

Visual Basic
绘图程序设计

任德记 编著

武汉理工大学出版社

Visual Basic 绘图程序设计

任德记 编 著

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

内 容 提 要

本书共十章,主要包括计算机绘图基本知识、平面图形设计、图形变换、物体视图及表面展开、立体图的自动绘制、三维立体消隐、实测曲线绘制、曲线拟合与设计、曲面设计和 VBA 与三维实体造型技术等方面内容。

本书体系完整,内容由易到难,具有良好的系统性、科学性和实用性,可作为工科类本科各专业学生使用的教材,也可作为研究生与“含图”学科教师及研究人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

Visual Basic 绘图程序设计/任德记编著. —武汉:武汉理工大学出版社,2005.10

ISBN 7-5629-2336-1

I. V...

II. 任...

III. BASIC 语言-程序设计-教材

IV. TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 127236 号

出版发行:武汉理工大学出版社

武汉市武昌珞狮路 122 号 邮编:430070

<http://www.techbook.com.cn>

印 刷 者:武汉理工大印刷厂

经 销 者:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16

印 张:16

字 数:399 千字

版 次:2005 年 10 月第 1 版

印 次:2005 年 10 月第 1 次印刷

印 数:2000 册

定 价:26.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

前 言

人类活动的信息传递方式中图形信息约占 80%。我国有连续 3000 年以上的工程绘图史。《左传》上就有夏初(公元前 2140 年)在鼎上铸造百物图像的故事。春秋时代(公元前 700 多年)的《周礼考工记》中就有关于绘图工具“规”和“矩”的记载。公元前 4 世纪的文物,中山王墓出土的战国初期青铜版镶金银线条,是按正投影法用 1:500 比例绘制并注写了 439 个文字的建筑平面图,为世界罕见的早期工程图样。公元 1100 年宋代李诫(明仲)所著《营造法式》,三十六卷中有六卷是当时世界上极为先进的工程图绘制方法。

计算在我国历史悠久,从伏羲到孔丘,由基本符号“—”和“——”到“八卦”和“六十四卦”记数法对人类的计算做出了伟大的贡献。1701 年至 1703 年德国哲学家莱布尼茨对六十四卦次序图和方位图研究后,在《皇家科学院科学论文集》上发表了著名的《二进位制计算的阐述》一文,为计算机原理奠定了基础。到 20 世纪 40 年代,世界上发明了第一台计算机。

20 世纪 60 年代初,美国博士研究生 Lvan Svther Land 在其博士论文中首次使用了“Computer Graphics(计算机绘图)”这个术语,后论证了这一学科在新时代为第三个“里程碑”的地位。

计算机绘图涉及到微积分、工程数学、数据结构、数值分析、工程制图、计算机语言、程序设计方法等学科,主要研究利用计算机技术处理图形信息,进行科学研究、指导生产。已广泛应用于建筑、机械、管理、教学、影视、气象、航空航天等各行各业,而且还在向诸多方向迅速发展,如由静态绘图向动态方向发展,向多媒体方向发展,向虚拟现实方向发展,向 CAD、CAM、CG 三位一体方向发展,成为计算机应用技术领域内最具活力的分支之一。

本书是在总结“计算机绘图及程序设计”课程十多年教学经验和科研工作的基础上,结合教育部工程图学教学指导委员会 2004 年 5 月 29 日杭州工作会议原则通过的普通高等学校计算机图形学基础课程教学基本要求,对原教材进行了系统调整和内容增删,用 Visual Basic 编写了程序代码,可作为工科类本科各专业学生使用的教材,也可作为研究生与“绘图”学科教师及研究人员的参考资料。

本教材内容丰富,有计算机绘图基本知识、平面图形设计、图形变换、物体视图与表面展开、立体视图、立体消隐、实测曲线绘制、曲线拟合与设计、曲面设计和 VBA 与三维实体造型技术共十章内容。其中第十章由张兰华编写,其余部分由任德记编写。

教材体系由易到难,步步深入,具有良好的系统性和实用性。保持着眼实例,侧重绘图技巧,文图、程序并茂,所配程序齐全,注有汉字说明便于理解的风格。完整程序有 60 个,随程序介绍了 Visual Basic 开发软件的技术。近 60 个 Visual Basic 子程序可在科研中直接应用或参考。每章后都有练习题,可供练习之用。

