

JJF (闽) 1163—2025



福建省地方计量技术规范

JJF (闽) 1163—2025

能量发生器校准规范

Calibration Specification for Energy Generators

2025 - 08 - 11 发布

2025 - 11 - 11 实施

福建省市场监督管理局 发布

能量发生器校准规范

Calibration Specification for Energy Generators

JJF (闽) 1163—2025

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：福建省闽量校准技术中心有限公司
莆田市计量所
福建省产品质量检验研究院

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：

钟金德（福建省计量科学研究院）

薛 金（福建省计量科学研究院）

林晓辉（福建省计量科学研究院）

参加起草人：

林 强（福建省闽量校准技术中心有限公司）

林焱芳（莆田市计量所）

严晓鸣（福建省产品质量检验研究院）

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 (2)

4.1 撞击元件质量 (2)

4.2 跌落高度 (2)

4.3 冲击能量 (2)

5 校准条件 (2)

5.1 环境条件 (2)

5.2 测量标准及配套设备 (2)

6 校准项目和校准方法 (2)

6.1 校准项目 (2)

6.2 校准方法 (3)

7 校准结果表达..... (4)

8 复校时间间隔..... (5)

附录 A 能量发生器校准记录（格式）..... (6)

附录 B 能量发生器校准证书内页（格式） (8)

附录 C 能量发生器实测值测量结果的不确定度评定（示例） (9)

引 言

本规范以 JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》、JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》为基础性系列规范进行制定。

本规范为首次制定。

福建省计量规范技术委员会

能量发生器校准规范

1 范围

本规范适用于能量发生器的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1475—2014 弹簧冲击器校准规范

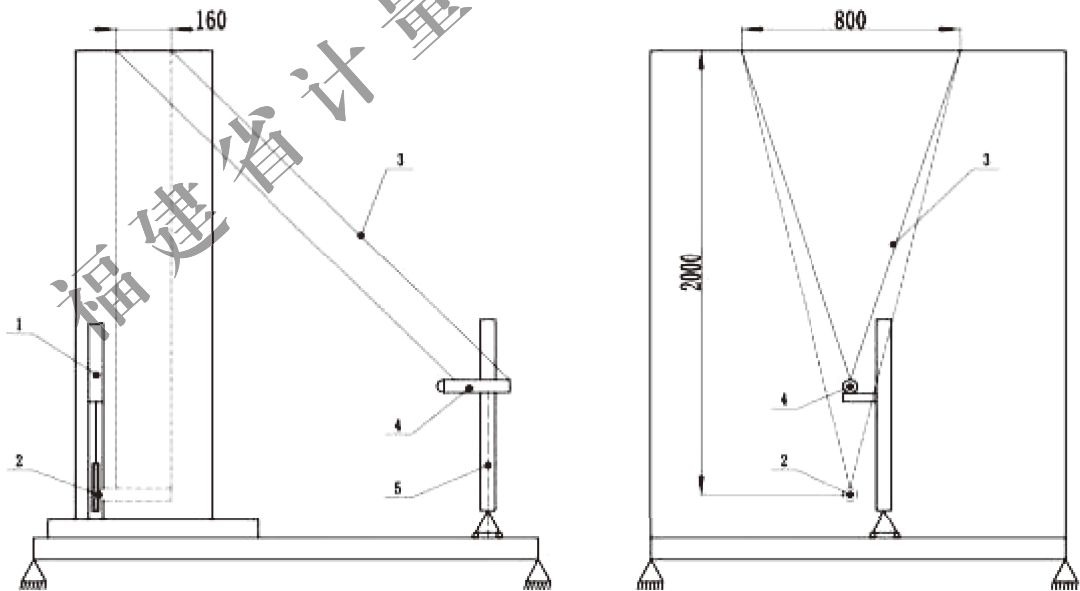
GB/T 2423.55—2023 环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Eh：锤击试验

