

# 高速公路沥青路面预防性养护技术与管理策略研究

武鹏

山东高速泰安发展有限公司，山东泰安，271000；

**摘要：**在交通网络体系中，预防性养护是延长沥青路面使用寿命、降低全生命周期成本的关键手段，通过在路面出现明显病害前采取针对性措施，可有效延缓性能衰减。本文从高速公路沥青路面预防性养护的核心内涵与实施原则切入，系统梳理当前主流的预防性养护技术类型及适用场景，进而从规划、决策、实施、评价四个维度构建完善的管理策略体系。研究旨在为高速公路养护管理部门提供科学的技术选择依据与高效的管理实施路径，推动沥青路面养护工作从“被动修复”向“主动预防”转变。

**关键词：**高速公路；沥青路面；预防性养护；养护技术；管理策略

**DOI：**10.69979/3041-0673.26.02.057

## 引言

现在，高速公路通车里程逐年增加，路上车辆也越来越多，沥青路面面临的使用挑战越来越大。沥青路面长期被车辆碾压，还受温度、天气等环境因素影响，性能会逐渐降低。如果等路面出现明显病害再去修，不仅花费很大，还会影响道路正常通行，甚至缩短路面的使用寿命。预防性养护的思路是“早发现、早处理”，通过提前找出路面可能出现的问题，用花钱少、效果好的技术手段阻止性能变差，让路面长期保持良好状态。研究高速公路沥青路面的预防性养护技术和管理方法，不仅是为了应对现在越来越多的路面养护需求，也是为了提高交通设施的管理水平，保证高速公路网能长期正常运行。

## 1 高速公路沥青路面预防性养护的核心内涵与实施原则

### 1.1 核心内涵

高速公路沥青路面预防性养护的关键，是在路面结构还完好、使用功能没明显下降的时候开展养护。具体来说，就是先全面评估路面性能，然后采用不用大修结构、成本低的技术措施，延缓病害出现和发展，保持甚至提高路面的使用功能。它的本质不是修复已经很严重的病害，而是通过“提前处理”阻止路面性能一步步变差。比如，把路面上的小裂缝封闭，防止雨水渗进去损坏基层；对路面表面进行处理，改善抗滑性能和平整度。通过这些措施，能让路面长时间处于良好使用状态，减少以后大修或重建的次数，降低成本。要做好预防性养护，必须长期监测路面性能，分析变化情况，准确把握养护的最佳时间，让技术措施既有效又经济。

### 1.2 实施原则

#### 1.2.1 及时性原则

养护时间的合理选取，直接影响预防性养护的效果。必须在路面性能刚开始变差，但还没出现无法修复的病害这个“最佳养护时间段”内开展工作。养护太早，路面性能较好，会浪费资源；养护太晚，病害已经扩散，预防性养护就没意义了，最后只能投资更大费用进行大修。

#### 1.2.2 针对性原则

不同地区、不同路段的沥青路面，受车辆荷载、气候、路面材料和施工质量影响，性能变差的特点和可能出现的问题都不一样。所以，预防性养护要根据路面的具体问题来做，比如路面有裂缝、车辙，或者抗滑性差、不平整等，选择合适的技术措施，不能所有路段都用一样的方法。

#### 1.2.3 经济性原则

预防性养护的目标是减少养护成本，延长公路使用寿命。在制定养护方案时，要算清楚整个使用周期的成本，对比不同方案的短期投入和长期效果，选择在养护效果、花费、延长使用寿命等方面综合起来最好的方案，让养护资金用在刀刃上。

#### 1.2.4 协调性原则

预防性养护过程中，要协调好养护施工和交通通行的关系。尽量在车少的时候施工，用能快速完成的技术缩短作业时间，减少对道路通行效率的影响。同时，预防性养护还要和路面监测、后期效果评价等管理环节衔接好，形成“评估-养护-反馈”的完整流程，让养护管理更科学、更有效。

## 2 高速公路沥青路面预防性养护主流技术类型与适用场景

在高速公路沥青路面预防性养护中，要根据路面性

能变差的特点、病害类型和严重程度,选择合适的养护技术。目前常用的预防性养护技术,按功能可分为裂缝密封类、表面功能恢复类和结构性能强化类,它们的作用、施工方法和适用情况各不相同,能满足路面病害预防、功能恢复和结构强化的不同需求。

## 2.1 裂缝密封类技术

裂缝是沥青路面早期最常见的病害。如果不及及时处理,雨水会顺着裂缝渗到基层和底基层,导致路基变软、路面结构强度下降,进而引发坑槽、唧泥等严重问题。裂缝密封类技术,就是通过填充或密封裂缝,阻止雨水渗入,主要包括裂缝灌缝和贴缝带处治两种方法。

