

# 定量包装商品净含量计量检验结果的不确定度评定

□周顺焯 王赛 李丁 罗检民 莫渝

(湖南省计量检测研究院, 长沙市 410014)

【摘要】文章依据JJF1070-2023《定量包装商品净含量计量检验规则》的要求, 分别介绍了以长度单位、质量单位、体积单位(密度法与绝对体积法)、面积单位及计数单位标注的定量包装商品净含量计量检验结果的不确定度的评定过程。首先明确测量方法和测量过程, 再建立一个数学测量模型, 分析测量不确定度的来源, 对不确定度进行计算, 最后对得出的结果进行分析报告。

【关键词】定量包装商品净含量; 计量检验; 不确定度评定

文献标识码: A

文章编号: 1003-1870 (2024) 06-0031-08

## 引言

从JJF1070—2023《定量包装商品净含量计量检验规则》中可知, 对于定量包装商品检验结果的不确定度是有相关要求的, 通过对不确定度的使用, 能很大程度上提升计量检验结果的准确性。准确程度的提升, 对我们日常的工作具有重要的意义。本文中, 通过明确测量方法和测量过程, 建立相关数学模型, 确定不确定度来源等一系列过程来计算定量包装商品计量检验结果的不确定度, 并对结果进行分析, 将得到的分析结果运用在日常的定量包装检验中, 为工作提供更细致的技术参考。以下分别是以质量单位、长度单位、体积单位(密度法与绝对体积法)、面积单位及计数单位标注净含量商品计量检验结果不确定度的评定过程。<sup>[1,2]</sup>

## 1 以质量单位标注净含量商品的示值误差的测量结果不确定度评定

### 1.1 (测量方法) 概述

#### 1.1.1 测量过程

按检验批抽取样品, 逐个测量样品毛重 $W_{ai}$ , 按检验规则附录C要求的去皮方法得到平均皮重 $\bar{W}_p$ , 将

毛重 $W_{ai}$ 减去皮重 $\bar{W}_p$ , 得到单件商品的实际含量 $q_i$ 。

#### 1.1.2 除去皮重方法

此法以样本量20件为例, 除皮方法为: 在样品中随机抽取2件样品, 测定其实际含量和皮重, 计算出实际含量之差和皮重之差, 通过两个差值的比值, 查表可得需要测定的皮重数量。

#### 1.1.3 其他有关说明

在符合上述条件下得到的测量结果, 一般可直接参照此方法进行不确定度的评定。

## 1.2 数学(或测量)模型

$$q_i = W_{ai} - \bar{W}_p$$

式中:  $q_i$ ——单件商品的实际含量;

$W_{ai}$ ——单件定量包装商品的毛重;

$\bar{W}_p$ ——单件包装材料的平均重量。

## 1.3 方差及灵敏系数

依方程  $u_c^2 = \sum (\partial f / \partial x_i)^2 u_{(x_i)}^2$

$$\text{得 } u_{(q_i)}^2 = C_{(W_{ai})}^2 u_{(W_{ai})}^2 + C_{(\bar{W}_p)}^2 u_{(\bar{W}_p)}^2$$

灵敏系数  $C_{(W_{ai})} = \partial q_i / \partial W_{ai} = 1$

$$C_{(\bar{W}_p)} = \partial q_i / \partial \bar{W}_p = -1$$

## 1.4 影响量(或输入量)的标准不确定度评定

本评定方法以常见的净含量 $Q_n$ 为6kg的商品净含量计量检验为例,其他量值的不确定度评定可参考此法。

1.4.1 输入量 $W_{ai}$ 引起的标准不确定度 $\mu_{(W_{ai})}$ 主要由电子天平四角偏载误差和电子天平分辨率引入<sup>[3, 4]</sup>

(1) 不确定度分量 $\mu_{(W_{a1})}$ : 电子天平分辨率

电子天平BSA8201,其分辨率为0.1g,  $a = \frac{1}{2} \times 0.1g = 0.05g$ ,服从均匀分布,  $k = \sqrt{3}$ ,  $\mu_{(W_{a1})} = a/k = 0.05/\sqrt{3} = 0.029g$ 。

(2) 不确定度分量 $\mu_{(W_{a2})}$ : 电子天平四角偏载误差

电子天平BSA8201,其偏载mpe为 $\pm 1.5g$ ,  $a = 1.5g$ ,服从均匀分布,  $k = \sqrt{3}$ ,  $\mu_{(W_{a2})} = a/k = 1.5/\sqrt{3} = 0.87g$ 。

