

老旧小区燃气管网安全隐患及管控措施研究

李美莹

西安思源学院, 陕西西安, 710038;

摘要: 随着城市化进程的推进, 城市老旧小区燃气管网安全问题日益凸显。本文深入剖析城市老旧小区燃气安全隐患特征, 涵盖管道老化、设施陈旧及安全管理缺失等多方面, 在此基础上, 总结出关键安全风险因素, 并相应提出具体的管控策略, 将燃气管网无损检测作为核心技术手段, 辅以物联网实时监测、加强用户安全教育、完善安全管理制度及推动多方协同共治等措施, 旨在为提升城市老旧小区燃气安全水平提供理论参考, 保障居民生命财产安全与城市稳定运行。

关键词: 城镇老旧小区; 燃气管网; 安全隐患; 管控措施

DOI: 10.64216/3104-9664.25.03.047

城市老旧小区作为城市发展的重要见证, 承载着大量居民的生活。然而, 受建设年代久远、规划标准滞后、维护管理不足等因素影响, 老旧小区燃气管网系统存在诸多安全隐患, 其中老旧管网故障导致的安全事故占比达到62%, 因管网腐蚀造成的事故增加了8%, 因第三方施工破坏导致的停气事件已超过300起。随着城镇化快速发展, 老旧管网周边环境日趋复杂, 建筑密度集中、施工频繁、土壤腐蚀加剧及杂散电流干扰等因素, 导致管材易受损, 安全风险系数显著提升^[1], 仅依靠传统巡查及被动检修难以保障安全运行, 因此, 深入研究城镇老旧小区燃气管网安全隐患并制定有效管控策略, 成为当前燃气安全领域亟待解决的重要问题。

1 城镇老旧小区燃气管道隐患问题

1.1 管道老化与腐蚀问题突出

城镇老旧小区燃气管网多建设于20世纪80-90年代, 部分管道使用年限超30年, 远超设计使用寿命。早期管道以镀锌钢管、铸铁管为主, 抗腐蚀性能较弱, 长期埋地敷设受土壤湿度、酸碱度、杂散电流影响, 内壁易积锈垢, 外壁易出现腐蚀穿孔。数据显示, 老旧小区埋地燃气管道腐蚀破损率年均增长3.2%, 部分区域管道壁厚缩减量超设计标准40%, 极易引发燃气泄漏, 同时, 管道接口密封材料老化失效, 进一步加剧泄漏风险, 成为燃气安全事故主要诱因之一^[2]。

1.2 燃气设施陈旧落后

老旧小区燃气配套设施普遍存在技术标准低、设备老化严重的问题。燃气表、调压器、阀门等关键设备多为早期产品, 缺乏现代安全防护功能, 部分运行年限超20年, 部件磨损、密封性能下降问题突出^[3]。例如, 传统机械燃气表计量精度下降, 无法及时发现微小泄漏;

调压器稳压性能不足, 易出现超压供气或供气中断; 室内燃气软管老化龟裂、长度超标现象普遍, 部分使用年限超5年未按规定更换。此外, 部分小区缺乏燃气泄漏报警装置、紧急切断阀等安全设施, 一旦发生泄漏, 难以快速响应处置, 扩大事故风险。

1.3 安全管理存在诸多漏洞

老旧小区燃气安全管理体系不完善, 存在责任落实不到位、监管机制不健全等问题。部分小区物业未履行燃气安全管理主体责任, 未建立常态化安全巡查制度, 对管道锈蚀、设施损坏等隐患发现不及时、处置不彻底; 燃气企业安全巡检存在盲区, 受小区地形复杂、居民配合度低等因素影响, 巡检频次不足、覆盖不全, 难以全面掌握管网运行状况^[4-5]。此外, 应急管理机制不完善, 缺乏针对性应急预案和应急演练, 居民应急处置能力薄弱, 一旦发生安全事故, 易因处置不当导致事态扩大。

