

JJF(闽)1136-2023



福建省地方计量技术规范

JJF(闽)1136-2023

鞋类静态防滑性能试验机校准规范

Calibration Specification for Static Slip Resistance Testers for Footwear

2023-07-26 发布

2023-10-26 实施

福建省市场监督管理局 发布

鞋类静态防滑性能
试验机校准规范

Calibration Specification for Static
Slip Resistance Testers for Footwear

JJF (闽) 1136-2023

归口单位：福建省市场监督管理局
主要起草单位：福建省计量科学研究院
参加起草单位：福建省纤维检验中心

本规范委托福建省计量规范技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

蔡开城（福建省计量科学研究院）

吴路易（福建省计量科学研究院）

参加起草人：

朱 峰（福建省纤维检验中心）

福建省计量规范技术委员会

目 录

| | |
|-------------------------------------|--------|
| 引言 | (II) |
| 1 范围 | (1) |
| 2 引用文件 | (1) |
| 3 概述 | (1) |
| 4 计量特性 | (3) |
| 4.1 水平拉力示值误差 | (3) |
| 4.2 摩擦面板的厚度 | (3) |
| 4.3 试样夹具的质量 | (3) |
| 4.4 试样夹具的尺寸 | (3) |
| 4.5 水平拉动速度 | (3) |
| 5 校准条件 | (3) |
| 5.1 环境条件 | (3) |
| 5.2 测量标准及其他设备 | (4) |
| 6 校准项目和校准方法 | (4) |
| 6.1 校准项目 | (4) |
| 6.2 校准方法 | (4) |
| 7 校准结果 | (6) |
| 7.1 校准记录 | (6) |
| 7.2 校准结果处理 | (6) |
| 8 复校时间间隔 | (7) |
| 附录A 鞋类静态防滑性能试验机校准记录(式样) | (8) |
| 附录B 鞋类静态防滑性能试验机校准证书内页(式样) | (11) |
| 附录C 鞋类静态防滑性能试验机测量结果不确定度评定(示例) | (13) |

引 言

本规范按照 JJF 1001 《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1 《测量不确定度评定与表示》、JJF 1071 《国家计量校准规范编写规则》 为基础性系列规范进行制定。

本规范参考 GB/T 3903.6 - 2017 《鞋类 整鞋试验方法 防滑性能》、GB/T 28287 - 2012 《足部防护 鞋防滑性测试方法》 和 HG/T 3780 - 2005 《鞋类静态防滑性能试验方法》 编制而成。

本规范为首次制定。

福建省计量规范技术委员会

鞋类静态防滑性能试验机校准规范

1 范围

本规范适用于对鞋类外底、鞋跟或相关外底材料静态防滑性能进行测定的鞋类静态防滑性能试验机（以下简称防滑试验机）的校准。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

GB/T 3903.6-2017 鞋类 整鞋试验方法 防滑性能

GB/T 28287-2012 足部防护 鞋防滑性测试方法

HG/T 3780-2005 鞋类静态防滑性能试验方法

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）适用于本规范。

3 概述

防滑试验机是一种测定鞋类外底、鞋跟或相关外底材料静态防滑性能的专用设备，主要由控制器、力传感器、拉动杆、摩擦面板、试样夹具和底座组成，其结构示意图如图 1 所示。试验时，将规定的试样水平放置于摩擦面板上，试样待测面朝下，试样夹具施加一定的负荷，用水平拉动的方法以一定的速度拉动试样，测出其最大拉力并计算静摩擦系数，以测量试样的静态防滑性能。

