



# 中华人民共和国国家环境保护标准

HJ 653-2013

---

## 环境空气颗粒物（PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>）连续自动监测系统技术要求及检测方法

Specifications and Test Procedures for Ambient Air Quality Continuous  
Automated Monitoring System for PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>

（发布稿）

本电子版为发布稿。请以中国环境科学出版社出版的正式标准文本为准。

2013-07-30发布

2013-08-01实施

---

环 境 保 护 部 发 布

# 目 次

前 言.....	III
1 适用范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 系统组成与原理.....	2
5 技术要求.....	3
6 性能指标.....	4
7 检测方法.....	6
8 检测项目.....	17
附录 A （规范性附录） PM <sub>10</sub> 和 PM <sub>2.5</sub> 连续监测系统数据采集和处理要求.....	18

## 前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国大气污染防治法》，实施《环境空气质量标准》（GB 3095-2012），规范环境空气中颗粒物（PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>）连续自动监测系统的性能和质量，制定本标准。

本标准规定了环境空气颗粒物（PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>）连续自动监测系统（以下简称PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>连续监测系统）的技术要求、性能指标和检测方法。

本标准中附录A为规范性附录。

本标准为首次发布。

本标准由环境保护部科技标准司组织制订。

本标准主要起草单位：中国环境监测总站。

本标准环境保护部2013年7月30日批准。

本标准自2013年8月1日起实施。

本标准由环境保护部解释。

# 环境空气颗粒物（PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>）连续自动监测系统技术要求及检测方法

## 1 适用范围

本标准规定了环境空气颗粒物（PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>）连续自动监测系统的技术要求、性能指标和检测方法。

本标准适用于环境空气颗粒物（PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>）连续自动监测系统的设计、生产和检测。

## 2 规范性引用文件

本标准内容引用了下列文件中的条款。凡是不注日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

GB 3095-2012 环境空气质量标准

GB/T 17214.1 工业过程测量和控制装置工作条件 第1部分：气候条件

HJ 618 环境空气 PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>的测定 重量法

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

空气动力学当量直径 aerodynamic diameter

指单位密度（ $\rho_0=1\text{g/cm}^3$ ）的球体，在静止空气中作低雷诺数运动时，达到与实际粒子相同的最终沉降速度时的直径。

### 3.2

切割器 particle separate device

指具有将不同粒径粒子分离功能的装置。

### 3.3

50% 切割粒径（ $Da_{50}$ ） 50% cutpoint diameter

指切割器对颗粒物的捕集效率为50%时所对应的粒子空气动力学当量直径。

### 3.4

颗粒物（粒径小于等于10 $\mu\text{m}$ ） particulate matter（PM<sub>10</sub>）

指环境空气中空气动力学当量直径小于等于10 $\mu\text{m}$ 的颗粒物，也称可吸入颗粒物。

### 3.5

颗粒物（粒径小于等于2.5 $\mu\text{m}$ ） particulate matter（PM<sub>2.5</sub>）

指环境空气中空气动力学当量直径小于等于2.5 $\mu\text{m}$ 的颗粒物，也称细颗粒物。

### 3.6

标准状态 standard state

指温度为273K，压力为101.325kPa时的状态。本标准污染物浓度值均为标准状态下浓度值。

### 3.7

参比方法 reference method

国家发布的标准方法。

### 3.8

捕集效率的几何标准偏差 ( $\sigma_g$ ) geometric standard deviation of sampling efficiency

切割器对颗粒物的捕集效率有以下两种表述方法:

(1) 捕集效率为 16% 时对应的粒子空气动力学当量直径  $D_{a16}$  与捕集效率为 50% 时对应的粒子空气动力学当量直径  $D_{a50}$  的比值;

(2) 捕集效率为 50% 时对应的粒子空气动力学当量直径  $D_{a50}$  与捕集效率为 84% 时对应的粒子空气动力学当量直径  $D_{a84}$  的比值。

上述两个比值均应符合  $\sigma_g = 1.5 \pm 0.1$  ( $\text{PM}_{10}$  连续监测系统)、 $\sigma_g = 1.2 \pm 0.1$  ( $\text{PM}_{2.5}$  连续监测系统) 的要求。计算公式见 (1)、(2) 式:

$$\sigma_g = \frac{D_{a16}}{D_{a50}} \dots\dots\dots (1)$$

$$\sigma_g = \frac{D_{a50}}{D_{a84}} \dots\dots\dots (2)$$

式中:  $\sigma_g$ -----捕集效率的几何标准偏差, %;

$D_{a16}$ -----切割器对颗粒物的捕集效率为 16% 时对应的粒子空气动力学当量直径,  $\mu\text{m}$ ;

$D_{a50}$ -----切割器对颗粒物的捕集效率为 50% 时对应的粒子空气动力学当量直径,  $\mu\text{m}$ ;

$D_{a84}$ -----切割器对颗粒物的捕集效率为 84% 时对应的粒子空气动力学当量直径,  $\mu\text{m}$ 。

### 3.9

仪器平行性 parallelism of monitors

指每一批次数据结果的均方根。

### 3.10

气溶胶传输效率 aerosol transport efficiency

指通过采样管进入监测仪的气溶胶量与进入采样管前气溶胶总量的百分比。

## 4 系统组成与原理

### 4.1 系统的组成

$\text{PM}_{10}$  和  $\text{PM}_{2.5}$  连续监测系统包括样品采集单元、样品测量单元、数据采集和传输单元以及其他辅助设备。

#### 4.1.1 样品采集单元

样品采集单元由采样入口、切割器和采样管等组成。将环境空气颗粒物进行切割分离, 并将目标颗粒物输送到样品测量单元。

#### 4.1.2 样品测量单元

样品测量单元对采集的环境空气  $\text{PM}_{10}$  或  $\text{PM}_{2.5}$  样品进行测量。

#### 4.1.3 数据采集和传输单元

数据采集和传输单元采集、处理和存储监测数据，并能按中心计算机指令传输监测数据和系统工作状态信息。

#### 4.1.4 其它辅助设备

其它辅助设备包括安装仪器设备所需要的机柜或平台、安装固定装置、采样泵等。

### 4.2 方法原理

PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>连续监测系统所配置监测仪器的测量方法为 $\beta$ 射线吸收法或微量振荡天平法。

## 5 技术要求

### 5.1 外观要求

5.1.1 PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>连续监测系统应有产品铭牌，铭牌上应标有仪器名称、型号、生产单位、出厂编号、制造日期等信息。

5.1.2 PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>连续监测系统外观应完好无损，无明显缺陷，各零、部件连接可靠，各操作键、按钮灵活有效。

### 5.2 工作条件

5.2.1 切割器在以下环境条件中应能正常工作：

环境温度：（-30~50）℃；

大气压：（80~106）kPa。

5.2.2 监测仪在以下环境条件中应能正常工作：

环境温度：（15~35）℃；

相对湿度：≤85%；

大气压：（80~106）kPa。

### 5.2.3 供电电压

AC（220±22）V，（50±1）Hz。

注：低温、低压等特殊环境条件下，仪器设备的配置应满足当地环境条件的使用要求。

### 5.3 安全要求

#### 5.3.1 绝缘电阻

在环境温度为（15~35）℃，相对湿度≤85%条件下，监测仪电源端子对地或机壳的绝缘电阻不小于20MΩ。

#### 5.3.2 绝缘强度

在环境温度为（15~35）℃，相对湿度≤85%条件下，监测仪在1500V（有效值）、50Hz正弦波实验电压下持续1min，不应出现击穿或飞弧现象。

#### 5.3.3 $\beta$ 射线源安全

PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>连续监测系统所配置监测仪器的测量方法为 $\beta$ 射线吸收法时，使用的 $\beta$ 射线源应符合放射性安全标准。

