

- 国家职业教育推荐教材
- “双证制”教学改革用书

数控电火花加工

培训教程

宋昌才 主 编

杨建新 储晓猛 副主编



化学工业出版社

国家职业教育推荐教材
“双证制”教学改革用书

数控电火花加工 培训教程

宋昌才 主 编

杨建新 储晓猛 副主编



图书定价：010-64218888（传真） 010-64218889 售后服务：010-64218890



化学工业出版社

北京

本书根据国家职业标准和职业资格技能鉴定的要求,以工程应用为目的,并结合职业院校的教学特点,确定了编写的指导思想和教材特色,加强了针对性和实用性,强化学生、技术工人实践技能的培养。本书详细介绍了电火花加工基本原理、数控电火花线切割加工和数控电火花成形加工工艺、程序编制、设备操作、典型的加工实例等,书中图文并茂(配有较多插图和数据表格),叙述简练,方便查阅。书后精选了全国数控电火花加工技能考核的样题,并附有详细的参考答案,便于读者考核复习。

本书作为数控电火花加工国家职业教育推荐教材和“双证制”教学改革用书,适用于高技能数控人才、职业技术学院师生学习和参考。

数控电火花加工

教材

宋昌才 主编

宋昌才 主编

图书在版编目(CIP)数据

数控电火花加工培训教程/宋昌才主编. —北京:化学工业出版社, 2008.6
ISBN 978-7-122-02913-3

I. 数… II. 宋… 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(2008)第070057号

责任编辑:张兴辉

装帧设计:史利平

责任校对:李 军

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:大厂聚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22½ 字数549千字 2008年9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:49.00元

版权所有 违者必究

前 言

电火花加工是一种直接利用电能和热能进行加工的新工艺,作为一种非常重要的加工方法在机械制造业中得到越来越广泛的应用。数控技术的发展,使电火花加工技术的应用更具有优势。目前,劳动和社会保障部已经对数控电火花加工机床操作工(工种名称:电切削工,职业代码:6-04-03-01)进行职业资格技能鉴定,许多职业院校、社会培训机构都开展了数控电火花加工技术工人培训。

本书根据国家职业标准和职业资格技能鉴定的要求,以工程应用为目的,并结合职业院校的教学特点,确定了编写的指导思想和教材特色,加强了针对性和实用性,强化了实践技能。本书详细介绍了电火花加工基本原理、数控电火花线切割加工和数控电火花成形加工工艺、程序编制、设备操作、典型的加工实例等,书中图文并茂(配有较多插图和数据表格),叙述简练,方便查阅。书后精选了全国数控电火花加工技能考核的样题,并附有详细的参考答案,便于读者考核复习。

全书均采用法定计量单位和最新国家标准,资料准确可靠,例题程序都上机调试通过,示例机床为瑞士阿奇夏米尔公司生产的系列产品,其数控系统先进、功能完备,拥有众多国内用户。

本书作为数控电火花加工国家职业教育推荐教材和“双证制”教学改革用书,适用于高技能数控人才、职业技术学院师生学习和参考。江苏大学作为《电切削工》国家职业标准的起草单位,制定的标准经劳动和社会保障部批准,自2006年1月17日起正式实行。本书在内容安排和深度把握上深刻领会了国家职业标准的要求,结合多年教学实践经验,理论与实践并重,通过典型实例的讲解让读者在实战中提高技能。

本书由江苏大学工业中心宋昌才主编,江苏大学机电培训学院杨建新、储晓猛担任副主编,江苏农林职业技术学院机电系巫恒兵、刘永华、陈志明、吴玉娟以及镇江华晨华通路面机械有限公司史镜奇参编了其中部分章节,江苏大学李金伴教授担任主审,江苏大学李长生教授给予了很多指导,在此一并表示最诚挚的感谢!

由于时间仓促,学识有限,不足之处在所难免,敬请读者多提宝贵意见!

