

重载交通下公路沥青路面车辙病害成因分析及防治技术研究

韩 超

江苏海通建设工程有限公司 江苏连云港 222000

摘 要：近年来，我国公路建设规模持续扩大，重载交通在货运领域的占比不断攀升。然而，重载车辆频繁通行致使沥青路面车辙病害日益严重，不仅大幅降低道路服务水平，还增加了养护成本与安全隐患。目前，车辙已成为影响公路使用寿命和行车安全的关键因素。深入探究其成因并提出有效防治技术，对保障公路交通可持续发展、提升运输效率意义重大，这也是本研究的核心出发点。

关键词：重载交通；公路沥青路面；车辙病害；成因及防治

1 重载交通下公路沥青路面车辙病害概述

1.1 车辙的定义与分类

车辙是指在车辆荷载反复作用下，沥青路面表面产生的沿行车方向的纵向永久性凹槽。根据车辙的形成机理和外观特征，可将其主要分为结构型车辙、失稳型车辙、磨耗型车辙和结构-失稳复合型车辙。结构型车辙主要是由于路面结构层在重载车辆长期作用下发生塑性变形而形成，通常贯穿整个路面结构层；失稳型车辙是沥青混合料在高温和重载作用下，因抗剪强度不足，材料内部发生横向流动导致；磨耗型车辙主要是由于车轮的磨耗和磨损作用，使路面表层材料逐渐损失而形成；结构-失稳复合型车辙则兼具结构型车辙和失稳型车辙的特点。

1.2 重载交通对车辙形成的影响

重载交通条件下，车辆轴载大幅增加，车轮与路面之间的接触压力显著增大，导致路面结构层承受的应力远超设计标准。同时，重载车辆行驶速度相对较慢，使得车轮在路面上的作用时间延长，增加了沥青混合料发生塑性变形的可能性。此外，重载交通的频繁作用会加速路面材料的疲劳损伤，降低路面结构的承载能力，进而促进车辙的形成与发展。

2 重载交通下公路沥青路面车辙病害成因分析

2.1 材料因素

2.1.1 沥青性能

沥青的高温性能对车辙的形成有着关键影响。沥青的软化点、针入度指数等指标反映了其高温稳定性。软化点较低的沥青，在高温环境下易发生软化，抵抗车辆荷载变形的能力减弱，容易导致沥青混合料的流动性增加，从而形成失

稳型车辙。同时，沥青的黏弹性特性使其在荷载作用下会产生不可恢复的塑性变形，沥青的老化程度也会影响其性能，老化后的沥青黏度增大、延度降低，导致沥青混合料的柔韧性下降，更容易出现裂缝和车辙。

2.1.2 集料特性

集料的级配、形状、表面特征以及力学性能等因素对沥青混合料的抗车辙能力影响显著。合理的集料级配能够形成嵌挤结构，提高沥青混合料的骨架稳定性。若集料级配不合理，细集料过多，会使沥青混合料的内摩阻力降低，在重载车辆荷载作用下，材料易发生流动变形；而粗集料含量过高，可能导致沥青混合料的空隙率偏大，影响其耐久性和抗水损害能力。此外，集料的形状和表面特征也会影响其嵌挤效果，表面粗糙、棱角分明的集料能更好地相互嵌挤，增强沥青混合料的抗剪强度。集料的力学性能，如抗压强度、磨耗值等，直接关系到沥青混合料的整体强度和耐磨性，力学性能差的集料在重载车辆反复碾压下容易破碎，进而引发车辙。

2.2 车辆荷载因素

2.2.1 超载与超限

超载和超限运输是导致公路沥青路面车辙病害加剧的重要原因。超载车辆的轴载远超公路设计标准，使路面结构承受的应力大幅增加，加速路面材料的疲劳破坏和塑性变形。例如，一辆额定载重 20 吨的货车超载至 40 吨，其对路面的压力将成倍增加，导致路面结构层内的应力分布发生改变，局部区域应力集中现象明显，容易使沥青路面出现车辙。超限运输车辆的尺寸超出正常范围，可能会导致车辆行驶时

对路面的接触压力分布不均匀, 进一步加重路面的损害。

2.2.2 车辆行驶速度与频率

车辆行驶速度对车辙的形成也有一定影响。在重载交通条件下, 车辆行驶速度较慢时, 车轮与路面的接触时间延长, 沥青混合料在荷载作用下发生塑性变形的程度增加。同时, 车辆行驶频率越高, 路面承受荷载的次数越多, 疲劳损伤累积效应越明显, 从而加速车辙的发展。例如, 在一些货运繁忙的路段, 大量重载车辆频繁通行, 车辙病害发展迅速。

