

电火花线切割机的分类及结构特点

1.1 电火花线切割机的分类

电火花线切割加工的基本原理是用移动的细金属导线(铜丝或钼丝)作电极,对工件进行脉冲火花放电,切割成形。

根据电极丝的移动速度即走丝速度,电火花线切割机通常分为两大类:一类是高速走丝电火花线切割机或往复走丝电火花线切割机(又称快走丝,WEDM-HS),如图 1-1 所示。这类机床的电极作高速往复运动,一般走丝速度为 $8\sim 10\text{m/s}$,这是我国生产和使用的主要机种,也是我国独创的电火花线切割加工模式,用于加工中、低精度的模具和零件。另一类是低速走丝电火花线切割机或单向走丝电火花线切割机(又称慢走丝,WEDM-LS),



图 1-1 高速走丝电火花线切割机床

如图 1-2 所示。这类机床的电极丝作低速单向运动,一般走丝速度低于 0.2m/s,这是国外生产和使用的主要机种,用于加工高精度的模具和零件,主要生产厂家有瑞士阿奇夏米尔公司、日本沙迪克公司等。

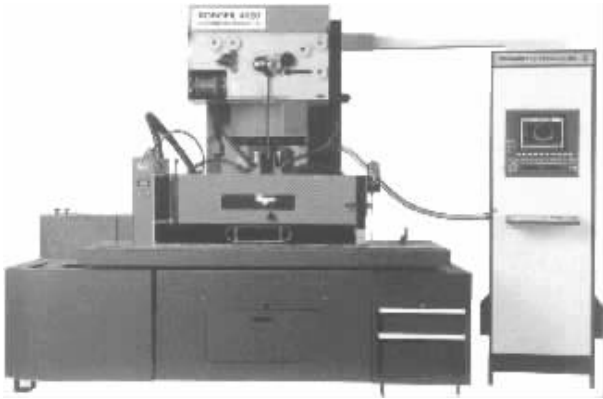


图 1-2 低速走丝电火花线切割机床

高速走丝线切割机与低速走丝电火花线切割机的主要区别如下:

(1) 结构

走丝系统是结构上的主要区别,低速走丝电火花线切割机的电极丝是单向移动,一端是放丝轮,一端是收丝轮,加工区的电极丝是由高精度的导向器定位;高速走丝电火花线切割机的电极丝是往复移动,电极丝的两端都固定在储丝筒上,因其走丝速度快,加工区的电极丝由导轮定位。

(2) 功能

以机床的价位比较,低速走丝线切割机的价格是高速走丝电火花线切割机的 10~100 倍。从性价比的角度看,低速走丝线切割机的功能完善、先进、可靠。例如,对于控制系统的闭环控制、电极丝的恒张力控制、拐角控制、自动穿丝等高精度加工的常用功能,大多数高速走丝电火花线切割机目前还不具备。

(3) 工艺指标

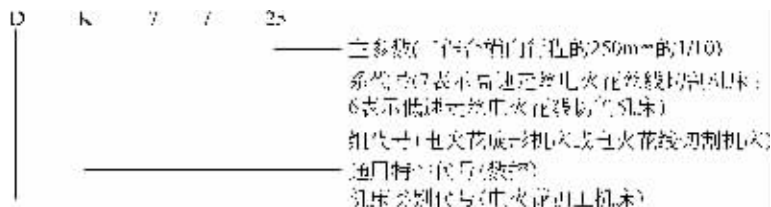
高速走丝电火花线切割机和低速走丝线切割机的工艺指标见表 1-1。

表 1-1 高速走丝电火花线切割机床与低速走丝电火花线切割机床工艺指标

工艺指标 机型	加工精度/ μm	表面粗糙度(R_a)/ μm	最大加工速度/(mm^2/min)
低速走丝	0.2	0.1	300
高速走丝	1.5	2.5	120

