

市政桥梁热拌环氧沥青铺装材料与施工质量 控制参数研究

陈立平¹, 陈诗文¹, 施文¹, 张辉², 朱红新¹, 孙政¹, 王俊¹, 李娣²

(1. 南京城建隧桥智慧管理有限公司, 江苏 南京 211808; 2. 江苏中路工程技术研究院有限公司, 江苏 南京 211800)

摘要: 针对市政桥梁铺装耐久性不足、服役寿命低的核心瓶颈问题, 开发了“热拌环氧沥青混合料 EA10+热拌环氧沥青间断级配混合料 EPSMA10”铺装体系。研究围绕关键材料性能、施工质控参数等方面进行。结果表明: 环氧沥青结合料、环氧树脂黏结剂等核心材料技术性能均达标, EA10 和 EPSMA10 路用性能优良; 明确钢板喷砂除锈清洁度 Sa3.0 级、粗糙度 80~150 μm , 以及黏结剂搅拌时间 120 s、养生时间 24~36 h 等施工参数; 确定摊铺松铺系数 1.2, 温度阈值 160 $^{\circ}\text{C}$; 构建了碾压“温度—风速—铺面状态”三因素协同调控方法, 以风速 4.5 m/s 为阈值提出了差异化碾压方案; 明确 EA10 养生 4 d 可开展后续工序, EPSMA10 养生 10 d 可开放交通。研究成果为提升铺装施工质量提供关键技术支撑。

关键词: 市政桥梁; 热拌环氧沥青混合料; 材料性能; 施工质控

中图分类号: U443.33; TU997

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2026)04-0118-07

Study on Hot-Mixed Epoxy Asphalt Paving Materials and Construction Quality Control Parameters for Municipal Bridges

CHEN Liping¹, CHEN Shiwen¹, SHI Wen¹, ZHANG Hui², ZHU Hongxin¹, SUN Zheng¹, WANG Jun¹, LI Di²

(1. Nanjing Urban Construction Tunnel and Bridge Intelligent Management Co., Ltd., Nanjing 211808, China; 2. Jiangsu Zhonglu Engineering Technology Research Institute Co., Ltd., Nanjing 211800, China)

Abstract: To address the core bottleneck of insufficient durability and short service life of municipal bridge pavements, a paving system comprising hot-mixed epoxy asphalt mixture EA10 and hot-mixed epoxy asphalt gap-graded mixture EPSMA10 has been developed. The research focuses on the key material properties, construction quality control parameters and other relevant aspects. The results indicate that the technical performances of core materials such as epoxy asphalt binder and epoxy resin adhesive all meet the standards, and both EA10 and EPSMA10 exhibit the excellent pavement performances. The construction parameters are clarified that the cleanliness of steel plates after sandblasting and derusting is Sa3.0 grade, a roughness is 80~150 μm , the adhesive mixing time is 120 s and the curing time is 24~36 h. It is determined that the loose paving coefficient for paving is 1.2, and a temperature threshold is 160 $^{\circ}\text{C}$. A three-factor collaborative control method for compaction is established, which three factors are temperature, wind speed and pavement condition. A differentiated compaction scheme is proposed with a wind speed threshold of 4.5 m/s. It is clear that subsequent construction procedures can be carried out after EA10 is cured for 4 d, and that the traffic can be open after EPSMA10 is cured for 10 d. The research results provide the key technical support for improving the paving construction quality.

Keywords: municipal bridge; hot-mixed epoxy asphalt mixture; material properties; construction quality control

0 引言

随着我国城市化建设的加速推进, 市政道路网

络日益完善, 中小跨径桥梁因造价低、适应性强, 在城市支路、匝道及连接线中占比超 70%, 是保障城市交通畅通的关键载体。然而, 作为桥梁建设的配套工程, 市政桥梁的铺装层研究却长期未得到足够重视^[1-3]。与大跨径桥梁相比, 此类桥梁普遍具有跨径小、曲线段多、匝道坡度大的结构特征, 加之城市货运车辆超载、公交车及工程车辆慢载等交通荷载影

