



高等院校规划教材

斯庆巴拉 主 编

数据结构(C语言描述)

注重学科体系的完整性, 兼顾考研学生需要
强调理论与实践相结合, 注重培养专业技能



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

21 世纪高等院校规划教材

数据结构（C 语言描述）

斯庆巴拉 主编

中国水利水电出版社

内 容 提 要

“数据结构 (C 语言描述)”是一门综合性的计算机专业基础课,它涉及数学、计算机软件 and 计算机硬件等三方面的知识,与高级编程语言、离散数学和软件工程有着密切联系。学习本课程的目的就是掌握如何用计算机来解决现实生活中存在的各种问题的思路和方法。对于具体的问题,先对它进行分析,抽象出一个适当的数学模型,然后设计相应的算法,编写源程序,经过调试运行达到解决问题的目的。

本书是按照教材的体例编写的,在内容的组织和描述上遵循了学习的规律。其知识点与本科院校保持一致,注重学科体系完整性。全书共 10 章,布局上共分三部分,主要以数据的逻辑结构为主线,部分章节以实例形式提出,采用任务驱动模式,引出本章基本内容。理论性和概念性比较强的部分,采用先定义,后举例说明的传统模式,不注重理论的推导和验证过程,而注重利用结论来解决实际问题。算法,以应用为目的,通过实例,找出解决问题的途径,再从解决方法中推导出算法,最终给出相应的描述。最后三章加了一些典型算法和案例的分析。

本书内容新颖,有丰富的实例,可作为高等院校“数据结构”课程的教材,也可供自学者阅读参考。为了方便教学和读者自学,本书配有免费电子教案及所有程序的源代码,可以从中国水利水电出版社网站下载,网址为: <http://www.waterpub.com.cn/softdown/>。

图书在版编目 (CIP) 数据

数据结构: C 语言描述 / 斯庆巴拉主编. —北京: 中国水利水电出版社, 2005
(21 世纪高等院校规划教材)

ISBN 7-5084-3301-7

I. 数… II. 斯… III. ①数据结构—高等学校—教材②C 语言—程序设计—高等学校—教材 IV. TP311.12②TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 112054 号

书 名	数据结构 (C 语言描述)
作 者	斯庆巴拉 主编
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)、82562819 (万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京市天竺颖华印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 16.5 印张 398 千字
版 次	2005 年 10 月第 1 版 2005 年 10 月第 1 次印刷
印 数	0001—5000 册
定 价	24.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

序

随着计算机科学与技术的飞速发展,计算机的应用已经渗透到国民经济与人们生活的各个角落,正在日益改变着传统的人类工作方式和生活方式。在我国高等教育逐步实现大众化后,越来越多的高等院校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。为了大力推广计算机应用技术,更好地适应当前我国高等教育的跨越式发展,满足我国高等院校从精英教育向大众化教育的转变,符合社会对高等院校应用型人才培养的各类要求,我们成立了“21 世纪高等院校规划教材编委会”,在明确了高等院校应用型人才培养模式、培养目标、教学内容和课程体系的框架下,组织编写了本套“21 世纪高等院校规划教材”。

众所周知,教材建设作为保证和提高教学质量的重要支柱及基础,作为体现教学内容和教学方法的知识载体,在当前培养应用型人才中的作用是显而易见的。探索和建设适应新世纪我国高等院校应用型人才培养体系需要的配套教材已经成为当前我国高等院校教学改革和教材建设工作面临的紧迫任务。因此,编委会经过大量的前期调研和策划,在广泛了解各高等院校的教学现状、市场需求,探讨课程设置、研究课程体系的基础上,组织一批具备较高的学术水平、丰富的教学经验、较强的工程实践能力的学术带头人、科研人员和主要从事该课程教学的骨干教师编写出一批有特色、适用性强的计算机类公共基础课、技术基础课、专业及应用技术课的教材以及相应的教学辅导书,以满足目前高等院校应用型人才培养的需要。本套教材消化和吸收了多年来已有的应用型人才培养的探索与实践成果,紧密结合经济全球化时代高等院校应用型人才培养工作的实际需要,努力实践,大胆创新。教材编写采用整体规划、分步实施、滚动立项的方式,分期分批地启动编写计划,编写大纲的确定以及教材风格的定位均经过编委会多次认真讨论,以确保该套教材的高质量和实用性。

