

Analysis of comprehensive maintenance method of asphalt concrete pavement based on LCC concept

Longhua Zhang

Hangzhou Luda Highway Engineering Company, Hangzhou, Zhejiang, 310006, China

Abstract

China's national highways, provincial roads, and rural roads span vast areas with numerous nodes. Engineering projects face complex natural environments, social conditions, and transportation challenges. Therefore, it is essential to adopt a full lifecycle perspective, scientifically analyze pavement conditions based on traffic flow and climate factors, and determine optimal maintenance timing and measures for asphalt pavements to address technical challenges in maintenance. Meanwhile, establishing an integrated maintenance system for asphalt pavements requires comprehensive research and optimization of evaluation standards, maintenance schedules, and strategies to achieve maximum effectiveness, extend service life, and enhance road efficiency. Drawing from the author's recent practical experience, this paper proposes several innovative approaches for comprehensive maintenance of asphalt concrete pavements using full lifecycle theory, offering valuable references for industry peers.

Keywords

LCC concept; asphalt pavement; comprehensive maintenance; method

基于 LCC 理念的沥青混凝土路面综合养护方法探析

张龙华

杭州路达公路工程公司, 中国 · 浙江 杭州 310006

摘 要

我国的普通国省道及农村公路点多面广, 工程项目所面对的自然环境、社会环境, 以及道路运输条件十分复杂。因此, 需从整个路面生命周期出发, 根据路面实际状况, 结合交通流量、气候条件, 科学分析判断沥青路面的舒适养护时机、养护措施, 解决养护难的技术难题。同时, 沥青路面综合养护体系的构建是一个复杂而系统的工程, 需要我们在评价标准、养护时机、养护措施等多个方面进行深入的研究和优化, 以期达到最佳的养护效果, 延长路面的使用寿命, 提高道路的使用效率。本文通过作者在近几年来类似的工作经验, 以基于全寿命周期理论, 阐述沥青混凝土路面综合养护方法提出几点想法, 供同行参考。

关键词

LCC理念; 沥青路面; 综合养护; 方法

1 引言

随着我国高等级公路建设迅猛发展、规模扩大, 传统养护技术及运营管理模式难以适应。目前问题集中在: 现有养护方式与现代交通技术差距渐大, 难以满足养护需求; 养护管理与现实差距大; 养护定额和规范与新型材料及设备不适应, 养护效果不佳; 养护作业关键技术问题多且缺乏针对性。

实践表明, 普通国省道及农村公路养护、运维、施工

成本在全寿命周期占比小, 加强全寿命周期道路养护管理是明智选择。

我国高等级公路多数沥青路面进入养护维修期, 因为大流量和车辆载重比例的不断提升, 沥青路面所承受的压力也在不断增加, 导致路面损坏速度加快, 养护维修工作变得更为频繁和紧迫。同时, 通过近年来主管部门对于路面全寿命周期管理的认识不断加深, 也预示着养护工作正从传统的矫正性养护向更为科学、前瞻的预防性养护转变。

总之, 沥青路面综合养护目标是借助科学技术提升和维持路面品质, 需在科学管理下, 在合适时机采取合适养护措施。

笔者认为, 基于全寿命周期的沥青路面综合养护体系, 应重点需要解决以下 3 个问题:

①系统优化沥青路面综合养护的评价标准。

【基金项目】杭州市交通运输学会科技项目(项目编号: Hzjt202402)。

【作者简介】张龙华(1985-), 男, 中国江苏南京人, 本科, 高级工程师, 从事土木工程研究。

②沥青路面综合养护时机的精准决策。

③综合养护措施的合理选择。

2 沥青路面全寿命周期 (LCC) 概念的提出

基于全寿命 (LCC) 理念, 是基于建设项目全寿命管理中针对路面在营运阶段的狭义管理理念, 旨在通过道路营运过程中如何更好的养护好基础设施, 包括路面, 以最佳状态服务于交通运输的管理模式。

这一新概念的核心在于, 将沥青路面的养护管理, 并贯穿于整个使用周期。通过全寿命周期的成本分析、性能预测以及养护决策优化, 实现路面性能的最大化维持和养护成本的最小化。具体而言, 该概念强调在路面建设的初期就考虑其未来的养护需求, 制定科学合理的养护规划, 确保路面在全寿命周期内都能保持优良的使用性能。同时, 通过实时监测和数据分析, 及时调整养护策略, 以适应路面性能的实际变化, 从而达到延长路面使用寿命、提高行车安全性和舒适性的目的。

3 沥青路面综合养护的评价标准

3.1 沥青路面使用性能的评价指标

沥青路面综合养护的评价标准, 其核心任务在于对沥青路面各类病害进行细致而系统的量化分析。我们通过系统分析, 就沥青路面的整体使用性能进行系统分析。这些评价指标的设定, 旨在为养护工作人员提供一个清晰、明确的养护决策依据, 帮助他们准确判断路面的实际状况, 从而制定出科学合理的养护方案。

