



# 中华人民共和国国家生态环境标准

HJ □□□—202□

---

## 环境空气颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）中无机元素 连续自动监测技术规范

**Technical specifications for continuous automated monitoring of  
inorganic elements in ambient air particulate matter (PM<sub>2.5</sub>)**

（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 方法原理与系统组成.....	1
5 技术性能要求.....	2
6 安装、调试、试运行与验收.....	3
7 系统日常运行维护.....	8
8 质量保证和质量控制.....	10
9 数据有效性判断.....	12
附录 A（规范性附录） 无机元素连续自动监测系统性能指标 .....	13
附录 B（资料性附录） 无机元素连续自动监测系统安装调试报告 .....	14
附录 C（资料性附录） 无机元素连续自动监测系统试运行报告 .....	19
附录 D（资料性附录） 无机元素连续自动监测系统验收报告 .....	21
附录 E（资料性附录） 无机元素连续自动监测系统质控工作记录表.....	24

# 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》，防治生态环境污染，改善生态环境质量，规范环境空气颗粒物(PM<sub>2.5</sub>)中无机元素连续自动监测工作，制定本标准。

本标准规定了环境空气颗粒物(PM<sub>2.5</sub>)中无机元素连续自动监测系统的方法原理与系统组成、技术性能、安装、调试、试运行与验收、系统日常运行维护、质量保证和质量控制、数据有效性判断等技术要求。

本标准附录 A 为规范性附录，附录 B~附录 E 为资料性附录。

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。

本标准主要起草单位：中国环境监测总站、江苏省南京环境监测中心、河南省生态环境监测中心、上海市环境监测中心。

本标准生态环境部 202□年□□月□□日批准。

本标准自 202□年□□月□□日起实施。

本标准由生态环境部解释。

# 环境空气颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）中无机元素连续自动监测技术规范

## 1 适用范围

本标准规定了环境空气颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）中无机元素连续自动监测系统的方法原理与系统组成、技术性能、安装、调试、试运行与验收、系统日常运行维护、质量保证和质量控制、数据有效性判断等技术要求。

本标准适用于采用能量色散 X 射线荧光光谱法的环境空气颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）中无机元素连续自动监测系统的安装、验收、运行管理与质量控制。目标元素详见附录 A。

## 2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

HJ 655 环境空气颗粒物（PM<sub>10</sub>和 PM<sub>2.5</sub>）连续自动监测系统安装和验收技术规范

HJ 817 环境空气颗粒物（PM<sub>10</sub>和 PM<sub>2.5</sub>）连续自动监测系统运行和质控技术规范

HJ 829 环境空气 颗粒物中无机元素的测定 能量色散 X 射线荧光光谱法

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

**无机元素连续自动监测系统** inorganic elements continuous automated monitoring system

对环境空气颗粒物中无机元素进行连续自动的采样、处理、分析的监测系统。

### 3.2

**颗粒物（粒径≤2.5 μm）** particulate matter (PM<sub>2.5</sub>)

环境空气中空气动力学当量直径≤2.5 μm 的颗粒物，也称细颗粒物。

### 3.3

**能量色散 X 射线荧光光谱法** energy dispersive X-ray fluorescence spectrometry (ED-XRF)

利用 X 射线激发样品，测量所产生的特征 X 射线荧光能量及强度，以确定样品中元素的种类与含量的方法。

## 4 方法原理与系统组成

### 4.1 方法原理

环境空气通过样品采集单元，颗粒物被滤膜截留，滤膜样品被输送至分析单元，在分析单元利用能量色散 X 射线荧光光谱法（ED-XRF）对沉积在滤膜上的无机元素进行测定。X

射线管产生的初级 X 射线照射到颗粒物样品表面，样品中的目标元素释放出的特征 X 射线荧光进入检测器，经电子学系统处理得到不同能量（元素）的 X 射线荧光能谱。采用全谱图拟合或特定峰面积积分的方式获取特征 X 射线荧光强度，目标元素的 X 射线荧光强度与其含量成正比，从而计算得到样品中无机元素的含量。

## 4.2 系统组成

### 4.2.1 样品采集单元

样品采集单元将环境空气中的颗粒物富集到滤膜上。由采样头、切割器、采样管、加热器、温湿度传感器、质量流量计、真空泵等组成。

### 4.2.2 分析单元

分析单元用于检测颗粒物中的无机元素含量。由 X 射线管、检测器等组成。所使用的 X 射线光源应符合放射性安全标准。

### 4.2.3 控制单元

控制单元具有控制滤膜采样、卷膜运动、XRF 检测、流量检测、污染物浓度计算、结果显示等功能，由计算机、工控机、显示面板等组成。

### 4.2.4 数据采集和传输单元

数据采集和传输单元用于采集、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仪器的工作状态信息。

### 4.2.5 辅助设备

安装仪器所需的机柜或平台、固定装置、电源以及温控装置等。

## 5 技术性能要求

### 5.1 温度测量示值误差

环境温度测量示值误差应在  $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  范围内。

### 5.2 大气压测量示值误差

环境大气压测量示值误差应在  $\pm 1\text{ kPa}$  范围内。

### 5.3 采样流量

平均流量偏差应在  $\pm 5\%$  范围内；流量相对标准偏差应  $\leq 2\%$ ；平均流量示值误差应在  $\pm 2\%$  范围内。

### 5.4 检出限和测定下限

当采样时长为 1 h，采样体积为  $1\text{ m}^3$  时，20 种无机元素的检出限和测定下限详见附录 A。

## 5.5 精密度

环境空气颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）中无机元素连续自动监测系统测定 20 种无机元素的精密度要求见表 1。

