



21st CENTURY
规划教材

面向21世纪高职高专计算机系列规划教材
COURSES FOR VOCATIONAL HIGHER EDUCATION: COMPUTER

数据结构实训教程

付百文 主 编



科学出版社
www.sciencep.com



面向21世纪高职高专计算机系列规划教材
COURSES FOR VOCATIONAL HIGHER EDUCATION: COMPUTER

数据结构实训教程

付百文 主 编

清华大学出版社

2006年11月第1版第1次印刷

ISBN 7-302-14000-0

定价：25.00元

科学出版社 北京 清华大学出版社

010-62770175

http://www.tup.tsinghua.edu.cn

010-62770175

010-62770175

清华大学出版社

010-62770175

010-62770175

010-62770175

010-62770175

清华大学出版社

科学出版社

010-62770175

清华大学出版社

010-62770175

内 容 简 介

本书包括实训基础知识介绍、线性表、栈和队列、字符串和多维数组、树、图、排序、查找以及综合实训等章节。在内容安排上既有各章节的知识要点,又有案例解析、实训项目,同时还有与实例相关的练习与思考题。实训案例既有分析、设计和具体的解决方案,同时又提出了讨论、思考和练习的题目。在算法描述上,尽量采用直观的描述形式,如自然语言、图形等,突出算法,淡化程序。案例和实训项目既涵盖知识点,又较贴近学习和实际生活。

本书可与用面向过程的各种语言描述的数据结构教材配套使用,也可作为高职高专程序设计类专业的实验实训参考教材,同时也可供从事计算机工程与应用的科技工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

数据结构实训教程/付百文主编. —北京:科学出版社, 2005

(面向 21 世纪高职高专计算机系列规划教材)

ISBN 7-03-015165-8

I. 数… II. 付… III. 数据结构-高等学校:技术学校-教材
IV.TP311.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 019970 号

责任编辑:李娜 马琳/责任校对:都岚

责任印制:吕春珉/封面设计:飞天创意

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005 年 4 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2005 年 4 月第一次印刷 印张: 13 1/4

印数: 1—3 000 字数: 293 000

定价: 19.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换<环伟>)

销售部电话 010-62136131

编辑部电话 010-62138978-8208

面向 21 世纪高职高专规划教材专家委员会

主 任 李宗尧

副主任 (按姓氏笔画排序)

丁桂芝 叶小明 张和平 林 鹏

黄 藤 谢培苏

委 员 (略)

信息技术系列教材编委会

主 任 丁桂芝

副主任 (按姓氏笔画排序)

万金保 方风波 徐 红 鲍 泓

委 员 (按姓氏笔画排序)

于晓平	马国光	仁英才	王东红	王正洪
王 玉	王兴宝	王金库	王海春	王爱梅
邓 凯	付百文	史宝会	本柏忠	田 原
申 勇	任益夫	刘成章	刘克敏	刘甫迎
刘经纬	刘海军	刘敏涵	安志远	许殿生
何瑞麟	余少华	吴春英	吴家砬	吴瑞萍
宋士银	宋锦河	张红斌	张环中	张海鹏
张蒲生	张德实	李云程	李文森	李 洛
李德家	杨永生	杨 闯	杨得新	肖石明
肖洪生	陈 愚	周子亮	周云静	胡秀琴
赵从军	赵长旭	赵动庆	郝 梅	唐铸文
徐洪祥	徐晓明	袁德明	郭庚麒	高延武
高爱国	康桂花	戚长政	曹文济	黄小鸥
彭丽英	董振珂	蒋金丹	韩银峰	魏雪英

本书编写人员名单

主 编 付百文

撰稿人（按姓氏笔画排序）

祁宇翔 季全芝 张宇宏 张冰峰

出版前言

随着世界经济的发展,人们越来越深刻地认识到经济发展需要的人才多元化、多层次的,既需要大批优秀的理论型、研究型的人才,也需要大批应用型人才。然而,我国传统的教育模式主要是培养理论型、研究型的人才。教育界在社会对应用型人才需求的推动下,专门研究了国外应用型人才教育的成功经验,结合国情大力度地改革我国的“高等职业教育”,制定了一系列的方针政策。联合国教科文组织1997年公布的教育分类中将这种教育称之为“高等技术与职业教育”,也就是我们通常所说的“高职高专”教育。

