

程序设计

基础教程

(C 语言与数据结构)

许秀林 董杨琴 主编

高职高专
适用



中国电力出版社

www.infopower.com.cn

高等学校精品教材建设工程

程序设计

内容提要

本书是一本 C 语言程序设计和数据结构相结合的计算机专业基础课程的教材。全书分为 C 语言程序设计基础篇、数据结构基础篇和数据结构提高篇等 3 个部分。分别讲解了 C 语言的主要语法及编程的基本知识、数据的逻辑结构及相关算法等。本书将两门课程中的内容进行了有机整合,着重于 C 语言的编程知识和编程规范,利用数据结构知识实现任务编程,以达到培养读者基础编程能力的效果。

本书重点突出,结构严谨,语言通俗易懂,讲解详细,特别适合高职高专计算机及相关专业的学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

程序设计基础教程(C语言与数据结构)/许秀林,董杨琴主编. —北京:中国电力出版社,2005.7
(高等学校精品教材建设工程)

ISBN 7-5083-1545-6

I.程... II. ①许... ②董... III. ①C语言—程序设计—高等学校—教材②数据结构—高等学校—教材
IV.TP311.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 066882 号

责任编辑:夏华香

书 名:程序设计基础教程(C语言与数据结构)

出版发行:中国电力出版社

地 址:北京市三里河路 6 号 邮政编码:100044

电 话:(010) 68358031(总机)

传 真:(010) 68316497, 88383619

本书如有印装质量问题,我社负责退换

服务电话:(010) 88515918(总机)

传 真:(010) 88518169

E-mail: infopower@cepp.com.cn

印 刷:汇鑫印务有限公司

开本尺寸:185×233

印 张:21.25

字 数:487 千字

书 号:ISBN 7-5083-1545-6

版 次:2005 年 9 月北京第 1 版

印 次:2005 年 9 月第 1 次印刷

印 数:0001—5000 册

定 价:29.80 元

版权所有,翻印必究

前 言

• 编写本书的目的

C 语言程序设计与数据结构是计算机专业的两门专业基础课程,前者着重介绍 C 语言的主要语法及编程的基本知识,后者则主要介绍数据的逻辑结构及相关算法。从教学内容看,这两门课程联系密切,C 语言程序设计的大部分内容是讲解 C 语言的基础知识,而数据结构必须以一种程序设计语言为工具介绍数据结构的知识,目前多数教材以 C 语言(或类 C 语言)作为数据结构算法的设计工具。由于这两门课程内容交叉较多,多数高校在实际教学过程中,由两个不同教师讲授,可能出现教学内容的重复或脱节,影响学生的学习效果。

为了弥补这一缺憾,本书将这两门课程的内容进行有机整合,并根据高职高专培养应用能力为主的要求,调整了这两门课程的教学目的:C 语言不着重讲语法,而是介绍 C 语言的编程知识和编程规范,数据结构不着重讲数据结构知识,而是介绍应用数据结构知识实现任务的编程。因此,本书不求知识体系的完整性,力求培养读者的基础编程能力。这也是本书追求的唯一宗旨。

随着计算机软件业工程化的程度不断提高,软件开发的过程已进一步细化,被划分为若干阶段。编程能力也随之分解为 5 种能力:调试程序的能力、阅读程序的能力、按流程图编写程序的能力、设计流程图的能力、分析问题的能力。根据高职高专学生的基本素质和今后就业岗位的特点,本书着重于前 3 种编程能力的培养,要求学完本书以后基本具备阅读程序的能力、按流程图编写程序的能力、调试程序的能力。同时为培养和提高程序设计能力、分析问题能力奠定基础。

• 教学内容安排

- (1) 读源程序，给出一组输入数据，写出程序（手工）运行过程和结果；
- (2) 将源程序输入计算机并调试程序，写出程序（计算机）运行结果；
- (3) 给源程序加上注释；
- (4) 根据流程图编写源程序，并上机调试；
- (5) 根据问题分析要点，编写程序流程图；
- (6) 针对问题写出分析要点。

