



数据结构 (C语言描述)

齐景嘉 王梦菊 主编
蒋巍 李傲霜 刘玉喜 副主编
郭川军 主审



清华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 计算机科学与技术

数据结构 (C语言描述)

齐景嘉 王梦菊 主编
蒋巍 李傲霜 刘玉喜 副主编
郭川军 主审

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书共分 10 章,书中详细介绍各种数据结构及查找、排序的各种方法及其应用,对每一种类型的数据结构以实例为切入点,详细介绍其基本概念、逻辑结构、存储结构和常用算法。本书知识组织清晰、算法完整,便于读者上手。并有配套出版的《数据结构习题与实训教程(C 语言描述)》,以便课后复习或参加各类技能考试及考研的需要。

本书是为高等学校本科计算机类专业学生学习“数据结构”课程而编写的教材。本着注重理论与应用相结合的原则,选材精准,对基本理论的叙述深入浅出、通俗易懂。书中实例丰富,所有算法均给出了相应的 C 语言函数及程序。为了便于教学,每章后配有典型例题及例题解答。

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)/齐景嘉,王梦菊主编. —北京:清华大学出版社,2011.10

(21 世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术)

ISBN 978-7-302-26324-1

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 152347 号

责任编辑:付弘宇 李 晔

责任校对:梁 毅

责任印制:何 芊

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:010-62795954,jsjic@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015,zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:三河市春园印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:14 字 数:350 千字

版 次:2011 年 10 月第 1 版 印 次:2011 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:25.00 元

产品编号:043336-01

编审委员会成员

(按地区排序)

清华大学

周立柱 教授
覃 征 教授
王建民 教授
冯建华 教授
刘 强 副教授

北京大学

杨冬青 教授
陈 钟 教授
陈立军 副教授

北京航空航天大学

马殿富 教授
吴超英 副教授
姚淑珍 教授

中国人民大学

王 珊 教授
孟小峰 教授
陈 红 教授

北京师范大学

周明全 教授

北京交通大学

阮秋琦 教授
赵 宏 副教授

北京信息工程学院

孟庆昌 教授

北京科技大学

杨炳儒 教授

石油大学

陈 明 教授

天津大学

艾德才 教授

复旦大学

吴立德 教授
吴百锋 教授
杨卫东 副教授

同济大学

苗夺谦 教授
徐 安 教授

华东理工大学

邵志清 教授

华东师范大学

杨宗源 教授
应吉康 教授

东华大学

乐嘉锦 教授
孙 莉 副教授

浙江大学	吴朝晖	教授
	李善平	教授
扬州大学	李 云	教授
南京大学	骆 斌	教授
	黄 强	副教授
南京航空航天大学	黄志球	教授
	秦小麟	教授
南京理工大学	张功萱	教授
南京邮电学院	朱秀昌	教授
苏州大学	王宜怀	教授
	陈建明	副教授
江苏大学	鲍可进	教授
中国矿业大学	张 艳	教授
武汉大学	何炎祥	教授
华中科技大学	刘乐善	教授
中南财经政法大学	刘腾红	教授
华中师范大学	叶俊民	教授
	郑世珏	教授
	陈 利	教授
江汉大学	颜 彬	教授
国防科技大学	赵克佳	教授
	邹北骥	教授
中南大学	刘卫国	教授
湖南大学	林亚平	教授
西安交通大学	沈钧毅	教授
	齐 勇	教授
长安大学	巨永锋	教授
哈尔滨工业大学	郭茂祖	教授
吉林大学	徐一平	教授
	毕 强	教授
山东大学	孟祥旭	教授
	郝兴伟	教授
中山大学	潘小轰	教授
厦门大学	冯少荣	教授
仰恩大学	张思民	教授
云南大学	刘惟一	教授
电子科技大学	刘乃琦	教授
	罗 蕾	教授
成都理工大学	蔡 淮	教授
	于 春	副教授
西南交通大学	曾华燊	教授

出版说明

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程(简称‘质量工程’)”,通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

