

DB32

江苏省地方标准

DB32/T 4928—2024

温室气体 二氧化碳和甲烷观测规范
光腔衰荡光谱法

Greenhouse gases—Observation specification for carbon dioxide
and methane—Cavity ring-down spectroscopy method

地方标准信息服务平台

2024-12-16 发布

2025-01-16 实施

江苏省市场监督管理局 发布
中国标准出版社 出版

目 次

前言Ⅲ

1 范围1

2 规范性引用文件1

3 术语和定义1

4 测量方法及观测系统2

 4.1 测量方法2

 4.2 观测系统2

5 安装要求3

 5.1 站址选择3

 5.2 工作环境3

 5.3 样气采集及处理单元3

 5.4 样气选择单元3

 5.5 主机单元4

 5.6 标气单元4

 5.7 数据采集单元4

6 检漏与测试要求4

 6.1 检漏4

 6.2 测试4

7 日常运行和维护要求5

 7.1 日常运行5

 7.2 维护5

8 溯源要求5

参考文献6

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由江苏省气象局提出。

本文件由江苏省气象标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：江苏省气象探测中心、江苏省气候中心。

本文件主要起草人：沈琪、乔贺、尹立、徐进、陈燕、王冰梅、周晨、张军、徐家平。

地方标准信息服务平台

温室气体 二氧化碳和甲烷观测规范

光腔衰荡光谱法

1 范围

本文件规定了利用光腔衰荡光谱法观测大气中二氧化碳和甲烷浓度的测量方法及观测系统、安装要求、检漏与测试要求、日常运行和维护要求、溯源要求等。

本文件适用于大气中二氧化碳和甲烷浓度的光腔衰荡光谱法的在线连续观测,其他观测方法可参考本文件。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

QX/T 174 大气成分选址要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

温室气体 greenhouse gas

大气中能够吸收红外辐射的气体成分。

注:主要包括水汽(H_2O)、二氧化碳(CO_2)、甲烷(CH_4)、氧化亚氮(N_2O)、氢氟氯碳化物类(HFCs,CFCs,HCFCs)、全氟碳化物(PFCs)、六氟化硫(SF_6)和臭氧(O_3)等。

[来源:QX/T 125—2011,3.1,有修改]

3.2

光腔衰荡光谱法 cavity ring-down spectroscopy

基于单波长激光光束进入光腔在腔镜之间来回反射振荡,切断光源后其能量随时间而衰减、衰减的速度与光腔自身的损耗(包括透射、散射)和腔内被测组分(介质)吸收相关的原理,特定光腔自身的损耗为常量,光能量的衰减与被测组分的含量成比例,以此定量被测组分含量的方法。

[来源:GB/T 34415—2017,2.1]

3.3

标气 standard gas

以干洁空气为底气、目标物质浓度已知的混合气。

[来源:GB/T 34286—2017,2.1]

3.4

工作标气 working standard gas

用于对样品中目标物质浓度进行定量测量的标气。

[来源:GB/T 34286—2017,2.2]

3.5

目标标气 target standard gas

用于检查和评估测量系统运行状况而被当作样品进行定期和重复测量的标气。

[来源:GB/T 34286—2017,2.3]

3.6

样气 sample gas

包含待测组分,其浓度已知或未知的气体样品。

[来源:GB/T 34415—2017,2.6]

4 测量方法及观测系统

4.1 测量方法

采样泵将样气由采样管线抽入系统,经温度平衡、压力控制、除水干燥等处理后,由样气选择单元按要求将样气导入主机单元光腔。

测量特定波长激光在光腔内经样气吸收后光强衰减至其 $1/e$ 倍(e 是自然常数)的时间,利用衰减时长与样气内 CO_2 和 CH_4 浓度之间的对应关系,即可定量测定样气内 CO_2 和 CH_4 浓度。

