

软体吸附动物对海工结构的 腐蚀研究初步

邓绍云^{1,2*}, 邱清华^{2,3#}, 蓝宏民¹

¹北部湾大学建筑工程学院, 广西 钦州

²北部湾大学陶瓷与设计学院, 广西 钦州

³北部湾大学创新创业学院, 广西 钦州

收稿日期: 2023年12月5日; 录用日期: 2024年1月4日; 发布日期: 2024年2月18日

摘要

针对近海软体动物吸附在海工结构物上产生大量的腐蚀性物质, 常年累月对海工结构进行侵蚀破坏的现象进行了调查和统计分析, 剖析这种生物腐蚀的现象的危害性和实质性, 本文构思了日后进一步深入研究探索的思路、方法、方案和措施, 憧憬了研究探索的未来, 预测了研究探索的结果, 也指出了软体吸附动物对海工结构的腐蚀研究的重要性、必要性、可行性及伟大意义, 为后续的研究指明了方向和提供了动力和干劲。

关键词

软体吸附动物, 海工结构, 生物腐蚀

Preliminary Study on Corrosion of Marine Engineering Structures by Mollusk Attachment Animal

Shaoyun Deng^{1,2*}, Qinghua Qiu^{2,3#}, Hongmin Lan¹

¹College of Civil Engineering and Architecture, Beibu Gulf University, Qinzhou Guangxi

²College of Ceramics and Design, Beibu Gulf University, Qinzhou Guangxi

³College of Innovation and Entrepreneurship, Beibu Gulf University, Qinzhou Guangxi

Received: Dec. 5th, 2023; accepted: Jan. 4th, 2024; published: Feb. 18th, 2024

*第一作者及通讯作者。

#第二作者。

文章引用: 邓绍云, 邱清华, 蓝宏民. 软体吸附动物对海工结构的腐蚀研究初步[J]. 世界生态学, 2024, 13(1): 50-54.
DOI: 10.12677/ije.2024.131007

Abstract

A survey and statistical analysis were conducted on the phenomenon of long-term erosion and damage to marine engineering structures caused by the adsorption of a large amount of corrosive substances on mollusk attachment animal. The harmfulness and substance of this biological corrosion phenomenon were analyzed. This article conceived ideas, methods, plans, and measures for further research and exploration in the future, envisioned the future of research and exploration, and predicted the results of research and exploration, It also pointed out the importance, necessity, feasibility, and great significance of the research on the corrosion of marine engineering structures by mollusk attachment animal, providing direction and motivation for subsequent research.

Keywords

Mollusk Attachment Animal, Marine Engineering Structures, Biological Corrosion

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

海洋是地球上最广阔的水体的总称，地球表面被各大陆地分隔为彼此相通的广大水域称为海洋，海洋的中心部分称作洋，边缘部分称作海，彼此沟通组成统一的水体。海洋是地球生命和文明的起源地和巨大资源的宝藏地，海洋与地球生命的起源和人类文明的关系非常密切，包括人类在内，地球上的一切生物、生命无不起源于海洋，无不与海洋息息相关。人类依海而生、因海而兴。海洋哺育了人类文明，是生命的源泉、生存的空间、资源的宝库、交通的命脉。海洋不但是人们获得物质的资源，同时又是获得运输的场地资源。港口码头和船舶及海洋平台等海工结构物，是人们为了获得相应的海洋资源的实用载体。

软体动物(拉丁学名: *Granulifusus kiranus*)也称贝类，是软体动物门动物的统称，是除节肢动物外最大的类群，约 10 万种。海洋中有不少软体动物，有水母、章鱼、乌贼、扇贝、鱿鱼、螺、蚝等等。这些海洋软体动物有些附着在海洋工程结构物上，在其上生长发育繁殖死亡，整个附着过程中分泌相应的黏液和排泄相应的废物等物质，在海洋风浪流盐等环境中发生物理化学反应，从而天长日久对海洋工程结构物侵蚀腐蚀甚至导致海洋工程结构物的破坏，如图 1 所示。



