



系列校本教材

线切割

编者：模具开放实训中心

上海市工业技术学校

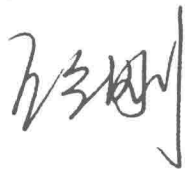
前 言

中等职业教育是我国高中阶段教育的重要组成部分，担负着培养高素质劳动者的重要任务，其人才培养目标须从单一技能操作型向知识型、发展型转变，须从学校单一教育向校企合作培养转变，须从终结教育形式向终身教育方向转变。只有切实有效转变教学模式，优化课程结构，注重学生职业能力与人文素养教育，关注学生职业生涯发展，中等职业教育才能健康协调发展，适应社会经济发展的要求。

为贯彻落实教育部《关于进一步深化中等职业教育教学改革的若干意见》和上海市教委《上海市中等职业教育全面提高教学质量行动计划(2009-2013年)》文件精神，遵循“为了每一个学生的终身发展”核心理念，拓展职业教育学生的基础知识和专业技能，更好地适应经济和社会发展对知识型、发展型技能人才的迫切需要，学校继续深化教育教学改革，全面提高教学质量，实施课程教材改革。

根据各专业教学改革计划及培养目标，贯彻“以就业为导向，以能力为本位，以素质为基础”的指导思想，以“必需够用，兼顾发展”为原则，学校组织骨干教师开发编写具有职教特点与学校特色的教材。校本教材定位准确，借鉴国外职业教育先进的教学模式，精心编撰，有所创新，有机统一了知识性与实践性，职业性与人文性。校本教材注重文化基础知识，整合专业知识与技能，重视培养学生的兴趣与创新思维，实训内容按项目课题，系列展开，可操作性强。此系列校本教材将根据各专业需要及现代职业教育发展方向与要求，不断更新。

此系列教材可用于中等职业学校教学，亦可作为学生拓展学习之用。



2013年1月

目 录

1.线切割行业简介与发展前景	1
1.1 线切割行业简介	1
1.2 线切割概述	2
2.线切割机床的分类及其结构特点	6
2.1 线切割机床的分类	6
2.2 线切割机床的结构特点	10
2.3 线切割机床的特殊功能	14
3.线切割机床的操作	16
3.1 线切割加工原理	16
3.2 线切割加工参数	20
3.3 线切割加工流程分析	29
4.线切割机床的编程	39
4.1 线切割编程概述	39
4.2 3B 与 NC 程式编制	40
5.线切割机床加工示例	51
5.1 阿奇快走丝线切割机床	51
5.2 三菱慢走丝线切割机床	64
5.3 沙迪克慢走丝线切割机床	86
6.多种模具零件的加工方法	94
6.1 凸模的加工方法	94
6.2 凹模的加工方法	95
6.3 开形状的加工方法	96
6.4 部分锥度的加工法	97
6.5 冲压模的加工方法	97
6.6 复合模的加工方法	98
7.特殊加工方法步骤与技巧	100
7.1 穿丝孔为斜孔的加工方法	100
7.2 斜导柱孔的加工方法	101
7.3 上下异形的加工方法	102
7.4 上下圆弧过渡的加工方法	103
7.5 斜齿轮的加工方法	105
7.6 斜顶孔的加工方法	105
7.7 全周精加工的方法	107
7.8 公模母模同出的加工方法	108
7.9 多件加工的方法	110

7.10	电极的加工方法	111
7.11	精密配合孔的加工方法	112
8.	加工故障处理	114
8.1	概述	114
8.2	快走丝断丝	114
8.3	慢走丝断丝	115
8.4	快走丝短路	117
8.5	慢走丝短路	118
9.	加工不良原因及对策	120
9.1	尺寸精度不良	120
9.2	表面精度不良	122
9.3	加工速度不良	124
9.4	斜度加工不良	125
9.5	过切不良	126
10.	线切割机床操作说明	128
10.1	北京阿奇快走丝机床操作面板	128
10.2	北京阿奇夏米尔机床放电参数表	136
10.3	夏米尔慢走丝线切割机床操作面板	140
10.4	夏米尔慢走丝线切割机床功能讲解	161
10.5	沙迪克慢走丝线切割机床操作面板	171
10.6	沙迪克慢走丝线切割机床功能讲解	176
10.7	三菱慢走丝线切割机床操作面板	187
10.8	三菱慢走丝线切割机床功能讲解	190

