

MAIHU ZIDONGHAN JISHU
RUMEN YU TIGAO



埋弧自动焊技术

入门与提高

孙国君 等编



化学工业出版社

MAIHU ZIDONGHAN JISHU
入门与提高



TG445
S912

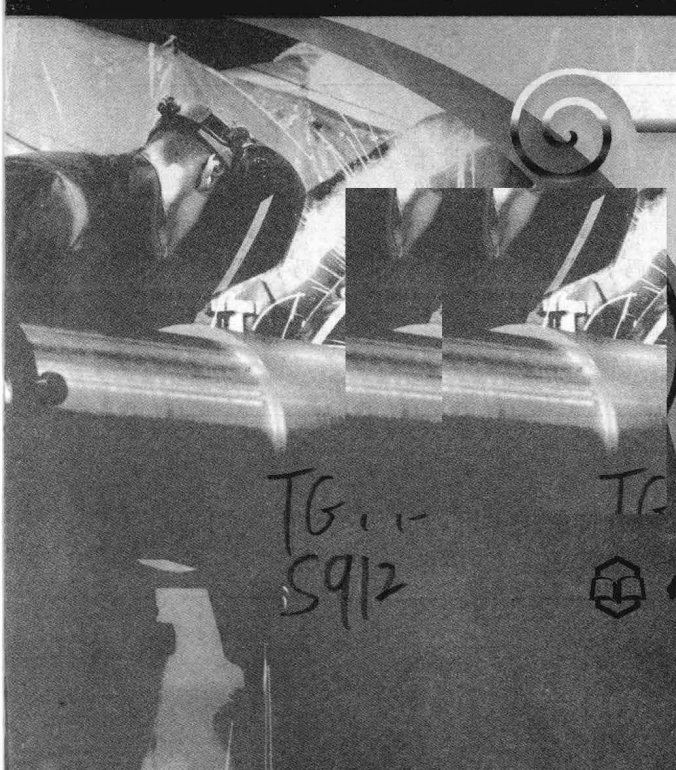


48

埋弧自动焊技术

入门与提高

孙国君 等编



TG445
S912



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

埋弧自动焊技术入门与提高/孙国君等编. —北京: 化学工业出版社, 2009. 9

ISBN 978-7-122-06590-2

I. 埋… II. 孙… III. 埋弧焊: 自动焊 IV. TG445

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 153822 号

责任编辑: 周 红

文字编辑: 项 激

责任校对: 王素芹

装帧设计: 史利平

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 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

850mm×1168mm 1/32 印张 10 $\frac{3}{4}$ 字数 246 千字

2010 年 1 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: 28.00 元

版权所有 违者必究

前 言

随着工业生产的发展，化工（炼油）设备、大型桥梁（跨海大桥）结构、船舶（几十万吨级）等制造工业，都向着大型化发展。这些大型的钢结构，大多数都是采用焊接方法来组装完成的。因此，焊接技术也随着工业生产的需要，向自动化、机械化方向发展。

当前，科学技术的进步，出现了许多高强度、高韧性、耐腐蚀、耐高温、耐低温等材料的设备，这些新钢材的焊接，都是焊接行业要解决的课题，一般也都要求采用埋弧自动焊接。

埋弧自动焊具有生产效率高、机械化程度高、焊接质量好等优点，在大型金属结构生产中获得了广泛的应用。当前埋弧自动焊的工作量非常大，所消耗的钢材占粗钢总产量的 36%；焊接材料（焊丝、焊剂等）耗量，由 2005 年的 40 万吨，猛增到当前（2008 年统计）的 100 多万吨，占据了我国焊接行业的主导地位。

埋弧自动焊是一种专业性的焊接技术，但在造船、压力容器、大型跨海大桥等结构制造行业中，一般都是在掌握了焊条电弧焊技术基础上，再学习、了解和掌握埋弧自动焊技术。这是因为埋弧自动焊还离不开焊条电弧焊的配合，例如，引弧、收弧板的安装，焊接缺陷的清除与补

焊等。因此，埋弧自动焊工不仅要具有高水平的手工焊条操作技能，更要具有自动化、机械化操作知识和技能。

虽然埋弧自动焊技术比较成熟，但在生产中还是不断地出现质量问题，焊接操作技能较差、焊接材料选配不当、焊接设备使用故障等，都是经常发生的。一旦出现这些问题，生产就会中断，工作进度也会受到影响。这就要求埋弧自动焊的操作者、技术管理人员能够当机立断、妥善解决这些问题。本书就是为了满足读者的这种需求而编写的。

