

焊接技术

快速入门丛书

邱言龙 聂正斌 雷振国 编著 王 兵 审

# 手工钨极氩弧焊技术

# 快速入门

SHOUGONG WUJI YAHUHAN  
JISHU  
KUAISU RUMEN

上海科学技术出版社

焊接技术快速入门丛书

# 手工钨极氩弧焊技术快速入门

邱言龙 聂正斌 雷振国 编著  
王 兵 审

上海科学技术出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

手工钨极氩弧焊技术快速入门/邱言龙, 聂正斌, 雷振国编著. —上海: 上海科学技术出版社, 2011. 6

(焊接技术快速入门丛书)

ISBN 978-7-5478-0732-3

I. ①手… II. ①邱… ②聂… ③雷 III. ①手工焊: 钨极惰气保护焊 IV. ①TG444

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 041542 号

上海世纪出版股份有限公司  
上海科学技术出版社 出版、发行

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

常熟市兴达印刷有限公司印刷

开本 889 × 1194 1/32 印张: 6.875

字数: 190 千字

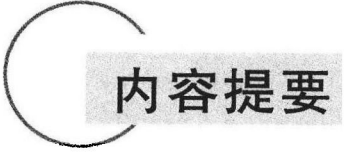
2011 年 6 月第 1 版 2011 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5478-0732-3/TG·26

定价: 19.00 元

---

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,  
请向工厂联系调换



## 内容提要

本书内容主要包括：氩弧焊基础知识，包括氩弧焊的分类及特点、氩弧焊坡口设计与形式、金属材料的力学性能与热处理等；焊工安全知识与劳动保护，以增强焊工安全意识；钨极氩弧焊焊接材料，如焊丝、钨极和氩气等；氩弧焊设备；手工钨极氩弧焊焊接工艺；手工钨极氩弧焊通用焊接技术，包括平板、管板、管子的对接技术；焊接应力与变形，以便于焊工提高焊接质量；常见焊接缺陷及防止措施，为焊工应对焊接质量缺陷提供相应措施。

本书可供刚入门的焊工阅读，也可供相关职业技术学校的学生参考。

# 前 言

金属焊接是指在两金属件连接处通过加热熔化或加压,或两者并用,以造成金属原子间和分子间的结合而得到永久连接的方法。焊接技术被广泛应用于船舶、锅炉、车辆、飞机和其他金属结构或机器零件的制造。非金属材料(如塑料、玻璃等)也可用焊接方法连接。从焊接工艺的广泛应用,我们可以看出焊接具有如下特点:

(1) 与其他金属连接方法(铆接、螺纹连接)相比,具有节约金属材料、生产率高、能保持水密性和气密性等优点。

(2) 焊接可以化大为小、以小拼大。在制造大型机件与结构件或复杂的机器零件时,可以采用化大为小、化复杂为简单的方法准备坯料,采用铸-焊、锻-焊联合工艺,用小型铸、锻设备生产大型或复杂零件。

(3) 焊接还可以制造双金属结构,如制造不同材料的复杂层容器。

所以,焊接是生产金属构件、机器零件等的重要加工工艺方法,如桥梁、建筑构件、船体、锅炉、车厢、容器等。此外,焊接还是修补铸、锻件的缺陷和磨损零件的重要方法。

为了方便青年工人自学及上岗、转岗再就业人员快速掌握一技之长,我们组织编写了本套“焊接技术快速入门丛书”。本套丛书包括《气焊与气割技术快速入门》、《焊条电弧焊技术快速入门》、《二氧化碳气体保护焊技术快速入门》、《手工钨极氩弧焊技术快速入门》、《等离子弧焊与切割技术快速入门》、《钎焊技术快速入门》、《电渣焊与电阻焊技术快速入门》、《埋弧焊技术快速入门》。每本书中均包含有作业基础知识、操作工艺,以及各种焊接材料、焊接工具、设备的应用,典型焊接工艺实例等内容。丛书还用具体章节详细介绍了焊工技术基础知识和焊工安全文明生产知识、劳动保护知识,包括预防触电及抢救的安全知识,防火、防爆、防辐射的安全知识,预防有害气体和金属烟尘中毒的安全知识,以及高空作

