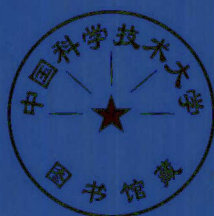


国外 电火花线切割加工

专题资料



科学技术文献出版社重庆分社

国外电火花线切割加工 专 题 资 料

一机部苏州电加工机床研究所	
中国科学院电工研究所	编 辑
上海第八机床厂	
中国科学技术情报研究所重庆分所	
科学技术文献出版社重庆分社	出 版
重庆市市中区胜利路91号	
四川省新华书店重庆发行所	发 行
科学技术文献出版社重庆分社印刷厂	印 刷

开本：787×1092毫米 1/16	印张：7.25	字数：18万
1980年6月第一版	1980年6月第一次印刷	
科技新书目：155—102	印数：4700	

书号：15176·411

定价：0.80元

前 言

电火花线切割技术是在电加工领域中崛起的一支新军。电火花线切割加工法是直接利用电能,以金属丝作为工具,采取线锯的方式切割任何高强度、高硬度以及脆、粘等难加工的金属材料。目前,随着电火花线切割工艺的成熟和加工技术的完善,这种加工方法已广泛应用于形状复杂的冲裁模具、精密微细的零件和特殊材料的样板以及电火花加工用的工具电极等制造中。

近年来,在国内外,电火花线切割技术的发展都很快,已研制和批量生产了多种型号、规格的机床,国外甚至有人认为:“电火花线切割加工已引起了模具制造业的革命”。国外电火花线切割加工技术发展的特点是采用慢速走丝系统,高电压脉冲电源并主要以去离子水作为工作液。这与我国的情况相比有一些不同之处,所达到的工艺效果也各有千秋。明显的差异是国外的加工精度较高但加工速度较低,这恰与我国相反。为了更好地发展我国的电火花线切割加工技术,及时地了解 and 掌握国外的技术水平和动态,以便取他人之长补己之短是十分必要的。为此,一机部苏州电加工机床研究所、中国科学院电工研究所、上海第八机床厂和中国科学技术情报研究所重庆分所共同编译出版了这本《国外电火花线切割加工》专题资料,供我国从事研究和使用电火花线切割加工技术的科技人员及有关人员参考。

本资料与科学技术文献出版社重庆分社于1977年出版的《国外电火花加工》专题资料是姐妹篇;与一机部技术情报研究

所于1978年出版的总结国内经验的《电火花线切割加工技术》一书互为补充。本资料内容包括综述、专题译文、典型设备介绍及题录索引四部分。主要介绍了国外电火花线切割加工技术的现状、发展趋势、科研成果、技术应用及机床设备等情况。

参加本资料编写工作的主要有谷式谿、章齐德、吴明华、张耀中和赵燕慈等同志。由于我们水平不高，错误与不妥之处一定不少，望读者批评、指正。

编 者

1979年11月

内 容 提 要

本资料主要分析了近年来国外电火花线切割加工技术发展的概况、水平与趋势,介绍了有关电火花线切割加工机床、电源、控制、工作液和使用工艺等技术问题。内容有综述、专题译文、典型设备介绍和题录索引四部分。可供从事电火花线切割机床研制和使用的科技人员及有关人员参考。

目 录

前 言

综 述

国外电火花线切割加工概况·····	(1)
-------------------	-------

专题译文

一、电火花线切割加工的有效利用·····	(19)
二、电火花线切割时力的作用·····	(34)
三、线切割加工精度·····	(39)
四、脉冲电源·····	(45)
五、电火花线切割加工机床的计算机控制技术·····	(51)
六、线切割加工间隙检测器的性能·····	(58)
七、线切割机床工作液供给装置·····	(65)
八、线切割加工模具的设计制造实例·····	(68)
九、富士通FANUC TAPE CUT系列D/G电火花线切割机·····	(72)
十、能加工带座凸模的LT300P型电火花线切割机·····	(76)
十一、清洁切割 (Clear cut) —线切割加工的高速化部件—·····	(77)
十二、电火花线切割加工工件的锥度·····	(78)
十三、可切斜度的电火花线切割机·····	(81)

典型设备介绍

典型设备技术参数、性能介绍·····	(88)
--------------------	--------

题录索引

一、线切割期刊题录·····	(104)
二、线切割专利题录·····	(111)

综 述

国外电火花线切割加工概况

章齐德 张耀中 赵燕慈 谷式谿

电火花线切割加工是电火花加工工艺的一种形式,其加工原理和电火花加工相似,也是在电极与工件间的微小间隙内施加脉冲电压,使极间的介质被击穿,形成火花放电。此时在火花放电的通道中产生大量的热能,致使金属局部熔化甚至汽化。这些熔化、汽化了的金属,由于极间爆炸力等的作用被抛出,经工作液的冷却、冲刷离开放电区域,极间介质的绝缘强度迅速恢复。如此放电过程的不断重复,即达到工件材料不断被蚀除的目的。

