

DB 11

北京市地方标准

DB11/T 2576—2026

大气温室气体（CO₂、CH₄）高精度连续自动 监测系统运行和质量控制技术规范

Technical specifications for the operation and quality control of
high-precision continuous automatic monitoring system for greenhouse
gases (CO₂, CH₄) in the atmosphere

2026 - 09 - 21 发布

2027 - 01 - 01 实施

北京市市场监督管理局 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 监测系统 1

5 日常运行维护 2

6 质量保证与质量控制 4

7 数据有效性判定 4

附录 A（资料性）日常运行维护记录 5

附录 B（规范性）标准气体使用方法 8

附录 C（规范性）性能审核方法 10

附录 D（资料性）数据有效性判定标记 12

参考文献 13

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。

本文件由北京市生态环境局提出并归口。

本文件由北京市生态环境局组织实施。

本文件起草单位：北京市生态环境监测中心、北京城市气象研究院。

本文件主要起草人：郇宁、马志强、刘嘉林、冯鹏、沈秀娥、邹本东、董璠、李娟、黄延、杜玉颖。

大气温室气体（CO₂、CH₄）高精度连续自动监测系统运行和质量控制技术规范

1 范围

本文件规定了大气温室气体（CO₂、CH₄）高精度连续自动监测系统的构成、日常运行维护、质量保证和质量控制、数据有效性判定等技术要求。

本文件适用于大气温室气体（CO₂、CH₄）高精度连续自动监测系统运行和质量控制。

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。

GB/T 10628 气体分析 校准混合气组成的测定和校验 比较法

HJ 818 环境空气气态污染物（SO₂、NO₂、O₃、CO）连续自动监测系统运行和质控技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高精度连续自动监测 high-precision continuous automatic monitoring

在监测点位使用光腔衰荡光谱法、离轴积分腔输出光谱法等高精度监测方法对大气中温室气体进行连续的样品采集、前处理和浓度分析的过程。

3.2

标准气体 standard gas

经过可靠量值溯源程序认可，以干洁空气或合成空气为底气，被测物质浓度已知的混合气体标准物质。标准气体按照用途可以分为校准气和目标气。校准气是指作为校准用途的标准气体。目标气是指作为验证分析仪器运行稳定性用途的标准气体。

[来源：GB/T 33672—2017，2.2，有修改]