## 前 言

业焊接、水下焊接与热切割应注意的安全事项等。

本套丛书采用图文并茂的形式,把焊接技术和操作技能通过图表的方式一一解析,借助大量实际操作和工程技术图片,使复杂问题简单化,更加方便未入门和初入门的焊工理解和掌握。丛书力求简明扼要,不过于追求系统及理论的深度,突出“快速入门”的特点,且从应用标准、名词术语、计量单位等各方面全都贯穿着一个“新”字,便于工人尽快与现代工业化生产接轨,适应未来机械工业发展的需要。

本套丛书旨在通俗、易懂、简明、实用,编写时综合考虑实际需要和篇幅容量,让焊工通过各种焊接工艺入门知识的学习,了解本工艺的专业基础知识和基本操作技能,轻松掌握一技之长,快速迈入焊工之门。各书独立成书,既相互关联,又互为补充。

本套丛书由邱言龙、聂正斌、雷振国编著,由王兵审稿。

由于编者水平所限,加之时间仓促,书中错误在所难免,望广大读者不吝赐教,以利提高!

编 者

# 目 录

<b>第一章 氩弧焊基础知识</b> .....	1
<b>第一节 概述</b> .....	1
一、氩弧焊的定义.....	1
二、氩弧焊的特点.....	1
三、氩弧焊的工作原理及分类.....	3
四、氩弧焊的电流种类及特点.....	6
<b>第二节 氩弧焊坡口设计与形式</b> .....	8
一、坡口设计的一般原则.....	8
二、焊接接头形式及焊接位置.....	9
三、常用坡口形式及加工方法.....	15
<b>第三节 金属材料的力学性能与热处理</b> .....	18
一、金属材料的力学性能.....	18
二、金属的力学性能试验.....	19
三、热处理的基本知识.....	21
<b>第二章 焊工安全知识与劳动保护</b> .....	25
<b>第一节 焊工安全用电及个人防护</b> .....	25
一、安全用电.....	25
二、个人防护.....	27
三、触电事故的处理.....	35
四、现场心肺复苏.....	41
<b>第二节 防火、防爆及防弧光辐射</b> .....	43
一、有害气体和焊接烟尘.....	43
二、防火、防爆.....	46

三、防弧光辐射 .....	47
<b>第三节 特殊环境下的焊接</b> .....	49
一、容器内的焊接 .....	49
二、高空作业焊接 .....	50
三、露天或野外作业焊接 .....	51
四、氩弧焊安全规程 .....	51
<b>第三章 钨极氩弧焊焊接材料</b> .....	53
<b>第一节 焊丝</b> .....	53
一、焊丝的作用及要求 .....	53
二、焊丝的型号与牌号 .....	54
三、焊丝的使用与保管 .....	61
<b>第二节 钨极</b> .....	62
一、钨极的作用及要求 .....	62
二、钨极的种类、牌号及规格 .....	63
三、钨极的载流量 .....	64
四、钨极端头的几何形状 .....	65
<b>第三节 氩气</b> .....	66
一、氩气的性质 .....	66
二、对氩气纯度的要求 .....	66
三、氩气瓶 .....	67
<b>第四节 其他保护气体</b> .....	68
一、氮气 .....	68
二、氩-氢混合气体 .....	70
三、保护气体的选择 .....	71
<b>第四章 氩弧焊设备</b> .....	72
<b>第一节 焊机型号及其技术特性</b> .....	72
一、常用氩弧焊机的型号编制方法 .....	72
二、氩弧焊机系列及其技术特性 .....	74
三、典型手工钨极氩弧焊机 .....	80
四、氩弧焊机的安装与连接 .....	83
五、焊机的调试 .....	87
<b>第二节 氩弧焊电源与控制设备</b> .....	89



