

中国环境监测总站文件

总站气字〔2021〕558号

关于印发《环境空气颗粒物有机碳、元素碳连续自动监测技术规定》等3项技术规定的通知

各省、自治区、直辖市（生态）环境监测中心（站），新疆生产建设兵团生态环境第一监测站：

按照生态环境部《关于印发〈2021年国家生态环境监测方案〉的通知》（环办监测函〔2021〕88号）的相关要求，为进一步规范环境空气颗粒物组分自动监测工作，我站制定了《环境空气颗粒物有机碳、元素碳连续自动监测技术规定》等3项技术规定（详见附件），现印发给你们，请参照执行。

- 附件：1.《环境空气颗粒物有机碳、元素碳连续自动监测技术规定》
2.《环境空气颗粒物水溶性离子连续自动监测技术规定》
3.《环境空气颗粒物无机元素连续自动监测技术规定》



附件 1

《环境空气颗粒物有机碳、元素碳连续 自动监测技术规定》

中国环境监测总站

2021 年 11 月

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.....	2
5 技术性能要求.....	4
6 安装、调试与验收.....	5
7 系统日常运行维护.....	13
8 质量保证和质量控制.....	17
9 数据有效性判断.....	19
附录 A（资料性附录） 有机碳、元素碳连续自动监测系统安装调试报告.....	20
附录 B（资料性附录） 有机碳、元素碳连续自动监测系统试运行报告.....	26
附录 C（资料性附录） 有机碳、元素碳连续自动监测系统验收报告.....	28
附录 D（资料性附录） 有机碳、元素碳连续自动监测系统质控工作记录表.....	31

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，规范环境空气细颗粒物有机碳、元素碳连续自动监测工作，制定本技术规定。

本技术规定针对环境空气细颗粒物有机碳、元素碳连续自动监测系统的方法原理与系统组成、技术性能要求、安装、调试与验收、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进行了规定。

本技术规定附录 A~D 为资料性附录。

本技术规定由中国环境监测总站组织编制。

本技术规定主要起草单位及人员：

中国环境监测总站：刀谓、张显、孙家奇、侯书杰、解淑艳、唐桂刚

上海市环境监测中心：霍俊涛、段玉森、林燕芬、李跃武、梁国平

江苏省南京环境监测中心：李洁、董晶晶、陆晓波

江苏省环境监测中心：杨丽莉

河南省生态环境监测中心：王玲玲、黄腾跃、王楠、王思维、马双良

本技术规定自下发之日起执行，如有相关标准发布则以标准要求为准。

本技术规定由中国环境监测总站解释。

环境空气颗粒物有机碳、元素碳连续自动监测技术规定

1 适用范围

本技术规定针对环境空气细颗粒物有机碳、元素碳连续自动监测系统的方法原理与系统组成、技术性能要求、安装、调试与验收、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进行了规定。

本技术规定适用于热学-光学校正法和热学-光学衰减法对环境空气细颗粒物有机碳、元素碳的连续自动监测。

2 规范性引用文件

本技术规定内容引用了下列文件或其中的条款。凡是不注明日期的引用文件，其有效版本适用于本技术规定。

GB 50168 电气装置安装工程 电缆线路施工及验收标准

HJ 212 污染物在线监控（监测）系统数据传输标准

HJ 655 环境空气颗粒物（PM₁₀和PM_{2.5}）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（PM₁₀和PM_{2.5}）连续自动监测系统运行和质控技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本技术规定。

3.1

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

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。

3.2

有机碳 organic carbon (OC)

颗粒物中烃、烃的衍生物、多功能团的烃衍生物和高分子化合物等有机物中的碳组分。

3.3

元素碳 elemental carbon (EC)

颗粒物中高聚合的、黑色的，在400℃以下很难被氧化，在常温下表现出惰性、憎水性、不溶于任何溶剂的大气含碳组分。

3.4

总碳 total carbon (TC)

颗粒物中有机碳和元素碳的总和。

3.5

光学裂解碳 optical pyrolyzed carbon (OPC)

通过光学方法测定在高温下裂解转化成元素碳的有机碳。

3.6

黑碳 black carbon (BC)

化石燃料和生物质不完全燃烧生成的具有高度芳香化结构的大气含碳组分。

注：元素组成以碳为主，其次为氢、氧、氮、硫，主要源于生物质燃烧。

4 方法原理与系统组成

4.1 方法原理

环境空气颗粒物有机碳、元素碳连续自动监测系统的方法原理为热光法，热光法又可分为热学-光学校正法、热学-光学衰减法。

热学-光学校正法：环境空气通过样品采集单元，颗粒物被滤膜截留，在高温条件下，纯氮气环境中 OC 转化为 CO₂ 及少量 OPC，在氮氧混合气环境中 OPC 与 EC 转化为 CO₂，利用非色散红外检测器（NDIR）检测不同阶段的 CO₂，经光学校正 OPC 后计算得到样品中 OC、EC 的含量。在光学校正过程中，利用反射激光或透射激光全程照射样品，以初始光强信号作为参考，当有机碳开始裂解时，光强信号下降，随着氧气的不断通入，光强信号回升，把回到初始光强信号的点设定为 OC、EC 分割点，根据分割点将 OPC 校正为 OC。

热学-光学衰减法：用热氧化法直接测量颗粒物中 TC 的含量，用光学衰减法间接测量 EC 的含量，由 TC 减去 EC 得到 OC 的含量。热氧化法测量样品中 TC 的含量时，环境空气通过样品采集单元，颗粒物被滤膜截留，将采集的颗粒物样品置于空气环境中升温，使颗粒物中所有含碳组分快速氧化为 CO₂，利用非色散红外检测器（NDIR）检测 CO₂，计算得到 TC 的含量；光学衰减法测量样品中 EC 的含量时，环境空气通过样品采集单元，颗粒物被纸带截留，采用多波长单色光照射颗粒物样品，测量光学衰减率得到 BC 的含量，再根据 BC 与 EC 的定量关系，计算样品中 EC 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颗粒物进行切割分离，并将颗粒物收集在滤膜上，由采样头、切割器、采样管、溶蚀器、采样泵等组成。

4.2.2 分析单元

分析单元对颗粒物样品中的有机碳、元素碳进行测量分析。热学-光学校正法的分析单元由反应炉、CO₂ 浓度检测器、光发射与接收模块、内标物定量环等组成；热学-光学衰减法的分析单元分为 TC 分析单元及 EC 分析单元，其中 TC 分析单元由反应炉、CO₂ 浓度检测器等组成，EC 分析单元由自动走纸带模块、光发射与接收模块等组成。

4.2.2.1 反应炉

反应炉按照设定的升温程序对颗粒物样品进行逐级加热。热学-光学校正法的反应炉内置 MnO_2 , 将 OC 在高温条件下氧化为 CO_2 , OPC 与 EC 在过量氧气的高温条件下氧化为 CO_2 ; 热学-光学衰减法的反应炉将所有含碳物质在过量氧气的高温条件下转换为 CO_2 。

4.2.2.2 CO_2 浓度检测器

CO_2 浓度检测器为非色散红外检测器 (NDIR), 用于测定 OC、EC 的氧化产物 CO_2 的浓度。

4.2.2.3 光发射与接收模块

光发射与接收模块由光发射器、光接收器等组成。光发射器持续发射一束或多束垂直于采样滤膜的光, 光接收器检测经滤膜透射或反射后的光信号。

4.2.2.4 内标物定量环

内标物定量环截取固定体积的内标物 CH_4 。OC、EC 分析阶段结束后, 检测 CH_4 生成的 CO_2 , 根据 CH_4 含碳量与 CO_2 峰面积的定量关系, 计算样品中 OC、EC 的浓度。

4.2.2.5 自动走纸带模块

自动走纸带模块由供给轴、收集轴和步进马达组成, 步进马达将供给轴上的空白纸带向前传送至样品采集区, 采集样品后将纸带移动至收集轴, 完成纸带的自动更新。

4.2.3 数据采集与控制单元

数据采集与控制单元用于设置仪器参数、控制仪器、采集和存储监测数据。

4.2.4 数据处理与通讯单元

数据处理与通讯单元用于处理和传输监测数据。

4.2.5 辅助设备及试剂、耗材

辅助设备及试剂、耗材包括滤膜 (或纸带)、滤膜裁剪装置、辅助气体、实验用水、标准膜片、标准溶液、溶蚀器碳膜、除氧器、进样针、三脚架、气象传感器等。

4.2.5.1 滤膜 (或纸带)

滤膜 (或纸带) 用于采集环境空气中的颗粒物, 要求对 $0.3 \mu\text{m}$ 颗粒物的截留效率 $\geq 99.7\%$, TC 本底值应 $\leq 0.1 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 。

4.2.5.2 辅助气体

热学-光学校正法仪器配置氮气 (纯度 $\geq 99.999\%$)、氮氧混合气 (氮气 90%、氧气 10%)、氮甲烷混合气 (氮气 95%, 甲烷 5%) 三种辅助气体, 气瓶压力应 $\geq 2 \text{MPa}$ 。氮气需同时配备除氧器, 氮气和氮氧混合气中的碳氢化合物及 CO_2 含量应 $\leq 1 \mu\text{mol}/\text{mol}$ 。

4.2.5.3 实验用水

实验用水用于配制蔗糖标准溶液等，电导率应 $\leq 0.055 \mu\text{S}/\text{cm}$ (25 °C)，实验用水中 TC 浓度应 $\leq 5 \mu\text{g}/\text{ml}$ 。

4.2.5.4 标准膜片

标准膜片可用于校准仪器。优先使用可溯源至我国计量机构或国际权威计量机构（如 NIST 等）的标准膜片，否则至少应具备出厂比对测试证书。

4.2.5.5 标准溶液

使用蔗糖试剂配制标准溶液。蔗糖 ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)：优级纯，使用前应置于干燥器中平衡 24 h。称取适量的蔗糖标准物质溶于实验用水，移入容量瓶中，用实验用水定容至刻度线，摇匀使用。

4.2.5.6 溶蚀器碳膜

溶蚀器碳膜为溶蚀器内所需的耗材，可截留样品中的气态挥发性有机物或半挥发性有机物，截留效率应 $\geq 70\%$ 。

5 技术性能要求

5.1 温度测量示值误差

仪器与标准温度计的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

仪器与标准气压计的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 辅助气体流量

辅助气体的设定流量与实测流量的线性拟合，相关系数 r 应 ≥ 0.999 ，斜率应满足 $0.95 \leq k \leq 1.05$ ，截距应满足 $-1 \text{ ml}/\text{min} \leq b \leq 1 \text{ ml}/\text{min}$ 。

5.5 空白及溶蚀器吸收效率

5.5.1 仪器空白

TC 仪器空白应 $\leq 0.3 \mu\text{g}$ 。

5.5.2 系统空白

热学-光学校正法 TC 系统空白应 $\leq 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$;热学-光学衰减法 TC 系统空白应 $\leq 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, EC 系统空白应在 $\pm 0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 范围内。

5.5.3 溶蚀器吸收效率

溶蚀器吸收效率应 $\geq 70\%$ 。

5.6 TC 检出限

热学-光学校正法（当采样体积为 0.32 m^3 时）、热学-光学衰减法（当采样体积为 1 m^3 时）的 TC 检出限为 $0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

5.7 校准曲线

校准曲线至少含 6 个校准点（包括零浓度），校准曲线线性相关系数 r 应 ≥ 0.995 。

5.8 精密度

精密度应 $\leq 5\%$ 。

5.9 正确度

正确度应在 $\pm 10\%$ 范围内。

5.10 三峰测试

在无氧、有氧和内标三个阶段分别通入等量的 CH_4 标气，记录 CO_2 峰面积，三个阶段 CO_2 峰面积相对标准偏差应 $\leq 5\%$ 。

6 安装、调试与验收

6.1 监测点位

监测点和仪器采样口位置应满足 HJ 655 中的相关要求。

6.2 监测站房及辅助设施

6.2.1 一般要求

站房内外环境等应满足 HJ 655 中的相关要求。

6.2.2 站房内环境条件

站房内应安装温湿度控制设备，站房内温度应控制在 $(25 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$ 范围内，相对湿度应控制在 80% 以下，大气压应控制在 $(80 \sim 106) \text{ kPa}$ 范围内。

