

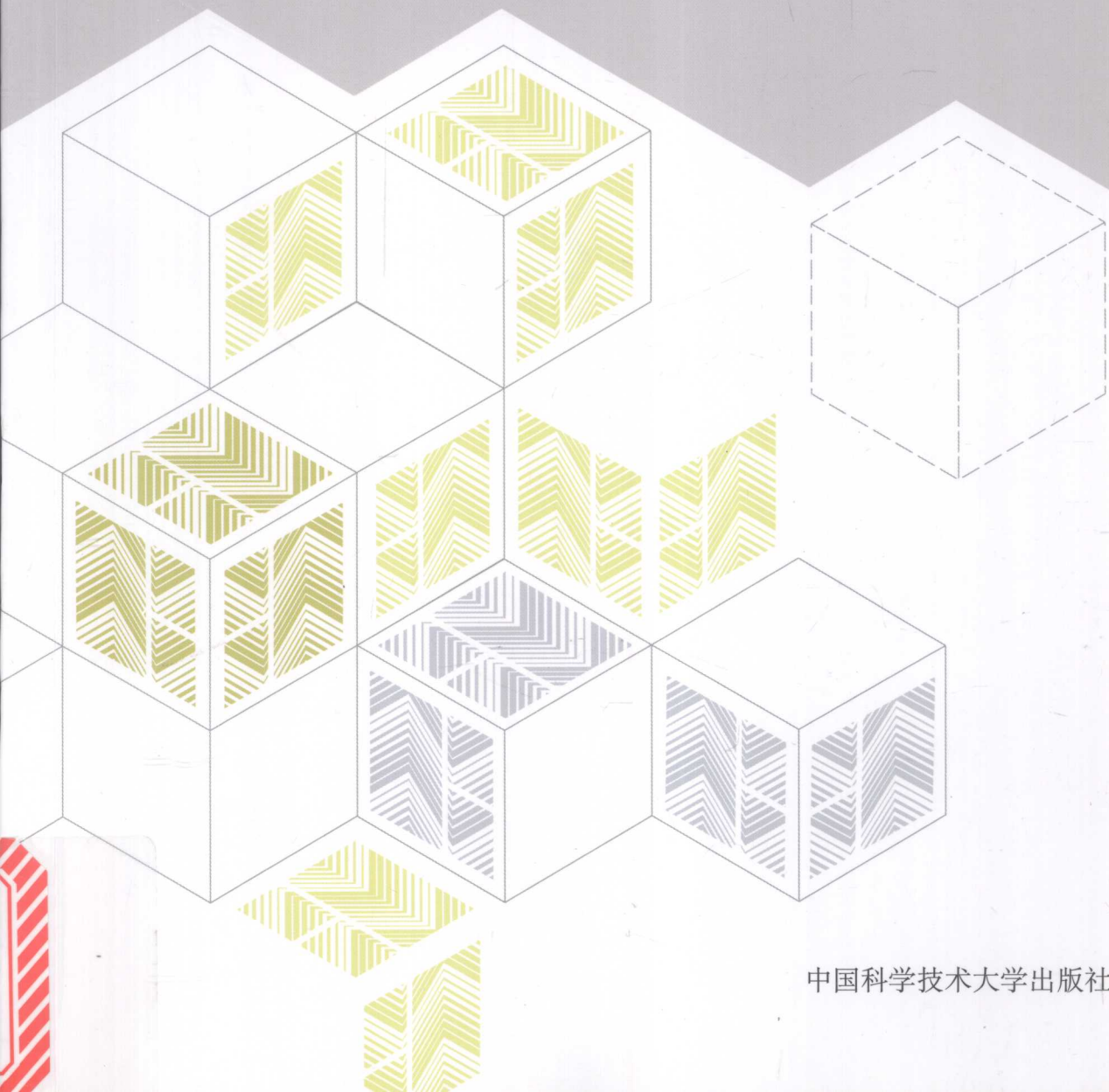


合肥学院模块化教学改革系列教材

数据结构 与算法设计

Data Structure
and Algorithm Design

李 红 许 强 / 编著



中国科学技术大学出版社

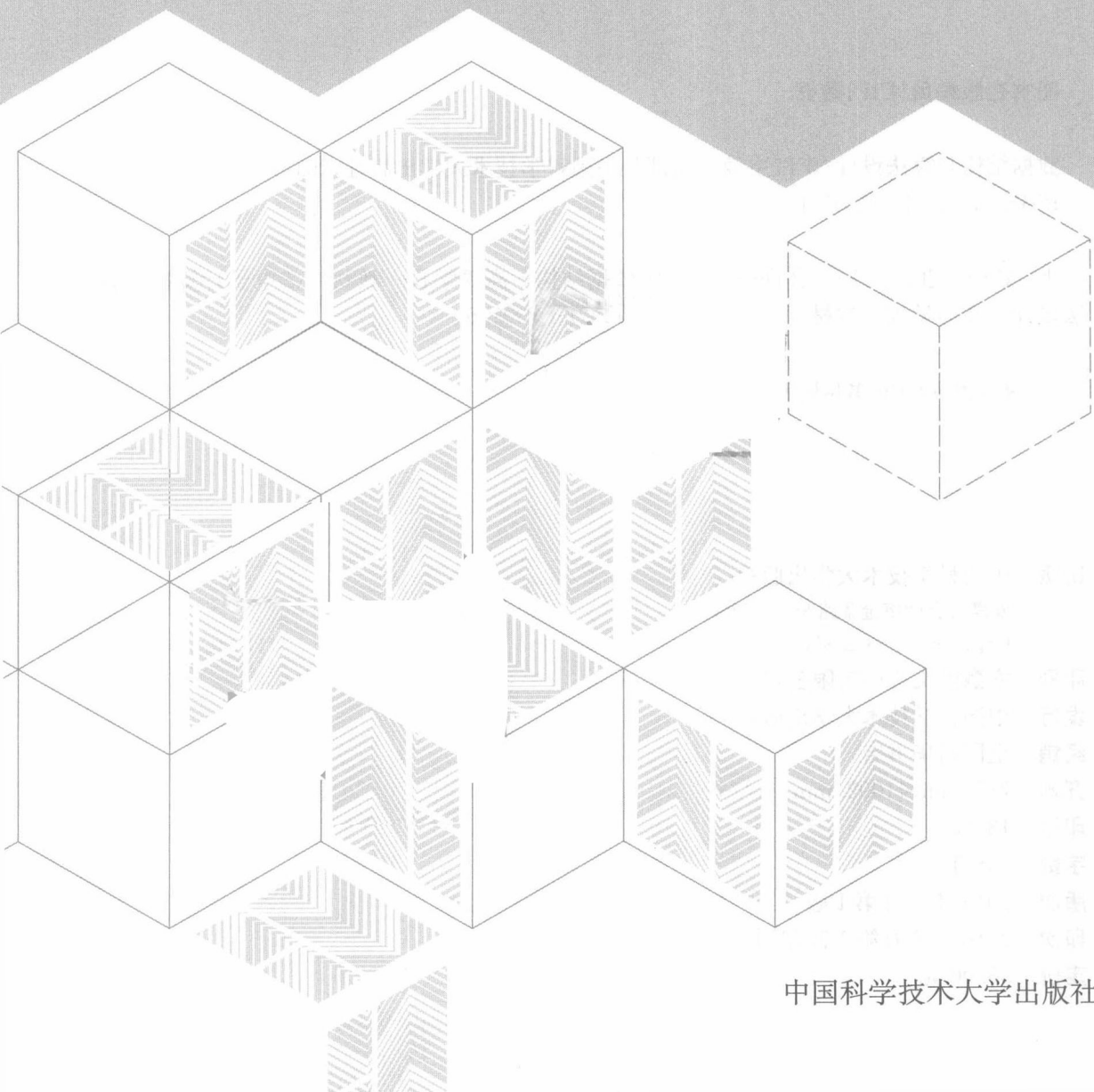


合肥学院模块化教学改革系列教材

数据结构 与算法设计

Data Structure
and Algorithm Design

李红 许强 / 编著



中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书以培养高等工科院校本科计算机类、信息技术类及相关专业的应用型人才为目标,以培养基本的软件设计和实现能力为导向,以软件设计中涉及的各种数据结构、常用算法和解决基本应用问题的实际需求为基本点,深入介绍各种数据结构模型,以及基于这些模型的应用和算法设计等方面的知识。全书分5个部分,共14章;除第1部分外,其余每一部分介绍一种逻辑结构数据,各章节按照“逻辑结构—存储结构—基本算法设计—算法性能分析—应用实例”的架构展开,循序渐进地提高学习者数据结构模型建立的能力、基本算法设计的能力及算法分析的能力,最终达到培养学习者针对实际问题构建模型、解决问题的能力。