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

能量发生器是一种根据撞击元件的质量和跌落高度而产生能量的装置，用于校准弹簧冲击器冲击能量校准装置。

能量发生器主要由撞击元件、刻度尺等部件组成，其结构如图 1 所示。



(a) 主视图 (b) 右视图
1—摆、2—撞击点、3—摆线、4—撞击元件、5、刻度尺

图 1 能量发生器的结构原理示意图

工作原理：基于能量守恒定律及弹性碰撞原理，将固定质量的撞击元件提升至预

设位置后释放，撞击元件随即在重力作用下开始向下运动。在运动过程中，其势能逐步转化为动能，直至与摆发生弹性碰撞，实现能量转移。

4 计量特性

4.1 撞击元件质量

最大允许误差： $\pm 0.1\%$ 。

4.2 跌落高度

最大允许误差： $\pm 1\text{ mm}$ 。

4.3 冲击能量

最大允许误差：冲击能量 $\leq 1\text{ J}$ ： $\pm 3\%$ ；冲击能量 $> 1\text{ J}$ ： $\pm 1.5\%$ 。

注：本规范中的计量特性不作合格判定，仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 环境温度常温。

5.1.2 周围无影响校准结果的振动、冲击及其它干扰源。

5.2 测量标准及配套设备

测量标准及配套设备见表1。

表1 测量标准及配套设备

序号	项目	标准器具	技术指标
1	通用技术要求	水平仪	分度值：0.02 mm/m
		钢卷尺	Ⅱ级
		激光标线仪	/
2	撞击元件质量	电子天平	最大称量：1000 g，高准确度级
3	跌落高度	高度尺	MPE： $\pm 0.05\text{ mm}$

注：以上标准器可用同等级或更优的其他标准器代替。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

能量发生器的校准项目有撞击元件质量、跌落高度、冲击能量。

6.2 校准方法

6.2.1 校准前检查

6.2.1.1 外形结构完好,无影响正常使用的机械损伤、锈蚀,夹持机构操作灵活可靠,标志清晰明确。

6.2.1.2 用水平仪检查能量发生器基准面的水平度,其水平度应在 0.2 mm/m 以内。

6.2.1.3 用钢卷尺测量撞击元件的摆线连接点与悬挂点的距离,应为 2000 mm。

6.2.1.4 调整悬挂系统,使撞击元件的轴线在撞击时应保持水平并且与摆的撞击面垂直。

6.2.1.5 使用撞击元件对摆进行冲击,冲击接触点相对静态接触点距离不应超过 1 mm。

6.2.2 撞击元件质量

用电子天平称量每个撞击元件的质量,重复称量 3 次,按式 (1) 计算 3 次测得值的平均值作为撞击元件质量。

$$M = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 m_i \quad (1)$$

式中:

M ——撞击元件质量, g;

m_i ——撞击元件质量第 i 次测得值 ($i=1, 2, 3$), g。

6.2.3 跌落高度

调整激光标线仪的位置和角度,使激光标线仪投射出的标线对准静态接触点的位置,在激光标线仪投射出的标线与刻度尺相交的位置作为跌落高度的测量基准。把高度尺放在能量发生器平台上,将高度尺的量爪测量面与跌落高度的测量基准对齐,清除零点。调整尺框,分别使量爪测量面与刻度尺测量起始点相对高度 81.6 mm、142.8 mm、203.9 mm、285.5 mm、407.9 mm 处对齐,读取高度尺示值。每点重复测量 3 次,按式 (2) 计算 3 次测得值的平均值作为跌落高度的示值。

$$H = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 h_i \quad (2)$$

式中:

H ——跌落高度示值, mm;

h_i ——跌落高度第 i 次测得值 ($i=1, 2, 3$), mm。

6.2.4 冲击能量

6.2.4.1 冲击能量由相应质量的撞击元件和跌落高度计算得出,常用冲击能量和对应的撞击元件质量、跌落高度见表 2,也可根据实际情况增加校准点。

表 2 常用冲击能量和对应的跌落高度

冲击能量 /J	0.20	0.35	0.50	0.70	1.00	2.00
撞击元件质量 /g	250	250	250	250	250	500
跌落高度 /mm	81.6	142.8	203.9	285.5	407.9	407.9

6.2.4.2 撞击元件质量的测量参照 6.2.2。

6.2.4.3 跌落高度示值的测量参照 6.2.3。

6.2.4.4 冲击能量计算

冲击能量按照式 (3) 计算。

$$E = MgH \times 10^{-6} \quad (3)$$

式中：

E —— 冲击能量测得值，J；

M —— 撞击元件质量，g；

g —— 重力加速度，取 9.80665 m/s^2 ；

H —— 跌落高度示值，mm。

6.2.4.5 冲击能量误差计算

冲击能量的误差按照式 (4) 计算。

$$\delta_E = \frac{E_N - E}{E} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

δ_E —— 冲击能量的示值误差，%；

E_N —— 冲击能量标称值，J；

E —— 冲击能量测得值，J。

7 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映。校准证书应至少包括以下信息：

- 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) 证书的唯一性标识（如编号），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；
- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用相关时，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或等效的标识；

- o) 校准结果仅对校准对象有效的声明;
- p) 未经实验室书面批准, 不得部分复制校准证书的声明。

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

能量发生器校准记录 (格式)

