

出 版 说 明

为了介绍我国机床行业的概况，由北京机床研究所组织有关单位编写一套《国内机床行业基本情况》参考资料——金属切削机床。

《国内机床行业基本情况》参考资料—金属切削机床，按产品分十册出版，其中不包括磨床产品。磨床部分请参阅北京机床研究所、上海磨床研究所等于1973年合编的《国内外磨床概况及其分析》一资料。

《国内机床行业基本情况》参考资料—金属切削机床，第一册普通车床、自动车床概况及其分析；第二册铣床概况及其分析；第三册钻镗床概况及其分析；第四册高精度机床概况及其分析；第五册大型机床概况及其分析；第六册齿轮加工机床概况及其分析；第七册组合机床及其自动线概况及其分析；第八册拉床、牛头刨床、插床和锯床概况及其分析；第九册特种加工机床概况及其分析；第十册仪表机床、机床附件概况及其分析。

本册为第九册特种加工机床概况及其分析。编写单位：江苏电加工研究所。

由于我们水平有限，对编辑出版工作中的缺点和错误，请批评指正。

第一机械工业部技术情报所

一九七七年五月

目 录

一、电加工机床制造业发展简介.....	9 — 1
二、电火花成型机床.....	9 — 9
三、电火花线切割机床.....	9 — 15
四、电解加工机床.....	9 — 25
五、电解磨削机床.....	9 — 28
六、阳极机械切割机床.....	9 — 30
七、电子束加工机床.....	9 — 31
八、激光加工机床.....	9 — 32
九、超声波加工机床.....	9 — 35
十、化学加工.....	9 — 38

一、电加工机床制造业发展简介

(一) 生产概况

特种加工的范围较广，它包括电火花加工、电解加工、阳极机械切割加工、电子束加工、激光加工、超声波加工、化学加工以及高能成型加工等。其中以电火花加工出现得最早，目前应用得也最为广泛。我国自1952年起开始了电火花加工的研究应用工作。1958年大跃进以后，其发展异常迅速。在六十年代初期，首先应用电火花加工与成型磨削相配合解决冷冲模型孔的制造问题。其他如弹簧夹头喷油嘴等零件的加工，锻模的加工，螺纹刀具、量具的加工，以及电火花线切割，电火花小孔磨削等在生产上也得到成功的应用。这时，部局安排了电火花加工机床生产厂，建立了相应的专业研究机构，为研究、生产电火花加工机床创造了条件。

七十年代，电火花加工机床的发展进入了成熟阶段，已研制和生产了具有世界先进水平的机床，特别是在机床使用工艺方面有着我国自己独创的特点。

电解加工的进展也很快，目前，不仅可以用于加工各种成型零件如叶片、膛线等，而且在锻模制造上也应用了电解加工工艺。通过对电解液的研究及新技术的采用，已使电解加工的精度有了很大的提高，为扩大其应用开辟了道路。我国电解加工机床主要由天津第六机床厂生产，目前还处于样机试制阶段，没有定型产品。

电子束加工的研究工作，我国是在1960年开始的，首先是用于焊接。1963年一机部电器科学研究院进行了电子束钻孔方面的研究工作，同期，上海纺织科学研究院等单位研制电子束加工化纤喷丝头小孔装置。但目前还没有定型机床。

激光加工是六十年代发展的新技术。广州机电工业研究所于1970年研制成功了红宝石激光打孔机，用于加工化纤喷丝头的小孔。目前广州、上海、北京等地不少单位都在研究激光打孔、划片、切割机等，不久即将有定型机床生产。

超声波加工的应用很广泛，也可用于打孔、切割等。1958年大跃进时期已开始应用这一新技术，目前上海超声波仪器厂生产超声波加工机床。

化学加工和高能成型都是新工艺，没有定型机床。

我国特种加工机床的研制历史仅有二十几年时间，但发展很迅速，技术水平与国外相当。相信在毛主席革命路线指引下，在党的领导下，在群众性技术革命、技术革新运动中，定将走在世界的前列。

目前电火花加工机床专业生产厂有2个，即上海第八机床厂与营口电火花机床厂。电解加工机床的生产主要由天津第六机床厂承担。电加工机床兼业生产厂有二十多家，其基本情况见表1。

从表1中可以看出，我国目前2个电加工机床骨干厂，从生产电加工机床的历史、规模和力量等方面，基本具备中等批量电加工机床生产的能力，可承担新产品设计、试制任务，潜力是很大的。通过加强生产管理，提高制造水平，充分发挥工人阶级和技术人员的社会主义积极性，机床产品的产量与质量必将进一步得到提高。

但生产厂的技术力量还显得薄弱，必须在今后几年内，通过走上海机床厂的道路，从工人中培养科研设计人员。生产厂的布局还不够合理，西北和西南地区没有生产厂，必须考虑布点。

