

# 水性涂料在严家埭立交桥整治提升工程上的应用

黄昌东<sup>1</sup>, 安娜<sup>1</sup>, 晁兵<sup>1,2\*</sup>, 李华<sup>1</sup>

(1.上海岐海防腐工程技术有限公司, 上海 200949; 2.江苏卓奇新材料科技有限公司, 江苏 徐州 221018)

**摘要:** 通过严家埭立交桥整治提升工程的涂装维修施工, 研究了水性涂料在户外混凝土结构及钢管扶手表面的涂装质量及施工工艺。针对户外水性涂料涂层的淋雨吸水、涂层吸水劣化以及水性工业防腐涂料产品工程应用等问题进行了分析改进。该水性涂料维修涂装工程运行3年以来, 涂层体系防护良好, 为工业防腐水性涂料的推广应用树立工程示范。

**关键词:** 水性涂料; 涂装; 维修; 混凝土; 钢管扶手

**中图分类号:** TQ639      **文献标志码:** B      **文章编号:** 1007-9548(2025)02-0026-04

## Application of Waterborne Coatings on the Renovation and Upgrading Project of Yanjiadai Overpass

HUANG Chang-dong<sup>1</sup>, AN Na<sup>1</sup>, CHAO Bing<sup>1,2\*</sup>, LI Hua<sup>1</sup>

(1. Shanghai Qihai Anti-corrosion Engineering Technology Co., Ltd., Shanghai 200949, China;

2. Jiangsu Zhuoqi New Material Technology Co., Ltd., Xuzhou 221018, Jiangsu, China)

**Abstract:** Through the painting maintenance and construction of Yanjiadai overpass renovation and upgrading project, the painting quality and construction technology of waterborne coatings in outdoor concrete structures and steel pipe handrails are studied. This paper analyzes and improves the problems of water absorption, water absorption degradation and engineering application of waterborne industrial anti-corrosion coatings. Since the operation of the waterborne coatings maintenance and painting project for 3 years, the waterborne coatings system has been well protected, setting up an engineering demonstration for the promotion and application of industrial anti-corrosion waterborne coatings.

**Key words:** waterborne coatings; painting; maintenance; concrete; steel tube handrails

## 0 引言

桐乡市位于浙江杭嘉湖平原, 地处东南沿海, 雨水充沛、日照充足, 年平均相对湿度 79%, 幅度在 76%~82%之间<sup>[1]</sup>。

严家埭立交桥位于桐乡市濮院镇与梧桐街道的交

汇点(见图 1), 为 320 国道与二环北路交叉口, 该立交桥孔数及跨径设计为 10×20 m+20 m+29.22 m+20 m+10×20 m, 其中 29.22 m 主跨桥下为 G320 国道, 桥梁上部采用的是后张预应力板结构, 下部为柱式钢筋混凝土墩台, 基础为钢筋混凝土桩基础; 桥面净宽 24 m, 最大纵坡 3.0%; 设计荷载: 汽车-20 级、挂车-120, 设计车速 60 km/h<sup>[2]</sup>。该桥 2004 年 6 月开工, 2005 年 11 月结束, 于 2006 年 6 月竣工通车。严家埭立交桥运行至 2021 年已达到 15 年, 桥梁管养单位针对立交桥运行出现的病害问题进行了集中整治, 主要通过维修涂装全面提升立交桥的安全运行能力及对城市的美化亮化作用。

严家埭立交桥混凝土结构防腐涂装部分包括跨路

收稿日期: 2024-05-30

基金项目: 上海市高新技术成果转化项目 202105496B。

作者简介: 黄昌东(1987—), 男, 本科, 工程师, 注册二级建造师, 主要从事建筑、桥梁、钢筋混凝土等工程表面涂装防护技术的研究与工程应用工作。E-mail: chaobing1989@163.com。

\* 通讯作者: 晁兵(1967—), 男, 正高级工程师。E-mail: chaobing1989@163.com。

桥跨和其两侧各一跨桥墩盖梁墩柱、梁板、桥底等混凝土外表面和全桥护栏外侧、桥梁护栏内侧混凝土外表面,以及梁底混凝土结构接缝密封涂装(主跨及边跨部分);钢结构防腐涂装部分主要是桥面栏上钢管扶手表面,具体防腐涂装方案设计见表 1<sup>[3]</sup>。



