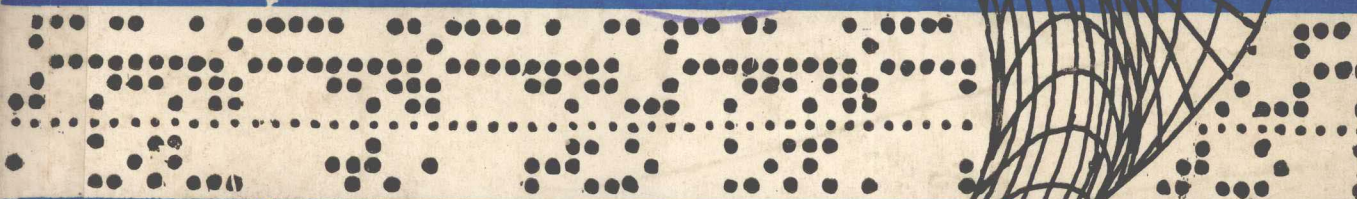


自动绘图程序设计参考



国营云马机械厂

前 言

电子计算机和数控技术的迅猛发展,使飞机生产技术发生着深刻的变化。过去在飞机制造常规工艺中的模线绘制几乎占整个飞机试制周期的 $\frac{1}{3}$,而且手工绘制图形既慢又不准确。模线精度要保证在0.15 mm之内比较困难,也适应不了现代工业技术发展的要求。五十年代末期,由于实现了电子计算机自动编制程序,电子计算机被广泛使用于数学定义的设计、工艺规程及产品方面。需要分析计算和验证的数据也与日俱增,于是就出现了数控绘图机。它是把四十年代相继出现的一些绘图机械设备与电子计算机联接的绘图机械设备。六十年代以来,数控绘图在不断完善的基础上,逐步获得了广泛的应用。数控绘图机的出现和发展并应用到航空工业,不仅使飞机制造中的模线绘制工作实现了自动化,使人们摆脱了繁琐的手工劳动,而且还明显地提高了模线绘制的精度和速度,缩短了模线绘制周期降低了成本。

我厂在×××机试制中建立了前机身数学模型,并用六机部第十一研究所的DC300/DM1830型数控绘图机和我厂的7062/RIS6015V型绘图机绘制了95%以上的理论模线和20%左右的结构模线,应用于生产。并还绘制出60%的水上飞机结构模线,其它如直升机旋翼等都获得了应用,并取得了良好的效果。为了在今后新机试制中进一步扩大应用飞机设计——制造一体化技术,遵照毛主席关于“尽量采用先进技术”的教导和华主席关于大搞技术革新和技术革命的指示,我们组织了我厂新工艺试验室的同志,在七六年编的“模线自动化讲义”的基础上,主编了这本“自动绘图程序设计参考”供从事于飞机设计——制造一体化工程技术人员和工人参考。由于初次编辑,经验不足,错误之处、请予批评指正。

科技情报室

一九七八年七月

目 录

第一部份 数 控 绘 图

前言

第一章 概要	(1)
--------	-------

第二章 绘图系统	(5)
----------	-------

2—1 绘图机	(5)
---------	-------

2—2 系统框图	(5)
----------	-------

2—3 系统简介	(5)
----------	-------

2—3—1 系统程序	(5)
------------	-------

2—3—2 系统硬件	(5)
------------	-------

2—4 数控绘图机的指令系统	(9)
----------------	-------

2—4—1 控制带	(9)
-----------	-------

2—4—2 控制带用的代码	(9)
---------------	-------

2—4—3 纸带绘图程序安排格式	(12)
------------------	--------

2—4—4 指令系统	(14)
------------	--------

2—4—5 说明	(20)
----------	--------

2—5 绘图时系统打字机键盘输入的指令(人机对话)	(22)
---------------------------	--------

2—6 绘图时操作台的指令	(22)
---------------	--------

2—7 手编程序举例	(23)
------------	--------

第三章 数控绘图控制程序的一般功能	(29)
-------------------	--------

3—1 计算移动量	(30)
-----------	--------

3—2 对进给速度的控制	(30)
--------------	--------

3—3 把圆弧指令变为直线插补	(31)
-----------------	--------

3—4	文字、符号产生器	(31)
3—5	控制绘出特征线	(31)
3—6	系统打字机输入输出	(32)
3—7	图形和文字的旋转处理	(32)
3—8	对操作台信息的处理方式	(33)
3—9	进行中断解析处理	(33)
3—10	控制读取PT和MT指令、数值并存入缓冲区	(34)
3—11	控制程序段逆行	(34)
3—12	控制带中删去代码(/)处理	(35)
3—13	控制带指定与TTY指定之间关系的处理	(35)
3—14	绘汉字	(36)
3—15	绘轴测投影图	(36)
3—16	绘透视图	(36)
3—17	绘空间曲面	(36)
3—18	选择绘图坐标方式	(36)
3—19	电传修改移动指令	(36)
第四章	系统动作说明	(37)
第五章	读图系统	(39)
5—1	系统构成	(39)
5—2	读图过程	(39)
5—3	读图输出PT上信息安排格式	(40)
5—4	读图时TTY的功能	(40)
5—5	读图举例	(42)
5—6	系统动作说明	(42)
5—7	数字化处理流程	(43)
第六章	数控铣床(FANUC 220—S)加工信息纸带绘图校验系统	(44)
6—1	目的	(44)

