

高速公路沥青路面车辙病害机理及预防性养护技术

宋俊杰

湖北联合交通投资开发有限公司 湖北 武汉 430000

【摘要】：车辙病害是沥青路面在长期荷载作用下常见的一种病害，对道路的耐久性和行车安全构成威胁。其形成受多种因素的影响，如沥青材料的性质、环境温度变化、车辆荷载等。分析车辙病害的机理有助于深入理解路面变形的根源，并为采取有效的预防性养护技术提供理论依据。通过优化沥青配方、调整路面结构设计和采取适当的养护措施，能够有效减缓车辙的产生，延长道路使用寿命。文章提出了一系列针对车辙病害的防治措施，并结合实际案例进行了验证，证明了预防性养护技术的有效性。采用预防性养护不仅能减少车辙的发生，还能降低维护成本，提高道路运行的安全性和经济性。

【关键词】：车辙病害；沥青路面；机理；预防性养护；道路维护

DOI:10.12417/2811-0722.26.02.035

引言

沥青路面作为高速公路的主要组成部分，随着交通量的增加和车辆荷载的变化，路面逐渐出现了车辙病害。车辙病害不仅影响路面性能，还可能导致行车安全隐患的增加。特别是在长时间的高温或频繁的重型车辆通行下，车辙现象愈发严重。要想有效控制车辙的发生，理解其形成机理至关重要。只有通过科学的分析，揭示出车辙形成的内在规律，才能从源头上对症下药。进一步研究车辙病害的预防性养护技术，是提升沥青路面质量、延长路面使用寿命的关键。探索新型的养护技术不仅对提高路面稳定性具有重要意义，也对减少后期修复成本起到积极作用。

1 车辙病害的形成机制分析

车辙病害是沥青路面常见的表面破坏形式，其形成机制受到多种因素的共同作用。车辆反复通行产生的荷载是车辙的主要诱因，尤其是在高强度和高频次交通流量的情况下，荷载对路面结构的影响愈加显著。随着荷载的不断作用，沥青路面发生塑性变形，导致路面局部沉陷，逐渐形成明显的车辙现象。荷载对沥青路面的作用力不仅仅表现为垂直压缩，还包括水平剪切力，这些力的组合导致了沥青混合料中骨料之间的相互位移和沥青浆料的流动，使得路面出现永久性变形。除了荷载作用，温度变化对车辙的形成也有重要影响。在高温天气条件下，沥青路面的粘度降低，材料的流动性增加，容易在高荷载作用下产生较大变形^[1]。尤其是在夏季，地表温度高，沥青的高温软化效应尤为明显，进一步加剧了车辙的形成。与此同时，温度过低也会导致沥青材料脆化，从而影响其抗车辙能力。因此，温度是影响车辙病害的重要环境因素。

沥青混合料的组成和性能对车辙的发生有着直接的影响。若沥青的粘结性较差，或者骨料与沥青的结合不紧密，容易导致路面材料的磨损和流动，进而引发车辙。沥青路面的设计厚度、结构层次以及施工质量等因素同样是导致车辙病害的关键。在设计时，过于薄弱的结构层或不合理的材料搭配会使路面在受到重复荷载时，承载能力不足，从而容易产生变形。车

辆荷载的种类与频次也对车辙的形成有深刻影响。重型车辆的通过与轻型车辆相比，所施加的压力大大增加，导致沥青路面在长期承载过程中形成更为严重的车辙。因此，道路的交通流量、车辆种类以及通行的强度密切影响着车辙病害的产生过程。

2 沥青路面结构对车辙病害的影响

沥青路面的结构对车辙病害的产生起着至关重要的作用。路面结构的厚度、各层材料的性质以及施工工艺都会直接影响到路面承载能力及其对荷载的适应性。路面的上层通常由沥青混合料构成，这一层对车辆荷载的直接响应最为敏感。若上层沥青混合料的配比不合理，或选用的沥青原料粘结性较差，容易导致材料的流动性增加，造成路面表面出现压痕和永久性变形。在高温环境下，沥青的流动性更为显著，极易发生塑性变形，从而形成车辙。路面的基层和底基层同样是决定车辙耐久性的关键因素。基层和底基层的承载能力直接影响上层沥青混合料的稳定性。如果基层和底基层使用的材料强度不够，或者施工质量不佳，容易在长期荷载作用下发生沉降或位移，进一步导致沥青层的变形。在多次荷载的作用下，路面的基层失去应有的支撑作用，上层沥青层受力不均，最终加剧车辙病害的形成。

