第 7 卷◆第 10 期◆版本 1.0◆2026 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2737-4580(P) / 2737-4599(O)

城镇燃气管网日常运行维护技术及优化策略研究

张雍
伊州区客服站

DOI:10.32629/jpm.v7i10.9069

[摘　要] 随着国内新型城镇化建设持续推进，城镇燃气管网已成为支撑城市能源供给体系平稳运行的核心基础设施之一。近年来多地建成区管网服役年限逐步拉长，早期敷设的老旧管道占比持续提升，叠加市政施工扰动、土壤环境腐蚀、用户端违规用气等多重因素交织，传统依赖人工徒步巡检的运维模式已难以适配当前复杂的管网安全管控需求。本文梳理当前泄漏检测、腐蚀评估等常规运维技术的落地局限，从智能化监测、数据驱动调度等维度探索适配中小城镇的运维优化路径，为降低管网泄漏风险、提升燃气供应稳定性提供可落地的实践参考。

[关键词] 城镇燃气；燃气管网；运维技术；运维优化

Research on Daily Operation and Maintenance Technologies and Optimization Strategies for Urban Gas Pipeline Networks

Zhang Yong
Yizhou District Customer Service Center

[Abstract] With the continued advancement of new-type urbanization in China, urban gas pipeline networks have become one of the core infrastructure components supporting the stable operation of urban energy supply systems. In recent years, the service life of pipeline networks in built-up areas across many regions has gradually extended, and the proportion of aging pipelines installed in earlier periods has continued to rise. Coupled with multiple interacting factors—including disturbances from municipal construction, corrosion caused by the soil environment, and non-compliant gas use by end-users—the traditional operation and maintenance (O&M) model, which relies on manual, foot-based inspections, has become increasingly inadequate for meeting the current complex requirements for pipeline network safety management. This paper reviews the practical limitations of conventional O&M technologies, such as leak detection and corrosion assessment; explores pathways for O&M optimization tailored to small and medium-sized towns through the lenses of intelligent monitoring and data-driven dispatching; and provides actionable practical references for reducing pipeline network leakage risks and enhancing the stability of gas supply.

[Key words] urban gas; gas pipeline networks; O&M technologies; O&M optimization

城镇燃气管网长期处于地下复杂介质与地面动态施工的双重作用环境中，其日常运维的技术适配性直接决定城市燃气系统的安全冗余水平。本研究跳出传统“事后抢修”的运维逻辑，对现行四类主流日常运维技术的现场作业边界与效能短板展开针对性梳理，结合当前城镇燃气运营的实际管理场景，明确运维技术优化的核心发力方向，构建从状态感知、风险研判到应急调度的全链条优化路径。研究结果可为燃气运营单位升级预防性运维体系、降低管网非计划停供概率提供可直接落地的技术参考，助力城镇燃气基础设施安全韧性水平稳步提升。

1 城镇燃气管网日常运行维护技术分析

1.1 泄漏检测技术

泄漏检测是城镇燃气管网日常运维中实现风险前置拦截的核心技术环节，其核心价值在于快速锁定异常点位，为后续隐患闭环处置提供精准方位支撑，从源头降低燃气扩散引发的次生安全事故概率。该技术深度嵌入管网日常巡检全流程，是实现泄漏早识别、早研判、早处置的核心抓手。传统现场作业模式以人工徒步巡检为核心载体，运维人员手持便携式检测设备沿管线路由行进，对地表上方 10 至 20 厘米的空间范围开展逐段扫测，按固定步长采集环境中的甲烷浓度数值。当监测到浓度超出警戒阈值的异常区域时，作业人员会在可疑管段表面涂抹皂液，通过观察气泡溢出特征完成最终泄漏点位的精准核验，该模式至今仍是中小城镇燃气管网隐患排查的基础作业方式。

