

电子计算机教学丛书

机械图电绘程序设计 及其题例分析

金 健 编 著

JI XIE TU DIAN HUI
CHENG XU SHE JI JI QI
TI LI FEN XI

安徽教育出版社

电子计算机教学丛书

机械图电绘程序设计及其题例分析

金 健 编著

安徽教育出版社

责任编辑 孙述庆

机械图电绘程序设计及其题例分析

金 健 编著

安徽教育出版社出版

(合肥市跃进路1号)

安徽省新华书店发行 安徽新华印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 9.5 字数: 180,000

1986年12月第1版 1986年12月第1次印刷

印数: 4,000

统一书号: 7276·403 定价: 1.65元

前 言

本书是在总结电子计算机绘图教学实践的基础上编写而成的。书中对机械图样程序设计的思路、方法及图形具体处理等都认真作了阐述。为使读者学完本书也能独立上机操作，第五章以大量篇幅介绍了典型图样(平面图形、三面投影图、视图、轴测图及剖视、剖面图，还有零件图、装配图等)的详细设计过程和题例分析。为了能让读者在不同的绘图机上使用常见的几种图形程序设计语言编程，全书十六个题例的前十二例均用BASIC语言，后四例又用FORTRAN语言，以作补充。这些例子，均在DJS-130计算机控制下的HTJ-1855型绘图机上，也可在CROMEMCO或IBM-PC微型计算机控制下的SR-6602型绘图机上或BENSON绘图机上通过程序，并画出了图形(有的还画了标记等)。所画图形准确，速度较手工绘图快上百倍。剖面线、圆弧连接、尺寸标记等，比手工仪器制图精确，至于绘图功能那更是手工作图无法比拟的。

本书既可供从事图学工作的同志自学，也可作为高校、中技学校“电绘”课程教材使用。书中列举的例题所附源程序，若制作成软件，在以上提到的各类机器上均能适用，这将给教学实习或自学成才的同志提供极大的方便。

本书还介绍了图形处理的最佳方法——矩阵法理论，读者在掌握这一基础知识之后，根据题例分析可自己设计机械方面的各种图形的程序，也可设计建筑、纺织等专业的图样程序(包括透视图)。

本书编撰匆促，仍有不尽人意的地方。首先，书中虽收集了已通过的各种图样程序实例，但由于这些程序在当初设计和上机通过时，并未想到要系统地写一本教材或参考书，故这些例子还不能全面地反映电绘机械图样的全貌，象一些标准件和常用件的图样就欠缺了，尽管它的程序设计内容也与本书各例类似。另外，在有些题例中，编写的程序还不够简练，为了保持程序的实践性，未作详尽修改，只是删去了各题例与前面重复较多的内容(如尺寸标记等)，但仍保持已通过的原程序基本内容。因受版面的限制，对一些过长的语句作了适当修改，使程序略有增加。

以上存在的问题，恳请读者学习时注意，更请提出宝贵意见，以便今后修订改进，并加深和拓宽它的内容(如齿轮、轴承、箱体零件等，以及有关装配体的图样)。

在编写过程中，曾蒙中国科学技术大学王术副教授审稿。还得到有关同志在绘图等方面的大力协助，在此一并表示感谢。

金 健

1985年12月于安徽机电学院

目 录

第1章 电子计算机绘图基础	
§1—1	电子计算机绘图的进展 1
§1—2	电子计算机绘图过程 2
§1—3	自动绘图机分类 2
§1—4	计算机绘图的原理 4
第2章 机械图样程序设计	
§2—1	概述 7
§2—2	图形程序设计的基本方法 7
§2—3	图形程序编制步骤 9
第3章 图形处理的矩阵法	
§3—1	图形处理的矩阵法实质 12
§3—2	二维图形的变换矩阵 12
§3—3	三维图形的变换矩阵 18
§3—4	正轴测矩阵 22
§3—5	斜轴测矩阵 B_{CA} 25
第4章 剖面线和尺寸标记的程序	
§4—1	直线、圆弧曲线轮廓图的剖面线程序的设计和应用 27
§4—2	尺寸标记程序的设计和应用 32
第5章 电绘机械图的题例分析及其程序	
§5—1	盘形平面图形的计算与绘图程序 36
§5—2	支座平面图形的计算与绘图程序 38
§5—3	轴座平面图形的计算与绘图程序 40
§5—4	平面立体三面投影图的计算 44
§5—5	组合体两面投影图的计算与绘图程序 46
§5—6	组合体三面投影图的计算与绘图程序 49
§5—7	轴的斜二测图的矩阵运算与绘图程序 52

