

预防性公路养护技术在公路养护中的应用

薛松

(灌南县四通公路养护工程有限公司, 江苏 连云港 222500)

摘要 预防性公路养护是一种以主动干预为核心的养护理念, 强调在病害处于萌芽阶段时提前干预, 通过轻量化、持续化的技术措施实施早期干预, 从而保持路面良好性能, 是提升道路寿命、保障交通安全并降低养护成本的重要手段。本文围绕预防性公路养护技术的实际应用, 分析其在延缓病害发展进程、提升道路运行安全、减少交通干扰等方面的优势, 并提出涵盖时机把握、技术选型和资源调配的应用策略, 旨在为构建高效经济的现代公路养护体系提供实践参考。

关键词 公路养护; 预防性公路养护技术; 雾封层技术; 裂缝

中图分类号: U4118

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.02.032

0 引言

公路作为交通体系的关键基础设施, 其运行状态直接关系到区域经济效率和公众出行体验。随着交通量不断增长、重载运输频繁及气候环境变化加剧, 公路路面老化速度明显加快, 若继续依赖传统的事后性维修, 不仅无法及时遏制病害扩散, 还会造成高额养护成本。预防性养护理念的提出为公路日常养护提供了新的思路, 已成为现代公路养护体系的重要组成部分。

1 预防性公路养护技术在公路养护中的应用优势

1.1 延长道路寿命

在公路长期运行过程中, 路面结构会不断受到荷载作用与环境变化的共同影响, 若缺乏及时的预防性干预, 轻微裂缝、表层老化和浅车辙等早期病害往往会在短时间内向下扩展, 最终演变为需要大规模维修的结构性损坏^[1]。预防性养护的核心优势是通过提前处理早期病害, 使道路衰退速度明显放缓, 各结构层保持稳定状态。由于病害被拦截在早期阶段, 道路的疲劳累积减少, 结构层的承载能力得以延续, 整体使用寿命得以延长。同时, 由于道路不会频繁出现需要深度维修的大病害, 后期的集中性大修次数随之减少, 全寿命周期的养护成本也更容易控制, 使公路在日常交通负荷下更具耐久性。

1.2 提升行车安全

道路安全性能的下降往往始于表层细微变化, 导致抗滑能力减弱、构造深度降低、排水性下降或表层

逐渐光滑, 如果不进行前置干预, 这些轻微变化会在雨雪天气或夜间行驶中转化为安全风险。预防性养护则可以在性能弱化尚未形成事故隐患之前提前恢复路面功能, 使驾驶环境保持稳定^[2]。同时, 也可使得道路表观状态更加均匀, 减少因表面不规则导致的车辆跳动, 使行驶感受更加平稳。在持续维护的机制下, 公路在各种天气、流量和车速环境下都能保持稳定的安全性能, 驾驶员也能获得更明确的路面反馈, 从而整体提升交通运行的安全水平。

1.3 减少交通干扰

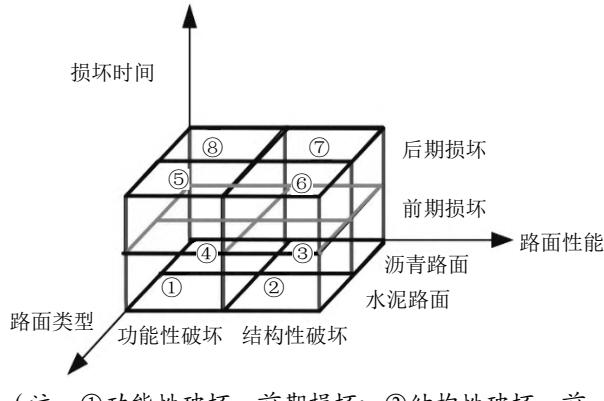
道路养护对交通的影响程度往往取决于病害的严重程度和处置方式。在传统模式下, 当病害已经发展到结构性损坏阶段后才进行修复, 通常需要较长的施工周期和较大范围的交通管制, 而预防性养护的优势是将处置时间前移, 使维护工作保持轻量化。由于处理的多是表层轻微老化、细裂缝或浅车辙, 所需的干预更短、规模更小, 不会频繁占用车道或长时间封闭交通^[3]。例如: 提前完成表层提升, 可避免后期因结构性损坏而实施长时间的大面积施工; 及时封闭细裂缝能够减少突发性坑槽形成, 使道路不需要因应急抢修而反复封道; 雾封层和微表处等技术施工周期短、交通恢复快, 使道路在维护过程中保持较高的通行率。更重要的是, 预防性养护可以让道路整体状况长期保持稳定, 从根本上减少突发病害带来的交通阻断, 使社会运行更加顺畅。