2.3 环境因素

2.3.1 温度

温度是影响沥青路面车辙形成的重要环境因素。高温环境下, 沥青的黏度降低, 沥青混合料的抗剪强度显著下降, 在车辆荷载作用下容易发生流动变形, 形成车辙。研究表明, 当环境温度超过沥青的软化点时, 车辙发展速度明显加快。不同地区的温度差异较大, 在高温持续时间长、温度较高的地区, 沥青路面车辙病害更为严重。此外, 温度的周期性变化, 如昼夜温差和季节温差, 会使沥青路面产生温度应力, 导致路面材料疲劳, 加速车辙的形成。

2.3.2 湿度

湿度对沥青路面车辙的影响主要体现在水损害方面。雨水或地下水侵入沥青路面结构层后, 会使沥青与集料之间的黏附性降低, 导致沥青混合料的强度和稳定性下降。在车辆荷载作用下, 饱水的沥青混合料更容易发生变形, 形成车辙。此外, 长期处于潮湿环境中的沥青路面, 还容易出现剥落、坑槽等病害, 进一步加剧车辙的发展。

2.4 设计与施工因素

2.4.1 路面结构设计不合理

路面结构设计不合理是导致车辙病害的潜在因素之一。部分公路在设计时, 未充分考虑重载交通的特点, 路面结构层厚度不足, 或各结构层材料的组合不匹配, 导致路面整体承载能力无法满足重载车辆的通行要求。例如, 基层材料强度不足, 在重载车辆荷载作用下容易发生变形, 进而影响沥青面层的稳定性, 引发车辙。此外, 路面排水设计不完善, 使得路表水无法及时排出, 渗入路面结构层, 加剧了水损害, 也会促进车辙的形成。

2.4.2 施工质量控制不严

施工质量对沥青路面的性能和使用寿命有着直接影响。在沥青路面施工过程中, 若沥青混合料的拌和温度、拌和时

间控制不当, 会导致沥青与集料的裹覆效果不佳, 混合料的均匀性差, 影响其强度和稳定性。摊铺过程中, 摊铺厚度不均匀、平整度控制不好, 以及压实度未达到设计要求等问题, 都会使沥青路面在使用过程中更容易出现车辙。例如, 压实度不足的沥青路面, 其内部空隙率较大, 在重载车辆荷载作用下, 空隙会逐渐被压缩, 导致路面产生较大的塑性变形, 形成车辙。

3 重载交通下公路沥青路面车辙病害防治技术

3.1 材料优化

3.1.1 高性能沥青的选用

为了提高沥青路面的抗车辙能力, 选用高温性能优良的沥青是一种非常有效的措施。例如, 可以采用具有高软化点和高针入度指数的改性沥青, 如 SBS 改性沥青、橡胶沥青等。SBS 改性沥青通过添加热塑性弹性体 SBS, 显著改善了沥青的高温稳定性、低温抗裂性和弹性恢复性能, 从而能有效提高沥青混合料的抗车辙能力。而橡胶沥青则是将废旧轮胎胶粉加入沥青中, 这不仅实现了废旧轮胎的回收利用, 还显著提高了沥青的黏度和弹性, 增强了沥青混合料的抗变形能力。

3.1.2 集料级配优化与质量控制

通过合理设计集料级配, 优化粗、细集料的比例, 可以形成良好的嵌挤结构。在满足规范要求的基础上, 适当增加粗集料的含量, 可以提高沥青混合料的骨架稳定性。同时, 严格控制集料的质量, 选用表面粗糙、棱角分明、力学性能良好的集料。对集料的含泥量、针片状颗粒含量等指标进行严格检测, 确保集料质量符合要求, 从而提高沥青混合料的抗剪强度和抗车辙性能。

3.2 结构设计改进

3.2.1 增强路面结构承载能力

为了应对日益增长的重载交通需求, 我们采取了针对性的措施来优化路面结构设计。这包括适当增加路面结构层的厚度, 从而显著提高路面的整体承载能力。在进行设计时, 我们深入分析了车辆荷载、交通量等关键因素, 并据此合理选择各结构层的材料和厚度。例如, 我们采用了强度较高的半刚性基层或柔性基层与沥青面层相结合的结构形式, 这种结构能够有效增强路面结构对重载车辆荷载的抵抗能力。此外, 我们还加强了路面结构层之间的联结, 确保各结构层能够协同工作, 从而进一步提高路面的整体性能。

3.2.2 完善路面排水系统

一个好的路面排水系统对于减少水对路面的损害至关重要，它能够有效降低车辙发生的概率。在路面设计过程中，我们合理设置了路面横坡和纵坡，确保路表水能够迅速有效地排出。同时，我们还设置了完善的地下排水设施，如排水基层、排水垫层、渗沟等，以及时排除渗入路面结构层的水分。例如，我们采用了开级配排水式沥青磨耗层（OGFC），这种结构具有卓越的排水性能，能够有效减少路表水与路面的接触时间，从而降低水损害的风险。

