

重载交通下沥青路面车辙形成机理及处治技术研究

侯旭东

河南交投工程管理咨询有限公司 河南 郑州 450000

摘要:重载交通下,沥青路面车辙形成机理复杂,主要由沥青混合料的高温流动性、集料的嵌挤作用及交通荷载的累积效应共同导致。在高温和重载车辆反复作用下,沥青混合料产生粘滞流动,集料骨架稳定性下降,形成永久变形。处治技术需从材料优化设计、施工质量控制及运营养护措施等多方面入手,以提高路面抗车辙能力,延长使用寿命。

关键词:重载交通;沥青路面车辙;处治技术

引言:随着重载交通的日益增加,沥青路面车辙问题愈发突出,严重影响道路使用性能和安全。本文旨在探讨重载交通下沥青路面车辙的形成机理,分析影响因素,并提出有效的处治技术。通过深入研究,为道路建设和养护提供科学依据,保障交通运输的安全与畅通。

1 重载交通下沥青路面车辙的分类

在重载交通条件下,沥青路面车辙的形成是一个复杂的过程,涉及多种因素,包括路面结构设计、材料性能、交通荷载以及环境因素等。车辙不仅影响道路的平整度和行车舒适性,严重时还可能对行车安全构成威胁。根据车辙产生原因的不同,重载交通下沥青路面车辙主要可以分为失稳型车辙、结构型车辙、磨耗型车辙和压密型车辙四大类。

1.1 失稳型车辙

失稳型车辙是重载交通条件下最为常见的一种车辙类型。它是在高温条件影响下,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的现象。具体来说,当沥青混合料的高温稳定性不足,或者车辆超载严重时,沥青面层在重载车轮的作用下会发生剪切变形,从而产生车辙。失稳型车辙的特征表现为车轮作用的部位下陷,两侧向上隆起较高,形成一种槽沟状结构。这种车辙通常具有明显的隆起现象,整个车辙断面呈“W”形。其深度可达20~50mm,严重时局部隆起的波峰将出现大面积松散破坏,行车跳动明显,对行车安全构成严重威胁。失稳型车辙的形成受多种因素影响,主要包括沥青混合料的性能、交通荷载特性、环境温度等。沥青混合料的高温稳定性不足是导致失稳型车辙的主要原因之一。重载车辆的频繁作用以及高温环境下的路面温度也会加速车辙的形成。

1.2 结构型车辙

结构型车辙是由于路面结构设计不合理或施工质量

不佳导致的。具体来说,当路面结构设计无法满足重载交通的需求时,或者在施工过程中存在压实度不足、材料离析等问题时,路面结构在重载交通的作用下会发生永久性变形,从而形成车辙。结构型车辙的特征表现为车辙宽度大,两侧无明显的隆起现象,横断面呈U形(凹形)。这类车辙常伴有裂缝等路面破坏现象,并且在短期内不会稳定,随着时间的延续,车辙深度及其它相关路面破坏会不断加剧^[1]。结构型车辙的形成主要受路面结构设计、施工质量以及路基承载能力等因素的影响。路面结构设计不合理是导致结构型车辙的主要原因之一。施工过程中的压实度不足、材料离析等问题也会加速车辙的形成。路基承载能力不足时,路面结构在重载交通的作用下更容易发生永久性变形。

1.3 磨耗型车辙

磨耗型车辙是由于车辆轮胎与路面表面之间的摩擦作用导致的。在重载交通条件下,车辆轮胎与路面表面之间的接触压力增大,摩擦作用增强,从而导致路面表面材料的磨损和脱落,形成车辙。磨耗型车辙的特征表现为车辙深度较浅,一般在5mm以内。这类车辙通常不会对道路的行车安全造成太大影响,除非路面摩擦系数下降到无法满足运营标准。磨耗型车辙的形成主要受路面材料性能、轮胎性能以及交通荷载等因素的影响。路面材料的耐磨性不足是导致磨耗型车辙的主要原因之一。此外,轮胎的硬度、花纹等性能也会影响其与路面之间的摩擦作用。重载交通条件下,车辆轮胎与路面之间的接触压力增大,加速了路面表面的磨损和脱落。

1.4 压密型车辙

压密型车辙是由于沥青混凝土面层在重载车轮的反复碾压作用下发生压密变形导致的。具体来说,当沥青混凝土面层的压实度不足时,在重载交通的作用下,路面材料会被进一步压实,从而形成车辙。压密型车辙的

特征表现为车辙呈“V”字形，深度一般为5~20mm。这类车辙在正常道路上对行车安全没有太大影响，但是对于桥梁铺装路面层，尤其是跨海长桥和北方的桥梁，这类车辙对行车安全的影响是维修所考虑的重要因素之一。压密型车辙的形成主要受路面材料性能、压实度以及交通荷载等因素的影响。沥青混凝土面层的压实度不足是导致压密型车辙的主要原因之一。重载交通条件下，车辆轮胎与路面之间的接触压力增大，加速了路面材料的压密变形。

