

国 家 计 量 技 术 规 范

《车载式路面激光三维坑槽
检测装置》

编制说明

(征求意见稿)

规 范 编 制 组

2024 年 9 月

目 录

一、任务来源.....	1
1、任务来源.....	1
2、人员分工.....	1
二、项目背景.....	1
1、目的意义.....	1
2、国内外概况.....	4
三、编制过程.....	4
1、编制原则.....	4
2、工作进程.....	4
3、重大分歧意见的处理经过和依据.....	5
四、编制依据.....	5
1、编制依据.....	5
2、参考文献.....	5
3、国内外标准技术文件的兼容情况.....	5
4、与国家或其他行业计量校准规范的关系.....	6
五、主要技术内容.....	6
3.1 概述.....	6
3.2 计量性能要求.....	6
3.3 计量校准方法.....	7
六、试验验证报告.....	9
七、不确定度评定.....	10
八、其他应予说明的事项.....	10

一、任务来源

1、任务来源

根据 2024 年国家计量技术规范制修订计划，由交通运输部公路科学研究所主持承担国家计量技术规范《车载式路面激光三维坑槽检测装置校准规范》的制定工作。本规范依据 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》进行制定。

2、人员分工

主要起草人及其所做的工作如表 1：

表 1 主要起草人及其所做的工作

人员	单位	所做工作
张金凝	交通运输部公路科学研究所	负责试验方法研究及组织试验验证、全部章节的编写。
李孝兵	交通运输部公路科学研究所	负责规范的理论分析，校准方法的研究、验证工作。
周毅姝	交通运输部公路科学研究所	负责规范的理论分析，校准方法的研究、验证工作。
潘宗俊	中公高科养护科技股份有限公司	负责部分试验验证工作。
任励硕	中路高科交通科技集团有限公司	负责部分试验验证工作。
郭鸿博	中路高科交通科技集团有限公司	负责部分试验验证工作。
杨亚鹏	中公高科养护科技股份有限公司	负责附录编制。

二、项目背景

1、目的意义

中国高速公路的发展已从大规模建设阶段转变为大规模养护阶段, 高效和自动化的路面测量和检测技术已成为行业重要需求。快速且经济的路面检测可以节约维修成本、提高路面舒适度, 为行车安全提供保障。道路检测经历了从人工检测到半自动化检测再到自动检测 3 个阶段。道路综合检测车的研究, 始于路面损坏检测系统的研究。20 世纪 70 年代, 法国研发了第一台路面损坏检测车 GERPHO,

该车通过高速摄影机记录道路病害情况并通过分析路面损坏图像进行道路检测评价。20 世纪 80 年代, 基于模拟摄像技术的路面快速检测设备得到了广泛应用, 其中日本的 **Komatsu** 系统、英国的 **HARIS** 系统、**PAVSCAN** 系统均具有相当的知名度。到 20 世纪 90 年代中期, 依托数字摄像技术的路面检测设备开始得到公路技术人员的广泛关注, 其中加拿大 **FUGRO ROADWARE**、澳大利亚 **ARRB**、美国 **PATHWAY** 等公司的产品颇受欢迎。2000 年以后, 基于线扫描相机的路面损坏检测系统成为了主流产品。在对路面损坏检测开展研究的同时, 人们对车辙、平整度、纹理等路面性能指数的采集也同步开展研究。车辙检测有激光断面法、激光三角法等多种检测方法, 平整度主要有反应类检测和断面类检测 2 种方法。实践证明, 断面检测方法测得的平整度精度更高。当前平整度快速检测主要采用点激光断面仪进行、考虑到现有路面损坏、车辙、平整度及纹理检测原理的相似性, 基于效益最大化的原则, 可将上述 4 类检测任务分类集成并统一开展设备及软件的研发工作。如: 路面损坏和车辙由同一模块采集、平整度与纹理集成至同一模块, 或可将车辙、平整度及纹理 3 项任务均集成到同一模块等。由此可减少大量的软硬件研发工作, 大大节省时间和金钱成本。

尽管国内路面快速检测的研究起步较晚, 但经过近二十余年的发展, 也取得不错的进步。国内的武大卓越、普勒斯、路兴、武汉夕睿等厂家在综合检测车方面有长足的进步, 国内厂家研究的三维路面检测设备通过采集横纵断面三维数据, 断面高程数据结合灰度图像可有效提高路面损害识别的准确率。



图 1 武大卓越生产的路面三维激光检测设备



图 2 武汉夕睿生产的路面三维激光检测设备

目前综合类检测一般应用二维检测技术，使用的是普通使用的线阵相机，采集道路的二维路面信息。信息中只包含了路面的部分破损信息，如裂缝的宽度、长度，龟裂和块裂的等部分信息，不能采集如裂缝深度、拥包的高度、坑槽的深度等竖向高度关键性信息。

