

# 部分长江大桥钢桥面铺装常见病害分析与处治建议

彭政玮<sup>1</sup>, 马杰灵<sup>1</sup>, 湛文涛<sup>2</sup>, 罗杰<sup>1</sup>, 郭彬<sup>1</sup>

(1. 桂林电子科技大学 建筑与交通工程学院, 广西 桂林 541004; 2. 湖北交投智能检测股份有限公司, 湖北 武汉 430030)

**摘要:** 为有效处理大跨度桥梁钢桥面铺装层病害, 对 6 座长江大桥钢桥面铺装层使用情况进行了调研, 结合各桥基本概况、气候特征、交通条件等分析钢桥面铺装层病害类型及形成原因, 并针对各类病害提出处治建议。结果表明, 裂缝、鼓包、坑槽、车辙、滑移和热稳定性病害在长江大桥钢桥面铺装层中出现频率较高, 采用环氧沥青砼铺装技术进行修复效果良好; 环氧沥青砼对温度控制及施工要求较高, 施工中必须对温度进行严格控制, 否则会显著影响原材料压实及使用性能。

**关键词:** 桥梁; 长江大桥; 钢桥面铺装; 病害分析; 处治建议

中图分类号: U445.7

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2021)05-0138-04

中国钢桥面铺装主要使用环氧、浇注、改性 SMA 3 种沥青砼材料, 由于各类材料在力学特征与材料属性等方面差异较大, 合理的材料选择和组合方式对钢桥面铺装体系的性能发挥至关重要。长江大桥作为连接南北交通的通道发挥着重要作用, 但受长江流域气候条件、交通条件等因素影响, 长江大桥钢桥面铺装层在使用中出现一些问题, 其中病害问题尤为严重。该文对湖北省内 6 座长江大桥钢桥面铺装层病害进行调研, 结合各座大桥铺装层的结

构特点、气候条件、交通状况等因素, 分析其病害类型和形成原因, 进而提出改善处治建议。

## 1 典型长江大桥影响因素分析

### 1.1 桥梁概况

长江是湖北省最主要的河流, 近年来湖北省内已建成的长江大桥多达 33 座, 还有 6 座正在修建, 其中 6 座典型长江大桥的主要参数见表 1。

从表 1 可以看出: 6 座长江大桥的通车年份为

表 1 6 座桥梁概况

桥梁名称	通车年份	主跨跨度/m	结构形式	桥面铺装
白沙洲长江大桥	2000	618	双塔双索面斜拉桥	40 mm SMA-10+30 mm SMA-13
军山长江大桥	2001	460	双塔双索面钢箱梁斜拉桥	40 mm SMA-10+35 mm SMA-13
阳逻长江公路大桥	2007	1 280	双塔单跨悬索桥	30 mm EA+30 mm EA
天兴洲长江大桥	2009	504	公铁两用斜拉桥	25 mm EA+25 mm EA
鄂东长江公路大桥	2010	926	双塔混合梁斜拉桥	25 mm EA+30 mm EA
荆岳长江大桥	2010	816	双塔不对称混合梁斜拉桥	25 mm EA+25 mm EA

2000—2010 年, 主跨跨度为 460~1 280 m; 斜拉桥 5 座, 悬索桥 1 座; 白沙洲大桥、军山长江大桥采用 SMA 铺装结构, 其他 4 座大桥采用 EA 铺装。

桥梁条件中对病害影响最大的因素是铺装情况, 合理的铺装材料选择对钢桥面铺装体系的性能发挥至关重要。双层 SMA 铺装结构具有良好的抗滑、高温抗车辙性能, 施工中不需要特殊的设备, 成本也不高, 2000 年前后在长江大桥中使用较普遍。双层 EA 铺装结构具有良好的界面安全性、变形协调性及优异的抗疲劳性能, 2007 年后在长江大桥中使用较多。

