

# 基于超声导波微传感技术的沥青路面平整度检测方法

袁光华

广西路桥工程集团有限公司道桥分公司 广西南宁 530000

**摘要:** 为提高沥青路面平整度检测结果的可靠性,为道路工程改造施工提供指示方向,引进超声导波微传感技术,设计一种针对沥青路面平整度的全新检测方法。在布置沥青路面平整度检测现场后,利用超声导波微传感技术反馈平整度监测信息。考虑到检测信息中可能存在冗余信息或重叠信息,需要处理与评定沥青路面平整度信息,再引用多位点传感器技术,获取更多可以用于描述路面平整度的信息,修正平整度检测结果。将以某高速公路工程项目为例,测试结果证明,该方法检测得到的结果更加可靠。

**关键词:** 超声导波; 检测方法; 多位点传感器; 平整度; 沥青路面; 微传感技术

## Asphalt pavement flatness detection method based on ultrasonic guided wave microsensing technology

Guanghua Yuan

Road and Bridge Branch of Guangxi Road and Bridge Engineering Group Co., Ltd Nanning, Guangxi 530000

**Abstract:** In order to improve the reliability of asphalt pavement evenness testing results and provide direction for road engineering reconstruction, a new testing method for asphalt pavement evenness is designed by introducing ultrasonic guided wave micro-sensing technology. After the asphalt pavement flatness testing site is arranged, the ultrasonic guided wave micro sensing technology is used to feed back the flatness monitoring information. Considering that there may be redundant or overlapping information in the detection information, it is necessary to process and evaluate the asphalt pavement flatness information, and then quote the multi-point sensor technology to obtain more information that can be used to describe the pavement flatness and correct the flatness detection results. Taking an expressway project as an example, the test results show that the method is more reliable.

**Keywords:** ultrasonic guided wave; Test method; Multipoint sensor; planeness; Asphalt pavement; Microsensing technology

### 引言:

根据道路工程管理部门反馈的相关信息可知,我国现如今的道路工程项目中,沥青结构的路面在市场内具有较高的占有率,且此种形式的路面结构具有投入成本低、稳定性高、后续维修方便等优势。目前,沥青路面已成为了我国道路体系的核心构成<sup>[1]</sup>。

为进一步深化此类工程项目,施工方提出了在竣工后,对沥青路面进行平整度检测,通过提高路面平整程度,改善并优化人们日常生活出行质量。但根据目前工程方在此方面的现有研究成果可知,大部分技术人员在完成路面施工后,会使用直尺法、整定仪器开展此项工作。但直接使用仪器辅助路面结构平整度检测,会导致检测结果与实际结果之间存在偏差,甚至会对后续工程的整改、优化、质量控制等工作造成直接干预与影响<sup>[2]</sup>。

基于上述分析,本文将引进超声导波微传感技术,设计了一种针对沥青路面平整度的全新检测方法,通过此种方式,及时掌握在工程中存在的质量偏差点,为工程项目的规范化施工提供专项指导。

### 1 基于超声导波微传感技术的沥青路面平整度检测方法

1.1 基于超声导波微传感技术的平整度监测信息反馈  
为实现对路面结构综合平整度的检测,本章引进超声导波微传感技术,进行路面结构平整度的监测与反馈<sup>[3]</sup>。对施工现场的超声导波微传感技术布置可参照下述图1。

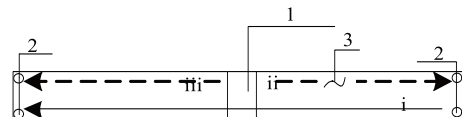


图1 基于超声导波微传感技术的平整度监测反馈布置

图1中, 1表示为沥青路面接口或拼缝; 2表示为超声导波换能装置; 3表示为路面缺陷点。

在监测沥青路面平整度的过程中, 位于右侧的超声导波换能装置将在单个阵列信号的基础上被前端发射的超声导波驱动, 在驱动作用下, 路面结构将被触发机械振动, 从而产生超声波<sup>[4]</sup>。超声波在路面表层与底层之间传输, 但由于不同地层之间的性质存在差异, 因此超声波在土层中的传输可能会存在受限问题。

因此, 在反馈沥青路面平整度监测信息时, 需要在路面右侧位置发射导波, 此时, 导波沿着直线*i*的方向进行传输, 被传输到左侧超声导波换能装置的过程中, 会途径沥青路面中的平整度缺陷点, 产生超声波的散射, 发生散射的导波将沿着*ii*与*iii*的方向进行回传。集成在路面两侧的换能装置将会进行反馈信号的主动接收, 可将此过程表示为如下计算公式:

$$G(n) = G \sum_{3>i>1}^i \frac{n_i}{n_0} \eta \quad (1)$$

公式(1)中: *G*表示为基于超声导波微传感技术的平整度监测信息反馈过程; *n*表示为超声波信号在地面表层传输的空间频率; *n<sub>i</sub>*表示为第*i*条线路中的超声波信号传输空间频率; *n<sub>0</sub>*表示为超声波功率谱密度值;  $\eta$ 表示为空间频率计算系数。

