

# 计算机绘制地质图

李汉林  
赵永军 编著

石油大学出版社

## 计算机绘制地质图

李汉林 赵永军 编著

\*

石油大学出版社出版发行

(山东省东营市)

新华书店经销

山东省东营新华印刷厂印刷

\*

开本 787×1092 1/16 24 印张 615 千字

1997 年 2 月第 1 版 1997 年 2 月第 1 次印刷

印数 1—1.000 册

ISBN 7-5636-0618-1/TE·119

定价:28.00 元

# 前 言

近年来,计算机应用领域中的计算机图形技术得到了迅速的发展,在科研和生产中都取得了显著的成效。在石油工业中,计算机图形技术被广泛应用在油气田勘探和开发、石油机械的设计、管道建设和企业管理等各个领域,已成为科研、生产、管理等不可缺少的工具。目前,我国大多数理工院校已相继开设了计算机图形学这门课程,这对推广和普及计算机图形技术的应用,提高工作和生产效率,促进科学技术的发展都有着重要的意义。本书是为适应地质工作对计算机绘图技术的需要,在大量教学实践的基础上,将近年来的教学材料及有关资料加以整理和补充,编写而成,可作为地质类本科生的教学用书,亦可作为地质科技人员和教师的参考用书。

本书分为基础和应用两部分。基础部分主要介绍了计算机绘图的一些基础知识,其中包括:计算机绘图的基本原理、常见的计算机绘图系统、插补原理、绘图基本子程序和功能子程序设计、由离散点绘制光滑曲线的方法、平面和空间图形的矩阵变换等。应用部分主要介绍计算机绘制常用地质图形的基本原理和方法,其中包括:地质常用统计类图形、地层柱状图、地层横剖面图、等值线图、曲面图、栅状图等。并编制了上述诸图形的 FORTRAN 语言源程序及有关绘图实例。在应用部分中,还对目前常用的 SURFER 和 GRAPHER 三维二维科技绘图软件包进行了介绍。本书虽侧重于石油地质和油藏工程专业,但其中的图形绘制方法亦适用于其他专业领域。在本书编写过程中,编者尽量结合地质专业的特点选用实用图形,力图做到使本书既面向实际,又保持理论的完整。编写时尽可能考虑到它的先进性、系统性和实用性,理论联系实际,叙述深入浅出、通俗易懂,并对绘制图形的源程序进行了详细说明,以便读者学习和使用。

本书第一、二、八、九、十章由李汉林执笔,第三、四、五、六、七章由赵永军执笔,全书由李汉林、赵永军共同整理统稿。另外,本书在编写过程中,还得到了石油大学(华东)勘探系查明同志的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中的缺点和错误在所难免,殷切希望读者批评指正。

编者

1996.5

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	1
§ 1 引言 .....	1
一、绘图笔的走向 .....	2
二、绘图笔的动作 .....	3
§ 2 计算机绘图系统 .....	3
一、脱机绘图系统 .....	3
二、联机绘图系统 .....	4
三、单机交互式绘图系统 .....	4
§ 3 计算机绘图系统的硬件 .....	4
一、计算机 .....	4
二、常用的图形输入设备 .....	5
三、常用的图形输出设备 .....	5
§ 4 计算机绘图系统的软件 .....	9
一、绘图软件系统 .....	9
二、DXY—1100 绘图机部分绘图基本子程序 .....	10
<b>第二章 绘图子程序的设计</b> .....	11
§ 1 绘图子程序的设计原则 .....	11
一、减少子程序对硬件的依赖性 .....	11
二、子程序中参数的选择 .....	12
三、时间和内存 .....	12
§ 2 插补原理 .....	12
一、直线插补 .....	12
二、圆弧插补 .....	18
§ 3 智能绘图机绘图子程序的设计 .....	24
一、绘图基本子程序设计 .....	31
二、功能子程序设计 .....	38
三、SURFER 环境下接口基本子程序 .....	50
<b>第三章 离散点绘制平面曲线</b> .....	54
§ 1 概述 .....	54
一、规则曲线与不规则曲线 .....	54
二、两类平滑曲线 .....	55
三、曲线的参数方程 .....	55
四、曲线段的光滑连结 .....	57
§ 2 贝塞尔(Bezier)曲线 .....	57
一、Bezier 曲线参数表达式 .....	58
二、二次 Bezier 曲线程序设计 .....	60
三、三次 Bezier 曲线程序设计 .....	61
四、Bezier 曲线的特点 .....	63

