

长输天然气管道腐蚀与防腐措施探讨

周文辉

(江西省检验检测认证总院特种设备检验检测研究院南昌检测分院, 江西 南昌 330000)

摘要: 在城市化进程的深入推进下, 天然气行业得到飞速发展, 对天然气运输工作要求愈发严格。当前, 长输天然气管道运行期间, 遇到的问题较多, 其中腐蚀问题最为常见。腐蚀问题会影响长输天然气管道品质, 损坏管道内部和外部, 威胁人们的生命安全。因此, 做好长输天然气管道防腐工作势在必行。鉴于此, 结合长输天然气管道腐蚀现状, 探讨长输天然气管道防腐的意义, 并在明确管道腐蚀成因的基础上, 制定针对性的防腐措施, 保证天然气管道使用寿命在延长的同时, 天然气行业能实现可持续发展。

关键词: 长输天然气; 管道腐蚀; 防腐措施

0 引言

天然气在人们日常生活和工业发展中发挥重要作用。现阶段, 管道运输是天然气主要运输方式。但是, 天然气管道在建设时, 由于面临的地形复杂, 加之管道运输量大、运输时间长、环境地貌复杂、压力高等因素影响, 使得天然气管道经常出现腐蚀问题, 影响了管道的安全。因此, 为将此类问题解决, 应该结合管道内外部腐蚀成因, 制定切实可行的防腐对策, 并将日常管理工作做到位。

1 长输天然气管道防腐的意义

天然气作为一种清洁、高效的能源, 应用前景广阔。为保证天然气可以安全运输, 建设和维护好管道至关重要。在长输天然气管道运行期间, 腐蚀问题出现概率较高。而若想提高管道运输能力和使用寿命, 需要将防腐工作做到位。对管道进行防腐处理, 可以保障能源供应的安全, 有助于环境的保护。

1.1 可以保障能源供应安全

天然气是重要能源来源, 对国家经济发展和人民生活改善有重要作用^[1]。一旦天然气管道腐蚀, 除了会导致能源供应中断外, 还会引发安全事故, 威胁到人们的生命财产安全。所以, 在天然气运输过程中, 需要做好管道防腐工作, 确保能源供应安全, 防止管道腐蚀, 增强能源供应的稳定性与可靠性。

1.2 可以保护环境

天然气属于清洁能源, 对环境污染小。若管道腐蚀导致泄漏, 会对环境造成污染^[2]。天然气泄漏会引发资源浪费问题, 也会产生有害气体, 对大气、水源等造成污染, 危害生态环境。因此, 长输天然气管道运行过程中, 应该将防腐工作做好, 避免管道出现泄漏问题, 减少对环境的污染, 实现生态环境的可持续发展。

1.3 可以提升管道经济效益

天然气管道的建设和维护需要投入较大成本, 若能将长输天然气管道防腐工作做到位, 可以延长管道的使用寿命, 降低维护成本, 促进管道经济效益的提高。并且, 防腐可以提升管道的运输能力, 减少能源损耗, 让能源充分利用, 节省能源成本, 促进能源的可持续发展。

2 长输天然气管道腐蚀原因

2.1 管道内部因素

在利用管道输送天然气能源时, 管道金属将与天然气介质直接接触。天然气介质的成分复杂, 除常规烷烃外, 还含有大量二氧化碳、硫化氢等腐蚀性成分, 在输送温度、输送压力、输送速度等因素干扰下, 这些成分会对管道内壁产生严重腐蚀, 具体原因如下: ①针对长输管道来说, 具有输送量大、输送距离长特点, 管道内的介质长时间处在高温高压环境下, 会导致酸性气体的活动能力提高, 自身活性增强。酸性物质对金属有腐蚀作用, 由于受到酸性气体活动能力及自身活性的影响, 化学反应的速率会提升, 致使管道腐蚀; ②管道材料的选择会对腐蚀产生影响。不同管道材料对不同腐蚀介质有不同的抵抗能力, 选择合适的管道材料, 可以有效防止腐蚀问题^[3]; ③天然气介质输送距离长, 因此需要对介质进行脱酸脱水处理。但由于处理设备运行稳定性不强, 部分游离水和固体介质会进入管道, 管道内存在气液固三相, 受三相混流影响, 对管道产生冲刷腐蚀。此种腐蚀现象在管道弯头、三通位置出现概率较高; ④管道内有化学腐蚀和电化学腐蚀问题出现。针对此类情况, 主要因为介质中含有大量腐蚀性成分, 管道内环境达到一定条件时, 化学腐蚀、电化学腐蚀的概率会增大, 管道面临安全风险也随之提升。

2.2 管道外部因素

2.2.1 微生物腐蚀

微生物腐蚀是指由微生物引起的管道腐蚀现象。微生物是一类生活在水、土壤、大气中的生物体，可以吸附在管道表面生长并形成生物膜，不断腐蚀管道。微生物腐蚀的形式较为复杂，产生的腐蚀速度比化学腐蚀慢，但腐蚀破坏力大。诸如：微生物可以在管道表面生长并形成生物膜，附着在管道表面并吸附其他腐蚀介质，使得管道腐蚀速度加快；微生物代谢期间，会产生有害物质，包括酸、硫化物等，这些物质会对管道材料产生腐蚀作用；微生物在生长期间，会产生电化学反应，导致管道表面发生局部腐蚀。

