

环境空气气态污染物 (SO₂、NO₂、O₃、CO) 连续自动监测系统技术要求及检测方法 (HJ 654-2013)

1 适用范围

本标准规定了环境空气气态污染物 (SO₂、NO₂、O₃、CO) 连续自动监测系统的组成结构、技术要求、性能指标和检测方法。

本标准适用于环境空气气态污染物 (SO₂、NO₂、O₃、CO) 连续自动监测系统的设计、生产和检测。

2 规范性引用文件

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

GB 3095-2012 环境空气质量标准

GB 4793.1 测量、控制和试验室用电气设备的安全要求 第1部分: 通用要求 (IEC 61010-1: 2001, IDT)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

环境空气质量连续监测 ambient air quality continuous monitoring

在监测点位采用连续监测仪器对环境空气质量进行连续的样品采集、处理、分析的过程。

3.2

点式分析仪器 point analyzer

在固定点上通过采样系统将环境空气吸入并测定空气污染物浓度的监测分析仪器。

3.3

开放光程分析仪器 open path analyzer

采用从发射端发射光束经开放环境到接收端的方法测定该光束光程上平均空气污染物浓度的仪器。

3.4

零点漂移 zero drift

在未进行维修、保养或调节的前提下, 仪器按规定的时间运行后, 仪器的读数与零输入之间的偏差。

3.5

量程漂移 span drift

在未进行维修、保养或调节的前提下, 仪器按规定的时间运行后, 仪器的读数与已知参考值之间的偏差。

3.6

无人值守工作时间period of unattended operation

仪器在无手动维护和校准的前提下，长期漂移（7d）符合指标要求的时间间隔。

3.7

转换效率converter efficiency

NO₂转换为NO的效率。

3.8

标准状态standard state

温度为273K，压力为101.325kPa时的状态。本标准中的污染物浓度均为标准状态下的浓度。

3.9

ppm parts per million

百万分之一体积浓度。

3.10

ppb parts per billion

十亿分之一体积浓度。

3.11

光程optical path

开放光程分析仪器的监测光束由光源发射端到接收端所经过的路径长度。

3.12

零光程zero optical path

开放光程分析仪器处于校准状态下，光从光源发射端到接收端的光程，远小于实际测量时的光程，被称为零光程。

3.13

等效浓度 equivalent concentration

在仪器测量光路中放置校准池，通入标准气体，根据测量光程与校准池长度的比例将标准气体浓度值转化为实际校准浓度值，该浓度为等效浓度。

本标准中所有适用于开放光程仪器技术指标检测方法的标准气体浓度值均为等效浓度值。

4系统组成与原理

监测系统分为点式连续监测系统和开放光程连续监测系统。监测系统分析方法见表1。

表 1 监测系统的分析方法

监测项目	点式分析仪器	开放光程分析仪器
NO ₂	化学发光法	差分吸收光谱法
SO ₂	紫外荧光法	差分吸收光谱法
O ₃	紫外吸收法	差分吸收光谱法
CO	非分散红外吸收法、气体滤波相关红外吸收法	/