§ 3 B样条曲线	64
一、二次B样条曲线	64
二、三次B样条曲线	68
§ 4 抛物线调配曲线法绘制光滑曲线	73
一、过三点的抛物曲线段	73
二、抛物线调配曲线的计算公式	75
三、程序设计与实例	76
§ 5 三次参数样条曲线	79
一、分段三次参数矢量方程	79
二、切矢连续方程	80
三、边界条件和切矢方程组求解	81
四、程序设计与实例	83
§ 6 最小二乘法拟合曲线	87
一、最小二乘法原理	87
二、直线拟合与多项式拟合曲线	87
三、非多项式拟合曲线	89
<b>第四章 图形变换的矩阵方法</b>	<b>91</b>
§ 1 概述	91
§ 2 二维图形变换	92
一、二维基本变换	92
二、二维组合变换	102
三、二维矩阵变换在绘图程序设计中的应用	104
§ 3 三维图形变换	106
一、三维基本变换	107
二、三维组合变换	115
三、三维正投影变换矩阵	117
四、轴测投影变换	119
五、透视投影变换	126
六、三维图形变换矩阵总览	130
§ 4 编程实例	133
一、数据的组织	133
二、坐标系的调整	135
三、绘轴测投影图子程序设计	135
<b>第五章 统计图类</b>	<b>138</b>
§ 1 直方图	138
一、分布直方图	138
二、统计直方图	153
§ 2 饼图	163
一、设计思路	163
二、绘图过程及方法	164

三、主程序流程 .....	169
四、数据文件形式 .....	170
五、程序运行 .....	170
六、参数说明及源程序 .....	170
七、绘图实例 .....	182
§ 3 散点图 .....	183
一、设计思路 .....	183
二、绘图过程及方法 .....	184
三、主程序流程 .....	185
四、数据文件形式 .....	185
五、程序运行 .....	186
六、参数说明及源程序 .....	186
七、绘图实例 .....	192
§ 4 对应分析图 .....	193
一、设计思路 .....	194
二、绘图过程及方法 .....	194
三、主程序流程 .....	195
四、数据文件形式 .....	196
五、程序运行 .....	196
六、参数说明及源程序 .....	196
七、绘图实例 .....	203
<b>第六章 地层柱状图和地层横剖面图</b> .....	206
§ 1 地层柱状图 .....	206
一、设计思路 .....	206
二、绘图过程及方法 .....	207
三、主程序流程 .....	209
四、数据文件形式 .....	209
五、程序运行 .....	210
六、参数说明及源程序 .....	211
七、绘图实例 .....	226
§ 2 地层横剖面图 .....	230
一、设计思路 .....	230
二、绘图过程及方法 .....	230
三、主程序流程 .....	232
四、数据文件形式 .....	232
五、程序运行 .....	234
六、参数说明及源程序 .....	234
七、绘图实例 .....	245
<b>第七章 等值线图</b> .....	248
§ 1 网格法绘制等值线图原理 .....	249

一、实际坐标到绘图坐标的转换 .....	249
二、网格划分与离散数据网格化 .....	249
三、等值点的计算 .....	250
四、等值点的追踪 .....	252
五、等值线的搜索 .....	255
六、关于等值线图的修饰 .....	256
§ 2 主程序流程及程序运行 .....	256
一、主程序流程 .....	256
二、程序运行 .....	256
三、数据文件形式 .....	256
§ 3 参数说明及源程序 .....	258
一、参数说明 .....	258
二、绘等值线图源程序 .....	261
§ 4 绘图实例 .....	281
<b>第八章 曲面图</b> .....	<b>283</b>
§ 1 绘制自由曲面的基本原理 .....	284
一、离散数据点的网格化 .....	284
二、曲线的光滑 .....	285
三、网格数据点的投影变换 .....	286
四、曲面图的绘制 .....	287
§ 2 绘制曲面图的 FORTRAN 语言程序 .....	289
一、子程序 .....	289
二、主程序 .....	302
§ 3 绘图实例 .....	308
一、绘图原始数据 .....	308
二、地层面埋深曲面图 .....	309
<b>第九章 栅状图</b> .....	<b>311</b>
§ 1 基本原理 .....	311
一、把空间井柱位置投影到视平面上 .....	311
二、连结剖面线的原则 .....	312
三、消去隐藏线 .....	314
四、层位的编号和连结 .....	315
§ 2 绘制栅状图的 FORTRAN 语言程序 .....	316
一、子程序 .....	317
二、主程序 .....	330
§ 3 绘图实例 .....	333
一、绘图原始数据 .....	333
二、绘图数据文件 .....	334
<b>第十章 常用科技绘图软件包</b> .....	<b>337</b>
§ 1 SURFER 绘图软件包 .....	337

一、概述 .....	337
二、等值线图的绘制 .....	342
三、曲面图的绘制 .....	354
§ 2 GRAPHER 绘图软件包 .....	360
一、主菜单及功能键 .....	360
二、GRAPHER 绘图过程 .....	361
三、绘曲线图示例 .....	367

# 第一章 绪 论

## §1 引 言

在传统的手工绘图中,一般用丁字尺、三角板画直线,用圆规画圆(或圆弧),以曲线板(或曲线尺)连接曲线。因此,绘图质量的优劣和速度的快慢主要取决于绘图员绘图水平的高低和熟练程度。在计算机绘图中,不是用传统的绘图工具,而是由计算机通过设计好的绘图程序控制自动绘图机或图形显示器输出图形。例如要绘制如图 1-1 所示的顶点坐标为(0,0)、(5,0)、(3,4)的三角形,在手工绘图中,首先在坐标系中确定三个顶点的位置,然后再用直尺画直线连结三个顶点,即可画出这个三角形;在计算机绘图中,而是执行下面的绘图程序来实现。

