

城市燃气管道老化评估与改造技术研究

张 璞 王冠宁

中国市政工程华北设计研究总院有限公司河南分公司 河南 郑州 450000

摘 要：随着城市燃气事业的蓬勃发展，燃气管道使用年限不断增长，管道老化问题日益突出，严重威胁城市燃气供应安全与居民生命财产安全。本文聚焦城市燃气管道老化评估与改造技术，深入剖析燃气管道老化的成因与危害，系统梳理当前主流的老化评估方法，包括基于管道运行参数的分析评估、无损检测评估以及风险评估等。同时，详细阐述管道改造技术，如非开挖修复技术、管道更换技术等，并结合实际工程案例分析技术应用效果。研究旨在为城市燃气管道老化治理提供科学依据与技术支持，保障城市燃气供应系统安全、稳定运行。

关键词：城市燃气管道；老化评估；改造技术；非开挖修复；风险评估

1 引言

城市燃气作为清洁、高效的能源，在城市能源供应体系中占据重要地位，极大地改善了居民生活质量，推动了城市经济发展。燃气管道作为燃气输送的“血管”，是城市燃气供应系统的关键基础设施。然而，随着城市燃气管道使用年限的不断增加，大量早期铺设的燃气管道逐渐进入老化期。管道老化会引发腐蚀、裂纹、泄漏等一系列问题，不仅导致燃气输送效率降低、能源浪费，更严重的是可能引发燃气泄漏爆炸等安全事故，对城市公共安全构成巨大威胁。据统计，近年来因燃气管道老化引发的安全事故呈上升趋势，造成了重大的人员伤亡和财产损失。因此，开展城市燃气管道老化评估与改造技术研究，准确把握管道老化状况，及时采取有效的改造措施，对于保障城市燃气供应安全、提升城市公共安全水平具有重要的现实意义。

2 城市燃气管道老化的成因与危害

2.1 老化成因

管道材质与施工质量：在早期的城市建设中，燃气管道的建设多采用铸铁管、钢管等传统材质。这些材质在长期的使用过程中，由于受到土壤、输送介质等多种因素的影响，很容易发生腐蚀现象。铸铁管和钢管在土壤中的化学物质和微生物的作用下，容易产生化学反应，导致管道的腐蚀。此外，管道在施工过程中，由于焊接工艺的不达标、防腐层施工质量的不合格等问题，使得管道在施工初期就存在一定的缺陷，这些缺陷的存在加速了管道的老化进程。

环境因素：燃气管道在敷设过程中，通常是埋设在地下，长期处于复杂的土壤环境中。土壤的酸碱度、含水量、微生物等因素都会对管道产生化学腐蚀和电化学腐蚀。此外，城市建设的活动频繁，管道周边的机械

振动、地面沉降等也会对管道造成物理损伤，促使管道老化。

输送介质影响：燃气中含有的硫化氢、二氧化碳等腐蚀性成分，会与管道内壁发生化学反应，导致管道内壁腐蚀。同时，燃气在输送过程中，介质的流速、压力波动等也会对管道产生冲刷、磨损作用，加剧管道老化。

运行管理因素：部分燃气企业对管道的运行维护重视不足，缺乏科学的巡检制度和维护计划，无法及时发现和处理管道存在的问题。此外，管道在运行过程中，超压、超温等异常工况的出现，也会对管道造成损害，加速老化。

2.2 老化危害

安全隐患：燃气管道老化最直接的危害是引发燃气泄漏。当泄漏的燃气在有限空间内积聚达到爆炸极限，遇到火源便会发生爆炸，造成人员伤亡和建筑物损毁。此外，燃气泄漏还可能导致人员中毒，威胁居民生命健康。

经济损失：管道老化引发的泄漏会造成燃气资源的浪费，增加企业的运营成本。同时，为处理管道泄漏事故及后续的维修、改造工作，燃气企业需要投入大量的人力、物力和财力。此外，因燃气供应中断对用户生产生活造成的间接经济损失也不容忽视。

影响城市形象与社会稳定：燃气管道老化事故的频繁发生，会给居民带来心理恐慌，影响社会稳定。同时，事故造成的城市基础设施损坏、交通堵塞等问题，也会对城市形象产生负面影响。

3 城市燃气管道老化评估方法

3.1 基于管道运行参数的分析评估

压力分析：通过对燃气管道在运行过程中的压力变

化情况进行细致监测,可以有效地判断管道是否存在泄漏、堵塞等潜在问题。在正常情况下,燃气管道的压力应当维持在一个相对稳定的范围内,确保供气系统的安全与稳定。然而,一旦压力出现异常波动,例如突然出现下降趋势或持续不断上升,这些异常现象往往预示着管道中可能存在泄漏点或堵塞部位,需要及时进行排查和处理。例如,我们可以利用高精度的压力传感器,实时采集管道中的压力数据,并将这些实时数据与历史数据进行细致的对比分析,通过这种方式,可以初步判断管道的老化状况,为后续的维护和修复工作提供有力的数据支持。