3.3

样品气体 sample gas

由采样口进入监测系统待测量的大气样品。

4 监测系统

4.1 系统整体组成

系统主要由采样及前处理单元、监测仪器、标准气体单元以及数据采集与传输系统等模块组成。如图1所示。

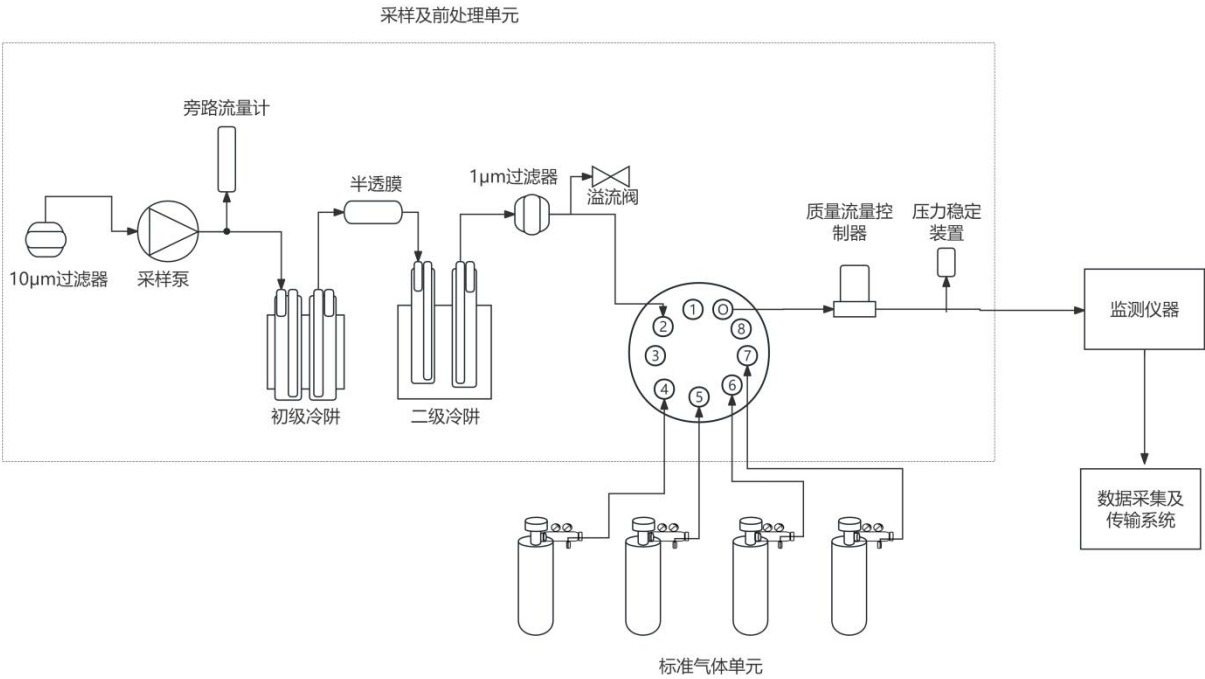


图 1 温室气体高精度连续自动监测系统示意图

4.2 采样及前处理单元

主要包括颗粒物过滤器、除水单元、多路进样控制单元、采样管线、采样泵等。颗粒物过滤器建议使用PTFE材质，孔径 $\leq 10\text{ }\mu\text{m}$ ；除水单元建议要求除水后水汽浓度低于 $100\text{ }\mu\text{mol/mol}$ ；多路进样控制单元要求能够实现样品气体和标准气体的自由切换；采样管线、采样泵及全管路要求无污染、无泄漏、无温室气体吸附及渗透。

4.3 监测仪器

用于对样品气体中的 CO_2 、 CH_4 进行高精度监测分析的仪器设备。可采用光腔衰荡光谱法、离轴积分腔输出光谱法等监测原理的仪器。

4.4 标准气体单元

主要包括标准气体、钢瓶、减压阀等，用于分析和校验监测系统运行状况或检验监测系统精密度、准确度等。建议至少3瓶校准气（高、中、低浓度各1瓶）和至少1瓶目标气。

4.5 数据采集与传输系统

主要包括具有数据采集、控制及记录功能的终端或组件等，能够实现对数据的采集、处理和存储，并能按照中心计算机指令传输监测数据和设备工作状态信息。

5 日常运行维护

5.1 基本要求

5.1.1 系统应能够满足全年连续运行，如出现故障或监测数据异常等情况，应及时采取有效措施，确保系统正常运行。

5.1.2 监测仪器主要技术参数不应随意改动，如需进行调整，应开展仪器性能测试，编制参数调整报告。

5.2 巡检

每周至少开展1次现场巡检，内容包括：

- a) 检查监测点位周围环境、站房及配套辅助设施是否正常。应及时清除监测站点周围的杂草和积水，及时剪除对采样有影响的树枝；
- b) 检查避雷设施是否正常；房顶是否完好，是否有漏雨现象；
- c) 检查采样塔、采样管线是否正常；采样过滤器是否安装牢固；
- d) 检查监测仪器所在房间内温度、湿度是否正常，温度应保持在 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，24 小时变化幅度不宜超过 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度保持在 80% 以下；在冬、夏季注意房间内外温差，必要时应及时调整室内温度或对采样管采取适当的控温措施，防止因温差造成采样管路出现冷凝水的现象；
- e) 检查各种消防、安全设施设备是否完好齐全；
- f) 检查空调、通讯、排气扇、报警装置以及电源等辅助设备运行状况是否正常；
- g) 检查采样装置、多级冷阱等前处理装置运行状况，查看流量、温度、压力、气路切换、除水效果等是否正常，并对气路气密性检查，如果管路存在凝结水，应及时进行清洁干燥处理；
- h) 检查标气瓶是否漏气，检查标准气体消耗情况；检查减压阀二级分压是否在正常范围，并与样品气体进样压力保持一致，检查标准气体消耗量是否正常，是否在有效期内；
- i) 检查监测仪器工作状态及工作参数是否正常，如有报警信息应立即进行排查并处理；
- j) 检查数据采集、传输与网络通讯是否正常；
- k) 做好日常巡检记录，见表 A.1。

