

电火花加工汇编

内部资料 注意保存

第一机械工业部技术情报所
南京市机械工程学会
南京市机械研究所

1966年 北京

最 高 指 示

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。停止的论点，悲观的论点，无所作为和骄傲自满的论点，都是错误的。

× × ×

人民，只有人民，才是创造世界历史的动力。

× × ×

自然科学是人们争取自由的一种武装。人们为着要在社会上得到自由，就要用社会科学来了解社会，改造社会进行社会革命。人们为着要在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然里得到自由。

目 录

一、双迴路閘流管式高频电加工装置	上海无线电二厂 楊建国 (1)
二、双閘流管独立式脉冲发生器电蚀加工装置介紹	上海星火模具厂、上海上联电器厂、一机部机床研究所 (11)
三、双閘流管脉冲发生器电蚀加工装置	上海无线电三厂 (33)
四、D64KO型电火花机床	北京开关厂 (41)
五、高频电蚀加工双电子管式脉冲发生器	哈尔滨电表仪器厂 (46)
六、用高频电脉冲机床钢打钢工艺小結	吳德鑫、高紫东 (56)
七、冲模电火花加工工艺总結〔RLCL〕	北京模具厂 (65)
八、跳步模具的电火花加工工艺及其設備	国营天津无线电厂 (82)
九、电火花加工硬质合金总結	国营华林电器厂 徐煜华 (92)
十、硬质合金圓形模具的电加工	国营建华机器厂 (103)
十一、精密小孔钻模的电火花加工	七机部一院 刘庚材等 (106)
十二、冲模电火花加工的規准轉換	国营南京无线电厂 (110)
十三、冲模电火花加工机床試制中若干問題	湘潭电机厂 (118)
十四、DMJ—3型(仿苏JK3—18型)电火花机床改装	池金汉、靳益华 (123)
十五、电火花加工工作液的靜电过滤	北京低压电器厂 赵立中 (132)
十六、带有自动清洗裝置的靜电过滤器	上海华通开关厂 (136)
十七、鍛模的电脉冲加工	长春汽車分公司工具处 (139)

双迴路閘流管式高频电加工装置

上海无线电二厂 楊建国

一、前 言

利用电脉冲对金属材料进行电火花加工,在国外已得到了很大的发展。近年来,由于党和国家的重视与关怀,我国的电加工事业,发展极为迅速。目前,RC型(包括派生的RLC及RLLC型)弛张式脉冲发生器,在电加工装置中已应用得极为广泛。为了加速社会主义建设的需要,满足产品高精尖的要求,我国的科研单位,已先后研制成功了电子管式和閘流管式高频电加工装置,效果显著,大大提高了我国电加工的技术水平。

我厂很早就有了电加工设备,原来只能用于一些金属材料的穿孔或切割,正式使用于模具的生产是从1962年开始的。当时的情况是:电子工业的迅速发展以及高精尖产品的逐渐上马,模具制造不仅是由于机械加工和手工操作在生产数量上不能满足要求,而且在质量上也难得到保证。模具制造就成了我厂生产中的关键问题。为此,我厂在上级局的大力支持以及厂党委的重视下,及时组织专业人员,首先赶制了一台D63型RLLC式电加工机床,同时对原有设备进行了改进;随后又分析了电蚀加工的有关资料,考虑到电子管式由于电子管的内阻大,閘流管式的由于閘流管的频率极低,两者的输出功率均会受到限制。根据本厂的实际需要,确定集中精力于1964年6月开始,对双迴路閘流管式高频电加工装置进行研究试制。开始时我们的信心不足,感到水平低、经验少、缺乏资料,尤其看到在閘流管式脉冲发生器中最为关键的脉冲变压器的发热问题,在国内外都没有彻底解决。关于双迴路閘流管式脉冲发生器的资料,国内尚未出现,在国外的许多文献中,只有在苏联的两本书中仅作了一些概括性的介绍,看来,要是完全根据这种资料进行试制也是难以成功的。因而曾框框地认为:类此课题应在科研单位进行解决。通过了对主席著作的学习以及社会主义教育运动,大家的思想觉悟大大提高,看清了国内外大好形势,树立了革命化思想。在上级局的大力支持和厂党委的正确领导以及兄弟单位的无私协助下,虽则在研制过程中,碰到不少困难,但经过了几十次的失败后,终于在半年多的时间内,研制成功了。我厂自行设计制造,元件全部国产的双迴路閘流管式高频电加工装置,并彻底地解决了脉冲变压器的发热问题。这台机床现已投入生产,实践证明,这种装置的生产率确较单迴路式(即单管式)的增加近乎一倍,较之一般的弛张式电加工装置提高5倍以上,效果颇为显著。