编 者

目 录

上篇 电火花线切割加工

第1章 电火花线切割加工基础知识	1
1.1 电火花加工的基本原理	1
1.2 电火花线切割加工、成形加工的基本工作过程	2
1.2.1 电火花蚀除过程的几个阶段	2
1.2.2 电火花线切割加工工作过程	5
1.2.3 电火花成形加工工作过程	5
1.3 适合电火花加工的零件	5
1.3.1 线切割加工的适用范围	5
1.3.2 电火花成形加工的应用范围	6
1.4 电火花加工工艺中的基本规律	6
1.4.1 影响材料放电腐蚀量的主要因素	6
1.4.2 影响电火花加工精度的主要因素	9
1.4.3 电火花加工的表面质量	10
1.4.4 电火花加工工艺参数选择及工艺参数曲线图表	14
1.5 线切割工艺基础	19
1.5.1 基本概念	19
1.5.2 常用材料热处理和其切割性能	20
1.5.3 工件的装夹、找正	21
1.5.4 影响加工精度的因素	22
1.5.5 提高线切割机床加工精度的几种途径	23
1.5.6 加工经验及加工中注意事项	24
第2章 数控电火花线切割机床分类及典型机床结构	26
2.1 线切割机床分类	26
2.1.1 线切割机床型号	26
2.1.2 线切割加工机床分类	26
2.2 线切割机床的结构特点	28
2.2.1 高速走丝线切割机床结构特点	28
2.2.2 低速走丝线切割机床结构特点	29
2.3 典型线切割机床技术参数	31
2.4 机床工作台结构	32
2.4.1 工作台的纵横向移动	32
2.4.2 导轨	32
2.4.3 丝杠传动副	33

10	2.5 储丝走丝部件结构	33
10	2.5.1 对高速走丝机构的要求	33
10	2.5.2 FW1 高速走丝机构结构及特点	34
10	2.6 线架、导轮部件结构	35
10	2.6.1 线架结构	35
10	2.6.2 导轮部件	36
10	2.6.3 张力机构	36
10	2.7 工作液系统	36
10	2.7.1 工作液性能和作用	36
10	2.7.2 工作液系统	37
10	2.7.3 工作液分类和构成	37
10	2.8 走丝换向调节及超程保险	38
10	2.9 进电方式	38
10	2.9.1 储丝筒进电方式	38
10	2.9.2 线架进电方式	38
10	2.10 机床电气	39
10	2.10.1 机床电气柜	39
10	2.10.2 系统信号流程	40
10	2.11 机床的维护保养润滑	43
10	2.11.1 定期润滑	43
10	2.11.2 定期调整	43
10	2.11.3 定期更换	43
	第3章 电火花线切割加工工艺与加工技巧	44
10	3.1 典型零部件加工工艺分析	44
10	3.1.1 冷冲模加工	44
10	3.1.2 零件加工	46
10	3.2 电火花线切割加工步骤及要求	47
10	3.2.1 对工件图纸进行审核和分析	47
10	3.2.2 加工前的工艺准备、加工与检验	47
10	3.2.3 工件正确装夹方法和常用工具介绍	54
10	3.3 工作液对工艺指标的影响	56
10	3.3.1 工作液的作用	56
10	3.3.2 切割加工工作液的配制	57
10	3.3.3 工作液的使用方法	58
10	3.3.4 工作液对工艺指标的影响	58
10	3.4 电极丝对线切割工艺性能的影响	59
10	3.4.1 常用电极丝材料的种类、名称和规格	59
10	3.4.2 常用电极丝材料性能和用途	59
10	3.4.3 电极丝直径的影响	59
10	3.4.4 电极丝上丝、紧丝对工艺指标的影响以及调整方法	60

