

燃气管道腐蚀防护技术创新与安全管理优化

缪时珏 (上海市奉贤区燃气管理所, 上海 201499)

摘要: 燃气管道作为城市能源功能的重要基础设施, 其安全运行非常重要。然而, 燃气管道面临着多种因素导致的腐蚀问题。本文聚焦于燃气管道腐蚀防护技术的创新与安全管理优化, 积极讨论当前燃气管道腐蚀的主要原因, 例如内外介质侵蚀影响、杂散电流干扰等。在这一基础上, 介绍较为创新的腐蚀防护技术, 包括新型防腐材料的研发与应用, 希望本文的分析可以提高燃气管道的安全性与可靠性, 降低腐蚀风险, 保障城市燃气供应的稳定性与安全性。

关键词: 燃气; 管道; 腐蚀; 防护; 技术创新

中图分类号: TE988.2 文献标识码: A 文章编号: 1674-5167 (2025) 017-0135-03

Innovation in Corrosion Protection Technology for Gas Pipelines and Optimization of Safety Management

Miao Shijue (Shanghai Fengxian District Gas Management Office, Shanghai 201499, China)

Abstract: As an important infrastructure for urban energy functions, the safe operation of gas pipelines is crucial. However, gas pipelines face corrosion problems caused by various factors. This article focuses on the innovation of corrosion protection technology for gas pipelines and the optimization of safety management. It actively discusses the main causes of current gas pipeline corrosion, such as the influence of internal and external media erosion, stray current interference, etc. On this basis, innovative corrosion protection technologies are introduced, including the research and application of new anti-corrosion materials. It is hoped that the analysis in this article can improve the safety and reliability of gas pipelines, reduce corrosion risks, and ensure the stability and safety of urban gas supply.

Keywords: gas; The Conduit; Corrosion; Protection; technological innovation

燃气管道犹如城市的血管, 将燃气输送到各个角落, 为城市的正常运转提供动力支持。然而, 由于燃气管道长期埋设于地下, 所处环境复杂多变, 面临着诸多腐蚀风险。

土壤中的酸碱度、湿度、微生物等外部环境因素, 以及燃气中含有的杂质、水分等内部输送介质, 都可能引发管道的腐蚀。此外, 随着城市建设的不断发展, 燃气管道与输电设施、轨道交通等相互交织, 杂散电流干扰问题也日益突出, 进一步加剧了管道的腐蚀程度。

1 燃气管道腐蚀防护技术优化的意义

1.1 提升燃气管道运行安全保障

燃气管道作为城市能源输送关键基础设施, 其安全水平将会直接涉及城市居民生命财产安全性。腐蚀属于导致燃气管道泄漏、破裂等事故的主要原因。通过积极优化腐蚀防护技术, 例如使用更加先进的防腐涂层材料, 可以隔离管道与腐蚀介质之间的接触, 提高管道的抗腐蚀能力, 降低泄漏的风险与可能性。同时, 还可以使用智能监测系统针对管道的腐蚀情况进行监控分析, 及时发现潜在安全隐患, 使用针对性的方式开展修复以及处理, 减少由于管道腐蚀引发的燃气泄漏、爆炸等恶性事故^[1]。

1.2 有效控制燃气管道经济成本

若管道因腐蚀问题频繁维修或更换, 会造成巨大的经济浪费。优化腐蚀防护技术, 从长远来看能显著降低管道的维护成本。一方面, 优质的防腐材料和科学的防护工艺可以延长管道的使用寿命, 减少更换管道的频率, 降低了新管道采购和施工的费用。另一方面, 先进的监测技术能提前发现腐蚀问题, 避免问题恶化后进行大规模的抢修, 节省了抢修成本。此外, 通过合理规划腐蚀防护方案, 还可以优化资源配置, 提高资金使用效率, 使燃气企业在保障管道安全运行的同时, 实现经济效益的最大化, 增强企业的市场竞争力。