由于我们的水平很低,实际经验又不足,加之测试设备不全,无疑,在电气线路的设计、装置结构等方面不尽合理,且存在不少尚待进一步探讨的问题。希各兄弟单位批评指教。

二、装置简述

本装置(图一)共包括机械部分,脉冲发生器部分,自动控制部分及蚀除物排除部分。

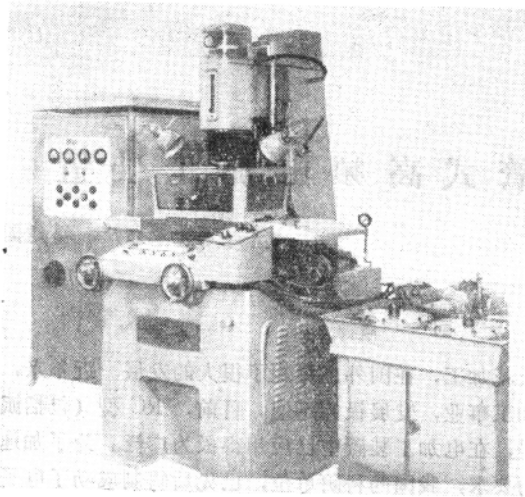


图 1

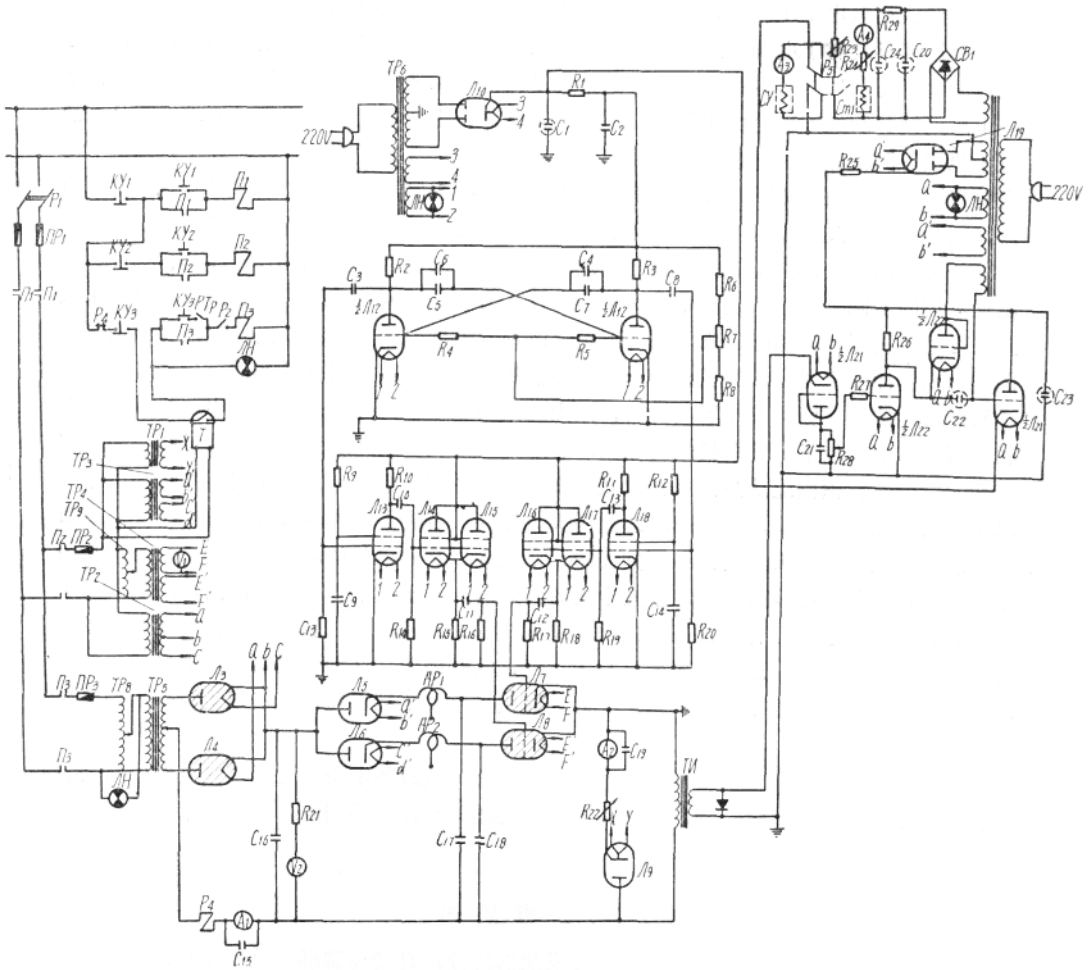


图 2

序 号	代 号	规 格 型 号	名 称	数 量	注 备
1	JL _{3,4}	872	电子管	2	串 接
2	JL _{5,6,9}	B1-0.1/30	电子管	14	
3	JL _{7,8}	2QM-1 130/10	电子管	2	
4	JL ₁₀	5U4	电子管	2	
5	JL ₁₂	6H8C	电子管	1	
6	JL ₁₃₋₁₈	6Π3C	电子管	6	
7	JL ₁₉	6Z4	电子管	1	
8	JL ₂₁	6H2Π	电子管	1	
9	JL ₂₂	6H5C	电子管	1	
10	R ₁	RT-4W-23K-I	炭膜电阻	1	
11	R _{2,3}	RT-2W-15K-I	炭膜电阻	2	
12	R _{4,5}	RT-1W-300K-I	炭膜电阻	2	
13	R ₆	RT-2W-30K-I	炭膜电阻	1	
14	R ₇	WTH-2W-100K-I	电位器	1	
15	R ₈	RT-2W-10K-I	炭膜电阻	1	
16	R _{9,12}	RT-5W-51K-I	炭膜电阻	2	
17	R _{10,11}	RT-20W-10K-I	线绕电阻	2	
18	R _{13,20}	RT-1W-10K-I	炭膜电阻	2	
19	R _{15,18}	10W-1K	线绕电阻	2	
20	R _{16,17}	RT-1W-3.3K-I	炭膜电阻	2	
21	R ₂₁	RT-2W-20K-I	炭膜电阻	20	
22	R ₂₂	300W-300Ω	瓷盘电位器	1	
23	R ₂₃	10W-40K	胶木电位器	1	
24	R ₂₄	150W-1K	瓷盘电位器	1	
25	R ₂₅	RTY-5W-1K-I	线绕电阻	1	
26	R ₂₆	RTY-1W-300K-I	炭膜电阻	1	
27	R ₂₇	RT-1W-51K	炭膜电阻	1	
28	R ₂₈	RTH-2W-22K	电位器	1	
29	R ₂₉	RXY-10W-500Ω	线绕电阻	1	
30	C ₁	CD-30μF-450V	电解电容器	4	
31	C ₂	CZM-0.4μF-400V	浸质电容器	1	
32	C ₃ ^{4,5,7}	CY-51PF-500V	云母电容器	4	
33	C _{4,6}	CCWY-4.5-20PF	微调电容器	2	
34	C _{17,18}	2000PF-1000PF-12KV	瓷盘卷边电容器	2	
35	C _{9,10,13,14}	0.01μF-500V	瓷质电容器	4	
36	C _{11,12}	CY-3920PF-500	云母电容器	2	
37	C _{15,19}	CZX-0.1μF	纸质电容器	2	
38	C ₁₆	CZM-6μF-4KV	油浸电容器	1	
39	C ₂₀ ²⁴	CD-20μF-300V	电解电容器	2	
40	C ₂₁	CZX-0.01μF-450	瓷质电容器	1	

序 号	代 号	规 格 型 号	名 称	数 量	备 注
