

JIDIAN YITIHUA
JINENGXING RENCAI
YONGSHU

机电一体化技能型人才用书

电加工机床编程与加工 一体化教程

周晓宏 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

JIDIAN YITIHUA
JINENGXING RENCAI
YONGSHU

机 电 一 体 化 技 能 型 人 才 用 书

电加工机床编程与加工 一体化教程

周晓宏 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书根据电加工机床（包括线切割机床和电火花成型机床）操作工岗位的技术和技能要求，介绍了电加工机床编程与加工的技术和技能。本书按“项目”编写，在“项目”下又分解为若干个“任务”，是一种理论和实操一体化的教材。按照学生的学习规律，从易到难，精选了18个“项目”，每一个“项目”下又设计了若干个“任务”，在任务引领下介绍完成该任务（编程、加工工件等）所需的理论知识和实操技能。

本书内容包括学习电加工机床编程与加工基础知识；学会操作FWU系列快走丝线切割机床；学会操作电火花成型机床；方形冷冲凸模加工；腰形凹模零件加工；样板冲模加工；对称凹模加工；锥度凹模加工；锥度凸模加工；CAXA数控线切割自动编程；电极扁夹加工；简单方孔冲模电火花加工；花纹模具电火花加工；注射模镶块电火花加工；电火花加工综合实训；电加工机床的维护及故障处理；线切割机床操作工考核；电火花机床操作工考核。

本书的读者对象为各高等职业技术学院、技校、中等职业学校数控、模具、数控维修、机电一体化专业的学生，以及相关工种的社会培训学员。

图书在版编目（CIP）数据

电加工机床编程与加工一体化教程 / 周晓宏主编. —北京：中国电力出版社，2017.2

机电一体化技能型人才用书

ISBN 978-7-5198-0169-4

I. ①电… II. ①周… III. ①电加工机床—程序设计—教材
IV. ①TG661

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2016）第 314349 号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>）

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2017年2月第一版 2017年2月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 13.5印张 302千字

印数 0001—2000册 定价 35.00元

敬告读者

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

◎ 前 言

目前,企业中数控机床的使用数量正大幅度增加,因此急需大批数控编程与加工方面的技能型人才。然而,目前国内掌握数控编程与加工的技能型人才较短缺,这使得数控技术应用技能型人才的培养十分迫切。为适应培养数控技术应用技能型人才的需要,我们将在生产一线和教学岗位上多年的心得体会进行总结,并结合学校教学的要求和企业要求,组织编写了本书。

本书根据电加工机床(包括线切割机床和电火花成型机床)操作工岗位的技术和技能要求,介绍了电加工机床编程与加工的技术和技能。本书按“项目”编写,在“项目”下又分解为若干个“任务”,是一种理论和实操一体化的教材。按照学生的学习规律,从易到难,精选了18个“项目”,每一个“项目”下又设计了若干个“任务”,在任务引领下介绍完成该任务(编程、加工工件等)所需的理论知识和实操技能。

本书内容包括学习电加工机床编程与加工基础知识;学会操作FWU系列快走丝线切割机床;学会操作电火花成型机床;方形冷冲凸模加工;腰形凹模零件加工;样板冲模加工;对称凹模加工;锥度凹模加工;锥度凸模加工;CAXA数控线切割自动编程;电极扁夹加工;简单方孔冲模电火花加工;花纹模具电火花加工;注射模镶块电火花加工;电火花加工综合实训;电加工机床的维护及故障处理;线切割机床操作工考核;电火花机床操作工考核。

该教材的可操作性很强,读者按照该教材的思路,通过这些项目的学习和训练,可很快掌握电加工机床加工技术和技能。该教材可大大提高学生学习电加工机床加工技术和技能的兴趣和针对性,学习效率高。在编写过程中,突出体现“知识新、技术新、技能新”的编写思想,以所介绍知识和技能“实用、可操作性强”为基本原则,不追求理论知识的系统性和完整性。

本书由深圳技师学院周晓宏副教授、高级技师主编。本书可供各高等职业技术学院、技校、中等职业学校数控、模具、数控维修、机电一体化专业的学生,以及相关工种的社会培训学员作教材使用。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏之处,恳请读者批评指正。

编 者

◎ 目 录

前言

● 项目一 学习电加工机床编程与加工基础知识	1
任务一 认识电火花加工原理	1
任务二 认识线切割机床	4
任务三 认识电火花成型机床	8
任务四 认识电火花加工的工艺参数和工艺指标	9
任务五 掌握电火花线切割加工的工艺规律	12
任务六 掌握电火花成型加工的工艺规律	19
● 项目二 学会操作 FWU 系列快走丝线切割机床	30
任务一 学会使用 FWU 系列快走丝线切割机床的手控盒	30
任务二 熟悉 FWU 系列快走丝线切割机床用户界面	31
任务三 加工准备	33
任务四 文件准备	38
任务五 放电加工	45
任务六 机床配置	50
任务七 机床的启停	54
任务八 掌握线切割机床操作技巧	54
任务九 学会使用线切割工作液	58
● 项目三 学会操作电火花成型机床	59
任务一 学会操作 SE 系列电火花成型机床	59
任务二 学习电火花成型机床的操作技巧与操作规程	68
● 项目四 方形冷冲凸模加工	74
任务一 学习直线 3B 代码编程	74
任务二 方形冷冲凸模加工技能训练	78
任务三 完成本项目的实训任务	80
● 项目五 腰形凹模零件加工	81
任务一 学习圆弧 3B 代码编程	81
任务二 腰形凹模零件加工技能训练	83
任务三 凸模零件加工实训	84