3.4.5	电极丝垂直度对工艺指标的影响	61
3.5	线切割工艺参数的选择	61
3.5.1	电参数对工艺指标影响的规律	61
3.5.2	合理选择电参数	62
3.5.3	合理调整变频进给的方法	62
3.6	电火花线切割加工产生废品的原因及预防方法	64
3.6.1	电火花线切割产生废品及质量差的原因	64
3.6.2	电火花线切割加工预防废品或次品的方法	65
3.7	电火花线切割加工工艺技巧	65
3.7.1	特殊工件的电火花线切割加工工艺方法	66
3.7.2	切割不易装夹工件的加工方法	66
3.7.3	切割薄片工件	67
3.7.4	线切割加工表面产生的黑白条纹	68
第4章	数控线切割编程及自动编程技术	70
4.1	CAXA 线切割 V2 系统简介	70
4.1.1	运行环境	70
4.1.2	软件安装与运行	70
4.2	CAXA 线切割 V2 系统用户界面与绘图	70
4.2.1	用户界面	70
4.2.2	基本操作	71
4.2.3	命令系统简介	73
4.3	CAXA 线切割 V2 系统快速入门	78
4.3.1	作图	78
4.3.2	生成加工轨迹	78
4.3.3	生成代码	78
4.3.4	传输代码	79
4.4	数控线切割自动编程基础	79
4.4.1	轮廓	79
4.4.2	加工误差与步长	79
4.4.3	拐角处理	80
4.4.4	切入方式	80
4.4.5	拟合方式	80
4.5	轨迹生成	81
4.5.1	概述	81
4.5.2	轨迹生成	81
4.5.3	轨迹跳步	82
4.5.4	取消跳步	83
4.5.5	轨迹仿真	83
4.5.6	计算切割面积	83
4.6	代码生成	83

4.6.1	概述	83
4.6.2	生成 3B 代码	84
4.6.3	生成 4B/R3B 代码	84
4.6.4	校核 B 代码	84
4.6.5	生成 G 代码	85
4.6.6	校核 G 代码	85
4.6.7	查看/打印代码	85
4.7	代码传输与后置设置	85
4.7.1	概述	85
4.7.2	应答传输	86
4.7.3	同步传输	86
4.7.4	串口传输	87
4.7.5	机床设置	87
4.7.6	后置设置	90
4.7.7	R3B 设置	91
4.8	零件设计	92
4.8.1	齿轮设计	92
4.8.2	花键设计	92
4.9	典型零件数控线切割自动编程实例	93
4.9.1	例一：对刀样板	93
4.9.2	例二：渐开线内花键样板	95
第 5 章 慢走丝 CF20 线切割机床编程与操作		99
5.1	用户界面	99
5.1.1	手控盒	99
5.1.2	用户界面介绍	99
5.1.3	手动准备窗口	100
5.1.4	放电加工窗口	101
5.1.5	文件管理窗口	103
5.1.6	图形检查窗口	103
5.1.7	CNC 系统与 CAD/CAM 系统的相互切换	104
5.2	操作	104
5.2.1	加工前的准备	104
5.2.2	加工开始	106
5.2.3	加工过程	107
5.2.4	加工结束以后	107
5.3	工艺方法	108
5.3.1	工艺	108
5.3.2	电柜参数	109
5.3.3	电极丝参数	110
5.3.4	冲流参数	110

