

数控电火花成形 加工技术培训教程

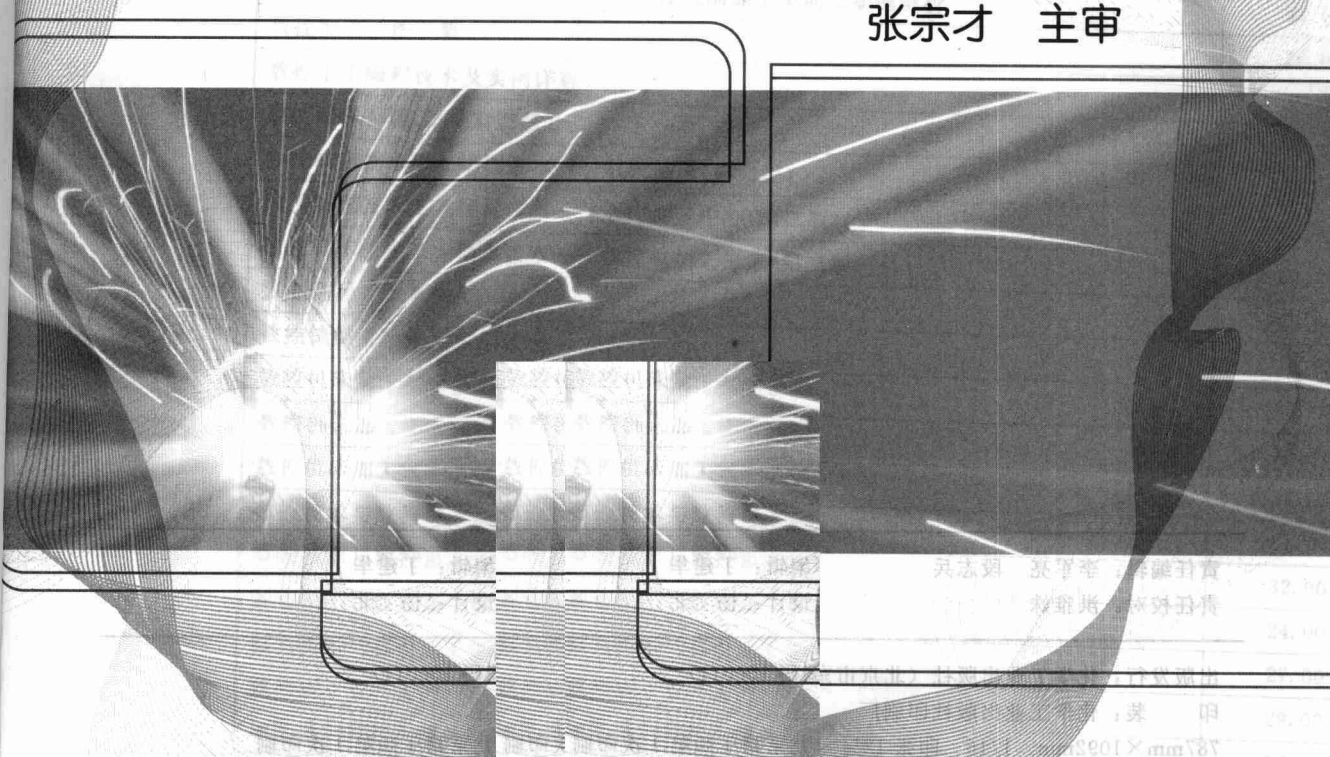
伍端阳 编著
张宗才 主审



化学工业出版社

数控电火花成形 加工技术培训教程

伍端阳 编著
张宗才 主审



化学工业出版社



化学工业出版社
· 北京 ·

元 00.00 : 价 宝

图书在版编目 (CIP) 数据

数控电火花成形加工技术培训教程/伍端阳编著.
北京: 化学工业出版社, 2009.12
ISBN 978-7-122-06747-0

I. 数… II. 伍… III. 数控机床-电火花加工-技术
培训-教材 IV. TG661

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 177958 号

责任编辑: 李军亮 段志兵
责任校对: 洪雅姝

文字编辑: 丁建华
装帧设计: 杨 北

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 化学工业出版社印刷厂
787mm×1092mm 1/16 印张 12½ 字数 329 千字 2010 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 38.00 元

版权所有 违者必究

推广先进电加工应用技术
为模具工业发展做贡献

李俊生

2009. 9. 25.

