

高等学校教材

计算机图学

贾本立 石美岭 主编



西北工业大学出版社

高等学校教材

计算机图学

贾本立 石美岭 主编
贾本立 石美岭 谭常静 编
李菊英 李怀原 李俊凤



西北工业大学出版社

1990年4月 西安

内 容 简 介

本书较系统地介绍了计算机图学的基本理论和方法。

全书共分八章。简要地介绍计算机图形显示和绘图系统的硬件及其工作原理；系统地讲述了绘图软件和图形显示、交互技术；较详细地阐述了机械图样、曲线与曲面和立体图的自动绘图理论和方法。书中列出了一些常用的程序实例，有一定的参考价值。每章后附有习题，供学习者练习用。

本书可作为高等院校计算机图学教材，也可供有关研究生、技术人员学习或参考。

15.5

高等学校教材 计 算 机 图 学

贾本立 石美岭 主编

责任编辑 李 珂

责任校对 潘玉浩

*

西北工业大学出版社出版

(西安市友谊西路 127 号)

陕西省新华书店发行

西北工业大学出版社印刷厂印装

ISBN 7-5612-0237-7/TP·39(课)

*

开本 787×1092 毫米 1/16 15.5 印张 366 千字

1990 年 4 月第 1 版 1990 年 4 月第 1 次印刷

印数 1—1400 册 定价：3.12 元

前 言

由于计算机技术的不断发展,出现了自动绘图与图形显示装置及其相应的软件,使工程图学进入了一个崭新的阶段。在计算机科学、应用数学和工程图学等学科基础上,综合发展成一门新的学科——计算机图学。这使工程图学的理论、绘图方法以及应用等方面都产生了巨大的变化。

本书原稿“计算机图学(讲义)”已在西北工业大学计算机绘图课中多次使用。现根据教学实践对其进行修编,予以出版。

本书简述了计算机自动绘图和图形显示设备及其工作原理;系统地介绍了绘图与显示软件的程序设计;较详细地阐述了自由曲线、曲面和立体图的绘制理论和方法;突出了机械图样的绘制。同时给出了一批 FORTRAN 语言通用程序,这些程序是在微机(IBM PC/XT 及兼容机)和绘图机(Roland 800.SPL-400)上调试通过的,可以帮助初学者学习程序设计方法。书中每章后附有习题,供初学者进行练习。

本书的特点是:①. 注意理论与实践相结合,在较系统地阐述图形处理的数学问题之后,都附有相应的程序,予以实践;②. 图形显示与绘图并重。显示与绘图是计算机图学的两个重要组成部分,初学者既可掌握图形显示的基本知识和程序设计,又可熟悉绘图指令的使用及有关程序的编制。

本书可作为高等工科院校学生的必修课或选修课教材,也可供有关研究生和科技人员参考。

本书由贾木立、石美岭担任主编。参加编写工作的有:西安石油学院谭常静(第三章),西北工业大学贾木立(绪论、第一、四章),石美岭(第五、六章),李菊英(第七、八章),李怀原(第二章),李俊凤(附录)。

全书由河北工学院贾忠皓审稿。

李俊凤承担了全书描图工作。

在编写本书第三章中,得到了陕西机械学院王尔均同志的大力帮助,特此表示感谢。

由于我们水平有限,书中难免有错误和不妥之处,欢迎读者批评指正。

编 者
1989年3月

目 录

绪 论	1
第一章 绘图与图形显示的硬件及其工作原理	3
§ 1-1 自动绘图机	3
§ 1-2 自动绘图机的工作原理	6
§ 1-3 图形显示系统及其工作原理	11
习 题	17
第二章 绘图软件	19
§ 2-1 概述	19
§ 2-2 绘图基本子程序	20
§ 2-3 绘图软件的设计方法与步骤	23
§ 2-4 直线图形子程序	25
§ 2-5 尺寸标注子程序	26
§ 2-6 几何交切子程序	34
§ 2-7 规则曲线子程序	43
§ 2-8 平面图形的程序编制	46
习 题	49
第三章 图形显示软件和交互技术	51
§ 3-1 图形显示软件	51
§ 3-2 二维图形的开窗和裁剪	60
§ 3-3 图形交互技术	67
§ 3-4 交互式绘图系统简介	73
习 题	83
第四章 机械图样的程序设计	85
§ 4-1 机械图样的特点及应用软件的分类	85
§ 4-2 子程序包的设计	86
§ 4-3 零件图、装配图的程序设计	101
§ 4-4 机械图样程序设计中应考虑的问题	104
习 题	106
第五章 曲线的拟合	109
§ 5-1 曲线的数学表达式	109
§ 5-2 曲线的拟合	112
§ 5-3 三次样条曲线	118
§ 5-4 B 样条曲线	126
习 题	140

