

城市燃气管道老化评估与更新改造优先级排序方法研究

张建

吉林油田劳务服务公司, 吉林 松原 138000

DOI:10.61369/RER.2025020019

摘要： 城市燃气管理老化更新改造作为一项十分重要的民生工程，可以实现对人民群众生命财产安全进行维护的目的。可以便于促进投资，扩大国内需求，进而满足人民群众对美好生活的需要。因此需要加快推进燃气管道老化评估与更新改造等工作，实现其合理推进和排序。本文则根据实际情况进行详尽的论述和分析。

关键词： 城市燃气管道；评估；更新改造；排序

Research on the Aging Assessment and Priority Ranking Method for Renewal and Reconstruction of Urban Gas Pipelines

Zhang Jian

Jilin Oilfield Labor Service Company, Songyuan, Jilin 138000

Abstract： The aging renewal and reconstruction of urban gas pipelines, as a highly significant livelihood project, serves the purpose of safeguarding the lives and property of the people. It facilitates investment promotion, expands domestic demand, and thereby meets the people's aspirations for a better life. Therefore, it is essential to expedite the aging assessment and renewal and reconstruction of gas pipelines, ensuring their rational advancement and prioritization. This paper provides a detailed discussion and analysis based on actual circumstances.

Keywords： urban gas pipelines; assessment; renewal and reconstruction; prioritization

引言

当前，我国城镇燃气管道系统中，部分管段已持续服役超过二十年，其数量约占总量的15%。这些老旧管网潜藏着诸多安全风险，导致爆裂、腐蚀、气体泄漏等事故频发。据统计，2021年度全国范围内共上报十余起输气管道爆炸事件，造成超过50人遇难、约200人受伤，并带来了亿元级别的直接经济损失。此类事故不仅严重干扰燃气输送系统的正常运转，还对周边生态环境造成持续负面影响，使得安全运行压力日益加剧。

在居民区内，庭院燃气管道通常经由调压装置将压力控制在0.1兆帕以下，属于低压输送系统。尽管这类管道未被纳入特种设备监管范畴，但由于其铺设在人口稠密区域，所处环境复杂，需应对多种外部荷载与潜在风险。随着运行时间的累积，越来越多管线逐步进入老化阶段，由此引发了一系列问题：埋设深度不足导致管道结构变形，焊接缺陷引起气体逸散，以及位置信息缺失造成的第三方施工破坏等现象日益增多。

一、政策分析

为系统推进城市燃气管道老化更新改造工作，国家于2022年相继出台了《城市燃气管道等老化更新改造实施方案（2022—2025年）》与《城市燃气管道等老化更新改造和保障性安居工程中央预算内投资专项管理暂行办法》两项关键政策。前者明确了改造对象涵盖使用年限较长、材质落后或运行环境存在安全隐患的市政与庭院管道、立管及相关设施，并制定了整体实施路径与责任分工；后者则确立了中央预算内资金的差异化补助机制，对东部、中部、西部和东北地区分别设定不超过对应非专业经营单位和工商业用户改造投资30%、45%、60%和60%的补助比例，

同时对青海、四川、云南、甘肃四省涉藏州县及南疆四地州给予最高80%的支持，西藏地区则可全额补助。两项政策共同构建起从任务部署到资金保障的系统性支撑体系，为2025年前完成城市燃气管道更新改造目标提供了制度依据与资源保障。

二、老化管道评估程序

（一）数据收集和普查

为确保风险评估的准确性与完整性，公司收集的所有数据必须真实有效。在评估过程中若发现必要数据缺失，应及时通过现场检测等方式补充关键信息。需要系统收集的基础数据包括管道

