

# 燃气管道老化对城市安全经济运行的影响与防控策略研究

陈 强 徐 伟(萍乡港华燃气有限公司, 江西 萍乡 337200)

严仲武(港华投资有限公司, 广东 深圳 518000)

**摘要:** 城市燃气管道老化严重威胁安全经济运行, 引发泄漏、爆炸隐患, 造成经济损失, 扰乱城市秩序。本文研究燃气管道老化类型, 以及其引发的安全经济运行问题、影响和成因, 提出针对性防护措施, 涵盖优化管材、实施全生命周期管理、开展修复更新与做好应急处置等方面。

**关键词:** 燃气管道老化; 安全经济风险; 防护措施; 优化管材周期管理

中图分类号: TU996.7 文献标识码: A 文章编号: 1674-5167 (2025) 020-0127-03

## Research on the Impact of Aging Gas Pipelines on the Safe and Economic Operation of Cities and Prevention and Control Strategies

Chen Qiang, Xu Wei (Pingxiang Towngas Company Limited, Pingxiang Jiangxi, 337200, China)

Yan Zhongwu (Hong Kong and China Gas Investment Limited, Shenzhen Guangdong 518000, China)

**Abstract:** The aging of urban gas pipelines severely threatens safe and economic operation, causing leakage and explosion hazards, resulting in economic losses and disrupting urban order. This paper studies the types of aging in gas pipelines, as well as the problems, impacts, and causes of the safety and economic operation they cause, and proposes targeted protective measures, including optimizing pipeline materials, implementing full life cycle management, carrying out repair and renewal, and doing a good job in emergency response.

**Keywords:** Aging of gas pipelines; Safety and economic risks; Protective measures; Optimization of pipeline material cycle management

城市燃气管道宛如城市的“生命线”, 肩负着输送燃气的重要使命, 持续为居民生活与工业生产提供能源。历经岁月洗礼, 再加上复杂工况影响, 不少管道慢慢出现老化迹象。在城市老旧城区, 不少燃气管道超期服役多年, 管道材质性能下降, 管壁变薄。在那些频繁施工区域, 管道常因外力挤压、碰撞, 加速老化进程。因管道老化引发的安全事故频繁发生, 泄漏的燃气极易引发爆炸, 严重威胁公众生命安全。供气中断致使工厂停产, 商业活动无法正常开展, 对城市经济秩序冲击巨大。急需探寻行之有效的解决办法, 以此保障燃气管道安全、稳定运行, 让城市“生命线”持续顺畅输送能源。

### 1 燃气管道老化类型

#### 1.1 腐蚀老化

金属材质的燃气管道, 像钢管、铸铁管, 在土壤、空气以及输送燃气的复杂环境里, 特别容易遭受腐蚀。就拿化学腐蚀来说, 管道金属会和土壤里的电解质发生氧化还原反应, 铁元素会失去电子, 慢慢变成铁锈, 管道的管壁也因此越来越薄。电化学腐蚀更为常见, 由于土壤性质不均匀, 管道不同部位产生电位差, 形成腐蚀电池, 这就大大加快了金属溶解的速度。微生物腐蚀也不容小觑, 一些特定微生物会附着在管道表面生长, 它们的代谢产物改变了局部环境, 进一步促

进了腐蚀过程。腐蚀老化从外观上看, 管道表面会出现锈斑、坑洼, 情况严重时甚至会穿孔, 最终导致燃气泄漏, 给城市燃气安全带来极大隐患。

#### 1.2 疲劳老化

燃气在管道里流动时并非一成不变, 压力呈现周期性波动, 频繁的压力变动让管道材料经受交变应力。长时间处于交变应力作用下, 管道内部微观结构慢慢出现位错、滑移现象, 进而形成微小裂纹。随着时间流逝, 这些裂纹持续扩展、相互连接, 最终致使管道强度急剧降低。疲劳老化多发生在管道弯头、三通这类几何形状有突变的地方, 还有承受较大振动的部位。虽说从外观上看或许没有明显异样, 可管道内部损伤却在悄然累积, 一旦达到临界状态, 管道就可能毫无征兆地突然破裂, 引发严重事故, 给城市燃气安全带来极大威胁。

