

应用数值 计算方法

王福明 贺正辉 索 瑾 编著

科学出版社

应用数值计算方法

王福明 刘正辉 索瑾 编著

科学出版社

1992

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

本书介绍常用的数值计算方法,内容包括预备知识(IBM 微型计算机、操作系统、FORTRAN 语言、误差分析)、代数和超越方程求根、方程组解法、曲线拟合、插值、数值积分和微分、常微分方程和偏微分方程解法等。本书注重理论联系实际,在讲述方法的同时,结合工程实例,讲解用计算机解题的详细步骤、误差估算和程序设计技巧,并分析从方法的逻辑结构到相应的应用程序的实现过程。

本书各章配有大量习题,习题的解答程序和例题程序已制成软件,与本书配套出版,供读者使用。

本书可作为理工科大学学生、研究生的教材,亦可供工程技术人员参考。

应用数值计算方法

王福明 贺正辉 索 瑾 编 著

责任编辑 王春晖

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100707

北京华星计算机公司激光照排

天津市静一胶印厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1992年7月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1992年7月第一次印刷 印张: 25½

印数: 1—5 000 字数: 588 000

ISBN 7-03-002850-3/TP·209

定价: 13.50元

前 言

数值计算方法是研究数学问题的数值求解的方法，在以电子计算机为数值计算工具的今天，必须研究适合于计算机运算的数值计算方法，并将计算方法编成良好的计算机程序，以解决具体的物理和工程问题。

本书讲述以计算机为计算工具的数值计算方法。内容包括：从数学模型建立数值计算方法，数值计算方法的收敛性、稳定性论证，误差分析和程序编写。

本书在阐述理论的同时，结合工程实际，讲述各种方法；讨论算法的逻辑结构、计算步骤、编程技巧和程序的实现，作者根据多年教学经验认为，了解每种算法的特点，编出满足精度和计算速度要求的实用程序是非常重要的，读者只有通过编程才能体会到每种算法的实质，编写出解决工程问题的计算机程序。

本书的例题和习题取材广泛、深度适宜，涉及许多工程领域。读者可以通过数学模型的建立、计算方法的选用、程序的设计和误差的分析，得到把算法付诸实践的训练，增强分析问题和解决问题的能力。

本书共分三部分。第一部分即第一章，讲述微型计算机（简称微型机或微机）基本操作原理，FORTRAN 77主要语句和误差分析的基本知识。这一章实际上是学习本书的预备知识，不熟悉微机和FORTRAN语言的读者也能在读完本书后上机操作。第二部分为第二至第六章，学过高等数学的读者很容易读懂这部分内容。第二章讲述求解代数方程和超越方程根的方法。除了常用的增值寻根法、二分法、试位法、割线法和牛顿法外，还介绍了Graeffe根平方法和林士谔劈因子法。第三章主要讲述解线性代数方程组的消去法、逆矩阵法和迭代法，还介绍了求解特征值问题的多项式法和迭代法，以及求解非线性代数方程组的方法。第四章介绍用实验数据建立数学模型的最小二乘曲线拟合。第五章讲述实验数据点间的插值法。第六章讲述数值积分和数值微分，这是本书第三部分的基础。第三部分包括第七、八、九章。学习这三章需要具备常微分方程和偏微分方程的基本知识，第七章讲述常微分方程初值问题的数值积分方法——欧拉法、改进欧拉法、龙格库塔法、米尔恩法、哈明法，并讨论了数值方法的收敛性和稳定性。第八章讲述常微分方程边值问题的数值积分方法——试算法、联立方程法和常微分方程特征值问题的解法。第九章结合工程实例讲述椭圆型、抛物型、双曲型三种偏微分方程中最基本形式的数值求解方法。各章后配有大量习题，供读者练习。

本书是作者在为研究生编写的讲义的基础上改编而成的。书中的例题程序和习题解答程序已制成软件，与本书配套出版。软件涉及书中介绍的所有数值计算方法，只要将程序的数据输入、输出方式稍加改写，即成通用子程序。使用者可以方便地调用它们，用来求解具体的工程计算问题。软件还可供大专院校教师教学和学生练习使用。软件的运行环境为：IBM-PC机及其兼容机，DOS 2.0以上版本和FORTRAN 3.0以上版本。

