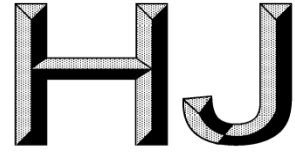


附件 2



中华人民共和国国家环境保护标准

HJ □□□-20□□

代替 HJ 653-2013

环境空气颗粒物（PM₁₀ 和 PM_{2.5}）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
Monitoring System for PM₁₀ and PM_{2.5}

（征求意见稿）

202□-□□-□□发布

202□-□□-□□实施

生态环境部 发布

目 次

前 言.....	ii
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.....	2
5 技术要求.....	3
6 性能指标.....	5
7 检测方法.....	6
附录 A（规范性附录）环境空气 PM ₁₀ 和 PM _{2.5} 连续自动监测系统数据记录和输出要求....	12
附录 B（资料性附录）环境空气 PM ₁₀ 和 PM _{2.5} 连续自动监测系统切割器性能要求和检测方法	12

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国大气污染防治法》，保护生态环境，保障人体健康，规范环境空气中颗粒物（PM₁₀和PM_{2.5}）连续自动监测系统的性能、质量，制定本标准。

本标准规定了环境空气颗粒物（PM₁₀和PM_{2.5}）连续自动监测系统（以下简称“PM₁₀和PM_{2.5}自动监测系统”）的技术要求、性能指标和检测方法。

本标准的附录A为规范性附录，附录B为资料性附录。

本标准是对《环境空气颗粒物（PM₁₀和PM_{2.5}）连续自动监测系统技术要求及检测方法》（HJ 653-2013）的修订，修订的主要内容如下：

——术语定义中增加了“动态加热系统”、“挥发性补偿系统”和“实际状态”，并将本标准性能检测中颗粒物的浓度值由标准状态下浓度值修改为实际状态下浓度值；

——系统组成中增加了系统应包括“动态加热系统”或“挥发性补偿系统”的要求，删除了“方法原理”的要求；

——技术要求中增加了系统铭牌内容和切割器具有唯一性标识的要求，修订对数据显示、记录和输出功能要求，增加对参数的显示、记录和输出要求；

——性能指标中增加了“检出限”、“断电影响测试”，调整和删除了部分性能指标，适当加严“参比方法比对测试”性能指标要求，将“切割器性能”、“加载测试”两项性能指标调整至功能要求，检测方法调整至资料性附录B。

——检测方法对应性能指标进行调整，对“参比方法比对测试”的测试地点、测试程序等提出更加全面和具体的要求。

自本标准实施之日起，原标准《环境空气颗粒物（PM₁₀和PM_{2.5}）连续自动监测系统技术要求及检测方法》（HJ 653-2013）废止。

本标准由生态环境部生态环境监测司、法规与标准司组织制订。

本标准起草单位：中国环境监测总站、上海市环境监测中心、重庆市生态环境监测中心、广州市环境监测中心站和中国计量科学研究院。

本标准生态环境部20□□年□□月□□日批准。

本标准自20□□年□□月□□日起实施。

本标准由生态环境部解释。

环境空气颗粒物（PM₁₀和PM_{2.5}）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（PM₁₀和PM_{2.5}）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（PM₁₀和PM_{2.5}）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 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 93 环境空气颗粒物（PM₁₀和PM_{2.5}）采样器技术要求及检测方法

