

水电站压力钢管安装焊接质量控制与无损检测应用

刘 科

中国水电建设集团十五工程局有限公司 陕西 西安 710100

【摘要】：水电站压力钢管是水能传输的关键受力构件，其安装焊接质量直接影响电站运行安全与使用寿命，无损检测技术则是保障焊接质量的重要技术手段。本文以压力钢管安装焊接质量管控为研究重点，围绕焊接施工关键工序，明确焊材选用、工艺控制、接头处理等核心管控要点，结合无损检测现场应用情况，对比分析不同检测方法在缺陷识别、隐患排查中的适用特点与应用效果，补齐焊接质量管控中的短板，实现对压力钢管焊接质量的全过程精准控制，可为同类水电站压力钢管安装焊接工程提供技术参考，保障电站长期安全、稳定运行。

【关键词】：压力钢管；焊接质量控制；无损检测；水电站；焊接缺陷

DOI:10.12417/2811-0528.26.12.005

水电站作为清洁能源供给的重要枢纽，其安全稳定运行直接关系到能源保障与区域经济发展。压力钢管是水电站输水系统的关键承重构件，长期在高压水流与复杂应力环境下工作，安装焊接质量直接决定其服役寿命，质量不达标极易引发安全事故。由于焊接缺陷具有较强隐蔽性，常规检测难以实现精准管控，无损检测技术凭借非破坏性、高效精准的特点，成为保障焊接质量的关键技术。本文立足压力钢管安装焊接质量管控实际需求，结合无损检测工程应用实践展开研究，梳理质量控制与检测应用的内在联系，为后续系统分析压力钢管焊接质量管控路径与技术应用奠定基础。

1 水电站压力钢管安装焊接质量的现存问题与成因分析

水电站压力钢管安装焊接的质量隐患，主要集中在焊接接头缺陷、焊缝成型不良及焊后应力集中三类问题，且均与施工全过程管控密切相关。焊接接头易产生未焊透、夹渣、气孔等缺陷，多因焊材与母材匹配度不足、坡口加工精度不够，致使熔合不充分、杂质残留。焊缝成型不佳则表现为余高超标、咬边、未焊满等，多由焊接电流、电压、速度等工艺参数设置不合理，加之现场温湿度不满足施工要求所致。焊后应力集中主要源于焊接热输入分布不均、各区域冷却速度差异较大，且未采取有效消应力措施，造成接头受力不均，形成安全隐患。上述问题共同影响压力钢管的承载能力，直接降低其运行安全性与稳定性。

2 无损检测技术在焊接质量管控中的具体应用与策略优化

(1) 常用无损检测技术的针对性应用：在水电站压力钢管焊接质量管控中，无损检测需结合缺陷类型、构件结构与施工场景合理选用，实现缺陷精准识别与定位。射线检测主要用于焊接接头内部缺陷检测，可清晰呈现未焊透、夹渣、气孔等

缺陷特征，适用于厚壁接头质量判定，为缺陷处理提供依据^[1]。超声波检测效率高、适用性强，可检出内部裂纹、未熔合等缺陷，并判断缺陷深度与范围，适合现场实时检测，及时排查质量隐患。磁粉检测则侧重焊缝表面及近表面缺陷，通过磁粉聚集显现裂纹、咬边等问题，可快速完成表面质量筛查，弥补前两种检测的不足。三种技术协同应用，可形成全面覆盖的焊接质量检测体系。

(2) 无损检测技术的应用流程优化：无损检测应用流程优化的核心是提升焊接质量管控效能，需结合压力钢管安装焊接实际进度，搭建全流程检测体系，确保检测与各施工环节高效衔接、无缝对接。焊接施工前，需全面校准各类检测设备，保障仪器精度达标，同时对检测人员开展专业技能培训，规范操作流程，杜绝设备误差、操作不规范导致的检测结果偏差。焊接作业期间，推行实时检测模式，针对关键部位、复杂接头，单道工序完成后立即开展无损检测，快速排查缺陷、防止扩散，详实记录检测数据并建立档案，实现检测全过程可追溯。焊接完成后，组织全面复检，逐一检测所有焊接接头，重点排查隐蔽性缺陷，检测结束后出具详细报告，明确缺陷信息及处理建议，为后续整改提供科学指导。见图1所示：

