

福建省地方计量技术规范

JJF (闽) 1067—2014

旋转辊筒式磨耗机校准规范

Calibration Specification for Rotating Cylindrical Drum Abrasion
Machine

2014—10—08 发布

2014—12—01 实施

福建省质量技术监督局 发布

旋转辊筒式磨耗机校准规范

Calibration Specification for Rotating
Cylindrical Drum Abrasion Machine

JJF (闽) 1067-2014

本规范经福建省质量技术监督局于 2014 年 10 月 08 日批准，并自 2014 年 12 月 01 日起施行。

归口单位：福建省质量技术监督局

主要起草单位：莆田市计量所

本规范委托主要起草单位负责解释

本规范主要起草人：陈素萍（莆田市计量所）

黄汉杰（莆田市计量所）

杨凌文（莆田市计量所）

参加起草人：陈静杰（莆田市计量所）

余文龙（莆田市计量所）

陈青华（莆田市计量所）

目 录

引 言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语和计量单位	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(2)
5.1 绝缘电阻	(2)
5.2 辊筒转速	(2)
5.3 磨耗时间	(2)
5.4 辊筒直径	(2)
5.5 夹持器移动距离	(2)
5.6 夹持器负荷	(2)
5.7 倾角	(2)
6 校准条件	(2)
6.1 环境条件	(2)
6.2 测量设备及辅助设备	(2)
7 校准项目和校准方法	(5)
7.1 外观检查	(5)
7.2 安全性能检查	(5)
7.3 辊筒转速校准	(5)
7.4 磨耗时间校准	(5)
7.5 夹持器移动距离校准	(6)
7.6 辊筒直径校准	(6)
7.7 夹持器负荷校准	(6)
7.8 倾角校准	(6)
8 校准结果表达	(6)
9 复校时间间隔	(7)
附录 A 校准原始记录格式	(8)
附录 B 校准证书内页格式(供参考)	(9)
附录 C 旋转辊筒式磨耗机校准结果的不确定度评定(示例)	(10)

引 言

JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1011-2011《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》共同构成支撑本校准规范的基础性系列技术文件。

本校准规范在制订过程中充分考虑了国家标准 GB/T 9867-2008《硫化橡胶或热塑性橡胶耐磨性能的测定(旋转辊筒式磨耗机法)》及国家轻工行业标准 QB/T 2884-2007《鞋类 外底试验方法 耐磨性能》中的术语、符号与定义以及相关的技术要求。

本规范为首次制定。

旋转辊筒式磨耗机校准规范

1 范围

本规范适用于新安装、使用中和修理后的各种旋转辊筒式磨耗机的校准。

2 引用文件

GB/T 9867-2008 硫化橡胶或热塑性橡胶耐磨性能的测定（旋转辊筒式磨耗机法）

QB/T 2884-2007 鞋类 外底试验方法 耐磨性能

GB/T 2941-2006 橡胶物理试验方法试样制备和调节通用程序

GB/T 27025 检测和校准实验室能力的通用要求

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 术语和计量单位

3.1 相对磨耗体积 relative volume loss

参照胶受到砂布的磨耗作用产生的一个固定质量损失，在相同的规定试验条件下，试样受到同样作用所产生的体积损失，以立方毫米（ mm^3 ）计。

3.2 磨耗时间 abrasion time

旋转辊筒式磨耗机启动后，在磨耗过程中试样的磨耗行程达到（ 40.0 ± 0.2 ）m（相当于辊筒旋转 84 转）的磨耗时间，单位为秒（s）。

3.3 辊筒直径 cylinder diameter

旋转辊筒式磨耗机上，表面已包贴上 60 号氧化铝砂布的辊筒的直径，单位为毫米（mm）。

3.4 夹持器移动距离 moving distance of the holder

旋转辊筒式磨耗机启动后，在磨耗过程中试样的磨耗行程达到（ 40.0 ± 0.2 ）m（相当于辊筒旋转 84 转）后，夹持器沿丝杆水平移动的距离，单位为毫米（mm）。

3.5 倾角 inclination angle

夹持器的中心轴线与辊筒旋转方向垂线之间的夹角，单位为度（ $^{\circ}$ ）。

4 概述

旋转辊筒式磨耗机是由固定砂布的旋转辊筒和可水平移动的试样夹持器组成（见图 1 仪器结构原理图和图 2 的实际仪器示图），主要用于硫化橡胶等材料

之磨耗性能的测定。旋转辊筒式磨耗机的测试试验原理为在规定的接触压力下和给定的面积上,测定圆柱形橡胶试样在一定级别的砂布和一定的距离内进行摩擦而产生的磨耗量,通过测定试样的质量损失并根据试样的密度来计算相对体积磨耗量。

