



中华人民共和国国家标准

GB/T 39193—2020

环境空气 颗粒物质量浓度测定 重量法

Ambient air—Determination of particulate matter mass
concentration—Gravimetric method

2020-10-11 发布

2021-05-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 原理与方法	1
5 仪器和设备	1
6 采样与称量	2
7 结果计算与表述	4
8 测量结果的不确定度评定	4
9 质量控制与质量保证	5
附录 A (规范性附录) 采样器气密性检查方法	7
附录 B (规范性附录) 采样器流量检查方法	9
附录 C (资料性附录) 颗粒物质量浓度测量不确定度评定示例	10
参考文献	13

前　　言

本标准按照 GB/T 1.1—2019 给出的规则起草。

本标准由全国颗粒表征与分检及筛网标准化技术委员会(SAC/TC 168)提出并归口。

本标准起草单位:中国计量科学研究院、青岛市计量技术研究院、中国环境监测总站、丹东百特仪器有限公司、中国气象科学研究院、中国环境科学研究院、青岛众瑞智能仪器有限公司、深圳国技仪器有限公司、河南省计量科学研究院、浙江多普勒环保科技有限公司、浙江瑞堂塑料科技股份有限公司、北京市理化分析测试中心、中国科学院过程工程研究所、北京粉体技术协会、青岛崂应环境科技有限公司、华南师范大学、青岛容广电子技术有限公司、中国计量大学、中机生产力促进中心。

本标准主要起草人:张文阁、许潇、刘巍、王强、董青云、颜鹏、杨文、路兴杰、何春雷、朱平、邹宗勇、温原、刘俊杰、高原、李兆军、周素红、陈仲辉、韩鹏、黄祖旭、朱培武、彭力、池顺鑫、侯长革。

引　　言

环境空气中颗粒物(TSP、PM₁₀、PM_{2.5}等)是一种常规的污染物,对人体健康、能见度和生态等都有着非常重要的影响。因此,对这类污染物的质量浓度测定是大气环境研究中的重要工作。

环境空气中颗粒物质量浓度测定方法包括:重量法、微量振荡天平(TEOM)法、 β 射线测量法等。各种方法各有优劣。重量法是直接、可靠的测量方法,可直接溯源至质量、时间、流量、压力等国家计量基准、标准。其他测量方法的测量结果必须使用重量法进行校准。即,重量法是环境空气中颗粒物质量浓度测量的基准方法,是验证其他方法是否准确,保证其测量结果溯源性的基础。

环境空气 颗粒物质量浓度测定 重量法

1 范围

本标准规定了环境空气颗粒物滤膜采样称量测定方法,包括原理与方法,仪器和设备,采样与称量,结果计算与表述,测量结果的不确定度评定,质量控制与质量保证。

本标准适用于使用滤膜称重的方法测量环境空气的颗粒物质量浓度。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 4883 数据的统计处理和解释 正态样本离群值的判断和处理

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 26497 电子天平

JJF 1059.1 测量不确定度评定与表示

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

颗粒物 particulate matter; PM

环境空气中的颗粒物质。

3.2

颗粒物质量浓度 particulate matter mass concentration

单位体积空气中颗粒物的质量。

3.3

工作点流量 nominal flow rate

采样器在工作环境条件下,保持定值进行采样的流量。

4 原理与方法

以恒定流量抽取环境空气,使空气中的颗粒物被截留在滤膜上,根据采样前后滤膜的质量差与抽取的空气体积,计算出环境空气颗粒物质量浓度。

5 仪器和设备

5.1 采样器

采样器应具备恒定流量采样、计时、气压与温度测量功能。若需报告标准状态下的颗粒物质量浓

度,则采样器应记录标准状态下的采样体积,或可由采样器记录的测量数据计算得到标准状态下的采样体积。

5.2 滤膜

根据采样目的可选用玻璃纤维滤膜、石英滤膜等无机滤膜或聚氯乙烯、聚丙烯、混合纤维素等有机滤膜。滤膜对 $0.3 \mu\text{m}$ 颗粒的截留效率不低于 99%。

5.3 标准流量计

用于对采样器进行流量校准:

大流量流量计:量程 $0.8 \text{ m}^3/\text{min} \sim 1.4 \text{ m}^3/\text{min}$;最大允许误差:±2%;