5.3.5	多次切割	110
5.3.6	高低压冲水的应用	110
5.3.7	零件的装夹与找正	111
5.3.8	影响加工精度的因素	112
5.3.9	锥度零件的切割方法	113
5.3.10	切割中的注意事项	114
5.4	编程实例	115
5.4.1	一般生成程序步骤	115
5.4.2	凸模一次切割程序	116
5.4.3	凸模四次切割程序	116
5.4.4	凹模一次切割程序	117
5.4.5	凹模四次切割程序	117
5.4.6	复合模(跳步模)的多次切割程序	118
5.4.7	带锥度零件程序	119
5.4.8	变锥度多次加工程序	120
5.4.9	异形切割程序, 上圆下方, 切凸模, 切两遍	120
5.5	维护	121
5.5.1	滤芯的更换	121
5.5.2	离子交换树脂的更换	122
5.5.3	上、下导电盒的调整	122
5.5.4	电磁阀的拆洗	122
5.5.5	导电块的清洗和重新安置(含转动、移位)	122
5.5.6	倒空储丝筒	123
5.5.7	检查、清洗驱动轮与导轮	123
5.5.8	清洗脏水箱内循环过滤网	123
5.5.9	检查和清洗吹丝管	123
5.5.10	全程移动 X、Y、U、V、Z 各轴	123
5.5.11	检查和清洗上下导丝嘴、导向器及红宝石棒	123
5.5.12	清洗电柜空气过滤网	124
5.5.13	清洗电导率测头	124
5.5.14	换水并清洗水箱	124
5.5.15	润滑 XY 轴丝杠、导轨	124
5.5.16	清扫电柜	124
5.5.17	检查运丝、收丝和 Z 轴三处同步齿形带	124
5.5.18	润滑 U、V、Z 各轴丝杠、导轨	124
5.6	部分提示信息	125
第 6 章	FW 系列快走丝线切割机床编程与操作	128
6.1	线切割机床操作	128
6.1.1	手控盒	128
6.1.2	用户界面	128

6.1.3	手动模式	129
6.1.4	编辑模式	131
6.1.5	自动模式	132
6.1.6	自动编程系统	133
6.1.7	系统参数设置	134
6.2	ISO 代码编程	135
6.2.1	代码一览表	135
6.2.2	概要	135
6.2.3	段	137
6.2.4	顺序号	137
6.2.5	段跳过指令“/”	137
6.2.6	G 代码	137
6.2.7	X, Y, (I, J), U, V 坐标轴	142
6.2.8	锥度加工	142
6.2.9	M 代码	143
6.2.10	C 代码	144
6.2.11	T 代码	144
6.2.12	子程序	144
6.2.13	关于运算	145
6.2.14	H 代码 (补偿)	146
6.2.15	代码的初始设置	146
6.2.16	R 转角功能	146
6.3	编程示例	147
6.3.1	直线加工	147
6.3.2	圆弧加工	147
6.3.3	直线圆弧加工	147
6.3.4	子程序运用	148
6.3.5	图形旋转运用	148
6.3.6	部分锥度 (此格式只对直线有效)	149
6.3.7	上下异形	149
6.3.8	过切指令	150
6.4	加工参数表	150
6.5	错误信息	153
第 7 章	电火花线切割加工实训	156
7.1	实训一 电火花线切割机床操作	156
7.1.1	实训目的	156
7.1.2	实训项目	156
7.1.3	实训器材	156
7.1.4	实训内容	156
7.1.5	实训思考题	158

7.2	实训二 CAXA-V2 线切割软件编程	159
7.2.1	实训目的	159
7.2.2	实训项目	159
7.2.3	实训器材	159
7.2.4	实训内容	159
7.2.5	实训思考题	162
7.3	实训三 电火花线切割穿丝与找正	163
7.3.1	实训目的	163
7.3.2	实训项目	163
7.3.3	实训器材	163
7.3.4	实训内容	163
7.3.5	实训思考题	165
7.4	实训四 电火花线切割工件装夹与找正	165
7.4.1	实训目的	165
7.4.2	实训项目	165
7.4.3	实训器材	165
7.4.4	实训内容	165
7.4.5	实训思考题	167
7.5	实训五 角度样板的电火花线切割加工	167
7.5.1	实训目的	167
7.5.2	实训项目	167
7.5.3	实训器材	167
7.5.4	实训内容	167
7.5.5	实训思考题	168
7.6	实训六 自制工件压板垫块的电火花线切割加工	169
7.6.1	实训目的	169
7.6.2	实训项目	169
7.6.3	实训器材	169
7.6.4	实训内容	169
7.6.5	实训思考题	170
7.7	实训七 电极扁夹的电火花线切割加工	170
7.7.1	实训目的	170
7.7.2	实训项目	170
7.7.3	实训器材	170
7.7.4	实训内容	170
7.7.5	实训思考题	172
7.8	实训八 电火花线切割跳步加工	172
7.8.1	实训目的	172
7.8.2	实训项目	172
7.8.3	实训器材	172

