

计算机绘图

谢兆学 卞樽 杨立敏 编著

Y41
X/1

上海交通大学出版社

TP391.41
XZX/1

计算机绘图

谢兆学 卞樽 杨立敏 编著



上海交通大学出版社

0028810

内 容 提 要

本书介绍计算机绘图的基本原理和方法。全书共九章三个附录,主要内容有:计算机绘图的发展与应用,插补原理,用FORTRAN语言、C语言编制程序绘图,用交互式绘图软件绘图,图形变换的原理与程序设计,以及图形的裁剪、曲线拟合等。

附录对上机操作作了介绍,具有较强的实用性。

本书可作为高等院校有关专业计算机绘图的教材,也可供对计算机绘图感兴趣者参考。

JS317/09

(沪)新登字 205 号

计 算 机 绘 图

出版:上海交通大学出版社

(上海市华山路1954号 邮政编码:200030)

发行:新华书店上海发行所

印刷:常熟市文化印刷厂

开本:787×1092(毫米)1/16

印张:11.5 字数:279,000

版次:1995年6月 第1版

印次:1995年7月 第1次

印数:1—6000

ISBN 7-313-01482-1/TP·273

定 价: 11.70 元

前 言

上海交通大学自1981年开设“计算机绘图”课程以来,深受学生的欢迎。1985年起,又把它作为部分专业的必修课。从1994年后,大部分专业把这门课程选定为必修课,并逐步增加教学时数和学生上机时间。根据近几年来科学技术的发展,以及广大读者的建议、要求,在总结我们的教学实践后,重新编写了这本教材。

本书在结构上分为三大部分:编程序式绘图方法,交互式绘图法,以及图形变换的理论知识。全书共九章,三个附录。第一部分包含第1~4章:第1章概论,介绍绘图系统的硬件及绘图的插补原理;第2章讲绘图软件的编制及FORTRAN程序设计的方法;第3章介绍Turbo C语言的基础知识,为后面用C语言编程绘图作好准备,使没学过C语言的学生,学了本章能很快掌握并用以编制绘图程序;第4章介绍如何用Turbo C语言编出绘图的程序。第二部分有第5、6章,介绍目前广泛应用的交互式绘图软件Auto CAD,主要讲有关概念、命令、菜单结构及应用。第三部分为第7~9章,介绍图形(二维、三维)变换的原理及程序设计,以及图形的窗口、裁剪、曲线拟合等数学处理方法。最后为便于上机操作设三个附录。其中附录I对微机操作的命令、编辑程序的使用、FORTRAN语言的上机操作步骤作了介绍。附录II对Turbo C的操作作了简要说明。书后附有少量习题,供学生练习。书中所列程序均调试通过。

参加本书编写的有:谢兆学(第1、2、3、4、6章,7.6节、附录I、II),卞樽(第5、7章),杨立敏(第8、9章及附录I)。本书由谢兆学任主编。章昱卿、郭念亮参加了第7章程序的整理及调试。全书插图均用计算机绘制,大部分由袁国华同学绘出。另外,在编写过程中,得到不少老师和机械工程系92级同学的帮助,以及胡恒之高级工程师的大力支持在此一并表示深切的谢意。

本书在我校历年所用《计算机绘图》讲义的基础上修订、补充和改编而成。由于编者水平有限,错误在所难免,敬请广大读者批评指正。

编著者
1995年4月

目 录

第1章 概论	1
1.1 计算机绘图的发展与应用	1
1.2 计算机绘图系统	2
1.3 插补原理	8
第2章 绘图软件与 FORTRAN 程序设计	15
2.1 绘图语句与图形显示方式	15
2.2 FORTRAN 绘图软件的设计与调用	17
2.3 平面图形程序设计	24
第3章 C 语言图形处理基础	29
3.1 C 语言概述	29
3.2 C 语言的符号规定	30
3.3 输入与输出	34
3.4 C 语言的控制语句	37
3.5 函数、数组	41
3.6 文件的写与读	44
第4章 C 语言图形函数与应用	50
4.1 屏幕设置	50
4.2 绘制图形的函数及应用	55
第5章 用交互式 CAD 软件绘图	65
5.1 Auto CAD 绘图软件概述	65
5.2 Auto CAD 命令入门	68
5.3 使用 Auto CAD 作图举例	77
第6章 Auto CAD 的菜单	81
6.1 菜单设计的基本方法	81
6.2 Auto CAD 的屏幕菜单	85
第7章 图形变换与程序设计	94
7.1 矩阵的基本知识	94
7.2 二维图形变换矩阵	96
7.3 三维图形变换	104
7.4 正投影视图和轴测投影变换矩阵	108
7.5 图形矩阵变换子程序	117
7.6 三视图及轴测图程序设计	129
第8章 图形的裁剪	137
8.1 直线的裁剪	137

8.2 窗口裁剪与变换.....	139
8.3 面区的填充.....	145
第9章 曲线的拟合	147
9.1 三次样条曲线.....	147
9.2 最小二乘法.....	150
习题.....	153
附录I 微机上机指导.....	157
I-1 文件 DOS 命令.....	157
I-2 编辑程序介绍.....	159
I-3 微机上机及 FORTRAN 程序操作步骤	162
附录II Turbo.C 上机操作.....	166
附录III Auto CAD 常用键的功能.....	175
参考文献	175

