

HANJIE GONGYI YU CAOZUO

JIQIAO CONGSHU

焊接工艺与操作技巧丛书

CO₂气体保护焊 工艺与操作技巧

《焊接工艺与操作技巧丛书》编委会 编著



辽宁科学技术出版社

焊接工艺与操作技巧丛书

CO₂ 气体保护焊工艺 与操作技巧

《焊接工艺与操作技巧丛书》编委会 编著

辽宁科学技术出版社

沈 阳

图书在版编目 (CIP) 数据

CO₂ 气体保护焊工艺与操作技巧 / 《焊接工艺与操作技巧丛书》编委会编著. —沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2010.6

(焊接工艺与操作技巧丛书)

ISBN 978-7-5381-6477-0

I. ①C… II. ①焊… III. ①二氧化碳—气体保护焊 IV. ①TG444

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010 第 086092 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 29 号 邮编: 110003)

印刷者:

经销者: 各地新华书店

幅面尺寸: 140mm×203mm

印 张: 6.875

字 数: 180 千字

印 数: 1~

出版时间: 2010 年 6 月第 1 版

印刷时间: 2010 年 6 月第 1 次印刷

责任编辑: 高 鹏

封面设计: 康 健

版式设计: 于 浪

责任校对: 李淑敏

书 号: ISBN 978-7-5381-6477-0

定 价: 元

联系电话: 024-23284062

邮购热线: 024-23284502

E-mail: lnkj1107@126.com

<http://www.lnkj.com.cn>

本书网址: www.lnkj.cn/uri.sh/6477

《焊接工艺与操作技巧丛书》

编委会

主 编 周 岐 王亚君

副主编 杨 惠

编 委 张洪志 张 亮 杨建新 赵建平

李 昭 于宝财 梁长兴 宗 战

巴洪波 张一淼 高艳辉

前 言

焊接是当代机械组装工艺之一，在国民经济发展中起着极其重要的作用，被视为机械制造业的命脉，广泛应用于压力容器、锅炉、重型机械、石油化工、航空航天、船舶、汽车、工程机械等领域。 CO_2 气体保护焊是目前焊接钢铁材料的重要熔焊方法，在许多金属结构的生产中已逐渐取代了焊条电弧焊和埋弧自动焊，特别是药芯焊丝 CO_2 气体保护焊近年来发展更快，日益受到人们的关注。

CO_2 气体保护焊的广泛应用和发展空间对焊接操作人员产生了巨大的需求，由于焊工操作技能的水平对焊接质量至关重要，是相关企业职工队伍素质和企业整体素质的重要因素之一，要求焊工不仅要掌握熟练的操作技能，还要具备一定的理论知识。

焊工高超的操作技能来源于良好的焊接习惯和对实践经验的不断总结，掌握一些约定俗成的操作工艺和必要的操作技巧。借鉴成熟的经验、遵循成熟的工艺是焊接操作人员快速提高焊接操作技能的主要途径。

因此，我们组织编写了《焊接工艺与操作技巧丛书》，包括《焊条电弧焊工艺与操作技巧》、《 CO_2 气体保护焊工艺与操作技巧》、《埋弧焊工艺与操作技巧》、《氩弧焊工艺与操作技巧》、《气焊、气割工艺与操作技巧》、《焊接应力、变形的控制工艺与操作技巧》共 6 册。

本书为《 CO_2 气体保护焊工艺与操作技巧》，全书共分 6 章，分别介绍了 CO_2 气体保护焊的基础知识、焊接材料、焊接设备、半自动、自动焊接的工艺与操作技巧、 CO_2 保护自动堆焊工艺、常用材料的 CO_2 气体保护焊工艺与操作技巧、药芯焊丝 CO_2 气体保护焊、 CO_2 点焊等工艺的应用及技巧、 CO_2 气体保护焊的质量控制与安全技术等。本书采取工艺与操作相结合的形式，重点介绍了板、管子、管板以及常用材料的 CO_2 气体保护焊工艺与操作技巧，并配以很多实例讲解，以利于读者从这些实例中得到启发，并在实际生

