

华东高校计算机基础教学研究会推荐教材

(C语言版)

数据结构简明教程

顾元刚 主编

东南大学出版社

中国水利水电出版社

上海交通大学出版社

华东高校计算机基础教学研究会

推荐教材

数据结构简明教程

(C语言版)

顾元刚 主编

东南大学出版社

中国水利水电出版社

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本教材内容取材适中、重点突出、文字流畅、深入浅出。全书共分理论教学（第 1~10 章）和实践训练（第 11 章）两大部分。其中，第 1 章阐述了数据结构的一些基本概念；第 2~5 章主要讨论了线性表、栈和队列、数组和广义表、串等线性结构；第 6~7 章讨论了树和图两种非线性结构及其应用；第 8~9 章分别介绍了几种查找和排序方法；第 10 章介绍了文件的基本概念和组织方法。第 11 章包括实验和课程设计两项实践内容，旨在使学生进一步巩固和加深对本课程基本概念和基本知识的理解和掌握。

本教材可作为高等院校非计算机本科和计算机专科的教学用书，也可用作其他计算机应用技术人员和专业人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

数据结构简明教程 (C 语言版) / 顾元刚主编. — 南京:
东南大学出版社, 2003.5

(华东高校计算机基础教学研究会推荐教材)

ISBN 7-81089-092-1

I. 数… II. 顾… III. ①数据结构—高等学校—教材
②C 语言—程序设计—高等学校—教材 IV. TP311.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 015015 号

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼 2 号 邮编 210096)

出版人: 宋增民

江苏省新华书店经销 南京玉河印刷厂印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 12.75 字数: 318 千字

2003 年 5 月第 1 版 2003 年 5 月第 1 次印刷

印数: 1-4000 册 定价: 17.80 元

(凡因印装质量问题, 可直接向发行科调换。电话: 025-3795802)

序

为了适应我国高校面向 21 世纪计算机基础教育的发展和需要,华东高校计算机基础教学研究会于 1998 年 11 月在浙江金华召开了理事扩大会,对高校计算机基础教育的教材建设问题进行了专题研讨。会议认为,华东地区经济发达、科教先进,高校多达 300 余所,而现有的计算机基础教育的教材建设与现有的地区优势极不相符。80 年代中期华东高校计算机基础教学研究会曾组织出版过一批深受读者欢迎的计算机教材。面对当前计算机科学与技术的飞速发展,计算机基础教育已成为理、工、农、医、商、经民政治、文化、艺术等各行各业的公共基础教育。培养大批掌握计算机科学知识与应用技能的跨世纪高级人才,已成为历史赋予高校的一项重要任务。为此,加强高校计算机基础教材建设已提到重要议事日程,学会决定组织力量,编写一套面向 21 世纪的、适应高校计算机基础教学需要的新教材,推动华东高校计算机教育事业的发展。

学会于 1999 年 1 月在南京召开了华东地区高校计算机基础教育教材编委会第一次会议,编委会由浙江大学、上海交通大学、东南大学、同济大学、华东理工大学等知名高校的专家学者及上海交通大学出版社、东南大学出版社、中国水利水电出版社的代表共同组成。学会特邀中国工程院院士、浙江大学校长潘云鹤教授和中国工程院院士、东南大学校长顾冠群教授担任编委会名誉主任;由学会会长张森教授任编委会主任,学会副会长李文忠教授任编委会副主任,学会秘书长赵民德兼编委会秘书长。编委会汇集了浙江大学、上海交通大学、东南大学、复旦大学、华东师范大学等数十所院校长期从事高校计算机基础教育、有丰富教学实践经验的资深教师共同研讨,确定编写“华东高校计算机基础教育教材”第一批教材计 21 种,由上海交通大学出版社、东南大学出版社、中国水利水电出版社分别负责出版

发行,并作为华东高校计算机基础教学研究会推荐的教材面向大专院校。

教材是教学过程中的“一剧之本”,是当前高校计算机教学的首要问题。在编委会的领导下,经过参编教师的辛勤劳动和三家出版社的共同努力,编写及出版工作进展顺利,预计2000年可全部推出。第二批教材的组织准备工作正在进行中。

