

孙景荣 主编

# 钨极氩弧焊

## ——基础及工艺实践

- 着重操作方法
- 强化基本知识
- 注重技术提高
- 理论通俗易懂

WUJI YAHUHAN  
JICHU JI GONGYI SHIJIAN



化学工业出版社

孙景荣 主编

# 钨极氩弧焊

——基础及工艺实践



化学工业出版社

·北京·

**图书在版编目 (CIP) 数据**

钨极氩弧焊——基础及工艺实践/孙景荣主编.

北京: 化学工业出版社, 2010.12

ISBN 978-7-122-09711-8

I. 钨… II. 孙… III. 钨极惰气保护焊 IV.  
TG444

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 203308 号

---

责任编辑: 周 红

文字编辑: 闫 敏

责任校对: 宋 玮

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 装: 三河市延风印装厂

850mm×1168mm 1/32 印张 8 $\frac{3}{4}$  字数 229 千字

2011 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: 25.00 元

版权所有 违者必究

## 前言

氩弧焊接技术是国内外发展较快、应用广泛的一种焊接技术。由于氩弧焊可以用于几乎所有金属材料的焊接，并可获得高质量的焊接接头，所以成为航空、航天、原子能、石油化工、机械、船舶、交通、轻工和纺织等工业中的一种重要的焊接方法。近十年来，氩弧焊已经成为金属焊接过程中不可缺少的手段，氩弧焊的机械化、自动化程度也得到了很大的提高，并向着控制因子较多的数控化方向发展。

钨极手工氩弧焊技术，不但可以获得高质量焊缝，而且具有独特、良好的单面焊双面成形功能，从而受到国内外焊接界的重视。

目前，我国氩弧焊工操作技术水平的发展，可称为世界之最，国内焊工出国劳务时，均以能否熟练进行手工钨极氩弧焊操作为前提。所以在各行业生产中，手工钨极氩弧焊技术，成为考核焊工焊接技术水平的基本准则。

手工钨极氩弧焊技术，之所以获得广泛应用和重视，除上述原因之外，主要是因为它还具有如下优点。

① 氩弧焊采用惰性气体保护，减少了合金元素的烧损，可以得到致密、高质量的焊接接头。

② 氩弧焊的电弧稳定，热量集中，弧柱温度高，热影响区窄，焊件应力、变形、裂纹倾向小。

③ 氩弧焊为明弧焊接，方便焊接过程的观察，容易操作。

④ 氩弧焊几乎能焊接所有金属，特别是难熔金属、易氧化金属，如钛、镁、镍、铅、铝等及其合金。

⑤ 不受焊件的位置限制，可在任何情况下，进行全位置焊接。

⑥ 容易实现机械化和自动化控制。

氩弧焊接技术在焊接行业应用广泛，但因使用条件不同而异。为了满足使用要求，往往要采用多种材质，如碳素钢、低合金钢、

珠光体耐热钢、奥氏体不锈钢、耐热合金钢、低温钢，以及铝及铝合金、铜及铜合金、钛及钛合金等，而因材质复杂、规格多种多样，所处的焊接位置不同等，都会给焊接带来困难。因此，氩弧焊接操作技术及工艺措施要因地制宜。本书就常见材质的手工钨极氩弧焊接技巧进行了必要的介绍，希望有助于解决有关技术问题。

本书以氩弧焊的实用操作技术为主，兼顾具有初、中级基础的焊工，目的是提高操作技术水平并增强工人在日常生产中解决实际问题的能力。本书理论上通俗易懂，密切联系实际，是一本突出实用、针对性强的氩弧焊实用书籍。书中包括基础知识、设备、材料、焊接坡口、工艺参数、操作技能、质量检验、各种金属的焊接方法、应用焊接实例及焊接安全技术等内容，阐述全面、系统。

