

微处理机实用教材

TP80

微型计算机绘图系统

北 京 工 业 大 学

微型机应用与自动化研究室编

前 言

几年前，一般办公室或科研、教育及工业单位是不敢想象能使用数控绘图机的。那时的绘图机是一种十分昂贵的设备。现在，随着微处理器技术的迅速发展，已涌现出一些自带微处理器的小型、廉价的数控绘图机，它们被称为智能化的小型绘图机，甚至称为“个人用绘图机”。当然，它们虽然自带电脑（微处理器），但并不能单独使用，而是用作电子计算机的输出设备。我校电子厂生产的 TP80 系列微型计算机配用的 WX 4675 型绘图机，就是其中的一种，这种绘图机与 TP801 单板机或 TP803 微型计算机联机，构成一种十分实用的微型的计算机绘图系统。这一系统可以实现以前是复杂的数控绘图机及其系统才具有的绘图功能。因而，不仅是“计算机绘图学”所必不可少的基本教学设备。而且，可以绘制各种工业生产、科学研究及办公室统计图表和曲线，可以绘制各种机械零件设计、电气线路设计、工业民用建筑设计……及至工艺美术设计图纸（见书后附图）。

在使用计算机——绘图机系统之前，人们已经习惯使用三角板、圆规、曲线板……等绘图工具绘图。有了绘图机，人们不再需要三角板等绘图工具，这时的绘图工具就是“计算机——绘图机系统”及其所使用的绘图程序。绘图的质量取决于绘图机的性能，更取决于绘图程序，为了掌握计算机绘图技术，人们一方面要了解绘图机，另一方面，也是更重要的是掌握绘图程序的设计。为此，本书第一章介绍 TP80 计算机——绘图机系统的性能和使用方法。第二、三章，分别介绍使用 Z80 机器语言和 BASIC 语言编写绘图程序的方法及应用实例。

本书是为使用 TP80 系列微型计算机与绘图机联机而写的，很多地方是在假定读者已掌握 TP801 单板机或 TP803 微型计算机的使用方法的前提下写的。因此，关于计算机方面的知识，请参考有关资料及计算机的使用说明。

TP803 微型计算机与 TRS80 微型计算机软件兼容，因此，本书也适用于 TRS80 微型机的用户进行计算机绘图时参考。

本书由我室侯伯文编写，书中有错误和不当之处，恳请读者不吝指正。

北京工业大学工业自动化系

微型机应用与自动化研究室

一九八二年九月

第一章 计算机—绘图机系统

TP80 系列微型计算机配用的绘图机是进口的 WX4675 型 XY 绘图机。该机体积小，带有内装 (Buildin) 微型电脑，可实现以前是大型、复杂数控绘图机才具有的一些智能化功能。例如：完成线性插补（在输入任意两点座标后在两点间画一直线）；随时可以更换不同颜色的绘图笔；按代码产生 16 种大小尺寸的 95 种字符；字符在 4 个座标方向旋转；画带分度线的 XY 座标轴；……。该机所以称之为智能化绘图机，从硬件上说，它自带微处理器和内存等。从功能上看，欲让绘图机完成上述列举的各种功能，只需要从绘图机的接口，送入 2~10 个 ASCII 代码（命令串）即可实现。所以，一个完整的然而基本的计算机——绘图机系统，只需要一台微型计算机和一台这样的绘图机即可。

图 1 即为数控绘图系统的简图。

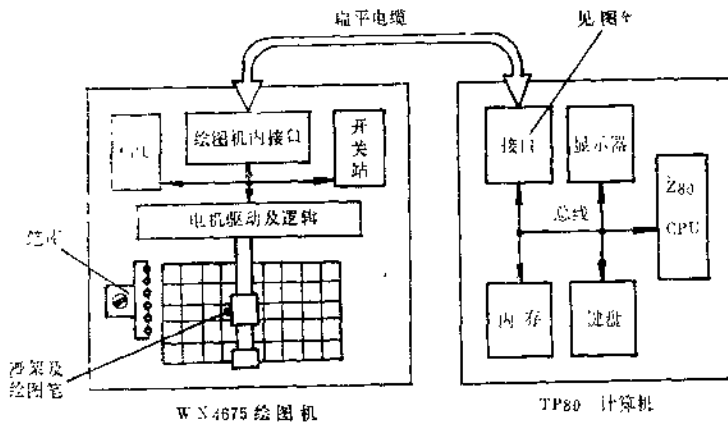


图 1

从图中可见，用随机附带的扁平电缆，一头插入绘图机机箱后面的插座，另一头插入微型计算机的指定接口，即可完成联接工作。这“另一头”，对 TP803 机而言，是直接插入其主机板左后面标有“LP”字样的插座。对 TP801 机而言，则要插到其扩展接口板 TP801I 板上，而后者可以直接硬插接在 TP801 机主板上。

绘图机虽然有一个开关站（见图 2，12~18），而且其中有控制绘图笔起落和四个方向移笔的控制按键，但这些开关都是为了调机和进入某种工作方式而设置的，用它们来完成绘图还不如徒手绘图方便。实际上，绘图机基本运动部件为握笔滑架和滑臂（图 2，1 和 6）。滑臂左右移动实现绘图笔 X 方向的移动。而滑架在滑臂上的纵向滑动实现绘图笔 Y 方向移动。滑臂上装有一个落笔电磁铁，电磁铁吸合时，滑架上的绘图笔尖落在绘图纸上。滑臂与滑架的移动由机箱内的两个步进电机驱动。X 和 Y 步进电机的转动及绘图笔落笔电磁铁的吸合均由绘图机自带的 CPU 控制。绘图机的 CPU 通过绘图机接口接