#### 1.3 蠕变老化

高温下输送燃气的工业管道, 材料会因蠕变老化, 在高温热能驱动下金属原子克服原子间结合力, 缓慢位移致管道材料变形。随时间推移, 管道壁厚变薄、管径变大。蠕变老化初期变形慢, 到一定阶段变形速率急剧上升。这种老化影响管道结构完整性, 改变燃气输送流场, 降低输送效率, 还可能使管道局部过热, 增加安全风险。

## 1.4 外力损伤老化

城市建设里第三方施工，像道路开挖、建筑物基础施工，容易给地下燃气管道带来机械损伤。施工设备直接碰撞、挤压，致使管道出现凹痕、变形，甚至破裂。地面沉降、地震这类地质灾害，会让管道受力不均匀，产生拉伸、弯曲等变形。一旦外力超出管道材料承受极限，管道便受损老化。此老化常具突发性，而且因外力作用位置、程度有别，损伤状况复杂，给管道安全运行构成极大威胁。

## 2 燃气管道老化的安全经济运行问题

### 2.1 燃气泄漏与爆炸隐患凸显

燃气管道老化，受腐蚀、疲劳、外力影响，管壁完整性受损，燃气泄漏风险大增。腐蚀老化时，金属管道受土壤里电解质、微生物作用，发生氧化还原、电化学腐蚀，管壁慢慢变薄、穿孔，燃气开始渗漏。疲劳老化让管道在长期交变应力下，内部微观结构出现位错、裂纹，裂纹不断扩展，管壁强度被严重削弱，燃气易从破损处漏出。第三方施工碰撞、地质灾害引发地面位移挤压等外力损伤，能瞬间使管道破裂。泄漏燃气与空气混合成可燃混合气，碰上明火、静电等点火源，很容易引发剧烈爆炸。

### 2.2 经济损失多层面累加

在燃气企业运营中，老化管道泄漏问题带来了多层次的经济损失。首先，管道泄漏导致大量燃气资源损耗，不仅增加了采购成本，还因频繁检测、维修投入大量人力、物力和财力。例如，每年因地下管线事故造成的直接经济损失达数十亿元。这些额外的投入严重压缩了企业的利润空间。对于工商业用户，供气中断或压力不稳严重影响生产连续性。生产设备被迫停机，导致原材料浪费，同时可能因订单延误面临违约赔偿。这种生产计划的打乱进一步降低了企业的经济效益。居民用户虽然单次经济损失较小，但长期频繁遭遇供气异常会显著降低生活质量。此外，频繁的供气异常还会增加社会经济运行的综合成本。例如，燃气泄漏可能导致环境污染、资源浪费，甚至引发安全事故。因此，老化管道泄漏不仅影响燃气企业的经济效益，还对整个社会经济运行造成负面影响。

### 2.3 城市运行秩序严重干扰

老化管道维修、改造施工要开挖城市道路，施工围挡占路面空间，使得交通拥堵，道路通行能力降低，居民通勤时间和货物运输成本增加，干扰城市物流配送体系。施工区域周边商业活动受限，店铺客流量变少，营业收入下滑，冲击城市商业经济。冬季供暖、夏季制冷等用气高峰时段，老化管道难以保障稳定供气，致使公共服务质量下降，像居民供暖不足、商业

场所空调制冷效果不好。

## 3 燃气管道老化对城市安全经济运行的影响

### 3.1 严重威胁城市安全

老化引发的燃气泄漏危害极大，腐蚀老化让管道金属受复杂环境侵蚀，管壁变薄、穿孔，燃气逸出。泄漏燃气在有限空间积聚，与空气混合成可燃混合气，遇上明火、静电这类微小点火源，瞬间就能引发剧烈爆炸。爆炸产生强大冲击波，足以摧毁周边建筑物，造成人员伤亡和财产损失。泄漏燃气还可能导致中毒事件，燃气本无色无味（通常加臭味剂以便察觉），在密闭空间里，人们吸入高浓度燃气，会头晕、恶心、昏迷，甚至死亡。老化管道在外力冲击下，像第三方施工误操作、地质灾害，更容易破裂，这种突发性安全事故，直接威胁城市居民生命安全。

