

浅谈水工建筑物在临海区域的防污处理方法

韩存良

河北天和咨询有限公司 河北 石家庄 050011

摘要: 针对临海水工建筑物受海洋污损生物附着导致的腐蚀加速、功能失效等问题, 本文通过分析海洋生物附着机理, 系统探讨了机械清除法、导电涂膜防污法和防污涂料法等传统技术的局限性, 重点研究了环保型防污涂料的技术路径。结合沧州渤海新区生态治理工程实例, 提出采用“硅改性聚亚甲基树脂防腐层+无锡自抛光防污涂料(I型)”的复合防护方案, 为沿海水利枢纽工程防腐防污一体化设计提供了可推广的解决方案。

关键词: 临海水工建筑物; 海洋污损生物; 防污涂料; 无锡自抛光技术

引言

通常临近海域的建筑物或多或少的存在被海水腐蚀、被海洋污损生物附着的情况, 严重影响建筑物的使用寿命。尤其是水利上临海的一些挡潮闸、排水泵站等枢纽型工程, 受海水的浸泡, 大量的海洋生物附着其上, 严重影响枢纽工程的正常运行, 存在安全隐患, 甚至造成安全事故, 并且在很短时间内功能丧失, 建筑物报废, 对人类的经济产生巨大的损失。为了降低海洋生物附着危害, 人们研究了多种防污技术, 主要有机械清除法、导电涂膜防污法、涂装防污漆防污等, 然而, 在诸多的防止海洋生物附着生长的方法中, 使用防污涂料是解决多数海洋污损问题的既经济又高效, 既简单又广泛的方法。

1 海洋生物的污损机理

海洋生物的附着过程属于一个长期、复杂、自然演替的过程, 过去的近40年里, 人们对海洋生物的附着行为及影响做了大量的研究, 对其附着机理有了初步认识^[1]。当物体浸入海水后, 表面会有多种细菌附着其上, 其新陈代谢会在物体表面产生一层粘稠的高聚物, 通常我们称其为细菌粘膜(生物膜), 它是由蛋白质占主导的有机大分子沉淀而成的, 是最早的附着生物层。几乎同时, 单细胞的硅藻也会附着, 以细菌同样的方式繁殖, 为附着生物提供了适宜的生长环境, 而附着生物的新陈代谢会产生许多酸性物质, 对临海建筑物造成腐蚀性损伤。随着时间的推移, 海洋生物一层一层的依附于物体表面^[2], 对人类的经济活动造成危害: 临海纳潮闸、退水闸会因海洋生物附着物影响闸门的启闭; 抽排泵站会因此叶轮受腐蚀遭到破损等。

海洋生物主要的无损机理过程: 表面接触—形成细菌粘膜—诱导大型污损生物附着变态生长—不断繁殖生长扩大—导致浸海物体产生生物污损。

2 海洋污损生物防除方法探讨

常规的海洋污损生物防除方法有机械清除法、导电涂膜防污法和防污涂料法^[3]。机械清除主要是借助机械设备对浸海物体上的污损生物进行刮除清理, 该方法可以全面有效清理, 但工作效率低, 且短时间内还会再生长, 反复清理, 耗资大, 后期运行管理繁杂。导电涂膜防污法的工作原理是以导电涂层为阳极, 金属物体为阴极, 当微小电流通过时, 会使海水电解, 产生次氯酸钠, 达到防止海洋生物在金属物体上的附着, 这种方法多用于金属材料的防污处理。防污涂料是解决多数海洋污损问题的既经济又高效, 既简单又广泛的方法。早期海洋污损生物防污涂料以毒料释放型为主, 通过铜、汞、锡、砷等物质的释放在物体表面形成具有毒杀作用的保护层, 以达到防污目的, 20世纪60年代起, 含铜、有机锡的防污涂料大量使用, 效果明显, 但同样对于非目标体生物造成极大的损伤, 导致畸形甚至死亡, 通过食物链危害到人类健康。2008年1月国际海事组织全面禁止在防污涂料中使用有机锡类化合物, 自此研究开发新型环保防污涂料技术成为了目前污损生物防除领域的热点。现有的环保型防污涂料有生物防污涂料、低表面能防污涂料、无锡自抛光防污涂料等。

2.1 生物防污涂料法

这种涂料主要通过从各种动植物中提取具有海洋生物防污活性的物质制成, 这些活性物质均来源于自然界。它们不仅易降解且无污染特性, 从而能够有效保持生态平衡。近年来, 各国在天然生物活性物质的提取与研究领域取得了显著进展, 发现了多种具有防污活性的天然产物。例如, Todd团队从大叶藻中分离出P-肉桂酸硫酸酯, 这种化合物能有效地抑制海洋细菌和纹藤壶的附着; 而Hirota团队从海绵中提取的活性物质则表现出强烈的抑制纹藤壶幼虫附着的能力。

