

焊工手册

手工焊接与切割

第3版

中国机械工程学会焊接学会
哈尔滨焊接研究所
大庆油田焊接研究与培训中心

编



机械工业出版社
China Machine Press

焊工手册

手工焊接与切割

(第3版)

中国机械工程学会焊接学会
哈尔滨焊接研究所 编
大庆油田焊接研究与培训中心

主 编 刘家发
副主编 李卫东 周国大 刘古文
主 审 郭其安 黎 明



机械工业出版社

本手册共分 25 章, 主要介绍各种常用金属材料的焊条电弧焊、手工钨极氩弧焊与气焊的焊接工艺和生产应用, 及与手工焊接有关设备的使用、维护及安全操作; 介绍手工气割、碳弧气刨、手工等离子弧切割的工艺及设备; 对焊接变形及应力、手工堆焊、火焰钎焊、热喷涂、胶接、塑料焊接、焊接检验以及劳动卫生与安全技术等方面也分别作了介绍。

本手册的主要读者对象是从事手工焊接与切割的焊工、焊接技师、焊工培训教师, 也可供相关工程的焊接技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

焊工手册. 手工焊接与切割 / 中国机械工程学会焊接学会等编. —3 版. —北京: 机械工业出版社, 2001.12

ISBN 7-111-02252-1

I. 焊... II. 中... III. ①焊接—手册②手工焊—手册③手工切割—手册 IV. TG4-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 066482 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 吕德齐 雷 红

封面设计: 姚 毅 责任印制: 付方敏

三河市宏达印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行

2002 年 1 月第 3 版第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·23 印张·3 插页 174 千字

0 001—4 000 册

定价: 59.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

第3版前言

《焊工手册》（手工焊接与切割）作为广大焊工从事手工焊接与切割生产的工具书，系统地介绍了从事手工焊接与切割生产及技术培训所必须掌握的基础知识、专业技术、操作工艺要领、质量控制方法、缺陷防止措施、设备的选用与维修、焊接材料的选择、劳动卫生与安全等，同时还列举一些生产实例，供读者加深理解，参考使用。本手册自1975年出版以来，深受广大焊工及科技人员的欢迎，并于1988年进行了第2版修订。到目前，已进行了12次印刷，发行近50万册，对提高广大焊工的焊接理论及实际操作水平起到了积极的作用。

随着我国焊接技术的不断发展，手工焊接与切割新设备、新材料和新工艺不断出现，新的国家焊接技术标准也相继颁布与实施，因此，手册的内容需要及时更新修改，以适应焊接生产发展的需要。根据广大读者的要求，特组织有关人员对手册进行了第3版修订。本手册第3版的修订思路是：手册整体结构分为25章（增加了热喷涂一章），为使手册与其姊妹篇《焊工手册》（埋弧焊、气体保护焊、电渣焊、等离子弧焊）的风格一致，便于读者使用，对章节及内容的顺序进行了重新编排；在内容上注意吸收近年来国内外焊接生产技术发展成果，结合焊接新标准，对部分章节进行了较大的修改，针对一线生产的焊接技术工人和焊接工人技师应掌握的理论与技能，在手册第2版内容的基础上，重点突出手册的实用性，增添了“焊接基础理论”、“下向焊操作技术”、“空气等离子弧切割”和“热喷涂”等新内容；删减了原手册中的详细电路叙述，只做简单的原理介绍，重点放在设备分类、选择、使用和维修维护方面；根据焊条新标准，全面更新了手册的焊条内容，共更新修改内容在1/3以上。

机械工业出版社在此次手册第3版修编工作中，考虑参加手册第1版及第2版编修的各位焊接老专家和学者目前年岁已高，工作较忙，因此在征求原手册几位副主编等意见后，第3版修订工作没有麻烦这些专家和学者，而是委托由大庆油田焊接研究与培训中心组织一些年轻的焊接工作者进行手册的修编。这些年轻的焊接工作者目前均是焊接一线科研、生产的技术骨干，一直从事焊接生产与管理、科研与培训工作，他们谦虚好学，得到过这些老专家和学者的言传身教，掌握最新焊接理论知识，有较丰富的实际经验，较好地完成了本手册第3版的修编工作。

参加手册第3版各章节修编的人员为：刘家发（编写第1、4、5、21章），贺长河（编写第2章），吕滨和鲁文哲（编写第3章），肖德刚和刘业民（编写第6、7章），顾清林（编写第8章），周国大、徐淑领和邱海萍（编写第9、10章和附录），苏方和单忠斌（编写第11章），郭道厚和曹红霞（编写第12章），刘古文和沈岩（编写第13、15章），李滨（编写第14章），李卫东（编写第16章），袁冬明（编写第17章），杜东（编写第18章），邱希亮（编写第19章），李家宇（编写第20章），孟令辉（编写第22章），阎久春（编写第23章），顾晶伟（编写第24章），赵洪元（编写第25章）。全书由刘家发主编，李卫东、周国大和刘古文为副主编。由于本手册所涉及的内容较广，而编者的学识、水平和经验有限，所搜集的资料也不够全面，书中难免存在错误或不足之处，祈望专家和读者批评指正。