本书由孙景荣主编。孔令秋编写了第12章；王华斌编写了第13章；张庆华、刘文贤编写了第14章；郭淑梅编写了第15章；其余章节由孙景荣编写。

由于编者水平所限，书中疏漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

# 目 录

<b>第 1 章 钨极氩弧焊概述</b> .....	1
1.1 钨极氩弧焊电弧 .....	1
1.1.1 氩弧焊电弧的形成与构成 .....	1
1.1.2 气体的电离 .....	2
1.1.3 气体的保护作用 .....	2
1.1.4 电弧的刚度 .....	4
1.2 钨极氩弧焊的特点 .....	5
1.3 钨极氩弧焊的工艺 .....	6
1.3.1 引弧 .....	6
1.3.2 阴极雾化作用 .....	7
1.3.3 交流电弧中的局部整流作用 .....	8
1.4 钨极氩弧焊的电源种类与极性 .....	10
1.5 钨极自动氩弧焊的熔滴过渡 .....	11
<b>第 2 章 氩弧焊设备</b> .....	13
2.1 钨极氩弧焊机的组成及特点 .....	13
2.1.1 钨极氩弧焊机的组成 .....	13
2.1.2 钨极氩弧焊机的特点 .....	13
2.2 氩弧焊机电源 .....	15
2.2.1 交流钨极氩弧焊机 .....	15
2.2.2 直流钨极氩弧焊机 .....	18
2.2.3 逆变式直流氩弧焊机 .....	23
2.2.4 脉冲钨极氩弧焊机 .....	25
2.3 钨极手工氩弧焊枪 .....	29
2.3.1 焊枪的作用与要求 .....	29
2.3.2 焊枪的分类和结构 .....	29
2.4 供气系统 .....	30
2.4.1 氩气瓶 .....	30
2.4.2 减压器 .....	31

2.4.3	气体流量计 .....	31
2.4.4	电磁气阀 .....	31
2.5	水冷系统及送丝机构 .....	31
2.5.1	水冷系统 .....	31
2.5.2	送丝机构 .....	32
2.6	特殊保护装置 .....	32
2.6.1	平板对接的正面保护 .....	32
2.6.2	平板对接的背面保护 .....	33
2.6.3	小直径管子对接的保护 .....	34
<b>第3章</b>	<b>钨极和保护气体</b> .....	<b>35</b>
3.1	钨极 .....	35
3.1.1	钨极的型号及特点 .....	35
3.1.2	钨极的许用电流和电弧电压 .....	36
3.1.3	钨极的形状及制备 .....	38
3.1.4	钨极的选用 .....	39
3.2	保护气体 .....	41
3.2.1	氩气 .....	41
3.2.2	氦气 .....	42
3.2.3	混合气体 .....	43
<b>第4章</b>	<b>氩弧焊填充材料</b> .....	<b>45</b>
4.1	氩弧焊用焊丝的一般知识 .....	45
4.2	钢焊丝的分类及选用原则 .....	46
4.2.1	钢焊丝的分类 .....	46
4.2.2	选用原则 .....	47
4.3	焊丝的牌号及化学成分、力学性能 .....	47
4.3.1	实芯焊丝 .....	47
4.3.2	药芯焊丝 .....	49
4.4	钢焊丝的型号 .....	51
4.4.1	实芯焊丝 .....	51
4.4.2	药芯焊丝 .....	51
4.5	有色金属焊丝 .....	56
4.6	熔化衬垫 .....	61

