



中华人民共和国国家环境保护标准

HJ□□□-201□

长程差分吸收光谱（DOAS）空气质量监测仪 技术要求

The technical requirement for

Long-path differential optical absorption spectroscopy (DOAS) air
quality monitoring system

（征求意见稿）

201□-□□-□□发布

201□-□□-□□实施

环 境 保 护 部 发 布

目 次

1 适用范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 测定范围.....	2
5 工作电压与频率.....	2
6 性能要求.....	2
7 仪器构造.....	3
8 检验方法.....	3
9 标识.....	6
10 操作说明书.....	6
11 校验.....	7

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》，保护环境，保障人体健康，规范长程差分吸收光谱（DOAS）空气质量监测仪的技术性能，制定本标准。

本标准规定了长程差分吸收光谱（DOAS）空气质量监测仪的研制生产及性能检验、选型使用、日常校核等方面的技术要求。

本标准为首次发布。

本标准由环境保护部科技标准司组织制订。

本标准主要起草单位：安徽省环境监测中心站、中国科学院安徽光学精密机械研究所。

本标准环境保护部 201□年□□月□□日批准。

本标准自 201□年□□月□□日起实施。

本标准由环境保护部解释。

长程差分吸收光谱（DOAS）空气质量监测仪技术要求

1 适用范围

本标准规定了采用长程差分吸收光谱(Differential Optical Absorption Spectroscopy, 简称DOAS)系统进行空气质量监测的仪器的技术性能要求和性能检测方法。

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/T 191-2000	包装储运图示标志
GB 3095-1996	环境空气质量标准
GB 4943-2001	信息技术设备的安全
HJ/T193-2005	环境空气质量自动监测技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 气态污染物 (gaseous pollutant)

是指以分子状态分散于大气中的污染物,如SO₂、NO₂、O₃、HCHO等。

3.2 零点漂移 (zero drift)

监测系统在连续24h内不做调节,测量没有经过大气吸收并无待测污染物时系统所显示的浓度示值的变化情况,用浓度示值变化的极大值表示。

3.3 量程漂移 (span drift)

监测系统在连续24h内不做调节,采用等效程长方法,对等效浓度为满量程80%的污染物分时进行检测,得到的浓度变化情况,用浓度变化的最大偏差表示。

3.4 等效程长法 (method of equivalent optical distance)

根据光谱吸收定理 $A=KcL$,气态污染物的浓度 C 和吸收光程长度 L 对测量结果的贡献具有等价性,采用较短的样品池和输入较高浓度的气态污染物,达到长光程下对低浓度气态污染物进行测量的等效方法。

3.5 长程差分吸收光谱技术 (Differential Optical Absorption Spectroscopy for long distance)

采用差分吸收光谱 (Differential Optical Absorption Spectroscopy, 简称 DOAS) 方法进行基于长程吸收的大气监测技术。

3.6 光程 (optical distance)

DOAS 监测系统发出的光在大气中穿过的距离和大气平均折射率的乘积。本标准中的光程是指 DOAS 监测系统发出的光经直射或/和反射后达到检测系统所经过的空间距离。

3.7 响应时间 (response time) :仪器显示的测量值达到稳定的标准值 95%时所需的时间。

4 测定范围

4.1 测量光程: 200m~1000m;

4.2 测量光谱范围: 包括 220-450nm 范围;

4.3 气态污染物浓度测量范围: $0\sim 500\times 10^{-9}(V/V)$

5 工作电压与频率

工作电压为 $220V\pm 10\%$, 频率为 $50Hz\pm 2\%$ 。

6 性能要求

DOAS 技术在大气痕量气态污染物监测中, 通过特征吸收光谱鉴别大气痕量气态污染物的类型和浓度, 因此适用于在该波段有特征吸收的气体分子, 如 SO_2 、 NO_2 、 O_3 、HCHO、芳香族有机物、苯、甲苯、二甲苯等。作为基于差分吸收光谱方法的环境空气质量监测系统必须满足 3 种常规气体 SO_2 、 NO_2 和 O_3 的监测。

6.1 仪器指标

6.1.1 测量光程: 200m~1000m;

6.1.2 测量光谱范围: 包括 220-450nm 范围;