§5—8 平面立体的正轴测图的矩阵运算与绘图程序·····	55
§5—9 旋转剖切二视图的计算与绘图程序·····	56
§5—10 旋转剖视图的计算与绘图程序·····	59
§5—11 螺栓连接图的计算与绘图程序·····	62
§5—12 综合应用“快换钻”各主要零件图程序设计及其装配图的计算与绘图总程序·····	65
§5—13 图框的绘图子程序绘制·····	79
§5—14 平面立体的三面投影及其正轴测图的矩阵运算与绘图程序·····	80
§5—15 轴的斜二测图的矩阵运算与绘图程序·····	81
§5—16 刀具的三面投影图及其各种角度的正二测投影图的矩阵运算和绘图程序·····	83

电绘程序选例

例一.图5—1所示盘形平面图·····	86
例二.(略)·····	87
例三.(略)·····	87
例四.图5—4所示平面立体三面投影图·····	87
例五.图5—5所示组合体两面投影图·····	88
例六.图5—6所示组合体三面投影图·····	92
例七.图5—7所示斜二轴测图·····	94
例八.图5—8(a)所示正等测图·····	96
例九.图5—9所示旋转剖切二视图·····	97
例十.图5—10所示旋转剖视图·····	103
例十一.图5—11所示螺栓连接图·····	112
例十二.1.图5—12(a)所示外压环图·····	119
2.图5—12(c)所示可换套图·····	122
3.图5—12(f)所示夹头体图·····	129
4.图形U的子程序·····	136
5.快换钻装配图·····	137
例十三.图5—13所示图框子程序·····	140
例十四.1.平面立体三面投影图·····	141
2.平面立体正等测图·····	142
例十五.图5—15所示斜二测轴图·····	144
例十六.图5—16所示刀具三面投影图和各种角度投影的正二测图·····	146

电子计算机绘图基础

§1-1 电子计算机绘图的进展

随着电子计算机应用范围的扩大,计算机软件的研制,以及数控技术的发展,自动绘图设备也在不断地更新,并日趋完善。

1952年我国第一台数控铣床问世后,就有人在数控绘图方面致力开辟新的途径。到六十年代初期,第一台数控绘图机(NC系统)终于诞生,并正式使用于飞机制造业中。此后,又将数控系统与计算机联机工作,加强了数控系统的计算能力,构成计算机数值控制(CNC)系统。这个系统具有图形变换、曲线拟合、调用密指令,以及用电传打字机进行人机对话、修改图形程序、坐标读取、自动编程等功能。

计算机数控,若再配上光笔图形显示仪(CRT),便使自动绘图系统更加完备。

目前,电子计算机绘图不仅仅作为一种输出手段,而且肩负着“设计制图自动化”的重任。它是一种完全自动化进行设计、计算、方案比较、最后输出图纸和工艺卡片的“设计一体化”系统,人们只需要将设计的原始数据送入计算机,出来的就是整套的图纸及工艺卡片,这就是人们通常所说的“计算机辅助设计”。在工业企业中,或在研究、设计部门,或在高等院校中,图纸是交流技术信息,进行技术方案探讨和设计不可缺少的资料,而绘图、修改图纸及保存图纸的工作和费用,都是很高、很重的。如果能实现“计算机辅助设计”,这将会使有关部门大大减轻工作量,降低费用,缩短设计周期,提高设计质量。例如,英国曼彻斯特工学院设计了一种专门的语言,并用于设计中,实现计算机辅助设计。该院声称:世界上任何地方,只要用传真电报送去建筑要求和有关建筑设计草图,即可在几十分钟以内向对方提供建筑设计和施工的全套图纸。又如,美国××公司实现香烟包装机的计算机辅助设计专利项目,声称全国各地急需这项设计的全套资料(包括图纸),只需电报传真提供设计所需的有关数据信息,即可在1~2人完成操作计算机(包括绘图设备)系统任务之后,在无人看管下,一昼夜便可提供全套技术资料(包括图纸及工艺卡片等)。

