

沥青混合料运输与摊铺温度控制技术研究

孙 恒

招商智翔道路科技（重庆）有限公司 重庆 400060

【摘 要】：钢桥面铺装使用 GA 浇注式沥青和 SMA 高弹改性沥青复合结构，两种混合料的性能差别很大，温度控制标准、施工工艺也完全不同。GA 混合料靠高温自流成型不需要碾压，SMA 混合料必须依靠振荡压路机在规定温度区间完成压实，整个过程温度波动直接影响到铺装层的密实度、抗车辙能力以及层间粘结耐久性。本文以燕矶长江大桥双层钢桁梁铺装工程为基础，对运输环节温损成因进行分析，确定出两类混合料出厂、到场、摊铺、碾压临界温度指标，提出分环境、分材料的温控成套措施，并通过现场实测数据验证温控方案的实施效果，为大跨钢桥面铺装标准化温控施工提供一定的参考。

【关键词】：钢桥面铺装；混合料运输；摊铺碾压

DOI:10.12417/2811-0536.26.09.017

引言

燕矶长江大桥为主跨 1860m 双层四主缆悬索桥，上下层铺装总面积超 13 万 m²，铺装体系为 3cm GA10+3.5cm SMA10 组合结构。区域夏季桥面极端温度可以达到 70℃以上，江面大风、昼夜温差大，混合料热量散失快。GA 混合料高温流动性是自流成型的关键，温度不够会造成奥埃尔流动性差，产生麻面、空隙病害；SMA 混合料温度太低会使集料嵌挤不充分，压实度达不到要求，温度过高又容易造成泛油、推移。目前大部分路面温控研究只对普通公路混合料进行研究，没有考虑钢桥面双层结构、大风江域环境下的 GA 和 SMA 两种不同的温控体系。本文根据项目情况和现场试验监测数据，从运输保温、摊铺温控、SMA 碾压温度控制、智能监测四个方面进行研究，分别对 GA 自流成型、SMA 振荡压实两种工艺的温度控制要点进行分析，形成适合大跨钢桥的沥青混合料温控技术体系。

1 混合料温度管控核心标准

1.1 GA 浇注式沥青混合料温度指标

GA 混合料沥青含量高，依靠高温自流密实，无需碾压，运输用带搅拌保温 COOKER 专用罐车，温度区间远高于 SMA，关键控制温度见表 1。

表 1 GA10 混合料全流程温度控制标准

工序节点	控制温度	管控要求
集料加热	290~320℃	严控上下限，温度过低混合料流动性不足，过高加速沥青老化
沥青加热	170~185℃	恒温储存，避免局部超温碳化
拌和出厂温度	220~250℃	超出 250℃直接废弃

到场温度	≥220℃	运输时长不宜超过 4h，最长不超过 6h
摊铺温度	220~250℃	摊铺现场实时测温，低于 220℃禁止摊铺

GA 摊铺完成后依靠自身流动性填筑成型，只撒布预拌碎石并配合多轮组设备轻压嵌入，没有传统的碾压工序，温度控制主要集中在运输保温和摊铺连续性上，杜绝长时间停工降温。

1.2 SMA 高弹改性沥青混合料温度指标

SMA 混合料用 13t 振荡压路机进行初压、复压、终压，压实窗口期短，温度下降后集料嵌挤效果大大降低，各工序临界温度见表 2。

表 2 SMA10 高弹改性沥青全流程温度控制标准

工序节点	控制温度	压实配套要求
集料加热	200~240℃	保证沥青充分裹覆集料
高弹沥青加热	160~170℃	防止弹性组分高温失效
拌和出厂温度	175~190℃	超过 190℃混合料作废
到场温度	≥175℃	低温大风环境出厂温度提升 5~10℃预留温损
摊铺温度	≥165℃	摊铺机熨平板提前预热至 130℃以上
初压起始温度	≥150℃	采用振荡压路机紧跟摊铺机，缩短降温间隔
复压控制温度	130~150℃	振荡高频低幅碾压，保障骨架嵌挤
终压完成温度	≥110℃	温度低于 110℃停止碾压，避免轮迹无法消除

钢桥面不能使用轮胎压路机，全部采用振荡钢轮压路机，振荡压实的温度容错率比振动压实高，但仍然需要严格遵循“紧跟慢压”的原则，缩短摊铺到碾压

的时间间隔，减少热量的流失。

表3 GA 与 SMA 温度管控核心区别

管控维度	GA 浇注式沥青	SMA 高弹改性沥青	
成型方式	高温自流成型， 无需碾压	振荡压路机压实成型	
出厂温度区间	220~250℃	175~190℃	温差值近 50℃
运输设备	带持续加热搅拌 COOKER 罐车	普通自卸保温运输车	
温损风险	长时间静置流动性 衰减	降温后压实度无法达 标	
环境影响	低温、大风易造成 摊铺空洞	温度过低易形成松散 面层	