本手册由大庆石油管理局郭其安教授级高级工程师和哈尔滨工业大学焊接技术与工程系黎明教授主审，对书稿从结构层次、内容及文字进行了认真的审校，提出了许多宝贵的修改意见，他们的工作对书稿质量的提高起到了很好的作用，在此致以深深的谢意。在修编过程中，还得到了大庆油田焊接研究所所长侯贤忠教授级高级工程师的关心和提出的宝贵修改意见，得到了大庆油田焊接研究与培训中心、大庆油田建设集团有限责任公司、大庆油田工程建设有限责任公司、大庆油田建材制造安装有限责任公司、哈尔滨电机厂有限责任公司、哈尔滨工业大学焊接技术与工程系和哈尔滨焊接研究所等单位对参编者工作的大力支持，在此一并表示谢意。

本手册第3版的修编能够在较短的时间内顺利完成，得益于原手册编写的各位焊接老前辈、老专家和学者的辛勤成果，谨致谢忱。同时，由于学识和水平有限，可能修编后的手册第3版存在不尽人意的地方，敬请谅解。今后尚需进一步对手册予以完善、充实和提高。我们还要向本书所引用文献的原作者深致谢意，是这些中外文献资料作者的研究成果，充实丰富了本书的内容。

编 者

2001年12月

第2版 前言

《焊工手册》自1975年3月出版以来,曾五次印刷,发行近45万册,深受广大焊工及焊接技术人员的欢迎,对提高广大焊工的焊接理论及实际操作水平起到了积极的作用。

随着我国焊接技术的不断发展,手册内容也需及时更新。为使手册能够全面地反映当前焊接生产的实际情况,根据广大读者的要求,特组织有关人员对手册进行了修订。修订版保留了原版的编排顺序,但内容上做了1/3以上的更新。手册中删除了已淘汰的焊接设备及工艺,增加了近年来在生产中应用的先进焊接工艺、焊接设备及机具、焊接操作技术及大量焊接实例;所引用的有关标准均为目前已公布的最新标准;焊接材料的牌号、性能均引自1987年版《焊接材料产品样本》;计量单位全部采用国际单位制。

本修订本为适应近年来焊工技能培训工作蓬勃发展的需要,对第四章“手工电弧焊工艺及操作技术”进行了重点修订,补充了最新的国内外先进的操作技术内容。

本修订版是在中国机械工程学会焊接学会编辑出版委员会的领导下完成的。

参加本手册修订及审校工作的有(以章节为序):王善元、吴振祥、赵立三、白志耀、易志华、吕殿恒、金庆琪、陈祝年、黄国定、卢丕、梁桂芳、卜凡印、简润富、李廷伟、周大中、范富华、邵德春、周昭伟、孙敦武、高国明、闵成德、李剑吉、张照敏、刘家相、曹廷武、刘世胄、杨廷春、牛济泰、张延生、邓键、朱云鹤、杨建华、信英华、黄文哲、张志谦、王致禄、张静政、王文亭、李生田、李家鳌、张国光、俞继伦、李松寿、杨文杰、徐春珍、栾景业。参加编辑工作的还有:黄婉芬、凡里、杨媛媛。

本手册在修订过程中,得到许多同志的关心和帮助,在此表示衷心的感谢。

此外,参加本手册第1版编写工作的主要成员崔双德、何玉生、马新、张志明、王其隆、杨士勤、张久海同志,因故未能参加修订工作,在此对他们为本手册第1版所做的工作一并表示感谢。

修订后的手册,虽然内容上作了大量的更新,但难免存在错误和不当之处,欢迎读者提出宝贵意见。

本手册第2版的主编为黄文哲,副主编为葛文梅、何瑞芳和潘大吉。

目 录

第3版前言

第2版前言

第1章 焊接冶金基本知识	1
1.1 金属学的一般知识	1
1.1.1 金属的结构	1
1.1.2 合金的组织	2
1.1.3 铁碳合金组织与相图	2
1.1.4 钢的热处理	6
1.1.5 金属材料的力学性能	8
1.1.6 金属在受力时结构和性能的变化	14
1.2 焊接冶金基本原理	15
1.2.1 焊接熔池的形成	15
1.2.2 焊接化学冶金	16
1.2.3 熔池结晶和焊缝组织	17
1.2.4 熔合区和热影响区的组织与性能	19
第2章 焊条	22
2.1 焊条的组成	22
2.1.1 焊芯	23
2.1.2 药皮	23
2.2 焊条分类、型号和牌号	24
2.2.1 焊条分类	24
2.2.2 焊条型号	26
2.2.3 焊条牌号	31
2.2.4 各类焊条的主要性能及用途	31
2.3 焊条的检验	34
2.3.1 焊条的外观质量检验	34
2.3.2 焊条焊接工艺性能的检验	35
2.3.3 T形接头角焊缝的检测	36
2.3.4 扩散氢含量测定	36
2.3.5 熔敷金属力学性能试验	37
2.3.6 焊条抗裂性能试验	37
2.4 焊条的保管及选用	37

