

JISUANJI FUZHU CHUANTI XIANXING SHEJI

周超骏 编

计算机辅助
船体线型设计

上海交通大学出版社

363144

计算机辅助船体线型设计

周超骏 编



上海交通大学出版社

沪新登字 205 号

内 容 简 介

本书是作者在上海交通大学多年使用教学讲义和从事数学船型研究的基础上编写而成的。经船舶工程教材委员会审定为高等院校船舶工程专业的教材。主要内容有:计算机绘图的基本知识——二维图形变换、三维图形变换;表达船体线型的数学基础——三次样条函数、孔斯曲面、贝齐尔曲面、B样条曲面;船体数学线型设计——纵向函数法、吃水函数法、新二次曲线法、曲面法和母型改造法等。

全书紧密围绕船体数学线型设计的方法和过程,着重介绍数学模型的建立与分析。

本书可作为高等院校船舶工程专业的教材,亦可供从事船舶工程及其他外型设计的技术人员参考。

D296 / 17

计算机辅助船体线型设计

出 版: 上海交通大学出版社
(淮海中路1984弄19号)

发 行: 新华书店上海发行所

印 刷: 常熟文化印刷厂

开 本: 787×1092(毫米) 1/16

印 张: 11

字 数: 273000

版 次: 1992 年 7 月 第 1 版

印 次: 1992 年 7 月 第 1 次

印 数: 1—1480

科 目: 273—319

ISBN 7—313—01045-1/U·66

定价: 3.25 元



前 言

传统的船舶线型设计是依靠造船设计师的经验,并用手工方法绘制出小比例的线型图,其型值都是离散点子。建造前,必须先对船体线型进行三向光顺,经过光顺后的线型数据才能作为船体建造的依据。因此费时费力。

长期以来,许多造船工作者就致力于用数学方法来生成船体线型的研究,试图求得最小阻力的线型。由于计算技术不够发达,数学表达的船体线型与实际的船型差距很大,没有达到预期的目标。

随着计算技术的发展和计算机在造船工业中的广泛应用,近年来用数学方法表达的船体线型有了突破性的进展。国外一些著名的造船集成系统中,用数学表达的线型不经过三向光顺直接用于多种类型船舶的建造。它与数控绘图机配合,使船舶设计与制造实现了自动化。数学线型的研究为计算机辅助设计与制造开辟了新的途径。

船舶设计与建造中,绘图的工作量是很大的。如建造一艘万吨级船舶需要绘制一千多张图纸,需要许多设计人员花很多时间。数学表达的线型为计算机绘图提供了精确的数据,计算机绘图使设计人员从艰辛的绘图工作中解放出来,去从事更为重要的创造性劳动,使设计人员的智慧得到充分发挥。在计算机辅助船体线型设计中,数学线型设计与计算机绘图是紧密配合的,两者不可缺一,因此在本书中对计算机绘图的基本知识及有关数学基础知识作一些介绍。

大连理工大学造船系纪卓尚教授对本书进行了主审,特此表示感谢!

由于编者水平有限,书中难免会存在缺点错误,欢迎读者批评指正。

编 者

1991年10月

目 录

第一章 计算机绘图系统的基本知识	1
§1.1 计算机绘图系统硬件的组成	1
§1.2 绘图机的作图原理	5
§1.3 计算机绘图系统的软件	8
第二章 二维图形变换	11
§2.1 矩阵的乘法	11
§2.2 点的变换	13
§2.3 直线变换	14
§2.4 中点变换	15
§2.5 平行线	16
§2.6 旋转变换	16
§2.7 平移变换和齐次坐标	18
§2.8 绕任一点旋转	20
第三章 三维图形变换	22
§3.1 平移变换	22
§3.2 变比变换	24
§3.3 旋转变换	26
§3.4 压缩变换	28
§3.5 透视变换	30
§3.6 立体的透视坐标变换	33
第四章 曲线	40
§4.1 三次样条函数	40
§4.2 累加弦长三次参数样条曲线	44
§4.3 最小二乘法	47
§4.4 正交多项式	48
§4.5 贝齐尔曲线	51
§4.6 B样条曲线	55
§4.7 非代数方程曲线族	67
第五章 曲面	72
§5.1 放样曲面	72
§5.2 孔斯曲面	74
§5.3 贝齐尔曲面	82
§5.4 B样条曲面	87
§5.5 曲线与曲面片的拼接	91

第六章 船体数学线型设计	96
§6.1 纵向函数法	97
§6.2 吃水函数法	117
§6.3 单位曲线族函数法	121
§6.4 曲面片法	125
§6.5 新二次曲线法	137
§6.6 肥大船型线型数学表达	140
§6.7 保角变换函数法	148
第七章 母型船改造法	155
§7.1 主尺度变换	155
§7.2 横剖面积曲线变换	155
§7.3 舭剖面变换	161
§7.4 水线面变换	164
附录	166
1. 三次贝齐尔曲线计算程序	166
2. 三次B样条曲线计算程序	167
3. 双三次贝齐尔曲面计算程序	169
参考文献	170

