



北京市地方计量技术规范

JJF (京) XXXX-XXXX

重量稀释仪校准规范

Calibration specification for weight diluters

(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

重量稀释仪校准规范

Calibration specification for
weight diluters

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：法国英特塞恩斯有限公司上海代表处

本规范委托 XXXXXXXX 负责解释

目 录

引 言.....	(II)
1 范围.....	(3)
2 引用文件.....	(3)
3 术语和定义.....	(3)
4 概述.....	(3)
5 计量特性.....	(4)
6 校准条件.....	(5)
7 校准项目和校准方法.....	(5)
8 校准结果表达.....	(7)
附录 A.....	(10)
附录 B.....	(12)
附录 C.....	(13)
附录 D.....	(17)

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》规定的规则编写。

本校准规范给出了重量稀释仪的校准条件、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。

重量稀释仪校准规范

1 范围

本规范适用于重量稀释仪的校准。

2 引用文件

本校准规范引用下列技术条件

JJG 99 砝码

JJF 1847 电子天平

JJF 1059.1 测量不确定度评定与表示

JJF 1229 质量密度计量名词术语及定义

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、JJF1229、JJF1847、JJF1101 界定的以及以下术语适用于本规范。

3.1.1 重量稀释仪

基于称重法通过自动泵系统及进样喷嘴按比例稀释样品的仪器。

3.1.2 重量稀释倍数

是指在样品稀释过程中，样品质量与稀释后溶液和样品总质量的比值。

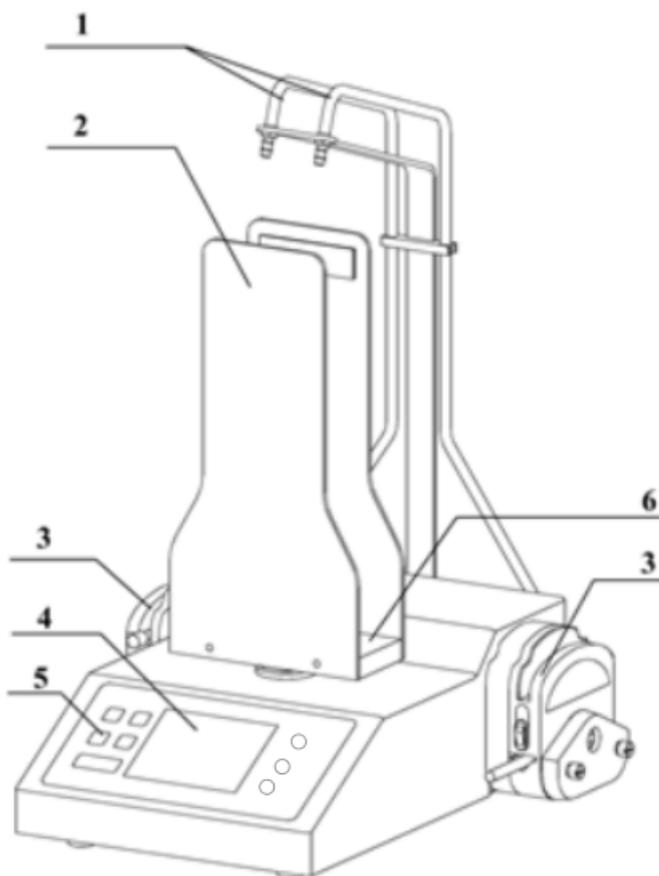
3.2 计量单位

使用的计量单位：毫克（mg）、克（g）、千克（kg）。

4 概述

4.1 原理

重量稀释仪通过称取样品质量，然后按照设定的稀释倍数加液体培养基或无菌水对样



品进行自动稀释的仪器。

1 注液口 2 均质袋持柄 3 蠕动泵 4 显示屏 5 按键 6 天平托盘

图 1 重量稀释仪结构示意图

4.2 用途

重量稀释仪多用于环境监测与食品药品安全领域依据重量稀释样品。

5 计量特性

5.1 示值误差

重量稀释仪任何单次测量的示值与对应输入的砝码参考量值之差。

5.2 重复性

在重复性条件下，（同一载荷）质量重复多次衡量结果之间的差值，测量所得示值间的一致程度用标准偏差来表示。

5.3 同一载荷在不同位置的示值误差

用各点示值与中间点示值之差绝对值中的最大值表示。

5.4 稀释倍数误差

重量稀释仪设定稀释倍数与标准天平复测经计算后所得的稀释倍数之差。

6 校准条件

6.1 标准砝码

砝码应符合 JJG99 的计量要求, 经检定合格, 其准确度等级为 F_2 等级或以上等级 (或不确定满足 F_2 等级砝码要求)。

6.2 标准天平

经计量检定合格的电子天平使用实际分度值为 0.1mg。

