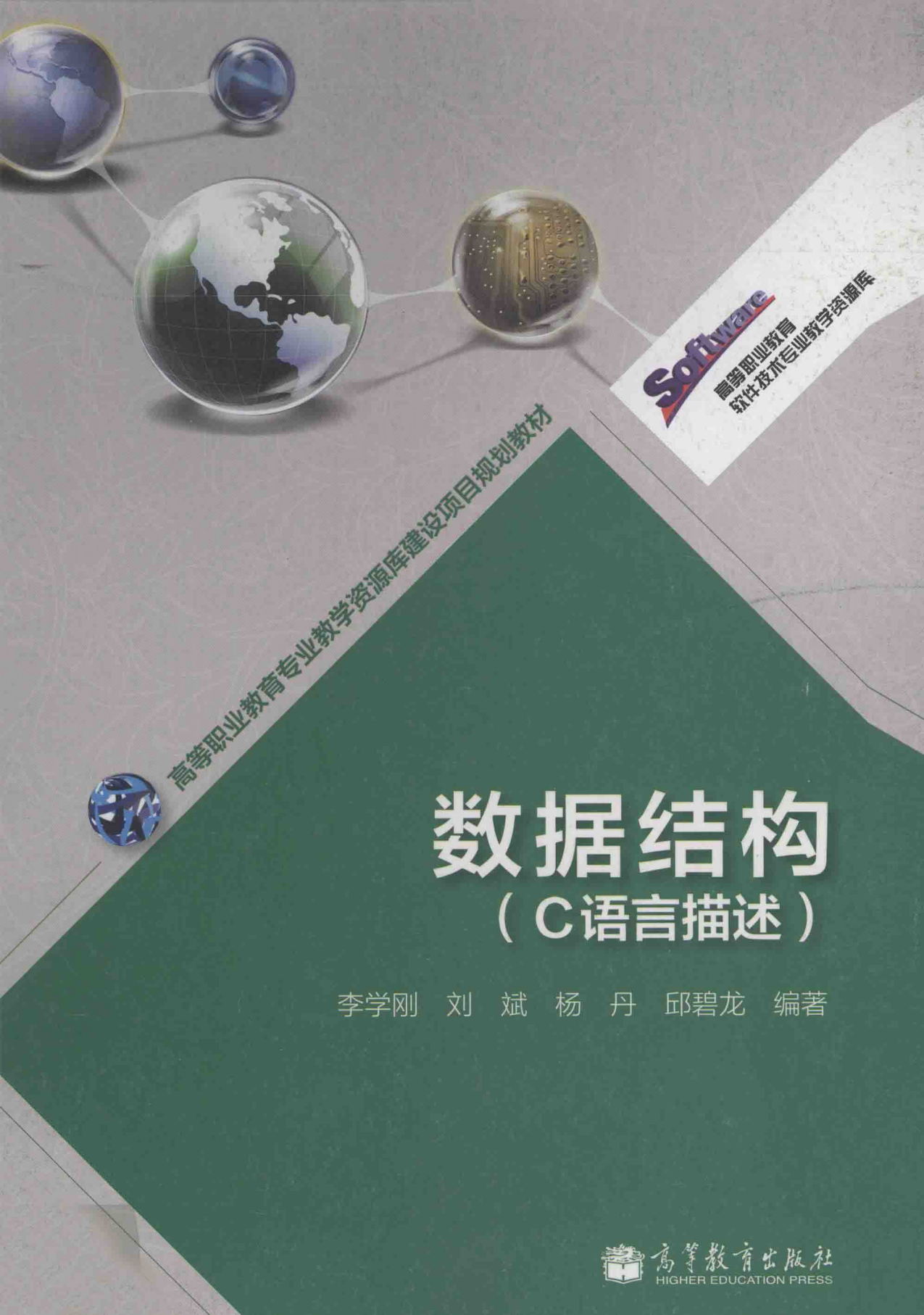




Software
高等职业教育
软件技术专业教学资源库

高等职业教育专业教学资源库建设项目规划教材

数据结构

(C语言描述)

