

商合杭高速铁路芜湖长江公铁大桥铁路钢桥面 ER 铺装层质量控制

黄 斌¹ 熊 改¹ 赵浩猛²

1 中铁大桥局集团第二工程有限公司；2 长沙理工检测咨询有限责任公司

摘 要：目前国内冷拌树脂沥青混合料铺装主要运用于高速公路或桥面的沥青修补，大面积应用相对较少，交通部于2017年发布《钢桥面铺装冷拌树脂沥青》JT/T1131-2017，对树脂沥青的验收和试验方法作了明确的标准要求，但缺少相应的施工验收规范。本文从商合杭芜湖长江公铁大桥铁路钢桥面的 ER 铺装层简介、EBCL 界面层施工、RA10 树脂沥青混合料施工、沥青基防水涂料洒布、施工总结等方面阐述钢桥面 ER 铺装层质量控制要点，以期同类桥梁的钢桥面 ER 铺装层质量控制提供借鉴。

关键词：长江公铁大桥；铁路；钢桥面；桥面铺装；质量控制

1 概况

商合杭长江公铁大桥铁路钢桥面在高速铁路列车荷载作用下受力环境复杂，需要一种桥面保护层层间粘结力强，低温时的抗裂性和高温时的稳定性高的一种桥面铺装层。

为此采用ER铺装层利用树脂沥青胶结料耐高温、高粘结可靠性和可追随变形的众多优点，在光滑的钢板上形成一层防水、防腐、抗滑的EBCL界面，在EBCL凹凸不平的碎石表面上铺筑树脂沥青RA层与EBCL界面实现咬合粘结，约束铺装层不产生水平滑动位移和开裂。RA混合料由树脂沥青和矿料经混合固化后形成，其特点是强度高、模量大、孔隙率小、耐高温、耐疲劳，无车辙、桥面铺装的整体性好，可保护EBCL层免受SMA施工机械和高温的损伤。

2 ER 铺装层简介

2.1 ER 铺装层组成与分类

1) 冷拌树脂沥青组成与分类

冷拌树脂沥青是由环氧树脂、固化剂、石油沥青等组份组成，可在常温下固结硬化的树脂沥青，一般由 A、B 两种组分构成，其中 A 组份是环氧树脂与石油沥青等的混合物，B 组份是常温固化剂和石油沥青的混合物。冷拌树脂沥青按使用功能的不同，分为界面黏结用树脂沥青（EBCL 树脂沥青胶结料）和混合料用树脂沥青（RA 树脂沥青胶结料）。

2) EBCL 胶结层也称界面黏结层（简称 E 层）

由于钢桥面表面比较光滑与 RA 树脂沥青混合料的粘接强度不高，所以在钢桥面与 RA 混合料之间，通过刮涂 EBCL 树脂沥青并洒布 3-5mm 碎石增加胶结面积，提高不同界面间的抗剪能力，并起到防水作用。

3) 冷拌 RA 树脂沥青混合料层（简称 R 层）

是钢桥面铺装层主要受力层，混合料由 RA 树脂沥青、集料、矿粉、碳黑按一定比例，经常温拌和而成。其中 RA 树脂沥青起胶结作用、集料起骨架作用、矿粉主要起填充作用、碳黑起增色与吸油作用。

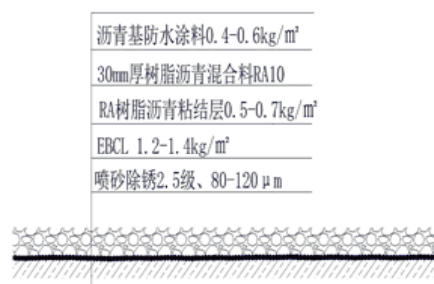


图 1 铁路钢桥面 ER 铺装层结构图

2.2 ER 铺装层施工顺序

- 1) 采用无尘抛丸机对钢桥面抛丸除锈，使其表面清洁度达到 Sa2.5 级，粗糙度达到 80-120 μm 。
- 2) 在钢板表面刮涂 EBCL 树脂沥青胶结料（1.2-1.4 kg/m^2 ），然后在其表面撒布一层 3-5mm 的单粒径碎石，撒布量为 3-4 kg/m^2 ，使其与 EBCL 胶结料一起固化，形成防水且粗糙抗滑的界面层。
- 3) EBCL 界面固化达到设计拉拔强度后，在其表面涂布 RA 树脂沥青胶结料（0.5-0.7 kg/m^2 ）
- 4) 铺筑 30mm 厚的冷拌 RA10 树脂沥青混合料并碾压至不透水。
- 5) RA 混合料固化后抛丸清洁，涂布一层沥青基防水涂料（0.4-0.6 kg/m^2 ），防止 ER 铺装层老化。

3 EBCL 界面层施工

3.1 抛丸除锈

- 1) 钢桥面抛丸除锈采用回收式真空无尘抛丸机，磨料采用钢丸和钢砂组成的金属混合料，磨料必须干燥清洁，不含油脂、盐分等有害物质。
- 2) 行走速度控制在 1.5-2 m/min ，相邻两台喷砂机作业的搭接宽度不小于 5cm；抛丸作业的遍数取决于钢板表面清洁度和粗糙度的检测结果。

3) 操作人员必须穿着干净的鞋套进入抛丸作业区，佩戴作业帽、毛巾、手套等用品，避免汗水、头发等杂物掉落于作业面。

3.2 EBCL 胶料刮涂

- 1) EBCL 胶结料按 1:1 的比例将 A、B 组分混合，在搅拌桶内用电动搅拌机搅拌均匀，搅拌时间不少于 60 秒。EBCL 用胶结料应即拌即用，尽快刮涂施工。

2) 当抛丸除锈施工完成一个区段后,用墨线弹出 1m×1m 的施工网格,按设计要求(1.2~1.4kg/m²)称量 EBCL 胶结料,倾倒在网格内,用带齿刮刀进行刮涂。厚度均匀、无堆积、无流淌。涂布量按照每网格称量胶结料及核算每工作班刮涂面积与总体用量进行控制。

3.3 3~5mm 碎石撒布

- 1) EBCL 用胶结料刮涂完毕后,应尽快在其表面上均匀撒布一层 3~5mm 的单粒径碎石,使碎石颗粒撒落在胶面上与其一起固化。
- 2) 采用碎石撒布机与人工目测补撒相结合的方法进行撒布作业。设计要求的碎石撒布量为 3~4kg/m²,且均匀满布、不能重叠堆积。
- 3) 施工过程中应在作业面同步布置拉拔头,待 EBCL 用胶结料达到养生时间后(一般需要 3 天),检验 EBCL 用胶结料的拉拔强度(设计拉拔强度≥10MPa)。

4 RA10 树脂沥青混合料施工

4.1 配合比设计

1) 矿料合成级配比例确定

根据各矿料筛分结果,计算 3 组不同的级配进行筛分试验,

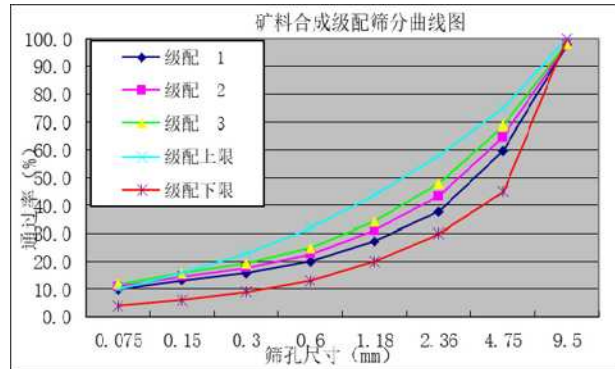


图 2 筛分结果曲线图

按照 3 种理论矿料合成级配,采用 8.0%油石比进行马歇尔试验,分别检测各组的毛体积相对密度、空隙率、稳定度、流值,根据试验结果拟用 2#级合成级配为最佳矿料级配。

表 1 马歇尔试验结果

级配类型	毛体积相对密度	计算理论最大相对密度	空隙率(%)	稳定度(kN)	流值(0.1mm)
1#级配	2.464	2.500	1.4	70.13	26.4
2#级配	2.476	2.500	1.0	74.37	26.4
3#级配	2.473	2.499	1.0	78.56	27.4
技术要求	/	/	≤2	≥40	20~40

2) 最佳油石比确定

根据确定的矿料级配比例,用 5 种油石比,以 8.2%的油石比为基础,按 0.3 间隔制备 5 组不同油石比(即 7.6%、7.9%、8.2%、8.5%、8.8%)分别成型马歇尔试件,分别测定毛体积相对密度、空隙率、稳定度、流值。从试验结果分析,结合 RA10 混合料的施工

和现场胶轮压路机揉搓碾压综合考虑,选择 7.9%为最佳油石比。

3) 路用性能验证

根据确定的矿料级配比例及最佳油石比,在室内对 RA 混合料路用性能进行验证试验。

表 2 RA 混合料路用性能进行验证试验表

试验项目	技术要求	验证结果	验证目的
车辙动稳定度 次/mm (70℃)	≥20000	50608	高温抗车辙能力
残留马歇尔稳定度(%)	≥90	97.2	受水侵害时抵抗剥落能力
冻融劈裂强度比(%)	≥90	95.8	冻融循环后劈裂强度比评价水稳定性
-10℃低温弯曲极限应变 ×10 ⁻⁶	≥3000	3695	低温环境下极限弯拉强度对应的变形

5) RA10 混合料生产

重点控制各材料计量误差和搅拌时间(干拌时间不少于 10S,湿拌时间不少于 60 秒)。

每次正式生产前应试拌 1~2 盘,倾倒在场地空地,对其外观进行目测,确保混合料外观均匀、易碾压、无结团、无离析、无花白料等现象后,方可进行大规模的生产。

6) RA 胶结料洒布

在摊铺 RA10 混合料利用洒布车在已经固化的 EBCL 表面洒布一层 RA 树脂沥青胶结料,以提高 RA 混合料与 EBCL 界面的粘结可靠性,消除两者之间可能存在的空隙。在洒布前应采用强力空压机或风力灭火器对 EBCL 界面进行彻底清理,确保其表面清洁干燥,无污染、无尘土。

7) RA10 混合料摊铺

A、主桥铁路钢梁行车道 RA10 混合料采用双机联铺,两台摊铺机梯队形式摊铺,摊铺时实时监控摊铺机行驶速度、摊铺厚度、夯锤及熨平板的振动参数等数据,并根据现场实际情况进行相关参数的调整。

B、摊铺机行驶速度的确定充分考虑 RA 搅拌站的生产能力和

运输能力,不能出现压料及等料现象,以防摊铺机或运料车里的混合料出现固化行成“死料”,一旦 RA10 混合料在摊铺前固化,不仅浪费材料,甚至会卡住摊铺机,导致故障性停工。

C、根据工艺试验段确定虚铺系数为 1.15,但在实际摊铺过程中虚铺厚度与环境温湿度、混合料等待时间、熨平板激振频率等紧密相关,施工中应根据实测插厚度调整虚铺厚度,同时虚铺厚度的调整具有一定的滞后性,一旦稳定操作手不宜过渡调节。

8) RA10 混合料碾压

采用胶轮+双钢轮的方式进行碾压(胶轮压路机 2 台,20t 双钢轮压路机 1 台)。施工过程中,安排专人监控压路机行驶速度、碾压遍数及碾压效果。

胶轮压路机及双钢轮压路机前后均安装平台支架,采用植物油进行胶轮和钢轮的涂刷,以防混合料粘轮对外观质量产生影响。在摊铺机摊铺出一定的工作面时,2 台胶轮压路机紧跟慢压,逐渐横移错位,全程碾压不得停机。

9) RA10 混合料质量检测

质量检测主要包括 RA10 混合料性能检测、压实质量检测两部分。

(下转第 182 页)

(上接第 178 页)

表 3 现场压实质量检测

试验项目	技术要求	试验方法
压实厚度 mm	3 (+5, -2)	/
空隙率 %	≤2	T 0705
渗水系数	无渗水	T 0730

表 4 室内混合料性能检测

试验项目	技术要求	试验方法
稳定度 (70℃) /kN	≥40	T 0709
流值 / (0.1mm)	20 ~ 40	(双面击实 50 次)
空隙率	≤2	T 0705
浸水残留稳定度/%	≥90	T 0790
冻融劈裂残留强度比/%	≥90	T 0729
动稳定度 (70℃) / (次·mm)	≥20000	T 0719
-10℃极限应变 (x10 ⁻⁶)	≥3000	T 0715

4.2 RA10 混合料生产

1) 重点控制各材料计量误差和搅拌时间(干拌时间不少于 10S, 湿拌时间不少于 60 秒)。

2) 每次正式生产前应试拌 1-2 盘, 倾倒入场内空地, 对其表面进行目测, 确保混合料外观均匀、易碾压、无结团、无离析、无花白料等现象后, 方可进行大规模的生产。

3) 混合料搅拌出机后, 在运料车上进行取样, 并将样品迅速运送至试验室, 并保持与现场沟通, 当现场开始摊铺、碾压该混合料时, 同步进行试验室混合料的成型工作, 主要包括马歇尔试件及车辙板试件。

5 沥青基防水涂料洒布

在 RA 混合料固化后, 在其顶面利用人工涂布一层沥青防水涂

料 (0.4-0.6kg/m³), 防止 ER 铺装层老化, 涂布量采用平板法检测。

6 结语

商合杭铁路芜湖长江公铁大桥 ER 铺装施工质量总体可控, 现场检测结果均能满足设计技术要求。但在施工过程中也存在一些客观问题有待解决, 譬如冷拌树脂沥青属于新材料, 能全参数检测的检测单位不多, 导致检测周期偏长不利于现场施工; 环境温度湿度对 ER 施工的影响程度还未量化等。

冷拌树脂沥青混合料作为高性能材料, 其应用前景良好, 但由于相关技术及造价等诸多因素的限制, ER 铺装结构层大面积应用的工程实例不多, 在施工过程中缺少可参考经验, 竣工后的路用性能也有待长时间跟踪观察。

参考文献:

- [1]中华人民共和国交通运输部. 钢桥面铺装冷拌树脂沥青: JT/T1131-2017[S].北京: 人民交通出版社, 2017.
 - [2]王登辉.安海湾特大桥 ERS 钢桥面铺装技术的质量控制措施[J].福建交通科技, 2020, (6): 132-136.
 - [3]李学铭.大桥 ERS 钢桥面铺装技术及其应用对策[J].交通世界, 2017, (28): 112-113.
 - [4]周昌栋; 黄楚彬; 代明净; 韩文生. 基于足尺试验的 ERS 钢桥面铺装结构应变分析[J].公路, 2021, (6): 90-93.
- 作者简介: 黄斌, 出生日期: 1978 年 11 月 8 日, 男, 籍贯: 江苏南通, 民族: 汉, 学历: 本科, 职称: 工程师, 研究方向: 材料试验检测;
- 熊改, 出生日期: 1991 年 11 月 2 日, 女 籍贯: 湖北黄冈, 民族: 汉, 学历: 本科, 职称: 工程师, 研究方向: 材料试验检测;
- 赵浩猛, 出生日期: 1988 年 09 月 20 日, 男, 籍贯: 安徽宿州, 民族: 汉, 学历: 本科, 职称: 工程师, 研究方向: 材料试验检测。