

HJ

中华人民共和国国家生态环境标准

HJ 1327—2023

环境空气颗粒物（PM_{2.5}）中有机碳和 元素碳连续自动监测技术规范

Technical specifications for continuous automated monitoring of organic carbon and elemental carbon in ambient air particulate matter (PM_{2.5})

本电子版为正式标准文本，由生态环境部环境标准研究所审校排版。

2023-12-05 发布

2024-07-01 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.....	2
5 技术性能要求.....	4
6 安装、调试、试运行与验收.....	5
7 系统日常运行维护.....	9
8 质量保证和质量控制.....	12
9 数据有效性判断.....	14
附录 A（资料性附录） 有机碳和元素碳连续自动监测系统安装调试报告.....	15
附录 B（资料性附录） 有机碳和元素碳连续自动监测系统试运行报告.....	21
附录 C（资料性附录） 有机碳和元素碳连续自动监测系统验收报告.....	23
附录 D（资料性附录） 有机碳和元素碳连续自动监测系统质控工作记录表.....	26

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_{2.5}）中有机碳和元素碳连续自动监测工作，制定本标准。

本标准规定了环境空气颗粒物（PM_{2.5}）中有机碳和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、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。

本标准的附录 A～附录 D 为资料性附录。

本标准为首次发布。

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、上海市环境监测中心、江苏省南京环境监测中心和河南省生态环境监测和安全中心。

本标准生态环境部 2023 年 12 月 5 日批准。

本标准自 2024 年 7 月 1 日起实施。

本标准由生态环境部解释。

环境空气颗粒物（PM_{2.5}）中有机碳和元素碳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_{2.5}）中有机碳和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、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。

本标准适用于采用热学-光学校正法或热学-光学衰减法的环境空气颗粒物（PM_{2.5}）中有机碳和元素碳连续自动监测系统。

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 653	环境空气颗粒物（PM ₁₀ 和PM _{2.5} ）连续自动监测系统技术要求及检测方法
HJ 655	环境空气颗粒物（PM ₁₀ 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（PM ₁₀ 和PM _{2.5} ）连续自动监测系统运行和质控技术规范
QX/T 508	大气气溶胶碳组分膜采样分析规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

颗粒物（粒径 $\leq 2.5 \mu\text{m}$ ） particulate matter; PM_{2.5}
环境空气中空气动力学直径 $\leq 2.5 \mu\text{m}$ 的颗粒物，也称细颗粒物。

3.2

有机碳 organic carbon; OC
环境空气颗粒物中烃、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
环境空气颗粒物中高聚合的、黑色的，在 400 °C 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
环境空气颗粒物中 OC 和 EC 的总和。

3.5

光学裂解碳 optical pyrolyzed carbon; OPC
在高温下裂解转化成 EC 的 OC，通过光学方法测定。

3.6

仪器空白 instrument blank

考察分析单元的空白情况，不接入样品采集单元及前处理单元，仅针对分析单元按照实际监测过程的条件设置测试得到的空白值。

3.7

系统空白 system blank

考察从采样到测试全流程的空白情况，一般为采用高效过滤器（性能要求为 $0.3\ \mu\text{m}$ 颗粒物过滤效率 $\geq 99.9\%$ ）或零点气接入采样系统，按照实际监测过程的条件设置测试得到的空白值。

3.8

实际状态 ambient state

温度为实际环境温度，压力为实际环境大气压时的状态。本标准中环境空气颗粒物 OC、EC 的浓度值均为实际状态浓度值。

4 方法原理与系统组成

4.1 方法原理

有机碳和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：用热氧化法直接测定颗粒物中 OC、EC 的含量。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，无氧环境中（如纯氮气环境等）OC 转化为 CO_2 及少量 OPC，在有氧环境中（如氮/氧混合气环境等）OPC 与 EC 转化为 CO_2 ，利用非色散红外检测器（NDIR）检测不同阶段生成的 CO_2 。将反射激光或透射激光的光强信号恢复到初始值的时间点作为 OC、EC 的分割点，即分割点之前检测到的为 OC，之后检测到的为 EC。OC、EC 分析阶段结束后，检测内标物 CH_4 生成的 CO_2 含量，与 OC 和 EC 分析阶段测定所得的 CO_2 含量，按内标或校准曲线定量得到 OC、EC 的质量，再根据采样体积计算浓度。