这些要求与 5 种编程能力相对应，读者可根据自己的具体情况，按照由易到难的原则选择完成。在数据结构提高篇中，任务分析和编程均有一定的难度，教师可根据学生的学习情况选讲。

本书每章配有一定数量的习题，同时我们还编写了与本书相配套的《程序设计基础教程（C 语言与数据结构）实验指导与习题集》，包括实验项目、综合练习试卷及所有任务的源程序，供教师在教学过程中选用。

• 教学课时安排

本书教学课时可以分两种模式来安排，第一种模式主要介绍第 1 篇和第 2 篇，以讲解 C 语言程序设计为主，同时简要介绍数据结构的基本概念，建议理论学时 50~70，实践学时 30~40。第二种模式是讲解全书的内容，建议理论学时 80~100，实践学时 50~70。

• 致谢

南通职业大学计算机应用技术专业是江苏省高校特色专业建设点，本课程又是计算机专业教学改革的重点课程之一。因此，本教材是计算机专业全体老师的教学研究成果，并得到了我校领导和教务处的大力支持，在此表示衷心的感谢。本书的绪论、第 3 篇由许秀林编写，第 1 篇由黄伟、王琼瑶编写，第 2 篇第 4、5 两章由王琼瑶编写，第 6、7 两章由董杨琴编写，全书由许秀林提出编写大纲，许秀林、董杨琴统稿。由于编写时间仓促，书中错误和不当之处恳请读者批评指正，也可以与作者联系，联系方式 E-mail: Xuxiulin@sina.com。

作 者

2005 年 4 月

目 录

前 言

绪论.....	1
---------	---

第 1 篇 程序设计语言篇

第 1 章 程序设计数据类型及其运算.....	8
1.1 编写和运行程序.....	8
1.2 计算机中的数据.....	12
1.3 数据的键盘输入.....	16
1.4 数据处理与运算.....	18
1.5 数据的屏幕输出.....	24
1.6 数据的永久保存.....	26
1.7 任务实现.....	29
1.8 本章小结.....	30
习题 1.....	31
第 2 章 结构化程序设计的 3 种结构.....	32
2.1 顺序结构.....	32
2.2 条件结构.....	32
2.3 循环结构.....	39
2.4 任务实现.....	43
2.5 本章小结.....	45
习题 2.....	45
第 3 章 函数.....	48
3.1 函数的全面认识.....	48
3.2 函数的定义.....	48
3.3 函数的声明.....	50
3.4 函数的调用.....	50

3.5 变量的性质及作用域	52
3.6 函数的递归调用	53
3.7 任务实现	55
3.8 本章小结	57
习题 3	57

第 2 篇 数据结构基础篇

第 4 章 数组与结构体	60
4.1 数组的概念	60
4.2 一维数组	62
4.3 二维数组	66
4.4 数组作函数参数	69
4.5 字符数组与字符串	75
4.6 结构体类型的定义	84
4.7 结构体变量的定义、初始化和赋值	85
4.8 结构体数组	88
4.9 任务实现	92
4.10 本章小结	95
习题 4	95
第 5 章 顺序存储线性表及其应用	99
5.1 线性表的定义	99
5.2 线性表的顺序表示	99
5.3 顺序线性表的基本操作	101
5.4 顺序线性表的应用	104
5.5 任务实现	113
5.6 本章小结	131
习题 5	131
第 6 章 指针	133
6.1 指针的概念	133
6.2 指针变量	134
6.3 指针与数组	144
6.4 指针与字符串	151
6.5 指针与函数	157

6.6 任务实现	164
6.7 本章小结	173
习题 6	174
第 7 章 链接存储线性表	177
7.1 指针与结构体	178
7.2 动态存储分配	182
7.3 链表的基本概念	185
7.4 链表的建立和输出	189
7.5 链表结点的插入与删除	194
7.6 链接存储结构上的排序	196
7.7 链接存储结构上的查找	200
7.8 任务实现	203
7.9 本章小结	223
习题 7	223