Figure 1. Marine mollusk animal attachment and corrosion damage to marine engineering structures

图 1. 海洋软体动物附着腐蚀破坏海工结构物

这种海洋软体动物吸附在海洋工程结构物上并在海洋环境下对海工结构腐蚀的现象非常值得人们高度重视和关注并探究,以便能采取一定的保护措施加以阻断,提高海工结构物的使用寿命。

2. 国内外研究现状与发展态势

海洋软体吸附动物(Marine mollusk attachment animal),是指栖息、附着及生长在船底、码头、浮标及一切人工设施上,对人类经济活动产生不利影响的动植物和微生物。海洋软体吸附动物是包括以固着生物为主体的复杂群落,其种类繁多,软体吸附动物有可能会附着在金属材料表面。作为工业材料,由于钢铁材料韧性大、强度高、价格便宜,因而大量应用于海洋环境中;但是软体吸附生物的存在,使得钢铁构筑物的腐蚀不可避免,所以海洋环境中软体吸附动物对钢铁腐蚀和防护是一个重大课题。因此,研究软体吸附动物在海洋的环境中对钢铁的腐蚀规律及其防护对策,对于延长海洋钢铁设施的使用寿命,保证海上钢铁构造物的正常运行和安全使用以及促进海洋经济的发展,都具有十分重要的意义。

如 MOSTAFANEJAD A 等[1]认为,微生物膜对阴极反应动力学的影响可能导致腐蚀电位的正移,同时微生物膜内形成的氧浓差电池和阴极反应速度的增加使得天然海水比无菌海水更具腐蚀性。JAVAHERDASHTI 等[2]认为,金属表面的酸化和微生物膜内的过氧化氢的产生是导致材料腐蚀电位正移的原因。ARENA-ORTIZ M L [3]研究了腐化海水环境中碳钢的腐蚀行为,提出微生物膜内硫酸盐还原菌(SRB)的存在是加速材料腐蚀的主要原因,他认为 SRB 释放的硫化氢导致膜内 pH 值下降,加速了阳极溶解。KHATAMI 等[4]也证实了相关的结论,同时提出微生物膜内特殊酶的作用也是影响材料腐蚀行为的主要因素之一。杨天笑[5]等认为金属材料的腐蚀行为除了受海洋环境中理化因子的影响和制约外,生物污损也是一个极为关键的要素,而且其与材料特性、污损生物类群和附着污损状况等因素密切相关。邓绍云[6]认为长期以来人们只关注到海水对海工结构物的侵蚀破坏现象,而生物腐蚀,特别是海洋软体动物附着侵蚀腐蚀海工结构物的问题被忽视。此外,也有大量学者认为微生物膜的形成可以阻碍溶解氧的扩散或分泌某种具有缓蚀作用的物质,从而抑制材料腐蚀,起到保护材料的作用。由此可见,目前大部分研究主要着眼于生物膜对金属腐蚀的影响及机制,很少去分析生物膜形成的过程,而事实上,微生物的附着过程对船舶用钢的耐海洋微生物腐蚀研究却至关重要。

综上,目前我国海洋软体吸附生物对海工钢腐蚀研究较少,对于其腐蚀过程附着生物的变化情况鲜有见诸报端。本研究在采用近海未经砂滤后的海水,选择合适的钢材料,用围隔内海水浸泡的方式进行研究,以及该过程中附着软体吸附动物的变化情况,以期了解腐蚀过程中可能的生物参与过程,为进一步的生物腐蚀过程,腐蚀防护研究提供参考。

3. 研究目的与内容

3.1. 研究目的

软体吸附动物对海工钢的腐蚀研究的目的是了解这些软体动物如何改变海工钢结构附近水流结构和绕流边界层性质及影响程度和影响规律。观测及分析软体动物的附着在海工钢结构上所引发的水动力作用的改变规律,及水动力作用特性。此外,观察及分析软体动物附着在海工钢结构上生长发育繁殖所释放的生物酸等物质所引发的生物物理电化学腐蚀对钢结构的破坏现象及规律,剖析其机理。并希望揭示软体动物附着于海工钢结构所引发的水动力结构的改变与所释放生物酸等引发的生物物理电化学腐蚀的破坏耦合作用及其机理与规律。