2 运输环节温度损失机理与保温控制技术

(1) 混合料温损主要影响因素：结合大桥江面开阔、常年多风的现场监测，混合料运输热量散失分为三个途径，即车厢侧壁对流散热、顶面空气对流散热和混合料内部温差传导。实测结果表明，当风速大于5m/s的时候，混合料顶面10分钟内降温可达4~7℃；运输距离每增加1km，平均降温约1.2℃；装载量不够、覆盖不完全均会加大温损。现场进行三组对比试验，环境气温为22℃、平均风速为4m/s，运输距离为6km，记录不同保温措施下 SMA 混合料到场温度。

经过试验表明，车厢双层密闭保温结构可以降低70%以上的热量损失，单层篷布保温效果非常差，在大风江面环境中不能达到 SMA 到场温度的最低标准。GA 混合料专用 COOKER 车辆自带罐体加热搅拌系统，温损控制好于自卸车，但还需要做好罐体外部保温包裹。

(2) GA 混合料运输温控措施：装料前罐体提前预热到130~140℃，全程低速搅拌，防止混合料局部降温离析；罐体外面包覆隔热保温层，减小江面上横风造成的持续散热；单次运输搅拌时间控制在45min~4h，超过6h的混合料流动性不合格，不得摊铺；每车卸料前取样检测刘埃尔流动性及罐体实时温度，双指标合格后方可卸料摊铺。

(3) 现场运输组织优化：大桥上下层都设了不同的运输线路，下层运距7公里，上层运距6公里，桥头设车辆清洁缓冲区，防止长时间怠速降温。雨天、大风天气调整拌和出料节奏，减少车辆排队等候时间，每天施工前根据天气预报调整出厂基准温度，风速大于6m/s时 SMA 出厂温度上浮8~10℃预留温损。

3 摊铺阶段精细化温度控制工艺

(1) GA 混合料摊铺温控要点：GA 依靠高温自流填塞钢桥面行车道，摊铺温度为控制性指标。摊铺机熨平板提前预热到160℃以上，防止低温设备接触混合料快速降温、局部凝固；摊铺速度稳定控制在1.5~3m/min之间，匀速连续作业，中途停机不超过5min，停机时间超过30min的废弃末端低温混合料。

(2) SMA 混合料摊铺温控成套方案：SMA 摊铺完成后留有极短的压实窗口期，温控主要目的是缩短摊铺到碾压的间隔时间。全幅无人摊铺设备最大摊铺宽度适应桥面，无纵向冷接缝，防止接缝处低温松散；熨平板预热至150℃防止低温板面粘附混合料、出现局部降温离析；摊铺速度为2.5-3.5m/min，拌和产能与摊铺速度匹配，料斗内混合料保持2/3高度，防止空斗快速降温；移动防风围挡沿摊铺两侧设置，阻止江面横风带走表层热量，表层温降速率降低50%；改性乳化黏层油完全破乳后立即进行 SMA 摊铺，防止黏层受潮降温，影响层间粘结强度。

4 SMA 振荡碾压温度管控关键技术

GA 混合料无碾压工序，本节只对 SMA 振荡压实温度控制进行研究。钢桥面不能用轮胎压路机，全部采用13t双钢轮振荡压路机，按照高频、低幅、紧跟、慢压的压实原则分初压、复压、终压三段温度控制。

(1) 初压温控工艺：初压是骨架嵌挤成型的关键工序，初始温度不得小于150℃，摊铺机后10m内立即安排振荡压路机跟上，碾压速度控制在3km/h以内，静压1~2遍消除表层推移。如果间隔大于30m，表层温度降到140℃以下时，集料不能很好地粘结在一起，后期容易产生车辙病害。

(2) 复压温控工艺：复压为密实度核心工序，温度区间为130-150℃，采用多台振荡压路机梯队同步作业，上层桥设7台振荡设备、下层设5台，重叠碾压宽度为轮幅的2/3。该温度区间内混合料的塑性最好，振荡剪切力可以完全填充集料的空隙，现场实测温度达标路段压实度≥94%，低于130℃路段压实度≤88%~91%，达不到设计要求。

(3) 终压温控工艺：终压作用消除轮迹，完成温度底线110℃，用单台振荡静压收光，温度不足强行碾压会产生永久轮迹，不能消除。低温下缩短碾压梯队间隔，减小热量散发。