6.3 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: $10^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$;
- b) 相对湿度: $\leq 70\%$, 变化不大于 10%;
- c) 其它条件: 台面要求平整, 校准时不得有影响校准结果的干扰源。

6.4 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°C 的温度计;
- b) 准确度不低于 5%RH 湿度计。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

- a) 示值误差
- b) 重复性
- c) 同载荷在不同位置的示值误差
- d) 稀释倍数误差

7.2 校准方法

7.2.1 校准范围

校准范围通常为重量稀释仪的零点到最大称量点, 或依据客户要求。

7.2.2 校准地点

校准地点一般选在仪器使用地点进行, 摆放仪器的台面要平整稳固; 仪器周围避免有干扰 (包括但不限于振动)。

7.2.3 校准前的准备工作

- a)检查仪器铭牌，查看最大称量，实际分度值，型号，编号，制造厂商等信息；
- b)调整仪器水平；
- c)仪器通电、开机、预热；

7.2.4 示值误差的测量

7.2.4.1 应在需校准的称量范围内均匀选取测量点，至少需要 6 个不同的试验载荷点，其中需包括零点，最大称量点或接近最大称量点。可根据秤盘实际情况及客户要求选取测量点。

7.2.4.2 在测量之前，应将示值设置为零，测量可以按照以下方法进行：从零点顺序增加至最大称量，在测量过程中的每一步都可以卸载载荷，卸载后需检查零点，如果零点示值不为零，应将示值设置为零。若客户要求，也可采用从最大称量顺序减小至零载荷。测量过程中尽量选择单个砝码或根据秤盘实际情况选择砝码组合。

7.2.5 重复性的测量

7.2.5.1 重复性测量步骤如下：

- a)选择 50%~100%最大称量的单个砝码或根据秤盘实际情况选取砝码组合；
- b)测量前，先将示值置零；
- c)在秤盘中选取同一位置加、卸载砝码；
- d)每次加载时，读取系统的稳定示值并记录；
- e)每次卸载后检查零点，如果零点示值不为零，应将其设置为零；
- f)按上述方法重复测量不少于 10 次；

7.2.5.2 对于多分度/多范围的重量稀释仪，试验载荷通常在最小实际分度值对应的接近 50%最大局部称量到接近 100%最大局部称量之间选取。如客户有特殊测量点需求，可调整测量点。

7.2.6 同载荷在不同位置的示值误差的测量

7.2.6.1 同一载荷在不同位置的示值误差，用不同位置的示值与中间位置示值的最大差值表示。

7.2.6.2 测量包括将试验载荷放置在秤盘的不同位置，根据重量稀释仪秤盘实际情况，将放置位置选在秤盘的中间及左右秤盘放置连接点。如图 2 所示：

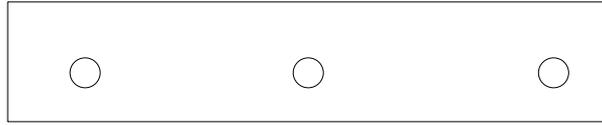


图2 载荷位置

7.2.6.3 试验载荷优选最大称量的三分之一的单个砝码或根据秤盘的实际情况选取砝码组合。

7.2.7 稀释倍数误差

7.2.7.1 稀释倍数误差测量步骤：

- a) 选择 50g 无调整腔的标准砝码作为样品
- b) 测量前，先将稀释用均质袋放置于秤盘上，置零；
- c) 将 50g 无调整腔的标准砝码放置于均质袋内选择稀释倍数 1/2；
- d) 蒸馏水通过蠕动泵对均质袋进样；
- e) 稀释结束后，样品加蒸馏水质量为 100g；
- f) 对承装样品加蒸馏水的均质袋在高精度天平上进行复测；

