



# 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF ××××-202×

## 车载式路面激光三维坑槽检测装置校准规范

Calibration Specification of Vehicle mounted laser 3D pothole  
detection device

(征求意见稿)

202××-××-××发布

202×-××-××实施

国家市场监督管理总局 发布

# 车载式路面激光三维坑槽 检测装置校准规范

JJF ××××-202×

Calibration Specification of  
Vehicle mounted laser 3D  
pothole detection device

归口单位：全国公路专用计量器具计量技术委员会

主要起草单位：交通运输部公路科学研究所

参加起草单位：中路高科交通科技集团有限公司

中公高科养护科技股份有限公司

本规范委托全国公路专用计量器具计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

参加起草人：

# 目 录

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 引 言.....                              | II |
| 1 范围.....                             | 1  |
| 2 术语.....                             | 1  |
| 3 概述.....                             | 1  |
| 4 计量特性.....                           | 2  |
| 4.1 采集分辨力.....                        | 2  |
| 4.2 路面有效检测宽度.....                     | 2  |
| 4.3 路面坑槽三维示值相对误差.....                 | 2  |
| 4.4 路面坑槽三维测量重复性.....                  | 2  |
| 4.4 垂向测量误差.....                       | 2  |
| 4.4 纵向距离传感器示值相对误差.....                | 2  |
| 5 校准条件.....                           | 2  |
| 5.1 环境条件.....                         | 2  |
| 5.2 校准设备.....                         | 2  |
| 6 校准项目和校准方法.....                      | 2  |
| 6.1 校准项目.....                         | 2  |
| 6.2 校准方法.....                         | 3  |
| 7 校准结果.....                           | 5  |
| 7.1 校准记录.....                         | 5  |
| 7.2 校准证书.....                         | 5  |
| 7.3 校准结果不确定度评定.....                   | 5  |
| 8 复校时间间隔.....                         | 5  |
| 附录 A 车载式路面激光三维坑槽检测装置校准记录表格式.....      | 6  |
| 附录 B 车载式路面激光三维坑槽检测装置校准结果内页格式.....     | 7  |
| 附录 C 车载式路面激光三维坑槽检测装置校准结果不确定度评定示例..... | 9  |

# 引 言

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》编制。

本规范为首次发布。

# 车载式路面激光三维坑槽检测装置校准规范

## 1 范围

本规范适用于车载式路面激光三维坑槽检测装置的校准。

## 2 术语

下列术语和定义适用于本规范。

### 2.1 车载式路面激光三维坑槽检测装置 Vehicle mounted laser 3D pothole detection device

用于对公路路面的槽三维形态进行检测，以点云形式进行数据储存的三维检测设备。

## 3 概述

车载式路面激光三维坑槽检测装置（以下简称三维检测装置）是路面状况调查、养护检测、公路技术状况评定中的新型路面测量系统。该设备主要由采集系统、数据分析及处理系统、辅助修正系统（加速度传感器、水平测距传感器、GPS 系统等）、电力主持系统等组成。其中采集系统又称为光学系统，是激光路面三维检测装置的核心部分，主要用于路面高程的测量，由激光发射器和 CCD 或 CMOS 传感器的扫描相机组成，相机通过接收激光器发射的激光，采集、分析并形成路面的三维点云情况。原理如图 1 所示。