5.3 维护

定期运行维护，及时故障检修，内容包括：

- a) 每日远程查看监测数据及仪器工作状态参数，发现异常时，应及时至现场进行故障检测及排除，对相关部件进行维护或维修；
- b) 每周进行仪器、数据采集系统时钟检查，确保时钟偏差不超过 30 s。应注意时区设置情况，监测仪器可使用自带时区，数据采集系统应使用北京时区；
- c) 每周检查监测系统的多级冷阱工作状态是否正常，检查干燥后水汽浓度、耗材使用情况、积水情况等，及时维护、更换耗材；
- d) 每季度检查抽气泵泵膜、阀片，必要时更换，每年至少更换一次；
- e) 每季度使用检漏液对气路正压部分进行气密性检查，检漏液必须使用对连接处无腐蚀、无污染的专用液体；
- f) 采样入口处的过滤器每年至少更换 1 次，并视实际污染情况适当增加更换频次。每 2 年至少清洁 1 次室外采样管，应在清洁后进行验漏测试；
- g) 出现故障的仪器设备应及时进行针对性检修，原则上 24 h 内响应；
- h) 对过滤器或连接插件等普通易损件维修后，应进行目标气检查；对机械部件、光学部件、检测部件和信号处理部件等关键部件维修后，应进行仪器性能测试，合格后方可投入使用；
- i) 每次运行维护和故障检修完成后，应对维护内容进行记录，见表 A.2。

5.4 其他检查

参照 HJ 818 的相关要求执行。

6 质量保证与质量控制

6.1 标准气体

标准气体的管理及使用应符合如下要求：

- 标准气体应为国家有证标准物质，溯源至国家温室气体测量基准标尺，或为国际组织提供的标准物质，溯源至国际测量基准标尺，并在有效期内使用；
- 高浓度校准气浓度宜在全年小时平均浓度中第 90 百分位附近，中浓度校准气浓度宜在全年小时平均浓度中第 50 百分位附近，低浓度校准气浓度宜在全年小时平均浓度中第 10 百分位附近；目标气浓度宜在全年小时平均浓度中第 40 百分位~60 百分位之间；
- 标气瓶应使用两级压力调节阀控制，以保证稳定输出标准气体，二级分压一般设在 0.1 MPa 左右；
- 标气瓶应固定放置，有条件的宜横置固定；
- 标气瓶压力值应不低于标准物质证书规定的最低使用压力。校准气与目标气不宜同时更换。

6.2 监测仪器

对监测仪器的校准及检查应符合如下要求：

- 应每月至少开展 1 次校准气校准。通入不同浓度校准气后，参考国标 GB/T 10628 使用最小二乘法绘制校准曲线得到校准方程，校准方程用于对仪器监测数据的修正。具体操作及计算方法应符合附录 B 的要求；
- 建议每间隔 23 h 进行 1 次目标气检查。检查结果应符合： CO_2 、 CH_4 差值分别不超过 $\pm 0.2 \mu\text{mol/mol}$ 、 $\pm 5 \text{ nmol/mol}$ ，否则应及时进行系统检查、维护和校准。具体操作及计算方法应符合附录 B 的要求。

6.3 监测仪器性能审核

6.3.1 精密度审核

精密度审核时，监测仪器响应浓度相对标准偏差应 $\leq 0.05\%$ (1σ , 5 min)。应每年进行 1 次精密度审核，具体操作见附录 C。

6.3.2 准确度审核

应每年至少进行 1 次准确度审核，具体操作见附录 C。

- CO_2 、 CH_4 校准曲线方程相关系数 $r \geq 0.9999$ ；
- CO_2 、 CH_4 目标气标称浓度和修正后浓度差值应分别不超过 $\pm 0.2 \mu\text{mol/mol}$ 、 $\pm 5 \text{ nmol/mol}$ 。

