

焊工上岗技能读本

陈茂爱 陈俊华 韩加强 等编

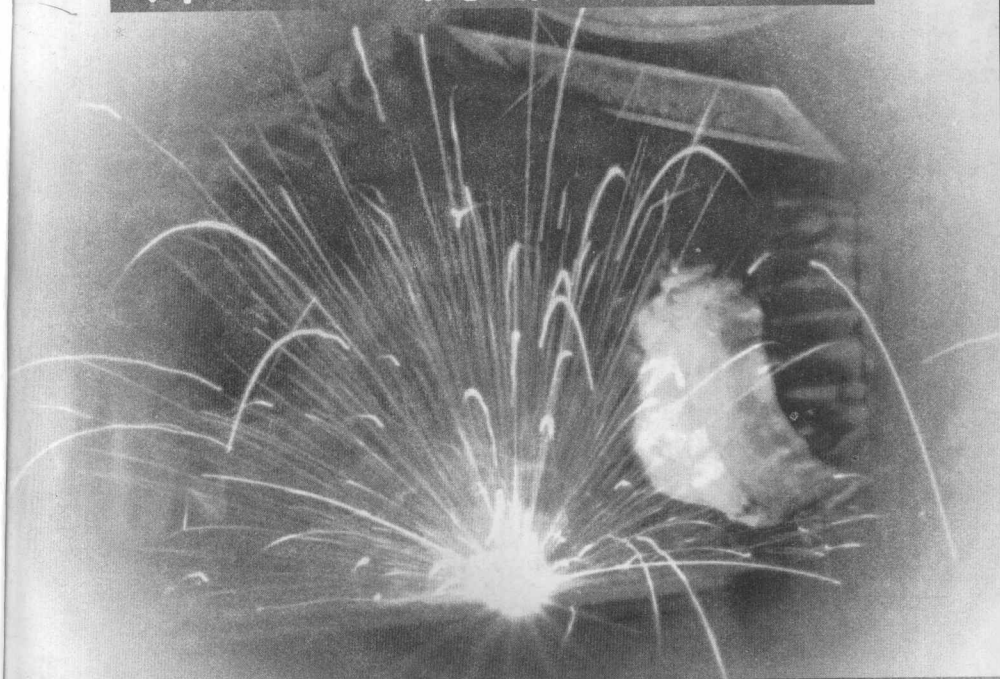
气体保护焊

Q I T I B A O H U H A N



化学工业出版社

焊工上岗技能读本



Q I T I B A O H U H A N

气体保护焊

陈茂爱 陈俊华 韩加强 等编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

气体保护焊/陈茂爱, 陈俊华, 韩加强等编. —北京:
化学工业出版社, 2007. 7
(焊工上岗技能读本)
ISBN 978-7-122-00495-6

I. 气… II. ①陈…②陈…③韩… III. 气体保护焊
IV. TG444

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 079373 号

责任编辑: 周 红 张兴辉 装帧设计: 韩 飞
责任校对: 宋 夏

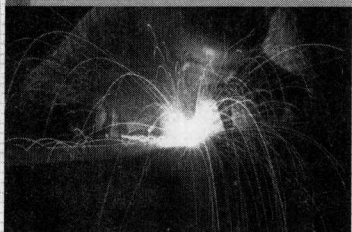
出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 北京市彩桥印刷有限责任公司
850mm×1168mm 1/32 印张 8¼ 字数 193 千字
2007 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

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: 19.00 元

版权所有 违者必究

前 言



随着我国经济的迅速发展,焊接技术在机械、冶金、石油化工、电力、建筑等产业部门得到广泛应用,焊工已成为提高我国工业生产技术水平的重要技术力量,队伍也不断壮大,一大批新工人被充实到焊工队伍中。

为了满足企业焊接技术工人岗位技术培训的需要,提高焊工的理论水平和实际操作技能,化学工业出版社组织具有丰富理论知识和实践经验的有关专家编写了《焊工上岗技能读本》,该读本包括《手工电弧焊》、《气体保护焊》、《切割》、《钎焊》四本。