收稿日期: 2026-01-04

作者简介: 陈立平(1980—), 学士, 高级工程师, 从事隧桥智慧管理工作。

通信作者: 张辉(1985—), 男, 博士, 正高级工程师, 从事道路工程研究工作。电子信箱: 2258793404@qq.com

响,铺装层长期处于严苛服役环境,极易引发车辙、推移、开裂及黏结层剥离等缺陷,严重缩短了铺装层使用寿命,并增加了养护成本压力^[4-8]。

在市政桥梁铺装工程中,传统沥青玛蹄脂混合料(asphalt mastic, SMA)、浇筑式沥青混合料(guss asphalt, GA)等材料因高温稳定性不足、疲劳耐久性有限等缺陷,实际服役寿命普遍不足5年,远低于设计预期^[9-10]。热拌环氧沥青混合料作为一种高性能材料,凭借高低温稳定性好、强度高、疲劳耐久性优异等优势,成为解决市政桥梁铺装难题的理想选择^[11-12]。

目前,国内外针对热拌环氧沥青铺装技术的研究多集中于大跨径钢桥,针对市政中小跨径桥梁铺装技术的研究仍较匮乏。因此,本文从材料性能参数、施工工艺、质量控制参数等方面系统开展热拌环氧沥青铺装技术研究,以期为此类技术在市政桥梁铺装中的应用与推广提供参考。

1 铺装方案设计

1.1 荷载特点

市政桥梁主要承担城市通勤功能,多为中小跨径的结构特性,荷载呈“高频次、轻-中等轴载、强动态扰动”特征^[13-14]。一方面,此类桥梁通行车辆以私家车、公交车为主,虽单轴荷载水平低于大跨径桥梁,但日均交通流量大,结构需持续承受循环应力;另一方面,由于该类桥梁自身转弯半径小、匝道坡度大的结构特点,车辆在坡道和弯道处需频繁制动与加速,使铺装层长期承受水平剪切与竖向冲击作用,引发层间推移和车辙等病害。具体而言,车辆上坡过程中动能转化为势能,车速降低形成慢载效应,铺装层承受荷载时间延长并导致温度升高;车辆行至下坡、转弯路段,为确保行车安全则需频繁刹车制动,加剧铺装层疲劳损伤。

1.2 结构特点

市政中小跨径桥梁为控制结构自重,钢桥面板设计的相对较薄,局部刚度较为有限。在轮载作用下,在钢桥面板在纵肋与横隔板上方区域易产生局部弯曲变形。钢板作为主承重结构的一部分,变形将直接传递至铺装层,若铺装层协同变形能力差或层间黏结失效,铺装层将因被迫独立受力而过早破坏甚至疲劳开裂;此外,受弯道影响,车辆驶入后受离心力影响产生径向水平分力,这对桥面铺装层提出了更苛刻的要求,亟须铺装结构具备更优异的高温抗车辙性能、耐磨耗能力以及层间黏结稳定性,以

抵抗产生的剪切与拉压作用^[15]。

1.3 铺装结构组合

针对市政中小跨径桥梁“弯、坡、斜”的结构特征,在基于国内外类似桥梁工程调研的基础上,提出推荐铺装组合结构,如图1所示。具体为:环氧树脂防水黏结层+热拌环氧沥青混合料(EA10)+环氧树脂黏结层+热拌环氧沥青间断级配混合料(EPSMA10)。具体设计理念如下。

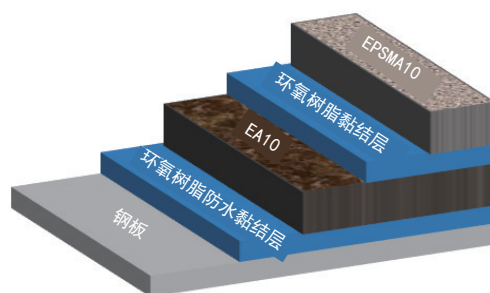


图1 推荐铺装组合结构示意图

(1)结构可不设置防腐层,防水黏结层直接与钢板黏结,25℃时不同防水黏结体系的拉拔强度如图2所示。可以看出,25℃时钢板与环氧树脂黏结剂直接黏结的拉拔强度达5.81 MPa,较以环氧富锌漆黏结的4.73 MPa提高约23%;同时,取消防腐层可降低施工复杂度、加快作业进度。

