

# 预防性智慧养护在高架快速路中的应用

孔培军<sup>1</sup> 李慧<sup>2</sup> 韦巍<sup>3</sup>

1. 绍兴市城投建设开发有限公司; 2. 上海城建数字产业集团有限公司; 3. 上海城建信息科技有限公司

**摘要:** 面对城市汽车数量的不断增加, 高架快速路需要承载的交通荷载不断增大, 有更大的可能性会产生质量甚至安全风险, 因此必须要把养护工作贯彻到底。预防性智慧养护可以根据高架快速路的实际情况来制定针对性的养护方法, 以更大强度进行日常巡逻, 及时清除存在的各种风险隐患, 控制各种病害以免进一步扩展, 为安全通行提供保障。本文对预防性智慧养护特点进行了总结, 并对其在高架快速路中的应用方法与要点进行了简单分析。

**关键词:** 预防性智慧养护; 高架快速路; 路面养护

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.06.054

现在预防性智慧养护越发成熟, 在实践中已经积累了大量的经验, 早已打破早先的技术限制, 尤其是在路面检测技术以及大数据技术的支持下, 可对道路实施成本效益更高的预防性智慧养护, 由之前单纯依靠经验转变成现在的依靠数据分析模式, 可为道路安全稳定运行提供更大保障。

## 一、预防性智慧养护特点

预防性智慧养护区别与一般养护, 所采取的技术方法具有更强的针对性, 要在病害未发生之前, 根据沿线基础设施与整体结构给予初期维护。部分道路结构性能未发生变化, 但是表面功能受损, 便需要及时的采取措施加以养护, 以专业技术为支持, 来预防病害的进一步发展, 实现工程性能的优化, 使其具有更长的服务年限。高架快速路作为城市交通体系中重要组成部分, 一旦其有病害出现需要维修, 将会出现交通拥堵现象, 对正常交通造成较大影响。因此预防性智慧养护的实施十分必要, 在病害为发生之前, 以不影响正常交通的方式来消除隐患。

现在高架快速路基本上均为沥青路面, 在建设初期会保持较为完整的状态, 但是随着使用年限的增长, 受车辆荷载、碾压以及外界环境等因素的影响, 路面便会逐渐出现一些磨损、裂缝、沉降等问题, 如果不及处理任由其继续发展, 便会对下层结构的稳定性与安全性造成影响。在工程建设到投入使用的整个周期中, 初期阶段的养护效果最好, 即病害未发生之前的处理最佳, 不仅技术难度小、所需时间短而且投入的成本也更低, 综合效益最高。当前预防性智慧养护已经得到了广泛应用, 并且取得了良好的效果。现在将其应用到高架快速路中, 通过对道路实际应用情况的分析, 加上专业技术的支持, 检测确定路面真实状态, 然后制定养护方案, 选择合适的技术方法, 进一步优化道路综合性能,

延长其服务年限。

## 二、预防性智慧养护技术

### (一) 雾封层技术

雾封层技术是比较常用的一种预防性智慧养护技术, 是以乳化沥青与改性沥青混合应用, 对道路路面进行雾状喷洒, 用以路面孔隙的修补, 只需要在较短时间内路面便可恢复到施工初期的状态。但是雾封层技术对使用条件有较大的要求, 一般选择秋末冬初与春末夏初施工效果最佳, 且降水会对养护效果产生明显影响。在对路面进行预防性智慧养护施工之前, 需要调查路面状态, 保证施工后乳化沥青和改性沥青可以有效黏附, 且保持较快的固化成型速度, 达到最佳养护效果。与此同时, 雾封层技术的应用, 要通过保护板来保护道路标线, 以免影响正常识别。

### (二) 同步碎石封层技术

同步碎石封层技术的原理是选择单一粒径的集料和沥青黏结料通过同步碎石封层车来均匀的洒布在道路路面上, 全面提升路面的综合性能。在选择此项技术进行预防性智慧养护施工时, 要提前确定路面施工结构情况, 选择间断级配沥青混合料施工, 确保路面具有较高的平整度与抗滑性。综合实践经验可知, 同步碎石封层技术搭配4~6mm或6~10mm粒径的碎石效果最佳, 且注意控制碎石粒径保持统一, 否则便会影响到整体处理效果。在此情况下还要对沥青黏结料的调配比例进行科学计算, 与碎石保持最佳搭配, 使得材料具有最佳性能, 有效改善路面存在的缺陷。

