

刘洋

# 附件 A

## 聚丙烯、聚乙烯定量包装测量过程不确定度评定报告

### 1 概要

#### 1.1 目的

依据聚丙烯车间《聚丙烯装置岗位操作法》，评估聚丙烯定量包装测量不确定度。

#### 1.2 被测量数据模型

$$m = m_{示} + E \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$m$ —实际质量，kg；

$m_{示}$ —质量的示值，kg；

$E$ —定量自动包装秤的校准修正值，kg。

$$E = m_{砝} - (I + 0.5e - \Delta m_{砝} + \Delta E_s + \Delta E_g) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$E$ —定量包装秤的校准修正值；

$m_{砝}$ —标准砝码的质量；

$I$ —定量自动包装秤显示值；

$e$ —检定分度值；

$\Delta m_{砝}$ —附加砝码；

$\Delta E_s$ —检定重复性误差；

$\Delta E_g$ —电源电压变化引进的误差。

#### 1.3 不确定度来源识别

聚丙烯定量包装测量的不确定度来源分析见图 1

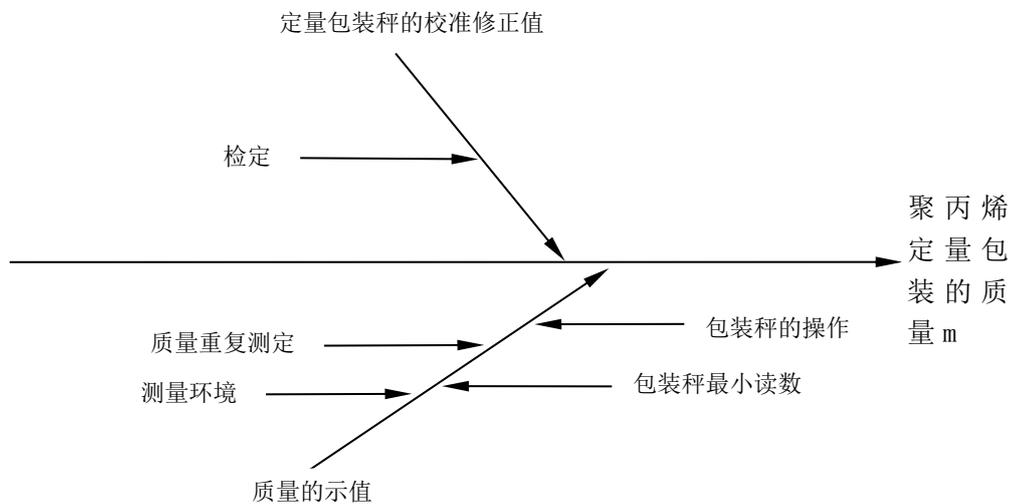


图 1 聚丙烯定量包装测量的不确定度来源因果图

## 2 不确定度分量的定量

根据公式 (1) 的数学模型, 得出其不确定分量:

$$u^2(m) = u^2(m_{示}) + u^2(E) \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$u(m)$ —聚丙烯定量包装测量不确定度;

$u(m_{示})$ —质量示值的测量不确定度;

$u(E)$ —修正值的测量不确定度。

根据公式 (2) 的数学模型, 得出修正值的测量不确定度分量:

$$u^2(E) = u^2(m_{砝}) + u^2(\Delta m_{砝}) + u^2(\Delta E_s) + u^2(\Delta E_g) \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$u(E)$ —定量包装秤的校准修正值测量不确定度;

$u(m_{砝})$ —标准砝码的质量测量不确定度;

$u(\Delta m_{砝})$ —附加砝码测量不确定度;

$u(\Delta E_s)$ —检定重复性误差测量不确定度;

$u(\Delta E_g)$ —电源电压变化引进的测量不确定度。

标准砝码和附加砝码两项相同, 可以合并

$$u^2(E) = u^2(m_{砝}) + u^2(\Delta E_s) + u^2(\Delta E_g) \dots\dots\dots (5)$$

### 2.1 不确定度来源分析

根据公式 (3) 得知聚丙烯定量包装测量不确定度应是质量示值的测量不确定度和定量包装秤的校准修正值测量不确定度的合成。而质量示值的测量不确定度应考虑重复测量的不确定度分量和定量包装秤的最小分度产生的不确定度分量。根据公式 (5) 得知定量包装秤的校准修正值测量不确定度应考虑标准砝码的质量测量不确定度、测量重复性误差测量不确定度、偏载误差测量不确定度、电源电压变化引进的测量不确定度分量。