第六章 曲面	141
§ 6-1 曲面的数学表达式	141
§ 6-2 Coons 曲面	142
§ 6-3 B 样条曲面	149
习 题	154
第七章 图形数据结构	155
§ 7-1 数据结构的基本知识	155
§ 7-2 图形数据结构	163
§ 7-3 应用举例	170
习 题	173
第八章 立体图的绘制	175
§ 8-1 物体的坐标变换和投影变换	175
§ 8-2 轴测图的绘制	177
§ 8-3 透视图的绘制	192
§ 8-4 平面物体立体图的消隐处理	199
§ 8-5 自由曲面透视图的一种消隐算法	208
习 题	213
附 录	215
附录 I SPL-400 绘图指令	215
附录 II 常用的几何交切子程序	219
附录 III 图形显示软件包	221
附录 IV Auto CAD2.6 辅助绘图软件使用说明	224
主要参考文献	240

绪 论

一、计算机图学概述

人类使用图样来表达思想、表达生活已有悠久的历史，这主要是因为图样有直观、形象和便于技术交流的缘故。为了绘制图样，人们在实践中不断地创造出各种绘图工具，从简单的直尺、圆规到三角板、丁字尺、多用板、椭圆规，发展到复杂的机械式绘图机，但都未能摆脱手工式绘图状态，直到今日仍在继续延用，而手工作业又是一项劳累、繁琐、花时间的工作，其绘图速度慢、精度低，难于适应快速发展的工业需要。

50年代初期，随着数控技术和计算机技术的发展，相继出现了以数控机床改装的绘图机和作为计算机外围设备的绘图仪，摆脱了手工绘图状态。此后，为了适应新的生产需要，已制造出几十种不同型号的计算机绘图设备——自动绘图机（或称数控绘图机），其功能多、速度快、精度高，而其结构向大型、微型两个方向发展，与硬件设备相适应，也配有各自的绘图软件，从而形成了较完善的自动绘图系统。

在计算机绘图设备出现的同时，即在1950年，发明了阴极射线管（CRT），由计算机带动图形显示器已能够产生简单的图形。60年代中期，出现了随机扫描显示器，它具有较高的分辨率和对比度，具有良好的动态性能。此后出现了廉价的光栅扫描的图形显示器，使得显示的图形更加形象、逼真。在图形输出设备不断发展的同时，出现了适用、高级的显示软件以及许多不同类型的输入设备，如光笔、操纵杆、跟踪器、拇指轮、数字化仪和图形输入板等。这些就构成了较完善的交互式图形显示系统。

计算机绘图与显示系统的发展，也使图学理论得到了进一步的更新，其中包含有各种坐标变换和几何变换；二、三维图形生成；剪裁、消隐算法，曲线、曲面的拟合和光顺；体素拼合；剖面线、等值线的绘制方法以及图形数据结构的建立等等。

现在，计算机图形显示与绘图已经广泛的应用于航空、汽车、造船、电子、机械和建筑等工业部门，并且，还扩展到日常生活领域中的服装、医疗、地震和气象等各个方面，表现出巨大的生命力。实践证明，计算机图形显示与绘图的效果是十分明显的。它可以：

(1) 提高绘图的准确度，能绘制和显示较复杂物体的形状；

(2) 加速绘图速度，缩短设计周期，提高工作效率；

(3) 计算机图学（CG）是计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助制造（CAM）的重要组成部分，三者相结合，可使产品向着更高更自动化的方向发展。

二、计算机图学的研究对象

概括地说，计算机图学是研究图形的显示与绘制的一门学科。即利用先进的计算机技术，对图形进行数学处理，从而得到预想的图形。

1. 计算机图学的主要研究任务

1) 图形的数学处理方法

2) 图形输入的数据结构和方法

- 3) 研究编制图形的显示与绘制程序的方法
- 4) 研究交互式绘图的有关问题
- 5) 解决在实际应用中的一些图形处理问题
2. 计算机图学研究的具体内容
 - 1) 基本图形软件包的编制
 - 2) 交互式绘图系统的建立
 - 3) 基本算法 如开窗剪裁, 隐线消除, 交、并、差运算等。
 - 4) 自由曲线与曲面的构造
 - 5) 体素造型
 - 6) 专用软件的研制 如建筑图、飞机外型图等专业图形绘制。
 - 7) 图形数据库、图形库的建立
 - 8) 图形软件的标准化的

第一章 绘图与图形显示的硬件 及其工作原理

计算机绘图与显示系统和计算机系统一样，也是由硬件和软件两部分组成，本章将简单介绍该系统的硬件。

§ 1-1 自动绘图机

自动绘图机是绘图系统最重要的硬件。随着生产发展的需要，它一方面向着高精度、高速度的方向发展，另一方面向着小型智能化的方向发展。在国内、外市场上已有几十种自动绘图机出售。