一、氩弧焊电源 .....	89
二、引弧装置 .....	89
三、稳弧装置 .....	91
四、控制系统 .....	91
<b>第三节 焊枪与氩气流量调节器</b> .....	92
一、氩弧焊焊枪 .....	92
二、氩气流量调节器 .....	97
<b>第四节 设备保养与故障处理</b> .....	98
一、氩弧焊设备的保养 .....	98
二、氩弧焊机常见故障及消除方法 .....	98
<b>第五章 手工钨极氩弧焊焊接工艺</b> .....	100
<b>第一节 焊接工艺参数的选择</b> .....	100
一、焊接电流与钨极直径 .....	100
二、电弧电压 .....	102
三、焊接速度 .....	102
四、焊接电源种类与极性 .....	103
五、喷嘴直径与氩气流量 .....	103
六、钨极伸出长度 .....	107
七、喷嘴与工件间距离 .....	107
八、焊丝直径 .....	107
九、左焊法与右焊法 .....	107
<b>第二节 手工钨极氩弧焊基本操作</b> .....	109
一、引弧 .....	109
二、定位焊缝 .....	109
三、定位焊 .....	110
四、焊接和接头 .....	111
五、填丝 .....	112
六、收弧 .....	113
<b>第三节 焊前与焊后检查</b> .....	114
一、焊机的焊前检查 .....	114
二、负载检查 .....	114
三、焊后检查 .....	115

<b>第六章 手工钨极氩弧焊通用焊接技术</b> .....	116
<b>第一节 平板焊接</b> .....	116
一、平敷焊接.....	116
二、I形坡口对接焊.....	120
三、V形坡口对接焊.....	122
四、薄板平角焊.....	131
<b>第二节 管板焊接</b> .....	134
一、焊前准备.....	134
二、插入式管板对接.....	135
三、骑座式管板对接.....	144
<b>第三节 管子对接</b> .....	148
一、焊前准备.....	149
二、焊后检验.....	150
三、小径管对接.....	151
四、大径管对接.....	156
<b>第七章 焊接应力与变形</b> .....	160
<b>第一节 概述</b> .....	160
一、焊接应力与变形的危害性.....	161
二、焊接应力与变形产生的原因.....	161
三、焊接应力与变形的影响因素.....	163
<b>第二节 焊接应力</b> .....	165
一、内应力及焊接应力.....	165
二、焊接残余应力的调节.....	166
三、焊后消除内应力的方法.....	173
<b>第三节 焊接变形</b> .....	175
一、焊接变形的种类.....	175
二、焊接变形的控制与矫正.....	178
<b>第八章 常见焊接缺陷及防止措施</b> .....	183
<b>第一节 焊接质量要求</b> .....	183
一、焊接质量对外形尺寸的要求.....	183
二、焊接质量对焊接区内气体的要求.....	186
<b>第二节 焊接质量检验</b> .....	188

一、焊接质量检验的过程·····	188
二、焊接质量检验的方法·····	189
第三节 常见焊接缺陷及防止方法·····	199
一、焊缝外形尺寸不符合要求·····	199
二、咬边·····	200
三、烧穿·····	201
四、焊瘤·····	201
五、夹渣·····	202
六、未焊透·····	202
七、气孔·····	203
八、过热(过烧)·····	204
九、未熔合·····	204
十、弧坑·····	205
十一、裂纹·····	205
十二、错边·····	206

# 第一章 氩弧焊基础知识

## 第一节 概 述

### 一、氩弧焊的定义

氩弧焊是使用氩气作为保护气体的气体保护焊。氩弧焊过程如图 1-1 所示。

由于氩气是一种惰性气体,不会与金属起化学反应,所以不会造成被焊金属中的合金元素烧损,可充分保护熔池金属不被氧化。又因氩气在高温时不溶于液态金属,所以焊缝不易产生气孔。因此,氩气的保护作用是有有效和可靠的,可以得到较高的焊接质量。