表 1 20 种无机元素的精密度要求

浓度范围	元素	RSD
/	K、Ca、V、Cr、Mn、Co、Cu、Zn、As、Cd、Sn、Sb、 Pb、Si、Ti、Fe	≤5%
≤10 μg/cm <sup>2</sup>	Ni、Ba、Al、Cl	≤10%
>10 μg/cm <sup>2</sup>	Ni、Ba、Al、Cl	≤5%

注：“/”代表不区分浓度范围。

## 5.6 正确度

正确度应在±10%范围内。

## 5.7 校准曲线

校准曲线至少含 4 个校准点（包括零浓度），校准曲线线性相关系数  $r$  应≥0.98。校准曲线浓度范围参考 HJ 829 的相关要求。

## 5.8 24 h 零点漂移

24 h 零点漂移应在±1.0 μg/cm<sup>2</sup> 范围内。

## 5.9 24 h 跨度漂移

24 h 跨度漂移应在±4.0 μg/cm<sup>2</sup> 范围内。

## 5.10 元素特征 X 射线能量相对误差

元素特征 X 射线能量相对误差应在±0.5%范围内。

## 5.11 系统空白

20 种无机元素的系统空白应小于等于方法测定下限。

## 6 安装、调试、试运行与验收

### 6.1 安装

#### 6.1.1 监测点位

监测点位应满足 HJ 655 中的相关要求。

#### 6.1.2 监测站房及辅助设施

监测站房及辅助设施应满足 HJ 655 中的相关要求。

### 6.1.3 监测仪器安装

监测仪器安装应满足 HJ 655 中的相关要求，主机的安装应符合各品牌型号仪器的具体要求。

### 6.1.4 数据采集和传输

数据采集和传输应满足 HJ 655 中的相关要求。

## 6.2 调试

监测系统在现场安装并正常运行后，在验收前应进行调试，调试完成后的性能指标应满足调试检测指标及要求。调试检测可由系统制造者、供应者、用户或受委托的具有检测能力的机构承担。

### 6.2.1 调试检测的一般要求

调试检测的一般要求如下：

- a) 在现场完成无机元素连续自动监测系统安装、调试后投入试运行；
- b) 系统连续运行 168 h 后，进行调试检测；
- c) 如果因系统故障、断电等原因造成调试检测中断，则需要重新进行调试检测；
- d) 调试检测后应编制安装调试报告，安装调试报告参见附录 B。

### 6.2.2 调试检测指标和检测方法

调试检测指标及要求应根据表 2 及以下相关规定执行。

表 2 调试检测指标及要求

序号	调试检测指标		要求	
1	温度测量示值误差		在±2℃范围内	
2	大气压测量示值误差		在±1kPa范围内	
3	采样流量	平均流量偏差	在±5%范围内	
		流量相对标准偏差	≤2%	
		平均流量示值误差	在±2%范围内	
4	方法检出限		至少 70%的目标元素能达到附录 A 的要求	
5	精密度	浓度范围	元素	RSD
		/	K、Ca、V、Cr、Mn、Co、Cu、Zn、As、Cd、Sn、Sb、Pb、Si、Ti、Fe	≤5%
		≤10 μg/cm <sup>2</sup>	Ni、Ba、Al、Cl	≤10%
		>10 μg/cm <sup>2</sup>	Ni、Ba、Al、Cl	≤5%
6	正确度		在±10%范围内	
7	校准曲线线性相关系数 <i>r</i>		≥0.98	
8	24 h 零点漂移		在±1.0 μg/cm <sup>2</sup> 范围内	

续表

序号	调试检测指标	要求
9	24 h 跨度漂移	在±4.0 μg/cm <sup>2</sup> 范围内
10	元素特征 X 射线能量相对误差	在±0.5%范围内
11	系统空白	≤方法测定下限

注：“/”代表不区分浓度范围。

a) 温度测量示值误差:

测量方法应满足 HJ 655 的相关要求, 温度测量示值误差应在±2 °C 范围内。

b) 大气压测量示值误差:

测量方法应满足 HJ 655 的相关要求, 大气压测量示值误差应在±1 kPa 范围内。

c) 采样流量:

测量方法应满足 HJ 655 的相关要求, 采样流量的平均流量偏差应在±5%范围内, 流量相对标准偏差应≤2%, 平均流量示值误差应在±2%范围内。

d) 检出限:

待仪器运行稳定后, 对空白纸带按照与实际监测相同的测量条件, 连续测量  $n$  ( $n \geq 7$ ) 次, 按公式 (1) 计算仪器检出限。

在采样口安装颗粒物高效过滤器 (性能要求为 0.3 μm 颗粒物过滤效率≥99.9%), 确保接口不漏气, 开启采样泵, 待仪器运行稳定后, 对空白纸带按照与实际监测相同的测量条件, 连续测量  $n$  ( $n \geq 7$ ) 次, 按公式 (1) 计算方法检出限。至少 70% 的目标元素方法检出限满足附录 A 的要求, 方法测定下限为方法检出限的 4 倍。

$$MDL_1 = t_{(n-1,0.99)} \times S \quad (1)$$

式中:  $MDL_1$ ——仪器检出限, μg/cm<sup>2</sup>; 方法检出限, μg/m<sup>3</sup>;

$n$ ——空白样品的平行测定次数, ( $n \geq 7$ );

$S$ —— $n$  次平行测定的标准偏差, μg/cm<sup>2</sup> 或 μg/m<sup>3</sup>;

$t$ ——自由度为  $n-1$ , 置信度为 99% 时的  $t$  分布 (单侧)。

其中, 当自由度为  $n-1$ , 置信度为 99%,  $n$  为 7 时,  $t_{(n-1,0.99)} = 3.143$ 。

e) 精密度:

待仪器运行稳定后, 使用标准膜, 按照与实际监测相同的测量条件, 平行测定不少于 6 次, 按公式 (2) 计算测量结果的相对标准偏差, RSD 值应满足表 2 的要求。

$$RSD = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (\rho_j - \bar{\rho})^2}{n-1}}}{\bar{\rho}} \times 100\% \quad (2)$$

式中: RSD——相对标准偏差, %;

$\rho_j$ ——标准膜第  $j$  次测量结果, μg/cm<sup>2</sup>;

$\bar{\rho}$ ——标准膜  $n$  次测量结果的平均值, μg/cm<sup>2</sup>;

$n$ ——测量次数, ( $n \geq 6$ )。



f) 正确度:

待仪器运行稳定后,使用标准膜,按照与实际监测相同的测量条件,重复测量 2 次,计算平均值,连续测试 3 d,按公式(3)计算每天测量均值与理论值的相对误差,正确度应在±10%范围内。

$$RE_i = \frac{\overline{\rho_i} - \rho_a}{\rho_a} \times 100\% \quad (3)$$

式中:  $RE_i$ ——相对误差, %;

$\overline{\rho_i}$ ——标准膜第  $i$  天测量的平均浓度值,  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ;

$\rho_a$ ——标准膜的理论浓度值,  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ;

$i$ ——测量天数, ( $i=1\sim 3$ )。

g) 校准曲线:

对所有目标元素绘制校准曲线,校准曲线至少含 4 个校准点(包括零浓度),3 个校准点从浓度范围在  $0.5 \mu\text{g}/\text{cm}^2\sim 2 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 、 $3 \mu\text{g}/\text{cm}^2\sim 8 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 、 $15 \mu\text{g}/\text{cm}^2\sim 25 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 、 $40 \mu\text{g}/\text{cm}^2\sim 60 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  的标准膜中选取,待仪器运行稳定后,使用空白纸带及 3 种不同浓度的标准膜,绘制校准曲线,校准曲线线性相关系数  $r$  应  $\geq 0.98$ 。

h) 24 h 零点漂移:

连续 7 d,每天在相同时刻对空白纸带进行 3 次重复测量,计算当天 3 次测量结果的均值,按公式(4)计算当天的 24 h 零点漂移。7 d 的 24 h 零点漂移应在  $\pm 1.0 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  范围内。

$$ZD_i = \overline{\rho_{0,i}} - \overline{\rho_{0,i-1}} \quad (4)$$

式中:  $ZD_i$ ——第  $i$  天的 24 h 零点漂移,  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ;

$\overline{\rho_{0,i}}$ ——第  $i$  天 3 次空白纸带测量结果的平均值,  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ;

$\overline{\rho_{0,i-1}}$ ——第  $i-1$  天 3 次空白纸带测量结果的平均值,  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ;

$i$ ——测量天数, ( $i=1\sim 7$ )。

i) 24 h 跨度漂移:

从浓度范围  $0.5 \mu\text{g}/\text{cm}^2\sim 60 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  中选取标准膜进行测试,连续 7 d,每天在相同时刻开始对标准膜进行 3 次重复测量,计算当天 3 次测量结果的均值,按公式(5)计算当天的 24 h 跨度漂移。7 d 的 24 h 跨度漂移应在  $\pm 4.0 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  范围内。

$$SD_i = \overline{\rho_{a,i}} - \overline{\rho_{a,i-1}} \quad (5)$$

式中:  $SD_i$ ——第  $i$  天 24 h 跨度漂移,  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ;

$\overline{\rho_{a,i}}$ ——第  $i$  天 3 次标准膜测量结果的平均值,  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ;

$\overline{\rho_{a,i-1}}$ ——第  $i-1$  天 3 次标准膜测量结果的平均值,  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ;

$i$ ——测量天数, ( $i=1\sim 7$ )。

j) 元素特征 X 射线能量相对误差:

连续 7 d,每天在相同时刻进行 3 次元素特征 X 射线能量测量,利用仪器配置的特定元素的金属片或者金属棒(仪器内置或者设备附带),或者是特定元素的标准膜,按照设定的程序进行能量测试,计算当天 3 次测量结果的均值,并按公式(6)计算当天的元素特征 X 射线能量相对误差。7 d 的元素特征 X 射线能量相对误差结果,应在  $\pm 0.5\%$  范围内。

$$RE'_i = \frac{\overline{E}_i - E_0}{E_0} \times 100\% \quad (6)$$

式中： $RE'_i$ ——第  $i$  天元素特征 X 射线能量的相对误差，%；  
 $\overline{E}_i$ ——第  $i$  天 3 次元素特征 X 射线能量测量结果的平均值，keV 或 eV；  
 $E_0$ ——元素特征 X 射线能量的理论值，keV 或 eV；  
 $i$ ——测量天数，( $i=1\sim 7$ )。

k) 系统空白：

将 PM<sub>2.5</sub> 采样切割器更换为高效过滤器（性能要求为 0.3 μm 颗粒物过滤效率 ≥99.9%）。系统空白测试前对仪器进行检漏和流量检查，保证流量符合表 2 的要求，在正常采样条件下进行空白测试，连续测量 7 h，计算均值作为系统空白。系统空白应满足表 2 的要求。

### 6.3 试运行

无机元素连续自动监测系统试运行至少 30 d。因系统故障等造成运行中断，恢复正常后，继续试运行。试运行结束时，按公式 (7) 计算系统数据获取率，数据获取率应 ≥90%。根据试运行结果编制试运行报告，试运行报告格式参见附录 C。

$$R_a = \frac{T_t - T_f}{T_t} \times 100\% \quad (7)$$

式中： $R_a$ ——数据获取率，%；  
 $T_t$ ——试运行总小时数，h；  
 $T_f$ ——系统故障小时数，h。

### 6.4 验收

验收的内容包括：性能指标验收、联网验收、相关制度、记录和档案验收等。

#### 6.4.1 验收准备与申请

##### 6.4.1.1 验收准备

在申请验收前应做好以下准备工作：

- a) 提供无机元素连续自动监测系统的安装、调试报告、试运行报告和联网证明；
- b) 无机元素连续自动监测系统至少连续稳定运行 30 d，出具监测数据报表；
- c) 提供质量保证和质量控制计划文档；
- d) 建立完整的无机元素连续自动监测系统的技术档案。

##### 6.4.1.2 验收申请

无机元素连续自动监测系统完成安装、调试及试运行后提出验收申请，经验收单位核准符合验收条件后实施验收。

#### 6.4.2 验收内容

##### 6.4.2.1 性能指标验收

对采样流量、精密度、正确度、24 h 零点漂移、24 h 跨度漂移、系统空白开展验收测试，

相应的测试方法见 6.2，测试结果应符合表 3 的要求。

表 3 性能指标验收要求

序号	测试项目		性能指标要求
1	采样 流量	平均流量偏差	在±5%范围内
		流量相对标准偏差	≤2%
		平均流量示值误差	在±2%范围内
2	精 密 度	浓度范围	元素
		/	K、Ca、V、Cr、Mn、Co、Cu、 Zn、As、Cd、Sn、Sb、Pb、Si、 Ti、Fe
		≤10 μg/cm <sup>2</sup>	Ni、Ba、Al、Cl
		>10 μg/cm <sup>2</sup>	Ni、Ba、Al、Cl
3	正确度		相对误差在±10%范围内
4	24 h 零点漂移		在±1.0 μg/cm <sup>2</sup> 范围内
5	24 h 跨度漂移		在±4.0 μg/cm <sup>2</sup> 范围内
6	系统空白		≤方法测定下限
注：“/”代表不区分浓度范围。			

#### 6.4.2.2 联网验收

联网验收应满足 HJ 655 的相关要求。

#### 6.4.2.3 相关制度、记录和档案验收

相关制度、记录和档案验收应满足 HJ 655 的相关要求。

#### 6.4.3 验收报告

验收报告应满足 HJ 655 的相关要求，验收报告格式参见附录 D。

### 7 系统日常运行维护

#### 7.1 基本要求

无机元素连续自动监测系统应全年 365 d (闰年 366 d) 连续运行，如仪器出现故障等情况，应采取有效措施及时恢复运行。

监测仪器主要技术参数应与仪器说明书要求和系统安装验收时的设置值保持一致。如需对主要技术参数进行调整，应开展参数调整试验和仪器性能测试，记录测试结果并编制参数调整测试报告。