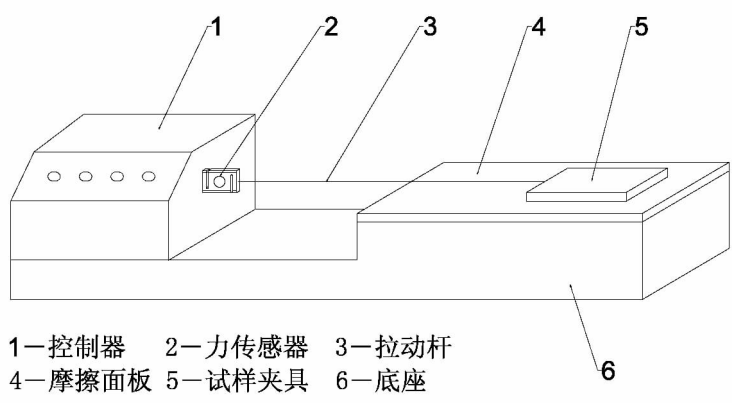


图 1 防滑试验机结构示意图

试样夹具分为 2 种：试样夹具 I、试样夹具 II，其结构示意图见图 2。

单位: mm

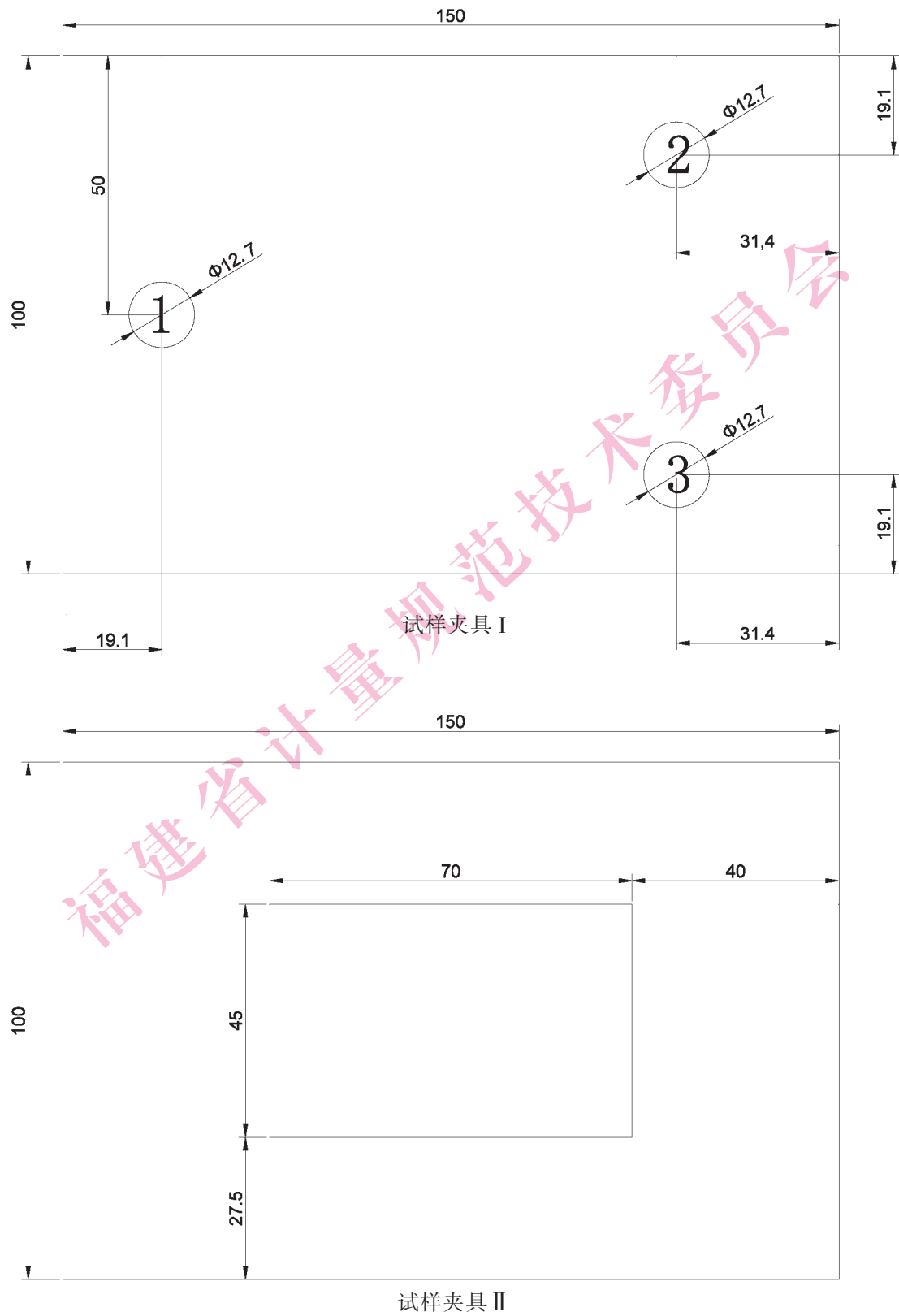


图 2 试样夹具结构示意图

4 计量特性

4.1 水平拉力示值误差

水平拉力的分辨力为 0.1 N，示值误差不超过 $\pm 2\%$ 。

4.2 摩擦面板的厚度

摩擦面板的厚度为 (8 ± 0.2) mm。

4.3 试样夹具的质量

试样夹具的质量为 (2700 ± 34) g。

4.4 试样夹具的尺寸

试样夹具的尺寸技术指标要求见表 1。

表 1 试样夹具的技术指标

| 试样夹具 I | | 试样夹具 II | |
|---------------------------|----------------|--------------------------|----------------|
| 项目 | 技术要求(mm) | 项目 | 技术要求(mm) |
| 长度 | 150 \pm 0.2 | 长度 | 150 \pm 0.2 |
| 宽度 | 100 \pm 0.2 | 宽度 | 100 \pm 0.2 |
| 试样槽 1、2、3 的内径 | 12.7 \pm 0.3 | 试样槽的长度 | 70 \pm 0.3 |
| 试样槽 1 中心与 试样夹具长边沿的距离 | 50 \pm 0.2 | 试样槽的宽度 | 45 \pm 0.3 |
| 试样槽 1 中心与 试样夹具后沿的距离 | 19.1 \pm 0.2 | 试样槽的长边沿与 试样夹具同侧长边沿的距离 | 27.5 \pm 0.2 |
| 试样槽 2、3 中心与 试样夹具前沿的距离 | 31.4 \pm 0.2 | 试样槽的短边沿与 试样夹具同侧短边沿的距离 | 40 \pm 0.2 |
| 试样槽 2、3 中心与 试样夹具长边沿的距离 | 19.1 \pm 0.2 | 试样槽的深度 | 4 \pm 0.2 |
| 试样槽 1、2、3 的深度 | 4 \pm 0.2 | | |