第 3 篇 数据结构提高篇

第 8 章 栈和队列	226
8.1 栈的性质	226
8.2 顺序栈的基本操作	227
8.3 队列的性质	232
8.4 顺序队列的基本操作	233
8.5 任务实现	241
8.6 本章小结	249
习题 8	249
第 9 章 二叉树及其应用	250
9.1 树和二叉树的定义	250
9.2 二叉树的存储结构	252
9.3 二叉树的遍历	256
9.4 二叉排序树	263
9.5 堆	270
9.6 任务实现	274
9.7 本章小结	280
习题 9	281

第 10 章 图及应用	282
10.1 图的基本概念	282
10.2 图的顺序存储及其压缩表示	285
10.3 图的链式存储	291
10.4 图的遍历	296
10.5 最小生成树	300
10.6 最短路径与最短距离	306
10.7 拓扑排序	313
10.8 任务实现	318
10.9 本章小结	328
习题 10	328
参考文献	330

绪 论

• 预备知识

一个完整的计算机系统由硬件系统和软件系统组成，计算机硬件系统由中央处理器（CPU）、存储器（主存储器和辅助存储器）、输入输出设备等部分组成。计算机软件系统由系统软件和应用软件组成，其中系统软件中包含操作系统和程序编辑、编译等系统软件。

1. 指令

计算机是通过指令的自动执行来实现各种功能的。计算机的指令是用二进制代码（由 0 和 1 组成的代码）表示的，它由操作码和操作数两部分组成，操作码指定了操作行为的类型，比如加、减、比较、跳转等操作；操作数是操作的对象。

二进制代码是计算机唯一能执行的代码，也称为机器语言。但由于记忆困难，于是产生了汇编语言。汇编语言是用英语单词（或单词缩写）来标记操作码和操作数，帮助程序员记忆的一种语言。用来标记的单词也称为助记符，指令形式如下：

```
MOV  AX, 01H
ADD  AX, 10H
```

汇编语言和机器语言统称为低级语言。由于汇编语言必须汇编成机器语言后计算机才能执行，因此而得名。

为了进一步提高编写指令程序的效率，人们用英语语句结构来标记计算机指令，以便编写较为复杂的计算机程序。由于英语语句较为丰富，只能用形式化的英语语句标记指令，指令形式如下：

```
if a>b then
    print a;
else
    print b;
```

由于采用了不完全相同的语句及规则来标记，于是产生了不同的语言系统，如 Pascal 语言、BASIC 语言、C 语言等。这类语言内涵较为丰富，一条语句一般对应机器语言的多条指令，必须翻译成机器指令后计算机才能执行，这个过程称为解释或编译。相对于机器语言而言，C 语言等则称为高级语言。

2. 程序

但是且为计算机实现一个任务及控制的程序在 一定程度上 根据该人语言执行的效率和

如果先判断条件，后执行循环体，则称为 while 循环，如果先执行循环体，再判断条件，则称为 until 循环。

一个程序由多个过程或函数组成，过程或函数之间存在调用和被调用的关系。相对于调用的过程或函数，被调用的过程或函数称为子程序。主程序和子程序之间，通过过程名或函数名来调用，数据是通过参数来传递的，主程序的参数称为实在参数，子程序的参数称为形式参数。每个子程序尽量做到单入口、单出口，尽量不用全局变量。一个完整的程序只有唯一的系统入口主程序，在 C 语言中是 main() 函数，它是所有函数的主函数。

高级语言程序必须首先编辑成一个文本文件，然后进行编译、连接（与其他程序库连接），翻译成二进制文件后，再运行。任何一门高级语言都有支持程序编辑、编译、连接、运行、调试为一体的软件，称为该语言的集成编译环境。编译后的程序必须在操作系统环境中运行。操作系统是计算机硬件资源和软件资源的管理系统，是用户与计算机的接口，常见的操作系统有 DOS 系统、Windows 系统、Unix 系统、Linux 系统。目前在个人电脑中使用最多的是 Windows 系统。

