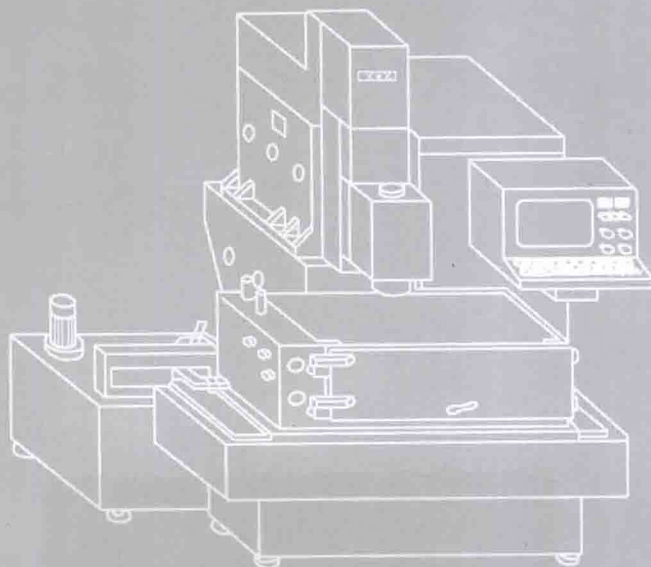




国家职业资格培训教材
技能型人才培养用书

依据最新《国家职业标准》编写



电切削工 (技师、高级技师)

DIANQIEXIAOGONG

国家职业资格培训教材编审委员会 组编
杨建新 主编

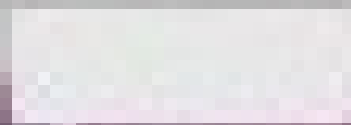


机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



教育部推薦優良圖書
教育部審定高中課程適用書

技術課程 工業技術教育系列 編輯



电切削工 (技能 高度技能)

(機械加工技術士(電機))

機械加工技術士の業務(電機) 第1巻
第1分冊 1冊



技術課程 工業技術教育系列

国家职业资格培训教材
技能型人才培养用书

电切削工（技师、高级技师）

国家职业资格培训教材编审委员会 组编
杨建新 主编



机械工业出版社

本书是依据《国家职业标准 电切削工》(技师、高级技师)的知识和技能要求,按照岗位培训需要的原则编写的。主要内容包括设备脉冲电源及其控制系统,金属材料的电切削工艺性能,复杂图形加工程序的编制,电极的设计与制造,工装的使用,精密、复杂模具的工艺案例,设备常见故障的维修,生产质量管理,技术培训与操作指导,技师专业论文撰写与答辩。章末配复习思考题,书后有配套的试题库、以及模拟试卷样例及其答案,方便读者自测自查。

本教材既可作为各级职业技能鉴定机构、企业培训部门的培训教材,又可作为读者考前复习用书,还可作为职业技术学院、技工院校的专业课教材。

图书在版编目(CIP)数据

电切削工:技师、高级技师/杨建新主编. —北京:机械工业出版社, 2013. 11

国家职业资格培训教材·技能型人才培养用书

ISBN 978-7-111-44382-7

I. ①电… II. ①杨… III. ①电加工-金属切削-技术培训-教材
IV. ①TG506

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 244438 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:马晋 赵磊磊 责任编辑:马晋 赵磊磊 宋亚东

版式设计:常天培 责任校对:肖琳

封面设计:饶薇 责任印制:李洋

北京振兴源印务有限公司印刷

2014 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm · 26.25 印张 · 507 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-44382-7

定价:45.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

国家职业资格培训教材第2版

编 审 委 员 会

主 副 委	主 任	任 员	王瑞祥					
			李 奇 郝广发 杨仁江 施 斌					
			(按姓氏笔画排序)					
			王兆晶		王昌庚	田力飞	田常礼	刘云龙
			刘书芳		刘亚琴	李双双	李春明	李俊玲
			李家柱		李晓明	李超群	李援瑛	吴茂林
			张安宁		张吉国	张凯良	张敬柱	陈建民
			周新模		杨君伟	杨柳青	周立雪	段书民
			荆宏智		柳吉荣	徐 斌		
			荆宏智		李俊玲	张敬柱		
总 策 划	本 书 主 编	本 书 副 主 编	杨建新					
			王维新		沈良钧			
			许乔宝		贾明权	杨忠华	毛国民	袁 进
			宋昌才					

