

高等学校教材

计算机绘图

北京动力经济学院 崔永军 袁长东 合编



高等学校教材

计算机绘图

北京动力经济学院 崔永军 袁长东 合编

水利电力出版社

内 容 提 要

本教材共两篇二十章。第一篇为交互式计算机绘图基础,内容包括:窗口和视见区、平面修剪、画线子程序、图形变换的数学方法、数据文件的制作、菜单和大十字光标技术、图形编辑、动画制作、管理绘图及曲线绘图。第二篇投影计算机图学基础。内容包括图解图示两大部分,分别讨论点、线、面、视图、截断、相贯、轴测图、透视图、展开图等的计算机化问题。全书给出大量绘图程序或程序包。

本书为高等学校本科、专科学子必修选修课教材,也可作为从事计算机绘图教学、科研等各类人员的参考书。

高 等 学 校 教 材

计 算 机 绘 图

北京动力经济学院 崔永军 袁长东 合编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

北京市地矿局印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 21.25印张 481千字

1995年11月第一版 1995年11月北京第一次印刷

印数 0001—1360册

ISBN 7-120-02368-3/TM·630

定价 16.30元

前 言

随着我国改革开放的不断深入, 计算机尤其是微机的应用越来越普及, 其应用领域涉及各个学科。计算机绘图 (CG)、计算机辅助设计 (CAD) 和计算机辅助制造 (CAM) 也得到迅速发展, 目前已进入应用阶段。国内很多高等学校开设了 CG、CAD 必修课或选修课, 这不仅是信息时代的要求, 也是经济建设的迫切需要。为此在多年学习和研究的基础上, 编写了这本教材。

考虑到 CG 学科的研究方向, 本书将分为两篇: 第一篇为交互式计算机绘图基础, 主要研究交互式图形软件包的设计原理、结构、输入输出技术及程序设计方法等。它为 CG 软件包的研制提供了理论基础, 这是 CG 研究的方向之一, 也是从理论到实用的纽带; 第二篇是投影计算机图学基础, 主要研究画法几何的计算机化及其应用, 这是广大工程图学工作者都在研究的课题, 也是 CG 的研究方向之一。本书的内容及特点是:

(1) 基本理论与实用程序紧密结合, 尽量简捷地阐述基本理论, 尽量避免繁琐的公式推导, 每个章节都配有实验程序, 并全部程序都上机反复运行验证过。为了增加可读性, 每个程序都附有中文注释。全部程序均用 IBM PC BASIC 语言编写, 如用不兼容的其它微机, 需对程序做适当修改。

(2) 子程序具有较好的通用性, 可根据需要将它们作为模块组合成软件包。各子程序均附有使用说明, 输入输出明确, 可方便灵活地组合及调用。

(3) 两篇各有特点, 相对独立又互为补充。第一篇侧重计算机绘图的基本知识, 尤其是交互式计算机绘图的知识和技术。重点讨论了如下几方面内容:

- 1) 菜单技术, 包括文本及图形状态下的光标菜单;
- 2) 图形数据文件的制作, 书中给出了交互式制作数据文件的编辑程序, 为制作图形数据库提供了有力工具;
- 3) 提供了大十字光标定点通用子程序, 它类似于 Auto CAD 软件包中的大十字光标定点;
- 4) 收入了各种管理用统计图的实用绘图程序, 讨论了用最小二乘法进行线性回归和非线性回归的内容及实用程序;
- 5) 讨论了计算机动画的制作原理及程序设计方法;
- 6) 各章都提供了绘图软件包及其使用方法, 既可作为上机操作的实用程序, 又可作为编程的参考软件, 并可根据需要加以扩充;
- 7) 从内容的选择上兼顾了工程技术和经济管理两类专业的需要, 可根据专业特点进行选择。

第二篇重点研究了画法几何计算机化问题。利用画法几何本来就是形数结合的特性及解题的算法特点, 探讨了它的计算机化途径, 特点如下:

