

杜宏明 梁平 编

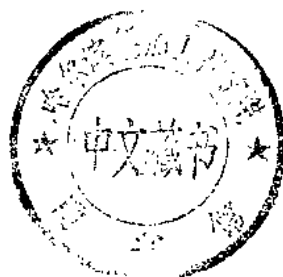
计算机工程设计制图

电子科技大学出版社

773350

计算机工程设计制图

杜宏明 梁 平 编



电子科技大学出版社

内 容 提 要

本书为“计算机绘图”课的教材。

全书共分五章,介绍了计算机绘图的基本原理和图形显示程序设计方法,并重点讲授了 AutoCAD 软件的应用及二次开发。

本书深入浅出,并给出了运用计算机手段绘制工程图样的方法、技巧和若干实例,便于学生学习。

JS225/18

计算机工程设计制图

杜宏明 梁 平 编

电子科技大学出版社出版

(成都建设北路二段四号) 邮编 610054

成都五洲彩印厂印刷

新华书店经销

开本 787×1092 1/16 印张 17.75 字数 431 千字

版次 1997 年 1 月第一版 印次 1997 年 1 月第一次印刷

印数 1—3000 册

ISBN 7—81043—542—6/TP·213

定价: 18.00 元

前 言

由于计算机技术的迅速发展,计算机辅助设计和计算机辅助制造(CAD/CAM)正得到越来越广泛的应用。计算机绘图(computer Graphics)作为 CAD/CAM 的重要组成部分,随着各种绘图软件在微机上的应用和开发,日益广泛地被广大设计部门所采用以代替传统的手工绘图方式。

为了适应这种形势的发展,各工科院校纷纷把“计算机绘图”课程作为工程设计的重要技术基础课。在总结多年来我校开设“计算机绘图”选修课和必修课经验的基础之上,我们编写了这本教材。

本书在内容编排上力求通俗易懂而又简明实用。在介绍必要的理论基础的前提下,注重应用。

本书第一章、第二章为基础部分,简明扼要地介绍了计算机绘图的基本原理和图形显示程序设计方法。

鉴于 Auto CAD 绘图软件在国内的广泛应用,我们认为讲授 Auto CAD 软件的应用和开发,不仅能培养学生的实际工作能力,而且还能使学生具体地了解交互式绘图技术,更好地掌握有关理论知识。本书第三章介绍 Auto CAD 的基本使用方法。第四章则结合工程设计制图中的具体内容,由浅入深地介绍运用计算机手段绘制工程图样的方法和技巧,并给出若干实例。

要把 Auto CAD 软件实用化,就必须进行二次开发。本书第五章详细介绍了命令组文件、图形交换文件、形文件以及用户菜单技术和 LISP 语言等常用开发工具。

本书第一、二、五章由杜宏明编写。第三、四章由梁平编写。全书由杜宏明主编。刘锡彭教授对本书的编写提出了许多指导性意见。本书的编写得到西南交大教务处教材科的资助,得到机械工程图学及 CAD 教研室有关同志们的支持和协助,在此一并致谢。

由于编者水平有限,书中难免错误和不妥之处,欢迎读者批评指正。

编 者

1995.5

目 录

第一章 绪论	(1)
§ 1.1 计算机绘图的发展与运用	(1)
§ 1.1.1 计算机绘图的发展	(1)
§ 1.1.2 计算机绘图的应用	(2)
§ 1.2 微计算机绘图系统	(3)
§ 1.2.1 微机绘图系统配置	(3)
§ 1.2.2 常用图形输入输出设备	(5)
第二章 图形程序设计基础	(10)
§ 2.1 高级语言的图形功能	(10)
§ 2.1.1 屏幕绘图的基本知识	(10)
§ 2.1.2 屏幕绘图语句及示例	(12)
§ 2.2 二维图形处理	(20)
§ 2.2.1 二维图形的几何变换	(20)
§ 2.2.2 二维图形的开窗裁剪	(24)
§ 2.2.3 曲线绘制	(27)
§ 2.3 三维图形处理	(31)
§ 2.3.1 三维图形变换	(31)
§ 2.3.2 三维图形变换应用	(34)
§ 2.3.3 编程示例	(38)
练习题	(39)
第三章 AutoCAD 运用基础	(41)
§ 3.1 AutoCAD 概述	(41)
§ 3.1.1 AutoCAD 的安装与运行	(41)
§ 3.1.2 AutoCAD 的一些术语	(45)
§ 3.1.3 AutoCAD 图形编辑程序	(46)
§ 3.1.4 命令的输入	(46)
§ 3.1.5 数据的输入	(47)
§ 3.1.6 实用命令	(48)
§ 3.2 二维绘图功能	(52)
§ 3.2.1 点和直线(PPOINT 和 LINE 命令)	(52)
§ 3.2.2 圆和圆弧(CIRCLE 和 ARC 命令)	(53)
§ 3.2.3 实心圆环(DONUT 或 DOUGHNUT 命令)	(57)
§ 3.2.4 组合线(PLINE 命令)	(58)
§ 3.2.5 多边形和椭圆(POLYGON 和 ELLIPSE 命令)	(59)
§ 3.2.6 徒手绘图(SKETCH 命令)	(60)

