

郭洁民 编著

模具电火花线切割 技术问答

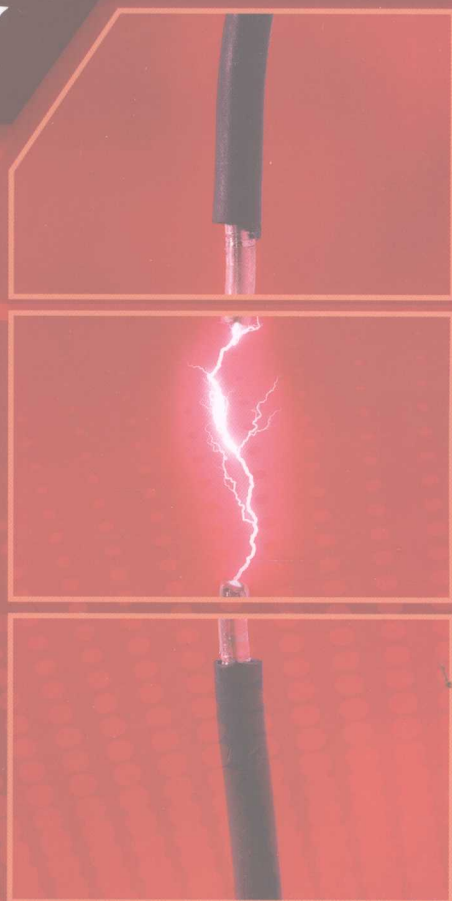
MUJU

DIANHUOHUA

XIANQIEGE

JISHU

WENDA



化学工业出版社

郭洁民 编著

模具电火花线切割 技术问答

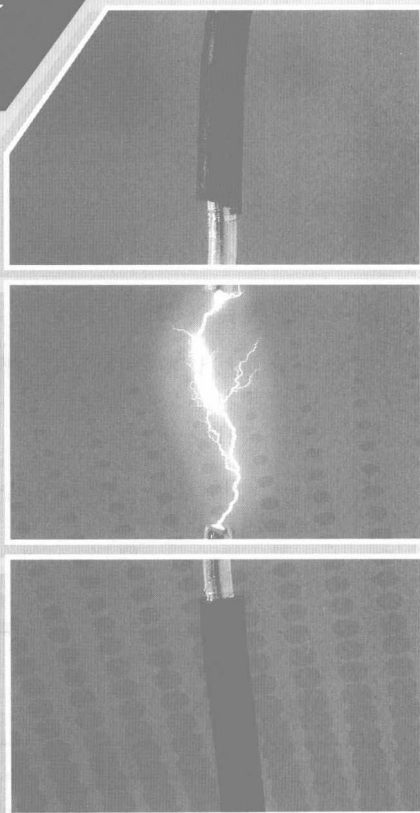
MUJU

DIANHUOHUA

XIANQIEGE

JISHU

WENDA



化学工业出版社

· 北京 ·

本书按章节以问答的形式解答各种模具电火花线切割技术问题,包括模具电火花线切割技术基础、高速走丝电火花线切割机床设备、低速走丝电火花线切割机床设备、模具电火花线切割编程、模具电火花线切割工艺基础、模具电火花线切割相关技能、模具电火花线切割加工技巧及模具电火花线切割新设备、新技术、新工艺、新材料等方面的若干问题,力求简单、通俗易懂,论述清楚,特别是对模具电火花线切割技术的基本概念、工艺方法讲述较详细,既有一定的理论深度,又包含了丰富的实践经验,同时列举了大量典型加工实例,是从事模具电火花线切割的工程技术人员必读参考书籍,对在实际工作中遇到的具体问题,可从中获得帮助;该书还可供模具设计人员和模具工艺编制人员参考;并可作为从事电火花线切割机床设备操作人员的培训辅导用书。

图书在版编目(CIP)数据

模具电火花线切割技术问答/郭洁民编著. —北京:
化学工业出版社, 2009. 4
ISBN 978-7-122-04905-6

I. 模… II. 郭… III. 模具-电火花线切割-问答
IV. TG484-44 TG76-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 025658 号

责任编辑:王苏平
责任校对:陶燕华

文字编辑:张燕文
装帧设计:史利平

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)

印刷:北就永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张17¼ 字数418千字 2009年6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:39.00 元

