

JJF

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF xxxx-xxxx

微型空气监测站校准规范

Calibration Specification for Miniature Ambient Air Monitoring Station

(征求意见稿)

xxxx-xx-xx发布

xxxx-xx-xx实施

国家市场监督管理总局发布

微型空气监测站校准规范

Calibration Specification for Miniature

Ambient Air Monitoring station

JJFXXXX-XXXX

归口单位：全国生态环境监管专用计量测试技术委员会

主要起草单位：中国计量科学研究院

中国环境监测总站

参加起草单位：上海市计量测试技术研究院

上海市环境监测中心

天津市生态环境监测总站

本规范委托全国生态环境监管专用计量测试技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

刘沂玲 (中国计量科学研究院)

张文阁 (中国计量科学研究院)

师耀龙 (中国环境监测总站)

参加起草人：

李亚飞 (上海市计量测试技术研究院)

裴冰 (上海环境监测中心)

郑乃源 (天津市生态环境监测总站)

目 录

引言.....	II
1 范围.....	1
2 概述.....	1
3 计量特性.....	1
3.1 气态污染物（一氧化碳、二氧化硫、氮氧化物、臭氧）：.....	1
3.2 颗粒物（PM ₁₀ 和PM _{2.5} ）：.....	2
4 校准条件.....	2
4.1 环境条件.....	2
4.2 校准用计量器具及配套设备.....	2
5 校准项目和校准方法.....	3
5.1 气态污染物（一氧化碳、二氧化硫、氮氧化物、臭氧）.....	3
5.2 颗粒物（PM ₁₀ 、PM _{2.5} ）.....	5
6 校准结果表达.....	6
7 复校时间间隔.....	7
附录 A 加湿后气体标准物质浓度计算.....	8
附录 B 示值误差的测量不确定度评定示例-气体部分.....	10
附录 C 示值误差的测量不确定度评定示例-颗粒物部分.....	20
附录 D 校准记录.....	22
附录 E 证书内页格式.....	25

引言

JJF 1071 《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001 《通用计量术语及定义》、JJF 1059 《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑校准规范制订工作的基础性系列规范。

本规范的制定参考了GB 12358-2006《作业场所环境气体检测报警仪通用技术要求》、GB 50493-2009《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计规范》、JJF1659-2017《PM_{2.5}质量浓度测量仪校准规范》及RJGF 008-2021 《网格化环境空气质量监测仪》等技术法规。

本规范为首次发布。

微型空气监测站校准规范

1 范围

本规范适用于微型空气监测站中传统六参数的校准：一氧化碳、二氧化硫、氮氧化物、臭氧、颗粒物 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 。六参数的默认量程，CO: 0~10 $\mu\text{mol/mol}$ 、 SO_2 : 0~500 nmol/mol 、 NO_2 : 0~500 nmol/mol 、 O_3 : 0~500 nmol/mol 、 PM_{10} : 0~500 $\mu\text{g/m}^3$ 、 $PM_{2.5}$: 0~500 $\mu\text{g/m}^3$ 。其中各参数至少满足但可以不限于以上默认量程范围。

2 概述

微型空气监测站（以下简称仪器），是指直接安装于室外，不需要固定站房提供恒温等工作环境，可以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。按照采样方式可分为吸入式和扩散式。监测参数包括但不限于：一氧化碳、二氧化硫、氮氧化物、臭氧、 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 。仪器采用光散射法测量颗粒物 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ ，采用电化学法或金属氧化物法测量气态污染物 SO_2 、 NO_2 、CO、 O_3 。仪器主要由监测单元、数据处理分析单元、数据传输及存储单元等部分组成。

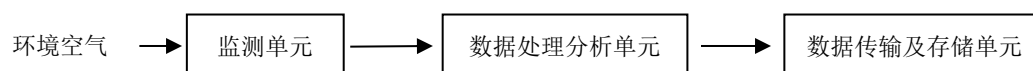


图1 微型空气监测站结构示意图

3 计量特性

3.1 气态污染物（一氧化碳、二氧化硫、氮氧化物、臭氧）

3.1.1 示值误差：

$x < 20\%FS$ 时， $\pm 25\text{nmol/mol}$ （ SO_2 、 NO_x 、 O_3 ）；

$\pm 1\mu\text{mol/mol}$ （CO）；

$x \geq 20\%FS$ 时， $\pm 10\%FS$ 。

3.1.2 重复性： $\leq 5\%$ 。

3.1.3 湿度影响：

$x < 20\%FS$ 时， $\pm 25\text{nmol/mol}$ （ SO_2 、 NO_x 、 O_3 ）；

$\pm 1\mu\text{mol/mol}$ （CO）；

$x \geq 20\%FS$ 时， $\pm 10\%FS$ 。

注：FS，范围内规定的默认量程。

3.2 颗粒物 (PM₁₀ 和 PM_{2.5})

3.2.1 浓度示值误差:

≤100μg/m³ 时, ±25μg/m³。

>100μg/m³ 时, ±25%。

3.2.2 浓度测量重复性: ≤10%。

3.2.3 计时示值误差:

正常工作状态下测试 1h, 计时误差±5s;

注: 以上各项指标不是用于合格性判别, 仅作参考。

4 校准条件

4.1 环境条件

4.1.1 环境温度: (15~35) °C;

4.1.2 相对湿度: ≤85%;

4.1.3 大气压: (80~106) kPa;

4.1.4 供电电压: (220±22) V, 供电频率: (50±1) Hz。

4.1.5 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。

4.2 校准用计量器具及配套设备

4.2.1 气体标准物质

氮中或空气中一氧化碳、二氧化硫、二氧化氮有证气体标准物质, 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。

4.2.2 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%, $k=2$ 。

4.2.3 标准 PM₁₀ 和 PM_{2.5} 监测仪 (参考仪器)