由于编者水平所限，书中难免有错误不妥之处，恳请读者指正。

编者

1991年1月于太原理工大学

目 录

前言

| | |
|---------------------------------------|----|
| 第一章 计算机、操作系统和 FORTRAN 语言 | 1 |
| 1-1 引言 | 1 |
| 1-2 IBM 微型计算机的结构 | 2 |
| 1-2-1 概述 | 2 |
| 1-2-2 结构 | 3 |
| 1-3 MS-DOS 操作系统 | 6 |
| 1-3-1 系统的准备 | 6 |
| 1-3-2 MS-DOS 的常用命令 | 8 |
| 1-3-3 MS-DOS4.0 的多任务使用 | 11 |
| 1-3-4 MS-DOS 的编辑程序 | 12 |
| 1-4 MS-FORTRAN 语言 | 15 |
| 1-4-1 FORTRAN 程序的组成 | 15 |
| 1-4-2 数据类型 | 16 |
| 1-4-3 MS-FORTRAN 程序的编译与连接 | 18 |
| 1-4-4 编译元命令 | 22 |
| 1-4-5 MS-FORTRAN 语句 | 23 |
| 1-4-6 MS-FORTRAN 的内部函数 | 44 |
| 1-5 误差 | 51 |
| 1-5-1 误差的来源 | 51 |
| 1-5-2 绝对误差、相对误差与有效数字 | 52 |
| 1-5-3 四则运算误差 | 54 |
| 1-5-4 估计误差的一个基本方法 | 55 |
| 1-5-5 数值计算中必须注意的几个问题 | 56 |
| 习题 | 58 |
| 第二章 代数方程和超越方程解法 | 64 |
| 2-1 引言 | 64 |
| 2-2 增值寻根法 | 64 |
| 2-3 二分法 | 68 |
| 2-4 试位法和割线法 | 72 |
| 2-4-1 试位法 | 72 |
| 2-4-2 割线法 | 72 |
| 2-5 牛顿法 | 72 |
| 2-5-1 牛顿法 | 72 |

| | | |
|--------------------|----------------|-----|
| 2-5-2 | 应用牛顿法可能出现的问题 | 77 |
| 2-5-3 | 牛顿二阶导数法 | 78 |
| 2-5-4 | 牛顿-综合除法求代数方程的根 | 79 |
| 2-6 | 代数方程的根 | 81 |
| 2-7 | 林士谔劈因子法 | 83 |
| 2-7-1 | 基本概念及计算公式 | 83 |
| 2-7-2 | 算法——程序框图路线 | 85 |
| 2-7-3 | 变量命名及程序编写 | 86 |
| 2-8 | Graeffe 根平方法 | 90 |
| 2-8-1 | 根平方过程 | 90 |
| 2-8-2 | 异实根 | 92 |
| 2-8-3 | 等实根 | 95 |
| 2-8-4 | 复根 | 96 |
| 2-8-5 | Graeffe 方法的程序 | 99 |
| | 习题 | 103 |
| 第三章 代数方程组解法 | | 109 |
| 3-1 | 引言 | 109 |
| 3-2 | 高斯消去法 | 110 |
| 3-2-1 | 基本概念及计算公式 | 110 |
| 3-2-2 | 误差分析 | 114 |
| 3-2-3 | 程序编写 | 116 |
| 3-3 | 高斯-约当消去法 | 119 |
| 3-3-1 | 基本概念及计算公式 | 119 |
| 3-3-2 | 程序编写 | 122 |
| 3-3-3 | 改进的高斯-约当消去法 | 124 |
| 3-4 | Cholesky 方法 | 126 |
| 3-4-1 | 基本概念及计算公式 | 126 |
| 3-4-2 | 程序编写 | 129 |
| 3-5 | 误差方程的应用 | 130 |
| 3-6 | 逆矩阵法 | 132 |
| 3-6-1 | 矩阵读写及虚实结合 | 132 |
| 3-6-2 | 基本概念及计算公式 | 135 |
| 3-6-3 | 逆矩阵法程序编写 | 142 |
| 3-7 | 高斯-赛德尔迭代法 | 146 |
| 3-7-1 | 迭代法概述 | 146 |
| 3-7-2 | 基本概念及计算公式 | 147 |
| 3-7-3 | 程序编写 | 150 |
| 3-8 | 齐次方程组——特征值问题 | 151 |
| 3-8-1 | 概述 | 151 |