版权所有 违者必究

前言

现代工业，模具先行，电火花线切割（WEDM）技术已成为模具制造业的首选加工工艺。随着计算机技术的迅速发展，电火花线切割技术已进入信息化时代，成为现代制造技术的一个重要组成部分。特别是低速走丝电火花线切割（LSWEDM）机床的工艺指标已达到了顶级水平，其最佳表面粗糙度 R_a 值可达 $0.05\mu\text{m}$ ，由于所有轴都由双测量系统精确地控制在 $0.10\mu\text{m}$ 精度范围内，并与其他高精度加工技术相配合，可使加工精度达到小于 $1\mu\text{m}$ 水平，加工表面没有变质层，更重要的是单边配合精度可达 $1.50\mu\text{m}$ 。目前，用 LSWEDM 机床加工的硬质合金模具寿命已等于或高于精密磨削加工，加上其一系列的技术进步，可以说在精密冲压模加工中 LSWEDM 技术一枝独秀。

具有我国独立知识产权的高速走丝电火花线切割（HSWEDM）机床在各种模具加工中应用十分广泛，目前产量约（3~4）万台/年，随着计算机的迅速发展，HSWEDM 机床也有较大的进步。除了在大厚度工件切割和大锥度切割仍然占有较大优势外，首先是多次切割技术的开发，使 HSWEDM 机床的加工精度和表面质量都有较大的提高，在切割速度方面，通过提升脉冲电源及检测控制技术，最大切割速度可达 $300\text{mm}^2/\text{min}$ ，最小轮廓误差小于 $\pm 5\mu\text{m}$ ，表面粗糙度 R_a 值可达 $0.4\mu\text{m}$ 。这为加工制作好各种模具提供了可靠的质量保证。

目前，模具的加工制造离不开数控电火花线切割技术，特别是质量要求高、加工难度大的模具更是如此。因此，对电火花线切割技术的要求也越来越高，再加上其应用范围的不断扩大，出现了各式各样的模具电火花线切割技术问题。为了更好地普及推广模具电火花线切割技术，解答各种各样的技术问题，作者参阅了大量的文献资料，结合四十多年的生产实践经验和心得体会，编著了本书。

《模具电火花线切割技术问答》一书，按章节以问答题的形式对模具电火花线切割技术问题进行了较系统地、由浅入深地讲解，着重阐述电火花线切割技术知识，尤其注重通过典型加工实例，讲述各种加工原理、工艺规律、机床设备、工艺方法及相关模具知识等，以利于读者掌握相关技能、加工技巧，更好地掌握模具电火花线切割技术。

全书共分八章：模具电火花线切割技术基础；高速走丝电火花线切割机床设备；低速走丝电火花线切割机床设备；模具电火花线切割编程；模具电火花线切割工艺基础；模具电火

花线切割相关技能；模具电火花线切割加工技巧；模具电火花线切割新设备、新技术、新工艺、新材料。全书共 245 道问答题，分别进行讲解，力求简单明了，通俗易懂，问题回答定义准确，表达清楚。该书是从事模具电火花线切割技术人员的必读书籍，对在实际工作中遇到的具体技术问题，可从中获得帮助；该书还可供从事模具设计的人员和模具工艺编制人员参考；并可作为从事电火花线切割机床操作人员的学习用书。

本书在编写过程中，使用了大量模具电火花线切割技术图表和数据，均为我国模具电火花线切割工程技术人员的辛勤劳动成果；同时参阅了国内外模具电火花线切割技术的有关资料，并得到很多专家和同行的支持与帮助。特别是在本书编写过程中得到黄玲玲、郭靖同志的大力支持和帮助，在此借本书出版的机会向这些同志表示衷心的感谢和崇高的敬意！

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏之处，恳请专家、学者及广大读者给予指正，提出宝贵意见。

