

数字程序控制线切割机
编程语言
(PMT)

国防工业出版社

53.8223

171

73.8223
171

数字程序控制线切割机编程语言 (PMT)

四川大学数学系
国营宏明无线电器材厂 合著
国营南光机械厂

110782



国防工业出版社

内 容 简 介

本书介绍一种利用通用电子计算机进行数字程序控制线切割机自动编程的专用程序设计语言。这一语言的主要特点是简明、精炼，可以同时描述作图与切割两个步骤，并可方便地描述各类图形的旋转、对称及平移运动。本语言已在生产实践中得到较广泛的应用。

全书共分十一章。第一章介绍语言的概貌、设计原理（图形分解）及编制源程序的基本步骤。第二章至第八章介绍源程序的编制方法。第九章是实例。第十章至第十一章介绍在DJS-21机上的操作步骤。书末附录列出了各类参考图表。

本书供从事数字程序控制线切割机编程的技术人员和工人阅读，亦可供从事自动编程的有关同志参考。

数字程序控制线切割机编程语言 (PMT)

四川大学数学系、国营宏明无线电器材厂、国营南光机械厂 合著

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第074号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

兰州新华印刷厂印刷

787×1092¹/₁₆ 印张 7⁵/₈ 172千字

1979年8月第一版 1979年8月第一次印刷 印数：00,001—36,000册

统一书号：15034·1812 定价：0.65元

前 言

数字程序控制线切割机是一种精度较高的自动化加工设备，近年来已在生产中被广泛采用。但是，在使用数字程序控制线切割机时，需要根据零件图纸计算各点坐标，编制加工指令（这一工作统称编程），并制出加工纸带，数字程序控制线切割机根据纸带上的信息对零件进行加工。人工编程是一项极为繁琐的工作，计算效率低，并要求编程人员具有较高的数学知识和熟练的计算技巧。因此，编程技术已成为进一步推广使用数字程序控制线切割机的一个薄弱环节。

本书介绍一种利用通用电子计算机进行自动编程的专用程序设计语言。这一语言是在伟大领袖毛主席的“独立自主，自力更生”方针指引下，在有关单位党委的支持下，由学校的教师和工厂的技术人员、工人共同研制而成的，并已在生产实践中得到了较广泛的应用。

本书介绍的“数字程序控制线切割机编程语言（PMT）”具有以下特点：

一、本语言用以描述图形结构和在数字程序控制线切割机上的加工过程。它可以解决制图标准设计、绘制的由直线段和圆弧所构成的平面图形的编程问题，而且完全避免了人工计算。使用者根据本书规定的语言格式编写一份源程序，描述图形结构和加工过程，即可由计算机进行自动编程，并得到图纸的加工程序单、各点数据和加工纸带。

二、本语言没有采用一般自动编程方案中将作图与切割过程分为两步描述的方法，而是按照数字程序控制线切割机加工的顺序，将作图与切割两个过程在每一个语句内统一描述。因此，采用本语言编程的效率较高（通常可比人工编程提高几倍至几十倍），源程序也比较简短。

三、本语言中的各种符号，形式上比较接近平面几何的符号或数字程序控制线切割机的指令。同时，在设计过程中注意了符号的节省和避免一符多用。因此，本语言具有直观、简单、易于掌握和不易混淆的特点。

四、使用本语言编程时，只需根据图纸所标注的名义尺寸，描述各条线段的几何条件。根据间隙补偿值对尺寸进行修正，以及计算每条线段的切割起点、终点坐标的工作都由计算机自动完成。

五、本语言中设计了描述封闭和开放两种图形的对称、旋转和平移过程的语句。当图纸上有多个相同图形时，可以利用上述语句简化编程过程。而且，图形中点与线段的个数基本上不受限制。

