

# 基于蒙特卡洛检验的沥青路况评价模型破损面积修正方法

李其轩<sup>1</sup>, 于洪江<sup>1</sup>, 张晓义<sup>2</sup>, 唐志强<sup>3</sup>

(1.空军工程大学机场建筑系,西安,710038;2.空防六处,湖南衡阳,421001;  
3.陕西建华招投标代理咨询有限责任公司,西安,710003)

**摘要** 针对现行规范中对沥青路面破损面积的评定不够明确等问题,提出修补宽度达到路段宽度时不应参与路面破损状况评价,重新选取修补损坏面积换算系数( $K$ )为0.7;提出一种基于蒙特卡洛算法的 Matlab 检验方法对  $K=0.7$  的合理性进行了检验,先将已有数据输入 Matlab 分布拟合,得出影响路况指数(PCI)的修补面积、裂缝总长度、其他破损面积等因素服从的分布函数,进而使用蒙特卡洛算法模拟得出大量数据,计算相应的 PCI,得出路况评价结果。最后通过与实际路况比较和实际工程应用进行检验,证明了  $K$  取 0.7 可以得到合理的统计计算破损面积方法。

**关键词** 沥青路面;路况评价;破损面积;蒙特卡洛仿真

**DOI** 10.3969/j.issn.1009-3516.2015.05.022

**中图分类号** TU418.4 **文献标志码** A **文章编号** 1009-3516(2015)05-0093-03

## A Statistical Damage Area Evaluation Model of Asphalt Pavement Condition Based on Monte Carlo Testing Method

LI Qixuan<sup>1</sup>, YU Hongjiang<sup>1</sup>, ZHANG Xiaoyi<sup>2</sup>, TANG Zhiqiang<sup>3</sup>

(1.Aeronautics and Astronautics Engineering College, Air force Engineering University,X'an 710038, China;2.Air force Sixth Defense Department, Hengyang 421001, China;3.Shaanxi Jianhua Bid Consulting co.LTD,Xi'an 710003, China)

**Abstract:** Aimed at the problems that evaluation of pavement damage area in current standards is not clear enough, a current asphalt pavement condition evaluation model is introduced. If the repair area width reaches the pavement width, this should not be involved in pavement damage condition evaluation. Conversion coefficient  $K$  of repairing damage area should be 0.7. A Matlab testing method based on Mandonte Carlo algorithm is put forward to examine the rationality of  $K$  being 0.7. The concrete conditions are as follows: First, input the known data to Matlab to fit, and then, derive the functions of elements obey affected pavement condition index, such as repair area, total crack length and other damage areas, etc., Last, calculate the corresponding PCI to get the result of pavement condition evaluation by using Monte Carlo algorithm. Through the comparison with the actual pavement conditions and the actual test, the rationality of  $K$  being 0.7 is verified.

**Key words:** asphalt pavement; current maintenance standard; pavement condition evaluation; damage area

收稿日期:2014-11-27

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51208507)

作者简介:李其轩(1992-),男,陕西西安人,硕士生,主要从事道路与铁道工程研究.E-mail:liqixuan19921210@163.com

**引用格式:**李其轩,于洪江,张晓义,等.基于蒙特卡洛检验的沥青路况评价模型破损面积修正方法[J].空军工程大学学报:自然科学版,2015,16(5):93-95. LI Qixuan, YU Hongjiang, ZHANG Xiaoyi, et al. A Statistical Damage Area Evaluation Model of Asphalt Pavement Condition Based on Monte Carlo Testing Method[J]. Journal of Air Force Engineering University: Natural Science Edition, 2015, 16(5): 93-95.

目前,公路养护维修决策中的路况评价依据养护规范等文件进行。但现行规范中对沥青路面破损面积的评定不够明确,评价方法较为随意,文献[1~8]分别就不同的路况评价模型进行了研究。本文针对路况破损面积评定,分析了破损状况统计的种类和各类型破损面积换算为总破损面积系数  $K$  的取值,并通过蒙特卡洛方法检验其可行性。

### 1 现行评价模型中存在的问题

某高速公路 1999 年底通车投入运营,2006 年开始进行表面处治,出现的病害类型包括横缝、纵缝、网裂、车辙、拥包、泛油等。主要问题分析:①在道路运营期间存在严重超载问题导致裂缝、车辙和拥包等病害,道路结构层不同程度损坏;②当出现路面裂缝时、在行车荷载以及雨水的共同作用下,路面出现裂缝增加、唧浆等病害,进一步发展为坑槽。调研发现,由东至西方向因主要行驶进城运输车辆,自重较大,路段病害较为严重,不少路段已进行修补,有的经多次重复修补;由西至东方向主要行驶出城空车,维修较少,但表面有大量横缝,纵缝、网裂、龟裂以及车辙等病害。