结构化程序设计文本的格式要求内层循环相对于外层循环要有缩进，形成锯齿结构。程序的主要语句要有注解，程序段要求有文字说明，包括程序名、作者、编制日期、程序功能、程序主要数据变量等。

3. 算法

算法是解决问题的一种方法或过程，它是计算机解决既定问题的一种描述，是程序的灵魂。从某种程度上说，程序设计就是算法的设计。一个算法必须具有 5 个基本特性：

- (1) 输入：一个算法有 n ($n \geq 0$) 个初始数据的输入；
- (2) 输出：一个算法必有一个或多个输出信息，并且输入信息与输出信息存在某种对应关系；
- (3) 有穷性：一个算法必须在有限个步骤操作之后结束；
- (4) 确定性：一个相同的算法在不同环境中输入相同的数据，应该有相同的输出；
- (5) 可行性：一个算法的指令必须能在现有的计算机环境中正确执行，并且有可预知接受

(1) 传统流程图 (FC)，如图 0-1 所示。

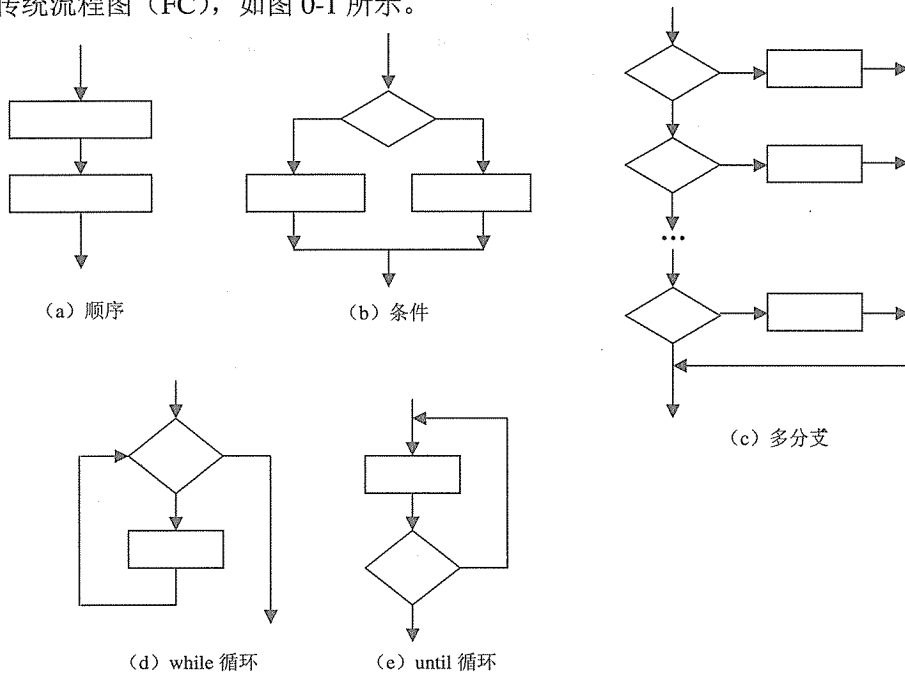


图 0-1 传统流程图图例

传统流程图比较直观、形式化，易于理解。但由于程序员可以任意移动箭头，而且每种程序结构是由多个图形组成的，不能强制程序员用结构化程序设计 (SP) 方法进行设计，因此传统流程图不宜用于结构化程序的设计和维护。