表 1

电加工机床生产厂基本情况

厂 名	职工总数 (人)	主 要 产 品	1975年产量 (台)	新产品试制 周期(月)	备 注
上海第八机床厂	603	D6140A 电火花成型机床 DK6725 数控线切割机床 DM6310 电火花小孔内圆磨床 D5570B 电火花成型机床	320		
营口电火花机床厂	809	D6125F 电火花成型机床 D6165 电火花成型机床 D6185 电火花成型机床 DB685-1 喷油咀电火花磨小孔机床 DB6905 针阀体电火花穿小孔机床	1973年为257		
天津第六机床厂		D3603 D3501G			
烟台第二机床厂					
郑州电缆厂	1000	DZa-36 电火花成型机床	30	9~18	1976年开始生产 D5540
泰安生建工具厂		DM5440 电火花成型机床	35	5	
双城电工专业设备厂	150	D6135 电火花成型机床	15	12	
北京电子机修厂	223	D6135 电火花成型机床	20	6	1976年开始年产 50台
北京师范学院工厂	135	D6125T 电火花成型机床 D6185 电火花成型机床	18	12	1976年开始年产 50台
吴县机电厂	310	D6140 电火花成型机床	15		
天津机床厂	1615	D2716 电解平面磨床	30		1976年后年产20 台
济南第四机床厂	178	D7212 万能外圆电解磨床	10		
重庆长江机床厂		D2550 电解车刀磨床	20		
天津仪表机床厂	465	DMK6732数控线切割机床	30	6	1976年发展 DK 6750
长春第四机床厂	690	DMK6725数控线切割机床	5		1976年后年产50 台
保定农业机械厂	202	DMK6715数控线切割机床	28	10	1976年后年产50 台
杭州无线电专用设备厂	284	CKX及SCX型数控线切割机床	80	6	
合肥工大机械厂		D3550 立式电解加工机床	3	7	1976年后年产10 台
苏州第三光学仪器厂	307	GDX-I 光电跟踪线切割机床	30		1976年发展 GDX-I型
泰州仪表机床厂	167	GX72-A 数控线切割机床	40	6	1976年后年产 100台, 并改型
泰州电子仪器厂	314	SCX-5A 数控线切割机床	30	6	

续表 1

厂 名	职工总数 (人)	主 要 产 品	1975年产量 (台)	新产品试制 周期(月)	备 注
苏州长风机械厂					
河北机电学院 工 厂	242	D6135G-1 电火花成型机床	7		
扬州五金机械厂		SCX 数控线切割机床	20		轻工业部重点

(二) 产量、拥有量和在机床中的构成比

我国在 1964~1975 年间, 电加工商品机床生产总量为 5300 台左右, 其中电解加工机床约 400 台, 占 7.5%; 电火花加工机床 4900 台, 占 92.5%。营口电火花机床厂和上海第八机床厂两个专业骨干厂分别生产了 2489 台和 1778 台, 占总产量的 80%。援外出口约 57 台, 这两个骨干厂占 91%。1975 年电加工机床产量为 1000 台左右, 机床产品的品种有十余种。

目前, 我国电加工机床拥有量为 7000 台, 在金属切削机床中的构成比为 0.4% 左右。

表 2 主要国家电加工机床拥有量及其构成比

国 别	拥 有 量 (台)	构 成 比 (%)	使用十年以内的比例 (%)	备 注
中 国	7000	0.4		
美 国	11200	0.5	77	
日 本	10000			
英 国	3202	0.4	78	

表 3 主要国家电加工机床年产量

国 别	年 产 量 (台)	产 值	占金属切削机床 总产值的比例 (%)	主 要 生 产 厂 (公 司)
中 国	1000		0.8	上海第八机床厂, 营口电火花机床厂, 天津第六机床厂, 杭州无线电专用设备厂
美 国	800~1500	2.08~3.9 百万磅	1~1.4	阿诺卡特 (Anocot), 哈蒙德 (Hammond), 切福姆 (Chemform), 埃克赛罗 (Ex-cell-o), 埃洛克斯 (ELOX), 辛辛那提 (Cincinnati)。
苏 联	1900		0.5	奥尔沙 «红色战士» 机床厂, 敖德萨精密机床厂, 特洛伊茨克机床厂。
日 本	850	53.88 亿日元	2	三菱电机, 日立精工, 贾巴克斯, 西部电机。
西 德	300	4128 万马克	1.1	纳索维亚 (Nassovia), AEG-埃勒特姆 (AEG-Elotherm), 罗伯特·波殊 (Robert Bosch)
瑞 士	960			查米尔斯 (Charmilles), 阿奇 (AGIE)
英 国	420	2~3 百万磅	1.2	斯巴克特朗 (Sparcatron), 艾杰马电火花机床公司 (Agemaspark), 威克曼 (Wickman)

与几个国家电加工机床拥有量、年产量及构成比的比较见表 2、3。

(三) 新产品及品种系列发展概况

就电加工技术发展历史来看,它还是一门年青的学科,还处于一个发展阶段,因而新品种不断涌现,品种系列正在形成。

近五年生产厂发展的主要新品种列于表 4。

表 4 近五年生产厂发展的主要新品种

生 产 厂	新 品 种 名 称	基 本 规 格 (毫米)	主 要 特 点	用 途
上海第八机床厂	D6140A 电火花成型机床	工作台400×600	电液压伺服控制,晶体管脉冲电源	冷冲模及型腔模加工
营口电火花机床厂	D6165 电火花成型机床	工作台650×1000	电液压伺服控制,晶体管脉冲电源	冷冲模及型腔模加工
营口电火花机床厂	D6185 电火花成型机床	工作台850×1400	电液压伺服控制,可控硅及晶体管电源	锻模、压铸模、塑料模、胶木模加工
泰安生建工具厂	DM5440 精密电火花加工机床	工作台400×630	静压主轴头,有回转主轴,适应控制,晶体管电源	加工跳步模和座标精度较高的各种型孔
上海第八机床厂	DM6310 电火花小孔内圆磨床	最大磨削孔径 $\phi 10$ 最小磨削孔径 $\phi 0.8$ 最大磨削长度100	铜丝作电极,晶体管电源,有数字显示和规准自动程序转换	用于 $\phi 0.8\sim 10$ 毫米深小孔磨削,增加加工夹具,还可磨锥孔、外圆、端面等。
上海第八机床厂	DK6725 数控线切割机床	工作台250×400	专用电子计算机控制,高速走丝,晶体管电源	加工冷冲模及精密零件
长春第四机床厂	DMK6725 数控线切割机床	工作台250×420	具有间隙自动补偿功能	加工冷冲模及精密零件
泰州仪表机床厂	D6507-A 电火花精密内螺纹机床			
苏州第三光学仪器厂	GDX-II 光电仿形线切割机床	工作台285×245	图形放大倍率: 5、10、20、40、80,能自动偏移	加工冷冲模及精密零件
合肥工业大学机械厂	D3550 立式电解加工机床	工作台750×500	可控硅无级调速,采用滚珠丝杠,有深度数字显示,可完成自动循环	加工锻模及异型孔

