

油气储运管道腐蚀影响因素与管道防腐技术的应用

秦 婧 (中国石化华北油气分公司采气二厂, 内蒙古 鄂尔多斯 017400)

摘要: 管道腐蚀成为油气储运领域的关键挑战, 直接造成对油气储存与运输安全的威胁, 技术人员采用效果显著的防腐对策十分关键。以下试图深入剖析油气储运中管道防腐的价值, 首先分析影响油气储运管道腐蚀的关键要素, 再展现油气储运过程中面临的内外部腐蚀问题。基于此, 进一步探寻油气储运管道防腐技术的运用途径, 给技术人员在油气储运管道防腐实践中提供支持, 推进防腐技术的实际运用与长久优化。

关键词: 油气储运管道; 管道腐蚀; 影响因素; 管道防腐技术

中图分类号: TE988.2

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2026) 006-0142-03

Corrosion Influencing Factors of Oil and Gas Transportation Pipelines and Application of Pipeline Anti-corrosion Technology

Qin Jing (China Petrochemical North China Oil and Gas Branch, Gas Production II Plant, Ordos Inner Mongolia 017400, China)

Abstract: Pipeline corrosion has become a key challenge in the field of oil and gas storage and transportation, directly posing a threat to the safety of oil and gas storage and transportation. It is crucial for technicians to adopt effective anti-corrosion measures. This paper attempts to deeply analyze the value of pipeline anti-corrosion in oil and gas storage and transportation. Firstly, it analyzes the key factors affecting pipeline corrosion in oil and gas storage and transportation, and then presents the internal and external corrosion problems faced during the oil and gas storage and transportation process. Based on this, it further explores the application routes of anti-corrosion technology for oil and gas storage and transportation pipelines, providing support for technicians in the anti-corrosion practice of oil and gas storage and transportation pipelines, and promoting the practical application and long-term optimization of anti-corrosion technology.

Keywords: Oil and gas storage and transportation pipelines; Pipeline corrosion; Influencing factors; Pipeline anti-corrosion technology

在过去的几年中, 因国内外经济的持续迅猛发展, 对于不同能源, 特别是石油与天然气资源的需求, 始终维持在较高的水平。为达到日益增长的需求, 油气资源的开采规模持续扩大, 其中油气储运管道起到了不可或缺的作用。期间, 相关的专业人士必须对此阶段可能存在的安全风险实施分析, 并实施针对性的处理计划。当中, 油气储存和运输管道的腐蚀状况构成了主要的安全风险。而利用高效的防腐措施来提高油气储运管道的耐腐蚀能力, 有助于确保油气储运过程的稳定与安全。

1 油气储运中进行管道防腐的意义

1.1 延长管道使用寿命

在石油与天然气的储存、运输系统中, 管道作为重要的基础设施, 长时间处于不断变化的自然环境中, 尤其是在湿度高、腐蚀性强的气候条件下, 其表面极易被侵蚀。通过采取高效的防腐措施, 能够明显地延缓管道腐蚀的速度, 从而增加其总体使用年限, 并显著降低因频繁替换、保养造成的附加费用。油气管道负责大量能源的长途传输, 一旦管道因腐蚀而损坏, 可能会引发裂缝、泄漏等安全隐患, 严重的情况下甚至可能造成火灾与爆炸等重大的灾难性事故。

1.2 减少环境污染

油气管道的泄露除了会导致资源被浪费, 还可能给地下水与土壤等生态环境带来严重的威胁。腐蚀是引发管道泄露的关键因素, 对此, 要采纳尖端的防腐方法, 减少泄露事故的可能性, 进而减少对环境造成的潜在污染威胁。然而, 管道腐蚀要定期开展检测、修补、替换其不但消耗时间和精力, 还显著提高了运营与维护的总成本。而高效的防腐措施能够降低维护的需求, 节省宝贵的资源, 同时也增强了管道的经济效益与环境友好性。

