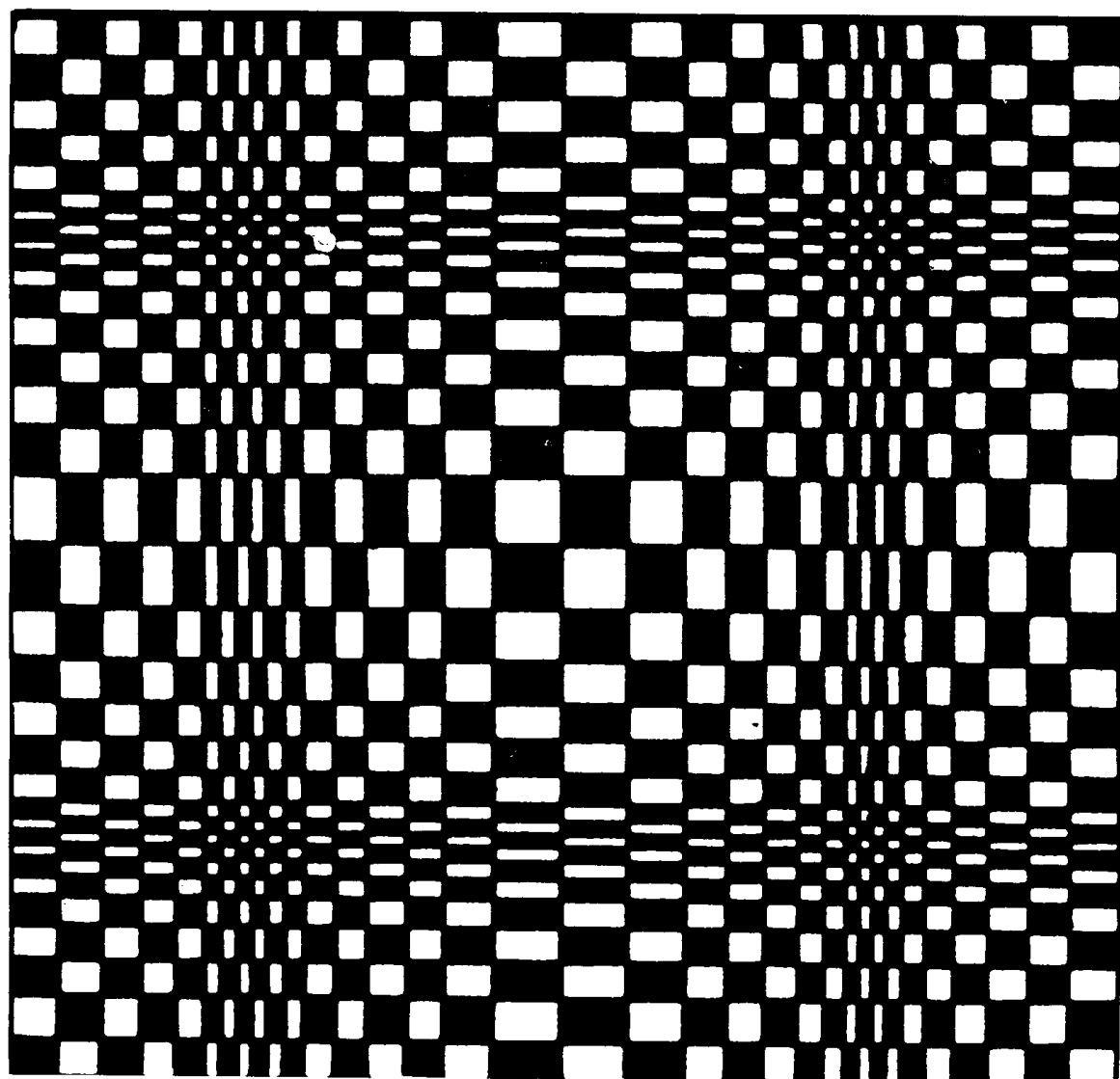

新 编 微型计算机绘图 及其程序设计

杨钟藩 杨 战 编著



中国物资出版社

新 编

微型计算机绘图及其

程 序 设 计

杨钟藩 杨 战 编著

中国物资出版社

(京)新登字 090 号

内 容 提 要

本书是作者在多年来对计算机绘图研究和教学实践的基础上,参考国内外有关计算机图形学文献编写的。全书共分十四章,系统地阐述了计算机绘图原理,程序设计方法,图形的矩阵变换,基本几何图形的处理,三视图、轴测图、透视图、曲线与曲面、立体的截断与相贯、展开图、剖视图、零件图、消隐处理等内容。

书中列举了大量用 BASIC 语言编写的各种绘图程序,全部程序均在 APPLE—II 和 IBM—PC/XT、386、486 微机上调试通过。书末附有练习题程序集,有利于读者理解基本内容,便于上机实践。

本书可作为高等院校《计算机绘图》课程教材,也可作为业余、函授高等工业学校的教材和自学教材,并可作为有关科研和工程技术人员参考书。

新编微型计算机绘图及其程序设计

杨钟藩 杨 战 编著

中国物资出版社出版

(北京月坛北街 25 号邮编 100834)