20 世纪 80 年代初期,高速走丝电火花线切割机与低速走丝电火花线切割机在工艺指标上还各有所长,差距不明显。近二十年来,低速走丝电火花线切割机的发展很快,高速走丝电火花线切割机虽然在加工速度、大厚度切割方面有一定的提高,并在多次切割工艺上做了大量的实验和研究,但是在加工精度上仍然徘徊不前,从表 1-1 中可以看出,工艺指标方面已经差了一个档次。

我国电火花线切割机床型号是根据 JB/T 7445.2—1998《特种加工机床 型号编制方法》的规定编制的。例如,高速走丝电火花线切割机型号 DK7725 的机床的型号及主要技术参数含义如下:



1.2 电火花线切割机的结构特点

1.2.1 高速走丝线切割机的结构特点

1. 组成

高速走丝线切割机(如图 1-3 所示)主要由机床、脉冲电源、控制系统三大部分组成。机床由床身、工作台、丝架、贮丝筒组成。电极线的移动是由线架和贮丝筒完成的,因此,丝架和贮丝筒也称为走丝系统。

工作台由上滑板 4 和下滑板 5 组成,线架由丝架 3 组成,贮丝筒由卷丝筒 1 和走丝溜板 2 组成。

(1) 床身部分

床身一般为铸件,是坐标工作台、绕丝机构及丝架的支承和固定基础,通常采用箱式结构,应有足够的强度和刚度。床身内部安置电源和工作液箱,考虑电源的发热和工作液泵的振动,有些机床将电源和工作液箱移出床身外另行安放。

(2) 坐标工作台部分

电火花线切割机床最终都是通过坐标工作台与电极丝的相对运动来完成对零件加工的。为保证机床精度,对导轨的精度、刚度和耐磨性有较高的要求。一般都采用“十”字滑板、滚动导轨和丝杆传动副将电动机的旋转运动变为工作台的直线运动,通过两个坐标方面各自的进给移动,可合成获得各种平面图形曲线轨迹。为保证工作台的定位精度和灵敏度,传动丝杆和螺母之间必须消除间隙。

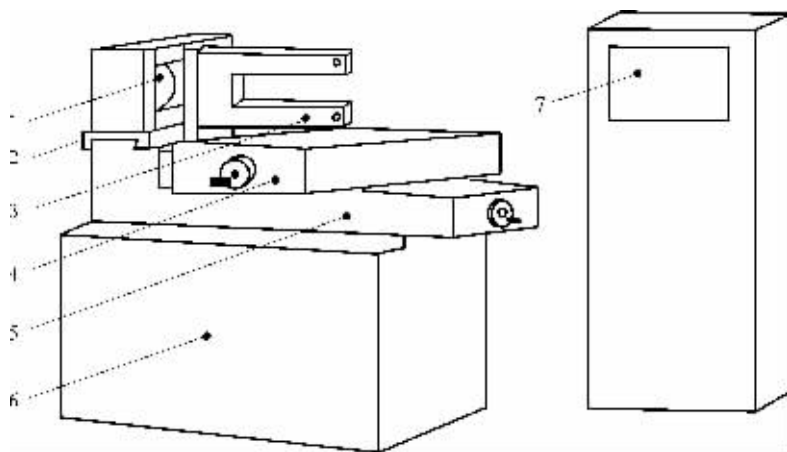


图 1-3 高速走丝线切割加工设备组成

1—卷丝筒；2—走丝溜板；3—丝架；4—上滑板；5—下滑板；6—床身；7—电源、控制柜

(3) 走丝机构

走丝系统使电极丝以一定的速度运动并保持一定的张力。在高速走丝机床上,一定长度的电极丝平整地卷绕在贮丝筒上(如图 1-4 所示),丝张力与排绕时的拉紧力有关(为提高加工精度,近来已研制出恒张力装置),贮丝筒通过联轴节与驱动电动机相连。为了重复使用该段电极丝,电动机由专门的换向装置控制作正反向交替运转。走丝速度等于贮丝筒周边的线速度,通常为 $8\sim 10\text{m/s}$ 。在运动过程中,电极丝由丝架支撑,并依靠导轮保持电极丝与工作台垂直或倾斜一定的几何角度(锥度切割时)。