1.3 提高管道运输效率

腐蚀不仅会引起管道壁厚变薄现象, 还可能引起管道堵塞, 进而造成其输送能力下降。采用防腐蚀手段, 可保证管道内部实现流畅与光滑, 有益于维持高效的油气输送和稳定的流量释放, 杜绝因腐蚀引起生产中断。

世界各地诸多国家和地区, 针对油气管道建设与维护制定了严格的法律制度, 其中包含了针对管道防腐的明确要求, 主动采用防腐技术对合规运营有积极作用, 还可高效防范法律方面的风险, 进一步强化整体竞争实力。

2 油气储运管道腐蚀影响因素分析

2.1 外部因素

在大气中，由于环境因素的影响，水蒸气容易在金属管道的表面冷凝，形成水膜。此类水膜能够溶解空气中的杂质，生成具有电解质属性的溶液，从而可能触发电化学腐蚀的现象。虽然大气腐蚀的不确定性相对于气候因素来说是较低的，但其所带来的影响却是不可轻视的。有关研究指出，在干燥的环境条件下，腐蚀的影响几乎微不足道；然而，一旦环境的湿度超出 80%，腐蚀的速率会迅速上升，这会使得管道迅速展现出腐蚀的标志。另外，由于地质状况的不稳定性，管道有可能被架空。

2.2 施工因素

油气储存与运输管道的施工品质是直接影响其耐腐蚀性能的关键。因管道建设项目具有高度的复杂性与严格的标准，施工阶段常常伴随着多种不可预测的因素，其都有可能变成管道腐蚀的潜在诱因。施工人员的技术能力是决定施工品质的核心要素。由于油气管道的施工团队在专业技能上存在显著的差别，使得施工的品质难以得到保证，从而加大了管道受到腐蚀的可能性。而且，一些施工技术人员没有严格遵循施工规范行事，进一步加剧了管道腐蚀问题的出现。在挑选材料时，若选用的是品质较差或防腐性能不佳的管道材料，便会极大地加快管道腐蚀的速度。

2.3 管道自身因素

油气管道内壁的腐蚀问题主要可分为介质腐蚀与水腐蚀 2 大类。其在腐蚀机理与过程上存在差别。由于科技的不断发展，油气储运管道的类型与材料日益丰富。然而，油气作为特殊的有机化合物混合物，其易燃易爆的特性使得管道在运输存储期间面临着极大的安全隐患。油气与管道内壁的接触可能引发腐蚀反应，造成管道壁减薄、泄漏等安全风险。假如没有及时处理，将对附近环境及人员的安全构成严重威胁。

3 油气储运中存在的内外部腐蚀问题

3.1 油气储运中存在的内部问题

由于油气储运管道位于地下深处，其复杂的连接方式与不断变化的工作环境使得工作人员很难直接观察到管道内部的实际状况。而地下环境具有一定的隐秘性，管道的防腐层若遭到破坏，通常很难迅速地发现、处理。另外，当多类油气在同一管道中混合时，其相互作用可能会改变其化学属性，从而加速管道的腐蚀过程。

3.2 油气储运中存在的外部问题

对于从事油气储存和运输的单位来说，强化管道施工的管理是提升其核心竞争力的关键手段。然而，

在具体的建设过程中，管道的建设往往会受到气候、地质状况和基础设备等限制。其除了对管道施工的进度、品质造成了影响，同时也对管道今后的防腐性能带来了影响。因油气储存和运输关系到多个复杂的环节，因此，对管道项目品质实施有效的监督与管理经常受阻。

4 油气储运管道中防腐蚀技术的应用

4.1 新防腐涂层技术在油气储运管道中的应用

如今油气储运需求的日益增长，以往的管道防腐涂层技术已难以达到高效、安全的防腐标准。在此背景下，技术人员对传统技术展开了全面革新，催生了新一代防腐涂层技术，主要涵盖熔结环氧技术和聚乙烯防腐技术。

