

JJF(京) XXXX-XXXX



北京市地方计量技术规范

JJF(京) XXXX-XXXX

颗粒物监测仪校准装置

Calibration Device of Particulate Monitors

(征集意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

北京市市场监督管理局 发布

颗粒物监测仪器校准装置校准规范

Calibration Specification for

Calibration Device of Particulate Monitors

JJF(京) XXXX-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

本规范委托北京市计量检测科学研究院负责解释

本规范主要起草人：

沈上圯（北京市计量检测科学研究院）

张国城（北京市计量检测科学研究院）

吴 丹（北京市计量检测科学研究院）

刘佳琪（北京市计量检测科学研究院）

参加起草人：

田莹（北京市计量检测科学研究院）

施伟雄（张家港朗亿机电设备有限公司）

曹志成（北京安荣信科技有限公司）

目 录

引 言.....	(II)
1 适用范围.....	(1)
2 概述.....	(1)
3 计量特性.....	(1)
4 校准条件.....	(2)
4.1 环境条件.....	(2)
4.2 计量标准器及配套设备.....	(2)
5 校准方法.....	(2)
5.1 颗粒物最大发生浓度.....	(2)
5.2 颗粒物浓度稳定性.....	(3)
5.3 采样口浓度偏差.....	(3)
5.4 装置的流速及稳定性.....	(4)
5.5 颗粒物浓度示值误差.....	(4)
5.6 颗粒物浓度示值重复性.....	(5)
5.7 采样流量示值误差.....	(5)
5.8 采样流量重复性.....	(5)
5.9 采样计时误差.....	(6)
5.10 气溶胶粒径分布.....	(6)
5.11 装置内外压差.....	(6)
6 校准结果表达.....	(6)
7 复校时间间隔.....	(7)
附录 A.....	(8)
附录 B.....	(10)
附录 C.....	(11)

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》、JJF1059《测量不确定度评定与表示》编写，参考了 QX/T 84-2007《气象低速风洞性能测试规范》、JJG 846-2015《粉尘浓度测量仪》、JJG 680-2021《烟尘采样器》的有关规定。

本规范为首次发布。

颗粒物监测仪校准装置校准规范

1 适用范围

本规范适用于粉尘浓度测量仪、气溶胶光度计、烟尘测试仪等颗粒物监测仪器校准装置的校准。

2 概述

颗粒物监测仪器校准装置(以下简称“装置”)可产生浓度可调且足够均匀、稳定的颗粒物气溶胶,再通过滤膜采样称重或参比仪器的比对,实现粉尘浓度测量仪等颗粒物监测仪的量值溯源。装置通常由发生装置、测试仓、风机等部分组成,有时还具有滤膜采样装置、参比仪器等配套设备。按照颗粒物浓度范围分为高浓度校准装置和低浓度校准装置等。

3 计量特性

颗粒物监测仪校准装置各项计量特性指标见表 1。

表 1 主要计量特性指标

计量特性	计量特性指标
颗粒物最大发生浓度	$\geq 90\%FS$
颗粒物浓度稳定性	$\pm 5\%$ ($\geq 10\text{min}$)
采样口浓度偏差	$\pm 5\%$ ($\geq 10\text{min}$)
*装置流速误差及稳定性	流速误差: $\pm 2\%$; 稳定性系数 $\leq 5\%$
*颗粒物浓度示值误差	$\pm 10\%$
*颗粒物浓度示值重复性	$\leq 3\%$
*采样流量示值误差	$\pm 1\%$
*采样流量重复性	$\leq 1\%$
*采样计时误差	$\pm 2\text{s}$
*气溶胶粒径分布	——
*装置的内外压差	——
注: 以上技术指标不适用于合格判定, 仅供参考; 表格中“*”仅为具备该功能装置的校准项目。	