注：试样夹具见图 2 中试样夹具结构示意图表示。

4.5 水平拉动速度

拉动杆的水平拉动速度为 (100 ± 10) mm/min 或 (400 ± 40) mm/min。

注：以上指标不适用于合格性判别，仅作参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 温度： $(10\sim 35)$ °C。

5.1.2 相对湿度： $\leq 80\%$ 。

5.1.3 防滑试验机应置于平稳的工作台上，周围无影响仪器正常使用的振动、电磁场

或其他干扰源。

5.2 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备见表 2。

表 2 测量标准及其他设备

| 序号 | 名称 | 技术指标 |
|----|------------|---------------------------------------|
| 1 | 标准测力仪 | 测量范围：(10~200) N，准确度等级：0.5 级 |
| 2 | 线速度测量仪 | 测量范围：(50~500) mm/min，MPE：±3% |
| 3 | 带刀口内量爪游标卡尺 | 测量范围：(0~200) mm，MPE：±0.03 mm |
| 4 | 深度卡尺 | 测量范围：(0~200) mm，MPE：±0.03 mm |
| 5 | 电子秤 | 测量范围：(0~3000) g，检定分度值：1 g，准确度等级：中准确度级 |
| 6 | 钢直尺 | 测量范围：(0~500) mm，MPE：±0.15 mm |

注：以上计量器具可用同等级或更优的其它计量器具代替。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

校准项目，见表 3。

表 3 校准项目一览表

| 序号 | 校准项目 |
|----|----------|
| 1 | 水平拉力示值误差 |
| 2 | 试样夹具的质量 |
| 3 | 试样夹具的尺寸 |
| 4 | 摩擦面板的厚度 |
| 5 | 水平拉动速度 |

6.2 校准方法

6.2.1 校准前外观与功能性检查

6.2.1.1 防滑试验机有铭牌，铭牌上标明仪器名称、型号规格、出厂编号、制造厂名称和出厂日期等。

6.2.1.2 防滑试验机表面无生锈、凹痕、划伤、裂缝、变形等缺陷，仪表显示正常，机械性能良好，接电后运转正常。

6.2.1.3 摩擦面板的尺寸（长×宽）不少于 380 mm×380 mm。

6.2.1.4 试样夹具的行程大于 300 mm。

6.2.2 水平拉力示值误差

校准时，使用合适的连接件安装好标准测力仪，驱动加力系统在水平方向主动加

载，以最大水平拉力预拉三次。通常在测量范围内近似等间隔分布选择 5 个校准点，或根据实际使用情况选择校准点。按负荷递增顺序逐点递增标准力值，加载至各校准点，记录防滑试验机水平拉力的示值。每个校准点重复测量三次，水平拉力示值误差按式 (1) 计算。

$$\delta = \frac{\bar{F} - F_0}{F_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

F_0 —— 标准测力仪上的标准力值，N；

\bar{F} —— 三次水平拉力测量值的算术平均值，N；

δ —— 水平拉力的示值误差，%。

6.2.3 试样夹具的质量

把电子秤水平放置在平稳的台面上，然后把试样夹具轻放在电子秤称量，重复测量两次，取两次测量值的平均值作为试样夹具质量的测量结果。

6.2.4 试样夹具的尺寸

6.2.4.1 长度

用带刀口内量爪游标卡尺沿试样夹具 I、试样夹具 II、试样夹具 II 的试样槽短边选取两个位置测量其长度（测量位置见图 3），取两次测量值的平均值作为长度的测量结果。

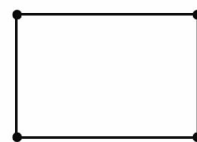


图 3 长度测量示意图

6.2.4.2 宽度

用带刀口内量爪游标卡尺沿试样夹具 I、试样夹具 II、试样夹具 II 的试样槽长边选取两个位置测量其宽度（测量位置见图 4），取两次测量值的平均值作为宽度的测量结果。



图 4 宽度测量示意图

6.2.4.3 深度

用带刀口内量爪游标卡尺或深度卡尺分别在试样夹具 I 的试样槽 1、2、3、试样夹具 II 的试样槽内均匀测量三个点的深度（测量位置见图 5），取三次测量值的平均值作为深度的测量结果。

