



# 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX-2023

---

## 车载式路面磨耗测量仪校准规范

Vehicle-mounted pavement wear measuring instrument

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

---

国家市场监督管理总局 发布

# 车载式路面磨耗测量仪 校准规范

JJF XXXX-202X

**Vehicle-mounted pavement wear measuring Instrument**

---

**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

国家道路与桥梁工程检测设备计量站

**参加起草单位：**山东大学

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：**

周毅姝（交通运输部公路科学研究所）

张金凝（国家道路与桥梁工程检测设备计量站）

任励硕（国家道路与桥梁工程检测设备计量站）

**参加起草人：**

王继来（山东大学）

卢达义（国家道路与桥梁工程检测设备计量站）

冷正威（国家道路与桥梁工程检测设备计量站）

王鹏飞（国家道路与桥梁工程检测设备计量站）

# 目 录

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 引 言 .....                         | II |
| 1 范围 .....                        | 1  |
| 2 引用文件 .....                      | 1  |
| 3 概述 .....                        | 1  |
| 4 计量特性 .....                      | 1  |
| 4.1 垂直测距示值误差 .....                | 1  |
| 4.2 纵向测距误差 .....                  | 2  |
| 4.3 路面磨耗率 WR (%) .....            | 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  |
| 6.2.1 垂直测距示值误差 .....              | 3  |
| 6.2.2 纵向测距误差 .....                | 3  |
| 6.2.3 路面磨耗率 .....                 | 3  |
| 7 校准结果表达 .....                    | 4  |
| 7.1 校准记录 .....                    | 4  |
| 7.2 校准证书 .....                    | 4  |
| 7.3 校准结果不确定度评定 .....              | 4  |
| 8 复校时间间隔 .....                    | 5  |
| 附录 A 车载式路面磨耗测量仪校准记录表 .....        | 6  |
| 附录 B 车载式路面磨耗测量仪校准结果内页格式 .....     | 8  |
| 附录 C 车载式路面磨耗测量仪校准结果不确定度评定示例 ..... | 10 |

# 引 言

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》共同构成支撑本规范制定的工作基础性系列文件。

本规范为首次发布。

# 车载式路面磨耗测量仪校准规范

## 1 范围

本规范适用于车载式路面磨耗测量仪（以下简称路面磨耗仪）的校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JTG 5210 公路技术状况评定标准

