

# 船舶管路防腐蚀技术与防护措施分析

高峰

(招商局重工(江苏)有限公司, 江苏 南通 226116)

**摘要** 船舶作为重要的交通工具, 其管路系统承担着重要的输送和运输功能。然而, 长期受海洋环境的侵蚀和化学介质的影响, 船舶管路常常面临着严重的腐蚀问题, 直接威胁着船舶的安全运行。因此, 对船舶管路的防腐蚀技术与防护措施进行深入研究及探讨具有重要意义。本文将聚焦于船舶管路防腐蚀技术, 从表面涂层技术、电化学防护技术、金属合金选择与应用以及腐蚀监测技术等方面展开论述, 旨在为促进船舶工程建设提供参考。

**关键词** 船舶管路; 防腐蚀技术; 表面涂层技术; 电化学防护技术; 腐蚀监测技术

中图分类号: U672

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2024)02-0007-03

船舶管路的防腐蚀技术与防护措施是保障船舶安全运行和延长使用寿命的重要环节。本文通过对表面涂层技术、电化学防护技术、金属合金选择与应用以及腐蚀监测技术等方面展开深入探讨。针对表面涂层技术, 对不同涂层种类与性能进行对比研究, 并关注其施工工艺、耐久性与维护, 同时探究新型涂层材料的研究与应用案例。电化学防护技术方面, 重点分析了阳极与阴极保护的原理与技术, 以及电位、电流密度控制技术中的应用。此外, 还考察了合金材料的腐蚀特性对比、选择原则与方法, 以及在不同介质中的应用情况, 并关注了合金材料加工与管路制造。对腐蚀监测技术与维护管理, 本文概括了监测技术的综述、监测仪器与设备应用, 以及管路维护管理方法。通过对船舶管路防腐蚀技术与防护措施的综合分析, 本文旨在为船舶工程领域提供全面的理论指导和实践参考。

## 1 防腐蚀技术概述

### 1.1 表面涂层技术

船舶管路的表面涂层技术是预防腐蚀的重要手段之一。各种类型的涂层提供了不同的防护性能, 并在特定环境中展现出不同的优势。有机涂层以其成本较低、施工方便等特点在船舶管路中得到广泛应用。这类涂层可以提供一定的保护, 但对于恶劣环境的长期防护效果可能有限。金属涂层则更适用于在强腐蚀性环境中, 它们具有良好的耐蚀性能和机械强度。然而, 金属涂层的施工复杂度和成本相对较高。陶瓷涂层因其优异的耐高温和耐磨损性能, 在某些高温高压管路中也得到应用。针对不同涂层的特性, 需要根据管路所处环境、介质和使用要求等因素综合考虑, 选择最合适的涂层方案。

### 1.2 电化学防护技术

电化学防护技术是防腐蚀领域中重要的一部分。阳极保护和阴极保护是两种常见的电化学防护方式<sup>[1]</sup>。阳极保护通过在管路表面放置可牺牲阳极, 在电路闭合的情况下使其受腐蚀, 从而保护主体金属。而阴极保护则是通过施加外部电流, 使金属成为阴极, 降低其自身的电位, 从而抑制腐蚀的发生。两者均需要精准的电位和电流密度控制, 以确保防护效果稳定且可靠。选择适合的电化学防护方式需要考虑管路材料、介质特性以及操作维护的方便性等因素。

### 1.3 金属合金选择与应用

对于船舶管路来说, 合适的金属合金选择至关重要。在不同的海洋环境下, 管路可能面临不同程度的腐蚀威胁, 因此选用适当的耐蚀合金对于管路的耐久性至关重要。不锈钢因其抗氧化性能、耐蚀性和机械强度被广泛应用在一些介质相对温和的管路中<sup>[2]</sup>。而铝合金由于其轻质、良好的耐蚀性和加工性能, 逐渐在一些需要轻质材料的管路上得到应用。不同合金材料有其独特的特性和适用场景, 综合考虑环境、介质特性以及成本因素, 选用最合适的合金材料对管路的耐蚀性能有着重要的影响。

### 1.4 腐蚀监测技术

腐蚀监测技术在管路的安全运行和维护管理中扮演着关键角色。采用超声波、磁粉探伤等技术手段, 可以对管路的腐蚀情况进行全面的检测和评估。此类监测手段可以及时准确地发现管路的腐蚀状况, 帮助确定维护方案和修复策略。通过定期的腐蚀监测, 可以预防潜在的腐蚀问题, 保障管路的安全运行。

## 2 表面涂层技术在防腐蚀中的应用

### 2.1 涂层种类与性能对比

不同类型的表面涂层具有各自独特的性能特点。有机涂层、金属涂层和陶瓷涂层等种类,各自在耐腐蚀性、附着力、耐磨性和耐高温性等方面存在差异。有机涂层具有良好的装饰性和涂层厚度可控性,但在耐腐蚀性和耐磨性方面略逊于金属涂层。金属涂层具有良好的耐腐蚀性,但对于高温环境和耐磨性方面不及陶瓷涂层。