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21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”。推出的特色精品教材包括:

(1) 21 世纪高等学校规划教材·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) 21 世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 21 世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

(4) 21 世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

(5) 21 世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。

(6) 21 世纪高等学校规划教材·财经管理与应用。

(7) 21 世纪高等学校规划教材·电子商务。

(8) 21 世纪高等学校规划教材·物联网。

清华大学出版社经过三十多年的努力,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

联系人: 魏江江

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

前言

数据结构课程是计算机专业的一门专业基础课程,也是计算机课程体系中的核心课程之一。该课程所介绍的数据的各种逻辑结构、存储结构及相关的算法既是程序设计的基础(特别是非数值计算程序设计的基础),又是设计和实现系统软件及大型应用软件的重要基础。

数据结构课程的教学要求是学会分析研究计算机加工的数据对象的特征。在面对一个非数值的应用问题时,引导学生根据对软件进行评价的基本标准,选择最佳的逻辑结构、存储结构和相应的算法。从而使学生逐步掌握编写执行速度快、占用空间少、可靠性高、可读性好的程序设计方法和技巧。

《数据结构(C语言描述)》是为高等学校本科计算机类专业学生学习“数据结构”课程而编写的教材。本书介绍常用数据结构的基本概念、逻辑特性和存储结构,主要内容包括线性表、链表、栈、队列、数组、串、树、图等数据结构以及查找和排序的算法。书中对各种算法和算法的应用均给出了相应的C语言函数和程序,具有一定的实用性。本书采用C语言作为数据结构和算法的描述语言,在对数据的存储结构和算法进行描述时,尽可能考虑C语言的特色,使算法简单易读,给出的每一个算法只要添加上主函数,程序即可运行;同时,尽可能保持统一的风格、尽量使用抽象数据类型,这样用其他高级编程语言来改写这些程序也可以轻松实现。

本书概念表述严谨,逻辑推理严密,语言精练,知识结构脉络清晰,便于教学组织和实践操作。并有配套出版的《数据结构习题与实训教程(C语言描述)》(ISBN 978-7-302-26383-8),既便于教学,又便于自学。本书可作为计算机类专业或信息类相关专业的本科或专科教材,也可以作为大学非计算机专业的选修课教材和计算机应用技术人员自学教材或参考书。

本书共10章,总课时数80学时左右,其中上机实习35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、数组等逻辑结构及其在不同存储结构上各种操作的实现算法;第6章和第7章论述了树和图的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章讨论了各种查找表及查找方法、各种排序算法及其应用;第10章讨论了文件的基本概念和相关算法。

书中每章带有本章学习要求、小结,除第1章外,每章的最后一节都精选了涉及该章内容的优秀案例。使学生通过阅读与实践,在样例的引导下,掌握编写实用程序的方法和技巧,既方便学生学习,又方便教师教学。

本书由齐景嘉、王梦菊任主编,蒋巍、李傲霜、刘玉喜任副主编,郭川军任主审,参加本书编写工作的还有徐辉。

各章编写分工如下：第 1 章和第 2 章由哈尔滨金融学院的齐景嘉编写；第 3 章由黑龙江大学的李傲霜编写；第 4 章和第 5 章由哈尔滨师范大学的刘玉喜编写；第 6 章和第 9 章由哈尔滨金融学院的王梦菊编写；第 7 章和第 8 章由哈尔滨金融学院的蒋巍编写；第 10 章由黑龙江大学的徐辉编写。全书由哈尔滨金融学院的齐景嘉统一编排定稿。

