



中华人民共和国纺织行业计量技术规范

JJF(纺织)XXX—202X

织物耐磨性测试仪（双轮磨法）校准规范

Calibration Specification for Fabric Abrasion Resistance Testers

(Double-head Method)

(报批稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

织物耐磨性测试仪
(双轮磨法) 校准规范
Calibration Specification for Fabric
Abrasion Resistance Testers
(Double-head Method)

JJF（纺织） XXX—202X

归口单位：中国纺织工业联合会

起草单位：广州高铁计量检测股份有限公司

浙江省质量科学研究院

纺织工业科学技术发展中心

济宁市质量计量检验检测研究院

广州检验检测认证集团有限公司

温州市大荣纺织仪器有限公司

武汉东湖学院

江西省检验检测认证总院纺织品检验检测院

绍兴市质量技术监督检测院

本规范委托纺织计量技术委员会负责解释

本规范起草人：

陈 铭（广州高铁计量检测股份有限公司）
陈宛珍（广州高铁计量检测股份有限公司）
吴 键（浙江省质量科学研究院）
韩玉茹（纺织工业科学技术发展中心）
房翡翠（济宁市质量计量检验检测研究院）
黎智曦（广州检验检测认证集团有限公司）
缪凌云（温州市大荣纺织仪器有限公司）
左小琼（武汉东湖学院）
包继欢（江西省检验检测认证总院纺织品检验检测院）
黄 梁（绍兴市质量技术监督检测院）

目 录

引 言.....（Ⅱ）

1 范围.....（1）

2 引用文件.....（1）

3 概述.....（1）

4 计量特性.....（2）

5 校准条件.....（2）

6 校准项目和校准方法.....（5）

7 校准结果表达.....（7）

8 复校时间间隔.....（7）

附录 A 织物耐磨性测试仪(双轮磨法)校准记录参考格式.....（9）

附录 B 织物耐磨性测试仪(双轮磨法)校准证书内页参考格式.....（11）

附录 C 织物耐磨性测试仪(双轮磨法)测量不确定度评定示例.....（12）

引 言

JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》和 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工作的基础性系列文件。

本规范参考了 FZ/T 01128—2014《纺织品 耐磨性的测定 双轮磨法》等标准的相关技术内容。

本规范为首次发布。

织物耐磨性测试仪（双轮磨法）校准规范

1 范围

本规范适用于织物耐磨性测试仪（双轮磨法）（以下简称“耐磨仪”）的校准。其他原理相同、结构类似的检测仪器校准可参照本规范执行。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

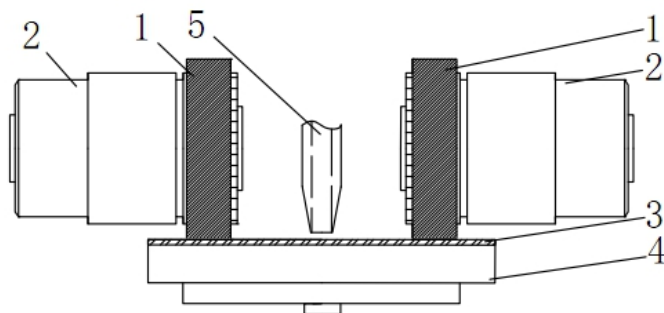
JJF 1071—2010 国家计量校准规范编写规则

FZ/T 01128—2014 纺织品 耐磨性的测定 双轮磨法

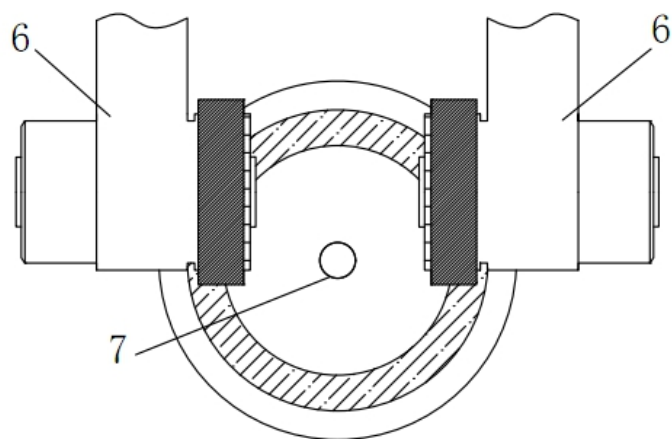
凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 概述

耐磨仪用于纺织品、涂层织物等材料的加速磨损及耐磨性能测试。耐磨仪由试样平台、双磨擦轮、磨轮支撑臂、加压重锤和吸尘装置组成（见图 1（a）、（b））。工作原理：试样平台按设定速度旋转，其转盘轴两侧的两个磨擦轮在一定压力下，随试样同步转动并对试样产生磨损，最终在试验表面形成圆环磨损痕迹，记录试样磨破时的磨擦次数或磨擦一定次数时试样质量损失情况来评定试样耐磨性。



（a）主视图



(b) 俯视图

图 1 耐磨仪示意图

- 1——双磨擦轮；2——加压重锤；3——试样； 4——试样平台；
5——吸尘装置；6——磨轮支撑臂；7——试样平台轴

4 计量特性

- 4.1 试样平台转速：（ 60 ± 2 ）r/min 或（ 70 ± 2 ）r/min 。
- 4.2 磨擦轮轴心线与试样平台轴心线距离：（ 19.05 ± 0.30 ）mm 。
- 4.3 磨擦轮内侧与试样平台轴心距离：（ 26.2 ± 0.2 ）mm 。
- 4.4 试样磨擦重力偏差： $\pm 1\%$ 。

