

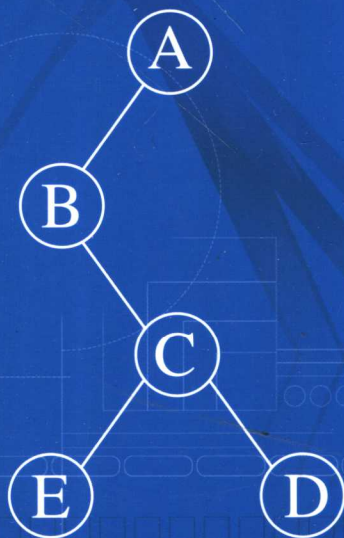
21

世纪高等学校规划教材

数据结构 与算法设计

冯志全 主 编

王永燕 周 劲 蒋志方 唐好魁 副主编



中国电力出版社

www.infopower.com.cn

TP311.12/157

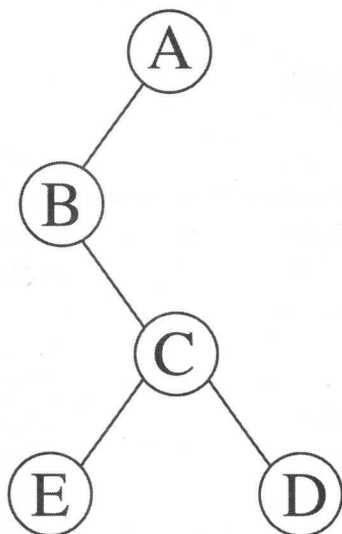
2008

21 世纪高等学校规划教材

数据结构 与算法设计

冯志全 主编

王永燕 周 劲 蒋志方 唐好魁 副主编



中国电力出版社

www.infopower.com.cn

内容提要

本书是为适应各类大学本科生学习数据结构的需要而编写的教材。全书共分 11 章, 第 1 章绪论主要介绍学习这门课程的意义及这门课程的研究内容和关键问题; 第 2 章线性表主要介绍线性表的特点及算法设计; 第 3 章栈和队列主要介绍这两种结构的实现方法及其应用; 第 4 章串主要介绍了串的几种典型的算法; 第 5 章数组和广义表主要介绍数组存储结构的特点和广义表的存储结构; 第 6 章树和二叉树主要介绍树和二叉树的构造、遍历及线索化方法; 第 7 章图主要介绍图的实现方法及典型算法; 第 8 章介绍查找; 第 9 章介绍排序, 第 10 章介绍文件, 最后一章是算法设计策略。第 8、9、10 章可以看成是数据结构的基本应用; 最后一章可以看成是数据结构的高级应用或理论升华。

本书不仅可作为大专院校的教材, 而且适用于自学者学习《数据结构与算法设计》, 还可以作为研究生入学考试的参考资料。

图书在版编目 (CIP) 数据

数据结构与算法设计 / 冯志全主编. —北京: 中国电力出版社, 2008.1

21 世纪高等学校规划教材

ISBN 978-7-5083-6380-6

I. 数… II. 冯… III. ①数据结构—高等学校—教材②电子计算机—算法设计—高等学校—教材
IV. TP311.12 TP301.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 185894 号

丛 书 名: 21 世纪高等学校规划教材

书 名: 数据结构与算法设计

出版发行: 中国电力出版社

地 址: 北京市三里河路 6 号 邮政编码: 100044

电 话: (010) 68362602 传 真: (010) 68316497, 88383619

服务电话: (010) 58383411 传 真: (010) 58383267

E-mail: infopower@cepp.com.cn

印 刷: 北京密云红光印刷厂

开本尺寸: 185mm×260mm 印 张: 15.5 字 数: 377 千字

书 号: ISBN 978-7-5083-6380-6

版 次: 2008 年 1 月北京第 1 版

印 次: 2008 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 0001—4000 册

定 价: 24.00 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

前 言

一方面,从计算机软件理论角度看,程序设计=数据结构+算法;另一方面,从软件工程生命周期方法学的角度来看,算法设计是详细设计阶段的根本任务,程序设计是代码编写阶段的根本任务。无论从哪个角度分析,都突显出“数据结构”在计算机科学中的核心地位。“数据结构”不仅是计算机学科的核心课程,而且是高等院校很多专业必修的课程。也是许多高等院校计算机专业研究生入学考试的必考科目之一。