原始参数、运行管理记录、检验检测与评价报告以及失效数据等类别。具体应涵盖从设计、施工到运行维护的全生命周期资料，其中包括设计图纸、质量证明、竣工验收记录、运行管理制度、人员培训考核档案、日常运行与巡线日志、设备维护记录、管道占压与第三方施工情况、隐患监护措施、故障处理与事故调查报告、维修改造资料、应急预案及演练记录、管理变更文档、管道使用年限报告、自主检测评价资料，以及泄漏、第三方破坏、地质灾害、严重腐蚀和不均匀沉降导致的管道变形等失效事件记录。通过整合这些多源信息，可为管道安全状态评估提供全面可靠的数据支撑。

（二）隐患排查

1. 宏观检查主要内容

对燃气管道系统进行系统性检查，是保障其安全稳定运行的重要基础。具体检查内容涵盖以下几个方面：需核查管道的实际敷设位置与埋设深度是否符合设计文件及相关规范要求，对管位信息不明确的管段应及时开展定位测量，完善管网基础资料。需调查管道沿线地表环境状况，包括其与周边建（构）筑物的间距是否满足安全要求、是否存在占压现象、管道有无裸露、土壤是否存在异常扰动等。

对于引入管部分，应重点检查其埋深是否符合设计要求，是否存在被占压或不均匀沉降情况，同时对出地管段的腐蚀状况、密封性能及防护措施进行检测，并确认防撞护栏是否完好，周边是否堆放杂物或可燃物。调压设施的检查需全面评估其管路结构与设备状态，包括调压器、过滤器、阀门及法兰等是否存在损坏、腐蚀或泄漏，法兰连接是否匹配牢固，保护箱与围栏是否完好，通风间距是否符合标准，防雷接地是否有效，箱体基础是否稳固，安全标识是否清晰完整。

此外，还应检查管道敷设的示踪系统（如示踪线、电子标识器等）是否完整有效；对凝水缸、法兰、补偿器等管道附件，需确认凝水缸排水状况及护盖、排水装置的完好性，阀门井需检查井盖是否完好、井内有无积水或泄漏，阀门是否存在腐蚀或卡滞；最后需核查各类地面标志（如标志桩、测试桩、标志牌等）是否齐全、清晰可见。通过实施上述多维度检查，可系统掌握管道的实际安全状态。

2. 评估检验人员认为必要的其他检查

在管道沿线开展泄漏检测工作时，应综合利用多种检测设备与先进技术手段进行全面排查。建议采用高精度车载检漏系统与嗅探犬协同作业的模式，以提高检测效率与准确性。检测过程中需重点关注阀门井、法兰连接处、钢塑转换接头等关键部位，以及邻近管线的地沟、窨井等潜在风险区域。若发现可疑泄漏迹象，应立即采用精确定位检测、钻孔验证等深化手段进行确认，并在必要时实施开挖检查以核实具体情况。所有泄漏检测工作均需严格遵循 TG-ENG-T080-22《运行燃气管网泄漏检测指引》中规定的检测方法方法与分级标准。

针对钢管管段，须委托具备资质的第三方检测机构开展专项检验与评估。专项检验内容至少应包括管体外壁腐蚀状况评估及阴极保护电位检测。钢管防腐层的检测工作则应按照 TG-

ENG-A023-20《燃气埋地钢质管道腐蚀与防护检测管理指引》所明确的项目要求与周期规定执行，确保全面掌握钢管段的腐蚀防护状态。

3. 隐患排查记录

在完成宏观检查、泄漏检测及钢管专项检验后，需将发现各类安全隐患系统记录在案。根据隐患排查与评估结果，对于运行年限未达20年但存在无法立即消除的安全隐患的钢质管道及聚乙烯（PE）管道，均应纳入专项评估范围。

（三）开挖检验

1. 管道开挖点的选择

在确定管道开挖验证位置时，评估检验人员应重点考虑以下情形：与热力管道交叉或并行段安全间距不符合规范要求的管段；曾发生泄漏、地面沉降、承受交变载荷或第三方破坏的区域；埋设深度未达设计标准的部位；存在焊接接口、鞍型管件连接、压扁处理等特殊作业历史的管段；以及已出现生物侵蚀迹象的管段。

