

# 冬季低温环境下路面抗滑性能检测数据可靠性问题探讨

石世萌

湖北交投智能检测股份有限公司 湖北 武汉 430000

**【摘要】**：冬季低温条件下，路面材料力学性能与表面状态发生显著变化，抗滑性能检测结果易产生波动，影响道路安全评价的准确性。针对低温环境对检测过程与数据稳定性的干扰机理，分析材料特性转变、设备响应差异及环境因素耦合影响对测值的作用路径，提出检测时段优化、设备低温校准、温度修正模型构建及全过程质量控制等技术措施，以提升检测数据的一致性与可信度，为寒冷地区路面抗滑性能科学评定提供技术依据。

**【关键词】**：冬季低温；路面抗滑性能；检测数据；数据可靠性；质量控制

DOI:10.12417/2811-0528.26.08.054

寒冷季节路面易出现结冰、积雪及水膜反复冻结现象，摩擦特性随温度变化呈现明显波动，交通事故风险随之增加。抗滑性能检测作为道路安全评价的重要技术手段，其数据精度直接关系到养护决策与风险预判。然而在低温条件下，检测结果往往出现离散性增强与重复性下降的现象，数据波动难以准确反映真实路面状态。环境温度、材料特性变化以及设备响应特征之间的耦合影响，使检测过程更加复杂。围绕数据可靠性展开系统分析，对于提升寒冷地区道路安全评价水平具有现实紧迫性。

## 1 冬季低温对抗滑性能检测数据稳定性的影响因素分析

冬季低温条件改变了路面结构层与表面功能层的物理状态，直接影响抗滑性能检测数据的稳定性。气温下降后，沥青结合料黏弹特性发生转变，材料由高弹态向脆性状态过渡，表层微观构造易产生收缩裂隙，宏观构造深度与纹理分布呈现阶段性变化。路表存在的薄冰层、残留水膜及压实雪层会改变轮胎与路面的实际接触界面，使测试过程中形成的剪切力与摩擦力偏离常温条件下的受力模式。低温环境下路表温度梯度明显，摩擦系数随局部温差产生波动，检测结果表现出较强离散性。

检测设备在低温状态下的性能衰减同样不可忽视<sup>[1]</sup>。滑块材料硬度、橡胶弹性模量及传感器灵敏度均受温度影响，导致测值响应滞后或信号波动增大。部分连续式摩擦系数测试系统在低温下液压系统黏度升高，加载稳定性降低，试验重复性受到制约。现场作业过程中，测试轮胎与路表间形成的瞬时水膜厚度难以保持一致，摩擦能量耗散机制发生变化，使同一路段多次检测结果出现差异。环境风速、辐射降温以及日照变化也会引起路表温度快速波动，进一步放大数据不确定性。多重因素交织作用，使冬季低温条件下抗滑性能检测数据的稳定性呈现复杂特征。

## 2 低温条件下抗滑性能检测数据可靠性提升路径

低温条件下提升抗滑性能检测数据可靠性，需要从检测组织、设备性能控制及数据修正机制等多维度入手，构建系统化技术路径。检测作业安排应结合路表温度监测结果进行优化，优先选择温度相对稳定的时段开展测试，减少昼夜温差对摩擦系数测值的扰动。现场应布设红外测温与表层含水率检测装置，实时记录路表热状态与湿度变化，为数据后期分析提供环境参数支撑。针对结冰或薄霜覆盖路段，应在检测前实施表层清理与状态判定，确保测试界面处于可比条件下，避免非结构性附着物对摩擦响应产生干扰。

检测设备的低温适应性改进是提高数据可靠性的关键环节。滑块橡胶材料应选用低温弹性保持率较高的配方，并通过室内低温摩擦试验对其力学性能进行标定，明确温度—弹性模量变化曲线。连续式摩擦系数测试车需加强液压系统与传动系统的低温预热处理，确保加载力与测试速度保持恒定。传感器系统应开展低温灵敏度校准，利用标准摩擦板进行重复性比对试验，剔除因信号漂移产生的系统误差。数据采集系统可引入温度补偿算法，将路表温度、设备温度与测值变化建立函数关系，通过回归分析修正原始数据，提高不同温度条件下数据的可比性。