## 5.4 功能要求

### 5.4.1 滤膜要求

在规定膜面流速下，PM<sub>10</sub> 采样滤膜要求对 0.3μm 颗粒物的截留效率≥99%，PM<sub>2.5</sub> 采样滤膜要求对 0.3μm 颗粒物的截留效率≥99.7%；

5.4.2 具备显示和设置系统时间的功能及时间标签功能，数据为设置时段的平均值；

5.4.3 具备记录或输出测量过程中的环境大气压、环境温度、流量和浓度等数据的功能；

5.4.4 具备数字信号输出功能，数据采集和存储记录要求应符合附录 A 的要求；

5.4.5 具备三个月以上数据的存储能力。

5.4.6 仪器掉电后，能自动保存数据；恢复供电后系统可自动启动，恢复运行状态并正常工作。

## 6 性能指标

### 6.1 PM<sub>10</sub> 连续监测系统

#### 6.1.1 浓度测量范围

(0~1000) μg/m<sup>3</sup> 或 (0~10000) μg/m<sup>3</sup> (可选)，最小显示单位 0.1μg/m<sup>3</sup>。

#### 6.1.2 切割性能

50%切割粒径： $Da_{50} = (10 \pm 0.5) \mu\text{m}$ ；

捕集效率的几何标准偏差： $\sigma_g = 1.5 \pm 0.1$ 。

#### 6.1.3 时钟误差

(1) 在监测仪正常工作状态下测试 6h，时钟误差±20s。

(2) 断开监测仪的供电总计 5 次（各次断电的持续时间分别为 20s、40s、2min、7min 和 20min，且在每次断电之间应保证不少于 10min 正常电力供应），测试 6h，时钟误差±2min。

#### 6.1.4 温度测量示值误差

在 (-30~50) °C 范围内，温度测量示值误差±2°C。

#### 6.1.5 大气压测量示值误差

在 (80~106) kPa 范围内，大气压测量示值误差≤1kPa。

#### 6.1.6 流量稳定性

24h 内，每一次测试时间点流量变化±10%设定流量，24h 平均流量变化±5%设定流量。

#### 6.1.7 校准膜重现性

监测仪校准膜重现性±2%（标称值）。

#### 6.1.8 电压变化稳定性

供电电压变化±10%，监测仪标准膜测量值的变化±5%（标称值）。

#### 6.1.9 仪器平行性

三台（套）仪器平行性≤10%。

#### 6.1.10 参比方法比对测试

使用参比方法进行至少 10 组有效数据的比对测试，测试结果进行线性回归分析，符合以下要求：

斜率： $1 \pm 0.15$ ；

截距： $(0 \pm 10) \mu\text{g}/\text{m}^3$ ;

相关系数 $\geq 0.95$ 。

#### 6.1.11 有效数据率

连续运行至少 90 天，有效数据率不低于 85%。

### 6.2 $\text{PM}_{2.5}$ 连续监测系统

#### 6.2.1 浓度测量范围

$(0 \sim 1000) \mu\text{g}/\text{m}^3$  或  $(0 \sim 10000) \mu\text{g}/\text{m}^3$  (可选)，最小显示单位  $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

#### 6.2.2 切割性能

50%切割粒径： $Da_{50} = (2.5 \pm 0.2) \mu\text{m}$ ;

捕集效率的几何标准偏差： $\sigma_g = 1.2 \pm 0.1$ 。

#### 6.2.3 时钟误差

(1) 在监测仪正常工作状态下测试 6h，时钟误差 $\pm 20\text{s}$ 。

(2) 断开监测仪的供电总计 5 次（各次断电的持续时间分别为 20s、40s、2min、7min 和 20min，且在每次断电之间应保证不少于 10min 正常电力供应），测试 6h，时钟误差 $\pm 2\text{min}$ 。

#### 6.2.4 温度测量示值误差

在  $(-30 \sim 50)^\circ\text{C}$  范围内，温度测量示值误差 $\pm 2^\circ\text{C}$ 。

#### 6.2.5 大气压测量示值误差

在  $(80 \sim 106) \text{kPa}$  范围内，大气压测量示值误差 $\leq 1 \text{kPa}$ 。

#### 6.2.6 流量测试

在监测仪正常工作条件下，使用标准流量计在采样入口处检测流量，符合以下指标：

- (1) 平均流量偏差 $\pm 5\%$ 设定流量；
- (2) 流量相对标准偏差 $\leq 2\%$ ；
- (3) 平均流量示值误差 $\leq 2\%$ 。

#### 6.2.7 校准膜重现性

监测仪校准膜重现性 $\pm 2\%$ （标称值）。

#### 6.2.8 环境气压、环境温度及供电电压变化的影响

监测仪分别在不同的气压、温度和供电电压等 6 种环境条件下进行测试，其流量性能指标应符合 6.2.6 要求。

#### 6.2.9 气溶胶传输效率

采样管气溶胶传输效率 $\geq 97\%$ 。

#### 6.2.10 切割器加载测试

在一个维护周期内，加载后的切割器切割性能指标符合 6.2.2 要求。

#### 6.2.11 仪器平行性

三台（套）仪器平行性 $\leq 15\%$ 。

#### 6.2.12 参比方法比对测试

使用参比方法进行至少 23 组有效数据的比对测试，测试结果进行线性回归分析，符合以下要求：

斜率： $1 \pm 0.15$ ；



截距：(0±10) μg/m<sup>3</sup>；

相关系数≥0.93。

### 6.2.13 有效数据率

连续运行至少 90 天，有效数据率不低于 85%。

## 7 检测方法

### 7.1 PM<sub>10</sub> 连续监测系统

#### 7.1.1 切割性能

切割性能测试可使用分流测试法或静态箱测试法。

##### 7.1.1.1 分流测试法

发生单一粒径、均匀、稳定的气溶胶粒子，分别测试待测切割器上游的气溶胶浓度和切割器下游的气溶胶浓度，计算不同粒径气溶胶的捕集效率；拟合捕集效率与粒径的关系得到该切割器的 50%切割粒径和捕集效率的几何标准偏差。

##### (1) 气溶胶的生成

通过单分散固态气溶胶发生器发生单分散固态的气溶胶颗粒。采用气溶胶检测仪器（例如气溶胶粒径谱仪）测量单分散固态气溶胶的粒径和浓度。实验粒子的粒径要求见表 1。

表 1 PM<sub>10</sub> 实验粒子的粒径要求

实验粒子的空气动力学当量直径 $Da$ (μm)							
3±0.5	5±0.5	7±0.5	9±0.5	11±1.0	13±1.0	15±1.0	17±1.0