4.2 观测系统

4.2.1 样气采集及处理单元

主要包括进气过滤器、采样管线、采样泵、压力控制器、温度平衡装置和样气除湿装置等。

主要功能:采集环境大气样气,并进行温度平衡、压力控制和除水干燥。

4.2.2 样气选择单元

主要包括质量流量控制器、气流控制开关、样气选择模块(多口阀、电磁阀等)。

主要功能:用于设定和选择进入测量单元的进气的流量、种类、分析顺序和分析时长。

4.2.3 主机单元

主要包括光腔、激光发生器、信号接收处理模块、系统温度压力控制模块等。

主要功能:对样气内 CO_2 和 CH_4 进行分析,并通过仪器内置程序转换成响应信号和浓度。

4.2.4 标气单元

主要包括工作标气、目标标气、气瓶、减压阀等。

主要功能:提供已知浓度的标气,进行系统稳定性和准确性检验校准。

4.2.5 数据采集及处理单元

主要包括具有控制及数据记录功能的终端,如计算机、数据采集器等,基于所获数据可进行浓度计算。

主要功能:采集系统输出信号及仪器参数等相关信息,并存储和转换运算。

4.2.6 观测系统性能指标

观测系统的主要性能指标见表 1。

表 1 观测系统主要性能指标

性能指标名称	性能指标参数
精度(5 min 平均)	二氧化碳: $\leq 0.025 \times 10^{-6}$ mol/mol 甲烷: $\leq 0.22 \times 10^{-9}$ mol/mol
24 h 最大漂移(1 h 平均)	二氧化碳: $\leq 0.1 \times 10^{-6}$ mol/mol 甲烷: $\leq 1 \times 10^{-9}$ mol/mol
测量浓度范围	二氧化碳: $(300 \sim 700) \times 10^{-6}$ mol/mol(有效精度范围) 甲烷: $(1\,000 \sim 3\,000) \times 10^{-9}$ mol/mol(有效精度范围)
除湿性能	样气水汽浓度: $< 40 \times 10^{-6}$ mol/mol

5 安装要求

5.1 站址选择

应符合 QX/T 174 大气成分站或环境气象站选址要求的规定。

5.2 工作环境

应符合以下要求：

- a) 应干燥、清洁、整齐,避免震动、强电磁环境、阳光直射;
- b) 具有良好的防雷击条件,电源有过压、过载和漏电保护装置,接地电阻应小于 $4\,\Omega$;
- c) 温、湿度保持相对稳定,使室内温度能控制在 $(25 \pm 3)^{\circ}\text{C}$,相对湿度控制在 60% 以下;
- d) 空调出风口不应直吹整个测量系统及管线等;
- e) 配备稳压电源或具有稳压功能的不间断电源,电压波动应小于 5%,电源频率 $(50 \pm 3)\text{Hz}$ 。

5.3 样气采集及处理单元

应符合以下要求：

- a) 采样口应安装在合适的支撑体上(如铁塔),高出下垫面冠层顶 30 m 以上,四周开阔,气流畅通;
- b) 采样管应保持完整,中间尽量减少接头,避免漏气,符合防雷要求,采样管路置于保护槽(管)内并固定,保护槽(管)可架空或通过地下管道引入主机单元内,管路应避免 U 形回弯和盘管;
- c) 采样管应在同一高度至少配备一根备份采样管,不使用时应对备份采样两端进行封闭处理;
- d) 主备采样管走向一致,保持平行,路径长度应无明显差别;
- e) 采样口应安装颗粒物过滤装置,并有防水、防虫、防腐等处理;
- f) 空气从采样口进入主机的驻留时间应小于 2 min;
- g) 空气进入主机进气口前,应经过除湿处理。

5.4 样气选择单元

应符合以下要求：

- a) 采样管线对 CO_2 和 CH_4 无污染、吸附作用;
- b) 在不同管路之间切换时密封性要好,不漏气,无交叉污染,并可编程控制;
- c) 质量流量控制器在流量为 $0\,\text{mL} \cdot \text{min}^{-1} \sim 300\,\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$ 、压力小于 0.2 MPa 时,流量分辨率优于全量程的 0.1%。

5.5 主机单元

应符合以下要求：

- a) 平稳放置,四周应有不小于10 cm的散热空间,远离气体发热体、强磁体和腐蚀物；
- b) 在主机进气口前应连接 $1\ \mu\text{m}\sim 2\ \mu\text{m}$ 孔径的颗粒物过滤装置；
- c) 样气进入主机之前应进行温度和压力平衡。

5.6 标气单元

应符合以下要求：

- a) 使用至少2瓶工作标气(高浓度标气、低浓度标气),工作标气浓度跨度涵盖观测地点大气 CO_2 和 CH_4 变化范围,通常选择第95%和第5%分位浓度值为高、低浓度工作标气的浓度值；
- b) 使用至少1瓶目标标气,目标标气浓度接近观测地点大气 CO_2 和 CH_4 浓度变化范围的中位数,通过分析系统定量结果与标称值相比较来判别系统性能；
- c) 应设置标气瓶的固定装置,水平置于通风散热良好且无阳光直射处；
- d) 标气瓶安装有减压阀、压力传感器时,应便于读数,避免碰撞,标气瓶压力应不小于3.5 MPa。