检测流程标准化同样不可忽视。作业人员需统一测试轮胎胎压、加载质量及行驶轨迹，减少人为操作差异带来的随机误差<sup>[2]</sup>。对同一路段应进行多次平行检测，通过统计学方法计算变异系数与置信区间，识别异常值并进行剔除处理。数据处理阶段可采用滑动平均与离群点判别技术，提高结果稳定程度。针对寒冷地区常见的局部结冰与融冰交替路段，应建立分区评价机制，将测试数据按照路表状态进行分组分析，避免不同界面条件混合计算导致评价偏差。

为增强检测结果的工程适用性，还需构建低温修正模型。通过室内加速磨损试验与现场实测数据对比，分析温度变化对

摩擦衰减规律的影响,建立摩擦系数与温度、湿度及表面构造深度之间的多元回归模型。利用长期监测数据形成区域性温度修正系数库,使不同气候条件下的检测结果能够统一到标准参考状态。质量控制体系应贯穿检测全过程,包括设备日常标定记录、环境参数备案及数据审核流程,实现从原始采集到成果输出的全过程可追溯管理。多项技术措施协同实施,可有效降低低温环境对抗滑性能检测结果的干扰,提高数据的真实性与一致性。

### 3 基于质量控制的检测数据稳定机制构建

基于质量控制理念构建冬季低温条件下抗滑性能检测数据稳定机制,需要将技术规范、过程监测与统计分析方法有机融合,形成闭环管理体系。检测前阶段应建立完善的技术交底与作业校核制度,对测试设备编号、滑块磨损状态、轮胎花纹深度及加载系统精度进行逐项确认,确保所有参数处于规定范围内。针对低温环境对材料性能产生的影响,应在试验前开展设备低温适应性验证试验,通过恒温箱模拟不同温度梯度条件,获取设备输出信号与标准摩擦值之间的偏差曲线,为现场检测提供基准修正依据。

现场检测过程中应实施全过程数据质量监测。数据采集系统需同步记录路表温度、空气温度、相对湿度及风速等环境指标,将环境变量纳入数据结构,实现多参数耦合分析。对连续式摩擦系数测试结果进行实时波动监测,当测值变化超过预设控制限时自动报警并启动复测程序<sup>[1]</sup>。通过设置控制图与统计过程控制方法,对检测数据的均值、标准差及离散系数进行动态评估,识别异常波动区段,避免偶发性干扰因素影响整体评

价结果。对于间断式摆式摩擦系数测试,应控制摆锤释放高度与接触次数的一致性,并通过重复测定计算相对误差,保证单点数据的稳定性。

数据整理阶段需引入多层级审核制度。原始数据经现场技术人员初审后,交由质量管理部门进行复核,重点核查温度补偿参数应用是否准确、异常值剔除依据是否充分。采用统计回归分析与方差分析方法,检验不同时间段、不同温度区间数据之间的显著性差异,评估检测结果的可靠程度。建立历史数据库,将多年冬季检测数据进行横向对比,分析摩擦系数随温度变化的长期趋势,形成区域特征参数,为后续评价提供参照基准。

质量控制机制还需强调人员管理与操作规范。检测人员应经过低温作业专项培训,熟悉寒冷条件下设备操作要点与故障排查流程,减少人为因素引起的系统误差。制定标准化作业流程图,对检测准备、数据采集、记录填写及资料归档等环节进行程序化管理,实现全过程可追溯。通过内外部质量抽检与交叉比对,验证不同检测小组之间数据的一致性。构建涵盖设备校准、环境监测、数据审核与人员管理的综合质量控制体系,使抗滑性能检测在低温环境下保持较高的重复性与稳定水平。

### 4 结语

冬季低温环境对路面抗滑性能检测数据稳定性产生多重干扰,涉及材料性能变化、设备响应差异及环境因素耦合影响。构建完善的质量控制体系,强化设备校准与环境参数修正,规范检测流程与数据审核机制,有助于提升检测结果的一致性与可信度,为寒冷地区道路安全评价提供可靠技术支撑。

### 参考文献:

- [1] 嵇业超,张金飞,薛苗,常鹏飞,李明亮,李俊.基于足尺试验环道的排水沥青路面抗滑性能衰减规律与原因分析[J].现代交通技术,2025,22(5):1-5+13.
- [2] 李恩奇,陈琛,吴娜娜.道路路面抗滑性能检测方法与抗滑技术创新研究[J].技术与市场,2026,33(1):83-87.
- [3] 汪海年,李英凯,王惠敏,李廉,宋浩然.粗集料形态对沥青路面抗滑性能影响研究[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2025,44(1):25-32.