1) 全部内容与投影理论成一体,是画法几何理论与计算机技术的结合,而不是“采用图示、图解和解析法相结合的方式”,图是形,坐标是数,画法几何的解题步骤自始至终不涉及建方程、解方程问题,从而保持了“真正几何精神”;

2) 以本篇作为教材,学时可灵活:学时较多以培养程序设计能力为主时,可讲授全部内容;学时较少重在培养使用能力时,可以用法为中心;

3) 理论结合实际,重范例,投影理论与 BASIC 程序一一对应,推导式用 BASIC 表达式给出;

4) 以本篇提供的子程序为工具,既能解手工绘图能解的全部画法几何题目,也能解手工绘图无法完成的题目。

本书中的全部程序均经作者反复调试运行并存入软盘。

本书虽然经过反复推敲和试用,仍难免有错漏之处,恳请读者批评指正。

本书由崔永军、袁长东合编,崔永军为统稿人。第一篇由崔永军编写,第二篇由袁长东编写。清华大学教授、国家教委画法几何及工程制图课委员会委员石光源担任本书的主审,详细审阅了全书,提出了很多宝贵意见,特致谢意。本书在出版过程中得到我院领导、基础部领导和教研室的大力支持,在此一并表示感谢。

编 者

1993 年 10 月 21 日

目 录

前 言	
绪 论	1

第一篇 交互式计算机绘图基础

第一章 计算机绘图基础知识	3
第一节 抬笔指令和落笔指令	3
第二节 窗口和视见区	4
第三节 绘图指令的模拟	6
第四节 用户坐标到绘图系统坐标的转换	6
第五节 平面修剪	8
第六节 画轴、画刻度及画视见区边框	12
第七节 主要子程序	15
第八节 子程序中的变量及子程序的使用方法	16
第二章 二维应用绘图程序的编写	20
第一节 二维应用绘图程序编写方法概述	20
第二节 直线绘图程序	21
第三节 圆的绘图程序	26
第四节 圆弧的绘图程序	33
第五节 虚线和点划线的绘图子程序	40
第三章 交互式绘图的基本原理和技术	53
第一节 交互式数据编辑	53
第二节 菜单技术	70
第三节 大十字光标定点的原理与技术	73
第四节 绘图实体的删除	75
第五节 本章小结	82
第四章 二维图形变换	84
第一节 平面变换及图形的存储	84
第二节 比例变换	84
第三节 对称变换	86
第四节 错切变换	89
第五节 旋转变换	91
第六节 齐次坐标和平移变换	92
第七节 复合变换	93
第八节 二维图形变换小结	98

第五章	三维图形变换	103
第一节	三维坐标系	103
第二节	比例变换	104
第三节	对称变换	106
第四节	错切变换	107
第五节	平移变换	107
第六节	旋转变换	108
第七节	正投影变换、三视图及轴测图	112
第八节	三视图及各种轴测图程序举例	117
第九节	透视图	134
第十节	圆和圆弧的透视图及轴测图	144
第六章	通用功能子程序的设计	153
第七章	事务管理绘图	184
第一节	矩形统计图和折线图	184
第二节	圆形统计图	189
第三节	用最小二乘法进行回归分析	192
第八章	动画制作	196
第一节	用 GET/PUT 语句制作动画	196
第二节	用 LINE、DRAW 语句制作动画	200
第九章	曲线拟合	203
第一节	Bezier 曲线	203
第二节	三次样条曲线	206
第三节	B 样条曲线	212
第四节	综合举例与总结	218

第二篇 投影计算机图学基础

第十章	投影法的坐标与坐标变换	223
第一节	图学程序举例	223
第二节	基本子程序及其用法	225
第三节	坐标变换概述	227
第四节	点的二维坐标变换	228
第五节	坐标系、视图变换、方向角	230
第六节	二维坐标变换的示范程序	231
第七节	三维变换举例	234
第八节	单元图法	235
第九节	本章小结	236
第十一章	画法几何的特点及其计算机化	238
第一节	画法几何的基本内容	238
第二节	画法几何的计算机化	241
第三节	画法几何解题计算机化举例	242