| | | |
|------------|-----------------|------------|
| 3-8-2 | 求特征值问题的方法 | 152 |
| 3-8-3 | 例子 | 153 |
| 3-9 | 多项式方法求特征值问题 | 156 |
| 3-9-1 | F-L方法求多项式系数 | 156 |
| 3-9-2 | F-L方法程序编写 | 158 |
| 3-9-3 | 特征向量求法 | 159 |
| 3-10 | 迭代法求特征值问题 | 169 |
| 3-10-1 | 基本概念及迭代步骤 | 169 |
| 3-10-2 | 求中间特征值及相应的特征向量 | 173 |
| 3-10-3 | 程序编写 | 176 |
| 3-11 | 非线性方程组的求解 | 184 |
| | 习题 | 186 |
| 第四章 | 曲线拟合 | 190 |
| 4-1 | 引言 | 190 |
| 4-2 | 最小二乘法求数据的曲线拟合 | 191 |
| 4-2-1 | 基本概念 | 191 |
| 4-2-2 | 最小二乘法曲线拟合的矩阵表示法 | 193 |
| 4-2-3 | 加权最小二乘法曲线拟合 | 196 |
| 4-3 | 指数函数曲线拟合 | 197 |
| 4-4 | 傅里叶级数曲线拟合 | 201 |
| 4-4-1 | 傅氏级数的基本知识 | 201 |
| 4-4-2 | 最小二乘法的应用过程 | 203 |
| 4-5 | 多项式曲线拟合 | 205 |
| | 习题 | 208 |
| 第五章 | 插值法 | 211 |
| 5-1 | 引言 | 211 |
| 5-2 | 线性插值与二次插值 | 212 |
| 5-3 | 均差插值多项式 | 214 |
| 5-4 | 等距节点插值公式 | 219 |
| 5-5 | 拉格朗日插值多项式 | 225 |
| | 习题 | 227 |
| 第六章 | 数值积分和微分 | 229 |
| 6-1 | 引言 | 229 |
| 6-2 | 数值积分的一般概念 | 229 |
| 6-3 | 等距节点求积公式 | 231 |
| 6-3-1 | 公式推导 | 231 |
| 6-3-2 | 梯形法和辛浦生法程序编写 | 233 |
| 6-3-3 | 误差分析 | 238 |
| 6-4 | 龙贝格积分法 | 244 |

| | | |
|------------|------------------------------|------------|
| 6-4-1 | 龙贝格公式推导 | 244 |
| 6-4-2 | 龙贝格法程序编写 | 247 |
| 6-5 | 反常积分 | 249 |
| 6-5-1 | 间断积分 | 249 |
| 6-5-2 | 积分限为无穷 | 250 |
| 6-6 | 数值微分 | 251 |
| | 习题 | 258 |
| 第七章 | 常微分方程数值积分——初值问题 | 263 |
| 7-1 | 引言 | 263 |
| 7-2 | 直接数值积分方法 | 263 |
| 7-3 | 欧拉法 | 265 |
| 7-3-1 | 欧拉方程推导 | 265 |
| 7-3-2 | 欧拉方法误差分析 | 267 |
| 7-4 | 改进的欧拉法 | 274 |
| 7-4-1 | 自启动改进欧拉法 | 274 |
| 7-4-2 | 自启动改进欧拉法误差分析 | 276 |
| 7-4-3 | 它启动改进欧拉法 | 277 |
| 7-4-4 | 它启动改进欧拉法误差分析 | 278 |
| 7-5 | 龙格-库塔法 | 287 |
| 7-5-1 | 龙格-库塔法各种形式推导 | 287 |
| 7-5-2 | 龙格-库塔法误差分析 | 292 |
| 7-6 | 龙格-库塔法解常微分方程组 | 295 |
| 7-7 | 数值方法的收敛性和稳定性讨论 | 302 |
| 7-7-1 | 单步法的收敛性 | 302 |
| 7-7-2 | 稳定性 | 303 |
| 7-8 | 米尔恩法 | 305 |
| 7-8-1 | 米尔恩法公式推导 | 306 |
| 7-8-2 | 减弱米尔恩法的不稳定性 | 309 |
| 7-8-3 | 米尔恩法误差估算 | 310 |
| 7-8-4 | 数值方法解例题7-7的稳定性讨论 | 318 |
| 7-9 | 哈明法 | 319 |
| 7-9-1 | 哈明法公式推导 | 319 |
| 7-9-2 | 哈明法误差估算 | 321 |
| 7-10 | 数值积分方法的选择 | 327 |
| | 习题 | 327 |
| 第八章 | 常微分方程数值积分——边值问题 | 337 |
| 8-1 | 引言 | 337 |
| 8-2 | 试算法 | 337 |
| 8-3 | 联立方程法 | 347 |

| | |
|----------------------------|--------------|
| 8-4 特征值问题 | 350 |
| 8-4-1 一般的数值积分步骤 | 352 |
| 8-4-2 多项式方法 | 354 |
| 8-4-3 迭代法 | 361 |
| 习题 | 362 |
| 第九章 偏微分方程数值积分 | 367 |
| 9-1 引言 | 367 |
| 9-2 椭圆型偏微分方程 | 367 |
| 9-2-1 差分方法 | 367 |
| 9-2-2 不规则边界处格点的处理 | 375 |
| 9-3 抛物型偏微分方程 | 377 |
| 9-4 双曲型偏微分方程 | 384 |
| 习题 | 391 |
| 参考文献 | (397) |

