

海洋工程结构与船舶防腐蚀技术措施研究

吴超

中海油深圳海洋工程技术服务有限公司 广东 深圳 518054

摘要: 海洋工程结构与船舶在海洋恶劣环境下易遭受腐蚀,严重影响其性能与安全。本文分析了海洋工程结构与船舶腐蚀的类型,涵盖均匀腐蚀、局部腐蚀、电化学腐蚀等,阐述了腐蚀带来的结构强度降低、寿命缩短及安全事故隐患等危害。探讨了影响腐蚀的海洋环境因素与结构材料自身特性。重点介绍了常用防腐蚀技术措施,如涂层防护、阴极保护、选用耐腐蚀材料以及腐蚀监测与维护等内容,旨在为提升其防腐蚀能力、保障海洋设施安全可靠运行提供参考。

关键词: 海洋; 工程结构; 船舶防腐蚀; 技术措施; 研究

引言: 随着海洋开发与海上运输业的蓬勃发展,海洋工程结构和船舶的数量及规模不断攀升。然而,海洋环境具有高盐度、强腐蚀性以及复杂多变等特点,使得这些结构物时刻面临着腐蚀的威胁。腐蚀问题不仅会削弱结构强度、缩短服役期限,还可能引发灾难性的安全事故,造成巨大经济损失与环境污染。因此,深入研究海洋工程结构与船舶的防腐蚀技术措施迫在眉睫,对保障其安全稳定运行意义重大。

1 海洋工程结构与船舶腐蚀的类型及危害

1.1 腐蚀类型

1.1.1 均匀腐蚀。均匀腐蚀是海洋工程结构与船舶常见的腐蚀类型之一。在海洋环境中,金属表面与海水等介质发生化学反应,以相对均匀的速率使金属逐渐减薄。例如钢铁结构浸泡于海水中,其整体表面会慢慢生成锈层,厚度随时间平稳增加,虽外观上较规律,但长期积累也会严重削弱结构承载能力,是一种不容忽视的基础性腐蚀形式,对结构整体性能有着持续的不良影响。

1.1.2 局部腐蚀。局部腐蚀包含点蚀、缝隙腐蚀、晶间腐蚀等多种情况。点蚀表现为金属表面出现局部小孔状腐蚀坑,起始于薄弱点;缝隙腐蚀多在结构连接缝隙处因特殊环境而加速腐蚀;晶间腐蚀沿晶界发生,破坏晶粒结合力。像不锈钢在含氯离子海水中易有点蚀,局部腐蚀虽起初范围小,但发展后对结构强度影响极大,易引发安全隐患,危害不容小觑。

1.1.3 电化学腐蚀。电化学腐蚀在海洋电解质环境中极易发生,源于不同金属或同一金属不同部位间存在电位差,形成腐蚀电池。如海洋平台钢结构与铜质设备相连时,钢铁作为阳极被腐蚀,铜为阴极受保护。这种腐蚀形式在海洋工程结构里较为普遍,会加快金属损耗,破坏结构完整性,严重情况下可致结构失效,极大威胁

海洋工程结构与船舶的安全使用^[1]。

1.2 腐蚀危害

1.2.1 结构强度降低。海洋工程结构与船舶遭遇腐蚀后,金属部件不断被侵蚀损耗,厚度随之减小,致使结构承载能力大打折扣。例如海洋平台的立柱,若因腐蚀使其截面积明显变小,在承受风浪等外力时,就难以维持原有强度,容易出现屈曲变形甚至断裂情况,进而影响整个平台的稳定性与安全性,可见腐蚀导致的结构强度降低对海洋设施的正常运行危害极大。

1.2.2 缩短使用寿命。腐蚀问题会对海洋工程结构和船舶的服役时长产生严重影响。原本按设计可正常使用数十年的船舶或海洋平台,因腐蚀作用不断加剧,结构逐渐受损,可能短短十几年甚至更短时间内,就不得不进行大规模维修或直接报废处理,这不仅增加了成本投入,也打乱了正常的运营计划,使得其预期使用寿命大幅缩短。