2、国内外概况

目前国内路面破损检测设备以二维检测技术为主，国内厂商包括武大卓越、中天恒宇、上海普勒斯、武汉夕睿等，国外厂商如加拿大路德维、澳大利亚 ARRB、美国 PSI。路面损坏检测系统（二维）的技术成熟，稳定可靠。而且国家道路与桥梁工程检测设备计量也建立的计量授权标准，提供准确可靠的量值溯源。

基于三维路面的检测方法能较好检测横缝、纵缝、块裂、龟裂、修补等常见裂缝损坏，检测准确率达到 96%以上。相比于传统 2D 裂缝检测方法，三维激光断面扫描裂缝检测方法能克服路面阴影、光照不均、油污等干扰因素影响，具有更强的环境适应性，在检测精度和检测效率具有明显优势。基于 3D 激光断面扫描的路面变形类损坏检测算法对拥包、车辙、坑槽、沉陷均能进行较好的识别。三维检测设备的发展将成为新的趋势，特别是三维装置对坑槽的测量，可以给坑槽赋予深度值，更好的判断损坏缺陷。

根据调研，2015 年三维检测设备还基本处于空白，但近几年设备交付较多，发展迅猛，但是这些检测设备缺乏相应的技术手段和技术指标进行计量，本规范则能弥补这部分的空白，实现此类设备的计量。建立一套基于三维扫描系统计量，能更好的服务于交通强国建设。

三、编制过程

1、编制原则

本标准在编写过程中遵循如下原则：

一是先进性。与国内外最新标准及方法接轨，体现国内外该领域的最新成果及动态。

二是适用性。与我国车载式路面激光三维坑槽检测装置使用和生产质量的实际情况相适应。

三是协调性。符合国家及地方相关法律、法规的规定，符合相关强制性标准的要求，并与现行有效的检测、设计、验收等标准指标的要求协调一致。

2、工作进程

编制过程如下：

1) 2024 年 3 月至 2024 年 4 月成立编写组，正式启动编写工作。首先进行资

料搜集,汇总分析国内车载式路面激光三维坑槽检测装置相关的标准规程规范等;同时对相关厂家、检测单位的设备进行调研分析,并初步进行必要的试验验证。

2)2024年5月至6月,第一编写人完成草案稿,组织编制组进行内部讨论,明确需要进一步通过试验进行验证的计量要求和校准方法等技术内容。并开展相关试验验证,修改和完善草案稿。

3)2024年6月-2022年9月,完善校准方案及步骤,验证计量指标,形成征求意见稿。

4)2024年9月-,联系行业专家、生产厂家、检测机构等进行定向征求意见,根据讨论意见修改征求意见稿。

3、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在编写过程中无重大分歧意见。

四、编制依据

1、编制依据

标准编写格式依据 JJF 1071-2010 国家计量校准规范编写规则编写。

2、参考文献

在标准编写中,编写组搜集了部分国内标准或规程资料,主要参照以下标准或规程:

- 1) JJF 1071-2010 国家计量校准规范编写规则
- 2) JJF 1059.1-2010 测量不确定度评定与表示
- 3) JJG 146-2011 量块
- 4) JJG 117-2013 平板
- 5) JJG 741-2005 标准钢卷尺、JJG 4-2015 钢卷尺

3、国内外标准技术文件的兼容情况

国内外目前无相应设备的校准规范,国内外相关只有试验规程。该设备除国

际间差异大，国外无校准规范外，在实施“一带一路”过程中，大量中国企业对外援助时无法使用国内的标准和规范，此后建议制订校准规范外文版。

4、与国家或其他行业计量校准规范的关系

本标准不违反现行法律、法规和强制性国家标准。

五、主要内容

3.1 概述

随着三维激光技术的发展，采用三维激光技术可以利用高精度高分辨率的激光点数据获取一个近乎真实的三维模型，路面损害评价精度及精度明显提高。编写组通过研究车载式路面激光三维坑槽检测装置的测量原理和技术参数，确定车载式路面激光三维坑槽检测设备计量参数，并提出该设备的量值溯源途径，形成校准规范，保障车载式路面激光三维坑槽检测设备的准确性。

3.2 计量性能要求

按照 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》的要求制定车载式路面激光三维坑槽检测装置校准规范。在内容格式上保持一致，规范的具体内容有范围、概述、计量性能要求、通用技术要求、计量器具控制、附录等内容。

参考相关规程从以下方面考虑计量参数的选择及指标的确定。

1 采集分辨力

采集分辨力：横向采集不大于 3mm，纵向采集不大于 3mm。

2 路面有效检测宽度

路面有效检测宽度：不小于 3.75mm。

3 路面坑槽三维示值相对误差

路面坑槽三维示值相对误差：±10%。

4 路面坑槽三维测量重复性

路面坑槽三维测量重复性：变异系数 C_v 不大于 5%。

5 垂向测量误差

垂向测量误差：不大于 $\pm 2\text{mm}$ 。

6 纵向距离传感器示值相对误差

纵向距离传感器示值相对误差： $\pm 0.1\%$ 。依据：此设备的激光器及其他测量装置与车载式路面激光平整度仪和车载式路面视频检测系统相同，其技术指标和环境指标也与这两类设备一致，按照相关规程的技术要求，三维的测量、计算和校准方法与相关标准保持一致，制定了此类设备的技术指标。通过试验验证，其技术指标符合大多数试验设备的需求，指标合理。

