**JJF**

**中华人民共和国国家计量校准规范**

JJF \*\*\*-□□□□

重量法PM2.5/PM10颗粒物自动监测仪

 PM2.5/PM10 Partical Automatic Monitor based on Gravimetric method

 **（征求意见稿）**

□□□□发布 □□□□实施

**国 家 市 场 监 督 管 理 总 局** 发布

JJF \*\*\*-□□□□

重量法PM2.5/PM10颗粒物

自动监测校准规范

Calibration Specification for

PM2.5/PM10 Partical Automatic Monitor based on Gravimetric method

归 口 单 位：全国环境化学计量技术委员会

主要起草单位：中国计量科学研究院

 中国环境监测总站等

参加起草单位：

本规程委托全国环境化学计量技术委员会负责解释

主要起草人：

张文阁等

参加起草人：

目 录

[引言 II](#_Toc49521155)

[1 范围 1](#_Toc49521156)

[2 引用文件 1](#_Toc49521157)

[3 概述 1](#_Toc49521158)

[4 计量特性 2](#_Toc49521159)

[4.1 颗粒物采样单元 2](#_Toc49521160)

[4.2 恒温恒湿模块 2](#_Toc49521161)

[4.3 称重模块 3](#_Toc49521162)

[4.4 滤膜除静电模块 3](#_Toc49521163)

[5 校准条件 3](#_Toc49521164)

[5.1 校准环境条件 3](#_Toc49521165)

[5.2 仪器要求 3](#_Toc49521166)

[5.3 颗测量标准及其他设备](#_Toc49521169).........................................................................................................3

[6 校准项目和校准方法 4](#_Toc49521167)

[6.1 校准前准备 4](#_Toc49521168)

[6.2 颗粒物采样单元 4](#_Toc49521169)

[6.3 恒温恒湿模块 6](#_Toc49521170)

[6.4 称重模块 9](#_Toc49521171)

[6.5滤膜除静电模块 10](#_Toc49521172)

[7 校准结果 10](#_Toc49521173)

[8 校准周期 11](#_Toc49521174)

[附录A 12](#_Toc49521175)

[附录B 15](#_Toc49521176)

[附录C 18](#_Toc49521177)

[附录D 21](#_Toc49521178)

# 引言

本规范的术语与技术指标参考了HJ 93-2013《环境空气颗粒物（PM10和PM2.5）采样器技术要求及检测方法》、HJ 653-2013《环境空气颗粒物（PM10和PM2.5）连续自动监测系统要求及检测方法》、JJF1659-2017 《PM2.5质量浓度测量仪》等技术法规、标准和规范。

本规范为首次发布。

重量法PM2.5/PM10颗粒物自动监测仪校准规范

#  1 范围

本规范适用基于滤膜称重原理的重量法PM2.5/PM10颗粒物自动监测仪（以下简称“称重法自动监测仪”）的校准，PM2.5/PM10颗粒物自动称重系统及装置可参照本规范进行校准。

2 引用文件

JJF1101-2019 环境试验设备温度、湿度参数校准规范

JJF1659-2017 PM2.5质量浓度测量仪校准规范

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本方法；凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本方法。

# 3 概述

称重法自动监测仪是用于环境空气中PM2.5和PM10采样和质量浓度测量的仪器，其中颗粒物质量的测量是基于滤膜称重原理的。称重法自动监测仪一般由颗粒物采样单元（包括采样口、PM2.5/PM10切割器、滤膜和采样管路等）、颗粒物称重单元（包括滤膜除静电模块、恒温恒湿模块和称重模块）和数据处理和控制单元三部分组成。其工作原理为：空白滤膜处于恒温恒湿环境下恒重并称取初始质量之后，自动安装在采样滤膜支架上，由颗粒物采样单元以恒定的流量抽取环境空气样品，并进行切割分离和滤膜收集，采样后的滤膜进入颗粒物称重单元，经恒温恒湿环境下恒重和除静电后进行称重测量。数据处理和控制单元控制整个测量过程、参数采集和测量结果的分析、计算和显示。仪器的结构示意图如图1所示。