6—2	系统的构成	(44)
6—3	系统程序功能	(44)
6—4	注意事项	(51)
6—5	系统动作说明	(51)
6—6	举例	(51)
第七章 绘图机操作说明		(52)
7—1	绘图装置	(52)
7—2	系统控制程序的输入顺序	(52)
7—3	操作台的操作	(52)
7—4	系统打字机的操作	(56)
7—5	纸带指定与系统打字机指定的关系	(60)
7—6	例图	(61)

第二部分 绘图程序设计参考

第一章：概述		(62)
第二章：图形定义及处理		(65)
2—1	平面自由曲线的作成	(65)
2—2	空间曲线的构作和光顺绘图	(63)
2—2—1	曲线的光顺绘图	(71)
2—2—2	空间曲线光顺程序	(75)
2—3	双三次曲面片与绘图	(77)
2—4	贝齐尔曲面与绘图	(79)
2—5	平面曲线的样条拟合绘图	(86)
2—6	高次方程数值解求法	(90)
2—7	点的线性变换	(92)
2—8	汉字、字符产生和绘图后置处理、绘几何图形等距线	(104)

第三章：自动绘图与算法语言	(105)
第四章：HT/601A 理论模线绘图数据处理程序	(125)
4—1 HT/601A使用方法	(125)
4—2 列表曲线绘制输入数据格式	(127)
4—3 数据填写格式例	(128)
4—4 例图及程序	(128)
第五章 HT/121A绘图程序系统使用说明	(132)
5—0 目录	(134)
5—1 基本作图语句 (HT—1)	(149)
5—1—1 基本语句	(149)
5—1—2 特征线 (虚线、一点划线、双点划线) 语句	(153)
5—1—3 辅助功能语句	(154)
5—2 几何图形定义语句 (HT—2)	(157)
5—2—1 点的定义语句	(157)
5—2—2 直线定义语句	(166)
5—2—3 圆的定义语句	(172)
5—3 宏功能语句 (HT—3)	(180)
5—3—1 复合语句	(180)
5—3—2 标尺寸语句	(188)
5—3—3 图形语句	(190)
5—3—4 线性变换语句	(193)
5—4 列表曲线绘图语句 (HT—4)	(198)
5—5 列表曲线定义语句 (HT—5)	(200)
5—5—1 定义语句	(200)
5—5—2 嵌套过程	(215)
第六章 HT/121A 绘图程序系统	(222)
附：参考资料及说明	(223)

第一部分 数控绘图

第一章 概 要

自古以来，人们采用简单的绘图工具：直尺、三角板、圆规，包括飞机制造中的模线绘制时使用的样条（Spline）等，进行几何作图，解决工程和科学上大量的绘图问题。

二十世纪，相继出现了继电器、真空管、晶体管、集成电路等，相应的产生了电子计算机。人们在使用电子计算机时，感到只打印出数据太不直观，于是绘图机械、阴极射线管这类图形显示设备，则作为电子计算机的输出手段展现在人们的面前。它们不仅给人以数的感觉，而且给人以更直观的“形”的印象。这一来，电子计算机使绘图机械实现了自动化；绘图机械便把电子计算机的应用扩大到了一个新的领域。

特别是确立了反馈理论并出现了电气和油压式伺服马达以后，使机械的工作头的位置的精密控制成为可能，从而产生了数控（NC）机械。数控绘图机则是其中的一种。它像大家知道的数控铣床和数控线切割机一样，无非是将刀具和钼丝换成绘图笔而已。但数控绘图比数控加工增加了不少附加功能：图形线性变换（放大、缩小、旋转、平移、轴测投影）及宏功能变换（虚线、点划线、标注尺寸、打标记、写汉字、写字符）和其它一些要求。但是，数控绘图比数控加工少考虑刀具半径补偿、冷却、材料、装夹等许多工艺参数。

到目前为止，模线样板标准样件工作法仍是多数飞机制造业中，解决协调互换的传统工艺方法，由于采用手工绘制模线和手工制造样板，以某飞机为例，仅模线样板一项就需占用一年半左右时间。为了在飞机制造过程中逐步摆脱繁重的手工劳动，缩短周期，尽量采用电子计算机和数控技术，从自动绘制模线角度出发，以7062RIS6015V绘图机软件系统及其应用为内容编了这本“参考资料”，希望能对普及和提高自动绘图技术有所帮助。

