

北京市地方计量技术规范

JJF (京) XXXX-XXXX

扭矩校准杠杆校准规范

Calibration Specification for Torque Calibration Lever

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

北京市市场监督管理局 发布

扭矩校准杠杆校准规范

Calibration Specification for

Torque Calibration Lever

JJF(京) XX-XXXX

归口单位：北京市市场监督管理局

主要起草单位：北京市计量检测科学研究院

参加起草单位：北京标控技术有限公司

本规程委托 XXX 负责解释

目 录

引 言.....	2
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
3.1 术语.....	1
3.2 计量单位.....	1
4 概述.....	1
4.1 原理.....	1
4.2 用途.....	2
5 计量特性.....	2
5.1 力矩杠杆长度误差.....	2
5.3 砝码质量误差.....	2
5.4 扭矩示值误差.....	2
5.5 重复性.....	2
表 1 计量特性.....	2
6 校准条件.....	2
6.1 质量比较仪或电子天平.....	2
6.2 三坐标测量机.....	2
6.4. 环境条件.....	2
6.5. 其它有关测量用计量器具.....	3
7 校准项目和校准方法.....	3
7.1 校准项目.....	3
7.2 校准方法.....	3
9. 校准证书.....	8
附录 A.....	10
附录 B.....	12
附录 C.....	13

引 言

本规范根据 JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》、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 1010《力值与硬度计量术语及定义》规定的规则编写。

本校准规范参考了 JJG 99《砝码》检定规程、JJG557-2011《标准扭矩计》检定规程、JJF1207-2008《针规、三针》校准规范、JJF2187-2025《半径样板》校准规范等技术文件。给出了扭矩校准杠杆的校准条件、校准项目和校准方法及不确定度评定方法和示例。

本规范系首次发布。

扭矩校准杠杆校准规范

1 范围

本规范适用于扭矩校准杠杆的校准。

2 引用文件

本校准规范引用下列技术条件

JJG 99	砝码
JJG557	标准扭矩计
JJF2187	半径样板
JJF1207	针规、三针
JJF 1059.1	测量不确定度评定与表示
JJF 1010	力值与硬度计量术语及定义

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

3 术语和定义

3.1 术语

JJG99、JJG557、JJF2187、JJF1207、JJF1010 界定的以及以下术语适用于本规范。

3.1.1 扭矩校准杠杆

基于杠杆平衡原理进行扭矩值测量的仪器，通常由力矩杠杠、力值砝码和连接装置组成。

3.2 计量单位

使用的计量单位：Nm(牛·米)。

4 概述

4.1 原理

扭矩校准杠杆通常将力矩杠杠固定在被检仪器上，在其一端垂直于刃口的方向加挂砝码，通过杠杠平衡原理测得仪器的扭矩输出值。

4.2 用途

扭矩校准杠杆多用于检定或校准扭矩类传感器使用。

5 计量特性

5.1 力矩杠杆长度误差

力矩杠杆中心点到韧口之间的实际距离与力矩杠杆所标注的长度之差

5.2 悬丝半径误差

连接杠杆与砝码挂钩所使用钢丝的半径测量值与钢丝标注的半径之差

5.3 砝码质量误差

力值砝码通过质量比较仪所复现的量值与其标称值之差

5.4 扭矩示值误差

扭矩校准杠杆标注中心点到韧口的距离和所悬挂砝码对应力值的乘积与扭矩传感器显示的扭矩量值之差。

5.5 重复性

在重复性条件下，（同一力值砝码）重复多次扭矩结果之间的差值，测量所得示值间的一致程度用标准偏差来表示。

表 1 计量特性

校准项目	技术指标
力矩杠杆长度	$\pm 0.01\%$
悬丝半径	$\pm 0.01\%$
砝码示值误差	$\pm 0.01\%$
扭矩示值误差	$\pm 0.3\%$
扭矩示值重复性	$\leq 0.3\%$