根据电加工机床行业发展情况及一机部1974年标准化工作计划,由江苏省电加工研究所、营口电火花机床厂和北京机床研究所负责组织起草了电火花加工机床参数与精度两项部标准及系列型谱,并于1975年8月在苏州市召开了对上述标准的审查会议。会议通过了两项标准及系列型谱。这为我国电加工机床实现“三化”开创了道路。其参数列于表 5。

机床行业的标准化、系列化、通用化是机床行业技术经济政策的具体体现。机床参数标准和系列型谱是制订机床品种发展规划和用户选用机床的重要依据。随着这些标准在生产实践中的不断完善,将使机床产品在品种、规格、质量、数量和效率方面能更好地满足国民经济各部门的需要。

电加工机床的“三化”工作还刚刚开始,至今仅制订了一种机床的标准与系列,即71系

表 5

71系列电火花成型机床参数

工作台面宽度 (毫米)		200	250	320	400	500	630	800	1000
工作台面长度 (毫米)		320	400	500	630	800	1000	1250	1600
工作台行程 (毫米)	横 向	63	80	100	120	160	200	250	300
	纵 向	100	120	160	200	250	300	400	500
主 轴 头 行 程 (毫米)		150	200	250	300	350	400	450	500
主 轴 头 伺 服 行 程 (毫米)		100	100	150	150	200	200	300	300
夹具端面至工作台间 最大距离 (毫米)		300	400	500	600	700	800	900	1000
电 极 最 大 重 量 (公斤)		25	25	50	100	100	250	350	

列电火花成型机床，而与此机床配套的脉冲电源、主轴头、过滤器及夹具等仍未成系列。至于其他各类电加工机床，如线电极电火花切割机床、电火花小孔磨床、电解成型机床、电解磨床等，还需要经过一段研制发展阶段后再逐步解决“三化”问题。这一工作十分重要，必须抓紧进行。

(四) 产品发展水平及新技术应用情况

我国电加工机床的生产和技术水平发展很快，目前生产的品种基本上能满足当前大部分生产需要，已能批量生产供下述行业需要的机床：

1. 专业模具厂、电机、电器、仪器、仪表等行业冷冲模加工的电火花成型机床及电火花线切割机床。
2. 汽车、拖拉机制造厂加工10吨以下模锻件锻模所需的电火花成型机床及电解成型机床。
3. 用于电器、仪表、轻工等部门加工胶木模、塑料模、玻璃模等电火花成型机床。
4. 机械制造等企业用的硬质合金刀具和其它工具的电解磨削机床。

但是与生产上的需要及与国外先进水平相比，尚有一定差距，主要表现在：劳动生产率较低、品种不全、机床的效率和自动化程度不高和机床的运行稳定性及可靠性有待改善。

1. 劳动生产率

由于缺少专用高效加工设备，企业组织管理还存在一些问题，劳动生产率还比较低。以营口电火花机床厂为例，全员劳动生产率见表 6。

2. 大型、精密、专用机床品种少

我国目前电加工机床已发展的品种中，多数是通用的，一般精度的，适用于中、小模具加工的机床，而大型、精密机床尚处于研制阶段；专用机床一般还较少，不能满足生产部门的各种需要。

(1) 大型机床 国内汽车、拖拉机、飞机制造等行业迫切需要能加工汽车复盖件如车

表 6

劳动生产率 (以营口电火花机床厂为例)

项 目	厂 名	营 口 电 火 花 机 床 厂
开始生产电加工机床时间		1958年
拥有机床总台数		166台
企 业 人 数		809人, 其中, 工人549人; 技术员37人
产 量		257台
产 值		730万元
全 员 劳 动 生 产 率		6922元

门、车顶等大型拉伸模具的大型电加工机床。由于专业生产厂条件的限制, 发展大型机床还有一定的困难。目前营口电火花机床厂生产的最大的机床为 D6185电火花成型机床, 上海第八机床厂生产的最大的机床为 D55100 电脉冲成型机床。这些机床与世界先进水平相比还有一定的差距 (见表 7)。