教材编委会分析研究了应用型人才与研究型人才在培养目标、课程体系和内容编排上的区别,分别提出了 3 个层面上的要求:在专业基础类课程层面上,既要保持学科体系的完整性,使学生打下较为扎实的专业基础,为后续课程的学习做好铺垫,更要突出应用特色,理论联系实际,并与工程实践相结合,适当压缩过多过深的公式推导与原理性分析,兼顾考研学生的需要,以原理和公式结论的应用为突破口,注重它们的应用环境和方法;在程序设计类课程层面上,把握程序设计方法和思路,注重程序设计实践训练,引入典型的程序设计案例,将程序设计类课程的学习融入案例的研究和解决过程中,以学生实际编程解决问题的能力为突破口,注重程序设计的实现;在专业技术应用层面上,积极引入工程案例,以培养学生解决工程实际问题的能力为突破口,加大实践教学内容的比重,增加新技术、新知识、新工艺的内容。

本套规划教材的编写原则是:

在编写中重视基础,循序渐进,内容精炼,重点突出,融入学科方法论内容和科学理念,反映计算机技术发展要求,倡导理论联系实际和科学的思想方法,体现一级学科知识组织的层次结构。主要表现在:以计算机学科的科学体系为依托,明确目标定位,分类组织实施,兼容互补;理论与实践并重,强调理论与实践相结合,突出学科发展特点,体现

学科发展的内在规律；教材内容循序渐进，保证学术深度，减少知识重复，前后相互呼应，内容编排合理，整体结构完整；采取自顶向下设计方法，内涵发展优先，突出学科方法论，强调知识体系可扩展的原则。

本套规划教材的主要特点是：

(1) 面向应用型高等院校，在保证学科体系完整的基础上不过度强调理论的深度和难度，注重应用型人才的专业技能和工程实用技术的培养。在课程体系方面打破传统的研究型人才培养体系，根据社会经济发展对行业、企业的工程技术需要，建立新的课程体系，并在教材中反映出来。

(2) 教材的理论知识包括了高等院校学生必须具备的科学、工程、技术等方面的要求，知识点不要求大而全，但一定要讲透，使学生真正掌握。同时注重理论知识与实践相结合，使学生通过实践深化对理论的理解，学会并掌握理论方法的实际运用。

(3) 在教材中加大能力训练部分的比重，使学生比较熟练地应用计算机知识和技术解决实际问题，既注重培养学生分析问题的能力，也注重培养学生思考问题、解决问题的能力。

(4) 教材采用“任务驱动”的编写方式，以实际问题引出相关原理和概念，在讲述实例的过程中将本章的知识点融入，通过分析归纳，介绍解决工程实际问题的思想和方法，然后进行概括总结，使教材内容层次清晰，脉络分明，可读性、可操作性强。同时，引入案例教学和启发式教学方法，便于激发学习兴趣。

(5) 教材在内容编排上，力求由浅入深，循序渐进，举一反三，突出重点，通俗易懂。采用模块化结构，兼顾不同层次的需求，在具体授课时可根据各校的教学计划在内容上适当加以取舍。此外还注重了配套教材的编写，如课程学习辅导、实验指导、综合实训、课程设计指导等，注重多媒体的教学方式以及配套课件的制作。

(6) 大部分教材配有电子教案，以使教材向多元化、多媒体化发展，满足广大教师进行多媒体教学的需要。电子教案用 PowerPoint 制作，教师可根据授课情况任意修改。相关教案的具体情况请到中国水利水电出版社网站 www.waterpub.com.cn 下载。此外还提供相关教材中所有程序的源代码，方便教师直接切换到系统环境中教学，提高教学效果。

总之，本套规划教材凝聚了众多长期在教学、科研一线工作的教师及科研人员的教学科研经验和智慧，内容新颖，结构完整，概念清晰，深入浅出，通俗易懂，可读性、可操作性和实用性强。本套规划教材适用于应用型高等院校各专业，也可作为本科院校举办的应用技术专业的课程教材，此外还可作为职业技术学院和民办高校、成人教育的教材以及从事工程应用的技术人员的自学参考资料。

我们感谢该套规划教材的各位作者为教材的出版所做出的贡献，也感谢中国水利水电出版社为选题、立项、编审所做出的努力。我们相信，随着我国高等教育的不断发展和高校教学改革的不深入，具有示范性并适应应用型人才培养的精品课程教材必将进一步促进我国高等院校教学质量的提高。

