

实用焊接技术丛书

吴敢生 主编

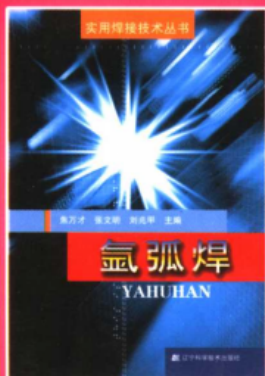
埋弧自动焊

MAIHUZIDONGHAN

辽宁科学技术出版社

埋弧自动焊

MAIHUZIDONGHAN



责任编辑 韩延本
封面设计 邹亮

ISBN 978-7-5381-4709-4



9 787538 147094 >

定价: 21.80 元

实用焊接技术丛书

埋弧自动焊

吴敢生 主编

辽宁科学技术出版社

沈 阳

图书在版编目(CIP)数据

埋弧自动焊/吴敢生主编. —沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2007.4

(实用焊接技术丛书)

ISBN 978-7-5381-4709-4

I. 埋… II. 吴… III. 埋弧焊: 自动焊 IV. TG445

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 021434 号

出版发行: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路 25 号 邮编: 110003)

印刷者: 沈阳新华印刷厂

经销者: 各地新华书店

幅面尺寸: 140mm × 203mm

印 张: 12.125

字 数: 315 千字

印 数: 1 ~ 4000

出版时间: 2007 年 4 月第 1 版

印刷时间: 2007 年 4 月第 1 次印刷

责任编辑: 韩延本

封面设计: 邹 亮

版式设计: 于 浪

责任校对: 李 雪

定 价: 21.80 元

联系电话: 024-23284372

邮购热线: 024-23284502 23284357

E-mail: lkzsb@mail.lnpgc.com.cn

http: //www.lnkj.com.cn

前 言

埋弧自动焊具有生产率高、机械化程度高、焊接质量好且稳定的优点。在金属结构、桥梁、压力容器、石油化工、核容器、石油天然气管线、船舶制造等领域，埋弧自动焊获得了广泛的应用。埋弧焊的工作量非常大，所消耗的钢材、焊丝、焊剂的量也很大。因此，虽然埋弧焊技术比较成熟，不是最新技术，但在生产中也不断出现质量问题，焊接设备也会不可避免地出现故障。

现场经常出现的焊接质量问题和设备故障问题，一经出现就是关键。因为这些问题的出现，生产就要中断，影响工程进度。这时，要求现场操作者、技术人员当机立断，手到病除，否则会延误工期，甚至影响合同的如期完成。

埋弧自动焊在许多生产环节中，已成为生产率提高的“瓶颈”。如石油、天然气管线的焊接，埋弧焊的效率是关键。对于中厚板的管线，要求焊接工作在焊机走一个单程全部完成。

科技的进步，出现许多要求高强度、高韧性、耐腐蚀、耐高温、耐低温的关键设备。这些设备制造的关键技术也均采用埋弧自动焊。

因此，工作在第一线的工人、技术人员，包括从事本专业工作的、但不是焊接专业毕业的技术人员，都希望手头有一本资料和数据相对齐全、实例较多、理论结合实际埋弧焊参考书。本书正是为满足这一需求而编写的。

诚然，解决生产实际问题是离不开理论指导的。但是，在生产现场，普遍反映焊接的理论深奥，比较难懂。的确，焊接技术涉及到材料科学、力学、电学等基础知识。新的焊机均应用集成

电路和计算机。为此，本书在讲述必要的理论时，用简单、浅显的语言，配合图表、照片等，用曲线、数据说明问题，尽量避免繁琐。相信具有中等文化程度的工人和技术人员都能读懂其中最实用的部分。并且，本书也留有一定的提高水平的空间，供读者深入研究参考。

本书是在大量调研的基础上完成的。除了听取现场同行的意见外，借鉴了近年来国内外有关埋弧焊的书籍及论文。全书介绍了20多个实例。在此，作者并代表从中受益的读者，向本书引用文献的作者表示衷心的感谢！

