

城镇燃气埋地钢质管道外防腐层检测方法

宋宝正

杭州富阳华润燃气有限公司, 浙江杭州, 311400;

摘要: 城镇燃气埋地钢质管道防护对于确保其运行安全性具有重要意义, 防腐层失效增加腐蚀泄漏风险, 为此应当强化检测技术应用。本文围绕外防腐层特性、检测要点、方法展开研究, 对化学腐蚀抗性、电气绝缘性能、环境老化耐受特性进行分析, 明确破损点定位、绝缘衰减评估、涂层完整性判定要点, 采用直流电位梯度检测、密间隔电位测量、电磁感应探测技术检测。构建特性-要点-方法协同体系, 提升检测精准度与实用性, 实现缺陷精准识别与性能科学评估, 为管道防腐维护提供技术支持, 保障管道稳定运行。

关键词: 城镇燃气; 埋地钢质管道; 外防腐层

DOI: 10.69979/3029-2727.26.04.081

引言

城镇燃气埋地钢质管道是燃气输送的关键设施, 其安全性与供应稳定与公共安全存在直接关系。土壤侵蚀、外力作用、长期服役, 增加管道外防腐层破损、老化风险, 诱发管道腐蚀泄漏, 威胁周边安全。外防腐层作为关键防护屏障, 应当科学检测并把控状态, 现阶段应当明确管道特性认知、规范检测要点、优化实操方法, 填补技术衔接空白。运用电化学与电磁感应原理, 结合工况优化检测流程, 实现对防腐层的全方位评估, 具有突出的工程价值, 助力完善燃气管道安全运维体系。

1 城镇燃气埋地钢质管道外防腐层特性

1.1 化学腐蚀抗性

城镇燃气埋地钢质管道外防腐层化学腐蚀抗性表现为抵御土壤中各类化学介质侵蚀能力, 土壤中存在的水分、盐分、酸性物质、碱性物质、微生物代谢产物, 均会侵蚀管道外防腐层, 化学腐蚀抗性可阻止此类介质穿透防腐层接触钢质管道表面, 避免管道发生化学腐蚀反应。防腐层材料自身化学稳定性对化学腐蚀抗性强弱存在直接影响, 常用防腐层材料包括聚乙烯、聚丙烯、环氧树脂等, 各类材料分子结构中化学键稳定性存在差异, 对不同化学介质耐受程度不同, 其中聚乙烯材料分子链结构规整, 化学惰性较强, 可抵御土壤中多数酸性及碱性介质侵蚀, 且不易与土壤中盐分发生化学反应, 适用于多种土壤环境敷设的管道; 环氧树脂材料固化后形成致密交联结构, 可阻挡水分与化学离子渗透, 对土壤中微生物代谢产生的有机酸具有良好抵御能力, 能减少微生物介导的化学腐蚀作用。

1.2 电气绝缘性能

城镇燃气埋地钢质管道外防腐层电气绝缘性能表现为阻碍电流传导能力, 该性能可切断管道与土壤间的电流通路, 避免管道因电化学腐蚀发生损坏^[1]。通过绝缘电阻值衡量电气绝缘性能, 绝缘电阻值越高, 相应的防腐层阻碍电流传导效果越理想, 电化学腐蚀发生概率越低。材料自身介电特性决定防腐层材料绝缘性能, 聚乙烯、聚丙烯等高分子材料介电常数较低, 介电损耗较小, 使绝缘电阻值维持在较高水平, 可有效阻断电化学腐蚀电流形成。

防腐层厚度与电气绝缘性能存在关联, 具体表现为相同材料条件下, 合理增加防腐层厚度可提升绝缘电阻值, 增强电气绝缘效果, 结合实际情况将厚度控制在合理范围, 超出临界厚度后, 绝缘性能提升幅度逐渐减缓, 且在一定程度上增加施工难度与涂层开裂风险。防腐层表面清洁度对电气绝缘性能产生影响, 当施工前管道表面残留油污、铁锈、氧化皮等杂质的情况下, 会降低防腐层与管道表面结合强度, 同时杂质可能会对防腐层完整性造成破坏, 导致绝缘电阻值下降, 影响电气绝缘效果, 因此需要对管道表面进行除锈、除油等工序预处理, 保障表面清洁度与粗糙度符合施工要求。

1.3 环境老化耐受

城镇燃气埋地钢质管道外防腐层环境老化耐受表现为承受土壤环境、温度变化、外力作用下保持性能稳定的能力, 埋地管道所处环境复杂, 环境因素长期作用易导致防腐层性能退化, 环境老化耐受可延缓此类退化过程, 保障防腐层使用寿命。土壤物理特性对防腐层环境老化耐受产生影响, 土壤中存在的砂石颗粒会对防腐层表面产生摩擦作用, 长期摩擦增加防腐层表面磨损风险, 导致涂层完整性被破坏; 土壤压实度不同会引起防腐层承受的压力差异, 压实度过高导致防腐层受到挤压,

