



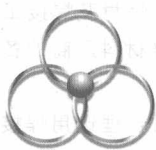
JINSHU | CAILIAO
HANJIE | SHOUCE

金属 焊接材料 手册

吴树雄 尹士科 李春范 主编



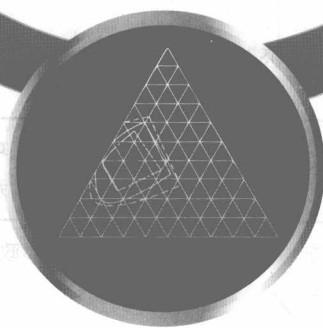
化学工业出版社



JINSHU | CAILIAO
HANJIE | SHOUC

金属 焊接材料 手册

吴树雄 尹士科 李春范 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书系统介绍了焊接材料的基础知识,各种焊接材料的型号、牌号的编制方法,各种常量合金元素、微量元素对低合金钢及不锈钢焊缝金属性能的影响,各种焊接材料的性能。并从钢材、焊材及焊接工艺三者结合的应用角度,介绍了各种焊接材料的选择及使用知识。同时介绍了国外著名焊接材料厂商的各类焊材的性能,以及 ISO、EN、AWS 等最新焊材标准。

本书内容新颖、信息量大、实用性强,是焊接行业一部颇具参考价值的工具书,对合理选用焊接材料及推动我国焊材行业的技术进步具有一定的指导作用。

本书可供焊接结构设计人员、焊接技术人员、焊材研发人员、广大焊工及焊材购销人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

金属焊接材料手册/吴树雄,尹士科,李春范主编.

北京:化学工业出版社,2008.4

ISBN 978-7-122-02390-2

I. 金… II. ①吴…②尹…③李… III. 焊接材料-技术手册 IV. TG42-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 036772 号

责任编辑:周红 任文斗

文字编辑:项激

责任校对:蒋宇

装帧设计:尹琳琳

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:北京永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42 字数1044千字 2008年5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:99.00 元

版权所有 违者必究

京化广临字 2008—19 号



《金属焊接材料手册》编写人员

主 编：吴树雄 尹士科 李春范

编 者（按姓氏笔画排序）：

尹士科 刘奇凡 李春范

何少卿 何长红 何志勇

吴树雄 陈 默 俞韶华

曹文山 钱 强 常艳芳

裴新军

● 吴树雄，1940年生，1958年毕业于上海船舶制造学校。1964年哈尔滨电工学院夜校部肄业。高级工程师，享受国务院颁发的政府特殊津贴。先后在哈尔滨锅炉厂，兰州、桂林、珠海焊条厂及珠海雅各臣发展有限公司从事焊接材料的研制、生产和技术管理工作达48年。

与高等院校和科研机构合作研制的“碱性低尘低毒焊条”、“高效不锈钢焊条”及“高韧性高效铁粉焊条”等，分获全国科学大会奖及甘肃省、冶金部的科研成果二、三等奖，并获国家发明专利1项。独自或合作编著《电焊条选用指南》、《焊丝选用指南》等著作五部。在全国性焊接会议和各种专业杂志上发表论文约30篇。

曾任全国焊接标准化技术委员会焊材分会副主任，甘肃省焊接学会副理事长及焊接协会副主任委员。

● 尹士科，1941年生，毕业于山东工学院（现为山东大学）焊接专业。1980年赴日本进修一年，教授级高工，享受国务院颁发的政府特殊津贴。1964年被分配到钢铁研究院工作至今，一直从事焊接材料和钢铁焊接性能的研究，“六五”至“八五”期间均承担了国家攻关课题，包括潜艇耐压壳体用钢、60~100kg高级高强度钢、低温用钢、低合金耐蚀钢等。共取得科研成果20多项，获全国科学大会奖1项，国家科技进步二等奖2项，部（省）级科技进步一等奖3项，部级其他奖7项。参与研制开发的焊接材料40多种，获发明专利6项。在国际性会议上发表论文6篇，在国内焊接会议和杂志上共发表论文70余篇。已出版的著作有《焊接材料手册》等10部，翻译出版的著作有《窄间隙焊接》等4部。还参与了6部大型工具书的撰稿，编写了有关的章节或词条。指导博士研究生1人，硕士研究生3人。