101	.....	101
102	.....	102
103	.....	103
104	.....	104
105	.....	105
106	.....	106
107	.....	107
108	.....	108
109	.....	109
110	.....	110
111	.....	111
112	.....	112
113	.....	113
114	.....	114
115	.....	115
116	.....	116
117	.....	117
118	.....	118
119	.....	119
120	.....	120
121	.....	121
122	.....	122
123	.....	123
124	.....	124
125	.....	125
126	.....	126
127	.....	127
128	.....	128
129	.....	129
130	.....	130
131	.....	131
132	.....	132
133	.....	133
134	.....	134
135	.....	135
136	.....	136
137	.....	137
138	.....	138
139	.....	139
140	.....	140
141	.....	141
142	.....	142
143	.....	143
144	.....	144
145	.....	145
146	.....	146
147	.....	147
148	.....	148
149	.....	149
150	.....	150
151	.....	151
152	.....	152
153	.....	153
154	.....	154
155	.....	155
156	.....	156
157	.....	157
158	.....	158
159	.....	159
160	.....	160
161	.....	161
162	.....	162
163	.....	163
164	.....	164
165	.....	165
166	.....	166
167	.....	167
168	.....	168
169	.....	169
170	.....	170
171	.....	171
172	.....	172
173	.....	173
174	.....	174
175	.....	175
176	.....	176
177	.....	177
178	.....	178
179	.....	179
180	.....	180
181	.....	181
182	.....	182
183	.....	183
184	.....	184
185	.....	185
186	.....	186
187	.....	187
188	.....	188
189	.....	189
190	.....	190
191	.....	191
192	.....	192
193	.....	193
194	.....	194
195	.....	195
196	.....	196
197	.....	197
198	.....	198
199	.....	199
200	.....	200

第1章 概 论

计算机图形学(Computer Graphics, 缩写为OG)是一门研究用计算机来显示和绘制图形的新学科。为了让读者对计算机绘图有个大概的了解,本章简要介绍计算机绘图的发展与应用,计算机绘图系统的硬件和软件,以及图形形成的基本原理——插补原理。

1.1 计算机绘图的发展与应用

自从本世纪40年代研制出了世界上第一台电子计算机以来,由于计算机处理数据速度快、精度高,引起了各国的重视,纷纷投入人力物力,研制新的计算机,以及输出图形的软、硬件。

1950年美国麻省理工学院研制出了第一台图形显示器,作为旋风I号(Whirlwind I)计算机的输出设备,既可显示出一些简单的图形,也可用来摄制照片。这种显示器为一个阴极射线管(CRT),类似示波器的示波管。到了50年代中期,麻省理工学院在旋风I号计算机上开发了SAGE空中防御系统,第一个用光笔直接在显示屏幕上标识目标。50年代是计算机的发展初期,计算机绘图还处于研究的阶段。

60年代是交互式图形技术诞生与应用的阶段。1963年麻省理工学院的伊凡·萨泽兰(Ivan Sutherland)发表了一篇博士论文:“Sketchpad, 人机对话图形系统”,为现代交互式图形学奠定了基础。人们借助这个技术,可以使用键盘和光笔与计算机的交互作用,在显示屏上编制图形。60年代中期起,几个先进工业国对计算机绘图开展了大规模的研究,使计算机图形学进入了迅速发展和广泛应用的新阶段。

70年代,交互式绘图系统在许多国家已广泛应用。80年代,随着高性能的计算机陆续问世,绘图软件也不断地更换新的版本,而且功能也在不断地完善,从而对各国经济的发展起了很大的促进作用。

我国大约从60年代中期开始研究计算机图形设备。80年代,随着计算机的开发与应用,计算机绘图这一先进的新技术已被越来越多的部门所采用。我国已能研制出高性能的计算机(如“银河”系列计算机)及图形设备。相信随着计算机绘图的普及和发展,必将在我国国民经济建设中发挥更大的作用。

目前,计算机绘图主要的应用领域有如下几个方面。

1. 计算机辅助设计(CAD, Computer Aided Design 的缩写)

使用计算机来辅助进行任何单个零件、部件和产品的设计时,通常与计算机辅助绘图是分不开的,所需要的图形可以通过编制程序或交互式图形显示来设计。CAD系统的种类很多,可以是机械、电子电气、建筑工程、船舶、航空、服装等等。

计算机辅助制造(CAM, Computer Aided Manufacturing 的缩写)与计算机绘图也是有一定关系的。CAM包括了设计过程和最后通过计算机控制工具机制造或生产零件的先进方法。CAM应用了CAD的结果,通过计算机直接控制工具机。

2. 绘制图表

可以用计算机绘制出高质量、高精度的图形,如地图、海洋图、气象图、等高图、统计图等。

3. 仿真与动画

利用计算机来制作电影、电视动画片,以反映真实物体或模拟物体随时间变化的规律。制出的动画不但质量很高,还可以减少手工编制动画的步骤,节约制作费用,加快生产动画片的周期。

对于一些科学现象的研究,可以通过把现象发生的变化数字模拟化,用计算机动态地显示图形,这就是人们常说的仿真技术。例如可以用计算机模拟训练的环境,对汽车驾驶员、飞行员、宇航员进行训练。这种模拟训练能产生一种身临其境的真实感,既对初学者保证安全,又节约训练开支。

此外,在娱乐、电子游戏机中也常见这种应用。

4. 计算机辅助教学(OAI, Computer Aided Instruction 的缩写)

