

天津市地方计量技术规范

JJF(津)79-2022

环境空气颗粒物采样器校准规范

Calibration Specification for

Ambient Air Particulate Samplers

2022-10-30 发布

2023-01-30 实施

天津市市场监督管理委员会 发布

环境空气颗粒物采样器
校准规范

JJF(津) 79-2022

Calibration Specification for
Ambient Air Particulate Samplers

归口单位：天津市市场监督管理委员会

主要起草单位：天津市计量监督检测科学研究院

参加起草单位：天津同阳科技发展有限公司

本规范主要起草人：

施 鑫（天津市计量监督检测科学研究院）

甄 杨（天津市计量监督检测科学研究院）

王锡钢（天津市计量监督检测科学研究院）

李 坡（天津市计量监督检测科学研究院）

参加起草人：

陈文亮（天津同阳科技发展有限公司）

樊海春（天津同阳科技发展有限公司）

汪 锋（天津同阳科技发展有限公司）

张 涛（天津同阳科技发展有限公司）



目 录

引 言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语和定义	(1)
3.1 环境空气颗粒物采样器	(1)
3.2 采样流量	(1)
4 概述	(1)
4.1 工作原理	(1)
4.2 用途	(2)
5 计量性能要求	(2)
6 校准条件及设备	(3)
6.1 校准环境条件	(3)
6.2 校准工作条件	(3)
7 校准项目和校准方法	(3)
7.1 外观及工作正常检查	(3)
7.2 校准项目	(4)
8 校准结果的表达	(7)
9 复校时间间隔	(7)
附录 A 校准记录内容参考格式	(8)
附录 B 校准证书内页信息及格式	(9)
附录 C 环境空气颗粒物采样器流量校准结果不确定度评定示例	(10)

引言

环境空气颗粒物采样器主要应用于环境保护、空气质量监测领域中。此《环境空气颗粒物采样器》校准规范根据天津市环境空气颗粒物采样器的行业现状和技术水平，制定了统一的校准方法，适用于环境空气颗粒物采样器的流量校准。此规范中标准器技术指标参考 JJG 956-2013《大气采样器检定规程》，HJ 93-2013《环境空气颗粒物（PM10和 PM2.5）采样器技术要求及检测方法》HJ 656-2013《环境空气颗粒物（PM2.5）手工监测方法（重量法）技术规范》。

此规范中的不确定度评定依据 JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》进行，给出了一个校准示例的评定。

本规范首次制定。

环境空气颗粒物采样器校准规范

1 范围

本校准规范适用于采用滤膜称重法测量颗粒物浓度环境空气颗粒物采样器的校准。

2 引用文件

JJG 956 大气采样器检定规程

HJ 93 环境空气颗粒物（PM₁₀和PM_{2.5}）采样器技术要求及检测方法

HJ 656 环境空气颗粒物（PM_{2.5}）手工监测方法（重量法）技术规范

使用本规范时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 术语和定义

3.1 环境空气颗粒物采样器 ambient particulate samplers

采集环境空气中空气动力学当量直径为PM₁₀和PM_{2.5}的仪器或装置。

3.2 采样流量 sampling flow

在工作环境条件下，采样器采样流量保持定值，同时保证切割器切割特性的流量称为采样器的采样流量。

4 概述

4.1 工作原理

环境空气颗粒物采样器是对大气环境空气中颗粒物PM₁₀和PM_{2.5}采样的主要工具。采样器通过不同粒径的切割头对颗粒物进行筛选，将筛选出的颗粒物进行手工称重，同时计算采样时间并结合采样流量，得到颗粒物的质量浓度。环境颗粒物采样器的工作原理如图1所示。

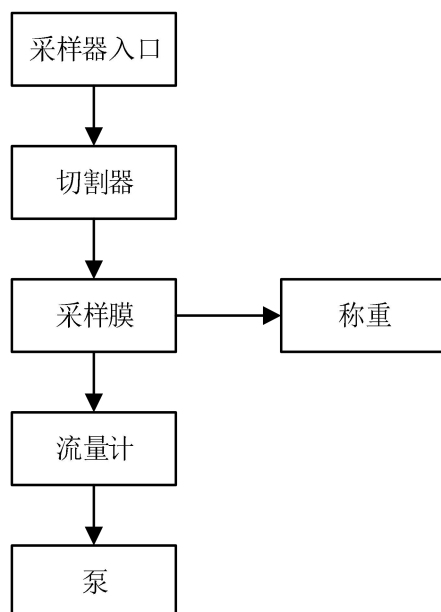


图1 环境空气颗粒物采样器工作示意图

环境空气颗粒物采样器由采样入口、 PM_{10} 或 $PM_{2.5}$ 切割器、滤膜夹、连接杆、流量测量及控制装置、抽气泵等组成。 PM_{10} 或 $PM_{2.5}$ 采样器通过抽气泵以采样流量抽取环境空气，环境空气样品以恒定的流量依次经过采样器入口、切割器， PM_{10} 或 $PM_{2.5}$ 颗粒物被采在滤膜上，采样后的气体经流量计、抽气泵由排气口排出。采样器实时测量流量计前压力、流量计前温度、环境大气压、环境温度等参数对采样流量进行控制。

4.2 用途

环境空气颗粒物采样器主要用于环境中颗粒物（ PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ ）的采集，结合采样后称重实现对环境空气中颗粒物质量浓度的测量，广泛应用环境保护、空气质量监测领域。

5 计量性能要求

采样流量示值误差： $\pm 5\%$ ；

平均流量偏差： $\pm 5\%$ 采样流量；

流量重复性： $\leq 2\%$ ；

流量稳定性： $\leq 2\%$ ；

温度示值误差： $\pm 2^\circ\text{C}$ ；

压力示值误差： $\pm 1\text{kPa}$ 。

注：以上指标不适用于仪器设备的合格性判断，仅供参考。

6 校准条件及设备

6.1 校准环境条件

环境相对湿度： $\leq 85\%$ ；

环境温度： $(15\sim 35)\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，温度波动度： $\leq 5^{\circ}\text{C}$ ；

大气压力： $(80\sim 106)\text{ kPa}$ 。

6.2 校准工作条件

仪器放置于水平台面上，周围无强烈振动，实验室内不得有强烈的机械振动和电磁干扰，不得存放与实验无关的易燃、易爆和强腐蚀性气体或试剂。

6.3 测量标准及配套设备

校准用设备均应经计量检定/校准合格并在有效期内方可使用，计量性能如表 1 所示。

表 1 校准用设备性能表

序号	设备名称	技术要求	用途
1	流量标准装置	最大允许误差： $\pm 1\%$	校准环境空气颗粒物采样器的流量
2	温度测量仪表	最大允许误差： $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$	测量温度
3	气压表（计）	最大允许误差： $\pm 2.5\text{ hPa}$	测量大气压力
4	计时器	最大允许误差： $\pm 0.02\text{ s}$	时间测量

7 校准项目和校准方法

7.1 外观及工作正常检查

7.1.1 仪器应有以下标志：名称、型号、制造日期、生产编号和制造厂名。

7.1.2 仪器外表不应有影响正常工作的机械损伤，各配件及接头、线缆等应完好。

7.1.3 气路连接正确，不应有漏气现象。数字显示应清晰、完整。

7.1.4 仪器运行与测量功能正常，仪器配套切割器满足 HJ93-2013《环境空气颗粒物（PM₁₀ 和 PM_{2.5}）采样器技术要求及检测方法》的要求。

7.2 校准项目

7.2.1 采样流量示值误差

接通仪器气路系统，将流量标准装置与采样进气口相连。设定采样流量，启动仪器，待稳定后，分别读取标准流量值和待校仪器示值3次，按公式（1）计算采样流量相对示值误差。

$$E = \frac{q_v - q_s}{q_s} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

E ——采样流量相对示值误差，%；

q_v ——被校仪器工作点流量3次测量值的平均值，L/min；

q_s ——流量标准装置的3次测量结果平均值，L/min。

流量校准示意图如图2所示。

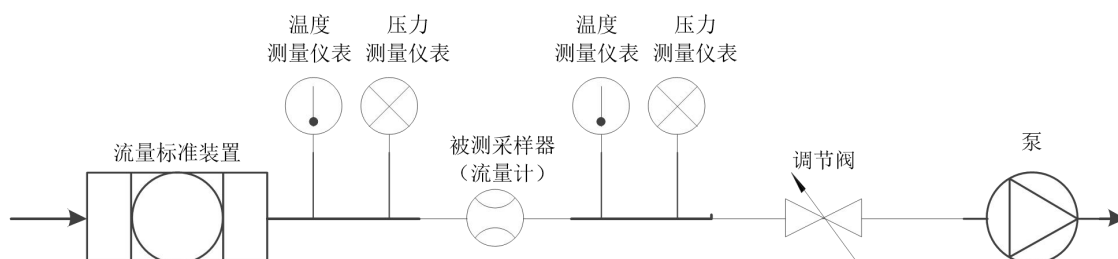


图2 流量校准示意图

被测采样器处的校准流量值按公式（2）进行计算

$$q_m = \frac{P_s T_m}{P_m T_s} q_s \quad (2)$$

式中：

q_m ——被测采样器处的校准流量，L/min；

P_s ——流量测量标准装置出口端的绝对压力，kPa；

P_m ——定流量发生器出口端的绝对压力，kPa；

T_m ——定流量发生器出口端的热力学温度，K；

T_s ——流量测量标准装置出口端的热力学温度，K；

q_s ——流量测量标准装置测量的流量值，L/min。

7.2.2 平均流量偏差

在校准环境中，待仪器稳定后，使用标准流量装置测量仪器的工况流量，重复测量 3 次，按公式(3)计算平均流量偏差。

$$q = \frac{\overline{q_r} - q_s}{q_s} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

q ——平均流量偏差；

$\overline{q_r}$ ——标准装置流量的算术平均值，L/min；

q_s ——仪器的工作点流量，在设定流量点下工作，通常为 16.67L/min。

7.2.3 流量重复性

在校准环境中，待仪器稳定后，使用流量标准装置测量仪器工况流量，重复测量 6 次，按照公式(4)计算流量重复性。

$$(E_r)_i = \left[\frac{1}{(n-1)} \sum_{j=1}^n (E_{ij} - E_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

式中：

$(E_r)_i$ ——第 i 校准流量点 j 次校准流量点的重复性，%。

7.2.4 流量稳定性

待仪器稳定后使用流量标准装置测量采样流量的初始值 q ，并开始计时，以后每隔 10min 读取一次，共 4 次，取 5 个读数中的最大值和最小值用公式(5)计算出采样流量稳定性。

$$\delta_q = \frac{q_{\max} - q_{\min}}{q} \times 100\% \quad (5)$$

式中:

δ_q ——流量稳定性, %;

q_{\max} ——标准装置被校采样点最大流量示值, L/min;

q_{\min} ——仪器被校采样点最小流量示值, L/min;

q ——仪器被校采样点流量初值。

7.2.5 温度示值误差

待被校仪器稳定后,每隔 1min 读取并记录一次标准温度所测量的环境温度值 T_{si} 和被校仪器大气温度传感器测得的环境温度值 T_{mi} , 共记录 3 次, 按公式 (7) 计算温度平均示值误差。

$$\Delta T_i = T_{mi} - T_{si} \quad (6)$$

$$\overline{\Delta T} = \frac{\sum_{i=1}^3 \Delta T_i}{3} \quad (7)$$

式中:

T_i ——第 i 次的温度示值误差, °C;

T_{si} ——第 i 次测量的标准温度计温度示值, °C;

$\overline{\Delta T}$ ——温度平均示值误差, °C。

7.2.6 大气压示值误差

待被校仪器稳定后,每隔 1min 读取并记录一次标准气压计压力值 P_{si} 和被校仪器大气环境压力显示值 P_{mi} , 按公式 (9) 计算被校仪器大气压示值误差。

$$\Delta P_i = P_{mi} - P_{si} \quad (8)$$

$$\overline{\Delta P} = \frac{\sum_{i=1}^3 \Delta P_i}{3} \quad (9)$$

式中:

P_i ——第 i 次的大气压示值误差, kPa;

P_{mi} ——第 i 次测量的仪器环境大气压示值, kPa;

P_{si} ——第 i 次测量的标准气压计的示值, kPa;

$\overline{\Delta P}$ ——大气压平均示值误差 kPa。

8 校准结果的表达

校准实验完成后，根据校准结果开具相应的校准证书。

校准记录格式参考附录 A，校准证书数据页格式可参见附录 B，校准结果不确定度分析可参见附录 C。

9 复校时间间隔

根据环境空气颗粒物采样器的使用要求、使用频次、环境条件等因素决定其复校时间间隔，为了确保环境空气颗粒物采样器在其规定的技术性能下使用，建议复校周期不超过 1 年。

附录 A

校准记录内容参考格式

校准日期：____年__月__日 温度：____°C 相对湿度 ____% 气压：____kPa

仪器名称：____ 型号：____ 证书编号：____

送校单位：____ 制造商名称：____

校准依据：____ 校准地点：____

一、外观与结构：

二、气路系统性能参数

采样流量示值误差 (L/min)							
	3 次测量值 (L/min)			平均值 (L/min)	误差 (%)		
流量指示值							
流量标准值							
平均流量偏差 (L/min)							
	1	2	3	平均值	平均流量偏差值		
流量值 (L/min)							
流量重复性 (%)							
次数	1	2	3	4	5	6	平均值
流量 (L/min)							
流量稳定性 (%)							
时间 (min)	0	10	20	30	40	流量稳定性 (%)	
流量 (L/min)							
温度示值误差 (°C)							
标准温度值	测量值			示值误差			
平均示值误差							
大气压示值误差 (kPa)							
仪器示值	大气压			示值误差			
平均示值误差							

校准员

核验员

附录 B

校准证书内页信息及格式

流量校准结果:

序号	校准项目	技术要求	校准结果	不确定度
1	流量示值误差	$\pm 5\%$		
2	平均流量偏差	$\pm 5\%$		/
3	流量重复性	$\leq 2\%$		/
4	流量稳定性	$\leq 2\%$		/
5	温度示值误差	$\pm 2^{\circ}\text{C}$		/
6	大气压示值误差	$\pm 1\text{kPa}$		/

附录 C

环境空气颗粒物采样器流量校准结果不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 环境条件：环境温度为 22.5℃，温度波动度≤5℃，环境相对湿度：≤85%。

C.1.2 测量对象：环境空气颗粒物采样器。

C.1.3 测量标准：流量标准装置：测量范围为(20~6000)L/h，扩展不确定度 $U_{rel}=0.5\%$ ($k=2$)。

C.1.4 测量方法：在环境条件下，连接好气路，开启测量仪器，按照规范要求，在采样流量 16.67L/min 条件下，记录环境空气颗粒物采样器显示的采样流量，重复测量 6 次。

C.2 不确定度分析

C.2.1 测量模型

采样流量示值误差的测量模型为：

$$E = \frac{q_v - q_s}{q_s} \times 100\% \quad (\text{C.1})$$

式中：

E ——采样流量相对示值误差，%；

q_v ——被校被校环境空气颗粒物采样器测量值，L/min

q_s ——流量标准装置测量值，L/min。

C.2.2 灵敏系数

$$c_1 = \frac{\partial E}{\partial q_v} = \frac{1}{q_s} \quad c_2 = \frac{\partial E}{\partial q_s} = -\frac{q_v}{q_s^2}$$

C.2.3 传播律公式

由于各项彼此独立且不相关，则合成标准不确定度为：

$$u_c^2(E) = c_1^2 u^2(q_v) + c_2^2 u^2(q_s) \quad (\text{C.2})$$

对于常规测量中，被测值与标准值接近，因此可以认为 $\frac{q_v}{q_s} \approx 1$ ，则上式可以简化为：

$$u_c^2(E) = u_{rel}^2(q_v) + u_{rel}^2(q_s) \quad (\text{C.3})$$

式中：

$u_c(E)$ ——合成标准不确定度；

$u_{rel}(q_v)$ ——测量重复性引入的不确定度；

$u_{rel}(q_s)$ ——流量标准装置准确度引入的不确定度。

C.2.4 输入量不确定度评定

输入量 q_v 的标准不确定度 $u_{rel}(q_v)$ 的来源：环境温度、气压的变化，采样流量的不稳定性，电源的不稳定性，以及测量人员读数过程的影响，综合体现在测量结果的重复性，采用 A 类方法进行评定。

输入量 q_s 的标准不确定度 $u_{rel}(q_s)$ 的来源：由流量标准装置准确度引入的不确定度，采用 B 类方法进行评定。

C.2.4.1 标准不确定度分量的评定

1) 标准不确定度 $u_{rel}(q_v)$ 的评定

被校仪器环境空气颗粒物采样器，设置采样流量为 16.67L/min，重复多次测量 6 次，得到以下测量结果：

序号	标准流量值 q_s (L/min)	被校仪器流量值 q_v (L/min)	示值误差 (%)
1	16.62	16.65	+0.18
2	16.63	16.61	-0.12
3	16.73	16.64	-0.54
4	16.71	16.68	-0.18
5	16.66	16.61	-0.30
6	16.62	16.71	+0.54

$$\text{则 } s_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} \times 100\% = 0.38\%$$

则重复性引入的标准不确定度为：

$$u_{rel}(q_v) = 0.38\%$$

2) 标准不确定度 $u_{rel}(q_s)$ 的评定

由流量标准装置准确度引入的不确定度，采用 B 类方法进行评定。 $U_{rel}=0.5\%(k=2)$ ，按均匀分布考虑，取包含因子 $k=2$ 则：

$$u_{rel}(q_s) = 0.5\% / 2 = 0.25\%$$

C. 2. 4. 2 标准不确定度分量一览表。

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度 (%)
$u_{rel}(q_v)$	测量重复性	0.38
$u_{rel}(q_s)$	流量标准装置	0.25

C. 2. 4. 3 合成标准不确定度

$$u_c(E) = \sqrt{u_{rel}^2(q_v) + u_{rel}^2(q_s)} = \sqrt{(0.38\%)^2 + (0.25\%)^2} = 0.45\%$$

C. 2. 4. 4 扩展标准不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则：

$$U = ku_c = 0.90\%$$

C. 2. 4. 5 测量不确定度报告

测量点为 16.67L/min 时， $U = 0.90\%$ ($k=2$)。

