

# 城镇燃气管道设计及检测问题处理

包宇 (中国石油工程项目管理公司天津设计院, 天津 300457)

**摘要:** 城镇化的快速推进带来了燃气管道设计与检测的新挑战。本文对城镇燃气管道设计的多项原则进行了详尽阐述, 深入剖析了管道检测技术, 从传统手段到现代化方法的演进, 目的是为保障管道系统的稳健运行提供科学依据。面对管道运行中遭遇的腐蚀、泄露及结构变形等问题, 提出了系列有效的预防与应对措施, 包括定期的预防性维护、必要时的结构修复加固, 以及为潜在紧急情况制定的应急预案, 旨在优化管道运行效率, 最大程度地减少安全隐患, 保障城市燃气供应的安全与连续性。

**关键词:** 城镇燃气管道; 设计; 检测

随着城市化水平的不断提升, 城镇燃气管道作为能源传输的动脉, 其安全运营对于城市居民的日常生活和城市经济的健康发展起着至关重要的作用。城镇燃气管道系统的设计优劣直接关系到其运行的效率和安全, 而科学的检测方法可以及时发现和预防故障, 保证供气的连续性和安全性。然而, 受限于技术和成本, 城镇燃气管道在设计和检测过程中仍存在许多亟需解决的问题。探索更为合理的设计原则, 以及更为高效的检测技术, 不仅能提高管道系统的稳定性, 还能在一定程度上减少潜在的安全风险, 为城市燃气供应提供坚实的保障<sup>[1]</sup>。因此, 研究城镇燃气管道的设计及检测问题处理, 不仅具有理论价值, 更具备显著的社会和经济意义。

## 1 城镇燃气管道的特点

城镇燃气管道以其独特的功能和结构特点, 承担着城镇能源供应的重要角色。其通常布设于繁忙的城市地下, 与复杂的地下环境和其他市政设施相邻, 需要具有高度的安全性和稳定性。这些管道长期运行, 承受着多变的外部压力和内部流动介质的冲击, 使得耐久性成为设计时的首要考量。为适应城市地形和建筑布局的多样性, 城镇燃气管道的布局设计必须灵活多变, 同时保证燃气输送的高效性和经济性。此外, 考虑到环境保护的要求, 这些管道系统还需采用特殊材料和技术以降低对环境的影响, 如减少温室气体排放和防止土壤及地下水的污染<sup>[2]</sup>。因此, 城镇燃气管道不仅要满足日益增长的燃气供应需求, 还需在设计 and 材料选择上兼顾安全、经济与环保的综合性要求, 适应城市发展的长远需求。

## 2 城镇燃气管道设计原则

### 2.1 安全性原则

安全性原则要求设计者在规划与构建管道时, 必

须将安全作为主要关注点, 涉及到管道材料的选择、施工工艺的精细、以及未来运行过程中的稳健性。为此, 设计者需采用高质量、抗压性与耐腐蚀性能优良的材料, 并保证所有的接头、阀门等附件都能承受预期的最高压力。在管道布局上, 应规避地质不稳定区域, 预设足够的安全缓冲带, 尤其在人口密集或重要设施附近, 管道应有额外的安全保障措施。不仅如此, 设计还应包含应对各种潜在风险的预案, 例如设置自动关闭系统以应对泄漏或破裂情况。此外, 为了应对长期的使用磨损和环境变化, 设计还应考虑到定期维护和及时升级的可行性<sup>[3]</sup>。因此, 安全性原则指导下的设计思路, 是保证管道长期安全运行, 防止事故发生, 保护用户及环境安全的关键。

### 2.2 经济性原则

在城镇燃气管道的规划与建设中, 经济性原则强调在保证管道系统安全稳定的基础上, 注重成本控制 and 经济效益的最大化, 包括初期的投资成本、后续的运营和维护费用, 以及管道整体的使用周期成本。设计方案的选择要综合考量材料的耐用性、后期的养护费用以及系统的能源消耗等因素。有效的设计方案会尽量简化管道布局, 减少不必要的步骤, 缩短建设时间和节约建设开支。同时, 设计还应考虑到城市未来的拓展需求, 预留足够的灵活性, 避免因城市扩张或需求增长造成的重复建设和改造费用。在运行管理上, 采纳高效的技术手段, 不仅能提升运行效率, 还能减少能源消耗 and 降低日常维护成本, 有助于经济性原则的实现。

### 2.3 环保性要求

环保性要求不仅是对自然和居民健康的直接负责, 也是对未来可持续发展的深远考量。设计师在规划管道时, 应采用对环境影响最小的材料和施工技术,

预防可土壤污染和对生态系统的破坏。在材料选择上，倾向于那些长寿命、可回收利用的资源，减少在管道报废后产生的环境负担。施工过程中，应最小化对周围地区的影响，如采用非开挖技术减少对地表的破坏<sup>[4]</sup>。同时，设计中应考虑管道的密封性和耐久性，避免天然气泄漏，减少温室气体排放。此外，应定期对管道进行环境影响评估，并制定相应的应急预案，以便于快速响应可能的环境污染事件。