第2版序

在“十五”末期，为贯彻落实“全国职业教育工作会议”和“全国再就业会议”精神，加快培养一大批高素质的技能型人才，机械工业出版社精心策划了与原劳动和社会保障部《国家职业标准》配套的《国家职业资格培训教材》。这套教材涵盖41个职业工种，共172种，由十几个省、自治区、直辖市相关行业200多名工程技术人员、教师、技师和高级技师等从事技能培训和鉴定的专家参加编写。教材出版后，以其兼顾岗位培训和鉴定培训需要，理论、技能、题库合一，便于自检自测，受到全国各级培训、鉴定部门和广大技术工人的欢迎，基本满足了培训、鉴定和读者自学的需要，在“十一五”期间为培养技能人才发挥了重要作用，本套教材也因此成为国家职业资格鉴定考证培训及企业员工培训的品牌教材。

2010年，《国家中长期人才发展规划纲要（2010—2020年）》《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》《关于加强职业培训促就业的意见》相继颁布和出台，2012年1月，国务院批转了“七部委”联合制定的《促进就业规划（2011—2015年）》，在这些规划和意见中，都重点阐述了加大职业技能培训力度、加快技能人才培养的重要意义，以及相应的配套政策和措施。为适应这一新形势，同时也鉴于第1版教材所涉及的许多知识、技术、工艺、标准等已发生了变化的实际情况，我们经过深入调研，并在充分听取了广大读者和业界专家意见的基础上，决定对已经出版的《国家职业资格培训教材》进行修订。本次修订，仍以原有的大部分作者为班底，并保持原有的“以技能为主线，理论、技能、题库合一”的编写模式，重点在以下几个方面进行了改进：

（1）新增紧缺职业工种 为满足社会需求，又开发了一批近几年比较紧缺的以及新增的职业工种教材，使本套教材覆盖的职业工种更加广泛。

（2）紧跟国家职业标准 按照最新颁布的《国家职业技能标准》（或《国家职业标准》）规定的工作内容和技能要求重新整合、补充和完善内容，涵盖职业标准中所要求的知识点和技能点。

（3）提炼重点知识技能 在内容的选择上，以“够用”为原则，提炼出应重点掌握的必需的专业知识和技能，删减了不必要的理论知识，使内容更加精练。

（4）补充更新技术内容 紧密结合最新技术发展，删除了陈旧过时的内容，



补充了新的技术内容。

(5) 同步最新技术标准 对原教材中按旧的技术标准编写的内容进行更新, 所有内容均与最新的技术标准同步。

(6) 精选技能鉴定题库 按鉴定要求精选了职业技能鉴定试题, 试题贴近教材、贴近国家试题库的考点, 更具典型性、代表性、通用性和实用性。

(7) 配备免费电子教案 为方便培训教学, 我们为本套教材开发配备了配套的电子教案, 免费赠送给选用本套教材的机构和教师。

(8) 配备操作实景光盘 根据读者需要, 部分教材配备了操作实景光盘。

一言概之, 经过精心修订, 第2版教材在保留了第1版教材精华的同时, 内容更加精练、可靠、实用, 针对性更强, 更能满足社会需求和读者需要。全套教材既可作为各级职业技能鉴定培训机构、企业培训部门的考前培训教材, 又可作为读者考前复习和自测使用的复习用书, 也可供职业技能鉴定部门在鉴定命题时参考, 还可作为职业技术学院、技工院校、各种短训班的专业课教材。

在本套教材的调研、策划、编写过程中, 曾经得到许多企业、鉴定培训机构有关领导、专家的大力支持和帮助, 在此表示衷心的感谢!