在教学中,用计算机图形显示设备,用动画或仿真方法进行学习、研究,可以把抽象的概念形象化,使学生易于理解和接受。

5. 过程控制

利用人机交互系统,实现人与被控制对象之间的相互作用。计算机通过相连的监测设备采集数据,并在显示屏幕上以图线的形式,显示出过程的变化,帮助人们检测故障,或实现最佳控制。

6. 其他

计算机绘图还可用于艺术、商业上的广告、办公室自动化中,把有关信息用图形形象地显示等方式上。

1.2 计算机绘图系统

实现计算机绘图,需要具备一套计算机绘图系统——包括硬件系统和软件系统两大部分。下面简单介绍这两部分的组成和作用。

一、计算机绘图系统的硬件

计算机绘图系统的硬件部分主要有:计算机系统(主机、键盘、显示器)、输入设备(如鼠标器、数字化仪)和输出设备(图形显示器、绘图机、打印机)等。

(一) 主计算机

它是计算机绘图系统的核心部分。其作用是接受输入设备传来的信息,经过处理后,由显示器或绘图机输出图形。计算机的类型很多,大致可分为微型机、超小型机、小型机及大型机。微型计算机简称为微机,价格相对比较便宜,工作环境要求不很高,所以目前被广泛地应用在各行各业,甚至家庭中。为便于初学者较好地掌握微机的使用,下面对常用的微机作扼要的介绍。

常用的微型计算机有:IBM 系列微机,COMPAQ,AST,国产微机如东海系列微机、长城系列微机等等。人们常说的 PC 机,是指个人用的计算机(Personal Computer),这类微

机运算处理的字长为 16 位或 32 位。

微机对信息的接受、处理、输出,是通过一个叫做中央处理器 (CPU, Center Processor Unit)的芯片来完成的。CPU 的性能越高,意味着计算机处理信息的速度越快,功能也就越强。IBM 公司 1981 年开发的 IBM-PC 微计算机,它的中央处理器(CPU)为 Intel 8086。这几年,随着科学技术的发展,CPU 的级别也在提高,以前 CPU 所用的 8086,已逐渐代之以 80286, 80386, 目前较高一级 CPU 已到 80586,就其运算速度来说,后者均比前者快。因此,作为图形处理用的微计算机,CPU 的级别越高越好。

PC 机内存容量一般为 640K 字节(1 K=1024 字),目前市售机多为 1 MB 以上,如 80486 机内存可配置到 16 MB。在用计算机来处理比较复杂的图形时,图形的数据量将很大,尤其是用交互式软件绘图时,图形系统本身已占去内存中相当一部分位置,因此如果微机的内存越大,则绘图速度越快。一般内存最好在 2 MB 以上。

微机上通常装有两个软磁盘驱动器,分别叫做 A 盘、B 盘,用“A:”或“B:”表示,使用的软磁盘直径大小为 $5\frac{1}{4}$ " 或 $3\frac{1}{2}$ "。这种软盘(又叫磁盘)是一个用软性材料制成的圆盘,两面均涂有磁性物质,外面用永久性保护套包装。 $5\frac{1}{4}$ " 软盘的套子上有防写缺口 A,索引孔 B,磁头读写槽 C,如图 1-1 所示。图中虚线圆表示磁盘。

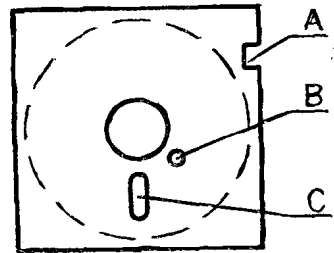


图 1-1 $5\frac{1}{4}$ " 磁盘

磁盘有单面单密度、双面低密度和双面高密度三种。一般用双面低密度或高密度盘。一张 $5\frac{1}{4}$ " 的双面低密度盘可以存储 360 K 字节信息,而一张同样大小的双面高密度磁盘可存 1.2 M 字节。目前,低密度磁盘已很少使用。三、四幅画有 4~50 个零件的装配图 (A1 图纸大小)的信息,用一张高密度磁盘就可以存贮下来。

大多数微机配置硬盘驱动器,用字母“C:”来表示。硬盘是表面覆盖着一层氧化铁涂层的铝制圆盘,若干张圆盘互叠在同一根轴上,读写磁头悬浮在其表面,磁头与盘面间隙约为 $5\mu\text{m}$ 。在使用硬盘驱动器时,应注意防止振动或碰撞,因为磁头仅能承受大约 20 g 的力冲击,较容易损坏。在搬动时,即使距离很短,也要先运行专门保护程序,使磁头移到盘的边缘,以免擦伤盘面。

微机的操作和管理通过磁盘操作系统(DOS, Disk Operating System)来进行,操作系统可以通用的微机叫作兼容机。常用微机操作系统有: PC—DOS 或 MS—DOS, 请看附录 I 微机操作部分。

还有一类微机,就是 Apple I,它与 IBM—PC 机的操作系统不同,相互不通用。由于 Apple I 的内存较小(48kB, 字长 8 位),用于工程绘图较少。

(二) 图形输入设备

除了键盘(Keyboard)可作为输入设备外,常见的图形输入设备还有光笔(Light pen)、鼠标器(Mouse)、数字化仪(Digitizer)、图形输入板(Tablet)等。它们的作用是将用户的图形数据,各种命令转换成电信号,传送给计算机,处理的结果在显示器或绘图机上转换成图形。