河北省大厂县印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

开本:787×1092 1/16 印张:21.75 字数 550 千字

1994 年 7 月第一版 1994 年 7 月第一次印刷

印数:1—6000 册

ISBN 7-5047-0918-2/TM·0010

定价:17.80 元

前 言

本书的前身《微型计算机绘图及其程序设计》，自 1987 年出版以来，国内很多高等院校选用为计算机绘图课程教材，深受欢迎和好评。该书被列入《中国优秀科技图书要览》。中国科学院钱三强教授在《要览》序中写道：“写作这些优秀作品的科技人员，90%以上具有高级职称，其中有 80 多位中科院学部委员，他们创作的优秀科技著作，理应得到社会的高度评价和表彰。”

本书是总结多年使用前书教学经验，吸收国内外最新科技成果而写成的。其指导思想是从实用出发，将计算机数学原理与程序设计方法紧密结合；针对在教学中使用的 APPLE— I 及 IBM—PC/XT、386、486 为对象，将微机的操作与使用和绘图程序设计方法有机结合。

全书各章节的数学建模及程序设计方法具有普遍意义，各程序稍加修改均可移植到其它机型上运行。

全书共分十四章，尽量做到深入浅出，通俗易懂。书中提供了大量程序实例，章末附有练习题，书末附有练习题程序集，有利于读者进一步理解基本内容，便于自学和上机实践。书中程序都用 BASIC 语言编程，在 APPLE— I 和 IBM—PC/XT、386、486 微机上调试通过。

本书可作为高等院校本科生和研究生《计算机绘图》课程教材，各章具有独立性，可根据不同学时和不同对象加以选用，也可供有关科研及工程技术人员参考。

本书由杨钟藩教授和正在澳大利亚维多利亚大学攻读计算机应用学科的杨战共同编写。全书的插图由杨恒绘制。

由于水平有限，书中难免有错误和不妥之处，敬请读者批评、指正。

编者 1994 年 7 月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 学习计算机绘图的意义	(1)
第二节 计算机绘图在工程上的应用	(2)
第三节 计算机绘图的发展概况	(5)
第二章 自动绘图系统	(7)
第一节 微型计算机绘图系统及绘图过程	(7)
第二节 微型计算机操作指令	(9)
第三节 绘图机	(13)
第四节 插补原理	(16)
第三章 FWX4675 型智能绘图机与程序设计	(24)
第一节 绘图命令与绘图软件	(24)
第二节 基本图形程序设计	(28)
第四章 SR-6602 型智能绘图机与程序设计	(46)
第一节 绘图命令与绘图软件	(46)
第二节 基本图形程序设计	(58)
第五章 图形显示软件与程序设计	(70)
第一节 APPLE-I 图形显示命令与软件	(70)
第二节 IBM PC 图形显示命令与软件	(73)
第三节 图形显示子程序设计	(74)
第四节 调用子程序绘制零件三视图	(79)
第五节 常用曲线程序设计	(82)
第六节 动态模拟程序设计	(87)
第七节 显示字符程序设计	(91)
第八节 绘图与显示综合程序设计	(92)
第六章 二维图形坐标变换	(96)
第一节 二维图形坐标变换的解析法	(96)
第二节 二维图形坐标变换的矩阵法	(98)
第三节 用矩阵变换设计二维图形程序	(109)
第七章 三维图形坐标变换	(120)
第一节 三维图形的矩阵变换	(120)
第二节 三维正投影变换矩阵	(127)
第三节 三维轴测投影变换矩阵	(129)
第四节 三维正投影图与轴测图的程序设计	(135)

第八章 透视图的绘图程序设计	(142)
第一节 绘制透视图的基本原理.....	(142)
第二节 透视图的坐标变换.....	(143)
第三节 透视图的程序设计(一).....	(148)
第四节 透视图的程序设计(二).....	(150)
第九章 曲线应用程序设计	(156)
第一节 曲线图形的艺术程序设计.....	(156)
第二节 曲线图形求周长的程序设计.....	(160)
第三节 曲线图形求面积的程序设计.....	(164)
第四节 线性插值与拉格朗日多项式插值.....	(169)
第五节 最小二乘法多项式拟合.....	(173)
第六节 Bezier 曲线.....	(176)
第七节 B 样条曲线.....	(181)
第八节 C_1 级二次曲线拟合.....	(186)
第十章 曲面立体的程序设计	(193)
第一节 常见的曲面体的图形处理方法.....	(193)
第二节 曲面立体三视图的程序设计.....	(196)
第三节 圆板、圆孔的图形处理.....	(210)
第四节 斜投影法求两椭圆的交点.....	(215)
第五节 曲线回转面的程序设计.....	(220)
第六节 Coons 曲面.....	(228)
第十一章 立体的截断、相贯、展开图的设计	(235)
第一节 曲面立体相贯线的程序设计.....	(235)
第二节 平面立体的截交线及其表面展开.....	(241)
第三节 可展曲面展开图的设计.....	(243)
第四节 不可展曲面展开图的设计.....	(253)
第十二章 立体图的隐藏线处理	(260)
第一节 平面立体的消隐处理.....	(260)
第二节 曲面立体的消隐处理.....	(267)
第十三章 机械图样的绘图程序设计	(273)
第一节 图框及标题栏的程序设计.....	(273)
第二节 尺寸标注的程序设计.....	(274)
第三节 剖面线及剖视图.....	(280)
第十四章 IBM-PC、386、486 及其兼容机绘图程序设计实例	(287)
第一节 各种摆线通用绘图程序设计.....	(287)
第二节 变换图形程序设计实例.....	(289)
第三节 三维曲面立体图及其消隐程序设计.....	(291)
第四节 立体相贯轴测图及其消隐程序设计.....	(295)
第五节 立体截断轴测图及其消隐的程序设计.....	(303)