三家出版社联合策划、分工协作、联合出版、联合发行,在华东乃至全国还是首创,得到了教师和同行们的赞赏。

教材建设是一项长期艰巨的系统工程,尤其是计算机科学技术发展迅速,更新快,因此,教学内容就要不断更新。为使教材更新跟上科学技术的发展,本会将密切注视计算机科学技术的发展新动向,使我们的教材编写不断推陈出新,逐步与国际接轨,不断提高教材质量,为华东高校计算机基础教育的教材建设作出应有的贡献。

华东高校计算机基础教学研究会

1999年10月

华东高校计算机基础教学研究会

教材编委会名单

名誉主任：潘云鹤 顾冠群

主任：张 森

副主任：李文忠

秘书长：赵民德

编 委(以姓氏笔画为序)：

石 冰 石文俊 宁正元 东鲁红

冉榴红 朱 敏 吕 刚 李正凡

张钧良 张 煦 陈 轩 陈凤兰

杭必政 周金辉 俞俊甫 徐安东

秦 军 詹国华 薛永生

前 言

“数据结构”是计算机专业的一门核心课程，也是计算机软件和应用工作者必备的专业基础。它的主要任务是研究和讨论数据的逻辑结构和存储结构及其在这些结构上定义的操作和实现算法。通过该课程的学习，使学生学会分析待加工的数据对象的特性及数据的组织方法，以便选择合适的逻辑结构、存储结构和算法，从而掌握软件设计的基本技能、基本思想并提高解决实际问题的能力。

本书简明扼要地介绍了数据的各种逻辑结构和存储结构。从逻辑结构上看，数据结构包括线性结构、树型结构和图型结构 3 种基本结构；从存储结构上看，数据有顺序结构、链式结构、索引结构和散列结构 4 种基本结构。任何一种逻辑结构可以采用不同的存储结构。因此，本书强调了各种数据结构的基本概念及其在程序设计中的应用，以便提高学生的程序设计能力。

本书内容取材适中、重点突出、文字流畅、前后衔接、深入浅出。全书共分 11 章。第 1 章阐述了数据结构的一些基本概念；第 2 章到第 5 章主要讨论了线性结构，其中包括线性表、堆栈与队列、数组与广义表以及字符串；第 6 章和第 7 章讨论了非线性结构，重点讨论了树与二叉树、图的基本概念及其应用；第 8 章和第 9 章分别介绍了几种查找和排序方法；第 10 章介绍了文件的基本概念和组织方法；第 11 章编写了课程实践内容。

需要特别强调的是，数据结构是一门实践性较强的软件基础课程，该课程对提高学生的逻辑分析、抽象思维和程序设计的能力，培养优良的程序设计风格是极其重要的。而实践则是学好本课程十分重要的环节。为配合理论教学，本书特别编写课程实践，包括实验和课程设计两项实践内容，旨在使学生进一步巩固和加深对本课程基本概念和基本知识的理解和掌握。

本书讲授学时数为 40~50 学时，计划内实验学时为 20 学时，计划外实验学时为 20~40 学时。学习完本教材后，应安排 1 周“课程设计”，使学生能综合利用学到的知识，完成一个小型应用系统的设计或一个综合练习。

本书中的算法都是以 C 语言编写。学习本教材的学生，应具有 C 语言的基础。

本教材适用于高等院校非计算机本科和各类计算机专业专科学生学习或参考。

本教材的编写大纲，经主编（顾元刚）、副主编（许秀林、黄力明）和写作组人员的多次讨论，数易其稿。全书历经三寒二暑，终于完稿。其中，第 1、第 2 章由顾元刚修编，第 3、第 10、第 11 章由顾元刚、顾春霞编写，第 4、第 5 章由黄力明编写，第 6、第 7 章由许秀林编写，第 8、第 9 章由何斌编写。全书由顾元刚统稿并对有关章节作了较大的修改。陶瑜同志调试了书中涉及的算法。