此外, 沥青路面使用性能评价指标在构建沥青路面预防性综合养护时机评价标准中至关重要。因此, 这些评价指标不仅是养护决策的重要参考, 更是预防性综合养护体系构建的基础和关键。

3.1.1 沥青类路面使用状况评价指标

沥青类路路面的使用状况评价指标一般包括基本指标和其它指标 2 个方面。

基本指标, 主要包括路面损坏状况指标 PCI、路面行驶质量指标 RQI、路面车辙深度指标 RDI、路面结构强度指标 PSSI。这些指标是评价沥青路面使用状况的关键指标。

其它指标, 包括路面抗滑性能指标 SRI 和路面磨损指数 PWI 等, 也是反映路面使用状况的重要指标。

这些指标不仅能够准确反映沥青路面的承载能力和耐久性, 还能够为养护工作人员提供重要的参考依据, 辅助他们进行科学合理的沥青路面养护决策。

3.1.2 整体评价指标

整体评价指标能够聚焦于某一类或某几类具体的病害, 对它们进行深入细致的分析与评估, 从而更准确地把握病害的发展态势, 为养护时机的确定提供更为可靠的依据。例如, 当沥青路面仅出现轻微的车辙病害时, 通过路面车辙深度指标 RDI 这一分项评价指标, 就可以及时了解车辙的发展程度,

进而判断是否需要进行预防性养护, 而无需考虑其他并未出现的病害类型对整体路面性能的影响。这样不仅可以提高养护决策的效率, 还能有效节约养护成本。无疑会更加贴近实际工程的具体需求。

3.2 预防性综合养护时机的评价标准

根据国家现行的预防性综合养护时机评价标准, 笔者根据浙江省普通国省道及农村公路沥青路面所存在的典型病害类型及其严重程度, 对上述分项评价指标进行了进一步的分析与细化。例如, 针对 PCI (路面损坏状况指数), 结合浙江省不同地区的气候特点、交通流量以及路面材料特性, 制定了更为细致的分级评价标准, 将路面损坏状况划分为轻微、中度、重度三个等级, 并对应不同的养护措施建议。对于 RQI (路面行驶质量指数), 则根据车辆行驶的平稳性、舒适性要求, 设定了具体的阈值范围, 当 RQI 值低于某一阈值时, 即表明路面行驶质量下降, 需要进行相应的预防性养护。同样地, RDI (路面车辙深度指数) 和 SRI (路面抗滑性能指数) 也根据浙江省的实际情况, 制定了相应的评价标准和养护建议, 以确保沥青路面在不同使用阶段都能保持良好的使用性能。基于国家现行预防性综合养护时机的评价标准, 针对浙江省范围的沥青路面预防性综合养护时机评价标准, 其取值标准一般为 PCI (83-90), RQI (82-91), RDI (83-92), SRI (82-87), PSSI (≥ 75)。

然而, 要实现这种高效的预防性养护, 必须满足两个至关重要的关键条件: 首先是选择恰当的时机, 其次是采用适宜的养护方法。所谓恰当的时机, 指的是能够准确识别并确定进行综合预防性养护的最佳时刻, 即在设备或系统尚未出现明显故障迹象之前, 通过科学分析和数据监测, 找到最为合适的时机进行养护, 以确保养护效果的最大化和资源利用的最优化^[2]。

3.3 沥青路面使用性能的预测指标

沥青路面使用性能预测的核心目标是明确预防性综合养护措施的最佳实施时机, 并使评价标准与之匹配。通过建立各指标与路面服役时间的动态关联模型, 可实现路面性能退化的量化预测。具体而言, PCI 值随使用年限增长呈非线性下降趋势, 当其降至 83 以下时, 表明路面已进入预防性养护临界期; RQI 值与行车速度波动率呈负相关, 当平整度衰减导致行车速度标准差超过 5km/h 时, 需考虑实施平整度恢复措施; RDI 值增长超过 15mm 时, 车辙深度将显著影响排水功能, 需及时进行车辙填充处理; SRI 值低于 82 时, 路面抗滑能力不足, 雨天事故率将上升 30% 以上; PSSI 值接近 75 临界点时, 表明结构承载力已接近设计极限, 需采取结构性补强措施。基于多指标协同分析的预测模型, 可构建路面性能衰减的预警体系, 为预防性养护时机的精准判定提供科学依据。综合分析和预测这些指标, 能准确判断路面使用性能, 为预防性综合养护提供科学依据, 提高养护针对性和有效性, 延长路面寿命, 降低成本, 提升道路运输的安全

全性与舒适性。

3.4 预防性综合养护时机的确定

确定其最佳的预防性综合养护时机,应选取典型沥青路面,进行预防性综合养护最佳时机的确定,具体如下:

RQI: 某典型段的实测值 86, 而沥青路面预防性综合养护时机评价标准为 82~91, 根据该路段 RQI 发展趋势, 介于 2027 年至 2029 年之间, 经综合测评, 该典型沥青路面最早预防性综合养护时间为: 年

