

# 现代公路养护与公路设计规划中预防性公路养护施工技术运用

洪江 李婷婷

中交北疆工程咨询有限公司 内蒙古呼和浩特市 010000

DOI: 10.32629/ems.v8i2.18451

**[摘要]** 随着我国公路路网规模的不断扩大,公路养护与设计规划的科学性、前瞻性成为保障公路通行安全、延长使用寿命、降低全生命周期成本的核心议题。预防性养护在公路设计规划阶段的提前融入与养护阶段的精准运用,已成为现代公路工程领域的研究热点。本文基于预防性养护的核心理论,结合公路设计规划与养护流程,系统分析了预防性养护施工技术的应用价值与融入路径,重点探讨了微表处、裂缝密封、稀浆封层等典型技术的施工工艺、适用场景及质量控制要点。研究成果可为提升我国公路养护水平、优化公路设计规划方案提供理论参考与实践指导。

**[关键词]** 预防性公路养护;公路设计规划;施工技术

## 一、引言

公路作为交通运输体系的核心基础设施,其通行质量与使用寿命直接影响区域经济发展、公众出行安全及社会运行效率。近年来,我国公路建设取得了举世瞩目的成就,截至2024年底,全国公路总里程已突破550万公里,其中高速公路里程超17万公里,形成了覆盖广泛、衔接顺畅的公路网络。然而,随着交通流量的持续增长、重载车辆比例的提升以及自然环境的侵蚀,公路路面易出现裂缝、车辙、松散、剥落等早期病害,若未及时干预,将逐步发展为结构性损坏,导致养护成本激增、交通中断风险增加。传统公路养护模式以事后修复为主,即待路面出现明显损坏后再进行修补或重建,这种模式不仅养护成本高、施工周期长,还会对交通通行造成较大影响,已难以适应现代公路养护的需求。在此背景下,预防性公路养护技术应运而生,其核心是在公路路面尚未出现结构性损坏、仅存在早期轻微病害时,通过科学的检测评估,采取针对性的养护措施,延缓病害发展,延长路面使用寿命,实现低成本、高效率的养护目标,进而提升我国公路路网的整体通行质量与耐久性,具有显著的经济与社会效益。

## 二、预防性公路养护技术的理论基础

### (一) 核心内涵与技术特征

#### 1. 核心内涵

预防性公路养护是指在公路路面处于良好状态或仅出现轻微、非结构性病害时,基于科学的检测评估,采取一系列主动、有针对性的养护措施,以延缓病害发展、维持路面性能、延长使用寿命的养护模式。其核心思想是“预防为主、防治结合”,强调养护工作的前瞻性与主动性,通过早期干预

避免路面病害进一步恶化,从而降低养护成本、提升养护效率。

#### 2. 技术特征

预防性公路养护技术具有以下显著特征:(1)主动性,区别于传统“事后修复”模式,预防性养护主动对路面进行监测与干预,提前消除病害隐患;(2)针对性,基于路面检测数据,根据病害类型、严重程度及路面性能状况,选择适配的养护技术;(3)经济性,通过早期轻度养护措施,避免后续大规模修复或重建,显著降低公路全生命周期养护成本;(4)时效性,养护时机的选择对效果至关重要,需要在路面病害发展的关键节点及时采取措施,以达到最佳养护效果;(5)系统性,预防性养护并非孤立的养护措施,而是贯穿公路设计、建设、运营、养护全流程的系统工程,需要设计、施工、养护等多环节协同配合。

### (二) 应用原则

#### 1. 科学性原则

预防性养护技术的应用需以科学的检测评估为基础,通过专业设备对路面平整度、抗滑性能、结构强度、病害类型及严重程度等指标进行全面检测,结合公路使用年限、交通流量、荷载等级等因素,进行综合分析评价,为养护方案的制定提供数据支撑。

#### 2. 适配性原则

不同类型的公路(如高速公路、农村公路)、不同路面结构(如沥青路面、水泥混凝土路面)及不同病害类型,对预防性养护技术的需求存在差异。需根据公路的实际情况,选择技术适配、经济合理的养护措施,避免盲目套用技术方案。

### 3. 经济性原则

在满足养护效果的前提下,应优先选择成本低、工期短、见效快的预防性养护技术,通过成本-效益分析,实现养护资源的优化配置,降低公路全生命周期成本。

### 4. 时效性原则

路面病害的发展具有时效性,若错过最佳养护时机,轻微病害将迅速发展为结构性损坏,此时再采取预防性养护措施已难以达到预期效果。因此,需建立常态化的路面监测机制,及时发现病害并采取干预措施。

