

# 低温环境下沥青混凝土路面施工技术与现场管理研究

张明建

宁阳县公路事业发展中心 山东 泰安 271000

**摘要：**低温环境易导致沥青材料性能劣化、施工工序受限，引发路面压实不足、早期开裂等问题。本文分析低温对沥青材料与施工的影响，阐述适配的核心施工技术，包括混合料拌和、运输摊铺、碾压及接缝处理优化，同时提出进度管控、质量监测、安全环保等现场管理措施，还探索技术与管理优化方向，为提升低温环境下沥青路面施工质量、延长路面使用寿命提供参考，助力低温交通工程建设。

**关键词：**低温环境；沥青混凝土路面；施工技术；现场管理；优化方向

引言：低温环境下，沥青混凝土路面施工面临诸多挑战。低温使沥青材料黏度上升、脆性增强，与集料黏结强度降低，影响混合料均匀性与路面稳定性。同时，低温制约施工工序，加速混合料温度损失，增加基层与面层结合面处理难度，加大平整度控制难度。在此背景下，研究低温施工技术和现场管理方法，对保障路面质量、延长使用寿命具有重要意义。

## 1 低温环境对沥青混凝土路面施工的影响分析

### 1.1 低温对沥青材料性能的影响

低温环境会显著改变沥青材料的物理力学性能，随着环境温度降低，沥青分子运动速率减缓，分子间作用力增强，导致沥青黏度大幅上升，流动性明显下降<sup>[1]</sup>。这种变化会直接影响沥青混凝土的拌和均匀性，黏度升高的沥青难以与集料充分裹覆，易出现集料表面沥青膜厚度不均的情况，部分集料甚至无法形成完整裹覆层，为后续路面松散、剥落埋下隐患。同时，低温会使沥青材料脆性增强，柔韧性降低，在受到外力作用时更易产生开裂，这种特性会影响沥青混凝土摊铺过程中的流动性，混合料在摊铺机作用下难以顺畅延展，易出现摊铺层表面不平整、局部结块等问题。低温环境下沥青黏性下降，会削弱与集料的黏结强度，减弱与集料表面的吸附能力，尤其是当集料表面存在微量水分（低温环境下易凝结成薄冰）时，会进一步阻碍沥青与集料的有效结合，导致界面黏结性能大幅降低。这种黏结缺陷会直接影响路面结构的整体稳定性，在车辆荷载反复作用下，易出现面层集料脱落、坑槽等早期破损，缩短路面使用寿命。

### 1.2 低温对施工工序的制约

低温环境会加速沥青混凝土的温度损失，混合料从生产完成到运输至施工现场的过程中，冷却速度比常温

下快30%-50%，这对摊铺、碾压工序的时间控制提出更严格要求。若运输时间过长或现场等待时间过久，混合料温度会快速降至临界值以下，此时摊铺层易出现离析、结块，碾压设备也难以将混合料压实至设计密度，导致路面压实度不足，后期易因水分渗入引发冻融破坏。同时低温会增加基层与面层结合面的处理难度。基层表面在低温环境下易吸附空气中的水分并凝结成薄冰，或因温度过低导致表面干燥坚硬，若未进行有效处理直接摊铺沥青面层，会造成两层间黏结不牢固，在车辆荷载作用下易出现面层推移、脱层等问题。此外，低温下路面平整度控制难度加大，摊铺过程中混合料温度不均会导致局部收缩差异，碾压时也易因温度过低出现压实不均，最终使路面平整度超出设计允许范围，影响行车舒适性与安全性。

## 2 低温环境下沥青混凝土路面核心施工技术

### 2.1 沥青混凝土拌和技术

低温环境下需针对性调整拌和楼温度控制参数。集料加热温度需根据沥青类型与低温程度提高，通常比常温施工高10-20℃，确保与沥青混合时能充分提升混合料整体温度；沥青加热温度需控制在规范上限附近，避免因黏度过高影响裹覆效果，同时防止温度过高引发沥青老化；混合料出料温度需严格把控，一般不低于170℃，确保运输到现场后仍能满足摊铺要求。拌和时间需适当延长，比常温施工增加10%-15%，通过延长干拌时间确保集料温度均匀，延长湿拌时间促进沥青与集料充分裹覆，减少因拌和不均导致的局部离析。拌和过程中需实时监测混合料状态，观察是否存在花白料、结块等现象，一旦发现异常立即调整拌和参数，确保混合料均匀性符合施工标准。

