

焊工手册

埋弧焊 · 气体保护焊 ·
电渣焊 · 等离子弧焊

第2版



中国机械工程学会焊接分会

哈尔滨焊接研究所 编

上海通用电焊机股份有限公司

陈裕川 主编



焊工手册

埋弧焊·气体保护焊·电渣焊·等离子弧焊

第 2 版

中国机械工程学会焊接分会

哈尔滨焊接研究所

编

上海通用电焊机股份有限公司

陈裕川 主编

李敏贤 主审



机械工业出版社

本书全面系统地论述了埋弧焊、气体保护焊、电渣焊和等离子弧焊四种最常用焊接方法的工作原理、有关的结构材料、焊接材料、焊接设备及工艺装备、焊接工艺和焊接技能。阐明了焊接缺陷的成因及防止措施,同时还列举了大量焊接生产应用实例,介绍了各应用领域的实际生产经验。

本书读者对象主要是从事焊接生产的中、高级焊工,焊接技师及相关的焊接工程技术人员;也可供从事焊接科研和教学人员,高校和职业院校焊接专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

焊工手册:埋弧焊·气体保护焊·电渣焊·等离子弧焊/中国机械工程学会焊接分会等编. —2版. —北京:机械工业出版社,2006.9
ISBN 7-111-19846-8

I. 焊… II. 中… III. 焊接-技术手册
IV. TG4-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 103040 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:吕德齐

责任编辑:吕德齐 版式设计:冉晓华 责任校对:吴美英
于洪波 姚培新

封面设计:陈沛 责任印制:洪汉军

北京京丰印刷厂印刷

2007 年 1 月第 2 版·第 1 次印刷

169mm×239mm·31.25 印张·2 插页·1753 千字

0 001—4 000 册

定价:88.00 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) 68326294

编辑热线电话(010) 68321729

封面无防伪标均为盗版

第2版编审者名单

主 编：陈裕川（高级工程师）

主 审：李敏贤（教授级高级工程师）

编审人员（按姓氏笔画排列）：

王同芬

哈尔滨锅炉厂
高级工程师

李嘉喙

上海通用电焊机
股份有限公司
高级工程师

廖奎光

上海锅炉厂
高级工程师

李开斌

上海电焊机厂
高级工程师

陈裕川

上海市焊接协会
高级工程师

李敏贤

机械科学研究院
教授级高级工程师

林柏山

哈尔滨焊接研究所
教授级高级工程师

第1版编审者名单

主 编：周昭伟(教授级高级工程师)

副主编：任大成(教授级高级工程师)

陈裕川(高级工程师)

李敏贤(教授级高级工程师)

(以下按姓氏笔画排列)

