

# 公路水泥混凝土路面表面抗滑性能衰减规律研究

杨磊清

瑞丽市宏业路桥有限公司 云南 瑞丽 678600

**【摘要】**：水泥混凝土路面的抗滑性能对道路交通安全至关重要。随着使用年限的增加，水泥混凝土路面表面抗滑性能逐渐衰退，影响行车安全性。研究表明，水泥混凝土路面表面抗滑性能衰减主要受气候、交通负荷以及路面材质等因素的影响。通过对不同环境下的路面抗滑性能变化进行分析，本文探讨了衰减规律，提出了相关的评估和预测模型。研究结果有助于优化路面设计与养护策略，提高道路的使用安全性。通过进一步的实地数据采集和实验分析，能够为公路管理提供更具科学性和实践性的决策依据。

**【关键词】**：水泥混凝土；抗滑性能；衰减规律；交通负荷；气候因素

DOI:10.12417/2705-0998.26.02.067

## 引言

公路的安全性直接关系到人民的生命财产安全，尤其是水泥混凝土路面作为常见的公路路面材料，其抗滑性能对于保障行车安全至关重要。随着交通流量的增加及天气变化，水泥混凝土路面表面的抗滑性能会逐渐衰退。这一现象的出现不仅对交通安全产生隐患，也增加了养护和修复的难度。因此，研究水泥混凝土路面抗滑性能的衰减规律显得尤为重要。通过深入分析影响抗滑性能的因素及其衰退趋势，可以为公路设计、养护及修复提供更有效的科学依据，从而延长道路的使用寿命，并确保行车安全。

## 1 公路水泥混凝土路面抗滑性能的现状分析

### 1.1 抗滑性能的定义与测量方法

水泥混凝土路面抗滑性能是指路面表面对车辆轮胎的摩擦力，决定了在不同气候条件和交通流量下的行车安全性。抗滑性能通常通过测量路面表面粗糙度、摩擦系数和表面磨损等指标来评估。常见的测量方法包括横向摩擦力测试、动态摩擦系数测试和微观表面结构的检测。横向摩擦力测试主要通过测试车辆行驶时轮胎与路面接触的摩擦力来获取数据。动态摩擦系数测试则通过模拟实际行车状态，评估不同湿滑情况下的抗滑性。不同测量方法适应于不同的使用场景，确保能够准确反映路面抗滑性能的变化。

### 1.2 现有研究成果概述

现有研究多集中于公路水泥混凝土路面抗滑性能的影响因素及衰减规律的探讨。研究表明，气候变化、交通荷载及路面使用年限等因素显著影响路面的抗滑性能。大量实验数据表明，随着路面表面摩擦系数的下降，水泥混凝土路面的抗滑性能逐渐衰退。许多学者通过对不同区域、不同气候条件下的道路进行长期跟踪测试，探讨了摩擦系数的变化规律<sup>[1]</sup>。研究还表明，随着交通负荷的增加，水泥混凝土路面会产生不同程度的磨损，导致其抗滑性能下降。此外，已有的数值模拟和数学模型也为抗滑性能衰退规律的预测提供了理论支持。

### 1.3 现有问题与挑战

现有的抗滑性能测试方法仍存在一定的局限性，特别是在不同环境条件下的适应性较差，可能导致测试结果与实际情况有所偏差。现有研究对抗滑性能衰减的模型大多基于简化假设，忽视了复杂交通和气候条件下的多重因素交互作用，导致模型的预测精度较低。路面在长期使用过程中的损耗机制复杂，研究仍未能完全揭示不同类型的水泥混凝土路面抗滑性能衰减的内在规律。实际应用中对面路面抗滑性能的动态监测和评估方法缺乏统一标准，使得养护决策的科学性和精准度受到限制。

## 2 影响水泥混凝土路面抗滑性能的主要因素

### 2.1 气候变化对抗滑性能的影响

温度和湿度的变化直接影响路面表面特性，导致摩擦系数的波动。高温环境下，水泥混凝土表面的水分蒸发加速，可能导致表面硬化，降低摩擦力；而在低温环境下，水分渗透路面表面后结冰，形成滑面，增加滑水现象的发生率。降雨与湿滑条件下，路面摩擦系数的变化尤为明显，路面表面水膜的形成减少了轮胎与路面的接触摩擦。强烈的紫外线辐射会导致水泥混凝土表面的化学变化，进一步影响其抗滑性。持续的湿润或干燥环境也可能引发路面老化，增加裂缝的出现，这些都影响着路面的耐久性和抗滑性能的衰减速度。

### 2.2 交通负荷与路面磨损的关系

交通负荷是影响水泥混凝土路面抗滑性能衰减的重要因素。随着交通流量的增加，尤其是重型车辆的通过，路面表面会受到不断的冲击和压缩，导致表面粗糙度的变化。高强度的交通荷载使得水泥混凝土表面容易出现裂纹，裂纹扩展进一步降低了摩擦系数。重型车辆的轮胎对路面的磨损作用远比轻型车辆显著，尤其是在高速行驶条件下，轮胎与路面的摩擦力持续作用，会使得水泥混凝土表面逐渐光滑，从而降低抗滑性能<sup>[2]</sup>。随着交通量的增加，路面表面损耗加剧，抗滑性能的衰退速度也随之加快。长期高负荷运行的路段需要更加频繁的养护