并将进一步揭示生物污染如何影响海工钢的腐蚀过程,以及如何预防和控制这种现象。主要探讨软体动物在海洋环境中吸对在海工钢表面所引起的附着腐蚀问题,包括其代谢产物引起的酸碱度变化、所

附带的微生物菌落和生物膜的形成等。为海洋腐蚀防护提供理论依据和技术支持，保障海洋工程设施的安全性和可靠性。该研究可为设计更好的海工钢材材料提供指导，并为海工钢的防腐蚀措施提供技术支持，以减少软体动物对海工钢造成的损害和影响。

3.2. 研究内容

- 1) 了解这些软体动物如何改变海工钢结构附近水流结构和绕流边界层性质及影响程度和影响规律。
- 2) 观测及分析软体动物的附着在海工钢结构上所引发的水动力作用的改变规律，及水动力作用特性。
- 3) 观察及分析软体动物附着在海工钢结构上生长发育繁殖所释放的生物酸等物质所引发的生物物理电化学腐蚀对钢结构的破坏现象及规律，剖析其机理。
- 4) 揭示软体动物附着于海工钢结构所引发的水动力结构的改变与所释放生物酸等引发的生物物理电化学腐蚀的破坏耦合作用及其机理与规律。
- 5) 揭示生物污染如何影响海工钢的腐蚀过程，以及如何预防和控制这种现象。
- 6) 为设计更好的海工钢材材料提供指导，并为海工钢的防腐蚀措施提供技术支持，以减少软体动物对海工钢造成的损害和影响。

4. 研究方法与研究思路

研究的意图和动机来源于工程实践，对于海洋软体动物附着于海工结构物上并腐蚀破坏海工结构的工程现象而产生该研究意图和动机。其意图就是要揭示这一现象的危害性，让人们高度警惕，并唤醒人们采取必要的手段和措施加以预防。

研究方法：首先调查观察的方法是最为有效和重要的方法，要通过各种手段，如现场监控，工程实际情况的调研，得到相应的海洋软体动物附着于海工结构物上并腐蚀破坏海工结构的现象和事实，统计分析其规律性，为进一步加以分析其原因、进一步剖析其机理打下坚实的基础。调研调查观测的手段应该开拓和创新，因为现场调查观察的耗时耗财耗人力，所以，要充分利用网络资源，通过网络调查搜集相关海洋软体动物附着于海工结构物上并腐蚀破坏海工结构的现象和事实的一些图片和资料等等，加以统计分析、归纳总结。实验研究也是非常重要和必要及可行的研究方法，这种实验研究包括物理实验研究和数值模拟研究，而物理实验研究分相似模拟研究和非相似模拟研究，如果相似模拟研究则需要建立相应的腐蚀物理化学相似模拟物理研究理论，非常困难。非相似模拟物理研究，所需要消耗的时间会非常长，耗不起，研究所能观测到的现象不明显。数值模拟实验研究也借助相应的数值模拟软件，ANSYS软件和ABAQUS软件结合起来加以应用进行数值模拟，但这种模拟需要进行腐蚀环境的概化，效果如何值得观望。其他研究方法如理论分析、文献搜索和统计分析、物理化学的研究方法等等也应该交叉和综合应用进来。

研究思路贯穿和实施研究方法，所以，首先是进行相关研究文献的搜集和整理及统计分析，梳理相关的研究成果，找出相关的研究空白和疏漏，进一步明确研究目的和研究目标。接下来，就是要网络调查搜集相关的事实和实例及案例等等，然后就是为了充实和补充查漏补缺式地尽可能到相关的工程实际地进行调研观察和观测得到更为第一手的资料和信息。通过这些信息资料的查阅和整理统计分析，然后，从理论知识的基础上去加以剖析海洋软体动物附着于海工结构物上并腐蚀破坏海工结构的原因和机理；再在此基础上，构建相应的海洋软体动物附着于海工结构物上并腐蚀破坏海工结构的机理模型及构思设想阻断它的方法和措施，最后，用物理模拟实验研究和数值模拟实验研究加以论证，所构建的相关海洋软体动物附着于海工结构物上并腐蚀破坏海工结构的机理模型的正确性。

