



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

数据结构 (Java 语言描述) (第2版)

一库波曹静主编

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

数据结构 (Java 语言描述)

(第2版)

主 编 库 波 曹 静

副主编 杨国勋 谢日星

参 编 朱晓钢

主 审 王路群

内 容 提 要

本书主要介绍了数据结构的基本概念和基本算法。全书共分九个项目，主要内容包括：绪论、线性表、栈和队列、串、多维数组和广义表、树、图、查找和排序等。各项目中所涉及的数据结构与算法均给予了 Java 语言描述（所有程序都已运行通过），以便于读者巩固和提高运用 Java 语言进行程序设计的能力。

本书在内容的选取、概念的引入、文字的叙述以及例题和习题的选择等方面，都力求遵循面向应用、逻辑结构简明合理、由浅入深、深入浅出、循序渐进、便于自学的原则，突出其实用性与应用性。

本书可作为计算机专业教材，也适合作为高校非计算机专业选修计算机专业课程的教材，还可以供从事计算机软件开发的科技人员自学参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目（CIP）数据

数据结构：Java 语言描述/库波，曹静主编. —2 版. —北京：北京理工大学出版社，2016. 2
ISBN 978-7-5640-9294-8

I. ①数… II. ①库… ②曹… III. ①数据结构-高等学校-教材②JAVA 语言-程序设计-高等学校-教材 IV. ①TP311.12②TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 115639 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)
(010) 82562903 (教材售后服务热线)
(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京地质印刷厂

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 15.5

字 数 / 361 千字

版 次 / 2016 年 2 月第 2 版 2016 年 2 月第 1 次印刷

定 价 / 48.00 元

责任编辑 / 张慧峰

文案编辑 / 张慧峰

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题，请拨打售后服务热线，本社负责调换

一、课程介绍及学习方法

数据结构课程是计算机科学与技术专业的一门专业基础课，它涉及在计算机中如何有效地表示数据，如何合理地组织和处理数据，还涉及初步的算法设计和算法性能分析。本课程是一门理论性和实践性都很强且学习难度较大的课程，Java 语言程序设计和离散数学的基础都将影响本课程的学习效果，同时，本课程也是一门较难自学的课程。所以，学生在以自学为主的学习过程中，应当加强对网络教学资源、多媒体课件的利用，并加强上机操作。

学习方法建议如下：

1. 除了主教材以外，学习前还应掌握以下教学资源：教学大纲、平时作业要求、课程实施细则和考核说明等。
2. 本课程使用多媒体课件讲学，多媒体课件作为文字教材的强化媒体，配合文字教材讲授课程的重点、难点以及问题的分析方法与思路。学生在学习时应将两者互相补充，彼此配合。
3. 按照教学大纲和考核说明进行学习，平时布置的作业一定要完成并弄明白。可以说，本课程成绩的好坏与作业完成的情况有着密切的联系，习题做得多的学生，特别是程序设计题做得多的学生考试合格率肯定比不做作业者高。此外，学生在学习时要注意做笔记，将遇到的问题和难点记下来，在适当的时间与老师联系答疑。良好的记笔记的习惯，可方便学生复习期末考试。
4. 按本课程的平时作业要求完成相应的作业，弄懂每一题，并能举一反三。
5. 按教学大纲要求做实验，指定配套的实验指导书，并在安装有 TC 编译器的计算机上做实验。
6. 对考核说明中指定的重点内容和知识点一定要认真学习和理解。