此类新技术充分运用了电化学腐蚀原理，通过牺牲阳极的方式，有效保护了阴极中的金属管道免受腐蚀侵害。当中，聚乙烯防腐技术以其轻质高强、承压能力出色的特点，成为短距离油气运输管道的优选方案。实际运用中，技术人员采纳聚乙烯胶带对管道缠绕处理，实现了高效便捷的防腐保护。

4.2 牺牲阳极保护技术在油气储运管道中的应用

牺牲阳极保护技术把强还原性金属用作防护剂，属于一种革新的防腐途径，把这类金属与管道做连接处理，造就原电池架构，依靠强还原金属的氧化反应开展，切实缓解了管道的腐蚀现象。

4.3 阴极保护技术在油气储运管道中的应用

阴极保护技术是油气储存及运输管道的关键防腐方式，其突出优点有适用范围的广泛性和明显的防护成效。该技术主要归为 2 大类：外加电流型阴极保护及牺牲阳极型阴极保护，它们皆是以不同金属氧化还原特性的差异为基础，经由电化学反应降低阴极数量，并修整其结构，借此构建阴极保护系统。在油气储存跟运输的管道系统里面，阴极保护技术不光加大了管道的抗腐蚀能力，还明显提升了其整体的安全质量。

4.4 液体环氧技术在油气储运管道中的应用

尽管液体环氧技术投入防腐应用的时间不长，但在某些特定的局面中，它体现了极佳的防腐性能，尤其是管件、埋地阀门等难以采用常规方法涂覆的区域，以及弯头这类地方。液体环氧技术可搭建完整的防腐系统，且其性能的一致性程度很高。国内用于弯头防腐的新型材料主要是固体聚脲、聚氨酯等，这类材料在涂覆、喷涂方面体现出很高的灵活性，而且成本比较低，为油气储运管道的防腐事宜提供了有力支撑。

5 油气储运管道防腐蚀技术的优化措施

5.1 优化防腐涂层技术

为进一步加大油气储运管道的防腐力度，应选取

耐腐蚀性更优的涂层材料, 诸如环氧树脂、聚乙烯涂层和聚氨酯涂层等。这类材料可有效拦阻水分、氧气和腐蚀介质的渗透, 较大程度降低管道表面的腐蚀风险, 采用多层涂层技术可进一步增进防护成效, 增强管道对外界环境的隔离效果。研究并应用自愈合材料是未来涂层技术的重要发展走向, 这类涂层在受到轻微破坏时可以自我复原, 再度恢复防腐能力, 以此延长管道的使用期限。

5.2 阴极保护技术优化

在完善阴极保护技术的过程中, 应该特别重视牺牲阳极的材料选取与其安装措施。普遍的材料有锌、铝、镁等, 挑选此类材料时要顾及管道的特定环境与防腐需求。在此前提下, 对阳极的位置、数量实施了调节, 以保障管道的所有部分都得到充分的保护。根据调整电流, 例如, 调节电流的密度, 能够改善管道的电化学反应环境, 使保护电流均匀分布, 从而防止过度保护或保护不足的情况发生。采取智能监控技术同样是加强阴极保护效能的关键途径。凭借对管道腐蚀状况与阴极保护效能的实时监控, 并适时地改进保护方案, 能有效地提升防腐工作的效率。

5.3 智能监测与预警系统

为实时监控与预警油气储运管道的腐蚀情况, 要建立智能化的监测预警系统。此系统采纳了腐蚀传感器和应变传感器等智能传感器, 以实时收集管道腐蚀的相关数据。借助数据分析措施, 能够及时识别出管道的腐蚀状况且实施预警。通过无人机与机器人等先进技术来对管道巡查, 从而缩小人工巡查的盲点, 增加巡查的效率与准确性。

