

油气储运管道防腐蚀技术的应用与管理

周春侠（国家管网西部管道公司，新疆 乌鲁木齐 830011）

摘要：油气管道腐蚀的影响因素众多，包括外部环境、内部流体特性以及管道本身的设计与材料等。为了有效防止和控制腐蚀，必须采取综合性的防护措施，如防腐层技术、阴极保护及内部防腐等。此外，加强管道管理与监测也至关重要。本研究旨在分析油气储运管道的腐蚀影响因素，并探讨相应的防腐技术及措施，以期为提高管道安全性提供指导。

关键词：油气储运；管道；防腐蚀技术；应用；管理

0 引言

油气储运管道在现代能源输送中发挥着至关重要的作用，但其长期运行面临着各种腐蚀问题，这不仅影响到管道的安全性和使用寿命，也可能导致环境污染和经济损失。为此，要加强对防腐技术的研究和优化。

1 油气储运管道腐蚀影响因素

1.1 外部因素

首先，环境条件。温度、湿度和降水量等气候要素对管道表面的腐蚀速率有显著影响。例如，在高湿度和频繁降雨的地区，空气中的氧气和水分结合形成电解质溶液，从而加速金属表面的氧化反应。此外，高温环境下，金属材料的氧化速率也会显著提高，因此在选择管道材料时，应充分考虑当地的气候特征^[1]。

其次，土壤性质。不同类型的土壤含有不同程度的盐分、有机物和酸碱性，这些成分会导致电化学反应，从而引发土壤中的微生物活动，加速金属的腐蚀。例如，在盐碱地带，由于盐分浓度较高，管道受到电解质介质的侵蚀风险增大。因此，在铺设管道前，需要进行详细的土壤分析，以便采取适当的防护措施。

此外，地下水位变化。当地下水位上升时，可能会导致管道与水接触，从而引发浸泡腐蚀。在某些情况下，如果地下水中含有溶解氧或其他腐蚀性离子，将进一步加剧这一过程。因此，对于埋地管道，需要定期监测地下水位及其水质情况，并及时采取相应措施，如增加防腐层或采用阴极保护技术来降低潜在风险^[2]。

最后，人为活动。例如，施工活动、交通负荷以及周边工业排放都可能对油气储运管道造成直接或间接伤害。这些活动可能导致地面沉降、振动或者直接碰撞，从而损坏防腐层，引发泄漏事故。因此，加强对周边环境的人为干预管理至关重要，有必要建立相

关制度以限制危险行为，并确保施工单位遵循安全规范。

1.2 内部因素

首先，流体特性。油气输送过程中，流体中可能含有水分、盐分、酸性气体（如二氧化碳和硫化氢）以及其他杂质，这些成分会显著提高腐蚀的发生几率。例如，当管道内存在水相时，水与油气混合形成电解质溶液，促进了金属表面的电化学反应，从而加速了腐蚀过程。此外，流体的温度和流动速度也会对内部腐蚀产生影响。在高温高压条件下，流体中的腐蚀介质活性增强，导致金属材料更容易发生局部腐蚀或均匀腐蚀。因此，在设计和运营过程中，应加强对输送介质成分及其变化规律的监测，以制定相应的防护措施。

其次，管道材料的化学性质。不同类型的金属材料对于各种腐蚀介质表现出不同程度的抗腐能力。例如，不锈钢由于其优良的耐腐蚀性能，在某些环境下能够有效延缓腐蚀进程，而低碳钢则可能因为其较弱的耐受性而遭受更大的损害。因此，在选择管道材料时，应综合考虑所输送介质的特点以及预期环境条件，以确保选用最适宜的材料来降低潜在风险。

最后，管道运行状态。长时间稳定运行下，管道内壁会因磨损而逐渐暴露出新的金属表面，这可能导致其抗腐能力下降。同时，当出现频繁启停或波动性的流量时，会引起液体在管道内的不均匀分布，从而造成局部区域积聚，使得这些区域更易受到侵害。此外，如果没有定期进行维护和清洗，会导致沉积物累积，这些沉积物不仅会直接接触金属表面，还可能成为微生物滋生的平台，加剧生物膜形成相关的微生物诱导型腐蚀（MIC）问题^[3]。

1.3 管道本身因素

首先，管道的设计。合理的设计不仅能提高管道

在不同环境条件下的稳定性，还能有效降低因应力集中而导致的局部腐蚀现象。例如，在管道弯头、阀门及连接处等位置，由于流体流动的不均匀性，往往容易出现涡流和湍流，这些区域更易受到腐蚀。因此，在设计阶段，应考虑这些潜在风险，通过优化流体通路和加强这些关键部位的保护措施来降低腐蚀发生的可能性。