王同芬

哈尔滨锅炉厂
高级工程师

李敏贤

机械工业部机械
科学研究院
教授级高级工程师

俞继伦

青岛荏原环境
设备有限公司
教授级高级工程师

林柏山

机械工业部哈尔滨
焊接研究所
教授级高级工程师

茹公超

上海电焊机厂
高级工程师

夏丕旭

机械工业部哈尔滨
焊接研究所
教授级高级工程师

任大成

机械工业部哈尔滨
焊接研究所
教授级高级工程师

宋长义

机械工业部哈尔滨
焊接研究所
教授级高级工程师

邹积铎

上海重型机器厂
高级工程师

周大中

机械工业部哈尔滨
焊接研究所
教授级高级工程师

钟 彬

机械工业部哈尔滨
焊接研究所
高级工程师

殷桂良

上海电焊机厂
高级工程师

李开斌

上海电焊机厂
工程师

张承德

太原重型机器厂
高级工程师

陈裕川

哈尔滨锅炉厂
高级工程师

周昭伟

机械工业部哈尔滨
焊接研究所
教授级高级工程师

钱在中

太原重型机器厂
高级工程师

蔡龙庭

哈尔滨锅炉厂
高级工程师

第 2 版 序

《焊工手册：埋弧焊·气体保护焊·电渣焊·等离子弧焊》自 1998 年问世以来深受广大读者的欢迎，并得到了全国焊接工作者的一致好评。

近年来，焊接作为现代先进制造技术之一，发展异常迅速，特别是埋弧焊、气体保护焊、电渣焊、等离子弧焊等的技术进步十分明显，有关焊接材料、焊接工艺、焊接设备及自动化焊接装备方面，创新技术成果层出不穷，应用范围不断扩大，相关专业技术标准也作了重大的修订或改版，因此组织修订《焊工手册：埋弧焊·气体保护焊·电渣焊·等离子弧焊》显得十分必要。

鉴于第 1 版《焊工手册：埋弧焊·气体保护焊·电渣焊·等离子弧焊》主编周昭伟教授级高级工程师由于健康原因，不能继续担任第 2 版主编工作，经编审人员一致推荐由第 1 版的副主编陈裕川高级工程师（上海市焊接协会常务理事）任第 2 版主编。本次修订工作得到了上海市焊接协会的大力支持。

参加策划、编写与审校本书的成员，均是长期从事焊接生产实践、科研开发的专家，他们毕生工作于工厂企业或科研部门，理论扎实，知识渊博，经验丰富，学风严谨，认真负责。他们为编写好这本书，不分寒暑，开展了大量的调查研究工作，收集了许多素材。许多工厂企业的科技人员热情地为本书提供了丰富的生产应用实例，为本手册增添了生动的篇章。第 2 版的内容不仅保持了第 1 版实用性、先进性、科学性的特点，而且补充了新材料、新工艺、新设备的内容，尤其是使新型自动化焊接装备方面的内容更加丰富。相信此次修订一定会得到广大焊接工作者的赞誉，必将为推动我国焊接行业的发展，为振兴我国焊接产业作出新的贡献。

上海市焊接协会副理事长



2006 年 3 月 30 日

第 1 版 序

本书的姊妹篇——《焊工手册：手工焊接与切割》作为广大焊工和科技人员的工具书，尽管其内容只限于手工焊接与切割，却深受读者欢迎，多次发行（近 50 万册），畅销不衰，在焊接领域中发挥了不可低估的作用。

随着时代的发展和技术的进步，机械制造业对自动化生产的要求也在不断提高。现在比任何时候都更加需要一部侧重机械化焊接技术的工具书，以满足广大焊接工作者，特别是广大焊接工人的实际需要。

本书——《焊工手册：埋弧焊·气体保护焊·电渣焊·等离子弧焊》正是在上述客观需求下应运而生的焊接文库中的又一光辉篇章。参与本书工作的全体成员，以其扎实的理论知识和丰富的实践经验，或奔走调查在工厂，或挥汗疾书于斗室，辛勤劳动，反复修改，可以说这是诸多专家通力合作所完成的新成果。

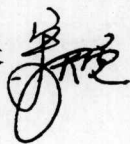
本书包括了埋弧焊、气体保护焊、电渣焊和等离子弧焊四种焊接工艺方法。既有方法原理及相关设备介绍，又有焊接材料和工艺参数推荐，也有质量控制和安全卫生指南，同时书中还附有大量生产应用实例，的确是一部理论联系实际的好书。

此外，手册还注意吸收当前国内外焊接领域的先进经验，突出了工人工具书的特点，适当兼顾科技人员的需要，内容丰富，资料翔实，图文并茂，通俗易懂，条理清晰，查阅方便，堪称广大焊工和科技人员的得力助手。