本书由吴敢生主编。其中，第二章由郝雪枫编写，第八章由刘政军编写，第三章、第九章由吴伟编写，其余各章由吴敢生编写。

参加本书编写工作的还有徐斌、陈广平、刘国刚、张丽等同志。

本书编写过程中，得到了祁维朴教授的帮助，在此表示感谢！

作 者

目 录

第一章 概 述	1
第一节 埋弧自动焊的物理现象	2
一、埋弧焊焊缝形成过程	2
二、不同规范下的焊接电弧现象	4
第二节 埋弧自动焊的化学反应区	5
一、埋弧焊的化学反应区	5
二、弧柱下的反应	6
三、焊接熔池的物理化学反应	6
四、氧化物的还原反应	7
五、H 及 N 的吸收	8
第三节 埋弧焊接头金相组织及机械性能	8
一、埋弧焊接头的金相组织特点	9
二、焊接接头的机械性能	14
第四节 埋弧焊的特点及应用	16
一、埋弧自动焊生产效率高	16
二、埋弧焊接质量高	19
三、大热输入量焊接的负面效应	21
四、适合埋弧自动焊的金属材料	21
五、埋弧自动焊适合的结构	23
第五节 埋弧自动焊技术的新进展	23
一、焊接性良好的新型钢材	23
二、新型埋弧焊焊丝与焊剂	24
三、多丝多弧埋弧自动焊及窄间隙埋弧焊的应用	25

第二章 焊接材料	28
第一节 焊接材料简介	28
一、焊丝.....	28
二、焊剂.....	29
三、填充材料.....	31
四、熔炼焊剂与烧结焊剂的特点.....	32
第二节 埋弧焊用焊丝与焊剂的国家标准	33
一、关于牌号与型号.....	33
二、焊丝牌号的编制方法.....	33
三、焊剂牌号的编制方法.....	34
四、我国埋弧焊用碳钢焊丝与焊剂标准概述.....	36
五、我国埋弧焊用低合金钢焊丝与焊剂标准概述.....	39
六、我国埋弧焊用不锈钢焊丝与焊剂标准概述	44
第三节 焊剂的碱度及其对焊剂性能的影响	47
一、焊接熔渣的碱度.....	47
二、常用焊剂的碱度.....	48
三、焊剂碱度对焊缝金属含氧量的影响.....	50
四、氟化物的降氧作用及与焊剂碱度的关系.....	53
五、焊剂碱度对焊缝中硫含量的影响.....	54
六、焊剂碱度对焊缝磷含量的影响.....	54
七、焊剂碱度对焊剂铁锈敏感性的影响.....	56
八、焊剂碱度对焊接工艺性的影响	57
第四节 国产焊剂综述	58
一、国产焊接材料产品简介.....	58
二、熔炼焊剂产品介绍.....	58
三、烧结焊剂产品介绍	77
第五节 埋弧焊焊接材料的选择	91
一、焊接材料的选择原则.....	91
二、焊接材料向焊缝过渡合金的方式.....	91
三、影响合金元素过渡的因素.....	92
四、碳素结构钢及热轧状态供货的低合金结构钢的焊材选择.....	92

五、正火状态供货的低合金钢的焊材选择	93
六、低温钢埋弧焊焊材选择	93
七、低合金耐热钢埋弧焊焊材选择	94
八、低碳调质钢埋弧焊焊材选择	95
第六节 新型高强度、高韧性管线钢埋弧焊焊丝	97
一、提高焊缝韧性,并适合高速、大热输入量焊接的焊丝研制机制	97
二、化学元素对提高焊缝金属韧性的作用	97
三、高韧性、大热输入量焊丝的化学成分	98
第三章 埋弧自动焊焊机	100
第一节 埋弧焊机概述	100
一、埋弧焊机的功能及组成	100
二、埋弧焊工艺对焊机的要求	101
三、等速送丝系统的电弧调节	101
四、变速送丝系统的电弧调节	103
五、埋弧焊机的分类及主要技术数据	105
第二节 等速送丝式埋弧焊机	108
一、等速送丝式埋弧焊机的结构	108
二、等速送丝式埋弧焊机电路	109
第三节 MZ-1000 型变速送丝埋弧焊机	111
一、MZ-1000 型埋弧焊机的机械结构	111
二、MZ-1000 型埋弧自动焊焊机电路	115
三、MZ-1000 型焊机控制元件及其功能	119
四、空载调整	120
五、启弧焊接与熄弧停止	121
第四节 MZ-1-1000 型变速送丝埋弧焊机	122
一、电弧电压反馈式变速送丝系统	122
二、焊车行走调速电路	126
三、启动、停止控制电路	127
四、MZ-1-1000 型埋弧焊机操作过程	128