本书是《气体保护焊》,主要涉及钨极氩弧焊、 CO_2 气体保护焊及熔化极氩弧焊等工业生产部门中最常用的气体保护焊方法。在简要阐述这些方法的基本原理和知识要点的基础上,详细介绍了操作技术技能、设备组成及选用、焊接材料、常见缺陷及解决办法、常见设备故障及排除方法,并结合工程结构给出了典型应用实例。本书还给出了常用的焊接数据,如常见材料的典型焊接工艺参数、典型焊接设备的参数及性能等。

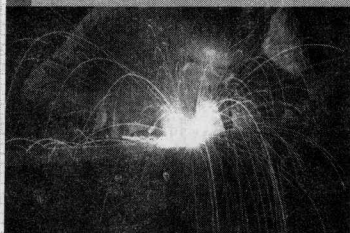
本书由陈茂爱、陈俊华、韩加强、霍玉双、宋思利、王中晓、高进强、杨敏、魏星、胡庆贤。在本书编写过程中，邹增大教授提供了许多有益的指导和建议，特此表示感谢。

由于作者水平有限，书中难免出现不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编者

2007年4月

目 录



第1章 气体保护焊的基础知识	1
1.1 气体保护焊的基本原理、分类、特点及应用	1
1.1.1 气体保护焊的基本原理及分类	1
1.1.2 气体保护焊的特点	3
1.1.3 气体保护焊的应用	3
1.2 焊接电弧的基础知识	4
1.2.1 焊接电弧的本质	4
1.2.2 电弧中带电粒子的产生方式	5
1.2.3 焊接电弧的分类	7
1.2.4 焊接电弧的结构	7
1.2.5 电弧的静特性	9
1.2.6 电弧的热效率系数和功率密度	10
1.2.7 电弧的温度分布	12
1.2.8 焊接电弧的引燃	13
1.2.9 焊接电弧的稳定性	15
1.2.10 电弧的刚直性及磁偏吹	16
1.3 气体保护焊的有关名词术语	20
1.3.1 焊丝熔化	20
1.3.2 熔滴过渡	20
1.3.3 接头形式及坡口	23
1.3.4 焊接位置	26
1.3.5 焊缝及焊缝形状尺寸	28

1.3.6	厚板焊接	32
1.3.7	焊丝位置	34
1.3.8	焊缝缺陷	35
第2章 钨极氩弧焊		37
2.1	钨极氩弧焊的基本原理、特点、分类及应用	37
2.1.1	钨极氩弧焊的基本原理	37
2.1.2	钨极氩弧焊的特点	37
2.1.3	钨极氩弧焊的分类	39
2.1.4	钨极氩弧焊的应用	39
2.2	钨极氩弧焊的焊接材料	40
2.2.1	保护气体	40
2.2.2	电极材料	42
2.2.3	填充金属	44
2.3	钨极氩弧焊工艺方法	49
2.3.1	直流钨极氩弧焊	49
2.3.2	交流钨极氩弧焊	50
2.3.3	脉冲钨极氩弧焊	52
2.4	钨极氩弧焊设备	55
2.4.1	钨极氩弧焊设备的组成	55
2.4.2	典型钨极氩弧焊设备及选用	63
2.4.3	钨极氩弧焊设备的使用及维护	77
2.4.4	常见故障及排除措施	78
2.5	钨极氩弧焊工艺	79
2.5.1	焊前清理	79
2.5.2	常用接头及坡口类型	80
2.5.3	工艺参数的选择原则	83
2.5.4	典型焊接工艺参数	91
2.5.5	钨极氩弧焊中常见的问题及缺陷	92
2.6	钨极氩弧焊的手工操作技术	94
2.6.1	基本操作过程及时序	94

