

基于综合评价法的旧沥青路面不同车道病害对比分析

闫翔鹏¹, 安平², 徐钦升¹, 常荣华³

¹山东省交通科学研究院, 山东 济南

²日照公路建设有限公司, 山东 日照

³佛山市交通科技有限公司, 广东 佛山

Email: sdjtky408@163.com

收稿日期: 2020年12月28日; 录用日期: 2021年1月20日; 发布日期: 2021年1月29日

摘要

为了准确评价旧沥青路面使用性能水平, 为养护维修设计提供依据, 提出了基于路面破损状况指数的综合评价方法, 并依托具体工程对既有道路路面使用状况及病害程度进行了全面分析。结果发现: 同一路段不同车道病害特点及病害程度具有显著差异; 基于路面破损状况指数PCI, 结合路面横向裂缝间距、纵向裂缝率等指标对路面损坏状况进行综合评价的方法可精确表征路面真实病害状况; 通过综合评价的方法, 可有效确认检测路段的主导病害, 为维修设计提供依据。

关键词

沥青路面, 病害检测, PCI, 综合评价

Evaluation of Lane Level Disease Status of Old Asphalt Pavement Based on Comprehensive Evaluation Method

Xiangpeng Yan¹, Ping An², Qinsheng Xu¹, Ronghua Chang³

¹Shandong Transportation Institution, Jinan Shandong

²Rizhao Highway Construction Co., Ltd., Rizhao Shandong

³Foshan Transportation Technology Co., Ltd., Foshan Guangdong

Email: sdjtky408@163.com

Received: Dec. 28th, 2020; accepted: Jan. 20th, 2021; published: Jan. 29th, 2021

Abstract

In order to accurately evaluate the performance level of old asphalt pavement, the comprehensive evaluation method based on pavement damage index is used to comprehensively analyze the existing road pavement service condition and disease degree. The results show that: the disease characteristics and specific disease degree of different lanes in the same road section have significant differences; based on the pavement damage index PCI, combined with the pavement transverse crack spacing, longitudinal crack rate and other indicators, the comprehensive evaluation method can accurately characterize the actual pavement disease condition; through the comprehensive evaluation method, the dominant disease of the detection section can be effectively confirmed, It provides the basis for maintenance design.

Keywords

Asphalt Pavement, Disease Detection, PCI, Comprehensive Evaluation

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

我国高等级公路经过高速发展, 逐渐进入大规模养护期, 高等级公路的渠化交通导致不同车道路面使用状况差异巨大。路面检测是制定养护维修计划与方案的重要依据[1] [2], 传统的检测分析的主要目的为面向项目级总体技术状况的普查, 缺乏对于不同车道的深入检测和详细分析。路面破损状况是路面改造设计中确定主导病害类型, 明确和细化病害处理措施及其工程量, 进行路段划分的依据, 也是有针对性的开展其他检测的基础。我国规范中推荐采用 PCI 模型来评价路面破损情况, PCI 中考虑了 21 种病害, 较为齐全, 但是 PCI 模型过于笼统[3] [4] [5] [6] [7]。单独采用 PCI 评价方法会丢失对路面各类破损情况描述的大量有用信息, 不能准确评价沥青路面裂缝分布[8] [9]。

为了准确评价旧路使用性能水平, 针对不同车道进行对比评价, 全面分析既有道路路面使用状况及病害程度, 为旧路改造提升工程分车道设计提供基础资料及依据。本文提出了基于路面的破损率及路面状况指数 PCI 进行宏观评价, 结合路面损坏特点, 以横向裂缝间距、纵向裂缝率等指标对路面损坏状况进行细观评价的综合评价方法。为既有路面现状和病害发展的研判及确定病害处治措施提供依据, 并进一步细化病害处治工程量, 合理制定施工组织计划, 避免施工过程中频繁变更, 对保证工程施工质量和施工进度、节省养护投资有着重要意义。

2. 旧路路面结构

评价路段旧路面为典型半刚性基层沥青路面结构, 路面结构形式及各结构层材料类型如图 1 所示。运营 10 几年后, 部分路段病害严重, 表现出明显的车道差异化特征(图 2), 传统的单一车道检测及 PCI 评价方法难以全面准确表征道路实际病害状态。