受计算机送来的绘图命令，对命令进行缓存、译码，并控制绘图机的指示灯、电磁能、X—Y 步进电机驱动系统的工作，以实施各种绘图命令。

WX4675 绘图机的外型、以及本文中使用的各部份名称如图 2 所示。

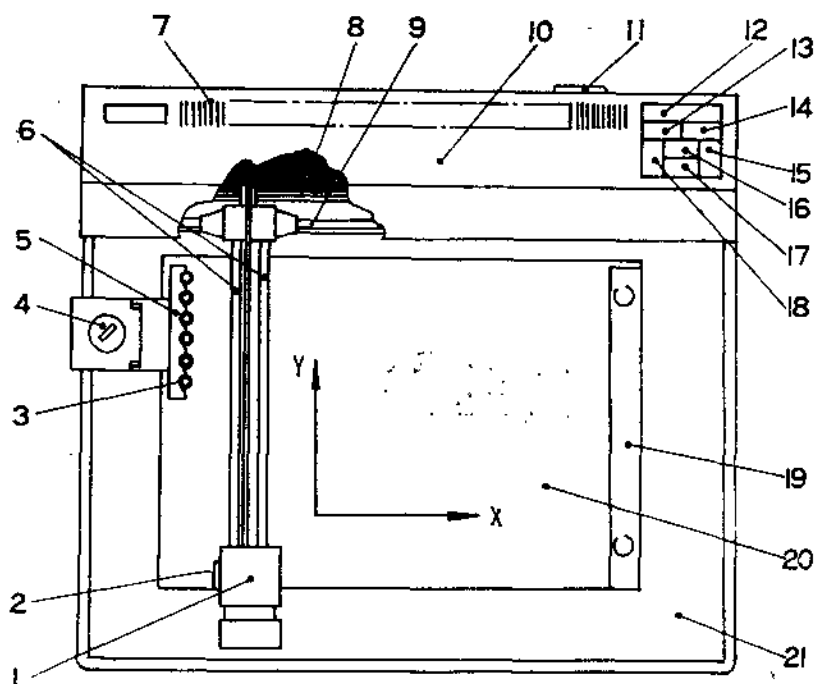


图 2

1.滑架 2.握笔架 3.1号笔 4.固定螺钉 5.笔库笔架 6.滑臂及Y向导杆 7.散热孔 8.滑架转动方杆 9.X向滑动导杆 10.机箱盖 11.电缆插孔 12.电源开关及指示灯 13.报警灯 14.抬笔开关 15.向右位置开关 16.向上位置开关 17.向下位置开关 18.向左位置开关 19.压纸钢带 20.绘图纸 21.磁性绘图平板

1.1 WX4675 绘图机的特征

一般地说，WX4675 绘图机具有下列诸项特点。这些特点，都是由于该机自带微处理器系统而造成的。

- ▼使用丰富的智能化命令，使绘图程序的编写简化。绘图机内带有行发生器、字符发生器和自检测程序。
- ▼实现各种功能的命令具有统一的格式：一个字母，而后是参数（数字或逗号分隔的数字组）。从而方便了绘图程序的编制。
- ▼可以画出约 100 个不同的 ASCII 字符（包括了英文大写、小写字母，数字字符和一些符号）。
- ▼可以画任意两点间的直线：实线或虚线。虚线的节距可任意设定。
- ▼当画笔画到限定的边框尺寸时会自动停止移动，从而避免了任何机械冲撞引起的损坏。此时，报警指示灯会给出显示。
- ▼与微型计算机单电缆联接，接口采用七位并行 ASCII 代码方式（圣特罗里克打印

印机标准, Centronix printer standards)。

▼带有自检功能, 便于故障诊断。

▼采用了一种微步技术以实现步进电机的微角度控制, 从而提高了绘图的精度。该机可编程绘图精度达 0.1mm, 而内插精度达0.05mm。

WX4675 绘图机的主要技术指标如下:

- ▼绘图面积: 345 × 260mm²
- ▼最大绘图速度: 50mm/秒 (轴方向)
- ▼可编程步距: 0.1mm (内插为0.05mm)
- ▼距离精度: 1 %以内
- ▼重复精度: 3 %以内
- ▼笔型和颜色: 水基 (4 色) 或油基 (8 色) 纤维尖笔 (墨水笔也可使用)。
- ▼换笔精度: 0.4mm以内。
- ▼操纵开关: 电源 (开/关, ON/OFF)
抬笔 (PEN UP)
位置 (向上下左右移动) 按键
- ▼指示灯: 电源指示 (POWER)
报警指示 (ALARM) 指示命令错误或数据出界
- ▼电源: 交流 220V, 50Hz。
功耗70VA (最大)。
- ▼工作温度: +5°C ~ +35°C
- ▼环境湿度: 相对湿度35% ~ 75%
- ▼记录纸: 最大尺寸: 420mm × 300mm。
- ▼外型尺寸: 605mm (宽) × 520mm (深) × 95mm (高)。
- ▼重量: 约14kg

功 能:

- ▼输入信号: 数据——7 位并行 ASCII码
选通 STROBE——1 位
- ▼输出信号: BUSY——1 位
 $\overline{BUSY}$ ——1 位
 $\overline{ACK}$ ——1 位
 $\overline{ERROR}$ ——1 位
- ▼输入/输出电平: TTL 电平
低 = 0 (0 ~ 0.4V)
高 = 1 (2.5 ~ 5.5V)
- ▼传送方式: 异步
- ▼定时: 输入的数据 (7 位并行码) 在 STROBE 选通信号输入到 ACK 响应信号变低之间必须保持不变。

- ▼绘图命令： 8 个矢量命令，
 4 个字符命令
 1 个控制命令

▼命令格式：

命令（一个字母的 ASCII 码）
参数（最多为 4 位数字）
分界符（逗号的 ASCII 码）
参数（最多为 4 位数字）
分界符（逗号的 ASCII 码）
⋮
参数（最多为 4 位数字）
结束符（“换行”符）