2. 开挖检验内容

在管道开挖后的系统性检验中，需依次开展以下五项检查：首先测量管顶至地表的覆土厚度，确保符合 GB50028 规定的最小埋深要求；其次检查示踪装置是否存在断裂或腐蚀等影响功能完整性的缺陷；接着全面检查管体状况，包括是否存在变形、划痕、凹陷及老化降解现象，核查防腐层完整性、壁厚状况以及钢塑转换接头与警示装置的工作状态；同时检测燃气管道与热力管道之间的水平与垂直净距，确认符合 GB50028 与 CJJ63 的安全间距标准；最后对阀门、法兰等管道附件的完整性及工作状态进行检验。这一系列检查共同构成了开挖管道的完整评估体系。

（四）现场检测主线

针对钢质燃气管道的专项检测主要包括以下四方面内容：

土壤腐蚀性检测需测定土壤电阻率，并根据需要开展土壤腐蚀电流密度、氧化还原电位等理化指标分析。外防腐层检测采用非开挖方式，通过直流电位梯度法或交流电流衰减法等技术评估防腐层完整性，准确定位并记录破损点位置与尺寸。

管道阴极保护有效性检测中，对于采用外加电流或可断开式牺牲阳极保护的管段，需测量其真实极化电位；若保护效果不佳，应采用密间隔电位测试技术进行沿线电位评估，同时注意排除 IR 降干扰。

在无损检测与壁厚测定方面，鉴于小区庭院人员密集特性，焊接接头检测宜选用相控阵超声技术而非射线检测，重点检查泄漏点、返修部位、错边超标及地基沉降导致的变形区。壁厚测量则采用超声波测厚法，在易腐蚀部位、支管连接处等关键位置布设足够测点，确保数据代表性。

这些检测项目共同构成了钢质管道腐蚀防护状况的系统评估体系。

（五）耐压试验

在现场条件具备或评估人员经研判认为确有必要的情形下，需开展耐压性能测试。该测试工作应严格遵循《城镇燃气室内工程施工与质量验收规范》中的相关技术要求实施，测试全程需由

评估人员到场进行实时监督。

三、城市燃气管道老化评估与更新改造优先级排序方法

（一）老化评估的多维度指标体系

燃气管道老化的全面评估需建立多维度指标体系，该体系应系统涵盖管道本体状态、运营历程及外部环境等关键影响因素。广东省出台的《城市地下管网和综合管廊更新改造技术导则（试行）》明确提出量化评估框架与分级标准，通过设置缺陷程度、区域重要性、事故记录等多个评估维度，计算得出“管道老化指数”，进而将设施划分为不同老化等级，并对应制定“满足安全标准”“限期开展改造”“立即实施改造”等差异化处置方案。

评估实施过程中，应充分调取并运用设计文件、竣工验收资料、运行维护档案、泄漏检测记录等相关信息，数据采集时限建议控制在近3年范围内。针对管道本体安全状况的评估内容，需包含材料适用性验证（含力学性能检测、金相组织分析）、剩余强度测算及超标缺陷安全评估等核心环节。尤其对于高风险管段，需借助管系应力模拟分析、管内冲刷流场数值模拟等专业技术手段开展预评估工作，精准定位需重点检测的管段区域。

（二）更新改造优先级排序方法

燃气管道更新改造的优先级排序，需从安全风险水平与失效后果影响程度两个核心维度进行综合研判，构建基于风险量化的评价矩阵模型。Avodahtec公司提出的业务中心型风险评估框架具有较高的借鉴价值，该框架除重点关注管道自身结构完好状况外，还将失效可能引发的社会影响、环境损害及经济损失等因素纳入评估体系，通过风险矩阵分析将各管段划分为不同优先级管控区域，确保对公共安全保障、生态环境保护或经济活动连续性具有关键作用的管道资产优先获得修复处置。

