

高速公路沥青路面预防性养护管理决策

刘耘

(广东能达高等级公路维护有限公司, 广东 广州 510000)

摘要:为规范沥青路面预防性养护管理决策,通过对预防性养护现状进行分析,提出一种沥青路面预防性养护管理决策程序,该程序主要分为初步遴选、经济性分析及多因素加权综合评价分析。综合分析表明,预防性养护方案宜根据路面主要损坏形式进行初选,结合项目具体内外条件,将各因素指标进行多因素加权综合评价,并结合等效年值法综合确定养护方案;各地应注重运营期间检测资料积累,以保证影响因素分析及权值的准确性。实体项目验证表明,该决策程序技术可行、经济合理且实施性强,可用于预防性养护方案管理决策。

关键词:工程管理;沥青路面;高速公路;预防性养护;管理决策

中图分类号:U415.2

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2020)03-0152-04

预防性养护是指在路面结构强度整体性较好,表层出现一定程度损坏但尚未达到大、中修指标阈值时,经过系统预养护使路面质量重新恢复。其核心目标是在提高路面使用质量(包括安全性、舒适性等)的同时,减少道路的全寿命周期成本。目前中国对预防性养护管理决策进行了广泛探索,但普遍缺乏系统性,部分研究成果因技术分析过于严谨导致可操作性差,有的则因地域性局限明显不能广泛推广。因此,有必要进行系统分析,研究技术可行、可操作性强的沥青路面预防性养护管理决策程序,规范沥青路面预防性养护管理决策。

1 预防性养护方案遴选程序

参照 JTG H20-2007《公路技术状况评定标准》及 JTJ 073.2-2001《公路沥青路面养护技术规范》等标准,借鉴各地有关沥青路面预防性养护方案遴选程序,制定如下预防性养护方案遴选程序:

(1) 注重前期养护检测的规范化及数据积累,

根据养护规范制定不同等级公路检测频次,第一时间对运营过程中检测数据进行分析并与累次数据进行对比。预防性养护主要采用的路况评定指标为路面损坏状况指数 PCI、路面行驶质量指数 RQI(行驶质量评价指标)、路面抗滑性能指数 SRI(安全性评价指标)、路面车辙深度指数 RDI(路面变形指标)、路面结构强度指数 PSSI(路面强度评价指标)。在条件允许的情况下,上述指标优先采用自动化设备进行检测,以保证检测的准确性及快速性。

(2) 将当期检测数据与前期数据进行对比,在排除道路可能存在的结构性病害后,判断项目是否需要预防性养护及建议实施预防性养护的路段。若未达到预防性养护技术指标下限,可不进行系统化预防性养护。

(3) 根据路面损害类型及数量,视不同公路等级、不同交通量进行预防性养护方案初步遴选。缺少相关养护管理经验时,可参照表 1 推荐的养护方式进行方案初选。

表 1 沥青路面预防性养护推荐方案

主要损坏类型	推荐养护方案	
	交通量 $\geq 5\ 000$ pcu/d	交通量 $< 5\ 000$ pcu/d
裂缝类	灌缝、贴缝	灌缝、贴缝
纵、横向裂缝	微表处、薄层罩面、复合封层、超薄磨耗层、雾封层	复合封层、稀浆封层、微表处、碎石封层
不规则连通裂缝、龟裂	微表处、薄层罩面、复合封层	复合封层、稀浆封层、微表处、碎石封层
变形类	微表处、薄层罩面、复合封层	复合封层、稀浆封层、微表处、碎石封层
车辙	微表处、薄层罩面、复合封层、超薄磨耗层、雾封层	复合封层、稀浆封层、微表处、碎石封层
松散、坑槽类	微表处、薄层罩面、复合封层	复合封层、稀浆封层、微表处、碎石封层
其他	微表处、超薄磨耗层、复合封层	碎石封层、稀浆封层、微表处
泛油、抗滑性不足、渗水		

(4) 使用财务分析中等效年值法进行预防性养护方案投资效益比较,选取费用最低的方案作为优先推选方案。

(5) 结合项目具体内外部条件,将养护施工后施工质量、抗滑性能、舒适性等路面指标及养护材料获取便利性、是否符合绿色施工原则、对交通通行影响等外部性指标进行多因素加权综合评价,结合上述等效年值法综合确定技术可行、经济合理、实施性强的预防性养护方案。