- ▼操作方式： 绘图方式，自检测方式和打印机方式。

1.2 繪图机使用注意事项

绘图机开箱后，检查是否运输中受损以及备件、附件是否齐全。在使用中，请注意以下事项：

- ▼绘图机平板应保持水平位置，严防重压和冲击平板，以免引起损坏和变形。只有平板保持平滑，才能保持绘图的精度。
- ▼为防尘防溅，用毕应将随机塑料罩盖好。但在使用时，切勿将图纸，书籍等物将机箱上面的散热孔（图 2.7）堵住。
- ▼应使用表面平滑的绘图纸。为保护绘图机平板，无论是否使用绘图机，应保持一张绘图纸复盖在绘图平板上。
- ▼绘图笔不用时应将笔帽套上，放在笔库中。或者，连同绘图纸一起放在随机附带的塑料盒内，而后轻轻地从绘图机前推入绘图平板下面。
- ▼绘图机平板为磁性平板（图 2.21）。一方面要防止失磁，另一方面注意勿将计算机的磁盘，磁带等物随手放在平板上，造成磁盘等所存信息受损。
- ▼电源开关接通时，滑架上不得握有绘图笔。绘图笔必须放在笔库中。
- ▼电源开关接通时，滑架必须位于绘图纸的左下角的机械极限位置处。
- ▼所有运动付，均不要上油，但应保持清洁。特别是 XY 方向滑轨，应经常使用干的软布擦净。

1.3 繪图的准备工作

绘图笔的准备：

*注：共 14 种代碼可作为結束符用，例如 CR, LF, ETX 等。

每支绘图笔由三段组成：笔尖、笔杆和蓄水杆。笔杆部份为铁磁性物质，可以被笔库和滑架上握笔架的永久磁铁吸持。绘图笔的组合请阅读 WX4675 绘图机说明书。

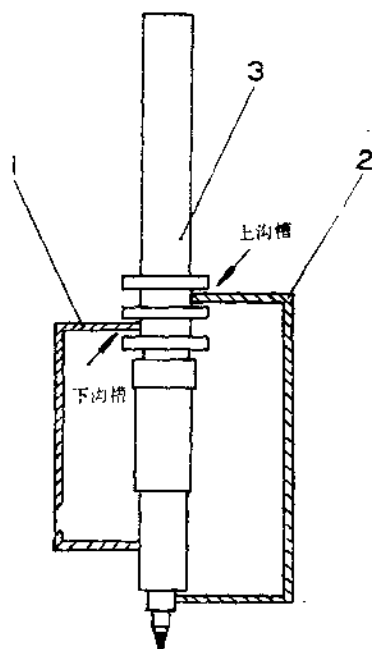
电源接通后，滑架会自动到笔库取 1 号绘图笔。所以打开电源开关之前（OFF 端按下为关），必须确认滑架上没有绘图笔。否则，电源接通后，滑架自动到笔库去取笔时，会引起不正常机械碰撞造成损坏。

笔库中可垂直放置（吸附）六支绘图笔。具体放那支笔，且每支笔什么颜色，由操作者自行安排。

笔库的握笔支架可以向左倾倒，以便于安置绘图笔。放置绘图笔时，应将笔杆中部的两个圆环凹槽下面的一个卡在笔库锯齿形金属片内（如图 3 所示）。这样，当滑架的握笔架到笔库中取笔时，其握笔齿沟将卡在笔杆上面的那个圆环凹槽中。笔库中安置好绘图笔后，将笔架恢复垂直位置。

整个笔库可以从平板上取下。笔库靠一个大螺钉（图 2—4）旋紧在平板边缘处，因为滑架到笔库去取每一支笔的动作都是绘图机内程序设定好的，因此笔库的位置不得任意变动。出厂时，此位置已经校准。如开箱时发现松动，应当重新进行校准和旋紧。校准的方法见下节。

绘图笔加入墨水时，墨水不会很快到达笔尖。这时可轻轻地上下摇动绘图笔，并在纸上来回写画，直到书写流利为止。不要太猛地甩动笔杆，以防墨水漏到笔尖边上的通气孔外，影响绘图线条质量。



1. 笔库支架 2. 滑架上笔架
3. 绘图笔

图 3

绘图纸的准备：

小型绘图机有采用真空吸附方式固定图纸的。而 WX4675 绘图机依靠磁性平板吸附压纸钢带的吸力来固定绘图纸。压纸钢带应压在绘图纸上绘图笔画不到之处。为了取钢带换纸方便，钢带的两头有两个印有“PUSH”（“推”）字样的微凸球面。用手指按下后，钢带的端部边缘即弹离纸平面，从而方便了拿取。

取放图纸时，如果发现笔尖尚停留在纸面上。可用绘图机右后面的“PEN UP”（“抬笔”图 2.14）开关使绘图笔抬起，脱离纸面。

为取放图纸方便，该机机械设计允许操纵者用手将滑臂的伸出端向上轻轻抬起（角度有限）。

绘图纸应选用光滑，平整的纸基。光滑以确保笔尖寿命，平整更确保绘图精度和质量。

1.4 繪图机通电試用

在完成上述绘图笔和纸的准备工作后。可先不与微型计算机联机（机后扁平电缆不接），而利用绘图机的自检查测试程序，进行下述通电检查。

在打开电源开关之前，绘图机必须处于初始状况，即：

1. 滑架上没有绘图笔，所用绘图笔都置于笔库之中。（笔库校准方式时例外，见下文）。

2. 滑架位于绘图平板左下角的机械极限位置上——可用手轻推滑臂基部，使滑臂沿 X 方向滑到左端推不动时为止。而后用手将滑架沿滑臂上导轨 Y 方向推至其伸出端终点（Y 座标负方向）为止。

以上两点，每次打开电源前都必须检查无误。

在按下绘图机开关站处电源开关（印有“POWER”）的同时，四个位置按键（图 2.15~18 印有上下左右四个方向箭头）的闭合方式，决定了绘图机的工作方式。绘图机内微处理器在电源接通后，将首先输入并检测这四个开关的闭合状况，以决定分枝转入不同的服务程序。四个开关闭合状况在上电时的有效组合为：