4.7	焊丝使用注意事项 .....	62
<b>第5章</b>	<b>焊接坡口、焊前清理及气体保护 .....</b>	<b>63</b>
5.1	焊接坡口 .....	63
5.2	焊前清理 .....	65
5.3	气体保护 .....	69
<b>第6章</b>	<b>基本操作方法 .....</b>	<b>72</b>
6.1	引弧 .....	72
6.2	焊炬的握法及操作 .....	73
6.2.1	左焊法与右焊法 .....	73
6.2.2	焊炬的运动形式 .....	74
6.2.3	摇把焊(跳弧法) .....	75
6.3	控制(熔池)温度 .....	76
6.4	送丝 .....	77
6.4.1	焊丝的握法 .....	77
6.4.2	焊丝的填充位置 .....	78
6.4.3	焊丝的续进手法 .....	80
6.5	双边同时焊接法 .....	82
6.6	接头 .....	83
6.7	收弧 .....	83
<b>第7章</b>	<b>手工氩弧焊操作技能 .....</b>	<b>84</b>
7.1	平敷焊 .....	84
7.1.1	在不锈钢板上平敷焊 .....	84
7.1.2	在铝板上平敷焊 .....	86
7.2	平对接焊 .....	88
7.3	平角焊 .....	89
7.4	焊缝接头 .....	93
7.5	各种位置焊接操作要领 .....	93
7.5.1	平焊(1G)操作要领 .....	94
7.5.2	横焊(2G和2R)操作要领 .....	95
7.5.3	立焊(3G)操作要领 .....	96
7.5.4	仰焊(4G)操作要领 .....	96
7.5.5	管子水平固定焊和45°固定焊(5G和6G)操作要领 .....	97



7.6	钨极氩弧焊打底焊技术	99
7.6.1	操作方法	99
7.6.2	打底焊工艺	100
7.6.3	打底层焊接的注意事项	102
7.7	常见焊接缺陷及预防	104
<b>第8章</b>	<b>常用金属材料的钨极氩弧焊接</b>	<b>108</b>
8.1	碳钢	108
8.1.1	低碳钢板对接焊的操作特点	108
8.1.2	焊接操作工艺	109
8.1.3	焊接	110
8.2	低合金钢	112
8.2.1	低合金高强度钢的焊接	112
8.2.2	低合金耐蚀钢的焊接	114
8.2.3	铝镇静低温钢和镍低温钢	115
8.3	珠光体耐热钢	120
8.3.1	对耐热钢的要求	120
8.3.2	铬钼珠光体耐热钢的化学成分	121
8.3.3	铬钼珠光体耐热钢的焊接特点	123
8.3.4	铬钼中温钢的焊材选择	123
8.3.5	铬钼中温钢的焊接工艺要点	123
8.4	马氏体耐热钢	125
8.4.1	马氏体耐热钢的焊接要点	126
8.4.2	马氏体耐热钢的热处理	126
<b>第9章</b>	<b>不锈钢的焊接</b>	<b>128</b>
9.1	不锈钢的分类及特性	128
9.1.1	马氏体不锈钢	129
9.1.2	铁素体和半铁素体或半马氏体不锈钢	129
9.1.3	奥氏体和奥氏体-铁素体不锈钢	130
9.2	奥氏体不锈钢的焊接性	132
9.2.1	晶间腐蚀	132
9.2.2	刀状腐蚀	133
9.2.3	应力腐蚀	134

9.2.4	热裂纹 .....	135
9.2.5	热脆化 .....	136
9.2.6	合金元素烧损 .....	136
9.3	奥氏体不锈钢的焊材选用 .....	137
9.4	奥氏体不锈钢的焊接工艺 .....	138
9.5	奥氏体不锈钢的焊后热处理 .....	142
<b>第 10 章</b>	<b>铝及铝合金的焊接 .....</b>	<b>143</b>
10.1	铝及铝合金材料的分类及牌号 .....	143
10.1.1	铝及铝合金材料的分类 .....	143
10.1.2	铝及铝合金材料的牌号(代号)表示方法 .....	145
10.2	铝及铝合金的性能 .....	148
10.2.1	铝及铝合金性能及应用特点 .....	148
10.2.2	铝及铝合金的焊接性 .....	150
10.3	焊前准备 .....	154
10.3.1	接头形式和焊接坡口 .....	154
10.3.2	焊接清理 .....	156
10.3.3	焊前装配 .....	157
10.4	焊接材料 .....	158
10.5	手工钨极氩弧焊工艺 .....	163
10.5.1	预热 .....	163
10.5.2	焊接工艺参数 .....	164
10.6	手工钨极氩弧焊基本操作技能 .....	170
10.6.1	引弧 .....	170
10.6.2	运弧及送丝 .....	171
10.6.3	停弧 .....	172
10.6.4	熄弧 .....	172
10.6.5	定位焊 .....	173
10.7	各种位置的焊接 .....	173
10.7.1	板件的焊接 .....	173
10.7.2	管子的焊接 .....	176
<b>第 11 章</b>	<b>有色金属材料的钨极氩弧焊 .....</b>	<b>177</b>
11.1	镍及镍合金 .....	177

