

# 混凝土斜拉桥涂装作业防护平台设计与施工技术研究

兰柯

(杭州本创科技有限公司, 浙江 杭州 310012)

**摘要:** 文章以金华婺城大桥为研究对象, 介绍了斜拉桥维修工程项目中, 针对业主提出的不占道不封道施工要求, 设计了一种新型防护平台结构系统, 实现涂装作业安全防护的同时, 有效避免了占道封道施工造成的交通通行不畅, 实现了真正的无障碍化边通车边施工, 在保障施工安全的同时大大提高了施工效率, 降低了施工成本, 带来了良好的社会效益和经济价值, 为后续类似桥梁维修加固工程提供良好的参考价值。

**关键词:** 斜拉桥维修; 新型防护平台; 无障碍施工; 快速涂装作业

**中图分类号:** U443      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1006—7973 (2022) 11—0145—04

随着我国桥梁建设快速发展, 桥梁运营维护管养逐渐成为交通发展的主流。斜拉桥是一种组合体系桥梁, 由于其独特优美的造型及超大跨越能力, 常被用于城市主要交通干线上。其中的涂装防护是保证大桥混凝土结构耐久性的关键。传统施工模式, 针对已建项目进行涂装作业有些需要进行交通转换导改, 需要搭设安全棚洞防护。搭设后的防护功能和效果在很大程度得到保障, 但是由于支架搭设需长期占道, 且搭设时封道要求很高, 甚至出现全桥封闭的情况, 这对城市交通造成了很大的压力, 且搭设费用相对较大, 短期施工显得不够经济。如何实现安全、经济、高效地涂装作业显得尤为重要。

## 1 工程概况

婺城大桥位于金华西二环线上横跨婺江, 是连接南北两岸城市的交通通道。大桥为三跨双索面混凝土斜拉桥, 其跨径布置为 95.5m+222m+95.5m, 采用塔梁固结体系。主桥主塔为 H 型混凝土结构, 塔高 70.4m。塔柱尺寸 6m×3m 矩形断面。塔柱在 45m 位置设置一道上横梁, 上横梁宽度 5.3m, 横梁高度 4m, 在主梁下部设置一道下横梁, 横梁宽度 8m×4m。塔柱顶标高 110.78m。

大桥已建成 13 年, 2020 年检测单位对大桥进行了一次定期检测, 根据现场检测情况, 发现主桥桥塔柱表面混凝土已有风化剥落, 出现了一些裂缝病害。大桥外观需进行缺陷修复及涂装饰保护, 从而进一步对大桥结构进行保护。大桥是一座混凝土斜拉桥, 其中 H 型桥塔作为整个涂装工程的关键部位, 是大桥维修的关键。同时项目业主及当地交警部门要求施工作业不能影响大

桥日常交通运行, 在不能长期占用机动车道的情况下进行涂装作业, 并实现在合同工期内完成大桥主塔涂装施工。

## 2 结构设计

### 2.1 设计思路

采用底兜防护+环塔平台方案, 在设计过程中主要考虑以下因素:

(1) 主要涂装防护区域为中间上横梁, 需要重点进行防护。同时需要随着工作界面移动而移动的作业平台, 横梁底兜距离横梁混凝土顶面距离不超过 1.8m, 方便施工作业人员进行涂装作业;

(2) 为了保证作业平台在高空作业的安全性和提供有效作业空间, 要保证防护平台的有效作业面积和合理净空高度;

(3) 底兜防护平台和环塔平台都设计成装配式节段件, 最大程度缩短组拼时间;

(4) 在主塔柱近地面位置设置一个环塔平台和爬梯, 方便吊篮的落置和可作为人员上下安全通道, 避免对大桥交通产生任何直接影响。在横梁上设置一个底兜平台, 实现横梁涂装作业防护全覆盖、可移动。对桥上交通车流不产生任何障碍。

### 2.2 涂装平台设计

方案考虑不会对车道造成长期占用, 采用一种新型防护平台结构系统。主要由 2 个部分构成, 一个是主塔横梁的防护, 另一个是塔柱位置的防护。具体如下图所示。

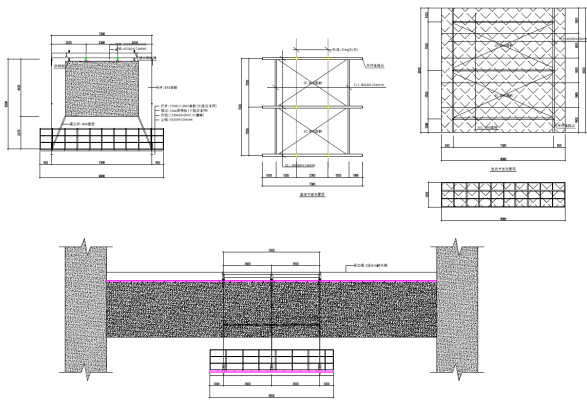


图1 横梁底兜防护平台设计图

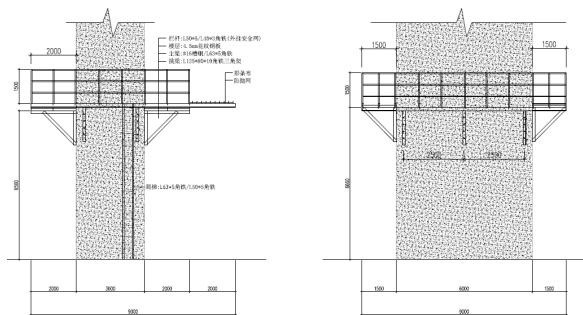


图2 环塔平台设计图

采用环塔平台作为吊篮作业人员上下通道，同时可以作为吊篮设备的起落的平台，有效避免了吊篮落地占道的安全风险，同时环塔平台可以作为防护平台，防止涂装施工作业时杂物坠落。在环塔平台防护安装之后，可以大大降低涂装施工造成的作业安全风险，同时可以避免施工对交通车流带来的影响，对于防护作业要求极高的城市道路、交通主干道有着很好的适用性。针对桥下塔柱尺寸 $6\text{m} \times 3\text{m}$ 设计环塔平台尺寸 $9\text{m} \times 9\text{m}$ ，平台涉及围护面积区域大，安装作业期间需要临时封道施工。

采用底兜防护作为桥塔横梁涂装作业的防护平台，底兜防护结构由轨道系统、吊架系统、底兜防护平台三部分组成。主要作用有：首先作为横梁涂装作业的操作平台，可以进行涂装作业，其次防护平台采用轨道系统，做到可以横向迁移，方便随时对施工作业位置进行移动式调整，防护区域全方位覆盖。针对大桥横梁截面尺寸 $5.3\text{m} \times 4\text{m}$ 设计底兜平台尺寸 $9\text{m} \times 9\text{m}$ ，涉及平台结构面积区域大，防护平台安装作业期间需要临时封道作业。在横梁底兜防护平台安装完成之后，可以实现大桥上横梁涂装防护的全覆盖，确保大桥维护无障碍化施工。

### 2.3 防护平台的计算

对防护平台建立 MIDAS 模型计算分析，采用 C140 型钢，壁厚 2mm 作为平台框格梁，面板采用 1.5mm 厚度花纹钢板，三角支撑牛腿采用 L125 $\times$ 80 $\times$ 10，每

个竖杆布置 3 颗锚栓。采用 M22 化学锚栓，预埋长度 25cm。

表1 环塔平台计算模拟分析的参数设置

性能指标	Q235B
杨氏模量 E/GPa	207
泊松比	0.288
质量密度/(kg $\cdot$ mm <sup>-3</sup> )	$7.829 \times 10^{-6}$
屈服强度/MPa	235
极限抗拉强度/MPa	375
平台自重/kg	850
风压/kPa	50
吊篮承重/kg	800

表2 环塔平台受力计算模拟分析数值

	最大节点 应力 MPa (组合)	最大位 移变形 mm	支点最大竖向支 撑反力 kN	支点最大水平反 力 kN
计算结果	84	0.5	32.7	17.2
设计值	235	L/400	锚固钢筋抗剪强度 39.2	锚固钢筋抗拉强度 94.2

对横梁底兜防护平台建立 MIDAS 模型，其中采用 C140 型镀锌钢，壁厚 2mm 作为底兜平台框格梁，主纵梁采用 HN248 $\times$ 124 $\times$ 5 $\times$ 8，吊杆采用  $\phi 25$  圆钢，吊架位置扁担梁采用 HN346 $\times$ 174 $\times$ 6 $\times$ 9，下设滚轮直径 200mm。另外轨道纵向采用通长钢丝绳进行固定。在扁担梁支撑腿下方设置防倾倒竖杆。

表3 横梁底兜防护平台计算模拟分析的参数设置

性能指标	Q235B
杨氏模量 E/GPa	207
泊松比	0.288
质量密度/(kg $\cdot$ mm <sup>-3</sup> )	$7.829 \times 10^{-6}$
屈服强度/MPa	235
极限抗拉强度/MPa	375
平台自重/kg	53000
风压/kPa	50
施工荷载/kN	400

对底兜防护平台进行整体稳定性分析，设置不变荷载（自重、底板、围挡）、可变荷载（风载、活载）为变量，分析 5 阶内结构模态稳定性，一阶模态如上图所示，根据《公路钢结构桥梁设计规范》（JTG D64-2015）<sup>[4]</sup>关于结构弹性稳定性要求  $\lambda_{\min} = 5.97 \geq 4.0$ ，结构整体稳定性满足要求。

