

DOI:10.20035/j.issn.1671-2668.2022.03.036

基于养护经济效益的微表处预养护时机分析

曹海利¹, 付丽红²

(1. 徐州市交通规划设计研究院, 江苏 徐州 221006; 2. 中国矿业大学, 江苏 徐州 221116)

摘要: 以国道 314 线路面综合检测数据为基础, 分别进行运营第 3 年、第 4 年、第 5 年、第 6 年微表处养护, 分析养护后路面评价指标值, 获得不同年限实施预养护后路面状况指数, 确定各年养护的实际面积及养护总费用, 通过求取费用效益比获得最佳养护时机。结果表明, 运营第 3 年实施预养护产生的效益费用比最大, 养护效果最佳; 路面状况指数为良时实施微表处的效益最好。

关键词: 工程管理; 公路; 微表处; 养护经济效益; 养护时机

中图分类号: U415.12

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2022)03-0153-03

预防性养护是确保路面安全、舒适运营的关键。路面预防性养护方法较多, 需根据路面状况科学选择。姚玉玲等对沥青路面预防性养护时机进行研究, 建立了全寿命周期沥青路面预养护时机计算方法; 许德录通过分析公路运营中病害特点及相关养护技术, 提出了沥青路面最佳养护时机的全寿命周期费用确定方法; 王笑凤基于路面性能评价指标实测数据, 提出了考虑养护指标权重的养护时机决策模型。由于研究地域的差异, 预防性养护研究成果参差不齐, 没有形成标准化流程, 缺乏系统性的衡量预期收益的相关标准, 预防性养护监督及效果检验缺乏系统性的制度和办法。该文针对国道 314 线沥青路面, 采用微表处技术进行养护前后路面状况评价, 分析养护效果, 从而确定最佳养护时机。

1 沥青路面性能评价指标

沥青路面性能在使用初期下降最快, 随着使用时间的增加, 路面使用性能持续降低, 降低至某一范围时, 下降速度减慢。沥青路面性能指标的评价标准如下:

(1) 车辙。国内高速公路允许的车辙深度为不大于 15 mm, 评价等级分为优、良、中、次、差, 对应车辙深度分别为 0~5 mm、5~10 mm、10~15 mm、15~20 mm、≥20 mm。

(2) 裂缝。在路面使用初期, 裂缝宽度小于 2 mm 时, 可利用封缝技术进行处治。如果裂缝宽度大于 2 mm, 封缝技术不再适用, 应采取其他养护措施。裂缝宽度、密度分级标准分别见表 1、表 2。

(3) 平整度。路面平整度评价等级分为优、良、

表 1 裂缝宽度分级标准

评价等级	裂缝宽度/mm	破损情况
轻微	2~10	无边缘凹陷
中等	10~20	无边缘凹陷
	<10	边缘凹陷
严重	>20	边缘凹陷
	<20	边缘破损

表 2 裂缝密度分级标准

评价等级	裂缝率/%	横向裂缝间距/m
少许	<20	30~40
频繁	20~50	20~30
严重	>50	10~20

中、差, 对应路面平整度分别为 0~3.42 mm、3.42~5.42 mm、5.42~6.6 mm、>6.6 mm。

(4) 抗滑性。以抗滑系数作为路面抗滑性能评价指标, 分为优、良、中、次、差 5 个等级, 对应摆值分别为 ≥42 BPN、37~42 BPN、32~37 BPN、27~32 BPN、≤27 BPN, 横向力系数分别为 ≥48、40~48、33.5~40、27.5~33.5、<27.5, 路面抗滑性能分别为 ≥90、80~90、70~80、60~70、≤60。

2 养护前后路面状况

国道 314 线巴州境内轮台县野云沟至拉依苏工业园区区段(K551—K654)病害整治工程第二合同段全长 38.56 km, 路基宽度 12 m, 路面宽度 9 m。对原沥青砼面层进行病害处理后, 采用 MS-3 型微表处进行处治。采用综合指标, 结合车辙深度、平整度、裂缝率、破损度、抗滑性能、结构强度系数, 以该

路段各评价指标为依据,通过回归分析建立沥青路面评价指标变化关系,并根据养护技术规范及实际经验值确定各指标在路面性能中的权重,确定预养护路面状况指数。各指标权重见表3。