书中不当之处，恳请计算机工作者和广大读者批评指正。

编 者
2003 年 2 月

华东高校计算机基础教学研究会

推荐教材

- 1 计算机应用基础（本、专）
- 2 计算机应用基础上机教程（本、专）
- 3 Visual Basic 6.0 程序设计教程（本、专）
- 4 Visual Basic 6.0 程序设计实验教程（本、专）
- 5 C/C++程序设计教程（2版）（本、专）
- 6 实用软件技术（本、专）
- 7 Internet 及其应用（高职高专）
- 8 Visual Basic 程序设计（高职高专）
- 9 局域网应用技术（本、专）
- 10 局域网应用技术同步辅导（本、专）
- 11 计算机专业英语（本、专）
- 12 数据结构简明教程（C语言版）（本、专）

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 数据结构概述.....	1
1.1.1 数据结构的基本概念.....	1
1.1.2 数据结构的分类.....	3
1.1.3 数据结构在计算机学科中的地位.....	5
1.2 算法.....	5
1.2.1 算法的概念和特性.....	6
1.2.2 算法的描述.....	7
1.2.3 算法分析.....	8
1.3 抽象数据类型.....	10
1.4 小结.....	12
习题 1.....	12
第 2 章 线性表	15
2.1 线性表的概念及基本运算.....	15
2.1.1 线性表的概念.....	15
2.1.2 线性表的基本运算.....	16
2.2 线性表的顺序存储结构.....	17
2.2.1 顺序分配.....	17
2.2.2 线性表的基本操作.....	18
2.3 线性表的链式存储结构.....	21
2.3.1 单链表的存储分配.....	22
2.3.2 线性链表的插入和删除.....	22
2.4 循环线性链表及其操作.....	27
2.5 双向链表及其操作.....	30
2.5.1 双向链表.....	30
2.5.2 双向链表的基本操作.....	31
2.6 小结.....	33
习题 2.....	33
第 3 章 栈和队列	35
3.1 栈.....	35
3.1.1 栈的概念.....	35
3.1.2 栈的存储结构.....	36
3.1.3 栈的应用.....	40
3.2 队列.....	43
3.2.1 队列的概念.....	43

3.2.2	队列的存储结构.....	44
3.2.3	队列的应用.....	51
3.3	小结.....	51
习题 3.....		52
第 4 章	数组和广义表.....	54
4.1	数组.....	54
4.1.1	数组的定义和使用.....	54
4.1.2	数组的顺序存储结构.....	55
4.1.3	对称与对角矩阵的压缩存储.....	56
4.1.4	稀疏矩阵.....	57
4.2	广义表.....	65
4.2.1	广义表的定义.....	65
4.2.2	广义表的存储结构.....	66
4.2.3	广义表的操作.....	67
4.3	小结.....	69
习题 4.....		69
第 5 章	串.....	72
5.1	串的基本概念.....	72
5.1.1	串的定义.....	72
5.1.2	基本操作.....	73
5.2	串的存储结构.....	74
5.2.1	顺序存储表示.....	74
5.2.2	链式表示法.....	75
5.3	串操作的实现.....	75
5.3.1	顺序存储及基本运算.....	75
5.3.2	链接存储及基本运算.....	78
5.4	小结.....	82
习题 5.....		82
第 6 章	树.....	84
6.1	树的基本概念.....	84
6.1.1	树的定义.....	84
6.1.2	树的相关术语.....	84
6.2	二叉树.....	85
6.2.1	二叉树的定义.....	85
6.2.2	二叉树的数学性质.....	86
6.2.3	特殊形态的二叉树.....	86
6.2.4	二叉树的存储结构.....	87
6.3	二叉树的遍历.....	89

6.3.1	前根遍历.....	89
6.3.2	中根遍历.....	91
6.3.3	后根遍历.....	92
6.4	线索二叉树.....	93
6.5	树和森林的二叉树表示.....	95
6.6	树的应用.....	97
6.6.1	二叉排序树.....	97
6.6.2	哈夫曼树.....	100
6.7	小结.....	101
	习题 6.....	101
第 7 章	图	103
7.1	图的基本概念.....	103
7.1.1	图的定义.....	103
7.1.2	图的基本术语.....	103
7.2	图的存储结构.....	105
7.2.1	图的邻接矩阵.....	105
7.2.2	邻接链表.....	106
7.3	图的遍历.....	107
7.3.1	深度优先搜索遍历.....	107
7.3.2	广度优先搜索遍历.....	108
7.4	图的生成树.....	110
7.4.1	生成树的概念.....	110
7.4.2	带权图.....	110
7.4.3	最小生成树.....	111
7.5	最短路径.....	115
7.5.1	求两个指定结点之间的最短路径.....	115
7.5.2	求单源结点到图中其他所有结点的最短路径.....	117
7.5.3	求有向图中每对顶点间的路径.....	119
7.6	拓扑排序.....	120
7.7	小结.....	122
	习题 7.....	123
第 8 章	查找	124
8.1	线性表的查找.....	124
8.1.1	顺序查找.....	124
8.1.2	二分查找.....	126
8.1.3	分块查找.....	128
8.2	树表查找.....	129
8.2.1	二叉查找树.....	129