2 城镇老旧小区燃气管道安全风险因素

2.1 管道腐蚀风险

管道腐蚀是老旧小区燃气管网最主要安全风险之一, 受多种因素综合影响。土壤腐蚀是核心诱因, 不同区域土壤pH值、含水率、含盐量存在差异, 酸碱较强的土壤会加速管道金属基体电化学腐蚀, 形成点蚀、溃疡状腐蚀缺陷。土壤中杂散电流也是重要腐蚀因素, 城市电力、通信管线密集敷设使杂散电流易通过土壤传导至燃气管道, 造成电解腐蚀, 导致管道局部壁厚快速减薄。此外, 管道防腐层老化破损会加剧腐蚀风险, 早期沥青、聚乙烯防腐层长期使用后易开裂、剥离, 失去防护作用, 使管道直接暴露于腐蚀环境^[6]。管道腐蚀初期具有隐蔽性, 难以肉眼发现, 腐蚀至一定程度会导致管道穿孔泄漏, 引发爆炸、火灾等严重事故, 威胁居民生

命财产安全。

2.2 管道老化风险

管道老化风险源于管材自身性能衰减与外部环境长期作用。老旧小区燃气管网多采用传统铸铁管、镀锌钢管，机械性能随使用年限增长逐渐下降，脆性增加、韧性降低，抗外力冲击能力减弱^[7]。长期运行中，管道受土壤沉降、地面荷载、温度变化等因素影响，易产生疲劳裂纹和变形。土壤不均匀沉降导致管道承受纵向拉力和横向剪切力，造成接口松动、管材开裂；地面车辆碾压、建筑物施工等外部荷载直接作用于埋地管道，引发凹陷、断裂；温度变化产生的热胀冷缩使管道应力集中，加速老化。此外，早期管道施工工艺落后，接口密封技术不成熟，老化加剧后密封性能进一步下降，易出现燃气泄漏。管道老化风险具有累积性和突发性，一旦超过承载极限，会无明显征兆发生故障，给安全管控带来极大挑战。

2.3 第三方破坏风险

第三方破坏已成为影响老旧小区燃气管网安全运行的重要风险因素。随着城市更新改造、小区环境整治工程增多，老旧小区及周边施工活动日益频繁，部分施工单位缺乏燃气管道保护意识，未提前与燃气企业沟通确认管道位置，盲目施工易导致机械挖掘破坏管道^[8]。少数施工单位违规使用大型机械在管道保护区内作业，挖掘、碾压等行为直接造成管道断裂、接口脱落，引发燃气泄漏。此外，居民私自改造房屋、装修施工时，违规挪动、包裹燃气管道及设施，也会对管网造成潜在破坏。第三方破坏具有偶然性和严重性，一旦发生，往往导致燃气大量泄漏，遇火源极易引发爆炸事故，同时造成大面积停气，影响居民正常生活和城市公共秩序。

3 城镇老旧小区燃气隐患管控策略

城镇老旧小区燃气管网安全隐患管控，需坚持“预防为主、防治结合、综合治理”原则，整合技术、管理、社会资源，多环节消除隐患，全面提升安全运行水平。

3.1 物联网实时监测技术

物联网实时监测技术为老旧小区燃气管网安全管控提供智能化解决方案，通过构建“感知-传输-分析-预警”全链条监测体系，实现隐患早发现、早预警、早处置。在埋地管道关键节点、阀门井、居民室内安装燃气泄漏传感器、压力传感器、温度传感器等终端设备，实时采集燃气浓度、管网压力、环境温度等数据。传感器终端采用低功耗、抗干扰设计，适应老旧小区复杂运行环境，确保数据采集准确连续^[9]。平台运用大数据、人工智能算法分析处理数据，建立管网运行状态模型，

