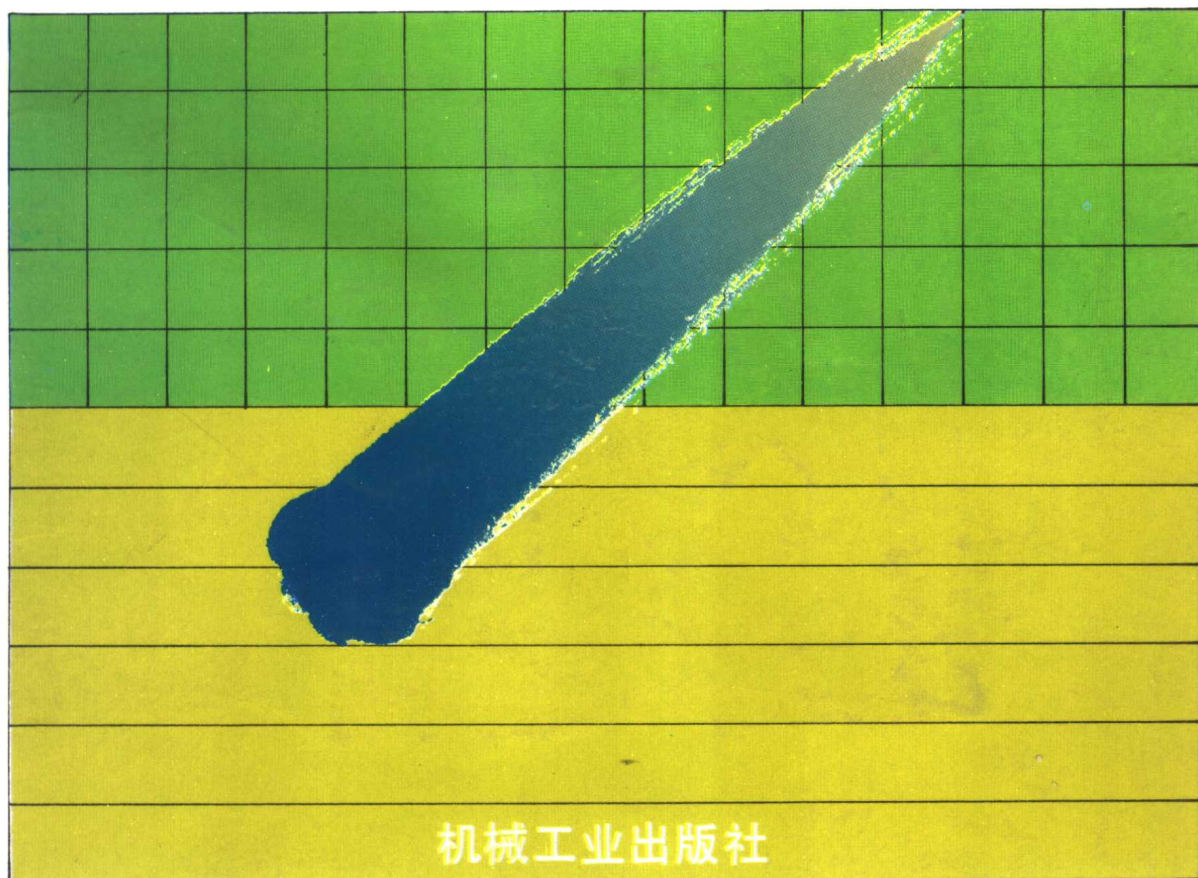




计算机辅助工艺设计丛书

工艺图的 计算机绘制方法 及实例

王昌禄等 编



机械工业出版社

计算机辅助工艺设计丛书

工艺图的计算机绘制方法及实例

主编	王昌禄		
编者	王昌禄	王昌福	田欣
	姜仁华	王沈濠	王坦
	王沈沛	王会军	孙耀新

机械工业出版社

本书介绍了工艺图的计算机绘制方法及实例,全书共有八章,第一章介绍了计算机绘图发展概况,绘图机工作原理、指令及使用方法。第二章介绍了计算机绘图数学原理几何图形计算,几何变换及程序设计实例。第三章介绍了 AutoCAD 软件包使用方法及 LISP 语言编程实例。第四章介绍高级语言与 dBASE 与 AutoCAD 接口,提供了 BASIC, TRUE-BASIC, FORTRAN77, PASICAL, 及 C 语言与 dBASE 与 AutoCAD 接口实例。第五章介绍了工艺图常用基本绘图子程序。第六章介绍轴、套类零件图及工艺图绘制实例,以及用 Lisp 编制工艺图实例。第七、八章介绍轮盘类及其它零件图及工艺图编制实例。本节提供的大量实例均在 IBMPC 系列 * 286、* 386 等微机上通过。本书是在培养研究生及科研工作基础上编写的,有相应软盘。

适合于厂矿研究单位技术人员及大专院校师生参考。

工艺图的计算机绘制方法及实例 / 王昌禄等编, -北京:机械工业出版社, 1995. 9

ISBN 7-111-01468-4

出版人:马九荣(北京市百万庄南街1号 邮政编码100037)

责任编辑:王琳 版式设计:李松山 责任校对:刘茹

封面设计:姚毅

三河永和印刷有限公司印刷 • 新华书店北京发行所发行

1995年8月第1版 • 1995年8月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16 • 27.5印张 • 680千字

