

计算机辅助绘图

主 编 冯敬华

副主编 钱伯仁



兵器工业出版社

T137-4

402357

7-17

计算机辅助绘图

主 编 冯敬华
副 主 编 钱伯仁

兵器工业出版社

内 容 简 介

JS/42/14

本书系由中国兵器工业总公司教材编审室审定出版的统编教材。主要包括,计算机图形学的发展与应用、计算机绘图系统的组成、二维图形的生成、图形变换、图形交互技术、图形数据结构与三维形体的构成、平面立体的消隐、曲线与曲面、AutoCAD 绘图软件简介,附录中编入了 C 语言简介和 Turbo C 安装与使用等。书中各章提供了适量的应用程序,并在 286 以上及兼容机上调试通过,这些程序中的大部分具有较大的通用性和实用价值,可供读者参考与选用。

本书可作为高等工科院校有关专业的本、专科学学生计算机绘图课程的教材,参考学时数为 36~54,也可供研究生和从事计算机辅助设计的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

计算机辅助绘图/冯敬华主编. —北京:兵器工业出版社,1997.3
ISBN 7-80132-164-2

I. 计… II. 冯… III. 计算机图形学 IV. TP391.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 03514 号

兵器工业出版社 出版发行

(北京市海淀区车道沟 10 号)

各地新华书店经销

华北工学院印刷厂印装

*

开本:787×1092 1/16 印张:17.125 字数:435 千字

1997 年 3 月第 1 版 1997 年 3 月第 1 次印刷

印数:1—3500 定价:26.00 元

前 言

80年代以来,随着计算机图形技术的飞速发展,计算机绘图与图形显示技术在我国已被广泛应用于各个领域,并已形成了一门日臻完善的新兴学科——计算机图形学。为了适应新形势的需要,目前我国多数高等工科院校都已开设了计算机绘图课或选修课,并在课程建设的探索中取得了一定的经验。面向21世纪,普及与推广这门新兴学科,促进我国科学技术的进步,已是我们高等工科院校教学和广大图学教育工作者义不容辞的任务。

本书——《计算机辅助绘图》是根据高等学校工科画法几何及工程制图课程教学指导委员会1992年11月通知精神和关于计算机绘图教学基本要求而编写的。全书共分九章和四个附录,简要介绍了计算机图形学的发展与应用、计算机绘图系统的组成,较全面地阐述了计算机图形学的基本理论和计算机绘图的一般方法。可基本满足后继课对于计算机辅助设计的图形要求。在内容、取材与写法上力求简明、实用,便于自学。

本书由华北工学院冯敬华任主编,南京理工大学钱伯仁任副主编,全书由北京理工大学习宝成教授主审。参加编写工作的有:钱伯仁(第一、四章、附录B、C),暴建岗(第二章、附录D部分),程军(第三章部分、第九章),宋世增(第五、八章、附录D部分),耿学寨(第六章),冯敬华(第七章、第三章部分、附录A)。中国兵器工业总公司教材编审室对本书的出版做了大量的工作,在此谨表示诚挚的谢意。

由于编者水平所限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

1996年8月

目 录

第一章 绪论	(1)
§ 1.1 引言	(1)
§ 1.2 计算机绘图系统	(3)
§ 1.3 计算机图形系统	(9)
§ 1.4 计算机绘图标准化	(10)
练习题	(12)
第二章 二维图形的生成	(14)
§ 2.1 字符屏幕与图形屏幕	(14)
§ 2.2 C 语言图形函数	(22)
§ 2.3 二维图形的裁剪	(30)
§ 2.4 区域填充	(36)
§ 2.5 常用典型零件绘图程序编制	(42)
§ 2.6 图形模式下的文本输出	(47)
练习题	(51)
第三章 二维图形变换	(52)
§ 3.1 点的矩阵表示法	(52)
§ 3.2 二维图形的变换矩阵	(52)
§ 3.3 二维变换 C 程序的设计	(56)
§ 3.4 简单动画程序的设计	(62)
练习题	(65)
第四章 图形交互技术	(66)
§ 4.1 光标定位技术	(66)
§ 4.2 菜单技术	(69)
§ 4.3 窗口显示技术	(85)
§ 4.4 鼠标技术	(98)
练习题	(102)
第五章 图形数据结构与三维形体构成	(103)
§ 5.1 平面图形数据结构	(103)
§ 5.2 三维形体的数据结构	(114)
§ 5.3 三维形体的构成	(122)
练习题	(130)
第六章 三维形体的变换	(131)
§ 6.1 三维形体的空间变换	(131)
§ 6.2 三维形体的投影变换	(137)
§ 6.3 三维变换程序的设计	(144)

练习题.....	(151)
第七章 平面立体的消隐.....	(152)
§ 7.1 消隐概述	(152)
§ 7.2 凸平面立体的消隐处理	(153)
§ 7.3 消隐程序设计举例	(155)
练习题.....	(159)
第八章 曲线与曲面.....	(160)
§ 8.1 曲线生成	(160)
§ 8.2 曲面生成	(169)
§ 8.3 程序举例	(173)
练习题.....	(181)
第九章 AutoCAD 绘图软件简介	(182)
§ 9.1 绘图软件概述	(182)
§ 9.2 AutoCAD 绘图软件概述	(182)
§ 9.3 AutoCAD 的基本知识	(183)
§ 9.4 AutoCAD 实用命令	(189)
§ 9.5 AutoCAD 实体绘图命令	(191)
§ 9.6 AutoCAD 图形编辑命令	(198)
§ 9.7 AutoCAD 显示控制命令	(204)
§ 9.8 AutoCAD 图层、颜色、线型、块命令	(206)
§ 9.9 尺寸标注命令	(211)
§ 9.10 剖面线命令.....	(217)
练习题.....	(220)
附录 A C 语言简介.....	(222)
附录 B Turbo C 的安装与使用	(242)
附录 C INT33h 的功能及应用	(254)
附录 D C 程序.....	(256)
主要参考文献.....	(268)

