

# 南友高速公路沥青路面裂缝病害特征分析

周志刚<sup>1</sup>, 刘宇<sup>2</sup>, 姚新宇<sup>2</sup>

(1. 广西交通投资集团有限公司, 广西南宁 530001; 2. 广西交投科技有限公司)

**摘要:**裂缝病害是沥青路面的常见病害,该文通过对广西南(宁)友(谊关)高速公路沥青路面裂缝病害的类型、分布进行深入分析,建立了破损率与路面病害的形态特征关联,并分析了激光高速弯沉与裂缝率的相关性,研究结果可为沥青路面养护决策提供科学参考依据。

**关键词:**沥青路面; 裂缝; 破损率; 激光高速弯沉

随着中国经济建设的快速发展,高速公路通车里程逐年增加,且目前建成的高速公路路面结构形式均以沥青路面为主。裂缝病害作为沥青路面主要病害之一,其出现时机贯穿于整个沥青路面使用周期。为了更准确地了解裂缝病害特征进而提出有效的处治措施,延长沥青路面使用寿命,近年来国内外工程研究人员在裂缝病害的检测效率、表现特征、发展规律以及与其他病害的关联特征等方面开展了大量研究。薛爱新、王洁光等对沥青路面裂缝特征、发展规律及对结构性能的影响规律等方面开展了相关研究,可为沥青路面养护提供决策参考;陈齐平、肖强对裂缝病害自动识别算法进行优化,进而提高了其检测效率与准确性;赵向敏、熊春龙等提出利用三维雷达对路面结构损伤进行诊断,并尝试建立落锤弯沉检测指标与三维雷达的关联,提出了沥青路面结构评价的创新方法。该文通过调研广西南(宁)友(谊关)高速公路沥青路面裂缝特征,深入分析路面破损指标形态与病害的关系,并尝试建立激光高速弯沉指标与裂缝特征的关联特征,为沥青路面养护维修决策提供科学的支撑。

## 1 南友高速公路概况

南宁至友谊关高速公路全长 180.063 km,路线起于南宁吴圩镇,终于中越边境凭祥市友谊关,为双向四车道。项目于 2003 年开工建设,2005 年 12 月建成通车。近年来管养路段均出现了一定程度的路面病害,主要为裂缝病害,病害数量逐年增加。南友高速公路自 2014 年开始铺筑 20 mm 厚 AC-8 超薄磨耗层,截

至 2019 年底,全线完成了超薄磨耗层加铺工作。在加铺超薄磨耗层前,研究人员对裂缝病害特征进行了深入的分析。

### 1.1 路面结构

路面结构为半刚性基层沥青路面,面层总厚度为 15 cm,结构为 4 cm SBS 改性沥青 AC-13 上面层+5 cm AH-70<sup>#</sup> 沥青 AC-20 中面层+6 cm AH-70<sup>#</sup> 沥青 AC-25 下面层,原设计路面结构见图 1。上面层采用英安岩粗集料,石灰岩细集料;中下面层采用石灰岩碎石粗集料,AH-70<sup>#</sup> 沥青。

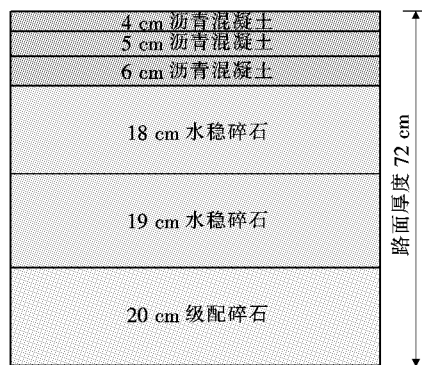


图 1 南友高速公路路面结构

### 1.2 交通状况分析

收集、统计和分析了南友高速公路 2010—2018 年交通量数据,交通量数据及变化趋势见图 2。

由图 2 可见:南友高速公路自然车流量基本保持正向增长(除 2016 年负增长外),自然车流量平均每年增长 644 pcu/d,日均货车量平均每年增长 154 pcu/d,由于客车增速较大,货车比例整体呈下降趋势,但货车

收稿日期:2020-04-28(修改稿)

基金项目:广西科技计划重点研发项目(桂科 AB17292061)