本书采用简明扼要的语言，阐述了埋弧自动焊的基本知识和操作技能，配合图、表及曲线、数据，尽量避免繁琐的公式和计算，以适合具有初、中等文化水平的焊工和现场技术人员需要。

本书主要介绍了埋弧自动焊基本知识、埋弧自动焊设备及配套装置、埋弧自动焊用材料、埋弧自动焊工艺选择、常用金属材料的埋弧自动焊、埋弧自动堆焊、埋弧自动焊常见缺陷预防及返修、埋弧自动焊质量检验等内容，并列举了较典型的实用案例，以供读者在生产中应用。

全书由孙国君、郭淑梅编写，周国顺、孙景荣负责审核并校对。

由于编者水平所限，书中难免有不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 埋弧自动焊概述 001

1.1 埋弧自动焊的特点 002

1.2 埋弧自动焊的物理现象 002

1.3 埋弧自动焊工艺参数对焊缝的影响 004

1.3.1 焊接参数 004

1.3.2 焊接电源的选用 006

1.3.3 接头形式 008

1.4 埋弧自动焊接头的力学性能 009

1.4.1 埋弧自动焊接头的硬度分布 009

1.4.2 埋弧自动焊热影响区脆化 010

1.5 适合埋弧自动焊接的金属材料 011

1.6 适合埋弧自动焊接的金属结构 012

1.7 埋弧自动焊生产操作安全技术要点 013

1.7.1 埋弧自动焊焊工一般安全技术要求 013

1.7.2 埋弧自动焊焊工操作安全技术要点 014

第2章 埋弧自动焊用焊接材料 017

2.1 埋弧自动焊用焊接材料简介 018

2.1.1 埋弧自动焊焊丝 018

2.1.2 埋弧自动焊焊剂 019

2.2 国产焊丝、焊剂牌号的编制方法 021

2.2.1 焊丝牌号的编制 021

2.2.2	焊剂牌号的编制	021
2.3	埋弧自动焊用碳钢、低合金钢焊丝和焊剂的国 家标准	024
2.3.1	碳钢焊丝和焊剂标准	024
2.3.2	低合金钢焊丝和焊剂标准	026
2.3.3	不锈钢焊丝和焊剂标准	030
2.4	国产埋弧自动焊用焊接材料	034
2.4.1	熔炼焊剂的牌号与特点	035
2.4.2	烧结焊剂的牌号与特点	044
2.5	埋弧自动焊常用焊材的选择与匹配	060
2.5.1	焊接材料的选用原则	060
2.5.2	碳素结构钢及热轧状态的低合金结构钢的 焊材选择	060
2.5.3	正火状态供货的低合金钢的焊材选择	061
2.5.4	低温钢埋弧自动焊的焊材选择	062
2.5.5	低合金耐热钢埋弧自动焊的焊材选择	065
2.5.6	低碳调质钢埋弧自动焊的焊材选择	065
2.5.7	耐热钢、低温钢及耐候钢的焊材选择	065
2.6	埋弧自动焊药芯焊丝、焊带现状及发展	066
2.6.1	埋弧自动焊用药芯焊丝	066
2.6.2	埋弧堆焊用药芯焊带	068
2.6.3	药芯焊丝、焊带的发展前景	069

第3章 埋弧自动焊机 071

3.1	埋弧自动焊机的组成及功能	072
3.2	埋弧自动焊工艺对焊机的要求	074
3.3	埋弧自动焊机的分类及主要技术数据	077
3.3.1	埋弧自动焊机的分类	077
3.3.2	国产埋弧自动焊机主要技术数据	079

3.4	MZ-1000 型埋弧自动焊机	079
3.4.1	MZ-1000 型埋弧自动焊机的性能	079
3.4.2	MZ-1000 型埋弧自动焊机的机械结构	080
3.5	特种埋弧自动焊机	083
3.5.1	多丝埋弧自动焊机	083
3.5.2	窄间隙埋弧自动焊机	083
3.5.3	高效埋弧自动焊系统	086
3.6	埋弧自动焊机的安装与维护	086
3.6.1	电网容量的校核	086
3.6.2	焊接电缆的选择	087
3.6.3	焊机容量的选择	089
3.6.4	埋弧自动焊机的安装	090
3.6.5	埋弧自动焊机开机前检验	091
3.6.6	埋弧自动焊机的日常维护	092
3.6.7	埋弧自动焊机常见故障及排除方法	093
第4章	埋弧自动焊辅助设备及工具	095

