



国家人力资源和社会保障部 信息专业技术人才知识更新工程（“653工程”）指定教材
国家工业和信息化部
全国高等职业教育“十一五”计算机类专业规划教材

S H U J U J I E G O U Y U S H I X U N

数据结构与实训

丛书编委会



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>



国家人力资源和社会保障部 信息专业技术人才知识更新工程（“653工程”）指定教材
国家工业和信息化部
全国高等职业教育“十一五”计算机类专业规划教材

S H U J U J I E G O U Y U S H I X U N

数据结构与实训

丛书编委会



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内容提要

本书根据高职高专层次的《数据结构》教学大纲,用通俗的语言、由浅入深的方式讲述了数据结构的基本概念、线性表、栈和队列、串和数组、树结构、图结构、查找、排序等内容。书中列举了各种数据结构的操作算法,在每一章的后面还给出了深浅适度的练习题,部分章节还有一定的实训内容。与其他教材相比,本书内容系统、全面,讲解理论概念通俗易懂,选题难度适中,算法描述语言为C语言。读者通过本书的学习,能够比较轻松地掌握《数据结构》的基本内容,为后续课程的学习打下良好的基础。

本书可作为高等职业院校、高等专科院校及本科院校举办的二级职业技术学院计算机相关专业的教材,也可作为非计算机专业学生选修课教材,还可作为计算机应用人员的自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数据结构与实训 / 《国家人力资源和社会保障部、国家工业和信息化部信息专业技术人才知识更新工程(“653工程”)指定教材》丛书编委会编. —北京:中国电力出版社, 2008

国家人力资源和社会保障部、国家工业和信息化部信息专业技术人才知识更新工程(“653工程”)指定教材

ISBN 978-7-5083-7208-2

I. 数… II. 国… III. 数据结构—教材 IV. TP311.12

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第129356号

书 名: 数据结构与实训

出版发行: 中国电力出版社

地 址: 北京市三里河路6号

电 话: (010) 68362602

服务电话: (010) 58383411

E-mail: infopower@cepp.com.cn

邮政编码: 100044

传 真: (010) 68316497, 88383619

传 真: (010) 58383267

印 刷: 汇鑫印务有限公司

开本尺寸: 184mm×260mm 印 张: 10 字 数: 220千字

书 号: ISBN 978-7-5083-7208-2

版 次: 2008年9月北京第1版

印 次: 2008年9月第1次印刷

印 数: 0001—3000册

定 价: 15.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

专家指导委员会

- 邬贺铨 中国工程院副院长 中国工程院院士
- 王 越 中国科学院院士 中国工程院院士
- 何积丰 中国科学院院士
- 潘云鹤 中国工程院院士
- 顾冠群 中国工程院院士
- 卢锡城 中国工程院院士
- 张乃通 中国工程院院士
- 李乐民 中国工程院院士
- 沈昌祥 中国工程院院士
- 方滨兴 中国工程院院士
- 张尧学 中国工程院院士 教育部高等教育司司长
- 高新民 国家信息中心原主任
- 魏 卓 人力资源和社会保障部专业技术人员管理司副司长
- 陈 冲 中国软件行业协会理事长
- 牛 晋 公安部信息通信局副局长
- 邓寿鹏 中国信息化推进联盟常务副理事长 原国务院发展研究中心局长
- 李明树 中国科学院软件研究所所长
- 陈 钟 北京大学软件与微电子学院院长
- 吴世忠 中国信息安全产品测评认证中心主任
- 王行刚 中国科学院计算技术研究所首席科学家
- 刘玉珍 工业和信息化部电子人才交流中心主任

丛 书 编 委 会

主 任 李建伟 逢积仁
副 主 任 黄雪峰 邸卫民 吕振凯 杨敬杰 杨功元 王建良 冯玉东
张志平 杨文利 李 新 李 缨 徐 峰 敖广武 陈 红
张学金 商 桑 赵耀培

委 员 (按拼音排序)