作者简介:周志刚,男,大学本科,高级工程师。

流量基本保持正向增长(除 2015—2016 年负增长外,当时受经济危机影响,边贸货运量下降,导致货车流量减少)。

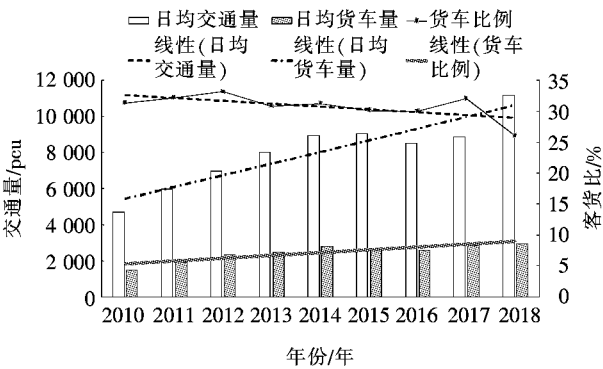


图 2 南友高速公路交通量变化趋势图

2 裂缝病害特征

2.1 裂缝病害类型

在加铺超薄磨耗层前对路况进行调查,结果表明

南友高速公路路面的典型病害主要为裂缝,包括纵向裂缝、块裂、横向裂缝以及车辙、坑槽等。多数纵向裂缝位于填方路基,少部分纵向裂缝出现于挖方膨胀土路基段。南友公路靠近东南亚地区,年气候特征呈现雨—旱双季,膨胀土路基吸水膨胀后强度减小,并有湿化崩解现象,常伴有路基沉陷、裂隙,病害进而发展到基层,并逐步扩展到面层,导致路面出现裂缝,宽度为 20~50 mm。

南友高速公路另一类裂缝病害为块裂,由提取的芯样可见基层底部松散,发生块裂的主要原因是基层底部强度不足导致的疲劳开裂。

还有一类在轮迹带出现的不典型纵向裂缝,这一类路面裂缝主要是在行车荷载反复作用下的疲劳裂缝,该裂缝主要从面层顶部开始发生,逐渐向下发展,被称为 Top-Down 型裂缝。

2.2 裂缝病害分布

对南友高速公路双向沥青路面病害进行统计分析,发现路面病害以纵向裂缝、横向裂缝为主,裂缝密度较高路段病害情况如表 1 所示。

表 1 南友高速公路裂缝密度较高路段病害情况汇总

路段	里程/ km	方向	横向裂缝修补/[m <sup>2</sup> ·(km) <sup>-1</sup> ]		纵向裂缝修补/[m <sup>2</sup> ·(km) <sup>-1</sup> ]	
			段落值	全线平均值	段落值	全线平均值
K193+000~K211+000	18	上行	6.31	5.86	24.31	9.81
K61+000~K152+000	91	下行	18.11	11.29	32.78	21.66
K197+000~K211+000	14		18.57		47.41	

由表 1 可见:南友高速公路主线路面裂缝主要集中在下行方向,其纵向裂缝及横向裂缝面积平均值均高于上行方向,主要和下行方向重车较多有关。上行方向纵向裂缝和横向裂缝面积约为下行方向的一半。

2.3 路面破碎率及其形态分析

南友高速公路主线路面双向 PCI 平均值为 93.5,评价为优。上行方向 PCI 平均值为 94.8,下行方向 PCI 平均值为 92.2。上下行方向均存在个别评价单元路段 PCI 低于 90,PCI 偏低的路段主要为裂缝病害较为集中路段,这部分路段对应的就是膨胀土路基段。

通过筛选得到南友高速公路裂缝破损率 DR 为次差(DR>2)的路段,并对所有路段进行现场调研,分析归类病害类型及发展程度,按裂缝表现形式,包括等距横向反射裂缝、纵向长距离裂缝、沿轮迹带网裂以及整体大范围网裂进行统计分析,其结果见表 2。

表 2 裂缝病害表现形式与裂缝破损率关联统计

裂缝病害表现形式	DR 范围/%
横向裂缝反射裂缝及局部短裂缝	0~3.0
长距离纵向裂缝	3.0~4.5
2 条以上纵向裂缝	3.5~5.5
纵向裂缝+轮迹带网裂	5.0~6.5
网裂	6.0 以上

由表 2 可见:沥青路面裂缝病害类型与裂缝破损率有一定的相关性。随着路面病害增多和裂缝形式趋于复杂,路面 DR 不断增大。当路面仅为横向裂缝和局部短裂缝时,DR 值在 3%以内,当路面存在纵向裂缝和轮迹带网裂时,DR 值为 5%以上,当存在较大面积网裂时 DR 值达到 6%以上。

2.4 激光高速弯沉与裂缝率相关性分析

激光高速弯沉系统,是目前最高效、无损、精确的

弯沉检测系统,能以 80 km/h 速度对路面弯沉进行连续性的无损测试,远远超出了传统弯沉测试速度。其原理是采用世界先进的多普勒激光传感器采集路面变形速度,根据测量点相对于车轮中心的位置和它的沉降速度,利用弹性力学理论得到最终的动态弯沉值。