二、课程教学总体安排

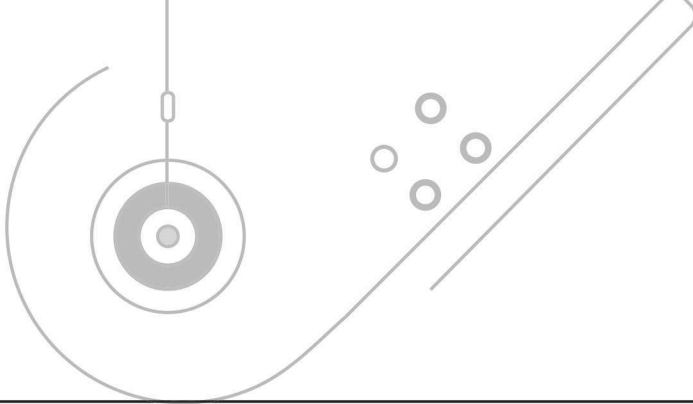
数据结构主要研究数据的各种逻辑结构和在计算机中的存储结构，还研究对数据进行的

插入、查找、删除、排序和遍历等基本运算或操作以及这些运算或操作在各种存储结构上具体实现的算法。本课程的主教材采用 Java 语言描述算法。

本课程开设一个学期，总共 72 学时，其中理论教学 42 学时，课内实践 30 学时，具体分配建议见表 0-1。

表 0-1 学时分配建议表

课程内容	总学时	理论教学	课内实践
一、绪论	4	2	2
二、线性表	4	2	2
三、栈和队列	4	2	2
四、串	4	2	2
五、多维数组和广义表	4	2	2
六、树	12	6	6
七、图	10	6	4
八、查找	12	6	6
九、排序	12	8	4
其他	6	6	0
合计	72	42	30



前 言

随着信息技术的发展和普及，作为高等教育的一种类型教育，高等应用教育更强调工程化和职业化——学生不仅应具有基本的专业理论知识，更重要的是应具有过硬的专业技能和工程能力。目前，学生对数据结构知识的掌握和应用能力与企业用人的需求还存在很大差异，而且传统的教学模式和教学内容已无法满足学生职业发展的需要。因此，有必要加强对在校大学生计算机编程能力的训练，从而达到提高学生职业素质的目的。

鉴于此，我们组织十余所院校的多位计算机教育专家与国内多家知名企业的一线专家，共同策划了本教材。

本教材主要培养学生分析数据和组织数据的能力，告诉学生如何编写效率高、结构好的程序。本教材在内容的选取、概念的引入、文字的叙述以及例题和习题的选择等方面，都力求遵循面向应用、逻辑结构简明合理、由浅入深、深入浅出、循序渐进、便于自学的原则，突出其实用性与应用性。

一、教材特色

■ 由浅入深，深入浅出

本书在基本概念和基本理论阐述方面注重科学严谨，同时从应用出发，对新概念的引入均以应用实例开始，且对各种基本算法的描述尽量详细，叙述清晰。

■ 循序渐进，通俗易懂

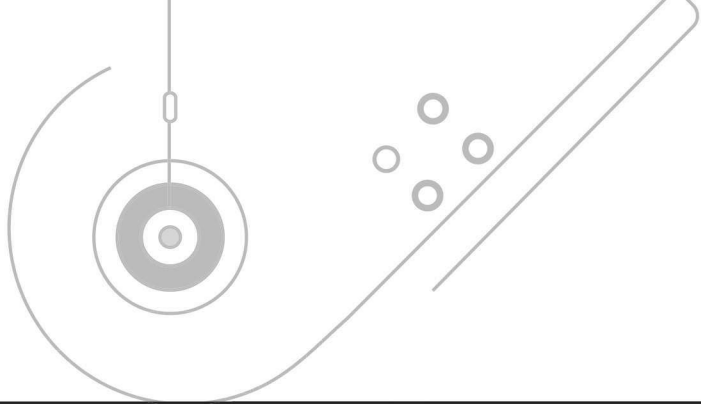
内容简明，图文并茂；案例讲解通俗易懂；步骤详尽，方便操作；知识点明确，方便查阅。