然而,由于“数据结构”既具有极强的理论性,又具有极强的实践性,给读者的学习带来极大的困难。大多数读者刚刚学习完“程序设计”课程,马上就要在“数据结构”中面临比较复杂的程序设计,无形中会在心理上对“数据结构”有种恐惧感。另一方面,数据结构把程序设计、算法设计等交织在一起,而后者本身又分别是两门比较独立的专业学科,这就更增添了问题的复杂性,使得很多读者摸不着头绪,不知所措。尤其是算法设计与分析本身比较抽象,还需要读者具有一定专业知识和实际经验的积累,使得不少读者感到难度很大。

针对上述问题,本教材应运而生,它主要有以下特色:

(1)沿着“一个中心、两条主线”展开全书。“一个中心”就是以“数据结构”为中心,“两条主线”是指同一种数据结构分别沿着顺序和链式两种存储结构探讨算法。

(2)把算法与程序实现相分离。只要完成算法设计,至于用什么编程工具实现算法已经不是问题的关键了。

(3)竭力突破难点。算法设计是真正的难点所在,本教材列举大量实例,深入浅出,给出详细的操作过程,手把手帮助读者突破难点。

(4)把重点放到数据结构的应用上。唯有如此,才能突出算法、算法分析、程序设计等众多学科之间的联系,才能理解数据结构的地位和作用,才能引导读者学会根据问题需要设计恰当的数据结构。

(5)把计算机学科最新研究的成果引入到教材中,让读者从崭新的背景中了解相关知识点,感到技术发展的崭新气息和强烈挑战。

另外,本教材采用的总体编写思路和组织风格是:问题提出→问题抽象→算法思想→算法描述→算法实现→实例分析→算法分析,但考虑到篇幅所限,不同章节又有所差别。在适当的技术背景下有针对性地提出问题,有利于激发读者的学习动机和学习兴趣;从问题中抽象出一般性(数学)模型,并用规范的形式进行问题描述,是计算机科学中研究问题的一个重要环节;算法思想主要分析算法的核心思路,突出算法的创新点和关键点,有利于读者探究问题的突破口;算法描述要求用专业规范的形式完整地描述解决问题模型的步骤;算法实现为读者把算法转变为程序代码的基本过程进行示范,虽然教材中不少地方省略了这个环节,但对于计算机开发人员来说,这是一项基本功;实例分析主要示意算法对某具体输入的一个执行过程,检验算法的正确性和可行性,同时有利于读者加深对算法基本思想的理解;算法分析主要分析算法的时间开销。

本书参照教育部最新颁布的《计算机科学与技术（计算机科学方向）专业规范》安排教材内容，针对大多数读者考研和软件开发的实际需要，对个别内容进行了适当的增删。本教材每章后面附有习题，它们均选自我国高等院校近年来的研究生入学考试题。

本书的参编者均具有丰富的一线教学经验，具有坚实的理论基础和极强的软件开发能力，本书是全体参编者多年知识、经验和集体智慧的结晶，融入了全体编写人员的情感、汗水和心血，从这个意义上说，与其说我们在编书，不如说我们在与读者通过这种特殊的方式进行沟通和交流！

全书共分 11 章，其中，第 1、10、11 章由济南大学的冯志全编写，第 2、3 章由济南大学的周劲编写，第 4、5 章由济南大学的唐好魁编写，第 6、7 章由济南大学的王永燕编写，第 8、9 章由山东大学的蒋志方编写。由于教材在内容安排上的特点，建议读者把第 1 章和第 11 章的后半部分内容结合起来进行学习。

由于作者水平有限，书中难免有不妥或错误之处，恳请读者批评指正。

作者
2007 年 9 月

目 录

前 言	
第 1 章 绪论	1
1.1 数据结构的实践意义	1
1.2 数据结构的理论意义	4
1.3 数据结构研究的内容和关键问题	5
习题	6
第 2 章 线性表	10
2.1 线性表的概念及抽象数据类型定义	10
2.2 线性表的顺序存储	12
2.3 线性表的链式存储	18
2.4 线性表的应用——一元多项式的表示及相加	32
2.5 顺序表与链表的综合比较	35
习题	36
第 3 章 栈和队列	39
3.1 栈	40
3.2 队列	47
习题	53
第 4 章 串	57
4.1 串的定义与操作	57
4.2 串的存储结构及操作	60
4.3 串操作应用举例	66
习题	70
第 5 章 数组和广义表	72
5.1 数组的定义	72
5.2 数组的顺序表示和实现	73
5.3 矩阵的压缩存储	76
5.4 广义表	89
习题	93
第 6 章 树	100
6.1 树的定义、操作及基本术语	100
6.2 二叉树	103