表3 路面性能评价指标的权重

评价指标	权重	评价指标	权重
车辙深度 RD	0.210	破损面积 DR	0.180
裂缝率 CR	0.220	抗滑性能 SPC	0.114
平整度 IRI	0.170	结构强度系数 SSI	0.110

路面状况指数为:

$$PQI = 0.21RD + 0.22CR + 0.17IRI + 0.18DR + 0.114SPC + 0.11SSI \quad (1)$$

2.1 养护前路面状况

该路段运营5年内评价指标值见表4。

表4 预养护前各通车年限的指标值

通车年限	裂缝率指数	车辙深度指数	平整度指数	破损面积指数	抗滑性能指数	结构强度指数
第1年	89.16	88.26	95.08	89.41	93.12	98.17
第2年	88.53	84.87	94.71	87.68	92.19	97.84
第3年	85.71	79.87	93.32	80.79	87.07	96.70
第4年	81.21	76.69	91.65	74.11	83.32	95.69
第5年	76.81	69.86	88.70	66.77	77.10	93.51

表5 第3年预养护后各指标值

时间	裂缝率指数	车辙深度指数	平整度指数	破损面积指数	抗滑性能指数	结构强度指数
养护后第1年	88.59	86.70	93.22	96.88	96.86	92.61
养护后第2年	86.22	82.23	92.95	94.62	95.87	91.85
养护后第3年	83.20	77.69	92.23	90.79	93.85	90.97

表6 第4年预养护后各指标值

时间	裂缝率指数	车辙深度指数	平整度指数	破损面积指数	抗滑性能指数	结构强度指数
养护后第1年	88.62	86.67	93.30	96.94	96.95	91.45
养护后第2年	87.27	81.12	93.90	94.72	95.98	90.09
养护后第3年	83.72	76.78	92.36	91.78	94.95	89.51

分别为91.73、89.62、87.06。

第5年采用微表处预养护后路面状况指标见表7。由表7可知:第5年实施预养护后,除路面结构

由表4可知:6个关键指标值均随着时间的增长逐步降低,其中破损面积指标降低幅度最大,达25.3%。按式(1)计算各年路面状况指数 PQI ,第1年、第2年、第3年、第4年、第5年的路面状况指数分别为91.45、90.9、86.23、82.56、77.42。

2.2 养护后路面状况

《高速公路养护质量检评方法》对路面预养护时机进行了宏观规定,路面状况指数在90之上时可不采取养护措施。根据养护前路面状况指数值,该路段运营第3年开始路面状况指数小于90,可从第3年开始进行预养护。为确定合理的预养护时机,对第3~6年采用微表处预养护措施时路面指标测试数据进行分析。

第3年采用微表处预养护后路面状况指标见表5。由表5可知:裂缝率、车辙深度、平整度、破损面积、抗滑性能在养护后3年内均得到改善,仅结构强度指标值降低,因为微表处对改善路面强度的效果很小。按式(1)计算,养护后第1年、第2年、第3年的路面状况指数分别为91.82、89.72、86.97。

第4年采用微表处预养护后路面状况指标见表6。由表6可知:第4年实施预养护后,除路面结构强度指标降低外,其他指标均得到改善。按式(1)计算,养护后第1年、第2年、第3年的路面

强度指标降低外,其他指标均得到改善,但相对于第3年、第4年实施微表处,路面指标改善程度降低。

按式(1)计算,养护后第1年、第2年、第3年的路面

表7 第5年预养护后各指标值

时间	裂缝率指数	车辙深度指数	平整度指数	破损面积指数	抗滑性能指数	结构强度指数
养护后第1年	88.07	85.71	92.26	94.75	94.99	88.34
养护后第2年	85.77	79.48	92.13	92.54	94.09	86.92
养护后第3年	81.74	72.97	88.94	88.53	90.84	83.97