第一章 计算机绘图系统的基本知识

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，还必须有产生图形的能力。

本章简要地介绍计算机生成图形的硬件组成和绘图机的作图基本知识。

§1.1 计算机绘图系统硬件的组成

利用计算机进行绘图时，首先对所画图形进行数学处理，然后用该计算机使用的语言编写源程序，通过输入设备输入到计算机的内存贮器中。由计算机进行编译和图形处理后，直接控制绘图机绘出图形。为了在计算机绘图过程中可以按人的意志修改图形，创造了能进行人一机对话的交互式绘图系统。图 1-1 是多用户交互式计算机绘图系统的示意图。下面介绍该系统的主要设备。

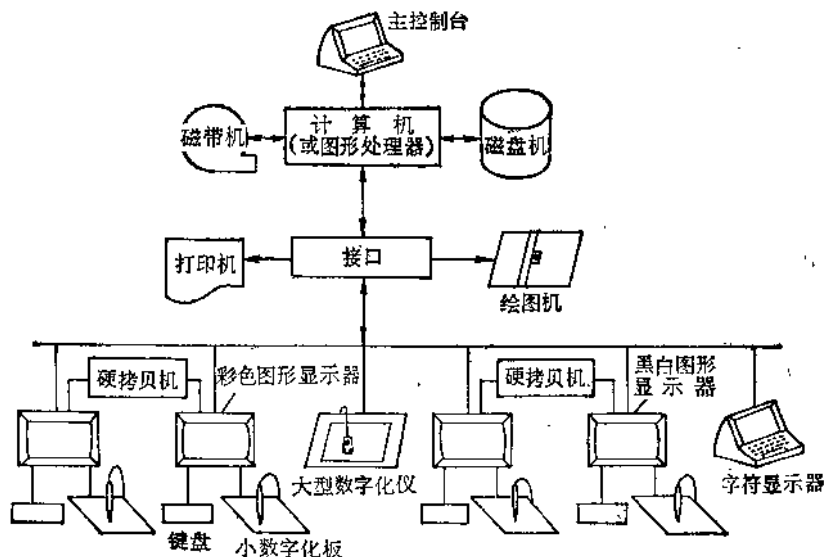


图 1-1 多用户交互式计算机绘图系统的示意图

一、计算机

计算机是自动绘图系统的核心部分。它除了能将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正常工作外，还起着图形处理器的作用。它通过输入设备接受绘图程序或图形坐标信息，经过图形数据处理后，可通过输出设备输出字符或图形。

目前，由于小型计算机内存容量的扩大，外存容量（指贮存在磁盘、磁带上）可按需要选择，又可多用户同时工作，所以，常用小型计算机可作为绘图系统的控制机，也有的用微型计

算机作为绘图系统的控制机。

二、输入、输出设备

常用的非图形输入、输出设备有键盘、电传打字机、字符显示器、宽行打印机等。图形输入设备有键盘、小数字化板、大型数字化仪等。图形输出设备有图形显示器、硬拷贝机、绘图机等。

1. 小数字化板

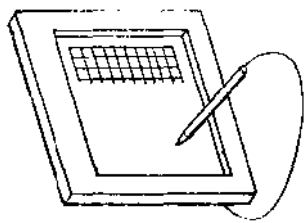


图 1-2 小数字化板

小数字化板又称图形输入板。由图 1-1 可知,小数字化板、键盘和图形显示器可作交互式绘图用。当电笔压向板面时,电笔所在的坐标位置(即 X 、 Y 坐标值)能被感知,并在图形显示器的荧光屏上显示出相应坐标位置。它有删除、作图、标点和指示清单等功能。图 1-2 是小数字化板的示意图。小数字化板的精度以分辨率来衡量,就是以相邻两点之间可分辨的最小距离来衡量,小数字化板的分辨率在 0.25mm 到 0.025mm 之间。由于用小数字化板进行交互式

绘图;在操作上符合人的习惯,精度也能满足一般绘图的需要,故得到广泛的使用。

2. 大型数字化仪

大型数字化仪主要用来输入复杂的图形。它可把图形转换成坐标数据形式,贮存在计算机的磁盘或磁带上,也可以重新在图形显示器或绘图机上复制成图。它比小数字化板的有效面积更大,精度也较高。直接输入图形时,操作者把图纸放在面板上,使用带有若干按键和精密十字准线的盘状指示器跟踪图线移动,就能完成读取图线的坐标数据工作。