注：以上指标不适用于仪器设备的合格性判定，仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

- 5.1.1 温度：（ 20 ± 10 ）℃。
- 5.1.2 湿度： $\leq 85\%RH$ 。
- 5.1.3 其他条件：耐磨仪应水平放置在稳固工作台上，校准环境应清洁，周围无腐蚀性介质，无明显强烈振动，无强烈气流。

5.2 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备见表 1。

表 1 测量标准及其他设备

序号	测量标准名称	测量范围、分度值或分辨力	不确定度或准确度等级 或最大允许误差	数量
1	游标卡尺	测量范围：（0~150）mm， 分度值：0.02 mm	± 0.03 mm	1 个
2	电子秒表	测量范围：0.1 s~3600 s， 分度值：0.01 s	± 0.10 s/h	1 个
3	标准测力仪	测量范围：（0~50）N， 分辨力：0.01 N 传感器厚度： ≤ 10 mm	± 0.3 %	1 套
4	百分表	测量范围：（0~10）mm， 分度值：0.01 mm	± 0.020 mm	1 套
5	塞尺	测量范围：1.00 mm、2.00 mm	± 0.028 mm	1 套
6	刀口形直角尺	测量范围：（63×40）mm	0 级	1 把
注：校准用测量标准可选用本表所列，也可选用测量范围覆盖被校准量的测量范围，其测量结果扩展不确定度 $U(k=2)$ 不大于校准量最大允许误差绝对值 1/3 的测量标准。				

6 校准项目和校准方法

6.1 校准前准备

校准前须使用目测方法对耐磨仪结构外观及工作状态进行检查，确定没有影响计量特性因素后再进行校准。

6.1.1 耐磨仪应在适当部位装有铭牌。铭牌上须标明仪器名称、型号、制造厂、出厂编号和出厂日期等

6.1.2 磨擦轮表面应均匀，没有污染物。磨擦轮和磨擦轮悬臂的轴承间隙吻合，能灵活转动，磨擦轮应能自由旋转，磨擦轮应符合 FZ/T 01128—2014 中 4.1 耐磨试验仪中有关磨擦轮所规定的要求。

6.1.3 磨轮支撑臂上下转动应灵活，不应有卡顿现象。放下在转盘轴两侧的两个磨擦轮，使磨擦轮与试样平台主线接触，在一定压力下随试样转动面转动。磨擦轮转动时无侧向、扭曲、晃动现象，无异常噪声。

6.1.4 在试样平台上装上试样，试样夹持装置应可靠，试样平台运转时应平稳，无异常噪声，不应有明显轴向窜动与径向跳动，试样不应与试样平台旋转发生相对运动现象。

6.1.5 试样平台平面度检查：用固定支架将百分表测量触点垂直固定于试样平台磨擦轮与试样平台接触位置，转动试样平台一个磨损周期内，记录百分表读数，在一个磨损周期内，百分表读数最大值与最小值之差不超过 0.9 mm。

6.1.6 试样平台旋转圈数计数器计数应准确，设定耐磨仪旋转次数为“100”，在试样平台设置一个标记，设定转数、显示转数和实际转数三者一致。当耐磨仪运行计数器达到设定测试次数后，应能自动停止工作。

6.1.7 对试样产生相对运动从而磨损试样形成磨损痕迹圆环，痕迹圆环应完整，痕迹应均匀，磨擦轮表面重叠覆盖率 90%以上。

6.1.8 吸尘装置吸嘴与试样表面之间间隔检查：在试样平台装上试样，放下吸尘装置，使吸尘装置吸嘴处于工作状态。分别用 1.00 mm、2.00 mm 塞尺测试吸嘴与试验表面之间的间隙：若 1.00 mm 塞尺能顺利通过，且 2.00 mm 塞尺无法通过，即表明吸嘴与试验表面之间间隔为（1~2）mm。

6.1.9 吸尘装置吸力检查：用一张薄的纸张，将其置于吸尘装置吸嘴与试样表面之间，开启吸尘装置，观察纸张应能被吸附并紧贴在吸尘装置吸嘴处。如纸张无法被吸附，或者吸附不紧，说明吸尘装置的吸力不足。

6.2 校准项目

耐磨仪校准项目对应本规范计量特性条款和校准方法条款见表 2。

表 2 耐磨仪校准项目

序号	校准项目	计量特性条款	校准方法条款
1	试样平台转速	4.1	6.3.1
2	磨擦轮轴心线与试样平台轴心线距离	4.2	6.3.2
3	磨擦轮内侧与试样平台轴心距离	4.3	6.3.3
4	试样磨擦重力偏差	4.4	6.3.4