注：以上所有计量特性指标不用于合格性判定，仅提供参考。

6 校准条件

6.1 质量比较仪或电子天平

质量比较仪或电子天平应符合 JJG99 的计量要求，经检定合格或校准后满足要求。

6.2 三坐标测量机

经校准后满足要求的三轴最大允许误差为 $\pm (0.5+L/500)$ μm 的坐标测量机。

6.3 扭矩标准机

满足量程要求并经检定合格精度为 0.03% 的扭矩标准机。

6.4. 环境条件

校准应在稳定的环境下进行，须满足如下要求：

- a) 环境温度：10℃~30℃；
- b) 相对湿度：≤70%；
- c) 其它条件：校准时不得有影响校准结果的干扰源。

6.5.其它有关测量用计量器具

其它有关测量用计量器具包括：

- a) 分度值不大于 0.2℃ 的温度计；
- b) 准确度不低于 5%RH 湿度计；
- c) MPE: ±0.01mm 的外径千分尺；
- e) 精度为 0.3% 的标准扭矩仪。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

- a) 砝码示值误差
- b) 力矩杠杆长度
- c) 钢丝半径
- d) 扭矩示值误差
- e) 扭矩示值重复性

7.2 校准方法

7.2.1 校准范围

校准范围通常依据客户提供的扭矩杠杆（长度≤1m）和砝码（质量≤500N）。

7.2.2 校准地点

校准地点一般选在计量实验室进行，仪器周围避免有干扰。

7.2.3 校准前的准备工作

校准前，需检查方榫与支架主体连接不应有松动，刀口刀承不应有磨损、毛刺、碰伤等其他影响校准计量性能的缺陷；在支架主体上应清晰标有力臂长度标称值、出厂编号和制造厂商等。砝码的表面应为平滑的，所有棱边和棱角应修圆。砝码表面应具有适当的金属镀层或涂层以提高抗腐蚀性和硬度，镀层或涂层应平滑且不能有砂眼。悬丝应选择刚度和韧度适中的材料，不应有磨损及毛刺，表面平滑。

7.3 扭矩杠杆的测量

7.3.1 力臂长度

7.3.1.1 扇形扭矩杠杆

7.3.1.1.1 建立坐标系

扇形和圆盘扭矩杠杆一般采用方榫连接。使用坐标测量机测量方榫各工作面的平面要素，以每相对平面的中分面建立坐标系。

7.3.1.1.2 确定几何中心

以各相对平面中分面相交的交点确定方榫几何中心。

7.3.1.1.3 力臂长度测量

使用坐标测量机按图 1 所示，在扇形扭矩杠杆左右两端工作面上测量点要素，以点到几何中心的距离作为扭矩杠杆的力臂长度。要素点的测量位置在扭矩杠杆水平方向 $\pm 5^\circ$ 范围内均匀分布 5 点位置进行测量，按公式(1)计算力臂长度。

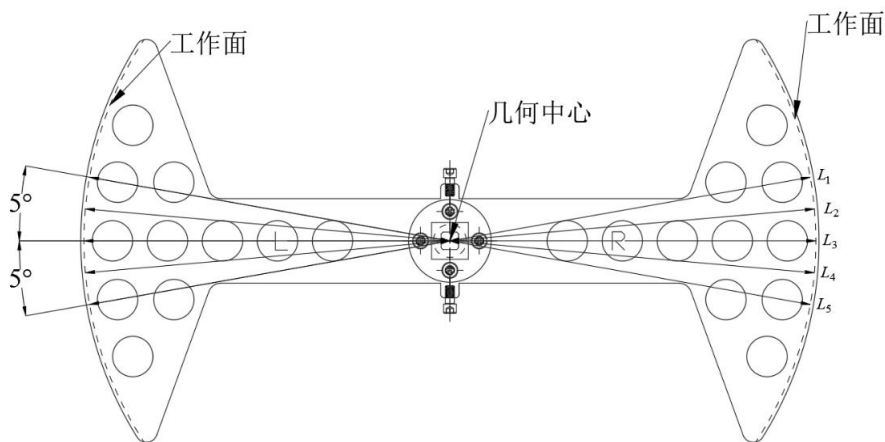


图 1 扇形扭矩杠杆力臂长度测量位置示意图

$$\bar{L} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^5 L_i \quad (1)$$

式中：

n ——测量位置；

\bar{L} ——力臂长度平均值，mm；

L_i ——坐标测量机测得第 i 位置要素点到几何中心的距离，mm。

力臂长度相对误差按公式(2)计算。

$$\delta_L = \frac{L - \bar{L}}{\bar{L}} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