第六节 立体造型绘图程序设计.....	(306)
附录 1: 向量	(310)
附录 2: 矩阵	(310)
附录 3: 练习题程序集	(311)
附录 4: 与本书配套软盘的使用说明	(337)

注 为了便于读者使用本书所提供的程序,与本书配套发行 5 英寸软盘三块,有需要者请与本社联系。

第一章 绪 论

第一节 学习计算机绘图的意义

图样是多年来用于表达和交流技术思想的工具。由于科学技术的日益发展,对绘图的精度和速度都提出了更高的要求,在科学技术各个领域内,图的应用范围也更加广泛,更加深入了。

长期以来,人们一直借助于绘图工具绘图,为了改善绘图工作条件,提高绘图效率和图面质量,虽然在改进绘图工具方面做了不少工作,但都摆脱不了手工绘图方式绘图。

这种手工绘图方式无论在绘图速度和绘图质量方面已不能满足现代科学技术日益发展的需要,由于电子计算机的出现,近年来已发展到利用电子计算机自动绘图。

图 1-1,图 1-2 两个图形差异虽很大,但都用同一程序,改变控制量,由计算机绘出的图形。可见,若编写通用性的绘图程序,利用计算机绘图,则十分方便。对于象这一类图线密集的图形,若用手工绘制相当困难,用计算机绘图则更显出优越性。

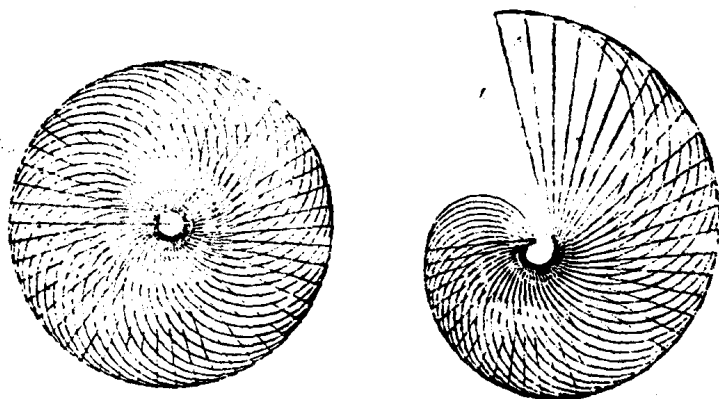


图 1-1

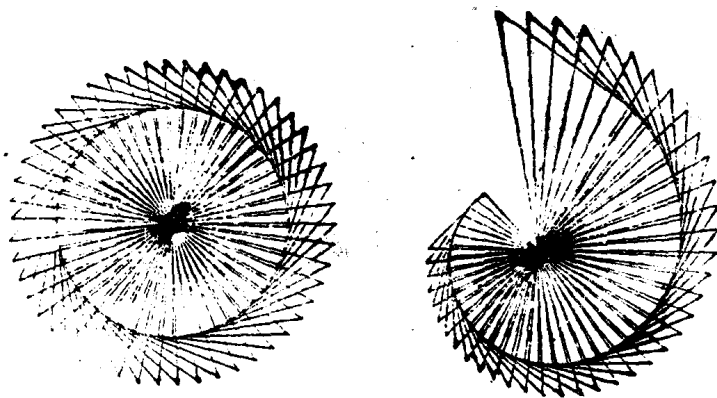


图 1-2

在现代化生产中,为了不断更新产品,提高生产率,降低产品成本,就必须缩短设计、绘图与制造的周期。其有效途径是利用计算机绘图 CG(Computer Graphics);计算机辅助设计 CAD(Com-

puter Aided Design); 计算机辅助制造 CAM(Computer Aided Manufacturing); 计算机辅助工程 CAE(Computer Aided Engineering), 以实现设计、绘图和制造管理的全自动化。在全自动化生产中, 计算机绘图又是整个计算机辅助工程的核心。

综上所述, 计算机绘图在工业生产和科学技术中有着重要作用。因此, 本书除系统地介绍计算机绘图基本原理、方法外, 还着重研究绘图程序的设计等内容。当前在计算机技术领域中, 图形显示是一个重要的, 迅速发展的课题。由于计算机图形显示产生的图象, 有直观感。还可产生动态图象, 能将一大堆枯燥的数字信息变成直观的形象化的图形, 并能及时加以判断、修改。因此, 计算机图形显示已成为人与计算机交换信息的一种手段。为此, 本书还介绍了图形显示基本原理和方法。

特别是近几年来微型计算机与智能绘图机迅速发展, 并具有低价格、高性能的特点, 可以通过微型计算机与智能绘图机联接, 直接绘图, 也可用人机对话型式在计算机荧光屏上显示图形。因此微型计算机绘图目前正在国内外被广泛地应用。基于此, 通过本书系统地学习, 读者可以掌握微型计算机绘图与图形显示基本原理和方法, 并具有设计一般工程图样的绘图软件能力, 以适应我国科学技术迅速发展的需要。