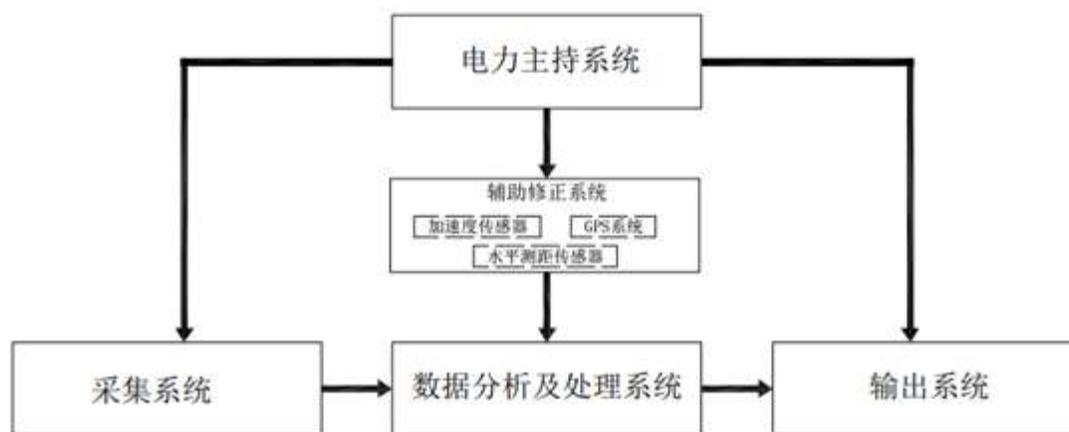


图 1 激光三维检测设备组成示意图

## 4 计量特性

### 4.1 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。

### 4.2 路面有效检测宽度

路面有效检测宽度：不小于 3.75mm。

### 4.3 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%。

### 4.4 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%。

### 4.5 垂向测量误差

垂向测量误差：不大于±2mm。

### 4.6 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：±0.1%。

## 5 校准条件

### 5.1 环境条件

5.1.1 环境温度：(0~40)℃；

5.1.2 环境湿度：不大于 85%RH；

5.1.3 试验路段要求：无积水、无冰雪、无污染、无交叉口的直线路段。

### 5.2 校准设备

a) 钢卷尺：测量范围为(0~5)m，分度值不大于 1mm；

b) 标准测试块：2 组标准块，分别为凸出和凹进两种形式。测试块底面积不低于 20cm\*20cm，5 层高，每层高度差不小于 5mm，每层长度差不小于 5mm；

c) 路面坑槽标准样块：面积不小于 0.2m\*0.2m，应有不同形状坑槽拥包；

d) 全站仪：准确度等级 II 级；

e) 三维坐标测量仪：最大允许误差：±(1.5+L/350) μm，L—被测长度，单位 mm。

## 6 校准项目和校准方法

### 6.1 校准项目

校准项目包括：采集分辨力、路面有效检测宽度、路面坑槽三维示值相对误差、路面坑槽三维测量重复性、垂向测量误差和纵向距离传感器示值相对误差。

## 6.2 校准方法

### 6.2.1 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) 三维检测装置以不低于 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。

### 6.2.2 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。

### 6.2.3 路面坑槽三维示值相对误差

试验过程如下：

- a) 在试验路段上放置不同类型的路面坑槽标准样块。
- 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坑槽面积（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： $\Delta_i$ —检测系统对第 i 种类型路面坑槽三维示值的相对误差；

$A_i$ —检测系统测得第 i 种类型的路面坑槽三维面积， $m^2$ ；

$A_{i0}$ —标准样块的第 i 种类型的路面坑槽三维面积， $m^2$ ；

### 6.2.4 路面坑槽三维测量重复性

试验过程如下：

本规程中，路面坑槽三维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坑槽标准样块；
- b) 检测车以不低于 50km/h 的速度检测试验路段，检测系统测量路面坑槽总面积；
- 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，  $m^2$ ；

$x_i$  --路面坑槽总面积的第  $i$  次测量结果，  $m^2$ ；

$\bar{x}$  --路面坑槽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。

### 6.2.5 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：  $\Delta L_i$  --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，  $mm$ ；

### 6.2.6 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。

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

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;

## 7 校准结果

### 7.1 校准记录

三维检测装置的校准记录应信息齐全、内容完整,校准记录式样见附录 A。

### 7.2 校准证书

三维检测装置的校准结果以校准证书的形式表达,校准结果内页式样见附录 B。

### 7.3 校准结果不确定度评定

三维检测装置校准结果的不确定度评定按照 JJF 1059.1-2010 测量不确定度评定与表示进行,不确定度评定示例见附录 C。

## 8 复校时间间隔

三维检测装置的复校时间间隔建议为 1 年。当年度累计检测里程超过 10000km、设备硬件发生变化或检测结果出现异常时,建议复校。由于复校时间间隔的长短是由三维检测装置的使用情况、使用者等诸因素所决定的,因此,送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

## 附录 A

## 车载式路面激光三维坑槽检测装置校准记录表格式

记录编号：

第×页 共×页

|                        |               |      |                    |      |      |       |       |  |
|------------------------|---------------|------|--------------------|------|------|-------|-------|--|
| 样品名称                   |               |      | 样品编号               |      |      | 出厂编号  |       |  |
| 制造单位                   |               |      | 型号/规格              |      |      | 检定依据  |       |  |
| 检定地点                   |               |      | 温度                 | ℃    |      | 湿度    | %RH   |  |
| 所用的计量标准装置器具/<br>主要仪器设备 | 名称            | 测量范围 | 不确定度<br>或准确度<br>等级 | 证书编号 | 有效期至 | 使用前情况 | 使用后情况 |  |
|                        |               |      |                    |      |      |       |       |  |
|                        |               |      |                    |      |      |       |       |  |
| 序号                     | 检定项目          |      |                    | 检定结果 |      |       |       |  |
| 1                      | 外观            |      |                    |      |      |       |       |  |
| 2                      | 采集分辨力         |      |                    |      |      |       |       |  |
| 3                      | 路面有效检测宽度      |      |                    |      |      |       |       |  |
| 4                      | 路面坑槽面积示值相对误差  |      |                    |      |      |       |       |  |
| 5                      | 路面坑槽面积测量重复性   |      |                    |      |      |       |       |  |
| 6                      | 垂向测量误差        |      |                    |      |      |       |       |  |
| 7                      | 纵向距离传感器示值相对误差 |      |                    |      |      |       |       |  |