##### (2) 分流法测试

a) 将待测切割器去除进气部件，通过分流管连接流量适配器、待测切割器和气溶胶检测仪器，切割器应竖直放置。

b) 采用单分散固态气溶胶发生器，发生表 1 中空气动力学当量直径 (3±0.5) μm 的雾化单分散固态气溶胶颗粒。

c) 采用气溶胶检测仪器测量单分散固态气溶胶的粒径，确认其稳定、均匀，符合要求。

d) 采用气溶胶检测仪器分别测定切割器上、下游的气溶胶浓度。记录为  $C_{1ij}$  和  $C_{2ij}$ 。

e) 分别依次生成表 1 中所列的 8 种粒径的雾化单分散固态气溶胶颗粒。重复以上 c) ~ d) 的操作，直至 8 种粒径的雾化单分散固态气溶胶颗粒测试完毕，得到  $C_{1ij}$  和  $C_{2ij}$ 。

f) 重复 e) 的操作三次，按公式 (3) 计算得到 8 组 24 个捕集效率的数据。

$$\eta_{ij} = \frac{C_{2ij}}{C_{1ij}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中： $\eta_{ij}$ -----每个粒径点单次测量的捕集效率，%；

$C_{1ij}$ -----切割器上游固态单分散颗粒物单次测量浓度，/m<sup>3</sup>；

$C_{2ij}$ -----切割器下游固态单分散颗粒物单次测量浓度，/m<sup>3</sup>；

$i$ -----发生的气溶胶粒径点 ( $i=1\sim 8$ )；

$j$ -----每个粒径点测量的次数 ( $j=1\sim 3$ )。

g) 按公式 (4) 分别计算得到 8 个粒径点捕集效率的平均值。

$$\overline{\eta_i} = \frac{\sum_{j=1}^3 \eta_{ij}}{3} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式中： $\overline{\eta_i}$  -----每个粒径点捕集效率的平均值（ $i=1\sim 8$ ），%。

h) 按公式（5）计算每个粒径点的捕集效率相对标准偏差  $C_{vi}$ ，如果  $C_{vi}$  超过 10%，则该粒径点的捕集效率测试无效。

$$C_{vi} = \frac{1}{\overline{\eta_i}} \times \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^3 (\eta_{ij} - \overline{\eta_i})^2}{2}} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

式中： $C_{vi}$  -----每个粒径点捕集效率的相对标准偏差（ $i=1\sim 8$ ），%。

### （3）数据处理

将得到的 8 个捕集效率平均值与对应的气溶胶空气动力学粒径进行拟合，得出捕集效率与气溶胶空气动力学粒径之间的回归方程和曲线。通过回归曲线得出切割器捕集效率分别为 16%、50%、84% 时对应的空气动力学当量直径  $Da_{16}$ 、 $Da_{50}$ 、 $Da_{84}$ ，按照公式（1）、（2）计算切割器捕集效率的几何标准偏差  $\sigma_g$ ， $Da_{50}$  和  $\sigma_g$  应符合 6.1.2 要求。

#### 7.1.1.2 静态箱测试法

将待测切割器安装到静态箱中，在静态箱中发生单一粒径、均匀、稳定的气溶胶粒子，用气溶胶检测仪器测量气溶胶浓度和均匀性；确保箱内的气溶胶浓度稳定，分布均匀。用气溶胶检测仪器测量经待测切割器切割后的气溶胶浓度。计算不同粒径颗粒物的捕集效率，拟合捕集效率与粒径的关系得到该切割器 50% 切割粒径和捕集效率的几何标准偏差。

##### （1）安装待测切割器

将至少一台待测切割器安装到静态箱中，保证箱体密闭。

##### （2）气溶胶的生成

通过单分散固态气溶胶发生器发生单分散固态的气溶胶颗粒。采用气溶胶检测仪器（例如气溶胶粒径谱仪）测量单分散固态气溶胶的粒径和浓度。实验粒子的粒径要求见表 1。

##### （3）静态箱法测试

a) 将生成的空气动力学当量直径  $(3\pm 0.5) \mu m$  的雾化单分散固态气溶胶颗粒通入静态箱并充分混合，使用气溶胶检测仪器测量静态箱中三个以上点位抽取的气溶胶样品粒径和浓度，确保静态箱内气溶胶浓度均匀。三个点的气溶胶浓度相对标准偏差  $\leq 10\%$ ，记录三点的气溶胶平均浓度  $C_{III}$ 。

b) 启动待测监测仪的采样泵，运行一段时间后，停止采样；使用气溶胶检测仪器测量待测采样器采集的气溶胶粒子浓度  $C_{2II}$ ，按公式（3）计算该粒径下气溶胶捕集效率  $\eta_{II}$ 。

c) 分别依次生成表 1 中所列的 8 种粒径的雾化单分散固态气溶胶颗粒。重复以上 a) ～ b) 的操作，直至 8 种粒径的雾化单分散固态气溶胶颗粒测试完毕，得到  $C_{Iij}$  和  $C_{2ij}$ 。

d) 重复 c) 的操作三次，计算得到 8 组 24 个捕集效率的数据。

e) 按公式（4）分别计算得到 8 个粒径点捕集效率的平均值。

f) 按公式（5）计算每个空气动力学粒径点的捕集效率相对标准偏差  $C_{vi}$ ，如果  $C_{vi}$  超过

10%，则该粒径点的捕集效率测试无效。

#### (4) 数据处理

将得到的 8 个捕集效率平均值与对应的气溶胶空气动力学粒径进行拟合，得出捕集效率与气溶胶空气动力学粒径之间的回归方程和曲线。通过回归曲线得出切割器捕集效率分别为 16%、50%、84% 时对应的空气动力学当量直径  $Da_{16}$ 、 $Da_{50}$ 、 $Da_{84}$ ，按照公式 (1)、(2) 计算切割器捕集效率的几何标准偏差  $\sigma_g$ ， $Da_{50}$  和  $\sigma_g$  应符合 6.1.2 要求。

#### 7.1.2 时钟误差

##### 7.1.2.1 监测仪正常工作过程条件下时钟误差

在待测监测仪正常工作过程中，读取并记录显示时间（时-分-秒）记为开始时间  $t_0$ ，同时启动秒表开始计时，当运行  $6h \pm 60s$  时，分别读取和记录待测监测仪显示时间  $t_1$  和秒表显示时间  $t_2$ 。按公式 (6) 计算时钟误差。检测结果  $\Delta t$  应符合 6.1.3 中第 (1) 条要求。

$$\Delta t = t_1 - t_0 - t_2 \dots\dots\dots (6)$$

式中： $\Delta t$ -----时钟误差，s；

$t_0$ -----待测监测仪开始时间，（时-分-秒）；

$t_1$ -----待测监测仪结束时间，（时-分-秒）；

$t_2$ -----秒表显示时间，（时-分-秒）。

##### 7.1.2.2 监测仪断电条件下时钟误差

在待测监测仪正常工作过程中，读取并记录显示的时间（时-分-秒）记为开始时间  $t_0$ ，同时启动秒表开始计时。断电条件测试总时长为 6h，在这期间要求断电总计 5 次，各次断电的持续时间分别为 20s、40s、2min、7min 和 20min 左右，且在每次断电之间应保证不少于 10min 正常供电。当运行  $6h \pm 60s$  时，分别读取和记录待测监测仪显示时间  $t_1$  和秒表显示时间  $t_2$ 。按公式 (6) 计算时钟误差。检测结果应符合 6.1.3 中第 (2) 条要求。