0 001—3300册

定价:29.50元

前 言

近代科学技术的发展,对产品设计及加工工艺要求越来越高,对设计周期要求尽量缩短。随着计算机的出现,人们利用其作为助手,而形成一门新兴学科——计算机辅助设计,简称 CAD (Computer Aided Design),但是 CAD 出现后,对工艺设计要求也更高了,因此进而又产生了另一后续新兴学科,计算机辅助工艺设计,简称 CAPP (Computer Aided Process Planning)。为了适应当前科研与生产实践的需要,我们编写了一套计算机辅助工艺设计系统丛书,共包括下列十册:

1. 计算机辅助工艺设计系统及成组技术应用实例
2. 工艺数据库及应用实例
3. 工艺图的计算机绘制方法及实例集
4. 计算机编制工艺卡的方法及应用实例
5. 工艺尺寸的计算程序实例
6. 零件的毛坯尺寸及加工余量的计算程序实例
7. 展开图的计算机计算程序与绘制实例
8. 下料与排料的计算机计算与绘图实例
9. 机械零件的数控加工及手工编程实例

第一批首先出版第 1、2、3、9 册,其它各册将在以后陆续出版。

本书是其中的第三册。

本书共分八章,第一章介绍了计算机绘图发展概况及绘图机工作原理、指令及使用方法。第二章为基础知识,介绍计算机绘图数学原理,几何变换及程序设计实例。第三章介绍 AutoCAD 软件包使用方法及 LISP 语言编程实例,它是工艺绘图中交互绘图的重要手段。第四章介绍了高级语言与 dBASE 与 AutoCAD 接口,是 CAPP 中参数化绘图的重要手段。本书提供了 BASIC、TRUE-BASIC、FORTRAN77、PASICAL、C 语言及 dBASE 与 AutoCAD 接口实例。第五章介绍了工艺图常用的基本子程序。第六章介绍了轴、套类零件图及工艺图绘制实例。第七、八章介绍了轮盘类及其它零件的零件图及工艺图实例。本书是在过去从事 CAPP 科研工作及培养研究生工作中积累的资料的基础上,参考有关资料及研究生论文而编写而成。书中大量实例是在微型机 * 286, * 386, * 486 上编译通过,并有相应的软盘,可供读者参考。

由于编者水平有限,书中可能有不妥之处,欢迎批评指正。

编者

1993. 7. 于北京

目 录

第一章 概 述	1
第一节 计算机绘图发展概况及在工艺设计中的重要性.....	1
第二节 常用绘图机结构及使用方法.....	1
第三节 绘图机指令介绍.....	6
第四节 综合人工智能计算机辅助工艺设计系统简介	13
第二章 计算机绘图的数学原理及程序设计	15
第一节 常用几何图形的数据计算及程序设计	15
第二节 图形的几何变换及程序实例	21
第三节 IBM-PC 屏幕绘图及实例	63
第三章 AutoCAD 软件包介绍	78
第一节 AutoCAD 的装配及常用指令介绍.....	78
第二节 AutoLISP 语言常用函数及程序实例	96
第四章 高级语言与 dBASE 与 AutoCAD 连接	138
第一节 高级语言与 AutoCAD 连接	138
第二节 高级语言与 dBASE 与 AutoCAD 连接	250
第五章 工艺图常用基本绘图程序	258
第一节 工艺图常用基本子程序.....	258
第二节 工艺图的尺寸标注程序.....	280
第六章 轴类、套类零件图及工艺图	298
第一节 轴类、套类零件图及工艺图程序.....	298
第二节 拉杆轴套零件图及工艺图程序.....	318
第三节 LISP 语言绘制轴套类工艺图程序	355
第七章 轮盘类零件图及工艺图的绘制	366
第一节 齿轮类零件图及工艺图的绘制程序实例.....	366
第二节 其它轮盘类零件图及工艺图绘制程序实例.....	380
第八章 其它各类零件图及工艺图的绘制程序实例	395
第一节 杆件、弹簧、箱体类零件图及工艺图程序实例.....	395
第二节 轴承类图形程序实例.....	409
第三节 展开图绘制程序实例.....	418
附录 图例	421
参考文献	435

第一章 概 述

第一节 计算机绘图发展概况及在工艺设计中的重要性

在生产实践中,制图的任务是十分繁重的,据有关资料介绍,例如在机械行业的产品设计及工艺设计中,其手工绘图的时间约占整个设计时间的35%左右。因此随着近代科学技术发展要求产品品种及时不断更新。例如:汽车工业的汽车型号品种很多,而且要及时不断更新,否则就被淘汰。因而产品设计及其工艺设计工作量十分繁重,仅仅依靠传统的手工绘图,困难很大,不能满足需要。另一方面在航空、宇航、造船等行业,图样十分复杂,用手工绘图十分困难,而且绘图精度也不能满足需要。又如电子工业的集成电路,由于集成度越来越高,不采用计算机自动绘图,则根本不能满足生产需要,采用计算机绘图以上困难则迎刃而解。