虽然天然防污剂的研究已取得一些有价值的成果, 但

其防污机理不明确,有待进一步研究,并且防污剂的提取较复杂,产量少,目前还没有实现批量大规模生产。

2.2 低表面能防污涂料

这种涂料是基于涂料表面的物理作用,要求具有低表面能,防止海洋污损生物的最初附着,要求具有低弹性模量,使污损生物易以剥离的方式脱落,故也称污损物脱落型防污涂料。这种涂料不含有毒防污剂,主要分为有机硅低表面能防污涂料和有机氟低表面能防污涂料。

虽然低表面能防污涂料研究取得了较好的成就,但依然面临着许多需要迫切解决的问题。①有机硅树脂的耐溶剂性差;②对底材的附着力差;③重涂性不好;④成本较高。

2.3 无锡自抛光防污涂料

无锡自抛光防污涂料是一种以特种防污剂、氧化亚铜、自抛光共聚树脂等组成的,配以环保型防污剂制的自抛光高性能防污漆^[4]。

其主要性能包括:①能够匀速、持续释放出防污剂,具有长期的防止藤壶、牡蛎、石灰虫、苔藓虫和藻类等海洋生物对建筑物的污损。②采用特种防污剂,完全不含有锡、DDT等有毒物质,对海洋环境无公害。③防污性能优异,减阻效果显著。④单组份,施工简便,易操作,可高压喷涂、刷涂或滚涂。⑤良好的配套性,良好的复涂性。⑥可提供36-60个月的防污期效。

该涂料适用于船舶、码头、航标、海水闸门等海洋设施的防污保护。目前该技术较为成熟,应用比较广泛。

3 工程实例

本文以沧州渤海新区生态综合治理工程为例进行论述。该项目位于渤海新区西南部,距离渤海口约10km,为涟洼排干以南,板堂河以西的区域,占地面积13.13km²,区域内涉及大小盐田共16块,主要是将现状盐田、虾池等水面区域重新整合,对开挖取土以后形成的洼地进行生态改造,建设人工水生态环境,改善区域小气候。该项目在板堂河上设有1座纳潮闸和1座退水闸,进行沧海内的水体交换。工程中的一大主要问题就是枢纽建筑物的防污处理。

3.1 沧州渤海新区海洋污损生物情况

在沧州渤海湾,致密藤壶、大连湾牡蛎、长牡蛎等是污损生物群落中最主要的优势种;此外,其他常见污

损生物种类包括肠浒苔、环口线虫、大室膜孔苔虫、相似膜孔苔虫、泥藤壶和螺赢蛭等。

位于渤海湾西部、离岸约20km的石油平台试板上,污损生物以鲍枝螭占据绝对优势;此外,其他常见污损生物种类为双花假膜孔苔虫、曲膝藪枝螭、锐足全刺沙蚕和镰形叶钩虾等。

根据沧州渤海新区海域环境中生物种类分布特性,该区域中泥藤壶较多,大量的海洋生物附着在临水建筑物及设施上,加速了对临水建筑及设施的腐蚀,显著缩短使用寿命。尤其是常年位于水下的桥墩、护岸、闸门或门槽,经过日积月累,闸门上或门槽中附着了大量的贝类生物,严重影响水闸的正常运行,存在安全隐患,甚至造成安全事故。



图1 桥墩腐蚀

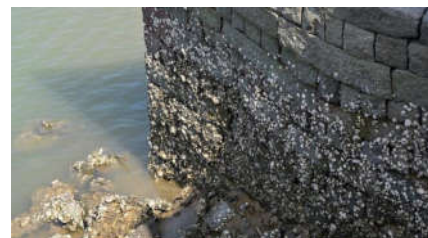


图2 沿海护岸附着藤壶

3.2 防污处理措施

沧州渤海新区水环境中大量的贝类生物附着在临水建筑物及设施上,加速了对临水建筑及设施的腐蚀,缩短使用寿命,且严重影响建筑物的正常运行。

通过上述不同类型防污措施的研究与分析,为解决水环境中贝类生物附着的问题,本工程引进海洋船体防污方面的技术,采用无锡自抛光防污涂料(I型防污漆)进行防污处理。并对其防污性能进行检测分析。

3.2.1 常规性能检测分析

检测标准依据《船体防污防锈漆体系》(GB/T 6822-2014)进行检测,检测各项指标如下^[5]:

表1 常规性能测验结果表

| 序号 | 检测项目 | 指标 | 检验结果 | 单项结论 |
|----|---------|------|------|------|
| 1 | 颜色 | 铁红色 | 符合 | 合格 |
| 2 | 细度, μm | ≤ 80 | 50 | 合格 |
| 3 | 干燥时间, h | | | |