本书编者都是多年从事本课程教学的教师，但由于编者水平有限，不妥与疏漏之处在所难免，敬请广大读者指正。

本书配套课件可以从清华大学出版社网站 www.tup.com.cn 下载，本书及课件的使用问题请联系 fuhy@tup.tsinghua.edu.cn。

编 者

2011 年 6 月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 引言	1
1.2 基本概念与术语	3
1.3 抽象数据类型	6
1.4 算法和算法的分析	7
1.4.1 算法的基本概念	7
1.4.2 算法的时间复杂度	9
1.4.3 算法的空间复杂度	10
第 2 章 线性表	12
2.1 线性表的逻辑结构	12
2.1.1 线性表的引例	12
2.1.2 线性表的定义	13
2.1.3 线性表的基本操作	13
2.2 线性表的顺序存储结构	13
2.2.1 顺序表结构	13
2.2.2 顺序表的基本操作	14
2.3 线性表的链式存储结构	18
2.3.1 链式存储结构	18
2.3.2 单链表上的基本运算	18
2.3.3 循环链表和双向链表	23
2.4 顺序表与链表的比较	25
2.5 线性表的应用	26
第 3 章 栈和队列	29
3.1 栈	29
3.1.1 栈的引例	29
3.1.2 栈的类型定义	29
3.1.3 栈的顺序存储表示和操作的实现	30
3.1.4 栈的链式存储表示和操作的实现	32
3.2 栈的应用	34
3.3 队列	36

3.3.1	队列的引例	36
3.3.2	队列的定义及其基本操作	37
3.3.3	队列的顺序存储表示和操作的实现	37
3.3.4	队列的链式存储表示和操作的实现	40
3.4	队列的应用	43
第4章	串	46
4.1	串的定义	46
4.1.1	串的定义	46
4.1.2	串的各种运算简介	47
4.2	串的存储结构	49
4.2.1	串的定长顺序存储	50
4.2.2	串的堆分配存储	50
4.2.3	串的块链存储	51
4.3	串运算的实现	51
4.3.1	朴素模式匹配算法	51
4.3.2	模式匹配的 KMP 算法	53
4.3.3	模式匹配的 Brute-Force 算法	55
4.4	串的应用	59
第5章	数组与广义表	64
5.1	数组的定义和运算	64
5.1.1	数组的定义	65
5.1.2	基本运算	65
5.2	数组的顺序存储结构	65
5.2.1	行优先存储	66
5.2.2	列优先存储	66
5.3	矩阵的压缩存储	67
5.3.1	特殊矩阵——三角阵和对称阵	68
5.3.2	稀疏矩阵	69
5.4	广义表的定义与性质	76
5.4.1	广义表的定义	76
5.4.2	广义表的性质	76
5.5	广义表的存储结构	77
5.5.1	头尾表示法	77
5.5.2	孩子兄弟表示法	78
5.6	广义表的基本操作	79
5.7	数组的应用	82

第 6 章 树和二叉树	90
6.1 树的概念和基本操作	90
6.1.1 树的引例	90
6.1.2 树的定义和基本术语	91
6.1.3 树的表示方法	92
6.1.4 树的基本操作	93
6.2 二叉树	93
6.2.1 二叉树的定义	93
6.2.2 二叉树的性质	94
6.2.3 二叉树的基本操作	95
6.3 二叉树的存储结构	96
6.3.1 顺序存储结构	96
6.3.2 链式存储结构	96
6.4 二叉树的遍历	98
6.4.1 先序遍历	99
6.4.2 中序遍历	99
6.4.3 后序遍历	100
6.4.4 层次遍历	101
6.5 线索二叉树	101
6.5.1 线索二叉树的概念	101
6.5.2 中序线索二叉树的构造算法	103
6.5.3 线索二叉树的遍历	104
6.6 哈夫曼树及其应用	105
6.6.1 哈夫曼树的定义	105
6.6.2 构造哈夫曼树	106
6.6.3 哈夫曼树的应用	107
6.7 树与森林	108
6.7.1 树的存储结构	108
6.7.2 树、森林与二叉树的转换	110
6.7.3 树和森林的遍历	112
6.8 二叉树的应用	113
第 7 章 图	117
7.1 图的定义和基本术语	117
7.1.1 图的引例	117
7.1.2 图的定义	118
7.1.3 图的基本术语	119
7.2 图的存储结构	119



