

# 沥青路面车辙病害成因分析及防治措施

乔 牧

内蒙古新鑫工程建设有限责任公司 内蒙古 鄂尔多斯 014300

**摘 要:** 沥青路面车辙是常见早期病害,严重影响行车安全与路面寿命。本文系统分析其成因,涵盖材料、设计、施工、运营与环境等多方面,指出材料缺陷是基础,设计不合理埋隐患,施工质量不达标加速病害,运营与环境因素长期作用加剧变形。基于此,提出综合防治措施,包括材料源头控制、设计事前防控、施工过程管控、运营与养护事后治理及长效管控,并针对不同类型车辙给出精准防治策略,旨在为沥青路面车辙病害的防治提供理论支持与实践指导。

**关键词:** 沥青路面;车辙病害;成因分析;防治措施

引言:沥青路面因行车舒适、施工便捷等优势,在公路建设中广泛应用。然而,车辙病害成为制约其发展的关键问题。车辙不仅破坏路面平整度,降低行车安全性与舒适性,还会引发一系列次生病害,增加养护成本,影响交通运输效率。深入探究沥青路面车辙病害的成因,制定科学有效的防治措施,对于提高路面质量、延长使用寿命、保障交通顺畅具有重要意义。本文将全面剖析车辙病害成因,并提出针对性防治策略。

## 1 沥青路面车辙病害核心概述

### 1.1 车辙病害的定义

沥青路面车辙是指在长期行车荷载反复作用下,结合环境因素影响,路面结构发生永久性变形,在行车轮迹处形成的带状凹槽状病害,是沥青路面最常见的早期病害之一。其核心特征是变形不可逆,主要集中在路面表层及中面层,深度从几毫米到几十毫米不等,严重时形成明显的沟槽。车辙的形成并非瞬时发生,而是长期荷载累积与环境作用共同作用的结果,常见于高速公路、城市主干道等交通流量大、重载车辆集中的路段。不同类型的车辙形态存在差异,如压实型、流动型、磨损型等,但均会破坏路面平整度,影响行车安全性与舒适性,需明确其定义边界,为后续特征分析、成因探究及防治措施制定奠定基础。

### 1.2 车辙病害的核心特征与评价指标

沥青路面车辙病害的核心特征主要体现在三个方面:一是永久性,变形一旦产生无法通过自然恢复,需人工养护修复;二是条带性,主要沿车辆行驶轨迹分布,呈平行于车道的带状凹槽,重载车道病害更为突出;三是渐进性,病害从轻微凹陷逐步发展为深度沟槽,伴随路面开裂、松散等次生病害<sup>[1]</sup>。常用评价指标主要包括车辙深度、车辙宽度及车辙增长率,其中车辙深度是最核心的评价指标,我国规范规定,高速公路沥青路面车辙深度限

值为5mm,超过限值需及时处置。另外,还可通过动态变形模量、剪切强度等指标间接评价路面抗车辙能力,结合路面使用年限、交通量等参数,构建综合评价体系,精准判断车辙病害等级,为病害治理提供科学依据。

### 1.3 车辙病害的危害机制

沥青路面车辙病害的危害具有系统性,不仅影响路面使用性能,还会引发连锁安全隐患与经济损失。从行车安全来看,车辙形成的沟槽会导致车辆行驶轨迹偏移,雨天易产生积水,降低路面抗滑性能,增加制动距离,诱发追尾、侧滑等交通事故。从路面结构来看,车辙处路面厚度变薄,受力不均,会加速路面开裂、松散、剥落等次生病害,缩短路面使用寿命,增加养护成本。从经济与社会效益来看,车辙病害会降低行车速度与舒适性,影响交通运输效率,尤其对重载货运影响显著;同时,频繁的养护维修会占用交通资源,干扰正常交通秩序,增加社会运营成本。

## 2 沥青路面车辙病害成因系统分析

### 2.1 材料因素(核心内因)

材料因素是沥青路面车辙形成的核心内因,直接决定路面抗车辙能力的强弱,主要体现在沥青结合料与集料两个方面。沥青结合料的性能至关重要,若沥青标号过高、针入度大、软化点低,高温稳定性差,在行车荷载与高温环境下易发生蠕变,导致路面流动变形;反之,沥青标号过低则会降低路面柔韧性,易引发开裂。集料的级配、强度与耐磨性也直接影响抗车辙性能,连续级配不合理、细集料过多、粗集料强度不足或针片状含量过高,会导致沥青混合料密实度不够、内摩阻力小,荷载作用下易发生挤压变形。沥青混合料的油石比过高,会使混合料过于黏稠,高温下易产生流动;油石比过低则会降低混合料黏结力,导致松散,均会加剧车辙病害的形成,材料性能缺陷是车辙病害发生的根本前提<sup>[2]</sup>。