第一章 计算机、操作系统和 FORTRAN 语言

1-1 引言

计算机、操作系统和计算机语言之间的关系可以用图 1-1 非常简明地表示。

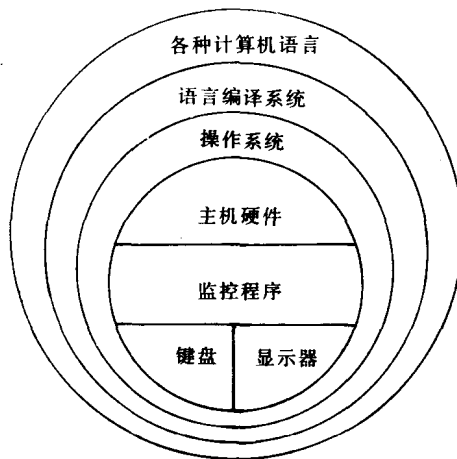


图 1-1 计算机、操作系统和计算机语言之间的关系

由图可见，对于一个使用计算机语言的用户来说，他与真正的计算机硬件之间还隔着几层软件系统。联系各器件的监控程序在最里层。它是在设计计算机各硬件的同时设计出来的，由硬件能够识别的机器码组成，完成各器件的最基本动作和联系，如同一部机器中的拉杆、手柄、拨块等。监控程序比较简单，一般已固化在只读存储器中，随各器件装配成一个整体。

操作系统不是由计算机设计人员设计的。操作系统的设计一方面要考虑与具体计算机的监控程序和各器件之间的联系，另一方面还要考虑用户使用的方便。它一般是由专业软件公司设计的。操作系统比较复杂，流行的操作系统有很多种，从用户的角度看，操作系统的结构又是很有次序的。用户熟悉操作系统，才能自如地操作计算机。

编译系统在操作系统的基础上，支撑着各种高级语言。各种高级语言指令只有通过编译系统才能变成操作系统和监控程序对硬件的操作。

高级语言是用户用来解决问题的计算机语言。如 BASIC 语言和 FORTRAN 语言等。

计算机的这种层次结构非常严格，变换任一内层，则整个外层都要改变。例如一台 IBM-PC 微机，在 CP/M (Control Program/Monitor) 操作系统下使用 FORTRAN 语言和在 DOS (Disk Operating System) 操作系统下使用 FORTRAN 语言，尽管外层 FORTRAN 语言相同，但指挥机器运转的内层操作根本不同，因而两个系统下建立的 FORTRAN 运行程

序,不能交互使用.可见,编写或使用任一程序,不仅要知道它是什么语言写的,还要知道它是什么机器,什么操作系统下的语言.

目前,计算机的种类已多得数不胜数.本书不可能一一讲到,只打算以目前最常用的 IBM 系列微机作为例子,对它的硬件构成,基本的 DOS 操作系统和在 DOS 系统基础上的 MS-FORTRAN (Microsoft 公司为 IBM 系列微机所编写的 FORTRAN) 语言做典型介绍.本书后面章节所有例题都是在这种 IBM 微机上编写的.因此即使没有学过标准 FORTRAN 语言的读者,借助于本章的帮助,也能方便地读懂本书全部例题,并能在 IBM 微机上做出大部分习题.

需要提到的是,大型计算机往往都配有现成的科学计算程序包.例如,太原工业大学计算中心的 VAX-11/785 上就安装有美国 DEC 公司的 SSP 科学计算程序包,它由 356 个 FORTRAN 子程序组成^[1],包括了数值计算中的大部分基本算法.对于学过计算数学和不需要知道计算过程,仅需要结果的用户来说,使用这些科学计算程序包是非常方便的.

1-2 IBM 微型计算机的结构^[2]

IBM 公司 (International Business Machines Corporation) 是世界上最大、最著名的计算机制造公司. IBM 公司早期主要从事大型计算机的研制. 70 年代以来,随着集成电路制造技术的进步,微型计算机 (简称微型机或微机) 迅速崛起. 因其价格低廉, 家庭和个人买得起, 因而销售量猛增. 这一时期的主要产品是 Apple 公司生产的 Apple - I 微机. IBM 公司看中了微型计算机这一市场, 于 1981 年推出了它生产的个人计算机 (简称 IBM-PC 机). IBM 公司对它的微机作了非常精心的考虑, 从硬件设计、配制各种扩充的可能性, 到操作系统、各种配套的高级语言和应用软件, 都尽量做到系列化、标准化和兼容. 因而, IBM-PC 机一出现就成为当时性能价格比最好的微机, 连同 IBM 公司后来推出的 IBM-PC/XT, IBM-PC/AT 机一起占据了 80 年代整个微机市场. 与之相兼容的各种变型微机也数不胜数. 我国生产量最大的长城 0520 微机与 IBM 机完全兼容.

