

《温室气体（二氧化碳和甲烷）走航监测技术规范》 编制说明

1 工作背景和工作过程

1.1 工作背景

2020年9月，习近平总书记在第75届联合国大会一般性辩论上郑重宣示：中国二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。这一目标也被称为“双碳”目标，是指导我国相关政策制定和实施的根本遵循。

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国大气污染防治法》，生态环境部《碳监测评估试点工作方案》以及其他我国和上海市碳达峰碳中和相关政策和行动计划，支撑应对气候变化成效评估和减污降碳协同治理，支撑城市温室气体监测能力和碳监测评估体系建设，规范利用车辆搭载温室气体分析仪开展温室气体走航监测，主要涵盖温室气体效应最大的二氧化碳和甲烷两种温室气体。2017年开始，中国科学院上海高等研究院依托中科院和上海市相关项目，逐步开展温室气体走航监测相关研究工作。2022年，依托于上海市环境监测中心碳监测评估试点工作项目，在上海市利用车辆搭载温室气体分析仪，开展主要道路和区域温室气体走航监测，监测周期已满1年。为了总结项目实施经验，补充并提升全国碳监测试点中温室气体走航监测技术，基于已有的示范工作为后期技术推广提供依据，特制定本文件。

编制任务由上海市环境监测中心、中国科学院上海高等研究院、上海师范大学牵头，参编单位包括上海交通大学、上海电力大学、复旦大学、浙江省生态环境监测中心、ABB（中国）有限公司、北京世纪朝阳科技发展有限公司、上海北分科技股份有限公司、浙江灵析精仪科技发展有限公司、上海申欣优达环保科技有限公司和漾青环保科技（上海）有限公司。

1.2 工作过程

1.2.1 前期准备

1.2.1.1 文献调研

2017 年初，查询并研究国内外最新的走航监测标准和论文文献资料，研究温室气体走航监测的技术现状，对开展温室气体走航监测的技术要求和设备性能进行汇总分析，获得了大量技术资料，初步形成了在城市内开展温室气体走航监测的工作方案。

1.2.1.2 走航监测系统搭建

2017 年 1-3 月，利用中国科学院上海高等研究院的移动测试车、温室气体分析仪、气象仪、GPS 定位仪等设备，开始进行温室气体移动监测系统搭建，并在中国科学院上海高等研究院园区内进行测试，完成了走航监测系统的调试，具备了二氧化碳和甲烷等温室气体的走航监测能力。

1.2.1.3 道路实测

2017 年 3 月，利用自行搭建的温室气体走航监测系统，在上海市主干道路开展了温室气体道路实测实验，覆盖了全市主干道路（内环、中环、外环、南北高架、延安高架）及其连接的隧道（延安东路隧道、上中路隧道、军工路隧道、外环隧道），以及连接郊区的华夏高架路。通过实测首次获得了上海市主干道路和隧道中的二氧化碳和甲烷的空间分布特征等相关信息。

1.2.1.4 示范运行

2022 年 2 月和 7 月，利用中国科学院上海高等研究院温室气体走航监测系统，在冬季和夏季开展了大规模的上海市主干道路温室气体走航监测实验，覆盖了上海市主要的高速路和快速路及其连接的隧道。在示范运行期间，不断完善提升温室气体走航监测系统的应用便捷性，研究车辆走航监测温室气体（二氧化碳和甲烷）的质量控制和保障方法，确定运行维护等内容。

1.2.1.5 标准立项

2023 年 1 月 18 日，在上海市环境保护产业协会召开了《温室气体（二氧化碳和甲烷）走航监测技术规范》团体标准立项评审。经过专家组评审和质询，一

致同意《温室气体（二氧化碳和甲烷）走航监测技术规范》团体标准立项。

1.2.1.6 成立规范编制小组

2023年2月~3月，上海市环境监测中心和中国科学院上海高等研究院接受工作任务后，会同上海交通大学、上海电力大学、复旦大学、上海师范大学、浙江省生态环境监测中心、ABB（中国）有限公司、北京世纪朝阳科技发展有限公司、上海北分科技股份有限公司、浙江灵析精仪科技发展有限公司、上海申欣优达环保科技有限公司和漾青环保科技（上海）有限公司成立了规范编制工作组。