第二节 计算机绘图在工程上的应用

计算机绘图的优点是: 速度快、精度高、能绘制形状复杂的曲线、曲面图形。因此计算机绘图已在航空、造船、汽车、电子、机械、建筑、气象、地质等部门得到广泛的应用。

一、建筑业

在建筑业中, 往往需要绘制从不同角度观察得到的透视图用于建筑方案的比较, 但绘图工作量十分繁重。近几年来国内外均研制成不少建筑 CAD 软件包。从建筑物的设计计算到自动绘制出建筑物设计图、施工图、透视图等全部由计算机完成, 并可在计算机上作动态立体显示。图形有直观感, 为方案的选择、修改提供了方便, 从而提高了设计质量且加快了设计周期。

图1-3 是根据正投影图由计算机绘制的建筑物外形透视图。

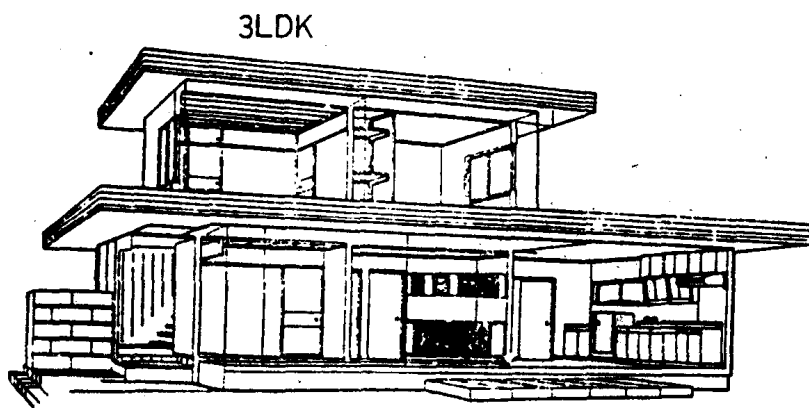


图 1-3

二、汽车、飞机与船舶工业

在造船工业中一般设计一艘数万吨级大船,要绘制数万张图纸,若改用自动绘图后,其效率提高数十倍,既保证质量又加快了设计速度。在汽车、飞机制造业中,有的图样十分复杂。手工绘图相当困难,且绘图精度也难以满足需要。近几年来都逐步由计算机自动绘图所取代。

图 1-4 是由计算机绘制的汽车车身型线透视图。型线即平面与车身曲面的截交线。若用人工绘制这张由这么多型线构成的车身透视图,大约要六个月时间,而用计算机绘图,包括编制程序时间在内,其绘图效率可提高近 20 倍。

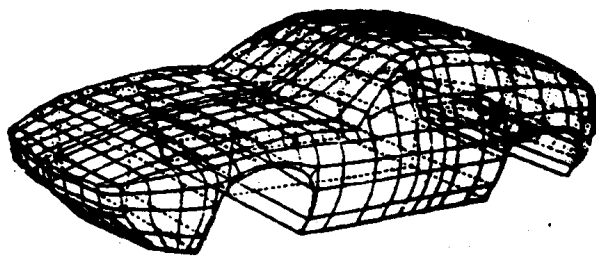
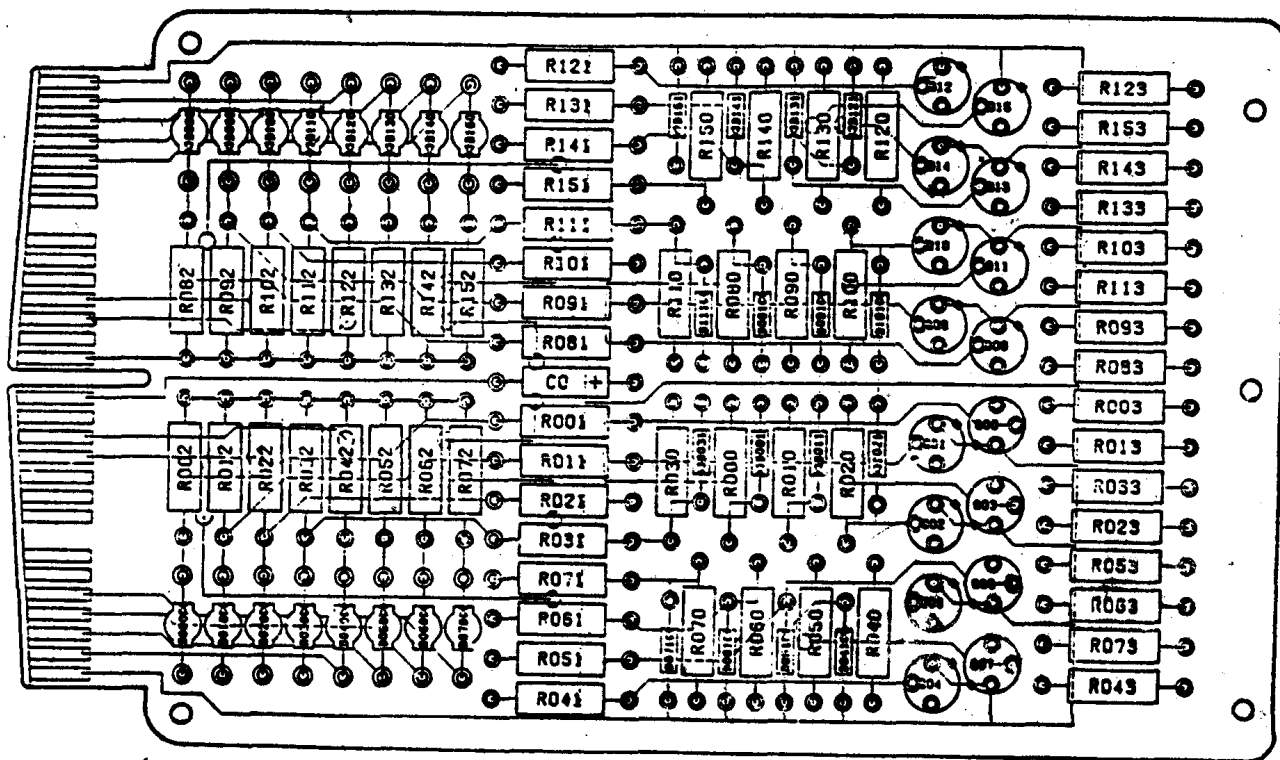


