

# 钢桥涂层快速修复技术研究

王鑫博, 周自强

(中铁山桥集团有限公司, 河北 秦皇岛 066200)

**摘要:** 针对钢桥涂层维修施工周期长、工序繁琐, 尤其是螺栓头、焊缝等局部小面积区域, 由于其边角或表面凹凸不平, 传统材料施工时容易出现涂层较薄、早期失效问题。通过开发具有复合功能、与基材润湿性良好且与传统涂层体系匹配良好的新型环保涂料, 在钢桥局部出现涂层损伤时, 可以快速完成修复工作, 解决了钢桥行业涂层缺陷修复难度大且周期长的难题。

**关键词:** 钢桥; 防腐; 涂层修复; 环保

中图分类号: TQ639

文献标志码: B

文章编号: 1007-9548(2024)03-0038-03

## Research on the Rapid Repair Technology of Steel Bridge Coating

WANG Xin-bo, ZHOU Zi-qiang

(China Railway Shanhaiguan Group Co., Ltd., Qinhuangdao 066200, Hebei, China)

**Abstract:** In view of the steel bridge coating maintenance construction cycle is long, cumbersome process, especially the bolt head, weld and other local small area area, due to the edge or uneven surface, the traditional material construction is prone to thin coating early failure problems. By the development of a new environmental protection coating with composite function, good wettability with the substrate and good matching with the traditional coating system, when the local coating damage occurs, the coating repair work can be quickly completed in the steel bridge, so that the problem of large difficulty and long cycle to repair the coating defects in the steel bridge industry can be solved.

**Key words:** steel bridge; corrosion prevention; coating repair; environmental protection

### 0 引言

自 20 世纪 90 年代以来, 我国钢桥建设进入高速发展时期, 大量钢结构桥梁建成通车, 运营过程中不可避免地出现一些涂层损伤需要修复, 而且当时一般钢桥防腐涂层的寿命大约为 20 年, 目前有一大批钢桥涂层将陆续进入到翻新阶段。新建的钢桥为了延长使用寿命, 在运营过程中, 更需要注重对钢桥防腐涂层的定期维护, 避免早期的涂层损伤发展严重, 腐蚀基材。

钢桥防腐涂层维修一般需要进行表面打磨、底中面各涂层的逐步施工, 且必须在前道涂层固化后再进行后续涂层施工, 损耗大量精力和时间, 更适用于钢桥

整体的、大面积的翻新修复施工, 而不适用于小面积破损, 尤其是螺栓头、边角等区域的修复。这些部位修复时损耗大、耗时长, 需在周边涂层打磨出坡度, 必然会扩大原磕损面, 加大修复的消耗, 补涂施工过程需大量时间, 且露天环境的涂料固化也会排放大量有机溶剂污染环境, 还由于边缘效应, 常用的磁性测厚仪较难控制涂层厚度, 涂层很容易过薄, 再次出现提前失效。另一方面, 大桥通常处于水气、盐分较高的腐蚀条件下, 螺栓、边角、焊缝等部位由于存在大量的缝隙或涂层薄弱点, 腐蚀速度明显高于其他部位, 如不及时进行涂层修复, 将会影响大桥结构的使用寿命, 存在极大的安全隐患。

针对上述问题, 结合我国钢桥的防腐体系现状, 我们开发出可用于钢桥螺栓头、边角等区域的快速修复技术, 以具有复合功能、颜色可控、与基材润湿性优异

收稿日期: 2023-11-14

作者简介: 王鑫博(1988—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事钢结构桥梁涂装工作。E-mail: 371317679@qq.com。

且与传统涂层体系匹配良好的新型环保涂料为基础,并完善相应的施工工艺,解决钢桥行业涂层缺陷修复难度大且周期长的难题。

## 1 快速维养材料筛选

传统的涂层缺陷修复方法需要按表面打磨、底漆补涂及固化、中漆补涂及固化、面漆补涂及固化等步骤分步施工,每道涂料的固化阶段一般需要 24 h 以上才能进行后续涂层施工,修复时需要的窗口期较长。另外,常用的钢桥防腐涂料固化时都会挥发大量的有机溶剂,在室外条件下很难进行空气净化处理,所以选择钢桥涂层快速维养的材料需同时满足快速固化和低排放要求。

在对桥址焊缝处涂层修复时,还会面临外观美化问题。钢结构杆件进行焊接后,在焊缝的焊接强度与形式等要求下,焊缝部位及其表面经常有高出周围平面的凸包、不均匀现象。通过打磨处理只能去除焊缝表面的焊渣、焊点、毛刺等杂物,常规防腐涂料喷涂后,并无法将其表面修补平整,反而使焊缝凸起现象愈发明显。传统观念里,这种钢板表面缺陷可以利用腻子将组焊完成的钢构件缺陷进行涂刮平整,再做后续涂装。但是,如果采用腻子修补,由于材质的不相容性,对后续涂层的附着力较差,涂层易掉皮、脱落。所以涂层修复材料应首先满足防腐要求,同时具有一定的填充能力、高强的附着力等性能。

