

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 34415—2017

---

## 大气二氧化碳(CO<sub>2</sub>) 光腔衰荡光谱观测系统

Cavity ring-down spectroscopy system for measurement of atmospheric  
carbon dioxide

2017-09-29 发布

2018-04-01 实施

---

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会 发布



## 目 次

前言 .....	Ⅲ
1 范围 .....	1
2 术语和定义 .....	1
3 安装环境 .....	1
4 原理及系统组成 .....	2
5 性能要求 .....	2
参考文献 .....	4



## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国气象局提出。

本标准由全国气候与气候变化标准化技术委员会大气成分观测预报预警服务分技术委员会 (SAC/TC 540/SC 1) 归口。

本标准起草单位: 中国气象科学研究院。

本标准主要起草人: 周凌晞、夏玲君、臧昆鹏、方双喜、刘立新、姚波、王红阳、栾天、张振波。



# 大气二氧化碳(CO<sub>2</sub>) 光腔衰荡光谱观测系统

## 1 范围

本标准规定了基于光腔衰荡光谱观测系统观测本底大气中二氧化碳(CO<sub>2</sub>)浓度的安装环境、原理及系统组成、性能要求。

本标准适用于光腔衰荡光谱法在线观测本底大气 CO<sub>2</sub> 浓度。

## 2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 2.1

**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。

### 2.2

**在线观测** in-situ measurement

即现场原位观测,在目标地点对待测组分进行的直接测量。

### 2.3

**工作标气** standard gas

以干洁空气为底气、待测组分浓度已知的混合气。

### 2.4

**目标气** target gas

将浓度(接近待测组分的大气浓度)已知的工作标气作为待测气体,每隔一定周期重复测定,用以监测观测系统的运行是否稳定。

### 2.5

**标称值** assigned value

经上一级标气准确标定后赋予的标准浓度(摩尔比, mol/mol)。

### 2.6

**样气** sampling gas

包含待测组分,其浓度已知或未知的气体样品。

## 3 安装环境

3.1 站点要求:大气中 CO<sub>2</sub> 浓度基本能代表区域大气本底特征的站点;应位于主要污染源或居民点盛行风的上风向或侧风向,并避开易造成不利天气现象(如静风、贴地逆温)的地形(如洼地)以及附近有铁路、公路、工矿、烟囱、高大建筑物的地方。

3.2 进样口要求:应位于地面植被冠层以上 15 m。

3.3 观测站点周边 500 m 范围或更大距离范围内相对开阔,气流畅通,尽量避免因复杂地形(陡坡、洼地等)而引起的局地环流或易于形成稳定逆温层,以便获得具有代表性的区域平均状况的资料。

3.4 为避免环境温度波动对观测的影响,仪器安装环境温度应保持相对稳定,推荐 23 ℃(±1 ℃)。

## 4 原理及系统组成

### 4.1 原理

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/标气选择单元按要求将样气或标气导入观测系统光腔。特定波长激光在通过光腔时,样气/标气会对其产生吸收,导致激光光强衰减到其  $1/e$  的时间缩短。利用不同波长光强衰减到其  $1/e$  的时长与样气/标气内  $\text{CO}_2$  浓度之间呈相关关系,即可定量测定样气/标气内  $\text{CO}_2$  浓度。

### 4.2 系统组成

#### 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、温度平衡设备、样气除湿设备等。

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。样气由采样泵抽取,经过进气过滤器过滤后,通过样气除湿单元去除其中大部分水分,经压力、流量控制后进入样气/标气选择单元。进气管路中气体应保持为流动状态。

#### 4.2.2 样气/标气选择单元

主要包括质量流量控制器、气流控制开关、样气/标气选择模块(电磁阀、多口选择阀等)。

主要功能:用于设定和选择标气或者样气进入主机分析的程序。系统分析时,样气/标气选择单元选择工作标气、目标气或样气进入光腔衰荡光谱主机分析,样气/标气选择单元应由程序或者光腔衰荡光谱主机控制,并自动切换。

#### 4.2.3 光腔衰荡光谱仪主机单元

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  $\text{CO}_2$  进行分析,并通过仪器内置程序转换成响应信号或浓度。

#### 4.2.4 标气单元

包括工作标气、目标气、减压阀等。

主要功能:提供已知浓度的标气,作为参比因子定量样气浓度或者检验系统准确度。

#### 4.2.5 数据采集处理单元

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,并存贮和转换运算。

## 5 性能要求

### 5.1 样气采集及处理单元的性能要求

包括如下要求:



- a) 样气从室外进样口至光腔衰荡光谱仪主机的驻留时间不超过 5 min。
- b) 进气过滤器能去除粒径大于 5  $\mu\text{m}$  颗粒物,推荐使用不锈钢或聚四氟乙烯过滤膜。
- c) 样气在进入样气/标气选择单元之前应经过温度平衡、压力控制。样气/标气温度应基本相同,压力接近于 1 个标准大气压(或为环境压力)。除湿装置对待测组分无明显吸附或化学反应,建议采用不锈钢或者硬质玻璃材质,除水效率大于 99%,推荐样气经过低于  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  环境脱水,除水后水汽含量应不超过 0.001%。虽然部分光腔衰荡光谱仪主机出厂时对水汽影响予以精确校正,仍推荐对样气进行除湿干燥。
- d) 采样管线应对  $\text{CO}_2$  无污染或吸附,因长期置于室外,故要求耐老化,推荐使用不锈钢或黄铜材质管线,外径为  $\Phi 1/8\text{in}$ ( $1\text{in}=2.54\text{ cm}$ )和  $\Phi 1/4\text{ in}$ 。
- e) 采样泵应为无油隔膜泵,内部材质为聚四氟乙烯,流量不低于  $5\text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ 。采样泵后端采样管线应使用不锈钢或黄铜材质。

## 5.2 样气/标气选择单元的性能要求

包括如下要求:

- a) 采样管线对  $\text{CO}_2$  无污染、吸附或破坏作用。
- 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  $0\sim 300\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ ,压力为  $0\sim 0.2\text{ MPa}$  时,流量分辨率优于全量程的 0.1%。

## 5.3 光腔衰荡光谱主机单元的性能要求

对自然大气浓度范围  $250\times 10^{-6}\sim 520\times 10^{-6}$  的  $\text{CO}_2$  重复进样的测量结果优于  $0.1\times 10^{-6}$  (摩尔比)。

## 5.4 标气单元的性能要求

包括如下要求:

- a) 使用 1 瓶或以上工作标气,工作标气浓度接近或者浓度跨度涵盖观测地点大气浓度变化范围。
- b) 使用 1 瓶或以上目标气,通过分析系统定量结果与标称值相比较来判别系统定值准确度。
- c) 对接近环境浓度的标气( $\text{CO}_2$  摩尔分数在  $360\times 10^{-6}\sim 450\times 10^{-6}$  之间)重复进样分析 10 次以上,系统重复分析相对标准偏差小于或等于 0.1%。
- d) 将不少于 5 个浓度梯度( $\text{CO}_2$  摩尔分数间隔  $20\times 10^{-6}$  左右)的工作标气按其浓度从低到高接入分析。仪器输出浓度(或者校正后的浓度)与标称值线性拟合,每瓶工作标气拟合残差绝对值的  $\text{CO}_2$  摩尔分数应小于  $0.1\times 10^{-6}$ 。

## 5.5 数据采集处理单元的性能要求

包括如下要求:

- a) 光腔衰荡光谱仪主机自带信号采集、存储、转换、计算功能,能够依据仪器内部校正信息换算得出样气中  $\text{CO}_2$  浓度。也可使用信号采集设备,采集主机输出的各项参数信号,包括样气流量、激光参数、光腔温度等信息,采用外标法进行计算。
- b) 光腔衰荡光谱仪主机一般内置校正因子,可通过调整线性拟合斜率以及截距对响应进行校正,直接输出校正后浓度。但每隔一段时间(目标气浓度误差大于  $0.1\times 10^{-6}$  时)应对仪器内部校正因子进行修正。或者采用外标法,通过对高、低浓度工作标气的输出浓度(或者校正后的浓度)与其标称值线性拟合,获得线性拟合斜率以及截距,从而对仪器响应进行校正。系统输出数据即浓度数据,需保留两位小数,经校正后可获得最终浓度值。

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] QX/T 125—2011 温室气体本底观测术语
- [3] 中国气象局.大气成分观测业务规范(试行).北京:气象出版社,2012.
- [4] 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).北京:气象出版社,2014.
- [5] 臧昆鹏,周凌晞,方双喜,等.新型 CO<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 混合标气标校流程及方法.环境化学,2011,30(2):511-516.
- [6] GAW Report No.213. 17th WMO/IAEA Meeting on Carbon Dioxide, Other Greenhouse Gases and Related Tracers Measurement Techniques (GGMT-2013), 2014.
- [7] Fang S.X., Zhou L.X., Tans P.P., Ciais P., Steinbacher M., Xu L., Luan T., 2014. In situ measurement of atmospheric CO<sub>2</sub> at four WMO/GAW stations in China. *Atm. Chem. Phys.*, 14, 2541-2554.
- [8] XIA Lingjun, ZHOU Lingxi, Marcel V. van der SCHOOT, Chris W. RELLA, LIU Lixin, ZHANG Gen, WANG Hongyang., 2016. Evaluation of the carbon isotopic effects of NDIR and CRDS analyzers on atmospheric CO<sub>2</sub> measurements. *SCIENCE CHINA Earth Sciences*, accepted 59(1), 1-9.
-



中华人民共和国  
国家标准  
大气二氧化碳(CO<sub>2</sub>)  
光腔衰荡光谱观测系统  
GB/T 34415—2017

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

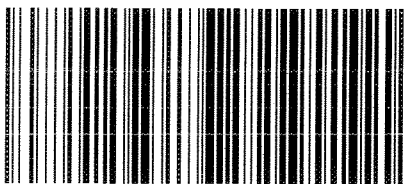
\*

开本 880×1230 1/16 印张 0.75 字数 10 千字  
2017年9月第一版 2017年9月第一次印刷

\*

书号: 155066·1-57037 定价 16.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话:(010)68510107



GB/T 34415-2017