表 7

国内外大型电加工机床比较

国 家	厂 家	型 号	加 工 范 围 及 主 要 性 能	机 床 特 点
中 国	营口电火花机床厂	D6185	用于10吨模锻锤以下的锻模型腔加工 工作台850×1400毫米 电极重量250公斤	电液伺服控制, 可控硅、晶体管电源
	上海第八机床厂	D55100	工作台1000×1500毫米	电液伺服控制, 有两个主轴头, 机床为门式结构采用多回路电源。
日 本	三菱电机株式会社	DM-5000	可加工2000×2600×1300毫米的工件, 用于加工汽车车身压延模等。最大电极重量12吨, 工作台2600×2000毫米	门式结构, 液压伺服, 主轴伺服行程1000毫米, 具有程序控制, 自动变换电极装置, 电源为多回路。
美 国	辛辛那提公司	108×168	工作台4200×2700毫米 加工速度80克/分	液压伺服, 伺服行程900毫米
英 国	斯巴克特朗公司	SM108	工作台2743×1524毫米, 加工汽车车身零件大型切边模	液压伺服
瑞 士	阿奇公司	EMP-100	工作台4170×1750毫米 电极重量16吨 工件最大重量40吨	液压伺服, 伺服行程1000毫米

(2) 精密机床 我国目前批量生产的还是普通精度的电加工机床, 精密机床正在研制中, 尚未定型生产, 与国外相比, 差距较大 (见表 8)。

(3) 专用机床 定型批量生产的专用机床品种不多 (见表 9、10), 应用范围也较狭窄, 不能完全满足用户的需要, 因而不少使用厂根据生产需要曾自行研制了不少专用机床。

综上所述, 我国电加工机床发展水平在某些方面还低于技术上较先进的资本主义国家, 除了品种不全外, 主要表现在机床的效率、自动化程度还不高, 机床的精度和加工稳定性尚

表 8

国内外精密电火花加工机床比较

国 别	厂 家	型 号	加 工 范 围 及 主 要 性 能	机 床 特 点
中 国	泰安生建工具厂	DM 5440	工作台400×630毫米可加工级进模	静压主轴头, 主轴可回转, 机床定位精度0.015毫米, 晶体管适应控制电源
日 本	三菱电机株式会社	DM-250N	工作台550×325毫米	主轴采用直线滚动轴承, 导向使用了F伺服阀控制, 电源为EP-30或EP-60, 有F回路, SF-N微精加工回路和OP3适应控制, 有液温等异常检测保护装置
	贾巴克斯公司	DP275A	工作台550×330毫米	电源为VF-10SC集成电路, 有Vステアマト1型控制及适应控制, 可全自动运行, 有液压、液温监控及报警
瑞 士	查米尔斯公司	D 20	工作台450×340毫米 伺服行程150毫米 最大电极重量50公斤	主轴采用静压轴承导向, 球喷嘴挡板一级放大, 等脉冲晶体管电源
	西浦公司	Sip-3EE		双柱坐标镗式结构, 主轴头为静压轴承导向, 光学定位精度0.0013毫米

表 9

我国定型批量生产的专用机床

生 产 厂	产 品 名 称	型 号	规 格 及 主 要 性 能
营口电火花机床厂	喷油咀锥孔电火花磨床	DB685-1	最大加工孔径 $\phi 5$ 毫米, 最高加工光洁度 $\nabla 9$, 加工精度0.02毫米
	针阀体电火花穿小孔机床	DB6905	半自动加工B型柴油机针阀体喷油孔, 加工精度0.02毫米
苏州长风机床厂	叶片棒槽电解磨床	DM-2	可磨削200毫米长叶片棒槽, 加工精度0.01毫米, 光洁度 $\nabla 8$

表10

国外专用机床情况

国 别	厂 家	有品型号、名称	规 格 及 主 要 技 术 性 能
美 国	雷康 (Raycon) 公司	汽化器穿孔机床	加工汽车发动机汽化器喷油咀的半自动机床, 同时可加工10个以上的喷油咀, 每小时可加工2000件
	埃克赛罗公司	转台式六工位全自动电火花加工机床	每小时加工192个零件, 精度 ± 0.005 毫米
西 德	AEG-埃勒特姆公司	EMVT型全自动电解去毛刺机床	两侧可同时加工9个零件, 日产30000件

低, 机床附件不全, 操作不便等, 这些都有待于发展中逐步加以解决。

新技术的应用, 在近年来的电加工机床研制中受到了很大的重视。我国生产的电加工机床中已有采用静压、数字控制、适应控制等新技术的。

（五）制造工艺水平

电加工机床主要由机床、脉冲电源和工作液循环及过滤系统三部分组成。机床是由床身、工作台、立柱和主轴头等部件构成。床身、工作台、立柱均为铸铁件,经机加工等工序制造,与一般机床相比,没有特殊要求。国内各制造厂的制造工艺基本相同。据资料介绍,国外大型电加工机床床身有采用钢板焊接结构的。主轴头是电火花成型机床的关键部件,目前已多采用液压主轴头或静压主轴头,其主要零件是油缸、活塞及静压导轨等,精度要求较高,需要镗、磨等工序。

脉冲电源箱的制造工艺还很落后,需要大量的手工劳动,机械化程度较低,因而制造周期长、成本高。目前,国外已有标准化的组件,适合于大批量生产。

工作液循环及过滤系统,除工作液箱为钢板焊接或铸钢件外,其他均为标准件,按照设计要求选用并装配,经过调整即可使用。

各类特种加工机床的某些制造工艺问题将在有关章节中叙述。

（六）生产中存在的问题

我国电加工机床的生产有两个方面,一是专业制造厂及兼业制造厂生产的商品机床,一是使用厂自行设计试制的自用机床。机床的品种庞杂,数量也较多,但还不能满足生产中对机床品种、数量的要求。在生产中存在的主要问题有以下几点。