1. 上下左右四个方向按钮同时按下时，按下电源开关。绘图机开始执行机内库存的自检测程序，进入自检测工作方式。在自检测完毕后，自动转入正常的绘图方式。

2. 上下两个方向按钮同时按下时，按下电源开关。绘图机进入笔库校准方式。

3. 左右两个方向按钮同时按下时，按下电源开关。绘图机进入打印工作方式，并保持此工作方式至断电为止。

4. 四个方向按钮均不按下时，打开电源开关。绘图机进入正常的绘图方式。

下面，首先介绍自检测工作方式。

绘图机第一次试用之前，应当使用其自检测方式检测一下该机是否工作正常，能否执行其各种功能命令。

四个位置按钮同时压下并保持不放时，按下电源开关（有白色圆点的一边）。绘图机进入自检测方式。首先，滑架开始向笔库移动，以一定的移动途径，从笔库中取来第 1 号绘图笔（离操作者最近的为 1 号）。而后，绘图笔在自检测程序控制下，将各种绘图命令一一试行：写各种大小尺寸的字符，写全部 95 种字符，换笔，字符旋转，换线型——画虚线，画座标轴，画各种曲线标志符等。自检测程序将控制绘图机画出一个生产厂规定的标准测试图来。在此过程中第 1~3 号笔轮换工作。最后，绘图笔移到座标原点（0，0），并进入正常的绘图工作方式。

如果开箱时发现笔库松动，应当对笔库的位置进行校准。如果笔库位置不对，滑架到笔库去取笔时会发生不正常的机械碰撞或拖挂。校准笔库的位置，可使用下述方法进行：

首先，作好校准的准备工作：

1. 将笔库的笔架向左翻倒。

2. 放置一张绘图纸在平板上，并压紧。

3. 按图 3 所示, 在滑架上放一支绘图笔。(注意, 要卡在笔杆上面一个圆沟槽内。)

4. 把握笔滑架移至平板左下角机械原点上 (X, Y 负向推不动为止)。

以上准备工作完成后, 按下“上、下”两个位置按钮, 同时打开电源。绘图机的绘图笔将移向笔库, 并画出两个箭头。此两个箭头的尖点, 即要校正的笔库第 1 和第 6 号笔的笔尖位置。这时, 把第 1, 6 号笔放好, 翻起笔架让笔杆垂直, 笔尖对正箭头, 而后用五分钱硬币拧紧笔库定位螺钉即可。

1.5 接口

上一节讲述了绘图机的自检测试方式和笔校准方式。同时还提到了进入绘图方式和打印方式的方法。这两种工作方式中, 绘图机通过接口电路完成与主机的联络和输入命令字。

对于 TP803 微型计算机而言, 该机已带有与绘图机相接的完整接口电路, 这个电路也就是接 $\mu 80$ 打印机的同一个接口电路。用户只需用随机附带的扁平电缆把 TP803 与绘图机插接起来即可 (请注意线号和插入方向)。

对于 TP801 微型计算机而言, 则需通过包括了与绘图机插接用的完整接口电路的 TP801I 接口板, 方便地实现与绘图机的联机。如果用户希望自己组成一个接口电路, 可参考图 4 所示接口电路。TP801I 和 TP803 均采用了这样的电路。当然, 接口电路还可有

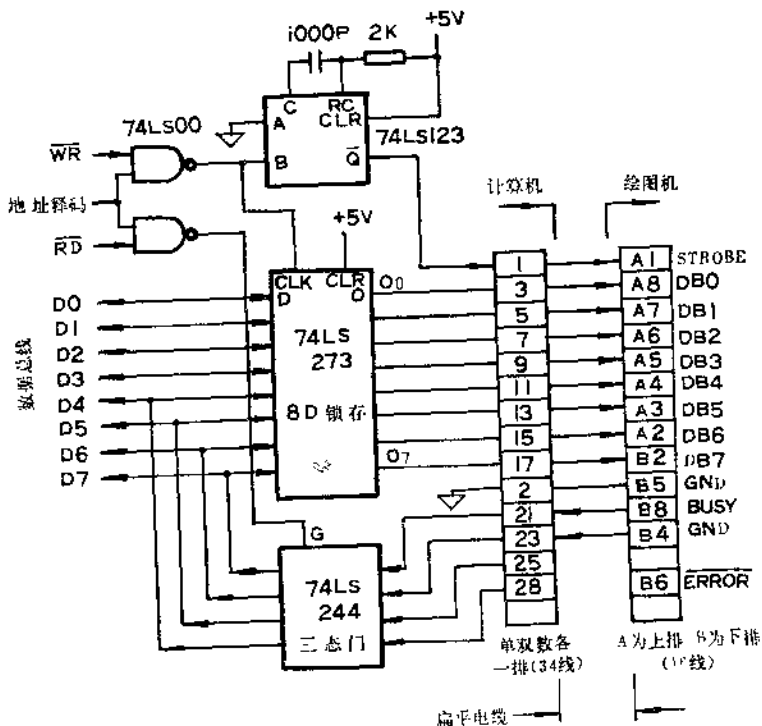


图 4

其它方案。

接口电路所实现的,实际上是两个 CPU 间的信息交换,即绘图机自带的 CPU 和主机 CPU 之间进行联络 (Handshake) 和数据传送 (同时参看图 1)。

联络信号

两个 CPU 间使用电平高低进行询问和应答,称为联络。联络信号中主要的是两个:“选通”(STROBE)和“忙信号”。前者是主机 CPU 给绘图机 CPU 的信号,通知绘图机 CPU 数据已可读。后者是绘图机 CPU 给主机 CPU 的信号通知主机,绘图机“正忙”而不能接受数据。两个信号均为高电平有效,且均为单向, TTL 电平。