注：低温、低压等特殊环境条件下，仪器的配置应满足当地环境条件的使用要求。

6.2.3 配电要求

站房供电系统采用三相五线供电，分相使用；站房供电系统应配有电源过压、过载和漏电保护装置，电源电压波动不超过 AC (220±22) V，频率波动不超过 (50±1) Hz；站房应有防雷电和防电磁波干扰的措施，应有良好的接地线路，接地电阻应 $\leq 4 \Omega$ ；有条件的站房可配备 UPS 电源。

6.2.4 其他要求

其他要求如下：

- a) 站房应配备实验台或机柜，用于安装监测仪器及辅助设备；
- b) 站房应配备通风装置（排风扇）或废气口，保持室内空气清洁，排风扇要求带防尘百叶窗；
- c) 站房应设置气瓶放置间（柜）并安全放置气瓶；没有条件设置气瓶放置间（柜）时，应在特定位置放置气瓶并将其固定；站房内应安装气瓶漏气报警装置；
- d) 站房应配备冰箱（柜），用于保存标准溶液、标准膜片等；
- e) 站房安装的冷暖式空调机出风口不能正对仪器和采样管，空调应具有来电自启功能；
- f) 站房应配置自动灭火装置。

6.3 安装

6.3.1 一般要求

监测仪器安装的一般要求如下：

- a) 仪器铭牌上应标有仪器名称、型号、生产单位、出厂编号、生产日期等信息；
- b) 仪器各零部件应连接可靠，表面无明显缺陷，各操作旋钮或按键使用灵活，定位准确；
- c) 仪器各显示部分的刻度、数字清晰，涂色牢固，不应有影响读数的缺陷；
- d) 仪器应具备数字信号输出功能；
- e) 仪器电源引入线与机壳之间的绝缘电阻应 $\geq 20 M\Omega$ ；
- f) 电缆和管路的相关标识明显，电缆线路的施工应满足 GB 50168 的相关要求。

6.3.2 具体要求

监测仪器安装的具体要求如下：

- a) 依照仪器清单进行检查，要求所有零配件配备齐全；
- b) 仪器应安装在实验台上或机柜内，确保水平安装；
- c) 仪器安装完毕后，确保仪器后方有 0.8 m 以上的操作维护空间，仪器采样入口和站房天花板之间有足够的空间安装溶蚀器、采样管等。

6.3.3 采样管安装

采样管安装要求如下：

- a) 采样管应竖直安装，采样进气口离安装水平面高度应大于 1 m；

- b) 保证采样管与溶蚀器、主机等各气路连接部分密闭不漏气；
- c) 保证采样管与屋顶法兰连接部分密封防水；
- d) 采样管长度不超过 5 m；
- e) 采样管应接地良好，接地电阻应小于 4 Ω；
- f) 溶蚀器应安装牢固、可靠，与采样管路等连接部分密封不漏气；
- g) 采样管及溶蚀器要有保温措施，防止出现冷凝水；
- h) 采样管连接溶蚀器前需加装集水管（瓶）。

6.3.4 切割器安装

切割器安装要求如下：

- a) 切割器出口与采样管或等流速流量分配器连接应密封良好；
- b) 切割器应方便拆装、清洗。

6.3.5 辅助设备安装

辅助设备安装要求如下：

- a) 采样管支撑部件与房顶、采样管的连接应牢固、可靠，防止采样管摇摆；
- b) 采样辅助设备与采样管应连接可靠；
- c) 环境温湿度及大气压传感器应安装在采样入口附近，不干扰切割器的正常工作；
- d) 环境温湿度及大气压传感器的信号传输线与站房连接处应符合防水要求；
- e) 环境温湿度传感器应防止太阳光直射，具备防雨、遮光的功能。

6.3.6 数据采集和传输设备安装

未与主机集成的数据采集和传输设备安装要求如下：

- a) 设备应采用无线或有线通信方式，数据可实时传输到服务器；
- b) 设备应安装在实验台上或机柜内，确保安装牢固、可靠；
- c) 设备应能正确记录、存储、显示数据和仪器状态；
- d) 设备线路应连接牢固。

6.4 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、用户或受委托的有检测能力的部门承担。

6.4.1 调试检测的一般要求

调试检测的一般要求如下：

- a) 在现场完成有机碳、元素碳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 24 h~48 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，安装调试报告格式参见附录 A。

6.4.2 调试检测指标和检测方法

调试检测指标及要求请根据表 1 及以下相关规定执行。

表 1 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±1 kPa 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	辅助气体流量		设定流量与实测流量的相关系数 $r \geq 0.999$, 斜率 $0.95 \leq k \leq 1.05$, 截距 $-1 \text{ ml/min} \leq b \leq 1 \text{ ml/min}$
5	仪器空白		TC ≤ 0.3 μg
6	系统空白		热学-光学校正法 TC 系统空白 ≤ 1 μg/m ³
			热学-光学衰减法 TC 系统空白 ≤ 1 μg/m ³ , EC 系统空白在 ± 0.5 μg/m ³ 范围内
7	TC 检出限		0.9 μg/m ³
8	校准曲线线性相关系数 r		≥ 0.995
9	精密度		≤ 5%
10	正确度		相对误差在 ± 10% 范围内
11	三峰测试的相对标准偏差		≤ 5%
12	反应炉温度		实际可达的最高温度与升温程序设定的最高温度偏差在 ± 10% 范围内

a) 温度测量示值误差:

使用标准温度计读取并记录环境温度值,同时观察并记录仪器显示的环境温度值,两者之间的差值为仪器的温度测量示值误差。重复测量 3 次,测量示值误差的平均值应在 ± 2℃ 范围内。

b) 大气压测量示值误差:

使用标准气压计读取并记录环境大气压值,同时观察并记录仪器显示的环境大气压值,两者之间的差值为仪器的大气压测量示值误差。重复测量 3 次,测量示值误差的平均值应在 ± 1 kPa 范围内。

c) 采样流量:

取下采样头，将标准流量计的出气口通过流量测量适配器连接到待测仪器的进气口，待仪器显示的流量稳定后开始流量测试，连续测试 1 h，每隔 5 min 记录 1 次标准流量计和监测仪器的瞬时流量值（工况）。测试完成后，按公式（1）、（2）、（3）、（4）、（5）计算流量测试的相关指标。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。

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

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。

$$\bar{Q}_C = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{Ci} \quad (2)$$

式中： \bar{Q}_C ——测试期间仪器平均流量值，L/min；
 Q_{Ci} ——测试期间仪器瞬时流量值，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。

$$\Delta Q_R = \frac{\bar{Q}_R - Q_S}{Q_S} \times 100\% \quad (3)$$

式中： ΔQ_R ——平均流量偏差，%；
 \bar{Q}_R ——测试期间标准流量计平均流量值，L/min；
 Q_S ——仪器设定的采样流量值，L/min。

$$RSD_Q = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{Ri} - \bar{Q}_R)^2}{n-1}}}{\bar{Q}_R} \times 100\% \quad (4)$$

式中： RSD_Q ——流量相对标准偏差，%；
 Q_{Ri} ——测试期间标准流量计瞬时流量值，L/min；
 \bar{Q}_R ——测试期间标准流量计平均流量值，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。

$$Q_D = \frac{\bar{Q}_C - \bar{Q}_R}{\bar{Q}_R} \times 100\% \quad (5)$$

式中： Q_D ——平均流量示值误差，%；
 \bar{Q}_C ——测试期间仪器平均流量值，L/min；
 \bar{Q}_R ——测试期间标准流量计平均流量值，L/min。

d) 辅助气体流量测试：

将标准流量计接入辅助气体气路，设置不少于三种流量进行测试，其中最大流量应大于

实际监测中辅助气体的工作流量，待流量稳定后开始流量测试，每隔 5 min 测量一次，至少重复测量 3 次。将设定流量与实测流量进行线性拟合，相关系数 r 应 ≥ 0.999 ，斜率应满足 $0.95 \leq k \leq 1.05$ ，截距应满足 $-1 \text{ ml/min} \leq b \leq 1 \text{ ml/min}$ 。

e) 仪器空白:

按照实际样品测试的程序，对空白滤膜（或纸带）进行测试，连续测量 7 次，计算平均值作为仪器空白，TC 仪器空白应 $\leq 0.3 \mu\text{g}$ 。

f) 系统空白:

在采样口安装颗粒物高效过滤器（性能要求为 $0.3 \mu\text{m}$ 颗粒物过滤效率 $\geq 99.9\%$ ），确保接口不漏气，将环境空气中的颗粒物截留，待仪器稳定后，按照环境样品测试程序测试 TC 系统空白，连续测试 24 h，计算平均值，即为 TC 系统空白。热学-光学衰减法的 EC 系统空白可与 TC 系统空白同时测量，连续测试 24 h，计算 EC 平均值，即为 EC 系统空白。TC 系统空白应 $\leq 1 \mu\text{g/m}^3$ ，EC 系统空白应在 $\pm 0.5 \mu\text{g/m}^3$ 范围内。

g) TC 检出限:

待仪器运行稳定后，放入与日常监测相同规格的空白滤膜，启动空白测量程序，记录测量结果，连续测量 n ($n \geq 7$) 次，按公式 (6) 计算 TC 检出限。热学-光学校正法（当采样体积为 0.32 m^3 ）、热学-光学衰减法（当采样体积为 1 m^3 ）的 TC 检出限为 $0.9 \mu\text{g/m}^3$ 。

$$MDL = t_{(n-1,0.99)} \times S \quad (6)$$

式中： MDL ——检出限， $\mu\text{g/m}^3$ ；

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， $\mu\text{g/m}^3$ ；

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%，当 n 为 7 时， $t_{(n-1,0.99)} = 3.143$ 。

h) 校准曲线:

配制至少含 6 个校准点（包括零浓度）的校准曲线，其中第二个浓度点含碳量应低于 $5 \mu\text{g}$ ，最高浓度点应高于 $40 \mu\text{g}$ 且高于当地 TC 的最高浓度水平。准确移取不同体积的蔗糖标准溶液滴加至空白滤膜上（或者使用不同浓度的标准膜片），将仪器设置为手动进样，绘制校准曲线，校准曲线线性相关系数 r 应 ≥ 0.995 。

i) 精密度:

至少配制 6 组含碳量为 $10 \mu\text{g}$ 的标准物质，按照样品测试流程进行测试，记录测试结果，按公式 (7) 计算相对标准偏差，RSD 值应 $\leq 5\%$ 。

$$RSD = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}}{\bar{x}} \times 100\% \quad (7)$$

式中： RSD ——相对标准偏差，%；

x_i ——标准物质第 i 次实测值， μg ；

\bar{x} ——标准物质 n 次测量的平均值， μg ；

n ——测量次数，($n \geq 6$)。

j) 正确度:

至少配制 6 组含碳量为 10 μg 的标准物质, 按照样品测试流程进行测试, 记录测试结果, 按公式 (8) 计算相对误差, d 值应在 $\pm 10\%$ 范围内。

$$d = \frac{\bar{Y}_i - X}{X} \times 100\% \quad (8)$$

式中: d —— 相对误差, %;

\bar{Y}_i —— 标准物质 i 次测量的平均浓度值, μg ;

X —— 标准物质理论浓度值, μg ;

i —— 测试次数, ($i \geq 6$)。

k) 三峰测试:

通过三峰测试可检查 MnO_2 氧化效率。在测试过程中的无氧、有氧和内标三个阶段分别通入等量的 CH_4 标气, 记录 CO_2 峰面积。 MnO_2 氧化效率正常的情况下, 三个阶段 CO_2 峰面积应较为一致。重复测试不少于 6 次, 记录测试结果, 按公式 (9) 计算每次测试中三个阶段的 CO_2 峰面积相对标准偏差, 相对标准偏差应 $\leq 5\%$ 。

$$CV_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 (A_{ij} - \bar{A}_j)^2}{\bar{A}_j^2}} \times 100\% \quad (9)$$

式中: CV_j —— 第 j 次三个阶段 CO_2 峰面积的相对标准偏差, %;

A_{ij} —— 第 j 次测定中第 i 阶段 CO_2 峰面积的测定值;

\bar{A}_j —— 第 j 次测定中三个阶段 CO_2 峰面积的平均值;

j —— 测定次数, ($j \geq 6$);

i —— 无氧、有氧、内标三个阶段的编号, ($i=1, 2, 3$)。

l) 反应炉温度:

反应炉在每个升温阶段实际可达的最高温度与升温程序设定的最高温度偏差应在 $\pm 10\%$ 范围内。

6.5 试运行

有机碳、元素碳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, 重新开始试运行。试运行结束时, 按公式 (10) 计算系统数据获取率, 数据获取率应 $\geq 90\%$ 。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 B。

$$R_a = \frac{T_t - T_f}{T_t} \times 100\% \quad (10)$$

式中: R_a —— 数据获取率, %;

T_t —— 试运行总小时数;

T_f —— 系统故障小时数。

6.6 验收

6.6.1 验收准备与申请

6.6.1.1 验收准备

在申请验收前应做好以下准备工作：

- a) 提供有机碳、元素碳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) 有机碳、元素碳连续自动监测系统已至少连续稳定运行 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) 建立完整的有机碳、元素碳连续自动监测系统的技术档案。

6.6.1.2 验收申请

有机碳、元素碳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。

6.6.2 验收内容

6.6.2.1 性能指标验收

对采样流量、仪器空白、精密度、正确度开展验收测试，相应的测试方法见 6.4，测试结果应符合表 2 的要求。

表 2 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	仪器空白		TC≤0.3 μg
3	精密度		≤5%
4	正确度		相对误差在±10%范围内

6.6.2.2 联网验收

联网验收分为通信及数据传输验收、现场数据比对验收和联网稳定性验收三部分。

a) 通信及数据传输验收：

数据采集和传输设备与监测仪器之间的通信应稳定，不出现经常性的通信连接中断、报文丢失、报文不完整等通信问题。为保证监测数据在公共数据网上传输的安全性，应进行加密传输。

b) 现场数据比对验收：

对数据进行抽样检查，随机抽取试运行期间 7 d 的监测数据，对比上位机接收到的数据和现场机存储的数据，数据传输正确率应 $\geq 95\%$ 。

c) 联网稳定性验收：

在连续一个月内，数据采集和传输设备能稳定运行，不出现除通信稳定性、数据传输正确性以外的其他联网问题。

联网验收技术指标见表 3。

表 3 联网验收技术指标

验收检测项目	考核指标
通信稳定性	1. 现场机在线率为 90%以上； 2. 正常情况下，掉线后，应在 5 min 之内重新上线； 3. 单台数据采集传输仪每日掉线次数在 5 次以内； 4. 报文传输稳定性在 99%以上，当出现报文错误或丢失时，启动纠错逻辑，要求数据采集传输仪重新发送报文。
数据传输安全性	1. 对所传输的数据应按照 HJ 212 中规定的加密方法进行处理，保证数据传输的安全性； 2. 服务器端对请求连接的客户端进行身份验证。
通信协议正确性	现场机和上位机的通信协议应符合 HJ 212 中的相关规定，正确率 100%。
数据传输正确性	随机抽取试运行期间 7 d 的监测数据，对比上位机接收到的数据和现场机存储的数据，数据传输正确率应 $\geq 95\%$ 。
联网稳定性	在连续一个月内，不出现除通信稳定性、数据传输正确性以外的其他联网问题。

6.6.2.3 相关制度、记录和档案验收

相关制度、记录和档案验收要求如下：

- a) 仪器操作和使用制度，包括仪器使用管理说明、系统运行操作规程等；
- b) 仪器质量保证和质量控制计划，包括日常巡检、定期维护、定期校验及校准、易损易耗品定期检查及更换等制度和相关记录；
- c) 仪器档案，包括仪器说明书、辅助器材及备品备件清单等档案。

6.6.3 验收报告

验收报告要求如下：

- a) 验收报告应附安装调试报告、试运行报告和联网证明；
- b) 验收报告格式参见附录 C。

7 系统日常运行维护

7.1 基本要求

有机碳、元素碳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 仪器操作维护

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 ± 5) °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) 检查气瓶固定装置是否牢靠；
- f) 检查各种运维工具、仪器耗材、备件是否完好齐全；
- g) 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；
- h) 检查各种消防、安全设施是否完好齐全，是否在有效期内；
- i) 及时清除站房周围的杂草和积水；
- j) 检查避雷设施是否正常，站房是否有漏雨现象；
- k) 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；
- l) 记录巡检情况。

7.2.2 监测仪器日常维护

7.2.2.1 热学-光学校正法

监测仪器日常维护工作应按以下要求执行。

- a) 每日远程监控内容：
 - 1) 每日检查仪器采样流量、辅助气体（氦气、氦氧混合气和氦甲烷混合气）流量、反应炉内压力、透射激光强度、反射激光强度等关键参数是否正常，如有报警应及时处理；
 - 2) 每日检查环境样图谱，包括升温程序是否正常、OC 和 EC 分割点及浓度比值是否出现突变、CH₄ 峰响应值是否存在明显波动等，24 h 内的 CH₄ 峰面积相对标准偏差应 $\leq 5\%$ ；
 - 3) 如仪器具备自动空白检查功能，每日需进行仪器自动空白检查，TC 仪器空白应 $\leq 0.3 \mu\text{g}$ ，否则应及时排查问题，并重新测试空白；
 - 4) 重污染天气预警（PM_{2.5} 或 PM₁₀ 为首要污染物）发布后 24 h 内对仪器开展 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，重污染过程或沙尘天气结束后及时清理切割器、更换采样滤膜，必要时进行校准；

5) 做好每日远程检查记录，并定期存档。

b) 每周维护内容：

- 1) 每周至少进行 1 次现场巡检，检查仪器运行状态；
- 2) 每周至少检查 1 次氦气、氦氧混合气、氦甲烷混合气的气瓶压力，应在压力低于 2 MPa 或有效期截止前更换气瓶，更换气瓶后应进行气路检漏；更换氦气、氦氧混合气的气瓶后应进行校准曲线中间浓度点（含碳量约 10 μg ）的检查，更换氦甲烷混合气的气瓶后应重新建立校准曲线；
- 3) 每周至少检查 1 次采样泵运转是否正常，检查采样管路、反应炉是否有漏气或堵塞现象，必要时更换配件和耗材；
- 4) 每周至少更换 1 次采样滤膜，根据当地污染程度可加大更换频次；更换采样滤膜后应检查反应炉气密性，并执行 1 次烤炉程序，去除新滤膜的本底影响，烤炉后执行滤膜空白测试，空白测试的结果 TC 应 \leq 0.3 μg ；
- 5) 每周至少检查 1 次溶蚀器集水管（瓶），如积水过多，应检查溶蚀器碳膜，如碳膜有水痕，则需及时更换；
- 6) 执行仪器说明书规定的其他周维护内容；
- 7) 做好每周维护记录，并定期存档。

c) 每月维护内容：

- 1) 每月至少清洗 1 次采样头，若遇到重污染过程（PM_{2.5} 或 PM₁₀ 为首要污染物）或沙尘天气，应在污染过程结束后及时清洁采样头；在植物飞絮、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；
- 2) 每月至少进行 1 次原始数据备份；
- 3) 执行仪器说明书规定的其他月维护内容；
- 4) 做好每月维护记录，并定期存档。

d) 每季度维护内容：

- 1) 每季度至少进行 1 次溶蚀器和采样管路的清洗，根据当地污染程度可加大清洗频次；
- 2) 每季度至少更换 1 次溶蚀器碳膜等配件耗材，根据当地污染程度可加大更换频次；
- 3) 执行仪器说明书规定的其他季度维护内容；
- 4) 做好每季度维护记录，并定期存档。

e) 每半年维护内容：

- 1) 每半年至少清洁 1 次氦气、氦氧混合气、氦甲烷混合气和样气的电磁阀；
- 2) 每半年至少进行 1 次三峰测试，无氧、有氧和内标三个阶段的 CO₂ 峰面积相对标准偏差应 \leq 5%；
- 3) 执行仪器说明书规定的其他半年维护内容；

- 4) 做好每半年维护记录, 并定期存档。
- f) 每年维护内容:
 - 1) 每年对仪器进行 1 次预防性维护, 对样品采集单元和分析单元 (特别是反应炉) 进行检查与清洁, 更换石英衬管及必要的耗材与配件; 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;
 - 2) 每年至少更换 1 次氮气管路的除氧器;
 - 3) 执行仪器说明书规定的其他年度维护内容;
 - 4) 做好每年维护记录, 并定期存档。

7.2.2.2 热学-光学衰减法

监测仪器日常维护工作应按以下要求执行。

- a) 每日远程监控内容:
 - 1) 检查仪器的运行状态参数, 如有异常及时处理;
 - 2) 每日检查仪器监测结果, 发现异常数据及时排查原因;
 - 3) 做好每日远程检查记录, 并定期存档。
- b) 每周维护内容:
 - 1) 每周至少进行 1 次现场巡检, 检查仪器运行状态, 检查 EC 样品采集单元的纸带剩余量, 如更换纸带则需要进行仪器稳定性、气密性测试; 每周更换 TC 的采样滤膜, 并进行气密性测试、清洁腔室测试和仪器空白测试, TC 空白应 $\leq 0.3 \mu\text{g}$;
 - 2) 检查储水罐状态, 及时清理积水;
 - 3) 执行仪器说明书规定的其他周维护内容;
 - 4) 做好每周维护记录, 并定期存档。
- c) 每月维护内容:
 - 1) 每月至少清洗 1 次采样头, 根据当地污染程度可加大清洁频次;
 - 2) 每月至少进行 1 次原始数据备份;
 - 3) 每月至少检查 1 次仪器采样流量;
 - 4) 每月至少清理 1 次仪器散热风扇滤网;
 - 5) 每月至少测试 1 次溶蚀器吸收效率, 低于 70%则需要更换溶蚀器碳膜;
 - 6) 每月至少测试 1 次 EC 系统空白, EC 系统空白应在 $\pm 0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 范围内;
 - 7) 执行仪器说明书规定的其他月维护内容;
 - 8) 做好每月维护记录, 并定期存档。
- d) 每季度维护内容:
 - 1) 每季度至少进行 1 次溶蚀器和采样管路的清洗, 根据当地污染程度可加大清洗频次;
 - 2) 每季度至少更换 1 次溶蚀器碳膜等耗材, 根据当地污染程度可加大更换频次;
 - 3) 每季度至少更换 1 次 EC 分析系统的一次性过滤器;
 - 4) 执行仪器说明书规定的其他季度维护内容;
 - 5) 做好每季度维护记录, 并定期存档。

- e) 每半年维护内容：
 - 1) 每半年更换 1 次 TC 分析系统的一次性过滤器和辅助气体过滤器；
 - 2) 执行仪器说明书规定的其他半年维护内容；
 - 3) 做好每半年维护记录，并定期存档。
- f) 每年维护内容：
 - 1) 每年对仪器进行 1 次预防性维护，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；
 - 2) 执行仪器说明书规定的其他年度维护内容；
 - 3) 做好每年维护记录，并定期存档。

7.2.3 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 D。

8.1.1 校准曲线绘制

热学-光学校正法每季度至少绘制 1 次校准曲线，热学-光学衰减法每半年至少绘制 1 次校准曲线。当仪器更换核心部件后，应重新绘制校准曲线。校准曲线至少含 6 个校准点（包括零浓度），校准曲线线性相关系数 r 应 ≥ 0.995 。

8.1.2 精密度检查

每次绘制校准曲线后需进行精密度检查，对中间浓度点（含碳量约 $10 \mu\text{g}$ ）的标准样品重复测量 6 次以上，计算精密度，RSD 应 $\leq 5\%$ ，否则应及时排查原因，重新测试至精密度达到要求。

8.1.3 中间浓度点检查

热学-光学校正法每两周至少进行 1 次中间浓度点检查，热学-光学衰减法每月至少进行 1 次中间浓度点检查。使用蔗糖标准溶液或标准膜片对校准曲线中间浓度点进行检查，测试

3 次中间浓度点，每次实测值与理论值的相对误差应在±10%范围内，否则需重新绘制校准曲线。

8.1.4 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误差应在±5%范围内，且示值流量与实测流量的误差应在±2%范围内，否则应及时对仪器采样流量进行校准。

8.1.5 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标准温度计对仪器环境温度进行测量，仪器显示的环境温度值与实测的环境温度值的误差应在±2℃范围内，否则应及时对仪器环境温度示值进行校准。

8.1.6 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标准气压计对仪器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±1 kPa 范围内，否则应及时对仪器环境大气压示值进行校准。