若将计算机自动绘图与计算机辅助产品设计、辅助工艺设计相结合,其优越性更突出。这样可以缩短产品设计及其工艺设计的周期,提高产品设计绘图及工艺图的质量,因为采用计算机计算,计算的精度可达4位至16位小数,由于采用绘图机,绘图精度可达0.1mm。从而也减轻科技人员的劳动强度,节省时间,降低设计成本。

在机械产品的工艺设计中,其绘图工作量比产品设计更繁重。因为一般一张零件图往往要求编制几张甚至十几张工艺图,才能保证零件的正确加工,保证零件质量。因此在计算机辅助工艺设计(Computer Aided Process Planning,简称CAPP)中,采用计算机绘图更为重要。

计算机绘图在工业及科学技术方面有重要作用,关于计算机绘图原理、方法,以及图形显示、图象处理是重要的研究课题。研究各种软件系统,改进人机交互联系,提高显示装置的分辨率及响应速度。编制各种应用程序,主、子程序。研究和改进各种图样的图式符号,探索既便于读图又便于自动绘图的图样表示法。

在计算机绘图硬件方面,主要是研究各种图形输出装置绘图机,图形输入装置,数字化仪,扫描仪等,不断提高这些硬件设备的性能。如在绘图精度方面,据有关资料介绍,美国Calcomp公司的绘图机,全幅面范围内精度能达到 $\pm 0.025\text{mm}$,在复位精度方面有的绘图机能达到 $\pm 0.0025\text{mm}$,在分辨率方面,有的绘图机能达到0.0025mm,而其最大速度,如采用平面电机的,可达60m/min。其加速度可达 9.75m/s^2 。但在图形输入装置方面,如扫描仪目前对图形扫入计算机后,再进行处理,重新送往绘图机输出,目前在精度方面还存在一定问题,特别是汉字处理难度更大。今后在硬件、软件方面还需要更加深研究,有待不断改进。

第二节 常用绘图机结构及使用方法

一、绘图机分类及工作原理

绘图机一般是与计算机连机使用,采用在机工作方式。绘图机要从计算机那里不断得到

有关每个要走的基步的信息,绘图机本身可以承担内插补的任务,完成绘图的要求。有些绘图机本身还有很丰富指令,可以直接被高级语言调用,实现绘图,使用十分方便。根据不同结构及工作原理,绘图机一般分为下列各类:

(一) 滚筒式 X-Y 自动绘图机

此种绘图机结构主要有转筒, X 方向步进电机、Y 方向步进电机, 控制芯片, 卷纸、送纸机构, 绘图笔工作机构及绘图机架等组成。主要工作原理是将计算机送来信息, 转变为步进电机需要的信息。控制两台独立的 X、Y 步进电机转动。一台 X 方向步进电机控制卷筒旋转, 使图纸在 X 方向转动。另一台 Y 方向步进电机, 控制画笔沿 Y 轴方向移动。两者运动合成即能画出需要的图形。滚筒式 X-Y 绘图机优点, 可高速进行图形处理, 机构较简单, 成本低, 维护保养方便, 可以连续自动出图, 效率高, 安装占用面积小。

(二) 平台式绘图机

其结构主要由绘图台, 绘图板, X 步进电机, Y 步进电机, X 导轨, Y 导轨, X 滑座, Y 滑座, 绘图笔等组成。其主要工作原理: 由计算机主机输入信息, 分别驱动 X 步进电机及 Y 步进电机, 实现 X 或 Y 方向运动, 当 X、Y 方向复合运动时, 则可画出需要图线。绘图是通过直线插补、圆弧插补或抛物线插补实现。而绘图介质的固定, 一般通过磁铁压紧装置或负压吸附装置。图纸固定于平台上。此类绘图机优点是可获得较高的绘图精度, 使用的绘图介质种类多, 面积大, 有的可达 $6 \times 2\text{m}^2$ 或 $3 \times 10\text{m}^2$ 面积。可观察到整个图形, 绘图介质固定较稳, 不易出现错误。

(三) 平面电机绘图机

此类绘图机属于平台类型, 但它的驱动是用直线电机。它与旋转的步进电机不同, 绘图笔可在台板上自由滑动, 而画出需要图形。其工作原理: 笔装在直线电机驱动机构上, 是依靠磁力作直线运动。因此不需要传动机构与变速机构。其优点是结构简单, 增加了工作的可靠性, 其速度最高可达 $60\text{m}/\text{min}$ 。

二、常用绘图机的规格性能介绍

在工艺绘图中, 一般应采用 AutoCAD 软件包, 其交互设计性能好, 指令多。另备有与高级语言及数据库接口, 用户可自己开发需要软件接口。另一方面 AutoCAD 软件包随着版本升级 (从原来 1.0 至目前已达 12.0 版), 性能不断增加的同时, 其对外部设备驱动程序也相应增加至几十种。因此在此基础上开发的应用软件移植性好, 可支持几十种绘图仪, 并且可随着绘图仪新型号出现不断升级, 且具有将低版本图形 (* DWG) 升级到高版本的功能, 使用户过去开发软件不至作废。因此目前建议用户在选择绘图机时, 一般应选购 AutoCAD 软件包支持的绘图机。下面介绍部分性能较好的绘图机性能及规格。

(一) 美国 Houston instrument 公司生产 DMP 系列

1. DMP-52MP 型

(1) 用纸规格: A1: $60 \times 85\text{cm}$;

A2: $42 \times 60\text{cm}$;