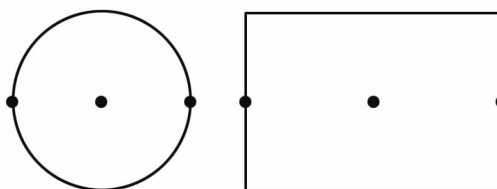


图 5 深度测量示意图

6.2.4.4 内径

用带刀口内量爪游标卡尺分别在试样夹具 I 的试样槽 1、2、3 内三个方向均匀地测量其内径（测量位置见图 6），取三次测量值的平均值作为内径的测量结果。

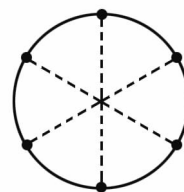


图 6 内径测量示意图

6.2.4.5 距离

用带刀口内量爪游标卡尺分别测量试样槽 1 中心与试样夹具长边沿的距离、试样槽 1 中心与试样夹具后沿的距离、试样槽 2、3 中心与试样夹具前沿的距离、试样槽 2、3 中心与试样夹具长边沿的距离（测量位置见图 2），重复测量两次，取两次测量值的平均值作为距离的测量结果。

用带刀口内量爪游标卡尺在试样夹具 II 试样槽上的两个位置分别测量试样槽的长边沿与试样夹具同侧长边沿的距离、试样槽的短边沿与试样夹具同侧短边沿的距离（测量位置见图 7），取两次测量值的平均值作为距离的测量结果。

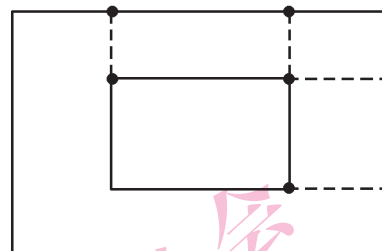


图 7 距离测量示意图

6.2.5 摩擦面板的厚度

用带刀口内量爪游标卡尺沿摩擦面板边缘均匀选取四个位置测量其厚度（测量位置见图 8），取四次测量中与标称值相差最大的测量值作为厚度的测量结果。

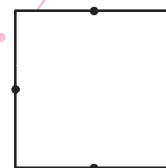


图 8 厚度测量示意图

6.2.6 水平拉动速度

启动防滑试验机，选定水平拉动速度测试点，使拉动杆做水平运动，使用线速度测量仪对拉动杆的水平拉动速度进行测量，分别在行程的 10%、50%、90% 的位置记录线速度测量仪上的示值，取三次测量值的平均值作为水平拉动速度的测量结果。

7 校准结果

7.1 校准记录

校准记录格式参见附录 A。

7.2 校准结果处理

校准证书内页格式参见附录 B，校准证书应至少包括以下内容：

- a) 标题，如“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书或报告的唯一性标识（如证书编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识（如型号、产品编号等）；
- g) 进行校准的日期或校准证书的生效日期；
- h) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称和代号；
- i) 校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；

- j) 校准环境的描述；
- k) 校准结果及测量不确定度的说明；
- l) 校准员及核验员的签名；
- m) 校准证书批准人的签名；
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- o) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书或报告的声明。

8 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况等因素决定的，因此，使用单位可根据实际情况自主决定复校时间间隔，建议复校时间间隔为 1 年。

福建省计量规范技术委员会

附录 A

鞋类静态防滑性能试验机校准记录 (式样)

| 使用单位 | | 记录编号 | | | | | |
|--|----------|---------|------|-----------|-----------|--------------------------------|--------------------------------------|
| 样品 | 名称 | 型号规格 | 生产厂 | 出厂编号 | 出厂编号 | | |
| 标 准 器 | 名称 | 型号 | 出厂编号 | 溯源机构/证书编号 | 有效期至 | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| 技术依据 | | 环境条件 | | 温度: °C | 相对湿度: % | 地点 | |
| 一、外观及功能性检查: 表面状况: <input type="checkbox"/> 符合要求 <input type="checkbox"/> 不符合要求; 功能性检查: <input type="checkbox"/> 符合要求 <input type="checkbox"/> 不符合要求。 | | | | | | | |
| 二、校准结果: | | | | | | | |
| 1、水平拉力 示值误差 | 校准点 N | 实 测 值 | | | 示值误差 % | 合成标准不确定度 u_{end} % | 扩展不确定度 U_{rel} , $k=2$ % |
| | | 1 | 2 | 3 | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| 说 明 | | 证书/报告编号 | | | | | |
| 校 准 | | 校 准 日 期 | | 核 验 | | 核 验 日 期 | |

鞋类静态防滑试验机校准记录(式样)(续页)

| 记录编号 | 实测值 | | | 合成标准 不确定度 u_c | 扩展不确定度 $U, k=2$ |
|------------------------|-----|---|---|--------------------|--------------------|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| 2、试样夹具 I 的质量和尺寸 | | | | | |
| 质量/g | | / | | | |
| 长度/mm | | / | | | |
| 宽度/mm | | / | | | |
| 试样槽 1 的内径/mm | | | | | |
| 试样槽 2 的内径/mm | | | | | |
| 试样槽 3 的内径/mm | | | | | |
| 试样槽 1 中心与试样夹具长边沿的距离/mm | | / | | | |
| 试样槽 2 中心与试样夹具前沿的距离/mm | | / | | | |
| 试样槽 3 中心与试样夹具前沿的距离/mm | | / | | | |
| 试样槽 1 中心与试样夹具后沿的距离/mm | | / | | | |
| 试样槽 2 中心与试样夹具后沿的距离/mm | | / | | | |
| 试样槽 3 中心与试样夹具后沿的距离/mm | | / | | | |
| 试样槽 1 深度/mm | | | | | |
| 试样槽 2 深度/mm | | | | | |
| 试样槽 3 深度/mm | | | | | |