本教材的出版得到三峡大学土木水电学院和研究生处教材基金的资助,在此表示感谢。

由于时间仓促,加之作者水平有限,教材中难免有错误或不妥之处,欢迎批评指正。

编 者

2005 年 6 月

目 录

第一章 计算机绘图基本知识	(1)
第一节 绘图常用设备	(1)
一、数字化仪和图形输入板	(1)
二、扫描仪	(2)
三、自动绘图机	(2)
四、显示器	(5)
第二节 自动绘图原理	(7)
一、直线的插补计算	(7)
二、曲线的插补计算	(8)
第三节 图形显示基础	(9)
一、像素	(9)
二、分辨率	(10)
三、图形显示方式	(10)
四、屏幕坐标系	(10)
五、屏幕的纵横比	(10)
习题	(10)
第二章 平面图形设计	(11)
第一节 Visual Basic 的图形功能	(11)
一、图形控件	(11)
二、图片控件	(12)
三、坐标系	(15)
四、绘图方法	(16)
五、绘图颜色	(18)
六、绘图属性	(19)
七、在图形区输出字符串	(20)
第二节 图形显示程序设计的基本方法	(22)
一、图形显示程序设计	(22)
二、图形显示程序分析	(25)
三、图形显示程序设计举例	(25)
第三节 平面图案设计	(29)
一、基本图案设计	(29)
二、平面图案设计	(31)
第四节 圆弧连接	(32)
一、过已知点作圆的切线	(32)

二、作两已知圆的公切弧.....	(37)
习题	(40)
第三章 图形变换	(41)
第一节 图形窗口	(41)
一、窗口变换公式.....	(41)
二、视图窗口应用举例.....	(42)
第二节 二维图形裁剪	(49)
一、逐边裁剪法基本概念.....	(49)
二、逐边裁剪的算法.....	(50)
三、视图窗口的扩缩变换.....	(51)
四、视图窗口裁剪图形与扩缩变换的程序设计.....	(51)
第三节 动画程序设计	(57)
一、改变颜色模拟运动.....	(57)
二、用异或方式模拟运动.....	(58)
三、用显示擦除模拟运动.....	(59)
第四节 二维图形矩阵变换	(61)
一、点的变换.....	(61)
二、直线的变换.....	(64)
三、平面的变换.....	(64)
四、齐次坐标.....	(65)
五、组合变换及举例.....	(67)
习题	(72)
第四章 物体视图及表面展开	(74)
第一节 物体视图的变换矩阵	(74)
一、三维基本变换矩阵.....	(74)
二、三视图变换矩阵.....	(76)
第二节 平面物体三视图的自动绘制	(78)
一、矩阵变换法绘制物体三视图.....	(78)
二、代数变换法绘制物体三视图.....	(83)
第三节 直纹面及截部三视图的自动绘制	(85)
一、直纹回转面三视图的自动绘制.....	(85)
二、双曲抛物面三视图的自动绘制.....	(90)
第四节 立体相贯及表面展开图的自动绘制	(93)
一、两圆柱相贯及表面展开图的自动绘制.....	(93)
二、异径换向渐变段表面展开图的自动绘制.....	(96)
习题.....	(100)
第五章 立体图的自动绘制.....	(102)
第一节 立体图变换矩阵.....	(102)
一、轴测投影变换矩阵	(102)

二、透视投影变换矩阵	(105)
第二节 轴测图自动绘制	(108)
一、矩阵变换法绘制轴测图	(109)
二、代数变换法绘制轴测图	(113)
第三节 透视图自动绘制	(115)
第四节 视向变动下立体图自动绘制	(118)
一、投影坐标系的确定	(118)
二、投影点的数学模型	(119)
三、坐标变换	(119)
习题	(122)
第六章 三维立体消隐	(123)
第一节 平面立体消隐算法	(123)
一、平面的方向	(123)
二、凸多面体消隐算法	(123)
三、凹多面体消隐算法	(124)
四、常用数据结构	(126)
第二节 凸多面体消隐	(128)
一、建立三表形式的数据结构	(128)
二、建立投影图的数学模型	(129)
三、判别各棱面的可见性	(129)
四、检索与存储	(130)
五、绘图程序设计	(130)
第三节 多个凸多面体消隐	(134)
一、优先体	(134)
二、第二优先体上可见线段再判别	(135)
三、第二优先体子线段处理	(136)
第四节 任意平面体消隐	(142)
一、算法思想简介	(142)
二、数据结构形式	(143)
三、程序流程图	(144)
四、绘图程序设计	(144)
习题	(150)
第七章 实测曲线绘制	(151)
第一节 常见曲线回归	(151)
一、线性回归	(151)
二、曲线回归	(154)
三、常见曲线线性回归程序设计	(155)
第二节 多项式回归	(159)
一、多元线性回归模型	(159)