2.2.2 海水腐蚀

海水腐蚀是指海水对管道产生腐蚀现象。因为海水中包含的盐、氯离子等腐蚀性物质较多，所以会对管道产生影响。诸如：盐析腐蚀：海水中的盐和氯离子等物质会在管道表面析出，形成盐析物附着在管道表面引起腐蚀；电化学腐蚀：海水中含有大量电解质，能够形成电解质溶液，最终形成电化学腐蚀，致使管道的腐蚀速度加快；海洋生物腐蚀：海水中包含的海洋生物较多，会在管道表面生长并且形成生物膜，加速管道的腐蚀。此外，天然气管道建设在海洋中，海水运动也会对管道形成冲刷或磨损，让腐蚀情况更为严重。

2.2.3 土壤腐蚀

土壤腐蚀是指土壤中存在一些物质对管道侵蚀和损害。土壤腐蚀的原因是土壤中含有化学物质、微生物、电化学因素等。土壤中的水分和氢气如果与管道表面的金属发生反应，会形成氧化物，导致金属腐蚀。土壤中的有机物及无机盐类腐蚀性较高，会加速金属的腐蚀过程。诸如土壤中的硫化物、硫酸盐会引起硫化腐蚀；土壤中的氯化物和氯离子会引起氯化腐蚀。同时，土壤中的电解质和水分能形成导电介质，使得金属表面出现电化学反应。如金属氧化和还原反应，可以加快金属腐蚀速度。此外，土壤中的微生物可以将金属作为能源来源，加快管道腐蚀。如硫酸盐还原菌和铁细菌，能够通过产生酸性物质和氧化物的方式，加速金属腐蚀过程。

2.2.4 大气腐蚀

大气腐蚀是指大气环境中存在的气体和颗粒物质对管道侵蚀和损害。大气腐蚀的原因主要包括大气中的氧气、水分、污染物颗粒物等。氧气和水分如果与管道表面的金属发生反应，会形成氧化物和氢氧化物，导致金属腐蚀。氧气和水分的浓度越高，腐蚀程度越严重。大气中的二氧化硫、二氧化氮、氯化物等污染

物会使得大气腐蚀的程度加剧。同时，大气中的颗粒物也会引起大气腐蚀。颗粒物包括灰尘、烟雾、颗粒状污染物等，可以在管道表面附着，形成一层保护层，导致金属腐蚀速度加快。

3 长输天然气管道防腐措施

3.1 注重管道内部防护

针对长输管道内腐蚀问题，在具体处理过程中，需要结合运输环境、运输情况，合理制定管道内部防护办法。

3.1.1 加大介质处理力度

在介质进入管道前，应该对介质充分脱水脱酸处理。在介质处理过程中，企业应该定期对处理设备检查和维护，提升处理设备的运行可靠性、稳定性^[4]。同时，从源头出发，让清洁能源进入管道，避免管道内出现严重内腐蚀问题。

3.1.2 在管道内壁增设涂层材料

涂层材料可以将介质与管道金属相互隔离。在腐蚀性介质无法与管道金属直接接触的前提下，管道内壁将不会产生内腐蚀问题。同时，内涂层材料能让介质的输送效率提升，有助于管输企业经济效益的提高。现阶段，常见的涂层材料有环氧树脂、聚氨酯、聚乙烯等。这些材料有良好的耐腐蚀性能和抗氧化物质侵蚀能力，可以延长管道的使用寿命。

3.1.3 合理添加缓蚀剂

倘若介质中的酸性成分含量多，无法对其进行全面脱除，可以引入添加缓蚀剂。即在管道入口位置设置缓蚀剂添加设备，结合管输运行情况，确定合适的缓蚀剂添加量。缓蚀剂要依靠分子作用力吸附在管道内壁，让管道内壁金属的电荷分布情况发生变化。

3.1.4 合理制定清洁措施

管道内部应该定期清洁，有效防止腐蚀问题。针对长期运行的管道，内壁会积累各种腐蚀和污垢物质，会加速管道的腐蚀和损坏。因此，需要定期清洁管道，将管道内壁的污垢、腐蚀产物清除，保持管道内壁的光滑和清洁。

3.1.5 电化学防护

此方法主要通过施加电流或电位差防止管道内壁腐蚀。常见的电化学防护方法有阴极保护和阳极保护两种。阴极保护是通过在管道内壁加负电位，阻止管道内壁腐蚀。阳极保护是通过在管道内壁施加正电位防止腐蚀。此方法可以有效延缓管道内壁的腐蚀速度。

