

重载交通下沥青路面车辙病害形成机理及防治措施

和永平

云南交通基建工程监理有限公司

摘要: 重载交通长时间的运转, 会致使沥青路面产生车辙病害, 路面结构稳定性变差、服役年限缩短、行车安全受到危害, 给后期养护和维修工作带来很大压力。重载交通下沥青路面车辙病害成因机理研究及防治对策研究, 属于保证重载道路结构安全稳定、提高沥青路面使用年限、改善道路行车安全性舒适性、缩减后期养护支出的关键手段。本文以重载交通对沥青路面车辙病害的影响为研究重点, 分析了车辙病害形成的主要原因, 提出了相应的防治措施, 给工程的实际应用提供依据。

关键词: 重载交通; 沥青路面; 车辙病害; 形成机理

DOI: 10.65976/3078-8145.2026.02.015

重载交通的普遍使用造成沥青路面承受的荷载作用越来越频繁、越来越集中, 车辙病害渐渐成为影响路面使用性能的主要问题。车辙不但会破坏路面结构的整体性、减少路面使用寿命, 而且会使道路行车安全和舒适度降低, 还会加大道路养护工作量。加强重载交通情况下沥青路面车辙防治, 首先要找出主要影响因素, 然后采取相应的预防措施, 保证道路长久保持良好的稳定性运营状态, 从而达到最大限度发挥路面使用价值的目的。

1 重载交通下车辙形成机理及防治措施的必要性

1.1 保障重载道路结构安全稳定

重载交通环境之下, 车辆荷载的长久反复作用所导致的核心影响便是路面结构的稳定性遭到破坏, 车辙病害的发生会直接造成此种稳定性遭到破坏^[1]。沥青路面的结构设计是以承受常规重载为基础, 车辙出现之后, 路面表层和内部结构就会出现不均匀沉降, 从而引起路面整体承载能力降低, 进而造成裂缝、坑槽等次生病害, 严重时还会导致路面结构破损、坍塌, 影响道路正常通行。对车辙病害形成机理及防治措施进行研究, 可以从源头上防止由于车辙而造成的结构破坏, 保持路面结构的完整性以及承载能力, 保证重载道路的安全通行, 给重载车辆通行提供可靠结构支持。

1.2 延长沥青路面服役使用寿命

沥青路面服役寿命同路面病害防控效果有关, 车辙属于重载交通下出现频率最高的一种病害, 也是造成路面服役时间较短的重要因素。车辙不断发展会使沥青混合料的内部结构遭到破坏, 路面抗变形能力不断降低, 从而加快路面老化、破损的速度, 迫使路面提前进入大

修或者改造阶段, 缩短其设计寿命。重视车辙病害形成机理的分析, 制定出科学有效的预防措施, 可以有效地抑制车辙的产生和发展, 减缓路面结构的老化速度, 减少次生病害的发生, 从而延长沥青路面实际使用寿命, 充分发挥路面设计价值和使用效能。

1.3 提升道路行车安全舒适水平

行车安全、舒适性属于道路运营的主要需求, 重载交通条件下车辙病害会对这两个主要目的造成影响^[2]。车辙会造成路面出现明显的纵向凹陷, 使车辆行驶时产生颠簸、跑偏的现象, 增大车辆的制动距离和操控难度, 在雨雪天气中, 车辙内容容易积水、结冰, 加重行车安全风险, 降低驾乘人员的舒适性。研究车辙形成机理并采取相应的防治措施, 可以有效地消除路面车辙隐患, 保证路面的平整、光滑, 减少车辆行驶中不稳定的因素, 提高行车的安全性, 降低交通事故的发生率, 提高驾乘舒适度, 满足道路行车的需求。

1.4 降低后期养护运维经济成本

重载交通条件下, 车辙病害如果不能得到及时防控, 就会不断加重并产生一系列次生病害, 从而使得后期的养护运维工作量大幅增加, 养护成本持续上升。车辙初期如果不及时处理, 会慢慢发展成深度车辙, 然后引起路面开裂、松散等问题, 这时要投入大量的人力、物力和财力去修补、铣刨重铺等作业, 并且养护频次也会大大提高, 长期形成的养护成本很高。开展车辙形成机理与防治措施的研究工作, 可以达到早发现、早防控车辙病害的目的, 从根本上减少车辙及次生病害的发生, 降低养护作业的频率和难度, 进而控制后期养护维修的经济成本, 达到道路运营经济性目标。