■ 资源开放，网站支撑

资源共享课程网站提供教学内容、教学设计、教学资源、实践教学、案例库和在线考试等功能，方便师生利用网络环境进行学习与交流。

二、内容介绍与教学建议

全书共分为九个项目：项目一主要介绍了数据结构和算法的基本概念；项目二到项目七分别介绍了线性表、栈和队列、串、多维数组和广义表、树和图这几种基本数据结构的特点、存储方法和基本运算，且书中安排了相当的篇幅来介绍这些基本数据结构的实际应用；项目八和项目九主要介绍了查找和排序的基本原理与方法。各项目所涉及的数据结构与算法，均给予了 Java 语言描述，以便于读者巩固和提高运用 Java 语言进行程序设计的能力。书中各项目所



涉及的程序都已运行通过，并可从北京理工大学出版社的网站（<http://www.bitpress.com.cn/>）免费下载。

本教程建议以理论课与实践课相结合的方式讲授，强调学生的实际动手能力，同时各院校可以根据自己的实际情况适当调整教学内容。

三、案例说明

■ 单一案例

包括验证哥德巴赫猜想、顺序表与链表的应用、栈与队列的应用、迷宫问题、哈夫曼编码和图的遍历应用等。

■ 综合案例

包括文本编辑系统、学生档案管理系统和排序系统等。

四、读者对象

■ 应用型本科院校计算机相关专业的学生

■ 计算机相关专业培训机构的学生

■ 广大计算机爱好者

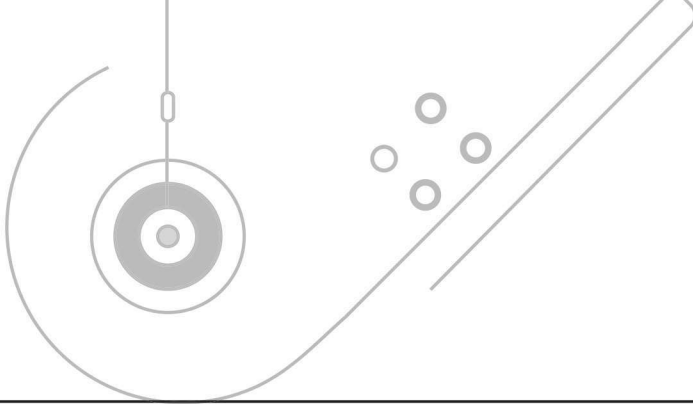
本教材的编者都是具有多年一线教学实践经验的资深专家。本书由工业和信息化职业教育教学指导委员会委员王路群教授主审并通览全稿。参与编写工作的有库波、曹静、杨国勋、谢日星和孙海南、朱世民、张波、朱晓钢，其中主编库波对本书的编写思路与项目设计进行了总体策划。

本书在编写的过程中得到了武汉佰均成技术股份有限公司、武汉支点信息技术有限公司、武汉数阵信息集成技术有限公司、武汉光谷科技技术股份有限公司、武汉厚薄信息技术有限公司、武汉软帝信息技术有限公司、上海睿亚讯软件技术服务有限公司的大力支持，在此对他们表示衷心的感谢。

由于时间仓促，编者水平有限，书中难免有疏漏之处，敬请广大读者批评指正。

编者

2016年2月



目 录

项目一 绪论	001
● 任务一 数据结构的基本概念	001
1.1.1 学习数据结构的原因	001
1.1.2 什么是数据结构	002
1.1.3 基本概念和术语	003
1.1.4 数据类型与抽象数据类型	005
任务二 算法和算法分析简介	007
1.2.1 算法	007
1.2.2 算法的描述	008
1.2.3 算法评价	014
实训 验证哥德巴赫猜想	015
小结	017
习题一	017
项目二 线性表	018
● 任务一 线性表的定义和基本操作	018
任务二 线性表的顺序存储结构	019
2.2.1 线性表的顺序存储结构	019
2.2.2 线性表在顺序存储结构下的运算	020
任务三 线性表的链式存储结构	025
2.3.1 线性链表	025
2.3.2 循环链表	029
2.3.3 双向链表	030
实训 顺序表和链表的应用	033
小结	035
习题二	035