编者
2009 年 4 月

目 录

第一章 模具电火花线切割技术基础	1
一、电火花线切割加工原理	1
1. 什么是电火花线切割加工?	1
2. 电火花线切割加工原理是什么?	1
3. 电火花线切割是如何分类的?	2
4. 电火花线切割加工的特点是什么?	2
5. 电火花线切割加工的应用范围是什么?	3
6. 电火花线切割加工常用的名词、术语及符号有哪些?	4
二、电火花线切割加工机理	6
7. 什么是电火花线切割加工的机理?	6
8. 线切割击穿放电的特点是什么?	7
9. 线切割加工的电蚀过程是什么?	7
10. 什么是线切割的飞溅、镀覆现象?	8
11. 为什么线切割选择正极性加工?	8
12. 什么是金属材料热物理常数? 其特点是什么?	9
三、电火花线切割的加工精度	9
13. 什么是电火花线切割的加工精度?	9
14. 为什么说脉冲参数影响加工精度?	10
15. 为什么说机械精度影响加工精度?	10
16. 为什么说放电压力影响加工精度?	11
17. 为什么说工作液的注入方式、注入方向影响加工精度?	12
四、电火花线切割的表面质量	13
18. 什么是电火花线切割加工的表面质量?	13
19. 为什么说脉冲能量影响加工表面质量?	14
20. 为什么说电极丝及其运动方式影响加工表面质量?	15
21. 为什么说工件厚度、机械精度影响加工表面质量?	16
22. 为什么说工作液介质影响加工表面质量?	16

五、电火花线切割的切割速度	17
23. 什么是电火花线切割加工的切割速度?	17
24. 为什么说脉冲参数影响切割速度?	19
25. 为什么说电极丝材料、直径影响切割速度?	20
26. 为什么说工件材料、厚度影响切割速度?	21
27. 为什么说走丝速度、加工进给速度影响切割速度?	22
28. 为什么说工作液介质影响切割速度?	23
29. 切割速度、加工精度、加工表面质量之间的关系是什么?	23

第二章 高速走丝电火花线切割机床设备 25

一、高速走丝电火花线切割机床本体	25
1. 机床的型号及主要技术参数是什么?	25
2. 机床主要由哪几部分组成?	25
3. 床身的作用是什么?	26
4. X、Y 坐标工作台运动原理是什么?	27
5. X、Y 坐标工作台结构特点是什么?	27
6. 常采用的滚动导轨有哪几种?	28
7. 常采用的丝杠传动副有哪几种?	29
8. 怎样减少和消除齿轮传动副中的齿侧间隙?	30
9. 走丝系统的功能是什么?	31
10. 储丝筒的工作原理是什么?	31
11. 对储丝筒的技术要求是什么?	31
12. 储丝结构由哪几部分组成?	32
13. 储丝筒换向装置的作用是什么?	33
14. 对线架的设计要求是什么?	34
15. 常见的线架结构有哪几种?	34
16. 对导轮组合件的技术要求是什么?	36
17. 导轮组合件的结构特点是什么?	37
18. 锥度切割有哪几种线架结构?	37
19. 电极丝进电方式有哪几种?	39
20. 机床的一般传动关系是什么?	40
21. 机床为什么要进行润滑与保养?	42
二、高速走丝电火花线切割的脉冲电源	43
22. 对脉冲电源的要求是什么?	43

23. 脉冲电源是由哪几部分组成的？	44
24. 晶体管多谐振荡式脉冲电源的原理是什么？	44
25. 单片机脉冲发生器及场效应功放管脉冲电源的工作原理是什么？	45
26. 晶振脉冲电源的工作原理是什么？	46
27. 什么是晶体管控制 RC 微精加工电源？	47
28. 什么是高频分组脉冲电源？	47
29. 什么是多回路脉冲电源？	49
30. 什么是节能型脉冲电源？	50
三、高速走丝电火花线切割的控制系统	52
31. 什么是电火花线切割加工的控制系统？	52
32. 什么是计算机数控系统？	52
33. 数控电火花线切割控制原理是什么？	53
34. 逐点比较法的插补原理是什么？	53
35. 锥度加工的插补原理是什么？	54
36. 常见线切割控制系统有哪几类？	55
37. 微机控制系统硬件电路的特点是什么？	56
38. 单片微机 and 接口电路电源的特点是什么？	59
39. 伺服进给速度的控制方法是什么？	60
40. 取样变频电路的工作原理是什么？	60
41. 短路回退电路的工作原理是什么？	61
42. 自动找中心电路的工作原理是什么？	62
43. 步进电机的结构原理是什么？	62
44. 步进电机的控制方式有哪几种？	63
45. 步进电机驱动电路的工作原理是什么？	64
46. 步进电机驱动电源的特点是什么？	65
47. 数控电火花线切割机床电气控制原理是什么？	66
48. 怎样实现水泵电机自锁控制？	66
49. 怎样实现走丝电机的正反向往复循环转动？	68
50. 怎样实现走丝电机直流刹车制动？	68
51. 怎样实现走丝换向瞬间自动断高频？	68
四、高速走丝电火花线切割的工作液系统	69
52. 工作液的作用是什么？	69
53. 常用工作液有哪几种？特点是什么？	70