7.2.1	数组表示法	120
7.2.2	邻接表	121
7.2.3	十字链表	122
7.2.4	邻接多重表	124
7.3	图的遍历	125
7.3.1	深度优先搜索遍历	125
7.3.2	广度优先搜索遍历	127
7.4	图的连通性问题	128
7.4.1	无向图的连通分量和生成树	128
7.4.2	有向图的强连通分量	129
7.4.3	最小生成树	129
7.4.4	关节点和重连通分量	133
7.5	有向无环图及其应用	134
7.5.1	拓扑排序	134
7.5.2	关键路径	137
7.6	最短路径	138
7.6.1	求某一源点到其余各顶点的最短路径	138
7.6.2	每一对顶点之间的最短路径	140
7.7	图的应用	142
第 8 章	查找	149
8.1	基本概念	149
8.2	静态查找表	150
8.2.1	顺序表的查找	150
8.2.2	有序表的查找	151
8.2.3	静态树表的查找	153
8.2.4	索引顺序表的查找	154
8.3	动态查找表	155
8.3.1	二叉排序树和平衡二叉树	155
8.3.2	B 树和 B+ 树	162
8.4	哈希表	167
8.4.1	哈希表的概念	167
8.4.2	哈希函数的构造方法	168
8.4.3	处理冲突的方法	168
8.4.4	哈希表的查找及其分析	172
8.5	查找的应用	173
第 9 章	排序	176
9.1	排序的基本概念	176

9.2	插入排序	177
9.2.1	直接插入排序	177
9.2.2	折半插入排序	179
9.2.3	希尔排序	180
9.3	交换排序	181
9.3.1	冒泡排序	181
9.3.2	快速排序	183
9.4	选择排序	185
9.4.1	直接选择排序	185
9.4.2	树形选择排序	186
9.4.3	堆排序	186
9.5	归并排序	190
9.6	各种内部排序方法的比较	192
9.7	排序的应用	193
第 10 章	文件	197
10.1	文件的基本概念	197
10.1.1	文件引例	198
10.1.2	文件的定义	198
10.1.3	文件的分类	198
10.1.4	文件的操作	199
10.1.5	文件的组织	199
10.2	顺序文件概念	199
10.3	索引文件	200
10.3.1	索引文件的概念	200
10.3.2	索引文件的存储	201
10.3.3	索引文件的检索	201
10.4	ISAM 文件和 VSAM 文件	202
10.4.1	ISAM 文件	202
10.4.2	VSAM 文件	203
10.5	直接存取文件(散列文件)	205
10.6	多关键字文件	205
10.6.1	多重表文件	206
10.6.2	倒排文件	207
参考文献		209

第1章

概述

【本章学习要求】

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,同时还研究如何将具有逻辑关系的数据按一定的存储方式存放在计算机内。本章重点介绍数据结构的有关概念和术语以及算法的重要概念。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。
- 掌握线性结构、树形结构和图状结构等的逻辑特点。
- 掌握算法的评价标准,学会分析算法的时间复杂度。

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。

数据结构作为一门独立的学科,于1968年创立于美国。现今,数据结构是计算机科学与技术、软件开发与应用、网络安全、信息管理、电子商务等相关专业的一门专业基础课程。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。

数据结构是一门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运算的学科。之所以要学习数据结构的原因如下:

- (1) 计算机处理的数据量越来越大。
- (2) 数据的类型越来越多。
- (3) 数据的结构越来越复杂。

通常我们用计算机解决一个具体问题时,一般需要经过下列几个步骤:首先要从该具体问题抽象出一个适当的数学模型,然后设计或选择一个解决此类数学模型的算法,最后编写程序进行调试、测试,直至解决实际问题。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,下面给出了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。

【示例 1】 学生基本情况表。

图 1.1 是一张学生基本情况表。该表中每一行是一个数据元素(或称记录、节点),它表示一个学生的基本信息。每个学生的学号不相同,所以可以用学号来唯一地标识每个数据元素。因为每个学生的学号排列位置有先后次序,所以在表中可以按学号形成一种一对一的次序关系,即整个二维表就是学生数据的一个线性序列,这种关系称为线性数据结构。