电火花线切割机是以线电极作为刀具对工件进行放电加工的,因此,使线电极移动的走丝系统就是电火花线切割机结构上的特有部分。

2. 走丝系统

高速走丝线切割机的走丝系统如图 1-4 所示。

(1) 导轮

图 1-4 的导向轮 4 简称导轮。在线切割加工中电极丝的丝速通常为 $8\sim 10\text{m/s}$,如采用固定导向器来定位高速运动的电极丝,即使是高硬度的金刚石,使用寿命也很短。因此,采用由滚动轴承支承的导轮,利用滚动轴承的高速旋转功能来承担电极丝的高速移动。

(2) 导电器

高频电源的负极通过导电器与高速运行的电极丝连接。因此,导电器必须耐磨,而且接触电阻要小。由于切割微粒粘附在电极丝上,导电器磨损后拉出一条凹槽,凹槽会增加电极丝与导电器的摩擦,加大电极丝的纵向振动,影响加工精度和表面粗糙度,因此,导电

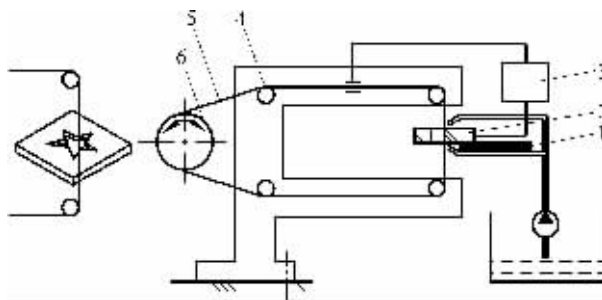


图 1-4 电火花线切割机走丝系统

1—绝缘底板；2—工件；3—脉冲电源；4—导向轮；5—钼丝；6—贮丝筒

器要能多次使用。高速走丝电火花线切割机的导电器有两种：一种是圆柱形的，电极丝与导电器的圆柱面接触导电，可以轴向移动和圆周转动以满足多次使用的要求；另一种是方形或圆形的薄片，电极丝与导电器的大面积接触导电，方形薄片的移动和圆形薄片的转动可满足多次使用的要求。导电器的材料都采用硬质合金，既耐磨又导电。此外，为了保证电极丝与导电块接触的可靠，有的导电器采用了弹性结构。

（3）张力调节器

在加工时电极因往复运行，经受交变应力及放电时的热轰击，被伸长了的电极丝的张力减小，影响了加工精度和表面粗糙度。若没有张力调节器，就需人工紧丝，如果加工大工件，中途紧丝就会在加工表面形成接痕，影响表面粗糙度。张力调节器的作用就是把伸长的丝收入张力调节器，使运行的电极丝保持在一个恒定的张力上，也称恒张力机构。

