

# 高速公路沥青路面预防性养护技术应用与效益分析

张霖宇

山西交通控股集团有限公司忻州高速公路分公司 山西 忻州 034000

**摘要:** 高速公路沥青路面预防性养护是主动式养护模式,能延缓损坏、保障通行,延长寿命、提高安全性、降低成本。其技术分四类,各有适用条件和特点。应用中需评估路面状况、规范实施流程,解决材料、时机、工艺、气候等关键问题。预防性养护经济效益显著,社会效益突出,综合效益评价采用层次分析法和模糊综合评价法,能为养护决策提供支撑,推动养护模式转型。

**关键词:** 高速公路; 沥青路面预防性养护; 效益分析

引言: 高速公路沥青路面作为交通基础设施的关键部分,其性能状况直接关乎通行安全与效率。传统“事后修复”模式往往在路面出现严重结构性破损时才介入,养护成本高且效果有限。预防性养护作为一种主动式养护模式,通过提前检测与精准干预,有效延缓路面损坏、保障行车安全、降低全生命周期成本。深入分析其技术、效益,对推动高速公路养护模式转型意义重大。

## 1 高速公路沥青路面预防性养护技术概述

### 1.1 预防性养护的定义与重要性

预防性养护是针对高速公路沥青路面的主动式养护模式,核心在于通过固定周期对路面的承载能力、平整度、抗滑性等关键性能开展系统性检测,结合检测数据全面评估路面当前的使用状态,精准识别潜在的裂缝、渗水、表层老化等损坏风险,进而提前制定并实施针对性养护措施。它区别于“事后修复”模式,不在路面出现明显结构性破损后才进行处理,而是在路面性能尚未发生显著下降、整体结构仍保持完好的阶段介入,以此有效延缓路面损坏的发展速度,长期维持路面稳定的服务性能,保障通行需求。在延长路面使用寿命方面,预防性养护能及时阻断微小病害的扩散,避免病害从表层向深层结构渗透,防止路面出现结构性损坏,显著延长其有效使用周期;在提高行车安全性上,可持续维持路面平整的表面状态和合格的抗滑系数,减少因路面颠簸、打滑引发的交通事故,为车辆通行提供稳定安全的环境;在降低全生命周期成本层面,相比路面严重损坏后开展的大修、重建工程,预防性养护的单次资金投入更低,且能大幅减少后续大规模维修的频率和费用,从长期运营角度显著降低高速公路的整体养护成本。

### 1.2 预防性养护技术的分类与特点

常见的高速公路沥青路面预防性养护技术主要涵盖封层、薄层罩面、裂缝修补、抗滑处治四类。其中,封

层技术通过在路面表层铺设沥青结合料与矿料组成的覆盖层,实现密封路面孔隙、阻隔水分渗入的功能;薄层罩面技术是在原路面表层铺设厚度较薄的特种沥青混合料,快速改善路面平整度与抗老化能力;裂缝修补技术采用专用填充材料或密封材料,对路面已出现的横向、纵向或网状裂缝进行填充、密封处理;抗滑处治技术则通过表面拉毛、撒布防滑骨料等方式,提升路面表层的摩擦系数。从适用条件来看,封层技术适用于路面整体结构完好但存在轻微渗水、表层老化的情况,薄层罩面技术适用于路面平整度下降、表层磨损但无深层病害的场景,裂缝修补技术针对宽度较小、未扩展至基层的裂缝,抗滑处治技术适用于路面抗滑系数低于安全标准的情况<sup>[1]</sup>。施工便捷性上,裂缝修补技术设备需求少、施工流程简单,对交通影响时间短;封层和薄层罩面技术需小型专用设备,施工周期较短,对交通的干扰程度低于大修工程。成本效益方面,裂缝修补与封层技术单次单位面积成本较低,养护效果可维持3~5年;薄层罩面技术单次成本略高,但养护效果能维持5~8年,长期来看成本效益更优。

## 2 高速公路沥青路面预防性养护技术应用

### 2.1 路面状况评估与决策依据

评估方法上,路面使用性能指数是综合评估指标,涵盖路面破损状况、平整度、抗滑性能、结构强度等维度,通过对各维度数据标准化处理与加权计算,形成量化结果,直观反映路面整体服务水平,为判断是否需要养护提供核心参考;国际平整度指数聚焦路面平整程度,借助专业检测设备记录车辆行驶中的竖向位移变化并转化为量化指数,不仅关联行车舒适性,还与轮胎磨损、行车安全相关,能精准捕捉路面细微变形,辅助发现早期问题。部分评估会结合路面渗水系数,掌握路面水稳定性,为养护决策提供更全面的数据支撑。决策依据需

