

山区公路病害长效防控与分段养护统筹管控机制研究

李燕飞

内蒙古交通集团蒙通养护有限责任公司呼和浩特分公司

DOI:10.32629/btr.v8i12.5182

[摘要] 山区公路受复杂地形与多变气候双重制约,病害发育具有渐进性、跨区段蔓延的突出特征,传统被动式养护模式难以匹配病害持续演化的内在规律。本文围绕山区公路病害长效防控与分段养护统筹管控两大主线,系统剖析了病害形成机理与时空演化规律,揭示了现行分段养护在划分依据、作业协同、资源调配等方面存在的结构性失衡问题。在此基础上,构建了涵盖源头防控、分段管控标准、联动养护模式与全域资源配置的统筹管控体系,为突破山区公路养护碎片化困境提供系统性解决路径。

[关键词] 山区公路; 病害防控; 分段养护; 统筹管控; 长效机制

中图分类号: U418.6 文献标识码: A

Research on Long-Term Prevention and Control of Mountain Highway Diseases and Coordinated Management Mechanisms for Section-Based Maintenance

Yanfei Li

Hohhot Branch of Inner Mongolia Transportation Group Mengtong Maintenance Co., Ltd.

[Abstract] Mountain highways are subject to the dual constraints of complex terrain and variable climatic conditions, and pavement diseases are characterized by progressive development and cross-sectional propagation. Traditional passive maintenance models are difficult to adapt to the underlying patterns of continuous disease evolution. Focusing on two main aspects, namely long-term prevention and control of mountain highway diseases and coordinated management of section-based maintenance, this paper systematically analyzes the formation mechanisms and spatiotemporal evolution patterns of pavement diseases, and reveals structural imbalances in existing section-based maintenance in terms of division criteria, operational coordination, and resource allocation. On this basis, a coordinated management system is established covering source prevention and control, section-based management standards, coordinated maintenance models, and overall resource allocation, providing a systematic solution to overcoming the fragmentation of mountain highway maintenance.

[Key words] mountain highways; disease prevention and control; section-based maintenance; coordinated management; long-term mechanism

引言

山区公路长期服役于高差悬殊、地质条件脆弱的复杂环境中,路面开裂、路基滑移、边坡失稳等病害呈现多发叠加态势。既有养护工作多依托里程分段开展,各区段独立作业、资源平均投放,难以回应病害跨域蔓延与差异化发育的现实需求。养护管控的碎片化格局导致病害反复滋生、资源利用效率偏低,路段间损耗差异持续拉大。梳理病害演化驱动逻辑与养护失衡内在机理,构建长效防控与分段统筹相融合的管控框架,已成为提升山区公路运维质量的关键议题。

1 山区公路基础特征与病害形成机理

1.1 山区公路地形地貌与线路布设特征

山区公路依托复杂山地地形完成线路布设,整体走线起伏

幅度较大,纵向坡度与横向弯度普遍偏高。线路布设多顺应山体走势开展,路基填筑与开挖作业频次较高,沿线岩土结构稳定性偏弱^[1]。道路沿线地势落差分布不均,局部路段紧邻边坡与沟壑,地表径流疏导条件较差。线形布局的不规则特点让路面受力分布处于不平衡状态,路基结构长期承受差异化荷载作用。复杂的地形条件让公路结构整体稳定性低于平原道路,为各类病害的滋生与发展提供基础环境条件。

1.2 山区公路典型病害类型与表现形式

山区公路长期处于复杂山地环境,路面、路基及附属结构会产生多种类型的损伤问题。路面结构容易出现开裂、沉降、破损以及滑移等常见损伤,直接影响路面通行的完整状态。路基区域易发生边坡松散、土体流失、路基塌陷等问题,破坏道路基础

承载结构。沿线防护结构会出现老化、松动、剥落等损耗问题, 弱化道路整体防护性能。各类病害会随道路服役时长持续发展, 呈现层次化、多样化的损伤状态, 不同结构部位产生的病害具备差异化的发展特点。

1.3 外部环境对公路病害的诱发成因

山地区域气候条件复杂多变, 降水集中、湿度偏高、风力扰动频繁, 持续对公路结构产生侵蚀作用。雨水持续渗入路基土体后会改变岩土含水率, 弱化土体粘结强度, 造成路基结构稳定性下降。昼夜温差的频繁变化会让路面结构反复产生热胀冷缩形变, 逐步累积结构疲劳损伤。山地区域频繁的气流扰动与地表风化作用, 会持续侵蚀路面及边坡表层结构, 加速结构老化破损。各类外部环境因素持续作用于公路结构, 持续诱发并加剧各类道路损伤问题。

1.4 公路服役属性对病害演化的驱动规律

山区公路通行工况具备明显的动态波动特点, 通行荷载的频繁变化会持续冲击道路结构。重载车辆的反复碾压会让路面与路基结构持续承受交变荷载, 逐步累积结构性损伤。长期不间断的通行作业会让初始微小损伤持续拓展延伸, 逐步演变为规模化结构病害。道路长期暴露在自然环境中持续服役, 结构耐久性能会随服役时长逐步衰减, 病害演化速度会持续加快。服役过程的持续损耗会推动各类病害不断发育扩张, 形成持续性的道路结构损伤演化过程。