虽然我们已经尽了最大努力, 但教材中仍难免存在不足之处, 恳请专家和广大读者批评指正。

国家职业资格培训教材第2版编审委员会

第1版序一

当前和今后一个时期，是我国全面建设小康社会、开创中国特色社会主义事业新局面的重要战略机遇期。建设小康社会需要科技创新，离不开技能人才。“全国人才工作会议”“全国职教工作会议”都强调要把“提高技术工人素质、培养高技能人才”作为重要任务来抓。当今世界，谁掌握了先进的科学技术并拥有大量技术娴熟、手艺高超的技能人才，谁就能生产出高质量的产品，创出自己的名牌；谁就能在激烈的市场竞争中立于不败之地。我国有近一亿技术工人，他们是社会物质财富的直接创造者。技术工人的劳动，是科技成果转化成为生产力的关键环节，是经济发展的重要基础。

科学技术是财富，操作技能也是财富，而且是重要的财富。中华全国总工会始终把提高劳动者素质作为一项重要任务，在职工中开展的“当好主力军，建功‘十一五’和谐奔小康”竞赛中，全国各级工会特别是各级工会职工技协组织注重加强职工技能开发，实施群众性经济技术创新工程，坚持从行业和企业实际出发，广泛开展岗位练兵、技术比赛、技术革新、技术协作等活动，不断提高职工的技术技能和操作水平，涌现出一大批掌握高超技能的能工巧匠。他们以自己的勤劳和智慧，在推动企业技术进步，促进产品更新换代和升级中发挥了积极的作用。

欣闻机械工业出版社配合新的《国家职业标准》为技术工人编写了这套涵盖41个职业的172种“国家职业资格培训教材”。这套教材由全国各地技能培训和考评专家编写，具有权威性和代表性；将理论与技能有机结合，并紧紧围绕《国家职业标准》的知识点和技能鉴定点编写，实用性、针对性强，既有必备的理论和技能知识，又有考核鉴定的理论和技能题库及答案，编排科学，便于培训和检测。

这套教材的出版非常及时，为培养技能型人才做了一件大好事，我相信这套教材一定会为我们培养更多更好的高技能人才做出贡献！



（李永安 中国职工技术协会常务副会长）

第1版序二

为贯彻“全国职业教育工作会议”和“全国再就业会议”精神，全面推进技能振兴计划和高技能人才培养工程，加快培养一大批高素质的技能型人才，我们精心策划了这套与劳动和社会保障部最新颁布的《国家职业标准》配套的《国家职业资格培训教材》。

进入21世纪，我国制造业在世界上所占的比重越来越大，随着我国逐渐成为“世界制造业中心”进程的加快，制造业的主力军——技能人才，尤其是高级技能人才的严重缺乏已成为制约我国制造业快速发展的瓶颈，高级蓝领出现断层的消息屡屡见诸报端。据统计，我国技术工人中高级以上技工只占3.5%，与发达国家40%的比例相去甚远。为此，国务院先后召开了“全国职业教育工作会议”和“全国再就业会议”，提出了“三年50万新技师的培养计划”，强调各地、各行业、各企业、各职业院校等要大力开展职业技术培训，以培训促就业，全面提高技术工人的素质。

技术工人密集的机械行业历来高度重视技术工人的职业技能培训工作，尤其是技术工人培训教材的基础建设工作，并在几十年的实践中积累了丰富的教材建设经验。作为机械行业的专业出版社，机械工业出版社在“七五”“八五”“九五”期间，先后组织编写出版了“机械工人技术理论培训教材”149种，“机械工人操作技能培训教材”85种，“机械工人职业技能培训教材”66种，“机械工业技师考评培训教材”22种，以及配套的习题集、试题库和各种辅导性教材约800种，基本满足了机械行业技术工人培训的需要。这些教材以其针对性、实用性强，覆盖面广，层次齐备，成龙配套等特点，受到全国各级培训、鉴定和考试部门和技术工人的欢迎。

2000年以来，我国相继颁布了《中华人民共和国职业分类大典》和新的《国家职业标准》，其中对我国职业技术工人的工种、等级、职业的活动范围、工作内容、技能要求和知识水平等根据实际需要进行了重新界定，将国家职业资格分为5个等级：初级（5级）、中级（4级）、高级（3级）、技师（2级）、高级技师（1级）。为与新的《国家职业标准》配套，更好地满足当前各级职业培训和技术工人考工取证的需要，我们精心策划编写了这套“国家职业资格培训教材”。

这套教材是依据劳动和社会保障部最新颁布的《国家职业标准》编写的，



为满足各级培训考工部门和广大读者的需要，这次共编写了41个职业172种教材。在职业选择上，除机电行业通用职业外，还选择了建筑、汽车、家电等其他相近行业的热门职业。每个职业按《国家职业标准》规定的工作内容和技能要求编写初级、中级、高级、技师（含高级技师）四本教材，各等级合理衔接、步步提升，为高技能人才培养搭建了科学的阶梯型培训架构。为满足实际培训的需要，对多工种共同需求的基础知识我们还分别编写了《机械制图》、《机械基础》、《电工常识》、《电工基础》、《建筑装饰识图》等近20种公共基础教材。