目前,我国电子计算机绘图已在航空、造船、天文、地理、电子、建筑及机械制造等工业和科研中,得到不同程度的应用或正在深入研究过程中。但由于条件限制,应用还不广泛。从事这方面研究的人员越来越多,随着微电子技术的发展,电子计算机绘图将在不久的将来会出现一个高潮,它将为计算机辅助设计和计算图学开辟更广阔的途径。

§1—2 电子计算机绘图过程

电子计算机绘图就是把图形“数字化”（借助图形输入设备）并送入计算机进行加工、处理，再把处理的信息通过计算机程序系统由计算机图形输出设备输出图形。它的一般工作进程是：

原始资料(图纸) → 源程序单 → 穿孔机 → 源磁带(或源卡片) → 纸带输入机(或读卡机, 或键盘输入机) → 通用计算机

→ { 接口 → X、Y记录仪。
专用计算机 → 伺服系统 → 平台式(或滚筒式)绘图机。
纸带(或磁带, 或磁盘)脱机 → 纸带机, 或磁带、磁盘机。

请看图1—1所示的工艺流程。

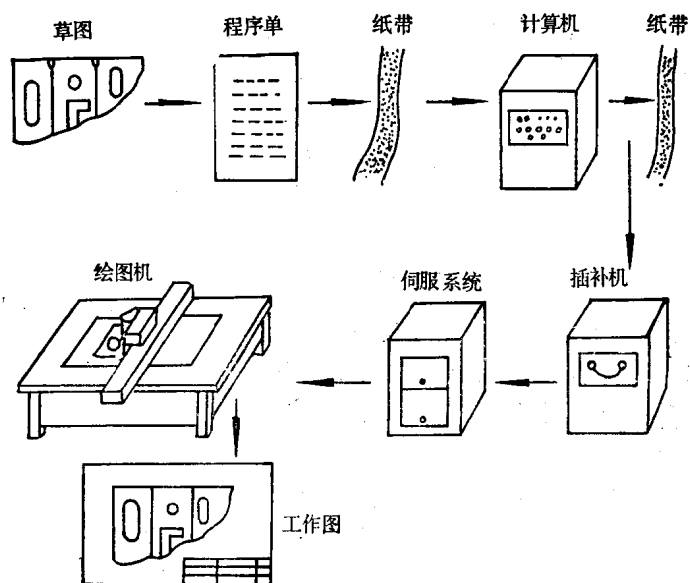


图1—1 工艺流程

§1—3 自动绘图机分类

电子计算机控制下的自动绘图的机械，称之自动绘图机。无论是由国外引进的还是国产的自动绘图机，大致可分成三种类型：

一、平台式绘图机

平台式绘图机有上海大华仪表厂生产的HTJ—1855大型数控绘图机(图1—2)，常州航海仪表厂生产的JHT—2型自动绘图机等。北京科学院东方公司出售的SR—6602型绘图机