(2) 盒图 (NS)，如图 0-2 所示。

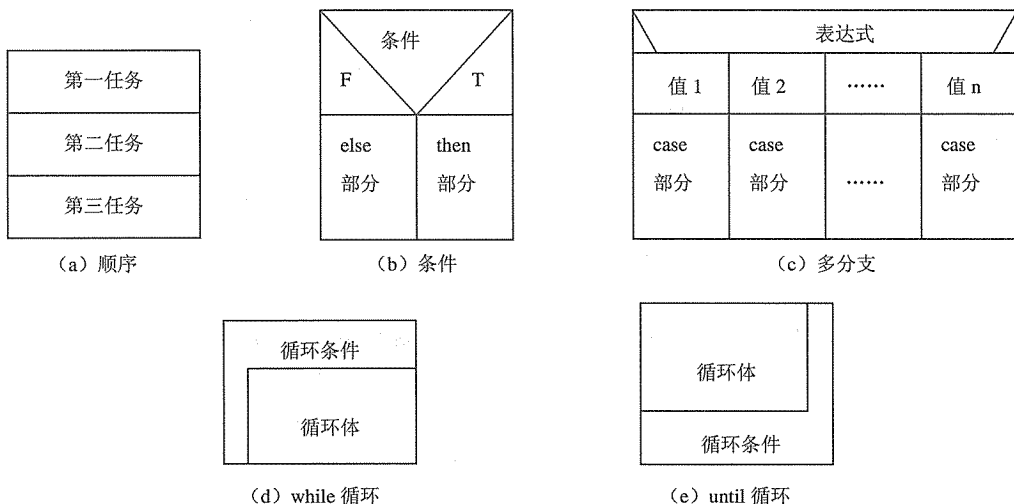


图 0-2 盒图图例

与传统流程图相比，盒图有许多优点：第一，它强制程序员按结构化程序设计方法来描述其设计方案，因为盒图只提供了几种标准结构的符号。第二，盒图形象、直观，具有良好的可见度。第三，盒图易学易用。但盒图手工修改比较麻烦，特别不易进行循环层次的拓展，这也是部分程序员不用它的主要原因。

(3) 问题分析图 (PAD)，如图 0-3 所示。

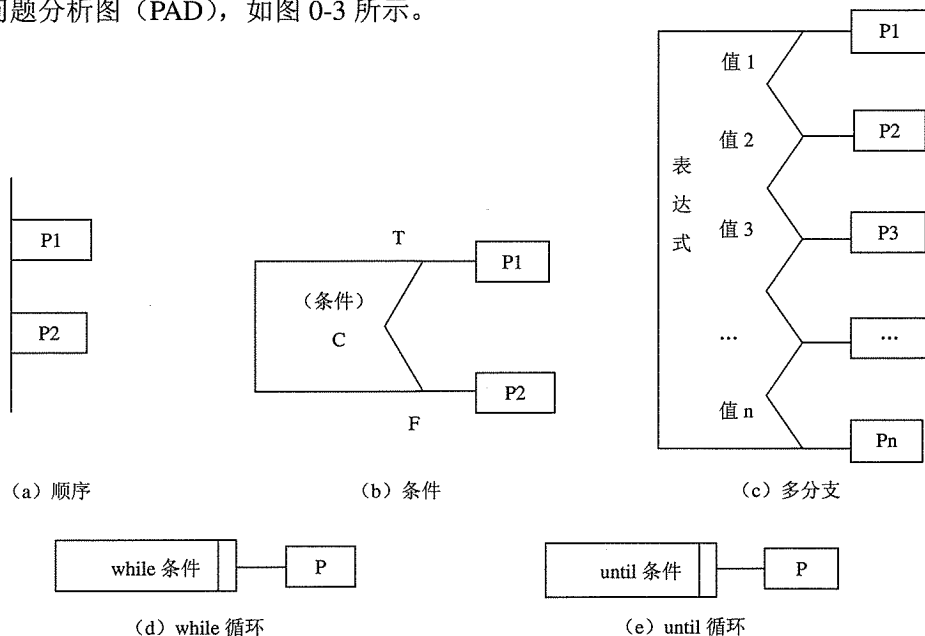


图 0-3 问题分析图图例

与传统流程图、盒图相比，PAD 图有着逻辑结构清晰、图形标准化的特点，而且图形易于修改和扩展，更为重要的是通过机械地“走树”可以从 PAD 直接产生程序，这一过程可用计算机自动实现。鉴于以上优点，本书的程序流程图均采用 PAD 图。