7 数据有效性判定

7.1 根据附录 D 要求对数据进行有效性判定标记。

7.2 剔除掉无效数据，并使用修正浓度值进行计算。

附 录 A
(资料性)
日常运行维护记录

日常运行维护记录见表 A. 1、表 A. 2。

表 A. 1 巡检内容记录

站点名称		巡检时间	年 月 日 时 分— 时 分	
巡检内容		是否正常	问题处置	备注
站房外部环境				
1	点位周围环境情况			
2	点位周围安全隐患			
3	站房及配套辅助设施状况			
4	点位周围是否有杂草、积水、树枝需要清除			
5	点位避雷设施是否正常			
6	房顶是否完好，有无漏雨			
7	采样塔、采样管线是否正常			
8	采样过滤器是否牢固			
站房内部环境				
1	温度：___℃ 湿度：___%			
2	照明系统工作状况			
3	安全及消防设施状况			
4	排风扇及空调工作状况： 空调设定温度___℃			
5	卫生状况，是否有异味			
6	供电及网络等线路工作状况			
采样及前处理单元				
1	采样塔、采样管线等辅助设施状况			
2	前处理装置各工作参数是否正常			
3	采样泵泵膜、阀片使用情况			
4	标气瓶、管路是否漏气			
5	标准气体消耗量、分压是否正常、是否在有效期内			
6	初级冷阱：设定温度___℃ 实际温度___℃			
7	二级冷阱：设定温度___℃ 实际温度___℃			
监测仪器				
1	运行报警信息			
2	面板、背部风扇及过滤网等工作状况			
3	气体分析部件工作状况			
4	时钟状况			

表A.1 巡检内容记录（续）

站点名称		巡检时间	年 月 日 时 分— 时 分	
巡检内容		是否正常	问题处置	备注
5	目标气检查情况			$\text{CO}_2 \leq \pm 0.2 \mu\text{mol/mol}$; $\text{CH}_4 \leq \pm 5 \text{ nmol/mol}$
标准气体单元				
1	压力值： 高浓度标气瓶___MPa；中浓度标气___MPa； 低浓度标气瓶___MPa；目标气标气瓶___MPa；			压力是否符合要求
2	分压表压力设定情况			
3	管路验漏情况			
4	标准气体使用有效期			
数据采集与传输系统				
1	数据采集与存储状况			数据是否缺失
2	数据传输状况			传输数据是否完全
备注：				

巡检人：

复核人：

表 A.2 维护内容记录

站点名称				维护日期		
序号	内容			检查情况	处理结果	备注
每日运维记录						
1	远程查看数据传输是否正常			☐ 是 ☐ 否		
2	仪器工作参数是否有报警			☐ 是 ☐ 否		
3	室内温湿压等是否有报警			☐ 是 ☐ 否		
4	气瓶间、设备间是否有漏气报警			☐ 是 ☐ 否		
5	目标气修正浓度与标称浓度之差是否符合要求 CO ₂ ≤ ±0.2 μmol/mol; CH ₄ ≤ ±5 nmol/mol			☐ 是 ☐ 否		
6	除水后的样品气体水汽浓度是否正常			☐ 是 ☐ 否		
每周运维记录						
1	检查仪器、数据采集系统时钟			☐ 是 ☐ 否		偏差≤30s
2	初级冷阱	制冷温度（℃）				
		蠕动泵 1				
		蠕动泵 2				
		积水瓶				
3	二级冷阱	是否报错		☐ 是 ☐ 否		
		压缩机温度（℃）				
		L1 最低温度（℃）				
		L2 最低温度（℃）				
		L1 最高温度（℃）				
		L2 最高温度（℃）				
		多口阀切换功能				
4	平均水汽检测值					
每年/季度运维内容						
1	抽气泵泵膜、阀片是否需要更换			☐ 是 ☐ 否		
2	气路正压部分是否进行检漏实验			☐ 是 ☐ 否		
3	采样过滤器是否需要更换			☐ 是 ☐ 否		
4	采样管路是否需要清洗			☐ 是 ☐ 否		
故障维修记录						
1	过滤器或连接插件等普通易损件维修			☐ 是 ☐ 否		
2	机械、光学、检测和信号处理等关键部件			☐ 是 ☐ 否		
备注：						