## 2.2 设计因素

设计因素是沥青路面车辙病害形成的重要前提,不合理的设计会从源头降低路面抗车辙能力,主要包括结构设计与混合料设计两方面。结构设计方面,路面面层、基层、底基层厚度设计不足,无法有效分散行车荷载,导致荷载集中作用于表层,加剧表层变形;基层材料强度低、刚度不足,易发生压缩变形,进而带动面层形成车辙;路面横断面设计不合理,排水不畅,雨天积水浸泡路面,降低材料强度,间接诱发车辙。混合料设计方面,未根据路段交通量、荷载等级及环境条件优化混合料配合比,盲目采用常规配合比,导致混合料高温稳定性、抗剪切能力无法满足使用需求;设计中未充分考虑重载车辆影响,未采用抗车辙剂等改性措施,进一步降低了路面抗车辙性能,设计缺陷会为车辙病害发生埋下隐患。

## 2.3 施工因素

施工因素是沥青路面车辙病害形成的关键环节,施工质量不达标会导致路面抗车辙能力下降,引发早期车辙。混合料拌合环节,拌合温度过高会导致沥青老化,降低黏结力;拌合温度过低则会使混合料拌合不均匀,出现离析现象,影响混合料整体性能。摊铺环节,摊铺速度不均匀、摊铺厚度偏差过大,会导致路面压实度不足,孔隙率过大,荷载作用下易发生压缩变形;摊铺过程中混合料离析,会使局部路段集料分布不均,抗车辙能力差异较大。压实环节,压实机械选型不当、压实遍数不足或压实顺序不合理,会导致路面压实度不够,无法形成稳定的混合料结构;过度压实则会破坏集料级配,降低路面强度,这些施工过程中的疏漏,都会直接加剧车辙病害的发生与发展。

## 2.4 运营与环境因素(外部外因)

运营与环境因素是沥青路面车辙形成的外部诱因,通过长期作用加剧路面变形,主要包括运营荷载与环境条件两方面。运营荷载方面,交通流量过大、重载车辆比例过高,会使路面承受的荷载反复作用次数增加,荷载应力超过路面承受极限,导致路面结构发生永久性变形;车辆超速、急刹车、频繁变道等不规范行驶行为,会增加局部路面的荷载冲击,加速车辙形成。环境条件方面,高温环境是诱发车辙的主要因素,夏季高温会使沥青混合料软化,抗剪切能力大幅下降,在荷载作用下易发生流动变形;降雨、冰雪融化等降水因素,会浸泡路面基层与面层,降低材料强度与黏结力,加剧车辙发展;昼夜温差过大,会导致路面材料热胀冷缩,产生疲劳损伤,间接降低抗车辙能力,外部因素通过与内部因素耦合,加速车辙病害演化。

## 2.5 多因素耦合影响分析

沥青路面车辙病害的形成并非单一因素作用的结果,而是材料、设计、施工、运营与环境多因素耦合作用的产物,各因素相互影响、相互促进,加速病害发展。材料缺陷是基础,若沥青混合料高温稳定性差,再加上设计层面的结构厚度不足、基层刚度不够,会使路面本身抗车辙能力先天不足;施工过程中的压实度不够、混合料离析等问题,会进一步降低路面质量,形成“先天不足、后天失养”的局面。运营过程中的重载荷载,会对本身存在缺陷的路面产生反复冲击,而高温、降雨等环境因素,会降低路面材料性能,放大荷载的破坏作用,形成“荷载-环境-结构”的耦合破坏机制。例如,高温环境下,沥青混合料软化,此时重载车辆反复作用,会使路面表层迅速发生流动变形,再加上基层压缩变形,最终形成深度车辙,多因素耦合作用下,车辙病害的发展速度会显著加快。

## 3 沥青路面车辙病害综合防治措施

### 3.1 材料层面防治措施(源头控制)

材料层面的防治是沥青路面车辙病害源头控制的核心,通过优化材料性能,从根本上提升路面抗车辙能力。沥青结合料方面,根据路段交通量、荷载等级及环境条件,选用高温稳定性优良的沥青,如改性沥青、橡胶沥青等,通过添加SBS、SBR等改性剂,提高沥青的软化点、针入度指数,降低高温蠕变性能;严格控制沥青标号与质量,杜绝使用不合格沥青<sup>[3]</sup>。集料方面,优化集料级配,增加粗集料比例,提高混合料内摩阻力与剪切强度;选用强度高、耐磨性好、针片状含量低的粗集料,控制细集料含泥量,确保集料质量达标。另外,可在沥青混合料中添加抗车辙剂、纤维等外加剂,改善混合料的高温稳定性与黏结性能;严格控制混合料油石比,确保混合料密实度与强度,从源头减少车辙病害发生的可能性。