3. 图形显示器

图形显示器是交互式绘图系统中不可缺少的图形输出设备。光笔图形显示器常用阴极射线管(CRT)作显示器件。它既能作为图形输入装置,又能作为图形输出装置。通过光笔和键盘实现人一机对话。这样就能把人的思维能力、创造性与计算机的高速运算能力有机地结合起来。把它用在计算机辅助设计(CAD)系统中,既可以把设计方案用图形显示出来又可以运用光笔按设计者的意图对图形进行修改。

目前常用的图形显示器有动态刷新式、存储管式、光栅扫描式三种类型。

(1) 动态刷新式图形显示器

这种显示器的特点是具有高度的动态性能,较高的分辨率,图形清晰、图线光滑。但它显示图形时受画线长度的限制,在显示复杂图形时受到影响。此外,它体积大、成本高。

(2) 存储管式图形显示器

这种显示器的特点是图形保持时间较长,分辨率高,图形稳定。但显示画面速度慢,修改画面时必须抹去整个画面重画,难以进行动态显示。此外,它对比度低、不能进行彩色显示。

(3) 光栅扫描图形显示器

这种显示器的特点是可以抹去部分画面,能进行动态图形显示,能无闪烁地显示复杂图形,可进行彩色显示。但精度较低,显示曲线不光滑。此外,它价格便宜,是目前图形显示器发展的主流。

4. 光笔

光笔是一种检测光的装置,是实现人与计算机、图形显示器之间联系的一种有效工具。光笔的主要功能是指点与跟踪。所谓指点就是在屏幕上有图形时,选取图形上某一点为参考点,对图形进行某种处理。所谓跟踪就是用光笔拖动光标在显示屏上任意移动,从而在屏幕上直接输入图形。在交互图形系统中,常用光笔点菜单。

5. 硬拷贝机

硬拷贝机能把图形显示器荧光屏上的图形和文字复制到特种纸上。拷贝出的图可供绘制正式图前进行检查之用,也可作为资料保存,但图形清晰度稍差。

三、绘图机

绘图机是绘图系统的主要设备。它由电子计算机控制自动完成各种绘图动作。常用的绘图机分成滚筒式 and 平台式两类。

1. 滚筒式绘图机

图 1-3 是滚筒式绘图机的示意图。绘图纸卷覆盖在滚筒上,滚筒的两边有链轮,图纸的两侧有链孔。当步进电机通过传动机构带动滚筒旋转时,链轮就带动图纸来回移动,形成 X 方向运动。 Y 方向的运动是由笔架的移动来完成的。依靠这两个运动就可绘制图形。这种绘图机结构简单,绘图速度快,在 X 方向上可以连续绘制几十米长的图形,但需要用两侧有链孔的专用图纸。

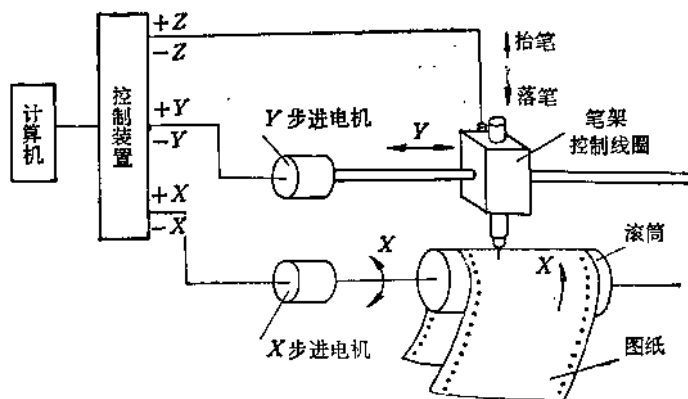


图 1-3 滚筒式绘图机传动示意图

2. 平台式绘图机

根据驱动方式的不同,平台式绘图机可分为有导轨、横梁的平台式绘图机及无导轨、横梁的平面电机式绘图机。

图 1-4 是有导轨、横梁的平台式绘图机的示意图。横梁沿导轨作 X 方向运动,笔架在横梁上作 Y 方向运动,这样就可绘制图形。这种绘图机因为移动部件惯性大,故绘图速度较低,但绘图精度要比滚筒式绘图机高,因此,比较适宜于绘制复杂的曲线。

平面电机式绘图机的驱动部件是平面电机。电机的定子是平板,动子可在定子平板下作直线运动,所以它不需要其他传动机构,如图 1-5 所示。因为动子上直接装笔架,故运动部件非常轻,而且动子与定子之间又是气体摩擦,所以平面电机式绘图机绘制直线时可达很高的速度。一般可达 60m/min 以上,加速度可达 $1\sim 2g$ (g 为重力加速度)。

