

21世纪高等学校规划教材 | 计算机科学与技术



实用数据结构教程

(第二版)

颜辉 范丽梅 主编



清华大学出版社

21世纪高等院校计算机专业教材 | 计算机科学与技术

实用数据结构教程

(第二版)

颜辉 范丽梅 主编
潘冠宇 刘磊 吴大亲 胡海燕 汤赫男 副主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书共分为9章,系统地介绍了各种典型的数据结构,主要内容包括绪论、线性表、栈和队列、串、数组和广义表、树和二叉树、图、查找及排序。本书对理论知识的阐述由浅入深、语言通俗易懂,强调应用能力的培养;注重理论与实践相结合,保证教学内容的实用性和可操作性。在结构安排上,每章均以结构图形式系统地归纳和总结知识要点,配有应用案例、重点难点例题解析、综合练习、实验指导等内容,便于读者理解与掌握。

本书既可作为高等院校计算机专业及相关专业的教材,也可作为计算机工程和应用技术人员或是考研学生的参考书。

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

实用数据结构教程/颜辉,范丽梅主编.—2版.—北京:清华大学出版社,2016

21世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术

ISBN 978-7-302-42744-5

I. ①实… II. ①颜… ②范… III. ①数据结构—高等学校—教材 IV. ①TP311.12

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第020007号

责任编辑:付弘宇 薛 阳

封面设计:傅瑞学

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:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:20.75 字 数:517千字

版 次:2011年9月第1版 2016年2月第2版 印 次:2016年2月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:39.80元

产品编号:067238-01

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

数据结构是计算机及相关专业的专业基础课,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,读者能够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。

本书是对《实用数据结构教程》一书的修订。在保留了原书突出以实用为主体、语言通俗、案例丰富等特点的基础上,经过对原书使用情况的深入调研,并组织专家和一线教师对自身教学经验进行认真总结、提炼之后,对原书内容进行了全面的修订和扩充,使其更加完备、充实。本书采用 C/C++ 语言来描述算法,具有以下特点。

(1) 注重算法设计的简洁和易懂性,阐述深入浅出,实用性更强。

很多学习数据结构课程的读者都感觉数据结构比较抽象,算法理解比较困难。针对这一点,本书致力于使数据结构这个原本抽象的内容尽可能地通俗化,取消了抽象数据类型定义,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,所有算法都直接利用 C 语言描述,程序可直接运行。将各种数据结构的应用具体实例化,易于掌握,更具实用性。

(2) 以典型题目分析带动能力培养。

本书各章都新增加了重点、难点例题解析部分。例题依据教学大纲精心组织,并从近年的考研真题中认真筛选构成,注重以分析为突破口,点拨解题思路,强化多知识点的灵活运用;启发解题灵感。所有例题不仅给出了参考答案,还给出了详细、透彻的分析过程,便于使用者在解题过程中举一反三,触类旁通,从而提高分析问题和解决问题的能力。

(3) 教学内容的实例化和实验化有效融合。

本书在对数据结构课程的主要知识点进行梳理和应用的基础上,增设了综合实验指导部分,明确给出实验题目、目的和要求,并附参考代码,以进一步强化学习者对课程中主要算法的掌握,并应用于实际问题的解决过程中,从而使课程教学内容通过实例和实验两种方式有机地融合在其中,很好地帮助学习者理解教材中的算法,感知算法的真实,脱去算法的抽象性,顺利地 from 理论过渡到实践。

(4) 形式丰富,组织结构合理,体系完整。

本书各章由知识讲解、应用案例、重点难点例题解析、综合练习及实验指导几部分构成,形成了从理解到应用、从基础到提高、从理论到实践、从练习到考试的完整的教学体系。另外,本书紧贴计算机专业考研大纲要求,在例题和习题部分收录了一些最新的联考试题,帮助考生有针对性地把握知识点。

本书主要面向应用技术型本科及高职高专院校的计算机专业的学生。可作为计算机专

业本科生及其他相关专业学生学习数据结构和程序设计类课程的参考教材,或作为研究生入学考试的辅导教材。

本书共分为9章。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2~5章分别讨论线性表、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章讨论各种查找算法及排序算法。

