

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 习题与实践

高婷 杨明莉 主编
刘磊 成桂玲 副主编



清华大学出版社

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 习题与实践

高婷 杨明莉 主编
刘磊 成桂玲 副主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书作为《实用数据结构教程》一书的配套教材,注重思维应用提炼和上机实践指导。前 10 章的内容可分为四个部分,即学习要点、案例分析、同步练习和实验指导。课程设计的内容占用一章为全书的学习内容作一总结,同时为方便学生学习和教师实验授课,书中给出了实验报告的模板和课程设计的模板,并且在附录中给出教材中的课后习题答案。

本书中对算法实现的参考源代码始终采用 C 语言格式,各案例、实验和课程设计中的程序都可在 Turbo C 和 Visual C++ 中实现。

本书内容具有相对独立性,内容安排深入浅出、循序渐进。因此,本书既可以作为高校计算机和相关专业本科生的教材,也可以作为专科和成人教育的教材。

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

实用数据结构习题与实践/高婷,杨明莉主编. —北京:清华大学出版社,2011.7

(21 世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术)

ISBN 978-7-302-25414-0

I. ①实… II. ①高… ②杨… 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(2011)第 074907 号

责任编辑:梁 颖

责任校对:焦丽丽

责任印制:王秀菊

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:010-62795954, jsjtc@tup.tsinghua.edu.cn

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

印 刷 者:北京季蜂印刷有限公司

装 订 者:三河市李旗庄少明装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:12.5 字 数:308 千字

版 次:2011 年 7 月第 1 版 印 次:2011 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:23.00 元

产品编号:041057-01

编审委员会成员

(按地区排序)

清华大学

周立柱 教授
覃 征 教授
王建民 教授
冯建华 教授
刘 强 副教授

北京大学

杨冬青 教授
陈 钟 教授
陈立军 副教授

北京航空航天大学

马殿富 教授
吴超英 副教授
姚淑珍 教授

中国人民大学

王 珊 教授
孟小峰 教授
陈 红 教授

北京师范大学

周明全 教授

北京交通大学

阮秋琦 教授

北京信息工程学院

赵 宏 教授

北京科技大学

孟庆昌 教授

石油大学

杨炳儒 教授

天津大学

陈 明 教授

复旦大学

艾德才 教授

吴立德 教授

吴百锋 教授

杨卫东 副教授

同济大学

苗夺谦 教授

徐 安 教授

华东理工大学

邵志清 教授

华东师范大学

杨宗源 教授

应吉康 教授

东华大学

乐嘉锦 教授

孙 莉 副教授

浙江大学

扬州大学

南京大学

南京航空航天大学

南京理工大学

南京邮电学院

苏州大学

江苏大学

中国矿业大学

武汉大学

华中科技大学

中南财经政法大学

华中师范大学

江汉大学

国防科技大学

中南大学

湖南大学

西安交通大学

长安大学

哈尔滨工业大学

吉林大学

山东大学

中山大学

厦门大学

仰恩大学

云南大学

电子科技大学

成都理工大学

西南交通大学

吴朝晖 教授

李善平 教授

李 云 教授

骆 斌 教授

黄 强 副教授

黄志球 教授

秦小麟 教授

张功萱 教授

朱秀昌 教授

王宜怀 教授

陈建明 副教授

鲍可进 教授

张 艳 教授

何炎祥 教授

刘乐善 教授

刘腾红 教授

叶俊民 教授

郑世珏 教授

陈 利 教授

颜 彬 教授

赵克佳 教授

邹北骥 教授

刘卫国 教授

林亚平 教授

沈钧毅 教授

齐 勇 教授

巨永锋 教授

郭茂祖 教授

徐一平 教授

毕 强 教授

孟祥旭 教授

郝兴伟 教授

潘小轰 教授

冯少荣 教授

张思民 教授

刘惟一 教授

刘乃琦 教授

罗 蕾 教授

蔡 淮 教授

于 春 讲师

曾华燊 教授

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·财经管理与计算机应用。

(7) 21 世纪高等学校规划教材·电子商务。

清华大学出版社经过二十多年的努力,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”是一门非常重要的计算机专业基础课程,专业要求与计算机科学与技术、计算机通信及相关专业。在计算机相关教育领域中,“数据结构”的核心地位是被大家公认的。