### 2.2 涂层施工工艺与质量控制

涂层的施工工艺直接关系到涂层的质量和耐用性。包括前处理、涂覆方法、涂层厚度控制和固化工艺等方面。合理的施工工艺和严格的质量控制是确保涂层性能稳定的关键。

### 2.3 涂层的耐久性与维护

涂层的耐久性对于船舶管路的长期使用至关重要。耐久性主要受环境因素和涂层质量影响,包括海水、化学介质和温度等。定期的维护和检查可以延长涂层的使用寿命<sup>[3]</sup>。

### 2.4 新型涂层材料研究

随着科技的发展,新型涂层材料不断涌现。例如,纳米涂层、功能性涂层等具有更优异的性能,如提高耐磨性、耐腐蚀性和自愈合性等。此类新型涂层材料的研究将为船舶管路防腐蚀技术带来新的发展方向。

## 3 电化学防护技术及其应用

### 3.1 阳极保护原理与技术

阳极保护技术作为船舶管路防腐蚀的关键技术之一,其原理基于一种牺牲性反应的机制。在实际应用中,阳极通常采用锌或铝等活泼金属材料,此类材料会自愿地氧化腐蚀,从而吸收来自管路的腐蚀性能量,最终保护主体金属不受损害。此类原理类似于一种“献身”的过程,通过牺牲阳极自身来保护整个管路系统的金属结构。在应用阳极保护技术时,保证良好的电路连接至关重要。电路的连通性直接影响着阳极的工作效果,因此,维持电路的畅通和稳定性是保障阳极保护技术有效运行的重要条件之一。同时,选择合适的阳极材料也是确保技术可靠性和稳定性的关键因素之一。根据管路所处环境、管道的特性以及腐蚀情况的特征,选择最适合的阳极材料至关重要。

### 3.2 阴极保护原理与技术

阴极保护技术作为船舶管路防腐蚀的重要手段,依赖于施加外部电流,将金属设定为阴极,以此来保护管路免受腐蚀侵害。这一技术的关键在于控制系统

的高效运作,以确保管路的电位保持稳定,电流密度均匀。在海水等高腐蚀性环境中,阴极保护技术广泛应用于防止金属材料的腐蚀,保障船舶管路的安全运行。有效的阴极保护技术需要一个精密而可靠的控制系统。这一系统负责维持管路的电位在一个稳定的水平上,并确保电流均匀地通过整个管路系统。此类均匀的电流密度分布可以确保管路表面受到充分的保护,减少局部腐蚀的风险,从而延长管路的使用寿命。在海水环境中,管路面临着更大的腐蚀威胁,因此阴极保护技术的运用尤为重要。通过合理施加外部电流,管路表面形成的保护膜可以有效降低腐蚀发生的可能性。此类技术在海洋工程和船舶领域得到广泛应用,其成功运用不仅关乎管路材料的长期稳定性,还直接影响船舶的安全运行。

### 3.3 电位、电流密度控制技术

电位和电流密度控制技术是电化学防护的核心环节,直接影响着船舶管路防腐蚀效果的实现。通过精确控制管路的电位和电流密度,可以有效地阻止腐蚀的发生,从而延长管路的使用寿命<sup>[4]</sup>。这项技术的成功应用需要依赖于高度精密的监测设备和稳定可靠的控制系统,以确保管路始终处于理想的防护状态。在电化学防护中,电位和电流密度的控制是非常敏感且复杂的任务。精确地控制管路的电位,需要依靠先进的监测设备,以实时监测管路的电位变化。同时,保持恒定的电流密度对于管路表面的保护至关重要,需要可靠的控制系统确保电流均匀地分布于整个管路表面,避免局部腐蚀的产生。在海洋环境等高腐蚀性场景下,电位和电流密度控制技术尤为重要。

## 4 金属合金选择与应用

### 4.1 合金材料腐蚀特性对比

不同类型的金属合金具有各自独特的腐蚀特性。通过对不同金属合金的耐腐蚀性能进行对比分析,可以了解它们在海洋环境、化学介质或高温条件下的表现。比如,不锈钢、铝合金、钛合金等合金材料,各自在不同环境下的耐蚀性可能有所差异。

### 4.2 合金选择原则与方法

在选择合适的金属合金用于船舶管路时,需考虑多种因素。比如,管路所处环境的pH值、温度、盐度以及介质的腐蚀性等因素。合金选择原则涉及合金的力学性能、耐蚀性能以及成本等综合考量。

### 4.3 合金材料在不同介质中的应用

不同的金属合金具有不同的应用场景。有些合金材料在海水环境下具有良好的耐腐蚀性能,而在特定

化学介质中可能会受到侵蚀。因此,针对不同介质,合金材料的选择与应用需要因地制宜。

#### 4.4 合金材料加工与管路制造

金属合金在船舶管路中的制造需要考虑到加工工艺、焊接工艺以及管路的结构设计等因素。不同的合金材料在加工过程中可能存在特定的要求和技术难点,如焊接工艺的选择和管路结构的优化等<sup>[5]</sup>。