### 1.2 气候条件

6 座长江大桥所在地区均属于亚热带季风性气

候, 夏季高温、冬季稍凉湿润。夏季持续时间约 135 d, 正午太阳直射温度达 38 °C, 气温普遍高于 37 °C, 极端最高气温 44.5 °C。雨量充沛、降雨集中, 多年平均降雨量达 1 100 mm, 在初夏梅雨季节雨量较集中, 历年最大降雨量达 2 107.1 mm。

气候条件中对桥面铺装影响最大的因素是气温, 环境温度恶劣对铺装材料的性能会产生一定影响。夏天桥面温度过高, 高温持续时间长, 在沥青砼与钢箱梁的吸热、储热效应下, 桥面铺装温度较高, 对沥青砼铺装结构的损伤较大, 桥面铺装层易发生热稳定性病害。由于湖北地区每年夏季降雨强度大, 雨水一旦渗透到铺装层间, 也会对铺装结构的性能产生一定影响。

### 1.3 交通状况

长江大桥交通流量大,车辆(尤其是大型货车)超强度的碾轧,会使桥面钢板产生裂缝。鉴于长江大桥重要的交通功能,大桥投入运营后不允许道路长期受阻和中断维修,养护、维修较困难。因此,在桥面铺装设计中,应尽可能选择具有良好耐久性(使用寿命)和便于后期维修的铺装结构,以减少桥面后

期大面积修护。

## 2 病害状况分析

### 2.1 病害类型

根据6座长江大桥钢桥面铺装层病害调研结果,其主要病害类型有裂缝、鼓包、坑槽、车辙、滑移和热稳定性病害(见表2)。

表2 6座桥梁病害类型及维修状况

桥梁名称	病害类型	维修情况
白沙洲长江大桥	热稳定性病害;开裂、推移、坑槽、裂缝(以纵向开裂为主);滑移病害	坑槽出现部位采用7.5 cm EA进行修补,新旧界面处和开裂部位采用热沥青进行封缝
军山长江大桥	热稳定性病害;开裂	对热稳定性病害采用改进环氧砂浆对防水黏结层进行改造;开裂部位采用喷砂+GS+SMA维修
阳逻长江公路大桥	鼓包、裂痕、局部脱层、冒白浆、坑槽	对坑槽病害采用EA和普通沥青砼等进行修补,但实际效果不理想
天兴洲长江大桥	鼓包病害为主,鼓包病害发展成坑槽病害	鼓包病害初期采用表面覆盖一层沥青进行封缝处理;坑槽病害采用热拌环氧沥青进行修补
鄂东长江公路大桥	零星的坑槽和裂缝	EA铺装层整体使用情况较好
荆岳长江大桥	零星的坑槽、鼓包和裂缝	EA铺装层整体较好,管养单位计划采用ERE铺装体系进行试验性铺装

由表2可知:裂缝、鼓包、坑槽、车辙病害在6座长江大桥中出现频率最高,几乎每座大桥都出现或大或小的坑槽、鼓包和裂缝病害;由于夏季桥面温度过高且持续时间长,在高温及车辆荷载作用下,桥面铺装层易发生热稳定性病害;滑移病害也是长江大桥较常见的病害类型,其中白沙洲大桥滑移病害较严重;在桥梁维修方面,大多采用EA铺装技术进行修复,效果较好。

### 2.2 病害成因分析

#### 2.2.1 白沙洲、军山长江大桥的病害成因

白沙洲长江大桥和军山长江大桥的铺装层采用双层SMA结构,结构形式均为斜拉桥。针对这2座大桥桥面铺装出现的病害类型,从使用环境、温度、交通荷载等方面进行分析,病害成因主要为:

(1) 钢桥面板刚性不足。白沙洲长江大桥和军山长江大桥钢板较薄,只有12 mm,桥面系刚度不足,在重交通作用下,桥面板易产生较大变形。这种大幅度的反复弯曲变形会使桥面铺装层沥青砼的性能衰退,若变形超出沥青砼的容许范围,就会出现裂缝等病害。