按照自动绘图机控制的情况，主要有以下三种类型。

一、专用小型机控制的绘图系统

这种类型多采用计算机与绘图机联机使用。如 HA72GJ 数控绘图机，R1S6015V 台式绘图机（图 1-1），XYNETICS 平面电机绘图机（图 1-2），其系统框图如图 1-3 所示。

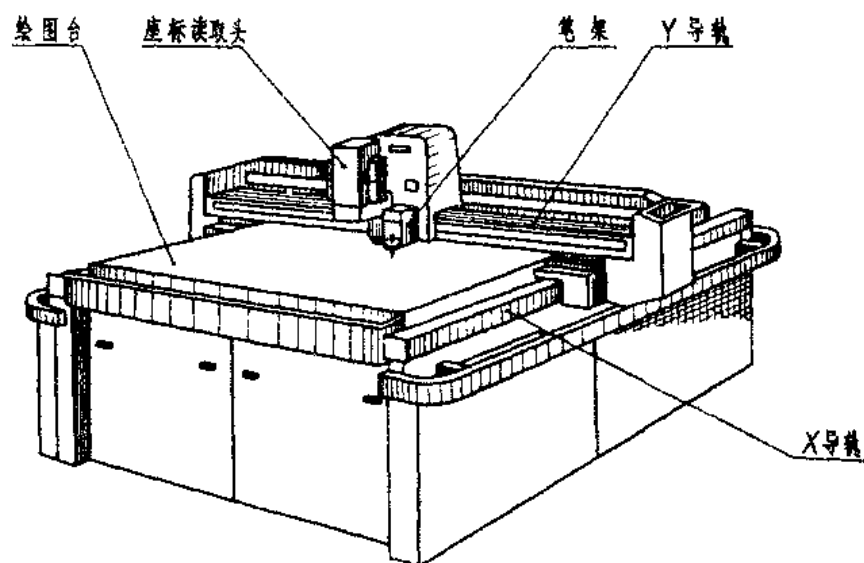


图 1-1 平台式绘图机

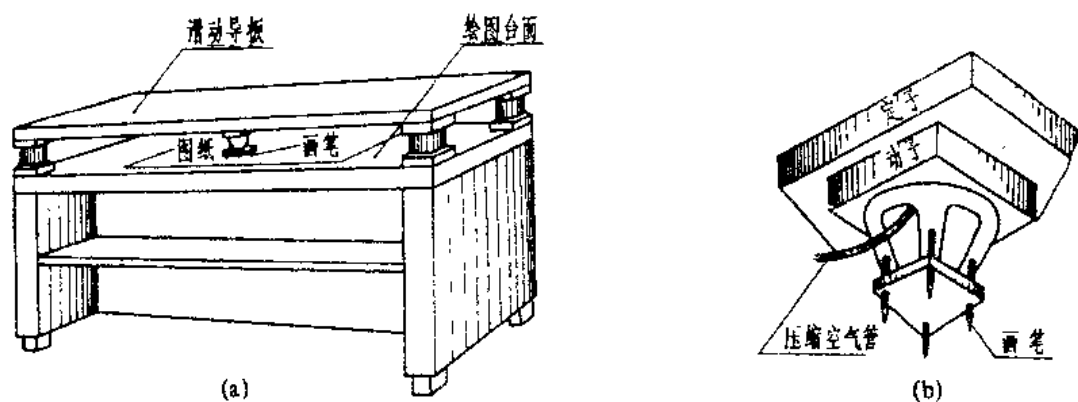


图 1-2 平面电机绘图机

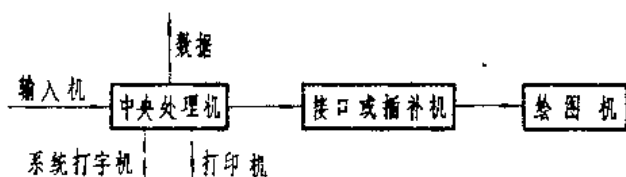


图 1-3 系统框图 (一)

该系统的工作程序是：首先，将源程序制成磁带（或纸带），由系统打字机或工作台操纵，经磁带机（或光电机）将其输给计算机的内存储器，经计算机进行数据处理和调用子程序，通过接口等的暂存、放大，将信息送给绘图机绘图。