热学-光学衰减法：用热氧化法直接测定颗粒物中 TC 的含量，用光学衰减法间接测定 EC 的含量，由 TC 减去 EC 得到 OC 的含量。一路环境空气通过样品采集单元，颗粒物被滤膜截留，高温条件下，在干洁环境空气中 TC 转化为 CO_2 ，利用 NDIR 检测 CO_2 ，计算得到 TC 的含量；另一路环境空气通过样品采集单元，颗粒物被纸带截留，通过测定颗粒物样品的光学衰减率得到黑碳（BC）的含量，再计算样品中 EC 的含量。

4.2 系统组成

4.2.1 样品采集单元

样品采集单元由采样入口、切割器、采样管、溶蚀器等组成，主要功能为切割分离环境空气颗粒物，并将颗粒物输送到分析单元。切割器性能应满足 HJ 653 中的相关要求。溶蚀器可以去除进入样品采集单元的挥发性有机物或半挥发性有机物。

4.2.2 分析单元

4.2.2.1 反应炉

反应炉主要功能为按照设定的温度将颗粒物样品中的碳转化为 CO_2 。其中热学-光学校正法的反应

炉包括样品炉和氧化炉。

4.2.2.2 CO₂浓度检测器

CO₂浓度检测器主要功能为测定 OC、EC、CH₄ 内标物氧化产物 CO₂ 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。光发射器持续向采样滤膜发射一束或多束光，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

热学-光学校正法的内标物定量环用于截取固定体积的内标物 CH₄。

4.2.3 数据处理单元

数据处理单元主要功能为数据的显示、采集、计算、储存和传输。

4.2.4 辅助设备及试剂、耗材

4.2.4.1 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 μm 颗粒物的截留效率≥99.7%，TC 本底值应≤0.1 μg/cm²。热学-光学校正法使用石英滤膜，热学-光学衰减法使用石英滤膜（测定 TC）及玻璃纤维纸带（测定 EC）。

4.2.4.2 辅助气体

热学-光学校正法仪器配置氦气（纯度≥99.999%）、氦/氧混合气（氦气 90%、氧气 10%）、氦/甲烷混合气（氦气 95%、甲烷 5%）3 种辅助气体（也可使用其他高纯度惰性气体代替氦气），气瓶压力应≥2 MPa。氦气需同时配备除氧器，氦气和氦/氧混合气中的碳氢化合物及 CO₂ 含量应≤1 μmol/mol。热学-光学衰减法仪器以干洁环境空气作为辅助气体。

4.2.4.3 实验用水

实验用水为新制备的去除二氧化碳的纯水，电阻率应≥18 MΩ·cm（25 ℃），用于配制蔗糖标准溶液等。

4.2.4.4 标准膜

标准膜可用于校准仪器，测定 TC 的含量。优先使用可溯源至权威计量机构的标准膜。

4.2.4.5 标准溶液

在不具备标准膜时可使用蔗糖或邻苯二甲酸氢钾试剂配制标准溶液校准仪器。蔗糖（C₁₂H₂₂O₁₁）或邻苯二甲酸氢钾（C₈H₅O₄K）：优级纯。标准溶液配制方法参见 QX/T 508 中的相关要求。

