

# 湿滑路面条件下振荡标线防滑性能衰减规律及维护标准

文 / 杨 婕 广东省交通发展有限公司

**摘要：**本文以湿滑路面为研究对象，对振荡标线抗滑性能衰减规律和维护标准做了深入的研究。采用材料特性分析的方法，讨论振荡标线不同湿滑情况下防滑性能的表现及耐久性对其性能衰减规律。结合实验模拟和现场测试，采集海量数据并利用先进数据分析方法评价振荡标线防滑性能。对基于性能衰减数据维护周期进行研究与确定，对维护方法进行优化，提高维护效率与效果。本研究提出一套科学维护标准对于延长振荡标线的使用寿命和促进道路安全都有着十分重要的意义。

**关键词：**振荡标线；防滑性能；性能衰减；维护标准

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.22.060

## 引言

随着道路交通量不断增加，湿滑路面下行车安全越来越凸显。振荡标线是路面防滑的有效措施之一，对湿滑路面防滑性能衰减规律和维护标准进行研究具有重要意义。在湿滑路面情况下振荡标线抗滑性能衰减规律与行车安全及道路维护成本有直接联系。通过深入分析振荡标线的材料特性，讨论了其在不同湿滑情况下的表现，可为建立科学合理的维护标准打下基础。同时通过实验模拟和现场测试的研究手段能够更加精确地揭示振荡标线性能衰减规律。研究目的是通过系统研究阐明振荡标线抗滑性能在湿滑路面状态下的衰减情况，从而为建立合理维护标准以提高道路行车安全和减少道路维护成本提供科学依据。

### 一、振荡标线材料特性分析

振荡标线是道路安全设施中的一个重要环节，它主要是由专用树脂材料，玻璃珠和反光材料制成。这些选材和设计都是为了增强湿滑情况下道路可视性，防滑性能。在湿滑路面上，振荡标线利用其特殊的凸起结构可以在车辆轮胎和路面之间形成物理干涉并有效地增大轮胎和路面之间的摩擦力，使行车安全性得到显著改善。

材料耐久性直接影响振荡标线抗滑性能衰减。树脂材料选择不但决定标线初始硬度，耐磨性，耐候性等性能，而且影响标线长期服役时性能维持能力。如优质树脂材料在极端天气下能保持良好的物理及化学稳定性并降低紫外线照射，雨水侵蚀及其他环境因素造成的性能降低。同时嵌入玻璃珠既加强标线反光效果又增加其湿滑时抓地力。但久而久之，玻璃珠就会被车辆碾压掉，使标线反光性能、防滑性能渐渐下降。另外，反光材料耐久性也是重点，决定着标线夜间或者光照较低时可见性的好坏，对于行车安全非常重要。

为延缓振荡标线抗滑性能衰减，在材料研发中需要重点关注增强其综合耐久性。其中包括研制有较高耐磨性、耐候性及抗老化性能树脂材料等，并对玻璃珠及反光材料嵌入工艺进行了优化，以保证其能长期服役稳定。与此同时，材料耐久性评价还应该融入标线设计，制造

及养护等全生命周期管理之中，通过定期检测及性能评估及时发现和解决可能出现的性能衰退。比如可采用实验室模拟实验与现场测试结合的方法来测试不同材料比例振荡标线的耐久性，从而选择具有最佳性能的材料搭配。另外，还应加强新材料，新技术的开发应用，继续推进振荡标线的革新发展，从而为道路安全提供更可靠的保证。