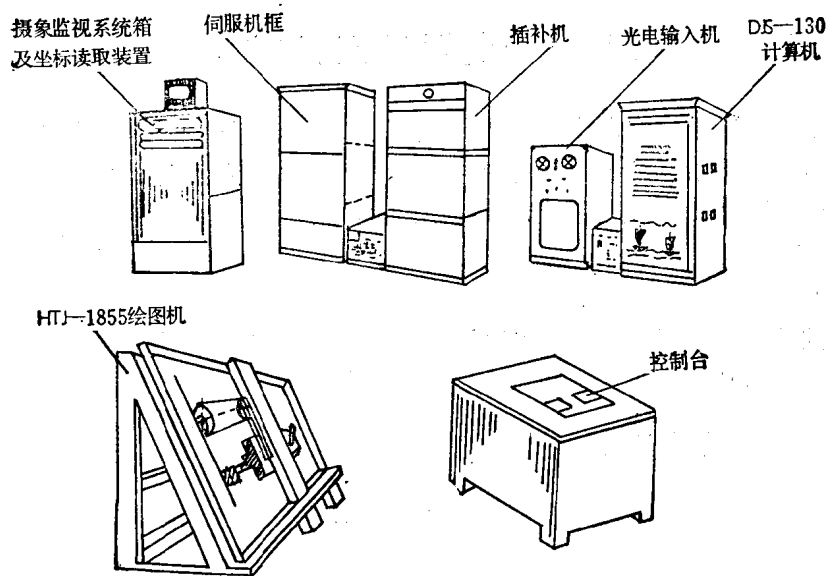


图1-2 DJS-130机及HTJ-1855型绘图机

图1-3)也是一种小型平台式自动绘图机。

二、滚筒式绘图机

这种绘图机，如法国的BENSON—132型、美国的WANG—2200系列等。

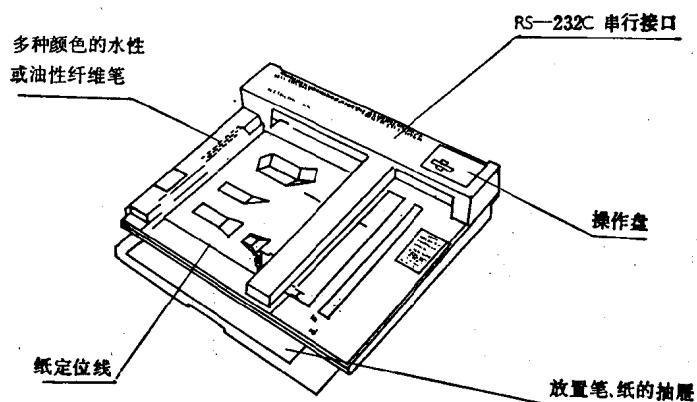


图1-3 SR-6602型绘图机

三、平面电机式绘图机

日本精工舍的XYNETICS—1200型绘图机、上海四机部1421所的PB—1200型绘图机等，都属于这一类型。

§1—4 计算机绘图的原理

计算机绘图, 通常简称为数控绘图。数控绘图实质上是一种数-图的转换过程, 即用“数”去控制绘图机绘制出图样。这个“数”, 一般包含下述三种意义:

- (1) 平面图形各线段的端点坐标值, 或空间坐标点集;
- (2) 平面曲线方程;
- (3) 已知若干离散点的坐标值。

一般数控绘图机并不具备直接产生任意曲线的能力, 在必须绘制某些高阶曲线或不规则曲线时, 总是用直线或圆弧去逼近这根曲线。把任意曲线分割成直线或圆弧的拟合计算, 可由计算机来完成。计算机通过拟合计算, 向插补机发出一段一段的直线或圆弧的插补指令。实际上, 即使是简单的直线或圆弧段, 绘图机也不能如实地画出, 而只能在精度允许的范围内用X及Y方向的微分段 ΔX 、 ΔY 来插补加密连接而成。这就是插补的意思, 如图1—4所示。

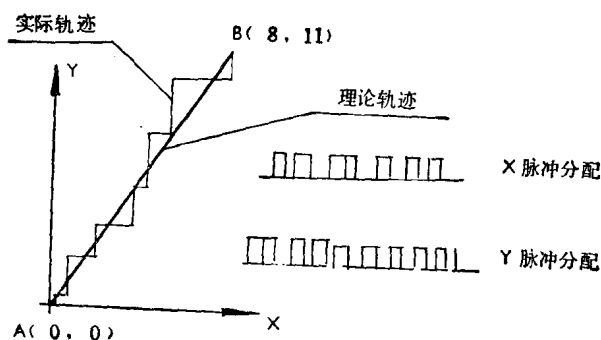


图1—4 插补轨迹和脉冲

AB直线在绘图机上绘出的实际轨迹, 是由 ΔX 、 ΔY 组成的阶梯形折线, 只要使得 ΔX 、 ΔY 的值取得足够地小(0.1mm以下), 这根由折线组成的AB直线的阶梯是看不出来的。

在插补过程中, 笔架走 ΔX 还是 ΔY , 走“+”还是“-”向, 这需要经过插补运算才能确定。这项运算通常是用插补机(专用小型电子计算机)来进行。

一、插补原理

这里只介绍逐点比较法, 如图1—5所示。

设曲线(或直线)方程 $Y=f(x)$ 的判别方程 $f(x, y)=0$, 这根曲线或直线把平面分成三部分, 即 $f(x, y)<0$ 表示在曲线或直线下部区域, $f(x, y)>0$ 表示在曲或直线上部区域, $f(x, y)=0$ 表示在曲或直线上的点集。插补运算时笔架每移动一步, 就进行一次运算, 判别出笔所处的区域, 然后发出下一步相应进行脉冲, 这样走一步算一步, 再走一步直到终点为止, 这就是逐点比较法。