中流量流量计:量程 $50 \text{ L}/\text{min} \sim 800 \text{ L}/\text{min}$;最大允许误差:±2%;

小流量流量计:小于 $50 \text{ L}/\text{min}$;最大允许误差:±2%。

5.4 标准温度计

用于测量环境温度,以及校准采样器与恒温恒湿设备的温度测量部件,测量范围: $-30 \text{ }^\circ\text{C} \sim 50 \text{ }^\circ\text{C}$,最大允许误差:±0.5 $^\circ\text{C}$ 。

5.5 标准湿度计

用于测量环境湿度,以及校准恒温恒湿设备的湿度测量部件,测量范围:相对湿度 40%~60%,最大允许误差:±2%。

5.6 标准气压计

用于测量环境大气压,以及校准采样器大气压测量部件,测量范围:50 kPa~107 kPa,最大允许误差:±0.25 kPa。

5.7 标准秒表

用于检查采样器计时部件,分度值:0.01 s。

5.8 电子天平

用于滤膜称量,应根据采样量与滤膜质量选择适当称量范围与分度值的电子天平,一般应使采样质量大于电子天平分度值的 100 倍。电子天平分度值应不大于 0.01 mg,技术性能应符合 GB/T 26497 的规定。

电子天平应放置于与恒温恒湿设备温度、湿度控制条件相同的环境中。

5.9 恒温恒湿设备

用于采样前后的滤膜温度、湿度平衡。温度控制范围: $15 \text{ }^\circ\text{C} \sim 30 \text{ }^\circ\text{C}$,温度波动:±1 $^\circ\text{C}$ 。相对湿度控制范围:相对湿度 45%~55%。

6 采样与称量

6.1 采样前准备

6.1.1 采样器清洗

使用前应保持采样器清洁并正常工作,清洗周期视环境空气质量与采样器状况而定。

6.1.2 气密性检查

使用前应定期检查采样器整个采样管路的气密性,按照附录 A 采用低压法或流量法进行检查。使用低压法检查时,泄漏率一般应不超过 0.1 kPa/s ;使用流量法检查时,流量差一般应不超过 1 L/min 。如因技术原因无法整体测试,应单独测试每个部件的气密性。

6.1.3 采样流量检查与校准

应定期用标准流量计检查采样器的实际采样流量,检查方法按附录 B 执行。采样流量应在工作点流量的 $\pm 5\%$ 范围内,流量重复性(s_r)应不超过 2% 。对于可显示采样流量的采样器,流量示值误差(ΔQ)应不超过 $\pm 5\%$ 。若采样流量无法满足上述条件,应对采样器进行流量校准。

6.1.4 采样器计时误差检查

应定期用标准秒表检查采样器的计时误差,误差要求见表 1。

表 1 采样器计时误差要求

采样周期	最大允许误差
1 h	$\pm 3 \text{ s}$
6 h	$\pm 20 \text{ s}$
23 h ~ 25 h	$\pm 5 \text{ min}$

6.1.5 采样器温度测量检查与校准

应定期用标准温度计检查采样器的温度示值误差,最大允许误差为 $\pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。若温度示值误差超过此范围,应对采样器进行温度校准。

6.1.6 采样器大气压测量检查与校准

应定期用标准气压计检查采样器的大气压示值误差,最大允许误差为 $\pm 1 \text{ kPa}$ 。若示值误差超过此范围,应对采样器进行压力校准。

6.1.7 恒温恒湿设备温度与湿度控制检查

应定期用标准温度计和标准湿度计检查恒温恒湿设备的温度、湿度示值误差与温度、湿度波动范围,确保恒温恒湿条件符合 5.9 中的要求。

6.1.8 滤膜检查

滤膜应边缘平整、厚度均匀、无毛刺,表面无污染,无针孔或破损。

6.2 采样前滤膜平衡与称量

将有唯一标识的滤膜放置于恒温恒湿设备中平衡至少 24 h 。记录滤膜平衡温度和湿度。用天平称量滤膜,记录滤膜质量和编号。

首次称量后,在相同平衡条件下放置至少 1 h 后再次称量。同一滤膜两次称量的质量之差应不超过 $\pm 40 \mu\text{g}$ (对于中流量或小流量采样器)或 $\pm 0.4 \text{ mg}$ (对于大流量采样器)。若超出此范围则该滤膜作废。以两次称量结果的平均值作为滤膜的质量。