6.3	遍历二叉树和线索二叉树.....	109
6.4	树和森林	116
6.5	哈夫曼树及其应用.....	123
	习题	128
第7章	图	131
7.1	图定义和术语.....	131
7.2	图的存储结构.....	135
7.3	图的遍历	141
7.4	图的连通性.....	143
7.5	有向无环图及其应用.....	149
7.6	最短路径	155
	习题	160
第8章	查找	163
8.1	查找的基本概念.....	163
8.2	静态查找表.....	164
8.3	动态查找表.....	171
8.4	哈希表	182
	习题	193
第9章	排序	195
9.1	概述	195
9.2	插入排序	197
9.3	交换排序	200
9.4	选择排序	204
9.5	归并排序	209
9.6	外部排序简介.....	211
	习题	211
第10章	文件	214
10.1	基本概念	214
10.2	顺序文件	215
10.3	索引文件	216
10.4	ISAM 文件和 VSAM 文件	217
10.5	直接存取文件（散列文件）	219
	习题	219
第11章	算法设计策略.....	223
11.1	分而治之（Divide and Conquer Algorithm）	223
11.2	贪心算法（Greedy Algorithm）	224

11.3	动态规划算法 (Dynamic Programming)	226
11.4	状态搜索策略 (State Search)	226
11.5	回溯算法 (Backtracking Algorithm)	228
11.6	随机算法 (Random Algorithm)	232
11.7	算法设计中关键与技巧	234
	习题	239
	参考文献	240

第 1 章 绪 论

1.1 数据结构的实践意义

计算机是一种能按照事先存储的程序，自动、高速地进行大量数值计算和各种信息处理的现代化智能电子装置。在当今科技迅速发展的社会中，各行各业、随时随处产生了大量的信息，而人们为了获取、传送、检索信息及从信息中产生各种报表数据，必须将信息进行有效地组织和管理，这一切都必须在计算机的控制下才能实现，由此可见，计算机是信息处理的工具。

从上述分析可以看到，计算机要有效地进行信息处理，至少要探讨两个基本问题：信息的表示和信息的管理。具体地讲，在信息的输入、处理和输出过程中，必须研究以下几个基本问题：

(1) 程序员要决定大量的输入数据，以及处理后的中间结果数据的传输或存储方式，那么，在程序的运行过程中，程序员应该怎样存储和读取这些数据。

(2) 数据的存储方式与算法设计、程序设计之间究竟是一种什么样的关系。

(3) 是否有一个一般性的标准来评价数据的组织方式。

对数据信息进行处理是通过程序设计实现的，然而，计算机的普及、信息量的增加和信息范围的拓宽，使许多系统程序和应用程序的规模变得很大，并且结构又相当复杂，为程序设计带来了极大的困难。下面通过几个实例说明研究数据结构的必要性和重要性。

(1) 在机械计算机辅助设计 (CAD) 系统中，往往需要输入成千上万的零件参数，如图 1-1 所示。系统处理这些数据时，需要把这些参数调入内存，如果随机地存放这些参数，且不说能否满足软件工程基本规范，能否完成算法设计或者能否用程序实现算法可能都是一个大问题。所以，各种数据的组织方式、数据之间的逻辑关系，数据的物理存储方式，以及这些组织形式与程序设计之间的关系，是程序员在编写代码前必须研究和设计的关键环节之一。

(2) 在计算机图形学中，一个大场景不仅由上百万个三角面片构成，而且还包括建模、纹理贴图、灯光、材质等许多组件的计算，如图 1-2 所示。这些三角面片数据在内存中应该怎样组织，才能保证应用程序可以正确、高效地计算、渲染和输出。

(3) 基于计算机视觉的自然人手三维跟踪已经成为人机交互研究中的一个核心内容，要用程序实现人手跟踪，首先就要考虑人手模型由哪些数据构成、应该怎样组织这些数据、在程序的运行过程中怎样存取这些数据，以便对其进行相关操作，如图 1-3 所示。即使只输出一个三维手势，也需要考虑几十个组件的组织方式问题，而不同的组织方式往往影响对参数的处理过程。

