

高桩码头结构耐久性提升的新型防腐材料应用效果分析

解忠岭

天津港第二集装箱码头有限公司 天津 300454

摘要: 高桩码头属于港口水运工程的重要基础设施,其结构耐久性同港口的运营安全及使用寿命息息相关。海洋环境中的氯离子侵蚀、干湿交替作用很容易造成码头钢结构的锈蚀、混凝土的碳化,严重影响结构的安全性。新型防腐材料在防腐性能、使用寿命、经济性上均比传统材料好,科学合理的应用策略可以延长高桩码头的服役周期,降低运维成本。本文主要研究新型防腐材料在高桩码头上的应用,分析高桩码头结构防腐现状,系统评价氟碳涂料、聚脲弹性体、玻璃鳞片涂料等新型材料的应用效果,提出相应的应用策略,为提高高桩码头结构耐久性提供技术参考。

关键词: 高桩码头结构耐久性; 新型防腐材料; 应用效果

高桩码头由于具有适应性强、造价合理等特点,在沿海及内河港口建设中被广泛使用。但是高桩码头长期处在海洋或恶劣水环境中,受到氯离子侵蚀、硫酸盐腐蚀、冻融循环和船舶撞击等多重作用的影响,结构耐久性的问题也逐渐显现出来。据有关统计,我国早期建成的高桩码头中,由于腐蚀原因造成结构损坏的就占到了30%以上,不仅增加了维修费用,而且存在很大的安全隐患。传统防腐材料有普通油漆、沥青等,防腐周期短、耐候性差等问题不能满足现代高桩码头长久服役的需求。因此,研发和应用新型的防腐材料是提高高桩码头结构耐久性的主要手段。本文主要对新型防腐材料的应用效果进行分析,提出优化应用策略,给高桩码头工程的防腐设计和施工提供理论和实践的支撑。

一、高桩码头结构防腐现状分析

(一) 传统防腐材料应用局限显著

目前我国部分在用的高桩码头仍采用传统的防腐材料进行防护,该类材料在实际使用中存在很多局限。普通醇酸漆、酚醛漆等传统涂料的耐盐雾性、耐湿热性较差,在海洋环境中容易引起起皮、脱落现象,防腐周期一般只有2~3年。码头桩基等水下结构,传统的沥青涂层附着力差,在水流冲刷、船舶扰动的作用下容易破损,不能形成有效的防护屏障^[1]。传统的防腐材料环保性较差,防腐材料中含有的重金属、挥发性有机物等有害物质会对周围环境造成污染。由于环保要求不断提高,码头耐久性要求越来越高,传统防腐材料的应用场景越来越受到限制,不能满足现代高桩码头的防护要求。

(二) 海洋环境腐蚀作用加剧结构损伤

高桩码头所处的海洋环境是造成结构腐蚀的主要原因,腐蚀作用具有复杂性、长期性。海洋环境中氯离子浓度高,氯离子容易透过防腐涂层和混凝土保护层,对钢筋产生电化学腐蚀,引起钢筋锈蚀膨胀,进而导致混凝土开裂、剥落。另外海洋环境中的硫酸盐、碳酸盐等物质会和混凝土的水化产物发生化学反应生成膨胀性的物质,从而导致混凝土结构的完整性遭到破坏。另外潮汐作用使码头结构处在干湿交替的状态,加快了腐蚀反应的进行,海浪冲击、船舶撞击等物理作用会造成防腐涂层破损,从而加重结构腐蚀。极端天气下,台风、暴雨等会使高桩码头结构的耐久性受到影响^[2]。

(三) 现有防腐施工质量管控不足

防腐施工质量影响着高桩码头结构的防护效果,当前高桩码头防腐施工存在质量管控不足的问题。施工前对基层表面的处理不到位,没有把表面铁锈、油污、灰尘等杂质清除干净,造成防腐涂层和基层的粘结力不够,容易出现空鼓、脱落现象。施工时涂层厚度不均匀、涂刷遍数不够,部分区域有漏涂现象,不能形成连续完整的防护涂层^[3]。另外,施工人员专业技能水平参差不齐,对施工工艺掌握不熟练,缺少有效的质量监督、检验机制,造成施工质量不能得到保证。同时一些施工单位为了赶进度,不按施工规范要求施工,使防腐施工质量降低,缩短码头结构的使用寿命。

(四) 防腐维护体系不完善

完善的防腐维护体系是保证高桩码头结构长期稳定

的保障,目前我国高桩码头的防腐维护体系存在着诸多不完善之处。部分码头管理单位对防腐维护工作重视程度不够,缺少长期的维护规划,一般在结构出现明显腐蚀损伤之后才开始维修,失去最佳的维护时间,造成维修成本上升。维护资金的投入不足,造成不能及时做全面的防腐检测和维护工作。防腐检测技术落后,缺少先进的检测设备和手段,不能准确地对防腐涂层的老化程度、结构的腐蚀情况进行评价,不能为维护工作提供科学的依据。同时维护人员的专业素质不高,对新型防腐材料、维护技术不了解,造成维护工作效果不好。

