长输管道焊接工序全过程监理要点与质量控制

殷建刚
北京兴油工程项目管理有限公司成都分公司　四川　成都　610000

摘　要：本内容围绕长输管道焊接工序的全过程监理管控体系展开，系统梳理焊前、焊中、焊后全流程的核心监理要点与质量控制逻辑，针对人员资质、设备性能、焊材质量、工艺参数、作业环境五大核心管控要素，明确各环节的监理核查标准、旁站管控要求与闭环核验流程。本体系针对长输管道露天跨度大、工况复杂的施工特性，建立逐道焊缝核查、关键节点全程旁站的管控模式，可有效规避人为操作偏差、工艺执行不到位、隐蔽缺陷漏检等典型问题，保障焊缝力学性能、密封性能与成型质量完全符合现行规范要求，从施工源头消除焊接质量隐患，为长输管道 30 年以上设计使用周期的长期安全稳定运行提供监理技术支撑。

关键词：长输管道；焊接工序；全过程监理；质量控制

引言：长输管道是油气、清洁能源等介质跨区域输送的核心基础设施，其焊接焊缝的质量稳定性直接决定整个输送系统的运行安全与服役寿命。当前长输管道施工普遍具有线路跨度大、途经地质工况复杂、野外露天作业占比高的特点，焊接工序受人员、设备、材料、工艺、环境多维度动态因素影响，质量管控难度远高于普通市政短距离管道施工。传统碎片化、节点式的监理管控模式，难以覆盖焊接全流程的细节偏差，易遗留内部裂纹、未熔合等隐蔽缺陷，为管道投运后的长期运行埋下渗漏、开裂等重大安全隐患。在此背景下，构建标准化、全闭环的长输管道焊接全过程监理管控体系，明确各环节的核心管控要点与质量控制标准，是从施工端系统性保障焊接质量合规性的必要技术路径。

1 长输管道焊接监理管控总体概述

长输管道焊接工序监理以全过程质量管控为核心目标，覆盖焊接施工前期准备、现场施焊作业、成品质量检验及缺陷闭环整改所有环节。监理工作的核心是严格把控施工工艺合规性、人员操作标准化、最终成品指标合规性，重点针对人员资质、设备性能、焊材质量、工艺参数、作业环境五大核心要素开展全维度管控。（1）相较于普通市政短距离管道施工监理，长输管道焊接监理对细节管控精度、全标段工艺一致性、各工序衔接严谨性要求显著更高，需建立全流程跟踪、逐道焊缝核查、关键节点全程旁站的管控模式，严格杜绝违规施工、随意简化工序、工艺参数偏差等违规行为，确保所有焊接焊缝的拉伸强度、弯曲性能、冲击韧性等力学指标，以及密封性能、外观成型质量、内部缺陷控制等级均完全满足现行长输管道施工技术规范与项目设计文件要求。（2）长输管道线路跨度大、途经地质工况复杂，焊缝作为管道结构的核心受力与密封部位，其质量稳定性直接决定管道 30 年以上设计使用周期内的运行安全。通过构建标准化焊接监理管控体系，可从施工源头系统性消除焊接质量隐患，规避后续管道投运后出现介质渗漏、环向开裂、结构变形等重大质量问题，为长输管道长期安全稳定运行提供核心监理技术支撑[1]。

2 焊前监理要点与质量控制

2.1 施工人员资质与技能管控

焊前监理需优先完成焊接作业人员的全维度核查管控，确认所有进场作业人员完全具备本项目对应焊接作业的操作能力。重点核查作业人员的特种设备焊接操作人员资格证，确认资质许可的焊接方法、管材材质、管径范围、壁厚区间完全覆盖本项目的作业要求，严格杜绝无证上岗、超资质范围作业的人员参与现场焊接施工。同时，监理需对作业人员的实操适配状态进行核查，项目开工前通过现场上岗考试、焊接工艺文件交底问询等方式，确认人员熟练掌握本工程专属的焊接工艺要求、参数控制标准及常见焊接缺陷规避要点。针对班组新进场人员、长时间间歇后复工人员，严格落实上岗考试与安全技术交底，未达到施工标准的人员不得参与正式焊接作业，从人员源头系统性规避人为操作导致的焊接质量隐患[2]。

2.2 焊接设备与机具检查管控

焊接设备的性能稳定性直接决定焊接热输入的控制精度与焊缝成型质量，焊前监理需对所有进场焊接机具、配套检测设备开展全覆盖核查验收。重点检查

逆变焊机、焊材烘干设备、恒温保温桶、管道坡口加工设备的整机运行状态，确认设备核心部件性能稳定，电流、电压调节模块响应精准，无部件故障、元器件老化失灵等问题。核查焊接参数配套显示装置的计量有效性，确认电流、电压、送丝速度等核心工艺参数可精准调控、实时溯源显示，避免参数系统性偏差影响焊缝冶金质量。同时，校验焊材烘干、保温设备的温控传感器精度，保证焊材预处理温度、保温温度完全符合工艺规范要求。对坡口切割机、端面打磨机等辅助设备的加工精度进行核验，确保管材坡口角度、钝边厚度、端面平整度符合工艺文件要求。所有设备经监理核查签字确认合格后方可投入使用，存在故障、精度不达标的设备需退场整改，经重新校验合格后方可进场使用。