相信本手册定会受到广大焊接工作者的青睐，她将在我国焊接领域的各个角落发出光和热，为推动焊接制造技术的进步，为振兴机械工业作出新的贡献！

中国焊接学会理事长

1997 年 12 月



2000 年 3 月 30 日

第2版前言

《焊工手册：埋弧焊·气体保护焊·电渣焊·等离子弧焊》自1998年出版以来，受到了广大读者的喜爱，销量已近万册。

近8年来，焊接技术作为现代先进制造技术之一，又有了很大的新发展。在焊接方法、焊接工艺、焊接设备、焊接材料、焊接质量监控、焊接生产过程的机械化和自动化等方面，涌现出大量创新成果，相关的专业技术标准也作了许多补充和修改。焊接技术在各工业部门，特别是在对国计民生具有重要经济价值的高端金属结构制造业中的应用范围不断扩大。近期的统计数字表明，我国2005年焊接结构的用钢量已超过一亿吨，占钢材总消耗量的50%以上。可见，焊接技术对国民经济的发展起到了越来越重要的作用。

根据我国目前焊接行业的现状和发展趋势，修订再版《焊工手册：埋弧焊·气体保护焊·电渣焊·等离子弧焊》已显得十分必要。机械工业出版社十分重视手册的再版工作，并将其列入2006年度的重点书目。

鉴于第1版《焊工手册：埋弧焊·气体保护焊·电渣焊·等离子弧焊》的主编周昭伟教授级高级工程师的健康原因，不能继续担任第2版的主编工作。经多方研究决定，委托第1版手册副主编陈裕川高级工程师任第2版的主编，李敏贤教授级高级工程师任主审。

第1版手册的部分编审人员也因年事已高，不能参加第2版的工作。对此，我们深表惋惜，并对他们在第1版的编审工作中付出的辛勤劳作表示感谢。

第2版手册继续遵循第1版的编写宗旨，坚持手册内容的实用性、科学性和先进性，并从专业知识的系统性出发，调整了章节的安排，增补了焊接新工艺、新设备和新材料方面的内容，特别是充实了自动化焊接设备与工艺装备的资料，反映了现代化生产的时代特色。第2版补充和修改的内容超过了第1版篇幅的1/3。

参加第2版手册修订工作的编审人员分工如下：

第1、2、4、5、6、7、8、9、10、11章由陈裕川编写，李敏贤审核；第3章由李开斌、陈裕川合写，李嘉楣审核。第12、13、15、16、17、18、19、20章由林柏山编写，李敏贤审核；第14章由林柏山、陈裕川合写，李嘉楣审核。第21、22、23、24、25、26、27、28章由廖奎光编写，陈裕川、李嘉楣审核。第29、30、31、32、33、34、35章由王同芬编写，陈裕川审核。

全书由主编陈裕川统稿确定。

参加本手册修订工作的编审人员均为我国焊接界资深专家。他们专业理论知识渊博，实际生产经验丰富，精通焊接技艺，工作态度认真，学风严谨，广泛收集了国内外先进的焊接生产资料。使第2版手册内容全面更新，图文并茂，数据可靠。

手册第2版在编写过程中,得到了上海市焊接协会副理事长单位——上海通用焊机股份有限公司的积极支持,承担了部分组织工作,为第2版手册的顺利出版提供了很大的帮助。对此,我们表示衷心的感谢。

当前,由于焊接技术的发展正处于方兴未艾、日新月异、创新技术层出不穷的阶段,第2版手册的内容仍难免有不足之处,恳请广大读者提出宝贵意见,批评指正。

主编

2006年9月10日

第1版前言

焊接技术已经成为机械及其他产品的现代先进制造技术之一，广泛地应用于电站、核能、石化、煤炭、冶金、矿山、建筑、桥梁、船舶、汽车、机车、车辆、航天、航空、海洋工程、仪器仪表、电子部件、轻工纺织以及日用家电等国民经济各个部门。现代焊接技术在推动我国工业的发展中已占有相当重要的地位。

在工业发达国家中，社会上产品的50%在制造过程中与焊接技术有关，焊接结构产量已占钢产量的50%~60%。我国的钢铁年产量已超过1亿吨，以目前焊接结构占钢产量的30%计算，每年就有2700万吨钢结构需要焊接。我国的焊接生产已有相当大的规模，需要一支高素质的焊工队伍。