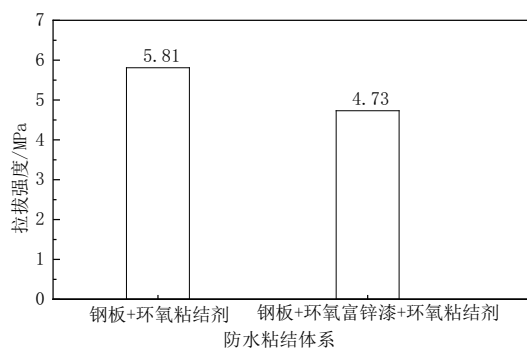


图2 不同防水黏结体系下的拉拔强度

(2)层间黏层选用环氧树脂黏结剂,具备优异的抗拉与抗剪性能,能够抵抗弯道、陡坡路段车辆行驶产生的水平制动力和离心力,确保铺装层与桥面板协同受力。

(3)下面层选用EA10,兼具高强度、优异高低温稳定性与疲劳耐久性,且刚度与大桥结构刚度更匹配,利于减小不同结构间的相对变形。

(4)上面层选用EPSMA10,保证桥面抗滑性能的同时,在高温重载下具备良好高温抗变形、疲劳耐久性能。

2 铺装关键材料性能

涉及原材料主要包括环氧树脂、SBS改性沥青、

环氧树脂黏结剂、钢桥面专用玄武岩石料、矿粉、聚酯纤维等,聚酯纤维掺量为混合料质量的1%~3%。

2.1 环氧树脂黏结料

防水黏结层与黏结层采用环氧树脂黏结剂,由主剂和固化剂按 55:45 质量比混合形成,涂布初步固化指干后满足施工防黏轮需求,摊铺混合料时再次熔融黏结,实现二阶固化。表 1 所示为环氧树脂黏结剂的检测结果,在 23 ℃下的拉伸强度与断裂伸长率为 6.72 MPa、246%,与钢板黏结强度达 5.57 MPa,性能表现优良。

表 1 环氧树脂黏结剂检测结果

检测项目	技术指标	检测结果
拉伸强度 /MPa	≥3.0	6.72
断裂伸长率 /%	≥100	246
黏结强度(与钢板,25 ℃) /MPa	≥3.0	5.57

2.2 环氧沥青结合料

环氧沥青结合料由环氧树脂组分 A、组分 B 和 SBS 改性沥青组成,采用两步混合工艺制备:先将组分 A 与组分 B 按 60:40 质量比混合均匀制得环氧树脂胶结料,随后以该胶结料质量为基准,按 50:50 质量比与 SBS 改性沥青混合制得。表 2 所示为环氧沥青结合料的检测结果,在 23 ℃下拉伸强度和断裂伸长率分别达 3.13 MPa 和 181%,满足技术指标要求。

表 2 环氧沥青结合料检测结果

检测项目	技术指标	检测结果
拉伸强度 /MPa	≥2.0	3.13
断裂伸长率 /%	≥100	181
吸水率(23 ℃,7 d) /%	≤0.3	0.25

表 4 热拌环氧沥青混合料级配范围

级配类型	通过筛孔(方孔筛,mm)的质量百分率								
	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
EA10	100	95~100	65~85	50~70	39~55	28~40	21~32	14~23	7~14
EPSMA10	100	90~100	28~60	20~32	14~26	12~22	10~18	9~16	8~13

为进一步验证混合料路用性能,参考《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG 3410—2025)^[17]对热拌环氧沥青混合料的空隙率、稳定度等关键性能指标进行检测,并与 SMA-10 性能进行对比分析,结果见表 5。结果表明,EA10 和 EPSMA10 空隙率分别为 1.5%、2.2%,60 ℃稳定度达 69.6、64.7 kN,冻融劈裂残留强度比为 95% 和 92.2%,均满足设计要求;EPSMA10 在 60 ℃动稳定度达 24 651 次/mm,较 SMA10 的 8 764 次/mm 提升近 3 倍,抗车辙性能

2.3 热拌环氧沥青混合料

平衡设计方法(performance balanced design method,PBDM)是以协同优化材料耐久性、结构密实防水和抗滑安全性为目标的先进混合料设计理念。通过在 SMA 断级配基础上对矿料级配优化设计,并同步调控混合料空隙率至 1.0%~3.5%,以保证其密实性能和抗滑纹理,最终成功研制骨架密实型 EPSMA10。

EPSMA10 与 SMA10、EA10 抗滑性能对比如图 3 和表 3 所示。结果显示,EPSMA10 作为热固性材料,高温下胶浆不上浮,抗滑持久性优良,抗滑性能衰减幅度显著低于 SMA10;构造深度相比 EA10 从 0.3 mm 提升至 0.65 mm,有效破解混合料耐久性、抗滑安全及结构密水难以兼顾的难题。热拌环氧沥青混合料级配范围如表 4 所示。