### C Program 1.1

```
call in          (启动绘图机)
call units(1)   (以 cm 为单位绘图)
call linea(5.,0.) (从点(0,0)画线到点(5,0))
call linea(3.,4.) (从点(5,0)画线到点(3,4))
call linea(0.,0.) (从点(3,4)画线到点(0,0))
call home       (关闭绘图机并把绘图笔从笔架放回笔夹)
stop
end
```

在执行这段绘图程序时,计算机将源程序编译成绘图机的绘图命令,指挥绘图机完成规定的绘图动作,绘制出所需要的图形。

图是信息的一种表达形式。在信息的交流中,它最具有直观和影射全篇的效果。为此,应把描述事物空间特征,尤其是变化规律不甚明显的大量数据信息(如区域性地层厚度数据、区域性油气地表化探异常数据等)尽可能地转换为某种形式的图形,以便交流和研究。但是手工绘图是一项艰辛而又乏味的工作,科技人员在这方面往往花费大量时间和精力,由此降低了工作效率。为了把科技人员从这一工作中解放出来,就迫使人们把自己的聪明才智与计算机高效率的处理能力相结合,因而计算机绘图逐渐发展起来。计算机绘图主要研究数据信息向图形转换的理论、实现方法和图形的优质高速度输出。它属于计算机应用范畴的一门新兴学科。

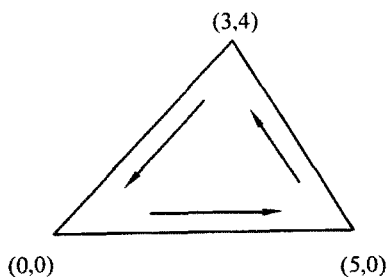


图 1-1 Program 1.1 画的三角形

画三角形这个简单例子确实是显示不出计算机绘图的优越性。但是,手工绘制图 1-2 和图 1-3,尤其是图 1-3 所示的图形是相当麻烦的,工作量也是很大的。当学会了计算机绘图以后,自然就体会到计算机绘图的最大优点是速度快、精度高、图面清晰。说到这里,自然有人会问,