本书可作为工科院校本科计算机工程类、软件工程类和信息技术类等相关专业的教材,也可作为从事相关专业的科技工作者的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

数据结构与算法设计/李红主编. —合肥:中国科学技术大学出版社,2016.9
ISBN 978-7-312-03847-1

I. 数… II. ①李… ②许… 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. ① TP311.12 ② TP301.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 186888 号

出版 中国科学技术大学出版社
安徽省合肥市金寨路 96 号,230026
<http://press.ustc.edu.cn>
印刷 安徽国文彩印有限公司
发行 中国科学技术大学出版社
经销 全国新华书店
开本 787 mm×1092 mm 1/16
印张 18.75
字数 468 千
版次 2016 年 9 月第 1 版
印次 2016 年 9 月第 1 次印刷
定价 36.00 元

合肥学院模块化教学改革系列教材

编 委 会



主 任 蔡敬民
副主任 刘建中 陈 秀
委 员 (按姓氏笔画排序)

王庆龙	王晓峰	牛 欣
刘 力	刘 红	江 芳
许泽银	李道芳	余国江
陈江华	杨学春	胡晓军
侯继红	俞志敏	袁 睿
顾 俊	葛春梅	董 强
储 忠	谢海涛	谭 敏

总 序

课程是高校应用型人才培养的核心,教材是高校课程教学的主要载体,承载着人才培养的教学内容,而教学内容的选择关乎人才培养的质量。编写优秀的教材是应用型人才培养过程中的重要环节。一直以来,我国普通高校教材所承载的教学内容多以学科知识发展的内在逻辑为标准,与课程相对应的知识在学科范围内不断地生长分化。高校教材的编排是按照学科发展的知识并因循其发展逻辑进行的,再由教师依序系统地教给学生。

当我们转变观念——大学的学习应以学生为中心,那我们势必会关注“学生通过大学阶段的学习能够做什么”,我们势必会考虑“哪些能力是学生通过学习应该获得的”,而不是“哪些内容是教师要讲授的”,高校教材承载的教学内容及其构成形式随即发生了变化,突破学科知识体系定势,对原有知识按照学生的需求和应获得的能力进行重构,才能符合应用型人才培养的目标。合肥学院借鉴了德国经验,实施的一系列教育教学改革,特别是课程改革都是以学生的“学”为中心的,围绕课程改革在教材建设方面也做了一些积极的探索。