● 李春范，1954年生，1977年毕业于天津大学，研究员。哈尔滨焊接研究所科技发展部部长，兼任中国焊接协会焊接材料专业委员会主任，全国焊接标准化技术委员会焊接材料分会主任，中国焊接学会金属焊接性及焊接材料专业委员会副主任。

多年来一直从事焊接材料的研究开发工作，完成了“推土机铲头背板焊接用长焊条”等十多个科研课题。领导并参加了20余项焊接材料产品国家标准的制定或修订工作，参加起草的国家标准有《碳钢药芯焊丝》、《低合金钢药芯焊丝》、《不锈钢药芯焊丝》、《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》等；还组织并参与制定了一些焊接材料方面的部颁标准，如《特细碳钢焊条》等。

随着改革开放的深入发展,在国民经济建设高速发展的同时,我国焊接材料行业也取得了长足的进步。2007年的焊材产量为350万吨左右,成为世界第1焊材生产大国。在产量增加的同时,其产品结构的比例也发生了显著的变化。焊条所占比例由1996年的87%下降到2006年的57%,CO₂气体保护实芯焊丝和药芯焊丝的比例上升到29%,埋弧焊材占14%。

由于冶金技术的进步,新一代优质金属材料得到了迅猛发展,作为金属连接用的焊接材料也是新品迭出,高效率、高质量、高环保性能的焊接材料受到进一步重视和欢迎,焊材标准频繁更新。同时,经济全球化及技术引进也推动了国外高技术含量的焊接材料逐步引入我国。为适应这种新的发展形势,我国焊接界非常需要一本既能涵盖中外焊接材料发展,又能做到理论知识与实际经验相结合;既能指导焊接技术人员正确选用焊材,又可对我国焊接材料企业研发新产品提供借鉴的工具书。吴树雄、尹士科、李春范主编的《金属焊接材料手册》一书满足了这些方面的需求,提供了大量技术信息,是一本新颖、实用的工具书,特向焊接界朋友们推荐。

本书的编者,结合自己长期从事焊接材料生产和研究工作的经历,密切关注国外焊接材料产品的发展趋势,及时追踪当前国际上焊接材料标准的最新变化,围绕焊接材料这个主题,做了广泛而深入的介绍。

希望本书的出版对广大焊接工作者有所帮助,也希望焊接材料企业在开发新产品和改进老产品中有所借鉴,使我国最终实现从焊接材料大国向焊接材料强国的转变。

中国焊接学会 副理事长

中国焊接协会 副理事长

哈尔滨焊接研究所 所长

二〇〇八年三月

焊接作为重要的基础加工工艺,在石油化工、重型机械、桥梁建筑、船舶车辆及航天航空等行业得到了广泛的应用。近年来国民经济的快速增长,拉动了基础材料行业的发展,特别是钢铁产品的生产量和消费量逐年增加,为焊接材料产品提供了广阔的市场。焊接材料的生产规模不断扩大,产品种类不断增加,特别是 CO_2 气体保护焊实芯焊丝和药芯焊丝发展更为迅速。目前我国焊接材料的年产量已经突破了 300 万吨,成为世界第一焊接材料生产和消费大国。

针对目前焊接材料行业出现的巨大变化,为了使设计部门、质量监督检验单位、产品用户以及焊接材料生产企业全面地了解焊材产品的发展情况,更好地发挥焊接材料在国民经济建设中的作用,进一步推动焊接材料行业的技术进步,我们编写了本手册。