41	C ₂₃	CD—10 μ F—300V	电解电容器	2	
42	TP ₁	250VA	低压B ₁ 灯丝变压器	1	
43	TP ₂	80VA	872 管灯丝变压器	1	10000V
44	TP ₃	100VA	高压B ₁ 灯丝变压器	1	10000V
45	TP ₄	62VA	闸流管灯丝变压器	1	
46	TP ₅	2KVA	电源变压器	1	15000V
47	TP ₆	450VA	触发器电源变压器	1	
48	TP ₇	90VA	自动液压源变压器	1	
49	TN	500W	脉冲变压器	1	
50	ДР _{1,2}	0.132H 0.0665H	空芯电感器	2	
51	ЛН		指示灯	4	
52	V ₁	0—10V	交流电压表	1	
53	V ₂	0—2.5KV	直流电压表	1	改 装
54	A ₁	0—500mA	直流电流表	1	
55	A ₂	0—2A	直流电流表	1	
56	A ₃	0—50mA	直流电流表	1	
57	A ₄	0—1A	直流电流表	1	
58	P ₁		闸刀开关	1	
59	P ₂		行程开关	1	
60	P ₄	144 型	高压灵敏继电器	1	改 装
61	P ₅	双刀双掷	高压灵敏继电器	2	
62	KY ₁₋₃	按钮 LA	按 扭	3	
63	П ₁₋₃	D114.4	中间继电器	3	
64	T	202 型	电动式时间继电器	1	
65	ПР _{1,2,3}		保险丝	3	
66	CB ₁	35 × 35	硒整流器	1	
67	CY		控制线圈	1	
68	Cm		激磁线圈	1	
69	P _{2TP}		行程开关	2	
70	TP _{8,9}		调压变压器	2	

茲分別簡述如下：

(一)机械部分

机械部分包括机座、机身、主軸头与坐标式工作台。机座与机身皆为生铁铸件。机身立于机座之上，内装自动调整器的电气装置。主軸头的升降采用电动式，由装在机身顶部的马达，通过齿轮传动丝杠进行上下移动。工作台的纵横向调整，均为手动式。整个的结构与一般的电加工机床并无异样，故不再赘述。

(二)脉冲发生器部分

脉冲发生器是由脉冲电源，脉冲变压器，触发器三部分組成，电路原理参看图二。

高压变压器TP 5 和高压整流管 J₃，J₄ 組成高压直流电源。考虑到充气电子管的性能以及电規准的調节而增設了調压变压器TP₈。电容器C₁₆是为了滤波及稳定直流电源电压，

在双迴路中显得更为重要。高压直流的测量采用欧姆法。电压表 V_2 上的指数是根据通过电阻 R_{21} 的电流与其阻值的积数而刻度的。脉冲电源包括充电迴路和放电迴路。充电迴路由直流电源、二极管 Π_5, Π_6 , 电感器 $\Pi P_1, \Pi P_2$ 以及储能电容器 C_{17}, C_{18} 组成。其任务是将直流电源的电能传递给储能电容器。由于触发器彼此前后, 间隔相等的将引燃脉冲输入到闸流管 Π_7, Π_8 的栅极, 放电迴路——由储能电容器、闸流管、脉冲变压器 T_N 组成——其中闸流管, 便像閘門一样, 定期的、交替的将电能通过脉冲变压器输送到火花放电间隙。二极管 Π_9 , 可調电阻 R_{22} 组成放电迴路的阻尼电路, 其目的是为了削弱输出脉冲电压的負半波, 以便减少电极損耗。电流表 A_1 、电容器 C_{15} 和电流表 A_2 、电容器 C_{19} , 分别用于测量充电迴路和阻尼电路的平均电流, 調压变压器 TP_9 用来調整闸流管的灯絲电压, P_4 为过流继电器。