绘图机究竟是怎样画出图形的呢?当了解了绘图机的工作原理之后,就可对上述问题作出明确的回答。

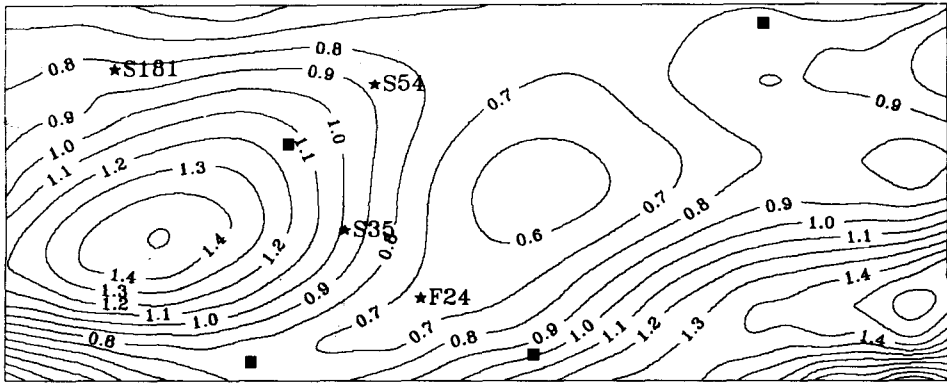


图 1-2 计算机绘制的等值线图

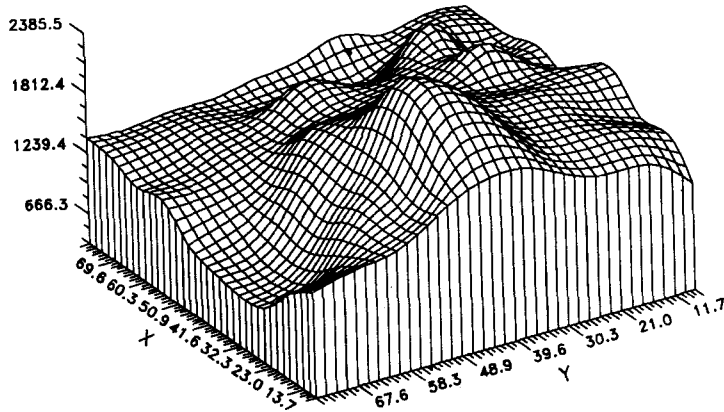


图 1-3 计算机绘制的地貌曲面图

### 一、绘图笔的走向

绘图机绘图时,绘图笔或纸的移动是由计算机控制绘图机的驱动部件(步进电机或伺服电机)来实现的。当计算机根据绘图程序向绘图机的驱动部件发出沿  $x$ 、 $y$  方向的一个走步脉冲信息时,驱动部件就带动绘图笔(或纸)移动一个距离,这个距离被称为绘图机的步长或脉冲当量。如图 1-4 所示,绘图笔可作  $+x$ 、 $+y$ 、 $-x$ 、 $-y$ 、 $+x+y$ 、 $+x-y$ 、 $-x+y$ 、 $-x-y$  八个方向的移动。但是,多数的绘图机仅提供了  $+x$ 、 $+y$ 、 $-x$ 、 $-y$  四个基本走步方向,其余四个方向的移动是由以上四个基本方向的移动合成的。用自动绘图机绘图时,无论多么复杂的图形,都是由  $x$ 、 $y$  方向和  $45^\circ$  方向的向量合成的。因此可以说,“曲线是直线段的连接”。如要画一条不属于基本走向的线段  $AB$ ,实际上画的是一条阶梯状的折线,如图 1-5 所示,只是因为绘图机的步长很小,如步长小于 0.05 毫米,用肉眼看不出所画线段的阶梯形状,看上去像是一条光滑的线段。

从绘图机的工作原理可知,绘图机画线段  $AB$  时,必须在  $A$ 、 $B$  两点之间插入很多点(即每一步的终点)。这种把线段分解、加密、补点的过程被称之为插补。因此,绘图笔每走一步,都要

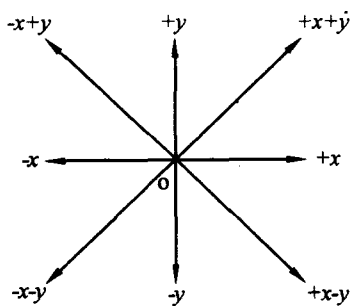


图 1-4 绘图笔基本运动方向

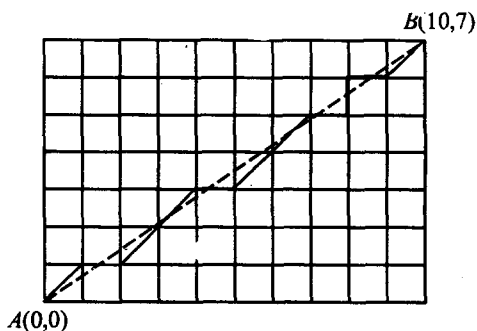


图 1-5 直线段 AB 实际轨迹

求计算机先进行插补运算,根据插补结果进行判断,再决定绘图笔下一步的移动方向。有的绘图机自身具备完成插补运算的专用设备——插补器,利用这种绘图机绘图,可极大地提高计算机的使用效率。

## 二、绘图笔的动作

绘图机除了走步方向的动作外,还可作抬笔、落笔、归零点及选笔动作,它们各自的作用如下:

**抬笔:**使绘图笔尖离开纸面,准备空走。

**落笔:**使绘图笔尖接触纸面,准备画线。

**归零点:**抬笔走到绘图机台面左下角所规定点(0,0)。

**选笔:**多笔绘图机有选用某一枝绘图笔的功能。

通过上述介绍,我们知道,计算机和绘图机(统称硬件)是计算机绘图必不可少的设备。但是,只有硬件还是画不出图形来,还必须有一套相应的绘图程序(绘图软件)。硬件和绘图软件合起来构成计算机绘图系统。

## § 2 计算机绘图系统

根据计算机绘图系统中硬件的配备情况及信息在计算机与绘图机之间的传递方式,计算机绘图系统主要分为以下三种:

### 一、脱机绘图系统

如图 1-6 所示,在这种绘图系统中,通常由大、中型计算机进行图形的预处理,将处理结果(绘图命令文件)存贮在磁带或纸带等中间介质上,然后用磁带或纸带控制绘图机输出图形。

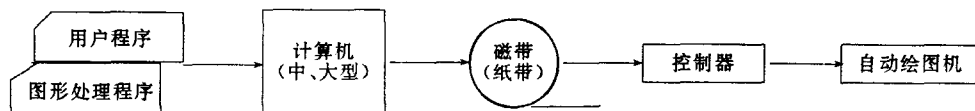


图 1-6 脱机绘图系统

脱机绘图系统的优点是计算机图形处理和绘图工作独立进行,从而提高计算机的工作效率。

## 二、联机绘图系统

如图 1-7 所示,在这种绘图系统中,计算机将图形处理信息直接传送给绘图机输出图形。因为它不需要中间介质传递绘图信息,故缩短了综合处理时间。但是,绘图机的机械速度远远低于计算机的处理速度,造成计算机等待绘图机,由此又降低了计算机的工作效率。因此,这种绘图系统多用于分时系统中。

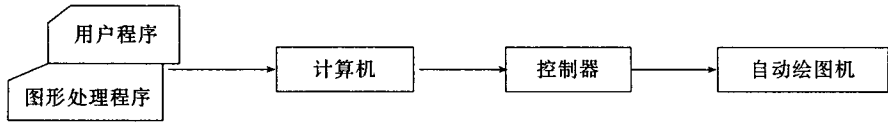


图 1-7 联机绘图系统

## 三、单机交互式绘图系统

这种绘图系统又称作会话式图形处理系统,如图 1-8 所示。在此系统中,一般采用小型或微型计算机把数字化仪、图形显示器、自动绘图机连接起来,操作员与其进行人-机对话绘制图形。由于它是一个完整的系统,可以独立进行图形处理,因此,在计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制造(CAM)、设计制造一体化(CAMI)以及模拟和仿真等领域中都具有重要的意义。随着计算机性能的提高及绘图软件的开发,这种绘图系统将获得更加广泛的应用。

