



实验实训中心

EXPERIMENTAL AND TRAINING CENTER

工程认知课程教学系列

线切割加工技术实验指导书



河北工业大学实验实训中心

2017.11

目录

一、线切割加工概述.....	1
二、线切割机床的组成、种类和组成.....	2
三、线切割编程.....	5
四、操作演示.....	6

一、线切割加工概述

1. 电火花数控线切割基础知识

(1) 电加工的产生、发展

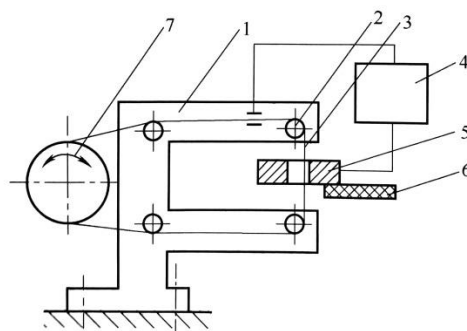
1943 年原苏联科学院的拉扎林柯夫妇，在研究火花放电时，通过开关触点受到腐蚀损坏的现象，发现电火花瞬时高温可使局部的金属熔化，气化而被蚀除掉，因而开创和发明了电火花加工的方式，并用铜丝在淬火钢上加工出小孔，实现了软金属工具加工任何硬金属材料，首次摆脱了传统的切削加工方式，直接利用电能和热能来去除金属，获得以“柔”“克”“刚”的效果。

由前苏联 50 年代引入我国，60 年代末上海电表厂发明了我国独创的高速走丝线切割机床。

(2) 数控线切割机床的基本工作原理

电火花线切割加工是在电火花加工基础上发展起来的一种新的工艺形式，是用线状电极（铜丝、钼丝或钨钼合金丝等）靠火花放电对工件进行切割，故称为电火花线切割。电火花线切割加工机床的运动由数控装置控制时，称为数控线切割加工。

数控线切割机床的基本工作原理如图 1 所示，是利用移动的细金属线（钼丝）作为工具电极（接脉冲电源负电极），被切割的工件为工件电极（接脉冲电源正电极）。在加工中，工具电极和工件电极之间加上脉冲电压，并且由工作液循环装置供给具有一定绝缘性能的工作液，当工具电极与工件电极的距离小到一定程度时，在脉冲电压的作用下，工作液被击穿，工具电极与工件电极之间形成瞬时放电通道，产生瞬时高温，使金属局部熔化甚至气化而被蚀除下来，若工件在数控装置控制下（工作台）相对电极丝按预定的轨迹进行运动，就能切割出所需要的形状。由于贮丝筒带动钼丝作正、反交替的高速移动，所以钼丝基本上不被蚀除，可使用较长时间。



1-支架 2-导向轮 3-电极丝 4-脉冲电源 5-工件 6-绝缘底板 7-传动轮

图 1 线切割加工原理图

2. 线切割加工特点

(1) 以金属丝为工具电极，成本低；

可以加工任何微细、复杂形状的零件；

(2) 无论被加工工件的硬度如何，只要是导体或半导体的材料都能进行加工；

(3) 由于加工中工具电极和工件不直接接触，没有像机械加工那样的切削力，因此适宜于加工低刚度工件及细小零件；

(4) 由于电极丝比较细，切缝很窄，材料的利用率很高，能有效地节约贵重材料；

(5) 由于采用移动的长电极丝进行加工，使单位长度电极丝的损耗较小，从而对加工精度的影响比较小，特别在低速走丝线切割加工时，电极丝一次使用，电极损耗对加工精度的影响更小；

