

环保型低表面处理环氧厚浆涂料 在江苏水工钢结构防腐维修中的应用

许志敏¹, 蔡一平¹, 王 煦², 许志刚³, 时小江⁴, 陆宝山⁴

(1. 江苏省水利科学研究院 材料结构研究所, 江苏 扬州 225002;

2. 江苏省水利勘测设计研究院有限公司, 江苏 扬州 225000;

3. 如东县水务局, 江苏 南通 226400; 4. 如东县洋口外闸管理所, 江苏 南通 226400)

摘要: 钢结构的覆涂维护是水工钢结构防腐工作的主体。传统防腐涂料在生产施工各环节均存在不同程度的高污染高能耗问题, 已不能适应新时期绿色可持续发展的国家政策法规要求。采用室内机械物化性能研究、室内施工性能研究、现场试验研究等手段进行涂料配方筛选, 经过近10年的探索和跟踪观察, 研制的环保型低表面处理环氧厚浆涂料, 具有技术先进, 环保节能, 经济合理的技术优点, 实现了绿色环保涂料在低表面处理条件下获得较高性能的目标, 是污染较高的喷锌加防腐涂料传统涂装工艺的理想替代方向, 尤其适合钢闸门的就地维修, 也适合各类新建钢结构。

关键词: 钢结构; 防腐维修; 环保型; 低表面处理; 环保经济效益

中图分类号: TU44

文献标识码: A

文章编号: 1007-7839(2022)03-0005-0005

Application of eco-friendly low surface treatment epoxy high-build coating in anti-corrosion maintenance of Jiangsu hydraulic steel structures in province

XU Zhimin¹, CAI Yiping¹, WANG Xu², XU Zhigang³, SHI Xiaojiang⁴, LU Baoshan⁴

(1. Institute of Material Structure, Jiangsu Hydraulic Research Institute, Yangzhou 225002, China;

2. Jiangsu Surveying and Design Institute of Water Resources Co., Ltd., Yangzhou 225000, China;

3. Rudong County Water Affairs Bureau, Nantong 226400, China;

4. Rudong County Yangkou Outer Gate Management Office, Nantong 226400, China)

Abstract: The coating maintenance of steel structures is the main task in the anti-corrosion work of hydraulic steel structures. Traditional anti-corrosion coatings have the problems of high pollution and high energy consumption in the course of production and application, which can not meet the requirements of national policies and regulations on green and sustainable development in the new era. Indoor mechanical physical and chemical performance research, indoor construction performance research, field test research and other means are used to screen coating formulations. After nearly 10 years of exploration and follow-up observation, eco-friendly low surface treatment epoxy high-build coating developed has the technical advantages of advanced technology, environmental protection and energy saving, economical and reasonable. The goal of obtaining high performance of green environmental protection coating under low surface treatment conditions is achieved. It is an ideal alternative to the traditional coating process of zinc spraying and anti-corrosion coating with high pollution, and is especially suitable for the on-site maintenance of steel gate and all kinds of new steel structures.

Key words: steel steel structure; anti-corrosion maintenance; eco-friendly; low surface treatment; environmental economic benefits

收稿日期: 2021-08-12

基金项目: 江苏省水利科技项目(2012028、2017019)

作者简介: 许志敏(1968—), 女, 高级工程师, 主要从事水工建筑材料检测及研究工作。Email: 603625240@qq.com

保护环境是我国的基本国策。从2014年开始,新《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国大气污染防治法》《中华人民共和国环境保护税法》等一系列环保节能法律法规陆续出台,对各行业 and 地区设定了不同的 VOC 排放标准,并规定对 VOC 含量高于 420 g/L 的涂料品种征收消费税^[1]。近年来,国家标准化委员会等部委陆续发布了 GB/T35602—2017《绿色产品 涂料》^[2]、GB30981—2020《工业防护涂料中有害物质限量》^[3]等涂料环保标准。在这一系列环保法规标准的驱动下,涂料行业绿色化转型升级已是必然趋势。本文针对目前水工钢结构防腐维修中存在的高污染高能耗问题,通过环保型低表面处理环氧厚浆涂料在江苏省扬州市万福闸淡水环境和江苏省如东县洋口外闸海淡水交界环境的应用及跟踪观察,用外观检查和数据分析的方法,阐述了该环保涂料及环保涂装工艺替代传统喷锌加防腐涂料工艺的可行性。