6.1.3 光谱分辨率: $<0.7nm$;

6.1.4 输出信号: 模拟信号或数字信号。

6.2 性能测试指标

表 1. 性能测试指标

序号	测量原理	差分光学吸收光谱法(DOAS) (1000m 光程)		
	测量成份	二氧化硫(SO ₂)	二氧化氮(NO ₂)	臭氧(O ₃)
1	量程(V/V)	500×10 ⁻⁹	500×10 ⁻⁹	500×10 ⁻⁹
2	最低检测限(V/V)	2×10 ⁻⁹	2×10 ⁻⁹	2×10 ⁻⁹
3	零点漂移(V/V)	±5×10 ⁻⁹ /24h	±5×10 ⁻⁹ /24h	±5×10 ⁻⁹ /24h
4	20%满量程漂移(V/V)	±5×10 ⁻⁹ /24h	±5×10 ⁻⁹ /24h	±5×10 ⁻⁹ /24h
	80%满量程漂移(V/V)	±10×10 ⁻⁹ /24h	±10×10 ⁻⁹ /24h	±10×10 ⁻⁹ /24h
5	20%满量程示值误差(V/V)	±5×10 ⁻⁹	±5×10 ⁻⁹	±5×10 ⁻⁹
	80%满量程示值误差(V/V)	±10×10 ⁻⁹	±10×10 ⁻⁹	±10×10 ⁻⁹
6	响应时间 (s)	≤240	≤240	≤360
7	电压变化的影响	≤测量范围的±3%	≤测量范围的±3%	≤测量范围的±3%
8	温度变化的影响	≤测量范围的±3%	≤测量范围的±3%	≤测量范围的±3%

7 仪器构造

DOAS 监测系统由光学收发系统、光谱分析系统、仪器控制系统、数据采集处理系统四个部分组成。同时必需满足以下各项要求。

7.1 DOAS 监测系统各部件表面应平整、光洁、色泽均匀，无气泡、划痕；

7.2 按钮、旋钮等应灵活、可靠；紧固件不得松动；

7.3 铭牌、标志应清晰，危险部位应有警示标识。

7.4 在正常的运行状态下，可平稳工作，无安全危险。

7.5 具有不因环境变化如：水、结露等而影响系统运行的性能。

7.6 便于维护，检查作业。

7.7 说明功能的文字、符号、标志应符合本标准“9 标识”的规定。

8 检验方法

根据吸收定理，气态污染物的浓度和吸收光程长度对测量结果的贡献具有等价性，采用较短的样品池输入较高浓度的气态污染物，达到长光程下对低浓度气态污染物等效测量。因此，对 DOAS 仪器的检测采用等效光程长的方法。

8.1 实验用仪器、设备

对 DOAS 仪器的检测需要标准气源（SO₂ NO₂ 标准气体和标准臭氧发生器），以及辅助的流量控制装置。

8.2 实验条件

8.2.1 环境温度：0℃~40℃

8.2.2 相对湿度：45%~75%

8.2.3 大气压力：50.0kPa~106.0kPa

8.2.4 电源：220V±10%，50Hz±2%

8.3 主要性能检验

8.3.1 量程

在样品池内输入等效于量程要求的等效浓度标准气体，采用等效程长方法，记录测量值，其结果应符合表 1 中 1 的规定。

8.3.2 最低检测限 (D_l)

由于产生最低检测限 $2 \times 10^{-9} \text{V/V}$ 的污染物浓度气体有困难，可采用 3 倍噪声水平作为最低检测限。 D_l 结果应符合表 1 中 2 的规定。

噪声：在零光程时，调节仪器至测量状态，待仪器充分预热稳定后，每间隔 4min 测量一组数据，共取 30 组，分别表示为 $r_1 \cdots r_{30}$ ，按下列公式计算的标准偏差即为仪器对测定 SO_2 、 NO_2 、 O_3 的测量噪声。其结果应符合表 1 中 5 的规定。

$$N = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{30} (r_i)^2 - \frac{1}{30} \left(\sum_{i=1}^{30} r_i \right)^2}{29}} \quad (10^{-9} \text{V/V})$$

8.3.3 零点漂移(测试 SO_2 、 NO_2 、 O_3)