近20年来，我国焊接技术发展迅速，除了传统的手工焊接方法之外，埋弧焊、气体保护焊、电渣焊、等离子弧焊等许多高效优质焊接方法已在生产中得到普遍应用。许多企业在推广应用了这些高效优质的焊接技术之后，大大提高了焊接质量和生产率，节材、节能、降低了成本，提高了经济效益，增强了企业在市场经济中的竞争力。

《焊工手册》(手工焊接与切割)自1975年出版以来，深受广大焊工及科技人员的欢迎，但其内容只涉及手工焊接与切割部分。随着焊接技术的进步和焊接生产的现代化，迫切希望有这样一本介绍埋弧焊、气体保护焊、电渣焊、等离子弧焊等高效优质焊接技术的焊工手册，作为广大焊工从事上述焊接生产的工具书，系统地向他们提供从事焊接生产和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、设备的使用与维修、焊接材料的选择、劳动卫生与安全等，同时还列举一些覆盖上述焊接方法和应用领域的生产实例，作为读者加深理解，灵活应用的借鉴。所以，我们新编的这本《焊工手册》(埋弧焊、气体保护焊、电渣焊、等离子弧焊)，作为以前出版的《焊工手册》(手工焊接与切割)的续集和姊妹篇。

本手册的编写思路是遵循以总结当前国内最新焊接工艺和生产实践经验为基础，结合相关的焊接基础理论，注意吸收国外先进经验，从广大焊工对此类工具书的要求出发，力求简明扼要，深入浅出，通俗易懂，图文并茂，列举大量生产实例，数据可靠，分类便查，做到实用性、科学性、先进性、可靠性兼优。

参加策划、编写与审校本手册的成员，均是长期从事焊接生产实践、科研开发的专家，他们毕生工作于工厂企业和科研部门，理论扎实，知识渊博，经验丰富，学风严谨，认真负责。他们为编写好本手册，不分寒暑，开展了大量的调查研究工作，收集了许多素材。许多工厂企业的科技人员热情地为本手册提供了丰富的生产应用实例，为本手册添增了生动的篇章。

