

伍端阳 梁庆 编著

郭常宁 审

数控电火花 线切割加工 实用教程



化学工业出版社

伍端阳 梁庆 编著

郭常宁 审

数控电火花 线切割加工 实用教程



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

数控电火花线切割加工实用教程/伍端阳, 梁庆编著.
北京: 化学工业出版社, 2015.4
ISBN 978-7-122-23210-6

I. ①数… II. ①伍…②梁… III. ①数控线切割-电
火花线切割-教材 IV. ①TG484

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 043722 号

责任编辑: 贾 娜
责任校对: 宋 夏

文字编辑: 张绪瑞
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 装: 北京云浩印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张 20 $\frac{3}{4}$ 字数 523 千字 2015 年 7 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: 88.00 元

版权所有 违者必究

前言

Preface

数控电火花线切割是一种精密的加工技术，不仅可以应用于模具加工，还广泛应用于航空航天、机械、汽车、电子等领域的零部件加工，甚至是批量加工，在制造业中有着重要的地位，前景广阔。

每年都会有一大批数控电火花线切割加工机床投入生产，行业迫切需要熟练掌握机床操作、编程和维护的应用型技术人才。《数控电火花线切割加工实用教程》正是基于此背景编写完成的。

本书全面介绍了当前先进的数控电火花线切割加工技术，包括国内自主研发、应用普遍的数控高速走丝电火花线切割加工，以及国外领先、高精度加工的数控低速走丝电火花线切割加工。第1篇介绍了电火花加工的理论，为读者奠定扎实的基础；第2篇和第3篇分别讲述了这两种线切割加工技术的工艺、机床系统、操作流程；第4篇介绍了两款主流的电火花线切割 CAD/CAM 自动编程软件的应用。全书力求理论与实践结合，理论部分突出最基本的、规律性的知识点，同时根据目前企业的应用情况，采用流程化的精讲方式，让读者能够真正掌握数控电火花线切割加工这门技术，达到学以致用用的目的。

本书由伍端阳、梁庆编著，郭常宁审。本书选用了技术先进、占市场份额较大的瑞士 GF 加工方案集团旗下的数控电火花线切割机床作为典型代表，介绍机床的操作时引用了其产品的部分资料。本书编写过程中，得到了北京阿奇夏米尔技术服务责任有限公司领导和汉生、刘显军、韩伟、李伟、王涛，应用工程师兰生军、张飞等的鼎力支持，在此表示衷心的感谢。

笔者编写本书，希望将个人有限的经验发挥最大的价值，为我国电加工事业的蓬勃发展贡献微薄之力。由于笔者水平所限，书中难免有疏漏和不妥之处，恳切希望广大专家和读者批评指正！

编著者

第1章 电火花线切割加工理论基础	1
1.1 电火花线切割加工的原理	1
1.1.1 基本原理	2
1.1.2 电压与电流波形	3
1.1.3 正常运行必须具备的基本条件	4
1.2 电火花线切割加工的特点及应用	4
1.2.1 电火花线切割加工的特点	4
1.2.2 电火花线切割加工的应用	5
1.3 数控电火花线切割机床的分类	7
1.3.1 数控电火花线切割机床分类	7
1.3.2 主要区别	8
1.4 数控电火花线切割机床的结构特点	9
1.4.1 数控高速走丝电火花线切割机床的结构特点	9
1.4.2 数控低速走丝电火花线切割机床的结构特点	13
1.5 数控电火花线切割加工技术的发展现状	17
1.5.1 数控高速走丝电火花线切割加工技术的发展现状	17
1.5.2 数控低速走丝电火花线切割加工技术的发展现状	17
第2章 数控电火花线切割加工工艺与操作	21
2.1 电火花线切割加工的主要工艺指标	21
2.1.1 加工精度	21
2.1.2 表面质量	23
2.1.3 切割速度	24
2.1.4 电极丝损耗	24
2.2 基本加工工艺规律	25
2.2.1 电参数对工艺指标的影响	25
2.2.2 非电参数对加工指标的影响	26
2.3 电火花线切割加工的伺服进给	27
2.3.1 伺服进给速度	27
2.3.2 伺服进给与拐角的关系	28
2.4 电火花线切割加工中的电极丝偏移量	28
2.4.1 电极丝偏移量的产生	28

