

团 体 标 准

T/GDSES XXXXX

环境空气 气态污染物和温室气体垂直分布 测量技术 管路引流法

Ambient air-Measurement techniques for vertical
distribution of gaseous pollutants and greenhouse
gases-Tubing drainage method

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

目 次

前言	III
引言	V
1 范围	2
2 规范性引用文件	2
3 术语和定义	2
4 原理	3
5 系统组成	3
6 技术要求	3
7 安装要求	4
8 运行维护	5
9 精密度与准确度	5
10 质量控制与数据处理	5
附录 A（资料性） 方法适用性物种清单	7
附录 B（资料性） 管路引流法垂直观测系统示例图	8
附录 C（规范性） 目标组分有标气时的浓度偏差评估方法	9
附录 D（规范性） 目标组分无标气时的浓度偏差评估方法	10

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》的规则起草。

本文件由暨南大学提出。

本文件由广东省环境科学学会归口。

本文件起草单位：暨南大学，广东省生态环境监测中心，中国科学院大气物理研究所，中国科学院合肥物质科学研究院，无锡中科光电技术有限公司，北京英格海德分析技术有限公司，广东省广州生态环境监测中心站，深圳市国家气候观象台，南京信息工程大学、香港科技大学、澳门科技大学。

本文件主要起草人：邵敏，李小兵，袁斌，黄山，林玉君，陈多宏，桂华侨，王迎红，裴成磊，郑隆武，陈文泰，赵智，梁宝玲，钟庄敏，柯钊跃，黄颖彦，叶梦茜，张春生，刘爱明，王鸣、顾达萨、游燕，宋鑫。

本文件首次制定。

引 言

为贯彻落实《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国大气污染防治法》，改善环境质量，保障人体健康，规范基于管路引流法的环境空气污染物和温室气体垂直分布测量技术，促进环境空气污染物和温室气体的立体监测技术进步，制定本文件。

本文件的发布机构提请注意，声明符合本文件时，可能涉及到第4条原理与第5条系统组成相关的专利的使用。

本文件的发布机构对于该专利的真实性、有效性和范围无任何立场。

该专利持有人已向本文件的发布机构承诺，他愿意同任何申请人在合理且无歧视的条款和条件下，就专利授权许可进行谈判。该专利持有人的声明已在本文件的发布机构备案。相关信息可以通过以下联系方式获得：

专利持有人姓名：李小兵，袁斌，邵敏，杨红龙，刘智杰。

地址：广东省广州市番禺区兴业大道东855号，暨南大学南校区环境与气候学院祈福楼B1栋4084室。

请注意除上述专利外，本文件的某些内容仍可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

环境空气 气态污染物和温室气体垂直分布测量技术 管路引流法

1 范围

本文件规定了采用管路引流法进行环境空气气态污染物和温室气体垂直分布测量的系统组成、技术要求、安装、运行维护、质量控制和数据处理方法等。

本文件适用于利用固定观测塔（楼）、系留气球、无人机等平台，通过引流管路将不同高度的环境空气输送至地面分析仪器，进行气态污染物和温室气体的垂直分布测量的活动。可用于工业园区、城市、区域背景等大气环境的立体监测网络建设、运行与数据分析。管路引流法适用及不适用或需谨慎使用的物种清单参考附录A。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 3095 环境空气质量标准
- HJ 654 环境空气气态污染物（SO₂、NO₂、O₃、CO）连续自动监测系统技术要求及检测方法
- QX/T 125 温室气体本地观测术语
- T/GDAEPI 29 环境空气117种挥发性有机物的测定罐采样/气相色谱-氢火焰离子化/质谱检测联用法

3 术语和定义

GB 3095、HJ 654、QX/T 125界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

管路引流法 tubing drainage method

通过敷设在不同高度的采样管，依靠动力将环境空气从采样口抽取并输送至分析仪器，以实现多点位、不同高度气态污染物和温室气体浓度垂直测量的方法。

3.2

引流管路 drainage tubing

用于从不同高度采样点向地面分析仪器输送样气的管路。

3.3

管路驻留时间 tubing residence time

在恒定采样流量下，样气从引流管路入口运动到出口所需的平均时间。

3.4

管路延迟时间 tubing delay time

在恒定采样流量下，从引流管路入口处气体浓度发生阶跃变化，到其出口处浓度达到稳定值的90%（上升延迟）或降至初始值的10%（下降延迟）所需的时间。

3.5

管路压降 tubing pressure drop

在恒定流量条件下，样气通过引流管路所引起的压力降低值。

3.6

浓度偏差 concentration discrepancy

目标组分通过引流管路前后，其测量浓度的相对变化绝对值，以百分比表示。

4 原理

在各垂直观测高度设置采样口，通过惰性材料制成的引流管路，在抽气泵的负压驱动下，将各个高度上的环境空气同步、连续抽取并输送至地面。利用多通道切换装置（如电磁阀）按预定时序，将不同高度管路中的样气依次切换并导入同一套高精度气体分析仪器中进行测量，从而获得目标污染物或温室气体浓度的垂直廓线。系统原理示意图参见附录A。