张力调节器如图 1-5 所示。张紧重锤 2 在重力作用下，带动张丝滑块 4，两个张紧轮 5 沿导轨移动，始终保持电极丝处于拉紧状态，保证加工平稳。

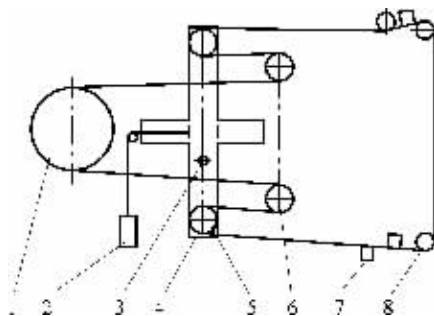


图 1-5 导丝系统组成

1—贮丝筒；2—重锤；3—固定插销；4—张丝滑块；5—张紧轮；6—导轮；7—导电块；8—导轮

1.2.2 低速走丝电火花线切割机的结构特点

1. 组成

与高速电火花走丝线切割机一样,低速走丝电火花线切割机主要由机床、脉冲电源、控制系统三大部分组成,如图 1-6 所示。

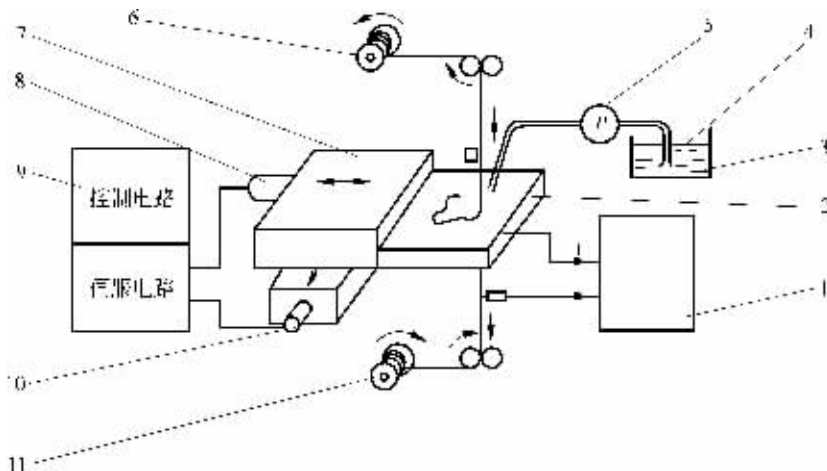


图 1-6 低速走丝电火花线切割机加工设备组成

1—脉冲电源；2—工件；3—工作液箱；4—去离子水；5—泵；6—新丝放丝卷筒；
7—工作台；8—X轴电动机；9—数控装置；10—Y轴电动机；11—废丝卷筒

低速走丝电火花线切割机的数控装置 9 与工作台 7 组成闭环控制,提高了加工精度。为了保证电介液的电阻率和加工区的热稳定,适应高精度加工的需要,去离子水 4 配备有一套过滤、空冷和离子交换系统。从图 1-6 中可以看出,与高速走丝电火花线切割机相比主要的区别仍是走丝系统,低速走丝电火花线切割机的电极丝是单向运行的,由新丝放丝卷筒 6 放丝,由废丝卷筒 11 收丝。

2. 走丝系统

低速走丝系统如图 1-7 所示。未使用的金属丝筒 2(绕有 1~3kg 金属丝)靠废丝卷丝轮 1 的转动使金属丝以较低的速度(通常 0.2m/s 以下)移动。为了提供一定的张力(2~25N),在走丝路径中装有一个机械式或电磁式张力机构 4 和 5。为实现断丝时自动停车并报警,走丝系统中通常还装有断丝检测微动开关。用过的电极丝集中到卷丝筒上或送到专门的收集器中。

为减轻电极丝的振动,应使其跨度尽可能小(按工件厚度调整),通常在工件的上下采用蓝宝石 V 形导向器或圆孔金刚石模块导向器,其附近装有引电部分,工作液一般通过引电区和导向器再进入加工区,可使全部电极丝通电部分都能冷却。性能较好的机床上

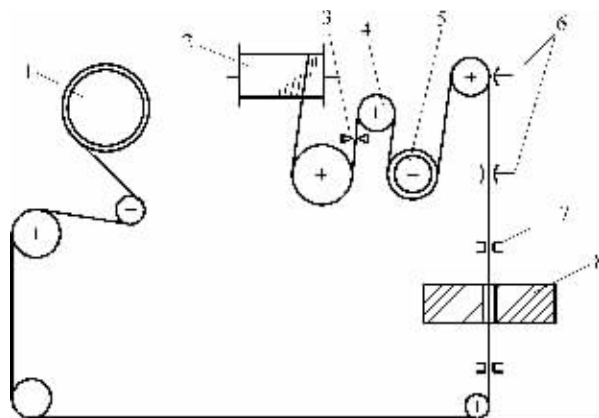


图 1-7 低速走丝系统示意图

1—废丝卷丝轮；2—未使用的金属丝筒；3—拉丝模；4—张力电动机；
5—电极丝张力调节轴；6—退火装置；7—导向器；8—工件

还装有靠高压水射流冲刷引导的自动穿丝机构，它能使电极丝经一个导向器穿过工件上的穿丝孔而被传送到另一个导向器，在必要时也能自动切断并再穿丝，为无人连续切割创造了条件。