项目三 栈和队列	037
● 任务一 栈	037
3.1.1 栈的定义及其运算	037
3.1.2 栈的顺序存储结构	038
3.1.3 栈的链式存储结构	040
任务二 算术表达式求值	042
任务三 队列	045
3.3.1 队列的定义及其运算	046
3.3.2 队列的顺序存储结构	047
3.3.3 队列的链式存储结构	052
3.3.4 其他队列	054
实训 栈和队列的应用	054
小结	057
习题三	057

项目四 串	059
● 任务一 串的基本概念	059
4.1.1 串的定义	059
4.1.2 主串和子串	059
任务二 串的存储结构	060
4.2.1 串值的存储	060
4.2.2 串名的存储映像	062
任务三 串的基本运算及其实现	062
4.3.1 串的基本运算	062
4.3.2 串的基本运算的实现	063
实训 文本编辑系统	067
小结	070
习题四	070

项目五 多维数组和广义表	072
● 任务一 多维数组	072
5.1.1 多维数组的概念	072
5.1.2 多维数组在计算机内的存放	073

任务二 多维数组的存储结构	073
5.2.1 行优先顺序	073
5.2.2 列优先顺序	073
任务三 特殊矩阵及其压缩存储	074
5.3.1 特殊矩阵	074
5.3.2 压缩存储	075
任务四 稀疏矩阵	077
5.4.1 稀疏矩阵的存储	077
5.4.2 稀疏矩阵的运算	082
任务五 广义表	089
5.5.1 基本概念	089
5.5.2 存储结构	091
5.5.3 基本运算	092
实训 迷宫问题	094
小结	098
习题五	099

项目六 树

● 任务一 树结构的定义与基本操作	101
6.1.1 树的定义及相关术语	101
6.1.2 树的存储结构	102
6.1.3 树的基本操作	103
任务二 二叉树	103
6.2.1 二叉树的定义与基本操作	103
6.2.2 二叉树的性质	105
6.2.3 二叉树的存储结构	106
6.2.4 树与二叉树的相互转换	110
任务三 遍历二叉树	111
6.3.1 先序遍历	112
6.3.2 中序遍历	113
6.3.3 后序遍历	114
6.3.4 层次遍历	115
任务四 线索二叉树	116
6.4.1 线索二叉树的基本概念	116

6.4.2	中序次序线索化算法	117
任务五	二叉排序树	122
6.5.1	二叉排序树的定义	122
6.5.2	二叉排序树的生成	122
6.5.3	删除二叉排序树上的结点	125
任务六	哈夫曼树和哈夫曼算法	128
6.6.1	哈夫曼树的定义	128
6.6.2	构造哈夫曼树——哈夫曼算法	129
6.6.3	哈夫曼树的应用	130
实训	哈夫曼编码	131
	小结	141
	习题六	142

项目七	图	143
任务一	基本定义和术语	143
7.1.1	基本定义和术语	143
7.1.2	抽象数据类型	145
任务二	图的存储结构	148
7.2.1	邻接矩阵	148
7.2.2	邻接表	149
任务三	图的遍历	151
7.3.1	深度优先搜索遍历	151
7.3.2	广度优先搜索遍历	154
任务四	最小生成树	156
任务五	最短路径	161
7.5.1	单源点最短路径	162
7.5.2	所有顶点对之间的最短路径	165
任务六	拓扑排序	168
实训	图的遍历应用	170
	小结	172
	习题七	173

项目八	查找	175
任务一	顺序查找	175

任务二 折半查找	177
任务三 分块查找	179
任务四 哈希表	181
8.4.1 哈希表和哈希函数的概念	182
8.4.2 哈希函数的构造方法	183
8.4.3 冲突处理	185
实训 学生档案管理系统	188
小结	195
习题八	196

项目九 排序	197
● 任务一 插入排序	197
9.1.1 线性插入排序	197
9.1.2 折半插入排序	199
任务二 希尔排序	200
任务三 选择排序	202
任务四 堆排序	203
任务五 快速排序	208
任务六 归并排序	210
任务七 基数排序	213
任务八 外部排序	216
任务九 各种排序方法的比较	217
实训 排序系统	219
小结	229
习题九	230

