

邕北铁路钦江双线特大桥防腐涂装维护的设计与施工

李承宇^{1,2}, 鹿存才^{1,2}, 黄昌东^{1,2}, 杨棕凯^{2,3}, 晁兵^{1,2*}

(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 221111;

3.江苏岐奎新材料科技有限公司,江苏 徐州 221111)

摘要: 为保证邕北铁路钦江双线特大桥相关钢结构防腐涂装维护方案的设计与涂装维护施工质量,笔者通过现场踏勘和相关技术调研,分析了邕北铁路钦江双线特大桥钢结构表面涂层劣化影响因素;结合本项目所处腐蚀环境情况,依据国铁企标 Q/CR 749.1—2020《铁路桥梁钢结构及构件保护涂装与涂料 第 1 部分:钢梁》相关技术要求,设计优选了第 7 套涂装体系;同时针对铁路行业窗口作业安全技术要求,细化本项目防腐涂装施工方案和安全防护措施,严格控制班组作业流程与涂装维护施工质量,为类似工程提供技术参考。

关键词: 铁路;防腐;涂装;维护;施工

中图分类号:TQ639

文献标志码:A

文章编号:1007-9548(2026)02-0019-04

Design and Construction of Anticorrosive Coating Maintenance for Qinjiang Double-line Extra-large Bridge of Yongbei Railway

LI Cheng-yu^{1,2}, LU Cun-cai^{1,2}, HUANG Chang-dong^{1,2}, YANG Zong-kai^{2,3}, CHAO Bing^{1,2*}

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

2.Jiangsu Zhuoqi New Material Technology Co., Ltd., Xuzhou 221111, Jiangsu, China;

3.Jiangsu Qikui New Material Technology Co., Ltd., Xuzhou 221111, Jiangsu, China)

Abstract: To ensure the design and construction quality of the anti-corrosion coating maintenance plan for the steel structures of the qinjiang river twin-track bridge on the yongbei railway, the author conducted on-site inspections and technical research. By analyzing the factors affecting the surface coating degradation of the bridge's steel structures, the study selected the seventh coating system based on the corrosive environment of the project and the technical requirements of the national railway standard Q/CR 749.1—2020 *Protection Coating and Paint for Steel Structures and Components of Railway Bridges – Part 1: Steel Girders*. Additionally, in accordance with safety technical requirements for window operations in the railway industry, the study refined the anti-corrosion coating construction plan and safety measures for the project, strictly controlling the workflow of the construction teams and the quality of coating maintenance, this provides technical reference for similar projects.

Key words: railway; corrosion prevention; painting; maintenance; construction

收稿日期:2024-07-19

项目基金:2021年上海市高新技术成果转化项目 202105496B。

作者简介:李承宇(1986—),男,硕士,高级工程师,主要从事涂装防护技术与工程应用工作。E-mail:lichengyu6666@163.com。

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

0 引言

邕北铁路钦江双线特大桥防腐涂装维护工程位于广西钦州,大桥跨越钦江,全长 2 225.221 m,跨度布置为 2×24+21×32+2×24+9×32+1×24+2×32+(2×128 系杆拱)+17×32+1×24+6×32 m,主桥采用 128 m 预应力混凝土筒支梁与钢管拱组合桥结构,工程于 2010 年 5 月开工,2013 年 12 月 28 日建成通车。邕北铁路钦江双

线特大桥景观变化见图 1^[1]。



图 1 邕北铁路钦江双线特大桥景观变化

1 维护设计

1.1 劣化评定

钦州是我国湿热多雨的地方之一,本工程主要承受海洋气候影响。在自然环境的影响下,加上客车的污物、污水、各种粉尘、酸雨、紫外线、空气中的氯离子、潮气、日照、温差等各种原因造成钦江双线特大桥大面积腐蚀及蔓延(图 1b)。经现场检查,根据 Q/CR 731—2019《铁路钢梁涂膜劣化评定》规定,对大桥钢