11.1.1	镍及镍合金的焊接特点	177
11.1.2	镍及镍合金的焊材选用	178
11.1.3	镍及镍合金的焊接工艺	178
11.2	镁及镁合金	180
11.3	铜及铜合金	181
11.3.1	铜及铜合金的焊接特点	182
11.3.2	紫铜的焊接	183
11.3.3	黄铜的焊接	185
11.3.4	青铜的焊接	187
11.4	钛及钛合金	189
11.5	锆及锆合金	191
<b>第 12 章</b>	<b>钨极氩弧焊应用实例</b>	<b>193</b>
12.1	管道安装手工钨极氩弧焊的打底焊	193
12.2	15CrMo 钢管的全位置氩弧焊	197
12.3	苯乙烯蒸汽炉管的手工钨极氩弧焊	198
12.3.1	HK40 与 P22 钢的焊接性分析	198
12.3.2	焊接方法及材料的选择	199
12.3.3	焊接工艺评定	200
12.3.4	焊工考试	201
12.3.5	炉管的现场焊接	201
12.4	磷脱氧铜的手工钨极氩弧焊	201
12.4.1	焊接工艺及性能	202
12.4.2	焊接缺陷产生原因及防止方法	203
12.5	碳钢法兰与紫铜管的氩弧焊	205
12.5.1	可焊性分析	205
12.5.2	焊接工艺	206
12.5.3	焊接接头质量检验	207
12.6	不锈钢薄板的钨极氩弧焊应用	208
12.6.1	不锈钢薄板的焊接工艺性分析	208
12.6.2	不锈钢薄板钨极氩弧焊的技术要领	209
12.7	纯镍蒸发器的手工钨极氩弧焊	212
12.7.1	蒸发器的材料及结构	212

12.7.2	施工现场环境 .....	213
12.7.3	焊前准备 .....	214
12.7.4	焊接工艺 .....	215
12.7.5	焊后检验 .....	216
12.8	Q235 钢与 TA2 钛复合板的氩弧焊 .....	217
12.8.1	钢/钛复合板的焊接性能分析 .....	217
12.8.2	钢/钛复合板的焊接接头结构设计 .....	218
12.8.3	焊接材料选择 .....	218
12.8.4	焊前准备 .....	219
12.8.5	焊接 .....	219
12.8.6	焊后检验 .....	220
12.9	00Cr26Mo1 高纯铁素体不锈钢的钨极氩弧焊 .....	221
12.9.1	材料的性能及分析 .....	221
12.9.2	焊接试验 .....	222
12.9.3	焊接工艺 .....	223
12.9.4	焊缝质量检验要求 .....	224
12.10	在 42CrMo 钢轴上氩弧堆焊铝青铜 .....	225
12.10.1	焊接性分析 .....	225
12.10.2	堆焊工艺 .....	226
<b>第 13 章 焊接成本及消耗量计算 .....</b>		<b>228</b>
13.1	焊接成本因素及构成 .....	228
13.1.1	焊接工艺 .....	228
13.1.2	接头形式 .....	228
13.1.3	焊接程序 .....	228
13.1.4	焊接成本的构成 .....	229
13.2	焊接材料用量 .....	230
13.2.1	焊接材料 .....	230
13.2.2	焊接填充材料计算 .....	231
13.2.3	氩弧焊用钨极 .....	237
13.3	焊接用电量和时间 .....	238
13.3.1	焊接用电量的计算公式 .....	238
13.3.2	焊接时间 .....	238