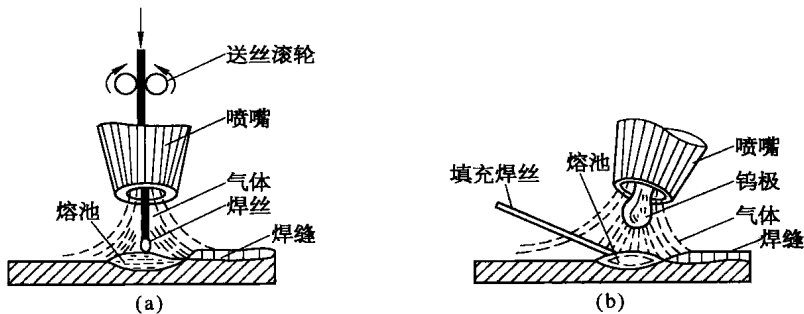


图 1-1 氩弧焊示意图

(a) 非熔化极(钨极)氩弧焊; (b) 熔化极氩弧焊

### 二、氩弧焊的特点

氩弧焊焊接时,氩气在电弧周围形成保护层,使熔融金属、钨极端头

和焊丝不与空气接触,因此在焊接过程中被焊金属和焊丝中的合金元素不容易烧损。另外,氩气等惰性气体也不溶于金属,因此在焊接时不形成气孔,大大提高了焊接工程的质量和效率。

所以,氩弧焊与焊条电弧焊相比具有以下优点:

(1) 因为氩气是惰性气体,所以在高温下不分解,也不与焊缝金属发生化学反应,不溶于液态的金属,所以气体保护的效果最好,焊接时可以有效保护好焊接熔池金属。

(2) 氩气是单原子气体,高温无二次吸放热分解反应,导电能力差,以及氩气流产生的压缩效应和冷却作用,使电弧热量集中、温度高,一般弧柱中心温度可达 10 000K 以上,而焊条电弧焊的弧柱温度仅在 6 000 ~ 8 000K。

(3) 由于氩弧焊热量集中,从喷嘴中喷出的氩气又有冷却作用,因此焊缝热影响区窄,焊件的变形小。

(4) 用氩气保护无焊渣,提高了焊接工作效率而且焊缝成形美观,质量好。

(5) 氩弧焊采用的是明弧操作,熔池可见性好,便于观察和操作,操作技术容易掌握。

(6) 氩弧焊焊接灵活,不受空间和位置的限制,适合于各种位置的焊接,容易实现机械化与半自动化。

(7) 除黑色金属外,可用于焊接不锈钢、铝、铜等有色金属及其合金,也常用于结构钢管及薄壁件的焊接。

虽然氩弧焊的焊接优点有很多,但是也存在着无法回避的缺点,其缺点主要表现在以下几个方面:

(1) 成本高。无论是氩气还是所使用的设备成本都很高。因此氩弧焊目前主要用于打底焊及有色金属的焊接。

(2) 氩气电离势高,引弧困难,尤其是钨极氩弧焊(TIG)时,需要采用高频引弧及稳弧装置等。

(3) 安全防护问题。氩弧焊产生的紫外线强度是焊条电弧焊的 5 ~ 30 倍,在强烈的紫外线照射下,空气中氧分子、氧原子互相撞击生成臭氧( $O_3$ ),对焊工身体危害较大。另外钨极氩弧焊(TIG)若使用有放射性的钨极,对焊工也有不同程度的危害。目前推广使用的铈钨极对焊工的危害较小。

### 三、氩弧焊的工作原理及分类

#### 1. 氩弧焊的工作原理

钨极氩弧焊是利用惰性气体——氩气保护,用钨棒作电极的一种电弧焊接方法。焊接时钨极不熔化,这种不熔化极氩弧焊又称钨极氩弧焊,简称 TIG 焊。其焊接工作原理如图 1-2 所示,从喷嘴中喷出的氩气在焊接区造成一个厚而密的气体保护层隔绝空气,在氩气层流的包围之中,电弧在钨极和焊件之间燃烧,利用电弧产生的热量熔化待焊处和填充焊丝,把两块分离的金属连接在一起,从而获得牢固的焊接接头。

