

农村公路沥青路面预防性养护措施研究进展

卢成涛

(上海青发市政管理有限公司, 上海市 201700)

摘要: 农村公路作为连接城乡的重要基础设施,其沥青路面在长期使用过程中容易出现裂缝、车辙、松散等病害,使道路使用性能和行车安全受到影响。概述近年来关于农村公路沥青路面预防性养护措施的研究进展,通过对比预防性养护与传统养护的差异,深入阐述诸如裂缝填封、雾封层、碎石封层、微表处及薄层罩面等一系列常见的预防性养护技术手段,分析不同技术的适用条件和优缺点,并探讨了预防性养护在延长路面使用寿命、降低养护成本方面的优势。未来随着检测技术、决策方法和养护材料的不断进步,需要进一步加强技术创新和经验积累,以实现农村公路养护管理的科学化、精细化和智能化,为农村交通的可持续发展提供保障。

关键词: 道路工程;沥青路面;养护管理;农村公路;预防性养护

中图分类号: U418.6

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2025)06-0269-05

Research Progress on Preventive Maintenance Measures for Asphalt Pavement on Rural Roads

LU Chengtao

(Shanghai Qingfa Municipal Management Co., Ltd., Shanghai 201700, China)

Abstract: As an important infrastructure connecting urban and rural areas, the asphalt pavement of rural roads is prone to cracks, ruts, looseness and other diseases during long-term use, which affects the using performance and driving safety of the road. Aiming at the research progress on preventive maintenance measures for asphalt pavement on rural roads in recent years, by comparing the differences between the preventive maintenance and the traditional maintenance, a series of common preventive maintenance techniques such as crack sealing, fog sealing, gravel sealing, micro surfacing, and thin layer overlay are elaborated. The applicable conditions and advantages and disadvantages of different techniques are analyzed, and the advantages of preventive maintenance in extending the service life of pavement and reducing the maintenance costs are discussed. In the future, with the continuous advancement of detection technology, decision-making methods, and maintenance materials, it is necessary to further strengthen the technological innovation and experience accumulation to achieve the scientific, refined and intelligent management of rural road maintenance, and provide the continuous guarantee for the sustainable development of rural transportation.

Keywords: road engineering; asphalt pavement; maintenance management; rural roads; preventive maintenance

0 引言

作为公路网络的重要组成部分,农村公路主要服务于农村地区,用于满足当地居民的日常出行需求、农产品运输以及乡村旅游等。随着我国农村经济的蓬勃发展和交通需求的持续攀升,农村公路已成为连接城乡的关键性基础设施,是农村经济和社会发展的重要支撑,其建设与养护工作日益受到重视^[1]。由于地理位置偏远,交通流量小,加之资金和

需求的限制,农村公路的建设标准通常低于城市快速路和高速公路^[2]。在长期使用过程中,由于交通流量增加、重载车辆频繁通行以及自然环境的影响,容易出现裂缝、车辙、松散等各种病害,这些病害不仅影响路面的使用性能,还可能对行车安全构成威胁^[3]。因此,研究和应用有效的管养措施,对于延长农村公路沥青路面的使用寿命、降低养护成本、保障交通安全具有重要意义。

预防性养护着重在于路面病害尚未显著发生或仅处于初期阶段时,采取科学且合理的维护手段,以减缓路面性能的下降速度,延长其使用寿命^[4]。与传统的修复性养护相比,预防性养护不仅能够有效

收稿日期: 2024-12-16

作者简介: 卢成涛(1996—),男,学士,助理工程师,从事道路工程建设及养护工作。

降低养护成本,还能减少因路面病害导致的交通中断和安全隐患。近年来,预防性养护逐渐成为公路管养领域的研究热点,国内外学者和实践者围绕预防性养护技术的开发与应用、养护时机的选择、养护管理体系的构建与优化等多个方面展开了大量研究,取得了一系列重要成果^[5]。