1 水工钢结构防腐维修中存在的环保问题

目前,水工钢结构防腐维修采用较多的为喷锌加涂料复合防腐技术。喷锌加涂料保护需要将钢铁基面喷砂处理到 sa2.5 级,才能保证涂层质量,这种方法在各环节均存在不同程度的污染问题,特别是闸门维修工程如果进行就地喷砂喷锌喷涂,会造成严重的粉尘、有毒锌尘、有毒溶剂挥发物及噪声污染,钢闸门运行过程中锌及未挥发的溶剂苯等溶解于水,还会造成一定的水域污染^[4]。此外,喷砂喷锌作业能耗非常高。水工钢结构涂装中这些高污染高能耗问题的存在,越来越不能适应国家环保政策和法规需求,亟需对涂料配方及涂装技术进行革新,以实现从源头到过程使用的全方位环保节能控制。

2 环保型低表面处理环氧厚浆涂料

2.1 低表面处理涂料的特性

低表面处理涂料,又称表面容忍性涂料。它可以涂覆在手工和动力工具打磨至 St2~St3 级的钢材表面、在带闪锈和微锈的钢材表面、在多种类型的旧

涂层表面。与其他重防腐涂料相比,施工方便,对温湿度等环境的适应性也较强^[5]。另外,由于不需要喷砂、喷锌,环保施工的同时节省了涂装配套费用。

2.2 无苯无毒低表面处理环氧厚浆涂料的原理

HS 无苯无毒低表面处理环氧厚浆涂料,该环保型涂料,系采用渗透性较好的低分子质量无苯环氧树脂溶液为主要成膜物质,采用丙酮、乙醇为无毒环氧溶剂,采用无毒高效的改性磷酸锌作防锈颜料,采用片状结构材料作颜填料并加入各种助剂配制而成,属高固体分溶剂型涂料。

由于该涂料用改性磷酸锌,可以和金属表面的铁锈反应使金属表面钝化,所用小分子溶剂可与水共沸从而带走钢结构表面的水分,因而可以容忍钢结构表面残存的锈蚀、旧漆、闪锈及少量水份等;用叶展性颜料和 304 不饱和聚酯树脂使涂料获得良好的韧性;用成膜环氧树脂溶液中的强极性基团醚键和羟基对金属底材有非常强的附着力;用屏蔽型颜填料具有良好的片状结构形态和级配组合,其叠合屏蔽效果使涂层的孔隙率非常低,如果采用 2°~3° 涂装,则很少有贯穿孔,因而该涂料不需要喷锌就可达到良好的防腐效果^[6]。

2.3 HS 无苯无毒低表面处理环氧厚浆涂料的性能

HS 无苯无毒低表面处理环氧厚浆涂料,不含苯、铬等有毒物质,固含量高达 80% 以上,VOC 小于 250 g/L,其各项环保性能均达到 GB/T35602—2017 标准的高固体分涂料要求,与 GB30981—2020 标准规定的普通溶剂型涂料环保性能相比具有明显的环保优势,见表 1。

HS 无苯无毒低表面处理环氧厚浆涂料的各项技术性能达到或超过 HG/T 4564—2013《低表面处理容忍性环氧涂料》^[7]要求和 JG/T224—2007《建筑用钢结构防腐涂料》^[8]标准中长效型防腐涂料的技术要求,并且带锈、带水涂装性能良好,见表 2。

3 环保型低表面处理环氧厚浆涂料的应用

依托江苏水利科技项目的支持,2013 年和 2021 年,HS 无苯无毒低表面处理环氧厚浆涂料先后在江

表 1 HS 无苯无毒低表面处理环氧厚浆涂料与普通溶剂型涂料环保性能分析

涂料品种	固含量/%	VOC 含量/(g·L ⁻¹)	小白鼠急性毒性试验
HS 低表面处理环氧厚浆涂料	> 80	< 250	LD50 的 95% 可信限为 35.17~40.09 g/kg, 为实际无毒级
普通溶剂型环氧涂料	< 70	< 500	

