

## 线切割——顶料杆（MJ-01-14） 端部钩形状的加工实训

数控线切割机床又称数控电火花线切割机床，其加工过程是利用一根移动着的金属丝（钼丝、钨丝或铜丝等）作为工具电极，在金属丝与工件间通以脉冲电流，使之产生脉冲放电而进行切割加工的。如图 6-1 所示，电极丝穿过工件上预先钻好的小孔（穿丝孔），经导轮由走丝机构带动进行轴向走丝运动。工件通过绝缘板安装在工作台上，由数控装置按加工程序指令控制其沿  $X$ 、 $Y$  两个坐标方向移动而合成所需的直线、圆弧等平面轨迹。在移动的同时，线电极和工件间不断地产生放电腐蚀现象，工作液通过喷嘴注入，将电蚀产物带走，最后在金属工件上留下细丝切割形成的细缝轨迹线，从而达到了使一部分金属与另一部分金属分离的加工要求。

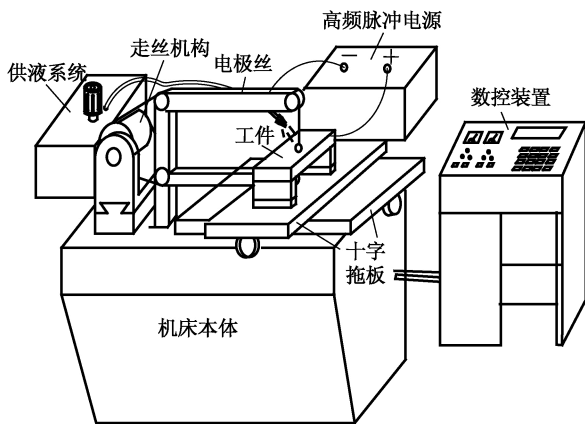


图 6-1 快走丝线切割加工原理



### 知识目标

- (1) 了解快走丝线切割基本结构和原理。
- (2) 懂得线切割编程步骤与要求。
- (3) 掌握线切割基本编程方法。



### 技能目标

- (1) 掌握机床开机、关机的操作方法。

- (2) 了解线切割机床的结构、各部分的基本功能、面板功能及操作方法。
- (3) 掌握程序的输入、校验、检查、修改的操作方法。
- (4) 掌握工件装夹、加工方法。
- (5) 能够读懂并会编制 3B 程序。
- (6) 调出图形、生成加工代码并完成加工。
- (7) 顶料杆 (MJ-01-14) 端部钩形状的加工。



### 素质目标

- (1) 培养学生谦虚、细心的工作态度。
- (2) 培养学生勤于思考、做事认真的良好作风。
- (3) 培养学生责任感和事业心。
- (4) 培养学生良好的职业道德。



### 考工要求

完成本单元学习内容，达到国家线切割操作工中级水平。



### 岗位任务

加工图 6-2 所示的顶料杆，顶料杆端部钩形状用线切割机床加工。

## 任务 1 线切割机床编程与操作



### 任务布置

- (1) 机床控制台及机床的操作。
- (2) 程序及编程软件的学习操作。



### 相关理论

#### 知识一 线切割机床的操作

##### 一、机床主体主要组成部分

(1) 操作面板：主要有断丝停车（在加工过程中，将此开关打到“1”的位置，钼丝断掉后机床就自动停止）、冷却液开/关、运丝筒开/关、加工结束停车（当加工完毕后，机床就自动停止运转）。