图1 仪器的结构示意图

# 4 计量特性

## 4.1 颗粒物采样单元

4.1.1 流量示值误差：±5%。

4.1.2 平均流量偏差：±5%。

4.1.3 流量重复性：不大于2%。

4.1.4 流量稳定性：不大于5%。

4.1.5 计时误差：±2s。

4.1.6 大气压示值误差：±1kPa

## 4.2 恒温恒湿模块：

温度范围：（15~30）℃；湿度范围：45%RH~55%RH。

4.2.1温度偏差：±2℃；

4.2.2温度波动：±1℃；

4.2.3 温度均匀度：±1℃

4.2.4相对湿度偏差：±3%RH；

4.2.5相对湿度波动：±3%RH；

4.2.6 相对湿度均匀度：±3%RH。

## 4.3 称重模块

 称重单元的实际分度值d=0.01mg或者d=0.001mg；

4.3.1示值误差：实际分度值d=0.01mg时：±0.05mg，实际分度值d=0.001mg时：±0.01mg；

4.3.2 重复性：实际分度值d=0.01mg时：≤0.03mg，实际分度值d=0.001mg时：≤0.01mg；

4.3.3 系统漂移：实际分度值d=0.01mg时：±0.05mg，实际分度值d=0.001mg时：±0.04mg；

4.4 滤膜除静电模块

静电平衡电压：±10V。

# 5 校准条件

## 5.1 校准环境条件

5.1.1 环境温度：（15~35）℃；温度波动度：≤2℃；相对湿度：≤85%。

5.1.2 供电电压: AC（220±22）V，频率：（50±1）Hz。

5.1.3 无影响仪器正常工作的电磁干扰。

## 5.2 仪器要求

仪器运行与测量功能正常；仪器必须配套PM2.5/PM10切割器，PM2.5切割器技术要求：50%切割粒径（Da50）=（2.5±0.2）μm，捕集效率的几何标准差（σg）=1.2±0.1；PM10切割器技术要求：50%切割粒径（Da50）=（10±0.5）μm，捕集效率的几何标准差（σg）=1.5±0.1。

恒温恒湿单元：温度控制在（15~30）℃，且范围内可调，相对湿度控制在50%±5%，且范围内可调。

称重单元：实际分度值为0.01mg或者0.001mg。

5.3 测量标准及其他设备

5.3.1 流量标准器或装置：工作范围应覆盖被检仪器的流量范围，最大允许误差不超过±1%。

5.3.2 秒表：分度值0.01s。

5.3.3 大气压力计：范围（80～106）kPa, 最大允许误差不超过±250Pa。

5.3.4 温度和湿度测量标准

湿度测量标准器：一般应选用多通道温度显示仪表或多路温度测量装置，传感器宜选用四线制铂电阻温度计，通道传感器数量不少于9个，测量范围覆盖（15~30）℃，分辨力不低于0.01℃，最大允许误差$\pm （0.15℃+0.002\left|t\right|）$。

湿度测量标准：一般应选用多通道温湿度显示仪表或多路温湿度测量置，通道传感器数量不少于3个，测量范围覆盖50%RH±5%RH，分辨力不低于0.1%RH，最大允许误差$\pm 2.0\%RH$。

5.3.5 砝码

应配备一组标准砝码，其标称值在100mg、500mg、1g和80%称量单元满量程。其扩展不确定度（*k*=2）不得大于被检天平在该载荷下最大允许误差绝对值的1/3。该标准砝码的磁性不得超过相应要求。

5.3.6 静电测试仪

 静电测试仪：测量范围±20kV，分辨率1V。

# 6 校准项目和校准方法

## 6.1 校准前准备

仪器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。仪器通电后应按仪器生产厂家操作手册的要求通电预热。

