

燃气输配管道气体泄漏的风险及预防解决对策

胡晓珊 张营营 李国胜（东营华润燃气有限公司，山东 东营 257000）

摘 要：燃气输配管道气体泄漏的风险对公共安全构成严重威胁，预防解决对策显得尤为重要。泄漏可能导致环境污染、资源浪费，甚至引发火灾爆炸事故，造成人员伤亡和财产损失。因此，采取有效措施预防泄漏，不仅关乎人民群众的生命安全，也是企业社会责任的体现。通过提升管道材料质量，加强施工监管，确保管道连接密封性，可以降低泄漏风险。同时，定期对管道进行检测和维护，及时发现并修复潜在隐患，是防止事故发生的关键。此外，建立完善的应急预案，提高应急响应能力，能在泄漏发生时迅速采取措施，控制事态发展。预防解决对策的实施，有助于提升燃气输配系统的安全稳定性，促进能源行业健康发展，对构建和谐社会具有积极意义。

关键词：燃气输配；气体泄漏；风险；预防解决对策

0 引言

燃气输配管道气体泄漏的风险及预防解决对策的重要性不言而喻。泄漏不仅会导致燃气资源的浪费，增加企业成本，还可能引起环境污染，损害生态系统，更严重的是，泄漏可能触发火灾或爆炸，造成不可挽回的损失。预防解决对策的制定与实施，是保障燃气输配系统安全运行的关键，它能够提前识别潜在风险，通过技术和管理手段减少事故发生的可能性。定期对管道进行检查和维护，采用先进的技术监测泄漏，增强员工的安全意识和操作技能，都是预防工作的重点。此外，建立健全的法律法规和标准体系，加大监管力度，确保燃气输配企业履行安全责任，是预防工作的重要保障。

1 燃气输配管道气体泄漏的风险

1.1 安全事故风险

燃气输配管道气体泄漏引发的安全事故风险不容忽视，一旦发生泄漏，易燃易爆的燃气可能在瞬间扩散并与空气混合形成爆炸性混合物，遇到火源或高温即可引发火灾或爆炸，造成人员伤亡和财产损失。此外，泄漏的燃气还可能造成窒息风险，尤其在不通风的环境中，高浓度的燃气会降低空气中的氧气含量，导致人员昏迷甚至死亡。燃气泄漏还可能对周边基础设施造成破坏，如房屋倒塌、道路损毁，进一步扩大事故影响。紧急疏散过程中，民众可能因恐慌而发生踩踏事故，增加安全风险。事故后的救援工作同样面临挑战，救援人员需在确保自身安全的同时迅速采取措施，防止事故扩大。

1.2 环境污染风险

泄漏的燃气会挥发到大气中，增加大气中的温室

气体浓度，从而加剧全球气候变化，长期泄漏还可能导致大气质量下降，影响人类及其他生物的健康，燃气中的某些成分如硫化物、氮化物等可能造成酸雨，损害土壤和水源，影响生态系统平衡，泄漏的燃气若渗入土壤，会污染地下水资源，影响饮用水安全，对水生生物造成致命威胁，同时泄漏的燃气还可能对周边植被产生毒害作用，导致植物死亡，破坏生物多样性，在海洋或湖泊环境中，泄漏的燃气可能形成油膜，阻碍水体复氧，影响水生生物的光合作用和呼吸，进一步破坏水生态系统，此外燃气泄漏事故的应急处理过程中使用的化学剂和物理方法也可能对环境造成二次污染，如使用消油剂可能对水体生物产生毒性，而挖掘和掩埋受污染土壤则会破坏土壤结构。

1.3 资源浪费风险

泄漏的燃气直接散失到大气中，无法被有效利用，这不仅减少了能源供应量，还可能导致能源供应不稳定，影响居民生活和工业生产，燃气作为一种宝贵的能源资源，其开发和运输都需要消耗大量的人力、物力和财力，泄漏事件的发生意味着这些投入的部分或全部损失，泄漏的燃气若未能及时回收，将永久性地从资源总量中消失，加剧资源枯竭的速度，同时泄漏还可能导致燃气公司经济损失，包括泄漏检测、维修、赔偿和法律诉讼等费用，这些成本最终会转嫁给消费者，增加社会负担，此外，为了补充泄漏造成的能源缺口，可能需要加大其他能源的开发力度，这不仅增加了能源开发成本，还可能带来新的环境问题，如煤炭、石油等传统能源的开发可能会加剧环境污染和生态破坏，燃气泄漏还可能导致输配系统的压力下降，影响燃气轮机等设备的效率，进一步增加能源消耗。

