

附件：

环境空气温室气体及其示踪物
(CO₂、CH₄、N₂O 和 CO) 连续自动监测
采样系统的技术要求
(第一版)

编制单位

中国环境监测总站

杜丽、孙康、孟晓艳、唐桂刚、丁俊傑

复旦大学

姚波

南京大学

陈辉林

福建省国家大气环境背景值武夷山监测站

苏彬彬、谢松岩

目 录

前 言	ii
1 适用范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 采样系统技术要求.....	2
5 采样系统安装要求.....	4
6 防雷	5
7 测试	5
8 采样系统维护.....	5
附录 气体滞留时间测试与全过程标气测试方法	7

前 言

为落实减污降碳总要求，加强监测对温室气体减排的支撑作用，规范环境空气温室气体及其示踪物（CO₂、CH₄、N₂O 和 CO）连续自动监测工作，特制定温室气体连续自动监测采样系统技术要求。

本技术要求规定了环境空气温室气体及其示踪物（CO₂、CH₄、N₂O 和 CO）连续自动监测采样系统的构成、安装、防雷、测试、维护等技术要求。

本技术要求将根据试点经验及最新研究成果进行更新。

环境空气温室气体及其示踪物（CO₂、CH₄、N₂O 和 CO）连续自动 监测采样系统的技术要求

（第一版）

1 适用范围

主要适用于环境空气温室气体及其示踪物（CO₂、CH₄、N₂O 和 CO）光学原理方法连续自动监测采样系统的技术要求。

2 引用文件

《大气本底站观测场室技术规范》 中国气象局综合观测司 2013 年

《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）》中国气象局综合观测司 2014 年

《城市大气温室气体监测点位布设技术指南（第一版）》总站气字〔2021〕628 号

ICOS Atmosphere Station Specifications 版本 2.0

20th WMO/IAEA Meeting on Carbon Dioxide, Other Greenhouse Gases and Related Measurement Techniques (GGMT-2019)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本技术要求。

3.1 采样塔

为获取高空均匀混合样气架设的设施，以减少局地温室气体源汇对监测的影响，主要用于室外监测设备安装、采样管线架设等。

3.2 流量压力控制模块

用于采样流量控制、压力调节，一般由流量控制设备、压力调节装置等部件组成。

3.3 标校模块

用于进气选择、仪器校准，一般包含多口阀、铝合金气瓶（含标准气体）、气瓶阀、二级减压阀、连接管路等。

3.4 除水设备

用于去除样气中的水汽，避免水汽对温室气体监测产生影响。常用的除水设备主要有初级除水设备、低温冷阱和半透膜除水装置，可根据监测需要单独使用或组合使用。

4 采样系统技术要求

4.1 采样系统构成

采样系统由采样塔、采样管、除水设施、采样泵、流量压力控制模块、标校模块等组成，如图 1（采用两级除水方式，二级除水采用低温冷阱）和图 2（采用两级除水方式，二级除水采用半透膜除水）。