第一章 绪论

§ 1.1 引言

图样是表达和交流技术思想的工具。在人类的科研和生产活动中,经常要绘制各种各样的图,例如统计图表、曲线和工程图。其中有二维的,也有三维的。绘图是一项细致、复杂而又耗时费力的工作,传统的绘图方法是用三角板、丁字尺和圆规等工具进行的,这种作图方法不但效率低、劳动强度大,而且质量和精度无法保证。随着现代科学技术的发展,对图形的复杂程度和精确程度要求越来越高。如电子行业中的大规模集成电路的电路图,用手工来绘制是绝对无法胜任的。

计算机图形技术的发展和普及,使得图形的自动绘制和显示已成为现实。从而摆脱了传统的手工绘图方法,把人们从繁重的劳动中解放了出来。

一、计算机图形学的发展概况

50年代末,美国格伯(Gerber)公司根据数控机床的原理,发明了世界上第一台平台式数控绘图机。随后美国卡尔康(Galcomp)公司制成了滚筒式自动绘图机。这种发明,使古老而传统的绘图方式有了变革性的突破。50年,美国麻省理工学院的旋风(Whirlwind)计算机第一次使用了计算机驱动的阴极射线管(CRT)显示器作为计算机输出设备,这是一种能将数据以图形形式输出显示的设备,50年代中期,美国的一个半自动防空系统 SAGE,即警戒雷达系统,成功地把雷达波形转换成计算机图形显示,用以指挥和控制整个系统。1962年,美国麻省理工学院林肯实验室的伊凡·萨瑟兰德(Ivan Sutherland)发表了题为《SKETCHPAD:人一机通信的图形系统》的博士论文,首次提出了“计算机图形学”(Computer Graphics—缩写 CG)这一术语,引入了分层存储符号的数据结构,开发了交互技术,从而奠定了计算机图形学作为一门新兴学科的基础。60年代中期,美国、英国、法国一些汽车、飞机制造业的大公司对计算机图形学开展了大规模的研究。在计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制造(CAM)中,人们利用交互式计算机图形学实现了多阶段的自动设计、自动绘图和自动检测。在这一时期,计算机图形学的输出技术也得到很大的发展。

60年代后期,出现了存储管式显示器,它不需要缓冲和刷新,显示大量信息也不会发生闪烁。但它不具有显示动态图形的能力,也不能进行选择性的删除。它的出现,可使一些简单的图形实现交互处理。目前,已有与刷新技术相结合的存储管式显示器,使这类设备的交互功能得到了很大的提高。

70年代中期,出现了基于电视技术的光栅图形显示器,在光栅显示器中,线段、字符及多边形等显示图素均存储在刷新缓冲存储器中,这些图是按照构成图素的点之亮度存储的。这些点被称为像素:一个个像素构成了一条条光栅线,一系列光栅线又构成了一幅完整的图像。光

栅图像就是一个覆盖全屏幕面积的矩阵。整个图像是按一定的顺序逐条扫描出来的光栅。每秒至少刷新 30 帧,从上到下顺序扫描,它仅靠改变每条光栅线上各像素的电子束强度来得到明暗相间的图像。

我国从 60 年代后期开始研制数控绘图装置,1968 年研制成了第一台数控绘图机。1974 年,试制出了 HTJ1855 大型数控绘图机。1975 年,试制了 751 光笔图形显示器。1979 年,研制成功 PB—1200 型平面电机型自动绘图机。1981 年,研制成功 PDH—120 自动绘图系统。与此同时,为满足国民经济发展的需要,先后引进了近百种不同类型的绘图系统和绘图机。广大科技工作者,消化国外的先进技术,推出了各类国产绘图机和显示设备,并培养出了一大批从事计算机图学的技术人才。

二、应用

自从出现了计算机控制的自动绘图机以来,自动绘图迅速地在各行各业中推广使用,它可以自动绘制汽车、飞机、船舶的曲面图,自动绘制气象图与地形图、集成电路板图、房屋建筑图、机械零件图和装配图等。

计算机绘图速度快、精度高,这些特点在绘制人工较难绘制的曲线与曲面图形方面表现得尤为突出。例如图 1.1 所示的地形图,图 1.2 所示的汽车车身透视图均是由计算机自动绘制的。

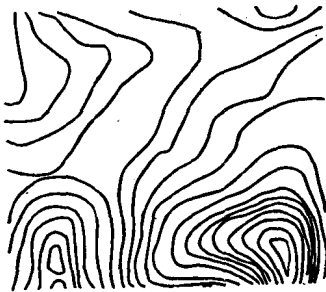


图 1.1 地形图

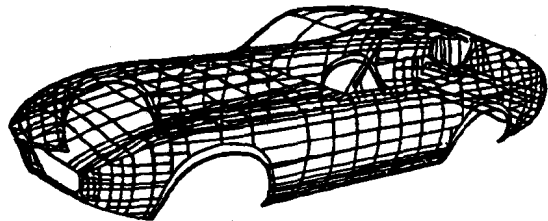


图 1.2 汽车车身透视图

以绘制世界海域地形图为例,30 年代是根据测得的 37 万个海深点数据由日本人负责组织人工标绘;到了 60 年代,海深点数据已达 900 万个,不得不动员 17 个国家的人员分工进行绘制;到了 70 年代,海深点数据高达 3400 万个,手工已无法进行标绘,只能经计算机对数据进行处理后,利用自动绘图机进行绘制。这样速度又快,精度也达到令人满意的程度。