本书介绍的主要内容，分两部分

第一部分，从利用绘图机绘制模线的角度介绍一台目前我厂正在使用中的大型精密数控绘图机的构成、功能和使用要求。

第二部份，从利用电子数字计算机自动编制绘图源程序的角度，重点介绍目前我厂正在使用的数控绘图程序系统的使用说明，并介绍数控绘图程序系统的方法要点和程序。

要掌握我们所介绍的这种模线绘制自动化技术是容易的，但要求具备使用FORTRAN语言和ALGOL语言进行程序设计的基本知识。

自动绘图的处理过程如图2所示。自动绘图需要一连串的处理过程，这过程的全部则称自动绘图系统。那么该系统是指“硬件”还是“软件”呢？一句话“软硬兼施”方能构成自动绘图系统。

我们这里说的系统，从硬件上讲，主电子计算机与自动绘图机是脱机的，其间通过介质

(纸带: PT: PAPER、TAPE、或磁带 MT: MAGNETICTAPE) 连接(见图1)整个系统中, 哪些工作由主电子计算机完成, 哪些工作由自动绘图机完成呢? 如图2中的 I、II、III 就属于三种方案。III 属于简易绘图机(相当于外插补绘图机); II 属于硬件控制的数控绘图机(相当于内插补绘图机); I 属于硬件和软件共同完成的计算机数字控制(CNC)的自动绘图机。我们目前所使用的, 并要给大家介绍的数控绘图机属于第 I 种。

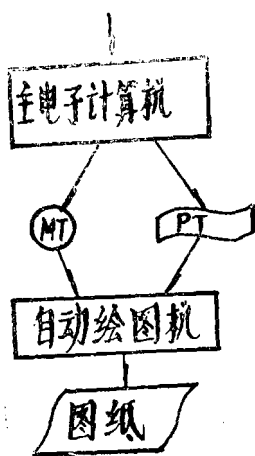
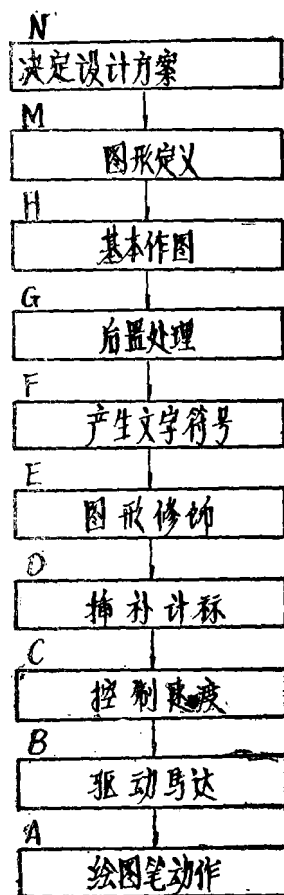


图1

实现自动绘图, 图2中A~N每个环节均是必要的: A, 机器绘图与手工绘图类似, 首先要有绘图笔和绘图台; B, 笔头靠x方向的二个同步马达与y方向的马达同时动作实现在绘图台上任意移动绘图, 笔的上下运动靠笔架上的电磁铁的充磁去磁实现; C, 为了保障绘图机械的可靠和达到要求的绘图精度, 在始终点时绘图速度渐进上升和下降, 对各种曲线采用适当的速度绘制, 所以自动绘图要求进行速度控制; D, 一般的

自动绘图机都采用数字化的增量方式描绘所要求的图形。在直角坐标系下, 绘图笔按图三所示八个方向上按硬件规定的步距(每接收一个脉冲移动的距离)一步步地移动而绘出图形。但绘图机所绘的图形远远不止这八个方向上的线条。



主电子计算机完成

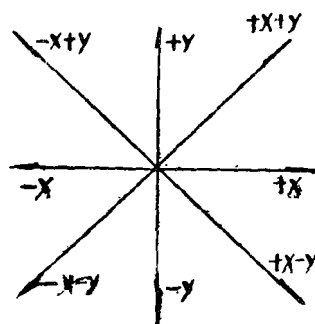
自动绘图机完成

主电子计算机完成

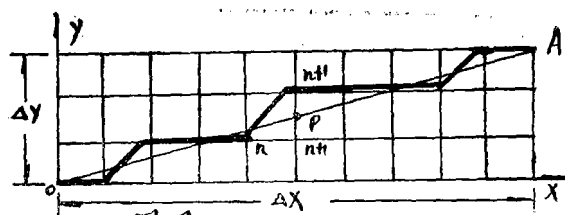
自动绘图机完成

主电子计算机完成

自动绘图机完成



图三



图四

图2

如图四,要绘出 $\overline{OA}$,手工画很简单:将直尺对准O, A点一画便成。然而要绘图机画可不是那么简单。以逐点比较法为例,说明插补计算的一种方法。A点相对O点的坐标为 $(\Delta x, \Delta y)$,阶梯步距是机器固有的指标,一般精密绘图仪在0.02mm/脉冲以下。