作者简介: 薛松(1990-), 男, 本科, 助理工程师, 研究方向: 公路养护施工。

2 预防性公路养护技术在公路养护中的应用策略

2.1 准确把握养护时机

养护单位在开展预防性公路养护时,必须准确把握介入时机,使病害始终停留在可控范围。预防性养护三维轴图如图 1 所示。



(注: ①功能性破坏, 前期损坏; ②结构性破坏, 前期损坏; ③功能性破坏, 后期损坏; ④结构性破坏, 后期损坏; ⑤功能性破坏, 后期损坏; ⑥结构性破坏, 后期损坏; ⑦功能性破坏, 后期损坏; ⑧结构性破坏, 后期损坏。)

图 1 预防性养护三维轴图

养护单位要建立分层巡查体系,将人工巡查、车载检测和无人机航拍组合使用,形成“日发现、周排查、月检测”的工作节奏。通过持续监测路面细裂缝、浅车辙和松散点,确保任何早期迹象都能被及时发现并处理。同时,养护单位应将所有巡查信息量化处理,建立动态数据库,将裂缝宽度、裂缝深度、车辙深度、构造深度下降幅度等指标以曲线形式呈现,使病害变化趋势清晰可读,以帮助管理人员识别加速衰退的关键节点^[4]。例如: 裂缝宽度进入 0.2~0.8 mm、深度低于 15 mm 的区间时,系统应自动提示进入封缝处置阶段; 车辙深度达到 2.4~4.1 mm 的早期区段时,则应自动归入薄层罩面或微表处的预处理区。养护单位可将这些触发标准固化为书面制度,建立《预防性养护干预表》,明确每种症状对应的处置期限。例如: 封缝类病害要求 30 天内完成、浅车辙类病害要求在下一次施工窗口完成、局部老化区域要求在季度计划内提前介入。

2.2 优化微表处施工

在公路日常运行过程中,路面往往会在不知不觉间进入轻度老化阶段,外观看似完好,但抗滑性、构造深度和表层黏结性能已开始下降。为了避免这些早

期变化逐渐演变为结构性损伤,养护单位需要提前采取具有恢复功能的预防性技术,其中微表处是提升表层性能最常用的方式之一。为确保该技术真正发挥作用,养护单位首先应在日常巡查中重点观察路面的磨耗区增多、表层色泽变浅、表观结构变平滑及车辆制动痕迹变长等迹象^[5]。随后将符合条件的路段纳入年度预养护计划,通过路况趋势分析明确干预时间,使微表处真正承担起提前修、提前保的作用。计划制定后,确定微表处的矿料级配要求(见表 1),然后结合交通量、季节温度和气候特征选择合适的养护时间,避免在雨季、高温或车流高峰期安排作业,使薄层维护的效果更稳定。微表处完成后,养护单位应继续跟踪维护的状态,通过增加巡查频次及时发现薄层磨损、局部脱落或碎料堆积等情况,并在问题刚出现时采取迅速处理措施,确保薄层保持连续、完整且均匀。

表 1 微表处用矿料级配要求

筛孔(方孔筛)/mm	通过筛孔的质量/%
9.5	100
4.75	90~100
2.36	65~90
1.18	45~70
0.6	30~50
0.3	18~30

2.3 加强雾封层技术的应用

在公路表层进入早期老化阶段时,雾封层是最具针对性的预防性技术之一,因此养护单位在日常养护过程中应当将其作为表层性能衰退的首选干预手段,并建立一套系统化的应用机制。首先,养护单位应当通过巡查与路况检测及时识别表层进入初期老化的路段。例如:发现表层光泽减弱、构造深度下降、摩擦性能逐渐变弱或出现细微裂纹时,应当将该类路段纳入雾封层的重点处理范围,使预养护介入建立在对路面功能变化的及时捕捉之上。其次,养护单位应当将雾封层的应用纳入年度预养护计划,通过对交通量、气候条件和路段类型的综合分析,确定合理的施作周期,使封层处理在气温、湿度和交通组织最有利的区间内进行,从而确保封层材料能够充分渗透并形成稳定保护膜。在日常养护中,养护单位应当持续关注封层完成后的运行状况,通过定期巡查掌握薄层的均匀性、粘结性和磨耗情况,尤其是对坡道、弯道及重载车辆通行频繁的路段,应适当提高巡查频次,以便在