## 6.2 颗粒物采样单元

6.2.1流量示值误差

将流量标准器装置与仪器的采样进气端直接连接，开启仪器并进行采样，分别读取标准流量值和被校仪器流量示值3次，按照公式（1）计算流量示值误差。

$∆Q=\frac{\overbar{Q}\_{m}-\overbar{Q}\_{s}}{\overbar{Q}\_{s}}×100\%$ （1）

式中：

$∆Q$----流量示值误差；

$\overbar{Q}\_{m}$----被校仪器3次流量示值的算术平均值，L/min；

$\overbar{Q}\_{s}$ ----流量标准装置3次测量值的算术平均值，L/min。

6.2.2 平均流量偏差

将流量标准器装置与仪器的采样进气端直接连接，开启仪器并进行采样，读取标准流量值3次，按照公式（2）计算平均流量偏差。

$∆Q\_{R}=\frac{\overbar{Q}\_{s}-Q\_{s}}{Q\_{s}}×100\%$ （2）

式中：

$∆Q\_{R}$----平均流量偏差；

$\overbar{Q}\_{s}$----流量标准装置的3次流量测量值的算术平均值，L/min；

$Q\_{s}$ ----仪器的工作点流量，L/min。

6.2.3 流量重复性

按照与5.2相同方法测量被校仪器流量示值，重复测量6次，按照公式（3）计算流量重复性。

$s\_{r}=\frac{1}{\overbar{Q}\_{R}}\sqrt{\frac{\sum\_{i=1}^{n}\left(Q\_{R,i}-\overbar{Q}\_{R}\right)^{2}}{n-1}}×100\%$ （3）

式中：

$s\_{r}$ ----流量重复性；

$Q\_{R,i}$----第$i$次的测量结果，L/min；

$\overbar{Q}\_{R}$ ----被校仪器流量示值的算术平均值，L/min。

$ n $ ----测量次数；

6.2.4 流量稳定性

使用流量标准装置测量仪器流量的初始值$Q$，并开始计时，以后每隔20min读取1次流量值，共3次。对于单个抽气周期不足1h的仪器，可缩短间隔时间以便在单个抽气周期内读取3次流量值。取4个读数中的最大值和最小值，按照公式（4）计算采样流量稳定性。

$∆Q=\frac{\left(Q\_{max}-Q\_{min}\right)}{Q}×100\%$ （4）

式中：

$∆Q$ ----流量稳定性；

$Q\_{max}$----仪器最大流量示值，L/min；

$Q\_{min}$----仪器最小流量示值，L/min；

$Q $ ----仪器流量初始值，L/min。

6.2.5 计时误差

在被校仪器正常工作过程中，读取并记录仪器显示的时间为开始时间$t\_{0}$，同时启动秒表开始计时，当运行1h时，分别读取并记录被校仪器显示时间$t\_{1}$和秒表显示时间$t\_{2}$，按照公式（5）计算计时误差。

$∆t=t\_{1}-t\_{0}-t\_{2}$ （5）

式中：

$∆t$ ----计时误差，s；

$t\_{0 }$----被校仪器开始时间，h-min-s；

$t\_{1}$----被校仪器结束时间，h-min-s；

$t\_{2} $----秒表显示时间，h-min-s。

6.2.6 大气压示值误差

将气压计置于被校仪器气压传感器旁同一高度处，分别读取并记录压力值$p\_{s}$和被校仪器显示压力值$p\_{m}$，按公式（6）计算被校仪器大气压示值误差。

$∆p=p\_{m}-p\_{s}$ （6）

式中：

$∆p$ ----大气压示值误差，kPa；

$p\_{m}$----被校仪器压力示值，kPa；

$p\_{s}$----气压计压力示值，kPa；

## 6.3 恒温恒湿模块

温度、湿度校准点一般根据用户需要选择常用的温度、湿度点进行。传感器布放位置为设备校准时的测量点，传感器测量点布放位置可根据用户实际工作需求进行布置，或者采用布置在设备工作空间的三个不同层面上，称为上、中、下三层，中层为通过工作空间几何中心的平行于底面的校准工作面，各布点位置与设备内壁的距离为各边长的1/10,遇风道时，此距离可加大，但不应超过500mm。其中温度测量点为9个，湿度测量点为3个。

 按上述所布测量点放置温湿度传感器，将试验设备设定到校准温度、湿度，开启运行。试验设备达到稳定状态后开始记录各测量点温度、湿度，记录时间间隔为2min,30min 内共记录16组数据，或根据设备运行状况和用户校准需求确定时间间隔和数据记录次数，并在原始记录和校准证书中进行说明。

6.3.1 温度偏差

按照公式（7） 和公式（8）进行计算。

$∆t\_{max}=t\_{max}-t\_{s}$ (7)

$∆t\_{min}=t\_{min}-t\_{s}$ (8)

式中：

$∆t\_{max}$---温度上偏差，℃；

$∆t\_{min}$---温度下偏差，℃；

$t\_{max}$---各测量点规定时间内测量的最高温度，℃；

$t\_{min}$---各测量点规定时间内测量的最低温度，℃；

$t\_{s}$---设备设定温度，℃；

6.3.2 温度波动度

环境试验设备在稳定状态下，工作空间各测量点30min内（每2min 测试一次）实测最高温度与最低温度之差的一半，冠以“±”号，取全部测量点中变化量的最大值作为温度波动度校准结果。按照公式（9）所示计算。

