

重载高速路段 SMA 改性沥青路面压实工艺优化及质量管控

王家鹏

(四川省交通建设集团有限责任公司, 四川 成都 610036)

摘要 重载高速公路具有轴载大、渠化交通显著、重载车辆占比高的特点, 对路面抗车辙、抗剪切、抗疲劳性能提出了严格要求。SMA 改性沥青路面凭借骨架密实结构的性能优势, 在重载高速路段得到广泛应用, 但压实工艺不当易引发路面早期病害, 严重缩短使用寿命。本文梳理 SMA 改性沥青路面压实现存工艺问题, 系统优化压实设备组合、温度控制、作业参数与特殊部位处理工艺, 构建全链条质量管控体系, 以为同类重载高速工程施工提供参考。

关键词 重载高速公路; SMA 改性沥青路面; 压实工艺; 质量管控

中图分类号: U416.217

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.26.005

0 引言

随着我国货运物流行业的快速发展, 重载高速公路的交通荷载持续提升, 大轴载、高频率的渠化交通, 极易引发路面车辙、松散、开裂等早期病害, 严重影响道路运营安全与使用寿命。SMA 改性沥青路面具备优异的抗变形、抗滑、耐久性能, 是重载高速路面的首选结构形式, 而压实质量是决定路面长期性能的关键环节。当前多数工程仍沿用通用压实工艺, 未针对重载需求开展专项优化。因此, 开展重载高速路段 SMA 改性沥青路面压实工艺优化研究, 构建全链条质量管控体系, 对保障路面使用寿命、降低养护成本、提升道路运营安全具有重要的价值。

1 重载高速路段 SMA 改性沥青路面压实现存问题

当前多数重载高速 SMA 路面施工中, 压实工艺仍存在明显的适配性缺陷, 无法满足重载交通的长期性能要求。(1) 设备组合选型不合理, 盲目沿用普通沥青路面的压实设备组合, 违规使用轮胎压路机进行复压, 导致玛蹄脂上浮、路面构造深度不足, 部分工程选用的压路机吨位、振频振幅不匹配 SMA 混合料特性, 无法形成稳定的骨架嵌挤结构^[1];(2) 压实温度控制粗放, 未针对改性沥青特性与现场环境温度优化压实温度区间, 普遍存在初压温度偏低、终压结束温度超标等问题, 错过最佳压实窗口, 导致压实度不足、空隙率超标^[2];(3) 特殊部位压实工艺缺失, 纵横向接缝、

边角部位未制定专项压实方案, 常规压实工艺无法保证薄弱部位的压实质量, 成为路面结构的短板, 在重载交通作用下快速出现病害。

2 重载高速路段 SMA 改性沥青路面压实工艺优化

2.1 压实设备选型与组合工艺优化

设备选型与组合是压实工艺优化的基础, 需严格适配 SMA 改性沥青混合料的结构特性, 严禁使用轮胎压路机进行主压实作业, 避免沥青玛蹄脂上浮。针对重载高速路段的压实要求, 优化形成“双钢轮振动压路机为主、小型压实设备为辅”的全流程设备组合方案, 明确各压实阶段的设备选型与功能定位。

初压阶段选用 13 t 级双钢轮振动压路机, 具备高频低幅振动功能, 主要作用是稳定混合料, 避免摊铺后混合料推移、开裂, 为复压创造条件; 复压阶段选用 14 t ~ 16 t 级双钢轮高频振动压路机, 是保证压实度的关键环节, 需具备 35 Hz ~ 50 Hz 的可调高频振动功能, 实现粗集料骨架的有效嵌挤, 同时避免集料破碎^[3]; 终压阶段选用 11 t ~ 13 t 级双钢轮压路机, 以静压模式作业, 主要作用是消除轮迹, 保证路面平整度; 针对纵横向接缝、桥头搭板、边角等大型设备无法压实的部位, 配套选用 2 t ~ 3 t 级小型振动压路机与振动夯板, 开展补充压实, 消除压实薄弱点。优化后的设备组合可实现各压实阶段的功能互补, 既保证了主压实段的压实度与骨架稳定性, 又解决了薄弱部位的压实不足问题。

作者简介: 王家鹏 (1990-), 男, 本科, 助理工程师, 研究方向: 道路与桥梁。

2.2 压实温度区间与作业段长度优化

压实温度是决定 SMA 改性沥青混合料压实效果的关键因素，针对重载高速路段的高标准要求，结合 SBS 改性沥青的黏度—温度特性，优化压实全流程的温度控制区间，同时结合现场环境温度、风速优化摊铺作业段长度，确保在最佳压实窗口内完成全部压实作业。

