

普通高校本科计算机专业特色教材精选·算法与程序设计

数据结构学习指导与习题集

陈德裕 主编

清华大学出版社

普通高校本科计算机专业特色教材精选·算法与程序设计

数据结构学习指导与习题集

陈德裕 主 编

顾卫江

杭月芹

丁 红 副主编

徐 敏

顾 欣

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书是积作者多年讲授“数据结构”课程的教学经验,结合辅导学生学习本课程中所遇到的实际问题而写成的,与清华大学出版社出版的《数据结构——C++ 描述》教材相配套。主要内容由五个模块组成:第一个模块是学习指导,包括各章的知识结构分析、教材内容剖析及提要 and 重难点分析;第二个模块是学习辅导。包括重难点解析、知识点串讲和学习方法指导;第三个模块是例题模块,给出了一些具有代表意义的典型例题;第四个模块是习题模块,提供了大量多种题型的习题供读者练习使用;第五个模块是习题参考答案模块,供读者在解题时参考。在每一章的最后,附录了一些著名计算机科学家的生平事迹和有关技术,其目的是为了拓宽读者的知识面,激发学习本课程的热情。

本书配合《数据结构——C++ 描述》教材使用,旨在指导读者快速地理解数据结构中的各个知识点,掌握其重点,突破其学习的难点。同时,配合教材各章节的学习,给出了大量的例题和与教材内容相对应的习题,以供读者练习时使用。

本书同时可以作为高等院校计算机及相关专业本专科学生学习“数据结构”课程的参考教材,也可以作为参加研究生入学考试的读者和参加各级各类计算机专业资格考试的读者辅导教材,同时,也可对从事计算机工程与应用工作的科技工作者有一定的参考价值。

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

数据结构学习指导与习题集/陈德裕主编. —北京:清华大学出版社,2010.3

(普通高校本科计算机专业特色教材精选·算法与程序设计)

ISBN 978-7-302-21477-9

I. ①数… II. ①陈… III. ①数据结构—高等学校—教学参考资料 IV. ①TP311.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 017988 号

责任编辑:袁勤勇 薛 阳

责任校对:焦丽丽

责任印制:孟凡玉

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:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

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

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:18.5

字 数:431 千字

版 次:2010 年 3 月第 1 版

印 次:2010 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:26.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:035502-01

出版说明

INTRODUCTION

在我国高等教育逐步实现大众化后，越来越多的高等学校将会面向国民经济发展的第一线，为行业、企业培养各级各类高级应用型专门人才。为此，教育部已经启动了“高等学校教学质量和教学改革工程”，强调要以信息技术为手段，深化教学改革和人才培养模式改革。如何根据社会的实际需要，根据各行各业的具体人才需求，培养具有特色显著的人才，是我们共同面临的重大问题。具体地说，培养具有一定专业特色的和特定能力强的计算机专业应用型人才是计算机教育要解决的问题。

为了适应 21 世纪人才培养的需要，培养具有特色的计算机人才，急需一批适合各种人才培养特点的计算机专业教材。目前，一些高校在计算机专业教学和教材改革方面已经做了大量工作，许多教师在计算机专业教学和科研方面已经积累了许多宝贵经验。将他们的教研成果转化为教材的形式，向全国其他学校推广，对于深化我国高等学校的教学改革是一件十分有意义的事情。

清华大学出版社在经过大量调查研究的基础上，决定组织出版一套“普通高校本科计算机专业特色教材精选”。本套教材是针对当前高等教育改革的新形势，以社会对人才的需求为导向，主要以培养应用型计算机人才为目标，立足课程改革和教材创新，广泛吸纳全国各地的高等院校计算机优秀教师参与编写，从中精选出版确实反映计算机专业教学方向的特色教材，供普通高等院校计算机专业学生使用。

本套教材具有以下特点：

1. 编写目的明确

本套教材是在深入研究各地各学校办学特色的基础上，面向普通高校的计算机专业学生编写的。学生通过本套教材，主要学习计算机科学与技术专业的基本理论和基本知识，接受利用计算机解决实际问题的基本训练，培养研究和开发计算机系统，特别是应用系统的基本能力。