电火花线切割加工与通常的电火花成型加工不同之处在于其不必制造成型电极,而是利用一根金属丝作为加工用的电极,工件按一定的轨迹运动,利用电极丝与工件间的火花放电形成放电切割加工。其主要特点如下:

1. 不需要制作相同于工件形状的电极;
2. 工具电极的损耗可以忽略不计(因电极丝只使用一次);
3. 可以切割复杂形状的冲裁模、样板、

电火花成型加工用的电极及其它微细零件;

4. 适用于试制产品的零件加工,不必专门制造模具;

5. 便于实现加工自动控制和全自动化操作。

电火花线切割机床加工原理如图 1-1 所示^[1]。

一. 电火花线切割加工的现状

1.1 各国电火花线切割机床增长情况及机床拥有量

电火花线切割机床按控制方式分为三种类型:靠模仿形、光电仿形和数字程序控制。六十年代初期,苏联研制了靠模仿形线切割机床,其特点是控制系统简单,仿形精度较高。在当时对无线电和仪表等行业中的精密微细加工起了很大作用。但是这类机床需制作一个相应的靠模,往往加工是较困难的。六十年代中期研制成功光电仿形控制的线切割机,是以光电头跟踪放大图纸的墨线轨迹进行加工,放大倍数一般在 $1/100 \sim 100/1$,故适合较小零件或某些艺术品图形的加工。但对于较大的工件因放大倍数的限制,精度不易提高。同时制作一张较清晰的放大图纸也很困难。六十年代末到七十年代初发展了用计算机对加工图形自动编制程序作成穿孔纸带或磁带,然后控制机床工作台按所需要的轨迹运动。这种数控的线切割机床不仅加工机能丰富、操作简单,而且加工精度高,被认为是电火花线切割机床发展史上的一个转折点,如图 1-2 所示^[2]。

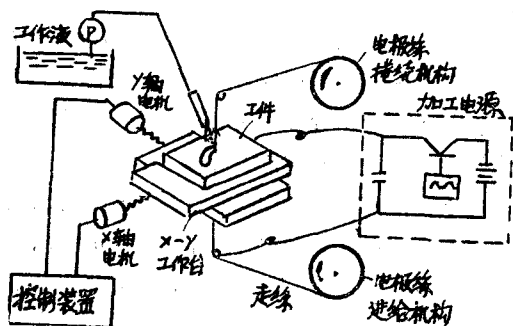


图1-1 电火花线切割加工原理图

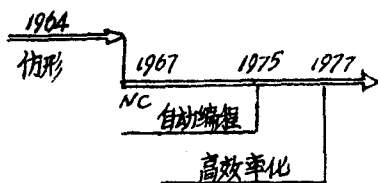


图1-2 电火花线切割机床的发展

1969年瑞士阿奇 (Agie) 公司试制成第一台数控 (NC) DEM-15型电火花线切割机床。1972年日本西部电机制造的计算机数控 (CNC) EW-20 型线切割机床首次展出。1973年瑞士查米莱斯 (Charmilles) 公司展出直接数控 (DNC) 的F40-DNC型线切割机床，至1974年又发展了直接计算机数控 (DCNC) 的F45-DCNC型线切割机床。随着电子技术的发展，计算机在各个领域中的广泛应用，已经有更多的厂商投入数控线切割机床的研究、制造和推销工作。

日本约在1970年以后从苏联、东德及瑞士等国家输入线切割机床十多台，主要用于钟表行业。随后贾派克斯 (Japax)、西部电机、三菱电机、日立精工、富士通的法奈克 (FANUC)、牧野、山爱兴业等公司都先后试制了线切割机床。日立精工从阿奇公司引进线切割技术^[3]，牧野与阿奇公司签订合同，取得了包括 DEM-15电源和数控装置的制造和销售权^[4]。肖里洛 (シュリロ) 公司输入查米莱斯公司的F40-DNC型机床。安宅产业公司输入阿奇公司的DEM-15型机床^[5]。据调查，日本东京都23区，有70%模具业、5%轧制业都有电加工机床。平均购置电火花线切割机床为每厂1.4台，应用线切割加工模具占53.7%，预计新购置的线切割机床将由目前的13.6%增加至86.4%^[6]。仅1977年日本生产的线切割机床占电加工机床的30%，其中数控线切割机床占90%以上。