我们期待广大读者对本套规划教材提出宝贵意见，以便进一步修订，使该套规划教材不断完善。

21 世纪高等院校规划教材编委会

2004 年 8 月

前 言

在新世纪计算机的高速发展和广泛应用,使得计算机成为一门热门专业,并迫切要求人们使用计算机来处理各项工作和日常事务。

“数据结构”是一门综合性的计算机专业基础课,它涉及数学、计算机软件和计算机硬件等三方面的知识,与高级编程语言、离散数学和软件工程有着密切联系。学习本课程的目的就是形成一种如何将现实生活中的问题用计算机来解决的思路、方法。对于具体的问题,先对它进行分析,抽象出一个适当的数学模型,然后设计解此数学模型的相应算法,最后给出源程序,经过调整、测试得到最终结果。

本书采用 C 语言作为描述数据结构和算法的工具,利用了 C 语言的语言简洁、紧凑,使用方便、灵活和生成目标代码质量高,程序执行效率高等特点。还有一点就是 C 语言编写的程序在 C++ 中运行时程序本身不需要做很大的改动。

本书是按照教材的体例编写的,在内容的组织和描述上遵循了学习的规律。其知识点与本科院校保持一致,注重学科体系完整性。全书共 10 章,布局上共分三大部分,主要以逻辑结构为主线。第一部分:第 1 章,交代了学习本课程的意义、数据结构的基本知识及本课程的主体框架。第二部分:第 2 章、第 3 章、第 4 章、第 5 章、第 6 章和第 7 章,介绍了线性结构、树型结构和图型结构三种结构的特征、存储结构及各种操作的实现。第三部分:第 8 章、第 9 章和第 10 章,给出了典型的查找、排序算法和一些案例分析,应用前面章节所学知识解决实际问题。每章都有小结,作为本章内容的总结。除了总结每章还配有习题,分为选择题、填空题、应用题、写算法和上机实践题等多种题型。选择题和填空题是对基本知识的考核,应用题是对基本知识的应用,写算法题包含各章节中所学数据结构的各种操作的实现,上机实践题主要作为实践环节内容。通过多种类型的习题达到对本章所学知识巩固的目的。

本教材的讲授学时可为 54 至 72 学时,实践学时可为 16 学时左右。教师可根据实际情况选讲或不讲目录页中带*号的章节。

本书由斯庆巴拉主编,孙沛任副主编。各章主要编写人员分工如下:第 1 章、第 2 章和第 10 章由斯庆巴拉编写,第 6 章由孙沛编写,第 3 章和第 4 章由刘威编写,第 5 章和第 7 章由肖宏涛编写,第 8 章和第 9 章由孙琦编写。参与本书大纲讨论、部分内容编写、实例程序调试等工作的还有安志远、李建义、李杰、王静、王慧莹、张保国、张宏伟等。

在本书的编写过程中,阅读了大量的参考资料,从中吸取了许多宝贵经验,在此表示感谢。尽管已经尽了最大的努力来避免错误的发生,但限于水平和时间,书中不妥和错误在所难免,恳请各位专家、读者批评指正。笔者的 E-mail 为: siqing@nciae.edu.cn。

编者

2005 年 7 月

目 录

序

前言

第 1 章 学习数据结构课程的意义	1
本章学习目标	1
1.1 实例：高校选修课程管理	1
1.1.1 问题描述	1
1.1.2 问题的分析	2
1.1.3 学习本课程的意义	3
1.2 数据结构的主要内容	3
1.2.1 基本概念和术语	3
1.2.2 数据结构定义	4
1.2.3 逻辑结构的表示方法	5
1.3 算法和算法分析	7
1.3.1 算法定义	7
1.3.2 算法分析	8
本章小结	10
习题	10
第 2 章 线性表	14
本章学习目标	14
2.1 实例：学生信息的存储	14
2.1.1 问题描述	14
2.1.2 问题的分析	14
2.1.3 实现算法	15
2.2 线性表的逻辑结构	16
2.2.1 线性表的逻辑结构	16
2.2.2 线性表的基本操作	17
2.3 线性表的顺序存储	17
2.3.1 顺序存储方式	17
2.3.2 各种操作的实现	18
2.4 线性表的链式存储	23
2.4.1 链式存储方式	23
2.4.2 各种操作的实现	25
2.4.3 循环单链表	28