6.3 校准方法

6.3.1 试样平台转速

耐磨仪试样平台转速有 60 r/min 或 70 r/min，设定某一试样平台转速。在试样平台旋转计数器计数准确前提下，启动耐磨仪，试样平台运转。当计数器计数

到某一数值 n_1 时,同时启动电子秒表开始计时,当计数器达到某一数值 n_2 ($n_2 > n_1$) 时,按停电子秒表,记录电子秒表读数 t 和计数器读数,用公式 (1) 计算试样平台转速,重复测量 2 次,其算术平均值为耐磨仪试样平台转速。

$$v = \frac{(n_2 - n_1) \times 60}{t} \quad (1)$$

式中:

v ——试样平台转速, r/min;

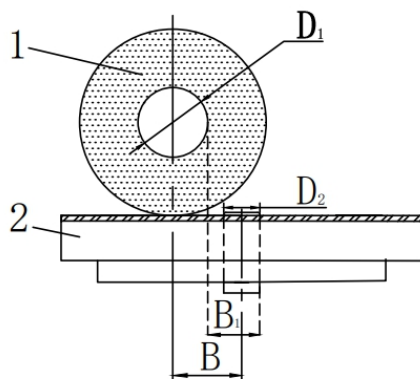
t ——试样平台实际旋转次数 ($n_2 - n_1$) 所需时间, s;

n_1 ——电子秒表启动计时计数器读数, r;

n_2 ——电子秒表停止计时计数器读数, r。

6.3.2 磨擦轮轴心线与试样平台轴心线距离

将耐磨仪左、右两悬臂放至试样平台。将直角尺贴合于磨擦轮安装轴边缘,使直角尺刀口与磨擦轮安装轴轴面边缘相切。用游标卡尺测量直角尺刀口至试样平台轴心远端的距离。用游标卡尺分别测量左、右磨擦轮安装轴直径及试样平台轴心直径 (见图 2),各重复测量 2 次,按公式 (2) 计算左、右两磨擦轮轴心线与试样平台轴心线距离。



1——磨擦轮; 2——试样平台;

图 2

$$B = \bar{B}_1 + \frac{\bar{D}_1}{2} - \frac{\bar{D}_2}{2} \quad (2)$$

式中:

B ——磨擦轮轴心线与试样平台轴心线距离, mm ;

$\overline{B_1}$ —— 磨擦轮安装轴边缘相切的直角尺刀口至试样平台轴远端距离两次实测值算术平均值, mm ;

$\overline{D_1}$ —— 磨擦轮安装轴直径两次实测值算术平均值, mm ;

$\overline{D_2}$ —— 试样平台轴直径两次实测值算术平均值, mm 。

6.3.3 磨擦轮内侧与试样平台轴心距离

将左、右两个磨擦轮安装到耐磨仪悬臂上, 并放置到试样平台上。用游标卡尺分别测量左、右磨擦轮内侧至试样平台轴近端的距离及试样平台轴直径(见图 3), 重复测量 2 次, 按公式 (3) 计算磨擦轮内侧与试样平台轴心距离。

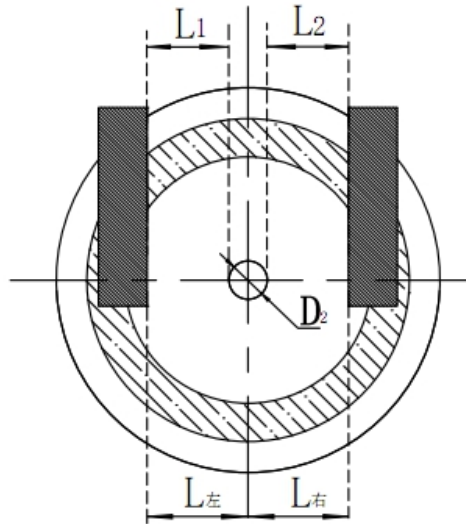


图 3

$$L_{\text{左}} = \overline{L_1} + \frac{\overline{D_2}}{2}, \quad L_{\text{右}} = \overline{L_2} + \frac{\overline{D_2}}{2} \quad (3)$$

式中:

$L_{\text{左}}$ —— 左磨擦轮内侧与试样平台轴心距离, mm ;

$L_{\text{右}}$ —— 右磨擦轮内侧与试样平台轴心距离, mm ;

$\overline{L_1}$ —— 左磨擦轮内侧至试样平台轴近端距离两次实测值算术平均值, mm ;

$\overline{L_2}$ —— 右磨擦轮内侧至试样平台轴近端距离两次实测值算术平均值, mm ;

$\overline{D_2}$ —— 试样平台轴心直径两次实测值算术平均值, mm 。

6.3.4 试样磨擦重力偏差

加压重锤的质量标称值包含 500 g、750 g、1000 g 等规格。在压力装置支撑

臂上分别放置质量标称值为 500 g、750g、1000g 等规格的加压重锤，不放置磨擦轮，将耐磨仪调至工作状态，使悬臂的磨擦轮轴与试样平台保持接触。手动抬起磨擦轮轴，将标准测力仪的测力传感器置于磨擦轮轴与试样平台之间，并对标准测力仪力值示值置零。缓慢放下磨擦轮轴，待其底部正下方与测力传感器的测力面中心完全接触后松开手，使压力装置的全部重力作用于测力传感器。待标准测力仪力值示值稳定后读取显示读数，每个规格的加压重锤重复测量 2 次，按公式 (4) 计算该加压重锤试样磨擦重力偏差。

$$\delta = \frac{\bar{F}_0 - m_s g \times 10^{-3}}{m_s g \times 10^{-3}} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