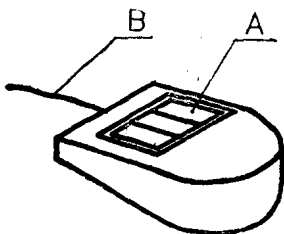


图 1-2 鼠标器

1. 鼠标器

常见鼠标器的外形是一个小盒子(图1-2),通过导线B与计算机连接。由于外观上像只老鼠,所以又叫老鼠定标器或鼠标器。盒内装有2个走轮或1个球形走轮,盒上设置有2只或3只按键或开关A。大多数鼠标器采用球形走轮。操作时,使球形走轮在任意平面上运动,从而控制光标在显示屏上作相应移动。按键开关起控制的作用。通过移动鼠标器控制光标,直接在显示屏上对图形定位、选择图形或选择命令等。

使用鼠标器前,先运行鼠标器驱动程序(如(Mouse.DXE),并设置相应参数,可把驱动程序放在自动启动的批文件中运行。鼠标器出厂时,一般都附有驱动程序盘及使用说明。由于鼠标器价格便宜,使用方便,所以很多计算机绘图系统都配置鼠标器。

2. 数字化仪

坐标数字化仪又称为数字化仪。它的作用是控制光标,选择命令或复制图形。常用的有全电子式数字化仪。从外形上看,它由两部分组成,平板C和选图笔(或者带有十字的游标D),见图1-3。平板C是利用电磁感应原理来制造的。平板在X、Y方向上装有许多平行的网格导体,每两条间距大约为200 μm 。图中右边放大图为游标器。

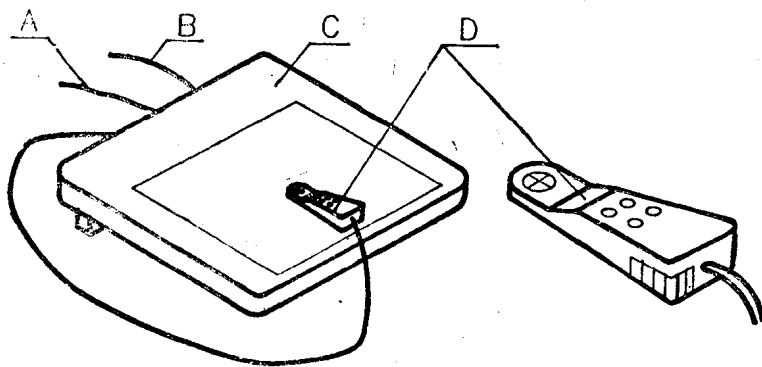


图1-3 数字化仪

游标盒D上有四个按键,盒内装有感应线圈。在与计算机接通(通过A),并经过有关参数配置后,当把游标在平板上移动到某处时,按一下游标上的某一个按键开关,线圈中便有交流信号,在游标的十字交叉处产生电磁场,使平板上产生感应电流,通过有关线路检测转换,得出平板上十字线处的坐标位置,然后传送到计算机处理。图中B接电源。

在应用交互式绘图软件复制图纸时,把图纸放在平板上进行有关配置,就可以通过选图笔或游标,把图“描”到计算机中去。由于数字化仪使用方便、精度高,所以在计算机绘图系统中被广泛采用。

数字化仪主要用在交互式绘图系统中。当第一次把它与计算机连接使用前,应先按数字化仪所附说明书要求,拨动数字化仪底板上的某些开关进行设置,然后运行交互式绘图软件,如使用AutoCAD绘图软件时先对数字化仪进行配置(如类型、大小、分区等等)。若配置正确,在平板上移动游标时,显示器上光标也随之作相应移动。

由于数字化仪通过平板输入图形或命令,所以不少人又把数字化仪称为图形输入板(Tablet)。

3. 光笔

光笔在图形显示器中用作输入设备,是直接与显示器联系而使用的工具。它的作用是

在显示器上对图形定位(指点),或选择图形、命令,还可以用光笔拖动光标在屏幕上移动,从而在屏幕上实现图形编辑。

(三) 图形输出设备

图形可以用图形显示器来显示,或通过绘图机、打印机输出。

1. 图形显示器

图形显示器是用阴极射线管(CRT)作为显示器,加上控制电路组成的。CRT的基本结构如图1-4所示。它包括电子枪(由1—灯丝;2—阴极;3—控制栅;4—加速板;5—聚焦系统组成),6—偏转线圈,7—荧光屏。

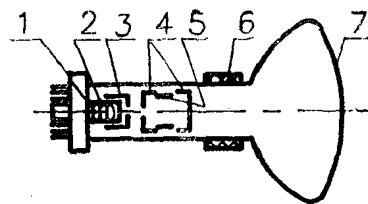


图1-4 CRT的基本结构

CRT的工作原理是:电子枪发出的高速电子束(其光点一般为0.2mm),经过偏转线圈6打到荧光屏7上,使荧光屏发光。当偏转线圈上控制电路收到计算机发来的X、Y方向的偏转信息(即水平偏转或垂直偏转)时,便控制电子束在荧光屏指定位置上运动,使屏幕显示出发光的图形或字符。

显示器上图形的清晰程度是由显示器的分辨率决定的。分辨率用屏幕横向的像素点——荧光屏上能发光的点数(列数)和竖向的像素点(行数)表示,如 320×200 , 640×200 , 1024×786 。点数越密,分辨率越高,显示的图线也就越细,越清晰。

