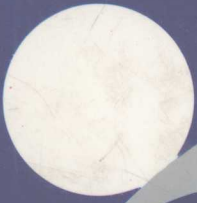


2

机械加工工艺手册

机械工业出版社



机械加工工艺手册

第 2 卷

孟少农 主编



机械工业出版社

(京) 新登字 054 号

本手册汇集了我国多年来工艺工作的成就和经验,反映了我国现代工艺水平。其特点是以工艺方法为主线,工艺数据与工艺方法紧密结合。全书共 26 章,分三卷出版。本卷为第 2 卷,内容包括钻削、扩削、铰削、挤光加工,镗削,拉削,磨削,精密加工及超精密加工,特种加工,螺纹加工,齿轮加工和花键加工等。

本手册内容丰富、简明、便查、实用。可供机械制造全行业的机械加工工艺人员使用,也可供有关专业的工程技术人员和工科院校师生参考。

机械加工工艺手册

第 2 卷

孟少农 主编

责任编辑: 李书全 张斌如 版式设计: 冉晓华

熊万武 何富源

封面设计: 刘代 责任校对: 熊天荣 肖新民

责任印制: 路琳

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $89^{3/4}$ ·插页 2·字数 2797 千字

1991 年 9 月北京第 1 版·1992 年 9 月北京第 2 次印刷

印数 25 001—35 000·定价: 54.00 元

ISBN 7-111-02610-1 / TG · 588

曾参加《机械加工工艺手册》编

审会议诸同志

科技存典奥

传布特辛勤。

竟求高质量，

重任在诸君。

沈 鴻

一九八七年十月二十日于北京

《机械加工工艺手册》编辑委员会名单

主任兼主编：	<u>孟少农</u>	
副主任：	沈尧中	李龙天
	李家宝	张克昌
	李宜春	张颂华
秘书长：	唐振声	
委员：	马克洪	王肇升
(按姓氏笔划)	刘华明	牟永言
	陈采本	李学绶
	李益民	何富源
	宋剑行	张斌如
	钱惟圭	徐伟民
	黄祥旦	蒋毓忠
	遇立基	熊万武
	薄 宵	

前 言

机械工业是国民经济的基础工业，工艺工作是机械工业的基础工作。加强工艺管理、提高工艺水平，是机电产品提高质量、降低消耗的根本措施。近年来，我国机械加工工艺技术发展迅速，取得大量成果。为了总结经验、加速推广，机械工业出版社提出编写一部《机械加工工艺手册》。这一意见受到原国家机械委和机械电子部领导的重视，给予了很大支持。机械工业技术老前辈沈鸿同志建议由孟少农同志主持，组织有关工厂、学校、科研部门及学会参加编写。经过两年多的努力，这部手册终于和读者见面了。

这是一部专业性手册，其编写宗旨是实用性、科学性、先进性相结合，以实用性为主。手册面向机械制造全行业，兼顾大批量生产和中小批量生产。着重介绍国内成熟的实践经验，同时注意反映新技术、新工艺、新材料、新装备，以体现发展方向。在内容上，以提供工艺数据为主，重点介绍加工技术和经验，力求能解决实际问题。

这部手册的内容包括切削原理等工艺基础、机械加工、特种加工、形面加工、组合机床及自动线、数控机床和柔性自动化加工、检测、装配以及机械加工质量管理、机械加工车间的设计和常用资料等，全书共26章。机械加工部分按工艺类型分章，如车削、铣削、螺纹加工等。有关机床规格及连接尺寸、刀具、辅具、夹具、典型实例等内容均随工艺类型分别列入所属章节，以便查找。机械加工的切削用量也同样分别列入各章，其修正系数大部分经过实际考查，力求接近生产现状。