图 1-4

三、电子工业

由于大规模集成电路的发展,其集成度越来越高,所谓大规模集成电路是指将几千个甚至上



1-5

万个晶体管做在一个小的矩形硅片上,这种小的矩形硅片约 10~30 平方毫米称为芯片。如象在一片 6800CPU 中,要集成数万个元件,从草图到正式制版图,已全部由计算机来完成。

图 1-5 是由计算机绘制的集成电路图。这种图的特点是图线细而密集,精度要求较高,若用手工绘图相当困难,且难于保证质量,现用计算机绘图既保证了图面质量,又加快了绘图速度。

四、机械工业

在机械工业中可用计算机绘制产品结构原理图、传动系统图、电气、液压系统图、机械零件图、装配图、轴测图。图 1-6 是一张由计算机自动绘制的三视图及轴测图。图 1-7 是一张由计算机自动绘制的机械中轴系装配图。图 1-8 是一张计算机绘制的齿轮轴零件图,图中还注写了文字、尺寸及公差等项目。

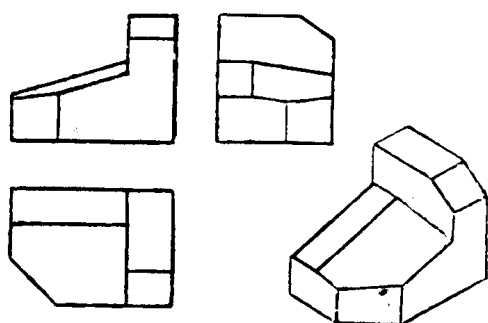


图 1-6

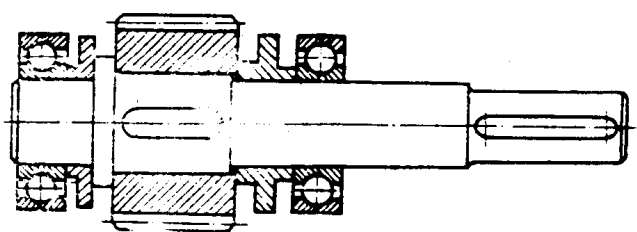


图 1-7

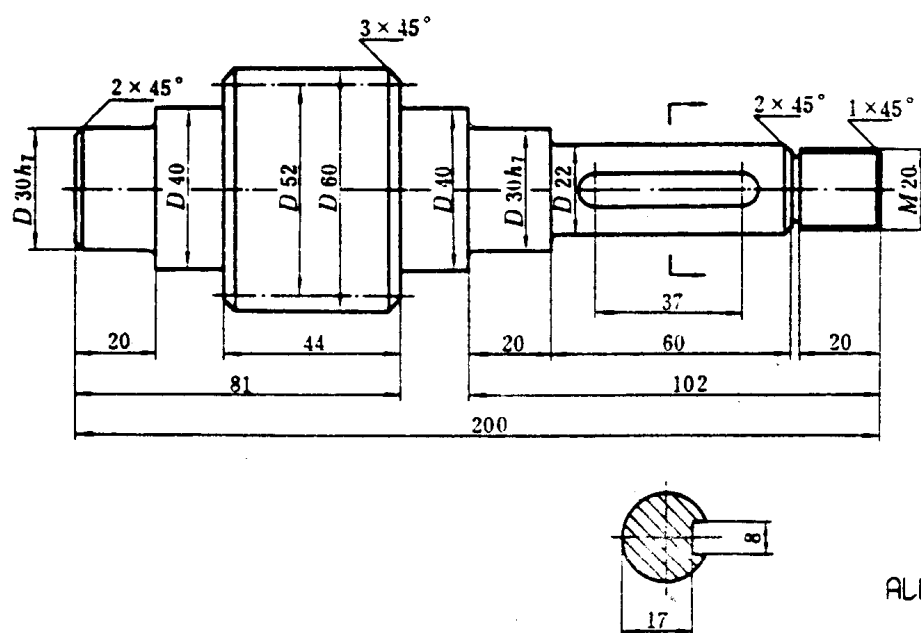


图 1-8

五、其他

此外,在地质、气象等部门还可以绘制地质断面图、地图、气象图等;在经济统计部门可以绘制计划图及各种统计图表;在医学部门可以绘制心电图。也可用计算机进行工艺美术设计。图 1-9 是计算机绘制的美术图案,往往人工绘制十分困难的图案,用计算机绘制则是轻而易举的事。并可反复绘制多张。图 1-10 是用计算机绘制的曲面立体图,该图自动消除了隐藏线。

