

# 特殊气候条件下沥青路面摊铺施工技术优化

王仲茂

新疆市政轨道交通有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

**摘要:** 沥青路面作为现代交通基础设施的核心组成部分,其施工质量直接关系到道路的服役寿命、行车安全与舒适性。然而,在实际工程中,施工常不可避免地遭遇高温、低温、雨季及大风等特殊气候条件,这些因素对沥青混合料的拌和、运输、摊铺及碾压等关键工序构成严峻挑战,极易引发离析、温度离析、压实不足、层间粘结失效等一系列质量缺陷。本文系统分析了不同特殊气候条件对沥青路面摊铺施工各环节的影响机理,并在此基础上,从材料设计、施工组织、工艺参数控制及智能化技术应用等多个维度,提出了针对性的技术优化策略。研究旨在为提升特殊气候下沥青路面施工质量提供理论支撑与实践指导,保障道路工程的长期性能与耐久性。

**关键词:** 沥青路面; 特殊气候; 摊铺施工; 温度离析; 施工技术优化; 智能压实

## 引言

随着我国交通基础设施建设向更广阔地域和更高标准迈进,公路、城市道路及机场跑道等工程项目的施工窗口期日益受到复杂多变气候条件的制约。传统的沥青路面施工技术主要基于温带气候条件下的经验总结,当面对极端或非理想气候环境时,其适应性与有效性显著下降。高温环境下,沥青混合料易发生老化、推移;低温条件下,混合料温度散失过快,难以达到理想的压实度;雨季施工则面临水分侵入导致的粘结失效风险;而大风天气则加速热量散失并影响摊铺均匀性。这些问题若处理不当,将直接导致路面早期病害频发,大幅缩短道路使用寿命,增加后期养护成本。因此,深入研究特殊气候条件下沥青路面摊铺施工的技术瓶颈,并提出科学、系统的优化方案,已成为当前道路工程领域亟待解决的关键课题。本文将聚焦于高温、低温、雨季及大风四种典型特殊气候场景,剖析其对施工全过程的影响,并构建一套涵盖“预防-控制-保障”全链条的技术优化体系,以为工程实践提供可操作性强、效果显著的解决方案。

## 1 特殊气候条件对沥青路面摊铺施工的影响机理

### 1.1 高温气候的影响

在夏季高温(通常指环境温度高于35℃)条件下进行沥青路面摊铺施工,混合料从拌和站到最终成型的整个过程中均处于热力学高度不稳定的状态。首先,高温会显著加速沥青胶结料的氧化反应速率,使其物理化学性质迅速劣化,表现为针入度下降、软化点升高、延展性减弱,即发生短期老化。这种老化不仅削弱了沥青与集料之间的粘附力,也降低了混合料在摊铺和碾压阶段的施工和易性,使得现场操作难度加大<sup>[1]</sup>。其次,高温环

境导致基层或下承层表面温度极高,新铺筑的热混合料底部因与高温基层接触而迅速升温,而顶部则因暴露于空气中散热相对较慢,从而在混合料内部形成较大的垂直温差。这种不均匀的温度场在碾压过程中极易诱发横向推移、纵向搓板状裂纹以及明显的轮迹带,严重影响路面的平整度和结构密实度,进而埋下早期车辙和疲劳开裂的隐患。

### 1.2 低温气候的影响

低温(通常指环境温度低于10℃,尤其在5℃以下)被公认为是沥青路面施工的最大制约因素,其核心问题在于混合料热量的快速散失。沥青混合料必须在特定的温度区间内完成摊铺与碾压,才能获得足够的压实度和良好的路用性能。然而,在低温环境下,混合料从拌和出锅开始,便在运输、等待卸料、摊铺及初步整平的每一个环节中持续向周围冷空气和冷下承层散失热量。这一过程极大地压缩了有效压实的时间窗口,常常导致混合料在进入复压甚至初压阶段时,其内部温度已降至最低压实温度(通常为110-120℃)以下,从而无法通过常规碾压手段达到设计要求的压实度。压实度不足直接造成路面空隙率超标,为水分和氧气的侵入提供了通道,加速沥青老化和集料剥落,极易在通车初期就出现松散、坑槽等水损害病害。此外,低温还严重削弱了新铺热混合料与冷下承层之间的热融合效应,两者界面难以形成有效的物理嵌锁和化学粘结,导致层间结合强度显著降低,破坏了路面结构的整体受力性能。