前 言

数控电火花成形加工属于当前先进的制造技术，在制造领域得到了广泛的应用，尤其是模具制造行业，更离不开电火花成形加工。数控电火花成形加工技术用来对复杂形状零件、难切削材料、精细表面及低刚度零件进行加工。

当前数控制造技术发展迅猛，也正是数控电火花成形加工技术更新换代的历史时刻。由手动机床向先进的数控机床大批量转型，使更多先进的数控电火花成形机床被投入到生产中，因此企业急需大批能熟练掌握数控电火花机加工工艺、编程、操作的技术人员。

本书系统详实地讲解了数控电火花成形加工技术。本书内容共分3章，第1章引导读者从对数控电火花成形加工的初步认识到快速入门，逐步进行进阶学习；第2章介绍当前先进、典型的数控电火花成形机床的系统及操作，使读者将所学的知识与实际相结合，为实训奠定基础；第3章是全书的重点，按照企业生产中数控电火花成形加工的操作流程，以工作过程为导向对电极的设计与制造、开机、工件装夹与校正、电极装夹与校正、加工定位、自动编程、启动加工作了具体的讲解，使读者真正懂得怎样去操作。

全书基于GF阿奇夏米尔集团蓝线产品SA系列数控电火花成形机床进行讲解。介绍机床的操作引用了其产品的部分资料，并得到了北京阿奇夏米尔技术服务责任有限公司领导、工程师的鼎力支持，在此表示衷心的感谢。

由于编著者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请广大专家和读者批评指正。

编著者

目 录

绪论	1
第1章 数控电火花成形加工快速入门	4
1.1 数控电火花成形机床	4
1.1.1 主机	4
1.1.2 数控电源柜	6
1.1.3 工作液循环过滤系统	8
1.1.4 电极自动交换装置和C轴装置	9
思考题及习题	9
1.2 关于数控机床	9
1.2.1 什么是数控机床	10
1.2.2 数控机床加工的过程	10
1.2.3 数控机床的控制方式	10
1.2.4 数控机床的坐标轴	11
思考题及习题	12
1.3 数控电火花成形加工过程	12
1.3.1 简单的加工类型	12
1.3.2 简要加工过程	13
1.3.3 电火花成形加工结果	15
思考题及习题	15
1.4 电火花成形加工的基本原理及条件	16
1.4.1 电火花成形加工的基本原理	16
1.4.2 电火花成形加工应具备的条件	17
思考题及习题	17
1.5 电火花成形加工的物理本质	17
1.5.1 介质击穿和通道形成	17
1.5.2 能量转换、分布及其传递	19
1.5.3 电蚀产物的抛出	20
1.5.4 间隙介质的消电离	21
思考题及习题	22
1.6 电火花成形加工常用术语	22
思考题及习题	25

