

CO₂焊接工艺规范以及缺陷成因和防止对策

朱向阳, 李智阿, 张超

奇瑞汽车股份有限公司 安徽芜湖 241000

摘要: 通过文献综述、实验研究和工艺优化, 首先确定了影响焊接质量的关键工艺参数, 包括焊接电流、电压、速度和保护气体流量。随后, 通过焊接试验, 研究了这些参数对焊接接头微观结构和力学性能的影响。此外, 还分析了焊接缺陷的形成机理, 并基于试验结果和理论分析, 提出了一系列创新的防止措施, 包括工艺参数优化、焊接操作培训和严格的质量控制流程。最后, 通过实际焊接案例验证了所提对策的有效性。研究结果表明, 通过严格执行焊接工艺规范和采取有效的缺陷防止措施, 可以显著提高CO₂焊接接头的性能, 满足工业应用的高质量要求。

关键词: 焊接工艺; 对策

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2024.09.008

焊接作为现代制造业中不可或缺的金属连接技术, 在汽车、船舶、机械工程等多个领域发挥着重要作用。特别是在低碳钢和低合金钢的焊接结构中, CO₂焊接因其高效、经济和易于自动化的特点而被广泛采用。然而, CO₂焊接过程中可能出现的缺陷, 如气孔、裂纹、未熔合等, 不仅影响焊接接头的力学性能, 还可能危及整个结构的安全性能。本论文课题来源于工业界对于提高CO₂焊接质量的迫切需求, 旨在深入研究CO₂焊接工艺规范, 探讨焊接缺陷的成因, 并提出有效的防止对策。

CO₂焊接及其工艺规范

焊接是通过加热或加压, 或两者并用, 并且用或

不用填充材料, 使工件达到结合的一种加工方法。按照电极焊接时是否熔化, 可以分为熔化极焊和非熔化极焊; 按照自动化程度分为手工焊、半自动焊、自动焊等。

CO₂气体保护电弧焊 (Carbon-Dioxide Arc Welding) 是利用CO₂气体作为保护气体, 使用焊丝作为熔化电极的电弧焊方法。

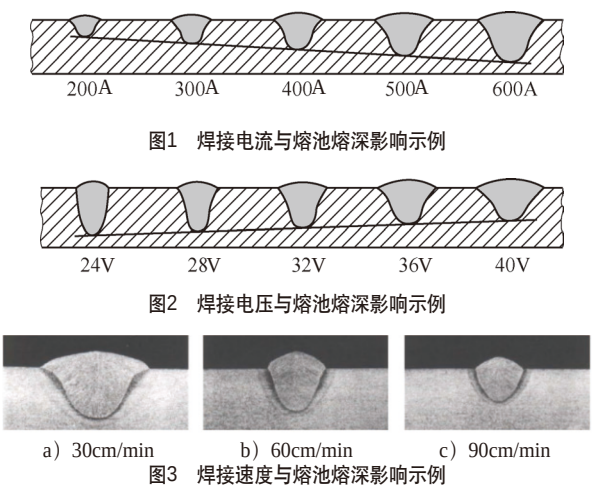
焊接工艺是指制造焊件所有有关的加工方法和实施要求, 包括焊接准备、材料选用、焊接方法、焊接参数和操作要求等。

CO₂焊接作为一种广泛应用的焊接技术, 其工艺规范对于确保焊接质量和生产效率至关重要。本节将详细介绍CO₂焊接的工艺参数选择、焊接前的准备工作、

焊接过程控制以及焊后检验。

CO₂焊接参数的选择

焊接参数的选择是CO₂焊接中最关键的步骤之一。主要参数包括：焊接电流、焊接电压和焊接速度。根据焊丝直径和焊接速度选择合适的焊接电流（见图1）。焊接电压（见图2）与焊接电流相匹配，以确保电弧的稳定性。焊接速度（见图3）取决于焊接电流、电弧电压和焊丝直径。保护气体流量以确保熔池得到充分保护。



1.CO₂焊接参数选取规范

人工CO₂焊接参数规范见表1，普通机器人CO₂焊接参数规范见表2。

CO₂焊接最佳参数确定如下：

1) 不同厚板的零件焊接时，规范参数可先按薄板选取，再按总厚板的算数平均值通过试片试焊修正。

表1 人工CO₂焊接参数规范

板厚 /mm	焊接直径 /mm	焊接电流 /A	焊接电压 /V	气体流量 / (L/min)	焊接速度 / (cm/min)
0.7~1.2	0.8~1.0	80~120	19~21	6~15	5~12
1.2~2.0	1.0~1.2	100~130	20~22	10~15	5~12
2.0~3.0	1.2	140~160	21~24	10~15	5~12
3.0~6.0	1.2	160~180	22~25	10~15	5~12