● 项目六 样板冲模加工	86
任务一 学习 ISO 代码编程方法	87
任务二 样板冲模零件加工技能训练	91
任务三 ISO 代码编程训练	92
● 项目七 对称凹模加工	94
任务一 学习镜像及交换指令	94
任务二 对称凹模加工技能训练	95
任务三 对称零件线切割加工实训	97
● 项目八 锥度凹模加工	99
任务一 学习锥度加工指令	100
任务二 加工带锥度半圆形凹模	103
任务三 加工带锥度梅花形凹模	104
任务四 长圆锥孔加工实训	106
任务五 知识拓展: 提高线切割机床加工尺寸精度的途径	107
● 项目九 锥度凸模加工	109
任务一 锥度凸模工艺分析与编程	109
任务二 锥度凸模线切割加工	110
● 项目十 CAXA 数控线切割自动编程	112
任务一 应用 CAXA 线切割 XP 系统绘图	112
任务二 学习数控线切割自动编程基础	122
任务三 轨迹生成	123
任务四 代码生成	126
任务五 机床设置与后置设置	129
任务六 学习数控线切割自动编程实例	134
● 项目十一 电极扁夹加工	141
任务一 工艺分析和图形绘制	141
任务二 电极扁夹线切割加工	142
● 项目十二 简单方孔冲模电火花加工	143
任务一 学习基础知识	143
任务二 简单方孔冲模加工技能训练	149
任务三 冲模加工实训	150
● 项目十三 花纹模具电火花加工	152
任务一 学习电火花成型加工工艺方法	152
任务二 花纹模具电火花加工技能训练	160
任务三 技能拓展: 多工具电极更换加工	162
● 项目十四 注射模镶块电火花加工	164
任务一 学习电规准和电极设计知识	164

任务二	项目实施	170
任务三	电极设计和模具加工实训	172
● 项目十五	电火花加工综合实训	174
任务一	内六角套筒加工	174
任务二	多模孔模仁加工	175
任务三	工件套料电火花加工	177
● 项目十六	电加工机床的维护及故障处理	179
任务一	线切割机床的维护及常见故障处理	179
任务二	电火花成型机床的维护及常见故障处理	182
● 项目十七	线切割机床操作工考核	186
任务一	线切割机床操作工实操考核一（中级）	186
任务二	线切割机床操作工实操考核二（中级）	187
任务三	线切割机床操作工实操考核三（高级）	187
任务四	线切割机床操作工实操考核四（高级）	189
任务五	线切割机床操作工实操考核五（高级）	191
● 项目十八	电火花机床操作工考核	196
任务一	电火花机床操作工实操考核一（中级）	196
任务二	电火花机床操作工实操考核二（中级）	197
任务三	电火花机床操作工实操考核三（高级）	198
任务四	电火花机床操作工实操考核四（高级）	199
任务五	电火花机床操作工实操考核五（高级）	203
● 参考文献		208

项目一

学习电加工机床编程与加工基础知识

任务一 认识电火花加工原理

一、电火花加工的概念

电火花加工一般是指直接利用放电对金属材料进行的加工，由于加工过程中可看见火花，因此被称为电火花加工。电火花加工主要有电火花线切割、电火花成型加工等。

1. 电火花线切割加工的概念

电火花线切割加工（Wire Cut EDM）是在电火花加工的基础上发展起来的一种新兴加工工艺，采用细金属丝（钼丝或黄铜丝）作为工具电极，使用电火花线切割机床，根据数控编程指令进行切割，加工出满足技术要求的工件。

2. 电火花成型加工的概念

电火花成型加工（Electrical Discharge Machining, EDM），也称为放电加工、电蚀加工或电脉冲加工，是一种靠工具电极（简称工具或电极）和工件电极（简称工件）之间的脉冲性火花放电来蚀除多余的金属，直接利用电能和热能进行加工的工艺方法。

电火花线切割加工（简称线切割加工）和电火花成型加工（简称电火花加工）是企业常用的加工方法。线切割加工主要用于冲模、挤压模、小孔、形状复杂的窄缝及各种形状复杂零件的加工，如图 1-1 所示。电火花加工主要用于形状复杂的型腔、凸模、凹模等的加工，如图 1-2 所示。

