

JJF

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF × × × × - 202 ×

高准确度电子秤校准规范

Calibration Specification of High Accuracy Scales

(征求意见稿)

202 × - × × - × × 发布

202 × - × × - × × 实施

国家市场监督管理总局发布

高准确度电子秤校准规范
Calibration Specification of High
Accuracy Scales

JJF XXXX-202X

归口单位： 全国衡器计量技术委员会

主要起草单位：

参加起草单位：

本规范委托全国衡器计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

参加起草人：

目 录

引 言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语和计量单位.....	1
3.1 术语.....	1
3.2 计量单位.....	2
4 概述.....	2
4.1 结构.....	2
4.2 原理.....	2
4.3 用途.....	2
5 计量特性.....	3
6 校准条件.....	3
6.1 环境条件.....	3
6.2 校准所用设备.....	4
7 校准项目和校准方法.....	4
7.1 校准项目.....	4
7.2 校准方法.....	4
8 校准结果表达.....	8
9 复校时间间隔.....	8
附录 A 高准确度电子秤校准结果不确定度评定方法.....	9
附录 B 高准确度电子秤校准结果的不确定度评定（示例）.....	13
附录 C 高准确度电子秤校准记录格式（示例）.....	17
附录 D 高准确度电子秤校准证书内页（示例）.....	20

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》、JJF 1059.1-2012 《校准不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范制定的基础性系列规范。

本规范参考了 JJG539-2016 《数字指示秤》的部分内容。

本规范为首次发布。

高准确度电子秤校准规范

1 范围

本规范适用于高准确度电子秤的校准。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

JJG 99 砝码

JJG 539-2016 数字指示秤

JJF 1181 衡器计量名词术语及定义

GB/T 23111 非自动衡器

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 术语

JJF 1181 界定的及以下术语和定义适用于本规范。

3.1.1 高准确度电子秤 high accuracy scale

高准确度电子秤是指利用可输出电信号的称重传感器和电子装置，通过作用于物体上的重力来衡量物体质量，并采用数字指示输出结果的一种计量器具。

高准确度电子秤是指实际分度数不小于 5000，且不大于 1000000 的电子秤。

3.1.2 实际分度值 actual scale interval (d)

高准确度电子秤以质量单位表示的两个相邻示值之差。

注：指示装置与打印装置（如果有）的实际分度值应是 1×10^k 、 2×10^k 、 5×10^k 的形式，其中“ k ”为正、负整数或零。

3.1.3 实际分度数 number of actual scale intervals (n)

每个局部称量范围的最大称量 Max_i 与相应的实际分度值 d_i 的比， Max_i / d_i ，其中 $i=1, 2, 3, \dots, n$ 。

3.1.4 带有微分标尺分度的指示装置 indicating device with a differentiated scale division

能够将小数点后最后一位数字明显区别于其他位数字的一种数字指示装置。

[GB/T 23111-2008, 术语定义和标准 T. 2. 5. 4]

3.1.5 多范围秤 multiple range instrument

对于同一承载器, 秤有两个或多个称量范围, 它们具有不同的最大称量和不同的分度值, 每个称量范围均从零到其最大称量。

[JJG 539-2016, 术语 3.1.7]

3.1.6 多分度秤 multi-interval instrument

只具有一个称量范围, 该称量范围又由不同分度值分成几个局部称量范围的一种秤。这几个局部称量范围, 均是根据载荷递增或递减而自动确认。

[JJG 539-2016, 术语 3.1.8]

3.2 计量单位

使用的计量单位应为法定计量单位: 千克 (kg)、克 (g) 或吨 (t)。

4 概述

4.1 结构

高准确度电子秤(以下简称“电子秤”)通常由承载器、传感器、数据处理器以及称重仪表组成, 常见结构示意图如图 1 所示:

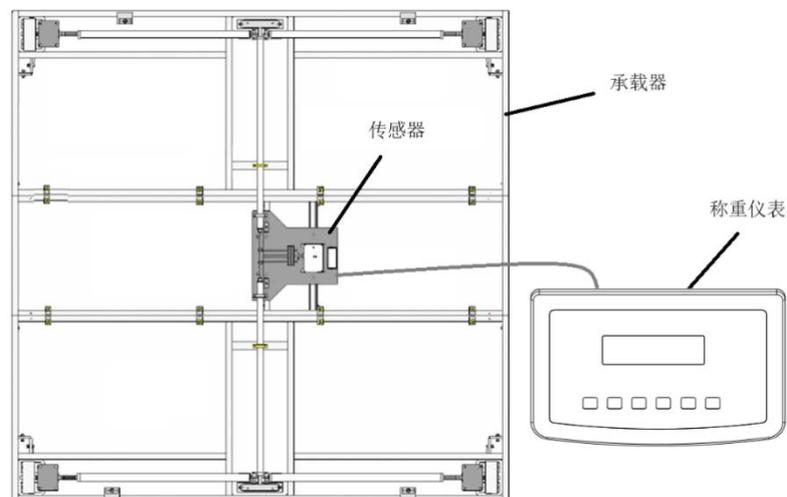


图 1: 高准确度电子秤常见结构示意图

4.2 原理

电子秤是指通过测量弹性元件的形变、敏感元件的振荡频率或者利用电磁力平衡的原理的一种电子称量设备。

4.3 用途

电子秤常用于精密称量、高精度配料、配气、质量流量计标定等领域。

5 计量特性

表 1 计量特性

计量特性	技术指标			
	无微分标尺分度的指示装置的电子秤	带有微分标尺分度的指示装置的电子秤		
	/	分度值为 1×10^k	分度值为 2×10^k	分度值为 5×10^k
示值误差	$\pm 1.5d$	$\pm 15d$	$\pm 7.5d$	$\pm 3d$
重复性	$1d$	$10d$	$5d$	$2d$
同一载荷在不同位置的示值误差	$\pm 1.0d$	$\pm 10d$	$\pm 5d$	$\pm 2d$

注：以上所有计量特性指标不用于合格性判定，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 温度在 $-10^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ 范围内，温度变化一般不超过 $5^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ，相对湿度不大85%，特殊情况应注明。

6.1.2 校准时不得有影响校准结果的电磁干扰、机械振动。

6.1.3 电子秤的基础应当平整、坚固、防震，具备良好的刚度，不得对校准结果产生影响。

注：当设备制造厂商对校准的环境条件有要求时，按设备制造厂商规定的使用条件执行。

6.2 校准所用设备

6.2.1 砝码

校准用砝码应符合 JJG 99《砝码》中 M_1 等级及其以上的要求，建议按表 2 进行选取。

表 2 砝码准确度等级与电子秤实际分度数的关系

电子秤的实际分度数 (Max_i/d_i)		标准砝码等级	
\geq	$<$	使用标称质量	使用约定质量
300,000	1,000,000	F ₁ 等级及以上	F ₂ 等级及以上
10,000	300,000	F ₂ 等级及以上	M ₁ 等级及以上
5,000	10,000	M ₁ 等级及以上	/

6.2.2 替代载荷

6.2.2.1 当被校准的电子秤载荷不小于 4000kg，且实际分度数不大于 10000 时，若砝码不足以覆盖电子秤正常的校准范围，可以使用其他试验载荷作为替代载荷。