近年来预防性养护技术在农村公路中的应用取得了一定的进展,但在实际应用中仍面临一些挑战,例如根据不同路段的具体情况如何选择最合适的养护技术,如何在有限的养护资金下实现最佳的成本效益以及如何建立完善的养护管理体系等,都是亟待解决的问题^[6]。本文的目的是总结当前关于农村公路预防性养护措施的研究状况,探讨存在的问题,并针对这些问题提出改进建议,旨在为农村公路养护事业的持续健康发展提供有益的参考和启示。

1 预防性养护措施概述

1.1 预防性养护定义

预防性养护是一种路面养护理念,作为农村公路养护管理的重要组成部分,旨在通过前瞻性的维护手段,有效延缓公路性能退化,减少重大维修需求,它强调在公路设施状态良好或病害初期就进行养护,以达到预防病害发生、延长使用寿命、提高服务质量和降低养护成本的目的,从而在保证公路安全畅通的同时,最大化利用养护资金^[7]。从广义角度来看,预防性养护是指在不对路面结构承载力进行额外增强的基础上,针对结构状态良好的路面及其附属设施,有规划地实施一系列具有成本效益的措施。从具体操作层面来说,预防性养护是公路养护部门在路基、路面、桥涵、隧道及其他公路设施尚处于良好状态或刚出现病害、损毁的早期阶段,就及时采取养护措施,它要求养护工作者在路面出现损坏之前就积极采取措施,以此来延长路面的寿命,减少养护维修费用。这种养护方式相对于传统的“头痛医头,脚痛医脚”的养护模式来说,更加全面、科学、及时和经常性^[8]。

在农村公路沥青路面预防性养护的研究中,国内外学者和工程技术人员进行了大量的探索和实践。研究表明,常见的预防性养护技术包括裂缝填封类预防性养护、稀浆封层、雾封层、碎石封层、沥青微表处、薄层罩面等^[9]。这些技术各有其适用条件和优缺点,例如,稀浆封层技术适用于车流量较大且路面出现轻微松散的路段^[10],而雾封层技术则更适

合于路面出现轻微裂缝和老化现象的路段^[11]。

1.2 预防性养护与传统养护的区别

公路预防性养护与传统养护在多个维度上展现出显著区别,预防性养护秉持“预防为主,防治结合”的理念,强调在公路病害发生初期或尚未显现时即采取主动措施,通过周期性、强制性的保养,延缓病害的发生与恶化,旨在延长公路使用寿命、保持其完好率和服务水平,同时降低养护成本^[12]。相比之下,传统养护(修复养护、专项养护等)通常在公路已出现明显病害或功能部分丧失后才采取措施,养护时机相对滞后,可能导致病害对公路造成较大损害,增加养护成本并缩短使用寿命。

在养护成本上,预防性养护利用先进技术提前检测潜在病害,短期内虽需投入资金用于检测设备和材料,但长期来看,能延缓病害发展,减少大规模病害的高额修复成本,总体成本较低;而传统养护则可能在病害已造成显著影响后才进行,效果有限且成本高昂,如铣刨重铺,人力、物力、材料需求多,成本高,且修复过程对交通影响大,间接增加社会成本^[13]。此外,预防性养护具有更高的费用效益,通过减少中修或大修次数,长期来看能显著降低养护成本,而传统养护则可能因频繁的中、大修而增加经济负担。因此,预防性养护在提升公路质量、延长使用寿命和降低养护成本方面展现出明显优势。

预防性养护模式的优势显著,它不仅能显著增强公路的耐用性,延长其使用寿命,而且在削减公路全生命周期的养护成本方面扮演着至关重要的角色。依据美国战略公路研究计划(SHRP)的研究成果显示,若在整个路面使用期间实施3~4次的预防性养护措施,公路的使用寿命可得以延长10~15 a之久,同时养护成本亦可节省高达45%~50%^[14]。