对南友公路全线上下行激光高速弯沉及裂缝数据采集,在相同桩号下的激光高速弯沉代表值与裂缝破损率值进行对比,其结果如图 3、4 所示。

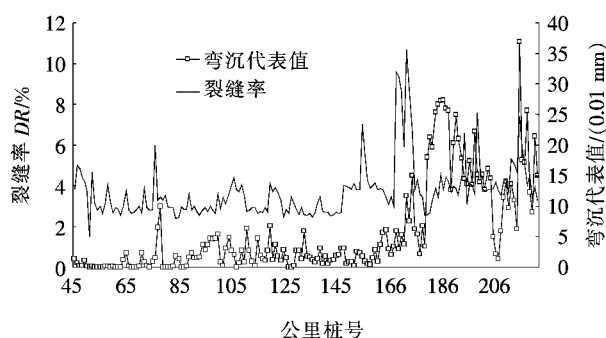


图3 上行线激光高速弯沉值与裂缝率数据对比图

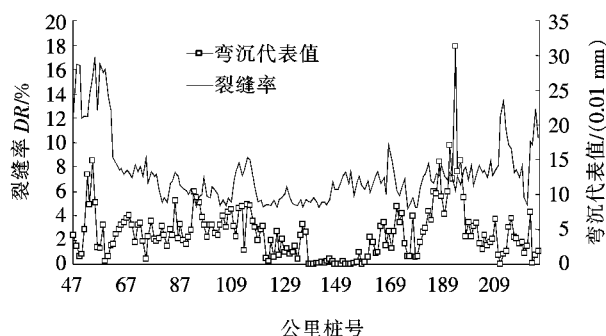


图4 下行线激光高速弯沉值与裂缝率数据对比图

由图 3、4 可知:南友公路上下行线激光高速弯沉值与裂缝率具有一定趋势相关性。其主要原因为:当弯沉值较大时,其路面承载能力下降,病害发生概率就越大。而裂缝病害是路面承载能力下降所导致的最直接病害,路面裂缝率与弯沉值的关系如图 5、6 所示。

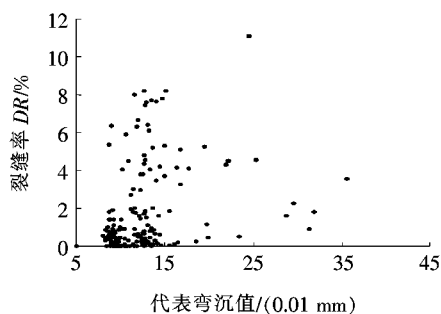


图5 上行线激光高速弯沉值与裂缝率的关系

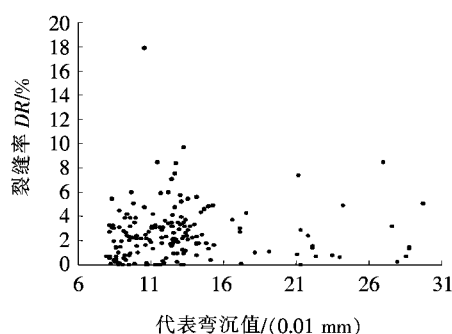


图6 下行线激光高速弯沉值与裂缝率的关系

由图 5、6 可知:当动态弯沉值为 5~15(0.01 mm)时,其裂缝率  $DR$  小于 5% 的路段较为集中。当动态弯沉值大于 15(0.01 mm)时其裂缝率  $DR$  大于 5% 的概率变大。

### 3 结论

通过对南友高速公路裂缝病害的调研,分析了裂缝病害的特征、分布和形态特征,并尝试建立了裂缝与激光高速弯沉之间的关系,得到以下结论:

(1) 南友高速公路沥青路面主要裂缝病害包括纵向裂缝、横向裂缝和块裂。纵向裂缝主要成因为膨胀土路基变形产生,也存在少量轮迹带处反复行车荷载作用下形成的 Top-Down 疲劳裂缝。

(2) 沥青路面裂缝病害类型与裂缝破损率有一定的相关性。随着路面病害增多和裂缝形式趋于复杂,路面  $DR$  值不断增大。当路面仅为横向裂缝和局部短裂缝时, $DR$  值一般为 3% 以内;当路面存在纵向裂缝和网裂时, $DR$  值为 5% 以上。

(3) 激光高速弯沉值与裂缝率具有一定趋势相关性,当激光高速弯沉值较大时,裂缝病害发生概率越大。当动态弯沉指标为 5~15(0.01 mm)时,其裂缝率  $DR$  小于 5% 的路段较为集中。当动态弯沉值大于 15(0.01 mm)时其裂缝率  $DR$  大于 5% 的概率变大。

### 参考文献:

- [1] 毛成. 沥青路面裂纹形成机理及扩展行为研究[D]. 西南交通大学博士学位论文,2004.
- [2] 黄建平. 基于二维图像和深度信息的路面裂缝检测关键技术研究[D]. 哈尔滨工业大学博士学位论文,2013.
- [3] Gu Fan, Luo Xue, West Randy C, et al. Energy-Based Crack Initiation Model for Load-Related Top-Down Cracking in Asphalt Pavement[J]. Construction and Building Materials, 2018, 159(2): 587-597.

