,有向的箭头体现了结点之间的从属关系。

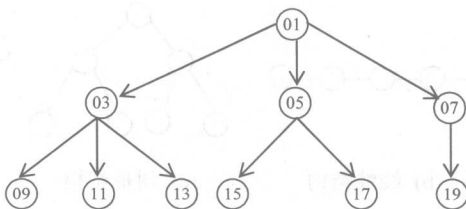


图 1.6 树形结构