4 校准条件

4.1 环境条件

环境温度 (15~30) °C, 相对湿度 ≤65%RH。

4.2 计量标准器及配套设备

4.2.1 天平

准确度等级①, 实际分度值不大于 0.01mg。

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 秒表

分辨力 0.01s。

4.2.4 温度计

测量范围 (0~50) °C, 分度值 0.1°C。

4.2.5 流量标准器或装置

测量范围 (0.1~1200) L/min, 示值误差不超过 ±1%。

4.2.6 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%。

4.2.7 参比粉尘仪

最大允许误差不超过 ±5%, 示值重复性不大于 3%。

4.2.8 热式风速计

测量范围 (1~30) m/s, 分辨力 0.1m/s。

4.2.9 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超过 5%。

4.2.10 微压计

量程 (0~100) Pa, 分辨力 0.1Pa。

5 校准方法

5.1 颗粒物最大发生浓度

将颗粒物监测仪校准装置的粉尘气溶胶发生浓度设定为最大值, 利用标准采样装置在测试段中心位置进行采样, 记录采样流量、采样时间、滤膜采样前后质量, 按照公式 (1) 计算校准装置的颗粒物最大发生浓度, 取 3 次测试结果的平

均值作为装置的颗粒物最大发生浓度。

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

式中, C_{MAX} —被校装置最大发生浓度, mg/m^3 ;

$m_{前}^n$ —第 n 次测试采样前滤膜质量, mg ;

$m_{后}^n$ —第 n 次测试采样后滤膜质量, mg ;

Q —采样流量, L/min ;

t —采样时间, min ;

5.2 颗粒物浓度稳定性

选取装置最大校准浓度的 20%和 80%左右的两个测量点分别进行测试。待设定的浓度稳定后,利用参比粉尘仪读取测试段中心位置的颗粒物浓度示值,每分钟读取一次示值,连续测量 6 次(或滤膜增重不少于 1mg 所需的时间内按照固定时间间隔连续读取 6 次示值),按照公式(2)计算对应浓度点的相对标准偏差,作为装置的稳定性。

$$S_C = \frac{1}{\bar{C}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^6 (c_n - \bar{C})^2}{n-1}} \times 100\% \quad (2)$$

式中, S_C —该浓度点的浓度稳定性;

\bar{C} —该浓度点的示值平均值, mg/m^3 ;

C_n —该浓度点第 n 次测量时粉尘浓度示值, mg/m^3 。

5.3 采样口浓度偏差

选取装置最大校准浓度的 50%为测量点,待浓度稳定后,利用参比粉尘仪或标准采样装置对被校装置的两个同时采样分析,采样时间不低于 10min (或滤膜增重不少于 1mg 所需的时间),取该段时间内浓度平均值,按照公式(3)计算采样口间浓度偏差。

$$\chi = \frac{|C_1^S - C_2^S|}{C_1^S} \times 100\% \quad (3)$$

式中, δ —被校装置采样口浓度偏差;

C_1^s —被校装置采样口 1 的标准浓度值, mg/m^3 ;

C_2^s —被校装置采样口 2 的标准浓度值, mg/m^3 。

5.4 装置的流速误差及稳定性

在不发生颗粒物气溶胶的条件下, 根据工作实际要求设定流速点, 将风速计安装在测试段截面中心。流速稳定后, 每隔 10 秒钟读取一次流速值, 连续测量 3 次, 按照公式 (4) 计算流速示值误差。

$$\Delta V = \frac{\sum_{i=1}^3 (V_i - V_s)}{3 \cdot V_s} \times 100\% \quad (4)$$

式中, ΔV —流速示值误差;

V_i —第 i 测试的流速值, m/s ;

V_s —被校装置设定的流速值, m/s 。

流速稳定后, 每隔 5 秒钟读取 1 次流速值, 测试时间为 1 分钟, 每种流速下测量 3 次。流速稳定性系数的计算如公式 (5) 所示。

$$\eta = \frac{1}{3} \cdot \sum_{n=1}^3 \frac{|V_n^i - \bar{V}_n|_{\text{MAX}}}{\bar{V}_n} \times 100\% \quad (5)$$

式中, η —当前流速下稳定性系数;

\bar{V}_n —测试的第 n 分钟的平均流速值, m/s ;