另外 PAD 图还有程序定义的图例，如图 0-4 所示。

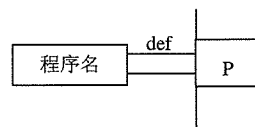


图 0-4 PAD 图程序定义图例

5. 数据结构

数据 (Data) 是自然界中事物属性的数量描述。在计算机科学中，数据是对客观事物符号表示的集合，是计算机程序加工的对象，其含义极为广泛，如数字、文字、声音、图像、图形等都属于数据范畴。

数据的基本单位称为数据元素 (Data Element)，数据元素也称为结点、顶点、记录，它描述的是现实世界中客观存在的独立实体。通常数据元素又可分解为若干个数据项 (Data Item)，数据项是数据具有独立含义的最小单位。如描述一个学生信息，有学号、姓名、性别、出生年月、专业、特长、家庭住址等内容。其中每一项就是数据项，它们的组合就是一个数据元素。也就是说，数据由若干个数据元素组成，数据元素又由若干个数据项组成，识别数据元素的数据项称为关键字 (Keyword)。比如，学号就是描述学生信息的数据元素的关键字。

数据结构是数据元素之间的相互关系。数据结构分为数据的物理结构和数据的逻辑结构。数据的物理结构是数据在存储器中的位置关系。数据的逻辑结构是根据运算规则来描述的数据间的相互关系。数据的物理结构与逻辑结构可以是一致的，也可以是不一致的。如图 0-5 所示数据的物理结构是 abc，逻辑结构是 cab。在计算机科学中，数据结构主要研究数据的逻辑结构。

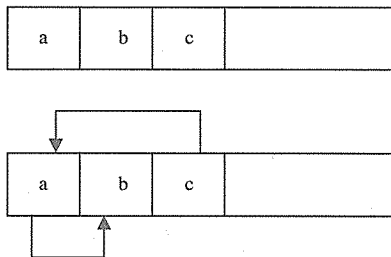


图 0-5 数据的物理结构和逻辑结构示意图

数据的逻辑结构有下列 4 种基本类型：

(1) 集合结构：结构中元素只有属于或不属于一个集合，元素之间没有顺序关系，如图 0-6 (a) 所示。

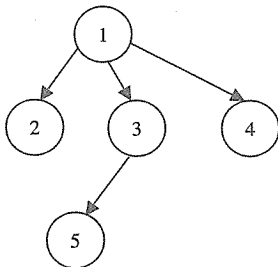
(2) 线性结构：结构中元素除起点和终点以外，每个元素都只有一个前趋结点和一个后继结点，排列起来是一条线，因而称为线性结构，如图 0-6 (b) 所示。



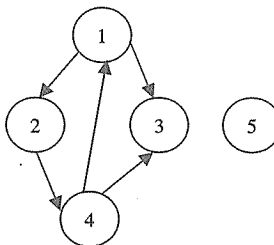
(a) 集合结构



(b) 线性结构



(c) 树状结构



(d) 网状结构

图 0-6 数据的逻辑结构

(3) 非线性结构 (树状结构)：结构中元素除起点以外，每个元素都只有一个前驱结点，但可能有 0 个或多个后继结点，排列起来像一棵倒长的树，因而称为树状结构，如图 0-6 (c) 所示。

(4) 非线性结构 (网状结构)：结构中每个元素都可能 0 个或多个前趋结点，也可以有

0 个或多个后继结点,排列起来像一个蜘蛛网,因而称为网状结构。由于网状结构是最复杂的数据结构,能够表示图中元素的各种关系,所以也称为图,如图 0-6 (d) 所示。

