

# 高速公路路面抗滑性能的提升技术与施工方法

文 / 林 勇 安徽省高等级公路工程监理有限公司

**摘要：**车辆在高速公路行驶的安全性与道路服役周期，很大程度由路面抗滑性能决定，随着交通流量持续增长和重载运输常态化，传统抗滑技术因耐磨损能力差、环境适应性有限，难以满足现代道路安全运营标准。从新型抗滑材料研制、施工工艺精细化改良，到智能化监测维护体系构建，多维度技术融合可形成科学有效的性能提升路径，为高速公路全周期安全运行提供技术支撑。

**关键词：**高速公路；路面抗滑性能；提升技术；施工方法

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.18.057

## 引言

现代交通运输体系中，高速公路路面性能直接影响车辆通行效率与安全水平。抗滑性能不足的路面，会显著延长车辆制动距离，在湿滑、结冰等特殊气象条件下，极易诱发侧滑、追尾等交通事故，当前交通荷载不断加重，重载货车高频次通行导致路面磨耗加速，抗滑性能衰减问题日益严峻。而传统抗滑处理技术难以适应多变的交通负荷与气候环境，无法保障道路长期稳定使用，探索创新型抗滑提升技术与施工方案，成为公路养护领域亟待突破的关键方向。

### 一、影响高速公路路面抗滑性能的因素

#### （一）路面材料特性

高速公路路面抗滑性能的根基在于路面材料本身的性质，组成路面的集料，其硬度、耐磨性能和表面粗糙程度，是决定抗滑能力大小的关键。硬度高且耐磨的集料，在经受车辆长时间碾压后，还能维持表面的粗糙形态，持续给予轮胎稳定的摩擦阻力。沥青结合料的黏性强弱与弹性恢复性能好同样不可忽视，只有选用合适的沥青结合料，才能将集料牢牢固定在路面内部，防止因车辆行驶带来的荷载冲击，致使集料松动掉落，进而影响抗滑性能的长久性。

#### （二）路面结构构造

路面抗滑性能的好坏，取决于表面宏观构造和微观构造的共同作用，宏观构造体现为路面整体高低不平的起伏状态，这种构造形式能够有效引导雨水排出，避免路面积水形成阻碍轮胎与路面接触的水膜，降低车辆出现滑水现象的概率。微观构造则指集料表面细微的粗糙纹路，是轮胎与路面接触时摩擦力的直接来源，只有宏观构造与微观构造相互配合、达到合理的比例，才能确保路面在干燥、潮湿等不同行车环境下，始终具备充足的抗滑能力。

#### （三）交通荷载与环境因素

路面抗滑性能并非一成不变，会随着交通荷载和环境条件的改变而逐渐减弱。频繁通行的重载车辆，其产生的高强度碾压作用，会加快路面的磨损速度，导致路面表面的构造深度不断减小，削弱抗滑性能。环境因素

的影响也不容小觑，高温天气下沥青会变软，使得集料更容易被磨平；低温环境会让路面材料变得脆弱，增加裂缝和破损出现的风险；降雨天气会直接降低轮胎与路面之间的摩擦系数，在本身抗滑性能较差的路面上，极易引发车辆失控事故。

#### （四）施工工艺和质量控制

一方面，施工工艺和质量控制对路面抗滑性能具有较大影响，如果施工过程中没有严格控制沥青的铺设厚度、摊铺温度及压实度，路面的抗滑性能通常不够理想。例如，施工质量不合格的路面，其摩擦系数可能低于标准值，特别是在频繁受雨水冲刷的地方，路面比较容易出现磨损和老化，导致摩擦力逐渐降低。另一方面，路面施工质量的缺陷仍然是导致抗滑性能不达标的重要因素。施工过程中，如果沥青混合料的配比不合理，或者摊铺、压实等施工环节不规范，会造成路面表面粗糙度不足，最终降低摩擦力。

#### （五）路面维护

路面维护对抗滑性能的影响不容忽视。随着高速公路的使用年限增加，部分路面开始出现裂缝、沉降等问题，如果未及时修复养护，路面抗滑性能将大幅下降。在一些已建成多年的高速公路上，因缺乏有效维修养护，部分路段的摩擦系数已降至0.3以下，造成交通事故时有发生。

## 二、高速公路路面抗滑性能提升技术

### （一）新型抗滑材料应用

#### 1. 高耐磨集料的性能特性与处理技术

高速公路路面要实现抗滑性能提升，选用优质集料是不可忽视的基础工作。在众多集料种类中，玄武岩、辉绿岩这类硬质集料凭借自身高硬度和强抗冲击能力的特性，成为提升路面抗滑性能的理想选择。在高速公路运营过程中，车辆持续不断的碾压作用会对路面集料造成磨损，但玄武岩、辉绿岩能够较好地维持表面粗糙度和棱角形态，从而为路面持续稳定地提供抗滑能力。对集料进行表面处理和改性是进一步提升其性能的重要手段，通过表面粗糙化处理，可以显著增加集料的表面积，使得沥青能够更充分地裹覆在集料表面，增强二者之间