#### 2.1.1 质量的示值测量不确定度

##### a) 重复测量的不确定度分量

表 1 聚丙烯定量包装 10 次测定结果

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
质量, kg	25.15	25.14	25.15	25.14	25.14	25.15	25.14	25.15	25.14	25.14

10次测定结果的平均值: 25.144kg

由贝赛尔公式求得单次测量标准

$$S(m) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (m_i - \bar{m})^2}{n - 1}} = 0.0052$$

kg

$$u(m_{\text{重}}) = S(m) / \sqrt{10} = 2.1 \text{ g}$$

b) 定量包装秤的最小分度的不确定度分量

测量过程使用的定量包装秤。其最小分度为0.01kg，假设呈矩形分布：

$$u(m_d) = \frac{d}{\sqrt{3}} = \frac{0.01}{1.732} = 0.0058 \text{ kg} = 5.8 \text{ g}$$

式中：

$u(m_d)$ —定量包装秤的最小分度产生的不确定度分量；

d—最小分度。

c) 质量的示值测量不确定度

$$u(m_{\text{示}}) = \sqrt{(u(m_{\text{重}}))^2 + (u(m_d))^2} = 6.0 \text{ g}$$

### 2.1.2 定量包装秤的校准修正值测量不确定度

a) 检定重复性引起的不确定度

按照《数字指示秤》检定规程要求，定量包装秤应在最大称量点进行重复性试验，用50kg砝码经过在最大称量点进行10次重复性试验，得到示值如下：50.01；50.00；50.02；49.99；

50.00；50.01；50.01；50.00；50.01；49.99 取以上10次数据的算术平均值

$$\bar{x} = 50.00 \text{ kg}$$

计算实验标准偏差为：

$$s(x_1) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 9.2 \text{ g} \quad (N=10)$$

$$u(\Delta E_s) = s(\bar{x}) = \frac{s(x_1)}{\sqrt{n}} = \frac{9.2}{\sqrt{10}} = 2.9 \text{ g} \quad (N=10)$$

b) 衡量仪器的显示分辨率引起的测量不确定度

电源电压在规定的条件下变化可能会造成示值变化0.2e(e-分度值)，即10g，假设呈矩形分布：。

$$u(d) = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{10}{\sqrt{3}} = 5.8 \text{ g}$$

c) 砝码引起测量不确定度

砝码引起测量不确定度应包括标准砝码的质量测量不确定度  $u(m_{\text{砝}})$  和附加砝码测量不确定度  $u(\Delta m_{\text{砝}})$ ；

10kg的M1等级公斤砝码最大扩展不确定度  $u=0.087\text{g}$  包含因子  $k=3$ ，单个砝码不确定度：

$$u(m_1) = \frac{u}{k} = \frac{0.087}{3} = 0.029 \text{ g}$$

而5个砝码的不确定度  $u(m)$  应为：

$$u(m) = u(m_{\text{砝}}) + u(\Delta m_{\text{砝}}) = u(m_1) \times \sqrt{n} = 0.029 \times \sqrt{5} = 0.065 \text{ g}$$

d) 定量包装秤的校准修正值测量不确定度

$$u(E) = \sqrt{u^2(m_{\text{砝}}) + u^2(\Delta E_s) + u^2(d)}$$

$$= \sqrt{0.065^2 + 2.9^2 + 5.8^2} = 6.5 \text{ g}$$

### 2.1.3 合成标准不确定度

$$u(m) = \sqrt{u^2(m_{\text{示}}) + u^2(E)} = \sqrt{6.0^2 + 6.5^2} = 8.8 \text{ g}$$

根据以上计算得出了各不确定度分量数值及其不确定度分量具体见表 2。

表 2 聚丙烯定量包装测量的各不确定度

项 目	标准不确定度
质量的示值测量不确定度 $[u(m_{\text{示}})]$	6.0g
重复测量的不确定度分量 $[u(m_{\text{重}})]$	1.6g
定量包装秤的最小分度产生的不确定度分量 $[u(m_d)]$	5.8g
定量包装秤的校准修正值测量不确定度 $[u(E)]$	6.5g
检定重复性误差测量不确定度 $[u(\Delta E_s)]$	2.9g
衡量仪器的显示分辨率的测量不确定度 $[u(d)]$	5.8g
标准砝码的质量测量不确定度 $[u(m_{\text{砝}})]$	0.065g
合成标准不确定度 $[u(m)]$	8.8g

### 3 计算扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，则扩展不确定度为

$$U = k \times u(m) = 2 \times 8.8 = 17.6 \text{ g} \approx 20 \text{ g}$$

### 4 聚丙烯定量包装测定结果

$m = (25.14 \pm 0.02) \text{ kg}$  (包含因子  $K = 2$ ，置信概率 95%)