3. 路面破损状况综合评价指标组成

路面行驶质量状况以 1 km 为基本评定单元[10], 是作为评价路网级路面质量状况的有效手段。但针

对道路养护设计，路面健康状态的评价需要更有针对性，应具体至某一段、某一车道甚至具体病害。本文对提托工程所选路段进行检测，以路面行驶质量状况指数为基础，以横、纵向裂缝分布特征作为辅助指标，进行综合评价，为养护方案设计提供依据。为了区分不同车道路面质量状况差异，结合行车荷载及路面病害分布情况，将 1~2 车道、3~4 车道分别合并进行统计评定。

4cm改性沥青AC-13C
粘层
6cm改性沥青AC-20C
粘层
8cm改性沥青AC-25C
粘层+封层+透层
18cm水泥稳定碎石(4.0MPa)
18cm水泥稳定碎石(2.5MPa)
20cm水泥稳定碎石(1.5MPa)
土基

Figure 1. Structural drawing of subgrade and pavement
图 1. 路基、路面结构图



Figure 2. Difference of disease degree in different lanes
图 2. 不同车道病害程度差异

3.1. 路面损坏状况指数

根据《公路技术状况评定标准》(JTG H20-2018)，路面损坏状况指数(PCI)按下式计算。路面破损状况可分为优、良、中、次、差五个等级，评定标准如表 1 所示。

$$PCI = 100 - a_0 DR^{a_1}$$

$$DR = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^{i_0} \omega_i A_i}{A}$$

式中：DR——路面破损率，为各种损坏的折合损坏面积之和与路面调查面积之百分比(%)；

A_i ——第 i 类路面损坏的面积(m^2)；

A ——路面检测或调查面积(m^2)；

ω_i ——第 i 类路面损坏的权重或换算系数；

a_0 ——沥青路面采用 15.00，水泥混凝土路面采用 10.66；

a_1 ——沥青路面采用 0.412, 水泥混凝土路面采用 0.461;
 I ——路面损坏类型, 包括损坏程度(轻、中、重);
 i_0 ——损坏类型总数, 沥青路面取 21, 水泥混凝土路面取 20。

Table 1. Pavement damage grade evaluation standard

表 1. 路面损坏状况等级评定标准

评定等级	优	良	中	次	差
损坏状况指数 PCI	≥90	≥80, <90	≥70, <80	≥60, <70	<60
DR	≤0.4	≤2.0, >0.4	≤5.5, >2.0	≤11.0, >5.5	>11.0

3.2. 路面病害分布特征

为了更全面的表征旧路不同车道的破损状况, 本文采用横向裂缝间距(TCS)、纵向裂缝贯穿度(LLR)及块状修补面积率(MAR)指标作为补充参数。

1) 横向裂缝的分布特征

用横向裂缝的平均裂缝间距以及平均裂缝长度来表征横向裂缝的严重程度, 根据评价单元内每车道横向裂缝间距的平均值计算得出。

横向裂缝间距(TCS) = 评价路段长度(m)/评价路段内横向裂缝条数。

2) 纵向裂缝的分布特征

用纵向裂缝的长度占评价路段总长度的比例来表征纵向裂缝严重程度。

纵向裂缝贯穿度(LLR) = 评价路段内纵向裂缝总长度(m)/评价路段总长度(m)。

4. 数据分析与评价

4.1. 不同车道养护维修历史数据分析

根据养护维修资料显示, 2006 年项目建成通车后, 先后于 2011 年及 2015 年两次主要的养护维修, 2015 年维修工程量见表 2。

Table 2. Summary of asphalt pavement maintenance and improvement sections (2015)

表 2. 沥青路面维修整治路段汇总表(2015 年)

编号	路段	车道	维修面积(m ²)
1	主路右幅	1~2 车道	16,169.2
2		3~4 车道	55,702.6
3	主路左幅	1~2 车道	6808.9
4		3~4 车道	30,756.4
合计			109,437.1

从养护资料的分析来看, 2011 年、2015 年进行的路面养护面积达到了 30.98 万 m², 占项目总面积(约 87.6 万 m²)的 35.4%, 从 2015 年维修整治路段的车道分布来看, 3~4 车道维修面积占总维修面积的 79%, 1~2 车道维修面积占总维修面积的 21%, 3~4 车道的维修整治面积达到 1~2 车道的 3.8 倍, 3~4 车道的维修整治工程量远大于 1~2 车道。