经过前期的研究与论证,我们认为使用弹性材料涂层或许可以满足本次研究的需求。弹性涂料属于高分子聚合物涂料,常见的有聚硫密封防腐涂料、聚醚密封防腐涂料以及硅改性聚合物防腐涂料等,因其具有疏水、耐候、耐磨、耐寒、生物相容及耐老化等性能,广泛应用于悬索桥主缆涂装体系中,所以弹性涂层应用于桥梁防腐技术已相对成熟,但由于钢结构桥梁焊缝部位的特殊性,除防腐的功能外,弹性涂层材料还应具有低表面处理、施工一次成型、低 VOC 排放、可调面漆颜色等特性,开展对其应用的全面试验探究,以利于对弹性涂层在焊缝部位更好地应用。

通过对材料的水蒸气透过率、拉伸性能、拉伸剪切强度、抗老化性能、耐酸性、耐盐雾、不同基材附着力等性能的检验筛选,在防腐性能达到传统涂料的基础上,还需要具有与传统防腐涂层间良好的黏结性能,最终有两种材料初步满足涂层快速修复的应用要求。

第一种材料是一种双组分、室温固化的化学反应型高分子弹性密封材料,对金属、混凝土等基材黏结牢固,固化后在基材表面形成致密的长效黏结阻隔防护层,施工时需将两种组分完全混合,并进行黏结性能试验。

第二种材料是一种单组分、室温湿气固化的弹性密封材料,可以直接施工,固化时低溶剂排放,具有优异的黏结性能及耐候、耐老化和耐低温性能。

## 2 快速维养材料工艺试验

### 2.1 双组分弹性环保修复材料工艺试验

#### 2.1.1 材料混合

双组分材料中 A 组分为基膏, B 组分为硫化膏,硫化膏的混合量会起到提高整体固化速度的作用,但加入量过多会降低施工性能和防腐性能,通过材料性能试验得到的最佳混合比例为  $m_A:m_B=100:10$ 。施工时采用刮刀手工混合,将两组分按比例准确称量后,放在足够大的清洁平整面上,用刮刀反复调混,直到颜色均匀无色差为止。

#### 2.1.2 涂层表面的清洗

用棉纱或脱脂纱蘸丙酮擦洗表面,擦洗过程中须注意清洗后的表面不应有纤维挂附,表面清洗干净并擦干后即可进行涂料施工。

#### 2.1.3 施工方法

双组分材料由于固化过程中空气参与较少,可采用刮刀或特制模具进行施工。将双组分材料混合完毕后,用刮刀在需修复的部位涂覆材料并进行外形修整,或将材料填入特制模具中,根据模具尺寸选择填充量,一般填充 1/3,然后将其罩覆在螺栓上,确保模具与螺栓中心相对,待 24 h 后将模具取下即可。修复过程中应将材料密实地涂于修补面上以免夹入空气,整个过程必须在适用期内完成。单次混合的材料应尽量使用完,不能与新混合配制的材料掺在一起使用。

#### 2.1.4 注意事项

1) 使用前应在其黏结部位先做黏结性试验,在保证密封胶与基材黏结良好的情况下开始施工。

2) 如在边角螺栓头等区域进行预防性涂层加强时,初始涂完全固化后应检查涂层与弹性修复材料的黏结性能,如黏结性能良好,则可进行下一步施工。

3) 混合双组分材料时,应根据施工进度合理称量混合,避免一次混合太多,未使用完造成浪费。

### 2.2 单组分弹性环保修复材料工艺试验

#### 2.2.1 涂层表面的清洗

为确保涂层具有良好的黏结性,使用前要用干净无绒毛的白布对被黏材料表面进行清洁,确保干燥,无油脂及灰尘。

#### 2.2.2 施工方法

可用手动或气动胶枪直接挤出施工,由于单组分材料固化时需要较多空气,如采用模具进行定型施工,需至少 3 天才能完成,耗时较长,不适用于快速修复施工,只能采用刮刀在需修复的部位涂覆材料并进行外