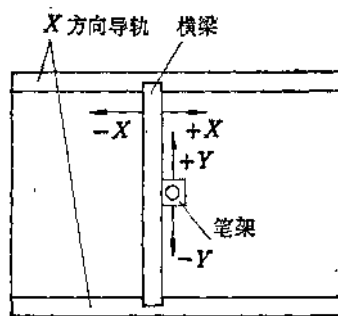


图 1-4 平台式绘图机

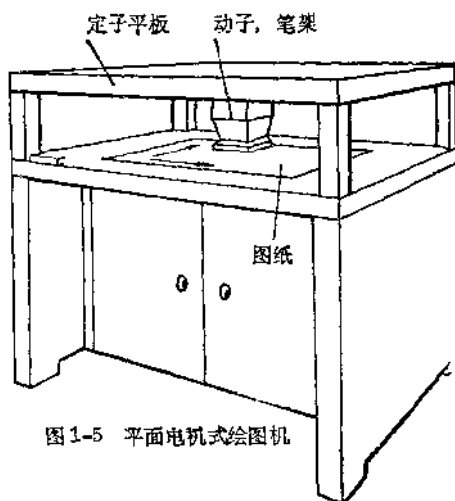


图 1-5 平面电机式绘图机

四、绘图机的主要技术指标

绘图机的主要技术指标有绘图速度、步距、绘图精度、绘图机功能等项目。

1. 绘图速度

绘图速度是指绘图机上画笔移动的速度。它应该有两个指标，一是最高速度，二是加速度。画图时，画笔由静止状态到运动状态再停下来。画笔是作变速运动。因此绘图机的加速度决定了绘图速度的高低。如一台绘图机的绘图速度很高，而加速度较小，则画笔达到最高速度要很长时间，故这台绘图机总的绘图速度不会很快。只有绘图速度和加速度都很大时，该绘图机才能达到速度快、效率高的指标。

绘图机的速度以 m/min 计，加速度以 $g(9.8m/s^2)$ 计。如平面电机式绘图机的加速度可达到 $1\sim 2g$ ，一般它的绘图速度可达到 $60\sim 90m/min$ 。

2. 步距

步距也称脉冲当量、分辨率。当计算机向驱动部件发出一个走步脉冲时，驱动部件就带动画笔(或图图纸)移动一个步距。绘图机的步距一般在 $0.1\sim 0.01mm$ 之间，步距越小，绘图机的精度越高。

3. 绘图精度

绘图精度是指实际绘制的图线与理论图线之间的误差率，它包括下面几项。

(1) 静态精度：画笔作单方向移动时，实际移动距离与按脉冲计算的位移之差。

(2) 重复精度：画笔从出发点移动一定距离后，再回到出发位置时，出发点与实际终点之间的偏差。

(3) 零位精度：画笔从零位移动到绘图台面所允许的最大距离，再返回零位时，零位与实际终点间的偏差。

(4) 总精度：积累误差的允许值。

4. 绘图机功能

绘图机功能是指绘图机能绘制图形的复杂程度，如图幅大小、绘图机的插补功能(指能否插补直线、圆、抛物线等)、装画笔的数量。曲线拟合功能等。

五、绘图机的联接方式

绘图机与计算机之间的联接方式可分成联机方式和脱机方式两种。

图 1-6(a) 是联机方式的示意图。计算机把用户输入的绘图程序进行处理,形成绘图数据,通过接口输给绘图机。计算机直接控制绘图机每个动作。这种联接称为联机方式。它的优点是可直接得到图形。但计算机的计算速度大大快于绘图机的绘图速度,联机工作必然造成计算机等待绘图机的动作,大量浪费计算机的时间,增加绘图成本。因此这种联机方式多用于分时系统中。

图 1-6(b)是脱机联接方式。它的特点是计算机处理后,得出的绘图数据不直接输到绘图机,而是纪录到磁带上,计算机可进行其他工作。绘图时,从磁带上读取绘图数据,通过控制器(或微型计算机)控制绘图机工作。这种脱机方式可节省计算机的使用时间,降低绘图成本。近年来由于微型计算机大量发展,用微型计算机来控制绘图机既经济又方便,所以脱机联接的方式应用较多。