产中起到借鉴作用。

本书采用新规范、新标准，内容通俗、特别注重实用性，可供各行各业的焊工、焊接技术人员学习使用。

由于编者水平有限，漏误之处在所难免，恳请读者批评指正。

《焊接工艺与操作技巧丛书》编委会

目 录

第一章 CO ₂ 气体保护焊基础知识	1
第一节 概述	1
一、特点与应用	2
二、冶金特点	3
第二节 焊接材料	8
一、焊丝	8
二、保护气体	13
第三节 焊接设备	15
一、焊机	15
二、控制系统	28
三、焊枪	30
四、送丝机构	35
五、供气系统	39
六、水路系统	42
七、其他辅助设备	43
八、CO ₂ 焊设备使用与维护	43
第二章 CO ₂ 气体保护焊焊接工艺与操作技巧	49
第一节 焊接规范参数的选择	49
一、焊丝直径的选择	50
二、焊接电流的选择	50
三、电弧电压的选择	52
四、焊接速度与线能量	53
五、焊丝伸出长度	54
六、CO ₂ 气体流量	55
七、电源极性	55
八、直流回路电感的选择	56
九、坡口形式	56

第二节 半自动 CO ₂ 气体保护焊操作技巧	63
一、设备调试	63
二、基本操作技术	65
三、单面焊双面成形操作技巧	73
四、板材 CO ₂ 气体保护焊的操作技巧	80
五、管材 CO ₂ 气体保护焊的操作技巧	93
六、管板焊接	99
第三节 自动 CO ₂ 气体保护焊操作技巧	103
一、焊接设备	103
二、自动 CO ₂ 焊工艺及操作技术	108
第三章 CO ₂ 保护自动堆焊工艺与操作技巧	112
第一节 概述	112
一、特点	112
二、CO ₂ 保护自动堆焊的设备	114
三、CO ₂ 保护自动堆焊工艺	120
第二节 圆形平面的 CO ₂ 保护自动堆焊工艺与 操作技巧	121
一、工件旋转式堆焊	121
二、工件固定式堆焊	123
第三节 工件外圆面的 CO ₂ 保护自动堆焊工艺与 操作技巧	124
一、外圆面平堆焊	124
二、外圆面立堆焊	125
第四节 工件内圆面的 CO ₂ 保护自动堆焊工艺与 操作技巧	126
一、内圆面堆焊	126
二、内弧面堆焊	133
第五节 CO ₂ 保护振动堆焊工艺与操作技巧	134
一、堆焊过程原理	134
二、振动堆焊的应用	135
三、堆焊设备及工艺	136

第四章 CO ₂ 气体保护焊的其他应用工艺与操作技巧	140
第一节 CO ₂ 气体保护半自动点焊工艺与操作技巧	140
一、CO ₂ 电弧点焊概述	140
二、CO ₂ 电弧点焊设备	141
三、CO ₂ 电弧点焊接头形式	141
四、CO ₂ 电弧点焊操作	142
第二节 半自动 CO ₂ 气体保护螺栓焊工艺与操作技巧 ...	144
第三节 药芯焊丝 CO ₂ 气体保护焊工艺与操作技巧	145
一、药芯焊丝 CO ₂ 焊特点	146
二、药芯焊丝的选用	146
三、药芯焊丝 CO ₂ 焊设备	148
四、焊接工艺参数的选择	149
五、操作技巧	153
第五章 常用金属材料的 CO ₂ 气体保护焊工艺与 操作技巧	155
第一节 碳素钢的 CO ₂ 焊焊接工艺与操作技巧	155
一、分类和牌号	155
二、焊接性	157
三、焊接工艺	159
第二节 低合金结构钢的 CO ₂ 焊焊接工艺与操作技巧 ...	164
一、分类和牌号	164
二、焊接性	166
三、焊接工艺	168
第三节 铸铁的 CO ₂ 焊焊接工艺与操作技巧	171
一、分类与牌号	171
二、焊接性	173
三、焊接工艺	175
第四节 CO ₂ 气体保护焊工程实践	178
一、车辆骨架及车身的焊接	178
二、起重机主梁的 CO ₂ 气体保护焊	180
三、小直径容器对接焊缝混合气体保护焊	181