### 2.1.1 裂缝灌缝技术

裂缝灌缝用的材料是热沥青、改性沥青或专用灌缝胶。施工时,用灌缝机把加热后的材料注入裂缝,填满整个裂缝空间。材料冷却后,会在裂缝里形成密封层,起到防水作用。这种技术适合处理宽度较大(通常超过3毫米)、深度较深的结构性裂缝。这类裂缝对路面结构影响大,需要用有一定强度和弹性的材料,既能挡住雨水,又能适应路面因温度变化产生的伸缩,防止裂缝再次裂开。

### 2.1.2 贴缝带处治技术

贴缝带处治用的是工厂预制的自粘式贴缝带。施工时不用加热,直接把贴缝带沿着裂缝贴在路面表面,利用贴缝带的粘性和防水性,在裂缝表面形成一道防水屏障。它的优点是施工快、操作简单,对交通影响小,适合处理宽度较小(小于3毫米)的非结构性裂缝,或者路面基层稳定、没有明显沉降和松散的轻微裂缝。这类裂缝主要是温度变化或疲劳产生的,对密封材料的强度要求不高,更看重施工效率和防水效果。

## 2.2 表面功能恢复类技术

沥青路面用久了,在车辆反复碾压和环境因素影响下,表面会出现功能下降的问题:沥青会老化,黏结力变差;集料会被磨损,表面变光滑,导致路面抗滑性能下降、平整度变差,影响行车安全和舒适。表面功能恢复类技术,就是通过处理路面表层,恢复或提升路面的使用功能,主要包括微表处、稀浆封层和雾封层三种技术。

### 2.2.1 微表处技术

微表处用的材料是改性乳化沥青、级配集料、填料和水,按比例混合成稀浆混合料。施工时,用专用设备把混合料均匀铺在路面表面。等乳化沥青破乳、水分蒸发后,混合料会凝固成一层耐磨、抗滑的薄层。这种技术既能修复路面,又能起到预防作用,适合路面平整度

下降、抗滑性能不足,但结构完好的路段。铺完后,路面的小坑洼会被填补,平整度和抗滑性都能恢复,延长路面的使用时间。

### 2.2.2 稀浆封层技术

稀浆封层和微表处的原理差不多,都是通过铺稀浆混合料处理路面表层,但材料的级配和性能侧重点不同。普通稀浆封层用的集料颗粒较粗,乳化沥青也不是改性的,成型后的薄层强度和耐磨性比微表处差一些。它适合轻度磨损、裂缝较少的路面,主要作用是防水,同时改善路面表面的外观和轻微的抗滑问题,属于简单的预防性养护措施。

### 2.2.3 雾封层技术

雾封层用的是低黏度的乳化沥青或改性乳化沥青。施工时,用专用设备把材料以雾状喷在路面表面。材料会渗透到路面表层的小孔隙和微裂缝里,一方面激活老化的沥青,恢复它的黏结力;另一方面堵住孔隙和微裂缝,防止雨水渗入。这种技术适合沥青老化严重、表面变脆,但没有明显裂缝和车辙的路面。施工时不用铣刨或摊铺,成本低、对交通影响小,是解决路面早期老化的经济办法。

## 2.3 结构性能强化类技术

当沥青路面表层以下的结构(比如基层)出现轻微损伤,比如基层局部松散、路面承载能力轻度下降,但还没到需要大修的程度时,就需要用结构性能强化类技术,提升路面的整体强度,防止损伤进一步扩大。这类技术主要包括薄层罩面和就地热再生两种。

### 2.3.1 薄层罩面技术

薄层罩面用的是高性能的改性沥青混凝土或特种沥青混合料,在原路面表面铺一层3到5厘米厚的新面层。它的好处是,既能通过新面层恢复路面的平整度和抗滑性,又能靠高性能混合料增强路面的承载能力和抗变形能力。适合路面平整度差、有轻度车辙或表层松散,但基层和底基层状况良好的路段,是兼顾功能恢复和结构强化的养护技术。

### 2.3.2 就地热再生技术

就地热再生用专用设备,对路面表层2到5厘米深的沥青混合料进行现场加热、铣刨破碎。然后加入新沥青、新集料和再生剂,搅拌均匀后,重新铺在路面上,碾压压实。这种技术能就地利用旧料,减少废旧材料外运和新料开采,环保又节约资源。而且施工时间短,不用长时间封路,对交通影响小。适合沥青老化、表层集料磨损,但基层和底基层完好的路段,是符合绿色交通理念的预防性养护技术。

### 3 高速公路沥青路面预防性养护的管理策略体系

高速公路沥青路面预防性养护管理是一项系统工作,要覆盖“规划-决策-实施-评价”整个流程。通过建立科学的管理策略体系,合理分配养护资源,正确使用养护技术,保证养护效果持久,让预防性养护从“凭经验”变成“靠数据、靠科学”。