形修整,施工和固化的过程中应保持良好的通风。

### 2.2.3 注意事项

1)使用前应在其黏结部位先做黏结性试验,在保证密封胶与基材黏结良好的情况下开始施工。

2)如在边角螺栓头等区域进行预防性涂层加强时,初始涂层完全固化后应检查涂层与弹性修复材料的黏结性能,如黏结性能良好,则可进行下一步施工。

## 3 结语

从涂层修复效果上看,两种材料均可以在保证防腐功能的同时使结构缺陷部位平滑过渡,提升钢桥外观的美观程度,尤其是工地焊缝表面存在的凸包、不均匀,通过弹性修复材料修整后,外观平整度有很大提高,再施工一道面漆后还可以消除修补区域的色差,进一步提高桥梁观赏性。

在施工过程中,双组分材料和单组分材料还有一定区别。双组分弹性材料固化速度快,基本可以在 24 h 内完全固化,但施工工序较为复杂,使用前需调配,而且由于固化剂的原因颜色不可调节,为提高整体外观效果一般需要再施工一道面漆保证颜色一致。单组分材料可进行颜色调节,可以针对项目外观颜色进行调配,但固化较慢,修复过程工期较长,在固化过程中需小心保护表面的完整性。在实际工程应用中,应根据

施工现场环境、外观要求程度等因素进行材料和工艺选择。

通过快速维养材料的应用研究,在施工过程中可有效减少除锈和涂装施工对环境带来的污染,保护人身健康,使涂装施工中的排放满足国家环保法律法规要求,涂装质量的提升将延长钢桥使用寿命,节约维护成本,提高交通设施安全性能。

目前关于钢桥涂层快速维养技术的研究较少,本文的研究内容仍有很大的局限性,仅着眼于螺栓头、边角等问题明显、需求急迫的部位,维养材料也局限于弹性、环保、快干材料,未来随着更多钢桥涂层需要维护翻新,涂层快速维养技术也将向更多方向发展。

### 参考文献:

- [1] 余安宇,焦振峰,王玉美,等.桥梁钢结构用弹性防腐密封材料的性能对比[C].第4届全国钢结构桥梁技术创新大会论文集,2023:7.
- [2] 黄亚兵.铁路钢桥涂装体系全寿命周期经济分析[J].铁路工程技术与经济,2019,34(6):52-54.
- [3] 何晓宇,夏宏杰,徐小梅,等.海洋大气环境下桥梁钢构件连接螺栓防腐技术研究[J].装备环境工程,2023,20(1):76-82.

(上接第 34 页)可以完成湿膜成膜喷涂的。

### 3.7 其他的喷涂方式

**浸涂:**浸涂是把被涂工件浸入涂料中经一定时间后取出,流尽余漆并干燥而获得漆膜的一种涂装方法。浸漆设备简单,操作方便,工效高,涂料利用率也高。但它只适用于形状简单、无凹坑、不兜漆的流线型工件,涂层的装饰性也比不上喷涂、刷涂。目前在量产的线体内,敏实集团在扰流板产品的涂装上使用浸涂。

**彩色注塑:**将色母加入到注塑 PP 粒子中进行注塑件的上色,目前主要在亚光件上使用,高光产品、高亮黑产品上尝试应用但无法达成与面漆成膜一致的光泽度与鲜映性(DOI),因而在外饰产品上未有批量应用。

**圆盘喷涂:**多应用于车身后视镜、门把手、盖板等小件,是将产品安放在圆盘上旋转上漆,得到均匀的涂膜。

## 4 下件与物流转运方案及其应用

经过喷涂、烘烤的产品会在缓存区经过机器人测色区与外观评审通道,通过颜色外观评审系统确认产品表面的外观问题及颜色状态,上传到该车的数据报告上;不合格产品将打入不合格产品通道,合格产品下

线进入到精饰返修通道进行返修点确认与打磨抛光,最终流入合格品通道;合格品通过抓手机器人将其下件并放入 AGV 上,通过 AGV 转运至打孔区、装配区、配合成总成,最终将产品转运至确立的物流存储区并进行库存数据更新。

发货计划拉动期间,对应的存储料架库存灯位会亮,相同产品型号、颜色的产品会从存储区拔出进入转运 AGV;转运 AGV 通过转运通道到达总装悬链下,通过抓手机器人转运至总装悬链上发往总装;该方案已经在东风日产云峰工厂实施,所有保险杠的搬运由抓手机器人完成,转运由 AGV 完成,产品检测由色差机器人和缺陷检测设备完成,节省了物流人员 5 人,质检人员 2 人。

## 5 总结与展望

以上各工序涵盖了日系、德系以及国内主流的外饰供应商及主机厂的工艺方法,整体实现品保管控、上下件转运、手工喷涂等工位零人员,随着一次合格率的提升,更是可以极大地精简返修人员和线内跟线人员,随着自动化成本的逐步降低和品质的提升,无人化工厂已经不再是技术问题而是综合成本问题。◆