

化工给排水系统防腐蚀材料的选型与应用性能研究

张素平

山东鸿运工程设计有限公司河北省瑞赢分公司, 河北 石家庄 050000

[摘要] 化工给排水系统作为化工生产中的重要基础设施, 承担着输送、分配和处理工艺用水、冷却水以及废水等多项关键任务, 其正常运行直接关系到化工生产的连续性与稳定性。在化工生产过程中, 给排水系统不仅需要满足各类工艺对水质、水量和水压的严格要求, 还必须具备高度的安全性与可靠性, 以保障生产设备的安全运行及人员的安全作业环境。此外, 化工给排水系统的设计合理性及运行效率直接影响整个生产过程的能耗水平及资源利用率, 因此在现代化工工程中占据着不可替代的核心地位。

[关键词] 化工给排水; 系统防腐蚀材料; 选型应用

DOI: 10.33142/sca.v9i4.19557

中图分类号: TU9

文献标识码: A

Research on the Selection and Application Performance of Anti-corrosion Materials for Chemical Water Supply and Drainage Systems

ZHANG Suping

Hebei Ruiying Branch of Shandong Hongyun Gongcheng Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: As an important infrastructure in chemical production, the chemical water supply and drainage system undertakes multiple key tasks such as transportation, distribution, and treatment of process water, cooling water, and wastewater. Its normal operation directly affects the continuity and stability of chemical production. In the process of chemical production, the water supply and drainage system not only needs to meet the strict requirements of various processes for water quality, quantity, and pressure, but also must have a high degree of safety and reliability to ensure the safe operation of production equipment and the safe working environment of personnel. In addition, the design rationality and operational efficiency of chemical water supply and drainage systems directly affect the energy consumption level and resource utilization rate of the entire production process, and therefore occupy an irreplaceable core position in modern chemical engineering.

Keywords: chemical water supply and drainage; system anti-corrosion materials; selection and application

引言

由于化工生产过程中涉及多种强腐蚀性介质, 如酸、碱、盐及有机溶剂等, 化工给排水系统极易受到腐蚀的影响, 进而引发一系列严重问题。腐蚀不仅会导致管道、阀门及其他关键部件的壁厚减薄甚至穿孔, 增加泄漏风险, 还可能引发设备损坏、生产停滞以及环境污染等连锁反应。特别是在高温、高压及高流速等复杂工况下, 腐蚀速率显著加快, 进一步加剧了系统的安全隐患与维护成本。因此, 如何有效应对腐蚀问题已成为化工给排水系统设计与运行中的关键挑战。

1 研究目的与意义

本研究旨在通过对化工给排水系统防腐蚀材料选型及其应用性能的深入探讨, 为化工行业提供科学、系统的

解决方案, 以提升系统的抗腐蚀能力及运行可靠性。具体而言, 本研究将从腐蚀环境分析、材料筛选原则、适应性评估及应用性能监测等方面展开, 力求为实际工程提供理论支持与实践指导。此外, 本研究的意义还在于通过优化防腐蚀材料的选择与应用, 延长设备使用寿命, 降低维护成本, 从而为化工行业的安全生产与经济效益提升提供有力保障。

2 化工给排水系统腐蚀环境分析

2.1 常见腐蚀介质种类

化工给排水系统中常见的腐蚀介质主要包括酸、碱、盐和有机溶剂等, 这些介质因其化学性质的不同而对管道及设备材料产生不同程度的腐蚀作用。酸性介质如硫酸、盐酸等具有较强的腐蚀性, 尤其在高温或高流速条件下,

其腐蚀速率显著增加。碱性介质如氢氧化钠则主要通过溶解金属表面的氧化膜导致腐蚀加剧，特别是在长期接触的情况下，会对金属材料的完整性造成严重威胁。此外，盐类介质如氯化钠和硫酸钠在高浓度条件下易引发点蚀和缝隙腐蚀，这主要是由于氯离子的强渗透性和对钝化膜的破坏作用所致。有机溶剂如酮类、醇类和芳香烃类化合物则可能通过溶解某些非金属材料或降低其力学性能而导致腐蚀问题。因此，在化工给排水系统的设计中，需充分考虑这些腐蚀介质的特性及其对材料的潜在影响，以选择合适的防腐蚀措施。