从n到n+1的一步运动是走x还是走xy,决定于P点在步距之半的上方还是下方,则

$$y_{n+1} - x_{n+1} \cdot \frac{\Delta Y}{\Delta X} \leq \frac{1}{2} \dots\dots (1)$$

(1)式成立,第n+1步走xy,否则走x

当n=0时, $y_n = x_n = 0$, 设n+1走xy, 则

$$\begin{cases} y_{n+1} = y_n + 1 = 0 + 1 = 1 \\ x_{n+1} = x_n + 1 = 0 + 1 = 1 \end{cases} \quad \text{代入(1)式得}$$

$$1 - \frac{\Delta y}{\Delta x} \leq \frac{1}{2} \quad \text{即} \Delta x \leq \frac{1}{2} \Delta x + \Delta y \dots\dots (2)$$

(2)成立,第一步走xy, 否则走x

当n=1时, 设第一步走xy, 如第二步仍走xy, 则

$$\begin{cases} y_{n+1} = y_n + 1 = 1 + 1 = 2 \\ x_{n+1} = x_n + 1 = 1 + 1 = 2 \end{cases} \quad \text{代入(1)式得}$$

$$2 - 2 \cdot \frac{\Delta y}{\Delta x} \leq \frac{1}{2}$$

$$\text{即} \Delta x \leq \frac{1}{2} \Delta x + \Delta y - \Delta x + \Delta y \dots\dots (3)$$

(3)式为第一步走xy, 第二步仍走xy的条件。

同理, 第三步仍走xy, 其条件为:

$$\Delta x \leq \frac{1}{2} \Delta x + \Delta y - \Delta x + \Delta y - \Delta x + \Delta y \dots\dots (4)$$

比较(2)、(3)、(4)式知, 连续走xy的条件是不等式右侧增加两项: $-\Delta x + \Delta y$

当n=0时, 由于(2)式不成立, 第一步只走x,

$$\text{则} \begin{cases} y_1 = 0 \\ x_1 = 1 \end{cases}$$

当n=1时, 若第二步走xy, 则:

$$\begin{cases} y_{n+1} = y_n + 1 = 0 + 1 = 1 \\ x_{n+1} = x_n + 1 = 1 + 1 = 2 \end{cases} \quad \text{代入(1)式得}$$

$$1 - 2 \cdot \frac{\Delta y}{\Delta x} \leq \frac{1}{2} \quad \text{即} \Delta x \leq \frac{1}{2} \Delta x + \Delta y + \Delta y \dots\dots (5)$$

(5)式为第一步走x, 第二步走xy的条件。

若设第二步只走x, 同时可推导出第三步走xy的条件为:

$$\Delta x \leq \frac{1}{2} \Delta x + \Delta y + \Delta y + \Delta y \dots\dots (6)$$

比较(2)、(5)、(6)式知, 若前一步走x, 在确定下一步走xy的条件不等式中, 右侧每步增加一项: $+\Delta y$, 比较(2)、(3)、(4)、(5)、(6)式可知, 由于第n步走xy或x的不同, 在决定第n+1步走xy或x运动的条件不等式右侧, 仅差一项 $-\Delta x$ 。