δ ——试样磨擦重力偏差，%；

m_s ——耐磨仪试样磨擦重力重锤质量标称值，g；

$\bar{F}_0$ ——标准测力仪 2 次测量结果算术平均值，N；

g ——当地重力加速度。

7 校准结果表达

7.1 校准记录

校准记录应详尽记录测量数据和计算结果。推荐的校准记录格式见附录 A。

7.2 校准证书

经校准的耐磨仪应出具校准证书，校准结果应在校准证书上反映。校准证书包括的信息应符合 JJF 1071—2010 中 5.12 的要求，推荐的校准证书内页格式见附录 B。

7.3 不确定度

校准证书应给出各校准项目的扩展不确定度，评定示例见附录 C。

8 复校时间间隔

在定期进行期间核查的条件下，建议复校时间间隔一般不超过 1 年。

注：由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的，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

织物耐磨性测试仪（双轮磨法）校准记录格式

委托方： 设备编号： 原始记录号：
 型号规格： 产品编号： 出厂日期： 校准证书编号：
 制造厂： 环境温度： °C 环境湿度： %RH
 校准日期： 年 月 日 校准地点：
 校准员： 核验员：

校准依据：JJF（纺织）XXX—202X 织物耐磨性测试仪（双轮磨法）校准规范

使用主要计量标准器具

标准器名称	型号	编号	证书号	有效期	技术特征	状态

一、校准前准备

☐ 工作正常 ☐ 工作不正常，不正常情况：

二、计量特性校准：

序号	校准项目	技术要求		实测值					U ($k=2$)	
1	试样平台转速	± 2 r/min	标称值	n_1	n_2	t	v	平均		
			60 r/min							
			70 r/min							
2	磨擦轮轴心线 与试样平台轴 心线距离	(19.0 5±0.3 0) mm	/	1	2	平均	$B_{左} = B_{1左} + \frac{\bar{D}_{1左}}{2} - \frac{\bar{D}_2}{2} :$			
			$B_{1左}$				=			
			$B_{1右}$							
			$D_{1左}$				$B_{右} = B_{1右} + \frac{\bar{D}_{1右}}{2} - \frac{\bar{D}_2}{2} :$			
							=			

			$D_{1右}$						
			D_2						
3	磨擦轮内侧与 试样平台轴心 距离	(26.2 ±0.2) mm	/	1	2	平均	$L_{左} = \overline{L_1} + \frac{\overline{D_2}}{2}$ = $L_{右} = \overline{L_2} + \frac{\overline{D_2}}{2}$ =		
			L_1						
			L_2						
			D_2						
4	试样磨擦重力 偏差	±1 % g:	加压重锤 标称值	500 g		750 g		1000 g	
			1 (N)						
			2 (N)						
			平均 (N)						
			偏差 (%)						
备 注									

附录 B

织物耐磨性测试仪（双轮磨法）校准证书内页格式

校 准 结 果

校准项目	技术要求	校准结果			测量结果扩展不确定度 $U(k=2)$
试样平台转速	(60 ± 2) r/min				
	(70 ± 2) r/min				
左磨擦轮轴心线与试样平台轴心线距离	(19.05 ± 0.30) mm				
右磨擦轮轴心线与试样平台轴心线距离	(19.05 ± 0.30) mm				
左磨擦轮内侧与试样平台轴心距离	(26.2 ± 0.2) mm				
右磨擦轮内侧与试样平台轴心距离	(26.2 ± 0.2) mm				
试样磨擦重力偏差	$\pm 1\%$	加压重锤标称值	500 g		
			750 g		
			1000 g		

以下空白

附录 C

织物耐磨性测试仪（双轮磨法）测量不确定度评定示例

C.1 试样平台转速测量不确定度的评定

C.1.1 被测对象

织物耐磨性测试仪（双轮磨法）试样平台转速，校准点为 60 r/min，MPE 为 ± 2 r/min。

C.1.2 测量标准

测量标准：电子秒表，测量范围为 (0.1 ~ 3600) s，MPE 为 ± 0.10 s/h。

C.1.3 测量方法

启动耐磨仪，试样平台运转，用电子秒表测量试样平台旋转一定圈数所需时间，重复测量 2 次，计算试样平台转速。

C.1.4 测量模型

$$v = \frac{n \times 60}{t} \quad (\text{C.1})$$

式中：

v ——试样平台转速，r/min；

n ——试样平台旋转圈数，r；

t ——试样平台实际旋转圈数 n 所需时间，s。

由于电子秒表与耐磨仪试样平台转速彼此独立，互不相关，试样平台转速合成相对标准不确定度可由式 (C.2) 计算：

$$u_c^2(v) = \left[\frac{\partial v}{\partial n} \right]^2 u^2(n) + \left[\frac{\partial v}{\partial t} \right]^2 u^2(t) \quad (\text{C.2})$$

则：

$$\left[\frac{u_c(v)}{v} \right]^2 = \left[\frac{u(n)}{n} \right]^2 + \left[\frac{u(t)}{t} \right]^2$$

即：

$$u_{\text{crel}}^2(v) = u_{\text{rel}}^2(n) + u_{\text{rel}}^2(t) \quad (\text{C.3})$$