IBM 系列微机在我国高等学校中更是随处可见, 几乎每个教研室都有 IBM 微机. IBM 微机的容量和速度完全能适应一般的科学和工程计算的需要. 因此, 本书讲述的 FORTRAN 语言及 FORTRAN 语言程序的编译与执行都将以 IBM 微机为工具.

1-2-1 概述

IBM-PC 机最小的硬件配置为三部分, 即键盘, 显示器和主机箱. 主机箱内主要是系统板. 可扩展的部分是存储器和各种扩展板. 一般系统板上留有 5 个 I/O 扩展板插槽. 在最小硬件配置情况下, 主机箱系统板有 64K 内存和一块显示器插板. 这种最小配置仅能使用系统内部固化了的 BASIC 语言. 为了使用 FORTRAN 语言, 需要对 IBM-PC 机做进一步扩充. 下面简要叙述具有不同功能的各种扩充方式.

1. 内存存储器扩充

内存存储器扩展板有各种规格, 从 96K 到 384K 不等. 能够使用 FORTRAN 语言的 IBM 微机至少要求内存 128K. 如果把系统中只读存储器的容量也计算在内, 系统的最大内存

扩充后可达 1024K (1M).

2. 外存储器扩充

可用录音机作为外存储器, 但更常用的是在主机箱内安装两台 5 英寸^① 软磁盘驱动器, 每张软磁盘存储容量为 360K. IBM PC/XT 和 PC/AT 机用温彻斯特 (Winchester) 硬磁盘机代替软磁盘机, 使存取速度更快, 容量达到 10—40M. PC/AT 机还增加了一台高密度软盘机, 容量为 1.2M.

3. 运算能力

系统板上可以增加一个 8087 或 80287 协处理器, 使浮点运算速度提高几十倍. 这一点对数值计算意义重大.

4. 输入输出设备

单色显示器插板上有并行打印机接口, 可以接一台打印机. 使用彩色显示器, 必须换接彩色显示器选件板. 为了具有数据通讯能力, 可增加同步或异步通讯接口板. 这样, 既能实现与其它计算机的通讯, 又能实现与其它有串行接口的外部设备的联机. 如各种绘图机、打印机、数字化仪、高分辨率终端等. 图 1-2 给出系统硬件配置的一个简单概括.

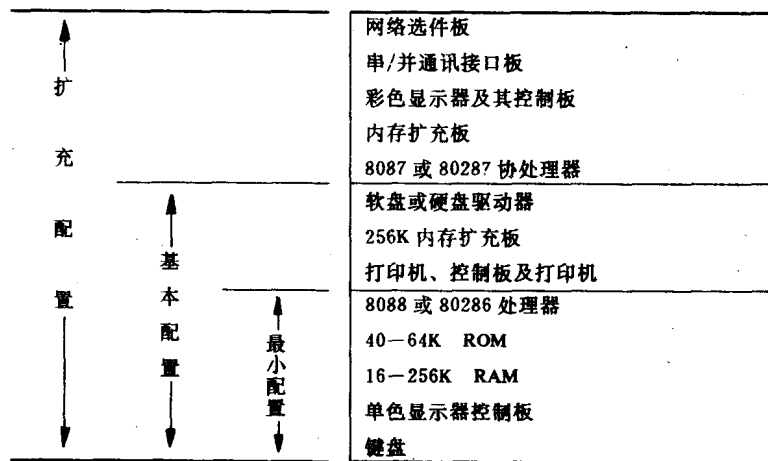


图 1-2 系统配置

1-2-2 结构

1. 系统板结构

PC, PC/XT 与 PC/AT 的系统板结构大体相同, 后者的各项功能都比前者要强. 基本结构如图 1-3 所示.

① 1 英寸=0.0254 米.