5 计量特性

5.1 绝缘电阻

对于使用 220V 交流电流的仪器,仪器电源的引入线与机壳之间的绝缘电阻不小于 20 M Ω 。

5.2 辊筒转速

(40 \pm 1) r/min

5.3 磨耗时间

(126 \pm 3) s

5.4 夹持器移动距离

(352.8 \pm 3.4) mm

5.5 辊筒直径

(152.0 \pm 0.2) mm

5.6 夹持器负荷

(10.0 \pm 0.2) N

(5.0 \pm 0.1) N

5.7 倾角

(3 \pm 0.5) °

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度: (20 \pm 5) °C。

6.1.2 环境湿度: \leq 80%RH。

6.1.3 无影响正常工作的电磁场干扰和震动,避开腐蚀性气体

6.2 测量设备及辅助设备

6.2.1 校准用测量设备

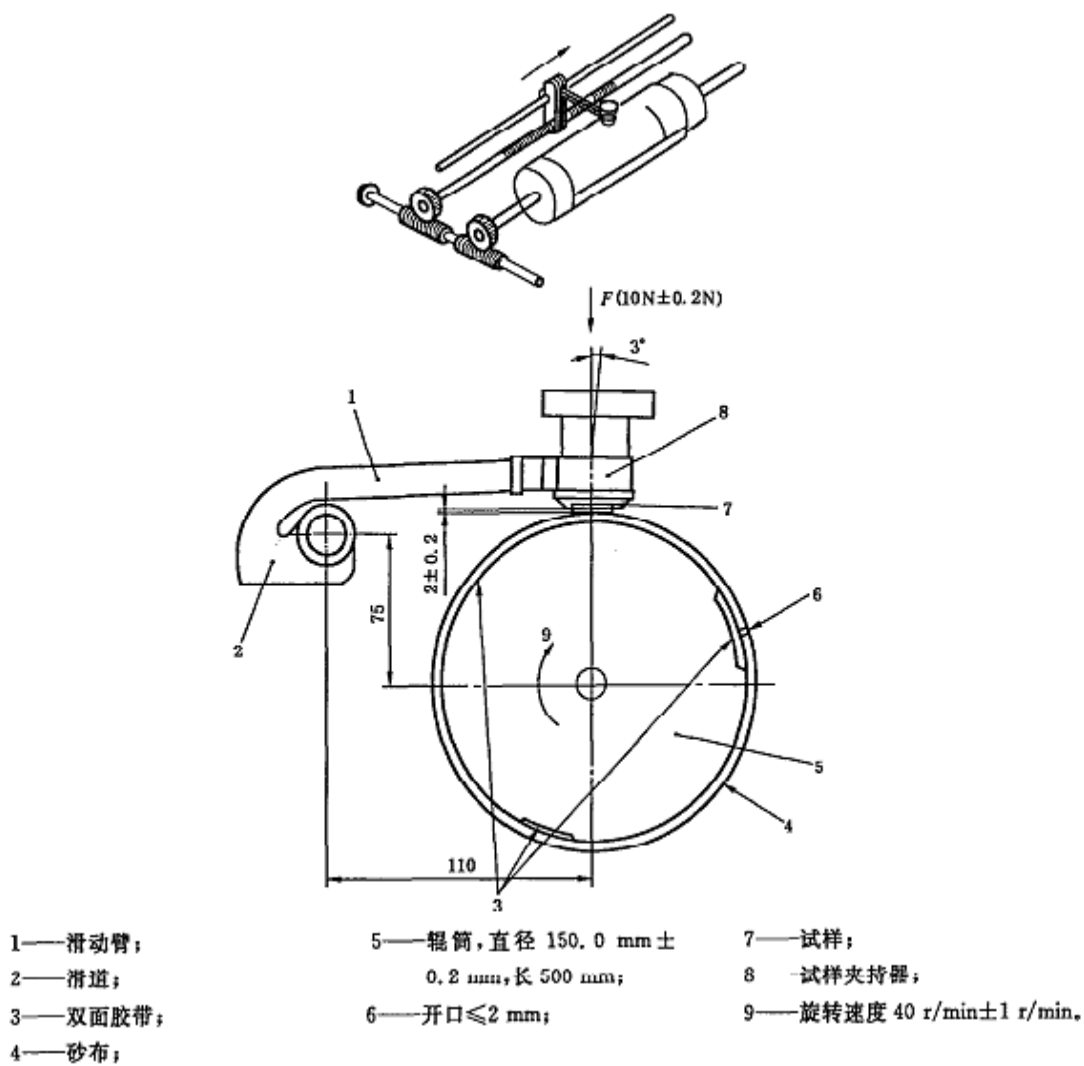


图 1 仪器结构原理图



图 2 实际仪器示图

表 1 校准用测量设备

序号	校准项目	校准用测量设备		
		设备名称	测量范围	最大允许误差
1	辊筒转速	转速表	(20~1000) r/min	± 0.3 r/min
2	磨耗时间	电子秒表	(0~600) s	± 0.07 s
3	夹持器移动距离	游标卡尺	(0~500) mm	± 0.10 mm
4	辊筒直径	精密 π 尺	(50~300) mm	± 0.05 mm
5	夹持器负荷	推拉计	(0~20) N	$\pm 0.5\%$
		塞尺	1.00mm	± 0.016 mm
			2.00mm	± 0.028 mm
6	倾角	角度规	(0~90)°	$\pm 0.1^\circ$
		框式水平仪	分度值: 0.02mm/m	± 0.004 mm/m