第十二章	子程序	252
第一节	子程序的特点、编法、调试	252
第二节	基本子程序	253
第三节	一般子程序	262
第十三章	视图与轴测图	264
第一节	形体的数学模型	264
第二节	视图与轴测图的自动绘制	264
第三节	用旋转法画轴测图	265
第四节	波尔克定理的计算机化	266
第五节	据轴测轴求轴测投射方向	267
第六节	圆轴测图的画法	269
第十四章	透视图	271
第一节	透视变换表达式的推导及其用法	271
第二节	灭点定理的证明与验证	275
第三节	体视图简介	277
第四节	投影图小结	278
第十五章	消隐	283
第一节	概述	283
第二节	透视图的自动消隐	283
第三节	轴测图的自动消隐	284
第四节	填色法消隐	286
第十六章	相贯	288
第一节	表面取点法	288
第二节	辅助截平面法	289
第三节	换向法	289
第十七章	表面展开	291
第一节	概述	291
第二节	棱锥展开	291
第三节	斜棱柱展开	291
第四节	截断体展开	292
第五节	相贯体展开	294
第十八章	圆弧拟合	295
第一节	概述	295
第二节	不过点圆弧拟合	295
第三节	过点圆弧拟合	298
第十九章	圆弧连接	300
第一节	程序的结构	300
第二节	数据及其输入	302
第三节	数据处理与图形的输出	304
第四节	圆弧连接的基本模块	304

第二十章 全自动的投影法系统.....	313
第一节 系统的结构	313
第二节 系统的用法	315
第三节 其它小模块	317
第四节 数据文件	320
第五节 小结	321
附录 IBM-PC 系列微机的绘图功能	322

绪 论

图形是人类在生产和生活中表达形象的有效手段。传统的手工绘图不仅效率低，而且劳动强度大、精确度低。有些复杂图形的绘制，手工难以胜任，如大规模集成电路掩膜图及复杂的曲线、曲面等。

电子计算机的出现以及迅速发展，带来了绘图方法和技术的深刻革命。计算机绘图(CG)就是在这种情况下发展起来的一门边缘学科，它综合图形学、数学、计算机等多方面的知识于一体，主要研究各种图形的显示和绘制方法。目前CG已广泛用于飞机制造业、轮船制造业、通用机械制造业、房屋建筑、事务管理、动画制作、医疗卫生等各种领域。

一、计算机图学的发展及现状

计算机图学是50年代发展起来的。1954年奥地利的H·Joseph Geber成立Geber公司，制造出第一台自动绘图机。此后在自动绘图设备的研制和生产方面出现了大发展，各种形式及不同幅面的自动绘图机和各种分辨率的图形显示器相继出现，使电子计算机的输出由单一的数字、字母及符号发展到既能输出文本，又能输出图形的新水平，大大拓宽了其应用的领域。目前绘图机的发展趋势是高精度、高速度、功能强、大型化及微型化等，显示器的发展趋势是高分辨率。

改革开放以来，我国的计算机绘图也得到了长足的发展。目前我国不仅从国外引进了大量的自动绘图设备，而且自行研制了各种高速度、高精度的自动绘图机。使CG在我国各个领域的应用不断扩大和发展。

自动绘图机的工作是靠计算机的指令驱动的，而指令是靠绘图软件(程序)提供的。因此用计算机绘图的关键是编制和使用各种绘图软件。绘图软件分两类：被动式绘图及交互式绘图软件，前者指用户针对某一特定图形编写一个程序，后者则是能够进行人机对话、用同一个程序绘制不同图形的绘图软件。交互式绘图软件可以是一个程序，也可以是互相关联的多个程序的组合。显然要求交互式绘图软件比被动式绘图软件有更好的通用性。