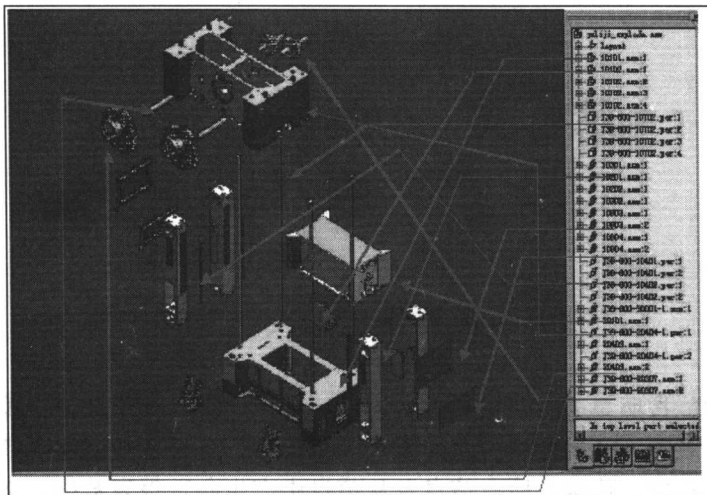
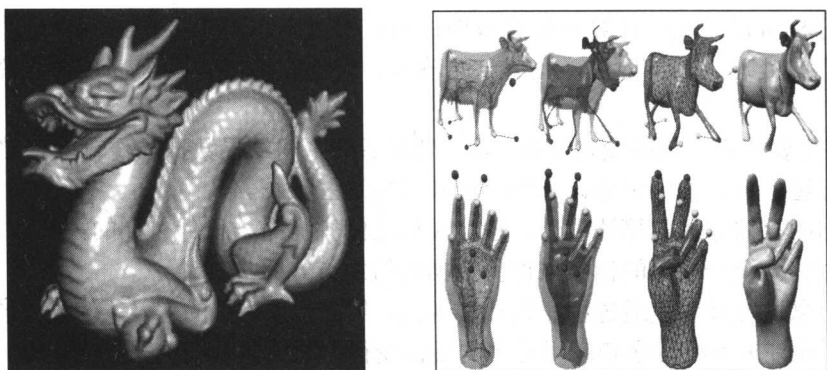
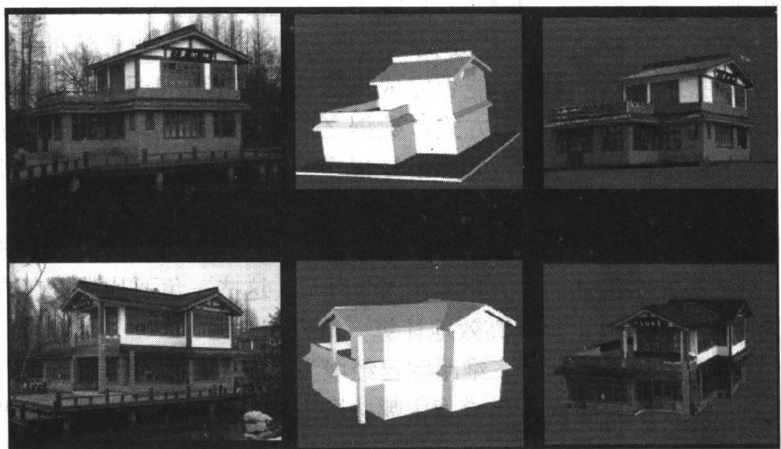


图 1-1 机械计算机辅助设计 (CAD) 系统



(a)

(b)



(c)