这种自动绘图机的小型计算机是专用的，绘图机多是大型平板式结构，往往配有坐标读取装置和刻刀。其绘图精度和速度较高，且功能多，但价格昂贵。适用于企业单位使用。

二、大型或中型机控制的绘图系统

这种绘图机一般作为计算机的输出设备使用，与计算机半脱机或脱机使用。半脱机是指计算机与绘图机联机时，进行绘图工作；不联机时，计算机进行其他运算。如 LZ7-304, MS13-1 等绘图仪即是。脱机是指计算机的输出信息先存于磁盘（带）上，然后由盘（带）机将其上的信息输给绘图机绘图，如 BENSON 滚筒式绘图机（图 1-4）即是。其系统框图如图 1-5 所示。

该系统绘图精度和速度较低，可作为生产、科研工作使用。

三、微机控制的小型绘图系统

用微处理器控制小型智能绘图仪绘图，是近年来迅速发展起来的一种绘图系统。绘图仪（图 1-6）作为微机的输出设备之一，采用半脱机绘图。智能绘图机是指绘图机本身带有 CPU 和内存，可以进行插补运算、换笔、绘字符以及坐标轴等基本功能。其系统框图如图 1-7 所示。

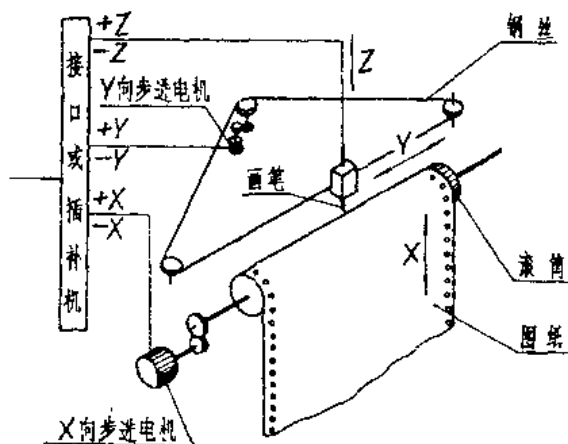
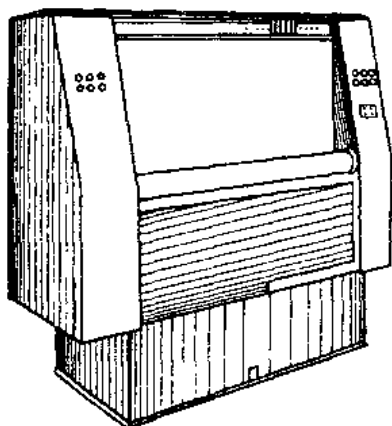


图 1-4 滚筒式绘图机

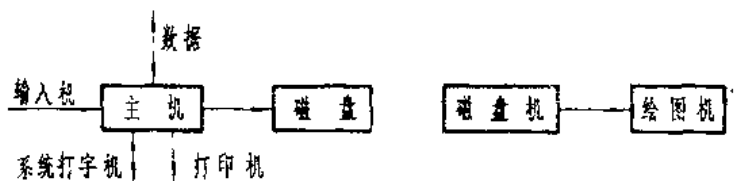


图 1-5 系统框图 (二)

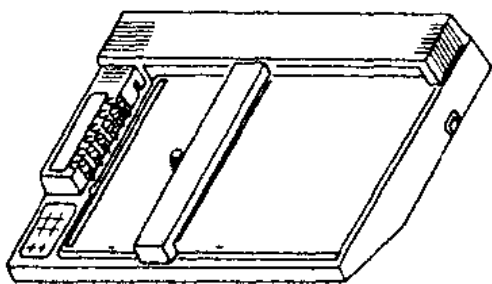


图 1-6 小型绘图仪

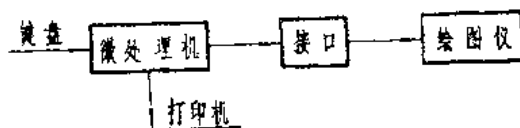


图 1-7 系统框图 (三)

这种类型的绘图系统，他的数据由键盘人工输入计算机，由计算机进行数据处理后，经过接口把信息输给绘图仪绘图。其绘图幅面小，速度慢，精度低，常绘制一些不太复杂的图形，但其价格便宜，作为科研、教学以及个人用较为方便。