1. 线切割行业简介与发展前景

1.1 线切割行业简介

1.1.1 电加工的概述

电加工又称电火花加工(Electrical Discharge Machining, 简称 EDM), 属于特种加工的技术范畴, 是先进制造技术的一个重要组成部分, 是机械制造业中最广泛采用的机械切削加工和磨削加工的重要补充和发展, 主要包括电火花成形加工和电火花线切割加工, 以及电火花快小孔加工。表 1-1 列出了常见电火花加工的分类情况及各类加工方法的主要特点与用途。

表 1—1 常见电火花加工的分类情况及各类加工方法的主要特点与用途

内容 分类	特 点	用 途	说 明
电火花成形加工	1) 工具和工件间主要只有一个相对的伺服进给运动 2) 工具为成形电极, 与被加工表面有相同的截面和相反的形状	1) 穿孔加工: 加工各种冲模、挤压模、粉末冶金模、各种异形孔及微孔等 2) 型腔加工: 加工各类型腔模及各种复杂的型腔零件	约占电火花机床总数的 30%, 典型机床有北京阿奇夏米尔 SE 系列及日本 Sodick AM 系列等电火花成形机床
电火花线切割加工	1) 工具电极为顺电极丝轴线方向转动着的线状电极 2) 工具与工件在两个水平方向同时有相对伺服进给运动	1) 切割各种冲模和具有直纹面的零件 2) 下料、截割和窄缝加工	约占电火花机床总数的 60%, 典型机床有 DK7725 及日本 Sodick AQ 数控电火花线切割机床
电火花高速小孔加工	1) 采用细管电极, 管内冲入高压水基工作液 2) 细管电极旋转 3) 穿孔速度较高	1) 线切割穿丝预孔 2) 深径比很大的小孔, 如喷嘴小孔等	约占电火花机床的 2.5%, 典型机床有北京阿奇 SD1 电火花小孔加工机床

电火花加工时, 工件与加工所用的工具为极性不同的电极对, 加工时, 电极对之间充满工作液, 主要起恢复电极间的绝缘状态及带走放电时产生的热量的作用, 以维持电火花加工的持续放电。为便于理解和对比, 将电火花加工时所用工具称为工具电极(简称电极), 而工件则仍称做工件。在正常电火花加工过程中, 电极与工件并不接触, 而是保

持一定的距离(称做间隙),在工件与电极间施加一定的电压,当电极向工件进给至某一距离时,两极间的工作液介质被击穿,局部产生火花放电,放电产生的瞬时高温将电极对的表面材料熔化甚至汽化,逐步蚀除工件,通过控制连续不断地脉冲式的火花放电,就可将工件材料按人们预想的要求予以蚀除,达到加工的目的,故称做电火花加工。日、美、英等国通常称做放电加工或电蚀加工。

1.2 线切割概述

电火花线切割加工(Wire Cut EDM,简称 WEDM)是比较常用的特种加工方法之一,在特种加工中它又属于电火花加工一类,是直接利用电能和热能进行加工的工艺方法。加工时,电极丝与工件在 X、Y 及 U、V 两个水平方向同时有相对伺服进给运动及垂直方向的直线相对运动。因为这种方法是用一根移动着的金属线(电极丝)作为工具电极与工件之间产生火花放电对工件进行切割,故称为线切割加工。由于现在的电火花线切割机床的工件与电极丝的相对切割运动都采用了数控技术来控制,所以称为数控电火花线切割加工或简称为数控线切割加工。

线切割放电加工基本原理是以铜线作为工具电极,在铜线与铜、钢或超硬合金等被加工物材料之间施加 60—300V 的脉冲电压,并保持 5~50 μm 的间隙,间隙中充满煤油、纯水等绝缘介质,使电极与被加工物之间发生火花放电,并被彼此消耗、腐蚀,在工件表面上电蚀出无数的小坑,通过 NC 控制的监测和管控及伺服机构的执行,使这种放电现象均匀一致,从而使加工物达到产品要求的尺寸大小及形状精度。

1.2.1 电火花线切割加工的特点

电火花线切割加工有以下一些特点:

1)以直径为 0.02—0.38mm 的金属线为工具电极,与电火花成形加工相比,它不需制造特定形状的电极,省去了成形电极的设计和制造,缩短了生产准备时间,加工周期短。