识别异常数据特征。当监测到燃气泄漏浓度超标、管网压力异常波动等情况时，平台自动触发预警机制，通过短信、APP推送、声光报警等方式通知燃气企业、物业和居民，结合GIS地理信息系统精准定位隐患位置，为快速处置提供技术支持。该技术突破传统人工巡检局限性，实现24小时不间断监测，大幅提升隐患发现的及时性和准确性。但该技术存在明显短板：传感器部署依赖老旧小区现有基础设施，部分缺乏规范布线条件的区域易出现信号盲区；设备维护成本较高，长期运行中传感器校准、电池更换需专业人员操作，增加后期运维负担；且复杂电磁环境或恶劣天气可能干扰数据传输，偶发误报、漏报问题影响管控效率，整体适配老旧小区低成本运维需求的能力有待提升。

3.2 管道无损检测技术

管道无损检测技术是排查老旧燃气管网隐蔽隐患的关键手段，无需破坏管道结构即可精准检测内部缺陷、腐蚀状况，为管网维修改造提供科学依据。化学嗅探技术通过检测燃气泄漏特征气体排查隐患，采用高灵敏度气体传感器，可快速识别甲烷、乙烷等成分，即使微小泄漏也能准确捕捉，检测人员可携带便携式设备逐点检测或用无人机大范围巡查，提升效率。但其易受气流、天气及建筑遮挡影响，低浓度缓慢泄漏响应慢，传感器量程与设备续航限制需密集巡检，影响检测连续性。

针对埋地管道，地下燃气探测仪可通过分析土壤燃气浓度定位泄漏点，声波检测技术则利用泄漏产生的特定频率声波判断泄漏情况，该技术不受土壤、材质影响，检测深度深、范围广，能有效发现隐蔽泄漏点。但声波检测易受交通、施工等环境噪声干扰，对低压力微小泄漏识别薄弱，且检测结果依赖人员经验，易出现主观偏差。

分布式光纤传感技术基于光散射原理实现管道全程实时监测，传感光纤敷设于管道表面或附近，通过分析光信号变化精准定位缺陷。其检测距离长、响应快、抗干扰强，适用于长距离、复杂地形老旧管网^[10]。但该技术初始投入高，传感光纤与解调设备成本高，适配资金有限的改造项目能力不足；施工要求严苛，在复杂管网布局中易对现有管道造成二次扰动；后期维护难度大，光纤破损修复复杂，易受鼠害、地质沉降影响导致监测中断。

3.3 加强用户安全教育与宣传

用户安全意识不足是燃气安全事故重要诱因，需强化针对性教育宣传，提升居民安全使用与应急处置能力。燃气企业应联合社区、物业构建多元化宣传体系，定期开展线下宣传活动：在小区公告栏、电梯间张贴海报，

发放宣传手册与安全倡议书,普及管道保护、器具正确使用、软管更换周期等基础知识;借助小区微信群、公众号等线上平台,常态化推送安全视频、事故案例、应急指南。定期组织安全知识讲座与应急演练,邀请专业人员讲解燃气泄漏检测、阀门关闭、灭火器使用等实用技能,通过模拟泄漏、火灾场景提升居民应急反应能力。

3.4 完善安全管理制度与规范

完善的安全管理制度是老旧小区燃气管网安全运行的核心保障,需明确各方责任、规范管理流程,构建闭环管理体系。首先,建立燃气企业、物业、居民三方联动责任机制,明确燃气企业承担管网维护、检测、抢修主体责任,物业履行日常巡查、隐患上报职责,居民承担设备正确使用、配合安全检查义务,签订责任协议确保落实到人。其次,健全安全巡检制度,燃气企业根据管网老化程度、隐患分布制定个性化计划,增加重点区域巡检频次,巡检人员严格按规程记录状况,建立隐患台账实行“发现-上报-处置-销号”闭环管理。

4 结论

当前,老旧小区燃气管网面临管道老化、设施陈旧、安全管理缺失等多重隐患,腐蚀、老化、第三方破坏等风险交织,给安全管控带来巨大挑战。构建全方位安全管控体系需多手段协同,而管道无损检测技术的创新应用占据核心地位,具有不可替代的关键价值。