4.1点式连续监测系统

4.1.1系统组成

监测系统由采样装置、校准设备、分析仪器、数据采集和传输设备组成，如图1所示。

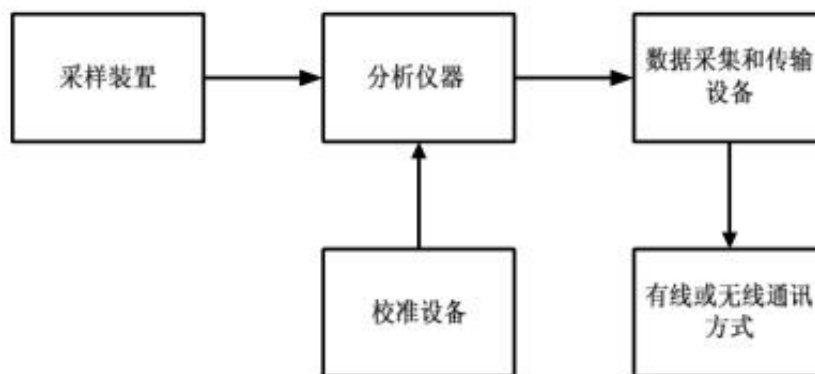


图 1 点式连续监测系统组成示意图

4.1.2采样装置

多台点式分析仪器可共用一套多支路采样装置进行样品采集。采样装置的材料和安装应不影响仪器测量。采样装置的具体要求见5.1.4.1。

4.1.3校准设备

校准设备主要由零气发生器和多气体动态校准仪组成。校准设备用于对分析仪器进行校准。校准设备的具体要求见5.1.4.2。

4.1.4分析仪器

分析仪器用于对采集的环境空气气态污染物样品进行测量。

4.1.5数据采集和传输设备

数据采集和传输设备用于采集、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设备工作状态信息。

4.2开放光程连续监测系统

4.2.1系统组成

监测系统由开放的测量光路、校准单元、分析仪器、数据采集和传输设备等组成，如图2所示。

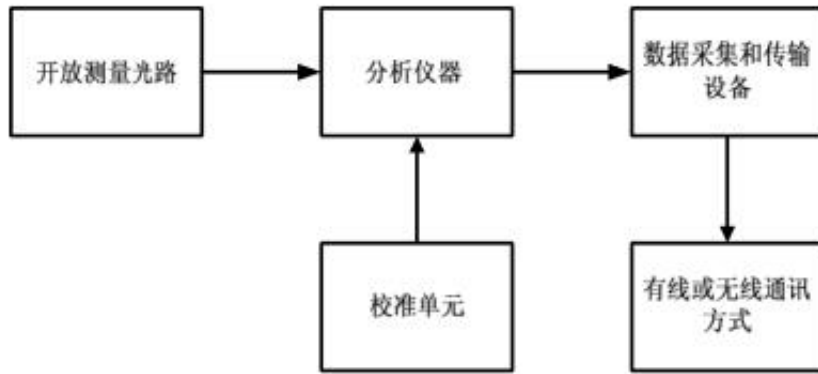


图2 开放光程连续监测系统组成示意图

4.2.2 开放测量光路

光源发射端到接收端之间的路径。

4.2.3 校准单元

运用等效浓度原理，通过在测量光路上架设不同长度的校准池，来等效不同浓度的标准气体，以完成校准工作。

校准单元结构如图3所示。

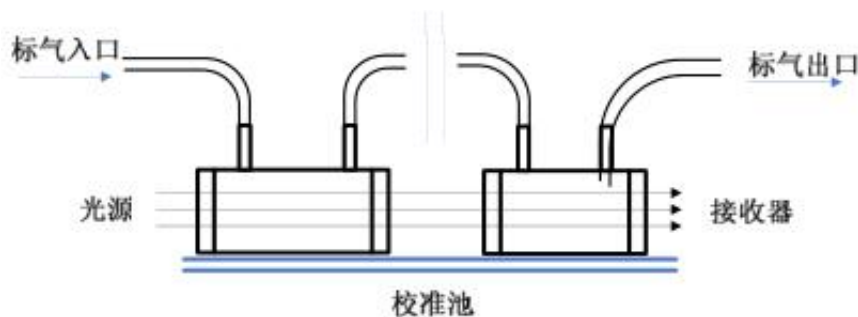


图3 校准单元结构示意图

4.2.4 分析仪器

分析仪器用于对开放光路上的环境空气气态污染物进行测量。

4.2.5 数据采集和传输设备

数据采集和传输设备用于采集、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设备工作状态信息。

5 技术要求

5.1 点式连续监测系统

5.1.1 外观要求

5.1.1.1 监测系统应具有产品铭牌，铭牌上应标有仪器名称、型号、生产单位、出厂编号、制造日期等信息。

5.1.1.2 监测系统仪器表面应完好无损，无明显缺陷，各零、部件连接可靠，各操作键、按钮灵活有效。

5.1.1.3 仪器主机面板显示清晰，字符、标识易于识别。

5.1.2 工作条件

监测系统在以下条件中应能正常工作。

- (1) 环境温度：(15 ~ 35) ；
- (2) 相对湿度： 85% ；
- (3) 大气压：(80 ~ 106) kPa ；
- (4) 供电电压：AC (220 ± 22) V，(50 ± 1) Hz。

注1：低温、低压等特殊环境条件下，仪器设备的配置应满足当地环境条件的使用要求。

5.1.3 安全要求

5.1.3.1 绝缘电阻

在环境温度为 (15 ~ 35) ，相对湿度 85% 条件下，仪器电源端子对地或机壳的绝缘电阻不小于20M²。

5.1.3.2 绝缘强度

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

5.1.4 功能要求

5.1.4.1 采样装置

- (1) 采样装置一般包括两种结构，结构示意图参见图4和图5。

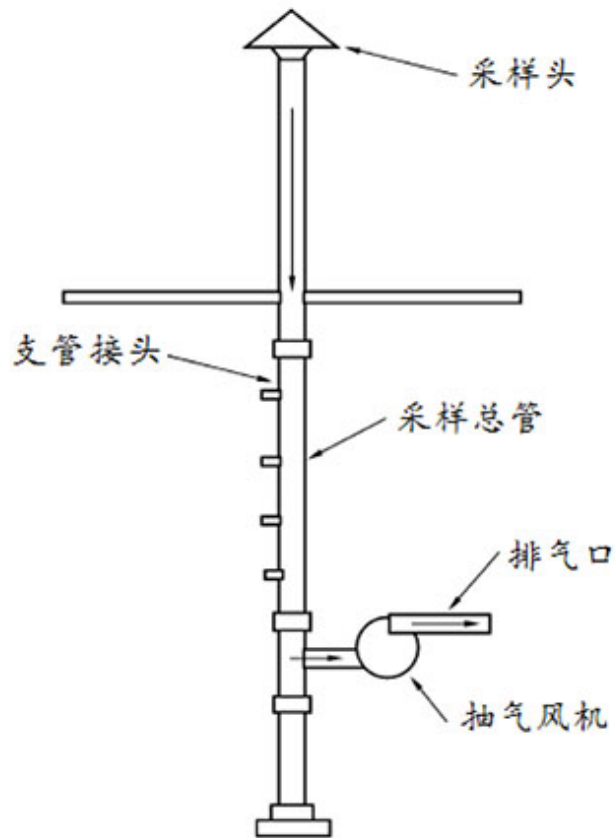


图4 采样装置结构示意图 (1)

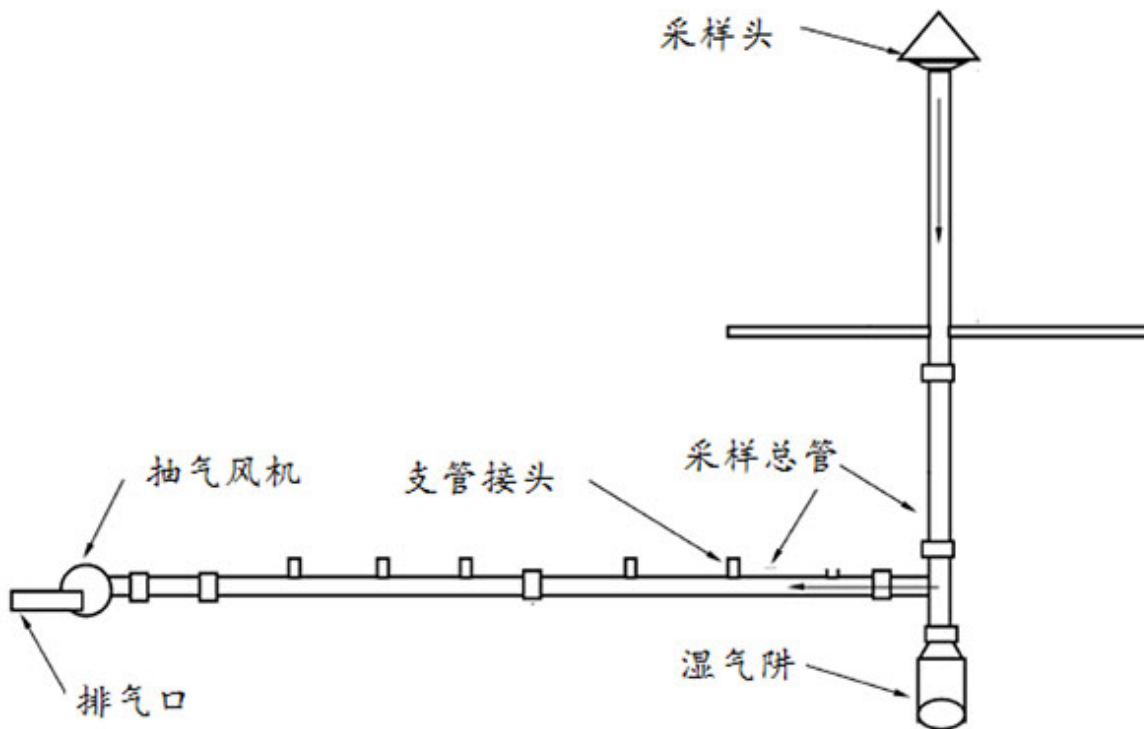


图5 采样装置结构示意图 (2)

(2) 采样装置应连接紧密, 避免漏气。采样装置总管入口应防止雨水和粗大的颗粒物进入, 同时应避免鸟类、小动物和大型昆虫进入。采样头的设计应保证采样气流不受风向影响, 稳定进入采样总管。

(3) 采样装置的制作材料, 应选用不与被监测污染物发生化学反应和不释放有干扰物质的材料。一般以聚四氟乙烯或硼硅酸盐玻璃等为制作材料; 对于只用于监测NO₂和SO₂的采样总管, 也可选用不锈钢材料。