因旋转圈数 n 为准确数，是常量，则旋转圈数标准不确定度 $u(n)=0$ ，即旋转圈数相对标准不确定度 $u_{\text{rel}}(n)=0$ 。

C.1.5 标准不确定度分量

不确定度来源：试样平台转速测量重复性引入的标准不确定度分量，电子秒表分辨力引入的标准不确定度分量，电子秒表最大允许误差引入的标准不确定度分量。

C.1.5.1 试样平台转速测量重复性引入的标准不确定度分量评定

采用 A 类方法进行评定，用电子秒表在重复性条件下按 C.1.3 测量方法重复测量 10 次，试样平台旋转圈数、时间实测值和试样平台转速数据见表 C.1。

表 C.1 试样平台转速重复测量结果

测量次数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
旋转圈数 (r)		60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
时间 实测 值 (s)	1	59.28	59.12	58.93	59.57	58.86	59.04	59.40	59.08	59.34	59.62
	2	59.42	59.45	59.22	59.23	59.12	59.38	59.22	59.26	59.10	59.36
时间实测 值平均值 (s)		59.35	59.29	59.08	59.40	58.99	59.21	59.31	59.17	59.22	59.49
试样平台 转速 (r/min)		60.66	60.72	60.94	60.61	61.03	60.80	60.70	60.84	60.79	60.51

试样平台转速平均值 $\bar{v}$ 和标准偏差 s_1 为：

$$\text{平均值} \quad \bar{v} = \frac{\sum_{i=1}^{10} v_i}{10} = 60.76 \text{ r/min} \quad (\text{C.4})$$

$$\text{标准偏差} \quad s_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (v_i - \bar{v})^2}{10-1}} = 0.154 \text{ r/min} \quad (\text{C.5})$$

时间实测值平均值 $\bar{t}$ 和标准偏差 s_t 为：

$$\text{平均值} \quad \bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^{10} t_i}{10} = 59.25 \text{ s} \quad (\text{C.6})$$

$$\text{标准偏差} \quad s_t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (t_i - \bar{t})^2}{10 - 1}} = 0.150\text{s} \quad (\text{C.7})$$

实际测量情况：试样平台转速在重复性条件下连续 2 次 ($m=2$)，以 2 次测量结果算术平均值为测量结果，则试样平台转速测量重复性引入的标准不确定度分量：

$$u_1(v) = \frac{S_1}{\sqrt{m}} = \frac{0.154}{\sqrt{2}} = 0.109 \text{ r/min} \quad (\text{C.8})$$

电子秒表在重复性条件下连续 2 次 ($m=2$)，以 2 次测量结果算术平均值为测量结果，则电子秒表重复性引入的标准不确定度分量：

$$u_1(t) = \frac{S_t}{\sqrt{m}} = \frac{0.150}{\sqrt{2}} = 0.106 \text{ s} \quad (\text{C.9})$$

C.1.5.2 电子秒表引入的不确定度分量评定

电子秒表分辨力为 0.01 s，不确定度区间半宽为 $a_1=0.005 \text{ s}$ ，服从均匀分布，则电子秒表分辨力引入的标准不确定度分量：

$$u_2(t) = \frac{a_1}{k} = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.003 \text{ s} \quad (\text{C.10})$$

根据以上测量重复性引入的标准不确定度分量与分辨力引入的标准不确定度分量的计算结果，分辨力引入的标准不确定度分量小于测量重复性引入的标准不确定度分量，故可忽略不计。

C.1.5.3 电子秒表最大允许误差引入的标准不确定度分量评定

电子秒表测量范围为 (0.1 ~ 3600) s，最大允许误差为 $\pm 0.10 \text{ s/h}$ ，区间半宽 $a_2=0.10 \text{ s}$ ，服从均匀分布，电子秒表最大允许误差引入的标准不确定度分量：

$$u_3(t) = \frac{a_2}{k} = \frac{0.10}{\sqrt{3}} = 0.058 \text{ s} \quad (\text{C.11})$$

C.1.6 标准不确定度分量汇总表

试样平台转速标准不确定度分量汇总表见表 C.2。

表 C.2 标准不确定度分量汇总表

不确定度来源	标准不确定度分量符号	灵敏系数 C_i	标准不确定度 $u(x)$	备注
--------	------------	------------	---------------	----

试样平台转速重复性	$u_1(v)$	1	0.109 r/min	
电子秒表分辨力	$u_2(t)$	1	0.003 s	可忽略
电子秒表最大允许误差	$u_3(t)$	1	0.058 s	

C.1.7 合成标准不确定度

试样平台转速测量重复性引入的相对标准不确定度分量：

$$u_{1\text{rel}}(v) = \frac{u_1(v)}{v} \times 100\% = \frac{0.109}{60.75} \times 100\% = 0.179\%$$

电子秒表引入的相对标准不确定度分量：

$$u_{3\text{rel}}(t) = \frac{u_3(t)}{t} \times 100\% = \frac{0.508}{59.25} \times 100\% = 0.098\%$$

由于 $u_{1\text{rel}}(v)$ 、 $u_{3\text{rel}}(t)$ 互不相关，则试样平台转速校准合成相对标准不确定度：

$$\begin{aligned} u_{\text{crel}}(v) &= \sqrt{u_{1\text{rel}}^2(v) + u_{3\text{rel}}^2(t)} \\ &= \sqrt{0.179\%^2 + 0.098\%^2} \\ &= 0.204\% \end{aligned} \quad (\text{C.12})$$

