

高速公路路面抗滑性能衰减规律及提升策略研究

王捷思

四川省川南高速公路股份有限公司 四川 泸州 646000

摘要：本文旨在深入探讨高速公路路面抗滑性能的衰减规律及其提升策略，特别关注沥青混合料、气候因子和摩擦系数之间的复杂关系，并评估不同养护技术在延长路面使用寿命中的实际效果。以高速公路为例，在自然环境及行车荷载作用下所表现出的抗滑性能显著衰退现象。研究发现，部分路段掺加灰岩导致表面层抗滑能力下降，频繁刹车造成的动荷载加剧了材料老化，加之四川盆地高降雨量促使水分渗入结构内部，破坏了层间粘结力，进一步降低了路面的整体强度与稳定性。针对这些问题，本文系统地评估了微表处、超薄磨耗层、薄层罩面、挖补修复、加铺罩面和就地热再生等多种养护措施的应用效果，揭示了每种方法的适用性和局限性。通过综合考虑材料选择、施工工艺、交通条件及气候因素，提出了优化的养护策略，包括多层次的综合治理方案，以期为类似工程提供科学依据和技术支持，从而有效提升高速公路的抗滑性能和服务水平，确保行车安全。研究表明，合理的养护措施不仅能延缓路面性能衰退，还能显著提高道路的服务质量和使用寿命。

关键词：沥青聚合物；气象参数；附着系数；修复工艺

引言

高速公路作为现代交通体系的重要组成部分，在促进区域经济发展和加强社会联系方面发挥着不可替代的作用。然而，随着使用年限的增长和外界环境因素的影响，路面的抗滑性能逐渐下降，不仅影响行车安全，还可能导致交通事故频发。基于此背景，本研究深入探讨了沥青混合料类型、交通条件以及气候环境对高速公路路面抗滑性能的影响，并结合具体工程实例进行分析，以期对相关领域的研究与实践提供理论支持和技术指导。

1 沥青路面抗滑性能影响因素分析

1.1 沥青混合料

沥青混合料的质量直接决定了路面的抗滑性能。在部分高速公路项目中，由于部分路段掺加了一定数量的灰岩，这在一定程度上削弱了路面表面层的抗滑能力。此外，沥青用量、级配等因素也导致了路面耐久性的降低，进而加剧了抗滑性能的衰退速度。具体而言，灰岩成分的引入使得混合料内部结构变得松散，降低了材料的整体密实度和稳定性，从而削弱了其抗滑特性。

1.2 交通条件

车辆荷载是影响路面抗滑性能的关键因素之一。频繁刹车特别是在长距离下坡路段，会加速路面材料的老化过程，从而导致摩擦系数显著降低，四川为盆地与云贵高原过渡带，总的地形为南高北低，存在较多长大纵坡，因此其抗滑性能衰退现象尤为明显。在这种条件下，动荷载对路面产生的冲击力显著增大，尤其是在轮迹带位置处，磨损现象更为严重。长期高密度交通流量的影响使得路面表

层材料迅速老化，导致抗滑性能急剧下降。

1.3 气候环境

年均降雨量超过1000毫米，使得路面长期处于潮湿状态，加之动荷载作用下的负压效应，进一步促使水分渗入结构内部，破坏了层间粘结力，降低了整体强度与稳定性。部分高速公路的实际情况充分证明了这一点，桥面反复修补的现象便是最佳例证。高湿度环境下，水分通过微小裂缝逐渐渗透至基层，导致基层材料软化，削弱了路面整体承载能力。同时，负压效应使得水分更容易进入结构内部，破坏了层间结合力，导致唧浆等病害频发。

2 高速公路路面抗滑性能衰减规律分析

2.1 不同沥青混合料类型路面抗滑性能衰减规律

通过对不同种类沥青混合料进行对比分析发现，那些含有较高比例灰岩成分的路段相较于其他区域表现出更为严重的抗滑性能衰退趋势，表明材料选择对于保持良好抗滑性至关重要。具体而言，灰岩材料由于其较低的耐磨性和较差的抗滑性，在长期使用过程中容易发生表面磨损和剥落现象，导致摩擦系数显著下降，特别是在雨天条件下，抗滑性能的差异更加显著。此外，灰岩颗粒之间的粘结力较弱，使得混合料的整体稳定性较差，进一步加剧了抗滑性能的衰退速度。研究还表明，掺加一定量的改性剂可以有效改善沥青混合料的抗滑性能，但在实际应用中，由于成本和技术限制，许多路段并未采用这种优化方案。为了验证这一结论，研究人员对不同路段进行了详细的现场检测和实验室测试，结果

显示,含有高比例灰岩成分的路段在经过一段时间的使用后,摩擦系数明显低于其他路段,随着时间的推移,抗滑性能的衰退速度逐渐加快,甚至出现了局部区域的严重病害,如坑洼和裂缝等,这不仅影响了行车的安全性,也增加了后续维护的成本。