(3) 输入量 $W_a$ 的标准不确定度合成:

$$\mu^2(W_a) = \mu^2(W_{a1}) + \mu^2(W_{a2}) = 0.029^2 + 0.87^2 = 0.757741$$

$$\mu(W_a) = \sqrt{0.757741} = 0.87g$$

1.4.2 平均皮重引入的不确定度分量 $\mu(\overline{Wp})$

采用不确定度A类评定,运用贝塞尔公式计算出该皮重样品的实验标准偏差 $s_p$ ,得出 $\mu(\Delta W2) = s_p = 0.58g$ 。<sup>[5]</sup>

1.4.3 标准不确定度汇总如表1

表1 以质量单位标注净含量商品的示值误差的测量结果标准不确定度

输入量 $X_i$	估计值 $x_i$	标准不确定度 $\mu(x_i)$	灵敏系数 $C_i = \partial f / \partial (X_i)$	不确定度分量 $\mu_i(y)$
$W_a$	6076.5g	0.87g	1	0.87g
$W_{a1}$		0.029g		
$W_{a2}$		0.87g		
$\overline{Wp}$	56.3g	0.58g	-1	0.58g
$q_i$	6020.2g			1.046g

1.5 被测量(或输出量)的合成标准不确定度的评定

$$\mu_{c(q_i)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2} = \sqrt{0.87^2 + 0.58^2} = 1.046g$$

1.6 (测量结果的)扩展不确定度的评定

扩展不确定度:  $U_{(q_i)} = k \times \mu_{c(q_i)} = 2 \times 1.046 = 2.1g$  <sup>[6]</sup>

1.7 测量不确定度报告

扩展不确定度为:  $U_{(q_i)} = 2.1g$ ,  $k=2$

2 以体积单位标注净含量商品的示值误差(密度法)的测量结果不确定度评定

2.1 (测量方法)概述

2.1.1 测量过程

按检验批抽取样品,逐个测量样品毛重 $W_{ai}$ ,按检验规则附录C要求的去皮方法得到平均皮重 $\overline{Wp}$ ,用每件样品的毛重 $W_{ai}$ 减去平均皮重 $\overline{Wp}$ ,逐个计算得到每件样品内装物的重量 $W_i$ 。在 $(20 \pm 2)^\circ C$ 条件下,将待测液体注入台式液体密度计中,得出本次测定

样品的密度,上述密度测定重复进行3次,取算术平均值 $\overline{\rho}$ 。将商品重量 $W_i$ 除以平均密度 $\overline{\rho}$ ,得到单件样品的实际含量 $q_i$ 。<sup>[7]</sup>

2.1.2 除去皮重方法

此法以样本量20件为例,去皮方法为,在样品中随机抽取2件样品,测定其实际含量和皮重,计算出实际含量之差和皮重之差,通过两个差值的比值,查表可得需要测定的皮重数量。

2.1.3 其他有关说明

在符合上述条件下得到的测量结果,一般可直接参照此方法进行不确定度的评定。

2.2 数学(或测量)模型

$$q_i = W_i / \overline{\rho}$$

式中:  $q_i$ ——定量包装商品容量;

$W_i$ ——定量包装商品毛重与平均皮重之差;

$\overline{\rho}$ ——液体的平均密度。

2.3 方差及灵敏系数

$$[\mu_{c(q_i)}]^2 = C_1^2 [\mu(W_i)]^2 + C_2^2 [\mu(\overline{\rho})]^2$$

灵敏系数  $C_1 = \bar{\rho}^{(-1)}$

$$C_2 = -\bar{\rho}^{(-2)} \times W_i$$

本评定方法以常见的标注净含量为8L 饮用水的净含量计量检验为例，其他量值的不确定度评定可参考此法。根据测量结果计算得出  $W_i$  为7984.1g， $\bar{\rho}$  为0.998 g/ml，可计算得出：

$$C_1 = \bar{\rho}^{(-1)} = 1.002$$

$$C_2 = -\bar{\rho}^{(-2)} \times W_i = -8016.132$$

## 2.4 影响量（或输入量）的标准不确定度评定

2.4.1 输入量  $W_i$  引起的标准不确定度  $\mu_{(W_i)}$  主要由电子天平的四角偏载误差、分辨率及被测商品皮重不均匀等引入。<sup>[8]</sup>

