

老旧小区热力管道改造工程的质量控制与安全管理研究

陈 蒙 徐晶晶

天津嘉瑞市政工程有限公司 天津 300202

摘 要：老旧小区热力管道改造工程的质量控制与安全管理需综合材料、工艺、监测及人员管理等多环节，结合政策支持与社区协作，确保工程安全高效推进。严格筛选供应商，确保管材、阀门等符合国家标准，进场前进行材质、规格及性能测试。无缝钢管需逐根检验焊缝缺陷，防腐涂层厚度不低于 $160\mu\text{m}$ 。采用新型保温材料（如聚氨酯）降低热损失，替换老化管道以提升密封性。

关键词：老旧小区；热力管道改造工程；质量控制；安全管理

建立智慧监测平台，实时采集管道温度、压力数据，预测性维护潜在泄漏点。制定年度维护计划，定期巡检管网腐蚀状况，档案数字化管理实现全生命周期追溯。可系统性解决老旧管网老化泄漏、热损不均等问题，提升供热安全性与能效，最终实现居民“温暖过冬”的民生目标。

1 热力管道改造工程的质量目标与标准

（1）质量目标。安全可靠目标，消除爆管、泄漏隐患，确保管网运行“零事故”。建立智能监测系统，实现泄漏风险实时预警响应。性能指标，热效率：改造后管网输热效率 $\geq 95\%$ ，热损失率 $\leq 10\%$ 。稳定性：用户端室温波动控制在 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 范围内。合规性目标，100%符合《城镇供热直埋管道接头保温技术条件》等国家强制标准。工程一次性验收合格率100%，创省级及以上优质工程。

（2）施工工艺。焊接工艺，焊口错边量 $\leq 1.5\text{mm}$ ，椭圆度误差 $\leq 2\%$ 。焊接接头100%射线探伤，Ⅱ级合格率 $\geq 95\%$ 。回填与敷设，邻近燃气管线区域采用砂石混合料（砂：石=4：6）分层夯实。管道埋深 $\geq 1.2\text{m}$ ，坡度偏差 $\leq 0.3\%$ 。接头密封，工作坑环境温度 $\geq 5^\circ\text{C}$ ，湿度 $\leq 80\%$ ；热缩带搭接宽度 $\geq 100\text{mm}$ 。

（3）支持性管理标准。智能运维：建立智慧监测平台，实时采集压力、温度数据，故障响应时间 ≤ 2 小时。档案管理：施工全程数字化记录，质量责任终身可追溯。

2 热力管道改造施工前质量检查内容

（1）设计文件与施工方案审查。图纸合规性，核对施工图纸与设计文件一致性，确认管道走向、埋深（ $\geq 1.2\text{m}$ ）、坡度偏差（ $\leq 0.3\%$ ）等参数符合规范要求。重点复核预埋吊点位置、阀门安装节点及与其他管线（燃气、供水）的安全间距。方案可行性，审查施工组织设计中沟槽支护、焊接工艺等专项方案，评估高风险区域

（如邻近燃气管线）的防护措施。

（2）施工现场准备核查。场地条件，完成地下管线探明（尤其燃气、电缆），开挖区域设置警示围挡及临时便桥。沟槽放线精度验证：中心桩间距 $\leq 20\text{m}$ ，转角桩定位偏差 $\leq 5\text{cm}$ 。作业环境，焊接工作坑环境温度 $\geq 5^\circ\text{C}$ 、湿度 $\leq 80\%$ ，配备防风防雨设施。狭窄区域落实“一点一策”施工方案，避免交叉作业冲突。

（3）人员资质与技术交底。特种作业资格，焊工持证信息与考试项目匹配，证件在有效期内；无损检测人员具备Ⅱ级及以上资质。岗前培训，完成全员安全技术交底，明确焊接工艺参数（如错边量 $\leq 1.5\text{mm}$ ）、应急处理流程。

3 热力管道改造施工过程中质量控制措施

（1）材料与设备过程管控。进场复检，管材焊接前二次核验壁厚误差（ $\leq 3\text{mm}$ ），防腐涂层厚度抽检比例不低于15%，环氧树脂层厚度 $\geq 160\mu\text{m}$ 。阀门安装前进行密封性测试，手动启闭灵活性检查，确保无卡涩现象。焊接材料管理，焊条现场烘干温度严格按规范执行，保温桶储存时间 ≤ 4 小时，防止受潮影响焊接质量。