1.2.3 安全事故隐患。腐蚀引发的结构强度不足等状况,会给海洋工程结构与船舶埋下重大安全事故隐患。一旦海洋平台因关键部位腐蚀而坍塌,或是船舶因船板腐蚀而沉没,必然会造成人员伤亡,同时还会导致海洋环境污染,带来巨额经济损失,严重干扰海上运输、海洋资源开发等活动,其造成的后果不堪设想,凸显出防控腐蚀保障安全的紧迫性。

2 海洋工程结构与船舶腐蚀的影响因素

2.1 海洋环境因素

2.1.1 海水的化学性质。海水富含大量盐分,氯化钠等电解质是致使金属电化学腐蚀的关键要素。同时,海水中溶解的氧气、二氧化碳等气体也影响显著,氧气会推动金属氧化反应,二氧化碳使海水酸性略增,加速腐蚀进程。这些化学成分相互作用,让海水成为极具腐蚀性的介

质,海洋工程结构与船舶置身其中,金属表面时刻面临着化学侵蚀的威胁,是引发腐蚀的重要外在因素。

2.1.2 温度和流速。温度对海洋工程结构和船舶的腐蚀影响明显,海水温度升高时,化学反应速率加快,相应的腐蚀速度也随之增加。而海水流速方面,较高流速会不断冲刷金属表面,破坏已形成的腐蚀产物保护膜,使金属持续暴露在腐蚀性环境里,还易引发局部冲刷腐蚀加剧,二者共同作用,加剧了结构和船舶遭受腐蚀的程度。

2.1.3 海洋生物影响。海洋生物在海洋工程结构及船舶表面附着生长,会对腐蚀状况产生影响。一方面,其形成的生物膜改变了金属表面局部环境,影响氧气等物质扩散,干扰腐蚀过程;另一方面,像藤壶这类生物的附着改变了局部水流状态,容易引发冲刷腐蚀或缝隙腐蚀等情况,使得结构和船舶的腐蚀变得更为复杂,是不可忽视的影响腐蚀的环境因素之一^[2]。

2.2 结构材料自身特性

2.2.1 化学成分。材料的化学成分直接决定其耐腐蚀性。例如普通碳钢因主要成分铁较活泼,在海洋环境中易与各类腐蚀性物质反应,所以耐腐蚀性差。而不锈钢添加了铬、镍等合金元素,能促使表面形成稳定钝化膜,有效阻隔腐蚀介质,提升耐腐蚀性。可见不同的化学成分赋予材料各异的抗腐蚀能力,是影响海洋工程结构与船舶材料腐蚀与否的关键内在因素之一。

2.2.2 组织结构。金属的组织结构对腐蚀表现影响显著。像细晶粒金属,其晶界相对较多,不过由于晶界分布更细密,相较于粗晶粒金属,在腐蚀过程中薄弱环节相对分散,使得整体耐腐蚀性更好。同时,金属内部的相结构等也关乎腐蚀情况,合理的组织结构能增强材料抵御腐蚀的本领,是衡量材料在海洋环境中抗腐蚀性能的重要特性因素。

2.2.3 表面状态。金属的表面状态不容忽视,粗糙的表面会增大与腐蚀性物质的接触面积,更易吸附如氯离子等腐蚀介质,加快腐蚀进程。而且若表面存在划伤、裂纹等加工缺陷,这些部位便成为腐蚀起始的薄弱点,为腐蚀的发生与发展创造了有利条件,使得海洋工程结构与船舶在海洋环境中更易遭受腐蚀破坏,影响其整体的服役性能。

