

钢结构桥梁防腐涂层质量控制技术研究

孙荣国

(浙江钜实桥梁钢构有限公司, 浙江 湖州 313220)

摘要 为提高桥梁防腐涂层质量, 本文以某钢结构桥梁工程项目为例, 开展防腐涂层质量控制技术的研究。将防腐涂层施工部位划分为三个方面, 分别为钢箱梁外表面、钢箱梁内表面、桥面钢结构, 设计三个施工部位的涂层油漆配套体系; 为了有效地防止涂料中产生气孔等问题, 设计钢结构表面的净化处理与电弧喷涂; 通过钢结构的封孔处理与质量检查, 完成质量控制技术的研究。实例应用实验结果表明: 设计的防腐涂层质量控制技术应用效果良好, 按照规范将此项技术应用到桥梁钢结构上, 不仅可以提高钢结构防腐涂层的使用寿命, 还可以有效延缓其腐蚀, 以此种方式, 可实现对桥梁钢结构防腐涂层设计与施工的全面深化, 提高防腐涂层的质量。

关键词 钢结构; 电弧喷涂; 表面净化; 防腐涂层; 桥梁

中图分类号: U445

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2023)12-0043-03

1 钢结构桥梁防腐涂层油漆配套体系设计

为确保桥梁防腐涂层施工的规范性, 提高防腐涂层的施工质量, 展开研究前, 应做好桥梁防腐涂层施工的准备工^[1]。在进行涂料施工前, 需要准备此次施工所需要的设备, 包括搅拌器、称量设备、喷涂机及配套用具、涂料及涂层检测仪器等, 将配料设备及工具清理干净, 保持干燥, 并调节机器处于最佳工作状态。

表 1 钢箱梁外表面防腐涂层油漆配套体系

序号	涂装要求	设计参数 (标准)
(1)	无机硅酸锌 (作为底漆)	25 $\mu\text{m} \times 1$ 道
(2)	表面喷砂处理	达到 Sa3 级标准
(3)	雾化电弧喷铝	$\geq 100 \mu\text{m}$
(4)	环氧漆电弧喷涂层	要求涂漆渗入铝涂层
(5)	中间漆环氧云铁漆	80 $\mu\text{m} \times 1$ 道
(6)	聚氨酯面漆	40 $\mu\text{m} \times 2$ 道

表 2 钢箱梁内表面防腐涂层油漆配套体系

序号	涂装要求	设计参数 (标准)
(1)	表面喷砂	达到 Sa2.5 级标准
(2)	防锈底漆	50 $\mu\text{m} \times 1$ 道
(3)	环氧富锌防锈底漆	50 $\mu\text{m} \times 1$ 道
(4)	环氧厚浆面漆	300 $\mu\text{m} \times 1$ 道

在此基础上, 设计钢结构桥梁防腐涂层油漆配套体系, 将防腐涂层施工部位划分为三个方面, 分别为

钢箱梁外表面、钢箱梁内表面、钢结构桥面, 设计三个施工部位的涂层油漆配套体系。相关内容如表 1~ 表 3 所示。

表 3 钢结构桥面防腐涂层油漆配套体系

序号	涂装要求	设计参数 (标准)
(1)	表面净化	达到干燥、无油标准
(2)	喷砂除锈	达到 Sa2.5 级标准
(3)	环氧富锌底漆	80 $\mu\text{m} \times 1$ 道

按照上述方式, 完成钢结构桥梁防腐涂层油漆配套体系设计。

2 钢结构表面净化处理与电弧喷涂

为了有效地防止涂料中产生气孔等问题, 减少涂料的孔隙率, 喷砂时必须采用高洁净度的压缩空气, 才能进行喷涂^[2]。在此基础上, 使用喷砂除锈工艺, 进行钢结构表面上油污、杂质、铁锈、氧化皮的彻底清除处理, 确保在涂装前钢结构表面的除锈等级可以达到 Sa2.5 级标准 (表面除锈需要达到 95% 以上)。

完成表面的净化处理后, 参照桥梁钢结构设计与施工标准、要求, 在毛坯表面喷砂结束后立即实施电弧喷涂。由于客观因素造成的电弧喷射过程的中断, 则喷涂、喷砂两个工艺之间的间隔, 在具备良好的天气条件下, 最好 <6h; 在空气相对湿度为 70%~80% 时, 最长间隔最好 <3h; 在相对湿度为 80%~85% 时, 喷涂、喷砂两个工艺之间的间隔最好 <2h; 在空气中的相对湿度 >85% 时, 应停止喷涂作业^[3]。如电弧喷涂过程不

满足上述操作,喷射机在作业中将被氧化,甚至还会吸收空气中的水分。为确保喷涂的质量,大面积喷射和圆杆件喷射采用自动电弧喷射,控制喷射距离时,喷砂枪工作方向为钢结构表面的夹角应控制在 $70^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 范围内。