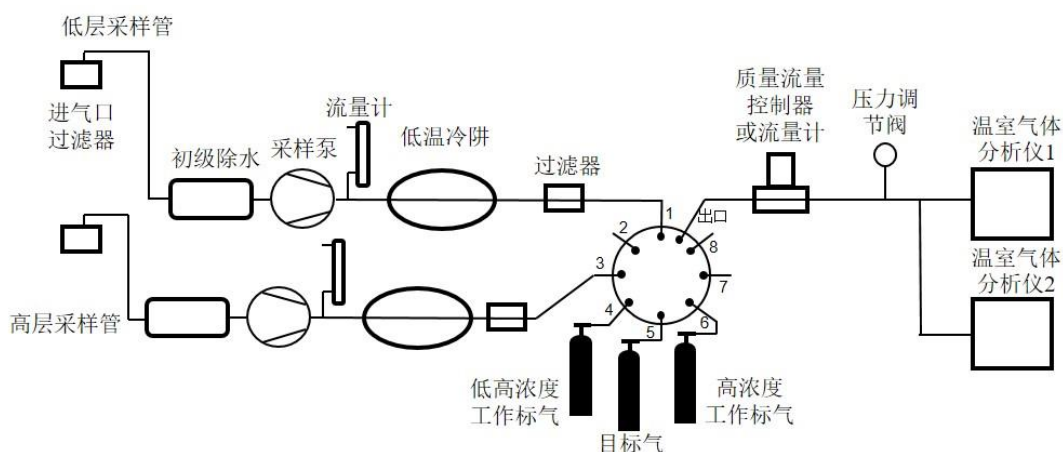


图 1 温室气体连续自动监测采样系统示意图（二级除水采用低温冷阱）

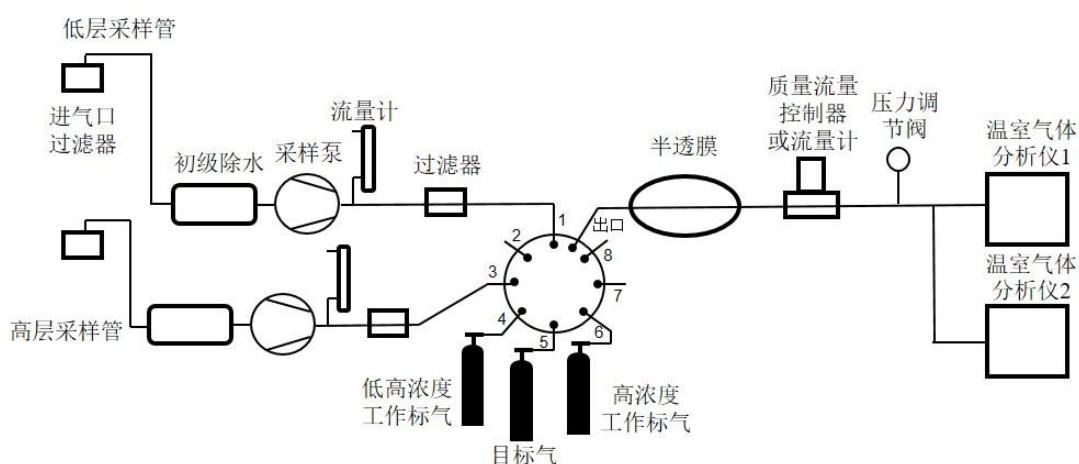


图 2 温室气体连续自动监测采样系统示意图（二级除水采用半透膜）

注：示意图以 2 层采样、2 瓶工作标气、以两级除水为例，具体细节需根据采用的温室气体分析仪做适当调整。

4.2 技术要求

全气路要求：无污染、无泄漏、无温室气体吸附及渗透。

4.2.1 采样塔

a) 采样塔位置

如该点位除温室气体监测外同时监测其他项目，采样塔不应对其他项目的监测产生影响，与监测站房及采样平台应互不干扰，采样塔与监测站房及采样平台的直线距离建议评估后确定，评估至少考

虑对站点原有监测项目影响、安全影响及温室气体采样滞留时间影响（ ≤ 60 秒）。如只监测温室气体或与其他监测项目互不干扰，采样塔与监测站房及采样平台的距离越近越好。

采样塔应避开温室气体局地排放源或汇，如畜牧养殖厂、高大树木、重点温室气体排放源等。

采样塔尽量位于监测区域制高点，地质条件符合建设要求。

b) 采样高度

采样高度参考《城市大气温室气体监测点位布设技术指南（第一版）》总站气字〔2021〕628号。

c) 采样塔建设

采样塔建设应符合现行国家和行业相关标准的规定，且所用材料不对监测造成干扰，并经有资质的单位验收合格后方可投入使用。

塔结构应尽可能减小塔体对气流的阻挡，建议采用通风性能良好的格构式结构。

采样塔下应布设供电线路，以供初级除水、气象监测等设备使用。

采样塔周围设立警示标志，严禁雷雨天气靠近。

4.2.2 过滤器

在采样进气口处安装过滤器，利用疏水过滤网（建议使用 PTFE 材质，孔径 $\leq 10\ \mu\text{m}$ ）过滤去除较大颗粒粉尘，防止昆虫等进入系统。过滤器开口向下，防止雨水进入。

在样气进入分析仪之前安装过滤器（建议使用 PTFE 材质，孔径 $\leq 2\ \mu\text{m}$ ）进行二次过滤，以防止细颗粒物及液态水进入分析仪。

4.2.3 采样管

内壁为聚四氟乙烯（PTFE）涂层的黑胶铝塑管。应合理布设采样管，尽量缩短从采样塔进气口到达分析仪的采样管长度，保证样气从采样口到达仪器时间 ≤ 60 秒，以更快响应采样气体的实时浓度，并尽量减少接头连接。

在同一高度至少架设 1 根备用采样管线。

4.2.4 流量压力控制模块

根据分析仪测量精度需要选择质量流量计或流量计，对于高精度温室气体监测，在进入分析仪之前应通过质量流量计控制进气流量，使样气和标气进入仪器的流量一致。

压力调节装置包括调节阀和排空管路，通过压力调节确保系统内压力满足温室气体分析仪正常运行及安全要求。

4.2.5 标校模块

通过多口阀自动切换不同高度的样气和不同浓度的标气进入分析仪器，应尽可能确保样气与标气在进入分析仪器前的气路一致。

一般使用 8 口切换阀，阀号围绕出口逆时针分布，为方便识别，建议 1-3 阀口连接样气，4-6 阀口连接标气，7-8 阀口备用。其中，1 号阀口连接低层样气，2 号阀口连接中层样气，3 号阀口连接高层样气，单层采样时使用 3 号阀口，双层采样时使用 1 号、3 号阀口；4 号阀口连接低浓度工作标气，5 号阀口连接目标标气，6 号阀口连接高浓度工作标气，使用单个工作标气时使用 4 号阀口。