计算机绘图的内容十分丰富,应用也非常广泛,目前已在以下诸方面得到了应用:

① 绘制精度高的工程图。例如集成电路掩膜图、线条很细的双面或多层印刷电路板图、地表图等。

② 绘制轮廓复杂的曲面图。例如飞行器、船舶、汽车的外壳形状设计图;

③ 绘制图形或图案复杂性大或具有有规则分布的图。例如花布的图案设计;

④ 绘图实用性要求高的图。例如气象图、航空航海中的航迹图、军事指挥中空战、海战的敌我态势图;

⑤ 绘制过程中需要反复比较、修改的图。例如设计印刷电路板的布线图、建筑平面布置图;

⑥ 绘制形状类似、参数不同的图样。例如机械工业中常用件、标准件的零件图;

⑦ 绘制状态模拟图。例如体操和跳水运动员的运动状态图;

⑧ 计算机模拟与仿真图。例如汽车驾驶员、航空飞行员的模拟训练器；

⑨ 计算机动画制作。在动画片的制作中，在两幅关键帧中需要插入多幅过渡画面。这种十分复杂而繁重的工作，现在已经可以完全利用计算机来自动完成。

一、计算机图形学的发展方向

随着科学技术的发展，要求计算机图学能进一步适应设计者要求。纵观图内外情况，计算机图学的发展方向为：

① 由单纯的计算机绘图向 CG、CAD、CAM 三者相结合的方向发展。

② 由静态绘图向动态绘图发展。

③ 图形软件的研究与图形硬件的研究相结合。

④ 基础研究与应用研究相结合。

⑤ 在图形输入方面，由常规的指令输入向形状记述语言输入方向发展。

尤其值得注意的是，近年来，计算机图学向更抽象，更深层次的方向发展，分布式图形处理、声像一体化、虚拟现实、多媒体以及科学计算可视化（应力场、电磁场、温度场、流变场等可视化）等图形学高新技术的不断涌现，使计算机图学渗透到各个领域。

§ 1.2 计算机绘图系统

计算机绘图系统是一个以计算机为主的系统，它除了有计算能力外，还必须有产生图形和输出图形的能力。它的基本组成有：

硬件系统：计算机、必要的外围设备、图形输入输出设备。

软件系统：使计算机能够进行编辑、编译、计算和实现图形输出的信息加工处理系统，一般包括系统软件、数据库、绘图语言、子程序库等。

一、绘图系统的功能

一个计算机绘图系统应具有计算、存储、对话、输入和输出等方面的基本功能。

1. 计算功能

包括接受外部设备输入的程序、数据、命令等进行处理，执行运算、输出中间结果和最后结果，并控制和协调各外部设备，起着图形处理器的作用。通过输入设备接受绘图程序和图形的各个坐标信息，经过输出设备输出字符或图形。

完善的图形系统中还应包括描述形体的图形数据库，数据库中应有坐标变换（如平移、旋转、变比、投影等），曲线和曲面的形成，图形的交点和切点的计算功能。

在现代工程辅助设计中，要处理的图形（图象）越来越复杂，数据信息量越来越大。因此，不但要求绘图系统有很强的计算功能，而且对计算速度的要求也越来越高。目前在配置绘图系统时，微处理器主频应不低于 $66 \sim 100 \times 10^6 \text{Hz}$ 。

2. 存储功能

在计算机内存、外存中能存放图形数据，尤其是要存放图形数据之间的相互关系，可根据设计人员的要求实现对有关信息的实时检索、图形的变更、增加和删除等处理。

3. 对话功能

设计人员通过显示屏观察其设计结果,用光笔或键盘对不满意的部分进行修改,这种方法称为人机交互功能。

除了图形交互的功能外,有些系统还可追溯以前的工作步骤,跟踪检索出错的地方,还可对设计者执行的错误给予必要的提示和跟踪。

4. 输入功能

把图形的形状、尺寸、必要的参数和命令通过输入设备输进计算机中去。

常用的图形输入设备有键盘、图形输入板、数字化仪、鼠标器等。键盘、图形输入板可作交互式绘图用,当电笔压向图形输入板时,电笔所指的坐标(x , y)位置被感知,并在图形显示器上显示出相应的坐标位置。它有作图、删除、标点和指示清单的功能。大型数字化仪主要用来输入复杂的图形,它把图形转换成坐标数据形式存储在计算机中,并可通过计算机显示在显示器上或通过绘图机绘制出图形。