1.2.1.7 内部技术研讨

2023年4月~6月，《温室气体（二氧化碳和甲烷）走航监测技术规范》编制期间，编制组共召开4次内部会议对标准编制进度与技术要求进行研讨。技术研讨会会对技术路线确定、技术指南框架制定和监测技术等问题进行了讨论。同时在6月份，利用上海市环境监测中心、中国科学院上海高等研究院的移动走航车辆，搭载了不同品牌的高精度温室气体分析仪在上海市开展了实地走航监测实验，监测区域包括主干道路监测、区域走航监测和点源周边监测。

1.2.2 规范和编制说明草稿编写

2023年7月~12月，完善《温室气体（二氧化碳和甲烷）走航监测技术规范》文本及编制说明。编制组提交《温室气体（二氧化碳和甲烷）走航监测技术规范》征求意见稿。

1.2.3 征求意见

2024年*月*日，上海市环境保护产业协会对《温室气体（二氧化碳和甲烷）走航监测技术规范》公开征求意见，公开征求时间为2024年×月×日至2024年×月×日。

1.2.4 修改送审

公开征求意见期间，根据反馈意见对《温室气体（二氧化碳和甲烷）走航监测技术规范》文本及编制说明进行进一步修改，并答复反馈意见。2024年×月×日召开技术审定会。

2 制定的必要性分析

2.1 交通源是碳排放的重要来源

交通碳排放约占我国碳排放总量的 10%，是我国碳排放的重要来源，仅次于能源和工业部门。上海市作为超大城市，2022 年上海市机动车保有量达到 537 万辆，其中汽车保有量 477 万辆，新能源汽车保有量达 94.5 万辆。2022 年上海市终端能源消费量为 11738 万吨标煤，其中交通运输业耗能为 2308 万吨标煤，总终端能源消费量的 20%。2022 年上海市煤油气和外来电力碳排放为 2.43 亿吨，其中油品类碳排放为 8140 万吨，约占总排放的 34%。因此，对上海市碳排放时空分布进行追踪，交通排放是一个非常重要的排放源，对全市碳监测体系构建至关重要。

在前期监测实验中也发现，车辆在隧道中怠速行驶时，隧道中二氧化碳和甲烷浓度均呈现快速上涨的趋势，而且两者之间的相关系数达到 0.97，充分证明交通车辆在怠速行进过程中会同时排放二氧化碳和甲烷。因此在温室气体走航监测时，特别需要同时监测温室效应最大的两种温室气体即二氧化碳和甲烷。

2.2 走航监测是固定监测站网的补充

2022 年，上海市碳监测评估试点中，通过自建和合作方式建设了“7+1”固定监测站网。但是固定站网仅能监测单一点位的二氧化碳和甲烷等温室气体的时间变化特征，覆盖范围较小，对于城市二氧化碳和甲烷浓度空间分布无法覆盖和监测。其次，这些固定站点基本上是利用中国铁塔公司的通讯高塔，很少直接位于路边，也无法对道路上交通排放的温室气体变化特征进行追踪和持续监测。

走航监测为追踪二氧化碳和甲烷等温室气体空间分布提供了一种有效手段，通过搭载高精度温室气体分析仪，在不同的道路上开展走航监测，快速获取温室气体（二氧化碳和甲烷）空间分布特征。其次，移动监测车也可以作为一个临时固定监测站，可以对特定园区和企业开展临时性的定位监测及定时监测，发挥车载移动监测灵活性、动态性的特点。因此，走航监测是固定站点温室气体监测的