鲍金龙	曹素丽	陈国浪	陈青华	陈小中	陈月波	程 云
崔爱国	崔守良	丁 倩	丁荣涛	丁银军	杜少杰	杜文洁
范荣真	房振文	顾 爽	和海莲	胡新和	槐彩昌	嵇新浩
吉高云	李道旺	李 华	李立功	李 敏	李 霞	李英明
李艳玮	李玉清	林志伟	刘红军	刘 静	刘俊英	刘 颖
毛书朋	聂庆鹏	乔国荣	邱春民	荣 音	宋林林	滕红军
田文浪	涂 刚	王灿伟	王春燕	王 磊	王丽芬	王 盟
王赵慧	王志新	魏建明	温丹丽	谢建华	谢 菁	辛颖秀
徐长安	徐春华	徐 伟	严春风	阎 琦	杨光洁	叶若芬
叶展翔	于 畅	袁胜昔	翟鹏翔	张爱华	张洪明	张 琳
张兴科	张云鹏	张 震	赵思宇	郑伟勇	周国亮	周连兵
周瑞华	朱红祥	朱元忠				

本 书 编 委 会

主 编 张 震
副 主 编 于振梅 李道旺 李 秋 陈金萍

丛书编委会院校名单

(按拼音排序)

保定电力职业技术学院
北京电子科技职业学院
北京工业职业技术学院
北京建筑工程学院
北京市经济管理学校
北京市宣武区第一职业学校
滨州职业学院
渤海大学高职学院
沧州职业技术学院
昌吉职业技术学院
大连工业大学职业技术学院
大连水产学院职业技术学院
东营职业学院
河北建材职业技术学院
河北旅游职业学院
河南工程学院
河南农业职业学院
湖北省仙桃职业学院
嘉兴职业技术学院
江门职业技术学院
江苏财经职业技术学院
江苏常州工程职业技术学院
金华职业技术学院
莱芜职业技术学院
辽宁机电职业技术学院
辽宁金融职业学院
辽宁经济职业技术学院
辽宁科技大学高等职业技术学院
青岛滨海学院
青岛酒店管理职业技术学院
青岛职业技术学院

日照职业技术学院
山东电子职业技术学院
山东济宁职业技术学院
山东交通职业学院
山东经贸职业学院
山东省工会管理干部学院
山东省潍坊商业学校
山东丝绸纺织职业学院
山东信息职业技术学院
山东枣庄科技职业学院
山东中医药高等专科学校
沈阳师范大学职业技术学院
石家庄邮电职业技术学院
苏州建设交通高等职业技术学校
苏州托普信息职业技术学院
天津铁道职业技术学院
潍坊职业学院
温州职业技术学院
无锡南洋职业技术学院
武汉软件工程职业学院
咸宁职业技术学院
新疆农业职业技术学院
新余高等专科学校
兴安盟委党校
浙江金融职业学院
浙江商业职业技术学院
郑州电力高等专科学校
中国农业大学继续教育学院
中国青年政治学院
中华女子学院山东分院
淄博职业学院

丛 书 序

自 20 世纪 90 年代以来,伴随着信息技术创新和经济全球化步伐的不断加快,全球信息化进程日益加速,中国的经济社会发展对信息化提出了广泛、迫切的需求。党的十七大报告做出了要“大力推进信息化与工业化融合”,“提升高新技术产业,发展信息、生物、新材料、航空航天、海洋等产业”的重要指示,这对信息技术人才提出了更高的要求。

为贯彻落实科教兴国和人才强国战略,进一步加强专业技术人才队伍建设,推进专业技术人才继续教育工作,人力资源和社会保障部组织实施了“专业技术人才知识更新工程(‘653 工程’)”,联合相关部门在现代农业、现代制造、信息技术、能源技术、现代管理等 5 个领域,重点培训 300 万名紧跟科技发展前沿、创新能力强的中高级专业技术人才。工业和信息化部与人力资源和社会保障部在 2006 年 1 月 19 日联合印发《信息专业技术人才知识更新工程(“653 工程”)实施办法》(国人部发[2006]8 号),对信息技术领域的专业技术人才培养进行了部署和安排,提出了要在 6 年内培养信息技术领域中高级创新型、复合型、实用型人才 70 万人次左右。