的结合力；采用改性技术提升集料与沥青的黏附性，能有效减少车辆荷载冲击下集料脱落现象的发生，延长路面抗滑性能的有效时长，降低路面维护成本。

### 2. 温拌沥青混合料技术的优势体现

温拌沥青混合料技术在路面抗滑性能提升方面发挥着独特作用。该技术最大的特点在于，能在保证路面各项性能指标的前提下，降低沥青混合料在拌和、摊铺和压实等施工环节的温度。较低的施工温度对沥青性能有着积极影响，可以有效减缓沥青的老化速度，使沥青始终保持良好的柔韧性和黏结力，促进集料与沥青更紧密地结合，增强路面整体结构的稳定性，最终实现抗滑性能的提升。从施工效益和环保角度来看，温拌沥青混合料技术同样具有明显优势，施工过程中，由于温度要求降低，能源消耗相应减少，同时有害气体的排放也有所下降，不仅符合当前绿色施工的发展趋势，也有助于减少施工对周边环境的影响，降低施工企业在环保方面的投入成本。

### 3. 纳米改性沥青的性能改善机制

将纳米材料添加到沥青中进行改性，是提升沥青性能的有效途径。纳米材料的加入能够显著增强沥青的弹性、韧性和抗老化性能，使沥青在高温环境下不会轻易软化，在低温环境下也不会迅速变脆，确保沥青在不同温度条件下都能保持良好的工作性能。沥青性能改善后，与集料的黏附力得到明显提高，二者结合更加牢固，这种牢固的结合关系可以有效延缓路面抗滑性能的衰减速度，延长路面抗滑性能的使用寿命，减少路面因抗滑性能下降而进行大规模翻修的频率，对降低高速公路全寿命周期成本具有重要意义。

## （二）路面表面处理技术

### 1. 微表处技术的实施与效果

微表处作为一种薄层罩面技术，在提升路面抗滑性能方面效果显著。其施工过程是将聚合物改性乳化沥青、集料、填料和水按照特定比例进行拌和，制成稀浆混合料，之后通过专用设备摊铺在路面上，形成一层密实、耐磨且具有良好的抗滑性能的表面封层。微表处施工具有诸多优点。首先，施工速度快，能在较短时间内完成大面积路面处理，对交通的影响相对较小，特别适合在交通流量较大的高速公路上实施。其次，在施工过程中，微表处不仅能够有效修复路面车辙、填补裂缝，恢复路面平整度，还能通过形成的特殊表面结构，提高路面的抗滑性能和防水性能，防止水分渗入路面结构内部，保护路面结构，延长路面使用寿命。

### 2. 雾封层技术的原理与应用场景

雾封层技术是利用专用设备将乳化沥青或改性乳化沥青均匀喷洒在路面表面，形成一层薄的封层，这层封层能够填补路面存在的微小空隙，有效阻止水分下渗到路面结构内部，对路面结构起到保护作用，减少因水损

害导致的路面病害发生。同时，雾封层还能在一定程度上恢复路面表面的粗糙度，提升路面的抗滑性能，雾封层技术施工成本相对较低，操作简便，适用于路面抗滑性能只是轻度衰减的路段，是一种经济有效的路面抗滑性能改善方法。通过定期实施雾封层处理，可以在不进行大规模路面改造的情况下，维持路面的基本性能，降低养护成本。

### 3. 露石封层技术在水泥混凝土路面的应用

露石封层技术主要应用于水泥混凝土路面，在水泥混凝土路面表面施工完成后，通过特殊工艺将表面一定厚度的水泥浆去除，使集料外露，形成具有较大构造深度的粗糙表面。这种粗糙表面能够提供强大的摩擦力，具有十分优异的抗滑性能，尤其适用于长下坡、急转弯等对抗滑性能要求极高的路段。与其他路面表面处理技术相比，露石封层技术具有良好的耐久性，能够长时间维持路面的良好抗滑性能，减少后期维护次数和成本，虽然露石封层技术施工工艺相对复杂，对施工技术要求较高，但从长期使用效益来看，在一些特殊路段采用该技术具有较高的性价比。



图一 沥青路面高性能超薄罩面施工设计

## 三、高速公路路面抗滑性能提升施工方法

### （一）施工工艺优化

#### 1. 拌和工艺的关键控制要素

沥青混合料的拌和工艺对路面抗滑性能有着直接影响，在拌和过程中，集料加热温度、沥青加热温度和拌和时间这三个参数的控制至关重要。精确控制集料加热温度，能够使集料达到合适的物理状态，便于沥青更好地裹覆在集料表面；准确把握沥青加热温度，则可以保证沥青具有良好的流动性和黏结性，为混合料的质量提供保障。