作者简介: 和永平(1989—), 男, 本科, 工程师, 研究方向为道路、桥梁、隧道等。

2 重载交通下沥青路面车辙病害的形成机理分析

2.1 重载荷载反复作用下的路面结构应力累积

重载车辆行驶时对沥青路面产生的竖向压力不是一次性的,而是随车辆通行次数的增多而不断重复地加在路面结构上^[3]。沥青路面各结构层(面层、基层、底基层)都有自己的承载极限,在重载荷载反复作用下,路面内部会慢慢产生应力累积,并且这种累积效应会从表层向深层逐层传递。特别是重载车辆经常存在的超载现象,会造成初始应力成倍增加,使应力积累速度加快,车辆行驶过程中制动、启动等造成的附加水平应力会增大路面结构的应力负担。初期应力累积可能会只表现出路面轻微的变形,不易被发现,但是随着荷载作用次数的增加,应力会大于路面材料的抗疲劳极限,造成路面结构内部出现微观损伤,慢慢发展成为宏观的车辙变形,最终破坏路面结构的完整程度。

2.2 高温环境中沥青混合料的塑性变形发展

沥青混合料性能受温度影响较大,高温条件下,沥青胶结料会变软,黏结力及刚度急剧减小,致使混合料的抗变形能力大打折扣。夏季高温时期路面表面温度可达60℃以上,这时沥青胶结料的流动性明显增大,混合料的骨架结构容易出现错位、挤压等现象,从而造成结构稳定性的丧失。重载交通荷载作用叠加后,软化了的沥青混合料不能承受压力而产生不可逆转的塑性变形。塑性变形不是瞬间产生的,在高温持续作用和重载反复碾压下慢慢积累,表现为路面表面出现纵向凹陷。高温时间越长,重载作用越大,沥青混合料的塑性流动就越明显,车辙深度也就越来越大,最终形成严重的车辙病害。

2.3 路面层间结合不足引发的滑移变形

沥青路面是由很多层结构叠加而成的,各层之间结合的质量直接影响到路面整体的承载能力及抗变形性能。路面层间若无有效的黏结措施,或黏结材料不合格、施工工艺不当,就会出现层间空隙或黏结力不够的情况,使各结构层不能形成一个整体共同受力。雨水渗透之后,层间黏结材料会变稀释、变软化,黏结力降低很多,从而削弱层间抗剪切的能力。在重载交通的反复作用下,各层之间会存在相对剪切力,如果剪切力大于层间黏结力,则会出现层间滑移。滑移变形会慢慢积累起来,在路面表层出现不规则的凹陷和推移,最终产生车辙,还会引起路面开裂等次生损伤。

2.4 混合料级配与压实质量对路面抗变形能力的影响

沥青混合料的级配组成直接影响到其内部结构是否密实、是否抗变形,如果混合料级配设计不合理,

粗集料过少、细集料过多,就会造成混合料内部空隙率增大,结构稳定性降低,无法承受重载荷载^[4]。施工过程中压实质量不达标,会使沥青混合料达不到设计密实度,内部存在很多空隙,不但会影响混合料的黏结强度,而且会降低其抗剪、抗变形的能力。压实不足会使得混合料内部颗粒排列疏松,在重载反复碾压时容易出现颗粒重新排列、空隙被压缩的情况,从而加重变形,级配不合理会造成混合料缺少足够的骨架支撑,不能抵抗重载的挤压作用。在重载交通的反复碾压以及外力的作用下,该级配、压实存在缺陷的混合料慢慢出现变形现象,空隙被压缩,最后形成永久性车辙病害,影响路面正常使用。

3 重载交通下沥青路面车辙病害的防治策略

3.1 优化路面结构组合以降低重载应力累积

为解决重载交通下路面结构层反复受力、应力不断积累造成的车辙问题,在重载交通下路面结构层中增加各结构层的组合,并从分层承载、应力分散的角度出发,对重载交通下的路面结构进行合理的结构组合,从而提高道路的抗车辙能力。路面基层属于主要承重层,应采用刚度大、抗疲劳能力强的材料,经由改变基层厚度及结构形式,把重载造成的应力合理分配到下承层上,防止应力过于集中到沥青面层上,减小面层因长期受力引发的塑性变形。同时合理设置底基层和垫层,提高路面的整体承载能力及抗变形能力,形成面层抗磨、基层承重、垫层缓冲的协同工作体系,从结构上减小重载应力的积累。