图 1-2 图形学中的 3D 重构与绘制

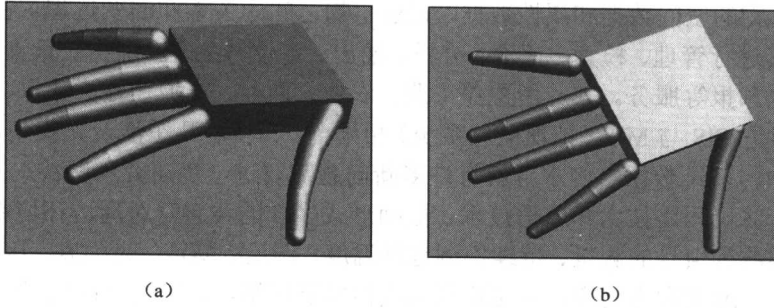


图 1-3 自然人手跟踪研究中的 3D 人手模型

(4) 人机对弈系统的研究和设计是人工智能技术的重要应用之一。在这种系统中，程序开发人员必须面对一个基本问题：在逻辑上怎样描述一个棋盘的格局？这种逻辑描述在内存中怎样实现？建立在这种结构之上的对弈过程与这种逻辑结构之间是什么关系？图 1-4 给出了一种可能的解决方案。

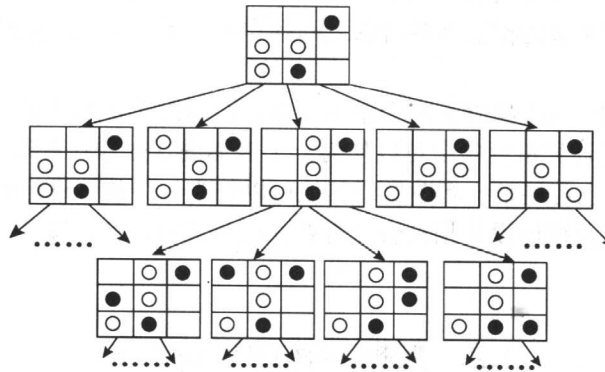


图 1-4 人机对弈系统中一种可能的数据结构

(5) 要在 n 个城市间建立通信联络网，如图 1-5 所示。顶点表示城市，权表示相应城市间建立通信线路所需花费的代价，希望找到城市之间的连接方式，使其每条边上的权值之和（即建立该通信网所需花费的总代价）最小。显然，城市通信网络的逻辑结构、物理结构及建立在这种结构之上的算法设计是开发人员必须解决的核心技术。

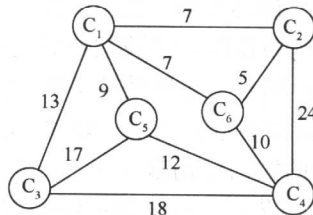


图 1-5 城市通信网最小代价问题中一种可能采用的数据结构

(6) 地理信息系统 (Geographical Information System, GIS) 是信息产业的一个重要组成部分。GIS 是指以各类空间数据结构及其属性为基础，为各种应用目的服务的一类计算机信息

系统，它存储事物的空间数据和属性数据，记录事物之间的关系和演变过程。它可以根据事物的地理坐标对其进行管理、检索、评价、分析、输出、定位等处理，提供决策支持、动态模拟、统计分析、预测预报等服务。其应用覆盖工业、农业、商业、交通运输、环保、国防、公安等诸多领域，特别是 GIS 与 MIS（管理信息系统）相结合，其应用几乎涉及人类生活的各个方面。在这样的系统中，多维数据结构本身就有许多新问题需要进一步研究和解决。

(7) 基于计算机网络技术和通信技术，借助形式多样的传感器对周边环境中的热、红外、声纳、雷达和地震波等信号的测量、持续探测包括温度、湿度、噪声、光强度、压力、土壤成分、移动物体的大小、速度和方向等，构建新型无线传感器网络，最终对我们生活的物理世界实现全方位的监测与控制，这是下一代互联网远景规划中重要的组成部分。显然，要实现这样的系统，处理好数据结构和程序设计之间的关系是系统开发人员必须完成的一项基础性工作。

综上所述，要进行程序设计必须解决数据在内存中的存取方式这样一个基本问题，这正是“数据结构”这门课程的根本任务之一。从静态的角度看，数据结构用于描述数据元素之间的一种或多种特定关系，这种关系主要指数据在内存中存放位置之间的逻辑关系；从动态的角度看，数据结构刻画了应用程序对相关数据的读取、搜索和存储方式。为了编写出一个“好”的程序，必须分析待处理对象的特征及各对象之间存在的关系，这就是数据结构这门课所要探讨的基本问题。

由此可见，数据结构这个概念有两个基本要素，即数据元素和关系。数据元素是对信息数据的一般性概括，指在计算机程序中可以作为一个整体进行处理的对象，它可能是一个实数、一条记录、一个文件，也可能是一幅图像或其他可以作为一个整体进行处理的对象。数据结构只有与算法、逻辑结构及程序设计相结合才有存在的意义和价值，孤立地、静态地研究数据结构没有任何实际意义。

