

沥青路面老化机理及养护对策研究

赵 瑞

包头市恒通泰达交通设施有限公司 内蒙古 包头 014060

摘 要: 本文旨在深入探讨沥青路面的老化机理,分析导致沥青路面老化的主要因素,并提出相应的养护对策。通过系统研究沥青路面的老化过程及其对路面性能的影响,本文旨在为延长沥青路面使用寿命、提高路面服务质量提供理论依据和实践指导。

关键词: 沥青路面; 老化机理; 养护对策; 预防性养护

引言

沥青路面因其良好的行车舒适性、优异的防滑耐磨特性以及施工便捷性,在全球范围内被广泛应用于高等级公路和城市道路。然而,随着使用年限的增加,沥青路面逐渐出现老化现象,表现为裂缝、车辙、剥落等形式,严重影响道路的使用寿命和行车安全。因此,研究沥青路面的老化机理及养护对策具有重要意义。

1 沥青路面老化机理

1.1 热氧老化

热氧老化是沥青路面在长时间高温和氧气环境下发生的不可逆变化过程,这一过程主要导致沥青的物理性能和化学性质逐渐劣化。热氧老化可以细分为以下几个阶段:

生产后的运输和储存阶段: 在这个阶段,沥青虽然与空气的接触面积相对较小,但长时间处于相对密封的环境中,仍然会发生一定程度的热氧老化。不过,由于接触面积和条件相对温和,该阶段的老化程度相对较轻。

沥青与集料的拌合及摊铺碾压阶段: 这是热氧老化的主要阶段。在沥青混合料的生产过程中,沥青与集料在高温下(通常达到160~180°C甚至更高)进行拌合,此时沥青以薄膜的形式覆盖在集料表面。高温不仅加速了沥青分子的热运动,还使得沥青与热空气充分接触,导致轻质油分迅速挥发,同时发生剧烈的氧化反应。这一过程中,沥青的物理性能急剧下降,如针入度减小、延度降低、软化点升高等,沥青变得更硬更脆,抗裂性和耐久性显著下降。

路面使用阶段: 在路面使用阶段,沥青持续暴露在自然环境中,受到温度变化、紫外线照射、雨水侵蚀以及交通荷载的反复作用。这些因素共同作用,进一步加速了沥青的老化过程。特别是紫外线和氧气的长期作用,会使沥青分子链不断断裂、交联或重排,导致沥青的物理性能和化学性质逐渐改变。具体表现为颜色变

暗、硬度增加、粘附力降低、抗裂性差等特点。同时,高温下的反复荷载作用也会加剧沥青的疲劳破坏,形成裂缝等病害。

1.2 紫外光老化

紫外光老化是沥青路面老化的另一个重要因素,尤其对沥青表面层的影响尤为显著。紫外线辐射,作为太阳光中的一部分,具有较高的能量,能够直接作用于沥青分子,引发一系列复杂的物理化学变化。紫外线能够穿透沥青的浅层,破坏沥青分子链中的化学键,特别是那些较弱的键。这种破坏作用导致沥青分子链的断裂,使得原本的大分子分解成较小分子片段。这些小分子片段在紫外线的持续作用下,可能会发生进一步的化学反应,如自由基的生成和链式反应,导致小分子再次聚合成新的大分子结构,但这种新形成的结构往往与原始沥青的分子结构存在显著差异^[1]。这些分子结构的变化直接影响了沥青的物理性能。具体来说,紫外光老化会导致沥青的针入度减小,即沥青的硬度增加,变得更难被穿透。同时,延度也会降低,意味着沥青在受到外力作用时,其塑性变形的能力减弱,更容易发生脆性断裂。此外,软化点升高,表明沥青在高温下的稳定性变差,更容易发生热流淌或变形。

1.3 水损害老化

水损害老化是沥青路面在潮湿环境下经历的一种重要老化形式。水分通过渗透进入沥青内部,不仅直接影响沥青的物理性能,还通过促进化学反应加速沥青的老化过程。

水分渗透与溶胀软化: 沥青路面在长期使用过程中,不可避免地会暴露在各种气候条件下,包括降雨和潮湿环境。当水分通过路面的微小裂缝或孔隙渗透到沥青内部时,会引起沥青的溶胀现象。水分分子进入沥青的空隙结构中,使得沥青体积膨胀,结构变得松散。同时,水分还能软化沥青基质,降低其硬度和强度,使得

沥青更易受到外部荷载和环境因素的破坏。

促进化学反应加速老化：水分不仅引起沥青的物理性能变化，还能作为反应介质促进沥青内部的化学反应，从而加速沥青的老化过程。具体来说，水分可以与沥青中的某些化学成分发生反应，导致沥青组分发生变化^[2]。例如，水分可以加速沥青中轻质油分的挥发和氧化反应，使得沥青中的胶质和沥青质含量增加。这些变化都会使沥青的物理性能进一步劣化，如针入度减小、延度降低、软化点升高等。