本书由颜辉、范丽梅任主编,潘冠宇、刘磊、吴大亲、胡海燕、汤赫男任副主编完成。第1章由刘磊编写;第2章由汤赫男、吴大亲编写;第3章由汤赫男编写;第4章及附录由吴大亲编写;第5章、第6章由胡海燕编写;第7章由范丽梅编写;第8章、第9章由潘冠宇编写;综合实验指导由刘磊编写。全书由颜辉统稿、主审。在本书的编写过程中得到了贾玉红、杨明莉、高婷、成桂玲等的大力支持;同时在本书编写过程中,参考了许多同类书籍及相关文献资料,在此一并表示衷心的感谢。

本书虽然经过细致的编写和修订,仍然难免有疏漏和不足之处,需要不断完善。我们热情欢迎使用本书的教师、学生和读者朋友提出宝贵意见和建议,不足之处请予以批评指正。

编 者

2015年9月1日

第 1 章 绪论	1
1.1 数据结构概论	1
1.1.1 数据结构的研究对象	1
1.1.2 数据结构的基本概念	3
1.1.3 数据结构的研究内容	4
1.2 算法	6
1.2.1 算法的概念	6
1.2.2 算法的特征	7
1.2.3 算法的描述	7
1.2.4 算法分析及评价	7
1.3 C/C++	9
1.3.1 C/C++ 中常用的数据类型	10
1.3.2 C/C++ 语句	14
小结	15
重点、难点例题解析	16
综合练习	17
第 2 章 线性表	20
2.1 线性表及其逻辑结构	20
2.1.1 线性表的定义	20
2.1.2 线性表的逻辑特征	21
2.2 线性表的顺序存储结构	21
2.2.1 线性表的顺序存储结构——顺序表	21
2.2.2 顺序表基本运算的实现	22
2.3 线性表的链式存储结构	26
2.3.1 线性表的链式存储结构——链表	26
2.3.2 单链表基本运算的实现	27
2.3.3 顺序存储和链式存储的比较	32
2.3.4 双链表	33
2.3.5 循环链表	35
2.3.6 静态链表	35
2.4 线性表的应用案例	36

小结	38
重点、难点例题解析	38
综合练习	42
第3章 栈和队列	45
3.1 栈	45
3.1.1 栈的定义及操作特性	45
3.1.2 栈的顺序存储结构及其基本运算的实现	46
3.1.3 栈的链式存储结构及其基本运算的实现	49
3.1.4 栈的应用举例	52
3.2 队列	58
3.2.1 队列的定义及操作特性	58
3.2.2 队列的顺序存储结构及其基本运算的实现	59
3.2.3 队列的链式存储结构及其基本运算的实现	62
3.2.4 队列的应用举例	65
3.3 栈和队列的应用案例	66
小结	68
重点、难点例题解析	68
综合练习	70
第4章 串	72
4.1 串的定义及基本概念	72
4.1.1 串的定义	72
4.1.2 串的基本运算	73
4.1.3 串的存储结构	74
4.2 串的顺序存储结构	74
4.2.1 顺序串的定义	74
4.2.2 顺序串的基本运算	74
4.3 串的链式存储结构——链串	80
4.3.1 链串的定义	80
4.3.2 链串的基本运算	81
4.4 堆	85
4.4.1 堆的定义	85
4.4.2 串的堆存储算法	86
4.5 串的模式匹配算法	87
4.5.1 Brute-Force 算法	87
4.5.2 KMP 算法	88
4.5.3 next 数组及 nextval 数组	91
4.6 串的应用案例	92

小结	97
重点、难点例题解析	97
综合练习	99
第 5 章 数组和广义表	101
5.1 数组	101
5.1.1 数组的基本概念	101
5.1.2 数组的存储结构	102
5.2 特殊矩阵的压缩存储	104
5.2.1 对称矩阵	104
5.2.2 三角矩阵	104
5.2.3 对角矩阵	105
5.3 稀疏矩阵	106
5.3.1 定义	106
5.3.2 稀疏矩阵的存储方法	106
5.4 稀疏矩阵的应用案例	110
5.5 广义表	111
5.5.1 广义表的定义及逻辑结构	111
5.5.2 广义表的存储	112
5.5.3 广义表的基本运算	114
小结	114
重点、难点例题解析	115
综合练习	116
第 6 章 树和二叉树	118
6.1 树的基本概念	118
6.1.1 树的定义	118
6.1.2 树的基本术语	119
6.1.3 树的逻辑表示方法	121
6.2 二叉树	121
6.2.1 二叉树概念及特点	121
6.2.2 二叉树性质	124
6.2.3 二叉树的存储结构	125
6.2.4 二叉树的基本运算及其实现	128
6.3 二叉树的遍历	129
6.3.1 二叉树遍历的概念	129
6.3.2 二叉树遍历的方法	130
6.3.3 二叉树遍历的应用	131
6.3.4 二叉树遍历递归算法	131