图 1 严家埭立交桥全貌

表 1 混凝土结构防腐涂装方案

防腐部位	涂层名称	厚度/ $\mu\text{m}$
混凝土结构表面	硅质渗透防水剂	
	环氧封闭底漆	20
	环氧腻子	
	环氧中间漆	80
	面漆 1(丙烯酸聚氨酯漆)	40
	面漆 2(硅树脂)	20
钢管扶手表面	磷化底漆	
	环氧云铁中间漆	120
	面漆 1(丙烯酸聚氨酯漆)	80
	面漆 2(硅树脂)	20
梁底混凝土板接缝	专用底涂	
	建筑密封胶	10 000
	面漆 1(丙烯酸聚氨酯漆)	40
	面漆 2(硅树脂)	20

方案中的环氧封闭底漆、环氧中间漆、丙烯酸聚氨酯面漆均采用水性涂料,其中硅树脂为无色透明涂料,型号 ENTM,为北京银合汇公司的银圭<sup>®</sup>系列产品,其涂层具有超耐酸、耐盐雾、超耐候、耐老化、耐高温、耐超低温、超高硬度(>6H)、高强耐磨、柔韧性好可弯折、耐沾污、抗渗漏等特点,用作最后一道面漆,强化对底、中、面三层水性涂料涂层的保护作用,保证实现整个结构表面的可靠耐久防护。

## 1 见证取样

根据工程管理要求,各类涂装材料进场后,立即报告现场监理,对涂料产品进行现场取样,寄交第三方检测机构测试检验。本项目中硅质渗透防水剂、硅树脂涂料为北京银合汇公司生产,其余涂料均为浙江传化涂料有限公司生产,本项目监理公司见证取样后寄送第

三方机构检测。经核验涂料厂家三检证明,结合见证取样测试合格报告,判定进场的各类涂料产品符合本项目设计要求,可以投入工程使用。

## 2 小区试验

水性涂料符合国家产业及环保政策要求,其涂装质量及防腐性能在石化等工程领域得到应用验证,由于水性涂料在钢结构表面应用存在闪锈隐患,加上一些水性涂料还存在一定缺陷,导致水性工业涂料在 C4 及以上环境等级的户外工程应用很少,应用 10 年以上(普通溶剂涂料涂层体系正常寿命)的工程实例更加少见<sup>[4]</sup>。

为保证涂装工程质量,按照施工组织设计要求,现场进行小区试验,以确定涂装工艺的最佳技术参数。选择代表性桥面护栏表面及钢管扶手段(现场选择立交桥桥面两侧入口处作业面,便于小区试验操作和后续跟踪检测),按照施工工艺及设计要求,并结合涂料的使用说明,进行试涂制样、保养和检测。

试验过程中,严格按照设计要求测定各涂层湿膜厚度;涂装完成后,对涂层外观进行目视法检测,保证涂层均匀、无色差、无流挂、无斑点、不起泡、不龟裂、不剥落等;试验涂层养护 7 d 后,用拉开法测量其黏结强度;试验过程记录(现场结合拍照、摄像等)存档;经监理审核批准,按照现场修正确定的工艺开展工程涂装作业。

## 3 涂装施工

### 3.1 混凝土结构表面涂装施工工艺

1)施工工艺流程:基面处理→硅质渗透防水剂→封闭底漆→腻子填补→中间漆→面漆 1→面漆 2。

2)基面处理:模板拼缝采用凿、磨等方法处理至表面平整度 $\leq 2\text{ mm}$ ,采用自来水冲洗基体表面污垢,目测、手抹应达到无浮尘要求。

先人工清除混凝土结构表面附着的爬山虎等爬藤(如有)。再将局部油污用溶剂清洁干净,再用淡水洗刷到中性。根据现场工艺试验调整淡水压力,结合手工机械打磨的作业方式,除去基体表面各类杂质(如爬藤及其吸附触角、混凝土沉积灰尘、苔藓等)及碳化松散部分。按设计要求针对基层各类缺陷进行针对性处理(如较小孔洞等缺陷涂装封闭漆、刮涂腻子;较大蜂窝孔洞和模板错位等缺陷用腻子或砂浆修补等)。

3)封闭底漆涂装:基面处理验收合格后应立即进行,间隔时间不超过 7 d(现场控制是不超过 1 d)。

4)按照混凝土结构防腐涂装方案,依次进行硅质渗透防水剂、封闭底漆、腻子填补、中间漆、面漆 1 及面漆 2 涂装。

5)现场作业及涂层养护过程中,针对异常天气(如

雨雪、霜露、大风等)应采取针对性防护措施,防止粉尘、水滴等导致涂膜缺陷。设计要求保护时间为涂装后4 h内(根据涂料品种及现场实际环境来看,4 h满足不了水性涂料要求)。