李学刚 刘 斌 杨 丹 邱碧龙 编著

Software

高等职业教育
软件技术专业数字资源库



高等职业教育专业教学资源库建设项目规划教材

数据结构

(C语言描述)

Shuju Jiegou (C yuyan Miaoshu)

李学刚 刘 斌 杨 丹 邱碧龙 编著



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容简介

高等职业教育专业教学资源库建设项目是教育部、财政部为深化高等职业教育教学改革, 加强专业与课程建设, 推动优质教学资源共建共享, 提高人才培养质量而启动的国家级高职教育建设项目。软件技术专业(项目编号: 2011-1-4)于2011年8月被教育部确定为高等职业教育专业教学资源库年度立项及建设专业。本书是高等职业教育专业教学资源库建设项目规划教材, 是按照高职高专软件技术专业人才培养方案的要求, 总结近几年国家示范性高职院校软件技术专业教学改革经验编写而成的。

全书共有两篇、8个单元, 知识技能篇包括: 数据结构与算法、线性表、栈和队列、树与二叉树、图、排序和查找7个单元; 技术应用篇为综合实训项目, 由实际问题“算术表达式求值”和“文件目录搜索”的开发、对系统进行总体设计和详细设计的实现构成。知识技能篇主要介绍了数据结构的有关概念、算法分析、顺序表、链表、栈、队列、树与二叉树、图的逻辑结构和存储结构和基本操作的实现及各种排序和查找方法的实现; 技术应用篇通过两个实训项目介绍实际问题的开发过程。

本书可作为高等职业院校电子信息类专业数据结构课程的教材, 也可作为数据结构学习者的参考书。

本书提供数字课程的学习, 欢迎读者登录 <http://www.cchve.com.cn> 或 <http://hve.hep.com.cn> 获取相关教学资源, 进行自主学习及交流活动。具体登录使用方法见书后“郑重声明”页。

图书在版编目(CIP)数据

数据结构: C语言描述 / 李学刚等编著. -- 北京: 高等教育出版社, 2013. 5
ISBN 978-7-04-037269-4

I. ①数… II. ①李… III. ①数据结构-高等职业教育-教材 ②C语言-程序设计-高等职业教育-教材
IV. ①TP311.12②TP312

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第078346号

策划编辑 张值胜
插图绘制 尹莉

责任编辑 许兴瑜
责任校对 胡晓琪

封面设计 于涛
责任印制 刘思涵

版式设计 于婕

出版发行 高等教育出版社
社址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
印刷 北京人卫印刷厂
开本 787mm×1092mm 1/16
印张 17.25
字数 400千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版次 2013年5月第1版
印次 2013年5月第1次印刷
定价 28.80元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 37269-00

编写委员会

顾 问：陈国良院士

主 任：邓志良 邱钦伦

委 员：

常州信息职业技术学院：眭碧霞 王小刚 李学刚

深圳职业技术学院：徐人凤 周光明

青岛职业技术学院：孟宪宁 徐占鹏

湖南铁道职业技术学院：陈承欢 宁云智

长春职业技术学院：陈显刚 李 季

山东商业职业技术学院：徐 红 张宗国

重庆电子工程职业学院：刘昌明 李 林

南京工业职业技术学院：卢 兵 李甲林

威海职业学院：曲桂东 陶双双

淄博职业学院：吴 鹏 李敬文

北京信息职业技术学院：武马群 张晓蕾

武汉软件工程职业学院：王路群 董 宁

深圳信息职业技术学院：梁永生 许志良

杭州职业技术学院：贾文胜 宣乐飞

淮安信息职业技术学院：俞 宁 张洪斌

无锡商业职业技术学院：桂海进 崔恒义

陕西工业职业技术学院：夏东盛 李 俊

秘书长：赵佩华 洪国芬

总 序

高等职业教育专业教学资源库建设项目是教育部、财政部为深化高职院校教育教学改革，加强专业与课程建设，推动优质教学资源共建共享，提高人才培养质量而启动的国家级建设项目。2011年，软件技术专业被教育部、财政部确定为高等职业教育专业教学资源库立项建设专业，由常州信息职业技术学院主持建设软件技术专业教学资源库。