2 影响燃气输配管道气体泄漏的重要因素

2.1 管道材料

管道材料的选择需要考虑燃气特性、环境条件、成本效益和长期耐用性。不同的材料具有不同的物理和化学性质,如抗拉强度、耐腐蚀性、延展性和热膨胀系数,这些性质对防止泄漏至关重要。不锈钢管因其优异的耐腐蚀性和高强度而被广泛应用于燃气输配系统,但成本较高,且在特定环境下可能产生应力腐蚀开裂。钢管具有较高的机械强度和良好的焊接性能,但易受土壤腐蚀影响,需采取防腐措施。塑料管如聚乙烯(PE)和聚丙烯(PP)因其耐腐蚀性和轻便性而得到推广,但耐热性和抗机械损伤能力相对较弱。材料的生产工艺和质量控制同样关键,任何微小的缺陷都可能在运行过程中成为泄漏的起点。因此,供应商必须按照严格的标准生产管道,并通过无损检测等技术确保材料无缺陷。此外,材料的连接方式,如焊接、螺纹连接或法兰连接,也会影响泄漏风险。不当的连接可能导致应力集中,进而引发泄漏。

2.2 施工质量

挖掘作业时若未能准确控制深度和宽度,或对地下障碍物处理不当,可能导致管道受力不均,埋下安全隐患。其次,管道铺设时若未能保持设计的坡度和弯曲半径,可能会造成管道扭曲,增加泄漏风险。焊接是管道施工中的关键环节,焊缝质量直接关系到管道的密封性。焊工的技术水平、焊接工艺的选择以及焊后检验都至关重要。若焊缝存在缺陷,如气孔、夹渣或裂纹,将成为泄漏的起点。此外,防腐措施不到位会加速管道材料的腐蚀,降低其使用寿命,增加泄漏的可能性。防腐层若损坏,将直接暴露管道于腐蚀环境中。回填作业时,若未能按照规范进行,如回填材料不符合要求、回填速度过快或压实度不足,都可能导致管道位移或受损,进而引发泄漏。

2.3 管道老化

管道老化是影响燃气输配管道气体泄漏的重要因素之一,随着时间的推移,管道材料会出现疲劳、腐蚀和磨损等现象,这些都会降低管道的结构完整性和密封性能。燃气输配管道在长期使用过程中,受到内外部环境共同作用,如土壤的化学性质、电化作用、微生物活动以及温度变化等,这些因素会导致管道材料性能下降,从而增加泄漏的风险。管道内壁的腐蚀会减小管道的有效流通面积,降低输气效率,严重时甚至会导致管道穿孔。此外,管道接口和连接部位的密封材料老化,也会导致密封性能下降,这些部

位往往是泄漏的高发区域。管道老化还伴随着材料的脆化,使得管道在受到外力作用时更容易发生断裂,尤其是在温度较低的环境下。为了减缓管道老化,需要定期对管道进行检测和维护,及时更换老化严重的管道部件,同时采用防腐性能更好的材料和涂层技术。此外,加强管道的日常巡检,及时发现并处理潜在的泄漏点,也是防止因管道老化导致气体泄漏的重要措施。

3 燃气输配管道气体泄漏的预防解决策略

3.1 定期检测

通过定期检测可以及时发现管道的潜在问题,防止事故的发生。检测工作应包括外观检查、智能检测、压力测试等多个方面,要进行外观检查,检查管道是否有明显的破损、腐蚀、变形等情况,对于发现的异常情况要及时记录并处理。其次,利用智能检测技术,如超声波检测、气体探测、红外热成像等,对管道进行非破坏性检测,这些技术能够准确发现管道内部的裂纹、泄漏点等缺陷。此外,定期进行压力测试,确保管道在正常运行压力下无泄漏,同时检测管道的承压能力是否满足设计要求。检测过程中,应详细记录检测结果,包括检测时间、地点、检测数据、存在的问题等,以便于后续的分析 and 处理。对于检测中发现的问题,应根据具体情况采取相应的维修或更换措施,如补焊、更换管道部件等。同时,建立完善的检测档案,对管道的检测历史、维修情况进行记录,为管道的维护和管理提供依据。此外,还要定期对检测设备进行校验,确保检测数据的准确性。

3.2 防腐措施

防腐措施主要包括涂层保护、阴极保护、材料选择、环境控制等多个方面。涂层保护是通过在管道表面涂覆防腐涂层,形成一层保护膜,隔绝管道与外界环境的接触,防止腐蚀介质侵蚀管道。常用的涂层材料有环氧粉末、聚乙烯、沥青等,这些材料具有良好的耐腐蚀性和附着力。阴极保护是通过向管道施加外部电流,使管道成为电解质溶液中的阴极,从而减缓或阻止金属的腐蚀过程。这种方法分为牺牲阳极法和强制电流法,适用于土壤电阻率较低的地区。在材料选择方面,应选用符合国家标准和行业规定的优质管道材料,这些材料通常具有较强的抗腐蚀性能。此外,还需考虑管道安装环境的特殊性,选择适合该环境的材料。环境控制是指通过改善管道周围的环境条件,减少腐蚀因素。例如,对于埋地管道,可以通过排水、通风、干燥等措施,降低土壤的腐蚀性。同时,定期