调整监测仪至零光程状态，校零后每间隔 30min 测量一组数据，连续运行 24 小时，共取 48 组 ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_{48}$)。选取正值最大值 ZD_+ 和负值最小值 ZD_- ，零点漂移 ZD 如式 (1) 所示，将 ZD 同表 1 中第 3 项指标进行比较，其结果应符合表 1 中 3 的规定。

$$ZD = \begin{cases} ZD_+, |ZD_+| \geq |ZD_-| \\ ZD_-, |ZD_+| < |ZD_-| \end{cases}$$

ZD ：零点漂移；

8.3.4 量程漂移

以 SO_2 、 NO_2 、 O_3 三种气体为样品，采用连续 24 小时通标准气或者固定放置密封样品池的方法进行。

零点漂移测试后，在样品池中通入满量程 20%的等效浓度标准气体，待监测仪稳定工作后，分别在第 1、3、6、12、24 小时时刻，每一时刻取 10 组数据，共得 50 组数据。按公式(2)计算其量程漂移值。其结果应符合表 1 中 4 的规定。

在样品池中通入满量程 80%的等效浓度标准气体，重复上述过程。其结果应符合表 1 中 4 的规定。

$$SD = S' - ZD - S \quad (2)$$

式中：

SD ：量程漂移；

S' ：测量值的最大或最小值；

ZD ：零点漂移；

S ：标准气体的浓度值。

8.3.5 示值误差

监测仪开启后，零光程状态下，在光路中叠加一个样品池，将标准气体通入样品池，每间隔 3min 测量一组数据，共取 8 组，将测量值填入下表中，按式（4）计算示值误差，其结果应满足表 1 中 5 的规定。

表 2 示值误差记录表

序 号	1	2	3	4	5	6	7	8
仪器响应值 SO ₂ (10 ⁻⁹ V/V)								
仪器响应值 NO ₂ (10 ⁻⁹ V/V)								
仪器响应值 O ₃ (10 ⁻⁹ V/V)								

$$\delta = C' - C \quad (4)$$

式中：

δ ：示值误差；

C' ：监测仪器对标气的响应值的平均值， $C' = (\sum C_i) / 8$

C ：标准气体浓度值。

8.3.6 响应时间

测量标准气体浓度时，在读数稳定情况下，将满量程 80%的等效浓度标准气体移开光路，当气体浓度示值接近零点漂移值后，再将满量程 80%的等效浓度标准气体移入光路，

记录此时的仪器显示时间记作 S_0 ，当气体浓度示值达到标准气前次测量值 95%时，记录此时的仪器显示时间 S_1 ，则响应时间 S 为 S_1-S_0 。其结果应满足表 1 中 6 的规定。

8.3.7 电压变化的影响

测量标准气体浓度时，在样品池中通入满量程 80%的等效浓度标准气体。在未外接稳压电源和读数稳定情况下，使用调压器调整电压在实验条件允许的范围内正负最大波动变化，观察仪器产生的浓度值的变化。其结果应满足表 1 中 7 的规定。

8.3.7 温度变化的影响

测量标准气体浓度时，在样品池中通入满量程 80%的等效浓度标准气体。在读数稳定情况下，使得环境温度在实验条件允许的范围内变化，观察仪器产生的浓度值的变化。其结果应满足表 1 中 8 的规定。

9 标识

在仪器上，必须在醒目处端正地表示以下有关事项，并符合国家的有关规定。

9.1 名称及型号

9.2 测定对象

9.3 测定范围

9.4 使用温度范围

9.5 电源类别及功率

9.6 制造厂商名称

9.7 生产日期和批号

10 操作说明书

操作说明书中，至少必须说明以下有关事项。

10.1 安装场所的选择。

10.2 使用方法

10.3 测定的准备及校正方法

10.4 维护检查的相关规定和方法

10.5 其他一切使用上应注意的事项和解决方法。

11 校验

校验分为日常校验和监督校验两种方式。

日常校验：示值误差、零点漂移每月至少进行一次现场校验。

监督校验：安装的连续监测系统必须进行定期校验，并将定期校验结果报送环保行政主管部门，定期校验由具有相应资质的监督机构承担。