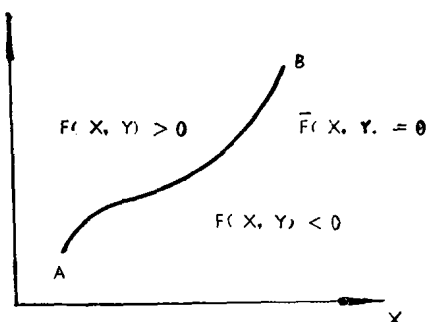


图1—5 判别原理

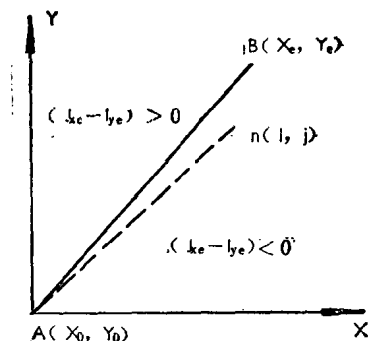


图1—6 直线判别

1. 直线的逐点比较法

请看图1—6, 设终点 $B(X_e, Y_e)$, 起点 $A(X_0, Y_0)$, 画笔瞬时所处的位置 $N(I, J)$ 。其插补过程及原理如下:

(1) 根据直线方程建立判别式。大致有以下三种情况:

若 N 点在线上, 必有 $J:I = Y_e:X_e = \tan\alpha = k$, 则有判别函数 $F(i, j) = jX_e - iY_e = 0$ 。

若 N 点在下半区时, 则 $jX_e - iY_e < 0$;

若 N 点在上半区时, 则 $jX_e - iY_e > 0$ 。

(2) 约定进给方向。

当 $F(I, J) \geq 0$ 时, 画笔处于线上或上半区内, 第一步可走 ΔX ;

当 $F(I, J) < 0$ 时, 画笔处于线的下半区内, 第一步可走 ΔY 。

(3) 逐点比较确定第二步进给方向 当 $F(I, J) \geq 0$ 时走 ΔX 之后, 则有新的判别式 $F(I + \Delta X, J) = JX_e - (I + \Delta X)Y_e$, 假设 $\Delta X = 1$ (是把脉冲当量放大100倍考虑的)。

$$JX_e - (I + 1)Y_e \begin{cases} = 0 \\ > 0 \\ < 0 \end{cases} \begin{cases} \text{进给}\Delta X, \text{第二步可走}\Delta X. \\ \text{进给}\Delta Y, \text{第二步可走}\Delta Y. \end{cases}$$

(4) 终点判别 当 X 方向的步距总和等于终点值 X_e , Y 方向的步距总和等于终点值 Y_e , 即当 $\sum \Delta X = X_e$, $\sum \Delta Y = Y_e$ 时, 停止插补运算。

这里只是在第一象限中的情况, 在其它象限中的直线插补还应考虑 ΔX 、 ΔY 的正负号。

2. 圆弧的逐点比较法

原理类同, 只是判别式应用圆的方程导出, 在此不再赘述。

二、插补机的作用

插补机由实现上述插补运算和绘图功能的逻辑线路所组成。国产HTJ—1855大型平板式数控绘图机的插补机, 能实现直线、圆弧、抛物线的插补运算。每计算一次(一个循环),

则输出一个脉冲($\pm \Delta X$ 或 $\pm \Delta Y$), 一个脉冲当量为0.0125mm, 直到一段线段画完后, 插补机再向计算机请求再送一组绘图参数, 从而再画一根线段, 直到画完为止。

此类插补机的组成, 有下列几部分逻辑线路: 1. 控制逻辑, 2. 运算逻辑, 3. 终点逻辑, 4. 符号逻辑, 5. 比例逻辑, 6. 速度逻辑, 7. 工具逻辑, 8. 接口逻辑。

三、伺服系统的作用

伺服系统主要是将插补机送来的指令脉冲信号, 转换成绘图机上横梁的X方向运动及小车的Y向运动, 从而使小车上的绘图笔画出所需要的图形。

机械图程序设计要领

§2-1 概 述

机械图包括零件图、装配图两个部份。它们都是以图形与尺寸标记为主,另外还有公差、光洁度等技术条件、标题栏、明细表等内容。本章及后继章节中,将就图形、尺寸标记提出程序设计的方法与步骤,程序编制等内容进行讨论,其余问题未涉及,至于象光洁度,公差标记等问题,它因为用画笔绘写,与画图、画尺寸标记类同,只要掌握了最基本的程序设计知识,这些标记就迎刃而解了。