日本数控线切割机床的发展情况见图1-3^[8]。

瑞士制造线切割机床较早，主要有阿奇

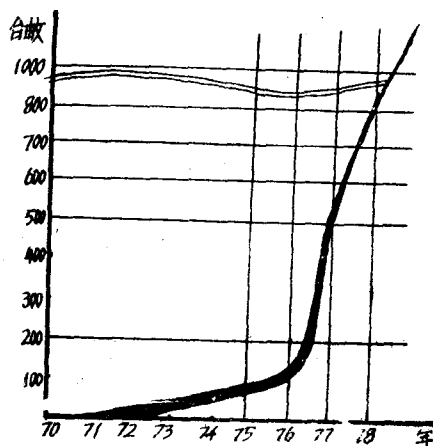


图1-3 日本数控线切割机床的发展

和查米莱斯两公司，并且是以高精度加工闻名于世，这两家公司不仅向国外输出机床和技术，还在国外设立跨国公司。

其他如苏联、美国、英国、西德、东德、法国、捷克斯洛伐克、波兰、意大利及西班牙等国家也都积极发展和应用线切割机床。

各国生产电火花线切割机床的企业数见表1-1。其中有些是生产电加工机床的专业

表1-1 各国生产线切割机床企业数

国别	日本	瑞士	美国	苏联
企业数	8	2	5	2

厂，如日本贾派克斯，瑞士阿奇、查米莱斯，美国埃洛克斯 (Elox) 等，其他则都是兼业厂。电加工机床专业厂规模一般并不大，机床的铸件 (如床身、立柱、工作台等) 靠外协，精密零部件、脉冲电源及控制箱则由本厂制造。也有些是企业间互相配套，如日本法奈克公司与岡本工作机械制作所合搞大型数控 MODEL-G 型线切割机床^[9]。美国埃洛克斯公司制造的Series-100型机床采用日本富士通的CNC控制系统^[10]。

各国线切割机床的拥有量不断增长。据统计日本1977年线切割机床约有600台。而日本贾派克斯公司至今已生产了线切割机床555台^[11]。西德在1974年拥有电加工机床约800台，其中线切割机床为300台^[12]。美

国市场上每年将投入线切割机床约100~250台^[13]。

各国每年都有大量的有关电火花线切割加工工艺及设备的专利发表,较重要的专利甚至在许多国家申请。内容包括脉冲电源、控制线路、机械结构、电极丝张力和走丝速度的调节装置、切割斜度结构、工作液的水质监视测量装置等等。这些专利对线切割技术的发展和产品的更新起很大作用。

1.2 电火花线切割机床的应用

线切割机床主要用于各种淬火钢、硬质合金等难加工材料的加工,包括各种冲裁模的凸模、凹模、凸模固定板和脱料板,电火花成形加工用的电极,精密微细零件如样板、量规、凸轮、射流元件等。它不仅能切割一般直壁模具,还可以应用斜度切割装置加工具有一定斜度的落料模具。

1.3 电火花线切割机床的发展及三化情况

由于该类机床是最近发展起来的新品种,各国的制造厂根据加工对象及本公司制造工艺的特点各自发展自己的系列产品。开始是针对加工微细零件的小型机床,随后由于加工领域的扩大,各公司相继研制和生产了中型、大型线切割机床,逐步形成产品的系列化、标准化和通用化,能提供成套的产品。

日本的贾派克斯公司制造的L系列机床数量较大,该类机床的特点是:

1. 具有精密的走丝装置、自动短路回退装置、水质自动监视与控制装置、放电间隙的最佳控制等设施;

2. 应用激光方法检查机床装配,保证无间隙高精度的传动;

3. 座标工作台具有独特的导向器、超精密的轴承;

4. 采用JAPT自动编程装置,掌握容易,用OSA的对话形式及磁带装置能准确地工作;

5. 计算机可用磁带或纸带工作;

6. 座标工作台的x、y位置,加工速度等采用数字显示,停电时具有记存信息的机能,可长时间在无人管理下运行;

7. 具有自动绘图装置,可随时直观地校核加工图形;

8. 软件机能丰富,附件先进齐全,如高速加工附件“クリアカット”即“清洁切割”装置、斜度切割附件“エッジカット”。

三菱电机公司的DWC系列的机床具有直流电机拖动、CNC和DNC控制系统及斜度切割角度较大等特点。

各国电火花线切割机床的系列产品见表1-2。机床所采用的脉冲电源、控制系统及自动编程装置一般在本公司的系列产品中都

表 1-2

各国电火花线切割机床系列产品

国 别	公 司	系 列 产 品
日 本	Japax	L200, L250, L300, L450
	西部电机 三菱电机 牧野 FANUC	EW-20, EW-30 DWC-75, DWC-80, DWC-100 DEM15/30, DEM25/60 MODEL-A, MODEL-B MODEL-C, MODEL-D, MODEL-G
瑞 士	Agie Charmilles	DEM-15, DEM-25 F40-DNC, F45-DCNC
美 国	Andrew Elox	121-Linekut, 123-Linekut, 125-Linekut Series-100, Series-200, Series-300, Series-3000
苏 联		A207.27, A207.44, A207.60, A207.61