§ 3.2.7	文字字型和标注(STYPE 和 TEXT 命令)	(61)
§ 3.2.8	图层(LAYER)	(63)
§ 3.2.9	线型和线型比例(LINETYPE 和 LTSCALE 命令)	(65)
§ 3.2.10	颜色(COLOR 命令)	(66)
§ 3.2.11	辅助绘图方式	(67)
§ 3.2.12	x/y/z 过滤符	(71)
§ 3.2.13	状态行和方式转换控制键	(72)
§ 3.3	图形的显示控制与编辑	(73)
§ 3.3.1	图形的显示控制与控制	(73)
§ 3.3.2	图形的编辑	(75)
§ 3.4	块与属性	(94)
§ 3.4.1	块	(95)
§ 3.4.2	属性	(101)
§ 3.5	图形输出	(105)
第四章	工程图形绘制	(109)
§ 4.1	绘图准备	(109)
§ 4.1.1	图幅的建立	(109)
§ 4.1.2	字体的建立	(111)
§ 4.1.3	图层的线型的设置	(112)
§ 4.1.4	尺寸变量的设置	(113)
§ 4.2	平面图形	(114)
§ 4.2.1	几何作图	(114)
§ 4.2.2	实例	(114)
§ 4.3	三面视图	(123)
§ 4.3.1	几种常见图线的绘制方法	(123)
§ 4.3.2	实例一	(123)
§ 4.3.3	实例二	(125)
§ 4.4	辅助视图	(133)
§ 4.4.1	局部视图	(139)
§ 4.4.2	斜视图	(139)
§ 4.4.3	旋转视图	(139)
§ 4.4.4	实例	(139)
§ 4.5	剖视图	(144)
§ 4.5.1	剖面线的绘制	(145)
§ 4.5.2	实例	(148)
§ 4.6	轴测图	(152)
§ 4.6.1	等轴绘图	(152)
§ 4.6.2	实例	(154)

§ 4.7 尺寸标注	(162)
§ 4.7.1 尺寸变量	(162)
§ 4.7.2 基本尺寸标注命令	(170)
§ 4.7.3 相关尺寸标注命令	(175)
§ 4.7.4 尺寸标注实用命令	(177)
§ 4.7.5 实例	(178)
练习题	(183)
第五章 Auto CAD 绘图软件的开发应用	(190)
§ 5.1 命令组文件	(190)
§ 5.2 形文件	(192)
§ 5.3 Auto LISP 语言	(198)
§ 5.3.1 概述	(198)
§ 5.3.2 数据类型与表达式	(198)
§ 5.3.3 Auto LISP 的求值过程	(199)
§ 5.3.4 Auto LISP 函数	(199)
§ 5.3.5 用 Auto LISP 语言编程要点	(205)
§ 5.4 用户菜单设计	(208)
§ 5.5 图形交换文件(.DXF)	(212)
§ 5.6 机械设计 CAD 系统 MCAD 简介	(224)
练习题	(226)
附录 A 系统变量表	(228)
附录 B Auto CAD 命令参考	(249)

第一章

绪 论

§ 1.1 计算机绘图的发展与运用

§ 1.1.1 计算机绘图的发展

* 工程图样是表达与交流技术思想的重要工具，但由于制图工具发展缓慢、手工绘图不仅效率低、劳动强度大，而且精度也不易保证。特别是在竞争激烈的快节奏现代社会，产品的更新换代十分迅速，要求高效率地完成新产品的的设计绘图。