(2) 环境温度恶劣及铺装材料热稳性有限。武汉夏天气温普遍高于37℃,沥青砼与钢箱梁的吸热、储热效应使桥面铺装温度较高,车辆荷载对沥青

砼铺装结构的损伤较大。大桥铺装较早,对桥面铺装的温度、荷载使用条件掌握不充分,沥青铺装层高温稳定性有限,在高温及车辆荷载作用下,桥面铺装易发生热稳定性病害。

(3) 铺装材料性能有限。初期对SMA结构特性认识不充分,对桥面铺装的温度、荷载等条件掌握不足,造成早期桥面铺装材料性能有限,在使用温度较高、车辆荷载不断增加特别是重车超载增多时,桥面铺装易发生疲劳病害。后期采用环氧沥青砼,受施工季节温度、养护时间等影响,出现与其他环氧砼桥梁类似的病害(鼓包、坑槽等)。

(4) 翻修结构体系不完善。军山长江大桥翻修结构在短期内出现病害,甚至出现原铺装极少出现的问题,与结构体系不完善有很大关系,具体表现为钢板表面无防腐层、反应性防水层与SMA之间无过渡黏层、SMA配合比设计与控制欠佳等。

(5) 交通量大,重载车辆多。白沙洲长江大桥日交通量大,且存在重载车,远超出桥面原设计交通量。超负荷的交通量加快了桥面铺装随钢桥面板的变形幅度和次数,加速铺装层产生开裂破坏。

#### 2.2.2 阳逻、天兴洲长江大桥的病害成因

阳逻长江公路大桥和天兴洲长江大桥采用双层EA铺装结构,病害类型及成因有较多相似之处,主

要病害为鼓包及鼓包引起的块裂等。2座大桥桥面铺装病害的成因主要为:

(1) 铺装材料施工要求苛刻。桥面铺装采用双层EA结构,该材料对温度要求极高,施工要求也非常严格。原材料两组份拌合时温度控制不到位,会显著影响原材料压实及使用性能;桥面板处理时水分未处理干净,会使混合料日后发生鼓包破坏,在环境温度和车辆荷载作用下演变为块裂、裂缝。

(2) 养护管理不及时。桥面发生鼓包时未及时处理,病害演变为破碎后,随着桥梁的使用及雨水的下渗,病害加重,随即引发其他病害。

(3) 维修养护困难。环氧沥青砼发生破坏后维修处理相当困难,难以从根本上处理病害,遏制病害的进一步发生,病害得以继续延伸、发展。

(4) 环境温度恶劣。夏季持续高温,桥面环境温度过高,如果沥青铺装层没有很好的高温稳定性,在重载车辆作用下,桥面铺装将很快被破坏。

### 2.2.3 鄂东、荆岳长江大桥的病害成因

根据现场调研结果,鄂东长江公路大桥和荆岳长江大桥的钢桥面铺装整体使用情况较好,表面只出现零星坑槽修补痕迹及鼓包病害。原因如下:

(1) 交通量。鄂东长江公路大桥和荆岳长江大桥初期交通量还未达到饱和状态,交通量较小,车辆荷载对钢桥面铺装的作用次数较少,疲劳开裂等病害较少。虽然2017年军山长江大桥限制货车通行后荆岳长江大桥交通量基本处于饱和状态,但对桥面铺装的考验时间还不长。大桥管理养护单位计划采用ERE铺装体系进行试验性铺装,为后期大修提供预案。

(2) 支承结构条件。鄂东长江公路大桥钢箱梁桥面板厚度为16 mm,最厚处达25 mm;荆岳长江大桥钢箱梁桥面板厚度为16 mm,钢-混结合段厚度为20 mm。桥面板厚度比早期建设的桥梁厚度大,提升了支承结构的整体刚度,减弱了桥面铺装内部出现的应力等。

## 3 处治建议

### 3.1 热稳定性病害的处治

对于由高温导致的大部分轻微不能愈合的路面裂缝,可采用以下方式进行处治:

(1) 及时清理存在裂缝的路段,在表面喷洒少量乳化沥青,再均匀涂撒干燥、洁净的粗砂和石屑,并用轻型压路机进行碾压,即对裂缝涂刷稠度相对

较低的沥青。

(2) 对不同宽度的裂缝进行分类处理。对宽度5 mm以内的裂缝,先挤入稠度较低的热沥青,再填入干净的粗砂和石屑,将其捣实,最后清除外溢的石屑、粗砂及沥青。对于宽度大于5 mm的裂缝,先清除松动的裂缝边缘,再填入乳化沥青混合料。对于面积较大的裂缝,利用乳化沥青进行稀浆封层,铺设土工合成材料,再用沥青混合料进行封层,对沥青面层和沥青基层进行处治。

### 3.2 裂缝、鼓包、坑槽等病害的处治

(1) 对裂缝利用超高性能砼(UHPC)进行修复。将UHPC与钢桥面连接,相当于加厚了钢桥面板厚度,桥面板的疲劳应力幅远低于开裂应力幅,通过UHPC、剪力钉和钢桥面的结合,使桥面刚度得到提高。UHPC的结构层和铺装层之间可采用新型环氧结构胶进行黏结,以提供足够的黏结力,避免持续高温作用下功能层发生滑移。UHPC层可将桥面板所受应力最高降低86.4%,从而降低钢桥面板开裂概率。

(2) 对于采用环氧树脂沥青材料进行铺装的桥梁,选用高渗透性环氧树脂材料对裂缝进行处理,有直接灌缝和扩槽灌缝2种方式。2017年,初次对荆岳长江大桥采用日本EA铺装技术进行修复,该材料具有良好的热固性,在高温和重载条件下仍能保持较好的路用性能,有效避免车辙、滑移等病害。

(3) 坑槽病害的处治方案需满足修复后使用寿命长、保护钢桥面且不影响交通的要求。结合以往的处治方案和坑槽产生原因,选用环氧沥青砂浆进行处治。相对于传统热修复技术,冷拌环氧沥青砂浆的路用性能更优异,使用寿命也较好,常用于大跨径钢桥面铺装。冷拌环氧沥青砂浆的强度形成快,病害修复完成4 h后即可恢复交通。

### 3.3 铺装层滑移病害的处治

铺装层产生滑移的主要原因是铺装层与钢桥面之间的抗剪能力较低,不足以在车辆制动时提供足够的抗剪能力;在持续高温作用下,黏结层的黏结性能降低。因此,处治方案着重增加铺装层和钢桥面之间的抗剪能力,并提高黏结层的黏结力。选用新型环氧结构胶作为黏结材料,其具有良好的黏结性能和防水性能,抗拉强度、抗压强度、抗弯强度和拉伸剪切强度均优于工程结构加固材料中的I类A级结构胶,在70℃以下仍能保持黏结强度>5.0 MPa,且在低温条件下不发生脆性开裂。使用1.5

mm 厚新型环氧结构胶对钢板表面进行处理,使用 3 mm 新型环氧结构胶作为黏结剂,在新型环氧结构胶表面均匀铺撒高强度碎石,使铺装层与钢桥面之间形成抗剪能力强、防水和黏结性能好的黏结层。

#### 4 结论

(1) 长江大桥夏季持续高温时间长、桥面温度过高,在高温及车辆荷载作用下,桥面铺装层易发生热稳定性病害。

(2) 钢桥面板处理时必须把水分处理干净,否则日后易发生鼓包病害,同时在环境温度和车辆荷载作用下易演变为块裂、裂缝病害。

(3) 对于钢桥面较薄的长江大桥,可选择采用 UHPC 提高桥面刚度,避免钢桥面板开裂问题,修复效果较好。

(4) 环氧沥青砼对温度的要求极高,对施工的要求也非常严格,施工中必须对温度进行严格控制,否则会显著影响原材料压实及使用性能,进而发生热稳定性病害和鼓包、开裂等病害。