1. 专业制造厂的生产能力还不能适应生产发展的要求,缺少必要的设计、研究力量和一些关键设备,特别是在制造大型和精密电加工机床时,这一问题更为突出。

2. 定型机床品种少,新产品发展缓慢,产品更新不及时,有些机床已批量生产十几年还无多大变化。生产上迫切需要的电解加工机床、电解去毛刺机床等尚无定型产品供应,因而必须加速研制进度,并制订一个全面的、切合实际的规划,逐步完善品种,提高产品质量。

3. 近年来,电加工机床兼业制造厂增加很多,但大多数集中于东北、华北、华东地区,布局不够合理。考虑内地的需要,应在西北、西南等地区布点,并逐步形成技术中心,以利于电加工新技术、新工艺的推广。各厂生产的品种应有所分工,避免重复;加强专业化生产,便于生产管理和提高产品质量。

4. 在机床生产中碰到的一个主要问题是元件质量不高,影响机床寿命、效率和可靠性,特别是电气元件对机床的脉冲电源、控制系统的影响更为严重。希望有关方面给予足够的重视,并解决元件质量及供应问题。

5. 现行的特种加工机床的分配办法还不够合理,造成目前生产厂的商品机床在物资部门有积压,而许多使用部门却苦于订购不到,大量搞自我武装,其数量每年不少于百台,造成人力、物力的浪费,质量问题也不好解决。为此,电加工机床的分配应与一般金属切削机床有所区别,采取支持推广使用新工艺、新技术的有利措施。

（七）发展趋势

我国特种加工机床发展是很快的,随着电子工业及其它新技术的进展,特种加工机床必将有更大的发展,其主要趋势是:

1. 向精密、自动化方向发展。现在不少单位已在研制具有精密座标的适用于加工复杂精密模具和零件的电加工机床，并采用了数字控制、适应控制等新技术，提高机床自动化程度。

2. 向大型、超大型机床发展。目前，在我国大型电加工机床还是缺门，但从用户厂调查中发现，在汽车、拖拉机等行业迫切需要解决像汽车复盖件的压延模及大型锻模的电加工机床。现在研究单位及生产厂已把研制大型机床列入发展规划中。

3. 向专用、高效机床发展。高效、专用、自动化是生产中迫切需要解决的问题，必须通过调查研究，根据用户的需要，研制这类机床。

4. 发展电解加工机床是重要的发展方向之一。在发展电解加工机床时，应研究提高机床刚性、加工精度，以及自动化控制技术等问题。围绕提高加工精度这一关键，各国都在从各方面大力开展试验研究工作，以期在短时间内取得突破，为进一步扩大电解加工的应用范围创造条件。

5. 电加工机床是从加工特殊零件发展起来的，由于它的特点，后来被广泛用于模具型腔的制造中。为了在大批量零件生产中站住脚，还必须解决机床的生产效率问题。目前各国对此都给予很大的重视。

6. 激光、超声波及电子束加工，在某些生产领域中具有独特的优点，因而也应组织力量迅速开展研究试制工作，并尽早提供定型产品。

二、电火花成型机床

(一) 生产概况

我国在五十年代末已生产这类机床。早期的产品都是仿苏的，主要用于冷冲模的型孔加工。产品性能较差，技术上也很落后。1958年大跃进以后，我国工人阶级和科技工作者遵照毛主席“独立自主、自力更生”的伟大教导，研制了具有自己特点的、具有一定水平的电火花成型机床。生产厂主要有营口电火花机床厂、上海第八机床厂等共20余家，并形成了一支以工人为主体的研究试制队伍。近年来电火花成型机床的新品种不断涌现，生产数量也在不断增加，但仍不能完全满足使用厂的需要，因而不少使用厂仍在自行试制机床。我国这类机床的年产量约为600台。

(二) 品种、规格、系列及“三化”水平

电火花成型机床的品种目前已有台式、普通中小型、精密型及特殊用途等几个品种。其特点及应用范围见表11。

除普通中小型电火花成型机床有几种规格外，其他品种均尚未形成系列，“三化”工作刚刚处于开始阶段。各类机床的主要技术规格见表12。

(三) 技术水平

电火花成型机床一般由主机、工作液循环过滤装置及脉冲电源三大部分组成。

主机包括主轴头、床身立柱和工作台。当主轴头为液压伺服控制时还有液压油泵装置。

表11

电火花成型机床品种构成特点及加工范围

机 床 品 种	特 点	加 工 范 围
1. 台 式 机 床	机床为台式结构,采用 DYJT-1型液压静压主轴头,JF 型复式晶体管电源和纸过滤器,并有适应控制电路、液压头自动抬起装置;具有低损耗高光洁度的特点,可以钢打钢,其最小间隙在双边0.03毫米,光洁度可达V8。	适用于加工冲模,并可加工塑料、橡胶、电木等型腔模。
2. 普通中小型机床	机床由机床本体,电源及过滤系统三大部分组成。这是一种面大量广的机床。一般均采用铸铁为电极,目前由于脉冲电源的改进,已能钢打钢,这使冷冲模工艺大大简化。	中小型模具,特种零件加工。
3. 精 密 机 床	具有晶体管脉冲电源,以线纹尺、光学读数头定位的精密座标电火花加工机床。它带有整套精密附件,定位精度达 0.015 毫米。主轴能以10~80转/分回转,机床有失压保护,液压保护等安全措施,并能进行电加工的半自动循环。机床主轴可以承载100公斤电极。	精密模具、小孔及特殊零件加工。
4. 特殊用途机床 1) 手提式电火花穿孔机 2) 针阀体电火花穿孔小孔机床	是一种手提的小型电火花加工机,由自动进给机构和弛张式脉冲电源组成。 为台式机床,通过伺服电机控制火花放电间隙。加工精度达0.02毫米,光洁度为V5。	专门用于取出折断在工件中的丝锥或钻头。 为专用半自动加工B型柴油机针阀体喷油孔用。