(4) 采样总管内径范围 (1.5 ~ 15) cm, 总管内的气流应保持层流状态, 采样气体在总管内的滞留时间应小于20s, 同时所采集气体样品的压力应接近大气压。支管接头应设置于采样总管的层流区域内, 各支管接头之间间隔距离大于8cm。

(5) 为了防止因室内外空气温度的差异而致使采样总管内壁结露对监测污染物吸附, 采样总管应加装保温套或加热器, 加热温度一般控制在 (30 ~ 50) 。

(6) 分析仪器与支管接头连接的管线应选用不与被监测污染物发生化学反应和不释放有干扰物质的材料; 长度不应超过3m, 同时应避免空调机的出风直接吹向采样总管和支管。

(7) 分析仪器与支管接头连接的管线应安装孔径 5 μm 的聚四氟乙烯滤膜。

(8) 分析仪器与支管接头连接的管线, 连接总管时应伸向总管接近中心的位置。

(9) 在不使用采样总管时, 可直接用管线采样, 但是采样管线应选用不与被监测污染物发生化学反应和不释放有干扰物质的材料, 采样气体滞留在采样管线内的时间应小于20s。

5.1.4.2 校准设备

(1) 监测系统的校准设备应具备自动校准功能。

(2) 零气发生器发生零气质量应符合附录A的要求。

5.1.4.3 分析仪器与数据采集和传输设备

(1) 能够显示和设置系统时间。

(2) 能够显示仪器内部工作状态的参数信息, 并至少每5min记录系统的采样流量等工作状态信息。

(3) 能够显示实时数据, 并能够记录存储至少3个月以上的有效数据, 具备查询历史数据的功能。

(4) 具备时间标签功能, 数据为设置时段的平均值。

(5) 具备数字信号输出功能。

(6) 具有中文数据采集和控制软件。

(7) 对各监测数据实时采集、存储、计算, 并能以报表或报告形式输出, SO₂、NO₂、O₃输出标准状态下的质量浓度单位为 μg/m³, CO输出标准状态下的质量浓度单位为mg/m³, 并具有质量浓度和体积浓度单位切换功能。

(8) 仪器掉电后, 能自动保存数据; 恢复供电后系统可自动启动, 恢复运行状态并正常开始工作。

5.2 开放光程连续监测系统

5.2.1 外观要求

外观要求见5.1.1。

5.2.2 工作条件

监测系统在以下条件中应能正常工作。

5.2.2.1 室外部件

环境温度：(-30 ~ 50) ；

5.2.2.2 室内部件

(1) 环境温度：(15 ~ 35) ；

(2) 相对湿度： 85% ；

(3) 大气压：(80 ~ 106) kPa。

5.2.2.3 供电电压

AC (220 ± 22) V , (50 ± 1) Hz。

注2：低温、低压等特殊环境条件下，仪器设备的配置应满足当地环境条件的使用要求。

5.2.3 安全要求

安全要求见5.1.3。

5.2.4 功能要求

5.2.4.1 校准单元

(1) 监测系统应具有自动记录测量灯谱的功能；

(2) 等效校准装置应至少配备4种不同长度的校准池，校准池材质应选用高紫外透过率的材质。标定架与光源发射装置应连接牢固。

5.2.4.2 分析仪器与数据采集和传输设备

(1) 能够显示和设置系统时间；

(2) 能够显示仪器内部工作状态的参数信息，并至少每5min记录系统的工作状态信息；

(3) 仪器能够显示实时数据，并能够记录存储至少3个月以上的有效数据，具备查询历史数据的功能；

(4) 具备时间标签功能，数据为设置时段的平均值；

(5) 具备数字信号输出功能；

(6) 具有中文数据采集和控制软件；

(7) 对各监测数据实时采集、存储、计算，并能以报表或报告形式输出，输出标准状态下的质量浓度单位为 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，并具有质量浓度和体积浓度单位切换功能。

(8) 仪器掉电后，能自动保存数据；恢复供电后系统可自动启动，恢复运行状态并正常开始工作。

6 性能指标

6.1 点式连续监测系统

6.1.1 分析仪器

6.1.1.1 测量范围

SO₂、NO₂、O₃ 分析仪器测量范围: (0~500) ppb, 最小显示单位 0.1ppb 或 0.1 μg/m³;

CO 分析仪器测量范围: (0~50) ppm, 最小显示单位 0.1ppm 或 0.1mg/m³。

6.1.1.2 零点噪声

SO₂、NO₂、O₃ 分析仪器零点噪声: 1ppb;

CO 分析仪器零点噪声: 0.25ppm。

6.1.1.3 最低检出限

SO₂、NO₂、O₃ 分析仪器最低检出限: 2ppb;

CO 分析仪器最低检出限: 0.5ppm。

6.1.1.4 量程噪声

SO₂、NO₂、O₃ 分析仪器 80% 量程噪声: 5ppb;

CO 分析仪器 80% 量程噪声: 1ppm。

6.1.1.5 示值误差

SO₂、NO₂、CO 分析仪器示值误差: ±2% 满量程;

O₃ 分析仪器示值误差: ±4% 满量程。

6.1.1.6 量程精密度

SO₂、NO₂、O₃ 分析仪器 20% 量程精密度: 5ppb;

SO₂、NO₂、O₃ 分析仪器 80% 量程精密度: 10ppb;

CO 分析仪器 20% 量程精密度: 0.5ppm;

CO 分析仪器 80% 量程精密度: 0.5ppm。

6.1.1.7 24h 零点漂移

SO₂、NO₂、O₃ 分析仪器 24h 零点漂移: ±5ppb;

CO 分析仪器 24h 零点漂移: ±1ppm。

6.1.1.8 24h 量程漂移

SO₂、NO₂、O₃ 分析仪器 24h 20% 量程漂移: ±5ppb;

SO₂、NO₂、O₃ 分析仪器 24h 80% 量程漂移: ±10ppb;

CO 分析仪器的 24h 20% 量程漂移: ±1ppm;