4.2. 损坏状况评价分析

检测路段各评定单元沥青路面破损状况指数 PCI 值随里程变化情况如图 3、图 4 所示。

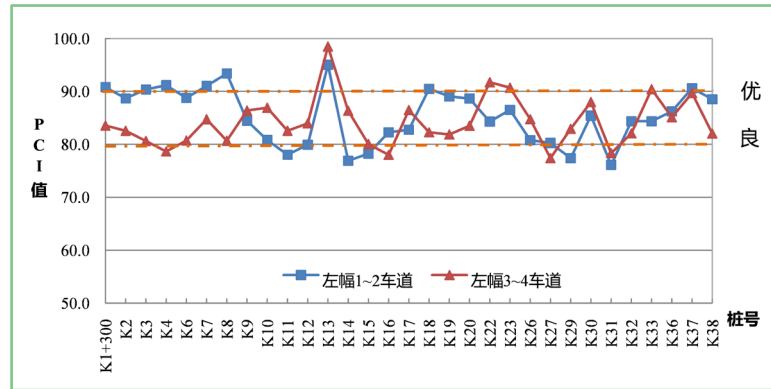


Figure 3. Distribution of PCI in left half along with mileage
图 3. 检测路段左幅 PCI 随里程分布图

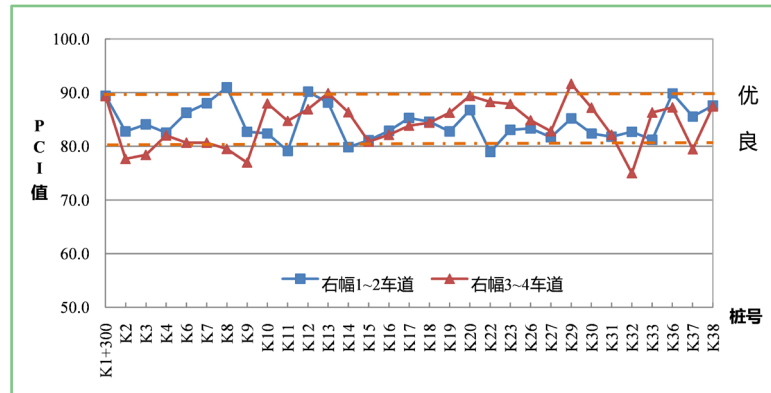


Figure 4. Distribution of PCI in right half along with mileage
图 4. 检测路段右幅 PCI 随里程分布图

对各评定单元沥青路面破损状况指数 PCI 进行分析，如图 5、图 6 所示：1~2 车道有 18.4% 的评定单元 PCI 值评定为优，为 3~4 车道 9% PCI 达优率的 2 倍多；1~2 车道的优良率为 85.5%，高于 3~4 车道的优良率；旧路 3~4 车道有 75.2% 的路段评定为良好；不同车道病害差异明显，仅由 PCI 评价难以准确反应道路实际健康状态，需进一步评价路面损害特点及病害的分布特征。

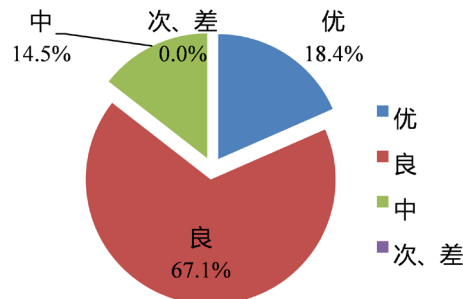


Figure 5. Pie chart of PCI evaluation results of 1 ~ 2 lanes in detected section
图 5. 检测路段 1~2 车道 PCI 评定结果饼图

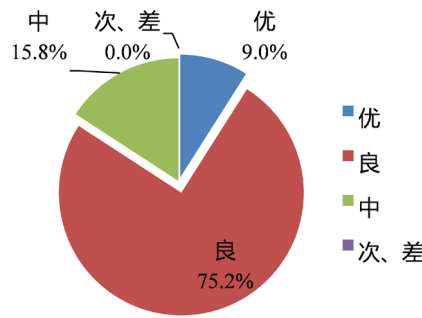


Figure 6. Pie chart of PCI evaluation results of detection section Lane
图 6. 检测路段车道 PCI 评定结果饼图