表4 横梁底兜防护平台受力计算模拟分析数值

	最大节点应力 MPa (组合)	底兜最大位移变形 mm	吊杆强度 MPa	屈曲稳定性特征值
计算结果	55.5	19.4	24.3, 安全系数大于 5.0	5.97
设计值	235	L/400	300	不小于 4.0

## 3 施工技术

### 3.1 环塔平台

环塔平台结构采用装配式设计，施工流程为预埋螺栓打设→三角牛腿安装→平台框格梁安装、护栏扶手安装→竹胶板面板安装。环塔平台搭设需要根据安装位置进行有组织的短暂封道作业，预埋螺栓采用 M22 化学锚栓固定，控制锚固长度不小于设计要求，加强对锚栓打设位置的精度质量控制，提高三角牛腿安装效率。施工过程中需要安排专人指挥吊装作业，注意远离和避让大桥斜拉索位置，以免对大桥受力结构造成碰撞。

在环塔平台上安装框格梁，吊装就位后进行焊接固结形成整体。相互垂直的 2 个面采用上下叠层固定，注意安装先后顺序，同时注意爬梯位置和开口朝向，避免二次返工。

3.2 横梁底兜防护平台

为最大程度减少桥面安装作业时间，底兜防护结构采用装配式设。安装流程为横梁顶部滑移轨道安装→吊架组拼，安装吊杆、临时吊点钢丝绳→底兜防护平台组拼→平台起吊对接、临时固定→调整位置、吊杆固定→解除临时固定、设置缆风绳。

下部底兜防护平台 9m×9m 采用 5 片预制框格梁（9m×1.8m）组拼而成，可以缩短现场安装拼接时间。同时防护栏杆采用整体预制，各型钢结构件连接均采用节点板高强螺栓固定。

上部轨道及吊架系统安装需要同步进行，纵横向型钢采用螺栓定位固定，吊架系统在桥面上安装组拼成一个整体后进行起吊作业。起吊过程中注意控制吊点平衡。其中关键工序有吊架系统先升至低空高度（6m），利用登高车作业将每个挑梁吊点位置组装吊杆和抗风横联，可有效降低高空安装难度，提高安装作业精度，同时避免出现高空作业风险。

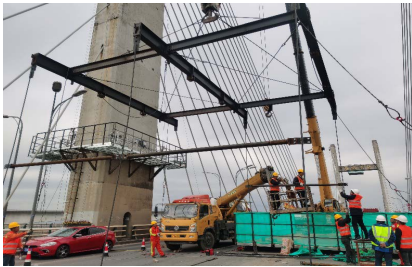


图 3 横梁底兜吊架安装起吊

下部底兜防护平台在桥面封道区域内完成组拼后进行起吊。注意吊点位置对称布置，吊装钢丝绳预留长度保持一致，保证底兜防护平台在吊装过程中平稳。吊架主横梁上对称贯通设置 2 根  $\phi 16\text{mm}$  钢丝绳作为 4 个

临时固定吊点，用 4 个额定荷载 3 吨葫芦设置在底兜防护平台 4 个吊点位置。后由专人指挥通过 2 台 200t 吊车配合同步抬升，使底兜防护平台达到指定拼接区域，用钢丝绳 + 葫芦和 4 个吊点进行防护平台临时固定，作业人员通过手拉葫芦进行调整防护平台与吊架吊杆间距，直至调整到合适位置后再通过高强螺栓紧固 6 根  $\phi 25$  圆钢吊杆，防护平台由临时固定转换为永久固定，此时可以解除临时固定。最后底兜防护平台四个角点各安装 1 条缆风绳固定，增加底兜防护平台结构整体抗风稳定性。

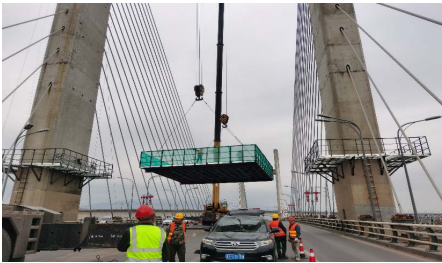


图 4 横梁底兜防护平台安装起吊



图 5 大桥防护平台整体效果图

4 对比分析

对比该防护体系与传统门洞支架，该防护体系后续施工使用过程中，起到了良好的防护保护效果，事实证明横梁下方桥面，未受到任何涂料和混凝土碎块掉落，充分体现出底兜防护平台防护效果良好。从实际安装过程来看，项目总包方进行底兜防护平台安装，最终实现了 6 小时快速安装作业。另外须合理选择施工时段，避免早晚高峰期交通拥堵，最大程度降低了安装作业对城市交通通行造成的压力。