参考文献	231
-------------------	-----

项目一

绪论

✓ 职业能力目标与学习要求

数据结构是计算机类专业的核心专业基础课程，本项目通过介绍数据结构这门课程诞生的背景、发展历史以及在计算机科学中所处的地位、数据结构与算法的基本理论和计算机语言的实现等，使学生了解和分析计算机处理对象的特性，学会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，通过算法训练提高学生抽象思维能力、逻辑思维能力和计算机思维能力等。



任务一 数据结构的基本概念

1.1.1 学习数据结构的原因

众所周知，20 世纪 40 年代，电子计算机问世的直接原因是人们解决了弹道学的计算问题。早期电子计算机的应用范围，几乎只局限于科学和工程计算，其处理的对象也是纯数值性的信息，所以人们把这类计算称为数值计算。

近 30 年来，电子计算机的发展异常迅猛，这不仅体现在计算机本身运算速度不断提高、信息存储量日益扩大、价格逐步下降等方面，更重要的是计算机广泛地应用于情报检索、企业管理和系统工程等方面，这已远远超出了数值计算的范围，渗透到了人类社会活动的一切领域。与此相对应，计算机的处理对象也从简单的纯数值性信息发展到非数值性的且具有一定结构的信息。因此，再把电子计算机简单地看作进行数值计算的工具，把数据仅理解为纯数值性的信息，就显得太狭隘了。现代计算机科学的观点是把计算机程序处理的一切数值的和非数值的信息，乃至程序都统称为数据（Data），而电子计算机则是加工处理数据（信息）的工具。

处理对象的转变导致了系统程序和应用程序的规模越来越大，结构也变得更加复杂，单凭程序设计人员的经验和技巧已难以设计出效率高、可靠性强的程序，数据的表示方法和组织形式已成为影响数据处理效率的关键。因此，这就要求人们对计算机程序所加工的对象进行系统的研究，即研究数据的特性以及数据之间存在的关系——数据结构（Data Structure）。

数据结构是随着电子计算机的产生和发展而发展起来的一门较新的计算机课程。数据结构所讨论的有关问题，早先是为解决系统程序设计中的具体技术问题而出现在“编译程序”和“操作系统”之中。“数据结构”作为一门独立的课程在国外是从 1968 年才开始设立的。在这之前，它的某些内容曾在其他课程，如表处理语言中有所阐述。1968 年，在美国一些大学计算机系的教学计划中，虽然把“数据结构”规定为一门课程，但对课程的范围没有作明确规定。当时，数据结构几乎和图论，特别是和表、树的理论为同义语。随后，数据结构这个概念扩充到网络、集合代数论、格、关系等方面，从而变成了现在称之为“离散结构”的内容。然而，由于数据必须在计

算机中进行处理,所以不仅要考虑数据本身的数学性质,而且还必须考虑数据的存储结构,这就进一步扩大了数据结构的内容。近年来,随着数据库系统的不断发展,在数据结构课程中又增加了文件管理(特别是大型文件的组织等)的内容。

1968年,美国唐·欧·克努特教授开创了数据结构的最初体系,他所著的《计算机程序设计技巧第一卷:基本算法》是第一本较系统地阐述数据的逻辑结构和存储结构及其操作的著作。从20世纪60年代末到70年代初,出现了大型程序,软件也相对独立,程序结构设计成为程序设计方法学的主要内容,人们越来越重视数据结构,认为程序设计的实质是对确定的问题选择一种好的结构,加上设计一种好的算法。从20世纪70年代中期到80年代初,各种版本的数据结构著作开始相继出现。