传送数据

数据传送是单向的,即从主 CPU 向绘图机传送。传送方式是并行异步传送,所传送的数据,指的是七位 ASCII 代码。一定格式的代码字符串组成了主机向绘图机下达的各种命令字符串。绘图机 CPU 读入后,进行解释并实施这些命令或指示命令有错(用指示灯)。

图 5 为绘图机输入定时图。图的下部份为图 4 示接口电路所实现的定时。可见图 4 线路满足了绘图机的定时要求(图 5 上部);STROBE 脉冲 $\geq 2\mu\text{s}$ (单稳时间常数 $> 2\mu\text{s}$),在 STROBE (即 BUSY) 上升沿到 ACK 上升沿间, $\text{DB}_0 \sim \text{DB}_7$ 输入数据稳定不变(锁存器锁存输出不变)。

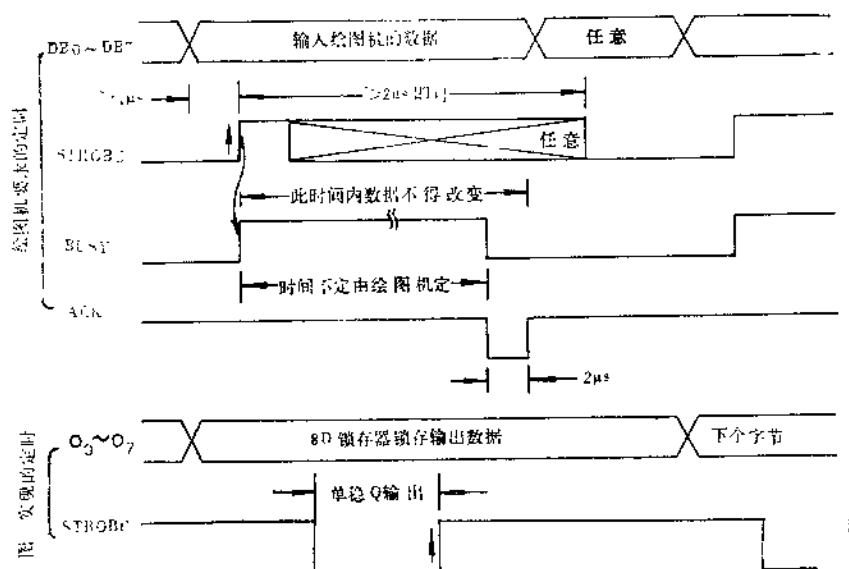


图 5

绘图机接口信号如表 1 所示。

表 1

插座脚	信 号	
号 碼	上 排 插 脚	下 排 插 脚
1	STROBE 选通	空
2	DB 6	空
3	DB 5	BUSY 忙(非)
4	DB 4	地
5	DB 3	地
6	DB 2	ERROR 出错(低有效)
7	DB 1	ACK 响应(低有效)
8	DB 0	BUSY 忙信号

1.6 繪图方式和繪图命令

绘图机工作在绘图方式时,通过其接口可以输入 ASCII 代码串。这些字符串应符合一定的格式,才能被绘图机确认为绘图命令。每一个命令字符串,都以一个英文大写字母的代码为开头,以一个代表每个命令结尾的结束符为结尾。

例如,绘图机先后收到以下三个并行七位的 ASCII 代码:

1001010 0110100 0001010 (二进制)

或写作十六进制(D7位补一个0)

4A 34 0A (十六进制)

查 ASCII 代码表可知,此三个代码为“J”,“4”和“LF”(LF—Line feed 换行)。

从表 2 可知,这个“J”代表的是换笔命令,“4”代表换第四支笔,“LF”表示“此命令结束”,或说,“此后为下一个命令开始”。

绘图机可以接受的各种命令,一共有 13 种。其中 8 种为矢量命令,即控制绘图笔运动方向的命令。4 种为字符命令,实现对字符大小,书写方向和字符发生的命令。1 种为控制命令,即换笔命令。

所谓“字符发生”,即主机不必象控制绘图那样,控制绘图机一笔一笔写出一个字符。只需要给出指定字符的代码,绘图机按代码自行控制字符的书写工作,这就简化了主机绘图程序的编程工作。实际上,各条绘图命令都简化了主机绘图程序的编制,体现了智能化绘图机(自带微处理器)的优越性。

WX4675 绘图机的全部命令列在表 2 之中。表中共分三列。第一列“命令”,给出了每个命令的名称,注明英文名称以便于命令代码的记忆。第二列“格式”,其第一个大写字母为命令代码,后面的小写字母为参数——按不同要求为 1~4 个数字代码。格式中出现的“,”逗号(有的命令没有)为前后两组参数之间的“分界符”,也是一个 ASCII 代码。“(LF)”为一个代码字节,称作命令的结束符。是每个命令都不可少的。对 WX4675 绘图机,此结束符可以选用 00~0D(十六进制)等,14 个代码中的任一个均可。