必要补充，和固定站一起构建了全面的温室气体监测体系，追踪城市温室气体时空变化特征。

2.3 碳监测评估试点工作的需要

2021年9月，生态环境部印发《碳监测评估试点工作方案》，落实生态环境部《关于统筹和加强应对气候变化与生态环境保护相关工作的指导意见》中的“加强温室气体监测，逐步纳入生态环境监测体系统筹实施”的要求。试点工作方案的目标是面向管理、辅助核算，将监测作为排放核算的重要支撑、校核和辅助手段；因地制宜、分类施策，试点城市根据经济社会等客观因素，结合自身基础，重点识别城市温室气体源汇特征，明确目标，细化内容，提出符合基本要求且有针对性的监测方案；立足业务、兼顾科研，初步建立业务化运行的碳监测评估试点工作。注重碳达峰碳中和监测关键科技问题研究，先行先试，积累经验；统筹融合、协同联动，将碳监测纳入常规生态环境监测网络统筹设计，发挥对减污降碳协同增效的支撑服务工作，发挥政府、企业、科研院所等监测资源优势，加强合作共享。

在城市大气温室气体监测试点技术指南中，根据各地监测需求、基础条件、技术能力等差异，将试点城市分为综合试点城市、基础试点城市、海洋试点城市三大类。在综合试点城市和基础试点城市的监测要求中，均需要开展走航车移动监测二氧化碳、走航车移动监测甲烷监测，是碳监测试点中的重要内容之一。

我国《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）规定了环境空气的污染物项目和浓度限值，基本项目主要为二氧化硫、二氧化氮、一氧化碳、臭氧、可吸入颗粒物（PM₁₀）、细颗粒物（PM_{2.5}），不包括二氧化碳和甲烷等温室气体。目前已颁布的涉及环境空气的标准包括《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》（HJ 654）。涉及温室气体监测的标准主要包括国家推荐标准《大气二氧化碳(CO₂)光腔衰荡光谱观测系统》（GB/T 34415）、《大气甲烷光腔衰荡光谱观测系统》（GB/T 33672）、《温室气体 二氧化碳测量 离轴积分腔输出光谱法》（GB/T 34286）、《温室气体 甲烷测量 离轴积分腔输出光谱法》（GB/T 34287）。这些温室气体的监测标准大都针对固定站监测，对于走航

监测不能完全适用。

环境空气走航监测标准相对较少，主要有《长三角生态绿色一体化发展示范区挥发性有机物走航监测技术规范》（DB 31/T 310002）以及《传感器法环境空气车载移动监测系统技术规范》（T/SHAEP1004-2022）。针对环境空气中温室气体的走航监测规范很少，缺乏利用车辆开展温室气体移动监测的技术规范。在双碳政策和碳监测评估的国家需求和地方需求下，对温室气体车载移动监测的系统组成、技术要求、监测方法和运行维护等方面提出了新的要求。温室气体（二氧化碳和甲烷）走航监测技术的应用需要进一步制定相关技术标准，提升温室气体监测的科学合理性、针对性和有效性。《温室气体（二氧化碳和甲烷）走航监测技术规范》的编制有利于推进温室气体走航监测，提升温室气体走航监测的标准化水平和数据有效性。

3 制定的可行性分析

3.1 技术储备

依托于 2015 年-2017 年上海市科委项目《构建天地一体化碳排放数据系统及应用研究》，以及 2022 年上海市环境监测中心服务项目《二氧化碳和甲烷立体监测同化反演及通量估算》在上海市分别开展了温室气体（二氧化碳和甲烷）移动走航监测的技术验证和监测示范，对上海市市域内主干道路及其连接的隧道进行了走航监测，获得了上海市不同季节二氧化碳和甲烷空间分布特征。通过多次监测不断探索温室气体（二氧化碳和甲烷）走航监测技术方法、质控方法、运行维护内容以及走航监测的注意事项等经验，编制了《温室气体（二氧化碳和甲烷）走航监测技术规范》草稿。