4.2.4.6 溶蚀器碳膜（块）

溶蚀器碳膜（块）为溶蚀器内所需的耗材，可吸收环境空气中的气态挥发性有机物或半挥发性有机物，吸收效率应≥70%。

5 技术性能要求

仪器安装、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涉及到的相关指标应符合表 1 的要求。

表 1 技术性能指标及要求

序号	技术性能指标		要求
1	温度	示值误差	在±2℃范围内
2	大气压	示值误差	在±1kPa范围内
3	采样流量	平均流量相对误差	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	线性相关系数	≥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	溶蚀器吸收效率		≥70%
6	热学-光学校正法 三峰测试	相对标准偏差	≤5%
7	TC 检出限		≤1 μg/m ³
8	仪器空白		TC 仪器空白≤0.3 μg
9	系统空白	热学-光学校正法	TC 系统空白≤2 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
10	校准曲线	线性相关系数	≥0.995
		斜率	$0.9 \leq k \leq 1.1$
		截距	$-1 \mu\text{g} \leq b \leq 1 \mu\text{g}$
11	精密度	相对标准偏差	≤5%
12	正确度	相对误差	在±10%范围内
13	热学-光学校正法 实际升温程序温度	偏差	在±10%范围内
注：上述流量均为体积流量。			

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 及以下要求：

- a) 配备冰箱（柜），确保标准溶液及标准膜能够于 4℃ 以下冷藏；
- b) 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；
- c) 站房温度应在 25℃±5℃ 范围内，相对湿度应不高于 80%。

6.1.3 监测仪器安装

监测仪器安装应符合 HJ 655、仪器说明书及以下要求：

- a) 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；
- b) 采样管需加装集水装置；
- c) 采样管及溶蚀器要有保温措施，防止出现冷凝水。

6.1.4 数据采集和传输

监测仪器安装后应联网，数据采集和传输应满足 HJ 655 中的相关要求。

6.2 调试

6.2.1 调试检测的一般要求

监测系统在完成安装并正常运行后应调试检测。调试检测可由系统制造者、供应者、用户或受托的具有检测能力的机构承担。调试检测的一般要求如下：

- a) 系统连续运行 168 h 后，开始调试检测；
- b) 如果因系统故障、断电等原因造成调试检测中断，则需对未完成的指标重新调试检测；
- c) 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。

6.2.2 调试检测指标和检测方法

6.2.2.1 调试检测指标

调试检测指标及要求应根据表 1 中的相关规定执行。

6.2.2.2 调试检测方法

6.2.2.2.1 温度测量示值误差

测量方法应满足 HJ 655 的相关要求。

6.2.2.2.2 大气压测量示值误差

测量方法应满足 HJ 655 的相关要求。

6.2.2.2.3 采样流量

测试方法应满足 HJ 655 的相关要求。

6.2.2.2.4 辅助气体流量

将标准流量计接入辅助气体气路，辅助气体设置不少于 4 种流量（包括零点），分别测试流量，其中设置的最大流量应大于实际监测中辅助气体的工作流量，待流量稳定后开始测试，每隔 5 min 测量 1 次，每种流量至少重复测量 3 次。将设定流量与实测流量均值建立校准曲线。

6.2.2.2.5 溶蚀器吸收效率

完成系统空白测试后，仍然将颗粒物高效过滤器安装在采样口，并取出溶蚀器中的碳膜（块）或拆下溶蚀器用不锈钢或导电橡胶管代替连接，启动仪器正常采样分析，连续测量 n ($n \geq 7$) 次，按公式（1）、（2）计算溶蚀器吸收效率。

$$\bar{m}_b = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_{b,i} \quad (1)$$

式中： \bar{m}_b ——测试期间的 TC 平均浓度值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

n ——测量次数；

$m_{b,i}$ ——第 i 次测定的 TC 浓度值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

$$I = \frac{(\bar{m}_b - \bar{m}_0)}{\bar{m}_b} \times 100\% \quad (2)$$

式中： I ——溶蚀器吸收效率，%；

\bar{m}_b ——测试期间的 TC 平均浓度值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

\bar{m}_0 ——测试期间的 TC 系统空白平均浓度值， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

6.2.2.2.6 三峰测试

仪器执行三峰测试程序，在测试过程中的无氧、有氧和内标 3 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。重复测量不少于 6 次，按公式（3）计算每次测量中三个阶段的 CO_2 峰面积相对标准偏差。

$$\text{RSD}' = \frac{\sqrt{\sum_{j=1}^3 (A_j - \bar{A})^2 / 2}}{\bar{A}} \times 100\% \quad (3)$$

