

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)。

$$S = (1 - y_1 / y_2) C \tag{2}$$

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。

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

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)