C.1.8 扩展不确定度评定

取包含因子 $k=2$ ，试样平台转速校准相对扩展不确定度为：

$$U_{\text{rel}} = k \times u_{\text{crel}}(v) = 2 \times 0.204\% = 0.408\% \quad (\text{C.13})$$

试样平台转速校准扩展不确定度：

$$U = U_{\text{rel}} \times \bar{v} = 0.408\% \times 60.76 \text{ r/min} = 0.248 \text{ r/min} \approx 0.3 \text{ r/min}$$

C.1.9 测量结果不确定度的报告与表示

耐磨仪试样平台转速测量扩展不确定度为：

$$U = 0.3 \text{ r/min} \quad k = 2。$$

C.2 磨擦轮内侧与试样平台轴心距离测量不确定度的评定

C.2.1 被测对象

磨擦轮内侧与试样平台轴心距离：（26.2±0.2）mm。

C.2.2 测量标准

游标卡尺, 测量范围为 (0~150) mm, 分辨力为 0.02 mm, 最大允许误差为 ± 0.03 mm。

C.2.3 测量方法

将装有磨擦轮的耐磨仪悬臂放置到试样平台上, 用游标卡尺测量磨擦轮内侧至试样平台轴近端的距离及试样平台轴心直径, 重复测量 2 次, 磨擦轮内侧至试样平台轴近端的距离与试样平台轴心直径的一半之和为磨擦轮内侧与试样平台轴心距离。

C.2.4 测量模型

$$L = \overline{L_0} + \frac{\overline{D}}{2} \quad (\text{C.14})$$

式中:

L —— 磨擦轮内侧与试样平台轴心距离, mm ;

$\overline{L_0}$ —— 磨擦轮内侧至试样平台轴近端距离两次实测值算术平均值, mm ;

$\overline{D}$ —— 试样平台轴直径两次实测值算术平均值, mm ;

由于游标卡尺与耐磨仪彼此独立, 互不相关, 磨擦轮内侧与试样平台轴心距离合成标准不确定度可由式 (C.15) 计算:

$$u_c^2(L) = c^2(\overline{L_0})u^2(\overline{L_0}) + c^2(\overline{D})u^2(\overline{D}) \quad (\text{C.15})$$

$$\text{灵敏系数: } c(\overline{L_0}) = \frac{\partial L}{\partial \overline{L_0}} = 1, \quad c(\overline{D}) = \frac{\partial L}{\partial \overline{D}} = \frac{1}{2}$$

C.2.5 标准不确定度分量

不确定度来源: 磨擦轮内侧与试样平台轴心距离测量重复性引入的标准不确定度分量, 游标卡尺分辨力引入的标准不确定度分量, 游标卡尺最大允许误差引入的标准不确定度分量。

C.2.5.1 磨擦轮内侧与试样平台轴心距离测量重复性引入的标准不确定度分量的评定

采用 A 类方法进行评定, 用游标卡尺在重复性条件下按 C.2.3 测量方法重复测量 10 次, 测量结果见表 C.3。

表 C.3 磨擦轮内侧与试样平台轴心距离重复测量结果

单位: mm

测量次数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L_0	1	23.14	23.20	23.16	23.12	23.16	23.18	23.12	23.12	23.10	23.14
	2	23.10	23.16	23.14	23.08	23.10	23.14	23.16	23.08	23.06	23.10
	平均	23.12	23.18	23.15	23.10	23.13	23.16	23.14	23.10	23.08	23.12
D	1	6.42	6.42	6.44	6.46	6.4	6.46	6.38	6.42	6.44	6.42
	2	6.38	6.38	6.4	6.42	6.44	6.4	6.42	6.44	6.42	6.38
	平均	6.40	6.40	6.42	6.44	6.42	6.43	6.40	6.43	6.43	6.40
L		26.32	26.38	26.36	26.32	26.34	26.38	26.34	26.32	26.30	26.32

磨擦轮内侧与试样平台轴心距离平均值 $\bar{L}$ 和标准偏差 s_3 为:

$$\text{平均值} \quad \bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^{10} L_i}{10} = 26.34 \text{ mm} \quad (\text{C.16})$$

$$\text{标准偏差} \quad s_3 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (L_i - \bar{L})^2}{10-1}} = 0.028 \text{ mm} \quad (\text{C.17})$$

实际测量情况: 磨擦轮内侧与试样平台轴心距离在重复性条件下连续 2 次 ($m=2$), 以 2 次测量结果算术平均值为测量结果, 则磨擦轮内侧与试样平台轴心距离测量重复性引入的标准不确定度分量:

$$u_1(L) = \frac{s_3}{\sqrt{m}} = \frac{0.028}{\sqrt{2}} = 0.020 \text{ mm} \quad (\text{C.18})$$

C.2.5.2 游标卡尺分度值引入的标准不确定度分量评定

游标卡尺分度值为 0.02 mm, 不确定度区间半宽为 $a_3=0.01 \text{ mm}$, 服从均匀分布, 则游标卡尺分度值引入的标准不确定度分量:

$$u_2(L) = \frac{a_3}{k} = \frac{0.01}{\sqrt{3}} = 0.006 \text{ mm} \quad (\text{C.19})$$