6.3 采样操作

在洁净的环境中用镊子将已称量的滤膜装入滤膜夹，滤膜的毛面应朝向进气方向。将滤膜夹放入采样器，设置采样时间等参数，启动采样器进行采样。

采样结束后,将滤膜放入密封、独立的保存盒内,记录采样时间、采样体积等信息。在转移和安装滤膜的过程中应避免外部污染。

采样结束后,若不立即平衡称量滤膜,则应将滤膜保存盒放置在4℃环境下密封冷藏。应避免滤膜上出现冷凝现象,冷藏保存时间应不超过30 d。

6.4 采样后滤膜平衡与称量

将滤膜放置在与采样前一致的平衡环境中，平衡至少 24 h。记录滤膜平衡温度和湿度。用天平称量滤膜，记录滤膜质量和编号。

首次称量后，在相同平衡条件下放置至少1 h 后再次称量，计算同一滤膜最后两次测量结果的差值。若两次称量的质量之差超出±40 μg(对于中流量或小流量采样器)或±0.4 mg(对于大流量采样器)，则重复滤膜平衡与称量操作，直至最后两次测量结果之差符合上述要求。以最后两次称量结果的平均值作为滤膜的质量。

7 结果计算与表述

7.1 结果计算

颗粒物质量浓度按式(1)计算:

式中：

ρ ——颗粒物质量浓度,单位为微克每立方米($\mu\text{g}/\text{m}^3$);

m_2 ——采样后滤膜的质量,单位为微克(μg);

m_1 ——采样前滤膜的质量, 单位为微克(μg);

V ——采样体积,单位为立方米(m^3)。

根据采样目的，采样体积可为实际体积或标准状态下的体积。

7.2 结果表示

颗粒物质量浓度测量结果的单位一般应为 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 或 mg/m^3 , 可根据采样目的对结果进行修约, 修约规则应符合 GB/T 8170 的相关要求。

8 测量结果的不确定度评定

8.1 概述

根据采样目的和测量需求,可按 JJF 1059.1 进行测量结果的不确定度评定。不确定度计算示例参见附录 C。

8.2 不确定度来源

根据式(1),重量法测量结果不确定度的来源应包括采样流量、采样时间、温度、大气压、滤膜平衡与

称量等方面的影响因素。

若使用具有粒径选择功能的进样口或其他样品筛分装置进行特定颗粒物样品采样，则应单独评定样品筛分装置引入的标准不确定度，并按式(2)计算合成标准不确定度。

式中:[max.book118.com](http://www.max.book118.com)

合成标准不确定度,单位为微克每立方米($\mu\text{g}/\text{m}^3$)。

u_g ——重量法测量引入的标准不确定度,单位为微克每立方米($\mu\text{g}/\text{m}^3$);

u_s ——样品筛分装置引入的标准不确定度,单位为微克每立方米($\mu\text{g}/\text{m}^3$)。

由样品自身成分变化引入的不确定度一般不纳入评定。

5.3 扩展不确定度

测量结果的扩展不确定度按式(3)计算。

式中，

U — 扩展不确定度, 单位为微克每立方米($\mu\text{g}/\text{m}^3$)。

k ——包含因子，一般取 $k=2$ ；

u_c—合成标准不确定度,单位为微克每立方米($\mu\text{g}/\text{m}^3$)。

质量控制与质量保证

[2] 仪器设备管理

应建立仪器设备管理制度，操作中使用的仪器设备应按规定周期进行检定、校准和维护。

3.2 采样过程质量控制

采样器应按相关规定放置安装。同一采样点安装的多台采样器应满足相应的间隔要求。采样器的排气应不影响颗粒物质量浓度的测量。

装取滤膜时，应佩戴实验室专用手套，使用无锯齿的镊子操作。

为监控滤膜安装、转移等操作过程对滤膜质量的影响,同一批次采样过程中应采用标准空白滤膜进行质量控制。标准空白滤膜应与采样用滤膜一同进行采样前平衡与称量并运送至采样地点,在采样地点放置与采样用滤膜相同的时间,并一同运回实验室,进行采样后平衡与称量。标准空白滤膜采样前、后两次的质量之差应远小于同批次采样用滤膜上负载的颗粒物质量,否则此批次采样数据无效。