加剧沥青剥落与路面破坏：当水分渗透到沥青与集料的界面时，会破坏沥青与集料之间的粘附力。由于水分子对集料表面的吸附力比对沥青表面的吸附力更强，因此在水的作用下，沥青膜容易从集料表面剥落。这不仅削弱了沥青混合料的整体强度，还为水分的进一步渗透提供了通道。随着剥落现象的加剧和水分的不断侵入，路面会逐渐出现松散、坑洞等破坏现象。

1.4 疲劳破坏

疲劳破坏是沥青路面在长期使用过程中，由于重复荷载作用而逐渐产生的一种老化现象。当路面承受的荷载超过其结构设计标准，或者实际交通量超出设计预期时，沥青混合料内部会产生微小的损伤和裂缝。这些损伤和裂缝在重复荷载的不断作用下逐渐扩展和连通，最终导致路面结构的整体破坏。

疲劳破坏的机理：疲劳破坏的机理主要涉及到沥青混合料的力学性能和荷载作用的特点。沥青混合料是一种粘弹性材料，其力学性能随时间和温度的变化而变化。在重复荷载作用下，沥青混合料会经历反复的压缩和拉伸变形，导致内部产生应力集中和损伤累积。当荷载超过沥青混合料的疲劳强度时，混合料中的微裂缝会开始扩展。这些裂缝可能最初只是微小的裂纹，但随着荷载的重复作用，它们会逐渐扩展并连通成更大的裂缝。这些裂缝的存在降低了路面的整体强度和稳定性，使得路面更容易受到其他老化因素的侵蚀。

影响因素：疲劳破坏的速度和程度受多种因素影响，包括荷载的大小和频率、沥青混合料的性质、路面结构的设计以及环境条件等。其中，荷载的大小和频率是直接影响疲劳破坏的重要因素。较大的荷载和较高的频率会加速疲劳裂缝的产生和扩展。沥青混合料的性质也是影响疲劳破坏的重要因素。例如，沥青的粘度、延度、软化点等性能指标都会影响混合料的疲劳性能。同时，集料的性质、级配和含量也会对混合料的疲劳强度产生影响。

2 沥青路面养护对策：针对老化的应对策略

2.1 定期检测与评估

为有效应对沥青路面的老化问题，首先需建立一套科学、全面的路面检测体系。该体系应涵盖路面状况的各个方面，包括裂缝、车辙、剥落、坑洼、平整度以及排水性能等。在检测过程中，应充分利用现代检测技术，如高精度激光平整度仪、红外热像仪、探地雷达等，对路面进行细致入微的检查。这些技术能够准确捕捉路面老化的各种迹象，如微小的裂缝、剥落区域以及潜在的结构问题。检测数据应详细记录并进行分析，以评估路面的整体状况。通过对比历史数据和当前数据，可以准确判断路面的老化程度和发展趋势。此外，还应利用专业的路面管理系统，对检测数据进行整合和分析，为养护决策提供科学依据。在评估路面状况时，应重点关注那些对路面使用性能影响较大的老化迹象。例如，裂缝的宽度和长度、车辙的深度和范围、剥落的面积和程度等。这些指标能够直接反映路面的损坏情况和剩余使用寿命，从而帮助决策者制定合适的养护计划^[3]。通过定期检测与评估，可以及时发现路面老化的各种问题，并采取相应的养护措施进行修复。这不仅能够延长路面的使用寿命，还能提高路面的安全性和舒适性，为道路使用者提供更好的行车体验。同时，科学的检测与评估体系还能够为路面的长期养护规划提供有力支持，确保路面养护工作的科学性和有效性。

2.2 及时修补与维护

针对沥青路面检测中发现的老化问题，必须采取及时有效的修补与维护措施，以防止问题进一步恶化。对于路面裂缝，这是老化常见的迹象之一，必须立即进行处理。裂缝不仅影响路面的美观性，更重要的是，它们为水分和杂质提供了侵入的通道，加速了路面的老化过程。因此，一旦发现裂缝，应立即采取灌缝或贴缝等修补措施。灌缝通常使用专用的灌缝材料，这些材料具有良好的粘结性和密封性，能够有效地填充裂缝并防止水分侵入。贴缝则是使用专用的贴缝带或贴缝胶，将裂缝粘贴封闭，同样达到防水和修补的目的。除了裂缝外，局部磨损严重区域也是老化问题的重要表现。这些区域由于长时间承受交通荷载和外界环境的侵蚀，往往会出现明显的磨损和凹陷。为了恢复路面的平整度和防水性能，可以采用薄层罩面或微表处技术进行修复。薄层罩面是在原有路面上铺设一层薄薄的沥青混合料，通过压实和养护，使其与原有路面紧密结合，形成一个平整、光滑的新路面层。微表处技术则是使用专用的微表处材料，通过喷涂或撒布的方式，在路面形成一层薄而均匀的保护层，提高路面的耐磨性和防水性。在进行修补与维护时，必须严格控制施工质量，确保修补材料的质量