1.7 电火花成形加工中的两种重要效应·····	26
1.7.1 极性效应·····	26
1.7.2 覆盖效应·····	27
思考题及习题·····	28
1.8 关于电极材料与电火花工作液·····	28
1.8.1 电极材料·····	28
1.8.2 电火花工作液·····	29
思考题及习题·····	30
1.9 数控电火花成形加工的工艺指标·····	31
1.9.1 加工速度·····	31
1.9.2 电极损耗·····	31
1.9.3 表面质量·····	32
1.9.4 加工精度·····	33
思考题及习题·····	34
1.10 影响电火花成形加工工艺指标的因素·····	34
1.10.1 影响加工速度的因素·····	34
1.10.2 影响电极损耗的主要因素·····	37
1.10.3 影响表面粗糙度的主要因素·····	40
1.10.4 影响加工精度的主要因素·····	41
思考题及习题·····	42
1.11 数控电火花成形加工的工艺方法·····	42
1.11.1 单电极直接成形工艺·····	42
1.11.2 多电极更换成形工艺·····	43
1.11.3 分解电极成形工艺·····	44
1.11.4 数控平动成形工艺·····	45
1.11.5 数控多轴联动成形工艺·····	46
思考题及习题·····	47
1.12 电火花成形加工的技术特点·····	47
1.12.1 电火花成形加工的应用优势·····	47
1.12.2 电火花成形加工的应用局限·····	48
1.12.3 电火花成形加工的应用范围·····	48
思考题及习题·····	51
第2章 数控电火花成形机床系统及操作·····	52
2.1 手控盒与操作系统·····	52
2.1.1 手控盒的功能与调节·····	52
2.1.2 系统简介·····	53

2.1 思考题与习题	55
2.2 加工准备页	55
2.2.1 使用简介	55
2.2.2 标题栏	56
2.2.3 移动	57
2.2.4 找边	59
2.2.5 找内中心	60
2.2.6 找外中心	61
2.2.7 找角	62
2.2.8 电极找正	63
2.2.9 C 轴分中	64
2.2.10 工件找正	64
2.2.11 其他功能	65
2.3 思考题及习题	66
2.3 创建加工页	67
2.3.1 使用简介	67
2.3.2 程序	72
2.3.3 相对零点	74
2.3.4 加工位置	79
2.3.5 电极	82
2.3.6 坐标系	87
2.4 思考题及习题	89
2.4 自动编程详解	89
2.4.1 工艺数据	90
2.4.2 手动数据	92
2.4.3 应用类型	98
2.4.4 脉冲参数	102
2.4.5 加工位置	105
2.4.6 电极资料	105
2.4.7 图形	108
2.5 思考题及习题	109
2.5 加工优化页	110
2.5.1 脉冲参数 1	110
2.5.2 脉冲参数 2	113
2.5.3 执行	115
2.6 思考题及习题	115

2.6	文件管理页	115
2.6.1	传输管理	116
2.6.2	连接功能	116
	思考题及习题	117
2.7	机床诊断页	117
2.7.1	历史记录	117
2.7.2	软件	118
2.7.3	I/O 诊断	118
2.7.4	温度	119
2.7.5	手控盒诊断	120
	思考题及习题	120
2.8	机床配置页	120
2.8.1	用户界面	120
2.8.2	机械	122
2.8.3	监控	123
2.8.4	参数库	124
2.8.5	基准球	125
2.8.6	测头	125
2.8.7	安全设置	126
	思考题及习题	127
第3章	数控电火花成形加工实训	128
3.1	数控电火花成形机床安全操作规程与日常维护及保养	128
3.1.1	数控电火花成形机床安全操作规程	128
3.1.2	数控电火花成形机床的日常维护和保养	129
	思考题及习题	130
3.2	数控电火花成形加工电极设计与制造	131
3.2.1	电极的设计	131
3.2.2	电极的制造	134
	思考题及习题	136
3.3	数控电火花成形机床开机	137
3.3.1	启动机床电源进入系统	137
3.3.2	数控电火花成形机床回原点	137
3.3.3	检查机床系统各部分状态	138
	思考题及习题	138
3.4	数控电火花成形加工工件装夹、校正	139
3.4.1	工件的准备	139