在“数据结构”课程的学习过程中,存在着较大困难,第一,教材中大部分方法实现的过程一般用伪代码表示,理解起来有难度;第二,学习“数据结构”课程一般开设到第3学期,前序课程一般为C语言或C++语言,在刚刚学习的基础上没有进一步加深。目前在同类教材中,缺乏将要点、习题、案例和上机实践综合的教材,本书将这四个方面综合到一起,力求能作为在校本科生的学习辅导教材和教师的教学辅助教材,以及计算机相关专业人员的专业指导书,本书在语言上表达通俗时尚、算法表达精练、易读易懂、注重应用实践,注意训练实际应用和上机动手能力。

本书作为《实用数据结构教程》一书的配套教材,注重思维应用提炼和上机实践指导,本书前10章的内容可分为四个部分,即学习要点、案例分析、同步练习和实验指导。课程设计的内容占用一章为全书的学习内容作一总结,同时为方便学生学习和教师实验授课,书中给出了实验报告的模板和课程设计的模板,并且在附录中给出教材中的课后习题答案。

在各章中,学习要点主要着眼于对数据结构介绍的内容分章进行知识要点总结,并给出重点和难点的分析;案例分析中相应于本章知识要点引出经典案例问题,通过详述精解过程,能深刻掌握本章的重点和难点;再通过同步练习,对本章的全部知识通览,其中包括一部分历届名校考研题,是为了对一部分有需求的学生进行知识提高;在实验指导部分,按照实验要求学时,分次给出本课程所需的上机实验部分,根据完整的实验步骤,可以独立进行实验练习,并通过给出的完整参考源代码,可直接在Visual C++或Turbo C环境中运行。课程设计一章中,安排了两个比较新颖的课程设计内容,并给出完整的课程设计内容,算法设计思想,同时给出参考源代码和实现过程。附表中给出三个方面的内容,一是实验报告模板,二是课程设计模板,三是教材的课后习题答案。

本书中对算法实现的参考源代码始终采用C语言格式,各案例、实验和课程设计中的程序都可在Turbo C或Visual C++中实现。

本书内容具有相对独立性,内容安排深入浅出、循序渐进。因此,本书既可以作为高校计算机和相关专业本科生的教材,也可以作为专科和成人教育的教材。

本书由高婷、杨明莉任主编,刘磊、成桂玲任副主编,颜辉、潘冠宇、范丽梅、汤赫男、吴大亲、胡海燕和贾玉红参编完成。第1章、第2章、第10章、第11章、附录1和附录2由高婷编写;第3章、第8章和第9章由杨明莉编写;第4章、第7章由成桂玲编写;第5章、第6

章由刘磊编写；第 11 章由杨明莉、刘磊编写。附录 3 由颜辉、潘冠宇、范丽梅、汤赫男、吴大亲、胡海燕和贾玉红编写，全书由杨明莉统稿。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏，非常希望广大读者批评指正！

编 者

2011 年 2 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 本章知识纲要	1
1.1.1 基本知识	1
1.1.2 要点和难点分析	2
1.2 同步练习	3
1.3 同步练习参考答案	4
第 2 章 线性表	6
2.1 本章知识纲要	6
2.1.1 基本知识	6
2.1.2 要点和难点分析	7
2.2 案例分析	7
2.2.1 经典案例描述	7
2.2.2 精解分析	8
2.3 同步练习	11
2.4 同步练习参考答案	13
2.5 实验指导	15
2.5.1 实验目的	15
2.5.2 实验内容	15
2.5.3 实验解析	15
2.5.4 实验结论	20
第 3 章 栈和队列	21
3.1 本章知识纲要	21
3.1.1 基本知识	21
3.1.2 要点和难点分析	22
3.2 案例分析	22
3.2.1 经典案例描述	22
3.2.2 精解分析	23
3.3 同步练习	32
3.4 同步练习参考答案	35
3.5 实验指导	38

3.5.1	实验目的	38
3.5.2	实验内容	38
3.5.3	实验解析	39
3.5.4	实验结论	42
第4章	串	44
4.1	本章知识纲要	44
4.1.1	基本知识	44
4.1.2	要点和难点分析	44
4.2	案例分析	45
4.2.1	经典案例描述	45
4.2.2	精解分析	45
4.3	同步练习	49
4.4	同步练习参考答案	51
第5章	数组和广义表	53
5.1	本章知识纲要	53
5.1.1	基本知识	53
5.1.2	要点和难点分析	54
5.2	案例分析	54
5.2.1	经典案例描述	54
5.2.2	精解分析	54
5.3	同步练习	59
5.4	同步练习参考答案	62
第6章	树	65
6.1	本章知识纲要	65
6.1.1	基本知识	65
6.1.2	要点和难点分析	66
6.2	案例分析	66
6.2.1	经典案例描述	66
6.2.2	精解分析	67
6.3	同步练习	69
6.4	同步练习参考答案	71
6.5	实验指导	75
6.5.1	实验目的	75
6.5.2	实验内容	75
6.5.3	实验解析	75
6.5.4	实验结论	77