5. 输出设备

输出设备能将计算机中的图形信息存放到其它介质上,让这些信息长期地保存起来。根据不同的要求,输出设备有图形显示、打印机、绘图机和磁盘等。

图 1.3 所示的是微型计算机上绘图系统的基本配置。

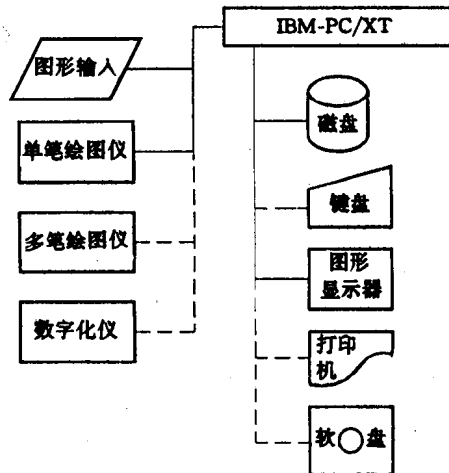


图 1.3 微型机绘图系统基本配置

二、绘图系统的硬件设备

微型计算机绘图系统中的设备配置可多可少,但最基本的硬件应有微型计算机、输入设备和输出设备。

1. 微型计算机

目前的微型计算机绘图系统中,大多选用 8 位或 16 位字长的微型计算机,也有采用 32 位的。其内存容量从 4MB 到 32MB。一般的微型计算机配置有一个硬盘,存储容量从数百到上千兆字节。还配有 1~2 个软驱动器,用以将图形信息记录到软磁盘上。目前的微型计算机一般使用 Intel Pentium 处理器或同级别的兼容芯片。对绘图系统应配有一个 15~17 英寸的高分辨率彩色显示器。通常当显存为 2MB 时,在 800×600 分辨率下,可同时显示 16M 种颜色,在 1024×768 分辨率下,可同时显示 64K 种颜色。

2. 输入设备

所谓输入,就是把外界的信息转变成计算机能够接收的电子脉冲,能实现输入信息的装置称为输入设备。

(1) 键盘 键盘的形式与电传打字机相似,上面有很多按键。其结构有机械式、簧片式等接触性按键,也有用磁敏文件等非接触性按键。它的作用是将所按键的开关信息经编码器电路转换成计算机能够识别的与该键相对应的二进制编码信息和脉冲信号。

键盘上的按键按其功能的不同分为三种:

字符键 用以产生字符图形(包括英文字母、数字和符号等),按 ASCII 编码方式,每个字

符用 7 位二进制数码表示。

功能键 功能键通过相应的功能程序完成某一特定功能,其编码也是以 7 位二进制数码表示。功能键有产生操作字符光标及移动光标的光标功能键;有在屏幕上编排文本和表格的编辑功能键;还有实现图形各种变换的功能键等。

操作键 用于对显示器进行人工操作及各种输入设备向计算机发出的中断键,如清除屏面、热启动等。操作键一般不设编码,也不与计算机直接通信。

通过键盘,操作者可将外部的图形信息或计算机程序输入计算机,也可通过键盘对图形或程序进行修改。实际上键盘是为人和计算机与外部设备之间设置的一种方便可靠的通信装置。

(2)光笔 光笔是一种选项设备,形同圆珠笔,是一种光检测装置。头部有一圆孔,如果用它指向屏幕上的一项,能够从由程序定义的这一项里得到信息。把检测到的信息转换成电子脉冲,用这一脉冲作为中断信号送入计算机。

光笔有两种功能,一是拾取,二是跟踪。拾取是当屏幕上有图形或字符时,用光笔指出其中某一部分图形元素或某一个字符,对其进行处理。跟踪是指在屏幕上拖动一个光标,这个光标可以由硬件产生,也可以由软件产生。光标中心总是位于光笔视野内,利用光笔跟踪的功能可以在屏幕上直接作图。光标的形式通常采用“十”字、“米字”、“回字”等。图 1.4 所示是光笔的工作原理图。

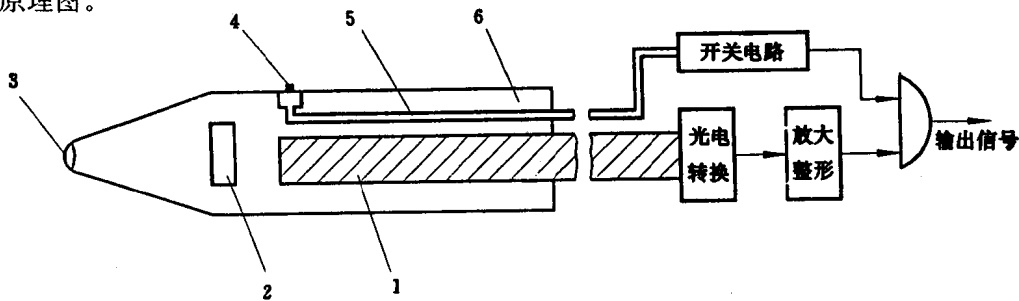


图 1.4 光笔工作原理图

1—光导纤维;2—透镜组;3—光孔;4—触钮开关;5—导线;6—笔体

(3)图形输入板 图形输入板又称写板,看上去就是一块平板,它一般与显示设备相分离,用户可用一只特制的笔在这块板上写字绘图,屏幕上可以同步地得到同样的文字或图形。根据构成的原理不同可分为三种形式。

声波图形输入板 这种输入板是以声学原理工作的图形输入板。在输入板的两个相邻边上分别安装着条式微音器,如图 1.5。在笔的探头部位有一小块陶瓷,每隔一定时间,两极之间产生一个小的瞬态放电,两个微音器都可以接收放电时产生火花的声音脉冲,用两个计时器分别记录两个微音器,从产生火花到接音波的时间,这个时间与笔到安装微音器的边的距离成正比,由此可推算该点的 x 和 y 值。

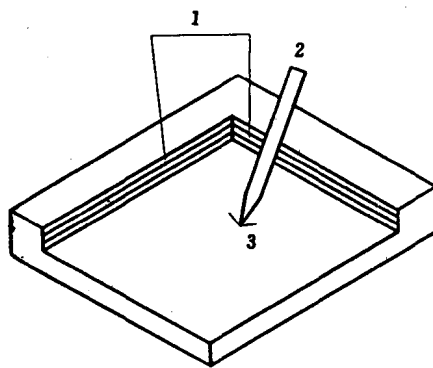


图 1.5 声波图形输入板

1—条式拾音器;2—探针;3—火花

声电图形输入板 声电图形输入板也应用了声技术。它的表面是一片能起到延迟作用的

一排排磁质伸缩材料构成。一个电脉冲先在 x 方向,后在 y 方向上通过此薄片,当探笔靠近书写板时,探笔内的感应器便检测到这个脉冲信号,用计时器测算出从发出脉冲到接收到脉冲信号的延时时间,由这个延时值计算出探笔所在的位置。