3.4.2 工件的装夹	139
3.4.3 工件的校正	143
思考题及习题	145
3.5 数控电火花成形加工电极装夹、校正	146
3.5.1 电极的装夹	146
3.5.2 电极的校正	151
思考题及习题	155
3.6 数控电火花成形加工定位	155
3.6.1 加工位置定位	155
3.6.2 加工深度定位	159
3.6.3 定位操作的要点	160
思考题及习题	160
3.7 数控电火花成形加工自动编程	161
3.7.1 加工内容及要求	161
3.7.2 编程过程	162
3.7.3 程序内容	170
思考题及习题	172
3.8 启动数控电火花成形机床加工	173
3.8.1 加工前的检查	173
3.8.2 启动加工的操作顺序	174
3.8.3 加工过程监控	175
3.8.4 加工结束后的操作	176
思考题及习题	177
3.9 数控电火花成形加工综合实例	177
3.9.1 电极设计与制造	178
3.9.2 工件装夹、校正	179
3.9.3 电极装夹、校正	179
3.9.4 加工定位	180
3.9.5 自动编程	181
3.9.6 启动加工	182
思考题及习题	183
附录 GF 阿奇夏米尔 SA 系列数控精密电火花成形机床简介	184
1.1 SA 系列数控精密电火花成形机床的功能与特性	184
1.2 SA 系列数控精密电火花成形机床	184
参考文献	186

绪论

(1) 开始学习

图1所示的是利用数控电火花成形机床进行加工。让我们观察一下数控电火花成形加工的过程(见图2)。在数控电火花成形机床上装夹工件,主轴上连接电极;在有工作液介质的条件下进行加工(数控电火花成形加工大多数是使用浸油加工,此处为了清楚地给出示意图,图中显示的是冲油方式),主轴带动电极作连续的轴向伺服进给运动,直至工件上加工出所需的形状。



图1 认识电火花成形加工机床

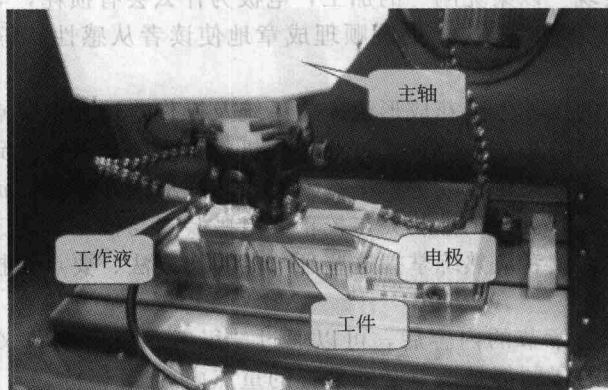


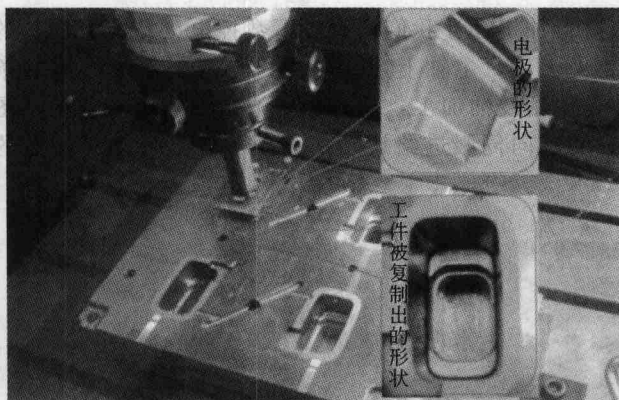
图2 电火花成形加工的过程

➤ 工件：用来进行电火花成形加工的零件。

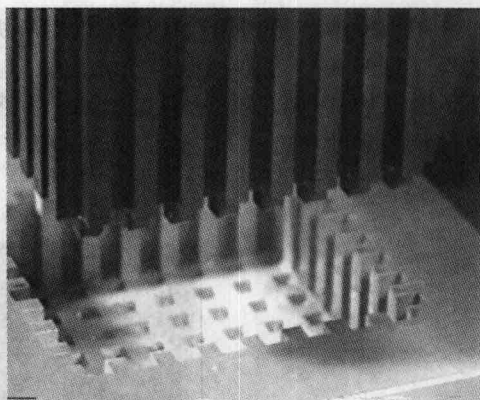
➤ 电极：在电火花成形加工中用来蚀除工件材料，以达到加工要求形状的工具，也称工具电极，简称为电极，实际生产中有“铜公”的叫法。