(6) 采用四轴联动控制时，可加工上、下面异形体。

3. 线切割机床的应用范围

由于线切割所采用的电极丝很细，所以能加工出任何平面几何形状的零件，应用范围较广，主要有以下几个方面：

(1) 试制新产品

用线切割直接切除零件，无须另行制造模具，大大降低试制产品的成本和时间。另外，如变更设计，线切割只需改变程序，便可再次切割新产品。

(2) 加工模具

适于加工各种形状的冲模，在切割凸模、凹模时，只需一次编程，使用不同的补偿量，就能保证模具的间隙和加工精度。

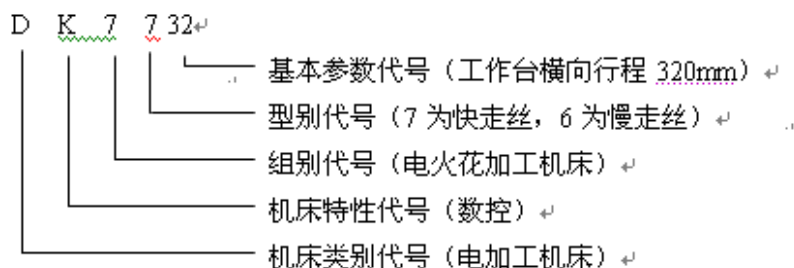
(3) 加工特殊材料

在切割一些高硬度、高熔点的金属时，采用其他切削加工几乎不可能，而采用电火花线切割加工既经济，质量又好。如磁性材料。

二、线切割机床的组成、种类和组成

1. 线切割机床的型号

我国自主生产的线切割机床型号的编制是根据 GB/T15375—1994《金属切割机床型号编制方法》的规定进行，如：



2.线切割机床的分类

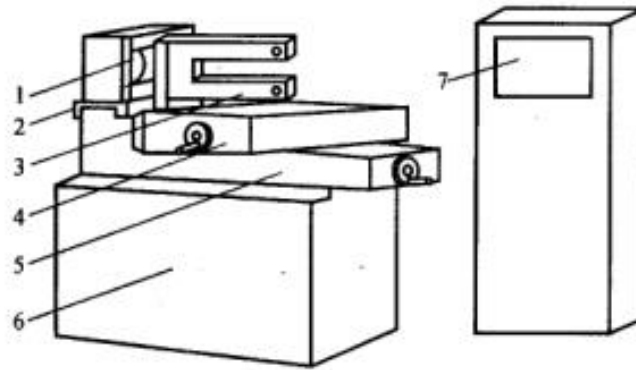
根据电极丝的运行速度，数控线切割机床通常分为两大类：一类是快走丝数控线切割机床，这类机床的电极丝作高速往复运动，一般走丝速度为 8~12m/s；另一类是慢走丝数控线切割机床，这类机床的电极丝作低速单向运动，一般走丝速度为 2 m/min。它们在机床方面和加工工艺水平方面的比较如表所示：

项目	快走丝数控线切割机床	慢走丝数控线切割机床
表面粗糙度 Ra/ μm	1.6-3.2	0.1-0.6
重复定位精度 (mm)	0.02	0.002
电极丝损耗	均布于参与工作的电极丝全长	补给
工作环保	较脏/有污染	干净/无害
操作情况	单一/机械	灵活/智能
驱动电机	步进电机	直线电机

目前，绝大多数数控线切割机床的脉冲当量一般为每步 0.001mm，由于工作台传动精度所限，加上走丝系统和其他方面的影响，切割加工精度一般为 6 级左右，如果加工精度要求很高，是难于实现的。

3.线切割机床的组成

数控电火花线切割机床由贮丝筒，钼丝，导丝轮，支架，脉冲电源，工件，绝缘底板和立柱等八大部分组成，如图 2 所示。



1-储丝筒 2-走丝溜板 3-丝架 4-上工作台 5-下工作台 6-床身 7-脉冲电源及微机控制柜

图2 高速走丝线切割加工机床组成图

(1) 机床本体

机床本体由床身、走丝机构、工作台和丝架等组成。

床身--用于支承和连接工作台、走丝机构等部件和工作液循环系统；

走丝机构-电动机通过联轴节带动储丝筒交替作正、反向运动，钼丝整齐地排列在储丝筒上，并经过丝架作往复高速移动；

工作台--用于安装并带动工件在水平面内作 X、Y 两个方向的移动。工作台分上、下两层，分别与 X、Y 向丝杠相连，由两个步进电机分别驱动。步进电机每接收到计算机发出的一个脉冲信号，其输出轴就旋转一个步距角，再通过一对变速齿轮带动丝杠转动，从而使工作台在相应的方向上移动 0.001mm。

丝架--在电极丝按给定线速度运动时，对电极丝起支撑作用，并使电极丝工作部分与工作台平面保持一定几何角度。

(2) 脉冲电源

脉冲电源又称高频电源，其作用是把普通的 50Hz 交流电转换成高频率的单向脉冲电压，加工中供给火花放电的能量。电极丝接脉冲电源负极，工件接正极。脉冲电源的形式和品种很多，主要有晶体管矩形波脉冲电源、高频分组脉冲电源、阶梯波脉冲电源和并联电容型脉冲电源等，快、慢走丝线切割机床的脉冲电源也有所不同。

