

沥青路面车辙病害成因及养护时机选择研究

朱长秋

天津滨海新区基础设施养管有限公司 天津 300453

【摘要】：沥青路面车辙病害是影响路面结构性能的主要因素之一，产生原因复杂，涉及交通荷载、气候变化、材料老化等多方面因素。针对这一问题，本文通过分析不同成因，提出了科学的养护时机选择方法。研究表明，在不同的温度、湿度及荷载条件下，沥青路面的病害发展进程各异，合理的养护时机不仅能够有效预防病害的扩展，还能降低养护成本。通过模型分析与实验数据的支持，确定了最佳养护时机的标准，为路面养护提供了理论依据。

【关键词】：沥青路面；车辙病害；成因分析；养护时机；道路养护

DOI:10.12417/2811-0536.26.04.045

引言

沥青路面的使用寿命与路面质量密切相关，而车辙病害作为常见的沥青路面病害之一，已成为影响道路功能的重要因素。车辙病害的形成与路面的设计、施工、交通荷载以及环境变化等因素息息相关，导致道路使用过程中产生变形，影响行车安全和舒适性。如何科学地识别病害成因，并在合适的时机进行养护，成为提升路面性能和延长使用寿命的关键。研究表明，养护时机的选择对路面维护的效果和成本具有重要影响。基于不同因素的分析，可以找到合理的养护时机，从而避免不必要的养护开支和资源浪费。本文旨在通过对车辙病害成因的深入分析，提出一种科学合理的养护时机选择方案，为沥青路面的有效管理提供有力支持。

1 沥青路面车辙病害的形成机理

沥青路面车辙病害的形成是一个多因素共同作用的过程，其根本原因通常与交通荷载、温度变化、材料特性和施工质量等因素密切相关。沥青路面在长期使用过程中，受到来自车辆的重复荷载和温度变化的影响，容易导致路面发生塑性变形。特别是在高温季节，沥青材料的流动性增加，受到外部荷载作用时，沥青层会发生不可逆的塑性流动，导致表面出现车辙。随着时间的推移，荷载的反复作用使车辙加深，路面表面变得不平整，影响交通安全性和行驶舒适性。路面材料的选择与施工质量对车辙病害的形成也具有重要影响。高质量的沥青材料能够提高路面的抗变形能力，减少车辙的发生。低质量的沥青或施工过程中材料配比不当，都会导致沥青混合料的粘结性差，进而影响其抗压性能，容易产生车辙病害^[1]。特别是在密实度较差的路面，外部荷载无法均匀分布，导致局部过度变形，车辙现象更加严重。

气候条件的变化同样是导致车辙病害的重要因素。在高温季节，沥青的温度升高，导致沥青路面软化，易受荷载作用产生塑性变形。在寒冷地区，温度波动也会加速沥青材料的老化，使得沥青变得更加脆弱，降低了其抗变形能力，从而增加车辙的形成。加上降水量、湿度等因素对路面材料的侵蚀，也会间接加剧车辙病害的发生。车辙病害的形成是一个综合性过程，只有从多个维度分析路面材料、荷载以及气候变化等因素，才能深入理解其根本成因，进而采取有效的预防措施。

2 影响车辙病害的关键因素分析

车辙病害的形成受到多个因素的影响，其中交通荷载是最直接和显著的影响因素。交通荷载的大小与频率直接决定了路面在使用过程中受力的强度和次数，荷载过大或过于频繁会导致沥青路面变形加剧。在高交通量和重型车辆频繁通过的路段，沥青路面的承载能力经常处于较高的压力下，容易引发车辙病害。荷载引起的压应力反复作用在沥青层上，导致路面逐渐发生塑性流变，使路面表面形成车辙。尤其是在高温环境下，沥青材料的粘结性降低，容易发生流动，荷载作用导致的变形无法恢复，从而加剧了车辙的发生。路面温度是影响车辙病害的另一个重要因素。温度变化对沥青路面的粘弹性性能产生显著影响。在温暖的季节，特别是在高温天气下，沥青材料变软，沥青层的弹性模量降低，使得路面在承受荷载时更容易发生永久性变形。与此同时，低温时，沥青材料的抗裂性能较弱，容易出现脆性破坏，影响路面的稳定性。温度的波动，使得沥青路面常常处于软化与硬化交替的状态，增加了车辙病害的风险。