鞋类静态防滑试验机校准记录(式样)(续页)

| 记录编号 | | 实 测 值 | | | | | 合成标准 不确定度 u_c | 扩展不确定度 U , $k=2$ |
|-----------------------------|--|-----------------|---|---|-----|--------------|------------------------------|---------------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 平 均 | | | |
| 3、试样夹具 II 的质量和尺寸 | | | | | | | | |
| 质量/g | | | | / | | | | |
| 长度/mm | | | | / | | | | |
| 宽度/mm | | | | / | | | | |
| 试样槽的长度/mm | | | | / | | | | |
| 试样槽的宽度/mm | | | | / | | | | |
| 试样槽的长边沿与试样夹具 同侧长边沿的距离/mm | | | | / | | | | |
| 试样槽的短边沿与试样夹具 同侧短边沿的距离/mm | | | | / | | | | |
| 试样槽深度/mm | | | | | | | | |
| 4、摩擦面板的厚度 | | 实 测 值 mm | | | | | 合成标准 不确定度 u_c mm | 扩展不确定度 U , $k=2$ mm |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 与标称值 相差最大 | | |
| 5、水平拉动速度 | | 实 测 值 mm/min | | | | | 合成标准 不确定度 u_c mm/min | 扩展不确定度 U , $k=2$ mm/min |
| | | 校准点 mm/min | 1 | 2 | 3 | 平 均 | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

附录 B

鞋类静态防滑性能试验机校准证书内页 (式样)

证书编号:

校准结果/说明:

一、外观及功能性检查:

二、校准结果:

| | 校准点 N | 示值误差 % | 扩展不确定度 $U_{rel}, k=2$ % |
|------------------------|----------|-----------|----------------------------|
| 1、水平拉力的 示值误差 | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| 2、试样夹具 I 的质量和尺寸 | | 实 测 值 | 扩展不确定度 $U, k=2$ |
| 质量/g | | | |
| 长度/mm | | | |
| 宽度/mm | | | |
| 试样槽 1 的内径/mm | | | |
| 试样槽 2 的内径/mm | | | |
| 试样槽 3 的内径/mm | | | |
| 试样槽 1 中心与试样夹具长边沿的距离/mm | | | |
| 试样槽 2 中心与试样夹具前沿的距离/mm | | | |
| 试样槽 3 中心与试样夹具前沿的距离/mm | | | |
| 试样槽 1 中心与试样夹具后沿的距离/mm | | | |
| 试样槽 2 中心与与试样夹具后沿的距离/mm | | | |
| 试样槽 3 中心与与试样夹具后沿的距离/mm | | | |
| 试样槽 1 深度/mm | | | |
| 试样槽 2 深度/mm | | | |
| 试样槽 3 深度/mm | | | |

第 页 共 页

证书编号:

校准结果/说明:

二、校准结果:

| | | | |
|-------------------------|---------------|---------------|---------------------------|
| 3、试样夹具Ⅱ的质量和尺寸 | 实测值 | | 扩展不确定度 $U, k=2$ |
| 质量/g | | | |
| 长度/mm | | | |
| 宽度/mm | | | |
| 试样槽的长度/mm | | | |
| 试样槽的宽度/mm | | | |
| 试样槽的长边沿与试样夹具同侧长边沿的距离/mm | | | |
| 试样槽的短边沿与试样夹具同侧短边沿的距离/mm | | | |
| 试样槽深度/mm | | | |
| 4、摩擦面板的厚度 | 实 测 值 mm | | 扩展不确定度 $U, k=2$ mm |
| | | | |
| 5、水平拉动速度 | 校准点 mm/min | 实测值 mm/min | 扩展不确定度 $U, k=2$ mm/min |
| | | | |
| | | | |

第 页 共 页

附录 C

鞋类静态防滑性能试验机测量结果不确定度评定 (示例)

C.1 概述

C.1.1 测量依据: JJF (闽) 1136-2023 鞋类静态防滑性能试验机校准规范

C.1.2 环境条件: 温度: (10~35) °C, 相对湿度 ≤ 80%。

C.1.3 测量标准: 标准测力仪, 测量范围 (10~100) N, 0.5 级; 线速度测量仪, 测量范围 (50~500) mm/min, MPE: ±3%; 数显卡尺 (带刀口内量爪游标卡尺), 测量范围 (0~200) mm, MPE: ±0.03 mm; 电子秤, 测量范围 (0~3000) g, 检定分度值: 1 g, 中准确度级。

C.1.4 被测对象: 测量范围为 (10~100) N 的鞋类静态防滑性能试验机 (以下简称防滑试验机), 水平拉力的最大允许误差为 ±2%, 试样夹具质量的最大允许误差为 ±34 g, 试样夹具长度的最大允许误差为 ±0.2 mm, 水平拉动速度的最大允许误差为 ±10%。