目前计算机图学正朝着与计算机辅助设计(CAD)及计算机辅助制造(CAM)一体化、标准化的方向发展。

二、计算机绘图系统简介

计算机绘图系统由两个部分组成：硬件系统和软件系统。

1. 硬件系统

如绪图1，硬件系统主要由下列部分

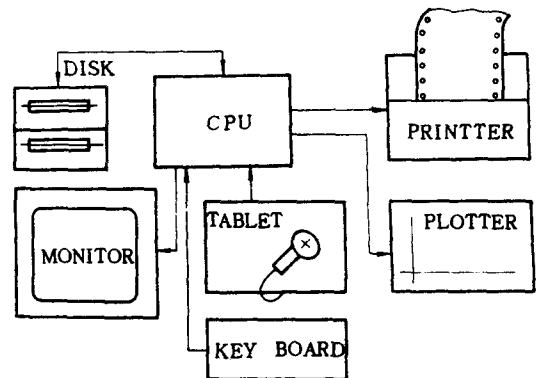


图 0-1 计算机绘图硬件系统

组成：

- (1) 中央处理器 (CPU)：控制数据的输入、输出、存储、进行数据交换、计算等。
 - (2) 外部存储器：在微机常用的有磁盘机，包括软盘驱动器和硬盘驱动器，用来在磁盘 (DISK) 上存储程序、数据等。
 - (3) 显示器 (MONITOR)：用来显示图形、数据以及程序等。
 - (4) 打印机 (PRINTER)：用来打印程序、数据、输出图形的硬拷贝等。
 - (5) 自动绘图机 (PLOTTER)：输出图形的硬拷贝 (绘图)。自动绘图机绘制的图形比打印机的精度高，它属于矢量绘图，而打印机为点阵打印。
 - (6) 数字化仪及图形输入板 (TABLET)：把指示器十字中心所在点的坐标输入到计算机内，它是一个图形数据输入设备。它能够控制并确定显示器上十字光标的位置。
 - (7) 键盘 (KEY BOARD)：数据输入设备。
- 此外，还有鼠标器 (MOUSE) 等其它设备。

2. 软件系统

应用计算机绘图，除需要系统本身的系统软件外，还需要编制一套完备的绘图软件系统，才能使用户灵活、快速地绘图，绘图软件包括下面三个部分：

(1) 接口软件：它是接通计算机与绘图机、计算机与数字化仪以及一个软件与另一个软件的中间软件。它是硬件与硬件、硬件与软件、以及软件之间相互联系的纽带。接口软件一般由用户编写。

(2) 数据库与图形库：将绘图数据及有关信息存入磁盘，在绘图时随时调用。数据库与图形库大体分两类：一类是定形的图形，用时直接调用；另一类是不定形的图形，用时调出，经过一定的数学变换再绘出图形。

(3) 算法程序库：将某些具体问题的算法写成程序存储起来，可随时调用。当系统较小时，可一次将系统中的全部程序调入计算机的内存，使用时根据不同功能运行不同程序段或不同程序模块；当系统较大时，内存容纳不下，一般采用覆盖技术，即将各互相联系的程序分成若干模块，存在磁盘中，将用到的模块调入内存，不用的模块在磁盘中备用。调入新模块时，将内存中的旧模块删除，同时将必需的数据传递给新模块。这样可用小内存运行大的软件系统。

计算机绘图是一门实践性很强的学科，学习要点是：在搞清原理的基础上多实践，包括多写程序多上机；此外要特别认真细致，错一个字符或标点都不能在计算机上通过。

第一篇 交互式计算机绘图基础

第一章 计算机绘图基础知识

任何一张矢量图都由若干条线段构成。例如，一个矩形由四条线段构成；一个圆实际上是一个边数很多的多边形，多边形的各边都是线段。其它任何曲线也都是由若干条首尾相接的线段构成。线段是由它的两个端点确定的。在纸上画一条线，必须先抬笔到线段的起点，然后落笔画线到其终点。计算机在屏幕上或带动绘图机画线的原理与此类似。例如在屏幕上画一线段，第一步抬笔到线段的起点，此时电子束不亮；第二步落笔画线到线段的终点，此时点亮电子束，即在屏幕上从起点到终点画出一条直线段。在绘图机上绘图的过程也与此类似。