δ_L ——力臂长度相对误差；

L ——力臂长度标称值，mm。

7.3.1.1.4 具有正反面定位方榫的扭矩杠杆，需按 7.2.1.3 方法测量正反两面的力臂长度。

7.3.1.2 圆盘扭矩杠杆

7.3.1.2.1 建立坐标系

圆盘扭矩杠杆一般采用方榫连接。使用坐标测量机测量方榫各工作面的平面要素，以

每相对平面的中分面建立坐标系。

7.3.1.2.2 确定几何中心

以各相对平面中分面相交的交点确定方榫几何中心。

7.3.1.2.3 力臂长度测量

使用坐标测量机按图 2 所示, 分别在圆盘扭矩杠杆工作面圆周范围内均匀分布四个位置(0°、90°、180°、270°)测量点要素, 以要素点到几何中心的距离作为圆盘扭矩杠杆的力臂长度, 按公式(3)计算力臂长度。

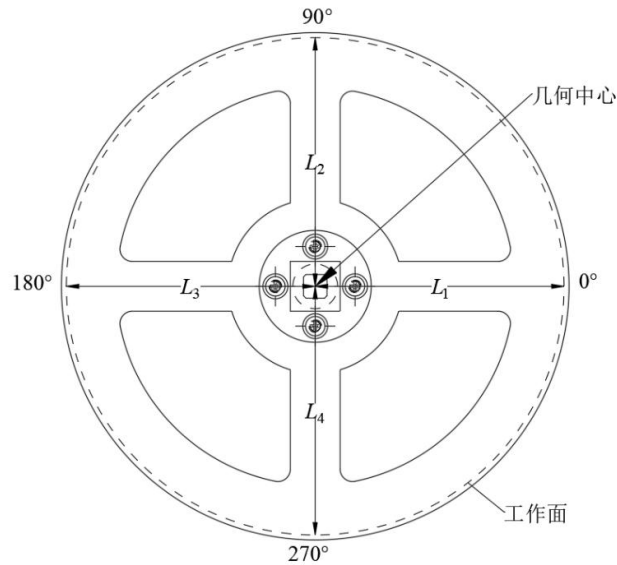


图 2 圆盘扭矩杠杆力臂长度测量位置示意图

$$\bar{L} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^4 L_i \quad (3)$$

式中:

n ——测量位置;

\bar{L} ——力臂长度平均值, mm;

L_i ——坐标测量机测得第 i 位置要素点到几何中心的距离, mm。

力臂长度相对误差按公式(4)计算。

$$\delta_L = \frac{L - \bar{L}}{\bar{L}} \times 100\% \quad (4)$$

式中:

δ_L ——力臂长度相对误差;

L ——力臂长度标称值, mm。

7.3.1.3 刀口刀承扭矩杠杆

7.3.1.3.1 建立坐标系

刀口刀承扭矩杠杆一般采用孔连接。使用坐标测量机对连接孔的孔要素进行测量, 以孔的中心轴线建立坐标系。

7.3.1.3.2 确定几何中心

以连接孔的中轴线确定几何中心。

7.3.1.3.3 力臂长度测量

使用坐标测量机按图 3 所示，分别在扭矩杠杆左右两端刀口承载处测量刀刃两边的平面要素，将测量的两平面要素构造相交线，以相交线到几何中心的距离作为力臂长度 L_i ，按公式(5)计算力臂长度相对误差。