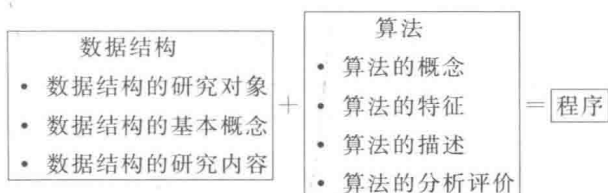
6.3.5	二叉树遍历非递归算法	132
6.4	线索二叉树	135
6.4.1	线索二叉树的定义	135
6.4.2	线索二叉树的存储结构	136
6.4.3	线索二叉树的遍历	138
6.5	树和森林	139
6.5.1	树的存储结构	139
6.5.2	树、森林与二叉树的转换	142
6.5.3	树和森林的遍历	143
6.6	哈夫曼树	144
6.6.1	哈夫曼树概述	144
6.6.2	哈夫曼树的构造	145
6.6.3	哈夫曼编码	147
6.7	树的应用案例	149
	小结	150
	重点、难点例题解析	150
	综合练习	154
第7章 图		156
7.1	图的基本概念	156
7.1.1	图的定义	156
7.1.2	图的基本术语	157
7.1.3	图的基本操作	159
7.2	图的存储结构	159
7.2.1	邻接矩阵	160
7.2.2	邻接表	163
7.2.3	十字链表	167
7.2.4	邻接多重表	168
7.2.5	图的存储方法的比较	168
7.3	图的遍历	169
7.3.1	图的遍历的概念	169
7.3.2	深度优先搜索遍历	169
7.3.3	广度优先搜索遍历	170
7.3.4	非连通图的遍历	173
7.4	图的应用	174
7.4.1	最小生成树	174
7.4.2	最短路径	178
7.4.3	拓扑排序	182
7.4.4	AOE网与关键路径	184

7.5 图的应用案例	187
小结	187
重点、难点例题解析	187
综合练习	190
第 8 章 查找	192
8.1 查找的基本概念	192
8.2 静态查找	193
8.2.1 顺序查找	193
8.2.2 二分查找	195
8.2.3 分块查找	198
8.3 动态查找	200
8.3.1 二叉排序树	200
8.3.2 二叉平衡树	205
8.3.3 B-树	209
8.3.4 B+ 树	213
8.4 哈希查找	214
8.4.1 哈希表的基本概念	214
8.4.2 哈希函数的构造方法	214
8.4.3 哈希冲突解决方法	217
8.4.4 哈希表上的运算	218
小结	221
重点、难点例题解析	221
综合练习	224
第 9 章 排序	227
9.1 排序的基本概念	227
9.1.1 基本概念	227
9.1.2 排序方法的分类	228
9.1.3 待排序序列的存储方法	228
9.2 插入排序	228
9.2.1 直接插入排序	228
9.2.2 希尔排序	230
9.3 交换排序	232
9.3.1 冒泡排序	232
9.3.2 快速排序	233
9.4 选择排序	236
9.4.1 直接选择排序	236
9.4.2 堆排序	238

9.5 二路归并排序	243
9.6 基数排序	244
9.7 各种排序方法的综合比较	248
9.8 外部排序简介	248
小结	249
重点、难点例题解析	249
综合练习	252
综合实验指导	254
实验 1 顺序表操作	254
实验 2 单链表操作	256
实验 3 栈和队列操作	259
实验 4 二叉树操作	263
实验 5 哈夫曼树操作	265
实验 6 图操作	268
实验 7 查找操作	273
实验 8 排序操作	277
实验 9 综合课程设计——学生成绩管理系统	283
附录	291
附录 A 各章综合练习参考答案	291
附录 B 近三年全国计算机专业数据结构联考试题	305
附录 C 近三年全国计算机专业数据结构联考试题参考答案	310
附录 D 全国计算机专业数据结构 2015 年联考大纲	314
参考文献	317

利用计算机进行数据处理是计算机应用的一个重要领域。计算机处理的数据一般包括数值数据和非数值数据,数据结构是一门研究非数值数据的程序设计问题中计算机的操作对象(数据元素)以及它们之间的关系和运算的学科。瑞士计算机科学家 N. Wirth 教授曾经提出这样一个等式:算法+数据结构=程序,可见数据结构在程序设计中的重要地位。