(2) 工作台：用来装夹工件，使工件能在机床上有一个正确的位置。

(3) 运丝筒：用来储存钼丝，使钼丝在加工中能够循环运转。

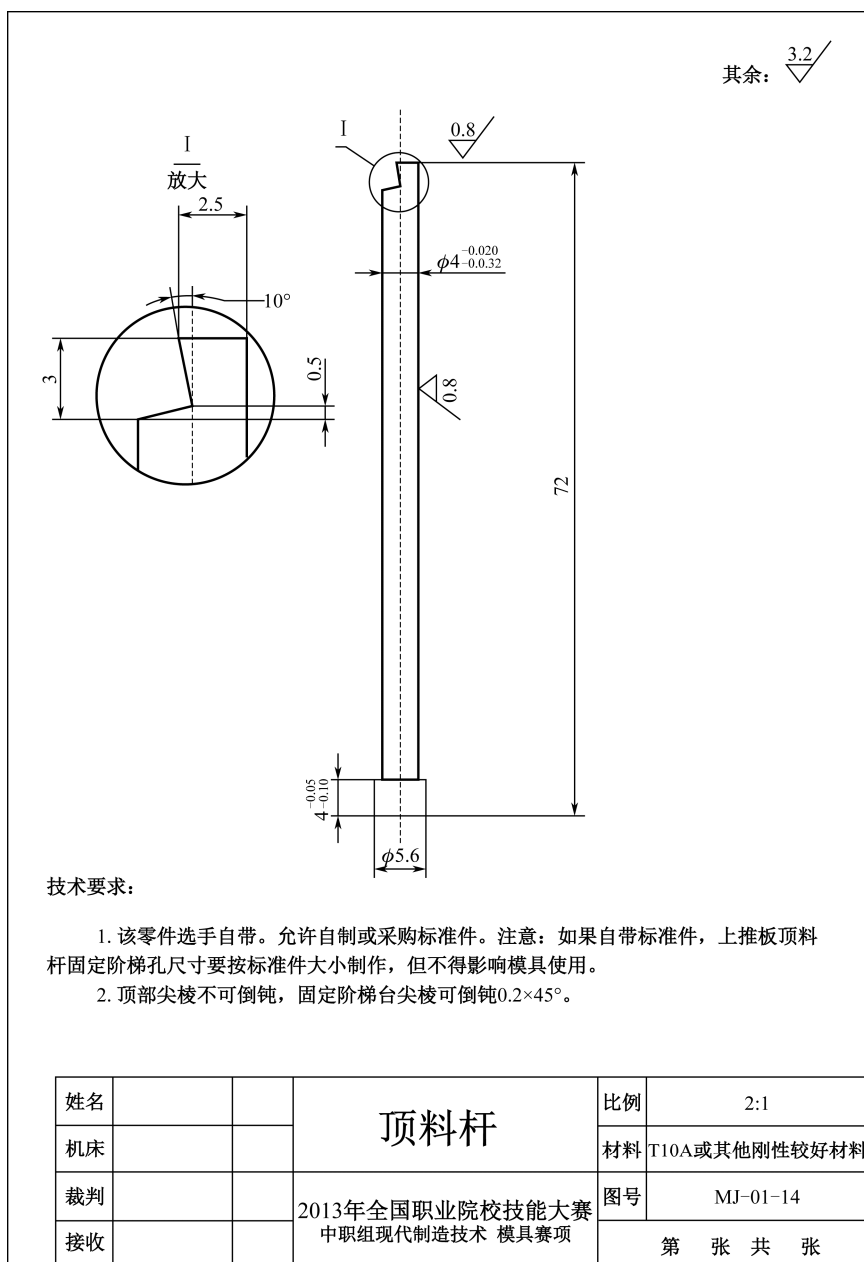


图 6-2 顶料杆

## 二、控制部分的组成

- (1) 一台配有线切割专用控制卡的 586 计算机及计算机用的一些附件。
- (2) 线切割步进电动机功率放大器。
- (3) 线切割脉冲电源。

## 三、脉冲参数的选择

### 1. 脉冲宽度的选择

脉冲宽度越宽，单个脉冲的能量就越大，切割效率也就高，由于放电间隔较大，加工就相

对稳定,但表面粗糙度就大。若要表面粗糙度好则应选用较小脉宽,这样单个脉冲的能量就小,由于放电间隔小,加工稳定性差。

## 2. 脉冲间隔的选择

由于厚度大的工件排屑困难,因此就要适当加大脉冲间隔的时间,这样给排屑的时间更充裕,少生成一些电蚀物,防止断丝,使得加工较稳定。

## 3. 功放管个数的选择

功放管是并联使用的,功放管选择得越多,加工电流就越大,加工效率就越高。在同一脉冲宽度下,加工电流越大,表面粗糙度也就越差。为保证加工的稳定性,如果加工工件厚度大时投入的功放管数也就应当多一些。

## 4. 加工电压选择

可根据加工工件的要求以及外界电源的情况,选择加工电压在 70~85V。在加工过程中不可以随意改变电规准参数,包括电压选择、电流选择。若要改变加工参数,应先关闭“高频开关”或在运丝电动机换向时改变。