在编写原则上，依据《国家职业标准》又不拘泥于《国家职业标准》是我们这套教材的创新。为满足沿海制造业发达地区对技能人才细分市场的需要，我们对模具、制冷、电梯等社会需求量大又已单独培训和考核的职业，从相应的职业标准中剥离出来单独编写了针对性较强的培训教材。

为满足培训、鉴定、考工和读者自学的需要，在编写时我们考虑了教材的配套性。教材的章首有培训要点、章末配复习思考题，书末有与之配套的试题库和答案，以及便于自检自测的理论和技能模拟试卷，同时还根据需求为20多种教材配制了VCD光盘。

为扩大教材的覆盖面和体现教材的权威性，我们组织了上海、江苏、广东、广西、北京、山东、吉林、河北、四川、内蒙古等地相关行业从事技能培训和考工的200多名专家、工程技术人员、教师、技师和高级技师参加编写。

这套教材在编写过程中力求突出“新”字，做到“知识新、工艺新、技术新、设备新、标准新”，增强实用性，重在教会读者掌握必需的专业知识和技能，是企业培训部门、各级职业技能鉴定培训机构、再就业和农民工培训机构的理想教材，也可作为技工学校、职业高中、各种短训班的专业课教材。

在这套教材的调研、策划、编写过程中，曾经得到广东省职业技能鉴定中心、上海市职业技能鉴定中心、江苏省机械工业联合会、中国第一汽车集团公司以及北京、上海、广东、广西、江苏、山东、河北、内蒙古等地许多企业和技工学校的有关领导、专家、工程技术人员、教师、技师和高级技师的大力支持和帮助，在此谨向为本套教材的策划、编写和出版付出艰辛劳动的全体人员表示衷心的感谢！

教材中难免存在不足之处，诚恳希望从事职业教育的专家和广大读者不吝赐教，提出批评指正。我们真诚希望与您携手，共同打造职业培训教材的精品。

国家职业资格培训教材编审委员会

前 言

电火花切削加工技术一直是模具制造成形加工的主要方法，尤其是在融合了先进的数控技术后，在精密加工领域更具有不可取代的地位，得到了广泛应用。在众多的电切削工从业人员中，大多只经过短期培训，缺乏系统的理论知识，只能进行简单加工程序的编制，严重制约了该行业的发展。为培养更多能够熟练掌握数控编程、操作和维修的应用型技术人才，满足职业培训和考工考证的需要，我们特编写了本教材。

本教材是以最新《国家职业标准 电切削工》（技师、高级技师）为依据，适应技术的发展要求，结合生产实际编写。本教材除了必要应知、应会的基础理论和工艺操作范例外，还加入了“技术培训与操作指导”、“技师专业论文撰写与答辩”等技师培训的实用内容。章末配有复习思考题，书后有配套的试题库，试题库包括知识要求试题、技能要求题和模拟试卷样例及其答案，技能要求试题附有考核评分标准和考核要求。本教材在编排上注重实用技术与理论知识统一，应用思路和技巧的统一，文字简练，图文并茂。

本教材由杨建新主编，沈良钧、王维新任副主编，许乔宝、贾明权、袁进、杨忠华、毛国民参加编写，由宋昌才主审。

本教材在编写过程中，得到了江苏大学机械学院任乃飞、李金伴教授，基础工程训练基地马伟民、张应龙、曾艳明、马鹏飞、顾佩兰、李美兰高级工程师，张松生、杨宁川高级技师的精心指导和热情帮助，提出了许多宝贵的意见，还借鉴了许多同行的优秀著作，在此一并表示感谢。