$∆t\_{f}=\pm max\left[(t\_{jmax}-t\_{jmin})/2\right]$ (9)

$∆t\_{f}$---温度波动度，℃；

$t\_{jmax}$---测量点j在n次测量中的最高温度，℃；

$t\_{jmin}$---测量点j在n次测量中的最低温度，℃；

6.3.3 温度均匀度

环境试验设备在稳定状态下，工作空间各测试点30min内（每2min测试一次）每次测量中实测最高温度与最低温度之差的算术平均值。

$∆t\_{u}=\sum\_{i=1}^{n}\left(t\_{imax}-t\_{imin}\right)/n$ (10)

式中：

$∆t\_{u}$---湿度均匀度，℃；

$t\_{imax}$---各测量点在第$i$次测得的最高温度，℃；

$t\_{imin}$---各测量点在第$i$次测得的最低温度，℃；

$n $---测量次数；

6.3.4相对湿度偏差

 按照公式（11） 和公式（12）进行计算。

 $∆h\_{max}=h\_{max}-h\_{s}$ (11)

$∆h\_{min}=h\_{min}-h\_{s}$ (12)

式中：

$∆h\_{max}$---湿度上偏差，%RH；

$∆h\_{min}$---湿度下偏差，%RH；

$h\_{max}$---各测量点规定时间内测量的最高湿度，%RH；

$h\_{min}$---各测量点规定时间内测量的最低湿度，%RH；

$ h\_{s}$---设备设定湿度，%RH；

6.3.5 相对湿度波动度

环境试验设备在稳定状态下，工作空间各测量点30min内（每2min 测试一次）实测最高相对湿度与最低相对湿度之差的一半，冠以“±”号，取全部测量点中变化量的最大值作为相对湿度波动度校准结果。按照公式（13）所示计算。

$∆h\_{f}=\pm max\left[(h\_{jmax}-h\_{jmin})/2\right]$ (13)

$∆h\_{f}$---湿度波动度，%RH；

$h\_{jmax}$---测量点j在n次测量中的最高湿度，%RH；

$h\_{jmin}$---测量点j在n次测量中的最低湿度，%RH；

6.3.6 相对湿度均匀度

环境试验设备在稳定状态下，工作空间各测试点30min内（每2min测试一次）每次测量中实测最高湿度与最低湿度之差的算术平均值。

$∆h\_{u}=\sum\_{i=1}^{n}\left(h\_{imax}-h\_{imin}\right)/n$ (14)

式中：

$∆h\_{u}$---湿度均匀度，%RH；

$h\_{imax}$---各测量点在第$i$次测得的最高温度，%RH；

$h\_{imin}$---各测量点在第$i$次测得的最低温度，%RH；

$n $---测量次数；

## 6.4 称重模块

6.4.1示值误差

将恒温恒湿箱温度设置为20℃，湿度设置为50%RH, 仪器处于正常工作状态。根据称重单元的测量范围，在滤膜称重位置，分别选择放入100mg、500mg、1g和80%满量程的标准砝码，待天平稳定后，读取天平的读数，每个砝码重复测量3次，按照公式（15）计算示值误差，取4次测量中的示值误差绝对值的最大值作为称重单元的示值误差。

$∆m=m\_{p}-m\_{s}$ (15)

式中：

$∆m$---示值误差，mg；

$m\_{p}$---3次测量的称重示值，mg；

$m\_{s}$---标准砝码值，mg。

6.4.2 重复性

将恒温恒湿箱温度设置为20℃，湿度设置为50%RH, 仪器处于正常工作状态。根据称重单元的测量范围，在滤膜称重位置，分别选择放入100mg、500mg、1g和80%满量程的标准砝码，待天平稳定后，读取天平的读数，每个砝码重复测量6次，按照公式（16）计算重复性，取4次测量中的重复性中最大值作为称重单元的重复性。

$u=h\sqrt{\frac{\sum\_{i=1}^{n}\left(m\_{i}-\overbar{m}\right)^{2}}{n-1}}$ (16)