数据结构通过顺序、链接、索引、散列 4 种方式存储在存储器中。

(1) 顺序存储方式:该方法将逻辑上相邻的结点存储在物理位置相邻的存储单元中,即数据的物理结构和逻辑结构一致。

(2) 链接存储方式:该方法通过指针链接可将逻辑上相邻的结点存储在任意物理位置的存储单元中,即数据的物理结构和逻辑结构不一定一致。

(3) 索引存储方式:该方法是在存储结点信息的同时新建一个索引表,按关键字大小顺序存储关键字和结点的物理存储地址。

(4) 散列存储方式:这是一种依据结点的关键字直接计算结点物理地址的一种方法。

本书主要介绍线性结构、树状结构、网状结构的顺序存储方式和链接存储方式。

6. 数据处理

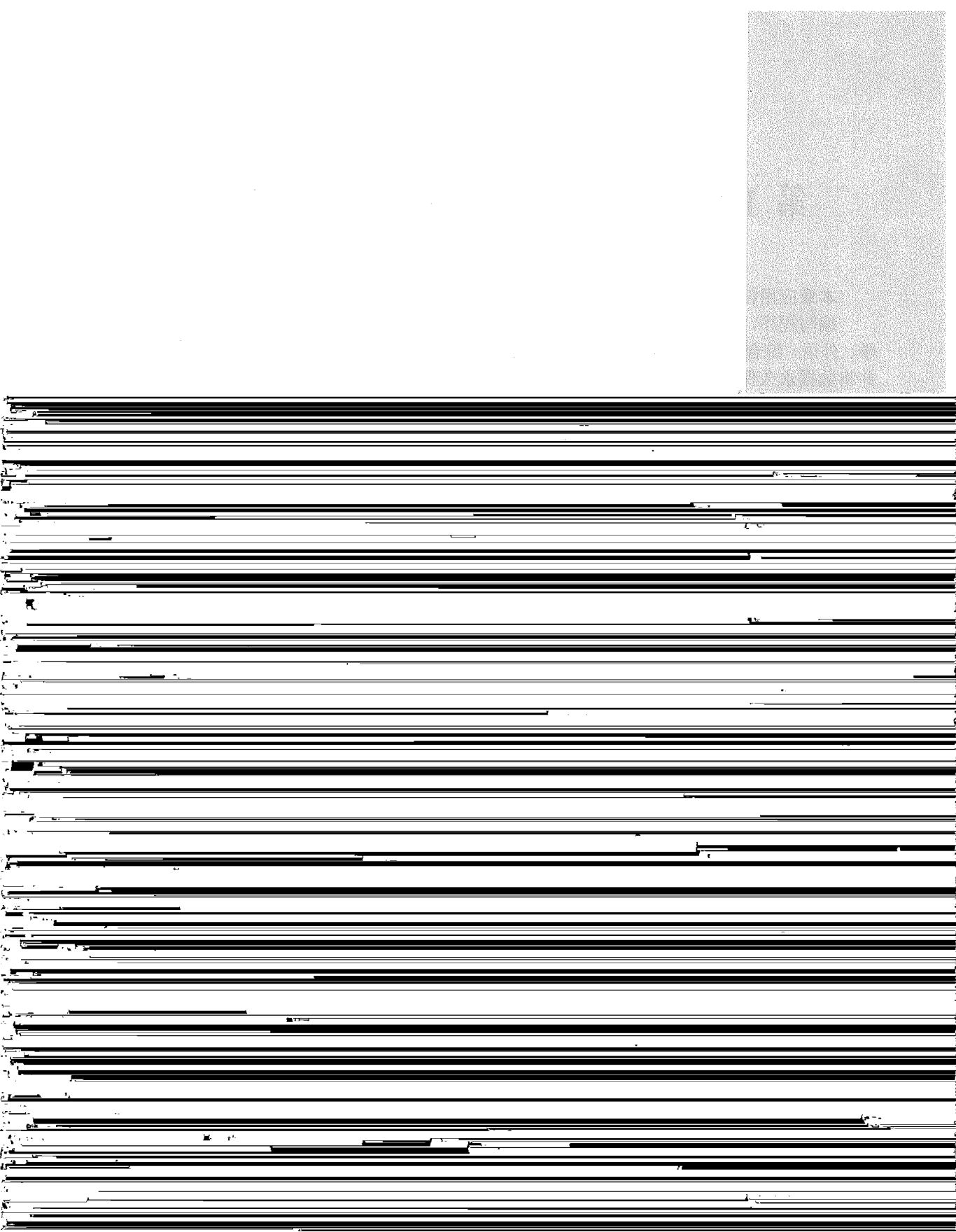
算法是对数据的加工和处理,数据处理就是对数据进行计算、统计、插入、删除、合并、拆分、排序(分类)、查找、输入、输出等操作。计算又分算术运算和逻辑运算,算术运算包括加、减、乘、除及混合运算,逻辑运算分为与、或、非、比较等运算。统计是对一组数据求和、平均值、方差等方面的运算,插入、删除属于数据及其结构的修改。合并、拆分、排序(分类)是对数据结构的重新组织,目的是为了有效地存储和查找数据。