#### 参考文献:

- [1] 黄卫,钱振东,程刚.环氧沥青混凝土在大跨径钢桥面铺装中的应用[J].东南大学学报(自然科学版),2002,32(5):783-787.
- [2] 刘杰文,张红心,周明星,等.黄冈公铁两用长江大桥施工关键技术[J].桥梁建设,2013,43(2):1-9.
- [3] 肖光清.大跨度连续刚构桥施工监控线形分析[J].公路与汽运,2019(6):103-106.

- [4] 孙志伦,王琦珉.南京长江大桥重点病害分析与整治[J].铁道标准设计,2001,21(2):4-7.
- [5] 杜彦良,苏木标,刘玉红,等.武汉长江大桥长期健康监测和安全评估系统研究[J].铁道学报,2015,37(4):101-110.
- [6] 刘荣,余俊林,刘玉擎,等.鄂东长江大桥混合梁结合段受力分析[J].桥梁建设,2010,40(3):33-35+62.
- [7] 李钢.乳化沥青对水泥冷再生混合料处治效果的研究[J].新型建筑材料,2020,47(10):98-102+107.
- [8] 周立兵,张刚,王敏.军山长江大桥钢-UHPC 组合桥面改造效果研究[J].桥梁建设,2020,50(2):49-54.
- [9] 张斌,柳仁军,陆欣.钢桥面铺装病害修复技术研究[J].公路交通科技(应用技术版),2008(7):141-143.
- [10] 赵洲清,李宁.用于路面自供电系统埋设的环氧树脂砂浆灌缝材料室内试验研究[J].公路交通科技(应用技术版),2020(7):140-143.
- [11] WANG Jiangyang, QIAN Zhendong. Indirect tension test of epoxy asphalt mixture using microstructural finite-element model[J]. Journal of Southeast University(English Edition), 2011, 27(1): 65-69.
- [12] 武德涛,李盼盼,张乐.高强度高韧性环氧结构胶的研制[J].中国胶粘剂,2019,28(4):6-9+14.
- [13] 白海鹰.环氧沥青钢桥面铺装和常见病害处治[J].城市建筑,2019(17):163-164.
- [14] 宗海.环氧沥青混凝土钢桥面铺装病害修复技术研究[D].南京:东南大学,2005.
- [15] 张磊.江阴大桥钢桥面铺装病害研究[D].南京:东南大学,2004.

收稿日期:2020-12-02

## 《中外公路》2022 年征订通知

《中外公路》(原《国外公路》)创刊于 1980 年,双月刊,由长沙理工大学主管、主办。邮局公开发行至全国公路、市政、铁路、水利、建筑等系统和相关行业,发行量大,影响面广。属全国中文核心期刊、RCCSE 中国核心学术期刊、首届(2006 年)中国高校特色科技期刊、中国高校技术类优秀期刊、中国科技核心期刊(中国科技论文统计源期刊,由中国科学技术信息研究所组织评选)、湖南省十佳科技期刊、“桥梁工程与隧道工程”栏目荣获首届(2008 年)湖南省优秀栏目、2009 年获全国高校科技期刊优秀编辑质量奖、中国期刊全文数据库及中国核心期刊(遴选)数据库全文收录期刊、中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊、多次被评为交通部、湖南省优秀期刊。

2022 年《中外公路》为大 16 开,页码 256 页以上,每册定价 15.00 元,全年 6 期共 90.00 元。

邮发代号:42-63。读者也可通过邮局或银行汇款至杂志社直接订阅。

地址:长沙理工大学云塘校区 58 号信箱 邮编:410114 收款单位:《中外公路》编辑部

户名:长沙理工大学 帐号:18051401040000158 开户行:长沙市农行高云支行

电话:0731-85258033(带传真) 联系人:白雪 E-mail:zhongwaigonglu@vip.163.com