续表:

| 序号 | 检测项目 | 指标 | 检验结果 | 单项结论 |
|----|----------------------------------|---------------------|-------|------|
| | 表干 | ≤ 2 | 1.8h | 合格 |
| | 实干 | ≤ 16 | 14.2h | 合格 |
| 4 | 黏度, KU | 73~85 | 80 | 合格 |
| 5 | 密度, g/ml | 1.74~1.82 | 1.8 | 合格 |
| 6 | 体积分数, % | ≥ 48 | 51 | 合格 |
| 7 | Cu, % | ≤ 38 | 36.4 | 合格 |
| 8 | 毒性 | | | |
| | 汞 (Hg) | 不含 | 符合 | 合格 |
| | 滴滴涕 (DDT) | 不含 | 符合 | 合格 |
| | 总锡含量, mg/kg | ≤ 1500 | 210 | 合格 |
| 9 | 防污涂层抛光速率, $\mu\text{m}/\text{月}$ | 3~6 | 4.2 | 合格 |
| 10 | 动态模拟实验, 5个周期 | 海生物附着面积不超过5%, 涂层无剥落 | 符合 | 合格 |
| 11 | 与阴极保护相容性, 30d | 涂层无剥落, 无起泡 | 符合 | 合格 |
| 12 | 适用期 | 施工无障碍 | 符合 | 合格 |
| 13 | 闪点, $^{\circ}\text{C}$ | 25~28 | 27 | 合格 |
| 14 | 储存期 (自然环境条件), 12个月 | 无颗粒、无沉淀、无结皮 | 符合 | 合格 |

涂料常规性能完全满足防污涂料一般要求。

3.2.2 降阻性能测定

降阻性能是无锡自抛光防污涂料的重要性能之一, 为验证涂料的实际效果, 采用具有5年期效的有机锡防污涂料作为参照材料。

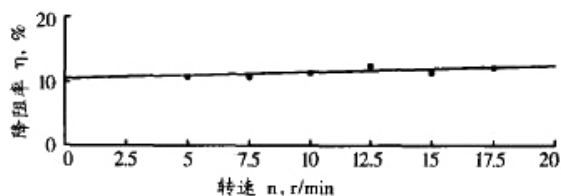


图3 圆盘降阻曲线

通过以上测试表明, 该防污涂料具有明显的降阻性能。

3.2.3 磨蚀速率的测定

无锡自抛光防污涂料的性能评估中, 磨蚀速率是影响其防污效果的重要参数之一。这一指标与涂层厚度共同决定了涂料在实际应用中的耐久性。然而, 由于缺乏统一的标准测定方法, 目前只能通过室内模拟潮涨潮落等方式进行试验测定。为了反映涂料的实际性能, 实验采用马口铁圆筒作为试样, 在搅拌机中旋转并置于盛有天然海水的水槽中进行测试。试验持续三个月后, 测得涂层在室温条件下的磨蚀厚度为 $12.6\mu\text{m}$, 换算得出年均磨蚀速率为 $50.4\mu\text{m}/\text{a}$ 。然而由于试验环境与实际应用存在差异, 因此最终在设计防污涂层时, 取用更为保守的假设值, 将涂层厚度设定为 $60\mu\text{m}/\text{a}$ 。这种设计策略考虑了与实际情况可能存在的差距, 并确保涂料能够更好地应对潜在的高强度侵蚀环境。通过科学的参数匹配, 可以

进一步提升涂料的耐久性, 从而实现更长的防污效果。

从而得出结论: 无锡自抛光防污涂料具有5年期效, 经试验验证涂层总厚度为 $300\mu\text{m}$ 时满足使用要求。

此外, 沧州渤海新区水环境对混凝土具硫酸盐型强腐蚀性, 为解决水环境对混凝土的强腐蚀的问题, 本工程先在临水建筑物的表层涂抹硅改性聚亚甲基树脂涂层进行防腐处理, 然后在防腐涂料上涂无锡自抛光防污涂料 (I 型防污漆) 进行防污处理。采用此方法既经济又高效的解决了临海水建筑物的防腐防污的问题。

结语

本文结合工程实例, 对不同类型的海洋污损生物防除方法从涂料的附着力、厂家的生产能力、成本以及防污效果等方面进行了探讨, 通过综合比较选取了经济合理的防污方法, 为以后沧州沿海地区临水建筑物防污设计提供参考。

参考文献

- [1]宋永香,王志政.海洋生物及其黏附机理微生物、小型海藻、巨型海藻、贻贝[J].中国胶粘剂,2002.
- [2]刘超,付玉彬,郑纪勇.环境友好型防污剂及海洋防污涂料的研究进展[J].材料开发与应用,2009.
- [3]张文毓,侯世忠.海洋生物防污涂料的研究与发展[J].全面腐蚀控制,2012.
- [4]安雪莲,董文建,杨祥春.新型无锡自抛光海洋防污涂料的研究与发展[J].材料研究与应用,2021.
- [5]金晓鸿,龚暄威,欧伯兴等.《船体防污防锈漆体系》(GB/T6822-2014)[M].中国标准出版社,2014.