#### 7.1.3 温度测量示值误差

将待测监测仪或温度检测单元放入恒温环境中，在  $(-30 \sim 50)^\circ\text{C}$  温度范围内分别设置 4 个温度测试点： $(-20, 0, 20, 50)^\circ\text{C}$ ，恒温装置的实际控制温度与上述设定温度允许偏差  $\pm 2^\circ\text{C}$ 。待恒温装置温度稳定后，分别读取并记录标准温度值  $t_{si}$  和待测监测仪显示温度值  $t_{pi}$ 。按公式 (7) 计算待测监测仪的温度测量示值误差  $\Delta t_i$ 。重复测量 3 次，每个测试点的平均值应符合 6.1.4 的要求。

$$\Delta t_i = t_{pi} - t_{si} \dots\dots\dots (7)$$

式中： $\Delta t_i$ -----第  $i$  个测试点温度测量示值误差， $^\circ\text{C}$ ；

$t_{pi}$ -----第  $i$  个测试点待测监测仪的环境温度示值， $^\circ\text{C}$ ；

$t_{si}$ -----第  $i$  个测试点标准温度值， $^\circ\text{C}$ ；

$i$ -----测试点序号，( $i=1 \sim 4$ )。

##### 7.1.4 大气压测量示值误差

将待测监测仪或压力检测单元放入气压舱中，在大气压测量的范围  $(80 \sim 106) \text{ kPa}$  内，选取以下 5 个检测点：80kPa、90kPa、100kPa、106kPa 和当前环境气压，各检测点的实际稳定值与上述规定值允许偏差  $\pm 0.5 \text{ kPa}$ 。待气压舱的压力稳定后，分别读取并记录标准压力值  $B_i$  和待测监测仪显示压力值  $P_i$ 。按公式 (8) 计算待测监测仪的大气压测量示值误差  $\delta_{pi}$ 。

重复测量 3 次，每个检测点的平均值应符合 6.1.5 的要求。

$$\delta_{pi} = |B_i - P_i| \dots\dots\dots (8)$$

式中：  $\delta_{pi}$ -----第  $i$  个测试点待测监测仪大气压测量示值误差，kPa；

$P_i$ -----第  $i$  个测试点标准压力值，kPa；

$B_i$ -----第  $i$  个测试点待测监测仪压力测量值，kPa；

$i$ -----测试点序号，( $i=1\sim5$ )。

#### 7.1.5 流量稳定性

待测监测仪预热稳定后，调整系统初始进样流量为设定流量值  $F_{(i)(0)}$ ，待测监测仪连续运行，分别在待测监测仪运行 6、12、18 和 24h 时记录采样流量值，将每天记录的 4 个采样流量值进行算术平均，计算待测监测仪 24h 采样流量的平均值，按式 (9) 计算待测监测仪 24h 采样流量偏差  $\Delta F_i$ ，按式 (10) 计算待测监测仪当天每个测试时间点的采样流量偏差  $\Delta F_{(i)(t)}$ 。每天测试结束后可对待测监测仪采样流量进行重新调整，测试 7 天，重复上述操作，每天的  $\Delta F_i$  和  $\Delta F_{(i)(t)}$  应符合第 6.1.6 要求。

$$\Delta F_i = \frac{\overline{F_i} - F_{(i)(0)}}{F_{(i)(0)}} \times 100\% \dots\dots\dots (9)$$

式中：  $\Delta F_i$ -----待测监测仪 24h 采样流量偏差，%；

$\overline{F_i}$ -----待测监测仪 24h 采样流量平均值，L/min；

$F_{(i)(0)}$ -----待测监测仪每天采样流量初始设定值，L/min；

$i$ -----测试天数，( $i=1\sim7$ )。

$$\Delta F_{(i)(t)} = \frac{F_{(i)(t)} - F_{(i)(0)}}{F_{(i)(0)}} \dots\dots\dots (10)$$

式中：  $\Delta F_{(i)(t)}$ -----待测监测仪每个测试时间点采样流量偏差，%；

$F_{(i)(t)}$ -----待测监测仪每天每个测试时间点的采样流量值，L/min；

$t$ -----每天的测试次数，( $t=1\sim4$ )。

#### 7.1.6 校准膜重现性

待测监测仪预热稳定后，按照操作规程插入校准膜片，待读数稳定后记录显示值，重复上述操作两次，计算标准膜读数的平均值。重复上述操作，测试 3 天，按式 (11) 计算每天的标准膜重现性  $S_{Ci}$ ，每天的  $S_{Ci}$  应符合 6.1.7 的要求。

$$S_{Ci} = \frac{\overline{C_i} - C_0}{C_0} \times 100\% \dots\dots\dots (11)$$

式中：  $S_{Ci}$ -----待测监测仪第  $i$  天标准膜重现性，%；

$\overline{C_i}$ -----待测监测仪第  $i$  天标准膜测量平均值， $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  ( $\mu\text{g}$ )；

$C_0$ -----校准膜的标称值， $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  ( $\mu\text{g}$ )；

$i$ -----测试天数，( $i=1\sim3$ )。

#### 7.1.7 电压变化稳定性

待测监测仪预热稳定后，在正常电压条件下，放入校准膜，稳定后记录待测监测仪读数

W；调节电压为高于原初始电压值 10%，放入同一校准膜，稳定后记录待测监测仪读数 X；同样调节待测监测仪电压为低于原初始电压值 10%，放入同一校准膜，稳定后记录待测监测仪读数 Y。按式（12）计算电压变化的稳定性 V，应符合 6.1.8 的要求。

$$V = \frac{X - W}{R} \times 100\% \text{ 或 } \frac{Y - W}{R} \times 100\% \dots\dots\dots (12)$$

式中：V-----电压变化稳定性，%；

W-----初始电压条件下校准膜测量值， $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ （ $\mu\text{g}$ ）；

X-----调节电压为高于初始电压+10%时，校准膜测量值， $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ （ $\mu\text{g}$ ）；

Y-----调节电压为低于初始电压-10%时，校准膜测量值， $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ （ $\mu\text{g}$ ）；

R-----校准膜的标称值， $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ （ $\mu\text{g}$ ）。