学号	姓名	性别	年龄	专业
20110101	任帅	男	18	电子商务
20110102	郭昕	男	17	计算机科学与技术
20110103	宋航	男	19	财务会计
20110104	李玥	女	18	市场营销

图 1.1 学生基本情况表

【示例 2】 某学校教师的名册。

图 1.2 像一棵根在上而倒挂的树,清晰地描述了教师所在的系和教研室,这样就可以从树根沿着某系某教研室很快找到某个教师,查找的过程就是从树根沿分支到某个叶子的过程。类似于树这样的数据结构可以描述家族的家谱、企事业单位中的人事关系,磁盘目录结构图等。在这种结构中,节点之间呈现出一对多的非线性关系,这种关系称为树形数据结构。

【示例 3】 教学计划编排表。

图 1.3 是表 1.1 所对应的修课图。通常在一个教学计划中包含有多门课程,在这些课程之间,有些课程必须按规定的先后次序排课,例如,学习 C6 课程必须先学习 C3 课程,而学习 C3 课程又必须先学习 C1 课程。这些课程之间存在着先修和后续的关系,而且每一门课程的先修课程和后续课程都可能若干门,即各课程之间呈现出多对多的非线性关系,这种关系称为图型数据结构。

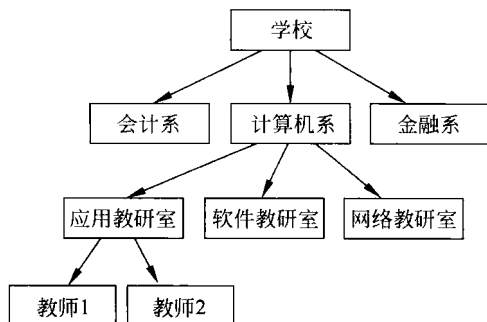


图 1.2 某学校教师名册

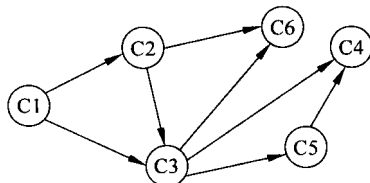


图 1.3 课程编排表对应的修课图

表 1.1 计算机专业的课程编排表

课程编号	课程名称	先修课程
C1	计算机导论	无
C2	C 程序设计	C1
C3	数据结构	C1,C2
C4	数据库原理	C3,C5
C5	操作系统	C3
C6	编译原理	C2,C3

由以上示例可以看出,描述这类非数值计算问题的数学模型和方法不再是数学方程,而是诸如线性表、树和图之类的数据结构。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,然后再对这些数据设计出相应的运算算法。

学习数据结构的目的是为了在程序设计过程中,能够将实际问题所涉及的各种数据(包括非数值数据)存储于计算机,并能编写出解决实际问题的各种运算算法。对于程序设计者或大型软件开发人员来说,学好数据结构是必不可少的前提条件。

1.2 基本概念与术语

在深入学习数据结构这门课程之前,先来学习一些与数据结构相关的概念和术语。下面介绍一些基本概念和常用术语。

(1) 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。这些符号包括数字、字母、文字、表格、图像、声音等。例如,34 这个整数是一个数据,学生基本情况表(见图 1.1)也是数据,它可以被学生管理程序加工处理。

(2) 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,在学生基本情况表(见图 1.1)中,为了便于处理,通常把其中的每一行(代表一个学生)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“学号”、“姓名”、“性别”、“年龄”、“专业”5 个数据项构成。数据元素也可以称为记录、节点等。

(3) 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。数据项一般有名称、类型、长度等属性。

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。

(4) 数据对象(Data Object)是性质相同的数据元素的集合。例如,在图 1.1 所示的学生基本情况表中,所包含的 4 个类型相同的数据元素可以看作是一个数据对象。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。

(5) 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