度等变化对加工精度影响较大。在采用去离子水时要对水温及电阻率进行监视和调节。电极丝的材质、直径误差及拉丝时的残余应力也影响加工精度，所以加工前要对电极丝进行检验、退火及整形处理。此外，对工作环境的温度、湿度及尘埃等也有一定的要求，以保证稳定的加工精度。

(4) 脉冲电源

由于极间的火花放电产生爆炸力对电极丝有冲击作用，因而单纯以增大放电能量来提高生产率往往会引起电极丝的振动及断丝现象，使加工精度恶化。采用微精加工电源——Eltee 固体电源^[15]或增加重复放电频率等措施则既可提高生产率又能保证一定的加工精度。目前一般线切割机床的加工精度见表 1-4^[16]。

表1-4 各国线切割加工精度

项 目	测 定 值
椭圆度	0.01
直角度	0.005/20以下
垂直锥度	0.01/16以下
节距精度	±0.01
光洁度 钢	8~10 s.
硬质合金	3~5 s.
表面硬度 生材	23~46 HRC
热处理材	60~62 HRC
综合加工精度	±0.01~0.03

(2) 加工表面光洁度和生产率

主要取决于所用的脉冲电源和工作液。如前所述在不降低光洁度的前提下，改善极间电蚀产物的排除条件，增加重复放电频率即可以提高加工生产率。如日本贾派克斯公司研制的附件“清洁切割”就采用这种办法。据报道采用“清洁切割”可使生产率提高 1~1.5 倍，光洁度也提高 20~30%，且加工稳定，没有短路、断丝等异常现象。各国线切割机床电源、工作液及工艺指标情况见表 1-5^[17]。

(3) 特殊加工工艺

(1) 多电源加工

表 1-5 各国线切割机床工艺指标

	1967年	1975年	1977年
机床	DEM-15	A 207.61	L450
电源	STM-D	ЭВГ4	晶体管
工作液	煤 油	自来水	去离子水
工件	钢	X12M 钢	模具钢
生产率	12	15~45	~60
光洁度	▽7	▽6~7	▽6~7

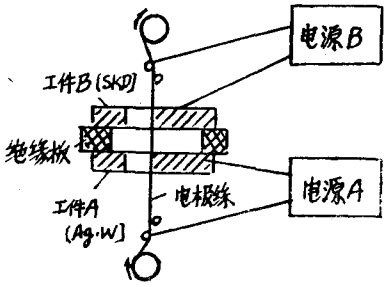


图1-6 多电源加工

如图 1-6 所示，采用两种电源同时加工两个形状相同的工件，由于放电间隙不同，加工尺寸不同（如模具的凹模与固定板）即获得 2 倍的加工效率^[18]。

瑞士的 DEM-25 型机床具有两种预定的电流，可适应于加工具有阶梯形截面的工件或光洁度要求不相同的工件，对于因电流变更间隙也变化的问题，则由机内计算机自动修正轨迹指令加以补偿，以保证切割面的光滑平整^[19]。

日本三菱电机公司对于阶梯形工件加工也有相应的最佳控制装置，以保证加工速度的稳定。图 1-7 所示为使用 SU 高速加工装置时的加工速度^[20]。

(2) 多电极丝加工

苏联的 A207.27 和 A207.60 型机床均可同时使用 2 根电极丝进行切割加工。瑞士阿奇公司对 BL 型电火花成型机床作了改装，能用 10 根电极丝同时加工^[21]。

