

腐蚀性介质输送管道选材与寿命评估方法分析

杨建华 刘旭阳

山西沐风设计有限公司洛阳分公司 河南 洛阳 471000

【摘要】：腐蚀性介质输送管道的选材合理性与寿命评估准确性，直接关系工业生产安全与效益。本文围绕这一主题，系统剖析腐蚀性介质的腐蚀机理与类型，确立选材需兼顾耐蚀性、力学性能与工艺适配性的核心原则，指出当前选材中存在的成本优先倾向与评估体系缺失等问题。并提出以介质特性分析为前提、多材料综合对比为核心、性能实验验证为保障的选材策略，同时构建基于全周期腐蚀监测的多维度寿命评估体系，为工业管道工程的安全运维与技术优化提供理论与实践支撑。

【关键词】：腐蚀性介质；管道选材；寿命评估；输送管道；腐蚀防护

DOI:10.12417/2811-0528.26.11.046

引言

腐蚀性介质输送管道在石油化工、冶金等关键工业领域中地位突出，其运行可靠性直接关乎生产流程的稳定、人员与环境安全及企业运营成本。介质的化学性质、温度压力等工况，易引发管道的电化学腐蚀、点蚀及应力腐蚀开裂，严重威胁设备完整性。选材失当或评估缺失，常导致管道过早失效、泄漏频发与维护失控。为破解这一行业痛点。本文从选材原则与现实困境出发，衔接选材策略与寿命评估的技术路径，旨在构建适配复杂工况的选材与评估一体化框架，为提升管道系统全生命周期安全管理水平奠定基础。

1 腐蚀性介质输送管道选材的核心要求与现存问题

腐蚀性介质输送管道选材需以适配介质腐蚀特性、保障运行安全为核心，兼顾经济性与可操作性，这是管道长期稳定运行的前提。不同腐蚀性介质腐蚀机理差异明显，酸性介质易引发电化学腐蚀，碱性介质可能导致应力腐蚀开裂，含氯离子介质会加速金属点蚀，因此选材需先明确介质关键参数，遵循耐腐蚀性优先、兼顾力学性能与工艺适配性的原则，确保材料适配工况且便于加工维护。

当前工业领域腐蚀性介质输送管道选材过程中，仍存在诸多亟待解决的问题。部分企业在选材时过度注重成本控制，忽视了介质腐蚀的严重性，选用耐腐蚀性不足的材料，导致管道短期内出现腐蚀损伤，增加了维护成本与安全风险；部分选材过程缺乏系统性考量，未全面分析介质特性、运行工况等因素，仅依据过往经验进行选材，导致材料与实际运行需求不匹配，出现腐蚀速率过快、管道寿命缩短等问题^[1]。部分选材人员对各类管道材料的耐蚀性能、适用场景掌握不够全面，难以根据具体工况精准筛选材料，进一步加剧了选材不合理的问题，为管道后续运行埋下安全隐患。

选材不合理带来的危害具有传导性，不仅会影响管道自身的使用寿命，还会波及整个介质输送系统。管道因腐蚀出现泄

漏时，会导致腐蚀性介质外泄，引发环境污染、设备损坏等问题，严重时还会造成人员伤亡，影响企业正常生产秩序。同时，频繁的管道更换与维护会大幅增加企业的运营成本，降低生产效率，因此，解决选材过程中存在的问题，明确科学的选材逻辑，是保障腐蚀性介质输送管道安全稳定运行的首要任务，也是后续开展寿命评估工作的基础。

2 腐蚀性介质输送管道的科学选材策略与实践路径

腐蚀性介质输送管道的科学选材，需建立在对介质特性、材料性能、运行工况全面分析的基础上，形成“介质分析—材料筛选—性能验证”的完整选材流程。首先需开展介质腐蚀性分析，通过试验检测明确介质的腐蚀类型、腐蚀速率，结合管道运行的温度、压力、流速等工况参数，确定选材的核心指标，如耐蚀性、力学强度、耐高温性、耐高压性等，为材料筛选提供明确依据。不同介质场景下，选材侧重点存在差异，例如强酸介质输送管道，需优先选用耐酸性强的合金材料或非金属材料防腐材料，而含氯离子的介质输送管道，则需选用抗点蚀性能优异的材料，避免因点蚀导致管道泄漏。