二、完全多项式回归	(164)
三、多元多项式回归	(165)
四、多项式回归程序设计	(165)
第三节 多项式逐步回归	(168)
一、逐步回归的基本思想	(168)
二、逐步回归算法	(168)
三、一元完全多项式逐步回归	(170)
四、编程分析实例	(170)
第四节 曲线滤波平滑	(174)
一、最佳低通数字滤波	(174)
二、五点三次平滑	(175)
三、低次平滑公式	(176)
四、曲线平滑程序设计	(176)
习题	(179)
第八章 曲线拟合与设计	(181)
第一节 埃特金法插值拟合	(181)
一、埃特金插值公式	(181)
二、埃特金法插值拟合曲线	(182)
三、埃特金法插值拟合曲线程序设计	(182)
第二节 三次参数样条曲线拟合	(185)
一、三次参数样条曲线	(185)
二、三次参数样条曲线程序设计	(189)
第三节 贝塞尔曲线设计	(192)
一、贝塞尔曲线表达式	(193)
二、贝塞尔曲线的端点性质	(193)
三、贝塞尔曲线的性质	(194)
四、组合三次贝塞尔曲线	(195)
五、贝塞尔曲线程序设计	(196)
第四节 B样条曲线设计	(197)
一、B样条曲线的表达式	(197)
二、二次B样条曲线	(198)
三、三次B样条曲线	(199)
四、三次B样条曲线的性质	(201)
五、三次B样条曲线的边界条件	(202)
六、N次B样条曲线程序设计	(202)
习题	(204)
第九章 曲面设计	(205)
第一节 曲面的数学表示与消隐算法	(205)
一、曲面的非参数表达	(205)

二、曲面的参数表达	(205)
三、地平线缓冲消隐算法	(206)
第二节 Coons 曲面设计	(207)
一、Coons 曲面的标记规则	(207)
二、双三次 Coons 曲面	(208)
三、双三次 Coons 曲面程序设计	(209)
四、Coons 曲面的拼接	(213)
第三节 贝塞尔曲面设计	(213)
一、双一次 Bezier 曲面	(214)
二、双二次 Bezier 曲面	(214)
三、双三次 Bezier 曲面	(215)
四、双三次 Bezier 曲面和 Coons 曲面的比较	(215)
五、双三次 Bezier 曲面的程序设计	(216)
第四节 B 样条曲面设计	(219)
一、双一次 B 样条曲面	(219)
二、双二次 B 样条曲面	(219)
三、双三次 B 样条曲面	(220)
四、双三次 B 样条曲面程序设计	(220)
习题	(223)
第十章 VBA 与三维实体造型技术	(224)
第一节 VBA 及 ActiveX 技术简介	(224)
一、VBA 的功能和特点	(224)
二、AutoCAD 中 ActiveX 技术及 ActiveX 对象介绍	(225)
三、访问 AutoCAD ActiveX 对象的方法	(226)
四、VBA 与主程序之间的切换	(227)
第二节 创建三维实体对象	(228)
一、创建三维基本实体	(228)
二、拉伸实体和旋转实体创建	(229)
三、编辑形成复杂实体	(236)
第三节 VBA 创建复杂实体实例	(237)
附录 子程序索引表	(242)
参考文献	(243)

第一章 计算机绘图基本知识

计算机绘图是由计算机、图形输入输出设备等硬件和软件组成的人-机综合系统。它除了具有一般的数值计算能力外,还具有接收、加工和输出图形信息的能力。

计算机绘图的方式目前可分为交互式绘图和被动式绘图两类。所谓交互式绘图,是指绘图人员用键盘、鼠标器、图形输入板等输入手段,输入各种命令与图形信息后生成图形,并可以进行图形编辑、图形存储或图形输出。所谓被动式绘图,是指绘图人员通过编写绘图程序获得所需图形,图形的输出是执行程序的结果。现在大多数交互式图形系统也为绘图人员提供了利用可调用的高级语言图形程序库或特定图形编程语言,用以实现被动式绘图。两种绘图方式在实际应用中都有用处,绘图人员可以根据具体情况来决定采用哪种绘图方式为宜。

第一节 绘图常用设备

计算机绘图系统应包括主机、图形输入设备和输出设备以及相应的应用软件。主要设备有键盘、数字化仪、鼠标器、扫描仪和显示器、绘图机、打印机等。基本配置如图 1.1 所示。