➤ 工作液介质：电火花成形加工时，工件和电极间的放电间隙必须浸泡在有一定绝缘性能的液体介质中，其液体介质即称为工作液介质或简称为工作液。

电火花成形加工的过程就是把电极的形状复制到工件上。也就是说要用电火花成形加工一个型腔，那么电极的形状必须与型腔形状相反并且吻合，如图3所示。



(a) 电火花加工实例1



(b) 电火花加工实例2

图3 电火花成形加工的电极形状与加工形状

(2) 本书主要内容与学习方法

数控电火花成形加工是一门实践性很强的技术。本书共分为3章，分别为数控电火花成形加工快速入门、数控电火花成形机床系统及操作、数控电火花成形加工实训。

第1章按照知识的难易程度，以循序渐进的方式安排相关内容。“数控电火花成形加工过程”一节通过简单的电火花加工实例，指导人员进行示范性操作，通过提醒读者认真观察，这样读者的好奇心和求知欲极大增强，后面的章节积极引导读者进行思考：电火花加工的原理是什么，为什么可以用实现“以柔克刚”的加工，电极为什么会有损耗，等等。用读者心中提出许多疑问来增加其想象、思考，这样也就顺理成章地使读者从感性认识逐步进入理性的学习阶段。

第2章介绍了典型的数控电火花成形机床的系统及操作，读者要重点了解机床的主要功能及操作方法，分清楚内容的主次。读者通过对一种机床系统的学习应达到举一反三的效果。

第3章是全书的重点，按照实际生产中数控电火花成形加工的操作流程，以工作过程为导向对电极的设计与制造、开机、工件装夹与校正、电极装夹与校正、加工定位、自动编程、启动加工作了具体的讲解。读者应熟练掌握这些环节的操作方法、要点、技巧，真正懂得怎样去操作。

读者在学习完成每一章节的内容后，可以通过“思考题及习题”来测试与强化学习的效果，提出的问题与列举的习题都是该节必须掌握的重点内容。

这里提出本书的学习模式（见图4）：对于初学者来说，学习一门技术的关键是如何入门，如果能够在初期奠定一个扎实的基础，对加工技术有一轮廓的感性认识，就能够在后期的学习

中抓住要点,通过扎实的理性学习与实训,使技能得到快速提升,最终达到在实践中能熟练、感性运用的目的。

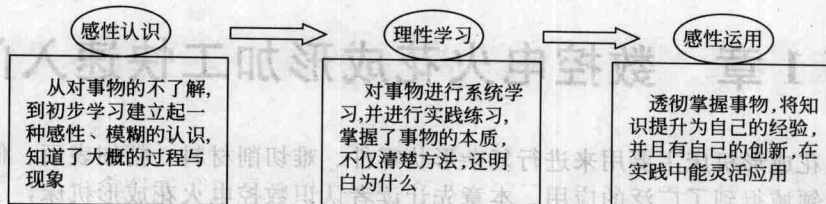


图4 数控电火花成形加工技术学习模式

数控电火花成形加工技术学习模式

该模式以感性认识为基础,通过理性学习,使技能得到快速提升,最终达到在实践中能熟练、感性运用的目的。该模式以感性认识为基础,通过理性学习,使技能得到快速提升,最终达到在实践中能熟练、感性运用的目的。

该模式以感性认识为基础,通过理性学习,使技能得到快速提升,最终达到在实践中能熟练、感性运用的目的。该模式以感性认识为基础,通过理性学习,使技能得到快速提升,最终达到在实践中能熟练、感性运用的目的。