(3) 斜度切割

各国在线切割机床上增加了切斜度附件，其中有机械传动、电气控制和所谓 3 轴与 4 轴控制等形式，其原理如图 1-8 所示。

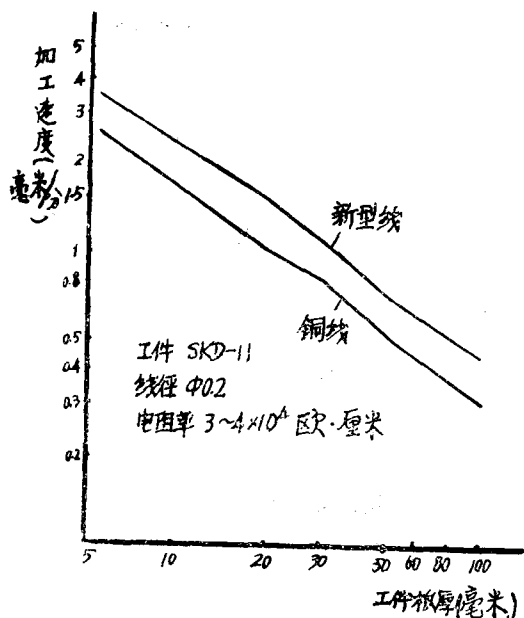


图1-7 使用 SU 装置时的加工速度

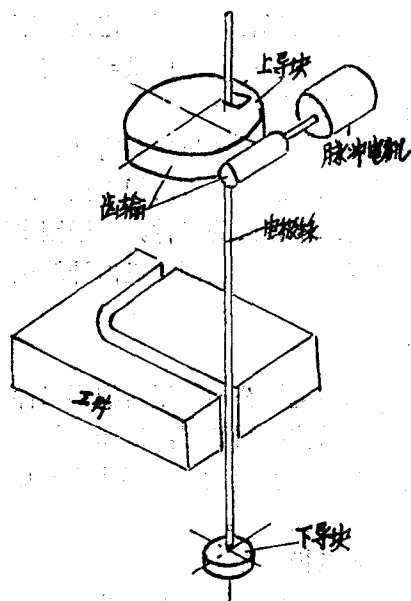


图1-8 斜度切割原理示意图

具有斜度加工机能的机床见表1-6。

日本应用切割斜度方法可一次切出凸模和凹模，如图1-9所示^[22]。

随着线切割工艺水平大幅度提高，应用范围日益扩大。日本线切割机床使用情况参

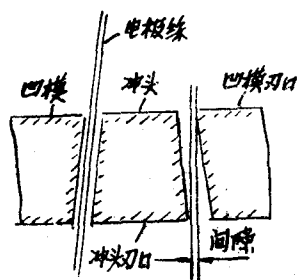


图1-9 凹模与凸模同时加工

表1-6 各国能加工斜度的线切割机床

公 司	机 床	特 点
Japax	L450	4轴控制 2°/100
FANUC	MODEL D/G	3轴控制 1°
Agie	DEM-15	4轴控制 2°/100
Charmilles	F40-DNC	3轴控制
Andrew	123-Linecut	3轴控制
Elox	Series-200	3轴控制
Herman Schimme	EA140-02	20°

表 1-7 线切割机床开动率

开动时间 (小时)	百分比 (%)
>10	64.9
7~10	16.2
3~7	18.9

表1-8 每人看管线切割机床台数

看管台数 (台/人)	百分比 (%)
2	28.6
3	28.6
4	14
6	28.6

看表 1-7、表 1-8^[6]。为了更合理地应用线切割加工，可参考图1-10^[16]。

1.5 电火花线切割的工艺规律研究

[1] 加工参数的研究

为提高线切割的工艺指标，各国对线切割加工时各种参数的影响、相互间的关系作了大量的试验和研究，摸索出一些规律。其中包括各种电规准（电压、电流、电容等）与加工速度和光洁度的关系；各种控制方式

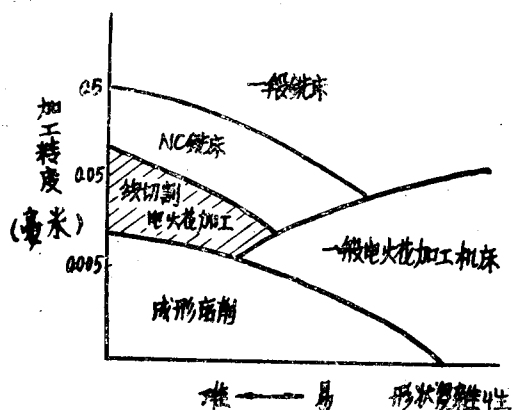


图1-10 线切割机床适用范围

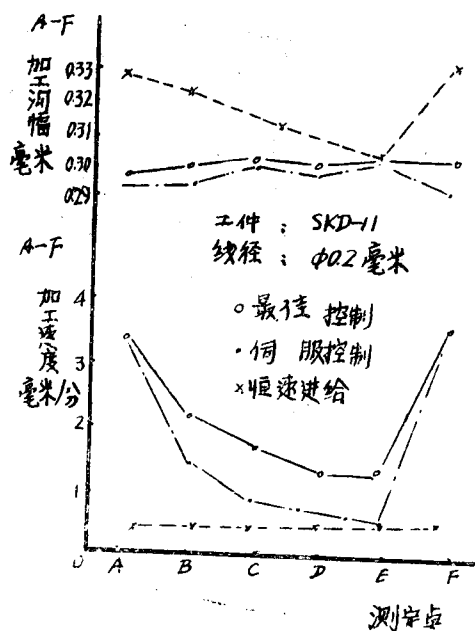


图1-11 最佳控制、伺服控制及恒速进给与加工沟幅、加工速度的关系

与加工速度的关系；电极丝直径与工件厚度、加工速度间的关系；各种线径使用时间的计算等等对选定合理加工条件，计算所需加工时间具有很大作用，参看图1-11^[8]、图1-12^[23]和表1-9^[23]。

〔2〕工作液

电火花线切割加工用的工作液有煤油、自来水和去离子水等。目前一般均用去离子水，其绝缘强度较高，不会发生火灾，但易使工件和机床生锈，要求其电阻率在 $10^4 \sim$