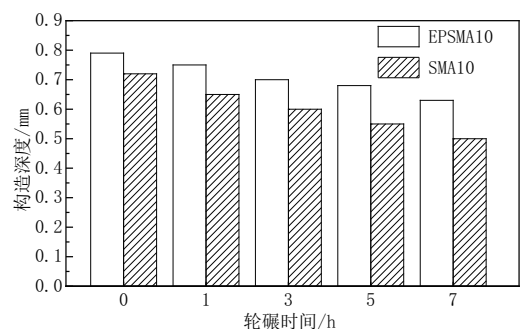


图 3 不同混合料构造深度随时间衰减曲线

表 3 不同混合料抗滑性能对比

检测项目	技术指标	检测结果	
		EA10	EPSMA10
构造深度/mm	≥0.55	0.3	0.65
横向力系数	≥54	61	66
摩擦系数	≥45	69	72

优异。

3 钢桥面铺装施工质量控制参数

3.1 钢板喷砂除锈质量参数

通过喷砂处理以彻底清除钢板表面锈蚀、氧化物、底漆和油污等污染,形成洁净且具有粗糙度的表面。施工时选用自行式喷砂除锈设备作业,并同步辅以人工手持式打边机对临边区域精细化处理。

钢板表面清洁度与粗糙度等级对其与防水黏结

表 5 沥青混合料性能

技术指标	技术要求	检测结果			试验方法
		EA10	EPSMA10	SMA10	
空隙率/%	0~3.5	1.5	2.4	3.5	JTG E20—2011 T0708
60℃稳定度/kN	≥40	69.6	64.7	10.5	JTG E20—2011 T0709
流值/0.1 mm	20~50	38.2	28.5	30.4	JTG E20—2011 T0709
低温破坏应变(μ ϵ)	≥3 000	3720	3981	3517	JTG E20—2011 T0715
60℃动稳定度/(次·mm ⁻¹)	≥6 000	28718	24651	8764	JTG E20—2011 T0719
残留稳定度强度比/%	≥85	93.8	91.3	91.4	JTG E20—2011 T0729
冻融劈裂残留强度比/%	≥80	95.0	92.2	89.1	JTG E20—2011 T0709

层的性能影响显著。为确定钢板除锈后的最佳清洁度与粗糙度范围,在防水黏结层涂布量恒定条件下,开展不同表面状态的 25℃拉拔试验,结果如图 4 所示。

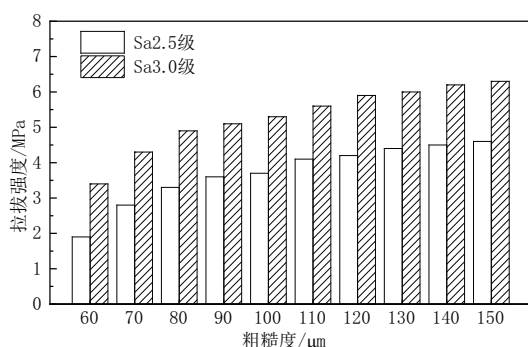


图 4 不同钢板处理等级下的拉拔强度

由图 4 可知,钢板与防水黏结层的拉拔强度随清洁度与粗糙度提高逐步上升。60 μm 粗糙度下, Sa3.0 级清洁度对应的拉拔强度达 3.4 MPa,明显高于 Sa2.5 级的 1.9 MPa;清洁度相同时,粗糙度从 60 μm 提高至 80 μm 可显著增强黏结性能,超过 80 μm 后拉拔强度的增加趋势趋于平缓。据此,建议钢板喷砂除锈按清洁度 Sa3.0 级、粗糙度 80~150 μm 控制,以提高界面黏结性能。

3.2 防水黏结层/黏结层施工质量参数

防水黏结层应在钢板除锈后 4 h 内完成施工,以防止钢板返锈。涂刷环氧树脂黏结剂前,采用鼓风机对钢板界面/混合料层表面进行除尘除湿处理,确保作业面洁净、干燥;施工前对材料进行 20~30℃预热,施工时将主剂和固化剂按 55:45 质量比混合并充分搅拌后在 10 min 内完成涂布,以防止材料黏度增加影响施工质量。施工前在桥面定点标定施工段

长、宽,通过网格法对黏结剂涂布量精准控制;依据不同施工层类型,防水黏结层和黏结层涂布量分别按 0.4~0.6 kg/m² 和 0.6~0.8 kg/m² 控制;采用机械涂布车+人工辊涂协同作业,确保涂布均匀,如图 5 所示。