表 1 重铺面积作为修补面积是否参与换算评定对照表

Tab.1 Comparison chart of whether relaying area participates in conversion and evaluation as repairing area

| 情况分类  | 修补面积/m <sup>2</sup> | 其他破损总面积/m <sup>2</sup> | DR    | PCI    | 评定等级 |
|-------|---------------------|------------------------|-------|--------|------|
| 作为破损  | 3 750.00            | 0.00                   | 10.00 | 61.27  | 中    |
| 不作为破损 | 0.00                | 0.00                   | 0.00  | 100.00 | 优    |

#### 1.2 路况评价

按照现行规范,将小面积路面修补看作“修补损坏”,取  $K$  为最小换算系数 0.1,对由东到西行驶方向的该路部分路段路况评价见表 2。各路段标记起点桩号,宽度取两车道 7.5 m。根据表中 PCI,得出该路段评价等级为“良好”。实际路段已开始“老龄化”,出现横缝、纵缝、网裂等病害,应立即维护。计算结果与实际脱节的原因:道路管理单位针对道路病害,及时进行了处治,因而路况调查获得的是修补过的面积,掩盖了实际情况。而  $K$  取最小值 0.1 降低了破损程度,提高了评定等级。综上,按照现行规范进行路面破损状况评定,结果与实际不符。

表 2 某高速公路部分路况调查数据综合表

Tab. 2 Comprehensive chart of part of the pavement condition

| 桩号    | 修补面积/m <sup>2</sup> | 裂缝总长度/m <sup>2</sup> | 其他破损面积/m <sup>2</sup> | DR   | PCI   | 评价等级 |
|-------|---------------------|----------------------|-----------------------|------|-------|------|
| K1448 | 758.9               | 40.00                | 4.90                  | 1.12 | 84.29 | 良    |
| ⋮     | ⋮                   | ⋮                    | ⋮                     | ⋮    | ⋮     | ⋮    |
| k1470 | 331.25              | 217.50               | 3.14                  | 0.72 | 86.93 | 优    |

## 2 基于蒙特卡洛方法的破损面积修正检验

修补面积特点和行车平稳性受路面横向状况影响严重,基于这一特性将小于一个行车宽度的路面修补重铺作为破损面积进行评价。而整车道面积不

### 1.1 破损面积的统计

按照现行养护规范<sup>[9]</sup>,路面破损评价采用路面状况指数(PCI)和沥青路面破损率(DR),计算为:

$$DR = D/A \times 100 = \sum \sum D_{ij} K_{ij} / A \times 100 \quad (1)$$

式中:DR 为路面破损率;  $D$  为折合破损面积, m<sup>2</sup>;  $A$  为总面积, m<sup>2</sup>;  $D_{ij}$  为各种类型的破损面积, m<sup>2</sup>;  $K_{ij}$  为各类型破损面积换算为总破损面积系数。

现行养护规范的评估包括:①路面破损评价;②路面结构承载力评价。采用了强度指数(SSI)作为评价指标;③行驶质量评价;④路面的综合评价。路面的综合评价采用路面综合评价指标 PQI。

现行规范对于重铺路面是否作为修补损坏面积参与路况评定没有明确规定。设定一条长 1 km、车道宽 3.75 m 的全路段重铺路面,无任何病害发生,根据规范,取最小值  $K = 0.1$ ,分别将重铺路面作为破损和不作为破损,对该车道进行评价。作为破损时,DR=10,则 PCI=61.27;不作为破损时,DR=0, PCI=100,见表 1。2 种情况 PCI 相差 38.73 分。一段完全铣刨路面不能作为全新路面,但路面没有病害破损,可以评定为“优”,路面也应以日常养护为主。而如果评定为“中”相应的养护对策应是中修罩面,显然不合理。

参与评价。对于参与路面破损状况评价的小面积修补,应选择合适的  $K$  值,以得到与实际相符的评价结果。

规范<sup>[9]</sup>对于局部修补面积路段  $K$  的选取没有明确规定。修补路段不应作为破坏最严重区域,也不应作为完好路面,而小面积修补往往导致路面损坏。因此,取局部修补面积路段的  $K$  值为 1.0 和 0.4 的均值 0.7,对表 2 重新计算得表 3。

表 3  $K = 0.7$  时的路况调查数据综合表Tab. 3 Pavement condition comprehensive chart when  $K = 0.7$ 

| 桩号    | 修补面积/ $m^2$ | 裂缝总长度/ $m^2$ | 其他破损面积/ $m^2$ | DR   | PCI   | 评价等级 |
|-------|-------------|--------------|---------------|------|-------|------|
| K1448 | 758.49      | 40.00        | 4.90          | 7.19 | 66.19 | 中    |
| ⋮     | ⋮           | ⋮            | ⋮             | ⋮    | ⋮     | ⋮    |
| K1470 | 331.25      | 217.50       | 3.14          | 3.37 | 75.27 | 良    |