计算机辅助绘图（CAG）就是利用计算机的高速运算与数据处理能力，高效率地生成、处理和输出图形的一门新技术。计算机绘图是计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助制造（CAM）和计算机辅助工程（CAE）的重要组成部分，是CAD/CAM技术的基础和研究的核内容之一。它随着CAD/CAM日益广泛的应用而形成一门新的学科——计算机图形学。计算机图形学把传统的图学、几何学、应用数学同现代的计算机技术相结合，是计算机应用领域的一个重要分支。

计算机绘图起源于60年代。近十几年来，由于计算机技术的飞速发展，硬件水平的不断提高和成本的降低，软件开发研究日新月异，过去仅能在大中型计算机上运行的软件包逐步向微型机移植。CAD与计算机绘图已经进入普及化与实用化阶段，并沿着以下几个方面发展：

一、由被动式绘图向交互式绘图方向发展

所谓被动式绘图，就是由人工编制高级语言绘图程序输送给计算机，然后由计算机控制绘图机输出图形。在绘图过程中，人工无法干预，不能适时修改，若要修改，则要从源程序修改起。这种绘图方式效率低，不能满足CAD技术的需要。所谓交互式绘图，就是设计人员可以通过键盘、鼠标器、图形输入板（数字化仪）等输入设备输入和修改显示在屏幕上的图形，直到获得最佳结果，最后在绘图机上输出图形。该方法灵活、方便。目前在CAD/CAM中得到普遍应用。例如绘图软件Auto CAD，就是一个在微机上运行的交互式绘图软件，其功能十分齐全，在国内外运用十分广泛。

二、由二维图形软件向三维实体造型方向发展

二维图形只能表示空间设计对象的某个局部投影。从设计的观点来看,在设计时,首先在人的思维中建立起来的是一种三维物体模型,因为它更直观,更能全面反映设计对象。一旦三维物体模型建立之后,再以三维模型生成二维视图、剖视及剖面图等,还可进行物性计算、工程分析、有限元分析及工艺过程制定等。因此,三维实体造型是工程设计的理想形式。

近年来,国内外已成功地开发出不少三维造型系统。第12版本的Auto CAD 绘图软件,已具备三维造型功能,能进行体素拼合构造复杂三维模型,能对物体进行着色处理,产生具有明暗度的色彩逼真的三维实体图像。相信在不久的将来,三维实体造型会得到更大的发展和运用。

三、向CAD/CAG/CAM 三者一体化发展

随着微机硬件水平的发展,CPU 由原来的16位字长发展到64位,内存容量可达128MB,时钟频率达100MHz 甚至更高。这为CAD、CAG、CAM 三者一体化奠定了基础。一项产品的生产过程,从对产品各种科学计算到制定设计方案,进行优选,然后绘出图纸送去加工有机地结合在一起。它们包含二维和三维的图形软件模块、三维几何造型模块、有限元分析前后置处理模块、数控编程模块以及三维数控刀具轨迹模块等。这样的CAD/CAM 软件包可以完成产品的几何造型、设计、画图、分析直至最后生成数控加工带,使产品的设计、加工达到高度自动化的水平。

§ 1.1.2 计算机绘图的应用

随着计算机技术的迅猛发展与应用,计算机图形技术日益成熟并为计算机应用开辟了许多新领域,主要表现在下列几方面:

一、计算机辅助设计、制造 (CAD/CAM)

这是计算机图形学在工业界应用的最重要领域。

计算机绘图早期主要应用于外形具有流线型曲面的产品,如飞机机身外形设计、汽车与轮船的外形设计。由于这类产品外形过去都是以型线图表示,要求准确性高,而且离散的数据量极大。据统计,一艘20万吨级油轮设计,大约有四万张图纸(转换为4号图纸),需要设计时间10万小时,其中60%花在绘图中;而飞机设计过去长期采用模线样板法进行绘图,工作量更大。因此,这类产品的设计,国外早就采用计算机辅助绘图,并开发了许多专用软件系统,如洛克希德飞机公司的CADAM 系统。最近十几年来,由于微型机的迅速发展,性能价格比不断上升,计算机图形技术在机械、电子、建筑等行业得到广泛的应用。据统计,美国1985年CAD/CAM 市场销售为25亿美元,1986年就增长到43亿美元。在所有CAD系统中,计算机辅助绘图的工作量占53%,而辅助设计仅占30%,分析占7%;计算机辅助制造占10%。由此可见,计算机绘图已成为CAD/CAM 领域中极为重要的组成部分。