委托单位				记录编号		
样 品	名 称			型号规格		
	制 造 厂			出厂编号		
标 准 器	名 称	型号 / 规格	出厂编号	计量特性	证 书 编 号	
环境条件	温度	℃ ;	相对湿度	%	校准地点	
校准依据						
一、外观及功能性检查: ☐ 符合 ☐ 不符合 _____						
二、校准结果:						
1. 撞击元件质量	标称值 (g)	实 测 值 (g)			平均值 (g)	实测值扩展不确定度 $U(g)$ ($k=2$)
		1	2	3		
2. 跌落高度	标称值 (mm)	实 测 值 (mm)			平均值 (mm)	实测值扩展不确定度 $U(mm)$ ($k=2$)
		1	2	3		
备 注				证书编号		
校准人员		核验人员		校准日期	年 月 日	

能量发生器校准记录 (续页)

3. 冲击 能量	标称值 (J)	撞击元件 质量 (g)	跌落高度 (mm)	冲击能量 (J)	示值误差 (%)	扩展不确定度 $U_{\text{rel}} (\%)$ ($k=2$)

附录 B

能量发生器校准证书内页（格式）

一、外观及功能性检查： ☐ 符合 ☐ 不符合_____			
二、校准结果：			
序 号	校 准 项 目	实 测 值	实测值扩展不确定度 $U(k=2)$
1	撞击元件质量		
2	跌落高度		
3	冲击能量	示值误差	扩展不确定度 $U_{rel}(\%)$ ($k=2$)
说明：			

附录 C

能量发生器实测值测量结果的不确定度评定 (示例)

C.1 概述

C.1.1 环境条件为常温。

C.1.2 测量标准：电子天平（最大称量：1000 g，高准确度等级）；高度尺（MPE: ± 0.05 mm）。

C.1.3 被测对象：能量发生器，撞击元件质量的最大允许误差为 $\pm 0.1\%$ ，跌落高度的最大允许误差为 ± 1 mm，冲击能量最大允许误差为： ≤ 1 J: $\pm 3\%$ ； > 1 J: $\pm 1.5\%$ 。

C.2 能量发生器的撞击元件质量测量结果的不确定度评定：

C.2.1 测量模型

$$M = \bar{M}$$

式中：

M ——能量发生器撞击元件质量实测值，g；

$\bar{M}$ ——能量发生器撞击元件质量 3 次测量值的平均值，g。

C.2.2 标准不确定度分量的评定

C.2.2.1 输入量 $\bar{M}$ 的标准不确定度 $u(\bar{M})$ 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 $u_1(\bar{M})$ ，可以 A 类方法评定 $u_1(\bar{M})$ ；电子天平分辨力引入的不确定度 $u_2(\bar{M})$ ，可以 B 类方法评定 $u_2(\bar{M})$ ；电子天平准确度引入的不确定度 $u_3(\bar{M})$ ，可以 B 类方法评定 $u_3(\bar{M})$ 。

C.2.2.1.1 选取一能量发生器，用电子天平测量其元件质量，连续 10 次，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 (g)	250.00	250.02	250.03	250.02	250.03	250.01	250.02	250.03	250.01	250.00

$$\bar{M} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} M_i = 250.017 \text{ g}$$

$$\text{单次实验标准偏差 } s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (M_i - \bar{M})^2}{n - 1}} = 0.012 \text{ g}$$

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，则：

$$u_1(\bar{M}) = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.007 \text{ g}$$

C.2.2.1.2 电子天平分辨力引入的标准不确定度 $u_2(\bar{M})$

电子天平分辨力为 0.01 g，按均匀分布估计，则：

$$u_2(\bar{M}) = \frac{0.01}{2\sqrt{3}} = 0.003 \text{ g}$$

将测量重复性与分辨力两者的不确定度分量比较，取其中大者，则取 $u_1(\bar{M}) = 0.007 \text{ g}$ 。

C.2.2.1.3 电子天平为高准确度级，在 250g 测量点其示值最大允许误差为 $\pm 0.05 \text{ g}$ ，估计为均匀分布，其引入的标准不确定度为：

$$u_3(\bar{M}) = \frac{\alpha}{k} = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.029 \text{ g}$$

C.2.2.1.4 把 $u_1(\bar{M})$ 与 $u_3(\bar{M})$ 两项合成，则 $u(\bar{M}) = \sqrt{u_1^2(\bar{M}) + u_3^2(\bar{M})} = 0.030 \text{ g}$ 。