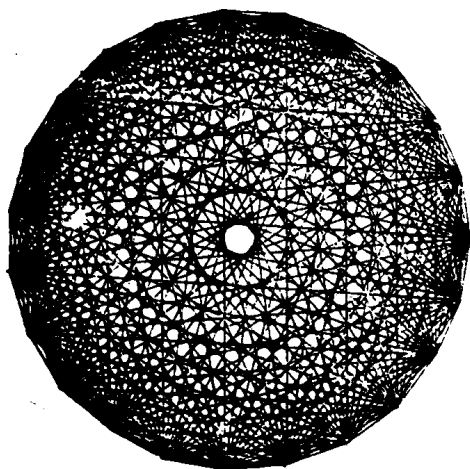


图 1-9

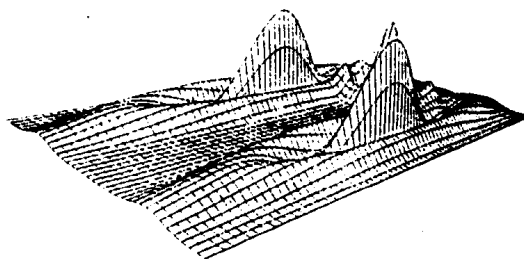


图 1-10

第三节 计算机绘图的发展概况

计算机绘图是近 20 多年来发展起来的一门新科学。

五十年代,美国 Gerber 公司研制出机械加工用称为 APT 计算机语言,用来对工作机械进行控制,出现了数控机床。根据数控机床原理用绘图笔代替刀具,通过输入的数据,在纸上绘出了图形。从而发明了世界上第一台用计算机进行控制的平板式绘图机,长 4.6 米,宽 1.8 米,重 1.2 吨。约在 1958 年美国 Calcomp 公司又研制成滚筒式绘图机。数控绘图机发明,不但使古老的绘图科学得到了突破性发展,而且用计算机绘图代替手工绘图成为可能。

六十年代,国际上发明了阴极射线管 CRT(Cathode Ray Tub)。这是一种用图形显示的形式,对数据进行输入和输出的装置。与此同时研制了光笔图形显示器,工程设计人员利用光笔、键盘和计算机有关功能,开辟了人机对话式交互式制图。可用光笔在显示器上对设计进行修改,论证方案,直到满足设计要求,最后由绘图机绘出设计图纸。

在输入原始资料时,若为数字资料可直接输入到计算机;若为图形资料、图象(照片)资料,则必须先转为数的形式,才可被计算机所接受。为此出现了图数转换仪,或称数字化仪,也称图形输入板。它是将图形信息变成相应的数字信息,再送到计算机中去。在整个六十年代,由于计算机硬件价格昂贵,软件的研制尚在初期,在很大程度上处于实验室研究阶段。因而限制了计算机绘图普及和推广应用。

七十年代,随着硬件质量提高,成本下降,各类小型计算机及新型显示装置陆续问世,促使数控绘图发展到设计制图自动化的高度。

最近几年微型计算机具有低价格、高效能的特点,因而微型计算机绘图系统,在国内外得到广

泛地应用。其发展方向为:

由静态绘图向动态绘图方向发展。

目前各国真正实用的绘图系统基本上已全部采用交互式绘图系统。在交互式绘图中不仅可以直接在屏幕上对图形进行修改、删除、编辑,还可进行动态分析。

由二维图形软件向三维实体造型方向发展。

目前在微机上使用的软件包大都属二维图形软件包,在三维图形方面仅具有画三维线框图功能。二维图形软件比较成熟,也较实用。数据存贮量少,算法简单。从设计的观点出发首先应建立三维物体模型,再依此生成二维视图、剖视图及有关强度计算、有限元分析等。因此开发三维实体造型软件,是当前迫切需要解决的问题。

它是以充分的几何信息和拓扑信息描述物体,数据存贮量大,算法复杂,但在屏幕上的实体造型具有鲜明的明暗度和逼真的彩色实体图象。

向 CAD、CAM、CAG 一体化方向发展。

在传统的产品设计中,首先进行有关计算、提出各种设计方案、优选、然后绘图、施工。如今这些工作由计算机进行,即计算机辅助设计、制造、绘图。尚是分离的各自独立的软件包;近期已发展到将三者结合在一起形成一体化软件包。可完成从产品的几何造型、设计、画图、分析直至最后生成数控加工带。这将成为未来工业设计及管理自动化的发展趋向。

向分布式高档微机工作站方向发展。

过去微机容量小,现在微机内存到数十兆,比过去中小型机内存容量还大,因此高档微机已基本能胜任 CAD/CAM 工作。此外,彩色图形终端也进入到高分辨率阶段。若再配上图形输入板及软件,就是一个独立的 CAD/CAM 工作站了。