评价自动绘图机的质量优劣，主要是绘图精度，绘图速度的高低。同时对自动绘图机的使用，还要看他的性能指标：计算机的运算速度，内外存贮量和功能多少；绘图幅面大

小和经济性等多方面,表 1-1 列出了几种类型的绘图机的优、缺点比较,供参考。

至于自动绘图机的各组成部分的结构、功用等,请参阅有关资料,这里不再赘述。

表 1-1 几种绘图仪的比较

型 式	平 台 式	滚 筒 式	平面电机式	小 型 式
基 本 性 能				
绘图总精度 (毫米)	$\pm 0.01 \sim 0.025$	$\pm 0.1 \sim 0.3$	± 0.01	± 0.3
最高速度 (米/分)	10~20	6~9	60~90	8, 16, 38 (毫米/秒)
绘图幅面 (毫米 ²)	A1 及 1200×1500 以上	730×75000 930×75000	A0, A1, A2	A2, A3
优 点	1. 绘制高精度图样。 2. 幅面可大可小。 3. 绘图过程可监视全部图面。 4. 可装刻线笔、摄像头等。	1. 可高速进行图形处理。 2. 连续出图易于实现无人操作。 3. 机身较小,结构简单,便于维修。	1. 高速度绘制图样和刻线。 2. 绘图精度高。 3. 结构简单,可靠性好。	1. 操作简单,使用方便。 2. 机身小,结构简单,便于维修。
缺 点	1. 图纸要紧贴,易产生褶皱。 2. 机身大,对机房管理要求高。 3. 价格较高。	1. 绘图时,不能监视整个图形。 2. 精度不高。 3. 必须使用特殊规格的纸。 4. 价格较低。	1. 图纸放在定子与台面之间,不能监视画图过程。 2. 高速度对画笔要求高。 3. 价格最高。	1. 功能较小,精度、速度均低。 2. 价格低廉。

§ 1-2 自动绘图机的工作原理

从绘图机的构造上看,绘图机具有 X 方向和 Y 方向两种传动运动。因之,画笔、图纸的移动是由计算机控制驱动部件(如伺服电机、步进电机等)沿此两个方向操纵机械运动。当计算机向驱动部件发出一个走步脉冲时,画笔就移动一个距离,这个距离称为绘图机的步距。由于画笔只能直接作 X 或 Y 方向的移动,一般说来,画笔的走步就设计成四个基本方向,即 $+X$, $+Y$, $-X$, $-Y$; 也有设计成八个方向的,如图 1-8 所示。因此,绘图机可以直接绘出这四个或八个方向的直线。但是,要画出斜线,圆弧或曲线时,就要对两个方向的信息进行适当的控制。如果用计算机来完成这种控制,不但每次要编制冗长的程序,而且占机时间长,占机单元多。故常用的作法是设计出插补机或专用插补软件、固件,进行插补运算,以实现各种图线的绘制。下面来讨论插补运算的方法。

插补运算就是按给出的基本数据(如直线的起、终点坐标,圆弧的起、终点和圆心坐

标), 插补出中间点的坐标, 从而产生出直线、曲线的形状 (如圆弧)。一边计算, 一边根据计算结果输出两个方向的脉冲, 控制画笔移动。这样, 画笔实际上画出一条阶梯状折线 (图 1-9)。由于绘图机的步距很小, 一般为 0.2—0.01 毫米, 因之所画折线用肉眼是看不清楚的, 宏观的看是相当光滑的。

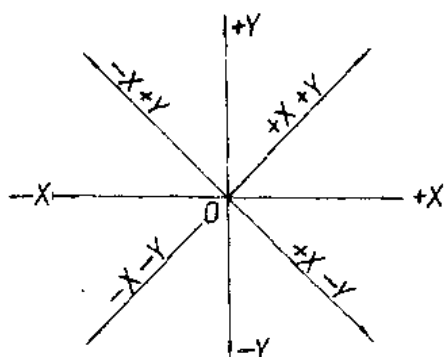


图 1-8 画笔的移动方向

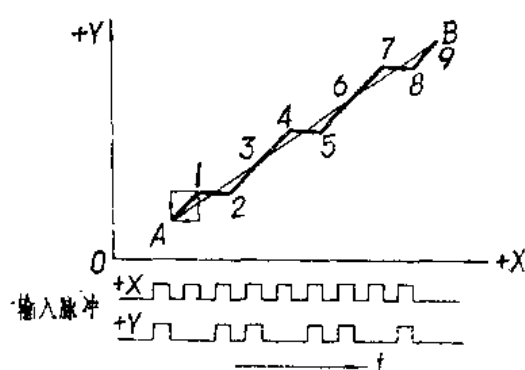


图 1-9 画笔走步图

插补运算的方法有多种, 现在应用较广泛地是逐点比较法、数字积分法和微分分析法等。另外, 正负法, 齐田法 (SFG 法) 和切线法是较新的方法。本节仅阐述逐点比较法的插补原理。

逐点比较法的控制过程是: 画笔每移动一步, 插补机就进行一次运算, 并判别一次画笔当时所在的位置与理论位置的偏差大小, 从而决定画笔下一步应向那个方向走步, 再向拖动画笔沿该方向移动的电机发出一个指令脉冲, 控制画笔向所决定的走步方向移动一步。同时, 画笔每走一步, 所走的步数累加起来和所画线段的终点坐标比较 (即进行终点判别), 当其差值为零或小于一个步距时, 表示已到达终点, 插补自行停止, 否则继续循环往复, 这个过程可用图 1-10 所示框图表示。