本章知识结构图:



1.1 数据结构概论

1.1.1 数据结构的研究对象

计算机科学是一门研究用计算机进行信息表示和处理的科学,计算机对信息的加工处理不仅是单一的数值计算,大量解决的是如图像、声音、字符等复杂的非数值数据的计算问题。非数值数据问题的结构复杂,数据元素之间的相互关系一般无法用数学的一般公式来描述,必须分析待处理的对象的特性以及各处理对象之间存在的关系,即只有设计出合理的数据结构,才能有效地解决问题。

例 1.1 学生成绩信息管理问题

对于学生成绩信息管理的问题,可以在计算机中建立一张按学号顺序排列的学生成绩信息表(见表 1-1),按照一定的算法就可以自动检索学生的成绩信息。在这种文档管理的信息表中,每个学生的成绩信息之间存在着简单的线性关系,故称为线性结构。若将每个学生的完整信息浓缩成一个点元素,用带箭头的线表示点元素间的关系,其抽象的拓扑结构如图 1-1 所示,可见线性结构中数据元素之间是



图 1-1 线性结构拓扑图

表 1-1 学生成绩信息表

学号	姓名	高等数学	计算机导论	英语
15401	陈 宇	85	69	92
15402	赵 明	87	73	74
15403	李晓影	92	64	84
...

例 1.2 Windows 磁盘管理问题

对于 Windows 磁盘管理问题主要讨论的是在磁盘上如何组织和实现对所有文件和文件夹的管理,其逻辑结构可以用树状结构来描述,在这种结构中,文件夹和文件之间的层次关系被清晰地体现出来,故树状结构又称为层次结构,如图 1-2 所示。

其抽象的拓扑结构如图 1-3 所示,可见树状结构中数据元素之间是一对多的关系。

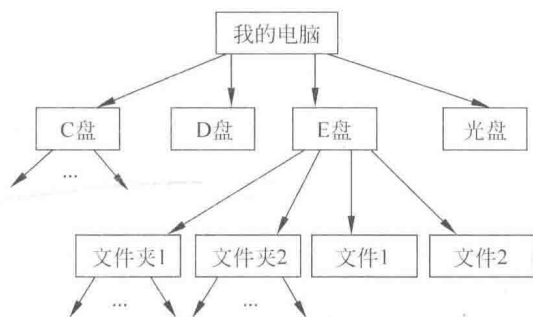


图 1-2 Windows 磁盘管理示意图

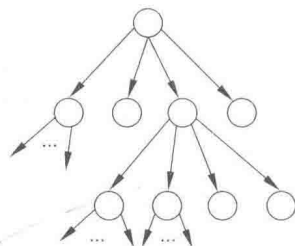


图 1-3 树状结构拓扑图

例 1.3 课程设置编排问题

一个教学计划包含多门课程,这些课程之间有些必须按照先序和后序的次序来安排,有些课程则没有这样的次序要求可以任意安排,描述这类数据元素之间的关系的结构称为图形结构。如表 1-2 所示,为计算机软件方面的一些课程设置编排关系。

表 1-2 课程设置编排表

课程编号	课程名称	先修课程
c_1	高等数学	无
c_2	计算机导论	无
c_3	离散数学	c_1
c_4	程序设计语言 C	c_1 、 c_2
c_5	数据结构	c_3 、 c_4
c_6	计算机原理	c_2 、 c_4
c_7	数据库原理	c_4 、 c_5 、 c_6

其抽象的拓扑结构如图 1-4 所示,可见图形结构中数据元素之间是多对多的关系。

综上所述,数据结构主要研究非数值计算的程序设计问题中出现的计算机操作对象以及它们之间的关系和操作的学科。

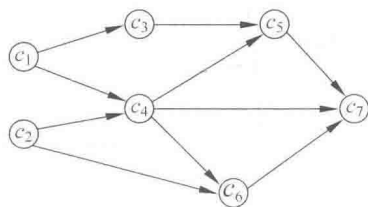


图 1-4 图形结构拓扑图

1.1.2 数据结构的基本概念

为了更好地理解数据结构这门课程,首先来了解和掌握数据结构中的一些基本概念和术语。

数据(Data):是指所有能输入到计算机中并能被计算机程序识别和处理的符号集合。

数据一般分为数值型数据和非数值型数据。

数值数据:包括整数、实数或复数等,主要用于工程计算、科学计算。

非数值数据:包括字符、文字、图形、图像、语音等,用于情报检索、企业管理、人工智能、远程教育、远程医疗、电子商务、电子图书馆和办公自动化等诸多领域。

数据元素(Data Element):是数据的基本单位,在计算机程序中通常作为一个整体进行考虑和处理。一个数据元素可以由一个或若干个数据项组成。数据元素也被称为结点或记录。