2 山区公路病害防控与分段养护现存问题

2.1 病害防控体系缺乏长效运营思维

现阶段山区公路病害防控工作大多聚焦表层损伤处置, 侧重对已成型病害的修复作业, 忽视结构损伤的前期预判与源头管控。运维工作普遍存在短期处置思维, 作业安排多针对当下可见损伤, 缺少针对病害动态演化的长期管控规划^[2]。对山地环境持续侵蚀、结构疲劳累积等隐性影响因素关注度不足, 无法提前干预微小损伤的发育扩散。短期修复模式仅能处理表面破损问题, 无法改善道路结构底层隐患, 各类病害会反复滋生, 持续增加后续养护工作压力。防控工作整体规划偏向被动处置, 难以适配山区公路持续性、渐进性的病害发展特点。

2.2 公路分段养护划分依据不够规范

山区公路养护区段划分工作大多依托里程跨度完成简单分割, 未结合地形条件、线路特征、病害发育差异开展精细化划分。粗放的区段分割方式会将病害高发路段与结构稳定路段划为同一养护单元, 造成养护作业针对性不足。部分区段划分未考量边坡状态、水文条件、线路线形等关键影响因素, 区段养护需求与实际道路损耗情况匹配度较低。不规范的划分标准让各养护单元的作业边界模糊, 无法精准匹配差异化的路段运维需求, 弱化分段养护模式的应用价值。

2.3 各路段养护作业协同联动不足

各养护作业单元大多独立开展运维工作, 作业范围与工作内容相对封闭, 跨区段工作联动性较弱。病害具备的扩散蔓延特性会跨越人工划分的养护区段, 单一区段的独立处置模式无法

彻底阻断病害延伸趋势。养护团队之间缺少常态化的工作对接渠道, 区段之间的病害处置进度、作业标准、整改重点无法有效互通。相邻路段的养护作业时序与工艺标准难以统一, 容易出现区段衔接位置的养护盲区, 让交界区域成为病害反复滋生的重点区域。

2.4 养护资源调配与路段运维适配不足

养护资源调配模式多采用平均分配的方式, 未结合不同路段的病害发育程度、结构损耗状态、运维难度动态调整资源投放。病害高发的复杂山地路段容易出现资源供给不足的情况, 常规稳定路段会存在资源闲置的问题。人力、设备、物料的调配节奏无法适配路段实时运维需求, 养护作业开展受到资源条件制约。固定化的资源配置模式难以应对山区公路病害动态发展的特性, 资源利用效率偏低, 无法为精细化分段养护工作提供稳定支撑。

3 山区公路养护管控失衡的内在影响逻辑

3.1 阶段性养护模式助推病害持续发展

阶段性养护模式依托固定周期开展集中整治, 忽视山区公路病害渐进式的发育特点, 作业开展存在明显的滞后属性。周期间隔阶段产生的微小结构损伤无法得到及时处理, 细微破损会在环境侵蚀与行车荷载作用下不断累积扩张^[3]。集中整治作业只针对发育成熟的显性病害开展修复, 不会干预处于萌芽状态的隐性损伤, 结构底层的安全隐患始终留存。间断性的养护节奏和病害连续演化的节奏无法匹配, 损伤累积的过程不受人为管控, 持续拉长病害治理周期。被动处置的运维方式不断放大道路结构损耗, 让各类病害具备反复发育、持续蔓延的基础条件。

3.2 分段独立运维破坏路网养护统一性

人工划分的养护区段会割裂山区公路整体路网结构, 连续的道路运维工作被拆解为多个独立的作业模块。不同养护单元会依据自身作业标准与运维节奏开展工作, 全线养护工艺、整治强度、管控标准无法保持统一。路网结构具备整体连通特性, 局部路段的养护短板会传导至相邻区域, 造成整体路网防护水平参差不齐。独立运维模式不会统筹考量跨区段病害蔓延规律, 局部整改工作无法兼顾全域路网的结构稳定。碎片化的运维方式削弱整体防控效果, 让路网养护呈现局部过剩、局部缺失的失衡状态。

3.3 养护作业时序失衡加剧路段损耗差异

不同养护区段的作业启动时间、施工时长、整治频次存在明显区别, 全线养护时序排布处于无序状态。部分复杂路段病害发育速度更快, 养护作业跟进不及时会持续拉大结构损耗差距。养护时序的错乱会让部分路段长期处于带损运行状态, 结构疲劳程度不断加深, 通行承载能力持续下降。时序匹配度较低的运维安排无法适配差异化路段的病害发育速率, 稳定路段重复开展常规养护, 病害活跃路段长期处于养护滞后状态。时间维度的管控失衡逐步放大各路段的结构差异, 形成路网整体损耗不均衡的发展态势。

