

# 普通干线公路预防性养护技术的选择与应用

文 / 吕鹏刚 西安市公路局

**摘要:** 本文聚焦于普通干线公路预防性养护技术, 阐述其重要性, 分析影响预防性养护技术选择的因素, 介绍常见预防性养护技术特点, 并探讨其具体应用要点, 旨在为公路养护工作提供实用参考, 提升公路使用性能与寿命。

**关键词:** 普通干线公路; 预防性养护技术; 选择; 应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.23.041

## 引言

普通干线公路作为交通网络的重要组成部分, 承担着繁重的交通运输任务。随着交通量的不断增加和车辆荷载的增大, 公路路面容易出现各种病害, 影响行车安全与舒适性。预防性养护作为一种主动的养护策略, 在公路病害尚未严重发展之前采取措施, 能够有效延缓路面损坏, 降低养护成本, 延长公路使用寿命。因此, 合理选择与应用预防性养护技术至关重要。

### 一、普通干线公路预防性养护的重要性

#### (一) 延长公路使用寿命

普通干线公路实施预防性养护对于延长公路使用寿命具有关键意义。通过在路面尚未出现严重结构性破坏时采取及时干预措施, 能够有效遏制微小病害的进一步扩展。例如细微裂缝若不及时封闭, 水分将逐渐侵入基层和路基, 造成材料强度下降, 进而引发网裂、坑槽等更为严重的损害。预防性养护正是通过这种前瞻性的维护策略, 将问题消除在萌芽状态, 避免局部损坏扩散为整体性结构破坏。它着眼于维持公路的整体性能与完整性, 从而显著延缓公路的老化速度, 使得公路在设计寿命周期内甚至超出预期年限仍能保持良好服务状态。

#### (二) 降低养护成本

从经济角度出发, 预防性养护显著降低了全生命周期的养护成本。早期介入的养护措施所需资金投入相对较少, 技术难度较低, 施工周期短, 对交通流的影响也较为有限。若待病害加剧后再进行修复, 往往需要大规模翻修甚至重建, 不仅材料与机械成本急剧上升, 还会因长时间占道施工造成严重的交通干扰, 带来不可忽视的社会间接损失。养护资金的优化使用意味着可以将有限的预算覆盖更长的公路里程, 实现资源高效配置。因此, 预防性养护是一种更具有成本效益的长期投资策略, 它通过主动干预避免了日后高昂的矫正性维修费用。

#### (三) 提高行车安全性与舒适性

预防性养护对于维持和提升公路行车安全与舒适性起着重要作用。路面在长期使用过程中, 其平整度与抗滑性能会因自然磨损和环境作用而逐渐衰减。通过定期和及时的预防性养护, 能够使路面始终保持良好的行驶质量, 避免出现影响行车安全的明显缺陷。平整的路面减少了车辆的振动与颠簸, 提高了驾驶稳定性; 而良好的抗滑性能则保障了轮胎与路面间足够的摩擦力, 尤其

在雨雪天气下可显著降低行车风险。

## 二、影响预防性养护技术选择的因素

### (一) 公路技术状况

公路现有的技术状况是决定采取何种预防性养护措施的核心基础。这包括对路面结构类型、当前损坏模式与严重程度以及各项性能指标的全面评估。不同的路面病害根源对应截然不同的处治方案。决策时需要精确判断病害是源于表面功能衰减还是深层结构性问题, 从而选择是针对表面密封、功能恢复还是结构性补强。养护技术必须与路面的实际状况高度匹配, 方能达到预期效果。若选择不当, 不仅无法有效遏制病害发展, 甚至可能加速路面性能的衰退, 导致养护资金浪费。

### (二) 交通量与交通组成

交通荷载是导致路面产生疲劳与磨损的主要外力因素, 因此交通量水平及车辆构成直接决定了养护技术所需承受的力学强度与耐久性要求。交通流中重载车辆的比重是关键考量点, 其产生的巨大轴载和水平剪切力对路面材料提出了更高标准。适用于低交通量道路的养护方案可能无法在高负荷交通环境下保持长期稳定。技术选择必须充分考虑其抗车辙能力、抗疲劳特性以及承受持续反复荷载的性能。所选材料与工艺需要具备足够的韧性、耐磨耗性, 以确保在预期的交通作用下能维持足够长的有效服务周期。