### 3 城镇燃气管道检测方法和技术

#### 3.1 常规检测方法

城镇燃气管道的检测是保证其安全运行的关键环节，常规检测方法多样，涵盖了从简单的视觉检查到复杂的仪器测试。日常的视觉检查是最基本的方法，利用巡视管道沿线，工作人员可以发现管道暴露部分的腐蚀、泄漏或其他形式的损伤。声波检测技术则利用声波在管道材料中传播的特性，借助分析回声或频率变化来判断管道的完整性。压力测试主要是在管道投入使用前后进行，利用对管道施加高于正常工作压力的气体或液体，检查其是否存在泄漏点。漏磁检测技术则是借助感应管道壁的磁场变化定位管壁薄弱或损坏的区域。此外，电化学检测方法可以评估管道的腐蚀情况，利用测量电位差来监测管道与周围环境的相互作用。在所有这些常规检测方法中，安全规程和操作细节的严格遵守是保障检测准确性和工作人员安全的前提。

#### 3.2 先进检测技术

随着科技的发展，城镇燃气管道检测领域涌现出诸多先进的技术，这些技术提高了检测的精度和效率。内窥检测技术，例如智能顺行器可以进入管道内部，借助集成的传感器收集关于管道厚度、腐蚀、凹陷和裂缝的数据。红外线和热像技术可用于远程监测管道外部，捕捉由于气体泄漏会导致的温度异常区域。超声波流量计和声波成像技术结合使用，可以在不停止管道运行的情况下，实时监测流体流量和检测管道壁的完整性<sup>[5]</sup>。此外，地理信息系统（GIS）技术和卫星遥感技术的结合，可以提供管道的精确地理位置数据，并监测覆土沉降和其他潜在的地表变化。利用数字孪生技术，可以创建管道的虚拟副本，实现实时数据分析和远程监控，预测潜在的风险，并优化维护计划。这些先进检测技术的应用，极大提升了燃气管道安全管理的科学性和预见性，为城镇燃气管道的稳定运营提供了有力支撑。

### 4 城镇燃气管道常见问题

#### 4.1 管道腐蚀

城镇燃气管道在运行过程中，腐蚀问题十分常见，且对管道的安全性和使用寿命构成严重威胁。管道腐蚀主要表现为内部和外部两大类。内部腐蚀主要由输送介质中的水分、硫化物或微生物活动引起，会导致管道内壁逐渐损耗，从而减薄管壁，增加发生泄漏或破裂的风险。外部腐蚀则是环境因素作用的结果，土壤中的各种化学物质、电化学反应，甚至是土壤微生物的代谢作用，都会对管道外壁造成侵蚀。城市地区的建筑施工活动和交通负荷也会加剧管道的外部磨损。此外，管道的保护层损坏，也是导致外部腐蚀的常见因素。管道接头和焊缝处由于材质和结构的差异，往往成为腐蚀的易发区域。随着管道服役时间的增长，腐蚀问题也会逐渐加剧，增加了管道运营的隐患，对城镇居民的生活安全和财产安全构成潜在威胁。

#### 4.2 管道泄露

管道材质老化，长期承受内外压力差和环境侵蚀，会导致材料性能下降，发生开裂或断裂。管道的连接部位，如法兰、阀门及接头等，若安装不当或因使用年限过长出现磨损，也容易成为泄露的薄弱环节。地质变动，如地震或土地沉降，会引起管道位移甚至破裂，造成泄露事故。此外，施工挖掘时对地下管道造成的意外损伤，也是导致管道泄露的常见原因。管道泄露不但造成能源的浪费，而且一旦泄露的燃气积聚达到一定浓度，遇到点火源就会引发爆炸或火灾，对人民生命财产安全构成严重威胁。同时，天然气泄露还会对环境造成污染，燃气中的甲烷是强效温室气体，在大气中的持续积累对气候变化具有长远影响。

#### 4.3 管道变形与移位

管道变形由多种原因引起，如地面载荷的不均匀分布、土壤的不均匀沉降、温度变化导致的热膨胀或收缩以及内部介质压力的波动。管道发生弯曲或扭曲后，会在材料中引起应力集中，增加发生破裂的可能性。管道移位则是由外力作用如施工挖掘、地质滑坡或地震等自然灾害造成的，这不仅会导致管道接口处的漏气，还会使管道完全断裂。在城市扩展和基础设施频繁更新的区域，燃气管道受到的这些应力尤为突出，而管道一旦发生变形或移位，即便没有立即出现破损或泄露，长期的应力作用也会对管道的耐久性产生负面影响，提高发生事故的风险。