3 钢结构封孔处理与质量检查

在上述内容的基础上进行钢结构桥梁的封孔处理。由于涂料层在施工中会不可避免地形成一定孔隙,如果不及时进行封孔,腐蚀介质就会通过涂料的孔隙,直接侵蚀涂料的基底,导致钢结构桥梁防腐涂层厚度降低,极大程度地减少防腐涂层使用寿命,因此,在喷涂完毕后,必须及时进行封孔等工作^[4]。封孔时,使用高压无气喷涂或者手工刷涂,进行两道环氧漆的施工。无气喷涂施工时,控制喷距在 $300\text{mm}\sim 380\text{mm}$ 范围内、喷枪的喷射角在 $60^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 范围内、喷枪的转速控制在 70cm/s 左右,通过此种方式,实现施工中对封孔质量的严格控制^[5]。

在上述内容的基础上,通过肉眼观察,对施工后的涂料层外观质量进行检测。涂料必须保证光亮、细致、均匀、完整、颜色一致,不能有皱纹、错漆、漏漆、针孔以及粗糙不平的缺陷^[6]。按照上述方式,实现钢结构的封孔处理与质量检查,完成钢结构桥梁防腐涂层质量控制技术的研究。

4 实例应用分析

4.1 工程概况

材料及产品在国家经济、国防等领域占有举足轻重的地位,每一种材料都具有既定的服役年限,材料在服役过程中,会受到多种因素的影响,不可抗力地发生损伤现象。目前,市场内较为常见的损伤现象包括:腐蚀、磨损、断裂,在对腐蚀现象的研究中发现,任何材料,在空气中受到的腐蚀是最严重的,这一腐蚀现象也被称为大气腐蚀,大气腐蚀是指在长时间的大气环境中,材料与大气中的水汽、氧及腐蚀介质(如烟、尘等),在电化学等综合作用下所发生的反应现象。

为解决此方面问题,提高钢结构桥梁的有效使用年限,控制桥梁在投运后的维修与养护成本,本文开展了钢结构桥梁防腐涂层质量控制技术的研究。但截至目前,相关此项技术的研究大多仍局限在理论阶段,为实现对此项技术应用效果的测试,在此次实验中,选择某地区大型钢结构桥梁作为试点工程,并按照规定进行如下文所示的技术应用检验。本次研究工程项

目的钢箱梁位于水河大桥东、西引桥区段,项目基本情况如表4所示。

表4 钢结构桥梁概况信息

序号	项目	参数
(1)	联数	两联(LS5、LS7)
(2)	上部构造	连续钢箱梁($2\times 60\text{m}$)
(3)	单幅箱梁截面	单箱四室截面
(4)	顶面横坡坡度	2%
(5)	底板状态	横向水平状态
(6)	箱梁顶板横向宽度(m)	16
(7)	箱底(m)	11
(8)	顶板悬臂长度(m)	2.5
(9)	箱梁半幅中心线处梁高度(m)	2.6
(10)	钢箱梁钢材	Q345qC(封闭板位置材料为Q235B)

对此工程项目所在地的自然环境进行分析,相关内容如表5所示。

表5 钢结构桥梁工程项目所在地的自然环境

序号	项目	参数
(1)	地理位置	$19^{\circ}33'\sim 20^{\circ}05'$ 北纬 $110^{\circ}10'\sim 110^{\circ}41'$ 东经
(2)	气候条件	季风性热带气候
(3)	位置	热带北缘

由于此桥梁距海边较近,对当地自然环境进行分析,发现此地区的自然环境势必会对钢结构桥梁产生一定的腐蚀,因此,有必要在进行防腐涂层质量控制前,进行地区湿度、温度等水文地质条件的分析。相关内容如表6所示。

从表6中可以看出,当地气候条件不仅会影响钢结构桥梁的使用寿命,还会在一定程度上加速桥梁防腐涂层的腐蚀速度。因此,有必要在钢结构桥梁施工过程中,结合工程的实际情况与具体需求,进行防腐涂层施工中的质量控制。在此过程中,应先进行钢结构桥梁防腐涂层油漆配套体系设计,在涂层施工前,进行钢结构表面净化处理,在此基础上,选择电弧喷涂的方式,进行涂层的刷涂施工,最后通过钢结构封孔处理、面漆涂装施工与质量检查,完成本文方法在钢结构桥梁工程项目施工中的应用。