2 重载交通对沥青路面车辙形成的影响

2.1 荷载大小因素

重载交通对沥青路面车辙形成的影响中，荷载大小是一个至关重要的因素。车辆荷载的大小直接决定了车轮对路面的压力分布和大小。当车辆荷载超出设计标准时，车轮对路面的压力显著增加，导致沥青面层在重载车轮的作用下发生更大的变形。这种变形随着荷载的增大而加剧，进而形成车辙。特别是在交通流量大、重载车辆比例高的路段，车辙的形成速度明显加快。

2.2 轮胎气压因素

轮胎气压作为影响沥青路面车辙形成的关键因素，其作用不容小觑。轮胎气压的高低，直接关系到车轮与路面接触面积的大小以及压强分布的均匀性。在重载交通中，若轮胎气压设置得过高，车轮与路面的接触面积会显著缩小，进而造成压强急剧上升^[2]。这种情况下，沥青面层在车轮的强烈压迫下，局部应力会高度集中，导致路面材料更容易发生塑性变形和结构性破坏，车辙问题随之加剧。反之，当轮胎气压偏低时，虽然车轮与路面的接触面积有所增大，看似能分散一部分压力，但实际情况却并非如此理想。过低的轮胎气压会使轮胎接地形状变得不规则，这不仅无法有效减轻对路面的压迫，反而会增加车轮对路面的剪切作用力，进一步削弱路面的耐久性能，加速车辙的形成和发展。

2.3 行驶速度因素

行驶速度也是影响重载交通对沥青路面车辙形成的一个重要因素。一般来说，车辆行驶速度越快，车轮对路面的作用时间就越短，但单位时间内车轮对路面的冲击次数和累积作用却可能增加。这种高速冲击作用可能导致沥青面层内部的应力分布更加复杂，加速材料的疲劳损伤和变形累积。高速行驶的车辆在紧急制动或转弯时，会对路面产生更大的剪切力和摩擦力，进一步加剧车辙的形成。需要注意的是，行驶速度对车辙形成的影响并非绝对，它往往与荷载大小、轮胎气压等因素相互作用，共同决定着重载交通对沥青路面的影响程度。

3 沥青路面材料性能与车辙形成的关系

沥青路面材料性能与车辙形成的关系紧密相连，是道路工程中不可忽视的重要方面。沥青混合料的组成、级配设计、沥青含量、粘结力以及抗剪切强度等关键性能指标，均对路面的耐久性和抗车辙能力产生深远影响。高质量的沥青混合料，通过精细的级配设计和合理的沥青含量，能够形成紧密的骨架结构，具备出色的粘结力和抗剪切强度。这样的混合料在重载交通的反复碾压下，能够保持结构的稳定性和完整性，有效抵抗车轮的压实作用，减少路面的永久变形。因此高质量的沥青混合料路面往往表现出更好的抗车辙性能，能够长时间保持平整度和行驶舒适性。若沥青混合料的质量不佳，如级配不合理、沥青含量偏低或粘结力不足，将导致路面结构变得松散，抵抗重载交通的能力大幅下降。在车轮的反复碾压下，路面容易发生剪切破坏和塑性变形，车辙问题将迅速显现并持续恶化。这不仅影响道路的运行安全性和舒适性，还大大缩短了路面的使用寿命。优化沥青路面的材料性能，是提升路面耐久性和抗车辙能力的重要手段之一。通过科学的级配设计、合理的沥青含量选择以及添加抗车辙剂等措施，可以显著提升沥青混合料的粘结力和抗剪切强度，从而增强路面的整体性能。这对于保障道路的安全、舒适和延长使用寿命具有重要意义。未来，随着材料科学的不断进步和道路工程技术的持续发展，我们将有望看到更加高性能、更加耐久的沥青路面材料出现。

4 重载交通下沥青路面车辙的处治技术研究

4.1 现有处治技术的总结与评价

在重载交通条件下，沥青路面车辙的处治技术一直是道路工程领域研究的重点。现有的处治技术主要包括表面修补、薄层罩面、铣刨重铺以及热再生等方法。这些方法各有优缺点，适用于不同程度的车辙病害。表面修补技术通常用于轻微车辙的修复，通过在车辙部位铺设薄层材料来恢复路面的平整度。这种方法施工简便、成本较低，但耐久性相对较差，往往需要定期维护。薄层罩面技术则是在原有路面上加铺一层新的沥青混合料，以提高路面的整体强度和耐久性。这种方法能够显著改善路面的平整度，但施工周期较长，且对交通影响较大^[3]。铣刨重铺技术则是将车辙严重的路面部分铣刨掉，再重新铺设新的沥青混合料。这种方法能够彻底修复车辙病害，但施工成本较高，且会产生大量建筑垃圾。热再生技术则是利用专门的热再生设备对旧沥青混合料进行加热、破碎、筛分，再加入适量的新沥青和再生剂，重新拌合成新的沥青混合料，用于路面的修复。