表2 HS无苯无毒低表面处理环氧厚浆涂料的技术性能

涂料型号	弯曲试验/ mm	耐冲击性/ cm	涂层附着力/MPa			耐盐雾试验		耐酸性 (5%H ₂ SO ₄ 溶液) /h
			除锈	带锈带漆	带锈带水	除锈	带锈带漆	
HS20系列	1	≥50	3.8~5.7	3.7~5.7	3.5~5.5	1 000 h 合格	1 000 h 合格	168 h 无异常(稍变色)
HS30系列	1	≥50	11.6~18.5	11.6~18.0	11.0~17.0	1 000 h 合格	1 000 h 合格	168 h 无异常(稍变色)

苏省扬州市万福闸淡水环境和江苏省如东县洋口外闸海淡水交界环境试用并跟踪观察,具体情况介绍如下:

3.1 万福闸淡水环境的试用

万福闸位于淮河入江水道上,建于20世纪60年代,属典型淡水潮汛环境闸门,水质类别为Ⅲ类水。该闸共有65孔钢闸门,2012年大修,采用喷锌加涂料的维修方案,其防腐涂层配套见表3。结合闸门的维修加固改造,万福闸采取将闸门从门槽中拿出喷砂喷涂的方法进行施工,虽然避免了原位喷涂的弊端,但闸门提取需拆除排架,费用非常高。

2013年11月,选择锈蚀较为严重的30号孔钢闸门下扉门作为HS无苯无毒低表面处理涂料涂装试点闸门,闸门涂装高程为▽0.2~▽4.4m,涵盖水上区、水变区和水下区3种环境条件,涂层配套见表4。施工基面处理要求按GB/T8923.2—2008对闸门进行手工和动力工具除锈处理,除锈等级要求达到st2或st3级,施工方法为水平面刷涂施工。由于该闸门中间靠近横向接缝以上约1m左右及横向接缝以下锈蚀较严重,手工除锈处理时用榔头和普通铲刀敲铲再用动力工具钢丝刷清除,尚未能彻底将附着牢固的较厚锈层除去,除锈等级未达St2或St3级,若能用硬质钨钢刀配合榔头敲铲再用动力工具钢丝刷清除,除锈质量会更好。这次涂料试点试验时已进入初冬,有寒流影响,由于所使用涂料具有低

温潮湿施工性能,故得以顺利完成现场试点试验工作。局部锈层较厚处手工除锈质量不够理想,预期会影响涂层的使用寿命,后期进行重点跟踪观察。

此次实门试验后,每年对30号孔钢闸门和其他各孔钢闸门进行跟踪对比观察。2020年7月7日,涂装近7年,观察到30号孔钢闸门HS低表面处理涂料涂装部位外观情况良好,对比观察其他各门孔使用喷锌加防腐涂料的钢闸门涂层,发现水上部位情况良好,水下部位涂层已有近1/3出现锈蚀现象。分析可能由于水下部位闸门维修前锈蚀较严重,喷砂处理不易彻底,影响了锌层的附着力,从而影响了防腐寿命。2021年7月10日,涂装近8年,观察发现30号孔使用HS涂料涂装部位有3块涂层剥落,剥落尺寸约40 cm×20 cm和30 cm×20 cm,剥落部位均在除锈等级未达St2级的水变区,另外水上区面漆黄变较明显。

2021年7月23日,对涂层进行现场附着力检测,检测结果见表5。从检测结果看,HS无苯无毒低表面处理环氧厚浆涂料在除锈等级达St2~St3级的水变区的附着力良好,为3.79~6.88 MPa;除锈等级未达St2~St3级的水变区的附着力较低,为1.37 MPa,其中有3处附着力较低的涂层已脱落;除锈等级未达St2~St3级的水下区的附着力较低,为0.81 MPa,但水下区涂层未脱落;水上区表面涂层黄化明显,但涂层附着力达4.41~5.99 MPa,断于面漆