### 7.1.8 仪器平行性

在同一试验环境条件下，将三台待测监测仪的采样器入口调整到同一高度，待测监测仪之间的距离为（2~4）m，分别进行采样流量校准和设置后，进行仪器平行性测试。测试环境大气中的  $\text{PM}_{10}$  浓度，每组样品连续测试 24h，共测试 10 组样品；记录每台待测监测仪每次测量浓度值  $C_{ij}$ ，i 为待测监测仪的编号（ $i=1\sim3$ ），j 为检测样品的序号（ $j=1\sim10$ ），每个样品三台待测监测仪测量结果的平均值为  $\overline{C_j}$ 。当  $\overline{C_j} < 30\mu\text{g}/\text{m}^3$  时，测试结果无效。按公式（13）计算 3 台待测监测仪测试结果的相对标准偏差  $P_j$ ，按公式（14）计算 3 台待测监测仪平行性 P，应符合 6.1.9 的要求。

$$P_j = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 (C_{ij} - \overline{C_j})^2}{2}}}{\overline{C_j}} \times 100\% \dots\dots\dots (13)$$

式中： $P_j$ -----3 台待测监测仪第 j 个样品测量结果的相对标准偏差，%；

$C_{ij}$ -----第 i 台待测监测仪测量第 j 个样品的  $\text{PM}_{10}$  浓度值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

$\overline{C_j}$ -----3 台待测监测仪测量第 j 个样品的  $\text{PM}_{10}$  浓度平均值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

$$P = \sqrt{\frac{1}{10} \times \sum_{j=1}^{10} (P_j)^2} \times 100\% \dots\dots\dots (14)$$

式中：P-----仪器平行性，%。

### 7.1.9 参比方法比对测试

参比方法参照 HJ 618。参比方法使用的采样器至少 3 台，待测监测仪自动监测与参比方法测试同步进行，采样器与待测监测仪安放位置相距（2~4）m（当采样流量低于 200L/min 时，距离应在 1m 左右），采样入口位于同一高度。取相同采样时间段内的自动监测数据  $C_{ij}$  和参比方法测试数据  $R_{ij}$  作为一个数据对，i 是仪器的序号（ $i=1\sim3$ ），j 是有效样品的个数（ $j=1\sim10$ ），每组样品的采样时间为（24±1）h，共测试 10 组样品。

（1）按公式（15）计算 3 台采样器参比方法测试每组  $\text{PM}_{10}$  样品浓度的平均值  $\overline{R_j}$ ， $\overline{R_j}$  应尽量选择在（15~300） $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

$$\overline{R_j} = \frac{\sum_{i=1}^3 R_{i,j}}{3} \dots\dots\dots (15)$$

式中：  $\overline{R_j}$  -----3 台采样器测量第  $j$  组样品浓度的平均值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

$R_{ij}$  -----第  $i$  台采样器测量第  $j$  个样品的浓度值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

(2) 分别计算每组采样器参比方法测试结果的标准偏差或相对标准偏差，应小于等于  $5\mu\text{g}/\text{m}^3$  或 7%，则该组参比测试数据有效。

(3) 按公式 (16) 计算 3 台待测监测仪测试对应时间段内  $\text{PM}_{10}$  浓度的平均值  $\overline{C_j}$ 。按 7.1.8 计算 10 组待测监测仪测试结果的平行性，应符合 6.1.9 要求。

$$\overline{C_j} = \frac{\sum_{i=1}^3 C_{i,j}}{3} \dots\dots\dots (16)$$

式中：  $\overline{C_j}$  -----3 台待测监测仪测量第  $j$  组样品浓度的平均值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

$C_{ij}$  -----第  $i$  台待测监测仪测量第  $j$  个样品的浓度值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

(4) 当参比测试数据和自动监测数据都有效时，组成一组有效数据对。每一批次比对至少取得 10 组有效数据对， $\overline{R_j} \leq 100\mu\text{g}/\text{m}^3$  和  $> 100\mu\text{g}/\text{m}^3$  的有效数据对数均应  $\geq 3$ 。将参比测试数据与相应的自动监测数据进行线性回归分析，以参比测试数据为横轴，待测监测仪数据为纵轴，按公式 (17) 计算回归曲线的斜率  $k$ 。

$$k = \frac{\sum_{j=1}^{10} (\overline{R_j} - \overline{R}) \times (\overline{C_j} - \overline{C})}{\sum_{j=1}^{10} (\overline{R_j} - \overline{R})^2} \dots\dots\dots (17)$$

式中：  $k$  -----比对测试回归曲线斜率；

$\overline{C}$  -----10 组待测监测仪测量浓度的平均值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

$\overline{R}$  -----10 组参比采样器测量浓度的平均值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

(5) 按公式 (18) 计算回归曲线的截距  $b$ 。

$$b = \overline{C} - k \times \overline{R} \dots\dots\dots (18)$$

式中：  $b$  -----比对测试回归曲线截距， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

(6) 按公式 (19) 计算回归曲线的相关系数  $r$ 。

$$r = \frac{\sum_{j=1}^{10} (\overline{R_j} - \overline{R}) \times (\overline{C_j} - \overline{C})}{\sqrt{\sum_{j=1}^{10} (\overline{R_j} - \overline{R})^2 \times \sum_{j=1}^{10} (\overline{C_j} - \overline{C})^2}} \dots\dots\dots (19)$$

式中：  $r$  -----比对测试回归曲线相关系数。

(7) 比对测试回归曲线的斜率  $k$ 、截距  $b$  和相关系数  $r$  均应符合 6.1.10 的要求。

#### 7.1.10 有效数据率

待测监测仪在通过调试后，开始连续至少 90 天的运行，测试有效数据率。期间要对每

次维护时间、维修时间及内容进行详细记录，同时考核 3 台待测监测仪 90 天运行监测数据日均值。在完成 90 天的运行后，有效数据率  $D$  应符合 6.1.11 的要求。

- (1) 统计记录全部 90 天内待测监测仪正常维护时间的小时数  $T_1$ 。
- (2) 采集系统的日均值浓度数据，计算除正常维护日外 3 台待测监测仪每天测试数据的标准偏差  $SD$  和相对标准偏差  $RSD$ ，当满足  $SD > 10\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，同时  $RSD > 20\%$  时，记录为数据异常，出现 1 天，异常数据时间记为 24h，统计全部待测监测仪数据异常的天数，计算 90 天内三台待测监测仪数据异常时间的小时数  $T_2$ 。
- (3) 待测监测仪运行出现故障时，记录从开始维修到结束维修，待测监测仪正常运行的时间  $t_3$ ，当  $t_3 > 4\text{h}$ ，无法统计当日日均浓度值，则此次维修时间记为 24h。统计记录全部 90 天内待测监测仪故障维修时间的小时数  $T_3$ 。
- (4) 按公式 (20) 计算有效数据率。

$$D = (1 - \frac{T_1 + T_2 + T_3}{90 \times 24}) \times 100\% \dots\dots\dots (20)$$

式中： $D$ -----有效数据率，%；  
 $T_1$ -----测试期间待测监测仪正常维护时间的小时数，h；  
 $T_2$ -----测试期间待测监测仪数据异常时间的小时数，h；  
 $T_3$ -----测试期间待测监测仪故障维修的小时数，h。