该模式以感性认识为基础,通过理性学习,使技能得到快速提升,最终达到在实践中能熟练、感性运用的目的。

该模式以感性认识为基础,通过理性学习,使技能得到快速提升,最终达到在实践中能熟练、感性运用的目的。该模式以感性认识为基础,通过理性学习,使技能得到快速提升,最终达到在实践中能熟练、感性运用的目的。

第1章 数控电火花成形加工快速入门

数控电火花成形机床主要用来进行复杂形状零件、难切削材料、精细表面、低刚度零件的加工,在制造领域得到了广泛的应用。本章先让读者认识数控电火花成形机床,了解数控机床的常识;然后让读者了解数控电火花成形加工的全过程,从而建立起对加工的感性认识,激发学习该门技术的兴趣;接着介绍数控电火花成形加工的基本原理、物理本质、重要效应等知识,使读者从感性认识逐步进入理性的学习阶段。掌握好扎实的理论基础对在以后的实际工作中提升技能水平大有益处。

- ➡ 数控电火花成形机床
- ➡ 关于数控机床
- ➡ 数控电火花成形加工过程
- ➡ 电火花成形加工的基本原理
- ➡ 电火花成形加工的物理本质
- ➡ 电火花成形加工常用术语
- ➡ 电火花成形加工中的两种重要效应
- ➡ 关于电极材料与电火花工作液
- ➡ 数控电火花成形加工的工艺指标
- ➡ 影响电火花成形加工工艺指标的因素
- ➡ 数控电火花成形加工的工艺方法
- ➡ 分析电火花成形加工的技术特点

1.1 数控电火花成形机床

当你见过数控电火花成形机床后,只是对机床的外观有所认识,对它的组成部分及各部分的作用还不清楚。本节就将介绍数控电火花成形机床的组成,让读者明白数控电火花成形机床的组成及各部分的作用。

不同品牌的数控电火花成形机床的外观可能不一样,但主要都由主机、数控电源柜、工作液循环过滤系统等几部分组成。图 1-1 所示是北京阿奇夏米尔 SA30 数控电火花成形机床。

1.1.1 主机

数控电火花成形机床主体是其机械部分(称为主机),用于夹持电极及支撑工件,保证它们的相对位置,并实现电极在加工过程中的稳定进给运动。机床主体主要由床身、立柱、工作

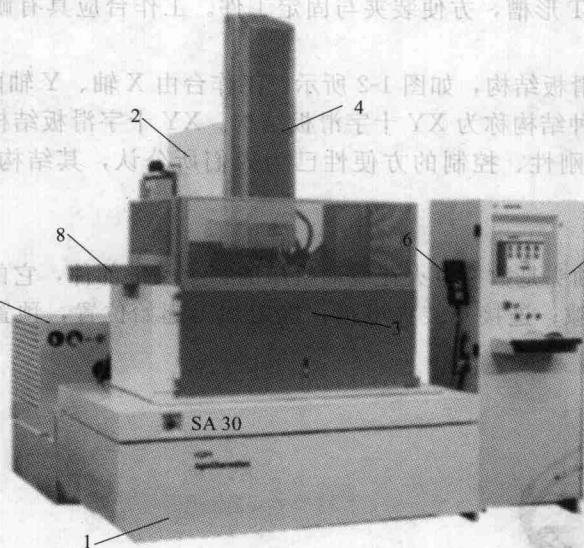


图 1-1 北京阿奇夏米尔 SA30 数控电火花成形机床
1—床身；2—立柱；3—工作液槽；4—主轴头；5—数控电源柜；
6—手控盒；7—工作液循环过滤系统；8—电极自动交换装置