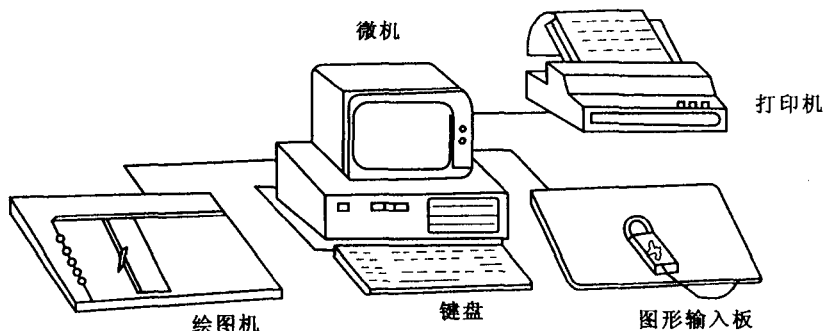


图 1.1 计算机绘图系统

一、数字化仪和图形输入板

数字化仪是一种图形数据坐标输入设备,有机械式、超声波式和电磁式几种,可将图形信息转换成坐标数据输入计算机。其工作台面常见尺寸有 $900\text{mm} \times 1200\text{mm}$ 和 $1200\text{mm} \times 1800\text{mm}$,分辨率和精度分别为 0.025mm 和 0.076mm ,如图 1.2 所示。图形输入板工作台面较小,常见尺寸有 $280\text{mm} \times 280\text{mm}$ 到 $900\text{mm} \times 900\text{mm}$,分辨率为 0.13mm ,如图 1.3 所示。二者工作原理相同,主要是靠某种耦合原理,如电磁耦合产生信号,经模/数转换为 (X, Y) 坐标值,再送入计算机。

由图形输入板将点的坐标值送入计算机称为定位功能。由面板上的指示器带动屏幕光标移动,选取所操作的图形实体,称为拾取功能。由选取菜单项所对应的功能称为选择功能。

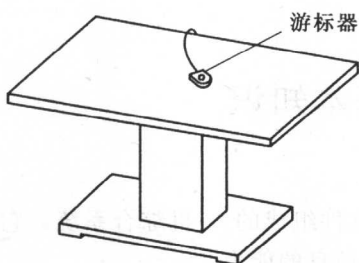


图 1.2 数字化仪与游标器

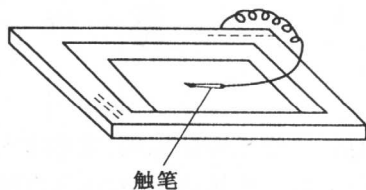


图 1.3 图形输入板与触笔

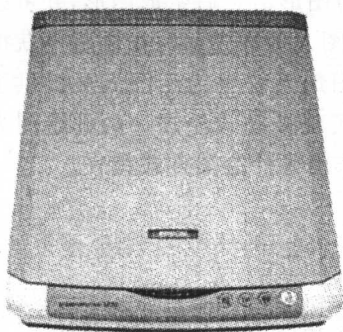


图 1.4 台式扫描仪

二、扫描仪

扫描仪是一种图像信息输入设备。按扫描图像幅面的大小可以分为小幅面手持式、中幅面台式和大幅面工程图扫描仪。

扫描仪是利用光源照射到图像后的漫反射光线,经过模/数转换和适当处理,使图像数据存储到计算机的输入设备。图 1.4 是 Epson 1270u 型台式扫描仪。

三、自动绘图机

(一) 绘图机的指标

一台绘图机的技术指标很多,涉及范围很广,影响因素是多方面的,但从使用的角度来评价,具有代表性的主要指标有以下三项:

1. 绘图速度

绘图机说明书上所标明的速度通常是指画笔移动的速度,即绘图速度。但画笔由静止、启动、加速、正常运行、减速到停止,要经历五个动作三个阶段。由静止、启动、加速为第一阶段,速度 v_0 由 0 增加到 v_A ; 正常运行为第二阶段;由 v_A 逐渐减少到 v_0 为第三阶段。因此,绘图速度有两个指标,一是指正常运行速度,二是指加速度。这两个指标一大一小,总的绘图速度都不快;只有两者都大,绘图速度才快,效率才高。但不能单求速度快,还要与机械部件,特别是画笔出墨等因素综合考虑。若绘图速度过快时,就会有“飞笔”现象,这就会影响图线、图面的质量。

2. 绘图精度

绘图精度是指理论图线位置与实际图线位置之间误差的程度。误差愈小,精度愈高。绘图精度包括重复精度、定位精度和动态精度。重复精度是画笔从起始点 A 移动一段距离到点 B 后,再由点 B 返回起始点位置时,出发点 A 与实际终点 C 两点偏差与线段长度偏差之比,即 $(A-C)/(AB-BC)$ 。微绘图机的重复精度一般在 0.3mm 之内。定位精度是画笔实际终点与理论终点之差与图线长度之比,即 $(B-C)/AC$ 。微绘图机的定位精度一般在 1% 以内。动态精度是指 X、Y 两个方向不同步的程度,即实际运动轨迹与理论运动轨迹的程度误差。如画圆而不圆,画两直线垂直而不垂直,以及对坐标轴有倾角直线的抖动程度等。影响绘图精度的因素很多,但重复精度、定位精度主要受加工、装配工艺的影响,动态精度主要是系统本身。另外,一台绘图机的绘图精度从步距上也能反映出来,步距愈小,精度愈高。

3. 应用程度

应用程度是指绘图机能绘制图形的复杂程度,如绘图幅面的大小、插补功能、画笔多少及能否进行曲线拟合等。

(二) 绘图机的种类

常见的有以下几种:

1. 滚筒式绘图机

滚筒式绘图机的工作过程是:步进电机根据计算机发来的脉冲指令作步进旋转。当 X 向电机驱动滚筒作正反方向的旋转时,通过滚筒两端的链齿(或摩擦轮)带动绘图纸作正负 X 方向的往复移动。Y 向电机通过传动装置使笔架作往复直线运动,形成画笔的正负 Y 向运动。X、Y 两向配合实现绘图功能。

这种绘图机结构简单,占地面积小,维修保养方便,但绘图精度相对较低,绘图过程不能进行全面监视。图 1.5 和图 1.6 分别是 hp450c 型滚筒式绘图机的外观图和结构示意图。

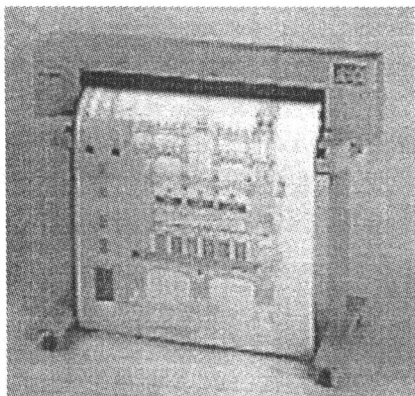


图 1.5 hp450c 型绘图机

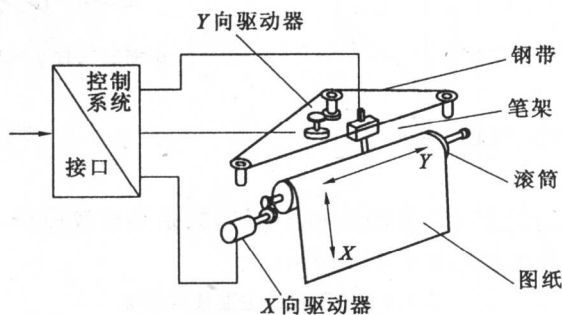


图 1.6 滚筒式绘图机结构示意图

2. 平台式绘图机

图 1.7 为平台式绘图机结构示意图,它由导轨、横梁、握笔滑车等构成,其主要特征是绘图台面为一个固定的平台,绘图纸固定在平台上。画图时电机驱动横梁在导轨上运动,即 X 方向运动;由另一电机驱动握笔滑车在横梁上运动,即 Y 方向运动。这两个运动的配合,便画出所需要的图形。

这种绘图机与滚筒式绘图机相比,绘图速度低,精度高,绘图过程可进行全面监视。另外,绘图介质除纸外,还可以用塑料薄片或金属薄膜。画笔可换成扁刻刀、刻针等,能进行施工下料,很受用户欢迎。

3. 平台式电机型绘图机

前两种绘图机的 X、Y 两种运动都是由电机驱动作机械运动,因此绘图速度和精度都受到机械系统的限制和影响,而平台式电机型绘图机克服了这一先天不足。如图 1.8 所示,平台式电机型绘图机的驱动部件是平面电机,因此也称为平面电机型绘图机。电机定子是平板,动子可在定子平板下作直线运动,动子与定子间是气体摩擦,如图 1.9 所示,所以绘图速度可提高到 60~90m/min(而前两类绘图机速度为 3~30m/min),工作可靠性和绘图精度也大为提高。