54. 工作液的配制和使用方法是什么？	70
55. 什么是工作液系统？	71
56. 工作液过滤循环装置由哪几部分组成？	71

第三章 低速走丝电火花线切割机床设备 73

一、低速走丝电火花线切割机床本体 73

1. 机床型号及技术参数是什么？	73
2. 机床本体主要由哪几部分组成？	74
3. 床身、立柱的作用是什么？	75
4. X、Y 坐标工作台的作用是什么？	75
5. 常采用的导轨形式有哪几种？	76
6. 什么是低速走丝系统？	76
7. 张力伺服控制装置工作原理是什么？	77
8. 导丝器的作用是什么？	78
9. 排丝机构的作用是什么？	79
10. 什么是自动穿丝系统？	79
11. 什么是双丝全自动切换走丝系统？	79

二、低速走丝电火花线切割的脉冲电源 80

12. 低速走丝脉冲电源的特点是什么？	80
13. 纳秒级大峰值电流脉冲电源的特点是什么？	80
14. RC 型脉冲电源的工作原理是什么？	81
15. 什么是 BG-C 型晶体管电容式脉冲电源？	81
16. 什么是晶体管控制的 RC 脉冲电源？	82
17. 什么是晶体管脉冲电源？	82
18. 防电解（AE）脉冲电源的特点是什么？	83
19. 什么是防电解作用式脉冲电源？	84

三、低速走丝电火花线切割的自动控制系统 85

20. 什么是低速走丝伺服控制系统？	85
21. 低速走丝伺服控制系统由哪几部分组成？	85
22. 什么是加工过程参数控制系统？	85
23. 什么是模糊控制系统？	86
24. 什么是自适应控制系统？	87
25. 什么是数控伺服系统？	88
26. 数控系统的插补方法有哪些？	88

27. 什么是数控系统的轨迹伺服控制？	89
28. 什么是数控系统的加减速控制？	89
29. 什么是数控系统的可控轴数和联动轴数？	90
30. 数控系统应该具备哪些功能？	91
31. 数控系统的硬件结构是什么？	92
32. 数控系统的软件结构是什么？	93
33. 什么是交流电机伺服控制系统？	94
34. 什么是直线电机伺服控制系统？	95
四、低速走丝电火花线切割的工作液系统	96
35. 什么是低速走丝电火花线切割的工作液系统？	96
36. 低速走丝电火花线切割采用哪些介质作为工作液？	97
37. 怎样控制去离子水电阻率？	97
38. 低速走丝电火花线切割机床工作液系统的工作过程是什么？	98
第四章 模具电火花线切割编程	101
一、3B 代码编程	101
1. 什么是电火花线切割编程？	101
2. 编写 3B 程序的格式是什么？	101
3. 编写 3B 程序的方法是什么？	101
4. 怎样手工编写简单 3B 程序？举例说明。	103
5. 间隙补偿量的确定方法是什么？举例说明。	105
6. 冲模线切割编程间隙补偿量的确定方法是什么？举例说明。	106
7. 有公差尺寸的编程计算方法是什么？举例说明。	109
8. 怎样手工编写简单级进模 3B 程序？举例说明。	110
9. 怎样编写 4B 程序？举例说明。	114
二、ISO 代码编程	117
10. 什么是 ISO 代码？	117
11. 什么是 G 代码？有哪些功能？	117
12. 什么是 M 代码？有哪些功能？	120
13. ISO 代码程序段的格式是什么？	120
14. ISO 代码按终点坐标有几种表达（输入）方式？举例说明。	121
15. ISO 代码间隙补偿指令的使用方法是什么？举例说明。	123
16. ISO 代码锥度加工指令的使用方法是什么？举例说明。	124
三、绘图式自动编程	126