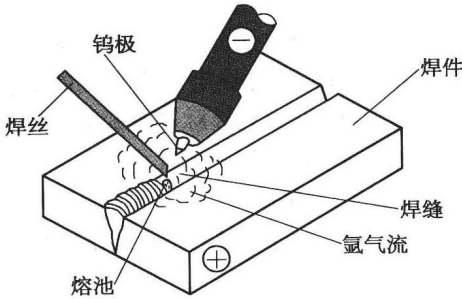


图 1-2 氩弧焊的工作原理

#### 2. 氩弧焊的分类

氩弧焊的种类有很多,其中主要的分类如图 1-3 所示。

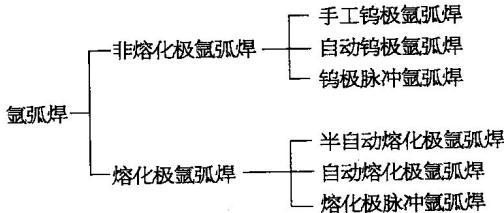


图 1-3 氩弧焊的分类

1) 熔化极氩弧焊 熔化极氩弧焊是采用与焊件成分相似或相同的焊丝作电极,以氩气作保护介质的一种焊接方法。熔化极氩弧焊也称金属极氩弧焊,简称 MIG 焊。

熔化极氩弧焊又分为半自动、自动焊两种。半自动熔化极氩弧焊依靠手操纵焊枪,焊丝通过自动送丝机构经焊枪输出;自动熔化极氩弧焊则由传动机构带动焊枪行走,送丝机构自动送丝,即大都以机械操作为主。

2) 非熔化极氩弧焊 非熔化极氩弧焊采用高熔点钨棒作为电极,在氩气层流的保护下,依靠钨棒与焊件间产生的电弧热量来熔化焊丝(一般焊丝在钨极前方添入)和基体金属。

非熔化极氩弧焊也称钨极氩弧焊。钨极氩弧焊按操作方式的不同又可分为手工钨极氩弧焊和自动钨极氩弧焊,在我国手工钨极氩弧焊应用很广泛,它可以焊接各种钢材和有色金属。在电站、锅炉等行业已普遍用于受热管子、集装箱及管接头的打底焊。

3) 钨极脉冲氩弧焊 如果在熔化极氩弧焊(MIG)或非熔化极氩弧焊(TIG)电源中加入脉冲装置,使焊接电流有规则的变化,即获得脉冲电流,用脉冲电流进行氩弧焊时称为钨极脉冲氩弧焊,通常用来焊接较薄的焊件。脉冲氩弧焊电源示意图如图1-4所示。

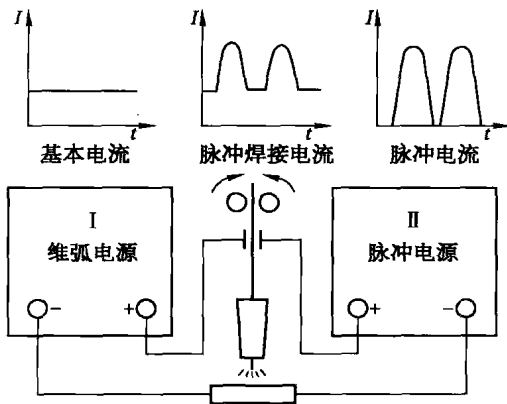


图 1-4 脉冲氩弧焊电源示意图

(1) 脉冲电流波形。通过脉冲装置形成的脉冲,电流波形有多种形式,最常用的是方形波,如图1-5所示。

方形波脉冲电流包括下列参数:

① 脉冲峰值电流( $I_{脉}$ ),指供电弧用的最大焊接电流,用来熔化金属形成的熔池。

② 脉冲维持时间( $t_{脉}$ ),供给脉冲电流焊接所用的时间。

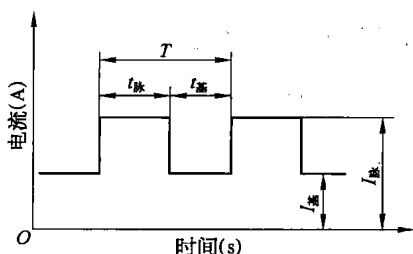


图 1-5 脉冲电流波形(方形波)示意图

$I_{脉}$ —脉冲峰值电流(A);  $t_{脉}$ —脉冲维持时间(s);  $I_{基}$ —脉冲维持电弧燃烧的基值电流(A);  $t_{基}$ —维持电弧燃烧时间(s);  $T$ —脉冲周期(s)

③ 脉冲维持电弧燃烧的基值电流( $I_{基}$ )，指供给电弧用的最小电流值，它维持电弧燃烧和预热母材，这个电流又称基值电流。

④ 维持电弧燃烧时间( $t_{基}$ )，保持电弧在最小的焊接电流下燃烧的时间。

(2) 脉冲氩弧焊的工艺过程。当电极通过脉冲电流时，焊件在电弧热的作用下形成一个熔池，焊丝熔化滴入熔池(脉冲钨极氩弧焊时由外部填入)，当出现维持电流时，由于热量减少，无熔化现象，熔池逐渐缩小，液态金属凝固形成一个焊点。当下一个脉冲电流到来时，原焊点的一部分与焊件新的对口处出现一个新熔池，如此循环，最后形成一条由许多相互搭接的焊点组成的链状焊缝，如图 1-6 所示。

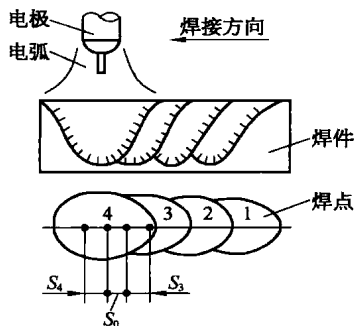


图 1-6 脉冲氩弧焊的焊缝形成过程

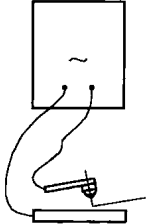
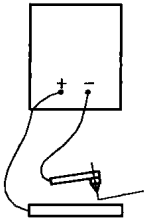
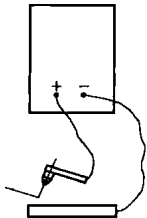
$S_3$ —形成第三个焊点时脉冲电流作用区间;  $S_0$ —维持电弧电流作用区间;  $S_4$ —形成第四个焊点时脉冲电流作用区间



## 四、氩弧焊的电流种类及特点

氩弧焊的电流种类及特点见表 1-1。

表 1-1 氩弧焊电流种类及特点

	交 流 (AC)	直 流 (DC)	
		正 接	反 接
示 意 图			
两极热量近似分配	焊件:50% 钨极:50%	焊件:70% 钨极:30%	焊件:30% 钨极:70%
钨极许用电流	较大	最大	小
熔 深	中等	深而窄	浅而宽
阴极清理作用	有(焊件在负半周时)	无	有
适用材料	铝、铝青铜、镁合金等	除铝、铝青铜、镁合金 以外其余金属	通常不采用 (因为钨极烧损严重)

### 1. 直流钨极氩弧焊

直流钨极氩弧焊分为直流正接和直流反接。

1) 直流正接 直流正接即焊件接正极,钨极接负极,是钨极氩弧焊中应用最广的一种形式。它没有去除氧化膜的作用,因此通常不能用于焊接活泼金属,如铝、镁及其合金。其他金属的焊接一般均采用直流正极性接法,因为不存在产生高熔点金属氧化物问题。

2) 直流反接 直流反接即焊件接负极,钨极接正极,它有一种去除氧化膜的作用(俗称“阴极破碎”)。但是,直流反接的热作用对焊接是不利的,因为钨极氩弧焊时阳极热量多于阴极,反极性时电子轰击钨极,放出大量的热,易使钨极烧损,所以,在钨极氩弧焊中直流反极性接法除了焊铝、镁及其合金的薄板外很少采用。