### (三) 气候条件

气候环境是外部自然因素中对路面性能及养护材料耐久性产生持续影响的重要条件。极端温度、降水、紫外线辐射等都会作用于路面结构及养护材料。在寒冷地区, 材料需要具备优异的低温抗裂性和抗冻融循环能力; 在炎热地区, 则需重点关注其高温稳定性和抗变形能力。多雨潮湿环境要求技术拥有卓越的密封防水特性, 以防止水损害发生; 而干旱强烈日照地区则需考虑材料的抗老化性能。选择的预防性养护技术及其材料配方必须适应当地的主导气候特征, 确保其性能能够在这种特定环境下得到稳定发挥。

### (四) 养护资金与成本

可用的养护资金预算从根本上约束了技术选择的现实范围。各类预防性养护技术在初始投入、使用寿命期和长期效益方面存在显著差异。决策必须在理想的技术需求与实际的财务资源之间寻求平衡, 进行全寿命周

期的成本效益分析。资金充裕时,可优先选择耐久性更强、性能更优但前期成本较高的方案,以期获得更长的使用年限和更低的长期总成本。

### 三、常见普通干线公路预防性养护技术特点

#### (一) 灌缝技术

灌缝技术是一种针对路面裂缝的专项养护手段,其核心功能在于通过填入专用材料形成有效密封,从而阻隔水分、空气及坚硬颗粒物侵入裂缝内部和基层结构。该技术优势在于其针对性强,施工灵活便捷,对交通干扰相对较小,且经济性较为突出。其最终效果的高度依赖性是其显著特点,密封胶的材料性能是基础,必须具备优异的粘结性以附着于裂缝壁,拥有良好的弹性与延展性以适应裂缝随温度变化的张合运动,并兼具耐老化能力以应对长期气候侵蚀。同时,施工工艺的规范性至关重要,包括裂缝的彻底清理与干燥、适当的加热温度控制以及饱满的填充,任何环节的疏漏都会直接影响密封的耐久性。

#### (二) 稀浆封层技术

稀浆封层技术是一种通过摊铺乳化沥青混合料对路面进行表面处治的综合方法。它通过在原有路面上加铺一层薄层,能够同时实现多项功能改善:有效封闭路面的细微裂缝与表面孔隙,防止水分下渗;改善并恢复路面的宏观纹理与微观纹理,显著提升抗滑性能;填补轻微的不平整车辙,提升行车平稳性;并且提供一个全新的磨耗层,增强路面耐磨能力。该技术对原路面的基本状况存在一定要求,其薄层特性决定了它无法矫正严重的结构性病害或大幅度的平整度偏差,因此更适用于基础结构完好但表面功能出现衰退的路面。

#### (三) 微表处技术

微表处技术是对稀浆封层的一种升级与强化,它通过采用改性的高性能乳化沥青、设计更精确的连续级配矿料以及添加上丰富的添加剂,使得混合料在路用性能上实现了质的飞跃。其最突出的特点是成型速度快,能够在一小时内快速开放交通,极大地减少了对道路通行的影响。所形成的封层具有极高的抗磨耗能力,能够承受重载交通和密集车流带来的剪切与磨损。其优异的抗滑性能持久稳定,为安全行车提供了可靠保障。同时,它具备卓越的防水性和抗裂性,能有效遏制路面病害的进一步发展。由于性能增强,微表处的适用范围更广,

