

天津大学仁爱学院

线切割机床结构及功能演示实验指导书



天津大学仁爱学院

2015-09

线切割机床结构及功能演示实验

一、实验目的

1. 了解电火花数控线切割的基本原理和特点。
2. 了解电火花数控线切割机主要结构及一般的加工工艺。
3. 掌握数控线切割的编程方法并独自完成一个零件的编程和加工。

二、数控电火花线切割的基本原理和特点

1、数控电火花线切割加工的基本原理

电火花线切割加工（Wire Cut Electrical Discharge Machining,简称 WEDM）是特种加工的一种，也是电火花加工的一个分支，它是利用移动的细金属丝作为工具电极，在金属丝与工件间加以脉冲电源，利用脉冲放电的电腐蚀作用对工件进

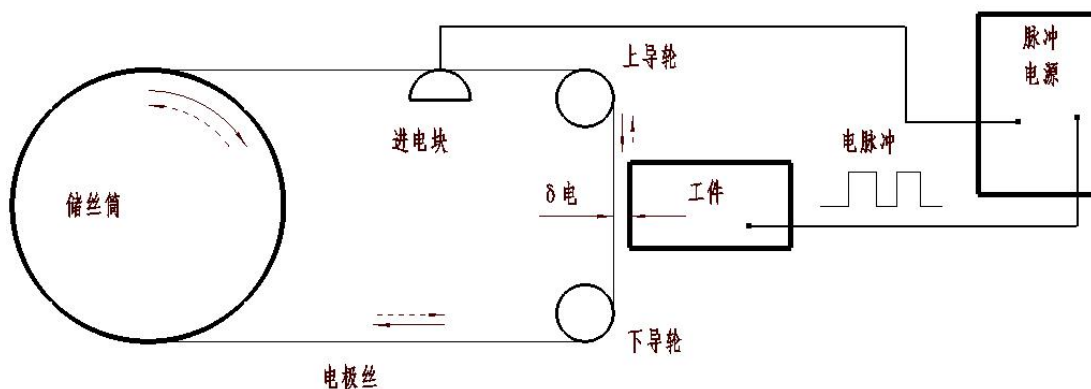


图1

行切割加工。

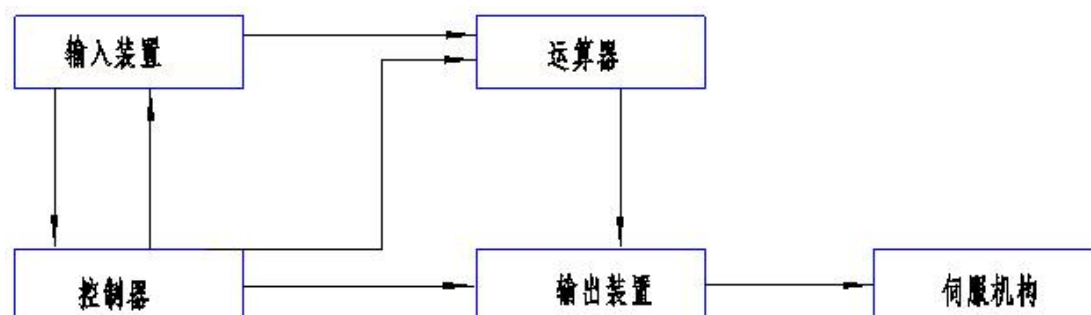
2、高频放电加工原理

高频脉冲电源是电火花线切割机床进行电蚀加工的一种能源。用来产生高频电脉冲。高频电源电路由主振级、前置放大级、功率放大级和整流电源四部分组成。有电子管和晶体管式，目前多用后者。高频电源性能的好坏直接影响工件加工后的表面质量和生产率。

电火花加工是利用火花放电产生的电蚀现象来进行加工的。实质上是由电、热和流体动力结合作用的结果。加工时工件接高频电源的正极，工具电极接负极，在充满液体介质的工具电极与工件之间的间隙上，施加脉冲电压后便产生很强的电场，从而使这个区域的介质电离，形成放电通道（火花放电击穿电位比电弧放电击穿电位高，大于 36 千伏/厘米），并产生火花放电。由于放电时间短（持续时间 $10^{-6} \sim 10^{-3}$ ）且发生在放电区域的某点上，所以能量高度集中，放电区域温度急剧升高（火花放电通道和工具电极上温度为 $10000 \sim 12000$ 度），致使金属材