量程至少覆盖 (0~500) μg/m³, 扩展不确定度不大于 10% ($k=2$)。

4.2.4 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。

4.2.5 PM₁₀ 和 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不大于 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%。

4.2.6 电子秒表

最大允许误差不超过 ± 0.10 s/h。

4.2.7 流量计

测量范围(0~2) L/min, 准确度级别不低于 4.0 级。

4.2.8 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。

4.2.9 加湿装置

环境温度(15~35) $^{\circ}\text{C}$ 下, 湿度输出范围(0~90)%RH, 流量输出(0~2000)mL/min, 湿度扩展不确定度不大于 3%RH, $k=2$; 温度扩展不确定度不大于 1°C , $k=2$ 。

4.2.10 大气压力计

分辨力: 1 hPa, MPE: ± 2.5 hPa。

5 校准项目和校准方法

5.1 气态污染物(一氧化碳、二氧化硫、氮氧化物、臭氧)

5.1.1 仪器的调整

仪器留有信号输出端, 并可以外接显示单元, 可以对测量数据进行实时显示和读取。

按照仪器说明书的要求对仪器进行预热, 仪器稳定后, 按图1所示连接标准气体、流量计和被校仪器。校准泵吸式仪器时, 必须保证旁通流量计有气体放出。校准扩散式仪器时, 应按照仪器使用说明书的要求调节流量。若仪器说明书中没有明确要求, 则流量一般控制在(1000 \pm 500) mL/min。若仪器说明书中有明确要求, 则按说明书的要求调整仪器的零点和示值。若仪器说明书中没有明确要求, 则用零点气体调整仪器的零点, 用默认量程60%的标准气体调整仪器的示值(若有需要, 则应多次通入浓度约为60%的标准气体, 调整仪器示值)。

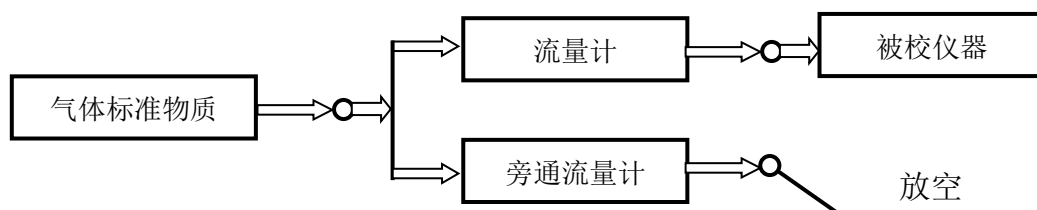


图 1 仪器校准示意图

5.1.2 示值误差

依次通入浓度约为默认量程10%、20%、40%、60%、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，按式(1)或式(2)计算各浓度点的示值误差 ΔC 或 $\Delta C'$ 。

$$\Delta C = \frac{\bar{C} - C_s}{C_s} \times 100\% \quad (1)$$

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

式中：

\bar{C} —3次示值的算术平均值；

C_s —气体标准物质浓度值。

R —仪器默认量程。

5.1.3 重复性

通入浓度约为默认量程 60% 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，按式(3)计算仪器的重复性 s_r ，重复性以单个测得值的相对标准偏差表示。

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

式中：

C_i —仪器第 i 次测量的示值；

\bar{C} —6 次仪器示值的算术平均值。

5.1.4 湿度影响

依次通入浓度约为默认量程 10%、20%、40%、60%、80%，湿度为 $(50 \pm 5)\%RH$ 的标准气体（湿气），待示值稳定后，记录仪器示值，每个浓度点重复测量 3 次，取每个浓度点 3 次示值的算术平均值 \bar{C}_h 作为仪器湿气的示值，按式(4)或式(5)计算各浓度点的示值误差 ΔC_h 或 $\Delta C_h'$ 。加湿后标准气体浓度 C_{sh} 的计算见附录 A。

$$\Delta C_h = \frac{\bar{C}_h - C_{sh}}{C_{sh}} \times 100\% \quad (4)$$

$$\Delta C_h' = \frac{\bar{C}_h - C_{sh}}{R} \times 100\% \quad (5)$$

式中：

C_{sh} —标准气体浓度值（湿气）；

\bar{C}_h —3次湿气示值的算术平均值；

R —仪器默认量程。

5.2 颗粒物 (PM₁₀、PM_{2.5})

校准前准备

被校仪器应部件齐全,所有紧固件均应安装牢固,连接件应连接良好,各调节旋钮、控制按键和开关均能正常工作,无松动现象,数显部位显示清晰完整。

按照仪器使用说明书的要求对被校系统进行预热稳定。校准前,应按照仪器使用说明书的要求做好其他准备工作,如:确定试验仪器的浓度转换系数等。

5.2.1 浓度示值误差

将参考仪器与被校仪器同时处于相同气溶胶发生混匀装置发生的气溶胶环境中,分别发生默认量程范围 10%, 40%, 80%附近的 PM₁₀ (PM_{2.5}) 粉尘,待尘浓度稳定后,同时记录被校仪器和参考仪器的显示值,每个校准点连续记录 3 次,分别取其算术平均值作为该次被检仪器的显示浓度值 c_m 、参考仪器的显示浓度值 c_s 。发生浓度 $\leq 100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 时,按照式(6)计算绝对误差;发生浓度 $> 100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 时按式(7)计算该点的示值相对误差,取各点绝对值最大的示值误差作为被校仪器的示值误差。

$$\Delta c_1 = c_m - c_s \quad (6)$$

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

Δc_1 ——示值误差, $\mu\text{g}/\text{m}^3$;

Δc ——示值相对误差, %;

c_s ——参考仪器浓度值的算术平均值, $\mu\text{g}/\text{m}^3$;

c_m ——被校仪器浓度测量值的算术平均值, $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

5.2.2 浓度示值重复性

将参考仪器与被校仪器同时处于相同气溶胶发生混匀装置发生的气溶胶环境中,发生常用默认量程 50%左右的 PM₁₀ (PM_{2.5}) 粉尘,稳定后,读取被校系统浓度显示值,连续测量 10 次,用式(8)计算示值重复性。

$$S_r = \frac{1}{c_j} \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^8 (c_j - \bar{c}_j)^2}{9}} \quad (8)$$

