

压力容器环焊缝焊接质量控制措施

王兴海

贵州乌江水电开发有限责任公司大龙分公司 贵州 铜仁 554000

【摘要】：压力容器作为火力发电厂锅炉等的核心装备，其环焊缝是承受交变载荷与介质腐蚀的关键受力部位，焊接质量直接关系到设备运行安全与使用寿命。当前环焊缝焊接易受坡口精度、焊接参数、环境温湿度等因素影响，出现气孔、未焊透等缺陷，埋下安全隐患。基于此，本文简要分析了压力容器环焊缝焊接的基本内容，并针对压力容器环焊缝焊接质量控制的意义进行深入探究，提出了压力容器环焊缝焊接质量控制的有效措施，以期筑牢工业生产防线。

【关键词】：压力容器；环焊缝；焊接；质量控制

DOI:10.12417/2811-0528.26.06.031

对压力容器的焊缝金属以及热影响区提出了高强度、高韧性、高耐热性等要求，要确保焊接接头没有裂痕，没有残渣等缺陷，如果在操作过程中，环焊缝的焊接工作操作方法不当，就会出现焊缝里产生残余应力，焊接质量不达标等问题，从而带来大量的不必要的返修工作，并且，这样的返修工作的操作程序比较困难。因此，探究科学高效的环焊缝焊接质量控制措施，对提升压力容器制造水平、防范工业事故具有重要的现实意义。

1 压力容器环焊缝焊接的基本内容

压力容器环焊缝焊接的核心内容涵盖焊接前准备、焊接过程管控与焊后检验三大环节。焊接前需依据压力容器材质与设计标准，精准加工坡口并清理表面油污、锈蚀等杂质，同时匹配适配的焊接材料与设备，完成焊接工艺评定以确定最优参数区间；焊接过程中需严格遵循既定工艺，把控焊接电流、电压、焊接速度等关键指标，采用多层多道焊等工艺减少缺陷产生，实时监测焊接环境的温湿度与风速，避免因环境因素影响焊缝成型；焊后则需通过无损检测手段排查焊缝内部气孔、裂纹、未焊透等缺陷，同步开展力学性能试验与密封性测试，确保环焊缝质量完全符合压力容器安全运行的技术要求。

2 压力容器环焊缝焊接质量控制的意义

2.1 保障设备运行安全，筑牢工业生产防线

压力容器多服役于高温、高压、腐蚀性介质环境，环焊缝作为设备筒体与封头的连接关键，其质量直接决定设备结构完整性。有效的质量控制可避免焊缝缺陷引发的泄漏、破裂等恶性事故，降低设备运行风险，为工业生产流程的稳定推进提供基础安全保障，保障生产人员生命安全与企业财产安全。

2.2 提升制造工艺水平，强化产品核心竞争力

环焊缝焊接质量控制贯穿工艺设计、材料选用、过程操作

等全流程，对各环节技术标准提出严格要求。推进质量控制体系完善，需不断优化焊接工艺参数、提升操作人员技能水平、改进检测技术，这一过程将倒逼制造企业提升整体工艺管控能力，生产出更符合行业标准的优质产品，从而增强企业在市场竞争中的核心优势。

2.3 推动行业规范发展，助力产业转型升级

压力容器行业的健康发展依赖于严格的质量管控体系。环焊缝焊接质量控制的标准化、规范化推进，能够引领行业树立统一的质量评价标准，推动行业淘汰落后工艺与产能。同时，质量控制技术的创新与应用，将带动相关材料、设备等配套产业的协同发展，为压力容器产业向高端化、智能化转型升级提供有力支撑。

3 压力容器环焊缝焊接质量控制的有效措施

3.1 强化焊接前全要素筹备，筑牢质量基础

焊接前的充分筹备是保障环焊缝质量的前提，需从材料、坡口、设备、人员等多维度落实管控。材料管控方面，需严格核查焊接母材与焊材的规格、型号、材质证明，确保符合设计标准，同时规范存储条件，避免焊材受潮、锈蚀或变质，使用前按要求完成烘干与保温处理。坡口制备环节，应依据焊接工艺要求精准控制坡口角度、钝边尺寸与装配间隙，采用机械加工方式保证坡口表面平整光滑，去除表面油污、铁锈、氧化皮等杂质，必要时进行打磨与预热处理。焊接设备需提前完成调试与校验，确保焊接电源、送丝机构、行走机构等运行稳定，各项参数显示准确，同时配备完善的防护设备与应急设施。人员管理上，需确认焊接操作人员具备相应资质，熟悉焊接工艺要求，岗前开展专项技术交底与培训，明确操作规范与质量标准。以下表格案例选取行业典型项目场景：