目前,在我国数据结构也已经不仅是计算机专业的教学计划中的核心课程之一,而且是其他非计算机专业的主要选修课程之一。

“数据结构”在计算机科学中是一门综合性的专业基础课。数据结构的研究不仅涉及计算机硬件(特别是编码理论、存储装置和存取方法等)的研究范围,而且和计算机软件的研究也有着密切的关系,因为无论是编译程序还是操作系统,都涉及数据元素在存储器中的分配问题。当研究信息检索时,也必须考虑如何组织数据,以便查找和存取数据元素。因此,可以认为数据结构是介于数学、计算机硬件和计算机软件三者之间的一门核心课程。我国从1978年开始,各院校先后开设了数据结构这门课。1982年的全国计算机教育学术讨论会和1983年的全国大专类计算机专业教学工作讨论会都把数据结构确定为计算机类各专业的核心课程之一。这是因为在计算机科学中,数据结构这门课的内容不仅是一般程序设计(特别是非数值性程序设计)的基础,而且是设计和实现编译程序、操作系统、数据库系统及其他系统程序的重要基础。

值得注意的是,数据结构的发展并未终结,一方面,面向各专门领域中特殊问题的数据结构已得到研究和发展的,如多维图形数据结构等;另一方面,从抽象数据类型的观点来讨论数据结构,已成为一种新的趋势,越来越被人们所重视。由此可见,数据结构技术,正处于迅速发展的阶段。同时,随着电子计算机的发展和更新,新的数据结构也将会不断出现。

1.1.2 什么是数据结构

什么是数据结构?这是一个难于直接回答的问题。一般来说,用计算机解决一个具体问题时,需要经过下列几个步骤:首先从具体问题中抽象出一个适当的数学模型,然后设计一个能解此数学模型的算法(Algorithm),最后编出程序,进行测试,并调整程序直至得到最终解答。寻求数学模型的实质是分析问题,从具体问题中提取操作的对象,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。为了说明这个问题,首先举一个例子,然后再给出明确的含义。

假定有一个学生通讯录,该通讯录记录了某校全体学生的姓名和相应的住址,现在要写一个算法,要求是,当给定任何一个学生的姓名时,该算法能够查出该学生的住址。这样一个算法的设计,将完全依赖于通讯录中的学生姓名及相应的住址是如何结构的,以及计算机是怎样存储通讯录中的信息的。

如果通讯录中的学生姓名是随意排列的,其次序没有任何规律,那么当给定一个姓名时,则只能对通讯录从头开始逐个与给定的姓名相比较,顺序查对,直至找到所给定的姓名为止。这种方法相当费时,效率也很低。

然而,如果对学生通讯录进行适当的组织,将学生按所在班级来排列,并且再建一个附加的索引表,这个表可用来登记每个班级学生的姓名在通讯录中起始处的位置,这样一来,情况将大

为改善。这时，当要查找某学生的住址时，则可先从索引表中查到该学生所在班级的学生姓名是从何处起始，而后就从此起始处开始查找，而不必去查看其他班级学生的姓名。由于采用了新的结构，所以就可写出一个完全不同的算法。

上述的学生通讯录就是一个数据结构问题。从中可以看到，计算机算法与数据的结构密切相关，算法无不依附于具体的数据结构，所以数据结构直接关系到算法的选择和效率。

下面，再对学生通讯录作进一步讨论。当有新生入学时，通讯录需要添加新学生的姓名和相应的住址；当毕业生离校时，应从通讯录中删除毕业生的姓名和相应的住址，这就要求在已安排好的结构上进行插入（Insert）和删除（Delete）。对于一种具体的结构，如何实现插入和删除？把要添加的学生姓名和相应的住址插入到前头，还是末尾，或是中间某个合适的位置上？插入后对原有的数据是否有影响？有什么样的影响？删除某学生的姓名和相应的住址后，其他的数据（学生的姓名和相应的住址）是否要移动？若需要移动，应如何移动？这一系列的问题说明，为适应数据增加和减少的需要，还必须对数据结构定义一些运算。上述只涉及两种运算，即插入运算和删除运算。当然，还有一些其他可能的运算，如学生搬家后住址变了，为适应这种需要，就应该定义修改（Modify）运算，等等。