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2020.03.015

# 基于三维探地雷达的沥青路面厚度动态调整技术研究

虞将苗, 唐嘉明, 张肖宁, 李伟雄, 陈博

(华南理工大学 土木与交通学院, 广东 广州 510640)

**摘要:**新建沥青路面容易出现沥青层厚度不足的薄弱区域,为解决沥青结构层存在的厚度不足问题,采用三维探地雷达技术进行沥青路面全断面扫描,采集路面厚度分布数据矩阵,绘制厚度分布云图。首先进行单元划分研究,根据沥青层总厚度代表值、极小值要求,结合上层设计厚度与摊铺工艺,基于厚度补偿原理提出上层摊铺厚度调整值指标,以实现现场摊铺厚度的动态调整。工程应用结果表明:采用上层摊铺厚度调整值进行上层摊铺施工的动态调整,对路面纵断面高程影响在容许范围内,可以有效提高路面厚度合格率,改善厚度分布均匀性,测试方法稳定可靠且可操作性强,具有较大的工程实用价值。

**关键词:**沥青路面; 三维探地雷达; 厚度调整; 合格率; 变异系数

由于基层顶面平整度较差以及摊铺施工过程中摊铺设备调整不佳等因素,新建沥青路面在施工过程中容易出现厚度不足区域比例偏高问题。为提高沥青面层厚度分布合格率,除改善基层的平整度以及加强对摊铺设备调试外,还需要在下层施工完成后,根据沥青面层厚度分布情况,针对下承层偏薄区域采取相应的处置措施,施工路幅全断面厚度检测技术是关键。

当前,沥青层厚度检测方法主要有钻芯法、二维探地雷达法和三维探地雷达法。钻芯法由于对沥青路面破坏大,样本点较少,代表性不足等原因,不适用于大面积沥青面层厚度检测。二维探地雷达法有检测效率高,不损坏路面结构等优势,但单次检测只能采集一个纵剖面数据,无法实现全断面覆盖扫描,同样存在明显的代表性不足问题。三维探地雷达检测原理与二维探地雷达相同,其采用多通道天线,单次检测宽度范围接

近覆盖一条车道,可实现对沥青路面厚度的全断面扫描,是近年来较适用于开展大面积路面厚度快速无损检测的一种新手段。

该文主要基于三维探地雷达测试技术,提出沥青路面施工厚度的动态调整方法,结合依托工程项目进行工程应用效果评价,以提高沥青路面施工厚度合格率与改善厚度分布均匀性。

## 1 三维探地雷达厚度探测原理

研究采用路用三维探地雷达系统,包括 Geoscope™ MKIV 雷达主机、DX 系列多通道空气耦合天线阵。探地雷达探测地下状况主要通过发射与接收特定频率范围的电磁波信号,进而进行采集分析与处理,主要工作原理如图 1 所示。

- \*\*\*\*\*
- [4] Karlaftis Aristides G., Badr Atef. Predicting Asphalt Pavement Crack Initiation Following Rehabilitation Treatments[J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2015, 55(1): 510—517.
- [5] Wu Shenghua, Muhunthan Balasingam. A Mechanistic—Empirical Model for Predicting Top—Down Fatigue Cracking in an Asphalt Pavement Overlay[J]. Road Materials and Pavement Design, 2019, 20(8): 1 322—1 353.

- [6] 薛爱新,王洁光,等. 高速公路沥青路面裂缝发展对路面结构性能的影响[J]. 中外公路, 2019(3).
- [7] 陈齐平,肖强,等. 基于多种算法的高速公路路面裂纹检测分析[J]. 公路, 2018(6).
- [8] 赵向敏. 沥青路面病害无损检测及养护技术研究[J]. 交通世界, 2019(16).
- [9] 熊春龙. 基于无损检测技术的沥青路面结构性健康状况评估方法研究[D]. 华南理工大学硕士学位论文, 2016.

收稿日期: 2019—12—05

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(编号: 51678251)

作者简介: 虞将苗, 男, 教授. E-mail: yujm@scut.edu.cn