8 校准结果表达

8.1 示值误差测量结果

对于每一个试验载荷，用公式（1）计算示值误差（E）

$$E = I - m_{ref} \quad (1)$$

式中：

E — 示值误差；

I — 称量系统显示值；

m_{ref} — 砝码的参考质量值。

8.2 重复性测量结果

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

式中:

s —标准偏差;

I_i —第 i 次称量示值;

\bar{I} — n 次称量示值的平均值;

n —重复测量次数。

8.3 载荷在不同位置测量结果

根据不同载荷位置中获得的示值来计算载荷在不同位置的误差 $\Delta I_{\text{ecc}i}$

$$\Delta I_{\text{ecc}i} = I_{Li} - I_{L1} \quad (3)$$

式中:

I_{Li} ——第 i 个位置显示值 ($i=1, 2$);

I_{L1} ——中心位置示值。

8.4 稀释倍数误差测量结果

对于该样品的稀释倍数,用公式(4)计算测量结果误差:

$$E_y = I_b - \frac{m_y}{m} \quad (4)$$

式中:

E_y —示值误差;

I_b —稀释倍数显示值;

m_y —样品稀释后在标准天平上的质量值;

m —标准样品质量值。

8.5 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。

经校准的重量稀释仪，发给校准证书或校准报告，加盖校准印章。

附录 A

重量稀释仪校准记录格式（示例）

仪器名称		仪器编号	
型号/规格		生产厂	
最大称量 (Max)		实际分度值 (d)	
温度 (°C)		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			

示值误差

载荷	示值	示值误差	u	k	U

重复性 (试验载荷_____)

序	1	2	3	4	5
---	---	---	---	---	---

JJF(京) XX-XXXX

号					
示值					
序号	6	7	8	9	10
示值					

载荷在不同位置(试验载荷_____)

标准偏差(s)_____

位置	左	中	右
示值			

载荷在不同位置误差_____

稀释倍数测量误差

m_y	
E_y	

$$E_y = I_b - \frac{m_y}{m}$$

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

载荷	示值	示值误差	u	k	U

实际分度值（d）及对应测量范围：

稀释倍数测量误差

m_y	
E_y	

$$E_y = I_b - \frac{m_y}{m}$$

附录 C

重量稀释仪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：F 等级标准砝码。

C.1.2 校准依据：JJF(京) XXXX-20 XX《重量稀释仪校准规范》。

C.1.3 环境条件：温度：(20±5)℃，变化不大于 2℃；

相对湿度：□85%，变化不大于 15%。

C.1.4 测量对象：重量稀释仪

C.1.5 测量过程：按照校准规范要求，用质量标准测量重量稀释仪的称量示值误差。

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)。

$$E=I-m_{\text{ref}} \quad (\text{C1})$$

式中：

E —质量示值误差；

I —重量稀释仪质量示值；

m_{ref} —质量标准的参考质量值。

C.2.2 不确定度来源分析

a) 标准砝码引入的标准不确定度 $u(m_{\text{ref}})$ ；

b) 重量稀释仪示值引入的标准不确定度 $u(I)$ 。

C.2.3 测量不确定度评定

C.2.3.1 m_{ref} 标准不确定度 $u(m_{\text{ref}})$ C.2.3.1.1 标准砝码参考值的标准不确定度 $u(\delta m_c)$

标准砝码参考值的标准不确定度为其扩展不确定度 U 与包含因子($k=2$)的商，按照公式 (C2) 计算。

$$u(\delta m_c) = \frac{U}{2} \quad (\text{C2})$$

C.2.3.1.2 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.2.3.1.3 标准砝码的稳定性引起的标准不确定度 $u(\delta m_D)$

标准砝码的稳定性取其最大允许误差的三分之一，且服从矩形分布，按照公式 (C4) 计算。

$$u(\delta m_D) = |MPE|/3\sqrt{3} \quad (\text{C4})$$

C.2.3.1.4 标准砝码 m_{ref} 的标准不确定度 $u(m_{\text{ref}})$

标准砝码参考质量的标准不确定度按照公式 (C5) 计算。

$$u(m_{\text{ref}}) = \sqrt{u(\delta m_c)^2 + u(\delta m_B)^2 + u(\delta m_D)^2} \quad (\text{C5})$$