三年来，按照教育部提出的建设要求，建设项目组聘请了中国科学技术大学陈国良院士担任资源库建设总顾问，确定了常州信息职业技术学院、深圳职业技术学院、青岛职业技术学院、湖南铁道职业技术学院、长春职业技术学院、山东商业职业技术学院、重庆电子工程职业学院、南京工业职业技术学院、威海职业学院、淄博职业学院、北京信息职业技术学院、武汉软件工程职业学院、深圳信息职业技术学院、杭州职业技术学院、淮安信息职业技术学院、无锡商业职业技术学院、陕西工业职业技术学院 17 所院校和微软（中国）有限公司、国际商用机器（中国）有限公司（IBM）、思科系统（中国）网络技术有限公司、英特尔（中国）有限公司等 20 余家企业作为联合建设单位，形成了一支学校、企业、行业紧密结合的建设团队。依据软件技术专业“职业情境、项目主导”人才培养规律，按照“学中做、做中学”教学思路，较好地完成了软件技术专业资源库建设任务。

本套教材是“高等职业教育软件技术专业教学资源库”建设项目的重要成果之一，也是资源库课程开发成果和资源整合应用实践的重要载体。教材体例新颖，具有以下鲜明特色。

第一，根据学生就业面向与就业岗位，构建基于软件技术职业岗位任务的课程体系与教材体系。项目组在对软件企业职业岗位调研分析的基础上，对岗位典型工作任务进行归纳与分析，开发了“Java 程序设计”、“软件开发与项目管理”等 12 门基于软件企业职业岗位的课程教学资源及配套教材。

第二，立足“教、学、做”一体化特色，设计三位一体的教材。从“教什么、怎么教”、“学什么，怎么学”、“做什么，怎么做”三个问题出发，每门课程均编写了“主体教材”、“教学设计”、“实训手册”等资源。

第三，有效整合教材内容与教学资源，打造立体化、自主学习式的新型教材。在教材编写的同时，各门课程开发了涵盖课程标准、学习指南、教学设计、电子课件、授课录像、课程案例、习题试题、经验技巧、常见问题及解答等在内的丰富的教学资源，同时与企业开发了大量的企业真实案例和培训资源包。

第四，为了引导学习者充分使用配套资源，打造真正的“自主学习型”教材，本套教材

增加了辅学资源标注,在教材中通过图标(文本、源代码、PPT、图表、录像、动画、视频、案例、素材、学生作品)形象地提示读者本教学内容所配备的资源类型、内容和用途,从而将教材内容和教学资源有机整合,浑然一体。

第五,遵循工作过程系统化课程开发理论,打破“章、节”编写模式,建立了“以项目为导向,用任务进行驱动,融知识学习与技能训练于一体”的教材体系,体现高职教育职业化、实践化特色。

第六,本套教材装帧精美,采用双色印刷,并以新颖的版式设计,突出重点概念与技能,仿真再现软件技术相关资料。通过视觉效果搭建知识技能结构,给人耳目一新的感觉。

本套教材的编写历时三年,几经修改,既具积累之深厚,又具改革之创新,是全国近20余所院校和20多家企业的110余名教师、企业工程师的心血与智慧的结晶,也是软件技术专业教学资源库三年建设成果的集中体现。我们相信,随着软件技术专业教学资源库的应用与推广,本套教材将会成为软件技术专业学生、教师、企业员工立体化学习平台中的重要支撑。

高等职业教育软件技术专业教学资源库项目组

2013年4月

前言

一、缘起

作者从 2011 年开始至今参加了软件技术专业国家教学资源库建设项目，负责“数据结构”课程的教材建设工作。

本书是软件技术专业国家教学资源库建设项目“数据结构”课程的配套教材。该项目提供了丰富的教学、学习资源，可供教师、学生、企业人员和社会学习者参考、学习和使用，资源包括：课程简介、学习指南、课程标准、整体设计、说课 PPT 和录像、单元设计、电子教材、授课录像、电子课件、课堂和课外实践报告册、习题试题库、单元案例和课程综合案例、课程考核方案、参考资源和源代码。