式中：

$u$---重复性，mg；

$m\_{i}$---第$i$次测量的称重示值，mg；

$n$---测量次数，n=6，mg。

$h$---6次重复测量时的安全因子，$h$=1.3，mg。

6.4.3 系统漂移

仪器处于正常工作状态，选择称重量程80%附近的砝码，通过仪器称重系统进行首次称重作为初始值，设置仪器自动测量程序，每隔1小时，仪器自动称重一次，连续测量一周，按照公式（17）计算，区最大值作为周漂移值。

$δw=\left|w\_{i}-w\_{0}\right|$ （17）

式中：

$δw$----周漂移值，mg；

$w\_{0}$----首次称重初始值，mg；

$w\_{i}$---- 第$i$次称重，mg。

6.5滤膜除静电模块

静电平衡电压：静电测试仪距离被测除静电模块300mm进行测试，记录静电平衡电压$∆V$。

# 7 校准结果

对校准后的重量法PM2.5/PM10颗粒物自动监测仪出具校准证书，校准证书格式见附录C，校准证书应包括以下信息：

1. 标题：“校准证书”；
2. 实验室名称及地址；
3. 进行校准的地点；
4. 校准证书编号、页码及总页数的标识；
5. 客户名称和地址；
6. 被校仪器的制造单位、名称、型号及编号；
7. 校准单位校准专用章；
8. 校准日期；
9. 校准所依据的技术规范名称及代号；
10. 本次校准所用有证标准物质和主要测量设备名称、型号、准确度等级/不确定度/最大允许误差、仪器编号、证书编号及有效期；
11. 校准时的环境温度、相对湿度；
12. 校准结果及其测量不确定度；
13. 对校准规范偏离的说明（若有）；
14. 复校时间间隔的建议；
15. “校准证书”的校准人、核验人、批准人签名及签发日期；
16. 校准结果仅对被校仪器本次测量有效的声明；
17. 未经实验室书面批准，部分复制证书或报告无效的声明；

# 8 校准周期

复校时间间隔由使用者根据仪器使用情况、仪器本身性能等因素决定，推荐复校时间间隔不超过1年。

# 附录A

**流量示值误差的不确定度评定示例**

A.1 概述

 在重量法PM2.5和PM10颗粒物自动测量仪中，流量的准确测量同时关系到颗粒物筛选的准确性和采样体积的准确性，两者均关系最终颗粒物浓度测量的准确性，是系统关键参数之一。因此本示例选择流量示值误差进行不确定度评定。

A.2 流量示值误差测试方法

16.67L/min是目前市场上大部分PM2.5和PM10颗粒物选择的流量点，本示例选择16.67L/min的流量点进行校准测试，测试方法如下。

将流量标准器装置与仪器的采样进气端直接连接，开启仪器并进行采样，分别读取标准流量值和被校仪器流量示值3次。

A.3 测量模型

按照公式（A.1）计算流量示值误差。

$∆Q=\frac{\overbar{Q}\_{m}-\overbar{Q}\_{s}}{\overbar{Q}\_{s}}×100\%=\left(\frac{\overbar{Q}\_{m}}{\overbar{Q}\_{s}}-1\right)×100\%$ （A.1）

式中：

$∆Q$----流量示值误差；

$\overbar{Q}\_{m}$----被校仪器3次流量示值的算术平均值，L/min；

$\overbar{Q}\_{s}$ ----流量标准装置3次测量值的算术平均值，L/min。

A.4不确定度的计算

由式A.1 可以得到，流量示值误差的不确定度来源主要包括：被校仪器流量测量值引入的不确定度分量和流量标准装置引入的不确定度分量。被校仪器流量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。流量标准装置引入的不确定度分量主要来源于流量标准装置的溯源证书。

利用不确定度传播律，得到输出量的合成不确定度与输入量的标准不确定度模型方程：

由一般合成方程：，同时$\overbar{Q}\_{m}$和$\overbar{Q}\_{s}$相互独立，故有：

$$u\left(∆Q\right)=\sqrt{\left(\frac{1}{\overbar{Q}\_{s}}\right)^{2}\left(u\left(\overbar{Q}\_{m}\right)\right)^{2}+\left(-\frac{\overbar{Q}\_{m}}{\overbar{Q}\_{s}^{2}}\right)^{2}\left(u\left(\overbar{Q}\_{s}\right)\right)^{2}}$$