其次，制造工艺。管道生产过程中，如焊接、热处理及表面处理等工艺步骤，都会对其最终性能产生显著影响。不当的焊接工艺可能导致焊缝区域存在缺陷，如裂纹或未熔合，从而成为腐蚀源。此外，热处理不当也可能导致金属组织结构的不均匀性，降低材料的耐腐蚀性。因此，在制造过程中应严格控制工艺参数，并进行必要的质量检测，以确保每一根管道都能达到预定标准^[4]。

2 油气储运管道防腐蚀技术的应用

2.1 防腐层技术

首先，防腐层材料。常用的防腐层材料包括聚乙烯、环氧树脂、聚氨酯等，这些材料具有良好的耐化学性、耐湿性及耐磨损性。例如，环氧树脂因其优异的附着力和抗渗透性能，被广泛应用于钢铁管道的内外壁涂覆。此外，新型复合材料也逐渐崭露头角，其结合了不同材料优点，不仅提高了防腐能力，还增强了机械强度。在选择具体材料时，应根据管道所处环境以及输送介质特性进行综合评估，以确保所选防腐层能够满足实际需求。

其次，涂覆工艺。涂覆工艺包括表面预处理、底漆涂布、面漆涂布及固化等多个步骤。在施工前，对管道表面的清洁处理至关重要，如去除油污、锈蚀等杂质，以提高涂料的附着力。同时，应严格控制每一步骤中的温度和湿度条件，以确保涂层均匀且无缺陷。此外，对于大型或复杂结构的管道，采用喷涂或浸渍等专业施工方法可以进一步提升防护效果，从而实现更好的防腐能力。

2.2 阴极技术

首先，牺牲阳极法。这一方法的基本原理是使用一种比管道材料更易被腐蚀的金属（通常为锌、镁或铝）作为阳极，定期置于管道系统中。当外部环境中的电解质介质存在时，这些牺牲阳极将优先与环境中的腐蚀性物质反应，从而有效地保护管道金属表面不受侵害。牺牲阳极法具有成本低、操作简单的特点，适用于小型或分散式的油气储运设施。然而，该方法需要定期检查和更换阳极，以保证其持续有效性，因

此在管理上需建立相关维护机制。

其次，强制电流法。这一方法通过施加外部直流电流，使得管道金属表面成为阴极。强制电流法能够提供更为均匀且持久的保护效果，特别适合长距离、高风险区域的油气输送。在实施过程中，需要根据具体土壤条件、管道材料及其工作状态进行细致计算，以确定合适的电流强度与施加位置。此外，为了确保系统运行稳定，应配备专门的监测设备，实时监控电流输出及管道状态，从而及时调整参数以满足保护需求。

在实际应用中，阴极保护技术并非单独使用，而是与其他防腐措施相结合形成综合防护体系。例如，在选择材料时，可以考虑与阴极保护相辅相成的不锈钢或涂覆高性能防腐层，这样能进一步增强整体防腐能力。同时，在施工阶段，应加强对施工质量的控制，以确保绝缘层完好无损，从而提高整个系统的效率。

2.3 管道内部防腐

首先，流体性质的控制。油气输送过程中，流体可能含有水分、酸性气体（如二氧化碳和硫化氢）、杂质以及其他腐蚀介质。这些成分不仅会加速金属表面的电化学反应，还可能导致局部腐蚀或均匀腐蚀现象。因此，在设计阶段，应对流体组成进行详细分析，并根据其特性选择合适的防腐策略。例如，对于含水量较高的油气，建议采用具有优良抗湿性能的材料，并结合适当的内衬技术，以减少金属与水相接触所带来的腐蚀风险。同时，应定期监测流体成分变化，以便及时调整防护措施。

其次，内衬技术。通过在管道内壁涂覆一层保护材料，如聚乙烯、聚氨酯或环氧树脂等，可以有效隔离金属表面与侵蚀介质之间的直接接触。这些材料通常具备良好的耐化学性、耐磨损性和柔韧性，使其能够承受一定程度的机械冲击和环境变化。在选择内衬材料时，需要综合考虑输送介质的性质、温度及压力条件，以确保所选材料能够长期发挥作用。此外，施工过程中的表面处理质量也至关重要，需确保内衬材料与管道金属表面之间形成良好的附着力，从而提高整体防护效果。

最后，沉积物控制。在长时间运行过程中，各类杂质及微生物可能在管道内壁形成沉积物，这不仅会造成液体不均匀分布，还会为微生物诱导型腐蚀（MIC）提供滋生基础。因此，应定期进行清洗维护，以去除潜在沉积物，并使用抑菌剂或清洗剂来降低微生物活动。此外，引入智能监测技术，如在线传感器，可实