2)电火花线切割加工是用直径较小的电极丝作为工具电极,与电火花成形加工相比,电火花线切割加工的脉冲宽度、平均电流等都比较小,加工工艺参数的范围也较小,属于中、精电火花加工,一般情况下工件常接电源的正极,称为正极性加工。

3)电火花线切割加工的主要对象是平面形状,除了在加工零件的内侧形状拐角处有最小圆弧半径的限制(最小圆弧半径为金属线的半径加放电间隙),其他任何复杂的形状都可以加工。

4)电火花线切割加工是用电极丝作为工具电极与工件之间产生火花放电对工件进行

切割加工，由于电极丝的直径比较小，在加工过程中总的材料蚀除量比较小，所以使用电火花线切割加工比较节省材料，特别是在加工贵重材料时，能有效地节约贵重材料，提高材料的利用率。

5)在加工过程中可以不考虑电极丝的损耗。在快走丝线切割加工中采用低损耗的脉冲电源，目前普遍使用钼丝作为电极丝材料，通过对直径为 0.18mm 电极丝的使用检测发现，在电极丝的使用寿命期间，电极丝的直径损耗约为 0.02mm，对于单一零件来说，电极丝的损耗就更小；在慢走丝线切割加工中采用单向连续的供丝方式，在加工区总是保持新电极丝加工，因而加工精度更高。

6)电火花线切割在加工过程中的工作液一般为水基液或去离子水，因此不必担心发生火灾，可以实现安全无人加工，但由于工作液的电阻率远比煤油小，因而在开路状态下，仍有明显的电解电流。

7)一般没有稳定电弧放电状态。因为电极丝与工件始终有相对运动，尤其是快走丝电火花线切割加工，因此，线切割加工的间隙状态可以认为是由正常火花放电、开路和短路这三种状态组成，但常常在单个脉冲内存在多种放电状态，有“微开路”、“微短路”现象。

8)电极丝与工件之间存在着“疏松接触”式轻压放电现象。近年来的研究结果表明，当电极丝与工件接近到通常认为的放电间隙(大约 0.01mm)时，有的情况下并不发生火花放电，甚至当电极丝已接触到工件(从显微镜中看不到间隙时)，仍然看不到火花，只有当工件将电极丝顶弯，偏移一定距离(几微米到几十微米)时，也就是当电极丝和工件之间保持一定的轻微接触压力时，才发生正常的火花放电。

9)现在的电火花线切割机床一般都是依靠微型计算机来控制电极丝的轨迹和间隙补偿功能，所以在加工凸模与凹模时，它们的配合间隙可任意调节。

10)电火花线切割加工是依靠电极丝与工件之间产生火花放电对工件进行加工，所以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实现加工。而且随着电加工技术的进步，一些非导电材料经过特殊处理也能进行线切割加工或电火花加工。

11)现在大多数电火花线切割机床具有四轴联动功能，可以加工上下面异形体、形状扭曲曲面体、变锥度和球形体等零件。而且有些机床增加了一个数控回转工作台附件，将工件装在采用步进电动机驱动的回转工作台上，采取数控移动和数控转动相结合的方式编程，可加工出螺旋表面、双曲线表面和正弦曲面等复杂空间曲面。

1.2.2 电火花线切割加工的应用范围

电火花线切割加工的应用范围如下：

1)试制新产品或开发工具、夹具。在新产品试制或工具、夹具开发过程中需要单件的样品,利用线切割直接加工出零件,无需设计和制造模具,这样可大大缩短新产品或工具、夹具开发周期,并降低试制开发成本。

2)加工特殊材料。切割某些高硬度、高熔点及贵金属时,使用机加工的方法有时是不可能的,而利用线切割加工既经济又能保证精度。

3)加工模具零件。电火花线切割加工主要应用于冲模、挤压模、塑料模及电火花成形加工用的电极等。由于电火花线切割加工机床的加工速度和精度不断提高,目前已达到可与坐标磨床相竞争的程度。比如某些中小型冲模,材料为模具钢,过去用分开模和曲线磨削的方法加工,现在改用电火花线切割整体加工,制造周期和成本都可减少大约一半,模具配合精度高,而且不需要熟练的操作工人。因此,一些工业发达国家精密模具的磨削等工序,已被电脉冲和线切割加工所代替。