2.2 不同介质的腐蚀原理

不同腐蚀介质对化工给排水系统材料的腐蚀机理可归纳为电化学腐蚀和化学腐蚀两大类。电化学腐蚀是最常见的腐蚀形式之一，通常发生在金属材料表面，因金属与电解质溶液之间的电化学反应导致材料损耗。例如，当金属管道暴露于含氯离子的酸性环境中时，氯离子会破坏金属表面的钝化膜，形成局部腐蚀电池，从而加速金属的溶解过程。此外，氧浓差电池效应也是电化学腐蚀的重要表现形式，特别是在流体流动不均匀或存在气体滞留区域的情况下，腐蚀速率会显著提升。化学腐蚀则是指介质直接与材料发生化学反应而导致其性能下降的过程。例如，强酸介质可能与金属发生氧化还原反应，生成可溶性盐并释放氢气，进而削弱材料的机械强度。碱性介质则可能通过皂化反应或溶解金属氧化膜的方式引起腐蚀。对于非金属材料而言，有机溶剂可能通过溶胀或溶解作用改变其物理结构，从而导致材料失效。因此，理解不同介质的腐蚀机理对于制定有效的防腐蚀策略具有重要意义。

2.3 不同工况下的腐蚀特点

在化工给排水系统中，温度、压力和流速等工况条件对腐蚀行为具有显著影响，表现出不同的腐蚀特点和规律。温度升高通常会加速腐蚀反应动力学过程，因为高温不仅提高了分子的扩散速率，还增强了腐蚀介质与材料之间的化学反应活性。例如，在高温条件下，硫酸对碳钢的腐蚀速率呈指数级增长，同时高温还可能促进某些金属材料的晶间腐蚀现象。压力变化则通过影响介质的溶解度和扩散行为间接作用于腐蚀过程。高压环境下，氧气和二氧化碳等气体在溶液中的溶解度增加，从而加剧了电化学腐蚀的发生概率。此外，流速对腐蚀行为的影响也不可忽视。高流速条件下，流体剪切应力可能导致金属表面保护膜的剥离，从而暴露新鲜金属表面并加速腐蚀。然而，过低的流速则可能引发沉积物腐蚀，因为静止流体中的固体颗粒容易沉积在管道底部，形成局部腐蚀环境。因此，在实际工

程中，需综合考虑工况条件对腐蚀行为的影响，并采取针对性的防护措施以延长设备使用寿命。

3. 防腐蚀材料选型研究

3.1 常用防腐蚀材料概述

在化工给排水系统中，防腐蚀材料的选择直接影响系统的安全性和使用寿命。常用的防腐蚀材料主要包括金属类、非金属类以及复合材料等，这些材料因其独特的物理和化学性能，在不同腐蚀环境中展现出各自的适应性。金属类材料中，不锈钢因其优异的耐腐蚀性和机械强度被广泛应用于化工设备制造。此外，钛及其合金凭借其出色的抗均匀腐蚀和点蚀能力，在强酸、强碱环境中表现出色，但成本较高限制了其大规模应用。非金属类材料则以高分子化工材料为代表，如聚四氟乙烯（PTFE）和玻璃钢（FRP），这类材料具有优异的化学稳定性和绝缘性能，适用于多种腐蚀性介质环境。复合材料结合了金属与非金属材料的优势，例如碳纤维增强复合材料（CFRP），不仅具备高强度和低密度的特性，还表现出良好的耐腐蚀性，逐渐成为化工领域的研究热点。通过对这些材料的性能进行系统分析，可以为化工给排水系统的防腐蚀设计提供科学依据。

3.2 基于腐蚀环境材料筛选原则

在化工给排水系统中，防腐蚀材料的筛选需要综合考虑多种因素，以确保所选材料能够在特定腐蚀环境中长期稳定运行。首先，耐腐蚀性是材料筛选的核心指标，必须根据介质类型、浓度、温度及压力等参数选择适合的材料。例如，针对强酸环境，可选用耐酸性能优异的不锈钢或高分子材料；而对于碱性介质，则需优先考虑耐碱腐蚀能力强的钛材或复合材料。其次，经济性也是不可忽视的因素，材料的选择应在满足性能要求的前提下尽量降低成本，避免因过度追求高性能而导致资源浪费。此外，可施工性同样对材料筛选具有重要影响，尤其是在复杂工况下，材料的加工难度、安装便捷性及维护成本均需纳入考量范围。例如，某些高性能材料虽然耐腐蚀性优异，但因其施工工艺复杂或维护成本高昂，可能并不适合大规模应用。因此，在实际选型过程中，需结合具体工程条件，综合评估材料的耐腐蚀性、经济性和可施工性，以实现最佳选材方案。

3.3 各类材料在不同腐蚀环境下的适应性评估

为了进一步明确各类防腐蚀材料在化工给排水系统中的适用性，需对其在不同腐蚀介质和工况下的表现进行详细评估。研究表明，金属类材料如不锈钢和钛合金在大多数无机酸、碱和盐溶液中表现出良好的耐腐蚀性，但在含有氯离子的环境中易发生点蚀和应力腐蚀开裂。相比之