(4) 碾压温度现场实测对比：选用试验段检测70℃动稳定度指标，数据表明，碾压温度不符合要求，会使 SMA 高温稳定性下降，大大缩短钢桥面铺装的

使用寿命, 振荡压实必须严格控制在规定温度范围内进行。

5 全过程智能温度监测体系

依靠项目信息化施工平台搭建起全链路温度监控系统, 涵盖拌和、运输、摊铺、碾压全过程, 完成温度异常的即时报警。拌和站监控, GA、SMA 两套独立的温控系统, 对集料、沥青、混合料出厂温度进行逐盘采集, 超温、低温自动弹窗预警, 并保存生产台账, 符合 10 年建养一体化溯源的要求; 运输监控方面, COOKER 罐车、自卸运输车全部装有温度定位终端, 后台可以实时显示车辆位置、混合料实时温度, 低温车辆不得进入桥面施工区; 摊铺碾压监测, 无人摊铺、振荡压路机集成北斗定位和多点温度采集模块, 实时回传摊铺界面温度、碾压轨迹、碾压时混合料温度, 自动标记低温碾压区域; 现场移动气象站可以实时采集环境温度、风速、湿度, 当风速大于 10m/s、气温小于 10℃时自动发出温控调节的提示信息, 动态调节出厂温度和施工速度; 质检闭环, 专职人员用红外测温枪、无核密度仪现场复核, 每 50m 留下温度和压实检测记录, 形成温度-质量对应数据库, 方便以后养护追溯。

6 特殊工况温控保障措施

(1) 高温夏季施工: 夏季桥面表层最高温度为 70℃, SMA 摊铺后降温慢, 容易出现高温推移。措施有调整施工时间到早晚低温时段、控制拌和出厂温度上限、减少碾压遍数、复压后及时封闭桥面、避免阳光长时间照射造成表层软化。GA 混合料控制摊铺后表面温度, 高温时段增加预拌碎石撒布和嵌入施工频次, 防止表层沥青流淌。

(2) 雨季与大风天气: 降雨、风速大于 10m/s 时停止防水和沥青摊铺作业。江面 4~6 级微风施工时, 边侧设置防风网以减少空气对流散热; 雨后钢桥

面板温度较低, 待板面完全干燥、温度回升到 10℃以上后再复工, 防止低温基面快速带走混合料热量。

(3) 低温春秋施工: 环境气温低于 15℃时, 两类混合料出厂温度均上浮 5~10℃, 运输保温层提高, 现场测温次数增加, 摊铺机和压路机间距缩短, 所有工序连续作业, 减少停工降温。

(4) 工程应用效果: 燕矶长江大桥钢桥面铺装全过程采用差异化温控体系, GA 混合料到场温度合格率 100%, 刘埃尔流动性全部控制在 5~20s 范围内; SMA 混合料到场温度合格率 99.6%, 振荡碾压段压实度均满足设计要求, 70℃动稳定度均超过 2500 次/mm, 高于规范最低要求。全线铺设完成后没有出现由于温度不足引起的松散、推移、空洞等病害, 依靠温控采集台账实现施工参数全过程可追溯, 符合 10 年建养一体化管理的要求。

7 结论

钢桥面 GA 自流型沥青和 SMA 振荡压实沥青温度控制体系完全独立, GA 注重运输过程中持续加热保温、摊铺密闭防控温, SMA 主要缩短摊铺碾压间隔, 在 150~110℃区间内完成振荡压实; 江面大风环境下普通单层篷布保温效果不佳, 双层纳米气凝胶保温结构可降低 70%以上的温损, 是保证混合料到场温度的关键运输手段。SMA 压实质量很大程度上取决于碾压温度, 初压低于 150℃、终压低于 110℃都会导致骨架嵌挤效果下降, 高温稳定性急剧降低, 钢桥面施工必须使用振荡压路机并严格按温度窗口施工; 拌和-运输-摊铺-碾压一体化智能测温系统可以实现温度动态预警, 根据移动气象站实时变化的温度基准值来调节出厂温度, 适应江面多变的气候, 有效避免了由于温度造成的铺装病害; 本文所形成的分材料、分环境成套温控技术, 在同类型大跨双层钢桁梁桥面铺装工程中可以复制推广, 为平安百年品质工程铺装温控标准化施工提供技术支持。

参考文献:

- [1] 耿韩, 彭龙洋, 周玥, 等. 沥青混合料摊铺温度离析与压实均匀性提升研究进展[J/OL]. 交通运输工程学报, 1-20 [2026-06-29].
- [2] 何朝辉, 彭西波, 刘卡迪. 沥青路面摊铺温度对混合料路用性能的影响[J]. 工程技术研究, 2026, 11(7): 116-119.
- [3] 孙福. 高速公路路面沥青混合料摊铺施工技术要点[J]. 汽车画刊, 2026, (3): 65-67.
- [4] 杨浩亮. 改性沥青混合料摊铺温度控制与压实质量关联性研究[J]. 运输经理世界, 2026, (8): 22-24.
- [5] 胡锋光. 公路路面施工中沥青混合料摊铺的施工技术[J]. 交通科技与管理, 2025, 6(21): 94-96.