本语言是一种面向使用者的语言，目前在 DJS-21 型电子计算机上实现，并可移植到任何型号的计算机上。

本书在编写过程中曾得到北京、广州和四川等地区的有关单位的大力支持，在此谨表示谢意。

由于时间仓促和编者水平有限，书中一定会存在缺点和错误，希望读者批评指正。

目 录

第一章 绪论	1
第一节 编程语言	1
第二节 PMT语言的设计原理	1
第三节 编程基本步骤	4
第四节 符号	11
第二章 圆和直线的描述	13
第一节 圆的描述	13
第二节 直线的描述	18
第三章 定义点	24
第一节 定义点	24
第二节 定义点语句	24
第三节 定义点的使用方法	29
第四章 源程序的基本结构	31
第一节 四种非描述性语句	31
第二节 源程序的基本结构	34
第五章 线段的局部对称、旋转和平移	42
第一节 线段的局部对称	42
第二节 线段的局部旋转	49
第三节 线段的局部平移	53
第六章 封闭图形的旋转、对称和平移	56
第一节 封闭旋转语句	56
第二节 封闭对称语句	62
第三节 封闭平移语句	64
第四节 封闭语句的联合使用	64
第七章 开放图形	65
第一节 开图形	65
第二节 开图形的旋转、对称和平移	67
第八章 开语句和封闭语句的套用	74
第一节 开语句和封闭语句的套用	74
第二节 三类变换语句的比较	78
第九章 编程实例	80
第十章 上机操作	101
第一节 上机前的准备	101
第二节 输入解释程序	102
第三节 上机编程	103
第四节 出错处理	104

第十一章	电子计算机所输出的结果	105
第一节	封闭图形的输出结果	105
第二节	开图形的输出结果	108
附录		111
附录 I	基本符号五单位编码表	111
附录 II	数控线切割机指令编码表	111
附录 III	语句一览表	112
附录 IV	DJS-21机控制台面板图	115
附录 V	DJS-21机全图	116

第一章 绪 论

第一节 编程语言

编程是根据工件图纸编写数字程序控制线切割机加工程序单的过程。

人工编程是由使用者根据图纸几何关系，拟出计算方案，借助于各种计算工具编出加工程序单的过程。

什么是自动编程？我们通过图 1-1 所示工件进行说明。

图中所示图形由三条直线段和一个圆弧段组成。对于其中每段，必须指出其几何条件与加工方向：

1) 直线段，在 X 轴上，加工方向与 X 轴正向相同。

2) 直线段，过点 $(10, 0)$ ，与 X 轴正向夹 70° 角。

3) 圆弧段，圆心 $(0, 0)$ ，半径 40 毫米，加工方向为逆时针。

4) 直线段，与 2 对于 Y 轴对称。

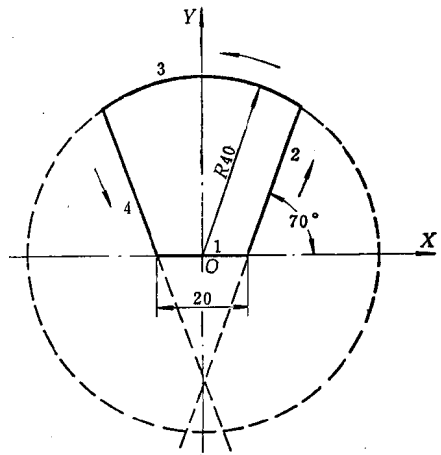


图 1-1

将上述条件通过规定格式（“编程语言”，即描述图形结构和加工过程的程序设计语言）写出，得到一份“源程序”。将源程序输入电子计算机，计算机通过“解释系统”（或编译系统）阅读和执行它，编出所需程序单。上述过程称为自动编程。

显然，自动编程只需使用者描述图纸结构和加工过程，不需进行数值计算等复杂工作，所以可使编程过程简化。

第二节 PMT 语言的设计原理

一、图形的分解

PMT 编程语言的中心思想是：描述每个图形的几何结构与加工过程，可以通过描述它的各条边界的几何结构与加工过程来实现。

1) 描述次序，仍以图 1-1 为例。图中的工件由三条直线段和一段圆弧构成。如果分别将直线段延伸为直线，圆弧延伸为圆，也可说图中工件由三条直线和一个圆围成。

把这些线与圆依次编号，形成一个由直线和圆组成的有序序列：

第 1 条线：与 X 轴重合的直线。

第2条线: 过 $(10, 0)$ 并与 X 轴夹 70° 角的直线。

第3条线: 圆心 $(0, 0)$, 半径 40 毫米的圆。

第4条线: 与第2条对称于 Y 轴的直线。

于是, 对图形的描述, 便化为对上述序列中各条直线或圆的描述。

但是, 仅仅指出上述序列, 并不能确定图 1-1。由图 1-2 可见, 同样三条直线和一个圆, 可以围成八个不同的图形。为了从中区分出图 1-2(a) (即图 1-1), 还需要加上以下的条件。