根据以上分度值引入的标准不确定度分量与测量重复性引入的标准不确定度分量的计算结果, 游标卡尺分度值引入的标准不确定度分量小于测量重复性引入的标准不确定度分量, 故游标卡尺分度值引入的标准不确定度分量可忽略不计。

C.2.5.3 游标卡尺最大允许误差引入的标准不确定度分量评定

游标卡尺最大允许误差为 $\pm 0.03 \text{ mm}$, 区间半宽 $a_4=0.03 \text{ mm}$, 服从均匀分布, 游标卡尺最大允许误差引入的标准不确定度分量:

$$u_3(L) = \frac{a_4}{k} = \frac{0.03}{\sqrt{3}} = 0.017 \quad \text{mm} \quad (\text{C. 20})$$

C.2.6 标准不确定度分量汇总

磨擦轮内侧与试样平台轴心距离标准不确定度分量汇总表见表 C.4。

表 C.4 标准不确定度分量汇总表

单位：mm

不确定度来源	标准不确定度分量符号	灵敏系数 C_i	标准不确定度 $u(x)$	$ C_i u(x)$	备注
测量重复性	$u_1(L)$	1	0.020	0.020	
游标卡尺分度值	$u_2(L)$	1	0.006	0.006	可忽略
游标卡尺最大允许误差	$u_3(L)$	1	0.017	0.017	
游标卡尺分度值	$u_2(D)$	1/2	0.006	0.003	可忽略
游标卡尺最大允许误差	$u_3(D)$	1/2	0.017	0.0085	

C.2.7 合成标准不确定度计算

由于 $u_1(L)$ 、 $u_3(L)$ 、 $u_3(D)$ 互不相关，则磨擦轮内侧与试样平台轴心距离校准合成标准不确定度：

$$u_c(L) = \sqrt{u_1^2(L) + [C(\bar{L}_0) \cdot u(\bar{L}_0)]^2 + [C(\bar{D}) \cdot u(\bar{D})]^2} = \sqrt{0.020^2 + [1 \times 0.017]^2 + \left[\frac{1}{2} \times 0.017\right]^2} \quad (\text{C. 21})$$

$$= 0.0276 \quad \text{mm}$$

C.2.8 扩展不确定度的评定

取包含因子 $k=2$ ，磨擦轮内侧与试样平台轴心距离校准扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c(L) = 2 \times 0.0276 = 0.0552 \approx 0.06 \quad \text{mm} \quad (\text{C. 22})$$

C.2.9 测量结果不确定度的报告与表示

耐磨仪磨擦轮内侧与试样平台轴心距离测量扩展不确定度为：

$$U = 0.06 \quad \text{mm} \quad k = 2。$$

C.3 试样磨擦重力测量不确定度的评定

C.3.1 被测对象

试样磨擦重力：750g 重锤，MPE：±1 %。

C.3.2 测量标准

测量标准：标准测力仪，测量范围为（0～50）N，分辨力 0.01 N，最大允许误差为±0.3 %。

C.3.3 测量方法

压力装置支撑臂上放置质量标称值 750 g 加压重锤，不放置磨擦轮，并使其处于工作状态，使耐磨仪悬臂的磨擦轮轴与试样平台接触。用手抬起磨擦轮轴，将标准测力仪测力传感器置于磨擦轮轴与试样平台之间，并对标准测力仪力值示值置零。缓慢放下磨擦轮轴，待其底部正下方与测力传感器的测力面中心完全接触后松手，让压力装置的全部重力作用于测力传感器上。待标准测力仪力值示值稳定后读取显示读数，重复测量 2 次，计算该加压重锤试样磨擦重力偏差。

C.3.4 测量模型

4 测量模型

试样磨擦重力偏差公式：

$$\delta = \frac{\bar{F}_0 - m_s g \times 10^{-3}}{m_s g \times 10^{-3}} \times 100\% = \left(\frac{\bar{F}_0}{m_s g \times 10^{-3}} - 1 \right) \times 100\% \quad (\text{C.23})$$

式中：

δ ——试样磨擦重力偏差，%；

m_s ——耐磨仪试样磨擦压力重锤质量标称值，g；

$\bar{F}_0$ ——标准测力仪 2 次测量结果算术平均值，N；

g ——当地重力加速度，广州地区 $g=9.7883 \text{ m/s}^2$ 。

由于标准测力仪与耐磨仪彼此独立，互不相关，试样磨擦重力偏差合成标准不确定度可由式（C.23）计算：

$$u_c^2(\delta) = C^2(\bar{F}_0)u^2(\bar{F}_0) + C^2(m_s)u^2(m_s) \quad (\text{C.24})$$

$$\text{灵敏系数：} C(\bar{F}_0) = \frac{\partial \delta}{\partial \bar{F}_0} = \frac{1000}{m_s g} \times 100\%$$

$$C(m_s) = \frac{\partial \delta}{\partial m_s} = -\frac{1000 \times \bar{F}_0}{m_s^2 g} \times 100\%$$