17. 什么是绘图式自动编程系统？其特点是什么？	126
18. 绘图式自动编程系统的基本功能是什么？	126
19. HL 绘图式编程常用作图方法是什么？	127
20. HL 绘图式编程基本方法是什么？举例说明。	129
21. 怎样用 HL 绘图式编程方法编多次切割程序？举例说明。	132
四、计算机辅助编程	135
22. 什么是计算机辅助编程？	135
23. 计算机辅助编程的特点是什么？	136
第五章 模具电火花线切割工艺基础	137
一、工具电极丝	137
1. 常用电极丝的种类和特点是什么？	137
2. 怎样装绕和张紧电极丝？	138
3. 怎样校正与调整电极丝的垂直度？	139
4. 怎样校正电极丝的原始位置？	141
二、工件	141
5. 常用工件材料有哪些？其名称、牌号及用途是什么？	141
6. 选择工件材料的依据是什么？	142
7. 常用模具材料热处理规范是什么？	142
8. 为什么电火花线切割模具材料必须进行锻造？	143
9. 什么是工件的工艺基准？	145
10. 穿丝孔的加工方法是什么？	146
11. 为什么要预留工件的夹持尺寸？	147
12. 工件装夹的一般要求是什么？	147
13. 工件的装夹方式有哪几种？	148
14. 工件的校正定位方法有哪些？	149
15. 为什么要进行程序的运行检查？	150
16. 什么是 3R 工艺基准定位系统？	151
三、工艺规范	151
17. 什么是电火花线切割加工的工艺规范？	151
18. 加工参数选择的基本规则是什么？	152
19. 怎样选择高速走丝电火花线切割加工参数？	153
20. 怎样选择低速走丝电火花线切割加工参数？	155
21. 什么是工艺规范数据库？	157

四、工艺方法	158
22. 一次切割的工艺方法是什么?	158
23. 多次切割的工艺方法是什么?	160
24. 锥度切割的工艺方法是什么?	161
25. 无芯切割的加工工艺方法是什么?	163
五、典型加工实例	164
26. 怎样切割简单冲模?	164
27. 怎样切割渐开线齿轮?	167
28. 怎样切割多工位级进冲模?	168
第六章 模具电火花线切割相关技能	172
一、机床操作技能	172
1. 怎样进行机床的搬运、安装及调整?	172
2. 线切割机床操作步骤是什么?	173
3. 数控线切割机床手控盒按键的功能是什么?	174
4. 低速走丝线切割机床计算机操作面板的按键功能是什么?	175
二、机床精度与性能检验的技能	177
5. 为什么要进行电火花线切割机床的精度检验?	177
6. 怎样检验电火花线切割机床的几何精度?	177
7. 怎样检验电火花线切割机床的数控精度?	179
8. 怎样检验电火花线切割机床的工作精度?	180
三、机床故障维修技能	181
9. 电火花线切割机床常见故障的诊断原则是什么?	181
10. 电火花线切割机床常见故障的排除方法是什么?	182
11. 怎样排除电火花线切割加工机床电器的故障?	183
12. 怎样排除电火花线切割脉冲电源的故障?	186
13. 怎样排除电火花线切割伺服驱动系统的故障?	188
14. 怎样排除电火花线切割加工短路的故障?	190
15. 怎样排除电火花线切割加工断丝的故障?	190
16. 怎样排除数控线切割机床机械方面的常见故障?	191
第七章 模具电火花线切割加工技巧	193
一、模具线切割的编程技巧	193
1. 怎样选择取件位置、切割路线及加工起点?	193
2. 怎样确定电极丝切割轨迹?	193

3. 怎样合理确定工件定位方式?	194
4. 怎样合理确定辅助程序?	195
二、特殊工件的加工技巧	195
5. 怎样切割薄壁、窄缝的工件? 举例说明。	195
6. 怎样切割多型孔的工件? 举例说明。	196
7. 怎样切割超机床行程的工件? 举例说明。	197
8. 怎样切割大锥度的工件? 举例说明。	199
9. 怎样切割大厚度、超厚度的工件? 举例说明。	202
三、特殊材料的加工技巧	203
10. 怎样切割硅钢片材料? 举例说明。	203
11. 怎样切割不锈钢材料? 举例说明。	204
12. 怎样切割磁钢材料? 举例说明。	205
13. 怎样切割半导体材料? 举例说明。	206
14. 怎样切割纯铜材料? 举例说明。	207
15. 怎样切割铝及铝合金材料? 举例说明。	209
16. 怎样切割钛及钛合金材料? 举例说明。	210
17. 怎样切割硬质合金材料? 举例说明。	211
18. 怎样切割聚晶金刚石材料? 举例说明。	212
四、模具线切割的加工技巧	213
19. 怎样用一块坯料同时切割凸、凹模? 举例说明。	213
20. 怎样在普通线切割机床上加工带锥度的凹模? 举例说明。	215
21. 怎样切割无间隙冲裁模? 举例说明。	216
22. 怎样切割复合冲模? 举例说明。	217
23. 怎样切割复式冲孔模? 举例说明。	219
24. 怎样切割弯曲切口模? 举例说明。	221
25. 怎样切割挤压型材模? 举例说明。	222
26. 怎样切割异形孔喷丝模? 举例说明。	225
27. 怎样切割冷镦模? 举例说明。	227
28. 怎样切割塑料模? 举例说明。	228
29. 怎样切割压铸模? 举例说明。	229
30. 怎样切割压铸模具的分型面? 举例说明。	231
五、操作工艺的加工技巧	233
31. 提高工艺孔定位精度的方法是什么?	233