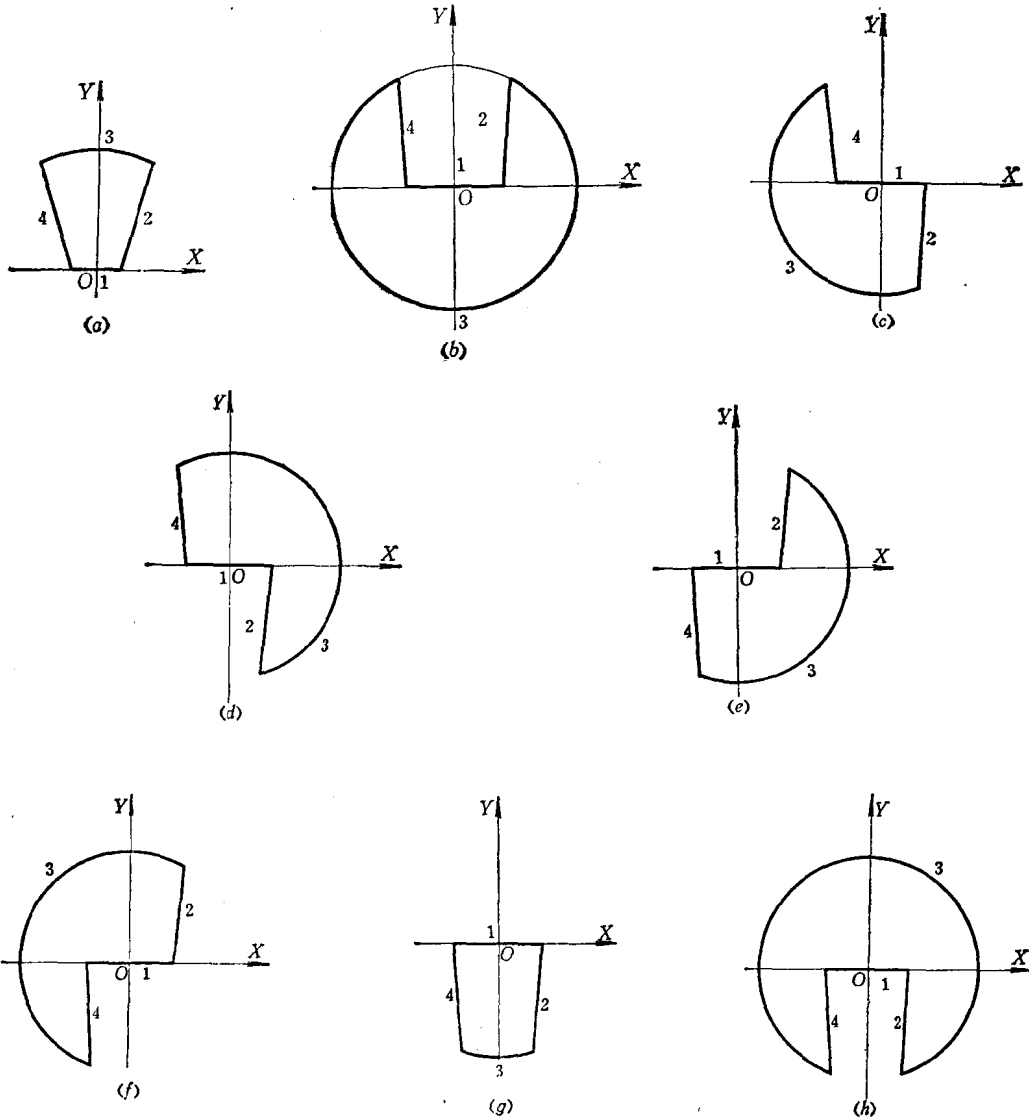


图 1-2

2) 序列中的每两条相邻的线 (两条都是直线的情况例外), 一般都有两个交点, 而图形中只要其中的一个交点。要唯一地确定所要图形, 必须正确地指出图形中那个交点的位置。为了指出这个位置, 应该指出图中所需要的交点相对于另一交点的“交点位置信息”