(1) 不确定度分量  $\mu_{(W_{i1})}$ ：电子天平分辨率引入，采用不确定度B类评定。

电子天平BSA8201，其分辨率为0.1g， $a = \frac{1}{2} \times 0.1g = 0.05g$ ，服从均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ， $\mu_{(W_{i1})} = a/k = 0.05/\sqrt{3} = 0.029g$ 。

(2) 不确定度分量  $\mu_{(W_{i2})}$ ：电子天平四角偏载误差引入，采用不确定度B类评定。

电子天平BSA8201，其偏载  $mpe$  为  $\pm 1.5g$ ， $a = 1.5g$ ，服从均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ， $\mu_{(W_{i2})} = a/k = 1.5/\sqrt{3} = 0.87g$ 。

(3) 不确定度分量  $\mu_{(\Delta W_{i3})}$ ：被检商品的皮重不均匀引入，用不确定度A类评定。

运用贝塞尔公式计算出该皮重样品的实验标准偏差  $s_p$ ，得出  $\mu_{(\Delta W_{i3})} = s_p = 0.049g$ 。

(4) 输入量  $W_i$  的标准不确定度合成：

$$\mu^2(W_i) = \mu^2(W_{i1}) + \mu^2(W_{i2}) + \mu^2(W_{i3}) = 0.0292 + 0.872 + 0.0492 = 0.760142$$

$$\mu(W_i) = \sqrt{0.760142} = 0.87g$$

2.4.2 输入量  $\bar{\rho}$  引入的不确定度主要来自标准器引入的不确定度分量  $\mu(\bar{\rho})$ ：采用不确定度B类评定。

台式密度计（DMA4500M），其检定证书上给出的  $U(\bar{\rho}) = 0.00009 g/ml$ ， $k=2$ ，得出  $\mu(\bar{\rho}) = U(\bar{\rho})/k = 0.000045 g/ml$ 。

2.4.3 标准不确定度汇总如表2：

表2 以体积单位标注净含量商品的示值误差(密度法)的测量结果不确定度

输入量 $X_i$	估计值 $x_i$	标准不确定度 $\mu(x_i)$	灵敏系数 $C_i$	不确定度分量 $\mu_i(y)$
$W_i$	7984.1g	0.87g	1.002ml/g	0.872ml
$W_{i1}$		0.029g		
$W_{i2}$		0.87g		
$W_{i3}$		0.049g		
$\bar{\rho}$	0.998 g/ml	0.000045 g/ml	$-8016.132g^{-1}$	0.361ml
$q_i$	8000.1ml			0.891ml

2.5 被测量（或输出量）的合成标准不确定度的评定

$$[\mu_c(q_i)]_2 = C_1^2[\mu_{(W_i)}]^2 + C_2^2[\mu(\bar{\rho})]^2$$

$$\mu_{c(q_i)} = 0.891ml$$

2.6 （测量结果的）扩展不确定度的评定

扩展不确定度： $U = k \times \mu_{(q_i)} = 2 \times 0.891 = 1.8ml$

2.7 测量不确定度报告

扩展不确定度为： $U = 1.8ml$ ， $k = 2$

## 3 以体积单位标注净含量商品的示值误差(绝对体积法)的测量结果不确定度评定

3.1 （测量方法）概述

3.1.1 测量过程

将样品倒入净含量标准器中，并静置等待30s及以上，全程样品温度应控制在  $(20 \pm 2)^\circ C$ ，将量瓶垂直放置并读数。读数时应该要注意，视线应当平齐于液面，读数应当按照液面弯月面下缘示值来读取。该示值即为样品的实际含量  $q_i$ 。

3.1.2 除去皮重方法

此法以样本量20件为例，除皮方法为，在样品中随机抽取2件样品，测定其实际含量和皮重，计算出实际含量之差和皮重之差，通过两个差值的比值，查表可得需要测定的皮重数量。