从以上分析，直线插补计算的框图〈图5〉如下：

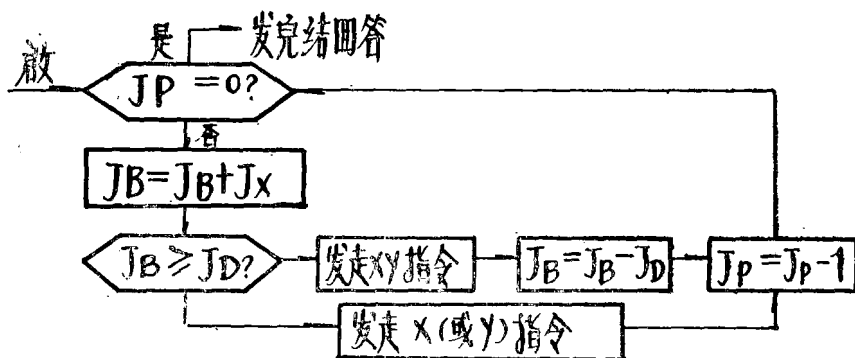


图5

注①四个寄存器

J_D ：放 Δx 或 Δy 中绝对值大者

J_X ：放 Δx 或 Δy 中绝对值小者

$J_P = J_D$ ： J_P 用于判别终点

$J_B = \frac{1}{2} J_D$ ：这是开始值，运算过程中在变化。

② 参加运算是 Δx 、 Δy 的绝对值，方向由 Δx 、 Δy 符号决定。

E：对图形的修饰是不可少的。比如线性变换：放大、缩小、旋转、平移、划虚线、点划线，又如轴测、透视等。F：对于一张完整的图纸标注尺寸、打标记写字是必要的，产生文字符号是计算机自动绘图的重要项目；当然文字符号也与图形一样，由笔的八个方向运动写成。有这A～F项，自动绘图机方能按照自己的指令格式，将输入的绘图代码信息产生出图形来。但是，这些绘图代码信息从何而来呢？有两个途径：手工编程序与主计算机自动化编制程序。显然后者是我们要采用的途径。G、H、M、N诸框正是这途径的几个步骤。

数控绘图技术，随着实践的需要而产生，同时又随着实践的需要而发展。它的应用范围已经扩大到了许多领域，不仅用于飞机模线的自动绘制，还可以绘制零件图纸，工装图纸。不仅应用于飞机的设计、制造，还应用于其他领域。造船中的放样；汽车的设计制造（如日本丰田汽车制造厂，在自动化的21个环节中，有16个环节使用了数控绘图）；集成电路的绘制；城市建设图的绘制；房屋建筑；农田基本建设布置图，地图，甚至剪裁服装也应用了数控绘图机。计算机辅助设计除图象仪配合外，也离不开数控绘图机。总之，随着科学的进步和生产的发展，数控绘图的应用范围也在不断扩大。特别是我国自行设计制造的大型数控绘图机已投入使用，为我国数控绘图技术的应用开辟了广阔的前景。

第二章 绘图系统

2—1 绘图机

我们要给大家介绍的绘图机，如图6所示。那是我厂自己安装、调试的引进日本武藤公司生产的型号为“7062RIS6015V”的绘图机。该绘图机主要由绘图台、操作台、系统打字机和控制柜组成。采用一台日立公司生产的 HITAC10Ⅱ小型通用电子数字计算机作计算机数字控制的中央处理装置，并设立一台转换装置与绘图机联接。详细情况另有专门介绍。

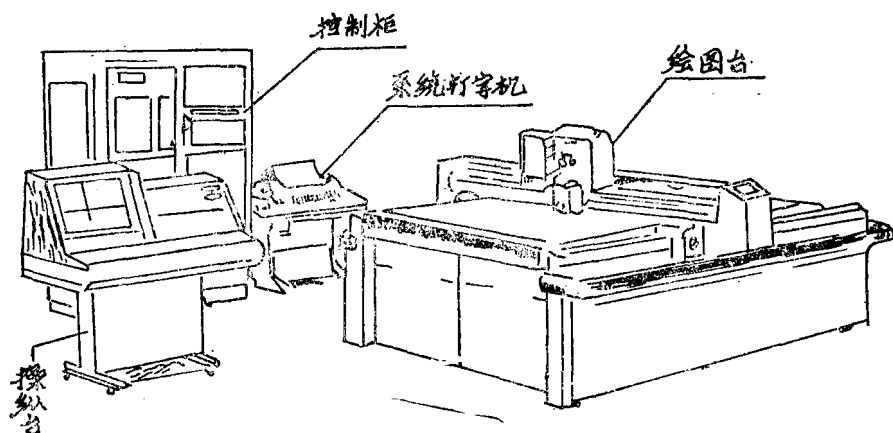


图6 绘图机构成

2—2 系统框图

目前我厂使用的数控绘图机系统，如图7所示。

2—3 系统简介

2—3—1 系统程序：

- 纸带 (PT) 绘图系统控制程序；
- 磁带 (MT) 绘图系统控制程序；
- 数控读图系统控制程序；
- 富士通FANUC220—S数控铣床程序校验系统控制程序。

2—3—2 系统硬件：

- (1) CPU：数据中央处理装置，小型多功能通用电子数字计算机，HITAC10Ⅱ。
- 字长：16位（二进制位，bit）
- 内存容量：8192个单元
- 存取周期：0.9 μ s