第五节 埋弧自动焊机故障排除实例	130
一、MZ-1000 型埋弧焊机焊丝不能送丝和回抽	130
二、MZ-1000 型埋弧焊机, 空载正常, 但启动时不能引弧	131
三、MZ-1000 型埋弧焊机焊接停止后焊丝黏到焊缝上, 需用剪子剪断	132
四、MZ-1-1000 型焊机, 空载调整时, 按焊丝向下按钮 (AN ₄ 及向上按钮 (AN ₅), 焊丝不动, 但小车可以行走	132
五、MZ-1-1000 型焊机空载正常, 但用短路法引弧时不能回抽引弧	134
六、MZ-1-1000 型焊机, 空载引弧时焊丝不能向下, 不能引弧	134
第六节 埋弧自动焊机的安装与维护	135
一、电网容量的校核	135
二、焊接电缆的选择	136
三、焊机容量的选择	138
四、埋弧焊机使用前应检验的项目	140
五、埋弧焊机日常维护保养项目	141
第四章 焊前准备工作及工艺规范参数选择	143
第一节 焊缝坡口形式及尺寸的选择	143
一、对接接头坡口形式及尺寸	160
二、T 形接头坡口形式及尺寸	162
三、角接头坡口形式及尺寸	162
第二节 坡口的气割工艺	162
一、焊接坡口多割炬一次切割	162
二、厚板 U 形坡口的火焰切割	164
第三节 焊接接头的焊前处理	168
一、焊接接头区域的清理工作	168
二、焊接接头的点固焊	169
三、装配引弧板和引出板	170
第四节 焊接规范参数的选择	170

一、焊接热输入量（线能量）的计算	170
二、焊缝的形状、尺寸及表示方法	171
三、焊接电流的选择	172
四、电弧电压的选择	173
五、焊接速度的选择	175
六、焊丝直径的选择	176
七、焊丝倾角的选择	177
八、母材的倾斜角度	177
九、坡口角度、对接间隙的选择	179
十、焊剂粒度和堆放厚度的选择	179
十一、焊接电流、焊丝直径及焊剂粒度的综合选择	180
第五节 有关埋弧焊的经验公式及图例	181
一、埋弧焊的经验公式	181
二、焊接电流与焊接速度的关系	181
三、焊接电流与电弧电压的关系	182
四、焊接电流、电弧电压、焊接速度对熔深的综合影响	183
五、焊丝伸出长度和电流密度对焊丝熔化速度的综合影响	184
六、焊道截面积的计算	185
第六节 标准埋弧焊焊接规范举例	185
一、单面焊双面成形的焊接工艺参数	185
二、开坡口双面焊的焊接工艺参数	186
三、船形焊的焊接工艺参数	187
四、留间隙双面焊的焊接工艺参数	187
五、横角焊的埋弧焊工艺参数	188
六、薄板的焊接工艺参数	188
第五章 新型高效埋弧焊	189
第一节 多丝埋弧焊	189
一、多丝埋弧焊的优点	189
二、多丝埋弧焊的分类	190
三、多丝埋弧焊的接线方式	191

四、焊接规范参数选择	195
五、X70 管线钢双丝埋弧焊实例	195
六、高压容器纵列双丝埋弧焊实例	197
七、工字梁多丝埋弧焊工艺实例	200
第二节 窄间隙埋弧焊	203
一、窄间隙埋弧焊的优点	203
二、窄间隙埋弧焊的技术关键	204
三、HSS—2500 型双丝窄间隙埋弧焊机简介	204
四、19Mn5 钢板窄间隙埋弧焊实例	207
第三节 埋弧自动焊单面焊双面成形技术	209
一、单面焊双面成形焊缝成形原理	209
二、同质垫板法	211
三、铜垫板法 (CB 法)	211
四、焊剂铜垫法 (FCB 法)	212
五、热固化焊剂垫法 (RF 法)	216
六、固形焊剂垫法 (KL 法)	222
七、柔性热固化焊剂垫法 (FAB 法)	224
 第六章 常用金属材料的埋弧焊	 227
第一节 碳素结构钢的埋弧焊	227
一、碳素结构钢简介	227
二、碳素结构钢的焊接性	234
三、碳素结构钢焊丝与焊剂的选择	237
四、碳素结构钢焊接实例	238
第二节 低合金高强钢的埋弧焊	240
一、低合金结构钢简介	240
二、低合金高强钢的焊接	248
三、16 MnR 钢制压力容器埋弧焊工艺实例	254
四、120mm SM50B 厚钢板焊接实例	257
五、X70 管线钢大口径三通焊接实例	258
第三节 低温钢的埋弧焊	260