3.1.3 其他有关说明

在符合上述条件下得到的测量结果，一般可直

接参照此方法进行不确定度的评定。

### 3.2 数学（或测量）模型

$$q_i = \Delta Q$$

式中： $q_i$ ——商品净含量；

$\Delta Q$ ——检验量瓶示值。

### 3.3 方差及灵敏系数

依方程  $u_c^2 = \sum (\partial f / \partial x_i)^2 u_{(x_i)}^2$

$$\text{得 } u_{(q_i)}^2 = c_{(\Delta Q)}^2 u_{(\Delta Q)}^2$$

灵敏系数  $C_{(\Delta Q)} = \partial q_i / \partial \Delta Q = 1$

### 3.4 影响量（或输入量）的标准不确定度评定

本评定方法以常见的500ml 饮用水为例，经检验其实际含量 $q_i$  为502.4ml，其他量值的不确定度的评定可参考此法。

3.4.1 输入量  $\Delta Q$  的标准不确定度  $\mu_{(\Delta Q)}$  主要来源是检验量瓶分辨率、样本挂壁、人员估读误差、样品温度控制等引入的。

(1) 不确定度分量  $\mu_{(\Delta Q_1)}$ ：由检验量瓶分辨率引入，采用不确定度B类评定。

500ml 标准容量瓶，其分辨率为1ml， $a = 1/2 \times 1\text{ml} = 0.5\text{ml}$ ，服从均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，

$$\mu_{(\Delta Q_1)} = a/k = 0.5 / \sqrt{3} = 0.29\text{ml}$$

(2) 不确定度分量  $\mu_{(\Delta Q_2)}$ ：由样本挂壁引入，采用不确定度B类评定。

一般选用与标注净含量  $Q_n$  相同或接近的量瓶进

行测量，可减小挂壁量。饮用水的挂壁比较少，经多次实验数据得出其可能值为-0.6ml ~ -0.2ml，服从正态分布，其置信概率 $p=95\%$ ，查正态分布表，得 $k = 1.96$ ，

$$\mu_{(\Delta Q_2)} = \frac{(a_{\max} - a_{\min})}{2 \times 1.96} = \frac{[(-0.2) - (-0.6)]}{2 \times 1.96} = \frac{0.4}{2 \times 1.96} = 0.1\text{ml}$$

(3) 不确定度分量  $\mu_{(\Delta Q_3)}$ ：由人员估读误差引入，采用不确定度B类评定。

按500ml 标准容量瓶，其最小分度值为1ml，人员估读误差一般为  $\pm (1/2 \times 1)\text{ml} = \pm 0.5\text{ml}$ ， $a = 0.5\text{ml}$ ，服从均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，

$$\mu_{(\Delta Q_3)} = 0.5 / \sqrt{3} = 0.29\text{ml}$$

(4) 不确定度分量  $\mu_{(\Delta Q_4)}$ ：由样品温度控制引入，采用不确定度B类评定<sup>[9,10]</sup>。

检验规则要求样品温度需控制在  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，但实际上，绝对体积法一般在受检单位或检验单位的实验室进行，环境温度和测量操作时都会使样品温度控制产生一定的波动，一般要求不超过  $\pm 1^\circ\text{C}$ ，根据饮用水的密度温度变化表，可以得出样品温度控制输入的误差范围为  $(-0.1 \sim 0.1)\text{ml}$ ，服从正态分布，查正态分布表，得 $k = 1.96$ ，

$$\mu_{(\Delta Q_4)} = \frac{(a_{\max} - a_{\min})}{2 \times 1.96} = \frac{[0.1 - (-0.1)]}{2 \times 1.96} = \frac{0.2}{2 \times 1.96} = 0.05\text{ml}$$

### 3.4.2 标准不确定度汇总如表3

表3 以体积单位标注净含量商品的示值误差(绝对体积法)的测量结果不确定度

输入量 $X_i$	估计值 $x_i$	标准不确定度 $\mu(x_i)$	灵敏系数 $C_i$	不确定度分量 $\mu_i(y)$
$\Delta Q$	502.4ml	0.425ml	1	0.425ml
$\Delta Q_1$		0.29ml		
$\Delta Q_2$		0.1ml		
$\Delta Q_3$		0.29ml		
$\Delta Q_4$		0.05ml		
$q_i$	502.4ml			0.425ml

### 3.5 被测量（或输出量）的合成标准不确定度的评定

$$\mu_{(q_i)} = \mu_{c(\Delta Q)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2} = \sqrt{0.29^2 + 0.1^2 + 0.29^2 + 0.05^2} = 0.425\text{ml}$$