流量分析:除了压力监测外,对燃气管道流量变化的监测也是评估管道老化程度的重要手段之一。当燃气管道由于长期使用而发生老化、腐蚀或堵塞等情况时,管道的内径会逐渐变小,内部阻力随之增大,这些变化会直接影响到燃气流量的稳定性。通过对流量数据的持续跟踪和分析,可以准确判断管道的流通能力是否出现下降趋势,从而进一步评估管道的老化程度。流量数据的异常变化往往能够反映出管道内部的潜在问题,为及时发现和处理管道老化问题提供重要依据。因此,流量分析与压力分析相结合,能够更全面地评估燃气管道的健康状况,确保供气系统的安全运行。

3.2 无损检测评估

漏磁检测:漏磁检测技术是利用铁磁性材料在磁化后,当表面或近表面存在缺陷时,会在缺陷处产生漏磁场的原理,对燃气管道进行检测。通过检测漏磁场的大小和分布,可判断管道表面和近表面的腐蚀、裂纹等缺陷情况。该方法具有检测速度快、灵敏度高的优点,适用于对长距离燃气管道的快速检测。

超声波检测:超声波检测是利用超声波在不同介质中的传播特性,对燃气管道进行检测。当超声波遇到管道内部的缺陷时,会发生反射、折射等现象,通过接收和分析反射回来的超声波信号,可判断管道内部缺陷的位置、大小和形状。超声波检测可用于检测管道内部的腐蚀、裂纹等缺陷,尤其适用于对管道壁厚的检测。

涡流检测:涡流检测基于电磁感应原理,当载有交变电流的检测线圈靠近被检测的金属管道时,会在管道表面感应出涡流。若管道表面存在缺陷,会影响涡流的分布和大小,通过检测涡流的变化情况,可判断管道表面的缺陷情况。涡流检测具有检测速度快、对表面缺陷敏感等优点,常用于对管道表面缺陷的快速检测。

3.3 风险评估

风险因素识别:对影响燃气管道老化的各种因素进

行全面识别,包括管道材质、施工质量、运行环境、运行年限、维护管理等方面。通过收集相关资料和数据,分析各因素对管道老化和安全运行的影响程度。

风险评估模型构建:采用定性定量相结合的方法,构建燃气管道老化风险评估模型。常见的评估方法有层次分析法、模糊综合评价法等。例如,利用层次分析法确定各风险因素的权重,结合模糊综合评价法对管道老化风险进行综合评估,将风险等级划分为低风险、中风险、高风险等,为管道改造决策提供依据。

4 城市燃气管道改造技术

4.1 非开挖修复技术

4.1.1 内衬修复技术

原位固化法(CIPP):原位固化法是将浸渍树脂的软管通过翻转或牵引等方式置入待修复的燃气管道内,然后利用热水、蒸汽或紫外线等方式使树脂固化,在管道内部形成一层新的内衬层,从而达到修复管道的目的。该方法具有施工速度快、对交通和环境影响小、修复后管道使用寿命长等优点,适用于各种管径和形状的燃气管道修复。

穿插内衬法:穿插内衬法是将外径略小于待修复管道内径的高密度聚乙烯(HDPE)管,通过牵引等方式插入旧管道内,形成“管中管”结构。HDPE管具有良好的耐腐蚀性和耐磨性,可有效延长管道使用寿命。该方法施工简单、成本较低,但对管道的直线度要求较高。

4.1.2 局部修复技术

点状修复技术:点状修复技术主要用于修复燃气管道局部的小范围缺陷,如小面积腐蚀、裂纹等。常用的方法有补焊、贴补、打针注浆等。例如,对于管道表面的小面积腐蚀,可采用补焊的方式进行修复;对于微小裂纹,可采用打针注浆的方法,将修复材料注入裂纹内,达到修复目的。

机械连接修复技术:机械连接修复技术是利用各种机械连接器,如哈夫节、快速接头等,对燃气管道的破损部位进行连接修复。该方法操作简便、修复速度快,适用于紧急情况下的管道修复。

4.2 管道更换技术

明挖更换技术:明挖更换技术是最传统的管道更换方法,通过开挖沟槽,将老化的燃气管道拆除,然后铺设新的管道。该方法施工技术成熟,适用于各种复杂的地质条件和管道状况。但明挖施工对交通和环境影响较大,施工周期长,成本较高,一般适用于城市新建道路或管道埋藏较浅的区域。