8.1.7 辅助气体流量检查

每半年至少对热学-光学校正法的氦气、氦氧混合气、氦甲烷混合气通道流量进行 1 次单点检查，如流量相对误差超过±10%，则进行校准。每年对氦气、氦氧混合气、氦甲烷混合气通道流量进行多点检查，实测流量与设定流量的线性相关系数 r 应 ≥ 0.999 ，否则应及时对辅助气体流量进行校准。

8.1.8 仪器空白检查

每月至少对有机碳、元素碳连续自动监测系统进行一次仪器空白测试，TC 仪器空白应 $\leq 0.3 \mu\text{g}$ ，否则应及时排查原因，并重新测试空白。

8.1.9 三峰测试

每半年至少对热学-光学校正法进行一次三峰测试，无氧、有氧和内标三个阶段的 CO_2 峰面积相对标准偏差应 $\leq 5\%$ ，否则应及时排查原因，并重新进行三峰测试。

8.1.10 正确度检查

每季度至少使用有证标准物质对有机碳、元素碳连续自动监测系统进行一次正确度检查，重复测量 3 次，正确度应在±10%范围内，否则应及时排查原因，重新测试至正确度达到要求。

8.1.11 数据一致性检查

每半年至少对仪器进行一次数据一致性检查。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。若使用模拟信号输出，两者相差应 $\leq 0.005 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。模拟输出数据应与时间、量程范围相匹配。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。

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为有效数据，应采用修正后的值 $0.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 参与统计；在仪器故障、运行不稳定或其他监测质量不受控情况下出现的零值或负值为无效数据，不参与统计；
- 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；
- e) 与上一组有效数据相比，如 OC、EC 分割点延后超过 50 s，或 OC 与 EC 浓度比值变幅超过 100%，则需对数据标记存疑，并进一步审核图谱判断数据有效性；
- f) 若 OC、EC 监测数据明显受碳酸盐的干扰（如沙尘天等），则该小时数据为无效数据。

附录 A

(资料性附录)

有机碳、元素碳连续自动监测系统安装调试报告

环境空气颗粒物有机碳、元素碳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 A.1 环境空气颗粒物有机碳、元素碳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 东经: 北纬:	省 市 县(区) 路(乡,镇) 号(村)		
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 A.2 环境空气颗粒物有机碳、元素碳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（3~15）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 A.3 环境空气颗粒物有机碳、元素碳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 ²			
	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（80~106）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（1~2）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 A.4 环境空气颗粒物有机碳、元素碳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 (%)								
TC 检出限 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)									
校准曲线线性相关系数 r									
精密度 (%)									
正确度 (%)									
仪器空白 (μg)									
系统空白 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)									
三峰测试的相对标准偏差									
反应炉温度	阶段	设定最高温度 (°C)	实际最高温度 (°C)	偏差 (%)					
	无氧阶段								
	有氧阶段								
	内标阶段								
辅助气体流量	辅助气体通道	设定流量	实测流量	相对误差 (%)	曲线方程/ 相关系数				
		(ml/min)							
	氦气								

	氮气反吹							
	氮氧混合气							
	氮甲烷混合气							
调试检测结论								

编制人：

审核人：

批准人：

日期：

日期：

日期：

附录 B

(资料性附录)

有机碳、元素碳连续自动监测系统试运行报告

环境空气颗粒物有机碳、元素碳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 B.1 环境空气颗粒物有机碳、元素碳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	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 C

(资料性附录)

有机碳、元素碳连续自动监测系统验收报告

环境空气颗粒物有机碳、元素碳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 C.1 基本情况

环境空气颗粒物有机碳、元素碳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：	
试运行完成时间：	
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	
有机碳、元素碳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）	
质量保证和质量控制计划文档	
有机碳、元素碳连续自动监测系统的技术档案	
备注：	

表 C.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 (%)				
精密度 (%)					
正确度 (%)					
仪器空白 (μg)					
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 D

(资料性附录)

有机碳、元素碳连续自动监测系统质控工作记录表

表 D.1 环境空气颗粒物有机碳、元素碳连续自动监测系统日常质控工作记录表

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		
校准曲线绘制 (至少含 6 个校准点, 包括零浓度)								
校准曲线 浓度点	浓度 1	浓度 2	浓度 3	浓度 4	浓度 5	浓度 6	曲线方程	相关 系数
理论值 (µg)								

响应值 1											
响应值 2											
响应值 3											
响应值均值											
精密度检查											
理论值 (μg)	实测值 1 (μg)	实测值 2 (μg)	实测值 3 (μg)	实测值 4 (μg)	实测值 5 (μg)	实测值 6 (μg)	实测平均值 (μg)				
SD (μg)			RSD (%)			是否合格					
中间浓度点检查											
测试次数	理论值 (μg)		实测值 (μg)		相对误差 (%)		是否合格				
1											
2											
3											
辅助气体流量检查											
辅助气体通道	设定流量 (ml/min)	实测流量 (ml/min)	相对误差 (%)		曲线方程/相关系数	是否合格					
氦气											
氦气反吹											
氮氧混合气											
氮甲烷混合气											
仪器空白检查											
测试次数	OC 实测值 (μg)		EC 实测值 (μg)		TC 实测值 (μg)				是否合格		
三峰测试											
次数	A ₁ (无氧)	A ₂ (有氧)	A ₃ (内标)	平均值	SD	RSD (%)	是否合格				
1											
2											

3							
正确度检查							
标准物质证书编号	次数	理论值 (μg)	实测值 (μg)	甲烷峰面积	正确度 (%)	是否合格	
	1						
	2						
	3						

操作人: _____ 复核人: _____ 日期: 年 月 日

附件 2

《环境空气颗粒物水溶性离子连续自动监测技术规定》

中国环境监测总站

2021 年 11 月

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.....	3
6 安装、调试与验收.....	4
7 系统日常运行维护.....	11
8 质量保证和质量控制.....	13
9 数据有效性判断.....	15
10 废液处理.....	15
附录 A（规范性附录） 水溶性离子连续自动监测系统校准曲线校准点设定.....	17
附录 B（资料性附录） 水溶性离子连续自动监测系统安装调试报告.....	18
附录 C（资料性附录） 水溶性离子连续自动监测系统试运行报告.....	23
附录 D（资料性附录） 水溶性离子连续自动监测系统验收报告.....	25
附录 E（资料性附录） 水溶性离子连续自动监测系统质控工作记录表.....	28

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，规范环境空气细颗粒物水溶性离子（包括 Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} ）连续自动监测工作，制定本技术规定。

本技术规定针对环境空气细颗粒物水溶性离子连续自动监测系统的方法原理与系统组成、技术性能要求、安装、调试与验收、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进行了规定。

本技术规定附录 A 为规范性附录，附录 B~E 为资料性附录。

本技术规定由中国环境监测总站组织编制。

本技术规定主要起草单位及人员：

中国环境监测总站：刀谔、张显、孙家奇、侯书杰、孟晓艳、唐桂刚

河南省生态环境监测中心：王玲玲、王楠、黄腾跃、王思维、马双良

河北省石家庄生态环境监测中心：周静博

上海市环境监测中心：林燕芬、段玉森、霍俊涛、梁国平、李跃武

江苏省南京环境监测中心：李洁、董晶晶、陆晓波

江苏省环境监测中心：杨丽莉

本技术规定自下发之日起执行，如有相关标准发布则以标准要求为准。

本技术规定由中国环境监测总站解释。

环境空气颗粒物水溶性离子连续自动监测技术规定

1 适用范围

本技术规定针对环境空气细颗粒物水溶性离子连续自动监测系统的方法原理与系统组成、技术性能要求、安装、调试与验收、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进行了规定。

本技术规定适用于离子色谱法对环境空气细颗粒物水溶性离子（Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻、Na⁺、NH₄⁺、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺）的连续自动监测。

2 规范性引用文件

本技术规定内容引用了下列文件或其中的条款。凡是不注明日期的引用文件，其有效版本适用于本技术规定。

HJ 212 污染物在线监控（监测）系统数据传输标准

HJ 655 环境空气颗粒物（PM₁₀和PM_{2.5}）连续自动监测系统安装和验收技术规范

HJ 799 环境空气 颗粒物中水溶性阴离子（F⁻、Cl⁻、Br⁻、NO₂⁻、NO₃⁻、PO₄³⁻、SO₃²⁻、SO₄²⁻）的测定 离子色谱法

HJ 800 环境空气 颗粒物中水溶性阳离子（Li⁺、Na⁺、NH₄⁺、K⁺、Ca⁺、Mg²⁺）的测定 离子色谱法

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

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本技术规定。

3.1

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

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。

3.2

水溶性阴离子 water-soluble inorganic anions

环境空气颗粒物样品，在不加化学试剂的情况下用去离子水溶解的阴离子。

3.3

水溶性阳离子 water-soluble inorganic cations

环境空气颗粒物样品，在不加化学试剂的情况下用去离子水溶解的阳离子。

4 方法原理与系统组成

4.1 方法原理

环境空气样品经切割器、采样管进入仪器，通过分离装置（溶蚀器），气体样品被吸收液吸收后进入样品收集单元，颗粒物样品经过高温蒸汽发生器，与水蒸气混合、吸湿长大，再进入样品收集单元。收集后的气体和颗粒物样品经过滤器进入阴、阳离子色谱系统，通过内标或外标定量分析其中的水溶性离子含量。

4.2 系统组成

水溶性离子连续自动监测系统由采样单元、分离吸收单元、样品收集单元、分析单元、废液收集单元、控制单元、淋洗液自动生成单元（可选配）等组成。

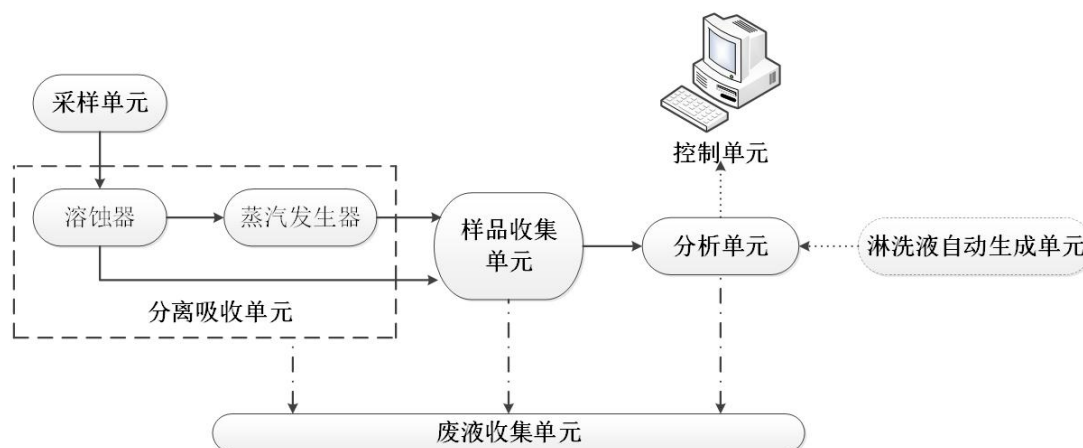


图1 环境空气颗粒物水溶性离子连续自动监测系统组成示意图

4.2.1 采样单元

采样单元由采样头、切割器、采样管、流量控制装置、采样泵等组成。主要功能为将环境空气颗粒物进行切割分离，并将气体和颗粒物样品输送至分离吸收单元。

4.2.2 分离吸收单元

分离吸收单元由溶蚀器、蒸汽发生器、冷凝装置、补液装置、管路、过滤器、泵等组成，用于气体和颗粒物样品的分离和吸收。气体和颗粒物样品通过溶蚀器分离，气体被溶液吸收从而捕集到气态的HCl、NH₃、SO₂、HNO₂、HNO₃，气体捕集效率应 $\geq 98\%$ ，颗粒物进入蒸汽发生器，吸湿长大后被吸收液吸收，颗粒物捕集效率应 $\geq 98\%$ ，经在线过滤器过滤后进入样品收集单元，过滤器孔径应 $\leq 1\ \mu\text{m}$ 。