式中:

S_r ——重复性, %;

c_j ——第 j 次的测量值, $j=1\sim 10$, $\mu\text{g}/\text{m}^3$;

\bar{c}_j ——10次测量值的算术平均值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

5.2.3 计时示值误差

在被校仪器正常工作过程中，读取并记录开始时间 t_0 ，同时启动秒表开始计时，当运行1 h时，分别读取和记录被校仪器结束时间 t_1 和秒表显示时间 t_2 。按公式（8）计算计时示值误差。

$$\Delta t = t_1 - t_0 - t_2 \quad (8)$$

式中： Δt —计时示值误差，s；

t_0 —被校仪器开始时间，（时-分-秒）；

t_1 —被校仪器结束时间，（时-分-秒）；

t_2 —秒表显示时间，（时-分-秒）。

6 校准结果表达

校准结果应在校准证书或校准报告上反映，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收日期；
- h) 如果与校准结果的有效性应用有关时，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；
- 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，不得部分复制证书的声明。

7 复校时间间隔

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，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，建议不超过 12 个月。如果对仪器的检测数据有怀疑或仪器更换主要部件及修理后应对仪器重新校准。

附录 A 加湿后标准气体浓度计算

加湿后标准气体浓度计算

湿度影响实验时，规定：“通入浓度约为默认量程 10%、20%、40%、60%、80%，湿度为(50±5)%RH 的标准气体（湿气）”。如果气体标准物质（干气）浓度为 C_{S0} ，通过加湿装置将其加湿到 50%RH 后，气体标准物质（湿气）浓度为 C_{Sh} ，由于加湿前后温度和压力不变， C_{Sh} 计算如下。

根据理想气体状态方程：

$$PV=nRT \quad (A.1)$$

其中，

P ——压力，Pa；

V ——体积， m^3 ；

n ——气体的摩尔量，单位 mol；

R ——气体常数， $R=8.3145 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ ；

T ——温度，单位 K，与摄氏度温度 t ($^{\circ}\text{C}$) 换算关系为 $T=273.15+t$ 。

常温常压下，浓度为 C_{S0} 的气体标准物质按理想气体考虑，设其总摩尔量为 n_0 ，压力为 P_0 ，温度为 T_0 ，体积为 V_0 ；若温度为 T_0 时水的饱和蒸气压为 p ，则浓度为 C_{S0} 的 n_0 摩尔气体标准物质加湿到 50%RH 时水蒸气分压为 $p/2$ ，根据公式 (A.1)，加入水蒸气的摩尔量 $n_h=PV/RT=(p/2) \times V_0/(RT_0)$ ，其中 $V_0=n_0RT_0/P_0$ ，则 $n_h=[p/(2P_0)] \times n_0$ ，加湿后标准气体浓度为 $C_{Sh} = \frac{n_0}{n_0+n_h} \times C_{S0}$ ，即

$$C_{Sh} = \frac{1}{1+\frac{p}{2 \times P_0}} \times C_{S0} \quad (A.2)$$

举例： $T_0=20^{\circ}\text{C}$ ， $P_0=101325 \text{ Pa}$ ，查表 $p=2339 \text{ Pa}$ ，按公式 (A.2) 计算得 $C_{Sh}=0.9886C_{S0}$ 。
表 A.1 是(15.0~36.5) $^{\circ}\text{C}$ 范围内不同温度下水饱和蒸气压。

表 A.1 水的饱和蒸气压 (15.0 $^{\circ}\text{C}$ ~36.5 $^{\circ}\text{C}$)

温度/ $^{\circ}\text{C}$	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0
饱和蒸气压/Pa	1706	1761	1819	1878	1938	2001	2065	2131	2198	2268	2339
温度/ $^{\circ}\text{C}$	20.5	21.0	21.5	22.0	22.5	23.0	23.5	24.0	24.5	25.0	25.5
饱和蒸气压/Pa	2413	2488	2566	2645	2727	2811	2897	2986	3076	3170	3265
温度/ $^{\circ}\text{C}$	26.0	26.5	27.0	27.5	28.0	28.5	29.0	29.5	30.0	30.5	31.0
饱和蒸气压/Pa	3364	3464	3568	3674	3783	3894	4009	4126	4247	4370	4496
温度/ $^{\circ}\text{C}$	31.5	32.0	32.5	33.0	33.5	34.0	34.5	35.0	35.5	36.0	36.5
饱和蒸气压/Pa	4626	4759	4895	5035	5178	5325	5475	5629	5786	5947	6113

注：表中数据引自 GB/T 11605-2005 表 B.1(四舍五入，保留到个位数)。

微型空气监测站示值误差的测量不确定度评定示例

(SO₂、NO₂、CO、O₃ 气体部分, 不加湿)

B.1 概述

B.1.1 环境条件: 符合本校准规范规定的环境条件。

B.1.2 测量标准: (SO₂、NO₂、CO、O₃) 气体标准物质: 相对扩展不确定度 $U_{rel}=3\%$, $k=2$ 。

B.1.3 被校仪器: 微型空气监测站。默认测量范围: (0~500) nmol/mol 及 CO (0~10) μmol/mol。

B.1.4 测量方法: 按照仪器使用说明书的要求, 分别通入零点气体和浓度约为默认满量程 60% 的气体标准物质, 调整仪器的零点和示值。依次通入浓度约为默认量程 10%、20%、40%、60%、80% 的标准气体, 记录稳定后的示值。每点重复测量 3 次, 3 次示值的算术平均值与标准气体浓度值的差值为该仪器的示值误差。

B.2 测量模型

示值误差测量模型为公式 (B.1)

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

式中:

 ΔC ——示值误差; \bar{C} ——3 次示值的算术平均值; C_s ——气体标准物质浓度值。

B.3 测量不确定度来源

B.3.1 气体标准物质引入的不确定度。

B.3.2 环境条件、人员操作、流量控制、被校仪器等各种随机因素引入的不确定度, 体现为测量重复性引入的不确定度。

B.4 标准不确定度评定

B.4.1 气体标准物质的定值引入的标准不确定度 $u(C_s)$ 气体标准物质相对扩展不确定度为 3%, 包含因子 $k=2$ 。则气体标准物质定值引入的标准不确定度为:

$$u(c_s) = \frac{C_s \times 3\%}{2} \quad (\text{B.2})$$

在各校准点, 气体标准物质引入的标准不确定度 $u(C_s)$ 计算结果见表 B.1。

表 B.1 各校准点气体标准物质的标准不确定度

测量范围 $\mu\text{mol/mol}$	气体标准物质浓度值 $\mu\text{mol/mol}$	$u(C_s)$ $\mu\text{mol/mol}$
(0~10)	1.00	0.015
	2.00	0.030
	4.00	0.060
	6.00	0.090
	8.00	0.120
测量范围 nmol/mol	气体标准物质浓度值 nmol/mol	$u(C_s)$ nmol/mol
(0~500)	50.0	0.75
	100	1.50
	200	3.00
	300	4.50
	400	6.00

B.4.2 测量重复性引入的标准不确定度 $u(\bar{C})$

对于测量范围为(0~10) $\mu\text{mol/mol}$ 的气体组分依次通入浓度约为 1.00、2.00、4.00、6.00、8.00 $\mu\text{mol/mol}$ 气体标准物质,重复测量 10 次。对于测量范围为(0~500) nmol/mol 的气体组分依次通入浓度约为 50.0、100、200、300、400 nmol/mol 气体标准物质,重复测量 10 次,各校准点测量结果见表 B.2。

表 B.2 各校准点重复性测量结果

测量范围 $\mu\text{mol/mol}$	气体标准物质浓度值 $\mu\text{mol/mol}$	示值 $\mu\text{mol/mol}$									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(0~10)	1.00	0.973	0.959	0.982	0.975	0.968	0.961	0.973	0.986	0.958	0.977
	2.00	1.888	1.896	1.875	1.886	1.895	1.899	1.871	1.862	1.875	1.886
	4.00	3.928	3.916	3.937	3.933	3.918	3.912	3.925	3.956	3.933	3.953
	6.00	5.964	5.931	5.975	5.938	5.962	5.921	5.938	5.965	5.952	5.969
	8.00	8.003	8.022	7.977	8.008	8.025	7.983	8.001	7.957	7.998	8.031
测量范围 nmol/mol	气体标准物质浓度值 nmol/mol	示值 nmol/mol									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(0~500)	50.0	50.5	50.2	51.3	50.4	50.6	51.2	50.8	50.3	51.1	50.6
	100	99.2	98.7	97.8	99.1	98.3	98.6	99.5	98.6	97.3	98.8
	200	195.4	196.6	194.3	193.5	195.7	196.3	193.5	195.1	196.6	195.5
	300	305.4	304.7	306.2	305.6	303.1	305.5	305.0	302.3	305.2	306.3
	400	403.8	404.5	405.2	402.6	403.5	406.1	401.9	403.5	402.6	405.7

各校准点分别按式(B.3)计算实验标准偏差 s , 各校准点相应的标准不确定度按式

(B.4)计算。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10}(C_i - \bar{C})^2}{10-1}} \quad (\text{B.3})$$

$$u(\bar{C}) = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{s}{\sqrt{3}} \quad (\text{B.4})$$

注：本规范规定，每个校准点重复测量 3 次，取 3 次示值的算术平均值作为仪器示值，故 $n=3$ 。

各校准点的标准偏差 s 与标准不确定度 $u(\bar{C})$ 的计算结果见表 B.3。

表 B.3 各校准点的标准偏差与标准不确定度

测量范围 $\mu\text{mol/mol}$	气体标准物质浓度值 $\mu\text{mol/mol}$	s $\mu\text{mol/mol}$	$u(\bar{C})$ $\mu\text{mol/mol}$
(0~10)	1.00	0.0096	0.0055
	2.00	0.0122	0.0070
	4.00	0.0148	0.0085
	6.00	0.0184	0.0106
	8.00	0.0232	0.0134
测量范围 nmol/mol	气体标准物质浓度值 nmol/mol	s nmol/mol	$u(\bar{C})$ nmol/mol
(0~500)	50.0	0.39	0.23
	100	0.66	0.39
	200	1.16	0.67
	300	1.29	0.75
	400	1.41	0.82

B.5 合成标准不确定度

B.5.1 标准不确定度汇总表

各标准不确定度分量汇总见表 B.4。

表 B.4 标准不确定度分量汇总表

测量范围 (单位)	气体标准物质浓度值	气体标准物质定值引入的标准不确定度 $u(C_s)$	测量重复性引入的标准不确定度 $u(\bar{C})$
(0~10) $\mu\text{mol/mol}$	1.00	0.015	0.0055
	2.00	0.030	0.0070
	4.00	0.060	0.0085
	6.00	0.090	0.0106
	8.00	0.120	0.0134
(0~500) nmol/mol	50.0	0.75	0.23
	100	1.50	0.39
	200	3.00	0.67
	300	4.50	0.75
	400	6.00	0.82

B.5.2 合成标准不确定度的计算

计算公式:

$$u_c^2(\Delta C) = \left(\frac{\partial \Delta C}{\partial \bar{C}}\right)^2 u^2(\bar{C}) + \left(\frac{\partial \Delta C}{\partial C_s}\right)^2 u^2(C_s)$$

灵敏系数: $\frac{\partial \Delta C}{\partial \bar{C}} = 1, \quad \frac{\partial \Delta C}{\partial C_s} = -1$