2.4.1 焊条的保管	37
2.4.2 焊条的选用要点	39
2.4.3 常用钢材焊条的选用	40
2.5 焊条消耗量计算	44
2.6 专用焊条简介	47
2.6.1 重力焊条	47
2.6.2 立向下专用焊条	47
2.6.3 管道焊接专用焊条	48
第3章 焊条电弧焊设备与工具	49
3.1 焊接电弧及其特性	49
3.1.1 电弧的形成	49
3.1.2 电弧的焊接特性	49
3.1.3 焊接电弧的静态伏安特性	49
3.1.4 电弧和熔池的保护	50
3.1.5 磁场和铁磁物质对焊接电弧的影响	50
3.2 弧焊电源的特性要求	52
3.2.1 焊条电弧焊基本焊接电路	52
3.2.2 弧焊电源的特性要求	52
3.3 焊条电弧焊电源的种类与选择	56
3.3.1 焊条电弧焊电源的种类	56
3.3.2 弧焊电源的型号	57
3.3.3 焊条电弧焊电源的选择	58
3.4 常用焊条电弧焊电源	59
3.4.1 弧焊变压器	59
3.4.2 直流弧焊发电机	62
3.4.3 弧焊整流器	64
3.4.4 逆变弧焊电源	67
3.5 焊条电弧焊常用工具和辅具	69
3.5.1 焊钳	69
3.5.2 焊接电缆快速接头、快速连接器	70

3.5.3 焊接电缆	70	的焊接操作技术	107
3.5.4 接地夹钳	71	4.6.5 水平转动管的焊接 操作技术	111
3.5.5 面罩及护目玻璃	71	4.6.6 垂直固定管(竖管) 的焊接操作技术	111
3.5.6 焊条烘干保温设备	72	4.6.7 顶水、顶气及顶油焊 操作技术	113
3.5.7 焊条保温筒	72	4.7 常见的焊条电弧焊缺陷及 防止措施	114
3.5.8 全位置焊接变位机	73	4.7.1 外观缺陷	114
3.5.9 焊缝检测尺	73	4.7.2 未熔合	115
3.5.10 防护服	74	4.7.3 未焊透	116
3.5.11 其他辅具	74	4.7.4 夹渣	116
第4章 焊条电弧焊工艺与操作技术	75	4.7.5 气孔	116
4.1 焊接接头设计	75	4.7.6 裂纹	117
4.1.1 焊接接头基本形式	75	第5章 焊接变形与应力	118
4.1.2 焊接位置	75	5.1 产生焊接变形与应力的原因	118
4.1.3 坡口形式及坡口准备	76	5.1.1 变形与应力的基本概念	118
4.2 焊接工艺参数选择	83	5.1.2 焊接引起的变形与应力	119
4.2.1 焊条种类和牌号的选择	83	5.1.3 焊接变形与应力产生 的原因	120
4.2.2 焊接电源种类和极性的选择	83	5.2 各种焊接变形的成因及 影响因素	123
4.2.3 焊条直径	84	5.2.1 收缩变形	123
4.2.4 焊接电流	84	5.2.2 角变形	125
4.2.5 电弧电压	85	5.2.3 弯曲(挠曲)变形	126
4.2.6 焊接速度	85	5.2.4 波浪变形	126
4.2.7 焊缝层数	85	5.2.5 错边变形	127
4.2.8 热输入	86	5.2.6 扭曲变形	127
4.3 焊条电弧焊基本操作技术	86	5.2.7 其他影响焊接变形的因素	127
4.3.1 引弧	86	5.3 焊接变形的预防、调整与控制	131
4.3.2 运条	87	5.3.1 设计措施	131
4.3.3 焊缝的接头	88	5.3.2 工艺措施	132
4.3.4 收弧	90	5.4 焊接结构变形的矫正	147
4.4 定位焊缝的焊接	90	5.4.1 机械法矫正焊接变形	147
4.5 各种位置的焊条电弧焊操作技术	91	5.4.2 气体火焰加热法矫正 焊接变形	148
4.5.1 平焊	91	5.5 焊接残余应力的分布及其影响	157
4.5.2 立焊	94	5.5.1 典型焊接残余应力分布	157
4.5.3 横焊	96		
4.5.4 仰焊	98		
4.6 典型焊条电弧焊操作技术	99		
4.6.1 单面焊双面成形操作技术	99		
4.6.2 管道立向下焊接技术	105		
4.6.3 薄板焊接操作技术	107		
4.6.4 水平固定管(吊管)			