系统板的核心部分是 Intel8088 微处理器及有关电路。这是一种在 Intel8080/8085 和 Intel8086 基础上发展起来的准 16 位微处理器芯片。它有 40 条引线，其中地址线 20 条，寻址能力为 1MB。在 8088 芯片的旁边，留有 8087 空插座。8087 是 IBM 微机的扩充件，必须单独购买。8087 的安装非常方便，只须将 8087 插上，把系统板上系统配置开关中的第 2 个开关，从“ON”状态拨到“OFF”状态即可。

| | | | | |
|------------|-----------------------|----------------|--------------|-------|
| 时钟 同步控制 | 8088 处理器 (8087) | 直接内存 访问 DMA | 定时器 / 计数器 | 中断控制器 |
| 录音机接口 | 48K ROM | | 系统配置开关 DIP | |
| 扬声器 | | | 16—256K RAM | |
| 键盘接口 | 5 个 I/O 扩展槽 | | | |

图 1-3

PC/AT 机的中央处理器是 Intel80286。80286 是 16 位芯片，与 8088 保持向上兼容，与 8088 的主要区别是：

- 1) 时钟频率由 4.77MHz 提高到 6MHz。
- 2) 16 根数据线，直接处理 16 位数据。
- 3) 24 根地址线，可访问的实空间为 16MB。
- 4) 共有 68 条引线。
- 5) 与 80286 配合的协处理器是 80287。

系统板上的时钟同步信号频率为 4.77MHz，即每个时钟周期为 210ns。PC/AT 机的时钟同步信号频率为 6MHz。

四通道 DMA (Direct Memory Access) 控制器的作用是提供输入、输出设备与内存储器之间的高速数据传送。

定时器/计数器的作用是先与 DMA 配合，实现内存储器的动态刷新，然后给出标准时间信号，即显示时、分、秒，最后支持扬声器的声调发生器。

中断控制器排出输入的 8 个中断信号的优先次序。优先级最高的是定时器的标准时间。其次是键盘。键盘每输入一次，引起一次中断。其它六个中断信号都来自插在输入、输出槽口的选件板上，只有插入有关选件，才会有相应的中断信号产生。

只读存储器 ROM 内装有基本监控程序和 BASIC 解释程序。监控程序包括：通电后的硬件测试程序，存储器大小的测试程序，显示器、打印机、键盘、软硬盘的驱动程序，标准时间信号的控制程序，外部录音机磁带操作程序，软、硬盘操作系统的引入程序。

系统板上的读写存储器 RAM 对 PC 机最多只能安装 64K，PC/XT 有 256K，PC/AT 却有 512K。盒式磁带接口控制电路允许使用普通录音机作为外存储器，通过电话筒、耳机接口进行数据的读写。

键盘接口用于接收键盘信号。注意：PC/AT 机的键盘与 PC 和 PC/XT 的键盘不同，不能互换使用。

2. 内存分配

PC, PC/XT 和 PC/AT 的存储器空间的布局差不多, 见图 1-4. 其中用户可用的空间最大都是 640K. 只读存储器位于内存的尾部, 一般不超过 64K, 最大可达 286K, 各种选件板, 硬盘驱动程序等都要占用此空间.

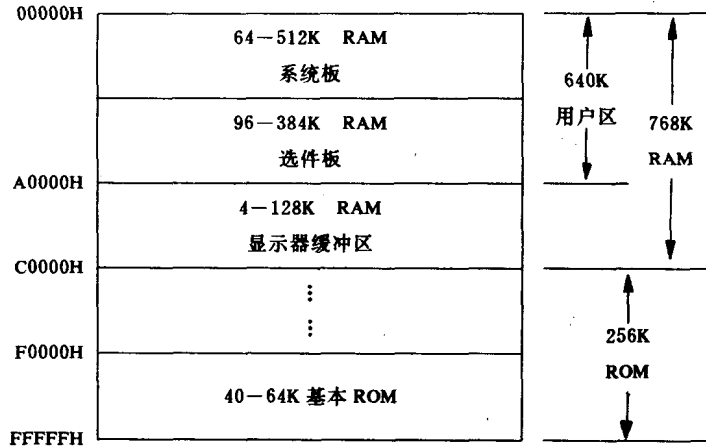


图 1-4 内存分配

PC/AT 机接多个终端时, 可将用户内存空间扩大到 $6 \times 512K$, 但这时必须使用类似 UNIX 的 XENIX 操作系统. DOS 操作系统最大访问内存不超过 1M, 这使很多在 DOS 支持下编写的软件无法在更新一代机器上使用, 这是 IBM 系列微机的弱点.

3. 显示器

单色显示器每屏可显示 25 行, 每行 80 个字符. 这些字符必须是 256 个 ASCII 码. 因此很多非 ASCII 码的文件, 如机器码文件是无法显示的. 彩色显示器是选件, 它一般可显示 16 种不同的颜色. 彩色显示器还具有高分辨率的作图能力, 这种高分辨率有 640×200 个象素, 每点象素只能取黑白两种颜色.