图 1-10 插补过程框图

现在, 以直线和圆弧为例, 说明逐点比较法的具体插补过程。

一、直线插补

设所画直线段 OA 在第一象限内 (图 1-11), 并以点 O 为起点, 点 A 为终点。如果此时画笔位于点 $K(X_K, Y_K)$, 则点 K 与直线段 OA 的相对位置可能有三种情况, 如图 1-11 (a)、(b)、(c) 所示。

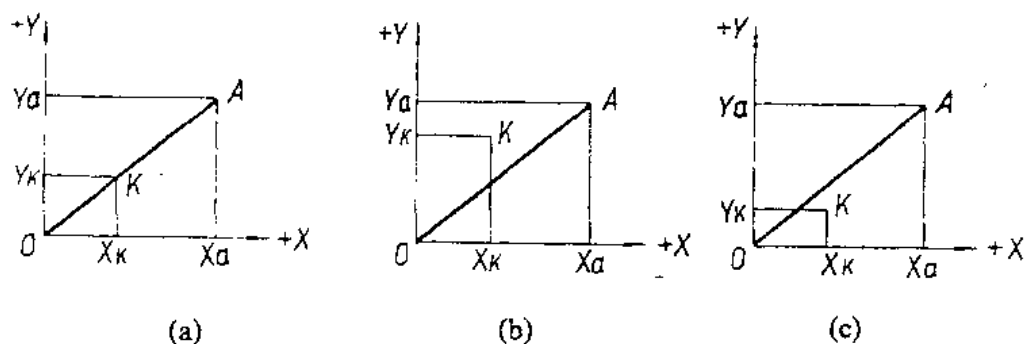


图 1-11 点 K 与直线 OA 的相对位置

1. K 在直线 OA 上 (图 1-11 (a))

此时
$$\frac{X_a}{Y_a} = \frac{X_k}{Y_k}$$

或
$$X_a Y_k - X_k Y_a = 0$$

现令点 K 的偏差判别式为 $F_k = X_a Y_k - X_k Y_a$

则点 K 在直线上时, 应有 $F_k = 0$

2. K 在直线 OA 的上方 (图 1-11 (b))

此时
$$\frac{X_a}{Y_a} < \frac{X_k}{Y_k}$$

或
$$X_a Y_k - X_k Y_a > 0$$

即应有
$$F_k = (X_a Y_k - X_k Y_a) > 0$$

3. K 在直线 OA 的下方 (图 1-11 (c))

此时
$$\frac{X_a}{Y_a} > \frac{X_k}{Y_k}$$

或
$$X_a Y_k - X_k Y_a < 0$$

即应有
$$F_k = (X_a Y_k - X_k Y_a) < 0$$

上述判别式的计算过程, 可利用递推法予以简化。为此, 设 X, Y 方向的步距为 1。当画笔自 K 向 “+X” 方向走一步达到 “K+1” 点时, 则 “K+1” 点的坐标应为 $(X_k + 1, Y_k)$, 将其代入 “K+1” 点的判别式得

$$\begin{aligned} F_{K+1} &= X_a Y_k - (X_k + 1) Y_a \\ &= X_a Y_k - X_k Y_a - Y_a \\ &= F_k - Y_a \end{aligned}$$

如果画笔自点 K 不是向 “+X” 方向, 而是向 “+Y” 方向走了一步达到 “K+1” 点的, 则 “K+1” 点的坐标应为 $(X_k, Y_k + 1)$, 将它代入 “K+1” 点的判别式得

$$\begin{aligned}
 F_{k+1} &= X_a (Y_k + 1) - X_k Y_a \\
 &= X_a Y_k + X_a - X_k Y_a \\
 &= F_k + X_a
 \end{aligned}$$

这样，画笔每向“+X”方向走一步，只需在原判别式值中减去终点Y坐标 Y_a ；每向“+Y”方向走一步，只需在原判别式值中加上终点X坐标 X_a ，即可得到该点的判别式的值，而该值又是下一点的判别式的基值，如此递推直到终点。很明显，这种算法还把所有乘法运算的判别式求值转换为加减法运算了。

如表1-2所示，为第一象限内的直线OA进行插补运算过程。始点为O(0, 0)，终点为A(4, 5)，设绘图机的步距为1，并规定：当判别式 $F \geq 0$ 时，即画笔位于直线上或直线的上方时，令其向“+X”方向走一步；当 $F < 0$ 时，即画笔位于直线的下方时，令其向“+Y”方向走一步。