1.2 腐蚀评估技术

腐蚀防护状态评估是城镇燃气管网从被动抢修转向主动预防性维护的核心支撑技术，运维单位通常结合管网敷设年

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

限、沿线土壤腐蚀性等实际工况，按差异化周期开展系统性检测评估工作。该技术以埋地钢质管道的防腐层完整性与管体腐蚀程度为核心研判对象，重点针对服役年限较长、周边杂散电流干扰较强的高风险管段开展定向排查。其中防腐层破损检测通过向管道施加定向直流激励，依托毫伏计完成地表电压梯度的全域采集，作业人员沿管线路由搭载移动检测终端持续扫测，以电压突变特征作为判定防腐层破损点位的核心依据。管体腐蚀直接检测则依托阀门井或局部开挖的暴露点位，采用超声波测厚仪捕捉高频声波的回波时间差完成壁厚测算，通过网格化布点采样并与管道原始壁厚参数比对，最终实现管体腐蚀速率的量化评估。

1.3 应急维修技术

城镇燃气管网在长期带压输配过程中，受介质腐蚀、外力扰动等因素影响，突发性泄漏破损风险始终客观存在，应急维修技术是快速遏制泄漏扩散、压缩故障影响时长的核心作业手段，主要应用于隐患发现后的应急处置全流程。针对巡检或监测系统识别出的腐蚀穿孔、外力机械损伤等突发管体破损场景，该技术体系可在尽可能缩小停输范围的前提下完成快速修复，推动管网在最短时间内回归安全运行工况。其中带压堵漏作业通过定制化钢制夹具完全包覆泄漏管段，借助高压注胶设备将适配工况的硅酮或环氧树脂类密封介质注入密封腔体，阶梯式提升注胶压力直至泄漏完全终止，最终通过半小时保压测试验证密封可靠性。针对 PE 材质管网的破损场景则采用电熔修补工艺，切除受损管段后彻底刮除端口表层氧化层，将电熔套筒套入对接位置后通电升温至标定熔接温度，待自然冷却后开展打压试验核验修复效果。

1.4 清管排水技术

在城镇燃气管网全生命周期日常运维体系中，管内清洁度与干燥度管控是维持输配效能、延缓内壁腐蚀的关键环节，运维单位需按管网沿线工况特征制定周期性清管排水作业方案，保障管网输气效率长期维持在设计理想区间。该技术体系以清除管内积存的游离水分、锈蚀残渣、施工遗留杂物为核心目标，从源头规避冬季低温环境下管内积液结冰引发的冰堵停供风险，同时大幅降低管内电化学腐蚀的发生概率。其中机械清管作业依托 PIG 清管器完成，通过管网预设的发球装置将清管器送入管段，以压缩空气或洁净水体作为动力源推动设备匀速行进，作业过程中严格控制推进速率避免设备卡堵，收球后精准计量清出杂质总质量，若超出预设阈值则追加二次清管作业。针对管段低点设置的凝水缸，则采用防爆型抽吸泵完成管内积液的定量抽取与台账记录，冬季低温工况下还需向缸内加注甲醇类防冻介质后完成密封，彻底防范凝水缸内部冻胀失效。

2 城镇燃气管网日常运行维护技术优化的价值

城镇燃气管网日常运维技术的系统性优化，可从风险识别精度、隐患处置速度等维度补齐传统运维短板，既能够筑牢管网运行的安全底线，也能推动运维资源精准配置、压降无效作业成本，最终实现燃气输配全流程的稳定性升级，为城镇能源系统平稳运行提供支撑。

2.1 确保城镇燃气管网的安全运作

城镇燃气管网的安全运行直接关联公共安全底线，运维技术的迭代优化是从源头压降事故风险的核心路径。针对泄漏检测环节开展技术升级，可将传统催化燃烧式手持设备替换为激光甲烷高灵敏度遥测终端，实现非接触式远距离泄漏识别，同时配套差异化巡检机制调整，将常规管段巡检周期从月度压缩至周度，对服役年限较长的高风险管段执行每日全覆盖排查，可在燃气泄漏浓度远低于爆炸阈值的阶段完成隐患识别，通过前置性检修处置彻底规避爆燃等恶性安全事件，全面筑牢管网安全运行屏障。

2.2 显著提升管网运行维护的质效

技术体系的迭代升级是城镇燃气管网运维质量跃升的核心支点，针对性优化现有运维技术可直接推动作业效能与处置精度同步提升。以应急维修场景为例，将传统钢制带压堵漏夹具替换为高强度复合材料夹具，可在降低作业负重的同时大幅提升承压上限，在 PE 管电熔修补环节引入红外热成像全程监控，可精准管控熔接区间的温度分布，彻底避免虚焊、过熔等工艺缺陷，大幅减少返工处置时长，最终实现管网运维全流程的质效升级。