2. 理论知识与实践训练相结合

根据计算机学科的三个学科形态及其关系,本套教材力求突出学科的理论与实践紧密结合的特征,结合实例讲解理论,使理论来源于实践,又进一步指导实践。学生通过实践深化对理论的理解,更重要的是使学生学会理论方法的实际运用。在编写教材时突出实用性,并做到通俗易懂,易教易学,使学生不仅知其然,知其所以然,还要会其如何然。

3. 注意培养学生的动手能力

每种教材都增加了能力训练部分的内容,学生通过学习和练习,能比较熟练地应用计算机知识解决实际问题。既注重培养学生分析问题的能力,也注重培养学生解决问题的能力,以适应新经济时代对人才的需要,满足就业要求。

4. 注重教材的立体化配套

大多数教材都将陆续配套教师用课件、习题及其解答提示,学生上机实验指导等辅助教学资源,有些教材还提供能用于网上下载的文件,以方便教学。

由于各地区各学校的培养目标、教学要求和办学特色均有所不同,所以对特色教学的理解也不尽一致,我们恳切希望大家在使用教材的过程中,及时地给我们提出批评和改进意见,以便我们做好教材的修订改版工作,使其日趋完善。

我们相信经过大家的共同努力,这套教材一定能成为特色鲜明、质量上乘的优秀教材。同时,我们也希望通过本套教材的编写出版,为“高等学校教学质量和教学改革工程”做出贡献。

清华大学出版社

前言

FOREWORD

“数据结构”是计算机学科各专业以及其他相关专业的一门核心专业基础课程,同时也是计算机专业或相近专业学生考研、参加相关等级水平考试的必考内容之一。

“数据结构”课程的知识内容丰富、抽象程度高、习题量大,教材中所介绍的经典算法、处理问题的技术和方法较多,算法的实现思想比较独到。这些特点给读者在学习本门课程时带来了很大的困难。

作为《数据结构(C++版)》教材的配套材料,我们组织和编写了《数据结构学习指导与习题集》。作者从事“数据结构”课程教学工作多年,不仅对该课程的教与学等环节有一定认识,而且对读者在学习各章教学内容时所遇到的困难、疑惑有着较深的体会。在综合教与学的经验基础上,结合“数据结构”课程本身的特点,对各章内容进行了归纳整理和提炼,根据教育部制订的有关本课程的学习大纲和各级各类考试要求,给出了每一章的学习重点和难点,并结合本课程的知识结构,把教材中读者有可能难以理解和学习的问题和重点内容进行了仔细讲解和指导,并通过归纳、对比、图表等手段呈现给读者。同时,根据每一章的特点,也给出了其学习方法的指导。

本书的主要内容由5个模块组成:第一个模块是学习指导,包括各章的知识结构分析、教材内容剖析及提要 and 重难点分析;第二个模块是学习辅导,包括重难点解析、知识点串讲和学习方法指导;第三个模块是例题模块,给出了一些具有代表意义的典型例题;第四个模块是习题模块,提供了大量多种题型的习题供读者练习使用;第五个模块是习题参考答案模块,供读者在解题时参考。另外,本书在每章的最后附录了一些著名计算机科学家的生平事迹和相关技术,其目的是为了拓宽读者的知识面,激发学习本课程的热情。

本书同时可作为计算机专业或其他相关专业本、专科学生学习数据结构课程的辅助教材,也可以作为考研或其他计算机专业相关考试的参考书。

全书由陈德裕老师负责统稿并撰写第1~7章的前两个模块。顾卫江老师负责撰写第3~5章的后三个模块工作;杭月芹老师负责撰写第1、6~7章的后三个模块工作;丁红老师负责撰写第8~9章的后三个模块工作;顾颀老师负责撰写第8~9章的前两个模块的工作;徐敏老师负责撰写第2章的后三个模块工作和全书的校对编辑工作。管致锦教授、徐慧博士对本书的编写提出了很多有益的建议;同时在全书的编写过程中得到有关领导的关心和帮助,并参考了一些同行、专家的有关文献资料,在此一并表示感谢。

由于作者编写水平有限,书稿虽然经过多次修改和校对,但其中仍难免存在一些缺点和错误,诚恳欢迎同行、专家和读者能够对本书提出一些批评和建议,以便我们进一步改正和完善。