1.2 数据结构的理论意义

1.2.1 算法

算法是对特定问题的解决步骤，是程序的灵魂和核心。算法具有以下特点。

(1) 任何算法必须通过一定的数据结构才可能实现，同一个问题往往可以采用不同的算法和数据结构来解决。一个“好”的数据结构可以使算法易于实现，否则，可能导致算法很难实现或根本无法实现，也可能导致程序的运行效率低下。例如，如果仅仅采用线性数据结构在一个记录数为 1 125 899 906 842 624 的数据库中查找某特定记录，如图 1-6 (a) 所示。最坏情况需要查找 1 125 899 906 842 624 次；但是，如果采用平衡二叉排序树作为数据结构来组织给定的所有数据，只需查找 50 次就可以得到查询结果，如图 1-6 (b) 所示。

(2) 算法可以直接建立在特定的数据结构基础之上。例如，后面章节要介绍的基数排序算法，就是将排序算法直接建立在栈和队列这两个数据结构的基础之上的。

(3) 不同的数据结构将对同一个算法的运行效率产生深刻的影响。例如，同样采用插入排序，采用链式存储结构的排序速度比采用顺序存储结构的排序速度要慢得多。

(4) 算法不等于程序设计。从软件工程的角度看，算法设计和程序设计属于软件开发生命周期中两个不同的阶段。算法设计是详细设计阶段的核心任务，程序设计是代码编写阶段的核

心任务，程序设计人员应该根据系统要求，根据软件工程中提出的代码编写规范，选择恰当的程序设计语言把算法转化为源代码。

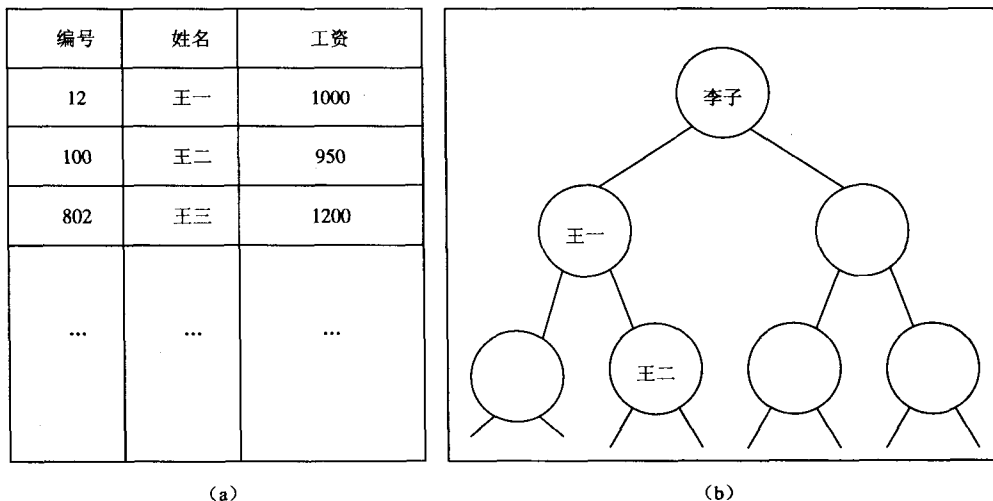


图 1-6 同一个查找算法可以使用不同的数据结构

1.2.2 数据结构与算法性能

衡量一个算法“好”与“不好”的基本标准主要是算法的时间复杂度和算法的空间复杂度。

一般情况下，算法中基本操作重复执行的次数是问题规模 n 的某个函数，算法的时间复杂度记作：

$$T(n)=O(f(n))$$

它称为算法的时间复杂度。算法的时间复杂度一般用循环的最大频度来进行描述，而不是程序的实际执行时间。例如，如果某算法需要进行 n 次循环，则该算法的时间复杂度为 $O(n)$ 。

算法的空间复杂度表示算法所需存储空间的度量，记作：

$$S(n)=O(f(n))$$

其中 n 为问题的规模（或大小）。

时间复杂度和空间复杂度可以刻画算法的运行效率。当然，还有其他一些因素重要评价指标，如正确性、精确性、鲁棒性等。在“数据结构”研究和实践中，时间复杂度是设计算法要考虑的主要因素之一。