零件图、装配图的图形,通常是一组具有表达零件、装配体内外结构(或主要结构、局部结构形状的)视图、剖视、剖面等的图形。其尺寸标记主要指尺寸界线、尺寸线、箭头、数字等内容。机械图样程序设计将综合介绍上述有关内容的设计方法及编程步骤。

§2-2 图形程序设计的基本方法

一、机械图的绘制基础

我们知道,画零件图和装配图必须先学会画平面图形、组合体三面投影或三视图、轴测图,以及剖视、剖面等基础图形。这些图形就其内容看,又都是以平面图形为基本内容的。即使是轴测图,它也是将三维立体形象转化为二维的平面图形画出来的,只是投影原理上有些区别,画出来的轴测图立体形象强。这种图在电子计算机控制下的绘图机上,仍然是按平面图形处理并画出来。由此可知,平面图形程序设计是基础。

平面图形,基本上都是由一些直线和曲线光滑连接,或直线彼此相交,或直线和曲线相交而构成平面图形的轮廓。如第五章中的图5—1、图5—2、图5—3、图5—4、图5—5等所示图形,均可视之为平面图形或几个平面图形的组合。电绘过程,就是将这类图形转化为计算机—绘图机所能识别的所谓“计算与绘图信息”,并输入到内存中(或记于盘中)去,以便经过必要的计算和处理,再将其转变成绘图机所能接收的电脉冲信号,去驱动画笔画出事先设想的图形。

二、图形的数学处理方法

电子计算机驱动绘图机绘图的过程，主要就是我们常说的图形数学处理过程。

所谓“图形数学处理”，系指分析各类图形的特征，然后对不同类型的图形采取不同的形数转化措施，即将图上有关角点(交、切点)的平面坐标值通过一定的途径求值或列出求值的计算式(有时也需确定出有关角值)，以此作为“数字”信息提供给主计算机进行运算。再经接口，将已确定(或运算结果)的有关角点坐标值等提供给绘图机(有的还需经插补机)。因为，绘图机一般都具备有画直线、圆弧和曲线(抛物线等)的功能，只要知道其直线或圆弧两端点的平面坐标值及角度值、圆心坐标值……，绘图机就可以画出该直线或圆弧……。

但是，任何平面图形，即使是极简单的形状，也并非千篇一律地将角点的坐标值输入就能理想地画出各种图形来。而是一定要各类图形的特征进行分析，以便选择一种既简单方便又准确无误的让绘图机画出该图形来的“图形数学处理”方法。有了正确的图形数学处理方法，作为程序设计人员，就可以按此方法去细致地构思每张图形的计算(包括矩阵等运算)和绘图全程序，就象撰写一篇文章一样，需从粗到细，再由细到精。对于电绘程序，最后还要经过上机反复的实践、对比、修改直到通过，且画出该图形来。

目前，最常用的图形数学处理方法有五：

1. 对称图形

对称图形的数学处理，只确定图形一半的各个有关角点的坐标值。其对称部份仅改变X或Y向的正负号，即可完成。

2. 计算图形的未知角点坐标值

利用图中给出的已知尺寸数据，进行几何图形分析，建立数学关系式，以确定未知点的坐标值，再编入程序之中。

3. 几何图形并合

将图形中一些相同的比较简单的基本形状(如矩形、带倒角的四边形、U形……)，单独编成一子程序，以便在源程序中重复调用，或在源程序中作为循环语句中的一个循环体(独立的子程序段)重复执行，以实现重复画这类简单图形而不需一次又一次地在源程序中出现重复语句段这一目的。它的优点，就是缩短源程序。若作为标准子程序制成软件，则又扩大了绘图功能。

4. 图形参数化

将图形各有关尺寸通过数学分析，找出几个与基本参数有关系的函数关系式，只要改变基本参数，图形就能相应地变化。

5. 矩阵变换

将图形中已知其坐标值的点列写成矩阵式，再通过矩阵变换，使原始图形平移、反射、错切、旋转、放大等。借此可将空间立体形象变换成三面投影图、轴测图、透视图，甚至可以使一些原来较为复杂形状的图，其角点坐标不易判断或简易计算出来时，就可用矩阵变换去处理该部分图形而达到目的。坐标变换也属于矩阵变换之列。