则: $u_c^2(\Delta C) = u^2(\bar{C}) + u^2(C_s)$ (B.5)

合成标准不确定度 $u_c(\Delta C)$ 可按式 (B.6) 计算。

$$u_c(\Delta C) = \sqrt{u^2(\bar{C}) + u^2(C_s)}$$
 (B.6)

上述计算结果见表 B.5。

表 B.5 合成标准不确定度及扩展不确定度

测量范围 (单位)	气体标准物 质浓度值	标准不确定度		合成标准不确 定度 $u_c(\Delta C)$	扩展不确定度 $U, k=2$
		$u(C_s)$	$u(\bar{C})$		
(0~10) $\mu\text{mol/mol}$	1.00	0.015	0.0055	0.016	0.032
	2.00	0.030	0.0070	0.031	0.062
	4.00	0.060	0.0085	0.061	0.122
	6.00	0.090	0.0106	0.091	0.182
	8.00	0.120	0.0134	0.121	0.242
(0~500) nmol/mol	50.0	0.75	0.23	0.8	1.6
	100	1.50	0.39	1.6	3.2
	200	3.00	0.67	3.1	6.2
	300	4.50	0.75	4.6	9.2
	400	6.00	0.82	6.1	12.2

B.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则各校准点示值误差的扩展不确定度按式(B.7)计算, 结果如下。

$$U = k \cdot u_c(\Delta C) \quad \text{或} \quad U_{\text{rel}} = k \cdot \frac{u_c(\Delta C)}{C_s}$$
 (B.7)

测量范围(0~10) $\mu\text{mol/mol}$:

校准点 1.00 $\mu\text{mol/mol}$: $U=0.032 \mu\text{mol/mol}(k=2)$;

校准点 2.00 $\mu\text{mol/mol}$: $U=0.062 \mu\text{mol/mol}(k=2)$, 或 $U_{\text{rel}}=3.1\% (k=2)$;

校准点 4.00 $\mu\text{mol/mol}$: $U=0.122 \mu\text{mol/mol}(k=2)$, 或 $U_{\text{rel}}=3.1\% (k=2)$;

校准点 6.00 $\mu\text{mol/mol}$: $U=0.182 \mu\text{mol/mol}(k=2)$, 或 $U_{\text{rel}}=3.1\% (k=2)$;

校准点 8.00 $\mu\text{mol/mol}$: $U=0.242 \mu\text{mol/mol}(k=2)$, 或 $U_{\text{rel}}=3.1\% (k=2)$;

测量范围(0~500) nmol/mol :

校准点 50.0 nmol/mol : $U=1.6 \text{nmol/mol}(k=2)$;

校准点 100 nmol/mol : $U=3.2 \text{nmol/mol}(k=2)$, 或 $U_{\text{rel}}=3.2\% (k=2)$;

校准点 200 nmol/mol: $U=6.2$ nmol/mol($k=2$), 或 $U_{\text{rel}}=3.1\%$ ($k=2$);

校准点 300 nmol/mol: $U=9.2$ nmol/mol($k=2$), 或 $U_{\text{rel}}=3.1\%$ ($k=2$);

校准点 400 nmol/mol: $U=12.2$ nmol/mol($k=2$), 或 $U_{\text{rel}}=3.1\%$ ($k=2$)。

微型空气监测站示值误差的测量不确定度评定示例

(SO₂、NO₂、CO、O₃ 气体部分，湿度影响)

B.1 概述

B.1.1 环境条件：符合本校准规范规定的环境条件。

B.1.2 测量标准：(SO₂、NO₂、CO、O₃) 气体标准物质：相对扩展不确定度 $U_{rel}=3\%$ ， $k=2$ 。

B.1.3 被校仪器：微型空气监测站。默认测量范围：(0~500) nmol/mol 及 CO (0~10) μmol/mol。

B.1.4 测量方法：按照仪器使用说明书的要求，分别通入零点气体和浓度约为默认满量程 60% 的气体标准物质，调整仪器的零点和示值。依次通入浓度约为默认量程 10%、20%、40%、60%、80%，湿度 (50±5) %RH 的标准气体（湿气），记录稳定后的示值。每点重复测量 3 次，3 次示值的算术平均值与标准气体浓度值的差值为该仪器的示值误差。

B.2 测量模型

示值误差测量模型为公式 (B.1)

$$\Delta C_h = \bar{C}_h - C_{sh} \quad (\text{B.1})$$

式中：

ΔC_h ——湿度影响试验的示值误差；

\bar{C}_h ——3 次示值的算术平均值；

C_{sh} ——标准气体浓度值。

B.3 测量不确定度来源

B.3.1 标准气体引入的不确定度。

B.3.2 环境条件、人员操作、流量控制、被校仪器等各种随机因素引入的不确定度，体现为测量重复性引入的不确定度。

B.4 标准不确定度评定

B.4.1 标准气体定值引入的标准不确定度 $u(C_{sh})$

标准气体的定值引入的标准不确定度 $u(C_{sh})$ ，由气体标准物质 $u(C_s)$ 引入的不确定度和湿度影响引入的不确定度 $u(C_h)$ 两部分组成，二者不相关， $u(C_{sh}) = \sqrt{u^2(C_s) + u^2(C_h)}$ 。