对管道周围环境进行检查,及时发现并处理可能导致腐蚀的因素。

3.3 施工质量管控

必须严格执行施工标准和规范,从管道铺设、焊接、检测到后期维护,每个环节都要严格把关。首先,施工前要进行全面的环境和地质调查,制定详细的施工方案,确保管道路径合理,避免穿越易发生地质灾害的区域。其次,管道材料必须符合国家标准,采购时要严格审查供应商资质,确保材料质量。在管道铺设过程中,要保证管道的埋深和防腐层质量,避免因埋深不足或防腐层破损导致泄漏。焊接是管道施工的关键环节,必须由专业人员进行,焊接完成后要进行100%的无损检测,确保焊缝质量。此外,施工过程中要定期进行管道压力测试,及时发现潜在的泄漏点。施工结束后,要进行全面的质量验收,包括管道的走向、埋深、焊接质量、防腐层完整性等,确保无遗漏。同时,建立完善的施工记录和档案管理制度,为后续的管道维护和管理提供依据。

3.4 应急预案

一旦发生泄漏,应立即启动预案,迅速采取有效措施,控制事故发展,确保人员安全。预案应包括泄漏检测、信息报告、应急响应、疏散救援、事故调查和恢复重建等环节。检测系统需实时监控管道压力和流量变化,一旦发现异常,立即发出警报,并通过自动控制系统关闭相关阀门。同时,值班人员应立即按照预案向相关部门报告事故情况,包括泄漏位置、规模、可能影响的范围等。应急响应队伍应在最短时间内到达现场,设立指挥部,根据泄漏情况制定现场处置方案,包括隔离泄漏区域、控制火源、疏散周边居民、设置警戒线等。救援人员应携带必要的防护装备和救援工具,对受伤人员进行紧急救治。同时,与消防、公安、环保等部门保持密切沟通,协同作战。事故调查组应尽快查明泄漏原因,评估事故影响,制定整改措施,防止类似事故再次发生。

3.5 监控系统安装

监控系统应具备高灵敏度的气体检测功能,能够实时监测管道内外环境中的燃气浓度,一旦浓度超过预设阈值,系统立即触发报警并自动启动应急响应程序。传感器应均匀分布在管道沿线,特别是易发生泄漏的接头、阀门和弯头等部位,确保无监测死角。同时,监控系统还需具备数据记录和分析功能,定期生成报告,为管道安全运行提供数据支持。监控系统的安装应遵循国家相关标准和行业规范,确保系统稳定可靠。

安装前,需对管道进行详细检查,排除潜在的安全隐患。传感器安装位置应充分考虑环境因素,如温度、湿度、风速等,以减少误报率。此外,监控系统还需配备不间断电源和备用通信线路,确保在突发情况下系统能够正常工作。系统还应具备远程控制功能,操作人员可以在控制中心对管道进行实时监控和远程操作。

3.6 技术创新

燃气输配管道气体泄漏的解决对策技术创新,智能监测系统是关键,它利用物联网技术实时采集管道数据,结合机器学习算法分析潜在泄漏风险,提前预警。无人机巡查技术则通过搭载高清摄像头和检测设备,对管道进行高效巡查,快速定位泄漏点,减少人力物力成本。分布式光纤传感技术通过光纤感知温度和压力变化,准确检测泄漏位置,提高检测精度。声波检测技术通过分析声波传播特性来识别泄漏,为泄漏检测提供新方法。在管道修复方面,创新研发的快速固化材料结合非开挖技术,实现了高效修复,降低了对环境的影响。大数据分析技术的应用,挖掘泄漏数据,为预防泄漏提供了科学依据。云计算平台集成监测数据,提高了数据分析效率,实现了实时监控。

综上所述,通过对泄漏原因的深入剖析,我们发现管道材料老化、施工质量问题、第三方破坏、自然因素以及维护管理不足是导致泄漏的主要因素。针对这些问题,本文提出了一系列预防解决对策,包括采用高质量管道材料、加强施工监管、提升管道防腐措施、完善监测系统、加强巡检与维护、建立健全应急预案和提升人员安全意识等。这些对策的实施不仅能够有效降低泄漏事故的发生概率,还能在事故发生时迅速采取有效措施,减轻事故后果。此外,随着信息化和智能化技术的发展,引入物联网、大数据分析等先进技术,可以提高燃气管道监控的实时性和精准性,从而进一步提升预防泄漏的能力。

参考文献:

- [1] 饶永超,帅治辰等.城市燃气管道泄漏智能化在线监测实验研究[J].科技创新与生产力,2024,45(10):117-122+126.
- [2] 刘爱华,周欣莹等.城镇燃气管道小孔泄漏流量系数的定量研究[J].安全与环境学报,2024,24(05):1701-1709.

作者简介:

胡晓珊(1987-),女,汉族,籍贯山东省昌邑市,工程师,硕士研究生,研究方向为燃气工程。