下, 非金属材料如 PTFE 和 FRP 因其惰性表面和化学稳定性, 在强酸、强碱及有机溶剂环境中具有显著优势, 但其机械强度较低, 可能无法满足高压或高温条件下的使用需求。复合材料则通过结合基体材料与增强相的优点, 展现出更广泛的适应性。例如, CFRP 在同时存在腐蚀和机械载荷的环境中表现出色, 既能承受较高的压力, 又能有效抵抗化学腐蚀。然而, 复合材料的长期耐久性仍需进一步验证, 特别是在极端工况下的性能变化尚需深入研究。通过对比不同类型材料在不同腐蚀环境中的表现, 可以为化工给排水系统的防腐蚀材料选型提供可靠依据, 从而提升系统的整体安全性和经济性。

4. 防腐蚀材料应用性能研究

4.1 实际工程案例分析

在化工给排水系统中, 防腐蚀材料的合理应用是确保系统长期稳定运行的关键因素之一。通过对典型工程案例的分析, 可以深入了解不同防腐蚀材料在实际应用中的表现及其适应性。例如, 在某大型化工厂的酸碱废水处理系统中, 由于废水中含有高浓度的硫酸和盐酸, 传统金属管道因电化学腐蚀严重而无法使用。为此, 该工程采用了内衬聚四氟乙烯 (PTFE) 的复合管材, 该材料具有优异的耐化学腐蚀性, 有效解决了管道腐蚀问题, 同时显著延长了设备的使用寿命。此外, 在某石油化工企业的循环水系统中, 由于水中氯离子含量较高且温度波动较大, 系统采用了玻璃钢 (FRP) 管道作为主要输送材料。玻璃钢以其良好的耐腐蚀性和机械强度, 在复杂工况下表现出色, 不仅降低了泄漏风险, 还减少了维护成本。这些案例表明, 根据具体的腐蚀介质和工况条件选择适当的防腐蚀材料, 能够显著提升化工给排水系统的安全性和经济性。

4.2 材料应用后的性能指标监测

为全面评估防腐蚀材料在化工给排水系统中的实际应用效果, 需对其关键性能指标进行系统监测。耐腐蚀性能是评价防腐蚀材料优劣的核心指标之一, 通常通过实验室模拟测试与现场实际监测相结合的方式进行评估。例如, 针对高分子化工材料, 可通过浸泡试验、电化学阻抗谱 (EIS) 等方法, 分析其在特定腐蚀介质中的耐腐蚀级别及变化趋势。此外, 力学性能也是不可忽视的重要指标, 尤其是在高温、高压或高流速条件下, 材料的抗拉强度、抗压强度和抗冲击性能直接影响其使用寿命和安全性。例如, 在某化工企业的腐蚀性液体输送管道中, 采用玻璃纤维增强塑料 (FRP) 材料后, 通过定期对其环向拉伸强度和弯曲模量进行测试, 发现其在长期使用过程中仍能保持

较高的结构稳定性。除此之外, 使用寿命作为综合反映材料应用性能的指标, 需结合材料的腐蚀速率、老化程度以及实际运行环境进行预测和评估。通过上述多维度的监测方法, 可以全面掌握防腐蚀材料在化工给排水系统中的表现, 并为后续优化提供数据支持。

4.3 影响材料应用性能的因素及优化策略

防腐蚀材料在化工给排水系统中的应用性能受多种因素的综合影响, 其中施工质量和环境因素尤为关键。首先, 施工质量直接影响防腐蚀材料的附着力和完整性, 进而决定其防护效果。例如, 在涂层施工过程中, 若表面处理不当或涂层厚度不均匀, 可能导致局部腐蚀加剧, 从而缩短材料的使用寿命。其次, 环境因素如温度、湿度、压力以及腐蚀介质的种类和浓度, 均可能对材料的性能产生显著影响。例如, 在高温环境下, 某些高分子材料可能发生热老化现象, 导致其力学性能下降; 而在强酸性介质中, 部分非金属材料可能因化学降解而失去耐腐蚀性。为应对上述问题, 可采取以下优化策略: 一是加强施工过程的质量控制, 确保表面处理、涂层施工及固化等环节符合规范要求; 二是根据具体工况条件选择高适应性材料, 例如在极端环境下优先选用高性能聚合物或纳米复合材料; 三是建立完善的监测与维护体系, 通过定期检测和评估及时发现并处理潜在问题, 从而最大限度地发挥防腐蚀材料的应用性能。