B.4.1.1 气体标准物质引入的标准不确定度 $u(C_s)$

气体标准物质相对扩展不确定度为 3%，包含因子 $k=2$ 。则气体标准物质定值引入的

标准不确定度为:

$$u(C_s) = \frac{C_s \times 3\%}{2} \quad (\text{B.2})$$

在各校准点, 气体标准物质引入的标准不确定度 $u(C_s)$ 计算结果见表 B.1。

B.4.1.2 湿度影响引入的标准不确定度 $u(C_h)$

规程规定, 湿度扩展不确定度不大于 3%RH, $k=2$; 温度扩展不确定度不大于 1°C, $k=2$ 。则湿度的标准不确定度为 1.5%RH, 温度的标准不确定度为 0.5°C, 计算温湿度变化对水饱和蒸气分压的影响。由规程表 A.1, 在(15~35)°C范围, 温度变化 0.5°C, 水饱和蒸气分压最大变化量 $|\Delta p_1|=154\text{Pa}$; 湿度变化 1.5%RH, 饱和蒸气分压变化量 $|\Delta p_2|=1.5\% \times 5629 = 84.5\text{Pa}$, 按均方根合成 $|\Delta p|=175.7\text{Pa}$; 规程规定环境条件“大气压 (80~106) kPa”, 保守考虑, 当前大气压按 80.0 kPa 计, 由规范附录 A 中式

(A.2) 求得 $|\Delta p|$ 引入的标准物质浓度变化为 $u_r(C_h)=|C_{sh}-C_{s0}|/C_{s0}=0.11\%$ 。则湿度引入的标准不确定度 $u(C_h)=0.11\% \times C_{s0}$, 按校准点计算, 结果列于表 B.1。

由 $u(C_{sh}) = \sqrt{u^2(C_s) + u^2(C_h)}$, 标准气体定值引入的标准不确定度 $u(C_{sh})$ 结果见下表。

表 B.1 各校准点标准气体定值引入的标准不确定度

测量范围 $\mu\text{mol/mol}$	校准浓度点 $\mu\text{mol/mol}$	$u(C_s)$ $\mu\text{mol/mol}$	$u(C_h)$ $\mu\text{mol/mol}$	$u(C_{sh})$ $\mu\text{mol/mol}$
(0~10)	1.00	0.015	0.0011	0.016
	2.00	0.030	0.0022	0.031
	4.00	0.060	0.0044	0.061
	6.00	0.090	0.0066	0.091
	8.00	0.120	0.0088	0.121
测量范围 nmol/mol	校准浓度点 nmol/mol	$u(C_s)$ nmol/mol	$u(C_h)$ nmol/mol	$u(C_{sh})$ nmol/mol
(0~500)	50.0	0.75	0.055	0.76
	100	1.50	0.11	1.51
	200	3.00	0.22	3.01
	300	4.50	0.33	4.52
	400	6.00	0.44	6.02

B.4.3 测量重复性引入的标准不确定度 $u(\bar{C}_h)$

对于测量范围为(0~10) $\mu\text{mol/mol}$ 的气体组分依次通入浓度约为 1.00、2.00、4.00、6.00、8.00 $\mu\text{mol/mol}$, 湿度为 (50±5) %RH 的标准气体, 重复测量 10 次。对于测量范围为(0~500) nmol/mol 的气体组分依次通入浓度约为 50.0、100、200、300、400 nmol/mol ,

湿度为 $(50 \pm 5) \%RH$ 的标准气体，重复测量 10 次。各校准点测量结果见表 B.2。

表 B.2 各校准点重复性测量结果

测量范围 $\mu\text{mol/mol}$	校准浓度点 $\mu\text{mol/mol}$	示值 $\mu\text{mol/mol}$									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(0~10)	1.00	0.937	0.923	0.946	0.939	0.932	0.925	0.937	0.951	0.922	0.941
	2.00	1.845	1.853	1.832	1.843	1.852	1.856	1.828	1.808	1.832	1.843
	4.00	3.872	3.860	3.881	3.877	3.862	3.851	3.869	3.906	3.877	3.897
	6.00	5.913	5.880	5.903	5.887	5.911	5.870	5.887	5.914	5.901	5.933
	8.00	7.847	7.866	7.821	7.852	7.869	7.827	7.845	7.801	7.842	7.879
测量范围 nmol/mol	校准浓度点 nmol/mol	示值 nmol/mol									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(0~500)	50.0	49.3	49.0	49.8	49.2	49.4	50.0	49.6	48.9	49.9	49.3
	100	97.3	96.8	95.9	97.2	96.4	95.9	97.6	96.7	95.4	96.9
	200	189.8	191.0	188.7	186.9	190.1	190.3	187.9	189.5	191.0	189.9
	300	286.8	286.1	287.6	288.6	284.5	286.9	286.4	283.7	286.6	288.3
	400	391.5	392.2	392.9	388.9	391.2	393.8	389.6	391.2	390.3	393.4

各校准点分别按式(B.3)计算实验标准偏差 s ，各校准点相应的标准不确定度按式(B.4)计算。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (C_i - \bar{C})^2}{10-1}} \quad (\text{B.3})$$

$$u(\bar{C}) = \frac{s}{\sqrt{n}} = \frac{s}{\sqrt{3}} \quad (\text{B.4})$$

注：本规范规定，每个校准点重复测量 3 次，取 3 次示值的算术平均值作为仪器示值，故 $n=3$ 。

各校准点的标准偏差 s_h 与标准不确定度 $u(\bar{C}_h)$ 的计算结果列于表 B.3。

表 B.3 各校准点的标准偏差与标准不确定度

测量范围 $\mu\text{mol/mol}$	校准浓度点 $\mu\text{mol/mol}$	s_h $\mu\text{mol/mol}$	$u(\bar{C}_h)$ $\mu\text{mol/mol}$
(0~10)	1.00	0.0098	0.0057
	2.00	0.0146	0.0085
	4.00	0.0167	0.0097
	6.00	0.0190	0.0110
	8.00	0.0238	0.0138
测量范围 nmol/mol	校准浓度点 nmol/mol	s_h nmol/mol	$u(\bar{C}_h)$ nmol/mol
(0~500)	50.0	0.38	0.22
	100	0.71	0.41
	200	1.33	0.77