5.5.2 焊接残余应力对结构的 影响	158	7.1.3 各种火焰的获得及 其适用范围	191
5.6 焊接残余应力的调整、控制与 消除	159	7.2 气焊用的焊接材料	193
5.6.1 减小焊接应力的几种方法 ..	159	7.2.1 焊丝	193
5.6.2 消除焊接残余应力的方法 ..	163	7.2.2 气焊熔剂	193
第6章 气焊、气割用气体、设备 及工具	165	7.3 气焊工艺	194
6.1 气焊、气割用气体	165	7.3.1 接头形式及坡口	194
6.1.1 氧气	165	7.3.2 焊前准备	194
6.1.2 可燃气体	165	7.3.3 气焊参数的选择	195
6.2 焊炬	168	7.3.4 气焊操作技术	197
6.2.1 射吸式焊炬	169	7.4 低碳钢的气焊	199
6.2.2 等压式焊炬	170	7.4.1 板材的气焊	199
6.2.3 焊炬的使用及故障维修	171	7.4.2 容器的气焊	200
6.3 割炬与割嘴	171	7.4.3 管子的气焊	200
6.3.1 割炬	171	7.4.4 链环的气焊	204
6.3.2 割嘴	177	7.4.5 汽油桶(箱)的焊修	205
6.4 乙炔发生器与回火防止器	179	7.4.6 带锈工件的气焊	205
6.4.1 乙炔发生器	179	7.4.7 低碳钢气焊的常见缺陷 及防止方法	205
6.4.2 回火防止器	180	第8章 气割工艺与操作技术	208
6.5 气瓶	183	8.1 气割原理和应用范围	208
6.5.1 氧气瓶	183	8.1.1 气割原理和过程	208
6.5.2 乙炔瓶	184	8.1.2 金属可气割的必要条件	208
6.5.3 液化石油气瓶	185	8.1.3 各种元素对钢材气割性 的影响	209
6.6 减压阀	186	8.1.4 气割的应用范围	210
6.6.1 减压器的分类	186	8.2 手工气割工艺及操作技术	210
6.6.2 常用减压器的性能特点	186	8.2.1 影响气割过程的主要因素 ..	210
6.6.3 使用减压器注意事项	188	8.2.2 气割参数的选择	211
6.7 气焊、气割辅助工具	188	8.2.3 气割前的准备工作	213
6.7.1 护目镜	188	8.2.4 手工气割的操作要点	213
6.7.2 打火机	188	8.2.5 丙烷气气割工艺	214
6.7.3 橡皮管	188	8.2.6 液化石油气气割工艺	214
6.7.4 气体胶管快速接头	188	8.3 碳钢的气割工艺	215
6.7.5 其他工具	188	8.3.1 一般厚度钢板的气割工艺 ..	215
第7章 气焊工艺及低碳钢的气焊	190	8.3.2 薄钢板的气割工艺	215
7.1 气焊火焰	190	8.3.3 大厚度工件的气割工艺	215
7.1.1 火焰的种类和性质	190	8.3.4 钢管的气割工艺	217
7.1.2 火焰的温度分布	191	8.3.5 圆钢的气割工艺	217

8.3.6 法兰的气割工艺	218	9.4.3 碳弧气刨的操作及 安全技术	234
8.3.7 坡口的气割工艺	218	9.4.4 碳弧气刨实例	235
8.3.8 铆钉的气割工艺	218	9.5 碳弧空气切割	236
8.3.9 气割清焊根	219	9.5.1 铸铁件的碳弧空气切割	237
8.4 其他材料的气割	219	9.5.2 不锈钢的碳弧空气切割	237
8.4.1 复合钢板的气割	219	9.6 碳弧气刨常见的缺陷及 预防措施	238
8.4.2 不锈钢的振动气割	220	9.6.1 夹碳	238
8.4.3 铸铁的振动气割	221	9.6.2 粘渣	238
8.5 提高手工气割质量的 途径和措施	221	9.6.3 刨槽不正或深浅不均	238
8.5.1 气割切口表面质量要求	221	9.6.4 刨偏	238
8.5.2 提高手工气割质量 的主要途径	221	9.6.5 铜斑	238
8.5.3 提高手工气割质量的 方法和工具	221	第 10 章 手工等离子弧切割	239
8.6 气割缺陷及防止方法	222	10.1 等离子弧的产生及类型	239
8.6.1 影响气割质量的因素	222	10.1.1 等离子弧的产生原理	239
8.6.2 气割缺陷的防止	222	10.1.2 等离子弧的类型	239
第 9 章 碳弧气刨及碳弧空气切割	225	10.1.3 等离子弧的特点	240
9.1 碳弧气刨与切割的原理、 特点和用途	225	10.2 等离子弧切割原理及特点	240
9.1.1 碳弧气刨与切割的原理	225	10.2.1 切割原理	240
9.1.2 碳弧气刨与切割的特点	225	10.2.2 切割特点	241
9.1.3 碳弧气刨工艺适合的钢种	225	10.3 等离子弧切割设备	241
9.1.4 碳弧气刨及切割的应用 范围	225	10.3.1 电源	242
9.2 碳弧气刨工具及电源设备	226	10.3.2 控制箱	246
9.2.1 碳弧气刨枪	226	10.3.3 水路系统	246
9.2.2 半自动气刨枪(半自动 碳弧气刨小车)	229	10.3.4 气路系统	247
9.2.3 送气软管	230	10.3.5 割炬	248
9.2.4 电源设备	230	10.4 等离子弧切割使用的 气体与电极	251
9.2.5 气路系统	230	10.4.1 等离子弧切割用气体	251
9.3 碳弧气刨用碳棒	230	10.4.2 电极的选择	252
9.3.1 圆碳棒和扁碳棒	230	10.5 空气等离子弧切割特性	253
9.3.2 特种碳棒	231	10.6 等离子弧切割工艺及 操作技术	254
9.4 碳弧气刨工艺	231	10.6.1 等离子弧切割工艺参数 的选择	255
9.4.1 工艺参数及其影响	231	10.6.2 一般等离子弧切割工艺参数 参考值	257
9.4.2 碳弧气刨工艺参数示例	233	10.6.3 等离子弧切割操作技术	259