本手册与以往出版的有关焊接材料书籍相比,具有如下特点。

(1) 新颖性 在国外焊接材料标准篇中,系统地介绍了 ISO、EN 和 AWS 标准。特别是 ISO 标准,18 个标准中有 17 个是 2002 年以后修订或制订的正在实施的最新标准。这是 20 多年来欧洲标准体系和亚太标准体系经过反复协商后,按两个体系并存的方式修订和制订的,也为我国焊接材料标准今后与国际标准接轨奠定了基础。10 个 AWS 标准中有 7 个是 2004~2006 年间修订的新标准。国外焊接材料动向篇则较深入地反映了近年来国外有关钢种及其配套焊接材料的研究和发展动向。它包括高强度高韧性钢、铁素体耐热钢、奥氏体耐热钢、双相不锈钢、超低温不锈钢用焊接材料,为今后开展这些领域中焊接材料的研发工作提供了借鉴。

(2) 实用性 在焊接材料性能篇中,全面地叙述了各种国产焊接材料的成分、性能、特征和用途等,还增加了一些近年来新开发的焊材产品,具有较强的实用性。在焊材选用篇,详细地叙述了不同钢种的特点及其配用焊接材料的选择原则、注意事项、钢材与焊材配套后焊缝金属的性能数据等,具有很好的参考作用。对于焊接技术人员所关心的高强钢与焊材的强度匹配问题、强度与韧性的关系等,也作了较为详细的论述。

(3) 系统性 在焊接材料基础篇中除了介绍焊接材料的发展与展望外,还较系统地介绍了焊接材料的制造技术、检验和保管等。特别是增加了焊接冶金方面的论述,如各种合金元素对低合金钢和不锈钢焊缝金属性能的影响等,从焊接冶金角度对焊接材料的成分、组织和性能进行了阐述,对焊接材料的开发和使用将起到一定的启发作用。

考虑到我国经济全球化的深入开展,手册尽可能地对国外焊接材料的性能及应用作出详细介绍,供读者了解和借鉴,以利于对外经济技术合作的顺利进行及我国焊材行业的技术创新。

另外,手册中涉及钢铁材料方面的内容,这也是从事焊接专业的技术人员所希望了解的,因为焊接材料的发展和应用都是以钢铁材料为前提的。

本书第 1 章由李春范(哈尔滨焊接研究所)、尹士科(中国钢研科技集团公司)编写;第 2 章由何少卿(锦州市锅炉压力容器检验研究所)、曹文山(中国钢研科技集团公司)编写;第 3、4 章由尹士科、刘奇凡(中国钢研科技集团公司)编写;第 5 章由吴树雄(珠海雅各臣发展有限公司)编写;第 6 章由何长红(中国钢研科技集团公司)

编写；第7章由何少卿编写；第8章由何志勇（中国钢研科技集团公司）编写；第9章由俞韶华（哈尔滨焊接技术培训中心）、钱强（哈尔滨焊接技术培训中心）编写；第10章由陈默（哈尔滨焊接研究所）编写；第11章由吴树雄、尹士科编写；第12章至第16章由吴树雄编写；第17章由尹士科、吴树雄编写；第18章至第21章由吴树雄编写；第22章至第24章由尹士科、裴新军（中国钢研科技集团公司）编写。全书由吴树雄、尹士科、李春范主编。

在手册编写过程中，朴东光、李少华、李箕福、王移山、佟英荃、邵朱云、荆文、储继君、王增新、张筑耀、何自远、史仁明、徐斌、周昀、杨桃、郭丽君、韩思恭、廖德康、胡江明、王建伟、蒲腊梅、朱燕华、方明、郭正民、崔现臣、刘宝英、槐佩刚、刘凤兰、王克顺、邱启文、于秀立、魏巧峥、赵国胜、刘婷、邓岗等给予了大力支持，提供了相关技术资料，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免出现不妥之处，敬请读者批评指正。