3.2 加强管道外部防护

在对长输天然气管道外部防护过程中，应该结合外部腐蚀的具体成因，有针对性地制定防护措施，保证腐蚀问题能有效规避，提升管道运行的稳定性、可

靠性与安全性。

3.2.1 微生物腐蚀处理

为避免微生物腐蚀管道,可以加入抗菌剂或生物杀菌剂等,预防和控制微生物的生长,减少微生物腐蚀的发生^[5]。同时,利用物理或化学方法,防止生物膜形成。诸如定期清洗管道表面、加入抗生物膜剂等。此外,选择抗腐蚀性能好的材料制造管道,减少微生物腐蚀问题的发生。

3.2.2 海水腐蚀处理

为避免海水对管道造成影响,让天然气在管道顺利运输,在对海水腐蚀问题处理过程中,首先要选择对海水腐蚀有较好耐蚀性的材料制造管道。同时利用防腐涂层等方式防止海水中的盐析物附着在管道表面。对管道定期清洗,避免生物膜形成,并将管道表面的盐析物清除。

3.2.3 土壤腐蚀处理

为减少土壤腐蚀对管道的影响,可以选择抗腐蚀性好的金属材料,诸如不锈钢、高强度合金等。在管道表面施加一层防腐层,提升管道的耐腐蚀性能。在土壤中添加缓蚀剂,减少土壤中化学物质对管道的腐蚀作用。对管道定期检查与维护,及时处理土壤腐蚀问题,保证管道的使用年限能延长。

3.2.4 大气腐蚀处理

大气腐蚀主要包括干腐蚀和湿腐蚀。针对两种腐蚀类型,需要采取针对性的方式处理。其中,湿腐蚀在处理过程中,可以加装防护层、密封件等,防止水分进入管道表面。防护层可以利用镀层、涂层等,密封件可以应用橡胶垫片、填料等;加装防潮设备,保持管道的干燥,有效控制湿度;加装防护层,选择耐腐蚀材料,防止管道表面与化学物质发生反应。在干腐蚀处理过程中,可以加装氧气浓度检测仪,减少管道周围氧气供应,对氧气的浓度严格控制。氧气浓度检测仪能对管道周围的氧气浓度实时监测,减少氧气供应。或者采用加装绝热层、调整管道周围的温度等方式,严格控制温度。绝热层可以利用保温棉、保温板等。在调整温度时,可以使用加热器、冷却器等。

3.3 做好管道日常管理

为确保长输天然气管道能安全运行,降低腐蚀问题出现概率,还应该做好管道的日常管理工作,诸如定期巡检和维护、对管道内部腐蚀及时清理、建立管道监测与预警系统。

3.3.1 定期巡检与维护

对长输天然气管道定期巡检,及时发现问题并修复。巡检内容主要涵盖管道表面腐蚀检查、管道连接位置的密封检查,支架和支撑设施的稳定性检查等。

在巡检过程中,如果发现管道有破损、腐蚀、松动等情况,应该第一时间采取措施并修复,保证管道的完整性和稳定性。

3.3.2 做好管道内部腐蚀的清理

对管道内部的杂物和沉积物定期清理,防止腐蚀问题发生。在清理过程中,可以利用机械清理与化学清洗两种方式。其中,机械清理是运用刷子、铁球等工具清理。化学清洗则要应用化学药剂将腐蚀清除。在对管道清理的基础上,还应采取合理的措施防止管道内部出现腐蚀问题,包括在管道内涂覆防腐层、利用防腐涂料加强对管道的保护等。

3.3.3 建设监测和预警系统

为避免长输天然气管道出现腐蚀问题,还应该结合管道的具体运行情况,建立管道监测与预警系统,对管道的运行状态实时监测与预警。在建立监测系统时,将温度、压力、流量等各项参数包含在内,利用传感器和检测设备,做好数据的采集与分析工作。预警系统在构建过程中,依照监测数据进行异常报警和预测,及时发现管道运行期间出现的各类问题,同时采取合理的方式应对,保证事故发生概率能降低,提升管道运行稳定性和安全性。

4 结束语

综合而言,长输天然气管道运行过程中,腐蚀问题会对运行安全造成严重影响。因此,管输企业应该对防腐工作的重视程度较高。但是,管道腐蚀机理复杂,内部与外部环境均会导致管道腐蚀,如果利用单一的防腐措施,很难达到预期效果。为将此类问题解决,还要结合管道内外腐蚀成因,采取针对性的防腐办法,保证管道腐蚀速率在降低的同时,管道能始终处在安全运行状态。

参考文献:

- [1] 赵延平.长输天然气管道腐蚀与防腐措施探讨[J].石化技术,2023,30(07):104-106.
- [2] 张赣润.长输天然气管道腐蚀因素及防护措施[J].石化技术,2022,29(10):84-86.
- [3] 宋伟聪,黄建成.长输天然气管道腐蚀的形成与防护措施[J].清洗世界,2022,38(03):59-61.
- [4] 冯斌,林维伟.长输天然气管道压气站运行中的腐蚀与防护分析[J].中国石油和化工标准与质量,2021,41(15):27-28.
- [5] 冯斌,林维伟.长输天然气管道腐蚀的形成与防护措施[J].化学工程与装备,2021(08):161-162+172.

作者简介:

周文辉(1974-),男,汉族,江西南昌人,本科,研究方向:特种设备检验检测。