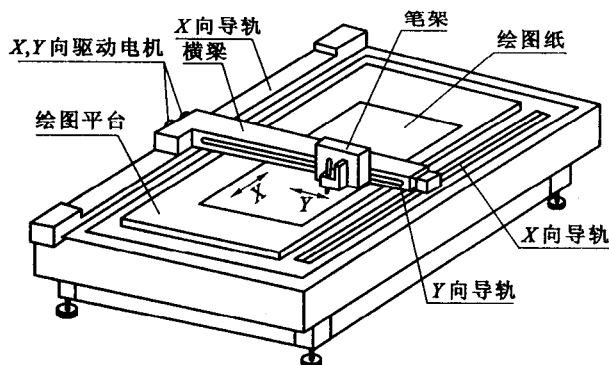


图 1.7 平台式绘图机结构简图

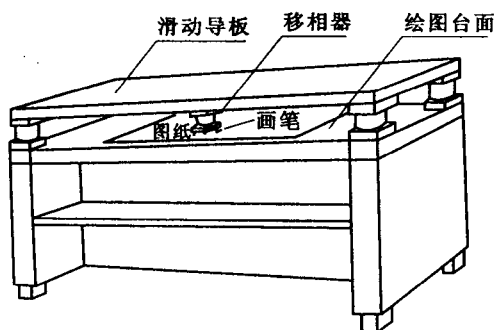


图 1.8 平台式电机型绘图机

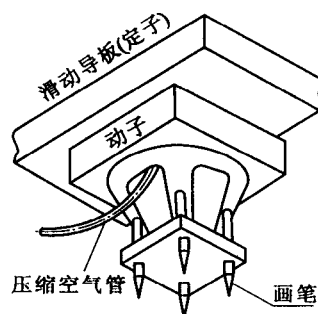


图 1.9 移相器结构示意图

4. 小型绘图仪

小型绘图仪在整体结构上与绘图机无本质差别,只是结构较简单,画图幅面较小,步距较大。部分绘图机的主要技术指标如表 1.1 所示。

表 1.1 绘图机的主要技术指标

型 号	产地	台面尺寸 (m×m)	绘图速度 (m/min)	总精度 (mm)	步距 (mm)	台面 型式	驱动方式	图纸固定	笔数
SHD-2	中国	1.2×1.5	1.5	±(0.1~0.15)	0.0125	平台式	步进电机	磁性	3
HA72GJ	中国	1.8×5.4	10	±0.15	0.0125	平台式	交流伺服 电机	真空吸附	4
PB-120	中国	0.8×1.2	45	±0.125	<0.1	平台式	步进电机	真空吸附	4
DMP-42	美国	0.55×0.79	轴向 4.6; 对角 6.4	±0.35%	0.1	滚筒式	步进电机	压轮	1
DMP-53	美国	0.55×0.86	轴向 22.4; 对角 33.5	0.1%	0.025 或 0.1	滚筒式	步进电机	压轮	1
BENSON-1320	法国	0.94(宽)	12		0.1	滚筒式	步进电机	真空吸附	3
XYNETICS	日本	1.1×1.4	60	±0.125	0.025	平台式	步进电机	真空吸附	4
SR-6602	日本	0.36×0.27	12	<0.2	0.1	平台式	步进电机	磁性	6
WX4675	日本	0.345×0.26	3	<1%	0.1	平台式	步进电机	磁性	6
MODEL671-20	日本	0.40×0.27	12	±0.2%	0.1	平台式	步进电机	磁性	6
MP1000	日本	0.36×0.27	15	±0.1%	0.1	平台式	步进电机	磁性	6

四、显示器

显示器是一种输出设备,大多采用阴极射线管。根据其工作原理可分为三类,即随机扫描刷新式、存储管式和光栅扫描式显示器。使用最普遍的显示器是光栅扫描式显示器,采用顺序扫描和隔行扫描方式两种。微机一般采用顺序扫描方式,电视显示系统采用隔行扫描方式。光栅扫描式显示器的结构如图 1.10 所示。

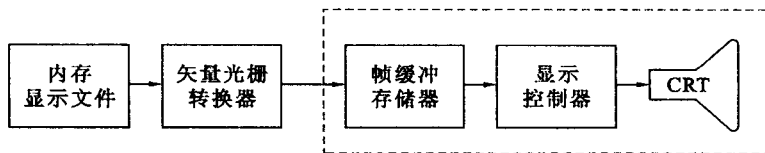


图 1.10 光栅扫描图形显示器结构

工作过程是由代表图形矢量信息的内存显示文件,经矢量光栅转换器转换成数字化式的光栅点阵信息,存入帧缓冲存储器,再经显示控制器,在屏幕上显示图形。其中矢量光栅转换器可以用软件(或固化成硬件)实现。

1. 矢量光栅转换器

其工作过程是首先作光栅化,即将屏幕预先划分成 M 行 N 列的矩阵,矩阵元素称为“光栅元”,有唯一的屏幕地址 (X, Y) 。要显示的图形也要按此方式离散成矩阵,使图形元素与光栅元有对应的地址外,还有图形元素的属性(颜色)值。然后将点阵信息存入帧缓冲存储器。其中每一行为一条扫描线。

2. 帧缓冲存储器

用来存储图形信息,是随机存取存储器。它的物理位置常常占用主机的存储地址空间,有的还直接利用了主机内存,或放在图形显示卡上。它在主机和显示器之间起缓冲数据传送的作用。

3. 显示控制器

控制图形显示的全过程,它接收计算机传来的图形信息,并将帧缓冲存储器中的内容传到显示屏上。图 1.11 是显示控制器的工作示意图。其中光栅扫描发生器是显示控制器的核心,它产生使电子束偏转扫描的偏转电压,还控制 X 、 Y 地址寄存器,使显示信息连续地从帧缓冲存储器中读出;将像素的亮度值和扫描线的顺序送到 CRT,以便在进行从左到右、从上到下按固定节拍往复扫描整幅屏幕的扫描过程中,在屏幕上产生不同亮度的图形。整幅屏幕的扫描称帧扫描。要想获得不闪烁的图像,每秒至少进行 50 次帧扫描。