主编

第 1 篇 焊接材料基础篇

■ 第 1 章 焊接材料和钢铁材料的发展与展望	2
1.1 焊接材料的发展与展望	2
1.1.1 电弧焊用电焊条	3
1.1.2 CO ₂ 气体保护焊用实芯焊丝	5
1.1.3 药芯焊丝	6
1.1.4 埋弧焊用焊丝和焊剂	8
1.2 钢铁材料和冶金技术的发展	11
1.2.1 钢铁材料的产量和消费量	11
1.2.2 钢铁冶金技术的发展	13
■ 第 2 章 焊接材料的制造工艺	16
2.1 焊接材料制造工艺	16
2.1.1 电焊条制造工艺	16
2.1.2 实芯焊丝制造工艺	24
2.1.3 药芯焊丝制造工艺	30
2.1.4 熔炼焊剂生产工艺	36
2.1.5 非熔炼焊剂生产工艺	40
2.2 焊材的保管及质量管理	42
■ 第 3 章 合金元素对低合金钢焊缝性能的影响	45
3.1 常量合金元素对焊缝性能的影响	45
3.1.1 锰对低合金钢焊缝性能的影响	45
3.1.2 碳对低合金钢焊缝性能的影响	47
3.1.3 硅对低合金钢焊缝性能的影响	52
3.1.4 钼对低合金钢焊缝性能的影响	55
3.1.5 铬对低合金钢焊缝性能的影响	58
3.1.6 镍对低合金钢焊缝性能的影响	61
3.1.7 铜对低合金钢焊缝性能的影响	64
3.1.8 铁粉对低合金钢焊缝性能的影响	67
3.2 微量合金元素及杂质元素对焊缝性能的影响	69
3.2.1 铝对低合金钢焊缝性能的影响	69
3.2.2 钛和硼对低合金钢焊缝组织和性能的影响	71
3.2.3 稀土元素对高强度钢焊缝组织和性能的影响	74
3.2.4 硫对低合金钢焊缝性能的影响	77
3.2.5 磷对低合金钢焊缝性能的影响	79
3.2.6 氮的控制及其对高强度焊缝韧性的影响	81

3.2.7 氧对金属的作用及焊缝金属的脱氧	84
3.2.8 低合金钢焊缝中氢的危害与控制	89
■ 第4章 合金元素对不锈钢及其焊缝性能的影响	92
4.1 铁素体形成元素的影响	92
4.1.1 铬对不锈钢及其焊缝性能的影响	92
4.1.2 钼对不锈钢及其焊缝性能的影响	96
4.1.3 硅对不锈钢及其焊缝性能的影响	100
4.1.4 铝对不锈钢及其焊缝性能的影响	101
4.2 奥氏体形成元素的影响	101
4.2.1 镍对不锈钢及其焊缝性能的影响	101
4.2.2 锰对不锈钢及其焊缝性能的影响	105
4.2.3 碳对不锈钢及其焊缝性能的影响	106
4.2.4 氮对不锈钢及其焊缝性能的影响	108
4.2.5 铜对不锈钢及其焊缝性能的影响	111
4.3 碳化物形成元素的影响	114
4.3.1 钛对不锈钢及其焊缝性能的影响	114
4.3.2 铌对不锈钢及其焊缝性能的影响	115
4.3.3 钒对不锈钢及其焊缝性能的影响	117
4.3.4 钨对不锈钢及其焊缝性能的影响	117
4.4 杂质和气体元素对不锈钢及其焊缝性能的影响	117
4.4.1 硫的影响	117
4.4.2 磷的影响	118
4.4.3 氧的影响	119
4.4.4 氢的影响	120

第2篇 焊接材料性能篇

■ 第5章 电焊条	124
5.1 焊条的组成及其作用	124
5.1.1 焊芯	124
5.1.2 药皮	124
5.2 焊条的分类	125
5.2.1 按药皮主要成分分类	125
5.2.2 按熔渣酸碱性分类	125
5.2.3 按焊条用途分类	126
5.2.4 按焊条特性分类	126
5.3 焊条的型号	126
5.4 焊条的牌号	133
5.5 焊条的性能及用途	136
5.6 近年来新研发的焊条	146
5.6.1 承压设备用焊条	146