采样过程中,若因采样器自身或外界原因导致累计采样时间未达到要求,则该样品作废。

采样过程中,所有影响采样有效性和代表性的因素均应详细记录,并根据质量控制数据进行审查,判断采样过程的有效性。

3.3 称量过程质量控制

9.3.1 电子天平质量控制

电子天平应尽量处于长期通电状态，或通电后按规定预热稳定。称量前应检查电子天平的基准水平，并根据需要进行调节。

应定期校准电子天平，或使用与滤膜质量相近的标准砝码或质控物对电子天平性能进行期间核查。期间核查结果表明电子天平性能发生变化，已不满足滤膜称量要求的，应立即进行校准。

9.3.2 滤膜称量质量控制

滤膜编号应保证唯一性,编号不应直接标记在滤膜上(出厂时已预标记编号的滤膜除外)。

滤膜称量前应进行除静电处理。

应使用同一台电子天平称量采样前后的滤膜,操作时应佩戴无粉尘、抗静电的手套。

对于采样量较少的滤膜样品,可使用标准滤膜监控称量环境条件对滤膜称量的影响。标准滤膜应采用与采样滤膜相同的空白滤膜,按 6.2 称量筛选得到。非连续称量标准滤膜 10 次以上,计算称量结果的平均值作为该标准滤膜的原始质量。每批次采样滤膜称量时,称量至少 1 张标准滤膜。若标准滤膜的称量结果与原始质量之差超出质控要求,则应检查称量环境条件是否符合要求并重新称量该批次滤膜。

9.3.3 测量结果质量控制

根据采样目的和测量需求,可按 GB/T 4883 对同一采样点的多个平行测量结果进行离群值判断和剔除。

附录 A (规范性附录)

A.1 概述

采样器的气密性检查可采用低压法或流量法。流量法较低压法具有更高的不确定度,因此适用于技术上无法进行低压测试的场合,可通过测量采样器管路进、出口的流量差,或不同负载压力下的流量差,或采样口密闭后的流量等三种方法进行检查。

若采样器条件允许,应优先采用低压法进行检查。

A.2 低压法

将压力计连入采样器气路系统,封闭采样器的进样口,通过内置或者独立的泵抽气,令气路中的压力降至采样器可承受的最大负压的 75%,且至少降低 40 kPa。停止抽气,记录气压 p_0 与时刻 t_0 ,至少保持 1 min 之后再次记录气压 p 与时刻 t ,按式(A.1)计算采样器气路的泄漏率。

$$\phi_L = \frac{p - p_0}{\Delta t} \quad \dots \dots \dots \quad (A.1)$$

式中,

ϕ_L ——泄漏率, 单位为千帕每秒(kPa/s);

p ——检查结束时气路压力,单位为千帕(kPa);

p_0 —— 检查开始时气路压力, 单位为千帕(kPa);

Δt ——从检查开始到检查结束的时长,单位为秒(s)。

重复测量3次,取最大值为采样器的泄漏率。

A.3 流量法

A.3.1 进、出口流量差法

将标准流量计连接在采样口,记录采样流量 Q_{in} ,再将流量计连接在采样器排气口,记录排气流量 Q_{out} ,按式(A.2)计算流量差。

$$\Delta Q_v = |Q_{in} - Q_{out}| \quad \dots \dots \dots \quad (A.2)$$

式中：

ΔQ_v ——进、出口流量差,单位为升每分(L/min);

Q_{in} ——采样口流量, 单位为升每分(L/min);

Q_{out} ——排气口流量, 单位为升每分(L/min)。

进、出口流量一般应不超过 1 L/min。

A.3.2 不同负载压力流量差法

14

将标准流量计连接在采样口，记录采样流量 $Q_{\text{采}}$ 。在流量计与采样口之间安装检漏组件，再次记录

采样流量 Q_p , 按式(A.3)计算流量差。

式中：

ΔQ_p ——不同负载压力流量差,单位为升每分(L/min);

