

沥青混凝土路面摊铺温度控制对施工质量的影响分析

丁 成

湖北交通工程检测中心有限公司 湖北 武汉 430200

【摘 要】：沥青混凝土路面凭借平整度高、行车舒适、维护便捷等优势，在公路建设中应用广泛。摊铺温度作为沥青路面施工的核心控制指标，直接影响混合料的和易性、压实效果及后续使用性能。本文结合沥青混凝土材料特性，系统分析摊铺温度对路面压实度、平整度、耐久性及粘结性的影响机制；通过梳理施工实践中温度控制的关键环节，总结当前温度管控存在的问题；提出针对性的温度优化控制措施。研究表明，合理控制摊铺温度在最佳区间，可显著提升路面施工质量，延长使用寿命。该研究为沥青混凝土路面施工温度管控提供实践参考。

【关键词】：沥青混凝土路面；摊铺温度控制；施工质量；压实度；耐久性

DOI:10.12417/2811-0722.26.01.048

1 引言

在公路工程建设中，沥青混凝土路面施工质量直接决定道路的使用性能和使用寿命。摊铺作业作为沥青路面施工的核心工序，其温度控制水平是影响施工质量的关键因素。沥青混合料具有热塑性特征，温度变化会直接改变其物理力学性能。摊铺温度过高易导致混合料离析、泛油，后期出现车辙、推移等病害；温度过低则会降低混合料和易性，增加压实难度，导致路面压实度不足，出现裂缝、松散等问题。近年来，随着公路建设等级的提升，对沥青路面施工质量的要求日益严格。然而在实际施工中，受沥青标号、环境条件、施工机械、运输距离等多种因素影响，摊铺温度控制常出现偏差，进而影响路面质量。基于此，深入分析摊铺温度控制对施工质量的影响，探索科学的温度管控方法，对提升沥青混凝土路面施工质量、降低后期维护成本具有重要的现实意义。

2 沥青混凝土摊铺温度控制的理论基础

2.1 沥青混合料的热塑性特性

沥青混合料由沥青、骨料、填料按一定比例混合而成，其中沥青作为粘结剂，其粘度随温度变化呈现显著的热塑性特征。温度升高时，沥青粘度降低，混合料流动性增强，便于摊铺和压实；温度降低时，沥青粘度增大，混合料逐渐变硬，和易性变差。当温度低于临界值时，混合料难以压实，易形成空隙率过大的路面结构。

2.2 摊铺温度的影响因素

沥青混凝土摊铺温度受多种因素综合影响，涵盖材料本身、施工过程及环境条件等多个方面，各因素的影响机制和控制要点存在差异。

表 1 摊铺温度的影响因素

影响因素类别	具体影响因素	影响机制	核心控制要点
材料特性	沥青标号	标号越高，沥青针入度越大，粘度越低，适宜摊铺	根据气候分区和道路等级选择匹配标号

		温度区间越低	
材料特性	混合料类型	改性沥青混合料粘度高于普通沥青，需更高摊铺温度	改性沥青混合料摊铺温度需提高 10-20℃
施工过程	运输距离	距离越长，运输过程中温度损失越大	合理规划运输路线，运输时间控制在 30 分钟内
施工过程	摊铺速度	速度过快易导致混合料散热加快，温度不均	保持 2-6m/min 匀速摊铺，避免频繁启停
环境条件	环境温度	低温环境下混合料散热快，高温环境下易超温	避开-5℃以下和 35℃以上极端天气施工
环境条件	风力等级	风力越大，混合料表面散热速度越快	风力大于 5 级时，采取挡风措施或暂停施工

2.3 最佳摊铺温度区间的确定

最佳摊铺温度区间需结合沥青标号和混合料类型确定，通过室内试验和现场试铺综合判定。普通沥青混合料的摊铺温度通常控制在 120-160℃，改性沥青混合料因粘度较高，摊铺温度需提升至 130-170℃。当环境温度低于 10℃时，需在最佳区间基础上提高 5-10℃；当环境温度高于 30℃时，需适当降低摊铺温度，避免混合料离析。

3 摊铺温度控制对沥青路面施工质量的影响分析

3.1 对压实度的影响

压实度是沥青路面强度和稳定性的核心保障指标，摊铺温度直接决定压实效果。温度过高时，沥青混合料流动性过强，压实过程中易出现推移、泛油现象，导致路面局部密实度过高，后期使用中易产生车辙；温度过低时，沥青粘度增大，混合料颗粒间摩擦力增强，压路机难以将混合料压实，路面空隙率过大，易进水引发水损害。通过现场试验数据可知，当摊铺温度处于最佳区间时，压实度合格率可达 98%以上；当温度低于最佳区间下限 10℃时，压实度合格率降至 82%；当温度高于最佳区间上限 10℃时，压实度合格率虽可达 95%，但路面泛油风险显著提升。