作 者

2009年11月

目 录

CONTENTS

第1章 绪论	1
1.1 学习指导	1
1.1.1 知识结构分析	1
1.1.2 教材内容剖析及提要	1
1.1.3 本章重难点分析	2
1.2 学习辅导	2
1.2.1 重难点解析	2
1.2.2 知识点串讲	7
1.2.3 学习方法指导	14
1.3 例题	15
1.4 习题	17
1.5 习题参考答案	19
计算机科学人物介绍之一： 凭借一句话获得图灵奖的 Pascal 之父——尼克劳斯·威茨 (Nicklaus Wirth)	21
第2章 线性表	25
2.1 学习指导	25
2.1.1 知识结构分析	25
2.1.2 教材内容剖析及提要	25
2.1.3 本章重难点分析	26
2.2 学习辅导	27
2.2.1 重难点解析	27
2.2.2 知识点串讲	33
2.2.3 学习方法指导	47
2.3 例题	48
2.4 习题	52

2.5 习题参考答案	53
计算机科学人物介绍之二:	
第一位华人图灵奖获得者——姚期智	56
第3章 栈和队列	61
3.1 学习指导	61
3.1.1 知识结构分析	61
3.1.2 教材内容剖析及提要	61
3.1.3 本章重难点分析	62
3.2 学习辅导	62
3.2.1 重难点解析	62
3.2.2 知识点串讲	65
3.2.3 学习方法指导	78
3.3 例题	79
3.4 习题	82
3.5 习题参考答案	84
计算机科学人物介绍之三:	
FORTRAN 之父——约翰·巴克斯(John Backus)	87
第4章 串及其模式匹配	95
4.1 学习指导	95
4.1.1 知识结构分析	95
4.1.2 教材内容剖析及提要	95
4.1.3 本章重难点分析	96
4.2 学习辅导	97
4.2.1 重难点解析	97
4.2.2 知识点串讲	99
4.2.3 学习方法指导	104
4.3 例题	105
4.4 习题	108
4.5 习题参考答案	109
计算机科学人物介绍之四:	
KMP 算法中的 Don E. Knuth——数据结构课程的创始人	112
第5章 数组与特殊矩阵	117
5.1 学习指导	117
5.1.1 知识结构分析	117
5.1.2 教材内容剖析及提要	118

5.1.3	本章重难点分析	118
5.2	学习辅导	119
5.2.1	重难点解析	119
5.2.2	知识点串讲	123
5.2.3	学习方法指导	126
5.3	例题	127
5.4	习题	130
5.5	习题参考答案	132
信息处理技术介绍:		
	数据压缩技术简史	136
第6章	树和二叉树	143
6.1	学习指导	143
6.1.1	知识结构分析	143
6.1.2	教材内容剖析及提要	143
6.1.3	本章重难点分析	144
6.2	学习辅导	145
6.2.1	重难点解析	145
6.2.2	知识点串讲	152
6.2.3	学习方法指导	156
6.3	例题	157
6.4	习题	160
6.5	习题参考答案	164
计算机科学人物介绍之五:		
	哈夫曼(David A. Huffman)	171
第7章	图	173
7.1	学习指导	173
7.1.1	知识结构分析	173
7.1.2	教材内容剖析及提要	173
7.1.3	本章重难点分析	175
7.2	学习辅导	175
7.2.1	重难点解析	175
7.2.2	知识点串讲	181
7.2.3	学习方法指导	184
7.3	例题	185
7.4	习题	191
7.5	习题参考答案	195

计算机科学人物介绍之六:

迪杰斯特拉(Dijkstra)和弗洛伊德(Floyd) 204

第8章 查找..... 207

8.1 学习指导 207

8.1.1 知识结构分析..... 207

8.1.2 教材内容剖析及提要..... 208

8.1.3 本章重难点分析..... 208

8.2 学习辅导 209

8.2.1 重难点解析..... 209

8.2.2 知识点串讲..... 212

8.2.3 学习方法指导..... 214

8.3 例题 215

8.4 习题 218

8.5 习题参考答案 223

计算机科学人物介绍之七:

约翰·霍普克洛夫特(John Edward Hopcroft)和罗伯特·陶尔扬
(Robert Endre Tarjan)——师生共获图灵奖 237

第9章 排序..... 243

9.1 学习指导 243

9.1.1 知识结构分析..... 243

9.1.2 教材内容剖析及提要..... 244

9.1.3 本章重难点分析..... 245

9.2 学习辅导 245

9.2.1 重难点解析..... 245

9.2.2 知识点串讲..... 250

9.2.3 学习方法指导..... 254

9.3 例题 254

9.4 习题 260

9.5 习题参考答案 266

计算机科学人物介绍之八:

查尔斯·霍尔(Charles Antony Richard Hoare) 277

参考文献..... 281

第 1 章

绪 论

CHAPTER

1.1 学习指导

1.1.1 知识结构分析

本章是数据结构课程的引言和总论。主要包括两个方面：数据结构的相关概念和算法基础。知识点的结构组成如图 1.1 所示。

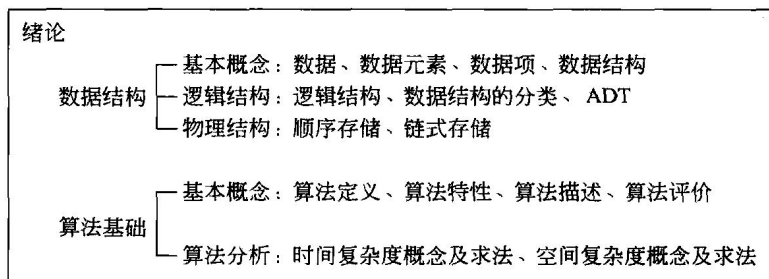


图 1.1 绪论知识结构

1.1.2 教材内容剖析及提要

本章介绍数据结构和算法的基本概念以及算法分析的基本方法，是学习后续章节的基础。因此，通过本章的学习，要求读者能做到准确理解有关概念和术语，牢固地掌握相关的理论和方法。主要包括：数据结构之源和发展（为什么要学习数据结构）、数据结构的研究对象（数据结构学什么）、数据结构的基本概念；算法的基本概念、算法的描述方法、算法的性能评价等。读者在学习本章时，可以抓住公式“数据结构+算法=程序”来进行学习。第一，从这个公式中可以看出数据结构在整个课程体系中的地位和作用；第二，从这个公式可以看出在设计一个程序的时候，人们首先要考虑的是两方面的工作，一是确定所用的数据结构，二是解决问题所采用的算法；第三，从这个公式还可以看出，人们在评价一个程序的好坏的时候，可以转化为评价它的数据结构和算法。因此，本章教材中的第二部分内容

讲述算法的概念、特性、设计要求、描述方法以及算法效率的度量。其中,有关算法的描述方法是必须要熟练掌握的。

1.1.3 本章重难点分析

本章的学习要求

- (1) 了解数据结构的发展进程。
- (2) 理解数据结构的研究对象和研究方法。
- (3) 理解抽象数据类型的概念和算法分析的目的。
- (4) 掌握数据元素、数据结构、算法、时间复杂度、空间复杂度等概念。
- (5) 掌握算法的特性、描述的方法、设计的原则以及评价方式。

本章的学习重点

- (1) 数据结构的基本概念:数据、数据元素、数据项、数据类型、数据结构等。
- (2) 数据的逻辑结构和物理结构。
- (3) 算法的概念、特性、设计要求以及算法效率的度量。
- (4) 时间复杂度的概念和求法。

本章的学习难点

- (1) 数据结构的作用和地位的理解。
- (2) 算法时间复杂度的分析与计算。

1.2 学习辅导

1.2.1 重难点解析

1. 本课程的地位和作用

“数据结构”是一门计算机科学及相关专业的核心课程,同时也是一门和程序设计有着紧密联系的课程。它起源于程序设计,并且涉及计算机硬件、计算机软件以及计算机数学等学科的内容。在1968年由美国的计算机学家D. E. Knuth教授在他的专著《计算机程序设计技巧》中首先给出数据结构的体系。在这之前,它的某些内容曾在其他课程,如“表处理语言”中有所阐述。1968年在美国一些大学的计算机系的教学计划中,虽然把“数据结构”规定为一门课程,但对课程的范围没有作明确规定。当时,数据结构几乎和图论,特别是和表、树的理论为同义词。随后,数据结构这个概念被扩充到包括网络、集合代数论、格、关系等方面,从而变成了现在称为“离散数学”的内容。然而,由于数据结构是在计算机中进行处理的,因此,不仅要考虑数据本身的数学性质,而且还需考虑数据的存储结构,这就进一步扩大了数据结构的内容。近年来,随着数据库系统的不断发展,在“数据结构”课程中又增加了文件管理(特别是大型文件的组织)的内容。但是考虑到我国的实际情况以及本教材的使用对象,在本书中没有把文件管理作为其中的内容。