(1) 导向器

在图 1-7 中，加工区两端的导向器 7 是保持加工区电极丝位置精度的关键零件，与高速走丝电火花线切割机相比，低速走丝电火花线切割机的走丝速度要低 50 倍左右。因此，采用高硬度的蓝宝石或金刚石作为固定导向器，但是导向器仍然会被磨损，也要求能够多次使用。

导向器的结构有两种：一种是 V 形导向器，用两个对顶的圆截锥形组合成 V 形，加上一个作封闭用的长圆柱，形成完整的三点式导向，在接触点磨损后，转动圆截锥形和长圆柱，可满足多次使用的要求。另一种是模块导向器，模块的导向孔对电极丝形成全封闭、无间隙导向，定位精度高，但是导向器磨损后须更换，有的机床把 V 形导向器和模块导向器组合在一起使用，称复合式导向器。

(2) 张力控制系统

张力控制系统如图 1-8 所示，这种张力控制系统是利用电极丝的移动速度来控制电极丝的张力的，如加工区的张力小于设定张力，则设定张力的直流电机就增大放丝阻力。调整加工区的张力到设定张力，采用一个有效的阻尼系统将电极丝的振动幅度降到最低。在精加工时，该系统对提高电极丝的位置精度有很大作用。

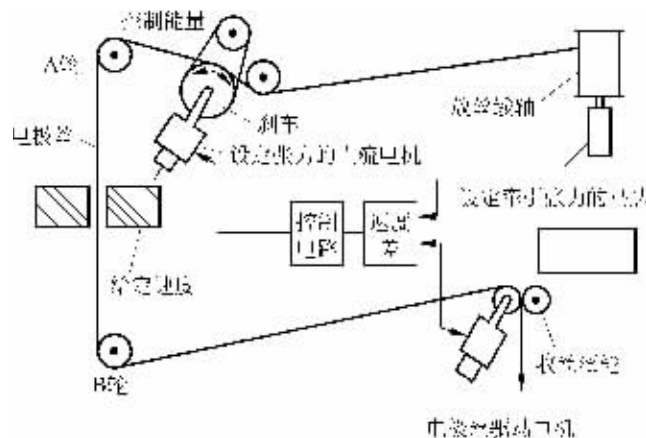


图 1-8 张力控制系统

(3) 自动穿丝装置

在放丝卷筒换新丝、意外断丝、多孔加工时,都需要把丝重新穿过上导向器、工件起始孔、下导向器。高压空气即穿丝气流首先将电极丝通过导向孔穿入导向器,然后依靠高压水流形成的负压,将电极丝在高压冲液水柱的包络下穿入导向器,接着采用搜索功能,电极丝的尖端在搜索中找到工件起始孔的位置,并可靠地自动插入直径只有 0.3mm 的起始孔。

1.3 电火花线切割机的常用功能

线切割机床通常具有如下功能:

(1) 行程限位功能

在工作台的 X、Y 行程和线架的 Z 行程的极限位置上,设有限位行程挡块(机械限位),有的机床还设有限位行程开关,在加工到极限位置时可自动停机。

(2) 齿隙补偿功能

在工作台 X、Y 向的进给传动系统中,齿轮和滚珠丝杆都存在倒向间隙,在切割中造成误差时,控制系统齿隙补偿功能对倒向间隙进行补偿,即倒向时多走一个输入的齿隙补偿量,消除因齿隙造成的误差。实际上,因为全行程上的齿隙是变化的,所以不能完全消除齿隙造成的误差。