4. 打印机

并行打印机控制板常和单色显示器的控制板合为一体, 成为一块选件板. 打印机有各种各样的型号, 基本上分为 80 列 (窄打) 打印机和 132 列 (宽打) 打印机. 打印机输出的字符由点阵组成, 从 9×9 点阵到 24×24 点阵不等. 点阵越多, 打印出的字符和图形质量越高. IBM 系列微机配用的最经济实惠的打印机是 IBM-80CPS, 其字符由 9×9 点阵组成, 每秒输出 80 个字符. 标准字符输出时, 每行可打 80 个字符; 紧凑字符输出时, 每行可打 132 个字符. IBM-80CPS 还有图形打印功能, 因而它也可以打印汉字. 若想获得更快的打印速度和更好的打印质量, 例如各种型体的字符, 必须选用更好的打印机.

5. 异步通讯接口板

异步通讯接口板即一个标准的 RS-232-C 串行接口. 它是一块选件板, 即可用于计算

机间联网通讯,又可接一些附加外部设备。例如接一台绘图机,绘制各种曲线和图形。也可接一台数字化仪,输入各种图形。使用串行接口不如使用并行接口方便。必须预先设定传输字符的方式,这个方式是由外部设备决定的。串行接口比并行接口传输信息的速率慢,但是串行接口是一种标准接口,它能配接的外部设备种类比并行接口多得多。

6. 磁盘驱动器

PC机和PC/XT机使用的软盘是 $5\frac{1}{4}$ 英寸的单面双密度或双面双密度软盘。双面容量达360K。PC/AT机增设一台高密度软盘机,它的软盘为双面倍轨四密度 $5\frac{1}{4}$ 英寸软盘,容量达1.2M。一般情况下,高密度软盘机也可读、写PC或PC/XT的软盘。软盘的使用灵活、方便,但存取速度较慢,在大信息量交换情况下尤其突出。

PC/XT和PC/AT机都加装了一台温彻斯特硬磁盘。这种硬盘不能更换,但容量和存取速度比软盘大得多。硬盘转速比软盘快10倍,信息交换速度也快10多倍。一般情况下,操作系统,各种高级语言的编译系统和用户编制程序都放在硬盘上,这样可使程序的编写,编译又快又方便。

1-3 MS-DOS 操作系统

MS-DOS是美国Microsoft公司专为IBM-PC系列微机设计的磁盘操作系统。随着IBM微机机种的不断进步,DOS操作系统的版本也不断更新。从最初仅适用于PC机的单任务,双软盘DOS1.0版发展到目前的多任务,多软盘和硬盘的DOS4.0版。Microsoft公司在发展DOS的时候,注意了它们的兼容性,即在低版本下编写的程序不用改动就可以在高版本操作系统支持下运行。

DOS4.0是1986年底推出的最新版本,它的最大特点是多任务,即操作系统将一台IBM机分成前、后台。在前台区运行的程序像低版本DOS下的各种应用程序一样,可以直接与屏幕和用户交互作用。在后台区可以同时运行一至几个程序。这样可以充分利用计算机的潜力,为用户提供方便。

DOS的命令有几十条,本章不可能全部介绍,我们只简单介绍那些与作数值计算有关的常用的命令。更详细的内容可参阅本章后的参考文献[3-5]。

1-3-1 系统的准备

1. 启动

首先,把系统操作软盘插入A驱动器,关上小门,打开电源,操作系统便自动接管机器。若计算机已通电,出现差错需重新启动,则只需同时按下<Ctrl>, <Alt>和键,即:<Ctrl>+<Alt>+。如果DOS系统已建在硬盘上,则不需要插软盘,只要打开电源,操作系统便建立起来。MS-DOS的启动过程如图1-5所示。机器向操作者询问之后,操作者应当输入当天的日期和时间;如不需要时间,直接按下<CR>,则出现下列提示符:

A>或C>

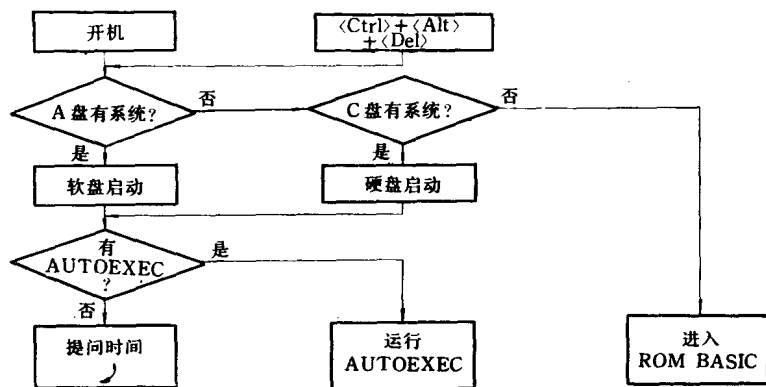


图 1-5

表示现在系统与 A 盘或 C 盘相接，可以接受 MS-DOS 命令了。

操作者可以随时变换当前盘名，例如从 A 盘变为 B 盘：

A>B; <CR>

B>

2. 磁盘的复制

一台计算机一般有很多用户，用户可以用在公用盘（一般为硬盘 C）上建立子目录的办法取得自己的程序区，但是更多的还是使用软盘，以便随时保存自己的信息。

MS-DOS 一般使用 5 $\frac{1}{4}$ 英寸软盘记录信息，新软盘在使用前必须初始化（格式化）。格式化是通过调用 MS-DOS 中的格式化命令来实现的：

C>FORMAT B; <CR>

假设此时新盘在 B 驱动器中，通过一次屏幕问答，此命令便把 B 盘格式化了。

MS-DOS 中的复制命令有三条。DISKCOPY, BACKUP, COPY。前二条作整盘的复制，第三条作单个文件的复制。关于 COPY 命令我们将在后面详细讲解。

DISKCOPY 用来作软盘的整盘复制，例如将 A 盘的信息全部复制到 B 盘：

C>DISKCOPY A; B; <CR>

DISKCOPY 的最大好处在于被复制的盘可以是未被初始化的盘，即 DISKCOPY 本身有格式化新盘的功能。

BACKUP 可以从一个磁盘复制一个或多个文件到另一个磁盘，BACKUP 的好处是可以将一个软盘文件复制到另一个具有不同面和扇区数的盘上。例如，将 C 盘\USER\ABC 目录里的所有文件复制到 A 盘里（设 A 盘已格式化）：

C>BACKUP C; \USER\ABC A; <CR>

3. 磁盘检查

对于复制好的盘，可以使用全盘比较命令 DISKCOMP 对复制盘和源盘作比较，检查

复制的是否正确。例如比较 A 盘和 B 盘：

```
C>DISKCOMP A: B: <CR>
```

经过一次屏幕问答，屏幕显示检查结果。对于重要的盘的复制，DISKCOMP 可保证复制正确。

对于随意拿到的一张盘，我们希望知道它目前的状态，例如，此盘上是否有文件，是否已格式化了，等等。我们可以使用磁盘检查命令 CHKDSK 来检查新盘，例如：

```
C>CHKDSK B: <CR>
```

显示

```
362496 bytes total disk space
22528 bytes in 3 hidden files
18432 bytes in 1 user files
321536 bytes available on disk
131072 bytes total memory
106496 bytes free
```

上述显示说明：此盘总容量 360K，盘上有三个隐含文件和一个普通文件，各占 22K 和 18K，除上述四个文件外，此盘还有 321K 空间可以利用。最后两行说明的则是当前机器内存的状态：此机器有 131K 内存，除系统占用部分外，还有 106K 供用户使用。

1-3-2 MS-DOS 的常用命令

1. 常用控制键

MS-DOS 为用户提供了—组控制键，使得某些命令成为单纯的按键操作，这样可以在系统运行时插入命令。

^ C 或 <Ctrl> + <Break> 用来在机器运转的任意时刻切断运转，回到重新接受 MS-DOS 命令的状态。^ C 表示同时按下 <Ctrl> 键和 <C> 键。

^ P 或 <Ctrl> + <Prtsc> 用来接通打印机，把此命令之后的屏幕显示打印出来。此键只有在打印机通电时才有效。打印完毕，应重按此键，以切断打印机，否则将不停地打印下去。

^ S 或 <Ctrl> + <Numlock> 用来暂停系统的运转。尤其是暂停屏幕或打印机输出，当需要继续运转时，只要按动任一键即可。

<Shift> + <Prtsc> 键可以将当前的屏幕状态原封不动地由打印机打印出来。

<F1> ~ <F10> 也是一组功能键，在不同的 MS-DOS 具体命令运行时，它们的定义不同。在 MS-DOS 命令一级，<F3> 最有用，它可以复制前一次输入的 DOS 命令，这对于连续使用某一命令非常方便。

2. 目录和路径名

MS-DOS 的文件系统采用树型目录结构，即 DOS 将磁盘，主要是大容量硬盘，像树枝分叉一样分成很多不同的子目录区，区与区之间互相独立。

每一张新盘在初始化（格式化）时，已经建立了根目录，双面软盘的根目录区最多允许有 112 个文件或子目录。如果不建子目录，一切写入盘中的信息都在这一根目录中。