

高速公路沥青路面损坏状况评价标准及 养护评价指标研究

陈少文^{1,2}, 展宏图^{1,2}, 吴传海^{1,2}

(1.公路交通安全与应急保障技术及装备交通运输行业研发中心, 广东 广州 510420;

2.广东华路交通科技有限公司, 广东 广州 510420)

摘要: 针对现行沥青路面不同损坏测试方法、评价标准之间的差异及评价指标偏少的问题, 通过调研分析、现场试验对比, 提出了解决方法和建议; 分析了自动化和人工检测路面破损状况的优点, 提出了各自的适用范围和多个能反映沥青路面实际养护需求状况的评价指标。

关键词: 公路; 沥青路面; 破损状况评价; 养护决策

中图分类号: U418.6

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2017)01-0129-04

中国的高速公路已从建设期逐步向运营养护期转变, 如何使营运高速公路路面路况和行驶质量保持较高水平是公路养护管理者面临的艰巨任务, 也是行驶者关注的焦点。公路养护具有长期性、持续性和周期性, 在道路运营过程中对其使用状况进行跟踪检测并给出合理的评价结论, 进而选择科学合理的养护维修措施, 以最小的资金投入保证路面良好的服务水平显得尤为重要。

1 沥青路面损坏评价标准分析

目前, 国内评价公路沥青路面损坏的标准及规范有 JTG H20-2007《公路技术状况评定标准》(以下简称《评定标准》)、JTJ 073.2-2001《公路沥青路面养护技术规范》(以下简称《养护规范》)和《高速公路养护质量检评方法》(以下简称《检评方法》)。这 3 个技术标准对路面破损检测的内容及评定指标有所差异, 下面就路面使用性能指数 *PQI* 各分项指标权重和路面破损分类情况对其进行对比。

1.1 路面使用性能各分项指标权重对比分析

3 个技术标准关于沥青路面使用性能的分项指标包括路面破损状况指数 *PCI*、路面行驶质量指数 *RQI*、路面结构强度指数 *PSSI*、车辙状况指数 *RDI* 和抗滑性能指数 *SRI*, 各指标的权重见表 1。

由表 1 可以看出: 1) 《养护规范》中 *PCI* 的权重比《检评方法》中的有所降低, 但在《评定标准》中 *PCI* 的权重又提高至 0.35。实际检测中发现 *PCI* 对 *PQI* 的影响较大, *PCI* 较差会对 *RQI* 造成不利影响, 故《评定标准》中提高 *PCI* 的权重对科学评价

表 1 沥青路面使用性能 *PQI* 各分项指标权重对比

<i>PQI</i> 分项 指标	各标准中的权重		
	《评定标准》	《养护规范》	《检评方法》
破损状况 <i>PCI</i>	0.35	0.25	0.35
行驶状况 <i>RQI</i>	0.40	0.35	0.35
结构强度 <i>PSSI</i>	—	0.10	0.20
车辙状况 <i>RDI</i>	0.15	—	—
抗滑性能 <i>SRI</i>	0.10	0.30	0.10

PQI 有利。2) 《养护规范》及《检评方法》中 *RQI* 的权重均为 0.35, 《评定标准》将 *RQI* 的权重提高至 0.40。人们对高速公路行车舒适性的要求日益提高, 提高路面行驶质量指数 *RQI* 的权重对保持公路良好的运营状况有利。3) 《检评方法》、《养护规范》对路面结构强度的要求越来越低, 直至《评定标准》中计算 *PQI* 时不再考虑结构强度的影响。日常养护中对结构强度指数的改善有限, 另外, 目前技术标准中的测定方法都不能对路面结构强度进行准确评定, 故《评定标准》中路面结构强度不再作为路面使用性能的分项指标。4) 《检评方法》、《养护规范》中车辙深度仅作为 21 类沥青路面病害中的一类用于计算 *PQI*, 车辙在 *PQI* 中的权重非常小。在《评定标准》中, *RQI* 被作为计算 *PQI* 的分项指标, 且权重为 0.15, 车辙深度的权重明显提高。由于车辙深度对路面行车安全影响较大, 特别是雨天, 车辙深度较大时会在车轮与路面之间形成较厚的水膜, 降低路面抗滑性能, 对行车安全造成较大影响。5) 《检评方法》中 *SRI* 的权重为 0.10, 《养护规范》中 *SRI* 的权重提高至 0.30, 《评定标准》中 *SRI* 的权重又降

