

老旧小区燃气管道改造设计与安全评估

靳毓茜

佳木斯中燃城市燃气发展有限公司, 黑龙江 佳木斯 154002

DOI:10.61369/ERA.2026060012

摘 要 : 在城市化发展过程中, 逐渐突出了老旧小区燃气管道老化问题, 威胁居民用气的安全性。本文分析了老旧小区燃气管道改造设计与安全评估。在改造设计方面, 要做好管材选择和布局优化以及管径设计等, 以老旧小区实际情况采取合适的改造设计工作。在安全评估过程中, 要合理选择评估方法, 全面评估燃气管道运行的安全性, 推动城市燃气系统健康发展。

关 键 词 : 老旧小区; 燃气管道; 改造设计; 安全评估

Design and Safety Assessment of Gas Pipeline Renovation in Old Residential Areas

Jin Yuqian

Jiamusi Zhongran Urban Gas Development Co., Ltd.Jiamusi, Heilongjiang 154002

Abstract : In the process of urbanization development, the aging problem of gas pipelines in old residential areas has gradually become prominent, threatening the safety of gas consumption for residents. This article analyzes the design and safety assessment of gas pipeline renovation in old residential areas. In terms of renovation design, it is necessary to do a good job in pipe selection and layout optimization, as well as pipe diameter design, and adopt appropriate renovation design work based on the actual situation of old residential areas. In the process of safety assessment, it is necessary to choose appropriate assessment methods, comprehensively evaluate the safety of gas pipeline operation, and promote the healthy development of urban gas systems.

Keywords : old residential areas; gas pipeline; renovation design; safety assessment

老旧小区燃气管道的安全问题要引起重视, 因为老旧小区建设时间较长, 一些燃气管道很容易出现老化问题, 不仅降低燃气供应效率, 还会威胁人们的生命安全。例如频繁发生管材锈蚀和穿孔等问题, 引发燃气泄漏甚至爆炸等事故。此外一些老旧小区的燃气管道布局不合理, 例如当时建设中没有合理设置建筑物间距, 加剧安全隐患。在这一背景下, 突出了老旧小区燃气管道改造设计的重要性, 不仅可以提高居民生活质量, 还可以保障城市基础设施运行的安全性。

一、老旧小区燃气管道现状

(一) 管道老化情况

老旧小区燃气管线普遍存在老化问题, 出现了锈蚀和穿孔等问题, 威胁了管道运行的安全性。在内外环境因素的干扰下, 将会逐渐减薄钢管壁厚, 同时会降低钢管强度, 最终引发泄漏事故。此外温湿度和土壤侵蚀也会加速管道老化^[1]。例如在潮湿和酸性土壤中, 将会提高钢管腐蚀速度, 针对 PE 管, 很容易出现老化变脆的情况。出现老化问题主要是因为建设时间较长, 当时设计标准不符合当前情况, 同时没有定期开展检测和维护工作, 不断积累老化问题, 将会影响管道的耐久性, 威胁居民用气的安全性。

管道老化会诱发各种潜在问题, 首先管道出现锈蚀和龟裂问题, 将会降低管道的承压力, 很容易引发泄漏事故。其次管道运行中改变压力, 或者发生外力冲击, 将会引发管道破裂问题。此外燃气管道通常在地下埋设, 不利于直接发现老化状况, 提高了问题排

查和处理的难度。因此需要深入分析管道老化问题, 提高安全隐患识别的有效性, 同时为后续改造设计工作的开展提供指导。

(二) 布局不合理

燃气管道布局不合理指的是管道和建筑物的间距不合理, 如果出现燃气泄漏问题, 将会引发火灾或者爆炸事故, 整体事故的影响范围比较大^[2]。此外燃气管道穿越地下排水管或者热力管等, 利用交叉布置方式很容易损坏燃气管道, 因为其他管道运行中会产生振动和热量影响, 最终干扰燃气管道。一旦发生泄漏事故, 将会引发一系列的连锁反应, 例如会引发水体污染, 导致其他管线被破坏, 严重影响周围环境。