2.3 管材与焊材预处理质量管控

管材与焊材的预处理是保障焊接质量稳定性与焊缝力学性能的前置基础，也是焊前监理的核心管控重点。在管材管控方面，监理需逐批次核查进场管材的外观质量与质量证明文件，确认管材本体无裂纹、深度锈蚀、塑性变形、壁厚不均等超标缺陷，同步检查施工人员开展管道坡口加工、管口清理作业。严格管控坡口角度、钝边厚度、管口组对错边量，确保各项几何尺寸完全符合项目焊接工艺规程要求，监督施工人员彻底清理管口内外壁25mm范围内的油污、铁锈、氧化皮、残留杂物等，保证焊接接触面洁净干燥无杂质。在焊材管控方面，监理严格管控焊材的烘干与恒温保温过程，精准控制不同材质焊材的烘干温度、恒温保温时长，杜绝受潮、药皮变质、超出有效期的焊材投入现场使用。同时逐批次核查焊材型号、规格与管材材质的力学性能匹配性，确保焊材选型完全符合本工程的焊接工艺评定要求[3]。

3 焊中监理要点与质量控制

3.1 焊接施工环境管控

长输管道多处于露天野外施工场景，环境动态变化因素对焊接冶金过程、焊缝冷却速率影响极大，焊中监理需对施工现场环境条件开展实时动态监测与全流程管控。重点管控作业面的环境温度、空气相对湿度、瞬时风力、降水状态等核心指标，当出现风速超标、降雨、降雪、空气相对湿度超出规范阈值等不利工况时，第一时间监督施工单位落实专项防护措施，搭建防风防雨保温施工棚，对管口区域进行局部环境隔离。不具备有效防护条件时，监理需直接下达暂停指令，严禁开展任何焊接作业。针对0℃以下的低温施工环境，需监督施工人员完成管材焊前预热处理，精准把控预热温度与管口两侧的预热范围，避免低温环境下焊缝冷却速度过快产生延迟冷裂纹。焊接作业全程跟踪环境参数动态变化，及时制止不利环境下的违规施焊行为，保障所有焊接作业始终在合规环境条件下开展。

3.2 焊接工艺参数执行管控

焊接工艺参数的精准执行是保障焊缝力学性能与成型质量的核心环节，焊中监理需对关键焊口实施全程旁站监督，严格管控各项工艺参数的落地执行情况。重点监督焊接电流、电弧电压、焊接速度、层间温度、焊接层数、单道焊道厚度等核心指标，确认施工人员完全按照焊接工艺规程执行作业，严禁未经监理确认随意调整、更改施工参数的行为。监督施工人员严格执行打底焊、填充焊、盖面焊的分层焊接流程，精准把控每层焊道的成型厚度与熔池宽度，杜绝一次性超厚施焊、焊道宽窄不均等违规操作。同时同步管控层间清理作业，监督施工人员彻底清除每层焊道表面的焊渣、飞溅物与氧化层，经确认层间无裂纹、未熔合等缺陷后，方可开展下一层焊接作业，从过程层面规避层间夹杂、侧壁未熔合等典型质量缺陷。监理同步记录焊口的工艺参数执行情况，第一时间纠正各类不规范操作行为[4]。

3.3 现场施焊操作过程管控

监理需对现场施焊开展全覆盖监督，严格规范施工人员的标准化操作流程与作业手法。焊前复核环节重点管控管口对接精度，监督施工人员精准控制管口错边量、组对间隙尺寸，对接几何尺寸偏差超出工艺规程允许阈值时，必须督促施工方及时调整修正，严禁带超标组对缺陷直接施焊。跟踪监督焊接起弧、运条、收弧全流程操作，杜绝起弧位置偏移、运条行走速度不均、收弧操作过快等不规范作业行为，从操作层面规避弧坑、密集气孔、表面微裂纹等典型成型缺陷。针对管道仰焊、立焊等应力集中的特殊工位焊接，需加大监督频次与管控力度，确保特殊位置焊接操作合规、焊道成型均匀连续。同时严格管控单道焊口的焊接施工连续性，严禁中途无故停焊，确需间断施焊的工况，需做好焊口防护与后热保温处理，复工前对焊口表面进行全面检查，确认无延迟裂纹、表面氧化等缺陷后方可恢复后续焊接作业。