在充电迴路內串接輔助二极管, 有着一定的实用意义, 該管在未达到饱和电流值时, 其內阻是不大的。经过一些数学計算, 不难发现, 串接輔助二极管的充电迴路 仍能保持 LC 振荡充电的优越性, 并可足够准确的根据大家所熟知的公式进行計算即,

$$U_c = Ea + (U_c(O) - Ea) \left[\cos \omega t + \frac{\sin \omega t \cdot \sin T}{1 - \cos \omega t} \right]$$

$$i(t) = - \frac{Ea - U_c(O)}{L/C} \left[\sin \omega t + \frac{\cos \omega t \cdot \sin \omega T}{1 - \cos \omega t} \right]$$

但是在充电迴路內串接了輔助二极管, 該管的作用不允许在充电迴路內出現反向电流, 因而可以相应地扩大脉冲发生器的频率使用范围。即是在 $f \frac{1}{\pi \sqrt{LC}}$ (振荡充电状态)

时, 储能电容器上的放电电压将能保持在同一最大充电水平, 因而充分利用了电能。同时也便于脉冲频率的随时調节, 这是本装置的优点之一。脉冲发生器的另一优点是: 在放电迴路內恰当的选择了接地点, 从而順利地解决了双迴路在脉冲放电过程中的相互影响問題, 并获得了一系列好处: 闸流管以及阻尼二极管的灯絲电压处于地电位, 灯絲变压器 (TP_1, TP_4) 不必有耐高压要求, 制造簡便, 可調电阻 R_{22} 亦为地电位, 保证操作安全。

脉冲变压器是高频电加工装置中主要元件之一。它的作用不仅是为了脉冲电压幅值的变化, 并且关系着輸出阻抗的匹配。为了彻底解决脉冲变压器在制造过程中的困难以及保证在电加工时的正常使用, 本装置采用了铁淦氧式脉冲变压器 (图三)。磁性材料暫采用 M5, 外径为 $\Phi 70$ 毫米, 內径为 $\Phi 30$ 毫米, 高为 20 毫米。考虑到绕制时的方便起見, 目前是用每組三只磁环相叠, 外包黄腊綢若干层, 初級用高强度漆包线 $\Phi 1$ 毫米绕 30 匝, 作为一組, 兩組相叠, 中間垫有絕緣层。次級用多股漆包线合成, 外包 10 层黄腊綢, 穿芯绕 1 匝, 脉冲变压器的名义比为 60:1。众所周知, 铁淦氧脉冲变压器成本低, 体积小, 制造簡便, 修理容易且可正常地工作于高频脉冲状态。

触发器部分, 即闸流管的栅极电路, 由主振級、放大級、輸出級组成, 其目的是用以实现闸流管的导通与截止。主振級采用一只双三极管形成对称多諧振荡脉冲信号, 脉冲频率的变化可用电位器 R_7 进行調节。这种設計的优点不仅具有正偏压的好处——脉冲频率稳定, 而且脉冲频率的調节也显然灵活的多。微調电容器 C_4, C_6 的增設是考虑到对称电路难免的电参数差异, 而用于触发脉冲间隔的調整, 这是十分必要的。触发器部分的設計是根据脉冲闸流管 ZQM 1—130/10 說明书中所提出的技术要求而計算的。正脉冲信号应可靠

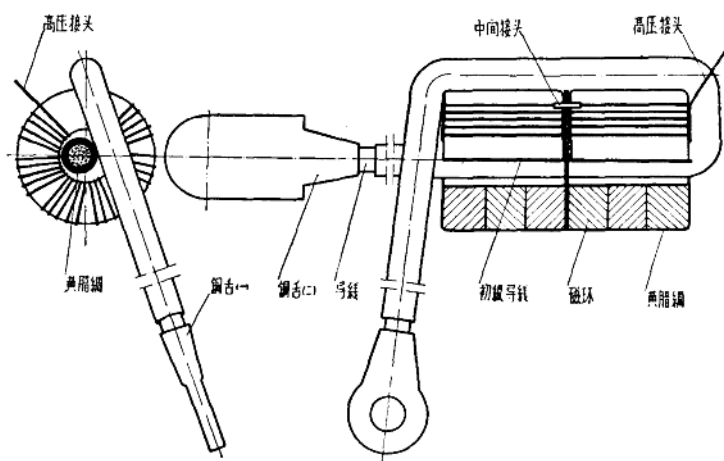


图3

的使閘流管导通，負脉冲信号应足以使閘流管截止。

(三) 自动控制部分

自动控制部分包括操作线路及火花間隙的自动調整装置。

为了设备的安全及生产过程的实际需要，在操作线路里增設一些連鎖接点。時間继电器T及安装在調压变压器手柄上的微动开关PT_P是为了保护充气管的安全。行程开关P₂是为了实现生产过程的自动化。双向鈕子开关P₅是考虑到加工前的校模而增設的。

火花間隙的自动調整装置，采用了一机部机床研究所設計成功的电——液 压 主 軸 头 (CYT—2 型)而自行制造的，其原理实质上是一个电液压力功率放大器。火花間隙通过中

环节——机械轉換器——将电信号轉变为机械位置信号，以便形成火花間隙的自动追踪。它的結構示意于图四，組成方框图见图五。电气部分的設計采用了二只双三极管J121, J122組成了測量、放大、比較、輸出四个环节。当火花間隙由于蝕除量与进給量不相等而出現了間隙增量 ΔX 时，电放大环节則以 ΔX 为函数而有电增量 ΔI 輸出，中間环节——电机械轉換器——将电訊号轉換为机械位置信号，使噴咀挡板間隙出現位置增量 ΔS 。液压放大环节則以 ΔS 为函数而有压力增量 ΔR 輸出，并通过执行机构，移动主軸进行火花間隙的自动調整，促使火花間隙增量趋于消失。