2.4.4	双向链表.....	28
2.5	动态存储管理.....	30
2.5.1	存储管理的任务.....	30
2.5.2	内存的动态分配和回收.....	31
2.6	应用举例：线性表的建立与合并.....	34
2.6.1	线性表的建立.....	34
2.6.2	线性表的合并.....	36
2.6.3	线性表的逆置.....	37
2.6.4	线性表各种操作的综合实践.....	39
	本章小结.....	44
	习题.....	45
第3章	栈和队列.....	47
	本章学习目标.....	47
3.1	实例：药店药品柜的管理.....	47
3.1.1	问题描述.....	47
3.1.2	问题分析.....	47
3.2	逻辑结构及特征.....	47
3.2.1	栈的基本概念.....	48
3.2.2	队列的基本概念.....	49
3.3	栈的存储结构.....	50
3.3.1	栈的顺序存储.....	50
3.3.2	栈的链式存储.....	52
3.4	队列的存储结构.....	55
3.4.1	队列的顺序存储.....	55
3.4.2	队列的链式存储.....	58
3.5	应用举例.....	61
3.5.1	表达式中的括号匹配的检验.....	61
3.5.2	递归.....	61
3.5.3	栈和队列的各种操作的综合实践.....	63
	本章小结.....	67
	习题.....	68
第4章	串.....	70
	本章学习目标.....	70
4.1	串类型的定义.....	70
4.2	串的存储结构.....	70
4.2.1	串的顺序存储.....	71
4.2.2	串的链式存储.....	72

4.2.3 串的索引存储.....	72
4.3 串的操作	73
4.3.1 串常用操作的实现.....	74
4.3.2 模式匹配操作.....	82
本章小结	87
习题	87
第5章 数组	89
本章学习目标	89
5.1 数组	89
5.1.1 一维数组.....	89
5.1.2 多维数组.....	89
5.2 数学中的应用	91
5.2.1 稀疏矩阵.....	91
*5.2.2 特殊矩阵.....	97
5.3 广义表	99
5.3.1 基本概念.....	99
5.3.2 广义表的存储结构.....	100
*5.3.3 广义表的运算.....	102
本章小结	107
习题	107
第6章 树	110
本章学习目标	110
6.1 实例 1: 文件目录管理	110
6.1.1 问题描述.....	110
6.1.2 问题分析.....	110
6.1.3 实现算法.....	111
6.2 树的逻辑结构和存储结构	112
6.2.1 树的逻辑结构.....	112
6.2.2 树的相关术语.....	113
6.3 树的遍历	113
6.3.1 先根遍历.....	114
6.3.2 后根遍历.....	114
6.3.3 按层遍历.....	114
6.4 实例 2: 通信中电文编码	115
6.4.1 问题描述.....	115
6.4.2 问题分析.....	115
6.4.3 实现算法.....	116

6.5 二叉树的定义和存储结构	117
6.5.1 二叉树的定义.....	117
6.5.2 二叉树的性质.....	118
6.5.3 二叉树的存储结构.....	119
6.6 二叉树遍历	121
6.6.1 先根遍历.....	121
6.6.2 中根遍历.....	123
6.6.3 后根遍历.....	124
6.6.4 按层遍历.....	125
6.6.5 二叉树遍历的应用.....	126
6.7 树与二叉树的转换	127
6.7.1 树的存储结构.....	127
6.7.2 树与二叉树的转换.....	129
6.7.3 森林与二叉树的转换.....	131
6.8 应用举例	132
*6.8.1 线索二叉树.....	132
6.8.2 二叉排序树.....	134
6.8.3 哈夫曼树.....	136
6.8.4 二叉树的综合实例.....	137
本章小结	141
习题	142
第7章 图	146
本章学习目标	146
7.1 实例：求城市间最短路径	146
7.1.1 问题描述.....	146
7.1.2 问题分析.....	146
7.2 图的逻辑结构和特征	148
7.2.1 图的逻辑结构.....	148
7.2.2 图的特征.....	149
7.3 图的存储结构	151
7.3.1 邻接矩阵.....	151
7.3.2 邻接表.....	153
*7.3.3 十字链表.....	155
*7.3.4 边集数组.....	156
*7.3.5 邻接多重表.....	157
7.4 图的遍历	158
7.4.1 深度优先搜索.....	158