第一节 抬笔指令和落笔指令

各种计算机和绘图机的抬落笔指令不尽相同，为了讲清问题，现规定两种基本指令：

一、指令格式

MOVE x, y 抬笔移动到点 x, y 。

DRAW x, y 落笔画线到点 x, y 。

格式中 x, y 是点的直角坐标，其值取决于用户坐标的单位及大小。

二、 x, y 的形式

MOVE、DRAW 后面 x, y 的形式有三种：

(1) 常量。例如：MOVE 60, 20

DRAW 100, 50

(2) 变量。例如：MOVE x_1, y_1

DRAW x_2, y_2

(3) 表达式。例如：MOVE $R * \cos(A) + x_0,$

$R * \sin(A) + y_0$

DRAW $x, \sin(x) / x$

例 1-1 试编制图 1-1 中的三角形的绘图程序。

设笔的起点在原点，绘图程序如下：

10 MOVE 2, 1

20 DRAW 4, 3

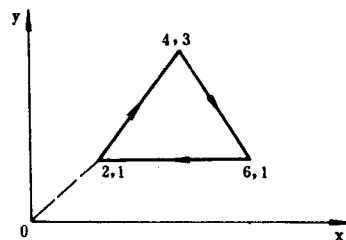


图 1-1 三角形的绘图过程

30 DRAW 6, 1

40 DRAW 2, 1

第二节 窗口和视见区

一、概念

用户面对的是整个自然空间，但其研究的只是其中的有限部分，如同通过窗口观察景物一样。例如机械工程师面对一台机器，但他研究的只是机器的一个零件或一部分具体结构。在一般情况下，人们常在研究对象（如机器）上取一个矩形区域，在此区域内进行研究，这个矩形称为窗口。窗口包含的可以是整个研究对象（整台机器），也可以是研究对象的某一个局部（如某一个零件）。不论窗口的大小如何，它始终是建立在自然空间的。窗口的单位可以是光年、公里、米、厘米、毫米等长度单位。

人们通过计算机的输出设备（显示器或绘图机等）显示研究对象的图象，需要在输出设备上指出一个确切的区域，通常为一个矩形区域，在这个区域内显示窗口内的内容，这个输出设备上的矩形区域称为视见区。

规定窗口的指令格式为：

WINDOW W1, W2, W3, W4

如图 1-2, W1 是窗口的最小横坐标, W2 是窗口的最大横坐标, W3 是窗口的最小纵坐标, W4 是窗口的最大纵坐标。注意, $W1 < W2$, $W3 < W4$ 。

规定视见区的指令格式为：

VIEW V1, V2, V3, V4

如图 1-3, V1 是视见区的最小横坐标, V2 是视见区的最大横坐标, V3 是视见区的最

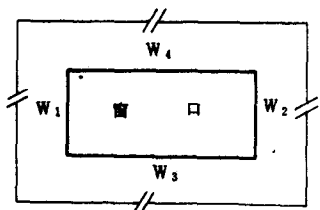


图 1-2 窗口坐标

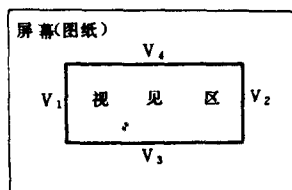


图 1-3 视见区坐标

小纵坐标, V4 是视见区的最大纵坐标。注意 $V1 < V2$, $V3 < V4$ 。各变量的单位取决于输出设备的单位, 如显示器以像素(点)为单位, 常见的有: CGA (320×200 或 640×200), EGA (320×200 或 640×350 或 1024×768), VGA (640×480 或 1024×768)。A3 幅面的绘图机的单位多数为 0.1mm, 其绘图面积相当于 A3 幅面 (SR-6602, MP-1000, FP5301 等)。V1, V2, V3, V4 不得超出输出设备的显示范围。

二、窗口与视见区的关系

1. 窗口具有修剪作用

如图 1-4，设窗口内有一个圆，当其直径小于窗口矩形的边长且完全包含在窗口内时，该圆可在视见区全部显示出来，如图中小圆；当其直径大于窗口矩形的边长或圆心偏移使窗口不能包含该圆时，即部分圆弧位于窗口之外，则在视见区显示时，位于窗口内的部分显示出来，而位于窗口外的部分则被修剪掉，不能显示出来，这种修剪技术在计算机绘图中是很重要的技术，修剪算法将在后面详细讨论。