上述几种数学处理图形的方法，比较起来，以矩阵变换、图形参数化为最好。故在第

五章典型题例中,采用这两种方法较多。当然任何一种方法都不是十全十美的。遇到某些图例较简单,可以从图中很快判断出各角点的坐标值,那就没有必要用上述较好的两种方法去处理图形了。有时,在同一题例中,可能同时用两种或更多一些的方法综合处理图形对程序设计更为有利。

§2-3 图形程序编制步骤

关于程序编制的步骤,通常都是有一定顺序的。这个顺序有时会因编程方式不同而有变化。拿平面图形程序设计过程来看,除了前面已提到的图形特征分析与数学处理外,还要作细致的程序编写并上机执行等重要工作。程序包括计算(或矩阵运算)与绘图两个部分。它们可以分开编写,也可以混合编写。上机实践证明,各有长短。

分开编写占用内存量较大,而绘图时间较短。另外,绘图把握性大。因为绘图信息,在进入绘图机之前,已由主计算机准确运算并打印出“信息——一系列数据”,经过验证后,才以绘图信息进入绘图机。

混合编写是采用边运算边送出绘图信息给绘图机,马上驱动画笔工作。即主机与绘图机交替工作,虽占用内存量小一些,但绘图把握性不大,常常是画到某处而发生错误,就得随时修改(不能停机),再从头执行,反反复复,占用主机、绘图机工作时间很长。

从笔者编制并上机实践的情况看,还是混编好。因为混编的程序紧凑,一旦程序上机通过,可作为软件保存,以后用起来,总的占机时间要少很多。只不过在程序设计过程中麻烦一些,只要机房工作条件允许,混编还是合适的。当然对于一些较简单的图形,采用分开编写也好。

一、程序混编步骤

- (1) 准确地作图。
- (2) 依据该图形的特点,确定一种或两种以上的图形数学处理方法,以及处理图形的范围。
- (3) 将已确定的图形范围的角点或线段作几何分析,建立数学关系式、方程或直接确定已知角点的坐标值。进行这一步时,往往又与画笔的抬落、行走顺序有关。故先大致明确画笔行走的顺序(尽量按图形连接顺序和作图顺序描画,少抬笔,以免往返空走),并编写顺序代号。
- (4) 选定简捷的计算方法,列出公式,求解计算。
- (5) 整理与简化计算结果。
- (6) 用算法语言(本书用“BASIC”和“FORTRAN”两种语言)编制计算与绘图程序。

二、编程注意要点

- (1) 编程前,应熟悉机型及其所具备的计算与绘图语句,还有操作过程等有关内容。

(2) 在掌握算法语言的基础上, 应对各种型号的机子所规定的功能等情况进行了解。譬如HTJ—1855型绘图机的绘图软件功能, 就是把这种绘图机作为DJS—130机的一个外部设备, 为此需增加以下条件:

①HTJ—1855机的中断处理程序;

②相应地直线、曲线等绘图语句。这些语句实际上就是将描画直线、弧线等各种功能都编制为一个独立的子程序, 它们均在领符“CALL”的控制下实现。如表1(语句前的编号省略)所示。

表1

书 写 格 式	说 明
CALL 10, P1	HTJ—1855型绘图机的打开与关闭控制语句 P1=1 表示打开绘图机, 抬笔点灯 =0 表示关闭绘图机, 抬笔灭灯
CALL 12, P1, P2	绘图比例选择语句。 P1=0 表示X, Y方向比例相同, 均为P2 P1=1 表示Y轴方向压缩 P1=2 表示X轴方向压缩
CALL 13, P1, X, Y	画直线语句。其中: P1 表示工具参数。当P1=1表示落笔画。P1=2表示抬笔画。 P1=5表示画虚线。P1=4表示画中心线(4与5配合产生中心线) X、Y为曲线的终点(相对于其起始点而言)坐标值
CALL P0, P1, X, Y, i, j,	画圆弧或抛物线语句。其中: P1, X, Y的意思同上; P0是子程序编号兼作线型参数, 当 P0 = 14表示顺时针方向画圆弧或抛物线的, 当P0=15表示逆时针方向画圆弧或抛物线的; i, j表示圆心相对于其起始点的坐标值