结构表面涂层劣化现象进行评定^[2]。

1)粉化:根据现场踏勘检查,全桥涂层粉化等级普遍达到 3 级。

2)锈蚀:拱肋接头焊缝处普遍出现生锈,横撑下方锈蚀最为严重,部分已经露出钢材,生锈部分约占全桥表面 10%。

按 Q/CR 731—2019 有关规定,全桥已经达到需要维护涂装的标准,但尚未达到重新涂装的要求。最后业主从大桥耐用性和景观性考量,确定采用油漆涂装维修维护。

1.2 维护方案

本工程拱肋防腐初建时寿命设计 25 年,其中拱肋、横撑、吊杆锚箱等钢构件外表涂装按 TB/T 1527—2004 要求进行设计,但 10 年工程运行表明,2004 版的涂装体系 7 设计寿命未能满足工程使用要求。分析 2011、2020 两次技术规范修订对相关涂装体系的强化,也佐证了原体系设计不足问题(见表 1)。

表 1 铁路行业 30 年来桥梁钢结构防护技术规范中相关涂装体系设计变化分析

标准及体系	涂层	每道干膜厚度/ μm	至少涂装道数	总干膜厚度/ μm
TB/T 1527—1995 涂装体系 IV	特制环氧富锌底漆	≥ 40	2	≥ 80
	环氧云铁中间层	≥ 40	1	≥ 40
	灰铝粉石墨醇酸面漆	≥ 35	2	≥ 70
TB/T 1527—2004 涂装体系 7	特制环氧富锌防锈底漆	≥ 40	2	≥ 80
	或水性无机富锌防锈底漆	≥ 40	2	≥ 80
	棕红云铁环氧中间漆	≥ 40	1	≥ 40
	氟碳面漆	≥ 30	2	≥ 60
TB/T 1527—2011 涂装体系 7	特制环氧富锌防锈底漆	≥ 40	2	≥ 80
	或水性无机富锌防锈底漆	≥ 40	2	≥ 80
	云铁环氧中间漆	≥ 40	1	≥ 40
	氟碳面漆	≥ 35	2	≥ 70
QCR 749.1—2020 涂装体系 7	特制环氧富锌防锈底漆	≥ 40	2	≥ 80
	或水性无机富锌防锈底漆	≥ 40	2	≥ 80
	云铁环氧中间漆	≥ 80	1	≥ 80
	氟碳面漆	≥ 35	2	≥ 70

如以重防腐体系为例,经过多年的工程应用检验,铁路行业有关桥梁钢结构防护技术规范不断对其涂装体系进行了改进和优化,如 2004 年设计采用氟碳面漆,2011 年将氟碳面漆总厚度由 $60 \mu\text{m}$ 提高到 $70 \mu\text{m}$,2020 年则将环氧中间漆厚度由 1 道 $40 \mu\text{m}$ 明确提高到 1 道 $80 \mu\text{m}$ (TB/T 1527—2011 在涂装体系设计的备注中提出:对于跨越河流的钢桥底面、酸雨地区的钢桥应增加涂装底漆 1 道、中间漆 1 道)^[3]。

综上分析,结合本项目现场维修作业要求,钦江

双线特大桥钢结构防腐维护涂装方案选择 Q/CR 749.1—2020《铁路桥梁钢结构及构件保护涂装与涂料 第 1 部分:钢梁》第 3 条钢梁涂装体系中第 7 套涂装体系(见表 1)。

1.3 设计要求

全桥维护涂装设计分为两种情况。

1)仅粉化区域:劣化类型为 3 级时,对无锈蚀部分用细砂纸除去粉状物,刷云铁环氧中间漆 1 道;然后涂装 2 道面漆。

2) 维修或翻新区域: 钢结构涂层基本完好: 拉毛粗化后, 刷云铁环氧中间漆 1~2 道; 然后涂装 2 道面漆; 达到 2~3 级生锈: 清除表面松散物至良好涂层处, 清洁度达到 Sa2.5 级或 St3 级, 按整个设计体系涂装。

2 防腐维护施工

2.1 施工方案

本项目设计采用蜘蛛人在天窗期内施工完成, 具体方案如下。

1) 步骤一: 在拱肋上安装蜘蛛人固定扣件。

2) 步骤二: 蜘蛛人进入工作, 将安全绳固定于扣件上。

3) 步骤三: 进行基面处理, 通过人员手工和动力工具除锈。

4) 步骤四: 涂装施工。基面处理合格, 立即涂装底漆; 若构件表面出现返锈情况应重新进行除锈处理。涂装后涂层实干前不得淋雨。喷涂施工前要彻底清理待喷涂表面沙粒、灰尘。在涂刷下一层油漆前, 对表面进行吹扫处理, 对污染比较严重的部位, 需要用砂纸对表面进行打磨处理。涂装主要采用喷涂的方式, 局部区域采取刷涂或辊涂法, 依次按涂装体系完成全桥涂装。