4.1	焊接辅助设备	096
4.1.1	翻转架	096
4.1.2	焊接滚轮架	096
4.1.3	焊接操作机	101
4.2	焊接机械化和自动化	103
4.3	焊接中心	104
4.3.1	中直径管节纵缝焊接中心	104
4.3.2	容器筒体外环缝焊接中心	105
4.3.3	车轮合成内环缝焊接中心	106
4.3.4	桥式起重机主梁焊接中心	107
4.4	焊接自动机	108
4.4.1	梁柱结构的焊接自动机	108

4.4.2	汽车储气筒外环缝自动焊机	110
4.4.3	轧辊埋弧自动堆焊机	110
4.5	埋弧自动焊用工具	112
4.5.1	碳弧气刨用设备	113
4.5.2	焊接用电缆	114
4.5.3	角向磨光机	115
4.6	焊剂垫	116
4.6.1	橡胶膜式焊剂垫	116
4.6.2	软管式焊剂垫	117
4.6.3	圆盘式焊剂垫	117
4.6.4	带式焊剂垫	118
4.6.5	螺旋推进器式焊剂垫	118
4.7	焊剂输送与回收装置	119
4.7.1	焊剂循环系统	119
4.7.2	焊剂输送机	120
4.7.3	焊剂回收器	122

第5章 埋弧自动焊工艺及操作要点 127

5.1	焊接接头及坡口准备	128
5.1.1	接头形式	128
5.1.2	坡口形式	129
5.2	坡口的气割工艺	138
5.2.1	坡口多割炬一次切割	138
5.2.2	厚板 U 形坡口的形状	139
5.2.3	U 形坡口火焰切割方法	140
5.3	焊接接头区域的清理、点固焊	142
5.3.1	焊接接头区域的清理	142
5.3.2	焊接接头的点固焊	143
5.3.3	引弧板和引出板	143

5.4	焊接参数的选择	144
5.4.1	焊缝的形状和尺寸	144
5.4.2	焊接热输入量的计算	144
5.4.3	焊接电流	145
5.4.4	电弧电压	146
5.4.5	焊接速度	147
5.4.6	焊丝直径	147
5.4.7	焊丝倾角	148
5.4.8	工件的倾斜角度	148
5.4.9	焊丝伸出长度	149
5.4.10	坡口角度及间隙	149
5.4.11	焊剂粒度和堆放厚度	150
5.5	埋弧自动焊操作技术要点	151
5.5.1	MZ-1000 型埋弧自动焊机的空载调整	151
5.5.2	MZ-1000 型埋弧自动焊机的引弧焊接与停 止熄弧	152
5.5.3	平板对接焊缝埋弧自动焊操作要点	152
5.5.4	角焊缝埋弧自动焊操作要点	162
5.6	埋弧自动焊新技术及应用	164
5.6.1	多丝埋弧自动焊工艺要点	164
5.6.2	预热焊丝埋弧自动焊工艺要点	166
5.6.3	双丝窄间隙埋弧自动焊工艺要点	167
5.6.4	全数字高效埋弧自动焊在大型海洋结构中 的应用	169
第 6 章	常用金属材料的埋弧自动焊	173
6.1	碳素结构钢的埋弧自动焊	174
6.1.1	碳素结构钢简介	174
6.1.2	碳素结构钢的焊接性	176