HJ 618 环境空气 PM₁₀和PM_{2.5}的测定 重量法

HJ 656 环境空气颗粒物（PM_{2.5}）手工监测方法（重量法）技术规范

HJ 817 环境空气颗粒物（PM₁₀和PM_{2.5}）连续自动监测系统运行和质控技术规范

HJ 1100 环境空气中颗粒物（PM₁₀和PM_{2.5}）β射线法自动监测技术指南

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

颗粒物（粒径小于等于10 μm） particulate matter（PM₁₀）

指环境空气中空气动力学当量直径小于等于10 μm的颗粒物，也称可吸入颗粒物。

3.3

颗粒物（粒径小于等于2.5 μm） particulate matter（PM_{2.5}）

指环境空气中空气动力学当量直径小于等于2.5 μm的颗粒物，也称细颗粒物。

3.4

切割器 particle separate device

指具有将不同粒径粒子分离功能的装置。

3.5

50% 切割粒径（ D_{a50} ） 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。

3.6

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

有以下两种表达方式：

(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。

3.7

标准状态 standard state

指温度为 273 K，压力为 101.325 kPa 时的状态。

3.8

实际状态 ambient state

指温度为实际环境温度，压力为实际环境大气压时的状态。本标准性能检测中颗粒物的浓度值均为实际状态下浓度值。

3.9

参比方法 reference method

国家和行业发布的标准方法。

3.10

平行性 parallelism of monitors

指每一批次测量数据相对标准偏差的均方根。

3.11

动态加热系统 dynamic heating system

指根据样气相对湿度值调节采样管加热功率的装置。

3.12

挥发性补偿系统 concentration compensation system for volatile particle

指能够减少水分干扰、补偿颗粒物挥发损失的装置。

4 系统组成

PM₁₀ 和 PM_{2.5} 自动监测系统包括样品采集单元、样品测量单元、数据处理单元及其他辅助设备。

4.1 样品采集单元

样品采集单元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。该部分由采样入口、切割器、采样管等组成。其中采样管应配备动态加热系统或挥发性补偿系统。

4.2 样品测量单元

样品测量单元对采集的环境空气 PM₁₀ 或 PM_{2.5} 样品进行测量。

4.3 数据处理单元

数据处理单元对数据进行显示、采集、处理、存储和传输。

4.4 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、流量校准适配器、气密性检查适配器和其它质控装置等。

5 技术要求

5.1 外观要求

5.1.1 PM₁₀ 和 PM_{2.5} 自动监测系统应具有产品铭牌，铭牌上应标有仪器名称、型号、监测因子、工作电压、生产单位、出厂编号、制造日期等信息。

5.1.2 切割器应具有唯一性标识，标识上应标有切割器名称、型号、工作点流量、生产单位、出厂编号等信息。

5.1.3 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。

5.1.4 应能显示软件版本号。

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、低压等特殊环境下，系统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，设备电源端子对地或机壳的绝缘电阻不小于 20 MΩ。

5.3.2 绝缘强度

在环境温度为(15~35)℃,相对湿度≤85%条件下,设备在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 β射线源安全

PM₁₀和PM_{2.5}自动监测系统所配置监测仪的测量方法为β射线吸收法时,使用的β射线源应符合放射性安全标准。

5.4 功能要求

5.4.1 数据显示、记录和输出要求

5.4.1.1 具备显示、记录和输出表1中所列的测量数据的功能,数据的单位和显示小数位数应满足表1要求,数据记录应符合附录A的要求。

5.4.1.2 具备数字信号输出功能。

5.4.1.3 具备数据的标记功能,应能标记维护、校准、故障或其他异常情况。

表1 显示、记录和输出测量数据清单

序号	测量数据名称	单位	小数位
1	颗粒物实际状态浓度	μg/m ³	1
2	颗粒物标准状态浓度	μg/Nm ³	1
3	实际状态累积体积	L(或m ³)	1(3)
4	标准状态累积体积	NL(或Nm ³)	1(3)
5	环境温度	℃	1
6	环境大气压	kPa	1
7	流量(实际状态)	L/min	2
8	样气温度	℃	1
9	样气湿度或样气露点湿度	%RH	1

5.4.2 参数显示、记录和输出要求

5.4.2.1 具备显示、记录和输出表2中所列参数的功能。

表2 参数清单

参数类别	参数名称
系统修正参数	浓度修正斜率
	浓度修正截距
测量参数	测量校准系数(如β射线吸收系数或振荡天平弹性系数等)
	环境温度校准系数
	环境大气压校准系数
	流量校准系数

续表

参数类别		参数名称
样品采集单元参数 (根据实际配置选择)	动态加热系统参数	动态加热启动湿度点
		样气温度校准系数
		样气湿度校准系数
	挥发性补偿系统参数	挥发性补偿系统测量腔体温度
		样气温度校准系数
		样气露点湿度校准系数