## 7.2 日常维护

### 7.2.1 监测站房及辅助设备日常巡检

监测站房及辅助设备日常巡检应满足 HJ 817 中的相关要求。运维人员应对站房及辅助设备定期巡检，每周至少巡检 1 次，巡检工作主要包括：

- a) 检查站房内温度是否保持在  $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  范围内，相对湿度保持在 80% 以下，在冬、夏季节应注意站房内外温差，及时调整站房内温度或对采样管采取适当的温控措施，防止因温差造成采样装置出现冷凝水；
- b) 检查站房排风、排气装置工作是否正常；
- c) 检查采样头、采样管的完好性，及时对缓冲瓶内积水进行清理；
- d) 检查数据采集、传输与网络通信是否正常；
- e) 检查各种运维工具、仪器耗材、备件是否完好齐全；
- f) 检查空调、电源等辅助设备的运行状况是否正常，检查站房空调机的过滤网是否清洁，必要时进行清洗；
- g) 检查各种消防、安全设施是否完好齐全，是否在有效期内；
- h) 及时清除站房周围的杂草和积水；
- i) 检查避雷设施是否正常，站房是否有漏雨现象；
- j) 检查仪器工控机时间与北京时间、数据采集时间与平台展示时间是否保持同步；
- k) 做好每周巡检记录，并定期存档。

### 7.2.2 监测仪器日常维护

#### 7.2.2.1 每日维护

监测仪器每日维护以远程监控为主，要求如下：

- a) 检查环境大气压、环境温度、仪器采样流量、X 射线管温度等工作参数，如有报警应及时处理；
- b) 如仪器有自动质控功能，需每日检查仪器自动质控数据，包括内标值、流量质控结果等，如有异常应及时排查原因；
- c) 重污染天气预警（ $\text{PM}_{2.5}$  或  $\text{PM}_{10}$  为首要污染物）发布后 24 h 内可根据仪器数据质量情况对仪器开展 1 次各项参数的全面检查，必要时进行校准，校准应避开重污染时段，重污染过程或沙尘影响结束后及时清理采样头和切割器，必要时进行校准；
- d) 做好每日远程检查记录，并定期存档。

#### 7.2.2.2 每周维护

监测仪器每周维护要求如下：

- a) 每周至少进行 1 次现场巡检，检查仪器运行状态；
- b) 每周检查纸带位置是否正常，采样斑点是否圆滑、均匀、完整；检查纸带剩余长度，如长度不足 7 d 用量应及时更换；
- c) 每周检查 X 射线管温度是否在正常范围内，如出现 X 射线管温度逐渐升高现象，应及时清洗主机机箱的风扇防尘网；

- d) 每周检查采样管的加热温度是否正常；
- e) 执行仪器说明书规定的其他周维护内容；
- f) 做好每周维护记录，并定期存档。

#### 7.2.2.3 每月维护

监测仪器每月维护要求如下：

- a) 每月至少清洁 1 次采样喷嘴压头及纸带下的垫块，在污染较重的季节或连续污染天气后应增加清洁频次，使用棉签棒蘸取无水乙醇进行清洁；
- b) 每月至少清洁 1 次采样头；在颗粒物污染较重或植物飞絮、飞虫影响较大的季节，应增加采样头的检查和清洁频次；清洁时，应完全拆开采样头和切割器，用蒸馏水或者无水乙醇清洁（无水乙醇清洁后需用蒸馏水清洁一遍），待完全晾干或用风机吹干后重新组装，组装时应检查密封圈的密封情况；
- c) 每月至少进行 1 次原始数据备份；
- d) 执行仪器说明书规定的其他月维护内容；
- e) 做好每月维护记录，并定期存档。

#### 7.2.2.4 每年维护

监测仪器每年维护要求如下：

- a) 每年至少对采样管路进行 1 次清洁，污染较重地区可增加清洁频次；采样管路清洁后应进行气密性检查，并进行采样流量校准；
- b) 每年对仪器进行 1 次预防性维护（或根据污染情况调整维护频次），对样品采集单元和分析单元进行检查与清洁，更换必要的耗材与配件；维护后，应对仪器进行全面检查与校准，确保仪器在维护前后数据的准确性和可比性；
- c) 执行仪器说明书规定的其他年度维护内容；
- d) 做好每年维护记录，并定期存档。

### 7.3 故障检修

对出现故障的仪器应进行针对性的检查和维修。

- a) 根据仪器厂商提供的维修手册要求，开展故障判断和检修；
- b) 对于在现场能够诊断明确并且可以通过简单更换备件解决的仪器故障，应及时检修并尽快恢复正常运行；
- c) 对于不能在现场完成故障检修的仪器，应及时送修；
- d) 每次故障检修完成后，应对仪器进行校准；
- e) 每次故障检修完成后，应对检修、校准和测试情况进行记录并存档。

## 8 质量保证和质量控制

### 8.1 基本要求

质量保证和质量控制的主要内容与频次要求如下，各站点可根据仪器实际运行情况进行调整。质控工作记录表参见附录 E。

### 8.1.1 采样流量检查

每月至少对仪器进行 1 次采样流量检查，使用经过计量检定合格的 1 级标准流量计对仪器采样流量进行测量，实测流量与仪器设定流量的相对误差应在 $\pm 5\%$ 范围内，且示值流量与实测流量的相对误差应在 $\pm 2\%$ 范围内，否则应及时对仪器采样流量进行校准。