### 3.6 （测量结果的）扩展不确定度的评定

扩展不确定度： $U = k \times \mu_{(q_i)} = 2 \times 0.425 = 0.85\text{ml}$

以体积标注净含量商品的示值误差的测量结果：

扩展不确定度为： $U = 0.85\text{ml}$ ， $k=2$

### 3.7 测量不确定度报告

#### 4 以长度单位标注净含量商品的示值误差的测量结果不确定度评定

##### 4.1 (测量方法)概述

##### 4.1.1 测量过程

按检验批抽取样品, 逐个测量样品毛重 $W_{ai}$ , 按检验规则附录C要求的去皮方法得到平均皮重 $\bar{W}_p$ , 用每件样品的毛重 $W_{ai}$ 减去平均皮重 $\bar{W}_p$ , 逐个计算得到每件样品内装物的重量 $W_i$ , 用拉力方法将样品中的首端、中端、末端3部分拉直, 通过使用钢直尺及其他剪切设备在这3部分分别量取单位长度, 并称重, 取其平均值, 即为样品的单位长度的重量 $\bar{L}$ 。用每件样品内装物的重量 $W_i$ 除以样品的单位长度的重量 $\bar{L}$ , 计算得到单件商品的实际含量 $q_i$ 。

##### 4.1.2 除去皮重方法

此法以样本量20件为例, 去皮方法为, 在样品中随机抽取2件样品, 测定其实际含量和皮重, 计算出实际含量之差和皮重之差, 通过两个差值的比值, 查表可得需要测定的皮重数量。

##### 4.1.3 其他有关说明

在符合上述条件下得到的测量结果, 一般可直接参照此方法进行不确定度的评定。

##### 4.2 数学(或测量)模型

$$q_i = W_i / \bar{L}$$

式中:  $q_i$ ——单件商品的实际含量;

$W_i$ ——定量包装商品毛重与平均皮重之差;

$\bar{L}$ ——单位长度的重量。

##### 4.3 方差及灵敏系数

依方程  $u_c^2 = \sum (\partial f / \partial x_i)^2 u^2(x_i)$

$$\text{得 } [\mu_c(q_i)]^2 = C_1^2 [\mu(W_i)]^2 + C_2^2 [\mu(\bar{L})]^2$$

灵敏系数  $C_1 = \bar{L}^{-1}$

$$C_2 = -\bar{L}^{-2} \times W_i$$

本评定方法以常见的电线(100m)的净含量计量检验为例, 其他量值的不确定度评定可参考此

法。根据测量结果计算得出单位长度重量为30.15g,  $W_i$ 为3013.6g, 可计算得出:

$$C_1 = \bar{L}^{-1} = 0.033$$

$$C_2 = -\bar{L}^{-2} \times W_i = -3.315$$

##### 4.4 影响量(或输入量)的标准不确定度评定

4.4.1 输入量 $W_i$ 引起的标准不确定度 $\mu(W_i)$ 主要由电子天平的四角偏载误差、分辨率和被测商品皮重不均匀等引入。<sup>[11]</sup>

(1) 不确定度分量 $\mu(W_{i1})$ : 由电子天平分辨率引入, 采用不确定度B类评定。

电子天平BSA8201, 其分辨率为0.1g,  $a = 1/2 \times 0.1g = 0.05g$ , 服从均匀分布,  $k = \sqrt{3}$ ,  $\mu(W_{i1}) = a/k = 0.05 / \sqrt{3} = 0.029g$ 。

(2) 不确定度分量 $\mu(W_{i2})$ : 由电子天平四角偏载误差引入, 采用不确定度B类评定。

电子天平BSA8201, 其偏载mpe为 $\pm 1.5g$ ,  $a = 1.5g$ , 服从均匀分布,  $k = \sqrt{3}$ ,  $\mu(W_{i2}) = a/k = 1.5 / \sqrt{3} = 0.87g$ 。

(3) 不确定度分量 $\mu(W_{i3})$ : 由被检商品的皮重不均匀引入, 用不确定度A类评定。

运用贝塞尔公式计算出该皮重样品的实验标准偏差 $s_p$ , 得出 $\mu(W_{i3}) = s_p = 0.00052g$ 。

##### (4) 输入量 $W_i$ 的标准不确定度合成

$$\mu^2(W_i) = \mu^2(W_{i1}) + \mu^2(W_{i2}) + \mu^2(W_{i3}) = 0.029^2 + 0.87^2 + 0.00052^2 = 0.757741$$