5.4.2.2 具备参数修改后留痕功能，应能记录和输出被修改的参数名称、修改用户、修改时间、修改前参数值和修改后参数值，每一项参数的修改记录保存次数不少于 50 次。

5.4.3 气密性检查功能要求

具备气密性检查功能。

5.4.4 断电恢复功能要求

仪器断电后，能自动保存数据；恢复供电后系统可自动启动，并恢复正常工作状态。

5.4.5 滤纸带（膜）要求

在规定膜面流速下，采样滤纸带（膜）要求对 0.3 μm 颗粒物的截留效率 ≥ 99.7%。

5.4.6 切割器性能要求

5.4.6.1 PM₁₀ 切割器性能

- (1) 50%切割粒径： $D_{a50} = (10 \pm 0.5) \mu\text{m}$ ；
- (2) 捕集效率的几何标准偏差： $\sigma_g = 1.5 \pm 0.1$ 。

5.4.6.2 PM_{2.5} 切割器性能

- (1) 50%切割粒径： $D_{a50} = (2.5 \pm 0.2) \mu\text{m}$ ；
- (2) 捕集效率的几何标准偏差： $\sigma_g = 1.2 \pm 0.1$ 。

5.4.6.3 PM_{2.5} 切割器加载测试

切割器性能按附录 B 中 B.2 进行加载后，应符合 5.4.6.2 的要求。

6 性能指标

PM₁₀ 和 PM_{2.5} 自动监测系统的测量范围应为 (0~1000) μg/m³ 或 (0~10000) μg/m³ (可选)，最小显示单位为 0.1 μg/m³，其性能指标应符合表 3 的要求。

表 3 PM₁₀ 和 PM_{2.5} 自动监测系统性能指标要求

检测项目	性能指标		检测方法
检出限	≤2 μg/m ³		7.1
校准膜示值误差	±2%		7.2
温度测量示值误差	±2℃		7.3
大气压测量示值误差	±1 kPa		7.4
流量测试	平均流量偏差：±5%设定流量		7.5
	流量相对标准偏差：≤2%		
	平均流量示值误差：≤2%		
断电影响测试	时钟误差：±2 min		7.6
	断电条件下进行流量测试，应符合流量测试指标。		
电压影响测试	不同供电电压条件下进行流量测试，应符合流量测试指标。		7.7
大气压影响测试	不同大气压条件下进行流量测试，应符合流量测试指标。		7.8
平行性	PM ₁₀	≤10%	7.9
	PM _{2.5}	≤15%	
参比方法比对测试	PM ₁₀	斜率 (k) : 1±0.1	7.10
		截距 (b) : 当 k≥1 时, -10 μg/m ³ ≤b≤(110-100×k) μg/m ³ ; 当 k≤1 时, (90-100×k) μg/m ³ ≤b≤10 μg/m ³	
		相关系数 (r) : ≥0.95	
	PM _{2.5}	斜率 (k) : 1±0.1	
		截距 (b) : 当 k≥1 时, -5 μg/m ³ ≤b≤(55-50×k) μg/m ³ ; 当 k≤1 时, (45-50×k) μg/m ³ ≤b≤5 μg/m ³	
		相关系数 (r) : ≥0.95	
有效数据率	≥90%		7.11

7 检测方法

7.1 检出限

在室内环境下，取下采样入口和切割器，将过滤精度为 0.1 μm 的高效过滤器连接到待测监测仪的进气口。将待测监测仪的浓度修正截距增加 10 μg/m³（本指标测试完成后恢复原设置），待监测仪运行稳定后，取 24 h 的仪器测量均值为一个样品 r_i ，共测试 15 组样品，按公式（1）计算其标准偏差。

$$S_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2}{n-1}} \quad (1)$$

式中： S_0 ——待测监测仪零点噪声，μg/m³；
 \bar{r} ——待测监测仪测量值的平均值，μg/m³；
 r_i ——待测监测仪第 i 次测量值，μg/m³；
 i ——记录数据的序号 ($i=1\sim n$)；