“数据结构”课程内容丰富,涉及面广泛,它主要研究非线性数据的数据结构及其算

法。它不仅是“汇编语言”、“操作系统原理”、“编译原理”、“数据库原理”等课程的前驱和基础课程,而且直接关系到软件设计水平的提高和专业素质的培养,在整个计算机专业教学体系中处于举足轻重的地位。因而成为计算机科学与技术专业的核心课程,同时也成为大多数科研院所和高校招收计算机类研究生的必考课程。随着计算机应用技术的发展,数据结构的内容也在不断地更新和发展。

2. 课程的内容和体系安排

根据数据结构的分类,把“数据结构”课程的学习内容分为4个部分:一是线性结构的内容。主要包括线性表、栈和队列、串和数组等。其结构特征是数据元素之间的关系是一对一的关系。虽然它们结构关系简单,但在日常生活中,许多问题中的数据关系都是线性关系。二是树。主要内容包括树和二叉树。其结构特征是数据元素之间的关系是一对多的关系。树型结构是本课程学习的重点内容。因为这种结构在整个数据结构课程中是处于中间地位,加之许多问题的解决最终都要归结到树型结构来加以处理。三是图。主要内容包括图的概念及应用。其结构特征是数据元素之间的关系是多对多的关系。图结构也是本课程的重点内容之一,主要是基于这种结构有着许多实际应用。四是集合结构。内容主要包括查找和排序。查找和排序几乎在所有的应用系统中都有相应的功能操作。由于它们操作的对象之间只存在着松散的关系,也就是集合结构,所以处理问题时比较灵活。

关于教材内容的体系安排。在教材中,对于每一种数据结构的内容,先介绍有关的概念,然后介绍相应的逻辑结构(ADT),接着阐述有关的存储结构(物理结构),最后给出相应的一些应用。根据这一特点,在学习有关内容时,可以根据这一体系结构来理解和掌握教材中的相应内容。

3. 本章的学习提要

在绪论这一章,首先要正确理解为什么要学习这一门课程。人们在编写程序来解决实际问题时,总会遇到处理大量数据的情况。这些数据不仅仅是在程序中进行调用、传递和处理,更重要的是要加以存储。用什么样的方式进行存储、存储在哪儿、这些要处理的数据之间有什么关系、有什么联系,在过去人们往往对这些问题考虑不够。特别是随着软件工程思想的广泛应用、处理问题的复杂程度增加、处理数据量的增大,上述问题就变得更加突出。因此,数据结构课程的教学目的之一就是使得我们在进行程序设计之前,先对要处理的数据进行分析和研究,确定它们的结构(关系),明确它们的存储方法,进而可以确定问题的解决方案,方便人们对问题的编程解决。另一方面,我们在解决具体实际问题后,问题并没有得到解决,人们还必须要确定解决问题的方法,也就是算法设计。尽管解决某一个问题的方法可能有多种,但不管是什么方法,都要和处理问题所需要的数据的结构有关系。数据的存储方式不同,解决问题的策略有所不同。同时,对于一些问题的解决,前人已经做了大量的工作,设计出了一些著名的经典算法。因此,我们也有必要去学习、研究前人所做的这些工作,使得我们在设计算法时,能从这些经典算法中得到启发,从而提高我们解决实际问题的能力。因此,在数据结构课程中,安排了大量的算法,这些算法不仅是对相关的数据结构的描述,而且也可以让读者从中得到某些启迪。通过这些算

法的学习,也可以很好地提高我们程序设计的水平,拓展人们解决实际问题的能力。因此,数据结构课程的教学目的之二就是掌握常见算法的设计、应用以及评价一个算法性能优劣的方法。