式中： RSD' ——三个阶段 CO_2 峰面积的相对标准偏差，%；

A_j ——测试中第 j 阶段 CO_2 峰面积的测定值；

\bar{A} ——测试中三个阶段 CO_2 峰面积的平均值；

j ——无氧、有氧、内标三个阶段的编号，（ $j=1, 2, 3$ ）。

6.2.2.2.7 TC 检出限

在采样口安装颗粒物高效过滤器，确保接口不漏气，开启采样泵，待仪器运行稳定后，对空白滤膜（或纸带）按照环境样品的仪器条件连续测量 n ($n \geq 7$) 次，按公式（4）计算方法检出限。

$$MDL = t_{(n-1,0.99)} \times S \quad (4)$$

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

n ——空白样品的平行测量次数；

S —— n 次平行测定的标准偏差， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

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% 时的 t 值可参考表 2 取值。

表 2 t 值表

平行测量次数 (n)	自由度 ($n-1$)	$t_{(n-1,0.99)}$
7	6	3.143
8	7	2.998
9	8	2.896
10	9	2.821
11	10	2.764
16	15	2.602
21	20	2.528

6.2.2.2.8 仪器空白

在不采样的情况下，按照环境样品的仪器条件测定空白滤膜（或纸带）TC 值。

6.2.2.2.9 系统空白

在采样口安装颗粒物高效过滤器，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，按照环境样品的仪器条件测试 TC 系统空白，连续测量 n ($n \geq 7$) 次，计算平均值作为 TC 系统空白。热学-光学衰减法的 EC 系统空白可与 TC 系统空白同时测试，连续测量 n ($n \geq 7$) 次，计算 EC 平均值作为 EC 系统空白。在系统空白测试前，需清洁采样管路、更换溶蚀器碳膜（块）、更换老化的反应炉部件，检查气密性，避免上述因素造成系统空白异常。

6.2.2.2.10 校准曲线

建立至少含 6 个校准点（包括零浓度）的校准曲线，通常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标准溶液滴加至空白滤膜上，待膜片上水分完全挥发后建立校准曲线，或者使用不同浓度的标准膜建立校准曲线。将仪器设置为手动进样，建立校准曲线。

6.2.2.2.11 精密度

至少配制 6 组含碳量约为 10.0 μg 的标准样品，待仪器运行稳定后，按照环境样品的仪器条件测试，按公式（5）计算相对标准偏差。

$$RSD = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (m_{a,i} - \bar{m}_a)^2 / (n-1)}}{\bar{m}_a} \times 100\% \quad (5)$$

式中：RSD——标准样品测定结果的相对标准偏差，%；

$m_{a,i}$ ——第 i 个标准样品的实测值，μg；

\bar{m}_a ——标准样品 n 次测定结果的平均值，μg；

n ——测量次数，（ $n \geq 6$ ）。

6.2.2.2.12 正确度

至少配制 6 组含碳量约为 10.0 μg 的标准样品，按照环境样品的仪器条件测试，按公式（6）计算相对误差。

$$RE = \frac{\bar{m}_a - m}{m} \times 100\% \quad (6)$$

式中：RE——标准样品测定均值与理论值的相对误差，%；

\bar{m}_a ——标准样品 n 次（ $n \geq 6$ ）测定的平均值，μg；

m ——标准样品理论浓度值，μg。

6.2.2.2.13 实际升温程序温度偏差

热学-光学校正法的仪器，按照环境样品的仪器条件测试 1 次，计算反应炉在每个升温阶段实际可达的温度与升温程序设定的温度的偏差。

6.3 试运行

有机碳和元素碳连续自动监测系统在现场完成安装、调试后投入试运行。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。试运行结束后，按公式（7）计算数据获取率，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。试运行期间应正常开展日常运行维护，试运行总小时数不包括电力中断及日常运行维护造成的数据中断小时数。