2. 窗口与视见区应为位似形

为了使视见区的图形不变形，应保证窗口的宽与高之比等于视见区的宽与高之比，即窗口矩形与视见区矩形为位似形，否则图形将发生变形。

如图 1-5，窗口的边长为 B 、 H ，视见区 1 的边长之比 $B_1/H_1 = B/H$ ，因此在视见区 1 中画出的图形不变形。而视见区 2 和视见区 3 的边长之比 $B_2/H_2 \neq B/H$ 、 $B_3/H_3 \neq B/H$ ，在这两个视见区中画出的图形必定发生变形。

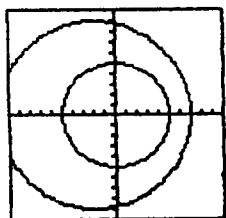


图 1-4 窗口的修剪作用

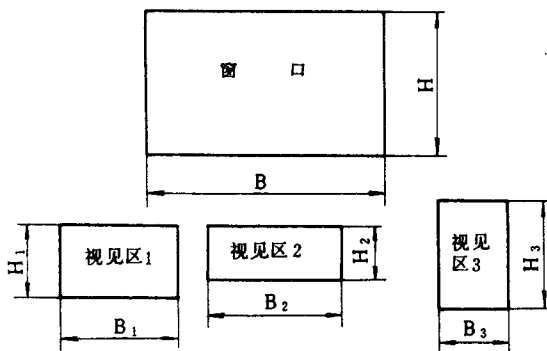


图 1-5 窗口与视见区的关系

假如有一个以原点为圆心、半径为 60 的圆，窗口为： $W1 = -100$ ， $W2 = 100$ ， $W3 = -100$ ， $W4 = 100$ ， $B/H = 1$ 。图 1-6 为选择不同视见区时所得结果，图 (a) 中， $(V2 - V1)/(V4 - V3) = 120/120 = 1$ ，图形仍为圆，图 (b)、(c) 中， $(V2 - V1)/(V4 - V3) \neq 1$ ，图形变为椭圆。这说明，当窗口一定时，图形随视见区的变化而变化。

3. 窗口具有放、缩功能

当视见区不变时，选用不同的窗口可对几何元素进行放大或缩小：窗口扩大，则图形缩小；窗口缩小，则图形放大。后面的性质尤其重要，因为这种放大，是一种准确放大，这是按窗口和视见区的数学关系进行的放大。

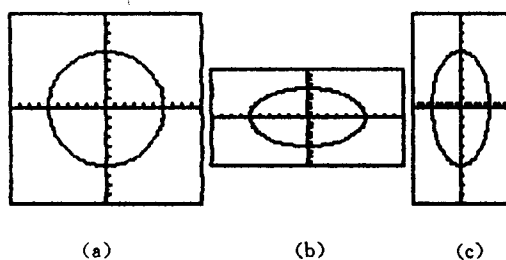


图 1-6 视见区的变化对图形的影响

(a) $B_1/H_1 = B/H$; (b) $B_2/H_2 > B/H$; (c) $B_3/H_3 < B/H$

图 1-7 表示改变窗口大小对图形的放缩功能。相对于图形 (a) 来说，图 (b) 中窗口扩大，图形缩小；图 (c)、图 (d) 中窗口缩小，图形放大，图 (d) 中的部分图形被修剪。