全书采用国家法定计量单位。国家标准一律采用现行标准。为了节省篇幅，有的标准仅摘录其中常用部分，或进行综合合并。

这部手册的编写工作由孟少农同志生前主持，分别由第二汽车制造厂、第一汽车制造厂、南京汽车制造厂、哈尔滨工业大学和中国机械工程学会生产工程专业学会五个编写组组织编写，中国机械工程学会生产工程专业学会组织审查，机械工业出版社组织领导全部编辑出

VI 前 言

版工作。参加编写工作的单位还有重庆大学、清华大学、天津大学、西北工业大学、北京理工大学、大连组合机床研究所、北京机床研究所、上海交通大学、上海市机电设计研究院、上海机床厂、上海柴油机厂、机械电子工业部长春第九设计院和湖北汽车工业学院。参加审稿工作的单位很多，恕不一一列出。对于各编写单位和审稿单位给予的支持和帮助，对于各位编写者和审稿者的辛勤劳动，表示衷心感谢。

编写过程中很多工厂、院校、科研单位还为手册积极提供资料，给予支持，在此也一并表示感谢。

由于编写时间仓促，难免有前后不统一或重复，甚至错误之处，恳请读者给予指正。

机械加工工艺手册编委会

目 录

第10章 钻削、扩削、铰削、挤光加工	
第1节 钻床10-3	
1 钻床类型、技术参数与联系尺寸.....10-3	
1.1 台式钻床型号与技术参数10-3	
1.2 立式钻床型号、技术参数与联系尺寸10-4	
1.3 摇臂钻床型号、技术参数与联系尺寸10-4	
1.4 排式钻床型号与技术参数10-6	
1.5 铣端面打中心孔机床型号与技术参数.....10-6	
1.6 数控钻床与十字工作台钻床型号与技术参数.....10-7	
1.7 深孔钻镗床型号与技术参数.....10-7	
第2节 刀具及其辅具10-8	
1 钻头.....10-8	
1.1 中心钻10-8	
1.2 麻花钻.....10-10	
1.3 扁钻.....10-26	
1.4 硬质合金可转位浅孔钻.....10-27	
1.5 方孔钻.....10-29	
1.6 四刃钻.....10-29	
2 深孔钻10-30	
2.1 深孔钻的类型和使用范围.....10-30	
2.2 钻实心料孔的深孔钻.....10-31	
2.3 深孔套料钻.....10-40	
3 扩孔钻、铰钻(平底、锥面)10-42	
3.1 扩孔钻.....10-42	
3.2 铰钻.....10-47	
4 铰刀.....10-56	
4.1 高速钢(硬质合金)铰刀的类型和用途.....10-56	
4.2 铰刀的结构要素和几何参数.....10-57	
4.3 铰刀直径及其制造公差确定.....10-58	
4.4 铰刀的齿数.....10-58	
4.5 铰刀的几何参数.....10-58	
4.6 铰刀的导向形式.....10-58	
4.7 常用铰刀的形式和主要规格尺寸...10-59	
4.8 其他铰刀.....10-73	
5 孔加工复合刀具10-82	
5.1 孔加工复合刀具的典型结构及其用途.....10-82	
6 辅具10-85	
6.1 卡头.....10-85	
6.2 扁尾锥柄用楔的规格尺寸.....10-88	
6.3 套筒.....10-89	
6.4 刀杆.....10-93	
6.5 手用铰刀扳手.....10-95	
6.6 延伸轴.....10-96	
6.7 其他辅具.....10-97	
7 钻头、扩孔钻、铰刀刃磨方式与刃磨夹具10-98	
7.1 麻花钻的刃磨.....10-98	
7.2 扩孔钻的刃磨.....10-98	
7.3 铰刀的刃磨.....10-98	
7.4 麻花钻的刃磨夹具.....10-99	
第3节 钻床夹具10-99	
1 钻床夹具的分类和特点10-99	
1.1 钻床夹具的分类.....10-99	
1.2 钻床夹具的特点.....10-99	
2 钻床夹具的技术要求10-100	
3 钻床通用夹具.....10-104	
3.1 滑柱钻模10-105	
3.2 自定心装置10-106	
3.3 分度转台10-106	
3.4 通用多轴头10-112	
4 钻床专用夹具.....10-112	
4.1 固定式钻模10-113	
4.2 移动式钻模10-114	
4.3 回转式钻模10-115	
4.4 翻转式钻模10-116	
4.5 摆动式钻模10-118	
4.6 固定钻模板式钻模10-118	