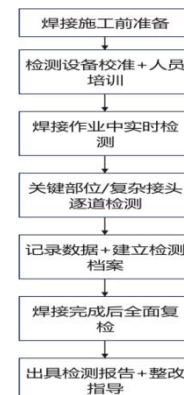


图1 水电站压力钢管无损检测技术应用流程图

(3) 无损检测技术的应用策略完善: 完善无损检测应用策略, 需紧扣压力钢管焊接质量管控需求, 解决检测适配性不足、精度不均等问题, 提升检测工作的针对性与实效性。针对不同焊接缺陷, 可采用多技术联合应用方式, 射线与超声波检测相结合可精准识别内部缺陷, 磁粉与渗透检测配合可全面排查表面及近表面缺陷, 形成优势互补的检测体系。结合钢管材质、壁厚与焊接工艺优化检测参数, 保证检测结果准确, 并根据施工环境灵活调整方案, 减少外界干扰^[2]。建立检测结果反馈机制, 及时将问题反馈至施工环节, 指导作业人员优化工艺、规范操作, 促进检测与施工协同, 从源头减少焊接缺陷, 提升整体质量管控水平。

3 质量控制体系的构建实践及效能评估

3.1 质量控制体系的整体架构搭建

搭建系统化的水电站压力钢管安装焊接质量控制体系, 应以全流程管控为核心, 统筹前期筹备、施工过程监管与完工核验等阶段, 构建闭环式管理框架。体系构建需厘清各参与主体责任, 健全建设、施工、监理与检测单位的协同机制, 统一质量管控准则与现场执行要求。围绕焊接关键工序, 将焊材进场核验、焊工资质审查、焊接工艺评估等纳入体系核心, 结合现场施工环境、物料供给及进度规划, 预留灵活调整空间, 保障体系适配性与落地性。依托标准化管理文件及作业指引, 将质量管控要求转化为可落地流程, 覆盖施工方案制定至成品检验全周期, 为焊接质量管控提供规范有序的制度支撑。

3.2 质量控制体系的落地实施路径

质量控制体系的高效落地, 需依托精细化管理, 全面覆盖压力钢管安装焊接全流程、各节点。施工筹备阶段, 重点做好焊接材料进场检验与规范存储, 仔细核对材质证明文件, 对焊条、焊丝等分类存放并按规范烘干; 同时组织全员开展技术交底与质量培训, 确保施工人员熟练掌握焊接工艺要点与质量管

控标准。焊接作业期间, 强化现场动态监管, 安排专业人员全程巡查, 重点核查焊接参数执行情况, 详实记录施工数据, 对坡口处理、组对间隙等关键环节严格核验^[3]。针对焊接关键点与薄弱环节, 提高巡检频次, 及时纠正操作偏差; 依托无损检测体系开展阶段性检测, 实现缺陷早发现、早处置, 确保焊接施工质量始终可控。

3.3 质量控制体系的效能评估与优化

质量控制体系的效能评估需依托多维度指标, 全面研判其在压力钢管焊接质量管控中的实际效果。评估以焊接成品质量为核心, 重点核查缺陷发生率、返修频次及最终验收合格情况等关键指标, 同时梳理体系实施中的流程效率、成本管控及各方协同水平。通过对比体系落地前后的焊接质量数据, 分析其在降低隐患、提升施工效能中的作用, 精准识别流程冗余、响应迟缓等问题。结合评估结论, 优化体系架构、调整管控节点与流程, 完善应急处置措施, 更新配套技术标准与管理制度, 推动体系持续迭代升级, 使其更贴合实际施工需求, 充分发挥质量管控核心效能, 为水电站长期安全稳定运行筑牢质量根基。

4 结语

本文围绕水电站压力钢管安装焊接质量管控与无损检测技术应用开展系统性研究, 深入剖析焊接施工过程中各类缺陷的具体表现及形成机理, 详细阐述多种无损检测技术在缺陷识别、质量核验中的现场应用方式与实际成效, 同时对全过程质量控制体系的构建思路、落地路径及效能提升策略进行全面探讨。压力钢管焊接质量直接关联水电站整体运行安全, 无损检测技术与系统化质量管控模式的深度融合, 能够有效规避焊接质量隐患、提升工程建设可靠性。本文相关研究结论与实践经验, 可为同类水利水电工程钢管安装焊接施工提供参考借鉴, 助力推动行业施工质量管控水平与工程建设品质持续稳步提升。

参考文献:

- [1] 杨梦伟.某电站压力钢管焊接质量控制浅析[J].安装,2022,(S2):100-102.
- [2] 崔晨曦,鲁永宏,郭金萍.大中型水电站压力钢管焊接技术及缺陷分析[J].人民黄河,2021,43(S2):160-161.
- [3] 罗聪.水电站压力钢管全位置自动焊接技术研究[J].水电站机电技术,2024,47(09):132-134.