2.2 施工组织

2.2.1 天窗点作业计划

本项目是铁路营业线施工的维修, 应在维修天窗时间内完成整个工程的防腐涂装维修作业, 本项目为施工天窗, 作业期间必须严格执行维修天窗制度^[4]; 另外本项目施工等级为Ⅲ级施工, 需供电停电配合。

因涂装维护涉及的各种工装、工具以及物料等在当日窗口点作业结束后必须全部下道, 桥上不得留置, 为提高作业工效、保证工期, 经过现场踏勘并与各方沟通, 最终确定沿大桥主墩搭设进出道作业爬梯, 施工用料、工装等临时存放在大桥下方安全区域。本项目天窗点(240 min)工作安排见表 2, 正常情况下每天有效作业时间仅有 120 min。

表 2 天窗点工作安排计划

时段 /min	分段用时 累计用时		工作内容
	/min	/min	
0~40	40	40	人员进场转移
41~60	20	60	电力布置、现场照明布置、设备管线连接调试、工机具及材料领取布设
61~180	120	180	维修作业(基体处理、涂装作业)及期间物料运输
181~200	20	200	施工机具、材料撤离至桥下安全区域, 管线拆除, 设备清点等
201~240	40	240	线路检查, 撤场, 开通线路

2.2.2 爬梯平台作业

鉴于吊篮作业不具有可操作性, 而滑板作业安全性不足, 本项目最终确定采用爬梯平台作业模式。根据本项目钢管拱结构情况, 现场加工爬梯, 通过验收后投入使用, 现场编制了爬梯安全作业专项施工方案, 审批后技术交底到位实施。

每次作业时, 操作人员携带爬梯进场, 通过主墩临时通道、主拱检修道等进入作业面; 然后在作业点按照安全技术要求搭设爬梯, 开展涂装维护作业; 撤场时, 将爬梯拆除携带出场(见图 2)。

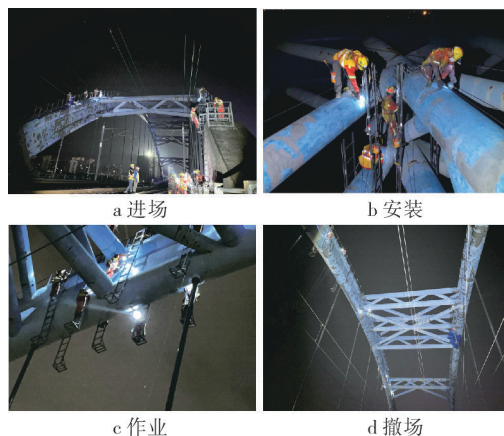


图 2 现场爬梯作业情况

2.3 主要安全措施

2.3.1 编制落实安全施工专项方案

依据铁道部及南宁局有关营业线安全施工规定, 项目部编制了施组、安全生产保障措施等, 报批后组织技术交底、资料交接、签订施工安全协议, 按批准方案组织实施, 保证施工过程中严格遵守, 逐一落实到位, 确保维修天窗时间内能完成预定的维修作业, 实现本项目作业安全无事故。

2.3.2 严格执行上道维修作业安全管理措施

切实落实登销记制度。上道前, 清点、登记各种上道工机具(对所有工机具进行编号管理)和材料, 落实到人; 施工结束后, 由工区监控和项目管理双方一起核实确认; 严格执行天窗点施工制度, 按命令时间组织施工, 未接到上道命令严禁上道; 认真执行“行车不施工, 施工不行车”的管理规定。

2.3.3 严格执行现场通行规定

施工负责人(含各作业小组负责人)带领作业人员进入通道门后, 工务段监督人员先行带领作业人员在通道门对应的两线间(路基地段在路肩及以外通道门一侧安全地点)集中等待, 横越线路时必须执行“手比、眼看、口呼”制度。待施工负责人(含各作业小组负责

人)确认通道门锁闭后,共同带领作业人员集中往返作业地点,不得单人或部分人员分散往返。

作业人员上道行走必须列队,严禁在电缆槽盖板上行走。原则上作业人员在两线间行走,不准走道心。队伍不得过于分散,前后最大距离应保持在 50 m 以内。两线间行走时现场作业负责人、防护员必须随队防护,两线间行走人员未到达作业地点严禁上线路。因作业需要必须走道心时,按规定做好现场防护,行走人员必须面向来车方向行走,现场作业负责人或防护员一人在队列前端显示停车手信号,一人在队列最后。