按照上述计算公式, 接收并过滤超声波信号, 提取在此过程中可以用于描述沥青路面平整度的监测信息, 以此完成信息反馈处理。

### 1.2 沥青路面平整度信息处理与评定

完成对沥青路面平整度监测信息的超声波反馈后, 考虑到此时信息中可能存在冗余信息或重叠信息。因此, 还需要在此基础上, 对平整度信息进行一次过滤, 过滤时将路面按照每10.0cm进行一次间隔, 按照间隔距离对路面结构的位移信息进行主动采集。

将采集的信息值导入终端计算机设备, 计算在检测区间内路面结构平整度整定结果的标准差值<sup>[5]</sup>。同时, 记录检测沥青路面的总长度、在超声导波微传感技术反馈信息中的曲线最大振幅值、连续区段定值、单向累计值等, 选择检测区段的中心点, 绘制针对测试区段的沥青路面平整度偏差曲线。在检测现场, 由人工进行测量结果的计算, 并设置一个路面平整度基准线, 将1.5m作为间隔距离, 对路面上发生曲线偏差的位置进行偏移高度的读取, 按照上述方式, 进行沥青路面平整度信息的处理。处理过程如公式(2)所示:

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum (d_j - \bar{d})^2}{j-1}} \quad (2)$$

公式(2)中:  $\sigma$ 表示为沥青路面平整度信息处理过程; *d*表示为曲线振幅点的位移, 计算单位为mm;  $\bar{d}$

表示为平均位移, 计算单位为mm; *j*表示为振幅点。上述计算公式中,  $\bar{d}$ 属于二次计算参数, 通常取值为常数, 对 $\bar{d}$ 的计算可用下述公式表示:

$$\bar{d} = \frac{\sum d_j}{n} \quad (3)$$

按照上述计算公式, 计算检测区段中的路面平整度变化均值。但在计算中考虑到初步检测结果可能会受到路面结构变异系数的影响出现偏差, 因此, 还应在上述计算的基础上, 对沥青路面结构平整度变异系数的计算。计算公式如下:

$$\delta = \frac{\Delta \cdot F_c}{F} \quad (4)$$

公式(4)中:  $\delta$ 表示为平整度变异系数; *F<sub>c</sub>*表示为沥青路面表层受力;  $\Delta$ 表示为沥青路面结构数值采样频率; *F*表示为受力均值。将公式(4)以外置参数的方式代入公式(2), 评价路面的承载力与抗变形能力, 再按照设计顺序进行反馈信息的处理, 通过此种处理方式, 确保所获取的路面平整度信息可以作为后续检测与路面整改施工的关键依据。

### 1.3 基于多位点传感器的平整度检测结果修正

完成上述研究后, 为提高平整度检测结果的精度, 引进多位点传感器技术, 获取更多可以用于描述路面平整度的信息, 以此为依据, 进行平整度检测结果的修正。

在检测中考虑到沥青路面整体结构属于刚体, 当某一个位置出现不平整现象时, 反馈的其他测点信号可能会由于联合振动出现检测结果偏差<sup>[6]</sup>。因此, 可在完成对某个测点或区段的平整度检测后, 在此点的左侧与右侧位置安装多位点传感器, 根据传感器反馈的多维度信息, 建立针对沥青路面结构平整度的线性函数, 在函数中进行IRI指数的拟合, 并采用多元回归算法对函数进行训练, 按照此种方式, 进行平整度检测结果的修正。对此过程进行描述, 如下公式所示:

$$s(t) = f(t) + \varepsilon z(t) \quad (5)$$

公式(5)中: *s(t)*表示为平整度检测结果训练过程; *f(t)*表示为传感器反馈的多维度信息;  $\varepsilon$ 表示为维度数; *z(t)*表示为结果中的高斯白噪声。按照上述计算公式, 对检测结果进行反复迭代训练, 按照训练结果进行检测值的修正, 从而得到一个高精度的沥青路面平整度检测结果。

## 2 对比实验与结果分析

提高沥青路面的平整度, 不仅可以为路面车辆行驶提供更加良好的环境, 同时也可以提高路面的使用寿命, 发挥沥青路面在社会中更高的效能与价值。为全面落实此项工作, 本文从三个方面, 设计了一种全新的平整度检测方法。但相关此方法的研究目前仍处于理论研究阶段, 尚未有实践成果证明此方法的应用具有较高的可行

性,因此,下述将以某高速公路工程项目为例,使用本文设计的方法进行路面平整度的综合检测,通过此种方式,检验设计方法的可行性。

实验开始前,与该项目的施工方进行交涉,掌握与此工程项目相关的技术信息。此公路项目的起始桩号为F105+000,终止桩号为F183+350,铺设沥青施工段全长约为65.7km。在此基础上,获取此路段道路结构信息,对其进行描述,如表1所示。