### (三) 微表处技术

微表处技术的应用十分常见, 利用专用设备按照设计的比例将聚合物改性沥青、集料、填料、水以及外加剂等充分拌和, 然后均匀摊铺到需要进行养护的路面或其他部位, 不仅所需材料更少, 而且对不同环境均有着较强的适应性, 可达到良好的养护效果。当选择微表处技术进行路面预防性智慧养护施工时, 优先选择炎热、干燥的季节, 在均匀摊铺后混合料能够在更短的时间内成型, 且可达到更好的压实效果。施工之前需要做好充分的准备, 包括对路面状态的可靠检测, 根据得到的数据参数来制定相应的养护方案, 以此作为养护施工的重要依据。其中, 完成设计厚度的摊铺作业后, 还要进行找平, 尤其是衔接点必须要规范处理, 避免出现摊铺厚度过大或过小的情况。

### (四) 灌缝封堵技术

灌缝封堵技术主要面向的是道路路面形成的裂缝, 随着工程投入使用年限的增长, 路面产生裂缝的可能性

会更大，包括横向裂缝与纵向裂缝，对其进行专业处理后，可避免裂缝的持续恶化。灌缝封堵技术包括普通沥青灌缝技术与灌密封胶技术，需要根据路面裂缝的表现形式和发生原因来选择，尽量避免各因素造成的不利影响。在进行灌缝封堵之前需要根据路面检测结果确定预防性智慧养护范围，然后对范围内的路面裂缝进行清理，确保作业面没有任何杂物，并将其处理光滑，保持较高平整度，以免影响养护效果。最后便可应用注射泵向缝隙内灌入准备好的材料，待灌封材料固结后对其进行打磨与清理，恢复路面最佳状态。

### （五）热拌沥青混凝土罩面技术

应用该技术对路面进行预防性智慧养护时，是通过沥青与集料之间的热拌混合，然后均匀摊铺在路面上，能够很好的预防各种可能会发生的质量病害。技术的关键点在于对混合料温度的控制，即沥青与集料的热拌温度要是以，不宜过高或过低，以免影响到混合料的性能，削弱预防性智慧养护效果。在实际施工中，还要采取措施来提升混合料调配与运输的科学性，确认每一项参数指标均可达到施工标准。其中，热拌混合料的摊铺要尽量保持匀速，前后设备的间距以10~20m为宜，搭接位置还要错开200mm左右。另外，要密切注意混合料的状态变化，尤其是要预防离析问题的发生，能够将养护效果发挥到最大。

## 三、预防性智慧养护实施流程

### （一）工程概述

以某城市的高架快速路为例，该工程建设于90年代，作为中心城区的主要道路，大大缓解了城市紧张的交通情况。自投入使用以来一直给予专业的日常养护，当前道路路面依然保持着较好的情况，但是面对逐渐增大的车流量，路面逐渐出现了多种质量病害。为保证高价高速路车辆全天候安全、快速通行，便要在正常运营使其采取专业技术手段给予预防性智慧养护，避免大面积病害的发生。进行预防性智慧养护之前，需要对道路路面状态进行全面检测，然后制定针对性的养护方案，加上系统决策树模型的支持，对决策制定做进一步优化，以更少的成本来达到更好养护效果，延长道路工程的服务年限。