2 预防性养护方案遴选方法

2.1 初步遴选

根据表1中不同病害类型推荐的养护方案,中国现有预防性养护方案可分为封缝处治、封层处治、罩面处治三类。其中:封缝处治主要用于封闭沥青路面表面浅层裂缝,防止表面雨水渗透至结构层内部造成在行车荷载及寒冷环境下冻胀破坏,封缝材料主要有密封胶、高粘度橡胶沥青及抗裂贴等;封层处治是将路面损坏部位进行整体性修补,根据施工设备限制,一般需进行一段范围连续铺设,主要包括稀浆封层、碎石封层、微表处及复合封层等;罩面处治主要为薄层或超薄层罩面,一般加铺厚度不超过4 cm,主要用于改善沥青路面平整度、抗滑能力等整体性能。

上述预防性养护方案并非一成不变,一般沥青路面会存在多种损害形式,宜根据主要损坏形式进行方案初选。一种损害形式一般可采用不同的养护方案进行处治,一种养护方案也可以处治不同损坏类型,应根据公路等级、交通量等进行选取。

2.2 经济性分析

预防性养护应在保障路面高质量运营的条件下尽可能降低道路全寿命周期运营成本,在进行预防性养护方案遴选时,经济性分析必不可少。而道路全寿命周期成本涵盖各项投资费用,如运营前的投资建设费用、运营中的日常维护费用、大中修费用及达到使用寿命后的道路可利用残值,若为融资型建设道路,还应考虑利息偿还等一系列费用支出。若将全寿命周期各项费用全部予以考虑,虽然技术上更合理,但可操作性将大大降低,也不利于遴选程序的大范围推广。考虑到预防性养护为运营过程中成本支出,在进行预防性养护方案对比时,可不考虑建设期费用、道路残值等费用,使用财务分析中等效年值法进行预防性养护方案投资效益比较。首先确定各养护方案一次性建设所需费用 P ,然后分列出各养护方案完成后路面再次损坏至目前技术状况时可使用年限 n ,根据投资费用 P 计算每年均摊费用:

$$A = P(A/P, i, n)$$

为简化计算,可采用静态财务分析,直接采用以下简化计算方式:

$$A = P/n$$

2.3 多因素加权综合评价

经过上述初步遴选及经济性分析后,可能还存在多个可行的预防性养护方案,针对各项目特有的内外部条件,可将影响方案实施的各因素进行加权分析,以避免养护决策过程中主观影响的决策偏差。引入多因素加权综合评价系数 ω ,先列出影响因素并确定各影响因素权值比例,然后将不同预防性养护方案在各影响因素下进行赋值,赋值范围为1~

表2 多因素加权综合评价矩阵

影响因素	权值/%	各养护方案的评价得分					
		微表处	加权分数	薄层罩面	加权分数	复合封层	加权分数
养护质量	20	1~5		1~5		1~5	
原材质量及获取难度	15	1~5		1~5		1~5	
平整度改善	15	1~5		1~5		1~5	
抗滑性能改善	15	1~5		1~5		1~5	
耐久性	15	1~5		1~5		1~5	
施工对交通影响	10	1~5		1~5		1~5	
是否复合绿色环保原则	5	1~5		1~5		1~5	
项目所在地气候影响	5	1~5		1~5		1~5	
总计	100	—	ω_1	—	ω_2	—	ω_3

注:影响因素及权值可根据项目特性进行调整,但调整参数需经专家评审后确定。

5,该方案受该因素影响大则取高值,反之则取低值。最终根据多因素加权综合评价矩阵(见表2)计算各方案多因素加权综合评价系数 ω , ω 越大,项目越利于该方案实施。各地应注重运营期间检测资料积累,以保证影响因素分析及权值的准确性。