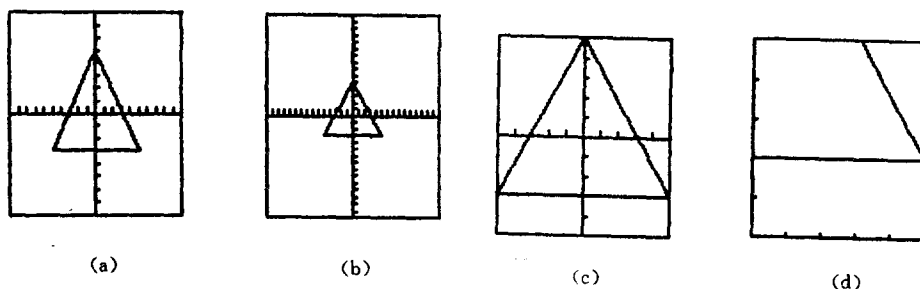


图 1-7 窗口的放缩功能

(a) 初始窗口; (b) 窗口扩大; (c) 窗口缩小; (d) 窗口缩小并修剪

第三节 绘图指令的模拟

MOVE、DRAW、WINDOW、VIEW 是 CG 中的四条基本指令, 用它们可画出所有常用图形。但目前有些微机不完全具备这四条指令。因此必须用软件(子程序)来模拟它们。对于 MOVE 和 DRAW, IBM-PC 微机及其兼容机上都有类似指令。在 PC BASIC 中语句格式为:

行号 PSET (X, Y) 抬笔到点 (X, Y) 并画点。

行号 LINE — (X, Y) 从当前点落笔画线到点 (X, Y)

在编程序时, 只要将 MOVE 和 DRAW 用具体指令代替, 就可以绘制出图形。

对于指令 WINDOW 和 VIEW, 在 IBM-PC 微机上的屏幕作图时, 可直接使用。但在绘图机上绘图时, 有的不具备这两条指令, 有的则因绘图单位与用户单位不对应而不便使用。为了弥补这方面的不足, 人们编写了各种基本绘图子程序来模拟这些绘图指令。下面陆续介绍这些基本子程序的一种编写方法。本章介绍的八个基本子程序如下:

S·R·0 初始子程序。完成用户单位到绘图单位的转换。

S·R·1 主要子程序。完成主程序与子程序的连接与调度。

S·R·2 二进制编码子程序。对线段的端点进行二进制编码, 为平面修剪做准备。

S·R·3 平面修剪子程序。保留窗口内的图形, 剪裁掉窗口外的图形。

S·R·4 投影及画线子程序。按绘图单位画出窗口内的图形。

S·R·5 画轴子程序。按规定位置画出坐标轴。

S·R·6 画刻度子程序。按给定刻度画出刻度线。

S·R·7 画边框子程序。按给定的大小画出视见区边框。

第四节 用户坐标到绘图系统坐标的转换

为了在视见区 (V1, V2, V3, V4) 内把窗口 (W1, W2, W3, W4) 中的图形表达出来, 必须建立二者的对应关系, 为此设绘图系统坐标 (屏幕坐标或绘图机坐标) 为 (XE,

YE), 用户坐标为 (XR, YR), 下面推导它们之间的关系表达式。

如图 1-8, 根据相似形理论可得

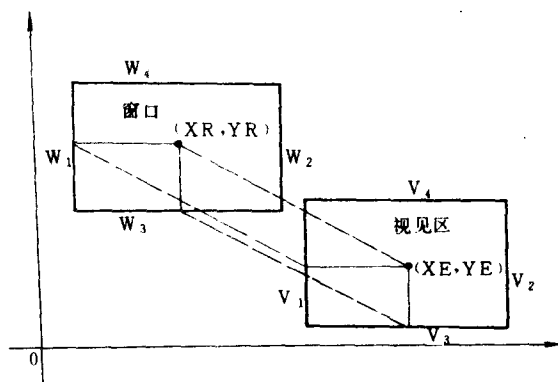


图 1-8 绘图系统坐标与用户坐标的关系

$$\frac{XR - W_1}{W_2 - W_1} = \frac{XE - V_1}{V_2 - V_1} \text{ 和 } \frac{YR - W_3}{W_4 - W_3} = \frac{YE - V_3}{V_4 - V_3}$$

$$\begin{cases} XE = \frac{(XR - W_1)(V_2 - V_1)}{W_2 - W_1} + V_1 \\ YE = \frac{(YR - W_3)(V_4 - V_3)}{W_4 - W_3} + V_3 \end{cases}$$