C.2.3 合成标准不确定度的评定

C.2.3.1 灵敏系数：由 $M = \bar{M}$ 得

$$c_1 = \frac{\partial M}{\partial \bar{M}} = 1$$

C.2.3.2 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 (g)	合成标准不确定度 (g)	扩展不确定度 (g)
$u_1(\bar{M})$	测量重复性与分辨力大者	0.007	0.030	0.06
$u_3(\bar{M})$	电子天平准确度	0.029		

C.2.3.3 合成标准不确定度的计算：

$$u_c(M) = u_c(\bar{M}) = 0.030 \text{ g}$$

C.2.4 扩展不确定度的评定：取包含因子 $k=2$ ，则 $U = k \cdot u_c = 0.06 \text{ g}$ 。

C.2.5 扩展不确定度的报告与表示

能量发生器撞击元件质量测量结果扩展不确定度为 $U = 0.06 \text{ g}$ ， $k = 2$ 。

C.3 能量发生器跌落高度测量结果的不确定度评定：

C.3.1 测量模型：

$$H = \bar{H}$$

式中：

H ——能量发生器跌落高度实测值, mm;

$\bar{H}$ ——能量发生器跌落高度 3 次测量值的平均值, mm。

C.3.2 标准不确定度分量的评定

C.3.2.1 输入量 $\bar{H}$ 的标准不确定度 $u(\bar{H})$ 的评定: 其不确定度来源之一为测量重复性引入的不确定度 $u_1(\bar{H})$, 可以 A 类方法评定 $u_1(\bar{H})$; 其不确定度来源之二为数显高度尺分辨力引入的不确定度 $u_2(\bar{H})$, 可以 B 类方法评定 $u_2(\bar{H})$; 其不确定度来源之三为数显高度尺准确度引入的不确定度 $u_3(\bar{H})$, 可以 B 类方法评定 $u_3(\bar{H})$ 。除此以外, 测试环境温度、人员操作等均对测量结果造成影响, 由于影响不大, 可忽略不计。

C.3.2.1.1 对该能量发生器, 以数显高度尺对跌落高度进行 10 次测量, 得到测量列如下表所示:

序号 (i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值 (mm)	407.98	408.00	408.02	407.96	408.04	408.02	408.06	407.98	408.04	408.02

其所求的平均值: $\bar{H} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} H_i = 408.01 \text{ mm}$

单次实验标准偏差: $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (H_i - \bar{H})^2}{n-1}} = 0.032 \text{ mm}$

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, 则:

$$u_1(\bar{H}) = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.018 \text{ mm}$$

C.3.2.1.2 数显高度尺分辨力引入的不确定度 $u_2(\bar{H})$

数显高度尺分辨力为 0.01 mm, 按均匀分布估计, 则:

$$u_2(\bar{H}) = \frac{0.01}{2\sqrt{3}} = 0.003 \text{ mm}$$

将测量重复性与分辨力两者的不确定度分量比较, 取其中大者, 则取 $u_1(\bar{H}) = 0.018 \text{ mm}$ 。

C.3.2.1.3 数显高度尺在 (0 ~ 500) mm 测量范围内的最大允许误差为 $\pm 0.05 \text{ mm}$, 估计为均匀分布, 其引入的标准不确定度为:

$$u_3(\bar{H}) = \frac{\alpha}{k} = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.029 \text{ mm}$$

C.3.3 合成标准不确定度的评定

C.3.3.1 灵敏系数：由： $H = \bar{H}$ 得

$$c_1 = \frac{\partial H}{\partial \bar{H}} = 1$$

C.3.3.2 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)
$u_1(\bar{H})$	测量重复性与分辨力大者	0.018	0.034	0.07
$u_3(\bar{H})$	数显高度尺准确度	0.029		

C.3.3.3 合成标准不确定度的计算：

$$u_c(H) = u_c(\bar{H}) = \sqrt{[c_1 \cdot u_1(\bar{H})]^2 + [c_1 \cdot u_3(\bar{H})]^2} = \sqrt{0.018^2 + 0.029^2} = 0.034 \text{ mm}$$

C.3.4 扩展不确定度的评定：取包含因子 $k=2$ ，则 $U=k \cdot u_c = 0.07 \text{ mm}$ 。

C.3.5 扩展不确定度的报告与表示

能量发生器跌落高度测量结果扩展不确定度为 $U=0.07 \text{ mm}$ ， $k=2$ 。

C.4 能量发生器冲击能量示值误差测量结果的不确定度评定：

C.4.1 测量模型：

$$\delta_E = \frac{E_N - E}{E} = \frac{E_N - MgH \times 10^{-6}}{MgH \times 10^{-6}} = \frac{E_N}{MgH \times 10^{-6}} - 1$$

