

电火花线切割加工训练

项目设置及教案

浙江大学工程训练中心

2015 年

电火花线切割加工训练——项目安排

一、基本要求

1. 了解电火花线切割的原理、特点和应用。
2. 了解电火花线切割机床的结构和操作。
3. 初步掌握 3B 指令的编程方法。

二、内容、目的和时间

| | 内容 | 时间 | 目的 |
|---|--|------|------------------------|
| 1 | 特种加工和切削加工、热加工的区别 | 20 分 | 了解电火花线切割的原理、特点和应用 |
| 2 | 特种加工种类、特点、应用 成型机和线切割加工区别 线切割加工条件 | | |
| 3 | 线切割机床操作讲解 | 15 分 | 了解电火花线切割机床的结构和操作 |
| 4 | 指导学生操作 | 30 分 | |
| 5 | 讲解指令编程 | 15 分 | 了解和掌握 3B 指令的编程方法，并具体运用 |
| 6 | 指导学生应用程序 | 20 分 | |
| 7 | 线切割加工 | 35 分 | |

电火花线切割加工训练——教案

数控电火花线切割加工讲稿

数控电火花线切割机床既是数控机床，又是特种加工机床，它区别于传统机床部分是：1. 数控装置和伺服系统，2. 不是依靠机械能通过刀具切削工件，而是以电、热能量形式来加工。电火花加工在特种加工中是比较成熟的工艺。在民用，国防生产部门和科学研究中已经获得了广泛应用，其机床设备比较定型，且类型较多，但按工艺过程中工具与工件相对运动的特点和用途等来分，大致可以分为六大类，其中应用最广，数量较多的是电火花成型加工机床和电火花线切割机床。我们这里介绍电火花线切割机床。

电火花线切割加工是在电火花加工基础上用线状电极（钼丝或铜丝）靠火花放电对工件进行切割，故称为电火花线切割，有时简称线切割。

控制系统是进行电火花线切割加工的重要组成部分，控制系统的稳定性、可靠性、控制精度及自动化程度都直接影响到加工工艺指标和工人的劳动强度。

一. 电火花线切割加工原理和必备条件

电火花线切割加工是利用工具电极（钼丝）和工件两极之间脉冲放电时产生的电腐蚀现象对工件进行尺寸加工。电火花腐蚀主要原因：两电极在绝缘液体中靠近时，由于两电极的微观表面是凹凸不平，其电场分布不均匀离得最近凸点处的电场强度最高，极间介质被击穿，形成放电通道，电流迅速上升。在电场作用下，通道内的负电子高速奔向阳极，正离子奔向阴极形成火花放电，电子和离子在电场作用下高速运动时相互碰撞，阳极和阴极表面分别受到电子流和离子流的轰击，使电极间隙内形成瞬时高温热源，通道中心温度达到 10000 度以上。以致局部金属材料熔化和气化，产生电腐蚀。

电火花线切割加工能正常运行，必须具备下列条件：

1. 钼丝与工件的被加工表面之间必须保持一定间隙，间隙的宽度由工作电压、加工量等加工条件而定。钼丝和工件被加工表面之间保持一定间隙，如果间隙过大，极间电压不能击穿极间介质，则不能产生电火花放电；如果间隙过小，则容易形成短路连接，也不能产生电火花放电。

电火花线切割机床加工时，必须在有一定绝缘性能的液体介质中进行，如煤油、皂化油、去离子水等，要求高绝缘性是为了利于产生脉冲性的火花放电，液体介质还有排除间隙内电蚀产物和冷却电极作用。

必须采用脉冲电源，即火花放电必须是脉冲性、间歇性，图 1 中 t_i 为脉冲宽度、 t_o 为脉冲间隔、 t_p 为脉冲周期。在脉冲间隔内，使间隙介质消除电离，

使下一个脉冲能在两极间击穿放电。

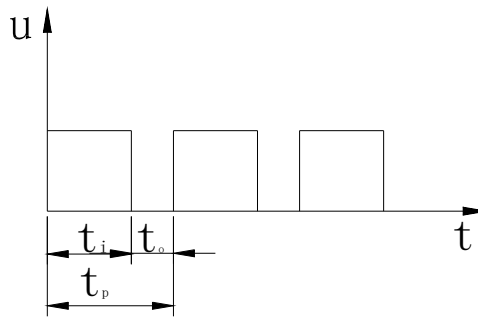


图 1—脉冲波形

二. 电火花线切割和成型机区别

1. 电火花线切割的工具电极是沿着电极丝轴线移动着的线电极，成型机工具电极是成型电极，与要求加工出的零件有相适应的截面或形状。
2. 线切割加工时工具和工件在水平两个方向同时有相对伺服进给运动，成型机工件和工具只有一个相对的伺服进给运动。