表3 万福闸2012年大修钢闸门防腐涂层配套

维修年代	防腐涂层配套	膜厚/ μm	道数/道
2012年	喷锌	160	—
	环氧富锌封闭漆	50	2
	环氧云铁中间漆	80	2
	氯化橡胶面漆	90	2

表4 万福闸30号孔钢闸门用无苯无毒低表面处理涂料的防腐涂层配套

涂装时间	防腐涂层配套	膜厚/ μm	道数/道
2012年12月	HS20系低表面处理环氧厚浆涂料(底漆)	200	2
	HS20系环氧厚浆涂料(面漆)	200	2

表5 现场拉开法附着力检测结果

测试日期	闸门孔编号	测量高程/m	附着力/MPa	对应涂层	破坏情况	备注
2021.7	30#	1.0 (水下区)	0.81	HS低表面处理环氧厚浆涂料	破坏面为锈面	测区钢铁基面处理等级低于St2级,破坏面可见较厚锈层
		2.2 (水变区)	1.37	HS低表面处理环氧厚浆涂料	破坏面为锈面	测区钢铁基面处理等级低于St2级,破坏面可见较厚锈层
		2.23 (水变区)	3.79	HS低表面处理环氧厚浆涂料	破坏面为面漆表层	测区钢铁基面处理等级达St2级
		2.82 (水变区)	5.96	HS低表面处理环氧厚浆涂料	破坏面为面漆表层	测区钢铁基面处理等级达St2级
		2.95 (水变区)	6.88	HS低表面处理环氧厚浆涂料	破坏面为面漆表层	测区钢铁基面处理等级达St2级
		3.60 (水上区)	4.41	HS低表面处理环氧厚浆涂料	破坏面为面漆中层	测区钢铁基面处理等级达St2级
		3.60 (水上区)	5.99	HS低表面处理环氧厚浆涂料	破坏面为面漆中层	测区钢铁基面处理等级达St2级
		3.40 (水上区)	2.61	喷锌+重防腐涂料	破坏面为部分锌层部分面漆层	测区钢铁基面处理等级为Sa2.5级

中层。与此同时,检测的30号孔喷锌加重防腐涂料涂装部位水上区的涂层附着力为2.61 MPa,水变区涂层附着力为5.02 MPa。

从近8年跟踪观察结果可得出如下结论:在淡水环境中,HS无苯无毒低表面处理环氧厚浆涂料的防腐效果与喷锌加涂料的复合涂层防腐效果基本相当,但如果钢铁基面处理等级不达sa2.5级,则喷锌加涂料的复合防腐涂层使用寿命不如HS无苯无毒低表面处理环氧厚浆涂料。基面处理等级不达st2级,会降低低表面处理涂层的使用寿命。HS低表面处理环氧厚浆涂料在此次维修中突显了其高基面容忍性高质量的优势。

3.2 洋口外闸海淡水交界环境的试用

洋口外闸位于如东县东北部,建成于2003年,是一座7孔中型挡潮闸,其地处拼茶运河入海口处,主要承担拼茶河等6条河道的排涝任务,属海淡水交界水环境,是沿海挡潮、排涝与通航相结合的水利枢纽工程。

该闸上游面周围土地用于化工园区开发,水质最差时为劣V类水,钢结构经常处于酸性水质中,表面涂层剥落非常快;下游面受到黄海海水和污水的双重侵蚀,水下区水变区涂层基本2年时间就整体脱落。

2003年该闸建成时钢闸门的防腐涂层配套为

喷锌加氯化橡胶面漆3度,2003年建成后至2018年的15年间共进行了4次喷锌加涂料的防腐维修,平均不到4年防腐维修1次。2017年开始,经过环保治理,水质逐渐转好,目前该闸上下游水质均已达到IV类水标准。

2020年4月,该闸的安全鉴定检测发现,挡潮闸的闸门、防撞钢板等钢结构水下区和水变区已出现局部锈蚀、涂层厚度变薄,水上区涂层则基本完好,而挡潮闸闸门两侧主滚轮锈蚀非常严重,已不能正常工作。10月,对该闸进行除险加固改造,钢闸门采取从门槽中拿出进行全面喷砂喷锌喷涂的方法进行防腐维修,钢铁基面的除锈等级为sa2.5级。其防腐涂层配套见表6。