3.2 人员保障

编制任务由上海市环境监测中心、中国科学院上海高等研究院、上海师范大学牵头，合作单位包括上海交通大学、上海电力大学、复旦大学、浙江省生态环境监测中心、ABB（中国）有限公司、北京世纪朝阳科技发展有限公司、上海北

分科技股份有限公司、浙江灵析精仪科技发展有限公司、上海申欣优达环保科技有限公司和漾青环保科技（上海）有限公司。编制组成员近一年开发、参与温室气体（二氧化碳和甲烷）走航监测技术监测方案编制和规范草稿编写，也参与编制了多项团标、地标和国标等标准，编制经验丰富，团队技术积累深厚。

4 国内外相关分析方法研究

4.1 采用国家标准、国际标准或国内外先进标准情况

4.1.1 国外

编制组在调研过程中没有找到国外关于温室气体（二氧化碳和甲烷）走航监测的相关标准或指南。

4.1.2 国内

2021年9月，生态环境部印发《碳监测评估试点工作方案》，在该工作方案中，同时编写了城市大气温室气体及海洋碳汇监测试点技术指南。在试点技术指南中对于走航CO₂/CH₄监测提到技术路线可以采用“非分散红外吸收法(NDIR)、光腔衰荡光谱法、傅里叶变换红外光谱法，采用高密度网格化固定点位监测和连续移动监测。

在全国标准信息平台上，编制组调研发现了1份由安徽省环境检测行业协会发布的《温室气体走航监测技术规范》团体标准（T/AHEMA 19-2022）。该标准规范由安徽蜀峰环境科技发展有限公司提出。

4.2 相关研究

4.2.1 国外

国外温室气体监测常常和大气污染物一起开展，在车辆上搭载大气污染物和温室气体监测设备，形成移动监测平台，利用实时监测结果，评估道路上空气质量或温室气体以及城市地区空气质量或温室气体的时空梯度(Westerdahl et al., 2005; Atherton et al., 2017; Mitchell et al., 2018)。例如 Westerdahl et al. (2005)利用 TSI-Trak Plus 在丰田车改装的平台上开展了美国洛杉矶的 CO₂ 走航监测，走航

监测覆盖了居民区、高速公路等区域，监测结果显示高速公路上的 CO₂ 和大气污染物浓度较高。Mitchell et al. (2018)将温室气体分析仪和大气污染物监测设备搭载在轻轨平台上，在美国盐湖城市开展固定道路上二氧化碳和甲烷走航监测。Mitchell et al. (2018)研究了二氧化碳和甲烷等每个物种的时间平均值和案例研究，揭示了梯度、间歇点源、季节和日变化，以及排放、大气化学和气象条件造成的复杂关系。二氧化碳和二氧化氮与化石燃料的燃烧有关，在整个城市观察到了广泛的空间梯度，在交通路口观察到了明显的羽流，而对于二氧化氮，在机车铁路货场附近观察到了大量羽流。甲烷空间分布的特点是与工业和商业设施相关的明显羽流，其中一些羽流遵循白天工作时间的模式；其他羽流全天持续存在，表明他们是与泄漏有关的逃逸性排放。