3 海洋工程结构与船舶常用防腐蚀技术措施

3.1 涂层防护

3.1.1 有机涂层。有机涂层是海洋工程结构与船舶防腐蚀应用极为广泛的手段。常见的如环氧树脂涂层、聚氨酯涂层等,它们凭借良好的成膜性,能在金属表面形

成连续且具阻隔作用的膜层,有效阻挡海水、氧气等腐蚀性物质接触金属。像环氧树脂涂层,附着力强,耐化学腐蚀与机械性能出色,施工方式多样,可通过喷涂、刷涂操作,能适应多种形状结构的涂覆需求,为金属结构提供较持久保护,在众多海洋设施及船舶的防护中发挥着重要作用。

3.1.2 无机涂层。无机涂层在海洋防腐蚀领域也有着独特优势,像陶瓷涂层便是典型代表。它具备耐高温、硬度高、耐磨损等优良特性,尤其适用于海洋工程结构中那些高温环境或者易受磨损的部位。通过热喷涂等特殊工艺,可牢固附着在金属表面形成致密防护层,能很好地抵御海水冲刷与腐蚀介质侵蚀。不过其成本相对较高,且施工工艺要求严格,需要专业操作和精准控制参数,以保障涂层质量和防护效果。

3.1.3 涂层体系设计。涂层体系设计旨在综合发挥各涂层优势以增强防护效果。通常会先涂覆底漆,它能与金属表面紧密结合,起到钝化作用,增强附着力;接着涂覆中间漆,增加涂层整体厚度,提升阻隔腐蚀性物质的能力;最后涂上面漆,提高耐候性与美观度。例如在船舶外板防护中,采用多层涂层体系,各层协同配合,能大大延长涂层的有效保护周期,更全面地抵御海洋复杂环境对结构的腐蚀威胁^[3]。

3.2 阴极保护

3.2.1 牺牲阳极阴极保护。牺牲阳极阴极保护在海洋工程结构与船舶防腐蚀领域应用颇为广泛。其原理是基于电化学原理,选用如锌合金、铝合金这类电极电位比被保护金属更负的材料作为牺牲阳极,将其与需要防护的海洋工程结构(如海洋平台立柱、海底管道等)或船舶的钢铁结构相连接。在充满电解质的海水环境里,牺牲阳极会自发地优先发生氧化反应而溶解,源源不断地向被保护金属释放电子,使得被保护金属始终处于阴极状态,从而抑制了其自身的腐蚀反应。例如,在各类船舶的外板上,常常安装着锌合金牺牲阳极。在船舶航行过程中,锌合金会逐渐损耗,以自身的腐蚀来保障船舶钢铁外壳免受海水的侵蚀,维持船舶结构的完整性。这种方法优势明显,它无需外部电源,安装简便,系统构造相对简单,成本也较低。不过,由于牺牲阳极材料会持续消耗,所以需要定期对其进行检查和更换,以确保能持续有效地发挥保护作用,保障海洋设施和船舶的安全运行。

3.2.2 外加电流阴极保护。外加电流阴极保护是一种依靠外部电源来实现对海洋工程结构与船舶防腐蚀的技术手段。该方法通过在被保护的结构上接入直流电源的

负极,同时在周围海水环境中设置合适的辅助阳极,并配备参比电极用于监测电位,电源输出的电流会使被保护金属表面的电位朝着更负的方向移动,直至达到免蚀区,进而阻止金属发生腐蚀反应。对于大型的海洋工程结构,像大型海洋石油平台,其结构复杂且所处海洋环境恶劣,外加电流阴极保护就展现出了独特优势。它能够依据实际需求精准地调节保护电流的大小,适应不同工况下的防腐蚀要求,保护效果良好且覆盖范围较广。然而,它也存在一些不足,一方面需要配备专门的电源设备、可靠的参比电极以及较为复杂的控制系统,前期的设备购置与安装成本较高;另一方面,后续的维护管理工作要求严格,需要专业技术人员定期检查设备运行状况、校准电位等,以保障整个系统稳定可靠地运行,持续发挥防腐蚀作用。

