

城市快速路沥青路面车辙病害成因与预防性养护策略研究

唐 平

中冶南方城市建设工程技术有限公司 湖北 武汉 430000

摘 要：城市快速路沥青路面的车辙病害成因复杂，主要包括沥青混合料压实不足、车辆荷载剪切破坏及基层强度不够等。这些病害不仅降低道路平整度，更影响行车安全。因此，预防性养护策略显得尤为重要，如采用稀浆封层、雾封层、微表处及灌缝等技术，及时修复潜在病害，控制养护时机与周期，确保城市快速路沥青路面的长期使用性能和行车安全。

关键词：城市快速路沥青路面；车辙病害成因；预防性养护策略

引言：城市快速路沥青路面车辙病害是城市交通领域面临的重要问题，对行车安全和路面耐久性构成严重威胁。本研究旨在深入探讨车辙病害的成因，涵盖材料性能、交通荷载、气候条件及设计与施工等多个维度。同时，提出针对性的预防性养护策略，以期有效减缓车辙发展，延长路面使用寿命，保障城市快速路的安全顺畅运行，为城市交通管理提供科学依据。

1 城市快速路沥青路面车辙病害概述

1.1 车辙的定义与分类

车辙，是指路面受到行车荷载的反复作用，在纵向上不断发生微小变形，这种变形经过不断叠加、累积而形成的压痕。车辙不仅影响路面的美观性，更对行车安全构成威胁。根据车辙产生原因的不同，可以将其划分为以下几类：（1）压实型车辙。压实型车辙主要是由于施工质量控制不严，沥青面层本身压实度不足，导致通车后，在交通荷载的反复碾压作用下，空隙率不断减小，混合料继续压密，形成车辙。这类车辙两侧通常不会产生隆起现象，横断面可能呈V形或W形。（2）剪切型车辙。剪切型车辙，也称为流动型车辙，是在高温条件下，由于沥青混合料中颗粒之间沥青膜在外力作用下产生了剪切变形，导致集料颗粒出现相对位移，车轮反复碾压使流动变形不断积累而形成。这类车辙通常表现为车轮作用部位下凹，而车轮作用甚少的车道两侧则向上隆起，横断面多呈W形。（3）磨损型车辙。磨损型车辙是由于车辆轮胎对路面的长期磨损而形成。这类车辙深度相对较浅，一般在5mm以内，且对路面结构的影响较小。然而，当磨损严重时，也会降低路面的平整度和行车舒适性。（4）结构型车辙。结构型车辙是由于路面结构在交通荷载作用下产生整体永久变形而形成。这种车辙通常发生在沥青面层以下，包括路基在内的各结构层均可能发生永久变形。结构型车辙的宽度较大，两侧

没有隆起现象，横断面多呈V字形^[1]。（5）失稳型车辙。失稳型车辙是由于在高温条件下，沥青混合料的流动性增强，车轮反复作用使荷载能力超出沥青混合料的稳定极限所导致。这类车辙与剪切型车辙类似，也表现为车轮作用部位下凹和车道两侧隆起，但失稳型车辙更多地与沥青混合料的性能稳定性和高温条件下的抗变形能力有关。

1.2 车辙对路面的影响

车辙病害对路面的影响是多方面的，主要包括以下几个方面：（1）降低路面平整度。车辙病害会导致路面平整度下降，影响行车安全性和舒适性。车辙深度和宽度越大，对行车的影响就越显著。特别是在雨天或雪天，车辙内容易积水或积雪，进一步降低路面附着力，增加行车风险。（2）增加车辆燃油消耗。车辙病害会导致车辆行驶时产生额外的阻力，增加燃油消耗。特别是在高速公路或城市快速路上，车速较快时，车辙对车辆行驶阻力的影响更加明显。此外，车辙还会增加车辆轮胎的磨损，缩短轮胎使用寿命。（3）加速路面进一步损坏。车辙病害是路面损坏的先兆之一。如果不及时修复，车辙会逐渐加深、加宽，进而引发裂缝、坑槽等更严重的路面损坏。这些损坏不仅会影响路面的使用性能，还会降低道路的使用寿命和维修成本。

2 城市快速路沥青路面车辙病害成因分析

2.1 材料性能因素

（1）沥青混合料的组成、骨料级配与沥青品质。沥青混合料的组成、骨料级配与沥青品质是决定路面性能的关键因素。沥青混合料的骨料级配不合理，如细集料过多，会导致沥青混合料的空隙率过大，从而影响其抗车辙能力。同时，沥青的品质也直接影响到混合料的粘结力和稳定性。高品质的沥青能够提高混合料的抗剪切强度和耐久性，从而减少车辙的产生。（2）沥青的老化

对材料性能的影响。沥青在使用过程中会发生老化,主要表现为沥青分子链的断裂、氧化和硬化。老化后的沥青粘度增加,弹性恢复能力下降,导致混合料在受到荷载作用时更容易产生永久变形。此外,老化还会降低沥青与集料的粘附性,进一步影响路面的抗车辙性能。