路面结构的设计和施工质量同样对车辙病害的产生有着深远的影响。沥青路面材料的配比、混合料的密实度、施工工艺的精确度，都直接决定了路面的耐

久性和抗变形能力^[2]。施工过程中的质量控制不严,或使用低质量的原材料,会导致路面强度不足,导致车辙病害的发生。在密实度较差的路面,空隙率较高,沥青混合料的力学性能下降,无法有效分散车辆荷载,从而加剧了车辙的形成。环境因素也是不可忽视的影响因素。气候变化,尤其是降水和湿度变化,能影响沥青路面材料的老化速度。过多的水分渗入路面结构,不仅降低了路面材料的抗压性,还会在低温环境下加剧材料的劣化,导致车辙现象的提前出现。长时间的湿润环境会导致沥青路面出现水损害,进一步恶化路面状况,增加车辙的形成几率。

3 沥青路面养护时机的选择标准

沥青路面的养护时机选择是确保路面性能持久性和经济性的重要环节,合理的养护时机能够有效避免过度的维修成本和不必要的资源浪费。确定最佳养护时机需要综合考虑多个因素,尤其是病害的严重程度、路面的使用状况以及环境条件的影响。对于车辙病害而言,早期发现并采取适当的养护措施是控制其发展的关键。路面出现轻微车辙时,通过及时的养护可以防止病害的进一步扩展,避免病害进一步恶化。养护工作的重点是减少变形深度,防止车辙进一步加剧,避免对路面结构造成更大的损害。

当车辙病害逐渐加重,表面变形明显时,养护时机的选择需要根据车辙的深度和影响范围进行精确判断。表面处理或局部修复可以有效恢复路面的平整度,提升路面的抗压性,并延缓进一步的病害扩展。针对车辙现象,常见的养护方式包括加铺沥青层、重新压实等措施,这些手段能够有效缓解车辙病害的影响,并恢复路面的正常功能^[3]。养护时机的选择不仅仅局限于车辙的外观形态,更应结合交通流量、路面使用年限、荷载条件以及环境气候等因素进行综合评估。

对于温度敏感区域,温度变化的时机也对养护操作具有重要影响。沥青路面在高温季节容易发生软化,而在低温季节,沥青路面则可能出现脆性破坏。选择适宜的季节进行养护,避免在极端温度下进行过度修复,可以提高养护效果,确保路面能够获得较长的使用寿命。环境湿度和降水等因素也是影响养护时机选择的重要因素。湿润天气条件下,路面中的水分渗透可能会降低沥青的黏结力,使得路面更易受损。在干燥天气条件下进行养护,更有利于养护材料的发挥作用,提高路面的耐久性。沥青路面养护时机的选择不仅需要依据路面病害的实际情况,还要充分考虑外部环境的影响。合理的养护时机能够有效延长路面的使用寿命,减少不必要的养护费用,并保持良好的交通

条件和行车安全。通过精确的时机选择,可以在最大限度上优化资源利用,降低整体养护成本。

4 车辙病害的预防与干预措施

车辙病害的预防与干预措施主要通过优化路面设计、改进施工工艺、选择高性能材料以及加强日常养护来实现。针对车辙病害的形成机制,预防措施应从路面结构层次、材料选择及交通管理等多方面入手,旨在提高路面的抗变形能力,降低车辙的发生概率。路面设计是预防车辙病害的基础,合理的设计方案能够有效提升路面对交通荷载的承载能力。在设计阶段,应综合考虑道路的交通流量、荷载强度和气候环境等因素,对路面结构进行优化。采用多层结构设计,在基层和面层之间合理配置不同类型的沥青混合料,通过提高基层的强度和抗压能力,增强路面的整体稳定性。对于高交通量的道路,可采用加厚路面或提高沥青面层的厚度,以有效分散车辆荷载,减少荷载集中带来的车辙问题。

在施工过程中,严格控制材料的质量和施工工艺,确保沥青混合料的密实度和均匀性,是防止车辙病害的关键。施工过程中应避免沥青混合料的过度摊铺与压实不均等问题,这些问题可能导致路面结构不均匀,易出现早期变形。使用高品质的沥青材料,可以提高其抗压性和抗流动性,减少沥青层的软化,增加对荷载的适应性^[4]。除此之外,施工期间应确保施工温度与湿度的适宜范围,避免极端温度影响沥青的施工性能和最终的路面质量。采用合适的材料选择,也是预防车辙病害的重要手段。高性能沥青材料能够在不同气候条件下保持较好的弹性和耐久性,减少由于高温软化和低温脆化引起的车辙病害。在高温地区,可选择改性沥青或添加聚合物等增强材料,提高路面的抗变形能力。对于易受到频繁交通荷载的路段,使用性能更加稳定的沥青,可以有效防止车辙的发生。