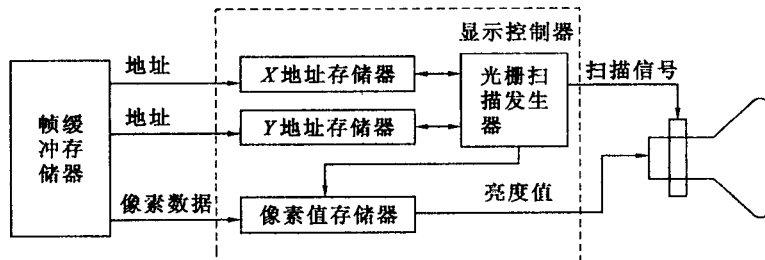


图 1.11 显示控制器的工作示意图

在 PC 机中,显示控制器采用一块图形显示控制卡(图形适配器)。它是一块印刷线路板,插在系统板的扩展槽中用来显示字符和图形。表 1.2 给出了几种图形显示控制卡的显示模式。

表 1.2 几种图形显示控制卡

图形显示卡	字符方式(行×列,颜色)	图形方式(列×行,颜色)
CGA 彩色	25×80,16	320×200,4;640×200,2
EGA 增强型	25×80,64	640×350,16;640×480,16
VGA 增强型	25×80,16	640×480,16;1024×768,256
TVGA	48×128,256	1024×768,256;1600×1200,16k

4. 阴极射线管(CRT)

(1) 黑白 CRT

图 1.12 是黑白 CRT 的结构示意图,由装在一个真空玻璃壳内的电子枪、偏转系统和荧光屏组成。

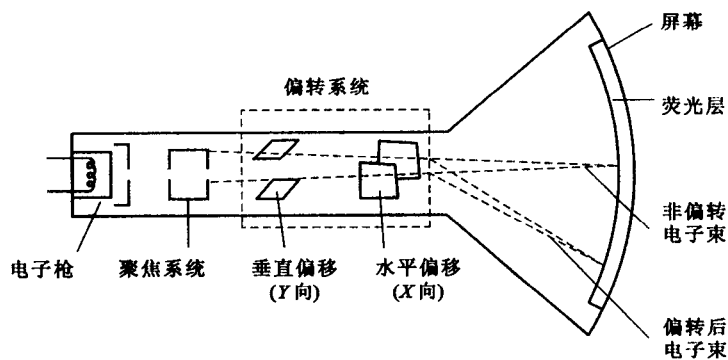


图 1.12 CRT 结构简图

电子枪产生沿管轴方向的电子束,它利用热电子发射原理产生电子,且能控制改变电子枪中的栅极电位控制电子束强度。聚焦系统将电子枪发射出分散在各个方向的电子集中,在荧光屏上聚焦成一个细小的圆点。偏转系统使电子束偏转,使光点在荧光屏上移动。偏转系统中有两对偏转线圈或电极,通过线圈中的控制电流或电极上的控制电压使电子束产生 X、Y 方向偏转。荧光层受高速电子束的轰击而发出光点。

CRT 之所以能显示图形,完全受显示控制器的控制。通过控制 CRT 的偏转系统产生从左到右、从上到下按固定节拍的往复扫描整幅屏幕,通过控制 CRT 的栅极电位改变电子束强度,使光点亮度发生变化。

(2) 彩色 CRT

显示不同颜色是通过把发生不同颜色的荧光物质进行组合而实现的,在光栅扫描显示器中常用影孔板法实现彩色显示。这种 CRT 的荧光层每组由三个荧光点组成,呈三角形,当某

组荧光被电子轰击时,分别发出红、绿、蓝三原色,而某一束电子束的电流强度就控制着三点组产生的红、绿、蓝三种光的强度,混合后即产生不同颜色。廉价的光栅图形系统中,电子束只有发射与关闭两种状态,因此只能产生 4 种颜色。较复杂的显示器可以产生中间强度等级的电子束,可达几百万种颜色,使图形色彩十分丰富。

除上述设备以外,还有常用的主机、键盘、鼠标、打印机以及特殊类型的输入输出设备,如摄像机、录像机、彩色喷墨打印机、彩色喷墨绘图机、静电式绘图机等,其结构与工作原理等可查阅相应设备的说明书。

第二节 自动绘图原理

屏幕显示或绘图机绘图时,光笔或画笔只有四个基本运动走向和由这四个基本走向合成的四个合成运动方向,如图 1.13 所示。但是图样中的大多数图线,特别是曲线上的点,依靠八个运动方向是很不够的,为解决这一问题,在屏幕显示或绘图机绘图系统中都使用了专用设备——插补机。利用插补机的插补运算实行以折线代直线、以折线代曲线的措施。由于步距足够小,就决定了折线足够短,短得使肉眼看不出来,感觉是光滑的直线或曲线了。插补运算的学习目的在于了解插补原理,而自动插补原理就是自动绘图原理。插补运算的方法有很多种,如正负法、逐点比较法、数学积分法、微分分析法等。这里仅介绍常用的逐点比较法插补运算。