101	7.8.4 实训内容	172
101	7.8.5 实训思考题	174
101	7.9 实训九 齿轮的电火花线切割加工	174
101	7.9.1 实训目的	174
101	7.9.2 实训项目	174
101	7.9.3 实训器材	174
101	7.9.4 实训内容	174
101	7.9.5 实训思考题	176
101	7.10 实训十 文字的电火花线切割加工	176
101	7.10.1 实训目的	176
101	7.10.2 实训项目	176
101	7.10.3 实训器材	176
101	7.10.4 实训内容	176
101	7.10.5 实训思考题	178
101	7.11 实训十一 矢量图的电火花线切割加工	178
101	7.11.1 实训目的	178
101	7.11.2 实训项目	178
101	7.11.3 实训器材	178
101	7.11.4 实训内容	178
101	7.11.5 实训思考题	180
101	7.12 实训十二 锥度零件的电火花线切割加工	181
101	7.12.1 实训目的	181
101	7.12.2 实训项目	181
101	7.12.3 实训器材	181
101	7.12.4 实训内容	181
101	7.12.5 实训思考题	182
101	7.13 实训十三 上下异形零件的电火花线切割加工	183
101	7.13.1 实训目的	183
101	7.13.2 实训项目	183
101	7.13.3 实训器材	183
101	7.13.4 实训内容	183
101	7.13.5 实训思考题	184
	第8章 电火花线切割加工机床的安装调试与维护	185
101	8.1 FW1 数控线切割机床的安装和调试	185
101	8.1.1 一般线切割机床的安装和调试要求	185
101	8.1.2 FW1 数控线切割机床的安装	185
101	8.1.3 FW1 数控线切割机床的调试	186
101	8.2 电火花线切割机床的精度检验方法	188
101	8.2.1 机床几何精度的检验	188
101	8.2.2 机床数控精度的检验	190

8.2.3	机床工作精度的检验	191
8.3	电火花线切割机床精度检验的常用量具	192
8.3.1	水平仪	192
8.3.2	量块	193
8.3.3	千分表	193
8.4	电火花加工用的工作液过滤系统	193
8.5	电火花加工用的脉冲电源	194
8.5.1	对脉冲电源的要求	195
8.5.2	线切割脉冲电源的基本组成	196
8.6	电火花加工用的伺服进给系统	197
8.6.1	先测出工件和电极丝之间的放电间隙	197
8.6.2	将测得的间隙电压输入给“变频电路”	197
8.6.3	由步进电动机驱动工作台(工件)在X或Y方向进给	198
8.7	加工过程中的参数控制	199
8.7.1	电火花加工过程中参数控制的目的	199
8.7.2	电火花加工过程中参数控制的难度	200
8.7.3	控制参数的调整	200
8.7.4	适应控制系统	202
8.8	电火花线切割加工的数控系统	203
8.8.1	逐点比较法轨迹控制插补原理	203
8.8.2	逐点比较法插补举例	208
8.8.3	逐点比较法插补控制框图	210
8.9	数控线切割机床常见故障及排除	210
8.9.1	线切割机床常见故障与处理	210
8.9.2	线切割机床典型故障分析与处理	213
8.9.3	装拆导轮的方法	215
8.9.4	电极丝垂直度校正工具及校正方法	216
8.10	正确执行安全技术规程	217
8.10.1	电火花线切割加工安全操作规程	217
8.10.2	正确执行安全技术规程	217