表 2

绘图命令表

命 令	格 式	说 明
綫 型 LINE TYPE	LP (LF)	$p=0$, 从此画实綫。 $p=1$, 从此画虚綫。
綫段尺寸 BLANK SCALE	Bi (LF)	指定虚綫的空档或綫段长度 i , $i \leq 127$ (即12.7mm)。 虚綫的空档比为1:1, 此命令可用于上个命令之前或之后。
画綫 DRAW	D $x_1, y_1, x_2, y_2, \dots$ x_n, y_n (LF)	画直綫, 从現在笔的位置(x_0, y_0) 画到 (x_1, y_1)点, 再画到(x_2, y_2)点, 再画...。 每个点的座标值可为4位, 最低位为 0.1mm。 $n \geq 1$ 。
移笔 MOVE	M $x_1, y_1, x_2, y_2, \dots$ x_n, y_n (LF)	从現在笔的位置(x_0, y_0) 抬笔移到(x_n, y_n)为止
相对画綫 RELATIVE DRAW	I $\Delta x_1, \Delta y_1, \Delta x_2, \Delta y_2, \dots$ $\Delta x_n, \Delta y_n$ (LF)	画綫段, 从 (x_0, y_0)画到 ($x_0 + \Delta x_1$, $y_0 + \Delta y_1$), 再画...直到($x_0 + \sum \Delta x_n$, $y_0 + \sum \Delta y_n$)为止, $\Delta x, \Delta y$ 为座标的+或 -增量, 最低为0.1mm。
相对移笔 RELATIVE MOVE	R $\Delta x_1, \Delta y_1, \Delta x_2, \Delta y_2, \dots$ $\Delta x_n, \Delta y_n$ (LF)	按 $\Delta x, \Delta y$ 增量移动繪图笔。 $\Delta x, \Delta y$ 为负时带“-”号。
画座标軸 AXIS	Xp, q, r (LF)	画一条座标軸。 $p=0$ 画Y軸, $p=1$ 画 x軸。座标軸按q指定数分度, 共r段 (图7.a)。 $X_{0.1, 0.5}$ (LF), 即画Y軸按 10.0mm分度共分5段。
复原 HOME	H(LF)	笔回到原点 (0,0)。当“报警灯”指示 出現指令錯誤时, 使用这一命令則笔 还原, 灯熄灭, 恢复待命状态。
字符大小 ALPHA SCALE	S n (LF)	$n=0 \sim 15$, 指定书写字符的尺寸。
字符旋轉 ALPHA ROTATE	Q n (LF)	使用此命令后书写字符的方向改变; $n=0$, 方向 0° ; $n=1$ 方向 90° ; $n=2$ 方向 180° ; $n=3$ 方向 270° 。
打印 PRINT	P $a_0 a_1 a_2 \dots a_n$ (LF)	$a_0 \sim a_n$ 为ASCII 代碼串, 繪图笔写出 此串字符
标记 MARK	N n (LF)	$n=1 \sim 6$, 指定画出6种不同的小标记 号。(见图7.b)每个数字代表了一种标记 号。
換 笔 NEW PEN	J n (LF)	換第n支笔。 $n=1 \sim 6$

对表2补充说明如下:

1. 当使用D或I命令画一条直线(斜线)时, 绘图机内自带的微处理器进行直线

的内插计算。这种内插计算按 X、Y 步进电机步距进行，即 0.05mm。使 X、Y 步进电机同时步进或单独步进，从而获得图 6 所示的折线（放大）。因步距很小，故实际观察为一条相当平滑的直线。

2. 命令中全部 X、Y 坐标参数（绝对或相对坐标）均以 0.1mm 为单位。例如，32.8mm 时，送数字字符串为 328。而 100mm 时，送数字字符串为 1000。小数点不要送入。

3. 当绘图笔在坐标原点 (0, 0) 时，不宜使用 X 命令画坐标轴。如果使用了 X 命令，报警指示灯将指出“出错”。这是因为，在画分度线时，画笔要上下移动 1mm（图 7 a）。因此此时原点坐标均为 0，画 X 轴时向下移 1mm 则 X 坐标出界；画 Y 轴时向左移 1mm 则 Y 坐标出界。如果实在欲使用 X 命令画过原点坐标，可在每个 X 命令之后，随一个 H 命令。H 命令使绘图笔回到坐标原点，并熄灭报警指示灯。

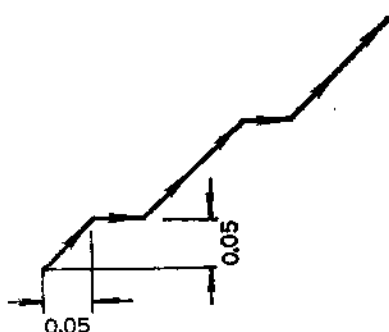


图 6

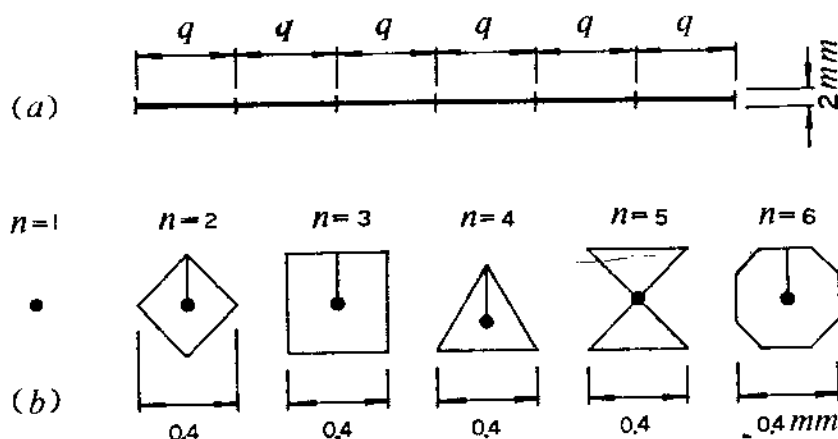


图 7

4. S 命令（见表 2）指定了字符大小尺寸，共 16 种。16 种尺寸的基本单元为 $0.7 \times 0.4\text{mm}$ 。当命令中 $n=0 \sim 15$ 之中某一个数值时，字符的大小尺寸为：

$$(0.7 \times 0.4) \times (n+1) \text{ mm} \text{ (高和宽分别相乘)}$$

$$\text{字符的间距为: } 0.3 \times (n+1) \text{ mm}$$

5. 表中所列 L、B、S、Q 等 4 种命令。一旦指定了某种要求（实线/虚线、虚线线段长，字符尺寸、字符方向），则此后此要求一直保持到下一次用同类命令更换为止，或者到电源切断为止。