状况指数分别为 90.28、87.79、83.6。

第 6 年采用微表处预养护后路面状况指标见表

8。按式(1)计算,养护后第 1 年、第 2 年、第 3 年的

路面状况指数分别为 89.17、86.61、82.4。

表 8 第 6 年预养护后各指标值

时间	裂缝率指数	车辙深度指数	平整度指数	破损面积指数	抗滑性能指数	结构强度指数
养护后第 1 年	87.00	85.13	91.35	93.88	93.69	85.62
养护后第 2 年	84.33	80.48	90.57	91.25	92.37	83.36
养护后第 3 年	82.02	74.00	87.03	86.86	88.07	79.08

对各年实施微表处处治后路面状况指数进行拟合,结果见表 9。

表 9 不同通车年限进行预养护后路面状况指数的变化

采取预养护措施的年限	路面状况指数拟合结果
通车后第 3 年	$y = -0.325x^2 - 1.125x + 93.27$
通车后第 4 年	$y = -0.325x^2 - 1.035x + 93.09$
通车后第 5 年	$y = -0.855x^2 + 0.076x + 91.06$
通车后第 6 年	$y = -0.817x^2 - 0.117x + 90.11$

注: y 为路面状况指数; x 为通车年限。

3 养护效果及最佳养护时机分析

3.1 养护面积

对养护实施效果进行评价,除需评价路面状况指数提高程度外,还需进行养护有效面积分析。根据该路段通车第 3~6 年实施微表处养护时路面状况指数进行全寿命周期内有效面积计算,以 7.5 年为计算年限,即第 3 年进行微表处养护后的最短相对生命周期为 7.5 年。对各年路面状况指数在(0, 7.5)求积分值,得通车第 3 年、第 4 年、第 5 年、第 6 年采取微表处养护后的有效面积分别为 622.18 m²、623.36 m²、565.45 m²、557.65 m²。为保持各年计算的有效面积一致,第 4 年、第 5 年、第 6 年均采用 7.5 年的相对生命周期。

3.2 经济效益评价

国道 314 线整个线路每年投入的养护费用为 5 万元/km,而微表处养护成本为 20 万元/km。预养护费用主要考虑建设期建设费、日常养护费、养护后残余值,即总养护费用=建设费+日常养护费-养护后残余值。为分析简便,不考虑整个路段的建设费用,仅考虑养护日常费用及残余费用。养护残余值 S 通过路面剩余寿命与预期寿命比值来确定,按式(2)计算。以路面状况为“中”等级作为路面预期寿命值。以第 3 年预养护为例,路面预期寿命值见式(3)。

$$S = (1 - y_1/y_2)C \quad (2)$$

式中: y_1 为养护施工年份与预期使用寿命的差值; y_2 为预期使用寿命; C 为预养护实施成本。

$$\begin{cases} y = -0.325x^2 - 1.125x + 93.27 \\ y = 70 \end{cases} \quad (3)$$

养护年限统一为 7.5 年,则第 3 年日常养护时间为 8.5 年。第 3 年采取预养护措施时日常养护费用为 $5 \times 8.5 + 20 = 62.5$ 万元。按式(3)计算,得 $x = 6.9$,即路面预期寿命为 6.9 年。按式(2)计算,第 3 年路面残余值为 $20 \times (1 - 3.9/6.9) = 8.70$ 万元。

不同通车年限采取预养护措施时的经济效益见表 10。

表 10 不同年份采取预养护措施时的经济效益

预养护时间	路面预期寿命/年	日常养护时间/年	日常养护费用/万元	路面残余值/万元	总费用/万元
通车后第 3 年	6.90	8.5	62.50	8.70	53.80
通车后第 4 年	6.99	9.5	67.50	11.44	56.06
通车后第 5 年	5.02	10.5	72.50	19.92	52.58
通车后第 6 年	4.89	11.5	77.50	24.54	52.96

3.3 最佳养护时机

各年实施预防性养护的总费用、养护面积均不同,为便于比较,采用费用效益比来评价养护效益。养护效益比为养护总费用与养护面积的比值,计算得通车第 3 年、第 4 年、第 5 年、第 6 年实施微表处

的费用效益比分别为 11.57、11.13、10.75、10.53。在第 3 年实施微表处养护的费用效益比最大,在养护面积及效果一定的情况下投入的养护资金最少,为最佳养护时机。一般路面养护费用会随着路面状况

(下转第 161 页)