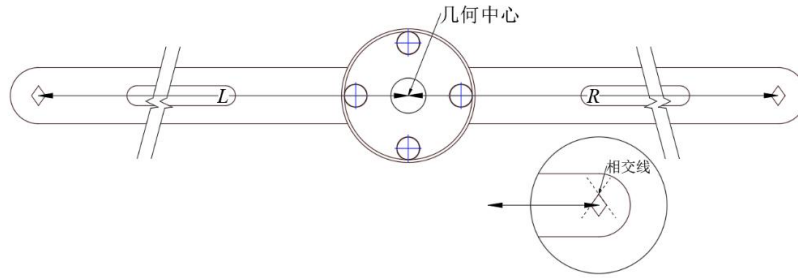


图 3 刀口刀承扭矩杠杆力臂长度测量位置示意图

$$\delta_L = \frac{L - L_i}{L_i} \times 100\% \quad (5)$$

式中：

δ_L ——力臂长度相对误差；

L ——力臂长度标称值，mm；

L_i ——坐标测量机测得相交线到几何中心的距离，mm。

7.3.2 长度变动量

按 7.3.1 校准方法，将测得位置中的最大值与最小值之差作为长度变动量，按公式(6)计算。

$$\Delta L = L_{\max} - L_{\min} \quad (6)$$

式中：

ΔL ——长度变动量，mm；

L_{\max} ——坐标测量机测得第 i 位置特征要素到几何中心距离的最大值，mm；

L_{\min} ——坐标测量机测得第 i 位置特征要素到几何中心距离的最小值，mm。

长度变动量相对误差按公式(7)计算。

$$\Delta_{\delta_L} = \frac{\Delta L}{L} \times 100\% \quad (7)$$

Δ_{δ_L} ——长度变动量相对误差；

L ——力臂长度标称值，mm。

7.3.3 钢丝半径

使用千分尺校准钢丝直径时。校准前首先检查千分尺的零点是否准确，若不准确，需要进行相应

的校准或记录零点误差,其次将钢丝一端固定好,另一端悬挂重锤,让重锤自然下垂使得钢丝处于紧绷笔直状态,将千分尺的测砧和测微螺杆打开,使钢丝处于二者之间,确保钢丝和测砧、测微螺杆的测量面保持相对垂直,轻轻转动棘轮,直到听到咔咔声,表明钢丝已被适度加紧,从千分尺的固定套管上读取整数格数值,再以固定套管上的水平线当作读数准线,在微分筒上读出分格数,千分尺上读数值即为钢丝直径实测值。按照上述方法将整条钢丝平均分布 3 处位置进行校准。每处校准位置需在相互垂直的两个轴截面方向进行测量,3 处校准位置共记录 6 次读数值、取 6 次读数值的平均值作为整条钢丝直径的校准结果。

$$\bar{L} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^4 L_i$$

7.4 砝码

7.4.1 砝码通用技术要求

7.4.1.1 为了方便生产与识别,砝码应具有简单的几何形状。砝码的边和角应修圆,表面不应有锐变或锐角和明显的沙眼,以防止磨损和积灰。砝码形状也可为扁圆柱体、圆盘,可以沿圆心或半径开上下通管的空或槽。

7.4.1.2 砝码通常采用金属或合金制造,砝码应为耐腐蚀的。材料应在通常条件下使用,砝码质量值的改变相对于该准确度等级的最大允许误差而言可以忽略不计。

7.4.2 砝码示值的测量

7.4.2.1 由于力值砝码的多为 F2 或 M 等级砝码,故建议使用相对应量程的质量比较仪通过 ABA 循环方法进行检定。

ABA($r_1 t_1 r_2$)循环: $I_{r11}, I_{t11}, I_{r21}, \dots, I_{r1n}, I_{t1n}, I_{r2n}$

$$\Delta I_i = I_{t1i} - \frac{I_{r1i} + I_{r2i}}{2} \quad i=1, \dots, n$$

在 ABA 循环中, n 是序列的数目。 i 值为放在衡量盘上砝码顺序号。下角标 r 和 t 分别代表标准砝码和被检砝码。 ΔI_i 表示测量序列 i 的差值。

7.4.2.2 力值砝码经过检定得到约定质量值后需换算成真空质量值,在约定温度(t_{ref})为 20°C ,约定空气密度(ρ_0)为 1.2kg/m^3 ;砝码约定质量的约定密度(ρ_{ref})为 8000kg/m^3 。