(2) 绘图面积: $54.6 \times 78.7\text{cm}$;

$36.8 \times 54.6\text{cm}$;

(3) 分辨率: 0.025mm 或 0.1mm ;

(4) 精度: 0.1% 或 0.25mm ;

- (5) 重复精度: $\pm 0.05\text{mm}$
- (6) 绘图速度: 轴向: 406mm/s ;
 对角: 559mm/s ;
- (7) 加速度: $0.5g$ 至 $4g$;
- (8) 绘图笔: 墨水针笔、圆珠笔;
- (9) 接口标准: RS-232-C(DB-25P);
- (10) 绘图语言: 固件 DM/PL;
- (11) 体积: $85 \times 33.3 \times 92.7\text{cm}$;

2. DMP-56 型

- (1) 用纸规格: A0 加大至 A4D/N 共 18 种;
- (2) 绘图面积: $84.8 \times 119.9\text{cm}$ 至 $17.9 \times 26.6\text{cm}$ 共 18 种;
- (3) 分辨率: 0.025 或 0.1mm ;
- (4) 精度: 0.2% 或 0.5mm
- (5) 重复精度: $\pm 0.05\text{mm}$;
- (6) 绘图速度: 轴向: 304mm/s ;
 对角: 431mm/s ;
- (7) 加速度: $0.5g$ 或 $1g$;
- (8) 绘图笔: 纤维笔、墨水针笔;
- (9) 接口标准: RS-232-C;
- (10) 绘图语言: 固件; DM/PL;
- (11) 体积: $119 \times 28.6 \times 122.9\text{cm}$ 。

(二) 美国惠普公司(HEWLETT—PACKARD)

1. HP7570A 型为例

- (1) 绘图纸类型及规格:

精制羔皮纸, 双面褪光聚脂薄膜;

宽度从 550mm 至 640mm , 长度从 400mm 至 1000mm , 其中包括 A2/C 建筑 C 幅面和 A1/D/建筑 D 幅面规格;

- (2) 边缘

扩展方式: 三个边为 5mm , 第四个边为 31mm ;

普通方式: 三个边为 15mm , 第四个边为 39mm ;

- (3) 绘图笔: 纤维光笔, 一次性液体墨水笔, 可重灌水的墨水笔, 八笔转盘式笔架, 自动换笔和套笔帽;

- (4) 分辨率: 可寻址的为 0.025mm , 机械的为 0.013mm ;
- (5) 重复精度: 对同一支笔为 0.05mm , 换笔时为 0.2mm ;
- (6) 准确度: 0.25mm 或指定线段长度的 0.1% ;
- (7) 加速度: $2G$ 或 $2.8G$ (测试方式);
- (8) 绘图速度: 落笔时: 40cm/s , 抬笔时: 50cm/s ;
- (9) 绘图笔存放周期: 100ms ;
- (10) 缓存区大小: 7448 字节(为用户定义的 I/O, 多边形和绘笔分类缓存区共享);

- (11) 体积重量: 高度 1030mm, 深度 520mm, 宽度 1140mm, 重量 30kg;
- (12) 接口: RS-232-C/CCITT V. 24; HP-IB(IEEE 488-1978);
- (13) 功率要求: 电源: 100, 120, 220, 240V 交流 $\pm 10\%$; 频率: 47.5~66Hz; 功耗: 小于 80W;
- (14) 环境范围: 工作温度 0℃至 75℃, 非工作温度 -40℃至 75℃, 相对湿度: 5%至 95% (0℃至 40℃)。

最新 HP 绘图仪, 还增加绘图时当图线不规范可自动重画, 当绘图笔中墨水不够用时, 可以发出警告, 控制走线长度。

(三) 日本 Roland D G 绘图仪

此类绘图仪有 DXY800, DXY101 型, DXY880 型等, 一般用于 A3 号图纸幅面, 可用 Centronics 并行接口, 或 RS-232-C 串行接口。其详细性能可参考有关手册。

(四) 日本 SR6602 绘图仪

此绘图仪为日本 IWATSU 公司早期生产, 我国引进几十万台, 它不支持 AutoCAD 软件, 但我们开发了从低版本到高版本的与 AutoCAD 联机的驱动程序, 所以也支持 AutoCAD 软件包绘图。

主要性能参数:

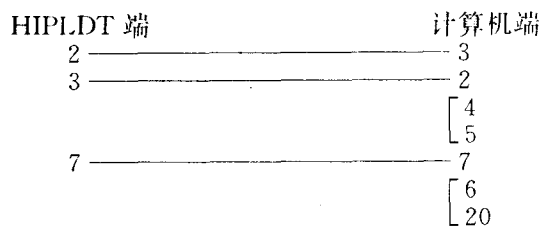
- (1) 绘图面积: 365×270 (绘图纸面积 420×297 mm) 适合画 A3 号图;
- (2) 绘图速度: 200mm/s;
- (3) 插补精度: 内插为 0.05mm, 可编程步距为 0.1mm;
- (4) 绝对精度: 当笔移动 N 点时, 在 X 轴或 Y 轴方向上实际值和标定值差在 $\pm 0.1 + 3N/10000$ mm 之内;
- (5) 距离精度: 当笔从 X 或 Y 轴方向移动后再返回起点时, 其外滑距离小于 0.2mm;
- (6) 重复精度: 小于 0.3mm;
- (7) 方式选择: 绘图方式, 打印方式, 自检方式, 笔测方式;
- (8) 绘图笔: 共 6 支, 用水性或油性纤维笔尖型;
- (9) 绘图命令: 80 余种;
- (10) 机内 CPU: 为 Z80;
- (11) 接口类型: 并行 Centronix 型式串行: RS-232C 接口;
- (12) 工作环境: 工作温度 $+5^\circ\text{C} \sim 40^\circ\text{C}$, 相对湿度 35%~75%;
- (13) 供电要求: AC220V $\pm 10\%$, 耗电: 90VA;
- (14) 尺寸及重量: $580 \times 168 \times 485$ mm (宽 $\times$ 高 $\times$ 长), 12kg。