我国经济建设需要大批应用型人才,呼唤高职高专教育的崛起和成熟,寄希望于高职高专教育尽快向国家输送高质量的紧缺人才。近几年,高职高专教育发展迅速。目前,各类高职高专学校已占全国高等院校的近1/2,约有600所之多。教育部针对高职高专教育出台的一系列政策和改革方案主要体现在以下几个方面:

- “就业导向”成为高职高专教育的共识。高职高专院校在办学过程中充分考虑市场需求,用“就业导向”的思想制定招生和培养计划。
- 加快“双师型”教师队伍建设。已建立12个国家高职高专学生和教师的实训基地。
- 对学生实行“双认证”教育。学历文凭和职业资格“双认证”教育是高职高专教育特色之一。
- 高职高专教育以两年学制为主。从学制入手,加快高职高专教学方向的改革,充分办出高职高专教育特色,尽快完成紧缺人才的培养。
- 开展精品专业和精品教材建设。已建立科学的高职高专教育评估体系和评估专家队伍,指导、敦促不同层次、不同类型的学校办出一流的教育。

在教育部关于“高职高专”教育思想和方针指导下,科学出版社积极参与到高职高专教材的建设中去,在组织教材过程中采取了“请进来,走出去”的工作方法,即由教育界的专家、领导和一线的教师,以及企事业从事人力资源工作的人员组成顾问班子,充分分析我国各地区的经济发展、产业结构以及人才需求现状,研究培养国家紧缺人才的关键要素,寻求切实可行的教学方法、手段和途径。

通过研讨认识到,我国幅员辽阔,各地区的产业结构有明显的差异,经济发展也不平衡,各地区对人才的实际需求也有所不同。相应地,对相同专业和相近专业,不同地区的教学单位在培养目标和培养内容上也各有自己的定位。鉴于此,适应教育现状的教材建设应该具有多层次的设计。

为了使教材的编写能针对受教育者的培养目标,出版社的编辑分不同地区逐所学校拜访校长、系主任和老师,深入到高职高专学校及相关企事业,广泛、深入地教学和教学第

一线的老师、用人单位交流,掌握了不同地区、不同类型的高职高专院校的师生、学生和教学设施情况,清楚了各学校所设专业的培养目标和办学特点,明确了用人单位的需求条件。各区域编辑对采集的数据进行统计分析,在相互交流的基础上找出各地区、各学校之间的共性和个性,有的放矢地制定选题项目,并进一步向老师、教育管理者征询意见,在获得明确指导性意见后完成“高职高专规划教材”策划及教材的组织工作:

- 第一批“高职高专规划教材”包括三个学科大系:经济管理、信息技术、建筑。
- 第一批“高职高专规划教材”在注意学科建设完整性的同时,十分关注具有区域人才培养特色的教材。
- 第一批“高职高专规划教材”组织过程正值高职高专学制从3年制向2年制转轨,教材编写将其作为考虑因素,要求提示不同学制的讲授内容。
- 第一批“高职高专规划教材”编写强调
 - ◆ 以就业岗位对知识和技能需求下的教材体系的系统性、科学性和实用性。
 - ◆ 教材以实例为先,应用为目的,围绕应用讲理论,取舍适度,不追求理论的完整性。
 - ◆ 提出问题→解决问题→归纳问题的教、学法,培养学生触类旁通的实际工作能力。
 - ◆ 课后作业和练习(或实训)真正具有培养学生实践能力的作用。