另可根据实际工作需要选择更多阀口的多口阀。

标气瓶应使用内壁经过惰性处理的铝合金气瓶，气瓶阀应为黄铜材质，二级减压阀应为黄铜或不锈钢材质，连接管路应为无氧铜或不锈钢材质。

4.2.6 除水设备

为避免水汽对温室气体监测产生影响，需根据当地的气候条件、分析仪原理及数据质量目标要求，

选择除水设备。

除水设备主要有低温冷阱、Nafion 半透膜除水装置和初级除水设备，建议至少使用低温冷阱或 Nafion 半透膜除水装置进行除水，低温冷阱除水效果优于 Nafion 半透膜除水。建议有条件的地方及湿度较大的地区联合使用初级除水设备，进一步保证低温冷阱或 Nafion 半透膜除水装置的除水效果。

除水设备涉及的气路材质要求无污染、无泄漏、无温室气体吸附及渗透。

a)初级除水设备

将气体干燥至露点温度 2~10 °C，防止进气管内产生冷凝水。初级除水设备一般安装在采样塔塔基附近，采样管线较短时也可安装在采样管进入室内入口附近，放置于干燥通风的小房间或室外防水防腐（海边地区防海盐）机柜中。工作温度控制在 5~35°C，地面设置专用排水槽。

b)低温冷阱装置

通过低温冷凝，将水汽从样品气体中分离。制冷温度应在-70~-30°C（-70°C、-50°C、-40°C和-30°C露点对应水汽浓度分别为 2.55ppm、39.4ppm、127ppm 和 376ppm）。以气体干燥至-40°C露点为例，如果监测数据未经水汽校正，在 CO₂ 为 380ppm 浓度水平时会导致出现 0.05ppm 的偏差。建议根据水汽对不同仪器设备监测的影响程度及监测精度要求选择不同制冷温度的冷阱，并保证稳定运行。

为减少干扰及气路冲洗时间，不同采样高度的样气不能共用同一制冷气路。

c)Nafion 半透膜除水装置

基于渗透和反渗透的原理，利用内外膜间水汽的浓度差将样气中的水汽去除。将气体干燥至露点温度-45~-30°C，对应水汽浓度在 376ppm 以下。外管气体需进行干燥处理以保证实现除水效果。

标气也应经过 Nafion 半透膜除水装置再进入分析仪，以保证样气和标气所受到的干扰一致，减少测量误差。

4.2.7 采样泵

a)保证样气从采样口到达仪器时间≤60 秒，且运行稳定，噪音低。

b)如果是多路气体，每路气体需配备同型号采样泵。

c)泵膜材质应确保无污染、无泄漏、无温室气体吸附及渗透。

5 采样系统安装要求

5.1 采样口安装

采样口应选择在主导风向安装，须在铁塔相应高度安装支臂固定采样口，如有多个采样口，应避免相互干扰和影响。采样口安装在支臂靠近铁塔的位置，安装距离应避免铁塔本身对气流的干扰。

5.2 采样管安装

(1) 采样管线安装在采样塔侧边，置于保护槽（管）内，塔上采样管线从顶部沿保护槽（管）引下，保护槽（管）的直径不小于 10 厘米。多层气路管线布设尽量保持整齐和美观，并在适当位置采用卡箍固定，避免出现死弯及凹陷，导致管线内积水。根据实际情况选择地下管道或架空保护槽（管）引入监测室。若采用地下管道方式，为维护方便，尽量使用盖板地沟而非埋管方式架设，地下管道深度宜在 0.5~0.8 米，并有一定的向下倾斜角度。地下管道内应使用采样管线托架（杆）或保护槽（管），保护槽应做到防腐、防水、防鼠，并应在气路最低点设置冷凝水检查点。若采用架空保护槽（管）方

式，架空高度应不小于 2.5 米，并有一定的向下倾斜角度。对于多层气路，每根管线间隔一定长度处及进入仪器前应粘贴管线层高等说明标签。保护槽（管）应尽量使用不易老化的材质。