5 系统组成

测量系统主要由以下几部分组成（见附录B）：

- a) 垂直采样单元：包括各个高度的引流管路、颗粒物过滤器、及相应固定设施；
- b) 样气输送单元：包括抽气泵、单向阀、及流量控制与测量装置；
- c) 系统校标单元：包括标准气体/零气提供装置及其引入端口；
- d) 气体分析单元：包括多通道电磁阀切换系统、以及一种或多种目标组分的分析仪器；
- e) 数据采集与控制单元：控制采样时序、切换逻辑，并采集、存储流量、压力、浓度等数据；
- f) 辅助单元：包括电源、避光与温控设施等。

6 技术要求

6.1 测量仪器要求

气态污染物和温室气体分析仪器的性能指标应符合HJ 654和QX/T 125的规定。

6.2 管路系统适用性要求

6.2.1 管路引流法适用于大气寿命显著长于样气在管路中传输时间的组分。

6.2.2 采用本方法测量某特定组分前，如果该组分有标准气体，应按照附录C的方法评估该组分在所选管路系统中的浓度偏差。如果该组分没有标准气体，应按照附录D的方法评估该组分在所选管路系统中的浓度偏差。

6.3 引流管路选择

6.3.1 管径

宜选 9.525 mm 或 12.7 mm 规格的管路，以减少壁损失和压降。

6.3.2 材料

6.3.2.1 采样管路、阀门及连接件应选用化学惰性材料，该材料应不吸附待测化合物、不与之发生化学反应，且不释放干扰物质。

6.3.2.2 测量温室气体时，可使用铝塑复合管，且该管材应满足 6.3.2.1 的要求。

6.3.2.3 测量气态污染物（如 SO₂、NO_x、O₃、挥发性有机物（VOCs）等）或同时测量气态污染物与温室气体时，宜选用聚四氟乙烯（PTFE）、全氟烷氧基烷烃（PFA）或氟化乙烯丙烯共聚物（FEP）材质的管路。

6.3.2.4 零气中氧气和氮气的纯度应达到≥99.999%，并经除烃装置去除烃类物种。

6.3.2.5 标准气体为有证标准气体或有资质单位生产的标准气体。

6.3.3 长度

应根据采样点至分析仪器的路径确定，并预留不少于 10% 的裕量。

6.4 采样流量与泵

6.4.1 单条引流管路流量应不低于 10L/min（标准状态下）。

6.4.2 采样管路压降应满足分析仪器进样口压力要求。

6.4.3 抽气泵应满足以下要求：

- a) 抽力应能克服所有引流管路、颗粒物过滤器和阀件等所导致的总压降；
- b) 应能使各引流管路获得稳定的采样流量。

注：运行稳定、脉动小的抽气泵（如旋片式真空泵）通常可满足上述要求。

6.5 多通道切换装置

6.5.1 应使用惰性化处理的多通道电磁阀。

6.5.2 电磁阀内部的气体流通容积应尽量减小。

6.5.3 通道切换后的仪器响应稳定时间应通过实验测定，并在数据处理分析中予以扣除。

7 安装要求

7.1 采样口安装

7.1.1 引流管路采样口应向下安装，与任何支撑物表面距离不应小于 50cm。

7.1.2 不宜加装防雨装置。

7.2 引流管路敷设

7.2.1 引流管路应采取避光措施，避免阳光直射。

7.2.2 引流管路的安装位置应与热源和冷源保持不少于 10cm 距离。

7.2.3 当所处区域温度变化可能导致气体组分冷凝时，应对管路采取保温或伴热措施，使管路内气体温度不低于其露点温度。

7.2.4 引流管路敷设应连续坡向采样口或冷凝收集处，不应出现 U 型弯或下凹段。

7.3 过滤装置

7.3.1 各高度上的引流管路采样口前端应安装颗粒物过滤器,滤膜宜选用对目标物吸附性低的材料(如 PTFE)。

7.3.2 应检查并记录各高度引流管路压降,当压降增量超过初始值的 5%或导致采样流量超出规定范围时,应更换滤膜。

7.4 备用/标定管路

7.4.1 各高度宜配置一主一备两条引流管路,测量端口应连接在颗粒物过滤装置的前端(上游)。

7.4.2 备用管路可用于引入标准气体或零气,以定期评估主引流管路的传输效率(见 9.1)。非评估期间,备用引流管路的末端应密封。

7.5 单向阀安装

引流管路接入抽气泵的一端应安装单向阀。

7.6 多通道切换装置安装

多通道切换装置的进气口引流管路应连接在单向阀的上游。

8 运行维护

8.1 日常运行记录

运行期间,应记录各引流管路的流量、管路压降、电磁阀切换状态、分析仪器读数及环境温湿度。

8.2 定期维护

8.2.1 分析仪器和过滤器的更换与维护周期宜在其使用说明书中明确,或根据运行状况合理确定。

8.2.2 每次进行可能引入污染的维护操作(如更换滤膜、拼接管路)后,应使用零气(6.3.2.4)或标准气体(6.3.2.5)对系统进行吹扫和检查,并记录操作内容与时间。