4.2.2 国内

国内走航监测主要以大气污染物走航监测为主，温室气体的走航监测相对较少(Zhang et al., 2015; Sun et al., 2019; Wei and Wang, 2020)。中国科学院上海高等研究院在 2017 年在上海市开展了主干道路上及公路隧道里二氧化碳和甲烷走航监测实验(Wei and Wang, 2020)。监测结果显示上海高速公路的二氧化碳和甲烷平均浓度分别为 472.88 ± 34.48 ppm 和 2033 ± 54 ppb，公路隧道的二氧化碳和甲烷平均浓度分别为 1308.92 ± 767.48 ppm 和 2182 ± 112 ppb。二氧化碳和甲烷的最高浓度分别出现在延安高架路和南北高架路上，而最低值都出现在华夏高架路上。二氧化碳和甲烷的热点并不一致，说明它们有不同的来源。隧道对温室气体有“推拉效应”，交通拥挤的延安东路隧道从入口到出口的温室气体浓度急剧上升。Sun et al. (2019)在北京利用移动监测平台和高精度 CH₄ 监测仪，对北京市道路上二氧化碳和甲烷浓度进行走航监测。监测结果表明城市观测点的 CH₄ 浓度分布在 1940-2370 ppb 之间，变化较小，而农村地区的浓度梯度较大；农村地区的 CO₂ 与 CH₄ 浓度之间存在显著相关性，而城市地区则不存在显著相关性。此外通过走航监测可以识别几个点源，如尚未纳入中国国家温室气体清单的液化天然气 (LNG) 发电厂；液化天然气运输车的“指纹”比率 (LNG 运输车、LNG 加气站和 LNG 电厂 CH₄:CO₂ 比值) 呈“L”型。

4.3 相关应用

走航监测常常用于温室气体走航和大气污染物走航监测,通过移动监测的优势获得温室气体和大气污染物的空间分布特征,弥补固定监测点位的不足。走航监测常常用于区域调查,例如调查城市和农村地区温室气体空间分布特征,变化规律(Westerdahl et al., 2005; Mitchell et al., 2018; Sun et al., 2019; Wei and Wang, 2020)。走航监测也可以利用监测得到温室气体和大气污染物的浓度梯度,用于排放源的识别或排放通量估算(Mitchell et al., 2018; Sun et al., 2019; Vinković et al., 2022)。这两种监测方式在很多时候结合在一起进行使用的(Sun et al., 2019; Vinković et al., 2022)。

4.3.1 区域调查型走航监测

区域走航监测的目标是为了获得温室气体的空间分布特征,了解区域内温室气体的现状和变化趋势。例如中国科学院上海高等研究院通过走航监测获得了上海市主干道路上及公路隧道里二氧化碳和甲烷空间分布特征(Wei and Wang, 2020)。Sun et al. (2019)调查了北京市城区和农村二氧化碳和甲烷的空间分布特征并计算 $\text{CH}_4:\text{CO}_2$ 比值。Mitchell et al. (2018)监测盐湖城市固定道路上的二氧化碳和甲烷的空间分布特征,并利用轻轨每日重复行驶的特点,进行了不同日期不同时刻的重复监测,分析城市固定道路上二氧化碳和甲烷日内变化特征。Westerdahl et al. (2005)调查了洛杉矶市的高速公路、居民区道路上的二氧化碳空间分布特征。

4.3.2 排放源识别型走航监测

排放源识别走航监测的目标是通过监测道路上温室气体的浓度,通过测量的高浓度来判断是否存在温室气体排放或泄漏,并利用模型来进行排放源源强的估算。Sun et al. (2019)通过走航监测识别了液化气发电厂等潜在排放源以及液化天然气运输车、LNG 加气站等的可能泄漏。Atherton et al. (2017)通过走航监测对加拿大石油和天然气开发地区的甲烷排放进行评估。评估结果显示加拿大蒙特尼地区的所有石油和天然气基础设施每年向大气排放的甲烷超过 111800 吨。这一数值超过了所报告的不列颠哥伦比亚省所有石油和天然气行业甲烷排放源的自下而上估算值 (78000 吨)。目前用于估算甲烷排放量的自下而上方法通常无法通

过彻底的实地测量来计算石油和天然气基础设施的排放部分，而通过走航监测可以更准确地反映油气开发中排放源数量。Shi et al. (2023)通过走航监测对 CO₂ 和 CH₄ 排放源进行了识别，并利用排放分配模型（EMISSION-PARTITION model）对独立排放源和多排放源进行了源强估算。Vinković et al. (2022)利用走航监测数据评估了养牛场的甲烷排放通量，评估的结果与利用无人机监测和计算的甲烷排放量进行对比验证。