1.3 促进环境与社会效益的提升

燃气管道腐蚀泄漏不仅会引发安全事故, 还可能会对环境造成污染与影响。当然其泄漏到土壤或者水体当中, 将会对周边生态环境产生不良影响。通过积极优化腐蚀防护技术, 可以减少燃气泄漏对环境的破坏, 积极保护生态平衡性。同时, 安全可靠的燃气供应环境也将为城市工业生产与居民生活提供稳定的能源支持, 促进城市经济发展。良好的燃气管道安全情况, 也可以提升城市整体形象水平, 增强居民对城市基础设施的信任以及满意度, 提高社会稳定性和凝

聚力。同时,先进的腐蚀防护技术应用与推广,可以带动相关产业的发展与进步,为社会发展做出贡献^[2]。

2 造成燃气管道腐蚀的主要原因

2.1 外部土壤环境因素

燃气管道由于大多数时候埋设在地下,土壤环境的复杂性导致管道因此腐蚀。首先,土壤的酸碱度将会对管道腐蚀产生显著影响,在酸性土壤当中,氢离子浓度比较高,因此很容易与管道金属发生反应,导致管道金属因此熔解,形成腐蚀坑。在碱性土壤当中,虽然管道的腐蚀速度比较慢,但是一些碱性物质也会破坏管道的防腐层,引发腐蚀问题。除此之外,土壤的湿度也是导致管道因此遭受腐蚀的关键因素,潮湿的土壤可能会形成电解质溶液,为电化学腐蚀提供更好的反应条件。例如,管道表面处于不同电极电位区域时,将会导致管道形成微电池环境,加速金属腐蚀过程,产生硫化氢等腐蚀性物质,加剧管道的腐蚀程度。

2.2 内部燃气介质特征

一方面,燃气当中通常含有一定量水分,水分将会与燃气当中的酸性气体结合在一起,形成酸性溶液,对于管道内部产生腐蚀性作用影响。尤其是硫化氢,这种物质具有较强的腐蚀性,可能会与管道内部产生点蚀、坑蚀等局部腐蚀现象。另一方面,燃气在输送的过程中,由于压力和流速发生变化,对于管道内部也会产生冲刷的作用与影响,当管道内壁由于防腐层被冲刷下去,将会导致金属保护在外,为腐蚀创造出条件^[3]。

2.3 外界杂散电流干扰

随着城市建设的不断发展与进步,各类电气设备在城市当中逐渐增多,杂散电流干扰开始成为燃气管道腐蚀的核心元素。杂散电流是指在正常电路之外流动的电流,当杂散电流进入燃气管道之后,会在管道的表面形成阳极区与阴极区。在阳极区,管道金属可能会发生氧化反应,进而导致金属熔解,产生腐蚀问题。轨道交通系统当中的直流供电系统也是杂散电流的主要来源,产生的杂散电流通过土壤这一介质传导到燃气管道上,造成管道的进一步腐蚀与影响。

3 燃气管道腐蚀防护技术创新策略

3.1 新型防腐材料的研发与应用

通过积极研发并且使用新型防腐材料,将会成为提升燃气管道腐蚀防护能力的核心与关键策略。一方面,高性能的防腐涂层材料正在不断地出现,例如陶瓷涂层,这一技术凭借自身较高的硬度以及较强的化学稳定性,具备耐高温、耐磨的特性,可以为燃气管道提供优良防护与支撑。燃气管道陶瓷涂层可以隔离

管道与腐蚀介质,避免化学反应的发生,进一步延长管道使用寿命。同时,现如今纳米复合膜层材料也开始展现出巨大的发展潜力,纳米粒子的加入可以让涂层的密度、附着力、耐腐蚀性获得大幅度的提升与优化,进而更好地适应复杂的土壤以及燃气基本环境。在腐蚀内衬材料方面,全新的高分子聚合物内衬具有较好的化学惰性以及耐腐蚀性能,进而贴合管道的内壁,避免燃气当中腐蚀性成分与金属发生直接接触,也可以降低燃气输送期间的输送阻力。例如,管道使用聚四氟乙烯内衬,将会通过较强的耐腐蚀性以及不粘性,成为理想燃气管道内衬材料的主要选择^[4]。