2.4.2	冲模零件电极丝偏移量的计算	29
2.4.3	电极丝偏移量的调整	30
2.5	电火花线切割的切入路径	31
2.5.1	起割点与切入点的确定	31
2.5.2	切入路径的优化	32
2.6	电火花线切割多次切割工艺	33
2.6.1	多次切割工艺及意义	33
2.6.2	多次切割工艺的实施	34
2.7	其他切割工艺	35
2.7.1	堆叠切割	35
2.7.2	复合切割	35
2.7.3	无芯切割	35
2.7.4	线性切割	36
2.7.5	公母模同出	36
2.7.6	配合件加工	37
2.8	电火花线切割加工变形的原因及预防措施	37
2.8.1	加工变形的原因	37
2.8.2	加工变形的预防措施	38
2.9	数控电火花线切割加工工艺步骤	40
2.9.1	工艺分析	40
2.9.2	准备工作	40
2.9.3	编制程序	41
2.9.4	执行加工	42
2.10	数控电火花线切割机床操作安全规范及维护保养	42
2.10.1	操作安全规范	43
2.10.2	维护保养	43

第②篇

数控高速走丝电火花线切割加工技术

45

第3章	数控高速走丝电火花线切割加工工艺	45
3.1	数控高速走丝电火花线切割加工特性	46
3.1.1	高速走丝对加工的影响	46
3.1.2	切缝斜度	46
3.1.3	黑白条纹	46
3.2	加工工艺要素	47
3.2.1	电极丝	47
3.2.2	工作液介质	48
3.3	工艺参数	49
3.3.1	工艺参数分类概要	49
3.3.2	工艺参数详解	49
3.4	相关工艺问题	52
3.4.1	加工断丝原因及解决办法	52

3.4.2	提高电火花线切割加工模具的使用寿命	54
3.4.3	获得好的表面粗糙度	55
3.4.4	铝材料的切割	56
3.4.5	大厚度、薄壁工件的切割	57
3.4.6	凹模板型孔小拐角的加工工艺	57
3.5	“中走丝机床”加工技术	58

第4章 数控高速走丝电火花线切割机床系统及其使用 60

4.1	机床的构成	60
4.1.1	机床的外观及各部分的构成	60
4.1.2	机床的主要技术规格	60
4.1.3	手控盒的使用	62
4.1.4	人机界面的构成	63
4.2	加工准备页	64
4.2.1	点动	64
4.2.2	回限位	65
4.2.3	移动	66
4.2.4	找边	66
4.2.5	参考点	67
4.2.6	回半程	67
4.2.7	找中心	67
4.2.8	火花找正	68
4.2.9	其他	69
4.3	文件准备页	69
4.3.1	文件操作	69
4.3.2	文件编辑	70
4.3.3	图形校验	71
4.3.4	通信	72
4.4	放电加工页	73
4.4.1	放电加工	73
4.4.2	加工状态	75
4.4.3	图形跟踪	76
4.5	机床配置页	76
4.5.1	用户配置	76
4.5.2	条件参数	78

第5章 数控高速走丝电火花线切割机床操作实训 79

5.1	开机	79
5.1.1	启动机床电源进入系统	79
5.1.2	数控电火花线切割机床开机状态检查	80
5.2	工件装夹	80
5.2.1	工件准备及装夹的要求	80
5.2.2	工件装夹的常用方法及技巧	81

5.2.3	工件的找正	83
5.3	电极丝安装	84
5.3.1	上丝操作	84
5.3.2	穿丝操作	86
5.3.3	电极丝垂直度的调整	87
5.4	加工定位	89
5.4.1	实现定位的方法	89
5.4.2	定位操作方法	89
5.4.3	影响找正精度的因素	90
5.5	加工运行	91
5.5.1	程序的准备与空运行检查	91
5.5.2	调整冲液大小及检查工作液浓度	91
5.5.3	电参数的选择	92
5.5.4	加工过程及处理	96
5.6	加工结束处理	96
5.6.1	加工结束后的自检及清理	96
5.6.2	机床关机	97
5.7	机床的维护保养	97
5.8	常见应用问题及解决方法	99
5.8.1	断丝	99
5.8.2	表面粗糙度变差	100
5.8.3	加工效率低	100
5.8.4	切割液浓度的保持及更换	100
5.8.5	锥度加工的相关问题	100
5.8.6	穿丝孔打偏情况的处理	101
5.8.7	工件尺寸不合格	101
5.8.8	丝筒进电装置切铝	101
5.8.9	大厚度切割工艺优化	103
5.8.10	窄槽、窄缝加工技巧	106
5.8.11	使用金刚石导丝嘴加工精密大锥度	107