与声波输入板相比,声电图形输入板在操作时声音要小一些,受环境与空气流动的影响也小些。

印刷线路书写板 在板面上嵌有 1024×1024 条分别平行于 x 轴和 y 轴的导线网络,每条导线带有唯一的数字编码信号,分别标志出各自的 x 、 y 方向的位置。探笔里的高灵敏度放大器检测到线中的电容脉冲,经放大后由同轴电缆送到译码器内,译码器把二进制整坐标存入书写板的缓冲寄存器中,此数据作为输入数据送入计算机作图,并由探针内小型开关控制。这种书写板是利用电容耦合的原理,因此探针笔尖不必贴在书写板上。

另一种书写板是用电阻板内电压梯度变化进行工作,最简单的结构是用一导电薄板作为书写板表面,在相继的时间内,外加电位先后加到 x 和 y 两个方向,探针与薄板时刻保持接触,读出对应位置的电压值确定探针的 x 、 y 坐标。

(4) **数字化仪** 数字化仪又称数字化转换器,按工作原理可分为超声波式和全电子式。

超声波式数字化仪与超声波图形输入板的工作原理相同。

全电子式数字化仪是利用电磁感应的原理工作的。在平板 x 、 y 方向上有许多平行印刷线,每隔 $200\mu\text{m}$ 一条,在游标指示器装有一个线圈,当线圈中通以交流信号时,线圈产生一电磁场。当游标在平板上移动时,印刷线上就会产生感应电流,印刷板周围的多路开关等线路可测出最大信号的印刷线,即线圈中心所在的位置,从而得到该点的坐标 x 、 y 。图 1.6 是数字化仪的外形图。

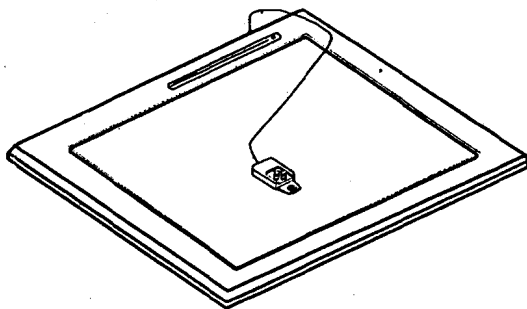


图 1.6 数字化仪的外形图

(5) **操纵杆** 操纵杆是一端可以运动(各个方向摇动)的杆,操纵杆上装有两个模拟电位器,当操作杆向 4 个方向移动时,便产生模拟电压,并由模拟转换器变成数字信号,此信息可控制屏幕上的光标上下、左右移动,输入光标的 x 、 y 坐标。图 1.7 是操纵杆外型图。

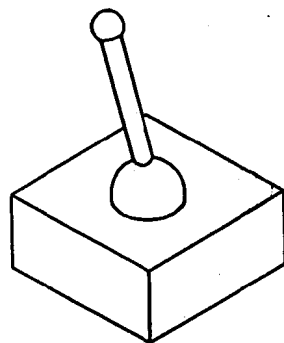


图 1.7 操纵杆

(6) **鼠标器** 鼠标器又称“电老鼠”(mouse),其工作原理与电位计相似,鼠标可以在桌面上随意移动。在鼠标的底部有机械装置或光电装置,这种装置可感受到移动量,用以控制光标在屏幕上沿 x 和 y 方向移动,使用起来极为方便。图 1.8 为鼠标器。

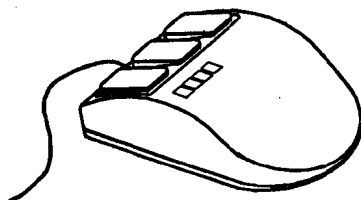


图 1.8 鼠标器

3. 输出设备

常用的图形输出设备可分为两大类:一类是用于交互作用的屏幕输出图形,另一类是输出永久性的图形的绘图设备。

(1) **显示设备** 显示设备一般都基于阴极射线管(Cathode Ray Tube 简称 CRT)的工作原理,典型的 CRT 结构如图 1.9 所示。

CRT 的简单工作过程为:电子枪发出高速电子、聚焦成电子束,经偏转线圈将电子束作偏转后打在荧光屏的某一位置上,当 x 、 y 方向的偏转系统所加电压为变量时,电子束打在荧光屏上所发出的光可来回运动。

多枪彩色 CRT 采用多支电子枪发出多束电子束。在电子枪和荧光屏之间设有掩膜,以便使电子束射在荧光屏的不同部位。荧光屏上涂有不同的荧光粉,在电子轰击下能发出不同颜色的光。图 1.10 表示多电子束彩色 CRT 的工作原理。

扫描方式有随机扫描和光栅扫描这两个很不相同的类型。

随机扫描方式 在随机扫描方式中,如果要产生一条由 $A(x_A, y_A)$ 到点 $B(x_B, y_B)$ 的直线,可以把电子束从当前所在点 $P(x_P, y_P)$ 用暗向量 $\Delta x = x_A - x_P, \Delta y = y_A - y_P$,移到 A 点,然后再用亮向量 $\Delta x = x_B - x_A, \Delta y = y_B - y_A$ 把电子束从 A 点移到 B 点。 $\Delta x, \Delta y$ 经数模转化为电压或电流量,电偏转部件使电子束偏移。而暗与亮的信息则转化为控制极的电位去控制电子束所产生光点的暗与亮,这与示波器的工作方式相类似。