表2 普通机器人CO₂焊接参数规范

板厚 /mm	焊接直径 /mm	焊接电流 /A	焊接电压 /V	气体流量 / (L/min)	焊接速度 / (cm/min)
0.7~1.2	0.8~1.0	100~140	19~21	6~15	10~20
1.2~2.0	1.0~1.2	130~170	20~22	10~15	10~20
2.0~3.0	1.2	170~230	22~25	15~20	10~20
3.0~6.0	1.2	220~250	22~25	15~20	10~20

2) 生产现场可根据实际情况，对焊接参数进行初步设置。初选焊接参数都应该经过现场工艺试验进行评定，其参数以焊接设备输出为准，通过试焊选取最合适的焊接参数。

3) 如果在有风环境下作业，如夏天吹风扇时，风扇不可对着焊接区，气体流量应适当加大（可以1L/min为步幅向上调整，最大不超过25L/min），以保证气流有足够强度，加强保护效果。

CO₂焊接过程控制

1.焊前准备

焊接前准备是确保焊接质量和可靠性的关键步骤。在这一过程中，需要考虑工作环境要求，车间通风设施良好，工作场所清洁整齐，工件摆放在专用的工位器具中；清理工件表面，尤其是焊缝两侧15~20mm的范围（包括除油、去污、去尘等）。当采用瓶装保护气体时，若纯度<99.5%或含水量>0.005%，应采取措施提纯或调换；当采用管道输送气体时，纯CO₂、Ar气体，需厂家提供自检合格报告；混合气体配比优先使用20%CO₂+80%Ar。确定焊丝干伸长L（L=10~12×焊丝直径），L_{0.8}=8~10mm，L_{1.0}=10~12mm，L_{1.2}=12~15mm（自动焊程序设定，人工焊以该值为参考）。选择合适导电嘴、喷嘴（一般导电嘴内径应比焊丝直径大0.13~0.25mm，喷嘴直径一般为

10~22mm)。

2.焊接控制

(1) 焊前准备 在CO₂焊接过程中，装配间隙的合适控制对于确保焊缝熔深和质量至关重要。按照经验以及工艺要求，保证装配间隙应小于薄板板厚。对于人工焊接、普通机器人焊接，每班焊接前需首先放气1~2s（注：首先接通主机和送丝机，再打开气瓶/主管道气阀，然后打开焊机通气按钮，持续1~2s，最后接通焊接电源）；对于CMT机器人焊接，每次焊接前需要放气0.1~0.5s（焊机设定）。

(2) 焊接过程控制 焊接控制过程具体如下：

- 1) 起弧应在距焊缝始端0~5mm处。
 - 2) 对于焊缝较长或圆形工件焊接，为保证焊接质量，要求首先进行定位焊。定位焊点应符合工艺要求且不准有缺陷，对称焊接以减少焊接变形。
 - 3) 保证焊丝洁净，若发现焊丝被污染，应及时停止焊接，进行清理或调换焊丝。
 - 4) 对于瓶装普通CO₂保护气体，气压低于0.98MPa，应停止使用。对于管道气体，用气口压力初设为0.2~0.6MPa，定时查看，当压力值不在规定范围内时，立即停止使用。
 - 5) 焊接顺序是焊接过程中一个至关重要的因素，它直接影响到焊接接头的力学性能和应力分布。由于焊接过程中存在的不均匀加热，焊接接头将产生残余应力和变形，这会对接头的强度和疲劳强度产生不利影响。对接接头和搭接接头的应力分布通常不均匀，特别是在焊缝中存在工艺缺陷时，应力集中现象更为明显，这将对接头的承载能力产生显著影响。为减少焊接变形，可按照相应的焊接顺序进行焊接，焊接后对精度以及后续装配无影响可适当的调整焊接顺序。
- 针对长梁满焊，多采用从内侧向外侧依次对称段焊。针对短梁段焊，多采用从一侧到另一侧依次焊接。针对圆形焊道，多采用跳焊。若焊接顺序发生变更，通常需重新进行试验验证以及焊接变形量。

3.CO₂焊接手法

焊接手法是电弧焊程序自动控制的基础，其中包括多种不同的焊接方法，具体见表3。对于长度超过10mm的规则焊缝，宜使用左焊法焊接。

表3 CO₂焊接姿态手法

焊接方法	熔深	焊道形状	工艺性	熔池保护效果	适用范围
左焊法 (后倾焊)	浅	平	稍差	好	焊接薄板，中板无坡口两面焊一道，角缝船形位置焊一道
右焊法 (前倾焊)	深	凸	良好	稍差	中板和厚板带坡口

焊后检验和常见焊接缺陷

1.焊后检验

- 1) 焊道检验准备工作：清理飞溅、SiO₂，MnO等氧化物（生产现场可根据实际情况及需求进行控制）。
- 2) 规范：焊缝应高低一致，宽窄相等，焊缝表面光滑平整或呈均匀的鱼鳞状焊波，不得有气孔、裂纹、咬边、弧坑、焊瘤及焊穿等焊接缺陷。
- 3) CO₂焊接外观质量检测。