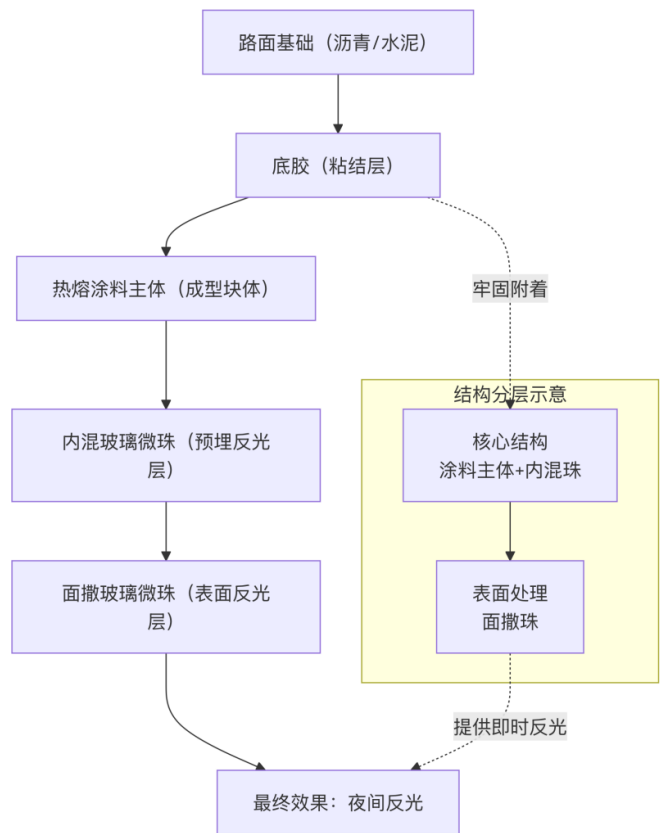


图 1：振荡标线材料组成与结构剖面图

## 二、实验模拟与现场测试

### （一）实验环境模拟

为准确模拟出湿滑路面状况，在实验室内使用先进环境控制系统可对温度、湿度进行精确调节，从而再现各种湿滑场景。实验路面由类似实际道路的材料搭建，

保证了实验结果具有实用性。在模拟环境下，同时设置专业监测设备对振荡标线接触车辆轮胎的动态过程进行实时记录，这些监测设备包含但不仅仅局限于摩擦力，轮胎滑移率和车辆行驶稳定性这几个关键指标。

在数据处理上，试验使用高精度传感器和数据分析软件。传感器承担着捕获实验中各种物理参数的任务，数据分析软件承担着清理、集成和分析这些原始数据的任务。该软件通过该算法模型可以对异常值进行自动识别和排除，保证数据准确。另外，该软件可按照预设评估标准对振荡标线防滑性能量化打分，为之后性能评估和维护策略提供科学依据。

在模拟实验环境时，也专门考虑到环境因素对于振荡标线表现的特定影响。如通过调节模拟环境水分含量、污染物种类等参数，可模拟出不同降雨强度、不同污染程度的路面情况，进而综合评价振荡标线对多种湿滑情况的抗滑性能。该综合性实验设计不仅使实验结果更可靠，而且为建立更科学、更合理的维护标准打下坚实的基础。

## （二）现场测试与数据收集

现场试验的具体操作过程包括选择有代表性的湿滑路段，需要覆盖不同交通流量，气候条件和路面材料类型等因素才能保证试验结果广泛适用。测试团队将实时测量振荡标线在雨后或者模拟喷水情况等预设时段防滑性能。测量指标有但不仅限于摩擦系数，车辆通行过程中振荡频率，驾驶员反馈评价等。另外，还采用高精度传感器及摄像设备对车辆运行时的动态响应进行了记录，对后续数据分析提供了翔实的基础。

现场试验数据对揭示湿滑路面环境中振荡标线性能衰减规律具有重要意义。通过对不同时段，不同时段和不同时天气条件下试验数据的比较分析，能够准确地绘制出振荡标线抗滑性能变化趋势。如资料可能表明，经过持续降雨，某一类振荡标线摩擦系数显著减小，使用特殊耐磨材料标线显示稳定性较高。这些数据既为科学合理地建立维护标准奠定实证基础，又为材料研发、技术改进等后续工作指明方向。

## （三）数据分析与性能评估

湿滑路面环境中振荡标线抗滑特性衰减规律的研究有赖于严格的数据分析和性能评估。选择和运用数据分析方法，对精确地揭示性能变化趋势具有重要意义。本次研究主要运用时间序列分析，回归分析等数据分析方法。利用时间序列分析来跟踪振荡标线不同时刻点防滑性能的变化情况，可以通过建立时间序列模型来捕捉性能随着时间的推移而逐渐减弱的现象。并利用回归分析探讨了湿滑条件，交通流量和材料老化等诸多因素对防滑性能的定量影响，从而为其性能评估提供了科学依据。