合肥学院与德国应用科学大学有近30年的合作历史。1985年,安徽省人民政府和德国下萨克森州政府签署了“按照德国应用科学大学办学模式,共建一所示范性应用型本科院校”的协议,合肥学院(原合肥联合大学)成为德方在中国最早重点援建的两所示范性应用科学大学之一。目前,我校是中德在应用型高等教育领域里合作交流规模最大、合作程度最深的高校。在长期合作的过程中,我校借鉴了德国应用科学大学的经验,将德国经验本土化,为我国的应用型人才培养模式改革做出了积极的贡献。在前期工作的基础上,我校深入研究欧洲,特别是德国在高等教育领域的改革和发展状况,结合博洛尼亚进程中的课程改革理念,根据我国国情和高等教育的实际,开展模块化课程改革。我们通过校企深度合作,通过大量的行业、企业调研,了解社会、行业、企业对人才的需求以及专业对应的岗位群,岗位所需要的知识、能力、素质,在此基础上制订人才培养方案和选择确定教学内容,并及时实行动态调整,吸收最新的行业前沿知识,解决人才培养和社会需求适应度不高的问题。2014年,合肥学院“突破学科定势,打造模块化课程,重构能力导向的应用型人才培养教学体系”获得了国家教学成果一等奖。

为了配合模块化课程改革,合肥学院积极组织模块化系列教材的编写工作。以实施模块化教学改革的专业为单位,教材在内容设计上突出应用型人才能力

的培养。即将出版的这套丛书此前作为讲义,已在我校试用多年,并经过多次修改。教材明确定位于应用型人才的培养目标,其内容体现了模块化课程改革的成果,具有以下主要特点:

(1) 适合应用型人才培养。改“知识输入导向”为“知识输出导向”,改“哪些内容是教师要讲授的”为“哪些能力是学生通过学习应该获得的”,根据应用型人才的培养目标,突破学科知识体系定势,对原有知识、能力、要素进行重构,以期符合应用型人才培养目标。

(2) 强化学生能力培养。模块化系列教材坚持以能力为导向,改“知识逻辑体系”为“技术逻辑体系”,优化和整合课程内容,降低教学内容的重复性;专业课注重理论联系实际,重视实践教学和学生能力培养。

(3) 有利于学生个性化学习。模块化系列教材所属的模块具有灵活性和可拆分性的特点,学生可以根据自己的兴趣、爱好以及需要,选择不同模块进行学习。

(4) 有利于资源共享。在模块化教学体系中,要建立“模块池”,模块池是所有模块的集合地,可以供应用型本科高校选修学习,模块化教材很好地反映了这一点。模块化系列教材是我校模块化课程改革思想的体现,出版的目的一是与同行共同探索应用型本科高校课程、教材的改革,努力实现资源共享。

(5) 突出学生的“学”。模块化系列教材既有课程体系改革,也有教学方法、考试方法改革,还有学分计算方法改革。其中,学分计算方法采用欧洲的“workload”(即“学习负荷”,学生必须投入28小时学习,并通过考核才可获得1学分),这既包括对教师授课量的考核,又包括对学生自主学习量的考核,在关注教师“教”的同时,更加关注学生的“学”,促进了“教”和“学”的统一。

围绕着模块化教学改革进行的教材建设,是我校十几年来教育教学改革大胆实践的成果,广大教师为此付出了很多的心血。在模块化系列教材付梓之时,我要感谢参与编写教材以及参与改革的全体老师,感谢他们在教材编写和学校教学改革中的付出与贡献!同时感谢中国科学技术大学出版社为系列教材的出版提供了服务和平台!希望更多的老师能参与到教材编写中,更好地展现我校的教学改革成果。

应用型人才培养的课程改革任重而道远,模块化系列教材的出版,是我们深化课程改革迈出的又一步,由于编者水平有限,书中还存在不足,希望专家、学者和同行们多提意见,提高教材的质量,以飨莘莘学子!