7.4.2 广度优先搜索.....	159
7.5 最小生成树	160
7.5.1 克鲁斯卡尔算法.....	161
7.5.2 普里姆算法.....	163
7.6 应用举例	166
7.6.1 求源点到其余各顶点间的最短路径.....	166
7.6.2 拓扑排序.....	168
本章小结	172
习题	173
第8章 典型查找算法.....	176
本章学习目标	176
8.1 实例：学生分配座位	176
8.1.1 问题描述.....	176
8.1.2 问题分析.....	176
8.1.3 实现算法.....	177
8.1.4 基本概念.....	178
8.2 静态查找	178
8.2.1 顺序查找.....	179
8.2.2 折半查找.....	179
8.2.3 分块查找.....	182
8.3 动态查找	183
8.3.1 二叉排序树查找.....	183
8.3.2 二叉平衡树.....	185
8.4 散列查找	186
8.4.1 散列存储和散列函数的构造方法.....	186
8.4.2 解决冲突的方法.....	188
8.4.3 散列查找实现算法和性能分析.....	190
本章小结	192
习题	193
第9章 典型排序算法.....	195
本章学习目标	195
9.1 实例：统计学生成绩表	195
9.1.1 问题描述.....	195
9.1.2 问题分析.....	196
9.1.3 实现算法.....	196
9.1.4 排序定义及相关概念.....	197
9.2 插入排序	198

9.2.1	直接插入排序.....	198
9.2.2	折半插入排序.....	199
*9.2.3	希尔排序.....	199
9.3	选择排序.....	201
9.3.1	直接选择排序.....	201
9.3.2	堆排序.....	202
9.4	交换排序.....	205
9.4.1	冒泡排序.....	205
9.4.2	快速排序.....	206
9.5	归并排序和基数排序.....	208
9.5.1	归并排序.....	208
*9.5.2	基数排序.....	211
9.6	比较各种内排序方法.....	214
9.6.1	各种内排序方法的比较.....	214
9.6.2	各种内排序方法的选择.....	215
9.7	外排序.....	216
9.7.1	外排序的基本过程.....	216
*9.7.2	多路归并排序.....	217
	本章小结.....	218
	习题.....	219
第 10 章	案例分析.....	222
	本章学习目标.....	222
10.1	约瑟夫问题.....	222
10.1.1	问题描述.....	222
10.1.2	问题分析.....	222
10.1.3	函数设计.....	223
10.1.4	上机调试.....	224
10.2	迷宫求解.....	225
10.2.1	问题描述.....	225
10.2.2	问题分析.....	225
10.2.3	函数设计.....	226
10.2.4	上机调试.....	229
10.3	排队问题.....	230
10.3.1	问题描述.....	230
10.3.2	问题分析.....	231
10.3.3	函数设计.....	231
10.3.4	上机调试.....	234

10.4 教学计划中的课程编排	236
10.4.1 问题描述	236
10.4.2 问题分析	237
10.4.3 函数设计	237
10.4.4 上机调试	240
*10.5 简单的学籍管理系统	241
10.5.1 问题描述	241
10.5.2 问题分析	242
10.5.3 函数设计	242
10.5.4 上机调试	246
本章小结	248
习题	249
参考文献	250

第 1 章 学习数据结构课程的意义

本章学习目标

本章主要介绍学习本课程的意义和数据结构的相关概念。通过本章的学习，读者应该掌握以下内容：

- 学习本课程的意义和本课程在计算机专业中的地位
- 本课程的主体框架和讨论范围
- 如何对算法进行描述和分析

1.1 实例：高校选修课程管理

自第一台计算机问世以来，随着现代电子技术的发展，计算机的应用领域从最初的科学计算逐步发展到人类活动的各个领域。计算机处理的对象也由最初的简单的数值或字符对象发展到现在的文字、图像、声音等不同复杂结构和相互间存在不同关系的各种数据。为了设计出一个好的符合要求的算法或程序，除了掌握必备的程序设计语言外，还需要分析和研究程序所处理的各种数据的特性和数据之间存在的关系。这就是数据结构这门课程诞生和发展到现在作为独立的一门计算机基础课程的背景。

一般情况下，用计算机解决一个实际问题时，都是先对具体问题抽象，建立问题的求解模型，然后设计相应的算法，编写程序并上机调试，最后解决问题。下面就以实例来讲解解决一个实际问题的过程。

1.1.1 问题描述

表 1-1 是一所学校学生选修课程的选修情况登记表。要求用计算机来完成对学生选修课程的全程管理。一般情况下，必备的功能有登记，修改、查询和打印等。在本例中重点完成查询功能。