A.5不确定度分量的评定

A.5.1被校仪器流量测量值引入的不确定度分量$u\left(\overbar{Q}\_{m}\right)$

A.5.1.1被校仪器流量测量重复性引入的不确定度$u\_{1}\left(\overbar{Q}\_{m}\right)$：

属于不确定度A类评定：测量重复性可以通过计算10次测量平均值的相对标准偏差得到，选用中流量总悬浮颗粒物采样器，流量计刻度流量16.7L/min，得到如下数据：（单位L/min）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 测量值 | 16.67 | 16.69 | 16.72 | 16.65 | 16.69 | 16.68 | 16.67 | 16.69 | 16.66 | 16.68 |

计算得：

$s=0.0417$ L/min

实际测量中，3次测量平均值引入的不确定度为：

$u\_{1}\left(\overbar{Q}\_{m}\right)=\frac{s}{\sqrt{3}}=$0.0241 L/min

A.5.1.2 被校仪器流量分辨率引入的示值误差$u\_{2}\left(\overbar{Q}\_{m}\right)$：

属于不确定度B类评定：被校仪器流量分辨率为0.01L/min，估读误差为1/2分度值，按均匀分布，可靠性为25%：

$u\_{2}\left(\overbar{Q}\_{m}\right)=\frac{0.01}{\sqrt{3}}×\frac{1}{2}$=0.0029 L/min

$u\_{2}\left(\overbar{Q}\_{m}\right)$远小于$u\_{1}\left(\overbar{Q}\_{m}\right)$，故可以忽略。

$u\left(\overbar{Q}\_{m}\right)$=$u\_{1}\left(\overbar{Q}\_{m}\right)$=0.0241 L/min

A.5.2流量标准装置引入的不确定度分量$u\left(\overbar{Q}\_{s}\right)$

属于不确定度B类评定：流量标准装置引入的不确定度分量由标准器计量溯源证书给出。

根据流量计标准器具校准证书：在16.67L/min流量下的，$U\_{rel}=0.25\%，k=2$；

$u\left(\overbar{Q}\_{s}\right)=\frac{U\_{rel}}{2}×16.67$=0.208 L/min

A. 6合成不确定度

根据不确定度合成公式：

做出如下近似：$\overbar{Q}\_{m}≈\overbar{Q}\_{s}=16.67L/min$得：

$$ u\left(∆Q\right) =\sqrt{\left(\frac{1}{\overbar{Q}\_{s}}\right)^{2}\left(u\left(\overbar{Q}\_{m}\right)\right)^{2}+\left(-\frac{\overbar{Q}\_{m}}{\overbar{Q}\_{s}^{2}}\right)^{2}\left(u\left(\overbar{Q}\_{s}\right)\right)^{2}}=\sqrt{\left(\frac{1}{16.67}\right)^{2}\left(0.0241\right)^{2}+\left(-\frac{16.67}{16.67^{2}}\right)^{2}\left(0.0208\right)^{2}}=0.0019$$

A.6扩展不确定度

当包含因子*k*=2时，扩展不确定度$U\_{rel}$为：

$$U\_{rel}=2×u\left(∆Q\right)=0.4\%$$

#

# 附录B

**称重模块示值误差的不确定度评定示例**

B.1概述

在重量法PM2.5和PM10颗粒物自动测量仪中，滤膜采样前后质量差的称量准确性关系着最终颗粒物浓度测量的准确性，是系统的另一个关键参数。因此本示例选择称重单元示值误差进行不确定度评定。

B.2 称重单元示值误差测试方法

将恒温恒湿箱温度设置为20℃，湿度设置为50%RH, 仪器处于正常工作状态。根据称重单元的测量范围，在滤膜称重位置，分别选择放入100mg、500mg、1g和80%满量程的标准砝码，待天平稳定后，读取天平的读数，每个砝码重复测量3次。

B.3 测量模型

按照公式（B.1）计算示值误差，取4次测量中的示值误差绝对值的最大值作为称重单元的示值误差。

$∆m=m\_{p}-m\_{s}$ (B.1)