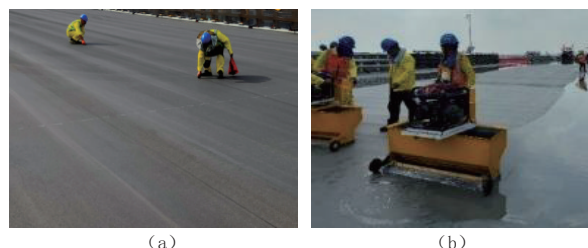


图 5 防水黏结层和黏结层涂布施工照片

为保障环氧树脂黏结剂性能充分发挥,研究聚焦施工关键工艺参数,探究搅拌时间、养生时间对黏结层最终性能的影响规律。

3.2.1 搅拌时间

为揭示环氧树脂黏结剂 A、B 组分混合后其黏结性能随搅拌时间的演变规律,研究选取 60、90、120、150、180 s 五个搅拌时长,测定 25℃不同工况下黏结剂固化后与钢板的界面黏结强度,结果如图 6 所示。

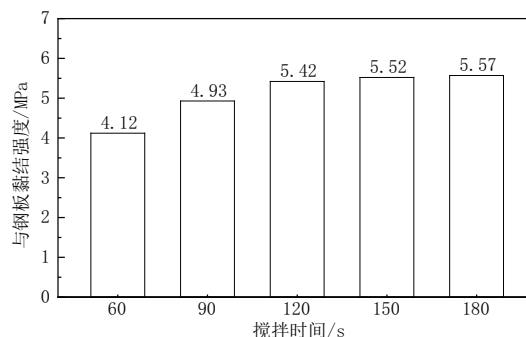


图 6 不同搅拌时间下环氧树脂黏结剂拉拔强度

如图 6 所示,随着搅拌时间从 60 s 增至 180 s,环氧树脂黏结剂与钢板的界面黏结强度呈不断增长趋势,充分搅拌能够改善黏结剂的混合均匀性与固化致密性,进而提升黏结强度。具体而言,搅拌时间由 60 s 增至 180 s,拉拔强度从 4.12 MPa 提升至 5.57 MPa,增幅达 35.2%;拉拔强度的增长存在临界节点,当搅拌时间超过 120 s 后,强度增幅已趋于平缓。综合考量施工效率与工程可行性,建议将黏结剂搅拌时间控制在 120 s 为宜。

3.2.2 养生时间

为明确环氧树脂黏结剂最佳养生时长,制备“钢板+环氧树脂黏结剂”试件,置于标准条件下分别养生 12、24、36、48、60、72 h,测试其在 25℃与钢板的

黏结性能,结果如图7所示。

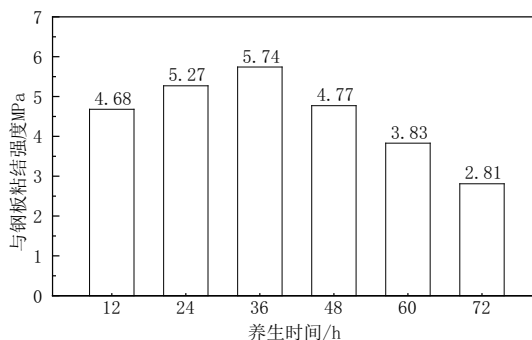


图7 不同养生时间下的拉拔强度

由图7可知,养生时间对环氧树脂黏结剂的黏结性能具有明显影响,在12~72 h的养生过程中,25℃下黏结强度呈现先升后降的变化趋势,其中养生时间从12 h延长至36 h时,黏结强度由4.68 MPa增至5.74 MPa,增幅为22.6%;当养生时间继续延长至48 h后,黏结强度开始下降并在72 h时已低于技术指标要求。从固化机理来看,过长的养生时间会导致黏结剂过度固化,引发内部应力积累,进而降低黏结可靠性。在实际工程中建议养生时间控制在24~36 h以保障黏结质量。

3.3 热拌环氧沥青混合料施工质量参数

3.3.1 拌和

环氧树脂常温下黏度大,生产前1~2 d需置于50~60℃恒温环境保温。混合料采用沥青拌和站制备,拌和时将矿料和SBS改性沥青分别预热至180~190℃、165~175℃,随后矿料先干拌5~15 s,最后与沥青、环氧树脂同时投入拌缸湿拌45~50 s,使其均匀裹附胶料,避免出现白花料、离析等缺陷;拌和完成的EA10和EPSMA10的出料温度应控制在170~185℃。拌和楼配备信息化监控设备,对油石比、出料温度等参数进行全过程监控与预警,确保混合料生产平稳、可控。