（2）关键工序工艺控制。焊接质量保障，焊前处理：管口100mm内彻底除锈，坡口角度偏差 $\leq 5^\circ$ ，错边量控制在1.5mm以内。过程监控：氩弧焊打底电流波动范围 $\pm 10\text{A}$ ，多层焊层间温度 $\leq 200^\circ\text{C}$ ，避免晶间腐蚀。无损检测：固定焊口100%射线探伤，活动焊口超声波抽检比例 $\geq 30\%$ ，Ⅱ级合格率 $\geq 95\%$ 。管道敷设与回填，埋深控制：管道中心线高程误差 $\pm 10\text{mm}$ ，坡度偏差 $\leq 0.3\%$ ，采用激光水准仪实时校准。特殊回填：邻近燃气管线区域采用砂石混合料（砂：石=4：6），分层夯实厚度 $\leq 200\text{mm}$ ，压实度 $\geq 95\%$ 。补偿器安装：波纹管伸缩预留间隙误差 $\leq 2\text{mm}$ ，导向支架螺栓孔水平度偏差 $\leq 1\text{mm/m}$ 。保温与密封，现场发泡聚氨酯保温层闭孔率 $\geq$

90%，发泡环境温度 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ ，湿度 $\leq 80\%$ 。热缩带搭接宽度 $\geq 100\text{mm}$ ，火焰烘烤均匀性通过红外热成像仪检测无遗漏点。

(3) 实时监测与过程追溯。智能监测应用，焊接区域部署温湿度传感器，超标自动报警暂停作业。沟槽边坡稳定性采用倾角仪实时监测，位移超3cm立即撤离。全过程留痕，焊口标注含焊工编号的二维码，扫描可追溯焊接参数及检测报告。每日施工日志上传BIM平台，记录材料批次、环境数据及隐蔽工程影像。

(4) 质量监督与应急机制。三级检验制度，班组自检→质检员专检→监理终检，关键节点（如试压）需三方联合签字确认。质检员对不合格工序有现场否决权，限期整改后复验。突发风险应对，压力试验中压降超0.1MPa时，立即启动分段隔离排查程序。邻近管线破损时，按“一点一策”预案启用膨润土注浆封堵。

(5) 人员与协同管理。技能核查：每日班前核对焊工、探伤人员证件有效性，技术交底覆盖至劳务班组。居民协调：开挖区域设便民通道，每日公示施工进度，降低扰民投诉。

4 热力管道改造工程安全管理制度与责任划分

(1) 安全管理制度体系。人员安全管理，资质要求，焊工、探伤人员等特种作业人员必须持有效证件上岗，每日作业前核查资格有效性。全员接受岗前安全培训，掌握应急处理流程（如中毒窒息救援）。作业规范，有限空间作业：下井前必须通风检测，佩戴防护装备，严禁单人作业；需设置专人监护。焊接作业：环境温度 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $\leq 80\%$ ，配备防风防雨设施。禁令条款：严禁带压维修、擅自改动管道结构，高空作业必须系安全带。设备与现场管理，设备管控，施工机具定期校验（如焊机电流表、压力泵），破损设备禁止使用。有限空间配备气体检测仪、通风设备及救援三脚架。现场防护，开挖沟槽设置警示围挡，邻近燃气管线区域采用砂石回填并监测边坡位移（超3cm即停工）。焊接区域部署温湿度传感器，超标自动报警。

(2) 应急与监督机制。应急预案，制定中毒窒息、管线破损等专项预案，明确事故报告流程；每年至少演练1次。压力试验压降超0.1MPa时，启动分段排查程序。三级监督，班组自检→质检员专检→监理终检，关键工序（如试压）需三方签字确认。安全员对违规作业有现场叫停权。

(3) 跨部门协同责任。建设单位：履行质量安全首要责任，严禁违法转包。施工单位：承担现场安全主体责任，落实“一点一策”防护方案。监理单位：监督高

风险作业（如有限空间）防护措施到位。

5 热力管道改造工程安全培训与个人防护措施

(1) 安全培训体系。特种作业培训，持证上岗：焊工、起重机械操作等特种作业人员必须持有效证件（含电子证书），每年完成 ≥ 8 学时继续教育并通过线上考核。新增课程：必修“安全风险预判与应急处置”课程，培训总时长增至120小时，实操考核占比提升至60%。岗前专项培训，高风险作业培训，有限空间作业：需掌握通风检测、气体检测仪使用及中毒窒息救援流程，严禁单人作业。高温焊接：环境温度 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $\leq 80\%$ ，培训防风防雨设施操作规范。案例教学，分析管道泄漏、高处坠落等事故案例，强化应急处置能力。