三. 电火花线切割机床组成

1. 机床主体：床身、丝架、走丝机构、X—Y 数控工作台
2. 工作液系统
3. 高频电源：产生高频矩形脉冲，脉冲信号的幅值、脉冲宽度可以根据不同工作状况调节。
4. 数控和伺服系统

四. 线切割加工的应用

1. 广泛应用于加工各种冲模。
2. 可以加工微细异形孔、窄缝和复杂形状的工件
3. 加工样板和成型刀具。
4. 加工粉末冶金模、镶拼型腔模、拉丝模、波纹板成型模
5. 加工硬质材料、切割薄片，切割贵重金属材料。
6. 加工凸轮，特殊的齿轮。
7. 适合于小批量、多品种零件的加工，减少模具制作费用，缩短生产周期。

五. 编程

在数控机床中编辑程序有两种方式，一种是手工编程，另一种是自动编程。人工编程采用各种数学方法，使用一般的计算工具，人工地对编程所需的数据进行处理和运算。为了简化编程工作，利用电子计算机进行自动编程是必然趋势。自动编程使用专用的数控语言及各种输入手段向计算机输入必要的形状和尺寸数据，利用专门的应用软件即可求得各交切点坐标及编写加工程序所需的数据。

1. 手工编程

线切割机床编程格式是用 3B 指令格式：编程格式如表 1 所示，表中 B 为分隔符，它的

| B | X | B | Y | B | J | G | Z |
|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| 分 隔 符 | X 坐标 值 | 分 隔 符 | Y 坐 标值 | 分 隔 符 | 计 数 长度 | 计 数 方向 | 加 工 指令 |

表 1 3B 程序格式

作用是把 X、Y、J 这些数码分开，便于计算机识别。当程序往控制器输入时，读入第一个 B 后它使控制器作好接受 X 值的准备，读入第二个 B 后作好接受 Y 轴坐标值的准备。读入第三个 B 后作好接受 J 值的准备。加工斜线时，程序中 X、Y 必须是该斜线段终点相对起点的坐标值。X、Y、J 的数值均以 μm 为单位，当 X、Y 为零可以不写。加工圆弧时，程序中 X、Y 必须是圆弧起点相对其圆心的坐标值。

(1) 记数方向 G 和记数长度 J

为保证所要加工的圆弧或线段能按要求的长度加工出来，一般线切割机床是通过控制从起点到终点某个工作台进给的总长度来达到的。因此在计算机中设立了一个 J 计数器来进行记数，即把加工该线段的工作台进给总长度 J 的数值预先置入 J 计数器中，加工时当被确定为记数长度这个坐标的工作台每进给一步，J 计数器就减 1。这样，当 J 计数器减到零时，则表示该圆弧或直线已加工到终点。加工斜线段时必须用进给距离比较长的一个方向作进给控制，若线段的终点为 A (X_e, Y_e)，当 $|X_e| > |Y_e|$ ，记数方向取 G_x ，反之，记数方向取 G_y ，如果两个坐标值一样时，则两个记数方向均可。

记数长度是直线或圆弧在记数方向坐标轴上投影长度总和。对斜线段，如图 2，当 $|X_e| > |Y_e|$ 时，取 $J = |X_e|$ ，反之，则取 $J = |Y_e|$ ，对于圆弧，它可能跨越几个象限，如图，圆弧都是从 A 到 B，如图 3 所示，记数方向为 G_x 时 $J = J_{x1} + J_{x2} + J_{x3}$ ，记数方向为 G_y