5 制定的基本原则和技术路线

5.1 基本原则

制定本文件，编制组本着科学性、通用性、前瞻性、具有可扩展性以及易操作性的原则。同时参考国内外相关标准规范，在归纳总结了上海市移动走航监测经验的基础上，对温室气体（二氧化碳和甲烷）走航监测技术作出了相关的规定和要求。基本原则主要体现在以下几个方面：

5.1.1 科学性

本文件通过多设备走航监测实验和不同季节主干道路走航监测实验，为规范中仪器性能指标选取及限定提供了数据支撑。同时基于实际项目工作经验与需求，规范了温室气体（二氧化碳和甲烷）走航监测系统组成、技术要求、质量保证与质量控制等内容，规范内容覆盖了温室气体（二氧化碳和甲烷）走航监测的全流程。

5.1.2 前瞻性

本文件监测技术的仪器设备采用模块设计，可根据不同项目要求或不同应用场景进行结构调整和扩展升级，补充环境空气其他参数测量。

5.1.3 通用性

本文件充分考虑了温室气体（二氧化碳和甲烷）走航监测的实施场景和监测目的。文件内容尽量与现有标准保持匹配，其中涉及到已有相关标准规范的指标和方法均直接引用原标准文件。

5.1.4 易操作型

本文件所规定的仪器和设备、监测方法、质量保证与质量控制，是通过对相关管理部门和科学研究人员在实际工作中面临的问题和操作经验的充分调研，兼顾了仪器的特点和不同实施单位的需求，保持一定的灵活性和可操作性。

5.2 技术路线

通过查阅相关文献、标准规范，对温室气体走航监测技术的仪器和设备组成、监测方法、设备运行维护等进行研究，分析仪器设备组成与监测技术指标存在的问题。基于上海市温室气体走航监测项目运行经验，对温室气体（二氧化碳和甲烷）监测系统仪器设备组成、监测方法、设备运行维护等方面进行了规定。并编制《温室气体（二氧化碳和甲烷）走航监测技术规范》（草稿）。召开厂家论证会与专家论证会等征求修改意见，进行修改和完善，编制完成本文件文本和编制说明。规范编制技术路线如图 1 所示。