注：也可根据以不低于旋转辊筒式磨耗机相关计量特性最大允许误差三分之一的原则，选择其他校准用测量设备。

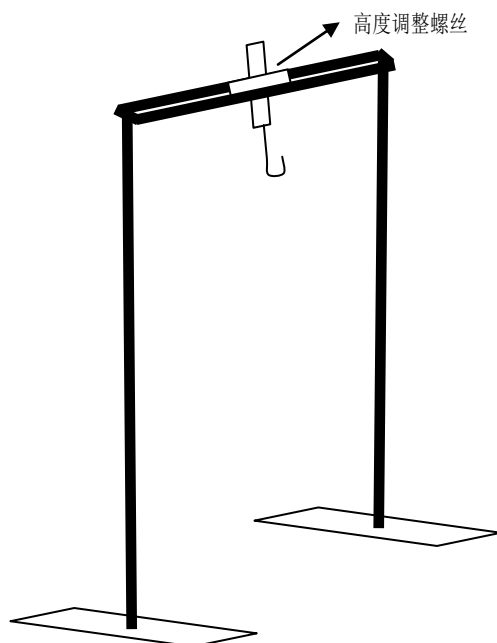


图 3 可调整高度的门式框架示意图

6.2.2 辅助设备

可用于牵挂拉力计的可调整高度的门式框架（见图 3）。

7 校准项目和校准方法

7.1 外观检查

目测检查旋转辊筒式磨耗机仪器具备以下外观及功能：仪器名称、型号、出厂编号、制造厂名、出厂日期、工作电压等标志；仪器外观无影响正常工作的损伤，线路及各接头应紧密牢固，机台应清洁无锈蚀，仪器马达与链条的松紧度应适中；转臂和试样夹持器在运转期间不应有振动；夹持器及转鼓的转动方向，砂布的粒度、尺寸、粘合的方向，砂布头尾结合处的间隙应符合 GB/T 9867-2008 标准要求（见表 2）；试样夹持器应有旋转和不旋转的功能；仪器应有磨耗行程到达一定圈数或夹持器水平位移一定距离后自动停机或自动停止磨耗的功能。

利用分度值 0.02mm/m 的框式水平仪检查确认仪器应处于水平状态下工作。

表 2 国家标准（GB/T 9867-2008）对磨耗机部分项目相关要求

序号	项目	国家标准要求
1	夹持器及转鼓转动方向	按图 1 所示要求
2	砂布粒度	60 号
3	砂布尺寸	宽度 \geq 400mm
4	砂布粘合方向	与标明的运转方向一致
5	砂布头尾结合处的空隙	\leq 2mm

7.2 安全性能检查

电源插头不接入电网，电源开关置于接通状态，用 10 级的绝缘电阻测量仪器在电源进线与机壳之间施加 500V 直流试验电压，稳定 5s 后，测量绝缘电阻，其结果应满足 5.1 要求。

7.3 辊筒转速(n)校准

启动磨耗机，使用转速表测量辊筒转速，重复测量三次，取其平均值作为测量结果。

7.4 磨耗时间(t)校准

启动磨耗机，使用秒表在夹持器（已装试样）与辊筒开始接触时开始计时，至磨耗机自动停机或自动停止磨耗时结束计时，重复测量三次，取其平均值作为测量结果。

7.5 夹持器移动距离(L)校准

启动磨耗机，在辊筒砂布上的磨耗起点处做标记，待磨耗完成后再次于磨耗结

束处做标记,利用游标卡尺测量两标记间的距离,即磨损过程中夹持器沿丝杆水平移动距离。重复测量三次,取其平均值作为测量结果。

7.6 辊筒直径(d)校准

使用精密 π 尺测量已固定好砂布的辊筒直径,在辊筒的两端和中间取三个位置,每处各测量二次,取其总平均值作为测量结果。当同一位置的测量值差异较大时,应重新测量。

7.7 夹持器负荷(F)校准

将拉力计与夹持器连接,连接点应保证能使拉力计在拉伸前和拉伸后其拉力轴线与夹持器负荷的重力轴线重合。用牵挂拉力计的可调整高度的门式框架将拉力计垂直向上拉伸,至夹持器(含负荷)完全脱离辊筒表面约(1~2)mm(用塞尺判断),读取拉力计数值。重复测量三次,取其平均值作为测量结果。

