

河北省地方计量技术规范

JJF(冀)216—2024

扬尘在线监测仪校准规范

Calibration Specification of Dust Online Monitoring Instruments

2024-06-24 发布

2024-09-01 实施

河北省市场监督管理局 发布

扬尘在线监测仪校准规范

Calibration Specification of Dust Online

Monitoring Instruments

JJF (冀) 216—2024

归口单位：河北省市场监督管理局

起草单位：河北省计量监督检测研究院

河北省产品质量监督检验研究院

本规范委托河北省计量监督检测研究院负责解释

本规范主要起草人：

王 龙（河北省计量监督检测研究院）

翟俊龙（河北省计量监督检测研究院）

尚圆圆（河北省产品质量监督检验研究院）

本规范参加起草人：

杨英昆（河北省计量监督检测研究院）

郝勇敢（河北省计量监督检测研究院）

目 录

| | |
|-------------------------------|----|
| 引言..... | II |
| 1 范围..... | 1 |
| 2 引用文件..... | 1 |
| 3 概述..... | 1 |
| 4 计量特性..... | 2 |
| 5 校准条件..... | 2 |
| 5.1 环境条件..... | 2 |
| 5.2 测量标准及其他设备..... | 2 |
| 6 校准项目和校准方法..... | 3 |
| 6.1 校准前的准备..... | 3 |
| 6.2 浓度示值误差..... | 3 |
| 6.3 流量示值误差..... | 3 |
| 6.4 流量重复性..... | 4 |
| 6.5 温度示值误差..... | 4 |
| 6.6 大气压示值误差..... | 5 |
| 7 校准结果表达..... | 5 |
| 8 复校时间间隔..... | 6 |
| 附录 A 扬尘在线监测仪校准记录参考格式..... | 7 |
| 附录 B 扬尘在线监测仪校准证书(内页)参考格式..... | 9 |
| 附录 C 浓度示值误差测量结果的不确定度评定示例..... | 10 |

引 言

JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》和 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》共同构成支撑本规范的基础性系列规范。

本规范部分计量特性参考了 JJG 846—2015《粉尘浓度测量仪》和 JJF 1659—2017《PM_{2.5}质量浓度测量仪校准规范》等规程、规范中的技术指标。

本规范为首次发布。

扬尘在线监测仪校准规范

1 范围

本校准规范适用基于 β 射线法和光散射法原理,测量范围(0~30) mg/m³的扬尘在线监测仪的校准。其他原理和测量范围的扬尘在线监测仪可参照本规范进行校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件:

JJG 846—2015 粉尘浓度测量仪

JJF 1659—2017 PM_{2.5}质量浓度测量仪校准规范

凡是注明日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本规范;凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本规范。

3 概述

扬尘在线监测仪(以下简称扬尘仪)是用于测量空气中扬尘浓度的仪器。根据扬尘仪测量原理的不同,分为 β 射线吸收法、光散射法。扬尘仪一般由在线监测单元(浓度传感器、流量传感器、温度传感器、压力传感器)、数据处理单元、显示单元、动力单元(采样泵)等组成。其工作原理为:扬尘仪以恒定流量抽取空气样品并输送到在线监测单元,在线监测单元对扬尘样品进行测量,数据处理单元将在线监测单元监测到的数据进行采集、传输及存储,然后通过数据应用单元将数据传送到监控平台或者移动APP等显示单元上,完成对扬尘浓度的实时在线监测。扬尘仪结构示意图见图1。

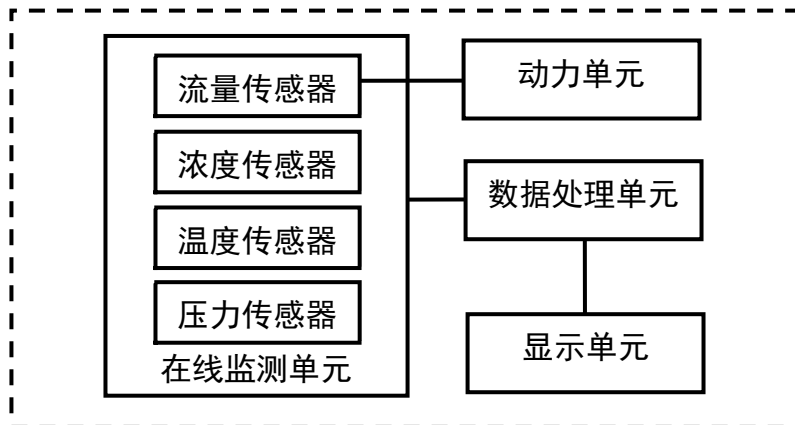


图1 扬尘在线监测仪结构示意图

4 计量特性

扬尘仪的计量特性见表 1。

表 1 计量特性

| 计量特性 | 技术指标 |
|---------|---------------------------------|
| 浓度示值误差 | $\pm 20\%$ |
| 流量示值误差 | $\pm 5\%$ |
| 流量重复性 | $\leq 2\%$ |
| 温度示值误差 | $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ |
| 大气压示值误差 | $\pm 1\text{ kPa}$ |