在我国工程实践中，管道老化评估工作完成后，应依据现行相关标准规范明确评估结论，具体包括：满足安全运行条件；落实必要的安全管控措施后可继续运行；限期实施改造（改造完成时限不得超过3年）；立即启动改造。

对于评估结论为“限期改造”的管道，需结合其风险等级高低、所处区域敏感程度及潜在失效后果严重程度，进一步细化更新改造的优先次序。其中，风险等级较高的管段，若同时地处人员密集区域或关键基础设施周边，应在限期改造范围内优先统筹安排改造实施计划。

（三）先进技术在评估与排序中的应用

现代燃气管道的老化评估及更新改造优先级排序，正逐步加

大对先进检测技术与数据分析方法的依赖力度。兰州理工大学科研团队研发的燃气管网合于使用评价体系，涵盖高风险管段预评估、材料适用性验证、剩余强度测算、不良工况下埋地钢制管道安全评定及剩余寿命预测等多个核心环节。该评价体系借助应力分析软件构建数值模型，综合考量管线途经区域的地表特征、实际测量埋深、敷设环境条件等因素，建立具备不同物理特性的土壤模型，明确载荷组合类型，进而实现高风险管段的精准识别。

剩余寿命预测结果是确定管道更新改造优先级的关键参考依据。实践中可采用壁厚分析法开展管道剩余寿命预测工作，通过整合管道实测平均壁厚、最小允许壁厚、剩余壁厚占比及预期腐蚀速率等关键参数，量化计算管道剩余使用寿命，为科学制定分阶段更新改造实施方案提供可靠的技术支撑。

四、相关建议

为助力城镇燃气行业规范发展，需加速该领域法治建设进程，推进地下管线管理相关立法工作，构建完善的法律保障体系。城市燃气管道老化更新改造工作需严格遵循现行相关标准要求，同时加快修订城市燃气设施设计、管理及维修等方面的标准规范，打造完备的燃气安全法律法规保障体系与技术标准支撑体系。进一步简化审批流程，设立审批绿色通道，优化快速审批工作机制。推进城市地下管线统筹改造实施，实现设计、施工、投运全过程同步开展，科学合理分配管位资源，规避重复开挖、多次扰民等不良问题。科学编制城镇燃气发展规划，突出规划的前瞻性、统筹协调性与实施严肃性，将城市燃气管道老化更新改造工作纳入规划编制的重要内容。

五、结语

当前城市燃气管理领域仍存在由防腐层老化破损、施工工艺不达标等因素引发的泄漏安全隐患。针对此类问题，公司以《城市燃气管道老化评估工作指南》《城市燃气管道等老化更新改造实施方案（2022—2025年）》为核心依据，结合压力管道年度检验、定期检验及低压燃气管道综合检测等专项工作的推进，制定了兼具科学性与实操性的评估实施方案。通过融合信息化管控技术，开展靶向性、重点化的风险防控工作，不仅实现了管理成本的优化与运营效率的提升，更构建了燃气管网安全稳定运行的长效保障机制。

参考文献

- [1] 林武春. 基于模糊综合评价法的城镇老旧钢质管道老化评估[J]. 特种设备安全技术, 2023, (04): 20-21.
- [2] 方顺. 考虑管材老化的埋地含缺陷聚乙烯燃气管道风险评估方法研究[D]. 华南理工大学, 2023.
- [3] 黄志强. 小区庭院老旧燃气管道老化检测评估技术探讨[J]. 市场监管与质量技术研究, 2023, (02): 2-5+9.
- [4] 林东, 岑康, 蒲昌兴, 等. 在役燃气聚乙烯管材老化性能评价指标研究[J]. 煤气与热力, 2019, 39(05): 28-31+43.
- [5] 王楠, 周勇, 郭自新, 等. 在役油气管线防腐涂层老化的评价方法[J]. 腐蚀与防护, 2017, 38(05): 346-348+406.