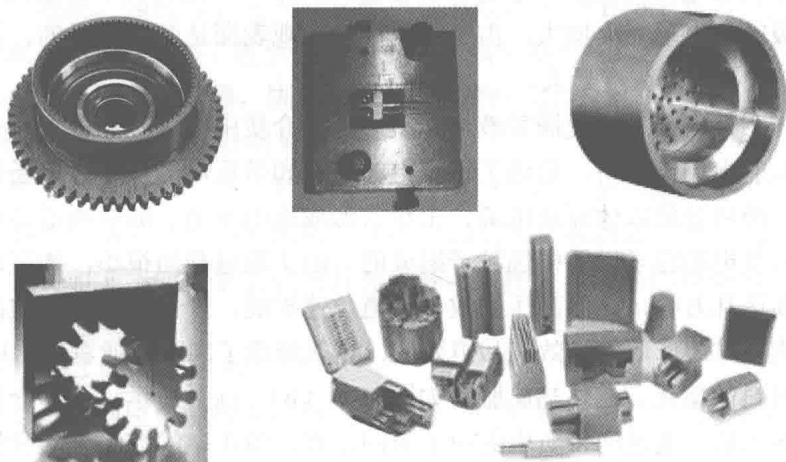


图 1-1 线切割加工产品

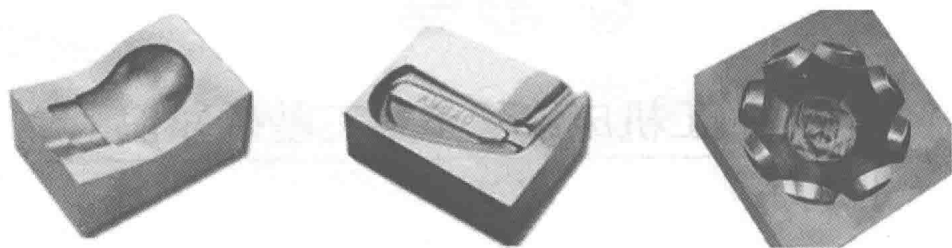


图 1-2 电火花成型加工产品

二、电火花加工的原理

电火花加工是在工件和工具电极之间的极小间隙上施加脉冲电压，使这个区域的介质电离，引发火花放电，从而将该局部区域的金属工件熔融蚀除掉，反复不断地推进这个过程，逐步地按要求去除多余的金属材料从而达到加工尺寸的目的，如图 1-3 所示。

电火花加工的过程大致分为以下几个阶段，如图 1-4 所示。

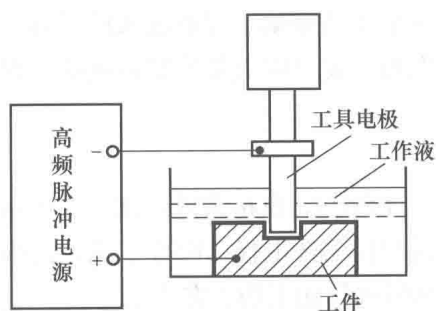


图 1-3 电火花加工原理示意图

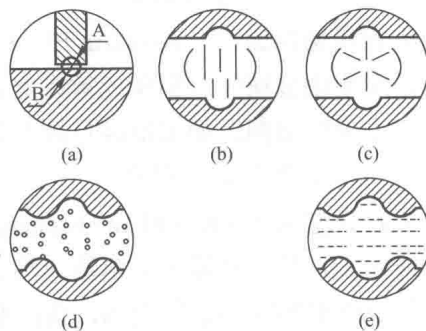


图 1-4 电火花加工的过程

- (a) 极间介质的电离、击穿；(b) 电极材料的熔化热膨胀；
(c) 电极材料的汽化热膨胀；(d) 电极材料的抛出；
(e) 极间介质的消电离

(1) 极间介质的电离、击穿，形成放电通道，如图 1-4 (a) 所示。工具电极与工件电极缓缓靠近，极间的电场强度增大，由于两电极的微观表面是凹凸不平的，因此在两极间距离最近的 A、B 处电场强度最大。

工具电极与工件电极之间充满着液体介质，液体介质中不可避免地含有杂质及自由电子，它们在强大的电场作用下，形成了带负电的粒子和带正电的粒子，电场强度越大，带电粒子就越多，最终导致液体介质电离、击穿，形成放电通道。放电通道是由大量高速运动的带正电和带负电的粒子以及中性粒子组成的。由于通道截面很小，通道内因高温热膨胀形成的压力高达几万帕，高温高压的放电通道急速扩展，产生一个强烈的冲击波向四周传播。在放电的同时还伴随着光效应和声效应，这就形成了肉眼所能看到的电火花。

(2) 电极材料的熔化、汽化热膨胀，如图 1-4 (b)、(c) 所示。液体介质被电离、击穿，形成放电通道后，通道间带负电的粒子奔向正极，带正电的粒子奔向负极，粒子间相互撞击，产生大量的热能，使通道瞬间达到很高的温度。通道高温首先使工作液汽化，然