### 2.2 运输与摊铺技术

运输车辆需采取多重保温措施,车厢内壁铺设3-5cm厚的保温棉,顶部加盖双层保温篷布,篷布边缘需严密包裹车厢四周,减少运输过程中热量散失;严寒地区可在车厢底部加装电加热装置,进一步维持混合料温度。运输过程中需在车厢内设置温度监测点,每辆车配备便携式测温仪,安排专人定时记录混合料温度,确保到达施工现场时温度不低于150℃。摊铺机作业参数需优化调整,摊铺速度控制在1-2m/min,保持匀速行驶避免速度波动导致温度损失加快;振捣频率适当提高,增强混合料密实度与平整度<sup>[2]</sup>。摊铺过程中需安排专人在摊铺机料斗、熨平板处实时监测温度,每5分钟记录一次数据,若温度低于规定值立即停止摊铺,待补充符合温度要求的混合料后再继续作业,同时严格控制摊铺厚度,根据设计厚度预留5%-10%的收缩余量,确保压实后达到设计标高。

### 2.3 碾压技术与质量控制

低温下压路机组合优先采用“轻型静压压路机+重型振动压路机+轻型静压压路机”的组合方式。严格遵循“紧跟、慢压、高频、低幅”原则,初压阶段使用轻型静压压路机,以2-3km/h的速度对摊铺层进行稳压,避免混合料推移;复压阶段换用重型振动压路机,采用高频低幅的振动模式,速度控制在3-4km/h,通过增加碾压遍数(比常温施工多2-3遍)确保压实度;终压阶段再次使用轻型静压压路机,消除轮迹并进一步密实路面。碾压过程中需严格控制温度,初压起始温度不低于140℃,复压起始温度不低于120℃,终压终止温度不低于90℃,安排专人跟随压路机监测温度,一旦温度接近终止值立即停止对应碾压工序,避免因低温导致压实度不足。碾压过程中还需避免压路机在同一位置长时间停留,防止混合料出现局部凹陷,影响路面平整度。

### 2.4 接缝处理技术

横向接缝处理需先对已施工路面端部进行切割,切割面需垂直于路面中线,切割深度与路面厚度一致,切割后清理断面处的松散混合料与粉尘,在断面涂刷黏层油,黏层油涂刷需均匀且厚度适中,避免过多或过少影响黏结效果。纵向接缝优先采用热接缝施工。若需设置冷接缝,需在已施工路面边缘切割出垂直面,清理后涂刷黏层油,摊铺新混合料时需超出接缝线5-10cm,碾压时先碾压接缝处,再向新铺路面延伸,确保接缝处压实度达标。接缝处需采取补温措施,可使用液化气喷枪对切割面与新铺混合料边缘进行加热,加热温度控制在80-100℃,避免局部过热导致沥青老化。通过补温减少接缝处温度差异,确保压实后接缝处平整度与路面整体一

致,降低后期开裂风险。

## 3 低温环境下沥青混凝土路面施工现场管理

### 3.1 施工进度管控

制定进度计划需充分考虑低温施工效率特点,优先选择每日气温较高的上午10点至下午3点时段安排核心工序,避开凌晨与夜间极端低温时段开展摊铺、碾压作业,减少温度过低对施工质量的影响。密切关注天气预报或提前与气象部门建立信息联动机制,获取未来3-5天的精准天气情况,为进度计划调整预留缓冲时间。明确各工序衔接时间节点,混合料从拌和完成到运输至现场的时间控制在30分钟内,摊铺与碾压工序间隔不超过15分钟,做到快卸料、快摊铺、快碾压,通过紧凑的工序安排降低混合料温度损失。建立进度动态调整机制,安排专人监测天气预报与现场实时温度,若遇气温骤降或雨雪天气,立即暂停室外作业并调整后续计划;根据设备运行状态优化施工节奏,如发现某台压路机故障导致压实效率下降,及时调配备用设备或调整碾压班组分工,避免因单一环节延误引发整体进度滞后,同时严禁为追赶进度压缩必要施工时间,防止质量隐患。

### 3.2 质量监测与管控

明确低温施工关键质量指标监测项目,除混合料温度外,还需重点监测摊铺厚度、压实度、平整度与接缝质量,混合料温度需覆盖拌和、运输、摊铺、碾压各环节<sup>[3]</sup>。每个监测环节配备专职检测人员,确保监测工作专人专责,避免因人员兼顾过多任务导致数据偏差。监测频率需加密,混合料温度每5分钟记录一次,摊铺厚度每10米检测一个断面,压实度每200米取一个芯样,平整度采用连续式平整度仪全程检测。数据记录需规范,使用统一台账记录监测时间、数值、检测人员等信息,确保可追溯。建立异常数据预警与整改流程,若发现混合料温度低于规定值、摊铺厚度偏差超出允许范围或压实度不达标,立即暂停对应工序,分析原因并采取整改措施,例如温度不足时补充加热后的混合料,厚度偏差时调整摊铺机参数,整改完成后重新检测,合格后方可继续施工,避免质量问题累积。

### 3.3 安全与环保管理

安全防护需针对低温环境优化,为施工人员配备防寒服、防滑鞋、保暖手套等装备,定期检查装备性能,对磨损严重的装备及时更换;为设备加装低温启动保护装置,启动前对发动机预热,避免冷启动损坏机械部件,同时在设备操作室配备小型取暖设备,改善操作人员工作环境;对作业区域内的临时便道、施工平台进行防滑处理,铺设防滑砂或撒布融雪剂,防止人员滑倒。