C.2 防滑试验机水平拉力的示值误差测量结果的不确定度评定

C.2.1 测量模型

$$\delta = \frac{\bar{F} - F_0}{F_0} \times 100\% \quad (\text{C.1})$$

式中:

F_0 —— 标准测力仪上的标准力值, N;

\bar{F} —— 三次水平拉力测量值的算术平均值, N;

δ —— 水平拉力的示值误差, %。

C.2.2 不确定度传播律:

根据测量模型, 标准不确定度分量彼此独立、各不相关, 防滑试验机水平拉力的示值误差合成标准不确定度按式 (C.2) 计算:

$$u^2(\delta) = c_1^2 u^2(\bar{F}) + c_2^2 u^2(F_0) \quad (\text{C.2})$$

式中, 灵敏系数: $c_1 = \frac{\partial \delta}{\partial \bar{F}} = \frac{1}{F_0}$, $c_2 = \frac{\partial \delta}{\partial F_0} = -\frac{\bar{F}}{F_0^2}$

C.2.3 输入量的标准不确定度分量的评定

C.2.3.1 输入量 \bar{F} 的标准不确定度 $u(\bar{F})$

输入量 \bar{F} 的标准不确定度 $u(\bar{F})$ 主要来源于两方面: 一是测量重复性引入的不确定度 $u_1(\bar{F})$, 由 A 类方法评定 $u_1(\bar{F})$; 二是水平拉力分辨力引入的不确定度 $u_2(\bar{F})$, 由 B 类方

法评定 $u_2(\bar{F})$ ；为避免重复计算，在计算 $u(\bar{F})$ 时，只需取 $u_1(\bar{F})$ 和 $u_2(\bar{F})$ 的较大者即可。

C.2.3.1.1 测量重复性引入的不确定度 $u_1(\bar{F})$

对防滑试验机水平拉力 60 N 的校准点时进行重复测量 10 次，测量结果为（单位：N）：60.1，60.3，60.4，60.1，60.3，60.3，60.1，60.2，60.1，60.3，其平均值为：

$$\bar{F} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} F_i = 60.2 \text{ N}$$

$$\text{单个测得值的实验标准偏差：} s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (F_i - \bar{F})^2}{n-1}} = 0.12 \text{ N}$$

实际测量中是在重复性条件下测量三次，取其平均值作为测量结果，则

$$u_1(\bar{F}) = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.07 \text{ N}$$

C.2.3.1.2 水平拉力分辨力引入的不确定度 $u_2(\bar{F})$

防滑试验机水平拉力分辨力为 0.1 N，按均匀分布估计，则：

$$u_2(\bar{F}) = \frac{0.1}{2\sqrt{3}} = 0.03 \text{ (N)}$$

C.2.3.1.3 输入量的标准不确定度 $u(\bar{F})$ 计算

为避免重复计算，计算 $u(\bar{F})$ 时取 $u_1(\bar{F})$ 与 $u_2(\bar{F})$ 较大者即可，则：

$$u(\bar{F}) = u_1(\bar{F}) = 0.07 \text{ N}$$

C.2.3.4 标准测力仪准确度引入的不确定度 $u(F_0)$

输入量 F_0 的标准不确定度 $u(F_0)$ 主要来源于标准测力仪准确度引入的不确定度 $u(F_0)$ ，由 B 类方法评定 $u(F_0)$ 。

标准测力仪的准确度等级为 0.5 级，在 60 N 校准点的最大允许误差为 $\pm 0.30 \text{ N}$ ，估计为均匀分布，其引入的标准不确定度为：

$$u(F_0) = \frac{0.30}{\sqrt{3}} = 0.17 \text{ (N)}$$

C.2.4 合成标准不确定度计算

标准不确定度分量汇总，见表 C.1。

表 C.1 标准不确定度分量汇总表

| 标准不确定度分量 $u(x_i)$ | 标准不确定度来源 | 标准不确定度 $u(x_i)/\text{N}$ | 灵敏系数 c_i | 标准不确定度 $ c_i u(x_i)/\%$ |
|----------------------|----------|-----------------------------|--------------------------|----------------------------|
| $u(\bar{F})$ | 测量重复性 | 0.07 | $\frac{1}{F_0}$ | 0.12 |
| $u(F_0)$ | 标准测力仪准确度 | 0.17 | $-\frac{\bar{F}}{F_0^2}$ | 0.29 |

由于各不确定度分量互不相关，因此合成标准不确定度为

$$u_{\text{crel}}(\delta) = \sqrt{[c_1 u(\bar{F})]^2 + [c_2 u(F_0)]^2} = 0.31\%$$