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

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

6.4.1 验收条件

在申请验收前应具备以下验收条件：

- a) 有机碳和元素碳连续自动监测系统完成安装、调试及试运行，出具试运行监测数据报表，并完

成安装调试报告、试运行报告的编制，具备联网说明；

- b) 完成质量保证和质量控制计划文档的编制；
- c) 建立完整的有机碳和元素碳连续自动监测系统的技术档案，包括仪器说明书、出厂资料、设备开箱清单、备品备件清单、仪器交接记录、运行维护记录表、质量控制记录表等。

6.4.2 验收内容

6.4.2.1 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 6.2，测定结果应符合表 1 的要求。

6.4.2.2 联网验收

联网验收应满足 HJ 655 的相关要求，并完成运维、质控信息及仪器关键状态参数的联网。

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 C。

7 系统日常运行维护

7.1 基本要求

有机碳和元素碳连续自动监测系统应连续运行，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。如需调整主要技术参数，应开展参数调整试验和仪器性能测试，记录测定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。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，相对湿度不高于 80%，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、排气装置是否正常工作；
- c) 检查采样头、采样管的完好性；
- 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；

- 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) 检查防雷设施是否正常，站房是否有漏雨现象；
- k) 检查仪器、工控机时间与北京时间是否一致，数据采集时间与平台展示时间是否同步；
- l) 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 热学-光学校正法

监测仪器日常维护工作要求如下：

a) 每日远程监控内容：

- 1) 每日检查仪器采样流量、辅助气体流量、反应炉内压力、透射激光强度、反射激光强度等工作参数，如有报警应及时处理；
- 2) 每日检查环境样品图谱，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核查功能，每日核查仪器自动空白，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) 以 PM_{2.5} 或 PM₁₀ 为首要污染物的重污染天气预警发布后，可根据仪器数据质量情况 24 h 内全面检查仪器 1 次；必要时校准或调整并避开重污染时段，重污染过程或沙尘天气结束后应及时清理采样头和切割器、更换采样滤膜，并核查流量；
- 5) 每日检查仪器监测结果，发现异常数据及时排查原因；
- 6) 做好每日远程检查记录，并定期存档。

b) 每周维护内容：

- 1) 每周至少现场检查 1 次仪器运行状态；
- 2) 每周至少检查 1 次辅助气体的气瓶压力，应在压力低于 2 MPa 或有效期截止前更换气瓶，更换气瓶后应对气路检漏；更换氦气、氦/氧混合气的气瓶后应核查校准曲线中间点浓度（含碳量约 10.0 μg ），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增加更换频次；更换采样滤膜后应检查反应炉的气密性，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，空白测定结果 TC 含量应 $\leq 0.3 \mu\text{g}$ ；
- 5) 每周至少检查 1 次集水装置，如有积水应及时清空，并检查溶蚀器碳膜（块），如有水痕，则需及时更换溶蚀器碳膜（块）；
- 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，用蒸馏水或无水乙醇清洁（无水乙醇清洁后需再用蒸馏水清洁一遍），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) 每月至少备份 1 次原始数据；
- 3) 每月至少清理 1 次仪器散热风扇滤网；

- 4) 每月至少测量 1 次溶蚀器吸收效率, 低于 70% 则需更换溶蚀器碳膜 (块);
 - 5) 执行仪器说明书规定的其他月维护内容;
 - 6) 做好每月维护记录, 并定期存档。
- d) 每季度维护内容:
- 1) 每季度至少清洁 1 次溶蚀器和采样管路, 根据当地污染程度可增加清洁频次; 采样管路清洁后应检查气密性, 并核查采样流量;
 - 2) 每季度至少更换 1 次溶蚀器碳膜 (块) 等配件耗材, 根据当地污染程度可增加更换频次;
 - 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) 执行仪器说明书规定的半年维护内容;
 - 2) 做好每半年维护记录, 并定期存档。
- f) 每年维护内容:
- 1) 每年对仪器预防性维护 1 次 (或根据污染情况调整维护频次), 检查与清洁样品采集单元和分析单元, 更换必要的耗材与配件; 维护后, 应全面核查仪器状态, 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 次氢气管路的除氧器;
 - 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要求如下:

- a) 每日远程监控内容:
- 1) 每日检查仪器的运行状态参数, 如有异常及时处理;
 - 2) 以 $PM_{2.5}$ 或 PM_{10} 为首要污染物的重污染天气预警发布后, 可根据仪器数据质量情况 24 h 内全面检查仪器 1 次; 必要时校准或调整并避开重污染时段, 重污染过程或沙尘天气结束后应及时清理采样头和切割器、更换采样滤膜, 并核查流量;
 - 3) 每日检查仪器监测结果, 发现异常数据及时排查原因;
 - 4) 做好每日远程检查记录, 并定期存档。
- b) 每周维护内容:
- 1) 每周至少巡检 1 次现场, 检查仪器运行状态, 检查 EC 样品采集单元的纸带剩余量, 如更换纸带则需要测试仪器稳定性和气密性; 每周更换 TC 的采样滤膜 (可根据实际污染情况调整更换频次), 并测试气密性和仪器空白, TC 仪器空白应 $\leq 0.3 \mu\text{g}$;
 - 2) 检查集水装置状态, 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, 用蒸馏水或无水乙醇清洁 (无水乙醇清洁后需再用蒸馏水清洁一遍), 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) 每月至少备份 1 次原始数据;
 - 3) 每月至少清理 1 次仪器散热风扇滤网;

- 4) 每月至少测量 1 次溶蚀器吸收效率, 低于 70%则需更换溶蚀器碳膜(块);
 - 5) 执行仪器说明书规定的其他月维护内容;
 - 6) 做好每月维护记录, 并定期存档。
- d) 每季度维护内容:
- 1) 每季度至少清洁 1 次溶蚀器和采样管路, 根据当地污染程度可增加清洁频次; 采样管路清洁后应检查气密性, 并核查采样流量;
 - 2) 每季度至少更换 1 次溶蚀器碳膜(块)等耗材, 根据当地污染程度可增加更换频次;
 - 3) 每季度至少更换 1 次分析单元的一次性过滤器;
 - 4) 每季度至少测量 1 次 EC 系统空白;
 - 5) 执行仪器说明书规定的其他季度维护内容;
 - 6) 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 分析单元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) 每年对仪器预防性维护 1 次(或根据污染情况调整维护频次), 检查与清洁样品采集单元和分析单元, 更换必要的耗材与配件; 维护后, 应全面核查仪器状态, 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。

7.3 故障检修

出现故障的仪器应检查和维修, 具体要求如下:

- a) 根据仪器维修手册要求, 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, 应核查或校准仪器;
- e) 每次故障检修完成后, 应记录检修、核查、校准情况并存档。

8 质量保证和质量控制

8.1 校准曲线中间点浓度核查

热学-光学校正法每两周至少核查 1 次校准曲线中间点浓度, 热学-光学衰减法每月至少核查 1 次校准曲线中间点浓度。使用标准溶液或标准膜核查校准曲线中间点浓度, 测量 3 次中间点浓度, 相对误差应在 $\pm 10\%$ 范围内, 否则应及时排查原因, 重新测试至相对误差达到要求。

8.2 采样流量核查

每月至少核查 1 次采样流量, 使用经过计量检定合格的 1 级标准流量计测试仪器采样流量, 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示值误差应在 $\pm 2\%$ 范围内, 否则应及时调整仪器采样流量。

8.3 温度测量示值核查

每月至少核查1次温度测量示值，使用经过计量检定合格的1级标准温度计测量环境温度，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，否则应及时调整仪器环境温度示值。

8.4 大气压测量示值核查

每月至少核查1次大气压测量示值，使用经过计量检定合格的0.5级标准气压计测量环境大气压，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，否则应及时调整仪器环境大气压示值。

8.5 仪器空白核查

每月至少核查1次仪器空白，TC仪器空白应 $\leq 0.3\text{ }\mu\text{g}$ ，否则应及时排查原因，重新测试至仪器空白达到要求。每次重启系统后应核查仪器空白。

