

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2022.03.010

# 公路沥青路面养护决策模型优化方法研究

林立宽

(广西百色公路发展中心,广西 百色 533000)

**摘要:**该文通过理论计算结合大数据统计分析,找到了通过路面局部病害处治恢复路面整体破损状况指数的边界条件。在养护决策及养护需求分析过程中,可根据该边界条件,快速筛选出当前路况较差,但仅通过日常养护措施即可有效恢复路况水平的路段。从而可有效减少全路网养护工程资金需求,提高养护资金使用效率。另外,利用开裂率及灌缝率两项指标,并结合  $PCI$ 、 $RQI$  及  $PSSI$  3 项指标构建的养护需求分析模型,可更为精确地划分养护路段类型,提高养护方案设计准确性。

**关键词:**公路; 沥青路面; 养护决策; 评价指标; 灌缝效果

**中图分类号:** U416.217

**文献标志码:** A

公路沥青路面破损状况指数( $PCI$ )是路面技术状况评定的重要指标之一,用于评价沥青路面病害发展状况。在进行养护决策分析及选择养护对策时, $PCI$  指标常作为重要的决策指标。由于路面日常养护措施对  $PCI$  指标的计算结果影响较大,也直接影响到该评价路段的养护对策。该文将根据路面病害发展程度及养护维修情况,利用大数据统计分析方法,研究提出公路日常养护策略使用的边界条件,从而为开展公路路面养护科学决策提供数据支撑。

## 1 分析方法

### 1.1 分析思路

根据 JTG 5210—2018《公路技术状况评定标准》的规定,路面损坏状况指数( $PCI$ )的计算公式如下:

$$PCI = 100 - a_0 DR^{a_1} \quad (1)$$

$$DR = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^{i_0} w_i A_i}{A} \quad (2)$$

式中: $DR$  为路面破损率(%); $w_i$  为第  $i$  类路面损坏的权重或换算系数,见表 1; $i$  为路面损坏类型,包括损坏程度(轻、中、重)。

由表 1 可看出:修补病害在破损率计算中权重仅为 0.1,而重度的裂缝病害计算权重为 1,即 10 条修补病害的影响效果等同于 1 条相同长度的重度裂缝。结

表 1 沥青路面损坏类型、权重及换算系数

类型( $i$ )	损坏名称	损坏程度	计量单位	权重( $w_i$ )
1		轻		0.6
2	龟裂	中	面积( $m^2$ )	0.8
3		重		1.0
4		轻		0.6
5	块状裂缝	重	面积( $m^2$ )	0.8
6		轻		0.6
7	纵向裂缝	重	长度 $\times 0.2$ m	1.0
8		轻		0.6
9	横向裂缝	重	长度 $\times 0.2$ m	1.0
10		轻		0.6
11	沉陷	重	面积( $m^2$ )	1.0
12		轻		0.6
13	车辙	重	长度 $\times 0.4$ m	1.0
14		轻		0.6
15	波浪拥包	重	面积( $m^2$ )	1.0
16		轻		0.8
17	坑槽	重	面积( $m^2$ )	1.0
18		轻		0.6
19	松散	重	面积( $m^2$ )	1.0
20		轻		0.2
21	泛油		面积( $m^2$ )	0.2
21	修补		面积或长度 $\times 0.2$ m	0.1

收稿日期:2021-03-26

基金项目:广西重点研发计划项目(编号:桂科 17292061)

作者简介:林立宽,男,硕士,高级工程师, E-mail:489584225@qq.com

合式(2)可知,当病害权重  $w_i$  降低 10 倍时,相同面积  
的病害计入破损率  $DR$  也降低 10 倍,从而计算的

$PCI$  指标相应可有一定程度的提升。灌缝对于路面  
破损状况指标  $PCI$  的影响如表 2 所示。

表 2 路面病害修补效果对比分析

路面病害发展程度	未灌缝	已修补	$PCI$ 提升率/%
1 车道公里有 20 条重度横向裂缝(50 m/条)	$DR=0.4\%$ $PCI=90$	$DR=0.04\%$ $PCI=96$	7
1 车道公里有 100 条重度横向裂缝(10 m/条)	$DR=2\%$ $PCI=80$	$DR=0.2\%$ $PCI=92$	15
1 车道公里存在 1 000 m 重度纵向裂缝	$DR=5.3\%$ $PCI=70$	$DR=0.53\%$ $PCI=88$	26
1 车道公里存在 100 m 重度龟裂	$DR=10\%$ $PCI=60$	$DR=1\%$ $PCI=85$	42