9 精密度与准确度

针对 400m 长度和 12.7 mm 规格 PFA Teflon 采样管路,使用附录 D 方法进行 24 小时测试,气态污染物和温室气体浓度偏差试验结果见表 1。

表 1 气态污染物和温室气体浓度偏差试验结果

目标组分	CAS	管路长度 (m)	采样流量 (L/min)	测量仪器	浓度偏差 (%)
臭氧	10028-15-6	400	13	Thermo 49i	8.5
氮氧化物	-	400	13	Thermo 42i-HL	7.0
一氧化碳	630-08-0	400	13	Picarro 2401	0.2
甲烷	74-82-8	400	13	Picarro G2401	0.04
二氧化碳	124-38-9	400	13	Picarro G2401	0.2

10 质量控制与数据处理

10.1 引流管路系统性能定期评估

10.1.1 评估方法

通过系统校标单元的引入端口，在主采样口处通入标准气体（6.3.2.5），计算分析仪器测量值与标气参考值的浓度偏差。评估结果应满足 6.2.2 规定的要求。

10.1.2 频次要求

- a) 每次观测开始前，应进行一次引流管路传输效率评估。
- b) 连续观测超过一个月时，观测期间应至少每月重复评估一次。
- c) 更换主要管路部件后，或停用超过 2 个月后重新启用前，应进行引流管路传输效率评估。

10.2 空白测试

10.2.1 通过系统校标单元的引入端口在主采样口处通入零气（6.3.2.4），运行一个完整测量周期，记录各高度引流管路测量的空白值，用于评估系统本底和交叉污染。

10.2.2 每周应至少进行一次全系统空白测试。

10.3 数据处理

10.3.1 目标组分有效数据的时间分辨率应大于该组分在各引流管路中的最长延迟时间。

10.3.2 数据处理时，应根据系统运行日志剔除以下无效数据：

a) 通道切换过渡数据：每次通道切换前后，应删除不少于该通道气路置换与浓度稳定所需时间的过渡数据，删除时长可以根据管路延迟时间计算方法计算确定通道切换后目标组分浓度达到稳定时间确定。

b) 维护影响期数据：更换滤膜、进行管路评估等或可能引入干扰的操作期间及操作后系统稳定之前的数据，应予剔除。

10.3.3 根据 9.1 的评估结果，对同一评估周期内的历史测量数据进行偏差校正。

附录 A
(资料性)
方法适用性物种清单

表 A.1 是管路引流法通常适用的测量物种示例清单，表 A.2 是该方法通常不适用或需谨慎评估的物种示例清单。

表 A.1 通常适用的测量物种示例

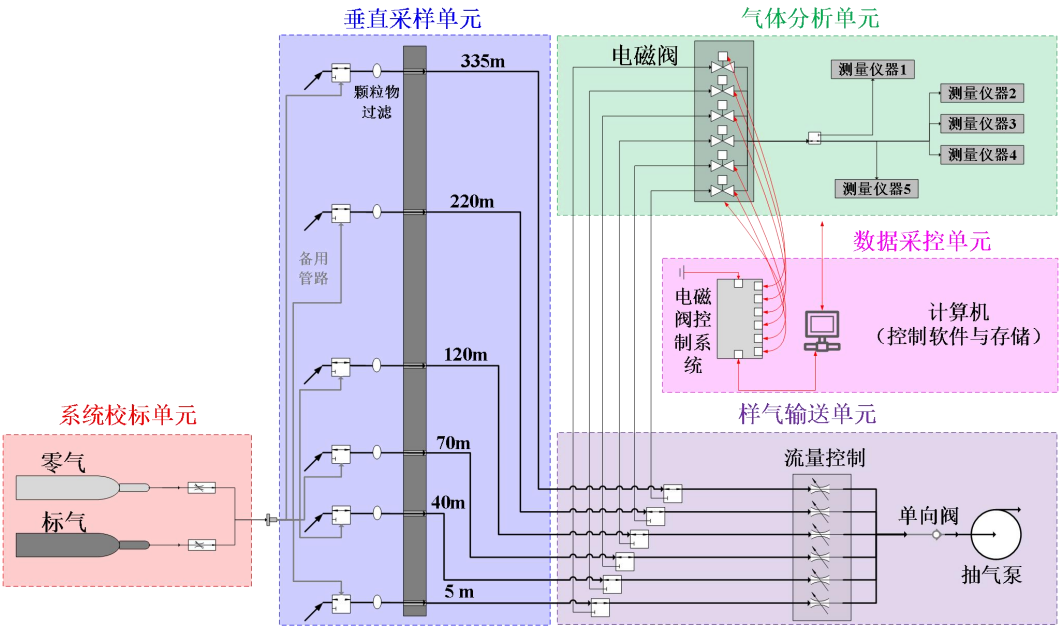
类别	物种	分子式	备注
气态污染物	臭氧	O ₃	日间测量宜使用O _x (O ₃ +NO ₂)
	氮氧化物	NO _x (NO+NO ₂)	
	二氧化硫	SO ₂	
	一氧化碳	CO	
温室气体	甲烷	CH ₄	
	氧化亚氮	N ₂ O	
	二氧化碳	CO ₂	
挥发性有机物	参见T/GDAEPI 29-2024所列物种		需按附录C或附录D评估确认

