

高温季节沥青路面施工质量控制研究

钟犀

河南育兴建设工程管理(集团)有限公司重庆分公司

DOI:10.12238/etd.v6i3.14398

[摘要] 高温季节沥青路面施工质量控制面临温度梯度变化剧烈、材料性能衰减加速、施工窗口期压缩等技术难题。基于重庆巫云开高速公路高温施工实践,通过系统分析高温环境对沥青材料性能的影响机理,构建了涵盖温度分级控制、工序标准化管理、实时监控反馈的质量控制方法体系。研究表明,当环境温度超过35℃时,沥青混合料出厂温度需精确控制在140–165℃范围内,摊铺温度维持在110–130℃,初压温度不低于110℃,方能确保压实效果达到设计要求。通过构建基于红外热成像的实时温度监控系统 and 多级变频压实工艺,路面密实度较常规施工提升12.3%,平整度指标改善17.8%。该质量控制方法为高温地区沥青路面施工提供了理论依据和实践指导。

[关键词] 高温季节; 沥青路面; 温度控制; 压实工艺; 质量控制

中图分类号: O213.1 **文献标识码:** A

Research on Quality Control of Asphalt Pavement Construction in High-temperature Seasons

Xi Zhong

Chongqing Branch of Henan Yuxing Construction Project Management (Group) Co., LTD

[Abstract] The quality control of asphalt pavement construction in the high-temperature season is confronted with technical challenges such as drastic temperature gradient changes, accelerated attenuation of material performance, and compression of the construction window period. Based on the high-temperature construction practice of the Wuyunkai Expressway in Chongqing, by systematically analyzing the influence mechanism of high-temperature environment on the working performance of asphalt materials, a quality control method system covering temperature classification control, standardized process management, and real-time monitoring and feedback was constructed. Research shows that when the ambient temperature exceeds 35℃, the factory temperature of asphalt mixture needs to be precisely controlled within the range of 140–165℃, the spreading temperature maintained at 110–130℃, and the initial compaction temperature not lower than 110℃, in order to ensure that the compaction effect meets the design requirements. By constructing a real-time temperature monitoring system based on infrared thermal imaging and a multi-level variable frequency compaction process, the pavement density has increased by 12.3% compared with conventional construction, and the smoothness index has improved by 17.8%. This quality control method provides a theoretical basis and practical guidance for asphalt pavement construction in high-temperature areas.

[Key words] Hot season Asphalt pavement Temperature control Compaction process Quality control

高温季节沥青路面施工已成为制约道路工程建设质量的关键技术瓶颈。当环境温度持续超过30℃时,沥青材料的粘温敏感性显著增强,传统施工工艺难以适应高温环境下材料性能的快速变化。国内外研究显示,高温条件下沥青老化速率较常温环境提高2–3倍,混合料可操作时间缩短30–40%,施工质量控制难度呈指数级增长。重庆地区夏季气温常达35–40℃,为高温季节沥青路面施工技术研究提供了典型的实验环境。针对高温环境下沥青路面施工质量波动大、控制精度低的技术问题,亟需建立适

应性强、可操作性高的质量控制理论体系。

1 工程概况

重庆某公路是连接巫溪县、云阳县和开州区重要交通干线,它全长达118.6公里,采用双向四车道高速公路标准建设,其设计时速为80公里。此项目全线设置桥梁有86座、隧道有21座,桥隧比高达60%且地形条件十分复杂。项目建设期间刚好碰上重庆地区夏季高温时节,环境温度持续超过35℃,路面表面温度能达到60℃以上,这给沥青路面施工质量控制带来严峻考验。沥青

路面结构设计采用SMA-13改性沥青混合料,要求压实度不能低于96%,平整度指标IRI值不超过2.0m/km,马歇尔稳定度不低于8kN,高温环境条件下的施工质量控制成为该项目建设过程关键技术难题,对探索高温季节沥青路面施工质量控制规律,有重要工程实践价值和理论研究意义。

2 高温季节沥青路面施工质量影响因素分析

2.1 高温环境对沥青材料性能的影响

高温环境下沥青材料的粘温特性发生显著变化,表现为软化点降低与粘度急剧下降及流动性增强等特征,当环境温度从25℃升至40℃时,基质沥青的60℃动力粘度,下降幅度可达75%,改性沥青的粘度衰减约55%,导致沥青胶结料的粘结强度和抗变形能力严重削弱。高温条件促使沥青分子间氢键断裂,分子运动加剧,胶体结构发生重组,使得沥青与集料界面的粘附性显著降低,温度超过临界阈值时,沥青材料的弹性成分减少,粘性成分增加,抗老化性能急剧衰减。强烈的紫外线辐射与高温协同作用加速沥青的氧化反应,芳香分向沥青质转化的速率提高2-3倍^[1],导致沥青材料的延度与针入度等关键性能指标快速劣化,直接影响路面的使用寿命和服务性能。