尤其适用于交通量大、重载车辆较多、对路面使用性能和服务水平要求较高的公路路段,是一种高效且长效的预防性养护解决方案(见图1)。

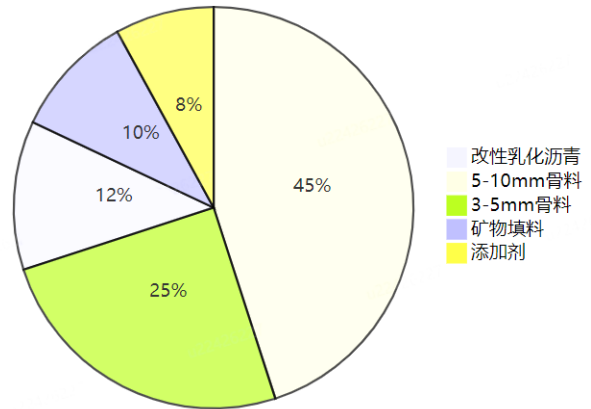


图1 微表处混合料典型配比

#### (四) 碎石封层技术

碎石封层技术是一种经典的表处型养护方法,其工艺原理是分层施工,先将高温沥青粘结料均匀喷洒在路面上,随后立即撒布单一粒径的洁净碎石骨料,并通过碾压使骨料部分嵌入粘结料中,最终形成一种以骨料为主要磨耗体的加铺层。该技术能极大程度地丰富和重塑路面纹理,显著恢复并长期维持卓越的抗滑性能。其厚实的有效抑制基层裂缝的反射,并提供坚实的防水屏障。

#### (五) 雾封层技术

雾封层技术是一种典型的渗透密封型养护方法。它将流动性极强的稀释沥青或特种化学制剂,以雾化喷洒方式均匀覆盖在路面上。这些材料依靠自身良好的渗透性,能够渗入路面微小的孔隙和发丝裂缝中,并在表面形成一层极薄的保护性膜层。其核心作用在于有效封闭路面的细微裂隙和孔隙,阻止水分和空气进入,从而减缓沥青结合料的老化氧化过程,在一定程度上恢复表层沥青的柔韧性,并能改善路面外观,使其颜色均匀一新。该技术几乎不改变路面的原有结构厚度与宏观纹理,因此其主要适用于路面整体结构完好、强度充足,仅出现轻微松散、贫油、氧化老化或大量细微裂缝的阶段,是一种成本效益高的表面防护和 rejuvenation(再生)措施(见图2)。

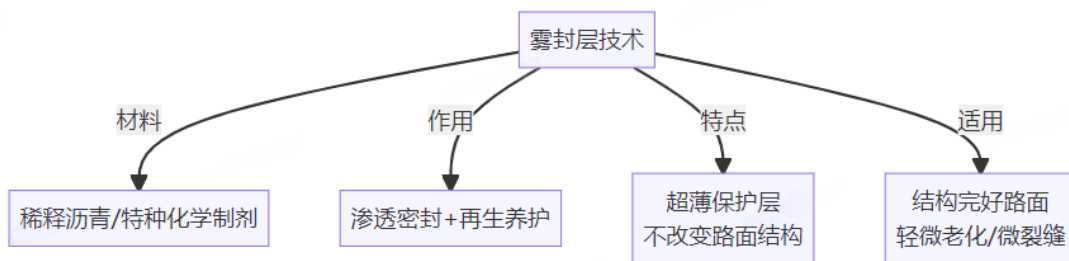


图2 雾封层技术

#### 四、普通干线公路预防性养护技术的应用要点

##### (一) 准确评估公路技术状况

准确评估公路技术状况是成功实施预防性养护的基石与先决条件。这一过程绝非简单的表面观察，而是一个系统性的、数据驱动的科学诊断行为。其核心目的在于深入洞察路面的“健康”状态，精准识别早期病害的类型、严重程度及分布规律，并探究其内在成因，从而为后续选择最具针对性的养护技术提供无可辩驳的决策依据。评估工作必须全面且多维，涵盖路面损坏状况、结构承载能力、功能性能（如平整度、抗滑性能）以及历史养护记录等多个方面。现代检测技术已从传统依赖经验的人工判别，发展为人工与自动化、智能化设备的高效融合。高精度的激光断面仪、快速摩擦测试车、探地雷达等先进设备能够以海量数据的形式，客观、量化地记录路面的细微缺陷和内部隐形病害，极大提升了检测的精度、效率与覆盖范围。