性能评估部分根据数据分析的结果构建综合评估体系。本系统既考虑振荡标线静态摩擦系数和动态摩擦系

数这两个直接体现防滑性能物理指标又融入标线边缘清晰度和反光效果这两个对行车安全有间接作用的指标。通过设置合理阈值范围可实现振荡标线防滑性能量化打分以直观地判断是否符合安全要求。除此之外，还采用了“性能衰减率”这一度量标准，以量化标线在特定时间范围内性能下降的程度，从而为维护计划的制定提供了有价值的参考依据。

在实践中，数据分析和性能评估结果对振荡标线维护具有直接的指导作用。比如对性能衰减率大的标线段我们会优先选择进行维修操作，并采取更换新料或者重施划来恢复标线段的防滑性能。基于数据分析所揭示的性能衰减模式，我们有能力预见未来一段时期内标线性能的变化趋势，这将有助于我们提前规划维护方案，以避免因性能急剧下滑而产生的潜在安全风险。值得一提的是，比较不同维护方法执行前后性能评估结果也可以证明维护措施是否有效，从而为维护策略的不断优化提供数据支持。

## 三、维护周期与方法研究

### （一）维护周期的确定

湿滑路面情况下振荡标线抗滑性能衰减问题复杂而关键，它直接影响着道路使用者安全。所以科学合理地确定振荡标线维护周期具有重要意义。该决策过程须以详细性能衰减数据为依据，同时考虑到道路特定用途。

通过实验模拟和现场测试采集了不同湿滑情况下振荡标线性能数据。其中包括摩擦系数，车辆行驶过程中噪声水平，标线视觉可见度及其他主要指标。通过对上述指标变化情况的长期追踪，可建立完善的性能衰减数据库。以此为基础，运用统计学方法对数据变化趋势进行了分析，并对标线性能降低到临界值时点进行了预测，以初步判断其维护周期。

在建立维护周期时，也需要兼顾道路安全与经济效益。一方面维护周期太短将加大养护成本和经济效益；另一方面过长的维护周期会使标线性能大幅下降，加大交通事故发生的几率。所以在拟定维护周期的时候，需要考虑道路等级，交通流量，气候条件及标线材料的性质等诸多因素。通过构建多目标优化模型可以寻求一个养护周期方案以达到道路安全要求同时又能使得养护成本达到最小。

另外值得关注的还有维护周期不是固定不变的。在道路使用条件发生变化时，例如交通流量增大，气候条件恶化或者标线材料更新等情况下，需要对维护周期进行相应的调整。为此，提出了建立动态维护周期管理机制并定期评价与调整维护周期，保证其时刻满足道路安全与经济效益双重需求。

### （二）维护方法的优化

湿滑路面情况下振荡标线抗滑性能衰减不可忽视，直接影响道路使用者安全。目前以振荡标线为对象的维

修方法虽能一定程度地减缓性能衰减但是仍然有很多局限性。传统维护方式通常集中在标线表面进行修复或替换,忽略了标线整体结构与性能的综合还原。这种“头痛医头,脚痛医脚”的维护策略,不仅效率低下,而且难以从根本上解决问题。

为克服目前维护方法中存在的缺陷,提出一系列优化意见。一是需要深化对振荡标线材料属性的研究,这样才能更精确地掌握其性能下降的原因。基于此,可研发更有针对性的维护材料与工艺,例如使用新型耐磨,抗滑材料或使用先进表面处理技术以提高标线耐久性与防滑性能等。这些新材料、新技术的使用可望显著改善维修工作效率与工作质量。

二是维护策略方面主张变被动应对为主动预防。这就决定了必须建立完善的监控与预警系统对振荡标线性能状态进行实时监控,在其性能显著降低前采取维护措施。该预防性维护策略既能够减少紧急维修次数与费用,又能够更加有效的保护道路使用者安全。为达到这一目的,可采用先进传感器技术及数据分析算法来实现振荡标线防滑性能的实时监控与评价。监测到数据到达预设阈值后,该系统会自动启动维护预警以提醒有关部门采取应对措施。

另外,还需制定更全面、更灵活的维修方式。如对轻微磨损标线可进行局部修补;而且对磨损严重或破损严重的标线需整体替换。同时也可考虑定期维护与按需维护结合起来,结合标线实际用途及性能状态制定个性化维护计划。该综合维护方法既能够提高养护的针对性与有效性,又能够较好地兼顾养护成本与道路安全。