2.常见焊接缺陷

- 1) 气孔：通常是由于焊接过程中气体的卷入而形成，可能源自焊件表面的油污、锈蚀或焊接材料的湿气。
- 2) 裂纹：可能在焊接过程中或焊后由于热应力或材料的淬硬性而产生。
- 3) 未熔合：发生在焊道与母材之间或焊道之间未完全熔化结合的部分。
- 4) 咬边：是由于焊接过程中电流过大或焊接速度过快，导致熔化的金属被拉入焊缝而形成凹陷。
- 5) 焊缝成形不良：可能由于焊接参数不当或焊接技术不佳而导致焊缝外观不规则。

3.成因探讨

- 1) 气孔成因：焊接材料的湿度、焊件表面的清洁度不足，以及保护气体的不充分都可能导致气孔的产生。
- 2) 裂纹成因：材料的淬硬性、焊接应力、热处理不当以及材料中的硫、磷等杂质含量过高都是裂纹形

成的潜在原因。

3) 未熔合成因：焊接电流过低、焊接速度过快、焊条角度不当或焊件表面不干净都可能导致未熔合。

4) 咬边成因：焊接参数选择不当，如电流过大或焊接速度不适当，是造成咬边的主要原因。

5) 焊缝成形不良成因：焊接技术、焊接参数和焊操作者的技术水平都会影响焊缝的成形质量。

防止对策

为了提高CO₂焊接质量并减少焊接缺陷，本研究提出了一系列防止对策，包括工艺优化、材料选择、操作培训和质量控制等方面。

1. 工艺优化

焊接参数调整：根据焊件的厚度和材料类型，优化焊接电流、电压、速度和保护气体流量等参数。

坡口设计：合理设计坡口形状和尺寸，以确保焊缝的充分熔透和良好成形。

焊接顺序：制定科学的焊接顺序，以减少焊接应力和变形。

2. 材料选择

焊丝选择：选择适合母材的焊丝，以确保焊缝的化学成分和力学性能。

保护气体纯度：使用高纯度的CO₂气体或混合气体，以提高保护效果。

3. 操作培训

焊工技能培训：定期对焊工进行技能培训，提高其对焊接参数调整和焊接缺陷识别的能力。

焊接操作标准化：制定标准化的焊接操作流程，确保焊工按照规定程序进行焊接。

4. 质量控制

焊接过程监控：实时监控焊接过程，及时发现并调整异常情况。

焊后检验：对焊缝进行严格的外观检查和无损检测，确保焊缝质量。

缺陷分析与改进：对发现的焊接缺陷进行原因分析，并制定改进措施。

通过实施上述防止对策，可以显著降低CO₂焊接过程中焊接缺陷的发生率，提高焊接接头的性能和结构的安全性。

结语

本研究对CO₂焊接工艺规范进行了深入的探讨，系统地分析了焊接过程中可能出现的缺陷成因，并提出了一系列有效的防止对策。

通过本研究，得出以下主要结论：合理的焊接工艺参数选择对于获得高质量的焊接接头至关重要。通过工艺优化、操作培训和质量控制等措施，可以显著降低焊接缺陷的发生率。本研究提出的防止对策在实验中得到了验证，证实了其有效性。对于提高现代制造业中CO₂焊接结构的质量和可靠性具有重要意义。通过严格执行焊接工艺规范和采取有效的缺陷防止措施，可以确保焊接结构的安全性和耐用性。

尽管本研究取得了一定的成果，但仍有进一步研究的空间。未来的研究可以关注新型焊接材料的开发、焊接自动化技术的进步以及焊接过程的智能化控制。

参考文献

- [1] 唐亚红, 彭勇军, 陈阿海. IGM自动焊熔深不足缺陷的成因及防止对策[J]. 金属加工 (冷加工), 2016 (S1): 685-687.
- [2] 刘卫东. CO₂气体保护焊工艺探讨[J]. 设备管理与维修, 2023 (22): 118-120.
- [3] 王泽荫. 工业机器人CO₂气体保护焊焊接工艺研究[J]. 世界有色金属, 2021 (2): 139-140.
- [4] 孙登科. 焊接机器人CO₂气体保护焊工艺研究实践教学[J]. 焊接技术, 2019, 48 (11): 75-77.
- [5] 孙善乾. CO₂气体保护焊在管道焊接中的工艺探讨及应用[J]. 山东工业技术, 2018 (23): 36.
- [6] 潘燕武. 在焊接工艺中二氧化碳保护焊的应用[J]. 建材与装饰, 2017 (24): 211-213. **AUTO1950**