6)涂层间隔时间原则上应遵循涂料使用说明书来执行,防止产生层间剥离。

### 3.2 钢管扶手表面涂装施工工艺

1)施工工艺流程:基底除锈→环氧富锌底漆→中间漆→面漆1→面漆2。

#### 2)基底除锈:

本项目设计要求采用喷、抛工艺除锈,现场钢结构主要是墩上护栏(镀锌钢管+铸铁支座),因此现场修补除锈实际采用的是人工机械打磨作业。

除锈等级应达到 GB/T 8923.1 规定的 Sa2.5 级或 St3 级,达到 55~80  $\mu\text{m}$  的粗糙度(此部分适用于现场护栏支座锈蚀部分;镀锌钢管扶手表面镀锌层未出现锈蚀,其失效现象为旧涂层从镀锌层表面大面积脱落、剥离)。除锈处理后3 h内涂装环氧富锌底漆(镀锌层表面底漆经现场报请设计批准后调整为磷化底漆,保证底漆与镀锌层的结合力和抗腐蚀能力)。

3)按照钢结构表面修补涂装设计方案,依次进行环氧富锌底漆、中间漆、面漆1及面漆2涂装。

4)维修涂装作业按 JT/T 722《公路桥梁钢结构防腐涂装技术条件》规定进行。

### 3.3 梁底混凝土结构接缝密封施工工艺

1)施工工艺流程:接缝清理→封闭底漆→刮胶→面漆1→面漆2。

2)接缝清理:将接缝脱落、松动的原勾缝混凝土清理掉,勾缝牢固的保留,原填充的木板做类似相应清理。

3)基面处理:表面处理参照“3.1 混凝土结构表面涂装施工工艺”相关规定进行。

4)处理后接缝立即采用专用底涂剂(由密封胶厂家配套提供)进行表面处理,如间隔期间接缝表面意外污染,应重新清洁处理再涂底涂剂。

5)底涂处理好的混凝土接缝应尽快刮涂密封胶,停留时间最长不宜超过4 h。

6)按照混凝土结构防腐涂装方案,依次进行面漆1及面漆2涂装。

### 3.4 涂装施工中的问题及解决措施

#### 3.4.1 混凝土结构基面处理

本工程运行已超过15年,混凝土表面碳化严重,小区试验发现混凝土表面仅轻微打磨即脱落明显,无法确定牢固层,尤其是隔离墩,整个混凝土结构强度严重下降,表面砂石可逐层脱落,已失去涂装再提升的价

值和可行性(见图2)。



图2 施工前桥面混凝土结构表面状态

针对混凝土结构表面碳化松软甚至脱落问题,经设计人员现场踏勘,确定放弃对隔离墩的涂装维护。桥梁护栏混凝土结构表面相对坚实,去除表面爬藤、旧涂层及表面碳化层后,采用混凝土专用强固剂处理,然后再进行涂装维修作业。修改的方案经现场验证可行后予以实施,并取得较好的维修效果(见图3)。



图3 桥面混凝土护栏涂装维修后效果

#### 3.4.2 水性涂料涂装成品保护

鉴于夏季阵雨的不确定性,施工过程中发现水性丙烯酸聚氨酯面漆出现涂装后不久(但超过4 h)被阵雨冲刷脱落的问题(见图4),项目部立即向涂料供应方反映,涂料厂及时派出技术专家,一起分析问题原因,查证是水性涂料涂装后需要24 h甚至7 d的有效养护期(设计文件要求不小于4 h),才能形成可靠的涂层质量。针对此次雨水冲刷问题,项目部进一步加强了天气信息的及时掌控,确保水性涂料涂装后有足够的养护时间,防止类似问题发生。



图4 突发暴雨对涂后不久水性涂料的破坏

#### 3.4.3 水性面漆涂装间隔时间控制

施工中发现,户外水性面漆涂层养护时间过长,即

使养护超过 24 h 仍会发生淋雨吸水问题(见图 5),雨季甚至出现反复淋雨吸水的现象。图 5 钢管扶手支撑的左侧为未涂硅树脂面层的水性丙烯酸聚氨酯面漆(信号黄),淋雨后面漆涂层具有亲水性,难以形成水珠,表面水膜会被涂层吸收;而图 5 支撑右侧因加涂了硅树脂面涂层,其表面呈疏水状态,也难以吸水,雨后较长时间内保持有水珠。

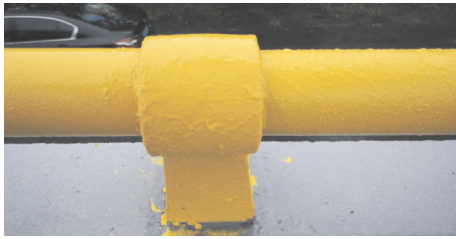


图 5 已涂与未涂硅树脂的水性面漆涂层表面水珠现象对比

笔者进行实验室对比测试表明,水性涂料双组产品的涂层性能一般优于单组分,其耐水性也更好,工程现场可能受雨季(6~7月)、空气相对湿度过高(约 81%)等环境影响,导致水性丙烯酸聚氨酯面漆(颜色有信号黄、浅灰、深灰等)涂层实干质量不如实验室条件下的质量。