10.6.4 大厚度工件的切割特点	260	11.6.2 焊接和接头	287
10.6.5 等离子弧切割常出现的故障、 产生原因及其改善措施	260	11.6.3 填丝	288
10.6.6 等离子弧切割的安全技术	262	11.6.4 收弧	289
10.7 等离子弧刨削工艺	263	11.7 典型手工钨极氩弧焊焊接技术	289
10.8 等离子焰流（非转移型弧） 切割	264	11.7.1 对接平焊	289
10.8.1 等离子焰流切割设备	264	11.7.2 对接立焊	290
10.8.2 切割工艺与质量	264	11.7.3 对接横焊	291
第 11 章 手工钨极氩弧焊	266	11.7.4 对接仰焊	292
11.1 钨极氩弧焊的原理与特点	266	11.7.5 管道手工钨极氩弧焊 打底焊	293
11.1.1 钨极氩弧焊的原理	266	11.8 焊接缺陷、问题及防止措施	296
11.1.2 钨极氩弧焊的特点	266	第 12 章 碳素钢的焊接	297
11.1.3 钨极氩弧焊的应用范围	266	12.1 碳素钢的分类、性能及用途	297
11.2 钨极氩弧焊工艺方法	266	12.1.1 碳素钢的分类	297
11.2.1 直流钨极氩弧焊	267	12.1.2 普通碳素结构钢	297
11.2.2 交流钨极氩弧焊	267	12.1.3 优质碳素结构钢	299
11.2.3 脉冲钨极氩弧焊	268	12.1.4 专门用途的碳素结构钢	302
11.3 手工钨极氩弧焊设备	269	12.1.5 碳素铸钢	304
11.3.1 焊接设备的组成	269	12.2 碳素钢的焊接特点及 工艺措施	306
11.3.2 焊接电源	270	12.2.1 低碳钢的焊接特点及 工艺措施	306
11.3.3 控制装置	273	12.2.2 中碳钢的焊接特点及 工艺措施	308
11.3.4 焊枪	274	12.2.3 高碳钢的焊接特点及 工艺措施	310
11.3.5 气路系统	276	12.3 碳素钢焊接实例	311
11.3.6 水路系统	277	12.3.1 中碳钢的预热补焊法	311
11.3.7 手工钨极氩弧焊机故障 及排除方法	277	12.3.2 中碳钢不预热补焊	312
11.4 钨极及保护气体	278	12.3.3 汽车弹簧钢板的气焊及 电焊修复	314
11.4.1 钨极	278	12.3.4 曲轴的焊接修复	315
11.4.2 焊丝	279	12.3.5 钢轨的焊接	316
11.4.3 保护气体	280	12.3.6 锤头滑轨板的电弧补焊	316
11.5 手工钨极氩弧焊工艺	281	第 13 章 常用低合金结构钢的焊接	318
11.5.1 接头准备	281	13.1 低合金结构钢的分类、性能及 用途	318
11.5.2 焊前清理	281	13.1.1 普通钢结构用低合金钢	318
11.5.3 焊接参数选择	283	13.1.2 锅炉压力容器用低合金钢	320
11.5.4 左向焊与右向焊	286		
11.5.5 定位焊	287		
11.6 手工钨极氩弧焊基本操作技术	287		
11.6.1 引弧	287		

13.2 低合金结构钢的焊接性试验	322	电弧焊	369
13.2.1 抗裂性试验	322	14.3.3 铬镍奥氏体不锈钢手工 钨极氩弧焊	375
13.2.2 裂纹敏感性的间接 评价方法	331	14.3.4 铬镍奥氏体不锈钢的气焊	376
13.2.3 焊接接头使用性能试验	332	14.4 铁素体不锈钢的焊接	380
13.3 常用低合金结构钢的焊接特点	333	14.4.1 铁素体不锈钢的焊接特点	380
13.3.1 低合金结构钢的焊接性	333	14.4.2 Cr17Ti 不锈钢焊条电弧 焊接举例	381
13.3.2 焊接常用低合金钢的 焊条选择	336	14.4.3 Cr28 铸钢件补焊举例	381
13.4 几种典型钢材的焊接	337	14.5 马氏体不锈钢的焊接	382
13.4.1 Q345 (16Mn) 钢的焊接	337	14.5.1 马氏体不锈钢的焊接特点	382
13.4.2 Q390 (15MnV、15MnTi) 钢的焊接	341	14.5.2 发电机的复环与叶片 焊接实例	383
13.4.3 Q420 (15MnVN) 钢的 焊接	342	14.5.3 1000t 试管机压力阀套的 焊接实例	383
13.5 常用低合金结构钢的焊后 热处理	344	14.6 不锈钢复合钢板的焊接	384
13.5.1 焊后热处理的目的和 作用	344	14.6.1 不锈钢复合钢板的焊接特点	384
13.5.2 焊后热处理工艺及热处理 操作中应注意的问题	345	14.6.2 焊条的选择	385
13.6 低合金珠光体耐热钢的 焊接特点	345	14.6.3 不锈钢复合钢板的焊接工艺	386
13.6.1 低合金珠光体耐热钢及其 焊接特点	345	14.7 不锈钢的衬里技术	389
13.6.2 低合金珠光体耐热钢的 焊接工艺	346	14.7.1 塞焊	389
13.6.3 气缸体的补焊	353	14.7.2 条衬	390
第 14 章 不锈钢的焊接	355	14.7.3 氩弧点焊衬里	391
14.1 不锈钢的分类、性能及用途	355	14.8 不锈钢管道背面自保护 TIG 焊新工艺	391
14.1.1 奥氏体不锈钢	355	第 15 章 几种耐高温、耐腐蚀金属 材料的焊接	393
14.1.2 铁素体不锈钢	355	15.1 各种炉用钢的焊接	393
14.1.3 马氏体不锈钢	356	15.1.1 Cr18Ni25Si2 热处理炉用 耐热钢的焊接	393
14.2 不锈钢焊条与焊丝	362	15.1.2 铬锰氮热处理炉用耐热 钢铸件的焊接	394
14.2.1 不锈钢焊条	362	15.1.3 Cr16Ni36 炉用耐热钢的 焊接	395
14.2.2 不锈钢焊丝	368	15.2 Cr5Mo 耐热钢管的焊接	396
14.3 铬镍奥氏体不锈钢的焊接	369	15.2.1 Cr5Mo 耐热钢的性能及 焊接特点	396
14.3.1 焊接特点	369	15.2.2 Cr5Mo 耐热钢管的焊条 电弧焊	396
14.3.2 铬镍奥氏体不锈钢的焊条			