1.3 数据结构研究的内容和关键问题

目前，数据结构研究的内容较多，主要研究以下内容：

- (1) 线性结构的设计和实现。
- (2) 树、图等非线性结构的设计和实现。
- (3) 数据结构在查找、排序以及文件系统设计中中的典型应用。
- (4) 几种经典的算法设计与分析，包括分而治之算法、贪心算法、动态规划算法、状态搜

索算法、回溯算法以及随机算法等，它们属于数据结构的高级应用。

数据结构中有许多问题需要讨论和研究，其中的关键问题主要有：

- (1) 线性结构和非线性结构的设计方法。
- (2) 研究建立在特定数据结构之上的典型算法。
- (3) 研究算法实现所需要的理想的数据结构。
- (4) 分析算法的效率。
- (5) 以鲁棒性、实时性和准确性为目标的算法研究和数据结构设计。

习 题

一、选择题

1. 算法的计算量的大小称为计算的 ()。

A. 效率	B. 复杂性	C. 现实性	D. 难度
-------	--------	--------	-------
2. 算法的时间复杂度取决于 ()。

A. 问题的规模	B. 待处理数据的初态	C. A 和 B
----------	-------------	----------
3. 计算机算法指的是 (1)，它必须具备 (2) 这 3 个特性。

(1) A. 计算方法	B. 排序方法	C. 解决问题的步骤序列	D. 调度方法
(2) A. 可执行性、可移植性、可扩充性			
B. 可执行性、确定性、有穷性			
C. 确定性、有穷性、稳定性			
D. 易读性、稳定性、安全性			
4. 一个算法应该是 ()。

A. 程序	B. 问题求解步骤的描述
C. 要满足 5 个基本特性	D. A 和 C.
5. 下面关于算法说法错误的是 ()。

A. 算法最终必须由计算机程序实现
B. 为解决某问题的算法同为该问题编写的程序含义是相同的
C. 算法的可行性是指指令不能有二义性
D. 以上几个都是错误的
6. 下面说法错误的是 ()。

(1) 算法原地工作的含义是指不需要任何额外的辅助空间			
(2) 在相同的规模 n 下，复杂度 $O(n)$ 的算法在时间上总是优于复杂度 $O(2^n)$ 的算法			
(3) 所谓时间复杂度是指最坏情况下，估算算法执行时间的一个上界			
(4) 同一个算法，实现语言的级别越高，执行效率就越低			
A. (1)	B. (1), (2)	C. (1), (4)	D. (3)
7. 从逻辑上可以把数据结构分为 () 两大类。

A. 动态结构、静态结构	B. 顺序结构、链式结构
C. 线性结构、非线性结构	D. 初等结构、构造型结构

8. 在下面的程序段中, 对 x 的赋值语句的频度为 ()

```
FOR i:=1 TO n DO
  FOR j:=1 TO n DO
    x:=x+1;
```

- A. $O(2n)$ B. $O(n)$ C. $O(n^2)$ D. $O(\log_2^n)$

9. 程序段 FOR i:=n-1 DOWNTO 1 DO

```
  FOR j:=1 TO i DO
    IF A[j]>A[j+1]
      THEN A[j]与A[j+1]对换;
```

其中 n 为正整数, 则最后一行语句的频度在最坏情况下是 ()

- A. $O(n)$ B. $O(n\log n)$ C. $O(n^3)$ D. $O(n^2)$

二、判断题

1. 数据元素是数据的最小单位。()
2. 记录是数据处理的最小单位。()
3. 数据的逻辑结构是指数据的各数据项之间的逻辑关系。()
4. 算法的优劣与算法描述语言无关, 但与所用计算机有关。()
5. 健壮算法不会因非法的输入数据而出现莫名其妙的状态。()
6. 算法可以用不同的语言描述, 如果用 C 语言或 Pascal 语言等高级语言来描述, 算法实际上就是程序了。()
7. 程序一定是算法。()
8. 数据的物理结构是指数据在计算机内的实际存储形式。()
9. 数据结构的抽象操作的定义与具体实现有关。()
10. 在顺序存储结构中, 有时也存储数据结构中元素之间的关系。()
11. 顺序存储方式的优点是存储密度大, 且插入、删除运算效率高。()
12. 数据结构基本操作设置的最重要的准则是实现应用程序与存储结构的独立。()
13. 数据的逻辑结构说明数据元素之间的顺序关系, 它依赖于计算机的存储结构。()

