



北京市地方计量技术规范

JJF (京) XXXX—XXXX

微型空气质量监测仪校准规范

Calibration Specification for Miniature Air Quality Monitor

(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

微型空气质量监测仪校准规范

Calibration Specification for

Miniature Air Quality Monitor

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

本规程委托 XXX 负责解释

目 录

引言	(III)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语	(1)
4 概述	(1)
5 计量性能	(1)
6 校准条件	(2)
6.1 环境条件	(2)
6.2 校准用设备和标准物质	(3)
7 校准项目和校准方法	(3)
7.1 辛烷值示值误差及重复性	(3)
8 校准结果表达	(6)
9 复校时间间隔	(7)
附录 A 示值误差的不确定度评定示例	(8)
附录 B 校准记录格式(推荐)	(11)
附录 C 校准证书内页格式(推荐)	(9)

引言

本规范依据 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》和 JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》的规定而制定，参考了 JJF 1659-2017《PM_{2.5}质量浓度测量仪校准规范》、JJF 1907-2021《环境空气在线监测气体分析仪校准规范》、JJG 551-2021《二氧化硫气体检测仪》及 RJGF 008-2021《网格化环境空气质量监测仪》的相关内容。

本规范为首次发布。

微型空气质量监测仪校准规范

1 范围

本规范适用于微型空气质量监测仪中大气六参数的校准：二氧化硫（SO₂）、二氧化氮（NO₂）、一氧化碳（CO）、臭氧（O₃）、颗粒物PM₁₀、PM_{2.5}。SO₂、NO₂、O₃的默认量程：0~500 nmol/mol；CO的默认量程：0~10 μmol/mol；PM₁₀、PM_{2.5}的默认量程：0~500 μg/m³。其中各参数至少满足但可以不限于以上默认量程范围。

2 引用文件

JJF 1659-2017 《PM_{2.5}质量浓度测量仪校准规范》

JJF 1907-2021 《环境空气在线监测气体分析仪校准规范》

JJG 551-2021 《二氧化硫气体检测仪》

RJGF 008-2021 《网格化环境空气质量监测仪》

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

3 术语

3.1 PM₁₀ particulate matter (PM₁₀)

指环境空气中空气动力学当量直径小于等于10 μm的颗粒物，也称可吸入颗粒物。

3.2 PM_{2.5} particulate matter (PM_{2.5})

指环境空气中空气动力学当量直径小于等于2.5 μm的颗粒物，也称细颗粒物。

4 概述

微型空气质量监测仪（以下简称“仪器”），是指采用电化学法、金属氧化物法和光散射法等传感器检测方法，可直接安装于室外，连续自动监测大气污染状况变化趋势的设备，也称为网格化环境空气质量监测仪或微型空气监测站。仪器的监测参数包括但不限于：SO₂、NO₂、CO、O₃、PM₁₀、PM_{2.5}。仪器主要由监测单元、数据处理单元、数据传输及储存单元等部分组成。

5 计量性能

5.1 气态污染物 (SO₂、NO₂、O₃、CO)

5.1.1 浓度示值误差：

≤20%FS 时, ±20 nmol/mol (SO₂、NO₂、O₃), ±2 μmol/mol (CO);
≥20%FS 时, ±20%FS (SO₂、NO₂、O₃、CO)。

5.1.2 浓度示值重复性:

≤5%。

5.1.3 漂移:

零点漂移: ±5%FS;

量程漂移: ±5%FS。

5.1.4 恒定湿热环境试验:

浓度示值误差±15%FS。

5.2 颗粒物 (PM₁₀、PM_{2.5})

5.2.1 浓度示值误差:

≤100 μg/m³ 时, ±25 μg/m³ (PM₁₀、PM_{2.5});

≥100 μg/m³ 时, ±25% (PM₁₀、PM_{2.5})。

5.2.2 浓度重复性:

≤10%。

注: 以上计量特性要求仅供参考, 不作为判定依据

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度:

(15~35) °C。

6.1.2 相对湿度:

≤85%。

6.1.3 大气压:

(80~106) kPa。

6.1.4 供电电源:

电压 (220±22) V, 频率 (50±1) Hz。

6.1.5 其他:

工作环境应无影响仪器正常工作的电磁场及干扰气体, 校准现场应保持通风并采取安全措施。

6.2 校准用计量器具及配套设备

6.2.1 气体标准物质:

氮中或空气中 SO_2 、 NO_2 、 O_3 有证气体标准物质, 相对扩展不确定度不大于 3%, $k=2$ 。

当采用气体稀释装置时, 稀释后的标准气体的相对扩展不确定度应满足上述要求。

6.2.2 臭氧标准发生装置:

经溯源过的有效证书, 浓度范围至少覆盖 (0~500) nmol/mol , 量值相对扩展不确定度不大于 3%, $k=2$ 。

6.2.3 标准 PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ 监测仪 (参考仪器):

量程至少覆盖 (0~500) $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 扩展不确定度不大于 10%, $k=2$ 。

6.2.4 干燥的 ISO 12103-1 A1 超细试验粉尘和 ISO 12103-1 A2 细试验粉尘或其他适宜的干粉粒子。

6.2.5 PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ 气溶胶发生混匀装置:

测试区域中参考仪器进样点位置和被校仪器进样点位置三次相同测量平均值的偏差应小于 5%; 每个点稳定性 (连续相同测量 6 次的实验标准偏差) 应小于 5%。

6.2.6 减压阀及气体管路:

应使用不易与被测组分发生反应或吸附的材质, 如不锈钢阀和聚四氟乙烯管路。

6.2.7 大气压力计:

分辨力: 1 hPa, MPE: ± 2.5 hPa。

6.2.8 恒温恒湿环境试验箱:

温度范围: (50~220) $^{\circ}\text{C}$, 波动度 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$; 湿度范围: (10~98) %RH, 波动度不超过 $\pm 1.0\%$ RH。

7 校准项目和校准方法

7.1 气态污染物 (SO_2 、 NO_2 、 O_3 、 CO)

7.1.1 浓度示值误差

根据仪器说明书, 调整仪器至工作状态。依次通入浓度约为默认量程 20%、50%、80% 的气体标准物质, 待示值稳定后, 记录仪器示值, 每个浓度点重复测量 3 次, 取 3 次示值的算术平均值 \bar{C} 作为仪器各浓度点的示值。按公式 (1) 或 (2) 计算各浓度点的示值误差 ΔC 或相对示值误差 $\Delta C'$ 。

$$\Delta C = \bar{C} - C_s \quad (1)$$

$$\Delta C' = \frac{\bar{C} - C_s}{R} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

ΔC ——示值误差, nmol/mol 或 $\mu\text{mol}/\text{mol}$;

$\Delta C'$ ——相对示值误差, %;

\bar{C} ——3 次示值的算术平均值, nmol/mol 或 $\mu\text{mol}/\text{mol}$;

C_s ——气体标准物质浓度值, nmol/mol 或 $\mu\text{mol}/\text{mol}$;

R ——仪器默认量程, nmol/mol 或 $\mu\text{mol}/\text{mol}$ 。

7.1.2 浓度示值重复性

根据仪器说明书, 调整仪器至工作状态。通入浓度约为默认量程 80% 的气体标准物质, 待示值稳定后, 记录仪器示值 C_i , 然后通入零点气体使仪器示值回零, 再通入上述浓度的气体标准物质。重复测量 6 次, 按公式 (3) 计算仪器的重复性 S_r 。

$$S_r = \frac{1}{\bar{C}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (C_i - \bar{C})^2}{5}} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

S_r ——浓度示值重复性, %;

C_i ——仪器第 i 次测量的示值, nmol/mol 或 $\mu\text{mol}/\text{mol}$;

\bar{C} ——6 次示值的算术平均值, nmol/mol 或 $\mu\text{mol}/\text{mol}$ 。

7.1.3 漂移

仪器的漂移包括零点漂移和量程漂移。

根据仪器说明书, 调整仪器至工作状态。通入零点气体, 待示值稳定后, 记录仪器示值 Z_0 。然后通入浓度约为默认量程 80% 的气体标准物质, 待示值稳定后, 记录仪器示值 S_0 , 撤去气体标准物质。连续运行 6 小时, 每间隔 1 小时重复上述步骤 1 次, 同时记录仪器显示值 Z_0 和 Z_i , 按公式 (4) 计算 ΔZ_i , 取绝对值最大的 ΔZ_i 作为仪器的零点漂移。

$$\Delta Z_i = \frac{Z_i - Z_0}{R} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

ΔZ_i ——零点漂移, %;

Z_i ——初始测量后, 仪器第 i 次测量零点气体的示值, nmol/mol 或 $\mu\text{mol}/\text{mol}$;

Z_0 ——仪器初始测量零点气体的示值, nmol/mol 或 $\mu\text{mol/mol}$;

R ——仪器默认量程, nmol/mol 或 $\mu\text{mol/mol}$ 。

按公式(5)计算 ΔS_i , 取绝对值最大的 ΔS_i 作为仪器的量程漂移。

$$\Delta S_i = \frac{(S_i - Z_i) - (S_0 - Z_0)}{R} \times 100\% \quad (5)$$

式中:

ΔS_i ——量程漂移, %;

S_i ——初始测量后, 仪器第 i 次测量默认量程 80% 的气体标准物质的示值, nmol/mol 或 $\mu\text{mol/mol}$;

Z_i ——初始测量后, 仪器第 i 次测量零点气体的示值, nmol/mol 或 $\mu\text{mol/mol}$;

S_0 ——仪器初始测量默认量程 80% 的气体标准物质的示值, nmol/mol 或 $\mu\text{mol/mol}$;

Z_0 ——仪器初始测量零点气体的示值, nmol/mol 或 $\mu\text{mol/mol}$;

R ——仪器默认量程, nmol/mol 或 $\mu\text{mol/mol}$ 。

7.1.4 恒定湿热环境试验

根据仪器说明书, 调整仪器至工作状态。将仪器放置于恒温恒湿环境试验箱中, 设置温度为 40℃、93%RH, 仪器处于通电工作状态, 持续时间为 2 小时。2 小时后仪器应能正常工作, 通入浓度约为默认量程 80% 的气体标准物质, 待示值稳定后, 记录仪器示值, 每个浓度点重复测量 3 次, 取 3 次示值的算术平均值作为仪器浓度点的示值, 按公式(2)计算浓度示值误差。

7.2 颗粒物 (PM₁₀、PM_{2.5})

7.2.1 浓度示值误差

根据仪器说明书, 调整仪器至工作状态。将参考仪器与被校仪器同时放置于相同气溶胶发生混匀装置发生的气溶胶环境中, 分别发生浓度约为默认量程 20%、50%、80% 的 PM₁₀ (PM_{2.5}) 粉尘, 待粉尘浓度稳定后, 同时记录参考仪器和被校仪器示值, 每个浓度点连续测量 3 次, 分别取 3 次示值的算术平均值作为该浓度点参考仪器的示值 c_s 和被校仪器的示值 c_m 。发生浓度 $\leq 100 \mu\text{g/m}^3$ 时, 按公式(6)计算仪器浓度示值绝对误差 Δc ; 发生浓度大于 $100 \mu\text{g/m}^3$ 时, 按公式(7)计算仪器浓度示值相对误差 $\Delta c'$ 。取各点绝对值最大的示值误差作为被校仪器的示值误差。

$$\Delta c = c_m - c_s \quad (6)$$

$$\Delta c' = \frac{c_m - c_s}{c_s} \times 100\% \quad (7)$$

式中：

Δc ——示值绝对误差, $\mu\text{g}/\text{m}^3$;

$\Delta c'$ ——示值相对误差, %;

c_m ——被校仪器示值的算术平均值, $\mu\text{g}/\text{m}^3$;

c_s ——参考仪器示值的算术平均值, $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

7.2.2 浓度示值重复性

根据仪器说明书, 调整仪器至工作状态。将参考仪器与被校仪器同时放置于相同气溶胶发生混匀装置发生的气溶胶环境中, 发生浓度约为默认量程 50% 的 PM_{10} ($\text{PM}_{2.5}$) 粉尘, 待粉尘浓度稳定后, 同时记录被校仪器示值 c_i , 连续测量 10 次, 按公式 (8) 计算仪器的重复性 s_r 。

$$s_r = \frac{1}{\bar{c}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^8 (c_i - \bar{c})^2}{9}} \times 100\% \quad (8)$$

式中：

s_r ——浓度示值重复性, %;

c_i ——被校仪器第 i 次测量的示值, $\mu\text{g}/\text{m}^3$;

\bar{c} ——10 次示值的算术平均值, $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

8 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。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔一般不超过一年。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决定, 送校单位也可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。如果仪器经维修、更换重要部件或对仪器性能有怀疑时, 应重新校准。

附录 A

示值误差的不确定度评定示例

A. 1 概述

A.1.1 测量方法

按照 GB/T 5487—2015 《汽油辛烷值的测定 研究法》的要求, 调整仪器至工作状态。选择上海神开石油仪器有限公司的 SKY2103—I 型辛烷值测定仪进行校准, 仪器方法采用的是国标中的方法 A—内插法 (平衡燃料页面高度法)。根据校准规范的要求, 通常选择常用工作范围内低、中、高点 3 种研究法辛烷值标准物质, 分别重复测量 3 次, 计算辛烷值示值误差。