2.3 保障燃气资源供应效率及稳定

随着国内城镇燃气普及率持续提升，用户用气需求的峰谷差持续拉大，对燃气管网输配的连续性与稳定性提出了更高要求。运维技术优化可直接作用于管网输配效能提升环节，以清管排水技术升级为例，在传统 PIG 清管器上集成实时压力传感模块，可依托动态压力数据调整推进参数，从根源规避清管器卡堵引发的管段停输风险；同时依托历年管段积液量的历史台账数据，动态差异化调整清管作业频次，避免无效作业的同时保障管内流通截面始终维持在设计区间，最终实现燃气输配效率与供应稳定性的双重提升。

3 城镇燃气管网日常运行维护技术优化的实践策略

城镇燃气管网日常运维技术的系统性优化，可从五大核心路径落地推进：以物联网传感网络与本地化 AI 分析为基础完成智能监测体系搭建，依托运维全流程历史数据生成动态化科学维护计划，打通多源场景数据构建数据驱动的应急响应调度机制，依托地理信息系统完成全管网运维数据的可视化管控，最终通过轻量化 AI 模型的本地化部署实现关键节点故障的前置识别，全面构建适配城镇燃气运维场景的技术优化体系。

3.1 提升管网系统运维技术智能化水平

城镇燃气管网运维是覆盖全管段全生命周期的系统性复杂工程，智能化转型是筑牢管网安全运行防线、从源头压降事故发生概率的核心抓手，可为整体运维质量跃升夯实底层技术支撑。该路径从监测端与分析端双向协同推进：在感知层面向管网关键节点差异化布设流量、压力、温度类高精度传感终端，搭建全域覆盖的燃气专用物联网数据传输链路，实现管网运行动态参数的实时回传，完成传统人工巡检向全时段智能状态监测的转型。在数据层搭建本地运维专属数据中心，完成轻量化人工智能模型的本地化部署，依托管网历年全量监测数据完成场景化深度学习，可基于实时回传的多维度参数自动识别潜在风险点位，提前捕捉泄漏、压力失稳等异常演化趋势，自动生

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

成适配现场工况的预防性运维处置方案，为一线作业人员提供精准决策支撑。

3.2 基于科学的维护计划提升检修效率

城镇燃气管网运维技术优化的重要落地抓手，在于跳出传统经验式排期逻辑，以科学动态的维护计划体系驱动检修效率系统性提升。可搭建运维全流程信息化管理平台，所有维护计划的生成、下发、现场执行与闭环核验全流程在平台内留痕归档，依托内置的人工智能算法自动将计划预设目标与实际作业成效开展对标校验，动态输出适配不同管段工况的计划优化调整建议，推动运维计划的科学性随运维实践持续迭代。在此基础上，平台可整合历年维护计划台账、现场执行记录与故障处置全量数据构建专属运维计划大数据资源池，通过深度挖掘识别传统经验难以覆盖的优化空间，比如针对往年冬季用气高峰期沿用通用标准计划的管段，算法可基于历史故障分布特征输出巡检频次动态提升的优化方案，实现高峰时段运维资源的精准倾斜，最终推动整体检修效能显著提升。

3.3 推动应急管理响应向数据驱动转型

精准掌握燃气管网实时运行工况、系统性提升应急处置能力，是从根源压降管网安全风险、遏制恶性燃气事故的核心保障。数字经济背景下，数据要素的开发利用为燃气应急体系升级提供了全新路径，推动传统经验驱动的应急管理模式向数据驱动的智能化响应体系转型，可充分挖掘历年应急处置全流程数据的潜在价值，为复杂场景下的应急决策提供科学支撑。

在多事故并发的复杂处置场景中，比如冬季同时出现管段腐蚀泄漏与低洼管段冰堵故障时，可整合气象实况、实时交通流量、应急设备库存台账等多源异构数据构建专属应急资源调度算法模型，依托预设的安全权重规则自动完成不同类型事故的处置优先级排序，辅助运维人员在有限的人力、设备资源约束下完成精准分配，大幅提升应急响应的靶向性。同时算法可结合城市实时交通流数据与历史拥堵热力图，自动生成抢修车辆的最优通行路径，最大限度压缩抢修到场时长，全面释放数据要素在燃气应急全链条中的赋能价值。