4.2.3 样品收集单元

样品收集单元由收集装置、管路、电磁阀等组成。主要功能为通过收集装置（收集注射器或收集小瓶等）分别收集气体和颗粒物样品。

4.2.4 分析单元

分析单元由阴离子色谱系统和阳离子色谱系统组成，包含泵、色谱柱、抑制器、电导检测

器等。主要实现样品中水溶性离子的定性和定量分析。

4.2.5 废液收集单元

废液收集单元由废液管和收集容器组成。用于收集由分离吸收单元、样品收集单元、分析单元产生的废液。收集容器的容积应满足至少 7 d 的废液排放量。

4.2.6 控制单元

控制单元主要实现样品的连续分析和系统的不间断工作，可自动形成分析控制序列并具备数据实时传输功能。

4.2.7 淋洗液自动生成单元（可选配）

水溶性离子连续自动监测系统可选配淋洗液自动生成单元，实现淋洗液的自动配制。不具备淋洗液自动生成单元的仪器应人工配制淋洗液，每次配制的淋洗液量应满足至少 7 d 的连续运行。

5 技术性能要求

5.1 温度测量示值误差

仪器与标准温度计的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

仪器与标准气压计的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

环境空气样品采样体积 $\leq 1\text{ m}^3$ （工况），定容体积 $\leq 25\text{ ml}$ ，进样体积 $\leq 500\text{ }\mu\text{l}$ 时，水溶性离子连续自动监测系统测定 8 种水溶性离子（ Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} ）的检出限和测定下限见表 1。

表 1 8 种水溶性离子的检出限和测定下限

离子名称	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	Na^+	NH_4^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}
仪器检出限（mg/L）	0.003	0.005	0.006	0.005	0.005	0.005	0.004	0.003
仪器测定下限（mg/L）	0.012	0.02	0.024	0.02	0.02	0.02	0.016	0.012
方法检出限（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	0.09	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1
方法测定下限（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	0.36	0.8	1.2	1.2	1.2	1.2	0.8	0.4

5.5 校准曲线

校准曲线至少含 6 个校准点（包括零浓度），校准曲线线性相关系数 r 应 ≥ 0.995 。浓度范围见附录 A。

5.6 精密度

8 种水溶性离子中浓度、高浓度（ ≥ 0.1000 mg/L）精密度应 $\leq 5\%$ ，低浓度（ < 0.1000 mg/L）精密度应 $\leq 10\%$ 。

5.7 正确度

8 种水溶性离子的正确度应在 $\pm 10\%$ 范围内。

5.8 过滤器空白

8 种水溶性离子的过滤器空白应小于等于仪器检出限。

5.9 系统空白

8 种水溶性离子的系统空白应小于等于方法检出限。

6 安装、调试与验收

6.1 监测点位

监测点和仪器采样口位置应满足 HJ 655 中的相关要求。

6.2 监测站房及辅助设施

6.2.1 一般要求

站房内外环境等应满足 HJ 655 中的相关要求。

6.2.2 站房内环境条件

站房内应安装温湿度控制设备，站房内温度应控制在 (25 ± 5) °C 范围内，相对湿度应控制在 80% 以下，大气压应控制在 $(80 \sim 106)$ kPa 范围内。

注：低温、低压等特殊环境条件下，仪器的配置应满足当地环境条件的使用要求。

6.2.3 配电要求

站房供电系统采用三相五线供电，分相使用；站房供电系统应配有电源过压、过载和漏电保护装置，电源电压波动不超过 AC (220 ± 22) V，频率波动不超过 (50 ± 1) Hz；站房应有防雷电和防电磁波干扰的措施，应有良好的接地线路，接地电阻应 $< 4 \Omega$ ；有条件的站房可配备 UPS 电源。

6.2.4 其它要求

其他要求如下：

- a) 站房应配备专用的实验操作台面；
- b) 所需的试剂、耗材可根据 HJ 799 及 HJ 800 的相关要求配置；
- c) 站房应配备纯水机（净化后的去离子水电导率应 $\leq 0.055 \mu\text{S}/\text{cm}$, 25 °C）、超声波清洗机、移液管、烧杯、容量瓶等实验常用设备及器皿；
- d) 站房应配备通风装置（排风扇）或废气口，保持室内空气清洁，排风扇要求带防尘百叶窗；
- e) 站房应设置气瓶放置间（柜）并安全放置气瓶，在没有条件设置气瓶放置间（柜）时，应在特定位置放置气瓶并将其固定；站房内可安装气瓶漏气报警装置；
- f) 站房应配备冰箱（柜），确保标准溶液于 4 °C 以下冷藏、避光保存；
- g) 站房安装的冷暖式空调机出风口不能正对仪器和采样管，空调应具有来电自启功能；
- h) 站房应配置自动灭火装置。

6.3 安装

切割器、采样管、主机、辅助设备及数据采集与传输应满足 HJ 655 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。

6.4 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、用户或受委托的有检测能力的部门承担。

6.4.1 调试检测的一般要求

调试检测的一般要求如下：

- a) 在现场完成水溶性离子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 24 h~48 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，则应重新进行调试检测；
- d) 调试检测后应编制安装调试报告，安装调试报告格式参见附录 B。

6.4.2 调试检测指标和检测方法

调试检测指标及要求请根据表 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 °C 范围内	
2	大气压测量示值误差	在 ± 1 kPa 范围内	
3	采样流量	平均流量偏差	在 $\pm 5\%$ 范围内

续表

序号	调试检测指标		要求
3	采样流量	流量相对标准偏差	≤2%
		平均流量示值误差	在±2%范围内
4	仪器空白		小于等于仪器检出限
5	系统空白		小于等于方法检出限
6	校准曲线线性相关系数 r		≥0.995
7	精密度	中、高浓度 (≥0.1000 mg/L)	≤5%
		低浓度 (<0.1000 mg/L)	≤10%
8	正确度		相对误差在±10%范围内
9	检出限与测定下限		见表 1

a) 温度测量示值误差:

使用标准温度计读取并记录环境温度值,同时观察并记录仪器显示的环境温度值,两者之间的差值为仪器的温度测量示值误差。重复测量 3 次,测量示值误差的平均值应在±2℃范围内。

b) 大气压测量示值误差:

使用标准气压计读取并记录环境大气压值,同时观察并记录仪器显示的环境大气压值,两者之间的差值为仪器的大气压测量示值误差。重复测量 3 次,测量示值误差的平均值应在±1 kPa 范围内。

c) 采样流量:

取下采样头,将标准流量计的出气口通过流量测量适配器连接到待测仪器的进气口,待仪器显示的流量稳定后开始流量测试,连续测试 1 h,每隔 5 min 记录 1 次标准流量计和监测仪器的瞬时流量值(工况)。测试完成后,按公式(1)、(2)、(3)、(4)、(5)计算流量测试的相关指标。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。

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

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。

$$\bar{Q}_C = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{Ci} \quad (2)$$

式中: \bar{Q}_C ——测试期间仪器平均流量值, L/min;
 Q_{Ci} ——测试期间仪器瞬时流量值, 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。

$$\Delta Q_R = \frac{\bar{Q}_R - Q_S}{Q_S} \times 100\% \quad (3)$$

式中： ΔQ_R ——平均流量偏差，%；

\bar{Q}_R ——测试期间标准流量计平均流量值，L/min；

Q_S ——仪器设定的采样流量，L/min。

$$RSD_Q = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{Ri} - \bar{Q}_R)^2}{n-1}}}{\bar{Q}_R} \times 100\% \quad (4)$$

式中： RSD_Q ——流量相对标准偏差，%；

Q_{Ri} ——测试期间标准流量计瞬时流量值，L/min；

\bar{Q}_R ——测试期间标准流量计平均流量值，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。

$$Q_D = \frac{\bar{Q}_C - \bar{Q}_R}{\bar{Q}_R} \times 100\% \quad (5)$$

式中： Q_D ——平均流量示值误差，%；

\bar{Q}_C ——测试期间仪器平均流量值，L/min；

\bar{Q}_R ——测试期间标准流量计平均流量值，L/min。

d) 仪器空白：

采用手动进样的方式，将去离子水注入离子色谱仪进行仪器空白测试，连续测量 7 次，计算平均值作为仪器空白，各目标物的仪器空白应小于等于仪器检出限。

e) 系统空白：

采样管路连接零气发生器，确保接口不漏气，开启采样泵，待仪器稳定后按照环境样品测定程序进行测试，连续测量 7 h，计算平均值作为系统空白，各目标物的系统空白应小于等于方法检出限。

f) 校准曲线：

使用标准溶液配制至少含 6 个校准点（包括零浓度）的校准曲线。将仪器设置为手动进样，绘制校准曲线，校准曲线线性相关系数 r 应 ≥ 0.995 。

g) 精密度：

对校准曲线低、中、高 3 个浓度点的标准溶液分别测定不少于 6 次，记录测试结果，按公式 (6) 计算相对标准偏差，中浓度、高浓度 (≥ 0.1000 mg/L) 精密度应 $\leq 5\%$ ，低浓度 (< 0.1000 mg/L) 精密度应 $\leq 10\%$ 。

$$RSD = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}}{\bar{x}} \times 100\% \quad (6)$$

式中： RSD ——相对标准偏差，%；

x_i ——第 i 次测量浓度值， mg/L ；

\bar{x} ——多次测量浓度平均值， mg/L ；

n ——测量次数，($n \geq 6$)。

h) 正确度：

对校准曲线低、中、高 3 种浓度的标准溶液或使用有证标准物质配制的质控样，分别测定不少于 6 次，记录测试结果，按公式 (7) 计算测量均值与理论值的相对误差，正确度应在 $\pm 10\%$ 范围内。

$$d = \frac{\bar{Y}_i - X}{X} \times 100\% \quad (7)$$

式中： d ——相对误差，%；

\bar{Y}_i ——标准溶液 i 次测量的平均浓度值， mg/L ；

X ——标准溶液理论浓度值， mg/L ；

i ——测量次数，($i \geq 6$)。

i) 检出限和测定下限：

配制浓度为估计方法检出限值 3~5 倍的标准溶液，进行 n ($n \geq 7$) 次平行测定。计算 n 次平行测定的标准偏差，按公式 (8) 计算仪器检出限。仪器测定下限为仪器检出限的 4 倍。仪器检出限和测定下限见表 1。

$$MDL_1 = t_{(n-1,0.99)} \times S \quad (8)$$

式中： MDL_1 ——仪器检出限， mg/L ；

n ——标准溶液的平行测定次数，($n \geq 7$)；

S —— n 次平行测定的标准偏差， mg/L ；

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， $t_{(n-1,0.99)} = 3.143$ 。

根据样品采样体积、定容体积、仪器检出限，按公式 (9) 计算方法检出限。方法测定下限为方法检出限的 4 倍。

$$MDL_2 = MDL_1 \times V_0 / V \quad (9)$$

式中： MDL_2 ——方法检出限， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

MDL_1 ——仪器检出限， mg/L ；

V_0 ——定容体积， ml ；

V ——采样体积（工况），有分流比的仪器应按照实际进样体积计算， m^3 。

6.5 试运行

水溶性离子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，重新开始试运行。试运行结束时，按公式 (10) 计算系统数据获取率，数据获取率应 $\geq 90\%$ 。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。

$$R_a = \frac{T_i - T_f}{T_i} \times 100\% \quad (10)$$

式中： R_a ——数据获取率，%；

T_i ——试运行总小时数；

T_f ——系统故障小时数。

6.6 验收

6.6.1 验收准备与申请

6.6.1.1 验收准备

在申请验收前应做好以下准备工作：

- a) 提供水溶性离子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) 水溶性离子连续自动监测系统已至少连续稳定运行 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) 建立完整的水溶性离子连续自动监测系统的技术档案。

6.6.1.2 验收申请

水溶性离子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。

6.6.2 验收内容

6.6.2.1 性能指标验收

对采样流量、系统空白、精密度、正确度开展验收测试，相应的测试方法见 6.4，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	系统空白		小于等于方法检出限
3	精密度	中、高浓度 (≥0.1000 mg/L)	≤5%
		低浓度 (<0.1000 mg/L)	≤10%
4	正确度		相对误差在±10%范围内

6.6.2.2 联网验收

6.6.2.2.1 通信及数据传输验收

数据采集和传输设备与监测仪器之间的通信应稳定，不出现经常性的通信连接中断、报文丢失、报文不完整等通信问题。为保证监测数据在公共数据网上传输的安全性，应进行加密传输。