低为 0.10, 可见《评定标准》弱化了抗滑性能对 *PQI* 的影响。

1.2 沥青路面破损状况分类对比分析

《养护规范》中路面病害包括麻面、脱皮、啃边、搓板、磨光、冻胀、翻浆等, 随着公路建设的进步和发展, 这几类病害基本不再出现, 故《评定标准》中将这这些病害删除。波浪和拥包在《养护规范》中为两类病害, 《评定标准》将这两类病害进行了合并。

中国高速公路普遍采用半刚性基层, 路面裂缝类病害较普遍, 《评定标准》中提高裂缝类病害的权重, 这对科学评价高速公路 *PCI* 较为有利。《评定标准》对破损的定义更加细化和明确, 对典型破损病害的养护要求加强, 同时考虑路面修补对 *PCI* 的影响, 对破损病害界限进行了界定, 将大部分病害界线具体化, 并有抽象描述, 有助于检测人员对病害准确界定。但《评定标准》对沥青路面病害的描述依然存在以下问题:

(1) 对坑槽轻、重界限划分不明确。采用有效坑槽面积划分坑槽的轻重程度较为片面, 建议采用坑槽面积及坑槽深度两项指标定义坑槽轻、重界限。

(2) 沉陷标准不明确。将沉陷定义为大于 10 mm 的路面局部下沉, 这个局部到底有多大, 无明确具体的标准。根据日常养护设计及维修经验, 建议该处局部下沉面积按照 1 m² 进行划分。

(3) 未明确重复病害怎样进行统计, 存在重复计算的可能。如某处修补后, 该位置再次出现龟裂、松散等病害, 此时应按哪种病害进行统计, 需明确。根据日常养护设计及维修经验, 建议对这种现象按严重病害类型进行统计。

(4) 按照《评定标准》计算的 *PCI* 指标较综合, 经常出现路面上修补密集、网裂集中、裂缝密集亟待治理, 而该路段的 *PCI* 指标仍评价为优或良的现象, 与实际情况不符。根据养护经验, 建议补充裂缝率、修补面积率、网裂率等单项指标对路面的养护历史和养护及时性等进行综合评价, 以便更好地指导路面养护管理。

2 路面损坏测试方法对比分析

现行路面破损测试方法主要有自动化检测和传统人工徒步检测两种。在国内, 自动化检测路面破损状况主要是采用高速摄影车或其他高效测试设备进行连续摄影或录像, 在室内采用自动化或人工交互的方式对各类破损数量进行统计。自动化检测路

面破损状况速度快、效率高、安全性高, 但因检测设备的局限, 其识别率难以确定。为比较自动化检测设备的病害识别情况, 选择广东省 A、B 高速公路各一个段路, 分别采用自动化检测车和人工徒步法进行检测。自动化设备所检测的路面典型图片见图 1, 人工调查结果与自动化检测数据对比见图 2~3。