1.2.3 电火花线切割加工对加工工艺的影响

电火花线切割加工工艺与普通的机械加工工艺存在很大的差别。近年来随着科技的进步和生产的发展,出现了许多又坚硬而又难加工材料制成的,具有高尺寸精度和低表面粗糙度的复杂零件的加工,使得电火花线切割加工得到了广泛的应用,从而引起了机械制造工艺技术领域内的许多变革,具体表现在如下几个方面:

1)提高了材料的可加工性。金刚石、硬质合金、淬火钢等硬度很高的材料通常都是很难加工的。由于电火花线切割加工的应用,对于这些硬度很高的材料,以及现在常用的各种冲压模、塑料模、粉末冶金模等各种模具和零件都可以用电火花线切割方法来加工它们。材料的可加工性不再与硬度、强度、韧性、脆性等成直接的比例关系;相反,在电火花线切割加工中,淬火钢比未淬火钢更容易加工。

2)改变了零件的典型加工工艺路线。以往除了磨削外,其他的切削加工、成形加工等都必须安排在淬火热处理工序之前,这是工艺人员不可违反的工艺准则。电火花线切割等特种加工的出现,改变了这种一成不变的工艺准则。由于这些特种加工基本上不受材料硬度的影响;相反,为了避免加工后再淬火而引起热处理变形,零件在加工时都必须先淬火然后再进行线切割加工。

3)改变了新产品试制的工序及工艺。在新产品开发过程中需要单件的样品,使用线切割直接切割出零件,可以省去设计和制造相应刀具、夹具、量具、模具和许多其他工具等,大大缩短了新产品开发周期,并降低了试制成本。如在冲压生产时,在未加工模具前,先利用线切割加工样板,再对样板进行成形加工,如果成形加工不理想,可以改变尺寸再利用线切割加工样板,直到得到满意的成形效果,然后根据比较合理的样板尺

寸加工模具；还有在一些非标准齿轮的成批加工之前，先利用线切割加工单个零件，再经过对零件的使用和改进，知道得到合理的齿轮参数，再根据此参数批量加工成形的齿轮加工刀具；另外在电动机、变压器等新产品开发时，也可以利用线切割先加工特殊的定子、转子、铁心等零件。

4)影响了零件的结构设计。过去被认为工艺性很差的方孔、小孔、窄缝等结构，对于设计人员来说都是必须注意不能设计的结构，有的结构甚至是不可能加工出来的；对于电火花线切割来说，这些特殊结构就变的非常容易加工了；还有以往在模具加工中，如山形硅钢片冲模用于不容易制造，往往采用镶嵌结构，采用了电火花线切割加工后，即使是硬质合金的模具或刀具，也可做成整体结构。

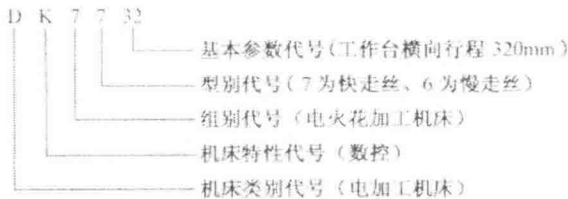
5)为一些零件小批量加工提供了方法。电火花线切割加工属于特种加工的一种，在过去的很长一段时间里，由于线切割加工的速度较慢，导致加工费用较高，它被视为“特殊”加工，一般只有在其他方法不可加工的情况下才使用；进来由于在脉冲电源、机床的机械结构、工作液及加工工艺等方面的发展，使得电火花线切割的加工速度得到了很大的提高，最高加工速度可达 $400\text{mm}^2/\text{min}$ 。加工费用也得到了进一步的降低，目前一般在 $0.03\sim 0.04$ 元/ mm^2 ，这样使得线切割加工成为一些零件选择的加工方法，如一些尺寸较小的齿条、齿轮等零件的加工，采用电火花线切割加工的费用比普通机加工还要低。由于电火花线切割加工与普通机加工的原理差别很大，使用电火花线切割方法加工零件的质量往往要比使用普通机加工方法加工的零件质量好。

2 线切割机床的分类及其结构特点

2.1 线切割机床的分类

2.1.1 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 / T15375—1994《金属切削机床 型号编制方法》的规定进行的,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。现以型号为 DK7732 的数控电火花线切割机床为例,对其型号中各字母与数字的含义解释如下:



(2)国外生产的线切割机床 国外生产线切割机床的厂商主要有瑞士和日本两国。其主要的公司有: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。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。