$$\mu(W_i) = \sqrt{0.757741} = 0.87g$$

4.4.2 单位长度商品引入的不确定度主要来自标准器引入的不确定度分量 $\mu(\bar{L})$ : 采用不确定度B类评定。

钢直尺的检定证书给出的重复性误差为0.0007m,  $a = 0.0007m$ , 均匀分布,  $k = \sqrt{3}$ ,

$$\mu(\bar{L}) = a/k = 0.0007 / \sqrt{3} = 0.0004m$$

##### 4.4.3 标准不确定度汇总如表4

表4 以长度单位标注净含量商品的示值误差的测量结果不确定度

输入量 $X_i$	估计值 $x_i$	标准不确定度 $\mu(x_i)$	灵敏系数 $C_i$	不确定度分量 $\mu_i(y)$
$W_i$	3013.6g	0.87g	0.033 m/g	0.029m
$W_{i1}$		0.029g		
$W_{i2}$		0.87g		
$W_{i3}$		0.00052g		
$\bar{L}$	30.15g	0.0004m	-3.315	0.0013m
$q_i$	99.96m			0.029m



4.5 被测量（或输出量）的合成标准不确定度的评定

$$[\mu_{c(q_i)}]^2 = C_1^2 [\mu(W_i)]^2 + C_2^2 [\mu_{(L1)}]^2$$

$$\mu_{c(q_i)} = 0.029\text{m}$$

4.6 （测量结果的）扩展不确定度的评定

$$\text{扩展不确定度: } U = k \times \mu_{c(q_i)} = 2 \times 0.029 = 0.058\text{m}$$

4.7 测量不确定度报告

以长度单位标注净含量商品的示值误差的测量结果扩展不确定度为： $U = 0.058\text{m}$ ， $k = 2$

## 5 以计数单位标注净含量商品的示值误差的测量结果不确定度评定

5.1 （测量方法）概述

5.1.1 测量过程

按检验批抽取样品，逐个测量样品毛重 $W_{ai}$ ，按检验规则附录C要求的去皮方法得到平均皮重 $\bar{w}_p$ ，从任一样品中随机抽取不少于20件该样品内装物的单件物品进行称量，计算其算术平均值作为测定样品内装物的单件物品重量 $w_g$ ，用每件样品的毛重 $W_{ai}$ 减去平均皮重 $\bar{w}_p$ ，再除以单件物品重量 $w_g$ ，计算得到商品实际净含量 $q_i$ 。

5.1.2 除去皮重方法

此法以样本量20件为例，去皮方法为，在样品中随机抽取2件样品，测定其实际含量和皮重，计算出实际含量之差和皮重之差，通过两个差值的比值，查表可得需要测定的皮重数量。

5.1.3 其他有关说明

在符合上述条件下得到的测量结果，一般可直接参照此方法进行不确定度的评定。

5.2 数学（或测量）模型

$$q_i = \Delta W / w_g$$

式中： $q_i$ ——商品实际含量；

$\Delta W$ ——商品毛重 $W_{ai}$ —商品平均皮重 $\bar{w}_p$ ；

$w_g$ ——商品内装物的单件物品重量。

5.3 方差及灵敏系数

$$\text{依方程 } u_c^2 = \sum (\partial f / \partial X_i)^2 u_{(X_i)}^2$$

$$\text{得 } [\mu_{c(q_i)}]^2 = C_1^2 [\mu_{(\Delta W)}]^2 + C_2^2 [\mu_{(w_g)}]^2$$

灵敏系数  $C_1 = w_g^{(-1)}$

$$C_2 = -w_g^{(-2)} \times \Delta W$$

本评定方法以常见的抽纸（100张）净含量计量检验为例，其他量值的不确定度评定可参考此法。

根据测量结果计算得出 $\Delta W$ 为116.6g，单件物品（单张纸）重量 $w_g$ 为1.15g，可计算得出：

$$C_1 = w_g^{(-1)} = 0.87$$

$$C_2 = -w_g^{(-2)} \times \Delta W = -88.17$$

5.4 影响量（或输入量）的标准不确定度评定

5.4.1 输入量 $\Delta W$ 引入的标准不确定度 $\mu_{(\Delta W)}$ 主要来源是由标准器分辨率、被测商品皮重不均匀等引入的。

（1）不确定度分量 $\mu_{(\Delta W_1)}$ ：由电子天平分辨率引入，采用不确定度B类评定。

电子天平BSA8201，其分辨率为0.1g， $a = \frac{1}{2} \times 0.1\text{g} = 0.05\text{g}$ ，服从均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ， $\mu_{(\Delta W_1)} = a/k = 0.05 / \sqrt{3} = 0.029\text{g}$ 。