(2) 为断开金属导雷，实现防雷，进入站房前需断开黑胶铝塑采样管，换接 1 米左右与采样管同等直径的聚四氟乙烯管，断开处采用不锈钢接头连接，保证气密性符合要求。进入站房的采样管室外部分应安装在保护管内，防止老化及磕碰。

(3) 严禁重型物压过采样管，如大型载重货车等。

(4) 采样管路所在位置严禁挖掘施工，避免挖断气路。

5.3 气象监测设备安装

(1) 在主导风向的支臂上安装气象监测设备，设备距离塔身的距离至少 3 米。

(2) 风速、风向、温度与相对湿度等气象监测设备应安装在温室气体采样口相同高度，气象设备的安装应避免影响采样口及其他设备。

(3) 温度及相对湿度传感器必须安装在防辐射通风罩中，多层采样时使用 1 个气压计即可，气压计可安装在便于维护易接近的位置。

6 防雷

采样塔防雷应符合现行国家和行业相关标准的有关规定，并经有资质的单位验收合格后方可投入使用。

7 测试

采样系统的测试和验收应满足温室气体数据质量目标要求。

(1) 应对采样系统气密性、除水效果、采样总流量、供给分析仪流量、气路切换等进行检查，检查具体方法参见 8。

(2) 应对采样系统进行气体滞留时间测试、全过程标气测试，测试方法见附录。

8 采样系统维护

采样系统日常维护要求参见《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）。

其他日常运行维护频次及内容不少于以下要求。

8.1 每周检查：

(1) 检查采样气路是否存在冷凝水，如果采样泵入口存在冷凝水应及时进行清洁干燥处理；定期查看气路最低点是否存在冷凝水并及时进行干燥处理。

(2) 查看采样塔的过滤器是否脱落，尤其在大风天气之后需及时检查。

(3) 通过 CO₂ 监测数据观察系统是否存在漏气现象，如监测人员进入站房时 CO₂ 监测数据突然升高，说明存在漏气现象，需排查原因并处理。

8.2 季度检查

每季度至少进行一次气密性检查。

使用检漏液对整个系统正压部分检测是否有漏气，顺序排查每一个组成设备及连接件，查看连接处是否漏气，漏气则有气泡出现。检漏液必须使用对连接处无腐蚀、无污染的专用液体。负压部分可采用在管路接口附近释放高浓度气的方式，如果仪器浓度显著升高，则表明存在漏气。

8.3 半年检查

每半年至少进行一次地面采样管检查及维护，如果有重物过境，及时检查压损情况。

- (1) 检查管线地沟或地井内管线有无破损。
- (2) 检查管线固定情况，如有松动或破损，及时紧固或更换。
- (3) 如果有电涌保护器，需进行维护检查。
- (4) 如有盖板破损或压坑及时维修更换。
- (5) 清理管线地沟或地井内垃圾杂物，如果积水严重及时处理。

8.4 年度检查

每年至少进行一次采样塔及塔端设施维护检测，无高空操作证人员严禁登塔作业。

- (1) 更换采样入口处过滤器。
- (2) 从采样入口处灌入超纯水清洗采样管（塔下需先断开采样管路与初级除水设备连接）。颗粒物浓度较高地区建议每年清洁1次，其他地区视情况开展。
- (3) 检查管线固定及破损情况。
- (4) 检查采样口、气象设备支臂固定情况。
- (5) 清洁气象设备不同传感器和相应的集成部件（如防辐射通风罩、压力端口等）。
- (6) 清除塔上鸟窝等杂物。
- (7) 由专业公司对采样塔本身维护，每年一次。包括垂直度、防腐层、攀绳（如有）、塔基、防雷（接地）状况、钢结构各部件连接情况、航标灯、接闪器等。
- (8) 检查人员（公司）应填写并提交检查和维护报告（记录）。

附录 气体滞留时间测试与全过程标气测试方法

1 气体滞留时间测试方法

从各层采样口入口处通入高浓度 CO_2 ，同时用秒表记录分析仪对高浓度 CO_2 的响应时间，高浓度 CO_2 从采样口到达仪器的时间应 ≤ 60 秒。

2 系统全过程标气测试方法

将标气接在采样管入口过滤器处模拟大气进入系统，获得分析仪的显示值 **A**；标气直接进入分析仪，得到分析仪的显示值 **B**，**A** 与 **B** 的差值应满足温室气体数据质量目标要求。

由于将标气瓶带上高塔存在困难，建议在各分层采样管安装在塔上之前进行测试。如采样管上塔安装前不具备测试条件，也可在初级除水的室外机柜接另一根同材质同长度的采样管，并将标气瓶接到这根采样管上。此外，为保障标气瓶标气足以供给系统完成测试，需将抽气泵关闭，同时将阀箱、冷阱上的排空口堵死。