针对现场水性丙烯酸聚氨酯面漆涂层淋雨吸水后还造成水性面漆涂层劣变问题(如涂层表面出现白色斑点,部分区域涂层成片变白,见图 6),根据涂料厂家现场技术指导,现场采取了以下措施。

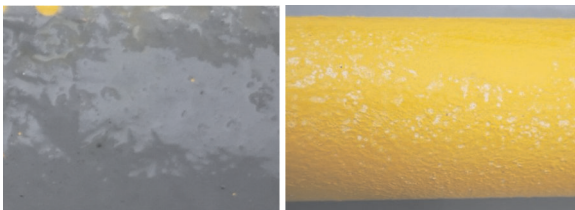


图 6 淋雨后水性面漆涂层均出现不同程度泛白劣化现象

1)及时跟踪当地天气预报,鉴于夏季天气的突变性,权威机构发布的气象信息预报天气也随时发生变化,现场应指派专人密切关注气象信息,及时分时段跟踪最新天气预报,部署水性面漆涂装作业,或及时终止作业。

2)涂装一段确保一段,保证涂后养护周期的同时,针对突发天气及时组织施工人员对成品加强防雨保护。

3)及时进行硅树脂涂装,硅树脂涂层可有效抵御雨水冲刷与侵蚀。项目部在涂料厂家、设计院等技术专

家指导下,及时进行硅树脂面漆涂装,有效保护了涂装质量。

#### 3.4.4 水性涂料优选喷涂作业

工程施工经验表明,现场喷涂作业具有功效高、涂层质量好的优势,但其最大问题是涂料损耗较大,因此溶剂型涂料户外涂装施工时一般都优选刷涂或辊涂。现场施工发现,一是交叉作业以及进度要求下,辊涂作业不能满足业主要求(本工程还包括土建、路面、护栏以及路灯等改造工程);二是高处辊涂作业,滴漏现象明显,加上边通车边施工,污染行人车辆的风险极高。

由于本项目设计面漆均为水性涂料,现场飞散符合环保要求,项目部果断决定采用喷涂作业模式进行水性面漆作业,确保了工期进度及工程质量。另外,喷涂后,漆雾颗粒小,对桥址污染小,对过往车辆污染风险也大幅减小,保证了清洁文明施工要求。另外,水性涂料双组分配伍后的可使用时间较短,且终点通常没有显示为凝胶现象<sup>[9]</sup>,采用工效最好的喷涂模式能最大程度保证水性涂料涂装与涂层质量。

#### 3.4.5 水性涂料涂层体系涂装成本问题

目前同等级防腐防护设计方案下,水性涂料涂层及涂装成本明显高于同类型的溶剂型涂料(本项目水性涂料涂层体系的施工成本高于常规溶剂型涂料涂层体系约 30%),其现场施工性也略逊于溶剂型涂料,涂层相关物理机械性能尤其是耐久性(如耐水、耐盐雾、耐湿热、耐人工加速老化等)也明显不足。

水性涂料及其涂装应用具有良好环保生态效益,目前各类高固分水性涂料产品也趋于成熟,为进一步提高水性涂料的市场竞争力(尤其是工业防腐蚀涂料),还应进一步提高水性涂料内在质量(如涂层物理机械性能,尤其是各类耐性)并保证其涂装施工性。

## 4 结语

严家埭立交桥整治提升工程经过两个施工阶段,第一阶段从 2021 年 6 月 1 日开工,6 月 20 日停工;第二阶段从 7 月 5 日开工,7 月 15 日完工,于 2021 年 8 月 4 日进行了预验收,水性涂料产品及其涂装质量得到了业主、监理及质检单位的一致认可,随后上述水性涂料及其涂装体系在桐乡市市区二环路上的安木立交、凤鸣立交、庆丰立交、百桃立交和浮石立交等 5 座立交桥整治提升工程上得到进一步的推广应用(上述工程于 2021 年 11 月 16 日开工,2022 年 1 月 4 日完工)。2024 年 5 月,笔者对严家埭立交桥等工程的质量进行了跟踪回访(见图 7),根据现场考察分析,无论是混凝土结构表面还是钢管扶手表面,其水性涂料涂层体系使用近 3 年来防护效果良好,总体上没有出现涂层开裂、起皮或者脱落等质量问题。(下转第 33 页)