

城镇燃气管道安全隐患排查与治理研究

陈 磊 (山东港华燃气集团有限公司, 山东 济南 250000)

摘要: 燃气管道在居民日常生活及工业生产中发挥着十分重要的作用, 但受历史建设标准差异、部分管道超设计年限服役、第三方施工破坏频发及运营管理疏漏等多方面因素的影响, 燃气管道泄漏、爆炸等安全事故仍时有发生, 严重威胁着城市公共安全与民生福祉。当前行业内隐患排查存在技术适配性不足、风险分级不精准等问题, 治理工作亦存在“重应急处置、轻源头防控”的碎片化现象。基于此, 本文围绕城镇燃气管道安全隐患的类型与成因展开分析, 并构建科学的排查评估体系, 提出具体的治理策略, 以期为提升燃气管道安全管控水平提供理论支撑与实践路径, 助力城市基础设施安全韧性建设。

关键词: 城镇燃气管道; 安全隐患; 排查; 治理

中图分类号: TU996

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2025) 030-0142-03

Research on Safety Hazard Investigation and Management of Urban Gas Pipelines

Chen Lei (Shandong Ganghua Gas Group Co., LTD., Jinan Shandong 250000, China)

Abstract: Gas pipelines play a very important role in residents' daily lives and industrial production. However, due to the influence of multiple factors such as differences in historical construction standards, some pipelines being in service beyond their design life, frequent damage caused by third-party construction, and negligence in operation and management, gas pipeline leakage, explosion and other safety accidents still occur from time to time, seriously threatening urban public safety and people's well-being. At present, there are problems such as insufficient technical adaptability and inaccurate risk classification in the industry for hidden danger investigation. The governance work also shows a fragmented phenomenon of "emphasizing emergency response but neglecting source prevention and control". Based on this, this paper analyzes the types and causes of potential safety hazards in urban gas pipelines, builds a scientific investigation and assessment system, and proposes specific governance strategies, with the aim of providing theoretical support and practical paths for improving the safety control level of gas pipelines and contributing to the construction of safe and resilient urban infrastructure.

Key words: Urban gas pipeline "Safety hazard;" "Investigation; Governance"

1 城镇燃气管道常见的安全隐患及原因分析

城镇燃气管道常见的安全隐患包括以下四种类型: 第一种是管道本体隐患, 此类隐患多是因为材质缺陷(如早期敷设的灰口铸铁管脆性高、焊缝质量不达标)、超年限服役及防腐层破损所造成的。第二种是第三方破坏隐患, 据相关统计, 此类事故主要为市政施工挖断管道、违规建筑占压管网及车辆撞击架空管道, 通常是由于部门间信息壁垒(施工前未获取准确管网图纸)、警示标识不足或违法成本低引发^[1]。第三种属环境关联隐患, 主要包括土壤电化学腐蚀、地质沉降导致管道变形断裂, 以及极端天气(高温使PE管软化、低温致接口开裂), 一般与城市土壤污染加剧、地质条件变化及气候异常直接相关。第四种为管理运营隐患, 如巡检频次不足、台账缺失及人员操作不规范, 多源于企业安全管理制度不健全、培训体系不完善, 未能形成闭环管控。

2 城镇燃气管道安全隐患排查体系的构建

2.1 排查内容

城镇燃气管道安全隐患的排查往往涉及管道本体、附属设施及周边环境三个方面。

首先, 管道本体是安全隐患排查的重中之重, 工作人员需重点关注管道是否存在材质老化(如铸铁管脆化、钢管腐蚀)、焊缝缺陷(如裂纹、未熔合)、壁厚减薄(通过超声波测厚仪检测)及变形位移(如地质沉降导致的管道弯曲)问题。例如, 老旧管网中服役超20年的铸铁管经常会因接口橡胶圈老化易发生燃气泄漏, 需列为高风险项。

其次, 附属设施排查项目主要包括阀门、调压器、补偿器等关键部件。重点检查阀门的启闭灵活性及密封性, 避免因内漏导致燃气积聚; 验证调压器出口压力的稳定性, 防止超压引发事故; 并评估补偿器的补偿量是否充足, 避免因热胀冷缩导致管道拉裂。此外, 还需验证阴极保护装置(牺牲阳极或外加电流)的有效性, 失效的阴极保护会加速管道外腐蚀。

此外, 周边环境排查工作的重点是检查管道是否存在第三方破坏风险(如施工占压、重型车辆碾压)、地质灾害隐患(如滑坡、泥石流)及安全间距不足问题(如管道与建筑物、电力线间距不符合规范)。例如, 某市因管道上方违规搭建菜市场, 导致地基沉降引发管道断裂, 此类占压行为需通过定期巡查与卫星遥感