## 四、线切割机床的操作

线切割机床要按照下面的步骤进行。

(1) 打开线切割系统软件,进入初始界面,单击“加工”,如图 6-3 所示。

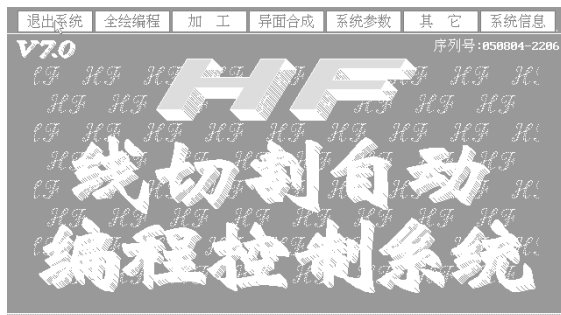


图 6-3 初始界面

(2) 本控制软件除可以读取 DXF 类型文件并自己生成加工代码以外,还可以读取其他软件生成的代码。

读取 DXF 类型文件生成代码加工:进入此界面后,调图 调 DXF 回车 满屏 做引入线 执行 1/2 后置生成 G 代码。

(3) 进入图形界面后,单击“读盘”,此时进入文件名列表界面,找出已保存的文件(加工代码),并打开,如图 6-4 所示。

(4) 打开文件,找出图形上的穿丝位置后,将工件安装在工作台上,钼丝的切入位置要和图形上的位置一致。

(5) 打开冷却液和运丝筒,将冷却液的大小调整到合适的流量,如图 6-5 所示。

(6) 根据工件的厚度和所要的表面质量,选择合适的加工参数,打开高频开关,如图 6-6 所示。



图 6-4 读取文件

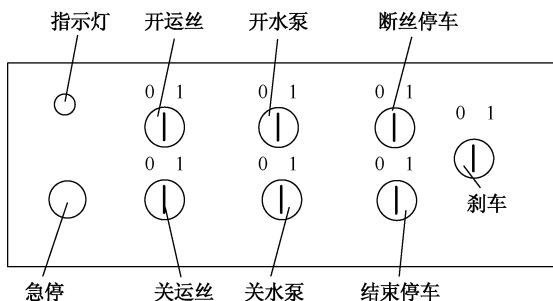


图 6-5 冷却与运丝筒开关

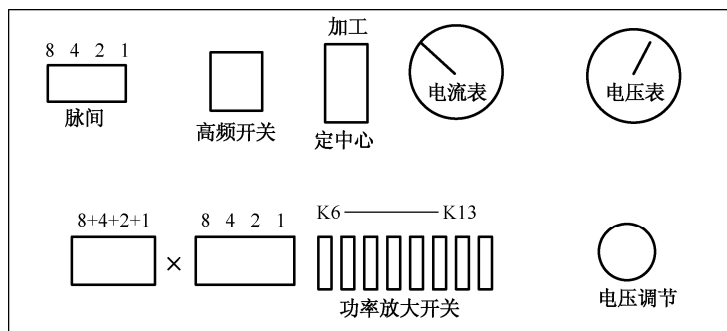


图 6-6 高频开关

(7) 当上述工作准备好以后，单击“切割”，此时就进入加工状态，如图 6-7 所示。

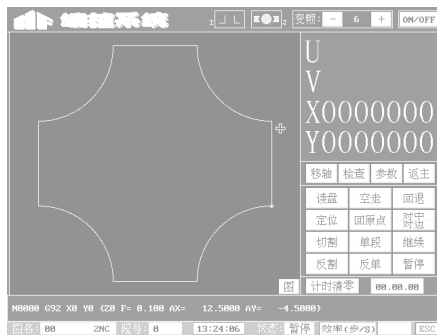


图 6-7 工作监控

(8) 当加工开始后,调整切割速度,直到加工电流稳定为止,即电流表指针的摆动越小越好。

注:在加工中电流不可以过大,一般为1~1.5A,最大不可以超过4A。在机床加工状态下,不可以改变加工参数。如果要改变加工参数,必须在运丝电动机换向的时候才能改。

## 知识二 机床控制台的操作

### 一、单板控制机床的操作

以上叙述的是微型计算机控制的线切割机床的操作,下面就介绍单板机控制线切割机床的操作。单板机是在原来的Z8单板机上改进的单板计算机,扩大了内存,增加了断电保护加工信息的功能和单板机自检的功能。单板机根据用户输入的加工程序,经过计算机由软件分配发出进给脉冲,通过驱动功放电路驱动步进电动机工作。两种机床在原理上是一样的,就是在操作上有一些区别。