C.2.5 扩展不确定度的确定：

$$U_{\text{rel}} = k u_{\text{crel}}(\delta)$$

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为

$$U_{\text{rel}} = 2 \times 0.31\% = 0.62\% \approx 0.7\%$$

C.2.6 测量结果不确定度的报告与表示

防滑试验机水平拉力示值误差的测量结果： $\delta=0.3\%$ ， $U_{\text{rel}} = 0.7\%$ ， $k=2$

C.3 防滑试验机试样夹具质量测量结果的不确定度评定

C.3.1 测量模型

$$m = \bar{m} \quad (\text{C.3})$$

式中：

m —— 试样夹具的质量，g；

\bar{m} —— 三次试样夹具质量实测值的算术平均值，g。

C.3.2 不确定度传播律

根据测量模型，防滑试验机试样夹具质量合成标准不确定度按式 (C.4) 计算。

$$u^2(m) = c^2 u^2(\bar{m}) \quad (\text{C.4})$$

式中，灵敏系数： $c = \frac{\partial m}{\partial \bar{m}} = 1$

C.3.3 标准不确定度分量的评定

输入量 \bar{m} 的标准不确定度 $u(\bar{m})$ 主要来源于两方面：一是测量重复性引入的标准不确定度分量 $u_1(\bar{m})$ ，由 A 类方法评定 $u_1(\bar{m})$ ；二是电子秤准确度引入的标准不确定度分量 $u_2(\bar{m})$ ，由 B 类方法评定 $u_2(\bar{m})$ 。

C.3.3.1 测量重复性引入的标准不确定度分量 $u_1(\bar{m})$

对防滑试验机试样夹具 I 的质量进行重复测量 10 次，测量结果为（单位：g）：2699，2698，2699，2699，2699，2698，2699，2699，2699，2699，其平均值为：

$$\bar{m} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} m_i = 2699 \text{ g}$$

单个测得值的实验标准偏差： $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (m_i - \bar{m})^2}{n-1}} = 0.5 \text{ g}$

实际测量中是在重复性条件下测量两次，取其平均值作为测量结果，则

$$u_1(\bar{m}) = \frac{s}{\sqrt{2}} = 0.4 \text{ g}$$

C.3.3.2 电子秤准确度引入的标准不确定度分量 $u_2(\bar{m})$

根据 JJG 539-2016 《数字指示秤》的规定，电子秤：中准确度级、检定分度值 1 g，在 (2000~3000) g 称量范围内，其示值最大允许误差为 ± 1.5 g，估计为均匀分布，其引入的标准不确定度为：

$$u_2(\bar{m}) = \frac{1.5}{\sqrt{3}} = 0.9 \text{ (g)}$$

C.3.4 合成标准不确定度计算

标准不确定度分量汇总，见表 C.2。

表 C.2 标准不确定度分量汇总表

| 标准不确定度分量 $u(x_i)$ | 标准不确定度来源 | 标准不确定度 $u(x_i)/\text{g}$ | 灵敏系数 c | 标准不确定度 $ c u(x_i)/\text{g}$ |
|----------------------|----------|-----------------------------|-------------|--------------------------------|
| $u_1(\bar{m})$ | 测量重复性 | 0.4 | -1 | 0.4 |
| $u_2(\bar{m})$ | 电子秤准确度 | 0.9 | -1 | 0.9 |

由于各不确定度分量互不相关，因此合成标准不确定度为

$$u_c(m) = \sqrt{[cu_1(\bar{m})]^2 + [cu_2(\bar{m})]^2} = 1.0 \text{ g}$$

C.3.5 扩展不确定度的确定：

$$U = ku_c(m)$$

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为

$$U = 2 \times 1.0 = 2 \text{ (g)}$$

C.3.6 测量结果不确定度的报告与表示

防滑试验机试样夹具质量的测量结果： $m=2699$ g， $U=2$ g， $k=2$

C.4 防滑试验机试样夹具长度测量结果的不确定度评定

C.4.1 测量模型

$$L = \bar{L} \tag{C.5}$$

式中：

L —— 试样夹具长度，mm；

\bar{L} —— 三次试样夹具长度实测值的算术平均值，mm。

C.4.2 不确定度传播律

根据测量模型，防滑试验机试样夹具长度合成标准不确定度按式 C.6 计算：

$$u^2(L) = c^2 u^2(\bar{L}) \quad (\text{C.6})$$

式中，灵敏系数： $c = \frac{\partial L}{\partial \bar{L}} = 1$

C.4.3 标准不确定度分量的评定

输入量 \bar{L} 的标准不确定度 $u(\bar{L})$ 主要来源于两方面：一是测量重复性引入的标准不确定度分量 $u_1(\bar{L})$ ，由 A 类方法评定 $u_1(\bar{L})$ ；二是数显卡尺准确度引入的标准不确定度分量 $u_2(\bar{L})$ ，由 B 类方法评定 $u_2(\bar{L})$ 。

C.4.3.1 测量重复性引入的标准不确定度分量 $u_1(\bar{L})$

对防滑试验机试样夹具 I 的长度进行重复测量 10 次，测量结果为（单位：mm）：150.03，150.10，150.01，150.04，150.03，150.08，150.03，150.07，150.02，150.06，其平均值为：

$$\bar{L} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} L_i = 150.05 \text{ mm}$$

单个测得值的实验标准偏差： $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (L_i - \bar{L})^2}{n-1}} = 0.029 \text{ mm}$