3.3.2 摊铺

作业前应对摊铺机进行校验:(1)摊铺前应将熨平板预热至100℃以上;(2)熨平板紧密拼接,消除残留拼接缝卡粒导致的铺面拉料问题。摊铺速度宜在2~4 m/min,保证缓慢、均匀、不间断作业;过程中安排专人使用小铲持续翻动螺旋布料器左中右三处滞料区混合料,防止形成“死料”。

松铺系数是钢桥面铺装中的核心技术参数。取值过大易造成铺装层过厚,浪费材料且影响压实效果;过小则会导致压实厚度不足,削弱铺装整体强度。研究在综合考虑混合料类型、级配、压实工艺等

因素,确定松铺系数为1.2。施工中采用非接触式平衡梁实现摊铺厚度毫米级动态调控,同步安排专人监控摊铺厚度(见图8),以确保松浦系数的有效性。

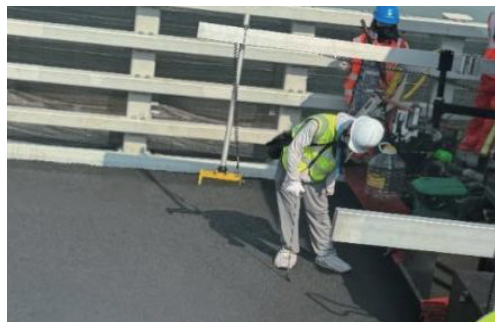


图8 摊铺厚度抽检

混合料摊铺温度是制约其压实特性与路用性能的关键因素。温度过低时环氧沥青结合料黏度增大,混合料和易性差,易诱发离析和早期损坏。基于大量试验和工程实践,确定160℃为摊铺温度为最低阈值;摊铺过程中安排专人抽检混合料温度,对低于阈值的混合料应予以废弃。

3.3.3 碾压

热拌环氧沥青混合料碾压应紧跟摊铺机进行,遵循“紧跟、慢压、高频、低幅”的原则,按初压、复压和终压进行分阶段碾压。碾压时严格控制各阶段温度,过程中设专人巡查,关注碾压面是否出现鼓包,针对产生鼓包采用3 mm钢钎戳破放气(2~3个孔),并重新压实。

钢桥面铺装层薄,混合料降温速率快,碾压过程中温控是保障施工质量的核心因素。为明确铺装层温度场分布规律,采用“预埋传感器层间测温+红外设备表面测温”的组合方案,系统探究铺装层内部与表层温度关系,如图9所示。

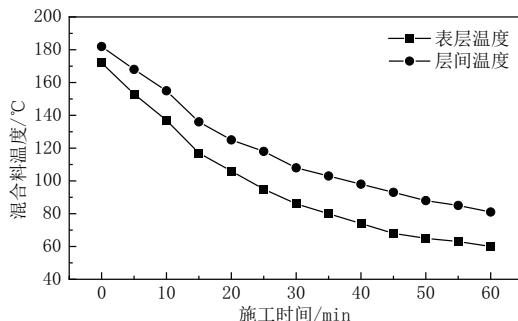


图9 热拌环氧沥青混合料表层-层间温度检测

如图9所示,碾压过程中表层与层间温差可达20~25℃;基于温度场特征,建立铺装层间-表面控制温度的匹配指标,见表6;针对EA10与EPSMA10两种铺装材料,同步提出差异化碾压组合工艺,见表7。

表 6 热拌环氧沥青混合料温控指标 单位:℃

碾压阶段	层间温度	表面温度
初压	≥155	≥130
复压	≥110	≥85
终压	≥90	≥65

表 7 热拌环氧沥青混合料碾压组合参考方案

混合料	碾压阶段/遍			
	初压	复压	终压	
EA10	双钢轮压路机 1~2	轮胎压路机 5~6	双钢轮压路机 1~2	
EPSMA10	双钢轮压路机 1~2	双钢轮压路机 (振荡) 3~4	轮胎压路机 1~2	双钢轮压路机 1~2

为获取碾压过程中热拌环氧沥青混合料铺面温度随气温、风速的变化规律,提出碾压“温度—风速—铺面状态”三因素协同调控方法:设置专人进行全断面—全时段风速、温度监控,实时分析混合料的降温速率,进而动态调控适宜的碾压时机与碾压段长度,以保障铺面压实质量的均匀性与稳定性,监测结果如图 10、图 11 所示。