二、结构

本书共有两篇、8 个单元，知识技能篇包括：数据结构与算法、线性表、栈和队列、树与二叉树、图、排序和查找 7 个单元；技术应用篇为综合实训项目，由实际问题“算术表达式求值”和“文件目录搜索”的开发、对系统进行总体设计和详细设计的实现构成。

知识技能篇的每个单元都由“学习目标”、“引例描述”、“知识储备”、“引例分析与实现”和“同步训练”5 个部分组成。

- “学习目标”阐明了本单元学习的知识目标和能力目标。
- “引例描述”对本单元要解决的实际问题和要求进行描述。
- “知识储备”给出了要解决引例给出的实际问题需要学习和掌握的相关知识，每个知识点都有相应【示例】，对重点知识配有相应的【例题】和【课堂实践】。
- “引例分析与实现”完成对引例的分析、给出实现的代码。
- “同步训练”包括单项选择题、问题解答題和算法设计题 3 种题型，以巩固和提高学生对本单元知识点的理解和掌握。

技术应用篇按照软件开发的主要过程，通过实际问题“算术表达式求值”和“文件目录搜索”给出系统的总体设计和详细设计。

三、特点

1. 每个单元都有一个实际问题为背景

每个单元由引例描述、知识储备、引例分析与实现三部分组成。通过引例描述，使学生

了解本单元所能解决的某类实际问题，让学生有一个感性的认识，从而激发学生学习的积极性和对知识的渴望；通过知识储备，使学生掌握本单元所要学习的主要内容，为解决引例做好知识的准备；通过引例分析与实现，指导学生应该如何利用所学习的知识分析、解决实际问题。

2. 按理论实践一体化的教学方式编写

本书在内容编排上，设计了许多【示例】、【例题】和【课堂实践】，可采用边讲解、边思考、边训练，边理论教学边实践训练的方式进行教学，使学生能够通过【示例】、【例题】加深对知识的理解，通过【课堂实践】及时消化、理解和掌握所学的知识。

四、使用

本书在教学实践中建议学时为 80 学时，其中单元 1 建议 4 学时，单元 2 建议 14 学时，单元 3 建议 8 学时，单元 4 建议 14 学时，单元 5 建议 10 学时，单元 6 建议 12 学时，单元 7 建议 8 学时，单元 8 建议 10 学时。

对每个单元的教学，建议先进行引例描述，然后进行引例演示，再讲解知识储备，最后进行引例分析与实现；单元 8 主要由教师指导、学生通过实践解决。

本书中涉及的所有语法知识都是在 VC++ 6.0 开发环境下给出的 C 语言基本语法，所有代码都是基于 VC++ 6.0 开发环境开发的，所有源代码的扩展名均为 .cpp。

本书是高等职业教育软件技术专业教学资源库“数据结构（C 语言描述）”课程的配套教材，整个资源都是基于网络平台运行。“数据结构（C 语言描述）”课程作为高等职业教育软件技术专业教学资源库建设课程之一，开发了丰富的数字化教学资源，如下表所示。

序号	资源名称	表现形式与内涵
1	课程简介	Word 电子文档，包含课程内容、课时安排、适用对象、课程的性质和地位等，让学习者对数据结构有个初步的认识
2	学习指南	Word 电子文档，包括学前要求、学习目标以及学习路径和考核标准要求，让学习者知道如何使用资源完成学习
3	课程标准	Word 电子文档，包含课程定位、课程目标要求以及课程内容与要求，可供教师备课时使用
4	整体设计	Word 电子文档，包含课程设计思路，课程的具体的目标要求以及课程内容设计和能力训练设计，同时给出考核方案设计，让教师理解课程的设计理念，有助于教学实施
5	说课 PPT 和录像	PPT 电子文档和 AVI 视频文件，可帮助教师理解如何进行数据结构课程的教学
6	单元设计	Word 电子文档，对每个单元的教学内容、重难点和教学过程等进行了详细设计，可供教学备课时参考