由表 2 可看出:修复措施可显著提升原有路面  
 $PCI$  指标,特别是已有破损面较大的路段,通过灌缝  
或块状修补,可将  $PCI$  指标恢复至优良的水平。故在  
年度路况检测及养护资金分配前,大规模开展病害处  
治可有效提升整体路况,优化养护计划及养护策略。

该文在以上分析基础上,建立以路面开裂率及灌  
缝率组成的病害评价指标体系,通过路网大量数据的  
统计分析,提出基于病害评价指标体系的公路路面养  
护需求边界条件,可进一步优化现有路面管理系统分  
析模型,提高养护决策准确性及科学性。

1.2 数据来源

2007 年以来,随着 JTG H20—2007《公路技术状  
况评定标准》的颁布实施及路况快速检测装备的逐渐  
普及,中国各省份均开展了年度路况普查工作。特别  
是针对普通国省道及高速公路,随着路况普查工作的  
逐年开展,各省份均积累了丰富的路况数据。该文数  
据样本选取中国南方某省国省干线公路网约 2 500  
km 公路路面连续 7 年跟踪观测数据进行统计分析。  
重点提取了病害明细中的条修面积及横向裂缝、纵向  
裂缝面积等几类数据,以每公里评价单元的数据指标  
作为样本单元,主要指标类型见表 3。

表 3 基本数据项目

指标名称	代号
路面破损状况指数	$PCI$
路面条修面积	$A_r$
路面现有裂缝面积(横向裂缝及纵向裂缝)	$A_c$

1.3 评价指标

为了对沥青路面裂缝病害分布及灌缝情况进行统  
计分析,定义以下两个评价指标:

(1) 开裂率:指路面所有裂缝(包括已灌缝及未灌  
缝)面积占路面总面积的百分率:

$$CR=(A_r+A_c)/A\times100\%$$
 (3)

(2) 灌缝率:指已灌缝裂缝面积占路面所有裂缝面  
积的百分率:

$$RR=A_r/(A_r+A_c)\times100\%$$
 (4)

1.4 统计方法

利用以上指标,分别计算下面几种情况下  $PCI$  指  
标的变化情况:① 若所有未灌缝裂缝均进行灌缝,  
 $PCI$  指标恢复情况:可用于评价该路段  $PCI$  指标在  
现有养护程度基础上仍具备的提升空间;② 若所有需  
灌缝均未灌缝, $PCI$  指标衰减情况:可用于评价现  
有路面结构开裂的严重程度,即所有的裂缝均未得到  
处理时路面原始  $PCI$  指标情况。

$PCI$  指标恢复情况:根据已有病害种类及数量,  
在计算全路段破损率时,调整该类病害的影响权重:情  
况①,将裂缝的权重调整为 0.1 代入运算;情况②,将  
条状修补病害的权重调整为 1 代入运算。

2 分析结果

(1) 实际  $PCI>90$ ,  $CR<0.4\%$ (图 1、2)

由图 1、2 得知:当实际路况较好,  $PCI>90$ ,  $CR<$   
 $0.4\%$  时,即现有路面裂缝较少时,即使全线仅有 10%  
的裂缝得到灌缝处理,其  $PCI$  指标也能达到优等的水