### 1.3 雨季(潮湿)气候的影响

雨季施工的主要风险源于水分的不可控介入,其影响贯穿于施工准备与作业全过程。当下承层(如基层或底基层)被雨水浸湿后,其含水率往往远超规范允许的

限值（通常要求小于3%）。此时若强行摊铺高温沥青混合料，混合料底部与湿基层接触瞬间会产生大量蒸汽，这些蒸汽在界面处形成一层气膜或水膜，实质上构成了一个隔离层，严重阻碍了上下层之间的有效粘结，极易导致层间滑移甚至脱空，危及结构稳定性。另一方面，若雨水直接落入运料车车厢或摊铺机料斗中的混合料，部分集料表面会被水膜包裹，沥青难以对其进行充分润湿和裹覆，形成所谓的“花白料”，这类区域的混合料强度和耐久性将大打折扣。更为棘手的是，降雨通常具有突发性和持续性，往往迫使施工中途紧急中断，由此形成的横向冷接缝成为后续施工的重点和难点。若接缝处理不当，如切割不垂直、清理不彻底或压实不充分，该位置将成为日后路面开裂、渗水乃至结构性破坏的薄弱环节。

#### 1.4 大风气候的影响

尽管大风天气对沥青路面施工的影响不如高温、低温或降雨那样直接和剧烈，但其负面效应同样不容忽视。强风（通常指风速大于4级）会显著增强摊铺后未碾压混合料表面的对流换热效率，导致表层温度在极短时间内骤降至压实温度以下，而内部仍保持较高温度，从而形成严重的温度离析现象。这种“外冷内热”的状态不仅使表层变得僵硬难以压实，还会在后续使用中因内外收缩不均而产生微裂缝<sup>[2]</sup>。同时，大风可能干扰摊铺机螺旋布料器的正常工作，引起混合料在横向分布上的不均匀，加剧粗细集料的分离，造成局部离析，影响路面的均匀性和整体性能。此外，在干燥或多尘地区，大风还会卷起施工现场的粉尘，不仅造成环境污染，也可能影响施工人员的健康和设备的正常运行，间接干扰施工节奏与质量控制。

### 2 特殊气候条件下沥青路面摊铺施工技术优化策略

#### 2.1 高温气候施工技术优化

应对高温气候对沥青路面施工的不利影响，需采取综合性的技术措施，从时间安排、材料选择到工艺控制进行全方位优化。首先，在施工组织上应尽量避免日间最高温时段，优先选择夜间或清晨气温相对较低的窗口期进行摊铺作业，以降低环境热负荷。其次，在混合料配合比设计方面，应优先选用高温稳定性优异的高粘度改性沥青，如SBS改性沥青，以增强混合料抵抗高温变形的能力；在确保不发生泛油的前提下，可适当提高沥青用量以改善其施工润滑性；同时，采用骨架密实型级配（如SMA或Superpave）能有效利用粗细集料间的嵌挤作用，提供卓越的抗车辙性能。在施工过程控制中，必须强化温控管理，所有运料车须加装高质量保温篷布以减

少运输途中的热损失，摊铺机熨平板亦需提前充分预热至不低于100℃，避免冷金属接触热料造成局部温度骤降。碾压工艺应遵循“紧跟、慢压、高频、低幅”的原则，压路机要紧随摊铺机进行“零延迟”碾压，初压宜采用静压方式以防止混合料推移，复压和终压阶段则应确保在混合料降温前高效完成全部压实遍数。

#### 2.2 低温气候施工技术优化

低温施工是沥青路面工程中的技术难点，其成功与否取决于能否有效延长混合料的有效作业时间窗口。首要前提是建立严格的施工准入制度，明确规定当气温低于5℃且伴有大风或降雨时，应坚决停止施工，杜绝侥幸心理。在材料与工艺层面，可在通过短期老化试验验证沥青不会发生显著劣化的前提下，将混合料出厂温度适度提高5-10℃，并全程监控其运输与到场温度。全过程的保温措施至关重要：运输环节应采用双层甚至带加热功能的保温篷布；摊铺前必须对冰冷的下承层进行预热处理，例如使用热风机或红外线加热设备将其表面温度提升至20℃以上，以减小与热混合料的温差冲击；摊铺机的关键部件也应采取保温措施。碾压作业必须做到“零延迟”，配置充足的压路机数量，并考虑采用振荡压路机以提高低温下的压实效率<sup>[3]</sup>。从长远技术发展看，温拌沥青（WMA）技术因其能在比传统热拌沥青低20-40℃的温度下施工，不仅节能环保，更显著拓宽了低温施工的可行性边界，是应对寒冷气候的理想选择。此外，在混合料中掺加抗剥落剂（如液体添加剂或消石灰），能有效增强沥青与集料在低温潮湿环境下的界面粘附力，预防水损害的发生。