4.3. 路面损坏特点

沥青路面损坏类型通常可分为四大类：裂缝类、松散类、变形类和其它类。裂缝类包括：龟裂、块状裂缝、横向裂缝、纵向裂缝；坑槽松散类包括：坑槽、松散；变形类包括：沉陷、车辙、波浪拥包；其他类包括：泛油、修补等。根据上述分类原则对本次所检沥青路面病害数量的统计与分析结果见表 3。

Table 3. Statistical summary of asphalt pavement diseases in test sections
表 3. 检测路段沥青路面病害统计汇总表

路段	裂缝类		变形类		其他类		分车道比例 (%)
	折合面积 (m ²)	所占比例 (%)	折合面积 (m ²)	所占比例 (%)	折合面积 (m ²)	所占比例 (%)	
1~2 车道	198.4	92.9	0.0	0.0	15.1	7.1	20.2
左幅 3~4 车道	632.8	75.1	6.5	0.8	202.8	24.1	79.8
小计	831.2	78.7	6.5	0.6	218.0	20.6	100.0
1~2 车道	483.0	97.5	0.0	0.0	12.6	2.5	31.7
右幅 3~4 车道	964.0	90.4	32.5	3.0	70.0	6.6	68.3
小计	1447.0	92.6	32.5	2.1	82.6	5.3	100.0
1~2 车道	681.3	96.1	0.0	0.0	27.8	3.9	27.1
全幅 3~4 车道	1596.8	83.7	39.0	2.0	272.9	14.3	72.9
合计	2278.2	87.0	39.0	1.5	300.6	11.5	100.0

根据交通量不同，右幅车道的裂缝病害为左幅车道的 1.74 倍，变形类病害为左幅车道的 5 倍，但左幅车道的修补面积为右幅车道的 2.6 倍，旧路左右两幅病害分布存在不同，右幅病害明显比左幅病害严重。该路段主导病害类型为裂缝类，占病害总量的 87%，其次为修补等其他类病害，局部有车辙变形。从车道对比来看，左幅 3/4 车道的病害折合面积为 1/2 车道的近 4 倍，右幅 3/4 车道的病害折合面积为 1/2 车道的 2 倍多，折合全幅 3/4 车道的病害折合面积为 1/2 车道的 2.7 倍，3/4 车道车辙变形类病害明显多于 1/2 车道。

4.4. 路面病害分布特征分析

根据现场调查情况看，检测路段的路面整体状况已经较差，而路面损坏状况指数 PCI 仍大部分处于良好，甚至是优秀的状态。因此，本文采用路面损坏状况指数和路面病害分布特征综合评价的方法，以全面准确的表征路面实际健康状态。

1) 横向裂缝间距 TCS

检测路段横向裂缝间距 TCS 分析情况如图 7、图 8 所示，表 4 为检测路段沥青路面不同横向裂缝间距统计汇总。

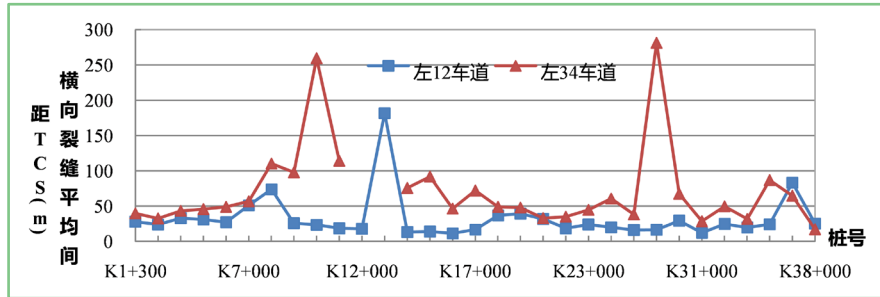


Figure 7. TCS distribution map of transverse crack spacing of asphalt pavement in test section (left half)
图 7. 检测路段沥青路面横向裂缝间距 TCS 分布图(左幅)