续表

序号	资源名称	表现形式与内涵
7	授课录像	AVI 视频文件, 提供教材全部内容的教学视频, 可供学习者和教师学习、参考
8	课程 PPT	PPT 电子文件, 提供教学课件, 可供教师备课、授课使用, 也可供学习者学习使用
9	习题库、试题库	Word 电子文档及网上资源, 习题库给出各单元配套的课后习题供学生巩固所学习的知识; 试题库为每个注册的用户提供了分单元在线测试, 通过在线测试, 让学习者了解对所学知识的掌握情况
10	单元案例、综合案例	Word 电子文档, 包含用各单元的知识解决实际问题的单元案例和用所学的全部知识解决实际问题的综合案例, 每个案例都有设计文档和源代码, 可供教师和学习者使用
11	课程考核方案	Word 电子文档, 包括整体考核标准、过程考核标准和综合素质评价标准, 可供教师教学时参考
12	源代码	Word 电子文档, 给出全书所涉及的所有源代码, 可供教师教学和学生学习使用

本书除软件技术专业资源库平台提供在线的丰富数字化资源外, 为方便教师教学, 线下还向教师提供包括: 教学课件(PPT)、素材、程序源代码等教学资源, 读者可发邮件至 1548103297@qq.com 索取。

五、致谢

本书由李学刚、刘斌、杨丹、邱碧龙编著。

本书在编写过程中, 得到了许多老师的大力支持和帮助, 提出了许多宝贵的意见和建议, 在此向他(她)们表示衷心的感谢。

由于时间仓促、水平有限, 难免存在不妥之处, 敬请广大读者批评指正。

编者

2013 年 4 月

目 录

知识技能篇

单元1 数据结构与算法	3	2.4.1 循环链表 (Circular Linked List) ...	35
引例描述——矩阵乘积算法分析	4	2.4.2 双向链表	35
知识储备	4	2.5 线性表的应用	38
1.1 数据结构的概念	5	引例分析与实现	40
1.2 数据的逻辑结构与存储结构	6	同步训练	47
1.3 算法及算法分析	7	一、单项选择题	47
1.3.1 算法及其特性	7	二、问题解答题	51
1.3.2 算法分析	8	三、算法设计题	53
引例分析	11	单元3 栈和队列	55
同步训练	12	引例描述——数制转换	56
一、单项选择题	12	知识储备	56
二、问题解答题	13	3.1 栈	56
单元2 线性表	15	3.1.1 栈的定义及基本操作	56
引例描述——体育彩票的生成和中 奖查询	16	3.1.2 顺序栈及基本操作的实现	57
知识储备	17	3.1.3 链栈及基本操作的实现	60
2.1 线性表	17	3.2 队列	62
2.1.1 线性表的定义	17	3.2.1 队列的定义及基本操作	62
2.1.2 线性表的基本操作	18	3.2.2 顺序队列及基本操作	63
2.2 顺序表及其基本操作	19	3.2.3 循环队列	64
2.2.1 顺序表 (Sequence List)	19	3.2.4 链队列及基本操作的实现	67
2.2.2 顺序表的基本操作的实现	21	引例分析与实现	70
2.3 单链表及其基本操作	25	同步训练	75
2.3.1 链表的有关概念	25	一、单项选择题	75
2.3.2 链表的基本操作	26	二、问题解答题	78
2.4 循环链表和双向链表	35	三、算法设计题	80