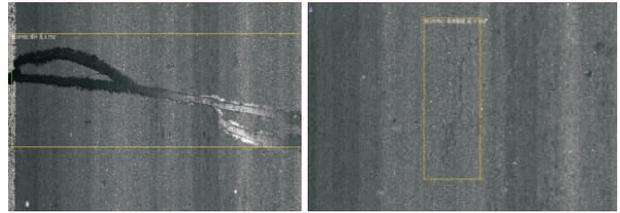


图 1 检测车路面病害检测图片

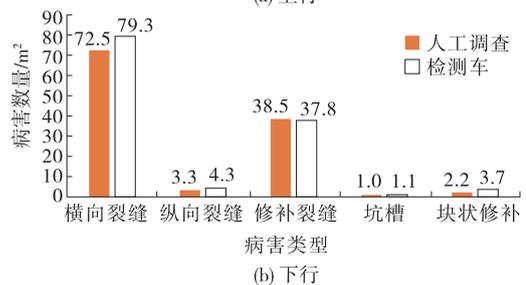
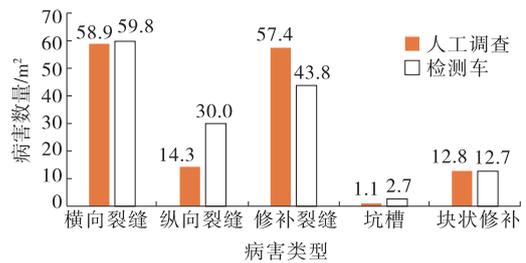


图 2 A 高速公路路面病害情况调查对比

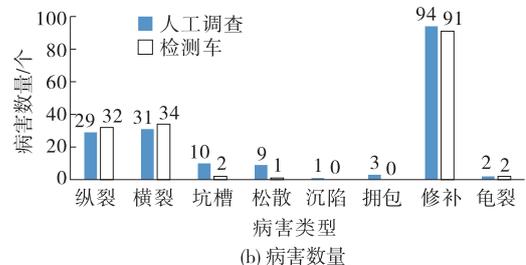
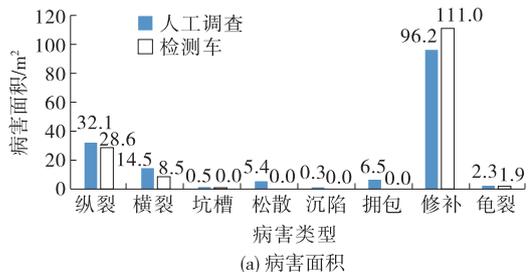


图 3 B 高速公路路面病害情况调查对比

从图1~3可以看出:1) 自动化检测设备对于裂缝、修补、龟裂等平面类病害的识别效果较好,且病害数量检测结果较准确。在实际检测中,由于自动化检测设备的固有误差,对轻度未修补裂缝病害(1 mm以下裂缝)难以识别。2) 自动化检测设备的摄像或录像为平面影像,对于沉陷、波浪、拥包、松散等三维立体病害基本无法识别,对于坑槽等病害的识别效果较差。3) 人工检测对病害数量的估计不精确,且主观性较大。但人工检测的病害较全面,对自动化设备无法识别的1 mm以下的裂缝及沉陷、波浪、拥包、松散等三维立体病害均可检测。因此,路面破损状况评定及养护决策时,宜采用自动化检测设备配合人工检测路面破损状况,并在人工检测前对检测人员进行培训,同时使检测人员对路面各类病害的分类、面积大小等按照统一的标准进行记录;对路面养护情况进行评定时,宜采用自动化检测设备进行调查。

对裂缝分两种情况进行调查统计:1) 若裂缝灌缝后未裂开,则按修补进行统计;2) 若裂缝灌缝后再次开裂,则按裂缝进行统计。统计完成后计算裂缝修补完好率,评价路面养护情况。对于同一位置发生的不同病害情况,按照病害严重且病害面积较大进行统计。

3 损坏状况评价方法与养护决策研究

3.1 路面损坏评价

目前中国沥青路面破损状况等级评定仅采用PCI一个指标,而PCI的计算是依据十几种类型破损经过不同换算系数折合成破损面积,然后计算调查路段的综合破损率DR得到的。PCI值仅能反映路面破损的整体状况,对各种类型破损所占比例及其严重程度无法确定。

在沥青路面破损状况评价中,无法通过PCI值定量反映路面破损的主要类型及其严重程度,也不能初步判断路面破损的主要原因,当然也就无法为路面养护管理提供有针对性的技术指导。另外,评价路面破损状况等级时仅靠当年的PCI值进行判断,而与历史数据缺乏必要的对比,这就无法预测路面使用性能的变化,也判断不出各类破损发展的趋势,往往导致养护措施缺乏针对性,造成对发展趋势不明显的病害投入大量资金,而需维修的病害却没有得到有效控制,从而影响资金的使用效益,也延误了病害的处治良机。