一、低温钢的性能特点	260
二、低温钢的焊接特点	265
三、16Mn DR 钢制容器埋弧焊	267
四、09MnNiDR 钢的埋弧焊	270
五、3.5% Ni 钢的埋弧焊	272
第四节 低合金耐热钢的埋弧焊	274
一、低合金耐热钢简介	274
二、低合金耐热钢的焊接特点	276
三、2.25Cr—1Mo 钢的埋弧焊实例	277
第五节 不锈钢的埋弧自动焊	280
一、不锈钢简介	280
二、不锈钢的焊接特点	284
三、不锈钢的埋弧焊焊接特点研究	288
四、奥氏体不锈钢自动埋弧焊接工艺试验	290
五、不锈钢煤焦油加氢反应器的焊接	294
第七章 埋弧堆焊	296
第一节 埋弧堆焊概述	296
一、埋弧堆焊的特点及主要方法	296
二、丝极埋弧堆焊	297
三、带极埋弧堆焊	297
四、电渣带极堆焊	298
第二节 堆焊材料	299
一、堆焊材料的形式	299
二、耐磨堆焊合金分类	299
三、耐磨堆焊合金典型化学成分	302
第三节 轧辊埋弧堆焊	307
一、轧辊堆焊合金选择	307
二、堆焊参数的影响	309
三、1450 轧机轧辊埋弧堆焊	311
四、连铸辊药心焊丝埋弧堆焊修复	312

第四节 带极埋弧堆焊	313
一、焊接规范对堆焊层质量的影响	313
二、Cr13 不锈钢带极堆焊	316
三、奥氏体不锈钢带极堆焊实例	317
四、轧辊带极堆焊实例	319
第八章 埋弧自动焊简易机械化方案设计	322
第一节 焊接简易机械化的基础知识	322
一、焊缝的类型及对埋弧焊的适应性	322
二、焊接机头	323
三、常用焊接辅助机械	323
四、焊接机构运动分析	331
五、产品的生产类型及焊接设备的占地面积	332
第二节 长直线焊缝（钢板对接、筒体纵缝）的焊接机械 化方案	333
一、带衬垫或焊剂垫的长直线焊缝的机械化方案设计	333
二、悬空的筒体对接纵缝的焊接机械化方案设计	334
第三节 筒体环焊缝焊接机械化方案设计	338
一、两种筒体转动驱动方式的驱动轴转速计算	339
二、使用滚轮架焊接筒体环焊缝及纵焊缝的优点	339
三、在滚轮架上焊接筒体环焊缝的机械装置	340
四、在悬臂式焊接变位机上焊接环焊缝的方案设计	342
五、用头尾架装夹的长筒（轴）类工件环焊缝焊接方案设计	343
第九章 埋弧自动焊的焊接缺陷	347
第一节 焊接缺陷的定义、分类及危害	347
一、焊接缺陷的定义及产生原因	347
二、焊接缺陷的分类	348
三、焊接缺陷的危害	348
四、焊接缺陷危害实例	349

第二节 埋弧焊的高温裂纹	349
一、梨形焊缝结晶裂纹	350
二、埋弧焊焊缝的磷致裂纹	355
三、耐候钢焊缝的高温裂纹	356
第三节 埋弧焊的低温裂纹	357
一、延迟裂纹的产生原因及影响因素	357
二、控制延迟裂纹产生的措施	357
三、埋弧焊多层焊的微裂纹	360
四、16Mn 厚钢板对接焊实例	360
第四节 埋弧焊焊缝气孔产生原因及对策	361
一、焊缝气孔及麻点的产生原因	361
二、防止埋弧焊焊缝气孔的措施	362
三、箱形柱双丝埋弧焊焊缝表面麻点产生原因分析	363
第五节 埋弧焊接头的形状缺陷	363
一、各种形状缺陷的特征及防止措施	363
二、防止悬空双面自动埋弧焊产生烧穿和未焊透的实例	368
三、磁偏吹现象对未焊透、夹渣及未熔合的影响	369
主要参考文献	372