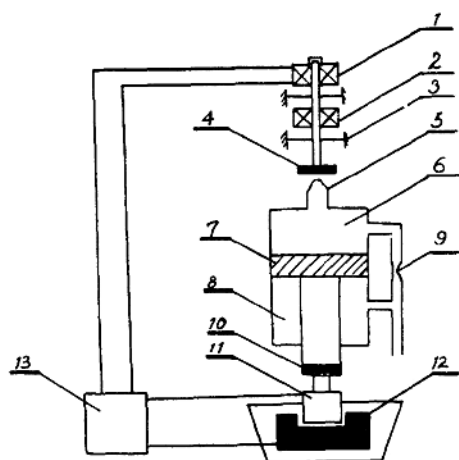


图4

1. 控制线圈 2. 激磁线圈 3. 弹簧片 4. 挡板 5. 噴咀
6. 油缸上腔 7. 活塞 8. 油缸下腔 9. 阻尼孔
10. 主軸 11. 电报 12. 工件 13. 电测放大环节

(四) 蝕除物排除部分

蝕除物排除系統即油过滤部分，它的結構示意于图六，原理簡單，容易明了。值得

說明的是，高频电蚀加工过程中的金属
 蚀除物的排除問題显得更为重要，实践
 证明排除系統的油压大小对自动調整系
 統的稳定性影响很大，这在开始加工及
 加工結束时表现得更为明显。

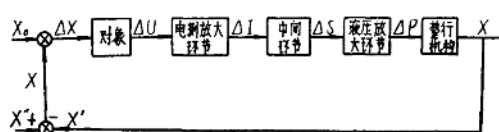


图 5

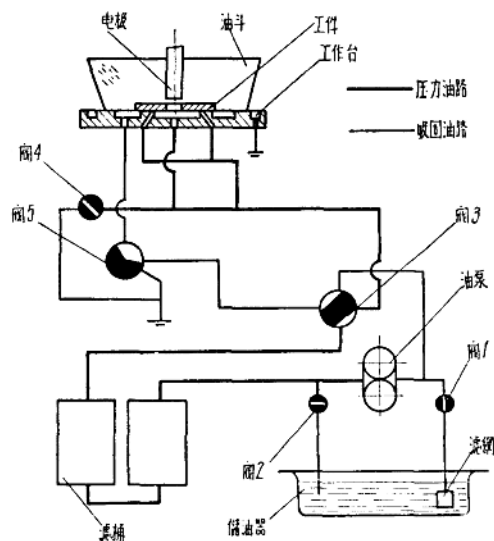


图 6

三、工 艺 試 驗

(一)基础工艺試驗

为了比較双迴路与单迴路開流管式高频电加工装置和普通的馳张式电源的加工生产率情况，我們用同一电极材料对相同的工件进行了如下試驗。試驗证明，即是在光洁度为 $\nabla\nabla$ 的情况下，单迴路開流管式的加工生产率确比馳张式高，而双迴路開流管式就显得更高。

開流管式高频电加工装置

进給装置：电液压主軸头(DYT—2 型)。

电源电压：1.6仟伏，加工电容量：2000微微法。

脉冲频率：35仟赫，工件厚度：8.2毫米。

加工形状：方形13毫米×13毫米。

电极材料：生铁。

表 1

脉 冲 发 生 器	单 迴 路		双 迴 路	
工件材料	Cr WMn	T10A	Cr WMn	T10A
单边余量毫米	0.4	1.1	0.4	1.1
加工生产率毫米 ³ /分	15	19	25	27
光洁度	▽▽6	▽▽6	▽▽6	▽▽6
电极损耗	<30%	<30%	<30%	<30%