又如SR—6602型绘图机的绘图软件功能, 就是把这种绘图机作为微型计算机(“CROM ENCO”、“IBM—PC”、“TRS—80”等微机)的外部设备。为此, 需要配TUART接口板联机。另外, 还要有相应的绘图软件功能(除机子本身具备有最基本的绘图语句外, 中国科学技术大学地物系还为此机配有FORTRAN绘图软件包)。下面将常用的绘图语句列入表2中。

表2

书 写 格 式	说 明
CALL PLOT(X, Y, IP)	移动笔以定位或作图(画直线), 设置作图原点。其中, X、Y是笔移动的终点坐标; IP是画笔抬或落的状态, 当IP=3表示落笔, IP=2 表示抬笔
CALL SET(X, Y)	设置新的坐标原点, 以抬笔状态移动笔到此新的原点处。其中, X、Y同上
CALL CIRCLE(X ₀ , Y ₀ , α, β, R1, R2)	画圆或弧等。其中, X ₀ 、Y ₀ 是该圆或弧的中心点坐标。α是起始边对X正向夹角。β是终止边对X正向夹角。R1和R2表示起与终点对中心的距离

续表2

书 写 格 式	说 明
CALL LENDOT(D1,D2)	定义画点划线时所画实线部分和空隙部分的长度。其中, D1是实线部分长度; D2是空隙部分长度
CALL NEWPEN	选择笔号
CALL LNTY(N)	给定画线的模式(实线、点线、点划线、双点划线), 它在子程序CIRCLE及PLOT中起作用。其中, N是控制画线模式的数据
CALL ITASTA	程序中所有字符均改为斜体
CALL ITAEND	程序中所有书写的字符均恢复为正体
CALL SYMBOL(X, Y, H, "ZF", L, NUMB)	写字符串。其中, X, Y 是字符串首字符左下角点坐标值; H是字符高度; "ZF" 表示待要写的字符串内容; L是字符间隙; NUMB是字符个数, 包括空格

注: 表2中 N=0画实线
 N=1画点线
 N=2画点划线
 N=3画双点划线

使用BENSON—132绘图机时, 其绘图语句又有些区别, 常用的列入表3中。

表3

书 写 格 式	说 明
CALL BETEPA (X, Y, J, N)	画直线。其中, X、Y是直线终端点的坐标值; J是画笔抬落状态, 当J=1为落笔, J=0为抬笔; N是线条粗细控制系数, 当N=4是粗线, N=1是细线
CALL BCERPA(XC, YC, J, R, ANG, DANG, N)	画圆或圆弧。其中J、N同上; XC、YC是圆心坐标; R是半径; ANG是圆或圆弧起始边与X轴正向的夹角, 逆时针方向画时为正, 顺时针方向画时为负; DANG为圆或圆弧的中心角
CALL TRAA(X, Y, J)	画直线或空走直线。其中, X、Y及J均同上
CALL BETIRA (X, Y, J, D1, D2, D3, N, ILIN)	画虚线或点划线。其中, X、Y、J、N均同上。D1、D2、D3分别是虚线或点划线的实线、间隙实线的长度; ILIN这是与D1、D2、D3一起控制线段长度的, 当ILIN=1时, 就执行本语句中规定的D1、D2、D3值, ILIN≠1时, 则表示采用 D1=D2=D3=0.1cm 或上次已调用过的D1、D2、D3值
CALL IBENA (I1, I2, ND)	用于绘图程序和绘图机的初始化, 一开始就要调用这个语句, 否则就不能调用其它子程序。其中, I1是作为缓冲区用的主存贮区的名字; I2是控制参数, 当I2=0时, 是指连机。I2≠0时, 则是指脱机; ND是输出设备逻辑号, 一般为10
CALL PNUMA (XF, YF, NB, X, Y)	用于重新确定实际原点, 即画笔抬起行走走到以老坐标系所给出的点上, 并以此点作为新坐标系的原点。其中, XF、YF是画笔抬起行走走到终点的坐标值(老坐标系), 而X、Y是同一个点, 但其值为0.、0., NB是块号

以上各表仅供阅读本书的后续程序单时参考, 读者今后遇到各种类型绘图机时, 必须依据自己所用机型, 熟悉该机的功能, 不能照搬。