表 A.2 通常不适用或需谨慎评估的物种示例

类别	物种/原因	示例
高活性物种	大气寿命极短	OH自由基、NO ₃ 自由基、N ₂ O ₅
强极性/可溶物种	易被管路吸附或反应	HNO ₃ 、H ₂ SO ₄ 、HCl、NH ₃
高沸点VOCs	易在管路壁冷凝或吸附	部分多环芳烃、长链烷烃

附录 B
(资料性)
管路引流法垂直观测系统示例图

图B.1是管路引流法垂直观测系统示例图。



图B.1 管路引流法垂直观测系统示例图

附 录 C

（规范性）

目标组分有标气时的浓度偏差评估方法

C.1 评估装置

评估需配备标准气体、零气、质量流量控制器、三通阀、引流管路、测量仪器。

C.2 评估步骤

- C.2.1 在待评估的采样口处，将标准气体与零气通过三通阀接入引流管路入口。
- C.2.2 系统以正常工作流量运行，先通入固定流量的零气，待仪器读数稳定后记录基线值 C_b 。
- C.2.3 快速切换三通阀，将标准气体（浓度 C_r ）通入管路，同时开始计时。
- C.2.4 记录仪器读数上升至稳定值 C_s 的时间（上升延迟时间）。
- C.2.5 待读数稳定后，记录稳定浓度值 C_s 。
- C.2.6 快速切换回零气，记录仪器读数下降至接近基线值的时间（下降延迟时间）。
- C.2.7 按公式（C.1）计算该目标组分在该管路条件下的浓度偏差 D 。

$$D=(C_s-C_r)/C_r \times 100\% \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

式中，

- D ——浓度偏差；
- C_r ——标准气体浓度；
- C_s ——稳定浓度值。

C.3 结果判定

浓度偏差 D 的满足以下要求则判定该管路系统适用于该组分的测量：对于VOCs组分，其浓度偏差应小于25%；除VOCs以外的其他气态污染物，其浓度偏差应小于10%；对于温室气体组分，其浓度偏差应小于1%。

附 录 D
(规范性)
目标组分无标气时的浓度偏差评估方法

D.1 评估装置

评估需配备抽气泵、质量流量测量控制器、三通阀、引流管路、测量仪器或采样器。

D.2 评估步骤

- D.2.1 将抽气泵、质量流量测量控制器、引流管路按顺序连接，在引流管路上游进气端和下游出气端设置采样支路，并与三通阀连接。
- D.2.2 调整质量流量测量控制器，使引流管路达到预期采样流量抽取环境大气。
- D.2.2 先在引流管路上游进气端测量或采样，获取目标组分浓度 C_f 。
- D.2.3 快速切换三通阀，在引流管路下游出气端测量或采样，获取目标组分浓度 C_e 。
- D.2.7 按公式（D.1）计算该目标组分在该管路条件下的浓度偏差D。

$$D=(C_e-C_f)/C_e\times 100\% \quad \dots\dots\dots (D.1)$$

式中，

- D —— 浓度偏差；
- C_f —— 引流管路上游进气端测量或采样获取的目标组分浓度；
- C_e —— 引流管路下游出气端测量或采样获取的目标组分浓度。

D.3 结果判定

- D.3.1 浓度偏差D满足以下要求则判定该管路系统适用于该组分的测量：
- D.3.2 对于VOCs组分，其浓度偏差应小于25%；
- D.3.3 除VOCs以外的其他气态污染物，其浓度偏差应小于10%；
- D.3.4 对于温室气体组分，其浓度偏差应小于1%。

参 考 文 献

- [1] HJ 759 环境空气65种挥发性有机物的测定罐采样/气相色谱-质谱法
 - [2] 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
-