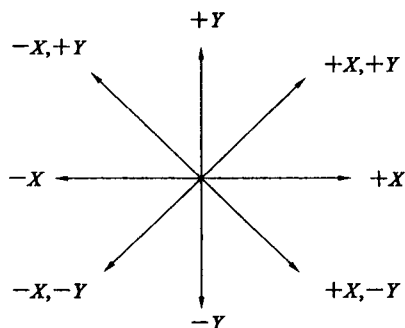


图 1.13 笔架的走步方向

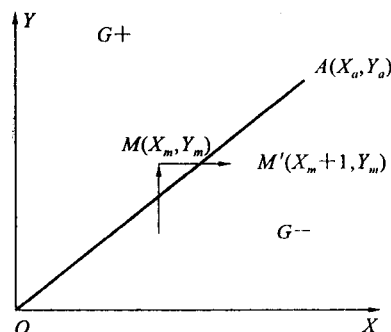


图 1.14 直线的插补

一、直线的插补计算

取二维坐标系与绘图机绘图坐标系相同。一直线 OA 将象限划分成正、负两个点集区(如图 1.14),设当前笔位在点 $M(X_m, Y_m)$ 处,点 M 与直线 OA 的相对位置有三种,即点 M 在正点集区、点 M 在 OA 线上和点 M 在负点集区。插补计算遵循以下四个工作节拍:

1. 偏差计算

当点 M 在 OA 线上,必满足 OA 直线方程,即:

$$\frac{Y_m}{X_m} = \frac{Y_a}{X_a}$$

即

$$X_a Y_m = X_m Y_a$$

令:

$$F_m = X_a Y_m - X_m Y_a \quad (1.1)$$

2. 偏差判别

将式(1.1)作为一点是否在直线上的判别函数。

若 $F_m = 0$, 点在直线 OA 上; 若 $F_m > 0$, 点在直线 OA 上方(正点集区); 若 $F_m < 0$, 点在直线 OA 下方(负点集区)。

3. 坐标进给

规定: $F_m \geq 0$ 时画笔向 $+X$ 方向移动一个步距(ΔX); $F_m < 0$ 时画笔向 $+Y$ 方向移动一个步距(ΔY)。且 $\Delta X = 1, \Delta Y = 1$ 。

若画笔到达新的位置 $M'(X_m + 1, Y_m)$, 其偏差判别函数为

$$F_m' = X_a Y_m - (X_m + 1) Y_a$$

化简为:

$$F_m' = F_m - Y_a \quad (1.2)$$

式(1.2)说明在正点集区的点 M 朝 $+X$ 方向移动一个步距后的点位 M' , 其新偏差 F' 等于前一点 M 的偏差 F 减去直线终点的 Y 坐标值。

若点 M 在负点集区, 同理可得:

$$F_m' = F_m + X_a \quad (1.3)$$

式(1.3)说明在负点集区的点 M 向 $+Y$ 方向移动一个步距后的点位 M' , 其新偏差 F' 等于前一点 M 的偏差 F 加上直线终点的 X 坐标值。

4. 终点判断

逐点比较法是利用直线的起点到终点某个方向的总步数进行判断。插补机中有一个寄存器, 专门寄取总步数值, 当程序执行由 O 点画到 A 点时, 系统迅速作出总步数比较。若 $Y_a > X_a$ 时, 取 Y 轴方向总步数作终点判断; 若 $Y_a < X_a$ 时, 取 X 轴方向总步数作终点判断。然后将总步数存入寄存器。画笔沿着某个方向移动一步, 寄存器的总步数就减去 1, 如果总步数为 0 时, 控制系统就控制画笔停止。

从以上讨论可以看出, 画笔每移动一步, 都要完成四个工作节拍, 即偏差计算、偏差判别、坐标进给和终点判断。

二、曲线的插补计算

曲线的插补原理与直线的插补原理基本相同。在计算中, 只是判别函数不同而已。而判别函数是由所画曲线的方程推导出来的, 只要建立了曲线方程, 判别函数就会很快确定。例如作逆时针圆弧的插补计算, 参考图 1.15。

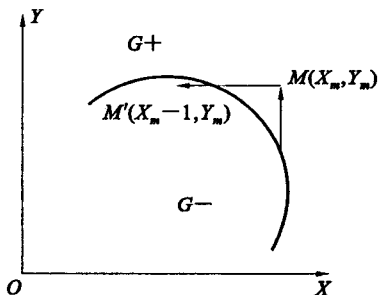


图 1.15 曲线的插补

1. 偏差计算

一点 M 在圆周上, 必满足圆方程, 即

$$X_m^2 + Y_m^2 = R^2$$

令:

$$F_m = X_m^2 + Y_m^2 - R^2 \quad (1.4)$$

2. 偏差判别