V_n^i —测试的第 n 分钟内的瞬时流速值, m/s 。

5.5 颗粒物浓度示值误差

对于具有粉尘浓度在线监测功能的装置, 选取装置最大校准浓度的 20%、50%、80%左右的 3 个测量点分别进行测试。被校装置在设置的浓度稳定后, 按照 5.1 中的方法用标准采样装置进行采样, 在采样的同时按照均匀的时间间隔读取被校装置的 6 个浓度示值, 重复测试 3 次, 按照公式 (6) 计算被校装置在对应浓度点的质量浓度示值误差。

$$\Delta C = \frac{1}{3} \cdot \sum_{n=1}^3 \frac{|\bar{C}_n - C_n^S|}{C_n^S} \times 100\% \quad (6)$$

式中, ΔC —该浓度点的质量浓度示值误差;

\bar{C}_n —第 n 次测量时被校装置示值的平均值, mg/m^3 ;

C_n^S —第 n 次测量时粉尘浓度标准值, mg/m^3 。

5.6 颗粒物浓度示值重复性

选取装置最大校准浓度的 50% 作为测量点, 当装置内粉尘浓度稳定后, 在 10min 内按照固定的时间间隔读取装置的粉尘浓度示值 6 次, 按照公式 (7) 计算相对标准偏差作为示值重复性。

$$S(C) = \frac{1}{C} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (C_i - \bar{C})^2}{5}} \times 100\% \quad (7)$$

式中, $S(C)$ —示值重复性, %;

\bar{C} —被校装置示值的平均值, mg/m^3 ;

C_i —第 i 次测量时, 被校装置的粉尘浓度示值, mg/m^3 。

5.7 采样流量示值误差

选定采样流量上限的 20%、50%、80% 进行校准, 将装置的采样进气口与流量标准器或装置连接, 启动采样泵并调节到采样流量到相应的校准点, 待稳定后读取标准流量值, 每点重复测试 3 次, 按照公式 (8) 计算对应流量示值误差。

$$\Delta Q = \frac{1}{3} \cdot \sum_{i=1}^3 \frac{Q_i^N - Q_i^S}{Q_i^S} \times 100\% \quad (8)$$

式中, ΔQ —当前采样流量的相对示值误差;

Q_i^N —第 i 次测试时装置的采样流量示值, L/min ;

Q_i^S —第 i 次测试时标准装置的流量示值, L/min 。

5.8 采样流量重复性

设定装置的采样流量为上限的 50%, 启动采样泵, 待流量示值稳定后读取流量标准器示值。按照上述步骤重复独立连续测定 6 次, 根据公式 (9) 计算采样

流量重复性。

$$S_Q = \frac{1}{\bar{Q}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^6 (Q_n - \bar{Q})^2}{n-1}} \times 100\% \quad (9)$$

式中, S_Q —当前采样流量的重复性;

Q_n —第 n 次测量的流量示值, L/min;

\bar{Q} —6 次流量测量的算术平均值, L/min。

5.9 采样计时误差

设定装置的采样时间为 20min, 同时启动采样泵和电子秒表进行计时, 待仪器达到设定采样时间停止计时。记录采样时间实测值 t , 重复测试 3 次, 按照公式 (10) 计算被校装置的采样计时误差。

$$\Delta t = \frac{1}{3} \cdot \sum_{n=1}^3 (t_0^n - t^n) \quad (10)$$

式中, Δt —计时误差, s;

t_0^n —第 n 次测试时采样时间设定值, $t_0 = 1200\text{s}$;

t^n —第 n 次测试时采样时间实测值, s。

5.10 气溶胶粒径分布

启动装置并根据需要调节颗粒物浓度值, 将空气动力学粒径谱仪的采样管安装在测试段的中心位置, 打开仪器采样分析, 获得该浓度下空气动力学粒径分布图谱。

5.11 装置内外压差

启动被校装置, 将微压计的一端软管伸入装置内部并紧闭采样孔, 另一端与大气相通, 测量被校装置内部与大气的压差 ΔP , 判断被校装置正压/负压状态。

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(如果不在实验室内进行校准);
- d) 证书或报告的惟一性标识(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。校准环境的描述;
- i) 对校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代码;
- 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) 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;
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- o) 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