2.2 不同交通等级下路面抗滑性能衰减规律

高密度交通流量区域内的路面抗滑性能往往比低密度区段更快地出现恶化迹象。高速公路主车道因承受更大交通压力,故其抗滑性能衰退速率明显高于超车道路。具体来说,频繁刹车和加速操作会对路面产生较大的动荷载冲击,特别是长距离下坡路段,车辆需要频繁制动,这会加速路面材料的老化过程,导致摩擦系数显著降低。重载车辆的行驶也会对路面造成更大的破坏,尤其是在轮迹带位置处,磨损现象尤为明显。为了更好地理解这一现象,研究人员对高速公路不同交通等级下的路段进行了系统性的调查和分析,结果显示,在交通流量较大的主车道上,由于车辆频繁行驶和刹车操作,路面表层材料受到的磨损更为严重,特别是在轮迹带位置处,磨损现象尤为明显,相比之下,超车道路上的车辆较少,动荷载冲击较小,因此其抗滑性能衰退速度相对较慢,此外,研究还发现,夜间时段由于车流量相对减少,路面的抗滑性能有所恢复,但在白天高峰时段,抗滑性能迅速下降,特别是在湿滑条件下,交通事故的发生率显著增加,通过对高速公路不同交通等级路段的长期监测,研究人员发现,随着使用年限的增长,主车道的抗滑性能衰退速度逐渐加快,而超车道路则相对缓慢,这表明,交通流量是影响路面抗滑性能的重要因素之一。

2.3 不同车道路面抗滑性能分布特点及衰减规律

轮迹带位置处的抗滑性能通常最差,这是因为该部位承受着最大的动态负荷冲击。部分高速公路的实际状况显示,在轮迹带上发生的纵向裂缝多数伴随着明显的车辙现象,影响了行车安全性。具体而言,轮迹带由于车辆轮胎反复碾压,导致局部区域的材料疲劳破坏,形成纵向裂缝和车辙现象,这些裂缝和车辙不仅降低了路面的整体平整度,还会进一步削弱其抗滑性能,特别是在雨天条件下,积水容易渗入裂缝内部,导致基层软化,从而加剧了病害的发展。为了深入研究这一现象,研究人员对高速公路不同车道路面进行了详细的现场检测和数据分析,结果表明,轮迹带位置处的抗滑性能显著低于其他区域,特别是在主车道上,由于交通流量大,车辆频繁行驶,轮迹带的磨损现象尤为严重,此外,通过对轮迹带区域的长期跟踪观察发现,随着时间

的推移,裂缝和车辙现象逐渐增多,并且扩展速度加快,严重影响了路面的整体结构稳定性,如果不及时进行修复处理,这些病害将会进一步发展,导致更严重的路面损坏。

3 高速公路路面抗滑性能提升策略分析

3.1 不同养护措施实施后路面抗滑性能衰减规律分析

3.1.1 微表处

微表处作为一种经济有效的预防性维护手段,在改善路面粗糙度和提高摩擦系数方面展现出显著优势。然而,在实际应用中,若未妥善解决排水问题,则可能无法达到预期效果。具体而言,由于四川盆地整体多雨,水分渗入结构内部导致基层材料软化,从而影响了微表处的长期稳定性。此外,施工过程中如果未能严格控制混合料配比及摊铺厚度,也会使得微表处难以充分发挥其应有的抗滑性能。因此,为了确保微表处的有效性,必须在施工前进行详细的现场勘察,并制定科学合理的施工方案。

3.1.2 超薄磨耗层

超薄磨耗层具有良好的抗滑性和耐磨性,适用于快速恢复路面功能。然而,在部分高速公路的应用实践中,由于施工质量控制不严,导致部分路段未能充分发挥其优势。例如,在铺设过程中,如果未严格按照设计要求进行材料选择和施工工艺控制,可能会出现材料密实度不足、平整度较差等问题,进而影响超薄磨耗层的整体性能。此外,超薄磨耗层对于基层条件的要求较高,若基层存在缺陷或处理不当,将会削弱其抗滑性能。因此,在实际操作中,应加强施工质量管理,并根据具体情况选择合适的施工时机和技术参数。

3.1.3 薄层罩面

薄层罩面可以显著增强路面的整体性和美观度,同时也能改善抗滑性能。然而,若基层处理不当,如半刚性基层反射裂缝问题,则难以从根本上解决问题。具体来说,半刚性基层在车辆荷载作用下容易产生反射裂缝,这些裂缝会逐渐向上扩展至表面层,导致薄层罩面失效。为了解决这一问题,应在施工前对基层进行全面检测和修复,并采用适当的防裂材料和技术措施,以防止反射裂缝的发生和发展。此外,施工过程中还需注意材料配比、摊铺温度等关键环节,以确保薄层罩面的质量和耐久性。