JJG（交通）112 车载式路面激光构造深度仪

JJG 703-2003 光电测距仪

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适应于本规范。

## 3 概述

路面磨耗仪是用来测量路面表面构造磨损状况的设备。

路面磨耗仪主要由激光测距传感器、纵向距离传感器和计算机处理系统等部分组成，见图 1。

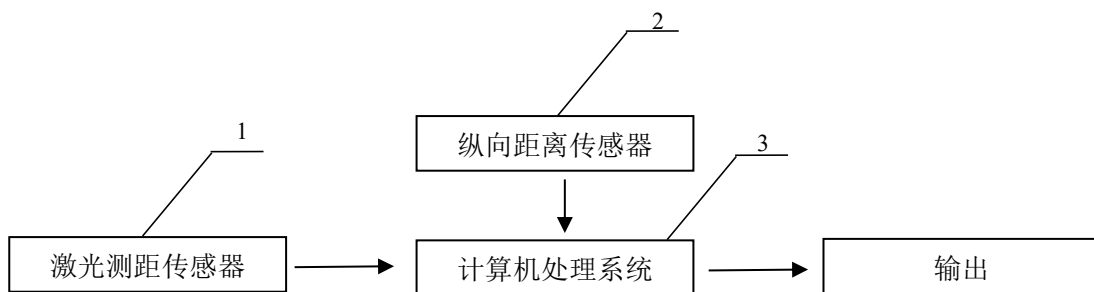


图 1 路面磨耗仪结构示意图

1——激光测距传感器；2——纵向测距传感器；3——计算机处理系统

路面磨耗仪的原理是通过激光测距传感器测定路面构造深度获得构造深度值，并计算输出路面磨耗率  $WR$ （%）。

## 4 计量特性

### 4.1 垂直测距示值误差

垂直测距示值误差要求： $\pm 0.5\text{mm}$ 。

## 4.2 纵向测距传感器示值误差

纵向测距传感器相对示值误差： $\pm 0.1\%$ 。

## 4.3 路面磨耗率

路面磨耗率误差不超过 10%。

# 5 校准条件

## 5.1 环境条件

5.1.1 环境温度： $0^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ ；

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 校准用设备

a) 量块：5mm、20mm、40mm、80mm，准确度等级 4 级；

b) 检测平台：长为 150mm，宽为 150mm，高为 10mm，表面平面度不大于  $20\mu\text{m}$ ；

c) 标准激光测距传感器：测量范围不少于 100mm，有效采样频率不小于 8kHz，垂直测距示值误差不大于 0.03mm；

d) 构造深度模拟盘：应满足 JJG（交通）112 检定规程要求；

e) 底座：可实现自由转动，转速不小于 2500r/min。

f) 钢卷尺或全站仪：钢卷尺测量范围 0m~50m，准确度等级 II 级；全站仪的光电测距准确度等级 II 级。

# 6 校准项目和校准方法

## 6.1 校准项目

校准项目见表 1。

表 1 校准项目一览表

| 序号 | 项目名称          | 校准方法  |
|----|---------------|-------|
| 1  | 垂直测距示值误差      | 6.2.2 |
| 2  | 纵向测距误差        | 6.2.3 |
| 3  | 路面磨耗率 WR（%）误差 | 6.2.4 |

## 6.2 校准方法

### 6.2.1 垂直测距示值误差

试验过程如下：

a) 将检测系统停放在硬性水平路面上，启动检测系统，手动调整检测平台，使激光线投影点位于检测平台的中心位置，调整检测平台的水平；

b) 激光测距传感器测试至检测平台的垂直距离，作为零基准点，然后分别放入标准值为 5mm、20mm、40mm、80mm 四种规格的量块，记录对应得到的检测系统输出示值，按照式（1）计算垂直测距示值误差：

$$K = H_1 - H_0 \quad (1)$$

式中：

$K$ ——垂直测距示值误差，mm；

$H_1$ ——测量值，mm；

$H_0$ ——量块标准值，mm。

### 6.2.2 纵向测距误差

试验过程如下：

a) 选择合适的平整直线路段，用钢卷尺或全站仪量取 500m 长度，并分别在起点、终点刻画标记；

b) 检测系统停放在试验路段的起点处，将纵向测距传感器测距轮的中心线对准起点横线，启动检测系统，检测系统出发沿车道线平行方向驶向终点，同时开始距离测量，当测距轮的中心线与重点横线对准时停车，记录检测系统输出的行驶距离测试值，按照式（2）计算纵向测距误差：

$$D = \frac{D_1 - D_0}{D_0} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

$D$ ——纵向测距误差，%；

$D_1$ ——测量值，m；

$D_0$ ——500m 长度标准值，m。

### 6.2.3 路面磨耗率

试验过程如下：



- a) 将 4 个模拟圆盘放置在标准激光传感器下进行构造深度赋值, 构造深度 (SMTD) 赋值测量方法按照 JJG (交通) 112-2012 中 7.3 执行。
- b) 任取 3 个模拟盘, 安装在底座上, 保证底座在转动的过程中不发生倾覆或分离。
- c) 将安装好模拟盘的底座放置在路面磨耗仪三个激光点下方, 最大构造深度模拟盘底座放置在中间激光器位置, 设定激光点采集位置的模拟线速度为 60km/h 并启动。
- d) 转速稳定后启动路面磨耗仪, 采集路面磨耗率  $WR_1$ 。按照公式 (3) 计算路面磨耗率测量误差  $\Delta_{WR}$ 。

$$\Delta_{WR} = WR_1 - WR_0 \quad (3)$$

式中:

$\Delta_{WR}$ ——路面磨耗率测量误差 (%);