针对上述情况,结合检测经验,对沥青砼路面提出裂缝率、裂缝度等指标,同时为评价各路段的养护及时性,提出裂缝修补率和坑槽修补率等指标。

(1) 裂缝率。裂缝率为龟裂面积、块裂面积及裂缝长度换算成的面积总和与检测路段路面面积之比,按式(1)计算。

$$C_1 = \frac{C_A + L \times B}{A} \quad (1)$$

式中: C_1 为沥青路面裂缝率 $[\text{m}^2/(1\ 000\ \text{m}^2)]$; C_A 为路面龟裂及块裂面积总和 (m^2) ; L 为路面纵横向裂缝长度总和 (m) ; B 为将裂缝长度换算成面积的影响宽度,一般取0.2 m; A 为检测路段路面面积,以1 000 m^2 计。

(2) 裂缝度。裂缝度为检测路段内某种单根裂缝总长度与检测路段路面面积之比。在没有龟裂和块裂的路面上,沥青路面横向裂缝或纵向裂缝等单根裂缝按式(2)、式(3)计算裂缝度,总裂缝度按式(4)计算。

$$C_{1d} = \frac{\sum L_1}{A} \quad (2)$$

$$C_{2d} = \frac{\sum L_2}{A} \quad (3)$$

$$C_d = C_{1d} + C_{2d} + \dots \quad (4)$$

式中: C_{1d} 、 C_{2d} 分别为沥青路面横向、纵向裂缝的裂缝度 $[\text{m}/(1\ 000\ \text{m}^2)]$; $\sum L_1$ 、 $\sum L_2$ 分别为横向、纵向裂缝总长度 (m) ; C_d 为沥青路面的总裂缝度 $[\text{m}/(1\ 000\ \text{m}^2)]$ 。

(3) 裂缝修补率。裂缝修补率为检测路段内修补完好的裂缝长度与修补完好的裂缝长度、未修补及修补不良的裂缝长度之和的比值,按式(5)计算。

$$C_b = \frac{L_1}{L_1 + L_2} \quad (5)$$

式中: C_b 为沥青路面裂缝修补率 $(\%)$; L_1 、 L_2 分别为检测路段内沥青路面修补完好的裂缝长度、未修补及修补不良的裂缝长度 (m) 。

(4) 坑槽修补率。坑槽修补率为检测路段内沥青路面修补完好的坑槽数量与修补完好的坑槽数量、未修补及修补不良的坑槽数量之和的比值,按式(6)计算。

$$C_k = \frac{N_1}{N_1 + N_2} \quad (6)$$

式中: C_k 为沥青路面坑槽修补率 $(\%)$; N_1 为检测路段内沥青路面修补完好的坑槽数量(个); N_2 为检测

路段内沥青路面未修补及修补不良的坑槽数量(个)。

3.2 养护决策研究

采用人工徒步调查方法,选取广东某高速公路 5 km 路段作为测试路段进行养护决策研究。将 5 km 测试路段分别以 1 000、100、10 m 作为定长统计单位对路面 PCI 进行计算,统计不同分段单元中 PCI 评定等级长度,结果见表 2。

表 2 不同统计单位路面 PCI 评定等级长度

评定等级	不同统计单位(m)路面 PCI 评定等级长度/m		
	1 000	100	10
优	1 000	2 800	3 740
良	3 000	1 400	860
中	1 000	500	140
次	0	200	90
差	0	100	170
合计	5 000	5 000	5 000

由表 2 可看出:统计单位为 1 000 m 时,调查路段 PCI 评定等级均为中的路段长度为 1 000 m;统计单位为 100 m 时,调查路段 PCI 评定等级为中的路段长度为 500 m,为次的路段长度为 200 m,为差的路段长度为 100 m;统计单位为 10 m 时,调查路