表 5 底兜平台防护体系与传统门洞防护棚方案对比分析

方案	防护效果	交通影响	安全性	经济性	安装便捷
防护底兜+防护平台	良好	无障碍	好	适中	装拆方便
门洞防护棚	良好	需要长期占道	一般	较高	拆装复杂

# 旧水泥路面加铺沥青面层反射裂缝防治分析

湛河水<sup>1</sup>, 伍昕茹<sup>2</sup>

(1. 江西华道工程技术有限公司, 江西 南昌 330003; 2. 江西建设职业技术学院, 江西 南昌 330209)

**摘要:** 本文主要运用有限元分析了旧水泥路面加铺沥青层在无镀锌钢丝网夹层、有镀锌钢丝网夹层(钢丝网直径2.5mm)两种工况下在20℃温度和汽车荷载作用下的路面整体强度和变形。

**关键词:** 镀锌钢丝网; 整体强度; 变形

**中图分类号:** U41    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1006—7973 (2022) 11—0148—03

## 1 引言

旧水泥混凝土路面加铺沥青层反射裂缝防治技术是国内外道路工作者研究的热点问题,主要集中在以下两个方面:一是对加铺沥青层反射裂缝产生的力学机理进行研究;二是对如何延缓反射裂缝的产生、发展进行研究。目前常见的处理沥青加铺层反射裂缝的方法总体上可分为三大类:一是改变沥青混凝土加铺层的材料性能或加铺厚度;二是对旧水泥混凝土路面进行处治,如对旧水泥面板加固或进行碎石化处理;三是设置防裂夹层,如在水泥混凝土面板与沥青之间设置镀锌钢丝网、土工布或者土工格栅等。

国内外众多高校和科研机构的专家学者对旧水泥混凝土路面加铺沥青层反射裂缝展开了多方面的研究。廖卫东将线弹性假设、断裂力学和有限元数值模拟结合

后,对应力吸收层的反射裂缝产生与发育进行了研究<sup>[1]</sup>。齐艳等人应用损伤理论对旧水泥路面沥青罩面的反射裂缝进行研究,模拟了真实荷载作用下沥青罩面中反射裂缝的产生和扩张过程<sup>[2]</sup>。符冠华对比不同材料加铺层在水泥混凝土板块的运动试验,定量得到了不同材料的结构抗反射能力的数值,提出了合理防治反射裂缝的措施<sup>[3]</sup>。王秉纲等人重点研究了有沥青上面层的水泥路面的荷载应力与分析方法<sup>[4]</sup>。Vanelstraete.A等人基于三维有限元模型模拟了布置钢丝网防裂结构的沥青加铺层在温度和行车荷载作用下的应力分布<sup>[5]</sup>。

本文依托昌九高速公路共青南至工业园区连接线工程为分析对象,沥青面层与水泥混凝土旧路面之间设置了一层直径2.5mm的镀锌钢丝网。分析了在汽车和温度荷载作用下的最大应力和最大变形,比较了有镀锌

传统防护方案采用门洞防护棚支架,封路占道对交通影响较大,对城市交通流量较大的区域不宜采用。而采用底兜+防护平台的结构形式可以避免长期占道,实现真正的无障碍施工,做到安全、绿色、高效、和谐和经济的交通建设。

## 5 总结

随着十四五时期提出基础建设高质量发展的要求,国家社会对工程建设相关的安全、环保要求也越来越高。此新型防护平台有以下特点:

(1) 结构简单,安装便捷,节约成本,且能满足涂装高空作业的安全;

(2) 实现真正的无障碍施工,有效克服了传统门洞防护棚支架防护对交通车流造成的影响,缓解城市交通压力;

(3) 安装拆卸方便,短期封道安装即可实现长期

涂装作业,防护安全可靠性强,结构整体稳定性强,安全有保障。

依靠该防护平台,金华婺城大桥主塔整体涂装顺利完工。工程实践表明,该底兜防护平台+环塔平台安装,施工费用经济合理,安全性较高。同时顺利完成了大桥主塔涂装作业,缩短了工期。为之后同类项目的建设提供了良好的参考价值,具有良好的推广前景。

## 参考文献:

- [1] 张雪松, 张明闪, 周林. 拱形钢塔涂装作业平台设计与施工技术 [J]. 公路, 2013.
- [2] 李兴平, 吴中鑫, 李栋. 混凝土桥梁耐久性涂装体系设计与施工关键技术 [J]. 公路, 2021, (2)
- [3] 江鹏, 王延东, 童宇. 涛源金沙江大桥主塔涂装施工作业平台的设置 [J]. 建筑安全, 2021, (9) (33-37)
- [4] JTG/T D64-2015 公路钢结构桥梁设计规范 [S].