

油气储运中的管道腐蚀成因与防治措施分析与研究

田 丽 张桐硕 (辽河石油职业技术学院, 辽宁 盘锦 124103)

摘 要: 油气管道作为现代能源运输的重要基础设施, 管道腐蚀是油气储运领域面临的重要挑战之一, 腐蚀引发的管道事故可能带来严重的经济损失和环境影响。因此, 对管道腐蚀成因进行深入分析, 并制定有效的防治措施至关重要。本文首先分析了腐蚀在油气储运中的影响, 然后总结了管道腐蚀的主要成因, 包括化学腐蚀、电化学腐蚀、微生物腐蚀等, 最后针对不同类型的腐蚀, 提出了相应的防治措施, 包括材料选择、涂层防护、阴极保护、监测与维护等方面, 以期为油气储运安全提供更有效的保障。

关键词: 管道腐蚀; 腐蚀; 防治措施; 油气储运; 安全

0 引言

据相关数据显示, 2022 年我国管道运输总里程达到 $18.5 \times 10^4 \text{ km}^2$, 其中油气管道约 $12.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。2022 年我国通过管道运输的原油、成品油、天然气、液化气等能源物质总量达到 $13.9 \times 10^8 \text{ t}$, 占我国能源消费总量的近 33.3%。然而, 管道腐蚀问题作为导致管道事故的主要原因之一, 一直是油气储运领域面临的重要挑战之一^[1,2]。管道在长时间运行过程中, 不可避免地受到多种腐蚀因素的影响, 导致腐蚀破坏。这种破坏不仅会引起管道泄漏, 进而污染环境, 还可能导致严重的爆炸事故, 危及人身安全和经济财产。因此, 深入了解管道腐蚀的成因和特点, 制定有效的防治措施, 对于提高管道安全性、降低事故风险、保障能源供应安全具有重要意义。本文将从管道腐蚀的影响、成因、防治措施等方面进行系统分析和研究, 为油气管道腐蚀的预防和控制提供科学依据。通过全面了解腐蚀机制和防治方法, 能够更好地保障管道的安全性和可靠性, 提高其使用寿命, 促进能源运输的稳定和高效。

1 管道腐蚀的影响

管道腐蚀是油气储运中的常见问题, 其严重影响着管道设施的安全性和可靠性。管道腐蚀的影响主要体现在以下 3 个方面:

①安全隐患: 管道腐蚀会导致管道壁厚度减少, 降低了管道的承载能力和抗压能力, 增加了管道发生破裂、泄漏的风险。特别是在高压、高温、高腐蚀性介质条件下, 管道腐蚀可能引发严重的安全事故, 如爆炸、火灾等, 对人民生命财产安全构成严重威胁^[3];

②经济损失: 管道腐蚀不仅需要进行维修或更换受损管道, 还可能导致管道停产, 造成生产中断和供应中断, 给油气生产企业带来严重的经济损失。此外,

由于腐蚀造成的事故可能需要进行应急处置、环境修复等, 也会增加额外的经济负担;

③环境污染: 管道腐蚀引发的泄漏事件可能导致油气等有害物质的泄漏, 造成环境污染, 对土壤、水源、植被等生态环境造成破坏。特别是在地下管道泄漏的情况下, 污染物可能渗入地下水中, 影响周围地区的饮水安全和生态平衡。

2 管道腐蚀成因分析

2.1 化学腐蚀

化学腐蚀是管道腐蚀的一种主要形式, 其成因主要是介质中的化学物质对金属表面的侵蚀作用。在油气储运过程中, 管道所受的介质可能含有各种腐蚀性物质, 如硫化物、氯化物、酸性物质等, 这些物质与金属表面发生化学反应, 导致金属表面发生溶解或产生腐蚀产物, 进而降低了管道的强度和耐腐蚀性^[3]。

首先, 硫化物腐蚀是一种常见的化学腐蚀形式。当管道运输的介质中含有硫化物时, 如硫化氢、硫化钠等, 这些物质会与金属表面发生反应, 形成硫化物, 并附着在金属表面。硫化物对金属的腐蚀作用主要体现在两个方面: 一是硫化物本身具有腐蚀性, 会直接侵蚀金属表面; 二是硫化物会在金属表面形成一个致密的硫化物膜, 阻碍了金属与环境的联系, 导致金属表面发生局部腐蚀。其次, 氯化物腐蚀也是管道腐蚀中的常见形式。氯离子在介质中的存在会加速金属的腐蚀速率, 尤其是在潮湿的环境中, 氯离子的腐蚀作用更加明显。氯化物会引发金属表面发生点蚀、晶间腐蚀等形式的腐蚀, 使金属表面产生微小的孔洞和裂纹, 进而降低了管道的强度和密封性, 增加了管道的泄漏风险。此外, 酸性物质也可能引发管道的化学腐蚀。酸性物质会与金属表面发生化学反应, 形成金属盐和氢气, 导致金属表面的溶解和腐蚀。特别是在含