7.8 倾角(θ)校准

利用框式水平仪将夹持器滑动臂调成水平,将角度规沿滑动臂方向放置于夹持器上方,读取角度规数值即是夹持器的中心轴线与辊筒旋转方向垂线倾角。重复测量三次,取其平均值作为测量结果。

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书或校准报告上反映。校准证书或报告应至少包括如下信息:

- a) 标题,“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(如编号),每页及总页数的标识;
- e) 送校单位的名称和地址;
- f) 被校对象的描述和明确标识;
- g) 进行校准的日期,若与校准结果的有效性及应用有关时,应说明被校对象的接收日期;
- h) 如果与校准结果的有效性及应用有关时,应对被校样品的抽样程序进行说明;
- i) 校准所依据的技术规范的标识,包括名称及代号;
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;

- k) 校准环境的描述;
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- m) 对校准规范的偏离的说明;
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识, 以及签发日期;
- o) 校准结果仅是对被校对象有效的声明;
- p) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书或报告的声明。

经校准的旋转辊筒式磨耗机, 发给校准证书或校准报告, 加盖校准印章。

9 复校时间间隔

使用单位可根据实际使用情况自主确定旋转辊筒式磨耗机复校时间间隔。正常情况下建议旋转辊筒式磨耗机的复校时间间隔为 1 年。

附录 A

旋转辊筒式磨耗机校准记录 (供参考)

被校单位				记录编号		
样品	名称			型号规格		
	生产厂			出厂编号		
标准器	名称	仪器编号	型号规格	技术特征	证书编号	
样品检查	校准前: 正常 <input type="checkbox"/> , 不正常 <input type="checkbox"/>			校准后: 正常 <input type="checkbox"/> , 不正常 <input type="checkbox"/>		
技术依据			温度	°C	校准地点	
			湿度	%RH		
校准项目						
1. 外观检查			2. 安全性能检查, 绝缘电阻		MΩ	
	测量值	平均值	标称值	误差	测量结果的扩展不确定度 ($k=2$)	
3. 辊筒转速 (r/min)						
4. 磨耗时间 (s)						
5. 夹持器移动距离 (mm)						
6. 辊筒直径 (mm)						
7. 夹持器负荷 (N)						
8. 倾角 (°)						

校准员:

核验员:

校准日期: 年 月 日

附录 B

校准证书校准结果内页格式 (供参考)

外观检查		安全性能检查		
校准结果				
序号	校准项目	技术要求	校准数据	测量不确定度 ($k=2$)
1	辊筒转速 (r/min)			
2	磨耗时间 (s)			
3	夹持器移动距离 (mm)			
4	辊筒直径 (mm)			
5	夹持器负荷 (N)			
6	倾角 ($^{\circ}$)			
附加说明:				

附录C

旋转辊筒式磨耗机校准结果的不确定度评定（示例）

C.1 辊筒转速

C.1.1 概述

C.1.1.1 环境条件：仪器环境温度控制在 (20 ± 5) ℃，环境湿度 $\leq 80\%$ RH，无影响正常工作的电磁场干扰和震动，避开腐蚀性气体

C.1.1.2 测量标准：转速频率仪，型号GZCY-1A，测量范围 $(5\sim 200000\text{r}/\text{min})$ ，频率测量的相对扩展不确定度： 1×10^{-7} ($k=2$)。

C.1.1.3 被测对象：本规范适用的旋转辊筒式磨耗机转速部分。

C.1.1.4 测量方法：依据本规范采用直接比较法，通过读取转速频率仪的示值作为旋转辊筒式磨耗机的辊筒转速实际值，从而计算其示值误差。

C.1.2 数学模型

$$\Delta_n = n - \bar{n}$$

式中： Δ_n ——旋转辊筒式磨耗机辊筒转速的示值误差；

\bar{n} ——对应校准点转速频率仪3次示值的算术平均值；

n ——旋转辊筒式磨耗机的辊筒转速标称（准）值。

C.1.3 合成标准不确定度评定模型

根据函数误差理论由公式(1)可以导出旋转辊筒式磨耗机辊筒转速示值误差的合成标准不确定度

$$u_c(\Delta_n) = \sqrt{\left[\frac{\partial \Delta_n}{\partial \bar{n}}\right]^2 u^2(\bar{n}) + \left[\frac{\partial \Delta_n}{\partial n}\right]^2 u^2(n)}$$