RLLC 电源

进给装置：双机差动。

电源电压：250伏

加工电压：120伏。

加工电容量：0.1 微法

工件厚度：8.2毫米。

加工形状：方形13毫米×13毫米

电极材料：生铁

表 2

工 件 材 料	Cr WMn	T10A
单边余量毫米	0.4	1.1
加工生产率毫米 ³ /分	2	2.7
光洁度	▽▽6	▽▽6
电极损耗	>50%	>50%

(二)生产实例

实例 编号	1		2		3		4		5			
模 具 编 号	2056	2012/1	2012/2	2012/3	2097/1	2097/2	2097/3	0.091/1	0.091/2	0102/1	0102/2	
工 件 种 类	凹模	凹模	固 定 板	脱 料 板	凹 模	固 定 板	脱料板	凹模	固定板	脱料板	凹模	脱料板
加 工 形 状	图 7	图 8	图 8	图 8	图 9	图 9	图 9	图 10	图 10	图 11		
电极材料	生铁	生铁	生铁	生铁	生铁	生铁	生铁	生铁	生铁	生铁	生铁	生铁
工件材料	T8	9CrWMn	A5	A5	Cr12	A5	A5	A5	A5	A5	T10A	A5
加工周长	118	150	150	150	230	170	230	230	174	174	667	667
加工厚度(毫米)	12.16	3	10	15	12	10	10	18	18	12	20	10
单边加工余料(毫米)	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6	0.7	1.2	1.2	0.8	0.8
加工时间(小时)	0.45	0.55	1.20	7.30	0.40	3.13	0.30	1.50	1.35	1.20	9	5
平均生产率(毫米 ³ /分)	23	3.8	11	2	33.6	7.1	36	10	42	32	19.6	21.1
加工光洁度(目测)	▽▽▽ ₇	▽▽▽ ₇	▽▽ ₆	▽▽ ₆	▽▽▽ ₇	▽▽▽ ₇	▽▽ ₆	▽▽ ₆	▽▽ ₆	▽▽ ₆	▽▽▽ ₇	▽▽▽ ₇
双面间隙(毫米)	0.04	0.05	0.04	0.06	0.06	0.06	0.06	0.04	0.09	0.10	0.1	0.12
刃口斜度(分)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
脉冲发生器	双管	RLLC	单管	RLLC	双管	RLLC	双管	双管	双管	双管	双管	双管
进给装置	液压	差动	液压	差动	液压	差动	液压	差动	差动	差动	差动	差动
电源电压	1.6 仟伏	200伏	1.6 仟伏	200伏	1.6 仟伏	200伏	1.6 仟伏	1.6 仟伏	2.0 仟伏	1.6 仟伏	1.6 仟伏	1.6 仟伏
脉冲频率(千赫)	3.5~50	50	35	35	35~50	35~50	35	35	35	35	35~50	35~50
加工电容量	1600~1000 微微法	0.25~1000 微微法	0.1 微微法	0.1 微微法	2000~1000 微微法	0.25~0.26 微微法	2000 微微法	2000 微微法	2000 微微法	2000 微微法	1000~2000 微微法	1000~2000 微微法
电极长度(毫米)	50	12	42	42	45	45	45	45	60	65	65	65
电极损耗	<30%	>50%	<30%	>50%	>50%	<30%	>50%	<30%	<30%	<30%	<30%	<30%

附注: 以上生产实例由于质量要求, 电极未作工艺措施。

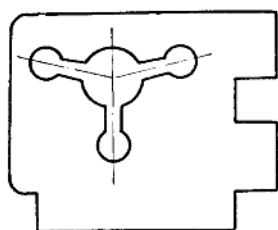


图 7

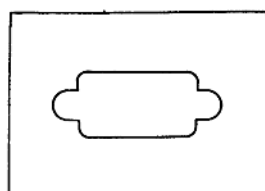


图 8



图 9

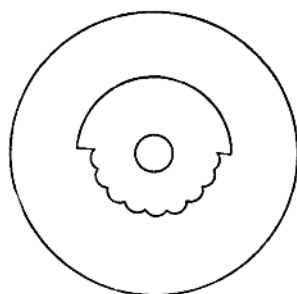


图10

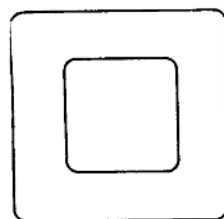


图11

四、技术规格

(一)机械部分:

工作台面积(长×宽)	350毫米×250毫米
主軸头最大行程	220毫米
主軸最大行程	130毫米
主軸相对于工作台的垂直度	0.01/300
工作台平行度	全程0.01毫米
外型尺寸(长×宽×高)	1200毫米×1200毫米×1940毫米
加工模具最大尺寸	200毫米×300毫米

(二)电气部分:

最大消耗功率	3 瓩
高压整流器电压	2.5千伏
脉冲频率	35~70KC
脉冲电压幅度	50~90伏
脉冲宽度	3~5 微秒
输出功率(估計)	500瓦

(三)工艺指标

表面光洁度	▽▽ 6 ~ ▽▽▽ 7
加生产率(毫米 ³ /分)生铁电极	A 5 25—40 T10A 23—30

	CrWMn	20—28
	Cr12	19—25
	Cr12Mo	15—20
	(单管)9CrWMn	10—15
側面間隙(单面)		0.03~0.06毫米
刃口斜度		<10'
电极損耗		<30%

五、結 束 語

(一)双迴路閘流管式高频电加工装置有着肯定的优点, 特别适合光洁度在 $\nabla\nabla 6 \sim \nabla\nabla\nabla 7$ 的一般中小型冷冲模具的电蚀加工。应该说明的是本装置还存在着潜力, 或者在电路方面加以改进, 则可使閘流管式高频电加工装置的加工生产率以及光洁度大为提高。

(二)先进的电液压主軸头具有一系列优点, 效果良好, 但在实际使用中发现排除系统的油压对自动调整的影响较为显著, 尚待探讨是否还有更好的自动调整装置, 亦须继续试验。

(三)閘流管式高频电加工装置可用同一电极加工凹模, 固定板和脱料板, 从而缩短了模具制造周期。在实际生产中发现不同金属材料的相对加工, 其效果却显著不同。有的容易加工, 有的则很难加工, 甚至极易拉弧。被加工工件表面大都存有“丝纹”现象, 原因尚不明, 目前尚无法消除。

(四)金属蚀除物的排除在高频电加工过程中显得特别重要。今后应在这方面加强研究试验工作。

(五)无疑的, 脉冲变压器的匝数比以及结构设计都是相当重要的。本装置中目前所用的脉冲变压器, 在这方面不尽合理, 尚待进一步改进。

(六)影响加工生产率的因素很多, 其中加工工件的几何形状, 刃口深度、面积、周长操作水平以及金属材料性质的不同, 加工生产率亦显著不同。若采用适当的工艺措施, 实践证明, 可以相应地提高生产率。