7.2 PM<sub>2.5</sub> 连续监测系统

7.2.1 切割性能

切割性能测试可使用分流测试法或静态箱测试法。  
单分散固态气溶胶发生器发生单分散固态的气溶胶颗粒，气溶胶检测仪器（例如气溶胶粒径谱仪）测量单分散固态气溶胶的粒径和浓度。实验粒子的粒径要求见表 2。

表 2 PM<sub>2.5</sub> 实验粒子的粒径要求

实验粒子的空气动力学当量直径 $Da$ ( $\mu\text{m}$ )							
1.5±0.25	2.0±0.25	2.2±0.25	2.5±0.25	2.8±0.25	3.0±0.25	3.5±0.25	4.0±0.5

分流测试法的操作步骤见 7.1.1.1 中 (2)。  
静态箱测试法的操作步骤见 7.1.1.2 中 (1)、(3)。  
将得到的 8 个捕集效率平均值与对应的气溶胶空气动力学粒径进行拟合，得出捕集效率与气溶胶空气动力学粒径之间的回归方程和曲线。通过回归曲线得出切割器捕集效率分别为 16%、50%、84% 时对应的空气动力学当量直径  $Da_{16}$ 、 $Da_{50}$ 、 $Da_{84}$ ，按照公式 (1)、(2) 计算切割器捕集效率的几何标准偏差  $\sigma_g$ ， $Da_{50}$  和  $\sigma_g$  应符合 6.2.2 要求。

7.2.2 时钟误差

检测方法见 7.1.2，检测结果应符合 6.2.3 的要求。

7.2.3 温度测量示值误差

检测方法见 7.1.3，检测结果应符合 6.2.4 的要求。

7.2.4 大气压测量示值误差

检测方法见 7.1.4，检测结果应符合 6.2.5 的要求。

7.2.5 流量测试

取下采样入口和切割器，将标准流量计的出气口通过流量测量适配器连接到待测监测仪

的进气口。开启待测监测仪，预热后进入流量检测界面，待测监测仪显示的流量稳定后开始测试。测试连续进行 6h，至少每隔 5min 记录一次标准流量计和待测监测仪的瞬时流量值（工况）。测试完成后，按照公式（21）、（22）、（23）、（24）、（25）计算流量测试的相关指标。测试结果应符合 6.2.6 的要求。

$$\bar{Q}_R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{Ri} \quad \dots\dots\dots (21)$$

式中：  $\bar{Q}_R$ -----测试期间标准流量计平均流量值，L/min；  
 $Q_{Ri}$ -----测试期间标准流量计瞬时流量值，L/min；  
 $i$ -----测试期间记录瞬时时间点的序号，（ $i=1\sim n$ ）；  
 $n$ -----测试期间记录瞬时时间点的总个数。

$$\bar{Q}_C = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{Ci} \quad \dots\dots\dots (22)$$

式中：  $\bar{Q}_C$ -----测试期间待测监测仪平均流量值，L/min；  
 $Q_{Ci}$ -----测试期间待测监测仪瞬时流量值，L/min。

$$\Delta Q_R = \frac{\bar{Q}_R - Q_s}{Q_s} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (23)$$

式中：  $\Delta Q_R$ -----平均流量偏差，%；  
 $Q_s$ -----待测监测仪设定的采样流量，L/min。

$$CV_R = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{Ri} - \bar{Q}_R)^2}{n-1}}}{\bar{Q}_R} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (24)$$

式中：  $CV_R$ -----流量相对标准偏差，%。

$$Q_{diff} = \frac{|\bar{Q}_R - \bar{Q}_C|}{\bar{Q}_R} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (25)$$

式中：  $Q_{diff}$ -----流量示值误差，%。

## 7.2.6 校准膜重现性

检测方法见 7.1.6，检测结果应符合 6.2.7 的要求。

## 7.2.7 环境气压、环境温度及供电电压变化的影响

### 7.2.7.1 环境气压变化的影响

（1）依次连接待测监测仪、采样泵和标准流量计，将其全部置于气压舱内。调整设置气压测试舱内气压为 80kPa。在舱内气压达到（80±1）kPa 后至少稳定 30min，保证待测监测仪内的压力达到均衡状态。

（2）在此状态下进行 6h 连续测试，测试期间至少每隔 5min 记录一次舱内气压值、标准流量计流量值和待测监测仪瞬时流量值。



(3) 缓慢调节气压测试舱内的气压至 106kPa。在舱内气压达到  $(106 \pm 1)$  kPa 后至少稳定 30min, 保证待测监测仪内的压力达到均衡状态。重复进行 (2) 的测试步骤。

(4) 完成测试后, 缓慢调节气压测试舱内气压至实验现场气压值, 当舱内气压指示达到实验现场气压时, 方可打开气压舱门取出待测监测仪。

(5) 按照公式 (21)、(22)、(23)、(24)、(25) 分别计算两种气压状态下的流量测试指标。测试结果应符合 6.2.8 的要求。

#### 7.2.7.2 环境温度和供电电压变化的影响

(1) 依次连接调压器、待测监测仪、采样泵和标准流量计将其置于恒温环境中, 分别在如下 4 种条件下进行测试:

- a) 环境温度  $(35 \pm 2)$  °C, 交流电压为  $(198 \pm 2)$  V;
- b) 环境温度  $(35 \pm 2)$  °C, 交流电压为  $(242 \pm 2)$  V;
- c) 环境温度  $(15 \pm 2)$  °C, 交流电压为  $(198 \pm 2)$  V;
- d) 环境温度  $(15 \pm 2)$  °C, 交流电压为  $(242 \pm 2)$  V。

(2) 设置环境温度为  $(35 \pm 2)$  °C, 调压器输出交流电压为  $(198 \pm 2)$  V。稳定至少 30min, 保证待测监测仪内的温度达到均衡状态。

(3) 在此状态下进行 6h 连续测试, 测试期间至少每隔 5min 记录一次环境温度值、交流电压值、标准流量计和待测监测仪瞬时流量值。

(4) 依次缓慢调节环境温度设定值和调压器输出电压值分别为 b)、c)、d) 三种条件。每种条件至少稳定 30min, 保证待测监测仪内的温度达到均衡状态, 重复进行 (3) 的测试步骤。

(5) 完成测试后, 缓慢调节环境温度至实验现场温度值, 取出待测监测仪。

(6) 按照公式 (21)、(22)、(23)、(24)、(25) 分别计算四种条件下的流量测试指标。测试结果应符合 6.2.8 的要求。

#### 7.2.8 气溶胶传输效率

(1) 依次连接静态箱出口分流管、待测监测仪采样管、流量适配器和气溶胶检测仪器, 采样管应竖直放置。

(2) 采用单分散固态气溶胶发生器在静态箱内生成空气动力学直径为  $(3 \pm 0.25)$  μm 的雾化单分散固态气溶胶颗粒。使用气溶胶检测仪器测量单分散固态气溶胶颗粒的粒径, 确认其符合要求。

(3) 气溶胶发生稳定后, 使用气溶胶检测仪器分别测量箱体和待测采样管出口的单分散固态气溶胶颗粒浓度, 记录为  $\sigma_1$  和  $\sigma_2$ 。