段 PCI 评定等级为中的路段长度为 140 m,为次的路段长度为 90 m,为差的路段长度为 170 m。可见采用定长统计时,统计单位较长会掩盖局部路段的 PCI 情况,无法反映路面真实破损状况;统计单位较短时,人工调查对路面桩号无法精确定位,对路面的真实状况也无法准确反映。故在进行养护决策时,建议按 100 m 进行路面破损状况统计评价。

按式(1)~(6)分别计算每公里的裂缝率、裂缝度、裂缝修补率、坑槽修补率等指标,评价各路段的养护情况。根据裂缝度定义,仅在无龟裂、块裂路段计算裂缝度指标,结果见表 3。

由表 3 可知:1) K45+000—K46+000 段龟裂较少,裂缝率较小,PCI 值较大,路面状况较好;K46+000—K47+000、K48+000—K49+000 段龟裂病害较多,裂缝率较大,PCI 值较小,路面状况较差。2) 与 K49+000—K50+000 段相比,K48+000—K49+000 段裂缝较多,裂缝率和裂缝度较大。3) 裂缝修补率和坑槽修补率均不高,路面养护的及时性较差。广东地区雨水较多,雨水经过车辆的泵吸作用沿着未修补裂缝或修补较差的裂缝渗入路面结构内部,将造成基层损坏。

表 3 各路段裂缝率、裂缝度、裂缝修补率、坑槽修补率计算结果

桩号	长度/m	DR	PCI	裂缝率/[m ² ·(1 000 m ²) ⁻¹]	裂缝度/[m·(1 000 m ²) ⁻¹]	裂缝修补率/%	坑槽修补率/%
K45+000—K46+000	1 000	0.40	89.7	5.13	5.09	7.2	15.00
K46+000—K47+000	1 000	1.82	80.8	21.63	16.27	8.7	25.00
K47+000—K48+000	1 000	0.40	89.7	5.69	28.43	9.1	10.00
K48+000—K49+000	1 000	2.84	77.0	33.26	28.72	3.1	30.00
K49+000—K50+000	1 000	0.23	91.8	2.61	13.03	41.4	0.05

裂缝率和裂缝度与路面破损状况指数 PCI 相结合,不仅可反映路面整体状况,而且可反映路面上裂缝长度及裂缝组成。总之,裂缝率和裂缝度指标能准确反映路面实际破损状况。

4 结论

(1)《评定标准》未明确重复病害如何统计,存在重复计算病害的可能。根据日常养护设计及维修经验,可按照严重病害类型进行统计。

(2)自动化检测设备对轻度未修补裂缝病害(1 mm 以下裂缝)难以识别,其摄像或录像为平面影像,对于沉陷、波浪、拥包、松散等三维立体病害情况

基本无法识别,且对于坑槽类病害的识别效果较差。对路面破损状况进行评定及养护决策时,宜采用自动化检测设备配合人工进行检测;对路面养护情况进行评定时,宜采用自动化检测设备进行调查。

(3)现行规范一般采用定长法进行路面破损状况评定,若统计单位较长,则会掩盖局部路段的 PCI 情况,无法反映路面真实破损状况;若统计单位较短,则对路面病害的桩号无法精确定位,对路面的破损状况也无法准确反映。经过对比,在进行养护决策时,可按照 100 m 进行路面破损状况评价。

(4)路面破损状况 PCI 仅能反映路面整体状

(下转第 135 页)

整度较差的路面上行驶过快时,天线晃动较厉害。为保证检测设备的安全及数据的可靠性,建议一般检测时,检测车的行驶速度以不超过 60 km/h 为宜,且尽量保持匀速行驶。

4 其他因素影响分析

4.1 外部环境的影响

外部环境主要指路面湿度。水是自然界中介电常数最大的介质,为 81,而沥青砼的介电常数小于 8,沥青路面充水后,其介电常数会明显提高,从而影响路面厚度检测结果。为保证数据的准确性和公正性,宜在路面充分干燥的情况下进行检测。