优化后的温度控制标准为：混合料摊铺温度不低于 170℃，初压起始温度不低于 160℃，复压作业温度控制在 140℃~160℃之间，终压结束温度不低于 110℃，相较于普通沥青路面，各阶段温度阈值提升 10℃~15℃，有效拓宽了有效压实窗口。作业段长度采用动态优化方式，结合环境温度、风速、摊铺速度实时调整：在环境温度≥25℃、无风条件下，单次摊

铺作业段长度控制在 40 m~50 m；在环境温度 15℃~25℃、微风条件下，作业段长度控制在 25 m~35 m；环境温度 10℃~15℃、风速≥3 级时，作业段长度控制在 15 m~25 m；环境温度低于 10℃时，严禁开展 SMA 改性沥青路面摊铺压实作业^[4]。通过温度与作业段长度的协同优化，可确保全部压实作业在混合料最佳黏度区间内完成，避免低温压实导致的压实度不足问题。

2.3 压实作业参数精细化优化

针对重载高速路段对压实度、空隙率的严格要求，对压实速度、振动参数、压实遍数开展精细化优化，形成标准化的作业参数体系，避免经验操作导致的欠压或过压问题，优化前后的作业参数对比如表 1 所示。

表 1 重载高速 SMA 改性沥青路面压实工艺优化前后作业参数对比

压实阶段	控制指标	优化前通用参数	优化后专项参数
初压	作业速度 (km/h)	3~4	2~3
	振动参数	低频高幅，振频 20 Hz~30 Hz， 振幅 0.8 mm~1.2 mm	高频低幅，振频 35 Hz~45 Hz， 振幅 0.3 mm~0.6 mm
	压实遍数	1 遍	1 遍~2 遍（前进振动、后退静压）
	作业速度 (km/h)	4~5	3~4
复压	振动参数	中频中幅，振频 30 Hz~35 Hz， 振幅 0.6 mm~1.0 mm	高频低幅，振频 40 Hz~50 Hz， 振幅 0.4 mm~0.8 mm
	压实遍数	2 遍~3 遍	3 遍~4 遍（全幅振动压实）
	作业速度 (km/h)	5~6	3~5
终压	作业模式	振动压实	静压
	压实遍数	1 遍	1 遍~2 遍，至轮迹完全消除

优化后的作业参数以“高频低幅”为基本原则，高频振动可保证粗集料骨架的有效嵌挤，低幅振动可避免集料破碎，同时严格控制压实速度与遍数，确保压实度达标且空隙率稳定在 3.5%~4.5% 的最优区间内。在现场施工中，需安排专人全程监控作业参数，严禁随意调整速度、振动参数与压实遍数，保证工艺执行的一致性。

2.4 特殊部位与接缝压实工艺优化

纵横向接缝、桥头搭板、匝道出入口等部位，是重载高速渠化交通的集中作用区，也是路面压实的薄弱环节，针对此类部位制定专项压实优化方案，消除路面结构短板。

横向接缝采用平接缝工艺，摊铺前用切割机垂直切除端部厚度不足、温度过低的混合料，清理切面并涂刷粘层油，摊铺时调整摊铺机熨平板高度，保证接缝处摊铺厚度与平整度达标；压实作业先采用双钢轮

压路机开展横向跨缝压实，压路机 90% 轮宽位于已压实路面，10% 轮宽位于新铺混合料，逐步横向推移至全幅压实，再转为纵向常规压实，确保接缝处压实度与平整度符合要求。纵向接缝采用热接缝工艺，两台同型号摊铺机梯队作业，前后间距控制在 10 m~20 m，摊铺幅宽重叠 5 cm~10 cm，压实作业先跨缝碾压，压路机轮宽 1/2 位于先铺路面、1/2 位于新铺路面，再分别对两幅路面开展全幅压实，避免出现接缝压实不足的问题。针对桥头搭板、路缘石边角等大型设备无法压实的部位，采用小型振动压路机与振动夯板开展分层补充压实，确保边角部位压实度不低于主路面标准。

3 重载高速路段 SMA 改性沥青路面压实质量管控体系构建

3.1 原材料进场源头质量管控

1. 严格控制原材料技术指标，粗集料选用耐磨、坚硬的玄武岩碎石，压碎值≤26%，针片状含量≤15%，与改

性沥青的黏附性 ≥ 5 级,保证骨架嵌挤稳定性;SBS 改性沥青的软化点 $\geq 60\text{ }^{\circ}\text{C}$, $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 动力黏度 $\geq 20\ 000\text{ Pa}\cdot\text{s}$,延度($5\text{ }^{\circ}\text{C}$) $\geq 20\text{ cm}$,保证混合料的压实窗口与黏结性能;矿粉选用石灰岩磨细矿粉,亲水系数 ≤ 1 ,无团粒结块;木质素纤维掺量严格控制在混合料总质量的 $0.3\%\sim 0.4\%$,保证沥青玛蹄脂的稳定性^[5]。