5. 技术路线和预期目标与创新及特色

5.1. 技术路线

针对软体吸附动物对海工钢的腐蚀问题，一般的技术路线可能包括：1) 测定软体吸附动物在本地海洋环境条件下的粘附和生长特性，并分析其腐蚀行为；2) 探究软体动物对加速腐蚀影响的机理；3) 针对发现的关键因素提出具有针对性的防护措施，包括物理隔离、生物杀灭、化学阻隔等手段。

5.2. 预期目标

- 1) 揭示软体吸附动物对海工钢腐蚀的影响机理，有助于更好地预测和评估海洋结构物的寿命。
- 2) 开发新型高效且环保的抗污染涂层和生物杀灭剂，在实际应用中提高海洋工程设施的耐腐蚀性。

5.3. 创新与特色

钦州市作为北部湾经济区的重要城市，其海洋工程建设与发展也备受关注。软体吸附动物对海工钢的腐蚀问题直接影响着海洋工程的安全运行和使用寿命，因此开展软体吸附动物对海工钢的腐蚀研究显得尤为重要。确定并分析软体吸附动物在钦州港周边海域的粘附和生长特性，并探讨其对海工钢腐蚀速率和影响因素。针对钦州市海洋环境和建筑需求，开展软体吸附动物对海工钢的防污措施研究，以便在实际应用中提高海洋工程设施的耐腐蚀性和经济效益。

基金项目

北部湾大学高层次人才引进科研启动项目“水泥等胶凝材料性能改良及其应用研究”(项目编号：18KYQD31)；北部湾大学自主课题“波流潮生物多因素耦合作用对海工结构疲劳研究”(项目编号：YLXKKY202215)；“贝、螺和蚝等生物对海工钢筋混凝土结构侵蚀破坏及其安全防护技术的研究”(项目编号：03030005)；广西北部湾海洋环境变化与灾害研究重点实验室 2022 年开放课题“基于生态修复理念北部湾海岸植生混凝土护坡机理”(项目编号：2022KF02)；大学生创新创业训练计划项目“软体吸附动物对海工结构的腐蚀研究”(项目编号：S202311607088)。

参考文献

- [1] Mostafanejad, A., Iranmanesh, M. and Zarebidaki, A. (2019) An Experimental Study on Stress Corrosion Behavior of A131/A and A131/AH 32 Low Carbon Steels in Simulated Seawater. *Ocean Engineering*, **188**, Article 106204. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2019.106204>
- [2] Javaherdashti, R. (2020) Some Thoughts about Misconceptions Surrounding the Term “Biofilm”. *Corrosion Engineering Science and Technology*, **55**, 681-684. <https://doi.org/10.1080/1478422X.2020.1774106>
- [3] Arena-Ortiz, M.L., Mahendhiran, M., Reyes-Sosa, M., et al. (2019) Bio-Corrosion, Sulfate-Reducing Bacteria in the Yucatan Peninsula. *Journal of Marine Biology & Oceanography*, **8**.
- [4] Khatami, N., Guerrero, P. and Martín, P., et al. (2023) Valorization of Biological Waste from Insect-Based Food Industry: Assessment of Chitin and Chitosan Potential. *Carbohydrate Polymers*, **324**, Article 121529. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2023.121529>
- [5] 杨天笑, 严涛, 陈池, 等. 大型海洋污损生物对金属材料腐蚀影响及研究展望[J]. 工业安全与环保, 2013, 39(11): 69-71. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-425X.2013.11.022>
- [6] 邓绍云, 邱清华. 我国钢材生物腐蚀研究现状与展望[J]. 表面技术, 2019, 48(8): 239-246.