8.6 校准曲线的建立

热学-光学校正法每季度至少建立1次校准曲线，热学-光学衰减法每半年至少建立1次校准曲线。仪器更换核心部件后，应重新建立校准曲线。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应满足 $r \geq 0.995$ ，斜率应满足 $0.9 \leq k \leq 1.1$ ，截距应满足 $-1\text{ }\mu\text{g} \leq b \leq 1\text{ }\mu\text{g}$ ，否则应重新建立校准曲线。

8.7 精密度核查

每季度至少核查1次精密度，对校准曲线中间点浓度（含碳量约 $10.0\text{ }\mu\text{g}$ ）的标准样品重复测量6次，计算相对标准偏差，相对标准偏差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。

8.8 正确度核查

每季度至少使用有证标准物质核查1次正确度，重复测量3次，计算测定均值，3次实测均值与理论值的相对误差应在 $\pm 10\%$ 范围内，否则应及时排查原因，重新测试至正确度达到要求。

8.9 辅助气体流量核查

每半年至少对热学-光学校正法的辅助气体通道流量单点核查1次，使用经过计量检定合格的1级标准流量计测试辅助气体流量，如实测流量与设定流量的相对误差超过 $\pm 10\%$ ，应及时调整。每年多点核查辅助气体通道流量，至少含4个校准点（包括零点），每个点重复读取3次测量值，实测流量与设定流量的线性相关系数应满足 $r \geq 0.999$ ，斜率应满足 $0.95 \leq k \leq 1.05$ ，截距应满足 $-1\text{ ml/min} \leq b \leq 1\text{ ml/min}$ ，否则应及时调整辅助气体流量。

8.10 三峰测试

每半年至少对热学-光学校正法三峰测试1次，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，至三峰测试达到要求。

8.11 数据一致性核查

每半年至少核查1次数据一致性。不应采用模拟量传输等可能导致数据偏差的方式，数据采集仪记录的数据与仪器显示和存储的数据应一致，否则应及时检查仪器和数据采集仪的参数设置等是否正常。

每次更换仪器后，应核查数据一致性。

8.12 计量溯源性要求

计量器具（如流量计、温度计、气压计、湿度计等）应检定或校准合格，并在有效期内。标准溶液应使用有效期内的有证标准物质配制。

8.13 质控记录

质控工作应填写记录表，记录表参见附录 D。

9 数据有效性判断

数据有效性判断要求如下：

- a) 仪器正常运行时获取的经审核符合质控要求的监测数据为有效数据，应全部参与统计；
- b) 核查、维护保养仪器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) 监测频次一般不低于每小时 1 组数据，低浓度环境条件下，如 1 h 采样的监测结果低于方法检出限，则可延长采样时长；
- d) 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；
- e) 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；
- f) 与上一时刻有效数据相比，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；
- g) 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；
- h) 每月监测数据有效率为每月实际获得的有效数据量与每月应有数据量的比值，其结果应不低于 75%；每月应有数据量为每月总小时数与监测指标数量的乘积，总小时数应扣除停电等不可抗力因素导致数据缺失的小时数。

附录 A

(资料性附录)

有机碳和元素碳连续自动监测系统安装调试报告

环境空气颗粒物(PM_{2.5})中有机碳和元素碳 连续自动监测系统安装调试报告

站点名称: _____

仪器名称: _____

安装调试单位名称:

(公章)

年 月 日

表 A.1 环境空气颗粒物 (PM_{2.5}) 中有机碳和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	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 A.2 环境空气颗粒物 (PM_{2.5}) 中有机碳和元素碳连续自动监测系统点位和采样口周边情况表

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		
其他情况			
小结			

表 A.3 环境空气颗粒物 (PM_{2.5}) 中有机碳和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		
	站房排气口离站房内地面的距离是否在 20 cm 以上		
	站房内环境条件：温度 25 °C ± 5 °C；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、清洁		
	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		
其他情况			