校准：

核验：

日期：

## 附录 B

## 车载式路面激光三维坑槽检测装置校准结果内页格式

## 校准证书第 2 页

证书编号××××××-××××

第 页 共 页

校准机构授权说明：

本次校准所依据的技术规范（代号、名称）

校准环境条件及地点：

温度：

地点：

湿度：

其他：

校准使用的计量（基）标准装置

| 名 称 | 测量范围 | 不确定度/准确<br>度等级/最大<br>允许误差 | 计量标准<br>证书编号 | 有效期至 |
|-----|------|---------------------------|--------------|------|
|     |      |                           |              |      |

第 2 页 共 3 页

证书编号××××××-××××

## 校准结果

| 序号 | 被校项目          | 校准结果 | 结论 |
|----|---------------|------|----|
| 1  | 采集分辨力         |      |    |
| 2  | 路面有效检测宽度      |      |    |
| 3  | 路面坑槽面积示值相对误差  |      |    |
| 4  | 路面坑槽面积测量重复性   |      |    |
| 5  | 垂向测量误差        |      |    |
| 6  | 纵向距离传感器示值相对误差 |      |    |

注：

1. 本实验室仅对加盖“XXX 校准专用章”的完整证书负责。
2. 本证书提供的结果仅对本次所校准仪器有效。
3. 未经本实验室许可，部分采用本证书内容无效。

以下空白

## 附录 C

### 车载式路面激光三维坑槽检测装置校准结果不确定度评定示例

#### C.1. 概述

车载式路面激光三维坑槽检测装置是路面状况调查、养护检测、公路技术状况评定中的新型路面测量系统。主要校准项目包括：采集分辨力、路面有效检测宽度、路面坑槽三维示值相对误差、路面坑槽三维测量重复性、垂向测量误差和纵向距离传感器示值相对误差。

#### C.2. 校准结果的不确定度评定

##### C.2.1 纵向距离测量结果的不确定度：

(1) 测量模型的建立：

$$\Delta = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

$\Delta$ ——纵向距离传感器示值相对误差

$l_0$ ——标准装置测得的纵向距离，m。

$l_1$ ——被检设备测得的纵向距离，m。

(2) 不确定度分量的评定：

被检设备测量过程引入的不确定度 $u_1$ ：

选取典型设备，设置测量长度为 500m，重复性条件下进行三次测量，所得数据为：500.05m, 500.03m, 500.09m

用极差法计算标准差（3 次  $C_n$  取 1.69）

$$S_l = \frac{l_{\max} - l_{\min}}{C_n} \times 100\% \quad (2)$$

代入计算得 $S_l = 0.0355\text{m} = 35.5\text{mm}$ 。

$$u_l = \frac{S_l}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

标准装置引入的不确定度 $u_2$ 。

根据全站仪证书可得，全站仪的不确定度 $u_2$ 为  $0.6\text{mm} + 1 \times 10^{-6}D$ ，以 500m 计， $u_2 = 0.6\text{mm}$ 。

(3) 合成标准不确定度的计算:

不确定度分量的汇总

三维坑槽测量仪纵向距离传感器示值校准结果的不确定度分量汇总见下表。

表 1 不确定度分量汇总

| 序号 | 不确定度来源        | 不确定度分量                | 类别 | 分布 |
|----|---------------|-----------------------|----|----|
| 1  | 被检设备测量过程的不确定度 | $u_1 = 20.5\text{mm}$ | A  | /  |
| 2  | 标准装置测值的不确定度   | $u_2 = 0.6\text{mm}$  | B  | 正态 |

不确定度的合成

合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} \quad (4)$$

计算得: $u_c = 20.508\text{mm}$ , 修约为:  $u_c = 21\text{mm}$ .