3.3 耐腐蚀材料的选用

3.3.1 不锈钢材料。不锈钢材料在海洋工程结构与船舶防腐蚀方面应用广泛。其内部含有铬、镍等合金元素,这些元素能促使材料表面形成稳定且致密的钝化膜,该钝化膜犹如一道坚固的屏障,有效阻隔海水、氧气等腐蚀性介质与金属基体接触,进而提升耐腐蚀性。例如常见的304不锈钢、316不锈钢,316不锈钢因额外添加了钼元素,在含氯离子的海水中也能展现出良好的抗腐蚀能力,常用于船舶关键部件及海洋工程结构的一些重要部位,为保障结构安全服役发挥关键作用。

3.3.2 钛及钛合金。钛及钛合金凭借其卓越的耐腐蚀性在海洋领域备受青睐。它几乎在海洋环境中不会发生腐蚀,同时还具备密度小、强度高的特点,即便长期浸泡在高盐度、强腐蚀性的海水中,也能维持良好的性能状态。不过,由于其提炼和加工难度较大,导致成本居高不下,限制了大规模应用,目前多应用于对材料性能及耐腐蚀性要求极高的高端海洋装备,像海洋平台的关键连接件等特殊部位,发挥着不可替代的作用。

3.3.3 高性能复合材料。高性能复合材料正逐渐在海洋工程结构与船舶领域崭露头角。这类材料以纤维增强聚合物基复合材料为代表,集轻质高强、良好耐腐蚀性等优势于一身,能有效替代部分传统金属结构,不仅可减少腐蚀问题的发生,还能降低船舶自重,提高燃油经济性。在船舶制造中,使用高性能复合材料打造船体等部件,可使其更好地适应海洋环境,延长使用寿命,展

现出了广阔的应用前景和巨大的发展潜力。

3.4 腐蚀监测与维护

3.4.1 腐蚀监测技术。腐蚀监测技术对于及时掌握海洋工程结构与船舶的腐蚀状况至关重要。电位监测是常用方法之一,通过在结构表面安装参比电极,实时监测金属电位变化,以此判断腐蚀趋势。电阻探针监测则依据探针随金属腐蚀其电阻改变的原理,精准测量腐蚀速率。还有超声检测技术,它能无损检测金属内部的腐蚀缺陷、厚度变化等情况,有效发现隐蔽腐蚀问题。这些技术从不同角度为了解腐蚀动态提供依据,助力提前采取应对措施,保障结构安全。

3.4.2 维护策略。合理的维护策略是保障海洋工程结构与船舶长效运行的关键。依据腐蚀监测结果,定期修补、重涂涂层,维持其防护性能;及时更换失效的牺牲阳极,确保阴极保护持续有效。对于已发现的腐蚀部位,要尽快修复加固,防止问题恶化。同时,建立完善维护档案,记录每次维护情况与腐蚀数据,便于分析腐蚀规律,预测未来趋势,科学制定后续长期维护方案,最大限度延长其使用寿命^[4]。

结束语

综上所述,海洋工程结构与船舶的防腐蚀工作意义重大且任重道远。面对海洋环境带来的严峻腐蚀挑战,我们深入了解了腐蚀类型、影响因素,并探讨了涂层防护、阴极保护、耐腐蚀材料选用以及腐蚀监测与维护等多样化的防腐蚀技术措施。在实际应用中,综合运用这些手段能显著提升其抗腐蚀能力。未来,还需紧跟科技发展趋势,持续探索创新更高效、环保的防腐蚀方法,为海洋工程与船舶的安全、长久运行筑牢防护之堤,推动海洋事业蓬勃发展。

参考文献

- [1]陈智.船舶防腐蚀技术的应用及发展[J].中国设备工程,2023,(04):184-185.
- [2]韩晓宇,李忆虹,张永刚.油气集输管线防腐蚀技术研究与应用[J].清洗世界,2022,37(11):61-62.
- [3]董志刚,张雪珍,丁欣.油套管腐蚀影响因素与防腐蚀技术研究[J].设备管理与维修,2021,(14):115-116.
- [4]田冰.沿海电厂钢结构防腐蚀技术现状及发展趋势[J].现代工业经济和信息化,2021,11(09):212-213.