料熔化甚至蒸发，以达到去除材料完成加工的目的。

3、数控原理



数控程序是指用专用计算机来进行自动控制,任何平面直线和曲线都可通过控制 X、Y 两个方向的运动来合成，计算机就是根据人的指令来发出进给信号，指挥线切割机床上 X、Y 两个方向上的步进电机的运动。数控系统主要由输入装置、控制器、运算器和输出装置组成输入装置的作用是接受程序指令并对指令进行识别，再转换适当的信息送给各有关的寄存器，作为控制和运算的依据，控制器则根据程序指令控制运算器及输出装置。运算器在控制器的控制下对输出装置送来的数据及时进行运算，并根据运算结果向输出装置输出进给脉冲。输出装置在控制器的控制下接受运算器的输出脉冲，经过放大后驱动伺服机构。伺服机构的工作是将数控输出装置输出的脉冲转换成机床运动部件的位移量（步进电机的转所带动工作台直线运动的距离）。对每一个输出脉冲，机床运动部件移动的距离称为脉冲当量。实验用机床脉冲当量为 0.001 mm。

4、数控电火花线切割特点

不需要制作电极，可降低制造费用，缩短生产周期。

能加工精密、形状复杂而细小的内、外形面，以及高熔点、高硬度难切削的材料。

电极损耗极小，节省材料，有利于加工精度的提高。

工具电极和工件不直接接触，无机械加工中的宏观切削力，适宜于加工低刚度零件及细小零件。

加工精度高，尺寸精度 0.01mm，表面粗糙度 $Ra1.6\sim0.8\mu m$ ；一般不需要电规准的转化。

不能加工母线不是直线的表面和盲孔及纵向阶梯表面。

生产效率高，易于实现自动化

三、数控线切割加工的设备组成

电火花数控线切割的设备主要由机床主体、脉冲电源、控制系统三部分组成。实验中采用的是 DK7725 和 DK7732/300Z6 的两种型号。

机床由床身、工作台、运丝机构、工作液循环系统、机床电器张紧装置等组成。

床身 床身通常为铸铁件，是机床的支撑体，上面装有工作台、丝架、运丝机构。其结构是箱式体，内部装有机床电源和工作液箱。

工作台 上面有用来装夹工件的装置，驱动电机通过变速机构将动力传给丝杆螺母副，并将其变成坐标轴的直线运动，从而获得各种平面图形的曲线轨迹。工作台主要有上下拖板、丝杆螺母副、齿轮传动机构和道轨等组成。上下拖板采用步进电机带动滚动丝杆副驱动。

运丝机构 运丝机构是由贮丝筒与丝架组成。其钼丝的运动是由丝筒电机以正、反转得到的，丝架上装有导线轮及导电柱（块），固定在上面的中间部位。

电极丝 由于导电导热、强度、韧性和自身工艺性能等因素，目前多采用钼丝或铜丝，加工中电极丝作高速移动(正、反向)。实验中机床的钼丝直径 $\phi 0.14 \sim \phi 0.18 \text{ mm}$ ，长 200m 。

工作液循环系统 由于火花放电是在瞬间把高能密度的脉冲送到尺寸极小的加工部位，而在脉冲间的一定间隙里介质必须消电离(使之不转为弧光放电)才能实现电火花加工，故必须使用工作液。其作用是①绝缘；②压缩放电通道；③带走电蚀产物；④冷却；⑤消电离。工作液本身应不腐蚀工件并且使用安全。目前常用的是 5% 左右的乳化油(磺酸钡、环烷酸锌、磺化油待等配制而成)，亦可用 2 # 煤油。

脉冲电源

高频电源是产生切割工作的能源，高频电源的质量以及高频电源的参数选择，直接影响到工作质量以及加工效率。本机床选用了较为先进的 WSL-1 高频电源，其特点是：效率高，大功率切割加工时电源稳定，操作简单，电源参数易选择直观等。

控制系统 电火花数控线切割机床控制系统的主要功能有：

轨迹控制 精确地控制电极丝相对于工件的运动轨迹。

加工控制 控制伺服进给速度、电源装置、运丝机构、工作液系统等。

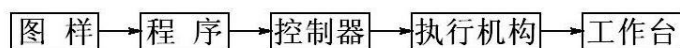


图3-1 数字程序控制流程图

四、电火花数控线切割的编程方法

程序格式

我国快走丝数控线切割机床采用统一的五指令 3B 编程格式。在该程序格式中无偏移补偿，偏移补偿量需在计数长度中进行加减。若用自动编程，则可在后置处理中实现自动偏移补偿。