RDI: 实测某典型路段得 87.58, 其预防性养护时机可按式计算: 根据实测数据和趋势变化, 我们得出以下结论: 沥青路面预防性综合养护时机评价标准为 RDI 为 83~90, 根据该路段 RDI 发展趋势, 介于 2028 年至 2030 年之间, 经综合测评, 该典型沥青路面最早预防性综合养护时间为: 年

SRI: 实测某典型路段得 84.44, 其预防性养护时机可按式计算: 根据实测数据和趋势变化, 我们得出以下结论: 沥青路面预防性综合养护时机评价标准为 SRI 为 82~87, 根据该路段 SRI 发展趋势, 介于 2027 年至 2030 年之间, 经综合测评, 该典型沥青路面最早预防性综合养护时间为: 年

PSSI: 实测某典型路段得 97.97, 其预防性养护时机可按式计算: 根据 PSSI 趋势分析, 随时间增加, 其预测结果未递减, 原因是沥青路面使用性能预测数据集中, PSSI 实测数据本身处高水平, 致 PSSI 模型无法有效捕捉和预测低值数据。基于此分析结果, 可确定某典型路段沥青路面预防性综合养护最佳时机。本文根据前三项的分析, 确定某公路典型路段采取预防性综合养护最佳时机为 2028 年。

4 沥青路面预防性综合养护措施的选择

沥青路面预防性综合养护措施的选择, 一方面应综合运用现有技术手段, 对路面裂缝、车辙、平整度等关键指标进行实时监测和数据分析, 以便精准把握养护时。同时, 通过数据深度分析, 运用最优路径模型, 准确识别出各种因素对路面性能的影响程度, 进而为每个养护路段推荐最为合适的预防性综合养护措施。

4.1 沥青类路面预防性养护措施

沥青路面的预防性养护主要有局部修补、罩面和路面专项养护。

局部修补即针对路面出现的局部病害, 如裂缝、坑槽等, 通过填充、灌缝、贴缝等工艺进行修复。罩面措施则是在原有路面上加铺一层新的沥青混合料, 形成罩面层, 以改善路面的平整度、抗滑性和耐久性。路面专项养护, 即通过铣刨原有路面表层或全部结构层, 然后重新铺筑新的沥青混合料, 以恢复路面的使用性能。

局部修补的核心目标在于延缓病害发展、延长路面使

用寿命并提升使用性能, 罩面的目的提升路面的耐久性, 延长其使用寿命。根据不同的路面状况和需求, 可以选择不同类型的罩面材料, 如薄层罩面、超薄罩面等, 以达到最佳的养护效果。

路面专项养护。是根治沥青类路面的各类早期病害, 它通过高效的拌和设备对这些材料进行均匀拌和, 制备出性能优良的新沥青混合料, 将这种新制备的沥青混合料均匀摊铺到已经铣刨处理过的沥青路面位置, 并进行压实作业, 以确保路面的平整度和密实度, 恢复路面的正常使用功能。值得注意的是, 对于铣刨重铺类而言, 只有就地热再生属于预防性综合养护措施的范畴, 因此, 对于沥青路面的预防性综合养护而言, 铣刨重铺类指的就是就地热再生^[1]。

4.2 预防性综合养护措施的选择

选择一个符合我省地域特性的、能够满足实际工程需要的, 沥青路面预防性综合养护措施非常重要。

沥青路面预防性综合养护措施选择需要一个多重因素组成的选择模型, 即以预测准确率在判断养护措施选择的可靠性, 并决定选用的具体措施。图 5 为某农村公路典型路段根据其调查所得沥青路面病害特征及严重程度、外界因素等多个参数进行建模, 所构建的沥青路面预防性综合养护措施选择模型。该模型是综合考虑施工现场数据修正与调整, 对所测试的应变量 (PCI、RDI、SRI 和 PSSI) 通过系统整合与自然数排序, 并在一系列数据分析基础上所形成的集合。

根据数据分析, 微表处作为土层的数字模型, 在测试集上的表现相对较好, 具体体现在: 模型的预测准确率高达 94, 37, 而铣刨罩面 (2cm), 由此可知, 该类典型路段的最佳养护措施选择为封层类, 若采用铣刨罩面应排序最后。

5 结语

研究与推广基于全寿命管理的沥青路面综合养护关键技术, 不仅能够显著提升我国当前路面养护管理的整体水平, 优化养护工作的效率, 还为路面养护的综合管理、施工、运行、维修及相关法规制定提供了可持续发展的框架, 成为推动路面养护管理不断完善的坚实基础。沥青路面的综合养护应以全寿命周期管理的思路进行科学的管理与决策, 这对于公路管理部门来说具有非常重要的意义。

参考文献

- [1] 赵帅, 张金喜, 崔来军. 基于动态权重的路面使用性能指数评价方法研究[J]. 中外公路, 2017, 37(05): 51-55.
- [2] 李永刚. 沥青路面预防性养护技术在农村公路中的运用[J]. 智能建筑与工程机械, 2024, 6(6): 10-12.
- [3] 陆飞飞. 国省干线公路路面病害机理及大中修方案研究[J]. 交通世界, 2024(15): 135-137.