(3)我国台湾或大陆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,是按照自己公司的标准制订的,但一般也是以系列代码加机床基本参数代号来编制。大陆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,其机床的编号符合我国机床编号标准。

2.1.2 我国线切割机床的主要技术参数

数控电火花线切割机床的主要技术参数包括工作台行程(纵向行程 X 横向行程)、最大切割厚度、加工表面粗糙度、加工精度、切割速度,以及数控系统的控制功能等。表 2-1 为 DK77 系列数控电火花线切割机床的主要型号及技术参数。

表 2-1 DK77 系列数控电火花线切割机床的主要型号及技术参数

型号	工作台	行程	最大切割 厚度/mm	加工锥度	主机质量 /kg	外形尺寸/mm
	尺寸/mm	/mm				
DK7720	270 × 390	200 × 250	200		1000	1250 × 1000 × 1200
DK7732A	360 × 610	320 × 400	400		1400	1240 × 1120 × 1400
DK7732B	360 × 610	320 × 400	400	±6°/80mm	1400	1240 × 1120 × 1400
DK7740A	460 × 690	400 × 500	400		1600	1600 × 1240 × 1400
DK7740B	460 × 690	400 × 500	400	±6°/80mm	1600	1600 × 1240 × 1400
DK7750A	540 × 890	500 × 630	400		2300	1720 × 1680 × 1700
DK7750B	540 × 890	500 × 630	400	±6°/80mm		

2.1.3 线切割加工机床的分类

(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:一类是快走丝电火花线切割机床(WEDM-HS),其电极丝做快速往复运动,一般走丝速度为 8-10m/s,电极丝可重复使用,加工速度较慢,且快走丝容易造成电极丝抖动和反向时停顿,使加工质量下降,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。图 2-1 是快走丝线切割机床。另一类是慢走丝电火花线切割机床(WEDM-LS),其电极丝做慢速单向运动,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种。图 2-2 是慢走丝线切割机床。

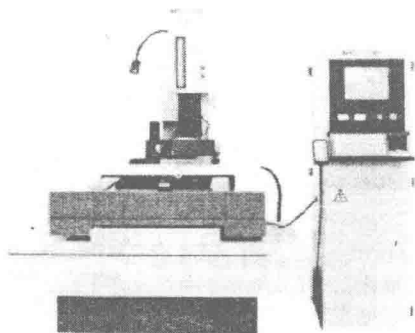


图 2-1 快走丝线切割机床

数控高慢走丝线切割机床在机床方面与加工工艺水平方面的比较见表 2-2 数控快走丝线切割机床与数控慢走丝线切割机床的比较。

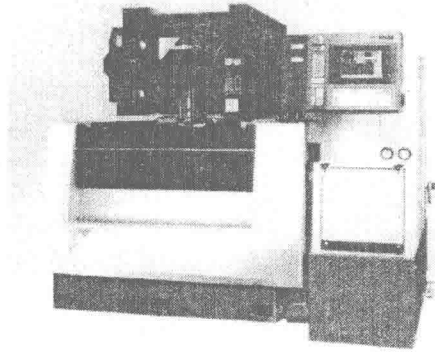


图 2-2 慢走丝线切割机床

下表为 数控快走丝线切割机床与数控慢走丝线切割机床的比较

比较项目	数控快走丝线切割机床	数控慢走丝线切割机床
走丝速度 / m / s	常用值 8-10	常用值 0.001—0.25
电极丝工作状态	往复供丝, 反复使用	单向运行, 一次性使用
电极丝材料	钼、钼钨合金	黄铜、铜、以铜为主的合金或镀覆材料、钼丝
电极丝直径 / mm	常用值 0.18	0.02—0.38, 常用值 0.1—0.25
穿丝换丝方式	只能手工	可手工, 可半自动, 可全自动
工作电极丝长度	200 左右	数千
电极丝振动	较大	较小
运丝系统结构	简单	复杂
脉冲电源	开路电压 80—100V, 工作电流 1~5A	开路电压 300V 左右, 工作电流 1~32A
单面放电间隙 / mm	0.01~0.03	0.003~0.12
工作液	线切割乳化液或水基工作液	去离子水, 有的场合用电火花加工专用油
导丝机构型式	普通导轮, 寿命较短	蓝宝石或钻石导向器, 寿命较长
最大切割速度 / (mm ² / min)	180	400