A.1.2 测量标准

标准物质: 见表 1。

表 1 试验所用标准物质列表

序号	标准物质名称	标准物质编号	标准值	扩展不确定	生产单位	有效期至
1	研究法辛烷值标准物质	GBW(E) 120200	90.2	$U=0.1$ ($k=2$)	中国计量科学研究院	2025 年 1 月 5 日
2	研究法辛烷值标准物质	GBW(E) 120201	92.2	$U=0.1$ ($k=2$)	中国计量科学研究院	2025 年 1 月 5 日
3	研究法辛烷值标准物质	GBW(E) 120202	93.2	$U=0.1$ ($k=2$)	中国计量科学研究院	2025 年 1 月 5 日
4	研究法辛烷值标准物质	GBW(E) 120203	95.2	$U=0.1$ ($k=2$)	中国计量科学研究院	2025 年 1 月 5 日
5	研究法辛烷值标准物质	GBW(E) 120204	97.1	$U=0.1$ ($k=2$)	中国计量科学研究院	2025 年 1 月 5 日
6	研究法辛烷值标准物质	GBW(E) 120205	98.0	$U=0.1$ ($k=2$)	中国计量科学研究院	2025 年 1 月 5 日

计量设备: 容量瓶, A 级; 吸量管, A 级。

A. 2 测量模型

A.2.1 示值误差

$$\Delta X = \bar{X} - X_s \quad (1)$$

式中：

ΔX ——辛烷值示值误差；

\bar{X} ——2 次测量结果的算数平均值；

X_s ——研究法辛烷值标准物质的标准值。

两个量 \bar{X} 和 X_s 相互独立，那么根据公式 (1)，示值误差的合成标准不确定度可表示为：

$$u(\Delta X) = \sqrt{c_1^2 u^2(\bar{X}) + c_2^2 u^2(X_s)} = \sqrt{u^2(\bar{X}) + u^2(X_s)} \quad (2)$$

式中，灵敏度系数 $c_1 = \frac{\partial \Delta X}{\partial \bar{X}} = 1$ ，灵敏度系数 $c_2 = \frac{\partial \Delta X}{\partial X_s} = -1$ 。

A.3 不确定度来源分析

辛烷值示值误差的不确定度来源主要有以下几个：

- (1) 测量值引入的标准不确定度，包括测量重复性和正标准燃料配制过程中引入的标准不确定度（试剂、容量瓶和移液管）；
- (2) 标准值引入的标准不确定度，包括有证标准物质引入的不确定度。

A.4 标准不确定度评定

A.4.1 测量值引入的标准不确定度

以研究法辛烷值为 95.2 的标准物质为例，进行测量点示值误差的不确定度评定：

- (1) 测量重复性引入的标准不确定度

对研究法辛烷值为 95.2 的标准物质重复测量 3 次，辛烷值分别为 95.05、95.05、95.00，用极差法计算标准偏差 s 。

$$s = \frac{95.05 - 95.00}{1.13} = 0.045$$

$$u_1(\bar{X}) = \frac{0.045}{\sqrt{2}} = 0.032$$

- (2) 试剂引入的标准不确定度

作为配制正标准燃料的主要试剂，异辛烷的纯度和正庚烷的纯度对标准燃料辛烷值有较大的影响，在 GB/T 5487-2015 《汽油辛烷值的测定 研究法》的标准中对异辛烷和正庚烷的纯度有明确的要求 ($\geq 99.75\%$)，本次试验所有异辛烷的纯度为 $99.86\% \pm 0.05\%$ ，正庚烷的纯度为 $99.84\% \pm 0.05\%$ ，假设可能值在区间内是均匀分布，则由试剂引入的不确定

度为：

$$u_2(\bar{X}) = \sqrt{\left(\frac{0.05}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{0.05}{\sqrt{3}}\right)^2} = 0.05$$

(3) 配制过程引入的标准不确定度

配制辛烷值为 95 的正标准燃料, 由 10mL 吸量管吸取 10mL 正庚烷溶液加入到 200mL 容量瓶中, 用异辛烷溶液进行定容。配制辛烷值为 96 的正标准燃料, 由 10mL 吸量管吸取 8mL 正庚烷溶液加入到 200mL 容量瓶中, 用异辛烷溶液进行定容。

(1) 吸量管校准引入的标准不确定度 $u_1(V)$

A 级 10 mL 吸量管最大允许误差为 ± 0.05 mL, 按均匀分布, $k=\sqrt{3}$, 则:

$$u_1(V) = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.029 \text{ mL}$$

(2) 容量瓶校准引入的标准不确定度 $u_2(V)$

A 级 200 mL 容量瓶最大允许误差为 ± 0.15 mL, 按均匀分布, $k=\sqrt{3}$, 则:

$$u_2(V) = \frac{0.15}{\sqrt{3}} = 0.087 \text{ mL}$$

$$u_3(\bar{X}) = \sqrt{\left((4 \times \frac{0.029}{10})^2 + (96 \times \frac{0.087}{200})^2\right) \times 2} = 0.07$$

$$u(\bar{X}) = \sqrt{u_1^2(\bar{X}) + u_2^2(\bar{X}) + u_3^2(\bar{X})} = 0.092$$

A. 4. 2 标准值引入的标准不确定度

标准值的不确定度由有证标准物质证书给出, 具体数据见表 1, 所以标准不确定度为:

$$u(X_s) = \frac{0.1}{2} = 0.05$$

$$u(\Delta X) = \sqrt{u^2(\bar{X}) + u^2(X_s)} = 0.11$$

A. 5 合成不确定度

取包含因子 $k=2$, 相应的扩展不确定度为: $U(\Delta X) = k \times u(\Delta X) = 0.22$

附录 B

校准记录格式（推荐）

记录编号:		委托单位:			
仪器名称:		型号:			
制造厂:		出厂编号:			
环境温度:	相对湿度:		检定日期:		
检定依据:					
检定使用的标准器:					
名称	测量范围	不确定度/准确度等级/ 最大允许误差		设备编号	检定/校准 证书编号

气态污染物 (SO₂、NO₂、O₃、CO)

一、浓度示值误差

气体组分	气体标准 物质浓度	仪器示值			平均值	示值误差	扩展不确定度, k=2
		示值 1	示值 2	示值 3			
SO ₂ nmol/mol							
NO ₂ nmol/mol							
O ₃ nmol/mol							
CO μmol/mol							

二、浓度示值重复性

气体组分	气体标准物质浓度	仪器示值						重复性
		示值 1	示值 2	示值 3	示值 4	示值 5	示值 6	
SO ₂ nmol/mol								
NO ₂ nmol/mol								
O ₃ nmol/mol								
CO μmol/mol								

三、漂移

气体组分	时间	时间						零点漂移	量程漂移
		1 小时	2 小时	3 小时	4 小时	5 小时	6 小时		
SO ₂ nmol/mol	零点								
	量程								
NO ₂ nmol/mol	零点								
	量程								
O ₃ nmol/mol	零点								
	量程								
CO μmol/mol	零点								
	量程								

四、恒定湿热环境试验

气体组分	气体标准物质浓度	仪器示值			平均值	示值误差	扩展不确定度, k=2
		示值 1	示值 2	示值 3			
SO ₂ nmol/mol							
NO ₂ nmol/mol							
O ₃ nmol/mol							
CO μmol/mol							

颗粒物 (PM₁₀、PM_{2.5})

一、浓度示值误差

气体组分	参考仪器示值	平均值	被校仪器示值	平均值	示值误差	扩展不确定度, $k=2$
PM ₁₀ μg/m ³						
PM _{2.5} μg/m ³						

二、浓度示值重复性

颗粒物	仪器示值										重复性
	示值1	示值2	示值3	示值4	示值5	示值6	示值7	示值8	示值9	示值10	
PM ₁₀											
PM _{2.5}											

附录 C

校准证书内页格式（推荐）

校准结果

1. 气态污染物部分：

校准项目		校准结果			
示值误差	气体组分	标准值	仪器示值	示值误差	扩展不确定度 ($k=2$)
	SO ₂ nmol/mol				
	NO ₂ nmol/mol				
	O ₃ nmol/mol				
	CO μmol/mol				
重复性	气体组分				
	SO ₂ nmol/mol				
	NO ₂ nmol/mol				
	O ₃ nmol/mol				
	CO μmol/mol				
漂移	气体组分	零点漂移		量程漂移	
	SO ₂ nmol/mol				
	NO ₂ nmol/mol				
	O ₃ nmol/mol				
	CO μmol/mol				

恒定湿热环境试验	气体组分	标准值	仪器示值	示值误差	扩展不确定度 ($k=2$)
	SO ₂ nmol/mol				
	NO ₂ nmol/mol				
	O ₃ nmol/mol				
	CO μmol/mol				

2. 颗粒物部分：

校准项目	校准结果				
	颗粒物	参考仪器示值	被校仪器示值	示值误差	扩展不确定度 ($k=2$)
示值误差	PM ₁₀				
	PM _{2.5}				
重复性	颗粒物				
	PM ₁₀				
	PM _{2.5}				