在“高职高专规划教材”编委的总体指导下,第一批各科教材基本是由系主任或从教学一线中遴选的骨干教师执笔撰写。在每本书主编的严格审读及监控下,在各位老师的辛勤编撰下,这套凝聚了所有作者及参与研讨的老师们的经验、智慧和资源,涉及三个大的学科近200种的高职高专教材即将面世。我们希望经过近一年的努力,奉献给读者的这套书是他们渴望已久的适用教材。同时,我们也清醒地认识到,“高职高专”是正在探索中的教育,加之我们的水平和经验有限,教材的选题和编辑出版会存在一些不尽人意的地方,真诚地希望得到老师和学生的批评、建议,以利今后改进,为繁荣我国的高职高专教育不懈努力。

科学出版社

2004年6月1日

前 言

“数据结构”是计算机类各专业的核心课程，也是其他诸多类专业的重要选修课，是程序设计的基础。开设这门课可以为理解、应用和开发程序提供技术和方法支持，为后续课程的学习提供思想和方法基础。

然而在多年的教学实践中我们发现，在实际的学习和应用实践中，很多同学认为“数据结构”很难学，碰到实际问题不知从何处下手，缺乏针对性的实践训练是主要原因之一。

本书就是为了解决“数据结构”课程的实践教学问题而编写的，是作者多年教学经验的总结。本书有以下几个方面的特点。

① 突出算法，淡化程序。强调设计思路、算法，描述算法的工具灵活多样，对复杂的算法，给出图形化的描述方式，使算法与编程语言相对独立开来，从而使实现工具的编程语言可灵活自选。

② 注重题目的实用性和现实性。注重在相关课程和实际生活和学习中的应用，题目生动、接近学习和生活实际，学生容易接受和理解，易调动学习积极性。多数问题一般都分成若干个要求，由浅入深，可根据具体情况完成部分或全部要求。

③ 强调学生思考。实训题目强调学生思考、理解和分析，多数题目都给出了思考和扩展空间，强调开放性思维。

④ 以问题为中心。应用基本知识，进行案例分析，指导学生理解、完成和拓展实训题目，进一步理解和掌握数据结构的基本知识，提高分析问题和解决问题的能力。

根据实际学时、教学要求和实际情况，可以灵活选择实训项目。减少部分要求和难度，实训项目既可以当做较为简单的实验，又可以当做综合实训。

虽然本书的实训案例是用C语言实现的，但读者可以很容易地用其他编程语言实现。因为本书重点讨论的是算法，所以本书也很适宜作为“程序设计”课程实践的参考书。

本书第1、7、8、9章由付百文编写，第2、3章由祁宇翔编写，第4章由季全芝编写，第5章由张宇宏编写，第6章由张冰峰编写。付百文负责全书的统稿。

在此感谢鲍宏、鲍有文、周海燕、彭涛对本书的编写工作所给予的帮助和支持。

由于作者水平有限，书中难免有疏漏和错误之处，敬请读者批评指正。

目 录

第 1 章 实训基础知识介绍	1
1.1 程序设计的一般步骤	1
1.2 算法的描述工具	2
1.2.1 图形方式	2
1.2.2 语言方式	4
1.3 编辑程序	4
1.3.1 Windows 下编辑程序	4
1.3.2 Turbo C 下编辑程序	4
1.3.3 程序的风格	5
1.4 调试程序	6
1.4.1 常用的调试技术	6
1.4.2 常用的调试策略	7
1.5 实训报告的主要内容	8
第 2 章 线性表	9
2.1 知识要点	9
2.1.1 顺序表	9
2.1.2 单链表	11
2.1.3 循环单链表	13
2.1.4 双链表	14
2.1.5 线性表存储结构的比较和选用	15
2.2 案例分析	15
2.2.1 体育彩票的模拟生成和兑奖	15
2.2.2 列车时刻表管理系统	20
2.2.3 信息的合并	26
2.3 实训项目	29
2.3.1 学生成绩管理	29
2.3.2 一元多项式的加法	30
2.3.3 求两个集合的交集和并集	30
2.3.4 猴子选大王	30
第 3 章 栈和队列	32
3.1 知识要点	32
3.1.1 基本概念	32
3.1.2 栈的存储实现和运算实现	33
3.1.3 队列的存储实现及运算实现	36