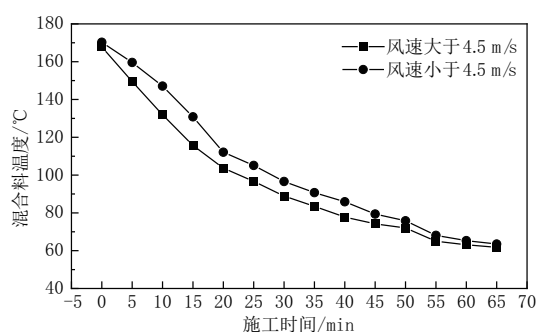


图 10 纵向逐桩号温度监测

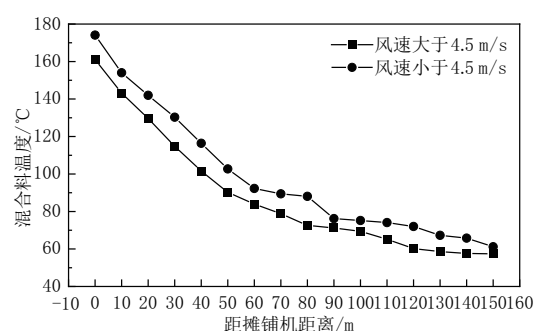


图 11 单点温度沿时变化曲线

如图 10 和图 11 所示,以 4.5 m/s 为风速分界阈值,摊铺至各碾压阶段的施工时长及作业段长度需严格控制:当风速高于 4.5 m/s 时,摊铺—初压需 10 min 内完成,作业段不超过 20 m;摊铺—复压应 30 min 内完成,作业段不超过 40 m;摊铺—终压须 55 min 内完成,作业段不超过 50 m;当风速低于 4.5 m/s 时,可适当延长作业时间与段距:摊铺—初压可延至 15 min,段距 30 m;摊铺—复压可延至 35 min,段距 50 m;摊

铺—终压可延至 60 min,段距可放宽至 60 m。

3.4 铺装养生

在 EA10、EPSMA10 养生初期,采用红外热成像仪对铺装层进行系统性缺陷扫描,精准识别潜在的鼓包类缺陷。针对检出鼓包采用手持电钻钻孔放气,随后向孔内注入环氧树脂黏结剂并清理表面溢流材料,完成病害处理,如图 12 所示。

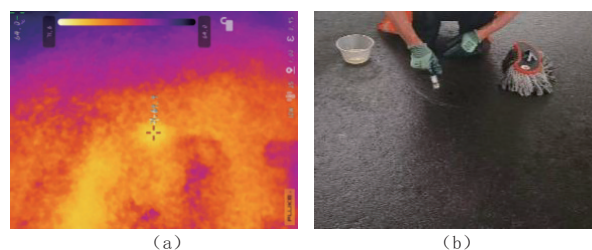


图 12 红外鼓包排查与处理

养生时间应根据马歇尔强度确定,自然养生下 EA10 稳定度大于 20 kN 后可开展后续施工, EPSMA10 自然养生下稳定度大于 40 kN 后即可开放交通。EA10 和 EPSMA10 随桥养生试件马歇尔试验结果如图 13 所示。

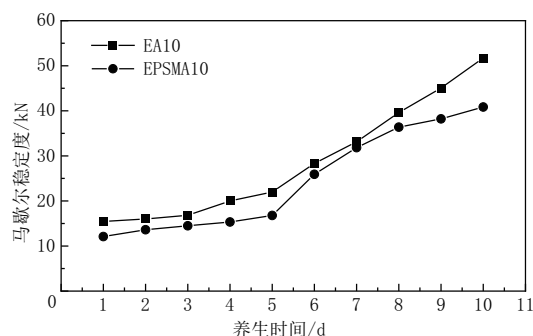


图 13 热拌环氧沥青混合料随桥养生试件强度发展

如图 13 所示,热拌环氧沥青混合料随桥养生试件的马歇尔强度随养生时间的延长整体呈上升趋势。其中,EA10 经 4 d 养生后,马歇尔稳定度超 20 kN,满足后续工序施工条件;EPSMA10 养生 10 d 后,马歇尔稳定度达 40.84 kN,具备开放交通的承载能力。

4 铺装施工效果和质量检测

南京某市政桥梁采用热拌环氧沥青铺装施工完成后,对桥面铺装渗水系数、平整度、摩擦系数及构造深度进行检测,如图 14 所示。

工后检测表明,热拌环氧沥青铺装表面平整密实,无明显的轮迹、裂缝、油包等缺陷,且无明显离析;铺装渗水系数试验结果全部为 0,密实不透水;表面平整度均值达 1.01 m/km,满足 ≤2.0 m/km 的设计要求;摩擦系数 BPN 达 76.89,满足 ≥45 的设计要求;构