6. 电源接通后绘图机自动初始化为：画实线（相当 L0），写字方向为 0° （相当 Q0），字体为 3 号（相当 S3），用第一支绘图笔（相当 J1）。

下面，举例说明命令字符串的格式：

例 1 从绘图笔现行位置画一虚线到座标点 (350.5mm, 100.0mm) 处, 虚线线段长为 12mm。

此命令组的命令字符串应为:

L1 $\angle$ R120 $\angle$ D3505, 1000 $\angle$

其中“ $\angle$ ”代表结束符。将此命令串以 7 位 ASCII 代码串序列送入绘图机接口, 即可画出本例所要求的虚线, 具体送入的方法见后文。

例 2 将绘图笔移到座标点 $x = 100.8\text{mm}$, $y = 20.0\text{mm}$ 处, 而后沿 90° 方向, 用 12 号字体写“TP-80 M.P.”字符串。

完成此命令的命令字符串应为:

M1008, 200 $\angle$ Q1 $\angle$ S12 $\angle$ PTP-80 M.P. $\angle$

其中空格的代码为 20 (十六进制)。实施此 P 命令时, (100.8, 20.0) 座标点为第一个字符 (正视时) 左下角基准点。

例 3 用相对画线命令画一个边长为 15mm 的正方形。

完成此任务的命令字符串为:

I 150, 0, 0, 150, -150, 0, 0, -150 $\angle$

实施此命令时, 绘图笔从现行座标点出发逆时针方向画出一个边长为 15.0mm 的正方形。命令串中的“-”号的 ASCII 代码为 2D (十六进制)。命令串中的数值均为相对座标值 (所以带符号)。

1.7 繪图机的打印工作方式

上一节介绍了绘图机绘图工作方式时, 输入 ASCII 代码字符串命令的格式。绘图机的另一种工作方式为打印方式。第 1.4 节中已经介绍了进入打印方式的通电步骤, 这里不再重复。

绘图机在打印方式通电后, 滑架从笔库中取来第 1 号绘图笔, 而后移至绘图纸左上角 $X = 350$ (35mm), $Y = 2520$ (252mm) 处等待输入数据代码。

在绘图工作方式时, 绘图机对输入的字符串按前述表 2 格式进行解释。而后控制绘图机绘图。但是在打印方式时, 绘图机按输入的每一个代码, 画出相应的字符。而结束符 (00~0D 范围的代码) 作为打印的回车换行命令处理。例如, 在绘图方式时收到了 J3 $\angle$ 三个代码时, 绘图机换笔。而工作在打印方式时, 收到同样的三个代码, 绘图机并不换笔, 而是象打印机那样, 从左向右写出“J3”两个字母, 然后回车换行到下一行的开始。由此可知, 打印方式时表 2 所列命令是无效的。显而易见, 打印方式时, 不能换笔, 不能换字符大小 (总是 8 号字大小), 不能改变字符书写方向。

绘图机工作在打印方式时, 不仅其库存的字符发生程序参与工作。而且其“行发生器”程序也参与工作。但是, 当输入的字符串满 94 个字符不会自动换行。仅当收到一个结束符 (在打印方式时) 称为回车换行符, 绘图笔才自动返回到下一行的开头。

打印方式工作时, 每页可书写 60 行字符。在一页的最后一行时, 收到 LF 命令符后, 绘图笔回到第一行的开始位置上。这时, 直到按下位置开关中“向上” (Y 座标增

加) 按键, 绘图机才重新开始接受字符串的输入。这样安排的目的是为了换纸的需要, 即换纸后, 按下“向上”键, 才开始打印下一页。以上操作称为打印方式时的换页。

1.8 輸入的数据代码

ASCII 代码为目前国内外普遍采用的一种信息传送代码。在 TP80 系统微型计算机及其外设中, 也都采用了这种代码。例如 TP801 的转录/转储的磁带信息, TP801P 微型打印机和 $\mu 80$ 行打印机传送信息等。全部代码为二进制 7 位代码 (DB0~DB6), 或为十六进制 00~7F (下文中均用十六进制表示), 共 128 种代码。这些代码中, 前 32 种为命令代码, 后 96 种为字符代码。命令代码对不同外围设备及不同工作状态时代表的命令略有不同。而字符代码代表了全部英文大写和小写字母和各种称为 ASCII 符号的符号。

前 32 种命令代码, 对各种设备的有效含意略有不同。就 WX4675 绘图机而言, 从 00~0D 为结束符, 代表了一个命令传送结束的命令。而 0E~1F 为不可使用的命令代码。如果用户误用了这些代码: 绘图机工作在绘图方式时, 则报警指示灯 ALARM 亮, 指示出错。如果绘图机工作在打印方式, 收到误码后, 将画一“下横线”以示错误。这些命令代码在不同的工作方式时, 所代表的命令含意也有时不同。例如在 WX4675 绘图机中, 代码 00~0D, 在绘图工作方式时为命令字符串的结束符, 而在打印工作方式

表 3 绘图机接受代码表

高半字节		1	2	3	4	5	6	7	8
低半字节									
0				空格	0	Ⓔ	P	'	p
1				!	1	A	Q	a	q
2				"	2	B	R	b	r
3				*	3	C	S	c	s
4				\$	4	D	T	d	t
5				%	5	E	U	e	u
6				&	6	F	V	f	v
7				/	7	G	W	g	w
8				(	8	H	X	h	x
9				)	9	I	Y	i	y
A				*	:	J	Z	j	z
B				+	;	K	[	k	{
C				,	<	L	\	l	
D				—	=	M	]	m	}
E				.	>	N	↑	n	~
F				/	?	O	←	o	空格

* 注: 打印方式时, 为“回车换行”符

时，是回车（CR）和换行（LF）命令的代码。为简便起见，本文中统称为结束符。

绘图机所输入的全部信息的代码，如表 3 所示。其中后 96 种与 ASCII 代码基本一样。例如：“？”代码为 3F。“~”代码为 2D。“P”代码为 50。（以上均十六进制）。