### 3.2 阻碍城市经济发展

燃气供应企业方面，老化管道频繁泄漏致使大量燃气资源浪费，采购成本增加。为维持供气安全，得投入大量资金检测、维修、紧急抢修，运营成本大幅上升，利润空间严重压缩。工商业用户受影响显著，供气不稳定导致生产中断，生产设备停机既造成原材料浪费，又可能因不能按时交付产品面临违约赔偿，打乱企业生产计划，降低生产效率与市场竞争力，影响企业经济效益与扩张计划。从宏观角度，老化管道引发的事故降低城市投资吸引力，影响城市整体经济发展格局，增加社会经济运行潜在成本，阻碍经济稳定、高效增长。

### 3.3 扰乱城市正常运行秩序

市政方面，老化管道维修、更新改造常需开挖城市道路，施工围挡占路面空间，造成交通拥堵，延长居民通勤时间，阻碍货物运输，拉低城市物流配送效率。周边商业活动受冲击，店铺因施工客流量大减，营业收入下滑，一些商家被迫停业，影响城市商业活力。民生上，冬季供暖、夏季制冷用气高峰时，老化管道难保障稳定供气，居民生活舒适度降低，公共服务质量变差。从交通、商业、民生多个角度干扰城市正常运转，降低城市运行效率与居民生活质量。

## 4 燃气管道老化促使安全经济隐患产生的原因

### 4.1 管道材质与使用寿命因素

在早期燃气管道建设中，灰口铸铁和普通钢管是常见的管材选择。然而，这些材料存在明显的缺陷。灰口铸铁质地脆，容易在土壤应力和温度变化等外力作用下开裂。普通钢管则在潮湿土壤和腐蚀性介质环境中容易发生化学腐蚀和电化学腐蚀。随着使用年限增长，金属原子不断损耗，管道壁厚逐渐减薄，强度持续降低。即便部分管道有设计使用寿命，但在实际

运行中，燃气气质波动和压力频繁变化等因素会加速材料老化。例如，普通钢管在腐蚀环境下，腐蚀速率可达 $0.1\text{--}0.3\text{mm/a}$ 。这种加速老化现象使得管道在未达到设计年限时就已严重老化，不仅埋下安全隐患，还增加了维护成本和更换频率。

#### 4.2 外部环境侵蚀影响

土壤作为管道主要的外部环境，对其影响不容小觑。土壤的酸碱度、含水量以及微生物种类与分布的不均衡，都会极大地加快管道腐蚀进程。在酸性土壤中，氢离子浓度颇高，极易与金属管道发生置换反应，逐渐侵蚀管道。而含水量大的土壤，增强了电解质的导电性，使得电化学腐蚀愈发严重。还有部分微生物，其代谢产物带有腐蚀性，会在管道表面慢慢形成腐蚀坑。在城市区域，第三方施工频繁，像道路开挖、建筑基础建设这类作业，施工设备很容易碰撞、挤压燃气管道，从而造成机械损伤。地震引发的地面上移、沉降等地质灾害，会让管道承受额外应力，导致管道变形甚至破裂，进而促使安全与经济隐患不断滋生，严重威胁着燃气管道的正常运行与周边安全。

#### 4.3 管理维护不到位

部分燃气企业管道巡检制度执行差，没按规范周期全面检查管道，早期出现的腐蚀、裂纹等问题难以及时发现。检测技术落后，不能有效探测管道内部隐蔽缺陷。此外，维护资金投入不足，管道老化初期未能及时修复或进行防腐处理，导致老化问题持续恶化。相关管理部门对燃气管道建设、维护的监管也存在漏洞，对企业违规操作、不按标准施工等行为未能有效制止。这些问题从管道建设到运行的全生命周期中不断积累，埋下了诸多安全与经济隐患，严重影响燃气管道的安全运行。