CO分析仪器的24h80%量程漂移：±1ppm。

6.1.1.9响应时间（上升时间/下降时间）

SO₂、NO₂、O₃分析仪器响应时间（上升时间/下降时间）：5min；

CO分析仪器响应时间（上升时间/下降时间）：4min。

6.1.1.10电压稳定性

供电电压变化±10%，分析仪器读数的变化：±1%满量程。

6.1.1.11流量稳定性

流量稳定性：±10%。

6.1.1.12环境温度变化的影响

15~35 环境温度范围内：

SO₂分析仪器温度变化的影响 1ppb/ ；

NO₂分析仪器温度变化的影响 3ppb/ ；

O₃分析仪器温度变化的影响 1ppb/ ；

CO分析仪器温度变化的影响 0.3ppm/ 。

6.1.1.13干扰成分的影响

分析仪器干扰成分的影响指标见表2。

表2 分析仪器干扰成分的影响指标

SO ₂ 分析仪器	NO ₂ 分析仪器	O ₃ 分析仪器	CO 分析仪器
±4% F.S. (2% H ₂ O)	±4% F.S. (2.5% H ₂ O)	±4% F.S. (2% H ₂ O)	±5% F.S. (2.5% H ₂ O)
±4% F.S. (0.1ppm 甲苯)	±4% F.S. (1ppm NH ₃)	±4% F.S. (1ppm 甲苯)	±5% F.S. (1000ppm CO ₂)
±4% F.S. (3000ppm CH ₄)	±4% F.S. (200ppb O ₃)	±4% F.S. (0.2ppm SO ₂)	/
/	±4% F.S. (500ppb SO ₂)	±6% F.S. (0.5ppm NO/NO ₂)	/

注3：F.S.表示满量程。

6.1.1.14采样口和校准口浓度偏差

分析仪器采样口和校准口浓度偏差：±1%。

6.1.1.15转换效率

NO₂分析仪器中NO₂-NO转化器的转换效率：96%。

6.1.1.16无人值守工作时间

(1) 长期 (7d) 零点漂移

SO₂、NO₂、O₃分析仪器长期（7d）零点漂移：±10ppb；

CO分析仪器长期（7d）零点漂移：±2ppm。

（2）长期（7d）量程漂移

SO₂、NO₂、O₃分析仪器长期（7d）量程漂移：±20ppb；

CO分析仪器的长期（7d）量程漂移：±2ppm。

（3）连续运行60d，平均故障间隔天数：7d。

6.1.2多气体动态校准仪

（1）稀释比率：1:100~1:1000；

（2）流量线性误差：±1%；

（3）臭氧发生浓度误差：±2%。

6.2开放光程连续监测系统

6.2.1测量范围

SO₂、NO₂、O₃分析仪器测量范围：（0~500）ppb，最小显示单位0.1ppb或0.1 μg/m³。

6.2.2零点噪声

SO₂、NO₂、O₃分析仪器零点噪声：1ppb。

6.2.3最低检出限

SO₂、NO₂、O₃分析仪器最低检出限：2ppb。

6.2.4量程噪声

SO₂、NO₂、O₃分析仪器80%量程噪声：5ppb。

6.2.5示值误差

SO₂、NO₂分析仪器示值误差：±2%满量程；

O₃分析仪器示值误差：±4%满量程。

6.2.6量程精密度

SO₂、NO₂、O₃分析仪器20%量程精密度：5ppb；

SO₂、NO₂、O₃分析仪器80%量程精密度：10ppb。

6.2.724h零点漂移

SO₂、NO₂、O₃分析仪器24h零点漂移：±5ppb。

6.2.824h量程漂移

SO₂、NO₂、O₃分析仪器24h20%量程漂移：± 5ppb；

SO₂、NO₂、O₃分析仪器24h80%量程漂移：± 10ppb。

6.2.9响应时间（上升时间/下降时间）

SO₂、NO₂、O₃分析仪器响应时间（上升时间/下降时间）： 5min。

6.2.10 电压稳定性

供电电压变化±10%，分析仪器读数的变化：±1%满量程。

6.2.11 环境温度变化的影响

(15~35)℃环境温度范围内：
SO₂分析仪器温度变化的影响≤1ppb/℃；
NO₂分析仪器温度变化的影响≤3ppb/℃；
O₃分析仪器温度变化的影响≤1ppb/℃。

6.2.12 干扰成分的影响

分析仪器干扰成分的影响指标见表3。

表3 分析仪器干扰成分的影响指标

SO ₂ 分析仪器	NO ₂ 分析仪器	O ₃ 分析仪器
±3% F.S. (0.035ppm 差)	±2% F.S. (0.13ppm NH ₃)	±5% F.S. (0.035 ppm 差)
±2% F.S. (3000ppm CH ₄)	±2% F.S. (200ppb O ₃)	±2% F.S. (0.3ppm SO ₂)
/	±2% F.S. (300ppb SO ₂)	±2% F.S. (0.35ppm NO/NO ₂)

6.2.13 校准池长度的影响

SO₂、NO₂、O₃分析仪器校准池长度的影响±2%。

6.2.14 光源强度的影响

SO₂、NO₂分析仪器光源强度的影响±2%满量程；
O₃分析仪器光源强度的影响±4%满量程。

6.2.15 无人值守工作时间

(1) 长期 (≥7d) 零点漂移
SO₂、NO₂、O₃分析仪器长期 (≥7d) 零点漂移：±10 ppb；
(2) 长期 (≥7d) 量程漂移
SO₂、NO₂、O₃分析仪器长期 (≥7d) 量程漂移：±20 ppb；
(3) 连续运行60天，平均故障间隔天数≥7d。

7 检测方法

7.1 点式连续监测系统

7.1.1 零点噪声

待测分析仪器运行稳定后，将零点标准气体通入分析仪器，每2min记录该时间段数据的平均值 \bar{r}_i (记为1个数据)，获得至少25个数据。按公式 (1) 计算所取得数据的标准偏差 S_0 ，即为该分析仪器的零点噪声，应符合6.1.1.2的要求。

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

式中： S_0 -----待测分析仪器零点噪声，ppb (ppm)；
 \bar{r} -----待测分析仪器测量值的平均值，ppb (ppm)；
 r_i -----待测分析仪器第 i 次测量值，ppb (ppm)；
 i -----记录数据的序号 ($i=1 \sim n$)；
 n -----记录数据的总个数 ($n \geq 25$)。

7.1.2 最低检出限

按公式 (2) 计算待测分析仪器的最低检出限 R_{de} ，应符合 6.1.1.3 要求。

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

式中： R_{de} -----待测分析仪器最低检出限，ppb (ppm)；
 S_0 -----待测分析仪器零点噪声值，ppb (ppm)。

7.1.3 量程噪声

待测分析仪器运行稳定后，将80%量程标准气体通入分析仪器，每2min记录该时间段数据的平均值 \bar{r}_i (记为1个数据)，获得至少25个数据。按公式 (3) 计算所取得数据的标准偏差 S ，即为该分析仪器的量程噪声，应符合6.1.1.4的要求。

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2}{n-1}} \quad (3)$$

式中： S -----待测分析仪器量程噪声，ppb (ppm)；
 \bar{r} -----待测分析仪器测量值的平均值，ppb (ppm)；
 r_i -----待测分析仪器第 i 次测量值，ppb (ppm)；
 i -----记录数据的序号 ($i=1 \sim n$)；
 n -----记录数据的总个数 ($n \geq 25$)。