$WR_0$ ——路面标准磨耗率 (%);

$WR_1$ ——被测设备测量得路面磨耗率 (%);

$$WR_1 = 100 \times \frac{SMTD_C - \min\{SMTD_L, SMTD_R\}}{SMTD_C} \quad (4)$$

式中:

$SMTD_C$ ——路面构造深度基准值, 采用无磨损的车道中线路面构造深度 (mm);

$SMTD_L$ ——左轮迹带的路面构造深度 (mm)。

$SMTD_R$ ——右轮迹带的路面构造深度 (mm)。

- e) 重复 b) ~d) 过程 3 次, 取最大路面磨耗率测量误差为路面磨耗率误差。

## 7 校准结果表达

### 7.1 校准记录

路面磨耗仪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

路面磨耗仪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

路面磨耗仪校准结果的不确定度评定按照 JJF1059.1-2010 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

路面磨耗仪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路面磨耗仪的使用情况、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

车载式路面磨耗测量仪校准记录表

|                                    |                 |          |                           |                    |                  |              |                  |                    |
|------------------------------------|-----------------|----------|---------------------------|--------------------|------------------|--------------|------------------|--------------------|
| 样品名称                               |                 |          |                           | 样品编号               |                  |              |                  |                    |
| 型号/规格                              |                 |          |                           | 出厂编号               |                  |              |                  |                    |
| 制造单位                               |                 |          |                           |                    |                  |              |                  |                    |
| 校准依据                               |                 |          |                           | 校准地点               |                  |              |                  |                    |
| 校准前样品状态                            |                 |          |                           | 校准后样品状态            |                  |              |                  |                    |
| 环境条件                               |                 | 温度：      |                           | 湿度：                |                  | 其他： /        |                  |                    |
| 所用的<br>计量标<br>准器<br>具/<br>主要<br>设备 | 名称(设备<br>编号)    | 测量范<br>围 | 不确定度/准确<br>度等级/最大允<br>许误差 | 溯源机<br>构           | 证书编<br>号         | 证书有效<br>期至   | 使用前<br>情况        | 使用后<br>情况          |
|                                    |                 |          |                           |                    |                  |              |                  |                    |
|                                    |                 |          |                           |                    |                  |              |                  |                    |
| 校准项目                               |                 |          |                           |                    |                  |              |                  |                    |
| 序号                                 | 项目              | 结果       |                           |                    |                  |              |                  |                    |
| 一                                  | 垂直测距示值误差        |          | 左侧示<br>值<br>(mm)          | 左侧示<br>值误差<br>(mm) | 中间示<br>值<br>(mm) | 中间误差<br>(mm) | 右侧示<br>值<br>(mm) | 右侧示<br>值误差<br>(mm) |
|                                    |                 | 量块 1     |                           |                    |                  |              |                  |                    |
|                                    |                 | 量块 2     |                           |                    |                  |              |                  |                    |
|                                    |                 | 量块 3     |                           |                    |                  |              |                  |                    |
|                                    |                 | 量块 4     |                           |                    |                  |              |                  |                    |
|                                    |                 | 示值误差     | 左侧                        |                    | 中间               |              | 右侧               |                    |
| 二                                  | 纵向测距误差          | 传感器测值(m) |                           |                    | 纵向测距误差(%)        |              |                  |                    |
|                                    |                 |          |                           |                    |                  |              |                  |                    |
| 三                                  | 构造深度标准值<br>(mm) | 模拟盘 1    | 模拟盘 2                     |                    | 模拟盘 3            | 模拟盘 4        |                  |                    |
|                                    |                 |          |                           |                    |                  |              |                  |                    |
| 四                                  | 路面磨耗率误差 (%)     | 测量次数     | 标准值                       |                    | 测量值              | 误差           |                  |                    |
|                                    |                 | 1        |                           |                    |                  |              |                  |                    |