(三) 其他常见问题

老旧小区燃气管道缺乏标识, 在开展其他市政施工项目中, 施工单位不利于判断燃气管道的位置, 很容易引发误挖等问题。此外缺乏标识, 在应急抢修工作中工作人员很难及时定位事故部位, 延长了抢险时间, 加剧事故的负面影响^[3]。此外在燃气管道

中, 阀门属于重要的设施, 因此需要重视阀门老化问题, 出现这一问题之后不利于正常使用管道, 尤其在紧急情况下无法及时切换气源, 引发严重的安全事故。

二、老旧小区燃气管道改造设计

(一) 管材选择

管材的选择关系到管道系统运行的安全性, 常用的燃气管材包括钢管和聚乙烯管, 二者的特点和适用性具有较大的差异性。钢管的强度和抗压性较高, 而且具备耐高温性, 适用于输送高压燃气和复杂地质条件。但是这类管材缺乏耐腐蚀性, 因此选用钢管要同时配置防腐措施, 避免出现锈蚀穿孔问题^[4]。PE 管的耐腐蚀性较强, 施工过程也相对简单, 而老旧小区地下空间狭窄, 可以发挥 PE 管的柔性优势, 适应各种地形条件, 降低施工难度。

设计人员要结合老旧小区实际情况选择管材。首先对小区地质条件进行评估, 针对高腐蚀性环境要选用 PE 管, 有利于节省后期维护投资。其次要结合管道设计压力和输送需求, 对管材的承压性进行分析。此外还要考虑施工便利性和经济性。例如燃气管道要穿越建筑物或者道路, 可以选用 PE 管异径穿插技术, 有利于减少土方开挖数量, 减少改造施工对居民生活的干扰。

(二) 布局优化

提高燃气管道布局的科学性, 有利于保障管道运行的安全性。结合老旧小区实际情况, 在布局优化中合理控制和建筑物的间距, 尽量避免穿越其他设施^[5]。在改造设计中严格遵循设计规范, 保证安全距离的合理性, 通常情况下安全距离要超过 0.5m, 可以结合燃气管道压力和周围环境调整具体数值。

其次在布局中要尽量避免穿越重要设施, 降低安全问题发生率。设计人员要对管道走向合理调整, 选用架空敷设方式。同时

结合小区内部道路和绿化带等位置, 对管道路径合理规划, 避免干扰居民生活。此外要合理设置管道标识, 提高后期维护管理的便利性。

(三) 用气量计算

用户用气量关系到管径规格的规格, 直接影响了整体改造工程的经济性, 因此设计人员要做好调研工作, 提高水力计算科学性^[6]。尤其要分析居民燃气灶和热水器等设备的应用率。一些老旧小区内部涉及餐饮业, 因此增加了用气量, 在改造过程中要合理选择管径, 控制压损问题, 满足用气高峰期的需求。

原来老旧小区热水器使用率较低, 取暖选用壁挂炉。因此在改造设计中, 需要调查分析壁挂炉安装数量, 提高加工气量核算的精准性。设计人员可以利用入户调查和问卷统计等方式, 确定壁挂炉安装数量, 同时分析季节性用气变化, 尤其要分析冬季取暖阶段用气量^[7]。此外考虑今后用气增长趋势, 合理预留设计余量, 避免因为用气量的增加而引发超负荷问题。

(四) 确定中压管径

结合气量计算结果确定在老旧小区燃气改造中普遍利用中压管径, 在计算过程中选用合适的水利计算软件。以 PE 管道某一截面为基础, 在 1h 内燃气流经管道截面的流量为:

$$Q = \pi R^2 \times v \times 3600 \times p$$

上式中 Q 代表燃气管道的计量流量 (单位: m³/h); R 代表燃气半径 (单位: mm); v 代表燃气流速 (单位: m/s), 针对 PE 管流速一般取值为 12m/s; P 代表绝缘压力 (单位: MPa)。