n ——记录数据的总个数 ($n=15$)。

按公式 (2) 计算待测监测仪的检出限 R_{DL} ，测试结果应符合表 3 中的要求。

$$R_{DL} = 2S_0 \quad (2)$$

式中： R_{DL} ——待测监测仪的检出限， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

7.2 校准膜示值误差

待测监测仪预热稳定后，按照操作规程放入具有一定浓度的校准膜片或标准物质，待读数稳定后记录显示值。测试共进行 3 天，其中每天测量 3 次，每次测量间隔不少于 1h。按公式 (3) 计算每天的示值误差 S_{Ci} ，每天的测试结果应符合表 3 中的要求。

$$S_{Ci} = \frac{\overline{C}_i - C_0}{C_0} \times 100\% \quad (3)$$

式中： S_{Ci} ——待测监测仪第 i 天示值误差，%；

\overline{C}_i ——待测监测仪第 i 天测量平均值， $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (μg)；

C_0 ——校准物质的标称值， $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (μg)；

i ——测试天数，($i=1\sim 3$)。

7.3 温度测量示值误差

将待测监测仪的环境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，每隔 5min 记录 1 次标准温度值和待测监测仪显示温度值，每个温度点连续测试 3 次。按公式 (4) 计算待测监测仪的温度测量示值误差 Δt_i ，每个检测点的测试结果应符合表 3 中的要求。

$$\Delta t_i = \frac{\sum_{j=1}^3 t_{pij} - t_{sij}}{3} \quad (4)$$

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

t_{pij} ——第 i 个测试点第 j 次待测监测仪的环境温度示值， $^{\circ}\text{C}$ ；

t_{sij} ——第 i 个测试点第 j 次标准温度值， $^{\circ}\text{C}$ ；

j ——第 j 次，($j=1\sim 3$)；

i ——测试点序号，($i=1\sim 4$)。

7.4 大气压测量示值误差

将待测监测仪的压力检测单元放入气压舱中，在大气压测量的范围 $(80\sim 106)$ kPa 内，选取以下 5 个检测点：80 kPa，90 kPa，100 kPa，106 kPa 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 ± 0.5 kPa。待气压舱的压力稳定后，每隔 5min 记录 1 次标准压力值和待测监测仪显示压力值，每个检测点测量 3 次，按公式 (5) 计算待测监测仪的大气压测量示值误差 ΔP_i ，每个检测点的测试结果应符合表 3 中的要求。

$$\Delta P_i = \frac{\sum_{j=1}^3 P_{pij} - P_{sij}}{3} \quad (5)$$

式中： ΔP_i ——第 i 个测试点待测监测仪大气压测量示值误差，kPa；

P_{pij} ——第 i 个测试点标准压力值，kPa；

P_{sij} ——第 i 个测试点待测监测仪压力测量值，kPa；

j ——第 j 次，（ $j=1\sim 3$ ）；

i ——测试点序号，（ $i=1\sim 5$ ）。

7.5 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 6 h，至少每隔 5 min 记录 1 次标准流量计和待测监测仪的瞬时流量值（实际状态）。测试完成后，按照公式（6）、（7）、（8）、（9）、（10）计算流量测试的相关指标，测试结果应符合表 3 中的要求。

$$\bar{Q}_R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{Ri} \quad (6)$$

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。

$$Q_C = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{Ci} \quad (7)$$

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。

$$\Delta Q_R = \frac{\bar{Q}_R - Q_S}{Q_S} \times 100\% \quad (8)$$

式中： ΔQ_R ——平均流量偏差，%；

Q_S ——待测监测仪设定的采样流量，L/min。

$$CV_R = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{Ri} - \bar{Q}_R)^2}{n-1}}}{\bar{Q}_R} \times 100\% \quad (9)$$

式中： CV_R ——流量相对标准偏差，%。

$$Q_{diff} = \frac{|\overline{Q_R} - \overline{Q_C}|}{\overline{Q_R}} \times 100\% \quad (10)$$