第6章	数控低速走丝电火花线切割加工工艺	108
6.1	数控低速走丝电火花线切割加工特性	108
6.1.1	电极丝单向运行	108
6.1.2	高低压冲水的应用	109
6.2	工艺要素	110
6.2.1	电极丝	110
6.2.2	工作液介质	112
6.3	工艺参数详解	113

6.3.1	工艺参数分类概要	113
6.3.2	工艺参数详解	114
6.4	相关工艺问题	118
6.4.1	工艺前提	118
6.4.2	温度对加工精度的影响	118
6.4.3	影响加工效率的因素	118
6.4.4	PCD 刀具加工	119
6.5	锥度加工详解	122
6.5.1	锥度加工的几何原理及规律	122
6.5.2	锥度加工的修正	123
6.5.3	锥度加工设定	125
6.5.4	锥度零件切割的工艺技巧	126

第7章 数控低速走丝电火花线切割机床系统及其使用 127

7.1	机床的构成	127
7.1.1	机床的外观及各部分的构成	127
7.1.2	机床的主要技术规格	127
7.1.3	手控盒的使用	129
7.1.4	人机界面的构成	130
7.2	加工准备屏	132
7.2.1	移动	132
7.2.2	找边	133
7.2.3	找内中心	134
7.2.4	找角	134
7.2.5	丝找正	135
7.2.6	找外中心	136
7.2.7	点表	136
7.2.8	工件找正	136
7.2.9	中心点计算	137
7.2.10	坐标系	138
7.2.11	旋转坐标系	139
7.2.12	Z 轴软限位开关	139
7.2.13	运丝	140
7.2.14	水路	140
7.3	文件准备屏	141
7.3.1	文件管理	141
7.3.2	ISO 编辑器	144
7.3.3	TEC 编辑器	145
7.3.4	图形校验	147
7.3.5	JOB 编辑器	148
7.4	放电加工屏	149
7.4.1	执行	149
7.4.2	优化	154

7.4.3	跟踪	155
7.4.4	执行信息	155
7.5	联机帮助屏	156
7.5.1	历史记录	156
7.5.2	加工信息	156
7.6	机床配置屏	157
7.6.1	用户配置	158
7.6.2	丝配置	159
7.6.3	版本信息	163

第 8 章 数控低速走丝电火花线切割机床操作实训 164

8.1	开机	164
8.1.1	启动机床电源进入系统	164
8.1.2	回机械原点	165
8.2	电极丝安装	166
8.2.1	穿丝操作过程	166
8.2.2	电极丝找正	169
8.3	工件装夹	171
8.3.1	工件装夹的要求	171
8.3.2	System 3R 快速装夹	171
8.4	电极丝的定位	174
8.4.1	自动定位功能	174
8.4.2	定位操作的要点	175
8.5	加工运行	175
8.5.1	加工文件的准备	175
8.5.2	加工运行操作	177
8.5.3	断丝的处理	179
8.5.4	切割中的注意事项	180
8.6	加工结束处理	180
8.7	数控低速走丝电火花线切割机床维护保养	181
8.7.1	机床运行应满足的条件	181
8.7.2	维护保养的主要内容	181
8.7.3	维护周期表	185
8.8	常见应用问题及解决方法	185
8.8.1	断丝问题	185
8.8.2	加工速度问题	186
8.8.3	表面线纹问题	186
8.8.4	工件表面修不光	187
8.8.5	切割形状误差大	187
8.8.6	工件中凹或中凸	187
8.8.7	直身工件锥度误差	188
8.8.8	进刀线的痕迹	188
8.8.9	电极丝找边时频繁断丝	188

8.8.10 “圆弧与圆弧连接错误” 报警	189
8.8.11 斜齿轮切割的鼓肚现象	189

第 4 篇 ▶ 数控电火花线切割加工编程

190

第 9 章 数控电火花线切割加工编程基础 190

9.1 数控电火花线切割加工编程概述	191
9.1.1 编程的方法	191
9.1.2 程序传输	191
9.1.3 机床坐标轴	192
9.1.4 绝对编程与增量编程	193
9.1.5 程序的构成	193
9.2 数控电火花线切割加工 ISO 编程指令	196
9.2.1 G 指令	196
9.2.2 M 指令	212
9.2.3 T 指令	214
9.2.4 H 指令	214
9.2.5 关于运算	215
9.2.6 R 转角功能	215
9.2.7 电极丝偏移量补偿的实现	216
9.2.8 锥度加工	218
9.3 数控电火花线切割加工 ISO 程序实例	221
9.3.1 凸模一次切割程序	221
9.3.2 凹模一次切割程序	222
9.3.3 凸模割一修三程序	222
9.3.4 复合模切割程序	224
9.3.5 锥度加工程序	227
9.3.6 变锥加工程序	229
9.3.7 上下异形加工程序	231

