

# 沥青路面抗滑性能衰变规律试验检测与评价

张镜威

湖北交投智能检测股份有限公司 湖北 武汉 430050

**【摘要】**：沥青路面的抗滑性直接影响行车安全，它的使用寿命、受交通荷载和环境影响都会发生不可逆的衰变，准确把握衰变规律是路面养护决策和安全管控的前提。本文采用室内加速磨耗试验和现场跟踪检测相结合的方法，以摆值、构造深度、动态摩擦系数为主要检测指标，分析不同集料类型、磨耗次数、环境条件下抗滑性能的衰变特征，建立衰变模型和评价体系，为沥青路面抗滑设计、养护时机确定提供试验依据和技术支持。研究表明，沥青路面抗滑性能衰变具有“初期快速衰减、后期趋于稳定”这样的阶段性特点，集料耐磨性和级配类型是决定衰变速率的主要因素，数模型可以很好地拟合抗滑指标衰变的规律。

**【关键词】**：沥青路面；抗滑性能；衰变规律；试验检测；性能评价

DOI:10.12417/2705-0998.26.05.023

## 1 引言

伴随着我国公路交通事业的迅猛发展，沥青路面由于具有行车舒适、施工方便等特点，在各级公路建设中得到了广泛使用。但是由于车辆荷载反复作用、自然环境侵蚀、材料自身老化等原因，在长期的运营中路面表面纹理逐渐磨损、光滑度提高，抗滑性能不断下降，容易造成雨天行车侧滑、制动距离变长等安全隐患，是交通事故频发的一个重要原因。抗滑性能属于沥青路面的关键使用性能指标，它的衰减规律受到集料种类、沥青品质、施工工艺、交通流量、气候状况等诸多要素的相互作用所左右。目前，国内对于沥青路面抗滑性能的研究大多只停留在单个指标检测或者短期性能评价上，对于长期衰变规律的系统试验和量化分析还比较欠缺。因此，对沥青路面抗滑性能衰变规律试验检测与评价进行研究，确定衰变阶段特点、主要影响因素和变化机理，创建科学的评价体系，对改善路面设计、合理安排养护计划、保证行车安全有着十分重要的工程实际意义和理论价值。

## 2 试验方案设计

### 2.1 试验材料与试件制备

试验所用的两种沥青混合料均为石灰岩沥青混合料、玄武岩沥青混合料，两种混合料均为 AC-16C 级配，用以考察不同集料的耐磨性对抗滑性能衰变的影响。沥青采用 SBS 改性沥青，针入度、软化点等技术指标满足规范要求；集料用石灰岩、玄武岩，其中玄武岩磨光值高、耐磨性好，石灰岩是公路建设中使用最多的集料。按照规范要求制备车辙板试件，尺寸为 300mm×300mm×50mm，用轮碾压实成型，保证试件的压实度符合设计要求，表面平整无破损。每种类型的混合料取 6 个试件，3 个做室内加速磨耗试验，3 个做空白对照组，保证试验数据的可靠性、重复性。

### 2.2 试验设备与检测指标

本次试验将室内加速模拟和现场跟踪检测结合起来，使用以下主要设备，室内试验用三轮磨耗试验机模拟车辆荷载磨耗

作用，摆式仪测定路面摩擦摆值，铺砂法测定路面构造深度，激光纹理扫描仪测定平均剖面构造深度，动态摩擦系数测试仪测定不同速度下的动态摩擦系数；现场检测用横向力系数测试车，同步记录累计轴载作用次数和抗滑指标的变化。选择摆值、构造深度、动态摩擦系数这三个关键的抗滑指标做衰变分析对象，摆值体现的是路面微观纹理的抗滑性能，数值越大则抗滑性能越好，构造深度体现的是路面宏观纹理的排水和抗滑能力，数值越大则表面纹理越丰富，动态摩擦系数体现的是实际行车速度下的路面抗滑性能，更贴近工程实际使用场景。

### 2.3 试验步骤

#### 2.3.1 试件养护

将制备好的车辙板试件小心放入标准养护箱中养护，养护环境严格按规范要求控制，温度为 23±2℃，相对湿度为 60±5%，养护时间为 72h。养护期间试件应平放，并留有不小于 5cm 的间距，防止试件之间互相挤压、碰撞造成表面损坏，影响以后检测结果。定期检查养护箱的温度、湿度，及时调节参数，保证养护环境稳定，使沥青混合料充分发生固化反应，消除试件成型时产生的内应力，使试件性能达到稳定状态，为后续初始指标检测和加速磨耗试验提供标准化的试件基础，防止由于试件养护不当造成试验数据出现偏差。