由于编者水平所限，书中难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第2版序

第1版序一

第1版序二

前言

第一章 电火花成形加工机床的脉冲电源及其控制系统	1
第一节 脉冲电源 [⊖]	1
一、弛张式脉冲电源	1
二、晶闸管式脉冲电源	3
三、双极型晶体管式脉冲电源	5
四、连续放电脉冲电源	6
五、多回路脉冲电源	7
六、绿色低功耗脉冲电源	8
第二节 伺服控制系统*	9
一、电-液式伺服控制系统	9
二、电-机械式伺服控制系统	10
三、双向伺服控制系统	14
第三节 加工过程参数控制系统*	15
一、单参数自适应控制系统	15
二、多参数自适应控制系统	18
第四节 数控系统	19
一、数控系统的结构	19
二、数控系统的插补技术	21
三、数控系统的加工控制技术	23
复习思考题	28
第二章 电火花线切割加工机床的脉冲电源及其控制系统	30
第一节 脉冲电源*	30
一、线切割脉冲电源的组成	30

⊖ 标有*的章节为高级技师考核的内容,技师仅需作一定程度的了解即可。



二、晶体管多谐振荡式脉冲电源	31
三、单结晶体管脉冲发生式脉冲电源	31
四、555 脉冲发生器及场效应功率放大管脉冲电源	32
第二节 数控系统	35
一、逐点比较法轨迹控制插补原理	35
二、逐点比较法插补举例	41
三、逐点比较法插补控制框图	44
第三节 伺服进给等加工控制系统*	45
一、进给速度的伺服控制	45
二、线切割加工中的其他控制功能	49
复习思考题	50
第三章 电加工的夹具	51
第一节 夹具的设计	51
一、夹具的组成、分类及其作用	51
二、电加工夹具设计的一般步骤	53
三、计算机辅助夹具设计	55
第二节 电加工中工件的装夹	60
一、工件的定位与夹紧	60
二、电火花线切割加工工件的装夹	65
三、电火花成形加工工件的装夹	68
四、特殊工件的装夹	70
第三节 专用夹具设计实例	73
一、外形定位及内孔定位夹具的使用	73
二、线切割加工大钩子 $8^{+0.102}_{+0.032}$ mm 凹槽的胎模设计	74
三、车床刀具的线切割加工夹具设计	76
四、电火花成形加工连接套 45° 的 $\phi 4$ mm 斜小孔的工装设计	77
复习思考题	80
第四章 复杂图形加工程序的编制	81
第一节 非圆曲线节点的数学处理*	81
一、用直线逼近法计算节点	81
二、圆弧逼近的节点计算	84
第二节 非圆曲线工件加工程序计算机软件 (CAXA) 编制方法	86
一、渐开线齿轮和花键的编程	86



二、阿基米德螺旋线凸轮的编程	89
三、已知函数方程曲线零件的编程	91
四、列表曲线的编程	93
五、椭圆图形的计算机绘制方法	95
复习思考题	95
第五章 电极的设计与制造	96
第一节 电极材料的选取	96
一、电极常用材料	96
二、电极材料的选择	98
第二节 电极的设计	99
一、电极的设计原则和设计要点	99
二、电极的结构形式	102
三、电极各部分尺寸的确定	104
四、UG 软件辅助设计电极	108
第三节 电极的制造	117
一、电极制造的工艺要求	117
二、电极制造的方法	118
复习思考题	121
第六章 电切削加工工艺	122
第一节 金属材料的电切削工艺性能	122
一、钢铁材料	122
二、非铁金属	123
第二节 电极损耗量的计算方法	123
一、影响电极损耗的因素及其对策	123
二、电极损耗量的计算	128
第三节 影响材料放电腐蚀量的主要因素	129
一、极性效应的影响	129
二、金属材料热学物理常数的影响	131
三、工作液及其他因素的影响	132
第四节 零件加工路线及产生误差的原因	133
一、工件材料应力变形产生加工误差	133
二、零件切割程序中路径产生的加工误差	134
三、工件的装夹位置及防止工件变形开裂的方法	135