## 5 城镇燃气管道问题处理对策

### 5.1 预防性维护

预防性维护的核心在于提前识别和解决可能导致故障的问题，避免更大范围的损害和事故发生。这一方法侧重于定期对管道系统进行全面检查和评估，包括使用特殊设备监测管道压力、流速、以及其他关键运行参数，保证其处于正常工作范围。同时，利用对管道表面进行视觉检查，可以发现腐蚀、磨损或其他外观上的异常迹象。维护团队也会采用无损检测技术，如超声波检测、磁粉检测和射线检测，探查管道内外部的隐患。针对检测出的问题区域，进行定点维修，避免全面更换管道的高昂成本。除了物理检测，预防性维护还包括对管道保护系统的定期测试和校准，如阴极保护系统的效能评估，保证其能有效地防止管道腐蚀。记录和分析维护数据，对历史信息进行追踪，形成问题和维护活动的档案，这些信息对于预测潜在问题和计划未来的维护工作极为宝贵。这些综合性的预防措施，可以显著降低重大事故发生的概率，延长管道系统的使用寿命，保障城镇燃气供应的安全可靠。

### 5.2 修复与加固

面对管道出现的裂纹、腐蚀或其他结构性损伤，采用适当的修复技术至关重要。针对裂纹或小范围损伤的管道，可以利用焊接方法填补和封闭损伤部位，恢复管道的密封性和强度。对于腐蚀较为严重的区域，除去腐蚀层后，涂敷防腐材料以防止进一步的腐蚀<sup>[6]</sup>。在管道表面包裹复合材料，如纤维增强塑料，不仅可以修复现有的损伤，还能增加管道的整体强度，抵抗未来的机械压力或环境侵害。对于承受较大外部载荷的地区，采用加固带或支架来分散压力，提高管道在特定区域的稳定性。在修复与加固过程中，维护人员还会利用先进的检测技术监控修复效果，保证管道恢复后符合安全标准。利用这些细致入微的修复与加固工作，不仅提升了燃气管道的安全性能，也大大缩减了未来可能因管道故障导致的维修成本，为城镇燃气供应提供了更为坚固的保障。

### 5.3 应急处置预案

应急处置预案的制定需要详尽规划和深入研究可能发生的各类紧急情况。预案的制作涉及对潜在风险的全面评估，并根据不同的事故级别制定相应的响应流程。这一过程要求明确事故发生时的立即行动步骤，如迅速切断事故区域的燃气供应，减少损害范围。同时，预案中还需包含详细的通讯程序，保证信息可以

迅速且准确地传达给所有相关人员和紧急服务机构。应急队伍的组建和培训也是预案的一部分，其需要利用模拟演练熟悉各种操作程序，在实际事故中可以高效协作，迅速控制局势。此外，预案中还应包括对公众的警告和疏散指导，保护居民的生命安全。预案的有效性需要定期的复审和更新，适应新的安全技术标准、法律法规变化以及城镇发展带来的新挑战。这些周密的策划和准备，应急处置预案成为当燃气管道发生紧急事故时，快速有效应对的重要保障，极大提升了城镇应对突发事件的能力。

## 6 结束语

综上所述，城镇燃气管道设计及检测问题处理是城市安全发展的关键环节。在设计阶段，需严格遵循安全性、经济性和环保性原则，保证管道布局合理、材料优质，为城市燃气供应提供坚实基础。在检测方面，常规与先进技术的结合应用，可以精准识别潜在风险，为管道安全运行提供有力保障。面对管道腐蚀、泄露、变形等常见问题，应建立预防性维护机制，及时修复加固，并制定应急处置预案，应对突发状况。只有不断提升设计与检测水平，才能保证城镇燃气管道的安全稳定运行，为城市可持续发展贡献力量。

### 参考文献：

- [1] 曾富强, 李宁, 石庆焯, 等. 基于STM32的燃气智能应急处理装置设计[J]. 机电工程技术, 2023, 52(10): 155-157, 195.
- [2] 王萍, 乔海平, 刘芮萌, 等. 干湿分离烟气余热利用燃气热水器[J]. 城市燃气, 2023, 579(5): 10-14.
- [3] 张玉星, 张慎颜, 覃慧敏, 等. 燃气顶管管道检测方案设计及其腐蚀风险评价研究[J]. 材料保护, 2023, 56(2): 164-169.
- [4] 党文静, 党文亮, 张文琪, 等. 公用聚乙烯管道焊接方式错用原因分析及整改建议[J]. 特种设备安全技术, 2023(6): 38-39, 41.
- [5] 华兰, 安超, 索富强, 等. 国内外管道地区等级升级安全管理标准分析[J]. 全面腐蚀控制, 2023, 37(5): 38-41.
- [6] 韩光洁. 埋地燃气管道泄漏量计算及扩散规律研究[J]. 城市燃气, 2023, 581(7): 12-18.

### 作者简介：

包宇(1990-), 男, 满族, 河北承德人, 本科, 工程师, 现主要从事城镇燃气及长输管道线路工程设计与研究工作。