#### 2.3.2 初始指标检测

养护完成后，将试件从养护箱中取出，放在室温下静置 2h，使试件温度与室温一致，防止温度不同影响检测结果。检测时，按规范流程依次用摆式仪、铺砂法、动态摩擦系数测试仪测定两种混合料试件的初始摆值、构造深度、动态摩擦系数。每个试件的每一个指标都要在不同的位置上检测三次，摆值检测位置选择试件表面均匀分布的 4 个点，构造深度检测选取 3 个不同的区域，动态摩擦系数分别在 20km/h、40km/h、60km/h 速度下各检测一次，取 3 次检测结果的平均值作为该试件的初始指标值，详细记录每次检测的数据，包括检测时间、检测位置、检测数值等信息，整理成初始检测报告，为后续磨耗试验提供

基准数据，保证试验数据的可追溯性、准确性。

### 2.3.3 室内加速磨耗试验

养护合格、完成初始检测的试件小心放入三轮磨耗试验机内，调整试件位置，使试件表面与磨耗轮充分接触，受力均匀。试验前对磨耗试验机进行全面检查，校准磨耗速度、磨耗压力等参数，设定磨耗速度为40km/h，磨耗压力为0.7MPa，该参数根据实际公路中等交通荷载等级来设置，保证磨耗模拟的合理性。磨耗过程分阶段进行，完成1000次、2000次、3000次、4000次、5000次磨耗，每次磨耗结束后停止试验机，将试件取出，放在室温下冷却到室温，防止高温时检测造成指标偏差。

## 3 试验结果与分析

### 3.1 室内试验结果分析

两种沥青混合料在不同磨耗次数下的抗滑指标检测结果如下表所示，结合数据可分析抗滑性能的衰变特征。

表1 室内试验结果

磨耗次数 (次)	混合料类型	摆值 (BPN)	构造深度 (mm)	动态摩擦系数 (DF80)
0	石灰岩混合料	62	0.82	0.68
0	玄武岩混合料	68	0.88	0.72
1000	石灰岩混合料	53	0.65	0.59
1000	玄武岩混合料	61	0.79	0.66
2000	石灰岩混合料	48	0.58	0.54
2000	玄武岩混合料	56	0.73	0.61
3000	石灰岩混合料	45	0.53	0.51
3000	玄武岩混合料	52	0.68	0.57
4000	石灰岩混合料	44	0.51	0.50
4000	玄武岩混合料	50	0.65	0.55
5000	石灰岩混合料	43	0.50	0.49
5000	玄武岩混合料	49	0.64	0.54

由表格数据可知，两种沥青混合料的抗滑指标均随磨耗次数增加而持续下降，衰变过程呈现明显的阶段性特征。

第一阶段为快速衰减期，磨耗次数从0次增至2000次，

两种混合料的摆值、构造深度、动态摩擦系数均出现大幅下降，其中石灰岩混合料摆值下降14，构造深度下降0.24mm，动态摩擦系数下降0.14；玄武岩混合料摆值下降12，构造深度下降0.15mm，动态摩擦系数下降0.11。该阶段衰变较快的主要原因是路面表面突出的集料颗粒被快速磨耗，宏观纹理逐渐变浅，微观纹理被磨损平整，抗滑能力急剧下降。

第二阶段为缓慢衰减期，磨耗次数从2000次增至5000次，抗滑指标下降速率明显放缓，趋于稳定。石灰岩混合料摆值仅下降5，构造深度下降0.08mm，动态摩擦系数下降0.05；玄武岩混合料摆值下降7，构造深度下降0.09mm，动态摩擦系数下降0.07。该阶段路面表面集料颗粒已基本磨耗平整，剩余纹理主要为集料内部的细微纹理，磨耗对于抗滑指标的影响逐渐减弱，抗滑性能趋于稳定。

对比两种混合料的衰变差异可见，相同磨耗次数下，玄武岩混合料的各项抗滑指标均高于石灰岩混合料，且衰变速率更慢。磨耗5000次后，玄武岩混合料摆值、构造深度、动态摩擦系数分别比石灰岩混合料高6、0.14mm、0.05，表明集料耐磨性是影响抗滑性能衰变的关键因素，耐磨性越强，抗滑性能衰变越慢，长期抗滑效果越好。

### 3.2 现场跟踪检测结果分析

现场跟踪检测路段通车后5年内的抗滑指标变化数据显示，路面抗滑性能衰变规律与室内加速磨耗试验基本一致，呈现“初期快速、后期缓慢”的特征。通车后1-2年为快速衰减期，摆值从初始65下降至50，构造深度从0.85mm下降至0.60mm，动态摩擦系数从0.70下降至0.55；通车后3-5年为缓慢衰减期，摆值稳定在45-50之间，构造深度稳定在0.55-0.60mm之间，动态摩擦系数稳定在0.50-0.55之间。现场检测结果与室内试验存在一定差异，主要原因是现场环境复杂，受降雨量、温度变化、交通荷载不均匀等因素影响，抗滑性能衰变速率略低于室内加速磨耗试验。此外，现场路面施工过程中的压实度、纹理构造等施工质量，也会对抗滑性能衰变产生一定影响。通过相关性分析可知，室内加速磨耗试验与现场实际衰变规律的相关系数达到0.89，表明室内试验能够有效模拟现场抗滑性能衰变过程，可为工程实践提供可靠的试验依据。