表1-2 直线插补运算过程

序号	偏差判别	走步方向	偏差计算	J	序号	偏差判别	走步方向	偏差计算	J
0	0	0	0	9	1	$F=0$	+ΔX	$F_1 = F_0 - Y_a = -5$	8
2	$F_1 < 0$	+ΔY	$F_2 = F_1 + X_a = -1$	7	3	$F_2 < 0$	+ΔY	$F_3 = F_2 + X_a = 3$	6
4	$F_3 > 0$	+ΔX	$F_4 = F_3 - Y_a = -2$	5	5	$F_4 < 0$	+ΔY	$F_5 = F_4 + X_a = 2$	4
6	$F_5 > 0$	+ΔX	$F_6 = F_5 - Y_a = -3$	3	7	$F_6 < 0$	+ΔY	$F_7 = F_6 + X_a = 1$	2
8	$F_7 > 0$	+ΔX	$F_8 = F_7 - Y_a = -4$	1	9	$F_8 < 0$	+ΔY	$F_9 = F_8 + X_a = 0$	0

表中的J为终点判别次数，为X和Y方向走步数的总和，当为零时即停机。

图1-12为该直线的插补走步图。

当在不同象限内画直线时，所规定的判别式值与走步方向，在图1-13中示出。

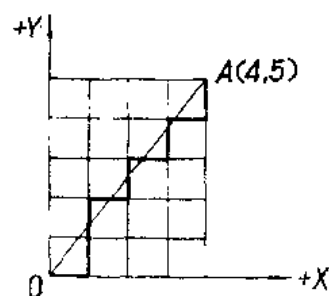


图1-12 直线插补走步图

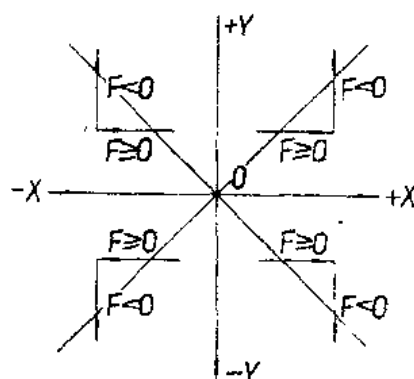


图1-13 不同象限的走步方向

二、圆弧插补

圆弧插补也是根据画笔当时的位置是在圆弧上，圆弧外或圆弧内进行判别的。

图 1-14 所示为第一象限内的圆弧，其半径为 R ，圆心位于坐标原点上，其方程式为

$$X^2 + Y^2 = R^2$$

对于圆弧上的点应有 $X^2 + Y^2 = R^2$

对于圆弧外的点应有 $X_k^2 + Y_k^2 > R^2$

对于圆弧内的点应有 $X_{k1}^2 + Y_{k1}^2 < R^2$

如令圆弧关于点 K 的判别式为 F_k

$$F_k = X_k^2 + Y_k^2 - R^2$$

并规定逆时针画圆， $F_k \geq 0$ 时，画笔向

“ $-X$ ”走一步； $F_k < 0$ 时，画笔向 “ $+Y$ ”

走一步。

圆弧插补时，其判别式的值也可以递推。例如，设绘图机的步距为 1，则当画笔自点 K 向 “ $-X$ ” 走一步到 “ $K-1$ ” 点 $(X_k - 1, Y_k)$ 时，应有

$$\begin{aligned} F_{k-1} &= (X_k - 1)^2 + Y_k^2 - R^2 \\ &= X_k^2 - 2X_k + 1 + Y_k^2 - R^2 \\ &= F_k - 2X_k + 1 \end{aligned}$$

同理，当画笔不是自点 K 向 “ $-X$ ” 走一步，而是向 “ $+Y$ ” 走一步到 “ $K+1$ ” 点 $(X_k, Y_k + 1)$ ，应有

$$\begin{aligned} F_{k+1} &= X_k^2 + (Y_k + 1)^2 - R^2 \\ &= X_k^2 + Y_k^2 + 2Y_k + 1 - R^2 \\ &= F_k + 2Y_k + 1 \end{aligned}$$

即画笔每向 “ $-X$ ” 走一步，只需在原判别式值上加 $-2X_k + 1$ ，即得 “ $K-1$ ” 点的判别式值。而每向 “ $+Y$ ” 走一步，只需在原判别式值上加 $2Y_k + 1$ ，即得 “ $K+1$ ” 点的判别式值。

表 1-3 示出了第一象限内圆弧 AB 沿逆时针方向进行插补运算的过程。点 A 为 $(5, 0)$ ，点 B 为 $(0, 5)$ 。为了方便，仍取绘图的步距为 1。

