

道路沥青混凝土路面施工质量缺陷分析及全流程管控对策与研究

范喜春

绍兴东盛交通工程检测有限公司，浙江绍兴，312500；

摘要：沥青混凝土路面施工质量缺陷直接影响道路服役性能与寿命，本研究系统识别了原材料缺陷、混合料离析、摊铺不平整、压实不足等核心质量缺陷类型，并深度剖析其成因涉及材料管控失效、工艺参数失准、过程连续性中断等关键因素，基于全流程视角，构建了覆盖原材料优选与仓储、混合料精准拌合与保温运输、摊铺参数动态优化、压实工艺科学决策的精细化管控体系，通过源头控制、过程监控与标准化作业，为道路工程质量管理提供了系统性解决方案，对延长路面使用寿命具有重要实践价值。

关键词：沥青混凝土路面；施工质量；流程管控

DOI：10.69979/3029-2727.25.09.001

引言

随着交通荷载与环境作用的日益严峻，沥青混凝土路面的早期病害问题凸显，施工阶段埋藏的质量缺陷成为制约道路寿命的关键瓶颈，当前工程实践表明，原材料波动、混合料离析、摊铺不均匀及压实不足等系统性缺陷，显著降低了路面的结构完整性与功能持续性，本研究旨在深度解析施工核心环节的质量缺陷成因，构建覆盖材料遴选、生产运输、摊铺压实全链条的精细化管控体系，通过工艺参数优化与过程监控创新，实现质量风险的前置防控，为提升我国道路工程耐久性提供理论支撑与技术路径。

1 沥青混凝土路面施工质量缺陷类型

沥青混凝土路面在施工阶段显现的质量缺陷，从根本上制约着道路结构的长期服役性能与耐久性，其中材料层面的非均质性与工艺执行偏差所引发的两类缺陷尤为突出且具有普遍性，材料非均质性缺陷主要表现为原材料品质波动及混合料级配失控，前者源于沥青老化指标超标、集料针片状颗粒含量累积性上升或关键筛孔通过率偏离等技术参数异常，后者则因拌合工艺失准导致油石比漂移或微观裹覆不均，这两者共同构成混合料内部结构的先天不足，在宏观上诱发局部松散、泛油或抗疲劳能力衰减等连锁反应。工艺执行偏差缺陷则集中体现于摊铺与压实环节的形态失真与密实度不均，摊铺过程因设备参数与工况失配或作业中断形成厚度波动、纵向离析带及表面纹理撕裂，而压实阶段因碾压方案失

当或热压实窗口错失，直接导致压实度在空间分布上的显著差异，表现为轮迹、局部孔隙率异常或层间粘结失效，此类缺陷不仅破坏路面平整度与行车舒适性，更是水损害与车辙等早期病害的结构性诱因。除此之外，施工过程中接缝处理不当与外部环境干预亦是不可忽视的缺陷来源，接缝部位因切割清理不彻底或碾压工艺不适配，常呈现跳车、开裂或结合面松散等结构性薄弱点，而环境因素如突降雨水、低温大风或基层湿度超标，则通过改变混合料工作性或层间粘结条件，间接引发局部离析、压实度不足或延迟开裂，这两类缺陷虽表现形式各异，其本质仍是施工过程对外界变量响应的失控^[1]。

2 沥青混凝土路面施工质量缺陷成因深度分析

2.1 原材料质量控制因素

沥青混凝土路面施工质量的基础性缺陷，其根源往往深植于原材料质量控制的失效环节，其中两个核心问题尤为突出，其中首要关键点在于供应商管理体系存在实质性疏漏，未能建立严格的筛选、评估与动态监控机制，致使不合格或质量波动大的原材料得以流入生产环节，同时进场检验程序流于形式或检测手段灵敏度不足，无法有效识别诸如沥青老化指标临界超标、集料级配关键筛孔通过率偏离或针片状颗粒含量累积性超标等潜在风险，进而为混合料性能的先天不足埋下伏笔。另一个不可忽视的深层因素是原材料储存与保管环节的规范性缺失，集料堆场未实施有效的分仓隔离与防污染措施，不同规格物料混杂或外界泥水侵入现象普遍，而沥

青储罐的保温与循环系统运行不良则直接导致其技术指标在存储期内发生不可逆的衰变,特别是沥青的粘度与延展性指标劣化,这两方面管理的松懈共同构成了原材料质量波动的系统性诱因,其后果贯穿整个路面结构生命周期。