1.9 繪图机的鍵盤輸入和出錯显示

有的绘图机带有较多的键盘，可以用来直接接收一些键入命令。WX4675 绘图机按键很少。四个方向按键除了在上电时，用以进入不同工作状态（见 1.4 节）外，虽然可以直接控制绘图笔的移动，或打印方式时换行，但用途都不大。该绘图机的指示灯有两个：电源指示和报警指示 ALARM。后者是该绘图机的一个重要的输出显示。

报警指示灯在绘图方式中的下列情况下，指示灯亮：

1. 命令字符串首字符使用了表 2 所指定字母以外的字母。例如使用了 C, E, F, G 或小写字母。

2. 输入命令语法错误例如：

M100,0,800 $\angle$ (X, Y 座标不成对)

S6H $\angle$ (多了一个 H, 或 H 前少了 $\angle$)

3. 命令中的参数超过了 4 位数。例如：

M12345, 10 $\angle$

B00120 $\angle$

注意，如果是“B0120 $\angle$ ”虽然前面多了一个零，但是允许的。

4. 命令中所给的座标参数，使绘图笔移出下述限定范围： $0 < X < 2450$ ； $0 < Y < 2600$ ，例如：用 X 命令所指定要画的 X 座标轴伸出上述边界以外，或用 M、D、R、I 命令使所画线条伸出上述边界以外。

5. 打印方式时，每行字符超过 94 而没有收到回车换行命令时，报警。

报警灯在下述出错情况下，不亮：

使用 B, S, Q, N 等命令，所随参数超过了表 2 中所规定的极限值。但每个参数不超过 4 位时。命令读入后，输入的这一命令被丢掉（不予执行），但指示灯不亮。

报警灯的熄灭：

当报警灯亮时，ERROR（出错）信号线电平为高，反之为低电平。当报警灯亮时，大多数情况下，绘图机不能继续工作。但当语法正确而只是座标出界时，在结束符后依然可以继续执行后续命令。但报警灯和 ERROR 信号不会恢复。而且，座标值会出错。

为了使报警灯关闭，可使用 H 命令。H 命令送入后，报警灯熄灭，同时绘图笔移到座标原点，从而可以继续绘图。

1.10 軟件接口

前面已经介绍了绘图机与主机（微型计算机）之间，进行联路和数据传送的接口电

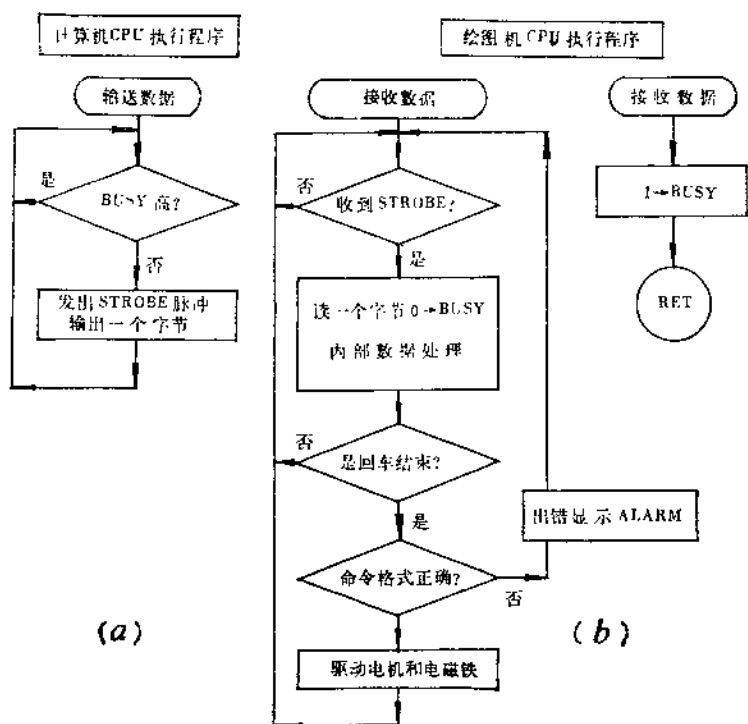


图 8

路。以及通过此电路向绘图机输入的代码串格式。下面，我们看一看，绘图机和主机的两个 CPU，实现这一信息交换的程序流程，由此得知主机绘图程序设计的基本要求。

主机和绘图机两个 CPU 之间通过图 8 所示流程图进行信息交换。

从流程图 a 可知，主机首先从三态门输入 BUSY 信号，并检测其是否有效（高电平有效）。如果有效，表示绘图机正“忙”于输入上一个数据。此时，主机不可输出下一个数据。直到绘图机使 BUSY 为低电平，主机即得知绘图机已经“不忙”才可以把下一个输出字节输出到 8 D 锁存器中缓存（参看图 4）。单稳发出选通信号 STROBE 高电平。选通信号通知绘图机 CPU：“可将 8 D 锁存器中 7 位数据取走”。

从流程图 b 可知，绘图机收到 STROBE 后，立即使 BUSY 为 1，以防止主机不等绘图机取走数据就接着送下一个字节，造成误码式丢码。当绘图机收到 STROBE 信号后，从接口读入一个字符码。而后使 BUSY 为 0，表示“已读走数据，主机可换新的下个数据备用”。此后，绘图机 CPU 对输入的字符代码进行解释：收到结束符前进行缓存。收到结束符后，判断命令的正确性以决定驱动电机工作，还是指出“出错”。

由此可知，图 8a 流程图是主机绘图程序中完成字符串输出的基本子程序流程图。在 Z80CPU 的微型计算机中使用下列子程序：

例，CPU 通过 I/O 接口与绘图机联机，且接口地址为 9 E（十六进制）时，使用下述子程序完成一个字节的输出。

入口：被输出的字节已存于 A 寄存器中。