(4) 按照公式 (26) 计算采样管的气溶胶传输率  $T$ , 重复测量三次, 平均值应符合 6.2.9 的要求。

$$T = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \times 100 \% \quad \text{..... (26)}$$

式中:  $T$ -----气溶胶传输效率, %;

$\sigma_1$ -----静态箱内气溶胶浓度值, /m<sup>3</sup>;

$\sigma_2$ -----待测采样管出口气溶胶浓度值, /m<sup>3</sup>。

### 7.2.9 切割器加载测试

切割器加载测试可采用静态箱加载测试法或实际样品加载测试法。

#### 7.2.9.1 静态箱加载测试法

##### (1) 待测切割器安装

将至少一台待测监测仪的切割器安装到静态箱中，保证箱体密闭。

##### (2) 气溶胶发生

使用多分散灰尘发生器，发生浓度为  $(150 \pm 10) \mu\text{g}/\text{m}^3$  的颗粒物。

##### (3) 加载测试

a) 将生成的颗粒物通入静态箱并充分混合，为确保静态箱内颗粒物浓度均匀，使用气溶胶检测仪器测量静态箱中三个以上点位的颗粒物浓度，其相对标准偏差应  $\leq 10\%$ 。

b) 启动待测监测仪，连续运行一个维护周期（运行时间  $\geq 7\text{d}$ ，每天  $\geq 20\text{h}$ ），进行加载。

c) 加载运行完成后，将待测切割器按 7.2.1 进行切割性能测试。待测切割器切割性能指标  $Da_{50}$  和  $\sigma_g$  应符合 6.2.2 要求。

#### 7.2.9.2 实际样品加载测试法

(1) 将待测  $\text{PM}_{2.5}$  连续监测系统置于  $\text{PM}_{2.5}$  浓度为  $(100 \sim 150) \mu\text{g}/\text{m}^3$  的环境中连续运行一个维护周期（运行时间  $\geq 7\text{d}$ ，每天  $\geq 20\text{h}$ ），进行加载。

(2) 加载运行完成后，将待测切割器按 7.2.1 进行切割性能测试。待测切割器切割性能指标  $Da_{50}$  和  $\sigma_g$  应符合 6.2.2 要求。

### 7.2.10 仪器平行性

在同一试验环境条件下，将三台待测监测仪的采样器入口调整到同一高度，待测监测仪之间的距离为  $(2 \sim 4) \text{m}$ ，分别进行采样流量校准和设置后，进行仪器平行性测试。测试环境大气中的  $\text{PM}_{2.5}$  浓度，每组样品连续测试  $24\text{h}$ ，检测样品数为至少 23 组。记录每台待测监测仪测得每个  $\text{PM}_{2.5}$  样品浓度值  $C_{ij}$ ， $i$  为待测监测仪的编号 ( $i=1 \sim 3$ )， $j$  为检测样品的序号 ( $j=1 \sim 23$ )，三台待测监测仪每个样品测量结果的平均值为  $\overline{C_j}$ 。当  $\overline{C_j} < 6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  时，测试结果无效。按公式 (27) 计算 3 台待测监测仪测试结果的相对标准偏差  $P_j$ ，按公式 (28) 计算 3 台待测监测仪平行性  $P$ ，应符合 6.2.11 的要求。

$$P_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 (C_{ij} - \overline{C_j})^2}{\frac{2}{\overline{C_j}}}} \times 100\% \quad (27)$$

式中： $P_j$ -----3 台待测监测仪第  $j$  个样品测量结果的相对标准偏差，%；

$C_{ij}$ -----第  $i$  台待测监测仪测量第  $j$  个样品的  $\text{PM}_{2.5}$  浓度值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

$\overline{C_j}$ -----3 台待测监测仪测量第  $j$  个样品的  $\text{PM}_{2.5}$  浓度平均值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

$$P = \sqrt{\frac{1}{23} \times \sum_{j=1}^{23} (P_j)^2} \quad (28)$$

式中： $P$ -----仪器平行性，%。

### 7.2.11 参比方法比对测试

参比方法参照 HJ 618。参比方法使用的采样器至少 3 台，待测监测仪自动监测与参比方法测试同步进行，采样器与待测监测仪安放位置应相距（2~4）m（当采样流量低于 200L/min 时，距离应在 1m 左右），采样入口位于同一高度。取相同采样时间段内的自动监测数据  $C_{ij}$  和参比方法测试数据  $R_{ij}$  作为一个数据对， $i$  是仪器的序号（ $i=1\sim3$ ）， $j$  是有效样品的个数（ $j=1\sim23$ ），每组样品的采样时间为（24±1）h，共测试 23 组样品。

（1）按公式（15）计算 3 台采样器参比方法测试每组 PM<sub>2.5</sub> 样品的平均值  $\overline{R_j}$ ， $\overline{R_j}$  应尽量选择在（3~200）μg/m<sup>3</sup>。

（2）分别计算每组采样器参比方法测试结果的标准偏差或相对标准偏差，应小于等于 5μg/m<sup>3</sup> 或 5%，否则该组参比测试数据无效。

（3）按公式（16）计算 3 台待测监测仪测试对应时间段内 PM<sub>2.5</sub> 浓度的平均值  $\overline{C_j}$ 。按 7.2.10 计算 23 组待测监测仪测试结果的平行性，应符合 6.2.11 要求。

（4）当参比测试数据和自动监测数据都有效时，组成一个有效数据对。每一批次比对至少取得 23 组有效数据对。将参比测试数据与相应的自动监测数据进行线性回归分析，以参比测试数据为横轴，待测监测仪数据为纵轴，按公式（29）计算回归曲线的斜率  $k$ 。

$$k = \frac{\sum_{j=1}^{23} (\overline{R_j} - \overline{R}) \times (\overline{C_j} - \overline{C})}{\sum_{j=1}^{23} (\overline{R_j} - \overline{R})^2} \dots\dots\dots (29)$$

式中： $k$ -----比对测试回归曲线斜率；

$\overline{C}$ -----23 组待测监测仪测量浓度的平均值，μg/m<sup>3</sup>；

$\overline{C_j}$ -----3 台待测监测仪测量第  $j$  组样品浓度的平均值，μg/m<sup>3</sup>；

$\overline{R}$ -----23 组参比采样器测量浓度的平均值，μg/m<sup>3</sup>；

$\overline{R_j}$ -----3 台采样器测量第  $j$  组样品浓度的平均值，μg/m<sup>3</sup>。

（5）按公式（30）计算回归曲线的截距  $b$ 。

$$b = \overline{C} - k \times \overline{R} \dots\dots\dots (30)$$

式中： $b$ -----比对测试回归曲线截距，μg/m<sup>3</sup>。

（6）按公式（31）计算回归曲线的相关系数  $r$ 。

$$r = \frac{\sum_{j=1}^{23} (\overline{R_j} - \overline{R}) \times (\overline{C_j} - \overline{C})}{\sqrt{\sum_{j=1}^{23} (\overline{R_j} - \overline{R})^2 \times \sum_{j=1}^{23} (\overline{C_j} - \overline{C})^2}} \dots\dots\dots (31)$$