7.1.4 示值误差

待测分析仪器运行稳定后，分别进行零点校准和满量程校准后，通入浓度约为50%量程的标准气体，读数稳定后记录显示值；再通入零点标准气体，重复测试3次，按公式 (4) 计算待测分析仪器的示值误差 L_e ，应符合6.1.1.5的要求。

$$L_e = \frac{(\bar{C}_s - C_s)}{R} \times 100\% \quad (4)$$

式中： L_e -----待测分析仪器示值误差，%；
 C_s -----标准气体浓度标称值，ppb (ppm)；
 \bar{C}_s -----待测分析仪器3次测量浓度平均值，ppb (ppm)；
 R -----待测分析仪器满量程值，ppb (ppm)。

7.1.5 量程精度

待测分析仪器运行稳定后，分别通入20%量程标准气体和80%量程标准气体，待读数稳定后分别记录20%量程标准气体显示值 x_n 和80%量程标准气体显示值 y_i ，重复上述测试操作至少6次以上，分别按公式 (5) 和公式 (6) 计算待测分析仪器20%量程精度 P_{20} 和80%量程精度 P_{80} ，量程精度应符合6.1.1.6的要求。

$$P_{20} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (5)$$

式中： P_{20} -----待测分析仪器 20%量程精度，ppb (ppm)；
 x_i -----20%量程标准气体第 i 次测量值，ppb (ppm)；
 \bar{x} -----20%量程标准气体测量平均值，ppb (ppm)；
 i -----记录数据的序号 ($i=1 \sim n$)；
 n -----测量次数 ($n \geq 6$)。

$$P_{80} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} \quad (6)$$

式中： P_{80} -----待测分析仪器 80%量程精度，ppb (ppm)；
 y_i -----80%量程标准气体第 i 次测量值，ppb (ppm)；
 \bar{y} -----80%量程标准气体测量平均值，ppb (ppm)。

7.1.6 24h 零点漂移和 24h 量程漂移

待测分析仪器运行稳定后，通入零点标准气体，记录分析仪器零点稳定读数为 Z_n ；然后通入 20%量程标准气体，记录稳定读数 M_{20} ，继续通入 80%量程标准气体，记录稳定读数 M_{80} 。通气结束后，待测分析仪器连续运行 24h (期间不允许任何维护和校准) 后重复上述操作，并分别记录稳定后读数。分别按公式 (7)、(8)、(9) 计算待测分析仪器的 24h 零点漂移 ZD_n 、24h 20%量程漂移 MSD_n 和 24h 80%量程漂移 USD_n ，然后可对待测分析仪器进行零点校准和量程校准。重复测试 7 次，24h 零点漂移值 ZD_n 、24h 20%量程漂移 MSD_n 和 24h 80%量程漂移 USD_n 均应分别符合 6.1.1.7 和 6.1.1.8 的要求。

$$ZD_n = Z_n - Z_{n-1} \quad (7)$$

式中： ZD_n -----待测分析仪器第 n 次的 24h 零点漂移，ppb (ppm)；
 Z_n -----待测分析仪器第 n 次的零点标准气体测量值，ppb (ppm)；
 n -----测试序号，($n=1 \sim 7$)。

$$MSD_n = M_{20n} - M_{20(n-1)} \quad (8)$$

式中： MSD_n -----待测分析仪器第 n 次的 24h 20%量程漂移，ppb (ppm)；
 M_{20n} -----待测分析仪器第 n 次的 20%量程标准气体测量值，ppb (ppm)。

$$USD_n = M_{80n} - M_{80(n-1)} \quad (9)$$

式中： USD_n -----待测分析仪器第 n 次的 24h 80%量程漂移，ppb (ppm)；
 M_{80n} -----待测分析仪器第 n 次的 80%量程标准气体测量值，ppb (ppm)。

7.1.7 响应时间 (上升时间/下降时间)

待测分析仪器运行稳定后, 通入零点标准气体, 待读数稳定后通入80%量程标准气体, 同时用秒表开始计时; 当待测分析仪器显示值上升至标准气体浓度标称值90%时, 停止计时; 记录所用时间为待测分析仪器的上升时间。待80%量程标准气体测量读数稳定后, 通入零点标准气体, 同时用秒表开始计时, 当待测分析仪器显示值下降至80%量程标准气体浓度标称值10%时, 停止计时; 记录所用时间为待测分析仪器的下降时间。

响应时间每天测试1次, 重复测试3d, 平均值应符合6.1.1.9的要求。

7.1.8 电压稳定性

待测分析仪器运行稳定后, 在正常电压条件下, 通入80%量程标准气体, 稳定后记录待测分析仪器读数W; 调节待测分析仪器供电电压高于正常电压值10%, 通入同一浓度标准气体, 稳定后记录待测分析仪器读数X; 调节待测分析仪器供电电压低于正常电压值10%, 通入同一浓度标准气体, 稳定后记录待测分析仪器读数Y。按公式(10)计算待测分析仪器的电压稳定性V, 应符合6.1.1.10的要求。

$$V = \frac{X - W}{R} \times 100\% \text{ 或 } \frac{Y - W}{R} \times 100\% \quad \text{..... (10)}$$

式中: V-----待测分析仪器电压稳定性, %;

W-----正常电压条件下 80%量程标准气体测量值, ppb (ppm);

X-----供电电压高于正常电压 10%时, 80%量程标准气体测量值, ppb (ppm);

Y-----供电电压低于正常电压10%时, 80%量程标准气体测量值, ppb (ppm);

R-----待测分析仪器满量程值, ppb (ppm)。

7.1.9 流量稳定性

待测分析仪器运行稳定后, 记录初始进样流量值 RM_0 , 连续运行8d, 每天定时记录待测分析仪器进样流量值 RC_i , 按公式(11)计算待测分析仪器进样流量与初始流量值的相对偏差 d_{Qi} ; 每天的测试结果均应符合6.1.1.11要求。

$$d_{Qi} = \frac{RC_i - RM_0}{RM_0} \times 100\% \quad \text{..... (11)}$$

式中: d_{Qi} -----待测分析仪器第*i*天的流量稳定性, %;

RC_i -----待测分析仪器第*i*天的进样流量值, mL/min;

RM_0 -----待测分析仪器初始进样流量值, mL/min;

i-----测试天数的序号 (*i*=1~8)。

7.1.10 环境温度变化的影响

(1) 待测分析仪器在恒温环境中运行后, 设置温度为 (25 ± 1) , 稳定至少30min, 记录标准温度值 t_0 , 通入零点标准气体, 记录待测分析仪器读数 Z_0 ; 通入80%量程标准气体, 记录待测分析仪器读数 M_0 ;

(2) 缓慢调节恒温环境温度温度为 (35 ± 1) , 稳定至少30min, 记录标准温度值 t_1 , 通入零点标准气体, 记录待测分析仪器读数 Z_1 ; 通入80%量程标准气体, 记录待测分析仪器读数 M_1 ;