式中：

$∆m$---示值误差，mg；

$m\_{p}$---3次测量的称重示值，mg；

$m\_{s}$---标准砝码值，mg。

B.4不确定度的计算

利用不确定度传播律，得到输出量的合成不确定度与输入量的标准不确定度模型方程：

由一般合成方程：，同时$m\_{p}$和$m\_{s}$相互独立，故有：

 $u\left(∆m\right)=\sqrt{\left(u\left(m\_{p}\right)\right)^{2}+\left(u\left(m\_{s}\right)\right)^{2}}$

由式B.1 可以得到，称重单元的示值误差的不确定度来源主要包括：被校称重模块测量值引入的不确定度分量$u\left(m\_{p}\right)$和标准砝码引入的不确定度分量$u\left(m\_{s}\right)$。

本示例的不确定度评定以实际分度值为0.01mg，以1g标称值处的测量为例进行说明。

B.5 被校称重模块测量值引入的不确定度分量$u\left(m\_{p}\right)$

B.5.1 空载示值的化整误差引入的标准不确定度$u\_{1}\left(m\_{p}\right)$

空载示值的化整误差，其区间半宽度为$d\_{0}/2$，服从矩形分布，称重模块的$d\_{0}$=0.01mg，其标准不确定度为：

$u\_{1}\left(m\_{p}\right)=d\_{0}/2\sqrt{3}$=0.0029mg

B.5.2 加载示值的化整误差引入的标准不确定度$u\_{2}\left(m\_{p}\right)$

加载示值的化整误差，其区间半宽度为$d\_{L}/2$，服从矩形分布，其标准不确定度为：

$$u\_{2}\left(m\_{p}\right)=d\_{L}/2\sqrt{3}$$

对42g以下的$d\_{L}=0.01$mg，故：

$u\_{2}\left(m\_{p}\right)=\frac{d\_{L}}{2\sqrt{3}}=\frac{0.01}{2\sqrt{3}}=$0.0029mg

B.5.3 测量重复性引入的标准不确定度$u\_{3}\left(m\_{p}\right)$

$u\_{3}\left(m\_{p}\right)$表示天平重复性的标准不确定度，用标准偏差来表示，测量中取三次测量值的平均值，所以其标准不确定度为：

$$u\_{3}\left(m\_{p}\right)=s/\sqrt{3}$$

 称重单元针对1g标准砝码称重10次，得到如下值，单位为g：

1.00003,1.00000，0.99999,1.00001,1.00002,1.00002,1.00001,1.00003,1.00000；

计算得到：$s$=0.000016g=0.016mg。

$u\_{3}\left(m\_{p}\right)=0.0091$mg

B.5.4 被校称重模块测量值引入的不确定度分量可以通过以下公式获得：

$u\left(m\_{p}\right)=\sqrt{\left(u\_{1}\left(m\_{p}\right)\right)^{2}+\left(u\_{2}\left(m\_{p}\right)\right)^{2}+\left(u\_{3}\left(m\_{p}\right)\right)^{2}}$=0.010mg

B.6 参考质量的标准不确定度$u\left(m\_{s}\right)$

B.6.1标准砝码引入的标准不确定度$u\_{1}\left(m\_{s}\right)$

 根据标准砝码校准证书，砝码的折算质量、扩展不确定度及包含因子，可得：

$$u\_{1}\left(m\_{s}\right)=U/k$$

 根据校准证书,1g砝码的*U*=0.010mg，故$u\_{1}\left(m\_{s}\right)=0.005$mg

B.6.2 空气浮力引起的标准不确定度$u\_{2}\left(m\_{s}\right)$

 校准之前要对天平进行调整，故空气浮力的标准不确定度为：

$$u\_{2}\left(m\_{s}\right)=\left|MPE\right|/4\sqrt{3}$$

1g砝码的MPE值为±0.03mg，故：

$u\_{2}\left(m\_{s}\right)=0.0043$mg

B.6.3 砝码不稳定性引起的标准不确定度$u\_{3}\left(m\_{s}\right)$

砝码的不稳定性根据JJG99选择标准砝码相应的最大允许误差的三分之一，故：

$$u\_{3}\left(m\_{s}\right)=\left|MPE\right|/3$$

1g砝码的MPE值为±0.03mg，故：

$u\_{3}\left(m\_{s}\right)=0.01$mg

B.6.4 参考质量的标准不确定度

参考质量的标准不确定度可以通过以下公式获得：

$u\left(m\_{s}\right)=\sqrt{\left(u\_{1}\left(m\_{s}\right)\right)^{2}+\left(u\_{2}\left(m\_{s}\right)\right)^{3}+\left(u\_{3}\left(m\_{s}\right)\right)^{2}}$=0.012mg