##### (二) 严格把控材料质量

预防性养护技术的成效高度依赖于所用材料的性能，严格把控材料质量是确保养护效果持久稳定的核心环节。每一种预防性养护技术都有其特定的材料体系，这些材料的物理、化学及路用性能直接决定了其在施工过程中的可操作性、与旧路面的相容性以及服役期间抵抗交通荷载和环境因素侵害的能力。因此，从材料的选择、采购、进场到使用的每一个步骤，都必须建立并执行一套极其严格的质量控制体系。所选材料必须完全符合国家、行业相关技术标准和规范的要求，绝不能降低标准或妥协。例如，用于裂缝填封的密封胶，其粘结性、弹性恢复率、耐老化性、高低温柔性等关键指标必须满足苛刻的要求，以确保其能随路面伸缩而不开裂、不剥离，长期有效密封裂缝。

##### (三) 规范施工工艺

再完美的设计方案和再优质的材料，若没有规范、精准的施工工艺作为保障，最终的预防性养护效果也将无从谈起。施工工艺是将理论方案转化为实体工程的关键过程，其操作的规范性与熟练度直接决定了成品的质量。每一类预防性养护技术都有一套严谨的施工技术指南和操作规程，必须被不折不扣地执行。施工前的准备工作至关重要，包括对原路面的彻底清洁处理，确保施工界面无灰尘、水分和杂物，以保证新材料与旧路面能牢固结合。对所有施工机械和设备进行彻底检查与调试，确保其处于最佳工作状态。对施工人员进行专业、系统的技术交底和培训，使其透彻理解技术原理、掌握操作要点和质量控制标准。在施工过程中，必须对影响质量的关键参数进行精细化控制。

##### (四) 加强养护后期管理

预防性养护工程的成功并不仅以施工摊铺的结束为标志，加强养护后期的管理与维护同样是确保其长期性能不可或缺的重要一环。施工完成后的初期，是新材料成型、固化并与原路面结构最终结合的关键“养生期”。在此期间，必须建立有效的交通管制措施，避免车辆（尤其是超重车辆）的过早通行、急转弯或急刹车对尚未达到最终强度的新铺层造成破坏。设置明确的限速、限载标志并加强巡查，是保护初期成果的必要手段。即使过了养生期，转入正常使用阶段，定期的跟踪检查与针对性维护也至关重要。需要建立定期巡查制度，观察预防性养护层的使用性能变化，检查是否有局部损坏、剥离、磨损过快或其他异常现象。一旦发现微小缺陷，应立即采取简单的修补措施进行处理，防止其扩展进而影响整体。

##### 结语

综上，普通干线公路预防性养护技术的选择与应用是一项系统工程，需要综合考虑公路技术状况、交通量、气候条件和养护资金等多种因素。合理选择预防性养护技术，并严格按照要求进行施工和后期管理，能够有效延长公路使用寿命，降低养护成本，提高行车安全性和舒适性。公路养护部门应重视预防性养护工作，不断探索和创新养护技术，提高公路养护水平，为社会经济发展提供良好的交通保障。

##### 参考文献

- [1] 赵建峰. 普通干线公路预防性养护施工的技术及实施要点控制分析[J]. 运输经理世界, 2023, (36): 145-147.
- [2] 兰青山. 普通国省干线公路养护中预防性养护技术分析[J]. 黑龙江交通科技, 2021, 44(12): 209-210.
- [3] 韩博, 迟凤霞, 王洋洋, 等. 浙江省普通干线公路预防性养护技术应用效果分析与技术比选[J]. 公路, 2021, 66(04): 327-333.
- [4] 唐子坤. 公路路面养护技术的现状及应用研究[J]. 运输经理世界, 2021, (04): 120-121.
- [5] 郭家伟. 浅析普通国省干线公路预防性养护[J]. 黑龙江交通科技, 2020, 43(03): 197-198.
- [6] 江建. 普通干线公路路面预防性养护措施及其运用效果分析[J]. 福建交通科技, 2020, (01): 6-9.
- [7] 杨桂. 普通国省干线公路养护中预防性养护技术及应用研究[J]. 黑龙江交通科技, 2019, 42(01): 67-68.
- [8] 包洵. 预防性养护技术在普通干线公路的实践和探索[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2017, 13(08): 12-14.