(3) 缓慢调节恒温环境温度温度为 (25 ± 1) , 稳定至少30min, 记录标准温度值 t_2 , 通入零点标准气体, 记录待测分析仪器读数 Z_2 ; 通入80%量程标准气体, 记录待测分析仪器读数 M_2 ;

(4) 缓慢调节恒温环境温度为 (15 ± 1) , 稳定至少30min, 记录标准温度值 t_3 , 通入零点标准气体, 记录待测分析仪器读数 Z_3 ; 通入80%量程标准气体, 记录待测分析仪器读数 M_3 ;

(5) 缓慢调节恒温环境温度为 (25 ± 1) , 稳定至少30min, 记录标准温度值 t_4 , 通入零点标准气体, 记录待测分析仪器读数 Z_4 ; 通入80%量程标准气体, 记录待测分析仪器读数 M_4 ;

(6) 按公式 (12) 计算待测分析仪器环境温度变化的影响 b_{st} , 应符合6.1.1.12的要求。

$$b_n = \left| \frac{(M_1 - Z_n) - \frac{(M_1 - Z_1) + (M_1 - Z_2)}{2}}{t_1 - \frac{t_1 + t_2}{2}} \right| \text{ 或 } \left| \frac{(M_1 - Z_n) - \frac{(M_1 - Z_2) + (M_1 - Z_3)}{2}}{t_1 - \frac{t_1 + t_3}{2}} \right| \dots (12)$$

式中： b_n -----待测分析仪器环境温度变化的影响，ppb/℃（ppm/℃）；
 M_n -----环境温度 t_n ，待测分析仪器 80%量程标准气体测量值，ppb（ppm）；
 M_1 -----环境温度 t_1 ，待测分析仪器 80%量程标准气体测量值，ppb（ppm）；
 M_2 -----环境温度 t_2 ，待测分析仪器 80%量程标准气体测量值，ppb（ppm）；
 M_3 -----环境温度 t_3 ，待测分析仪器 80%量程标准气体测量值，ppb（ppm）；
 M_4 -----环境温度 t_4 ，待测分析仪器 80%量程标准气体测量值，ppb（ppm）；
 Z_n -----环境温度 t_n ，待测分析仪器零点标准气体测量值，ppb（ppm）；
 Z_1 -----环境温度 t_1 ，待测分析仪器零点标准气体测量值，ppb（ppm）；
 Z_2 -----环境温度 t_2 ，待测分析仪器零点标准气体测量值，ppb（ppm）；
 Z_3 -----环境温度 t_3 ，待测分析仪器零点标准气体测量值，ppb（ppm）；
 Z_4 -----环境温度 t_4 ，待测分析仪器零点标准气体测量值，ppb（ppm）；
 t_1 -----恒温环境第一次设置温度为（25±1）℃时，标准温度值，℃；
 t_2 -----恒温环境设置温度为（35±1）℃时，标准温度值，℃；
 t_3 -----恒温环境第二次设置温度为（25±1）℃时，标准温度值，℃；
 t_4 -----恒温环境设置温度为（15±1）℃时，标准温度值，℃；
 t_5 -----恒温环境第三次设置温度为（25±1）℃时，标准温度值，℃。

7.1.11 干扰成分的影响

干扰气体见表2。待测分析仪器运行稳定后，通入零点标准气体，记录待测分析仪器读数*A*；通入规定浓度的干扰气体，记录待测分析仪器读数*B*，每种干扰气体按上述操作重复测试3次，计算平均值 \bar{A} 和 \bar{B} ，按公式（13）计算待测分析仪器干扰成分的影响IE，应符合6.1.1.13的要求。

$$IE = \frac{\bar{B} - \bar{A}}{\bar{A}} \times 100\% \dots (13)$$

式中： IE -----待测分析仪器干扰成分的影响，%；
 \bar{B} -----每种干扰气体3次测量平均值，ppb（ppm）；
 \bar{A} -----零点标准气体3次测量平均值，ppb（ppm）。

7.1.12 采样口和校准口浓度偏差

待测分析仪器运行稳定后，将80%量程标准气体分别经仪器的采样口和校准口通入待测分析仪器，显示稳定后，分别记录80%量程标准气体经采样口通入待测分析仪器的读数*A*和经校准口通入待测分析仪器的读数*B*，重复测量3次，按公式（14）计算两种状态下读数平均值的相对偏差*d*，应符合6.1.1.14的要求。

$$d = \frac{\bar{B} - \bar{A}}{\bar{A}} \times 100\% \dots (14)$$

式中： d -----待测分析仪器校准口和采样口浓度偏差，%；
 \bar{A} -----80%量程标准气体经采样口通入分析仪器3次测量平均值，ppb（ppm）；
 \bar{B} -----80%量程标准气体经校准口通入分析仪器3次测量平均值，ppb（ppm）。

7.1.13 转换效率

转换效率检测可采用以下三种方式进行。

（1）待测分析仪器运行稳定后，使用NO₂标准渗透管（使用前应将渗透管放入渗透管恒温装置中平衡48h，渗透室控温精度±0.1℃）产生（20%~60%）量程标准气体，通入待测分析仪器，读数稳定后记录显示值*C*_测，重复测试3次，计算平均值 $\bar{C}_{测}$ ，按式（15）计算待测分析仪器转换效率*η*，应符合6.1.1.15的要求。

$$\eta = \frac{\bar{C}_{测}}{C_0} \times 100\% \dots (15)$$

式中： η -----待测分析仪器转换效率，%；
 $\bar{C}_{测}$ -----NO₂标准气体3次测量平均值，ppb；
 C_0 -----NO₂标准气体浓度值，ppb。

（2）待测分析仪器运行稳定后，通入（20%~60%）量程NO₂标准气体，读数稳定后记录待测分析仪器显示值*C*_测，重复测试3次，计算平均值 $\bar{C}_{测}$ ，按式（15）计算待测分析仪器转换效率*η*，应符合6.1.1.15的要求。

（3）检测过程操作步骤如下：

a) 待测分析仪器运行稳定后，通入80%量程NO标准气体，分别记录待测分析仪器NO和NO₂稳定读数；重复操作3次，分别计算NO和NO₂读数的平均值[NO]_{eq}和[NO₂]_{eq}；
b) 启动监测系统校准设备中的臭氧发生器，产生一定浓度的臭氧，在相同实验条件下通入与a)中同一浓度的NO标准气体，分别记录待测分析仪器NO和NO₂稳定读数；重复操作3次，计算NO和NO₂读数的平均值[NO]_{eq}和[NO₂]_{eq}；
生成的NO₂气体的标准浓度值[NO₂]_{eq}等于[NO]_{eq}与[NO]_{eq}的差值，浓度范围应控制在（20%~60%）满量程。

c) 按公式（16）计算待测分析仪器转换效率*η*，应符合6.1.1.15的要求。

$$\eta = \frac{([NO_2]_{eq} - [NO]_{eq}) - ([NO_2]_{eq} - [NO]_{eq})}{[NO]_{eq} - [NO]_{eq}} \times 100\% \dots (16)$$