四、细丝 CO ₂ 焊修补 3L-10/8 型空压机裂纹	183
五、水轮机支持盖大环缝的 CO ₂ 气体保护焊	183
六、起重机箱型梁的 CO ₂ 气体保护焊	185
七、铁道车辆下心盘的 CO ₂ 保护自动堆焊	186
八、机车回动轴颈 CO ₂ 保护自动堆焊	188
九、机车阀轮外圆面 CO ₂ 保护自动堆焊	189
十、机车车辆轮对的轴颈 CO ₂ 保护自动堆焊	191
十一、堆焊机车动轮轴箱内弧面 CO ₂ 保护自动堆焊 ...	193
十二、高压容器的自动 CO ₂ 气体保护焊	194
十三、架桥机主梁连接钢管的 CO ₂ 气体保护焊	195
第六章 焊接质量控制与安全技术	197
第一节 CO ₂ 气体保护焊的焊接缺陷与防止	197
一、常见焊接缺陷	197
二、产生原因与防止方法	201
第二节 CO ₂ 气体保护焊的安全技术	203
一、预防触电	203
二、预防弧光危害	206
三、预防灼伤和火灾	206
四、预防有害气体和烟尘的危害	207
五、安全使用 CO ₂ 气瓶	207
参考文献	208

第一章 CO₂ 气体保护焊基础知识

第一节 概 述

CO₂ 气体保护电弧焊俗称 CO₂ 保护焊，它是熔化极气体保护电弧焊方法的一种，采用 CO₂ 气体作为保护介质，焊接时用 CO₂ 把电弧即熔池与空气机械地隔离开来，从而避免了有害气体成分的侵入，以获得质量良好的焊缝。

CO₂ 保护焊的焊接过程如图 1-1 所示。CO₂ 保护焊的分类见表 1-1。

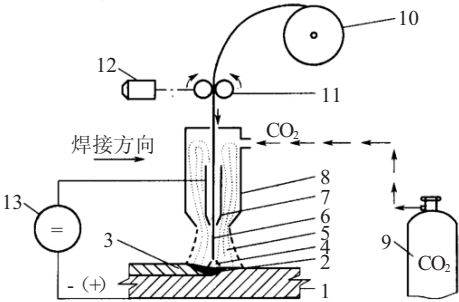


图 1-1 CO₂ 保护焊的焊接过程

1—工件；2—熔池；3—焊道；4—焊接电弧；5—CO₂ 保护气体；6—焊丝；7—导电嘴；8—焊嘴；9—气瓶；10—焊丝盘；11—送丝滚轮；12—电机；13—焊接电源

表 1-1 CO₂ 气体保护焊的分类

分类依据	类 别	分类依据	类 别
按焊丝直径	细丝 CO ₂ 保护焊 (焊丝直径≤ 1.2mm)	按特殊应用 和 新 工 艺	CO ₂ 气电立焊
	粗丝 CO ₂ 保护焊 (焊丝直径≥ 1.6mm)		CO ₂ 保护窄间隙焊接法
按操作方法	CO ₂ 半自动焊		CO ₂ 与焊渣联合保护焊
	CO ₂ 自动焊		CO ₂ 加其他气体保护焊
按特殊应用和新工艺	CO ₂ 电弧点焊		CO ₂ 保护振动堆焊

一、特点与应用

1. 特点

CO₂ 气体保护电弧焊具有以下优点：

① 由于是明弧，所以施焊部位的可见度好、便于对中、操作方便，同时便于进行全位置焊接。在用半自动焊时，可焊各种曲线焊缝。

② 电弧在气流的压缩下使热量集中，熔池体积小，热影响区窄，从而减少工件焊后变形。

③ 采用了气体保护，配合焊丝的自动送进，容易实现自动化。

④ 由于 CO₂ 气体价廉，使得焊接成本低于其他多种焊接方法，约相当于埋弧焊和手弧焊的 40% 左右。

⑤ 生产率高，这是因为 CO₂ 电弧热量集中，电弧的穿透能力强，所以熔深大，这就减少了焊接层数，角焊缝时的焊脚尺寸也可以相应减小，相同的焊丝直径，CO₂ 保护焊较埋弧焊可采用高得多的电流密度，所以焊丝的熔化率高；可以采用高速焊接；无焊渣，在多层焊时可用不必中间清渣。