第一章 概 述

埋弧自动焊是电弧在焊剂层下燃烧而进行焊接的方法。

埋弧自动焊的生产率高、焊缝质量好、机械化程度高，工人劳动条件好，在生产中获得了非常广泛的应用。埋弧自动焊的开发应用对焊接方法是一项重要的突破。

自从出现焊条电弧焊后，焊接技术开始在工业生产中获得广泛的应用，并取得了可观的经济效益。但是，焊条电弧焊的生产效率低，无法实现机械化，完全靠手工操作。由于焊条不能连续送进，而焊接电流又不能过大（电流过大会使药皮脱落），使得焊条电弧焊的改进受到限制。

到了20世纪30年代，人们改变了传统的思路，把药皮和焊心分开。药皮被制成颗粒状焊剂，铺在焊接处，用光焊丝作电极进行电弧焊。这样做的结果，焊接电流大大提高（因为不用担心药皮脱落），且焊丝可以用盘圆方式连续送给，节省了换焊条的时间，焊接工作可以连续进行。这就是后来的埋弧焊。

同时，人们又设计了焊枪、送丝机构、焊接小车、控制电路等，使埋弧焊实现了机械化。近年来，人们又设计了各种工件变位机械和焊接操作机，使得埋弧焊的应用日益广泛。埋弧焊在钢结构、桥梁、压力容器、天然气管道、锅炉、造船等领域得到广泛的应用，取得了巨大的经济效益，人们已经离不开埋弧焊工艺。

为了使埋弧焊能够应用在有许多苛刻工作条件的产品中，焊接工作者做了大量的工作，研究开发了新型、焊接性良好的高强度钢以及新的焊丝、焊剂，开发了多丝埋弧焊、窄间隙埋弧焊等

方法，使埋弧焊成功地向高强度、高韧性、高生产率方向发展。

第一节 埋弧自动焊的物理现象

一、埋弧焊焊缝形成过程

埋弧焊 (Submerged arc welding) 是利用电弧热能进行焊接的。与手工焊条电弧焊不同的是：

- (1) 埋弧焊的焊丝是裸露的，上面没有涂料；
- (2) 埋弧焊的焊剂是预先铺在待焊处的；
- (3) 埋弧焊焊丝伸入焊剂中，电弧是在焊剂下燃烧的。

图 1-1 为埋弧焊的焊接过程，图 1-2 为埋弧焊的焊缝形成过程。

如图 1-1 所示，焊剂由漏斗 3 输送到焊接坡口处。焊丝 4 由焊丝盘经送丝滚轮和导电嘴送入焊接区，对准焊缝中心线。这些装置通常装在焊接小车上，由焊接小车带动，沿焊接方向匀速前进。送丝、引弧、焊接、熄弧，包括行走都是机械化、自动化实现的。

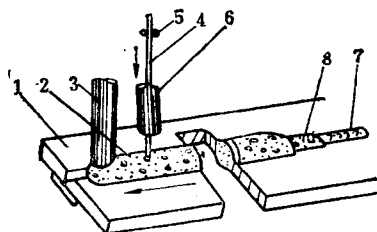


图 1-1 埋弧焊的焊接过程

- 1. 焊件 2. 焊剂 3. 焊剂漏斗 4. 焊丝
- 5. 送丝滚轮 6. 导电嘴 7. 焊缝 8. 渣壳

埋弧焊的焊缝形成过程

是这样的。首先，焊丝与工件接触，按下启动按钮后，焊丝与工件通电的瞬间，焊丝回抽，电弧引燃，焊接小车前进，焊丝连续向下输送，维持电弧在焊剂层下燃烧，在电弧下方形成焊接熔池。在电弧周围，焊剂熔化形成一个空洞。这个空洞和熔池不断前进，而熔池后方的金属凝固，形成连续的焊缝。这个过程由于