第五节 影响加工精度的因素及提高加工质量的措施	137
一、影响加工精度的主要因素	137
二、提高电加工质量的措施	139
第六节 电火花加工工艺参数及其选择	143
一、电火花加工工艺参数	143
二、电火花加工工艺参数曲线图表	143
三、电火花加工工艺参数的选择	150
复习思考题	151
第七章 特殊要求零件的电切削加工	152
第一节 表面粗糙度值低于 $Ra0.8\mu\text{m}$ 零件的加工	152
一、电火花镜面加工	152
二、手机外壳模具镜面加工过程实例	153
第二节 尺寸公差等级为 IT6 的零件加工方法	156
一、二次切割工艺方法的应用	157
二、一次加工成形凸凹模	161
第三节 薄板、易变形等零件的加工方法	165
一、薄片类金属零件的加工	165
二、易变形零件的加工方法	167
第四节 超出机床加工行程工件的加工方法	170
一、超行程模具的数控线切割加工工艺	170
二、长度超过工作台行程的超长工件的加工实例	172
三、长度和宽度均超过工作台行程的旋转对称工件的加工实例	174
复习思考题	176
第八章 精密、复杂模具的电加工工艺实例	177
第一节 精密、复杂模具电火花线切割加工工艺	177
一、复合冲裁模电火花线切割加工工艺	177
二、级进模及挤压型材模的电火花线切割加工工艺	182
三、盒体压铸模动模套板的电火花线切割加工工艺	186
第二节 精密、复杂模具电火花成形加工工艺	187
一、微特电动机硅钢片冲裁模的线切割加工工艺	187
二、洗衣机调节螺母注射模电火花加工工艺	189
三、塑料叶轮注射模电火花加工工艺	191
四、硬质合金及聚晶金刚石模具的电火花加工工艺	192



五、复杂表面的电火花展成加工工艺	194
第三节 特殊材料的电火花加工工艺*	197
一、钛及钛合金的电火花加工工艺	197
二、铝及铝合金的电火花加工工艺	199
三、钨、钼材料的电火花加工工艺	201
第四节 半导体及非导电材料的电火花加工工艺*	203
一、半导体材料的电火花加工工艺	203
二、非导电材料的电火花加工工艺	205
复习思考题	207
第九章 电加工设备使用与维护	208
第一节 电切削设备加工精度的验证	208
一、电火花线切割机床加工精度的验证	208
二、电火花成形机床加工精度的验证	210
第二节 电加工设备使用与维护规程	212
一、电切削机床安装使用环境要求	212
二、电火花线切割机床操作与维护规程	212
三、电火花成形机床操作与维护规程	216
第三节 电切削机床使用异常的分析与处理	219
一、电火花线切割机床使用异常的分析与处理	219
二、电火花成形加工异常的分析与对策	221
复习思考题	227
第十章 电切削加工机床常见故障诊断与排除	228
第一节 常见故障及处理方法	228
一、电切削加工机床常见故障的产生规律与分类	228
二、故障排查的常用方法	230
三、处理故障的一般步骤	233
第二节 电火花线切割机床常见故障诊断与排除	235
一、电火花线切割机床常见故障诊断与排除	235
二、电火花线切割机床典型故障诊断与排除*	239
第三节 电火花成形加工常见故障的诊断与排除	248
一、电火花成形机床常见故障诊断与排除	248
二、电火花成形加工机床电器故障诊断与排除*	251
三、脉冲电源故障诊断与排除*	255



四、伺服电动机主轴头的故障诊断与排除*	259
复习思考题	262
第十一章 其他电火花加工*	263
第一节 电火花磨削加工	263
一、电火花小孔磨削加工	264
二、细长锥杆的外圆磨削加工	265
三、硬质合金冲头磨削加工	266
第二节 电火花表面强化加工	268
一、电火花表面强化	268
二、电火花刻蚀	271
第三节 复合放电加工	271
一、超声放电复合加工	272
二、电解放电复合加工	273
三、激光放电复合加工	275
第四节 短电弧加工	276
一、阳极机械切割	276
二、电熔爆加工	278
复习思考题	282
第十二章 技术培训与操作指导	283
第一节 技术培训讲义的撰写	283
一、电切削工专业理论培训讲义的基本要求	283
二、电切削工专业理论培训讲义的基本组成及其作用	284
三、电切削工专业理论培训讲义的编撰要点	285
四、电切削工专业理论培训讲义的使用与修订	286
第二节 实践操作指导流程	287
一、电切削加工操作指导的基本方法	287
二、电切削加工操作指导的准备工作	289
三、电切削加工操作指导的效果评价和分析方法	289
第三节 初级电切削工实训指导流程实例	291
一、电火花线切割穿丝与找正	291
二、电火花电极找正	294
三、去除断在工件中的钻头和丝锥的电火花加工	296
第四节 中、高级电切削工实训指导流程实例	300