### （二）道路路面情况分析

#### 1. 交通量调查

对目标路段的车辆通行情况进行调研，结果如表1所示。在制定预防性智慧养护方案时，主要参考年平均日交通流量数据。

表1 道路年平均日交通量

道路名称	方向	断面流量 / 辆	
		24h	高峰期
X 高架快速路	A-B	62312	3920
	B-A	53264	3243

#### 2. 路面状态

目标道路路面当前状态良好，存在的质量病害主要有表面沥青老化以及沥青膜部分损失，以及还伴有较多的集料裸露问题。路面表面已经出现泛白现象，对养护有着较高的要求，如果未能及时采取有效措施，持续受到降雨以及车辆碾压的影响，集料便容易被脱落，甚至会发展成麻面、坑洞等病害，既影响车辆通行安全与舒适性，又会缩短工程服务年限。

### （三）路面状态评估

想要制定科学可行的预防性智慧养护方案，还需要对道路路面状态有更全面的认识，因此需要在基础了解之上做更深层的检测研究。为降低检测试验对正常通行的影响，选择夜间养护封交作业时间进行，对目标道路路面铺装做多项检测，如路面行驶质量指数、路面状况指数、路面抗滑性能指标以及路面结构完整度等。本次项目选择的是钻芯取样法检测，最终并未在沥青路面铺装内部发现任何明显异常，具有良好的承载能力以及下层防水性能，路面整体结构强度与初期设计相差较小。同时，路面还具有良好的抗滑性能以及形式质量。其中，发现最为明显的病害是路面沥青铺装剥落以及松散开裂，要基于此来进行针对性更强的预防性智慧养护。

## 四、预防性智慧养护方法

### （一）确定养护施工条件

严格按照当地相关规定标准来确定道路路面预防性智慧养护的技术要求，本次目标道路为沥青路面，以路面行驶质量指数、路面状况指数、路面抗滑性能指标以及路面结构完整度四项指标为主，并以路面状况指数为判断依据。当路面状况指数达到80以上，路面行驶质量指数达到3.2以及路面抗滑性能指标达到35，即可判断其具有预防性智慧养护的指标。综合本次道路路面检测结果，将判断标准放在面层结构强度方面。根据钻芯取样的结果，确定了道路面层有着良好的整体性能，路面抗滑性能指标全部达到35以上，且路面行驶质量指数大于3.2，符合预防性智慧养护要求。

### （二）预防性智慧养护对策

在确定预防性智慧养护方法时，要从道路实际交通量、路面病害类型以及严重程度等方面进行综合分析。本次目标道路为市中心高架快速路，年均日交通量非常大，为提高养护成本效益，就要保证所选养护措施要保持较高的耐久性，常见的碎石封层技术、雾封层技术以及复合封层技术等适用性较差。与此同时，高架快速路路面养护为夜间封闭施工4~5h，第二天需要继续恢复正常通行，可利用的施工时间非常紧张，因此微表处技术所应用的改性乳化沥青因为破乳时间久也不适用。综合比选后确定可选择薄层沥青混合料加铺、沥青还原处治、超薄沥青混合料加铺、含砂雾封层以及封缝或灌缝等技术进行预防性智慧养护。与此同时，结合路面状态检查结果分析，并不存在裂缝病害，因此可直接排除封缝与灌缝技术。

### （三）费用效益分析

路面预防性智慧养护不仅仅要考虑技术性因素，同时还从道路使用寿命以及成本费用等多个方面进行综合分析。本次应用的是等效年度费用方法，对筛选出适应性较强的几种预防性智慧养护技术做进一步比较，确定综合效益最高的一项技术方法。其中，等效年度费用可应用公式计算：

$$EAC=C/N$$

其中，EAC即等效年度费用；N为预防性智慧养护技术最长使用寿命；C为预防性智慧养护技术对应的单位费用。EAC越低代表的便是此预防性智慧养护技术具有越高的费用效益，但是EAC越小并非代表着此项技术对工程项目具有越高的适应性，实际中还需要综合其他要素进行全面分析。本次目标道路路面筛选出的几种预防性智慧养护措施中，经过等效年度费用计算，按照由高到低的顺序排列为：超薄沥青混合料加铺技术、薄层沥青混合料加铺技术、沥青还原处治技术和含砂雾封层技术。