单元4 树与二叉树	81	单元5 图	129
引例描述——文本文件的加密和解密	82	引例描述——城市间公路网建设	
知识储备	82	最经济方案	130
4.1 树的概念	82	知识储备	131
4.1.1 树的递归定义	83	5.1 图的概念	131
4.1.2 树结构的基本术语	83	5.2 图的存储结构	135
4.1.3 树形结构的逻辑特征	85	5.2.1 图的邻接矩阵表示法	135
4.2 二叉树及其性质	86	5.2.2 图的邻接表表示法	137
4.2.1 二叉树的定义	86	5.3 图的遍历	140
4.2.2 二叉树的性质	86	5.3.1 图的深度优先遍历	140
4.3 二叉树的存储结构	89	5.3.2 图的广度优先遍历	142
4.3.1 二叉树的顺序存储结构	89	5.4 生成树和最小生成树	145
4.3.2 二叉树的链式存储结构	91	5.4.1 生成树	145
4.4 二叉树的遍历	93	5.4.2 最小生成树	146
4.4.1 遍历方案	93	5.5 最短路径	149
4.4.2 遍历序列	95	5.5.1 单源最短路径问题	150
4.5 二叉树的基本操作	97	5.5.2 迪杰斯特拉 (Dijkstra) 算法	150
4.5.1 二叉链表的建立	98	5.6 拓扑排序	152
4.5.2 二叉链表的基本操作	98	5.6.1 拓扑排序定义	152
4.6 树和森林	101	5.6.2 拓扑排序的方法	154
4.6.1 树、森林到二叉树的转换	101	引例分析与实现	155
4.6.2 树的存储结构	103	同步训练	158
4.6.3 树的遍历	106	一、单项选择题	158
4.7 哈夫曼树及其应用	107	二、问题解答题	159
4.7.1 哈夫曼树 (Huffman Tree) 的		三、算法设计题	160
有关概念	107	单元6 排序	161
4.7.2 哈夫曼树的构造	108	引例描述——不同排序算法的比较	162
4.7.3 哈夫曼算法的实现	110	知识储备	162
4.7.4 哈夫曼编码	112	6.1 排序的基本概念	162
引例分析与实现	116	6.2 插入排序	164
同步训练	123	6.2.1 直接插入排序 (Straight	
一、单项选择题	123	Insertion Sort)	164
二、问题解答题	126	6.2.2 希尔排序 (Shell Sort)	166
三、算法设计题	128	6.3 交换排序	168

6.3.1 冒泡排序 (Bubble Sort)	168
6.3.2 快速排序 (Quick Sort)	169
6.4 选择排序	173
6.4.1 直接选择排序 (Straight Select Sort)	173
6.4.2 堆排序	175
6.5 归并排序	183
6.5.1 两路归并排序	183
6.5.2 归并排序方法	184
6.6 分配排序	187
6.6.1 箱排序 (Bin Sort)	187
6.6.2 桶排序 (Bucket Sort)	188
6.6.3 基数排序 (Radix Sort)	190
引例分析与实现	193
同步训练	200
一、单项选择题	200
二、问题解答题	202
三、算法设计题	203
单元 7 查找	205

引例描述——高校最低录取分数线查询 ...	206
知识储备	207
7.1 查找的基本概念	207
7.2 静态查找	207
7.2.1 顺序查找 (Sequential Search)	207
7.2.2 二分查找 (Binary Search)	209
7.2.3 分块查找 (Block Search)	210
7.3 动态查找	211
7.3.1 二叉排序树 (Binary Sort Tree) ...	211
7.3.2 二叉排序树上的运算	212
7.4 哈希查找	217
7.4.1 哈希表 (Hash Table)	217
7.4.2 哈希函数的构造	218
7.4.3 处理冲突的方法	219
引例分析与实现	221
同步训练	227
一、单项选择题	227
二、问题解答题	228
三、算法设计题	229