(3) 控制系统

控制系统是进行电火花线切割加工的重要组成环节，是机床工作的指挥中心，控制系统的技术水平、稳定性、可靠性、控制精度及自动化程度等直接影响工件的加工工艺指标和工人的劳动强度。电火花线切割加工机床控制系统主要功能包括轨迹控制和加工控制。轨迹控制指精确控制电极丝相对于工件的运动轨迹，加工出需要的工件形状和尺寸；加工控制主要

包括对伺服进给速度、脉冲电源、走丝机构、工作液循环系统以及其他的机床操作的控制，此外，还包括失效安全和自诊断功能。

(4) 工作液循环系统

工作液起绝缘、排屑、冷却作用。每次脉冲放电后，工件与电极丝（钼丝）之间必须迅速恢复绝缘状态，否则脉冲放电就会转变为稳定持续的电弧放电，影响加工质量。在加工过程中，工作液可把加工过程中产生的金属微颗粒迅速从电极之间冲走，使加工顺利进行，工作液还可冷却受热的电极丝和工件，防止烧丝和工件变形。一般线切割机床的工作液循环系统由工作液泵、工作液箱、流量控制阀、进液管、回流管及过滤网罩组成。高速走丝线切割机床通常采用浇注式供液方式；低速走丝线切割机床采用浸泡式供液方式。

(5) 机床夹具附件

机床夹具附件主要包括电极专用夹具、油杯、轨迹加工装置（平动头）、电极旋转头和电机分度头等。

三、线切割编程

数控线切割机床的控制系统是根据人的“命令”控制机床进行加工的。所以必须先将要进行线切割加工的图形，用线切割控制系统所能接受的“语言”编好“命令”，输入控制系统(控制器)。这种“命令”就是线切割程序，编写这种“命令”的工作叫做编程。

编程方法分手工编程和计算机辅助编程。手工编程是线切割工作者的一项基本功，它能使你比较清楚的了解编程所需要进行的各种计算和编程的原理与过程。但手工编程的计算工作比较繁杂、费时间，因此，近年来由于微机的飞速发展，线切割编程大都采用微机编程。微机有很强的计算功能，大大减轻编程的劳动强度，并大幅度地减少编程所需时间。

①手工编程：人工编程通常是按照图样把图形分解成直线段和圆弧段，并把每段的起点、终点，中心线的交点、切点的坐标一一求出，按这些直线的起点、终点，圆弧的中心、半径、起点、终点坐标进行编程。

②计算机辅助编程：计算机自动编程的工作过程是根据加工工件图样输入工件图样及尺寸，通过计算机自动编程软件处理转换成线切割控制系统所需要的加工代码（如 3B 或 ISO 代码等），工作图形可在屏幕上显示，也可以打印出程序清单和图形，或将加工代码复制到磁盘，或将程序通过编程计算机采用通信方式传输到线切割控制系统。自动编程使用专用的数控语言及各种应用软件。由于计算机技术的发展和普及，现在很多线切割加工机床都配有微机编程系统。微机编程系统的类型比较多，按输入方式的不同，大致可以分为：采用语言

输入、菜单及语言输入、CAD 方式输入、用鼠标器按图形标注尺寸输入等等。从输出方式看，大部分系统都能输出 3B 或 4B 程序，显示图形，打印程序，打印图形等，有的还能输出 ISO 代码，同时把编出的程序直接传输到线切割控制器中。

自动编程中的应用软件是针对数控编程语言开发的。目前使用的线切割自动编程系统有 YH 绘图式线切割自动编程系统、CAXA 线切割自动编程系统等。这些编程系统均采用计算机绘图技术，融绘图、编程于一体，采用全绘图式编程。只要按照所要求的加工的工件的形状图形在计算机上作图输入，即可生成加工轨迹、完成自动编程、输出 3B 或 G 指令代码。

四、操作演示

- 1.演示示范线切割机床加工过程，使学生了解电火花线切割加工；
- 2.讲解线切割编程原理、操作，让学生实践操作进行学习体验。