主轴头固定在立柱上。立柱固定在床身上。床身上一一般有十字工作台。主轴头伺服控制系统多采用电液控制油缸驱动的方案。电液控制一般采用喷嘴挡板一级液压放大,正在研制的新机床也有采用电液伺服阀作为液压控制元件的。主轴导向有静压导向和滚动导轨支承两种形式。主轴导轨的结构有轴套式和滑枕式两种,在精密机床中还有电极回转装置。

床身立柱是整台机床的基础,它的刚度、抗振性及热变形必须在结构设计中予以重视。一般都采用铸铁件,并经过两次人工时效处理。铸件是带筋板的箱形结构。

工作台亦应有足够的精度和刚度。在中小型机床上工作台采用十字拖板结构,并多采用V形平面组合导轨。工作台一般是手动传动。其导向面和传动元件应考虑防护问题。精密机床皆需有座标测量装置。DM5440 机床采用 GD74 型光学读数头和线纹尺,测量误差为0.005~0.007/200~300毫米。

工作液循环过滤装置的结构并不复杂,但对机床加工性能、操作维护有很大影响,也是机床主要的噪声源。目前一般均采用低噪声大流量的离心泵、摆线齿轮泵、木屑过滤器及纸筒过滤器等。

脉冲电源是电火花成型机床的重要组成部分。它单独安装在电气箱内,有自己的系列,与机床配套使用。目前主要有可控硅与晶体管两种脉冲电源形式,并已逐渐实现组件化。在脉冲电源中,一般都具有高低压复合回路以及适应控制、自动抬刀等机能,这样,既可提高加工时的稳定性,又可扩大其使用范围。在脉冲电源中还装有微精加工回路,以提高精加工时的表面光洁度。在大功率脉冲电源中还应用了多回路的技术,这样有利于提高加工生产率和表面质量。

无产阶级文化大革命以来,我国电火花成型机床发展很快,在机床结构和脉冲电源中都采用了不少新技术。如主轴导向应用了静压技术,以静压轴承导向代替了滑动导向,提高了

表12

电火花成型机床规格、性能

型	号	D6125 T	D6125 F	DA6125	D6135	D6135A	DZ _r -36	D6140 A	D6165	D6185	DM5440	SD-1	D8001
伺 服 方 式		液 压 静 压 导 轨 主 轴 头	电 液 压 伺 服 控 制	电 液 压 伺 服 控 制	电 液 压 伺 服 控 制	静 压 导 轨 液 压 伺 服	电 液 压 伺 服 控 制	电 液 压 伺 服 控 制	电 液 压 伺 服 控 制	电 液 压 伺 服 控 制	静 压 主 轴	电 机 械 控 制	
配 电 源		JF-80B、 JF-40B、 JF-20B	复 式 晶 体 管 电 源	间 流 管 电 源	JF-40A	JF-40	双 闸 流 管 电 源 (ZQM- 130/10)	复 式 晶 体 管 电 源	双 闸 流 管 脉 冲 电 源	可 控 硅 及 晶 体 管 电 源	JF-80B	RC 脉 冲 电 源	
工作台工作面 (宽×长) (毫米)		250×400	250×450	250×350	350×500	350×550	360×520*	400×600	650×1000	850×1400	400×630		
工作台纵向移动量 (毫米)		200			200	150		200			300		
工作台横向移动量 (毫米)		85			100	300		100			200		
工作液槽尺寸 (长×宽×高) (毫米)		565×315 ×210									670×490 ×340		
伺 服 行 程 (毫米)		120	105	150	110	250	120	120	200	250	160	50	90
主 轴 头 上 下 (毫米)		120			250		250	250			250		
主 轴 回 转 速 度 (转/分)											10~80		
电 极 装 卡 面 至 工 作 台 距 离 (毫米)		300			420	500	最大450 最小200	最大430			最大570 最小160		
最 大 电 极 重 量 (公斤)		50	20		20	50			20	200	100		
最 大 工 件 重 量 (公斤)											570		
座 标 定 位 精 度 (毫米)											0.015		
最 大 高 度 (毫米)		2040											
外 形 尺 寸 (毫米)		1500×900 ×2040		840×970 ×1850	900×1000 ×1910	900×1128 2105	770×1280 ×2080	1490×1000 ×2200	1950×1696 ×2544	3000×2420 ×2400	1050×1230 ×2133	316×366 ×158	635×507 ×646
重 量 (公斤)					1760	300~350	~2000 >120	3000 400		8000 3000		18	100
生 产 率 (毫米 ³ /分)			粗加工≥250 精加工≥10	▽4时120 ▽7时10	300~350	300~350			▽4时250 ▽7时10				
工 作 精 度 (毫米)				0.02	▽7	▽7	▽7	▽7	▽7	▽5			▽6
光 洁 度		▽7~8	▽6~7	▽7	▽7	▽7	▽7	▽7	▽7	▽5			
电 极 最 小 损 耗		紫铜0.5%			<0.5%	<0.5%							
生 产 厂		北京师范 学院机电厂	营口电火 花机床厂	烟台第二 机床厂	北京电子 机修厂	双城电工 专用设备厂	郑州电火 花机床厂	上海第八 机床厂	营口电火 花机床厂	营口电火 花机床厂	泰安生建 工具厂	苏州第三 光学仪器厂	营口电火 花机床厂