8.2.2	平衡二叉树.....	132
8.2.3	B 树.....	133
8.3	哈希表及其查找.....	134
8.3.1	哈希 (hash) 法.....	134
8.3.2	哈希函数的构造方法.....	135
8.3.3	解决哈希法冲突的基本方法.....	138
8.3.4	哈希表的查找和分析.....	141
8.4	小结.....	142
	习题 8.....	142
第 9 章	排序.....	144
9.1	排序的概念.....	144
9.2	插入排序.....	144
9.2.1	直接插入排序.....	145
9.2.2	希尔排序.....	146
9.3	交换排序.....	148
9.3.1	冒泡排序.....	148
9.3.2	快速排序.....	149
9.4	选择排序.....	152
9.4.1	直接选择排序.....	152
9.4.2	堆排序.....	153
9.5	归并排序.....	157
9.6	小结.....	159
	习题 9.....	160
第 10 章	文件.....	161
10.1	文件的基本概念.....	161
10.1.1	文件的基本概念.....	161
10.1.2	文件的存储介质.....	162
10.1.3	文件的操作.....	164
10.2	文件的存储结构.....	167
10.2.1	顺序文件.....	167
10.2.2	索引文件.....	170
10.2.3	散列文件.....	172
10.2.4	多重链表文件.....	174
10.2.5	倒排文件.....	175
10.3	小结.....	176
	习题 10.....	177
第 11 章	课程实践.....	178
11.1	上机实验指导.....	178

11.1.1 上机实验环境.....	178
11.1.2 上机实验要求.....	178
11.1.3 上机实验任务.....	179
11.2 课程设计.....	184
11.2.1 课程设计的目的.....	184
11.2.2 课程设计总体要求.....	184
11.2.3 课程设计内容.....	185
参考文献.....	189

第 1 章 绪论

计算机科学是一门研究信息表示、组织、存储和处理等的科学。信息的表示、组织和存储是计算机科学的基础，它直接影响信息处理的效率。一个程序与其说是完成某种运算，倒不如说是如何组织信息，以支持高效率的信息处理过程。早在 1976 年，Pascal 语言的发明者 N.沃思 (N.Wirth) 教授就指出：**算法+数据结构=程序**。这一著名公式揭示了程序设计的本质。编制一个规模较大的高效的应用程序，我们不能单纯依靠程序设计员的经验和技巧，而要高度重视作为信息载体的数据间的关系和组织。

本章着重讨论数据结构和算法的基本概念。

1.1 数据结构概述

1.1.1 数据结构的基本概念

随着计算机科学和技术的飞速发展，计算机的应用领域从 20 世纪 50 年代的数值计算、20 世纪 60 年代的实时控制、数据处理，到今天已经渗透到人类社会的各个领域。当前，计算机主要应用于文字、声音、图像等非数值计算领域。

数据是信息的载体。反映金融、贸易、文字、音像等信息的数据，远比求解线性方程组或微分方程等科学计算中的数据复杂。一般而言，在科学计算中，计算机处理的数据对象主要是数字，其特点是数据量较少、运算方法复杂；而在非数值计算中，往往要处理大量的数据，而运算方法可能并不复杂。例如，利用计算机进行人口普查，计算机要登录每个人的姓名、年龄等几十项数据。我国有 13 亿人口，不难想象，计算机要处理多少数据。而计算机所作的处理又局限于录入、分类、统计，如江苏、浙江，男性、女性，姓张、姓李的各有多少人口，各占多少比例等简单运算。