结合上述公式, 可以粗略估算不同管径、不同压力下 PE 管的理论输气量, 如下表 1 所示。将其作为经验值为老旧小区实际改造提供参考。

表 1 常见燃气管道管径不同压力下理论输气量 m³/h

压力 /MPa	d _n 63 SDR11	d _n 90 SDR17	d _n 110 SDR17	d _n 160 SDR17	d _n 200 SDR17
0.25	316	749	1 118	2 366	3 697
0.30	361	856	1 277	2 704	4 225
0.35	406	963	1 437	3 042	4 753
0.45	452	1 070	1 597	3 379	5 281

注: SDR 指聚乙烯燃气管的标准尺寸比, 即公称直径与公称壁厚的比值。

如果老旧小区原来是利用铸铁管道和钢管, 改造更换为 PE 管, 可以适当调小管径。用户反映在高峰期存在气量不足的情况, 可以适当扩大管径。中压燃气管道要选择埋地敷设方式, 如果现有条件很难开展埋地敷设, 可以利用无缝钢管沿着障碍物 (如围墙或者住宅楼) 架空敷设管道。

确定老旧小区燃气管道管径阶段, 要综合考虑特殊情况, 例如一些小区的燃气管道已经超过了服役期, 管道出现了严重的锈蚀和结构问题, 将会减少流通面积, 压力损失由此增加^[8]。因此在管径计算中要利用修正系数, 有利于对管道流动能力下降因素发挥补偿作用。此外要结合小区发展规划, 合理预留用气余量, 满足居民生活需求。

(五) 室外低压架空管

在改造老旧小区燃气管道中, 也涉及供热和给排水等方面的改造工作, 因此要做好燃气管道绝缘和隔热处理。可以设置绝缘板和隔热棉。一些老旧小区在室外加装了电梯, 将会增加室外燃气管道改造难度。如果室外电梯选用玻璃材质, 在改造过程中可以选用局部埋地敷设方式, 通过玻璃电梯之后再采用架空方式。同时可以利用三角支架或者 U 型吊卡等固定方式, 提高燃气管道的稳定性。

室外低压架空管道在高层建筑物的伸缩缝部位, 设计人员可以加设金属软管。如果管道长度超过了 50m, 可以设置门型弯, 并利用焊接钢管连接门型弯的弯头。如果架空管管径超过 DN65,

要选用焊接钢管的方式^[9]。针对 DN50 以下的管道，要利用镀锌钢管，跨越门型弯部位的管道，要选用焊接钢管，有利于避免出现沉降问题。在连接镀锌管和焊接管的时候，选用焊接管套丝方式。注意在焊接镀锌钢管之前，要将焊口周围的镀锌层清除干净，完成焊接之后要防腐处理焊缝部位。

三、老旧小区燃气管道安全评估

（一）评估指标体系构建

开展老旧小区燃气管道安全评估工作，有利于保障管道运行的正常性。在构建评估指标体系中，需要综合分析管道运行状态和外部环境以及运行管理等方面。针对管道运行状态，主要是分析管材老化情况和腐蚀速度以及壁厚变化等，这些因素关系到管道的强度和使用寿命。针对外部环境，要综合分析土壤腐蚀性和地下水位以及温度变化等，同时要检查管道和建筑物的安全距离等情况。在运行管理中，需要分析管道维保记录和巡检次数以及应急预案完善度等方面，提高管道运行的安全性。

首先要理论分析和实际调研结果选择指标，保证选择的指标直观反映管道状态。其次要突出指标体系的层次性，所选的多层次信息可以全面评估管道运行的风险性。最后保证所选的指数数据获取方式相对便利，同时保证计算方法的可行性，提高评估结果的科学性。结合上述要求，构建的评估体系包括目标层和准则层以及指标层，目标层为燃气管道安全状态，准则层为管道自身状况和外部环境等，指标层对具体评估指数进一步细化。