颗粒物监测仪校准装置的校准周期应不超过 1 年。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

颗粒物浓度监测仪校准装置校准原始记录表格（推荐）

委托单号 _____ 证书编号 _____

送检单位 _____ 送检单位 _____

仪器名称 _____ 仪器型号 _____

仪器编号 _____ 制造厂商 _____

校准地点 _____ 测量范围 _____

环境条件：温度 _____ °C 湿度 _____ %RH

本次测量所使用的主要计量器具

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

1、颗粒物最大发生浓度

测量 次数	采样流量 Q L/min	采样时间 t min	滤膜质量		C_{MAX} mg/m ³	设计发生浓度 mg/m ³
			采样前 m_1 mg	采样前 m_2 mg		
1						
2						
3						

2、颗粒物浓度稳定性

浓度点	C_n (mg/m ³)					\bar{C} (mg/m ³)	S_C
1							
2							

3、采样口浓度偏差（称重法）

采样流量 Q L/min	采样时间 t min	采样口 1			采样口 2			浓度偏差 χ
		滤膜质量		C_1^S mg/m ³	滤膜质量		C_2^S mg/m ³	
		采样前 m_1 mg	采样前 m_2 mg		采样前 m_1 mg	采样前 m_2 mg		

4、装置流速稳定性

流速点	V_n^i (m/s)	\bar{V}_n (m/s)	η

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1														
2														

5、颗粒物浓度示值误差

浓度点	采样流量 Q L/min	采样时间 t min	滤膜质量		C_n^S mg/m ³	C_n mg/m ³				\bar{C}_n mg/m ³	ΔC	
			采样前 m_1 mg	采样前 m_2 mg								
1												
2												
3												

6、颗粒物浓度示值重复性

浓度点	C_i (mg/m ³)					\bar{C} (mg/m ³)	$S(C)$
1							

7、颗粒物采样流量示值误差

流量点	Q_i^N (L/min)			Q_i^S (L/min)			ΔQ
	1	2	3	1	2	3	
1							
2							
3							

8、颗粒物采样流量重复性

流量点	Q_n (L/min)						\bar{Q} (L/min)	S_Q
	1	2	3	4	5	6		
1								

9、颗粒物采样计时误差

t_0/s	t/s	$\Delta t/s$
1200		

校准: _____

核验: _____

日期: _____

附录 B

颗粒物监测仪校准装置校准证书内页

证书编号: ×××××-×××××

校准结果

校准项目	技术要求	校准结果
颗粒物最大发生浓度	$\geq 90\%FS$	
颗粒物浓度稳定性	$\pm 5\%$ (10min 内)	
采样口浓度偏差	$\pm 5\%$	
*装置流速稳定性	$\leq 5\%$	
*颗粒物浓度示值误差	$\pm 10\%$	
*颗粒物浓度示值重复性	$\leq 5\%$	
*颗粒物采样流量示值误差	$\pm 5\%$	
*颗粒物采样流量重复性	$\leq 5\%$	
*颗粒物采样计时误差	$\pm 2s$	
*装置内外压差		

本次颗粒物监测仪校准装置的浓度示值误差校准结果的相对扩展不确定: $U_{rel}=XX$, ($k=2$)

第×页 共×页

附录 C

颗粒物浓度示值误差的不确定度评定示例

C.1 概述

以具有粉尘浓度监测功能，量程在 $(0.1\sim 10)$ mg/m^3 的颗粒物监测仪校准装置为例，进行不确定评定。

C.1.1 测量方法

颗粒物监测仪校准装置发生高中低三种浓度的粉尘气溶胶，利用标准采样装置采集、称重、计算得到标准粉尘浓度，同时读取颗粒物校准装置浓度，计算示值误差。

C.1.2 不确定度评定依据

JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示技术规范

C.2 测量模型

待校准装置的粉尘浓度示值误差 ΔC ：

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

$$\Delta C = \frac{C - \frac{\Delta m}{Q \cdot t}}{\frac{\Delta m}{Q \cdot t}} = \frac{C \cdot Q \cdot t}{\Delta m} - 1 \quad (\text{C.2})$$

