

纳米有机硅改性环氧沥青防腐涂料高性能化设计

姚红良, 黄团冲, 叶轩宇, 刘江舟

(江西省港口集团有限公司, 江西 南昌 330008)

摘要: 为了提高环氧沥青防腐涂料对内河水运码头钢结构的防护性能, 采用纳米硅烷偶联剂对环氧沥青防腐涂料现行体系进行增韧改性, 研发了一种高抗冲蚀纳米有机硅改性环氧沥青高性能防腐涂料, 并分析了纳米硅烷偶联剂类型和掺量对其抗冲蚀防护性能的影响, 可为相关研究提供参考。

关键词: 内河水运码头; 环氧沥青; 防腐涂料; 纳米有机硅; 高性能化设计

中图分类号: TU753.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2021) 11—0058—02

1 设计背景

内河水运码头钢结构防腐直接关系到码头服役寿命和安全运营。目前, 我国内河水运码头钢结构的防腐主要采用环氧沥青防腐涂料进行防护。但大量防腐工程案例显示, 现行环氧沥青防腐涂料存在易冲蚀、大面积脱落等问题, 无法对内河水运码头的钢结构形成有效防护, 特别是在多砂大水流下甚至使用不到 1 年即发生严重的破损而过早失去防护功能。研究^[1-2]表明, 涂层抗冲蚀耐磨性、涂装工艺、所处水文地质环境条件等均是影响防腐涂料防护功能的主要因素, 尤其不能忽视含砂水流对其高速冲击破坏作用。因此, 目前国内外科技工作者越来越重视从提高涂层冲击韧性方面考虑, 提出对现行环氧沥青防腐涂料进行增韧改性, 研制一种新型高抗冲蚀防腐涂料, 使其能够抵抗含砂水流对其涂层的高速冲击破坏。

本文拟在现行环氧沥青防腐涂料配方的基础上, 探讨采用纳米硅烷偶联剂对其进行增韧改性, 研发一种高抗冲蚀纳米有机硅改性环氧沥青高性能防腐涂料, 并分析纳米硅烷偶联剂类型和掺量对环氧沥青防腐涂料性能的影响, 且依托江西省九江水运某码头钢护筒嵌岩桩防腐工程考察其工程应用效果。

2 改性设计

2.1 试验配方

纳米有机硅改性剂选用凝胶型和溶胶型两种不同市售纳米硅烷偶联剂 (NSCA), 兼有消泡、分散等功能的自制辅剂同时选用, 掺量以其保证涂料易涂装成膜为准。现行环氧沥青防腐涂料由江西九江水运某码头项目部提供, 在其配方的基础上采用多元物理共混方法制得的不同类型和掺量的纳米有机硅改性剂环氧沥青防腐

涂料 (NSCA-EAC) 的配方见表 1。

表 1 纳米硅烷偶联剂 (NSCA) 改性试验配方

类型	纳米硅烷偶联剂 (NSCA) 掺量 /%					
凝胶型	0	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
溶胶型	0	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25

2.2 性能测试

按如表 1 所示的配方将制得的防腐涂料加入一定比例专用固化剂搅拌均匀, 涂刷至 Q345B 钢片上并在室温下固化 5d, 制成一批膜厚约 150 μm 的待测试样。

耐水性能通过测试试样经模拟江水静置浸泡 72h 后的涂层吸水率和附着力进行表征。附着力采用 MX-5 附着力试验仪测定。抗冲蚀性能参照文献^[1]所述方法, 采用微机可控 BE-20 砂浆搅拌机进行测试。实验时首先将试样绑扎在搅拌机搅拌叶片上, 然后将模拟江水倒入搅拌机, 通过调整搅拌机转速模拟研究涂层对含砂江水的抗冲蚀性能, 并用冲蚀磨损率表征。模拟江水参考江西九江水文地质条件配制, 含砂量 2.8kg/m³ (多砂), 冲蚀速度 0.5m/s (低速) 和 1.8m/s (高速) 两种, 冲蚀时间为 72h。

3 结果与分析

3.1 耐水性能

图 1 为各试样在含砂量为 2.8kg/m³ 模拟江水静置浸泡 72h 后涂层吸水率和附着力的测试结果。可见, NSCA 可明显降低环氧沥青防腐涂层的吸水率, 而且降低幅度随着 NSCA 掺量的增大呈逐渐增大的趋势。当 NSCA 掺量达 0.2% 时, 可将基准试样涂层的吸水率 (3.2%) 分别降低 23.1% (凝胶型) 和 16.6% (溶胶型), 但当超过 0.2% 时因掺过量高比表面积纳米颗粒而难以分散又开始有所增大。

同时可见, 除掺 0.25%NSCA 试样的附着力较基准

试样有所降低外,其他试样涂层附着力均较基准试样涂层的要大,且 NSCA 掺量越大附着力越大,同一掺量下掺凝胶型 NSCA 的附着力又较掺溶胶型 NSCA 的大,且涂层无脱落等现象发生。说明 NSCA 的加入可有效阻滞水在涂层中的扩散,降低水等介质对涂层-基底界面粘接的破坏,从而使 NSCA-EAC 具有更好的耐水性能,且掺 0.2% 凝胶型 NSCA 的耐水性能最好。