表2 摊铺温度控制对压实度的影响

摊铺温度 (°C)	压实度平均值 (%)	压实度合格率 (%)	路面空隙率 (%)	质量评价
110 (普通沥青, 低于最佳区间)	92.5	82	8.6	不合格, 空隙率过大
140 (普通沥青, 最佳区间)	96.8	98	4.2	优良, 各项指标达标
170 (普通沥青, 高于最佳区间)	97.2	95	3.1	合格, 但存在泛油风险
120 (改性沥青, 低于最佳区间)	93.1	85	7.8	不合格, 压实不足
150 (改性沥青, 最佳区间)	97.5	99	3.8	优良, 使用性能稳定

3.2 对平整度的影响

平整度是衡量沥青路面行车舒适性的关键指标, 摊铺温度不均会直接导致路面平整度下降。摊铺过程中, 若局部混合料温度过低, 其流动性差, 摊铺机熨平板难以将其熨平, 易形成局部凸起或凹陷; 若温度过高, 混合料易流淌, 在压路机碾压作用下易出现波浪状推移。现场监测数据显示, 当摊铺温度波动控制在 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 以内时, 路面平整度标准差可控制在1.2mm以内, 满足一级公路施工要求; 当温度波动超过 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 时, 平整度标准差升至2.0mm以上, 无法满足高等级公路质量标准。

3.3 对耐久性的影响

沥青路面的耐久性主要体现在抗老化、抗水损害和抗疲劳性能方面, 摊铺温度控制不当会显著降低路面耐久性。温度过高时, 沥青在高温环境下易发生老化, 针入度下降, 延度降低, 路面脆性增强, 后期易出现裂缝; 温度过低时, 路面压实度不足, 空隙率过大, 雨水易渗入路面内部, 浸泡沥青与骨料的粘结界面, 导致骨料松散、剥落, 引发水损害。通过长期跟踪观测发现, 摊铺温度控制在最佳区间的路面, 使用3年后的裂缝率仅为3.2%, 水损害面积不足2%; 而温度控制不当的路面, 3年后裂缝率升至15.6%, 水损害面积达12.3%, 耐久性大幅下降。

3.4 对层间粘结性的影响

沥青路面各结构层间的粘结性直接影响路面整体承载能力, 摊铺温度对层间粘结效果至关重要。摊铺下层路面时, 若温度过低, 沥青无法充分渗透到基层表面, 层间粘结力不足; 摊铺上层路面时, 若温度不足, 新铺混合料与下层路面的粘结界面易出现剥离, 导致路面出现推移、拥包等病害。试验表明, 当摊铺温度处于最佳区间时, 层间粘结强度可达0.6MPa以上; 当温度低于最佳区间 10°C 时, 层间粘结强度降至0.3MPa以下, 无法满足路面整体受力要求。

4 沥青混凝土摊铺温度控制现存问题

4.1 温度监测精度不足

部分施工单位仍采用传统的插入式温度计进行温度监测, 监测点数量少、分布不均, 难以全面反映混合料的实际温度。尤其是在摊铺幅宽较大时, 边缘与中心区域的温度差异无法及时监测, 易导致局部温度控制偏差。

4.2 运输过程温度损失管控不到位

运输车辆未采取有效的保温措施, 或运输路线规划不合理, 导致混合料运输过程中温度损失过大。部分工程中, 混合料从搅拌站出料到现场摊铺的温度损失超过 30°C , 远超允许范围, 直接影响后续压实效果。

4.3 摊铺过程温度不均

摊铺机摊铺速度不稳定, 频繁启停导致混合料在熨平板下停留时间不一致, 散热速度不同; 同时, 摊铺幅宽过大时, 两侧混合料散热速度快于中心区域, 易形成温度梯度, 影响路面平整度和压实度。

4.4 环境适应性调控不足

施工单位未根据环境温度、风力等实时条件调整摊铺温度, 在低温、大风等恶劣天气下仍按常规温度施工, 导致混合料和易性差, 压实困难; 高温天气下未及时降低摊铺温度, 易引发混合料离析、泛油。

5 沥青混凝土摊铺温度控制优化措施

5.1 完善温度监测体系

采用红外测温仪与插入式温度计结合的监测方式, 实现温度全方位、无死角监测。其中, 红外测温仪用于摊铺现场混合料表面温度的快速扫描, 可在不接触混合料的前提下, 实时获取摊铺幅宽内不同区域的温度分布, 尤其适用于检测边缘与中心区域的温度梯度; 插入式温度计则重点用于采集搅拌站出料口、运输车辆车厢内部及摊铺机料仓内混合料的核心温度, 深入混合料内部确保数据的准确性。在具体监测点设置上, 搅拌站出料口每间隔5车进行一次温度抽检, 运输车辆车厢内分别在车头、车尾、车厢中部设置3个监测点, 摊铺现场沿摊铺幅宽每2米设置1个监测点, 实时采集温度数据并做好书面记录。同时, 引入智能化温度监测系统, 将各监测点数据通过无线传输模块实时传输至项目控制中心, 系统内置温度预警阈值, 当温度超出允许范围时立即触发声光报警, 并自动推送预警信息至现场管理人员及操作人员的移动终端, 便于及时调整施工参数, 如调整搅拌温度、加快摊铺速度或采取保温措施等。