双閘流管独立式脉冲发生器电蚀加工装置介绍

上海市星火模具厂 上海市上联电器厂 一机部机床研究所

近年来单閘流管独立式脉冲发生器在生产上已逐步推广应用, 可是由于受閘流管工作能力的限制, 难于提高脉冲频率和加大输出功率。为了迎接生产新高潮, 适应日益增多的冲模加工需要, 我们进行了双閘流管独立式脉冲发生器放电加工装置研究, 以便进一步提高加工生产率。生产中迫切需提高的是加工平均生产率, 以缩短放电加工周期。为了提高平均生产率, 便应加大粗加工的输出功率, 在保证所需的光洁度下, 提高脉冲频率以提高精加工生产率。

提高脉冲频率和加大输出功率, 在目前条件下都受到脉冲閘流管工作能力的限制, 例

如：额定频率不超过30000赫，平均板极电流不大于250毫安等。因此，必须采用双闸流管独立式脉冲发生器才能满足上述需要。

根据需求和可能，我们拟定了双闸流管独立式脉冲发生器放电加工装置预期的主要技术指标(表1)，为了便于比较，表2列出了单管放电加工装置的主要技术指标。由表1和表2的加工工艺指标可以看出，前者比后者的平均生产率提高了50%以上。

表1 双闸流管独立式脉冲发生器电触加工装置主要技术特性

输入功率(瓦)	约2000
空载脉冲电压幅值(伏)	100~320
脉冲频率(赫)	25000、50000
脉冲持续期(微秒)	2~6
电源电压(伏)	220
工具电极相对长度耗损(最大)	33%
放电间隙(双面)(毫米)	0.02~0.06
刃口的斜度(分)	4~6
铸铁工具电极加工碳素钢模具的平均生产率(毫米 ³ /分)	
(最后光洁度达▽▽▽ ₇)	12~15
试验室平均生产率指标(在上述条件下)超过20毫米 ³ /分	

表2 单闸流管独立式脉冲发生器放电加工装置的主要技术特性

输入功率(瓦)	220
空载脉冲电压幅值(伏)	80~150
脉冲频率(赫)	25000
脉冲持续期(微秒)	4.7~7
工具电极相对长度耗损(%)	约30
放电间隙(双面)(毫米)	0.03~0.06
12毫米高刃口的斜度(分)	>10
钢制工具电极加工碳素钢模具的平均生产率(毫米 ³ /分)	
(以坚定试样为例，光洁度▽▽6上，▽▽▽7下)	8.3

一、双闸流管独立式脉冲发生器的作用原理

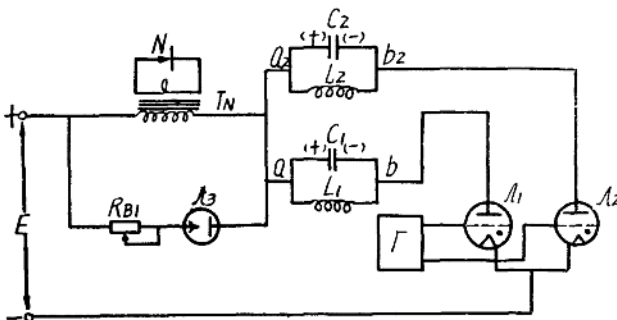


图1 双闸流管独立式脉冲发生器主回路的原理路线。

双闸流管独立式脉冲发生器的作用原理，基本上与单闸流管独立式脉冲发生器的作用原理（详见“文献[1]”）相同。区别在于，为了避免双闸流管在轮流导通时的相互影响，采用了充电电感 L 与电容器 C 的并联回路。其作用原理如图1所示。

图1中 J_1 和 J_2 是脉冲闸流管, 当触发电路的引燃信号轮流地加在 J_1 和 J_2 的栅极时, J_1 和 J_2 便轮流导通。以 J_1 导通为例, 这时高压直流电源 E 串接电容器 C_1 经过脉冲闸流管 J_1 和脉冲变压器 T_N 的初级绕组放电, 电能经过脉冲变压器 T_N 输向火花间隙 N , 完成放电加工过程。在这一过程中, 电容器 C_1 上的电压是按 U_{ks} 方向增加的, 直到脉冲闸流管 J_1 熄灭瞬时为止, 这时电容器上的电压 $U_{as} = U_{ks}$ 。

在放电过程中, 通过火花间隙的电流可用下式表示:

$$i(t) = \frac{(E + U_{ks} - e')KN}{\sqrt{\frac{L_s}{C}}} \sin \sqrt{\frac{t}{L_s C}} - \frac{e'KN}{L_M} t \quad (1)$$

式中 E ——高压直流电源电压(伏);

U_{ks} ——脉冲闸流管 J_1 熄灭瞬时, 电容器 C_1 的电压 U_{as} (伏);

e' ——假设的火花间隙恒压反电势换算值(伏)[1];

K ——脉冲变压器 T_N 的耦合系数;

N ——脉冲变压器 T_N 的名义变比;

L_s ——脉冲变压器 T_N 的漏感(亨);

C ——电容器的电容量(法拉);

L_M ——脉冲变压器的激磁电感(亨)。

由式(1)可以看出, $i(t) = 0$ 时, 放电停止, 因此, 放电的脉冲持续期 t_N 可由下式确定:

$$\frac{t_N / \sqrt{L_s C}}{\sin \sqrt{\frac{t_N}{L_s C}}} = \frac{1/\Delta - K}{\frac{1}{K} - K} \quad (2)$$