(以下简称交点信息, 详见第一章第四节)。当相邻二线都是直线时, 则不给交点信息。

按照序列的次序依次写出交点信息, 它们也构成一个序列, 此序列称为交点信息语句。

3) 对于序列中的圆, 还必须指出数字程序控制线切割机按照序列所给出的次序切割该圆时, 切割方向相对于该圆圆心来说是顺时针方向还是逆时针方向? 当为顺时针方向时, 该圆称为顺圆; 反之, 称为逆圆。

2、3 两项统称唯一性条件。借助于它们, 可以在序列中唯一地确定所要的图形。

下面写出图 1-1 或图 1-2(a) 的唯一性条件。

(1) 交点信息

第 1 与第 2 都是直线, 不需要交点信息。

第 2 与第 3 有两个交点, 图 1-1 中所需为偏上的一个, 信息为“上”。

第 3 与第 4 有两个交点, 同样, 所需交点信息为“上”。

第 4 与第 1 都是直线, 不需要交点信息。

(2) 加工方向

第 3 条线为逆圆。

以上的唯一性条件明确地指出了所要的图形。

把图形分解为直线和圆的有序序列, 并用唯一性条件使之最终确定, 这就是 PMT 语言的设计原理。

二、PMT 语言的基本内容

一种程序语言由各种不同形式的“语句”组成。各种语句分别用以执行不同的任务。PMT 语言中共规定了下述九种语句:

1) 描述直线与圆语句

用以描述直线和圆的几何条件及加工过程。其中描述直线的语句有五种, 描述圆的有八种。

2) 定义点语句

描述点的坐标或位置, 以便通过它们进一步确定某些直线或圆。定义点语句共有六种。

3) 局部语句

描述一个图形中各部分间的旋转、对称或平移关系。

4) 封闭语句

描述同一张图纸中几个图形间的旋转、对称或平移关系。

5) 开语句

描述几个不封闭图形间的旋转、对称或平移关系。使用这一语句可以解决不闭合图形或者线段条数过多, 超过允许范围的图形的编程问题, 详见第七章和第八章。

6) 初始信息语句

描述图形加工时的电极丝半径、放电间隙、允许公差以及预孔(穿丝孔)位置等工艺条件。

7) 交点信息语句

描述图中各线交点的确定位置。

8) 源程序开始语句

9) 源程序结束语句

以上两语句分别用以标志源程序的开始与结束。

第三节 编程基本步骤

采用 PMT 语言编程的步骤如下:

一、编写源程序

1) 建立直角坐标系

坐标系可以建立在图纸的任何位置。坐标系建立后, 整个编程过程中对图形的描述均以此坐标系为准。

2) 确定描述顺序

确定描述顺序, 即对各条线规定编号, 建立上节所说的直线和圆的有序序列。确定顺序时要注意以下几点:

(1) 第 1 条线不能是未知圆 (参见第二章)。

(2) 预孔到第 1 条线切割起点的连线不能穿过图形 (以免切掉图形的一部分), 而且应尽量短。

(3) 就整个图形而言, 各线段编号顺序沿图形是顺时针方向时, 称图形是顺时针描述的, 见图 1-3。反之, 称为逆时针描述的, 见图 1-4。

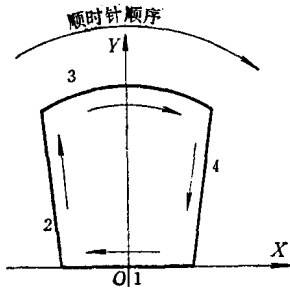


图 1-3

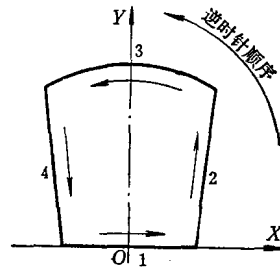


图 1-4

3) 描述各条线段 规则是:

(1) 按照描述顺序, 从第 1 条线起逐条描述。

(2) 若图形是封闭的, 描述完最后一条线时, 还要将第 1 条线重复描述一次。

4) 确定交点信息

按照描述顺序, 依次确定相邻每两条线间的交点信息。

5) 确定初始信息

初始信息包括预孔位置, 间隙补偿等。

6) 写出源程序开始和结束语句, 形成完整的源程序。

例 1 编写图 1-5 所示工件的源程序。

编程要求及工艺条件:

- 1) 计算凸、凹模程序单, 其间装配间隙 0.02 毫米。
- 2) 电极丝半径 0.06 毫米, 单边放电间隙 0.01 毫米。
- 3) 凹模预孔坐标 (0, 0), 凸模预孔坐标 (-20, -20)。

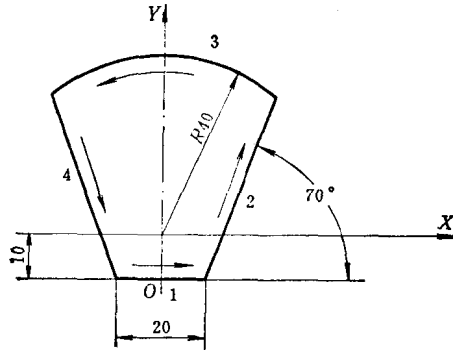


图 1-5

源程序如下:

KS;	源程序开始语句
L[0/-10, 0];	第 1 条线
L[10/-10, 70];	第 2 条线
SS[0/0, 40];	第 3 条线
L[-10/-10, -70];	第 4 条线
L[0/-10, 0];	第 1 条线
C ₃ [5/2];	交点信息语句
K[0.07, 1, 0/0, 1];	凹模
K[-0.06, 1, -20/-20, 1];	凸模
D;	源程序结束语句

其中各语句的详细含意, 将在以下各章陆续介绍。

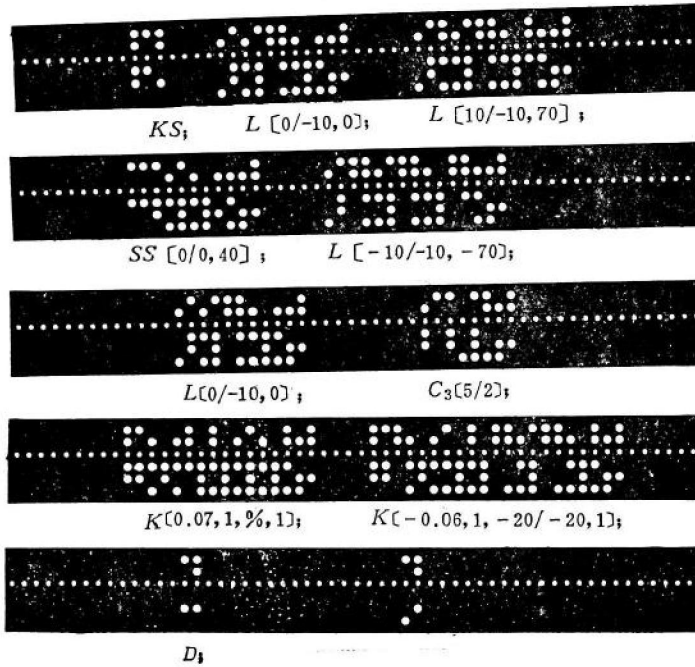
二、上机计算

把源程序输入计算机, 并经过计算, 即可输出所考虑工件的加工程序单、加工纸带或其他信息。现分别叙述如下。

1. 源程序纸带

源程序要先穿制成五单位纸带, 再由光电输入机输入计算机。

下图是图 1-5 所示工件的源程序纸带 (由于纸带较长, 所以分段列出)。



2. 电传打印机输出的程序单

凹模的程序单:

B 0 0 0 0 0 0 B 0 0 0 0 0 0 B 0 0 0 0 0 0 GY L1
D

坐标原点至预孔
停机

B 0 0 9 9 5 1 B 0 0 9 9 3 0 B 0 0 9 9 5 1 GX L3
B 0 1 9 9 0 2 B 0 0 0 0 0 0 B 0 1 9 9 0 2 GX L1
B 0 1 4 9 7 0 B 0 4 1 1 2 9 B 0 4 1 1 2 9 GY L1
B 0 2 4 9 2 1 B 0 3 1 1 9 9 B 0 4 9 8 4 2 GX NR1
B 0 1 4 9 7 0 B 0 4 1 1 2 9 B 0 4 1 1 2 9 GY L4
B 0 0 9 9 5 1 B 0 0 9 9 3 0 B 0 0 9 9 5 1 GX L1
D