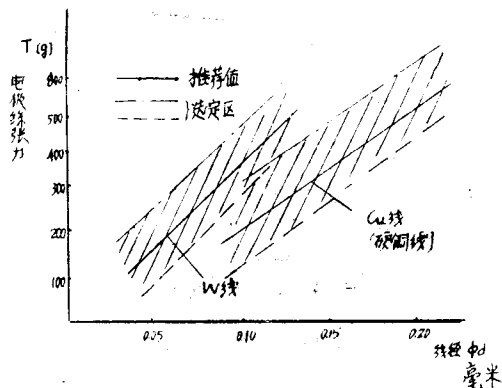


图1-12 电极丝张力与线径关系

表 1-9 电极丝直径与合适的加工厚度

电极丝直径（毫米）	合适的切割厚度（毫米）
钨丝 $\phi 0.05$	0~5
$\phi 0.07$	0~8
$\phi 0.10$	0~30
铜丝 $\phi 0.10$	0~15
$\phi 0.15$	0~30
$\phi 0.20$	0~80
$\phi 0.25$	0~100

10^6 欧·厘米之间，推荐应用 10^4 欧·厘米。因为工作液电阻率和温度对加工指标影响较大，对此必须加以自动监视和调节。图1-13^[24]为温度对工作液电阻率的影响。图1

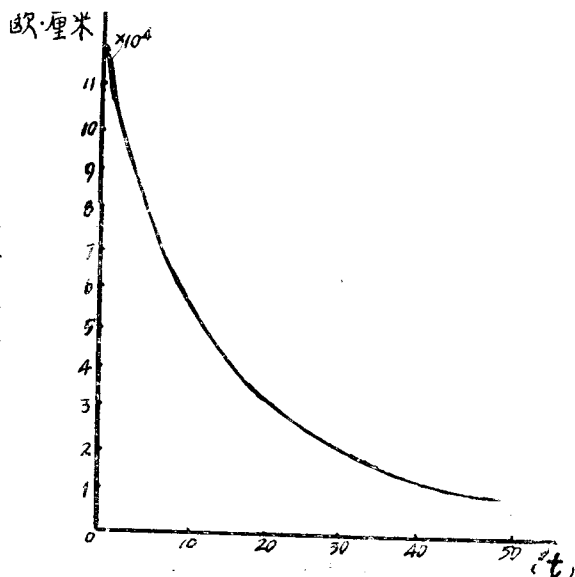
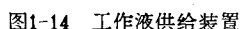


图1-13 工作液温度与电阻率关系



〔3〕电极丝

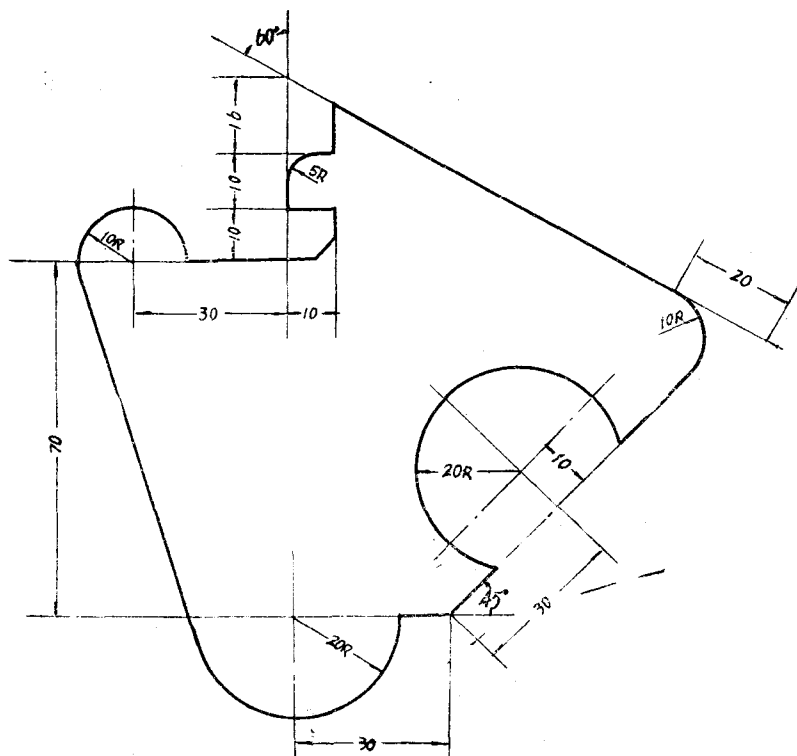
表1-10 各种电极丝的物理特性

种 类	抗拉强度 (公斤/毫米 ²)	电阻 (20℃) (微欧·厘米)	熔点 (℃)
硬 铜	34~48	1.79	1083
软 铜	25~29.5	1.76	
7/3黄铜(硬)	37~60	6.2	955
钼硬拉线	140~250	5.6(25℃)	2625
钨 线	345(φ0.05)	6.96(φ0.05)	3410
钨 线	300(φ0.10)	6.02(φ0.3)	3410