光栅扫描方式 在光栅扫描方式中,电子束偏转部件的控制,不断从左到右,从上到下扫描整个屏幕。

在这个过程中,只要控制电子束的强度就能显示某一图形。整个屏面由扫描线分为 m 行,每一行又分为 n 个小点。这样,整个屏面被分成 $m \times n$ 个小点,称为像素(Pixel)。图形是电子束扫描到各个像素时产生不同亮度的光形成的,这与通常电视机产生图像的方式相类似。

上述两种方式各有自己的特点。一般来说,随机扫描速度快,线质质量高,容易修改。也就是说,交互性好。光栅扫描的灰度和色彩丰富,能产生真实感很强的复杂图像,也可与电视机兼容,价格远低于随机扫描显示器。

(2) 绘图机 绘图机是永久型的图形输出设备。绘图的形状和种类很多,以传动方式可分为机械传动,脉冲电机传动及静电式等;从工作方式可分为滚筒式和平台式等。

平台式绘图仪 平台式绘图仪将图纸固定在平板面上,通常采用真空吸附方式或用磁性压条固定图纸。中小型平台式绘图仪板面为平放,大型平台式绘图仪采用斜置板面。绘图笔可沿横梁导轨作 y 方向移动,而横梁又能在平面上作 x 方向移动,这两个方向的合成运动可达平面上的任一位置。

平台式绘图仪可分两种,一种为机械驱动式,如图 1.11(a)。它的缺点是速度慢(一般为几

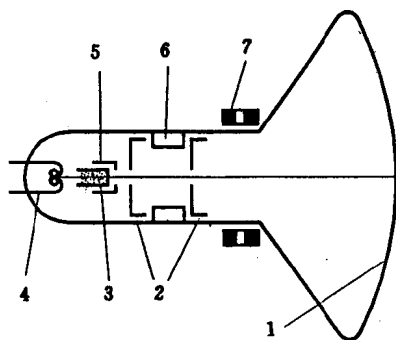


图 1.9 CRT 结构图

1-荧光层;2-加速电极;3-阴极;4-灯丝;
5-控制栅;6-聚焦系统;7-偏转系统

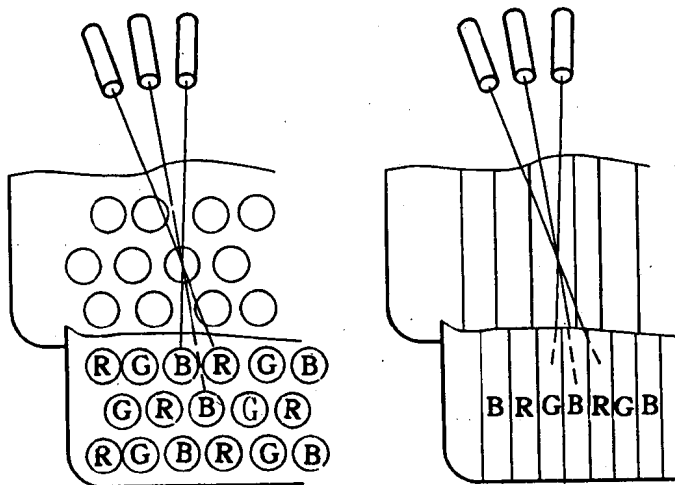
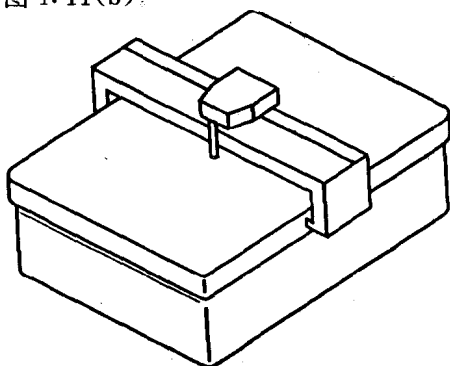
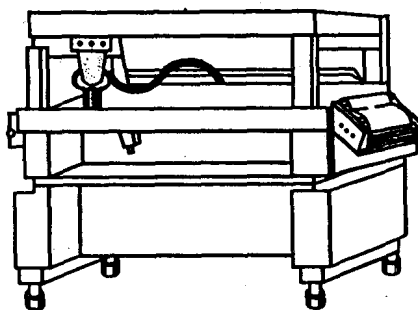


图 1.10 多电子束彩色 CRT

米每秒~几十米每秒)。由于机械磨损大,精度下降,且寿命较短。另一种是平面电机驱动式,由于可动部分的重量较轻,动子和定子之间采用空气轴承,因此,可有较高的速度和加速度(120m/min左右)。由于磨损少,故寿命长,精度高。它的特点是体积大,笨重不灵活,且价格昂贵,如图 1.11(b)。



(a)机械式平台绘图仪



(b)电驱动式平台绘图仪

图 1.11 平台式绘图仪

近几年来,与微型机配套使用的平板式小型绘图仪迅速地发展起来,通常采用微处理器控制系统代替原来的硬件布线,成为一种智能绘图仪。其特点是体积小,重量轻,价格便宜,编程要求低,重复精度一般小于 0.1mm,绘图仪可配备 6~8 支绘图笔,笔型可用圆珠笔、纤维笔、墨水笔等。