以评估指标数据为核心,结合路面设计使用年限、过往养护记录综合判断。当路面使用性能指数处于中等区间,国际平整度指数、抗滑系数等单项指标未跌破安全阈值,且仅存在轻微裂缝、表层老化等非结构性病害时,是预防性养护的最佳时机,此时干预能以较低成本延缓病害发展;若指标显著下滑或出现结构性损坏迹象,需调整养护策略<sup>[2]</sup>。养护类型选择需精准匹配病害,如抗滑不足选择抗滑处治技术,有裂缝用裂缝修补技术,确保措施贴合路面实际状况。

## 2.2 预防性养护技术的实施流程

前期准备需形成闭环体系。先开展全面路面检测,用自动化设备系统性采集路面破损、平整度、抗滑系数、渗水系数等指标数据,确保覆盖养护路段所有区域;再对原始数据清洗、分类与分析,剔除异常数据,通过专业软件建立路面性能评价模型,明确病害分布范围、严重程度及发展趋势;最后依据分析结果,结合养护预算、工期要求及当地气候、交通流量特点,制定详细养护方案,明确技术类型、工艺参数、材料标准、人员配置及安全措施,同时预留应急预案,为施工提供清晰指引。施工过程中需遵循标准化流程并强化质量控制。封层施工先用水枪或清扫设备清除路面杂物浮尘,保证路面干燥清洁;再按设计剂量均匀喷洒粘结层,控制喷洒速度与喷头高度,避免漏喷重喷;接着均匀撒布矿料,根据矿料粒径与路面状况调整撒布量;最后用压路机碾压,控制速度与遍数,确保矿料与粘结层紧密结合。薄层罩面施工前需预处理原路面裂缝、坑槽等细微病害;摊铺沥青混合料时控制温度与速度,保证均匀分布;碾压分初压、复压、终压阶段,各阶段选用不同压路机,严格控制温度,避免推移开裂。后期监测需建立长期跟踪机制,养护后定期检测路面性能指标,初期每3-6个月一次,后期可延长间隔;对比养护前后数据,分析性能提升效果,评估技术适用性与耐久性,若指标异常波动,及时分析原因并采取补充措施,同时将监测数据与评估结果纳入数据库,为后续同类路段养护决策提供参考。

## 2.3 技术应用中的关键问题与解决策略

技术应用面临多重关键问题。材料选择上,不同养护技术对材料性能要求不同,封层材料需良好黏结性与防水性,薄层罩面材料需兼顾高温稳定性与低温抗裂性,若材料性能与需求不匹配或质量波动,易导致养护层与原路面结合不牢、使用寿命缩短;施工时机把握难度大,受气候、交通流量影响,过早实施浪费资源、增加成本,过晚则无法阻止病害扩散,可能加剧路面损坏,错过最佳时机;在施工工艺方面,部分人员对新技术新工艺掌

握不足,操作中易出现碾压温度不当、材料喷洒不均等工艺参数控制问题,影响施工质量与养护效果;不同区域气候差异大,高温、低温、多雨等会影响材料性能与施工质量,增加技术应用难度。针对问题需要制定系统性解决策略<sup>[3]</sup>。材料选择上,加强研发与筛选,结合养护技术需求及当地气候交通特点,研发专用高性能材料,同时建立严格材料进场检验制度,检测每批次材料性能指标,合格后方可使用;在施工时机判断上,构建大数据智能决策模型,整合历年路面监测、气候、交通流量数据,通过算法分析病害规律,精准预测最佳时机,减少人为误差;在施工工艺优化方面,加强人员技术培训,定期组织培训与实操考核,提升工艺参数把控能力,同时引入自动化摊铺设备、智能碾压监测系统等,实时监控施工关键参数,纠正不规范操作;针对气候影响,制定方案时充分考虑当地气候,选择适配技术与材料,在施工中根据天气调整计划,避免恶劣天气开展关键工序,确保养护效果稳定。

## 3 高速公路沥青路面预防性养护效益分析

### 3.1 经济效益分析

直接经济效益的核心是养护成本的精准节约。传统养护模式因等待路面出现严重结构性破坏才介入,需投入高额资金用于路面基层甚至面层的整体修复,同时涉及大型施工设备的长时间调度,人工成本与管理成本随施工周期延长而增加。预防性养护则在路面性能处于中等水平、仅存在轻微病害时行动,无需大规模拆解路面结构,单次养护的沥青、砂石等材料用量可减少,小型设备即可满足施工需求,人工投入也相应降低。从全生命周期来看,预防性养护能有效减少路面因过早损坏而产生的重复维修费用,延长路面设计使用周期,降低长期养护资金的投入频次,实现养护成本的动态优化与高效控制<sup>[4]</sup>。间接经济效益主要通过提升道路运营效率实现。预防性养护可避免传统大修导致的长时间交通管制,减少施工对道路通行的阻断,保障道路通行能力稳定在较高水平,降低交通拥堵发生概率。平整、抗滑的路面状况能减少车辆行驶中的颠簸与打滑,降低轮胎磨损、发动机损耗等机械故障风险,减少车辆燃油消耗,从而降低车主的日常出行成本。交通事故发生率的下降,可减少因事故造成的交通延误、车辆维修费用及人员救援成本,为物流运输、日常通勤等社会经济活动的高效开展提供稳定交通保障,间接推动经济运行效率提升。