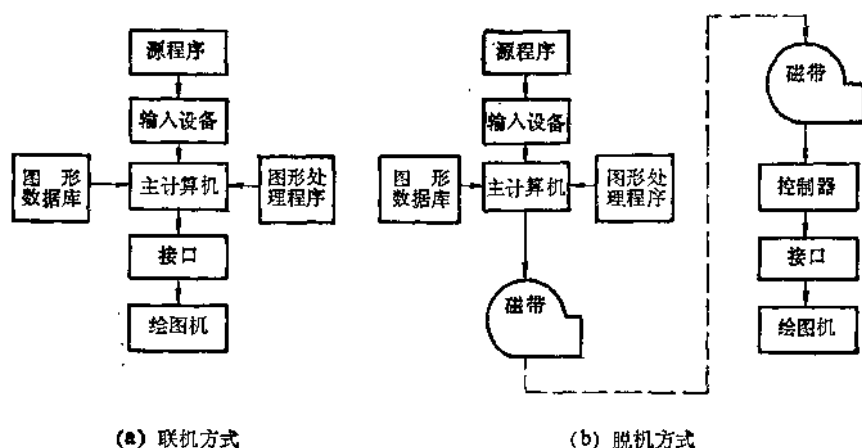


图 1-6 绘图机的联接方式

§1.2 绘图机的作图原理

绘图机作图时,画笔或纸的移动是由计算机控制驱动部件(如步进电机)来实现的。当计算机向驱动部件发出一个走步脉冲信息,驱动部件就带动画笔(或画图纸)移动一个步距。因为画笔只能作 X 或 Y 方向运动,所以绘图机不能画出理想的线条,只能画出逼近理想线条的折线。下而来讨论画笔逼近理想线条的方法。

一、绘图笔的动作

绘图笔除能作 X 或 Y 方向走步外,还能作下面几种动作。

抬笔:使笔尖离开纸面,准备空走。

落笔:使笔尖接触纸面,准备画线。

回机器零点:抬笔走到绘图机台面左下角的固定点。

回图形原点:抬笔走到用户定义的绘图坐标的原点。

选笔:多笔绘图机有选用某一枝画笔的功能。

二、绘图笔的走向

因为绘图机的笔架只能作 X 和 Y 轴向运动,所以绘图机可能有八个方向的走步,即

$+X, +Y, -X, -Y, +X+Y, +X-Y, -X+Y, -X-Y$ 。八个方向的走步如图1-7所示。

但是大多数绘图机只提供四个基本走步方向,即 $+X, +Y, -X, -Y$ 。对于其他方向的线段都是用这四个基本方向的走步逐步逼近的。如要画一条不属于基本走向的斜线 OM ,实际上画的是一条阶梯状的折线,如图1-8所示。由于绘图机的步距很小,如步距小于 0.05mm 时,用肉眼看不出所画线段的阶梯形状,而成为相当光滑的直线了。绘制曲线也是用画折线的方法逐渐向理论曲线逼近的。

从图1-8可以看到绘图机画 OM 直线时,必须在 OM 两点之间插入许多点(即每一步的终点)。这种把线段分解和加密,并补进许多点的过程称为插补。插补的原则是每走一步都要向理论线逼近,所以绘图机走完一步后,都要求计算机进行运算、判别,决定下一步应向哪个方向走,才能向理论线段逼近。为了提高计算机的使用效率,有的绘图系统使用专用设备——插补机来进行插补运算工作。

插补运算的方法有很多种,如逐点比较法、正负法、数字积分法、微分分析法等。下面仅介绍常用的逐点比较法。

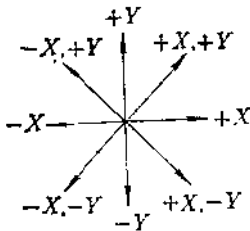


图1-7 八个走步方向

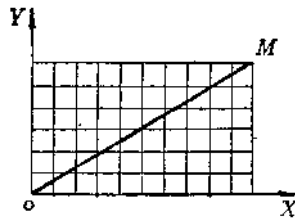


图1-8 用阶梯线代替直线

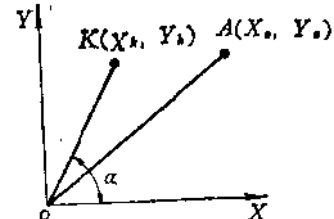


图1-9 直线的插补

三、直线的插补

如图1-9,要画第一象限内的直线 OA ,始点为 $O(X_0, Y_0)$,终点为 $A(X_a, Y_a)$,画笔当前的位置 $K(X_k, Y_k)$ 。 K 点相对于 OA 有三种不同位置: K 点在 OA 线上方; K 点在 OA 线上; K 点在 OA 线下方。

如 K 点在 OA 线上,则

$$\frac{Y_k}{X_k} = \frac{Y_a}{X_a} = \tan \alpha$$

$$X_a Y_k = X_k Y_a$$

即

$$\text{令 } F_k = X_a Y_k - X_k Y_a;$$

当 K 在 OA 线上时, $F_k = 0$;

当 K 在 OA 线上方时, $F_k > 0$;

当 K 在 OA 线下方时, $F_k < 0$;

对第一象限内的直线,插补时规定:

当 $F_k \geq 0$,画笔沿 $+X$ 方向走一步,用 $+\Delta X$ 表示;

当 $F_k < 0$,画笔沿 $+Y$ 方向走一步,用 $+\Delta Y$ 表示。

当 $F_k \geq 0$,画笔沿 $+X$ 方向移动一个单位步长,移动后的坐标为

$$X_{k+1} = X_k + 1; Y_{k+1} = Y_k$$

新的偏差

$$F_{k+1} = X_a Y_{k+1} - X_{k+1} Y_a = X_a Y_{k+1} - (X_k + 1) Y_a = F_k - Y_a$$