⑥ 采用细焊丝焊接时，可以解决手弧焊和气焊难以解决的薄板烧穿问题及减少工件的焊后变形。

⑦ 抗锈能力较强，焊缝含氢量低，抗裂性能好，可以进行全位置焊接。

2. 应用

CO₂ 保护焊由于其本身所具有的特点，使得它可以广泛地用于多种材料的焊接，它不仅可以焊接低碳钢，而且还可以焊接低合金钢、低合金高强度钢，在某些情况下也可以焊接耐热钢及不锈钢。在焊接不锈钢时，由于焊缝有增碳现象，影响抗晶间腐蚀性能，所以只是用于对晶间腐蚀要求不高的情况，同时它的表面成形不如氩弧焊。

适合采用 CO_2 保护焊的材料厚度范围较大 ($0.8\sim 150\text{mm}$)，具体的 CO_2 保护焊方法不同，其应用范围也不同，如细丝 CO_2 保护焊适合焊接 $0.8\sim 4\text{mm}$ 的薄板，粗丝和药芯焊丝适宜焊接中厚板，窄间隙焊接法适合焊接大于 50mm 的厚板。

CO_2 半自动焊用于短焊缝及曲线焊缝的焊接，采用短路过渡焊接时，可以进行全位置焊接。对于长的直缝和环缝，一般都采用 CO_2 自动焊。 CO_2 自动焊主要用于水平位置的焊接，在有特殊装备的情况下，可以进行立焊和横焊。

CO_2 保护焊还用于耐磨零件的堆焊，如曲轴和锻模的堆焊；铸钢件及其他焊件缺陷的补焊以及异种材料的焊接，如球墨铸铁与钢的焊接等。此外， CO_2 保护焊还可以用于水下焊接。

二、冶金特点

1. 氧化性问题及合金元素的烧损

利用 CO_2 作为保护介质，虽然它能有效地防止空气侵入焊接区域，但由于 CO_2 本身是活泼气体，具有一定的氧化性，所以 CO_2 电弧中仍具有氧化气氛。

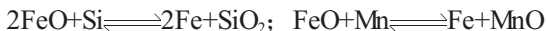
元素的氧化在 CO_2 保护焊中是通过以下两种途径：

(1) 和 CO_2 直接作用，例如： $\text{CO}_2 + \text{Fe} \rightleftharpoons \text{FeO} + \text{CO}$ ； $2\text{CO}_2 + \text{Si} \rightleftharpoons \text{SiO}_2 + 2\text{CO}$ ； $\text{CO}_2 + \text{Mn} \rightleftharpoons \text{MnO} + \text{CO}$ 。

(2) 和 CO_2 高温分解出的原子氧作用，如： $\text{Fe} + \text{O} \rightleftharpoons \text{FeO}$ ； $\text{Si} + 2\text{O} \rightleftharpoons \text{SiO}_2$ ； $\text{Mn} + \text{O} \rightleftharpoons \text{MnO}$ 。

氧化作用的结果必然导致合金元素的烧损，为防止大量 FeO 的生成，保证焊后焊缝的机械性能及防止气孔等缺陷的产生，必须采取相应的冶金措施，通常采用有较高 Mn 、 Si 含量的合金钢焊丝，就可以满足一般的要求。

Mn 、 Si 较 Fe 对氧有较高的亲和力，它们不仅优先于 Fe 被 CO_2 和 O 氧化，减少了 Fe 过多地被氧化，同时，在熔池开始凝固时， Mn 、 Si 对已经被氧化生成的 FeO 起着还原剂的作用，其反应式为：



在焊接过程中， MnO 和 SiO_2 组成的熔渣浮在液态金属的表面，焊缝冷却后变为薄薄的一层渣，覆盖在焊缝表面。如果焊丝中的 Mn 、 Si 含量不足，则脱氧作用差，那时 FeO 将和金属中的 C 发生作用，生成 CO 和 Fe ，其反应式为： $\text{FeO} + \text{C} \rightleftharpoons \text{Fe} + \text{CO}$ ， CO 在熔池凝固时如果来不及析出，则会产生气孔。