#### （四）综合评估判断

经过计算可确定各种预防性智慧养护技术的费用效益，在此基础上联合道路交通需求、施工材料、施工质量、气候条件、行车舒适性、道路安全性、路面抗滑性、路面耐久性以及环保美观等诸多方面进行综合评估判断，来筛选可行性最强的技术方法。综合评判系数k为预防性智慧养护技术最终评判标准，可由公式计算获得：

$$k = \sum_{j=1}^n C_{ij} W_{ij}$$

其中，k即综合评判系数； $C_{ij}$ 为第i种待选预防性智慧养护技术第j种影响因素的特征属性值； $W_{ij}$ 为第i种待选预防性智慧养护技术第j种影响因素的权重系数。综合目标高架快速路的施工、环境以及用户等因素分析，并确定各因素对应的特征属性值。如含砂雾封层以较短时间养护的情况下，起砂的可能性比较高，无法保证养护施工的效果。以及沥青还原处治技术的抗滑性无法保证，外加施工初期会有一定的异味存在，因此两个方面的特征属性值比较低。最终确定各项预防性智慧养护技术的可行性排列为：沥青还原处治技术优于含砂雾封层技术。

### 五、高架快速路预防性智慧养护优化措施

#### （一）给予充分重视

高架快速路在城市交通体系中承担着非常重的交通任务，具有通行车流量大、车辆集中、行驶速度快等特点，因此对道路结构性能有着更高的要求，而与此相对的便是路面更容易受到各因素的影响出现各种病害。假如为控制成本投入而降低对道路的预防性智慧养护标准，未能够在病害发生之前采取措施处理，一旦病害发

生势必会需要花费更多的时间与费用去处理，对正常交通也会产生更大影响。因此必须要在预防性智慧养护方面给予充分的重视，以道路交通实际情况为依据，定期对路面结构进行状态检测，确认是否达到预防性智慧养护的标准，然后综合多方要素来制定针对性更强的养护方案，用以指导预防性智慧养护工作的顺利实施。尤其是要重视早期路面病害的处理，相关部门要将相关工作宣传到位，并在实践中不断的积累经验，以更高的综合效益来完成道路的预防性智慧养护，延长工程服务年限。

#### （二）大胆应用新技术

城市高架快速路预防性智慧养护是一项技术性很强的工作，不仅要掌握道路结构的实际状态，还要综合比选确定最佳处理措施，通过科学设计、合理安排与规范施工来改善路面状态，使其恢复到最佳状态，满足城市交通通行要求。在实际施工中除了可选择成熟技术外，还要大胆应用新技术，不断来了解和选择国外的先进的预防性智慧养护技术，对传统技术措施做进一步的优化，争取以更小的难度、更低的成本、更高的效率的来完成道路预防性智慧养护。

#### （三）培养专业人员

预防性智慧养护不仅仅对技术操作有着较高的要求，与此同时还需要科学规范的管理作为支持。因此除了要选择具有专业资质的单位负责施工，还要安排富有经验与责任心的人员进行现场管理，可以实时跟进道路预防性智慧养护情况，及时就不合理的部分进行调整，做好技术措施以及各类资源的统筹规划，确保养护工作按照计划落实到位。对于已经进入养护甚至完成的部分需要进行跟踪评价，一旦发现问题需要及时上报给上级部门，通过相应措施来降低损失。

#### 结束语：

综上所述，为延长高架快速路使用延长，提高道路结构整体性能，便需要定期对其进行状态检测，根据病害形式与涉及范围来确定预防性智慧养护方案。选择可行性最高的技术措施，有计划和有目的的预防性智慧养护，避免病害的发生削弱道路结构性能，保证能够满足城市交通需求。

#### 参考文献

- [1]王洋. 浅谈高速公路沥青路面预防性智慧养护技术的应用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023(30): 136-138.
- [2]黄章程. 预防性公路养护技术在公路施工中的应用[J]. 产品可靠性报告, 2023(09): 122-124.
- [3]陈娟. 关于公路施工中预防性公路养护技术实际应用[J]. 黑龙江交通科技, 2023, 46(09): 66-68.
- [4]苏文超. 公路路面养护工程中的预防性智慧养护技术[J]. 运输经理世界, 2023(25): 128-130.