符合标准要求,施工工艺科学合理。同时,还应加强对修补区域的监测和评估,及时发现并处理可能出现的问题,确保修补效果持久可靠。通过及时修补与维护,可以有效地延缓路面的老化过程,提高路面的使用寿命和安全性。

2.3 预防性养护技术的应用

预防性养护技术是沥青路面养护中的重要组成部分,其目的在于在路面性能尚未显著下降之前,通过提前干预,形成保护层,以延缓老化过程并提高路面的耐久性。稀浆封层是一种典型的预防性养护技术。该技术通过将乳化沥青、集料、水和添加剂等按比例混合,形成稀浆状的混合物,然后均匀地摊铺在路面上。稀浆封层能够填补路面的微小裂缝和不平整处,形成一层连续、致密的保护层,从而提高路面的防水性、抗滑性和平整度。此外,稀浆封层还能增强路面的耐磨性,延长路面的使用寿命。雾封层是另一种有效的预防性养护技术。该技术使用专用的雾封层设备,将乳化沥青或改性乳化沥青等雾状材料均匀地喷洒在路面上。雾封层能够渗透进路面的微小裂缝和孔隙中,形成一层密封的保护层,防止水分和空气侵入路面内部,从而减缓路面的老化过程^[4]。同时,雾封层还能提高路面的抗滑性和降低噪音,提升道路使用者的舒适性和安全性。在实施预防性养护技术时,应根据路面的实际情况和养护需求,选择合适的技术和材料。同时,还应严格控制施工质量,确保养护效果达到预期目标。通过积极采用预防性养护技术,可以在路面性能尚未显著下降之前提前干预,形成保护层,延缓老化过程,提高路面的耐久性和使用寿命,为道路使用者提供更好的行车体验。此外,预防性养护还能减少未来的养护成本和维修工作量,具有显著的经济效益和社会效益。

2.4 养护管理与优化

为加强沥青路面的养护管理,必须实现养护工作的规范化和科学化。首先,应制定一套科学合理的养护计划,该计划应基于路面的实际状况、交通流量、气候条件以及养护资源等因素进行综合考虑。通过定期分析和评估路面的使用性能,及时调整养护计划,确保养护工

作的及时性和有效性。在养护计划的实施过程中,应加强对养护人员的培训和管理。通过定期组织专业技能培训和安全教育,提升养护人员的专业素养和安全意识。同时,建立完善的养护工作考核机制,对养护人员的工作质量和效率进行定期评估,确保养护工作的规范化和高效化。为了优化养护资源配置,应充分考虑养护工作的实际需求和养护资源的可用性。通过合理配置养护机械、材料和人员,确保养护工作的顺利进行。同时,加强对养护设备的管理和维护,确保设备的正常运转和延长使用寿命。在提高养护效率方面,可以采用先进的养护技术和设备,如机械化养护、智能化检测等,提高养护工作的自动化程度和精度。此外,还可以引入竞争机制,鼓励养护单位提高养护效率和质量,降低养护成本。加强养护管理的规范化、制定科学合理的养护计划、提升养护人员的专业技能、优化养护资源配置以及提高养护效率是提升沥青路面养护管理水平的关键措施。通过这些措施的实施,可以确保路面的良好使用状态,延长路面的使用寿命,为道路使用者提供安全、舒适、高效的行车环境。

结语

沥青路面老化是一个复杂的过程,受多种因素共同影响。为了延长沥青路面使用寿命、提高路面服务质量,必须从设计、施工、养护等多个环节入手,采取综合性的防治措施。通过优化路面设计、严格施工质量控制、加强巡查与修补、实施预防性养护措施以及加强养护管理等措施,可以有效延缓沥青路面老化过程,保障道路的安全畅通和长期使用性能。

参考文献

- [1]蒋宇.湿热地区沥青路面老化机理及其生物再生技术研究[D].南京林业大学,2023.
- [2]李国智.不同沥青路面结构层沥青老化程度研究[J].黑龙江交通科技,2022,45(01):20-22.
- [3]李洪林.公路养护中沥青路面预防性养护工艺探究[J].交通科技与管理,2024,5(16):67-69.
- [4]李惠敏.公路沥青路面常见病害及养护施工技术分析[J].工程技术研究,2024,9(13):133-135.