对于这一类问题，数据如何表示和组织，如何在计算机中存储和操作是值得深入研究的问题。数据结构 (Data Structure) 就是一门研究非数值计算中的数据表示、存储和操作的新兴学科。

让我们从数据的含义入手，逐步导入数据结构的概念。

数据结构研究的对象是数据。数据 (Data) 是对客观事物的符号表示的集合，是计算机程序加工的对象。例如，一个解线性方程组的程序，其处理对象是整数和实数；一个文字处理程序的处理对象是字符串。因此，在计算机科学中，数据的含义极为广泛，如数字、字符、图形、色彩、声音等都属于数据的范畴。

数据的基本单位称作**数据元素** (Data Element)。数据元素也称**结点**、**顶点**、**记录**，它描述的是现实世界中客观存在的独立实体。如上述计算机管理的人口普查中，一个人的基本情况、班级学生情况简表 (如表 1.1 所示) 中的每一行数据等均是一个数据元素。一个数据元素，有时可分解为若干个**数据项** (Data Item)，也称**字段**或**域**。它是具有独立含意的最小数据单位。在表 1.1 中，每个数据元素有学号、姓名、……、个人特长等 7 个数据项。能惟一标

识一个数据元素的数据项称作为**关键字** (Key Word), 如学号。每一个数据项都具有**数据类型**。如姓名、性别、学号等数据项属于字符型数据类型, 学生的高考总分属于数值型数据类型。

在高级语言中, **数据类型** (Data Type) 是指某种语言所允许使用的变量种类。如在 C 语言中, 有整型、实型等基本类型, 还有数组、结构体等构造类型和指针类型。一个数据类型不仅定义了相应变量的值的集合和存储方法, 而且还规定了对变量允许进行的一组运算及其规则。所以, 在高级语言中, 数据类型实际上是程序设计语言中已经实现了的数据结构。

表 1.1 70212 班学生情况简表

学号	姓名	性别	籍贯	出生年月	高考总分	个人特长
01	李春海	男	上海市	1984.11.17	554	足球
03	武 艺	女	南昌市	1984.05.08	531	文艺
05	汤建明	男	天津市	1984.02.21	604	文艺
06	王海云	女	上海市	1983.11.12	571	围棋
08	张明芳	女	吉林市	1984.06.15	605	田径

具有相同性质的数据元素的集合称为**数据对象** (Data Object), 数据对象是数据的一个子集。例如, 整数数据对象是集合 $N=\{0, \pm 1, \pm 2, \dots\}$; 26 个英文大写字母组成的数据对象是集合 $C=\{'A', 'B', \dots, 'Z'\}$ 。

对数据进行统计、计算、插入、删除、合并、拆分、分类、查找、输入、输出等的操作过程称作**数据处理** (Data Processing)。数据处理的目的是获取有用的信息。人们在进行数据处理时面对的并非是孤立的数据, 而是大量的相互关联的数据。

数据结构 (Data Structure) 是指数据及数据之间的相互关系。数据之间的相互关系称为数据的**逻辑结构** (Logical Structure)。这种相互关系可用一组运算及相应的运算规则来描述。人们常把数据的逻辑结构简称为数据结构。

在计算机中存储数据时, 不仅要存储数据本身, 而且要存储数据之间的相互关系。这些数据及相互关系在计算机存储器中的存储方式, 就称为数据的**存储结构** (Storage Structure) 或称**物理结构** (Physical Structure)。每一种逻辑结构可以通过映射得到与它相应的存储结构。

从集合论的观点出发, 可形式化地描述数据结构为一个二元组, 即:

$$DS=(D, R)$$

这里 D 是数据元素的有限集合, R 是定义在 D 上的关系的有限集合。其中

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

$$R=\{r_j \mid 1 \leq j \leq m, m \geq 1\}$$

其中, d_i 表示第 i 个数据元素, n 为 D 中数据元素的个数。特别是, 若 $n=0$, 则 D 是一个空集, 记作 $D=\{\}$, 故 DS 也就无结构可言, 或者说它具有任何结构。 r_j 表示 j 个二元关系 (简称关系), m 为 D 上关系的个数。当 $m=1$ 时, 即 $R=\{r\}$ 。 D 上的一个关系 r 是有序偶对的集合。对于 r 中的任何一个有序偶对 $\langle x, y \rangle$ ($x, y \in D$), 把 x 叫做有序偶对的第 1 个元素, 把 y 叫做有序偶对的第 2 个元素。有时, 把有序偶对的第 1 个元素称为第 2 个元素的**直接前趋**, 简称前趋; 称第 2 个元素为第 1 个元素的**直接后继**, 简称后继。