由于 \bar{n} 与 n 彼此独立，且灵敏系数

$$\bar{n} \text{ 的灵敏系数 } c_1 = \frac{\partial \Delta_n}{\partial \bar{n}} = 1$$

$$n \text{ 的灵敏系数 } c_2 = \frac{\partial \Delta_n}{\partial n} = -1$$

故公式(2)可简化为

$$u_c(\Delta_n) = \sqrt{u^2(\bar{n}) + u^2(n)}$$

C.1.4 标准不确定度分量的评定

C.1.4.1 测量重复性引入的不确定度

重复性条件下,对辊筒转速为40.0r/min的校准点开展3次独立重复测量,结果如表C.1。

表 C.1

测量次数	测量值 (r/min)	平均值 (r/min)	实验标准偏差(极差法) (r/min)
1	40.6	40.6	0.12
2	40.5		
3	40.7		

于是得

$$u(\bar{n}) = 0.12 \text{ r/min}$$

C.1.4.2 测量标准引入的不确定度

经上级检定,转速频率仪的相对扩展不确定度为 1×10^{-7} ($k=2$),转化为转速,其MPEV为: $a=40 \text{ r/min} \times (1 \times 10^{-7} \times 60) = 2.4 \times 10^{-4} \text{ r/min}$,服从均匀分布,由此引入的标准不确定度为:

$$u(n) = \frac{2.4 \times 10^{-4} \text{ r/min}}{2} = 1.2 \times 10^{-4} \text{ r/min}$$

C.1.5 标准不确定度分量一览表

表 C.2

序号	不确定度来源	灵敏度系数	不确定度分量
1	重复性	1	0.12r/min
2	转速频率仪误差	-1	$1.2 \times 10^{-4} \text{ r/min}$

C.1.6 合成标准不确定度

$$u_c(\Delta_n) = \sqrt{u^2(\bar{n}) + u^2(n)} = 0.12 \text{ r/min}$$

C.1.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$,辊筒转速为40.0r/min校准点的测量结果的扩展不确定度

$$U=ku_c=0.24\text{r}/\text{min}\approx 0.3\text{r}/\text{min}$$

C.2 磨耗时间

C.2.1 概述

C.2.1.1 环境条件：仪器环境温度控制在 $(20\pm 5)^\circ\text{C}$ ，环境湿度 $\leq 80\%RH$ ，无影响正常工作的电磁场干扰和震动，避开腐蚀性气体

C.2.1.2 测量标准：电子秒表，型号DM1-010，测量范围 $(0\sim 600)\text{s}$ ，MPE： $\pm 0.07\text{s}$ 。

C.2.1.3 被测对象：本规范适用的旋转辊筒式磨耗机磨耗时间部分。

C.2.1.4 测量方法：依据本规范采用直接比较法，通过读取秒表的示值作为旋转辊筒式磨耗机实际磨耗时间实际值，从而计算其示值误差。

C.2.2 数学模型

$$\Delta_t = t - \bar{t}$$

式中： Δ_t ——旋转辊筒式磨耗机的磨耗时间的示值误差；

\bar{t} ——对应校准点秒表3次示值的算术平均值；

t ——旋转辊筒式磨耗机磨耗时间标称（准）值。

C.2.3 合成标准不确定度评定模型

根据函数误差理论由公式(1)可以导出旋转辊筒式磨耗机示值误差的合成标准不确定度

$$u_c(\Delta_t) = \sqrt{\left[\frac{\partial \Delta_t}{\partial \bar{t}}\right]^2 u^2(\bar{t}) + \left[\frac{\partial \Delta_t}{\partial t}\right]^2 u^2(t)}$$

由于 \bar{t} 与 t 彼此独立，且灵敏系数

$$\bar{t} \text{ 的灵敏系数 } c_1 = \frac{\partial \Delta_t}{\partial \bar{t}} = 1$$

$$t \text{ 的灵敏系数 } c_2 = \frac{\partial \Delta_t}{\partial t} = -1$$

故公式(2)可简化为

$$u_c(\Delta_t) = \sqrt{u^2(\bar{t}) + u^2(t)}$$

C.2.4 标准不确定度分量的评定

C.2.4.1 测量重复性引入的不确定度

重复性条件下,对磨耗时间标称(准)值为126.0s的校准点开展3次独立重复测量,结果如表C.3。

表 C.3

测量次数	测量值 (s)	平均值 (s)	实验标准偏差(极差法)(s)
1	125.82	125.73	0.11
2	125.63		
3	125.75		

于是得

$$u(\bar{t})=0.11\text{s}$$

C.2.4.2 测量标准引入的不确定度

经检定,电子秒表MPEV=0.07s,按均匀分布,由此引入的标准不确定度为:

$$u(t)=\frac{0.07\text{s}}{\sqrt{3}}=0.04\text{s}$$

C.2.5 标准不确定度分量一览表

表 C.4

序号	不确定度来源	灵敏度系数	不确定度分量
1	重复性	1	0.11s
2	电子秒表误差	-1	0.04s

C.2.6 合成标准不确定度

$$u_c(\Delta_t)=\sqrt{u^2(\bar{t})+u^2(t)}=0.12\text{s}$$

C.2.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$,对磨耗时间标称(准)值为126.0s的校准点测量结果的扩展不确定度 $U=ku_c=0.24\text{s}$