式中： $r$ -----比对测试回归曲线相关系数。

（7）比对测试线性回归曲线的斜率  $k$ 、截距  $b$  和相关系数  $r$  均应符合 6.2.12 的要求。

### 7.2.12 有效数据率

检测方法见 7.1.10，检测结果应符合 6.2.13 的要求。

## 8 检测项目

PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 连续监测系统检测项目见表 3。

表 3 PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 连续监测系统检测项目

检测项目	PM <sub>10</sub> 连续监测系统	PM <sub>2.5</sub> 连续监测系统
测量范围	(0~1000) μg/m <sup>3</sup> 或 (0~10000) μg/m <sup>3</sup> (可选)	(0~1000) μg/m <sup>3</sup> 或 (0~10000) μg/m <sup>3</sup> (可选)
最小显示单位	0.1 μg/m <sup>3</sup>	0.1 μg/m <sup>3</sup>
切割器性能	$D_{a50} = (10 \pm 0.5) \mu\text{m}$ ; $\sigma_g = 1.5 \pm 0.1$ 。	$D_{a50} = (2.5 \pm 0.2) \mu\text{m}$ ; $\sigma_g = 1.2 \pm 0.1$ 。
时钟误差	正常条件下 $\pm 20\text{s}$ ; 断电条件下 $\pm 2\text{min}$ 。	正常条件下 $\pm 20\text{s}$ ; 断电条件下 $\pm 2\text{min}$ 。
温度测量示值误差	$\pm 2^\circ\text{C}$	$\pm 2^\circ\text{C}$
大气压测量示值误差	$\leq 1\text{kPa}$	$\leq 1\text{kPa}$
流量测试	每一次测试时间点流量变化 $\pm 10\%$ 设定流量; 24h 平均流量变化 $\pm 5\%$ 设定流量。	平均流量偏差 $\pm 5\%$ 设定流量; 流量相对标准偏差 $\leq 2\%$ ; 平均流量示值误差 $\leq 2\%$ 。
校准膜重现性	$\pm 2\%$ (标称值)	$\pm 2\%$ (标称值)
环境条件影响测试	供电电压变化 $\pm 10\%$ , 监测仪标准膜测量值的变化 $\pm 5\%$ (标称值)。	监测仪分别在不同的气压、温度和供电电压等 6 种环境条件下进行测试, 应符合流量测试指标。
平行性	$\leq 10\%$	$\leq 15\%$
参比方法比对测试	斜率: $1 \pm 0.15$ ; 截距: $(0 \pm 10) \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 相关系数 $\geq 0.95$ 。	斜率: $1 \pm 0.15$ ; 截距: $(0 \pm 10) \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 相关系数 $\geq 0.93$ 。
气溶胶传输效率	/	$\geq 97\%$
加载测试	/	在一个维护周期内, 加载后的切割器应符合切割性能指标。
有效数据率	连续运行至少 90 天, 有效数据率不低于 85%。	连续运行至少 90 天, 有效数据率不低于 85%。

附录 A  
(规范性附录)

PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 连续监测系统数据采集和处理要求

A.1 数据格式要求

PM<sub>10</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 连续监测系统处理实时数据和定时段数据时，应采用的数据格式见下表。

表 A.1 数据格式一览表

序号	项目名称	单位	小数位
1	颗粒物标况质量浓度	μg/ m <sup>3</sup>	1
2	颗粒物工况质量浓度	μg/ m <sup>3</sup>	1
3	标况累积体积	L (或 m <sup>3</sup> )	1 (3)
4	环境温度	℃	1
5	环境大气压	kPa	1
6	进气工况流量	L/min (或 L/h)	2 (或 0)

表 A.2 数据时间标签一览表

数据时间类型	时间标签	定义	描述与示例
分钟数据	YYYYMMDDHHMM	时间标签为数据采集的时刻，数据为相应时刻采集的瞬时值或 1 分钟测量均值	201203210916 为 2012 年 3 月 21 日 9 时 16 分 00 秒的瞬时值或 9 时 15 分 01 秒至 9 时 16 分 00 秒的测量均值
小时数据	YYYYMMDDHH	时间标签为测量截止时间，数据为此时刻前一小时的测量均值	2012032107 为 2012 年 3 月 21 日 06 时 01 分至 07 时 00 分的测量均值。
日均值数据	YYYYMMDD	时间标签为测量开始时间，数据为当日 1 时至 24 时（第二天 0 时）的测量均值	20120321 为 2012 年 3 月 21 日 1 时至 22 日 0 时的测量均值

A.2 数据记录要求

A.2.1 系统应至少能显示记录颗粒物的标况浓度、工况浓度、工况流量，标况累积体积以及环境温度、环境大气压等实时数据。

A.2.2 小时数据应至少记录该时间段内 PM<sub>10</sub> 或 PM<sub>2.5</sub> 的标况浓度、工况浓度以及标况累积体积的测量值；环境温度和大气压的平均值。

A.2.3 分钟数据应至少记录该时刻的环境温度、环境大气压、工况流量的测量值。

A.2.4 应统计记录当日小时数据的最大值、最小值和日均值。

A.3 数据处理要求

A.3.1 颗粒物标况浓度小时数据

颗粒物标况浓度小时数据按公式 (A1) 计算：

$$C_{sn,i} = \frac{m_i \times 1000}{V_{sn,i}} \dots\dots\dots (A1)$$

式中： $C_{sn,i}$ -----监测仪第  $i$  小时颗粒物标况浓度， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；  
 $m_i$ -----监测仪第  $i$  小时所采集到的颗粒物质量， $\mu\text{g}$ ；  
 $V_{sn,i}$ -----监测仪第  $i$  小时的标况累积体积，L。

#### A.3.2 颗粒物工况浓度小时数据

颗粒物工况浓度小时数据按公式（A2）计算：

$$C_{s,i} = \frac{m_i \times 1000}{V_{s,i}} \dots\dots\dots (\text{A2})$$

式中： $C_{s,i}$ -----监测仪第  $i$  小时颗粒物工况浓度， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；  
 $V_{s,i}$ -----监测仪第  $i$  小时的工况累积体积，L。

#### A.3.3 采样流量转换计算

采样流量转换计算按公式（A3）计算：

$$Q_{sn} = Q \times \frac{273}{273+t} \times \frac{B_a}{101.325} \dots\dots\dots (\text{A3})$$

式中： $Q_{sn}$ -----标况流量，L/min；  
 $Q$ -----工况流量，L/min；  
 $B_a$ -----环境大气压力，kPa；  
 $t$ -----环境温度， $^{\circ}\text{C}$ 。

#### A.3.4 颗粒物标况浓度日均值

颗粒物标况浓度日均值按公式（A4）计算：

$$\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^n C_{sn,i}}{n} \dots\dots\dots (\text{A4})$$

式中： $\bar{C}$ -----监测仪日均值浓度， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；  
 $C_{sn,i}$ -----监测仪当日第  $i$  小时标况浓度， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；  
 $n$ -----当日监测小时数（ $20 \leq n \leq 24$ ）。