监测结合的方式及时处置。

2.2 排查技术方法

以往传统的城镇燃气管道安全隐患排查方法多依赖于人工巡检与基础仪器检测。巡检人员通过“听、闻、看、测”四步法初步判断泄漏（如肥皂水涂刷检测接口漏气、可燃气体报警仪定点监测），但依赖经验且效率低。压力试验（如强度试验、严密性试验）可验证管道承压能力，但需停气施工，适用于新建管道验收。防腐层检测则通过电火花检漏仪扫描管道表面，定位破损点，但无法评估防腐层下腐蚀程度^[2]。

随着科学技术的不断进步，现如今引入了更为先进的智能排查技术。例如，管道内检测技术（如智能PIG清管器）搭载超声波、电磁超声传感器，可以实时获取管道壁厚、腐蚀坑尺寸等数据，精度达毫米级；激光甲烷遥测仪通过红外光谱分析，可在不接触管道的情况下快速识别泄漏点，检测范围达50m；GIS+IoT系统将管道位置、检测数据、风险等级可视化，结合大数据分析可预测高风险区域，实现动态预警。例如，深圳市采用智能传感器网络，将燃气泄漏报警响应时间从30min缩短至3min。

2.3 排查流程

排查流程需遵循“计划-执行-分析-整改-闭环”的PDCA循环，如表1所示。

①计划阶段。制定分级排查方案，明确高风险区（如人口密集区、老旧管网）排查周期为每月1次，中低风险区每季度1次；同时编制检查表，细化管道本体、附属设施、环境风险的检查项及判定标准；

②执行阶段。巡检人员按路线图完成基础检查，

智能设备对重点段（如阀门井、穿越段）进行深度检测，数据实时上传至管理平台。例如，杭州市通过无人机搭载激光甲烷传感器，完成对架空管道的快速巡检^[3]；

③分析阶段。多维度评估检测数据，对管道腐蚀速率、泄漏浓度等定量指标，采用风险矩阵法划分高、中、低风险等级；对占压、施工破坏等定性风险，结合历史事故案例进行类比分析；

④整改阶段。落实“五定”原则（定责任人、定措施、定资金、定时限、定预案），重大隐患应立即停气整改，一般隐患限期修复，并留存整改前后对比照片及验收报告；

⑤闭环阶段。复查验证整改效果，更新管道健康档案，并将典型隐患纳入企业培训案例库，形成“排查-治理-预防”的良性循环。例如，上海市建立燃气管道“一图一码”管理系统，实现隐患全生命周期追溯。

3 城镇燃气管道安全隐患治理策略

3.1 技术治理措施

3.1.1 管道修复与更新技术

非开挖修复技术与新材料应用是针对城镇燃气管道老化、腐蚀及破损问题的主要治理手段。非开挖修复技术可在不破坏地面和交通的前提下对管道进行结构性修复，尤其适用于穿越道路、河流等复杂地段的管道。例如，CIPP技术通过在旧管内衬浸渍树脂的软管，经加热固化后形成新管，可延长管道使用寿命30年以上，且施工周期短、成本低。与此同时，聚乙烯（PE）管因其耐腐蚀、抗冲击、使用寿命长等优势，逐步替代传统铸铁管和钢管，成为老旧管网改造的首选材料。

表1 燃气管道隐患排查PDCA闭环管理流程表

阶段	主要内容	执行方式 / 标准
计划	按风险等级区分排查频率；明确检查项和判定标准。	高风险区（如人口密集区、老旧管网）：每月1次 中低风险区：每季度1次 检查表涵盖：管道本体、附属设施、环境风险
执行	人员按图巡检 智能设备检测 数据实时上传	巡检人员按预定路线图作业； 智能设备检测重点段：阀门井、穿越段等； 数据实时上传至管理平台。
分析	多维度评估数据，划分风险等级	定量指标：采用风险矩阵法，划分为高、中、低风险； 定性风险：结合历史事故案例进行类比分析。
整改 / 处理	落实“五定”原则	定责任人、定措施、定资金、定时限、定预案；重大隐患：立即停气整改； 一般隐患：限期修复；留存整改前后照片及验收报告。
闭环 / 处理	复查验证，知识管理，预防循环	复查验证整改效果；更新管道健康档案；将典型隐患纳入企业培训案例库； 形成“排查-治理-预防”良性循环。

此外,纳米涂层技术可增强管道防腐性能,减少阴极保护系统的维护频率;智能复合材料管道则集成传感器功能,可实时监测管道应力、温度等参数,实现主动防御。当然,具体选用哪种技术还需结合管道材质、损伤程度及环境条件,像局部腐蚀穿孔的钢管可采用不锈钢快速锁套进行快速封堵,避免大面积开挖。