表 1-1 学生选修课选修情况登记表

学号	姓名	系别	选修课程名		学分	成绩	
			课程名	课程代码		等级	分数
0351103	王杰	计算机	摄影技术	501	3		
0351212	李丽	计算机	电脑音乐	502	1		
0351220	商立	计算机	摄影技术	501	3		
0432233	赵燕	机械	三维动画	303	2		
0432118	张欣	机械	三维动画	303	2		
0322140	王芳	材料	证券投资	205	3		
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		

1.1.2 问题的分析

根据用计算机解决实际问题的步骤, 首先从具体问题抽象出一个适当的数据模型。抽象数据模型一般包括三部分: 实际问题中处理的数据对象、数据对象间存在的关系和需要实现的各种操作。通常用以下格式描述:

```
ADT 选修课程{
    数据对象:D={ai | ai∈表中记录类型,i=1,2,...,n , n≥0}
    数据关系:R={Ri | Ri∈表中各个记录间存在的关系,i=1,2,...,m , m≥0}
    基本操作:
        DengjiList (&L)
        完成功能:对学生的选修情况进行登记
        EditList(&L)
        完成功能:对选修课情况登记表进行修改
        LocateList(&L, 查询条件)
        完成功能:根据给定的查询条件,从登记表中查找满足条件的记录
        PrintList(L)
        完成功能:打印学生选修课选修情况登记表
}ADT 选修课程
```

其中, 表中记录间可以存在多种关系, 例如: 按输入到表中的记录顺序、按所属系别、按所选课程等。

第二步进行算法设计。根据上面给定的抽象数据类型定义, 写出实现各种操作的算法描述。下面以查询操作为例给出伪代码表示:

```
int LocateList(选修课程 &L, 查询条件)
{
    对给定的查询条件进行分析,确定是对表中哪个数据项进行查询;
    对表中元素按给定的查询条件进行查询;
    若查询成功,返回记录的位置;否则返回 0 值,表示表中不存在满足给定条件的记录;
}
```

第三步实现抽象数据类型定义, 即从编程语言的角度确定抽象数据类型的存储形式和确定抽象数据类型中每一种操作的具体实现算法。对表中记录进行分析后, 可确定表中每一条记录的类型可定义为一个结构体类型, 表在内存中分配到连续的存储空间, 按记录的输入顺序为物理顺序存放。有了类型定义, 就可以编写表中各种操作的实现算法。具体定义如下:

```
struct kechengsrtuct { // 选修课课程名结构体定义
    char *kechengming ; // 课程名
    int kechengdaima ; // 课程代码
};
struct chengjistruct { // 成绩结构体定义
    char *dengji ; // 成绩等级
    int fenshu ; // 分数
};
struct student { // 表中每个学生记录类型定义
    long int num ; // 学号
    char *name ; // 姓名
    char *xibie ; // 系别
```

```
kechengstruct kechent ;  
int xuefen ;          // 学分  
chengjistruct chengji ;  
};
```

表在内存中的存储类型定义:

```
struct sqliist {  
student *A ; // 将所有记录都顺序存放在一个一维数组中  
int len ; // 表中记录的个数  
};
```

最后一步就是编制相应的程序代码并进行调试和测试。

在整个用计算机来处理问题的过程中从实际问题抽象出相应的数据类型是最关键的一步,其中既要研究所处理的数据对象,还要分析数据对象间存在的各种关系。另一方面计算机技术发展到现在,所处理的数据也不是单纯的数值,而是包含图形、声音的复杂的数据对象。像这种复杂的数据及数据间存在的多种关系就是数据结构所要研究的对象,所以数据结构的实质就是一门研究非数值计算问题的程序设计中计算机的操作对象以及它们之间的关系和运算操作的一门学科。

1.1.3 学习本课程的意义

数据结构作为一门独立的课程在国外是从1968年开始设立的,但对课程的范围没有做出明确规定。20世纪60年代末到70年代初出现的各种大型程序,使得结构程序设计成为程序设计方法学的主要内容,人们才认为程序设计的实质是对确定的问题选择一种好的结构,加上设计一种好的算法。瑞士著名的计算机科学家 N.Wirth 提出了一个著名公式“程序=算法+数据结构”。在我国数据结构也成为计算机专业教学计划中的核心课程之一,也是其他非计算机专业的一门重要选修课程。