15.2.3 Cr5Mo 耐热钢管的气焊	398	16.3.3 纯铜的焊条电弧焊	438
15.2.4 Cr5Mo 耐热钢管焊缝质量标准 (采用 R507 焊条焊接)	398	16.3.4 纯铜的手工钨极氩弧焊	439
15.3 电热元件的焊接	398	16.4 黄铜的焊接	443
15.3.1 电热元件的焊接特点及 焊接参数	398	16.4.1 黄铜的气焊	444
15.3.2 引出端与元件的焊接	400	16.4.2 黄铜的焊条电弧焊	446
15.3.3 电热元件之间的焊接	401	16.4.3 黄铜的手工钨极氩弧焊	447
15.3.4 电热元件修理时的焊接	402	16.4.4 黄铜铸件的补焊	448
15.4 热电偶的焊接	402	16.5 青铜的焊接	449
15.4.1 一般热电偶丝的焊接	402	16.5.1 锡青铜的焊接	449
15.4.2 热电偶与试件表面的焊接	405	16.5.2 铝青铜的焊接	451
15.4.3 铠装热电偶的焊接	406	16.5.3 硅青铜的焊接	454
15.5 镍及镍合金的焊接	409	第 17 章 铝、镁及其合金的焊接	455
15.5.1 镍及镍合金的性能和用途	409	17.1 铝及铝合金的分类及性能	455
15.5.2 镍及镍合金焊接存在的问题及 解决措施	412	17.2 铝及铝合金的焊接特点及焊接 材料选择	462
15.5.3 几种常用焊接方法 工艺要点	413	17.2.1 铝及铝合金的焊接特点	462
15.5.4 几种镍及镍合金焊条和 应用实例	414	17.2.2 焊接材料的选择	463
15.6 铅的焊接	418	17.3 铝及铝合金的焊前准备及 焊后清理	466
15.6.1 铅的性质和焊接特点	418	17.3.1 焊前准备	466
15.6.2 铅焊接方法的选择	419	17.3.2 焊后清理	467
15.6.3 铅焊接的劳动保护	424	17.4 铝及铝合金的气焊	467
第 16 章 铜及铜合金的焊接	425	17.4.1 坡口及接头形式	468
16.1 铜及铜合金的分类、性能及 用途	425	17.4.2 铝及铝合金气焊工艺特点	468
16.1.1 纯铜	425	17.4.3 铝导线气焊实例	470
16.1.2 黄铜	426	17.5 铝及铝合金的手工钨极氩弧焊	470
16.1.3 青铜	426	17.5.1 坡口形式	470
16.1.4 白铜	426	17.5.2 工艺要点	470
16.2 铜及铜合金的焊接特点及 焊接材料	429	17.5.3 铝合金管水平固定手工钨极 氩弧焊工艺	474
16.2.1 铜及铜合金的焊接特点	429	17.5.4 铝合金板对接双人双面同步 氩弧立焊工艺	479
16.2.2 铜及铜合金的焊接材料	431	17.5.5 铝容器手工钨极氩弧焊 实例	480
16.3 纯铜的焊接	433	17.6 铸造铝合金的补焊	481
16.3.1 焊前准备	433	17.6.1 铸铝补焊工艺要点	481
16.3.2 纯铜的气焊	435	17.6.2 应用举例	481
		17.7 铝及铝合金的焊接缺陷及其 防止	484