技术应用篇

单元 8 综合实训项目	233
8.1 算术表达式求值	234
8.1.1 总体设计	234
8.1.2 详细设计	236
8.1.3 完整代码	243

8.2 文件目录搜索	248
8.2.1 总体设计	248
8.2.2 详细设计	250
8.2.3 完整代码	253

参考文献	258
------------	-----

知识技能篇

单元 1

数据结构与算法



学习目标

【知识目标】

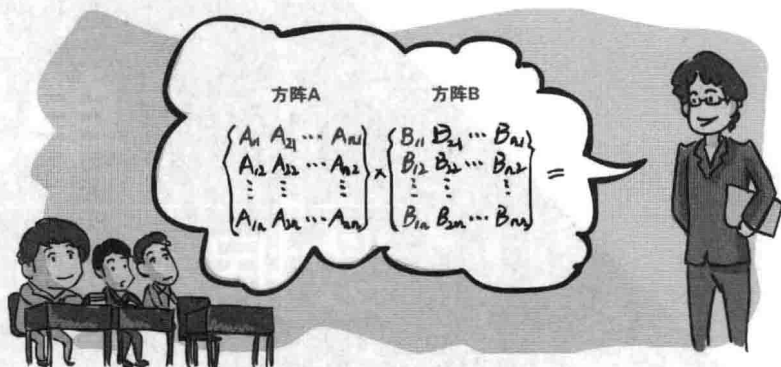
- 了解数据、数据元素、数据结构、逻辑结构、存储结构的有关概念。
- 掌握数据结构包含的三个方面、逻辑结构的分类、基本逻辑结构、顺序存储和链式存储方法。
- 掌握算法及算法的特性。
- 理解和掌握算法分析的方法。

【能力目标】

- 能熟练地对算法进行时间复杂度分析，从而选择一个好的算法。



引例描述——矩阵乘积算法分析



求两个 n 阶方阵的乘积 $C=A \times B$ ，其算法如下，计算该算法的时间复杂度。
程序段如下：



SC 02 02
01 01 001

```
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]+=a[i][k]*b[k][j];
    }
```



知识储备

程序设计就是使用计算机解决现实世界中的实际问题。对于给定的一个实际问题，在进行程序设计时，首先要把实际问题中用到的信息抽象为能够用计算机表示的数据；第二要把抽象出来的这些数据建立为一个数据模型，这个数据模型也称为逻辑结构，即建立数据的逻辑结构；第三要把逻辑结构中的数据及数据之间的关系存放到计算机中，即建立数据的存储结构；最后在所建立的存储结构上实现对数据元素的各种操作，即算法的设计与实现。

本单元就是要使读者了解计算机中的数据表示，理解数据元素、逻辑结构、存储结构和算法的有关概念；掌握基本逻辑结构和常用的存储方法，能够选择合适的数据的逻辑结构和存储结构；掌握算法及算法的 5 个重要特性，能够对算法进行时间复杂度分析，从而选择一个好的算法，为后面的学习打下良好的基础。

1.1 数据结构的概念

1. 数据 (Data)

数据是信息的载体。它能够被计算机识别、存储和加工处理，是计算机程序加工的“原料”。随着计算机应用领域的扩大，数据的范畴也随之扩大，包括：整数、实数、字符串、图像和声音等。

2. 数据元素 (Data Element)

数据元素是数据的基本单位。数据元素也称为元素、结点、顶点、记录等。

【示例】学生的信息包括：学号、姓名、成绩。一个学生的信息就是一个数据元素。

3. 数据项 (Data Item)

数据项也称为字段、域或属性，是具有独立含义的最小标识单位。一个数据元素可以由若干个数据项组成。

【示例】学生信息中的学号、姓名、成绩等都是一个数据项。

4. 数据结构 (Data Structure)

数据结构指的是数据元素之间的相互关系，即数据的组织形式。数据结构一般包括以下三方面内容。

(1) 数据的逻辑结构

数据的逻辑结构是指数据元素之间的逻辑关系。

【示例】某个班的学生成绩表，包括：学号、姓名和各科成绩。每一个学生的信息都是一个数据元素，数据元素之间有这样的逻辑关系：在一个数据元素的前面最多有一个与其相邻的数据元素（称为直接前驱），在一个数据元素的后面也最多有一个与其相邻的数据元素（称为直接后继）。数据元素之间的这种关系构成了学生成绩表的逻辑结构。

数据（逻辑）结构的形式定义：数据结构是一个二元组 (D, R) ，其中 D 是数据元素的有限集， R 是 D 上关系的有限集。

(2) 数据的存储结构

数据的存储结构是指数据元素及数据元素之间的逻辑关系在计算机存储器内的表示。

(3) 数据的运算

数据的运算即对数据施加的操作。数据的运算定义在数据的逻辑结构上，只有确定了存储结构，才能具体实现这些运算。

数据的运算通常包括以下 5 个操作。