3.2 智能监测系统的升级与完善

智能监测系统将会有效发现燃气管道腐蚀问题,新一代传感器技术正在不断地升级与优化,例如分布式光纤传感器可以沿着管道的长度来不断地检测管道温度、应变、腐蚀等信息,通过针对光纤当中光信号的变化,准确确定管道腐蚀的位置以及程度。同时,物联网技术额度使用,也可以让监测系统在这一过程中更加智能化与全面化,通过使用各类传感器,能够将数据实时传输到云端平台,使用大数据分析以及人工智能算法对数据进行处理和分析。系统将会自动识别腐蚀发展趋势,提前发出预警,为维护人员提供准确的依据以及支撑。例如,当监测到某一区域的腐蚀速率加快之后,系统可以及时通知相关人员的检查以及维修。

3.3 阴极保护技术的优化与创新

阴极保护技术属于防止燃气管道腐蚀的关键手段方式,这一技术的优化创新必须不断地创新推进。全新的牺牲阳极材料现如今得到了开发与应用,例如高性能镁基、铝基牺牲阳极,具有更高的电化学活性以及更长的使用寿命。这些阳极材料将会从源头上为管道提供阴极保护处理,从而降低金属腐蚀性。外加电流阴极保护系统也在不断地改进与升级,通过使用智能控制设备,将会根据管道的实际情况保护电流大小以及方向,提升保护效果的同时也可以降低能耗。除此之外,阴极保护与其他防护技术的结合也将会成为发展趋势,例如与防腐涂层结合在一起,形成更全面、更有效的防护体系^[5]。

3.4 防腐施工工艺的改进与创新

先进的防腐施工工艺将会成为保障腐蚀防护技术的有效实施基础,在管道表面处理期间,可以使用高压水射流、喷砂等先进技术,进而更加彻底地清除管道表面的油污、铁锈、杂质,提升防腐涂层的附着力。在防腐涂层施工期间,自动化喷涂设备的应用将会为提高涂层的均匀性以及质量。例如,可以使用机器人

喷涂技术，准确控制涂层的厚度以及喷涂范围，避免人工喷涂可能出现的漏喷、流挂等问题。对于埋地管道的补口补伤，新型的热收缩套、冷缠带等材料和施工工艺不断涌现，积极提高补口补伤的质量和效率，确保管道系统的防腐完整性。

4 燃气管道安全管理策略

4.1 建立智能监测预警体系

通过使用更加先进的传感技术，可以构建出全方位的燃气管道智能化监测网络体系。在管道沿线，可以部署压力传感器、温度传感器、流量传感器，积极采集管道运行的实际参数。通过光纤光栅传感器设备，监测管道的应变以及位移实际情况，进而更加及时地发现由于地面沉降、外力挤压等因素导致的管道变形问题。同时，还可以使用泄漏检测传感器，例如红外传感器、可燃气体传感器，进而精准捕捉燃气泄漏的信号以及内容。通过使用物联网技术，可以将各类传感器数据传输到监控中心云平台，使用大数据分析以及人工智能算法对数据进行挖掘与分析，通过建立起管道运行状态模型。在检测数据超出正常范围或者出现异常变化趋势之后，系统将会自动发出预警与警报，通知相关人员及时进行排查与处理，达成对燃气管道安全隐患的及时发现与有效处理。