在日常养护中,及时发现并处理早期车辙病害是防止病害进一步扩展的有效手段。定期检测路面的使用状态,尤其是对交通量大的道路进行重点监测,能在早期发现车辙迹象并采取修复措施。在车辙尚未加深时,可通过局部修补、加铺薄层沥青等方法有效缓解车辙现象。养护过程中,要特别注意气候变化对路面的影响,避免在不适宜的季节进行大规模的养护,特别是在高温和极寒天气条件下,可能会影响养护效果。控制交通流量也是预防车辙病害的一项重要措施。在繁忙的城市道路上,控制重型车辆的通行或优化交通管理,减少车辆对路面的直接压力,可以有效延长路面的使用寿命。对重型车流量较大的路段,可以采

取限载措施，避免超载车辆对路面造成过度磨损和压实，减轻车辙的发生风险。通过综合运用以上措施，能够从根本上减少车辙病害的发生，并在路面出现初期症状时及时进行干预，延缓路面病害的恶化过程，确保道路的正常使用寿命和行车安全。

5 养护时机选择的优化模型与实践应用

养护时机选择的优化模型基于对路面病害的动态监测与预测模型的构建，旨在通过数据分析和模型优化，确定最佳的养护时机，从而有效延长路面的使用寿命，降低养护成本，并确保交通安全。优化模型的核心是根据不同类型的病害发展规律、交通负荷、气候条件以及路面材料特性等多种因素，通过精确的计算和预测，为决策者提供最合理的养护方案。在构建养护时机选择的优化模型时，需要对不同的路段、不同的交通环境和不同的气候条件进行区分，建立多层次、多维度的分析框架。通过对路面病害的发展趋势进行动态监测，结合实时的交通流量、气候数据以及历史养护记录，模型能够对病害的发生和发展进行提前预警。这种基于大数据和机器学习的优化模型可以更为精确地判断何时进行养护最为合适，既能避免过早养护带来的资源浪费，也能防止病害扩展到不可控的程度，确保养护工作的效率和经济性。

优化模型的应用不仅限于车辙病害的分析，还可以延伸到其他常见的沥青路面病害，如裂缝、沉陷等。模型通过识别不同病害的初期信号，预测其发展趋势和扩展速度，进而为养护时机的选择提供科学依据。模型中，病害的严重程度、荷载类型、环境变化等因素被量化为模型的输入参数，通过智能化算法，分析出最佳的养护时机。通过不断优化和迭代，模型的预测精度逐渐提高，使养护决策更加科学和高效^[5]。在

实践中，优化模型能够与现有的路面监测系统和养护管理系统相结合，实现自动化的实时监控和动态调整。通过安装路面传感器、摄像头和数据采集设备，可以实时获取路面的状态信息，及时反馈病害的变化情况。数据通过云平台进行集中处理，结合优化模型的算法分析，得出养护建议，并根据实际路况调整养护策略。这样，养护工作不仅可以按需进行，而且可以避免传统方法中的盲目性，提高养护的针对性和有效性。

优化模型的应用实践已经在一些高等级公路和城市主干道中得到了初步验证。通过对交通流量、气候变化和路面状况的长期监测，结合历史养护数据，模型能够准确预测养护时机，减少了不必要的养护开支，也提高了路面的使用效率。在这些实际应用中，养护时机的选择已经不再依赖于经验或预估，而是通过科学的数据支持和分析，确保路面在最佳时机进行干预，从而减少了车辙病害等问题的发生频率，提升了道路的整体性能。通过不断优化和完善这些模型，未来的路面养护工作将更加高效、智能，能够实现从传统的时间驱动养护向需求驱动养护的转变。这种转变不仅提高了道路养护管理的科学性，也为交通行业的可持续发展提供了重要保障。

6 结语

车辙病害的形成与发展是沥青路面管理中的重要课题，影响着道路的使用性能和交通安全。通过深入分析车辙病害的成因，结合科学的养护时机选择与优化模型的实践应用，能够有效提升道路养护的效率与经济性。未来，随着数据技术和智能化手段的不断发展，沥青路面的养护管理将更加精细化与智能化，从而保障道路的长期稳定性与安全性。

参考文献：

- [1] 张达民. 沥青路面车辙病害检测及预警模型研究[J]. 实验室检测, 2025, 3(23): 22-24.
- [2] 潘红. 道路与桥梁工程中沥青路面车辙病害成因分析与预防性养护技术应用研究[C]//河南省豫商经济文化交流协会. 2025 中国建筑经济研讨会科技与管理分论坛论文集. 四川尚高建设有限公司, 2025: 63-65.
- [3] 王奕文. 城市主干道沥青路面车辙病害深度超过 25mm 的处治方案优选[J]. 中华建设, 2025, (12): 162-164.
- [4] 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.
- [5] 杨成达. 无车辙沥青路面处治技术在路面车辙病害中的应用研究[J]. 科技资讯, 2025, 23(10): 152-154.