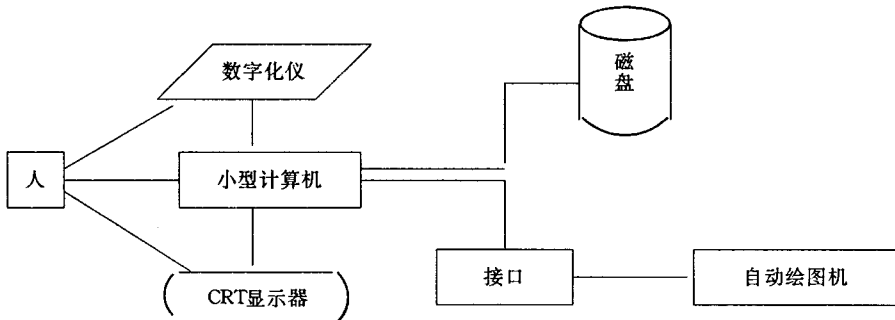


图 1-8 单机交互式绘图系统

### § 3 计算机绘图系统的硬件

计算机和图形输入、输出设备及其他一些辅助性的外部设备称为计算机绘图系统的硬件。

#### 一、计算机

计算机是绘图系统的核心部分。它除了对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的正常工作外,还起着图形处理器的作用,即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,再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,常用小型计算机作为绘图系统的控制机。

## 二、常用的图形输入设备

随着计算机图形学的不断发展,近年来用于图形输入的设备也在不断更新。目前最常用的图形输入设备有键盘、光笔、鼠标器、坐标数字化仪、图形输入板和图形扫描输入仪等。键盘大家已比较熟悉,在此仅对几种最常见的图形输入设备作扼要介绍。

### (一) 光笔

光笔是一种检测光的装置。它是实现人与计算机、图形显示器之间联系的一种有效工具,指点与跟踪是它的主要功能。所谓指点就是在屏幕上有图形时,选取图形上的某一点为参考点,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幕上任意移动,从而在屏幕上直接输入图形。在交互式绘图系统中,常用光笔点菜单(MENU)。

### (二) 鼠标器

鼠标器是一种定点设备。它的主要功能是屏幕光标移动和屏幕作图,在支持鼠标器的软件中,它又是一个很有效的选项设备。最常见的鼠标器有机电式和光电式两种。

机电式鼠标器是在一个游标状的盒子里安装了一个圆球,在靠近底部,圆球的四周配有电阻元件。当把游标状盒子置于任意一个工作平面(如桌面、书本等)上移动时,圆球与工作平面产生摩擦滚动,并不时地碰撞电阻元件产生电信号。当计算机接收到该信号后,就将它处理成为移动屏幕光标的信号。这种鼠标器结构比较简单,操作方便,只要通过标准接口,便可与计算机相连,组成一个最基本的人-机交互式会话图形系统。但它存在定位不够准确的缺点。

光电式鼠标器内有一个光源,外配一块印有明暗相间小方格的薄板(标准型为 $228 \times 57\text{mm}$ ,大型为 $280 \times 228\text{mm}$ )。当通电的鼠标器在小方格薄板上移动时,光将明暗相间的方格通过标准接口输入计算机,计算机就把明暗相间数处理成屏幕光标的移动信号。在使用过程中,光电式鼠标器没有机械磨损,定位精度高,但与机电式鼠标器相比,它的价格要高一些。

### (三) 坐标数字化仪

坐标数字化仪是一种图形数据采集装置,如图 1-9 所示。它是由固定图纸的平板、检测器(游标)和电子处理器三部分组成。工作时,将十字游标对准图纸上的某一点,按下按钮,则可将该点的坐标输入计算机。连续移动游标,可以把游标移动轨迹上一连串点的坐标输入计算机。

坐标数字化仪能够读取的最小实用面积是 $280\text{mm} \times 280\text{mm}$ ,最大可达 $1070\text{mm} \times 1520\text{mm}$ 以上,分辨率一般为 $0.1\text{mm}$ ,好的数字化仪,分辨率可达 $0.025\text{mm}$ 。

坐标数字化仪的优点是使用方便,读取速度快。缺点是读取精度较低,特别是在放置游标时容易产生人为的误差。当读取精度要求较高时,应选用分辨率小、精度高的数字化仪。

### (四) 图形输入板

图形输入板又称小数字化板,如图 1-10 所示。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的坐标位置。它有删除、作图、标点和指示清单等功能。图形输入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。图形输入板的分辨率在 $0.25\text{mm}$ 到 $0.025\text{mm}$ 之间。由于用图形输入板进行交互式绘图,在操作上更符合人的习惯,精度也能满足一般绘图的要求,故得到广泛的使用。