当 $F_k < 0$ 时, 画笔沿 $+Y$ 方向移动一个单位步长, 移动后的坐标为

$$\begin{aligned} X_{k+1} &= X_k \\ Y_{k+1} &= Y_k + 1 \end{aligned}$$

新的偏差

$$F_{k+1} = X_a Y_{k+1} - X_{k+1} Y_a = X_a (Y_k + 1) - X_k Y_a = F_k + X_a$$

从上面可知, 直线的插补运算只有加减的运算, 可根据上一步的偏差值和终点坐标推算出下一步的走向。这样每走一步就进行一次计算和判断, 直到终点为止。终点的判断可利用起点到终点某个方向(X 或 Y 向)坐标的总步数来判别。当 $Y_a > X_a$ 时, 终点判别用 Y 轴的总步数; 当 $X_a > Y_a$ 时, 则终点判别利用 X 轴的总步数。

如图 1-10 对第一象限内的直线 OA 进行插补运算。始点 $O(0, 0)$, 终点 $A(4, 5)$ 。设绘图机的步距为 1, 其插补运算如表 1-1 所示。

表 1-1 直线的插补过程

序 号	偏差判别	走步方向	偏 差 计 算	终 点 判 断
起 点			$F_0 = 0$	$y_a > x_a \quad \Sigma_0 = y_a = 5$
1	$F_0 = 0$	$+\Delta X$	$F_1 = F_0 - Y_a = 0 - 5 = -5$	$\Sigma_0 = 5$
2	$F_1 < 0$	$+\Delta Y$	$F_2 = F_1 + X_a = -5 + 4 = -1$	$\Sigma_1 = 5 - 1 = 4$
3	$F_2 < 0$	$+\Delta Y$	$F_3 = F_2 + X_a = -1 + 4 = 3$	$\Sigma_2 = 4 - 1 = 3$
4	$F_3 > 0$	$+\Delta X$	$F_4 = F_3 - Y_a = 3 - 5 = -2$	$\Sigma_2 = 3$
5	$F_4 < 0$	$+\Delta Y$	$F_5 = F_4 + X_a = -2 + 4 = 2$	$\Sigma_3 = 3 - 1 = 2$
6	$F_5 > 0$	$+\Delta X$	$F_6 = F_5 - Y_a = 2 - 5 = -3$	$\Sigma_3 = 2$
7	$F_6 < 0$	$+\Delta Y$	$F_7 = F_6 + X_a = -3 + 4 = 1$	$\Sigma_4 = 2 - 1 = 1$
8	$F_7 > 0$	$+\Delta X$	$F_8 = F_7 - Y_a = 1 - 5 = -4$	$\Sigma_4 = 1$
9	$F_8 < 0$	$+\Delta Y$	$F_9 = F_8 + X_a = -4 + 4 = 0$	$\Sigma_5 = 1 - 1 = 0$ (到达终点)

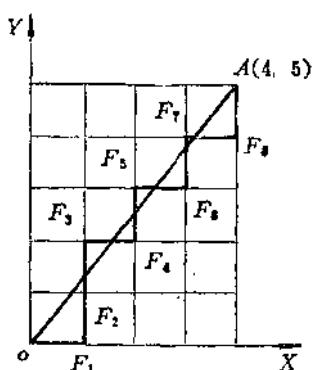


图 1-10 直线插补运算

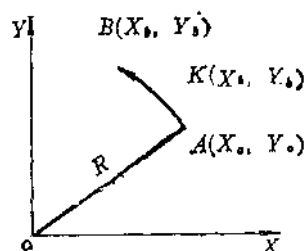


图 1-11 圆弧的插补

对于其他象限的直线插补方法是相同的, 其差别仅是规定不同象限内插补的走步方向有所不同。

四、圆弧的插补

如第一象限内的圆弧 $\widehat{AB}$ (图 1-11), 始点 $A(X_a, Y_a)$, 终点 $B(X_b, Y_b)$, 圆心为原

点 O , 半径为 R 。若画笔当前位置为 $K(X_k, Y_k)$, 则 K 点相对于圆弧 $\widehat{AB}$ 有三种不同的位置, 即: K 在 $\widehat{AB}$ 上; K 在 $\widehat{AB}$ 外侧; K 在 $\widehat{AB}$ 内侧。令

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

F_k 称为圆弧插补的偏差判别式。

当 K 在 $\widehat{AB}$ 上时, $F_k = 0$;

当 K 在 $\widehat{AB}$ 外侧时 $F_k > 0$;

当 K 在 $\widehat{AB}$ 内侧时 $F_k < 0$ 。

对于第一象限内的圆弧, 沿逆时针方向插补时规定:

当 $F_k \geq 0$ 时, 画笔沿 $-X$ 方向走一步, 用 $-\Delta X$ 表示;

当 $F_k < 0$ 时, 画笔沿 $+Y$ 方向走一步。用 $+\Delta Y$ 表示。

对圆弧的偏差判别式可进行如下的简化:

当 $F_k \geq 0$ 时, 沿 $-X$ 方向移动一个单位步长, 移动后的坐标为:

$$X_{k-1} = X_k - 1$$

$$Y_{k-1} = Y_k$$

新的偏差

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

当 $F_k < 0$ 时, 沿 $+Y$ 方向移动一个单位步长, 移动后的坐标为:

$$X_{k+1} = X_k$$

$$Y_{k+1} = Y_k + 1$$

新的偏差

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

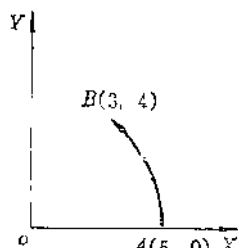


图 1-12 圆弧插补运算

所以圆弧插补可根据前一步的偏差值和坐标值, 算出当前的新的偏差值, 从而推算出下一步的走步方向。每走一步进行一次计算、判别, 直到终点为止。终点的判断可用沿两坐标方向走步的总数作为计数之和。

例如对第一象限内圆弧 $\widehat{AB}$ 沿逆时针方向进行插补运算 (图 1-12), 始点 $A(5, 0)$, 终点 $B(3, 4)$, 圆心 $O(0, 0)$, 半径 $R=5$, 绘图机的步长为 1, 其插补运算如表 1-2 所示。

§1.3 计算机绘图系统的软件

有了电子计算机、自动绘图机等基本硬件以后, 还只是具备了实现自动绘图的部分必要条件。要高速、灵活、方便地绘出图形, 还必须具备完善的绘图软件系统。

通常, 绘图软件系统是由用高级算法语言编写的一些具有各种绘图功能的子程序组成的, 故也叫作绘图子程序系统 (或绘图程序包)。绘图子程序系统由基本子程序、功能子程序和应用于程序三部分构成。基本子程序是直接于绘图机等硬件有关的一些子程序, 通常

表 1-2 圆弧的插补过程

序 号	偏差判别	走步方向	偏 差 计 算	终 点 判 断
起点			$F_0=0 \quad X_0=5 \quad Y_0=0$	$ X_0-X_b =2$ $ Y_0-Y_b =4$ $\Sigma_0=2+4=6$ $\Sigma_1=6-1=5$
1	$F_0=0$	$-\Delta X$	$F_1=F_0-2X_0+1=0-2\times 5+1=-9$ $X_1=X_0-1=5-1=4 \quad Y_1=Y_0=0$	$\Sigma_2=5-1=4$
2	$F_1<0$	$+\Delta Y$	$F_2=F_1+2Y_1+1=-9+0+1=-8$ $X_2=X_1=4 \quad Y_2=Y_1+1=1$	$\Sigma_3=4-1=3$
3	$F_2<0$	$+\Delta Y$	$F_3=F_2+2Y_2+1=-8+2+1=-5$ $X_3=X_2=4 \quad Y_3=Y_2+1=2$	$\Sigma_4=3-1=2$
4	$F_3<0$	$+\Delta Y$	$F_4=F_3+2Y_3+1=-5+4+1=0$ $X_4=X_3=4 \quad Y_4=Y_3+1=3$	$\Sigma_5=2-1=1$
5	$F_4=0$	$-\Delta X$	$F_5=F_4-2X_4+1=0-8+1=-7$ $X_5=X_4-1=4-1=3 \quad Y_5=Y_4=3$	$\Sigma_6=1-1=0$ 到达终点
6	$F_5<0$	$+\Delta Y$	$F_6=F_5+2Y_5+1=-7+6+1=0$ $X_6=X_5=3 \quad Y_6=Y_5+1=4$	

包括绘图机驱动子程序、停止绘图子程序、画直线、控制笔的抬落和选择画笔等一些子程序。而功能子程序是在基本子程序的基础上设计的一些具有某种特定的绘图功能的子程序,如画矩形、画正多边形、画椭圆及其他一些曲线的子程序等。这部分子程序基本上对硬件没有依赖性,它反映了各行各业绘图中的一些共同的要求,通用性较强。应用子程序是根据各种专业的需要,多数是由用户自己设计的一些专业性很强的子程序,如画立体图、透视图、等值线图、船体线型图等一些子程序,不同的行业一般不能共享。

作为一个绘图软件系统,一般都要向用户提供一套比较完善的基本子程序和功能子程序,用户则在此基础上设计一些应用子程序以便绘制各种图形。下面介绍 DUAL83/20 计算机和 SR-6602 绘图机使用的绘图软件系统中的若干基本子程序和功能子程序。