5.2 优化运输过程保温措施

针对运输过程中混合料温度损失过快的问题, 采取多层次保温措施提升保温效果。运输车辆车厢内壁采用6cm厚聚氨酯保温棉进行全包裹处理, 该材质具有良好的隔热性能, 可有效

减少车厢与外界的热量交换；车厢顶部覆盖双层防水保温篷布，内层选用针刺棉保温层，外层采用高密度防水帆布，篷布边缘采用弹性绳与车厢紧密固定，防止运输过程中因风力作用导致篷布掀开，避免热量快速散失。在运输规划方面，提前对施工路线进行实地勘察，结合实时交通路况规划最优运输路线，避开学校、商圈等易拥堵路段，并与交通管理部门沟通协调，必要时安排专人疏导交通，确保混合料从搅拌站出料到现场摊铺的运输时间严格控制在30分钟以内。对于运输距离超过5公里的施工路段，采用带有车厢底部加热功能的专用运输车辆，通过车载加热系统对混合料进行恒温加热，加热温度根据运输距离和环境温度动态调整，确保混合料到达摊铺现场时温度符合施工要求。

5.3 规范摊铺作业流程

严格规范摊铺作业流程，从摊铺速度、摊铺幅宽、设备参数调整等方面入手，减少摊铺过程中的温度损失。在摊铺速度控制上，保持摊铺机匀速行驶，速度严格控制在2-6m/min范围内，避免频繁启停导致混合料在熨平板下停留时间不一致，进而造成散热速度不同引发的温度不均。为确保匀速摊铺，安排专人负责指挥运输车辆卸料，保证摊铺机料仓内始终保持2/3以上的料位，避免因料位不足导致摊铺机速度波动。在摊铺幅宽控制上，单次摊铺幅宽控制在6-8米以内，若施工路段幅宽超过8米，采用梯队摊铺方式进行施工，即安排2台或多台摊铺机平行作业，相邻摊铺机间距控制在5-10米，前后摊铺层的摊铺时间间隔不超过15分钟，确保前后摊铺层温度有效衔接，减少搭接处的温度差。在摊铺机设备参数调整方面，提前30分钟对摊铺机熨平板进行预热，预热温度根据混合料摊铺温度确定，确保熨平板温度与混合料摊铺温度匹配，一般不低于100℃，避免冷熨平板与高温混合料接触导致局部温度骤降，影响摊铺平整度。

参考文献：

- [1] 曹婷.沥青混凝土路面摊铺温度对压实质量的影响分析[J].汽车周刊,2025,(12):133-135.
- [2] 蔡生峰.沥青混凝土路面铺装过程中的温度控制策略[J].中国水泥,2024,(09):115-117.
- [3] 张晓东,张发如,沈鹏,等.沥青混凝土路面渗水系数偏大原因分析及处治措施[J].公路,2023,68(07):297-303.
- [4] 窦熙.双层摊铺机修筑改性沥青混凝土路面施工工艺[J].大众标准化,2025,(18):89-91.
- [5] 陈春.沥青混凝土路面摊铺压实技术控制研究[C]//中国智慧工程研究会.2025 工程新技术与新方法经验交流会论文集.[出版者不详],2025:261-262.

5.4 强化环境适应性调控

施工前密切关注天气预报，避开极端天气施工；低温环境下，在混合料中添加温拌剂，降低摊铺温度需求，或采用加热设备对摊铺基层进行预热；大风天气下，在摊铺现场设置挡风屏障，减少混合料表面散热；高温环境下，适当降低搅拌温度，缩短混合料在现场的停留时间。

表3 实施效果

现存问题	优化措施	实施效果
温度监测精度不足	红外测温仪+插入式温度计+智能化监测系统	温度监测误差控制在±2℃以内，实时预警温度偏差
运输温度损失过大	保温篷布+加热式运输车辆+优化运输路线	运输过程温度损失控制在10℃以内
摊铺温度不均	匀速摊铺+梯队摊铺+熨平板温度匹配	摊铺温度波动控制在±5℃以内，平整度显著提升
环境适应性不足	温拌剂添加+基层预热+挡风屏障+调整搅拌温度	极端环境下仍可保证摊铺质量，合格率提升15%以上

6 结论

沥青混凝土路面摊铺温度控制直接影响路面压实度、平整度、耐久性 & 层间粘结性，是决定施工质量的核心环节。温度过高易导致混合料离析、泛油，温度过低则会造成压实不足、空隙率过大，均会缩短路面使用寿命。当前施工过程中存在温度监测精度不足、运输保温不到位、摊铺温度不均、环境适应性调控不足等问题。通过完善温度监测体系、优化运输保温措施、规范摊铺作业流程、强化环境适应性调控等优化措施，可有效控制摊铺温度在最佳区间，显著提升路面施工质量。实践表明，科学的温度管控可使路面压实度合格率提升至98%以上，平整度标准差控制在1.2mm以内，3年使用寿命内的裂缝率和水损害面积大幅降低。

未来应进一步推广智能化温度控制技术，结合BIM技术实现摊铺温度的可视化管理和动态调控，为沥青混凝土路面施工质量提升提供更有力的技术支撑。