表 A.4 环境空气颗粒物 (PM_{2.5}) 中有机碳和元素碳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	标准温度计实测环境温度值 (°C)						
	仪器温度显示值 (°C)						
	示值误差 (°C)						
大气压测量示值误差	标准气压计实测环境大气压值 (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)						
	平均流量相对误差 (%)						
	流量相对标准偏差 (%)						
	平均流量示值误差 (%)						
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)					
	氦气载气						
	氦气反吹气						
	氦/氧混合气						

续表

项目	检测结果					是否符合要求		
						是√	否×	备注/其他
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)						
	氮/甲烷混合气							
溶蚀器吸收效率 (%)								
三峰测试的相对标准偏差 (%)								
TC 检出限 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)								
仪器空白 (μg)								
系统空白 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)								
校准曲线	$(y=kx+b)$	$k=$	$b=$	$r=$				
精密度	相对标准偏差 (%)							
正确度	相对误差 (%)							
实际升温程序温度偏差	阶段	设定温度 ($^{\circ}\text{C}$)	实际温度 ($^{\circ}\text{C}$)	偏差 (%)				
	无氧阶段							
	有氧阶段							
	内标阶段							
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)
有机碳和元素碳连续自动监测系统试运行报告

环境空气颗粒物 (PM_{2.5}) 中有机碳和元素碳 连续自动监测系统试运行报告

站点名称: _____

仪器名称: _____

试运行单位名称: _____ (公章)

年 月 日

表 B.1 环境空气颗粒物 (PM_{2.5}) 中有机碳和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		试运行总小时数 (h)	
故障次数	故障时段	故障现象及排查情况说明		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 C
(资料性附录)
有机碳和元素碳连续自动监测系统验收报告

环境空气颗粒物 (PM_{2.5}) 中有机碳和元素碳 连续自动监测系统验收报告

站点名称: _____

仪器名称: _____

用户单位名称: _____ (公章)

年 月 日

表 C.1 基本情况

环境空气颗粒物（PM _{2.5} ）中有机碳和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：	
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：	
是否具备有机碳和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）：	
是否具备质量保证和质量控制计划文档：	
是否具备有机碳和元素碳连续自动监测系统的技术档案：	
备注：	

表 C.2 验收结果表

仪器名称	仪器编号				
验收测试日期	测试人员				
性能指标验收	测定结果		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)				
	平均流量相对误差 (%)				
	流量相对标准偏差 (%)				
	平均流量示值误差 (%)				
仪器空白 (μg)					
精密度	相对标准偏差 (%)				
正确度	相对误差 (%)				
联网验收	联网说明主要内容:				
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)

有机碳和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 (PM_{2.5}) 中有机碳和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 (%) :	其他:			
质控设备信息	设备名称	型号	资产编号	检定有效期		
	流量计					
	温度计					
	气压计					
校准曲线中间点浓度核查						
测量次数	理论值 (µg)	实测值 (µg)	相对误差 (%)	是否合格		
1						
2						
3						
采样流量核查						
仪器设定流量 (L/min)	仪器示值流量 (L/min)	标准流量计读数 (L/min)		设定流量相对误差 (%)	流量示值误差 (%)	是否合格
		修正前	修正后			
采样流量调整						
仪器设定流量 (L/min)	调整前			调整后		
	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
温度、大气压核查						
温度核查	仪器显示温度 (°C)		大气压核查	仪器显示大气压 (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		

续表

温度、大气压调整								
参考标准读数		调整前			调整后			
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)		仪器显示大气压 (kPa)			仪器显示大气压 (kPa)			
仪器空白核查								
测量次数	OC 实测值 (μg)	EC 实测值 (μg)	TC 实测值 (μg)	是否合格				
校准曲线建立 (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								
精密度核查								
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	
正确度核查								
标准物质厂商 及证书编号	次数	理论值 (μg)	实测值 (μg)	甲烷峰面积	RE (%)	是否合格		
	1							
	2							
	3							
辅助气体流量核查 (单点核查/校准曲线)								
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			
氦气载气								
氦气反吹气								

辅助气体流量核查（单点核查/校准曲线）							
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		
氮/氧混合气							
氮/甲烷混合气							
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							

编制人：

日期：

审核人：

日期：

批准人：

日期：