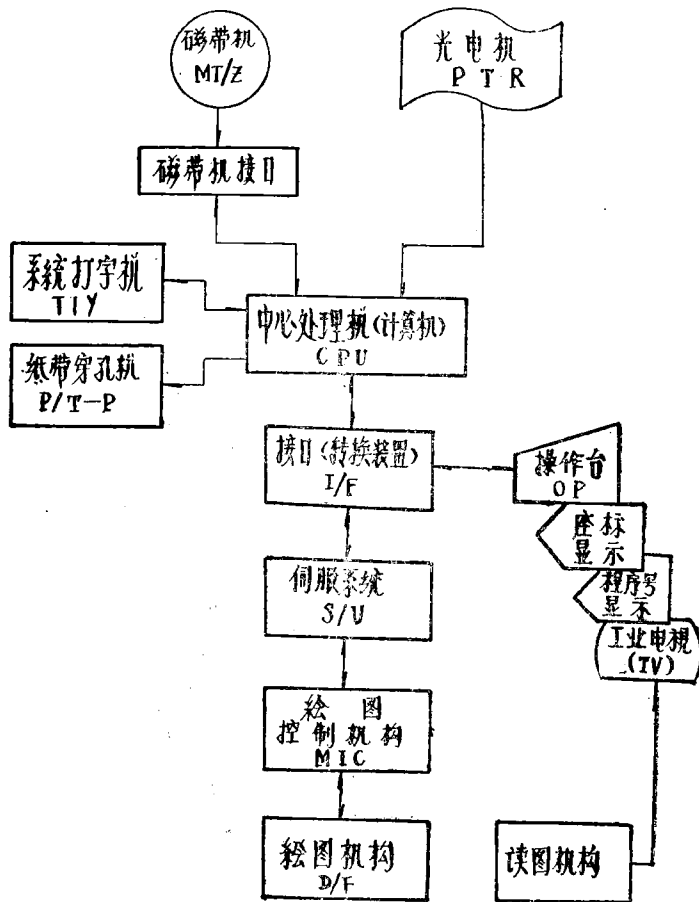


图7 系统框图

(2) PTR: 光电机

读带速度: 正向400行/秒 (250cm/sec) 反向333行/秒

纸带规格: 8单位; 宽度: $25.4^{+0}_{-0.10}$ mm

厚度: 0.108mm

卷长: 220m

纸带规格如图8

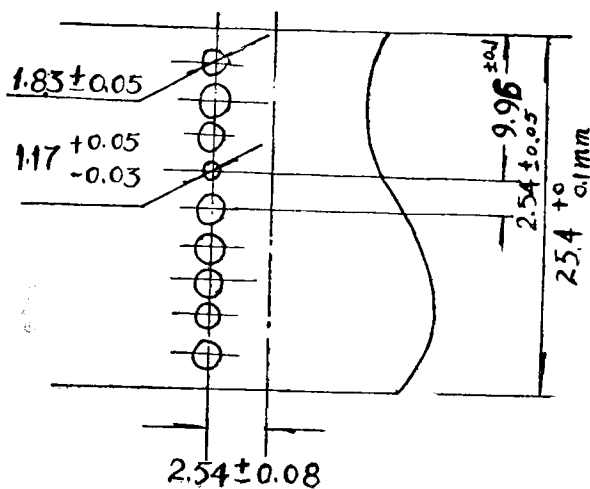


图8 纸带规格

(3) MT/Z: 磁带机; 当用MT输入绘图时, 用作绘图信息输入设备; 当CPU作通用机使用, 作为CPU的外存储器。

MT规格:

记录密度: 高密度800BPI (吋)

低密度556BPI

记录方式: 9 磁道。不归零制。

记录代码: EBCDIC代码 (见表1)

EBCDIC 代码 表1

4321	5	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	
	6	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	
	7	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	
	8	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	
0000	0				BLANKSPACE	&	-						
0001	1	A	J		0		/						
0010	2	B	K	S	Γ								
0011	3	C	L	T	J					TM			
0100	4	D	M	U									
0101	5	E	N	V									
0110	6	F	O	W							EOB		
0111	7	G	P	X									
1000	8	H	Q	Y									
1001	9	I	R	Z									
1010					~	!	:						
1011						¥	,	#					
1100					<	*	%	@					
1101					(	)							
1110					+	;	>	=	"				
1111	⌘					7	?	"	0				

MT宽度: 0.5吋

MT厚度: 1.5um

卷长: 2400呎

(4)TTY: 系统打字机; 作为系统的键盘输入和打字输出设备。必要时可以穿孔纸带和向CPU读入纸带。

打字速度: 10字符/秒

每行宽: 72字符

字符数: 64个

使用方式: 联机时系统使用——“人机对话”和打印系统信息, 脱机时穿孔, 复校。读纸带

(5)PTP: 高速纸带穿孔机

穿孔速度: 110行/秒

纸带规格: 同PTR项

使用方式: 绘图时不使用

读图时穿孔读图数据信息

CPU作通用机使用时, 作为外部输出设备。

纸带代码: 不改变时, ISØ代码(见表2)

