

# 埋地天然气管道泄漏的影响因素及保护措施

蔡栋军 徐 芳

(国家管网集团西气东输分公司苏浙沪输气分公司无锡作业区, 江苏 苏州 215100)

**摘 要:** 针对埋地天然气管道的运行安全问题, 本次研究主要是对管道泄漏的影响因素进行分析, 在此基础上, 开展埋地天然气管道泄漏保护措施研究, 为提高埋地天然气管道运行的安全性奠定基础。研究表明: 埋地天然气管道属于天然气资源最重要的运输方式, 该种运输方式使用过程中出现泄漏问题的概率相对较高, 材料质量、管道维护、地质条件、第三方破坏、环境因素以及腐蚀因素等属于引发管道泄漏问题的重要原因, 因此, 需要从提高材料质量、定期开展监测、强化管道监测、引入安全阀和自动关闭装置、制定应急预案以及强化技术创新等角度出发, 采取多项有效措施, 以此提高埋地天然气管道运行的安全性。

**关键词:** 埋地天然气管道; 管道泄漏; 影响因素; 保护措施

## 0 前言

在当今能源供应体系中, 天然气作为一种清洁、高效的能源资源被广泛应用于工业、家庭和交通等领域, 为了满足不断增长的能源需求, 天然气的采集、运输和分配系统得到了极大的发展, 其中埋地天然气管道作为天然气运输的重要组成部分发挥着关键作用。但是, 在管道运输过程中, 由于多种复杂因素的影响, 管道泄漏事故时有发生, 给环境、人身安全以及社会经济稳定带来了严重威胁, 泄漏的天然气可能在空气中形成可燃混合物, 一旦遇到火源, 可能引发爆炸事故, 造成人员伤亡和财产损失<sup>[1]</sup>。本次研究主要是对天然气管道泄漏的影响因素及保护措施进行分析, 为保障天然气管道的运行安全奠定基础。

## 1 埋地天然气管道泄漏影响因素分析

### 1.1 材料质量

材料质量是埋地天然气管道泄漏的一个重要因素, 不合格或低质量的管道材料可能会导致管道的腐蚀、老化和破裂从而引发泄漏事故。不合格的管道材料可能对腐蚀性气体、水分等更加敏感, 容易出现腐蚀现象, 长期的腐蚀会削弱管道的壁厚, 导致管道出现腐蚀破裂, 低质量的管道材料可能在使用过程中老化速度较快, 失去原有的强度和韧性, 老化导致管道失去耐压能力, 容易在内部或外部产生裂纹, 材料质量不佳可能导致管道焊接和连接质量不稳定, 焊缝处容易出现裂纹、气孔等问题, 从而使得管道的完整性受到威胁, 一些不合格的管道材料可能会在特定的温度条件下发生脆化现象, 使得管道在正常工作温度下变得容易破裂, 材料质量不良的管道容易受到外部环

境的腐蚀和损害, 如土壤含有腐蚀性物质或者外力力量对管道施加压力, 导致材料破损引发泄漏<sup>[2]</sup>。

### 1.2 管道维护

管道维护是保障埋地天然气管道安全和正常运行的关键环节, 但如果维护不当或不到位也可能引发管道泄漏。若管道维护中的检查周期过长, 可能会导致管道的潜在问题没有及时发现和处理, 例如腐蚀、裂缝等问题可能在维护之间逐渐恶化, 维护人员在检查管道时, 如果忽略了某些重要的部位或问题, 可能会导致问题未被及时发现, 这些未发现的问题有可能在后续的使用中逐渐加剧, 维护操作时使用不合适的工具或方法, 可能对管道造成损伤, 例如维护人员可能在清理管道时使用锐利的工具导致管道表面受损, 当管道出现问题时, 维护人员的修复措施可能不当, 导致问题没有得到有效解决, 维护人员缺乏足够的专业知识和技能, 可能无法正确判断管道的问题, 也无法采取适当的维护措施从而引发泄漏事故。

### 1.3 地质条件

地质条件是影响埋地天然气管道泄漏的重要因素之一, 土壤中的化学成分、湿度和酸碱度等因素都会影响管道材料的腐蚀情况, 如果管道埋设在酸性或含有腐蚀性物质的土壤中, 管道材料可能会受到腐蚀, 高地下水位会增加管道腐蚀的风险, 尤其是在气体和水接触的情况下, 可能会引发腐蚀破裂, 地下水位的变化也可能导致管道的位移和变形, 地震会导致地下构造变化, 可能引发管道的位移、破裂或连接部位松动, 土壤的自然运动, 如沉降、膨胀和滑坡等, 可能会对埋地管道造成损害, 管道在土壤运动下可能发生