三、填空题

1. 数据的物理结构包括_____的表示和_____的表示。
2. 数据的逻辑结构是指_____。
3. 一个数据结构在计算机中_____称为存储结构。
4. 抽象数据类型的定义仅取决于它的一组_____, 而与_____无关, 即不论其内部结构如何变化, 只要它的_____不变, 都不影响其外部使用。
5. 数据结构中评价算法的两个重要指标是_____。
6. 数据结构是研讨数据的_____和_____, 以及它们之间的相互关系, 并对与这种结构定义相应的_____, 设计出相应的_____。
7. 一个算法具有_____, _____、_____, 有零个或多个输入、有一个或多个输出 5 个特性。
8. 已知如下程序段

```
FOR i:= n DOWNTO 1 DO      {语句1}
```

```
BEGIN
  x:=x+1;           {语句 2}
  FOR j:=n DOWNTO i DO {语句 3}
    y:=y+1;       {语句 4}
  END;
```

语句 1 执行的频度为_____，语句 2 执行的频度为_____，语句 3 执行的频度为_____，语句 4 执行的频度为_____。

9. 在下面的程序段中，对 x 的赋值语句的频度为_____（表示为 n 的函数）。

```
FOR i: =1 TO n DO
  FOR j: =1 TO i DO
    FOR k: =1 TO j DO
      x: =x+delta;
```

10. 下面程序段中带下划线的语句的执行次数的数量级是（ ）。

```
i:=1;
WHILE i<n BEGIN FOR j:=1 TO n DO x:=x+1;i:=i*2 END;
```

四、应用题

1. 数据类型和抽象数据类型是如何定义的？二者有何相同和不同之处？抽象数据类型的主要特点是什么？使用抽象数据类型的主要好处是什么？

2. 回答下列问题。

(1) 在“数据结构”课程中，数据的逻辑结构、数据的存储结构及数据的运算之间存在着怎样的关系？

(2) 若逻辑结构相同但存储结构不同，则为不同的数据结构。这样的说法对吗？请举例说明。

(3) 在给定的逻辑结构及其存储表示上可以定义不同的运算集合，从而得到不同的数据结构。这样说法对吗？请举例说明。

(4) 评价各种不同数据结构的标准是什么？

3. 评价一个好的算法是从哪几方面来考虑的？

4. 数据结构与数据类型有什么区别？

5. 数据的存储结构由哪 4 种基本的存储方法实现？

6. 试举一例说明对相同的逻辑结构，同一种运算在不同的存储方式下实现，其运算效率不同。

7. 有实现同一功能的两个算法 A1 和 A2，其中 A1 的时间复杂度为 $T1=O(2^n)$ ，A2 的时间复杂度为 $T2=O(n^2)$ ，仅就时间复杂度而言，请具体分析这两个算法哪个好。

8. 设计一数据结构，用来表示某一银行储户的基本信息：账号、姓名、开户年月日、储蓄类型、存入累加数、利息、账面总数。

9. 阅读下列算法，指出算法 A 的功能和时间复杂性。

```
PROCEDURE A (h,g:pointer);
(h,g 分别为单循环链表(single linked circular list)中两个结点指针)
PROCEDURE B(s,q:pointer);
  VAR p:pointer;
  BEGIN
```



```

    p:=s;
    WHILE p^.next<>q DO p:=p^.next;
    p^.next:=s;
  END;(of B)
BEGIN
  B(h,g); B(g,h);
END;(of A)

```

10. 调用下列 C 函数 $f(n)$, 回答下列问题。

- (1) 试指出 $f(n)$ 值的大小, 并写出 $f(n)$ 值的推导过程。
- (2) 假定 $n=5$, 试指出 $f(5)$ 值的大小和执行 $f(5)$ 时的输出结果。

```

C 函数: int f(int n)
        { int i,j,k,sum= 0;
          for(i=1; i<n+1;i++)
            {for(j=n;j>i-1; j--)
              for(k=1;k<j+1;k++ )
                sum++;
              printf("sum=%d\n",sum);
            }
          return (sum);
        }

```

11. 简述数据结构、算法和程序设计 3 者之间的关系。
12. 举一个实例说明数据结构对算法设计的影响。