本手册在编写过程中得到了以下单位的鼓励、支持以及经费上的赞助：

机械工业部哈尔滨焊接研究所中焊科技开发公司

湖南省零陵地区焊剂厂

上海焊接成套设备工程公司

上海电焊机厂

哈尔滨电焊机厂

机械工业部机械科学研究院

机械工业部哈尔滨焊接技术培训中心

常州泛洋电气设备有限公司

哈尔滨焊接切割成套设备制造公司

我们谨向上述单位的领导和同志们表示衷心的感谢！

由于诸方面的因素，本手册难免有许多不足之处，希望广大读者在阅读和使用本手册的过程中，提出宝贵意见，批评指正，以期再版时改进。

主编

南明伟

目 录

第2版序

第1版序

第2版前言

第1版前言

第1篇 埋 弧 焊

第1章 埋弧焊概论 1

1.1 埋弧焊过程原理及其特点 1

1.2 埋弧焊工艺方法及其分类 2

1.2.1 单丝焊接法 2

1.2.2 药芯焊丝焊接法 4

1.2.3 加大焊丝伸出长度焊接法 4

1.2.4 热丝埋弧焊接法 5

1.2.5 添加冷丝埋弧焊接法 5

1.2.6 多丝埋弧焊接法 6

1.2.7 加金属粉末埋弧焊接法 8

1.2.8 窄间隙埋弧焊 9

1.3 埋弧焊的优缺点及适用范围 10

1.3.1 埋弧焊的优缺点 10

1.3.2 埋弧焊的适用范围 10

第2章 埋弧焊用焊接材料 12

2.1 埋弧焊的冶金特点 12

2.2 埋弧焊时的主要冶金反应 12

2.2.1 硅、锰还原反应 12

2.2.2 碳的烧损 13

2.2.3 去氢反应 13

2.2.4 脱硫和脱磷反应 13

2.3 埋弧焊用焊剂 13

2.3.1 埋弧焊焊剂的分类 13

2.3.2 对焊剂性能的基本要求 14

2.3.3 埋弧焊焊剂的制造方法 15

2.3.4 埋弧焊焊剂的标准 型号和商品牌号 17

2.3.5 焊剂的质量检验 23

2.4 埋弧焊焊剂的选择 27

2.4.1 碳钢埋弧焊焊剂的 选择原则 27

2.4.2 低合金钢埋弧焊焊剂 的选择原则 30

2.4.3 不锈钢埋弧焊焊剂的 选择原则 31

2.5 焊剂的储存与烘干 31

2.6 埋弧焊用焊丝 31

2.7 埋弧焊焊剂与焊丝的选配 36

第3章 埋弧焊设备与工艺装备 38

3.1 概述 38

3.2 埋弧焊用焊接电源 40

3.2.1 埋弧焊电源的种类 及基本特性 41

3.2.2 埋弧焊用整流电源 44

3.2.3 埋弧焊电源的 选用原则 52

3.3 埋弧焊机的控制系统 53

3.3.1 埋弧焊电弧的自动 调节原理 53

3.3.2 埋弧焊送丝系统

控制电路	55	4.5.2 焊接参数的选择原则	133
3.3.3 埋弧焊机行走机构		4.5.3 埋弧焊工艺的优化设计	136
控制系统	58	4.5.4 埋弧焊典型焊接参数	136
3.3.4 埋弧焊机的数控系统	58	第5章 碳素结构钢的	
3.4 标准埋弧焊机和埋弧		埋弧焊工艺	144
堆焊设备	61	5.1 碳素结构钢的	
3.4.1 小车式埋弧焊机	61	基本特性	144
3.4.2 悬挂式埋弧焊机头	68	5.1.1 概述	144
3.5 埋弧焊焊接工艺装备	77	5.1.2 碳素结构钢的分类	144
3.5.1 焊接操作机	77	5.1.3 普通结构钢的基本	
3.5.2 焊件变位机械	86	特性	144
3.5.3 工装夹具	94	5.1.4 优质碳素结构钢	
3.5.4 组装机件	105	的基本特性	146
第4章 埋弧焊工艺及技术	108	5.1.5 特种用途碳素结构	
4.1 埋弧焊工艺基础	108	钢的基本特性	147
4.1.1 焊缝形成和结晶过程		5.2 碳素结构钢的焊接性	
的一般规律	108	及埋弧焊特点	154
4.1.2 焊接参数对焊缝		5.2.1 低碳钢的焊接性	155
成形的影响	109	5.2.2 中碳钢的焊接性	157
4.1.3 其他焊接参数对焊缝		5.2.3 高碳钢的焊接性	157
成形的影响	111	5.2.4 低碳钢埋弧焊工艺	
4.2 埋弧焊接头的设计	114	要点	157
4.2.1 埋弧焊接头和坡口		5.2.5 中碳钢埋弧焊工艺	
形式的设计原则	114	要点	158
4.2.2 埋弧焊接头坡口标准	116	5.2.6 高碳钢埋弧焊工艺	
4.2.3 焊接衬垫	120	要点	158
4.3 埋弧焊焊前准备	123	5.3 碳钢埋弧焊典型工艺	
4.3.1 焊接坡口的制备	123	规程	158
4.3.2 焊材的准备	124	5.3.1 20g 中厚板对接接头的	
4.3.3 焊件的组装	124	双面埋弧焊	158
4.4 埋弧焊操作技术	125	5.3.2 130mm 中碳钢厚板加钢衬垫单	
4.4.1 引弧及收弧技术	125	V 形坡口埋弧焊	159
4.4.2 电弧长度的控制	125	第6章 低合金结构钢埋	
4.4.3 焊丝位置的调整	126	弧焊工艺	160
4.4.4 焊道顺序的排列	128	6.1 低合金结构钢的	
4.4.5 引弧板和引出板		基本特性	160
的设置	130	6.1.1 概述	160
4.5 埋弧焊工艺规程	130	6.1.2 低合金结构钢的分类	160
4.5.1 焊接工艺评定	131	6.1.3 常用低合金结构钢	