6.2.2.2 替代载荷应质量恒定，替代方法参照 JJG 539-2016 中 7.1.2 的规定。

6.2.3 其他有关校准用计量器具

6.2.3.1 分度值不大于 0.2℃ 的温度计。

6.2.3.2 准确度不低于 5%RH 的湿度计。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

示值误差

7.2 校准方法

7.2.1 校准前的准备工作

7.2.1.1 开机预热，预热时间按照制造厂商的规定，一般应不少于 30 分钟。

7.2.1.2 带水平调整装置的电子秤，应调整到水平位置。

7.2.1.3 校准期间，应检查零点跟踪装置是否运行。当需要时，可通过以下方式禁止零点跟踪装置运行：

a) 关闭零点跟踪装置；

b) 加载能让电子秤示值处于零点跟踪范围之外(例如 $10d$) 质量的少量砝码。

7.2.2 校准载荷点的选择

校准范围通常为电子秤的零点到最大秤量, 或依据客户要求的称量范围, 也可为扣除皮重下的称量范围。

7.2.3 校准地点

校准通常在电子秤使用地点进行。

7.2.4 示值误差

7.2.4.1 若电子秤配备了零点跟踪装置, 可在本校准时运行。

7.2.4.2 从零点起逐步施加砝码至最大秤量或用户要求的最大载荷点, 如果需要再从接近最大秤量或用户要求的最大载荷点将砝码逐步卸至零点, 但回程零点必须进行测试。在校准过程中应注意, 在加、卸砝码时, 应逐渐地递增或逐渐地递减。

7.2.4.3 如果电子秤具有微分标尺分度的指示装置, 可以直接读取示值 I , 按照公式 (1) 计算示值误差:

$$E = I - L \quad (1)$$

式中:

E - 示值误差, 单位: kg, g 或 t;

I - 示值, 单位: kg, g 或 t;

L - 试验载荷, 单位: kg, g 或 t。

7.2.4.4 如果电子秤没有微分标尺分度的指示装置, 应该消除示值的化整误差, 可利用闪变点方法来确定化整误差, 在电子秤的两个分度值之间寻找到示值的闪变点, 方法如下: 对于某一载荷 L , 记录下其示值 I , 连续加放相当于 $0.1d$ 的附加砝码, 直到示值明显增加一个分度值, 变为 $(I+d)$, 此时, 加到承载器上的附加载荷为 ΔL , 可以得到其化整前的示值 P , 并按照公式 (2)、(3) 和 (4) 分别计算电子秤化整前的示值 P 、误差 E 和修正误差 E_c :

$$P = I + 0.5d - \Delta L \quad (2)$$

$$E = P - L = (I + 0.5d - \Delta L) - L \quad (3)$$

式中:

P - 化整前的示值, 单位: kg, g 或 t;

I - 示值, 单位: kg, g 或 t;

d - 分度值, 单位: kg, g 或 t;

E - 化整前的误差, 单位: kg, g 或 t;

L - 试验载荷, 单位: kg, g 或 t;

ΔL - 附加载荷, 单位: kg, g 或 t。

$$E_c = E - E_0 \quad (4)$$

式中:

E_c - 修正误差, 单位: kg, g 或 t;

E_0 - 零点或零点附近 (如 $10d$) 的误差, 单位: kg, g 或 t。

7.2.4.5 对于多量程范围电子秤, 应对每一个称量范围进行校准。

7.2.4.6 对于多分度值电子秤, 应对每一个局部称量范围进行校准。

7.2.4.7 根据用户实际使用条件, 可以事先放置试验载荷作为扣除皮重, 仅对扣除皮重后的称量范围按照 7.2.4.3 或 7.2.4.4 的要求进行校准。

7.2.5 重复性

7.2.5.1 若电子秤配备了零点跟踪装置, 可在本校准时运行。

7.2.5.2 用不少于 20% 最大秤量的载荷进行一组测试, 在承载器上至少进行 3 次称量, 读数在每次加载和卸载后示值达到静态稳定时进行, 在每次称量完成后, 电子秤应重新置零。

7.2.5.3 如果重复性校准次数 $n \geq 6$, 根据贝塞尔公式计算标准偏差 $s(I)$ 。

$$s(I) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (I_i - \bar{I})^2} \quad (5)$$

其中:

$$\bar{I} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_i \quad (6)$$

式中:

$s(I)$ - 单次校准的实验标准偏差, 单位: kg, g 或 t;

I_i - 施加第 i 载荷时的显示值, 单位: kg, g 或 t;

\bar{I} - n 个显示值的平均值, 单位: kg, g 或 t。

注: 对于不带有微分标尺分度的指示装置电子秤, 按照公式 (3) 计算化整前的示值 P , 用 P 取代 I 进行计算。

7.2.5.4 如果重复性校准次数 $n < 6$ ，根据极差法计算标准偏差 $s(I)$ 。

$$s(I) = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{C} \quad (7)$$

式中：

$s(I)$ - 单次校准的实验标准偏差，单位：kg，g 或 t；

I_{\max} - 校准值中的最大值，单位：kg，g 或 t；

I_{\min} - 校准值中的最小值，单位：kg，g 或 t；

C - 极差系数。校准次数不同，极差系数也不同，见表 3。

注：对于不带有微分标尺分度的指示装置的电子秤，按照公式（3）计算化整前的示值 P ，用 P 取代 I 进行计算。

表 3 极差系数

校准次数 n	3	4	5
极差系数 C	1.64	2.06	2.33

7.2.6 同一载荷在不同位置的示值误差（若适用）

7.2.6.1 若电子秤具有零点跟踪装置，在本校准中应超出其工作范围。

7.2.6.2 施加的砝码应相当于最大秤量的 1/3。

7.2.6.3 将砝码放置在承载器上的不同位置，方式见图 2：

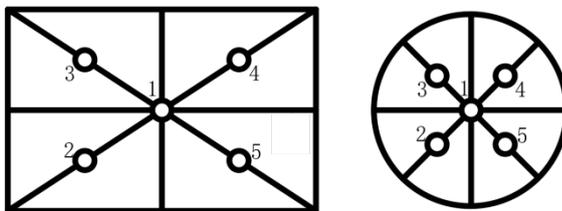


图 2 偏载区域示意图

7.2.6.4 根据载荷在不同位置的示值来计算载荷在不同位置的差值。

$$\Delta I_{ecci} = |I_{Li} - I_{L1}| \quad (8)$$

式中：

ΔI_{ecci} - 第 i 个位置显示值与中心位置显示值的差值的绝对值，单位：kg，g 或 t；

I_{Li} - 第 i 个位置显示值 ($i = 2, 3, 4, 5$)，单位：kg，g 或 t；

I_{L1} - 中心位置显示值，单位：kg，g 或 t。

注：对于不带有微分标尺分度的指示装置的电子秤，按照公式（4）计算化整前的示值 P ，用 P 取代 I 进行计算。

8 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，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) 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- i) 本次校准所用标准器的溯源性及有效性说明；
- j) 校准环境的描述；
- k) 校准结果及其校准不确定度的说明；
- l) 对校准规范的偏离的说明；
- m) 校准证书签发人的签名、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，不得部分复制证书的声明。

9 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由电子秤的使用情况、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。建议最长复校时间间隔为 1 年。

附录 A

高准确度电子秤校准结果不确定度评定方法

A.1 校准方法

A.1.1 测量对象：高准确度电子秤。

A.1.2 测量标准：砝码。

A.1.3 测量依据：JJF xxx《高准确度电子秤校准规范》。

A.1.4 环境条件： $-10^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $\leq 85\%$ 。

A.1.5 测量过程：在规定的条件下，用砝码对高准确度电子秤逐级施加载荷至最大秤量或用户要求的最大载荷点，或以相反的次序逐级卸载至最小值，测定各校准点称量的示值误差。