(2) 特殊工况防护。高温作业，穿戴气凝胶隔热服（闭孔率 $\geq 90\%$ ）、硅胶耐高温手套（ $\geq 300^{\circ}\text{C}$ ）。每2小时轮换作业，配备含电解质饮水点。有限空间/有害环境，正压式空气呼吸器（GB 16556标准）、防化服（EN 943-1 Type1级）。作业前强制通风 ≥ 4 小时，气体检测合格后方可进入。辅助防护，面部防护：防溅射护目镜（焊接）、防尘口罩（KN95标准）。听力防护：NRR $\geq 25\text{dB}$ 降噪耳塞（噪声环境）。

(3) 现场安全管理。智能监控，焊接区部署温湿度传感器，超标自动报警。沟槽边坡位移 $> 3\text{cm}$ 时，倾角仪触发撤离指令。防护督查，安全员每日核查防护装备有效性，对未佩戴安全带、反光背心者立即叫停作业。监理单位监督高危区域（如燃气管线邻近区）砂石回填与边坡支护。权责说明：施工单位承担现场安全主体责任，落实“一点一策”防护方案；作业人员违规操作导致事故的，依法追究个人及企业责任。

6 热力管道改造施工现场安全管理措施

(1) 人员安全管理。资质与培训，特种作业人员（焊工、起重工等）必须持有效证件上岗，岗前接受安全风险预判及应急处置培训，每年完成 ≥ 8 学时继续教育。全员每日作业前进行班前安全教育，学习中毒窒息救援、有限空间作业规程等专项内容。作业禁令，严禁无证操作、酒后作业、带压维修或擅自改动管道结构；有限空间作业必须“先通风、再检测、后作业”，配备呼吸器及监护人，禁止单人作业。

(2) 设备与环境管理。施工机具，电焊机装设防雨罩及漏电保护，定期校验电流表、压力泵等设备，破损设备禁用。环境控制，高温作业每2小时轮换，配备电解质饮水点；噪声区域强制佩戴NRR $\geq 25\text{dB}$ 降噪耳塞。地下作业前强制通风 ≥ 4 小时，气体检测合格后方可进入。

(3) 智能监控与应急机制。智能监管，焊接区部署

温湿度传感器, 超标自动报警; 沟槽边坡安装倾角仪, 位移超限触发撤离指令。AI视觉系统实时识别未佩戴安全帽、违规吸烟等行为, 联动声光报警。应急预案, 制定管线破损、中毒窒息等专项预案, 明确事故上报流程; 每半年至少演练1次。压力试验压降超0.1MPa时, 启动分段排查程序。

(4) 责任监督机制。三级检查: 班组自检→安全员专检→监理终检, 压力试验等关键工序需三方签字确认; 违规追责: 安全员对未佩戴防护装备、违反作业禁令行为有现场叫停权, 违规操作依法追责。