图14 铺装施工效果和质量检测

造深度均值 0.72 mm,符合设计要求,施工合格率 100%。

5 结 论

针对市政桥梁铺装耐久性差、使用寿命偏短等难题,研发“环氧类防水黏结层+EA10+环氧类黏结层+EPSMA10”铺装体系,围绕铺装关键材料性能、施工质控参数等方面开展系统研究,主要结论如下。

(1) 23℃下环氧沥青结合料和环氧树脂黏结剂拉伸强度分别为 3.13 MPa、6.72 MPa,断裂伸长率达 181%、246%,军满足技术指标要求;EA10 和 EPSMA10 在 60℃稳定度达 69.6、64.7 kN,冻融劈裂残留强度比为 95%、92.2%,性能优良。

(2) 钢板喷砂除锈清洁度宜为 Sa3.0 级,粗糙度控制在 80~150 μm;环氧树脂黏结剂采用网格法控制涂布量,建议搅拌时间 120 s,养生时间 24~36 h,以保障其黏结性能。

(3) 环氧树脂施工前预热至 50~60℃,配备信息化监控设备,实时监控预警油石比、出料温度等参数,确保生产稳定;摊铺松铺系数 1.2,温度阈值 160℃,采用非接触式平衡梁精确控制摊铺厚度,并同步安排专人监控摊铺厚度与料温。

(4) 构建碾压“温度—风速—铺面状态”三因素协同调控方法,以风速 4.5 m/s 为阈值,提出差异化碾

压方案,破解容留时间内混合料离析、压实度差等质控难题;EA10 养生 4 d 即可开展后续施工,EPSMA10 养生 10 d 后即可开放交通。

(5) 南京某中小跨径桥热拌环氧沥青铺装工程应用表明,铺装表面平整密实,无明显的轮迹、裂缝、油包等缺陷,且无明显离析;渗水系数、平整度、摩擦系数、构造深度等检测结果均符合设计要求,施工合格率 100%。

参考文献:

- [1] 张可强,曹健,吴钊.中小跨径刚柔组合式钢桥面铺装力学响应研究[J].现代交通技术,2021,18(1):45-49;55.
- [2] 陈安京,张辉,周橙琪,等.快固高韧树脂在市政中小跨径钢桥面铺装中的应用[J].市政技术,2021,39(8):42-45.
- [3] 毛伟琦,胡雄伟.中国大跨度桥梁最新进展与展望[J].桥梁建设,2020,50(1):13.
- [4] 宋建军,陈鑫,张辉,等.树脂混凝土坑槽修补技术在鄂东大桥钢桥面铺装中的应用[J].公路交通科技(应用技术版),2020,16(11):218.
- [5] 罗兵,陈涛,潘友强.沪苏通长江公铁大桥主航道桥公路钢桥面铺装技术研究[J].世界桥梁,2021,49(2):64.
- [6] 唐咸远,彭政玮,湛文涛.环氧树脂沥青在双塔不对称斜拉桥钢桥面铺装层的应用研究[J].公路,2021,66(8):23-28.
- [7] 徐伟,李孝旭,苏权科,等.热拌环氧沥青混凝土钢桥面铺装施工控制试验研究[J].公路,2014,59(10):17-21.
- [8] 章守贵.环氧沥青桥面铺装路用性能及施工控制[J].筑路机械与施工机械化,2011,28(9):70-72.
- [9] 周健,魏小皓,刘鉴,等.钢桥面铺装用热、温拌环氧沥青混凝土性能对比[J].公路,2018,63(11):1-7.
- [10] 郝增恒.大跨径钢桥面铺装典型结构路用性能评价与研究[J].公路,2012(6):103.
- [11] 吴德旭.南京铁心桥钢桥面热拌环氧混凝土铺装施工工艺[J].城市建设理论研究(电子版),2025(12):85-87.
- [12] 冯锐.钢桥面环氧沥青混凝土面层铺装施工技术研究[J].建材发展导向,2023,21(4):88-90.
- [13] 刘纪慧.京沪高速公路中小跨径桥梁桥面铺装病害维修对策[J].中国科技信息,2013(11):78;82.
- [14] 张萍,柳月,郑连胜.市政道路新型环氧沥青路面铺装施工技术研究[J].建设机械技术与管理,2025,38(5):102-104;107.
- [15] 张德佳.基于病害控制的城市中小跨径钢桥面铺装设计[J].城市道桥与防洪,2016(6):150-152;159.
- [16] JTG T 3364—2019 公路钢桥面铺装设计与施工技术规范[S].
- [17] JTG 3410—2025 公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].