2021年3月,将HS无苯无毒低表面处理涂料在洋口外闸钢结构上进行涂装试点,涂装部位为挡潮闸1号孔两侧防撞钢板的上下游部分面积,具体位置为:①1号孔西侧下游面主门槽和检修门槽之间的防撞钢板,尺寸为5 m×1.45 m,高程为1.5~6.5 m。②1号孔东侧上游面防撞钢板南边缘,尺寸为2.1 m×1.2 m,高程为1.5~3.6 m。上游淡水面涂装部位涵盖水上区、水变区和水下区,下游海水面涂装部位为水上区和水变区(由于海潮涨落落差较大,水上区以下均为水变区),钢铁基面的处理等级为喷砂处理至sa2.0级,涂层配套见表7。

表6 洋口外闸2020年大修钢闸门防腐涂层配套

维修时间	防腐涂层配套	膜厚/ μm	度数/度
2020年	喷锌	160	—
	无机富锌底漆	60	1
	环氧云铁中间漆	80	1
	环氧面漆	80	2

表7 洋口外闸防撞钢板无苯无毒低表面处理涂料试点试验涂层配套

维修时间	防腐涂层配套	膜厚/ μm	度数/度
2021年	HS30系低表面处理环氧厚浆涂料(底漆)	200	2
	HS20系环氧厚浆涂料(面漆)	200	2

本次现场实门试验日期为2021年4月17日至2021年4月18日,天气为多云,气温为4~18℃,施工时段为上午9:00~11:30和下午14:00~17:00各涂1度,系立面原位涂刷施工。涂料黏度为1 600 mPas,实验室一度涂刷厚度为100~120 μm ,由于施工现场风非常大,装涂料容器敞口,溶剂挥发较厉害,使涂料黏度增大,造成施工涂膜实际厚度较厚,4度厚达650~800 μm ,涂膜流挂较厉害。此次涂膜现场附着力测试结果为8.18~10.45 MPa,除一个点断于底漆层外,其他均断于面漆最表层或断于胶面,说明涂层的实际附着力大于测试值。

洋口外闸枢纽加固改造工程于2021年5月28日完成水下验收,于2021年6月20日开闸放水,目前HS低表面处理涂料涂膜情况良好,今后将对其进行持续跟踪观察,以验证其在轻度污染海淡水交界环境中的耐久性。通过此次现场立面涂装试验,认为今后施工方法应改为高压无气喷涂,以避免溶剂挥发,并利用施工参数较好地控制涂层厚度,使涂膜不流挂,从而提高涂膜的质量。

4 结 语

用新型防锈颜料和无毒溶剂研制的HS无苯无毒低表面处理环氧厚浆涂料,VOC含量低,各项技术性能达到长效型防腐涂料标准要求,可在低处理表面直接涂装,不需要喷锌,该类型涂料环保经济

效益明显,符合涂料绿色化高性能化资源节约化发展方向,在水工钢结构的覆涂维护方面使用前景十分广阔。

参考文献:

- [1] 荆夕庆,武春梅,李永,等.水性/高固含/无溶剂工业防腐涂料产品全生命周期的环保分析[J].涂料工业,2018,48(1):63-69.
- [2] 全国涂料和颜料标准化技术委员会,国家绿色产品评价标准化总体组.绿色产品评价 涂料:GB/T35602—2017[S].北京:中国标准出版社,2017:19.
- [3] 中华人民共和国工业和信息化部.工业防护涂料中有害物质限量:GB30981—2020[S].北京:中国标准出版社,2020:6.
- [4] 任淑娟,杜培文,许志刚,等.南水北调东线第一期工程金属结构总体设计与研究[J].水利规划与设计,2006,(3):65-68.
- [5] 李敏风.低表面处理涂料的应用与发展[J].上海涂料,2011,49(3):33-35.
- [6] 许志敏,黄根民,蔡一平,等.无苯无毒低表面处理环氧厚浆涂料的研制[J].涂料工业,2018,48(3):34-37.
- [7] 全国涂料和颜料标准化技术委员会.低表面处理容忍性环氧涂料:HG/T4564—2013[S].北京:化学工业出版社,2014.
- [8] 建设部建筑制品与构配件产品标准化技术委员会.建筑用钢结构防腐涂料:JG/T224—2007[S].北京:中国标准出版社,2007:2-3.