32. 怎样减小电火花线切割加工过程中的工件变形误差?	234
33. 怎样减少精密加工件凹凸量异常现象?	236
34. 避免断丝的操作工艺技巧是什么?	236
35. 怎样防止在切割工件时产生电解现象?	238
第八章 模具电火花线切割新设备、新技术、新工艺、新材料	239
一、模具电火花线切割的新设备	239
1. 直线电机驱动的电火花线切割机床的特点是什么?	239
2. ROBOFIL 系列电火花线切割机床的特点是什么?	240
3. 横向低速走丝电火花线切割机床的特点是什么?	240
4. DK76 系列电火花线切割机床的特点是什么?	241
5. 立式回转电火花线切割机床的特点是什么?	241
6. 实时智能控制高频脉冲电源的特点是什么?	242
7. 双头高速走丝电火花线切割机床的特点是什么?	243
8. 中速走丝电火花线切割机床的特点是什么?	244
二、模具电火花线切割的新技术	245
9. 什么是微细电火花线切割加工技术?	245
10. 什么是高速走丝电火花线切割机新型恒张力控制系统?	246
11. 什么是气流引导式自动穿丝技术?	247
12. 什么是切割曲面加工的仿真技术?	249
三、模具电火花线切割的新工艺	251
13. 什么是钛合金放电着色新工艺?	251
14. 什么是线电极电火花磨削新工艺? 其特点是什么?	252
15. 怎样切割回转端面曲线型面?	253
16. 怎样在数控电火花线切割机床上切割螺旋工件?	254
四、模具电火花线切割的新材料	255
17. 怎样切割绝缘陶瓷氮化硅材料?	255
18. 新颖电极丝材料有哪些? 其特点是什么?	257
19. 怎样配制超高厚度切割的工作液?	258
20. 什么是环保新型水基工作液?	258
参考文献	260

第一章 模具电火花线切割技术基础

一、电火花线切割加工原理

(1) 什么是电火花线切割加工？

电火花线切割加工（Wire Cut EDM，简称 WEDM）是一种用线状电极作为工具的电火花加工，又称线电极电火花加工。其特点是电极丝作单向低速或双向高速的走丝运动，工件相对电极丝作 X、Y 方向的任意轨迹运动，可用靠模仿形、光电跟踪、计算机数字等方式进行控制，直接利用电能和热能进行尺寸加工的一种工艺方法。图 1-1 所示为电火花线切割加工示意。

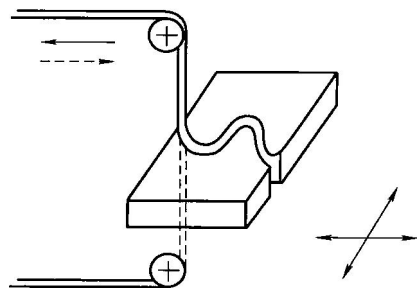


图 1-1 电火花线切割加工示意

另外，电火花线切割加工，为了在工件上切割出锥度（如凹模刃口斜度）电极丝还需在 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，即四轴联动电火花线切割加工，除了工作台有 X、Y 两个数控轴外，在上