17.7.1	气孔	484	18.7.2	易产生裂纹的刀具 火焰钎焊	516
17.7.2	裂纹	484	18.7.3	高速钢刀具火焰钎焊	516
17.7.3	烧穿	485	18.7.4	硬质合金钻探工具的 火焰钎焊	517
17.7.4	未焊透	485	18.7.5	金刚笔火焰钎焊	518
17.8	镁合金的焊接	485	18.7.6	电气触头的火焰钎焊	519
17.8.1	镁合金的分类	485	18.8	铝及铝合金的火焰钎焊	519
17.8.2	镁合金的焊接特点	486	18.8.1	铝及铝合金钎焊用钎料和 钎剂	519
17.8.3	镁合金的焊接性	487	18.8.2	铝及铝合金火焰钎焊工艺	520
17.8.4	镁合金的气焊	487	18.8.3	钎焊实例	522
17.8.5	镁合金的手工钨极氩弧焊	490	第 19 章	铸铁补焊	524
17.8.6	镁合金的焊接缺陷及其 防止方法	491	19.1	铸铁的种类、牌号、性能和 焊接特点	524
第 18 章	火焰钎焊	493	19.1.1	铸铁种类、牌号、性能及 用途	524
18.1	概述	493	19.1.2	影响铸铁组织及性能的 因素	526
18.1.1	钎焊的特点	493	19.1.3	铸铁的焊接特点	526
18.1.2	钎焊的分类	493	19.2	铸铁补焊方法的选择及 焊接材料	529
18.1.3	火焰钎焊的特点	494	19.2.1	铸铁补焊方法的选择	529
18.2	钎料	494	19.2.2	铸铁补焊用焊条	530
18.2.1	对钎料的基本要求	494	19.2.3	铸铁气焊用焊接材料	536
18.2.2	钎料的分类及编号	494	19.2.4	铸铁钎焊用钎料及熔剂	536
18.2.3	软钎料	496	19.3	灰铸铁补焊	537
18.2.4	硬钎料	498	19.3.1	焊前准备	537
18.3	钎剂	503	19.3.2	灰铸铁焊条电弧焊补焊	538
18.3.1	对钎剂的基本要求	503	19.4	灰铸铁的几种焊接方法的应用	548
18.3.2	钎剂的分类、性能与用途	503	19.4.1	气焊	548
18.3.3	钎剂与钎料的选择	505	19.4.2	灰铸铁火焰钎焊	553
18.4	钎焊工艺	506	19.4.3	手工电渣焊补焊灰铸铁	554
18.4.1	钎焊接头设计	506	19.5	球墨铸铁及可锻铸铁的补焊	556
18.4.2	火焰钎焊操作要点	509	19.5.1	球墨铸铁的焊接特点	556
18.4.3	钎焊接头的缺陷	509	19.5.2	球墨铸铁电弧补焊	556
18.5	铜及铜合金火焰钎焊	509	19.5.3	球墨铸铁气焊	561
18.5.1	铜及铜合金用的钎料和 钎剂	510	19.5.4	可锻铸铁的补焊	561
18.5.2	铜及铜合金火焰钎焊工艺	510	19.6	典型部件的补焊工艺	561
18.5.3	钎焊实例	512			
18.6	碳钢、不锈钢及铸铁的 火焰钎焊	513			
18.7	工具及电气触头的火焰钎焊	514			
18.7.1	硬质合金刀具火焰钎焊	514			

19.6.1 缸体补焊工艺	561	20.5.4 铜合金的氧乙炔堆焊	601
19.6.2 拖拉机后桥壳的补焊	564	20.5.5 巴氏合金的火焰堆焊修复	602
19.6.3 机床导轨面的补焊	565	20.6 碳化钨硬质合金堆焊	602
19.6.4 压力机床身的补焊	566	20.6.1 铸造碳化钨的堆焊	602
19.6.5 铸铁钢锭模的补焊	569	20.6.2 YD 型硬质合金(烧结碳化钨) 焊条的堆焊	603
19.6.6 铸铁蒸浓锅的补焊	570	20.7 自熔合金粉末氧乙炔喷熔	604
19.6.7 铸铁反应锅的补焊	570	20.7.1 氧乙炔喷熔原理及特点	604
第 20 章 手工堆焊	571	20.7.2 氧乙炔喷熔工艺	604
20.1 手工堆焊材料	571	20.7.3 氧乙炔喷熔层的缺陷及 解决措施	606
20.1.1 堆焊用焊条	571	20.8 耐磨合金的碳弧堆焊	607
20.1.2 堆焊用焊丝	575	第 21 章 热喷涂	608
20.1.3 碳弧堆焊用耐磨合金材料	577	21.1 概述	608
20.1.4 复合结构药芯堆焊焊条	577	21.1.1 热喷涂及其分类	608
20.1.5 碳化钨硬质合金堆焊焊条	578	21.1.2 热喷涂的特点	608
20.1.6 氧乙炔喷熔自熔合金粉末	578	21.2 热喷涂方法及设备	609
20.1.7 堆焊材料的选择	581	21.2.1 气体火焰喷涂	609
20.2 手工堆焊方法及工艺	581	21.2.2 电弧喷涂	612
20.2.1 手工堆焊工艺方法	581	21.2.3 等离子弧喷涂	614
20.2.2 堆焊质量及效率的 控制措施	582	21.3 热喷涂材料	615
20.3 焊条电弧堆焊及其应用	583	21.3.1 热喷涂材料的分类	615
20.3.1 汽车、拖拉机零件的焊条 电弧堆焊修复	583	21.3.2 几种常用的热喷涂材料	615
20.3.2 矿山、冶金及建筑机械易 损件的焊条电弧堆焊	585	21.3.3 热喷涂材料的选用	619
20.3.3 阀门的焊条电弧堆焊	589	21.4 热喷涂工艺	619
20.3.4 热锻模的焊条电弧堆焊	590	21.4.1 工件表面制备	619
20.3.5 高速钢刀具的焊条电弧堆焊 及焊接	593	21.4.2 工件的预热	621
20.3.6 水轮机叶片的焊条电弧 堆焊	595	21.4.3 喷涂工作层	621
20.4 手工钨极氩弧堆焊	596	21.4.4 喷后处理	622
20.5 手工氧乙炔堆焊及其应用	597	21.5 喷涂层的缺陷及质量检测	623
20.5.1 钴基硬质合金的氧乙炔 堆焊	597	21.5.1 喷涂层的缺陷及防止	623
20.5.2 镍基硬质合金的氧乙炔 堆焊	600	21.5.2 喷涂层质量的现场检验	624
20.5.3 铁基硬质合金的氧乙炔 堆焊	601	21.6 热喷涂工程实例	625
		21.6.1 水闸门火焰线材喷涂 防腐涂层	625
		21.6.2 火焰粉末喷涂修复磨床 主轴	625
		21.6.3 葡萄酒罐内壁火焰喷涂 塑料防护	625