的基本特性	161	7.1.2 中合金低温钢	224
6.2 低合金结构钢的 焊接性	186	7.2 中合金结构钢的 焊接性	226
6.2.1 热影响区的组织变化	186	7.2.1 中合金耐热钢 的焊接性	226
6.2.2 冷裂纹敏感性	187	7.2.2 中合金低温镍 钢的焊接性	228
6.2.3 接头的韧性	187	7.3 中合金钢的埋 弧焊工艺	229
6.2.4 再热裂纹敏感性	188	7.3.1 中合金耐热钢的 埋弧焊工艺	229
6.2.5 热裂纹敏感性	188	7.3.2 中合金低温镍钢的 埋弧焊工艺	233
6.3 低合金结构钢的 埋弧焊工艺	190	7.4 常用中合金钢埋弧焊工艺及 接头典型的性能	235
6.3.1 焊前准备	190	7.4.1 常用中合金耐热钢的 焊接工艺规程	235
6.3.2 焊材选择	193	7.4.2 常用中合金低温镍钢的 焊接工艺规程	236
6.3.3 焊接工艺方案	208	第8章 高合金结构钢的 埋弧焊工艺	240
6.3.4 焊接工艺参数	208	8.1 高合金结构钢的 基本特性	240
6.3.5 操作技术	209	8.1.1 概述	240
6.3.6 焊后热处理	209	8.1.2 高合金不锈钢	240
6.4 常用低合金钢埋弧焊工艺 及接头典型的性能	212	8.1.3 高合金耐热钢	252
6.4.1 Q345 (16Mn, 16MnR) 钢 的埋弧焊	212	8.2 高合金结构钢 的焊接性	258
6.4.2 Q390 (15MnV, 15MnVR) 钢的埋弧焊	213	8.2.1 高合金结构钢 的金相组织	258
6.4.3 13MnNiMoNbR 钢的 厚板埋弧焊	214	8.2.2 高合金不锈钢 的焊接性	259
6.4.4 15MnMoVN 调质高强 钢的埋弧焊	215	8.3 高合金结构钢的 埋弧焊工艺	261
6.4.5 15CrMo (15CrMoR) 低合金耐 热钢的埋弧焊	216	8.3.1 铁素体不锈钢的 埋弧焊工艺	261
6.4.6 12Cr1MoV 低合金耐热 钢的埋弧焊	216	8.3.2 奥氏体不锈钢的焊接性 及埋弧焊特点	264
6.4.7 12Cr2Mo1 (12Cr2Mo1R) 低合金耐 热钢的埋弧焊	219		
6.4.8 22NiMoCr37 核容器用 钢的埋弧焊	219		
6.4.9 低温用 3.5Ni 钢的埋弧焊	221		
第7章 中合金钢埋弧焊工艺	223		
7.1 中合金结构钢的 基本特性	223		
7.1.1 中合金耐热钢	223		