### 3.2 设计层面防治措施(事前防控)

设计层面的防治是沥青路面车辙病害事前防控的关键,通过科学设计,提升路面结构与混合料的抗车辙能力。结构设计方面,根据路段交通量、荷载等级,合理确定路面面层、基层、底基层厚度,确保路面结构能够有效分散行车荷载,减少荷载集中;选用强度高、刚度大的基层材料,如水泥稳定碎石基层,提升基层抗压缩变形能力,为面层提供稳定支撑;优化路面横断面设计,设置合理的横坡,完善排水系统,避免雨水浸泡路面,降低水损害对车辙病害的诱发作用。混合料设计方面,结合路段实际情况,优化沥青混合料配合比,提高混合料高温稳定性与抗剪切能力;针对重载路段,采用骨架密实

型混合料,增强混合料结构稳定性;合理选用抗车辙改性措施,确保混合料性能满足使用需求,从设计层面规避车辙病害隐患。

### 3.3 施工层面防治措施(过程管控)

施工层面的防治作为沥青路面车辙病害过程管控的核心要点,对保障路面质量起着关键作用。通过严格规范施工流程,能够切实提升路面的抗车辙能力。在混合料拌合环节,温度与时间的把控至关重要。需严格控制拌合温度与时间,温度过高或时间过长会导致沥青老化,影响混合料性能;时间过短则会造成混合料拌合不均匀。同时要严格按照配合比进行拌合,精确控制各原材料比例,确保混合料级配、油石比符合设计要求,杜绝离析现象,保证混合料质量稳定。摊铺环节,摊铺速度要均匀,摊铺厚度必须符合设计标准,避免因速度不均或厚度偏差导致混合料离析。摊铺前,要对下承层进行全面清理与压实,确保下承层平整、稳定,为摊铺工作创造良好条件。压实环节,要选用合适的压实机械,遵循“初压、复压、终压”的顺序,合理控制压实遍数与压实温度,保证路面压实度达标,防止过度压实或压实不足。施工完成后,做好路面养护工作,让路面强度稳步增长,减少早期变形。通过全过程严格管控,有效降低施工因素引发的车辙病害,提高沥青路面的使用寿命和服务质量。

### 3.4 运营与养护层面防治措施(事后治理与长效管控)

运营与养护层面的防治是沥青路面车辙病害事后治理与长效管控的关键,通过科学运营与及时养护,延缓车辙病害发展,延长路面使用寿命。运营管控方面,加强交通管理,限制重载车辆超载,合理控制交通流量,避免车辆集中行驶;规范车辆行驶行为,禁止超速、急刹车等,减少对路面的冲击破坏;定期对路面交通状况进行监测,及时调整交通组织,减轻路面荷载压力。养护层面,建立完善的路面监测体系,定期检测车辙深度等指标,及时发现早期车辙病害;对轻微车辙,采用灌缝、封层等预防性养护措施,延缓病害发展;对深度超过限值的车辙,采用铣刨重铺、就地热再生等修复措施,彻底消除病害;加强路面排水系统维护,及时清理排水设施,避免雨水浸

泡路面,通过长效养护,实现车辙病害的动态管控<sup>[4]</sup>。

### 3.5 不同类型车辙的针对性防治措施

针对不同类型车辙的形成机理与特征,采取针对性防治措施,才能提升治理效果,实现精准防控。压实型车辙主要由荷载反复作用导致路面压实不足或材料压缩变形形成,防治重点是加强施工过程中的压实管控,确保路面压实度达标,同时优化混合料级配,提高材料抗压缩能力,运营中限制超载,减少荷载累积作用。流动型车辙主要由高温环境下沥青混合料软化、流动形成,防治重点是选用高温稳定性优良的改性沥青与抗车辙剂,优化混合料配合比,提升混合料抗剪切能力,夏季可采取洒水降温等措施,降低环境高温的影响。磨损型车辙主要由车辆行驶磨损导致,防治重点是选用耐磨性好的集料与沥青混合料,增加路面表层厚度,定期对路面进行封层养护,提升路面耐磨性,同时规范运营管理,减少车辆过度磨损,实现不同类型车辙的精准治理。

### 结束语

沥青路面车辙病害成因复杂,是多因素耦合作用的结果。从材料、设计、施工到运营与环境,每个环节都影响着路面的抗车辙能力。综合防治措施的实施需贯穿路面全生命周期,从源头控制材料质量,事前科学设计,过程严格施工管控,事后及时运营养护,并针对不同类型车辙精准施策。未来,随着新材料、新技术的不断涌现,沥青路面车辙病害防治将更加科学、高效,为公路交通的可持续发展提供坚实保障。

### 参考文献

- [1]王海霞,马兰兰.公路沥青混凝土路面车辙病害成因及防治措施[J].中国科技纵横,2025(3):119-121.
- [2]李自友.公路沥青混凝土路面车辙成因及防治措施[J].价值工程,2022,41(15):39-41.
- [3]刘鹏飞.公路工程沥青路面车辙病害成因分析与处治[J].交通世界,2025(19):113-115.
- [4]计楚凡.沥青混凝土路面车辙病害成因分析及防治措施[J].新材料·新装饰,2025,7(16):187-190.