其次,在本章的学习中,还必须掌握数据结构课程的研究内容。第一,要对“结构”这一名词正确理解。数据结构中的“结构”一词,英文是 structure,其含义是“结构”、“组织”、“构造”、“安排”等。在数据结构课程中,要研究某一类问题中所处理的数据之间存在什么关系,采用什么形式(结构)加以存储和处理。因此,此处的“结构”也可以理解成是数据之间的关系。另外,从结构的本意上来说,数据结构中的“结构”也可以理解为数据的组织方式、存储方式。第二,要对“数据”这一概念有全面、正确的理解。在数据结构中,数据的概念很广泛。数据结构中的数据,英文是 data,其含义是“数据”、“资料”、“信息”等。“数据”是对客观事物的符号表示,是用于表示客观事物的未经加工的原始素材,如图形符号、数字、字母等。或者说,数据是通过物理观察得来的事实和概念,是关于现实世界中的地点、事件、其他对象或概念的描述。在计算机科学中,数据是指所有能输入到计算机并被计算机程序处理的符号的介质的总称,是用于输入电子计算机进行处理,具有一定意义的数字、字母、符号和模拟量等的通称。因此,我们可以把数据结构课程的研究内容理解成是对所有的能够数字化的信息进行研究,并确定这些信息之间的关系、存储方式,以及基于这些存储方式的操作是如何实现的学科。

最后,在本章的学习中,要搞清楚有关本课程的几个最基本的概念。

一是数据元素、数据项的概念。数据元素是数据的基本单位。它在计算机程序中通常作为一个整体进行考虑和处理。数据项是数据结构中讨论的最小单位,是数据记录中最基本的、不可分割的数据单位。数据项可以是字母、数字或两者的组合。通过数据类型(逻辑的、数值的、字符的等)及数据长度来描述。数据项用来描述实体的某种属性。数据元素可以是数据项的集合。有关数据、数据元素、数据项的关系可以用图 1.2 来表示。

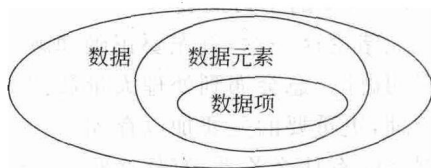


图 1.2 数据、数据元素、数据项之间的关系

这里要特别注意,它们一个是基本单位,一个是最小单位,我们往往会把这两个概念混淆。

二是数据结构、数据类型和抽象数据类型。

数据结构是在计算机科学中广泛使用的一个术语,它通常是指数据在计算机内部的组成形式,反映了数据是由哪些数据元素构成的,是以什么方式构成的,数据元素之间有什么样的关系结构。因此,教材中把数据结构定义为“是相互之间存在一种或多种特定关系的数据元素的集合”。从某种意义上讲,数据结构是一个集合,是数据元素的集合,在这个集合中的元素之间至少要存在着一种关系(结构)。根据数据结构中数据元素之间的关系,可以把数据结构分为下面 4 种基本类型。

- (1) 集合结构:数据元素之间的关系是仅隶属于同一个集合。
- (2) 线性结构:结构中的数据元素之间存在一个一对一的关系。
- (3) 树型结构:结构中的数据元素之间存在一个一对多的关系。
- (4) 图状结构:结构中的数据元素之间存在一个多对多的关系。

这4种基本的结构可以用图1.3来表示。其中数据元素对应着图示中的圆圈,元素之间的对应关系用连线表示。如果强调关系的方向性,连线还可以用带有箭头的连线表示。

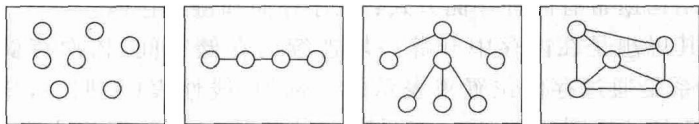


图 1.3 集合结构、线性结构、树型结构和图状结构示意图

4. 数据的逻辑结构和物理结构

如果从看问题的角度出发,又可以把数据结构分为逻辑结构和物理结构。它们之间的关系可以用图1.4表示。

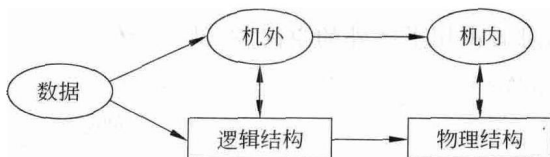


图 1.4 数据表示的含义

数据的逻辑结构:是描述数据元素之间逻辑关系的整体。此处的逻辑关系是指数据元素之间的联系或连接关系。逻辑结构是面向问题的,是为了解决某个问题,在理解问题的基础上确定一个数据结构来表示数据元素之间的逻辑关系。