三、计算机与绘图机的连接

要正确使用绘图机, 必须使绘图机与主机计算机之间正确连接。一般用并行口或串行口连接, 若打印机用了并行口, 则绘图机选用 RS-232-C 串行口连接。下面介绍几种常用绘图机的连接。

(一) DMP 系列绘图机与计算机连接

DMP 系列绘图机与主机的通讯一般采用 RS-232C 串行接口, 电缆两端均为标准 25 线接头。其接线顺序如下:



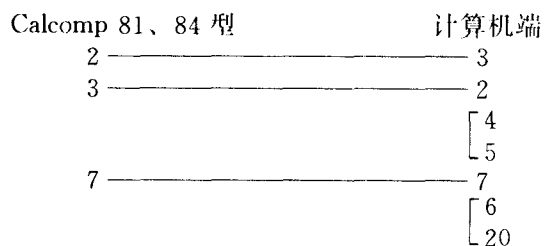
其中：2 为发送数据端；
 3 为接收数据端；
 7 为信号地端；
 4~5 要短接；
 6~20 要短接。

关于波特率的设置，首先要将电缆连到绘图机的 MODEM 上，在绘图机 DMP-29 后，共设有八个开关。1、2、3 号开关为设置波特率用，4、5 号开关确定为奇偶校验开关，7 号开关为设置绘图机输出的尺寸单位（英寸或毫米）。开关按钮设置“0”为关，“1”为开。一般计算机与绘图机通讯要求将波特率设置为 9600。DMP-29 绘图机开关设置如下：

开关号	开关位置	含 义
1	0	1、2、3 开关当前位置为 9600 波特
2	1	
3	1	
4	1	4、5 号为奇偶校验开关
5	1	
6	任意	
7	0	
8	任意	

（二）Calcomp 81 和 84 型绘图机连接

其连线方法如下：

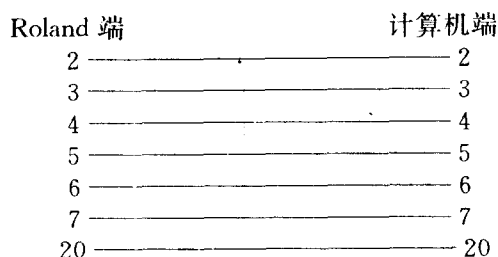


Calcomp 84 型，设置 9600 波特率的传输速率，用 XON/XOFF 协议请求接通发送，其开关设置如下：

开关 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10 接通 (ON)
 开关 8, 9 关断 (OFF)

（三）日本 Roland DG 绘图机与计算机连接

其接线方法如下：

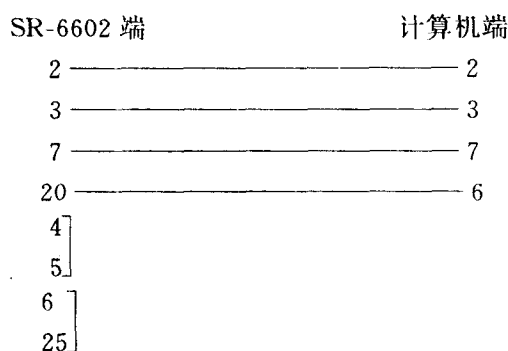


用串行口 RS-232C 连接时, 绘图机 DIP 开关设置为 9600 波特, 偶校验和一个禁止位, 开关位置如下:

开: 6, 8, 9, 10 关: 1, 2, 3, 4, 5, 7

(四) 日本 SR-6602 绘图机与计算机连接

用 RS-232C 串行口连接时, 接线如下:



用 RS-232C 串口其波特率为 9600, 开关设置如下:

开关 SW1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ON					*					
OFF	*	*	*	*		*	*	*	*	*

开关 SW2

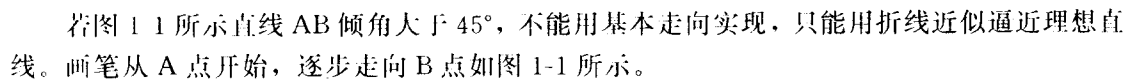
	1	2	3	4	5	6
ON		*	*	*	*	
OFF	*					*

第三节 绘图机指令介绍

一、绘图机的插补原理

绘图机是由控制机构, 分别控制 X、Y 方向步进电机沿 X 或 Y 方向运动实现绘图。输给 X、Y 步进电机脉冲指令, 有四个基本方向。即 +X、-X、+Y、-Y。若再加上四个合成方向: (+X、+Y), (-X、-Y), (+X、-Y), (-X、+Y) 共只有八个方向。再加上抬笔、