位移、弯曲等情况,不稳定的地质构造区域,如断层带、岩溶地区等,可能会导致管道的受力分布不均,增加了管道的破裂风险。

#### 1.4 第三方破坏

第三方破坏是指埋地天然气管道在运行中受到外部人为因素的损害,这种情况可能会导致管道泄漏。挖掘施工活动可能导致管道被意外挖掘或损坏,施工人员可能没有获得足够的管道位置信息,或者没有遵循适当的施工规程,导致管道被挖断或破裂,在进行建筑工程时,如修建房屋、道路等,如果没有注意到埋地管道的存在,可能会误损管道,在地下设施施工过程中,如铺设电缆、管道等,如果没有避开埋地天然气管道可能会对管道造成破坏,不法分子可能试图盗取埋地管道中的天然气或其他有价值的物质,导致管道破裂或破坏,无意中的机械破坏,如车辆撞击、挖掘工具切割等,也可能对埋地管道造成损害引发泄漏。

#### 1.5 环境因素

环境因素是影响埋地天然气管道泄漏的重要因素,不同的环境条件可能会对管道材料的性能、管道的稳定性以及管道的完整性造成影响。温度变化会导致管道材料的膨胀和收缩,从而对管道产生应力,可能引发管道的裂纹和破裂,尤其是在极端温度条件下,管道的材料性能可能受到影响,湿度和水分可能导致管道腐蚀,尤其是在存在腐蚀性物质的情况下,水分进入管道内部可能导致管道内部腐蚀,甚至引发腐蚀破裂,地下环境中可能存在各种化学物质,一些化学物质可能对管道材料产生腐蚀作用,导致管道腐蚀和破裂。

#### 1.6 腐蚀因素

地下环境中存在的电解质、水分等可能会引发电化学腐蚀,形成电池腐蚀体系,管道中的不同区域可能存在电位差,从而加速了管道的腐蚀,土壤中的化学成分,特别是酸性物质和盐类,可能会加速管道的腐蚀,这些物质可能通过与管道表面直接接触,土壤和地下水中的微生物可以通过代谢活动产生酸性物质,加速管道材料的腐蚀,微生物腐蚀在潮湿的环境中特别常见。管道材料在受到应力的情况下,特别是在存在腐蚀性环境中,可能会发生应力腐蚀开裂,这种开裂可能逐渐扩展最终导致管道破裂。地下环境中的不均匀条件可能导致管道出现局部腐蚀,如点蚀、凹坑腐蚀等,这些局部腐蚀可能逐渐扩大,埋设在海

水环境中的管道可能面临海水中的盐分、氯离子等腐蚀性因素,加速了管道的腐蚀。

## 2 埋地天然气管道泄漏保护措施研究

### 2.1 提高材料质量

选择具有优异耐腐蚀性能的管道材料,如不锈钢、镀锌钢等以降低腐蚀引发泄漏的风险,在管道材料的生产过程中,严格遵循质量标准和规范,加强材料质量的控制和检测,确保生产出符合要求的管道材料。对管道表面进行防腐涂层处理,可以有效隔绝管道材料与外部腐蚀因素的接触,提高管道的抗腐蚀性能,在管道表面使用防腐技术,如防腐油漆、环氧树脂涂层等,以增强管道材料的耐腐蚀性能,在选择管道材料时要充分考虑当地的地质和环境条件,选择适合的材料,以降低环境因素引发泄漏的风险。在管道内部使用抗腐蚀涂层技术,减少腐蚀物质对管道材料的接触,延长管道的使用寿命,在埋设管道时,可以采取加固和保护措施,如增加管道的覆土层厚度,设置护板等,保护管道免受外部物理损害,在管道材料的生产工艺中,可以采用现代化的生产技术和工艺,以确保管道材料的质量和稳定性。

### 2.2 定期开展检测

制定详细的管道检测计划,明确检测的频率、方法和范围,根据管道的特点和环境条件,制定适当的检测策略,结合多种检测方法,如视觉检查、无损检测、腐蚀监测、气体检测等,全面了解管道的状态,确保问题不被遗漏。培训检测人员,使其掌握相关的专业知识和技能,能够准确判断管道的问题,并正确操作检测设备,应用先进的检测技术,如超声波、红外热像仪、电化学腐蚀监测等,提高检测的准确性和可靠性。定期派遣专业人员对管道进行巡检,检查管道的外观、涂层、防护措施等,发现问题及时处理,使用无损检测技术,对管道的内部和外部进行检测,发现管道的腐蚀、裂纹等问题,确保管道的完整性。对检测数据进行分析 and 记录,建立管道健康档案,便于追踪管道的状态和问题,制定合适的维护计划,根据检测结果制定定期的维护计划,对管道进行清洗、涂层维护、更换损坏部件等,保障管道的良好状态。

### 2.3 强化管道监测

在管道上安装各种类型的传感器,包括温度传感器、压力传感器、流量传感器、气体检测传感器等,以实时监测管道的运行参数和环境状况,将传感器采集到的实时数据通过网络传输到监控中心,实现远程