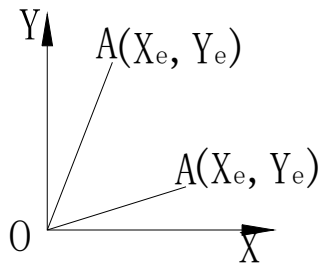


图 2—加工斜线 O A

时， $J = J_{y1} + J_{y2} + J_{y3}$ 。

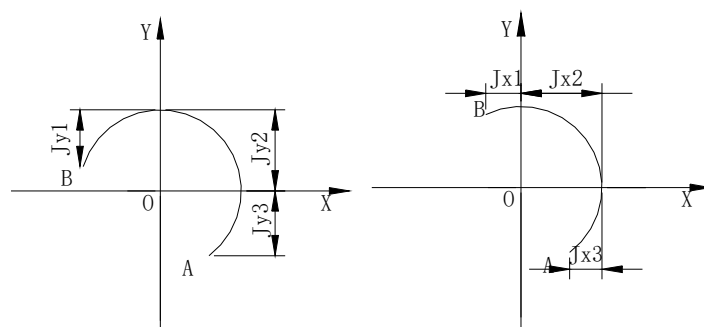
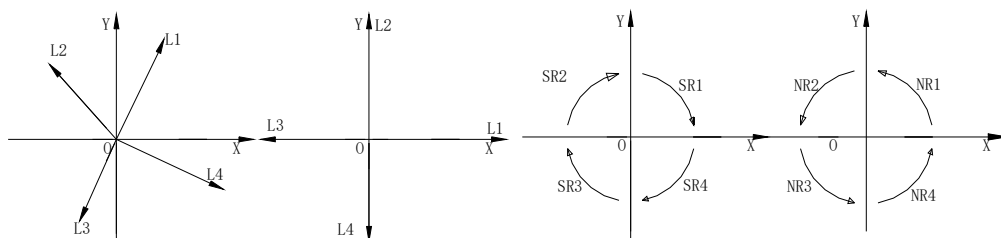


图 3—加工圆弧 A B

(2) 加工指令 Z

Z 是加工指令总括符号，它共有 1 2 种，如图 4 所示，其中圆弧指令有 8 种，S R 表



如图

4—加工指令

示顺圆，N R 表示逆圆，字母后面的数字表示该圆弧的起点所在象限，如 S R 1 表示为该圆弧为顺圆，起点在第一象限。对于直线加工指令用 L 表示，L 后面的数字表示该线段所在的象限。对于和坐标重合的直线，正 X 轴为 L 1 正 Y 轴为 L 2 负 X 轴 L 3 为负 Y 轴为 L 4。

编程时，同学们要注意,线切割编程坐标系和数控车床、数控铣床坐标系的区别，线切割编程坐标系只有相对坐标系，每加工一条线段或圆弧，都要把坐标原点移到直线的起点或圆弧的圆心上。

编程举例

加工如图 5 形状轮廓，其中 O 点为起刀点，走刀路线可以从 OA—AB—BC—CD—DE—EF—FA—AO，也可以从 OA—AF—FE—ED—DC—CB—BA—AO，