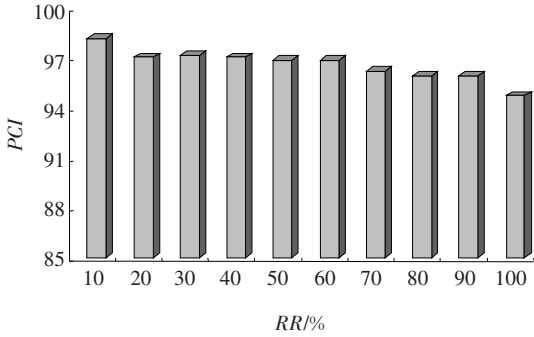


图 1 未灌缝裂缝均进行灌缝

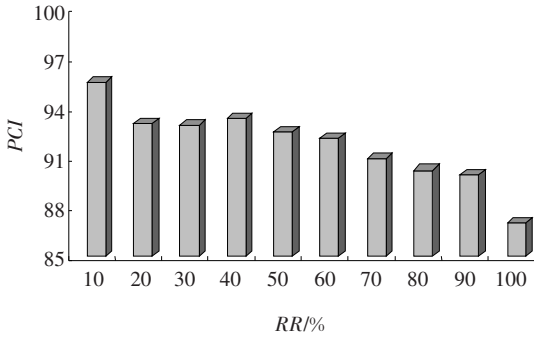


图 2 所有需灌裂缝均未灌缝

平,对于该类路段,维持正常的日常养护即可。  
(2) 实际  $80 < PCI < 90, CR < 0.4\%$  (图 3、4)

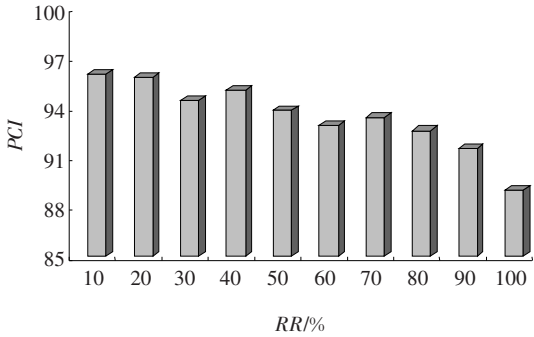


图 3 未灌缝裂缝均进行灌缝

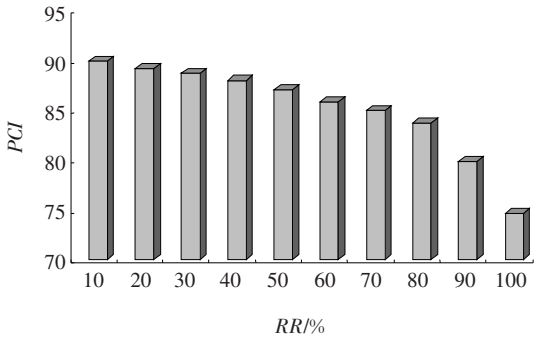


图 4 所有需灌裂缝均未灌缝

由图 3、4 得知:当  $80 < PCI < 90$ , 开裂率  $< 0.4\%$  时,即路面裂缝不是主导病害时,若现有灌缝率已大于  $90\%$  时,通过灌缝维修已无法将路面  $PCI$  指标恢复至优等。

(3) 实际  $80 < PCI < 90, 0.4\% < CR < 2\%$  (图 5、6)

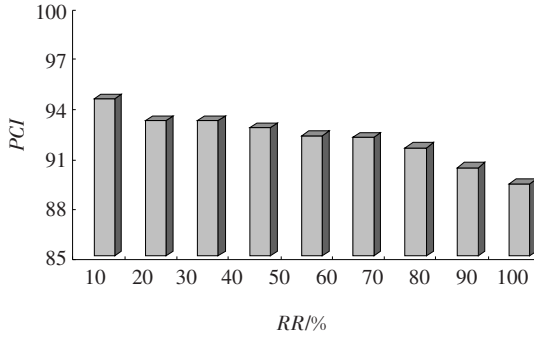


图 5 未灌缝裂缝均进行灌缝

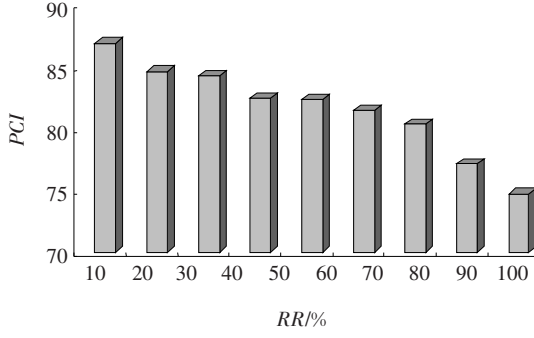


图 6 所有需灌裂缝均未灌缝

由图 5、6 可知:现有路况水平处于良等水平,且路面裂缝属于主导病害时,若现有灌缝率已经大于  $80\%$  时,则再通过灌缝维修已无法将路面  $PCI$  指标恢复至优等;若此时灌缝率已大于  $70\%$ ,说明原有裂缝病害较多,其  $PCI$  指标的衰减速度将大于正常完好路面的衰减速度,有可能很快会衰减到中等的水平,此时建议采取整体性维修措施。