直线插补逐点比较法基本原理如下:



第一步 +X;	第二步+Y;
第三步 +Y;	第四步+X;
第五步 +Y;	第六步+X;
第七步 +Y。	

图 1-1 中直线 AB 的斜率 $\operatorname{tg} \alpha = Y_B / X_B$, 画笔在移动过程中与理想直线逼近时有下列三种情况:

- $$\begin{aligned} \text{则 } \operatorname{tg} \alpha_K - \operatorname{tg} \alpha &= \frac{Y_K}{X_K} - \frac{Y_B}{X_B} = 0 \\ X_B Y_K - Y_B X_K &= 0 \end{aligned}$$

则 $p = X_B \cdot Y_K - Y_B \cdot X_K$, 此时 $p = 0$

- $$\begin{aligned} \text{此时 } \operatorname{tg} \alpha_M - \operatorname{tg} \alpha &< 0 \\ X_B \cdot Y_M - Y_B \cdot X_M &< 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{此时 } \operatorname{tg} \alpha_n - \operatorname{tg} \alpha &> 0 \\ X_B \cdot Y_N - Y_B \cdot X_N &> 0 \end{aligned}$$

当 $p < 0$ 时插补方向为 $+Y$ 。

当 $p > 0$ 画笔沿 +X 方向进一步, 由 M 点到 K 点, 则 K 点坐标值为 $K(X_M + 1, Y_M)$

$$\begin{aligned}\text{新偏差: } p_K &= X_B Y_K - Y_B X_K \\ &= X_B Y_M - Y_B (X_M + 1)\end{aligned}$$

$$\text{则 } p_K = p_M - Y_B$$

由于 Y_B 是已知的终点 Y 坐标值, 说明在 $p < 0$ 时, K 点的新偏差值等于前一点的偏差值减去常量 Y_B 。

当 $p < 0$ 时, 则笔沿 +Y 方向进一步, 到 K 点, 则 K 点新偏差为:

$$\begin{aligned}p_K &= X_B Y_K - Y_B X_K \\ &= X_B (Y_M + 1) - Y_B X_M \\ &= p_M + X_B\end{aligned}$$

$$\text{即 } p_K = p_M + X_B$$

因 X_B 为已知终点 X 坐标值, 故也说明当 $p > 0$ 时, K 点的新偏差等于前一点偏差加上常量 X_B 。

由上面分析可知, 利用前一点的偏差和终点坐标 ($X_B Y_B$) 之一进行加减运算, 以得到新的偏差值。再判别下一步走向。

在其它象限中偏差判别及进给方向如表 1-1。

表 1-1 直线插补

直线所在象限	当 $p > 0$ 进给方向	当 $p < 0$ 进给方向
一	$+\Delta X$	$+\Delta Y$
二	$-\Delta X$	$+\Delta Y$
三	$-\Delta X$	$-\Delta Y$
四	$+\Delta X$	$-\Delta Y$

二、绘图指令格式介绍

早期绘图机, 只有最基本指令, 只能用汇编语言编程, 调用基本插补方向绘图, 因此用户编程工作量很大, 使用很不方便。近期绘图机, 已经解决此问题。用户只要用高级语言 (例如 BASIC 语言或 FORTRAN 语言及 C 语言) 调用绘图指令, 即可绘图。但是各个绘图机厂商生产的绘图机都有自己的绘图指令, 种类繁多, 不能一一介绍。但是作为应用开发者, 只要对一种绘图机指令格式分析清楚, 其它各类大同小异, 可以举一反三。下面我们介绍日本 SR-6602 绘图机指令供参考。

下面介绍 SR-6602 绘图仪较常用的指令。

(1) IN ——用于在绘图仪开始时启动绘图仪并清零。所有绘图程序开始时, 必须调用此指令。

(2) TE ——此指令用于在绘图全部完毕后, 结束绘图指令, 一般在程序后部。

(3) HM ——此指令为绘图完毕后, 令绘图笔归零点, 一般在程序后部。

(4) SP, P1 ——此指令定义笔的速度, 其 P1 取下列各值:

1) 20cm/s; 2) 15cm/s; 3) 10cm/s; 4) 7cm/s; 5) 5cm/s; 6) 3cm/s。

(5) DS; P1, P2 ——此指令用于定义虚线或点划线的长度, 其中 P1 定义实线部分的长

度, P2 定义间隔部分长度。

(6) LT; P1 ——此指令定义线的类型, 其中: P1=0 画实线; P1=1 画虚线; P1=2 画点划线; P1=3 画双点划线。

(7) SH; P1 ——此指令定义字母的高度, P1 即为字母高度数值。若数值为 1, 则此字母高度为 0.1mm, 如 P1=30 则字母高为 3mm。

(8) SI; P1 ——引指令定义字母之间的水平距离, P1 即为水平距离的数值。

(9) DH; P1 ——此指令定义坐标轴上刻度的长度, P1 即为刻度的长度数值。

(10) NP; P1 ——此指令定义绘图时所选择用的笔的笔号, 本绘图仪共有 6 种颜色 6 枝笔, P1 数值即代表第 n 枝笔。

(11) AP; P1, P2, P3 ——此指令为笔移动指令 (绝对数值表示), 即笔从现在位置到读数的位置。其中 P1: 表示在 X 坐标轴上截取数值, P2: 表示在 Y 坐标轴上截取的数值。P3: 为 0 或 1 时保持现在状态移动。P1 为 2 落笔状态运动, P3 为 3 时笔用抬笔状态运动。