主轴的灵敏度、精度和刚度。机床还附加了深度控制、主轴头失压保护、液面保护、数字显示等装置,为实现机床自动化创造了条件。在脉冲电源中应用了适应控制技术。所谓适应控制一般是指在各种给定的条件下,根据表示工作情况的函数自动进行操纵,以维持在最佳工作条件的自动控制。一般均有检测回路,判断回路和操作回路三部分。目前我国采用的适应控制还只是当放电间隙发生异常状态时所采取的一种措施,如增大脉冲停歇时间,或将电源切断等,还是一种简易的适应控制。

(四) 产品主要性能

电火花成型机床主要用于加工模具和特种零件。在制造冷冲模时能使用铸铁电极和钢电极。这一特点简化了冷冲模制造工艺,深受使用厂的欢迎。在加工型腔模时一般都使用石墨或紫铜电极,并采用单电极用平动头修光侧面的方法。机床的生产率与国外同类型机床的水平相当,但由于机床精度、脉冲电源的稳定可靠及使用的不熟练,有时不能充分发挥机床的生产潜力。这类机床适合于机械制造工业,电机、电器、仪表工业,轻工业,国防工业等行业的模具及特种零件的加工。DM5440机床还可加工多工位级进模,硬质合金多工位级进模,多型腔塑压模等高效率、高精度模具。采用适当的工艺方法还可加工出大间隙、无间隙等冷冲模,扩大了它的应用范围。

目前,机床的自动化水平还不高,机床在加工时的稳定性、生产率和加工件的质量在很大程度上还取决于操作人员的熟练程度,这对电火花加工新工艺的推广和提高加工产品质量带来一定的影响,机床的精度及精度保持性也不够理想。上述问题都急需改进、提高。

为了减少辅助时间,迅速装夹、校正好电极与工件,DM5440机床配备了各种电极,夹具附件和电极校正装置。正确地选择工作参数对提高生产效率和加工质量是很有意义的。这些工作参数有电极材料、极性、电参数、工作液压力、加工规准转换等。为了便于操作者掌握,机床制造厂除在机床使用说明书中提出加工工艺指导性资料外,在机床设计时已考虑了根据加工对象尽量简化操作程序的措施,如减少操作按钮、操作与监视仪表集中,以及操作的自动化等。

(五) 存在的问题

电加工是一项新工艺。电火花成型机床生产历史还较短,机床的品种还不齐全。精密机床仅有DM5440一种,普通机床尚未形成统一的系列,标准化、通用化程度较低。大型机床还处于研制阶段,当前还没有定型产品。1975年电加工机床行业召开了标准化工作会议,已制订了机床的标准、系列。相信在几年内这一问题会得到解决。

机床的精度偏低,主轴头负载能力不够大,对于精度要求较高的模具和零件的加工,不易保证质量。近年来,对机床的精度与刚度已开始重视,主轴头、平动头及夹具等附件已有新产品出现,机床性能有所提高。

机床的自动化程度不高,电极的装夹、定位、规准的选择与转换、检测与故障排除等,都需操作人员处理。

加强协作,组织力量研制低损耗、高生产率、高光洁度的具有适应控制的脉冲电源。有关厂要提供高质量的电子元件等器材。对电极材料、电极制造方法、电极的装夹定位等问题,也需加速进行研究工作。

电火花成型机床的使用维护还存在一些问题。有些使用厂对机床性能及操作工艺不熟悉,致使机床不能充分发挥作用,因而研究单位和机床制造厂应组织短训班,介绍机床结构、工作原理、操作技术等问题,普及推广电火花加工新工艺。

(六) 主要生产技术经济指标

关于生产技术经济指标方面的资料比较少,有些数据也不很确切,现列表(表13)说明于下:

表13 几种机床的生产技术经济指标

生 产 厂	机 床 型 号	每台生产工时 (小时)	新 产 品 设 计 期 (月)	新 产 品 试 制 期 (月)	每台占用加工 及装配面积 (米 ²)	重 量 功 率 比 (吨/千瓦)
双城电工专用设备厂	D6135	4000	12	12	1500/15	
上海第八机床厂	D6140A	2150	6~12	6	9039/320	
北京师范学院工厂	D6125T		3~10	12	1400/18	
泰安生建工具厂	DM5440	1776	2	5		

(七) 先进产品水平

国内外电火花成型机床发展很快,机床不断更新,新产品不断出现。现就一些典型产品做一比较(见表14)。

表14中仅列出了中等规格一般用途的电火花成型机床,而这类机床应用范围广,生产的批量也最大,一般都是系列产品中的基型。国外的机床一般都采用比较好的结构和新技术;在电源、控制上应用了电子计算机等数字控制、适应控制、程序控制及安全防护措施,提高了自动化程度。我国最近研制成功的DM5440机床,无论结构和性能等方面都赶上了世界先进水平,特别在机床的使用工艺方面更有我国自己的特点。可以说,我国的电火花成型机床的水平是与国外相当的。当然,我国的机床品种还不多,一些性能有待在使用中进一步考验;系列化、标准化工作还必须落实,并需要不断地应用新结构、新技术装备机床,以便更多、更好地发展新品种,使我国电火花成型机床走在世界先进水平的前列。

(八) 主要发展趋势

电火花成型机床的应用范围在进入七十年代后急速地扩大,已从加工冷冲模扩大到加工各种型腔模和特殊材料的零件等领域,机床也相应地向高精度、高效率、高度自动化方向发展。现已有加工槽尺寸达几米的超大型机床和只有几厘米的小型机床出售。加工速度对大型机床已达每分钟几十克,加工表面光洁度可达0.3微米 $R_{\max}$,而超精密机床的精度最高可达1微米。使用电子计算机实现了机床的适应控制、程序控制,在加强了安全保护措施后,已使机床运转无人化成为可能。