(4) 实际  $70 < PCI < 80, CR < 2\%$  (图 7、8)

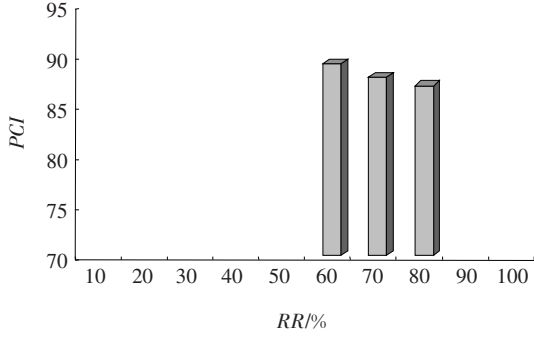


图 7 未灌缝裂缝均进行灌缝

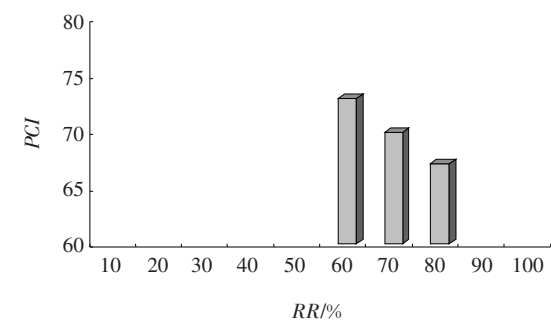


图8 所有需灌裂缝均未灌缝

由图7、8可知:现有路况水平处于中等,路面裂缝不属于主导病害时,此时通过灌缝措施已无法将路面PCI指标恢复至优等水平;若此时灌缝率已大于70%,其PCI指标有可能很快会衰减到次等的水平,此时建议采取整体性维修措施。

(5) 实际  $70 < PCI < 80, 2\% < CR < 5.5\%$  (图9、10)

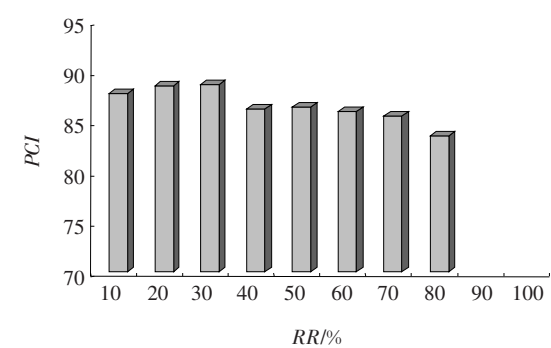


图9 未灌缝裂缝均进行灌缝

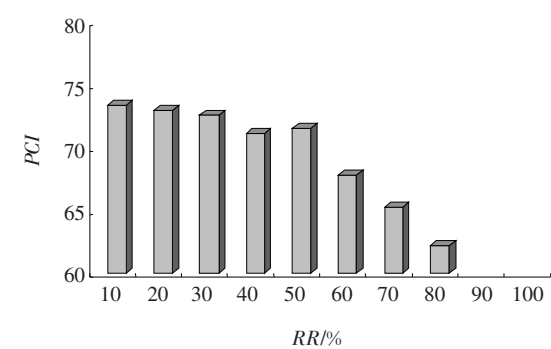


图10 所有需灌裂缝均未灌缝

由图9、10可知:现有路况水平处于中等,路面裂缝属于主导病害时,此时通过灌缝措施仅能将PCI恢复至良等水平,而无法恢复至优等水平;若此时灌缝率已大于50%,其PCI指标有可能很快会衰减到次等的水平。

(6) 综合分析(图11、12)