5. 新型防腐蚀材料与技术展望

5.1 新型防腐蚀材料的发展趋势

随着化工行业的快速发展, 传统防腐蚀材料在应对复杂腐蚀环境时逐渐显现出局限性, 这促使科研人员对新型防腐蚀材料展开深入研究。高性能聚合物材料和纳米材料作为当前研发的重点方向, 因其卓越的耐腐蚀性、力学强度及可设计性而备受关注。高性能聚合物材料, 如聚四氟乙烯 (PTFE)、聚醚醚酮 (PEEK) 等, 具有优异的化学稳定性和耐高温性能, 在强酸、强碱等极端腐蚀介质中表现出色。此外, 通过分子结构设计优化, 这些材料能够进一步提升其抗渗透性和耐磨性, 从而满足化工给排水系统对长效防护的需求。与此同时, 纳米材料的引入为防腐蚀领域带来了革命性突破。纳米颗粒的小尺寸效应和高比表面积使其能够有效填充涂层微观孔隙, 显著增强涂层的致密性和屏障性能。例如, 纳米氧化铝和纳米氧化锌被广泛应用于改性环氧树脂涂层中, 不仅提高了涂层的硬度和附着力, 还显著延长了其使用寿命。未来, 新型防腐蚀材料的研发将更加注重多功能集成化, 即在保证耐腐蚀性能的同时, 兼顾自修复、抗菌、导电等特殊功能, 以适应日益

复杂的工况需求。

5.2 创新防腐蚀技术的应用前景

除了新型防腐蚀材料的研发外,创新防腐蚀技术的应用也为化工给排水系统的防腐工作提供了新的解决方案。智能防腐涂层技术是近年来发展迅速的一项前沿技术,其核心在于通过引入智能响应机制实现对腐蚀行为的实时监测与主动防护。例如,基于微胶囊技术的自修复涂层能够在涂层受损后自动释放修复剂,从而恢复涂层的完整性并阻止腐蚀进一步扩展。这种技术特别适用于难以进行定期维护的地下管道或高空设备,可以大幅降低维修成本并提高系统的可靠性。另外,电化学保护新技术也为化工给排水系统的防腐蚀工作开辟了新途径。传统的电化学保护方法主要包括阴极保护和阳极保护,但存在能耗高、电位分布不均等问题。新型电化学保护技术通过引入脉冲电流、混合金属氧化物阳极等创新手段,不仅显著降低了能耗,还实现了对复杂几何结构设备的高效保护。此外,基于大数据和人工智能的腐蚀预测与管理系统也开始在实际工程中得到应用,通过对运行参数的实时采集与分析,能够提前预警潜在的腐蚀风险并制定针对性的防护措施。这些创新技术的应用前景广阔,有望在未来彻底改变化工给排水系统的防腐蚀管理模式。

5.3 对化工给排水系统防腐蚀工作的启示

新型防腐蚀材料与技术的出现为化工给排水系统的防腐蚀工作带来了深远影响,尤其是在材料选型和施工维护方面提供了全新的思路和方法。在材料选型阶段,应充

分考虑具体工况条件和腐蚀环境特点,优先选择具备高性能和多功能集成的材料。例如,在处理含有高浓度盐类物质的废水时,可优先考虑采用纳米改性涂层或高性能聚合物复合材料,以应对复杂的腐蚀挑战。同时,还需综合考虑材料的经济性、可施工性以及全生命周期成本,避免因盲目追求高性能而导致资源浪费。在施工维护环节,新型防腐蚀技术的应用则强调智能化和精细化管理。例如,智能防腐涂层的使用要求施工人员掌握先进的涂装工艺,并确保涂层质量符合设计要求;而电化学保护系统的安装与调试则需要专业技术人员进行操作和监控,以保证系统运行稳定可靠。此外,基于大数据和人工智能的腐蚀预测平台可以帮助企业建立科学的维护计划,从而最大限度地延长设备使用寿命并降低运营成本。总之,新型防腐蚀材料与技术的推广不仅提升了化工给排水系统的防腐蚀能力,还推动了整个行业向智能化、绿色化方向迈进。

[参考文献]

- [1]李岩.建筑防腐材料在化工工程设计领域中的应用[J].化工设计通讯,2021,47(1):30-31.
- [2]姜海涛,段成宪,胡仕男.高分子化工材料在化工防腐中的应用研究[J].清洗世界,2023,39(2):68-70.
- [3]孙国定.工业化学水处理设备腐蚀问题处理方法研讨[J].中国设备工程,2024(9):158-160.

作者简介:张素平(1992—),女,汉族,毕业于邢台职业技术学院,现就职于山东鸿运工程设计有限公司河北省瑞赢分公司。