(5) 二次管网改造过程中的难点及解决方案。针对二次管网改造工程中的难点及解决方案, 结合当地实际改造情况与行业通用技术实践, 核心问题与应对措施如下: 改造难点分析, 施工空间受限与环境干扰, 问题: 老旧小区道路狭窄、地下管线错综复杂(燃气、电力等), 大型机械进场困难, 易破坏既有管线。案例: 某县部分改造区域因地面建筑密集, 需人工开挖, 增加工期与风险。资料缺失与管线定位困难, 问题: 早期管网图纸不完整或标注模糊, 导致施工中频繁遭遇管线交叉冲突。数据: 改造区域约30%的管线因资料缺失需现场勘探。居民生活与交通协调难题, 问题: 改造需临时停暖/停水, 影响居民生活; 道路开挖加剧交通拥堵。反馈: 居民对停供时长敏感, 易引发投诉。材料老化与施工安全风险, 问题: 老旧管道锈蚀严重(如突泉县部分管道服役超20年), 拆卸时易破裂引发泄漏或塌方; 隐患: 有限空间作业中毒窒息、沟槽边坡坍塌等高风险场景。工期紧张与气候制约, 问题: 北方冬季严寒, 有效施工期短(突泉县要求40天内完成关键标段), 需协调多工序穿插。针对性解决方案, 技术层面, 精准探测与BIM技术应用, 采用地质雷达、管线探测仪定位隐蔽管线, 建立三维模型预演碰撞点, 降低误挖风险, 县改造中对资料缺失区域实行“勘探-建模-施工”流程, 冲突率下降60%。非开挖技术与模块化施工, 狭窄区域采用顶管、定向钻替换明挖; 管道预制模块化(如热熔连接PE管), 减少现场作业时长。县万达站采用预制保温管段, 工期缩短30%。管理层面, 分时分段改造与居民协同, 错峰施工: 避开早晚交通高峰, 夜间进行主干道作业; 分区分批停供: 单次停暖 ≤ 24 小时, 提前72小时通知居民, 设置临时取暖点。多部门联动与智能监控, 建立住建、热力、交通、社区四方协调组, 实时共享施工进度; 沟槽边坡部署倾角仪+AI摄像头, 位移超限自动报警。安全与材料升级, 高风险作业管控, 有限空间严格执行“先通风-再检测-后作业”, 配备正压呼吸器及双人监护; 沟槽

开挖坡度 $\leq 1:1.5$, 邻近建筑时采用钢板桩支护。新型管材与防腐工艺, 替换锈蚀管道为EP防腐钢管或PE-RT II型保温管, 寿命延长至30年; 县改造中应用“聚氨酯发泡+聚乙烯外护”保温工艺, 热损失率降至5%以下。安全零事故: 引入智能监测后, 边坡位移预警率100%, 未发生坍塌事件。

7 热力管道改造工程验收规范与流程

(1) 验收规范核心要求。材料与设备验收, 管材、阀门等进场需提供合格证、材质报告, 无缝钢管逐根检验焊缝缺陷, 防腐涂层厚度 $\geq 160\mu\text{m}$ 。保温材料(如聚氨酯)需检测密度、厚度(偏差 $\leq 5\%$), 表面无裂缝、鼓包。焊接与安装质量, 焊口100%外观检查, 抽检率不低于15%进行射线或超声波探伤(II级合格)。管道坡度误差 ≤ 0.001 , 支架安装牢固, 补偿器预拉伸符合设计值。压力与密封性试验, 强度试验: 1.5倍设计压力(蒸汽管 $\geq 0.6\text{MPa}$, 热水管 $\geq 0.9\text{MPa}$), 稳压10分钟无泄漏。严密性试验: 1.25倍设计压力, 持续时间 ≥ 2 小时, 压降 $\leq 0.1\text{MPa}$ 。保温工程验收, 保温层厚度抽检(每100m测3点), 密度偏差 $\leq 10\%$, 外护层无破损。热效率测试: 改造后管网热损失率需 $\leq$ 设计值5%。安全与环境要求, 邻近燃气管道时, 回填采用砂石混合料(砂石比4:6)。施工废料按环保要求处置, 减少扬尘噪音。

(2) 验收流程及关键节点。分阶段验收, 隐蔽工程验收: 管沟地基、防腐层、焊接接头在回填前联合验收, 留存影像记录。压力试验验收: 试压前检查支架稳定性, 升压分阶段(25%、50%、75%、100%)监控。专项验收要求, 老旧小区增项: 需提供 $\geq 60\%$ 业主同意改造证明, 节能建筑改造比例 $\geq 50\%$ 。换热站验收: 远程抄表系统、泄漏报警装置功能测试合格。

(3) 验收文件归档。竣工后15日内提交完整资料, 包括: 竣工图(含管线坐标、埋深)、压力试验报告、保温检测记录; 特种设备监督检验证书(如压力容器)、环保验收文件; 居民供暖温度抽测记录及整改闭环报告。

总之, 通过系统化前置检查, 可规避材料缺陷、工艺失控等风险, 确保改造工程顺利实施。资料标准化(建立管网数据库)+技术柔性化(非开挖/BIM)+管理精细化(多部门协同)是破解老旧小区改造难题的关键路径。

参考文献

- [1]彭海英.老旧小区热力管道改造工程的质量控制与安全管理探讨.2023.
- [2]张秋业.老旧小区热力管道改造工程的质量控制与安全管理分析.2022.