4.2 完善管道腐蚀防护技术管理

通过建立起管道腐蚀防护技术档案，详细记录管道的材质、防腐涂层类型、阴极保护参数等相关信息。针对管道材质，可以记录管道的化学成分、机械性能等关键参数，更好地了解耐腐蚀性能。防腐涂层类型方面，则是需要记录涂层的名称、厚度、施工工艺、使用年限等，为后续的检测以及维护提供依据。阴极保护参数包括保护电位、电流密度、牺牲阳极类型以及数量。还需要定期对管道的防腐层进行监测评估工作，通过使用电磁法、超声法等无损检测技术。电磁阀通过检测防腐层的绝缘性能来判断涂层完整性，当防腐层存在破损之后，绝缘性能将会下降，进而及时发现破损位置。超声法则可以测量防腐层的厚度，判断防腐层是否出现老化或者磨损问题。对于发现的防腐层破损或者老化问题，需要及时制定出修复以及更新方案，针对破损程度和位置，选择合适的修复材料与工艺。

4.3 加强安全评估与风险管控

通过使用先进的风险评估技术，例如基于可靠性的分析方法、故障树分析等，针对燃气管道的安全状态开展评估。基于可靠性的分析方法则是在于通过管道的材质性能、运行环境、腐蚀程度等相关因素，打造出数学模型评估管道运转可能性。故障树分析则是

需要从发生的事故后果出发，逆向分析导致事故的各类原因以及因素，找出关键风险点。在工作期间，结合管道的历史运行数据、腐蚀监测数据、环境因素等，确定管道的风险等级问题。历史运行数据包括管道压力、管道流量、管道温度等参数变化记录，这些数据将会准确反映管道的运行情况以及存在的潜在问题。

4.4 提升应急处置技术能力

在开展工作期间，则是需要配备先进的应急检测设备，例如无人机、激光甲烷探测仪，将其用于事故现场的快速侦察以及燃气泄漏检测工作。无人机具有机动性较强、视野广阔等诸多优势，在这一基础上搭配红外成像仪和气体传感器之后，将会在短时间内对大面积区域进行扫描与分析。红外成像仪可以通过对温度开展监测，从而发现潜在泄漏点，气体传感器则是可以检测燃气的浓度，确定燃气泄漏源的位置与范围。激光甲烷遥测仪则是可以使用激光吸收光谱技术，从更远距离，快速准确地检测到甲烷气体的存在，有效提高泄漏检测的效率以及准确性。

综上所述，在腐蚀防护技术创新方面，新型的防腐材料的研发与应用，例如高性能陶瓷涂层、纳米复合涂层、新型高分子聚合物内衬等，为燃气管道提供更强大的抗腐蚀屏障与支持。然而，燃气管道的腐蚀防护与安全管理往往是一个长期并且复杂的系统工程，随着城市的发展与技术的进步，全新的挑战将会不断涌现。未来，必须持续关注行业动态，加强技术创新，探索更加先进、有效的腐蚀防护技术与安全管理策略。

参考文献：

- [1] 丛深, 张庆荣, 赵冰, 曹岩刚, 张翔. 某高压燃气管道弯管腐蚀泄漏原因分析 [J]. 石油管材与仪器, 2023, 9(06):65-70.
- [2] 刘敏, 高观玲, 王拓明, 冯志永. 社区燃气管道腐蚀热点现场测试与特征识别浅析 [J]. 材料保护, 2023, 56(08):195-200.
- [3] 张继亮. 埋地钢质燃气管道腐蚀防护系统评价方法的研究 [J]. 城市燃气, 2023, (04):24-29.
- [4] 刘晓宇. 城市埋地钢制燃气管道的杂散电流腐蚀防护监测与预警研究 [J]. 机械设计, 2021, 38(S1):231-235.
- [5] 唐国平, 陈玉宝, 陈培宁, 凌沛文, 阎雪冬, 李伟. 城镇燃气管道腐蚀检测与防护研究 [J]. 管道技术与设备, 2021, (03):27-30.

作者简介：

缪时珏 (1993-) , 女, 汉族, 上海金山人, 大学本科, 中级工程师, 研究方向: 燃气安全管理。