2 农村公路预防性养护措施进展

2.1 检测与评估技术

农村公路预防性养护所采用的检测技术,主要涵盖了路面损坏状况检测、路面平整度评估、路面车辙深度测量、路面抗滑性能测试以及路面结构强度分析等几个方面。这些检测通常依赖于高精度的断面类检测设备和自动化快速检测设备,针对规定的损坏类型进行实地调查,记录病害的类型、大小及位置,并以100 m为单位保存检测数据。这些设备能显著提升路况指标检测的效率和精确度,为农村公路预防性养护计划的制定提供精确、可信且具有可比

性的实时路况数据。近年来随着路面自动检测系统的发展,国内路面检测技术从早期传统的人工检测到 20 世纪末的半自动化检测,发展到目前的无损自动检测,基本能够做到及时检测和周期性检测,并且不影响交通的正常运行^[15]。

在农村公路技术评估环节,我们主要遵循《公路技术状况评定标准》^[16]与《农村公路技术状况评定标准》^[17]两大准则来进行评判。公路的技术状况通过公路技术状况指数 MQI (maintenance quality indicator) 及其相关的分项指标来体现,这些指标的值域统一设定为 0~100。具体而言,公路的技术状况被细分为优、良、中、次、差 5 个级别。评估工作全面覆盖了路面、路基、桥隧构造物以及沿线设施四大方面,其中路面部分进一步细分为沥青路面、水泥混凝土路面和砂石路面 3 种类型。针对水泥混凝土路面,我们采用路面状况指数 (PCI) 来进行评估;而对于沥青路面,而对于沥青路面,则可以通过沥青的老化指标和渗水系数来确定最佳的养护时机^[18]。

近年来随着智能化养护技术的不断发展,通过物联网、大数据、人工智能等现代信息技术构件养护平台对农村公路进行实时监测、智能分析和科学决策,逐渐成为提升农村交通基础设施养护管理水平的关键手段,实现了农村公路预防性养护的精准化、高效化和智能化^[19]。例如,通过建立“一路一档”农村公路智能化养护系统,可以实时记录和查询每条公路的线路名称、公路里程、建设类型等基础信息,利用视频监控设备和智能识别技术,可以实时监测公路的交通运行状况,及时发现并处理路面病害和安全隐患,提高了养护工作的效率和质量^[20]。农村公路智能化养护系统还能够根据历史数据和当前的路况信息,通过对海量数据的挖掘和分析,预测未来的路况变化趋势,从而制定出更加科学合理的预防性养护维修计划和方案,为养护决策提供科学依据^[21]。此外,随着检测技术的进步,路面内部状况的快速检测和评估方法也为预防性养护提供了更为科学的依据。表 1 所列为农村公路检测评估主要技术的对比。

表 1 农村公路检测评估技术对比

类型	主要内容	应用范围	技术优点
自动化检测技术	利用轻量化自动检测装备进行数据采集和处理	技术等级三级及以上的农村公路路面	高效、准确、可追溯性强,减少人工误差
人工智能识别技术	基于大数据和人工智能的图像识别和分析	农村公路技术状况检测数据分析	提高数据识别效率,缩短检测周期
人工检测技术	传统的徒步或车辆辅助的人工调查方式	农村公路砂石路段和检测条件受限的乡村道四级及以下公路路面	灵活适应复杂环境,作为自动化检测的补充