是为序。

合肥学院党委书记 蔡敬民
2016年7月28日于合肥学院

前 言

如何合理地组织数据、高效率地处理数据是扩大计算机应用领域、提高软件效率的关键。在软件开发过程中要求“高效地”组织数据和设计出“好的”算法,并使算法用程序来实现,通过调试而成为软件,设计人员必须具备数据结构领域和算法设计领域的专门知识。

“数据结构与算法设计”课程(模块)主要学习在软件开发中涉及的各种常用数据结构及其常用算法,在此基础上,学习如何利用数据结构和算法解决一些基本的應用问题。学习者可以通过学习,掌握相关领域的基础知识和基本应用,具备一定的软件设计与实现的能力。

本教材是基于能力培养为导向的“模块化”教学体系,为达到高等工科大学“应用型”人才的能力培养目标,在吸收了国内外教材的知识体系结构的基础上,结合作者多年在高校讲授“数据结构”课程的体会而编写的。全书共分5个部分,14章。第1部分包括第1、2章。第1章作为本课程(模块)学习的导引,介绍了本课程(模块)的学习意义、学习目标,以及本课程(模块)的能力要素分解。第2章“数据结构与算法概述”是全书教学内容的导引,介绍数据结构的相关概念、算法分析方法等内容;回顾了算法实现方法,对于本教材使用的算法描述工具——C语言,则介绍了指针、结构变量、函数、动态存储分配等内容,以方便本课程与C语言课程(模块)的衔接,便于教学。

第2部分包括第3~7章,是逻辑结构为“线性”的数据结构及其应用知识内容。第3~6章依次介绍了是栈、队列、线性表、数组与广义表;其中在线性表的应用中介绍了串结构模型及应用。第7章介绍了基于线性表的查找与排序方法。

第3部分包括第8~10章,是逻辑结构为“树形”的数据结构及其应用知识内容。第8章介绍了二叉树的相关概念、模型及遍历等基本运算,以及线索化、哈夫曼树等应用问题。第9章介绍了树和森林的数据结构模型和基本运算。第10章介绍了基于树形结构的查找与排序方法,包括二叉排序树、平衡二叉树、B树、堆排序等。

第4部分包括第11、12章,是逻辑结构为“图形”的数据结构及其应用知识内容。第11章主要介绍图的相关概念、两种存储结构、图的遍历算法等;第12

章介绍图的典型应用问题,包括最小生成树、最短路径、拓扑排序等。

第5部分包括第13、14章。第13章介绍逻辑结构为“集合”的数据结构,主要介绍散列结构的概念、存储模型(包括散列函数和散列表中解决冲突的处理方法),以及散列表的查找问题。第14章回顾总结了全书所介绍的所有查找与排序方法,并对不同数据结构模型下的查找与排序算法进行了分析与比较。

从第2章起,教材的每章开始都有本章的学习提示,每章后面都有相关自主学习内容的提醒,并配备有一定量的填空题、判断题、选择题、简答题和算法设计题,供读者选用。

本教材具有以下几个特色:

(1) 强调知识学习与能力培养的契合度,构建基于每个知识体系的能力培养模块。

基于能力本位的培养方案,根据课程结构特点和能力培养要素,本教材内容设置分为5个部分。除第1部分外,其余每个部分分别介绍一种逻辑结构知识体系,培养学习者基于该逻辑结构知识的模型描述能力、基本算法设计能力、算法分析能力、针对实际问题构建模型能力,以及算法设计思路及模型应用表达能力。同时,将传统教材中的“查找与排序”这样的应用问题分解到每一个逻辑结构知识体系中,便于学习者将该知识体系中的数据结构模型应用于这样的典型应用中,达到综合培养学习者对实际问题的模型构建能力、算法设计能力的目的。

(2) 每个模块中,以知识获得的循序渐进达到能力培养的循序渐进。

打破传统“数据结构”课程的教学内容框架,根据基本能力的达成度,重新调整教学内容。例如,在第2部分“线性结构”中,将知识体系较为简单、模型描述与应用较为简单的“栈”“队列”安排在“线性表”之前,使学习者在较为容易的知识获得基础上,具备应用这些知识的基本能力和专业能力。

(3) 以大量的应用问题引导培养学习者构建数据结构模型、算法设计与分析等实践能力。

教材注重工科“应用型”人才能力培养的需求和学习方法,吸收理工科教材的特色,在介绍新的知识点时,没有大段的文字描述,而是尽可能地采用具体的例题来加强其学习效果;介绍完每个数据结构模型的基本算法后,配以相应的应用问题以强化该数据结构模型的应用、算法设计与分析等实践能力。