滚筒式绘图仪 滚筒式绘图仪是使用压紧轮或空气吸附方式将图纸紧贴在滚筒表面,绘图时图纸随滚筒的滚动而作 x 方向移动。绘图笔在导轨上作垂直于 x 方向移动,两个方向合成即可绘出任一图形。笔在 y 方向的导轨上又可翻转一个小角度,完成抬笔和落笔功能。图 1.12 是滚筒式绘图仪。在附加笔架上放着各种不同粗细不同颜色的笔,当向绘图机发出换笔命令时,绘图仪可自动换笔,绘出人们所期待的粗细和颜色的图线。

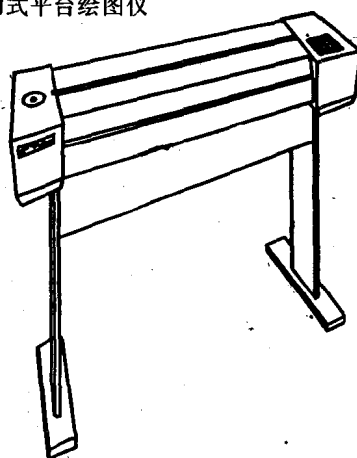


图 1.12 滚筒式绘图仪

滚动式绘图仪的结构简单紧凑,价格低,易操作,占地面积小,但精度较低,绘图的笔速不能太高。

静电绘图仪 这种绘图仪是打印机和绘图仪的结合,它的运动部件很少,只有供纸和调色盒是作机械运动。其余都是电子线路。它的工作原理是:当程序控制的电压作阵列式输出,并作用在管头的管针皮上时,被选中的针尖就在管头下面通过的纸上产生极小的静电点,然后暴露在液态的调色盒下,产生图形或字符。如图 1.13 所示。静电绘图仪的绘图速度与图形的复

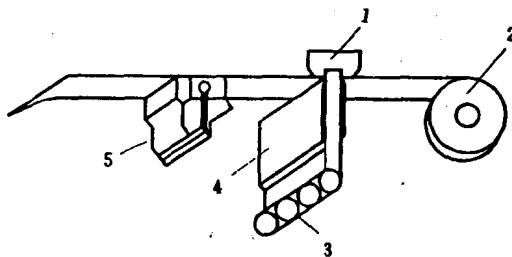


图 1.13 静电绘图仪的结构示意图

1—电极;2—供纸;3—管针尖;4—管头;5—调色盒
杂程序无关,它的分辨率高(4~8 点/mm),可靠性好、安静,且所输出具有明暗度的图形,使图形产生立体感。其缺点是:线条有锯齿状,用纸特殊,纸价昂贵。整个工作过程中,计算机的负

荷重,因此采用脱机方式工作。

随着科学技术的发展,将会有更多的新型绘图仪问世,近年出现的彩色喷墨绘图仪,不仅可以输出轮廓图,还可以输出美丽的彩色图画,从而使绘图仪的使用范围更加扩大。

§ 1.3 计算机图形系统

根据性能和价格方面的因素,计算机图形系统可分为三级。第一级的系统一般由 32 位超级小型机以上的计算机作为处理机,具有高速度大容量的内存和外存,配置高精度、高速度、大幅面的图形输入输出设备。有些一级系统以第三级图形系统作为其工作站,形成分布图形处理网络系统。这类系统常有较多的应用软件和较强的图形支撑软件,并把设计、分析和图形处理结合起来。用这类系统可进行复杂形体的计算机辅助设计(CAD)和制造(CAM),复杂景物的实时模拟和复杂过程的实时控制。这类系统价格较贵,像美国计算机图像(Computervision)公司的 CDS4000, CDS500 系统, CDC 公司的 ICEM800 系统均属于此类。

第二级的图形系统可用于 CAD 和 CAM 一般的形体,也可作为景物模拟和实时过程控制,但其复杂程度要低于第一级系统所处理的问题。这类系统常配置一些专用软件来解决一些特定的问题,如做动画片,做飞行模拟器等。有些二级图形的系统也可以集成分布网络。如美国的 Apollo 系统, Sun 系统等都是这类系统中性能价格比较好的。Apollo 系统分为 DN300、DN460、DN660,其配置如表 1.1 所示,其分布网络结构如图 1.14 所示,其中 DSP80 的结构如图 1.15 所示。

表 1.1 Apollo 的系统配置表

	DN300	DN460	DN660
中央处理机	32 位的 VLSI 的处理器	32 位位片处理器,且有 4KB 的指令虚拟存储器和 16KB 的数据虚拟存储器,浮点处理部件	
内 存	0.5MB~1.5MB	1MB~4MB	
高分辨率的光栅扫描式显示器,具有分离式键盘,图形输入板及检索器	43cm 1024×800	48cm 1024×800	48cm 1024×1024
局部区域网络	传输速度:12MB/s,各子系统间距:1000m 以内,每个网络可连几百个子系统		
外围设备	34MB 的温切斯特盘; 1.2MB 软盘	68MB 或 158MB 的温切斯特盘,或 300MB 的磁盘组;160BPI,9 道的磁带机;5 个 IEEE—P796 的插槽,连接打印机,绘图仪的接口	
软 件	UNIX 操作系统,FORTRN77,PASC,C 等高级语言;业务服务程序;软件 工程程序;分布式数据库管理系统;与 X2.5,IBM3270,IBMHASP 等的通讯接口,具有 44 个图素子程序以及 SIGGRAPH CORE 3C 级的图形程序包		

连成网络的系统其价格主要取决于连入子系统的个数。而二级系统也常用三级图形系统作为它的智能终端,或称为工作站。

第三级图形系统目前一般以 8088 作为中央处理器,8087 作为浮点处理点,可配置低分辨

率的图形显示器,如分辨率在 320×200 左右。但经常配上分辨率为 640×480 的 16 色彩色图形显示器作图形显示的人—机交互设备。这类系统的基本配置如图 1.3 所示。