日本各公司的代表性机床在加工如图1-15所示的样品时的加工特性见表1-11。

1.6 电火花线切割机床的发展趋势

根据各国线切割机床的特点分析, 有向



材料: SKD-11 HRC60, 板厚50毫米 精度 ± 0.02 毫米以内 光洁度 $8\mu R_{max}$

图1-15 加工样品图形

表1-11 日本各厂产品加工特性

公 司	Japax	西部电机	FANUC	AGIE-牧野	三菱电机
型 号	L300A	EM-30	MODEL-D	DEM-15	DWC-75HCNC I
程序操作键的个数	210	305		490	242
编程时间 (分)	3.6	12	8	30	8
电极丝直径 (毫米)	0.2	0.25	0.2	0.25	0.2
电极丝材料	硬 铜 线	软铜线	硬 铜 线	软 铜 线	硬 铜 线
走丝速度 (米/分)	1.5	3	2	1.8	1.5
张力 (克)	760	550	900	650	550
电源电压 (伏)	200	300	300	360	300
加工电压 (伏)	120	120	190	150	170
电容 (微法)	0.2	0.075	50	0.035	0.12
脉宽 (微秒)	4	6	6	2	6
间隔 (微秒)	6	2	2	2	2
去离子水纯度 (加工前) (10^4 欧·厘米)	4	7	10	10	10
线径补偿 (微米)	1560	400	170	180	180
工作液温度 (℃)	22	29~31	30	26	19
加工时间 (时)	16.7	16小时20分	20	18	17.75
加工速度 (毫米 ² /分)	24	24.5	18	22	22.24
加工长度 (毫米)	480.9	478.3	482	474	473.7
加工精度 (微米)	±8	±12	±12	±10	±15
表面光洁度 (微米)	8~10R _{max}	9 R _{max}	8	8	8 R _{max}
椭圆度 (微米)	9	7	10	6	5

表1-12 各国大型线切割机床主要规格

国别	公 司	机 床 型 号	工作台行程 (毫米)	工件最大重量 (公斤)
日 本	Japax	L450	450×300	300
	三菱电机	DWC-100	350×300	300
	FANUC	MODEL-G	360×320	300
	牧 野	DEM-25/60	600×250	400
瑞 士	Agie	DEM-25	600×250	400
	Charmilles	F45-DCNC		260
美 国	Andrew	125-Linekut	610×305	
	Elox	W1010	250×250	453

大型精密、高效率多功能及自动化等方面发展的趋势，其应用领域在逐步扩大。电火花线切割已成为机械加工中一种必不可少的工艺方法。

(1) 机床的大型精密化

近年来日本、瑞士、美国和苏联等国家对线切割机床的结构、脉冲电源、伺服控制

系统、工作液供给等方面采取了积极的措施，使得加工精度不断提高。一些大型线切割机床，如日本贾派克斯新研制的特大型机床，工件重量可达6000公斤^[29]，但由于增加了机床的刚性，改进了结构，采用精密的传动部件，安装同步传感器或螺距校正板等，仍然能使机床保持较高精度。预计加工

精度一般将由 ± 0.01 毫米提高到 ± 0.005 毫米。

各国生产的大型线切割机床主要规格见表1-12。

〔2〕加工的高效率多功能化

进一步提高线切割的加工效率及增加功能将为该工艺开辟更广阔的前景。为此曾采用窄脉宽、高频率和高峰值电流的脉冲电源,使加工速度大幅度提高。阿奇公司研制的DEM 15-100D 电源加工D₂ 工具钢时生产率可达 50 毫米²/分。日本贾派克斯公司的“清洁切割”装置也是增加了重复放电频率来提高加工效率。

控制系统的机能不断完善,采用自动编程装置,可以对各种复杂的几何图形方便准确地编制程序,因而加工对象也将日益增多。

〔3〕加工自动化

线切割机床单机自动化程度较高,加工工艺可靠稳定,完全消除了电火花成形加工常有的火灾现象,机床可以昼夜连续运行,还可以不要人工看管。因此很多国家将把线切割机床列入机械加工的自动化工段,成为其中的一个组成部分。

二. 脉 冲 电 源

电火花线切割机床采用的脉冲电源种类较多,就是同一系列的产品中有时也存在几种不同方式的电源。主要有以下几种:弛张式,弛张式加晶体管,闸流管及晶体管电源等。由于晶体管电源具有体积小、电极损耗少、脉冲参数调节方便、便于实现适应控制和自动化技术等特点,目前一般都采用晶体管电源。目前为了适应线切割机床向大型和高效发展,晶体管电源的优越性就更为显著。