沥青路面的结构层次及各层之间的结合性也起着至关重要的作用^[2]。层与层之间的粘结力不足时，荷载传递效果差，导致上层路面材料受力不均匀，形成不稳定的变形。道路的设计要求较为严格，过薄的结构层或过于简化的层次配置使得整个路面系统在面对复杂交通负荷时承载能力不足，容易在高温或频繁荷载的情况下出现车辙病害。沥青路面的排水性能也是影响车辙的一个重要因素。若路面的排水层设计不合理，水分滞留在路面内，可能导致沥青混合料的抗压强度降低，路面材料更加容易受外力作用发生塑性流动，进而形成车辙。路面结构中良好的排水系统对于减缓车辙病害的发生具有不可忽视的作用。

3 预防性养护技术的基本原理

预防性养护技术的基本原理旨在通过科学合理的措施在病害发生之前进行干预,延缓或防止沥青路面出现车辙等病害的发生与扩展。该技术通过改善路面材料的性能、优化路面结构和实施适当的养护手段,达到延长路面使用寿命、降低养护成本和提高道路使用安全性的目的。预防性养护并非仅仅依赖于修复已发生的病害,更侧重于在早期阶段就采取行动,确保路面结构始终保持良好的工作状态。为了提升沥青路面的抗车辙性能,关键在于优化沥青混合料的配方。通过调整沥青与集料的比例,改进沥青材料的粘结性,增强其抗变形能力,可有效提高路面的抗车辙性能。添加不同类型的改性剂,如高温改性沥青和聚合物改性沥青等,可以显著提高沥青材料的高温稳定性,减缓高温下的塑性流动,进而减少车辙的发生。优化配方与改性处理能显著提高路面对重负荷和高温环境的适应性,减少车辙病害的形成。

在路面结构方面,采用合理的结构设计和施工工艺也是预防性养护的重要内容。合理的路面层次设计能够提高路面系统的整体稳定性,确保荷载能够均匀传递至下层基层,减少局部应力集中^[3]。通过合理配置不同性质的基层、底基层材料,并在施工过程中严格控制材料的密实度和均匀性,可有效提高路面承载力,降低由于路基沉降或基础不均匀引起的车辙问题。路面维护不仅局限于材料和结构本身,环境因素的调控同样重要。排水系统设计在预防性养护中占有一席之地,尤其是在高温季节,水分积聚可能引起沥青混合料的软化,影响其抗车辙能力。完善的排水层可以有效减少水分滞留,避免材料受潮引起的力学性能下降。路面的温度管理也是预防性养护中的一个关键因素,采用冷却技术和路面温控技术能够有效控制沥青表面的温度波动,减少高温软化的现象。

定期养护同样是预防性技术的一部分,定期的检测和保养可以及时发现潜在的路面问题,采取针对性措施进行修复。通过对路面健康状态的实时监控,提前发现细微的损伤并采取相应的修复措施,可以有效防止病害的扩展,延长路面的使用寿命。预防性养护不仅是一种材料和技术的优化,也是一种管理策略的实施,力求通过全方位的手段确保路面始终保持良好的工作状态,最大程度地延长其使用周期。

4 预防性养护措施的实施策略

预防性养护措施的实施策略需要从多个方面入手,综合考虑路面使用条件、环境因素、养护时机以及技术手段,确保能够有效防止车辙病害的发生,并延长沥青路面的使用寿命。在实施过程中,合理安排养护周期、选择合适的养护方法以及监控路面状况至关重要。对路面进行定期检查和评估,准确掌握路面的健康状况,是实施预防性养护的第一步。通过使用现代化检测技术,如激光扫描、热成像监测等,可以实时获取路面表面的变形、温度和裂缝等信息。数据的采集和分析有助于确

定具体的养护需求,并为养护决策提供科学依据。在此基础上,根据不同路段的交通流量、荷载和气候条件,制定个性化的养护计划。

根据路面实际情况,合理安排养护时机至关重要。高温季节,特别是夏季,是沥青路面软化、变形的高峰期,因此在此期间加强对路面的监测和维护尤为重要。针对路面可能出现的高温软化,实施低温施工技术或者应用高温改性沥青,以增强路面的抗车辙能力。冬季气温较低时,沥青材料可能变脆,容易出现裂缝,因此需要加强路面表层的保温和加固措施,确保在严寒天气条件下,路面能够保持良好的力学性能^[4]。采取不同的养护技术和材料也是实现预防性养护的关键。针对早期车辙病害的出现,可采用表面封层、微表处等技术,这些技术能够在不破坏原有路面的情况下,增加沥青表层的强度和抗压能力,降低荷载对路面的影响。通过加铺一层改性沥青或高分子改性材料,可以改善路面材料的粘结性和流动性,从而提高路面的耐久性和抗车辙性能。对路面裂缝的及时修复,也是防止病害扩展的重要措施。采用冷补或热补技术填补裂缝,能够有效阻止水分渗入路基,避免水损害材料强度。