3 预防性养护管理决策应用

以某高速公路部分段落预防性养护为依托工程,该段落全长约40 km,为沥青路面,设计速度

100 km/h。由于该路段连通某省会城市,车流量较大,达10 206 pcu/d,且重载车辆较多,沥青路面已出现各种损坏,主要病害类型及数量统计见表3。

由表3可知:1)相对于其他路面损坏类型,裂缝类(含横向、纵向)病害占比较大,龟裂病害比例也较大。由于道路运营中会不定期地对影响行车安全的较大病害进行修补处理,该路段修补位置较多,而对道路运行安全影响较大的坑槽病害较少。整体而言,该路段存在一定程度损坏,但损坏程度相对较

表3 沥青路面病害类型及数量

损害类型	右幅病害		左幅病害		全路段病害	
	面积/m ²	比例/%	面积/m ²	比例/%	面积/m ²	比例/%
横向裂缝	2 994.395	1.810	1 510.866	0.915	4 505.261 00	1.363
纵向裂缝	1 797.224	1.087	1 303.840	0.790	3 101.065 00	0.938
修补	1 179.095	0.713	322.466	0.196	1 501.561 00	0.455
龟裂	1 879.957	1.137	135.093	0.082	2 015.050 00	0.609
坑槽	29.376	0.017	8.188	0.005	37.563 99	0.011

轻。2)对比左右幅病害数量,左幅损坏比例远高于右幅,除纵向裂缝数量左右幅相当外,其他类型损坏左幅数量为右幅的2~14倍。这主要是由于左幅为通往省会城市方向,车辆一般满载出发而空载返回,轴重不同导致左右幅差异显著。进行路面预防性养护方案设计时,应对左右幅进行差异化考量。

为判断上述裂缝是否为结构性贯穿裂缝,在全路段分别选取10条较大裂缝钻芯取样。芯样外观检查显示,只有2个芯样存在贯穿基层裂缝,其余均为沥青层裂缝,表明该路段结构整体性相对较好,结构安全性储备较高。

基于上述分析,该路段预防性养护决策分析如下:1)该路段左右幅路面损坏差异明显,右幅远小于左幅,基于技术与经济性考虑,可只对左幅进行系统性预防性养护,而右幅保持现有间断性养护即可。2)由于该路段交通量较大,应按大交通量进行养护方案遴选,且需按主要病害类型(纵、横向裂缝及龟裂)进行遴选。由于道路基层结构相对完整,裂缝相对单一、连通裂缝少,该类病害宜采用封缝措施,以阻隔雨水通过裂缝渗入侵蚀道路内部。对于龟裂类型损坏,可选取薄层罩面、复合封层及微表处进行预防性养护处治。3)参照费用效益计算公式进行分析,该路段所有费用均可自筹,不存在借贷利息等其

他费用,可采用简化方式计算,各方案计算结果见表4。结果表明,微表处与薄层罩面的等效年度费用相当,均小于复合封层。4)对初选3个方案进行多因素加权综合分析,按上述推荐的权值等相关参数进行计算,结果显示微表处、薄层罩面、复合封层的多因素加权系数分别为4.11、4.01、3.46,微表处与薄层罩面具有比复合封层更高的计算系数,即更具适用性。5)综上,建议该路段采用微表处或薄层罩面进行预防性养护设计。该路段实际采用4 cm AC-13薄层罩面进行预防性养护处治。

表4 推荐预防性养护方案的等效年度费用计算

预防性养护方案	费用单价/(元·m ⁻³)	预计使用年限/年	等效年度使用费用/[(元·(年·m ³) ⁻¹]
微表处	21	2~3	7.0~10.5
薄层罩面	48	3~5	9.6~16
复合封层	39	2~3	16~19.5

4 结论

通过对中国预防性养护现状的分析,提出一种技术可行、可操作性强的沥青路面预防性养护管理决策程序,该程序主要分为初步遴选、经济性分析及多因素加权综合评价分析。结论如下:

(1) 宜根据路面主要损坏形式进行沥青路面预防性养护方案初选,一种损坏形式一般可采用不同的养护方案,一种养护方案也可以处治不同损坏类型,应根据公路等级、交通量等进行选取。

(2) 应结合项目具体内外条件,将各因素指标进行多因素加权综合评价,结合等效年值法综合确定技术可行、经济合理、实施性强的预防性养护方案。各地应注重运营期间检测资料积累,保证影响因素分析及权值的准确性。

(3) 沥青路面预防性养护管理决策程序技术可行、经济合理且实施性强,可用于预防性养护方案管理决策。

参考文献:

[1] 姚飞.高速公路沥青路面的预防性养护技术研究[D].

part 1: The output-error state-space model identification class of algorithms[J]. International Journal of Control, 1992,56(5).