3B 的一般格式

B	X	B	Y	B	J	G	Z
---	---	---	---	---	---	---	---

格式中：

B——分隔号；

X—— x 轴坐标值；

Y—— y 轴坐标值；

J——加工线段的计数长度；

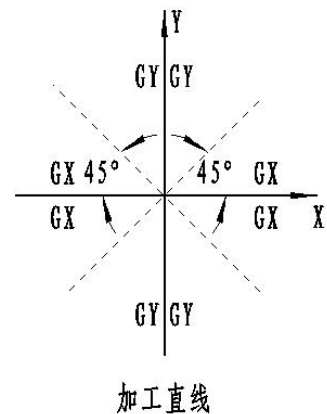
G——加工线段的计数方向；（按 X 方向计数为 GX；

按 Y 方向计数为 GY）

Z——加工指令；（直线 4 种；圆弧 8 种）

注意：

格式中 X、Y、J 均取绝对值，单位为微米（ μm ）。



直线（斜线）的编程

坐标系与坐标值 X、Y 的确定

对于直线（斜线）而言，坐标原点设在线段的起点。坐标值 x 、 y 是该线段的终点相对起点的绝对值。编程时，坐标系的原点随程序段的不同而变化。

计数方向 G 的确定

计数方向是以终点坐标的绝对值的大小来判断的，对于直线（斜线）来说取绝对值大的为计数方向（ $x=0=y=0$ 时， 45° 和 225° 取 G^y ， 135° 和 315° 取 G^x ）。

计数长度 J 的确定

计数长度是在计数方向的基础上确定的即计数长度是被加工直线在计数方向坐标轴上的投影绝对值。注意：计数长度不能为零。

加工指令 Z 的确定

加工直线时有四种指令：L1、L2、L3、L4；

L1 是第一象限，取 $0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$ ；

L2 是第二象限，取 $90^\circ \leq \alpha < 180^\circ$ ；

L3 是第三象限，取 $180^\circ \leq \alpha < 270^\circ$ ；

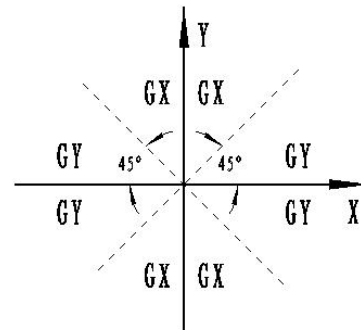
L4 是第四象限，取 $270^\circ \leq \alpha < 360^\circ$ ；

当直线与 x 轴或 y 轴重合时，编程时， x 、 y 的数值可省略不写出，例如：
程序 B50000B0B050000G^xL1，可简化为 BBB050000G^xL1

圆式圆弧的编程

坐标系与坐标值 x 、 y 的确定

对于圆式圆弧而言，坐标原点建立在圆式圆弧的圆心位置； x 、 y 值是该圆式圆弧起点相对于圆心的坐标值的绝对值。



加工圆式圆弧

计数方向 G 的确定

比较圆或圆弧终点坐标绝对值的大小，取绝对值小的为计数方向（ $x=0=y=0$ 时， 45° 和 225° 取 G^x

， 135° 和 315° 取 G^y 。

计数长度 J 的确定

圆或圆弧在计数方向上投影的绝对值的总和。

加工指令的确定

是由圆或圆弧起点所在的象限决定的，指令共有 8 种，逆圆 4 种，顺圆 4 种，分别用 NR(m)、SR(m)。

五、电火花线切割加工的工艺步骤及要求

电火花线切割加工是实现工件尺寸加工一种技术。一定设备条件下，合理制定加工工艺路线是保证工件加工质量重要环节。

1、工艺步骤

对图样进行分析和审核分析

图样对保证工件加工质量和工件综合技术指标是有决定意义第一步。符合线切割加工工艺条件下，应着重表面粗糙度、尺寸精度、工件厚度、工件材料、尺寸大小、配合间隙和冲制件厚度等方面仔细考虑。

编程

编程时，要配料情况，选择一个合理装夹位置，同时确定一个合理起割点和切割路线。起割点应取图形拐角处，或容易将凸尖角修去部位。切割路线主要止或减少材料变形为原则，一般应考虑使靠近装夹着图形最后切割为易。

加工

加工时要注意调整电极丝垂直度。在装夹工件前必须以工作台为基准，再根

据技术要求装夹坯料。条件许可时最好以角尺刀口再复测一次电极丝对装夹好工件的垂直度。如发现不垂直需要立即修正。

正确选择好电参数。脉冲电源的电参数选择是否恰当，对加工零件的表面粗糙度、精度及切割速度起着决定的作用。脉宽增加、脉间减小、电压升高、峰值电流增大（放电功率管增多）都会使切割速度提高，但加工的质量会降低。反之则可以改善加工的质量。