计算机绘图在我国首先应用于造船工业,近十年来开始应用于航空、汽车、机械、建筑、电子等部门。特别是由于美国Auto CAD 交互图形软件包的广泛应用,计算机绘图已

经深入到各个基层生产设计部门,担负起繁重的日常出图任务和其它设计工作。传统的绘图板加丁字尺的设计方法正在迅速被取代。在当前市场经济的激烈竞争中,不使用CAD技术已经无法赢得大型工程设计项目。

二、系统模拟与动画艺术

手工绘制动画片是一种极其细致、艰巨的创作活动。每放映一秒钟的电影,需要拍摄24张画面,而每一张画面都要经过一系列复杂的工序。像“大闹天宫”这样一部放映两小时的动画片,要画将近十万张画面,需要几十个动画工作者辛勤劳动两年多。计算机动画已成为计算机图形学的一个分支,并进入实用阶段。用计算机生成动画时,只要构造出“关键帧”画面,即可方便地在两“关键帧”之间插入动画(中间画)。

运用计算机动画艺术还可以生动地描述模拟一些客观现象,例如液体流动、核反应、化学反应和工程结构在有载荷时的变形等。利用计算机图形学技术生成动画不仅有很好的观赏价值,而且有很高的应用效果。计算机可以产生有色彩与明暗效应的动画来模拟飞行环境,用于训练飞机驾驶员及宇航员,也可以模拟云、雾、夜、雨中的自然环境来拍摄电影与电视。

三、过程监控

使用这项技术可以对生产和交通进行管理。例如金属冶炼或地质勘探时,通过传感器把有关数据送给计算机处理,在显示屏上生成描述冶炼或钻井中情况的图形,使生产人员能对设备的运行有效的监视和管理。同样,铁道等交通部门的调度人员,也可以通过屏幕上的运行状态图来指挥交通。

§ 1.2 微计算机绘图系统

§ 1.2.1 微机绘图系统配置

微机绘图系统是一个以微型计算机为主的系统,它除了有计算能力外,还必须有产生图形的能力。其组成可分为硬件和软件两大部分。

一、微机绘图硬件配置

微机绘图硬件系统是指微型计算机及必要的外部设备(图形输入输出设备),如图1-1所示。主要的图形输入设备有:键盘(Keyboard)、图形输入板(Tablet)、鼠标器(Mouse)等。图形输出设备有:图形显示器(Graphic Display Unit)、绘图机(Plotter)、打印机(Printer)等。

微机绘图一般以IBM系列微型计算机及其兼容机为主机。表1-1列出IBM微机的一般性能及其配置。表中“A:”和“B:”是指软盘驱动器(Floppy Disk Drive)盘符。目前以386或486机为主机,配有4M以上内存和200M左右硬盘、两个软盘驱动器(1.44M+1.2M)的微机系统可满足CAG的一般需要。

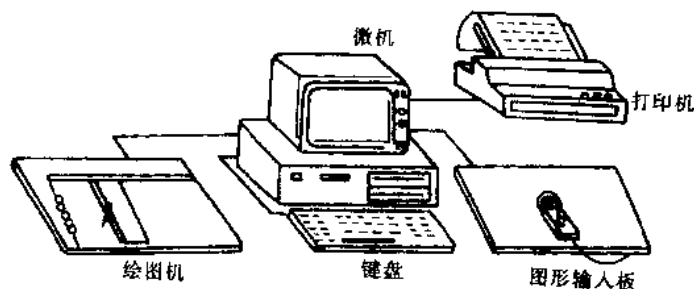


图 1-1

表1-1 IBM 系列微机的一般性能和配置

型 号	CPU	处理字长 (Bit)	主频 (MHz)	内存 (Byte)	硬盘驱动器	软盘驱动器
XT	8088	16	4.77~10	512~640K	10~20M	A: 360K B: 360K
286 (AT)	80286	16	10~20	640K~2M	20~40M	A: 1.2M B: 1.44M
386	80386	32	16~40	2~4M	40~200M	同上
486	80486	32	25~66	4~16M	200~400M	同上