下篇 电火花成形加工

第9章	电火花成形加工基础	220
9.1	电火花成形加工(EDM)	220
9.1.1	EDM加工条件	220
9.1.2	主要电参数对工艺指标的影响	221
9.1.3	电极材料的选择	223
9.1.4	加工对象及措施	224
9.1.5	加工条件的设定	224
9.1.6	EDM影响加工精度的因素	225

9.1.7	平动加工	227
9.1.8	加工中的异常现象及措施	229
9.2	电火花加工工艺	230
9.2.1	常用工件金属材料	230
9.2.2	常用电极材料	231
9.2.3	热处理基本知识	232
9.2.4	模具方面的知识	233
9.2.5	影响加工质量的因素	234
9.3	电火花加工机床主要精度和技术指标检验	237
9.3.1	电火花成形机床产品的主要质量分等	237
9.3.2	电火花穿孔成形加工机床的几何精度	239
9.3.3	数控电火花加工机床的数控精度	241
9.3.4	电火花穿孔成形加工机床的工作精度(加工技术指标考核)	243
9.4	电火花加工的安全技术规程	244
9.4.1	电火花加工中的技术安全规程	244
9.4.2	正确执行电火花加工安全操作规程	245
第10章	SE系列电火花成形机操作	247
10.1	SE操作	247
10.1.1	手控盒	247
10.1.2	准备屏(Alt+F1)	247
10.1.3	自动生成程序及加工屏(Alt+F2)	249
10.1.4	编辑屏(Alt+F3)	250
10.1.5	其他屏	251
10.1.6	机床操作	251
10.1.7	脉冲宽度、脉冲间隙、管数设定值与实际值对应表	253
10.1.8	加工面积与最佳粗糙度 R_a 的关系	253
10.2	ISO代码编程	253
10.2.1	代码一览表	253
10.2.2	概要	254
10.2.3	段	254
10.2.4	顺序号	255
10.2.5	段跳过指令“/”	255
10.2.6	G代码	255
10.2.7	X, Y, Z (I, J, K) 坐标轴	257
10.2.8	M代码	257
10.2.9	C代码	257
10.2.10	T代码	258
10.2.11	子程序	258
10.2.12	关于运算	258
10.2.13	H代码	258

10.2.14	代码的初始设置	259
10.2.15	R 转角功能	259
10.3	SE 编程示例	259
10.3.1	圆形无平动加工程序	260
10.3.2	圆形有自由平动加工程序	261
10.3.3	方形有伺服平动加工程序	262
10.3.4	多孔位加工程序	263
10.3.5	螺纹加工程序	263
10.3.6	斜孔加工程序	264
10.3.7	向两个方向分别加工的程序	264
10.3.8	C 轴加工螺纹的程序	265
10.3.9	圆周上多孔加工程序	265
10.3.10	换电极加工程序	265
10.3.11	多坐标系加工	266
10.4	SE 提示信息	266
10.5	加工参数表	270
10.5.1	铜打钢——最小损耗参数表	270
10.5.2	铜打钢——标准型参数表	271
10.5.3	铜打钢——最大去除率参数表	271
10.5.4	铜打钢——反向工艺参数表	272
10.5.5	困难条件下的铜打钢参数表——半精/精加工	272
10.5.6	困难条件下的铜打钢参数表——粗加工	272
10.5.7	铜打钢(盲孔加工)——最小损耗参数表	273
10.5.8	铜打钢(盲孔加工)——标准型参数表	273
10.5.9	铜打钢(盲孔加工)——最大去除率参数表	273
10.5.10	铜打硬质合金——最小损耗参数表	273
10.5.11	铜打硬质合金——最大去除率参数表	274
10.5.12	铜钨打硬质合金——最大去除率参数表	274
10.5.13	铜打硬质合金——标准型参数表	274
10.5.14	铜钨打硬质合金——标准型参数表	275
10.5.15	铜钨打硬质合金——孔参数表	275
10.5.16	普通石墨打钢——最小损耗参数表	275
10.5.17	普通石墨打钢——标准型参数表	276
10.5.18	普通石墨打钢——最大去除率参数表	276
10.5.19	细石墨打钢——最小损耗参数表	276
10.5.20	细石墨打钢——标准型参数表	277
10.5.21	细石墨打钢——最大去除率参数表	277
10.5.22	普通石墨打钢——扩展电流最小损耗参数表	278
10.5.23	普通石墨打钢——扩展电流标准值参数表	278
10.5.24	普通石墨打钢——扩展电流最大去除率参数表	278