6.1.3	碳素结构钢焊丝与焊剂的选择	181
6.1.4	碳素结构钢埋弧自动焊实例	182
6.2	低合金高强钢的埋弧自动焊	184
6.2.1	低合金钢简介	184
6.2.2	低合金高强钢的焊接性	185
6.2.3	低合金高强钢的焊接实例	193
6.3	低温钢的埋弧自动焊	196
6.3.1	低温钢的性能特点	196
6.3.2	低温钢的埋弧自动焊特点	201
6.3.3	低温钢的埋弧自动焊接举例	201
6.4	低合金耐热钢的埋弧自动焊	206
6.4.1	低合金耐热钢简介	206
6.4.2	低合金耐热钢的焊接特点	206
6.4.3	低合金耐热钢的焊接工艺	208
6.4.4	2.25Cr-1Mo 钢埋弧自动焊实例	209
6.5	不锈钢的埋弧自动焊	211
6.5.1	不锈钢简述	211
6.5.2	不锈钢的焊接特点	215
6.5.3	不锈钢埋弧自动焊工艺参数选择	216
6.5.4	不锈钢埋弧自动焊实例	216
6.6	异种钢的埋弧自动焊	218
6.6.1	焊接材料的选择	218
6.6.2	焊接坡口	219
6.6.3	工艺参数	219
6.6.4	操作要点	220
第7章	埋弧堆焊	221
7.1	埋弧堆焊的特点及应用	222
7.2	埋弧堆焊的工艺方法	223

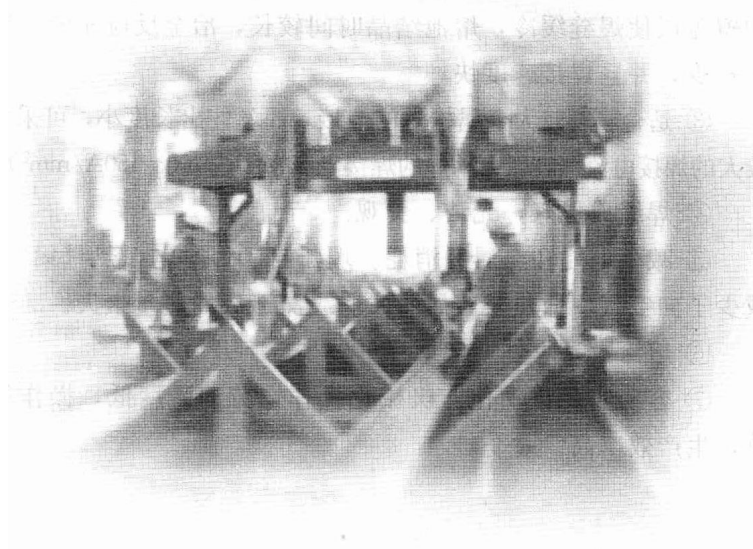
7.2.1	单丝极埋弧堆焊	223
7.2.2	多丝极埋弧堆焊	223
7.2.3	热丝埋弧堆焊	225
7.2.4	带极埋弧堆焊	225
7.2.5	电渣带极堆焊	226
7.3	堆焊材料	227
7.3.1	铁基堆焊合金	227
7.3.2	钴基堆焊合金和镍基堆焊合金	231
7.3.3	铜基堆焊合金	231
7.4	埋弧堆焊工艺	231
7.4.1	工艺参数	231
7.4.2	堆焊规范	234
第 8 章	埋弧自动焊焊工考核及管理	237
8.1	埋弧自动焊焊工的资格	238
8.2	焊工操作技能考试	239
8.2.1	对焊工操作技能考试的一般要求	239
8.2.2	焊工操作技能考试内容和方法	240
8.2.3	焊工操作技能考试试件	248
8.2.4	焊工操作技能考试具体要求	251
8.2.5	考试结果与评定	252
8.2.6	发证	256
8.3	焊工培训	256
8.3.1	初试焊工	257
8.3.2	复试焊工	258
8.3.3	专项培训	258
8.4	持证焊工的管理	259
第 9 章	焊接工艺评定及焊接工艺规程	261

9.1	焊接工艺评定	262
9.1.1	总则与适用范围	262
9.1.2	焊接工艺评定因素	263
9.1.3	焊接工艺评定规则	263
9.1.4	评定试件要求	270
9.1.5	试样的制备	272
9.1.6	工艺评定试验评定标准	274
9.1.7	评定记录内容及报告	276
9.2	焊接工艺规程	276
9.2.1	焊接工艺规程的作用	277
9.2.2	焊接工艺规程编制原则	278
9.2.3	焊接工艺规程编制依据	279
9.2.4	焊接工艺规程的内容	280
9.2.5	焊接工艺规程的格式	280
第 10 章	焊接缺陷及质量检验	285
10.1	常见焊接缺陷含义和分类	286
10.1.1	焊接缺陷的定义	286
10.1.2	焊接缺陷的分类	286
10.1.3	焊接结构中的常见焊接缺陷	287
10.1.4	焊接缺陷的质量分级	287
10.2	焊接缺陷产生原因及危害	289
10.2.1	咬边	289
10.2.2	未焊透和未熔合	290
10.2.3	夹渣	291
10.2.4	气孔	292
10.3	焊接裂纹及分类	293
10.3.1	冷裂纹的产生原因及预防措施	294
10.3.2	热裂纹的产生原因及预防措施	296