表 1-3 圆弧插补运算过程

序号	偏差判别	走步方向	偏差计算	走步坐标
1	$F_0 = 0$	$-\Delta X$	$F_1 = F_0 - 2X_0 + 1 = 0 - 10 + 1 = -9$	$X_1 = 4, Y_1 = 0$
2	$F_1 < 0$	$+\Delta Y$	$F_2 = F_1 + 2Y_1 + 1 = -9 + 0 + 1 = -8$	$X_2 = 4, Y_2 = 1$
3	$F_2 < 0$	$+\Delta Y$	$F_3 = F_2 + 2Y_2 + 1 = -8 + 2 + 1 = -5$	$X_3 = 4, Y_3 = 2$

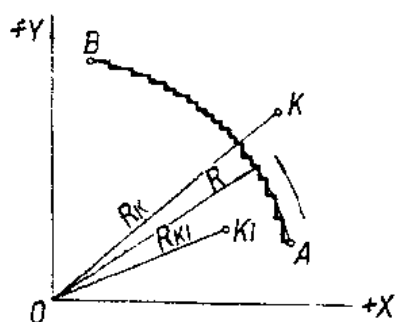


图 1-14 圆弧插补

续表 1-3

序号	偏差判别	走步方向	偏差计算	走步坐标
4	$F_3 < 0$	$+\Delta Y$	$F_4 = F_3 + 2Y_3 + 1 = -5 + 4 + 1 = 0$	$X_4 = 4, Y_4 = 3$
5	$F_4 = 0$	$-\Delta X$	$F_5 = F_4 - 2X_4 + 1 = 0 - 8 + 1 = -7$	$X_5 = 3, Y_5 = 3$
6	$F_5 < 0$	$+\Delta Y$	$F_6 = F_5 + 2Y_5 + 1 = -7 + 6 + 1 = 0$	$X_6 = 3, Y_6 = 4$
7	$F_6 = 0$	$-\Delta X$	$F_7 = F_6 - 2X_6 + 1 = 0 - 6 + 1 = -5$	$X_7 = 2, Y_7 = 4$
8	$F_7 < 0$	$+\Delta Y$	$F_8 = F_7 + 2Y_7 + 1 = -5 + 8 + 1 = 4$	$X_8 = 2, Y_8 = 5$
9	$F_8 > 0$	$-\Delta X$	$F_9 = F_8 - 2X_8 + 1 = 4 - 4 + 1 = 1$	$X_9 = 1, Y_9 = 5$

图 1-15 (a) 为该圆弧的插补运算的走步图。

同样, 逆时针绘制其他象限的圆弧时, 对不同判别式值规定的走步方向如图 1-15 (b) 所示。

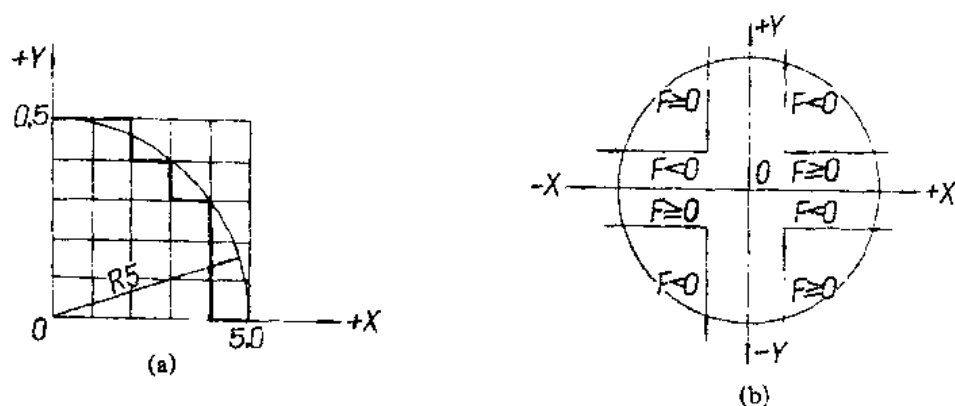


图 1-15 圆弧插补走步图

§ 1-3 图形显示系统及其工作原理

前节所述的自动绘图系统一般称为静态绘图, 即就是在绘图过程中, 运行预先编好的绘图程序时, 人不能再进行干预, 这就使图形处理受到了很大的限制。图形显示系统的出现, 可使静态绘图发展成动态绘图, 其图形可依据需要进行修改, 以达到满意的结果。这种系统一般称为交互式计算机绘图系统, 或计算机图形显示系统。它在计算机辅助设计中, 有着特殊重要的地位。

一、图形显示系统的分类

当前, 图形显示系统大体可以分为以下几种类型。

1. 显示控制器控制单台显示器

控制器和主计算机的接口以及其他输入、输出设备相连。除数据传送以及来自控制台的中断处理外, 完全可以脱机进行图形显示。其结构框图如图 1-16 所示。