### 5. 协同性原则

预防性养护技术的应用需与公路设计规划、建设施工等环节协同配合。在设计阶段融入预防性养护理念,优化路面结构与材料选择;在建设阶段保证施工质量,为后续预防性养护奠定基础;在养护阶段加强与设计、建设单位的沟通,形成一体化的协同机制。

## 三、公路设计规划阶段预防性养护的融入策略

### (一) 路面结构设计优化

路面结构设计优化需兼顾全生命周期成本与抗病害能力:一方面摒弃“重建设、轻养护”理念,综合考虑建设成本、养护成本与使用寿命,针对高速公路增加沥青面层厚度或采用改性沥青混合料;另一方面通过设置应力吸收层、优化沥青混合料级配、采用半刚性、柔性基层等措施,针对性解决裂缝、车辙、基层损坏等常见病害,从设计源头提升路面耐久性。

### (二) 路面材料选择与优化

材料的性能直接影响公路路面的使用寿命与抗病害能力。在设计规划阶段,应优先选用高耐久性、抗老化、抗水损害的路面材料。例如,采用改性沥青(如SBS改性沥青、橡胶改性沥青)替代普通沥青,提升沥青混合料的高温稳定性、低温抗裂性与水稳定性;选用高强度、高耐磨的集料,提高沥青混合料的强度与耐磨性。结合绿色公路建设理念,在材料选择中推广环保节能材料,如再生沥青混合料、再生水泥混凝土骨料等,不仅能降低资源消耗与环境污染,还能提升路面的抗病害能力与可养护性。例如,在沥青路面养护中使用再生沥青混合料,可减少新集料与新沥青的使用量,降低养护成本,同时改善路面的性能。

### (三) 排水系统设计优化

水损害是导致公路路面病害的重要原因之一,雨水渗透到路面结构层后,会降低材料的强度与粘结力,导致路面出现松散、剥落、裂缝等病害。因此,在公路设计规划阶段,

需优化排水系统设计,确保路面排水畅通,减少水损害对路面的影响。采用合理的路面横坡,确保雨水能快速排出路面,在路面边缘设置拦水带或排水槽,将雨水引入路侧排水沟,避免雨水沿路面边缘渗透到基层。对于地下水位较高或降雨量较大的地区,在路面基层与底基层之间设置排水垫层或排水盲沟,及时排出渗透到路面内部的雨水,降低路面结构层的含水率,避免水损害。合理设置路侧排水沟、边沟、截水沟等排水设施,确保雨水能快速排出公路红线范围,避免雨水在路侧淤积,渗透到路面结构层或路基中。

### (四) 养护设施预留与规划

在公路设计规划阶段,需提前预留养护作业所需的设施与空间,为后续预防性养护施工提供便利。例如,在高速公路两侧设置养护作业通道与紧急停车带,便于养护设备与车辆的通行。在公路沿线合理设置养护材料堆放场地与作业平台,减少养护施工对交通的影响。在桥梁、隧道等特殊路段,预留养护检测设备的安装位置,便于后续开展常态化监测与养护。

## 四、典型预防性公路养护施工技术的应用分析

### (一) 微表处技术

微表处技术作为一种先进的道路养护手段,是基于聚合物改性乳化沥青的预防性养护技术。这种技术的核心在于,它通过将聚合物改性乳化沥青、优质的集料、合适的填料、水以及必要的外加剂按照精确的比例进行混合,从而形成一种稀浆混合料。适用于沥青路面轻微病害、抗滑不足、高速公路预防性养护及基层完好但表面磨损严重的场景。工艺包括施工准备、混合料拌制、摊铺作业、初期养护和质量检测五个步骤。质量控制需重点关注材料质量、配合比设计、摊铺质量和养护质量控制,确保符合规范要求。

### (二) 裂缝密封技术

裂缝密封技术是针对公路路面裂缝的预防性养护技术,通过将专用密封材料注入路面裂缝中,封闭裂缝通道,阻止雨水、空气等有害物质渗透到路面结构层,从而延缓裂缝扩展,保护路面结构,该技术操作简单、成本较低,是处理路面早期裂缝的常用技术。适用于沥青路面或水泥混凝土路面出现的横向裂缝、纵向裂缝、网状裂缝等、裂缝深度较浅且未贯穿路面结构层、农村公路、城市道路、高速公路等各类公路的裂缝处理场景。其施工工艺主要包括裂缝清理、裂缝干燥、贴缝带粘贴或密封材料灌注,可直接粘贴贴缝带。对于宽度较宽的裂缝,采用专用灌注设备将密封材料注入裂缝中,确保密封材料填满裂缝、表面修整、养护固化,方可开