6.6.2.2.2 现场数据比对验收

对数据进行抽样检查，随机抽取试运行期间 7 d 的监测数据，对比上位机接收到的数据和现场机存储的数据，数据传输正确率应 $\geq 95\%$ 。

6.6.2.2.3 联网稳定性验收

在连续一个月内，数据采集和传输设备能稳定运行，不出现除通信稳定性、数据传输正确性以外的其他联网问题。

联网验收技术指标见表 4。

表 4 联网验收技术指标

验收检测项目	考核指标
通信稳定性	1. 现场机在线率为 90%以上； 2. 正常情况下，掉线后，应在 5 min 之内重新上线； 3. 单台数据采集传输仪每日掉线次数在 5 次以内； 4. 报文传输稳定性在 99%以上，当出现报文错误或丢失时，启动纠错逻辑，要求数据采集传输仪重新发送报文。
数据传输安全性	1. 对所传输的数据应按照 HJ 212 中规定的加密方法进行处理，保证数据传输的安全性； 2. 服务器端对请求连接的客户端进行身份验证。
通信协议正确性	现场机和上位机的通信协议应符合 HJ 212 的相关规定，正确率 100%。
数据传输正确性	随机抽取试运行期间 7 d 的监测数据，对比上位机接收到的数据和现场机存储的数据，数据传输正确率应 $\geq 95\%$ 。
联网稳定性	在连续一个月内，不出现除通信稳定性、数据传输正确性以外的其他联网问题。

6.6.2.3 相关制度、记录和档案验收

相关制度、记录和档案验收要求如下：

- a) 仪器操作和使用制度，包括仪器使用管理说明、系统运行操作规程等；
- b) 仪器质量保证和质量控制计划，包括日常巡检、定期维护、定期校验及校准、易损易耗品定期检查及更换等制度和相关记录；
- c) 仪器档案，包括仪器说明书、辅助器材及备品备件清单等档案。

6.6.3 验收报告

6.6.3.1 验收报告应附安装调试报告、试运行报告和联网证明。

6.6.3.2 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

水溶性离子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 仪器操作维护

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 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 ± 5) °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) 记录巡检情况。

7.2.2 监测仪器日常维护

7.2.2.1 每日维护

监测仪器每日维护工作要求如下：

- a) 每日检查仪器状态信息和监测数据情况，判断仪器运行状况，仪器状态信息包括采样流量、色谱柱压、柱温、电导率、目标物色谱峰出峰时间和峰宽等参数。如在仪器现场，需查看管路是否有气泡或漏液，溶蚀器滤膜是否有气泡，软件中设置的样品序列是否足够，淋洗液剩余体积是否少于淋洗液瓶容积的 1/5，如少于则及时更换淋洗液，每次更换淋洗液后应立即检查目标物的保留时间；
- b) 重污染天气预警（PM_{2.5} 或 PM₁₀ 为首要污染物）发布后 24 h 内对仪器开展 1 次各项参

数的全面检查，必要时进行校准，校准应避免重污染时段，重污染过程或沙尘影响结束后及时清理切割器，必要时进行校准；

c) 做好每日维护记录，并定期存档。

7.2.2.2 每周维护

监测仪器每周维护工作要求如下：

- a) 每周至少进行 1 次现场巡检，检查仪器运行状态；
- b) 每周检查监测仪器散热风扇污染情况，及时清洗；
- c) 每周检查户外滤水杯，及时清理积水；
- d) 每周检查蒸汽发生器水位是否正常、样品注射器是否充满样品、管路是否有气泡与漏液；
- e) 每周检查溶蚀器是否正常，当发现漏液、有气泡或污染时，应及时分析原因，更换滤头等耗材或备件，或及时检修；
- f) 每周至少更换一次颗粒物过滤器；以同心圆管作为溶蚀器的仪器，每两周至少更换一次气体过滤器；以平行板扩散管作为溶蚀器的仪器，如配有气体过滤器，每月至少更换一次气体过滤器；可根据仪器说明书要求及当地污染程度增加过滤器更换频率，新过滤器使用前应进行活化；
- g) 每周检查采样泵是否运转正常；
- h) 每周检查采样和排气管路是否有漏气或堵塞现象，流路管路是否洁净和畅通，及时发现并清除管路中的异物和气泡，必要时更换配件或耗材；
- i) 每周检查淋洗液和吸收液液位，液位低于容器容积的 1/5 应及时更换，若使用淋洗液自动发生器，应及时添加去离子水；每次更换淋洗液后应检查目标物的保留时间和背景电导率，查看保留时间漂移情况，如漂移超出 0.5 min，应重新更换（配制）淋洗液；
- j) 每周检查废液桶，及时清空废液；
- k) 每两周使用去离子水（电导率应 $\leq 0.055 \mu\text{S}/\text{cm}$ ，25 °C）检查仪器基线与空白响应情况，如目标物浓度高于仪器检出限，应及时排查后重新测试；
- l) 执行仪器说明书规定的其他周维护内容；
- m) 做好每周维护记录，并定期存档。

7.2.2.3 每月维护

监测仪器每月维护工作要求如下：

- a) 每月至少清洁 1 次采样头，若遇到重污染过程（PM_{2.5}或 PM₁₀为首要污染物）或沙尘天气，应在污染过程结束后及时清洁采样头；在植物飞絮、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；
- b) 每月至少进行 1 次原始数据备份；
- c) 每月至少进行 1 次系统清洗或更换管路、电磁阀等，并进行 1 次系统空白检查；
- 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 每季度维护

监测仪器每季度维护工作要求如下：

- a) 采用溶蚀器滤膜的仪器，每季度至少更换 1 次滤膜；
- b) 每季度至少清洗 1 次溶蚀器、蒸汽发生器及前处理内部管路（进行 1 次灭菌与清洗），根据当地污染程度可加大清洗频率；
- c) 执行仪器说明书规定的其他季度维护内容；
- d) 做好每季度维护记录，并定期存档。

7.2.2.5 每半年维护

监测仪器每半年维护工作要求如下：

- a) 每半年至少更换 1 次阴离子及阳离子色谱柱，根据实际使用情况可加大更换频率；日常维护中，当发现柱效下降较多，如 NO_3^- 和 SO_4^{2-} 色谱峰之间的分离度小于 1.2 时、 Na^+ 和 NH_4^+ 色谱峰之间的分离度小于 1.5 或钠离子和水负峰（系统峰）分离度小于 1.5 时，应及时更换相应的色谱柱；
- b) 每半年至少更换 1 次蠕动泵管和采样泵过滤器，根据实际情况可适当加大更换频率；
- c) 执行仪器说明书规定的其他半年维护内容；
- d) 做好每半年维护记录，并定期存档。

7.2.2.6 每年维护

监测仪器每年维护工作要求如下：

- a) 每年对仪器进行 1 次预防性维护，对采样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，包括重新绘制校准曲线、精密度、正确度测试等，确保仪器在维护前后数据的准确性和可比性；
- b) 执行仪器说明书规定的其他年度维护内容；
- c) 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误差应在 $\pm 5\%$ 范围内，且示值流量与实测流量的误差应在 $\pm 2\%$ 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标准温度计对仪器环境温度进行测量，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标准气压计对仪器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 中间浓度点检查

使用外标法定量的仪器，每周至少进行 1 次校准曲线中间浓度点检查，配制校准曲线中间浓度点的标准溶液进行测量，正确度应在 $\pm 10\%$ 范围内，否则应及时排查原因，重新测试至正确度达到要求。

8.1.5 校准曲线绘制

使用外标法定量的仪器，每月至少绘制 1 次校准曲线，校准曲线至少含 6 个校准点（包括零浓度），校准曲线线性相关系数 r 应 ≥ 0.995 。校准曲线浓度范围应根据实际环境浓度水平确定，可参考附录 A。当仪器更换定量环、色谱柱、抑制器等核心部件后，应及时绘制新的校准曲线，建立新的校准曲线后应更新样品序列。

8.1.6 正确度检查

每次绘制完校准曲线后，使用有证标准物质对所有目标物进行 1 次正确度测试，重复测量 3 次，正确度应在 $\pm 10\%$ 范围内，否则应及时排查原因，重新测试至正确度达到要求。

8.1.7 仪器空白检查

每月至少开展 1 次仪器空白检查，用聚四氟乙烯过滤膜封闭进样管路，在未启动采样泵的状态下进行空白测试，各目标物的仪器空白检查结果应小于等于仪器检出限，否则应及时排查问题，并重新测试仪器空白。每次重启系统后，应进行仪器空白检查。

8.1.8 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参数设置是否正常。若使用模拟信号输出，两者相差应 $\leq 0.005 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。模拟输出数据应与时间、量程范围相匹配。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溶液应使用有证标准物质配制。

9 数据有效性判断

数据有效性判断要求如下：

- 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；
- 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；
- 低浓度环境条件下仪器正常运行出现的零值或负值为有效数据，应采用二分之一方法检出限作为修正后的值参与统计；在仪器故障、运行不稳定或其他监测质量不受控情况下出现的零值或负值为无效数据，不参与统计；
- 计算各小时 8 种水溶性离子浓度之和，与 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度的时间序列变化趋势进行比较，并对 $\text{PM}_{2.5}$ 与离子浓度之和做相关性分析，严重偏离回归曲线的点应结合实际污染状况来判断是否为无效数据；
- 计算阴阳离子平衡关系，对于一段时间内（一个月或更长时间段）的监测数据，先计算每小时的阴、阳离子当量浓度，再进行线性回归分析，如回归曲线斜率在 0.8~1.2 之间，相关系数 ≥ 0.95 ，则表明该时段内的监测数据质量较好，对于严重偏离回归曲线的点需进一步结合当天污染情况、仪器状态参数和气象条件判定是否为无效数据；清洁时段（ $\text{PM}_{2.5} \leq 35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）、沙尘时段（ $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10} < 30\%$ ）及环境空气相对湿度超过 85% 的时段，回归曲线斜率可放宽至 0.6~1.4 之间；按公式（11）、（12）计算阴、阳离子当量浓度；

$$\text{AE} = \frac{[\text{Cl}^-]}{35.5} + \frac{[\text{NO}_3^-]}{62} + \frac{[\text{SO}_4^{2-}]}{48} \quad (11)$$

$$\text{CE} = \frac{[\text{Na}^+]}{23} + \frac{[\text{NH}_4^+]}{18} + \frac{[\text{K}^+]}{39} + \frac{[\text{Mg}^{2+}]}{12} + \frac{[\text{Ca}^{2+}]}{20} \quad (12)$$

式中：AE——阴离子当量浓度， $\mu\text{eq}/\text{m}^3$ ；

CE——阳离子当量浓度， $\mu\text{eq}/\text{m}^3$ 。

f) 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；

g) 对于保留时间漂移或积分错误的目标物峰，应进行重新手动积分，并回补数据。

10 废液处置

监测过程中产生的废液应集中收集，妥善保管，依法委托有资质的单位集中处理。

附录 A
(规范性附录)

水溶性离子连续自动监测系统校准曲线校准点设定

校准曲线校准点浓度范围应根据监测点位所在城市的 PM_{2.5} 浓度水平设定，表 A.1 为不同污染程度下的校准曲线校准点浓度参考值，监测工作中可根据实际情况进行调整，确保实际样品浓度不超出校准曲线浓度范围。

表 A.1 离子校准曲线浓度系列参考值

PM _{2.5} 浓度范围 (μg/m ³)	目标离子	标准系列浓度 (μg/L)					
<75	Cl ⁻ 、Na ⁺ 、K ⁺ 、Mg ²⁺ 、Ca ²⁺	0.0	5.0	10.0	20.0	40.0	80.0
	NO ₃ ⁻ 、SO ₄ ²⁻ 、NH ₄ ⁺	0.0	50.0	100.0	200.0	400.0	800.0
75~115	Cl ⁻ 、Na ⁺ 、K ⁺ 、Mg ²⁺ 、Ca ²⁺	0.0	50.0	100.0	200.0	400.0	800.0
	NO ₃ ⁻ 、SO ₄ ²⁻ 、NH ₄ ⁺	0.0	100.0	200.0	400.0	800.0	1600.0
>115	Cl ⁻ 、Na ⁺ 、K ⁺ 、Mg ²⁺ 、Ca ²⁺	0.0	50.0	100.0	200.0	400.0	800.0
	NO ₃ ⁻ 、SO ₄ ²⁻ 、NH ₄ ⁺	0.0	250.0	500.0	1000.0	2000.0	4000.0

注：上述浓度系列为采样体积 1 m³，定容体积 25 ml，定量环体积 500 μl。

(资料性附录)