式中 Δ 是变比常数, 等于:

$$\Delta = \frac{Ne}{E + U_{ks}} \quad (3)$$

e ——火花间隙恒压反电势(伏)。

经过一些运算, 可以找出放电效率为:

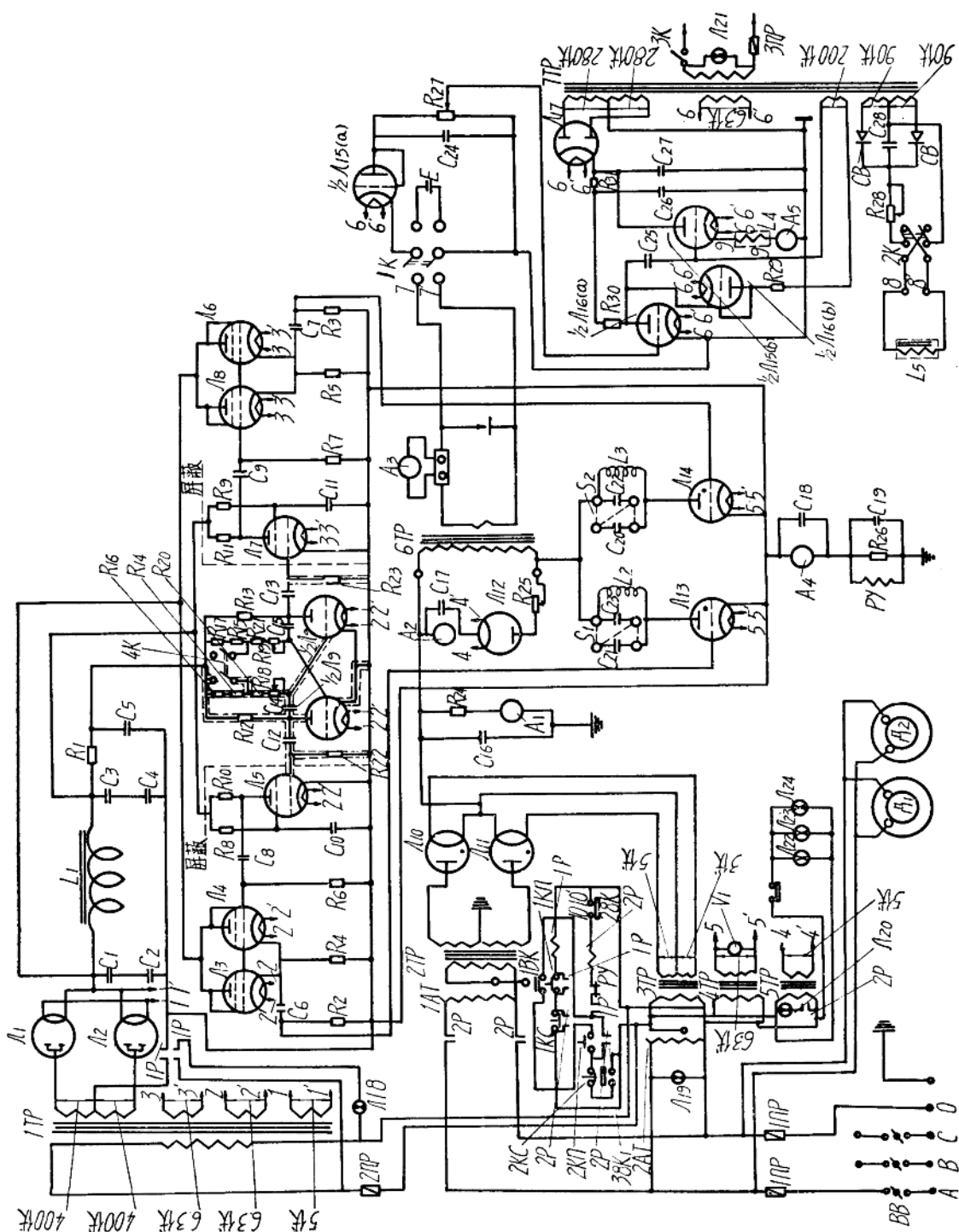
$$\eta_p = 2\Delta K(1 - \Delta K)(1 - \cos \sqrt{\frac{t_N}{L_s C}}) - \Delta^2(-K^2)\frac{t_N^2}{L_s C} \quad (4)$$

脉冲闸流管熄灭后, LC 并联回路中便产生振荡过程, 我们控制 L 、 C 的参数和触发脉冲频率, 使之成为谐振的过充电状态, 即在这一过程中, 电容器 C 上的电压由 $+U_{ks}$ 变成 $-U_{ks}$ 瞬时, 下一个触发脉冲信号正巧使脉冲闸流管再次引燃, 如此复始循环下去, 为了获得谐振的过充电状态, 以防在脉冲闸流管或脉冲变压器两端出现过电压, 引起设备损伤或安全事故, 应用下式确定电感 L 的数值:

$$L = \frac{(2 - f_N t_M)^2}{\pi^2 f_N^2 C} \quad (5)$$

式中 f_N ——双管独立式脉冲发生器的频率。

以上简短分析是针对双管中任一支路的, 两支路的充放电过程完全一样, 唯一差别只



2 图