### 3.3 衰变模型构建

基于室内试验数据，采用对数模型对两种混合料的抗滑指标衰变规律进行拟合，对数模型形式为 $y=a+b\ln(x+1)$ ，其中 $y$ 为抗滑指标值， $x$ 为磨耗次数， $a$ 、 $b$ 为拟合参数。拟合结果显示，对数模型对于抗滑指标衰变规律的拟合效果较好，拟合优度均大于0.92，其中构造深度的拟合优度最高，达到0.96，表明该模型能够准确反映沥青路面抗滑性能的衰变特征。石灰岩混合料摆值衰变模型为 $y=63.2-5.8\ln(x+1)$ ，构造深度衰变模型

为  $y=0.83-0.12\ln(x+1)$ ，动态摩擦系数衰变模型为  $y=0.69-0.08\ln(x+1)$ ；玄武岩混合料摆值衰变模型为  $y=69.1-6.2\ln(x+1)$ ，构造深度衰变模型为  $y=0.89-0.09\ln(x+1)$ ，动态摩擦系数衰变模型为  $y=0.73-0.07\ln(x+1)$ 。通过衰变模型可预测不同磨损次数或使用年限下的抗滑指标值，为路面抗滑性能预测与养护决策提供量化依据。

## 4 沥青路面抗滑性能评价体系构建

### 4.1 评价指标权重确定

结合试验结果与工程实际，选取摆值、构造深度、动态摩擦系数作为抗滑性能评价核心指标，采用层次分析法确定各指标权重。通过构建判断矩阵、一致性检验，最终确定摆值权重为 0.35，构造深度权重为 0.35，动态摩擦系数权重为 0.30，三者权重分配合理，能够全面反映路面抗滑性能的综合水平。

### 4.2 评价等级划分

依据相关规范要求，结合本次试验数据，将沥青路面抗滑性能划分为优良、合格、不合格三个等级，具体评价标准如下表所示。

表 2 具体评价标准

评价等级	摆值 (BPN)	构造深度 (mm)	动态摩擦系数 (DF80)	综合评价得分
优良	$\geq 55$	$\geq 0.70$	$\geq 0.60$	$\geq 85$

合格	45-54	0.50-0.69	0.50-0.59	70-84
不合格	<45	<0.50	<0.50	<70

综合评价得分采用加权求和法计算，即综合得分=摆值得分 $\times 0.35$ +构造深度得分 $\times 0.35$ +动态摩擦系数得分 $\times 0.30$ ，其中各指标得分根据实际检测值按线性插值法计算。

### 4.3 评价应用实例

选取某一级公路通车 3 年的沥青路面路段进行抗滑性能评价，现场检测得到摆值为 48，构造深度为 0.56mm，动态摩擦系数为 0.53。根据评价标准，摆值得分为 75 分，构造深度得分 72 分，动态摩擦系数得分 70 分，综合评价得分为 72.4 分，评价等级为合格，表明该路段抗滑性能基本满足行车安全要求，但需加强日常养护，防止抗滑性能进一步衰变。

## 5 结论

沥青路面抗滑性能衰变呈现明显的阶段性特征，分为初期快速衰减期和后期缓慢衰减期，初期磨损阶段抗滑指标下降速率较快，后期逐渐趋于稳定，符合对数衰变规律。集料类型是影响抗滑性能衰变的关键因素，玄武岩混合料的抗滑性能及衰变能力明显优于石灰岩混合料，选用高耐磨性集料可有效延长路面抗滑性能和使用寿命。摆值、构造深度、动态摩擦系数三者具有良好的相关性，可通过对数模型准确拟合抗滑性能衰变规律，为抗滑性能预测提供可靠依据。构建的抗滑性能评价体系，结合三项核心指标权重与评价等级，能够全面、客观地评价沥青路面抗滑性能水平，为路面养护决策提供技术支撑。

## 参考文献：

- [1] 宫雪晴.外界影响下薄层沥青路面全寿命周期抗滑性能衰减特征[J].成都大学学报(自然科学版),2026,45(01):106-112.
- [2] 班玄耀,左一如.市政道路交叉口沥青路面抗车辙性能的玄武岩纤维改性技术[J].新疆钢铁,2026,(01):94-96.
- [3] 石雪洁.材料特性-温度-湿度多因素耦合作用下沥青路面抗滑性能研究[J].佳木斯大学学报(自然科学版),2026,44(03):120-123.
- [4] 杨林涛,涂辉招,吴宏涛,等.基于地形突出性的沥青路面纹理方向性磨损表征方法[J/OL].交通运输工程学报,1-17[2026-04-13].
- [5] 张虎林.沥青路面抗滑性能衰减规律及影响因素研究[J].科学技术创新,2026,(02):113-116.