C.2.3.2 称量系统示值 I 的标准不确定度 $u(I)$ 评定

C.2.3.2.1 由空载化整误差引入的不确定度 $u(\delta I_0)$

空载化整误差引入的标准不确定度按照公式 (C6) 计算。

$$u(\delta I_0) = \frac{d_0}{2} \quad (\text{C6})$$

C.2.3.2.2 由加载化整误差引入的不确定度 $u(\delta I_{\text{digit}})$

加载化整误差引入的标准不确定度按照公式 (C7) 计算。

$$u(\delta I_{\text{digit}}) = \frac{d}{2\sqrt{3}} \quad (\text{C7})$$

C.2.3.2.3 由重复性引起的不确定度 $u(\delta I_{\text{rep}})$

重复性的不确定度用标准偏差 $s(I)$ 来表示, 对称量系统进行 10 次重复性测量, 按照公式 (C8) 和公式 (9) 计算。

$$\bar{I} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_i \quad (\text{C8})$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (I_i - \bar{I})^2}{n-1}} \quad (\text{C9})$$

故其标准不确定度为: $u(\delta I_{\text{rep}}) = s(I)$

C.2.3.2.4 由偏载引入的不确定度 $u(\delta I_{\text{ecc}})$

偏载引入的标准不确定度按照公式 (C10) 计算。

$$u(\delta I_{\text{ecc}}) = I |\Delta I_{\text{ecc}}|_{\text{max}} / (2L_{\text{ecc}}\sqrt{3}) \quad (\text{C10})$$

C.2.3.2.5 称量系统示值的标准不确定度 $u(I)$

示值的标准不确定度按照公式 (C11) 计算。

$$u(I) = \sqrt{u(\delta I)^2 + u(\delta I_{\text{rep}})^2 + u(\delta I_{\text{ecc}})^2} \quad (\text{C11})$$

C.2.3.3 称量示值误差的合成标准不确定度 $c(E)$ 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 (C12) 计算

$$u_c(E) = \sqrt{u(I)^2 + u(m_{\text{ref}})^2} \quad (\text{C12})$$

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 (C13) 计算。

$$U = k \times u_c = 2 \times u_c \quad (\text{C13})$$

C.3 质量称量示值误差测量不确定度评定实例

C.3.1 采用砝码标准对一台重量稀释仪进行测量, 得到的试验数据如表 C.1 所示。重量稀释仪、砝码标准信息如下:

称量系统质量测量范围：(0~5) kg；

称量系统质量测量分辨率：0.01g(0~200)g；0.1g(200~2000)g；1g(2~5)kg

砝码标准的质量范围：1mg~500g；(1~5)kg

砝码标准的准确度等级：F₂ 等级。

表 C.1 称量示值误差不确定评定实例数据

试验载荷 L (g)	示值 I (g)	示值误差 E (g)
0.20	0.20	0.00
100.00	100.01	0.01
200.00	200.01	0.01
1000.0	1000.1	0.1
2000.0	2000.2	0.2
2500	2500	0
5000	5001	1

试验载荷 100 (g)

序号	1	2	3	4	5
示值 (g)	100.02	100.01	100.02	100.00	100.01
序号	6	7	8	9	10
示值 (g)	100.01	100.01	100.00	100.04	100.03

标准偏差 s: 0.013 g

C.3.2 试验载荷为 100g 的不确定分量的计算

C.3.2.1 参考质量的标准不确定度 $u(m_{\text{ref}})$

(1) 标准砝码参考值的标准不确定度 $u(\delta m_c)$

标准砝码参考值的标准不确定度为其扩展不确定度 U 与包含因子($k=2$)的商, 其不确定度为:

$$u(\delta m_c) = \frac{U}{2} = \frac{0.92}{2} = 0.46\text{mg} \quad (\text{C14})$$

标准砝码的稳定性引起的标准不确定度 $u(\delta m_D)$

标准砝码的稳定性取其最大允许误差的三分之一, 且服从矩形分布, 其不确定度为:

$$u(\delta m_D) = \frac{|MPE|}{3\sqrt{3}} = \frac{1.6}{3\sqrt{3}} = 0.3\text{mg} \quad (\text{C15})$$

(3) 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为:

$$u(\delta m_B) \approx \frac{|MPE|}{4\sqrt{3}} = \frac{1.6}{4\sqrt{3}} = 0.2\text{mg} \quad (\text{C16})$$