二、微机绘图软件系统

软件系统可分为三个层次，最核心的部分是操作系统（如MSDOS、PCDOS、CCDOS等）；中间一层是高级语言，图形支撑软件和数据库管理系统（如BASIC、PASCAL、C、Auto CAD、dBASE II、FoxBASE等）；最外层是各种应用软件。如图1-2所示。

由美国Auto Desk 公司开发的图形软件Auto CAD 是目前在PC 机上最为流行的图形软件，据有关刊物统计，世界范围内微机CAD 系统中有44%采用Auto CAD 软件。该软件有相当强的二维绘图与图形编辑功能，三维造型功能也随着版本的升级不断提高和完善。

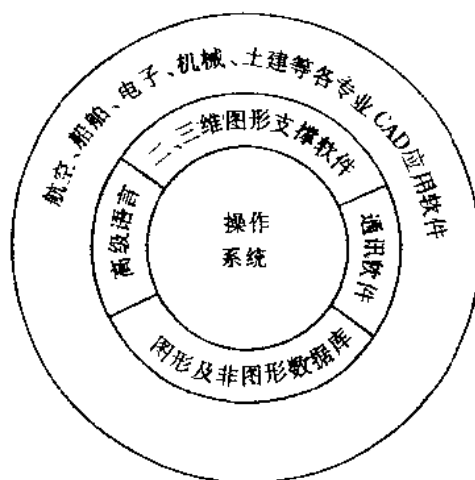


图 1-2

§ 1.2.2 常用图形输入输出设备

一、图形输入设备

1. 键盘

键盘是最常用的输入设备之一。键盘同一般的电传打字机键盘相似,除通常的ASCII编码的键外,还有一些命令键和功能键。通过操作可以输入字符、图形数据和图形命令等。

2. 图形输入板

图形输入板又称图形数字化仪,是一种功能很强的图形输入设备,常用的图形输入板有电子式、超声波式、磁致伸缩式和电磁感应式等。电磁感应式应用较多,它的台板内布有非常密的电路网络,构成感应阵列,并通以交流电信号。其指示器的前端是一检测线圈,磁场集中于十字游标的中心,当指示器在台面上移动时,其坐标位置可以通过电磁感应的方式检测出来,并将信号送给系统。由图形输入板将点的坐标数据送入计算机的功能称为定位功能 (Locator function)。图板上指示器的移动可带动屏幕光标移动,这时可以选取所操作的图形实体对象,这种功能称为拾取功能 (Pick function)。当带动光标移到菜单上时,点取后可执行菜单项所对应的功能,这称为选择功能 (Choice function)。图形输入板还可以进行徒手画图,这时移动指示器,将按一定间隔采样并向计算机输送数据,显示屏上也将产生相应的轨迹图线,这称为笔划功能 (Stroke function)。

图1-3 为K-510型图形输入板,它的分辨率为0.1mm,数据精度为 $\pm 0.5\text{mm}$,幅面为 $380 \times 260\text{mm}^2$ 。它以标准件提供EIA RS-232C异步接口,可以方便地与微型计算机连接。

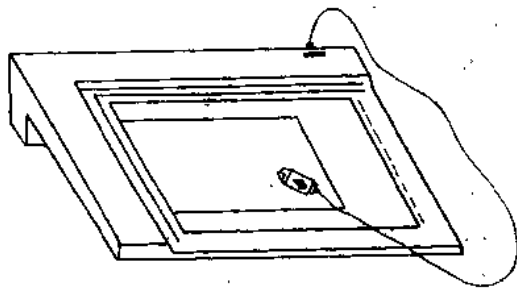


图 1-3

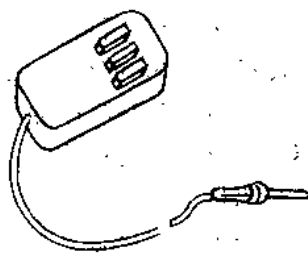


图 1-4

3. 鼠标器

鼠标器上部有一个或多个按钮,底部孔内装有与电位器联结的小球。操作时,鼠标器沿桌面移动,靠摩擦力使小球转动,带动电位器控制光标移动,画出所希望的图形或拾取相应的坐标位置,如图1-4所示。