### 8.1.2 温度测量示值检查

每月至少对仪器进行 1 次温度测量示值检查，使用经过计量检定合格的 1 级标准温度计对环境温度进行测量，仪器显示的环境温度值与实测的环境温度值的误差应在 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内，否则应及时对仪器环境温度示值进行校准。

### 8.1.3 大气压测量示值检查

每月至少对仪器进行 1 次大气压测量示值检查，使用经过计量检定合格的 0.5 级标准气压计对环境大气压进行测量，仪器显示的环境大气压值与实测的环境大气压值的误差应在 $\pm 1\text{ kPa}$  范围内，否则应及时对仪器环境大气压示值进行校准。

### 8.1.4 正确度检查

每季度至少使用标准膜进行 1 次正确度检查，不同能级或档位中选取 1 种元素进行正确度的检查，实测值与理论值的相对误差应在 $\pm 10\%$ 范围内，否则应重新校准仪器。

每年至少使用标准膜对全部目标元素进行 1 次正确度检查，至少 70% 的目标元素实测值与理论值的相对误差应在 $\pm 10\%$ 范围内，否则应及时重新制作光谱测量文件。

### 8.1.5 湿度传感器检查

每半年至少对仪器进行 1 次湿度传感器检查，使用经过计量检定合格的 1 级标准湿度计对环境湿度进行测量，仪器显示的环境湿度值与实测的环境湿度值的误差应在 $\pm 4\%$ 范围内，否则应及时对仪器的环境湿度示值进行校准。

### 8.1.6 纸带空白检查

每次更换纸带后需进行空白检查，至少 70% 的目标元素空白值应小于等于仪器检出限，所有目标元素的空白值应小于等于仪器测定下限，否则应及时更换纸带，至空白满足要求。

### 8.1.7 元素特征 X 射线能量检查

每季度至少对仪器进行 1 次（测试 1 天）元素特征 X 射线能量检查，元素种类自定，元素特征 X 射线能量相对误差应在 $\pm 0.5\%$ 范围内，否则应及时进行能量校准。

### 8.1.8 校准曲线绘制

每年至少对目标元素进行 1 次校准曲线绘制，使用空白纸带及 3 种以上不同浓度的标准膜绘制校准曲线，校准曲线线性相关系数  $r$  应 $\geq 0.98$ ，否则应重新绘制校准曲线。

### 8.1.9 数据一致性检查

每半年至少对仪器进行 1 次数据一致性检查。数据采集仪记录的数据与仪器显示和存储的数据应一致。当存在明显偏差时，应检查仪器和数据采集仪的参数设置是否正常。每次

更换仪器后均应进行数据一致性检查。

## 8.2 量值溯源和传递要求

用于量值传递的计量器具，如流量计、温度计、气压计、湿度计等，应按计量检定规程的要求进行周期性检定。用于量值传递的标准膜应可溯源至我国计量机构或国际权威计量机构。

## 9 数据有效性判断

数据有效性判断要求如下：

- a) 仪器正常运行时的所有监测数据均为有效数据，应全部参与统计；
- b) 对仪器进行检查、校准、维护保养或仪器出现故障等非正常监测期间的数据为无效数据；仪器启动至预热完成时段内的数据为无效数据；
- c) 低浓度环境条件下仪器正常运行出现的零值或负值应标记为未检出，不参与统计；在仪器故障、运行不稳定或其他监测质量不受控的情况下出现的零值或负值为无效数据，不参与统计；低浓度环境条件下，如 1 h 采样多种无机元素监测结果均低于方法检出限，则采样时长可延长至 2 h；
- d) 对于缺失和判断为无效的数据均应注明原因，并保留原始记录。

附 录 A  
(规范性附录)  
检出限与测定下限

表 A.1 20 种目标无机元素的方法检出限与测定下限、仪器检出限与测定下限

序号	目标元素	仪器检出限	方法检出限	仪器测定下限	方法测定下限
		$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
1	K	0.01	0.01	0.04	0.04
2	Ca	0.002	0.004	0.008	0.016
3	V	0.005	0.0004	0.02	0.0016
4	Cr	0.003	0.001	0.012	0.004
5	Mn	0.002	0.0002	0.008	0.0008
6	Co	0.002	0.002	0.008	0.008
7	Ni	0.0007	0.002	0.0028	0.008
8	Cu	0.003	0.01	0.012	0.04
9	Zn	0.003	0.004	0.012	0.016
10	As	0.002	0.002	0.008	0.008
11	Cd	0.006	0.01	0.024	0.04
12	Sn	0.004	0.004	0.016	0.016
13	Sb	0.003	0.3	0.012	1.2
14	Ba	0.003	0.003	0.012	0.012
15	Pb	0.003	0.002	0.012	0.008
16	Al	0.2	0.9	0.8	3.6
17	Si	0.06	0.05	0.24	0.2
18	Cl	0.02	0.01	0.08	0.04
19	Ti	0.003	0.001	0.012	0.004
20	Fe	0.004	0.002	0.016	0.008

注：上述检出限为特氟龙滤膜采样，采样时长 1 h，采样体积 1 m<sup>3</sup> 时的检出限。



附 录 B

(资料性附录)