2.4 施工小结

2.4.1 加强质量控制

铁路防腐涂装维修项目通常都面临天窗点有效作业时间短的特殊问题,再加上其他各种客观因素影响(如高处作业、夜间施工、三检受限等),其施工质量控制难度极大,因此对单兵作业质量、工效要求都极高。

项目部事先就要组织精干力量,加强作业人员质量意识教育及操作技能的培训与考核;班组长都做兼职质检员,专检人员保证作业点到位巡检,真正将过程质量控制到位;现场制订作业质量的绩效制度,加大考核力度,调动操作人员积极性与责任心;才能保证铁路防腐涂装维修质量满足设计要求,避免维修工程短时间就出现涂层劣化甚至失效问题发生^[9]。

2.4.2 平衡人工成本

铁路防腐涂装维修项目的中标价格较高,甚至超过其他行业类似项目 100% 还多,但其施工成本也远高于公路、石化等其他行业同类项目,其施工风险因素更难以把握,最关键的是天窗时间一般都无法固定,具体开放时间临近当晚 24:00 通知确定,也存在临时取消的情况;另外因项目工期要求高,现场不得不增加作业人员数量,导致人工成本大幅提升。因此选择技能突出的作业人员甚为关键,即使其个人工资较高但其工效也高,精兵强干的结果可有效控制项目人工成本。

2.4.3 细化涂装体系设计

Q/CR 749.1—2020 明确其第 7 套涂装体系的应用范围为:C1~C5、CX 环境以及紫外线辐射强、有景观要求的区域,但上述 6 种不同腐蚀等级环境采用同一种涂装体系,必然造成低等级腐蚀级别环境下涂装体系防护可能过当,而高等级腐蚀级别环境下涂装体系可能防护不足的问题。2023 年修订的 JT/T 722 对公路桥梁钢结构规定了不同腐蚀级别环境下防护涂层体系的基本性能要求,同时给出了不同腐蚀级别环境下的防护涂层体系设计,因此其涂装体系设计更具有科学性、可靠性和可操作性,也符合 JTS 153—2015 对水运工程结构耐久性设计的基本原则要求,即耐久性设计

应使结构在设计使用年限内无需大修即可按预定的功能安全和正常使用,以及耐久性应根据结构的设计使用年限、结构所处的环境,并考虑施工条件、维护便利性和全寿命成本等因素进行合理设计。

2.4.4 争取工装安全留置

本项目施工过程中,每天进出携带、每次安拆及安检设备工装,不仅消耗大量作业时间,还严重消耗作业人员体能,形成作业质量及安全生产等隐患,直接影响施工效率。因此建议类似项目进场前应积极争取业主理解支持,尽可能将设备工装放在作业现场固定位置,编制科学可靠的安全防护措施并落实到位,符合铁路营业线施工安全管理要求,切实满足业主安全关切,提高工程施工质量的同时也可以适度降低项目部的施工成本,实现共赢效果。

3 结语

本项目合同工期暂定 70 d,项目部 2023 年 11 月初进场,11 月 9 日正式作业,2024 年 1 月 12 日完工,经过项目部全体人员的辛苦努力,顺利完成钦江双线特大桥梁防腐涂装维修工程施工任务,施工质量优良,得到了业主及监理的高度认可(见图 3),后续将积极参与三岸邕江双线特大桥梁大修工程施工。本项目涂装维修设计及施工的有关得失总结仅供同行参考,期望共同努力不断提高我国铁路行业防腐涂装维护的设计及施工水平。



图 3 邕北线钦江双线特大桥梁防腐涂装维护竣工图

参考文献:

- [1] 廖成强.钦江铁路特大桥梁 128 m 钢管混凝土系杆拱桥设计[J].四川建筑,2012(3):144-145.
- [2] 中铁二院工程集团有限责任公司.邕北铁路钦江双线特大桥梁系杆拱结构大修施工图[Z].南宁,2023.
- [3] TB/T 1527—2011 铁路钢桥保护涂装及涂料供货技术条件[S].
- [4] 顾建华,张芳芳,刘鹏.高速铁路天窗设置探讨[J].中国铁路,2010(10):45-47.
- [5] 曹辉,刘阳,黄昌东,等.车站钢结构涂料涂装体系失效问题及分析[J].现代涂料与涂装,2022(9):39-44.