第 10 章 Fikus 软件自动编程 233

10.1 软件简介	233
10.1.1 软件特色	233
10.1.2 软件界面	235
10.2 CAD 绘图	236
10.2.1 文件管理	236
10.2.2 软件基本操作	236
10.2.3 绘画功能	240
10.2.4 编辑功能	246
10.3 CAM 编程	252
10.3.1 CAM 向导条	252
10.3.2 程序管理器	254

10.4	Fikus 软件编程实例	256
10.4.1	凸模加工	256
10.4.2	锥度加工	262
10.4.3	上下异形加工	263
10.4.4	无芯切割	264
10.4.5	开放轮廓加工	265
10.4.6	多孔加工	266

第 11 章 TwinCAD/WTCAM V3 软件自动编程..... 269

11.1	TwinCAD/WTCAM V3 软件简介	269
11.1.1	软件特色	269
11.1.2	界面组成	269
11.1.3	指令执行的方法	270
11.2	CAD 绘图功能	271
11.2.1	捕捉点工具	271
11.2.2	视窗工具	271
11.2.3	图元工具	273
11.2.4	图元修改工具	275
11.3	前处理作业	278
11.3.1	切割路径前处理参数设定	278
11.3.2	2D 路径处理	280
11.3.3	3D 路径处理	282
11.4	后处理作业	283
11.4.1	基本编程控制设定	283
11.4.2	生成程序	287
11.4.3	程序编辑	287
11.5	TwinCAD/WTCAM V3 软件编程实例	288
11.5.1	各类工件操作流程	288
11.5.2	切割凸模	290
11.5.3	锥度切割	296
11.5.4	开路切割	299
11.5.5	上下异型	302

附 录

306

附录 1	数控高速走丝电火花线切割加工技术考核试题	306
附录 2	数控低速走丝电火花线切割加工技术考核试题	308
附录 3	CAD/CAM 练习图形	311
附录 4	数控电火花线切割加工应用案例	315

参考文献

319

第①篇

数控电火花线切割加工技术基础

电火花线切割加工是用线状电极（钼丝或黄铜丝）靠火花放电对工件进行切割，由于工件和电极丝的相对运动是由数字控制实现的，故称之为数控电火花线切割加工。数控电火花线切割加工技术主要用于加工各种形状复杂和精密的工件，已在生产中获得广泛的应用。

本篇主要介绍数控电火花线切割加工的基础理论、加工工艺与操作。通过本篇的学习，可为后面3篇专业技术的学习打下坚实的基础。

电火花线切割加工理论基础

数控电火花线切割加工工艺与操作

Chapter 01

第1章

电火花线切割加工理论基础

本章内容为电火花线切割加工的基础理论知识，包括电火花线切割加工的原理、加工的特点及应用、机床分类、机床结构特点及电火花线切割加工技术的发展现状。奠定扎实的理论基础，对以后在实践中快速提升技术水平具有重要意义。