### 5 腐蚀监测技术与维护管理

#### 5.1 监测仪器与设备应用

腐蚀监测过程中,使用合适的监测仪器和设备至关重要,对于船舶管路防腐蚀的有效性具有重要意义。先进的设备,如超声波探伤仪和腐蚀检测传感器等,在监测管路内部腐蚀情况方面发挥着关键作用。此类设备通过高精度的探测和分析,可以及时、准确地发现管路的腐蚀问题,为预防性维护提供重要依据。超声波探伤仪作为一种常用的检测设备,通过向管路内发送超声波并接收其回波,可以精确测量管路壁厚度和发现可能存在的缺陷或腐蚀情况。此类非侵入式的检测方式不仅可以在管路运行中进行监测,而且可以对管路进行全面且精准的检测。

除了超声波探伤仪外,腐蚀检测传感器也在管路腐蚀监测中发挥着关键作用。此类传感器可以实时地检测管路表面的腐蚀情况,通过数据分析和监测,及时发现管路可能存在的腐蚀点,并提供相关信息,有助于对管路进行精准维护。

#### 5.2 腐蚀情况评估与预测技术

对腐蚀情况进行评估和预测是船舶管路防腐蚀工作中至关重要的一环。通过评估管路腐蚀的情况和趋势,可以及时判断腐蚀的程度以及发展方向,进而采取相应的修复和防护措施。此类评估与预测不仅依赖于历史腐蚀数据的积累,更需要结合实时监测结果,采用统计学方法和预测模型进行腐蚀的分析和预测。在船舶管路防腐蚀管理中,腐蚀情况的评估至关重要<sup>[6]</sup>。通过对管路腐蚀程度的全面评估,可以帮助管理人员全面了解管路的健康状况,把握管路腐蚀的发展趋势。此类评估通常结合了多种检测手段和技术,包括超声波检测、磁粉探伤、腐蚀传感器监测等,以全面了解管路表面和内部的腐蚀情况。除了评估外,预测管路腐蚀趋势也显得尤为重要。基于历史腐蚀数据和实时监测结果,运用统计学方法和预测模型对腐蚀情况进行预测和分析。此类预测模型可以帮助管理人员预测管路未来可能出现的腐蚀情况,并据此制定相应的维护计划,及时采取修复和防护措施,确保管路的长期稳定运行。

#### 5.3 管路维护管理方法

管路维护管理方法作为船舶管路防腐蚀工作的核心环节,涉及着多方面的措施和管理手段。其中,定期检测是维护管理的基础,通过定期检测管路腐蚀情况,可以及时了解管路的健康状况,发现潜在问题并进行有效干预。此类定期检测通常包括视觉检查、超声波探伤、腐蚀传感器监测等多种手段,以确保对管路腐蚀情况的全面了解。除了定期检测外,建立维护记录也是管路维护管理方法中的关键环节。记录管路的检测结果、维护情况和维护措施是维护管理的重要手段之一<sup>[7]</sup>。此类记录可以作为参考依据,帮助管理人员了解管路的维护历史,制定更加科学合理的维护计划。另外,针对腐蚀情况的修复和保护措施也是管路维护管理方法的重要组成部分。针对不同程度的腐蚀问题,需要采取不同的修复措施,如局部修补、更换部件等,以及采取防腐涂层等保护措施,确保管路长期稳定运行。

### 6 结语

本文对船舶管路防腐蚀技术与防护措施进行了多方位、深入的探讨与分析。通过对表面涂层技术、电化学防护技术、金属合金选择与应用以及腐蚀监测技术等方面的论述,全面展现了船舶管路防腐蚀的多样化解决方案。然而,仍然需要在实践中进一步探索和应用此类技术手段,并不断完善、提高防腐蚀技术水平,以确保船舶管路的安全、可靠运行。期望本文的研究成果能为相关领域的专业人士提供参考和启发,推动船舶管路防腐蚀领域的进一步发展与创新。

#### 参考文献:

- [1] 邵婷,王芳静.输油管道腐蚀因素分析与防护措施[J].清洗世界,2021,37(12):56-57.
- [2] 阎宗攀.石油管道腐蚀防护优化措施研究[J].中国石油和化工标准与质量,2023(17):43-44.
- [3] 胡辉.船舶建造施工技术与管理分析[J].船舶物资与市场,2022(06):30-32.
- [4] 马景毅,王明跃.海洋工程结构与船舶防腐蚀技术措施研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2017(04):120.
- [5] 许金堂.船舶和海洋工程结构的防腐蚀技术分析[J].船舶物资与市场,2023,31(01):41-43.
- [6] 景迪,孟凡星,张健.海洋工程结构与船舶防腐蚀技术分析[J].建材发展导向,2021,19(02):35-36.
- [7] 王剑.海洋工程结构与船舶防腐蚀技术探究[J].船舶物资与市场,2022,30(02):62-64.