(4) 标准砝码 m_{ref} 的标准不确定度 $u(m_{\text{ref}})$

标准砝码 m_{ref} 的标准不确定度为:

$$u(m_{\text{ref}}) = \sqrt{u(\delta m_c)^2 + u(\delta m_B)^2 + u(\delta m_D)^2} = 0.62\text{mg} \quad (\text{C17})$$

C.3.2.2 称量系统示值 I 的标准不确定度 $u(I)$ 评定

(1) 空载化整误差引入的不确定度 $u(\delta I_0)$

$$u(\delta I_0) = d_0/2 = 5\text{mg} \quad (\text{C18})$$

(2) 由加载化整误差引入的标准不确定度 $u(\delta I_{\text{digit}})$

$$u(\delta I_{\text{digi}}) = \frac{d}{2\sqrt{3}} = \frac{0.01}{2\sqrt{3}} = 3\text{mg} \quad (\text{C19})$$

(3) 重复性引起的标准不确定度 $u(\delta I_{\text{rep}})$

重复性的标准不确定度用标准偏差 $s(I)$ 来表示, 对称量系统进行 10 次重复性测量, 其标准不确定度为:

$$u(\delta I_{\text{rep}}) = s(I) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (I_i - \bar{I})^2}{n-1}} = 13\text{mg} \quad (\text{C19})$$

(4) 由偏载引入的不确定度 $u(\delta I_{\text{ecc}})$

试验载荷 L (g)	左	中	右
示值 (g)	2000.0	2000.1	2000.1

$$u(\delta I_{\text{ecc}}) = I |\Delta I_{\text{ecc}}|_{\text{max}} / (2L_{\text{ecc}}\sqrt{3}) = \frac{100.01 \times 0.1}{2 \times 2000\sqrt{3}} = 2\text{mg} \quad (\text{C20})$$

(5) 称量系统示值的标准不确定度 $u(I)$

示值的标准不确定度为:

$$u(I) = \sqrt{u(\delta I_0)^2 + u(\delta I_{\text{digi}})^2 + u(\delta I_{\text{rep}})^2 + u(\delta I_{\text{ecc}})^2} = 14\text{mg} \quad (\text{C21})$$

C.3.2.3 示值误差的合成标准不确定度 $u_c(E)$ 评定

示值误差合成标准不确定度为:

$$u_c(E) = \sqrt{u(I)^2 + u(m_{\text{ref}})^2} = \sqrt{0.62^2 + 14^2} = 0.02\text{g} \quad (\text{C22})$$

C.3.2.4 称量示值误差的扩展不确定度 $U(E)$ 评定

取包含因子 $k=2$, 则载荷为 100g 称量示值误差的扩展不确定度为:

$$U = k \times u_c = 2 \times u_c = 0.04\text{g} \quad (\text{C23})$$

采用上述方法, 对测量范围内的其他载荷下的示值误差测量结果的扩展不确定度进行评定如表 C.2。

表 C.2 称量示值误差标准不确定度分量、合成不确定度和扩展不确定度汇总表:

载荷(g)	$u(m_{\text{ref}})$	$u(I)$	$u_c(E)$	$U(k=2)$
0.2	0.1mg	14mg	0.01g	0.02g
100	0.5mg	14mg	0.01g	0.02g
200	1.1mg	14mg	0.01g	0.02g
1000	6mg	0.1g	0.1g	0.2g
2000	12mg	0.1g	1.2g	0.2g
2500	14mg	0.3g	0.6g	1g
5000	30mg	1.5g	1.5g	3g