其中， C —颗粒物监测仪校准装置粉尘浓度示值， mg/m^3 ；

C_s —滤膜称重法标准粉尘浓度示值， mg/m^3 ；

Q —标准粉尘采样装置采样流量， L/min ；

t —粉尘采样时间， min ；

C.3 灵敏系数

$$c(C) = \frac{Q \cdot t}{\Delta m}$$

$$c(Q) = \frac{C \cdot t}{\Delta m}$$

$$c(t) = \frac{C \cdot Q}{\Delta m}$$

$$c(\Delta m) = C \cdot Q \cdot t$$

影响颗粒物监测仪校准装置的示值误差不确定的因素有：

- 粉尘发生浓度的不均匀性、不稳定性引入的不确定度
- 粉尘采样流量引入的不确定度；
- 粉尘采样时间引入的不确定度；
- 粉尘称重引入的不确定度；
- 测量重复性引入的不确定度。

C.4 标准不确定度的评定

C.4.1 由测量结果的重复性引入的不确定度，属于不确定度 A 类评定，计算方法如下：

$$s_p(c_i) = \sqrt{\frac{1}{m(n-1)} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n (c_{ij} - \bar{x}_i)^2} \quad (C.3)$$

$$u_A = \frac{s_p(c_i)}{\sqrt{n}} \quad (C.4)$$

$$u_{Arel} = \frac{u_A}{c_i} \times 100\% \quad (C.5)$$

① 20%浓度为 2mg/m³

测量序列	测量值						平均值 mg/m ³
	mg/m ³						
1	1.98	2.15	2.06	2.06	1.89	2.03	1.98
2	1.92	1.99	2.08	1.88	2.01	1.99	1.92
3	2.15	1.90	1.96	2.13	1.90	2.01	2.15
合并样本标准偏差 (mg/m ³)		0.093		合并样本相对标准偏差		4.6%	

② 50%浓度为 5mg/m³

测量序列	测量值						平均值 mg/m ³
	mg/m ³						
1	4.96	5.10	5.10	4.93	5.11	5.06	4.96
2	4.89	5.01	4.83	5.10	4.83	4.97	4.89
3	4.97	4.90	4.89	4.95	4.84	4.92	4.97
合并样本标准偏差 (mg/m ³)		0.104		合并样本相对标准偏差		2.1%	

③ 80%浓度为 $8\text{mg}/\text{m}^3$

测量序列	测量值						平均值 mg/m^3
	mg/m^3						
1	7.97	8.10	7.99	7.98	7.84	8.21	8.02
2	8.19	7.90	7.79	7.77	7.93	8.11	7.95
3	8.04	8.00	8.08	8.15	7.99	8.21	8.08
合并样本标准偏差 (mg/m^3)			0.160	合并样本相对标准偏差			2.0%

经计算：

颗粒物浓度为 $2\text{mg}/\text{m}^3$ 时，由测量结果的重复性引入的相对标准不确定度为 $u_{2\text{rel}}=1.9\%$ ；

颗粒物浓度为 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 时，由测量结果的重复性引入的相对标准不确定度为 $u_{5\text{rel}}=0.9\%$ ；

颗粒物浓度为 $8\text{mg}/\text{m}^3$ 时，由测量结果的重复性引入的相对标准不确定度为 $u_{8\text{rel}}=0.8\%$ 。

C.4.2 由采样体积引入的不确定度，属于不确定度 B 类评定，采样体积 V 与采样流量 Q 、采样时间 t 、采样大气压力 P 和采样温度 T 相关。计算方法如下：

$$u_{\text{rel}}(V) = \sqrt{u_{\text{rel}}^2(Q) + u_{\text{rel}}^2(t) + u_{\text{rel}}^2(P) + u_{\text{rel}}^2(T)} \quad (\text{C.6})$$

其中，采样时的大气压力和温度对采样体积有一定程度的影响。因此，引入空盒压力计的不确定度 $u_{\text{rel}}(P)$ 和温度表的不确定度 $u_{\text{rel}}(T)$ 。

C.4.2.1 采样流量引入的不确定度

经标定该采样器在 $Q=20\text{L}/\text{min}$ 流量点测量不确定度为 0.7% ($k=2$)，则该采样器的流量计引入的不确定度分量计算如下：

$$u_{\text{rel}}(q) = \frac{0.7\%}{2} = 3.5\% \quad (\text{C.6})$$

C.4.2.2 采样时间引入的不确定度

采样器计时器的测量误差为 $0.05\text{s}/6\text{min}$ ($k = \sqrt{3}$)，因此由该采样器引入的计时器不确定度分量如下：

$$u_{\text{rel}}(t) = \frac{0.05}{6 \times 60 \times \sqrt{3}} \times 100\% = 0.008\% \quad (\text{C.7})$$