C.3 夹持器移动距离

C.3.1 概述

C.3.1.1 环境条件:仪器环境温度控制在 $(20\pm 5)^\circ\text{C}$,环境湿度 $\leq 80\%\text{RH}$,无影响正常工作的电磁场干扰和震动,避开腐蚀性气体

C.3.1.2 测量标准:数显游标卡尺,型号(0~500mm),测量范围(0~500)mm,

MPE: $\pm 0.05\text{mm}$ 。

C.3.1.3 被测对象: 本规范适用的旋转辊筒式磨耗机磨耗过程中夹持器水平移动距离部分。

C.3.1.4 测量方法: 依据本规范采用直接比较法, 通过读取数显游标卡尺的示值作为旋转辊筒式磨耗机磨耗过程中夹持器实际水平移动距离, 从而计算其示值误差。

C.3.2 数学模型

$$\Delta_L = L - \bar{L}$$

式中: Δ_L —— 旋转辊筒式磨耗机磨耗过程中夹持器水平移动距离的示值误差;

\bar{L} —— 对应校准点数显游标卡尺3次示值的算术平均值;

L —— 旋转辊筒式磨耗机磨耗过程中夹持器水平移动距离标称(准)值。

C.3.3 合成标准不确定度评定模型

根据函数误差理论由公式(1)可以导出旋转辊筒式磨耗机示值误差的合成标准不确定度

$$u_c(\Delta_L) = \sqrt{\left[\frac{\partial \Delta_L}{\partial \bar{L}}\right]^2 u^2(\bar{L}) + \left[\frac{\partial \Delta_L}{\partial L}\right]^2 u^2(L)}$$

由于 \bar{L} 与 L 彼此独立, 且灵敏系数

$$\bar{L} \text{ 的灵敏系数 } c_1 = \frac{\partial \Delta_L}{\partial \bar{L}} = 1$$

$$L \text{ 的灵敏系数 } c_2 = \frac{\partial \Delta_L}{\partial L} = -1$$

故公式(2)可简化为

$$u_c(\Delta_L) = \sqrt{u^2(\bar{L}) + u^2(L)}$$

C.3.4 标准不确定度分量的评定

C.3.4.1 测量重复性引入的不确定度

重复性条件下, 对磨耗过程中夹持器水平移动距离标称(准)值为352.80mm的校准点开展3次独立重复测量, 结果如表C.5。

表 C.5

测量次数	测量值 (mm)	平均值 (mm)	实验标准偏差 (极差法) (mm)
1	353.25	353.07	0.19
2	352.93		
3	353.04		

于是得:

$$u(\bar{L})=0.19\text{mm}$$

C.3.4.2 测量标准引入的不确定度

经检定, 数显游标卡尺MPEV=0.05mm, 按均匀分布, 由此引入的标准不确定度为:

$$u(L)=\frac{0.05\text{mm}}{\sqrt{3}}=0.029\text{mm}$$

C.3.5 标准不确定度分量一览表

表 C.6

序号	不确定度来源	灵敏度系数	不确定度分量
1	重复性	1	0.19mm
2	数显游标卡尺误差	-1	0.029mm

C.3.6 合成标准不确定度

$$u_c(\Delta_L)=\sqrt{u^2(\bar{L})+u^2(L)}=0.19\text{mm}$$

C.3.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 磨耗过程中夹持器水平移动距离为352.8mm校准点的测量结果的扩展不确定度 $U=ku_c=0.38\text{mm}$

C.4 辊筒直径

C.4.1 概述

C.4.1.1 环境条件: 仪器环境温度控制在 $(20\pm 5)^\circ\text{C}$, 环境湿度 $\leq 80\%RH$, 无影响正常工作的电磁场干扰和震动, 避开腐蚀性气体。

C.4.1.2 测量标准: 精密 π 尺, 型号 $\Phi(50\sim 300)\text{mm}$, 测量范围 $\Phi(50\sim 300)\text{mm}$, MPE: $\pm 0.05\text{mm}$ 。

C.4.1.3 被测对象：本规范适用的旋转辊筒式磨耗机辊筒直径部分。

C.4.1.4 测量方法：依据本规范采用直接比较法，通过读取 π 尺的示值作为旋转辊筒式磨耗机的辊筒直径实际值，从而计算其示值误差。

C.4.2 数学模型

$$\Delta_d = d - \bar{d}$$

式中： Δ_d ——旋转辊筒式磨耗机的辊筒直径的示值误差；

\bar{d} ——对应校准点 π 尺6次示值的算术平均值；

d ——旋转辊筒式磨耗机的辊筒直径标称（准）值。

C.4.3 合成标准不确定度评定模型

根据函数误差理论由公式(1)可以导出旋转辊筒式磨耗机辊筒直径示值误差的合成标准不确定度

$$u_c(\Delta_d) = \sqrt{\left[\frac{\partial \Delta_d}{\partial \bar{d}}\right]^2 u^2(\bar{d}) + \left[\frac{\partial \Delta_d}{\partial d}\right]^2 u^2(d)}$$