以上设备, 当CPU与D/F脱机, 作通用机使用时, 均可作为CPU的外部设备使用。

(6)I/F: CPU与D/F之间的接口或称转换装置。

功能: ①CPU与D/F之间来往信息的转送控制

②绘图速度控制

③绘图笔动作的控制

④操作台与CPU之间信息传送控制

⑤插补计算

规格: ①插补方式: 直线插补

②插补计算: 数字微分分析器(DDA)

③脉冲当量: 0.02mm/脉冲

(7)s/u: 伺服系统

将CPU通过I/F传输来的指令脉冲信息, “老老实实”地转换成D/F的x及y方向的运动并将I/F来的笔信号传送给D/F, 变为笔的绘图动作。

(8)D/F: 绘图机械

1)、绘图台(图9)有效绘图范围: $6000 \times 1500\text{mm}^2$

台面: 平放, 平铺硬质橡胶, 并有小孔供真空吸附绘图纸用, 吸附区11个

2)、绘图笔及笔架(见图10)

笔架: 转塔形式。可一次安装四支笔(1° — 4°), 根据换笔指令, 顺时针旋转选笔绘图, 没有选笔指令, 转塔则处于 1° 笔位置。当笔架未装好时, 绘图系统程序则不能启动绘图, 因为没有笔的回答信息, 所以, 系统程序始终处于等待传感状态。

绘图笔有三种: 元珠笔红、兰、黑, 三种颜色可供选择。圆珠笔直径0.7mm; 墨水笔(或称针管笔), 直径三种: 0.18mm、0.25mm、0.5mm, 刻针(宝石针0.08mm), 由红宝石制作, 可刻带色明胶板。

绘图精度和极限速度:

最高速度: 19200mm/分

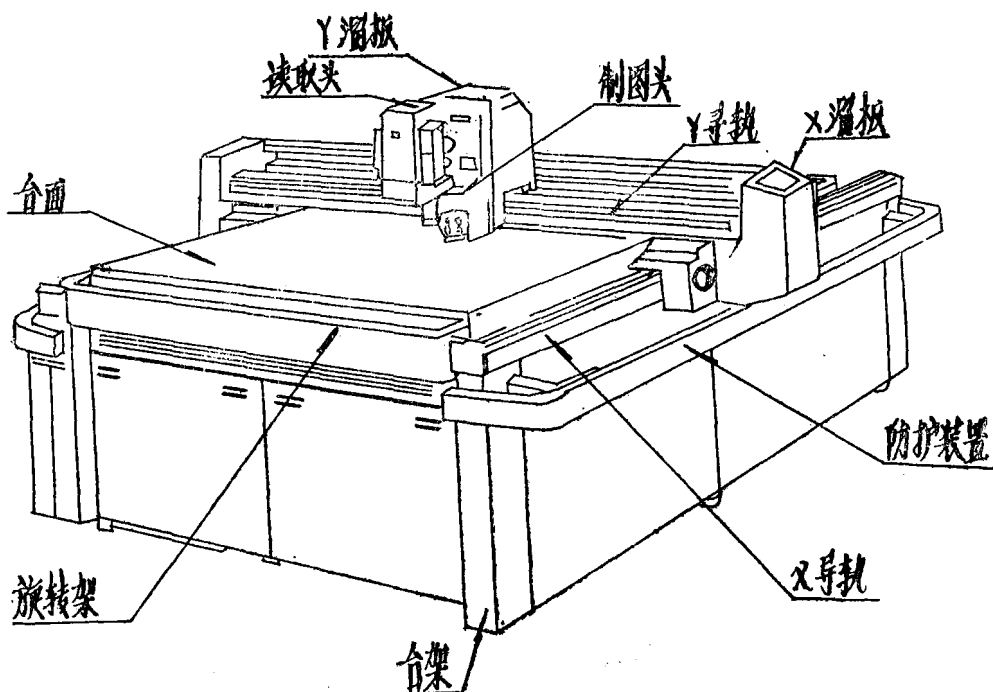


图9 绘图机

绘图精度：综合精度： $\pm 0.075\text{mm}$ （指整个绘图台有效范围）

重复精度： $\pm 0.02\text{mm}$

高精度绘图： $\pm 0.075\text{mm}$ （当速度为
12000mm/分）

一般精度：0.10mm（当速度为
19200mm/分）

2—4 数控绘图机的指令系统

2—4—1 控制带：

7062RIS6015V型数控绘图机，需要预先准备好全部的指令数据值，并把这些指令数据（绘图信息）存储在介质上。该介质叫控制带。控制带分纸带和磁带。纸带和磁带的规格在2—3已作过介绍。