C.4.2.3 大气压力引入的不确定度

工作场所大气压力为 103.1kPa，空盒压力计的修正值绝对值为 2hPa，按均匀分布计算不确定分量如下：

$$u_{\text{rel}}(P) = \frac{2}{103.1 \times \sqrt{3}} \times 100\% = 1.12\% \quad (\text{C.8})$$

C.4.2.4 温度引入的不确定度

工作场所气温为 20.1℃，为 103.1kPa，温度表的相对标准不确定度按温度最小分度值为 0.1℃，按均匀分布计算不确定分量如下：

$$u_{\text{rel}}(T) = \frac{0.1 \times 0.5}{20.1 \times \sqrt{3}} \times 100\% = 0.14\% \quad (\text{C.9})$$

综上，采样体积引入的相对不确定度为

$$u_{\text{rel}}(V) = \sqrt{u_{\text{rel}}^2(Q) + u_{\text{rel}}^2(t) + u_{\text{rel}}^2(P) + u_{\text{rel}}^2(T)} = 1.22\% \quad (\text{C.10})$$

C.4.3 称量引入的不确定度评定

C.4.3.1 电子天平引入不确定度

属于不确定度 B 类评定，计算方法如下：

$$u_{\text{rel}}(w_1) = \frac{S}{M \times k} \times 100\% \quad (\text{C.11})$$

其中， S —电子天平最大示值误差；

M —分辨力；

k —分布类型，按矩形分布估计，取 $\sqrt{3}$ 。

经计算：

$$u_{\text{rel}}(w_1) = \frac{0.1 \times 0.001}{0.55612 \times \sqrt{3}} \times 100\% = 0.01\% \quad (\text{C.11})$$

C.4.3.2 天平称量重复性引入不确定度

属于不确定度 A 类评定，计算方法如下：

序号	2 mg/m ³		5 mg/m ³		8 mg/m ³	
	m ₁	m ₂	m ₁	m ₂	m ₁	m ₂
1	12986.28	12986.53	12986.28	12986.9	12986.28	12987.28
2	12986.29	12986.51	12986.29	12986.89	12986.29	12987.25

3	12986.28	12986.53	12986.28	12986.91	12986.28	12987.25
4	12986.27	12986.52	12986.27	12986.88	12986.27	12987.25
5	12986.28	12986.53	12986.28	12986.90	12986.28	12987.26
6	12986.27	12986.53	12986.27	12986.90	12986.27	12987.26
7	12986.30	12986.56	12986.30	12986.90	12986.30	12987.24
8	12986.29	12986.51	12986.29	12986.92	12986.29	12987.24
9	12986.31	12986.54	12986.31	12986.91	12986.31	12987.24
10	12986.31	12986.56	12986.31	12986.88	12986.31	12987.26
相对标准偏差 u_{rel}	0.0001%	0.0001%	0.0001%	0.0001%	0.0001%	0.0001%

C.5 合成相对标准不确定度

由于各个不确定分量是相对独立的，按照公式 (C.12) 计算不同浓度点合成相对标准不确定度：

$$u_{rel}(c) = \sqrt{u_{Arel}^2(Q) + u_{rel}^2(V) + u_{rel}^2(m)} \quad (C.12)$$

颗粒物浓度为 2 mg/m³ 时，测量结果的合成相对标准不确定度为 $u_{2rel}=2.3\%$ ；

颗粒物浓度为 5 mg/m³ 时，测量结果的合成相对标准不确定度为 $u_{5rel}=1.5\%$ ；

颗粒物浓度为 8 mg/m³ 时，测量结果的合成相对标准不确定度为 $u_{8rel}=1.5\%$ 。

C.6 相对不确定度

颗粒物监测仪校准装置粉尘浓度测量的相对扩展不确定度：

$$U_{rel}(c) = 4.6\% (k = 2)$$