注：以上指标不用于仪器设备的合格性判定，仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 温度：(0~40) $^{\circ}\text{C}$ 。

5.1.2 相对湿度： $\leq 85\%$ 。

5.2 测量标准及其他设备

5.2.1 浓度标准测量仪

浓度标准测量仪：测量范围 (0~30) mg/m^3 ，最大允许误差为 $\pm 5\%$ 。

5.2.2 气溶胶发生混匀装置

可发生浓度高低可控、混合均匀的气溶胶颗粒物的设备：测试段中标准口和被校口两个采样点三次相同测量平均值的偏差应不大于 5%。

5.2.3 流量标准装置

流量标准装置：测量范围 (0~20) L/min ，最大允许误差为 $\pm 1.0\%$ 。

5.2.4 温度计

温度计：测量范围 (0~50) $^{\circ}\text{C}$ ，分度值 0.1 $^{\circ}\text{C}$ ，最大允许误差为 $\pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

5.2.5 气压表

气压表：测量范围 (860~1060) hPa ，最大允许误差为 $\pm 2.5\text{ hPa}$ 。

5.2.6 气溶胶颗粒物尘源

气溶胶颗粒物尘源：干燥的 ISO 12103-1 A1 超细粒试验粉尘或其他适宜的粉尘粒子。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准前的准备

校准前的准备：扬尘仪所有紧固件均应安装牢固，连接件应连接良好，各调节旋钮、按键和开关均能正常工作，无松动现象，电缆线的接插件应接触良好，气路连接正确，密封完好无漏气现象，数显部位显示清晰完整。扬尘仪通电后应按扬尘仪生产厂家操作手册的要求通电预热。

6.2 浓度示值误差

使气溶胶发生混匀装置发生质量浓度约为扬尘仪满量程 20%左右稳定浓度的气溶胶，将浓度标准测量仪与被校扬尘仪分别连接到气溶胶混匀装置上进行测量，测量完毕后分别记录浓度标准测量仪的标准浓度值和被校扬尘仪的浓度示值，重复测量 2 次，取算术平均值，按公式（1）计算浓度示值误差。然后依次发生扬尘仪满量程 50%和 80%左右不同浓度的气溶胶，重复以上步骤，依次测量并计算扬尘仪浓度示值误差。

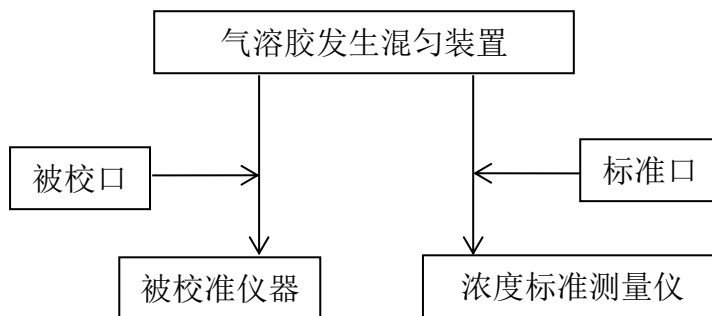


图 2 扬尘仪浓度示值误差校准系统示意图

$$\delta_c = \frac{\bar{c}_m - \bar{c}_s}{\bar{c}_s} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

δ_c - 浓度示值误差，%；

\bar{c}_s - 浓度标准测量仪的标准浓度值的算术平均值， mg/m^3 ；

\bar{c}_m - 被校扬尘仪的浓度示值的算术平均值， mg/m^3 。

6.3 流量示值误差

将流量标准装置与扬尘仪采样口连接，开启扬尘仪进行采样，待流量稳定后

分别读取标准流量示值和被校扬尘仪流量示值，重复测量 3 次，取算术平均值，按公式 (2) 计算流量示值误差。

$$\delta_q = \frac{\bar{q}_y - \bar{q}_s}{\bar{q}_s} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