实际测量中是在重复性条件下测量两次，取其平均值作为测量结果，则

$$u_1(\bar{L}) = \frac{s}{\sqrt{2}} = 0.020 \text{ mm}$$

C.4.3.2 数显卡尺准确度引入的标准不确定度分量 $u_2(\bar{m})$

数显卡尺示值最大允许误差为 $\pm 0.03 \text{ mm}$ ，估计为均匀分布，其引入的标准不确定度为：

$$u_2(\bar{L}) = \frac{0.03}{\sqrt{3}} = 0.017 \text{ (mm)}$$

C.4.4 合成标准不确定度计算

标准不确定度分量汇总，见表 C.3。

表 C.3 标准不确定度分量汇总表

| 标准不确定度分量 $u(x_i)$ | 标准不确定度来源 | 标准不确定度 $u(x_i)/\text{mm}$ | 灵敏系数 c | 标准不确定度 $ c u(x_i)/\text{mm}$ |
|----------------------|----------|------------------------------|-------------|---------------------------------|
| $u_1(\bar{L})$ | 测量重复性 | 0.020 | -1 | 0.020 |
| $u_2(\bar{L})$ | 数显卡尺准确度 | 0.017 | -1 | 0.017 |

由于各不确定度分量互不相关，因此合成标准不确定度为

$$u_c(L) = \sqrt{[cu_1(\bar{L})]^2 + [cu_2(\bar{L})]^2} = 0.026 \text{ mm}$$

C.4.5 扩展不确定度的确定

$$U = ku_c(L)$$

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为

$$U = 2 \times 0.026 = 0.052 \approx 0.06 \text{ (mm)}$$

C.4.6 测量结果不确定度的报告与表示

防滑试验机试样夹具 I 的长度测量结果： $L=150.05 \text{ mm}$ ， $U=0.06 \text{ mm}$ ， $k=2$

C.5 防滑试验机水平拉动速度测量结果的不确定度评定

C.5.1 测量模型：

$$V = \bar{V} \quad (\text{C.7})$$

式中：

ΔV —— 水平拉动速度，mm/min；

\bar{V} —— 三次水平拉动速度实测值的算术平均值，mm/min。

C.5.2 不确定度传播律

根据测量模型，防滑试验机水平拉动速度合成标准不确定度按式 (C.8) 计算。

$$u^2(V) = c^2 u^2(\bar{V}) \quad (\text{C.8})$$

式中，灵敏系数： $c = \frac{\partial V}{\partial \bar{V}} = 1$

C.5.3 标准不确定度分量的评定

C.5.3.1 输入量 \bar{V} 的标准不确定度 $u(\bar{V})$ 的评定：其不确定度来源主要是测量重复性引入的不确定度 $u_1(\bar{V})$ ，由 A 类方法评定 $u_1(\bar{V})$ ；线速度测量仪准确度引入的不确定度 $u_2(\bar{V})$ ，由 B 类方法评定 $u_2(\bar{V})$ 。

C.5.3.1.1 测量重复性引入的标准不确定度分量 $u_1(\bar{V})$

对防滑试验机水平拉动速度 100mm/min 校准点进行重复测量 10 次，测量结果为 (单位：mm/min)：101，102，100，103，103，104，102，103，104，103，其平均值为：

$$\bar{V} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} V_i = 102 \text{ mm/min}$$

单个测得值的实验标准偏差： $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (V_i - \bar{V})^2}{n-1}} = 1.4 \text{ mm/min}$

实际测量中是在重复性条件下测量三次，取其平均值作为测量结果，则

$$u_1(\bar{V}) = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.8 \text{ mm/min}$$

C.5.3.1.2 线速度测量仪的最大允许误差为 $\pm 3\%$ ，在 100 mm/min 校准点最大允许误差为 ± 3 mm/min，估计为均匀分布，其引入的标准不确定度为：

$$u_2(\bar{V}) = \frac{3}{\sqrt{3}} = 1.7 \text{ (mm/min)}$$

C.5.4 合成标准不确定度的评定

标准不确定度分量汇总，见表 C.4。

表 C.4 标准不确定度分量汇总表

| 标准不确定度分量 $u(x_i)$ | 标准不确定度来源 | 标准不确定度 $u(x_i)/(mm/min)$ | 灵敏系数 c | 标准不确定度 $ c u(x_i)/(mm/min)$ |
|----------------------|---------------|-----------------------------|-------------|--------------------------------|
| $u_1(\bar{V})$ | 测量重复性 | 0.8 | -1 | 0.8 |
| $u_2(\bar{V})$ | 线速度测量仪 准确度 | 1.7 | -1 | 1.7 |

由于各不确定度分量互不相关，因此合成标准不确定度为

$$u_c(V) = \sqrt{[cu_1(\bar{V})]^2 + [cu_2(\bar{V})]^2} = 1.9 \text{ mm/min}$$

C.5.5 扩展不确定度的确定

$$U = ku_c(V)$$

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为

$$U = 2 \times 1.9 = 3.8 \approx 4 \text{ (mm/min)}$$

C.5.6 测量结果不确定度的报告与表示

防滑试验机水平拉动速度测量结果： $V=102$ mm/min， $U=4$ mm/min， $k=2$