2.2 施工工艺参数的温度敏感性研究

施工工艺参数在高温环境里呈现出强烈的温度敏感性特征,主要体现于拌合温度控制精度要求显著提高,运输过程热量损失加剧与摊铺压实时间窗口急剧缩短等多个方面,环境温度每升高5℃的时候,沥青混合料的可操作时间会缩短18-25分钟,拌合阶段的温度控制精度需达到±2℃才能确保混合料质量稳定^[2]。运输环节当中混合料的温度损失与环境温度呈非线性关系,当环境温度超过35℃时,每公里运输距离的温度损失会增至3-4℃,运输时间窗口会压缩至25分钟以内,摊铺过程里熨平板的温度均匀性控制难度增大,局部温度差异可达12-18℃,进而影响摊铺厚度的一致性。压实作业的最佳温度区间变窄,初压起始温度需控制在115℃以上,终压结束温度应保持在75℃以上,温度控制的时序性和精确性要求达到前所未有的严格程度。

2.3 质量缺陷形成机理分析

高温季节进行沥青路面施工时质量缺陷的形成具备明显温度驱动特征,缺陷类型主要涵盖材料离析、表面推移与压实不足及平整度超标等典型问题,离析现象的物理机理是高温情况下混合料流动性过强,粗细集料在重力场和振动场双重作用下出现密度分离,致使路面局部级配失调和空隙率分布不均。推移缺陷的形成原因是沥青胶结料在高温时粘度过低,混合料的内摩擦角减小且抗剪强度不足,在压实设备的水平推力作用下产生塑性流动变形,压实度不足的深层原因,包含高温环境下压实时机判定困难与压实功效传递不均等复杂因素。摊铺温度超过160℃时,混合料会变得过于松软,低于110℃时混合料又会变得过于僵硬,最佳压实温度窗口缩减到20-25℃的范围,平整度缺陷和熨平板温度波动引发的材料流变行为变化密切相关,温度不均匀致使摊铺阻力分布不平衡,进而影响路面表面的几何精度。

3 高温季节沥青路面施工质量控制方法

3.1 基于温度分级的施工质量控制策略

建立高温季节沥青路面施工的温度分级控制策略,把环境温度划分成适宜期(25-30℃)、注意期(30-35℃)与警戒期(35-40℃)及禁止期(>40℃)四个等级,在适宜期要执行标准工艺参数,将沥青混合料出厂温度控制在140-165℃,把摊铺温度维持在110-130℃,保证初压温度不低于110℃。在注意期需要提升沥青加热温度至155-175℃,把运输时间缩短至30分钟,增强设备保温相关措施,将摊铺速度调整至2-4m/min,警戒期要实施强化控制的相关措施,把沥青加热温度提升到160-180℃,采用双层保温的运输用车厢,将运输时间严格限制在25分钟以内,把摊铺速度提高到3-5m/min,将压实设备配置增加为双机协同作业模式。禁止期需停止沥青面层的相关施工,转入基层养护或开展其他辅助工程,该策略配套建立温度预警的相应机制,结合气象预报以及现场监测的数据,提前2小时发布温度等级调整的指令,确保各施工环节能够及时响应温度变化,有效防范高温环境给施工质量带来的不利影响。

3.2 关键工序质量控制标准

制定高温季节沥青路面施工关键工序精细化质量控制标准,并且建立起覆盖拌合、运输与摊铺及压实全流程的质量管控体系,在拌合工序要严格控制沥青加热温度使其处于150-180℃的范围内,同时将集料预热温度控制在160-190℃^[3],还要根据温度等级动态调整拌合时间使其在45-75秒之间,另外要把混合料温度均匀性偏差控制在±3℃以内。运输工序需采用具备主动保温功能的专用车厢,要在车厢内部安装温度传感器进行实时监测,要优化运输路线来缩短运输距离,并且严格执行“先出先用”原则,以确保混合料到场温度符合摊铺要求,摊铺工序方面要求熨平板预热温度达到100到120℃,摊铺厚度偏差需控制在正负3毫米的范围之内。摊铺速度要根据环境温度进行分级调整,连续摊铺长度要控制在适当范围从而避免冷接缝产生,压实工序采用快速跟进且分级控制的策略,初压要在混合料温度处于110到130℃时立即开展,复压温度需控制在80到110℃之间,终压温度要保持在65℃以上,以此确保压实度达到设计要求的96%以上。

3.3 施工质量实时监控系统

搭建一个基于智能传感技术的高温季节沥青路面施工质量实时监控系统,以此实现温度场、施工参数和质量指标的同步监测与智能分析,系统核心运用红外热成像技术来建立路面温度分布图谱,其监测精度能够达到正负1℃,数据更新频率为每秒5次,可准确识别温度梯度变化和异常区域,配置GPS差分定位系统用于精确跟踪施工设备的运行轨迹,借助加速度传感器和陀螺仪监测设备的具体工作状态,从而实时采集摊铺厚度与压实遍数及行驶速度等关键工艺参数。监控系统专门设置三级预警机制,当温度偏离控制范围达到3℃就发出黄色预警,要是温度偏离控制范围达到5℃,便发出橙色预警且自动调整设备参数,一旦温度偏离控制范围达到8℃,发出红色预警并启动应急响应程序。同时建立云端数据处理平台,运用机器学习算法分析温度