后高温向四周扩散,使两电极表面的金属材料开始熔化直至沸腾汽化。汽化后的工作液和金属蒸气瞬间体积猛增,形成了爆炸的特性。所以在观察电火花加工时,可以看到工件与工具电极间有冒烟现象,并听到轻微的爆炸声。

(3) 电极材料的抛出,如图 1-4 (d) 所示。正负电极间产生的电火花现象,使放电通道产生高温高压。通道中心的压力最高,工作液和金属汽化后不断向外膨胀,形成内外瞬间压力差,高压处的熔融金属液体和蒸气被排挤,抛出放电通道,大部分被抛入到工作液中。仔细观察电火花加工,可以看到橘红色的火花四溅,这就是被抛出的高温金属熔滴和碎屑。

(4) 极间介质的消电离,如图 1-4 (e) 所示。加工液流入放电间隙,将电蚀产物及残余的热量带走,并恢复绝缘状态。若电火花放电过程中产生的电蚀产物来不及排除和扩散,产生的热量将不能及时传出,使该处介质局部过热,局部过热的工作液高温分解、积炭,使加工无法继续进行,并烧坏电极。因此,为了保证电火花加工过程的正常进行,在两次放电之间必须有足够的时间间隔让电蚀产物充分排出,恢复放电通道的绝缘性,使工作液介质消电离。

上述步骤(1)~(4)在 1s 内约数千次甚至数万次地往复式进行,即单个脉冲放电结束,经过一段时间间隔(即脉冲间隔)使工作液恢复绝缘后,第二个脉冲又作用到工具电极和工件上,又会在当时极间距离相对最近或绝缘强度最弱处击穿放电,蚀出另一个小凹坑。这样以相当高的频率连续不断地放电,工件不断地被蚀除,故工件加工表面将由无数个相互重叠的小凹坑组成。所以电火花加工是大量的微小放电痕迹逐渐累积而成的去除金属的加工方式。

二、电火花加工的优点

1. 适合于难切削材料的加工

由于加工中材料的去除是靠放电时的电热作用实现的,材料的可加工性主要取决于材料的导电性及其热学特性,如熔点、沸点(汽化点)、比热容、热导率、电阻率等,而几乎与其力学性能(硬度、强度等)无关,这样可以突破传统切削加工对刀具的限制,可以实现用软的工具加工硬韧的工件,甚至可以加工像聚晶金刚石、立方氮化硼一类的超硬材料。目前电极材料多采用紫铜或石墨,因此工具电极较容易加工。

2. 可以加工特殊及复杂形状的零件

由于加工中工具电极和工件不直接接触,没有机械加工的切削力,因此适宜加工低刚度工件及微细加工。由于可以简单地将工具电极的形状复制到工件上,因此特别适用于复杂表面形状工件的加工,如复杂型腔模具加工等,数控技术的采用使得用简单的电极加工复杂形状零件也成为可能。

3. 易于实现加工过程自动化

这是由于是直接利用电能加工,而电能、电参数较机械量易于数字控制、适应控制、智能化控制和无人化操作等。

4. 可以改进结构设计, 改善结构的工艺性

例如, 可以将拼镶结构的硬质合金冲模改为用电火花加工的整体结构, 减少了加工工时和装配工时, 延长了使用寿命。又如喷气发动机中的叶轮, 采用电火花加工后可以将拼镶、焊接结构改为整体叶轮, 既大大提高了工作可靠性, 又大大减小了体积和质量。

三、电火花加工的缺点

电火花加工也有其局限性, 具体表现在以下几个方面。

(1) 只能用于加工金属等导电材料, 不像切削加工那样可以加工塑料、陶瓷等绝缘的非导电材料。但近年来研究表明, 在一定条件下也可加工半导体和聚晶金刚石等非导体超硬材料。

(2) 加工速度一般较慢, 因此通常安排工艺时多采用切削来去除大部分余量, 然后再进行电火花加工, 以求提高生产率, 但最近的研究成果表明, 采用特殊水基不燃性工作液进行电火花加工, 其粗加工生产率甚至高于切削加工。

(3) 存在电极损耗。由于电火花加工靠电、热来蚀除金属, 电极也会遭受损耗, 而且电极损耗多集中在尖角或底面, 影响成型精度。但最近的机床产品在粗加工时已能将电极相对损耗比降至 0.1% 以下, 在中、精加工时能将损耗比降至 1%, 甚至更小。

(4) 最小角部半径有限制。一般电火花加工能得到的最小角部半径等于加工间隙 (通常为 $0.02 \sim 0.3\text{mm}$), 若电极有损耗或采用平动头加工, 则角部半径还要增大。但近年来的多轴数控电火花加工机床采用 X、Y、Z 轴数控摇动加工, 可以清棱清角地加工出方孔、窄槽的侧壁和底面。

任务二 认识线切割机床

一、线切割机床的组成

如图 1-5 所示是电火花线切割机床结构图, 电火花线切割机床主要由 7 部分组成: 床身、坐标工作台、走丝机结构 (含储丝筒、丝架等)、控制柜、工作液循环过滤系统和夹具。