该技术通过化学嗅探、声波检测与分布式光纤传感技术协同,突破传统检测的时空限制和隐蔽性难题,实现从“被动抢修”向“主动预防”转型,为隐患排查提供精准化、高效化、全覆盖支撑。但该技术存在应用短板:化学嗅探易受气流、天气影响,声波检测对低压力泄漏识别薄弱且受环境噪声干扰,分布式光纤传感初始投入与施工维护成本较高,单一技术存在适配局限,需多技术协同互补。未来,需针对性突破环境干扰、成本控制等难题,结合完善管理制度与用户教育,推动检测技术与管理模式深度融合。

燃气安全管控是长期系统工程,需持续投入资源优化该技术,强化其与物联网实时监测等技术的协同效能,充分发挥优势、弥补不足,方能适应城市发展与居民需求,稳步提升老旧小区燃气管网安全保障水平。

参考文献

[1] 马红雅,曾建.关于燃气管网安全隐患发现及整改的简要论述[A].中国城市燃气协会安全管理委员会.2022年第五届燃气安全交流研讨会论文集(上册)[C].中国城市燃气协会安全管理委员会:中国城市燃气协会,2023:5. DOI:10.26914/c.cnkihy.2023.0

07970.

[2] 陈倩.A老旧小区燃气管网安全风险研究[D].北京交通大学,2021. DOI:10.26944/d.cnki.gbfju.2021.002747.

[3] 党磊.城镇燃气管网安全运行存在的问题及解决措施[J].价值工程,2024,43(31):97-100.

[4] 胡振勇,郭炜琦,刘腾飞,魏晓慧.老旧小区燃气改造过程中若干安全管理的探究[A].《煤气与热力》杂志社有限公司.中国燃气运营与安全研讨会(第十三届)论文集(下册)[C].《煤气与热力》杂志社有限公司:《煤气与热力》杂志社有限公司,2024:4. DOI:10.26914/c.cnkihy.2024.069813.

[5] 金达银.城市燃气管网安全运行管理研究[J].现代工程科技,2025,4(06):181-184. DOI:10.26929/j.cnki.issn.2097-1672.2025.06.046.

[6] 郝士宝.老旧小区燃气管网改造技术分析[A].中国城市燃气协会安全管理委员会.2025年燃气安全交流研讨会论文集[C].中国城市燃气协会安全管理委员会:中国城市燃气协会,2025:3. DOI:10.26914/c.cnkihy.2025.036215.

[7] 武艳秋.老旧燃气管网常见安全隐患及解决办法[J].科技资讯,2024,22(06):195-197. DOI:10.16661/j.cnki.1672-3791.2312-5042-7260.

[8] 何剑雄.城镇燃气老旧管网改造中的安全隐患与防范措施[J].工程建设与设计,2023(15):83-85. DOI:10.13616/j.cnki.gcjsysj.2023.08.023.

[9] 卢奇秀.数智化技术守护燃气管网安全[N].中国能源报,2022-10-17(008). DOI:10.28693/n.cnki.nshca.2022.002069.

[10] 徐文晶.燃气泄漏智能感知技术在城市燃气管网安全运行中的应用[A].《中国招标》期刊有限公司.新质生产力驱动第二产业发展与招标采购创新论坛——绿色智造·采购革新专题(第二册)[C].《中国招标》期刊有限公司:《中国招标》期刊有限公司,2025:5. DOI:10.26914/c.cnkihy.2025.063851.

作者简介:李美莹(1990-3),女,西安思源学院,陕西省西安市,副教授,工学硕士,2016年毕业于西安石油大学油气储运工程专业,研究方向:建筑节能技术及城镇燃气工程优化设计。

基金项目:西安市科学技术协会青年人才托举计划项目。

项目名称:“双碳”目标下老旧小区燃气管网安全风险管控措施研究;项目编号:959202413079.