3.1.2 智能化监控系统部署

燃气管道安全隐患治理过程中可引入现代智能化监控系统,但需兼顾覆盖范围与成本,优先在人口密集区、高风险管段试点,逐步推广至全域。该系统中的数据采集与监视控制系统基于远程终端单元(RTU)可以实时采集管道压力、流量、温度等数据,并结合阈值报警和趋势分析提前发现泄漏、超压等异常工况。例如,某市燃气公司通过SCADA系统将泄漏定位精度从500m缩短至50m,有效缩短了应急响应时间。同时,智能传感器网络则进一步扩展监测维度,激光甲烷传感器可检测微量泄漏(浓度低至0.1ppm),光纤振动传感器可识别第三方施工破坏行为,地磁传感器可监测管道位移^[4]。物联网技术将分散的传感器数据汇聚至云平台,通过机器学习算法构建风险预测模型,实现“被动抢险”向“主动预防”转变。此外,数字孪生技术可虚拟映射管道运行状态,模拟不同工况下的风险演化,为治理决策提供科学依据。

3.2 管理治理措施

3.2.1 完善法规标准体系

为了更好地保障城镇燃气管道的安全运行,还需进一步细化现行的法规标准。首先,修订《城镇燃气管理条例》,明确管道设计、施工、验收、运维等全生命周期的安全要求,例如规定新建管道必须采用智能传感器进行泄漏监测,强制老旧管网每10年进行完整性评估。其次,制定专项技术标准,如《燃气管道非开挖修复技术规范》《智能监控系统数据接口标准》,统一检测方法、材料性能、系统兼容性等指标,避免因标准不一导致治理效果参差不齐。此外,建立法规动态更新机制,及时纳入新技术(如氢能管道安全要求)、新风险(如极端气候对管道的影响),确保法规的时效性和前瞻性。

3.2.2 强化企业主体责任与政府监管职能

一方面,燃气企业应从“被动应付”转向“主动管理”,建立全员安全生产责任制,明确从管理层到一线员工的安全职责,要求巡检人员每日上传管道周边施工照片至监管平台;同时,加大安全投入,按管道资产比例提取维修基金,专项用于智能监控系统建设、老旧管网改造等。

另一方面,政府监管则需从“事后追责”转向“事

前预防”,通过“双随机、一公开”检查、第三方安全评估等方式,督促企业落实主体责任^[5]。例如,某省住建厅开发“燃气安全监管APP”,实时查看企业巡检记录、隐患整改情况,对连续3次未达标的企业暂停运营资质。此外,建立跨部门协同机制,住建、应急、市场监管等部门联合开展专项整治,避免监管盲区。

3.2.3 建立隐患排查治理长效机制

燃气管道安全隐患的常态化排查需制定分级分类标准,如,对高风险管段(如穿越地铁、化工厂的管道)实行“月检+专项检”,中低风险管段实行“季检+抽查”,并利用无人机、机器人等辅助人工巡检。闭环化治理要求隐患整改“五落实”(责任、措施、资金、时限、预案),例如对重大隐患实行“挂牌督办”,整改完成后由第三方机构验收并公示。除此之外,社会化共治则需调动公众参与积极性,基于有奖举报、安全宣传进社区等方式鼓励居民举报管道占压、泄漏等行为,形成“企业自查、政府督查、公众监督”的共治格局。

4 结束语

总而言之,加强城镇燃气管道安全隐患排查与治理能够更好地保障城市公共安全、推动能源基础设施高质量发展。本研究系统提出了非开挖修复、智能监控等技术创新路径,以及法规完善、责任强化、长效机制等管理优化策略。未来还需持续融合数字孪生、AI预警等前沿技术,深化政企社协同共治,实现燃气管道安全从“被动应对”向“主动防控”的跨越式升级,为城市韧性建设提供坚实保障。

参考文献:

- [1] 王善宝,程新求.城镇燃气管道“带病运行”安全隐患排查与治理研究[J].现代职业安全,2024(11):38-40.
- [2] 丁小勇.城镇燃气管道安全管理研究[J].建材与装饰,2021,17(13):200-201.
- [3] 王凡,毕逢东,贺永利,薛庆.城镇燃气管道隐患评估.煤气与热力,2024,44(5):44-46.
- [4] 田云祥,冯章柯,谢明碧.(2024).城镇燃气管道泄漏智能化分级管理[J].煤气与热力,2024,44(12):82-84.
- [5] 刘爱华,周欣莹,许赐聪,卢心儿,梁晓晴.城镇燃气管道小孔泄漏流量系数的定量研究[J].安全与环境学报,2024(5):1701-1709.

作者简介:

陈磊(1989-),男,汉族,山东济南人,本科,工程师,研究方向:燃气管道安全。