2.2 养护材料与技术

预防性养护措施通常包括路面裂缝修补、薄层罩面、微表处、封层处理、排水系统改善及边坡加固等。裂缝填封和灌缝技术通过加热或溶剂型常温改性沥青处理裂缝,大裂缝可用灌密封胶,贴缝技术用特制材料覆盖裂缝,防止水分侵入造成更严重的损害进而防病害扩展^[22]。表 2 列举了不同预养护技术特点。雾封层预防性养护技术是向路面喷洒改性乳化沥青形成防水屏障,这种技术操作简便、成本低。技术人员在雾封层的技术基础上,通过加入碎石、填料和纤维,改良成碎石封层、含砂雾封层和纤维封层。碎石封层包括同步和异步碎石封层,同步碎石封层是碎石封层的一种特殊形式,它采用专用设备将碎石和黏结材料同步铺设在路面上,然后通过自然行车或压路机的碾压,形成单层沥青磨耗层。碎石封层根据集料粒径还可继续细分砂粒式、细粒式和中粒式。纤维封层技术则是一种新型的道路建设施工和养护方法,它使用专用设备同时洒布沥青黏结料

和玻璃纤维(或其他纤维),然后在其上撒布碎石,并通过碾压形成新的具有应力吸收分散能力的磨耗层^[23]。

稀浆封层是另外一种基础性预防性养护手段,通过在既有路面上覆盖一层混有乳化沥青、精细骨料、水及添加剂的稀薄浆液修复路面,能够有效提升路面的平整度与防水能力,并能适度加强路面的防滑效果^[24]。与稀浆封层相比,微表处材料含更多添加剂和矿物填料且施工厚度更厚,可以提供更好的耐磨性和结构强度^[25]。薄层罩面和超薄罩面通过在现有路面铺设薄沥青混合料恢复路面性能,薄层罩面厚度 1.5~3.0 cm,超薄罩面一般小于 1.5 cm,二者可以在短时间内完成大面积的路面施工并开放交通,因此薄层罩面和超薄罩面具有较高的成本效益,适用于需要快速恢复交通的场合^[26]。

2.3 养护决策存在的问题

沥青路面预防性养护是保障道路长期稳定运行、延长使用寿命的关键手段,然而在实际操作中,

表2 不同预养护技术特点

预养护方法	适用范围	主要材料	优点	缺点
雾封层	轻微磨损、老化路面	乳化沥青或改性乳化沥青	施工快、成本低、抗滑性好	寿命短、对裂缝修复有限
碎石封层	裂缝较多、抗滑性下降的路面	粗碎石、乳化沥青	增加抗滑性、防止裂缝扩展、延长路面寿命	使用中可能会有石子飞溅、噪声较大
纤维封层	裂缝修补、抗裂性提升	纤维、乳化沥青、集料	提高抗裂性能、路面强度和耐久性	成本、工艺要求较高
微表处	车辙、裂缝、磨损的路面	细集料、填料、乳化沥青、水	修复车辙、裂缝,提高抗滑性和耐磨性	施工要求高、初期成本高
稀浆封层	轻微裂缝、磨损的路面	集料、填料、乳化沥青、水	施工简便、成本低、封闭裂缝	对车辙修复效果有限、耐久性较低
薄层罩面	中度磨损、轻微车辙的路面	沥青混凝土、改性沥青	提高路面平整度、延长路面寿命	施工复杂、成本高、对交通影响大
超薄罩面	磨损、轻微车辙、抗滑性下降的路面	特制沥青混合料	施工快捷、对交通影响小、提高抗滑性	材料成本高、对基层要求较高

经常面临着许多挑战。表3给出农村公路养护决策面临的主要问题。由于农村公路个体差异化较大,各条道路的使用环境、道路等级、结构层均存在不同,因此养护技术的选择必须与路面状况相匹配,不当的技术应用或材料选择可能会降低养护效果,甚至对路面造成损害^[27]。此外养护时机的选择同样至关重要,养护周期的不合理设置也可能导致养护效果不佳或资源浪费,因此制定合理的养护计划是实现高效养护的关键^[28]。除了养护实施前期的

挑战,施工过程中成本控制与施工质量也是预防性养护中不可忽视的一环,不精确的操作和不良的施工环境都可能影响最终的养护质量^[29]。人料机成本也可能因材料价格上涨、施工效率不同或现场条件变化而波动,因此如何在施工过程中保证质量控制的同时不超养护预算也是一大难题^[30]。养护施工后的维护工作同样重要,缺乏后续的监测和维护可能导致路面状况迅速恶化而未及时修补。