第二章 自动绘图系统

第一节 微型计算机绘图系统及绘图过程

一、微型计算机绘图系统

现以 Apple II 及 IBM PC/XT 微型计算机系统加以简述。其绘图系统见图 2-1。

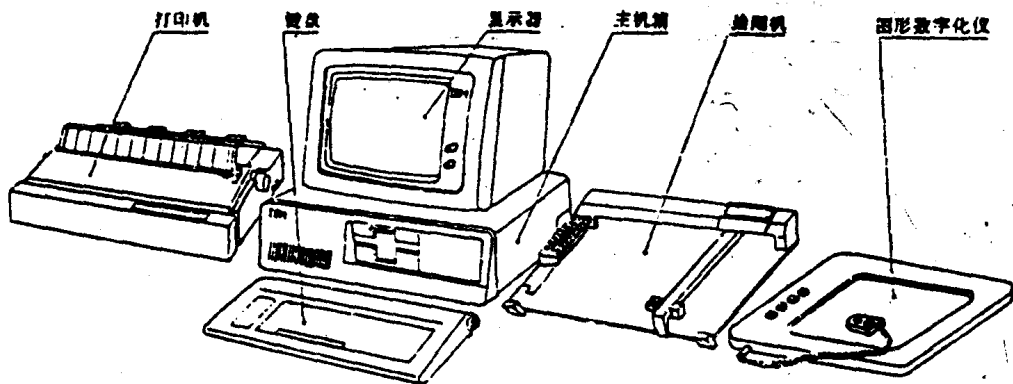


图 2-1

1. 主机

Apple II 是由运算器、存贮器和控制器组成。而运算器和控制器又常合成一起称为中央处理单元 CPU (Center Processing Unit), Apple II 的 CPU 为 6502 微处理器。有 56 条基本指令, 13 种寻址方式, 每秒可完成 50 万次加减运算, 内存容量 64K 字节, 每个字节有 8 位 (Bit), 有 8 个 I/O 接口 (Input/Output) 可接入 8 个外部设备。IBM PC 微机中每个字节有 16 个位, 内存容量为 640K 字节。也有 8 个 I/O 接口。

2. 显示器

为 CRT 视频显示终端, 是主机的输出显示设备, 可显示由字符组成的程序, 即文本格式, 也可显示图形, 有低分辨率图形和高分辨率图形格式。Apple II 微机中, 文本显示为 24 行, 40 字符/行, 5×7 点阵/字符。IBM PC 微机中, 每屏可显示 25 行字符, 中分辨率模式下为 40 字符/行, 高分辨率模式下为 80 字符/行。

3. 磁盘驱动器

是计算机外存设备, Apple II 有两个磁盘驱动器, 其编号是上面的磁盘驱动器为 D1, 下面的为 D2, 每一台驱动器可放一片直径为 5.25 英寸软磁盘。每一片单面双密度容量为 140K 字节。主机与磁盘驱动器之间, 传送数据是双向的, 当读磁盘时, 则数据、信息从磁盘驱动器通过接口送入主机, 当写磁盘时, 则数据、信息从主机通过接口送到磁盘。

IBM PC 有二个编号分别为 A、B 的磁盘驱动器与主体构成一个整体见图 2-1, 使用 5.25 英

寸的双面双密度软盘,每片容量为 362K 字节。

4. 打印机

是主机的输出设备,可打印字符,也可打印图形。在打印机中数据传送是单向的,也即接收来自主机的数据、信息再打印。

5. 键盘

是将源程序和数据通过键盘输入到主机中,是主机的输入设备,Apple I 有 53 个按键,见图 2—2。

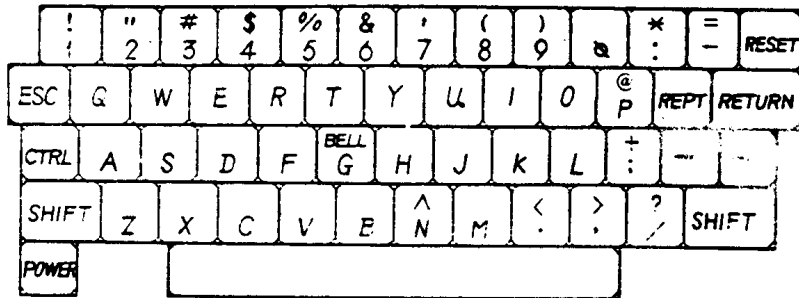


图 2—2

数字键:10 个(0~9)

英文字母键:26 个(A~Z)

运算符号键:6 个

控制键 10 个:(RESET, REPT, RETURN, ESC,

空格键:1 个

CTRL, SHIFT(2 个)

←, →, 灯键)

IBM PC 共有各类按键 83 个,可分为三组,如图 2—3,左侧为 10 个功能键,即 F1, F2……F10。右侧为一个有 15 个键的小键盘。称为数字键,中间是标准的打字机键盘。