与修复，以保证其抗滑性在安全范围内。

### 2.3 水泥混凝土材质的特性分析

不同水泥类型、骨料粒度、以及水泥与水的比例都会对路面表面粗糙度和摩擦系数产生作用。采用高强度水泥和优化骨料配比能够有效提高路面的初始抗滑性能，但其在长期使用中的衰退速度仍受多种因素的影响。粗糙度是影响水泥混凝土抗滑性能的关键因素之一，粗糙表面有助于增加摩擦力，从而提升路面抗滑性。水泥混凝土中的矿物成分和化学添加剂的选择也会对其抗滑特性，例如某些矿物成分可能导致路面表面光滑或容易产生裂纹。表面处理工艺，如喷洒防滑涂层或采用特殊的施工工艺，也能在一定程度上增强抗滑性能。水泥混凝土材质的改进能够在一定程度上延缓抗滑性能的衰退，提升其耐久性。

## 3 抗滑性能衰减的规律与模型

### 3.1 衰减过程中的关键因素

水泥混凝土路面抗滑性能的衰减主要受到环境条件、交通负荷和路面材质的综合作用。在长期使用过程中，路面表面的微观结构逐渐被磨损，粗糙度减少，摩擦系数降低，导致抗滑性能的下降。气候因素，如高温、湿度和降水频率，会加速水泥混凝土表面的老化，尤其是在温差较大的地区，水泥混凝土表面容易出现裂纹和剥落，进而影响摩擦力的稳定性。交通负荷则通过车轮与路面接触的持续作用导致表面损耗，重型车辆的频繁通过尤其加速了磨损过程。路面初期的抗滑性能较强，但随着使用年限的延长，表面会逐渐被污染物覆盖，增加水膜形成的风险，这使得摩擦系数在湿滑条件下急剧下降，抗滑性能持续衰减。

### 3.2 抗滑性能衰减的数学模型

为了更准确地预测水泥混凝土路面抗滑性能的衰减过程，学者们提出了多种数学模型，通常基于摩擦系数与时间、环境因素以及交通负荷的关系构建。常见的模型包括经验回归模型、指数衰减模型和多变量模型等。经验回归模型主要通过实验数据拟合出摩擦系数与时间或交通负荷之间的关系，能够较为简便地描述抗滑性能的变化趋势<sup>[1]</sup>。指数衰减模型则假设抗滑性能呈现指数衰减规律，广泛应用于长期的路面性能衰退预测。多变量模型则考虑了更为复杂的因素，如气候条件、交通流量和路面材质的变化，通过多元回归分析来预测抗滑性能的衰减。这些数学模型为公路养护管理提供了理论依据，有助于更科学地制定维护与修复计划。

### 3.3 实地数据分析与模型验证

实地数据分析是验证抗滑性能衰减模型的重要途径，通过对不同区域和不同交通负荷的路面进行长期监测，能够获得准确的抗滑性能变化数据。大量的现场测试数据表明，不同路段的抗滑性能衰退速度存在显著差异，且与气候、交通流量及路

面施工质量密切相关。通过与实验室数据进行对比，研究人员对现有数学模型进行了多次修正和验证，进一步提高了预测精度。某些地区的路面因常年高温湿润，抗滑性能衰退较为迅速，而在其他干燥地区则变化较为缓慢。基于这些实地数据，衰减模型可以更为精准地预测未来路段的抗滑性能变化，为公路管理部门提供更加科学的决策依据，有助于优化养护资源的配置，减少道路事故发生的概率。

## 4 水泥混凝土路面抗滑性能的提升策略

### 4.1 优化路面设计与施工方法

水泥混凝土路面抗滑性能的提升可以从设计和施工阶段入手，优化路面结构和施工工艺。在设计阶段，采用合理的路面宽度、坡度以及排水系统设计，能够有效减少水膜积聚，降低湿滑条件下的滑行风险。此外，设计过程中应重视路面表面粗糙度的提升，适当调整骨料的粒径和分布，以增加路面的摩擦力。对于施工工艺，精细化施工技术的应用能够避免因施工不当造成的表面缺陷和不均匀性，提高路面的抗滑性。加强水泥混凝土的表面处理，如激光磨光、表面粗化等手段，也能够显著提升路面的初期抗滑性能。通过对不同工艺和材料的优化组合，提升路面的抗滑性，从源头上减少衰退速度，为长期的道路使用提供保障。