第 11 章 电火花成形加工实训	279
11.1 实训一 电火花成形机床操作	279
11.1.1 实训目的	279
11.1.2 实训项目	279
11.1.3 实训器材	279
11.1.4 实训内容	279
11.1.5 实训思考题	282
11.2 实训二 电火花冲孔落料模工具电极设计	282
11.2.1 实训目的	282
11.2.2 实训项目	282
11.2.3 实训器材	283
11.2.4 实训内容	283
11.2.5 实训思考题	284
11.3 实训三 电火花型腔模工具电极设计	284
11.3.1 实训目的	284
11.3.2 实训项目	284
11.3.3 实训器材	284
11.3.4 实训内容	284
11.3.5 实训思考题	286
11.4 实训四 电火花工具电极找正	286
11.4.1 实训目的	286
11.4.2 实训项目	286
11.4.3 实训器材	286
11.4.4 实训内容	286
11.4.5 实训思考题	288
11.5 实训五 电火花工件电极的装夹与定位	289
11.5.1 实训目的	289
11.5.2 实训项目	289
11.5.3 实训器材	289
11.5.4 实训内容	289
11.5.5 实训思考题	290
11.6 实训六 电火花自动多步加工	291
11.6.1 实训目的	291
11.6.2 实训项目	291
11.6.3 实训器材	291
11.6.4 实训内容	291
11.6.5 实训思考题	293
11.7 实训七 去除断在工件中的钻头和丝锥的电火花加工	293
11.7.1 实训目的	293
11.7.2 实训项目	293

11.7.3	实训器材	293
11.7.4	实训内容	293
11.7.5	实训思考题	294
11.8	实训八 内六角套筒的电火花加工	294
11.8.1	实训目的	294
11.8.2	实训项目	294
11.8.3	实训器材	294
11.8.4	实训内容	294
11.8.5	实训思考题	296
11.9	实训九 表面粗糙度样板的电火花加工	296
11.9.1	实训目的	296
11.9.2	实训项目	296
11.9.3	实训器材	296
11.9.4	实训内容	296
11.9.5	实训思考题	297
11.10	实训十 工件套料的电火花加工	297
11.10.1	实训目的	297
11.10.2	实训项目	298
11.10.3	实训器材	298
11.10.4	实训内容	298
11.10.5	实训思考题	298
第12章	电火花加工工艺	299
12.1	电极	299
12.1.1	电极材料及其加工性能	299
12.1.2	电极设计要点	301
12.1.3	影响电极损耗的主要问题	302
12.1.4	电极夹头	306
12.2	数控电火花成形加工的一般规律	308
12.2.1	参数的设置规律	308
12.2.2	常见问题及其处理方法	312
附 录		
附录1	《电切削工(职业代码:6-04-03-01)》职业技能鉴定(初级)考核样题及 参考答案	315
附录2	《电切削工(职业代码:6-04-03-01)》职业技能鉴定(中级)考核样题及 参考答案	318
附录3	《电切削工(职业代码:6-04-03-01)》职业技能鉴定(高级)考核样题及 参考答案	321
附录4	《电切削工(职业代码:6-04-03-01)》技师、高级技师技能大赛相关题库及 解答	324
	参考文献	341