3.4 资源统筹缺失制约养护运维规范性

养护资源统筹机制的缺失让人力、设备、物资的投放完全依托区段自主安排,全域资源布局缺少整体规划指导。各养护单元的资源储备能力存在差距,作业开展质量完全取决于局部资源保有水平,养护规范难以全线落地。资源投放没有对接路段病害等级与运维难度,复杂山地路段长期面临资源缺口,基础运维工作无法保质推进。简单路段出现资源冗余堆积,造成养护资源浪费与运维能效低下的问题。资源配置的无序状态打乱标准化养护流程,降低全线运维工作的规整程度,阻碍精细化养护管控模式的落地推进。

4 山区公路长效防控与分段养护统筹管控体系构建

4.1 构建常态化公路病害源头防控体系

山区公路以往多在病害显现后开展修补作业,长效病害源头管控机制可转变这类滞后养护思路。山区道路损伤存在逐步发展特点,养护作业可提前介入隐患处置。全域道路检测工作需要长期落地,核查范围包含路面完整程度、路基土体稳定状态、边坡支护结构与沿线配套防护构造,同步识别外观破损与内部不易察觉的结构损伤^[4]。结合区域降雨冲刷、岩土风化、气温周期性变化等外部条件,配套布设针对性防护手段,缓解自然环境长期损耗道路主体结构。依照路段地形、线形差异划分管控等级,汇水集中、坡体陡峭、易发生变形的重点区段增加巡检频次,尽早处理轻微破损点位。全程记录道路长期使用产生的结构损耗情况,灵活调整日常养护投入力度,在病害成型初期阻断损伤持续恶化。

4.2 建立规范化山区公路分段管控标准

规范化山区公路分段管控标准依托多维度评判维度优化路段划分方式,改变传统仅依靠里程分割的粗放模式。综合考量线路线形、地形起伏、病害活跃度、结构耐久状态及水文环境差异,对全线养护单元进行科学细化拆分。依据各路段实际损耗特征划分不同养护等级,针对性设定适配的作业内容、排查频次与病害处置标准。统一全线病害识别、损伤定级、施工处置的执行规范,减少人工作业差异带来的运维质量偏差。针对地形复杂、运维难度较高的特殊路段增设专项管控细则,补齐常规养护标准适配不足的问题。标准化的分段管控框架可以精准匹配各路段差异化运维需求,为全域统筹养护工作提供统一执行依据。

4.3 打造路段联动的一体化养护模式

路段联动的一体化养护模式破除各养护单元独立作业的封闭壁垒,适配山区公路病害跨区段扩散蔓延的发育规律。搭建全线贯通的路况信息互通渠道,实现各区段隐患分布、病害发育状态、作业推进进度的实时共享,消除区段信息割裂问题。统一相

邻路段的施工工艺、整治标准与运维节奏,重点强化区段衔接位置的养护作业力度,消除长期存在的交界养护盲区。针对连片分布的路面开裂、路基滑移、边坡脱落等共性病害,推行跨区段协同处置作业模式,集中多区段养护力量开展联合治理。串联全线零散的养护工作流程,强化病害全域治理能力,规避局部治理不彻底造成的病害复发问题。

4.4 搭建全域统筹的养护资源配置体系

全域统筹的养护资源配置体系优化传统分段自主调配的零散资源管理模式,依托全线路网整体运维需求搭建统一调度框架。系统梳理各养护区段的病害活跃强度、施工难度及作业体量,分层划分资源需求等级,实现人力、设备、物资的精准投放。向地形复杂、病害集中、运维压力突出的路段倾斜资源供给,保障重点区域养护作业保质落地。缩减路况稳定、损耗轻微路段的冗余资源配置,缓解资源闲置与浪费的现象。建立动态流转的资源调度机制,根据阶段性路况波动与养护任务调整资源布局,提升各类养护资源的利用效能。科学规整的资源配置模式有效解决传统运维资源分配失衡、供需错位的问题,持续夯实全线精细化养护的运行基础。

5 结束语

山区公路病害的渐进式发育与跨区段蔓延特性,决定了养护管控不能停留在被动修补与粗放分割的层面。从源头防控前置化、分段标准规范化、养护作业联动化到资源配置统筹化,四个维度构成了一套相互支撑的管控逻辑。各环节衔接紧密,任一维度的缺失都会削弱整体防控效能。唯有将病害演化规律贯穿于养护决策全过程,才能真正扭转路段间损耗失衡的局面,使山区公路养护从碎片化处置走向系统化管控。

[参考文献]

- [1]杨旭峰.山区公路工程施工—监理—养护协同的病害预防实践研究[J].运输经理世界,2025(33):94-96.
- [2]符辉.高原潮湿山区路基病害防治技术体系研究与应用[J].交通世界,2025(12):96-98.
- [3]柳春延.农村公路混凝土路面典型病害机理与多维度防控技术研究[J].青海交通科技,2025,37(3):42-47.
- [4]汤法.公路沥青路面病害防治技术的应用研究[J].运输经理世界,2026(7):101-103.

作者简介:

李燕飞(1981--),男,汉族,本科,内蒙古人,助理工程师,研究方向:公路工程。