二、图形输出设备

常用的图形输出设备可分为两类:一类是与图形输入设备相结合,构成交互式图形系统的图形显示器;另一类是可产生图形硬拷贝的自动绘图机。

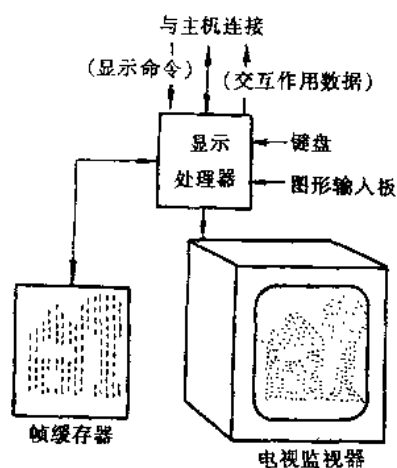


图 1-5

1. 图形显示器

显示器是最终产生图形显示效果的部件，目前使用最多的是阴极射线管（CRT）显示器。

CRT 显示器可分为刷新式和存储式两大类，其中光栅扫描式图形显示器使用最为广泛。

光栅扫描式图形显示器由帧缓冲器、电视监视器及显示控制器（处理器）三部分组成，如图1-5。

帧缓冲存储器是一个随机存储器，其中存储着以二进制表示的象素亮度值（如“0”表示暗，“1”表示亮）。这些数据以矩阵形式排列，并且与屏幕上各扫描行的象素一一对应。

电视监视器供显示图形用，相当于一个没有调谐系统的家用电视机。大多数电视监视器采用电视系统的隔行扫描方式，以减少闪烁效应。隔行扫描把一帧完整的画面分为两场显示，第一场含偶数扫描线，第二场含奇数扫描线，在扫第一场时，电子束扫完一条线后即跳到隔一行的下一条线去扫描，没有扫描的线留待第二场来扫描。每场持续1/60秒，整个图的刷新周期为1/30秒。图1-6为隔行扫描示意图。人眼察觉不到扫描的顺序，最后的效果是刷新频率接近60Hz，增强了图像的稳定性。

显示控制器的作用是重复扫描存储在帧缓冲器中的亮度矩阵，并把这些信息送给电视监视器的亮度与色彩控制部件，以便于同行、帧扫描配合产生不同亮度与色彩的图像。

光栅扫描图形显示器不仅可以产生线图形，而且可以显示具有多种灰度和色调的真实感图像。除此之外，它还具有很好的动态性能，适于作模拟器，目前微机上配置的显示器就是这种类型。

光栅扫描图形显示器不仅可以产生线图形，而且可以显示具有多种灰度和色调的真实感图像。除此之外，它还具有很好的动态性能，适于作模拟器，目前微机上配置的显示器就是这种类型。

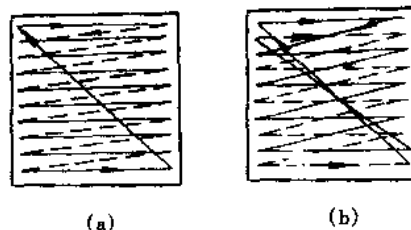


图 1-6

显示器可分为彩色和单色（黑白）两种，屏幕大小有12"、13"、14"、19"、20"或更大。目前微机上一般配置14"彩色显示器，既可显示文本字符，也可显示图形。

显示器根据所配置的图形适配器（也叫显示卡）而具有不同的分辨率：

(1) 彩色图形适配器CGA (Color Graphics Adapter)，单色时分辨率为640×200个象素，2种颜色；彩色时分辨率为320×200个象素，4种颜色。

(2) 增强型图形适配器EGA (Enhanced Graphics Adapter)，显示存储器（Video RAM）容量为256KB，其分辨率为：

320×200个象素，16种颜色；

640×350个象素，16种颜色；

640×480个象素，16种颜色。

(3) 影象图形阵列VGA (Video Graphics Array)，显示存储器容量为512KB，分辨率为：

320×200 个像素, 256 种颜色;

640×350 个像素, 64 种颜色;

640×480 个像素, 16 种颜色;

800×600 个像素, 16 种颜色。

(4) 显示卡TVGA (美国Trident Microsystems 公司开发的与VGA 兼容)。显示存储器容量为512KB 或1MB。分辨率为:

640×350 个像素, 256 种颜色;