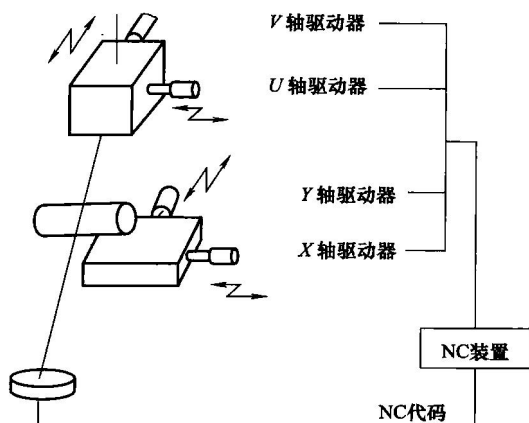


图 1-2 四轴联动电火花线切割加工示意

线架上还有 U、V 两个数控轴，U、V 轴运动使电极丝上端可作倾斜移动，从而切割出倾斜有锥度的表面。图 1-2 所示为四轴联动电火花线切割加工示意。但是在加工上下异形面时不是直接指定电极丝倾角，而是指定 U、V 轴的位移量，再在机床里设定一个编程平面和一个子平面。X、Y 轴的位移是在编程平面上的位移，U、V 轴的位移是在子平面上的位移。

以上所述加工锥度和加工异形面都是指计算机控制的电火花线切割加工，所以又称数控电火花线切割加工或简称数控线切割加工。

(2) 电火花线切割加工原理是什么？

电火花线切割加工基本原理是在电极丝和工件之间进行脉冲放电（图 1-3）。一般电极丝接脉冲电源的负极，工件接脉冲电源的正极。当脉冲电源输出一个电脉冲时，在电极丝和

工件之间产生一次火花放电,在放电通道的中心温度瞬时可高达 10000°C 以上,高温使工件金属熔化,甚至有少量汽化,高温也使电极丝和工件之间的工作液部分产生汽化,这些汽化后的工作液和金属蒸气瞬间迅速热膨胀,并具有爆炸的特性。这种热膨胀和局部微爆炸,抛出熔化和汽化了的金属材料而实现对工件材料进行电火花线切割加工。

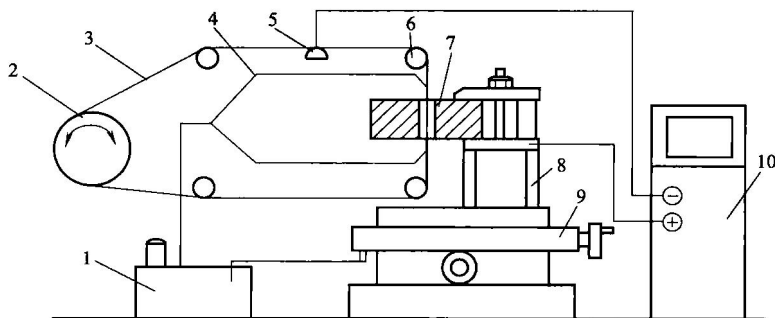


图 1-3 电火花线切割加工原理示意

1—工作液箱；2—储丝筒；3—电极丝；4—供液管；5—导电极块；6—导轮；
7—工件；8—夹具；9—坐标工作台；10—脉冲电源与控制系统

电火花线切割加工时,为了获得较好的表面粗糙度和较高的尺寸精度,并保证电极丝不被烧断,应选择好相应的脉冲参数,并使工件和钼丝之间的放电必须是火花放电,而不是电弧放电,因此必须使两个脉冲之间有足够的时间间隔,一般脉冲间隔时间应为脉冲宽度的 $1\sim 6$ 倍以上。电极丝必须沿轴向作走丝运动,工件相对电极丝在 X 、 Y 平面内作数控运动。在放电间隙中注入大量工作液,使电极丝得到充分冷却,把电蚀产物从间隙中排出,切割出具有一定形状和尺寸的工件。

3. 电火花线切割是如何分类的?

目前,电火花线切割加工均为数字控制线切割,一般按走丝速度分类,根据电极丝的运行速度分为两类。

(1) 高速走丝电火花线切割 一般是指线状工具电极沿自身方向作高速往复运行,走丝速度为 $7\sim 11\text{m/s}$,电极丝可重复使用,常选用钼丝作为电极丝材料,工作液为线切割专用乳化液。缺点是容易造成电极丝抖动和换向时停顿,使加工精度质量下降。但因为其操作简单、价格便宜,它是我国具有独立知识产权的电火花线切割机床的主要类型。

(2) 低速走丝电火花线切割 一般是指线状工具电极沿自身方向作低速单方向运行,走丝速度为 $0.2\sim 15\text{m/min}$,电极丝放电后不再使用,常选用黄铜丝作为电极丝材料,工作液为去离子水,工作平稳、均匀、抖动小,可全自动、半自动及手工穿丝。高档机具有双丝自动交换装置,最大切割速度达 $400\text{mm}^2/\text{min}$,最佳表面粗糙度 R_a 值达 $0.05\mu\text{m}$ 。

4. 电火花线切割加工的特点是什么?