起始线●
第1条线
第2条线
第3条线
第4条线
回零线●
停机

- 起始线指令, 即预孔到图形切割起点的指令。
- 回零线指令, 即图形切割终点到预孔的指令。

凸模的程序单（其中各条指令意义同上）：

B 0 2 0 0 0 0 B 0 2 0 0 0 0 B 0 2 0 0 0 0 GY L3
D

B 0 0 9 9 5 8 B 0 0 9 9 4 0 B 0 0 9 9 5 8 GX L1
B 0 2 0 0 8 4 B 0 0 0 0 0 0 B 0 2 0 0 8 4 GX L1
B 0 1 5 0 3 3 B 0 4 1 3 0 2 B 0 4 1 3 0 2 GY L1
B 0 2 5 0 7 5 B 0 3 1 2 4 2 B 0 5 0 1 5 0 GX NR1
B 0 1 5 0 3 3 B 0 4 1 3 0 2 B 0 4 1 3 0 2 GY L4
B 0 0 9 9 5 8 B 0 0 9 9 4 0 B 0 0 9 9 5 8 GX L3
D

电传打印机以及由它输出程序单时的情形，如图 1-6 所示。

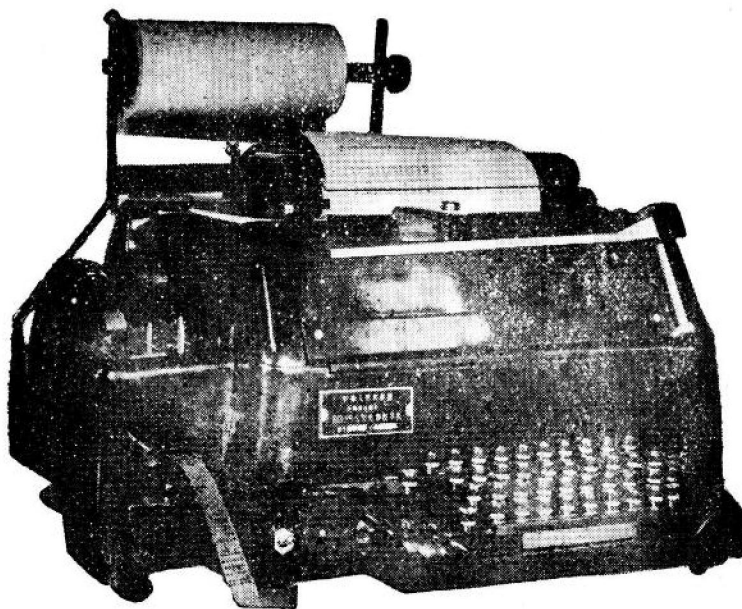
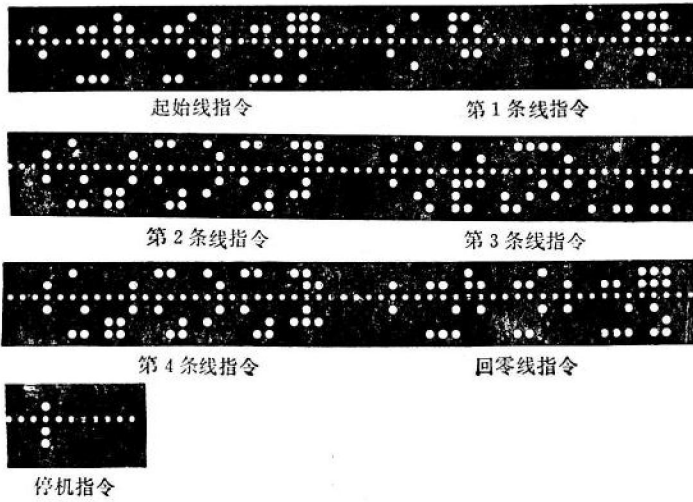