2.2 交通载荷因素

(1) 车辆荷载作用下的剪切破坏。车辆荷载作用下的剪切破坏是车辙产生的主要原因之一。在车辆轮胎的接触区域内,沥青混合料受到较大的剪应力作用,导致混合料内部的颗粒发生相对位移和重新排列,从而形成车辙。特别是当车辆荷载过大或轮胎气压不足时,这种剪切破坏会更加显著。(2) 重载车辆对路面的频繁碾压。重载车辆对路面的频繁碾压会加速车辙的形成。重载车辆不仅增加了路面的荷载强度,还由于轮胎与路面的接触面积增大,使得单位面积上的压力增加,加剧了沥青混合料的永久变形。此外,频繁的重载碾压还会导致路面结构的疲劳损伤,进一步降低路面的抗车辙能力。(3) 车辆轮胎对路面的摩擦力与磨损作用。车辆轮胎对路面的摩擦力与磨损作用也是车辙产生的重要因素之一。轮胎在滚动过程中与路面产生摩擦,导致路面表面的微小颗粒被磨损掉,形成磨损型车辙。同时,轮胎的滚动还会对路面产生压痕效应,加速车辙的形成^[2]。

2.3 气候条件因素

(1) 高温导致沥青软化,降低抗变形能力。高温条件下,沥青的粘度降低,软化点下降,导致沥青混合料的抗变形能力减弱。此时,路面在受到车辆荷载作用时更容易产生永久变形,从而形成车辙。特别是在夏季高温时段,车辙病害尤为严重。(2) 低温使沥青脆化,易产生裂缝。低温条件下,沥青会发生脆化现象,导致路面材料的抗裂性能下降。虽然低温条件下车辙病害的产生相对较少,但裂缝等病害的出现会破坏路面的完整性,降低其整体承载能力,从而间接促进车辙的形成。(3) 雨水渗透与冻融循环对路基稳定性的影响。雨水渗透与冻融循环会对路基的稳定性产生严重影响。雨水渗透会导致路基土壤含水量增加,软化路基土,降低其承载能力。而冻融循环则会引起路基土壤的冻胀和融沉现象,进一步破坏路基的稳定性。这些都会对路面的抗车辙性能产生不利影响。

2.4 设计与施工因素

(1) 路面结构设计不合理。路面结构设计是确保路面耐久性和抗车辙能力的关键。如果设计不合理,如面层厚度不足、基层强度不达标或层间粘结不良等,将导致路面在使用过程中过早出现损坏。特别是在重载交通

频繁的城市快速路上,不合理的结构设计会加速车辙的形成。(2) 压实度不足与施工质量问题。压实度是反映沥青路面施工质量的重要指标。如果压实不足,将导致路面内部的空隙率过大,降低其密实度和强度。同时,压实不均匀还会引起路面局部沉降和变形,加速车辙的产生。此外,施工过程中如沥青混合料拌和不均匀、摊铺不平整、接缝处理不当等质量问题,也会对路面的抗车辙性能产生不利影响。(3) 基层强度不足与水稳性不达标。基层是路面的承重层,其强度和稳定性对路面的整体性能具有重要影响。如果基层强度不足或水稳性不达标,将无法有效支撑面层传来的荷载,导致路面在使用过程中出现沉陷、变形等问题。特别是在雨水渗透和冻融循环的作用下,基层的损坏将更为严重,进而加剧车辙的形成。

3 城市快速路沥青路面预防性养护策略

3.1 预防性养护的基本原则

(1) 预防性原则。预防性养护的核心在于“预防”,即在路面尚未出现明显损坏或损坏程度较轻时,就采取相应措施进行干预。这一原则强调了对路面性能变化的敏锐洞察和快速响应,旨在通过早期养护避免或延缓病害的发生和发展。实施预防性原则要求管理人员具备对路面状况进行长期跟踪和评估的能力,以便及时发现并处理潜在问题。(2) 养护时机合理性原则。养护时机的选择对预防性养护的效果至关重要。过早或过晚的养护都可能造成资源的浪费或养护效果的下降。因此,需要基于路面性能监测数据,准确判断病害初期特征,选择在病害刚刚开始显现或尚未对路面造成严重影响时进行养护。这一原则要求管理人员具备丰富的经验和专业知识,以便准确把握养护时机。(3) 周期性原则。周期性原则强调了对路面进行定期检查评估的重要性。通过制定和实施周期性养护计划,可以确保路面的持续稳定性能,及时发现并处理潜在病害。周期性养护计划应根据路面类型、交通流量、气候条件等因素进行定制,以确保养护工作的针对性和有效性。

