

屏蔽门夹紧力测试仪校准结果测量不确定度评定

C.1 屏蔽门测试仪夹紧力值校准结果不确定度评定示例

C.1.1 测量方法

测量不确定度依据 JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》分析，使用相应量程的 0.3 级标准测力仪测量力值，以标准测力仪的标准力值为依据，在夹紧力测试仪上读取示值，每个测量点重复测量 3 次，取 3 次示值的算术平均值作为校准结果。

C.1.2 测量模型

$$\Delta E = \bar{F} - F$$

式中： ΔE —夹紧力测试仪夹紧力值的示值误差，N；

\bar{F} —夹紧力值的测量结果的算术平均值，N；

F —标准器标准力值，N。

C.1.3 方差和传播系数

$$u_c^2(\Delta E) = c_1^2 u^2(\bar{F}) + c_2^2 u^2(F)$$

式中： $u_c(\Delta E)$ —夹紧力值测量结果合成标准不确定度，N；

$u(\bar{F})$ —被检夹紧力值引入的标准不确定度分量，N；

$u(F)$ —标准测力仪引入标准不确定度分量，N。

传播系数： $c_1 = \frac{\partial(\Delta E)}{\partial(\bar{F})} = 1$ ， $c_2 = \frac{\partial(\Delta E)}{\partial(F)} = -1$ 。

C.1.4 标准不确定度分析及评定

C.1.4.1 夹紧力测试仪重复性引起的标准不确定度分量 $u_1(\bar{F})$

以校准量程为 300 N 的夹紧力测试仪为例，在重复性条件下进行 10 次独立重复测量，得到的测量数据如下表 1 所示。

根据贝塞尔公式，单次测量值 F_i 的实验标准偏差 $s(F_i)$ 为：

$$s(F_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (F_i - \bar{F}_i)^2}{n-1}}$$

实际校准时，取 3 次测量示值的算术平均值作为校准结果，则重复性引起的标准不确定度分量 $u_1(\bar{F})$ 为：

$$u_1(\bar{F}) = \frac{s(F_i)}{\sqrt{3}}$$

表 1 夹紧力测试仪的重复测量数据（单位：N）

标准值	测量值					$s(F_i)$	$u_1(\bar{F})$
50	50.3	49.5	50.6	49.5	49.7	0.424	0.245
	50.4	50.2	50.6	50.2	49.8		
100	100.3	99.5	99.3	100.4	100.9	0.707	0.408
	99.3	100.8	99.2	99.5	99.0		
150	149.3	150.9	149.1	150.6	149.6	0.748	0.432
	150.7	148.8	150.3	149.5	149.3		
200	200.4	199.2	199.1	198.3	200.6	0.752	0.434
	199.3	198.3	199.5	199.2	199.0		
300	299.2	300.8	298.2	298.3	300.4	1.074	0.620
	298.5	300.5	300.3	300.4	298.4		

C. 1.4.2 示值分辨力引起的标准不确定度分量 $u_2(\bar{F})$

夹紧力测试仪的分辨力 $r = 0.1 \text{ N}$ ，假设该不确定度分量在区间半宽度为 $0.5r$ 的范围内服从均匀分布，则示值分辨力引起的标准不确定度分量 $u_2(\bar{F})$ 为：

$$u_2(\bar{F}) = \frac{0.5r}{\sqrt{3}} \approx 0.029 \text{ N}$$

C. 1.4.3 标准不确定度分量 $u(\bar{F})$

当示值分辨力引起的标准不确定度分量小于重复性引起的标准不确定度分量时，则忽略示值分辨力的影响， $u(\bar{F}) = u_1(\bar{F})$ 。

C. 1.4.4 标准力值的示值误差引起的标准不确定度分量 $u(F)$

根据校准方法，使用MPE: $\pm 0.3\%$ 的标准测力仪作为标准器，假设该不确定度分量在区间半宽度 0.3% 内服从均匀分布，由公式，

$$u(F) = \frac{0.3\% \times F}{\sqrt{3}}$$

得，标准器的示值误差引起的标准不确定度分量 $u(F)$ 见表 2，

表 2 标准器示值误差引起的标准不确定度分量（单位：N）

标准力值	50	100	150	200	300
$u(F)$	0.087	0.172	0.260	0.346	0.519

C. 1.5 合成标准不确定度

根据上述可知, $u_c(\Delta E) = \sqrt{c_1^2 u^2(\bar{F}) + c_2^2 u^2(F)}$, $c_1 = 1$; $c_2 = -1$, 则合成标准不确定度见表 3。