表1 沥青路面结构

结构位置	构成
道路下面层	7.8cm厚度的AC-30型结构
道路中面层	5.2cm厚度的AC-20型结构
道路上面层	3.0cm厚度的AC-35型结构
路基宽度	约为26.0m
路面行车形式	参照标准的高速公路工程设计要求,设计双向四车道行车
行车速度设计	100.0km/h

为进一步实现对路面结构的优化设计,提出针对此路段的平整度检测。检测时,按照本文设计的方法,先使用超声导波微传感技术,对沥青路面结构中的平整度信息进行监测与反馈,获取路面结构基础信息后,对数据信息进行处理与评定,再在路面不同测点位置安装传感器,进行平整度检测结果的修正。

在此基础上,引进基于连续平整度装置的检测方法作为传统方法。在使用传统方法进行路面结构平整度检测时,需要根据检测需求,进行装置的调试与初始化处理,完成处理,参照本文方法检测中的测点,在测点位置使用连续平整度装置进行路面平整度检测。

完成两种方法对路面平整度的检测后,将IRI结果的相对误差作为对比指标。其中IRI表示为国际平整度检测指数,将检测结果用标准的IRI表示。可以将提出的参照指数作为检测结果随机变量的均方差结果量度,当车辆在道路上行驶时,车身会出现不规则振动,振动反馈波长可以用于描述功率谱密度,当功率谱密度变化均匀且连续时,说明沥青路面的平整度较高,反之较低。按照此种方式,得到两种检测方法的IRI数值,对多个连续测点的IRI结果值进行相对误差计算,过程如下:

$$P = \frac{p}{q} \quad (6)$$

公式(6)中:P表示为沥青路面平整度检测结果的相对误差;p表示为检测结果绝对误差;q表示为真实值。P的计算结果值越小,证明检测结果相对误差越低,即平整度检测结果越精准,反之说明检测结果误差越大。按照上述计算公式,对多个测点的检测结果进行相对误差计算,统计计算结果如图2所示。

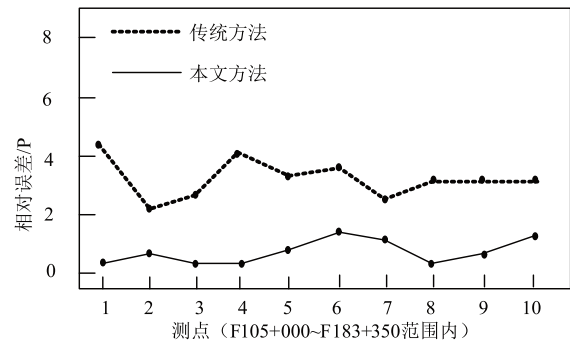


图2 沥青路面平整度检测结果相对误差

从上述图2所示的实验结果可以看出,使用本文设计的检测方法进行沥青路面平整度检测,检测结果相对误差可以控制在0~2.0mm范围内,使用传统检测方法进行沥青路面平整度检测,检测结果相对误差在2.0mm~5.0mm范围内。综合检测结果可以看出,本文方法检测结果的相对误差小于传统方法检测结果的相对误差,由此可以说明,本文此次研究设计的方法,在实际应用中,检测得到的结果更加可靠。

### 3 结束语

沥青路面是我国道路体系中的主要结构形式,随着道路工程建设投入的增加,人们日常生活出行条件、车辆行驶道路质量呈现一种显著提升趋势。也可以认为此项工作的投入不仅实现了对市政道路交通体系的完善与优化,同时也在一定程度上带动了地区国民经济的增长。为提供道路车辆更加良好的行车环境,本文从平整度监测信息反馈、沥青路面平整度信息处理与评定、基于多位点传感器的平整度检测结果修正三个方面,设计了一种全新的检测方法。并通过实验证明了此方法的可行性。

### 参考文献:

- [1]谭志兵,徐志祥.基于路况检测数据的高速公路沥青路面平整度影响因素研究[J].交通世界,2020(34):57-59.
- [2]姚颖东.基于结构光路面三维模型的道路平整度检测技术研究[J].上海公路,2021(03):44-46+72+154.
- [3]刘颖,张勇,卢吉,等.基于无人机实景建模的机场道路路基平整度检测与分析研究[J].土木工程信息技术,2021,13(03):51-57.
- [4]罗春海.激光平整度检测仪在公路工程平整度试验检测中的应用[J].交通世界,2021(26):66-67.
- [5]丁克良,罗麒杰,鲍东东,等.三维激光扫描技术在墙面平整度检测中的应用研究[J].工程勘察,2020,48(02):51-55.
- [6]李政,刘正英,胡进存,等.基于信度分析判别路面平整度检测设备速度影响性的方法[J].广东交通职业技术学院学报,2020,19(01):6-10.