数据项(Data Item):是数据的具有独立意义的不可分的最小单位,它是对数据元素属性的描述,又称为字段或域。

如例 1.1 所示的学生成绩信息表,整张表是学生的成绩数据,除去表头之外,表中的每一行代表每个学生的完整成绩信息,称作记录,又叫数据元素,而每一个数据元素又是由学号、姓名及不同科目的成绩即数据项构成的,如图 1-5 所示。

学号	姓名	高等数学	计算机导论	英语
15401	陈宇	85	69	92
15402	赵明	87	73	74
15403	李晓影	92	64	84

图 1-5 基本概念示意图

数据对象(Data Object):是具有相同性质的数据元素的集合,是数据的子集。如例 1.1 所示,一个班级的成绩表可以看作一个数据对象。

数据类型(Data Type):是具有相同性质的计算机数据的集合及定义在这个数据集合上的一组操作的总称。

例如,C 语言中的整型数据类型是集合 $C = \{0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots\}$ 及定义在这个集合上的加、减、乘、除、取余运算等一组操作。

构成数据元素的每个数据项属于某个确定的基本数据类型,数据类型可以分为两类:原子类型和结构类型。

(1) 原子类型:一个数据元素由一个数据项构成,这个数据元素的类型就是这个数据项的数据类型,其值在逻辑上是不可分解的。例如,C 语言中的基本类型(整型、实型、字符型)、指针类型和空类型。

(2) 结构类型:一个数据元素由多个不同类型的数据项组成,这个数据元素的类型就是由各数据项类型构成的结构类型。如 C/C++ 中的数组类型、结构体类型和共用体类

型等。

不同的高级语言提供的数据类型有所不同,具体问题应具体分析。

数据结构(Data Structure):是相互之间存在一种或多种特定关系的数据元素及定义这些数据元素基本运算的集合。

1.1.3 数据结构的研究内容

简单地说,数据结构是研究数据元素之间的相互关系和这种关系在计算机中的存储表示,并对这种关系定义相应的运算。具体地说,主要研究和讨论以下三个方面的问题。

1. 数据的逻辑结构

数据集中各数据元素之间存在固有的逻辑关系,对数据元素间逻辑关系的描述称为数据的逻辑结构,在形式上,可以定义为一个二元组:

$$\text{Data_Structure} = (D, S)$$

其中, D 是数据元素的有限集, S 是 D 上关系的有限集。

例如, $A = (D, S), D = \{a, b, c, d, e\}, S = \{\langle a, b \rangle, \langle b, c \rangle, \langle c, d \rangle, \langle d, e \rangle\}$ 。其中,有序偶 $\langle a, b \rangle$ 表示元素 a 和 b 之间的关系,称 a 是 b 的前驱, b 是 a 的后继。

根据数据元素之间逻辑关系的不同特性,分为下列4种基本结构。

1) 集合结构

在集合结构中,元素间的次序是随意的。元素之间除了“属于同一个集合”的联系之外没有其他关系。由于集合结构的元素间没有固有的关系,因此常常需要借助其他结构才能在计算机中实际表示此结构,通常在数据结构课程中较少讨论。

2) 线性结构

线性结构是数据元素的有序序列,其中,第一个元素没有前驱只有后继,最后一个元素只有前驱没有后继,其余元素有且仅有一个前驱和一个后继。

常用的线性结构有线性表、栈、队列和串,详见后面章节。

3) 树状结构

树中,除一个特殊元素称为根,它没有前驱只有后继外,其余元素都有且仅有一个前驱,可以有多个后继,树状结构又叫层次结构。

关于树状结构的具体内容详见后面章节。

4) 图形结构

图是最一般的数据结构,图中每一个元素的前驱和后继的数目都不限。

关于图形结构的主要内容详见后面章节。

这4种基本结构还可进一步分成两类:线性结构和非线性结构,把除了线性结构以外的几种结构,即树、图和集合都归入非线性结构一类。

数据的逻辑结构可以看成是从具体的问题中抽象出来的数学模型,它与数据的存储无关,独立于计算机。