21.6.4 大功率发动机曲轴的电弧 喷涂修复	626	23.3 塑料焊接工艺	647
21.6.5 大制动鼓密封盖的等离子弧 喷涂修复	626	23.3.1 热风焊	647
第 22 章 胶接	628	23.3.2 超声波焊	653
22.1 胶粘剂	628	23.3.3 挤塑焊	655
22.1.1 环氧树脂胶粘剂	628	23.3.4 塑料热工具焊	655
22.1.2 酚醛树脂胶粘剂	630	23.3.5 塑料摩擦焊	656
22.1.3 丙烯酸酯胶粘剂	631	23.4 焊接缺陷的检验、防止和修复	657
22.1.4 无机胶粘剂	631	23.4.1 焊缝缺陷的种类、产生原因 和防止措施	657
22.1.5 密封胶粘剂	632	23.4.2 焊缝缺陷的检验方法	657
22.1.6 胶粘剂的选用	632	23.4.3 硬聚氯乙烯塑料焊接缺陷的 修复	658
22.2 接头设计	636	第 24 章 焊接检验	659
22.2.1 接头受力形式	636	24.1 焊接缺陷	659
22.2.2 接头设计的基本原则	636	24.1.1 焊接缺陷的分类	659
22.2.3 接头形式	636	24.1.2 手工焊接缺陷的产生原因、 危害及防止措施	665
22.3 胶接工艺	638	24.2 焊接质量检验	667
22.3.1 胶接件的表面处理	638	24.2.1 焊前检验	667
22.3.2 胶粘剂的准备	639	24.2.2 焊接过程中检验	668
22.3.3 涂胶与合拢	640	24.2.3 焊后质量的检验	668
22.3.4 固化	640	第 25 章 手工焊接与切割的安全 卫生知识	677
22.3.5 修饰	641	25.1 安全与卫生防护的重要性	677
22.4 胶接应用实例	641	25.2 手工焊接与切割安全防护 技术	677
22.4.1 2000t 液压机的台面胶接	641	25.2.1 触电的防护	677
22.4.2 恢复零件尺寸	641	25.2.2 焊条电弧焊安全技术	679
22.4.3 螺纹防松、密封胶接	641	25.2.3 钨极氩弧焊安全技术	680
22.4.4 船舶零部件的胶接	642	25.2.4 等离子弧焊接与切割 安全技术	680
22.4.5 铝合金波纹壁板胶接	642	25.2.5 碳弧气刨安全技术	680
22.4.6 铝合金的胶接点焊	642	25.2.6 气焊与气割安全技术	681
22.4.7 煤气柜的胶补	643	25.2.7 特殊环境焊接与切割 安全技术	683
22.4.8 氨水循环泵的修复	643	25.3 手工焊接与切割的卫生防护	684
22.5 胶接安全技术	643	25.3.1 焊工个人防护用具	684
第 23 章 塑料的焊接	644	25.3.2 电弧光辐射的防护	685
23.1 概论	644	25.3.3 焊接烟尘及有害气体的	
23.2 焊接设备	645		
23.2.1 热风焊设备	645		
23.2.2 超声波焊接设备	646		
23.2.3 摩擦焊接设备	646		
23.2.4 挤塑焊接设备	647		

安全防护	685	附表 E 各国电焊条牌号对照表	697
25.3.4 放射性物质的危害及安全防护	686	附录 F 各国管道焊接用立向下焊条的主要性能	708
25.3.5 高频电磁场的危害与防护措施	687	附录 G 焊条新旧型号对照表	710
25.3.6 噪声的危害与防护措施	687	附录 H 变形铝及铝合金新旧牌号对照表	715
附录	688	附录 I 各种硬度值与碳素钢抗拉强度近似对照表	717
附录 A 化学元素符号表	688	附录 J GB/T 1591—1994 的牌号与 GB 1591—1988 标准中的对应牌号对照	719
附录 B 焊接常用元素的物理性能	689	参考文献	720
附录 C 常用法定计量单位及其换算 (摘抄)	691		
附录 D 各国电焊条型号对照表	693		