A.2 测量模型

根据《高准确度电子秤校准规范》中的要求和称量方法，建立测量模型：

对于带有微分标尺分度的指示装置的电子秤

$$E = I - L \quad (\text{A.1})$$

对于不带有微分标尺分度的指示装置的电子秤

$$E = P - L = (I + 0.5d - \Delta L) - L \quad (\text{A.2})$$

I 的灵敏系数：

$$c_1 = \frac{\partial E}{\partial I} = 1 \quad (\text{A.3})$$

L 的灵敏系数：

$$c_2 = \frac{\partial E}{\partial L} = -1 \quad (\text{A.4})$$

合成标准不确定度的计算公式：

$$u_c^2(E) = u^2(I) + u^2(L) \quad (\text{A.5})$$

式中：

$u(I)$ - 示值的标准不确定度

$u(L)$ - 参考质量的标准不确定度

A.3 各输入量的标准不确定度评定

A.3.1 由电子秤示值引入的标准不确定度分量 $u(I)$ 的评定

标准不确定度 $u(I)$ 主要源于电子秤测量重复性、分辨率、偏载和载荷长时间放置在承载器等因素的影响。

A.3.1.1 电子秤的重复性引入的不确定度分量 $u_1(I)$

重复性引入的不确定度分量，用标准偏差来表示，其标准不确定度为：

$$u_1(I) = s(I) \quad (\text{A.6})$$

式中：

$s(I)$ - 由公式（5）或（7）得到。

如果只进行一组重复性校准，则该校准确定的重复性不确定度分量可代表电子秤整个量程的重复性不确定度。

对于多分度/多范围电子秤，如果在各局部称量范围分别进行重复性校准，则各范围校准确定的重复性不确定度可代表电子秤相应范围的重复性不确定度。

A.3.1.2 电子秤的分辨率在空载示值点引入的不确定度分量 $u_2(I)$

分辨率在空载示值点引入的不确定度分量，符合均匀分布，取 $k=\sqrt{3}$ ，标准不确定度为：

$$u_2(I) = d / (2\sqrt{3}) \quad (\text{A.7})$$

注：对于不带有微分标尺分度的指示装置的电子秤， d 为实际分度值的1/10。

A.3.1.3 电子秤的分辨率在加载示值点引入的不确定度分量 $u_3(I)$

分辨率在加载示值点引入的不确定度分量，符合均匀分布，取 $k=\sqrt{3}$ ，标准不确定度为：

$$u_3(I) = d / (2\sqrt{3}) \quad (\text{A.8})$$

注：对于不带有微分标尺分度的指示装置的电子秤， d 为实际分度值的1/10；在多分度值/多量程范围电子秤上， d 随示值发生变化。

A.3.1.4 偏载引入的不确定度 $u_4(I)$

$\Delta I_{ecc\ i\ max}$ 表示试验载荷重心的偏离引起的最大偏差，该差值与载荷重心到承载器中心的距离成比例，并与载荷值成比例，其引入的不确定度分量符合均匀分布，取 $k=\sqrt{3}$ ，标准不确定度为：

$$u_4(I) = L_i \Delta I_{ecc\ i\ max} / (2\sqrt{3} L_{ecc}) \quad (\text{A.9})$$

式中：

L_{ecc} - 偏载校准时的试验载荷

L_j - 当前的试验载荷

A.3.1.5 时间因素引入的标准不确定度 $u_5(I)$

时间因素带来的偏差,代表试验载荷长时间放置于承载器上对示值的影响,电子秤如果进行了进回程的校准,可以将各载荷点进回程示值之差的绝对值的最大值 ΔE_{jmax} 作为极限值,其引入的不确定度分量符合均匀分布,取 $k=\sqrt{3}$,其标准不确定度为:

$$u_5(I) = \Delta E_{jmax} / (2\sqrt{3}) \quad (\text{A.10})$$

式中:

ΔE_{jmax} - 各载荷点进回程示值之差的绝对值的最大值

如果只有进程数据,可以将零点的进回程之差的绝对值 ΔE_0 作为最大载荷的极限值,其余点的差值与载荷成比例,其引入的不确定度分量符合均匀分布,取 $k=\sqrt{3}$,其标准不确定度为:

$$u_5(I) = L_j \Delta E_0 / (\sqrt{3} L_{max}) \quad (\text{A.11})$$

式中:

ΔE_0 - 零点的进回程示值之差的绝对值

L_j - 当前的试验载荷

L_{max} - 最大的试验载荷

A.3.2 由标准砝码引入的标准不确定度分量 $u(L)$ 的评定

A.3.2.1 如果标准砝码校准证书中给出了砝码的折算质量、扩展不确定度 U 及包含因子 k ,其标准不确定度为:

$$u(L) = U / k \quad (\text{A.12})$$

A.3.2.2 如果标准砝码有检定证书,且在校准过程中仅使用砝码标称值,对砝码采用均匀分布处理,取 $k=\sqrt{3}$,砝码的最大允许误差为MPE,其标准不确定度为:

$$u(L) = |MPE| / \sqrt{3} \quad (\text{A.13})$$

A.3.2.3 如果标准砝码有检定证书,且在校准过程中仅使用约定质量值,其标准不确定度为:

$$u(L) = |MPE| / 6 \quad (\text{A.14})$$

A.3.2.4 如果试验载荷由多个标准砝码组成,其标准不确定度为各个标准砝码的标准不确定度的算术和。

A.4 合成标准不确定度

合成标准不确定度公式 (A.15) 中的全部不确定度分量均不相关。

$$u_c(E) = \sqrt{u^2(I) + u^2(L)} = \sqrt{u_1^2(I) + u_2^2(I) + u_3^2(I) + u_4^2(I) + u_5^2(I) + u^2(L)} \quad (\text{A.15})$$

表 A.1 为不确定度分量汇总表。

表 A.1 不确定度分量汇总表

不确定度分量	不确定度来源	评定方法	标准不确定度	灵敏系数
$u_1(I)$	重复性测量	A	$n \geq 6$	1
			$u_1(I) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (I_i - \bar{I})^2}$	
			$n < 6$	
			$u_1(I) = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{C}$	
$u_2(I)$	空载示值的分辨率	B	$u_2(I) = d / (2\sqrt{3})$	1
$u_3(I)$	加载示值的分辨率	B	$u_3(I) = d / (2\sqrt{3})$	1
$u_4(I)$	偏载	B	$u_4(I) = L_j \Delta I_{ecc i \max} / (2\sqrt{3} L_{ecc})$	1
$u_5(I)$	时间因素	B	$u_5(I) = \Delta E_{j\max} / (2\sqrt{3})$	1
			$u_5(I) = L_j \Delta E_0 / (\sqrt{3} L_{\max})$	
$u(L)$	标准砝码	B	$u(L) = U / k$	-1
			$u(L) = \text{MPE} / \sqrt{3}$	
			$u(L) = \text{MPE} / 6$	

A.5 示值误差的扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则扩展不确定度为

$$U = k u_c(E) = 2 u_c(E) \quad (\text{A.16})$$

附录 B

高准确度电子秤校准结果的不确定度评定（示例）

B.1 校准对象

以最大量程 Max 为 1000kg, 实际分度值 d 为 0.01kg, 分度数 n 为 100000 的高准确度电子秤为校准对象, 进行测量不确定度评定。

B.2 校准环境

在校准开始时校准为 20℃, 校准过程中温度变化不大于 1℃; 相对湿度为 55%。

B.3 测量标准

多个有检定证书的 20kg 的 F2 级标准砝码, 与室内等温。

B.4 称量点选取

选取试验载荷为 500kg 的称量点进行评定。

B.5 测量模型

$$E = I - L$$

其中合成标准不确定度:

$$u_c^2(E) = u^2(I) + u^2(L)$$

B.6 标准不确定度评定

B.6.1 电子秤的重复性引入的不确定度分量 $u_1(I)$

进行了 6 次测量, 得到的测量值见表 B.1, 其标准不确定度通过公式 (5) 得到, 为:

表 B.1 重复性测量值

次数	1	2	3	4	5	6
校准值(kg)	500.00	500.01	500.00	499.99	500.00	500.00

$$u_1(I) = s(I) = 0.0063 \text{ kg}$$

B.6.2 电子秤的分辨率在空载示值点引入的不确定度分量 $u_2(I)$

电子秤分度值 d 为 0.01kg, 符合均匀分布, 取 $k=\sqrt{3}$, 其标准不确定度为:

$$u_2(I) = d/(2\sqrt{3}) = 0.01 \text{ kg} / (2\sqrt{3}) = 0.0029 \text{ kg}$$

B.6.3 电子秤的分辨率在加载示值点引入的不确定度分量 $u_3(I)$

电子秤分度值 d 为 0.01kg ，符合均匀分布，取 $k=\sqrt{3}$ ，其标准不确定度为：

$$u_3(I) = d/(2\sqrt{3}) = 0.01\text{ kg} / (2\sqrt{3}) = 0.0029\text{ kg}$$

B.6.4 偏载引入的标准不确定度 $u_4(I)$

载荷在不同位置的测量值见表 B.2， $\Delta I_{ecc\ i\ max}$ 表示试验载荷重心的偏离引起的最大偏差，其引入的不确定度分量符合均匀分布，取 $k=\sqrt{3}$ ，标准不确定度为：

表 B.2 载荷在不同位置的测量值

载荷在不同位置的测量	载荷的位置	试验载荷 340(kg)
	1	339.99
	2	339.98
	3	340.01
	4	340.01
	5	339.99
最大偏差	$\Delta I_{ecc\ i\ max} = 0.02\text{ kg}$	

$$u_4(I) = L_j \Delta I_{ecc\ i\ max} / (2\sqrt{3} L_{ecc})$$

$$= 500\text{ kg} \times 0.02\text{ kg} / (2 \times 340\text{ kg} \times \sqrt{3}) = 0.0085\text{ kg}$$

B.6.5 时间因素引入的标准不确定度 $u_5(I)$

试验载荷全部使用砝码，在不同载荷点的测量值见表 B.3，时间因素引入的误差，符合均匀分布，取 $k=\sqrt{3}$ ，其标准不确定度为：

表 B.3 载荷在不同载荷点的测量值

序号	载荷点 (kg)	进程示值 (kg)	回程示值 (kg)	进回程差值的绝对值(kg)
1	0	0.00	0.00	0.00
2	100	99.98	99.99	0.01
3	300	299.99	300.01	0.02
4	400	399.99	400.02	0.03
5	500	500.00	500.03	0.03
6	600	600.01	600.02	0.01
7	700	700.02	700.03	0.01
8	1000	1000.01		
进回程差值的绝对值的最大值 $\Delta E_{j\ max} = 0.03\text{kg}$				

$$u_5(I) = \Delta E_{j_{\max}} / (2\sqrt{3}) = 0.03 \text{ kg} / (2\sqrt{3}) = 0.0087 \text{ kg}$$

B.6.6 标准砝码引入的标准不确定度分量 $u(L)$

使用的砝码有检定证书，在校准过程中使用砝码的标称质量，其标准不确定度为：

$$u(L) = |MPE| / \sqrt{3} = 25 \times 0.0003 \text{ kg} / \sqrt{3} = 0.0043 \text{ kg}$$

B.7 示值误差的合成标准不确定度 $u_c(E)$

合成标准不确定度根据以下计算：

$$\begin{aligned} u_c(E) &= \sqrt{u^2(I) + u^2(L)} = \sqrt{u_1^2(I) + u_2^2(I) + u_3^2(I) + u_4^2(I) + u_5^2(I) + u^2(L)} \\ &= \sqrt{0.0063^2 + 0.0029^2 + 0.0029^2 + 0.0085^2 + 0.0087^2 + 0.0043^2} \text{ kg} \\ &= 0.0149 \text{ kg} \end{aligned}$$