δ_q —流量示值误差，%；

\bar{q}_s —流量标准装置测量值的算术平均值，L/min；

\bar{q}_y —被校扬尘仪流量显示值的算术平均值，L/min。

6.4 流量重复性

按照 6.3 的方法测量被校扬尘仪流量值，重复测量 8 次，按公式 (3) 计算流量重复性。

$$s_q = \frac{1}{\bar{q}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2}{n-1}} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

s_q —流量重复性，%；

q_i —第 i 次流量标准装置的测量值，L/min；

\bar{q} —被校准点流量标准装置测量值的平均值，L/min；

n —测量次数。

6.5 温度示值误差

将被校扬尘仪温度感应探头和温度计置于同一环境中 15 min 后，分别记录采样器的显示值 T 和温度计的显示值 T_s 。按公式 (4) 计算温度示值误差 ΔT 。

$$\Delta T = T - T_s \quad (4)$$

式中：

ΔT —温度示值误差，℃；

T —采样器的温度显示值，℃；

T_s —温度计显示值，℃。

6.6 大气压示值误差

将被校扬尘仪和气压表置于同一环境中 15 min 后, 分别记录采样器的显示值 p 和气压表的显示值 p_s 。按公式 (5) 计算大气压示值误差 Δp 。

$$\Delta p = p - p_s \quad (5)$$

式中:

Δp —大气压示值误差, kPa;

p —采样器的大气压显示值, kPa;

p_s —气压表显示值, kPa。

7 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映。校准证书应至少包括以下信息:

- a) 标题, “校准证书”;
- 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) 客户的名称和地址;
- 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收日期;
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时, 应对被校样品的抽样程序进行说明;
- i) 校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代号;
- 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) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- m) 对校准规范偏离的说明;
- n) 校准证书签发人的签名、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。

8 复校时间间隔

建议复校时间间隔为 1 年。当使用过程中经过修理、更换重要部件等一般需要重新校准。

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等因素所决定的，因此送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

扬尘在线监测仪校准记录参考格式

受控编号： 记录编号：扬尘_____ 第 1 页 共 2 页

| | | | |
|------|--|-------|-------|
| 客户名称 | | 证书编号 | |
| 客户地址 | | 仪器量程 | |
| 仪器名称 | | 仪器型号 | |
| 生产厂家 | | 出厂编号 | |
| 校准依据 | | 温(湿)度 | ℃ %RH |
| 校准地点 | | 大气压 | kPa |

| 标准器名称 | 规格型号 | 测量范围 | 出厂编号 | 不确定度/准确度等级/最大允许误差 | 溯源证书编号 | 有效期至 | 上级溯源机构名称 |
|-------|------|------|------|-------------------|--------|------|----------|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

一、校准前的准备： _____

二、计量性能校准：

| 1. 流量示值误差 | | | | | | | | | |
|---------------|---|---|---|-----|---|----------|---|---|---------|
| 测量次数 | 1 | 2 | 3 | 平均值 | | 流量示值误差/% | | | |
| 流量标准值 (L/min) | | | | | | | | | |
| 仪器显示值 (L/min) | | | | | | | | | |
| 2. 流量重复性 | | | | | | | | | |
| 测量次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 流量重复性/% |
| 流量标准值 (L/min) | | | | | | | | | |

| 3. 温度示值误差 | | | |
|---------------------------------------|---|----------------------------------|------------------------------------|
| 温度计测量值 $T_s/^\circ\text{C}$ | 仪器显示值 $T/^\circ\text{C}$ | 温度示值误差 $\Delta T/^\circ\text{C}$ | |
| | | | |
| 4. 大气压示值误差 | | | |
| 气压表测量值 p_s/kPa | 仪器显示值 p_m/kPa | 大气压示值误差 $\Delta p/\text{kPa}$ | |
| | | | |
| 5. 浓度示值误差 | | | |
| 标准浓度值 c_s mg/m^3 | 被校仪器浓度示值 c_m mg/m^3 | 浓度示值误差 Δc % | 相对扩展不确定度 $U_{\text{rel}} (k=2)$ |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

校准员：_____ 核验员：_____ 校准日期：_____

附录 B

扬尘在线监测仪校准证书(内页)参考格式

校准环境： 温度： °C；相对湿度： %；大气压： kPa

| 校准项目 | 校准结果 | | |
|---------|------|------|----------|
| 浓度示值误差 | 平均浓度 | 示值误差 | 测量结果不确定度 |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| 流量示值误差 | | | |
| 流量重复性 | | | |
| 温度示值误差 | | | |
| 大气压示值误差 | | | |

附录 C

浓度示值误差测量结果的不确定度评定示例

C.1 概述

扬尘在线监测仪（以下简称扬尘仪）是用于测量空气中扬尘浓度的仪器，因此校准结果的不确定度评定主要是针对浓度示值误差的不确定度。使用气溶胶发生混匀装置发生浓度约为 5 mg/m^3 的气溶胶。将浓度标准测量仪和被校仪器分别连接到气溶胶发生混匀装置，稳定后分别记录在校准时间段内浓度标准测量仪的标准浓度值和被校仪器的浓度测量值，并计算得到扬尘浓度示值误差 δ_c 。