10.3.3	层状撕裂的产生原因及预防措施.....	297
10.3.4	再热裂纹的产生原因及预防措施.....	299
10.4	焊接质量检验.....	300
10.4.1	无损检测.....	302
10.4.2	力学性能试验.....	308
10.4.3	焊接接头耐晶间腐蚀试验.....	318
10.4.4	致密性试验.....	321
参考文献		323

第1章

埋弧自动焊概述



埋弧自动焊是在焊剂层下燃烧而进行焊接的一种电弧焊方法。

1.1 埋弧自动焊的特点

埋弧自动焊的焊接过程可以自动或半自动进行。焊丝作为填充金属并兼有导电作用；焊剂相当于电焊条的药皮，它在焊接过程中所起的作用比药皮更为完善。埋弧自动焊与焊条电弧焊相比有如下优点：

① 焊缝的化学成分较稳定，焊接规范参数变化小，单位时间内熔化的金属量和焊剂的数量很少发生变化。

② 焊接接头具有良好的综合力学性能。由于熔渣和焊剂的覆盖层使焊缝缓冷，熔池结晶时间较长，冶金反应充分，缺陷较少，并且焊接速度快。

③ 适合厚度较大金属构件的焊接。焊丝伸出长度小，可采用较大的焊接电流（埋弧自动焊的焊接电流密度达 $100\sim 150\text{A}/\text{mm}^2$ ）。

④ 焊缝成形好，光洁、美观。

⑤ 减少电能和金属的消耗。埋弧自动焊时电弧热量集中，减少了向空气中散热及金属蒸发和飞溅造成的热量损失。

⑥ 熔深大，焊件坡口尺寸可减小或不开坡口。

⑦ 容易实现自动化、机械化操作，劳动强度低，操作简单，生产效率高。

1.2 埋弧自动焊的物理现象

埋弧自动焊的焊缝形式如图 1-1 所示。

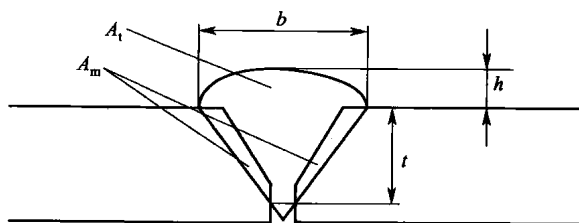


图 1-1 埋弧自动焊的焊缝形式

b —焊缝熔宽； t —焊缝熔深； h —焊缝增强高度（焊缝余高）；

A_m —焊缝中母材熔化的横截面积； A_t —焊缝中填充金属的横截面积

焊缝中的 $b:t$ 称为焊缝形状系数 (ψ)，当 ψ 过小时，易产生热裂纹。经验证明，一般 $\psi=1.3\sim 2$ 较合适。

$A_m:(A_m+A_t)$ 称为母材熔合比 (r)，它能影响焊缝的化学成分、组织和性能等。

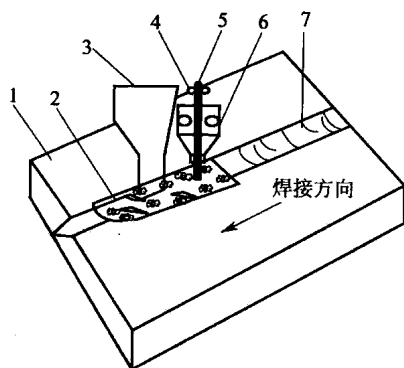


图 1-2 埋弧自动焊的焊接过程

1—焊件；2—焊剂；3—焊剂斗；4—送丝轮；

5—焊丝；6—导电嘴；7—焊缝

图 1-2 是埋弧自动焊的焊接过程。焊剂由焊剂斗 3 输送到被焊的坡口处，焊丝从焊丝盘经送丝轮和导电嘴送入焊接区，