检验。

2、工艺要求

工作液的选配：工作液对切割速度、表面粗糙度、加工精度等都有较大影响，加工时必须正确选配。常用的工作液主要有乳化液和去离子水。对于快速走丝线切割加工，目前最常用的是乳化液。乳化液是由乳化油和工作介质配制(浓度为5%~10%)而成的。工作介质可用自来水,也可用蒸馏水、高纯水和磁化水。

工件装夹：装夹工件时，必须保证工件的切割部位位于机床工作台纵向、横向进给的允许范围之内，避免超出极限。同时应考虑切割时电极丝运动空间。夹具应尽可能选择通用（或标准）件，所选夹具应便于装夹，便于协调工件和机床的尺寸关系。在加工大型模具时，要特别注意工件的定位方式，尤其在加工快结束时，工件的变形、重力的作用会使电极丝被夹紧，影响加工。

工件的调整：采用以上方式装夹工件，还必须配合找正法进行调整，方能使工件的定位基准面分别与机床的工作台面和工作台的进给方向x、y保持平行，以保证所切割的表面与基准面之间的相对位置精度。

电参数的合理选择：电参数主要包括脉冲电流、脉冲宽度、脉冲间隔、运丝速度等，通常需要在保证表面质量、尺寸精度的前提下，尽量提高加工效率。

脉冲电源是影响加工表面质量的重要因素。减小单个脉冲能量可以改善表面粗糙度。决定单个脉冲能量的因素主要是脉冲宽度和脉冲电流。因此采用小的脉冲宽度和脉冲电流可获得良好的表面粗糙度。但是单个脉冲能量越小，切割速度越慢，如果脉冲电流太小，将不能产生放电火化，不能正常切割。一般来讲，精加工时，脉冲宽度可在20 μ s内选择；中加工时，可在20 μ s~60 μ s内选择。

脉冲间隔对切割速度影响较大，而对表面粗糙度影响较小。脉冲间隔越小，单位时间放电加工的次数越多，因而切割速度也越高。实际上，脉冲间隔不能太小，否则放电产物来不及被冲刷掉，放电间隙不能充分消电离，加工不稳定，容易烧伤工件或断丝。对于厚度较大的工件，应适当加大脉冲间隔，以充分消除放电产物，形成稳定切割。一般脉冲间隔在10 μ s~250 μ s范围内基本上能适应各种加工条件，进行稳定加工。走丝速度对加工速度具有一定影响，随着走丝速度的

提高，加工速度将明显增大。但是，高速度会引起电极丝较大的振动而使工件表面的直线度和粗糙度恶化。因此，应在保证加工质量的前提下，选择一个具有适当加工速度的合理走丝速度。

3、电参数选择

根据粗糙度要求，选择脉冲宽度。当需要 R_a 特别小时，又要求电极丝损耗低，可选择 $2\mu s$ 、 $4\mu s$ 、 $5\mu s$ 窄脉冲宽度的分组脉冲。这里必须说明，脉冲愈宽单个脉冲的能量愈大，切割效率较高，并且放电间隙较大，加工稳定，但粗糙程度 R_a 值增大；若要粗糙程度 R_a 低，则脉冲需选用窄一些，但单个脉冲能量小切割效率低，又由于放电间隙小，加工的稳定性差。经综合以上情况，脉冲宽度选择应统筹考虑 R_a 、切割速度和稳定性，应用时可参考表 3—1 选取。

表 3—1

脉冲宽度(μs)	5		10	15		20	30	40	
工件粗糙度 R_a	2.0		2.5	2.8		3.2	3.6	4.0	
工件厚度 $H(mm)$	10	20	30	40	50	60	70	80	90~200
电流开关	≥ 1			≥ 2			3		
脉冲间隔比(t_0/t_1)	3			4	5	6	7	8	

六、操作步骤

DK7732/Z6 机床 DK7725 机床

程序输入：开机（计算机）进入编程系统主界面→3B 编程→输入程序→F3 存盘→ESC 返回主界面→模拟切割（检查程序是否正确），→文件调入→进入程序编辑界面，进行修改。

电参数设置：根据加工零件的厚薄，设置好 脉冲宽度、安全电流、脉冲间隔比。

加工准备：加工 1#→进入加工界面→F3 参数修改→F10 取消自动变手动→F12 取消自动进给为手动进给→F11 导通高频。

机床操作：根据板料的厚薄 调节好丝架的距离，装夹固定好板料，先启动丝筒开关→工作液开关→机床电极碰火花→F12 手动进给改自动→F10 手动改自动→F1→ 回车两次，开始自动控制加工。

观察记录数据：观察记录脉冲电流的大小，取单位时间内的平均值。

观察记录加工速度的变化，取单位时间内的平均值。

关机操作：计算机空格键→停止→F10→F12 →退机床电极离开工件→关闭机床工作液开关→关闭丝筒开关。