(4) 自主学习与习题引导学习者拓展思维,培养创新能力。

教材在每一章结束时,提供了需要学习者自主学习的内容,通过这种方式启发、带动学习者主动思考、动手实践,培养他们的实践能力和创新能力。在习题中,安排了一定量的基础题和适量的算法设计题,供教师和学生在学习中参考

使用。

本教材基于以能力培养为导向的“模块化”教学体系,在前期工作《数据结构与算法》(ISBN 978-7-113-15256-7)的基础上,由李红、许强编写完成,其中李红编写了第1~11章,许强编写了第12~14章。另外,本书的编写工作得到了合肥学院校级模块化课程建设项目基金的资助,还得到了计算机教育界同行的关心和帮助,在此一并致谢!

由于作者的知识 and 写作水平有限,书稿虽几经修改,仍难免有错误和不妥之处,恳请同行专家和读者批评指正,以使本书不断改进、日臻完善。电子邮箱:lihong@hfu.edu.cn。

编者

2015年8月

目 录

总序	(i)
----------	-------

前言	(iii)
----------	---------

第 1 部分 概 述

第 1 章 课程介绍	(2)
------------------	-------

1.1 本课程(模块)的学习意义和学习目标	(2)
-----------------------------	-------

1.2 本课程(模块)的能力要素分解	(3)
--------------------------	-------

第 2 章 数据结构与算法概述	(6)
-----------------------	-------

2.1 引言	(6)
--------------	-------

2.2 数据与数据元素	(7)
-------------------	-------

2.3 数据结构	(8)
----------------	-------

2.4 算法描述及分析	(11)
-------------------	--------

第 2 部分 线性结构

第 3 章 栈	(22)
---------------	--------

3.1 引言	(22)
--------------	--------

3.2 栈的概念	(23)
----------------	--------

3.3 顺序栈	(24)
---------------	--------

3.4 链栈	(27)
--------------	--------

3.5 栈的应用实例	(30)
------------------	--------

第 4 章 队列	(38)
----------------	--------

4.1 引言	(38)
--------------	--------

4.2 队列的概念	(39)
-----------------	--------

4.3 顺序队列	(40)
----------------	--------

4.4	链队列	(44)
4.5	队列的应用实例	(48)
第5章	线性表	(57)
5.1	引言	(57)
5.2	线性表的概念	(58)
5.3	顺序表	(59)
5.4	链表	(65)
5.5	线性表的应用	(79)
第6章	矩阵和广义表	(94)
6.1	引言	(94)
6.2	矩阵的概念	(95)
6.3	矩阵的存储	(96)
6.4	矩阵的应用	(104)
6.5	广义表	(111)
第7章	查找与排序	(119)
7.1	引言	(119)
7.2	查找	(120)
7.3	排序	(128)

第3部分 树形结构

第8章	二叉树	(152)
8.1	引言	(152)
8.2	二叉树的概念	(153)
8.3	二叉树的存储	(156)
8.4	二叉树的遍历	(160)
8.5	二叉树的应用	(168)
第9章	树和森林	(182)
9.1	引言	(182)
9.2	树和森林的基本概念	(183)
9.3	树和森林的存储	(184)

9.4 树、森林与二叉树的转换	(187)
9.5 树和森林的遍历	(189)
第 10 章 查找与排序	(194)
10.1 引言	(194)
10.2 查找	(195)
10.3 堆排序	(211)

第 4 部分 图形结构

第 11 章 图的基本知识	(220)
11.1 引言	(220)
11.2 图的相关概念	(221)
11.3 图的存储	(224)
11.4 图的遍历	(230)
第 12 章 图的应用	(239)
12.1 引言	(239)
12.2 最小生成树	(240)
12.3 最短路径	(244)
12.4 拓扑排序	(250)