第 7 章 图	78
7.1 本章知识纲要	78
7.1.1 基本知识	78
7.1.2 要点和难点分析	79
7.2 案例分析	79
7.2.1 经典案例描述	79
7.2.2 精解分析	80
7.3 同步练习	83
7.4 同步练习参考答案	85
7.5 实验指导	90
7.5.1 实验目的	90
7.5.2 实验内容	90
7.5.3 实验解析	90
7.5.4 实验结论	95
第 8 章 查找	96
8.1 本章知识纲要	96
8.1.1 基本知识	96
8.1.2 要点和难点分析	97
8.2 案例分析	97
8.2.1 经典案例描述	97
8.2.2 精解分析	98
8.3 同步练习	102
8.4 同步练习参考答案	105
8.5 实验指导	109
8.5.1 实验目的	109
8.5.2 实验内容	109
8.5.3 实验解析	109
8.5.4 实验结论	114
第 9 章 排序	115
9.1 本章知识纲要	115
9.1.1 基本知识	115
9.1.2 要点和难点分析	116
9.2 案例分析	117
9.2.1 经典案例描述	117
9.2.2 精解分析	117
9.3 同步练习	120

9.4	同步练习参考答案	121
9.5	实验指导	124
9.5.1	实验目的	124
9.5.2	实验内容	124
9.5.3	实验解析	124
9.5.4	实验结论	130
第 10 章	文件	131
10.1	本章知识纲要	131
10.1.1	基本知识	131
10.1.2	要点和难点分析	132
10.2	案例分析	132
10.2.1	经典案例描述	132
10.2.2	精解分析	133
10.3	同步练习	135
10.4	同步练习参考答案	137
第 11 章	综合课程设计案例	139
11.1	课程设计 1——学生成绩管理程序	139
11.2	课程设计 2——统计关键字频度	149
附录 1	实验报告模板	157
附录 2	课程设计模版	161
附录 3	实用数据结构教程综合练习参考答案	168
参考文献		188

1.1 本章知识纲要

1.1.1 基本知识

1. 数据(Data)

数据是对客观事物的符号表示,在计算机科学中是指所有能输入到计算机中并被计算机程序处理的符号的总称。

2. 数据元素(Data Element)

数据元素是数据的基本单位,在计算机程序中通常作为一个整体进行考虑和处理。数据元素也称为元素、结点或记录。有时,一个数据元素可以由若干个数据项组成,数据项是数据不可分割的最小单位。

3. 数据对象(Data Object)

数据对象是性质相同的数据元素的集合,是数据的一个子集。

例:整数数据对象是集合 $N = \{0, \pm 1, \pm 2, \dots\}$, 字母字符数据对象是集合 $C = \{'A', 'B', \dots, 'Z'\}$ 。

4. 数据结构(Data Structure)

数据结构是相互之间存在一种或多种特定关系的数据元素的集合。

5. 数据类型(Data Type)

数据类型是一个值的集合和定义在这个值集上的一组操作的总称。例:C语言中的整型变量,其值为某个区间上整数,定义在其上的操作为加、减、乘、除和取模等算术运算。

6. 数据类型的分类

按值的不同特性,高级程序语言中的数据类型可分为两类。

- 非结构的原子类型：原子类型的值是不可分解的，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。
- 结构类型：结构类型的值是由若干成分按某种结构组成的，因此是可分解的，并且它的成分可以是非结构的，也可以是结构的。如：数组的值由若干分量组成，每个分量可以是整数，也可以是数组。

7. 数据基本结构

根据数据元素之间关系的不同特性，通常有下列四类基本结构。

- 集合：结构中的数据元素之间除了“同属于一个集合”的关系外，别无其他关系。
- 线性结构：结构中的数据元素之间存在一个对一个的关系。
- 树形结构：结构中的数据元素之间存在一个对多个的关系。
- 图形结构或图状结构：结构中的数据元素之间存在多个对多个的关系。