#### 3.1 养护规划阶段:构建科学的路面性能监测网

做好养护规划,首先要全面了解路面的使用状况,这就需要建立覆盖整个高速公路网的路面性能监测网络。一方面,把定期人工检测和自动化检测结合起来收集数据。人工检测就是到现场测量路面裂缝、车辙、平整度、抗滑性能等指标;自动化检测则用激光平整度仪、多功能检测车等设备,快速获取大范围路面数据。另一方面,利用物联网技术安装长期监测设备,比如在路面里埋传感器,实时监测路面温度、受力变化和湿度情况。同时,建立路面养护数据库,把监测数据、交通流量数据、气候数据和过去的养护记录都整合进去。通过分析这些数据,找出路面性能变差的规律,给不同路段划分养护优先级,为制定中长期预防性养护规划提供数据支持。

#### 3.2 养护决策阶段:建立精准的养护方案选择机制

养护决策要解决三个核心问题:“什么时候养护”“用什么技术养护”“花多少钱养护”。首先,根据路面性能监测数据,用路面性能预测模型(比如马尔可夫链模型、神经网络模型),推算不同路段性能变差的趋势,确定每个路段的最佳养护时间。其次,结合路段的交通重要性(比如是不是繁忙路段、枢纽连接段)、气候特点(比如多雨地区重点考虑防水,高温地区重点考虑抗车辙)和病害类型,建立“病害-技术-成本”匹配表,初步选出合适的养护技术。最后,分析整个使用周期的成本,对比不同养护方案的初期投入、养护间隔、后期维护费用,以及能延长路面使用寿命多少。用层次分析法、成本效益比等方法综合评价,最终选出最好的养护方案。

#### 3.3 养护实施阶段:强化过程质量管控与交通组织

养护施工质量直接影响预防性养护效果,要从施工管理和交通协调两方面做好工作。在质量管控上,建立“施工前交底、施工中监督、施工后验收”的全流程管理体系。施工前,给施工单位讲清楚技术要求,明确材料标准、施工方法和质量指标;施工中,让第三方监理和业主一起检查,重点监控材料配比、施工温度、摊铺

厚度、压实度等关键指标;施工后,按规范验收,不合格的路段必须返工。在交通组织上,制定详细的交通疏导方案。用可变情报板、导航软件提前发布施工信息和绕行路线;采用“半幅施工、半幅通行”“晚上施工、白天通车”等模式,减少对交通的影响。同时安排专门的交通疏导人员,确保施工期间道路通行有序、安全。

#### 3.4 养护评价阶段:完善效果反馈与策略优化机制

预防性养护不是做一次就够了,需要通过评价养护效果,形成管理闭环,持续改进。养护完成后,定期监测路面性能变化,对比养护前后的路面技术指标,比如裂缝发展速度有没有变慢、平整度有没有改善、抗滑性能有没有提升,以此判断养护措施有没有效果。同时结合养护成本数据,分析投入的资金和性能提升的性价比,总结不同技术在不同条件下的适用情况和不足。根据评价结果,优化路面性能预测模型和养护方案选择机制,调整后续养护规划。比如,对效果不好的技术进行改进或替换,对成本太高的方案寻找更便宜的替代方案,不断提高预防性养护管理的科学性和精准性。

### 4 结语

高速公路沥青路面预防性养护是一项融合技术、经济与管理的系统工程,其核心在于通过“精准识别、及时干预、科学管理”,实现路面全生命周期价值最大化。当前,随着智能化监测技术、绿色养护材料与再生技术的发展,预防性养护技术体系正不断丰富,管理模式也需从“经验驱动”向“数据驱动”转型。未来,需进一步加强路面性能预测模型的精准度研究,推动养护技术的绿色化与智能化升级,同时完善养护资金保障机制与跨部门协同管理体系,让预防性养护真正成为保障高速公路沥青路面长期稳定服役、降低运维成本、提升路网运行效率的核心手段。

#### 参考文献

- [1]赵金润.公路沥青路面预防性养护措施探讨[J].内江科技,2022,43(01):81+75.
- [2]李邵平.公路沥青路面预防性养护措施探讨[J].冶金管理,2020,(15):113-114.
- [3]罗婧.四川省干线公路沥青路面预防性养护措施的研究[J].四川水泥,2018,(06):62+342.
- [4]谭文英,林翔,潘小康.普通干线公路沥青路面预防性养护措施使用效果研究[J].公路,2018,63(03):243-246.
- [5]段宇.沥青路面预防性养护技术应用于高速公路养护中的对策[J].四川水泥,2020(2):157.