1.7 普通磨具形状和尺寸的选择	13-17	2.4 外圆磨削的阶梯砂轮和开槽砂轮	13-79
1.8 普通磨具的标志	13-24	2.5 外圆磨削实例	13-83
1.9 普通磨具各种代号、标志中外对照	13-25	3 内圆磨削	13-86
1.10 主要国家普通磨具标志对照	13-29	3.1 内圆磨削常用方法	13-86
2 超硬磨料磨具	13-29	3.2 内圆磨削用量	13-88
2.1 超硬磨料及其选择	13-29	3.3 内圆磨头	13-92
2.2 超硬磨料粒度及其选择	13-30	3.4 内圆磨砂轮接长轴及砂轮尺寸选择	13-96
2.3 超硬磨具结合剂及其选择	13-31	3.5 内圆磨削实例	13-96
2.4 超硬磨具浓度及其选择	13-32	4 平面磨削	13-99
2.5 超硬磨具形状和尺寸的选择	13-32	4.1 平面磨削常用方法	13-99
2.6 金刚石磨具中外对照	13-39	4.2 平面磨削用量	13-105
3 涂覆磨具	13-41	4.3 薄片工件平面磨削的装夹	13-110
3.1 涂覆磨具的应用范围及其选择	13-41	4.4 平面磨削实例	13-112
3.2 涂覆磨具产品的选择	13-42	5 无心磨削	13-113
3.3 砂带的选择	13-43	5.1 无心磨削常用方法	13-113
3.4 砂带接头的形式及其特点	13-46	5.2 无心磨削用量	13-120
第3节 磨床与磨床夹具	13-48	5.3 影响无心外圆磨削质量的要素	13-120
1 磨床的技术参数及加工精度	13-48	5.4 无心磨削实例	13-127
1.1 外圆磨床	13-48	6 成形磨削	13-127
1.2 无心磨床	13-50	6.1 成形磨削主要方式	13-127
1.3 内圆磨床	13-51	6.2 成形砂轮磨削	13-128
1.4 平面磨床	13-52	6.3 成形夹具磨削	13-142
1.5 中心孔磨床	13-54	6.4 仿形磨削	13-149
1.6 坐标磨床	13-54	6.5 坐标磨床磨削	13-154
1.7 导轨磨床	13-54	7 砂轮平衡与修整	13-158
1.8 珩磨机床	13-55	7.1 砂轮平衡	13-158
1.9 砂带磨床	13-56	7.2 砂轮修整	13-160
1.10 研磨机床	13-57	8 磨削液	13-175
2 磨床夹具	13-58	8.1 对磨削液的要求	13-175
2.1 磨床通用夹具	13-58	8.2 磨削液的种类和组成	13-175
2.2 典型专用磨床夹具	13-66	8.3 固态磨削剂	13-178
第4节 普通磨削	13-70	8.4 磨削液的选用	13-178
1 磨削用量选择	13-70	8.5 磨削液的供给方法	13-182
1.1 砂轮速度选择	13-71	8.6 磨削液的过滤方法	13-185
1.2 工件速度选择	13-71	9 磨削常见缺陷产生原因及消除方法	13-188
1.3 纵向进给量选择	13-71	9.1 通用磨削中产生缺陷的主要原因	13-188
1.4 磨削深度选择	13-71	9.2 其他磨削中产生缺陷的主要原因	13-199
1.5 光磨次数选择	13-72	9.3 磨削缺陷产生原因的综合分析	13-200
2 外圆磨削	13-72	第5节 高效与精密磨削	13-203
2.1 外圆磨削常用方法	13-72	1 高速磨削	13-203
2.2 外圆磨削用量	13-77		
2.3 外圆磨削的中心孔	13-79		