## 三、常用的图形输出设备

自动绘图机、图形显示器和硬拷贝机等是常用的图形输出设备。

### (一) 自动绘图机

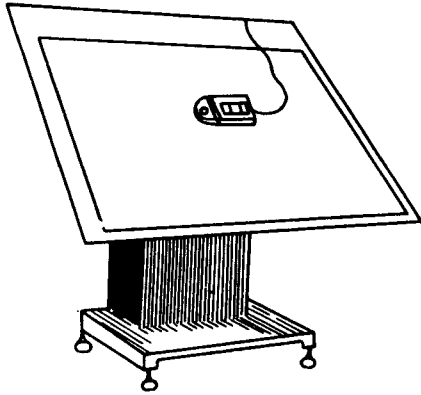


图 1-9 坐标数字仪

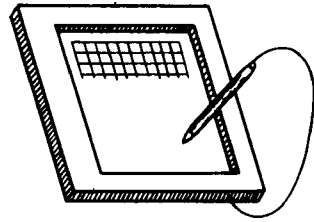


图 1-10 小数字化板

自动绘图机是把计算机输出的绘图信息转换为图形的装置。它的种类也很多，目前使用的有滚筒式绘图机、平台式绘图机、平面电机型绘图机、静电绘图机、小型绘图仪、激光绘图机和彩色喷墨绘图机等，在此仅简单介绍最常见的五种。

### 1. 滚筒式绘图机

滚筒式绘图机的主要特征是绘图纸左右两边带有等间距的小孔(可无孔)，通过与滚筒两端链轮上的小齿啮合，随着滚筒的转动作正、反方向的旋转运动，即作  $x$  方向的运动，而绘图笔则做往复的直线运动，即作  $y$  方向的运动。由这两个方向运动的配合即可绘制出所需的图形。图 1-11 是滚筒式绘图机的传动示意图。

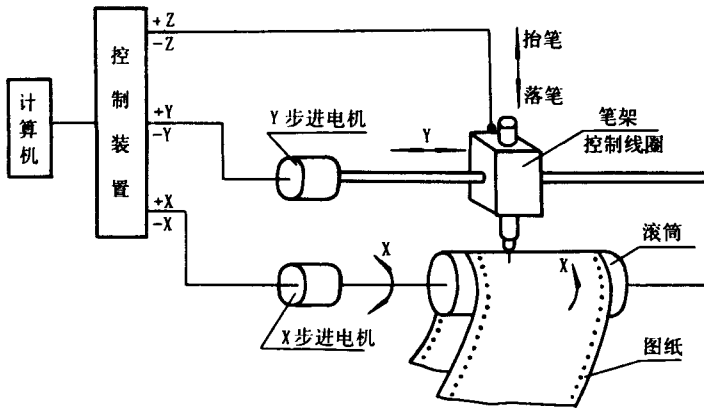


图 1-11 滚筒式绘图机传动示意图

这种绘图机的主要优点是结构简单，绘图速度快，图幅大小在  $x$  方向不受限制，可以连续绘制几十米长的图形。但绘图精度较低。

### 2. 平台式绘图机

平台式绘图机是在数控机床的基础上发展起来的，其结构简图如图 1-12 所示。它由  $x$  向导轨和滑座、 $y$  向导轨和滑座、笔架等部分组成。图纸固定在平板上，笔架固定在  $y$  向滑座上。由计算机发出的指令脉冲驱动  $x$ 、 $y$  向的驱动电机，使绘图笔作  $x$ 、 $y$  向的移动完成绘图动作。

利用平台式绘图机绘图时，绘图纸不能作  $x$  方向的移动，而是由  $x$  向滑座在  $x$  向导轨上平行移动完成  $x$  向的绘图动作。它的主要优点是绘图精度高，有效绘图面积大。