二、新型防腐材料在高桩码头的应用效果评估

(一) 氟碳涂料应用效果分析

氟碳涂料是一种高性能的新型防腐材料,在防腐蚀工程中应用效果好。氟碳涂料耐候性、耐腐蚀性极强,分子结构中的氟碳键能可以抵御海洋环境中氯离子、紫外线等的侵蚀,涂层使用寿命可达15~20年,比传统涂料的2~3年长得多。氟碳涂料对基层的附着力好,涂刷后形成的涂层连续、致密,能很好地隔绝水分、氧气与结构基体的接触,起到良好的防腐、防护作用。另外氟碳涂料具有较好的耐污性、自洁性,能减少海洋生物附着、灰尘堆积,降低维护成本。在某沿海高桩码头中,用氟碳涂料防护的桩基五年内没有明显的起皮、脱落现象,钢筋锈蚀率低于0.5%,防腐效果比传统涂料好得多^[4]。

(二) 聚脲弹性体应用效果分析

聚脲弹性体是一种新型的无溶剂防腐材料,具有良好的物理力学性能和防腐性能,在高桩码头结构防护中应用较多。聚脲弹性体固化速度较快、施工效率高,在复杂的结构表面上可以形成无缝的连续防护涂层,对水流冲刷、船舶碰撞等物理作用具有较强的抵抗力。同时聚脲弹性体有良好的耐化学腐蚀性,能抵御海洋环境中氯离子、硫酸盐等有害物质的侵蚀,涂层使用寿命可达10到15年。高桩码头承台、横梁等部位使用聚脲弹性体之后可以有效地防止混凝土碳化、钢筋锈蚀,提高结构的耐久性。内河高桩码头使用情况表明,聚脲弹性体防护的结构部位在4年里没有出现混凝土表面开裂、剥落现象,钢筋没有锈蚀,结构强度良好,充分体现了聚脲弹性体优越的防腐保护功能。

(三) 玻璃鳞片涂料应用效果分析

玻璃鳞片涂料是以玻璃鳞片为填料,树脂为基体的新型防腐材料,由于其具有独特的鳞片结构,因此具有很好的防腐性能。涂刷玻璃鳞片涂料之后,鳞片在涂层

中呈平行叠压排列,形成有效防护屏障,可以延长腐蚀介质的渗透路径,大大减缓腐蚀介质的渗透速度。该材料具有较好的耐酸性、耐碱性、耐盐雾性,可以适应海洋环境复杂腐蚀条件,涂层使用寿命可达8~12年。在高桩码头的桩基、靠船构件等处采用玻璃鳞片涂料,可抵御海水侵蚀和船舶碰撞造成的涂层破坏。在港口高桩码头维修工程中,对锈蚀严重处用玻璃鳞片涂料防护,3年后涂层完好率大于95%,钢筋锈蚀得到有效控制,结构耐久性提高。另外,玻璃鳞片涂料的施工工艺简单,成本比氟碳涂料、聚脲弹性体低,具有较高的性价比^[5]。

(四) 纳米复合防腐材料应用效果分析

纳米复合防腐材料是近几年来发展起来的新型高效防腐材料,在传统涂料中加入纳米粒子,大大提高了材料的防腐性能。纳米粒子具有很大的比表面积和高活性,可以填充涂层中的微小孔隙,使防护涂层更加致密,有效阻止腐蚀介质的渗透。同时纳米粒子可以提高涂层的耐磨性、耐候性、附着力,延长涂层的使用寿命。在高桩码头结构防护中,纳米复合防腐材料可以用于钢结构、混凝土结构的防护,能防止钢筋锈蚀和混凝土碳化。某新型高桩码头的建设工程中,用纳米复合防腐材料对全部钢结构进行防护,经过2年使用,涂层没有出现任何破损、锈蚀现象,防腐效果比传统防腐材料好。纳米复合防腐材料环保性能好,不含有害物质,符合现代工程环保要求,有广阔的应用前景。

三、高桩码头结构耐久性提升的新型防腐材料应用策略

(一) 基于结构部位特性的材料选型策略

高桩码头不同的结构部分工作条件和受力状态有所不同,应当按照各个部位特点选用适宜的新型防腐材料,从而达到防护目的。对于桩基等长期浸泡在海水中的部位,应选用耐水性好、耐氯离子侵蚀性能好的聚脲弹性体、氟碳涂料等材料,在水下环境中能形成稳定的防护涂层,起到防腐作用;承台、横梁等处于干湿交替区域的部位,应选用耐候性好、附着力强的玻璃鳞片涂料、纳米复合防腐材料等,可以适应干湿交替造成的涂层老化问题;靠船构件等易受碰撞的部位,应选用耐磨性、抗冲击性好的聚脲弹性体,其弹性模量高,能吸收撞击能量,减少涂层破损;上部结构钢结构构件选用氟碳涂料或者纳米复合防腐材料,抵抗紫外线辐射和大气腐蚀。选型时还要考虑材料的经济性、施工可行性,保证所选材料既能满足防腐要求,又能控制工程成本。