1.1 电火花线切割加工的原理

传统的机械加工是利用刀具比工件硬的特点，依靠机械能来去除金属实现加工的，实质是“以硬碰硬”。工业生产中，有没有“以柔克刚”的加工方法，答案是肯定的。

1870年，英国科学家普里斯特利就已经发现放电对金属具有腐蚀作用。在很长一段时间里，放电腐蚀一直被认为是一种有害的现象，例如日常生活中可以发现在插拔插头时，常

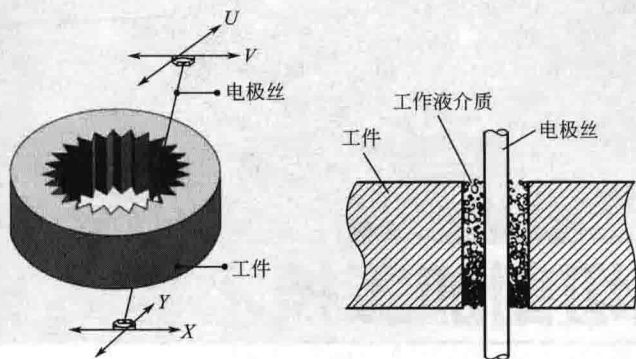


图 1-1 电火花线切割加工示意图

常发生放电把接触表面烧毛，腐蚀出粗糙不平的凹坑。随着科学技术的进步，直到 1943 年，前苏联的拉扎连柯夫妇研究开关触点遭受火花放电损坏的现象和原因时，发现电火花的瞬时高温可以使局部的金属熔化、气化而被蚀除，开创和发明了电火花加工方法。至此，人们初次脱离了传统加工的旧轨道，成功地获得了“以柔克刚”的加工方法。

电火花线切割加工（Wire Cut EDM，简称 WEDM）是通过脉冲电源在电极丝和工件两极之间施加脉冲电压，通过伺服机构保持一定的间隙，使电极丝与工件在绝缘工作液介质中发生脉冲放电。脉冲放电产生的瞬时高温将工件表面材料熔化甚至汽化，逐步蚀除工件，在数控系统的控制下，伺服机构使电极丝和工件发生相对位移，通过连续不断的脉冲放电，就可以将工件材料按预想的要求予以蚀除，达到加工的目的（图 1-1）。

1.1.1 基本原理

电火花加工的基本原理如图 1-2 所示。

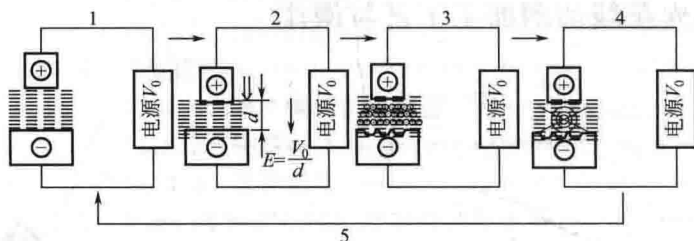


图 1-2 电火花线切割加工原理示意图

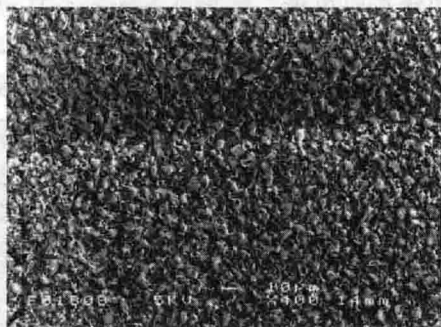
① 处在绝缘的工作液介质中的两电极，两极加上无负荷直流电压 V_0 ，伺服电极向工件运动，极间距离逐渐缩小。

② 当极间距离 d 小到一定程度时，由于两极的微观表面凹凸不平，使得电场分布不均匀，离得最近处的电场度 E 最高；在电场作用下，阴极逸出电子，高速向阳极运动，并在运动中撞击介质中的中性分子和原子，产生碰撞电离，形成带负电的粒子（主要是电子）和带正电的粒子（主要是正离子）。当电子到达阳极时，介质被击穿，放电通道形成。

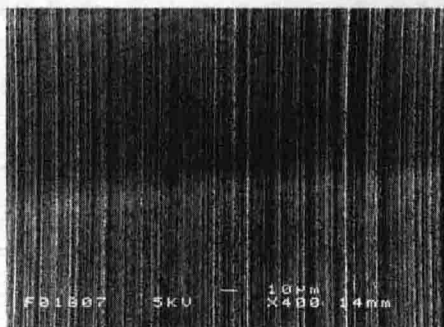
③ 通道内的负电子高速奔向阳极，正离子奔向阴极形成火花放电；电子和离子在电场作用下高速运动时相互碰撞，大部分能量转换成热能，使电极间隙内形成瞬时高温热源，通道中心温度达到 3000°C 以上，两极金属材料的表面局部瞬间熔化。

④ 在热爆炸力、流体动力等综合因素的作用下，被熔化或气化的材料被抛出，产生一个小坑。脉冲放电结束，介质恢复绝缘。

⑤ 紧接着第二个脉冲又作用到电极和工件上，又会在极间距离相对最近或绝缘强度最弱点处击穿放电，蚀出另一个小凹坑。这样以相当高的频率连续不断地放电，工件不断地被蚀除。