（2）不确定度分量 $\mu_{(\Delta W_2)}$ ：由被检商品的皮重不均匀引入，采用不确定度A类评定。

运用贝塞尔公式计算出该皮重样品的实验标准偏差 $s_p$ ，得出 $\mu_{(\Delta W_2)} = s_p = 0.000089\text{g}$ 。

5.4.2 输入量 $w_g$ 引入的标准不确定度 $\mu_{(w_g)}$ 主要来源是由标准器分辨率、被检商品内装物单件物品重量不均匀等引入的。

（1）不确定度分量 $\mu_{(w_{g1})}$ ：由电子天平分辨率引入，采用不确定度B类评定。

电子天平CP1502，其分辨率为0.01g， $a = \frac{1}{2} \times 0.01\text{g} = 0.005\text{g}$ ，服从均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ， $\mu_{(w_{g1})} = a/k = 0.005 / \sqrt{3} = 0.0029\text{g}$ 。

（2）不确定度分量 $\mu_{(w_{g2})}$ ：由被检商品内装物单件物品重量不均匀引入，采用不确定度A类评定。

运用贝塞尔公式计算出被检商品内装物平均单件物品重量的实验标准偏差 $s_{w_g}$ ，得出 $\mu_{(w_{g2})} = s_{w_g} = 0.0012\text{g}$ 。

5.4.3 标准不确定度汇总如表5

表5 以计数单位标注净含量商品的示值误差的测量结果不确定度

输入量 $X_i$	估计值 $x_i$	标准不确定度 $\mu(x_i)$	灵敏系数 $C_i$	不确定度分量 $\mu_i(y)$
$\Delta W$ $\Delta W_1$ $\Delta W_2$	116.6g	0.029g 0.029g 0.000089g	0.87 张/g	0.025 张
$w_g$ $w_{g1}$ $w_{g2}$	1.15g	0.0031g 0.0029g 0.0012g	-88.17 张/g	0.27 张
$q_i$	102 张			0.27 张

5.5 被测量（或输出量）的合成标准不确定度的评定

$$\mu_{q_i} = \sqrt{\sum_{i=1}^n C_i^2 u_i^2} = \sqrt{0.025^2 + 0.27^2} = 0.27 \text{ (张)}$$

5.6 （测量结果的）扩展不确定度的评定

扩展不确定度： $U = k \times \mu_{(q_i)} = 2 \times 0.27 = 0.54$  张，因计数单位标注的净含量必须是整数，所以应把该小数进位至下一个紧邻的整数，其扩展不确定度： $U = 1.0$ （张）

5.7 测量不确定度报告

以计数单位标注净含量商品的示值误差的测量结果扩展不确定度为： $U = 1.0$ （张）， $k=2$

6 以面积单位标注净含量商品的示值误差的测量结果不确定度评定

6.1 （测量方法）概述

6.1.1 测量过程

检查被检每件样品，每件样品均匀选取3个测量点，分别是长、宽或直径，然后用测长计量器具对长、宽或直径进行测量，计算得到平均值，作为测量结果（长、宽或直径）。根据测量结果，利用面积公式计算出面积，即为每件样品的实际含量 $q_i$ 。

6.1.2 除去皮重方法

此法以样本量20件为例，除皮方法为，在样品中随机抽取2件样品，测定其实际含量和皮重，计算出实际含量之差和皮重之差，通过两个差值的比值，查表可得需要测定的皮重数量。