5.6.2 耐火钢用焊条	149
■第6章 焊丝和焊带	150
6.1 焊丝的分类及其牌号和型号编制	150
6.1.1 焊丝的分类	150
6.1.2 焊丝的牌号编制	151
6.1.3 焊丝的型号编制	152
6.2 碳素钢和低合金钢焊丝	153
6.2.1 气体保护焊用实芯焊丝	157
6.2.2 气体保护焊用药芯焊丝	164
6.2.3 埋弧焊焊丝	164
6.3 不锈钢焊丝	164
6.3.1 不锈钢实芯焊丝	164
6.3.2 不锈钢药芯焊丝	168
6.4 堆焊用焊丝和焊带	170
6.4.1 堆焊用焊丝	170
6.4.2 堆焊用焊带	174
6.5 有色金属焊丝	176
6.5.1 镍基合金焊丝	176
6.5.2 铝及铝合金焊丝	176
6.5.3 铜及铜合金焊丝	176
6.5.4 钛及钛合金焊丝	176
■第7章 焊剂	184
7.1 焊剂的分类	184
7.1.1 按焊剂的用途分类	185
7.1.2 按焊剂的制造方法分类	185
7.1.3 按焊剂的化学组成分类	186
7.1.4 按焊剂的化学性质分类	187
7.1.5 按熔渣的碱度分类	187
7.2 焊剂的牌号和型号	188
7.2.1 焊剂牌号	188
7.2.2 焊剂的型号	189
7.3 焊剂的组成	192
7.3.1 国产常用熔炼焊剂的组成	192
7.3.2 国产常用烧结焊剂的组成	194
7.4 焊剂和熔渣的有关性能	195
7.4.1 焊接熔渣	195
7.4.2 焊剂的冶金性能	196
7.4.3 焊剂的抗气孔性能	197
7.4.4 焊剂的工艺性能	198
7.5 典型焊剂性能分析	200

7.5.1	熔炼焊剂	200
7.5.2	烧结焊剂	203
7.6	提高烧结焊剂焊缝韧性的措施	205
7.7	焊剂的特点及应用	207
7.7.1	国产熔炼焊剂的特点及应用	207
7.7.2	国产烧结焊剂的特点及应用	218
■ 第8章	钎料和钎剂	219
8.1	硬钎料	219
8.1.1	铜基钎料	219
8.1.2	锰基钎料	226
8.1.3	镍基钎料	228
8.1.4	钴基钎料	233
8.1.5	银基钎料	234
8.1.6	金基钎料	245
8.1.7	钯基钎料	246
8.1.8	铝基钎料	246
8.1.9	钛基钎料	248
8.2	软钎料	249
8.2.1	锡铅钎料	249
8.2.2	镉基钎料	251
8.2.3	铝用软钎料	252
8.3	钎剂	253
8.3.1	软钎剂	253
8.3.2	硬钎剂	255
8.3.3	铝用钎剂	257
■ 第9章	热喷涂材料	260
9.1	热喷涂工艺方法	260
9.1.1	喷涂层的结合机理	260
9.1.2	喷涂技术的特点	260
9.1.3	热喷涂的分类	261
9.2	热喷涂涂层材料的选择和应用	265
9.2.1	热喷涂材料的分类	265
9.2.2	热喷涂材料的选择原则	266
9.3	热喷涂丝(棒)材的成分、特性及用途	267
9.3.1	金属丝材	267
9.3.2	合金丝材	273
9.3.3	铁基合金丝材	276
9.3.4	不锈钢丝材	278
9.3.5	铅基合金丝材	279
9.3.6	镍基合金丝材	280