Q_n ——无负载时采样流量,单位为升每分(L/min);

Q_p ——带负载时采样流量,单位为升每分(L/min)。

不同负载压力下的流量差一般应不超过 1 L/min。

A.3.3 零流量法

将标准流量计连入采样器气路,封闭采样口,待流量稳定后记录采样流量 Q_0 。 Q_0 一般应不超过 1 L/min。

附录 B (规范性附录)

B.1 概述

采样器流量检查应包含采样流量偏差、流量重复性与流量示值误差项目，并可根据采样器特性与测量目的增加其他检查项目。

B.2 采样流量偏差

采样流量偏差指采样器采样流量与工作点流量的偏差程度。

将标准流量计与采样器采样口相连,开启采样器进行采样,读取标准流量值3次,按式(B.1)计算采样流量偏差。

$$\Delta Q_R = \frac{\bar{Q}_s - Q_s}{Q_s} \times 100\% \quad \dots \dots \dots \text{(B.1)}$$

式中：

ΔQ_R ——平均流量偏差；

\bar{Q}_s ——标准流量计测量值的算术平均值,单位为升每分(L/min);

Q_s ——采样器的工作点流量,单位为升每分(L/min)。

B.3 流量重复性

将标准流量计与采样器采样口相连，开启采样器进行采样。重复测量 8 次，按式(B.2)计算流量重复性。

$$s_r = \frac{1}{Q_p} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{R,i} - \bar{Q}_R)^2}{n-1}} \times 100\% \quad \dots \dots \dots \quad (B.2)$$

式中,

s_x ——流量重复性;

$Q_{R,i}$ —第 i 次的测量结果, 单位为升每分(L/min);

\bar{Q}_B ——被校采样器流量示值的算术平均值,单位为升每分(L/min);

n —— 测量次数。

B.4 流量示值误差

将标准流量计与采样器采样口相连,开启仪器进行采样,分别读取标准流量值和采样器流量示值3次,按式(B.3)计算流量示值误差。

$$\Delta Q = \frac{Q_m - Q_s}{Q_s} \times 100\% \quad \dots \dots \dots \text{(B.3)}$$

式中：

ΔQ — 流量示值误差;

\bar{Q}_m —采样器流量示值的算术平均值,单位为升每分(L/min);

\bar{Q} —标准流量计测量值的算术平均值,单位为升每分(L/min)。

附录 C (资料性附录)

C.1 概述

本示例以细颗粒物的手工采样称量为例对颗粒物质量浓度测量不确定度进行评定。设环境空气中的细颗粒物质量浓度为 $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。采用流量为 $1 \text{ m}^3/\text{h}$ 的小流量采样器采样 24 h , 采样器的流量重复性为 $0.07 \text{ L}/\text{min}$ 。采用分度值为 $1 \mu\text{g}$ 的电子天平进行称量, 电子天平检定证书中的最大允许误差为 $\pm 15 \mu\text{g}$ 。标准流量计检定证书中的最大允许误差为 $\pm 0.105 \text{ L}/\text{min}$ 。细颗粒物切割器校准证书中的不确定度为 $U=4\%, k=2$ 。

本示例不确定计算方法按照 JJF 1059.1 规定进行。

C.2 测量模型

根据式(C.1)可得,细颗粒物的质量浓度测量模型为:

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{Q \cdot t} \quad \dots \dots \dots \text{(C.1)}$$

式中：

ρ ——颗粒物质量浓度,单位为微克每立方米($\mu\text{g}/\text{m}^3$);

m_2 ——采样后滤膜的质量, 单位为微克(μg);

m_1 ——采样前滤膜的质量,单位为微克(μg);

Q ——采样流量, 单位为立方米每分(m^3/min);

t ——采样时间,单位为分(min)。

C.3 不确定度的来源

根据式(C.1),细颗粒物的质量浓度测量结果受到滤膜处理、滤膜称量、流量测量、采样计时以及细颗粒物切割器等因素的影响。滤膜处理过程中,湿度变化可引起滤膜负载的颗粒物质量发生变化,且滤膜的平衡状态也可导致滤膜质量发生变化。滤膜称量过程中,主要影响因素来自于电子天平的称量不确定度,由于使用同一台电子天平进行称量,应考虑测量不确定度的相关性。流量测量过程中,主要影响因素来自于流量计的测量不确定度。采样时间引入的不确定度通常可忽略。细颗粒物切割器是颗粒物筛分组件,可根据空气动力学原理对颗粒物进行粒径筛分,其结构尺寸上的误差可导致切割特性发生变化,从而影响采集得到的样品粒径。