3.2 案例解析	41
3.2.1 数制转换问题	41
3.2.2 利用栈实现迷宫问题的求解	43
3.2.3 利用队列求迷宫的最短路径	49
3.3 实训项目	52
3.3.1 表达式求值	52
3.3.2 表达式中括号的配对问题	53
3.3.3 八皇后问题	53
3.3.4 运动会比赛日程安排	54
第4章 字符串和 multidimensional array	55
4.1 知识要点	55
4.1.1 基本概念	55
4.1.2 串的存储结构	56
4.1.3 串的基本运算	57
4.1.4 数组的内存映像	58
4.1.5 特殊矩阵的压缩存储	59
4.2 案例解析	64
4.2.1 文本的查找与替换	64
4.2.2 稀疏矩阵的加法	66
4.2.3 字符图形的保存与输出	70
4.3 实训项目	73
4.3.1 字符串中年份的识别与分离	73
4.3.2 班级学期成绩的管理与统计	74
4.3.3 稀疏矩阵的转置	74
4.3.4 稀疏矩阵的乘法运算	74
第5章 树	75
5.1 知识要点	75
5.1.1 树、二叉树的基本概念	75
5.1.2 二叉树的性质及其存储结构	76
5.1.3 二叉树的遍历	78
5.1.4 树的存储结构	79
5.2 案例解析	81
5.2.1 二叉家族树的建立与输出	81
5.2.2 求某个成员的所有祖先成员	86
5.2.3 哈夫曼编码与译码	89
5.2.4 公司组织结构树的建立	96
5.3 实训项目	99
5.3.1 输出某个成员的所有同辈成员	99
5.3.2 求家族树中的辈份数	100

5.3.3 求独生子女及其个数	101
5.3.4 输出一个成员的所有子孙成员	101
5.3.5 求没有子孙的成员及其个数	101
第 6 章 图	102
6.1 知识要点	102
6.1.1 图结构的基本概念	102
6.1.2 图的存储结构	103
6.1.3 图结构的基本操作	104
6.1.4 生成树和最小生成树	108
6.1.5 最短路径	109
6.1.6 拓扑排序	111
6.1.7 关键路径	112
6.2 案例解析	112
6.2.1 城际间派发邮函方案选择	112
6.2.2 城市间道路网建设最经济方案的选择	116
6.2.3 最经济旅行路线的确定	119
6.2.4 急救中心选址实例	124
6.2.5 子工程建设时间的安排	127
6.2.6 关键路径实例	132
6.3 实训项目	139
6.3.1 交通网络图的存储	139
6.3.2 光缆铺设的最佳方案	139
6.3.3 货物运送最短路径选择	140
6.3.4 乡卫生所选址	140
6.3.5 新产品研制工序序列	141
6.3.6 新产品研制工期及缩短工期方案	141
6.3.7 设备更新最佳方案	142
第 7 章 排序	144
7.1 知识要点	144
7.1.1 基本概念	144
7.1.2 排序算法	145
7.2 案例解析	151
7.2.1 交换排序算法效率的比较	151
7.2.2 考试成绩排名	156
7.2.3 竞赛成绩处理	159
7.3 实训项目	166
7.3.1 简单排序算法效率的比较	166
7.3.2 学生综合成绩排名	166
7.3.3 单链表的排序	167

7.3.4 公司职员销售额的归并	167
第 8 章 查找表	168
8.1 知识要点	168
8.1.1 基本概念	168
8.1.2 静态查找表	169
8.1.3 树表	170
8.1.4 散列表	171
8.2 案例解析	172
8.2.1 自动售票系统——售票	172
8.2.2 百货商店商品的摆放和查找	178
8.2.3 高校最低录取分数线的查询	184
8.3 实训项目	190
8.3.1 查字典	190
8.3.2 地址字符串中邮政编码的识别和分离	192
8.3.3 电子档案室——档案查询	192
8.3.4 体育彩票获奖情况的核兑	192
第 9 章 综合实训	194
9.1 体育彩票的模拟	194
9.2 火车票信息管理系统	194
9.3 Hanoi 塔问题的动画演示	195
9.4 超市管理系统	196
9.5 八皇后问题	196
9.6 最佳旅行路线	197
参考文献	199