#### 2.3 雨季（潮湿）气候施工技术优化

雨季施工的核心在于“防患于未然”与“精准应急处置”。完善的施工组织与应急预案是基础，项目部必须密切跟踪短临天气预报，科学规划每日施工段落长度，确保能在降雨来临前完成一个完整作业面（包括摊铺、碾压及初步成型）。施工现场应配备高效的临时排水系统，保证雨水能迅速排出作业区域，避免积水。在摊铺前，必须对下承层进行严格检查，一旦发现潮湿，必须使用强力吹风机、喷灯或专用烘干设备将其彻底烘干至规范要求的含水率以下。为增强防水与粘结双重功能，可在基层顶面喷洒高性能的防水粘结层，如橡胶沥青应力吸收层（SAMI）或高粘改性乳化沥青。现场物料管理同样关键，运料车装料后必须立即严密覆盖，摊铺机接收混合料时也应尽量缩短暴露时间<sup>[4]</sup>。对于因降雨被迫中断而形成的横向冷接缝，必须进行精细化处理：先用切割机将接缝垂直切齐，彻底清除松散颗粒和杂物，

然后在清洁干燥的接缝面上均匀涂刷一层热的改性乳化沥青或粘层油,随即摊铺新料,并使用小型振动压路机或振动夯板对接缝区域进行重点、反复压实,确保其密实度与主体路面一致。

#### 2.4 大风气候施工技术优化

针对大风对沥青路面施工造成的热量加速散失和摊铺均匀性干扰问题,应采取物理防护与工艺微调相结合的策略。最直接有效的方法是在摊铺作业面前方设置移动式防风屏或挡风墙,通过物理屏障显著降低作业区域内的风速,从而有效减缓混合料表面的对流散热速率。在保温措施上,除常规的运输覆盖外,对于已摊铺但尚未碾压的路段,可临时覆盖专用保温毯,为压路机争取宝贵的作业时间,防止表层过早硬化。同时,操作人员应根据风力大小适时调整摊铺机螺旋布料器的转速和高度,确保在风力干扰下仍能维持混合料在横向上的均匀分布,避免因布料不均而引发的离析问题,从而保障路面结构的均匀性和整体性能。

#### 3 智能化与信息化技术的应用

现代科技的发展为特殊气候条件下的沥青路面精准施工提供了前所未有的技术支撑。智能压实(IC)技术通过在压路机上集成GPS定位、加速度传感器和红外温度传感器,能够实时采集并分析压实遍数、压实度(通过动态模量反演)以及混合料表面温度等关键参数。系统可自动生成高分辨率的压实质量云图,直观显示压实薄弱区域,指导操作手进行靶向补压,确保压实质量的均匀性和可靠性,这一技术在温度窗口极其紧张的低温施工中尤为宝贵。非接触式温度监测技术,特别是红外热成像仪的应用,使得对运输车辆车厢内、摊铺后路面全场的温度分布进行快速、无损扫描成为可能,能够及时发现并定位温度离析区域,为工艺参数的动态调整提供即时依据。更进一步,构建基于BIM与GIS融合的施工信息管理平台,可以实现对气象数据、混合料生产配合

比、运输轨迹、摊铺速度、碾压轨迹与遍数等多源异构数据的集成与可视化管理。该平台不仅能实现施工全过程的可追溯,还能在气象条件突变时自动发出预警,辅助管理人员快速做出科学决策,动态优化施工方案,从而将气候风险降至最低。

#### 4 结语

特殊气候条件是制约沥青路面施工质量的关键外部变量。本文系统剖析了高温、低温、雨季及大风等典型气候对摊铺施工全过程的影响机理,并据此构建了一套覆盖材料设计、施工组织、工艺控制及智能技术应用的多维度、系统性优化策略。研究表明,成功应对特殊气候挑战并非依赖某一项孤立技术,而是需要一个以“精准温控”为核心、以“工序无缝衔接”为保障、以“前瞻性风险预案”为支撑的综合解决方案。未来,随着自修复沥青、相变储能材料等新型功能材料的研发,以及3D打印筑路、数字孪生工地、人工智能驱动的施工预测与调度等前沿技术的成熟与应用,沥青路面施工将朝着更加智能化、绿色化和气候韧性的方向深度演进。通过深度融合这些创新成果,有望从根本上突破传统气候条件的限制,最终实现“全天候、高质量、高效率”的沥青路面建造愿景,为构建安全、耐久、可持续发展的现代化综合立体交通网络提供坚实的技术基石。

#### 参考文献

- [1]杨新龙,申爱琴,徐岩.新疆高速公路柔性基层沥青路面设计与施工[M].知识产权出版社:202103:256.
- [2]冯立群,贾林坤,史伟.新疆大温差地区沥青路面级配碎石柔性基层施工技术研究[J].交通世界,2023,(34):48-50.
- [3]陈圆圆.剖析市政道路沥青路面施工摊铺技术的关键要点[J].散装水泥,2025,(05):94-96.
- [4]聂妮.高速公路沥青路面混合料摊铺施工技术要点[J].黑龙江交通科技,2025,48(10):17-21.