附录 D

重量稀释仪系统稀释倍数结果不确定度评定方法及实例

D.1 概述

D.1.1 测量标准：F₁ 等级标准砝码,实际分度值为 0.01g;最大称量为 2000g 的 Ⅱ级天平。

D.1.2 校准依据：JJF(京) XXXX-20 XX 《重量稀释仪校准规范》。

D.1.3 环境条件：温度：(20±5)℃，变化不大于 2℃；

相对湿度：□85%，变化不大于 15%。

D.1.4 测量对象：50gF₁ 等级标准砝码按稀释比注水稀释后的混合物。

D.1.5 测量过程：按照校准规范要求，用标准砝码质量与稀释后天平称量质量的比值表示重量稀释仪系统稀释比。

D.2 稀释比误差测量结果的不确定度评定

D.2.1 数学模型

测量模型按公式 (C1)。

$$E=I-\frac{m_y}{m} \quad (C1)$$

式中：

E—质量示值误差；

I—称量系统质量示值；

m_y—样品稀释后在标准天平上的质量值。

m—标准样品质量值

D.2.2 灵敏度 C 的计算

$$C_1=Ed(m_y)=\frac{1}{m} \quad (C2)$$

$$C_2=Ed(m)=\frac{m_y}{m^2} \quad (C3)$$

D.2.3 不确定度来源分析

a) 标准砝码引入的标准不确定度 $u(m)$ ；

b) 天平示值引入的标准不确定度 $u(m_y)$ 。

D.2.4 测量不确定度评定

D.2.4.1 m 标准不确定度 $u(m)$ D.2.4.1.1 标准砝码参考值的标准不确定度 $u(\delta m_c)$

标准砝码参考值的标准不确定度为其扩展不确定度 U 与包含因子($k=2$)的商，按照公式 (C4) 计算。

$$u(\delta m_c)=\frac{U}{2} \quad (C4)$$

D.2.4.1.2 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 (C5) 计算。

$$u(\delta m_B) \approx |MPE|/4\sqrt{3} \quad (C5)$$

D.2.4.1.3 标准砝码的稳定性引起的标准不确定度 $u(\delta m_D)$

标准砝码的稳定性取其最大允许误差的三分之一，且服从矩形分布，按照公式 (C6) 计算。

$$u(\delta m_D) = |MPE| / 3\sqrt{3} \quad (C6)$$

D.2.4.1.4 标准砝码 m 的标准不确定度 $u(m)$

标准砝码参考质量的标准不确定度按照公式 (C7) 计算。

$$u(m) = \sqrt{u(\delta mc)^2 + u(\delta mB)^2 + u(\delta mD)^2} \quad (C7)$$

D.2.4.2 天平示值 m_y 的标准不确定度 $u(m_y)$ 评定D.2.4.2.1 由空载化整误差引入的不确定度 $u(\delta I_0)$

空载化整误差引入的标准不确定度按照公式 (C8) 计算。

$$u(\delta I_0) = \frac{d_0}{2} \quad (C8)$$

D.2.4.2.2 由加载化整误差引入的不确定度 $u(\delta I_{\text{digl}})$

加载化整误差引入的标准不确定度按照公式 (C9) 计算。

$$u(\delta I_{\text{digl}}) = \frac{d}{2\sqrt{3}} \quad (C9)$$

D.2.4.2.3 由天平称量引起的不确定度 $u(\delta I_{\text{rep}})$

由于稀释后的样品只经过一次称量，故将天平该重量误差带的最大允许误差的半宽按均匀分布计算得出天平称量引起的不确定度 $u(\delta I_{\text{rep}})$ 按照公式 (C10) 计算。

$$\text{故其标准不确定度为: } u(\delta I_{\text{rep}}) = \frac{|MPE|}{2\sqrt{3}} \quad (C10)$$

D.2.4.2.4 由偏载引入的不确定度 $u(\delta I_{\text{ecc}})$

由于混合物放置的位置不固定，按极限条件偏载引入的标准不确定度按照公式 (C11) 计算。

$$\text{故其标准不确定度为: } u(\delta I_{\text{ecc}}) = \frac{|MPE|}{2\sqrt{3}} \quad (C11)$$

D.2.4.2.5 称量系统示值的标准不确定度 $u(m_y)$

示值的标准不确定度按照公式 (C12) 计算。

$$u(m_y) = \sqrt{u(\delta I_0)^2 + u(\delta I_{\text{digl}})^2 + u(\delta I_{\text{rep}})^2 + u(\delta I_{\text{ecc}})^2} \quad (C12)$$

D.2.4.3 称量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 (C12) 计算

$$u_c(E) = \sqrt{C_2 \times u(m)^2 + C_1 u(m_y)^2} \quad (C12)$$

D.2.4.5 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 (C13) 计算。

$$U(E) = k \times u_c(E) = 2 u_c(E) \quad (C13)$$

D.3 稀释倍数误差测量不确定度评定实例

D.3.1 用标准砝码按 2 的稀释倍数稀释得到混合物，放在 $\textcircled{\text{II}}$ 天平上进行称量试验数据如表 C.1 所示。

天平、砝码标准信息如下:

天平质量测量范围: (0~2200) g;

称量系统质量测量分辨力: 0.01g

砝码标准的质量: 50g

砝码标准的准确度等级: F₁ 等级。

表 D.1 称量示值误差评定实例数据

砝码质量 m (g)	天平示值 m _y (g)	稀释倍数 I
50.00	100.00	2

D.3.2 灵敏度 C 的计算

$$C_1 = Ed(m_y) = \frac{1}{m} = 0.02$$

$$C_2 = Ed(m) = \frac{m_y}{m^2} = 0.025$$

D.3.3 标称值为 50g 的 F₁ 等级砝码不确定分量的计算

D.3.3.1 参考质量的标准不确定度 u(m)

(1) 标准砝码参考值的标准不确定度 u(δ m_c)

标准砝码参考值的标准不确定度为其扩展不确定度 U 与包含因子(k=2)的商, 其不确定度为:

$$u(\delta m_c) = \frac{U}{2} = \frac{0.18}{2} = 0.09\text{mg}$$

标准砝码的稳定性引起的标准不确定度 u(δ m_D)

标准砝码的稳定性取其最大允许误差的三分之一, 且服从矩形分布, 其不确定度为:

$$u(\delta m_D) = \frac{|MPE|}{3\sqrt{3}} = \frac{0.3}{3\sqrt{3}} = 0.06\text{mg}$$

(3) 空气浮力引起的标准不确定度 u(δ 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为:

$$u(\delta m_B) \approx \frac{|MPE|}{4\sqrt{3}} = \frac{0.3}{4\sqrt{3}} = 0.05\text{mg}$$

(4) 标准砝码 m 的标准不确定度 u(m)

标准砝码 m 的标准不确定度为:

$$u(m) = \sqrt{u(\delta m_c)^2 + u(\delta m_B)^2 + u(\delta m_D)^2} = 0.12\text{mg}$$

D.3.3.2 天平示值 m_y 的标准不确定度 u(m_y) 评定

(1) 空载化整误差引入的不确定度 u(δ I₀)

$$u(\delta I_0) = d_0/2 = 5\text{mg}$$

(2) 由加载化整误差引入的标准不确定度 u(δ I_{digit})

$$u(\delta I_{\text{digit}}) = \frac{d}{2\sqrt{3}} = \frac{0.01}{2\sqrt{3}} = 3\text{mg}$$

(3) 天平称量引起的标准不确定度 u(δ I_{rep})

由于稀释后的样品只经过一次称量, 故将天平该重量误差带的最大允许误差的半宽按均匀分布计算得出天平称量引起的不确定度

$$u(\delta I_{rep}) = \frac{|\text{MPE}|}{2\sqrt{3}} = \frac{0.5e}{2\sqrt{3}} = 15\text{mg}$$

(4) 由偏载引入的不确定度 $u(\delta l_{ecc})$

由于混合物放置的位置不固定,按极限条件可将该重量误差带的最大允许误差的半宽按均匀分布作为偏载引起的标准不确定度

$$u(\delta l_{ecc}) = \frac{|\text{MPE}|}{2\sqrt{3}} = \frac{0.5e}{2\sqrt{3}} = 15\text{mg}$$

(5) 称量系统示值的标准不确定度 $u(m_y)$

示值的标准不确定度为:

$$u(m_y) = \sqrt{u(\delta l_0)^2 + u(\delta l_{dig})^2 + u(\delta I_{rep})^2 + u(\delta l_{ecc})^2} = 22\text{mg}$$

D.3.2.3 示值误差的合成标准不确定度 $u_c(E)$ 评定

示值误差合成标准不确定度为:

$$u_c(E) = \sqrt{C_1 \times u(m_y)^2 + C_2 u(m)^2} = \sqrt{0.02 \times 0.12^2 + 0.025 \times 22^2} = 0.011$$

D.3.2.4 称量示值误差的扩展不确定度 $U(E)$ 评定

取包含因子 $k=2$,则标称值为 50g 的 F₁ 等级砝码按 2 稀释倍数稀释后称量示值误差的扩展不确定度为:

$$U = k \times u_c = 2 \times u_c = 0.011$$