第 1 章 实训基础知识介绍



知识点

- 程序设计的一般步骤
- 算法的描述形式
- 程序的编辑方法和程序的风格
- 程序的调试方法
- 实训报告的内容



难点

程序的调试方法



要求

掌握:

- 算法的描述形式
- 程序的编辑方法和程序的风格

了解:

- 程序设计的步骤
- 程序的调试方法
- 实训报告的内容

1.1 程序设计的一般步骤

程序设计要遵循软件开发的一般规律和步骤。程序设计的主要步骤如下。

(1) 了解和分析问题

主要是了解问题的已知条件（已知的数据、格式、存储位置）、要输出的结果（输出的数据、格式、输出位置）、处理的规则、处理的要求和限制条件等。

(2) 设计问题的解决思路 and 方案

给出解决问题的主要思路和整体方案，如采用什么样的数据结构存储数据、使用哪些类的已知或常用方法处理数据。

(3) 设计解决问题的算法

设计并将主要的算法详细地描述出来。一般使用伪语言、图形工具等。

(4) 编写程序

根据问题的要求和已得到的算法，编写程序，并调试和运行。

(5) 程序测试

取若干组合理的输入数据（可取合理的最大、最小、特殊值等）、若干组不合理的输入数据（元素的个数、取值范围、组合情况等不合理情况），进行测试，以期发现程序中的错误和漏洞，并针对发现的问题，修改相应的算法和程序。