	300	1.54	0.89
	400	1.62	0.94

B.5 合成标准不确定度

B.5.1 标准不确定度汇总表

各标准不确定度分量汇总见表 B.4。

表 B.4 标准不确定度分量汇总表

测量范围 (单位)	校准浓度点	标准气体定值引入的标准 不确定度 $u(C_{sh})$	测量重复性引入的标准 不确定度 $u(\bar{C}_h)$
(0~10) $\mu\text{mol/mol}$	1.00	0.016	0.0057
	2.00	0.031	0.0085
	4.00	0.061	0.0097
	6.00	0.091	0.0110
	8.00	0.121	0.0138
(0~500) nmol/mol	50.0	0.76	0.22
	100	1.51	0.41
	200	3.01	0.77
	300	4.52	0.89
	400	6.02	0.94

B.5.2 合成标准不确定度的计算

计算公式： $\Delta C_h = \bar{C}_h - C_{sh}$

$$u_c^2(\Delta C_h) = \left(\frac{\partial \Delta C_h}{\partial \bar{C}_h}\right)^2 u^2(\bar{C}_h) + \left(\frac{\partial \Delta C_h}{\partial C_{sh}}\right)^2 u^2(C_{sh})$$

灵敏系数： $\frac{\partial \Delta C_h}{\partial \bar{C}_h} = 1$ ， $\frac{\partial \Delta C_h}{\partial C_{sh}} = -1$

$$\text{则：} \quad u_c^2(\Delta C_h) = u^2(\bar{C}_h) + u^2(C_{sh}) \quad (\text{B.5})$$

合成标准不确定度 $u_c(\Delta C_h)$ 按式 (B.6) 计算。

$$u_c(\Delta C_h) = \sqrt{u^2(\bar{C}_h) + u^2(C_{sh})} \quad (\text{B.6})$$

上述计算结果见表 B.5。

表 B.5 合成标准不确定度及扩展不确定度

测量范围 (单位)	校准浓度点	标准不确定度		合成标准不 确定度 $u_c(\Delta C_h)$	扩展不确定度 $U_h, k=2$
		$u(C_{sh})$	$u(\bar{C}_h)$		
(0~10) $\mu\text{mol/mol}$	1.00	0.016	0.0057	0.017	0.034
	2.00	0.031	0.0085	0.033	0.066

	4.00	0.061	0.0097	0.062	0.124
	6.00	0.091	0.0110	0.092	0.184
	8.00	0.121	0.0138	0.122	0.244
(0~500) nmol/mol	50.0	0.76	0.22	0.8	1.6
	100	1.51	0.41	1.6	3.2
	200	3.01	0.77	3.2	6.4
	300	4.52	0.89	4.7	9.4
	400	6.02	0.94	6.1	12.2

B.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则各校准点示值误差的扩展不确定度按式(B.7)计算，结果如下。

$$U_h = k \cdot u_c(\Delta C_h) \quad \text{或} \quad U_{h \text{ rel}} = k \cdot \frac{u_c(\Delta C_h)}{C_{sh}} \quad (\text{B.7})$$

校准点浓度值 C_{sh} ，根据规范附录 A，若加湿时标准气体温度 25℃，压力 101325 Pa，则求得 $C_{sh}=0.9846 \times C_s$ ，则测量范围(0~10) $\mu\text{mol/mol}$ 校准点对应的 C_{sh} 分别为 0.985 $\mu\text{mol/mol}$ 、1.97 $\mu\text{mol/mol}$ 、3.94 $\mu\text{mol/mol}$ 、5.91 $\mu\text{mol/mol}$ 、7.89 $\mu\text{mol/mol}$ ；测量范围(0~500) nmol/mol 校准点对应的 C_{sh} 分别为 49.2 nmol/mol、98.5 nmol/mol、197 nmol/mol、295 nmol/mol、394 nmol/mol。

测量范围(0~10) $\mu\text{mol/mol}$ ：

校准点 1.00 $\mu\text{mol/mol}$ ： $U_h = 0.034 \mu\text{mol/mol}(k=2)$ ；

校准点 2.00 $\mu\text{mol/mol}$ ： $U_h = 0.066 \mu\text{mol/mol}(k=2)$ ，或 $U_{h \text{ rel}}=3.4\%(k=2)$ ；

校准点 4.00 $\mu\text{mol/mol}$ ： $U_h = 0.124 \mu\text{mol/mol}(k=2)$ ，或 $U_{h \text{ rel}}=3.2\%(k=2)$ ；

校准点 6.00 $\mu\text{mol/mol}$ ： $U_h = 0.184 \mu\text{mol/mol}(k=2)$ ，或 $U_{h \text{ rel}}=3.1\%(k=2)$ ；

校准点 8.00 $\mu\text{mol/mol}$ ： $U_h = 0.244 \mu\text{mol/mol}(k=2)$ ，或 $U_{h \text{ rel}}=3.1\%(k=2)$ ；

测量范围(0~500) nmol/mol：

校准点 50.0nmol/mol： $U_h = 1.6 \mu\text{mol/mol}(k=2)$ ；

校准点 100 nmol/mol： $U_h = 3.2 \mu\text{mol/mol}(k=2)$ ，或 $U_{h \text{ rel}}=3.3\%(k=2)$ ；

校准点 200 nmol/mol： $U_h = 6.4 \mu\text{mol/mol}(k=2)$ ，或 $U_{h \text{ rel}}=3.3\%(k=2)$ ；

校准点 300 nmol/mol： $U_h = 9.4 \mu\text{mol/mol}(k=2)$ ，或 $U_{h \text{ rel}}=3.2\%(k=2)$ ；

校准点 400 nmol/mol： $U_h = 12.2 \mu\text{mol/mol}(k=2)$ ，或 $U_{h \text{ rel}}=3.1\%(k=2)$ 。

附录 C 示值误差的测量不确定度评定示例-颗粒物部分

微型空气监测站示值误差的测量不确定度评定示例

(颗粒物部分)