(12) AM; P1, P2, P3, P4, X1, Y1, X2, Y2...XnYn。此指令为画连续折线指令。其中 P1 的数值有下列四种: 当 P1=-1 画虚线, P1=0 画实线, P1=1 画点划线, P1=2 画双点画线。

P2 的数值有下列三种: 其中 P2=0 只画标记, P2=1 在线端画标记, P2=-1, 只画线, 不画标记。P3: 标记代码 (详细请参阅 SR-6602 绘图仪说明书表 2)。P4: 标记的高度。XnYn 线上点的坐标值。

(13) AS; P1, P2, P3, P4, A1~An。

此指令为书写字母的指令, P1: 为书写字母 X 坐标, P2: 为书写字母 Y 坐标。P3: 为字母高度, P4: 为字母的倾角。A1~An 为字母的代号或字母本身。

(14) AX; P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9。

此指令为绘制坐标轴的轴线指令。P1, P2 为坐标轴起点的坐标。P3: 为坐轴的倾角。P5: 为坐标轴上比例尺数字高。P6: 为轴上比例线之位置。P7: 为比例的数值。P8: 为比例刻度之间的间隔。P9: 为比例数值的增量数值。

(15) AC; P1, P2, P3, P4, P5, P6。

此指令为绘制圆或圆弧的指令, 其中 P1, P2 为圆或圆弧及螺线指令。其中: P1, P2 为圆的圆心。X, Y 坐标值。P3: 圆或圆弧起点的半径, P4: 圆或圆弧终点的半径。P5: 圆起点与圆心联线与 X 轴的夹角。P6: 为圆终点与圆心联线的夹角。

三、绘图程序举例

为了说明上述绘图指令, 用高级语言 BASIC 调用的方法, 现举例说明。

(一) 例 1 正弦曲线的绘制

```
10 REM SIN. 1-1
20 OPEN"COM1:9600,E,7,1,CS,DS65535,CD"AS#1
30 PRINT #1,"EX;%"
40 PRINT #1,"EB;&.%"
50 PRINT #1,"IN%"
60 PRINT #1,"AP;500,1000,-3"
70 FOR X=0 TO 360
80 Y=(500 * SIN(X * 3.14159/180))
90 IF X<>0 THEN 110
```

```

100 PRINT #1,"AP;"X","Y",3%":GOTO 120
110 PRINT #1,"AP;"X","Y",2%"
120 NEXT X
130 PRINT #1,"HM%"
140 PRINT #1,"TE%"
150 END

```

(二) 例 2 椭圆的绘制

椭圆绘制的程序如下:

```

4 REM ELL. 3-4
5 OPEN "COM1:9600,E,7,1,CS,DS65535,CD" AS #1
6 PRINT #1,"EX;%"
7 PRINT #1,"EB;&%"
8 PRINT #1,"IN%"
20 PRINT #1,"AP;600,800,-3%"
30 READ A,B,C
40 DATA 600,400,0.12
50 FOR T=0 TO C STEP .001
60 X=INT(A * COS(T * 180/3.14))
70 Y=INT(B * SIN(T * 180/3.14))
80 IF T<>0 THEN 100
90 PRINT #1,"AP;"X","Y",3%":GOTO 110
100 PRINT #1,"AP;"X","Y",2%"
110 NEXT T
1000 PRINT #1,"HM%"
1010 PRINT #1,"TE%"
1020 CLOSE #1
1030 END

```

(三) 例 3 圆的内摆线

绘制圆的内摆线的程序如下:

```

4 REM HYPOC. 314
5 OPEN "COM1:9600,E,7,1,CS,DS65535,CD" AS #1
6 PRINT #1,"EX;%"
7 PRINT #1,"EB;&%"
8 PRINT #1,"IN%"
20 PRINT #1,"AP;1200,1400,-3%"
30 READ A,B,C
40 DATA 400,100,5
50 FOR T=0 TO 360 STEP C
60 X=INT(((A-B) * COS(T * 3.14/180))+B * COS((A-B)/B * (T * 3.14/180)))
70 Y=INT(((A-B) * SIN(T * 3.14/180))-B * SIN((A-B)/B * (T * 3.14/180)))
80 IF T<>0 THEN 100
90 PRINT #1,"AP;"X","Y",3%":GOTO 110
100 PRINT #1,"AP;"X","Y",2%"
110 NEXT T
1000 PRINT #1,"HM%"
1010 PRINT #1,"TE%"
1020 CLOSE #1
1030 END