作为国家级人才培养工程,“653 工程”被列入《中国国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》和《2006—2010 年全国干部教育培训规划》,成为建设高素质人才队伍的重要举措。

本系列教材作为“653 工程”指定教材,严格按照《信息专业技术人才知识更新工程(“653 工程”)实施办法》的要求,以培养符合社会需求的信息专业技术人才为目标,汇聚了众多来自信息产业部门、著名高校、科研院所和知名企业的学者与技术专家,组成强大的教学研发和师资队伍,力求使教材体系严谨、贴近实际。同时,教材采用“项目驱动”的编写思路,以解决实际项目的思路和操作为主线,连贯多个知识点,语言表述规范、明确,贴近企业实际需求。

为了方便教师授课和学生学习,促进学校教学改革,提升教学质量,本系列教材不仅提供教师授课所用的教学课件、习题和答案解析,而且针对教材中所涉及的案例、项目和实训内容,提供了多媒体视频教学演示课件。另外,在教学过程中,随时可以登录教师之家——中国学术交流网(www.jiaoshihome.cn),寻求教学资源的支持,我们特别为每一本教材设置了针对教师授课和学员学习的答疑论坛。同时,本套教材举办“有奖促学”活动,凡购买本套教材,学习完后,举一反三创作出个人作品,上传至教师之家——中国学术交流网,每个学期末将根据创作内容和网站点击率综合评选一次,选出一、二、三等奖和纪念

奖，并在假期中颁发奖项。

学员学习本系列教材后经考核合格，可以申请“专业技术人员知识更新工程（‘653工程’）培训证书”。该证书可以作为专业技术人员职业能力考核的证明，以及岗位聘用、任职、定级和晋升职务的重要依据。

我们希望以本系列教材为载体，不断更新教学内容，改进教学方法，搭建学校与企业沟通的桥梁，大力推进校企合作、工学结合的人才培养模式，探索一条充满生机和活力的中国信息技术人才培养之路，为建设社会主义和谐社会提供坚强的智力支持和人才保证。

丛书编委会



信息专业技术人才知识更新工程（“653 工程”）指定教材

前 言

随着计算机软件和硬件的发展，计算机应用已经深入到社会的各个领域，对非数值数据进行存储、加工和管理的需求越来越多。如何根据实际应用的要求，对数据进行有效地组织、存储进而编制出相应的高效率的算法，是“数据结构”这门课程所要研究和解决的问题。通过对“数据结构”这门课程的学习，应使学生能应用数据结构的知识和技巧更好地进行算法的设计和程序的编写，并为学习后续专业课程打下良好的基础。

本书是教育部高职高专规划教材，是依据教育部《高职高专教育数据结构课程教学基本要求》编写的。本教材力求体现高职高专的特点，本着理论够用，注重实用的原则，对传统的数据结构课程的教学内容进行了调整。除了对一些不常用的数据结构和算法进行了简化和忽略，对常用的数据结构和算法进行了详细介绍外，还在主要章节增加了实训内容，引导学生在理解基本内容的基础上，进一步学习使用数据结构。每章后面配有一定量的习题，便于学生课后巩固所学知识。

本书系统地介绍了各种数据结构的特点、存储结构和有关算法，并采用 C 语言描述算法。全书共分 9 章，主要内容包括数据结构的基本概念、线性表、栈、队列、串、数组、树、图、查找、排序、文件等。

本书可作为高等职业院校、高等专科院校及本科院校举办的二级职业技术学院计算机相关专业的教材，也可作为非计算机专业学生选修课教材，还可作为计算机应用人员的自学参考书。