### 3. 平面电机型绘图机

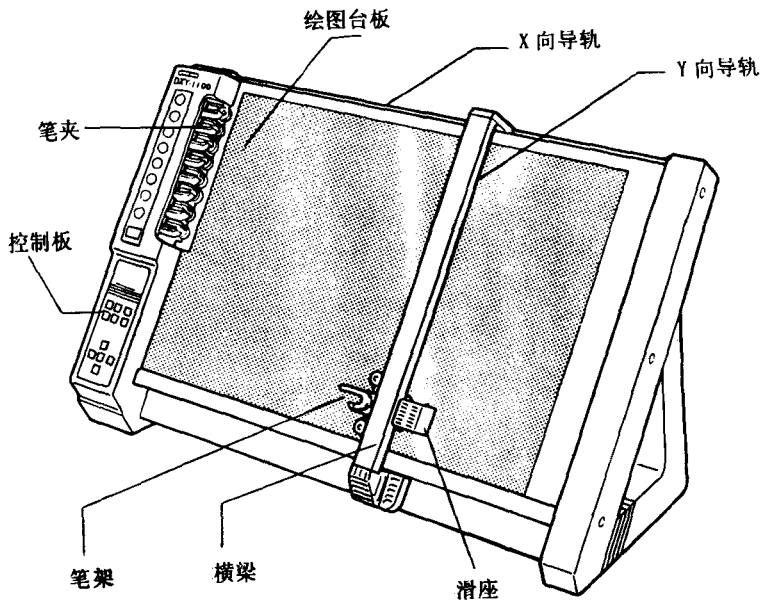


图 1-12 平台式绘图机结构简图

由计算机发给执行电机脉冲信息,执行电机通过一套机械传动装置(如齿轮齿条传动,滚动丝杠传动、钢丝绳传动等)驱动绘图笔完成一系列的绘图动作,这是滚筒式和平台式绘图机的共同特点。这一特点就限制和影响了它们的绘图速度和精度,一般绘图速度在 3~30m/min 之间,绘图精度则随着绘图机使用时间的延长而降低。

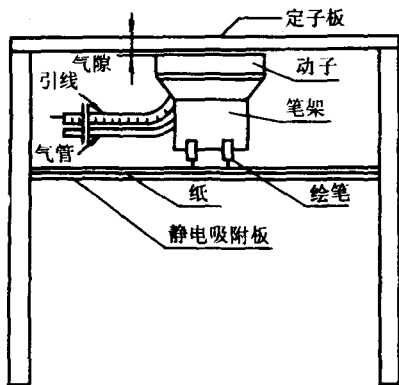


图 1-13 平面电机型绘图机

70年代初,平面电机型绘图机问世。如图 1-13 所示,这种绘图机主要由定子板(台板)、绘图头(由动子、笔架等组成)和绘图平台三部分组成。定子板由四根支柱支承在绘图平台的上方。绘图头悬浮在定子板的下面,在绘图头与定子板接触的表面有许多小孔,从孔中吹出来的高压空气(由气泵供给)使二表面间形成  $10\mu\text{m}$  的间隙,称为“空气轴承”。因此,绘图头可在定子板下自由滑动,自由滑动的动力是装在绘图头内的平面电机的“动子”与定子板的相互作用产生的。笔架装在绘图头上,随着绘图头

的移动画出图形。

与滚筒式和平台式绘图机相比,这种绘图机不用机械传动,笔架直接装在动子上,克服了机械传动误差及长期使用磨损对绘图精度的影响,使绘图精度大大提高。另外,采用了“空气轴承”,摩擦损耗减小,运动灵活,使绘图速度提高到 60~90m/min。

#### 4. 静电绘图机

静电绘图机的主要部件是由两排密集排列但有间隙的触针组成的写头和由绘图逻辑程序选择的块状背板电极组成的读写器,图 1-14 是 72 英寸静电绘图机的外形结构图。静电绘图机使用一种特殊的具有暂时存贮静电荷能力的涂覆纸。当编程的电压加到写头上的写针时,在数字命令作用下,通过写头的纸将有选择的建立微细的静电点。使纸在液态的染色剂中曝光,染色剂中悬浮的黑色颗粒就附着在纸上有静电荷的地方。用真空清除纸上多余的染色剂,再用压

缩空气干燥纸即可产生可见的永久性图象。书写过程如图 1-15 所示。

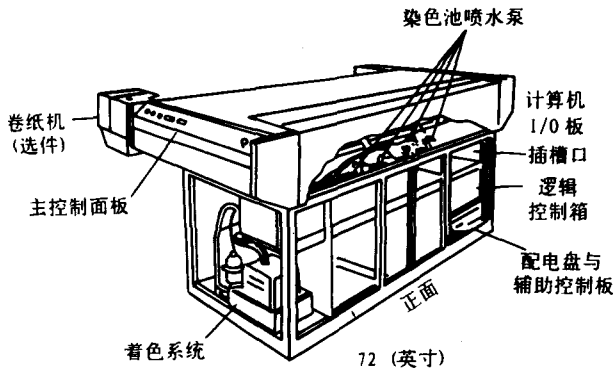


图 1-14 72 英寸静电绘图机外形结构

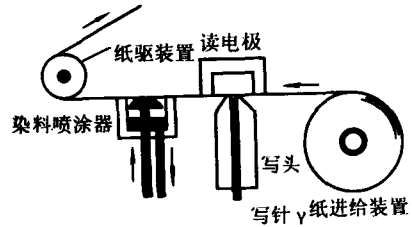


图 1-15 静电绘图机读写器示意图

静电绘图机使用光栅扫描书写，其中每一行扫描线都是由一排独立的点组成。每扫描一行纸前进一个“步距”，持续下去，由程序控制每个扫描行，即可输出任何类型的图形，包括任何尺寸的几何图形和字母、数字图形。静电绘图机有把 ASCII 字符转换为编程的绘图图案文字发生器。每个字符根据选择，可由  $7 \times 9$  点或  $16 \times 20$  点阵组成。