2.6.2	引弧	94
2.6.3	焊枪的把持及运行形式	95
2.6.4	填丝	99
2.6.5	接头方法	101
2.6.6	熄弧	101
2.6.7	左焊法和右焊法	102
2.7	钨极氩弧焊实例	103
2.7.1	$\phi 45\text{mm} \times 3.5\text{mm}$ 0Cr18Ni9 不锈钢管对接焊	103
2.7.2	0.5mm 不锈钢薄板圆筒纵缝的自动钨极氩弧焊	106
2.7.3	5mm 铝合金板的对接焊	108
2.7.4	3mm 不锈钢板的角焊	109
第3章	CO_2 气体保护焊	112
3.1	CO_2 气体保护焊的基本原理、特点、分类及应用	112
3.1.1	CO_2 气体保护焊的基本原理	112
3.1.2	CO_2 气体保护焊的特点	113
3.1.3	CO_2 气体保护焊的分类	114
3.1.4	CO_2 气体保护焊的应用	114
3.2	CO_2 气体保护焊的冶金过程及焊接材料	114
3.2.1	CO_2 气体	114
3.2.2	CO_2 焊的冶金反应	115
3.2.3	焊丝	117
3.2.4	辅助材料	122
3.3	CO_2 气体保护焊设备	128
3.3.1	CO_2 气体保护焊设备的分类	128
3.3.2	CO_2 气体保护焊设备的组成	129
3.3.3	电源	129
3.3.4	送丝机构	130
3.3.5	焊枪	132
3.3.6	控制系统	135
3.3.7	气路和水路	136

3.3.8	CO ₂ 焊机的使用与维护	138
3.3.9	CO ₂ 焊机的常见故障及排除方法	142
3.4	CO ₂ 气体保护焊工艺	144
3.4.1	CO ₂ 气体保护焊的熔滴过渡方式	144
3.4.2	焊前准备	145
3.4.3	CO ₂ 气体保护焊工艺参数的选择	146
3.4.4	典型焊接工艺参数	155
3.4.5	CO ₂ 气体保护焊的焊接缺陷及防止措施	155
3.5	药芯焊丝 CO ₂ 焊	157
3.5.1	药芯焊丝 CO ₂ 焊的工艺特点及应用	157
3.5.2	药芯焊丝 CO ₂ 焊机	158
3.5.3	药芯焊丝气体保护焊工艺	159
3.6	CO ₂ 焊的操作技术	163
3.6.1	操作姿势及焊枪把持方式	163
3.6.2	引弧	163
3.6.3	焊枪的运行方式	164
3.6.4	左焊法和右焊法	166
3.6.5	熄弧	167
3.6.6	焊道接头方法	167
3.6.7	各种焊接位置的操作技术	169
3.6.8	单面焊双面成形技术	177
3.7	CO ₂ 气体保护焊焊接实例	180
3.7.1	实例 1——12mm Q235 钢板对接	180
3.7.2	实例 2—— $\phi 220\text{mm} \times 8\text{mm}$ 钢管的对接	181
3.7.3	实例 3——垂直固定 $\phi 100\text{mm} \times 8\text{mm}$ 钢管对接焊 ...	183
3.7.4	实例 4——16mm 低碳钢板的横焊	185
3.8	CO ₂ 电弧点焊	187
3.8.1	CO ₂ 电弧点焊的工艺特点	187
3.8.2	CO ₂ 电弧点焊设备	187
3.8.3	CO ₂ 电弧点焊工艺	187