有酸性物质的介质中,金属的腐蚀速率会显著增加,从而加剧了管道的腐蚀程度和风险^[4]。

2.2 电化学腐蚀

电化学腐蚀是管道腐蚀的一种主要形式,其发生与金属表面形成了阳极和阴极区域有关。在电化学腐蚀中,金属表面的阳极区域会发生氧化反应,导致金属的溶解和腐蚀。同时,金属表面的阴极区域则会发生还原反应,阻止金属的溶解,从而减缓了腐蚀的速度。在正常情况下,金属表面的阳极和阴极区域会达到平衡状态,使得金属表面的腐蚀速率相对较低^[4,5]。

电化学腐蚀的发生与多种因素有关,其中最主要的因素包括介质的电导率、温度、氧气含量、金属的电化学活性以及表面形貌等。首先,介质的电导率对电化学腐蚀具有重要影响,电导率越高,电流越容易通过金属表面,从而加速了腐蚀的发生。其次,温度是另一个重要因素,通常情况下,温度越高,金属的腐蚀速率越快。此外,氧气的含量也会影响电化学腐蚀的发生,氧气可以促进金属表面的氧化反应,从而加速了腐蚀的进行。此外,金属的电化学活性和表面形貌也会影响电化学腐蚀的发生。电化学活性指的是金属在特定介质中的电位变化情况,不同金属的电化学活性不同,因此在同样的介质中,不同金属的腐蚀程度也会有所不同。另外,金属表面的形貌也会影响电化学腐蚀的发生,如表面的粗糙度、微观缺陷等都会加剧腐蚀的发生。

2.3 微生物腐蚀

微生物腐蚀是管道腐蚀的另一种主要形式,其发生主要是由微生物在管道内生长繁殖,产生代谢产物导致金属腐蚀所致。微生物腐蚀通常发生在特定的环境中,如水域、土壤、沉积物中,尤其是含有微生物的介质中,因此在油气储运过程中,管道经过这些环境时很容易受到微生物腐蚀的影响。

微生物腐蚀的发生与多种微生物有关,其中最常见的微生物包括硫酸盐还原菌、硫醇菌和铁细菌等。这些微生物在含有一定含量的水的环境中生长繁殖,并产生一些代谢产物,如硫化物、酸等,这些代谢产物具有腐蚀金属的性质,因此会导致金属管道的腐蚀。微生物腐蚀的发生还与介质中的氧气含量、温度、pH值等因素密切相关。通常情况下,微生物腐蚀更容易发生在缺氧或低氧环境中,因为在这种环境中,微生物更容易利用金属作为电子受体进行代谢反应。此外,温度和pH值也会影响微生物腐蚀的发生,通常情况

下,温度越高、pH值越低,微生物腐蚀的速率越快。

3 管道腐蚀防治措施

3.1 材料选择

选择合适的管道材料可以有效降低腐蚀的发生率,并延长管道的使用寿命,主要有以下3个方面:

①对于可能受到化学腐蚀的管道部位,如在含有酸性、碱性或含有氯离子等腐蚀性物质的介质中运输的管道,应选择具有良好耐腐蚀性能的材料。例如,不锈钢、合金钢等具有较高的耐腐蚀性能,可以有效抵抗化学腐蚀的侵蚀;②对于可能受到微生物腐蚀的管道部位,应选择具有抗微生物腐蚀能力的材料。例如,对于容易受到微生物腐蚀的地下管道,可以选择具有防腐涂层涂层的钢管,以提高管道的抗腐蚀能力;③选择适当厚度的管道可以增加管道的耐用性,减少腐蚀的发生。同时,在管道表面涂覆耐腐蚀的涂层,如环氧树脂涂层、聚乙烯涂层等,可以有效隔绝管道与介质的直接接触,减少腐蚀的发生^[5,6]。

3.2 涂层防护

涂层防护是管道腐蚀防治中的一项重要措施,通过在管道表面涂覆一层特殊的防腐涂层,可以有效隔离金属表面与介质的直接接触,减少腐蚀的发生。涂层防护主要包括以下3个方面:

①选择合适的涂层材料。常用的涂层材料包括环氧树脂、聚乙烯、聚氨酯等,这些材料具有良好的耐腐蚀性能和附着力,能够有效保护管道表面不受腐蚀的侵蚀;

②涂覆工艺也对涂层防护的效果产生重要影响。在涂覆过程中,需要确保管道表面清洁干燥,以保证涂层与金属表面之间的牢固粘结。此外,还需要控制涂层的厚度和均匀性,以确保涂层能够有效地覆盖整个管道表面;

③定期维护。管道运行过程中,可能会受到外界环境的影响,如机械损伤、紫外线辐射等,这些因素都可能导致涂层的磨损和脱落。因此,定期检查涂层的状况,并进行修补和更换是非常必要的,以保持涂层的完整性和防护效果^[6,7]。