(4) 合成扩展不确定度的计算:

取  $k=2$ , 则

$U = 42\text{mm}$ ,  $k=2$

测量长度为 500m 时, 相对不确定度为

$$U_r = 0.01\%, k = 2$$

(5) 不确定度报告:

纵向距离测量不确定度:  $U_r = 0.01\%, k = 2$

C.2.2 坑槽面积校准结果的不确定度:

(1) 测量模型的建立:

$$\Delta = \frac{S_1 - S_0}{S_0} \times 100\% \quad (5)$$

式中:

$\Delta$ ——坑槽面积示值误差;

$l_0$ ——坑槽面积参考值,  $\text{m}^2$ ;

$l_1$ ——坑槽面积测得值,  $\text{m}^2$ 。

(2) 测量不确定度的来源

坑槽面积示值误差的测量不确定度有两个来源:

1、检测系统测值的不确定度  $u_1$ ;

2、标准装置测值(参考值)的不确定度  $u_2$ 。

## 检测系统测值的不确定度

检测系统测值的不确定度主要来源于检测系统的测量重复性。我们采用路面三维坑槽检测仪进行 10 次重复性试验，结果如下表所示：

表 2 检测系统重复性试验结果

| 序号                 | 面积测量值 $A_i$<br>/ $m^2$ |
|--------------------|------------------------|
| 1                  | 0.507                  |
| 2                  | 0.496                  |
| 3                  | 0.502                  |
| 4                  | 0.508                  |
| 5                  | 0.491                  |
| 6                  | 0.500                  |
| 7                  | 0.500                  |
| 8                  | 0.490                  |
| 9                  | 0.493                  |
| 10                 | 0.507                  |
| $\bar{y}_i$        | 0.499                  |
| $s(y_i)$           | 0.006                  |
| $s(y_i)/\bar{y}_i$ | 1.3%                   |

由检测系统的重复性引入的测量不确定度为：

$$u_1 = 0.009m^2$$

相对标准不确定度为：

$$u_{1,rel} = 1.3\%$$

## 标准装置测值的不确定度

路面三维坑槽标准测量装置，其最大允许误差的要求是 MPE：±1%。此装置的面积示值相对误差范围为（-0.5%~0.9%），不确定度为：

$$U = 0.1\%, k = 2,$$

依据《测量仪器特性评定》（JJF 1094-2002），示值相对误差的不确定度

$U < \frac{1}{3} \cdot MPEV$ ，且示值相对误差在最大允许误差范围内，因此该标准测量装置符

合要求，即坑槽面积测量装置最大允许误差为： $\pm 1\%$ 。

取包含因子  $k=2$  时，标准装置测值的相对标准不确定度为：

$$u_{2,rel} = 0.5\%$$

不确定度的合成

由坑槽损坏面积示值相对误差的数学模型及不确定度合成规则，坑槽面积示值相对误差检定或校准结果的不确定度：

$$u_{c,rel} = \sqrt{u_{1,rel}^2 + u_{2,rel}^2} = 1.4\% \quad (6)$$

$$U_{rel} = 3\%, \quad k = 2$$

合成不确定度中，三维坑槽检测仪的重复性引入的不确定度分量所占比重较大，说明校准过程中待检设备的重复性是主要影响因素。

### C.2.3 坑槽深度测量结果的不确定度评定

#### (1) 测量模型的建立

$$\Delta = l_1 - l_2 \quad (7)$$

式中：

$\Delta$  ——坑槽深度示值误差；

$l_2$   $l_0$  ——坑槽深度标称值，mm；

$l_1$  ——被检三维坑槽测量仪测得深度，mm。

#### (2) 不确定度分量的评定

被检设备测量过程引入的不确定度  $u_1$

选取典型设备，测量标称深度值为 23mm 坑槽模型，重复三次测量，所得数据为：23.5mm，24mm，24.5mm。用极差法计算标准差（3 次  $C_n$  取 1.69）

$$S_l = \frac{l_{\max} - l_{\min}}{C_n} \quad (8)$$

代入计算得  $S_l = 0.6\text{mm}$ 。

$$u_l = \frac{S_l}{\sqrt{n}} \quad (9)$$

代入计算得  $u_l = 0.35\text{mm}$ 。

标准装置引入的不确定度 $u_2$

标准坑槽模型的深度不确定度 $u_2$ 为1mm。

(3) 合成标准不确定度的计算  
不确定度分量的汇总

坑槽深度示值测量结果的不确定度分量汇总见下表。

表 3 不确定度分量汇总表

| 序号 | 不确定度来源        | 不确定度分量                | 类别 | 分布 |
|----|---------------|-----------------------|----|----|
| 1  | 被检设备测量过程的不确定度 | $u_1 = 0.35\text{mm}$ | A  | /  |
| 2  | 标准装置测值的不确定度   | $u_2 = 1\text{mm}$    | B  | 正态 |

不确定度的合成

合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} \quad (10)$$

计算得： $u_c = 1.1\text{mm}$ 。

(4) 合成扩展不确定度的计算取  $k=2$ ，  
则坑槽深度测量结果的扩展不确定度为：

$$U = 2.2\text{mm}, k = 2$$

(5) 不确定度报告

坑槽深度测量结果的扩展不确定度：

$$U = 2.2\text{mm}, k = 2$$