具体操作时还要重视维护人员的训练与技能提升。维护人员只有掌握了专业知识与技能,才能够对标线性能状态做出准确地判断,从而采取相应的维护措施。所以,要加强维护人员的培养教育工作,提升其专业素养与操作技能。与此同时,我们还应该建立一套完整的维护记录与档案管理系统来跟踪与评价维护工作,并持续改进与优化维护方法。

### (三) 维护效果评估

湿滑路面下振荡标线抗滑性能衰减规律为制定有效的维护策略提供了关键依据。研究表明,振荡标线在湿滑条件下的抗滑性能会随着时间推移和交通流量的增加而逐渐衰减。这种衰减规律的准确把握,能够更科学地预测标线的使用寿命,从而提前规划维护工作,确保道路安全。

要准确地评价维护措施是否有效,就需要建立一个科学的评价体系。这个体系不仅要涵盖防滑性能的量化指标,如抗滑值、摩擦系数等,还要综合考虑维护成本、施工效率以及对交通流的影响等多方面因素。例如,通过定期检测振荡标线的抗滑性能,结合维护成本和施工时间,可以评估不同维护方案的性价比。同时,考虑到

施工对交通流的影响,选择在交通流量较低的时段进行维护作业,可以减少对交通的干扰,提高维护工作的整体效益。

评价保养效果,需要先比较保养前后防滑性能试验数据。其中包括摩擦系数和制动距离等主要指标,它们可以用专业设备来测量模拟湿滑路面情况。以南安公路分中心2023年国省道专养公路日常保养维修项目的振荡标线段为例,经过一轮的全方位维护,其摩擦系数从0.45增加到了0.60,同时制动的距离也减少了20%,这明确地展示了维护策略的实际效果。还要注意保养后长期的性能表现,定期复测以保证防滑性能稳定。

在对防滑性能进行量化评估的同时,需要兼顾维修的经济性与施工效率。其中包括维修材料费用,施工人员工时和维修过程中交通流效应。通过对不同维护方案总成本效益的比较,可对维护策略作进一步的优化。比如新型环保材料的使用,既降低维护成本又减少施工给环境带来的负面影响,在提高施工效率的同时。另外还应考虑到维护措施在提高振荡标线寿命方面所起到的促进作用。长期追踪观测可评价维护措施对减缓性能衰减和延长使用寿命的实际作用。以南安公路分中心2023年国省道专养公路日常保养维修项目为例,经过定期的专业维护,其振荡标线的使用寿命从原先的3年增加到了5年,这极大地减少了道路维护的总体费用。

### 结语

本研究深入探究湿滑路面环境中振荡标线抗滑特性衰减变化规律,厘清材料耐久性,环境因素等因素对其特性衰减产生的特定影响。采用实验模拟和现场测试相结合的方法,采集和分析大量资料,对振荡标线防滑性能进行科学地评价。鉴于此,本文研究并提出一种基于性能衰减数据制定维护周期的方法,对维护方法进行优化,从而有效地增强维护效率与效果。研究结果为合理维护标准的建立提供科学依据,对促进道路安全和延长振荡标线使用寿命有重要指导意义。

### 参考文献

- [1] 孔德江. 沥青路面抗滑性能衰减规律及改善措施研究[J]. 北方交通, 2025(1): 76-79.
  - [2] 黄骆莹, 孙晨浩. 泡沫沥青冷再生路面性能衰减规律[J]. 路基工程, 2025(1): 102-107.
  - [3] 唐绪勇. 沥青路面工程抗滑性能的影响因素及衰减规律研究[J]. 交通世界, 2024(1): 133-135.
  - [4] 任仲山, 张武兴, 马辉, 等. 高速公路路面抗滑性能衰减规律及提升策略研究[J]. 市政技术, 2024(11): 92-98.
  - [5] 李宇轩, 董元帅, 苑举民, 等. 沥青路面抗滑性能衰减规律研究[J]. 市政技术, 2022(1): 54-57.
- 作者简介: 杨婕, 1992年8月, 女, 汉, 广东清远, 全日制本科, 道路与桥梁工程师, 研究方向: 道路与桥梁。