2.2 混合料生产与运输环节因素

在混合料生产与运输阶段,导致最终路面缺陷的成因主要聚焦于工艺执行的精确度失控与过程管理的粗放性,拌合环节的精确度失控是首要症结,拌合楼的关键计量系统(如沥青流量计、骨料称重传感器)缺乏定期高精度标定与维护,其累积性误差直接导致实际油石比偏离设计值,或者级配关键粒径的投料比例发生难以察觉的漂移,同时拌合时间设置不合理或叶片磨损未及时更换,使得混合料未能达到充分的均匀裹覆状态,内部存在微观的沥青膜分布不均或局部集料团聚现象,这种内在的不均质性成为后期离析和压实困难的根源。与此同时,运输过程的管理粗放性显著加剧了混合料性能的劣化风险,车辆装载方式不当及运输途中颠簸极易引发骨料按粒径大小重新分布的物理性离析,而运输途中的保温措施失效则造成混合料温度在时间和空间维度上产生显著梯度,这种温度离析加速了沥青的老化进程,且会严重削弱混合料到达摊铺现场时的可压实性窗口,使得摊铺与碾压难以在最佳状态下进行。

2.3 摊铺施工环节因素

摊铺作为形成路面平整度与均匀性的核心工序,其质量缺陷的成因可高度归结为设备操作参数设置的失当与现场作业连续性的破坏,设备参数设置的失当是影响摊铺均匀性的直接技术因素,摊铺机行进速度、振动频率与振幅等关键参数未能根据混合料特性(如类型、温度、摊铺厚度)和现场环境(如风速、基层温度)进行动态优化匹配,速度过快导致预压实度不足且易拉裂混合料,而振捣参数过低则无法有效排出内部空气形成初步密实结构,过高又可能引发集料过度破碎或沥青上浮,这种参数与工况的不适配性是摊铺离析、纹理不佳乃至厚度波动的根本性技术诱因。除此之外,现场作业连续性的破坏则构成了摊铺质量不稳定的管理性主因,供料系统组织不力导致摊铺机前待料或等料时间过长,使得先铺混合料温度骤降与后续热料形成明显温度断层,同时摊铺机频繁启停或料车卸料时对摊铺机的非柔性撞击,均会严重干扰熨平板的稳定浮动状态,在路面

留下难以消除的纵向或横向接缝痕迹,并加剧混合料的二次离析,这种作业流程的中断与干扰是路面平整度缺陷和局部离析无法回避的人为管理缺陷^[2]。

3 沥青混凝土路面施工全流程质量管控对策体系构建

3.1 原材料全流程管控

确保沥青混凝土路面具备优异且稳定的服役性能,其根本前提在于实施覆盖原材料获取、检验、储存直至使用的全链条精细化管控,其中构建严密的供应商准入与动态评价机制以及实现仓储环境的标准化管控构成了最为核心的两大支柱。供应商管理体系的科学化运行是阻断劣质材料流入的首要防线,这要求建立基于历史供货质量数据、生产能力、检测手段及信誉度的多维度综合评估模型,实施严格的准入审核与周期性复评,同时推行关键原材料(如沥青、特定粒径集料)的源头派驻监造或飞行抽检制度,进而在合同履行层面形成强有力的约束机制,从上游保障材料质量的一致性与可靠性。另一方面,仓储环节的标准化则是维系材料固有品质直至投入使用的关键保障,其核心在于依据材料物理化学特性设计差异化的储存方案并配备相应的设施,例如集料堆场必须实施不同规格间的硬质隔断并设置良好的排水系统以杜绝混杂与泥水污染,沥青储罐则需配备精确的温控与循环装置以防止其发生热老化或离析分层,同时建立严格的库存流转记录(先进先出原则)与定期巡检制度,这两方面协同作用能够最大限度地减少原材料在存储期内发生的性能衰减或变异,为后续工序提供性能稳定的物质基础。

3.2 混合料生产与运输过程管控

沥青混合料作为路面结构的成型介质,其生产与运输过程的质量稳定性直接决定了路面的最终表现,实现该目标的核心在于保障拌合环节的计量精度与工艺稳定性以及运输过程的有效保温与离析控制,其中拌合精度的控制是生产合格混合料的技术基石,重点在于对拌合楼核心计量系统(骨料秤、粉料秤、沥青秤)实施高频次、高精度的强制标定与日常维护保养,并利用实时数据采集与监控系统对每一盘混合料的实际投料比例进行动态校核与偏差预警,同时依据混合料类型与目标性能科学设定并严格执行最佳拌合时间与温度参数,确保骨料颗粒被沥青胶浆充分且均匀地裹覆,进而在微观层面奠定混合料的均匀性基础。进一步地,运输过程的