XI 目 录

1.1 高速磨削特点	13-203	2.1 立方氮化硼砂轮磨削特点	13-238
1.2 高速磨削砂轮	13-204	2.2 立方氮化硼砂轮磨削用量选择	13-239
1.3 砂轮的平衡与修整	13-205	3 使用超硬磨料砂轮对机床的要求	13-239
1.4 高速磨削用量选择	13-205	4 磨削液选择	13-239
1.5 高速磨削对机床的要求	13-206	5 超硬磨料砂轮修整	13-239
2 缓进给磨削	13-210	6 超硬磨料砂轮使用实例	13-242
2.1 缓进给磨削特点	13-210	第7节 砂带磨削	13-242
2.2 缓进给磨削对机床的要求	13-210	1 砂带磨削机理、特点及分类	13-242
2.3 缓进给磨削砂轮的选择与修整	13-214	1.1 砂带磨削机理	13-242
2.4 连续修整缓进给磨削	13-214	1.2 砂带磨削特点与适用范围	13-243
2.5 高速深切快进给磨削	13-215	1.3 砂带磨削分类	13-243
2.6 典型零件加工实例	13-216	2 砂带磨削磨头(架)	13-251
3 宽砂轮与多砂轮磨削	13-217	2.1 磨头结构	13-251
3.1 宽砂轮磨削	13-217	2.2 磨头主要尺寸及参数	13-253
3.2 多砂轮磨削	13-218	2.3 接触轮	13-253
4 恒压力磨削	13-220	2.4 张紧轮和主动轮	13-255
4.1 恒压力磨削特点	13-220	2.5 张紧机构和调偏机构	13-256
4.2 恒压力磨削过程	13-221	2.6 磨头各轮的动平衡	13-258
4.3 恒压力磨削实例	13-221	2.7 平面、形面磨削用支撑(压模) 板	13-259
4.4 恒压力磨削中的几个问题	13-222	2.8 磨头电动机功率选择	13-259
5 高速重负荷磨削	13-222	3 砂带磨削工艺参数选择	13-260
5.1 高速重负荷磨削特点和磨削 方法	13-222	3.1 磨削用量	13-260
5.2 磨削工艺参数对修磨过程的 影响	13-224	3.2 磨削余量	13-261
5.3 砂轮参数的选择	13-225	3.3 接触轮和砂带	13-261
5.4 钢坯磨削机床	13-226	3.4 砂带磨削的冷却、润滑与除尘	13-263
5.5 常见问题及解决途径	13-227	3.5 接触轮式砂带磨削中出现的 问题及改进措施	13-265
5.6 切断磨削	13-228	4 砂带寿命及其提高措施	13-265
5.7 清理磨削	13-229	4.1 砂带寿命	13-265
6 低粗糙度磨削	13-229	4.2 提高砂带寿命的措施	13-265
6.1 低粗糙度磨削机理	13-230	5 砂带磨削实例	13-266
6.2 砂轮选择	13-230	5.1 外圆砂带磨削	13-266
6.3 砂轮修整	13-231	5.2 内圆砂带磨削	13-267
6.4 磨削用量	13-232	5.3 平面砂带磨削	13-268
6.5 低粗糙度磨削对机床的要求	13-234	5.4 形面砂带磨削	13-269
6.6 加工实例	13-235	第8节 珩磨	13-270
6.7 高速低粗糙度磨削	13-236	1 珩磨加工特点及应用范围	13-270
第6节 超硬磨料磨具磨削	13-238	1.1 珩磨加工特点	13-270
1 金刚石砂轮磨削	13-238	1.2 珩磨工艺应用范围	13-271
1.1 金刚石砂轮磨削特点	13-238	2 珩磨头	13-271
1.2 金刚石砂轮磨削用量选择	13-238	2.1 珩磨头的典型结构	13-271
2 立方氮化硼(CBN)砂轮磨削	13-238	2.2 珩磨头的连接杆	13-272