640×400 个像素, 256 种颜色;

640×480 个像素, 16 或256 种颜色;

1024×768 个像素, 16 或256 种颜色。

当显示卡是VGA 或TVGA 时, 显示器必须是高分辨率的。可以用软件来设置所需要的分辨率。不用软件设置时的分辨率都为640×480, 16 种颜色。

2. 自动绘图机

图形显示器用于观察、修改图形, 它是人一机交互式处理的有力工具。但是, 屏幕上的图形不可能长久地保存下来, 在工程界还需要变成图纸用于生产, 因此在计算机图形系统中应该有绘图机。绘图机主要有以下类型:

(1) 滚筒式绘图机

滚筒式绘图机的主要特征是用两只步进电机分别带动绘图纸和绘图笔运动。绘图纸卷在一个滚筒上, 由步进电机带动, 产生了X 方向的正、反运动。而绘图笔在笔架上位于滚筒的上方, 由另一只步进电机带动沿垂直于纸运动的方向 (Y 方向) 往返运动。控制两只步进机协调地动作就能产生所需要的绘图轨迹, 如图1-7 所示。笔架上可带几种颜色的笔, 从而画出不同颜色的图形。这种绘图机结构简单, 价格便宜, 易于操作, 但精度不高, 而且所绘的图形卷在滚筒上面, 绘图过程不易看清, 对纸的大小有一定的要求。

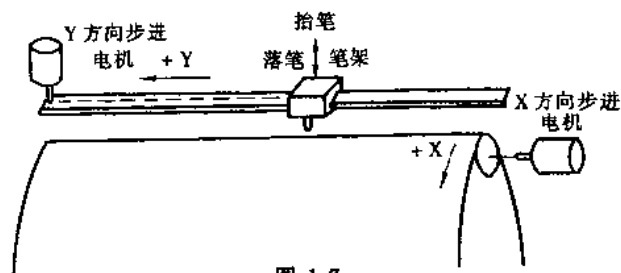


图 1-7

(2) 平板式绘图机

平板式绘图机的特点是绘图纸平铺在绘图平板上, 平板板面从200×300 到1800×5500 (mm²) 不等, 目前有长达十几米的大型平板绘图机。由于图纸完全平铺在板面上, 因此便于监视绘图过程, 而且易于将绘图笔架改为刻图刀架进行刻图。

平板式绘图机有两种驱动方式: 一种为步进马达驱动, 机械传动的绘图机; 另一种是平面电机驱动式。

机械传动的平板式绘图机的驱动装置一般用钢丝绳或齿轮和齿条, 在X、Y 方向上分

别用一只步进电机为动力进行传动,可动部分具有一个横梁作X方向的往返运动,还有在横梁上的滑动笔架,可在另一步进电机的控制下做Y方向的往返运动。如图1-8所示。

采用平面电机驱动的平板式绘图机如图1-9所示。平面电机的定子是平板,动子可以在定子平板下面前后左右运动,它不需要传动机构。笔架装在动子上。运动部件质量很小,而且在定子与动子之间采用空气轴承,间隙为 $10\mu\text{m}$ 左右,充以高压气体,可以产生很高的速度与加速度,速度可达 $120\text{m}/\text{min}$,比机械传动式平板绘图机的绘图速度($10\sim 15\text{m}/\text{min}$)大大提高。但这种绘图由于制造精度高,价格也比较昂贵。

小型平板式绘图机在微机绘图系统中得到广泛使用,其型号有SR6602、ROLAND DXY800、SPL-400等。幅面多为3号图幅,有6~8种颜色的画笔,速度可达 $20\text{m}/\text{min}$,装有微处理器,具有画各种线型的直线、圆弧及书写字符等多种功能,与计算机的软件接口采用ASCII码,属于智能绘图机。这种绘图机价格低廉,使用方便,但精度较低。如SPL-400机的距离精度为 $0.30\%\pm 0.2\text{mm}$,重复及换笔精度为 0.4mm 。SPL-400绘图机如图1-10所示。