### 二、操作过程

- (1) 控制机准备:初始化和程序输入。
- (2) 脉冲电源准备:根据实际加工要求合理选择电规准参数。
- (3) 工作液准备:配置并调整工作液流量。

### 三、控制机的操作

#### 1. 外形及各部分说明

(1) 控制盒部分:主要以单板机为主,附加接口电路、稳压电路,是数控电火花线切割机床的控制中心。

- (2) 脉冲电源部分:为加工提供能量。
- (3) 驱动电源部分:为步进电动机提供能源。

#### 2. 控制盒正面面板布置、键盘功能、形象化操作符号及其他说明

- (1) X、Y、U、V:步进电动机进给指示灯。
- (2) 步进电动机进给速度电压指示表。
- (3) DISPLAY:存储单元检查键。
- (4) GOOD:工作状态转换键。
- (5) CUT:切割加工键。
- (6) INPUT:磁带、纸带信息输入键。
- (7) EDIT:输入切割加工程序键。
- (8) OUTPUT:磁带、纸带信息输出键。
- (9) EOB:输入切割加工程序增量键。
- (10) CE:退格键。
- (11) RESET:复位键。
- (12) NEXTSTEP:检查下一个存储单元。
- (13) MON:监控键。
- (14) FINISH:程序输入结束键。



如仍需下一个地址输入内容,可按 **NEXT STEP** 键后送入相应的内容,直至初始化结束。初始化内容完成后,就可以开始输入加工程序,然后进行其他的操作内容。

#### 4. 加工程序的输入

初始化结束后,加工程序的输入方法如下。

(1) 按 **GOOD** 键: **G** **O** **O** **D**  .

(2) 按 **EDIT** 键: **P**     .

(3) 送四位程序段号: **P** **X** **X** **X** **X** .

(4) 按 **B** 键: **1** **B**    , 送入  $X$  值。

(5) 按 **B** 键: **2** **B**    , 送入  $Y$  值。

(6) 按 **B** 键: **3** **B**    , 送入  $J$  计算值。

(7) 按 **B** 键: **4** **B**    , 送入  $J$  计算值。

(8) 按 **B** 键: **5** **B**    , 送入  $Z$  加工指令。

(9) 按 **EOB** 键(段号将自动加 1), 然后按照步骤(4)~(8)送入下一段程序。

(10) 重复步骤(9), 将相应的图形程序一一送入, 当送完最后一段程序的加工指令后要按字母 2 键, 显示窗将显示图形。

(11) 按 **EOB** 键(注) **X** **X** **X** **X** **X** **E**, 显示下一段程序和 **E** 结束符 **P** **X** **X** **X** **E**。

(12) 按 **FINISH** 键: **G** **O** **O** **D**  .

整个程序输入结束, 可以进入加工结束自动停机、偏移量设置或切割加工等操作。

注:

① 在任意一段程序后面可根据需要加入指令特征“1”, 即 1 键, 表示加工暂停符, 当机床加工完这一段后会自动暂停并显示“F”。

② 当最后一段程序输完以后, 必须输“2”, 表示加工结束, 否则机床运行完最后一段后还会运行内存中的其他程序。

③ 送完最后一段程序后必须按一下 **EOB** 键, 否则最后一段程序就不能送入计算机中。

④ 若在输入的时候出现错误, 按 **CE** 键清除。

#### 5. 正常加工操作步骤

(1) 合上机床、控制机、脉冲电源的电源。

(2) 控制机初始化。

(3) 图形程序输入。

(4) 根据图形程序来合理装夹工件。

(5) 合理选择脉冲电源的脉宽、功放管的参数。

(6) 开启工作液。

(7) 开启钼丝。

(8) 机床面板脉冲电源开关置“1”位。

(9) 合上控制机脉冲电源开关。

(10) 合上  $X$ 、 $Y$ 、 $U$ 、 $V$  进给开关。

(11) 变频开关置于自动变频。

(12) 按 **CUT** 键。



(13) 加工手动开关置于加工位置, 调节进给速度电位器使加工电流稳定。

### 知识三 程序及编程软件的介绍

#### 一、程序的编制

##### 1. 3B 程序的格式

BX BY BJ G Z

其中, B——分隔符号, 用来将  $X$ 、 $Y$ 、 $J$  的数码分开以便控制机识别。

$X$ 、 $Y$ —— $X$ 、 $Y$  的坐标值。对于直线段, 以线段的起点为原点建立坐标系, 在所建的坐标系中取坐标值。 $X$  或  $Y$  为零时坐标值均可不写, 但分隔符要保留。对于圆弧, 以圆心为坐标原点,  $X$ 、 $Y$  取圆弧坐标的绝对值。