由于 \bar{d} 与 d 彼此独立，且灵敏系数

$$\bar{d} \text{ 的灵敏系数 } c_1 = \frac{\partial \Delta_d}{\partial \bar{d}} = 1$$

$$d \text{ 的灵敏系数 } c_2 = \frac{\partial \Delta_d}{\partial d} = -1$$

故公式(2)可简化为

$$u_c(\Delta_d) = \sqrt{u^2(\bar{d}) + u^2(d)}$$

C.4.4 标准不确定度分量的评定

C.4.4.1 测量重复性引入的不确定度

表 C.7

测量位置	测量值 (mm)		平均值 (mm)	实验标准偏差 (极差法) (mm)
	测量次数			
	1	2		
1	152.10	152.20	152.15	0.09
2	152.28	152.18		
3	152.11	152.05		

重复性条件下,对标称(准)值辊筒直径为152.0mm的3处校准点各开展2次独立重复测量,结果如表C.7。

于是得

$$u(\bar{d})=0.09\text{mm}$$

C.4.4.2 测量标准引入的不确定度

经校准,精密 π 尺MPEV=0.05mm,按均匀分布,由此引入的标准不确定度为:

$$u(d)=0.029\text{mm}$$

C.4.5 标准不确定度分量一览表

表 C.8

序号	不确定度来源	灵敏度系数	不确定度分量
1	重复性	1	0.09mm
2	精密 π 尺误差	-1	0.029mm

C.4.6 合成标准不确定度

$$u_c(\Delta_d)=\sqrt{u^2(\bar{d})+u^2(d)}=0.095\text{mm}$$

C.4.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$,辊筒直径测量结果的扩展不确定度 $U=ku_c=0.19\text{mm}$

C.5 夹持器负荷

C.5.1 概述

C.5.1.1 环境条件:仪器环境温度控制在 $(20\pm 5)^\circ\text{C}$,环境湿度 $\leq 80\%RH$,无影响正常工作的电磁场干扰和震动,避开腐蚀性气体。

C.5.1.2 测量标准:数显式推拉力计,型号FGJ-2,测量范围 $(0\sim 20N)$,相对扩展不确定度为 $U_{rel}=0.5\%$ ($k=2$)。

C.5.1.3 被测对象:本规范适用的旋转辊筒式磨耗机夹持器负荷部分。

C.5.1.4 测量方法:依据本规范采用直接比较法,通过读取拉力计的示值作为旋转辊筒式磨耗机的夹持器负荷实际值,从而计算其示值误差。

C.5.2 数学模型

$$\Delta_F = F - \bar{F}$$

式中： Δ_F ——旋转辊筒式磨耗机的夹持器负荷重力的示值误差；

\bar{F} ——对应校准点数显式推拉力计3次示值的算术平均值；

F ——旋转辊筒式磨耗机的夹持器负荷标称（准）值。

C.5.3 合成标准不确定度评定模型

根据函数误差理论由公式(1)可以导出旋转辊筒式磨耗机夹持器负荷示值误差的合成标准不确定度

$$u_c(\Delta_F) = \sqrt{\left[\frac{\partial \Delta_F}{\partial \bar{F}}\right]^2 u^2(\bar{F}) + \left[\frac{\partial \Delta_F}{\partial F}\right]^2 u^2(F)}$$

由于 \bar{F} 与 F 彼此独立，且灵敏系数

$$\bar{F} \text{ 的灵敏系数 } c_1 = \frac{\partial \Delta_F}{\partial \bar{F}} = 1$$

$$F \text{ 的灵敏系数 } c_2 = \frac{\partial \Delta_F}{\partial F} = -1$$

故公式(2)可简化为

$$u_c(\Delta_F) = \sqrt{u^2(\bar{F}) + u^2(F)}$$

C.5.4 标准不确定度分量的评定

C.5.4.1 测量重复性引入的不确定度

重复性条件下，对标称（准）值为5.0N和10.0N的夹持器负荷校准点分别开展3次独立重复测量，结果如表C.9。

表 C.9

测量对象	测量次数	测量值 (N)	平均值 (N)	实验标准偏差(极差法)(N)
5.0N负荷	1	5.08	5.06	0.018
	2	5.06		
	3	5.05		
10.0N负荷	1	10.15	10.15	0.059
	2	10.10		
	3	10.20		