在实际应用中,广泛地使用彩色图形显示器。一般微机所用的显示器,既可以显示字符,又可以显示图形。如果条件允许,用一台字符显示器显示字符,另配置一台彩色图形显示器专门显示图形,绘图的效果会更好。

2. 绘图仪

绘图仪,又叫绘图机,是计算机绘图系统常用的图形输出设备。常见的绘图仪有两类:滚筒式(或卷筒式)和平台(或平板)式。

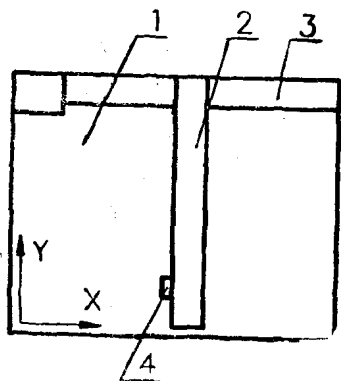


图1-5 平台式绘图机示意图

(1) 平台式绘图机:平台式绘图机的结构示意图如图1-5所示。主要包括:图板1、横梁2、导轨3,横梁上装有笔架4。图板的有效绘图面积最小为3号图纸大小(420×297),大的长度可达十几米。绘图时,把图纸平铺在图板上,用吸铁片固定图纸。平台式绘图机内还装有两个电动机。工作时,一个电动机带动横梁2在X方向上左、右移动,另一个电机负责带动笔架4沿着横梁在Y方向上移动,从而带动笔在图纸上绘出图形。

绘图机主要的技术指标包括:

- ①速度:落笔时的绘图速度。绘图机一般都具有几档速度供选择(通过软件设置)。
- ②步长:又称步距。是指电动机接收到计算机送出的一个电脉冲后,即转过一个角度,相应地笔就沿X或Y方向移动一步,这一步的长度称为步长。步长越小,绘图越精确。绘图机的步长一般为 $0.01 \sim 0.1 \text{ mm}$ 。
- ③笔数:有单支和多支(如八支)两种。
- ④抬落笔速度:每秒钟抬笔、落笔的次数。一抬一落为一次。

⑤绝对精度：指笔在X或Y方向上移动N个步长后，指定距离与实际移动距离的差之绝对值，称为绝对精度，如SR6602绘图机的绝对精度应小于 $0.1 \cdot 8 N / 1000 \text{ mm}$ 。

⑥距离精度：当笔在X或Y方向移动一定距离后，返回初始位置时，与初始位置间的距离，称为距离精度。它应不大于 0.2 mm 。

⑦重复精度：重复绘制(或称跟踪)指定图形时，两者之间的偏差距离称为重复精度，应不大于 0.3 mm 。

平台式绘图机优点是精度越高，有效绘图面积大；缺点是：由于移动的部件(如横樑)有一定重量，惯性较大，所以相对于滚筒式绘图机来说，速度较低，另外占地面积也比较大。

(2) 滚筒式绘图机：图1-6所示为滚筒式绘图机的示意图，它主要由滚筒1、笔架2、导轨3组成，图纸4卷在滚筒上。工作时，它通过两个电动机来驱动：一个电动机带动滚筒1转动，通过压轮5使图纸4一起转动，图纸运动的方向为X方向。另一个电动机带动笔架沿着导轨3向左或右(Y方向)移动，当落笔时，就可以在图纸上绘出图形。

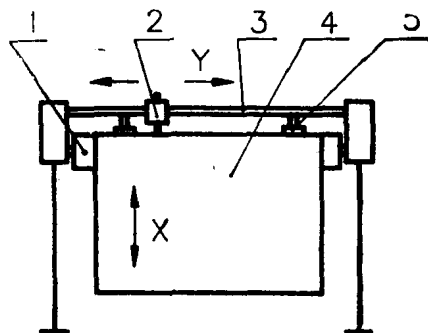


图1-6 滚筒式绘图仪示意图

滚筒式绘图机的结构简单，绘图速度高，其有效绘图面积在宽度(Y)方向上最大可画0号图纸大小，但长度方向(X方向)可以按需要加长，因此可连续绘制几十m(米)长的图形。

在使用绘图机时，应根据要求进行设置。例如在运行AutoCAD绘图软件，用滚筒式绘图仪输出图形时，应进行两个设置：一个是在计算机上设置，内容包括绘图机类型、绘图区域、图纸大小、图线对应的笔号等；二是在绘图机上设置。一般在滚筒式绘图仪上都装有液晶显示的选择装置，并有几个触摸式开关，轻按某一个，液晶显示器上便有字符显示。一般需设置的项目有：字节长有几位，停止位几位，是奇校验还是偶校验，并行还是串行(Parallel/Serial)，图纸大小、笔速选择等等。设置完毕，合上压纸杆，自动校验走纸情况。如果设置正确，液晶上显示出信息，如operation，再按一下等候绘图的键，然后到计算机上执行绘图程序，绘图机就快速地进行绘图了。

二、计算机绘图系统的软件

1. 绘图软件与绘图机的关系

绘图软件是用算法语言编写的、具有各种绘图功能的子程序的集合，通常又叫做绘图子程序系统或绘图软件包。一个绘图软件包只能与某些型号的绘图机连接使用。由于一般的绘图机在出厂时，都配有一套能绘制基本图形的命令(子程序)，如画直线、圆弧、写字母、数字，并固化在绘图机内。另外绘图机内还有一个处理器(相当于一个小计算机)，此类绘图机有时称为智能绘图机。只要用高级语言调用这些子程序编成主程序，即可以绘图。因此不少绘图软件是基于绘图机建立的。