造成涂层开裂或剥离,为此防腐层应当具备一定耐磨与抗压性能,提升土壤环境下老化耐受能力。

土壤中水分与氧气共同作用会加速防腐层老化,水分渗透至防腐层内部会导致材料溶胀,降低材料力学性能与绝缘性能;氧气参与材料氧化反应,导致材料分子结构被破坏,相应的防腐层出现脆化、龟裂等现象,因此防腐层应当具备良好防水性能,减少水分渗透,同时材料自身应当具备一定抗氧化能力,延缓氧化老化进程。外力冲击与土壤沉降会对防腐层环境老化耐受产生影响,管道敷设与后期周边施工过程中可能受到外力冲击,土壤沉降导致管道发生位移,进而对防腐层产生拉伸或挤压作用,防腐层应当具备一定柔韧性与抗拉伸性能,抵御外力作用带来的损伤,避免因外力导致防腐层破损,保障其在复杂环境下长期、稳定运行。

2 城镇燃气埋地钢质管道外防腐层检测要点

2.1 破损点精准定位

在检测核心环节精准定位城镇燃气埋地钢质管道外防腐层破损点,破损点会导致土壤中水分与化学介质直接接触管道表面,引发管道腐蚀,精准定位可明确破损点空间位置,为后续修复提供依据^[2]。依托管道敷设位置信息开展定位,结合检测技术原理锁定破损点范围,将管道敷设过程中形成的位置记录作为初始参考,明确管道走向与埋深,缩小检测区域。

运用检测技术识别破损点处电流或电场异常变化进行定位,防腐层完整区域可阻断电流传导,在破损点处形成电流通路,产生与周边区域存在差异的电学信号,检测设备捕捉此类信号差异,在此基础上对破损点大致方位予以初步判定。定位过程结合地面标识与管道走向校正位置偏差,地面标识对应管道关键节点,通过节点位置推算管道延伸方向,减少因检测设备误差导致的定位偏移。破损点可能存在多个且分布分散,按管道敷设顺序分段进行定位,逐段排查电学信号异常区域,避免遗漏破损点。部分破损点因尺寸过小或被土壤杂质覆盖,初始检测信号较弱,需要通过调整检测设备参数增强信号识别能力,提升定位精准度。

2.2 绝缘性能衰减评估

通过检测绝缘电阻值变化,评估城镇燃气埋地钢质管道外防腐层绝缘性能衰减,将绝缘电阻值为衡量绝缘性能作为关键指标,绝缘性能衰减直接表现为绝缘电阻值下降,评估应当明确绝缘电阻值检测标准与检测方式。选择适配埋地环境的检测设备,要求设备具备穿透土壤识别防腐层绝缘特性能力,检测过程中将设备探头与地

面接触,通过设备发射检测信号,接收经防腐层反射或传导的信号,转化为绝缘电阻数值。评估对比检测得到的绝缘电阻值与初始绝缘电阻值,初始绝缘电阻值为管道敷设初期防腐层性能达标状态下的数值,两者差值可将绝缘性能衰减程度反映出来。绝缘性能衰减可能呈现局部或整体分布状态,局部衰减多因局部防腐层破损、老化或污染导致,整体衰减与防腐层材料整体老化、施工质量缺陷相关,评估应当区分衰减分布类型,明确衰减影响范围。评估过程应当排除土壤环境因素对检测结果干扰,土壤湿度、含盐量会对检测信号传导造成影响,应当在检测时记录土壤环境参数,结合参数对绝缘电阻值进行修正,确保评估结果准确性。绝缘性能衰减达到临界值时,防腐层无法阻断电学腐蚀电流,应当判定为绝缘性能失效,及时采取修复或更换措施,绝缘性能衰减评估可预判防腐层使用寿命,提前规划维护作业,避免因绝缘性能失效导致管道腐蚀。

2.3 涂层完整性判定

城镇燃气埋地钢质管道外防腐层涂层完整性判定过程中,应当排查涂层是否存在破损、开裂、剥离、针孔等缺陷,涂层完整性是保障防腐效果的基础,缺陷存在会破坏涂层防护体系,导致防腐性能下降^[3]。结合外观检测与性能检测手段判定涂层是否存在破损、开裂、剥离、针孔等缺陷,外观检测可通过管道暴露部位直接观察涂层状态,管道接头、阀门等暴露节点为涂层缺陷高发区域,应当重点观察此类部位涂层是否存在脱落、开裂现象。

通过无损检测技术间接判定埋地部分涂层完整性,检测技术通过识别涂层缺陷处产生的异常信号,判断缺陷存在与否,不同缺陷类型产生的信号特征存在差异,可通过信号特征区分缺陷类型。涂层剥离表现为涂层与管道表面脱离,脱离区域形成空气夹层,检测信号在夹层处会发生反射,根据信号反射规律判定剥离范围与深度;涂层针孔为微小孔洞,会导致检测信号穿透涂层,形成信号泄漏点,通过捕捉泄漏信号可定位针孔位置。判定应当明确涂层缺陷判定标准,按缺陷尺寸、数量、分布范围划分缺陷等级,不同等级缺陷对应不同影响程度,根据等级制定针对性处理方案。