<b>第 14 章 焊接质量检验</b> .....	240
14.1 无损检测 .....	241
14.1.1 射线检测 .....	241
14.1.2 超声检测 .....	243
14.1.3 磁粉检测 .....	244
14.1.4 渗透检测 .....	245
14.1.5 涡流检测 .....	246
14.1.6 声发射检测 .....	246
14.2 力学性能试验 .....	247
14.2.1 焊接接头的拉伸性能试验(GB2651) .....	247
14.2.2 焊缝及熔敷金属拉伸试验(GB2552) .....	248
14.3 焊接接头的弯曲试验(GB2653) .....	248
14.3.1 弯曲试验的种类 .....	248
14.3.2 弯曲试验的试样尺寸 .....	249
14.3.3 试验方法的种类 .....	251
14.3.4 合格指标 .....	252
14.4 焊接接头冲击试验(GB2650) .....	253
14.4.1 冲击试验的试样 .....	253
14.4.2 冲击试样的截取 .....	253
14.4.3 试样的制备 .....	254
14.5 焊接接头硬度试验(GB2654) .....	255
14.6 焊接接头耐晶间腐蚀试验 .....	255
14.6.1 不锈钢 10% (体积分数) 草酸浸蚀试验方法 (GB4334.1) .....	256
14.6.2 硫酸-硫酸铜腐蚀试验方法 .....	256
14.6.3 硫酸-硫酸铁腐蚀试验方法 .....	257
14.6.4 65% 硝酸腐蚀试验方法 .....	257
14.6.5 硝酸、氢氟酸腐蚀试验方法 .....	258
14.7 致密性试验 .....	258
14.7.1 水压试验 .....	258
14.7.2 气压试验 .....	259
<b>第 15 章 氩弧焊工安全技术</b> .....	260

15.1	防止触电 .....	260
15.2	防止紫外线和弧光辐射 .....	261
15.3	防止燃烧和爆炸 .....	261
15.4	操作安全防护 .....	262
15.5	设备防护 .....	262
<b>参考文献</b> .....		264

# 第 1 章 钨极氩弧焊概述

钨极氩弧焊是采用钨丝作为电极材料，并以惰性气体“氩气”作为保护气体的一种电弧焊接方法。焊接过程中，由于钨极不熔化，所以又称为“非熔化极”气体保护焊。它是利用专用的氩弧焊枪，从喷嘴中喷出氩气流，保护电弧与空气隔绝，电弧和熔池在气流层的包围气氛中燃烧、熔化，通过填丝或不填丝，把两块分离的金属牢固地连接在一起，形成永久性接头的过程。因此，钨极氩弧焊接方法，属于“电弧焊接”方法中的一种。

## 1.1 钨极氩弧焊电弧

### 1.1.1 氩弧焊电弧的形成与构成

钨极在氩气保护下，阳极（工件）与阴极（钨极）之间发射大量的电子；在电场作用下，电子与原子或分子经多次碰撞，发生电离现象，产生足够的正负离子和电子，使气体被电离而导电。于是，在钨极和工件之间产生了连续的放电现象，即产生了电弧，称为氩弧。在氩弧的中心部位，发出白色耀眼光亮的部分称为弧柱。弧柱的温度非常高，一般可达到  $5000 \sim 10000^{\circ}\text{C}$ ，在这种高温条件下，可以熔化各种金属，因此，氩弧是用作焊接热源的较理想电弧。氩弧的结构如图 1-1 所示。

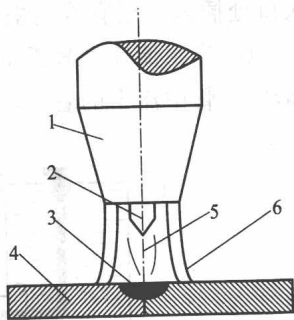


图 1-1 氩弧的结构

- 1—喷嘴；2—电极；3—熔池；  
4—工件；5—弧芯  
(弧柱)；6—熔流

### 1.1.2 气体的电离

在两个导体（电极和工件）之间，充满了空气（或保护气体）时，在电回路中是没有电流通过的，也就是说气体是不导电的。

两个电极之间的空气间隙之所以能在加热后导电，就是由于气体产生了电离，使原来的中性气体粒子变成了带正电荷的正离子和带负电荷的电子。这些带电粒子在外界电场的作用下，按着一定的规律做定向移动，于是，气体就导电了。由此可见，气体的电离是气体由绝缘体变成导体的必要条件。

