

---

# 生物气溶胶采样器校准规范

## 编制说明

全国生物计量技术委员会

北京市计量检测科学研究院

规范编制组

2021.11

---

# 目 录

- 一、任务来源
- 二、编制规范的目的和意义
- 三、规范编制工作过程
- 四、规范编制的原则与依据
- 五、制定主要内容及技术关键
- 六、规范实施建议

全国生物计量技术委员会

---

## 一、 任务来源

根据总局办公厅市监量函（2021）50号《市场监督管理总局办公厅关于做好国家计量技术规范制定、修订及宣贯计划有关事项的通知》以及全国环境化学计量技术委员会环化委员会（2021）023号《关于落实2021年国家计量技术法规制、修订计划的函》的要求，由北京市计量检测科学研究院、中国计量科学研究院、青岛众瑞智能仪器股份有限公司等单位共同制定了《生物气溶胶采样器校准规范》。

## 二、 编制规范的目的和意义

气溶胶是由固态或液态颗粒物悬浮在气体中，混合形成的多相分散系统，这些颗粒大小不一，从直径小于0.1微米的病毒到直径为100微米或更大的真菌孢子，它们可以以单一未附着的生物体或聚集体的形式出现，生物气溶胶或细小颗粒物可将致病微生物由呼吸带入人体，引起对健康的危害。新型冠状病毒疫情爆发以来，公共卫生安全愈发受到了社会的关注，对于公共环境（例如车站、机场、社区等人员密集场所），气溶胶中的微生物是传播病毒、引发健康问题的关键元凶，如何有效采集气溶胶中的微生物，充分了解其浓度和种属等情况，是公共卫生领域研究的关键问题，同时粉尘浓度测量也是环境监测工作的重要内容。为了对空气中的颗粒物进行观测，需要对其进行采样。颗粒物采样器按照使用领域的不同可分为环境监测及生物安全两大类，其中环境监测领域的采样器包括粉尘浓度测量仪器的前端切割器、呼吸性粉尘采样头和多级撞击采样器等；生物安全领域的采样器包括固体撞击式、液体冲击式、滤膜采样、静电式采样器等。伴随着颗粒物采样器的推广和使用，对其技术参数的规范和统一以及各指标的校准和溯源变得愈发重要，其中采样器的物理效率是评价其采样有效性的重要指标，也是目前国产仪器卡脖子问题。

## 三、 规范编制工作过程

提出单位：北京市计量检测科学研究院

起草单位：北京市计量检测科学研究院 中国计量科学研究院 青岛众瑞智能仪器股份有限公司

## 四、 编制原则和依据

1. 本标准在制定中应遵循以下基本原则：

---

a) 本标准编写格式应符合《国家计量检定规程管理办法》、JJF1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1059-2012《测量不确定度评定与表示》等标准的规定。

b) 本标准要与国家的节能政策、环境保护政策等相一致；

c) 本标准要与已颁布实施的相关标准进行衔接；

d) 本标准规定的技术内容及要求应科学、合理，具有适用性和可操作性。

2. 本标准编写的依据：

本规范依据 JJF1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1059《测量不确定度评定与表示》编写，参考了 JJF1826-2020《空气微生物采样器校准规范》、GB3095-2012《环境空气质量标准》、GB/T38517-2020《颗粒生物气溶胶采样和分析通则》和 GB/T 39990-2021《颗粒生物气溶胶采样器 技术条件》的有关规定。

## 五、 制定主要内容及技术关键

### 1. 适用范围

本规范适用于不同工作流量（100~1000）L/min、不同原理的生物气溶胶采样器的校准。

### 2. 本标准的主要内容

#### 2.1 流量示值误差

流量示值误差不超过 $\pm 5\%$ 。

#### 2.2 流量重复性

流量重复性 $\leq 2\%$ 。

#### 2.3 流量稳定性

流量稳定性 $\leq 5\%$ 。

#### 2.4 计时误差

计时误差不超过 $\pm 1s$ 。

#### 2.5 采样物理效率

粒径为  $1\mu m$  时的采样物理效率应 $\geq 70\%$ 。

#### 2.6 采样生物效率

检验用指示生物相对采样生物效率应 $\geq 70\%$ ，并标注参照标准采样器。

## 六、 不确定度评定

### 6.1 流量示值误差测量结果的不确定度评定

#### 6.1.1 概述

按规范要求，用流量校准装置测量被校采样器流量，重复测量 3 次，计算流量示值误差。

#### 6.1.2 测量模型

按规范要求，用流量校准装置测量被校采样器流量，重复测量 3 次，计算流量示值误差。

$$Q_s = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{3} \quad (4.1)$$

$$\Delta Q = \frac{Q - Q_s}{Q_s} \times 100\% \quad (4.2)$$

式中：

$Q$ -----被校采样器流量设定值，L/min；

$Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$ -----流量校准装置 3 次测量值，L/min；