第4章 熔化极氩弧焊	190
4.1 熔化极氩弧焊的基本原理、分类、特点及应用	190
4.1.1 熔化极氩弧焊的基本原理	190
4.1.2 熔化极氩弧焊的分类	190
4.1.3 熔化极氩弧焊的特点	191
4.1.4 熔化极氩弧焊的应用	192
4.2 熔化极氩弧焊的焊接材料	192
4.2.1 保护气体	192
4.2.2 焊丝	196
4.3 熔化极氩弧焊设备	196
4.3.1 熔化极氩弧焊设备的组成	196
4.3.2 熔化极氩弧焊设备的选用	198
4.4 熔化极氩弧焊的熔滴过渡	204
4.4.1 短路过渡	204
4.4.2 大滴过渡	205
4.4.3 喷射过渡	205
4.4.4 亚喷射过渡	205
4.4.5 脉冲喷射过渡	206
4.5 熔化极氩弧焊工艺	208
4.5.1 焊接工艺参数的选择	208
4.5.2 铝及铝合金熔化极氩弧焊工艺	213
4.5.3 不锈钢的熔化极氩弧焊工艺	214
4.5.4 低碳钢及低合金钢的熔化极氩弧焊工艺	219
4.5.5 紫铜的熔化极氩弧焊工艺	221
4.5.6 操作技术	224
4.5.7 焊接实例—— $\phi 1800\text{mm} \times 12\text{mm} \times 2000\text{mm}$ 铝筒体 (L2) 的焊接	224
第5章 气体保护焊安全技术	227
5.1 用电安全	227
5.1.1 用电安全基础知识	227

5.1.2 焊接触电事故的预防措施	230
5.2 用气安全及防爆防火	236
5.2.1 用气安全	236
5.2.2 防火防爆措施	237
5.3 辐射的危害及防护措施	238
5.3.1 弧光辐射的危害及防护措施	238
5.3.2 高频磁场辐射的危害及防护措施	239
5.3.3 放射性辐射的危害及防护措施	239
5.4 焊接烟尘的危害及防护措施	240
5.4.1 焊接烟尘的危害	240
5.4.2 焊接烟尘的防护措施	241
参考文献	245

第1章 气体保护焊的基础知识

气体保护焊是电弧焊的一个重要分支，具有节能、优质、高效等特点。在工业发达国家，这类焊接方法已在很大的范围内取代了手工电弧焊，按熔敷金属量计算，仅仅熔化极气体保护焊的生产量就已占焊接总量的三分之二。在我国，这种焊接方法的应用范围也越来越大，并在生产中发挥着越来越大的作用。

1.1 气体保护焊的基本原理、分类、特点及应用

1.1.1 气体保护焊的基本原理及分类

(1) 气体保护焊的基本原理

所有熔焊方法均需要对熔池、电弧及高温焊缝进行保护，以防止空气中的氧、氮等有害气体进入焊接区，造成金属的氧化、氮化及气孔。埋弧自动焊采用的是渣保护，手工电弧焊采用的是渣-气联合保护，而气体保护焊采用的则是气体保护。

在气体保护焊焊接时，保护气体从焊枪喷嘴中连续不断地

喷出，覆盖在电弧、熔池及焊丝组成的焊接区的外围，形成局部气体保护层，机械地将空气与焊接区隔绝，从而保证焊接过程的稳定性，并获得质量优良的焊缝。

(2) 气体保护焊的分类

按电极是否熔化，气体保护焊可分为非熔化极气体保护焊（简称 TIG 或 GTAW）和熔化极气体保护焊（简称 GMAW）两种。如图 1-1 所示。

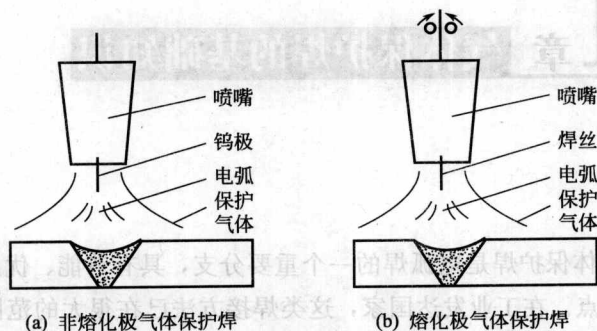


图 1-1 气体保护焊方式示意

① 非熔化极气体保护焊 采用高熔点的材料作电极。电极起着导通电流、稳定电弧的作用，在焊接过程中不发生熔化。这类焊接方法一般采用钨金属作电极，采用惰性气体作保护气体，因此又称为钨极惰性气体保护焊。采用的气体主要为氩气，因此通常称为钨极氩弧焊，简称氩弧焊、TIG 焊、GTAW 等。