(a) 电火花加工表面



(b) 机械加工表面

图 1-3 电火花加工与机械加工表面的微观形貌对比

由电火花加工的原理可知, 工件加工表面是由无数个相互重叠的小凹坑组成, 这与机械加工的表面完全不相同。图 1-3 为电火花加工表面与机械加工表面的微观形貌对比。

1.1.2 电压与电流波形

每一个瞬间(仅几十微秒以内)的电火花加工过程, 期间电压与电流是不断变化的, 如图 1-4 所示。

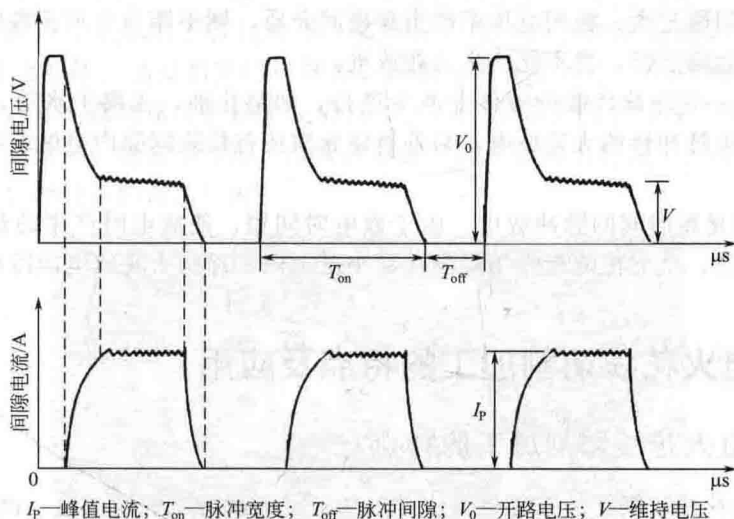


图 1-4 脉冲电流波形

- ① 峰值电流 峰值电流是放电间隙火花放电时脉冲电流的最大值(瞬时)。
 - ② 脉冲宽度 脉冲宽度简称脉宽, 它是加到工具电极和工件上放电间隙两端的电压脉冲的持续时间。
 - ③ 脉冲间隙 脉冲间隙简称脉间, 也称脉冲停歇时间。它是两个电压脉冲之间的间隔时间。
 - ④ 开路电压 开路电压是间隙开路时电极间的最高电压, 等于电源的直流电压。
 - ⑤ 维持电压 维持电压是每次火花击穿后, 在放电间隙上火花放电时的维持电压。
- 放电间隙内每一脉冲放电时的状态称为放电状态。主要分为三种放电状态: 火花放电、开路、短路。除此之外还有一些介于这些放电状态之间的情况, 如介于短路和正常火花放电

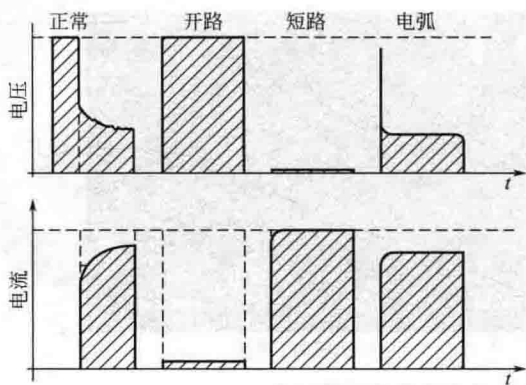


图 1-5 各种放电状态

的状态叫电弧,如图 1-5 所示。各种放电状态在实际加工中是交替、概率性地出现的。

① 火花放电(工作脉冲,或称有效脉冲) 间隙内绝缘性能良好,工作液介质击穿后能有效地抛出、蚀除金属。

② 开路(空载脉冲) 放电间隙没有击穿,间隙上有大于 50V 的电压,但间隙内没有电流流过,为空载状态。

③ 短路(短路脉冲) 放电间隙直接短路相接,这是由于伺服进给系统瞬时进给过多或放电间隙中有电蚀产物搭接所致。间隙短路时电流较大,但间隙两端的电压很小,

没有蚀除加工作用。

1.1.3 正常运行必须具备的基本条件

① 电极丝与工件之间必须保持一定的放电间隙。在该间隙范围内,既可以满足脉冲电压不断击穿介质,产生火花放电,又可以适应在火花通道熄灭后介质消电离以及排出蚀除产物的要求。如果间隙过大,极间电压不能击穿极间介质,则不能产生火花放电;如果间隙过小,则容易形成短路连接,也不能产生火花放电。