结构性养护措施也必不可少。在出现基层失稳或沉降的情况下,必须及时进行加固或补强。通过加铺稳定层或使用加强型基层材料,可以有效提高路面的整体承载力和抗变形能力。合理的排水系统设计对防止水积聚在路面结构内、减少水对沥青材料的侵蚀具有重要作用。安装排水管道、设置透水层或加设雨水收集设施,有助于及时排除雨水,减少水分滞留对路面的损害。综合考虑以上策略,实施预防性养护措施时,科学的养护周期安排和灵活的技术手段应用至关重要。通过定期检测和及时响应,有效预防车辙病害的发生,提升沥青路面的使用性能和经济效益。这一过程不仅仅是技术操作的执行,更是对路面健康管理的综合体现。

5 案例分析与技术效果评估

在具体实施预防性养护技术的过程中,案例分析和技术效果评估成为检验其有效性的重要手段。通过对多个养护项目的分析,能够更直观地了解不同技术在实际应用中的表现,评估其对车辙病害的预防效果,并为今后的养护工作提供实践经验。在某高速公路的沥青路面养护工程中,通过采用高温改性沥青和添加聚合物改性材料的方式,显著提高了路面抗车辙的能力。施工过程中,养护人员对路面的车辙情况进行了详细监测,并依据监测结果进行养护设计。通过对比不同养护方法的效果,发现改性沥青的使用有效提高了路面在高温下的稳定性,显著减缓了车辙的形成。经过一年多的运行,路面未出现明显的车辙痕迹,养护效果较为理想。后续的评估表明,改性沥青材料具有较强的抗变形能力,且由于其良好的粘结性,能够有效抵抗车辆荷载和温度波动的双重影响。

在另一个案例中,某段桥梁路面的养护采用了表面封层技

术,以加强路面表层的强度。养护施工前,该路段已有较为明显的车辙病害,且裂缝较多。通过对路面的分析,工程师们采用了改性沥青封层层和微表处结合的技术,确保了表层的密封性与坚固性。施工后的效果评估表明,路面在通行重型车辆后的车辙现象得到了显著减轻,路面表面的裂缝得到了有效修复,行车的平稳性和舒适性有了较大提升。通过这一案例,表面封层技术的有效性得到了验证,尤其是在延缓车辙病害和裂缝扩展方面,表现出良好的预防效果。

一些高速公路还进行了排水系统的优化改造,确保雨水能够及时排走,避免因积水导致路面材料的损害^[5]。在某个养护项目中,路面改进了排水系统,增加了透水层和雨水导流管道。经过一定时间的监测,改造后的路面表现出较好的抗渗透性,路面表面保持干燥,减少了水分对沥青材料的软化影响。监测结果表明,该改造措施在减少车辙病害发生、延长路面寿命方面取得了显著成效。通过这些实际案例的分析,预防性养护技

术的效果得到了充分验证。这些养护措施不仅在车辙病害的防治中展现了较强的效果,还在路面整体性能的提升方面起到了关键作用。通过细致的技术实施和养护方案设计,结合现代化检测手段,能够实现对沥青路面的精确管理,确保道路的高效、安全运营。效果评估也指出了在不同气候、交通条件下的养护技术适应性,为未来的养护工作提供了宝贵经验,进一步推动了沥青路面养护技术的不断完善。

6 结语

通过对高速公路沥青路面车辙病害机理及预防性养护技术的深入分析,可以看出,车辙病害的产生受多种因素的影响,而预防性养护技术在减缓其发生和延长路面使用寿命方面具有重要作用。合理的技术措施和科学的养护策略可以显著提高路面抗车辙性能,有效减少养护成本,提升道路的经济效益和安全性。随着技术的不断进步,未来的养护工作将更加精准和高效,进一步推动道路建设与维护的可持续发展。

参考文献:

- [1] 周海洋.高速公路沥青路面养护中车辙病害的处治措施[J].工程建设与设计,2024,(24):151-153.
- [2] 毕明英,董宣斌.高速公路沥青路面车辙与路面使用性能影响分析[J].汽车周刊,2024,(06):229-231.
- [3] 李文海.高速公路沥青路面养护中车辙病害的处治措施[J].产品可靠性报告,2024,(02):87-89.
- [4] 杨青鸽.高速公路沥青路面养护中车辙病害的处治措施[J].交通世界,2023,(22):116-118.
- [5] 张伟.高速公路长上坡路段抗车辙沥青路面施工技术研究[J].工程建设与设计,2023,(14):185-187.