### 5 燃气管道老化针对安全经济风险的防护措施

#### 5.1 优化管材与防护结构搭建

选用聚乙烯管材，要严格按燃气输送标准，根据管道设计压力、温度、敷设环境，挑选适配等级、规格的聚乙烯管，充分发挥其耐化学腐蚀性能。对于玻璃钢管材，重点关注纤维与树脂配比，保障不同工况下强度、耐腐蚀性平衡。搭建防护结构，穿越复杂地质、易受机械损伤地段的管道，精确测量管道路径，定制合适的金属护套，根据地形、潜在外力方向，确定护套厚度、材质强度。在可能受振动影响区域，在管道与周围结构间铺设橡胶等缓冲材料，按振动频率、振幅，合理调整缓冲层厚度、硬度，有效缓冲外力冲击。

#### 5.2 落实全生命周期精细管理

设计阶段全面勘查管道敷设环境，采集土壤酸碱度、含水量、地下水位等数据，结合燃气成分、压力参数，

选好耐腐蚀合金或高性能聚合物管道材料。参考周边建筑分布、交通流量，科学规划管道走向、布局，预留合理维护空间。建设阶段组建专业监理团队，依照设计图纸、施工规范，严格检查每道焊接、每个接口连接，用无损检测技术对关键部位探伤，保障施工质量。

#### 5.3 强化修复更新与应急处置

管道修复更新前，用智能清管器、内窥检测机器人等设备，全方位扫描管道内部，获取准确的腐蚀、损伤位置和程度数据。依据检测结果，轻微腐蚀区域采用内衬修复技术，计算腐蚀面积、深度，选好适配厚度、材质的内衬材料，用专用设备均匀涂覆或贴合在管道内壁。严重损伤管段，按管道规格、压力等级，定制同材质、同规格新管段，用专业焊接工艺更换。事故应急处置方面，制定多场景应急预案，明确各部门职责、协同流程。定期组织应急演练，模拟燃气泄漏、爆炸场景，提高人员应急响应速度、操作熟练度。配备齐全应急物资，像快速封堵设备、消防器材、气体检测仪器等，确保事故发生时，能迅速到现场，有序开展隔离、疏散、抢险工作。

### 6 结语

构建智能监测预警体系，运用各类传感器实时监测燃气管道，精准捕捉异常。积极推进管道更新改造工程，依实际状况替换老化管段。强化管理并促进多方协同，燃气企业严谨运维，施工单位精细作业，监管部门严格把关。这些举措系统解决燃气管道老化问题。唯有各方齐心，燃气企业、施工方、监管部门等共同发力，才能有效防控风险，维持城市燃气供应稳定，保障城市平稳运行。

#### 参考文献：

- [1] 刘昊, 丁文文. 城镇燃气管道泄漏带气抢修与安全防护措施研究 [J]. 石化技术, 2024, 31(11):378-379.
- [2] 刘心明, 刘翼. 基于城乡燃气管网安全问题隐患的原因分析和意见建议 [J]. 中国建材科技, 2024, 33(03):127-129.
- [3] 谭臣. 关于城市燃气管道老化更新改造的思考与建议 [J]. 城市燃气, 2023(06):41-44.
- [4] 李健, 杨蒙蒙. 城市燃气管道隐患安全管理现状与措施分析 [J]. 石化技术, 2024, 31(12):322-323.

#### 作者简介：

陈强 (1990-)，男，汉，江西萍乡人，本科，中级，研究方向：燃气中的安全经济管理相关；  
严仲武 (1974-)，男，汉，河南郑州人，硕士，中级，研究方向：燃气安全相关；  
徐伟 (1971-)，男，汉，湖北武汉人，本科，副高，研究方向：燃气安全。