(6) 整理并编写开发报告

应当说，程序的开发文档较源程序更为重要，它是程序开发过程的文档资料。

1.2 算法的描述工具

算法是求解问题的方法和步骤，它可以采用多种描述方式，如图形、语言等。

1.2.1 图形方式

常用的描述算法的图形方式有 N-S 图、程序流程图、PAD 图等。

1. N-S 图

N-S 图的 3 种基本结构如图 1.1 所示。

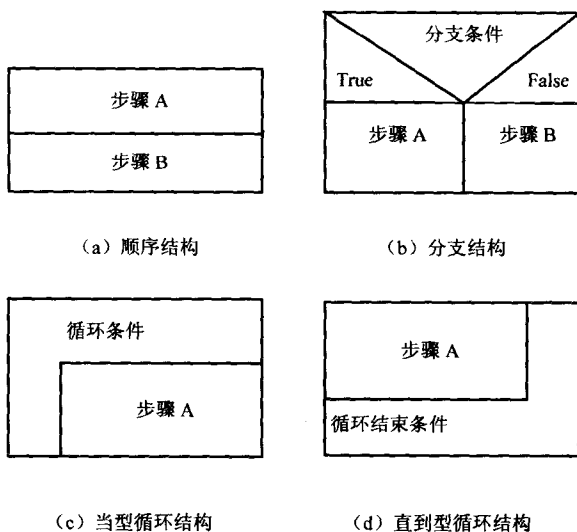


图 1.1 N-S 图的 3 种基本结构

2. 程序流程图

程序流程图的 3 种基本结构如图 1.2 所示。

3. PAD 图

PAD 图的 3 种基本结构如图 1.3 所示。

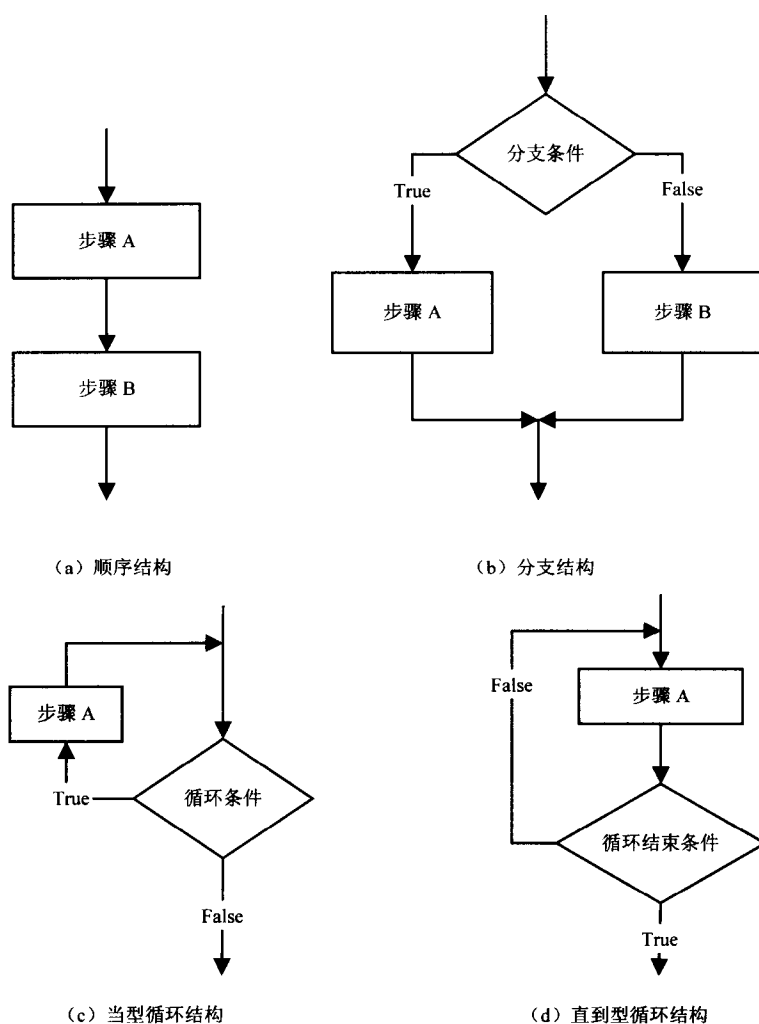


图 1.2 程序流程图的 3 种基本结构

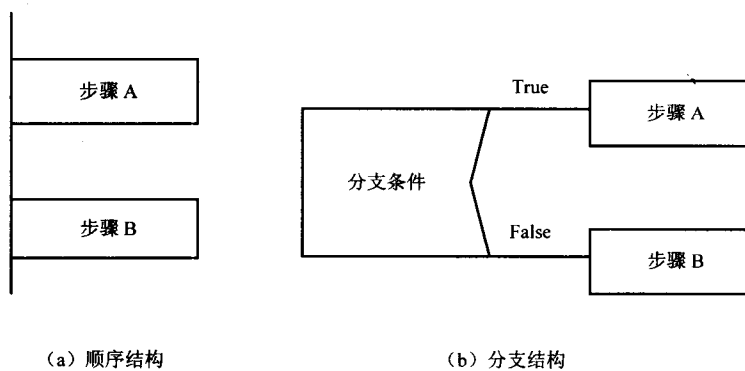
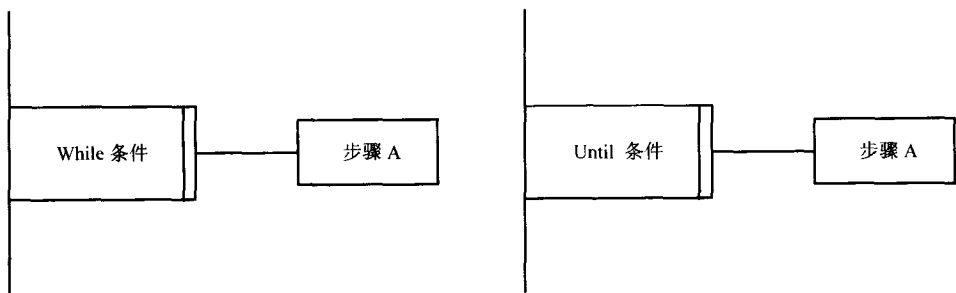