巡检人：

复核人：

附 录 B

(规范性)

标准气体使用方法

B.1 校准气使用方法

B.1.1 向监测仪器依次从低到高通入至少 3 个已知浓度的校准气，每次通气 15 分钟，分别记录监测仪器对各浓度校准气的响应浓度值，取后 5 分钟均值为记录结果。

B.1.2 用最小二乘法获得校准曲线的拟合方程，用 r 代表最小二乘法计算得到的相关系数，最小二乘法的计算公式及拟合方程见表 B.1。

表 B.1 最小二乘法计算公式 ($Y = aX + b$)

$\bar{X} = (\sum X)/n$	$r = a \frac{S_x}{S_y}$
$\bar{Y} = (\sum Y)/n$	$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n}}$
$a = \frac{\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{N}}{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N}}$	$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}}$
$b = \bar{Y} - a\bar{X}$	

式中： $\bar{X}$ 为监测仪器对校准气的响应浓度值 X 变量的平均值； $\bar{Y}$ 为校准气标称浓度值 Y 变量的平均值； S_x 为 X 变量的标准偏差， S_y 为 Y 变量的标准偏差； a 校准曲线斜率； b 为校准曲线截距，单位为纳摩尔每摩尔 (nmol/mol) 或微摩尔每摩尔 (μmol/mol)； r 为相关系数

B.1.3 用公式 (B.1) 计算修正浓度值：

$$C = aC' + b \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

C ——样气修正浓度，单位为纳摩尔每摩尔 (nmol/mol) 或微摩尔每摩尔 (μmol/mol)；

a ——校准曲线斜率；

b ——校准曲线截距，单位为纳摩尔每摩尔 (nmol/mol) 或微摩尔每摩尔 (μmol/mol)；

C' ——监测仪器对样气的响应浓度值，单位为纳摩尔每摩尔 (nmol/mol) 或微摩尔每摩尔 (μmol/mol)。

B.2 目标气使用方法

B.2.1 向监测仪器通入已知浓度目标气，每次通气15分钟，待读数稳定后分别记录监测仪器对各浓度标准气体的响应浓度值，取后5分钟均值为记录结果。

B.2.2 用公式 (B.2) 计算目标气修正浓度值：

$$S'' = aS' + b \cdots \cdots \cdots (B.2)$$

式中：

S'' ——目标气修正浓度值，单位为纳摩尔每摩尔（nmol/mol）或微摩尔每摩尔（ $\mu\text{mol/mol}$ ）；

a ——校准曲线斜率；

b ——校准曲线截距，单位为纳摩尔每摩尔（nmol/mol）或微摩尔每摩尔（ $\mu\text{mol/mol}$ ）；

S' ——监测仪器对目标气的响应浓度值，单位为纳摩尔每摩尔（nmol/mol）或微摩尔每摩尔（ $\mu\text{mol/mol}$ ）。

B.2.3 目标气检查结果应符合：CO₂、CH₄ 差值 E 分别不超过 $\pm 0.2 \mu\text{mol/mol}$ 、 $\pm 5 \text{ nmol/mol}$ ，当检查结果不满足要求时，应查找原因并处理；必要时缩短质控时间间隔。用公式（B.3）计算目标气差值：

$$E = S'' - S \cdots \cdots \cdots (B.3)$$

式中：

E ——目标气差值，单位为纳摩尔每摩尔（nmol/mol）或微摩尔每摩尔（ $\mu\text{mol/mol}$ ）；

S'' ——目标气修正浓度值，单位为纳摩尔每摩尔（nmol/mol）或微摩尔每摩尔（ $\mu\text{mol/mol}$ ）；

S ——目标气标称浓度值，单位为纳摩尔每摩尔（nmol/mol）或微摩尔每摩尔（ $\mu\text{mol/mol}$ ）。

附 录 C

(规范性)