C.1 概述

本仪器用来测量空气动力学直径不大于 $10\mu\text{m}$ 和 $2.5\mu\text{m}$ 颗粒物质量浓度，因此校准结果的不确定度评定主要是针对质量浓度示值误差的不确定度。本示例以被校准仪器测量 $\text{PM}_{2.5}$ 发生浓度 $>100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 时情况为例。

使用 $\text{PM}_{2.5}$ 气溶胶发生装置发生 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度约为 $105\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的气溶胶。将参考仪器和被校仪器处于相同气溶胶环境，设定为相同采样时间并同时等流量采样。记录在校准时间段内 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度参考仪器的标准浓度值和被校仪器的浓度测量值，并计算得到 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度示值误差 Δc 。

C.2 测量模型

$$\Delta c = \frac{c_m - c_s}{c_s} \times 100\% = \left(\frac{c_m}{c_s} - 1 \right) \times 100\% \quad (\text{C.1})$$

式中： c_s —参考仪器浓度值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

c_m —被校仪器浓度测量值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

Δc —仪器浓度示值误差。

C.3 不确定度的计算

由式 C.1 可以得到，质量浓度示值误差不确定度的来源主要包括：被校仪器浓度测量值引入的不确定度分量和参考仪器标准值引入的不确定度分量。被校仪器浓度测量值引入的不确定度分量主要由被校仪器的测量重复性和被校仪器的读数分辨率引入（可以忽略不计）。参考仪器标准值引入的不确定度分量主要包括 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度参考仪器引入的不确定度分量和气溶胶发生混匀装置不均匀性引入的不确定度分量。

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

选择一台常规水平的测量仪，气溶胶发生混匀装置产生标准浓度值，被校仪器连续测量 10 次。数据列于表 C.1。

表 C.1 质量浓度校准数据表

测量次数	被校仪器示值 $c_m/\mu\text{g}/\text{m}^3$	测量重复性
1	106.5	3.7%

2	107.3
3	109.2
4	108.4
5	106.5
6	107.7
7	106.5
8	107.1
9	108.0
10	107.6
平均值	107.48

在实际校准时，测量 3 次，因此测量引入的不确定度可用以下公式计算：

$$u_r(c_m) = \frac{s_{n-1}}{\sqrt{3}} = \frac{3.7\%}{\sqrt{3}} = 1.3\%$$

C.4.2 PM_{2.5} 参考仪器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 PM_{2.5} 参考仪器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 PM_{2.5} 参考仪器的不确定度为 10% ($k=2$)，因此其相对标准不确定度为：

$$u_{r1}(c_s) = \frac{10\%}{2} = 5\%$$

气溶胶发生混匀装置不均匀性不大于 5%，假设其为均匀分布，因此气溶胶混匀装置不均匀性引入的标准不确定度为

$$u_{r2}(c_s) = \frac{5\%}{\sqrt{3}} = 2.9\%$$

因此，可以得到：

$$u_r(c_s) = \sqrt{u_{r1}^2(c_s) + u_{r2}^2(c_s)} = \sqrt{(5\%)^2 + (2.9\%)^2} = 5.9\%$$

C.5 相对合成标准不确定度

计算得到相对合成标准不确定度：

$$u_{cr}(\Delta c) = \sqrt{[u_r(c_m)]^2 + u_r(c_s)]^2} = \sqrt{(1.3\%)^2 + (5.9\%)^2} = 6.0\%$$

C.6 扩展不确定度

取 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U(\Delta c) = k \cdot u_{cr}(\Delta c) = 2 \times 6.0\% = 12\%$$

附录 D 校准记录

校准记录

送校单位: _____ 证书编号: _____
 仪器名称: _____ 制造厂商: _____
 仪器型号: _____; 仪器编号: _____; 测量范围: _____
 操作人员: _____; 核验员: _____; 校准地点: _____
 检测日期: _____年____月____日; 环境温度: ____°C; 湿度: ____%RH; 大气压: _____kPa

1、示值误差

气体 (SO₂、NO、CO、O₃)

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 nmol/mol							
CO μmol/mol							
O ₃ nmol/mol							

湿度影响—气体 (SO₂、NO、CO、O₃)

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 nmol/mol							

JJF XXX-XXXX

CO μmol/mol							
O ₃ nmol/mol							

颗粒物 (PM₁₀、PM_{2.5})

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

2、重复性:

气体 (SO₂、NO、CO、O₃)

气体组分	气体标准物质浓度	示值 1	示值 2	示值 3	示值 4	示值 5	示值 6	s_r
SO ₂ (nmol/mol)								
NO(nmol/mol)								
CO(μmol/mol)								
O ₃ (nmol/mol)								

颗粒物 (PM₁₀ , PM_{2.5})

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	备注
浓度值 μg/m ³											PM ₁₀
重复性 (%)											

JJF XXX-XXXX

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	备注
浓度值 $\mu\text{g}/\text{m}^3$											PM _{2.5}
重复性 (%)											

3、计时示值误差（颗粒物）

起始时间 t_0	停止时间 t_1	秒表计时 t_2	计时示值误差 Δt (s)

检测技术依据：_____

校准使用的计量器具（含标准物质）

名称	测量范围	不确定度/ 准确度等级	证书编号	证书有效期至 (YYYY-MM-DD)

附录 E 证书内页格式

证书内页格式

校准结果

1、气体部分

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	重复性	扩展不确定度 ($k=2$)
	SO ₂ nmol/mol					
	NO nmol/mol					
	CO μmol/mol					
O ₃ nmol/mol						
湿度影响	气体组分	标准值	仪器示值	示值误差	扩展不确定度 ($k=2$)	备注
	SO ₂ nmol/mol					
	NO nmol/mol					
	CO μmol/mol					

JJF XXX-XXXX

	O ₃ nmol/mol					

3、颗粒物部分

校准项目	校准结果					
示值误差	颗粒物	平均浓度	示值误差	重复性	扩展不确定度 (<i>k</i> =2)	计时示值 误差
	PM ₁₀					
	PM _{2.5}					
注：						