水溶性离子连续自动监测系统安装调试报告

环境空气颗粒物水溶性离子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 环境空气颗粒物水溶性离子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 环境空气颗粒物水溶性离子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（3~15）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 环境空气颗粒物水溶性离子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 ²			
	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) °C；相对湿度≤80%；大气压 (80~106)			
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		
		站房是否有冰箱、试验台等配套辅助设施		
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 (1~2) 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 环境空气颗粒物水溶性离子连续自动监测系统调试检测记录表

项目	检测结果		是否符合要求		
			是√	否×	备注/其他
站点名称		仪器编号			
调试检测日期		检测人员			
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 (%)				
仪器空白 (mg/L)					
系统空白 (µg/m³)					
校准曲线线性相关系数 r					
精密度 (%)					
正确度 (%)					
检出限与测定下限					
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)

水溶性离子连续自动监测系统试运行报告

环境空气颗粒物水溶性离子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 环境空气颗粒物水溶性离子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	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)

水溶性离子连续自动监测系统验收报告

环境空气颗粒物水溶性离子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

环境空气颗粒物水溶性离子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：	
试运行完成时间：	
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	
水溶性离子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）	
质量保证和质量控制计划文档	
水溶性离子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 (%)				
精密度 (%)					
正确度 (%)					
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)

水溶性离子连续自动监测系统质控工作记录表

表 E.1 环境空气颗粒物水溶性离子连续自动监测系统日常质控工作记录表

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)				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								
目标离子	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
理论值 (mg/L)								
实测值 1 (mg/L)								
实测值 2 (mg/L)								
实测值 3 (mg/L)								
平均值 (mg/L)								

正确度 (%)								
是否合格								
仪器空白检查								
目标离子	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
仪器检出限 (mg/L)								
实测值 (mg/L)								
是否合格								

操作人：_____ 复核人：_____ 日期： 年 月 日

表 E.2 校准曲线绘制及校准曲线中间浓度点检查记录表

校准曲线绘制								校准曲线中间浓度点检查		
校准日期:								检查日期:		
() 离子 校准曲线	浓度点	1	2	3	4	5	6	理论值 (µg/ml)	实测值 (µg/ml)	相对误差 (%)
	浓度值 (µg/ml)									
	响应值 (µS*min)									
	曲线方程:				相关系数:					
() 离子 校准曲线	浓度点	1	2	3	4	5	6	理论值 (µg/ml)	实测值 (µg/ml)	相对误差 (%)
	浓度值 (µg/ml)									
	响应值 (µS*min)									
	曲线方程:				相关系数:					
() 离子 校准曲线	浓度点	1	2	3	4	5	6	理论值 (µg/ml)	实测值 (µg/ml)	相对误差 (%)
	浓度值 (µg/ml)									
	响应值 (µS*min)									
	曲线方程:				相关系数:					
() 离子 校准曲线	浓度点	1	2	3	4	5	6	理论值 (µg/ml)	实测值 (µg/ml)	相对误差 (%)
	浓度值 (µg/ml)									
	响应值 (µS*min)									
	曲线方程:				相关系数:					

校准曲线绘制								校准曲线中间浓度点检查		
校准日期:								检查日期:		
() 离子 校准曲线	浓度点	1	2	3	4	5	6	理论值 (µg/ml)	实测值 (µg/ml)	相对误差 (%)
	浓度值 (µg/ml)									
	响应值 (µS*min)									
	曲线方程:		相关系数:							
() 离子 校准曲线	浓度点	1	2	3	4	5	6	理论值 (µg/ml)	实测值 (µg/ml)	相对误差 (%)
	浓度值 (µg/ml)									
	响应值 (µS*min)									
	曲线方程:		相关系数:							
() 离子 校准曲线	浓度点	1	2	3	4	5	6	理论值 (µg/ml)	实测值 (µg/ml)	相对误差 (%)
	浓度值 (µg/ml)									
	响应值 (µS*min)									
	曲线方程:		相关系数:							
() 离子 校准曲线	浓度点	1	2	3	4	5	6	理论值 (µg/ml)	实测值 (µg/ml)	相对误差 (%)
	浓度值 (µg/ml)									
	响应值 (µS*min)									
	曲线方程:		相关系数:							

操作人: _____ 复核人: _____ 检查日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

附件 3

《环境空气颗粒物无机元素连续自动 监测技术规定》

中国环境监测总站

2021 年 11 月

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、调试与验收.....	4
7 系统日常运行维护.....	11
8 质量保证和质量控制.....	13
9 数据有效性判断.....	15
附录 A（规范性附录） 无机元素连续自动监测系统性能指标.....	16
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.....	17
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.....	22
附录 D（资料性附录） 无机元素连续自动监测系统验收报告.....	24
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.....	27

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，规范环境空气细颗粒物无机元素连续自动监测工作，制定本技术规定。

本技术规定针对环境空气细颗粒物无机元素连续自动监测系统的方法原理与系统组成、技术性能要求、安装、调试与验收、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进行了规定。

本技术规定附录 A 为规范性附录，附录 B~E 为资料性附录。

本技术规定由中国环境监测总站组织编制。

本技术规定主要起草单位及人员：

中国环境监测总站：刀谔、张显、孙家奇、侯书杰、孟晓艳、唐桂刚

江苏省南京环境监测中心：董晶晶、李洁、陆晓波

江苏省环境监测中心：杨丽莉

河南省生态环境监测中心：王玲玲、黄腾跃、王楠、王思维、马双良

上海市环境监测中心：段玉森、霍俊涛、林燕芬、李跃武、梁国平

本技术规定自下发之日起执行，如有相关标准发布则以标准要求为准。

本技术规定由中国环境监测总站解释。

环境空气颗粒物无机元素连续自动监测技术规定

1 适用范围

本技术规定针对环境空气细颗粒物无机元素连续自动监测系统的方法原理与系统组成、技术性能要求、安装、调试与验收、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进行了规定。

本技术规定适用于能量色散 X 射线荧光光谱法对环境空气细颗粒物中无机元素的连续自动监测。目标元素参见附录 A。

2 规范性引用文件

本技术规定引用了下列文件或其中的条款。凡是不注明日期的引用文件，其有效版本适用于本技术规定。

HJ 212 污染物在线监控（监测）系统数据传输标准

HJ 655 环境空气颗粒物（PM₁₀和PM_{2.5}）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（PM₁₀和PM_{2.5}）连续自动监测系统运行和质控技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本技术规定。

3.1

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

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。

3.2

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，采样体积被质量流量计测量，颗粒物样品被输送至分析单元，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 射线荧光进入探测器,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,得到样品中无机元素的含量。

4.2 系统组成

无机元素连续自动监测系统由样品采集单元、分析单元、控制单元、数据采集和传输单元、辅助设备等组成。

4.2.1 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

检测颗粒物中的无机元素含量,由 X 射线管、探测器、分析软件等组成。

4.2.3 控制单元

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

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

仪器与标准温度计的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

仪器与标准气压计的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 $\leq 5\%$;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 m³，22 种无机元素的检出限和测定下限见表 1。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。

表 1 22 种无机元素检出限和测定下限

序号	元素	仪器检出限	方法检出限	仪器测定下限	方法测定下限
		μg/cm ²	μg/m ³	μg/cm ²	μg/m ³
1	K	0.01	0.02	0.04	0.08
2	Ca	0.002	0.002	0.008	0.008
3	V	0.005	0.005	0.02	0.02
4	Cr	0.003	0.003	0.012	0.012
5	Mn	0.002	0.003	0.008	0.012
6	Co	0.002	0.002	0.008	0.008
7	Ni	0.0007	0.0007	0.0028	0.0028
8	Cu	0.003	0.003	0.012	0.012
9	Zn	0.003	0.003	0.012	0.012
10	As	0.002	0.002	0.008	0.008
11	Ag	0.004	0.005	0.016	0.02
12	Cd	0.006	0.006	0.024	0.024
13	Sn	0.004	0.004	0.016	0.016
14	Sb	0.003	0.004	0.012	0.016
15	Ba	0.003	0.003	0.012	0.012
16	Hg	0.004	0.004	0.016	0.016
17	Pb	0.003	0.003	0.012	0.012
18	Al	0.2	0.2	0.8	0.8
19	Si	0.06	0.06	0.24	0.24
20	Cl	0.02	0.02	0.08	0.08
21	Ti	0.003	0.003	0.012	0.012
22	Fe	0.004	0.004	0.016	0.016

5.5 精密度

环境空气颗粒物无机元素连续自动监测系统测定 22 种无机元素的精密度要求见表 2。

表 2 22 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、Ag、Cd、Sn、Sb、 Pb、Si、Ti、Fe	≤5%
≤10 μg/cm ²	Ni、Ba、Hg、Al、Cl	≤10%
>10 μg/cm ²	Ni、Ba、Hg、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≥0.99。

5.8 24 h 零点漂移

24 h 零点漂移应在±1.0 μg/cm² 范围内。

5.9 24 h 跨度漂移

24 h 跨度漂移应在±4.0 μg/cm² 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

22 种无机元素的系统空白应小于等于方法测定下限。

6 安装、调试与验收

6.1 监测点位

监测点和仪器采样口位置应满足 HJ 655 中的相关要求。

6.2 监测站房及辅助设施

监测站房、配电和辅助设施应满足 HJ 655 中的相关要求。

6.3 安装

切割器、采样管、主机、辅助设备、数据采集和传输设备等安装应满足 HJ 655 中的相关要求。

6.4 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，调试完成后性能指标应符合调试检测指标及要求。调试检测可由系统制造者、供应者、用户或受委托的有检测能力的部门承担。

6.4.1 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 24 h~48 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。

6.4.2 调试检测指标和检测方法

调试检测指标及要求请根据表 3 及以下相关规定执行。

表 3 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	≤5%
		平均流量示值误差	在±2%范围内
4	方法检出限		至少 80%的目标物能达到附录 A 的要求
5	精密度	浓度范围	元素
		/	K、Ca、V、Cr、Mn、Co、Cu、Zn、As、Ag、Cd、Sn、Sb、Pb、Si、Ti、Fe
		≤10 μg/cm ²	Ni、Ba、Hg、Al、Cl
		>10 μg/cm ²	Ni、Ba、Hg、Al、Cl
6	正确度		相对误差在±10%范围内
7	校准曲线线性相关系数 <i>r</i>		≥0.99
8	24 h 零点漂移		在±1.0 μg/cm ² 范围内
9	24 h 跨度漂移		在±4.0 μg/cm ² 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		小于等于方法测定下限

注：“/”代表不区分浓度范围。

a) 温度测量示值误差:

使用标准温度计读取并记录环境温度值,同时观察并记录仪器显示的环境温度值,两者之间的差值为仪器的温度测量示值误差。重复测量3次,测量示值误差的平均值应在 $\pm 2^\circ\text{C}$ 范围内。

b) 大气压测量示值误差:

使用标准气压计读取并记录环境大气压值,同时观察并记录仪器显示的环境大气压值,两者之间的差值为仪器的大气压测量示值误差。重复测量3次,测量示值误差的平均值应在 $\pm 1\text{ kPa}$ 范围内。

c) 采样流量:

取下采样头,将标准流量计的出气口通过流量测量适配器连接到待测仪器的进气口,待仪器显示的流量稳定后开始流量测试,连续测试1h,每隔5min记录一次标准流量计和监测仪器的瞬时流量值(工况)。测试完成后,按公式(1)、(2)、(3)、(4)、(5)计算流量测试的相关指标。平均流量偏差应在 $\pm 5\%$ 范围内,流量相对标准偏差应 $\leq 5\%$,平均流量示值误差应在 $\pm 2\%$ 范围内。

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

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。

$$\bar{Q}_C = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_{Ci} \quad (2)$$

式中: \bar{Q}_C ——测试期间仪器平均流量值, L/min;
 Q_{Ci} ——测试期间仪器瞬时流量值, 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。

$$\Delta Q_R = \frac{\bar{Q}_R - Q_S}{Q_S} \times 100\% \quad (3)$$

式中: ΔQ_R ——平均流量偏差, %;
 \bar{Q}_R ——测试期间标准流量计平均流量值, L/min;
 Q_S ——仪器设定的采样流量, L/min。

$$RSD_Q = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{Ri} - \bar{Q}_R)^2}{n-1}}}{\bar{Q}_R} \times 100\% \quad (4)$$