[8] M Verhaegen, P Dewilde. Subspace model identification part 2: Analysis of the elementary output-error state-space model identification algorithm [J]. International Journal of Control, 1992, 56(5).

[9] T Katayama. Realization of stochastic systems with exogenous inputs and subspace identification methods[J]. Automatica, 1999, 35(10).

[10] T Katayama. Subspace methods for system identification: Communications and control engineering [M]. Springer, 2005.

[11] Luca Facchini, Michele Betti, Paolo Biagini. Neural network based modal identification of structural system-through output-only measurement [J]. Computers and Structures, 2014, 138.

[12] Jordan C Weinstein, Masoud Sanayei, M ASCE, et al.

(上接第 140 页)

[5] 赵朋波. ZJLY 国有勘察设计公司战略转型研究[D]. 兰州: 兰州交通大学, 2019.

[6] 曾朋芳. 工程监理服务和全过程工程咨询服务发展方向[J]. 建筑技术开发, 2019(11).

[7] 李建平. 对监理行业发展的一些思考[J]. 建设监理, 2018(4).

[8] 罗星. 监理服务企业如何在“新常态”下转型升级[J]. 智库时代, 2018(37).

长沙: 长沙理工大学, 2010.

[2] 宋玉娟. 公路预防性养护管理中的难点及整改策略[J]. 交通世界, 2019(33).

[3] 钟彪, 王向峰, 李燕. 水泥混凝土路面预防性养护路况标准与时机决策[J]. 公路, 2020(2).

[4] 张亮. 沥青路面性能预测及预防性养护技术方案选择分析[D]. 广州: 华南理工大学, 2012.

[5] 袁攀辉. 高速公路沥青路面最佳预养护时机的研究[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2017.

[6] 魏显权, 刘谭, 严超. 沥青路面预防性养护雾封层措施应用效果对比研究[J]. 广东公路交通, 2019(6).

[7] 朱默, 黄博, 李友云, 等. 基于沥青混合料疲劳损伤细观力学性能的预防性养护研究[J]. 公路与汽运, 2020(1).

[8] 王向峰, 雍黎明. 公路沥青路面预防性养护路况标准与时机决策研究[J]. 公路工程, 2017, 42(6).

收稿日期: 2020-03-09

Bridge damage identification using artificial neural networks[J]. Journal of Bridge Engineering, 2018, 23(11).

[13] 胡琴, 徐巍, 高飞, 等. 基于 BP 神经网络的 CRTS I 型板式无砟轨道 CA 充填层损伤识别[J]. 土木工程与管理学报, 2018, 35(5).

[14] 李雪松, 马宏伟, 林逸洲. 基于卷积神经网络的结构损伤识别[J]. 振动与冲击, 2019, 38(1).

[15] 李忠献, 杨晓明, 丁阳. 应用人工神经网络技术的大型斜拉桥子结构损伤识别研究[J]. 地震工程与工程振动, 2003, 23(3).

[16] 王柏生, 倪一清, 高赞明. 框架结构连接损伤识别神经网络输入参数的确定[J]. 振动工程学报, 2000, 13(1).

[17] 陆秋海, 李德葆, 张维. 利用模态试验参数识别结构损伤的神经网络法[J]. 工程力学, 1999, 16(1).

[18] 杨杰, 占军, 张继传. MATLAB 神经网络 30 例[M]. 北京: 电子工业出版社, 2017.

收稿日期: 2019-07-24

[9] 纪添成. 规范服务转型发展提升监理工程管理绩效[J]. 建设监理, 2018(6).

[10] 单玉川. 打造工程全生命周期的综合服务商: 浙江工业大学工程设计集团发力工程总承包转型升级之路[J]. 建筑设计管理, 2018(6).

[11] 罗金华. 新形势下监理企业的发展战略[J]. 建设监理, 2011(9).

收稿日期: 2020-01-17