DEM-15型机床采用双脉冲晶体管高频脉冲发生器,它由集成元件和分立元件组成,参看图 2-1。其中: $V_1 = 300$ 伏; $V_2 =$

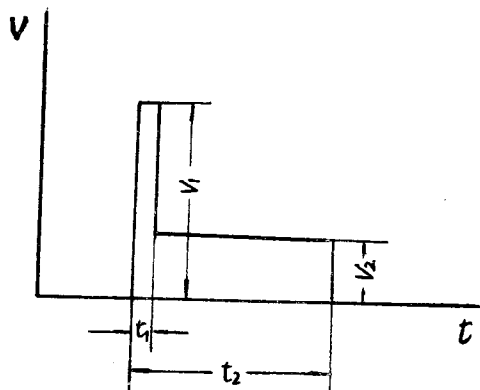


图2-1 DEM-15电源波形

100伏; $t_1 = 1 \sim 2$ 微秒; $t_2 = 50$ 微秒。这种脉冲发生器的主要参数如下:

空载电压: 380/100伏(加工间隙电压在 50~180伏之间)

加工电流: 15毫安~2安(可调)

脉冲宽度: 1~50微秒(可调),常用1~2微秒

脉冲频率: 300~380千赫(可调)

该脉冲电源具有效率高、性能好、加工稳定等优点。在电源的主回路内装有自动保护装置。当加工区域发生异常情况(如烧伤、短路、断丝等)时,自动保护装置就立即将电源切断。

日本的三菱电机公司生产的线切割机床采用EP10HA电源,该电源由大功率、高频率的晶体管开关回路和电容弛张振荡回路组成。由于它的峰值电流和频率都比较高,加工速度也大大提高了。在加工时其加工电流的大小由计算机自动控制,短路、拉弧等现象均能自动排除,因而能保证加工较稳定。图 2-2 为 EP10HA 电源方框图。

在表 2-1 中给出了几个国家脉冲电源的使用情况。

目前,脉冲电源所能达到的最高指标大致如下:

最高空载电压: 350~500伏

最大输出电流: 35安

最高加工速度: 60毫米²/分

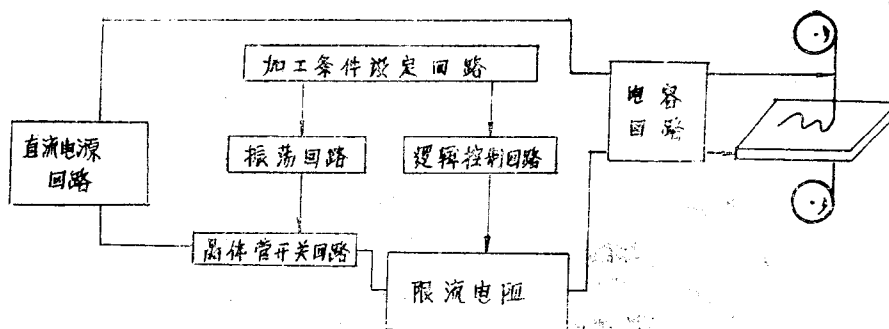


图2-2 EP10HA脉冲电源方框图

表2-1 各国脉冲电源使用情况

国 别	日 本			瑞 士	美 国	苏 联
厂 名	西部电机		三菱电机	Agie		基洛瓦坎
电源型号	SW-1	SW-35	EP10HA	STM-D16A	Agiepulse-25LD	15A 固体电源
电源方式	弛张式 + 晶体管	晶体管	晶体管	晶体管 + 电容	晶体管	固体电源
输出电压 (伏)		350	300	360		
输出电流 (安)	0.02~3	28 (短路电流)	10	16		
选配机床	EW-20, EW-30		DWC 75 DWC 100	DEM-15	DEM-25	A 207.60
生产率 (毫米 ² /分)	12	24	25			20

最高光洁度： 0.5微米(平均不平度)

退功能；9,数控定位等。

3.2程序编制

最近几年国外运用微型计算机来控制线切割机床，并用它来自动编程使线切割的功能及效率大大提高。计算机在线切割机上的应用愈来愈广泛，它在编程中节约了大量的计算时间，使编程的方法简化，尤其对于形状复杂的加工更体现了它的优越性。

图3-1 为各种 NC 系统成本和性能的比较。

在CNC、DNC、DCNC方式中的线切割机床均有自动编程的机能。一般都采用ISO或EIA代码，有些公司还配有本公司的代码系统。各个公司所使用的计算机设备都各不相同，在表 3-1 中给出了日本各公司自动编程的设备及机能。

三. 数 控 系 统

目前有NC、CNC、DNC、DCNC等几种方式，其中有闭环、半闭环和开环三种系统，以闭环系统的加工精度为最高。

3.1 数控系统的机能

国外线切割机床数控系统所具有的机能如下：1,对称加工；2,图形的移动和旋转；3,倒角(即装饰圆)；4,缩放加工，一般在100~1/100之间，有的可任意无级调整；5,电极丝偏移量，一般在0~999微米之间，有的可为任意值；6,插补方式，一般是直线和圆弧插补，有的也可进行椭圆插补如DEM-15和DEM-25机床；7,非圆曲线加工；8,回