5.7 数据采集单元

应符合 5.2 工作环境的要求。

6 检漏与测试要求

6.1 检漏

观测系统完成安装后,应对样气流经的各部件、管线、连接部位及气瓶进行漏气检查,无漏气。

6.2 测试

6.2.1 流量测试

利用流量计对观测系统的标气、空气等的流量进行测试和调节,使样气流通稳定。

6.2.2 线性测试

线性测试符合下列规定：

- a) 在相同测量条件下,利用至少5种不同浓度的标气进行测量；
- b) 不同浓度标气应交替进行测量,每种浓度测量次数不少于3次,每次测量时长不少于5 min；
- c) 在每次测量时长内选取至少60%的稳定测量数据进行计算,得到每次标气测量浓度的平均值；
- d) 对标气的标称浓度值和测量浓度平均值进行最小二乘法线性拟合计算,拟合优度应大于99.99%,拟合残差(拟合结果对于标气标称浓度的差) CO_2 应小于 $0.1\times 10^{-6}\ \text{mol/mol}$, CH_4 应小于 $1\times 10^{-9}\ \text{mol/mol}$ 。

6.2.3 精度测试

精度测试符合下列规定：

- a) 在相同测量条件下,利用同一浓度的标气进行连续测量,测量时长不少于120 min；
- b) 计算测量时长内24组5 min时间步长的浓度响应平均值的标准偏差, CO_2 应小于 $0.025\times 10^{-6}\ \text{mol/mol}$, CH_4 应小于 $0.22\times 10^{-9}\ \text{mol/mol}$ 。

6.2.4 漂移测试

漂移测试符合下列规定：

- a) 在相同测量条件下,对同一浓度的标气进行连续测量,测量时长不小于 24 h;
- b) 计算测量时长内 24 组 1 h 时间步长的浓度响应平均值的最大值和最小值间的偏差,CO₂应小于 0.1×10^{-6} mol/mol,CH₄应小于 1×10^{-9} mol/mol。

7 日常运行和维护要求

7.1 日常运行

要求如下：

- a) 定期对仪器进行检查和维护,在发现观测仪器设备或观测数据出现异常时,应及时采取有效措施进行处理,确保仪器设备正常运行;
- b) 详细记录观测仪器的运行状态、维护检修情况、周边污染活动以及天气现象等信息,记录开始时间、结束时间、工作或事件内容等;
- c) 检查标气瓶的压力,当压力不足(低于 3.5 MPa)时应及时更换,对换下的标气瓶进行二次标校溯源。应妥善保管标气的标校证书或标校报告,并做好存档。

7.2 维护

应按要求开展但不限于以下维护活动：

- a) 每月应对观测系统的所有气路进行至少一次漏气检查,发现异常及时处理;
- b) 每月应对除湿装置进行至少一次检查和维护,必要时补充或更换制冷剂等耗材;
- c) 每 3~6 个月应对采样泵进行至少一次检查和维护,必要时更换泵膜等;
- d) 每 6 个月对系统进行一次常规检查和维护(包括检漏、流量检查等),必要时对仪器内部及外部过滤器进行清洁或更换;
- e) 每 12 个月应用不同浓度的标气对系统进行至少一次线性测试、精度测试和漂移测试;
- f) 每年或在重污染事件后应及时对采样管进行至少一次清洁,并更换进气口处的颗粒物过滤装置;
- g) 按有关规范要求进行其他维护。

8 溯源要求

要求如下：

- a) 标气在使用前和换下后,应用标准等级高于标气的高等级标气对其进行测量和溯源;
- b) 标气在使用周期内,每年应与标准等级高于标气的高等级标气进行至少一次溯源;
- c) 工作标气和目标标气可溯源至 WMO/GAW 一级标准。

参 考 文 献

- [1] GB/T 5832.3—2011 气体中微量水分的测定 第3部分:光腔衰荡光谱法
- [2] GB/T 2887—2011 计算机场地通用规范
- [3] GB/T 33672—2017 大气甲烷光腔衰荡光谱观测系统
- [4] GB/T 34286—2017 温室气体 二氧化碳测量 离轴积分腔输出光谱法
- [5] GB/T 34415—2017 大气二氧化碳(CO₂)光腔衰荡光谱观测系统
- [6] QX/T 125—2011 温室气体本底观测术语
- [7] QX/T 429—2018 温室气体 二氧化碳和甲烷观测规范 离轴积分腔输出光谱法
- [8] 中国气象局.大气成分观测业务规范(试行)[M].北京:气象出版社,2012.
- [9] 中国气象局综合观测司.大气成分观测业务技术手册(第一分册:温室气体及相关微量成分)[M].北京:气象出版社,2014.
- [10] 臧昆鹏,周凌晞,方双喜,等.新型CO₂和CH₄混合标气标校流程及方法[J].环境化学,2011,30(2):511-516.
- [11] 高精度温室气体二氧化碳浓度自动观测系统建设指南(气测函〔2023〕20号)
- [12] GAW Report No.292 Twenty-first WMO/IAEA Meeting on Carbon Dioxide, Other Green-house Gases and Related Measurement Techniques (GGMT-2022),2024.