2.3 珩磨头的设计要点	13-272	6.3 工具材料	13-325
3 珩磨夹具	13-275	参考文献	13-325
3.1 珩磨夹具的典型结构	13-275		
3.2 珩磨夹具与珩磨头的配用及 对中	13-275	第14章 精密加工及超精密加工	
4 珩磨油石的选择	13-277	第1节 概述	14-3
4.1 珩磨油石规格与数量的选择	13-277	1 精密加工和超精密加工的范畴	14-3
4.2 珩磨油石性能的选择	13-277	2 精密加工和超精密加工方法	14-4
4.3 新品种油石	13-279	2.1 金刚石刀具超精密切削	14-5
5 珩磨工艺参数与珩磨液	13-279	2.2 精密和超精密磨料加工	14-5
5.1 珩磨工艺参数	13-279	2.3 精密特种加工	14-6
5.2 珩磨进给方式	13-281	2.4 精密复合加工	14-6
5.3 珩磨液	13-282	3 影响精密加工和超精密加工的因素	14-7
6 特种珩磨工艺	13-283	3.1 加工原理与加工机理	14-7
6.1 超硬磨料油石珩磨	13-283	3.2 被加工材料	14-7
6.2 平顶珩磨	13-285	3.3 加工工具	14-7
6.3 小孔、锥孔、盲孔和短孔珩磨	13-287	3.4 加工设备及其基础元部件	14-8
6.4 间断孔、花键孔珩磨	13-289	3.5 工件的定位与夹紧	14-8
6.5 强力珩磨	13-290	3.6 检测及误差补偿	14-8
6.6 珩铰工艺	13-291	3.7 工作环境	14-9
6.7 外圆表面珩磨	13-291	3.8 人的技艺	14-9
7 珩磨缺陷原因分析与解决措施	13-291	4 精密加工和超精密加工的特点	14-9
第9节 游离磨粒加工	13-296	第2节 金刚石刀具的超精密切削	14-10
1 研磨	13-296	1 金刚石刀具超精密切削机理	14-10
1.1 研磨特点和分类	13-296	1.1 切屑厚度与材料剪切应力的关系	14-10
1.2 研磨机理和运动轨迹	13-296	1.2 材料缺陷及其对超精密切削的影 响	14-10
1.3 研具	13-297	1.3 加工表面的形成与质量	14-11
1.4 研磨剂	13-301	2 金刚石刀具超精密切削机床	14-13
1.5 研磨工艺参数	13-305	2.1 超精密切削机床的结构特点	14-13
1.6 研磨方法与实例	13-305	2.2 超精密切削机床的类型及其加工 质量	14-14
1.7 特种研磨技术	13-312	2.3 主轴部件	14-17
2 抛光	13-312	2.4 导轨及进给驱动装置	14-19
2.1 抛光概述与机理	13-312	3 金刚石刀具的设计与刃磨	14-23
2.2 轮式抛光	13-313	3.1 金刚石的结构及其特性	14-23
3 滚磨	13-319	3.2 金刚石的晶体定向	14-24
4 喷射加工	13-320	3.3 金刚石的剖开	14-24
4.1 压力式喷射加工	13-320	3.4 金刚石刀具的结构和切削参数	14-25
4.2 离心式磨料抛射加工	13-321	3.5 金刚石刀具的刃磨	14-26
5 磨料流动加工	13-322	3.6 金刚石刀具的磨损	14-28
5.1 动力磨料流动加工	13-322	4 金刚石刀具超精密切削的应用	14-28
5.2 挤压研磨	13-322	5 金刚石刀具切削加工误差的 影响因素	14-29
6 冲击磨(磨料超声波加工)	13-323	第3节 超精密磨料加工	14-31
6.1 运动参数	13-323	1 精密磨削和超精密磨削	14-31
6.2 金属切除率	13-324		