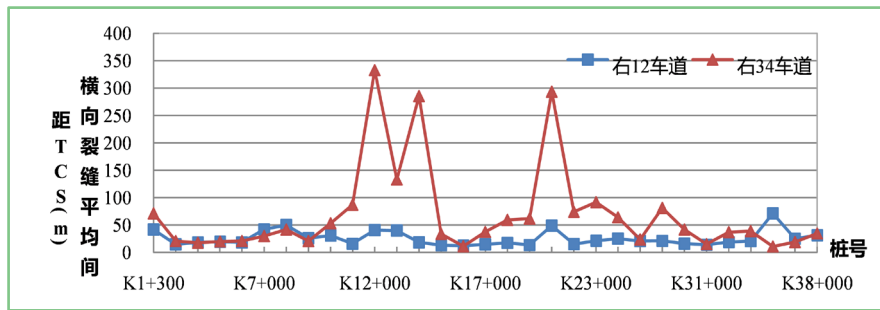


Figure 8. TCS distribution map of transverse crack spacing of asphalt pavement in test section (right half)
图 8. 检测路段沥青路面横向裂缝间距 TCS 分布图(右幅)

Table 4. Statistical summary of different transverse crack spacing of asphalt pavement in test section
表 4. 检测路段沥青路面不同横向裂缝间距统计汇总表

方向	横向裂缝间距	0~20	20~40	40~60	60~100	>100	
左幅	1~2 车道	路段长度(km)	9.01	12.38	1.00	2.00	1.00
		比例(%)	35.5	48.8	3.9	7.9	3.9
	3~4 车道	路段长度(km)	1.10	5.83	7.08	6.31	5.08
		比例(%)	4.3	22.9	27.9	24.9	20.0
右幅	1~2 车道	路段长度(km)	12.21	7.28	5.09	0.82	0.00
		比例(%)	48.1	28.7	20.0	3.2	0.0
	3~4 车道	路段长度(km)	4.17	9.64	3.49	5.09	3.02
		比例(%)	16.4	37.9	13.7	20.0	11.9

检测路段横向裂缝病害较严重，与 PCI 评价结果相矛盾。大部分路段横向裂缝分布比较密集，左、右幅 1~2 车道横向裂缝间距小于 40 m 的路段占车道总长度的 84.3% 和 76.7%。3~4 车道因大面积维修较多，横向裂缝密集程度低于 1~2 车道，左、右幅横向裂缝间距小于 40 m 的路段占其总长度的 27.3% 和 54.4%，体现出明显的分幅差异。

2) 纵向裂缝贯穿度 LLR

检测路段纵向裂缝贯穿度 LLR 分析情况如图 9、图 10 所示,表 5 为检测路段沥青路面不同纵向裂缝贯穿度统计汇总。

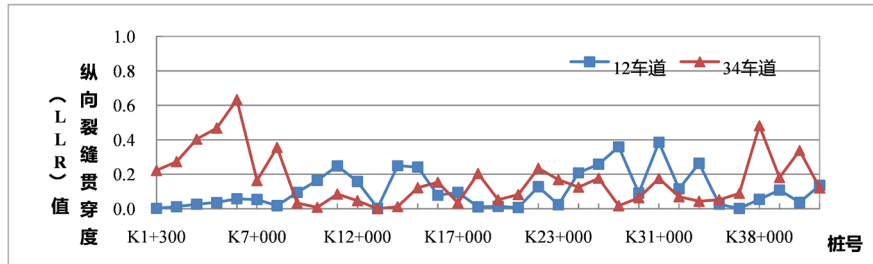


Figure 9. LLR distribution of longitudinal crack penetration of asphalt pavement in test section (left half)
图 9. 检测路段沥青路面纵向裂缝贯穿度 LLR 分布图(左幅)