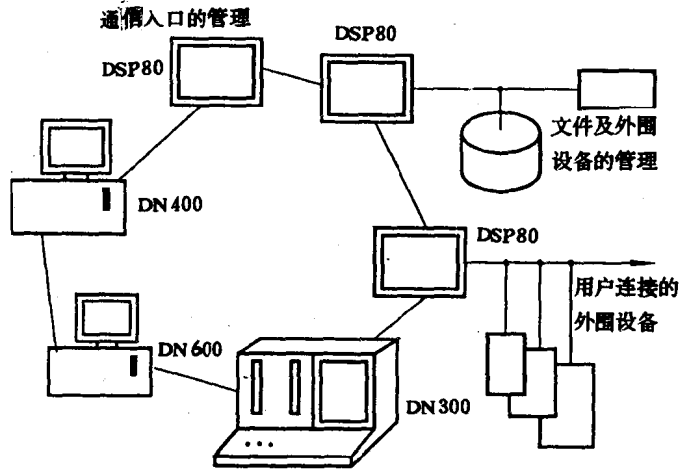


图 1.14 Apollo 的分布网络结构图

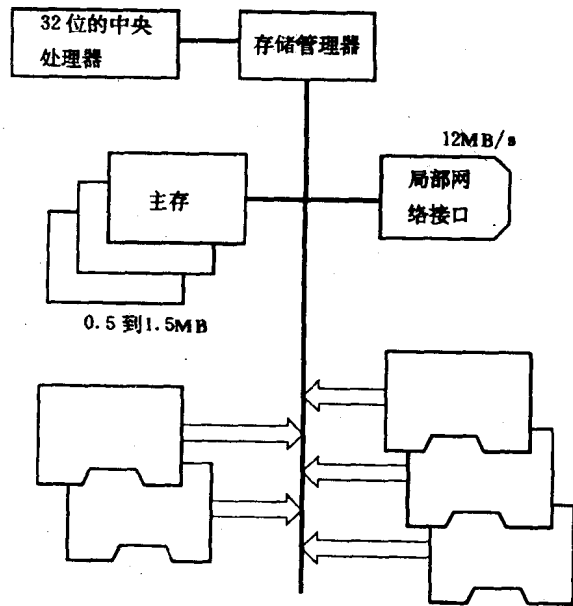


图 1.15 DSP80 的内部结构图

§ 1.4 计算机绘图标准化

一、图形学标准的概况

70 年代是计算机图形学蓬勃发展的时期,但计算机图形学进一步发展受到图形软件非标准化的限制。各家软件开发公司各自开发图形软件,不能移植到不同的硬件环境。要解决图形

软件的可移植性的一个根本办法是推行图形软件的标准化。要执行图形软件的标准化,首先必须制定计算机图形学的标准。

CAD 软件的标准化自 1975 年以来主要集中在计算机图形学和工程图的数据交换。虽然一些先进的工业国家如美国、英国、法国、德国等有自己的标准,但是,它们的通用性、可移植性受到一定的限制。从软件在世界市场上具有更强的竞争力出发,图形软件的国际标准的开发受到世界各国的响应与关注。从用户角度出发,图形的国际标准化已成为当今计算机图形软件发展的一个方向。

二、计算机图形学的国际标准

1. GKS

GKS(Graphical Kernel System),即图形核心系统。这是第一个计算机图形学的国际标准。

2. CGM

CGM(Computer graphics metafile),即计算机图形源文件。它原是美国国家标准化局于 1986 年公布的标准,现已成为国际标准化组织的标准,简称国际标准。它规定了图形文件的标准格式。这是一种保存图形信息的手段,也是在各种程序之间或计算机之间进行图形数据交换的一种方法。这意味着,如果一个程序产生一幅图形,并存放在一个满足 CGM 标准格式的源文件中,则另一个程序就可去读它。如果该源文件存放在磁盘上,则磁盘可被另一台计算机中的程序读取。

在 GKS 中,也有对源文件的规范,但只是作为 GKS 标准的附录列入,而不能作为国际标准。它是把产生图形的整个过程存储起来,而 CGM 只存储图形数据。

3. GKS—3D

GKS—3D 即三维图形的核心系统,它是在二维图形核心系统 GKS 基础上吸收 Core 标准等某些三维功能而形成的。该标准于 1989 年颁布。它为应用程序提供下列规范:

- ① 三维图形(graphical primitive)的定义和显示;
- ② 观察变换和有关参数的控制;
- ③ 三维图素外观的控制,包括可挑选隐线或面的消隐处理,但不包括光源、明暗处理和阴影的计算;
- ④ 三维输入的定义。

4. CGI

CGI(computer graphics interface),即计算机图形接口,它是国际标准化组织关于计算机图形设备接口的标准。CGI 的目的是提供一种与设备无关的控制图形设备的方法,可使有经验的用户最大限度地、灵活地直接控制图形设备。实际上,CGI 也可看作是图形设备驱动程序的一种标准。CGI 有五个主要功能:控制和出错处理、输出图表及其属性、图段定义及管理、输入和响应处理、光栅图形处理。

5. PHIGS

PHIGS(programmer's hierarchical interactive graphics system),即程序员的层次式交互图形系统,它原是三维图形学美国国家标准,已于 1989 年成为国际标准。这是具有层次结构的二、三维图形系统。它定义了与 GKS—3D 相同的图形输入、输出及状态询问。它与 GKS—3D