9.3.7	锡基合金丝材	281
9.3.8	锌基合金丝材	282
9.3.9	陶瓷棒材	282
9.3.10	复合芯丝材	283
9.4	热喷涂粉末的成分、特性及用途	284
9.4.1	纯金属粉末	285
9.4.2	自熔性合金粉末	286
9.4.3	陶瓷与金属陶瓷粉末	291
9.4.4	塑料粉末	297
9.4.5	复合粉末	298
9.4.6	减摩自润滑复合粉末	300
9.4.7	耐高温复合粉末	300
9.4.8	高温合金粉末	301
9.5	热喷涂涂层材料的发展方向	301
■第10章 焊接用气体及其他材料		305
10.1	焊接用气体的特性	305
10.2	焊接用气体的分类及用途	307
10.2.1	焊接用气体的分类	307
10.2.2	焊接用气体的选用	308
10.3	电弧焊接用非熔化电极材料	311
10.3.1	钨电极的性能	311
10.3.2	钨电极的分类	312
10.3.3	钨电极的选用	312
10.4	表面活性焊接材料 (A-TIG 焊活性剂)	313
10.4.1	碳钢 A-TIG 焊表面活性剂材料	313
10.4.2	不锈钢 A-TIG 焊表面活性剂材料	315
10.4.3	铝合金 A-TIG 焊表面活性剂材料	316

第 3 篇 焊接材料选用篇

■第11章 焊接材料选用的一般原则		320
11.1	焊接材料选用的总体考虑	320
11.2	焊接材料选用时应注意的几个问题	322
11.2.1	关于焊接接头的强度匹配	322
11.2.2	关于高强钢焊缝的韧性问题	323
11.3	异种钢焊接时焊接材料选用要点	326
11.4	关于型号后缀带“G”的焊接材料的选用	327
■第12章 碳钢及低合金高强钢用焊接材料的选用		328
12.1	碳钢和低合金钢概述	328
12.1.1	碳钢	328
12.1.2	低合金高强度结构钢	329

12.1.3	微合金控轧控冷高强度钢	331
12.2	低合金高强度钢性能简介	333
12.3	低合金调质高强度钢的种类	335
12.4	碳钢和低合金高强钢焊材的选用	337
12.4.1	有关焊材选用的一般知识	337
12.4.2	碳钢和高强钢用焊材的选用	341
12.5	低合金耐蚀钢用焊材的选用	346
12.5.1	低合金耐蚀钢简介	346
12.5.2	低合金钢耐蚀钢用焊材的选用	348
12.6	管道用焊材的选用	349
12.6.1	管道用钢	350
12.6.2	管道常用的几种焊接方法	351
12.6.3	管道钢用焊接材料	353
12.6.4	焊接施工技术要点	356
■ 第 13 章	耐热钢及低温钢焊接材料的选用	359
13.1	耐热钢用焊接材料	359
13.1.1	耐热钢的强化机理及合金元素对其性能的影响	359
13.1.2	耐热钢焊接材料的选用	363
13.1.3	耐热钢焊接材料的使用注意事项	366
13.2	低温钢用焊接材料	368
13.2.1	低温钢的分类和合金化原理	368
13.2.2	低温钢用焊接材料的选用	369
13.3	9%Ni 钢用焊接材料	371
■ 第 14 章	不锈钢焊接材料的选用	374
14.1	常用不锈钢介绍	374
14.2	不锈钢的组织图及铁素体量的测量	380
14.3	不锈钢焊接材料分类概述	382
14.3.1	不锈钢焊接用焊条	382
14.3.2	不锈钢焊接用实芯焊丝	386
14.3.3	不锈钢焊接用药芯焊丝	386
14.4	不锈钢焊接材料的选用	388
14.4.1	同种不锈钢的焊接	388
14.4.2	异种钢焊接时不锈钢焊材的选用	390
14.5	异种钢及不锈钢复合钢板的焊接	393
14.5.1	异种钢的焊接	393
14.5.2	不锈钢复合钢的焊接	396
■ 第 15 章	堆焊用焊材的选用	400
15.1	金属磨损及堆焊金属类型	400
15.1.1	金属磨损类型	400
15.1.2	堆焊金属类型	402