时监控管道内壁状态，为及时采取预防措施提供数据支持。

3 管道防腐措施

3.1 加强油气储运管道安全管理

首先，建立健全管道安全管理体系。这一体系应包括管道设计、施工、运行、维护及退役等各个阶段的安全管理措施。通过制定科学合理的安全管理制度，明确各级管理人员的职责，确保每个环节都得到有效监控。此外，还需定期对管理体系进行评审和更新，以适应不断变化的安全形势。

其次，加强管道本体安全监测。采用先进的技术手段，如智能监测系统、远程监控系统等，对管道本体进行实时监测，及时发现和处理安全隐患。同时，加强对管道沿线环境的监测，包括土壤、水质、气象等，以便及时采取应对措施，降低外部环境对管道的影响。

再次，提高管道沿线居民的安全生产意识。通过宣传和教育，让沿线居民了解油气储运管道的安全知识，提高他们的自我保护能力。同时，建立完善的事故应急预案，确保在事故发生时能够迅速响应，最大限度地减少事故损失。

最后，加强管道维护和维修工作。定期对管道进行维护和检查，及时修复腐蚀、磨损等损伤，确保管道处于良好状态。此外，加强对管道沿线设施的维护，如阀门、泵站等，确保其正常运行。

3.2 合理选择防腐材料

在油气储运管道的防腐蚀工作中，合理选择防腐材料是提高管道抗腐蚀性能、延长使用寿命的关键因素。防腐材料的选择应综合考虑管道所处的环境、输送介质的特性、经济成本以及施工条件等多方面因素。以下是选择防腐材料时需要考虑的主要因素：①环境因素：不同地区的环境条件（如温度、湿度、土壤性质等）对防腐材料的要求不同。例如，在高温、高湿地区，应选择耐热、耐湿的防腐材料；在土壤腐蚀性较强的地区，应选用具有较强耐腐蚀性的材料。②输送介质特性：输送介质中的腐蚀性成分（如盐分、酸碱性物质等）对防腐材料的选择具有重要影响。应根据输送介质的特性选择与之相匹配的防腐材料，以提高抗腐蚀效果。③经济成本：防腐材料的选择应考虑经济成本，在满足防腐要求的前提下，选择性价比高的材料。④施工条件：防腐材料的施工难度和施工条件也是选择时需要考虑的重要因素。应选择施工简便、施工条件要求较低的防腐材料，以降低施工成本和提

高施工效率。⑤材料性能：根据管道的使用寿命、抗腐蚀性能和耐磨性能等要求，选择具有相应性能的防腐材料。⑥环保要求：在选择防腐材料时，应考虑其环保性能，选择对环境友好、无污染的防腐材料。

3.3 进一步落实管道防腐工作

为了进一步落实油气储运管道的防腐工作，确保管道系统的安全、稳定运行，我们需要从以下几个方面入手：首先，加强管道腐蚀的监测与检测。通过定期对管道进行腐蚀监测，及时发现腐蚀问题，并采取相应的处理措施。可以采用先进的检测技术，如超声波检测、红外检测等，提高检测的准确性和效率。其次，加强管道防腐材料的研发和应用。不断研究和开发新型防腐材料，提高防腐材料的性能和耐久性，以满足不同环境下管道防腐的需求。同时，加强防腐材料的标准化和规范化管理，确保防腐材料的安全性和可靠性。再次，加强管道防腐技术的培训和教育。通过培训和教育，提高管道维护和管理人员的防腐意识和技能水平，使他们能够更好地应对管道防腐的挑战。最后，加强管道防腐工作的监管和管理。建立健全管道防腐工作的监管机制，加强对管道防腐工作的监督检查，确保防腐工作的有效性和规范性。同时，加强对管道防腐工作的管理，建立完善的管理制度和流程，确保防腐工作的顺利进行。

4 结语

油气储运管道的腐蚀问题关乎安全和经济效益，影响着整个能源运输系统的稳定性与可靠性。通过对外部因素、内部因素及管道自身特征的深入分析，可以有效识别潜在腐蚀风险，并采取针对性的防护措施。综合应用防腐层技术、阴极保护及内部防腐等手段，加上合理选择防腐材料与加强管理监测，将显著提升管道的防腐能力和使用寿命。未来，应持续关注新技术和材料的发展，以实现更高效的管道防腐工作，为油气行业的可持续发展奠定坚实基础。

参考文献：

- [1] 倪大兆,徐颖,钱波,等.油气储运中管道防腐工艺设计与应用[J].能源技术与管理,2021,46(05):116-118.
- [2] 严中华.油气储运中的管道防腐问题[J].化工设计通讯,2021,47(05):32-33.
- [3] 范丽洁.油气储运中管道防腐工艺设计与应用[J].化工设计通讯,2021,47(05):91-92.
- [4] 胡伟.管道防腐技术在油气储运中的全程应用[J].化工管理,2021,(07):144-145.