XIV 目 录

1.1 精密磨削.....	14-31	1 特种加工的定义及特点.....	15-3
1.2 超精密磨削.....	14-32	2 特种加工的分类.....	15-3
2 精密和超精密砂带磨削.....	14-33	3 几种常用特种加工方法性能和用途的对比.....	15-3
2.1 精密砂带磨削方式.....	14-33	第2节 电火花穿孔、成形加工.....	15-4
2.2 精密砂带磨削机理及特点.....	14-33	1 电火花穿孔、成形加工的原理.....	15-4
2.3 精密砂带磨床和头架.....	14-34	2 电火花穿孔、成形加工机床.....	15-4
2.4 砂带和接触轮.....	14-34	2.1 我国电火花穿孔、成形加工机床的型号和标准.....	15-4
3 精密和超精密研磨.....	14-40	2.2 我国电火花成形加工机床主要型号与技术参数.....	15-5
3.1 研磨机理与加工要素.....	14-40	2.3 国外电火花穿孔成形加工机床主要型号与技术参数.....	15-6
3.2 几种新型精密和超精密研磨方法.....	14-40	3 电火花加工用的脉冲电源.....	15-8
4 精密和超精密抛光.....	14-42	4 电火花加工的工具进给调节系统.....	15-9
4.1 抛光机理与加工要素.....	14-42	4.1 工具电极自动进给调节系统的类型.....	15-9
4.2 几种新型精密和超精密抛光方法.....	14-42	4.2 喷嘴挡板式液压进给调节系统.....	15-9
第4节 超精密特种加工.....	14-48	5 电火花加工的工具电极和工作液系统.....	15-10
1 超精密特种加工方法.....	14-48	5.1 电火花加工用的工具电极材料.....	15-10
2 电子束加工.....	14-49	5.2 电火花加工用的工具电极设计及制造.....	15-10
3 离子束加工.....	14-50	5.3 电火花加工用的工作液系统.....	15-12
3.1 离子束溅射去除加工.....	14-50	6 电火花加工的基本工艺规律.....	15-12
3.2 离子束溅射镀膜加工.....	14-50	6.1 电火花加工的工艺指标.....	15-12
3.3 离子束溅射注入加工.....	14-50	6.2 电火花加工的电规准.....	15-13
第5节 超精密加工的测量和误差补偿.....	14-51	6.3 电火花加工工艺规律.....	15-13
1 超精密主轴系统及其动态精度测量.....	14-51	7 电火花加工时正确选择电规准的方法.....	15-18
2 误差补偿技术.....	14-52	8 电火花加工时工具电极的安装、调整和找正.....	15-18
3 表面粗糙度的非接触式测量.....	14-53	8.1 工具电极安装、调整和找正的要求.....	15-18
3.1 气动法.....	14-53	8.2 工具电极的装夹、调整、找正装置.....	15-18
3.2 电容法.....	14-53	9 电火花加工机床的一般故障和加工中的不正常现象.....	15-20
3.3 超声微波法.....	14-53	9.1 常用电火花加工机床的一般故障.....	15-20
3.4 光学法.....	14-53	9.2 电火花加工中的不正常现象.....	15-21
第6节 精密定位、对准和微位移技术.....	14-54	第3节 电火花加工的其他工艺形式及应用.....	15-22
1 精密定位.....	14-54	1 电火花磨削.....	15-22
2 对准.....	14-54	1.1 电火花小孔磨削.....	15-22
3 微位移机构.....	14-55	1.2 电火花刃磨和切割.....	15-23
第7节 超精密加工的工作环境.....	14-58		
1 恒温.....	14-58		
1.1 恒温室.....	14-58		
1.2 局部恒温.....	14-59		
1.3 机床设备的恒温.....	14-59		
2 净化.....	14-59		
3 防振与隔振.....	14-59		
3.1 隔振原理与隔振类别.....	14-59		
3.2 精密机床和超精密机床的隔振措施.....	14-60		
参考文献.....	14-61		
第15章 特种加工			
第1节 概述.....	15-3		