$J$ ——计数长度。根据计数方向, 选取直线段或圆弧在该方向上的投影总和 ( $X$ 、 $Y$ 、 $J$  均不超过 6 位数的数值, 单位  $\mu\text{m}$ )。

$G$ ——计数方向, 分  $G_X$  和  $G_Y$  两种, 机器识别时用 “B0” 和 “B1” 来表示。

在加工直线段时用线段的终点坐标绝对值进行比较, 哪个方向上的数值大, 就取哪个方向作为计数方向, 即

$|Y| > |X|$  时, 取  $G_Y$ ;

$|X| > |Y|$  时, 取  $G_X$ ;

$|X| = |Y|$  时, 取  $G_X$  或  $G_Y$  均可。

在加工圆弧时, 计数方向是根据终点坐标的绝对值, 哪个方向的数值小, 就取哪个方向作为计数方向。此种情况与直线段相反, 即

$|Y| < |X|$  时, 取  $G_Y$ ;

$|X| < |Y|$  时, 取  $G_X$ ;

$|X| = |Y|$  时, 取  $G_X$  或  $G_Y$  均可。

$Z$  加工指令分为  $L1 \sim L4$ 、 $SR1 \sim SR4$ 、 $NR1 \sim NR4$ , 共十二种, 判断的方法是根据加工图形形状所在的象限和走向等确定。控制台根据这些指令, 进行偏差计算, 控制进给方向, 如图 6-8 所示。

加工直线时, 位于四个象限的斜线分别用  $L1$ 、 $L2$ 、 $L3$ 、 $L4$  表示, 如图 6-8 (a) 所示, 若直线与坐标轴重合可根据图 6-8 (b) 选取。

加工圆弧时, 加工指令根据圆弧的走向及圆弧起点开始向哪个象限运动来确定。顺时针插补是分别用  $SR1 \sim SR4$  表示, 如图 6-8 (c) 所示; 逆时针插补时分别用  $NR1 \sim NR4$  表示, 如图 6-8 (d) 所示。