车载式路面磨耗测量仪校准记录表（续）

| 序号 | 项目                  | 结果      |  |  |  |
|----|---------------------|---------|--|--|--|
|    |                     | 2       |  |  |  |
|    |                     | 3       |  |  |  |
|    |                     | 路面磨耗率误差 |  |  |  |
| 五  | 路面磨耗率检定结果<br>相对不确定度 |         |  |  |  |

校准：

核验：

日期：

## 附录 B

## 车载式路面磨耗测量仪校准结果内页格式

## 校准证书第 2 页

证书编号××××××-××××

校准机构授说明

校准依据

校准环境条件及地点：

|      |   |    |  |
|------|---|----|--|
| 温度   | ℃ | 地点 |  |
| 相对湿度 | % | 其他 |  |

校准使用的校准装置/主要仪器

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

## 校准证书第 3 页

证书编号××××××-××××

## 校 准 结 果

| 序号  | 被校项目            | 校准结果 | 结论 |
|---|-----------------|------|----|
| 1   | 垂直测距示值误差        |      |    |
| 2   | 纵向测距误差          |      |    |
| 3   | 路面磨损率 WR (%) 误差 |      |    |
| 注：<br>1 本报告校准结果仅对该计量器具有效；<br>2 本证书未加盖“校准专用章”无效；<br>3 下次校准时请携带（出示）此证书。 |                 |      |    |

以下空白

## 附录 C

## 车载式路面磨耗测量仪校准结果不确定度评定示例

## C.1 概述

采用路面磨耗仪等对非接触式测距设备进行路面磨耗检测时,依据激光测量法路面构造深度检测方法,对 300mm 长度段落内等间距校准点的高度数列,进行二次抛物线回归后的计算残差,获得构造深度值并计算输出路面磨耗率 WR (%)。

## C.2 垂直测距测量结果的不确定度

## C.2.1 测量模型的建立

$$K = H_1 - H_0 \quad (1)$$

式中:

$K$ ——垂直测距示值误差, mm;

$H_1$ ——测量值, mm;

$H_0$ ——量块标准值, mm。

## C.2.2 不确定度分量的评定

## 1) 由测量重复性引入的不确定度

选取典型设备,测量标称值为 20mm 量块,重复三次测量,所得数据为: 20.1mm, 20.0mm, 20.1mm。

用极差法计算标准差 (3 次  $C_n$  取 1.69)

$$S_H = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{C_n} \quad (2)$$

代入计算得  $S_H = 0.059\text{mm}$ 。

$$u_1 = \frac{S_H}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

代入计算得  $u_1 = 0.034\text{mm}$ 。

## 2) 由标准装置引入的不确定度

查 JJG 146-2011 量块检定规程,标称 20mm 的 4 等量块测量不确定度为  $u_2 = 0.25\mu\text{m}$ 。

## C.2.3 合成标准不确定度的计算

## 1) 不确定度分量的汇总

路面磨耗仪垂直测距传感器示值校准结果的不确定度分量汇总见表 1。

表 1 不确定分量汇总

| 序号 | 不确定度来源       | 不确定度分量                  | 类别 | 分布 |
|----|--------------|-------------------------|----|----|
| 1  | 测量重复性引入的不确定度 | $u_1 = 0.034\text{mm}$  | A  | /  |
| 2  | 标准装置测值的不确定度  | $u_2 = 0.25\mu\text{m}$ | B  | 均匀 |