### 3.2 社会效益分析

行车安全性提升是预防性养护最直接的社会效益。通过定期开展预防性养护,可及时发现并修复路面早期

出现的细微裂缝、局部坑槽等病害,避免这些病害随时间发展扩大,影响路面整体平整度。平整的路面能减少车辆行驶中的颠簸,降低因路面不平整导致的车辆失控风险。针对路面抗滑性能下降的区域,采取抗滑处治技术可提高路面表层摩擦系数,尤其在雨雪等恶劣天气条件下,能有效缩短车辆制动距离,减少因路面湿滑引发的追尾、侧翻等交通事故,为驾乘人员的生命安全提供坚实保障,逐步提升公众对道路通行安全的认可度与信任度。环境影响减小体现了预防性养护的生态价值。相较于传统大修需对路面进行大规模开挖、拆解与重建,预防性养护仅针对路面表层或局部病害处理,无需破坏路面深层结构,大幅减少了沥青、砂石等建筑原材料的开采量与消耗量,降低了资源开发对自然生态环境的破坏。预防性养护施工规模小,所需机械设备数量少,施工周期短,设备运行过程中产生的废气排放量、施工噪声污染及扬尘污染均显著降低,减少了对周边生态环境与居民生活的影响。良好的路面状况能降低车辆行驶阻力,减少车辆尾气中一氧化碳、氮氧化物等污染物的排放,从交通源头减轻环境污染,契合生态保护与可持续发展的整体要求。

### 3.3 综合效益评价

综合效益评价方法需构建多维度、系统化的分析体系。层次分析法通过将预防性养护综合效益拆解为经济效益、社会效益、环境效益三大核心层级,将每个层级再进一步细化为具体评价指标,如经济效益可细化为单位面积养护成本、全生命周期成本节约率等;社会效益可细化为交通事故发生率降低幅度、道路通行满意度等;环境效益可细化为原材料消耗量减少比例、污染物排放降低量等。通过专家打分、数据统计等方式确定各指标权重,将定性分析与定量数据结合,实现对综合效益的精准量化评估。模糊综合评价法则针对部分社会效益、环境效益指标难以用精确数据衡量的特点,通过建立模糊评价矩阵,对各效益维度的表现进行等级划分与模糊判断,结合指标权重计算得出综合评价结果<sup>[5]</sup>。两种方法可相互补充,层次分析法保证指标体系的逻辑性与权

重的合理性,模糊综合评价法解决指标量化难题,共同提升评价结果的准确性与全面性。综合效益评价结果为养护决策提供科学支撑。通过层次分析法与模糊综合评价法的协同应用,可对预防性养护在全生命周期内的综合效益进行等级评定。从评价结果来看,预防性养护在成本控制方面,全生命周期成本显著低于传统养护;在安全保障方面,交通事故发生率降低幅度明显;在环境影响方面,资源消耗与污染物排放均处于较低水平,综合效益得分通常高于传统养护模式,且各效益维度表现均衡。这一评价结果能帮助养护管理部门清晰认识预防性养护的综合价值,为制定长期养护规划、合理分配养护资金、选择最优养护技术方案提供数据依据,推动高速公路养护工作从“被动应对损坏”向“主动预防病害”的模式转型,实现道路养护的可持续发展与综合效益最大化。

关键词:高速公路沥青路面预防性养护技术,凭借其主动式养护模式,在延长路面寿命、提升行车安全、降低成本等方面优势显著。通过精准评估路面状况,科学实施封层、薄层罩面等技术,有效解决病害问题。其带来的经济效益、社会效益与生态效益十分可观,综合效益评价结果也充分证明了其优越性。未来,应持续推广该技术,不断优化创新,推动高速公路养护向主动预防转型,实现道路养护的可持续发展与综合效益最大化。

#### 参考文献:

- [1]侯梦阳.高速公路沥青路面预防性养护[J].交通世界,2021,(36):84-85.
- [2]石定开.高速公路沥青路面典型病害及预防性养护技术[J].交通世界,2021,(32):83-84.
- [3]李生辉.高速公路沥青路面预防性养护对策研究[J].中国设备工程,2021,(18):261-262.
- [4]曹淋淋.沥青路面预防性养护技术在市政道路中应用的可行性及经济性分析[J].价值工程,2024(010):043.
- [5]李沁.沥青路面预防性养护策略与经济效益评估[J].城镇建设,2025(5):26.