(1) GINIT

功能: 打开绘图数据的输出文件,为绘图程序库的一些参数设定初始值。用户在每次绘图之前必须首先调用该子程序。执行该子程序后,绘图机自动取 1 号画笔,然后将画笔移到图板零点等待绘图。

(2) GSTOP

功能: 清除绘图机的数据缓冲区,关闭绘图机。用户在每次绘图结束前必须调用这一子程序,否则会有一部分图形数据留在绘图机的数据缓冲区中而使画出的图形不完整。执行该子程序后,图形画完并把绘图笔送回笔架,然后停止工作。

(3) PEN(N)

功能: 选择画笔。

绘图机共有六支画笔(不同颜色),绘图机初始化时为 1 号画笔,如需改换笔号,则调用这一子程序即可。

参数: N ——对应的笔号。 $N=1\sim 6$ 分别对应于 6 支画笔。

(4) SET(x_0, y_0, x_M, y_M, AF)

功能: 设置用户绘图的坐标原点,画图的比例及用户坐标系的 x 轴与图板 x 间的夹角,如图 1-13 所示,

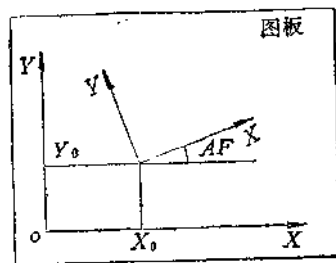


图1-13 SET子程序的参数

参数: x_0, y_0 ——用户坐标系原点的物理坐标。

x_M, y_M ——分别为 x, y 方向的画图比例系数。

AF ——用户坐标系相对图板坐标系的旋转角, 顺时针方向旋转时 AF 为负值, 逆时针方向旋转时 AF 为正值。由图 1-13 可以看出, 由于图板的坐标原点在左下角, 这样便无法向 $-x, -y$ 方向画图(越界), 因此通常都要调用 SET 子程序设置用户画图时的逻辑坐标系。

(5) PLOT(x, y, IP)

功能: 从画笔的当前位置画直线到点 (x, y) 。

参数: x, y ——绘图笔要到达的终点的坐标。

IP ——线型及笔态控制参数, 其意义如下:

$IP=2$ 落笔画实线到 (x, y) ; $IP=3$ 抬笔移动到 (x, y) ; $IP=4$ 落笔画虚线到 (x, y) ; $IP=5$ 落笔画点划线到 (x, y) ; $IP=6$ 落笔画双点划线到 (x, y) 。 $IP>0$ 只执行绘图功能; $IP<0$ 按要求完成绘图动作后以 (x, y) 点为新的用户坐标原点。

第二章 二维图形变换

在计算机图形学中的图形是由许多直线段产生的, 这些直线都是以其端点坐标描述, 例如一个长方形可以由 A, B, C, D 四个端点的平面坐标和 AB, BC, CD, DA 四条直线段依次连接成长方形, 如图 2-1 所示。改变它的连接次序, 由 AC, CD, DB, BA 四条直线段依次连接, 就成为两个相等三角形。

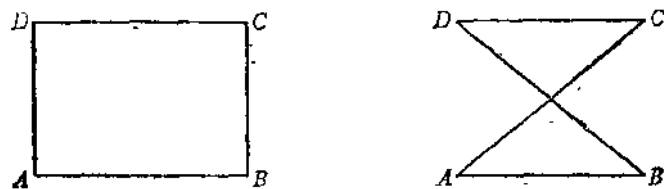


图 2-1 二维平面图形

二维图形变换就是指在不改变图形连线次序的情况下, 进行线性变换。

§2.1 矩阵的乘法

在二维空间里, 一个点可以用它的两个坐标表示, 这两个值可以用一个一行两列矩阵 $[xy]$ 或一个两行一列矩阵 $\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$ 表示。行矩阵如 $[xy]$, 或列矩阵如 $\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$, 通常被称为向量。每一个点, 相对于一个局部坐标系来说, 都是一个位置向量。二维图形由许多点组成, 这些点的位置可通过它们的矩阵来控制, 矩阵的乘法是计算机图形学中数学变换的基础。

在我们的研究中, 将把矩阵看作一个数组, 例如:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

是四个不同的矩阵。假设定义矩阵

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

则它的第二行第三列的元素是 $A(2, 3)$, 显然其值应为 6。

矩阵的乘法与两个简单数字的乘法相比要复杂得多, 它包括了元素之间的乘积与求和。事实上, 两个任意矩阵并不是都能相乘, 只有当第一个矩阵 (A) 的列数等于第二个矩阵 (B) 的行数时, 才能将两个矩阵 A 与 B 相乘。例如, 我们选 2.1 式定义的矩阵为第一个矩阵 A , B 矩阵如下: