



北京市地方计量技术规范

JJF (京) XXXX-XXXX

气溶胶发生器校准规范

Calibration Specification for Aerosol Generator

(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

气溶胶发生器校准规范

Calibration Specification for

Aerosol Generator

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

本规范委托 XXXXXXXX 负责解释

目 录

1 范围	1
2 概述	1
3 计量性能要求	1
4 校准条件	1
5 校准项目和校准方法	2
6 校准结果表达	4
7 复校时间间隔	4
附录 A.....	5
附录 B.....	7
附录 C.....	8

引 言

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》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》编写，参考了 JJF 1864-2020《气溶胶粒径谱仪校准规范》、JJF 1800-2020《气溶胶光度计校准规范》、JJF 2066-2023《气溶胶稀释器校准规范》、JJF(京)117-2023《颗粒物监测仪器校准装置校准规范》、GB/T 36066-2018《洁净室及相关受控环境检测技术分析与应用》的有关规定。

本规范为首次制定。

气溶胶发生器校准规范

1 范围

本规范适用于气溶胶发生器的校准，其他颗粒物发生器可参照本规范进行校准。

2 概述

气溶胶发生器（以下简称“仪器”）是能以加热、液压、气动、超声波、静电等方式生成浓度恒定、粒径范围适当（例如，0.05 μm ~2 μm ）微粒物质的器具。仪器通过不同原理将溶液、悬浊液、粉末、油等作为原料产生浓度可调且足够均匀、稳定的气溶胶，再经过滤膜采样称重或参比仪器的比对，实现气溶胶光度计等气溶胶监测类仪器的量值溯源。仪器主要由雾化器、储液池、气体调节阀及连接管路等部分组成。

3 计量性能要求

3.1 气溶胶发生浓度

\geq 仪器满量程的 90%。

3.2 气溶胶浓度稳定性

$\pm 5\%$ ($\geq 10 \text{ min}$)。

3.3 气溶胶粒径分布

根据客户要求。

3.4 流量示值误差

$\pm 5\%$ 。

注：以上指标不适用于合格性判定，仅供参考。

4 校准条件

4.1 环境条件

4.1.1 环境温度：(15~35) $^{\circ}\text{C}$ 。

4.1.2 相对湿度： $\leq 85\% \text{RH}$ 。

4.1.3 大气压力：(86~106) kPa。

4.1.4 供电电源：(220 \pm 22) V，(50 \pm 0.5) Hz。

4.1.5 其它：周围无明显影响校准系统正常工作的机械振动、电磁干扰。

4.2 校准用计量器具及配套设备

4.2.1 电子天平

准确度等级①，实际分度值不大于 0.0 1mg。

4.2.2 大气压力表

测量范围 (80~106) kPa, 示值误差不超过 ±250Pa。

4.2.3 温度计

测量范围 (0~50) °C, 分度值 0.1 °C。

4.2.4 电子秒表

分辨力 0.01 s。

4.2.5 标准采样装置

采样流量 (0.1~60) L/min, 流量稳定性不超过 5%; 采样滤膜对 0.3 μm 的颗粒物截留效率不低于 99.99%。

4.2.6 扫描电迁移率粒径谱仪

测量范围 (0.001~1) μm, 颗粒物计数重复性不大于 3%。

4.2.7 空气动力学粒径谱仪

测量范围 (0.5~20) μm, 颗粒物计数重复性不大于 5%。

4.2.8 流量标准装置

测量范围 (0.1~1200) L/min, 示值误差不超过 ±1%。

5 校准项目和校准方法

5.1 气溶胶发生浓度

将仪器的发生浓度设定为最大值, 待发生浓度稳定后, 利用标准采样装置在仪器出口位置进行采样, 记录采样流量、采样时间, 称量滤膜采样前后的质量, 根据公式 (1) 计算仪器的气溶胶发生浓度。

$$C_{MAX} = \frac{1}{3} \times \frac{\sum_{i=1}^3 (m_{后}^i - m_{前}^i)}{Q \cdot t} \times 1000 \quad (1)$$

式中:

C_{MAX} —— 被校仪器最高发生浓度, mg/m³;

$m_{前}^i$ —— 第 i 次测量采样前滤膜质量, mg;

$m_{后}^i$ —— 第 i 次测量采样后滤膜质量, mg;

Q —— 采样流量, L/min;

t —— 采样时间, min。

5.2 气溶胶浓度稳定性

选取装置满量程的 80% 的校准点 (或者根据工作需要设定校准点) 进行校准。待浓度稳定后, 按照与 5.1 相同的方法测量被校仪器的气溶胶发生浓度。每 10 分钟测量 1 次, 连续测量 6 次, 根据公式 (2) 计算仪器的气溶胶浓度稳定性。

$$S_C = \frac{1}{\bar{C}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2}{n-1}} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

S_C — 被校仪器的气溶胶浓度稳定性;

\bar{C} — 被校仪器 6 次气溶胶浓度的算术平均值, mg/m^3 ;

C_i — 被校仪器第 i 次测量时气溶胶浓度值, mg/m^3 ;

n — 测量次数, $n=6$ 。

5.3 气溶胶粒径分布

根据气溶胶发生器产生气溶胶的粒径范围选择校准用计量器具 (粒径 $\leq 1 \mu\text{m}$ 时选用扫描电迁移率粒径谱仪; 粒径 $> 1 \mu\text{m}$ 时选用空气动力学粒径谱仪)。选取启动装置并根据工作需要调节气溶胶浓度值, 将扫描电迁移率粒径谱仪 (或空气动力学粒径谱仪) 的采样管安装在被校仪器出口位置, 打开采样分析, 获得该浓度下仪器的气溶胶粒径分布图谱。

5.4 流量示值误差

将流量标准装置和被校仪器出口相连, 开启被校仪器, 分别读取流量标准装置和被校仪器的流量示值, 使仪器示值回零。按上述操作方法重复测量 3 次, 根据公式 (3) 计算仪器的流量示值误差。

$$\Delta Q = \frac{\bar{Q}_m - \bar{Q}_s}{\bar{Q}_s} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

ΔQ — 流量示值误差, %;

\bar{Q}_m — 被校仪器 3 次流量示值的算术平均值, L/min ;

\bar{Q}_s — 流量标准装置 3 次流量示值的算术平均值, L/min。

6 校准结果表达

校准结果应反映在校准证书或校准报告上, 校准证书或报告至少包括以下信息:

- a) 标题, 如“校准证书”或“校准报告”;
- 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, 如果与校准结果的有效性和应用有关时, 应说明被校对象的接受日期;
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时, 应对抽样程序进行说明;
- i) 对校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及编号;
- 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) 校准结果及测量不确定度的说明;
- m) 对校准规范的偏离的说明;
- n) 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;
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- p) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书或报告的声明。

7 复校时间间隔

建议仪器复校时间间隔为 1 年。使用单位也可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

校准原始记录(参考)格式

委托单号_____证书编号_____

送检单位_____校准地点_____

仪器名称_____仪器型号_____

制造厂商_____仪器编号_____

1. 环境条件:

温度_____℃ 湿度_____ %RH 大气压_____ hPa 其他_____

2. 校准使用的主要计量器具

标准器名称	编号	测量范围	准确度等级/最大允许误差/测量不确定度	证书编号/溯源单位	有效期至

3. 气溶胶发生浓度

测量次数	采样流量 Q (L/min)	采样时间 t (min)	滤膜质量		最高发生浓度 C_{MAX} (mg/m ³)	设计发生浓度 (mg/m ³)
			采样前 $m_{前}$ (mg)	采样后 $m_{后}$ (mg)		
1						
2						
3						

4. 气溶胶浓度稳定性

浓度点	气溶胶浓度 C_i (mg/m ³)					浓度平均值 \bar{C} (mg/m ³)	浓度稳定性 S_C (%)
1							
2							

5. 流量示值误差

流量标准装置示值 (L/min)				被校仪器示值 (L/min)				示值误差 ΔQ (%)
1	2	3	平均值 \bar{Q}_s	1	2	3	平均值 \bar{Q}_m	

本次气体流量示值误差校准结果的不确定度：_____

校准员_____ 核验员_____ 校准日期：_____年_____月_____日

附录 B

校准证书 (内页) 参考格式

证书编号: ×××××-×××××

校准结果

校准项目	技术要求	校准结果
气溶胶发生浓度	≥仪器满量程的 90%	
气溶胶浓度稳定性	±5% (≥10 min)	
气溶胶粒径分布	根据客户要求	
流量示值误差	±5%	

本次气溶胶发生器的气溶胶发生浓度校准结果的相对扩展不确定: $U_{rel}=XX$, ($k=2$)

附录 C

流量示值误差的不确定度评定示例

C.1 概述

按规范要求,用流量标准装置测量被校气溶胶发生器流量,重复测量 3 次,计算流量示值误差。

C.2 测量模型

流量示值误差测量模型:

$$\Delta Q = \frac{\bar{Q}_m - \bar{Q}_s}{\bar{Q}_s} \times 100\% = \left(\frac{\bar{Q}_m}{\bar{Q}_s} - 1 \right) \times 100\% \quad (\text{C.1})$$

式中:

ΔQ — 流量示值误差, %;

\bar{Q}_m — 被校仪器 3 次流量示值的算术平均值, L/min;

\bar{Q}_s — 流量标准装置 3 次流量示值的算术平均值, L/min。

C.3 灵敏系数

由公式 (1) 得出, 灵敏系数 $c(\bar{Q}_s) = \frac{\partial \Delta Q}{\partial \bar{Q}_s} = -\frac{\bar{Q}_m}{\bar{Q}_s^2}$

C.4 不确定度来源

影响示值测量不确定度的因素有:

——流量标准装置引入的不确定度;

——测量重复性引入的不确定度, 包括: 环境条件、人员操作和被校仪器的变动性等各种随机因素。

C.5 标准不确定度评定

C.5.1 流量标准装置引入的标准不确定度 $u_1(\bar{Q}_s)$ 的评定

流量标准装置的最大允许误差为 $\pm 1\%$, 采用 B 类方法进行评定, 估计均匀分布, $k = \sqrt{3}$, 则校准装置引入的不确定度:

$$u_1(\bar{Q}_s) = \frac{a}{k} = \frac{1\%}{\sqrt{3}} \times 1\text{L}/\text{min} = 0.0058\text{L}/\text{min} \quad (\text{C.2})$$

C.5.2 测量重复性引入的标准不确定度 $u_2(\bar{Q}_m)$ 的评定

重复测量引入的不确定度,采用 A 类方法进行评定。在流量点 1 L/min 处重复测量 10 次。具体测量结果见表 1。

表 1 各校准点测量结果

标准值 (L/min)	仪器示值(L/min)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1.01	1.03	1.05	1.08	1.05	1.03	1.06	1.09	1.08	1.09

各校准点分别按式 (C.3) 计算相对标准偏差 S_r 。

$$S_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2}{10-1}} \times 100\% = 0.028\text{L}/\text{min} \quad (\text{C.3})$$

实际校准中重复测量 3 次取平均值,因此仪器流量标准值重复测量引入的不确定度分量 $u_2(\bar{Q}_m)$ 按式 (C.4) 计算:

$$u_2(\bar{Q}_m) = \frac{S_r}{\sqrt{n}} = \frac{S_r}{\sqrt{3}} = 0.016\text{L}/\text{min} \quad (\text{C.4})$$

C.6 合成相对标准不确定度的评定

由于各个不确定分量是相对独立的,按照公式 (C.5) 计算不同浓度点合成相对标准不确定度:

$$\begin{aligned} u_{rel}(\Delta Q) &= |c(\bar{Q}_s)| \cdot u(\bar{Q}_s) \\ &= |c(\bar{Q}_s)| \cdot \sqrt{u_1^2(\bar{Q}_s) + u_2^2(\bar{Q}_s)} \\ &= \left| \frac{1}{(1.06)^2} \right| \times \sqrt{(0.0058)^2 + (0.016)^2} \\ &= 0.53\% \end{aligned} \quad (\text{C.5})$$

C.7 相对扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则各校准点示值误差的相对扩展不确定度按式 (C.6) 计算：

$$U_{rel} = k \times u_{rel}(\Delta Q) = 1.06\% (k = 2) \quad (\text{C.6})$$