式中: RSD_Q ——流量相对标准偏差, %;
 Q_{Ri} ——测试期间标准流量计瞬时流量值, L/min;
 \bar{Q}_R ——测试期间标准流量计平均流量值, 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。

$$Q_D = \frac{\bar{Q}_C - \bar{Q}_R}{\bar{Q}_R} \times 100\% \quad (5)$$

式中: Q_D ——平均流量示值误差, %;

\bar{Q}_C ——测试期间仪器平均流量值, L/min;

\bar{Q}_R ——测试期间标准流量计平均流量值, L/min。

d) 检出限:

待仪器运行稳定后, 放入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 (6) 计算仪器检出限。

$$MDL_1 = t_{(n-1, 0.99)} \times S \quad (6)$$

式中: MDL_1 ——仪器检出限, $\mu\text{g}/\text{cm}^2$;

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, $\mu\text{g}/\text{cm}^2$;

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, $t_{(n-1, 0.99)} = 3.143$ 。

根据滤膜采样面积、采样体积、仪器检出限, 按公式 (7) 计算方法检出限。至少 80% 的目标物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。

$$MDL_2 = MDL_1 \times A / V \quad (7)$$

式中: MDL_2 ——方法检出限, $\mu\text{g}/\text{m}^3$;

MDL_1 ——仪器检出限, $\mu\text{g}/\text{cm}^2$;

A ——滤膜采样面积, cm^2 ;

V ——采样体积 (工况), m^3 。

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 (8) 计算测量结果的相对标准偏差, RSD 值应满足附录 A 的要求。

$$RSD = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}}{\bar{x}} \times 100\% \quad (8)$$

式中: RSD ——相对标准偏差, %;

x_i ——标准膜第 i 次测量结果, $\mu\text{g}/\text{cm}^2$;

\bar{x} ——标准膜 n 次测量结果的平均值, $\mu\text{g}/\text{cm}^2$;

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 (9) 计算每天的正确度。正确度应在 $\pm 10\%$ 范围内。

$$d = \frac{\bar{Y}_i - X}{X} \times 100\% \quad (9)$$

式中： d ——相对误差，%；

\bar{Y}_i ——标准膜 i 次测量的平均浓度值， $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ；

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

i ——测试天数，($i=1\sim 3$)。

g) 校准曲线：

校准曲线至少含 4 个校准点（包括零浓度），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 ≥ 0.99 。

h) 24 h 零点漂移：

连续 7 天，每天在相同时刻开始对空白纸带进行 3 次重复测量，计算当天 3 次测量结果的均值，按公式（10）计算当天的 24 h 零点漂移。7 天的 24 h 零点漂移应在 $\pm 1.0 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 范围内。

$$ZD_n = Z_n - Z_{n-1} \quad (10)$$

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

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

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

n ——测量天数，($n=2\sim 7$)。

i) 24 h 跨度漂移：

连续 7 天，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（11）计算当天的 24 h 跨度漂移。7 天的 24 h 跨度漂移应在 $\pm 4.0 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 范围内。

$$SD_n = M_n - M_{n-1} \quad (11)$$

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

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

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

n ——测量天数，($n=2\sim 7$)。

j) 元素特征 X 射线能量：

连续 7 天，每天在相同时刻进行 3 次元素特征 X 射线能量测量，计算当天 3 次测量结果的均值，并按公式（12）计算当天的元素特征 X 射线能量相对误差。取 7 天中最大相对误差作为元素特征 X 射线能量的相对误差结果，应在 $\pm 0.5\%$ 范围内。

$$R_i = \frac{\bar{E}_i - E_0}{E_0} \times 100\% \quad (12)$$

式中： R_i ——第 i 天元素特征 X 射线能量的相对误差，%；

\bar{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_{2.5} 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, 保证流量符合附录 A 的要求。在正常采样条件下, 连续测量 7 h, 计算均值作为系统空白。系统空白应满足附录 A 的要求。

6.5 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, 重新开始试运行。试运行结束时, 按公式 (13) 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。

$$R_a = \frac{T_t - T_f}{T_t} \times 100\% \quad (13)$$

式中: R_a ——数据获取率, %;

T_t ——试运行总小时数;

T_f ——系统故障小时数。

6.6 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。

6.6.1 验收准备与申请

6.6.1.1 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。

6.6.1.2 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。

6.6.2 验收内容

6.6.2.1 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 6.4, 测试结果应符合表 4 的要求。

表 4 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：≤5%； 平均流量示值误差：在±2%范围内。		
2	精密度	浓度范围	元素	RSD
		/	K、Ca、V、Cr、Mn、Co、Cu、Zn、As、 Ag、Cd、Sn、Sb、Pb、Si、Ti、Fe	≤5%
		≤10 μg/cm ²	Ni、Ba、Hg、Al、Cl	≤10%
		>10 μg/cm ²	Ni、Ba、Hg、Al、Cl	≤5%
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 ² 范围内		
5	24 h 跨度漂移	在±4.0 μg/cm ² 范围内		
6	系统空白	小于等于方法测定下限		
注：“/”代表不区分浓度范围。				

6.6.2.2 联网验收

联网验收由通信及数据传输验收、现场数据比对验收和联网稳定性验收三部分组成。

a) 通信及数据传输验收：

数据采集和传输设备与监测仪器之间的通信应稳定，不出现经常性的通信连接中断、报文丢失、报文不完整等通信问题。为保证监测数据在公共数据网上传输的安全性，应进行加密传输。

b) 现场数据比对验收：

对数据进行抽样检查，随机抽取试运行期间 7 d 的监测数据，对比上位机接收到的数据和现场机存储的数据，数据传输正确率应≥95%。

c) 联网稳定性验收：

在连续一个月内，数据采集和传输设备能稳定运行，不出现除通信稳定性、数据传输正确性以外的其他联网问题。联网验收技术指标见表 5。

表 5 联网验收技术指标

验收检测项目	考核指标
通信稳定性	1. 现场机在线率为 90%以上； 2. 正常情况下，掉线后，应在 5 min 之内重新上线； 3. 单台数据采集传输仪每日掉线次数在 5 次以内； 4. 报文传输稳定性在 99%以上，当出现报文错误或丢失时，启动纠错逻辑，要求数据采集传输仪重新发送报文。

续表

验收检测项目	考核指标
数据传输安全性	1. 对所传输的数据应按照 HJ 212 中规定的加密方法进行处理, 保证数据传输的安全性; 2. 服务器端对请求连接的客户端进行身份验证。
通信协议正确性	现场机和上位机的通信协议应符合 HJ 212 中的相关规定, 正确率 100%。
数据传输正确性	随机抽取试运行期间 7 d 的监测数据, 对比上位机接收到的数据和现场机存储的数据, 数据传输正确率应 $\geq 95\%$ 。
联网稳定性	在连续一个月内, 不出现除通信稳定性、数据传输正确性以外的其他联网问题。

6.6.2.3 相关制度、记录和档案验收

相关制度、记录和档案验收要求如下:

- a) 仪器操作和使用制度, 包括仪器使用管理说明、系统运行操作规程等;
- b) 仪器质量保证和质量控制计划, 包括日常巡检、定期维护、定期校验及校准、易损易耗品定期检查及更换等制度和相关记录;
- c) 仪器档案, 包括仪器说明书、辅助器材及备品备件清单等档案。

6.6.3 验收报告

6.6.3.1 验收报告应附安装调试报告、试运行报告和联网证明。

6.6.3.2 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 仪器操作维护

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 ± 5) °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) 记录巡检情况。

7.2.2 监测仪器日常维护

7.2.2.1 每日维护

每日维护以远程监控为主，内容如下：

- 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；
- b) 检查监测数据采集与传输情况，如发现未及时上传，需及时恢复正常传输；
- c) 重污染天气预警（PM_{2.5} 或 PM₁₀ 为首要污染物）发布后 24 h 内对仪器开展 1 次各项参数的全面检查，必要时进行校准，校准应避免重污染时段，重污染过程或沙尘天气结束后及时清理切割器，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

每周维护内容如下：

- 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

每月维护内容如下：

- 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，若遇到重污染过程（PM_{2.5} 或 PM₁₀ 为首要污染物）或沙尘天气，应在污染过程结束后及时清洁采样头；在植物飞絮、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

每年维护内容如下：

- 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，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误差应在±5%范围内，且示值流量与实测流量的误差应在±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标准温度计对仪器环境温度进行测量,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标准气压计对仪器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,不同能级或档位中至少选取 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。

每半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 80%的目标物实测值与理论值的相对误差应在 $\pm 10\%$ 范围内,否则应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标准湿度计对仪器环境湿度进行测量,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

每次更换纸带后进行空白检查,要求至少 80%的目标物空白检查结果应小于等于仪器检出限,所有目标物空白检查结果应小于等于仪器测定下限,否则更换纸带,至空白满足要求。

8.1.7 元素特征 X 射线能量检查

每月至少对仪器进行 1 次元素特征 X 射线能量检查,要求元素特征 X 射线能量相对误差应在 $\pm 0.5\%$ 范围内,否则应进行能量校准。

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 ≥ 0.99 ,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。若使用模拟信号输出,两者相差应 $\leq 0.005\text{ ng/m}^3$ 。模拟输出数据应与时间、量程范围相匹配。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。

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为有效数据，应采用修正后的值 0.0 ng/m^3 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；如采样时长 $\leq 1 \text{ h}$ ，多种元素的监测结果均低于方法检出限，则可适当延长采样时长；
- 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)

无机元素连续自动监测系统性能指标

表 A.1 无机元素连续自动监测系统性能指标

序号	检测项目		检测指标	目标元素	
1	温度测量示值误差		在±2℃范围内	K(钾)、Ca(钙)、V(钒)、Cr(铬)、Mn(锰)、Co(钴)、Ni(镍)、Cu(铜)、Zn(锌)、As(砷)、Ag(银)、Cd(镉)、Sn(锡)、Sb(锑)、Ba(钡)、Hg(汞)、Pb(铅)、Al(铝)、Si(硅)、Cl(氯)、Ti(钛)、Fe(铁), 22种无机元素	
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	≤5%		
		平均流量示值误差	在±2%范围内		
4	方法检出限 (μg/m ³)	K(0.02)、Ca(0.002)、V(0.005)、Cr(0.003)、Mn(0.003)、Co(0.002)、Ni(0.0007)、Cu(0.003)、Zn(0.003)、As(0.002)、Ag(0.005)、Cd(0.006)、Sn(0.004)、Sb(0.004)、Ba(0.003)、Hg(0.004)、Pb(0.003)、Al(0.2)、Si(0.06)、Cl(0.02)、Ti(0.003)、Fe(0.004)			
5	方法测定下限 (μg/m ³)	K(0.08)、Ca(0.008)、V(0.02)、Cr(0.012)、Mn(0.012)、Co(0.008)、Ni(0.0028)、Cu(0.012)、Zn(0.012)、As(0.008)、Ag(0.02)、Cd(0.024)、Sn(0.016)、Sb(0.016)、Ba(0.012)、Hg(0.016)、Pb(0.012)、Al(0.8)、Si(0.24)、Cl(0.08)、Ti(0.012)、Fe(0.016)			
6	精密度	浓度范围	元素		RSD
		/	K、Ca、V、Cr、Mn、Co、Cu、Zn、As、Ag、Cd、Sn、Sb、Pb、Si、Ti、Fe		≤5%
		≤10 μg/cm ²	Ni、Ba、Hg、Al、Cl		≤10%
		>10 μg/cm ²	Ni、Ba、Hg、Al、Cl		≤5%
7	正确度		相对误差在±10%范围内		
8	校准曲线线性相关系数 <i>r</i>		≥0.99		
9	24 h 零点漂移		在±1.0 μg/cm ² 范围内		
10	24 h 跨度漂移		在±4.0 μg/cm ² 范围内		
11	系统空白		小于等于方法测定下限		
12	元素特征 X 射线能量相对误差		在±0.5%范围内	参照仪器 设定元素	

注：“/”代表不区分浓度范围。

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(3~15)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1m		
	采样口是否高于实体围栏0.5m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1m		
其它情况			
小结			

表 B.3 环境空气颗粒物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 ²			
	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（80~106）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（1~2）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 ³)					
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 ³)					
24 h 零点漂移 (μg/cm ²)					
24 h 跨度漂移 (μg/cm ²)					
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	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：	
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	
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）	
质量保证和质量控制计划文档	
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 ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	实测值 ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	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 ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)		仪器检出限 ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)		仪器测定下限 ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)		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