式中： Q_{diff} ——流量示值误差，%。

7.6 断电影响测试

a) 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，当待测监测仪显示的流量稳定后，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和测试，测试连续进行 6 h。

b) 在此期间要求断电总计 5 次，各次断电的持续时间分别为 20 s、40 s、2 min、7 min 和 20 min 左右，且在每次断电之间应保证不少于 10 min 正常供电。

c) 测试期间至少每隔 5 min 记录 1 次标准流量计和待测监测仪瞬时流量值。按照公式（6）、（7）、（8）、（9）、（10）计算流量测试指标。

d) 当运行 6 h ± 60 s 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（11）计算时钟误差。

$$\Delta t = t_1 - t_0 - t_2 \quad (11)$$

式中： Δt ——时钟误差，s；

t_0 ——待测监测仪初始时间，（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）。

e) 测试结果应符合表 3 中的要求。

7.7 电压影响测试

a) 依次连接调压器、待测监测仪和标准流量计，调节调压器至交流电压为（198 ± 2）V，稳定至少 30 min。

b) 在此状态下进行 6 h 连续测试，测试期间至少每隔 5 min 记录 1 次交流电压值、标准流量计和待测监测仪瞬时流量值。

c) 缓慢调节调压器至交流电压为（242 ± 2）V，稳定至少 30 min，重复进行 b) 的测试步骤。

d) 按照公式（6）、（7）、（8）、（9）、（10）分别计算两种电压下的流量测试指标，测试结果应符合表 3 中的要求。

7.8 大气压影响测试

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

b) 在此状态下进行 6 h 连续测试，测试期间至少每隔 5 min 记录 1 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。

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

d) 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。

e) 按照公式 (6)、(7)、(8)、(9)、(10) 分别计算两种气压状态下的流量测试指标。测试结果应符合表 3 中的要求。

7.9 平行性

在同一环境条件下，将三台待测监测仪的采样入口调整到同一高度，分别进行采样流量校准和设置后，进行平行性测试。每组样品连续测试 (23±1) h，共测试至少 23 组样品；记录每台待测系统每次测量浓度值 C_{ij} ， i 为待测系统的编号 ($i=1\sim3$)， j 为检测样品的序号 ($j=1\sim n$, $n\geq 23$)。

a) 按公式 (12) 计算每个样品三台待测监测仪测量结果的平均值为 \overline{C}_j 。

$$\overline{C}_j = \frac{\sum_{i=1}^3 C_{ij}}{3} \quad (12)$$

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， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

b) 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 。

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

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) 按公式 (14) 计算 3 台待测监测仪平行性 P ，测试结果应符合表 3 中的要求。

$$P = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_j)^2}{n}} \times 100\% \quad (14)$$

式中： P ——平行性，%。

7.10 参比方法比对测试

7.10.1 测试地点要求

7.10.1.1 PM₁₀ 测试地点

PM₁₀ 自动监测系统应在以下 2 个地区进行 2 次参比方法比对测试：

- 北方地区，具有较高的 PM₁₀ 浓度和较高的半挥发性有机污染物特征；
- 南方地区，具有较低的 PM₁₀ 浓度和较高的相对湿度特征。

7.10.1.2 PM_{2.5} 测试地点

PM_{2.5} 自动监测系统应在以下至少 2 个地区进行不少于 4 次参比方法比对测试：

- a) 北方地区，具有较高的 PM_{2.5} 浓度和较高的半挥发性有机污染物特征；
- b) 南方地区，具有较低的 PM_{2.5} 浓度和较高的相对湿度特征；
- c) 中部偏北地区，具有较高的 PM_{2.5} 浓度和大幅度的环境温度变化特征；
- d) 西北地区，具有较高海拔和高风速环境特征。