```

(四) 例 4 绘制圆的外摆线

绘制圆的外摆线程序如下:

```

4 REM EPICY. 313
5 OPEN "COM1:9600,E,7,1,CS,DS65535,CD" AS #1

```

```

6 PRINT #1,"EX;%"
7 PRINT #1,"EB;8.%"
8 PRINT #1,"IN%"
20 PRINT #1,"AP;600,1100,-3%"
30 READ A,B,C
40 DATA 300,100,0.12
50 FOR T=0 TO C STEP .001
60 X=INT(((A+B)*COS(T*180/3.14))-B*COS((A+B)/B*(T*180/3.14)))
70 Y=INT(((A+B)*SIN(T*180/3.14))-B*SIN((A+B)/B*(T*180/3.14)))
80 IF T<>0 THEN 100
90 PRINT #1,"AP;"X","Y",3%":GOTO 110
100 PRINT #1,"AP;"X","Y",2%"
110 NEXT T
1000 PRINT #1,"HM%"
1010 PRINT #1,"TE%"
1020 CLOSE #1
1030 END

```

(五)例 5 绘制三维图形螺旋线族

绘制螺旋线族三维图形程序如下:

```

4 REM SPIS.113
5 OPEN "COM1:9600,E,7,1,CS,DS65535,CD" AS #1
6 PRINT #1,"EX;%"
7 PRINT #1,"EB;8.%"
8 PRINT #1,"IN%"
30 READ X0,Y0,R,H
40 DATA 1200,800,300,5
50 T=30*3.14159/180;CS=COS(T);SI=SIN(T)
60 T1=41.4*3.14159/180;CO=COS(T1);SN=SIN(T1)
70 FOR H=0 TO 30 STEP 1.5
80 FOR CT=0 TO 450 STEP 8
90 A=3.1416/180
110 XX=R*COS(CT*A)
120 YY=R*SIN(CT*A)
130 ZZ=H*CT/(2*3.1416)
140 X=INT(X0+(XX*CS+YY*SI));Y=INT(Y0+(-XX*SI+ZZ+YY*SI))
150 IF CT<>0 THEN 170
160 PRINT #1,"AP;"X","Y",3%":GOTO 180
170 PRINT #1,"AP;"X","Y",2%"
180 NEXT CT,H
1000 PRINT #1,"HM%"
1010 PRINT #1,"TE%"
1020 CLOSE #1
1030 END

```

(六)例 6 绘制三维椭圆抛物面:

绘制三维椭圆抛物面的程序如下:

```

4 REM ELI.SD.5-4
5 OPEN "COM1:9600,E,7,1,CS,DS65535,CD" AS #1
6 PRINT #1,"EX;%"
7 PRINT #1,"EB;8.%"
8 PRINT #1,"IN%"
15 READ X0,Y0,A,B,D,E
20 DATA 1200,700,49,16,30,30
30 T=45*3.14159/180;CS=COS(T);SI=SIN(T)

```

```

50 FOR YY=-D TO E STEP 2
60 FOR XX=-D TO E STEP 2
70 ZZ=XX*XX/A*A+YY*YY/B*B
80 X=X0+(XX+YY*CS)*8;Y=Y0+ZZ+YY*SI
90 IF XX<>-D THEN 100
95 PRINT #1,"AP;"X","Y",3%";GOTO 110
100 PRINT #1,"AP;"X","Y",2%"
110 NEXT XX,YY
1000 PRINT #1,"HM%"
1010 PRINT #1,"TE%"
1020 CLOSE #1
1030 END

```

(七)例 7 绘制三维正弦曲面

绘制三维正弦曲面的程序如下:

```

4 REM SINFSF.5-1
5 OPEN "COM1;9600,E,7,1,CS,DS65535,CD" AS #1
6 PRINT #1,"EX;%"
7 PRINT #1,"EB;8.%"
8 PRINT #1,"IN%"
12 X0=1200;Y0=1000
20 T=45*3.14159/180;C=COS(T);S=SIN(T)
50 FOR YY=-50 TO 50 STEP 2
60 FOR XX=-50 TO 50 STEP 2
70 R=XX*XX+YY*YY
80 X=X0+(XX+YY*C)*8;Y=Y0+ZZ+YY*S
90 IF XX=-50 THEN 105
100 GOSUB 9000
105 GOSUB 9100
110 NEXT XX,YY
1000 PRINT #1,"HM%"
1010 PRINT #1,"TE%"
1020 CLOSE #1
1030 END
9000 PRINT #1,"AP;"X","Y",2%";RETURN
9100 PRINT #1,"AP;"X","Y",3%";RETURN

```

(八)例 8 绘制三维环面

绘制三维环面的程序如下:

```

4 REM FEN.1-8
5 OPEN "COM1;9600,E,7,1,CS,DS65535,CD" AS #1
6 PRINT #1,"EX;%"
7 PRINT #1,"EB;8.%"
8 PRINT #1,"IN%"
15 READ X0,Y0,R,R1
20 DATA 1200,1500,300,100
30 T=30*3.14159/180;CS=COS(T);SI=SIN(T)
35 T1=41.4*3.14159/180;CO=COS(T1);SN=SIN(T1)
50 FOR FI=-180 TO 180 STEP 8
60 FOR CT=0 TO 360 STEP 8
70 XX=(R1*COS(FI*3.1416/180)+R)*COS(CT*3.1416/180)
72 YY=(R1*COS(FI*3.1416/180)+R)*SIN(CT*3.1416/180)
74 ZZ=R1*SIN(FI*3.1416/180)
80 X=INT(X0+(XX*CS+YY*CS));Y=INT(Y0+(-XX*SI+ZZ+YY*SI))
90 IF CT<>0 THEN 100

```