3.4 以地理信息系统辅助完成运维工作

地理信息系统是城镇燃气管网运维数字化体系的核心空间载体，可从根本上解决传统运维模式下隐蔽管线空间信息分散、定位精度不足的痛点，全面提升运维作业的靶向性与执行效率。通过整合管网资产台账、历年运维记录、实时监测数据等多类异构信息，搭建专属燃气管网运维地理信息系统，覆盖地图端运维全流程管理、多源数据标准化入库、管网工况空间分析、事故全生命周期管理、动态数据实时更新等基础功能，进一步拓展可视化绘图管理、全链路业务流转、北斗/GPS 外勤定位跟踪等延伸模块，为管网运维提供多维度空间支撑。其中绘图管理功能可支持运维人员对管网电子地图完成无级缩放、点位平移操作，将不同时段的历史运维数据叠加至对应管段空间位置直观呈现，辅助技术人员快速研判管段运行状态，精准锁定隐患点位开展定向处置。

3.5 本地化部署人工智能保障运维质效

城镇燃气管道完整性管理体系的核心目标，是依托风险评价技术构建事前预控机制，最大限度压缩潜在安全风险的传导空间，而人工智能本地化部署正是实现这一目标的关键技术抓手，可从数据安全与场景适配层面双向保障运维质效。该模式无需将现场敏感运行数据上传至云端，直接在燃气场站本地完成轻量化 AI 模型部署，以调压站压力异常运维场景为例，模型可对接场站现有压力传感终端，实时采集运行动态数据，同时基于该调压站全生命周期的正常运行参数完成场景化适配训练，大幅提升故障识别的精准度，可在早期精准识别膜片老化、流道杂质堵塞等隐性故障，同步向一线运维人员输出可直接落地的处置参考方案，大幅压缩故障排查与修复时长，全面提升燃气管网运维的响应效率与安全冗余。

4 结语

当前燃气仍是支撑国内各区域产业高质量转型的核心基础能源，其稳定供应是保障社会经济平稳运行的关键底座，而城镇燃气管网作为燃气输配的核心载体，长期面临复杂工况下的安全运行压力，传统经验式运维模式已难以适配新时期管网规模化、复杂化的运行需求。

本研究围绕城镇燃气管网日常运维技术的优化路径展开系统性梳理，从安全韧性提升、运维质效升级、供应稳定性保障三个维度明确技术优化的核心价值，提出覆盖智能监测体系搭建、动态维护计划生成、数据驱动应急响应、GIS 空间辅助管控、本地化 AI 部署五大方向的可落地实践策略。未来随着燃气运维数字化转型的持续深入，这套技术优化框架可进一步适配不同城镇的管网场景特征，为城镇燃气管网全生命周期完整性管理提供可复用的技术路径，持续筑牢城市燃气输配体系的安全防线。

[参考文献]

[1]王林.城镇燃气管网运行风险管控与长效运维机制探讨[J].中国化工贸易,2026,18(30):154-156.

[2]王艳刚,梁小林.城镇燃气老旧管网更新改造研究[J].科技创新与应用,2026,16(29):147-150+156.

[3]陈玉辉,李卫星.城镇燃气管网老化隐患及运维优化路径探析[J].中国化工贸易,2026,18(25):127-129.

[4]梁海滨,李琦,李成志.城镇燃气管网物联数据传输加密关键技术研究[J].科技创新与应用,2026,16(24):173-176.

[5]陈锐.城镇燃气工程施工质量风险防控要点及老旧管网改造策略研究[J].新城建科技,2026,35(7):43-45.

[6]周宇.城镇燃气管网输配安全管控与应急调度协同机制研究[J].中国化工贸易,2026,18(19):140-142.

[7]刘明建,朱志丹,朱贝贝.中压燃气管网定期检验问题分析综述[J].特种设备安全技术,2026,(3):10-13.

作者简介：张雍（1990 年.10 月-），毕业院校：华东石油大学，所学专业：油气储运工程，当前就职单位：伊州区客服站，职务：副站长，职称级别：助理工程师。

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.