整理后得

$$\begin{cases} XE = \frac{V_2 - V_1}{W_2 - W_1} \cdot XR + \frac{V_1 \cdot W_2 - V_2 \cdot W_1}{W_2 - W_1} \\ YE = \frac{V_4 - V_3}{W_4 - W_3} \cdot YR + \frac{V_3 \cdot W_4 - V_4 \cdot W_3}{W_4 - W_3} \end{cases} \quad (1-1)$$

令

$$A_8 = \frac{V_2 - V_1}{W_2 - W_1}, B_8 = \frac{V_1 \cdot W_2 - V_2 \cdot W_1}{W_2 - W_1}, A_9 = \frac{V_4 - V_3}{W_4 - W_3}, B_9 = \frac{V_3 \cdot W_4 - V_4 \cdot W_3}{W_4 - W_3} \quad (1-2)$$

则 (1-1) 式变为

$$\begin{cases} XE = A_8 \cdot XR + B_8 \\ YE = A_9 \cdot YR + B_9 \end{cases} \quad (1-3)$$

其中 (1-2) 式将用在 S · R · 0 中, (1-3) 式将用在 S · R · 4 中。

下面是用 BASIC 语言编写的初始子程序 S · R · 0:

```
59999 REM S · R · 0 初始子程序 入口: 60000(输入: W1, W2, W3, W4, V1, V2,
      V3, V4; 输出: A8, B8, A9, B9)
60000 A8 = (V2 - V1) / (W2 - W1) : B8 = (V1 * W2 - V2 * W1) / (W2 - W1)
```

```
60010 A9=(V4-V3)/(W4-W3):B9=(V3*W4-V4*W3)/(W4-W3):RE-
TURN
```

第五节 平面修剪

一、概述

平面修剪就是以窗口的边为界，凡是位于窗口内的图形均在视见区内画出，凡是位于窗口外的图形均被剪裁掉，不予画出。如果不要求精确的修剪，则其程序十分简单，只要把要画的点与输出设备的显示范围比较一下，如果点位于显示范围之外，则不画。

例如，IBM-PC 微机的中分辨率显示范围为 320×200 点（象素），其简单修剪程序为：

```
1999 REM 平面修剪 入口：2000
2000 IF X<0 OR X>319 OR Y<0 OR Y>199 THEN 2020
2010 PSET (X,Y)
2020 RETURN
```

第 2000 行的作用是，当点 (X, Y) 在显示范围内时，则抬笔到 (X, Y)，否则返回主程序不绘图。这种修剪程序的绘图效果很不好。

二、二进制编码

为了得到准确和有效的修剪，下面介绍二进制编码修剪算法，这种方法能迅速地舍弃窗口外的线。

设有一个四位字节的编码 HBDG，从右向左依次为第 1 位、第 2 位、第 3 位、第 4 位，即：G——第 1 位，D——第 2 位，B——第 3 位，H——第 4 位。如图 1-9，点在窗口内时，四位字节均为 0；点在窗口左边 ($X < W_1$) 时，第 1 位字节为 1；点在窗口右边 ($X > W_2$) 时，第 2 位字节为 1；点在窗口下边 ($Y < W_3$) 时，第 3 位字节为 1；点在窗口上边 ($Y > W_4$) 时，第 4 位字节为 1。由此可推出九个方位的编码如下：

窗口内：0000 窗口左：0001 窗口右：0010
窗口下：0100 窗口上：1000 窗口左上：1001
窗口左下：0101 窗口右上：1010 窗口右下：0110

各位编码用字符串表示，下面为其 BASIC 子程序 S·R·2：

```
61498 REM S·R·2 二进制编码子程序 入口：61500
61500 G9$="0":D9$="0":B9$="0":H9$="0"
61505 IF X5<W1 THEN G9$="1":GOTO 61520
61510 IF X5>W2 THEN D9$="1"
61520 IF Y5<W3 THEN B9$="1":GOTO 61540
61530 IF Y5>W4 THEN H9$="1"
61540 C5$=H9$+B9$+D9$+G9$:RETURN
```

1001	1000 W ₄	1010
0001 W ₁	窗口 0000	0010 W ₂
0101	W ₃ 0100	0110

图 1-9 二进制编码