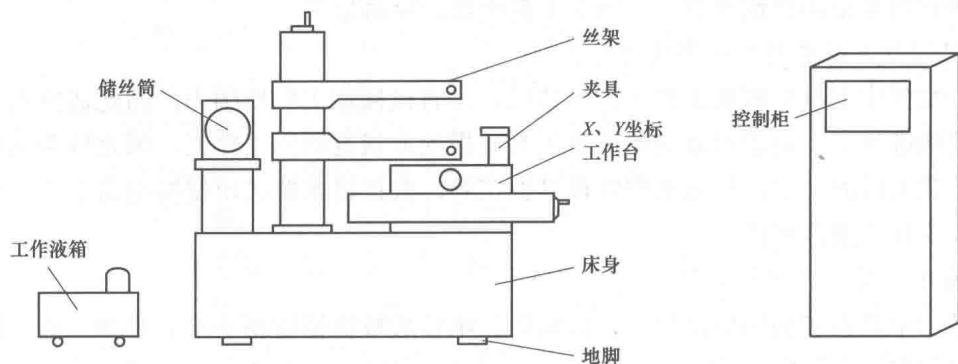


图 1-5 电火花线切割机床结构图



1. 床身

床身是机床的基础部件，X、Y坐标工作台、储丝筒、线架都安装在床身上。在床身下装有水平调整机构，即地脚。床身上装有便于搬运的吊装孔或吊装环。床身一般是采用优质铸铁材料，强度较高，刚性较好，变形小，能长期保持机床精度。

2. 工作台

电火花线切割机床最终都是通过工作台与电极丝相对运动来完成对零件加工的。为保证机床精度，对导轨精度、刚度和耐磨性有较高要求，一般都采用十字滑板、滚动导轨和丝杠传动副将电动机的旋转运动变为工作台的直线运动，通过两个坐标方向各自进给移动，可合成获得各种平面图形曲线轨迹。为保证工作台定位精度和灵敏度，传动丝杠和螺母之间必须消除间隙。

3. 走丝机构

走丝机构的功能是带动电极丝按一定的线速度往复运丝，并将电极丝整齐地排绕在储丝筒上，快速运丝在放电加工区，有利于排屑，吸附工作液进入放电区，克服集中放电，减小电极丝的损耗和烧断。

(1) 储丝结构。如图 1-6 所示是储丝结构示意图。储丝结构由电动机、联轴器、储丝筒、支承座、齿轮副（或带轮）、丝杠副、拖板、导轨、底座等部件组成。

(2) 线架结构。线架与储丝机构组成了电极丝的走丝系统。线架的主要功能是电极丝运动时对电极丝起支撑、导向、定位作用，并使电极丝工作部分与工作台保持垂直。

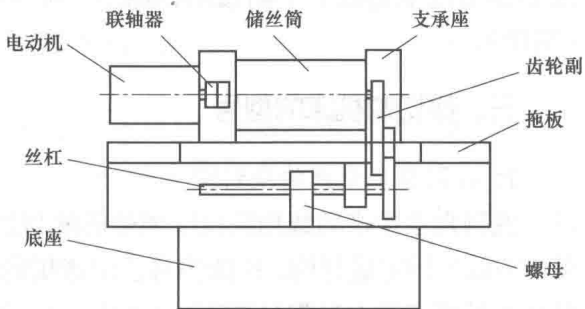


图 1-6 储丝结构示意图

二、线切割机床的工作原理

电火花线切割加工是利用工具电极对工件进行脉冲放电时产生的电腐蚀现象来进行加工的。其工作原理如图 1-7 所示。

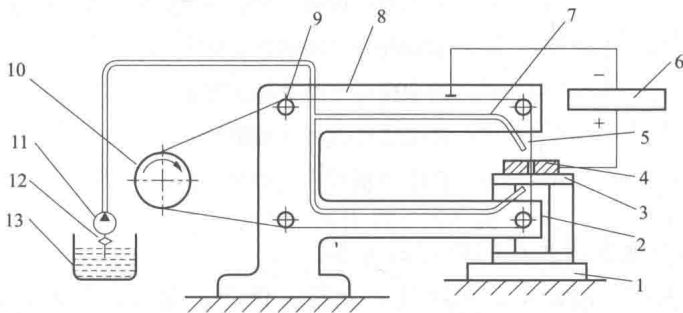


图 1-7 线切割机床的工作原理示意图

1—工作台；2—下喷嘴；3—夹具；4—工件；5—电极丝；6—脉冲电源；7—上喷嘴；8—丝架；9—导轨；
10—导丝轮；11—泵；12—过滤网；13—工作液箱

脉冲电源的正极接工件，负极接电极丝。当脉冲电源发出一个电脉冲时，由于电极丝

与工件之间的距离很小，电压击穿这一距离（通常称为放电间隙，一般在 0.01mm 左右）就产生一次电火花放电。在火花放电通道中心，瞬时温度可达上万摄氏度，使工件材料熔化甚至汽化。同时，喷到放电间隙中的工作液在高温作用下也急剧汽化膨胀，如同发生爆炸一样，冲击波将熔化和汽化的金属从放电部位抛出。脉冲电源不断地发出电脉冲，能将工件材料不断地去除。控制电极丝和工件的相对运动轨迹和速度，使它们之间发生脉冲放电，就能达到尺寸加工的目的。若使电极丝相对于工件进行有规律的倾斜运动，还可以切割出带锥度的工件。

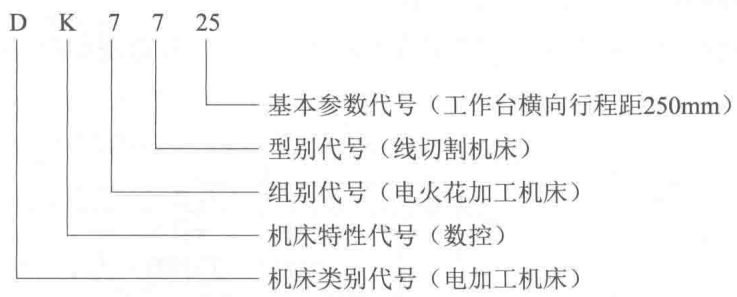
为避免在同一部位发生连续放电而导致电弧产生。除使电极丝运动变换放电部位外，就是要向放电间隙注入充足的工作液，使电极丝得到充分冷却，由于快速移动的电极丝能将工作液不断带入、带出放电区域，既能将放电部位不断变换，又能将放电产生的热量及电蚀产物带走，从而使线割加工稳定性和加工速度得到大幅度提高。

为获得较高的加工表面质量和尺寸精度，应选择适当的脉冲参数，以确保脉冲电源发出的电脉冲在电极丝和工件间产生一个个间断的火花放电，而不是连续的电弧放电。必须保证前后两个电脉冲之间有足够的间隙时间（通常称脉间），使放电间隙中的介质充分消除电离状态，恢复放电通道的绝缘性。由于线切割火花放电时阳极的蚀除量在大多数情况下远远大于阴极的蚀除量，所以线切割加工中，工件一律接脉冲电源的正极（阳极）。

三、线切割机床的型号

1. 我国自主生产的线切割机床

我国自主生产的线切割机床型号的编制是根据 GB/T 15375—1994《金属切削机床型号编制方法》规定进行的，机床型号由汉语拼音字母和阿拉伯数字组成，它表示机床的类别、特性和基本参数。以型号 DK7725 数控线切割机为例，其含义如下：



2. 我国台湾或内地引进生产的线切割机床

我国台湾机床生产厂商很多，如庆鸿、亚特、徕通、健升、乔懋、美溪、秀丰、健晟等数十家。其机床的编号没有统一，按照自己公司标准制定，一般也是以系列代码加机床基本参数代号来编制。

内地引进的线切割机床主要有苏州电加工研究所中特公司、苏州三光科技公司、汉川机床公司，其机床编号符合我国机床编号标准。



3. 国外生产的线切割机床

国外生产线切割机床厂商主要有瑞士和日本两国，主要的公司有：瑞士阿奇夏米尔公司、日本三菱电机公司、日本沙迪克公司、日本 FANUC 公司、日本牧野公司、日本二洋公司。

国外机床的编号一般也是以系列代码加基本参数代号来编制，如日本沙迪克公司的 A 系列/AQ 系列/AP 系列，三菱电机公司的 FA 系列等。

四、线切割机床分类

1. 按走丝速度分类

根据电极丝的运行速度不同，电火花线切割机床通常分为两类。

(1) 一类是高速走丝电火花线切割机床 (WEDM-HS)，电极丝作快速往复运动，一般走丝速度为 $8\sim 10\text{m/s}$ ，电极丝可重复使用，加工速度较慢，快速走丝容易造成电极 R 抖动和反向时停顿，致使加工质量下降，它是我国生产和使用的主要机床品种，也是我国独创的电火花线切割加工模式。

(2) 另一类是低速走丝电火花线切割机床 (WEDM-LS)，其电极丝作慢速单向运动，一般走丝速度低于 0.2m/s ，电极丝放电后不再使用，工作平稳、均匀、抖动小、加工质量较好，且加工速度较快，是国外生产和使用的主要机床品种。

2. 按其他方式分类

(1) 按机床工作台尺寸与行程。也就是按照加工工件最大尺寸大小，可分为大型、中型、小型线切割机床。

(2) 按加工精度。按加工精度高低，可分为普通精度型、高精度精密型两大类线切割机床。绝大多数低速走丝线切割机床属于高精度精密型机床。

(3) 按机床控制形式分类。按控制形式不同，电火花线切割机床可分为三种。

1) 靠模仿形控制，在进行线切割加工前，预先制造出与工件形状相同的靠模，加工时把工件毛坯和靠模同时装夹在机床工作台上，在切割过程中电极丝紧紧地贴着靠模边缘作轨迹移动，从而切割出与靠模形状和精度相同的工件来。

2) 光电跟踪控制，在进行线切割加工前，先根据零件图样按一定放大比例描绘出一张光电跟踪图，加工时将图样置于机床的光电跟踪台上，跟踪台上的光电头始终追随墨线图形的轨迹运动，再借助电气、机械的联动，控制机床工作台连同工件相对电极丝作相似形的运动，从而切割出与图样形状相同的工件来。

3) 数字程序控制，采用先进的数字化自动控制技术，驱动机床按照加工前根据工件几何形状参数预先编制好的数控加工程序自动完成加工，不需要制作靠模样板，也无须绘制放大图，比前面两种控制形式具有更高的加工精度和更广阔的应用范围。

目前国内外 98% 以上的电火花线切割机床都已采用数控化，前两种机床已经停产。

任务三 认识电火花成型机床

一、电火花成型机床的组成

如图 1-8 所示，电火花成型机床主要由机床主体、脉冲电源、自动进给调节系统、工作液装置组成。

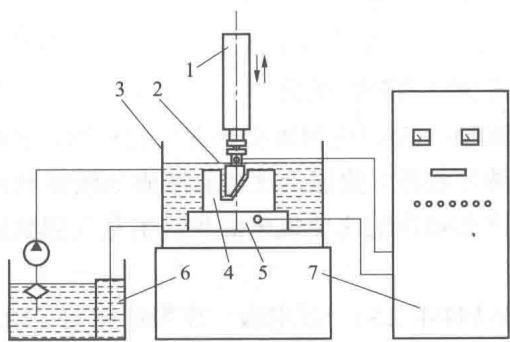


图 1-8 电火花成型机床的组成及工作原理

1—主轴头；2—工具电极；3—工作液槽；4—工件电极；
5—床身工作台；6—工作液装置；7—脉冲电源

1. 机床主体

床身、立柱、主轴头及附件、工作台等组成了电火花机床的骨架，它是用来实现工件和工具电极的装夹和机械系统的运动。

2. 脉冲电源

其作用与电火花线切割机床类似。脉冲电源的性能直接关系到加工的速度、表面质量、加工精度、工具电极损耗等工艺指标。

3. 自动进给调节系统

电火花成型加工的自动进给调节系统主要包含伺服进给系统和参数控制系统。伺

服进给系统主要用于控制放电间隙的大小，参数控制系统主要用于控制加工中的各种参数，以保证获得最佳的加工工艺指标。

4. 工作液装置

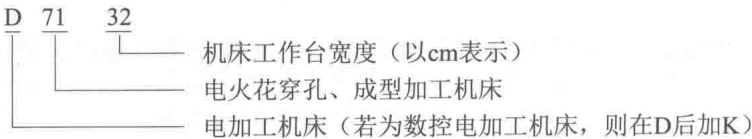
其作用与电火花线切割机床类似，但电火花成型机床可采用冲油或浸油加工方式。

二、电火花成型机床的工作原理

电火花成型加工基于电火花加工原理，在加工过程中，工具电极与工件电极不接触。如图 1-8 所示。当工具电极与工件电极在绝缘介质中相互接近，达到某一小距离时，脉冲电源施加电压把两电极间距离最小的介质击穿，形成脉冲放电，产生局部、瞬时高温，将工件电极金属材料蚀除。

三、电火花成型机床的型号

20 世纪 80 年代开始大量采用晶体管脉冲电源，电火花加工机床既可用作穿孔加工，又可用作成型加工，因此 1985 年起国家把电火花穿孔成型加工机床称为电火花穿孔、成型加工机床或统称为电火花成型加工机床，并定名为 D71 系列，其型号表示方法如下：





四、电火花成型机床的分类

电火花穿孔、成型加工机床按其大小可分为小型(D7125 以下)、中型(D7125~D7163)和大型(D7163 以上);也可按数控程度分为非数控、单轴数控或三轴数控型;也可按精度等级分为标准精度型和高精度型;也可按工具电极的伺服进给系统的类型分为液压进给、步进电动机进给、直流或交流伺服电动机进给驱动等类型。随着模具工业的需求变化,国外已经大批生产微机三坐标数字控制的电火花加工机床,以及带工具电极库的能按程序自动更换电极的电火花加工中心。我国汉川机床厂和少数中外合资厂以及少数专业电加工研究所也已研制、生产出三坐标微机数控电火花加工机床。

目前,国产电火花机床的型号命名往往加上本厂厂名拼音代号及其他代号,如汉川机床厂加 HC、北京凝华实业公司加 NH 等,中外合资及外资厂的型号更不统一,采用其自定的型号系列表示方法。例如日本沙迪克公司生产的 A3R, A10R, AS35/NF40, AQ35L/LNI;日本三菱电机公司的 EX8.22、30, EA8.12, VX10.20;瑞士阿奇夏米尔公司的 ROBOFORM20、30、35、505、515、725、935 等。