于是得

$$u_1(\bar{F})=0.018\text{N}$$

$$u_2(\bar{F})=0.059\text{N}$$

C.5.4.2 测量标准引入的不确定度

经检定, 数显式推拉力计的扩展不确定度为 $U_{\text{rel}}=0.5\%$ ($k=2$), 对标称(准)值为5.0N和10.0N的夹持器负荷校准点进行测量的MPEV=0.05N, 由此引入的标准不确定度为:

$$u_1(\bar{F})=u_2(\bar{F})=u(F)=\frac{0.05\text{N}}{2}=0.025\text{N}$$

C.5.5 标准不确定度分量一览表

表 C.10

序号	不确定度来源	灵敏度系数	不确定度分量	
			5.0N负荷	10.0N负荷
1	重复性	1	0.018N	0.059
2	数显式推拉力计误差	-1	0.025N	

C.5.6 合成标准不确定度

$$u_{c1}(\Delta_F)=\sqrt{u_1^2(\bar{F})+u_1^2(F)}=0.031\text{N}$$

$$u_{c2}(\Delta_F)=\sqrt{u_2^2(\bar{F})+u_2^2(F)}=0.064\text{N}$$

C.5.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 标称(准)值为5.0N的夹持器负荷重力测量结果的扩展不确定度 $U_1=ku_{c1}=0.06\text{N}$

取包含因子 $k=2$, 标称(准)值为10.0N的夹持器负荷重力测量结果的扩展不确定度 $U_2=ku_{c2}=0.13\text{N}$

C.6 倾角

C.6.1 概述

C.6.1.1 环境条件: 仪器环境温度控制在 $(20\pm 5)^\circ\text{C}$, 环境湿度 $\leq 80\%\text{RH}$, 无影响正常工作的电磁场干扰和震动, 避开腐蚀性气体。

C.6.1.2 测量标准: 角度规, 型号 $(0\sim 90^\circ)$, 测量范围 $(0\sim 90^\circ)$, MPEV: 0.1° 。

C.6.1.3 被测对象：本规范适用的旋转辊筒式磨耗机夹持器的中心轴线与辊筒旋转方向垂线倾角（以下简称倾角）部分。

C.6.1.4 测量方法：依据本规范采用直接比较法，通过读取角度规的示值作为旋转辊筒式磨耗机的倾角实际值，从而计算其示值误差。

C.6.2 数学模型

$$\Delta_{\theta} = \theta - \bar{\theta}$$

式中： Δ_{θ} ——旋转辊筒式磨耗机的倾角的示值误差；

$\bar{\theta}$ ——对应校准点角度规3次示值的算术平均值；

θ ——旋转辊筒式磨耗机的倾角标称（准）值。

C.6.3 合成标准不确定度评定模型

根据函数误差理论由公式(1)可以导出旋转辊筒式磨耗机的倾角示值误差的合成标准不确定度

$$u_c(\Delta_{\theta}) = \sqrt{\left[\frac{\partial \Delta_{\theta}}{\partial \bar{\theta}}\right]^2 u^2(\bar{\theta}) + \left[\frac{\partial \Delta_{\theta}}{\partial \theta}\right]^2 u^2(\theta)}$$

由于 $\bar{\theta}$ 与 θ 彼此独立，且灵敏系数

$$\bar{\theta} \text{ 的灵敏系数 } c_1 = \frac{\partial \Delta_{\theta}}{\partial \bar{\theta}} = 1$$

$$\theta \text{ 的灵敏系数 } c_2 = \frac{\partial \Delta_{\theta}}{\partial \theta} = -1$$

故公式(2)可简化为

$$u_c(\Delta_{\theta}) = \sqrt{u^2(\bar{\theta}) + u^2(\theta)}$$

C.6.4 标准不确定度分量的评定

C.6.4.1 测量重复性引入的不确定度

表 C.11

测量次数	测量值 (°)	平均值 (°)	实验标准偏差 (极差法) (°)
1	3.2	3.2	0.059
2	3.2		
3	3.3		

重复性条件下,对标称(准)值倾角为 3.0° 的校准点开展3次独立重复测量,结果如表C.11。

于是得

$$u(\bar{\theta})=0.059^\circ$$

C.6.4.2 测量标准引入的不确定度

经校准,角度规MPEV= 0.1° ,服从均匀分布,由此引入的标准不确定度为:

$$u(\theta)=\frac{0.1^\circ}{\sqrt{3}}=0.058^\circ$$

C.6.5 标准不确定度分量一览表

表 C.12

序号	不确定度来源	灵敏度系数	不确定度分量
1	重复性	1	0.059°
2	角度规误差	-1	0.058°

C.6.6 合成标准不确定度

$$u_c(\Delta_\theta)=\sqrt{u^2(\bar{\theta})+u^2(\theta)}=0.083^\circ$$

C.6.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$,旋转辊筒式磨耗机倾角为 3° 的校准点的测量结果的扩展不确定度 $U=ku_c=0.16^\circ \approx 0.2^\circ$