台、主轴头等部分组成，如图 1-2 所示。

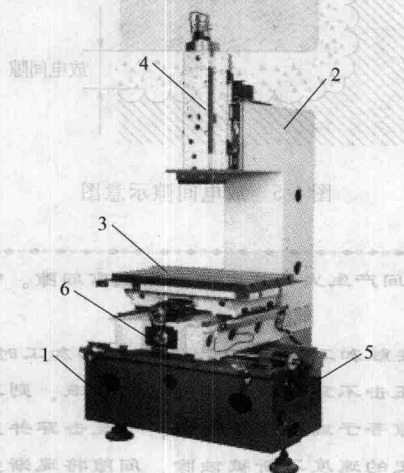


图 1-2 数控电火花成形机床主体的组成部分（固定立柱式）
1—床身；2—立柱；3—工作台；4—主轴头；
5—X 轴电机；6—Y 轴电机



图 1-3 工作台

(1) 床身和立柱

床身和立柱是数控电火花成形机床的基础结构。立柱作为构件安装在床身上，床身起到支撑的作用，构成短“C”形立柱结构。机床的立柱主要用来夹持主轴头部件作上下运动。床身和立柱是整个机床的主要机械部分，床身和立柱的制造、装配必须满足各种几何精度与力学精度，才能保证加工过程中电极与工件的相对位置，保证加工精度。

(2) 工作台

工作台如图 1-3 所示，主要用来支撑和装夹工件。工作台上安装有工作液槽，用来容纳工

作液。工作台上开设有 T 形槽，方便装夹与固定工件。工作台应具有耐用、平面度精度高等特点。

工作台为 XY 十字滑板结构，如图 1-2 所示。工作台由 X 轴、Y 轴两个电机驱动，可以相对床身作移动运动，这种结构称为 XY 十字滑板结构。XY 十字滑板结构已经历了数十年的实用历程，其运动的机械刚性、控制的方便性已为人们所公认，其结构设计和制造工艺相对成熟。

(3) 主轴头

如图 1-4 所示，主轴头是数控电火花成形机床的一个关键部件，它的功能是：在加工中调整和保持合理的放电间隙；连接与装夹电极；确定加工起始位置，预置加工深度；加工到位后，主轴自动回升。

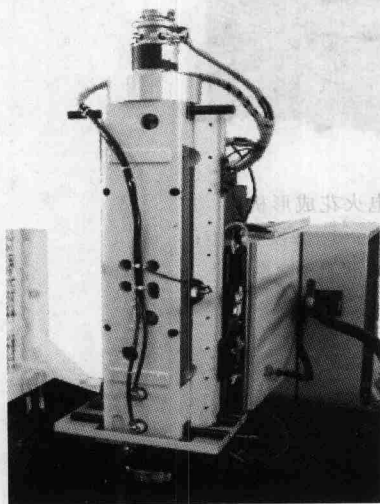


图 1-4 主轴头

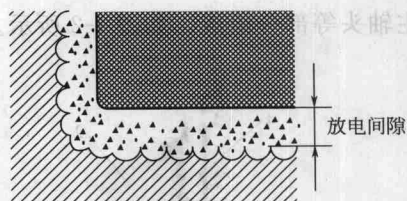


图 1-5 放电间隙示意图

► **放电间隙：**放电间隙是指加工时电极和工件之间产生火花放电的一层距离间隙。它的大小一般在 0.01~0.5mm 之间，如图 1-5 所示。

► **电火花成形加工与切削加工不同，属于“不接触加工”。**正常电火花成形加工时，工具和工件间有一放电间隙。如果间隙过大，脉冲电压击不穿间隙间的绝缘工作液，则不会产生火花放电，必须使电极工具向下进给，直到间隙等于或小于某一值，才能击穿并产生火花放电。在正常的电火花成形加工时，工件以一定的速度不断被蚀除，间隙将逐渐扩大，必须使电极工具以速度补偿进给，以维持所需的放电间隙。如进给量大于工件的蚀除速度，则间隙将逐渐变小，甚至等于零，形成短路。当间隙过小时，必须减少进给速度。如果工具工件间一旦短路，则必须使工具以较大的速度反向快速回退，消除短路状态，然后再重新向下进给，调节到所需的放电间隙。