3.3 阴极保护

阴极保护是一种常用的管道腐蚀防治技术,通过使金属管道表面成为阴极,从而抑制了金属在阳极处的溶解,减缓或阻止了腐蚀的发生。这项技术主要适用于金属管道在土壤、水体等电解质介质中受到电化学腐蚀的情况。实现阴极保护的方式主要有2种:外

加电流阴极保护和阳极材料阴极保护。外加电流阴极保护是通过外部的直流电源向管道表面施加负电流,使得管道表面成为阴极,从而抑制了腐蚀的发生。而阳极材料阴极保护则是在管道表面附近埋设阳极材料,使得阳极材料成为管道表面的阴极,进而实现对管道的保护^[8]。

阴极保护技术的实施需要考虑多种因素,如土壤的电阻率、管道的长度和直径、电流密度等。此外,还需要对管道系统进行合适的设计,选择合适的阴极保护设备,并确保设备的正常运行和维护。例如,定期检查阴极保护设备的电流输出情况,及时修复或更换失效的设备。阴极保护技术具有操作简单、成本较低、效果稳定等优点,在管道腐蚀防治中得到了广泛的应用。然而,阴极保护技术也存在一些局限性,如需要对管道系统进行较大改造、需要耗费一定的能源等。因此,在实施阴极保护技术时,需要充分考虑其适用性和经济性,并与其他防腐蚀措施结合起来,共同保障管道的安全运行。

3.4 监测与维护

监测与维护是管道腐蚀防治中至关重要的一环,它可以帮助及时发现管道腐蚀问题,并采取相应的修复措施,从而保障管道的安全运行。监测与维护主要包括以下4个方面:

①定期监测。监测可以采用多种方法,包括非破坏性检测和破坏性检测。非破坏性检测方法包括超声波检测、磁粉检测、涡流检测等,可以在不影响管道正常运行的情况下,对管道进行全面、准确的检测。而破坏性检测方法则包括取样检测、电化学测试等,可以获得更为精确的腐蚀情况数据;

②及时维护和修复。一旦发现管道存在腐蚀问题,就需要采取相应的修复措施,包括清除腐蚀部位、修补缺陷、更换受损部件等。同时,还需要对管道进行防腐蚀处理,如重新涂覆防腐蚀涂层、加强阴极保护等,以防止腐蚀问题的再次发生;

③对于受腐蚀严重的管道部位,可以考虑采取加固措施,如设置加固套管、增加支撑等,以提高管道的承载能力和稳定性;

④建立健全的管理制度。通过建立完善的维护记录和分析系统,及时了解管道的运行状况和腐蚀情况,制定科学合理的维护计划和预防性维护措施,可以有效降低管道腐蚀问题的发生率,保障管道的安全运行^[9,10]。

4 结语

①管道腐蚀是油气储运中的重要安全隐患,其发生可能导致严重的经济损失和环境影响。因此,对管道腐蚀的成因进行深入分析,并采取有效的防治措施,对于保障油气储运安全具有重要意义;

②油气管道腐蚀问题是一个复杂的工程技术问题,其影响因素多样,防治措施也需综合运用。通过科学的腐蚀成因分析和先进的检测技术,结合合理的防治措施,如涂层保护、阴极保护、化学处理等,能够有效控制和减缓管道腐蚀,提高管道的安全性和使用寿命;

③相关从业人员应该进一步加强对管道腐蚀的研究与监测,不断完善管道腐蚀防治技术体系,提高管道的安全性和可靠性,为油气储运行业的可持续发展作出更大的贡献。

参考文献:

- [1] 周鹏,黄保亮.天然气长输管道腐蚀的形成与防腐保护措施探析[J].中国化工贸易,2020,12(15):25-26.
- [2] 郭晶利,梁彦章,韩海红,等.油气集输管道腐蚀及防护对策的研究进展[J].化工技术与开发,2024,53(Z1):49-52.
- [3] 赵振宇.浅谈油气管道腐蚀影响和防腐方案[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(23):40-41+44.
- [4] 骆朋,张宇昂,郭朴等.油田油气管道储运的安全和防范思考[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(21):67-69.
- [5] 陶乃泽,夏韬.油气集输管道腐蚀与防腐措施研究[J].中国化工贸易,2020,12(18):25,27.
- [6] 徐舒.油气储运中的管道腐蚀成因与防治对策[J].化工管理,2023,(23):103-105.
- [7] 刘礼豪.油气长距离输送管道安全问题分析[J].科技资讯,2018,16(09):76-77.
- [8] 李森.浅议油气长输管道腐蚀原因及阴极保护应用探讨[J].中国化工贸易,2020(10):11-12.
- [9] 马启吉.油气储运中管道科学防腐技术的应用[J].化工管理,2023,(11):66-69.
- [10] 蒋宏.石油天然气管道的腐蚀与防护措施分析[J].中国化工贸易,2020,12(2):202-203.

作者简介:

田丽(1991-),女,汉族,黑龙江密山人,本科,工程师,主要从事石油工程技术、油气地质勘探技术方面的教学工作。