合理筛选适配的管道材料是选材工作的核心，需结合介质特性与工况要求，对各类材料的耐蚀性能、力学性能、工艺性能进行综合对比。金属材料凭借优异的力学强度与密封性，在腐蚀性介质输送管道中应用广泛，其中不锈钢、耐蚀合金等材料，具备良好的耐电化学腐蚀、点蚀、应力腐蚀性能，适用于中高压、高温工况下的腐蚀性介质输送；非金属材料如玻璃钢、聚四氟乙烯等，具有优良的耐腐蚀性与耐老化性能，且重量轻、安装便捷，适用于低压、常温工况下的腐蚀性介质输送，尤其适用于强腐蚀性介质的输送场景。在选材过程中，需避免单一依据耐蚀性能进行选择，还需兼顾材料的加工难度、安装成本、维护便利性，实现耐蚀性与经济性的平衡。

选材后的性能验证的不可或缺的环节，能够确保所选材料符合实际运行需求，避免因材料性能不达标导致的运行隐患。

性能验证可通过实验室试验与现场试运行相结合的方式开展,实验室试验主要检测材料在模拟目标介质与工况下的腐蚀速率、力学性能变化,验证材料的耐蚀稳定性;现场试运行则通过短期实际运行,观察材料的实际腐蚀情况、密封性能、力学性能表现,及时发现选材过程中存在的问题并进行调整^[2]。同时,需建立选材档案,记录介质参数、选材依据、材料性能指标、验证结果等信息,为后续管道维护、寿命评估及同类管道选材提供参考,形成闭环管理,提升选材的科学性与规范性。

3 腐蚀性介质输送管道寿命评估的关键思路与实操方法

腐蚀性介质输送管道的寿命评估,核心是通过分析管道腐蚀状态、运行工况等因素,判断管道的剩余使用寿命,为管道维护、更换提供科学依据,避免因管道超期运行引发安全事故,同时合理控制维护成本。寿命评估需以管道实际运行状态为基础,结合腐蚀机理、材料性能变化规律,采用科学的评估思路与方法,确保评估结果的准确性与可靠性。评估工作需贯穿管道全生命周期,从选材完成、安装投用开始,定期开展腐蚀检测与寿命评估,及时掌握管道腐蚀状态的变化,动态调整评估结果与维护策略。

管道腐蚀状态检测是寿命评估的核心前提,只有精准掌握管道的腐蚀程度、腐蚀分布、腐蚀速率,才能为寿命评估提供可靠的数据支撑。常用的腐蚀检测方法需结合管道安装场景与材质特点合理选用,无损检测技术凭借不破坏管道结构、检测

精度高的优势,在管道腐蚀检测中应用广泛,如超声波检测可精准检测管道壁厚变化,判断腐蚀导致的壁厚减薄程度;渗透检测可检测管道表面的微小裂纹、点蚀缺陷,明确腐蚀损伤的分布情况;腐蚀探针检测可实时监测管道内壁的腐蚀速率,跟踪腐蚀发展趋势。通过多种检测方法相结合,全面掌握管道的腐蚀状态,避免因检测不全面导致评估结果偏差。

基于腐蚀检测结果,结合材料性能、运行工况等因素,采用科学方法开展管道寿命评估,确保评估结果贴合实际需求。评估过程中,需综合考量介质腐蚀速率、管道壁厚、力学性能变化及运行压力、温度等关键要素,分析腐蚀损伤对管道承载能力、密封性能的影响,判断管道安全运行可行性,进而确定剩余使用寿命^[3]。同时,需建立寿命评估档案,详实记录检测结果、评估方法、结论及维护建议,动态跟踪腐蚀状态变化并及时更新评估结果,合理安排维护更换工作,规避安全风险与资源浪费,实现管道安全运行与经济性的统一。

4 结语

本文围绕腐蚀性介质输送管道选材与寿命评估展开分析,明确选材需适配介质腐蚀特性、兼顾安全与经济性,指出选材现存问题并提出科学选材策略,探讨了基于腐蚀检测的寿命评估方法。选材合理性与寿命评估准确性,是保障管道安全稳定运行的关键,二者协同作用。本文研究可为工业领域此类管道的选材、寿命评估及安全运维提供实践参考,助力企业降低安全风险、优化运营成本。

参考文献:

- [1] 李哲睿,王振伟,王建轩,等.不同介质长度的高锰钢辙叉闪光焊接头耐腐蚀性能研究[J/OL].兵器材料科学与工程,1-10[2026-03-06].
- [2] 裴锋,贾璐路,田旭,等.碱性介质中铜覆钢耐腐蚀性能快速评价及失效机理研究[J/OL].电镀与涂饰,1-12[2026-03-06].
- [3] 顾益平,杜尚锋,杨兰兰.制药过程中腐蚀性介质的处理与回收利用[J].化工管理,2025,(29):67-69.