（二）优化新型防腐材料施工工艺策略

施工工艺的合理性直接决定新型防腐材料的应用效果，应从施工前准备、施工过程控制、施工后养护三个方面来优化施工工艺。施工前要对基层表面进行彻底的清理，清除表面的铁锈、油污、灰尘等杂物，采用喷砂除锈等方式提高基层表面的粗糙度，增大涂层与基层的附着力。同时施工环境要严格控制，保证施工温度、湿度等条件满足材料施工要求，不得在雨天、大风等恶劣天气下施工。施工时应严格按照材料的施工规范要求进行施工，控制涂层厚度、涂刷遍数，保证涂层均匀、连续、无漏涂。对结构复杂的部位，用专用工具施工，保证涂层完整。施工后要加强对养护工作，根据材料的特性确定合理的养护周期，防止在养护期间对涂层造成损坏。另外还要加强施工人员的专业培训，提高施工人员技术水平，保证施工工艺的有效落实。

（三）建立完善的质量监督与检测体系

健全完善质量监督、检测系统，这是保证新型防腐材料应用效果的重要手段。施工前要对进场的新型防腐材料进行严格检验，检查材料的生产合格证、检测报告等相关文件资料，对材料的性能进行抽样检测，保证材料质量满足设计要求。施工期间应实行全程质量监督，由专门的质量监督人员对施工工序实施监督，主要对基层处理质量、涂层厚度、涂刷遍数等重点指标展开监督，对出现的问题立即督促整改。施工结束后，要采用涂层测厚仪、附着力的测试仪等专业仪器对涂层的厚度、附着力进行检测，采用盐雾试验等方法检测涂层的防腐性能。同时要建立质量检测档案，整理分析检测数据，为后续的维护工作提供依据。另外还应邀请第三方检测机构做公正的检测，保证质量检测结果的客观、准确。

（四）构建全生命周期的防腐维护策略

制订全生命周期的防腐养护方案，是保证高桩码头结构长久使用的保障。根据高桩码头的使用环境及新型防腐材料的特点，编制长远的防腐维护计划，确定防腐维护周期、防腐维护内容、防腐维护标准。定期对码头结构防腐检测，采用超声波检测、电磁感应检测等先进的检测技术及设备，对防腐涂层老化情况以及结构腐蚀情况做出正确的判断，发现隐患。根据检测结果及时对

出现破损、老化的涂层进行维修、翻新，防止腐蚀问题扩大。并且需要对码头周围环境进行监测，掌握海洋环境中腐蚀介质浓度变化情况，为防腐维护工作提供科学依据。增加维护资金的投入来保证维护工作顺利进行。创建维护人员培训体系，提升维护人员的专业素质和技术水平，保证维护工作质量^[6]。依靠创建全生命周期的防腐维护策略，达到对高桩码头结构腐蚀的控制，改善结构的耐久性。

结束语

综上所述，高桩码头结构耐久性提高是保证港口工程安全稳定运行的关键，新型防腐材料的应用为解决高桩码头防腐问题提供了一种有效的途径。本文主要分析高桩码头结构防腐的现状，对氟碳涂料、聚脲弹性体等新型防腐材料的应用效果作系统的评价，并提出相应的材料选型、施工工艺优化、质量监督检测、全生命周期维护等方面的建议。新型防腐材料经过实践证明具有很好的防腐性、长寿命以及提高了高桩码头结构的耐久性，进而降低了高桩码头的维护成本。今后要不断研发新的防腐材料，创新应用技术，完善有关规范标准，促进新型防腐材料在桩式码头等高桩结构工程中的广泛应用。

参考文献

- [1] 王得泰. 海港高桩码头钢筋混凝土结构耐久性评估及修复技术研究[J]. 交通世界, 2024, (30): 15-17.
- [2] 王世坚, 孙克纬, 李森林. 甬江入海口高桩码头钢筋混凝土结构耐久性检测及提升措施[J]. 珠江水运, 2025 (17): 26-28.
- [3] 樊洪林, 施凌杰. 上海港洋山二期集装箱高桩码头上部结构耐久性分析[J]. 港口科技, 2023, (09): 18-26.
- [4] 刘红彪, 刘海成, 齐方利, 等. 基于阳极梯传感器的高桩码头耐久性监测研究[J]. 水道港口, 2023, 44 (03): 422-431.
- [5] 张龙. 燃煤发电工程高桩码头安全性检测与评估方法[J]. 四川建材, 2023, 49 (02): 237-239.
- [6] 王得泰. 海港高桩码头钢筋混凝土结构耐久性评估及修复技术研究[J]. 交通世界, 2024 (30): 15-17.