② 熔化极气体保护焊 采用与被焊金属成分相同或相近的焊丝作电极，焊丝不仅起导电作用，同时还向焊缝提供填充金属。在焊接过程中焊丝由送丝机构不断向熔池送进，以保证电弧长度的稳定和焊接过程的连续性。

根据所用气体的性质，熔化极气体保护焊（GMAW）又

分为熔化极惰性气体保护焊 (MIG 焊)、活性气体保护焊 (MAG 焊) 和 CO_2 焊。MIG 焊一般采用 Ar、He 混合气体进行焊接。MAG 焊通常采用 $\text{Ar} + \text{CO}_2$ 、 $\text{Ar} + \text{O}_2$ 或 $\text{Ar} + \text{O}_2 + \text{CO}_2$ 等混合气体进行焊接。 CO_2 焊则仅采用 CO_2 气体。

1.1.2 气体保护焊的特点

(1) 气体保护焊的优点

① 适用范围广, 可焊接所有金属。例如, 采用 Ar、He 或其混合气体可焊接活泼性金属; $\text{Ar} + \text{N}_2$ 可焊接铜及其合金; 采用 $\text{Ar} + \text{O}_2$ 可焊接不锈钢; 而采用 $\text{Ar} + \text{CO}_2$ 、 $\text{Ar} + \text{O}_2$ 、 $\text{Ar} + \text{O}_2 + \text{CO}_2$ 或 CO_2 可焊接低碳钢、低合金钢等。

② 适用于各种位置的焊接。在焊接过程中, 保护气体是以一定压力向外喷出, 不受空间位置的限制。

③ 气体保护焊是明弧焊, 无焊渣, 熔池可见度良好, 便于操作, 有利于实现机械化和自动化焊接。

④ 对薄板焊接非常有利。由于保护气体冷却作用, 使电弧热量集中, 熔池和热影响区很小, 零件变形及裂纹倾向小。

(2) 气体保护焊的缺点

① 室外作业或在有穿堂风的地方进行焊接时, 须采用专门的防风措施, 否则会影响气体保护效果。

② 电弧光辐射强度大, 劳动条件较差 (与埋弧自动焊相比)。

③ 焊接设备较复杂 (与手工电弧焊相比)。

1.1.3 气体保护焊的应用

由于可灵活地选择保护气体, 不但可焊接各种有色金属、高合金钢、稀有金属等手工电弧焊及埋弧焊难以焊接的材料, 而且焊接低碳钢及低合金钢时 (例如, 采用 CO_2 气体保护焊) 也比手工电弧焊具有更大的经济优势, 因此, 气体保护焊已成功地用于航空、原子能、石油化工、锅炉、机械制造等工业部门中, 并逐步取代手工电弧焊。

1.2 焊接电弧的基础知识

1.2.1 焊接电弧的本质

电弧是一种气体放电（气体导电）现象，产生在阴、阳两个电极之间，如图 1-2 所示。通过这种放电将电能方便地转变为热能与机械能。电弧是包括气体保护焊在内的所有电弧焊方法的热源。需要注意的是，工程实践中经常使用“燃弧”、“电弧燃烧”和“引燃电弧”等说法，其实电弧并不是一种燃烧现象，它与气焊中使用的火焰是完全不同的东西。

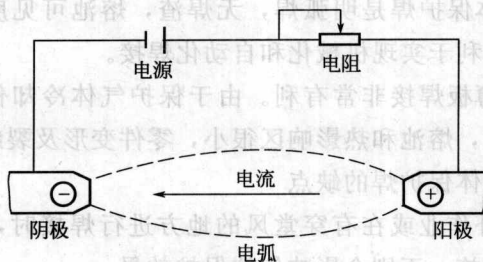


图 1-2 焊接电弧示意

导电是带电粒子在电场作用下定向运动的过程。而气体中一般没有带电粒子（电子、正离子、负离子等），因此电弧的产生需要外界诱发出带电粒子。引弧过程就是电弧（即气体导电）的诱发过程。引燃后，电弧导电过程本身会自动产生导电所需要的带电粒子。