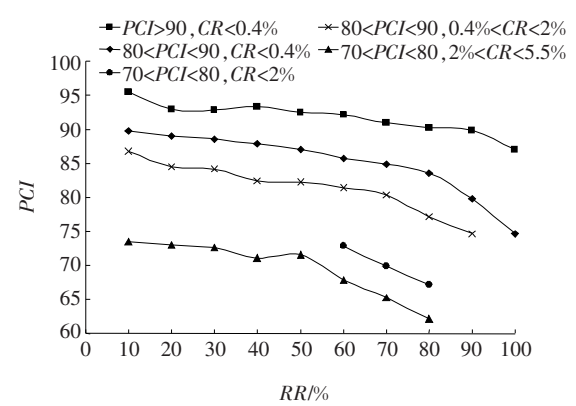


图11 若所有需灌缝裂缝均未灌缝,PCI指标值衰减情况

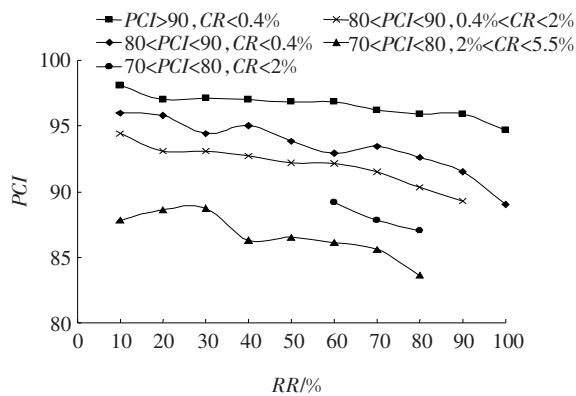


图12 若所有未灌缝裂缝均进行灌缝,PCI指标值恢复情况

由图11、12推算出通过灌缝处理即可将原有路面PCI指标恢复至优等水平的临界条件:

(1)  $80 < PCI < 90, CR < 0.4\%$  时,且现有  $RR < 90\%$ 。

(2)  $80 < PCI < 90, 0.4\% < CR < 2\%$  时,且现有  $RR < 70\%$ 。

### 3 养护需求分析模型优化

基于以上数据统计及分析结果,发现利用开裂率及灌缝率这两项指标,结合PCI指标,可将养护需求分类进一步细化,区分出虽然当前破损状况指数较低,但仅经过灌缝处治,就可恢复路面PCI指标的养护需求类型路段,从而避免了养护工程投资的浪费,提高了决策的科学性及针对性。故在养护决策树的第二及第三阶段,增加开裂率及裂缝率两项指标;同时,决策树中也考虑了将车辙病害、抗滑不良及平整度不良、结构强度不足等问题进行区分,便于采取更有针对性的养护措施。利用PCI、RQI(路面状况指数)、PSSI(路面结构强度指数)及开裂率、灌缝率等几项指标,构建

了公路路面养护需求分析及养护对策选择方法,如表 4 所示。

表 4 养护需求分析及养护对策选择方法

阶段一		阶段二		阶段三		阶段四		路况描述	建议养护对策			
指标	值域	指标	值域	指标	值域	指标	值域					
PCI	80~90	CR	0.4%~2.0%	RR	RQI	≥70	SRI	≥80	破损状况优等,路面无其他病害	日常养护		
						≤0.4%	≤70	—	≤80	破损状况优等,路面抗滑性能不良	抗滑专项处治	
									破损状况优等,车辙病害突出	车辙专项处治		
					≥0.4%	≥90%	—	4	裂缝是主导病害,大部分裂缝已得到处治; 若所有裂缝未得到处理,PCI 处于 80~85	日常养护或预养		
								5	裂缝是主导病害,大部分裂缝未得到处治; 若所有裂缝未得到处理,PCI 处于 85~90	开展专项调查,分析影响平整度的原因及路面破坏层位		
								6	裂缝是主导病害,大部分裂缝已得到处治; 若所有裂缝未得到处理,PCI 处于 70~75	中修,对面层裂缝病害应重点处治		
					≥2.0%	≤70%	—	7	裂缝是主导病害,大部分裂缝未得到处治; 若所有裂缝未得到处理,PCI 处于 75~80	中修或预养,对面层裂缝病害应重点处治		
								8	裂缝是主导病害,大部分裂缝已得到处治; 若裂缝未得到处理,PCI 处于 80~85	预养或中修,应进行整体灌缝,再整体恢复路况水平		
								9	裂缝是主导病害,大部分裂缝未得到处治; 若裂缝未得到处理,PCI 处于 85~90	预养或日常养护,应进行整体灌缝,再整体恢复路况		
					≤0.4%	≥70	—	10	破损状况良等,裂缝不是主导病害,路面平整度状况良好	日常养护或预养,重点处理局部变形类病害		
								11	破损状况良等,裂缝不是主导病害,路面平整度状况不良	基层或路基变形影响路面平整度,需开展专项处治		
								≥70	—	破损状况中等,裂缝不是主导病害,路面平整度状况良好	中修	
					70~80	RQI	≤70	—	破损状况中等,裂缝不是主导病害,路面平整度状况不良	中修或大修,重点处理面层病害		
									≥80	—	路面破损严重,结构强度充足	中修或大修,重点处理面层病害
									≤80	—	面破损严重,结构强度不良	大修,结构补强