表1 焊接前全要素筹备典型案例表

管控维度	典型案例	实施效果
焊材管控	焊材烘干后恒温存放	焊缝气孔缺陷率下降82%
坡口处理	机械加工+打磨除锈	未出现因杂质导致的裂纹
设备校验	焊接电源参数预调试	焊接电流波动控制在±2%内

3.2 严控焊接过程精准管控，规避缺陷产生

焊接过程是环焊缝质量形成的核心环节，需围绕工艺参数、操作规范、环境调控等关键要点实施精准管控。工艺参数管控需严格遵循焊接工艺评定结果，实时监控焊接电流、电压、焊接速度、热输入量等核心参数，避免因参数波动导致未焊透、未熔合、气孔等缺陷，针对不同厚度的母材与焊接位置，合理调整参数区间，采用多层多道焊时控制好层间温度与焊道重叠量。操作规范方面，需规范焊接手法，保证运枪速度均匀、摆动幅度一致，确保焊缝成形美观，同时严格执行清根工艺，去除层间缺陷，避免缺陷累积。环境调控需搭建符合要求的焊接作业环境，控制环境温湿度、风速等指标，当环境条件超出规范要求时，及时采取遮挡、加热、除湿等防护措施，防止环境因素影响焊接质量。此外，需建立过程巡检机制，安排专人对焊接过程进行全程监督，及时发现并纠正不规范操作。

3.3 完善焊后全方位检验检测，杜绝质量隐患

焊后检验是排查环焊缝缺陷、确认焊接质量的关键手段，需构建多层次、全方位的检验检测体系。外观检验需在焊接完成且焊缝冷却至常温后进行，仔细核查焊缝表面是否存在裂纹、气孔、夹渣、咬边、未焊满等缺陷，测量焊缝余高、宽度等尺寸，确保符合设计与规范要求。无损检测需根据焊缝重要等级与工艺要求，选用射线检测、超声波检测、磁粉检测、渗透检测等适宜的检测方法，全面排查焊缝内部与表面的隐性缺陷，检测比例与检测标准严格遵循相关规范，对检测发现的缺陷及时标记并制定整改方案。此外，还需按要求开展力学性能试验与密封性试验，验证焊缝的强度、韧性等力学指标与密封

性能，确保环焊缝能够承受服役环境下的载荷与介质作用，所有检验数据需详细记录归档，形成完整的质量追溯链条。

3.4 构建全流程质量保障体系，强化长效管控

构建全流程、全周期的质量保障体系是实现环焊缝焊接质量长效管控的核心支撑，需从制度、技术、管理等层面形成闭环管控。制度建设方面，需完善焊接质量管理体系、岗位责任制、奖惩机制等，明确各环节的质量职责与管控要求，将质量管控融入从设计、筹备、焊接到检验的全流程。技术保障上，加强焊接工艺研发与创新，推广应用先进的焊接技术与检测设备，建立焊接工艺数据库，为不同类型的压力容器环焊缝焊接提供技术支撑，同时定期开展工艺评审与优化，提升工艺的科学性与适用性。管理提升方面，建立完善的质量追溯体系，对焊接全流程的关键信息进行记录与留存，实现质量问题的可追溯、可排查；加强人员队伍建设，定期开展技能培训与考核（如图1所示），提升操作人员与检验人员的专业素养；开展常态化质量复盘，总结质量管控中的经验与不足，持续改进质量管控措施，推动焊接质量稳步提升。



图1 从车间实操到全流程保障培训

总而言之，压力容器环焊缝焊接质量控制是一项贯穿工艺全流程的系统工程，从材料甄选、参数调校到检测验收，每一个环节都容不得半点疏漏。只有以严谨的标准细化管控要点，以先进的技术筑牢质量防线，才能切实保障压力容器的安全稳定运行，为工业生产的高质量发展筑牢根基。

参考文献：

- [1] 熊海银.含环焊缝缺陷管道极限承载力研究[D].西南科技大学,2023.
- [2] 廖普.基于机器视觉压力容器焊缝表面质量参数检测关键技术研究[D].华南理工大学,2023.
- [3] 雷明,王刚.基于 PLC 的压力容器环焊缝自动焊接设备研究[J].自动化应用,2021,(03):28-30.