无机元素连续自动监测系统安装调试报告

# 环境空气颗粒物 (PM<sub>2.5</sub>) 中无机元素连续 自动监测系统安装调试报告

站点名称: \_\_\_\_\_

仪器名称: \_\_\_\_\_

单位名称: \_\_\_\_\_ (公章)

年 月 日

表 B.1 环境空气颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）中无机元素连续自动监测系统站点基本信息

站点名称			
点位类型		站点建设性质 (新、改建)	
管理(托管)单位		主管部门	
监测项目		分析方法	
站房面积		站房结构	
采样入口距地面高度		采样入口距站房房顶高度	
站点周围情况简述:  			
站点地理位置	省      市      县(区)      路(乡,镇)      号(村) 东经:                      北纬:		
仪器供应商			
建设开工日期		年      月      日	
建设项目投入试运行日期		年      月      日	

表 B.2 环境空气颗粒物 (PM<sub>2.5</sub>) 中无机元素连续自动监测系统点位和采样口周边情况表

站点名称			
站点地址			
项目	具体要求	是否符合	
		是√	否×
点位周边情况	监测点周围没有阻碍环境空气流通的高大建筑物、树木或其他障碍物		
	从监测点到附近最高障碍物之间的水平距离, 是否为该障碍物高出采样口垂直距离的两倍以上		
	监测点周围建设情况是否稳定		
	监测点是否能长期使用, 且不会改变位置		
	监测点是否地处相对安全和防火措施有保障的地方		
	监测点附近没有强电磁干扰		
	监测点附近是否具备稳定可靠的电源供给		
	监测点的通信线路是否方便安装和检修		
	监测点周边是否有便于出入的车辆通道		
采样口位置情况	采样口距地面的高度是否在 3 m~15 m 范围内		
	在采样口周围 270° 捕集空间范围内环境空气流动是否不受任何影响		
	采样口离建筑物墙壁、屋顶等支撑物表面的距离是否大于 1 m		
	采样口是否高于实体围栏 0.5 m 以上		
	当设置多个采样口时, 采样口之间的水平距离是否大于 1 m		
其它情况			
小结			

表 B.3 环境空气颗粒物 (PM<sub>2.5</sub>) 中无机元素连续自动监测系统站房建设和仪器安装情况表

站点名称				
站点地址				
仪器编号		安装人员		
项目	具体要求		是否符合	
			是√	否×
一般要求	站房面积不小于 15 m <sup>2</sup>			
	站房室内地面到天花板高度不小于 2.5 m			
	站房室内地面距房顶平台高度不大于 5 m			
	站房是否有防水、防潮、隔热、保温措施			
	站房是否有符合要求的防雷和防电磁干扰设施			
	站房排气口离站房地面的距离是否在 20 cm 以上			
	站房内环境条件：温度 25 ℃±5 ℃；相对湿度≤80%；大气压 80 kPa~106 kPa			
配电要求	站房供电系统是否配有电源过压、过载保护装置			
	站房内是否采用三相五线供电，分相使用			
	站房内布线是否加装线槽			
辅助设施	空调	空调机出风口未正对仪器和采样管		
		空调是否具有来电自启动功能		
	配套设施	站房是否配备自动灭火装置		
		站房是否安装有带防尘百叶窗的排气风扇		
仪器安装	仪器安装完成后，后方空间是否大于等于 0.8 m			
	仪器安装完成后，顶部空间是否大于等于 0.4 m			
	采样管是否竖直安装，采样进气口离安装水平高度在 1 m~2 m 范围内			
	采样管与屋顶法兰连接部分密封防水			
	采样管长度不超过 5 m			
	切割器应方便拆装、清洗			
	采样管支撑部件与房顶和采样管的连接应牢固、可靠，防止采样管摇摆			
数据采集和传输设备是否能正确记录、存储与显示采集到的数据和状态				
其它情况				

表 B.4 环境空气颗粒物 (PM<sub>2.5</sub>) 中无机元素连续自动监测系统调试检测记录表

站点名称	仪器编号				
调试检测日期	检测人员				
项目	检测结果		是否符合要求		
			是√	否×	备注/其他
温度测量示值误差	环境温度值 (°C)				
	仪器温度显示值 (°C)				
	示值误差 (°C)				
大气压测量示值误差	环境大气压值 (kPa)				
	仪器大气压显示值 (kPa)				
	示值误差 (kPa)				
采样流量	标准流量计平均值 (L/min)				
	仪器流量平均值 (L/min)				
	平均流量偏差 (%)				
	流量相对标准偏差 (%)				
	平均流量示值误差 (%)				
方法检出限 (µg/m <sup>3</sup> )					
精密度 (%)					
正确度 (%)					
校准曲线线性相关系数 <i>r</i>					
系统空白 (µg/m <sup>3</sup> )					
24 h 零点漂移 (µg/cm <sup>2</sup> )					
24 h 跨度漂移 (µg/cm <sup>2</sup> )					
元素特征 X 射线能量的 相对误差 (%)					
调试检测结论					

编制人:

审核人:

批准人:

日期:

日期:

日期:

附录 C

(资料性附录)