C.4 不确定度评定

C.4.1 濾膜處理

根据 6.2, 在采样前平衡过程中, 当滤膜两次称量的质量差不超过 $40 \mu\text{g}$ 时即认为其达到平衡状态, 假设测量结果按矩形分布, 引入的不确定度为:

$$u_{mm1} = \frac{40}{2\sqrt{3}} \mu\text{g}$$

在采样后平衡过程中,滤膜两次称量的质量差包含了滤膜平衡状态以及其表面负载颗粒物的质量变化,假设测量结果按矩形分布,引入的不确定度为:

$$u_{mm2} = \frac{40}{2\sqrt{3}} \mu\text{g}$$

C.4.2 滤膜称量

任何一次单次测量结果的误差均不超过天平的最大允许误差,因此电子天平检定证书中的最大允许误差已包含偏载误差、重复性等因素的影响。由于采样前、后滤膜均使用同一台电子天平称量,因此取相关系数 $r=1$ 。假设测量结果按矩形分布,由滤膜称量引入的不确定度为:

$$u_{mb} = u_{mb1} + u_{mb2}$$

$$u_{mb} = 2 \times \frac{15}{\sqrt{3}} \mu\text{g}$$

C.4.3 流量测量

对于经流量校准的采样器,采样流量的不确定度包含标准流量计引入的不确定度以及采样重复性引入的不确定度。标准流量计的不确定度根据检定证书的最大允许误差评定,假设测量结果按矩形分布,有:

$$u_Q = \sqrt{u_{Qs}^2 + s_r^2}$$

$$u_Q = \sqrt{\frac{0.105^2}{3} + 0.07^2} \text{ L/min}$$

C.4.4 切割器

根据切割器的校准证书,由切割器引入的不确定度为:

$$u_r(\text{sep}) = \frac{4\%}{2}$$

$$u_r(\text{sep}) = 2\%$$

C.4.5 不确定度合成

由滤膜处理和滤膜平衡引入的颗粒物质量测量不确定度为:

$$u_r(m) = \frac{\sqrt{u_{mm1}^2 + u_{mm2}^2 + u_{mb}^2}}{m} \times 100\%$$

$$u_r(m) = \frac{\sqrt{\frac{400}{3} + \frac{400}{3} + \frac{900}{3}}}{40 \times 24} \times 100\%$$

$$u_r(m) = 2.48\%$$

由流量测量引入的不确定度为:

$$u_r(Q) = \frac{u_Q}{Q} \times 100\%$$

$$u_r(Q) = \frac{\sqrt{\frac{0.105^2}{3} + 0.07^2}}{16.67} \times 100\%$$

$$u_r(Q) = 0.56\%$$

根据 8.2, 合成相对标准不确定度为:

$$u_r = \sqrt{u_r^2(m) + u_r^2(Q) + u_r^2(\text{sep})}$$

$$u_r = \sqrt{(2.48\%)^2 + (0.56\%)^2 + (2\%)^2}$$

$$u_r = 3.23\%$$

C.4.6 扩展不确定度

根据 8.3, 扩展不确定度为:

$$U_{\text{rel}} = 6.5\%, \quad k=2$$

参 考 文 献

- [1] GB 3095—2012 环境空气质量标准
 - [2] GB/T 15432—1995 环境空气 总悬浮颗粒物的测定 重量法
 - [3] GB/T 31159—2014 大气气溶胶观测术语
 - [4] HJ 93—2013 环境空气颗粒物(PM_{10} 和 $PM_{2.5}$)采样器技术要求及检测方法
 - [5] HJ 618—2011 环境空气 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 的测定 重量法
 - [6] HJ 653—2013 环境空气颗粒物(PM_{10} 和 $PM_{2.5}$)连续自动监测系统技术要求及检测方法
 - [7] JJF 1001—2011 通用计量术语及定义
-