B.7 合成标准不确定度

$u\left(∆m\right)=\sqrt{\left(u\left(m\_{p}\right)\right)^{2}+\left(u\left(m\_{s}\right)\right)^{2}}$=0.016mg

B.8 示值误差的扩展不确定度

取*k*=2时，$U=ku\left(∆m\right)$=0.032mg，

当称量质量为1g时，称重单元引入的不确定度为0.032mg。

# 附录C

**重量法PM2.5/PM10颗粒物自动监测仪校准记录格式（参考）**

证书编号： 仪器名称：

出厂编号： 型号规格：

生产厂家： 送校单位：

校准依据：

校准用标准仪器和装置：

环境温度： ℃ 环境湿度： %RH 环境大气压： kPa

校准日期： 年 月 日

1. 校准前准备：

1. 计量性能校准：

|  |
| --- |
| 1、颗粒物采样单元 |
| 流量示值误差 |
| 次数 | 1 | 2 | 3 | 流量示值误差/% |
| 流量指示值 |  |  |  |  |
| 流量标准值 |  |  |  |
| 平均流量偏差 |
| 次数 | 1 | 2 | 3 | 平均流量偏差/% |
| 流量 |  |  |  |  |
| 流量重复性 |
| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 流量重复性/% |
| 流量 |  |  |  |  |  |  |  |
| 流量稳定性 |
| 次数 | 初始值 | 第1次 | 第2次 | 第3次 | 流量稳定性/% |
| 流量 |  |
| 计时误差 |
| 起始时间$t\_{0}$ | 停止时间$t\_{1}$ | 秒表计时$t\_{2}$ | 计时误差$∆t\_{s}$ |
|  |  |  |  |
| 大气压示值误差 |
| 标准压力值$P\_{s}$/hPa | 仪器压力示值$P\_{m}$/hPa | 大气压示值误差$∆P\_{m}$/hPa |
|  |  |  |
| 2、恒温恒湿单元 |
| 温度设定值： ℃ |
| 次数 | 实测温度 单位：℃ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 11 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 12 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 13 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 14 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 15 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 16 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 最大值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 最小值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 上偏差 |  | 下偏差 |  | 波动 |  | 均匀度 |  |
| 不确定度 |  |  |
| 湿度设定值： %RH |
| 次数 | 实测湿度值 单位：%RH |
| O | A | B | C | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 11 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 12 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 13 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 14 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 15 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 16 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 最大值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 最小值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 上偏差 |  | 下偏差 |  | 波动 |  | 均匀度 |  |
| 不确定度 |  |  |
| 3、称重单元 |
| 称重范围： 实际分度值：  |
| 示值误差： |
| 称重砝码/次数 | 1 | 2 | 3 | 称量偏差 $∆m$ |
| 100mg |  |  |  |  |
| 500mg |  |  |  |  |
| 1g |  |  |  |  |
| 80%满量程：  |  |  |  |  |
| 重复性： |
| 称重砝码/次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |  |
| 100mg |  |  |  |  |  |  |  |
| 500mg |  |  |  |  |  |  |  |
| 1g |  |  |  |  |  |  |  |
| 80%满量程：  |  |  |  |  |  |  |  |
| 周漂移值： |
| 天数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4、滤膜除静电模块 |
| △*V* |  |

校准员： 核验员：

# 附录D

**重量法PM2.5/PM10颗粒物自动监测仪校准证书（内页）格式（参考）**

校准结果

|  |  |
| --- | --- |
| 校准项目 | 校准结果 |
| 一、颗粒物采样单元 |
| 流量示值误差 |  |
| 平均流量偏差 |  |
| 流量重复性 |  |
| 流量稳定性 |  |
| 计时误差 |  |
| 大气压示值误差 |  |
| 二、恒温恒湿模块 | 温度范围： 湿度范围： |
| 温度偏差 |  | 温度波动 |  |
| 温度均匀度 |  |
| 湿度偏差 |  | 湿度波动 |  |
| 湿度均匀度 |  |
| 三、称重模块 | 测量范围： 实际分度值： |
| 示值误差 |  | 周漂移值 |  |
| 重复性 |  |
| 四、滤膜除静电模块 |  |
| 不确定度 |  |