7.10.2 比对测试程序

a) 在开展比对测试时，应在测试现场同时安装 3 台待测监测仪和至少 3 台参比采样器，采样器性能应满足 HJ 93 技术要求，参比方法操作规范应符合 HJ 618、HJ 656 技术要求；采样器和待测系统应确保安放位置相距（2~4）m（当采样流量低于 200 L/min 时，距离应不小于 1 m），采样入口位于同一高度，并避免受到临近障碍物或污染源的干扰。

b) 参比方法每组样品的采样时间为（23±1）h，取相同采样时间段内的待测监测仪数据和参比方法测试数据作为一个数据对，每组数据对必须包含三台参比方法测试数据和至少两台待测监测仪数据。对于缺失的待测监测仪数据，应提供解释和说明。

c) 单组样品中参比方法测试数据的平均值应尽量控制在一定浓度范围内，其中 PM₁₀ 应控制在（15~300）μg/m³，PM_{2.5} 应控制在（3~200）μg/m³。

d) 在每个测试场地开展的每次比对测试，应获得至少 23 组有效的测试数据对。若有效数据对超过 23 组，则应将所有有效数据纳入数据分析中。

e) 测试期间，待测监测仪的系统修正参数、动态加热系统参数（或挥发性补偿系统参数）应与出厂设置保持一致。

f) 所有测试数据均应保留原始数据，不得四舍五入、修改或删除，计算平均值或中间量时，其结果应较原始数据位数多一位。

7.10.3 计算步骤

a) 按公式（15）计算采样器每组样品浓度的平均值 \overline{R}_j 。

$$\overline{R}_j = \frac{\sum_{i=1}^m R_{i,j}}{m} \quad (15)$$

式中： i ——采样器的序号，（ $i=1\sim m$ ）；

m ——采样器总个数，（ $m\geq 3$ ）；

j ——有效样品的编号，（ $j=1\sim n$ ）；

n ——有效样品总数，（ $n\geq 23$ ）；

\overline{R}_j ——采样器第 j 组样品浓度的平均值，μg/m³；

$R_{i,j}$ ——第 i 台采样器第 j 个样品的浓度值，μg/m³。

b) 分别计算每组采样器测试结果的标准偏差或相对标准偏差，应小于等于 5 μg/m³ 或 5%，否则该组参比测试数据无效。

c) 按公式（12）计算 3 台待测监测仪测试对应时间段内浓度的平均值 \overline{C}_j 。

d) 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 , 应符合表 3 中平行性的要求。

e) 当参比测试数据和待测监测仪数据都有效时, 组成一组有效数据对。将参比测试数据与相应的待测监测仪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 (16) 计算回归曲线的斜率 k 。

$$k = \frac{\sum_{j=1}^n (\bar{R}_j - \bar{R}) \times (\bar{C}_j - \bar{C})}{\sum_{j=1}^n (\bar{R}_j - \bar{R})^2} \quad (16)$$

式中: k —— 比对测试回归曲线斜率;

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

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

f) 按公式 (17) 计算回归曲线的截距 b 。

$$b = \bar{C} - k \times \bar{R} \quad (17)$$

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

g) 按公式 (18) 计算回归曲线的相关系数 r 。

$$r = \frac{\sum_{j=1}^n (\bar{R}_j - \bar{R}) \times (\bar{C}_j - \bar{C})}{\sqrt{\sum_{j=1}^n (\bar{R}_j - \bar{R})^2 \times \sum_{j=1}^n (\bar{C}_j - \bar{C})^2}} \quad (18)$$

式中: r —— 比对测试回归曲线相关系数。

h) 测试结果应符合表 3 中的要求。

7.11 有效数据率

进行参比方法比对测试同时, 考核待测监测仪的有效数据率。期间要对每次维护时间、故障时间及内容进行详细记录, 且两次维护间隔不得小于 14 天。

按公式 (19) 计算有效数据率, 测试结果应符合表 3 中的要求。

$$D = \left(\frac{T_1 - T_2}{T_1} \right) \times 100\% \quad (19)$$

式中: D —— 有效数据率, %;

T_1 —— 参比方法比对测试期间总时间, d;

T_2 —— 参比方法比对测试期间维护和故障的时间, d。

附录 A
(规范性附录)