15.2	堆焊材料的选用	406
15.3	堆焊工艺应用举例	409
15.3.1	热锻模的电弧堆焊	409
15.3.2	铸铁冷冲模的电弧堆焊	411
15.3.3	高锰钢铸件的电弧堆焊	411
15.3.4	高铬铸铁泥浆泵衬板电弧堆焊	411
15.3.5	钢轧辊的自动埋弧堆焊	412
■第16章	铸铁及有色金属用焊接材料的选用	415
16.1	铸铁焊补用焊接材料的选用	415
16.1.1	铸铁分类	415
16.1.2	铸铁焊补材料的选择	415
16.1.3	铸铁焊条的使用	418
16.1.4	铸铁焊条的代用	420
16.2	铝及铝合金焊丝	420
16.3	铜及铜合金焊丝	427
16.4	镍及镍合金焊材的选用	430
16.5	其他有色金属用焊丝	443
16.5.1	钛及钛合金焊丝	443
16.5.2	镁及镁合金焊丝	447
16.5.3	锆和锆合金焊丝	449

第4篇 国外焊接材料动向篇

■第17章	高强度高韧性钢及其焊接材料	452
17.1	美国的潜艇用高强度高韧性钢及其焊接材料	452
17.1.1	潜艇用高强度高韧性钢	452
17.1.2	潜艇用高强度高韧性钢焊条	453
17.1.3	潜艇用高强度高韧性钢埋弧焊焊材	453
17.1.4	潜艇用高强度高韧性钢气保焊焊丝	454
17.1.5	潜艇用高强度高韧性焊材产品的成分和性能实例	455
17.2	日本的潜艇用高强度高韧性钢及其焊接材料	457
17.2.1	潜艇用高强度高韧性钢	457
17.2.2	潜艇用高强度高韧性钢焊条	458
17.2.3	潜艇用高强度高韧性焊丝	458
17.2.4	NS110 钢用焊接材料	459
17.3	民用高强度高韧性钢及其焊接材料	460
17.3.1	日本的高强度高韧性钢和焊接材料的研发	460
17.3.2	奥利康公司的高强度高韧性钢焊接材料	464
17.4	高强钢焊丝在制造技术和焊接工艺方面的进展	468
17.4.1	非镀铜实芯焊丝	468
17.4.2	低烟尘低飞溅药芯焊丝	468

■ 第 18 章 新型铁素体耐热钢及其焊接材料	470
18.1 新型铁素体耐热钢研发概况	470
18.2 新型铁素体耐热钢焊接材料的性能	473
18.3 新型铁素体耐热钢焊接材料的选择	481
18.3.1 同种耐热钢之间焊接用焊材的选择	481
18.3.2 耐热钢与异种材料焊接用焊材的选择	481
■ 第 19 章 国外不锈钢焊材的最新进展	489
19.1 液化天然气用超低温不锈钢焊接材料	489
19.1.1 韧性要求	490
19.1.2 焊接工艺方法以及影响焊缝金属韧性的因素	490
19.1.3 LNG 用超低温不锈钢焊接材料	491
19.2 石化、电站行业用奥氏体耐热钢焊接材料	493
19.2.1 普通奥氏体耐热钢用焊接材料	495
19.2.2 锅炉用新型奥氏体耐热钢焊接材料	496
19.3 高温下工作的无铍型药芯焊丝的开发	497
19.4 有特色的不锈钢焊材的开发	498
19.4.1 焊接工艺性能上有特色的不锈钢焊材	498
19.4.2 含氮不锈钢系列焊材	499
19.4.3 其他特色的专用焊材	500
■ 第 20 章 双相不锈钢及其焊接材料	502
20.1 双相不锈钢的成分和特性	502
20.1.1 化学成分和组织	502
20.1.2 物理性能、力学性能和耐蚀性	502
20.2 双相不锈钢的分类	504
20.3 合金元素对双相不锈钢耐应力腐蚀性能的作用	505
20.4 双相不锈钢的焊接	507
20.4.1 双相不锈钢的焊接冶金特点	507
20.4.2 双相不锈钢的焊接方法	508
20.4.3 双相不锈钢用焊接材料	509
20.4.4 双相不锈钢的焊接工艺要求	519
■ 第 21 章 国外焊接修复用焊材的最新进展	520
21.1 焊接修复技术	521
21.2 修复磨损件用焊材	523