表3 农村公路养护决策主要问题

	决策内容	主要问题	解决办法
养护手段	日常养护、小修保养、中修工程、大修工程	养护方法选择不当,导致养护效果不佳。养护频率不足,公路损坏加剧	根据公路实际状况和交通量,选择合适的养护方法。制定科学的养护计划,确保养护频率适中
养护时间	季节性养护、周期性养护、紧急养护	养护时间安排不合理,影响交通和公路安全。紧急养护响应速度慢,导致公路损坏扩大	根据季节变化和公路状况,灵活调整养护时间。建立紧急养护响应机制,提高响应速度和处理效率
施工成本	材料成本、人工成本、设备成本、管理成本	施工材料价格上涨,导致成本增加。施工效率低下,人工成本上升	建立材料采购渠道,控制材料价格。加强施工人员培训和管理,提高施工效率

现场实施预防性养护时同样需要考虑环境保护和交通影响,养护过程中使用的材料可能对环境造成污染,施工期间的噪声和交通拥堵也可能对周边环境和居民生活造成影响而引起投诉,因此必须采取有效的环境保护措施,并尽量减少对交通的干扰^[31]。通过综合考虑这些因素,根据各养护技术的优缺点综合选择养护方法,并持续进行技术创新和经验积累,可以确保沥青路面预防性养护工作的成功实施,从而实现长期的经济和社会效益^[32]。

3 结 语

预防性养护在公路维护管理中不仅是提升公路整体质量、保障行车安全的有效手段,更是延长公路使用寿命、优化养护成本效益比的关键策略。在公路病害尚处于萌芽状态或未对路面结构造成实质性

损害之前,及时发现并采取预防性养护措施,不仅能够有效遏制病害的进一步发展,减少因病害导致的公路损坏和维修频率,还能够显著提升公路的通行能力和服务水平,为公众提供更加安全、舒适、便捷的出行环境。农村公路沥青路面预养护措施的研究进展在近年来取得了显著的成果,但仍需要不断探索和创新。未来,随着技术的不断进步和管理的不断完善,更多先进的检测技术、决策方法和养护材料将被应用于农村公路预养护中,提高养护的效率和质量,使农村公路沥青路面预养护迎来更加广阔的发展前景。

参考文献:
[1] 宁爱萍.农村公路建设管理的现状及对策分析[J].运输经理世界, 2023(32):52-54.
[2] 慈维超.浅析农村公路建设发展中的问题及对策[J].城市道桥与

防洪,2017(3):160-16.

[3] 杨红梅.农村公路沥青路面病害与养护施工技术[J].交通世界,2023(14):119-121;124.

[4] 韩风山.预防性公路养护技术在现代高速公路养护中的应用[J].建设科技,2022(12):106-108.

[5] 顾佳磊.国内沥青路面预防养护技术研究综述及问题探讨[J].上海建设科技,2023(3):13-17.

[6] 吴月琴.小粒径薄层沥青AK-5路面的应用研究[J].上海建设科技,2019(4):63-65.

[7] 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.

[8] 马子媛.西北地区高速公路沥青路面预防性养护决策及后评价研究[D].兰州:兰州交通大学,2022.

[9] 钟以琛,钟训,徐德福.路面裂缝填封技术在农村公路预防性养护中的应用探讨[C]//中国公路学会养护与管理分会,中国公路学会养护与管理分会第六届学术年会论文集(上卷).西安:长安大学公路学院,滕州市农村公路管理处,2016.

[10] 李琦.公路路面养护稀浆封层施工技术研究[J].交通建设与管理,2023(5):126-128.

[11] 张智力.含砂雾封层技术在公路预养护中的应用技术[J].城市道桥与防洪,2024(5):170-173.