C.3.5 标准不确定度分量

不确定度来源：试样磨擦重力测量重复性引入的标准不确定度分量，标准测力仪分辨力引入的标准不确定度分量，标准测力仪最大允许误差引入的标准不确定度分量。

C.3.5.1 试样磨擦重力测量重复性引入的标准不确定度分量的评定

采用 A 类方法进行评定，用标准测力仪在重复性条件下按 C.3.3 测量方法重复测量 10 次，测量结果见表 C.5。

表 C.5 试样磨擦重力重复测量结果

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
加重重锤 标称值 (g)	750	750	750	750	750	750	750	750	750	750
实测 值 (N)	1	7.38	7.37	7.36	7.36	7.34	7.36	7.37	7.38	7.36
	2	7.35	7.34	7.39	7.38	7.40	7.39	7.35	7.35	7.34
	平均	7.365	7.355	7.375	7.370	7.370	7.375	7.360	7.365	7.350
试样磨擦 压力偏差 (%)	0.324	0.188	0.460	0.392	0.392	0.460	0.256	0.324	0.120	0.324

标准测力仪实测值平均值 $\bar{F}_0$ 和标准偏差 s_4 为：

$$\text{平均值} \quad \bar{F}_0 = \frac{\sum_{i=1}^{10} F_i}{10} = 7.365 \text{ N} \quad (\text{C.25})$$

$$\text{标准偏差} \quad s_4 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (F_i - \bar{F})^2}{10-1}} = 0.008 \text{ N} \quad (\text{C.26})$$

试样磨擦压力偏差平均值 $\bar{\delta}$ 和标准偏差 s_5 为：

$$\text{平均值} \quad \bar{\delta} = \frac{\sum_{i=1}^{10} \delta_i}{10} = 0.324 \% \quad (\text{C.27})$$

$$\text{标准偏差 } S_5 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\delta_i - \bar{\delta})^2}{10-1}} = 0.111 \% \quad (\text{C. 28})$$

实际测量情况：试样磨擦重力在重复性条件下连续 2 次 ($m=2$)，以 2 次测量结果算术平均值为测量结果，则试样磨擦重力测量重复性引入的标准不确定度分量：

$$u_1(\delta) = \frac{S_5}{\sqrt{m}} = \frac{0.111\%}{\sqrt{2}} = 0.078\% \quad (\text{C. 29})$$

C.3.5.2 标准测力仪分辨力引入的标准不确定度分量评定

标准测力仪分辨力为 0.01 N，不确定度区间半宽为 $a_5=0.005$ N，服从均匀分布，则分辨力引入的标准不确定度分量：

$$u_2(\bar{F}_0) = \frac{a_5}{k} = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.0029 \text{ N} \quad (\text{C. 30})$$

根据以上测量重复性引入的标准不确定度分量与分辨力引入的标准不确定度分量的计算结果，分辨力引入的标准不确定度分量远远小于测量重复性引入的标准不确定度分量，故标准测力仪分辨力引入的标准不确定度分量可忽略不计。

C.3.5.3 标准测力仪最大允许误差引入的标准不确定度分量评定

标准测力仪测量范围为 (0~50) N，分辨力 0.01 N，最大允许误差为 $\pm 0.3\%$ ，服从均匀分布，标准测力仪最大允许误差引入的标准不确定度分量：

当校准 750g 重锤时：

$$u_3(\bar{F}_0) = \frac{a_6}{k} = \frac{750 \times 9.7883 \times 10^{-3} \times 0.3\%}{\sqrt{3}} = 0.0127 \text{ N} \quad (\text{C. 31})$$

C.4.6 标准不确定度分量汇总

试样磨擦压力偏差标准不确定度分量汇总表见表 C.8。

表 C.8 标准不确定度分量汇总表

不确定度来源	标准不确定度分量符号	灵敏系数 C_i	标准不确定度 $u(x)$	备注
试样压力偏差 测量重复性	$u_1(\delta)$	1	0.078 %	
标准测力仪 分辨力	$u_2(\bar{F}_0)$	$ C(m_s) = 0.1338\%$	0.0029 N	可忽略

标准测力仪 最大允许误差	$u_3(\bar{F}_0)$	$C(\bar{F}_0) = 13.622\%$	0.0127 N	
-----------------	------------------	---------------------------	----------	--

$$\text{灵敏系数: } |C(m_s)| = \frac{\partial \delta}{\partial m_s} = \left| -\frac{1000 \times \bar{F}_0}{m_s^2 g} \right| \times 100\% = \frac{1000 \times 7.365}{750^2 \times 9.7883} \times 100\% = 0.1338\%$$

$$C(\bar{F}_0) = \frac{\partial \delta}{\partial \bar{F}_0} = \frac{1000}{m_s g} \times 100\% = \frac{1000}{750 \times 9.7883} \times 100\% = 13.622\%$$

C.4.7 合成标准不确定度计算

由于 $u_1(\delta)$ 、 $u_3(\bar{F}_0)$ 互不相关，则试样磨擦压力偏差校准合成标准不确定度：

$$\begin{aligned} u_c(\delta) &= \sqrt{u_1^2(\delta) + [c(\bar{F}_0) \cdot u_3(\bar{F}_0)]^2} \\ &= \sqrt{0.078^2 + (13.622 \times 0.0127)^2} \% \\ &= 0.190 \% \end{aligned} \quad (\text{C. 32})$$

C.4.8 扩展不确定度的评定

取包含因子 $k = 2$ ，试样磨擦压力偏差校准扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c(\delta) = 2 \times 0.190\% = 0.4\% \quad (\text{C. 33})$$