环保管理需强化关键环节控制，在拌和楼设置沥青烟气收集装置，通过过滤净化系统处理后达标排放，定期检查过滤系统滤芯更换情况；对施工中产生的废弃混合料进行集中回收，统一运输至指定场地处理，严禁随意丢弃；在运输车辆出入口设置冲洗设施，避免轮胎携带泥土污染周边道路，确保低温环境下环保措施不松懈。

#### 3.4 人员与设备管理

人员排班需保障休息时间，采用两班制替代连续作业，每班工作时长不超过8小时，避免低温环境下疲劳作业导致注意力下降。为施工人员提供温暖的休息场所，配备取暖设备与热饮，定期开展健康检查，预防冻伤、感冒等疾病，同时在施工现场设置临时医疗点，储备常用防寒药品。设备管理重点做好日常维护与保养，选用适用于低温环境的润滑剂，每日作业前检查设备润滑油位与防冻液浓度，对液位不足的及时补充；对摊铺机熨平板、压路机轮胎等关键部件采取保温措施，作业后及时清理设备表面残留的混合料，防止低温下结块影响下次使用；建立设备故障应急预案，储备常用零部件，例如压路机振动轴承、摊铺机振捣电机，安排专业维修人员驻场，确保设备出现故障时能在1小时内响应，减少停机时间。

### 4 低温环境下沥青混凝土路面施工技术与管理优化方向

#### 4.1 技术优化方向

技术优化需重点推进新型低温适应性沥青材料的研发与应用，这类材料可通过添加改性剂提升低温抗裂性与流动性，例如掺入橡胶粉或纳米粒子改善沥青低温脆性，使其在低温环境下仍能保持良好黏结性与变形能力，减少路面早期开裂风险<sup>[4]</sup>。同时需加快智能化施工设备推广，自动控温摊铺机通过红外测温系统实时感知混合料温度，自动调整熨平板加热功率与摊铺速度，避免人工调控导致的温度波动；智能压路机配备的压实度实时监测系统，能动态反馈压实效果，结合混合料温度数据自动调整振动频率与碾压力度，提升低温压实质量稳定性。基于数字技术的施工温度实时监测与精准调控方案也需完善，可在拌和楼、运输车辆、摊铺机、压路机上安装多节点温度传感器，通过物联网技术将温度数据实时传输至控制平台，形成全流程温度监测图谱。平台根据历史数据与实时温度变化，智能预测混合料温度损

失趋势，提前预警温度不足问题，例如提示运输车辆加快行驶速度或调整摊铺机预热温度，实现低温施工温度精准管控，进一步提升技术应用精度。

#### 4.2 管理优化方向

管理优化需推动信息化管理平台在低温施工中的深度应用，这类平台整合进度、质量、安全等多维度数据。进度模块实时显示各工序完成情况，对比计划与实际进度差异，自动生成延误预警；质量模块存储混合料温度、压实度等监测数据，通过数据可视化呈现质量波动趋势，便于管理人员定位质量薄弱环节；安全模块记录施工人员安全装备佩戴、设备安全检查结果，及时提醒安全隐患整改。平台支持各参与方权限共享，确保数据实时互通，减少信息传递延迟。产业链协同管理模式构建至关重要，建立材料供应、施工、监理协同机制。材料供应商通过平台提前共享原材料生产进度与质量报告，确保低温专用材料按时供应；施工单位反馈现场需求，调整原材料配比或数量；监理单位实时查看施工数据，对关键工序远程监督并提出质量建议。通过三方协同，减少供应链衔接延误，优化资源配置效率，提升低温施工整体推进速度与管理效能。

#### 结束语

低温环境下沥青混凝土路面施工需综合考量技术与管理因素。通过针对性调整施工参数、优化施工工艺、强化现场管理，可有效应对低温带来的不利影响。未来，随着新型材料研发、智能化设备推广以及信息化管理平台应用，低温施工将更加科学高效。持续探索施工技术与管理的优化方向，有助于提升低温环境施工水平，保障沥青混凝土路面长期稳定运行。

#### 参考文献

- [1] 崔凌秋, 臧宏阳, 赵晓涛. 低温季节沥青混凝土超薄罩面施工关键技术研究[J]. 科技创新与应用, 2023, 13(16): 182-184.
- [2] 郭伟. 低温条件下基于WMA技术在沥青混凝土路面施工中的应用分析[J]. 建筑技术开发, 2025, 52(10): 122-124.
- [3] 赵骏栋, 吴佳丞. 沥青混凝土路面低温季节施工技术研究[J]. 现代工程科技, 2023, 2(14): 73-76.
- [4] 任广军, 刘尧. 低温季节沥青路面的施工关键技术分析[J]. 工程建设与设计, 2024(13): 150-152.