### 4.2 抗滑性能提升的养护措施

在水泥混凝土路面投入使用后的养护过程中，定期的维护和修复工作至关重要，能够延缓路面抗滑性能的衰退。抗滑性能的养护不仅仅是修复表面裂纹或填补坑洞，还包括对路面粗糙度和摩擦系数的维护。对老化或磨损的路面进行表面处理，如重新粗化或喷洒防滑剂，可以有效恢复其抗滑性能<sup>[4]</sup>。定期清理路面上的沉积物和污染物，如油污、尘土和积水，也是确保路面抗滑性能的重要措施。对于长期使用后的水泥混凝土路面，还可以采用薄层修复技术，将新的抗滑层覆盖在旧路面上，提升摩擦系数并延长路面的使用寿命。监测系统的引入可以实时检测路面抗滑性能变化，为养护工作提供数据支持，确保养护措施的及时性和有效性。

### 4.3 创新材料的应用与前景

随着科技的发展，创新材料的应用为水泥混凝土路面抗滑性能的提升带来了新的机遇。例如，采用高性能的水泥和添加剂能够提升混凝土的抗压强度和抗老化能力，减少水泥混凝土表面的裂缝和磨损，从而延缓抗滑性能的衰退。高摩擦系数的骨料，如矿石、陶瓷颗粒等材料的加入，能够有效增强路面的初期抗滑性能，尤其在湿滑天气条件下表现尤为突出。近年来，功能性材料，如防滑涂层和自修复混凝土的研发也逐渐应用于水泥混凝土路面的抗滑性能提升。自修复混凝土能够在裂纹发生时自动修补，有效防止裂纹扩展，保持路面整体性，提高抗滑性。随着材料科学的不断进步，未来更多新型环保、耐用的

材料将被应用于公路建设和养护中,这些材料有望进一步提高水泥混凝土路面的抗滑性能,推动公路行业的发展和创

## 5 水泥混凝土路面抗滑性能衰减的管理与应用

### 5.1 抗滑性能评估与监控方法

水泥混凝土路面抗滑性能的评估和监控依赖于一系列精确的测试方法和设备。常见的监控手段包括静态和动态摩擦系数测量、路面表面粗糙度评估以及微观裂缝检测。使用摩擦测试仪器如英国 Pendulum 仪器、美国 SAE 测试仪等,可以实时获取不同气候和交通条件下的摩擦系数数据,为抗滑性能提供定量分析。路面监控系统可以通过定期检测和传感器反馈,对路面表面变化进行动态跟踪。结合地面雷达、红外热像仪等先进技术,可以高效识别潜在的表面裂纹和损伤,提前进行养护干预。通过这些精准的监控方法,能够及时发现路面抗滑性能的衰减趋势,为公路管理者提供数据支持,确保道路安全。

### 5.2 养护周期与预算管理

水泥混凝土路面的抗滑性能衰减与养护周期密切相关,合理的养护周期安排是确保路面抗滑性和使用寿命的关键<sup>[1]</sup>。基于抗滑性能监测结果,可制定科学的养护计划,对路面进行定期检查和维修,避免过度损耗带来交通安全隐患。根据不同地区的气候条件、交通负荷及路面状况,养护周期应灵活调整,确保在最适宜的时机进行养护。气候湿润区域可能需要缩短养

护周期,增加表面修复的频率。预算管理在养护过程中也起着重要作用。通过成本效益分析,合理分配养护预算,优先对重点路段进行防滑性能恢复,可以在降低成本的同时提高道路安全性。采用预防性养护策略,减少大规模修复的需求,有助于更高效地利用养护资金。

### 5.3 未来研究方向与技术展望

未来研究将集中在高性能材料的开发与应用上,特别是自修复水泥混凝土和超耐磨骨料的研究,将有助于提高路面抗滑性能的持久性。智能化路面监测技术的推广也是未来的重点发展方向,通过实时数据采集和大数据分析,能够更精确地预测路面抗滑性能的变化趋势,并及时采取相应的养护措施。路面施工工艺的优化、绿色环保材料的应用也将进一步推动抗滑性能的提升。随着人工智能、物联网技术的应用,公路管理系统将实现更加高效和精准的管理,使得抗滑性能的监控与养护更加智能化和自动化。

## 6 结语

通过对水泥混凝土路面抗滑性能衰减规律的研究,可以看出,抗滑性能的变化受多种因素的影响,尤其是气候、交通负荷和路面材质等。为了有效提升路面抗滑性能,应从路面设计、施工方法、材料创新等方面入手,并结合科学的养护管理策略进行长期维护。未来,随着新技术的不断发展,路面抗滑性能的提升将更加精准、智能,公路安全性也将得到进一步保障。

## 参考文献:

- [1] 旷开强.隧道水泥混凝土路面抗滑及降噪性能研究[J].交通世界,2025,(28):124-127.
- [2] 张大伟,叶俊涛,谢志禹.基于纵向摩擦测试模型的水泥刻槽路面抗滑性能[J].华南理工大学学报(自然科学版),2025,53(10):52-59.
- [3] 王建军.高架路水泥混凝土抗裂性能提升技术探讨[J].水泥,2025,(09):140-142.
- [4] 李元渔.道路桥梁工程水泥混凝土抗裂性能的改善措施[J].汽车画刊,2025,(07):134-136.
- [5] 贾凯.水泥混凝土路面抗滑性能检测及技术分析[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(16):169-171.