3.3 施工工艺提升

3.3.1 严格控制沥青混合料拌和质量，确保路面施工的高标准

在沥青混合料的拌和过程中，必须精确控制关键参数，如拌和温度和拌和时间。针对不同种类的沥青和集料，工程师需要合理确定最佳的拌和温度，以确保沥青能够与集料充分裹覆，从而使得混合料达到均匀一致的状态。此外，拌和时间的控制同样至关重要，过长的拌和时间可能会导致沥青老化，而过短的拌和时间则可能导致混合料的不均匀性。为了提高沥青混合料的拌和质量，应采用先进的拌和设备 and 精确的计量系统，以确保拌和过程的精确性和混合料的高质量。

3.3.2 确保摊铺与压实质量，为沥青路面提供坚实基础

在沥青路面的摊铺过程中，使用先进的摊铺设备是至关重要的。这些设备能够帮助施工团队严格控制摊铺速度和摊铺厚度，从而保证摊铺的平整度。同时，摊铺机的熨平板加热温度也需要得到妥善管理，以防止温度过低导致沥青混合料黏附在熨平板上，进而影响摊铺质量。压实作为沥青路面施工中的关键环节，需要根据沥青混合料的类型和摊铺温度，合理选择压实机械和压实工艺。在压实过程中，应遵循“先轻后重、先慢后快、先静后振”的原则，以确保压实度达到设计要求。通过这样的方法，可以显著提高沥青路面的密实度和强度，从而增强路面的抗车辙能力，为道路使用者提供一个更加安全和舒适的行车环境。

3.4 养护管理加强

3.4.1 加强路面检测与监测

为了确保公路沥青路面的完好状态，建立一个完善的路面检测与监测体系是至关重要的。这一体系需要定期对公路沥青路面进行深入细致的检测，以便及时准确地掌握路面的实时状况。在检测技术方面，应当采用如探地雷达、激光

平整度仪等先进的检测技术，这些技术能够对路面的车辙深度、平整度、结构层厚度等关键指标进行精确的检测。此外，利用传感器技术对路面的温度、应力等参数进行实时监测，可以为路面养护决策提供坚实可靠的科学依据，从而确保公路沥青路面的长期稳定性和安全性。

3.4.2 及时进行预防性养护

基于路面检测结果，对于那些出现轻微车辙或其他病害的路段，应当及时采取预防性养护措施。例如，在车辙初期阶段，可以采用微表处、稀浆封层等技术手段进行处理，以防止车辙的进一步发展。同时，定期对路面进行灌缝处理，可以有效防止雨水渗入路面结构层，减少水损害的发生。通过这些预防性养护措施，不仅可以有效延长路面的使用寿命，还能显著降低养护成本，确保公路沥青路面的长期性能和安全。

3.4.3 加强超载超限治理

为了减少重载交通对公路沥青路面的损害，必须联合交通、公安等多个相关部门，共同加强对超载超限运输车辆的治理力度。通过设置固定检测站和流动检测点，采用先进的称重设备，对过往车辆进行严格检测，依法对超载超限车辆进行处罚。此外，加强宣传教育，提高运输企业和驾驶员的法律意识和安全意识，从源头上减少超载超限运输行为，是降低重载交通对公路沥青路面损害的有效途径。通过这些综合治理措施，可以显著降低超载超限运输对公路沥青路面造成的损害，保障公路交通安全和延长路面使用寿命。

4 结束语

本研究系统分析了重载交通下公路沥青路面车辙病害成因，并针对性提出防治技术。通过优化材料、改进设计、提升施工工艺与加强养护管理，能有效降低车辙危害，延长路面使用寿命。但随着交通需求不断变化，仍需持续探索更高效的防治策略。未来研究可结合新材料、新技术，为解决车辙问题提供更科学的方案，推动公路建设与养护技术的发展。

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] 闫志耀. 公路沥青路面车辙养护铣刨填补施工要点研究[J]. 交通建设与管理, 2024, (06): 81-84.
- [3] 朱玉良. 公路沥青路面常见病害及防治措施[J]. 汽车画刊, 2024, (09): 209-211.

[4] 林震峰 . 公路沥青混凝土路面车辙病害检测认定及其原因分析与防治 [J]. 四川水泥 ,2024,(09):189-191.

[5] 毕明英 , 董宜斌 . 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.

[6] 袁国琼 . 公路沥青路面质量通病原因分析及处治对策 [J]. 中国住宅设施 ,2024,(05):83-85.

[7] 詹博文 , 陈怡唯 . 高速公路车辙病害成因与整治措施 [J]. 江西建材 ,2024,(05):274-276.