表 6 项目所在地的水文地质条件

序号	项目	参数
(1)	相对湿度 / 最高相对湿度 / 最低相对湿度 (%)	85/95/40
(2)	年平均气温 (°C)	23.9
(3)	最高气温 / 最低气温 (°C)	40.5/17.3
(4)	年均降水量 (mm)	1785
(5)	雨水溶解空气中的污染物构成	Cl ⁻ 、SO ₂ 等
(6)	5 月 ~10 月降雨量占比 (%)	10
(7)	二氧化氮 / 二氧化硫浓度年平均值 (mg/m ³)	0.012/0.09
(8)	全年空气污染指数	>36
(9)	年平均日照时间 (h)	2225
(10)	太阳辐射能 (kcal)	110~120
(11)	年平均风速 (m/s)	3.4

按照本文设计的方法,制作防腐涂层测试样本,将其划分为 A 样本与 B 样本,其中 A 样本使用本文设计的方法进行钢结构桥梁防腐涂层质量控制,而 B 样本未使用本文方法进行钢结构桥梁防腐涂层质量控制。对样本的漆膜进行外观检测,确保漆膜外观平整、光滑、色泽一致的前提下,对样本进行人工腐蚀模拟。在此过程中,使用紫外照射、含盐蒸馏水喷淋等方式,进行样本的加速老化。

在样本放置区域,放置 A 样本与 B 样本,确保 A 样本与 B 样本在相同的条件下参与实验。

4.2 防腐涂层质量控制效果与讨论

按照上述方式,进行实例应用实验的布置,完成上述布置后,使用 X 射线衍射分析仪,进行钢结构桥梁防腐涂层的质量控制效果。即通过对不同时段下,A 样本与 B 样本表面腐蚀程度的分析,以掌握本文设计的方法是否能在实际应用中达到预期的防腐效果。设计实验天数为 1d、3d、10d、28d、50d。对 X 射线衍射分析仪下两个不同样本的腐蚀情况进行分析,样本 A 应用了本文设计方法进行防腐涂层质量控制。对质量控制后样本防腐涂层的腐蚀程度进行分析,发现在人工模拟腐蚀条件下,10d 内样本几乎无腐蚀现象,在 28d 开始,样本出现了轻微腐蚀,即便实验进展至 50d,样本 A 依旧为轻微腐蚀,即点蚀的面积不足样本面积的 10%。

在此基础上,对 B 样本的腐蚀情况进行分析,样

本 B 未应用本文设计方法进行防腐涂层质量控制。由此可以看出,在人工模拟腐蚀条件下,样本 B 在第一天便出现了轻微的腐蚀现象,随着人工模拟腐蚀实验的实施,样本 B 的腐蚀程度逐步加深,直到第 28d,样本的腐蚀面积已经超过了总面积的 50%,达到了严重腐蚀程度。实验进展至第 50d,样本 B 几乎完全被腐蚀。

综合上述实验结果可以看出,样本 A 的防腐蚀效果显著优于样本 B 的防腐蚀效果。因此,在完成上述实验后,根据实验结果可以得到如下结论:本次设计的防腐涂层质量控制技术应用效果良好,按照规范将此技术应用到桥梁钢结构上,不仅可以提高钢结构防腐涂层的使用寿命,还可以有效延缓其腐蚀,以此种方式,实现对桥梁钢结构防腐涂层设计与施工的全面深化,提高防腐涂层的质量。

5 结语

防腐涂层锈蚀问题严重威胁着桥梁工程的使用寿命,在深入市场的调研中发现,由于钢筋结构防腐涂层锈蚀从而引发的桥梁灾害、安全事故时有发生,尤其是部分桥梁结构,由于其使用中存在受力过大、超负载的问题,导致结构上的防腐涂层遭到了严重的破坏,这一现象更是加剧了钢筋锈蚀、老化、破坏速度,因此,如何解决这一问题,将成为钢结构桥梁未来建设与施工质量管理工作的重点。

参考文献:

- [1] 陈双铜,吴希革.含氯化钠三元复合驱体系对井下工具的腐蚀性分析和防腐涂层的选择[J].全面腐蚀控制,2022,36(06):18-25,136.
- [2] 袁文金.寒旱地区波形腹板钢-混组合结构桥梁防腐涂装的应用研究[J].工程建设与设计,2022(08):45-47.
- [3] 潘巍,李瑜,辛颖,等.颜填料配比及颜料体积浓度对聚硫改性环氧涂层防腐性能的影响[J].表面技术,2022,51(03):138-150.
- [4] 文家新,张欣,刘云霞,等.掺杂 pH 敏感性智能纳米容器 BTA@MSNs-SO₃H-PDDA 碳钢智能防腐涂层的制备及性能研究[J].中国腐蚀与防护学报,2022,42(02):309-316.
- [5] 马士德,董续成,康宁,等.青岛港湾微型污损生物群落研究——不同涂层的碳钢/海水界面生物膜初探[J].科技导报,2021,39(18):101-110.
- [6] 梁宇,张心悦,陈凯锋,等.氧化石墨烯材料疏水结构调控及其在水性防腐涂层中的应用研究[J].中国涂料,2021,36(07):10-15,26.