本教材第 1、5、6 章由张震编写，第 2、4 章由李秋编写，第 3 章由于振梅编写，第 7、8 章由陈金萍编写，第 9 章由李道旺编写，张震统编全稿。由于编者水平有限，书中难免出现错误，敬请读者批评指正。

作 者

2008 年 6 月



目 录

丛书序

前 言

第 1 章 绪论 1

- 1.1 基本概念和术语 1
- 1.2 学习数据结构的意义 3
- 1.3 算法 3
- 习题 5

第 2 章 线性表 6

- 2.1 线性表的逻辑结构 6
- 2.2 线性表的顺序存储结构 7
- 2.3 线性表的链式存储结构 11
- 2.4 顺序表和链表的比较 19
- 2.5 实训 20
- 习题 21

第 3 章 栈和队列 24

- 3.1 栈 24
- 3.2 队列 31
- 习题 38

第 4 章 串和数组 39

- 4.1 串 39
- 4.2 数组 47
- 习题 57

第 5 章 树 58

- 5.1 树 58
- 5.2 二叉树 59
- 5.3 二叉树的遍历 62

5.4 树和森林 68

5.5 哈夫曼树及其应用 71

- 5.6 实训 74
- 习题 75

第 6 章 图 77

- 6.1 图的定义及术语 77
- 6.2 图的存储结构 79
- 6.3 图的遍历 82
- 6.4 最小生成树 85
- 6.5 最短路径 89
- 6.6 拓扑排序 93
- 习题 97

第 7 章 查找 100

- 7.1 静态查找 100
- 7.2 动态查找 103
- 7.3 哈希表 110
- 习题 114

第 8 章 排序 116

- 8.1 插入排序 116
- 8.2 交换排序 119
- 8.3 选择排序 122
- 8.4 归并排序 126
- 8.5 基数排序 127
- 8.6 各种排序方法的比较和选择 130
- 习题 131

第 9 章 文件 134

- 9.1 基本术语 134

9.2 顺序文件	135	9.5 倒排文件	142
9.3 索引文件	135	习题	144
9.4 散列文件	141	参考文献	145



随着计算机技术的飞速发展，计算机应用领域越来越广泛，计算机处理的对象由纯粹的数值计算发展到字符、表格和图像等各种具有一定结构关系的数据，这就给程序设计带来了一些新的问题。为了更好地进行程序设计，必须分析待处理的对象的特性及各处理对象之间存在的关系。这就是“数据结构”这门学科形成和发展的背景。

1.1 基本概念和术语

为了以后学习的方便，我们首先介绍一些基本概念和术语。

1. 数据

数据是信息的载体。它是对客观事物的符号表示。在计算机学科中，数据是指所有能输入到计算机中，并能被计算机程序所处理的符号的总称。数据的含义是广泛的，比如整数、字符、声音、图像等都是数据。

2. 数据元素

数据元素是数据的基本单位，即数据集合中的个体。有些情况下也把数据元素称为结点或记录。用一条记录表示一个数据元素时，这条记录中一般还会有多个描述记录属性的小项，称为数据项。有时也把数据项称为域、字段等。例如，在学生档案管理系统中，可以把一个与学生有关的信息作为一个数据元素，它由学号、姓名、年龄等数据项组成。

3. 数据对象

数据对象是性质相同的一类数据元素的集合。数据是一个广泛的概念，描述着千变万化的客观世界。从中取出一部分，而这部分元素具有共同的性质，这些数据元素就可以组成一个数据对象。实质上，数据对象是数据的一个子集。如整数集、字符集、由记录组成的文件等。

4. 数据结构

数据结构是相互之间存在着一种或多种特定关系的数据元素的集合。数据元素之间的相互关系称为结构。通常，数据之间有如下几种关系。

(1) 集合结构。结构中的数据元素除了“同属于一个集合”的关系外，再无其他关系。

(2) 线性结构。结构中的数据元素之间存在着“一对一”的邻接关系。比如，一串珠子、售票窗口前排的长队等。

(3) 树状结构。结构中的数据元素之间存在“一对多”的关系。比如政府组织机构、多米诺骨牌等。图 1-1 所示为学校专业设置结构图，这种形式实际上是一棵自顶向下生长的树，树中有明显的分支和层次关系。