电火花线切割加工经归纳有以下特点。

(1) 以金属线状电极丝作为工具电极,与电火花成形加工相比,省去了成形电极的设计和制造,缩短了生产加工制造周期。

(2) 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(即电极丝半径加放电间隙),其他任何复杂形状都可以加工。

(3) 由于电极丝的直径比较小(一般直径为 $0.02\sim0.38\text{mm}$),在加工过程中总的材料蚀除量比较小,有利于少、无切屑,尤其能有效地使用贵重稀有的高价材料。

(4) 在高速走丝线切割加工中,电极丝往复使用,电极丝损耗较小[采用钼丝切割 $(4\sim10)\times10^4\text{mm}^2$ 直径减小 0.01mm]。在低速走丝线切割加工中采用单向连续的供丝方式,一次性使用,加工精度更高。

(5) 在电火花线切割加工过程中的工作液用去离子水或乳化液,不必担心火灾,可以实现安全连续运转。

(6) 电极丝与工件始终处于相对运动状态,一般没有稳定电弧放电状态,经常处于正常的脉冲放电状态,所以加工过程稳定,加工效率较高。

(7) 依靠计算机根据加工程序来控制工件的运动轨迹和间隙补偿功能,在加工凸模与凹模时,间隙可任意调节。

(8) 根据极性效应,一般情况下工件接脉冲电源的正极,称为正极性加工。在高速走丝电火花线切割过程中,往往直接采用精加工或半精加工规准一次加工成形,一般不需要中途转换加工规准。在低速走丝电火花线切割过程中,往往采用多次切割工艺,减少工件变形,加工精度可达 $\pm0.001\text{mm}$,表面粗糙度 R_a 值可达 $0.05\mu\text{m}$ 。

(9) 随着电火花线切割加工技术的进步,无论被加工件的硬度如何,只要是导体或半导体材料都能实现较好的加工。

(10) 电火花线切割机床一般都具有四轴联动功能,可以进行锥度加工、上下异形体加工、形状扭曲曲面体加工、半球形体加工等。如果增加数控回转工作台,采取数控移动和数控转动相结合的方式编程、可实现螺旋表面、双曲线表面和正弦曲线等复杂空间曲面形状的加工。

5. 电火花线切割加工的应用范围是什么?

电火花线切割加工的应用范围归纳如下。

(1) 加工冷冲模 包括大、中、小型冲模的凸模、凹模、固定板、卸料板等,如各种形式的落料模、冲槽模、冲孔模、切边模、剖切模、整修模、复合模、复式模、级进模及单工序模等。电火花线切割加工已成为制造各种冷冲模具的重要加工手段。

(2) 加工型腔模 主要指镶拼型腔模、粉末冶金模、拉丝模、弯曲模、拉深模、冷挤模、波纹板成形模及复杂的分型面加工等。

(3) 纯铜电极的制作 主要指电火花加工各种型腔模成形电极的制作,包括微细复杂形状加工用电极的制作,一般通孔加工用电极的制作,带锥度型腔模加工用电极的制作及各种型腔中的加强筋、窄缝、窄槽、清棱清角加工用电极的制作等。

(4) 微细加工 主要指加工各种任意曲线、窄缝、窄槽。上下异形零部件等,如异形孔喷丝板、射流元件、激光器件、电子器件、异形槽加工及标准缺陷加工等。

(5) 特殊材料加工 主要指切割各种高硬度、高熔点及稀有贵重金属材料的加工及各种特殊结构零件的加工,如淬火合金钢材、磁性稀土材料、硬质合金、半导体材料、聚晶金刚石及航空航天使用的铝合金、钛合金、不锈钢、耐热合金等。

(6) 轮廓量规加工 主要指各种量规的加工、凸轮及模板的加工、成形刀具的加工、各种标准样板的加工及线电极磨削加工等。

(7) 试制新产品及零件加工 主要指新产品试制在开发过程中,需要小批量的样品,利用电火花线切割直接加工出产品或零部件,无需设计和制造模具,缩短产品制造周期,降低成本。例如,冲裁硅钢片模具,由于试制产品需求量少,即可直接利用电火花线切割加工叠