2—4—2 控制带用的代码：

先要对控制带所用的术语加以说明。用控制带上孔的“有”“无”可以给出一个二进位

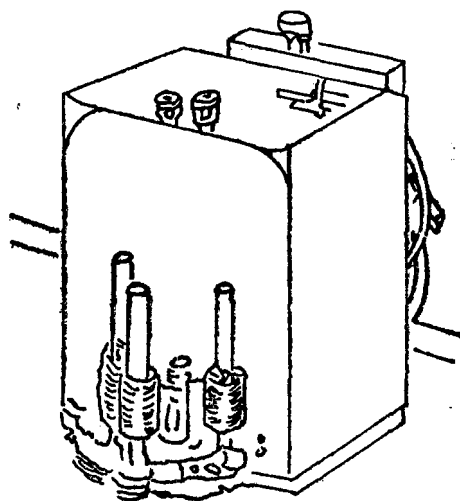


图10 四笔迴转笔头

制信息，用一行上孔的不同组合就可以表示给定的数字、字母及符号，由它们组合的字可以使数控绘图机完成某一特定的动作。例如： $y-50.60\text{mm}$ 就表示绘图笔向y轴的负方向移动50.60mm，在控制带上就顺序穿出 $y-50.60$ 的代码。这种按一定顺序排列的字符（一般包括数字和符号，简称字符）集合起来就是字。

数控绘图机为完成某一特定动作而需要的全部指令是由1个至几个字构成的，这样一组字叫做程序段。程序段之间用回车（C/R），换行（L/F）码隔开。

纸带的列，指纸带沿纵方向排列的孔，纸带的行，指纸带沿横向排列的孔。见图11当纸带向左传送时，由上而下依次称为：第一列、第二列…第8列。

纸带上必须有奇偶校验列，以便检查穿孔机和光电机造成的错误，就是说：纸带上每行所穿的孔数应总是保持偶数（ISO代码），或奇数（EIA代码），若有一孔读错，即该是偶数变成了奇数，该是奇数变成了偶数，系统就可以检查出来。ISO是偶数校验码，奇偶数校验列（P列）是第8列；EIA代码是奇数校验码，奇偶校验是第5列。ISO代码于1965年定为数据传输用的国际标准代码，而绘图时主要采用ISO代码。（见表2）

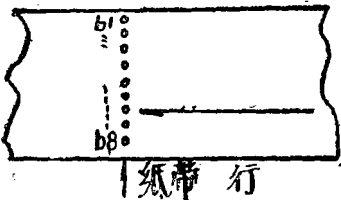


图11

ISO 7位代码* (ASCII代码) 表2

b7 b6 b5 b4 b3 b2 b1					0 0	0 1	0 1 0	0 1 1	1 0 0	1 0 1	1 1 0	1 1 1
0 0 0 0 0	0	0	0	0	NUL		SPACE	0	Ⓢ	P		
0 0 0 1 1							!	1	A	Q		
0 0 1 0 2							"	2	B	R		
0 0 1 1 3							#	3	C	S		
0 1 0 0 4							\$	4	D	T		
0 1 0 1 5							%	5	E	U		
0 1 1 0 6							&	6	F	V		
0 1 1 1 7							'	7	G	W		
1 0 0 0 8	BS						(	8	H	X		
1 0 0 1 9	TAB						)	9	I	Y		
1 0 1 0 10	NL/LF						*	:	J	Z		
1 0 1 1 11		ESC					+	;	K	[		
1 1 0 0 12							,	<	L	\		
1 1 0 1 13	CR						-	=	M	]		
1 1 1 0 14							.	>	N	↑		
1 1 1 1 15							/	?	Φ	←		DEL

EIA 6位代码*

表3

b8 b7 b6 b4 b3 b2 b1					0 0 0	0 0 1	0 1 0	0 1 1	1 0 0
0 0 0 0 0	0	0	0	0	BLNK	0	—	+	CR/FF
0 0 0 1 1	1	1	1	1	1	/	J	A	
0 0 1 0 2	2	2	2	2	2	S	K	B	
0 0 1 1 3	3	3	3	3	3	T	L	C	
0 1 0 0 4	4	4	4	4	4	U	M	D	
0 1 0 1 5	5	5	5	5	5	V	N	E	
0 1 1 0 6	6	6	6	6	6	W	Φ	F	
0 1 1 1 7	7	7	7	7	7	X	P	G	
1 0 0 0 8	8	8	8	8	8	Y	Q	H	
1 0 0 1 9	9	9	9	9	9	Z	R	I	
1 0 1 0 10						BS		LC	
1 0 1 1 11	ER						q/o	.	
1 1 0 0 12								UC	
1 1 0 1 13									
1 1 1 0 14						TAB			
1 1 1 1 15								DEL	

* b 8 列为奇偶校验列，它将一行孔凑成偶数个，故为偶数校验码。

* b 5 列为奇偶校验列，它将每行孔凑成奇数个，故为奇数校验码，“SPACE”（空格）码只在 b 5 列上穿孔。