薄层出现轻度磨损或局部失效时及时采取补强措施，避免损坏点进一步扩大。

2.4 做好裂缝封闭处理

在公路进入早期退化阶段时，裂缝往往是最先出现的表层病害，也是最容易被忽视的隐患。为避免轻微裂缝进一步扩大、形成渗水通道并引发深层结构性损伤，养护单位在日常养护过程中应把裂缝封闭作为关键性的预防性措施系统推进。对此，应当建立裂缝巡查制度，通过定期巡查、图像识别或裂缝测量设备及时掌握裂缝的分布范围、宽度变化和深度趋势，将裂缝纳入单独的管理序列，使其处于持续监控状态。对于宽度处于早期阶段的小裂缝或呈片状分布的发丝裂缝，应当立即将其纳入预封闭范围，避免因忽视而让水分沿裂缝渗入基层，引发脱空、唧浆或冻融破坏。同时，养护单位应当按照裂缝类型与发展特征制定分级封闭制度，对轻度线状裂缝采取快速封闭，对长距离裂缝实施连续封闭，对网状裂缝安排区域性表层预处理，从而确保不同形式的裂缝都能获得对应的处理方式。为防止封闭效果因环境或交通影响而变差，养护单位还应当合理安排封闭时段，在气温适宜且路面干燥的条件下实施，确保封闭材料充分发挥密封作用，形成稳定阻水层。在后续日常养护中，养护单位应强化裂缝封闭后的跟踪维护，通过巡查记录封闭区域的稳定性、渗水迹象和表层磨损状况，发现封闭带出现轻微翘边、脱粘或磨耗时立即采取修补措施，避免封闭点失效后再次成为新的渗水入口。

2.5 提升表层性能

在道路长期运行过程中，表层性能衰减往往早于结构损坏，尤其是抗滑能力、构造深度和密水性会随着磨耗与老化逐渐下降。为此，养护单位应定期检测掌握表层的抗滑指标、构造深度变化和表观磨耗情况，将表层性能纳入独立的监测体系，使性能弱化能够被及时识别。一旦出现构造深度不足、摩擦能力减弱或表面纹理趋于平滑等早期迹象，就说明路面已经进入功能性衰退阶段，应当立即将相关路段列入表层提升的计划范围。同时，养护单位应当根据路段特性制定差异化的性能恢复方案^[6]。对于抗滑性能下降但结构仍完好的路段，应当优先安排采用具有恢复表观结构能力的预防性技术，比如利用薄层型提升工序恢复路面表面纹理；对于密水性弱化的区域，应当安排封闭性更强的预处理措施，减少雨水与污染物的侵入；对于磨耗集中的区域，应当将其纳入轻量级表面增强计划，以免局部磨损继续扩大。

2.6 建立智能养护管理体系

在公路进入常年运行阶段后，病害往往呈现分布分散、变化隐蔽、发展突然的特点，传统依靠人工经验判断的方式已难以满足预防性养护对时效性、精准性的要求。因此，养护单位在预防性养护过程中应建立数字化巡查机制，通过高频巡查记录、路况采集设备和信息化系统将裂缝、磨耗、构造深度衰减及轻度变形等数据实时收集，使每条道路的早期退化信息形成可追踪的档案库。然后利用趋势分析模型对路况发展进行预测，通过比对巡查数据的变化速度判断哪些指标正在接近衰退阈值，从而在病害出现明显迹象之前提前纳入预养护安排。养护单位还应建立预警机制，根据不同病害的关键指标设置触发条件，一旦某项指标连续下降或波动异常，系统应当自动提示需要提前介入，避免因延误而导致病害突然扩大。对于交通量大、重载车辆密集或受气候影响显著的路段，应在系统中设置重点监测。

3 结语

预防性公路养护技术通过前移养护时机、控制病害发展速度、改善表层功能及强化管理机制，为公路的长期稳定运行提供了更具成本效益的路径。该模式的实施不仅能减少深层病害发生，使道路在较长周期内保持良好的服务水平，还能帮助养护单位以更加精准的方式组织预防性处置，实现由被动反应向主动维护的转变。未来，随着养护机制的进一步完善，预防性养护将成为公路管理的核心方向，为延长公路寿命提供更加坚实的技术支撑。

参考文献：

- [1] 李富旭.预防性养护技术在公路养护工程中的应用[J].汽车画刊,2025(09):128-130.
- [2] 赵建峰.公路工程预防性养护技术应用研究[J].运输经理世界,2025(23):125-127.
- [3] 徐旭波.公路工程中的预防性养护技术研究[J].运输经理世界,2025(20):102-104.
- [4] 陈彦男.沥青路面预防性养护技术在公路养护中的应用[J].科技与创新,2025(11):136-139.
- [5] 韩家伟.公路养护中预防性养护技术的应用与效益分析[J].汽车周刊,2025(06):19-21.
- [6] 王凯.预防性公路养护技术在公路养护中的应用[J].科技创新与生产力,2025,46(04):140-143.