式中： η -----待测分析仪器转换效率，%；
[NO]_{eq}---未启动臭氧发生器时通入NO标准气体NO测量平均值，ppb；
[NO₂]_{eq}---未启动臭氧发生器时通入NO标准气体NO₂测量平均值，ppb；
[NO]_{eq}---启动臭氧发生器后通入NO标准气体NO测量平均值，ppb；
[NO₂]_{eq}---启动臭氧发生器后通入NO标准气体NO₂测量平均值，ppb。

7.1.14 无人值守工作时间

待测监测系统连续运行60d，期间进行长期漂移（≥7d）测试和平均故障间隔天数考核。

（1）长期漂移（≥7d）测试

待测监测系统运行稳定后，通入零点标准气体，记录待测分析仪器零点稳定读数 Z_0 ，通入80%量程标准气体，记录稳定读数 M_{eq} ，通气结束后，待测监测系统连续运行至少7d（期间不允许任何手动维护和校准），重复上述操作，并分别记录稳定后读数。按公式（17）、（18）计算待测分析仪器的长期零点漂移 LZD 、长期量程漂移 LSD ；测试完成后可对待测监测系统维护校准。长期漂移至少重复测试7次，长期零点漂移 LZD 和长期量程漂移 LSD 均应符合6.1.1.16中（1）和（2）的要求。

$$LZD_n = Z_n - Z_{n-1} \dots (17)$$

式中： LZD_n -----待测分析仪器第*n*次的长期零点漂移，ppb（ppm）；
 Z_n -----待测分析仪器第*n*次的零点标准气体测量值，ppb（ppm）；
 n -----测试序号，（ $n=1\sim7$ ）。

$$LSD_n = M_{eqn} - M_{eq(n-1)} \dots (18)$$

式中： LSD_n -----待测分析仪器第*n*次的长期量程漂移，ppb（ppm）；
 M_{eqn} -----待测分析仪器第*n*次的80%量程标准气体测量值，ppb（ppm）。

（2）平均故障间隔天数考核

待测监测系统运行期间，记录监测系统出现故障次数*k*，按公式（19）计算待测监测系统平均故障间隔天数*D*，应符合6.1.1.16中（3）的要求。

$$D = \frac{60}{k} \dots (19)$$

式中： D -----待测监测系统平均故障间隔天数，d；
 k -----待测监测系统运行期间的故障数。

7.1.15 多气态动态校准

7.1.15.1 流量线性误差

待测监测系统运行稳定后，将标准流量测量装置串联到多气态动态校准气路中，使校准设备产生流量计（20%~80%）满量程流量，分别记录校准设备流量值和标准流量测量流量值，计算两者的相对误差；重复测试3次，平均值应符合6.1.2中（2）的要求。

7.1.15.2 臭氧发生浓度误差

待测监测系统运行稳定后，使用标准臭氧发生器发生80%量程臭氧标准气体，对臭氧分析仪器进行校准，记录臭氧浓度值。校准完成后，使用待测监测系统多气态动态校准仪中的臭氧发生器发生80%量程臭氧标准气体，通入上述已校准的臭氧分析仪器，读取并记录臭氧浓度值；重复测试3次，按公式（20）计算臭氧发生浓度误差*E_i*，按照上述操作步骤，在臭氧浓度为20%和50%量程臭氧标准气体点进行同样测试，测试结果应符合6.1.2中（3）的要求。

$$E_i = \frac{RF_i - \bar{R}}{\bar{R}_i} \times 100\% \dots (20)$$

式中： E_i -----第*i*种浓度臭氧发生浓度误差，%；
 \bar{R}_i -----第*i*种浓度臭氧测量平均值，ppb；
 RF_i -----第*i*种浓度臭氧发生值，ppb；
 i -----浓度序号（ $i=1\sim3$ ）。

7.2 开放光程连续监测系统

7.2.1 零点噪声

使待测分析仪器处于零光程测量状态, 检测方法见7.1.1, 待测分析仪器零点噪声应符合6.2.2的要求。

7.2.2 最低检出限

使待测分析仪器处于零光程测量状态, 检测方法见7.1.2, 待测分析仪器最低检出限应符合6.2.3的要求。

7.2.3 量程噪声

使待测分析仪器处于零光程测量状态, 检测方法见7.1.3, 待测分析仪器量程噪声应符合6.2.4的要求。

7.2.4 示值误差

使待测分析仪器处于零光程测量状态, 检测方法见7.1.4, 待测分析仪器示值误差应符合6.2.5的要求。

7.2.5 量程精密度

使待测分析仪器处于零光程测量状态, 检测方法见7.1.5, 待测分析仪器量程精密度应符合6.2.6的要求。

7.2.6 24h零点漂移和24h量程漂移

使待测分析仪器处于零光程测量状态, 检测方法见7.1.6, 待测分析仪器24h零点漂移应符合6.2.7的要求, 24h量程漂移应符合6.2.8的要求。

7.2.7 响应时间 (上升时间/下降时间)

使待测分析仪器处于零光程测量状态下, 向校准池中通入浓度约为80%满量程的标准气体, 稳定后将校准池放入仪器光路中, 同时用秒表开始计时, 待测分析仪器显示值上升至标准气体浓度标称值90%时, 停止计时; 记录所用时间为待测分析仪器的上升时间。待80%量程标准气体测量读数稳定后, 迅速取下校准池, 同时用秒表开始计时, 当待测分析仪器显示值下降至80%量程标准气体浓度标称值10%时, 停止计时; 记录所用时间为待分析仪器的下降时间。

响应时间每天测试1次, 重复测试3d, 平均值应符合6.2.9的要求。

7.2.8 电压稳定性

使待测分析仪器处于零光程测量状态, 检测方法见7.1.8, 待测分析仪器电压稳定性应符合6.2.10的要求。

7.2.9 环境温度变化的影响

使待测分析仪器处于零光程测量状态, 检测方法见7.1.10, 待测分析仪器环境温度变化的影响应符合6.2.11的要求。

7.2.10 干扰成分的影响

干扰气体见表3。使待测分析仪器处于零光程测量状态, 检测方法见7.1.11, 待测分析仪器干扰成分的影响应符合6.2.12的要求。

7.2.11 校准池长度的影响

使待测分析仪器处于零光程测量状态, 在待测分析仪器测量光路上放置最大长度的校准池, 通入80%量程标准气体, 读数稳定后记录测量值CL; 在待测分析仪器测量光路上放置最小长度的校准池, 通入同一浓度标准气体, 读数稳定后记录测量值CS。按公式(21)计算校准池长度的影响, 应符合6.2.13的要求。

$$\eta = \frac{C_L - (C_S \times \frac{L_1}{L_2})}{C_L} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (21)$$

式中: η -----待测分析仪器校准池长度的影响, %;