根据该结果,应采取“中修罩面”的维护对策,符合该路段实际情况。

以上得出的  $K = 0.7$  结论仅基于测得数据,是否合理需经大样本检验。本文提出一种基于蒙特卡洛算法(Monte Carlo Algorithm)的 Matlab 检验方法,先将已有数据输入 Matlab 进行分布拟合,得出影响 PCI 因素服从的分布函数,进而使用蒙特卡洛算法模拟得出大量数据,代入  $K = 0.7$  计算 PCI,得出路况,并与实际比较,判断  $K$  取 0.7 是否合理。

如果一个量受许多微小的独立随机因素影响,则可认为它服从正态分布。首先假设影响 PCI 值的 3 个因素均服从正态分布,输入表 3 数据,使用 kstest 语句,按照置信度 95% 拟合,得到只有修补面积服从,用 save 命令保存参数 mu(均值),sigma(标准差);进而假定裂缝总长度、其他破损面积服从常用的对数正态分布,经判断只有裂缝总长度符合;最后判断其他破损面积是否符合常用的  $\gamma$  分布(形状参数  $\alpha$ , 尺寸参数  $\beta$ )、泊松分布(参数  $\lambda$ )、Rayleigh 分布(参数  $\sigma$ ),经 Matlab 编程,其符合  $\gamma$  分布。以上判断均可保存分布参数。

### 3 蒙特卡洛模拟

根据 Matlab 拟合结果,采用蒙特卡洛算法,根据三因素的分布,使用 normrnd 命令、lognrnd 命令和 gamrnd 命令,调用分布参数,随机生成大量三因素数据(本文取 1 000 个)。之后,代入  $K = 0.7$  计算 PCI,与实际路况相符。

### 4 结论

本文通过实例分析,基于蒙特卡洛算法的 Matlab 检验,得出如下结论:

- 1) 小于一个行车宽度的路面修补及重铺参与路面破损状况评价,而整车道修补面积不参与路面破损评价;
- 2) 对于参与路况评价的小面积修补,选择合适的换算系数  $K$  为 0.7;

以上结论经过实际工程检验,均可用于公路维修养护,但能否进一步改进,仍有待研究。

### 参考文献(References):

- [1] Yong-Huang Lin, Pin-Chan Lee. Effective Evaluation Model under the Condition of Insufficient and Uncertain Information[J]. Expert Systems with Applications, 2009, 36: 5600-5604.
- [2] Gopalakrishnan, Kasthurirangan. Instantaneous Pavement Condition Evaluation Using Non-Destructive Neuro-Evolutionary Approach[J]. Structure and Infrastructure Engineering, 2012, 8(9): 857-872.
- [3] Koduru Hari Krishan, Xiao Feipeng, Amir Khanian Serji N, et al. Using Fuzzy Logic and Expert System Approaches in Evaluating Flexible Pavement Distress: Case Study[J]. Journal of Transportation Engineering, 2010, 136(2): 149-157.
- [4] Moussa Ghada, Hussain Khaled. A New Technique for Automatic Detection and Parameters Estimation of Pavement Crack[C]//IMETI 2011-4<sup>th</sup> International Multi-Conference on Engineering and Technological Innovation, Proceedings, 2011, 2: 11-16.
- [5] Thodesen C C, Lerfald B O, Hoff L. Review of Asphalt Pavement Evaluation Methods and Current Applications in Norway[J]. Baltic Journal of Road and Bridge Engineering, 2012, 7(4): 235-240.
- [6] 蒋红妍,戴经梁.道路路况评价的物元模型[J].长安大学学报:自然科学版, 2005, 25(1): 29-32.  
JIANG Hongyan, DAI Jingliang. Matter Element Model for Evaluating Pavement Condition[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2005, 25(1): 29-32. (in Chinese)
- [7] 刘丽萍.黄土地区高速公路扩建工程路况评价及对策[J].公路, 2012, 3: 132-134.  
LIU Liping. Evaluation and Strategy of Highway Expanding Construction in Loess Area[J]. Highway, 2012, 3: 132-134. (in Chinese)
- [8] 王小雄,闫小华,姚永锋,等.基于改进 BP 算法神经网络的路况评价模型研究[J].重庆交通大学学报:自然科学版, 2007, 26(4): 82-85.  
WANG Xiaoxiong, YAN Xiaohua, YAO Yongfeng, et al. Study on Road Condition Evaluation Model Based on Improved BP Calculation Neural Networks[J]. Journal of Chongqing Jiaotong University: Natural Science Edition, 2007, 26(4): 82-85. (in Chinese)
- [9] 《公路沥青路面养护技术规范》(JTJ 073.2-2001)[S].北京:人民交通出版社, 2001.  
Technical Standard of Highway Asphalt Pavement Maintenance (JTJ 073.2-2001) [S]. Beijing: China Communication Press, 2001. (in Chinese)
- [10] 沈金安,李福晋,陈景.高速公路沥青路面早期损坏分析与防治对策[M].北京:人民交通出版社, 2004.  
SHEN Jinan, LI Fujin, CHEN Jing. Early Damage Analysis and Prevention Strategy of Expressway Asphalt Pavement [M]. Beijing: China Communications Press, 2004. (in Chinese)

(编辑:徐敏)