段,提高养护方案设计的准确性。

4 结论

通过理论计算及大数据分析,找到通过日常养护措施可有效恢复公路路面路况水平的边界条件:

(1)  $80 < PCI < 90$ ,  $CR < 0.4\%$  时,且现有  $RR < 90\%$ 。

(2)  $80 < PCI < 90$ ,  $0.4\% < CR < 2\%$  时,且现有  $RR < 70\%$ 。

同时,利用新构建的病害评价指标体系,结合 PCI、RQI 及 PSSI 等技术状况评定指标,提出了优化的养护需求分析方法,可更为准确地筛选养护需求路

参考文献:

[1] 交通运输部公路科学研究院.公路技术状况评定标准: JTG 5210—2018[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2018.

[2] 潘玉利.路面管理系统原理[M].北京:人民交通出版社,1998.

[3] 姚祖康.对我国沥青路面现行设计指标的评述[J].公路,2003,48(2):43—49.

[4] 李志刚,邓学钧,顾锋.高速公路沥青路面性能综合评价模型的探讨[J].东南大学学报(自然科学版),2000,30(4):129—131.

- [5] 张敏江,田佳瑜,董是,等.公路沥青路面基层技术状况评价指标[J].沈阳建筑大学学报(自然科学版),2014,30(3):457—463.
- [6] 柯文豪,雷宇,陈团结.基于路用性能的沥青路面全寿命周期设计方法[J].长安大学学报(自然科学版),2013,33(3):7—13.
- [7] 张争奇,尚同羊,孔慧,等.基于现场钻芯取样的沥青结构层抗车辙性能评价方法[J].中国公路学报,2012,25(5):31—37.
- [8] 李国强,蒋志仁.沥青路面使用性能指标研究[J].重庆交通大学学报(自然科学版),1995,14(1):47—55.
- [9] 赵苏,田中心,孔德宇,等.利用印尼布敦岩沥青制备改性沥青[J].沈阳建筑大学学报(自然科学版),2014,30(2):291—297.
- [10] AVANZA M, ACEVEDO B, CHAVES M, et al. Nutritional and Anti-Nutritional Components of Four Cow Pea Varieties under Thermal Treatments: Principal Component Analysis[J]. LWT-Food Science and Technology, 2013, 511: 148—157.
- [11] DANIAL M, HAMID B, RATNASAMY M. Pavement Rehabilitation and Maintenance Prioritization of Urban Roads Using Fuzzy Logic[J]. Expert Systems with Applications, 2011, 38(10): 12 869—12 978.
- [12] GU Weihua, OUYANG Yanfeng, SAMER M. Joint Optimization of Pavement Maintenance and Resurfacing Planning[J]. Transportation Research Part B, 2012, 46(4): 511—519.
- [13] MOHAMMAD M, KOJI T. Trend Curve Optimal Control Model for Optimizing Pavement Maintenance Strategies Consisting of Various Treatments[J]. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 2012, 27(3): 155—169.
- [14] KimSungho. Performance of Polymer-Modified Asphalt Mixture with Reclaimed Asphalt Pavement[J]. Transportation Research Record, 2009, 2 126(1): 109—114.
- [15] EONGDONG W, NAKSEOK K. Angular Fuzzy Logic Application for Pavement Maintenance and Rehabilitation Strategy in Ohio[J]. KSCE Journal of Civil Engineering, 2006, 10(2): 81—89.
- [16] DARKO M, KSENIJA S, ANAMARIJA J. Application of AHP Model and Survey Results in Deciding on a Product Line in Furniture Industry[J]. Drvna Industrija, 2010, 61(2): 139—144.
- [17] 张丽君,宁春艳,王淑兰,等.添加氧化物对  $\text{NiFe}_2\text{O}_4-0.5\text{NiO}$  阳极性能的影响[J].材料与冶金学报,2013,12(2):128—131.
- [18] 王朝辉,王丽君,白军华,等.基于时段的沥青路面预防性养护时机与对策一体优化研究[J].中国公路学报,2010,23(5):27—34.