4 焊后监理要点与质量控制

4.1 焊缝外观质量检查管控

单道焊口焊接施工完成且焊缝冷却至环境温度后，监理需第一时间开展焊缝外观质量核查，完成焊后第一道初步质量筛查。重点检查焊缝整体成型状态，要求

焊缝表面平整连续、焊道宽窄均匀、与管材母材过渡顺滑，无超标焊瘤、残留飞溅、连续咬边、未填充弧坑、表面密集气孔、可见表面裂纹等外观质量缺陷。使用焊缝检验尺逐道核查焊缝余高、焊道总宽度、咬边深度等关键几何尺寸指标，确保各项尺寸偏差完全符合现行长输管道施工规范与项目工艺文件的允许范围。同时同步检查管口焊接区域的整体平整度，确认管材无明显焊接变形、组对错边量超标等遗留问题。对外观检查不合格的焊缝，做好专属标识与台账记录，要求施工单位严格按缺陷处置流程及时整改返修，严禁不合格焊缝进入后续无损检测工序，外观质量验收全部合格后方可签字确认，开展下一环节作业。

4.2 焊缝无损检测质量管控

无损检测是排查焊缝内部隐蔽缺陷的核心技术手段，焊后监理需对检测全流程实施闭环管控，保障检测结果的真实性与精准性。首先核查进场无损检测人员的特种设备检测作业资质，确认其资质范围完全覆盖长输管道对应材质、管径的射线、超声波检测作业要求，杜绝无资质、超范围人员参与检测作业。同步核查检测设备的计量校准有效期与性能状态，确认设备灵敏度、分辨率等核心指标满足检测精度要求。监督检测单位严格按照项目规定的检测比例、指定检测位置开展对应检测作业，杜绝漏检、少检、错检等违规行为。对关键焊口的无损检测实施重点监督，监督检测操作全流程的规范性，确保检测原始影像、波形数据真实、准确、可追溯。及时核验正式检测报告，重点核查焊缝内部气孔、夹渣、未焊透、未熔合、内部裂纹等超标缺陷的定位与定级结果，对检测发现的缺陷焊缝进行专属标记与专项台账记录，为后续缺陷返修管控提供精准依据[5]。

4.3 缺陷整改与复检管控

针对外观检查与无损检测环节发现的各类焊接缺陷，监理需严格把控缺陷整改与复检全流程，形成完整的质量管控闭环。根据缺陷的类型、几何尺寸、在焊道内的具体位置，监督施工单位制定针对性的专项返修整改方案，明确缺陷清除、打磨、返修补焊的标准化操作流程，严禁无方案随意返修作业。旁站管控返修全过程的工艺参数与操作手法，确认返修作业完全符合经评定合格的焊接工艺规程要求，避免返修过程中产生新的延迟裂纹、未熔合等次生缺陷。返修作业完成并冷却至规定时长后，监督施工单位对整改完成的焊缝再次开展全覆盖外观检查与对应比例的无损复检，全程跟踪复检操作过程，核验复检原始数据与报告结果。确认缺陷彻底清除、焊缝质量完全达标后，方可签字完成验收销号；对整改不到位、复检不合格的焊缝，下达重新整改指令，直至质量完全符合规范要求，从根本上杜绝不合格焊缝留存于工程实体中。

结束语

本套长输管道焊接工序全过程监理要点与质量控制体系，已完成从焊前准备、焊中实施到焊后验收的全流程闭环覆盖，所有管控要求均贴合长输管道野外施工的实际工况与现行行业规范要求。通过严格落实各环节的监理核查、旁站监督与闭环复检机制，可实现对焊接五大核心管控要素的全维度精准把控，有效杜绝违规施工、参数偏差、缺陷漏检等典型问题，保障每一道焊缝的综合质量完全满足项目设计与运行要求。后续工程实践中，需结合项目途经区域的特殊地质、气候条件动态优化管控细则，持续强化监理管控的落地性与精准性，为长输管道全生命周期的长期安全稳定运行筑牢质量防线。

参考文献

[1] 董学民. 油气长输管道安装工程中的监理质量控制分析 [J]. 中国石油和化工标准与质量,2020,40(12):17-18.

[2] 赵晓飞. 长输供热管道施工关键工序控制及监督要点研究 [J]. 工程建设与设计,2024,(21):59-61.

[3] 李建伟. 基于长输管道焊接施工的质量监督要点分析 [J]. 化工管理,2026,(S1):21-23.

[4] 杨俊元, 马海龙, 罗铭, 等. 长输供热管道工程安全管理工作要点探讨 [J]. 建设监理,2026,(4):63-66.

[5] 李昊. 长输管道带气改线技术方案探讨 [J]. 石化技术,2026,33(5):105-107.