图 1-6

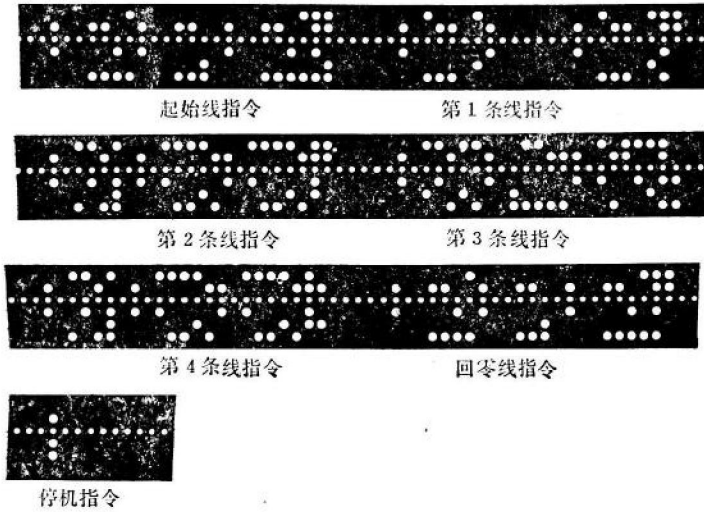
3. 电传打印机输出加工纸带

由于纸带比较长，所以分段列于下面。

凹模加工纸带



凸模加工纸带



4. 快速打印机输出的结果

凹模程序单:

```

0 0 0    0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 } 坐标原点
0 0 0    0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 }
0 0 0    0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 } 预孔坐标
0 0 0    0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 }
    
```

```

0 0 0    0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 }
0 0 0    0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 } 坐标原点至预孔的指令
0 0 0    0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 }
0 0 0    B C 1 0 0 0 0 0 0 0 }
    
```

```

0 0 0    F F F F F 8 0 0 0 0    停机指令
    
```

0 0 4	- 9 9 5 0 9 8 5 4 2 0	}	考虑间隙后的各节点及圆心的坐标值表
0 0 4	- 9 9 3 0 0 0 0 0 0 0		
0 0 4	9 9 5 0 9 8 5 4 2 0		
0 0 4	- 9 9 3 0 0 0 0 0 0 0		
0 0 5	2 4 9 2 0 6 4 9 1 0		
0 0 5	3 1 1 9 8 8 1 6 1 0		
0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		
0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		
0 0 5	- 2 4 9 2 0 6 5 3 1 0		
0 0 5	3 1 1 9 8 8 1 3 1 0		
0 0 4	- 9 9 5 0 9 8 5 4 2 0		
0 0 4	- 9 9 3 0 0 0 0 0 0 0		

0 0 0	0 0 9 9 5 1 0 0 0 0	}	起始线指令
0 0 0	0 0 9 9 3 0 0 0 0 0		
0 0 0	0 0 9 9 5 1 0 0 0 0		
0 0 0	A C 3 0 0 0 0 0 0 0		

0 0 0	0 1 9 9 0 2 0 0 0 0	}	第 1 条线切割指令
0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		
0 0 0	0 1 9 9 0 2 0 0 0 0		
0 0 0	A C 1 0 0 0 0 0 0 0		

0 0 0	0 1 4 9 7 0 0 0 0 0	}	第 2 条线切割指令
0 0 0	0 4 1 1 2 9 0 0 0 0		
0 0 0	0 4 1 1 2 9 0 0 0 0		
0 0 0	B C 1 0 0 0 0 0 0 0		

0 0 0	0 2 4 9 2 1 0 0 0 0	}	第 3 条线切割指令
0 0 0	0 3 1 1 9 9 0 0 0 0		
0 0 0	0 4 9 8 4 2 0 0 0 0		
0 0 0	A E 1 0 0 0 0 0 0 0		

0 0 0	0 1 4 9 7 0 0 0 0 0	}	第 4 条线切割指令
0 0 0	0 4 1 1 2 9 0 0 0 0		
0 0 0	0 4 1 1 2 9 0 0 0 0		
0 0 0	B C 4 0 0 0 0 0 0 0		

0 0 0	0 0 9 9 5 1 0 0 0 0	}	回零线指令
0 0 0	0 0 9 9 3 0 0 0 0 0		
0 0 0	0 0 9 9 5 1 0 0 0 0		
0 0 0	A C 1 0 0 0 0 0 0 0		