② 必须在有一定绝缘性能的液体介质中进行,如皂化油、去离子水等。要求较高绝缘性是为了利于产生脉冲性的火花放电;另外液体介质还有排除间隙内电蚀产物和冷却电极的作用。

③ 放电必须是短时间的脉冲放电。由于放电时间短,使放电时产生的热能来不及在被加工材料内部扩散,从而把能量作用局限在很小范围内,保持火花放电的冷极特性。

1.2 电火花线切割加工的特点及应用

1.2.1 电火花线切割加工的特点

① 数控电火花线切割能加工传统方法难于加工或无法加工的高硬度、高强度、高脆性、高韧性等导电材料及半导体材料。

② 由于电极丝细小,可以加工细微异形孔、窄缝和复杂形状零件。

③ 工件被加工表面受热影响小,适合于加工热敏感性材料;同时,由于脉冲能量集中在很小的范围内,加工精度较高。

④ 加工过程中,电极丝与工件不直接接触,无宏观切削力,有利加工低刚度工件。

⑤ 由于加工产生的切缝窄,实际金属蚀除量很少,材料利用率高。

⑥ 与电火花成形相比,以电极丝代替成形电极,省去了成形工具电极的设计和制造费用,缩短了生产准备时间。

⑦ 直接利用电能进行加工,自动化程度高、操作方便。

电火花线切割加工的缺点是:由于是用电极丝进行贯通加工,所以它不能加工盲孔类零件和阶梯表面,另外生产效率相对较低。

电火花线切割加工和电火花成形加工的主要区别是：电火花线切割加工的工具电极是轴线移动的电极丝，加工对象是贯穿的平面形状，也可以加工锥面；电火花成形加工的工具电极是成形电极，与要求加工出的零件有相适应的截面或形状（如图 1-6 所示）。

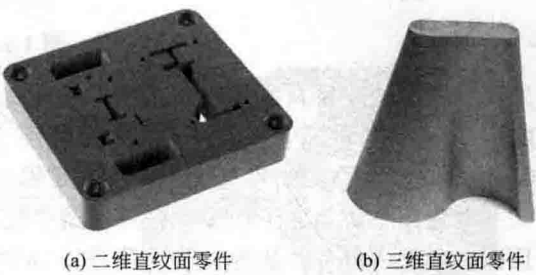
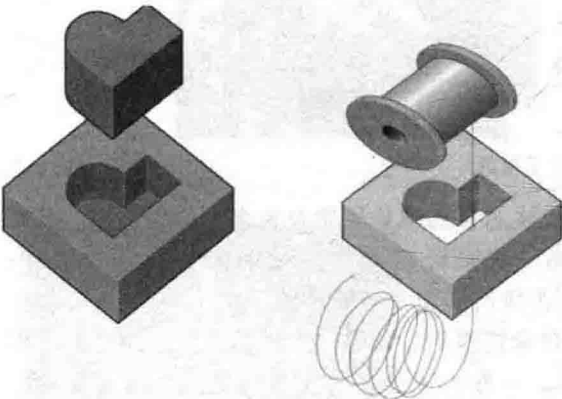


图 1-6 电火花成形加工与电火花线切割加工比较图

图 1-7 二维、三维零件

1.2.2 电火花线切割加工的应用

电火花线切割加工主要用于各种冲模、塑料模、粉末冶金模等二维及三维直纹面（图 1-7）组成的模具及零件。也可切割各种样板、磁钢、硅钢片、半导体材料或贵金属，还可进行微细加工，异形槽和试件上标准缺陷的加工，广泛用于电子仪器、精密机床、轻工、军工等，为新产品试制、精密零件加工及模具制造开辟了新的工艺途径。图 1-8 所示是装备有数控电火花线切割机床的加工车间。



图 1-8 数控电火花线切割机床加工车间

(1) 加工模具

电火花线切割加工广泛应用于加工各种模具，如冲压模具、注塑模具、挤出模具等。其中加工冲压模所占的比例要数最大，冲压模的凸模、凸模固定板、凹模及卸料板等众多精密型孔的加工，电火花线切割加工是不可缺少的关键技术，如图 1-9 所示。通过在电火花线切割加工编程时调整补偿量就可能较容易控制冲压模具的配合间隙、加工精度等要求。