放交通。质量控制要点包括裂缝清理质量、密封材料选择、灌注质量、养护时间控制。

### (三) 稀浆封层技术

稀浆封层技术是将乳化沥青、集料、填料、水及外加剂按一定比例混合,形成流态稀浆混合料,采用专用设备摊铺在路面表面,经破乳、固化后形成一层均匀的封层,起到封闭路面、防水、防滑、修复轻微病害的作用。根据混合料的矿料级配,稀浆封层可分为细粒式、中粒式、粗粒式三种类型,分别适用于不同的路面状况。稀浆封层技术适用于沥青路面出现轻微松散、剥落、麻面等病害且路面结构强度良好的场景,也适用于路面抗滑性能不足需要提升表面粗糙度、路面平整度下降但未出现结构性损坏、农村公路和二级及以下公路的预防性养护以及作为沥青路面的下封层或磨耗层的情况。稀浆封层技术的施工工艺与微表处技术类似,主要包括施工准备、稀浆混合料拌制、摊铺作业、初期养护和质量检测五个步骤。施工准备包括路面清理、病害预处理、材料准备与配合比设计。稀浆混合料拌制采用稀浆封层机将各原材料按设计配合比搅拌均匀,摊铺作业的摊铺厚度一般为2-6mm,摊铺速度控制在4-8km/h,确保摊铺均匀,初期养护需要封闭交通,待混合料破乳、初凝后开放交通,时间一般为1-4小时,质量检测需要检测封层的厚度、平整度、抗滑性能、粘结强度等指标。稀浆封层技术的质量控制要点包括材料质量控制、配合比设计、摊铺质量控制和环境条件控制。材料质量控制要求乳化沥青需具有良好的稳定性与破乳速度,集料级配需符合设计要求,填料需具有良好的填充性与活性。配合比设计要求根据路面状况与使用要求,确定最佳油石比、含水量等参数,确保混合料的和易性与固化后的性能。摊铺质量控制要求避免出现离析、流淌、起皮等现象,确保封层厚度均匀。环境条件控制要求施工温度宜在10℃以上,雨天、大风天气不宜施工,避免影响混合料的固化效果。

### (四) 沥青路面再生养护技术

沥青路面再生养护技术,从本质上来说,是一种针对旧沥青路面进行科学且高效处理的先进技术。具体而言,当旧沥青路面需要进行维护或改造时,首先会对其实施铣刨作业,将旧路面上的材料进行回收。回收后的旧料并非直接废弃,而是要经历一系列细致且关键的处理流程。先是对回收的旧料进行破碎处理,把那些较大块的旧沥青材料破碎成合适的尺寸,以便后续的进一步加工。接着,会对破碎后的旧料进

行筛分处理,依据不同的粒径和质量标准,将旧料进行分类筛选,确保后续使用的旧料符合相应的质量要求。在完成旧料的处理之后,会按照一定的比例添加新集料、新沥青和再生剂。该技术能够充分利用旧料资源,降低养护成本,减少环境污染,契合绿色公路建设理念。沥青路面再生养护技术适用于旧沥青路面出现严重磨损、松散、裂缝等病害,需要进行铣刨重铺的情形。适用于路面结构强度良好,但表面性能下降的情形,也适用于高速公路、一级公路等各类沥青公路的养护与改造。依据再生方式的差异,沥青路面再生养护技术可划分为厂拌热再生、厂拌冷再生、就地热再生、就地冷再生四种类型。其中,厂拌热再生的应用最为广泛,其施工工艺主要涵盖旧料回收与处理、再生剂选择与添加、混合料拌制、运输与摊铺、压实与养护五个步骤。再生养护技术的质量控制需着重关注旧料性能评估、再生剂选择、混合料拌制质量、摊铺与压实质量四个方面。

### 结束语

综上所述,预防性公路养护技术作为现代公路工程领域的核心发展方向,其价值不仅体现在养护阶段的成本控制与效能提升,更在于通过设计规划阶段的前瞻性融入,构建起一体化的全生命周期管理体系。本文系统梳理的微表处、裂缝密封、稀浆封层及再生养护等技术,为不同路况条件下的预防性养护提供了多元化解决方案。随着智能检测技术、绿色材料研发及数字化管理平台的深度应用,预防性养护将向精准化、智能化、低碳化方向持续演进,为我国公路基础设施的高质量发展提供坚实支撑。

### [参考文献]

- [1] 罗德环. 现代农村公路施工中预防性养护技术的应用研究[J]. 低碳世界, 2025, 15(6): 148-150.
- [2] 杨琨. 高速公路养护中预防性公路养护技术运用分析[J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2025(5): 005-009.
- [3] 刘林. 公路施工中预防性公路养护技术实际应用[J]. 大市场, 2020(6).
- [4] 杜臻妍. 基于微表处技术的高速公路预防性养护施工方案[J]. 中国建筑金属结构, 2025, 24(1): 97-99.
- [5] 秦国林. 公路沥青路面预防性养护施工技术研究[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2025(6): 138-140.