性能审核方法

C.1 精密度审核

C.1.1 审核方法

对监测仪器进行精密度审核之前,不改动仪器任何设置参数,向监测仪器通入某一浓度的标准气体,标准气体浓度在全年小时浓度的 50 百分位附近,根据仪器响应浓度的相对标准偏差,来确定仪器的精密度(1σ, 5 min)。

C.1.2 审核流程

监测仪器精密度审核操作与相关参数计算应符合如下要求:

- a) 向监测仪器通入标准气体,记录仪器响应浓度 Y_i 。建议通气 3 小时,取后 2 小时原始监测数据参与计算;
- b) 该仪器响应浓度的相对标准偏差按照公式 (C.1) (C.2) 计算:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

SD ——标准偏差;

Y_i ——标准气体第*i*个测量值;

$\bar{Y}$ ——标准气体测量平均值;

n ——为测量值个数。

$$RSD = \frac{SD}{\bar{Y}} \times 100\% \dots\dots\dots (C.2)$$

式中:

RSD ——相对标准偏差。

C.2 准确度审核

C.2.1 审核方法

准确度审核方法同标准气体使用方法(附录B),向监测仪器依次从低到高通入至少3个已知浓度的标准气体,用最小二乘法获得校准曲线,用相关系数和目标气检查结果对仪器准确度进行评价。

C.2.2 审核流程

C.2.2.1 监测仪器准确度审核操作与相关参数计算应符合如下要求:

- a) 向监测仪器依次从低到高通入至少 3 个已知浓度的标准气体,每次通气 15 分钟,分别记录监测仪器对各浓度标准气体的响应浓度值,取后 5 分钟均值为记录结果,用最小二乘法获得监测仪器校准曲线的拟合方程,如表 B.1 中拟合方程所示;
- b) 将监测仪器对目标气的响应浓度代入校准曲线的拟合方程,用公式 (B.2) (B.3) 计算出目标气差值;

- c) 对所获校准曲线的相关系数和差值应符合： CO_2 、 CH_4 校准曲线相关系数均应满足 $r \geq 0.9999$ ； CO_2 、 CH_4 差值分别不超过 $\pm 0.2 \mu\text{mol/mol}$ 、 $\pm 5 \text{ nmol/mol}$ 。

C.2.2.2 若其中任何一项指标不满足要求，则需对监测仪器及系统进行保养、检修，直至检验指标符合要求。

附 录 D

（资料性）

数据有效性判定标记

数据有效性判定标记见表D. 1。

表 D. 1 数据有效性判定标记

数据无效原因	标记名称
气路出现切换动作，如冷阱管道切换、多层采样气路切换、标准气体切换等； 监测仪器启动至预热完成期间、样品气体或标准气体冲洗管路期间； 监测系统出现故障期间，如采样管堵塞、样品气体未入进样口、管路漏气等； 监测系统维修、维护、保养、检查及校准期间	Data Exception, E
目标气检查不合格	Quality Control, Q

参 考 文 献

- [1] GB/T 33672—2017 大气甲烷光腔衰荡光谱观测系统
 - [2] GB/T 34286—2017 温室气体二氧化碳测量离轴积分腔输出光谱法
 - [3] GB/T 34287—2017 温室气体甲烷测量离轴积分腔输出光谱法
 - [4] GB/T 34415—2017 大气二氧化碳（CO₂）光腔衰荡光谱观测系统
 - [5] GB/T 10628-2008 气体分析 校准混合气组成的测定和校验 比较法
 - [6] 环境空气温室气体及其示踪物（CO₂、CH₄、N₂O和CO）光腔衰荡光谱法连续自动监测系统运行和质控技术指南（第一版）（总站气字（2022）433号）
 - [7] ICOS Atmosphere Station Specifications V2.0
 - [8] 21th WMO/IAEA Meeting on Carbon Dioxide, Other Greenhouse Gases and Related Measurement Techniques (GGMT-2022)
-