本课程作为一门独立的专业基础课,研究对象不仅涉及计算机硬件,也涉及计算机软件。可以认为数据结构是一门介于数学、计算机硬件和软件三者之间的核心课程。在计算机学科中,数据结构不仅是程序设计的基础,也是设计和实现编译程序、操作系统、数据库及其他大型应用程序的重要基础。

用一句话概括,本课程就是从实际问题抽象出数据类型的手段,主要研究计算机所处理的数据对象、数据对象之间存在的各种关系及进行的各种运算操作。

1.2 数据结构的主要内容

1.2.1 基本概念和术语

数据是对客观事物的符号表示,是一种信息的载体,在计算机科学中所有能输入到计算机中并被计算机识别、存储和加以处理的信息的总称。例如,客观事物中存在的声音、图像等都是数据;程序设计中组成程序的多个字符也是数据;在数学中解代数方程的数据对象整数和实数等也都属于数据。

数据元素是数据的基本单位,在不同的结构中被称为元素、结点、顶点和记录等。例如:

表 1-1 中选修课程情况登记表中每一条学生记录就是其中的一个数据元素, 登记表由若干条记录组成。有时, 一个数据元素也可以由若干个数据项组成, 例如: 选修课情况登记表中每一条学生记录又由学号、姓名等多个数据项组成, 它们都是组成学生记录的一个个数据项。数据项是数据中的最小单位, 不能再分割。

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。例如: 选修课情况登记表中所有学生记录就是一个数据对象; 文字处理中英文字母数据对象的集合= $\{ 'A', 'B', \dots, 'Z' \}$ 。

数据类型是对计算机中表示的数据对象、数据对象的特征及该数据对象上的一组操作的描述。因此数据类型是一个值的集合和定义在该值的集合上的一组操作的总称。在高级程序设计语言中, 数据类型可分为两大类。一种是原子类型, 例如: C 语言中的整数类型、字符类型和实型等。一般在编写程序时, 每个变量和常量定义时, 都会确定一个所属数据类型。有了确定的类型, 每个对象所做的操作、取值范围等都被确定。另一种是结构类型, 如 1.1.2 节中定义的表中记录的 `student` 类型。结构体类型由若干个成员组成, 多个成员可以属于相同的数据类型 (数组), 也可以属于不同的数据类型 (结构体、文件、共用体等)。

抽象数据类型是指一个数学模型及定义在该数学模型上的一组操作。抽象数据模型的定义仅取决于它的逻辑特性, 与其在计算机内部如何表示和实现无关。即不论它的内部结构如何变化, 只要它的逻辑特性不变, 都不会影响它的外部使用。抽象数据类型是算法设计和程序设计中的重要概念, 它是算法的一个数据模型连同定义在该模型上的作为该算法构件的一组运算。其实在高级程序语言的基本类型中已隐含着数据模型和定义在该模型上的一组操作, 如整型由整数值数据模型与加、减、乘、除和取模等几种操作组成。所以一般一个变量被定义为整型后, 它只能进行上述几种操作。抽象数据类型一般包括所处理的数据对象的集合、数据对象间存在的关系和所进行的一组操作。例如 1.1.2 节中从选修情况登记表中得到的选修课程抽象数据类型定义。

1.2.2 数据结构定义

数据结构是指相互间存在一种或多种特定关系的数据元素的集合。换句话说, 数据结构中“数据”是指具有相同属性的数据元素的集合; “结构”是指数据元素之间存在的一种或多种关系。对一个给定的数据结构进行分析时, 一般从它的逻辑结构、存储结构及对数据元素所进行的操作三方面进行讨论。

逻辑结构是对给定数据结构的一种描述方式, 它独立于计算机, 是从实际问题抽象出来的数据模型。逻辑结构既要描述数据元素, 还要描述元素之间存在的逻辑关系。通常按数据元素之间存在的逻辑关系的不同特征, 将数据结构分为四类:

- 集合结构: 数据元素之间除了同属于一个集合之外, 没有其他关系的数据结构。
- 线性结构: 数据元素之间存在“一对一”线性关系的数据结构。
- 树型结构: 数据元素之间存在“一对多”逻辑关系的数据结构。
- 图型结构: 数据元素之间存在“多对多”逻辑关系的数据结构。

存储结构又称为物理结构, 就是数据结构在计算机中的存储方式。它包括数据元素在计算机中的存储方式, 还包括元素之间关系在内存中的表示。根据存储空间的不同分配方式将数据结构分为两类: