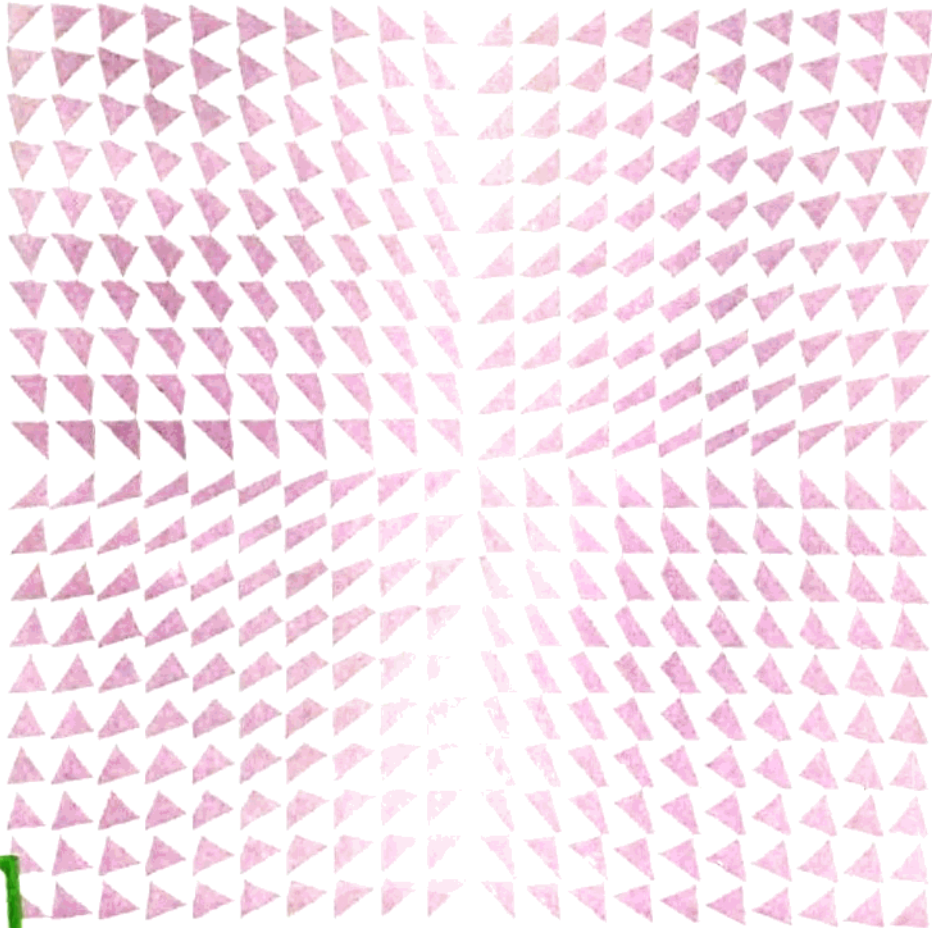


中国机械工程学会电加工学会 编

电火花加工

技术工人培训、自学教材



哈尔滨工业大学出版社

电火花加工技术工人 培训自学教材

中国机械工程学会电加工学会 编

3036/28

哈尔滨工业大学出版社



B 501.79

内 容 简 介

本书主要包括电火花加工技术工人初级工、中级工、高级工所应掌握的应知、应会和加工实例等内容。本书取材丰富，图文并茂，深入浅出，联系实际。

本书可以作为电火花加工工人提高技术等级的培训教材、自学教材以及考工定级等的教材。此外，对电加工工程技术人员、中等技术学校和高等工料院校的机制工艺专业师生也有参考价值。

电火花加工技术工人培训、自学教材

中国机械工程学会电加工学会 编

哈尔滨工业大学出版社出版发行

哈尔滨建筑工程学院附属印刷厂印刷

开本787×1092 1/16 印张11.375 字数258 000

1989年3月第1版 1989年3月第1次印刷

印数1—4 000

ISBN 7-5603-0167-3/TG·13 定价4.40元

前 言

本书是根据1987年国家机械工业委员会人事劳动司和教育司组织修订和审定的新《工人技术等级标准（通用部分）（续）》以及参照1987年中国机械工程学会电加工学会修订的《电火花加工工人技术等级标准》中对电火花加工工人所要求掌握的应知、应会和工作实例编写而成的。

本书可以作为电火花加工工人提高技术等级的培训教材、自学教材以及考工定级等的教材。此外，对电加工工程技术人员、中等技术学校和高等工科院校的机制工艺专业师生也有参考价值。

本书由上海星火模具厂薛敏辉工程师、顾和良技师，广州电机厂张和卓工程师，哈京恒源电火花机床厂晏龙辉工程师，北京技术交流站周瑜初工程师、兰宝华工程师，哈尔滨电表仪器厂王文伦技师，哈尔滨工业大学张晓东助理工程师等人分工编写；由哈尔滨工业大学刘晋春、陆纪培教授主编，张学仁教授主审。继本书之后还将组织编写、出版《电火花线切割加工技术工人培训自学教材》。

我国电火花加工、线切割加工工人、技术人员长期以来一直迫切要求出版技工培训、自学教材，相信本书的出版将对提高电火花、线切割加工工人队伍的技术水平和素质，对促进我国电火花加工事业的发展起到积极作用。

由于作者水平有限，书中定有不当之处，恳切希望广大读者在试用过程中提出宝贵改进意见。

中国机械工程学会电加工学会

1988年8月

目 录

第一章 初级工应知

- 第一节 电火花机床的名称型号、规格、结构、主要组成部分及作用，
工作液系统，操作和维护保养方法…………… (1)
- 第二节 常用工夹量具和附件的名称、规格、用途和维护方法…………… (5)
- 第三节 常用工件金属材料的种类、牌号和性能用途…………… (7)
- 第四节 常用电极材料的种类、名称、性能和用途…………… (9)
- 第五节 常用润滑剂、液压油的种类、规格和用途…………… (10)
- 第六节 机械识图及公差配合的基本知识…………… (11)
- 第七节 常用数学计算知识…………… (22)
- 第八节 热处理基本知识…………… (29)
- 第九节 电工基本知识…………… (30)
- 第十节 电火花加工的一般原理知识…………… (32)
- 第十一节 电火花加工常用术语及符号…………… (33)
- 第十二节 安全技术规程…………… (38)

第二章 初级工应会

- 第一节 正确操作自用电火花加工机床及其附件的要点…………… (39)
- 第二节 自用电火花成型加工机床的使用与调整…………… (39)
- 第三节 正确使用常用的工夹量具…………… (42)
- 第四节 拆洗过滤器…………… (43)
- 第五节 按图纸和工艺检查简单形状的电极…………… (44)
- 第六节 工具电极的正确安装，调整、校正和定位找正…………… (45)
- 第七节 根据加工对象合理选择加工参数…………… (46)
- 第八节 看懂一般模具零件图和工艺卡片…………… (47)
- 第九节 合理选择电规准，调整平动量，达到稳定加工…………… (49)
- 第十节 正确执行安全操作规程…………… (50)

第三章 初级工工作实例

- 第一节 打去断入工件的钻头、丝锥…………… (52)
- 第二节 简单模具的电火花加工…………… (53)
- 第三节 加工冲模…………… (54)
- 第四节 加工型腔模…………… (55)

第四章 中级工应知

第一节	常用电火花加工机床的性能及主轴头、平动头的一般知识, 主要部分结构、操作和维护保养方法.....	(57)
第二节	常用电火花成型加工机床主轴头和工作台的结构, 使用规则和维修保养方法.....	(62)
第三节	常用电火花加工机床的控制原理及方框图.....	(65)
第四节	电火花机床中常用电子电器元件的基本知识和简单直流电路的计算.....	(66)
第五节	脉冲电源的工作原理.....	(73)
第六节	脉冲参数对工艺指标的影响.....	(76)
第七节	电极损耗、加工生产率、表面粗糙度的相互影响及正确选择加工规准的办法.....	(81)
第八节	工作液种类和对电火花加工过程的影响.....	(82)
第九节	机床精度的检验方法.....	(83)
第十节	模具的一般常识.....	(86)
第十一节	一般冲模的主要结构和加工工艺.....	(88)
第十二节	液压传动的一般知识.....	(92)
第十三节	机械制图的基本知识和绘图方法.....	(97)
第十四节	编制电火花加工工艺规程的基本知识.....	(100)

第五章 中级工应会

第一节	对机床电器和主轴液压头的简单调整.....	(106)
第二节	电火花成型加工机床主轴头的调整和简单修理.....	(107)
第三节	自用机床电器元件的测量和检验.....	(108)
第四节	看懂较复杂的模具零件图.....	(110)
第五节	看懂较复杂模具装配图, 并绘制较复杂的电极工、夹具图.....	(111)
第六节	发现并排除自用机床的一般故障和加工中的不正常现象.....	(116)
第七节	排除机床电器和自用机床脉冲电源的一般故障.....	(117)
第八节	根据配合间隙要求腐蚀电极.....	(120)
第九节	设计、计算一般简单电极工具.....	(121)
第十节	正确使用万用表, 能用示波器观察加工波形, 分析加工情况.....	(122)
第十一节	在常用电火花成型机床上解决复杂工件和模具的加工.....	(125)

第六章 中级工加工实例

第一节	加工一般级进模.....	(128)
第二节	加工较复杂形状的型腔模.....	(130)

第七章 高级工应知

第一节	常用电火花加工机床液压主轴头的类型、结构和工作原理.....	(133)
第二节	电火花成型加工机床静压导轨液压主轴头的工作原理.....	(136)
第三节	常用精密量具和测量仪器的简单原理, 以及使用、维护方法.....	(140)

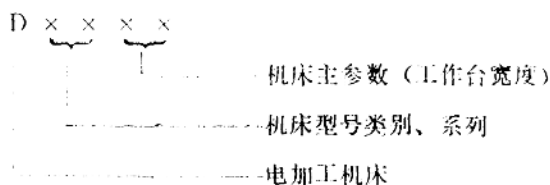
第四节	产生废品的原因和防止方法	(142)
第五节	电火花加工的机理	(146)
第八章	高级工应会	
第一节	看懂常用电火花成型加工机床的装配图和液压传动原理图	(151)
第二节	看懂线路原理图	(152)
第三节	编制一般工艺规程,并提出改进方案	(158)
第四节	解决模具电火花加工中的技术关键问题	(161)
第九章	高级工加工实例	
第一节	加工十字通孔	(164)
第二节	高精度型腔模具加工	(165)
附录 1	原表面光洁度等级与新国标表面粗糙度值对照表	(169)
附录 2	侧面粗糙度、侧面放电间隙、工件蚀除速度、电极损耗率与脉宽和峰值电流的关系曲线(加工条件为晶体管方波脉冲电源、峰值电压为80V)	(169)

第一章 初级工应知

第一节 电火花机床的名称型号、规格、结构、主要组成部分及作用，工作液系统，操作和维护保养方法

一、我国电火花成型加工机床的型号

在晶体管和可控硅脉冲电源出现以前，电源分为高频短脉冲电源和低频长脉冲电源两类。属于前者的有以RC线路为代表的弛张式脉冲电源、电子管或闸流管式脉冲电源，用于加工精度和表面质量要求较高、加工余量较少的冲模类的穿孔加工，配备这类电源的称为电火花穿孔加工机床，在我国为61系列，如D6125，D6135，D6140等。属于后者的电源有脉冲发电机，用于加工余量较大，精度要求较低，表面粗糙度要求较差的型腔类盲孔（如锻模之类）的粗加工，配备这类电源的称为电脉冲成型加工机床，在我国55为系列，如D5540、D5570等。由于晶体管和可控硅脉冲电源的出现，大大扩大了脉冲参数的调节范围，既可用于要求较高的冲模类零件的加工，又可用于蚀除量较大的型腔类零件的加工。因此，我国生产的电火花机床，除个别仍沿用旧型号外，现在都定为71系列，表示方法如下：



例如，D7132型机床，即为工作台面宽度为320mm的电火花成型加工机床。电火花成型加工机床按型号大小可分为：

（一）小型加工机床，工作台宽度不超过250mm，电极重量在50kg以下，如D7125型，其主要技术规格为：

工作台尺寸（长×宽）mm	400×250
主轴头伺服行程mm	120
主轴行程mm	120
工作台纵向行程mm	85
工作台横向行程mm	200
工作液箱尺寸（长×宽×高）mm	565×315×210
工作台面至主轴端面最大距离mm	400

脉冲电源最大电流有40、50、80、100A，视所配型号而异。

(二) 中型加工机床，如D7132型，D7140型。工作台宽度大于250mm小于630mm，电极重量不超过100kg。

(三) 大型加工机床，如D7185等。工作台宽度为630~1250mm。电极重量不超过250kg。除此之外，还有一部分专用机床，如喷丝头小孔梳床、螺纹加工机床、电火花成型磨削机床等。从加工精度来看又可分为普通机床、精密机床、高精度机床。随着今后对模具加工精度要求的提高，机床精度也同样会得到提高，将具备各种功能和完整的备件及装夹装置。

一般通用机床的结构形式如下：

1. 龙门式 所谓龙门式就是将立柱做成门式形体，如图1-1所示。工作台固定在床身上，主轴头可作横向坐标移动，根据加工的需要，可在机床的横梁上装设几个主轴头，以满足同时加工出几个型孔。这种机床的优点是刚性好，可做成中、大型电火花穿孔机床。

2. 滑枕式 它的结构类似牛头刨床，如图1-2所示。此机床的结构比较简单，主

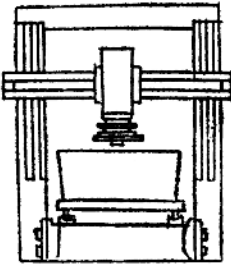


图1-1 龙门式结构

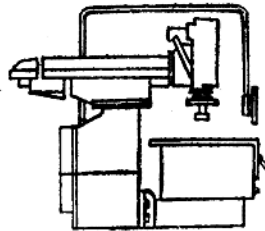


图1-2 滑枕式结构

要适合于中、大型的成型电火花机床，但从结构上看，它的刚性较差，又由于油箱的体积大，对电极的装夹找正不十分方便。

3. 悬臂式 如图1-3，首先是这种机床的悬臂和立柱上的导轨容易造成磨损，而且它的刚性及精度都较差，属于一种老式结构，已不适用于生产的需要。

4. 立柱式 如图1-4所示的结构，它的主轴安装在主轴导轨上，根据实际加工需

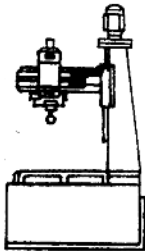


图1-3 悬臂式结构

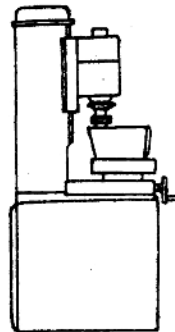


图1-4 立柱式结构

要可作上下移动，同时工作台也可作纵横坐标移动，对加工中、小型的冷冲模和型腔模及零部件均都适用。此外，因机床本身的刚性较好，导轨受力部位均匀，精度较高，被广泛应用。

5. 台式机床 这种机床的结构简单，床身和立柱可连为一体，刚性较好，精度高，结构紧凑，根据加工需要，可以制成多种形式，对加工小孔、小槽比较理想，如图1-5所示。

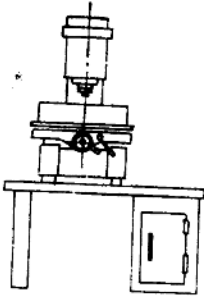


图1-5 台式结构

图等。

二、电火花成型加工机床的组成

电火花成型加工机床包括主机、电源箱、工作液循环过滤系统，如果采用液压伺服进给系统，则还包含有液压系统，共四大部分。

主机用于支承工具电极及工件，保证它们之间的相对位置，并实现电极在加工过程中稳定的进给运动。它主要由床身、立柱、主轴头、工作台及润滑系统等组成。电源箱包括脉冲电源、自动进给控制系统和其它电气系统，工作液和液压系统均包括有液压泵（油泵）、过滤器，各种控制阀、管道等。

三、电火花成型加工机床主机各部分及其作用

(一) 床身和立柱 它主要是一个基础结构，应确保电极与工件之间的相互位置。它们精度的高低与加工有直接的影响，如果机床的精度不高，加工精度也难保证。

(二) 工作台 它主要是用来支承和装夹工件。在实际加工中，通过调节纵横向丝杆来改变电极与工件的相对位置。工作台本身还装有加工用工作液箱，用以容纳的工作液，使电极和被加工件浸在工作液里，起到冷却、排屑作用。工作台是操作者在装夹找正时经常移动的部件，通过两个手轮来移动上下拖板，改变纵横向位置，达到电极与被加工件间所要求的相对位置。工作台的种类可分为：普通工作台、精密工作台。目前国内已应用精密刻线尺和光学读数等结构，以满足精密模具的加工。

(三) 主轴头 主轴头是电火花成型加工机床的一个关键部件，它的结构是由伺服进给机构、导向和防扭机构、辅助机构三部分组成。它控制加工件与工具电极之间的放电间隙。

主轴头的好坏直接影响加工的工艺指标，如生产率、几何精度、以及表面粗糙度，因此对主轴头除结构上不同外，还应具备以下条件：

1. 有一定的轴向和侧向刚度及精度；
2. 有足够的进给和回升速度；
3. 主轴运动的直线性和防扭转性能好；
4. 灵敏度要高，无爬行现象；
5. 不同的机床要具备合理的负载电极重量的能力。

四、工作液系统

它包括有工作液泵、容器、过滤器及管道等，使工作液强迫循环。如图1-6所示，

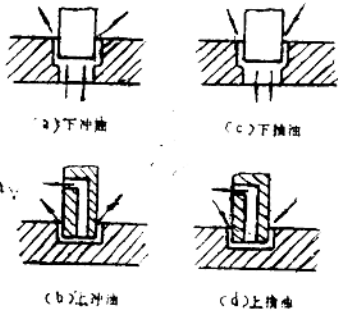


图1-6 冲油方式

其中 (a)、(b) 为冲油式，(c)、(d) 为抽油式。冲油是把经过过滤的清洁工作液经液泵加压，强迫冲入电极与工作之间的放电间隙，将放电蚀除的电蚀产物随同工作液一起从放电间隙中排除，以达到稳定加工。在加工时，冲油的压力可根据不同工件和几何形状及加工的深度随时改变，一般压力选在 $0 \sim 196 \text{ kPa}$ 之间。对盲孔加工如图1-6 (b) 所示，从图中可看出采用冲油的方法循环效果较好，特别在型腔加工中大都采用这种方式，可以改善

加工的稳定条件。

图1-7是工作液循环的油路图，它既能实现冲油，又能实现抽油。其工作过程是：储油箱的工作液首先经粗过滤网1、经单向阀2吸入摆线齿轮泵3，这时高压油经过不同形式的精过滤器7输向机床工作液槽，安全阀5是使控制系统的压力不超过 392 kPa ，补油阀11为快速进油用，待油注满油箱时，可及时调节冲油选择阀10，由阀8来控制工

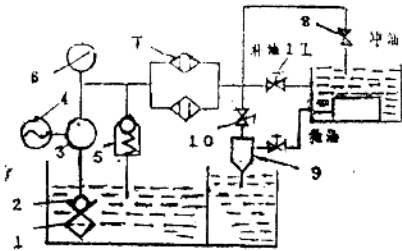


图1-7 工作液循环系统油路图

- 1—粗过滤网； 1—单向阀； 3—摆线齿轮泵；
- 4—电机； 5—安全阀； 6—压力表；
- 7—过滤器； 8—压力调节阀； 9—射流抽吸管；
- 10—冲油选择阀； 11—快速进油控制阀

作液循环方式及压力，当阀10在冲油位置时，补油冲油都不通，这时油杯中油的压力由阀8控制。当阀10在抽油位置时，补油和抽油两路都通，这时压力工作液穿过射流抽吸管9，利用流体速度产生负压，达到实现抽油的目的。

当前我国的电火花加工用工作液主要是煤油，在加工中由于电蚀产物的颗粒很小，这些小颗粒存在于放电间隙中，使加工处于不稳定状态，直接影响生产率和光洁度。为了解决这些问题，人们采用过滤的方法，如静电过滤（见图1~8）、离心过滤和介质过滤等。

静电过滤因有上万伏的高压，离心过滤有高速转动的部件，不太安全和方便，现在应用较少。介质过滤器以前曾广泛用木屑、黄砂或棉纱等作为介质（参见图2-3），优点是材料来源广泛，可以就地取材，缺点是过滤能力有限，不适于大流量、粗加工，且每次更换介质，要消耗大量煤油，新式机床中目前已被纸过滤器所代替。

纸过滤器芯如图1-9所示（整个过滤器见图2-4）。纸过滤器的优点是过滤的精度较高，阻力小，更换方便，本身的耗油量比木屑等少得多，特别适合中、大型电火花加工



图1-8 静电过滤器结构示意图



图1-9 纸过滤器芯

机床，一般可连续应用250~500小时之多，用后经清洗仍可继续使用，故现已被大量应用。

五、操作和维护保养方法

电火花机床的操作方法不同于一般金属切削机床，因为电火花成型加工机床具有主机、油过滤系统、脉冲电源和工具电极自动进给调节系统等。目前我国普通液压主轴头电火花成型加工机床的一般操作和维护保养方法如下：

1. 作好加工前的准备工作，熟悉被加工件的图纸要求，计算测量好模具或被加工件的留量，然后将工件装夹在工作台面上或油杯上，选择调整好加工规准，检查各部分是否正常。

2. 启动液压泵，使液压头处于工作状态，装夹电极，找正与被加工工件垂直，并保证位置要求。然后开动油过滤系统，使工作液槽注满工作液介质，保证液面的高度。根据被加工件的面积大小和粗、精加工等，一般液面得高出工件20~100mm，以防起火。加工完后放掉工作液，擦净工作台。

3. 主轴的液压油箱或主轴传动部分（包括机械传动部分）应密封，保持清洁，防止灰尘进入。

4. 严防加工油槽周围漏油，防止电蚀产物通过漏油进入滑动表面，损坏导轨丝杠精度。

5. 油循环系统应经常检查，各紧固部位是否松动，以防止漏油。

6. 脉冲电源要做到定期检查、维护、清扫，以防灰尘太多，影响电路的正常工作，发现不正常应及时修理。

7. 机床和电源要做到定期大、中、小修。

第二节 常用工夹量具和附件的名称规格、用途和维护方法

一、常用工夹量具和附件

根据各单位不同型号机床，对工夹量具的配备也各不相同，但它的作用大都相似，主要有工具电极装夹装置、平动头和油杯等。电极夹具应保证电极与工件的垂直和定位精度，它的作用是把电极固定在主轴上，使工具电极的轴线与主轴进给轴线平行，要求固定简单，调节方便，结构的刚性好，不会造成松动等现象。具体有：

(一) 十字铰链式电极夹具

如图1-10是比较老的一种，电极装在夹头标准套1内，用螺钉2夹紧，用四个螺钉来调节电极与工作台的垂直度，虽然刚度不高，但由于结构简单，适用于精度要求不高的加工。

(二) 球面铰链式电极夹具

如图1-11所示这种夹具的轴向尺寸短，夹紧性能好，应用比较广，但由于本身的扭

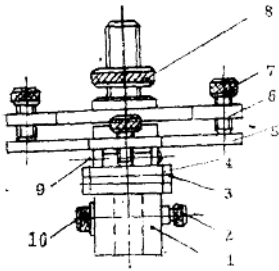


图1-10 十字铰链式电极夹具结构图

- 1—电极装夹标准套；2—夹紧螺钉；
- 3—绝缘板；4—下底座；5—十字板；
- 6—上板；7—调整螺钉；8—顶紧螺母；
- 9—销；10—紧固导线螺钉

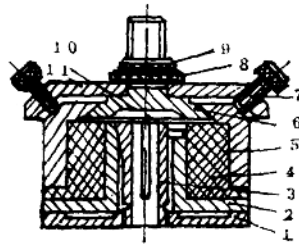


图1-11 球面铰链式电极夹具结构图

- 1—夹紧螺母；2—内套；3—弹性夹头；
- 4—胶木；5—外套；6—球面铰链；7—调节螺钉；
- 8—顶紧螺母；9—防松螺母；10—销；
- 11—上调节板。

转刚性差，在实际应用中要注意由于它的扭转而造成电极的垂直度和水平位置的变化。图中电极是固定在弹性夹头中，调整电极的垂直度是利用球面铰链靠四个螺钉来进行。它与万向接头式和浮动球面式相似。

(三) 调心式电极夹具

它可应用在回转和不回转的电火花成型加工中，效果较好。图1-12是调心式电极夹具，在加工中，调节燕尾滑块偏心量，逐步可完成孔的精调整。松开侧面螺钉，就可用调节螺钉调节偏心量的大小，调节中可用百分表观测，对解决一些特殊小孔和销孔及圆柱孔加工是十分方便的。目前电极夹具的种类繁多，根据实际应用的具体条件，在使用方法上基本大同小异。详细用法见第二章初级工应会第三节。

儿上几种夹具的作用主要是将电极装夹在不同夹具上，保证电极的固定、调节、找正垂直面和水平面，通过调节螺钉达到调正工具电极的轴线与主轴进给轴线平行。

以后将介绍一种附件叫平动头，它的作用除本身能装夹电极外，更主要的作用是调节旋转偏心量的大小，改变修整型腔加工的偏移量。

(四) 量具

电火花加工机床上常用的量具有：钢皮尺、游标卡尺、千分尺，用以一般测量长度、外圆及内孔。精密测量长度或厚度则用块规。百分表、千分表用于找正尺寸或位置。角尺用来校正电极工具和工件或工作台面的垂直度或平行度。近年来常应用带灯光显示或声响信号指示的垂直度正装置，使用比较方便。

(五) 油杯

如图1-12所示。油杯在放电加工中，是实现工作液强迫循环的一个主要附件。在放

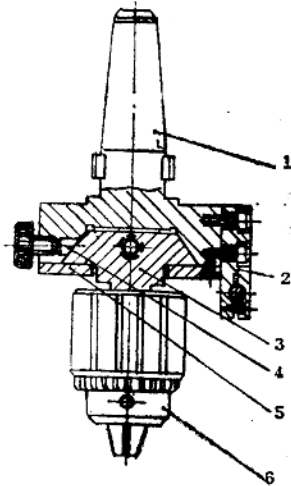


图1-12 同心式电极夹具结构图

1—链板； 2—表夹； 3—燕尾滑块；
4—锁紧块； 5—压板； 6—钻夹头

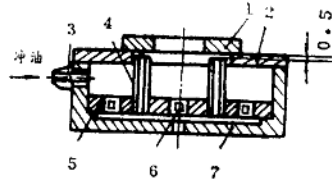


图1-13 一种油杯结构图

1—工件； 2—油杯盖； 3—管接头； 4—抽油管；
5—底板； 6—油塞； 7—油杯体

电电极间隙冲油或抽油，可使电蚀产物及时排出，因此油杯的结构好坏，对加工效果有很大影响。放电加工时，工作液会分解产生气体，这种气体如不及时排出，就会存积在油杯里，当被电火花放电引燃时，将产生放炮现象，造成电极与工件位移给加工带来很大麻烦，影响被加件的尺寸精度，所以对油杯的应用要注意以下几点：

1. 要有合适的高度，能满足加工较厚工件的电极长度，在结构上应满足加工型孔及形状和尺寸要求。油杯的形状一般有圆和长方形两种，而且都应具备冲、抽油的条件，但不能使在顶部积聚气泡。

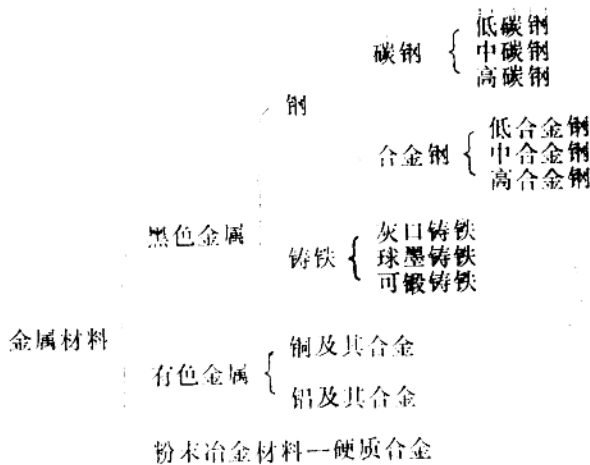
2. 油杯的刚度和精度要好，根据加工的实际需要，油杯的两端面不平度一定不能超过0.01mm，同时密封性要好，防止有漏油的现象。

二、维护和保养方法

1. 要保持清洁，用完后要放到指定地点防止碰坏，防止生锈。
2. 在装夹和使用时，不要用力过猛，防止零部件弯曲损坏，或者移位，量具更要轻拿轻放。

第三节 常用工件金属材料种类、牌号和性能用途

常用工件金属材料有碳钢、合金钢、铸铁和有色金属及其合金等，此外还有粉末冶金制成的材料，种类繁多，可归纳如下：



一、钢的名称、牌号及用途

(一) 普通碳素结构钢

用于一般机器零件，常用的牌号有A1~A7，代号A后的数字愈大，钢的抗拉强度愈高而塑性愈低。

(二) 优质碳素结构钢

用于较高要求的机器零件。常用牌号有钢10~钢70。钢15（15号钢）的平均含碳量为0.15%，钢40为0.40%，含碳量愈高，强度、硬度也愈高，但愈脆。

(三) 合金结构钢

广泛用于各种重要机械的重要零件。常用的有20Cr、40Cr（作齿轮、轴、杆）、18CrMnTi、38CrMoAlA（重要齿轮、渗氮零件）及65Mn（弹簧钢）。前边的数字20表示平均含碳量为0.20%，38表示0.38%。末尾的A表示高级优质钢。中间的合金元素化学符号含义为：Mn锰、Si硅、Cr铬、W钨、Mo钼、Ti钛、Al铝、Co钴、Ni镍、Nb铌、B硼、V钒。

(四) 碳素工具钢

因含碳量高，硬而耐磨，常用作工具、模具等。碳素工具钢牌号前加T字，以此和结构钢有所区别。牌号后的A表示高级优质钢。常用的有T7、T7A、T8、T8A……T13、T13A等。

(五) 合金工具钢

牌号意义与合金结构钢相同，只是前面含碳量的数字是以0.10%为单位（含碳量较高）。例如9CrSi中平均含碳量为0.90%。常用作模具的有CrWMn、Cr12MoV（作冷冲模用）、5CrMnMo（作热压模用）。

二 铸铁的名称、牌号及用途

(一) 灰口铸铁

牌号中以灰、铁二字的汉语拼音第一字母为首，后面第一组数字为最低抗拉强度，第二组数字为最低抗弯强度。常用的有HT10-26，HT15-33，HT20-40，HT30-54，HT40-68等，用以铸造盖、轮、架、箱体等。

(二) 球墨铸铁

比灰口铸铁强度高而脆性小，常用的牌号有QT45-0，QT50-1.5，QT60-2等。第一组数字为最低抗拉强度，最后的数字为最低延伸率%。

(三) 可锻铸铁

强度和韧性更高，有KT30-6，KT35-10等，牌号意义同上。

三、有色金属及其合金

(一) 铜及铜合金

纯铜又称紫铜，有良好的导电性和导热性、耐腐蚀性和塑性。电火花加工中广泛作为电极材料，加工稳定而电极损耗小。牌号有T1~T4，（数字愈小愈纯）。

铜合金主要有黄铜（含锌），常用牌号有H59、H62、H80等。黄铜电极加工时特别稳定，但电极损耗很大。

(二) 铝及铝合金

纯铝的牌号有L1~L6（数字愈小愈纯）。铝合金主要为硬铝，牌号有LY11~LY13，用作板材、型材、线材等。

四、粉末冶金材料

最常用的是硬质合金，具有极高的硬度和耐磨性，广泛用作工具及模具。由于其成分不同而分为钨钴类和钨钴钛类两大类硬质合金。

(一) 钨钴类硬质合金

用YG表示，如YG6代表含钴量为6.0%，含碳化钨为94%的硬质合金，硬度极高而脆，不耐冲击，主要用于切削加工钢的刀具和量具。

(二) 钨钴钛类硬质合金

用YT表示，除含碳化钨和钴外，还加入碳化钛以增加韧性。例如YT15代表含碳化钛15%的钨钴钛硬质合金，可用于制造模具。

第四节 常用电极材料的种类、名称、性能和用途

电极材料必须是导电性能良好，损耗小，造型容易，并具有加工稳定、效率高、材料来源丰富、价格便宜等特点。常用电极材料有紫铜、石墨、黄铜、铜钨合金和钢、铸铁等。

一、紫铜电极

它质地细密，加工稳定性好，相对电极损耗较小，适应性广，尤其适用于制造精密花纹模的电极。其缺点为精车、精密等机械加工困难。

二、石墨电极

特别适用于在大脉宽大电流型腔加工中，电极损耗可做到小于0.5%，抗高温，变形小，制造容易；重量轻。缺点：容易脱落、掉渣、加工表面粗糙度较差，精加工时易拉弧。

三、黄铜电极

黄铜电极最适宜中小规准情况下加工，稳定性好，制造也较容易，但缺点是电极的损耗率较一般电极都大，不容易使被加工件一次成型，所以一般只用在简单的模具加工，或通孔加工，取断丝锥等。

四、铸铁电极

是一种目前在国内被广泛应用的一种材料，主要特点：制造容易、价格低廉、材料来源丰富，放电加工稳定性也较好，特别适用于复合式脉冲电源加工，电极损耗一般达20%以下，对加工冷冲模最适合。

五、钢电极

钢电极也是我国应用比较广泛的，它和铸铁电极相比，加工稳定性差，效率也较低，但它可把电极和冲头合为一体，只要一次成型，可缩短电极与冲头的制造工时。电极损耗与铸铁相似，适合“钢打钢”冷冲模加工。

六、铜钨合金与银钨合金电极

由于含钨量较高，所以在加工中电极损耗小，机械加工成形也较容易，特别适用于工具钢、硬质合金等模具加工及特殊异形孔、槽的加工。加工稳定，在放电加工中是一种性能较好的材料。缺点：价格较贵，尤其是银钨合金电极。

第五节 常用润滑剂、液压油的种类、规格和用途

一、常用润滑剂

一般都是液体矿物油类，它可大大减小运动部件的摩擦力，提高传动效率，减少机件磨损，延长机器寿命。它还有散热和防锈等作用。

常用润滑剂有：

（一）机械油

简称机油，分10、20、30、40、50、70、90号七种牌号，号数越大，粘度越大。10号机油用于负载轻、速度高的运动部件的润滑；20号机油用于机床液压系统中；30号用于齿轮箱和导轨的润滑；50至90号机油用于大型、重型机床的润滑。

（二）高速机械油

简称高速机油，有5号7和号两种牌号。号数小的粘度小，适用于高速、低负荷电火花磨床轴承的润滑。

（三）润滑脂

俗称黄油。有钙基、钠基和钙钠基润滑脂三种。钙基润滑脂耐水性能好，钠基的相反，钙钠基润滑脂介于二者之间。广泛用于机床、电机滚动轴承的润滑。

二、常用液压油

电火花机床经常采用液压主轴头来实现伺服进给。液压系统中最主要部件油泵的压