0 0 0	F F F F F 8 0 0 0 0	停机指令
-------	---------------------	------

1107826

凸模程序单 (各段信息意义同上):

```

0 0 0    0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0    0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 5    - 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 5    - 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0

```

```

0 0 0    0 2 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0    0 2 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0    0 2 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0    B C 3 0 0 0 0 0 0 0

```

```

0 0 0    F F F F F 8 0 0 0 0

```

```

0 0 5    - 1 0 0 4 2 0 1 2 1 0
0 0 5    - 1 0 0 6 0 0 0 0 0 0
0 0 5    - 1 0 0 4 2 0 1 2 1 0
0 0 5    - 1 0 0 6 0 0 0 0 0 0
0 0 5    - 2 5 0 7 4 7 1 0 0 0
0 0 5    3 1 2 4 1 9 9 9 1 0
0 0 0    0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0    0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 5    - 2 5 0 7 4 7 1 3 1 0
0 0 5    3 1 2 4 1 9 9 6 1 0
0 0 5    - 1 0 0 4 2 0 1 2 1 0
0 0 5    - 1 0 0 6 0 0 0 0 0 0
0 0 0    0 0 9 9 5 8 0 0 0 0
0 0 0    0 0 9 9 4 0 0 0 0 0
0 0 0    0 0 9 9 5 8 0 0 0 0
0 0 0    A C 1 0 0 0 0 0 0 0 0

```

```

0 0 0    0 2 0 0 8 4 0 0 0 0
0 0 0    0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0    0 2 0 0 8 4 0 0 0 0
0 0 0    A C 1 0 0 0 0 0 0 0 0

```

```

0 0 0    0 1 5 0 3 3 0 0 0 0
0 0 0    0 4 1 3 0 2 0 0 0 0
0 0 0    0 4 1 3 0 2 0 0 0 0
0 0 0    B C 1 0 0 0 0 0 0 0 0

```

```

0 0 0    0 2 5 0 7 5 0 0 0 0
0 0 0    0 3 1 2 4 2 0 0 0 0
0 0 0    0 5 0 1 5 0 0 0 0 0
0 0 0    A E 1 0 0 0 0 0 0 0 0

```



```

0 0 0   0 1 5 0 3 3 0 0 0 0
0 0 0   0 4 1 3 0 2 0 0 0 0
0 0 0   0 4 1 3 0 2 0 0 0 0
0 0 0   B C 4 0 0 0 0 0 0 0

```

```

0 0 0   0 0 9 9 5 8 0 0 0 0
0 0 0   0 0 9 9 4 0 0 0 0 0
0 0 0   0 0 9 9 5 8 0 0 0 0
0 0 0   A C 3 0 0 0 0 0 0 0

```

```

0 0 0   F F F F F 8 0 0 0 0

```

快速打印机及其输出程序单的情形如图 1-7 所示。

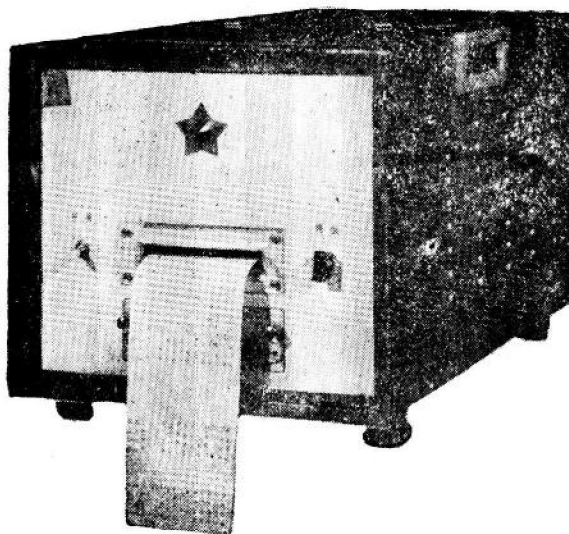


图 1-7

第四节 符 号

一、基本符号

PMT 语言的基本符号是：

- 1) 数字 0~9。
- 2) 字母 K、S、D、Z、L、V、B、H、C。
- 3) 间隔符 一、·、/、[、]、'、'。