C_L -----使用最大长度校准池时标准气体浓度测量值, ppb;

C_S -----使用最小长度校准池时标准气体浓度测量值, ppb;

L_1 -----最大长度校准池长度, mm;

L_2 -----最小长度校准池长度, mm。

7.2.12 光源强度的影响

使待测分析仪器处于零光程状态, 通入零点标准气体, 读数稳定后记录待测分析仪器显示值 C_{h1} 和光源强度; 通入80%量程标准气体, 读数稳定后记录待测分析仪器显示值 C_{h2} 。在测量光路上放置消光装置, 使待测分析仪器显示光源强度至少衰减15%, 再次通入零点标准气体, 读数稳定后记录待测分析仪器显示值 C_{L1} ; 通入80%量程标准气体, 读数稳定后记录待测分析仪器显示值 C_{L2} 。

按公式(22)和公式(23)分别计算零点和量程光源强度的影响, 应符合6.2.14的要求。

$$Z_0 = \frac{C_{h1} - C_{L1}}{R} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (22)$$

式中: Z_0 -----待测分析仪器零点光源强度的影响, %;

C_{h1} -----正常光源强度时零点标准气体测量值, ppb;

C_{L1} -----光源强度衰减时零点标准气体测量值, ppb;

R -----待测分析仪器满量程值, ppb。

$$Z_1 = \frac{C_{h2} - C_{L2}}{R} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (23)$$

式中: Z_1 -----待测分析仪器量程光源强度的影响, %;

C_{h2} -----正常光源强度时量程标准气体测量值, ppb;

C_{L2} -----光源强度衰减时量程标准气体测量值, ppb。

7.2.13 无人值守工作时间

待测监测系统连续运行60d, 期间进行长期漂移(7d) 测试和平均故障间隔天数考核。

(1) 长期漂移(7d) 测试

使待测分析仪器处于零光程测量状态, 检测方法见7.1.14中(1), 待测分析仪器长期零点漂移LZD和长期量程漂移LSD均应符合6.2.15中(1)和(2)的要求。

(2) 平均故障间隔天数考核

检测方法见7.1.14中（2），待测监测系统平均故障间隔天数应符合6.2.15中（3）的要求。

8检测项目

环境空气气态污染物（SO₂、NO₂、O₃、CO）连续自动监测系统检测项目见表4、表5和表6。

表4 点式连续监测系统检测项目

项目	SO ₂ 分析仪器	NO ₂ 分析仪器	O ₃ 分析仪器	CO 分析仪器
测量范围	(0~500) ppb	(0~500) ppb	(0~500) ppb	(0~50) ppm
零点噪声	≤1 ppb	≤1 ppb	≤1 ppb	≤0.25 ppm
最低检出限	≤2 ppb	≤2ppb	≤2 ppb	≤0.5 ppm
量程噪声	≤5 ppb	≤5 ppb	≤5 ppb	≤1ppm
示值误差	±2% F.S.	±2% F.S.	±4% F.S.	±2% F.S.
20%量程精密度	≤5 ppb	≤5 ppb	≤5 ppb	≤0.5 ppm
80%量程精密度	≤10 ppb	≤10 ppb	≤10 ppb	≤0.5 ppm
24h 零点漂移	±5 ppb	±5 ppb	±5 ppb	±1 ppm
24h 20%量程漂移	±5 ppb	±5 ppb	±5 ppb	±1 ppm
24h 80%量程漂移	±10 ppb	±10 ppb	±10 ppb	±1 ppm
响应时间	≤5 min	≤5 min	≤5 min	≤4 min
电压稳定性	±1% F.S.	±1% F.S.	±1% F.S.	±1% F.S.
流量稳定性	±10%	±10%	±10%	±10%
环境温度变化的影响	≤1ppb/°C	≤3ppb/°C	≤1ppb/°C	≤0.3ppm/°C
转换效率	/	>96%	/	/
干扰成分的影响	±4% F.S. (2% H ₂ O)	±4% F.S. (2.5% H ₂ O)	±4% F.S. (2% H ₂ O)	±5% F.S. (2.5% H ₂ O)
	±4% F.S. (0.1ppm 甲苯)	±4% F.S. (1ppm NH ₃)	±4% F.S. (1ppm 甲苯)	±5% F.S. (1000ppm CO ₂)
	±4% F.S. (3000ppm CH ₄)	±4% F.S. (200ppb O ₃)	±4% F.S. (0.2ppm SO ₂)	/
	/	±4% F.S. (500ppb SO ₂)	±6% F.S.、 (0.5ppm NO/NO ₂)	/
采样口和校准口浓度偏差	±1%	±1%	±1%	±1%
无人值守工作 时间	长期零点 漂移	±10 ppb	±10 ppb	±2 ppm
	长期量程 漂移	±20 ppb	±20 ppb	±2 ppm
	平均故障间隔 天数	≥7d	≥7d	≥7d

表5 多气体动态校准装置检测项目

项目	性能指标
稀释比率	1/100~1/1000
流量线性误差	±1%
臭氧发生浓度误差	±2%

表6 开放光程连续监测系统检测项目

项目	SO ₂ 分析仪器	NO ₂ 分析仪器	O ₃ 分析仪器
测量范围	(0~500) ppb	(0~500) ppb	(0~500) ppb
零点噪声	≤1ppb	≤1ppb	≤1ppb
最低检出限	≤2ppb	≤2ppb	≤2ppb
量程噪声	≤5ppb	≤5ppb	≤5ppb
示值误差	±2% F.S.	±2% F.S.	±4% F.S.
20%量程精密度	≤5ppb	≤5ppb	≤5ppb
80%量程精密度	≤10ppb	≤10ppb	≤10ppb
24h 零点漂移	±5ppb	±5ppb	±5ppb
24h 20%量程漂移	±5ppb	±5ppb	±5ppb
24h 80%量程漂移	±10ppb	±10ppb	±10ppb
响应时间	5min	5min	5min
电压稳定性	±1% F.S.	±1% F.S.	±1% F.S.
环境温度变化的影响	<1ppb/°C	<3ppb/°C	<1ppb/°C
干扰成分的影响	±3% F.S. (0.035ppm 苯)	±2% F.S. (0.33ppm NH ₃)	±5% F.S. (0.035 ppm 苯)
	±2% F.S. (3000ppm CH ₄)	±2% F.S. (200ppb O ₃)	±2% F.S. (0.3ppm SO ₂)
	/	±2% F.S. (300ppb SO ₂)	±2% F.S. (0.35ppm NO/NO ₂)
校准池长度的影响	±2%	±2%	±2%
光源强度的影响	±2%F.S.	±2%F.S.	±4%F.S.
无人值守工作 时间	长期零点漂移	±10 ppb	±10 ppb
	长期量程漂移	±20 ppb	±20 ppb
	平均故障间隔天数	≥7d	≥7d

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/97157.html>