焊丝中的 Mn 、 Si 含量充足时， Mn 、 Si 在完成脱氧任务之余，所剩余的量便作为合金元素留在焊缝中，起着提高焊缝的机械性能等作用。

焊接规范参数对焊缝金属的最终成分起很大作用，这是因为除了它对合金元素的氧化烧损有一定影响外，还影响着焊丝和母材在焊缝金属中所占的比例，即熔合比变化。

由于 CO_2 保护焊电弧所具有的氧化性，作为主要脱氧剂的 Mn 和 Si ，由于它们的过渡系数不高，有相当一部分被烧损掉，其他的合金元素如 Ni 、 Cr 、 Mo 的过渡系数均很高，可达 90%~100%。 Ti 和 V 因和氧的亲合力较大，在焊接过程中，过渡系数也不高。

2. 气孔问题

在采用有足够 Mn 、 Si 含量的合金钢焊丝时，减少了 CO 气孔生成的可能性。引起气孔的另一个因素是侵入焊接区的氢气和氮气。

氢气主要来自焊丝或工件表面上的油污与铁锈，此外还有 CO_2 气体中所含水分。氢气孔是自由状态的氢在电弧中被电离后溶入熔池，当熔池结晶时氢来不及析出而形成的。在高温液态金属中氢的溶解度比室温下高近百倍，可见氢气孔是容易形成的。采取焊前清理工件和焊丝的措施，对 CO_2 气体进行提纯、干燥，可以有效地防止氢气孔的产生。

氮气来源于空气及 CO_2 气的杂质中，氮气孔多是在保护不良的情况下产生的，采取必要的工艺措施，加强气体的保护效果及在焊丝中增加有固氮作用元素（如 Ti 和 Al ）的含量，可以有效地防止

氮气孔的产生。

3. 熔滴过渡

CO₂ 气体保护焊焊接过程中，电弧燃烧的稳定性和焊缝成形的好坏取决于熔滴过渡形式。CO₂ 气体保护焊熔滴过渡大致可分为短路过渡、颗粒过渡和射流过渡三种形式。

① 短路过渡。当焊接电流很小、电弧电压很低时，由于弧长小于熔滴自由成形的直径，焊接时将不断发生短路，此时电弧稳定、飞溅小、焊缝成形好，这种过渡形式称为短路过渡。它被广泛用于薄板和空间位置的焊接。

熔滴短路过渡的情况如图 1-2 所示。熔化金属首先集中在焊丝的下端，并开始形成熔滴，如图 1-2 (a) 所示，然后熔滴的颈部变细加长，如图 1-2 (b) 所示，这时颈部的电流密度增大，促使熔滴的颈部继续向下伸延。当熔滴与熔池接触时发生短路，如图 1-2 (c) 所示，这时电弧熄灭；短路电流迅速上升，随着短路电流的增加，作用在熔滴上的电磁压缩力也急剧增大。在电磁压缩力和熔池表面张力的作用下，熔滴与熔池的接触面不断扩大，使熔滴的颈部变得更细。当短路电流增大到一定数值后，在强电流作用下，部分缩颈金属迅速汽化，缩颈即爆断，熔滴全部进入熔池。在缩颈断开的瞬间，电流电压很快恢复到引燃电压，于是电弧又重新点燃，焊丝末端又重新形成熔滴，如图 1-2 (d) 所示，重复下一个周期的过程。短路过渡时，在其他条件不变的情况下，熔滴质量和过渡周期主要取决于电弧长度。随着电弧长度（电弧电压）的增加，熔滴质量和过渡周期增大。如果电弧长度不变，增加电流，则过渡频率增高，熔滴变细。

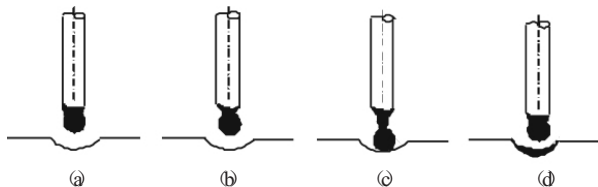


图 1-2 熔滴短路过渡形式

短路过渡时，熔滴越小，过渡越快（即短路频率越高），焊接过程越稳定。

当采用短路过渡形式焊接时，由于电弧不断地发生短路，因此，可听见均匀的“啪啪”声。如果电弧电压太低，则弧长很短，短路频率很高，电弧燃烧时间短，可能焊丝端部还来不及熔化就插入熔池，会发生固体短路，因短路电流很大，致使焊丝突然爆断，产生严重的飞溅，焊接过程极不稳定。