(4) 图状结构。也称网状结构，结构中的数据元素之间存在“多对多”的关系。比如，城市交通图、煤气管网图等。

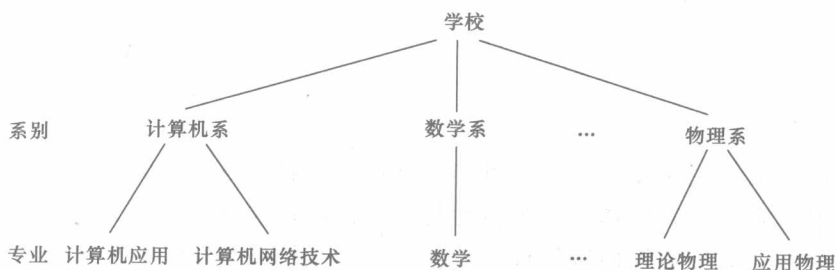


图 1-1 学校专业设置结构图

在后续的章节中我们将分别学习线性结构、树状结构和图结构。数据结构依据抽象描述方式和计算机内的存储形式可分为逻辑结构和物理结构两种。

5. 数据的逻辑结构

数据的逻辑结构只抽象地描述数据元素间的逻辑关系，而不管其在计算机中的存储表示方式。数据的逻辑结构分为线性结构和非线性结构。

线性结构的特点是结构中有且仅有一个首结点和一个尾结点，除首结点外每个结点有且仅有一个前趋结点，除尾结点外每个结点只且仅有一个后继结点。后面章节要学习的线性表、栈、队列等都属于线性结构。

不具备上述特点的逻辑结构都属于非线性结构。如后面章节要学习的图和树都属于非线性结构。

6. 数据的物理结构

数据的物理结构是数据的逻辑结构在计算机存储器中的实现。要在计算机存储器中全面地表示一个逻辑结构，应当包括数据元素自身值的表示和数据元素之间的关系的表示。因此，存储在计算机中的数据结构，其结点的各域按性质可分成两大类：一类是存放自身值的域，通常称为数据域；另一类是存入该结点与其他结点的关系的域，通常称为链域。一种数据的逻辑结构可以选用不同的存储结构。算法的设计取决于数据的逻辑结构，而算法的具体实现依赖于指定的存储结构。

7. 数据类型

数据类型是一个值的集合和定义在该值集上的运算的集合的总称。每个程序语言都提供一些数据类型，用于定义变量、常量或表达式的取值范围，以及可以施于它们的运算。程序语言中的数据类型可以分为两类：一类是原子类型，其值是不可分解的。例如，C 语言中的整型、实型、字符型等；另一类是结构类型，其值是由若干分量组成，每个分量可以是整数，也可以是数组等。

抽象数据类型是指抽象数据的组织和与之相关的操作。它可以看做是数据的逻辑结构及其定义在逻辑结构上的操作。抽象数据类型的定义仅取决于它的逻辑特性而与其在计算机存储器内的表示和实现无关。

8. 数据运算

数据的运算是定义在数据的逻辑结构上的,但运算的具体实现要在存储结构上进行。每一种数据的逻辑结构都有相应的运算。本书在介绍每一种数据结构时,除了要介绍数据的逻辑结构和存储结构外,还要介绍在该结构上的数据运算及主要运算的实现算法。

1.2 学习数据结构的意义

目前,《数据结构》在我国已经不仅仅是计算机专业的核心课程,而且是其他非计算机专业的主要选修课程之一。

在计算机科学中,数据结构不仅是一般程序设计的基础,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和大型应用程序的重要基础。学习数据结构既为进一步学习其他计算机专业课程提供必要的预备知识,也有助于提高软件设计和程序编制水平。