[12] 曹明明,岳建洪,陈金蓉,等.沥青路面预防性养护决策指标体系分析[J].公路与汽运,2021(1):140-143;147.

[13] 王凯.公路混凝土桥梁预防性养护应用[J].上海建设科技,2024(1):88-91;95.

[14] 骆志元.基于性能预测的路面养护智能决策研究[D].重庆:西南大学,2023.

[15] 侯越,陈逸涵,顾兴宇,等.基于卷积自编码的沥青路面目标与裂缝智能识别[J].中国公路学报,2020,33(10):288-303.

[16] JTG 5210—2018,公路技术状况评定标准[S].

[17] JTG 5211—2024,农村公路技术状况评定标准[S].

[18] 王双喜.沥青混凝土路面病害分析及应对措施[J].黑龙江交通科技,2011,34(11):29-36.

[19] 张立宪,杨艳霞,李永波,等.公路基础设施数字化应用分析[J].中国交通信息化,2024(增刊1):58-61.

[20] 朔州高速公路管理有限公司.“一路一档”管养高效[J].中国公路,2024(11):117.

[21] 徐鹏,祝轩,姚丁,等.沥青路面养护智能检测与决策综述[J].中南大学学报(自然科学版),2021,52(7):2099-2117.

[22] 张鹏.国内外高速公路沥青路面典型病害及养护技术对比研究[D].西安:长安大学,2015.

[23] 朱少华.同步碎石封层技术在公路养护中的应用[J].四川建材,2023,49(7):164-166.

[24] 谭涛.沥青路面抗滑性能检测技术研究综述[J/OL].湖南交通科技,2024:1-5(2024-05-09)[2024-12-29]<https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=tMRSZR5yclu4rBTut30-NhoDOTfx6wJiox5jkGElneI ALGlli4j2GvQXYKgHRb3XM9Kjm0mSsA3pNZPtq2kbY8PhCMzPDbk CVwMOl7pMRv2Y6tJ1FkTY7BofcF5v-3pMk4plulHezvbD30VYxPMYFkEMaOOY-bBUY4Su1LAMYstN-XLBRsAAfw==&uniplatform=NZKPT&language=CHS>.

[25] 姚晓光,张争奇,罗要飞,等.间断级配纤维微表处性能及指标研究[J].中南大学学报(自然科学版),2016,47(9):3264-3272.

[26] 罗运辉,安昶.沥青路面预防性养护应用效果对比研究[J].公路,2022,67(6):352-359.

[27] 慈维超.浅析农村公路建设发展中的问题及对策[J].城市道桥与防洪,2017(3):160-162.

[28] 于永刚.公路养护科学决策技术在制定养护计划中的应用[J].公路交通科技(应用技术版),2017,13(9):133-135.

[29] 刘香海.论公路工程施工及养护质量管理措施[J].石河子科技,2022(6):44-45.

[30] 黄英.浅议农村生活污水处理设施养护维修预算定额编制思路[J].中国市政工程,2021(1):29-31;85.

[31] 吴慧敏.开放交通条件下施工对道路养护维修工程的质量影响分析及对策[J].上海公路,2018(2):19-22.

[32] 张春安,田智鹏.基于高等级公路沥青路面的预防性养护决策研究[J].公路工程,2019,44(6):77-80;85.

(上接第241页)

参考文献:

[1] 同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司.太史大街西延桥梁建设工程可行性研究报告[Z].上海:同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司,2015.

[2] 马越峰,史方华,戴显荣,等.之江大桥主桥总体设计[J].公路,2011(8):75-78.

[3] JTG/T D65-01—2007,公路斜拉桥设计细则[S].

[4] CJJ 166—2011,城市桥梁抗震设计规范[S].

[5] 刘雪锋,田仲初,颜东煌,等.竖直升转体施工拱桥的提升索力分析[J].长沙交通学院学报,2006(2):16-19.