第 5 部分 散列结构、查找与排序

第 13 章 散列表	(260)
13.1 引言	(260)
13.2 集合的散列存储	(261)
13.3 散列函数的构造	(262)
13.4 处理冲突的方法	(265)
13.5 散列表的查找	(267)
第 14 章 查找与排序	(271)
14.1 引言	(271)
14.2 查找	(272)
14.3 排序	(277)

第 1 部分 概 述

第 1 部分 概 述

第1章 课程介绍

1.1 本课程(模块)的学习意义和学习目标

1.1.1 本课程(模块)的学习意义

“数据结构与算法设计”是计算机类各专业重要的专业基础课程,是模块化教学设计中“程序设计基础模块”中“子模块B”部分(其中,“子模块A”是“C语言程序设计”,“子模块C”是“程序设计基础课内实训”),主要学习在软件开发中涉及的各种常用数据结构模型及算法实现方法。

通常,开发软件解决实际问题需要经过以下几个步骤:

(1) 针对实际问题建立模型。实际应用中,对数值计算类问题一般可以建立由数学方程或数学公式表示的数学模型,而对于非数值计算,如员工档案管理、人机对弈、最短交通路线等问题,无法用数学模型来描述,这时需要将描述这些问题的字符等非数值信息,按照一定的逻辑结构组织起来,建立计算机可以处理的非数学模型。

(2) 设计算法思路。建立模型后,应用背景不同的具体问题可能就转变为相同模型所描述的抽象问题,借助该模型特有的解决问题的方法,就可以相对容易地设计出原问题的求解方法,即算法思路。

(3) 选择存储结构。在计算机上实现对问题的求解,必须选择合适的存储结构以存储抽象模型及相关数据,不同的存储结构对问题求解的效率可能会产生较大影响。

(4) 编写程序。编写程序即用计算机语言描述问题求解的思路,一般来说,模型的存储方式和问题的求解思路决定了所编写程序的好坏。

(5) 调试与测试。程序编写完成后,需要进行多次调试和测试才能交付使用。

“数据结构与算法设计”课程(模块)中涉及以上问题求解中的前4个步骤。首先,本课程(模块)中介绍了许多基本的非数值数据模型,如线性表、栈、队列、树、图等等,学习者通过学习可以了解并掌握这些基本模型的数据结构,并将其应用到实际问题建模中;其次,本课程(模块)对每种数据结构都讨论了相应的基本运算实现方法,在实际问题中应用这些模型时,学生可以参考这些算法实现思路;另外,本课程(模块)讨论了相同逻辑结构的数据在不同存储结构下的实现方法及算法性能分析,使学习者在实际应用中能够根据具体问题来选择、设计合理的存储结构;最后,本课程(模块)中所介绍的各种算法中,涉及很多具有代表性的算法设计方法,这些方法有助于学习者编程技术的提高。

综上所述,“数据结构与算法设计”课程(模块)是培养软件开发人才的基础课程之一,在

计算机专业课程(模块)中具有极其重要的地位。

1.1.2 本课程(模块)的学习目标

《工程教育专业认证标准(试行)》规定,毕业生应该达到的能力与素质基本要求包括:

- (1) 综合运用所学知识,分析并解决工程问题的基本能力;
- (2) 具有创新意识和对新产品进行研究、开发和设计的初步能力;
- (3) 较强的表达能力。

其中,计算机科学与技术专业必须具备“软件设计和实现的能力”。

“数据结构与算法设计”作为培养这些能力的基础课程(模块),所涉及的能力培养具体包括:

- (1) 掌握数据结构模型的能力;
- (2) 基本算法设计能力;
- (3) 基本的算法分析能力;
- (4) 在软件开发中针对实际问题构建模型能力;
- (5) 算法设计思路及模型应用表达能力。

