

# 城市道路下方热力管道泄漏检测技术应用现状与改进路径

王 琼

咸阳新兴分布式能源有限公司 陕西 咸阳 713100

**【摘要】**：城市道路下方热力管道是保障居民冬季采暖、维持城市正常运转的核心基础设施，其泄漏问题易引发能源浪费、道路塌陷、安全事故等连锁风险。本文系统梳理了当前城市道路下方热力管道泄漏检测的主流技术，包括传统人工检测技术与现代智能检测技术的应用现状、技术优势及局限性；深入剖析了检测工作中存在的技术适配性不足、环境干扰显著、数据处理低效、管理体系不完善等核心问题；结合行业技术发展趋势，从技术融合创新、智能化升级、管理机制优化、人才队伍建设四个维度提出针对性改进路径，为提升城市热力管道泄漏检测效率与精准度、推动热力管网运维精细化发展提供参考。

**【关键词】**：城市道路；热力管道；泄漏检测；应用现状；改进路径

DOI:10.12417/2811-0528.26.05.049

## 1 城市道路下方热力管道泄漏检测技术应用现状

### 1.1 传统泄漏检测技术应用情况

传统检测技术以人工经验为核心，辅以基础检测工具，具有操作简便、成本较低的特点，目前仍在中小城市及老旧管网检测中广泛应用。

### 1.2 人工巡检法

通过运维人员沿管线巡检，结合听、看、摸等方式判断泄漏情况。例如，在冬季可通过观察路面是否存在异常融雪、冒气现象定位泄漏点；利用听漏棒或简易声学设备捕捉管道泄漏产生的声波信号。该方法适用于短距离、浅埋深管线检测，但检测效率极低，受人员经验、环境噪音（如交通噪音）影响显著，难以精准定位深埋管道及微小泄漏点。

### 1.3 压力测试法

通过关闭管线两端阀门，对管道进行分级增压，监测压力变化情况判断是否存在泄漏。若压力下降速率超过设定阈值，则表明管道存在泄漏。该方法操作规范，依据 GB/T19818-2015《钢制管道外腐蚀直接测量方法》等标准执行，适用于新建管道验收及分段泄漏排查。但该方法需中断供热，影响居民正常采暖，且无法精准定位泄漏点位置，仅能确定泄漏区间。

### 1.4 染料示踪法

向管道内注入有色染料或荧光剂，通过观察路面、检查井是否出现有色渗出物定位泄漏点。该方法直观性强，但仅适用于管道破损严重的显性泄漏，对微小泄漏灵敏度低，且染料可能污染土壤和地下水，环保性较差。

## 2 当前泄漏检测技术应用存在的核心问题

### 2.1 技术适配性不足，复杂环境应对能力弱

城市道路下方环境复杂，管线埋深不一（0.5m-3m）、土壤类型多样（黏性土、砂质土、回填土），且存在大量其他管线（燃气、给排水、电力）交错分布。现有检测技术多针对单一工况设计，难以适应复杂环境需求：红外热成像技术受季节、路面覆盖物影响；声学检测受交通噪音、土壤介质干扰；电磁感应技术对非金属管道适配性差。对于深埋、微小泄漏及老旧管网的泄漏检测，现有技术仍存在明显短板，易出现漏检、误检问题。

### 2.2 数据处理效率低，智能化水平有待提升

现代智能检测技术可产生海量传感数据，但目前数据处理多依赖人工判读，效率低下且易出现人为误差。尽管部分检测设备集成了基础数据处理算法，但缺乏基于人工智能（AI）、机器学习的智能分析模型，无法实现泄漏信号的自动识别、分类与预警。同时，各检测技术数据格式不统一，缺乏标准化的数据接口，难以实现多源数据的协同分析，形成“数据孤岛”现象。

### 2.3 管理体系不完善，全生命周期监管缺失

我国尚未形成统一的热力管道泄漏检测标准体系，不同地区、不同企业采用的检测技术、设备参数、判定标准存在差异，导致检测结果缺乏可比性。部分城市未建立完善的管网信息数据库，管线材质、埋深、敷设时间等基础信息缺失，给检测方案制定带来困难。此外，检测工作多以定期普查为主，缺乏实时在线监测与全生命周期管理机制，难以实现泄漏故障的提前预警与快速处置。