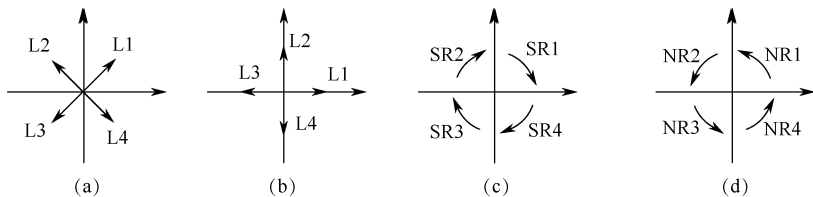


图 6-8 加工指令

## 2. 编程举例

(1) 如图 6-9 (a) 中  $OA$  段的程序为

B2000B3000BG<sub>v</sub>L<sub>1</sub>

(2) 如图 6-9 (b) 中  $OC$  段的程序为

B3500B0B3500G<sub>x</sub>L<sub>3</sub>

(3) 如图 6-9 (c) 中圆弧  $AB$  段的程序为

B2000B9000B7000G<sub>v</sub>SR<sub>1</sub>

(4) 如图 6-9 (d) 中圆弧  $CD$  段的程序为

B4000B3000B13000G<sub>x</sub>NR4

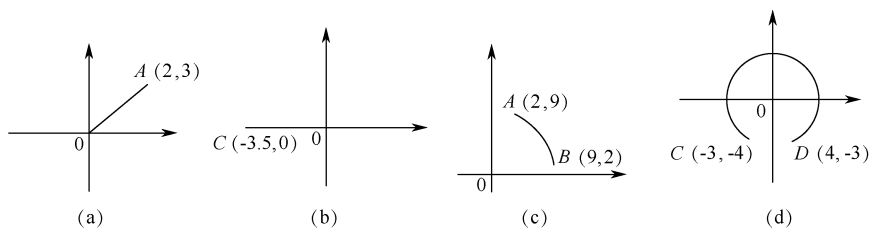


图 6-9 程序段图

## 二、图形程序的编制

我们在编程的同时还要考虑穿丝孔的位置、切割路线、间隙补偿等加工工艺。特别是间隙补偿，要求我们熟练掌握，因为在实际加工中，机床是通过控制电极丝的中心来加工的。因此我们在编程的过程中，就要考虑如何去解决这样的问题。我们就要计算出偏移量，然后通过编程将图形整体放大或缩小一个补偿量，或者先计算出补偿量，然后在加工前输入数控装置中，采用机器自动补偿。

(1) 以凹模为基准配作凸模时，其间隙补偿量计算如下：

$$\Delta R_{\text{凹}} = r + \delta$$

$$\Delta R_{\text{凸}} = r + \delta + Z/2$$

(2) 以凸模为基准配作凹模时，其间隙补偿量计算如下：

$$\Delta R_{\text{凸}} = r + \delta$$

$$\Delta R_{\text{凹}} = r + \delta - Z/2$$

式中  $\Delta R_{\text{凸}}$ ——加工凸模时的间隙补偿量

$\Delta R_{\text{凹}}$ ——加工凹模时的间隙补偿量

$Z$ ——凸模、凹模的配合间隙

例子：如图 6-10 所示，按  $A B C D E$  的顺序切割，加工程序顺序见表 6-2。

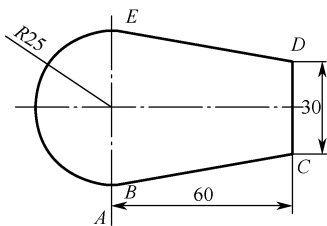


图 6-10 切割顺序

表 6-2 加工程序顺序

序 号	B	X	B	Y	B	J	G	Z	备 注
1	B	0	B	0	B	4900	GY	L2	AB 段
2	B	59850	B	0	B	59850	GX	L1	BC 段
3	B	0	B	150	B	150	GY	NR4	C 点过渡圆弧
4	B	0	B	29745	B	29745	GY	L2	CD 段
5	B	150	B	0	B	150	GX	NR1	D 点过渡圆弧
6	B	51445	B	18491	B	51445	GX	L2	DE 段
7	B	84561	B	23526	B	58456	GX	NR1	EB 段
8	B	0	B	0	B	4900	GY	L4	BA 段
9								D	加工结束