这种方法能够实现资源的循环利用,减少环境污染,但设备投资较大,且对施工人员的技能要求较高。综合来看,现有的处治技术在重载交通下沥青路面车辙的修复中取得了一定的成效,但仍存在一些不足。例如,表面修补和薄层罩面技术的耐久性有限,难以长期承受重载交通的反复作用;铣刨重铺技术虽然能够彻底修复车辙,但施工成本高昂,且对环境造成一定影响;热再生技术虽然具有环保优势,但设备投资大,施工复杂度高。因此,研发更加高效、经济、环保的重载交通下沥青路面车辙处治技术显得尤为重要。

4.2 新型处治技术的研发与应用

4.2.1 高性能沥青混合料的设计与制备

针对重载交通下沥青路面车辙的问题,高性能沥青混合料的设计与制备成为了一种有效的处治手段。高性能沥青混合料通过优化级配设计、提高沥青含量、添加抗车辙剂等手段,显著提升了混合料的粘结力、抗剪切强度和耐久性。其中,抗车辙剂能够显著改善沥青混合料的流变性能,提高其在重载交通下的抗变形能力。通过实验室试验和现场应用验证,高性能沥青混合料在重载交通条件下表现出优异的抗车辙性能,有效延长了路面的使用寿命。

4.2.2 路面结构的优化与加固

除了高性能沥青混合料的应用外,路面结构的优化与加固也是重载交通下沥青路面车辙处治的重要方向。通过对路面结构进行合理设计,如增加基层厚度、采用刚性或半刚性基层等,可以提高路面的整体承载能力和稳定性。针对已经出现车辙病害的路段,可以采用加固措施,如铺设土工格栅、设置应力吸收层等,以增强路面的抗变形能力。这些措施能够显著提高路面的耐久性和抗车辙性能,减少重载交通对路面的破坏。

4.2.3 施工工艺的改进与创新

施工工艺的改进与创新也是提升重载交通下沥青路面车辙处治效果的关键。传统的施工工艺往往存在施工周期长、对交通影响大等问题。研发更加高效、环保的施工工艺显得尤为重要。例如,采用冷再生技术可以实现对旧沥青混合料的再利用,减少建筑垃圾的产生;采用微波加热技术可以实现对沥青混合料的快速加热和均匀拌合,提高施工效率;采用智能化施工设备可以实现

施工过程的自动化和智能化控制,提高施工质量和安全性。这些新工艺和新技术的应用,将进一步提升重载交通下沥青路面车辙处治的效果和效率。

4.3 处治技术的经济性与可行性分析

在重载交通下沥青路面车辙的处治过程中,经济性和可行性是两个重要的考量因素。一方面,处治技术的成本必须控制在合理的范围内,以确保项目的经济可行性。另一方面,处治技术必须能够在实际工程中得到有效应用,以满足重载交通条件下路面修复的需求。对于高性能沥青混合料的应用而言,虽然其制备成本相对较高,但考虑到其优异的抗车辙性能和延长路面使用寿命的效益,其经济性仍然得到了广泛认可^[4]。随着技术的不断进步和规模化生产的应用,高性能沥青混合料的制备成本有望进一步降低。对于路面结构的优化与加固而言,虽然初期投资较大,但长期来看能够显著提高路面的耐久性和抗车辙性能,减少后续的养护和维修成本。从全寿命周期成本的角度来看,路面结构的优化与加固是经济可行的。对于施工工艺的改进与创新而言,虽然新技术的应用可能需要一定的初期投入,但其带来的施工效率提升、环保效益和施工质量改善等方面的优势将远远超过其成本。施工工艺的改进与创新也是重载交通下沥青路面车辙处治中不可或缺的一环。

结束语

综上所述,重载交通下沥青路面车辙的形成机理复杂,涉及材料、结构、环境及交通荷载等多方面因素。通过深入研究,提出了针对性的处治技术,旨在提高路面的抗车辙能力,延长使用寿命。未来,将继续探索更加高效、环保的处治方法,以适应不断变化的交通需求,为构建安全、舒适、绿色的道路交通环境贡献力量。

参考文献

- [1]吴晓庆.公路养护中的沥青路面预防性养护技术应用[J].黑龙江交通科技.2020,43(6).66,68.
- [2]申传建.高速公路沥青路面典型病害及预防性养护技术[J].交通世界(中旬刊).2020,(11).64-65.
- [3]郑涛辉.沥青路面车辙病害形成机理及防治措施探讨[J].公路交通科技(应用技术版),2020,16(11):185-187.
- [4]刘青松.公路路面病害及维修措施[J].冶金管理,2020(03):88-89.