## 2.4 检测成本较高，技术推广难度大

分布式光纤传感、多源数据融合等先进检测技术的设备采购、安装与维护成本极高，单公里检测成本可达数万元，远超中小城市及县域地区的运维预算。传统检测技术虽成本较低，但效率与精度不足，难以满足大规模管网检测需求。第三方检测机构发展滞后，部分企业缺乏专业检测能力，进一步制约了先进检测技术的推广应用。

## 3 城市道路下方热力管道泄漏检测技术改进路径

### 3.1 推动技术融合创新，提升复杂环境适配能力

整合红外热成像、声学传感、电磁感应、光纤传感等技术，开发小型化、便携式智能检测设备。针对城市道路环境特点，优化传感器探头设计，提升设备抗干扰能力，例如采用抗噪声声学传感器、穿透式红外镜头，解决交通噪音、路面覆盖物干扰问题。针对 PE-RTII 型等非金属热力管道，研发基于微波雷达、激光测距的专用检测技术，结合氦气质谱示踪法，实现非金属管道微小泄漏的精准定位。依托云计算、大数据技术，整合管线基础信息、检测数据、运维记录，构建热力管道数字孪生系统。通过 ANSYS Mechanical APDL 有限元计算模块、PipeFlowExpert 水力仿真软件，模拟管道运行状态，预测泄漏风险，为检测方案制定提供科学依据。

### 3.2 加速智能化升级，提升数据处理与分析效率

引入机器学习、深度学习算法，构建泄漏信号识别模型。通过海量历史检测数据训练模型，实现泄漏信号与干扰信号的自动区分，提升检测结果的准确性与效率。例如，基于卷积神经网络（CNN）的红外热成像图像分析模型，可自动识别温度异常区域，定位泄漏点位置。参照北京市地下管线三维智慧管理平台建设经验，构建全国统一的热力管道检测数据共享平台。制定数据采集、格式、传输的行业标准，实现不同检测技术、不同企业数据的互联互通。整合物联网技术，实现检测数据的实时上传与远程监控，为运维人员提供实时预警信息。

## 参考文献：

- [1] 孙少杰,乔磊,李勇,等.供热管道泄漏声源特性仿真及实验[J].机电工程技术,2023,52(07):111-114.
- [2] 李广智.FBG 增敏结构及其在管道泄漏检测中的应用研究[D].天津大学,2022.

### 3.3 完善管理机制，构建全生命周期监管体系

结合国内外标准，制定针对城市道路下方热力管道泄漏检测的专项标准，明确不同管材、埋深、工况下的检测技术选型、设备参数、操作流程及结果判定标准，规范检测行为。开展城市热力管网全面普查，完善管线材质、埋深、敷设时间、维修记录等基础信息数据库。依托移动 GIS 技术，实现管网信息的动态更新与可视化管理，为检测工作提供精准的基础数据支撑。鼓励专业第三方检测机构发展，通过市场化竞争降低检测成本，提升检测服务质量。建立第三方检测机构资质认证与考核机制，确保检测结果的客观性与公正性。

### 3.4 加强人才培养，提升技术应用水平

高校与企业开展产学研合作，设立热力管道检测相关专业方向，培养具备传感技术、数据处理、管网运维等综合能力的专业人才。定期组织运维人员开展技术培训，重点提升智能检测设备操作、数据解读与故障处置能力。举办行业技术研讨会，推广北京、上海等城市的先进检测技术与管理经验。引入国际先进检测技术与设备，结合我国城市管网特点进行本土化改造，提升技术应用的针对性与有效性。

## 4 结论

城市道路下方热力管道泄漏检测技术已从传统人工检测逐步向现代智能检测转型，红外热成像、声学传感、电磁感应等技术在运维中得到广泛应用，但仍面临复杂环境适配性不足、数据处理效率低、管理体系不完善、成本较高等问题。未来需通过技术融合创新、智能化升级、管理机制优化、人才队伍建设四大路径，推动泄漏检测技术向精准化、高效化、智能化方向发展。通过构建多模态融合检测设备、智能数据处理平台与全生命周期监管体系，可有效提升热力管道泄漏检测效率与精度，降低泄漏故障发生率，为城市热力管网安全稳定运行提供有力保障，助力城市精细化治理水平提升。