约定质量值 m_c 与真空质量值 m 的关系式:

$$m = \frac{0.99985}{1 - \frac{\rho_0}{\rho}} m_c$$

7.4.2.3 力值砝码通过计算得到真空质量值后,通过与当地重力加速度的乘积获得砝码对应的力值。

8. 扭矩示值的验证

8.1 杠杆砝码测定示值

选择一经过验证示值稳定的扭矩传感器，用装置固定好扭矩传感器，将扭矩杠杆与扭矩传感器连接好，尽量使扭矩杠杆处于水平状态。用钢丝连接砝码，配置相应质量值的力值砝码，通过计算得到对应的扭矩值。

$$M=F \times L$$

M-----扭矩传感器的扭矩值

F-----砝码的质量值

L-----扭矩杠杆力臂长度与钢丝直径的和

8.2 静重扭矩机测定示值

将扭矩传感器连接至静重式扭矩试验机，使用联轴器将扭矩传感器固定在扭矩机上，保证传感器与静重机同轴连接，配合紧密。对扭矩传感器进行预加载至满量程至少三次，将传感器加载至使用杠杆砝码所对应的扭矩值，记录数据。

8.3 扭矩示值的验证

示值结果采用 E_n 值评估法验证。

比对结果用 E_n 值作为判断的依据：

$$E_n = \frac{|Y_i - Y_r|}{\sqrt{U_i^2 + U_r^2}}$$

式中： Y_i —静重扭矩机测量结果；

Y_r —扭矩杠杆测量结果；

U_i —静重扭矩机测量不确定度；

U_r —扭矩杠杆测量不确定度。

结果可靠性的评判原则：

$|E_n| \leq 1$ ：扭矩杠杆的测量结果与参考值之差在合理的预期之内，结果可接受。

$|E_n| > 1$ ：扭矩杠杆的测量结果与参考值之差没有达到合理的预期，判断扭矩杠杆装置不合格。

9. 校准证书

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) 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;
 - n) 校准结果仅是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。
- 经校准的扭矩杠杆装置,发给校准证书或校准报告,加盖校准印章。

附录 A

扭矩杠杆装置校准记录格式（示例）

仪器名称		仪器编号	
型号/规格		生产厂	
温度（℃）		湿度（%RH）	
主要计量 标准器	名称	测量范围/准确度等级	证书号/有效期
委托单位名称			
委托单位地址			
校准地点	本院力学实验室（）		现场-同委托单位（）
校准日期			

1. 砝码示值误差

标称值	示值	示值误差	u	k	U

2. 杠杆力臂长度

序号	1	2	3	4	5
示值					
序号	6	7	8	9	10
示值					

3. 钢丝直径

序号	1	2	3	4	5	6
示值						

4. 杠杆校准装置测量示值

标称值	示值	示值误差	u	k	U

4. 静重扭矩机测量示值

标称值	示值	示值误差	u	k	U

校准员_____ 核验员_____ 计量器具委托单号_____

附录 B

校准证书内页格式（示例）

示值误差

标称值	示值	示值误差	u	k	U

附录 C

扭矩校准杠杆校准结果不确定度评定方法及实例

C.1 概述

C.1.1 测量标准：扭矩校准杠杆。

C.1.2 校准依据：JJF(京) XXXX-20 XX《扭矩校准杠杆校准规范》。

C.1.3 环境条件：温度： $(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$ ；相对湿度： $\geq 85\%$ 。