环境空气 PM₁₀ 和 PM_{2.5} 连续自动监测系统数据记录和输出要求

A.1 数据记录要求

PM₁₀ 和 PM_{2.5} 自动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。

A.1.1 系统应至少能显示并记录颗粒物的标准状态浓度、实际状态浓度、流量（实际状态）、标准状态累积体积、实际状态累积体积、环境温度、环境大气压、样气温度、样气湿度或露点湿度等实时数据。

A.1.2 小时数据应至少记录该时间段内 PM₁₀ 或 PM_{2.5} 的标准状态浓度、实际状态浓度、标准状态累积体积、实际状态累积体积、环境温度、环境大气压、样气温度、样气湿度或露点湿度的测量值，并且具备三个月以上数据存储能力。

A.1.3 分钟数据应至少记录该时刻的环境大气压、环境温度、流量（实际状态）、样气温度、样气湿度或露点湿度的测量值，并且具备三个月以上数据存储能力。

A.1.4 应统计记录当日小时数据的最大值、最小值和日均值，并且具备三个月以上数据存储能力。

表 A.1 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 数据处理要求

A.2.1 颗粒物标准状态浓度小时数据

颗粒物标准状态浓度小时数据按公式（A1）计算：

$$C_{si} = \frac{m_i \times 1000}{V_{si}} \quad (A1)$$

式中： C_{si} ——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， μg ；
 V_{si} ——监测仪第 i 小时的标准状态累积体积，L。

A. 2. 2 颗粒物实际状态浓度小时数据

颗粒物实际状态浓度小时数据按公式（A2）计算：

$$C_i = \frac{m_i \times 1000}{V_i} \quad (\text{A2})$$

式中： C_i ——监测仪第 i 小时颗粒物实际状态浓度， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；
 V_i ——监测仪第 i 小时的实际状态累积体积，L。

A. 2. 3 采样流量转换计算

采样流量转换计算按公式（A3）计算：

$$Q_s = Q \times \frac{273}{273+t} \times \frac{B_a}{101.325} \quad (\text{A3})$$

式中： Q_s ——流量（标准状态），L/min；
 Q ——流量（实际状态），L/min；
 B_a ——环境大气压力，kPa；
 t ——环境温度， $^{\circ}\text{C}$ 。

A. 2. 4 颗粒物标准状态浓度日均值

颗粒物标准状态浓度日均值按公式（A4）计算：

$$\overline{C}_s = \frac{\sum_{i=1}^n C_{si}}{n} \quad (\text{A4})$$

式中： \overline{C}_s ——监测仪标准状态日均值浓度， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；
 C_{si} ——监测仪当日第 i 小时标准状态浓度， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；
 n ——当日监测小时数（ $20 \leq n \leq 24$ ）。

附录 B

(资料性附录)

环境空气 PM₁₀ 和 PM_{2.5} 连续自动监测系统切割器性能要求和检测方法

B.1 切割性能

切割性能测试可使用分流测试法、静态箱测试法，通过获得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，并符合表 B.1 的要求。

表 B.1 切割效率指标要求

指标	PM ₁₀	PM _{2.5}
50%切割粒径	$Da_{50} = (10 \pm 0.5) \mu\text{m}$	$Da_{50} = (2.5 \pm 0.2) \mu\text{m}$
捕集效率的几何标准偏差	$\sigma_g = 1.5 \pm 0.1$	$\sigma_g = 1.2 \pm 0.1$

B.1.1 分流测试法

(1) 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。

(2) 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，实验粒子的粒径要求见表 B.2。

表 B.2 实验粒子的粒径要求

序号	PM ₁₀ 实验粒子的粒径要求	PM _{2.5} 实验粒子的粒径要求
1	3 ± 0.5	1.5 ± 0.25
2	5 ± 0.5	2.0 ± 0.25
3	5 ± 0.5	2.2 ± 0.25
4	9 ± 0.5	2.5 ± 0.25
5	11 ± 1.0	2.8 ± 0.25
6	13 ± 1.0	3.0 ± 0.25
7	15 ± 1.0	3.5 ± 0.25
8	17 ± 1.0	4.0 ± 0.5