此外,电磁波、干扰信号等对检测结果也会带来一定影响。在高压电线、无线电波发射站等特殊地点检测时,要随时注意检测数据是否波动过大。

4.2 检测人员的影响

虽然车载地质雷达是自动检测设备,但在使用过程中人为处置不当可能造成仪器损坏、数据无效,人为因素的干扰同样值得注意,要求检测人员具有较高的专业素养和操作水平。

(1) 在使用过程中,由于检测人员对仪器不够了解导致其损坏。SIR-30E 型地质雷达天线和电缆接头不具有防水的功能,检测过程中一旦下雨应立即停止采集,防止雨水进入天线,以免仪器损坏影响后续检测。

(2) 遇到特殊情况时需查明情况,分析原因。如开始检测时若雷达图像不显示,需检查电缆的连接及编码器的连接;检测过程中检测车颠簸较大时,需检查天线是否会触碰地面,以防天线损坏。

(上接第 132 页)

况,对各类型破损所占比例及严重状况无法确定。可采用裂缝率、裂缝度等指标评价沥青路面破损状况,采用裂缝修补率和坑槽修补率等指标评价各路段的养护及时性。

参考文献:

- [1] 白日华. 沥青路面病害检测与养护决策研究[D]. 长春: 吉林大学, 2013.
- [2] JTJ 073.2-2001, 公路沥青路面养护技术规范[S].
- [3] JTG H20-2007, 公路技术状况评定标准[S].
- [4] 曾胜, 李振存.《公路技术状况评定标准》中几个问题的探讨[J]. 中外公路, 2011, 31(2).

5 结语

该文通过现场检测及对检测数据的处理、对比,分析了天线频率、行驶速度、检测人员等因素对地质雷达检测沥青面层厚度的影响。其中车速对检测结果的影响很小,但天线频率的影响很大,它会影响地质雷达的探测深度和分辨率。频率越高,探测分辨率越高,但其探测深度越浅。因此,在面层厚度检测中应根据面层设计厚度选择合适的天线,在满足检测深度的条件下,尽量提高天线频率以获得更加精准的检测结果。检测人员也要不断积累经验和提高专业素养,减少人为因素对检测的影响。

参考文献:

- [1] 耿玉岭, 贾学民, 李大鸣, 等. 公路路面无损检测中的地质雷达技术研究[M]. 北京: 地震出版社, 2007.
- [2] 曾昭发, 刘四新, 冯晖, 等. 地质雷达原理与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2010.
- [3] 杨峰, 张全升, 王鹏越, 等. 公路路基地质雷达探测技术研究[M]. 北京: 人民交通出版社, 2009.
- [4] 张华为, 朱自强. 空耦雷达技术在检测沥青路面厚度的探讨[J]. 公路工程, 2012, 37(4).
- [5] 王先桃, 包太. 地质雷达在某公路路面检测中的应用[J]. 贵州大学学报: 自然科学版, 2010, 27(3).
- [6] 崔玉超, 牛学超, 窦波洋. 地质雷达在公路沥青路面检测中的应用[J]. 华东公路, 2013(2).
- [7] 王子彬. 路面雷达在沥青路面厚度检测中的应用[J]. 公路与汽运, 2014(2).

收稿日期: 2016-08-01

- [5] 丁武洋, 周爱成. 新版《公路技术状况评定标准》应用探讨[J]. 现代交通技术, 2009(4).
- [6] 方然, 鲍传富. 解析高速公路技术状况评定标准[J]. 公路交通科技: 应用技术版, 2008(10).
- [7] 白志军. 路面预防性养护中超薄磨耗层的性能评估与寿命预测[J]. 公路与汽运, 2015(4).
- [8] 孙博, 张东东, 魏明. 基于灰关联分析的路面养护方案评价方法[J]. 公路与汽运, 2016(1).
- [9] 赵雅晴, 李志农, 杨三强. 基于物元模型的吐一乌一大高等级公路路面使用性能综合评价分析[J]. 交通科学与工程, 2014, 30(1).
- [10] 吴传海. 高速公路沥青混凝土路面破损状况评价方法的缺陷及改进[J]. 公路, 2007(5).

收稿日期: 2016-06-20