3.1.4 挖补修复

挖补修复虽然成本相对较低,但其长期效果有限。部分高速公路路段采用了此种方式,结果表明仅能暂时缓解症状,无法彻底根治病害。挖补修复通常适用于轻

度损伤的早期预防,但对于已经出现明显病害的道路,其效果往往不尽如人意。具体表现为,挖补修复在短期内能够改善路面状况,但由于缺乏足够的强度和耐久性,随着时间推移,病害会再次显现甚至加剧。因此,在选择挖补修复时,应充分考虑其适用范围,并结合其他更为有效的养护措施,以实现全面的路面修复。

3.1.5 加铺罩面

加铺罩面在挖补修复的基础上,设置层间防水—粘结—应力吸收层,加铺4cm改性沥青混凝土罩面。该方案能在一定程度上增加路面的结构承载力,同时也改善原路面的平整度,能较好的解决原路面上面层表层病害问题,并且能提升路面的美观效果。防水—粘结—应力吸收层能延缓或者阻止原路面裂缝的向上反射,也能很好地防止路面雨水下渗,杜绝雨水进入下面的路面结构,保护基层、底基层不再被水侵蚀,同时能保证原路面和新罩面层层间粘结良好。但该方式会增加路面标高4cm,在工程实施期间,需对沿线交安设施进行提升,对跨线天桥进行顶升,以满足规范要求,工程费用相对较高。

3.1.6 就地热再生

就地热再生技术对旧料能够100%循环利用,不需要来回运输原路面材料,是一种节约资源、有效利用废弃料的环保护技术,且能有效处治现有路面表面掉粒、坑槽、车辙及表层裂缝类等表面病害,对原路中、下面层病害难以处治。不能修复反射裂缝及深层次病害,在后期行车荷载及自然因素综合作用下,裂缝可能会很快反射至沥青上面层表面;再生路段较短时,成本较高;且需要使用专门的机械设备对旧路面进行加热、翻松、添加再生剂并重新压实,整个过程对设备性能要求较高。如果设备老化或维护不当,可能导致加热不均匀、翻松深度不足等问题,从而影响再生效果。此外,就地热再生技术的应用还受到气候条件的制约,低温环境下施工难度较大。因此,在实施就地热再生时,应加强对设备的管理和维护,并根据实际情况调整施工方案。

3.2 不同养护措施适用性和效果分析

每种养护措施都有其特定的应用场景和局限性。例如,微表处适用于轻度损伤的早期预防,而就地热再生则更适用于严重损坏情况下的全面翻新。案例表明,合理选择养护方案对于确保路面长期稳定至关重要。具体而言,微表处因其经济高效的特点,常被应用于初期病害较少的路段;超薄磨耗层则适用于需要快速恢复路面功能的情况;薄层罩面适用于基层较为坚固且需提升整体性的路段;挖补修复适用于轻度损伤的临时修补;加铺罩面适用于大规模翻新工程;而就地热再生则适用

于修复表层病害显著的道路通过综合考虑各种因素,选择最合适的养护措施,才能有效延长路面使用寿命,保障行车安全。

3.3 不同养护措施经济效益分析

从经济效益角度看,短期投入较大的养护措施往往能在未来节省大量维修费用。经验教训提醒我们,必须权衡初期投资与后续收益之间的关系,制定出最优的养护计划。具体而言,微表处和超薄磨耗层虽然初期成本较低,但其长期效果有限,需要频繁维护;薄层罩面和挖补修复、就地热再生在短期内能改善路面状况,但难以彻底解决根本问题;而加铺罩面虽然初期投入较大,但其长期效益显著,能够大幅减少后续维修费用。因此,在制定养护计划时,应综合考虑各种因素,选择既能满足当前需求又能兼顾长远发展的最佳方案。

3.4 路面抗滑性能提升策略分析

综合考虑各种因素,针对高速公路的具体情况,建议采取多层次、多方位的综合治理策略,包括优化材料配方、改进施工工艺、强化日常维护等措施,以全面提升路面抗滑性能,保障行车安全。首先,在材料选择上,应选用高性能沥青混合料,增加抗滑骨料比例,提高材料的整体抗滑性能。其次,在施工过程中,应严格控制各环节质量,确保施工工艺符合规范要求。此外,还应加强日常维护工作,定期进行路面检测和评估,及时发现并处理潜在问题,避免小病害发展成大问题。

结束语

通过对高速公路路面抗滑性能的研究,明确了沥青混合料特性、交通条件及气候环境对其产生的影响,并提出了相应的提升策略。研究表明,合理的养护措施不仅能有效延缓路面性能衰退,还能显著提高道路服务水平。然而,任何单一措施都无法完全解决所有问题,只有将多种技术有机结合,才能真正实现路面性能的持久优化。

参考文献

- [1]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.
- [2]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,(Z1):133-135.
- [3]孙雪伟,金光来,高培伟,等.沥青路面抗滑性能发展规律及技术需求分析[J].交通科技,2022,(05):34-39.
- [4]张承亮.基于重载交通影响的沥青路面抗滑性能衰减规律分析[J].水利科学与寒区工程,2021,4(05):55-59.
- [5]张承亮.基于重载交通影响的沥青路面抗滑性能衰减规律分析[J].水利科学与寒区工程,2021,4(05):55-59.