(3) 偏移量补偿功能

加工程序是按照电极丝中心轨迹运行的,线切割加工时的切缝宽度等于电极丝直

径加上双边的放电间隙,因此,按照加工零件的轮廓编制程序后,就需输入一个切缝宽度一半的偏移量,使加工轨迹按电极丝中心轨迹运行。可以看出,偏移量是由电极丝直径和放电间隙确定的。而电极丝直径与电极丝的丝耗有关,放电间隙与脉冲电源的参数和加工材料、工作液的浓度有关,因此,加工高精度零件时,切缝宽度需经实验确定。

(4) 任意旋转和平移功能

对于在圆周上有相同几何要素的零件,可以用任意旋转功能简化编程。例如齿轮,只编一个齿形的程序,运用任意旋转功能就可以加工整个齿轮。同理,运用任意平移功能,编制一个齿形的程序,可以加工整个齿条。

(5) 自动对中心功能

当零件以孔(圆孔、方孔)为工艺基准时,就必须找到电极丝在孔中心的X,Y坐标,自动对中心功能就能使电极丝位于孔中心。孔的粗糙度越低,孔越清洁,电极丝对中的精度越高。

(6) 逆向加工功能

当零件的加工已超过一半或接近完成时,若出现断丝,就可运用逆向加工功能,把电极丝退回到加工起点,从最末一段程序开始进行逆向加工,完成未切割部分的程序,可以节省时间。

(7) 停电记忆功能

当在加工零件时停电时,因具有停电记忆功能,来电后就可以接着停电以前的加工断点继续加工。该功能对于大工件的加工非常必要,否则,会花费很多时间从起点运行程序,或影响加工质量。

(8) 加工结束停机功能

加工结束时,机床的贮丝筒电机和水泵电机、控制系统、脉冲电源,以及整机处于自动停机状态,该功能有利于多机操作或大工件切割。

除了电火花线切割机床的基本功能外,为了提高加工精度和加工速度,降低表面粗糙度,低速走丝线切割机在功能完善和扩展方面进展很快,除了前面提到的自动穿丝功能、电机伺服闭环张力控制功能、专家系统外,还有拐角控制功能。

实训1 线切割机床操作面板实训

1. 实训目的

熟悉线切割机床面板的操作。

2. 实训设备

高速走丝电火花线切割机床(本书以北京阿奇 FW 型电火花线切割机床为例)。

3. 实训内容

在理解数控脉冲电源面板、数控盒操作面板的各个按钮的基础上,仔细上机操作这些按钮,验证并加深理解这些按钮的用法。

(1) 控制面板的认识

控制面板是线切割加工中最主要的人机交换界面,各个线切割机床的控制面板大同小异,表 1-2 为控制界面常见组件及功能。

(2) 手控盒的操作(见表 1-3)

表 1-2 手控盒使用方法

画 面 图	组件名称	作用及使用方法
	CRT 显示器	显示人机交换的各种信息,如坐标、程序
	电压表	指示加工时流过放电间隙两端的平均电 压(即加工电压)
	电流表	指示加工时流过放电间隙两端的平均电流(即加工电 流),当加工稳定时,电流表指针稳定;加工不稳定时,电 流表指针急剧左右摆动
	主电源开关	合上后,机床通电。不用时,要关断
	启动按钮	绿色按钮按下后,灯亮,机器启动。在加工中,首先合上 主电源开关,再按绿色启动按钮
	急停按钮	红色蘑菇状按钮,在加工中遇到紧急情况即按此按钮, 机器立即断电并停止工作。机器要重新启动时,必须顺 时针拧出急停按钮,否则按启动按钮机器也不能启动
	键盘	与普通计算机相同
	鼠标	与普通计算机相同
	手控盒	具体用法见表 1-3
	软盘驱动器	与普通计算机相同,在线切割中主要用来读写图形文 件。如当切割较复杂零件时,线切割自带的绘图软件不 方便绘制,可以先用 AutoCAD 等绘图软件绘制,然后存 在软盘里通过软盘驱动器输入