3.3 计量校准方法

按照 JJF 1071-2010 国家计量校准规范编写规则给出了试验条件和计量器具及要求编写，环境温度定为 $(0\sim 40)^{\circ}\text{C}$ ，湿度为不大于 85%RH。

依据：由于 0°C 以下会结冰， 40°C 以上容易造成设备过热，同时由于与车载式路面激光平整度仪和车载式路面激光车辙仪相同共用载车，其指标也与 JJG(交通) 075-2010 车载式路面激光平整度仪和 JJG(交通) 076-2010 车载式路面激光车辙仪一致。

主要参数的计量校准参数如下：

1 采集分辨力

试验过程如下：

- a) 将标准测试块放置于试验路段的车道上的左侧、右侧及纵向轴线 3 个位置，使分辨力测试板上其中一组样条的方向与车道方向一致；
- b) 三维检测系统以不低于 50km/h 的速度采集标准测试块长度和宽度数据。
- c) 根据系统对标准测试块的尺寸测量误差判断采集分辨率。

2 路面有效检测宽度

试验过程如下：

- a) 在试验路段上，用钢卷尺沿垂直试验路段车道方向量取 3.75m 的距离。沿车道线对称布置两块标记。
- b) 检测车沿车道直线行驶，并采集两块标记位置。
- c) 分析两块标记的直线距离，判断路面有效检测宽度。

3 路面三维面积示值相对误差

试验过程如下：

a) 在试验路段上放置不同类型的路面损坏标准样块。

b) 检测车以不低于 50km/h 的速度检测试验路段，检测系统输出各种类型的损坏面积，其中，单条裂缝损坏面积按照裂缝长度乘以影响宽度 0.2m 计算，块状裂缝、龟裂、拥包、坑槽、沉陷损坏面积按损坏区域沿行车方向的外接矩形面积计算，高度依据自带算法输出；

c) 采用下式计算损坏面积和高度示值的相对误差：

$$\Delta_i = \frac{A_i - A_{i0}}{A_{i0}} \times 100\%$$

式中： Δ_i —检测系统对第 i 种损坏面积示值的相对误差；

A_i —检测系统测得第 i 种类型的损坏面积， m^2 ；

A_{i0} —标准样块的第 i 种类型的损坏面积， m^2 ；

4 路面三维面积测量重复性

试验过程如下：

本规程中，路面损坏面积测量重复性用变异系数 C_v 表示，检定过程如下：

a) 在试验路段上放置不同类型的路面损坏标准样块；

b) 检测车以不低于 50km/h 的速度检测试验路段，检测系统测量路面损坏总面积；

c) 重复 b) 步骤操作 10 次，采用下式计算重复性变异系数 C_v 。

$$C_v = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\%$$
$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

式中：S—重复性标准差， m^2 ；

x_i —路面损坏总面积的第 i 次测量结果， m^2 ；

$\bar{x}$ —路面损坏总面积测量结果的算术平均值， m^2 ；

n—重复测量次数，此处取 10。

5 垂向测量误差

试验过程如下：

a) 在试验路段上放置测试标准样块。

b) 检测车以不低于 50km/h 的速度检测试验路段，检测系统输出标准测试块每层垂向测量高度；

c) 采用下式计算垂向测量高度误差：

$$\Delta L_i = \frac{L_i - L_{i0}}{L_{i0}} \times 100\%$$

式中： ΔL_i —检测系统对第 i 层标准测试块垂向测量高度误差；

L_i —检测系统测得第 i 层标准测试块垂直测量高度，mm；

L_{i0} —标准测试块第 i 层垂直测量高度，mm；

6 纵向距离传感器示值相对误差

试验过程如下：

a) 用全站仪量取 500m 长度试验路段，并分别在始点、终点做上标记；

b) 检测车停放在试验路段的始点处，将纵向距离传感器测距轮的中心线对准始点标记，启动检测系统，同时开始距离测量，检测车沿车道线平行方向驶向终点，当测距轮的中心线与终点标记对准时，停止距离测量；

c) 采用下式计算检测系统纵向距离传感器示值相对误差，应符合 4.6 的规定。

$$\square_d = \frac{d - d_0}{d_0} \times 100\%$$

式中： $\square_d$ —纵向距离传感器示值相对误差；

d —检测系统输出的距离测量值，m；

d_0 —全站仪量取的距离值，m；

六、试验验证报告

规范编写过程中，对车载式路面激光三维坑槽检测装置计量特性所涉及的具体指标进行了试验验证，见附件《车载式路面激光三维坑槽检测装置试验验证报

告》。

七、不确定度评定

对车载式路面激光三维坑槽检测装置进行了不确定度评定，见规范附录 A 《车载式路面激光三维坑槽检测装置不确定度评定示例》。

八、其他应予说明的事项

无。