6.1.3 其他有关说明

在符合上述条件下得到的测量结果，一般可直接参照此方法进行不确定度的评定。

6.2 数学（或测量）模型

本评定方法以常见的直径100cm 面积 $Q_n$ 为78.5dm<sup>2</sup>圆形地毯为例，其他量值的不确定度评定可参考此法。

$$q_i = \pi R^2$$

式中： $q_i$ ——单件商品的实际含量；

$R$ ——被检商品的半径，等于直径的一半即 $d/2$ 。

6.3 方差及灵敏系数：

$$\text{依方程 } u_C^2 = \sum (\partial f / \partial x_i)^2 u_{(X_i)}^2$$

$$\text{得 } u_{(q_i)}^2 = C_{(R)}^2 u_{(R)}^2$$

$$\text{灵敏系数 } C_{(R)} = \partial q_i / \partial R = 2\pi R$$

根据测量结果计算得出 $R=d/2=50.3\text{cm}$ ，可计算出：

$$C_R = 2\pi R = 315.884$$

6.4 影响量（或输入量）的标准不确定度评定

6.4.1 输入量 $R$ 的标准不确定度 $\mu_{(R)}$ 来源主要是被检商品外形尺寸不均匀和长度测量标准器引入的不确定度等。

（1）被检商品外形尺寸不均匀引入的不确定度分量 $\mu_{(R1)}$ ：采用不确定度A类评定

运用极差法计算出实验标准偏差 $s_p$ ，得出 $\mu_{(R1)} = s_p = 0.059\text{cm}$ 。

（2）长度测量标准器引入的不确定度分量 $\mu_{(R2)}$ ：采用不确定度B类评定。

5m 钢卷尺分辨率为1mm， $a = 1/2 \times 1\text{mm} = 0.5\text{mm}$ ，服从均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，

$$\mu_{(R2)} = a/k = 0.5 / \sqrt{3} = 0.29\text{mm} = 0.029\text{cm}$$

6.4.2 标准不确定度汇总见表6

表6 以面积单位标注净含量商品的示值误差的测量结果不确定度

输入量 $X_i$	估计值 $x_i$	标准不确定度 $\mu(x_i)$	灵敏系数 $C_i$	不确定度分量 $\mu_i(y)$
$R$ $R_1$ $R_2$	50.3cm	0.066cm 0.059cm 0.029cm	315.884cm	0.21dm <sup>2</sup>
$q_i$	79.4dm <sup>2</sup>			0.21dm <sup>2</sup>

6.5 被测量（或输出量）的标准不确定度的评定

$$\mu_{q_i} = C_R \times \mu_R = 315.884 \times 0.066 = 20.85 \text{cm}^2 = 0.21 \text{dm}^2$$

6.6 （测量结果的）扩展不确定度的评定

$$\text{扩展不确定度: } U = k \times \mu_{q_i} = 2 \times 0.21 = 0.42 \text{dm}^2$$

6.7 测量不确定度报告

以面积单位标注净含量商品的示值误差的测量结果扩展不确定度为： $U = 0.22 \text{mm}$ ， $k=2$

## 7 结语

通过对以上6种用不同方式标注的定量包装商品的不确定度进行分析，并将分析得到的结果运用在今后的定量包装检验工作中，能在很大程度上增加检验结果的准确可靠性，这对提升定量包装计量检验工作的质量具有很重要的作用。

## 参考文献

[1] JJF 1070—2023 定量包装商品净含量计量检验规则[S].

[2] 定量包装商品计量监督管理办法[J]. 中国计量, 2023, (05): 57-59.

[3] 沈晓锋. 浅谈以质量净含量标注的定量包装商品测得值不确定度分析[J]. 计量与测试技术, 2018, 45(02): 114-115. DOI:10.15988/j.cnki.1004-6941. 2018.02.040.

[4] 姜玲, 罗建. 定量包装商品净含量计量检验结果不确定度评定(以质量单位标注净含量)[J]. 科学咨询(科技·管理), 2018, (02): 119.

[5] 黄世超, 刘炜, 姚柠. 对质量标注的定量包装商品测量不确定度评定[J]. 衡器, 2016, 45 (04): 28-29.

[6] 蒋天睿, 李进峰. 以质量标注净含量定量包装商品计量检验的不确定度评定[J]. 内蒙古科技与经济, 2016, (01): 81+83.

[7] 曹莹. 以体积净含量标注的定量包装商品测量结果的不确定度评定[J]. 衡器, 2016, 45 (04): 30+35.

[8] 王琳, 王赛, 周顺辉等. 基于密度温度变化表的定量包装商品灌装研究[J]. 计量科学与技术, 2020, (12): 61-65.

[9] 刘丹. 浅谈温度对定量包装商品净含量检验的影响[J]. 中国计量, 2016, (06): 97-98. DOI:10.16569/j.cnki.cn11-3720/t.2016.06.051.

[10] 冯芙蓉. 以体积标注净含量定量包装商品计量检验的不确定度评定[J]. 中国计量, 2015, (06): 89-90. DOI:10.16569/j.cnki.cn11-3720/t.2015.06.038.

[11] 李莎. 以质量标注净含量的定量包装商品检验结果的不确定度分析[J]. 铁道技术监督, 2010, 38 (11): 27-29.

## 作者简介

周顺辉, 女(1996—), 湖南长沙人, 本科, 助理工程师, 就职于湖南省计量检测研究院。主要研究方向为, 商品计量、衡器计量。