由此可知, 集合 D 和 R 的有机结合, 就是数据结构。数据结构要研究的不仅是数据的逻辑结构和物理结构, 还要研究相应结构上数据的有关运算和数据处理的各方法。

【例 1.1】构造三个典型的数据结构。结合表 1.1, 为了突出要点、简化表述, 表中的各

个数据元素仅用关键字（学号）作代表。我们定义：

$$DS_i = (D, R_i) \quad (i=1, 2, 3) \quad // \text{即定义 } DS_1=(D, R_1)、DS_2=(D, R_2)、DS_3=(D, R_3)$$

其中，D 是表 1.1 数据元素的集合， $D=\{01, 02, 03, 04, 05\}$

R_1, R_2, R_3 分别定义为如下 3 种关系：

$$R_1 = \{ \langle 01, 03 \rangle, \langle 03, 05 \rangle, \langle 05, 06 \rangle, \langle 06, 08 \rangle \}$$

$$R_2 = \{ \langle 01, 03 \rangle, \langle 01, 05 \rangle, \langle 05, 06 \rangle, \langle 05, 08 \rangle \}$$

$$R_3 = \{ \langle 01, 03 \rangle, \langle 03, 01 \rangle, \langle 01, 05 \rangle, \langle 05, 01 \rangle, \langle 01, 08 \rangle, \langle 08, 01 \rangle, \\ \langle 03, 05 \rangle, \langle 05, 03 \rangle, \langle 03, 08 \rangle, \langle 08, 03 \rangle, \langle 05, 08 \rangle, \langle 08, 05 \rangle \}$$

在 R_3 中，对于 $\langle x, y \rangle (x, y=1, 3, 5, 8)$ ，有 $\langle y, x \rangle$ ，构成对称有序偶对，为此可用无序偶对 (x, y) 或 (y, x) ，于是关系 R_3 可表示为：

$$R_3 = \{ (01, 03), (01, 05), (01, 08), (03, 05), (03, 08), (05, 08) \}$$

则可得到如图 1.1 所示的 3 种不同的数据结构 DS_1, DS_2, DS_3 。

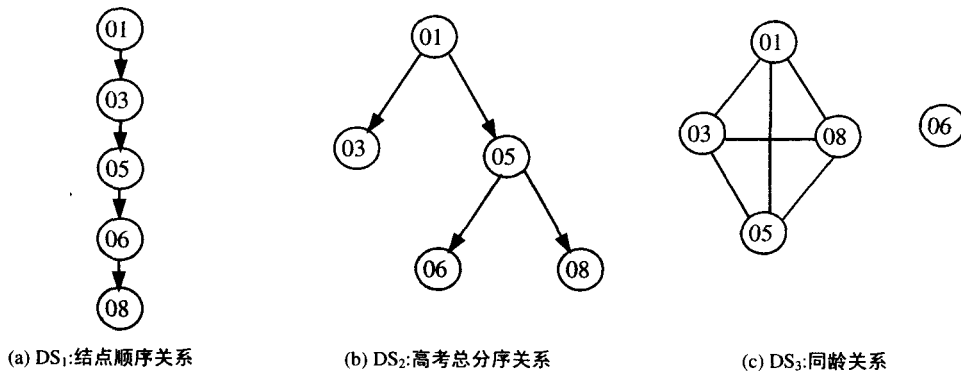


图 1.1 对学生情况简表定义的 3 种数据结构

1.1.2 数据结构的分类

上一节已经讨论了数据结构包含有数据的逻辑结构和存储结构。其中，逻辑结构有 4 种基本类型：集合结构、线性结构、树状结构和网络结构，见图 1.2 所示。

(1) 集合结构：结构中的数据元素之间仅有属于同一个集合的关系，别无其他关系。

(2) 线性结构：结构中的数据元素存在一对一的关系。如在表 1.1 中，有且仅有一个开始结点和一个终端结点外，其他结点都有一个直接前趋和一个直接后继元素与他相邻，如此一个接着一个排列，呈现如图 1.1(a)所示典型的有序线性关系。线性结构包括线性表、栈、队列、数组和串。线性结构是一种高效数据结构，以此可以设计出许多高效的算法。