静电绘图机使用两排针组成的写头，以便由覆盖点组成每个扫描行。写头上一、二排写针交错安装，奇数位加到第一排写针并写在纸上，偶数位的写针不激活，一直到纸移动 2 个扫描距离。结果输出是一排由覆盖点组成的图线，如图 1-16 所示。

写头上装镶着几千只写针。针组平行排列成一线，并且使用块状背板电极，以降低由写头到驱动源的误差，其结构如图 1-17 所示。

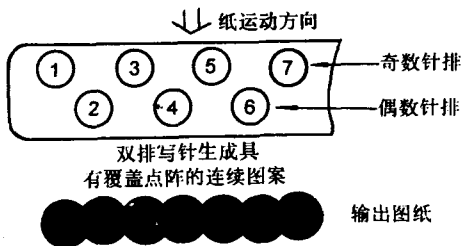


图 1-16 静电绘图机的写头示意图

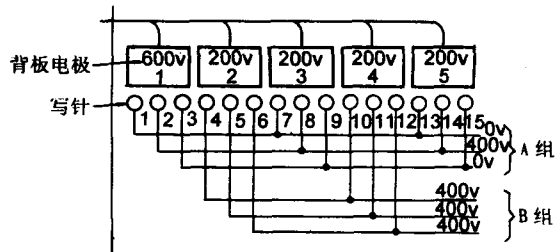


图 1-17 写头结构图

静电绘图机分辨率较高，可达  $4 \sim 8$  点/mm，它的可靠性高、绘图速度快，但绘图机本身以及用纸都比较昂贵。

### 5. 小型绘图仪

它由微型计算机和小型绘图仪组成，是为工程设计人员在设计过程中提供方便而研制的。设计人员只要操纵键盘就可画出需要的图形，这样就可以做到边设计边绘图。它的结构简单，使用方便。但所能绘制的图幅较小，步长也较大，约为  $0.1 \sim 0.2$  mm。

#### (二) 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。目前常用的图形显示器有动态刷新式、存储管式和光栅扫描式三种类型。

##### 1. 动态刷新式图形显示器

在这种显示器中,用阴极射线管(CRT)作图形显示器件,CRT的电子束是按照所绘图形和文字的顺序进行扫描的。由于荧光屏上涂的是低余辉的荧光材料,因此屏幕上的图形只能保持短暂的时间,不便于对图形进行观察和分析。为了使屏幕上的图形能够停留较长的时间,电子束以每秒30~40次的频率读写存储器中的图形数据,不断地刷新屏幕上的图形。这样,肉眼看上去图形就比较稳定。

这种显示器具有高的动态性能和分辨率,图形清晰,图线光滑。但它显示图形时受画线长度(国外250m,国内为120m)的限制,使复杂图形的显示受影响。另外,电路复杂,成本很高。

### 2. 存储管式图形显示器

存储管式图形显示器多用直视存储管作显示器件,靠近荧光屏的背面有一个带电荷的存储栅极,它具有存储图形的能力,因而不需要缓冲存储器。这种显示器也是按图形的顺序进行扫描。但图形保持时间较长,可获得高精度的稳定图象。

这种显示器的特点是分辨率高,其象素可达 $4096 \times 4096$ ,它的电路结构简单。但显示画面的速度慢,修改画面时必须抹去整个画面重新画,难以进行动态显示。这种显示器多用于交互式绘图系统。

### 3. 光栅扫描图形显示器

光栅扫描型图形显示器采用满屏扫描方式,即从左上角开始,由上至下,从左到右一行行顺序扫描,用连续的亮点表示图形。扫描频率为50~60次/秒。象素一般为 $512 \times 512$ ,高的可达到 $1024 \times 1024$ 。这种显示器的特点是可以抹去部分图形,故能进行动态图形显示,能够稳定地显示复杂图形,也可以进行彩色显示。缺点是精度低,当象素少时,显示曲线不光滑。但它的原理和电视机相同,故价格低。

### (三) 硬拷贝机

硬拷贝机是一种复制(Copy)图形的设备。它能够把图形显示器荧光屏上的图形和文字复制到纸上。拷贝出的图形清晰度较差,可供绘制正式图前进行检查、分析之用,也可作为资料保存。

## § 4 计算机绘图系统的软件

硬件是实现计算机绘图的部分必要条件。要高速、优质、灵活、方便地输出图形,还必须有完善的绘图软件系统。

### 一、绘图软件系统

绘图软件系统(绘图子程序系统或绘图子程序包)由高级语言编制的具备不同绘图功能的一些绘图子程序组成。按照功能,这些子程序可分为基本子程序、功能子程序和应用子程序(用户子程序)。基本子程序是与绘图机等硬件有关的一些子程序,一般包括驱动和停止绘图机,设置绘图单位、画直线、控制绘图笔的抬落以及选择绘图笔等一些子程序。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绘图功能的子程序,如画矩形、正多边形、椭圆及其他一些曲线的子程序。这些子程序反映不同行业绘图的共同要求,通用性较强。应用子程序是用户设计的一些专业性很强的绘图子程序,如绘制等值线图、剖面图、栅状图的一些子程序。作为一个绘图软件系统,绘图机生产厂家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。