这些运算显然是由计算机来完成的，所以这就要设计相应的插入、删除和修改的算法。也就是说，数据结构还需要给出每种结构类型所定义的各种运算的算法。

通过以上讨论，可以直观地认为：数据结构是一门研究程序设计中计算机操作的对象以及它们之间关系和运算的学科。

1.1.3 基本概念和术语

下面来认识与数据结构相关的一些重要的基本概念和术语。

① 数据（Data）

数据是人们利用文字符号、数字符号以及其他规定的符号对现实世界的事物及其活动所做的描述。在计算机科学中，数据的含义非常广泛，我们把一切能够输入到计算机中并能被计算机程序处理的信息，包括文字、表格、声音和图像等，都称为数据。例如，一个个人书库管理程序所要处理的数据可能是一张如表 1-1 所示的表格。

② 数据元素（Data Element）

数据元素也叫结点，它是组成数据的基本单位。在程序中，通常把结点作为一个整体来进行考虑和处理。例如，在表 1-1 所示的个人书库中，为了便于处理，把其中的每一行（代表一本书）都作为一个基本单位来考虑，所以该数据由 10 个结点构成。

一般情况下，一个结点含有若干个字段（也叫数据项）。例如，在表 1-1 所示的表格数据中，每个结点都由登录号、书号、书名、作者、出版社和价格等六个字段构成。字段是构成数据的最小单位。

表 1-1 个人书库

登录号	书号	书名	作者	出版社	价格/元
000001	TP2233	Windows NT4.0 中文版教程	赵健雅	电子工业	28.00
000002	TP1844	Authorware 5.1 速成	孙强	人民邮电	40.00
000003	TP1684	Lotus Notes 网络办公平台	赵丽萍	清华大学	16.00

续表

登录号	书号	书名	作者	出版社	价格/元
000004	TP2143	Access 2000 入门与提高	张堪	清华大学	22.00
000005	TP1110	PowerBuilder 6.5 实用教程	樊金生	科学	29.00
000006	TP1397	Delphi 数据库编程技术	刘前进	人民邮电	43.00
000007	TP2711	精通 MS SQL Server 7.0	罗会涛	电子工业	35.00
000008	TP3239	Visual C++实用教程	郑阿奇	电子工业	30.00
000009	TP1787	电子商务万事通	赵乃真	人民邮电	26.00
000010	TP42	数据结构	江涛	中央电大	18.80

③ 数据对象 (Data Object)

数据对象,也称为数据元素类 (Data Element Class),是指具有相同性质的数据元素的集合。在某个具体问题中,数据元素都具有相同的性质(元素值不一定相等),属于同一数据对象(数据元素类),数据元素是数据元素类的一个实例。

④ 数据结构 (Data Structure)

数据结构是研究数据元素之间抽象化的相互关系和这种关系在计算机中的存储表示(即所谓的数据逻辑结构和物理结构),并对这种存储结构定义相适应的运算,设计出相应的算法,而且确保经过这些运算后所得到的新结构仍然是原来的结构类型。

根据数据元素间关系的不同特性,通常有下列四类基本结构:

(1) 集合结构。该结构的数据元素之间的关系是“属于同一个集合”。集合是元素关系极为松散的一种结构。

(2) 线性结构。该结构的数据元素之间存在着一对一的关系。

(3) 树形结构。该结构的数据元素之间存在着一对多的关系。

(4) 图形结构。该结构的数据元素之间存在着多对多的关系,图形结构也称作网状结构。

图 1-1 所示为上述四类基本结构的示意图。

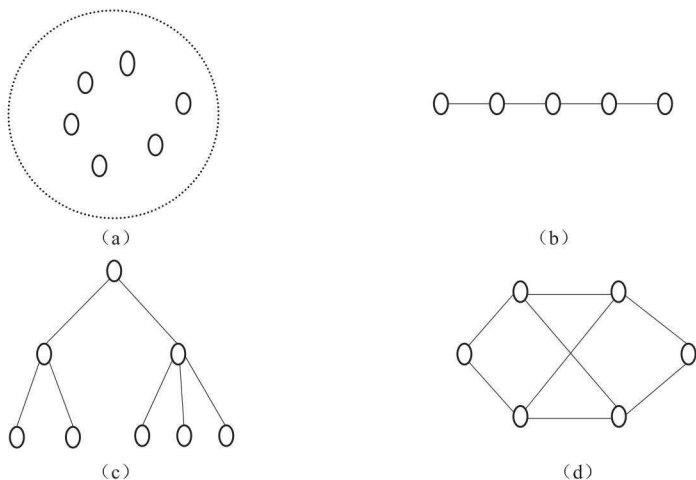


图 1-1 四类基本结构的示意图

(a) 集合结构; (b) 线性结构; (c) 树形结构; (d) 图形结构

⑤ 逻辑结构 (Logical Construction)

结点和结点之间的逻辑关系称为数据的逻辑结构。

在表 1-1 所示的表格数据中,各结点之间在逻辑上有一种线性关系,它指出了 10 个结点在表中的排列顺序。根据这种线性关系,可以看出表中第一本书是什么书,第二本书是什么书,等等。

⑥ 存储结构 (Storage Construction)

数据及数据之间的关系在计算机中的存储表示称为数据的存储结构。

表 1-1 所示的表格数据在计算机中可以有多种存储表示,例如:可以表示成数组,存放在内存中;可以表示成文件,存放在磁盘上;等等。

数据的存储结构可用以下四种基本存储方法得到:

1) 顺序存储方法

该方法将逻辑上相邻的结点存储在物理位置上相邻的存储单元中,结点间的逻辑关系由存储单元的邻接关系来体现。由此得到的存储表示称为顺序存储结构 (Sequential Storage Structure),该存储结构通常借助程序语言的数组来描述。

该方法主要应用于线性的数据结构,非线性的数据结构也可通过某种线性化的方法来实现顺序存储。

2) 链接存储方法

该方法不要求逻辑上相邻的结点在物理位置上也相邻,结点间的逻辑关系由附加的指针字段表示。由此得到的存储表示称为链式存储结构 (Linked Storage Structure),该存储结构通常借助于程序语言的指针类型来描述。

3) 索引存储方法

该方法通常在存储结点信息的同时,还建立附加的索引表。索引表由若干索引项组成,若每个结点在索引表中都有一个索引项,则该索引表称为稠密索引 (Dense Index);若一组结点在索引表中只对应一个索引项,则该索引表称为稀疏索引 (Sparse Index)。索引项的一般形式是:

(关键字、地址)

关键字是能唯一标识一个结点的那些数据项。稠密索引中索引项的地址指示结点所在的存储位置;稀疏索引中索引项的地址指示一组结点的起始存储位置。

4) 散列存储方法

该方法的基本思想是,根据结点的关键字直接计算出该结点的存储地址。

以上四种基本存储方法,既可单独使用,也可组合起来对数据结构进行存储映像。

同一逻辑结构采用不同的存储方法,可以得到不同的存储结构。选择何种存储结构来表示相应的逻辑结构,视具体要求而定,但主要考虑运算方便及算法的时空要求。

⑦ 数据处理 (Data Processing)

数据处理是指对数据进行查找、插入、删除、合并、排序、统计以及简单计算等操作的过程。在早期,计算机主要用于科学和工程计算,进入 20 世纪 80 年代以后,计算机主要用于数据处理。据有关统计资料表明,现在计算机用于数据处理的时间比例达到 80%以上,所以随着时间的推移和计算机应用的进一步普及,计算机用于数据处理的时间比例必将进一步增大。

1.1.4 数据类型与抽象数据类型

抽象数据类型是描述数据结构的一种理论工具,在介绍抽象数据类型之前首先介绍一下数据