气溶胶发生混匀装置使用的尘源为干燥的 ISO 12103-1 A1 超细粒试验粉尘，测试段中标准口和被校口两个采样点三次相同测量平均值的偏差应不大于 5%。浓度标准测量仪的技术要求：最大允许误差不超过 $\pm 5\%$ 。

C.2 测量模型

$$\delta_c = \frac{\bar{c}_m - \bar{c}_s}{\bar{c}_s} \times 100\% \quad (\text{C.1})$$

式中：

δ_c - 浓度示值误差，%；

\bar{c}_s - 浓度标准测量仪的标准浓度值的算术平均值， mg/m^3 ；

\bar{c}_m - 被校仪器的浓度测量值的算术平均值， mg/m^3 。

C.3 不确定度的计算

扬尘浓度示值误差不确定度的来源主要包括：被校仪器测量值引入的不确定度分量和标准值引入的不确定度分量。被校仪器测量值引入的不确定度分量由被校仪器的测量重复性和被校仪器的读数分辨力引入（可以忽略不计）。标准值引入的不确定度分量主要包括浓度标准测量仪引入的不确定度分量和气溶胶发生混匀装置不均匀引入的不确定度。

不确定度传播公式：

$$u_{\text{crel}}^2(\delta_c) = u_{\text{rel}}^2(\bar{c}_m) + u_{\text{rel}}^2(\bar{c}_s) \quad (\text{C.2})$$

C.4 不确定度分量的评定

C.4.1 被校仪器测量重复性引入的不确定度分量

选择一台扬尘在线监测仪，气溶胶发生混匀装置产生 5 mg/m^3 标准浓度值，被校仪器连续测量 10 次。数据列于表 C.1。

表 C.1 扬尘浓度校准数据表

| 测量次数 | 标准浓度值 c_s mg/m^3 | 被校仪器示值 c_m mg/m^3 | $\frac{c_m}{c_s}$ |
|-------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------|
| 1 | 5.183 | 4.873 | 0.940 |
| 2 | 5.069 | 5.186 | 1.023 |
| 3 | 5.342 | 5.037 | 0.943 |
| 4 | 4.986 | 4.896 | 0.982 |
| 5 | 4.873 | 4.718 | 0.968 |
| 6 | 5.129 | 5.027 | 0.980 |
| 7 | 5.342 | 5.294 | 0.991 |
| 8 | 5.417 | 5.273 | 0.973 |
| 9 | 5.091 | 4.886 | 0.960 |
| 10 | 5.276 | 4.948 | 0.938 |
| 平均值 | 5.1708 | 5.0138 | 0.970 |
| 测量重复性 | | 2.72% | |

在实际校准时，测量 2 次，因此测量重复性引入的不确定度可用以下公式计算：

$$u_r(\bar{c}_m) = \frac{2.72\%}{\sqrt{2}} = 1.92\%$$

C.4.2 扬尘浓度标准值引入的不确定度分量

标准值引入的不确定度主要包括扬尘浓度标准测量仪引入的不确定度和气溶胶发生混匀装置不均匀性引入的不确定度组成。

本规范中规定浓度标准测量仪的最大允许误差不超过 $\pm 5\%$ ，假设其为均匀分布，因此其相对标准不确定度为：

$$u_{r1}(c_s) = \frac{5\%}{\sqrt{3}} = 2.89\%$$

气溶胶发生混匀装置测试段中标准口和被校口两个采样点三次相同测量平均值的偏差应不大于 5%，假设其为均匀分布，则气溶胶发生混匀装置不均匀性引入的标准不确定度为：

$$u_{r2}(c_s) = \frac{5\%}{\sqrt{3}} = 2.89\%$$

因此，可以得到：

$$u_r(\bar{c}_s) = \sqrt{u_{r1}^2(c_s) + u_{r2}^2(c_s)} = \sqrt{(2.89\%)^2 + (2.89\%)^2} = 4.09\%$$

C.5 合成标准不确定度

计算得到合成标准不确定度：

$$u_{cr}(\Delta c) = \sqrt{[u_r(\bar{c}_m)]^2 + [\bar{u}_r(\bar{c}_s)]^2} = \sqrt{(1.92\%)^2 + (4.09\%)^2} = 4.52\%$$

C.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U(\delta_c) = k \times u_{cr}(\delta_c) = 2 \times 4.52\% = 9.1\%$$