弧柱的中心部分温度最高，离开弧柱中心线，其温度就逐渐降低，因此，弧柱中心部分的电离程度也最充分。当电弧温度达到一定数值时，可将大部分中性粒子电离，或几乎全部电离。这种由正离子和电子组成的“气体”，称为“等离子体”。

### 1.1.3 气体的保护作用

#### (1) 流体的流动状态

流体包括液体和气体两类。流体由于能位的差别，总是由高能位向低能位流动。但流体的分子之间，由于受力情况的不同，其运动状态往往也是不同的。

例如，在一个盛满清水的容器底部引出一玻璃管，在玻璃管的入口处插入一根有着色墨水的漏斗细管，如图 1-2 所示。

① 当水流速度较低时，发现管内流体有条不紊地流动着，由漏斗-细管中流出的着色墨水在管子中心部分流成一根细细的色水

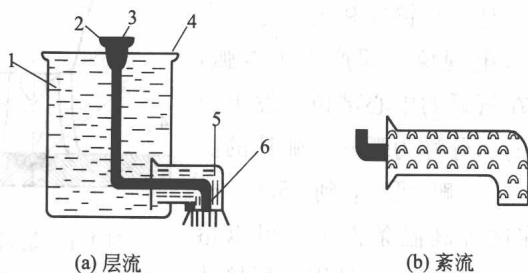


图 1-2 雷诺实验装置示意

1—清水；2—着色墨水；3—漏斗；4—容器；5—清水流管；6—色水



流线，顺流而出，同周围的清水互不混扰，如图 1-2(a) 所示。

② 当水流速度增大，超过一定极限时，发现着色墨水流出细管后，很快就同周围清水相互混扰，如图 1-2(b) 所示。

这种流体运动实验，称为雷诺实验。第①种流动状态称为层流；第②种流动状态称为紊流。在层流中，流体的分子一层一层地各自独立、互不干扰、并驾齐驱；而紊流时，流体中很快出现很多旋涡，层与层之间的流体分子相互混扰。这两种流动状态与流体所受的体积力（场力）和表面张力有着密切的关系，力系之间的作用符合牛顿力定律。

流体在管子中的运动状态，是层流还是紊流，主要取决于一个无量纲的数值，这个数值称为雷诺数，用  $R_{e雷}$  来表示，即

$$R_{e雷} = \frac{Sv}{Lv}$$

式中  $S$ ——管子的截面积；

$v$ ——流体平均流速；

$L$ ——管子长度；

$\nu$ ——流体的运动黏性系数。

这些参数对于焊接时气体保护作用是十分重要的。氩弧焊时所希望的是从焊枪喷嘴里喷出的保护气体，能最大限度地保持层流状态，不让周围的空气卷入电弧高温区，以改善气体的保护效果。

(2) 气体的保护作用 焊接时，气体保护的主要作用，在于采用保护气体把电弧区周围的空气排开，保护电极、熔化的液态金属以及处于高温的近缝区金属，使它们不与周围的空气接触和发生作用。因此，能否完成这一任务，在很大程度上取决于保护气体流出喷嘴后的状态。希望获得的状态是层流，否则，气体一出喷嘴就成紊流，使电弧周围的空气卷入熔池，破坏对焊接过程的保护作用，降低焊接接头质量，这是焊接时所不希望，甚至是不允许的。

如图 1-3 所示，假设喷嘴的结构合理，气体从喷嘴内喷出之前，已经是整齐而有规则的层流，则气体从喷嘴喷出后，逐渐向周围扩散，加上受周围空气的摩擦阻力，最外层就有空气流入，使纯