(3) 树状结构：结构中的数据元素之间存在一对多的关系。图 1.1(b)和图 1.2 都是树状结构，它具有鲜明的层次关系。其中，每一个结点允许有多个后继结点，因此是一种非线性结构。树状结构也是一种高效的数据结构。

(4) 网络结构：也称图状结构，结构中的数据元素之间存在多对多的关系。该结构中的每一个结点均不限定前趋和后继结点的个数，因此也是一种非线性结构。如图 1.1(c)就是一种网络结构。

数据逻辑结构的 4 种类型都可以通过顺序 (Sequential)、链接 (Linked)、索引 (Indexed)

和散列 (Hashing) 4 种基本存储方法的映射, 分别得到不同的存储结构。

(1) 顺序存储方法: 即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。

(2) 链接存储方式: 该方法可将逻辑上相邻的结点, 存储在任意物理位置上。

(3) 索引存储方法: 该方法是在存储结点信息的同时, 附加建立一张索引表, 索引表通常由关键字和结点在物理位置上的存储地址组成。若在索引表中登录每个结点的相关信息, 则称该索引表为稠密索引 (Dense Index), 否则称稀疏索引 (Sparse Index)。稀疏索引中存放的是一组结点的信息。

(4) 散列存储方法: 这是一种依据结点的关键字直接计算出该结点的物理存储位置的存储方法。

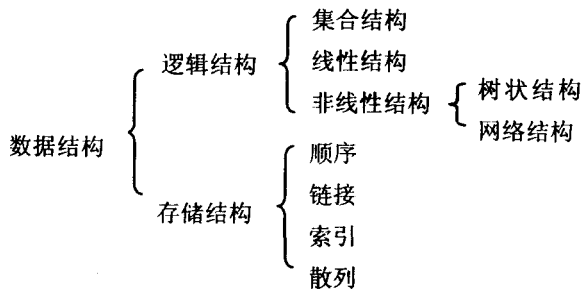


图 1.2 数据结构的分类

综上所述, 数据的逻辑结构是数据间相互关系和运算的描述, 它独立于计算机, 与数据的物理存储无关。而数据的存储结构是指数据的逻辑结构在计算机物理位置上的一个存储映射。设 P 为数据结构 DS 的存储结构, M 是 DS 中包含有关系 R 的物理存储区。则该映射可形式定义为:

$$P:(D, R) \rightarrow M$$

其中, 存储区 M 是一系列固定大小的存储单元, 每个单元 U 有一个惟一的地址 A(U), 该地址被连续地编码。每个单元 U 有一个惟一的后继单元 U'=follow(U)。

由此, 4 种基本逻辑结构结合 4 种基本存储映射, 理论上可以得到 4x4 种数据的存储结构。相关组合见图 1.3。

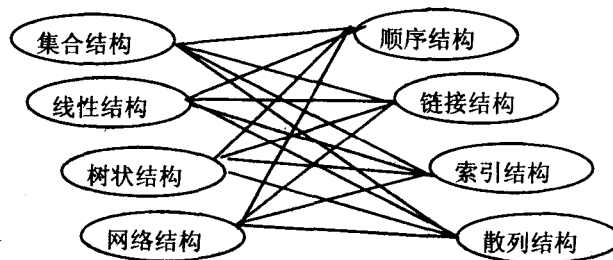


图 1.3 数据结构的 16 种组合

在处理实际问题时, 我们必须根据数据的逻辑结构精心选择合适的存储结构, 并保证所有定义在数据结构上的各种操作, 在改变结构中数据元素或数据元素的属性时, 结构不受破坏。

由于计算机的物理存储单元是一片连续的线性的空间, 因此, 图 1.3 的 16 种组合并非都