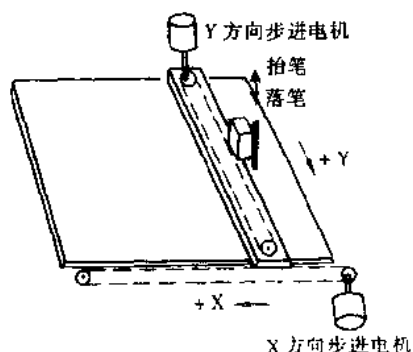


图 1-8

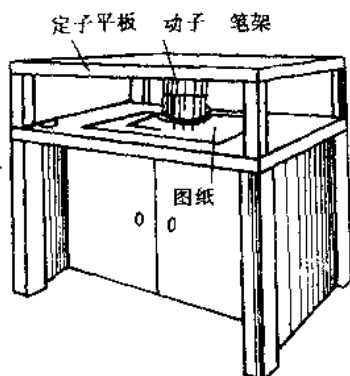


图 1-9

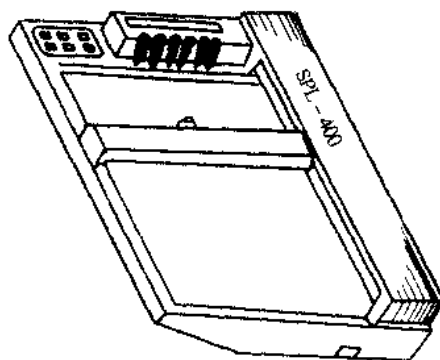


图 1-10

(3) 绘图机的主要性能指标

① 绘图速度与加速度

画图时,绘图机画笔由静止加速到一定速度运动,然后又停下来,是作变速运动的,因此,画笔速度取决于加速度的大小,而绘图机的加速度与驱动元件和运动部件的惯性有关。有驱动力矩相同的条件下,运动部件质量越小,绘图机的加速度就越大。平面电机的动子质量小,其加速度可达 $1\sim 4g$,速度可达 $60\sim 120\text{m}/\text{min}$ 。

② 步距

步距又称为脉冲当量,即每个脉冲信号下画笔移动的距离。步距一般为 $0.1\sim 0.01\text{mm}$,步距愈小,画图精度愈高,图线也愈光滑。

③绘图精度

- a. 静态精度：画笔作单向移动时，实际位移与按脉冲计算的理论位移之偏差。
- b. 重复精度：画笔从一点出发移动一段距离，再返回到原来的出发点，实际到达的点与原来出发点之间的偏差。
- c. 总精度：即积累误差的允许值。

④绘图的幅面

有A₀、A₁、A₂及A₃幅面的绘图机，也有双A₀幅面及更大的绘图机。

⑤绘图的功能

如画笔的支数及生成各种基本图元的能力。

第二章

图形程序设计基础

本章的目的是为了使读者对计算机图形学的一些基本概念,对微计算机(IBM-PC 及兼容机)的图形功能及进行计算机绘图所涉及的一些原理、方法和技术有一基本的了解。

§ 2.1 高级语言的图形功能

目前流行的几种高级语言,如BASIC、PASCAL、C等,都具有一定的图形功能,而且其绘图方式是基本一致的。本节以IBM 高级BASIC (BASICA)为例,介绍屏幕绘图的程序设计方法。

§ 2.1.1 屏幕绘图的基本知识

一、屏幕坐标及显示方式

屏幕坐标以像素(Pixel)为单位,屏幕左上角为坐标原点, x 坐标的正方向为从左至右方向, y 坐标的正方向为从上至下。如图2-1所示。IBM PC 机屏幕有三种显示方式:文本方式、用于显示字符;中分辨率图形方式和高分辨率图形方式。中分辨率图形方式的坐标范围为 $(0, 0) \sim (319, 199)$, 高分辨率图形方式的坐标范围为 $(0, 0) \sim (639, 199)$ 。

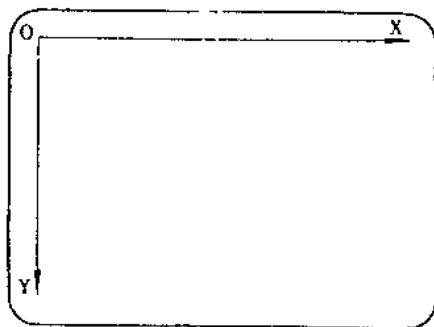


图2-1

显示颜色分为背景色和前景色。对于彩色显示器有16种背景色可供选择,见表2-1。前景色则由调色板和图形语句中的颜色号共同确定,每个调色板有四种前景颜色可供选择。