表 3 合成标准不确定度 (单位: N)

标准力值	50	100	150	200	300
$u_c(\Delta E)$	0.26	0.44	0.50	0.56	0.81

C. 1.6 扩展不确定度

取包含因子 $k = 2$, 则测量结果扩展不确定度见表 4。

表 4 测量结果扩展不确定度 (单位: N)

标准力值	50	100	150	200	300
U	0.5	0.9	1.0	1.2	1.6

C.2 屏蔽门夹紧力测试仪夹板间距 D 校准结果不确定度分析示例

C.2.1 数学模型

$$\sigma = \bar{D} - D$$

式中: σ —夹板间距示值误差

D —夹板间距, mm;

\bar{D} —夹板间距三次测量值的平均值, mm。

C. 2.2 方差和传播系数

$$u_c^2(\sigma) = c_1^2 u^2(\bar{D}) + c_2^2 u^2(D)$$

式中: $u_c(\sigma)$ —示值误差的合成标准不确定度, mm;

$u(\bar{D})$ —被测夹板间距测量示值引入的标准不确定度分量, mm;

$u(D)$ —标准器示值误差引入的标准不确定度分量, mm。

传播系数: $c_1 = \frac{\partial(\sigma)}{\partial(\bar{D})} = 1$, $c_2 = \frac{\partial(\sigma)}{\partial(D)} = -1$ 。

C.2.2 标准不确定度分量的评定

C.2.2.1 输入量 \bar{L} 的标准不确定度 $u(\bar{D})$ 的评定

其不确定度主要来源之一为测量重复性引入的不确定度 $u_1(\bar{D})$, 可以 A 类方法评定 $u_1(\bar{D})$; 其不确定度来源之二为游标卡尺或钢直尺误差引入的不确定度 $u_2(\bar{D})$, 可以 B 类方法评定 $u_2(\bar{D})$ 。

C.2.2.1.1 对该屏蔽门夹紧力测量仪, 以游标卡尺对夹板间距 (以 50mm 的间距为

例) 进行 10 次测量，得到测量列为下表所示：

序号(i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测 量 值 (mm)	50.08	50.10	50.12	50.06	50.14	50.12	50.16	50.08	50.14	50.12

单次实验标准偏差为： $s(D_i)$ ，实际测量中是在重复性条件下测量 3 次，取其算术平均值为测量结果。故得，

$$u_1(\bar{D}) = \frac{s(L_i)}{\sqrt{3}}$$

经计算得，

$$u_1(\bar{D}) = 0.018 \text{ mm}$$

C.2.2.1.2 游标卡尺在 50mm 处的最大允许误差为 $\pm 0.03 \text{ mm}$ ，估计为均匀分布，其引入的标准不确定度为：

$$u_2(\bar{D}) = \frac{a}{\sqrt{3}} = 0.017 \text{ mm}$$

C.2.3. 合成标准不确定度的评定

C.2.3.1 灵敏系数：由： $D = \bar{D}$ 得

$$c_1 = c_2 = 1$$

C2.3.2 标准不确定度汇总表，见下表

标准不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度分量 (mm)	合成标准不确定度 (mm)	扩展不确定度 (mm)
$u_1(\bar{H})$	测量重复性	0.018	0.025	0.05
$u_2(\bar{H})$	高度尺准确度	0.017		

C.2.3.3 合成标准不确定度的计算：

$$u_c(D) = \sqrt{u_1^2(\bar{D}) + u_2^2(D)} = 0.025 \text{ mm}$$

C.2.4 扩展不确定度的评定：取包含因子 $k=2$ ，则 $U=k \cdot u_c=0.05 \text{ mm}$ 。