借助物联网的先进技术, 能够把管道内的各类传感器与中央控制系统实施连接, 进而达到数据实时上传与远程监控管理的目的。通过设立专门的腐蚀检测站点并定期追踪腐蚀的速度, 能够评定防腐技术的实际成效, 同时, 据此适时地调节防腐方案。此外, 通过运用大数据分析对管道腐蚀的历史数据展开建模、深入分析, 能够预测今后可能出现的腐蚀状况, 并据此提前实施相应的预防对策, 以减少严重腐蚀事件的发生。

5.4 管道选材优化

在选取油气储存和运输管道的材料时, 要首先运用具备出色抗腐蚀特性的合金钢、不锈钢和高效的复合材料, 从而显著增强管道的抗腐蚀能力。针对要承受高温环境的管道系统, 应当特别选择能够抵抗高温腐蚀的特殊材料, 以保障管道在高温条件下能够长时间稳定运作。在管道进行铺设的阶段, 需严格把好施工质量关, 采用有效手段, 杜绝施工期间对防腐层造

成意外破坏。为使管道维持在最佳工作水平, 必须制定并实施详细的管道保养计划, 其中应包括定期检查、专业的清洁步骤和必要的维修环节, 以便及时发现并处理也许会出现的腐蚀状况。设立全面的腐蚀评估及管理系统, 不断改进防腐策略, 还可以做长期跟踪与评估事宜, 实现管道防腐工作持续优化。就防腐技术应用而言, 纳米涂层技术优势十分突出, 它会造就更精细的防护层, 显著增进涂层的附着力与抗腐蚀功效。采用纳米技术, 防腐层厚度呈现明显的增厚, 稳定性同样有所提升, 进一步强化了管道的防腐功用。伴随大众环保意识不断增强, 采用环保型防腐材料及技术是必然走向。

综上所述, 执行油气储运管道的防腐措施对于维护油气储运过程的安全与可靠性是非常重要的。对此, 油气存储和运输单位要主动采取行动, 实施一系列有力的策略以减少腐蚀的隐患。一方面, 要选用环境友好且具有出色耐腐蚀特性的管道材料, 从根本上增强管道的抗腐蚀性能。接下来, 单位要高度关注防腐技术人才的培训, 凭借持续的专业培训与实践锻炼, 培养一支技术娴熟、经验丰富的防腐技术团队。另一方面, 各单位应当积极地研究、实践新型的防腐涂层技术、牺牲阳极保护技术、阴极保护技术、液体环氧技术、内部防护技术等, 进而使其在油气储运管道防腐中得到高效运用, 以便强化管道防腐工作的技术含量与成效, 为油气储运领域的安全、高效、稳定发展打下牢固的基础。

参考文献:

- [1] 吴有更. 油气管道外腐蚀风险管理探索 [J]. 石油工业技术监督, 2024, 40(03): 44-48.
- [2] 杨昊天. 盐碱土对油气管道的腐蚀影响及治理对策研究 [J]. 全面腐蚀控制, 2024, 38(02): 86-90.
- [3] 柏蓉. 含硫介质中油气管道用 X80 钢的腐蚀行为及机理 [J]. 腐蚀与防护, 2024, 45(02): 63-68.
- [4] 郭晶利. 聚合物缓蚀剂在油气管道腐蚀防护中的研究进展 [J]. 当代化工研究, 2024(03): 18-20.
- [5] 申玉健. 含双腐蚀缺陷高钢级油气管道剩余强度研究 [J]. 石油管材与仪器, 2024, 10(01): 57-62.
- [6] 郭晶利. 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.
- [7] 侯丹阳. 油气储运管道腐蚀影响因素与管道防腐技术的应用思考 [J]. 石化技术, 2025, 32(09): 206-208.

作者简介:

秦婧 (1996-), 女, 汉族, 甘肃白银人, 硕士研究生, 助理工程师, 研究方向: 油气储运工程。