1.3 算 法

1.3.1 算法的概念

算法是解决某一个特定类型问题的有具体步骤的方法。一个算法应该具有如下特性。

(1) 有穷性。一个算法必须是在执行有限步后结束。

(2) 确定性。算法的每一步必须是确切地定义的,没有二义性。在任何条件下,算法只有唯一的一条执行路径,即对于相同的输入只能得到相同的输出。

(3) 可行性。算法应该是可行的,这意味着算法中描述的运算都是相当基本的,它们都是可以通过已经实现的基本运算执行有限次来实现的。

(4) 输入。根据实际情况,一个算法在执行时可能要接收外部数据,也可能不需要外部数据输入。

(5) 输出。一个算法在执行完成后,一定要有一个或多个结果输出。它们是同输入有着特定关系的量。

1.3.2 算法的描述

一个算法可以用自然语言、计算机程序语言来说明,只要该说明能够精确地描述计算过程就行。通常,描述算法采用介于自然语言和程序语言之间的伪语言,这样既可以利用程序语言的主要语句描述算法的计算过程,又不至于陷于具体程序语言的某些细节。本书为了便于学生上机验证算法,采用C语言描述算法。

1.3.3 算法的评价

解决同一个问题,不同的人有不同的想法,即使是同一个人,在不同的时间里可能对同一个问题的理解也不完全相同。如何评价一个算法的好与不好呢?通常,判断一个算法

的好坏,主要有以下几个标准。

(1) 正确性。算法应满足具体问题的需求,正确反映求解问题对输入、输出和加工处理等方面的需求。“正确”一词在含义上大体分为四个层次。

①程序中不含语法错误。

②程序对几组输入数据能给出满足规格说明要求的结果。

③程序对精心挑选的、较为苛刻的几组输入数据能给出满足规格说明要求的结果。

④程序对一切合法的输入数据都能给出满足规格说明要求的结果。

(2) 可读性。算法应当便于阅读,以利于理解与修改。

(3) 健壮性。当输入不合法数据时,算法能作出相应的响应或进行适当的处理,避免带着非法数据执行,导致莫名其妙的结果。

(4) 效率。算法的效率主要指算法运行时所需要的计算机资源的多少,包括运行时间和存储空间消耗。求解一个问题的多种算法中,执行时间短的算法效率高,占用空间少的算法比较好。但是执行算法的时间开销和空间开销往往是相互制约的,对高时间效率和低存储需求的追求只能根据实际情况折中处理。

算法的“正确性”是所有要求的基础。在正确性的前提下,对算法在计算机上执行消耗的时间和所占空间的分析,是人们对算法进行评估和选择的重要依据。

1. 时间复杂度

算法的时间复杂度涉及多个方面,一般讨论是指在给定问题规模 n (所要处理的问题中数据元素的数量) 下,算法中语句重复执行次数的数量级。时间复杂度用 $T(n)=O(f(n))$ 表示,其中 $f(n)$ 表示基本操作重复执行的次数,是 n 的某个函数,随问题规模 n 的增大,算法执行时间的增长率和 $f(n)$ 的增长率属于同一数量级; $T(n)$ 称为渐近时间复杂度,而 O 表示 $f(n)$ 和 $T(n)$ 只相差一个常数倍。评价一个算法时更多的是采用渐近时间复杂度。

【例 1-1】求两个 N 阶方阵乘积的算法如下。

```
#define N 100
void matrixmult(int a[N][N],int b[N][N],int c[N][N])
{int i,j,k;
  for(i=0;i<N;i++)
    for(j=0;j<N;j++)
      {c[i][j]=0;
        for(k=0;k<N;k++)
          c[i][j]=c[i][j]+a[i][k]*b[k][j];
      }
}
```