## 2) 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： $u_c = 0.03400092\text{mm}$ ，取 $u_c = 0.035\text{mm}$

## C.2.4 合成扩展不确定度的计算

取 $k = 2$ ，则 $U = 0.070\text{mm}$

## C.2.5 不确定度的描述

垂直距离测量结果的扩展不确定度：

$$U = 0.07\text{mm}, k = 2$$

## C.3 纵向距离测量结果的不确定度

## C.3.1 测量模型的建立

$$D = \frac{|D_1 - D_0|}{D_0} \times 100\% \quad (5)$$

式中：

$D$ ——纵向测距误差，%；

$D_1$ ——测量值，m；

$D_0$ ——500m 长度标准值，m。

## C.3.2 不确定度分量的评定

## 1) 由设备分辨力或测量重复性引入的不确定度



## a) 由设备分辨力引入的不确定度

被校准设备为数字式显示设备，分辨力为 0.01m，则区间半宽度为 0.005m，可假设为均匀分布，查表得  $k = \sqrt{3}$ ，

由分辨力引起的标准不确定度分量为：

$$u_1 = \frac{0.005\text{m}}{\sqrt{3}} = 0.0029\text{m} = 2.9\text{mm}$$

## b) 测量重复性引入的不确定度

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）：

$$S_l = \frac{l_{\max} - l_{\min}}{C_n} \quad (6)$$

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

$$u_l = \frac{S_l}{\sqrt{n}} \quad (7)$$

代入计算得  $u_l = 20.5\text{mm}$ 。

由测量重复性引入的相对标准不确定度远大于由设备分辨力引入的相对标准不确定度，因此取测量重复性引入的标准不确定度作为合成不确定度的分量。

2) 由标准装置引入的不确定度  $u_2$ ：

查 JJG 703-2003 光电测距仪检定规程，I 级全站仪标准差为 1.5mm，测量 9 次，不确定度为  $u_2 = 1.5/\sqrt{9} = 0.5\text{mm}$ 。

## C.3.3 合成标准不确定度的计算

## 1) 不确定度分量的汇总

路面磨耗仪纵向距离测量结果的不确定度分量汇总见表 2。

表 2 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  | 测量重复性引入的不确定度 | $u_l = 20.5\text{mm}$ | A  | /  |
| 2  | 标准装置引入的不确定度  | $u_2 = 0.5\text{mm}$  | B  | 均匀 |

## 2) 不确定度的合成

合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} \quad (8)$$

计算得： $u_c = 20.506\text{mm}$ ，取 $u_c = 21\text{mm}$ 。

#### C.3.4 合成相对扩展不确定度的计算

取 $k = 2$ ，则 $U = 42\text{mm}$ ，

测量长度为 500m 时，相对扩展不确定度为：

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

#### C.3.5 不确定度的描述

纵向距离测量的相对扩展不确定度：

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

### C.4 路面磨耗率测量结果的不确定度

#### C.4.1 测量模型的建立

$$WR = 100 \times \frac{MPD_C - \min\{MPD_L, MPD_R\}}{MPD_C} \quad (9)$$

式中：

$WR$ ——路面磨耗率，%；

$SMTD_C$ ——路面构造深度基准值，采用无磨损的车道中线路面构造深度（mm）；

$SMTD_L$ ——左轮迹带的路面构造深度，mm。

$SMTD_R$ ——右轮迹带的路面构造深度，mm。

（注：不确定度分量评定中采用盘 4 和盘 2 进行计算，盘 4 构造深度值对应模型公式中  $SMTD_C$ ，盘 2 构造深度值对应  $\min\{SMTD_L, SMTD_R\}$ ，若采用盘 3 构造深度值对应  $\min\{SMTD_L, SMTD_R\}$  不确定度评定方法及结果基本一致）

#### C.4.2 不确定度分量的评定

##### C.4.2.1 中间点 $SMTD_C$ 盘 4 的不确定度分量的评定

（1）由标准装置引入的相对标准不确定度 $u_1$ ：

查校准证书，构造深度示值误差 $u_1 = U/2 = 2.1\%/2 = 1.05\%$ 。

（2）由重复性（被检设备测量过程）引入的相对标准不确定度 $u_2$ ：

校准过程采用 10 次重复测量作为仪器示值误差的计算依据，由重复性引入的相对标准不确定度为： $u_2 = s(\bar{X})/\bar{X} = s(X)/\bar{X}/\sqrt{n'}$ ，其中， $s(X)$ 为 10 次测量的试验标准差，由贝赛尔公式求得， $n'$ 取 10；重复性测量结果见表 5。