加工精度 / mm	0.01~0.04	0.002~0.01
表面粗糙度 Ra/ μm	1.6~3.2	0.1~1.6
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	不计
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
机床价格	较便宜	其中进口机床较昂贵

(2)按其他方式分类

1)按机床的控制形式分类：按控制形式不同，电火花线切割机床可分为三种：第一种是靠模仿形控制，其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做轨迹移动，从而切割出与靠模形状和精度相同的工件来；第二种是光电跟踪控制，其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，再借助于电气、机械的联动，控制机床工作台连同工件相对电极丝做相似形的运动，从而切割出与图样形状相同的工件来；第三种是数字程序控制，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，也无需绘制放大图，比前面两种控制形式具有更高的加工精度和广阔的应用范围。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。

2)按机床配用的脉冲电源类型分类：按机床配用的脉冲电源类型分类可分为 RC 电源、晶体管电源、分组脉冲电源及自适应控制电源机床等。目前，单纯配用 RC 电源的线切割机床也已经停产，最新的电源为纳秒级大峰值电流脉冲电源与防电解(AE)脉冲电源。先进的慢走丝电火花线切割机采用的脉冲电源其脉宽仅几十纳秒，峰值电流在 1000A 以上，形成汽化蚀除，不仅加工效率高，且使表面质量大大提高。防电解电源是解决工件“软化层”的有效技术手段。防电解电源采用交变脉冲，平均电压为零，使在工作液中的 OH⁻离子电极丝与工件之间处于振荡状态，不趋向工件和电极丝，防止工件材料的氧化。采用防电解电源进行电火花线切割加工，可使表面变质层控制在 1 μm 以下，避免硬质合金材料中钴的析出溶解，保证硬质合金模具的寿命。测试结果表明，防电解电源加工硬质合金模具寿命已接近机械磨削加工，在接近磨损极限处甚至优于机械磨削加工。

3)按机床工作台的尺寸与行程(也就是按照加工工件的最大尺寸)的大小,可分为大型、中型、小型线切割机床。

4)按加工精度的高低,可分为普通精度型及高精度精密型两大类线切割机床。绝大多数慢走丝线切割机床属于高精度精密型机床。

2.2 线切割机床的结构特点

2.2.1 快走丝线切割机床的结构特点

1. 组成

快走丝线切割机床(图 2-3)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、储丝筒组成。电极丝的移动是由丝架和储丝筒完成的,因此,丝架和储丝筒也称为走丝系统。工作台由上滑板 4 和下滑板 5 组成。

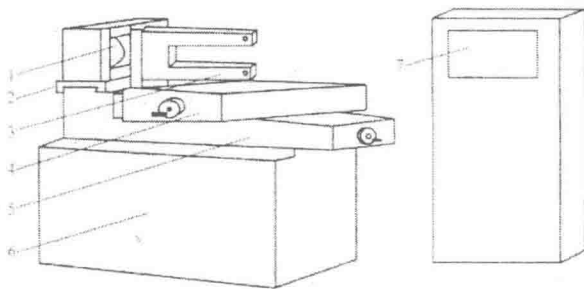


图 2-3 高速走丝线切割加工设备组成

1—储丝筒 2—走丝导板 3—丝架 4—上滑板 5—下滑板 6—床身 7—电源控制柜

(1)床身部分 床身一般为铸件,是工作台、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)工作台部分 电火花线切割机床最终都是通过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,传动丝杠和螺母之间必须消除间隙。

(3)走丝系统 走丝系统使电极丝以一定的速度运动并保持一定的张力。在快走丝机床上,一定长度的电极丝平整地卷绕在储丝筒上(图 2-4),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),储丝筒通过联轴器与驱动电动机相连。为了重复使用该段电极丝,电动机由专门的换向装置控制做正反向交替运转。走丝速度等

于储丝筒周边的线速度，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工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。