8.3.3 高合金耐热钢的焊接性及埋弧焊工艺	279	10.4.1 埋弧堆焊工艺要点	329
第9章 埋弧焊接头中的常见缺陷及其防治方法	289	10.4.2 堆焊层的焊后加工及热处理	331
9.1 埋弧焊接头中常见缺陷的种类和形貌	289	10.4.3 堆焊操作技术	332
9.1.1 裂纹的种类和形貌	289	10.5 各种材料的带极埋弧堆焊工艺	333
9.1.2 未焊透和未熔合的典型形貌	292	10.5.1 碳钢带极堆焊工艺	333
9.1.3 气孔的形貌	292	10.5.2 耐蚀合金的堆焊工艺	333
9.1.4 夹渣的形貌	292	10.5.3 耐磨合金的堆焊工艺	336
9.1.5 咬边、焊瘤和溢流的形貌	292	10.5.4 有色金属的堆焊	336
9.2 埋弧焊接头中缺陷形成的原因	294	第11章 埋弧焊生产应用实例	337
9.3 缺陷的防止措施	298	11.1 实例1 5万kW高压加热器壳体纵缝双面埋弧焊	337
9.4 焊接缺陷的清除和修补	306	11.1.1 概述	337
9.4.1 焊接缺陷的清除	306	11.1.2 焊接工艺	337
9.4.2 焊接缺陷的修补	306	11.1.3 接头性能	338
第10章 埋弧堆焊	307	11.2 实例2 20MPa蓄势器筒体环缝埋弧焊	338
10.1 埋弧堆焊方法	307	11.2.1 概述	338
10.1.1 概述	307	11.2.2 焊接工艺	339
10.1.2 埋弧堆焊方法原理	308	11.2.3 焊后检查	339
10.1.3 高效埋弧堆焊法	312	11.2.4 接头性能	339
10.1.4 埋弧堆焊方法的选择	316	11.3 实例3 疏水冷却器纵环缝埋弧焊	339
10.2 带极埋弧堆焊的冶金和工艺特点	317	11.3.1 概述	339
10.2.1 带极熔化特点	317	11.3.2 焊接工艺	340
10.2.2 堆焊金属的渗合金	319	11.3.3 焊后检查	341
10.2.3 带极堆焊时母材的熔化特点	320	11.3.4 接头性能	341
10.2.4 带极堆焊的效率	323	11.4 实例4 600MW锅炉梁柱角接缝及腹板拼接埋弧焊	341
10.3 埋弧堆焊用焊接材料	325	11.4.1 概述	341
10.3.1 堆焊材料的分类	325	11.4.2 腹板拼接焊	341
10.3.2 带极埋弧堆焊材料	326	11.4.3 梁与柱角接缝埋弧焊	342
10.4 埋弧堆焊工艺	329	11.5 实例5 600MW锅炉锅筒纵环缝窄间	

隙埋弧焊.....	343	11.10.1 概述	355
11.5.1 概述	343	11.10.2 焊接工艺	355
11.5.2 锅筒纵环缝焊接工艺	344	11.10.3 焊后检查	356
11.5.3 焊后检查	345	11.10.4 接头性能	356
11.5.4 接头性能	345	11.11 实例 11 汽化炉壳体纵	
11.6 实例 6 铁路桥梁构件		环缝的窄间隙埋弧焊	357
的埋弧焊.....	345	11.11.1 概述	357
11.6.1 九江长江大桥概况	345	11.11.2 焊接工艺	357
11.6.2 杆件埋弧焊工艺	346	11.11.3 焊后检查	358
11.6.3 埋弧焊接头典型		11.11.4 接头性能	358
力学性能	348	11.12 实例 12 80 万 t/a 加氢反	
11.6.4 焊接接头的无损检验	348	应器环缝埋弧焊.....	358
11.7 实例 7 CO ₂ 汽提塔球形		11.12.1 概述	358
封头与下筒体及凸缘		11.12.2 焊接工艺	358
间接缝的埋弧焊	349	11.12.3 焊后检查	359
11.7.1 概述	349	11.12.4 接头力学性能	359
11.7.2 焊前准备	350	11.13 实例 13 600MW 电站锅炉过	
11.7.3 焊接工艺	350	热器集箱环缝埋弧焊	360
11.7.4 BHW-35 (13MnNiMo54)		11.13.1 概述	360
对接接头性能	350	11.13.2 焊接工艺	360
11.7.5 BHW-35 与 20MnMo 锻件		11.13.3 焊后检查	361
对接埋弧焊	351	11.13.4 接头力学性能	361
11.8 实例 8 200MW 电站锅炉锅		11.14 实例 14 9%Ni 钢液化天然	
筒纵环缝窄间隙埋弧焊.....	351	气大型储罐环	
11.8.1 概述	351	缝埋弧焊	361
11.8.2 纵环缝窄间隙		11.14.1 概述	361
埋弧焊工艺	352	11.14.2 焊接工艺	362
11.8.3 焊后检查	353	11.14.3 焊后检查	363
11.8.4 接头性能	353	11.14.4 接头的力学性能	363
11.9 实例 9 高压球形气瓶		11.15 实例 15 1Cr18Ni9Ti 不锈钢	
环缝埋弧焊	353	板对接埋弧焊.....	363
11.9.1 概述	353	11.15.1 概述	363
11.9.2 环缝埋弧焊工艺	354	11.15.2 焊接工艺	364
11.9.3 焊后检查	355	11.15.3 接头各项性能	364
11.9.4 接头典型力学性能	355	11.16 实例 16 300MW 电站锅	
11.10 实例 10 300MW 电站		炉高压加热器管	
锅炉铬钼耐热钢		板带极堆焊	364
集箱环缝埋弧焊.....	355	11.16.1 概述	364