(3) 采用气溶胶检测仪器（例如气溶胶粒径谱仪）分别测定切割器上、下游的气溶胶浓度。记录为 C_{1ij} 和 C_{2ij} 。

(4) 分别依次生成表 B.2 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} 。

(5) 重复上述操作三次，按公式 (B1) 计算得到 8 组 24 个捕集效率的数据。

$$\eta_{ij} = \frac{C_{2ij}}{C_{1ij}} \times 100\% \quad (\text{B1})$$

式中： η_{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， $/\text{m}^3$ ；

C_{2ij} ——切割器下游固态单分散颗粒物单次测量浓度， $/\text{m}^3$ ；

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（ $j=1\sim 3$ ）。

(6) 按公式 (B2) 分别计算得到 8 个粒径点捕集效率的平均值。

$$\bar{\eta}_i = \frac{\sum_{j=1}^3 \eta_{ij}}{3} \times 100\% \quad (\text{B2})$$

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

(7) 按公式 (B3) 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。

$$C_{vi} = \frac{1}{\bar{\eta}_i} \times \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^3 (\eta_{ij} - \bar{\eta}_i)^2}{2}} \times 100\% \quad (\text{B3})$$

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

(8) 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 D_{a16} 、 D_{a50} 、 D_{a84} ，按照公式 (B4)、(B5) 计算切割器捕集效率的几何标准偏差 σ_g ， D_{a50} 和 σ_g 应符合表 B.1 要求。

$$\sigma_g = \frac{D_{a16}}{D_{a50}} \quad (\text{B4})$$

$$\sigma_g = \frac{D_{a50}}{D_{a84}} \quad (\text{B5})$$

式中： σ_g ——捕集效率的几何标准偏差，%；

D_{a16} ——捕集效率为 16% 时对应的粒子空气动力学当量直径， μm ；

D_{a50} ——捕集效率为 50% 时对应的粒子空气动力学当量直径， μm ；

D_{a84} ——捕集效率为 84% 时对应的粒子空气动力学当量直径， μm 。

B.1.2 静态箱测试法

(1) 将至少一台待测切割器安装到静态箱中，保证箱体密闭。

(2) 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，实验粒子的粒径要求见表 B.2。

(3) 使用气溶胶检测仪器（例如气溶胶粒径谱仪）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_{M1} 。

(4) 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_{2ij} ，按公式 (B1) 计算该粒径下气溶胶捕集效率 η_{1i} 。

(5) 分别依次生成表 B.2 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} 。

(6) 重复上述操作三次，计算得到 8 组 24 个捕集效率的数据。

(7) 按公式 (B2) 分别计算得到 8 个粒径点捕集效率的平均值。

(8) 按公式 (B3) 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。

(9) 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 D_{a16} 、 D_{a50} 、 D_{a84} ，按照公式 (B4)、(B5) 计算切割器捕集效率的几何标准偏差 σ_g ， D_{a50} 和 σ_g 应符合表 B.2 要求。

B.2 PM_{2.5} 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。

B.2.1 静态箱加载测试法

(1) 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) 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) 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 $\leq 10\%$ 。

(4) 启动待测监测仪，至少连续运行 7 d (每天 ≥ 20 h)，进行加载。

(5) 加载运行完成后，将待测切割器按 B.1 进行切割性能测试。待测切割器切割性能指标 D_{a50} 和 σ_g 均应符合表 B.1 要求。

B.2.2 实际样品加载测试法

(1) 将待测 PM_{2.5} 自动监测系统置于 PM_{2.5} 浓度为 $(100 \sim 150) \mu\text{g}/\text{m}^3$ 的环境中至少连续运行 7 d (每天 ≥ 20 h)，进行加载。

(2) 加载运行完成后，将待测切割器按 B.1 进行切割性能测试。待测切割器切割性能指标 D_{a50} 和 σ_g 均应符合表 B.1 要求。