$Q_s$ -----流量校准装置标准值，L/min。

#### 6.1.3 方差和灵敏系数

由公式（4.2）得出， $Q$  是被校采样器流量设定值，是一常数，因此不确定度来源仅为流量校准装置标准值  $Q_s$  引入，则标准不确定度计算公式为：

$$u(\Delta Q) = cu(Q_s) \quad (4.3)$$

其中，灵敏系数  $c = \frac{\partial \Delta Q}{\partial Q_s} = -\frac{Q}{Q_s^2}$ 。

#### 6.1.4 不确定度来源

流量（量值）测量不确定度的来源有流量校准装置引入的不确定度和环境条件、人员操作和被校仪器等各种因素引入的不确定度。

#### 6.1.5 输入量的标准不确定度分量评定

##### 6.1.5.1 流量校准装置引入的标准不确定度 $u_1(Q_s)$

流量校准装置的相对扩展不确定度为 1.5% ( $k=2$ )，则流量校准装置引入的标准不确定度分量为：

$$u_1(Q_s) = \frac{1.5\%}{2} \times 400 \text{ L/min} = 3 \text{ L/min}$$

#### 6.1.5.2 重复性引入的标准不确定度 $u_2(Q_s)$

由环境条件、人员操作和被校仪器等各种因素引入的标准不确定度，可采用 A 类评定。

采样器流量设定为 400L/min，对采样器进行 10 次重复测量，流量校准装置的实测流量分别为 399.5L/min、399.6L/min、400.3L/min、400.2L/min、399.4L/min、400.4L/min、400.8L/min、399.5L/min、400.5L/min、400.7L/min，平均值为 400.1L/min。

因此被校采样器流量示值单次测量的实验标准偏差为  $s=0.54 \text{ L/min}$ 。实际校准中重复测量 3 次取平均值，因此采样器流量标准值重复测量引入的不确定度分量为：

$$u_2(Q_s) = \frac{0.54 \text{ L/min}}{\sqrt{3}} = 0.31 \text{ L/min}$$

#### 6.1.5.3 标准不确定度汇总

标准不确定度汇总于表 4.1。

表 4.1 标准不确定度一览表

| 标准不确定度分量   | 不确定度来源      | 标准不确定度值   |
|------------|-------------|-----------|
| $u_1(Q_s)$ | 流量校准装置      | 3L/min    |
| $u_2(Q_s)$ | 采样器流量标准值重复性 | 0.31L/min |

#### 6.1.6 合成标准不确定度

$$\begin{aligned}
 u_c(\Delta Q) &= \sqrt{[cQ_s |u_1(Q_s)]^2 + [cQ_s |u_2(Q_s)]^2} \\
 &= \sqrt{\left[ -\frac{400\text{L/min}}{(400.1\text{L/min})^2} \right]^2 \times (3\text{L/min})^2 + \left[ -\frac{400\text{L/min}}{(400.1\text{L/min})^2} \right]^2 \times (0.31\text{L/min})^2} \\
 &= 0.75\%
 \end{aligned}$$

### 6.1.7 扩展不确定度

$$U = k \times u_c(\Delta Q) = 2 \times 0.75\% = 1.5\% (k = 2)$$

## 6.2 采样物理效率测量结果的不确定度

### 6.2.1 概述

按规范要求，依次分别选择粒径范围为（0.3~20） $\mu\text{m}$  或其他粒径范围的多种粒子，单分散或多分散均可，发生均匀、稳定的气溶胶，待浓度及待测采样器的采样流量稳定后，利用气溶胶粒径谱仪检测上游（参比管路）和下游的气溶胶浓度，计算采样器的采样物理效率。

### 6.2.2 测量模型

采样物理效率测量模型：

$$y = \frac{y_1 + y_2 + y_3}{3} \quad (4.4)$$

式中： $y_1$ 、 $y_2$ 、 $y_3$  为 3 次测量生物气溶胶采样器的采样物理效率。

### 6.2.3 不确定度来源

采样物理效率的不确定度来源有采样物理效率测量重复性和采样物理效率校准装置引入的不确定度分量。

### 6.2.4 采样物理效率测量的标准不确定度评定

#### 6.2.4.1 测量重复性引入的标准不确定度

测量重复性引入的标准不确定度采用 A 类评定的方法。校准时测量 3 次，测量次数较少，因此用极差法按式（4.5）计算重复性引入的标准不确定度。因规范中提出了粒径为  $1\mu\text{m}$  时的采样物理效率计量特性要求，故由生物气溶胶采样器在  $1\mu\text{m}$  粒径处的测量数据计算采样物理效率测量重复性引入的标准不确定度。

---

$$u_a(y) = \frac{R}{C\sqrt{n}} = \frac{\max-\min}{C\sqrt{n}} = 0.51\% \quad (4.5)$$

式中： $R$  为极差； $C$  为极差系数，测量次数为 3 时取 1.69； $n$  为测量次数， $n=3$ 。

#### 6.2.4.2 采样物理效率校准装置引入的标准不确定度

单次采样物理效率的测量模型：

$$y = \left(1 - \frac{C_2}{C_1}\right) \times 100\% \quad (4.6)$$

式中： $C_1$  和  $C_2$  为同一气溶胶测量装置得到的生物气溶胶采样器上下游的气溶胶浓度。

由气溶胶测量装置的校准证书可知其测量不确定度  $u(c)=5\%$ ， $k=2$ 。所以，由式 (4.6) 得  $u_{b,rel}(y) = \sqrt{2} u(c)/2 = 3.54\%$ ，换算成绝对量值得不确定度  $u_b(y) = 3.54\% \times 69.3\% = 2.45\%$ 。

#### 6.2.5 采样物理效率的合成标准不确定度

$$u(y) = \sqrt{[u_a(y)]^2 + [u_b(y)]^2} = 2.50\%$$

#### 6.2.6 扩展不确定度

$$U = k \times u(y) = 2 \times 2.58\% = 5.2\% (k = 2)$$

## 七、 规范实施建议

在本规范的制定过程中，起草小组以国内外技术资料及相关标准、大量实验数据为技术依据，本着科学合理、易于操作和普遍适用的原则，制定完成了生物气溶胶采样器校准规范。