拌和时间的控制同样不容忽视。如果拌和时间过短，沥青无法均匀分布在集料表面，混合料的性能就会不稳定，影响路面的整体质量；而拌和时间过长，又可能导致沥青老化，降低混合料的性能。只有对这些参数进行精确控制，才能实现沥青与集料的充分裹覆，保证混合料的均匀性，为路面良好的抗滑性能奠定坚实基础。

## 2. 摊铺与压实工艺的操作要点

摊铺和压实工艺是保证路面抗滑性能的重要环节。在摊铺作业中,采用高精度摊铺机能够确保摊铺厚度均匀、路面平整度达标,摊铺速度的控制对摊铺质量有着重要影响,速度过快会导致混合料摊铺不均匀,影响路面平整度和密实度;速度过慢则会降低施工效率,还可能使混合料温度下降过快,影响后续的压实效果。



图二 环氧抗滑薄层

压实环节是决定路面抗滑性能的核心步骤。合理选择压路机类型,根据路面材料和施工要求确定合适的压实遍数和压实速度,并严格遵循先轻后重、先慢后快的原则进行压实作业,能够使路面达到规定的压实度。只有压实度达标的路面,其耐磨性和抗滑性能才能得到显著提高,确保路面在长期使用过程中保持良好的性能状态。

### (二) 特殊路段施工处理

#### 1. 长下坡路段的抗滑施工措施

长下坡路段由于车辆长时间制动,对路面抗滑性能提出了极高要求,在施工过程中,选用大粒径、高耐磨集料铺筑抗滑表层是常用且有效的方法,这些集料形成的粗糙表面能够大幅增加路面与轮胎之间的摩擦力,提高车辆行驶安全性。

设置横向防滑槽也是一种重要的抗滑措施。横向防滑槽能够引导路面积水排出,防止因积水形成水膜而降低路面抗滑性能,避免车辆在行驶过程中出现打滑现象。在路面表面喷涂防滑涂料,可以进一步提升路面的抗滑能力,为车辆下坡行驶提供更可靠的安全保障,通过多种措施相结合的方式,能够全面提升长下坡路段的路面抗滑性能,确保车辆安全通行。

#### 2. 桥梁路段的抗滑施工要点

桥梁路段结构具有特殊性,其路面抗滑性能容易受到温度变化和车辆荷载冲击的影响。施工过程中,选择

与桥梁结构适应性良好的路面材料是首要任务,合适的路面材料能够增强路面与桥梁之间的黏结力,防止路面出现脱落、开裂等问题,保证路面与桥梁结构的协同工作性能。采用特殊的施工工艺,如在桥梁铺装层设置粗糙构造,能够有效提高路面的抗滑性能,做好桥面排水系统也至关重要。完善的桥面排水系统可以及时排出桥面积水,避免因积水降低路面抗滑能力,保障桥梁路段路面抗滑性能的稳定性,延长桥梁路面的使用寿命,在桥梁路段抗滑施工中,需要综合考虑材料选择、工艺应用和排水设计等多个方面,确保施工质量满足使用要求。

### 结语

综上所述,高速公路行车安全系数高低,路面服役年限长短,根本在于路面抗滑性能优劣,经年累月的车轮碾压,叠加雨水侵蚀、季节温差等环境因素,会持续损耗路面抗滑能力。改善这一状况需多管齐下。材料选用上,玄武岩等硬质集料和温拌沥青混合料是关键;施工环节中,微表处修复路面缺陷、露石封层强化特殊路段摩擦,配合精确调控的拌和摊铺工艺,都能有效提升抗滑性能。着眼未来,依靠智能传感设备实时评估路面状态,开发可随环境变化动态调整性能的新材料,将推动抗滑技术迭代升级,为道路安全构筑更坚实的防线。

### 参考文献

- [1] 成猛,尹明毅,包广志.鄂西山区高速公路沥青路面抗滑性能衰变规律及处治措施[J].交通世界,2025,(08):29-32.
- [2] 陶世刚.高速公路路面抗滑性能的提升技术与施工方法[J].运输经理世界,2025,(06):10-12.
- [3] 赵阳.HET薄层在高速公路路面改造中的应用[J].交通世界,2024,(34):112-114.
- [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,2024,42(11):92-98.
- [5] 韩凯.高速公路路面抗滑表层施工技术及其质量管理[J].四川建材,2024,50(07):65-67.
- [6] 梁奇,蔺琳.高速公路隧道路面抗滑性能变化特征分析[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(19):135-139.
- [7] 郑竞友,朱子剑,郭渭军,等.基于变权模型方法的路面抗滑性能综合评价指标研究[J].市政技术,2024,42(06):10-18.
- [8] 闫朝杰.公路隧道沥青路面抗滑性能衰变特性与提升技术研究[D].南京林业大学,2024.
- [9] 周心奥.积沙条件下路面抗滑性能研究[D].宁夏大学,2024.
- [10] 卢川川.湖北省高速公路通车试运营期间沥青路面抗滑性能影响因素及横向力系数衰减情况分析[J].中国水运,2024,(09):148-150.