监测和数据分析,以便及时发现异常情况。建立异常报警系统,当监测数据超出预定范围或出现异常情况时,自动触发报警,通知相关人员进行应急处理,开发监测平台和可视化界面,显示管道的实时运行状态和监测数据,帮助操作人员及时了解管道的情况。应用机器学习和人工智能技术,分析大量实时数据,识别异常模式,预测潜在问题,提前采取措施防止泄漏,使用地理信息系统技术,将管道的实时监测数据与地理信息相结合,实现对管道运行状态的空间分析和展示。基于实时监测数据,远程实现管道的控制和干预,如调整压力、流量等参数,降低潜在风险。

#### 2.4 引入安全阀和自动关闭装置

在管道系统中合适的位置安装安全阀,安全阀能够自动释放过压或过载的气体,保持管道的安全运行状态,防止管道爆裂或泄漏,引入自动关闭装置,当监测到管道内气体压力异常或其他问题时,自动关闭管道,阻止气体继续流动,配备气体泄漏探测器,能够及时感知到气体泄漏的存在,当检测到泄漏时,自动触发安全阀或自动关闭装置。将安全阀、自动关闭装置和气体泄漏探测器与监测和控制系统相连接,实现实时监测、远程控制和数据分析,确保系统的稳定性和可靠性,对安全阀、自动关闭装置和气体泄漏探测器进行定期的维护和检测,确保其正常工作和灵敏性,设计安全阀和自动关闭装置的参数,使其能够根据实际情况进行调整,以适应不同压力、流量等变化,设计备用的安全阀和自动关闭装置,以备主要设备发生故障时能够及时切换使用。

#### 2.5 制定应急预案

制定应急预案是埋地天然气管道泄漏保护的重要一环,它能够在泄漏事故发生时,确保各种应急措施能够迅速、有序地进行,最大限度地减少事故的影响。针对不同可能的泄漏情景,进行风险评估,分析可能的影响和后果,制定应对方案,明确各级管理人员和应急队伍成员的责任分工,确保在事故发生时能够快速行动,成立应急指挥中心,指定专门的应急队伍,确保应急工作有序展开,建立健全的应急通讯系统,确保与各级人员、部门以及相关机构之间能够及时、准确地沟通,配备必要的应急设备和器材,包括泄漏处理工具、个人防护装备、气体探测器等,定期进行应急演练,模拟不同泄漏情景,让相关人员熟悉应急程序和操作步骤,制定泄漏应急处理流程,包括封闭管道、关闭阀门、启动安全阀等步骤,以最小化泄漏

影响。安排急救人员,制定伤员救护方案,确保受伤人员得到及时的救护和照顾。制定人员疏散方案,确保人员安全撤离,事故发生后,进行应急处置过程的总结与分析,找出不足之处并加以改进,为未来类似事件做好准备。

#### 2.6 强化技术创新

强化技术创新是提升埋地天然气管道泄漏保护的关键措施之一,新技术的引入可以有效地提高管道的安全性和监测能力。开发智能监测系统,整合传感器、数据分析和人工智能技术,实现对管道运行状态的实时监测和预测,准确判断异常情况,引入无人机技术,对埋地管道进行定期巡检,通过高清摄像、红外热像等技术,检测管道的外部状况发现问题,探索新的无损检测技术,如激光扫描、声纳技术等,提高管道内外部问题的检测准确性和范围,引入分布式传感技术,将传感器分布在管道上各个关键位置,实现更全面、精准的数据监测。运用大数据分析技术,对管道运行数据进行深度分析,预测潜在问题,实现故障的早期预警,开发智能控制装置,能够根据监测数据自动调整管道运行参数,避免过载和泄漏,借助远程监控技术,实现对管道的实时监测和远程操作,从而更精确地控制管道运行状态,利用虚拟现实技术,对管道的运行状态进行模拟和可视化展示,帮助操作人员更好地理解管道的运行情况,研发新型防腐材料、抗腐蚀涂层等,提高管道材料的耐腐蚀能力,延长管道的使用寿命,探索紧急修复技术,如管道封堵剂、快速修复材料等,能够在泄漏事故发生后迅速进行临时修复。

### 3 结论

埋地天然气管道泄漏受到诸多因素的影响,包括管道本身的材料和质量、设备设施的维护情况、外部力量和损害、环境因素等,这些因素相互作用共同决定泄漏事故的可能性和严重程度,需要从管道泄漏影响因素出发,采取多种类型的保护措施,以此降低管道泄漏问题出现的概率,保障管道长期处于安全运行状态。

#### 参考文献:

- [1] 张伯扬,马贵阳,王凯,等.基于CFD的埋地天然气管道泄漏扩散数值分析[J].辽宁石油化工大学学报,2019,39(01):39-43.
- [2] 朱庆杰,赵晨,陈艳华,等.埋地天然气管道泄漏的影响因素及保护措施[J].环境工程学报,2018,12(02):417-420.