1.2 本课程(模块)的能力要素分解

针对本课程(模块)所培养的能力目标,我们将能力要素分解到各章节内容的学习中,见表 1.1。

表 1.1 本课程(模块)能力要素分解

基础能力		
1 掌握数据结构模型的能力		
序号	能力要素	对应章节
1.1	掌握栈的两种存储结构	3.3.1,3.4.1
1.2	掌握顺序队列、循环队列、链队列的概念	4.3.1,4.3.2,4.4.1
1.3	掌握顺序表的存储结构	5.3.1
1.4	掌握不同链表的存储结构	5.4.1,5.4.2,5.4.5,5.4.6
1.5	掌握矩阵的压缩存储方法	6.3.2,6.3.3
1.6	掌握广义表的存储方法	6.5.2
1.7	掌握二叉树的存储结构	8.3.1,8.3.2
1.8	掌握树的存储方法	9.3.1,9.3.2,9.3.3
1.9	掌握图的存储方法	11.3.1,11.3.2

2 基本算法设计能力		
序号	能力要素	对应章节
2.1	栈的基本运算设计能力	3.3.2,3.4.2
2.2	循环队列的基本运算设计能力	4.3.3
2.3	链队列的基本运算设计能力	4.4.2
2.4	顺序表的基本运算设计能力	5.3.2
2.5	单链表及其他形式链表的基本运算设计能力	5.4.3,5.4.4,5.4.5,5.4.6
2.6	稀疏矩阵三元组表的建立算法设计能力	6.3.3
2.7	二叉树的建立、遍历算法设计能力	8.3.3,8.4.2,8.4.3
2.8	图的建立算法设计能力	11.3.1,11.3.2
2.9	图的遍历算法设计能力	11.4.1,11.4.2
3 基本的算法分析能力		
序号	能力要素	对应章节
3.1	顺序栈与链栈的基本运算性能分析能力	3.3.2,3.4.2
3.2	循环队列和链队列的基本运算性能分析能力	4.3.3,4.4.2
3.3	顺序表的基本运算性能分析能力	5.3.3
3.4	链表的基本运算性能分析能力	5.4.3,5.4.4
3.5	各种查找算法性能分析能力	7.2.2,7.2.3,10.2.1
3.6	各种排序算法性能分析能力	7.3.2,7.3.3,7.3.4,7.3.5,7.3.6, 10.3.4
专业能力		
4 针对实际问题构建模型能力		
序号	能力要素	对应章节
4.1	顺序栈与链栈的模型构建能力	3.5.1,3.5.2
4.2	顺序(循环)队列和链队列的模型构建能力	4.5.1,4.5.2
4.3	顺序表和链表的模型构建能力	5.5.1,5.5.2,5.5.3
4.4	矩阵的存储模型构建能力	6.4.1,6.4.2
4.5	广义表的存储模型构建能力	6.5.3
4.6	二叉树(哈夫曼树)的模型构建能力	8.5.1
4.7	图的模型构建能力	12.2,12.3,12.4

5 算法设计思路及模型应用表达能力		
序号	能力要素	对应章节
5.1	栈的应用及算法设计思路表达能力	3.5.1,3.5.2
5.2	队列的应用及算法设计思路表达能力	4.5.1,4.5.2
5.3	线性表的应用及算法设计思路表达能力	5.5.2,5.5.3
5.4	稀疏矩阵应用算法设计思路及模型应用表达能力	6.4.1,6.4.2
5.5	多元多项式加法算法设计思路及模型应用表达能力	6.5.3
5.6	二叉树遍历算法的应用能力	8.4.4
5.7	树的相关算法设计思路及模型应用表达能力	9.4,9.5
5.8	各种查找算法设计思路及模型应用表达能力	7.2.2,7.2.3,10.2.1
5.9	各种排序算法设计思路及模型应用表达能力	7.3.2,7.3.3,7.3.4,7.3.5,7.3.6, 10.3.4
5.10	图的各种应用算法设计思路及模型应用表达能力	12.2,12.3,12.4