1.1.2 数控电源柜

数控电源柜由彩色 CRT 显示器、手控盒、鼠标以及数控电器装置等部件组成。数控电源柜是控制电火花成形机床最主要的装置，其组成如图 1-6 所示。

(1) CRT 显示器与鼠标

CRT 显示器是数控电火花成形机床的输出装置，它将电火花成形加工方面的信息通过屏

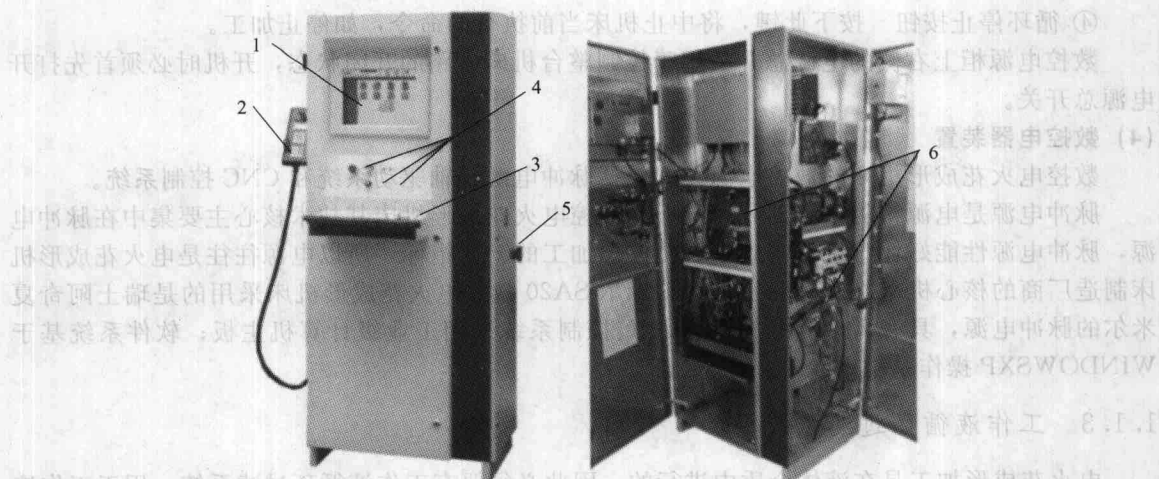


图 1-6 数控电源柜

1—CRT 显示器；2—手控盒；3—鼠标；4—操作按钮；5—机床总电源开关；6—数控电器装置

幕显示出来。这些信息的处理使用鼠标来进行操作。鼠标的操作与计算机鼠标的操作方法是一样的。

(2) 手控盒

数控电火花成形机床使用手控盒可以方便地实现对机床的一些控制，如图 1-7 所示。手控盒的主要作用是用来实现轴移动功能。另外手控盒还具有其他一些功能，如工作液的开启与关闭、坐标设零等功能（在 2.1.1 节中具体介绍）。



图 1-7 手控盒的使用

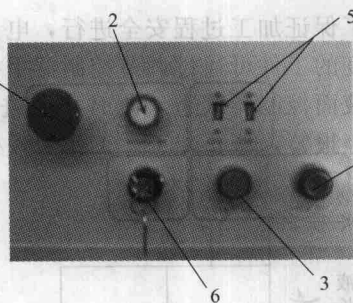


图 1-8 操作按钮及其他

1—急停开关；2—开机按钮；3—循环开始按钮；
4—循环停止按钮；5—USB 插口；6—安全锁

(3) 操作按钮与机床总电源开关

数控电源柜上的操作按钮如图 1-8 所示，通过按下这些操作按钮来实现加工的启动与停止以及关机与开机。操作按钮旁边有两个 USB 数据插口，用于传输文件。

① 急停开关 碰到紧急的情况需关闭机床时，按下此键即可关闭机床电路，停止机床一切动作。开机前注意要将急停开关复位。

② 开机按钮 打开机床电源总开关后，按下此键开机进入机床操作系统。

③ 循环开始按钮 按下此键，将执行机床系统当前给定的命令，如执行加工。