结构优化时要重视各层之间的刚度相适应,防止由于层间刚度差别太大而出现应力突变,造成层间滑移和车辙病害。可设置中间过渡层来改善面层与基层之间的刚度衔接状况,并提高结构整体的协调性。对于重载车辆通行频繁的路段,可以采用厚基层、薄面层结构形式,在保证基层承载力的同时控制沥青面层厚度,减小高温环境下面层蠕变变形,从结构设计源头上降低重载应力对路面的不利影响,延长路面抗车辙寿命。

3.2 选用高温稳定型沥青混合料抑制塑性变形

沥青混合料的高温稳定性是抑制重载交通下车辙病害的重要途径,选用适配重载工况的高温稳定型沥青混合料,需从沥青结合料和矿料组合两个方面入手,提高混合料的抗蠕变、抗流动能力。沥青结合料选则上,应该舍弃传统的普通沥青,选用高温性能优良的改性沥青,利用改性来改善沥青的高温黏度以及弹性恢复能力,减小沥青在重载、高温两方面的影响,从而保证混合料的高温稳定性。根据路面使用的环境和重载

强度等条件,可以对改性剂进行合理的选择和掺量,使沥青结合料满足各种工况的要求。

矿料组合是否合理会影响沥青混合料骨架结构的好坏,从而决定沥青混合料的抗变形性。在混合料的设计过程中,需要建立密实骨架型结构,改进矿料级配,提高混合料的内摩阻力、黏聚力,从而改善混合料的整体强度及抗塑性变形能力。

3.3 强化层间处置与黏结提升路面整体抗滑能力

重载交通条件下,路面各个结构层的黏结性能不足,容易造成层间滑移、脱空,从而引发车辙、推移等病害,因此加强层间处理与黏结是提高路面整体抗滑性、防止车辙的有效方法。面层和基层之间、基层和底基层之间应设专用黏结层,选用黏结性能好的材料,使各层紧密结合成一个有机整体,防止由于层间分离造成应力集中,引起车辙。黏结层施工时要控制好施工工艺,保证黏结材料均匀铺设,充分浸润下层表面,提高层间黏结强度,防止重载车辆行驶时出现层间滑移。

3.4 严控混合料级配与压实质量增强抗变形性能

沥青混合料的级配合理、压实质量决定着混合料密实度、强度及抗变形性,是防治重载交通下车辙病害的关键环节。混合料级配控制要按照设计要求筛选矿料,保证矿料级配满足规范要求,防止出现级配偏细、偏粗或者间断级配等情况,从而保证混合料形成稳定的骨架密实结构,提高其抗蠕变、抗流动能力。施工期间,要对矿料进场、筛分、搅拌等过程进行质量控制,定时检查级配曲线,及时调节矿料的比例,保证混合料级配稳定、均匀。

压实质量对于混合料发挥抗变形性能起到重要的作用,在重载交通条件下,路面所受的荷载比较大,

如果混合料的压实不够,就会造成空隙率大,容易出现水损害、塑性变形等状况,从而产生车辙。所以需要改进压实工艺,根据混合料种类及厚度选择合适的压实机械、压实速度、压实遍数以达到设计要求的密实度。压实时必须遵守“初压稳压、复压密实、终压成型”原则,防止漏压、欠压、过压现象的发生,并且要对压实度加以检测,对不合格路段及时予以补压。另外,压实作业要避免高温时段,避免高温高热导致的混合料推移现象出现,保证压实后混合料结构稳定,抵御重载造成的塑性变形影响,降低车辙病害发生概率。

4 结束语

重载交通造成的沥青路面车辙病害是由重载荷载累积、高温环境的影响、层间结合不好和混合料质量不良等多种因素共同起作用而产生的,它的预防要从机理入手,创建起全方位、多层次的防治体系。本文提出结构优化、混合料改善、层间加强和施工控制等措施来解决车辙产生的主要原因,可以提高路面的抗变形能力,延长使用年限。根据实际情况和实际工程工况继续完善防治方案,给重载交通沥青路面车辙防治提供更加具体的操作方法,提高重载交通沥青路面车辙防治效果。

参考文献:

- [1] 韦明,余芳.广西某高速公路沥青路面车辙病害影响因素分析[J].山西建筑,2025,51(03):104-107.
- [2] 张丽娜.季冻区沥青路面使用性能预测及养护决策研究[D].东北林业大学,2022.
- [3] 周金华.基于车辙性能优化的桥头搭板处沥青路面刚度协调研究[D].桂林理工大学,2022.
- [4] 王晨.基于重载交通下沥青混合料抗车辙性能研究[D].华北理工大学,2021.