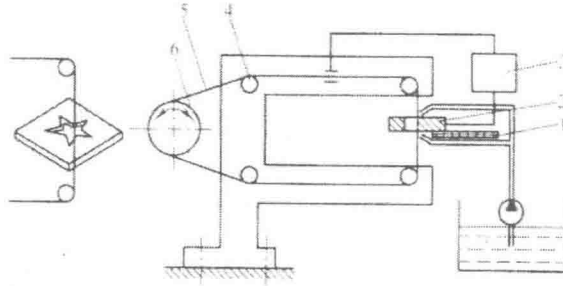


图 2-4 高速走丝线切割机走丝系统

1—绝缘底板 2—工件 3—脉冲电源 4—导向轮 5—铜丝 6—储丝筒

2. 导丝系统

快走丝线切割机的导丝系统如图 2-5 所示。

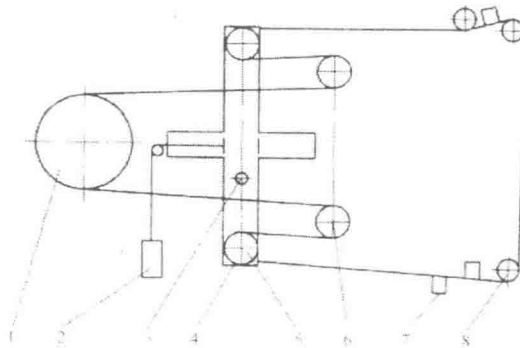


图 2-5 高速走丝线切割机的导丝系统组成

1—储丝筒 2—张紧重锤 3—固定插销 4—张丝导块
5—张紧轮 6、8—导轮 7—导电器

导轮(导向轮) 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快速运动的电极丝，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，利用滚动轴承的快速旋转功能来承担电极丝的快速移动。

(2)导电器 高频电源的负极通过导电器与快速运行的电极丝连接。因此，导电器必须耐磨，而且电阻要小。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，导电器要能多次使用。快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 在加工时电极丝因往复运行，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 2-5 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，使电极丝始终处于拉紧状态，保证加工平稳。

2.2.2 慢走丝线切割机床的结构特点

1. 组成

与快走丝电火花线切割机一样，慢走丝电火花线切割机也是主要由机床、脉冲电源、控制系统三大部分组成，如图 2-6 所示。

慢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。为了保证电解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 2-6 中可以看出，与快走丝线切割机相比主要的区别仍是走丝系统，慢走丝线切割机的电极丝是单向运行的，由新丝放丝器 6 放丝，由废丝处理器 11 收丝。

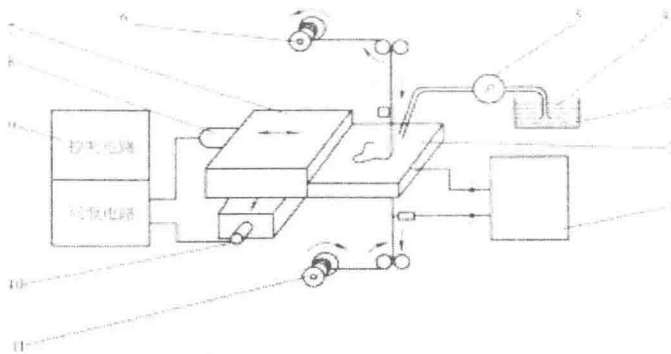


图 2-6 低速走丝线切割机的组成结构

- 1—脉冲电源 2—工件 3—工作液箱 4—去离子水 5—高压泵
6—新丝放丝器 7—工作台 8—X 轴驱动电机 9—数控装置
10—Y 轴驱动电动机 11—废丝处理器

2. 走丝系统

慢走丝系统如图 2-7 所示。未使用的新丝放丝器 2(绕有 1~5ks 金属丝)靠废丝处理器 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储丝筒上或送到专门的收集器中。

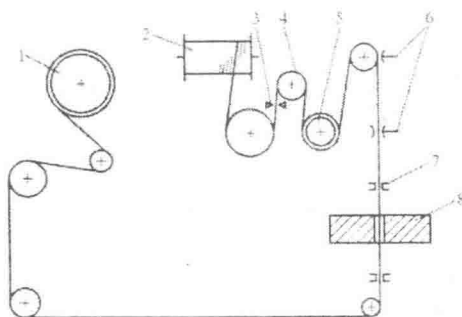


图 2-7 低速走丝的走丝系统

- 1—废丝处理器 2—新丝放丝器 3—张力感应器
4—张力电动机 5—张力调节轴 6—辅助装置
7—导向器 8—工件

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经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 2-7 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,与快走丝线切割机相比,慢走丝线切割机的走丝速度是快走丝线切割机的 1/50 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 慢走丝机床的张力控制系统如图 2-8 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动机就增大放丝阻力。调整加工区的张力到设定张力,采用一个有效的阻