根据国民经济发展的需要,我国正在研制超大型机床、超精密机床和高效专用机床,以及与此相适应地研究机床的结构、主轴伺服方式、新型电源及适应控制等课题。

超大型机床主要用于汽车、拖拉机行业的压延模和锻模的加工,目前我国还没有生产这

表14

国内外电火花成型机床典型产品比较

厂名	日本	日本	瑞士	瑞士	中国	中国
	贾巴克斯	三菱电机	阿奇公司	查米尔斯	上海第八机床厂	泰安生建工具厂
型号	DS315-NC	DM-250N	EM-15	D-20	D6140A	DM5440
工作尺寸 (毫米)	加工槽尺寸 1380×595×180	325×550	K56/38型 380×560	340×450	400×600	400×630
行程 (毫米)	左右移动 800	200×280	250×320	250×150	200×100	300×200
主行程 (毫米)		150	150	150	130	160
主行程 (毫米)		150	150	200	250	250
主行程 (毫米)		150~450	125~545	410	430	570
主行程至工作台面 最大距离(毫米)		1.3~1.5克/分			400	
生产率 (毫米 ³ /分)		$R_{max} 3 \sim 4$ 微米			▽7	
光洁度		<1%				
电耗						
精度						
结构特点	床身设计成长方形,即几乎有与工作台面等长度的导轨。可动式主轴承有足够的刚性。有容纳12只电极的自动交换装置。	主轴承由循环滚珠套导向,电液伺服阀控制,工作带光学读数值。	主轴承由滚针导向,截面为棱柱状,座标工作台可带数码显示器,机床为积木式。		主轴承采用静压导向,主轴承为滑枕式,有电极回转装置,加工深度控制装置,座标定位采用光学读数头和线纹尺。	主轴承采用静压导向,主轴承为滑枕式,有电极回转装置,加工深度控制装置,座标定位采用光学读数头和线纹尺。
新技术应用情况	采用富士通 FAN UC-260A 型数控装置,最佳控制电源,全自动的 ATC 装置,机床实现全自动化,可无人操作。	采用 DAC-10 数控装置。适应控制电源 ACE。具有 DAC-G 数控装置时可实现群控。		具有 Monitron 自适应控制系统	晶体管脉冲冲电源,电液伺服控制。用平动头进行型腔加工。	晶体管脉冲冲电源,具有简易适应控制,有安全保护装置,有自动平动头。
生产年份	1975	1973	1972	1971	1975	

类机床,因此必须加速发展。超精密机床在仪器仪表、电子、化纤等行业很需要,也需加快研制进度,早日提供新品种。

随着电子工业的发展,数字控制技术已应用到电火花成型机床上。如数控平动头,步进电机控制的伺服主轴头、工作台,电子计算机控制的电源和适应控制等。这些新技术的应用,提高了机床运行的稳定性、可靠性、效率和自动化程度。

我国电火花成型机床的发展主要是补齐品种,提高“三化”水平和尽量采用先进技术,以满足各部门日益增长的需要。

三、电火花线切割机床

(一) 生产概况

电火花线切割机床的增长速度在电加工机床中是最快的,1975年的年产量约600台。除部分靠模、光电跟踪线切割机床外,绝大部分生产的是数控线切割机床。这类机床的主要生产厂有上海第八机床厂,德阳东方电工机械厂,保定农业药械厂,天津仪表机床厂,泰州仪表机床厂,泰州电子仪器厂,长春第四机床厂,苏州第三光学仪器厂及其它部属工厂,如苏州长风机械厂,沈阳无线电二厂,上海无线电专用设备厂,杭州无线电专用设备厂,桂林无线电专用设备厂,西北机器厂等。不少用户厂根据本厂加工对象的特点也自行试制了一些线切割机床,以满足本厂的需要。

制造靠模电火花线切割机床的生产厂不多,主要有西北机器厂和上海机床电器厂。光电跟踪线切割机床则由苏州第三光学仪器厂生产,型号为GDX-I;目前正在研制具有间隙补偿和切割斜度机能的GDX-II型。数控电火花线切割机床的生产厂很多,但产品的结构、规格、性能相近,都是属于普通精度的中型机床。精密和大型机床尚在研制阶段,有些用户厂也在试制大型机床。

(二) 品种、系列、规格及“三化”水平

经过鉴定并由生产厂批量生产的电火花线切割机床约有10种,但就品种来说,除靠模、光电跟踪线切割机床外,数控线切割机床规格基本相近,机能基本相同,品种还不齐全,系列尚未形成。

从尺寸系列来看,可初步分为大型、中型、小型三类。小型机床的加工零件尺寸为 $110 \times 150 \times 45$ 毫米;中型机床的加工零件尺寸为 $320 \times 200 \times 70$ 毫米;大型机床的加工零件尺寸为 $400 \times 500 \times 90$ 毫米。电火花线切割机床的“三化”工作还未开始。现将目前已生产的典型产品规格列于表15。

(三) 技术水平

数控线切割机床由机床、脉冲电源、机床电器、数字控制柜及工作液循环过滤系统组成。脉冲电源、机床电器和工作液循环过滤系统一般安置在机床床身内部,因此从外部布局看,机床是由主机及数字控制柜构成。

1. 机床