B.8 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为

$$U = ku_c(E) = 2 \times 0.0149 = 0.0298 \text{ kg}$$

由于电子秤实际分度值为 0.01 kg，因此：

$$U = 0.03 \text{ kg}$$

B.9 不确定度计算汇总

各载荷点的不确定度计算汇总于表 B.4。

表 B.4 不确定度计算汇总

不确定度	试验载荷标称值 L/kg							分布	灵敏系数	公式编号	计算公式
	100	300	400	500	600	700	1000				
重复性 $u_1(I)/\text{kg}$	0.0063	0.0063	0.0063	0.0063	0.0063	0.0063	0.0063	正态	1	A.6	$u_1(I) = s(I)$
空载示值 分辨率 $u_2(I)/\text{kg}$	0.0029	0.0029	0.0029	0.0029	0.0029	0.0029	0.0029	均匀	1	A.7	$u_2(I) = d / (2\sqrt{3})$
加载示值 分辨率 $u_3(I)/\text{kg}$	0.0029	0.0029	0.0029	0.0029	0.0029	0.0029	0.0029	均匀	1	A.8	$u_3(I) = d / (2\sqrt{3})$

偏 载 $u_4(I)/\text{kg}$	0.0017	0.0051	0.0068	0.0085	0.0102	0.0119	0.0170	均 匀	1	A.9	$u_4(I) = L_j \Delta I_{ecc\ i\ \max} / (2L_{ecc}\sqrt{3})$
时间因素 $u_5(I)/\text{kg}$	0.0087	0.0087	0.0087	0.0087	0.0087	0.0087	0.0087	均 匀	1	A.10	$u_5(I) = \Delta E_{j\max} / (2\sqrt{3})$
砝码 $u(L)/\text{kg}$	0.0007	0.0026	0.0035	0.0043	0.0052	0.0061	0.0087	均 匀	-1	A.13	$u(L) = \text{MPE} / \sqrt{3}$
合成标准 不确定度 $u_c(E)/\text{kg}$	0.0116	0.0128	0.0138	0.0149	0.0162	0.0177	0.0223	-	-	A.15	$u_c(E) = \sqrt{u^2(I) + u^2(L)} = \sqrt{u_1^2(I) + u_2^2(I) + u_3^2(I) + u_4^2(I) + u_5^2(I) + u^2(L)}$
k	2	2	2	2	2	2	2	-	-	-	-
扩展不确 定度 U/kg	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	-	-	A.16	$U = k u_c(E) = 2 u_c(E)$

附录 C

高准确度电子秤校准记录格式（示例）

送校单位名称			
器具名称		型号规格	
器具编号		校准日期	
制造厂家			
最大称量 (Max)		校准前温度	°C
实际分度值(d)		校准后温度	°C
校准依据		相对湿度	%
校准地点			
微分标尺分度的指示装置	有 <input type="checkbox"/> 无 <input type="checkbox"/>		
主要计量标准器	名 称	证书号/有效期	校准范围/ 准确度等级
其他测试载荷			
校准人员		核验人员	

一、重复性

试验载荷

单位：

自动置零和零点跟踪装置 运行 不运行

序号	示值 I	附加砝码 ΔL	化整前示值 P

标准偏差 (s) _____

二、偏载测试

试验载荷

单位：

自动置零和零点跟踪装置 运行 不运行

位置	示值 I	附加砝码 ΔL	化整前示值 P
1			
2			
3			
4			
5			

载荷在不同位置差值的绝对值的最大值 _____

三、示值误差

单位：

自动置零和零点跟踪装置 运行 超出工作范围 不允许

校准 点	载荷	示值	附加砝码	化整前示值	示值误差	修正误差
		↓ I ↑	↓ ΔL ↑	↓ P ↑	↓ E ↑	↓ E_c ↑