按 OA—AB—BC—CD—DE—EF—FA—AO 路线编程如下：

走直线 OA: BBB20000GYL2

走直线 AB: BBB40000GXL1

走直线 BC: B3B3B30000GX (Y) L1

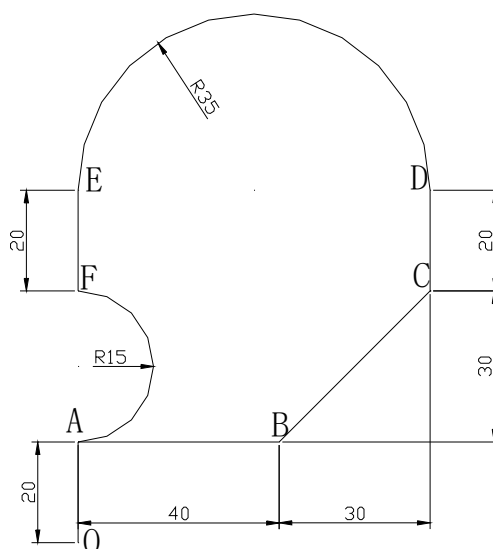
走直线 CD: BBB20000GYL2

走圆弧 DE: B35000BB70000GYNR1

走直线 EF: BBB20000GYL4

走圆弧 FA: BB15000B30000GXSR2

走直线 AO: BBB20000GYL4E



请同学们沿着 OA—AF—FE—ED—DC—CB—BA—AO 路线编程。

2. 自动编程

为了把图样中的信息和加工路线输入计算机，要利用一定的自动编程语言(数控语言)来表达，构成源程序。源程序输入后，必要的处理和计算工作则依靠应用软件(针对数控语言的编译程序)来实现。我们这里的数控编程语言的处理程序主要分为三部分：(1)输入代码直接加工；(2)画图转化为代码加工；(3)扫描图形转化为代码加工。

自动编程根据编程信息的输入与计算机对信息的处理方式不同，分为以自动编程语言为基础的自动编程方法和以计算机绘图为基础的自动编程方法。以语

言为基础的自动编程方法，在编程时编程人员是依据所用数控语言的编程手册以及零件图样，以语言的形式表达出加工的全部内容，然后在把这些内容输入到计算机中进行处理，制作出可以直接用于数控机床的 NC 加工程序。以计算机绘图为基础自动编程方法，编程人员先自动编程软件的 CAD 功能，构建出几何图形，其后利用 CAM 功能，设置好几何参数，才能制作出 NC 加工程序。

现在比较常用的 CAD/CAM 软件有 Mastercam、Pro/e、UG 等，金工中心线切割机床自动编程软件则用国产 CAXA。

附．线切割加工操作说明

第一步：合上电源【把控制柜中部大红色开关顺转 90°】。

第二步：按面板上白色带灯按钮，灯亮，计算机启动，系统自检后进入欢迎屏。

第三步：按面板上绿色按钮，机床电气部分能正常工作。

第四步：按任意键进入主菜单。

第五步：按 F2【编辑】键进入编辑菜单。

第六步：按 F3【3B】键生成一个新的“3B”文件 按 F3【3B】键，此时系统提示用户输入文件名【文件名为每个学生自己学号的最后三位数字】，用户输入完毕后按回车键，系统自动进入编辑状态。

第七步：输入“3B”程序，程序输入完毕后最后输入【E】作为程序结束符。例：

```
BBB5000GYL2  
BBB40000GXL1  
BBB10000GYL2  
B20000BB40000GYNR1  
BBB15000GYL4E
```

第八步：存盘 程序输入结束后按 F1【SAVE】键存盘，系统自动退出编辑状态，系统中已存在：“*.3B”文件，按 F8【退出】键退回主菜单。

第九步：修改“3B”程序 先从主菜单按 F2【编辑】键再按 F5【更新】键，通过小键盘上的【Num Lock】键，用方向键来移动红色光标选中需要修改的“3B”程序，按回车键，进入程序进行修改，完成后按 F1【SAVE】键保存文件，按 F8【退回】主菜单。修改完后还要按第十步的方法转换文件。

第十步：转换 从主菜单中按 F1【文件】键进入文件菜单，按 F7【转换】键进

入文件转换，把“3B”格式转换成“ISO”格式。此时系统会提示用户选择文件，通过小键盘上的【Num lock】键用方向键来移动红色光标选中需要转换的“3B”程序，按回车键，系统提示用户输入文件名，用户输入文件名后按回车键，如果程序有错，系统会在屏幕的右下边的空栏里提示错误，需要从第九步【修改】中进入程序进行修改，没有错误的提示按 F8【退出】键返回到主菜单。

第十一步：运行 按主菜单上的 F7【运行】键进入运行菜单，此时系统提示用户选择文件，通过小键盘上的【Num lock】键用方向键来移动红色光标选中需要运行的“*.ISO”按回车键运行程序。

第十二步：画图 按 F1【画图】键，通过 F4【倍缩小】键或 F5【倍放大】键在屏幕上画出大小适中的图形。画完图形后按 F8【退出】键退回到主菜单。

第十三步：关机 按面板上红色按钮，显示屏变黑，关上电源（控制柜下面的大红开头逆转 90 度）。