此算法的问题规模为 n , 基本操作的执行次数为 $2n^3+3n^2+2n+1$ 。当问题规模趋于无穷大时,有

$$\lim_{n \rightarrow \infty} T(n)/n^3 = 2$$

这表明当 n 充分大时, $T(n)$ 和 n^3 的数量级相同,可记作 $T(n)=O(n^3)$,这就是该算法的

渐近时间复杂度。

经常出现的时间复杂度有 $O(n)$ 、 $O(n^2)$ 、 $O(\log_2 n)$ 、 $O(n\log_2 n)$ 等。同一个算法可能因为数据的变化, 出现不同的复杂度, 因此, 考虑时间复杂度时可分为最坏情况时间复杂度和平均时间复杂度。

2. 空间复杂度

算法的空间复杂度反映实现算法所需要的辅助存储空间的大小, 记为 $S(n)=O(f(n))$ 。空间单位一般指为一个简单变量(如整型、字符型等)所占存储空间的大小。其中 n 为问题规模, $f(n)$ 为算法处理的数据所需的存储空间与算法操作所需辅助空间之和。本书对此不做深入讨论。

习 题

1. 简述下列术语的含义: 数据、数据元素、数据结构、存储结构。

2. 分析下列程序段的时间复杂度。

```
(1) for(i=0; i<m; i++)
    for(j=0; j<n; j++)
        b[i][j]=0;
```

```
(2) i=1; while(i<n) {x++; i++;}
```

```
(3) for(i=1; i<=n; i++)
    for(j=1; j<=i; j++)
        for(k=j+1; k<=n; k++)
            x++;
```

3. 在数据结构中, 与所使用的计算机无关的是_____。

- | | |
|--------------|---------|
| A. 存储结构 | B. 物理结构 |
| C. 物理结构和存储结构 | D. 逻辑结构 |

4. 非线性结构中每个结点_____。

- | | |
|------------|-----------------------|
| A. 无直接前驱结点 | B. 只有一个直接前驱和直接后继结点 |
| C. 无直接后继结点 | D. 可能有多个直接前驱和多个直接后继结点 |

第 2 章

线性表

最简单且最常用的数据结构是线性结构。第 2 章~4 章讨论的线性表、栈和队列、数组和串都是典型的线性结构。

线性结构的特点是：在数据元素的非空有限集中，数据元素是有序的，排在某个数据元素 b 之前的数据元素 a 称为 b 的直接前驱（元素），而数据元素 b 称为 a 的直接后继（元素）。而且线性结构有如下特点。

- (1) 存在唯一的一个被称为“第一个”的数据元素。
- (2) 存在唯一的一个被称为“最后一个”的数据元素。
- (3) 除“第一个”数据元素之外，集合中的每个元素均有且只有一个直接前驱。
- (4) 除最后一个数据元素之外，集合中的每个数据元素均只有一个直接后继。

2.1 线性表的逻辑结构

1. 线性表的基本概念

线性表（Linear List）：是由 $n(n \geq 0)$ 个类型相同的数据元素组成的有限序列，记为 $(a_1, a_2, a_3, \dots, a_n)$ 。

线性表中数据元素的个数 n 定义为线性表的长度。 $n=0$ 的表称为空表，即该线性表不包含任何数据元素。当 $n>0$ 时，线性表中每个数据元素 a_i 的位置称为 a_i 在线性表中的位序。

每个数据元素的具体含义，在不同的情况下各不相同，它可以是一个数或一个符号，也可以是一页书，甚至其他更复杂的信息。例如，1~20 的所有质数：

(2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19)

是一个线性表，表中的数据元素是单个的整数。又如，一个班级的学生姓名集合：

(李华, 王芳, ..., 田明)

表中的数据元素是字符串。再如，表 2-1 所示的航班信息表为稍复杂的线性表，一个数据元素可以由若干个数据项（Item）组成。该线性表中的元素，常称为数据记录（Data Record），简称记录。线性表的长度是航班记录的条数。

表 2-1 航班信息表

航班号	起降时间	起始城市	航班票价	票价折扣	是否满仓	...
1001	8:30—10:00	济南—上海	760	五折	否	...
1002	9:30—11:40	济南—北京	630	六折	是	...