爆管法:爆管法是利用爆管设备将旧管道破碎,并

同时将新管道拉入或顶入原位的一种非开挖管道更换技术。该方法施工速度快,可实现同径或扩径更换管道,适用于管径较小的燃气管道更换。

水平定向钻法:水平定向钻法是通过钻机在地面以下钻一个导向孔,然后将导向孔扩大,最后将新的燃气管道拉入孔内的一种非开挖施工技术。该方法对地面交通和环境影响小,适用于穿越河流、道路等障碍物的燃气管道更换。

5 城市燃气管道老化评估与改造技术实践案例

5.1 案例背景

某城市老城区部分燃气管道已运行超过30年,管道材质多为铸铁管,近年来频繁发生燃气泄漏事故。为保障居民用气安全,当地燃气公司决定对该区域燃气管道进行老化评估与改造。

5.2 老化评估过程

数据收集与分析:收集该区域燃气管道的原始设计资料、运行维护记录等,对管道的运行参数,如压力、流量等进行长期监测和分析,发现部分管道存在压力波动异常、流量下降等问题。

无损检测:采用漏磁检测和超声波检测相结合的方式,对管道进行全面检测。检测结果显示,管道存在不同程度的腐蚀和裂纹,部分管道壁厚减薄严重,已接近设计允许的最小值。

风险评估:运用层次分析法和模糊综合评价法,对该区域燃气管道进行风险评估。结果表明,约30%的管道处于高风险状态,需要立即进行改造;40%的管道处于中风险状态,应在近期进行改造;其余30%的管道处于低风险状态,可加强监测。

5.3 改造技术应用

对于高风险管道:采用非开挖内衬修复技术中的原位固化法进行修复。施工过程中,首先对管道进行清管和检测,确保管道内壁清洁、无杂物。然后将浸渍树脂的软管置入管道内,利用热水循环加热使树脂固化,形成新的内衬层。修复后,管道的密封性和承压能力得到显著提高,有效延长了管道使用寿命。

对于中风险管道:根据管道的具体情况,分别采用穿插内衬法和局部修复技术进行处理。对于管径较小、直线度较好的管道,采用穿插内衬法;对于存在局部缺陷的管道,采用点状修复技术或机械连接修复技术进行修复。

对于部分穿越道路、河流的管道:采用非开挖更换技术中的水平定向钻法进行更换。通过精确的导向和施工控制,成功完成了新管道的铺设,避免了对交通和环境的影响。

5.4 实施效果

经过老化评估与改造后,该区域燃气管道泄漏事故发生率降低了80%以上,燃气输送效率明显提高,居民用气安全得到了有效保障。同时,通过合理选择改造技术,在保证改造质量的前提下,降低了施工成本,缩短了施工周期,取得了良好的经济效益和社会效益。

6 结论与展望

本文系统研究了城市燃气管道老化评估与改造技术,分析了管道老化的成因与危害,介绍了多种老化评估方法和改造技术,并通过实际案例验证了技术的有效性。研究表明,科学合理的老化评估方法和先进的改造技术,能够准确掌握管道老化状况,及时对老化管道进行修复和更换,保障城市燃气供应安全。未来,随着科技的不断进步,城市燃气管道老化评估与改造技术将向智能化、精准化方向发展。一方面,新型传感器技术、物联网技术和大数据分析技术的应用,将实现对燃气管道运行状态的实时、精准监测和评估;另一方面,非开挖修复和更换技术将不断创新和完善,提高施工效率和质量,降低施工成本和对环境的影响。同时,还应加强燃气管道老化评估与改造的标准化建设,完善相关法规和标准,为城市燃气管道的安全运行提供更有力的保障。

参考文献

- [1]史平洋.城市燃气老化管道改造的实施路径[J].上海煤气,2025,(03):1-3.
- [2]李秀芳.城市燃气管道老化更新改造分析[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(13):118-120.DOI:10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202513040.
- [3]刘芳,刘栋国.城市燃气管网的老化评估与更新改造技术[J].石化技术,2025,32(03):445-446.
- [4]王辉,张德久,葛楠.城市燃气管道老化更新改造分析[J].煤气与热力,2023,43(08):27-29.DOI:10.13608/j.cnki.1000-4416.2023.08.017.
- [5]本刊编辑部.《城市燃气管道老化评估工作指南》印发要求各地立即改造有严重安全隐患的燃气管道和设施[J].工程建设标准化,2022,(07):10.DOI:10.13924/j.cnki.cecs.2022.07.003.