总之,对数据进行加工和处理是为了解决某个问题、实现某个功能或从中获取有用的信息。

• 学习方法

与中学阶段学习方式有所不同,大学阶段的学习以自学为主。为了便于自学,本书对于知识点的讲解,力求在讲解之前介绍预备知识或回顾所学的知识,讲解过程中有提示和说明,讲解后有问题与思考,使读者在学习过程中主动学习,而不是被动地接受。因此,在学习本课程时,要注意以下几点:

第一,努力培养学习兴趣,学习兴趣是最好的老师。因此,在学习过程中要由易到难,循序



第 1 章 程序设计数据类型及其运算

本章应用任务：

编写程序，实现通过计算机的键盘，输入某个学生的班级代号（用字母表示）、语文、数学、外语、综合成绩，由计算机自动计算总分和平均分，然后在计算机的屏幕上输出成绩单，并将数据永久保存在计算机中。

相关教学要点：

- 数据输入的方法：系统输入函数的使用
- 数据的类型：基本类型（整型、字符型、浮点型）、构造类型
- 数据的存放：变量、常量
- 数据的运算：运算符、表达式
- 数据输出的方法：系统输出函数的使用
- 永久保存技术：将数据保存在文件中

1.1 编写和运行程序

在程序的编写过程中，我们采用的语言可以有多种，C 语言属于高级语言中的一种，它又分成若干个不同的版本，在我们这门课程的教学中使用的是 Turbo C 2.0，它提供集成环境，使我们能完成源程序的输入、修改、保存、编译、连接、程序执行的完整过程，下面我们来学习怎样使用 Turbo C 2.0 来进行编程。

1.1.1 使用 Turbo C 2.0 集成环境

首先，让我们先熟悉集成环境的使用方法，这个集成环境是进行程序设计的工具，熟练掌握集成环境的使用方法，可以有效地提高编程的效率。其使用方法主要包括以下几个环节。

1. Turbo C 2.0 集成环境的启动

Turbo C 2.0 这个软件包由多个文件和文件夹组成，所以在安装的时候，一般将整个软件安装在一个文件夹中，可以命名为“TC”或“Turbo C”等，该文件夹可以存放在硬盘上，一般存放在 C 盘上，在该文件夹内有一个文件 TC.EXE，这是集成环境的程序文件，只要运行该文件，就可以启动集成环境。所以启动的步骤如下：

单击“我的电脑”→C 盘→TC 文件夹，运行 TC.EXE 即可进入 Turbo C 2.0 集成环境。

2. 设置 Turbo C 2.0 集成环境在 Windows 中的运行模式

因为 Turbo C 2.0 是 DOS 应用程序，所以在 Windows 中可以有两种运行模式：

(1) 窗口运行模式。集成环境在 Windows 中以窗口的形式出现，注意关闭窗口的“中文模式”不然集成环境的使用会出现问题。