2. 建立进场检验制度,每批次原材料进场时,必须查验出厂合格证与检验报告,同时现场取样开展第三方复检,复检不合格的原材料严禁进场,严禁不合格原材料流入施工环节。

3. 建立原材料溯源台账,详细记录每批次原材料的产地、规格、进场时间、检验结果、使用部位,实现原材料全流程可追溯。

3.2 施工过程全流程动态质量管控

施工过程动态管控是保障压实工艺落地的关键环节,针对摊铺、压实全流程建立“实时监测、动态调整、全程记录”的管控机制。一是摊铺过程管控,严格控制摊铺速度在 $2\text{ m/min}\sim 3\text{ m/min}$,保持匀速、连续摊铺,严禁频繁停机、变速,保证摊铺混合料的温度均匀性与厚度一致性,现场安排专人监测摊铺温度,摊铺温度低于 $170\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的混合料严禁使用。二是压实过程实时管控,现场配备专职质量管理员与红外测温仪,全程监测各压实阶段的混合料温度,严禁在规定温度区间外开展压实作业;全程监控压实设备组合、作业速度、振动参数、压实遍数,确保严格执行优化后的工艺参数,每作业段的压实过程全程录像归档。三是压实质量快速检测,采用无核密度仪在压实完成后立即开展现场压实度与空隙率快速检测,每 20 m 检测一个断面,每个断面检测 3 个点,若检测结果不达标,立即在混合料温度降至终压温度前补充压实,若出现过压迹象,立即分析原因调整工艺参数,实现压实质量的动态管控与及时调整。

3.3 重载路段专项质量验收管控

针对重载高速路段的严格使用要求,制定高于行业规范的专项验收标准,开展分层、分批次的质量验收,未通过验收的作业段严禁进入下一道工序。专项验收分为过程验收与竣工验收两个阶段,过程验收针对每个作业段的压实度、空隙率、平整度、渗水系数开展检测,竣工验收针对全路段的路面性能开展全面检测。

专项验收采用“施工单位自检—监理单位复检—第三方检测机构抽检”的三级验收制度,自检、复检、抽检的合格率必须达到 100% ,对接缝、桥头搭板等

薄弱部位,检测频率提升一倍,确保全路段压实质量均匀、达标。

3.4 质量追溯与问题闭环管控

建立压实质量全流程追溯体系与问题闭环管控机制,实现施工全过程可追溯、质量问题全闭环。首先,构建全流程质量追溯台账,详细记录每个作业段的原材料批次、混合料配合比、摊铺温度、压实设备参数、压实温度、压实遍数、检测数据、作业人员、监理人员等信息,配套归档施工过程影像资料,实现每个作业段的压实质量全流程可追溯。其次,建立质量问题闭环处置机制,针对自检、复检、抽检中发现的质量问题,立即下达整改通知,组织技术人员分析问题成因,制定专项整改方案,明确整改时限与责任人;整改完成后,重新开展检测验收,验收合格后方可闭环,严禁不合格部位隐瞒不报或擅自进入下一道工序。最后,建立质量责任终身制,明确施工、监理、检测各环节的质量责任人,将压实质量与责任人的绩效、资质挂钩,强化各环节人员的质量责任意识,确保管控体系落地执行。

4 结束语

本文针对重载高速路段 SMA 改性沥青路面的工程特性与压实难点,系统梳理了现有压实工艺的适配性缺陷,从设备组合、温度控制、作业参数、特殊部位处理四个维度完成了压实工艺的全面优化,构建了覆盖源头管控、过程管控、专项验收、追溯闭环的全链条质量管控体系。研究成果可有效解决 SMA 路面压实不足、空隙率超标、薄弱部位病害频发的问题,保障重载交通下路面的长期性能。未来可结合智能压实技术,实现压实参数的实时动态调整,进一步提升路面压实质量的稳定性与均匀性。

参考文献:

- [1] 宋鹏云.高速公路大空隙排水沥青路面施工质量控制研究[J].工程建设和设计,2026(01):196-198.
- [2] 金魁.高速公路沥青路面摊铺工艺优化与质量控制[J].工程机械与维修,2026(01):137-139.
- [3] 张志远.高速公路沥青路面 3D 智能摊铺与压实质量控制技术研究[J].全面腐蚀控制,2025,39(11):303-305.
- [4] 孙得治.高速公路沥青混合料路面的施工质量控制[J].价值工程,2025,44(13):157-160.
- [5] 周鹏飞.高速公路沥青混凝土路面冬季施工质量控制措施[J].工程机械与维修,2026(01):101-103.