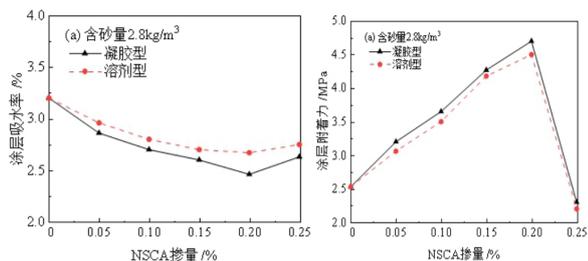


图 1 NSCA 类型和掺量对耐水性能的影响

3.2 抗冲蚀性能

图 2 为各试样涂层在 1.8m/s 和 0.5m/s 两种不同模拟冲蚀速度下冲蚀 72h 磨损率的测试结果。可知: NSCA-EAC 涂层在 1.8m/s 和 0.5m/s 模拟冲蚀速度下的冲蚀磨损量均随着 NSCA 掺量的增大呈逐渐减小的趋势,且掺凝胶型 NSCA 的冲蚀磨损量降低幅度又较掺溶胶型 NSCA 的大,但当掺量超过 0.2% 时降低幅度开始有所减小。掺 0.2% 凝胶型 NSCA 的 NSCA-EAC,其试样涂层在 1.8m/s 和 0.5m/s 模拟冲蚀速度下的冲蚀磨损率较基准试样可分别降低 61.6% 和 46.4%,且第三方检测机构的检测结果表明其他性能指标也满足相关技术标准要求。说明 NSCA 的加入可使 NSCA-EAC 试样较基准试样具有更好的抗冲蚀性能,且掺 0.2% 凝胶型 NSCA 的效果最佳。

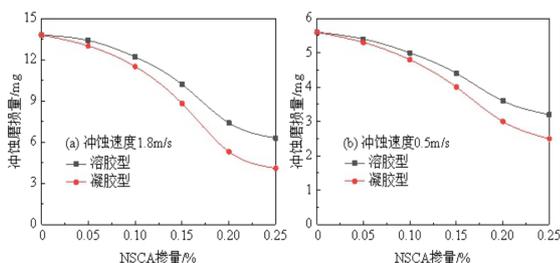


图 2 NSCA 类型和掺量对抗冲蚀性能的影响

3.3 应用效果

江西九江水运某码头位于江西省彭泽县,是江西省截至目前投资建设最大的一座内河水运码头,设计货物吞吐量 65 万吨/年,设计等级 II 级,设计使用寿命 50 年,共投资 11.89 亿元。码头平台采用排架式高桩梁板结构,

平台总长 572m,宽 30m,排架基础采用 Q345B 钢护筒内灌 C30 混凝土的 $\phi 500\text{mm}$ 嵌岩桩,每榀排架设 5 根,排架间距为 9m。一期工程钢护筒刚开始主要参照《水运工程钢结构设计规范》(JTS 152-2012),采用普通环氧沥青防腐漆进行防护,成膜厚度 $150\mu\text{m}$ 。但随后发现,在一期工程尚未投入使用情况下钢护筒防腐涂层就出现了不同程度的脱落,基底并有锈蚀迹象。

为此,于 2019 年 10 月开始将所研发的上述纳米有机硅改性环氧沥青防腐涂料应用于其后续防护工程中。应用效果检验显示,本防腐涂层经九江江水长达 2 年的冲蚀后未出现起泡、开裂、脱落等现象且划痕处无红锈。说明本单位研发的新型防腐涂料是一种长期高效防腐涂料,在内河水运码头钢结构防腐领域具有较大的应用潜力。

4 结语

综上所述,得出以下几点结论:

(1) 掺入适当的纳米硅烷偶联剂可有效阻滞水分子等介质向环氧沥青防腐涂层内部渗透并降低涂层吸水率和提高涂层附着力,显著提升其防护性能,且掺量越大效果越明显,但掺量不宜超过 0.2%。

(2) 相比掺溶胶型纳米硅烷偶联剂,掺凝胶型纳米硅烷偶联剂的效果更佳。掺 0.2% 凝胶型纳米硅烷偶联剂时,可将环氧沥青防腐涂层的耐水性能和抗冲蚀性能分别提高 23.1% 和 61.6%,且其他性能指标满足相关技术标准要求,可用于高含泥砂大水流条件下内河水运码头钢结构的防腐。

(3) 工程应用示范效果检验表明,本单位研发的新型防腐涂料是一种长期高效防腐涂料,在内河水运码头钢结构防腐领域具有较大的应用潜力。

参考文献:

- [1] 刘明维,曾丽琴,余杰.内河码头环氧沥青漆涂层-钢界面强度弱化影响因素分析[J].中国科技论文,2018(07):819-824.
- [2] 张永强.表面预处理工艺对涂层结合性能的影响[D].大连:大连理工大学,2014.

基金项目:江西省交通运输厅科技项目(2019C0016)。