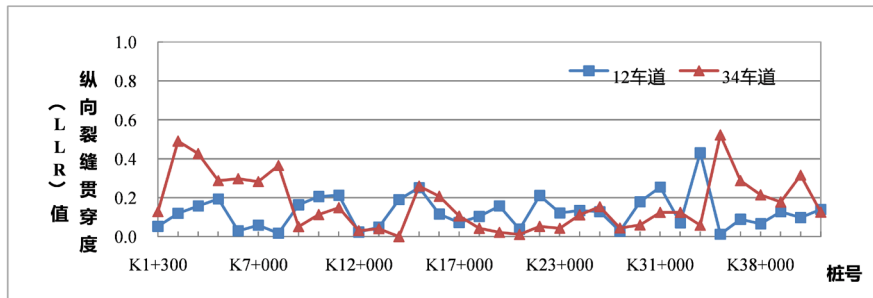


Figure 10. LLR distribution of longitudinal crack penetration of asphalt pavement in test section (right half)
图 10. 检测路段沥青路面纵向裂缝贯穿度 LLR 分布图(右幅)

Table 5. Statistical summary of penetration of different longitudinal cracks in asphalt pavement of test section
表 5. 检测路段沥青路面不同纵向裂缝贯穿度统计汇总表

方向	纵向裂缝贯穿度	0~0.2	0.2~0.375	0.375~0.5	>0.5
左幅	1~2 车道 路段长度(km)	19.07	5.33	1.00	0.00
	1~2 车道 比例(%)	75.1	21.0	3.9	0.0
	3~4 车道 路段长度(km)	17.02	4.40	2.98	0.99
	3~4 车道 比例(%)	67.0	17.3	11.7	3.9
右幅	1~2 车道 路段长度(km)	20.03	4.43	0.93	0.00
	1~2 车道 比例(%)	78.9	17.5	3.7	0.0
	3~4 车道 路段长度(km)	15.25	7.33	2.00	0.82
	3~4 车道 比例(%)	60.0	28.9	7.9	3.2

检测路段左、右幅 1~2 车道纵向裂缝贯穿度大于 0.375m 的路段占 1~2 车道总长度的 3.9%和 3.7%;大部分路段纵向裂缝较少。K0~K10 段 3~4 车道纵向裂缝密集程度明显大于 1~2 车道, K10~K39 段 3~4 车道因大面积维修较多,纵向裂缝密集程度与 1~2 车道基本相当。

5. 结论

1) 以路面破损状况指数 PCI 为主,辅助以横向裂缝间距(TCS)及纵向裂缝贯穿度(LLR)指标作为补充参数的综合评价方法可有效表征旧路的实际病害状况。

2) 通过综合评价的方法,可有效确认检测路段的主导病害,为维修设计提供依据。本次所检路段沥青路面病害以纵向裂缝(49.9%)和横向裂缝(40.0%)为主。

3) 同一路段不同幅侧及同一幅侧不同车道之间实际病害状况差异明显,从 PCI、TCS 及 LLR 指标来看,3/4 车道路面病害状况明显差与 1/2 车道,应根据动态检测结果分别设计维修方案。

参考文献

- [1] 刘皓雯. 江苏省高速公路沥青路面破损状况及成因分析[D]: [硕士学位论文]. 南京: 东南大学, 2012.
- [2] 卢天翔, 李祖仲, 卢晓琪. 国道沥青路面裂缝分布评价指标与处治技术[J]. 中外公路, 2014 (1): 99-102.
- [3] 秦仁杰, 刘朝晖, 周科峰. 郑洛高速公路旧路状况评价及加铺方案优化研究[J]. 中外公路, 2007(4): 79-82.
- [4] 高涛, 陶向华, 路畅. 高速公路改扩建工程旧路状况评价及处治对策研究[J]. 公路工程, 2010(3): 10-13.
- [5] 宋亮. 基于灰色理论的改扩建旧路路面检测与评价[J]. 公路, 2017(7): 88-93.
- [6] 张晶, 谢松林, 肖开锋, 汪波等. 公路改扩建旧沥青路面检测指标与评价方法的探讨[J]. 公路, 2020, 65(3): 19-22.
- [7] 郝灵恩. 高速公路改扩建既有路面检测评价关键技术研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆交通大学, 2017.
- [8] 汤晴, 吴大鸿. 沥青路面使用性能及其预测研究[J]. 公路工程, 2015(5): 217-219,249.
- [9] 张德津, 李清泉. 公路路面快速检测技术发展综述[J]. 测绘地理信息, 2015(1): 1-8.
- [10] 交通运输部公路科学研究院. JTG H20-2018 公路技术状况评定标准[S]. 2018.