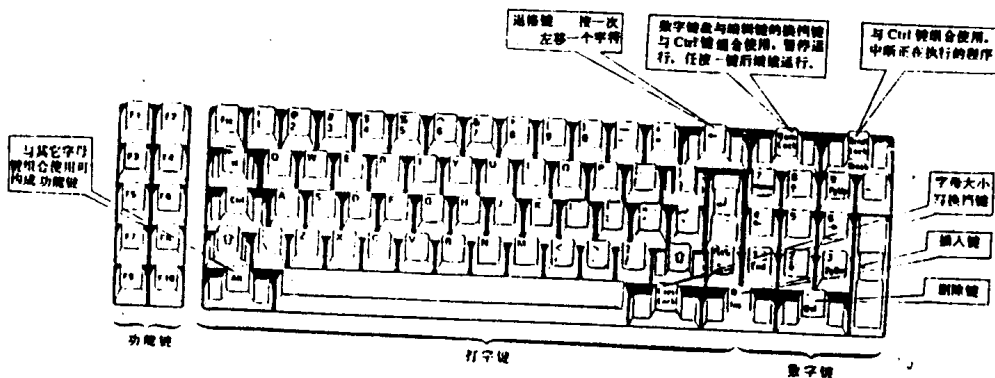


图 2—3

6. 绘图机

是主机的输出设备,工作时,接受主机传递的绘图信息,用来自动绘制图形,X-Y 绘图仪的外形图见图 2-4

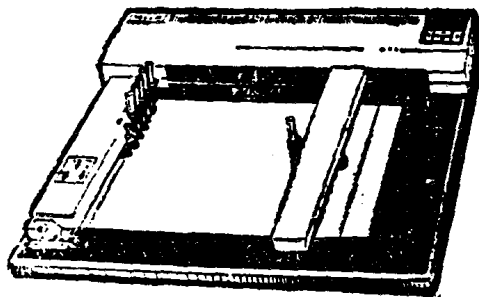


图 2-4

二、绘图过程

在微计算机绘图系统中,其绘图过程是将源程序、数据、控制命令等通过键盘输入到计算机中去,由计算机对绘图数据进行计算处理,译成绘图信息,直接驱动绘图机自动绘图;也可通过显示器在荧光屏上显示图形。若要把计算机内存中暂时不用的程序、数据信息存到磁盘(外存贮器)上,当需要绘图或显示图形时再通过磁盘驱动器把磁盘所需信息输入到计算机内存中进行处理。也可通过打印机在纸上打印出程序清单和图形。其绘图过程见图 2-5。

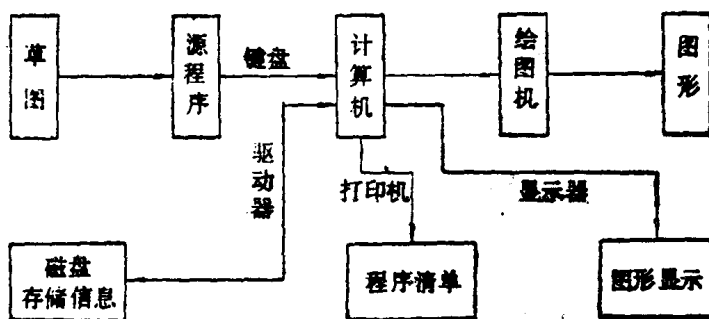


图 2-5

第二节 微型计算机操作指令

微型计算机以三种状态进行操作:

一、指令状态

指令状态的基本任务是识别预先定义的字符如 RUN, LIST 等,控制计算机操作,执行相应的计算机指令序列。这些指令已包括在系统软件中。典型的指令为:

指令	解 释
RUN	命令计算机执行一个程序
NEW	输入新的程序前,清除内存中旧的程序
LIST	在屏幕上显示一个程序清单

使用者输入指令时,计算机立即执行相应的功能,如输入 RUN 再按 RESTURN 键,计算机将执行目前正存在计算机中的程序。如输入 LIST,然后再按 RESTURN 键,计算机便一行挨一行显示出内存中的程序。

当需要立即执行程序时,用立即执行语句。立即执行语句是用计算机语言写的一个或多个指令序列。如

```
PRINT 26+55
      则显示结果为 81
```

二、程序状态

在程序状态下,语句作为程序一部分被存贮,以使用 RUN 指令执行。程序状态下计算机程序例子为:

```
10 INPUT A,B
20 C=A+B
30 PRINT C
```

上述程序由三个语句组成,每个语句都加有语句标号,计算机检测出语句标号的存在,便把该语句作为程序的一部分存贮起来。语句标号除了表示程序状态外,还用来把语句按顺序存贮在内存中。有无语句标号也是区别程序状态和立即执行状态之间区别。如果语句前有语句标号,则作为程序中一个语句存贮在内存中,如果无语句标号,则立即执行。

三、执行状态

当从键盘打入 RUN 指令后,计算机进入执行状态,现以下列输入行为例

```
10 INPUT A,B (1)
20 C=A+B (2)
30 PRINT C (3)

RUN (4)
? 3,2 (5)
输出:5
```

输入行(1)~(3)是程序,标号为10的语句“10 INPUT A,B”告诉计算机应由使用者输入两个值,并进一步把值分配给变量A和B;标号20的语句告诉计算机把A和B相加并用C表示其结果。标号30的语句告诉计算机打印值。

第(4)行是RUN命令,令计算机处于执行状态并执行程序。执行的第一个语句是INPUT语句,立即显示出一个(?)号。等待使用者输入数值,当输入3和2,并用(,)隔开,计算机便执行下一语句,计算C,最后打印结果5。