### 三、自动编程

#### 1. 自动编程

自动编程是通过自动变成软件，画出要加工的图形，生成 G 代码或 3B 代码，通过代码来指挥机床动作并完成加工的，具体操作如下。

(1) 画出要加工的图形，如图 6-11 所示。

在画图时要注意，在尖角的地方要倒一个大于或等于钼丝半径的圆角，否则补偿就不能执行。

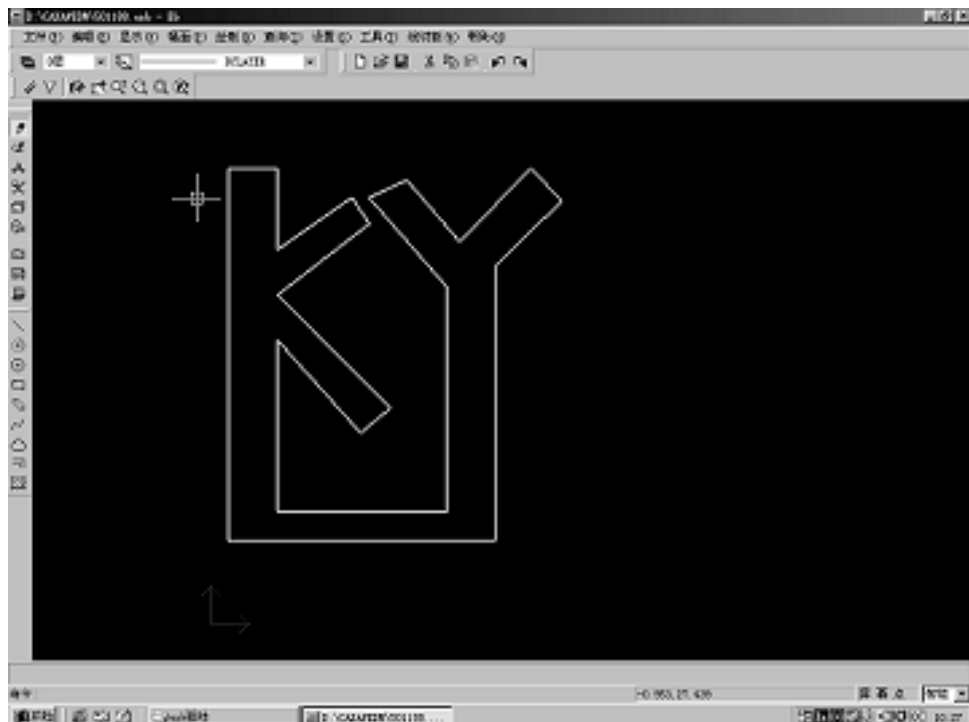


图 6-11 加工图

(2) 进行轨迹操作，如图 6-12 所示。

在执行轨迹操作时，要注意补偿是自动补偿还是后置时手工补偿，如果是自动补偿，就要在“偏移量/补偿值”下将补偿值设定好，如果是后置时手工补偿，那么就在加工时将补偿值输

入好。



图 6-12 参数设置

(3) 生成 3B 代码, 如图 6-13 所示。

代码生成好以后, 可以手工输入单片机, 也可以保存到计算机的 C:\HF 目录下。



图 6-13 代码保存

## 2. 图形转换后生成代码

DK7750 机床的控制系统除了可以读取外来的代码以外, 还可以识别 DXF 类型文件, 自己生成代码。操作如下: 用 CAD 画出要加工的图形, 保存成 DXF 类型文件, 再复制到 C:\HF 目录下。

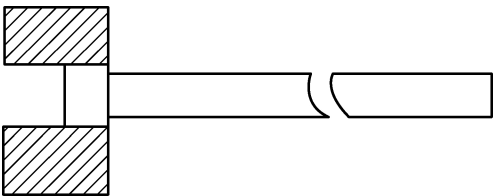
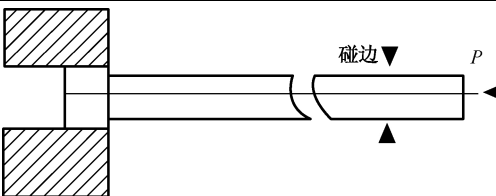
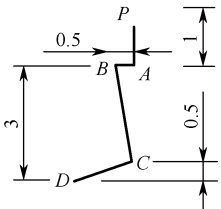
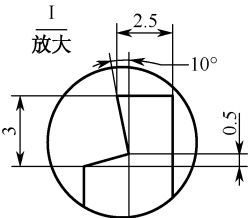
## 任务 2 顶料杆端部钩形状的加工

顶料杆端部钩形状加工工艺过程见表 6-3。

工艺及图样分析如下。

- (1) 顶料杆主要作用是把工件卸出, 加工精度要求一般。
- (2) 顶料杆端部钩形状加工时, 多用角尺和游标卡尺进行检测, 保证尺寸要求。
- (3) 工件较为细长, 加工时为保证工件的刚性, 避免加工变形, 采用平口钳进行装夹。
- (4) 为了保证工件的精度要求, 分中找起刀点  $P$  显得非常重要, 然后按照  $P-A-B-C-D$  编程后, 再进行加工。

表 6-3 顶料杆端部钩形状加工工艺过程

加工工艺卡片		产品名称		产品数量		1	
图 号		零件名称		顶料杆 端部钩		第 页 共 页	
材料种类		锻打钢		材料牌号		模具钢	
加工简图		工序		工步		加工内容	
						刀具	
						量具	
	1	线切割	(1)	用平口钳装夹好工件	钼丝	百分表	
			(2)	将工件找正	钼丝	百分表	
	2	线切割	(1)	分中, 然后找到起刀点 $P$	钼丝	卡尺	
	3	线切割	(1)	以 $P$ 点为起点, 顺着 $P-A-B-C-D$ 编程后, 启动机床进行加工	钼丝	卡尺 角尺	
	4	线切割	(1)	加工完成后, 利用角尺和卡尺进行尺寸测量, 保证尺寸的精度要求	钼丝	卡尺 角尺	