任务四 认识电火花加工的工艺参数和工艺指标

一、电火花加工的电参数

电火花加工中,脉冲电源的波形与参数对材料的电腐蚀过程影响极大,它们决定着放电痕(表面粗糙度)、蚀除率、切缝宽度的大小和钼丝的损耗率,进而影响加工的工艺指标。

实践证明,在其他工艺条件大体相同的情况下,脉冲电源的波形及参数对工艺效果影响是相当大的。目前广泛应用的脉冲电源波形是矩形波,矩形波脉冲电源的波形如图 1-9 所示,它是晶体管脉冲电源中使用最普遍的一种波形,也是电火花加工中行之有效的波形之一。

下面将介绍电火花加工的电参数。

1. 放电间隙

放电间隙是放电时工具电极和工件间的距离,它的大小一般为 0.01~0.5mm,粗加工时放电间隙较大,精加工时则较小。

2. 脉冲宽度 t_i (μs)

脉冲宽度简称脉宽(也常用 ON、 T_{ON} 等符号表示),是加到电极和工件上放电间隙两端的电压脉冲的持续时间,如图 1-10 所示。为了防止电弧烧伤,电火花加工只能用断断续续的脉冲电压波。一般来说,粗加工时可用较大的脉宽,精加工时只能用较小的脉宽。

3. 脉冲间隔 t_0 (μs)

脉冲间隔简称脉间或间隔(也常用 OFF、 T_{OFF} 表示),它是两个电压脉冲之间的间隔时间(见图 1-10)。间隔时间过短,放电间隙来不及消电离和恢复绝缘,容易产生电弧放电,

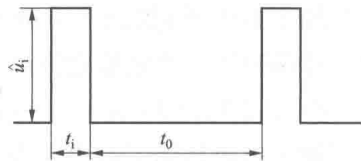


图 1-9 矩形波脉冲

烧伤电极和工件；脉间选得过长，将降低加工生产率。加工面积、加工深度较大时，脉间也应稍大。

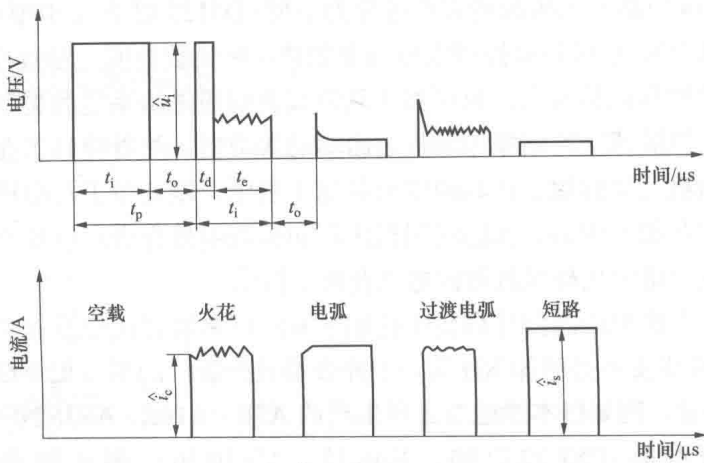


图 1-10 电火花加工的电参数

4. 脉冲周期 t_p (μs)

一个电压脉冲开始到下一个电压脉冲开始之间的时间间隔称为脉冲周期，显然 $t_p = t_i + t_o$ (见图 1-10)。

5. 脉冲频率 f_p (Hz)

脉冲频率是指单位时间内电源发出的脉冲个数。显然，它与脉冲周期 t_p 互为倒数。

6. 开路电压或峰值电压 (V)

开路电压是间隙开路和间隙击穿之前 t_d 时间内电极间的最高电压 (见图 1-10)。一般晶体管方波脉冲电源的峰值电压为 60~80V，高低压复合脉冲电源的高压峰值电压为 175~300V。峰值电压高时，放电间隙大，生产率高，但成型复制精度较差。

7. 加工电压或间隙平均电压 U (V)

加工电压或间隙平均电压是指加工时电压表上指示的放电间隙两端的平均电压，它是多个开路电压、火花放电维持电压、短路和脉冲间隔等电压的平均值。

8. 加工电流 I (A)

加工电流是加工时电流表上指示的流过放电间隙的平均电流。精加工时小，粗加工时大，间隙偏开路时小，间隙合理或偏短路时则大。

9. 短路电流 I_s (A)

短路电流是放电间隙短路时电流表上指示的平均电流。它比正常加工时的平均电流要大 20%~40%。

10. 峰值电流 i_c (A)

峰值电流是间隙火花放电时脉冲电流的最大值 (瞬时)，如图 1-10 所示。虽然峰值电流不易测量，但它是影响加工速度、表面质量等的重要参数。在设计制造脉冲电源时，每一功率放大管的峰值电流是预先计算好的，选择峰值电流实际是选择几个功率管进行加工。