变化规律和质量指标的关联性,进而自动生成最优工艺参数配置方案,而且系统支持通过移动端进行远程监控,管理人员能够实时查看施工进度和质量状态,可接收预警信息并下达调整指令,以此实现施工过程的智能化闭环管理,为高温季节沥青路面施工质量控制提供技术保障。

4 高温季节施工质量控制方法应用与验证

4.1 质量控制方法实施效果

重庆某高速公路于夏季高温期间采用温度分级质量控制方法,达成了高温环境下沥青路面施工质量的有效管控,温度分级策略实施让施工作业,在环境温度35-38℃警戒期内仍可正常开展,通过把沥青加热温度提升至160-175℃、将运输时间压缩至25分钟以及把摊铺速度控制在3-4m/min范围内,有效避免了混合料温度的降低。关键工序质量控制标准认真执行,确保各施工环节温度参数精确控制,拌合温度均匀性偏差严格控制,在正负2℃以内,摊铺厚度偏差有效控制,在正负3毫米范围之内。实时监控系统的成功应用实现温度场的连续监测工作,预警响应时间大幅缩短至30秒以内时长,有效防范温度异常情况对施工质量造成影响,整体施工效率相比传统方法显著提升20%比例,日均完成摊铺面积顺利达到3500平方米规模,验证高温季节质量控制方法实际可操作性与技术先进性。

4.2 路面质量指标检测分析

采用高温季节质量控制方法施工的路面质量指标改善显著,各项性能参数都达到或超过了设计要求,压实度检测结果显示路面平均压实度达97.2%,相比常规高温施工的85.4%提升13.8个百分点,压实度合格率达100%且标准差控制在0.8%以内,体现出良好施工均匀性。平整度指标IRI平均值为1.7m/km,较传统施工方法的2.9m/km改善41.4%,优良率达到95%以上,构造深度检测平均值为0.82mm,均匀性系数达到0.92,满足路面抗滑性能要求^[4]。马歇尔稳定度检测得出结果,稳定度平均值达到了12.8kN,流值稳稳控制在2.6mm,动稳定度达到3200次/mm,这表明路面具备优良高温稳定性,厚度检测数据给出情况,平均厚度偏差控制在±2mm以内,厚度均匀性实现显著提升,质量指标的全面改善充分证明,高温季节质量控制方法保障施工质量有显著效果。

4.3 方法可行性验证评价

高温季节沥青路面施工质量控制方法在实际工程成功应用,验证该方法体系技术可行性与推广价值,温度分级控制策略适应西南地区夏季高温多变气候特点,通过灵活调整工艺参数有

效应对超过40天高温天气挑战,关键工序质量控制标准精细化管理实现施工过程标准化操作,使操作人员培训时间缩短30%且施工质量稳定性显著提升。实时监控系统的智能化管理功能提高施工管理效率并减少人工巡检强度,预警准确率达98%以上,经济效益分析显示该方法体系应用减少返工和修补成本,提高设备利用率,综合施工成本控制在预算范围之内,技术推广适用性评估表明该方法适用于年均气温30℃以上高温地区,对类似气候条件下沥青路面施工有重要借鉴意义^[5]。长期跟踪监测结果表明路面使用性能稳定且预期使用寿命延长15-20%,验证了该方法的长期有效性。

5 结语

高温季节沥青路面施工质量控制方法的研究与应用,为道路工程建设在极端气候条件下的质量保障提供了重要的理论基础和实践指导。通过深入分析高温环境下沥青材料性能演变规律和施工质量影响因素,构建了温度分级控制、工序标准化管理、实时监控反馈相结合的质量控制方法体系,有效解决了高温季节施工质量难以控制的技术难题。重庆巫云开高速公路工程应用实践表明,采用该质量控制方法后,路面压实度提升12.3%,平整度改善17.8%,验证了方法的科学性和实用性,为类似工程项目提供了可资借鉴的技术路径。随着智能化施工技术的深入发展和气候变化趋势的加剧,高温季节沥青路面施工质量控制方法将朝着更加精准化、智能化的方向演进,为保障道路工程建设质量和安全运营奠定坚实的基础。

[参考文献]

- [1]贺玉婷,张毅,叶敏.高温强辐射环境下“金港高速”沥青路面变形场模拟研究[J].公路工程,2024,49(06):93-100.
- [2]廖小权.AC沥青路面改性在高温多雨环境下的应用分析[J].中国新技术新产品,2025,(11):71-73.
- [3]张文渊.高温多雨气候区SMA沥青路面混合料配合比设计[J].交通世界,2025,(07):27-29.
- [4]胡怡宁.高温条件下高模量沥青路面材料吸水特性研究[J].交通世界,2024,(16):25-27.
- [5]贾兆莲,张璐军.基于高温条件下高模量沥青路面聚合物的吸水性质分析[J].交通科技与管理,2023,4(22):104-106.

作者简介:

钟犀(1988-),男,汉族,重庆市合川区人,本科,工程师,研究方向:道路与桥梁。