关于数据的逻辑结构有以下4点在学习的时候需要引起注意。

(1) 逻辑结构与数据元素本身和形式、内容无关。如字母表中的字母,数据元素是单个的字母,逻辑结构是线性结构;而字典中的英语单词,数据元素有可能是多个字母,但其逻辑结构还是线性结构。

(2) 逻辑结构与数据元素的相关位置无关。如字典中的单词,有的是按照拼音排列,有的是按照偏旁部首排列,尽管在字典中的位置不同,但它们的逻辑结构还是线性结构。

(3) 逻辑结构与所含的数据元素的个数无关。如字典中的单词,有的字典中多,有的字典中少,但单词的逻辑结构都是线性结构。

(4) 逻辑结构与数据的存储方式无关。英语中的单词,无论是在什么字典里,无论位置怎么不同,无论解释怎么不一样,但它们之间的关系仍是线性结构。

数据的物理结构(存储结构):是指数据以及其逻辑结构在计算机内部的表示(或称为映像)。数据的物理结构包括两个方面,第一是数据在计算机中如何表示。从表面上来说,所有的数据在计算机中都是用二进制数表示的,但这里有一个如何表示的问题,或者说用什么样的二进制数表示。第二是数据之间的关系(或者说结构)是如何在计算机中表示的问题。因此,在理解数据的存储结构时要注意以下两点。

(1) 数据结构中的数据,在这里是指数据元素的集合,在存储数据时首先要将所有的数据元素存储到计算机的存储器中,而不是只存储一个或者一部分。

(2) 数据的结构,或者说逻辑结构的存储是实现数据的物理结构的关键和难点所在。这是因为数据元素之间的关系有时候不是很明显的,即使有的关系是显式的,但如何把这种关系在存储中加以实现也是不容易的。

数据的物理结构通常有两种存储方式:顺序存储和链式存储。

顺序存储:其思想是在内存中开辟一块连续的存储空间,依次存储数据元素。数据元素之间的关系是通过存储位置来表示的。例如,线性表(星期一,星期二,……,星期日)的顺序存储方式如图 1.5 所示。顺序存储的特点是数据集中存储,便于查找等操作,但当要进行插入、删除等操作时,会造成大量的数据移动,此时就不适合用顺序存储了。

链式存储:其思想是用一组任意的存储单元存储数据元素,数据元素之间的关系是通过附加的指针来表示的。例如,线性表(星期一,星期二,……,星期日)的链式存储方式如图 1.6 所示。这种存储方式的特点是不需要连续的存储空间,对存储空间的要求比较灵活。但在保存结构信息时占用了额外的空间(存储指针信息)。

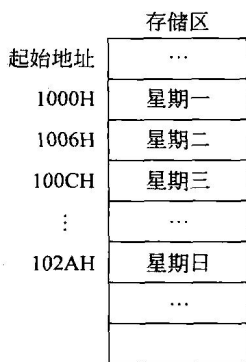


图 1.5 顺序存储方式

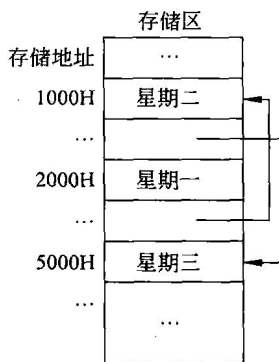


图 1.6 链式存储方式

数据的上述两种存储方式是各有利弊的。在解决某一个问题时,如果选择的存储结构不同,那么解决问题的策略也就不一样。或者说,选择存储结构要和所解决的问题紧密联系在一起。具体地,在选择数据的存储结构时,可以从下面三个方面来考虑。

- (1) 时间性能:存储结构是否有利于问题的快速解决?
- (2) 空间性能:存储结构占用的内存空间是否合理?密度是不是适当?
- (3) 其他性能:对整个开发的系统是否有影响?

此外,数据的存储方式还有索引存储方法和散列存储方法。此处做一简单介绍,相关内容在教材中的后续章节里会做详细介绍。

索引存储方法:该方法通常在存储结点信息的同时,还建立附加的索引表。

索引表由若干索引项组成。若每个结点在索引表中都有一个索引项,则该索引表称为稠密索引(Dense Index)。若一组结点在索引表中只对应一个索引项,则该索引表称为稀疏索引(Spare Index)。索引项的一般形式是:

(关键字、地址)

关键字是能唯一标识一个结点的数据项。稠密索引中索引项的地址指示结点所在的