科学管理则是维系拌合成果直至摊铺现场的关键环节，其核心策略包括采用多位置分次卸料的装载方式以减轻装车引发的初始离析，为运输车辆配备性能可靠的全覆盖式保温篷布并规范其绑扎操作以最大限度地减少运输途中的热量散失与环境因素影响，同时优化运输路线规划与车辆调度管理以确保混合料能够连续、及时地供应至摊铺机前，避免因等待时间过长导致的温度梯度加剧与工作性下降，这两方面措施共同致力于将优质拌合的混合料以最小性能损失的状态送达施工前端^[3]。

3.3 摊铺施工过程精细化管控

摊铺工序是塑造路面几何线形、结构厚度与初始密实度的关键阶段，实现高质量摊铺的核心在于摊铺机工作参数的精准适配与优化以及保障摊铺作业的连续性与稳定性，工作参数的精准适配是实现均匀、平整摊铺层的直接技术手段，这要求操作人员深刻理解摊铺速度、振动（或夯锤）频率与振幅、熨平板仰角等核心参数与混合料特性、摊铺厚度及现场环境条件之间的内在关联规律，并在施工前进行充分的设备调试与试验段验证，在施工中根据实时反馈进行动态微调，例如在混合料温度偏低或粘度较高时适当降低速度并提高预压实能量，在摊铺较厚层时优化振幅设置以平衡预压实度与混合料稳定性，这种基于工况的参数动态优化是克服离析、保证厚度均匀与表面纹理良好的技术保障。除此之外，作业连续性与稳定性的保障则是维持摊铺质量均一性的管理核心，这涉及高效的供料系统组织、规范化的料车卸料操作以及摊铺机操作手的熟练技能与专注度，目标是实现摊铺机的匀速、连续、不间断行进，任何停顿或速度突变都会在地面留下明显的质量缺陷痕迹，同时熨平板浮动状态的稳定对于吸收基层微小不平整、输出平整的摊铺层至关重要，因此对基层的充分处理与粘结层质量的严格控制也是保障连续稳定摊铺不可或缺的前置条件。

3.4 压实工艺科学化管控

压实是赋予沥青混凝土最终结构强度、耐久性与表面功能的核心环节，其科学化管控的核心要义在于制定并执行基于混合料特性的最优碾压方案以及精确把握并充分利用热压实温度窗口，最优碾压方案的制定与执行是压实效果的决定性因素，这要求根据具体项目的混合料类型、设计厚度、环境温度等条件，预先通过试验

段确定最适宜的压路机组合，如双钢轮振动压路机与轮胎压路机的搭配方式及吨位选择，以及碾压遍数（初压、复压、终压的分阶段设定）、碾压速度、碾压路线（包括重叠宽度）以及振动模式（频率、振幅、启停时机），并在实际施工中严格遵守既定的工艺路线，如对于易发生推移的混合料或较厚层，采用“高频低幅”的振动模式并严格控制初压速度，对于需要揉搓密实的改性沥青混合料，轮胎压路机的充气压力与碾压时机需精确控制，这种方案化、规范化的碾压是达成高且均匀压实度、避免过压或欠压以及保证表面平整光滑的技术纲领。除此之外，热压实窗口的精确把握与利用则是压实工艺成败的关键物理条件，其核心在于建立覆盖整个碾压作业面的实时、多点红外温度监测系统，并将温度数据实时反馈至压路机操作手及现场指挥人员，确保初压能在混合料仍具有足够流动性时及时开始以形成初步稳定结构，复压在温度降至最佳压实区间时高效完成主体压实工作以获得目标密实度，终压则在材料尚未完全冷却前消除轮迹并修饰表面，任何滞后或超前于适宜温度窗口的碾压行为都将显著降低压实效果或引发质量缺陷，因此强大的温度监控能力与高效的碾压设备调度响应机制是把握稍纵即逝的热压实窗口、实现压实工艺科学化的根本支撑。

4 结束语

本研究系统揭示了沥青混凝土路面施工中原材料变异、工艺失准及管理疏漏所引发的质量缺陷形成机制，确立了全流程管控的核心地位，研究所构建的管控体系通过原材料溯源管理、拌合运输精准控制、摊铺参数动态适配及压实工艺科学决策，实现了质量风险从被动应对向主动预防的根本性转变，实践证明，该体系显著提升了路面均匀性与密实性，有效抑制了离析、不平整等典型缺陷。

参考文献

- [1]陈米兰. 市政道路沥青混凝土路面施工质量的控制分析[J]. 运输经理世界, 2021, (09): 157-158.
- [2]杨建凯. 市政道路沥青混凝土路面施工质量的控制技术分析[J]. 价值工程, 2020, 39(12): 111-112.
- [3]刘美辉. 市政道路沥青混凝土路面施工质量控制技术分析[J]. 四川水泥, 2019, (09): 45.