11.16.2 堆焊工艺	364	11.18.2 堆焊工艺及试验结果	366
11.16.3 焊后检查及接头力学性能	365	11.19 实例 19 水泥挤压辊药芯带极埋弧堆焊	367
11.17 实例 17 24 万 t/a 尿素装置汽提塔管板带极埋弧堆焊	365	11.19.1 概述	367
11.17.1 概述	365	11.19.2 堆焊工艺及检查结果	367
11.17.2 堆焊工艺	365	11.20 实例 20 热轧工作辊丝极埋弧堆焊	368
11.17.3 焊后检查	365	11.20.1 概述	368
11.18 实例 18 300MW 混流式水轮机转轮双金属上冠不锈钢带极埋弧堆焊	366	11.20.2 堆焊材料的选择	368
11.18.1 概述	366	11.20.3 堆焊工艺	369
		11.20.4 堆焊层的检查	369
		11.20.5 硬度检测	370
		参考文献	370
第 2 篇 气体保护电弧焊			
第 12 章 气体保护电弧焊		及应用范围	383
方法概论	371	12.7.1 气体保护焊的优缺点	383
12.1 气体保护电弧焊原理	371	12.7.2 气体保护焊的应用范围	383
12.2 气体保护焊的分类	371	第 13 章 气体保护焊用	
12.2.1 熔化极气体保护焊	372	焊接材料	385
12.2.2 非熔化极气体保护焊	373	13.1 气体保护焊用保护气体	385
12.3 新型气体保护焊方法简介	373	13.1.1 保护气体的种类及应用范围	385
12.3.1 双丝气体保护焊	373	13.1.2 保护气体的选用原则	387
12.3.2 表面张力过渡 CO ₂ 焊	374	13.1.3 保护气体标准	389
12.3.3 热丝 TIG 焊	375	13.2 气体保护焊用焊丝	390
12.3.4 活性助焊剂-TIG 焊	375	13.2.1 碳钢及低合金钢焊丝	391
12.3.5 气电立焊	376	13.2.2 不锈钢焊丝	397
12.3.6 电弧定位焊	377	13.2.3 铝及铝合金焊丝	401
12.3.7 窄间隙焊接	377	13.2.4 铜及铜合金焊丝	410
12.4 气体保护焊的冶金特点	378	13.2.5 镍及镍合金焊丝	414
12.4.1 氧化还原反应	378	13.2.6 钛及钛合金焊丝	414
12.4.2 硅、锰脱氧反应	378	13.2.7 碳钢药芯焊丝	417
12.5 熔滴过渡特性	379	13.2.8 低合金钢药芯焊丝	422
12.6 熔透特性	381	13.2.9 不锈钢药芯焊丝	424
12.7 气体保护焊的优缺点		13.2.10 药芯焊丝牌号的表示方法	430