式中：

δ_E —— 冲击能量示值相对误差；

E_N —— 冲击能量标称值，J；

E —— 冲击能量测得值，J；

M —— 撞击元件质量，g；

H —— 跌落高度，mm；

g —— 重力加速度，取 $g=9.80665 \text{ m/s}^2$ 。

C.4.2 标准不确定度分量的评定

C.4.2.1 输入量撞击元件质量 M 的标准不确定度 $u(M)$ 的评定：其不确定度来源之一为测量重复性引入的不确定度 $u_1(M)$ ，可以 A 类方法评定 $u_1(M)$ ；其不确定度来源之二为电子天平分辨力引入的不确定度 $u_2(M)$ ，可以 B 类方法评定 $u_2(M)$ ；其不确定度来源之三为电子天平准确度引入的不确定度 $u_3(M)$ ，可以 B 类方法评定 $u_3(M)$ 。

C.4.2.1.1 由 C.2 能量发生器的撞击元件质量测量结果的不确定度评定可得，输入量 M

标准不确定度 $u(M)$ 的各个标准不确定度分量如下表所示：

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 (g)	合成标准不确定度 (g)
$u_1(M)$	$u_1(M)$ 为测量重复性 $u_2(M)$ 分辨率, 取其大者	0.007	0.030
$u_2(M)$		0.003	
$u_3(M)$	电子天平准确度	0.029	

C.4.2.1.2 输入量 M 标准不确定度 $u(M)$ ：

$$u(M) = \sqrt{u_1^2(M) + u_3^2(M)} = \sqrt{0.007^2 + 0.029^2} = 0.030 \text{ g}$$

C.4.2.2 输入量跌落高度 H 的标准不确定度 $u(H)$ 的评定：其不确定度来源之一为测量重复性引入的不确定度 $u_1(H)$ ，可以 A 类方法评定 $u_1(H)$ ；其不确定度来源之二为数显高度尺分辨率引入的不确定度 $u_2(H)$ ，可以 B 类方法评定 $u_2(H)$ ；其不确定度来源之三为数显高度尺准确度引入的不确定度 $u_3(H)$ ，可以 B 类方法评定 $u_3(H)$ 。除此以外，测试环境温度、人员操作等均对测量结果造成影响，由于影响不大，可忽略不计。

C.4.2.2.1 由 C.3 能量发生器跌落高度测量结果的不确定度评定可得，输入量 H 标准不确定度 $u(H)$ 的各个标准不确定度分量如下表所示：

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)
$u_1(H)$	$u_1(H)$ 为测量重复性 $u_2(H)$ 为数显卡尺分辨率	0.018	0.034
$u_2(H)$		0.003	
$u_3(H)$	数显高度尺准确度	0.029	

C.4.2.2.2 输入量 H 标准不确定度 $u(H)$ ：

$$u(H) = \sqrt{u_1^2(H) + u_3^2(H)} = \sqrt{0.018^2 + 0.029^2} = 0.034 \text{ mm}$$

C.4.3 合成标准不确定度的评定

C.4.3.1 灵敏系数： $\delta_E = \frac{E_N}{MgH \times 10^{-6}} - 1$ ，由于 E_N 为常数，则

$$c_1 = \frac{\partial \delta_E}{\partial M} = -\frac{E_N \text{ g}^{-1} \text{ H}^{-1} \times 10^6}{M^2} = -0.004 \text{ g}^{-1}$$

$$c_2 = \frac{\partial \delta_E}{\partial H} = -\frac{E_N \text{ M}^{-1} \text{ g}^{-1} \times 10^6}{H^2} = -0.0025 \text{ mm}^{-1}$$

C.4.3.2 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	c_i	$ c_i \cdot u(x_i)$ (%)
$u(M)$	撞击元件质量	0.03 g	-0.004 g^{-1}	0.0012
$u(H)$	跌落高度	0.034 mm	-0.0025 mm^{-1}	0.0085

C.4.3.3 合成标准不确定度的计算：

$$u_c(\delta_E) = \sqrt{c_1^2 u^2(M) + c_2^2 u^2(H)} = \sqrt{(0.0021 \%)^2 + (0.0085 \%)^2} = 0.0086 \%$$

C.4.4 扩展不确定度的评定：取包含因子 $k=2$ ，则 $U_{\text{rel}}=k \cdot u_c=0.017\%$ ，取 $U_{\text{rel}}=0.1\%$ 。

C.4.5 扩展不确定度的报告与表示

能量发生器冲击能量在 1J 测量点示值误差测量结果扩展不确定度为 $U_{\text{rel}}=0.1\%$ ， $k=2$ 。