② 颗粒过渡。当焊接电流较大、电弧电压较高时，会发生颗粒过渡。焊接电流对颗粒过渡的影响非常显著，随着焊接电流的增加，熔滴体积减小、过渡频率增加。

①大颗粒过渡。当电弧电压较高、弧长较大，但焊接电流较小时，焊丝端部形成的熔滴不仅左右摆动，而且上下跳动，最后落入熔池中，这种过渡形式叫大颗粒过渡，如图 1-3 (a) 所示。大颗粒过渡时，飞溅较多，焊缝成形不好，焊接过程很不稳定，没有应用价值。

②小颗粒过渡。对于 $\phi 1.6\text{mm}$ 的焊丝，当焊接电流超过 400A 时，熔滴较细，过渡频率较高，称为小颗粒过渡，如图 1-3 (b) 所示。此时飞溅少，焊接过程稳定，焊缝成形良好，焊丝熔化效率高，这种过渡形式适于焊中、厚板。

③ 射流过渡。对于 $\phi 1.6\text{mm}$ 的焊丝，当焊接电流超过 700A 时，会发生射流过渡，如图 1-4 所示。很小的熔滴如水流从焊丝端

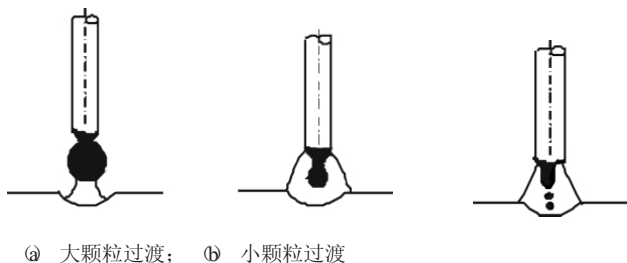


图 1-3 颗粒过渡

图 1-4 射流过渡

部脱落，如射流状冲向熔池，使熔池翻浆，焊缝成形很差， CO_2 气体保护焊时不采用这种过渡形式。

如前所述，在焊接电流小和电弧电压低时产生短路过渡；而焊接电流大和电弧电压高时，会发生细颗粒过渡；若焊接电流和电弧电压处于上述两种情况时，除有少量颗粒状的大滴飞落到熔池外，还会发生短路过渡，称为半短路过渡，如图 1-5 所示。例如， $\phi 1.2\text{mm}$ 的焊丝在焊接电流 180~260A，电弧电压 24~31V 的情况下，即发生半短路过渡。

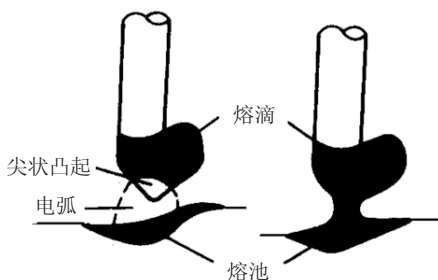


图 1-5 半短路过渡形式

4. 飞溅问题

CO_2 气体保护焊很容易产生金属飞溅，这对焊缝质量及生产率都很不利。飞溅金属很容易堵塞喷嘴，破坏保护气流，致使焊缝产生气孔；金属飞溅物如果粘在导电嘴上，不仅阻碍焊丝正常输送，而且会成块地落入熔池，使焊缝的质量降低。在焊接过程中，要经常清除喷嘴和导电嘴上的飞溅物。在喷嘴和导电嘴上涂抹硅油，可以减少飞溅金属的粘堵。为了焊后便于清除焊缝周围的飞溅物，还需预先在焊件坡口两侧刷上白垩粉。所有这些都增加了辅助工作时间，从而使生产效率有所降低。

① 熔滴短路过渡时引起飞溅。当熔滴和熔池接触时，就会形成短路。由于短路电流强烈加热及电磁收缩力的作用，使熔滴金属爆裂，产生较多细颗粒的金属飞溅。若在焊接回路中串入合适的电感值，就可以减少由于短路电流而引起的金属飞溅。