2. 绘图的基本方法

用绘图软件绘图的方法有两种：一是通过编程序，然后进行编译、连接、运行(输出图形)

等几个步骤,如果图形有错误,则修改源程序,重复原来的几个步骤。这种方法称为编程式绘图,或被动式绘图法。编程序法常用来绘制有一定数学模型,如曲线函数的图形,有规律的运动的轨迹等等。虽然编程序比较麻烦,但由于它比较适合科学设计、运算及开发扩充软件,所以科技人员应学会应用。二是交互式绘图法。它应用交互式绘图软件的命令,直接在显示屏幕上编辑图形。用这种方法绘图灵活、方便,在机械、电气、建筑、服装等 OAD 中已得到广泛应用。这两种方法各有长处,因此对于研究 OAD 的工程技术人员,都应掌握。

3. 绘图软件的有关术语

(1) 当前笔位: 准备绘制下一图线前,笔(或光标)所停留的位置(用 X、Y 坐标表示)。

(2) 图板坐标: 绘图机上绘图平面的坐标,对平台式绘图机来说,坐标系的原点在图板有效绘图平面的左下角,X轴在横方向上,Y轴在竖向上。对于滚筒式绘图机,坐标系的 Y 轴平行于滚筒的轴线方向,图纸滚动的方向为 X 轴方向。坐标系的原点按绘图机的不同配置来定。

(3) 绝对坐标: 在坐标系中,某点对于坐标系原点的坐标 X、Y。

(4) 相对坐标: 在坐标系中,绘图时后一点相对于前一点的坐标增量。

(5) 抬笔: 由某一点移笔到另一点时,不画出图线。

(6) 落笔: 移动笔的位置时,画出图线。

在本书中,所有坐标及线性长度单位为 mm 时,均省略不注。

4. 关于绘图软件的标准化问题

由于不少绘图软件都是研制单位在各自不同的计算机,用不同的语言,并根据所配置的输入输出设备编制出来的。如果要在另一种设备(如换一种型号的绘图机)使用该软件,就必须修改程序,使之能驱动所用的绘图机绘图,这个过程就是人们常说的移植软件。软件移植的工作量往往是不小的,因此应考虑绘图软件的标准化问题。

绘图软件的标准化,目的主要是解决图形软件的可移植性问题。应使所研制的图形软件都可以在不同的主机上运行,与输入输出设备没有关系,并可用任一种高级语言调用图形功能子程序,即与主机、设备、语言无关。在使用不同设备时,只要运行相应驱动程序即可。这样的软件,能给用户带来极大的方便。

从 70 年代中起国际上已着手研究图形标准化问题。下面介绍有代表性的两个图形系统软件:

(1) GKS 图形核心系统(Graphics Kernel System): GKS 是法国标准化局订的图形软件标准,它采用了虚拟设备接口、虚拟显示文件及工作站的概念,受到重视。经过修改和补充后,1982 年国际标准组织正式通过将 GKS 作为计算机二维图形软件包的国际标准草案。1985 年国际标准组织 (ISO) 公布 GKS 的二维正式文本 ISO7942 作为国际图形标准。目前三维标准正在拟订中。

(2) CORE 核心图形系统 (Core Graphics System): 它是美国图形标准规划委员会 (GSPO) 1979 年公布的,这是一个三维的图形标准,目前已为不少计算机图形系统(如 Sun、Appollo 工作站)所采用。

当前我国不少单位正在研究采用 GKS 标准及 GKS 的汉化问题。

1.3 插补原理

在显示屏幕或绘图机上,直线、曲线是如何画出的呢?上一节已提到,绘图机在工作时,是由两个电动机的配合动作来完成绘图任务的。当绘图机接收到计算机输来的一个信号(一个脉冲)时,电动机就使笔在X方向或Y方向上走一个步长。如果落笔,就画出一段长度等于一个步长的直线段。若画任意一方向的直线或曲线,则只能用阶梯状的折线来逼近理想的位置了。屏幕上直线和曲线的显示也是用类似的方法形成的。显示图线就像用“笔”画一样。

由于实际绘出的线与理想位置之间总有一定偏离(偏差),为了使偏差尽可能小,可以通过减小绘图机的步长,或者选用适当的走步方向的方法来解决。根据已知条件,采用一定的运算方法,计算与控制笔尽可能沿着理想位置走步画线的方法,称为插补法,或插补原理。插补原理有许多种:如逐点比较法、正负法等。下面介绍常用的逐点比较法。

逐点比较法:在绘图过程中,根据笔位与理想线的相对位置,决定笔的走向,然后移动一步,反复进行,直到终点为止。也就是,每走一步,都要进行一次比较。它的插补步骤大致如下:

(1) 建立偏差函数。可由直线或曲线的函数表达式推导出来。

(2) 规定走向:当笔处在图线理想位置上或偏离时,规定笔应沿X还是Y轴移动,沿正向还是负向进行。规定走向有时又叫进向选择。

(3) 偏差判别:笔走一步后,根据偏差函数表达式,计算出偏差函数值,并根据偏差值的符号(正、负或零),判断当前笔位偏离理想的位置,以确定笔下一步的走向。

(4) 终点判别:笔每走一步后,都要判断是否已到达终点。终点判别以笔沿X向或Y向的走步数为依据,它可以用X、Y方向的总步数,也可以用X、Y方向走步数中最大者表示。当沿作为计算终点判别方向的轴向,每移动一步时,终点判别数均应减1,直至到达终点。例如,由原点(0,0)到点A(0.4,0.5)画直线,设步长为0.1,则沿X方向应走4个步长,Y方向走5个步长,因此应选Y方向5作为终点判别数。若选X方向的4,则画出线的终点位置与理想线的位置偏差就比较大。应注意,在画45°线时,虽然X、Y方向的所走步长数是相同的,但不能任意选择,否则将会走失一步。一、三象限应取Y方向的,二、四象限应取X方向的。

下面以绘制直线和圆弧为例,具体说明逐点比较法的插补过程。

一、直线插补

设由原点O到点A(x_0 , y_0)画直线,见图1-7。

1. 求直线的偏差函数

直线的方程为

$$\frac{y}{x} = \frac{y_0}{x_0}$$

$$x_0 y - y_0 x = 0$$

$$F = x_0 y - y_0 x$$

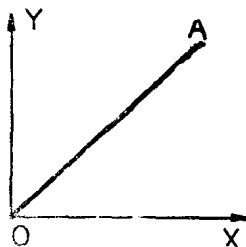


图1-7 直线

令

即得到直线的偏差函数。其中 x 、 y 、 x_0 、 y_0 的单位均为步长。若A点在其他象限内,偏

差函数式都是相同的。

2. 规定走向

由于直线把坐标平面分为两个区域三个部分,即直线本身、直线的上方及下方,走向只与函数值的符号有关。我们先研究在各区域中偏差函数的符号,再根据符号规定走向。

(1) 偏差函数的符号: 设点 $A_1(x_1, y_1)$ 是直线上的任一点。

在第一象限,设点 $A_2(x_1+1, y_1)$ 在 A_1 右方一个步长处,点 $A_3(x_1, y_1+1)$ 在 A_1 上方一个步长处,见图 1-8。这三点 A_1 、 A_2 、 A_3 处的偏差函数分别是 F_1 、 F_2 、 F_3 :

$$F_1 = x_0 y_1 - x_1 y_0 = 0 \quad (\text{由直线方程得到})$$

$$\begin{aligned} F_2 &= x_0 y_1 - y_0 (x_1 + 1) = x_0 y_1 - y_0 x_1 - y_0 \\ &= F_1 - y_0 \\ &= 0 - y_0 \\ &< 0 \quad (\because y_0 > 0) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_3 &= x_0 (y_1 + 1) - y_0 x_1 = x_0 y_1 - y_0 x_1 + x_0 \\ &= F_1 + x_0 \\ &= 0 + x_0 \\ &> 0 \quad (\because x_0 > 0) \end{aligned}$$

可见,在第一象限内:直线上 $F=0$;直线上方 $F>0$;直线下方 $F<0$ 。用同样方法,可以确定直线在其他象限时,偏差函数值 F 的符号,如图 1-9 所示。在直线上均为 $F=0$ 。

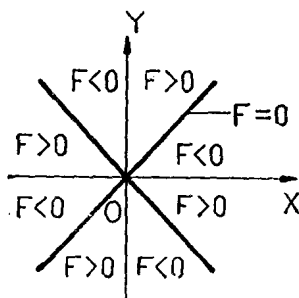


图 1-9 F 在各象限的符号

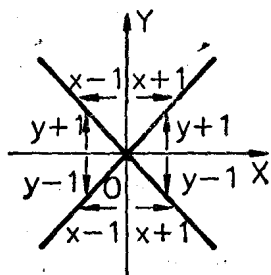


图 1-10 走向规定

(2) 走向规定: 当由原点出发画直线时,对于第一象限,规定:

当 $F \geq 0$ 时,走 $x+1$;

$F < 0$ 时,走 $y+1$;

即当笔位于直线及上方($F \geq 0$)区域时,下一步应沿 $+X$ 方向走一步长, X 坐标加上 1 个步长,变成 $x+1$; 当笔位于直线下方($F < 0$)时,下一步则沿 $+Y$ 方向走一步长, Y 坐标变成 $y+1$ 。

其他象限走向规定如图 1-10 所示。直线均由原点出发绘制。

3. 简化偏差函数

在偏差函数 $F = x_0 y - y_0 x$ 中,由于每次都要进行乘法运算,不够简便。为了计算方便,

对新偏差函数计算公式进行简化。

设原偏差函数记作 F , 对于第一象限:

(1) 在作 $x+1$ 进向后, 新的偏差函数(记作 F')为

$$\begin{aligned} F' &= x_0 y - y_0 (x+1) \\ &= x_0 y - y_0 x - y_0 \\ &= F - y_0 \end{aligned}$$

说明在作 $x+1$ 进向后, 新偏差函数 F' 等于前一个偏差函数值 F 减去直线终点的 Y 坐标 y_0 。

(2) 在作 $y+1$ 进向后, 新偏差函数为

$$\begin{aligned} F' &= x_0 (y+1) - y_0 x \\ &= x_0 y - y_0 x + x_0 \\ &= F + x_0 \end{aligned}$$