表 5 重复性测量结果

| 重复次数     | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 测量值 (mm) | 2.08 | 2.05 | 2.12 | 2.10 | 2.09 | 2.09 | 2.11 | 2.10 | 2.10 | 2.07 |
| 平均值 (mm) | 2.09 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 标准差 (mm) | 0.02 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

计算得相对标准不确定度： $u_2 = s(\bar{X})/\bar{X} = s(X)/\bar{X}/\sqrt{n'} = 0.31\%$ 。

### (3) 不确定度分量的汇总

车载式路面激光平整度构造深度校准结果的不确定度分量汇总见表 6。

表 6 不确定分量汇总

| 序号 | 不确定度来源          | 不确定度分量       | 类别 | 分布 |
|----|-----------------|--------------|----|----|
| 1  | 标准装置引入的相对标准不确定度 | $u_1=1.05\%$ | B  | 均匀 |
| 2  | 重复性引入的相对标准不确定度  | $u_2=0.31\%$ | A  | /  |

### (4) 不确定度的合成

合成标准不确定度为： $u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 1.14\%$ 。

#### C.4.2.2 左侧点 $SMTD_L$ 盘 2 的不确定度分量的评定

##### (1) 由标准装置引入的相对标准不确定度 $u_1$ ：

查校准证书，构造深度示值误差 uncertainty  $u_1 = U/2 = 2.1\%/2 = 1.05\%$ 。

##### (2) 由重复性（被检设备测量过程）引入的相对标准不确定度 $u_2$ ：

校准过程采用 10 次重复测量作为仪器示值误差的计算依据，由重复性引入的相对标准不确定度为： $u_2 = s(\bar{X})/\bar{X} = s(X)/\bar{X}/\sqrt{n'}$ ，其中， $s(X)$ 为 10 次测量的试验标准差，由贝赛尔公式求得， $n'$ 取 10；重复性测量结果见表 7。

##### (3) 不确定度分量的汇总

车载式路面激光平整度构造深度校准结果的不确定度分量汇总见表 8。

表 7 重复性测量结果

| 重复次数     | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 测量值 (mm) | 0.90 | 0.91 | 0.91 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.91 | 0.91 |
| 平均值 (mm) | 0.90 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 标准差 (mm) | 0.01 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

计算得相对标准不确定度： $u_2 = s(\bar{X})/\bar{X} = s(X)/\bar{X}/\sqrt{n} = 0.18\%$ 。

表 8 不确定分量汇总

| 序号 | 不确定度来源          | 不确定度分量       | 类别 | 分布 |
|----|-----------------|--------------|----|----|
| 1  | 标准装置引入的相对标准不确定度 | $u_1=1.05\%$ | B  | 均匀 |
| 2  | 重复性引入的相对标准不确定度  | $u_2=0.18\%$ | A  | /  |

#### (4) 不确定度的合成

合成标准不确定度为： $u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 1.11\%$ 。

#### C.4.3 磨耗率合成相对标准不确定度的计算

按照数学公式  $WR=100 \times \frac{SMTD_c - \min\{SMTD_L, SMTD_R\}}{SMTD_c}$ ，进行合成不确定度  $u_{rc}$  计算，

各输入量间不相关，式中采用盘 4 及盘 2 的不确定度分量带入：

$WR$  合成不确定度：

$$u_{rc} = \sqrt{u'_{rc4}{}^2 + u'_{rc2L}{}^2} = \sqrt{(1.14\%)^2 + (1.11\%)^2} = 1.59\%$$

(式中  $u'_{rc4}{}^2$  为中间的盘 4 的合成不确定度， $u'_{rc2L}$  为左侧点盘 2 的合成不确定度)

#### C.4.4 磨耗率合成相对扩展不确定度的计算

取  $k=2$ ，合成相对扩展不确定度： $U_r = 2u_{rc} = 3.18\%$ ， $k=2$ 。

当校准结果不确定度小于 5% 时，一般取  $U_r = 5\%$ ， $k=2$ 。

#### C.4.5 磨耗率不确定度的描述

磨耗率的不确定度描述： $U_r = 5\%$ ， $k=2$ 。