（二）评估方法选择

选择安全评估方法的过程中，要结合老旧小区燃气管道特点和实际运行环境，当前常用的方法包括故障树分析和层次分析法以及模糊综合评估法等。其中故障树分析法指的是利用图形方式分析故障原因和逻辑，有利于识别燃气管道失效问题^[10]。层次分析法通过构建递阶层次结构模型，合理分解复杂的问题为不同的层次，在各指标权重确定中利用专家评分和数学计算方式，有利于综合评价系统风险。模糊综合评价法指的是利用模糊数学理论，有利于评估复杂系统。

以老旧小区燃气管道的特点，在安全评估中可以综合利用故障树分析和层次分析法。利用故障树分析法可以识别管道失效问题，有利于提高风险控制水平。利用层次分析法可以对不同指标的权重量化分析，获取精准的评估结果。这两种方法的可操作性较强，可以综合利用各项数据和专家经验，有利于精准评估老旧小区燃气管道运行的安全性。

例如风险概率预测模型综合利用物理机制驱动和数据驱动融合混合框架，表达式如下：

$$P = \lambda(P_{physical}) + (1 - \lambda)p_{data}$$

上式中， P 代表综合风险概率，为风险分级和决策提供量化指标。 λ 代表权重系数（ $\lambda \in [0,1]$ ），可以综合专家经验和历史数据确定该值。 $P_{physical}$ 代表物理模型风险概率，将管道失效机制反映出来。 P_{data} 代表数据模型风险概率，有利于分析各种非线性关系。

（三）安全评估实施

在安全评估实施中，首先要全面调查老旧小区燃气管道现状，例如分析管道老化程度和布局问题等。综合现场勘察和数据采集，细化评估基础资料。其次根据构建的评估指标体系，综合利用故障分析法和层次分析法，量化分析各项指标。针对高风险区域，要对其综合风险概率进行重点分析，获取准确的评估结果。此外组织专家团队监督和指导评估过程，提高评估的质量。最后生成评估报告，为改造设计和施工等工作提供便利。

四、结束语

本文分析了老旧小区燃气管道改造设计与安全评估，结合当前老旧小区管道现状，提出了针对性的改造设计和安全评估方法。在改造设计中，提出管材设计和布局优化以及管径确定等要点。在安全评估中，综合利用故障树和层次分析法，保证评估工作的全面性。通过本文的研究可以对实际改造工作提供指导，降低安全问题发生率，维持燃气系统运行的安全性。

参考文献

- [1] 关进璞. 城市老旧小区燃气管道改造施工技术探析 [J]. 建材发展导向, 2025, 23(21): 91-93.
- [2] 江山. 老旧小区燃气管道改造中的安全隐患与风险评估 [J]. 石化技术, 2025, 32(09): 371-373.
- [3] 梁浩, 张小亮. 户内燃气锈蚀管道改造技术及现场管理探究 [J]. 城市燃气, 2025, (07): 38-42.
- [4] 尹永强. 老旧小区燃气管道改造施工技术和现场管理 [J]. 上海煤气, 2024, (03): 19-21.
- [5] 李杨俊. 老旧小区地下燃气管道改造的施工要点 [J]. 上海煤气, 2023, (03): 15-17.
- [6] 赵珍云. 老旧小区燃气管道改造工程施工技术浅谈 [J]. 四川水泥, 2023, (06): 82-83+86.
- [7] 王涛, 寄王玉. 老旧小区燃气管网改造工程设计要点 [J]. 上海煤气, 2023, (01): 9-12.
- [8] 毕既华, 苏光明. 压接式涂覆碳钢管在老旧小区燃气管道改造工程中的应用 [J]. 建设科技, 2022, (13): 80-83.
- [9] 徐火力, 范成龙, 汤彬坤, 等. 老旧小区低压钢质燃气管道风险识别与安全评估技术 [J]. 城市燃气, 2021, (08): 30-36.
- [10] 金昌浩, 庞宇. 埋地燃气管道净距不足时采取的安全防护措施 [J]. 煤气与热力, 2021, 41(05): 8-11+44.