3 城镇燃气埋地钢质管道外防腐层检测方法

3.1 直流电位梯度检测

运用电化学腐蚀原理开展直流电位梯度检测,检测过程向埋地钢质管道施加直流电流,使管道与土壤形成电场体系。管道外防腐层完整状态下,电流无法穿透防

防腐层进入土壤,电场分布保持均匀;防腐层存在破损点时,电流会通过破损点流入土壤,在破损点周边形成电位梯度异常区域,检测设备通过捕捉该区域电位梯度变化检测破损点。

检测前完成管道导电连接,将直流电源正极接入管道,负极连接至远离管道的辅助接地极,确保电流沿管道有效传导^[4]。检测设备包括电位测量探头与数据显示单元,探头与地面紧密接触,沿管道敷设方向匀速移动,实时采集地面不同位置电位数值,计算相邻两点电位差值,形成电位梯度曲线。电位梯度曲线出现突变部位对应防腐层破损点位置,突变幅度与破损点尺寸存在关联,破损点越大,相应的电位梯度突变越显著。检测过程应当保持探头移动速度稳定,避免速度波动导致电位数据采集偏差,同时避开地面金属构件与地下其他管线,此类物体可能对电场分布造成干扰,从而影响检测结果准确性。检测完成后重复检测电位梯度异常区域,验证破损点位置与数量,确保检测结果可靠,直流电位梯度检测适用于各类土壤环境下埋地管道防腐层检测,可实现破损点快速定位,满足现场检测实践性需求。

3.2 密间隔电位测量

密间隔电位测量以管道阴极保护系统与防腐层协同作用状态为重点,通过测量管道对地电位评估防腐层完整性与阴极保护效果。借助参比电极、电位测量仪、数据记录装置进行检测,选用稳定性强的铜/硫酸铜电极作为参比电极,以此确保电位测量精度。检测过程中将参比电极置于管道正上方地面,与土壤充分接触,沿管道走向按固定间距逐点测量管道对地电位,结合管道敷设密度与检测精度要求确定设置间距,保持相邻测量点间距一致,确保数据具有可比性。

测量过程对每个测量点电位数值进行记录,根据各测量点电位数值绘制管道对地电位分布曲线,曲线中电位异常偏移点即为防腐层疑似破损点。在管道阴极保护系统正常运行状态下进行测量,避免系统停机或参数调整对测量结果产生影响,在不同时段进行重复测量,排除环境因素产生的瞬时干扰^[5]。测量完成后将不同时段电位数据进行对比,对电位变化规律进行分析,确认防腐层破损点位置,密间隔电位测量可同步评估防腐层完整性与阴极保护效果,为管道防腐系统维护提供技术依据,展现出检测综合性、实用性。

3.3 电磁感应探测

基于电磁感应原理开展电磁感应探测,通过发射与接收电磁信号检测防腐层状态,无需与管道直接接触,适用于无法开挖或管道难以直接连接的检测场景。检测设备主要组成部分包括电磁信号发射器、接收器与数据处理单元,发射器可产生特定频率电磁信号,通过地面耦合至地下管道,管道金属材质会感应生成涡流,接收器捕捉涡流形成的二次电磁信号。

防腐层完整状态下,管道表面涡流分布均匀,二次电磁信号强度与频率保持稳定;防腐层存在破损、开裂或剥离时,破损区域管道涡流传导受阻,二次电磁信号会出现强度衰减或频率偏移,接收器将异常信号传输至数据处理单元,经分析处理后生成检测曲线。检测时保持发射器与接收器固定间距,沿管道走向同步移动,确保电磁信号有效耦合与接收,移动过程中保持设备姿态稳定,避免倾斜或晃动导致信号接收偏差。检测曲线中信号异常衰减或偏移部位对应防腐层缺陷区域,通过对异常信号特征可区分缺陷类型进行分析,通过信号波形识别破损与剥离缺陷引发的信号变化存在的差异。

4 结束语

本文系统对城镇燃气埋地钢质管道外防腐层检测进行研究,明确防腐层核心特性,细化检测要点,规范主流检测方法实操逻辑,形成完整技术指引。构建协同检测体系,可提升缺陷识别与性能评估质量,为防腐维护提供依据,降低腐蚀风险。未来在开展相关研究过程中,可结合土壤环境与服役年限,优化检测参数,拓展非开挖技术应用,持续完善检测体系,进一步提升管道安全运维水平。

参考文献

- [1]王峥,卢俊文,周璐璐,等.城镇燃气管道腐蚀检测案例分析[J].管道技术与设备,2023(2):51-54.
- [2]张莹莹,胡晓珊,柴佳丽,等.城镇燃气管道腐蚀检测技术研究进展[J].管道技术与设备,2024(6):20-24,30.
- [3]唐国平,陈玉宝,陈培宁,等.城镇燃气管道腐蚀检测与防护研究[J].管道技术与设备,2021(3):27-30.
- [4]李想,李真,华剑英,等.某小区燃气管道腐蚀原因检测分析[J].设备管理与维修,2023(14):113-114.
- [5]叶至灵,韩赞东.燃气管道腐蚀缺陷电磁超声检测方法[J].仪表技术与传感器,2020(8):100-103.