C.1.4 测量对象：扭矩校准杠杆

C.1.5 测量过程：按照校准规范要求，用扭矩杠杆测量扭矩传感器的示值误差。

C.2 称量示值误差测量结果的不确定度评定

C.2.1 数学模型

测量模型按公式 (C1)。

$$M = F \times (L_1 + L_2) \quad (\text{C1})$$

式中：

M—扭矩传感器扭矩输出值；

F—力值砝码质量示值；

L_1 —扭矩杠杆力臂平均值；

L_2 —钢丝直径平均值。

C.2.2 不确定度来源分析

a) 天平引入的不确定度 $u(m_c)$ ；

b) 空气浮力修正的不确定度 $u(m_B)$

c) 坐标测量仪引入的不确定度 $u(I_1)$ ；

d) 坐标测量机光栅尺热膨胀引入的不确定度 $u(I_2)$ ；

e) 钢丝示值重复性引入的不确定度 $u(L_1)$ ；

f) 千分尺引入的不确定度 $u(L_2)$

C.2.3 测量不确定度评定

C.2.3.1 称量天平引入的不确定度 $u(m_c)$

加载化整误差引入的标准不确定度按照公式 (C2) 计算。

$$u(\delta m_c) = \frac{d}{2\sqrt{3}} \quad (\text{C2})$$

C.2.3.2 空气浮力引起的标准不确定度 $u(\delta m_B)$

称量系统已进行了校正，空气浮力引起的标准不确定度按照公式 (C3) 计算。

$$u(\delta m_B) \approx |MPE| / 4\sqrt{3} \quad (\text{C3})$$

C.2.3.3 坐标测量仪引入的不确定度 $u(\delta I_1)$

坐标测量机最大允许误差为： $\pm(0.5 \mu\text{m} + 2 \times 10^{-6}L)$ ， $L=100\text{mm}$ ，计算最大允许误差不超过 $\pm 1.5 \mu\text{m}$ ，区

间半宽为 $1.5 \mu\text{m}$ ，符合矩形分布，取包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则坐标测量机示值误差引入的标准不确定度分量为，且服从矩形分布，按照公式 (C4) 计算。

$$u(\delta I_1) = (0.5 \mu m + 2 \times 10^{-6} L) / 2 \sqrt{3} \quad (C4)$$

C.2.3.4 坐标测量机光栅尺热膨胀引入的不确定度 $u(I_2)$

扭矩杠杆一般为铝合金材料加工而成，线膨胀系数 $\alpha = 23.6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ ，坐标测量机光栅尺材料的膨胀系数为 $11.0 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ ，两者线膨胀系数差 $\Delta\alpha = 12.6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ ，温度变化范围 $t = \pm 1^\circ\text{C}$ ，假设在该区域内服从矩形分布，则温度偏离标准温度 20°C 时，由膨胀系数差引入的不确定度分量按照公式 (C5) 计算。

$$u(\delta I_2) = \frac{L \times t \times \Delta\alpha}{\sqrt{3}} \quad (C5)$$

C.2.3.5 钢丝示值重复性引入的不确定度 $u(L_1)$

在相同测量条件下，对钢丝直径进行重复性实验，共测量 6 次。按照公式 (C6)、(C7) 和 (C8) 计算。

$$\bar{I} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_i \quad (C6)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (I_i - \bar{I})^2}{n-1}} \quad (C7)$$

$$u(\delta L_1) = \frac{s}{\sqrt{5}} \quad (C8)$$

C.2.3.6 千分尺引入的不确定度 $u(\delta L_2)$

千分尺引入的标准不确定度按照公式 (C9) 计算。

$$u(\delta L_2) = \frac{|MPE|}{2\sqrt{3}} \quad (C9)$$

C.2.4 扭矩校准杠杆扭矩示值误差的合成标准不确定度 $u_c(E)$ 评定

重复性不确定度分量评定属于 A 类评定，其余的不确定度分量评定均属于 B 类评定。不确定度分量互不相关，合成标准不确定度按照公式 (C10) 计算

$$u_c(E) = \sqrt{u(\delta mc)^2 + u(\delta mB)^2 + u(\delta I1)^2 + u(\delta I2)^2 + u(\delta L1)^2 + u(\delta L2)^2} \quad (C10)$$

C.2.3.5 称量示值误差的扩展不确定度 $U(E)$ 评定

取包含因子 $k=2$ ，则称量示值误差的扩展不确定度按式 (C11) 计算。

$$U = k \times u_c = 2 \times u_c \quad (C11)$$