无机元素连续自动监测系统试运行报告

# 环境空气颗粒物 (PM<sub>2.5</sub>) 中无机元素连续 自动监测系统试运行报告

站点名称: \_\_\_\_\_

仪器名称: \_\_\_\_\_

单位名称: \_\_\_\_\_ (公章)

年 月 日

表 C.1 环境空气颗粒物 (PM<sub>2.5</sub>) 中无机元素连续自动监测系统试运行情况记录表

站点名称				
站点地址				
开始时间		结束时间		
故障次数	故障出现时间	故障现象	故障小时数 (h)	签名
1				
2				
3				
4				
5				
.....				
合计	/	/		
数据获取率 (%)				

编制人：

审核人：

批准人：

日期：

日期：

日期：

附录 D

(资料性附录)

无机元素连续自动监测系统验收报告

# 环境空气颗粒物 (PM<sub>2.5</sub>) 中无机元素连续 自动监测系统验收报告

站点名称: \_\_\_\_\_

仪器名称: \_\_\_\_\_

单位名称: \_\_\_\_\_ (公章)

年 月 日



表 D.1 基本情况

环境空气颗粒物（PM <sub>2.5</sub> ）中无机元素连续自动监测系统安装单位：	
联系人：	单位地址：
邮政编码：	联系电话：
安装点位：	
系统名称及型号：	
监测项目：	
系统生产单位：	
系统试运行单位：	
运行完成时间：	
是否具备生态环境部环境监测仪器质量监督检验中心出具的产品适用性检测合格报告：	
是否具备无机元素连续自动监测系统的安装调试报告、试运行报告（含试运行监测数据报表）：	
是否具备质量保证和质量控制计划文档：	
是否具备无机元素连续自动监测系统的技术档案：	
备注：	

表 D.2 验收记录表

仪器名称		仪器编号			
验收监测日期		监测人员			
性能指标验收	检测结果		是否符合要求		
			是√	否×	备注/其他
采样流量	标准流量计平均值 (L/min)				
	仪器流量平均值 (L/min)				
	平均流量偏差 (%)				
	流量相对标准偏差 (%)				
	平均流量示值误差 (%)				
正确度 (%)					
精密度 (%)					
24 h 零点漂移 ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )					
24 h 跨度漂移 ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )					
系统空白 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )					
联网验收	联网证明主要内容:				
相关制度、记录和档案验收	仪器操作和使用制度				
	仪器质量保证和质量控制计划				
	仪器档案				
验收结论	验收组成员 (签字):		年 月 日		

附录 E  
(资料性附录)

无机元素连续自动监测系统质控工作记录表

表 E.1 无机元素连续自动监测系统质控工作记录表

站点名称				资产编号					
仪器型号				出厂编号					
环境条件	温度 (°C) :		相对湿度 (%) :		其它:				
质控设备信息	设备名称		型号		资产编号		检定日期		
	流量计								
	温度计								
	气压计								
温度、气压检查									
温度检查	仪器显示温度 (°C)				气压检查	仪器显示读数 (kPa)			
	标准温度计读数 (°C)					标准气压计读数 (kPa)			
	示值误差 (°C)					示值误差 (kPa)			
	是否合格					是否合格			
流量检查									
仪器设定值 (L/min)	仪器示值流量 (L/min)	标准流量计读数 (L/min)		设定流量误差 (%)	显示流量误差 (%)	是否合格			
		修正前	修正后						
温度、气压校准									
参考标准读数		校准前			校准后				
标准温度计 (°C)		仪器显示温度 (°C)			仪器显示温度 (°C)				
标准气压计 (kPa)		仪器显示气压 (kPa)			仪器显示气压 (kPa)				
流量校准									
仪器设定流量 (L/min)	校准前			校准后					
	仪器显示流量 (L/min)	标准流量计读数 (L/min)		仪器显示流量 (L/min)	标准流量计读数 (L/min)				
		修正前	修正后		修正前	修正后			
正确度检查									
目标元素	标准膜成分	标准膜编号	能级/档位	运行时间 (s)	理论值 (µg/cm <sup>2</sup> )	实测值 (µg/cm <sup>2</sup> )	正确度 (%)	是否合格	是否校准
湿度传感器检查									
湿度计型号		检定日期	仪器显示湿度 (%)		实测湿度 (%)		误差 (%)		
元素特征 X 射线能量检查/校准									
目标元素	元素特征 X 射线能量理论值 (keV/eV)		元素特征 X 射线能量实测值 (keV/eV)		相对误差 (%)	是否合格	是否校准		
纸带空白检查									
目标元素	实测值 (µg/cm <sup>2</sup> )		仪器检出限 (µg/cm <sup>2</sup> )		仪器测定下限 (µg/cm <sup>2</sup> )		是否合格		

校准曲线绘制				
校准曲线浓度点	空白	标准膜浓度 1	标准膜浓度 2	标准膜浓度 3
理论值 ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )				
实测值 ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )	第一次测量			
	第二次测量			
	第三次测量			
	均值			
曲线方程:		相关系数:		

操作人: \_\_\_\_\_

复核人: \_\_\_\_\_

日期:     年    月    日