说明在作 $Y+1$ 进向后, 新的偏差函数值 F' 等于前一个偏差函数值 F 加上直线终点的 X 坐标 x_0 。

用同样方法, 可求得直线在其他象限的简化偏差函数。表 1-1 表示每作一次进向选择后, 计算偏差函数所用的公式。

表 1-1 过原点的直线在各象限的偏差函数

象 限	沿 X 轴进向选择	偏差函数	沿 Y 轴进向选择	偏差函数
1	$x+1$	$F' = F - y_0$	$y+1$	$F' = F + x_0$
2	$x-1$	$F' = F + y_0$	$y+1$	$F' = F + x_0$
3	$x-1$	$F' = F + y_0$	$y-1$	$F' = F - x_0$
4	$x+1$	$F' = F - y_0$	$y-1$	$F' = F - x_0$

还可以把偏差函数公式进一步简化为通用表达式:

沿 X 轴(含正、负)走一步后的偏差函数为

$$F_{i+1} = F_i + (-1)^n |y_0|;$$

沿 Y 轴(含正、负)走一步后偏差函数为

$$F_{i+1} = F_i - (-1)^n |x_0|;$$

式中: F_i 为前一个偏差函数值; n 为象限号; $|x_0|$ 、 $|y_0|$ 为直线终点 X 、 Y 坐标的绝对值。

(3) 按简化的公式计算新偏差函数 F' 的值。

(4) 根据 F' 的符号判别走向规定, 决定进向选择。

(5) 反复进行, 直到直线终点。

例: 如图 1-11 所示, 由原点 $(0, 0)$ 到点 $B(0.4, 0.3)$ 画直线, 设步长 0.1 mm 。

分析: 由原点到终点沿 X 方向需走 4 步, Y 方向走 3 步。终点坐标用步长为单位表示为 $x_0 = 4$, $y_0 = 3$ 。由于 X 方向走步数 (4) 较大, 所以选 4 作为终点判别数。

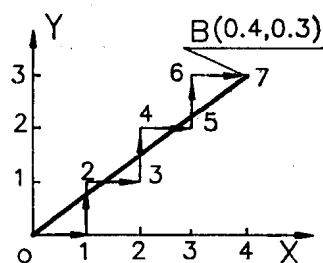


图 1-11 直线插补的步骤

绘制图 1-11 直线的插补运算过程如表 1-2 所示。

第 1 步,从原点出发,由于直线通过原点,所以在原点处偏差函数 F 为 0。根据走向规定,当 $F \geq 0$ 时,走 $x+1$; $F < 0$ 时,走 $y+1$ 。所以第一步沿 X 方向走到 1,用 $F' = F - y_0$ 计算得到 1 处的偏差函数值为 -3 , X 方向的走步数(此处为终点判别的值)减去 1 步。

第 2 步,根据点 1 处的偏差函数值 $F = -3$,知道 $F < 0$,所以往下一步应沿 Y 轴正向走一步(进向选择 $y+1$),并以相应偏差函数表达式 $F' = F + x_0$ 计得 $F' = 1$ 。再继续第 3 步,如此反复进行,直至终点。

表 1-2 直线的插补运算过程

步 序	偏差判别 (F 值)	进向选择	计算新的偏差函数 $x+1$ 时 $F' = F - y_0$ $y+1$ 时 $F' = F + x_0$	终点判别
1	0	$x+1$	$F' = F - y_0 = 0 - 3 = -3$	$4 - 1 = 3$
2	$-3 < 0$	$y+1$	$F' = F + x_0 = -3 + 4 = 1$	3
3	$1 > 0$	$x+1$	$F' = F - y_0 = 1 - 3 = -2$	$3 - 1 = 2$
4	$-2 < 0$	$y+1$	$F' = F + x_0 = -2 + 4 = 2$	2
5	$2 > 0$	$x+1$	$F' = F - y_0 = 2 - 3 = -1$	$2 - 1 = 1$
6	$-1 < 0$	$y+1$	$F' = F + x_0 = -1 + 4 = 3$	1
7	$3 > 0$	$x+1$	$F' = F - y_0 = 3 - 3 = 0$	$1 - 1 = 0$

由表可见,以 X 方向走步数作终点判别依据时,每沿 X 方向走一步,将终点判别数减去 1,沿 Y 方向走时不减。当终点判别值为零时,总的步序数等于 X 、 Y 方向走步数的总和。

二、圆弧插补

与直线插补的步骤一样,圆和圆弧的插补也要先求偏差函数,规定走向,然后计算新的偏差函数,根据偏差值的符号选择进向。每走一步后还要进行终点判别。下面介绍圆弧插补的步骤:

1. 圆弧偏差函数的一般形式

设圆心在 origin、半径为 R ,则圆的方程为

$$x^2 + y^2 = R^2$$

因此得偏差函数

$$F = x^2 + y^2 - R^2$$

当笔位在圆上时, $F = 0$; 在圆外时, $F > 0$; 在圆内时, $F < 0$ 。偏差函数符号的范围见图 1-12。

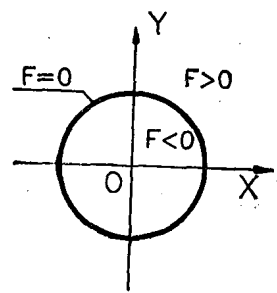


图 1-12 圆偏差函数的符号

2. 走向规定

在第一象限内逆时针方向画圆时,如图 1-13 所示,规定:当 $F < 0$ 时,作 $y+1$ 进向;当 $F \geq 0$ 时,作 $x-1$ 进向。各象限圆弧的走向规定如图 1-14 所示。

3. 简化圆的偏差函数判别式