8. 逻辑结构

结构定义中的“关系”描述的是数据元素之间的逻辑关系，称为数据的逻辑结构。

9. 物理结构

数据结构在计算机中的表示（又称映像）称为数据的物理结构，又称存储结构。它包括数据元素的表示和关系的表示。

10. 算法

算法是对特定问题求解步骤的一种描述，是指令的有限序列，其中每一条指令表示一个或多个操作。

- 算法特性：有穷性、确定性、可行性、输入、输出。
- 算法时间复杂度：算法在运行时所花费的时间。
- 算法空间复杂度：算法在运行时所花费的空间。

1.1.2 要点和难点分析

1. 要点

- 熟悉各名词、术语的含义，掌握基本概念，特别是数据的逻辑结构和存储结构之间的关系，分清哪些是逻辑结构的性质，哪些是存储结构的性质；
- 掌握逻辑结构、存储结构和运算集合的关系；
- 理解算法五个要素的确切含义。

2. 难点

- 掌握算法时间复杂度和算法空间复杂度的分析；
- 抽象数据类型的表示与实现。

1.2 同步练习

单项选择题

1. ()是对客观事物的符号表示,在计算机科学中是指所有能输入到计算机中并被计算机程序处理的符号的总称。

- A. 数据结构 B. 数据 C. 数据元素 D. 数据对象

2. ()是相互之间存在一种或多种特定关系的数据元素的集合。

- A. 逻辑结构 B. 物理结构 C. 数据结构 D. 网状结构

3. 一个算法必须总是在执行有穷步之后结束,且每一步都可在有穷时间内完成,这是算法的()。

- A. 有穷性 B. 确定性 C. 可行性 D. 无穷性

4. 算法中每一条指令必须有确切的含义,理解时不会产生二义性,并且,在任何条件下,算法只有唯一的一条执行,即对于相同的输入只能得出相同的输出。这是算法的()。

- A. 有穷性 B. 确定性 C. 可行性 D. 无穷性

5. ()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。

- A. 数据结构 B. 数据类型 C. 数据元素 D. 数据对象

6. ()是性质相同的数据元素的集合,是数据的一个子集。

- A. 数据 B. 数据类型 C. 信息 D. 数据对象

7. ()是指一个数学模型以及定义在该模型上的一组操作。

- A. 抽象数据类型 B. 数据类型 C. 数据元素 D. 数据对象

8. 用大O表示法描述 $7n^{7/3} + n^{3/7}$ 复杂度,()是正确的。

- A. $O(n^{3/7})$ B. $O(n^{7/3})$
C. $O(7n^{7/3} + n^{3/7})$ D. 前面三个答案都不对

9. 设n为正整数,用大O表示法描述下面程序段的时间复杂度,()是正确的。

```
i = 0; k = 0;  
do {k = k + 5 * i;  
    i++;  
} while(i < n);
```

- A. $O(n)$ B. $O(n^2)$ C. $O(k)$ D. $O(i)$

10. 设n为正整数,用大O表示法描述下面程序段的时间复杂度,()是正确的。

```
for(i = 1; i <= n; i++)  
    for(j = 1; j <= i; j++)  
        for(k = 1; k <= j; k++)  
            x+ = y; (y为常数)
```

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

填空题

1. 根据数据元素之间关系的不同特性,通常有四类基本结构:集合,()结

构,()结构,图形结构或图状结构。

2. 数据结构在计算机中的表示称为数据的物理结构,又称()。

3. 数据元素的关系的表示为顺序映像和非顺序映像,并由此得到两种不同的存储结构:()和()。

4. ()映像的特点是借助元素在存储器中的相对位置来表示数据元素之间的逻辑关系。

5. 一个含抽象数据类型的软件模块通常应包含(),()和实现三个部分。

6. 算法是对特定问题求解步骤的一种描述,是指令的(),其中每一条指令表示一个或多个操作。

7. 算法的特性有:(),确定性,(),输入,输出。

8. 图状结构中的数据元素之间存在()的关系。

9. 通常设计一个“好”的算法应考虑达到的目标是(),(),(),效率与低存储量需求。

10. 将下列复杂度 $n \times \log_3 n, \log_3 n, n!, 3^n$ 由大到小重新排序:(),(),(),()。

应用题

1. 什么是数据结构? 试举一个例子说明。

2. 什么是算法? 算法有哪些特性?

3. 用大 O 表示法描述下列复杂度:

(1) $3 \times \log_5 n + 6 \times n$

(2) $4 \times n^5 + n \times \log_3 n$

(3) $n \times \log_4 n + n \times \log_6 n$

(4) $k=1; j=0;$

```
while(k + j <= n)
{ if(k > j) j++;
  else k++
}
```

1.3 同步练习参考答案

单项选择题

1. B 2. C 3. A 4. B 5. C 6. D 7. A 8. B 9. A 10. C

填空题

1. 线性 树形

2. 存储结构

3. 顺序存储结构 链式存储结构

4. 顺序

5. 定义 表示

6. 有限序列