图 1.3 PAD 图的 3 种基本结构



(c) 当型循环结构 (d) 直到型循环结构

图 1.3 (续)

1.2.2 语言方式

可采用自然语言、伪程序语言、程序设计语言等形式描述算法。

1.3 编辑程序

编辑程序所使用的工具是各式各样的，DOS 或 Windows 环境下的编辑工具都可以。自己熟悉什么工具、使用什么工具方便，就可以使用什么工具。也可交替使用这些工具，只要保证它的格式正确，能在运行环境下方便正确地运行即可。

1.3.1 Windows 下编辑程序

在 Windows 环境下可以利用文本编辑工具如记事本、书写器、Word 等进行程序的编辑，还可以利用这些工具的剪贴板等编辑工具进行程序文本的编辑。

注意：最后保存的只能是纯文本文件。

1.3.2 Turbo C 下编辑程序

Turbo C 环境下编辑程序，是 DOS 下的编辑风格。与当前较通用的 Windows 环境下的编辑风格差异较大。Turbo C 环境下一些常用的编辑操作键如表 1.1 所示。

表 1.1 Turbo C 环境下常用的一些编辑操作键

操作类别	操作名称	操作键	备 注
行操作	插入行	Ctrl -N	
	删除行	Ctrl -Y	
块操作	定义块首	Ctrl -K B	
	定义块尾	Ctrl -K K	
	定义单个词块	Ctrl -K T	将光标前的单词定义为块
	复制块	Ctrl -K C	
	移动块	Ctrl -K V	
	删除块	Ctrl -K Y	

续表

操作类别	操作名称	操作键	备 注
块操作	显示/隐藏块	Ctrl-K H	显示或隐藏最新定义的块, 开关键
	块缩进	Ctrl-K I	光标必须在块内
	块凸出	Ctrl-K U	光标必须在块内
查找与替换	查找	Ctrl-Q F	
	替换	Ctrl-Q A	
	继续查找	Ctrl-L	

1.3.3 程序的风格

程序开发工作是一项复杂的工程, 其中比较耗时和伤脑筋的恐怕就是调试程序。程序中有逻辑错误, 如何发现并改正它, 有时很顺利; 而有时尽管问题很小如缺少一个符号, 但可能要煞费苦心花费很长时间。

在软件的生命周期中, 程序经常被阅读、修改和扩充。程序的可读性是衡量程序质量和价值的一个非常重要的指标。一个逻辑上绝对正确但杂乱无章的程序是没有价值的。

所以, 如何减少程序中出错的机会, 提高程序的可阅读性、可修改性, 是一个非常重要的课题。

关注程序的风格和提高程序的易读性、易理解性以及完善程序的资料文档等, 是提高程序开发效率、提高程序的质量、提升软件价值的一个重要途径。程序编码的风格主要涉及以下几个方面的内容。

1. 写好程序的注释

程序的注释是非常重要的, 不是可有可无的。程序的注释主要有序言性注释和功能性注释。

① 序言性注释是模块的总体简要说明, 放在模块的起始部分, 其主要内容包括: 模块的功能和目标说明; 模块的接口说明, 如调用形式、参数描述、子模块清单等; 开发历史, 如作者、版本、完成日期、修改日期、修改说明等; 特殊说明, 如资源约束、用法限制、警告等。

② 功能性注释嵌入在程序中间, 用以说明程序段或语句的功能以及数据的状态。没有必要对每条语句都加上注释, 只是对关键的程序段或语句才添加注释。

2. 标识符的命名

程序中常见的标识符有常量、变量、函数、过程、数据类型等。它们的命名要遵循见名知义、照顾日常习惯、简洁、规则一致等规则。

3. 数据说明

数据说明时要遵循的规则如下。

① 说明顺序要规范, 如按常量说明、类型说明、全局变量说明、局部变量说明这