实际焊接过程中，被焊工件一般作为一个电极，另一个电极是焊丝、钨极或焊条。而一般情况下，电极通常指的是焊丝、钨极或焊条。

1.2.2 电弧中带电粒子的产生方式

(1) 电离

在外加能量作用下,中性气体原子或分子分离成正离子和电子的现象称为电离。气体分子或原子在常态下是由数量相等的正电荷(原子核)和负电荷(电子)构成的一个稳定系统,对外呈中性,要破坏这个稳定系统形成电离就需要对其施加外来能量。气体原子或分子分离出一个外层电子所需要的最小能量称为电离能,单位为焦耳(J)或电子伏特(eV)。

用电子伏特作单位的电离能除以电子带电量称为电离电压。电弧空间中气体的电离能大小对电弧稳定性有很大的影响,同样条件下,电离能越低,电弧越稳定。在各种原子中,碱金属原子的电离能最低,这就是为什么通常使用碱金属及其氧化物作稳弧剂的原因。

根据引起电离的能量来源不同,电离分为如下三种形式。

① 热电离 在高温作用下,高速运动的气体原子(或分子)在相互碰撞,交换能量后产生的电离。电弧弧柱的温度通常在 $5000\sim 30000\text{K}$,主要以这种方式进行电离。

② 电场作用下的电离 带电粒子在电场作用下被加速,获得电场能量;碰撞到中性原子后,将电场能量交给中性原子而产生的电离。

③ 光电离 气体原子(或分子)吸收光辐射的能量而产生的电离。光电离在电弧中起着次要的作用。

(2) 电子发射

在外加能量作用下,阴极表面连续向外发射电子的现象称为电子发射。电子逸出阴极表面产生电子发射所需要的最小能量称为逸出功。单位为焦耳或电子伏特。当用电子伏特来衡量时,又称逸出电压。阴极的逸出功对电弧的稳定性也有很大的影响。其他条件相同的情况下,阴极的逸出功越小,电弧越稳定。阴极逸出功的大小取决于阴极材料的种类、掺杂元素及表

面状态。金属表面有氧化物或其他掺杂元素时均可使逸出功大大降低,例如在钨极氩弧焊的钨极上掺入含有少量的钍或铈的氧化物时,电子发射能力在高温下会增加数千倍。

按其能量来源不同,阴极电子发射可分为热电子发射、场致电子发射、光电子发射和撞击电子发射四种形式。

① 热电子发射 阴极表面温度很高时,某些电子具有大于逸出功的动能而逸出到表面外电弧空间的现象称为热电子发射。

大电流钨极氩弧焊时,钨极表面温度可被加热到很高(可达4000~5000K),电子具有足够的动能,可进行强烈的热电子发射。这种温度很高、热发射能力很强的阴极通常称为热阴极,而熔点很高的阴极材料(例如钨、碳等)称为热阴极材料。

② 场致电子发射 阴极表面如果有强电场存在,阴极表面电子受到很大的库仑力,在该力的作用下产生的电子发射称为场致电子发射。电场越强,则场致电子发射能力越强。

电弧阴极温度较低时(例如,熔化极电弧焊的工件、小电流钨极氩弧焊的阴极),其表面往往会产生强电场,电子发射以场致电子发射为主,这样的阴极称为冷阴极。

在非接触式引弧过程中,电子也主要通过场致电子发射方式产生。

③ 光电子发射 阴极表面接受光射线的能量而释放出自由电子的现象称为光电子发射。光电子发射在焊接电弧中占次要地位。

④ 撞击电子发射 运动速度较高,能量大的重粒子(如正离子)撞击阴极表面,将能量传递给阴极而产生的电子发射称为撞击电子发射。

(3) 负离子 一定条件下,电弧中某些活泼性非金属原子或分子(如