3.2 预防性养护技术的探讨

(1) 稀浆封层技术。稀浆封层技术是一种快速、经济的路面修复方法,特别适用于车流量大、车辙多的路段。该技术通过将乳化沥青、集料、水、填料和添加剂按一定比例混合,形成稀浆混合料,然后均匀摊铺在路面上。稀浆封层可以提高路面的抗滑性、平整度和防水性能,同时减少车辙深度,延长路面使用寿命。(2) 雾封层技术。雾封层技术主要用于增强路面强度,降低老化现象。该技术通过将乳化沥青或改性沥青以雾状形式

喷洒在路面上,形成一层薄薄的封层。雾封层可以填补路面微小裂缝,提高路面表面的密封性和防水性能,从而减缓路面老化过程,延长使用寿命。(3)沥青微表处技术。沥青微表处技术是一种高效的路面修复方法,特别适用于修复路面裂缝和提高平整度。该技术通过将乳化沥青、细集料、填料和添加剂混合形成微表处混合料,然后均匀摊铺在路面上。微表处可以提高路面的抗滑性、耐磨性和耐久性,同时修复路面裂缝和不平整现象,使路面恢复良好的行驶性能。(4)灌缝技术。灌缝技术主要用于防止水分渗入路面裂缝,从而减缓裂缝扩展和路面损坏过程。该技术通过将密封材料(如沥青、聚氨酯等)注入路面裂缝中,形成密封层。灌缝可以提高路面的防水性能和结构完整性,减少水分对路面的侵蚀作用,延长使用寿命^[3]。(5)铣刨摊铺与热再生修补。针对严重车辙与老化路面,铣刨摊铺与热再生修补是有效的修复方法。铣刨摊铺技术通过去除损坏路面层,重新铺设新的沥青混合料来修复路面。热再生修补则利用专门的热再生设备对损坏路面进行加热、软化、耙松,然后加入适量的新沥青混合料进行拌和,再整型、压实,从而恢复路面的平整度和强度。这两种技术都能有效地解决严重车辙和老化问题,恢复路面的使用寿命。

3.3 预防性养护策略的实施建议

(1)根据车辙类型与成因,选择合适的养护技术。在实施预防性养护策略时,首先需要准确判断车辙的类型和成因。不同类型的车辙(如磨损性车辙、流动性车辙、结构性车辙等)对养护技术的需求是不同的。因此,管理人员应根据车辙的具体情况,结合路面性能监测数据,选择合适的养护技术。例如,对于磨损性车辙,可以考虑采用稀浆封层或微表处技术进行修复;对于流动性车辙,可能需要采用铣刨摊铺或热再生修补技术进行处理。(2)加强日常巡查与检测,及时发现病害。预防性养护策略的有效性在很大程度上取决于对路面病害的及时发现和处理。因此,加强日常巡查与检测工作至关重要。管理人员应建立完善的巡查机制,定期对路面进行巡视,记录路面状况,及时发现并处理病

害。同时,还可以利用先进的检测技术和设备,如激光扫描仪、红外线热像仪等,对路面进行高精度检测,以更准确地评估路面性能^[4]。(3)制定针对性的养护计划,确保养护效果。在明确病害类型和成因后,管理人员应制定针对性的养护计划。养护计划应包括养护技术的选择、施工时间的安排、材料的准备、施工队伍的组织等方面。通过制定详细的养护计划,可以确保养护工作的有序进行,提高养护效率和质量。同时,还应根据养护进展和路面性能监测数据,及时调整养护计划,以确保养护效果。(4)提升施工质量,延长养护周期。施工质量是影响预防性养护效果的关键因素之一。因此,在养护过程中,应严格控制施工质量,确保各项养护技术得到正确实施。例如,在稀浆封层、微表处等施工过程中,应严格控制混合料的配合比、摊铺厚度和压实度等指标;在铣刨摊铺和热再生修补过程中,应确保铣刨深度、摊铺厚度和压实质量的准确性。通过提升施工质量,可以延长养护周期,提高路面的使用寿命。

结束语

通过对城市快速路沥青路面车辙病害的成因分析,我们深入了解了材料性能、交通载荷、气候条件以及设计与施工等多方面因素对车辙病害的影响。在此基础上,提出的预防性养护策略,包括稀浆封层、雾封层、沥青微表处、灌缝及铣刨摊铺与热再生修补等技术,旨在通过科学合理的养护措施,有效延缓车辙病害的发展,提升路面使用寿命。未来,应持续加强路面性能监测,优化养护技术,确保城市快速路的安全与畅通。

参考文献

- [1]陈学敏.刍议公路沥青路面病害及养护施工技术[J].黑龙江交通科技.2020,(10):98-99.
- [2]李磊.城市快速路沥青路面常见病害及养护措施[J].市政工程,2022,(08):81-82.
- [3]代永超.城市快速路沥青路面养护维修新技术及应用[J].建筑技术科学,2024,(06):65-66.
- [4]邓国栋.城市快速路沥青路面养护维修新技术及应用[J].工程地质学,2024,(12):126-127.