1.3 电火花对磨和跑合.....15-23	10 线切割加工中工件产生的变形和 裂纹15-43
2 共振回转式电火花加工15-23	10.1 产生变形和裂纹的规律15-43
3 电火花表面强化及刻字15-23	10.2 减小变形和裂纹的措施15-44
3.1 电火花表面强化.....15-24	11 线切割机床的扩展运用15-44
3.2 电火花刻字.....15-24	11.1 用普通线切割机床加工带斜度凹 模的简易方法15-44
第4节 电火花线切割加工15-24	11.2 用两轴控制加工三维曲面15-45
1 电火花线切割加工原理15-24	12 编制简单零件线切割加工程序的 方法15-47
2 电火花线切割加工国内外概况比较15-25	12.1 程序格式15-47
3 电火花线切割加工的特点15-26	12.2 纸带编码15-50
4 电火花线切割机床15-26	12.3 零件编程实例15-51
4.1 电火花线切割机床的分类及型号.....15-26	12.4 有公差编程尺寸的计算法15-51
4.2 机械电子工业部电火花线切割机 床的标准.....15-26	12.5 间隙补偿值 f15-52
4.3 我国生产的主要电火花线切割 机床.....15-28	13 线切割自动编程15-53
4.4 国外生产的主要电火花线切割 机床.....15-30	13.1 人机对话式自动编程15-54
5 导轮部件及电极丝保持器15-31	13.2 语言式自动编程15-55
5.1 导轮部件.....15-31	13.3 我国部分厂家的线切割自动编 程机15-55
5.2 电极丝保持器.....15-32	第5节 电化学加工15-56
6 电火花线切割机床夹具和加工工件 装夹方法15-32	1 电化学加工原理及设备组成15-56
6.1 电火花线切割机床夹具.....15-32	1.1 电化学加工原理.....15-56
6.2 电火花线切割加工工件的装夹 方法.....15-34	1.2 电化学加工用电源.....15-57
7 常用电火花线切割电源15-35	1.3 电化学加工的分类.....15-58
7.1 常用电火花线切割电源的波 形、电参数及性能.....15-35	2 电解加工15-58
7.2 电火花线切割电源波形和电参数 对工艺指标的影响.....15-36	2.1 电解加工的特点.....15-58
8 若干因素对线切割工艺效果的影响15-37	2.2 电解加工的设备.....15-59
8.1 高速走丝速度 V_w 对切割速度 V_{wi} 的 影响.....15-37	2.3 电解加工的基本规律.....15-63
8.2 电极丝材料及直径对线切割工艺 效果的影响.....15-38	2.4 电解加工的阴极设计.....15-66
8.3 工件厚度 h 对切割速度 V_{wi} 的 影响.....15-38	2.5 电解加工的电解液.....15-68
8.4 电极丝往复运动引起的黑白条纹 和斜度.....15-38	2.6 混气电解加工.....15-71
8.5 不同工作液对工艺参数的影响.....15-39	2.7 电解加工的应用.....15-72
8.6 不同电参数对线切割表面熔化层 的影响.....15-40	2.8 电解加工的疵病分析.....15-72
8.7 低速走丝电火花线切割工艺效果.....15-40	3 电化学抛光15-72
9 线切割引起断丝的原因15-43	3.1 影响电化学抛光的主要因素.....15-72
	3.2 金属的电化学抛光.....15-79
	4 刷镀15-81
	4.1 刷镀的特点.....15-81
	4.2 刷镀的基本设备.....15-82
	4.3 刷镀的典型工艺过程.....15-82
	4.4 常用镀液性能及使用规范.....15-82
	第6节 超声加工15-84
	1 超声加工的原理及特点15-84