第 5 篇 国外标准及规范篇

■ 第 22 章 国际标准化组织标准 (ISO 标准)	530
22.1 焊条标准	531
22.1.1 碳钢和细晶粒钢用焊条 (ISO 2560: 2002)	531
22.1.2 不锈钢和耐热钢用焊条 (ISO 3581: 2003)	546
22.1.3 热强钢用焊条 (ISO 3580: 2004)	558

22.1.4	高强度钢焊条 (ISO 18275: 2005)	562
22.1.5	镍和镍合金焊条 (ISO 14172: 2003)	567
22.1.6	铸铁焊接用焊条、实芯焊丝、焊棒和药芯焊丝 (ISO 1071: 2003)	572
22.2	气体保护焊用实芯焊丝、焊棒和保护气体标准	574
22.2.1	碳钢和细晶粒钢气保焊用焊丝 (ISO 14341: 2002)	574
22.2.2	不锈钢和耐热钢电弧焊接用焊丝和焊棒 (ISO 14343: 2002)	577
22.2.3	高强度钢气保护焊用焊丝和焊棒 (ISO 16834: 2006)	584
22.2.4	镍及镍合金熔化焊接用焊丝、焊带和焊棒 (ISO 18274: 2004)	587
22.2.5	碳钢和细晶粒钢 TIG 焊接用焊棒和焊丝 (ISO 636: 2004)	592
22.2.6	电弧焊接和切割用保护气体 (ISO 14175: 1997)	594
22.3	气保护焊和自保护焊用药芯焊丝标准	595
22.3.1	碳钢和细晶粒钢气保护焊和自保护焊用药芯焊丝 (ISO 17632: 2004)	595
22.3.2	不锈钢和耐热钢气体保护焊和自保护焊用药芯焊丝 (ISO 17633: 2004)	598
22.3.3	热强钢用气体保护焊药芯焊丝 (ISO 17634: 2004)	604
22.3.4	高强钢气保护焊和自保护焊用药芯焊丝 (ISO 18276: 2005)	607
22.4	埋弧焊接用焊丝和焊剂标准	610
22.4.1	碳钢和细晶粒钢埋弧焊接用焊丝和焊丝焊剂组合 (ISO 14171: 2002)	610
22.4.2	埋弧焊用焊剂 (ISO 14174: 2004)	613
■ 第 23 章	欧洲标准 (EN 标准)	615
23.1	焊条标准	615
23.1.1	低碳钢和细晶粒钢用焊条 (EN 499: 1995)	615
23.1.2	高强度钢用焊条 (EN 757: 1997)	617
23.1.3	耐热钢用焊条 (EN 1599: 1997)	618
23.1.4	不锈钢焊条 (EN 1600: 1997)	620
23.2	气保焊用实芯焊丝、焊棒和保护气体标准	621
23.2.1	低碳钢和细晶粒钢气保焊用焊丝 (EN 440: 1994)	621
23.2.2	高强度钢气保焊用焊丝、焊棒和熔敷金属 (EN 12534: 1999)	622
23.2.3	抗蠕变钢电弧焊接用焊丝、焊棒 (EN 12070: 1999)	624
23.2.4	不锈钢及耐热钢电弧焊接用焊丝和焊棒 (EN 12072: 1999)	625
23.2.5	碳钢和细晶粒钢 TIG 焊接用焊丝和焊棒 (EN 1668: 1997)	626
23.2.6	低碳钢和抗蠕变钢用气焊焊棒 (EN 12536: 2000)	627
23.2.7	电弧焊接和切割用保护气体 (EN 493: 1994)	627
23.3	气体保护焊和自保护焊用药芯焊丝标准	628
23.3.1	碳钢和细晶粒钢用药芯焊丝 (EN 758: 1997)	628
23.3.2	高强度钢用气保焊药芯焊丝 (EN 12535: 2000)	630
23.3.3	抗蠕变钢 (也称热强钢) 用气保焊药芯焊丝 (EN 12071: 1999)	631
23.3.4	不锈钢气保护焊或自保护焊用药芯焊丝 (EN 12073: 1999)	632