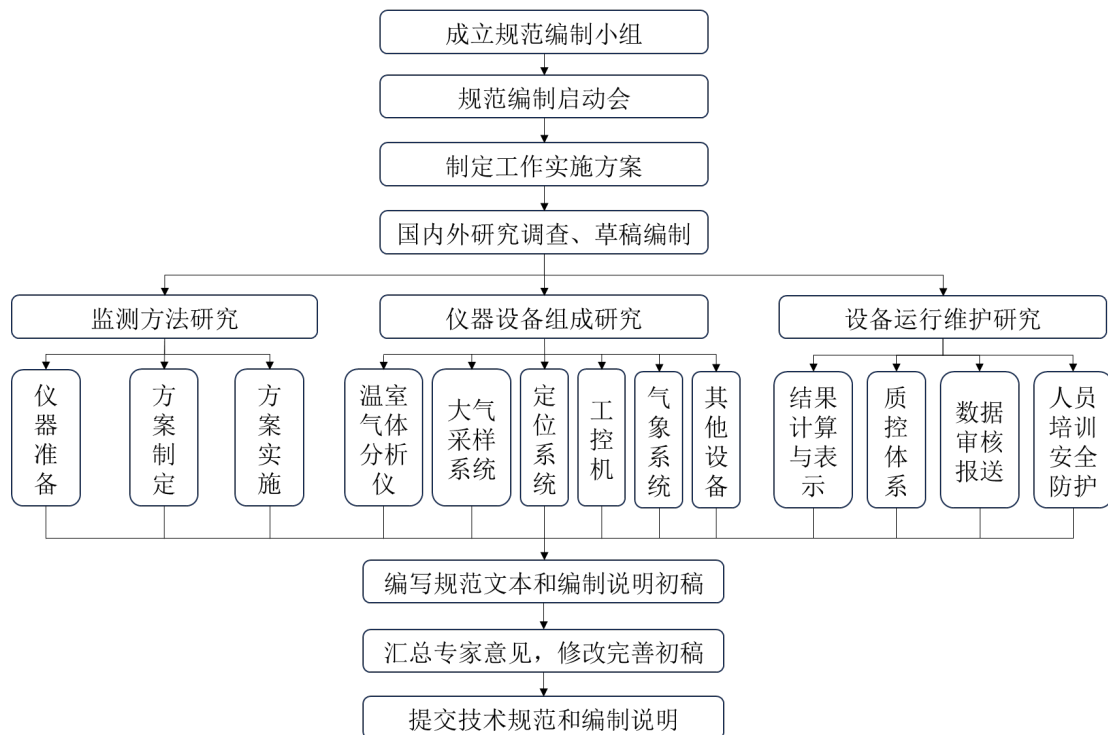


图 1 本文件制定的技术路线

6 主要内容说明

本文件的制定注重与国家现有标准和地方标准协调配套。向国际及国内先进水平看齐,充分考虑现有市场技术水平,对技术要求、性能指标等做出详细要求,力求使文件涵盖技术内容尽可能全面,可操作性强、合理、有先进性。文件包括:前言、范围、规范性引用文件、术语和定义、方法概述、试剂或材料、仪器和设备、监测方法、结果计算与表示、质量保证与质量控制、数据审核和报送、人员培训与安全培训,共十一个部分。

6.1 适用范围确定

本文件目的是为温室气体(二氧化碳和甲烷)走航监测提供支持。主要针对高精度温室气体分析仪开展环境空气中二氧化碳和甲烷等温室气体的走航监测,温室气体走航监测的仪器和设备、监测方法、结果计算与表示、质量保证与控制等部分做出规范要求,用于城市温室气体走航监测。

本文件规定了温室气体(二氧化碳和甲烷)走航监测系统的方法概述、试剂或材料、仪器和设备、监测方法、结果计算与表示、质量保证与质量控制以及安全防护要求。

本文件适用于采用走航监测技术的温室气体监测体系的建设与运行管理,可作为建设、运行与管理的技术依据。

6.2 术语和定义

对文件中的的术语进行统一规范的定义,在本部分对重要术语进行了定义和解释。本文件相关术语主要引用其他标准已规定的术语与定义。

温室气体是指大气中能够吸收红外辐射的气体成分,主要包括水汽(H_2O)、二氧化碳(CO_2)、甲烷(CH_4)、氧化亚氮(N_2O)、六氟化硫(SF_6)、氢氟碳化物(HFCs)、全氟化碳(PFCs)和臭氧(O_3)等。本文件中针对走航监测的温室气体主要为二氧化碳(CO_2)和甲烷(CH_4)。

本文件中的走航监测是指利用车载式快速监测设备在行进中连续自动监测,

对温室气体等大气成分进行定性定量分析，并基于地理位置信息显示沿行进路线上大气成分的空间连续分布。

本文件中的驻点监测是指利用车载式快速监测设备在固定点开展连续自动监测，对温室气体等大气成分和其他环境参数进行定点定性定量分析，驻点监测时间不少于 30 分钟。

6.3 方法概述

本文件中的温室气体走航监测技术是指利用温室气体走航监测系统及其他辅助设备，在行进中对环境空气中温室气体进行连续自动监测，并结合地理位置信息，显示沿行进路线上的二氧化碳和甲烷等温室气体浓度空间分布，对高浓度点位进行复测或驻点监测，完成二氧化碳和甲烷等温室气体的走航监测。

6.4 试剂或材料

本文件中主要使用的试剂主要为标准气体，用于校准温室气体分析仪。工作标准气体中必须包括二氧化碳和甲烷两种温室气体。根据工作的需要，也可以根据监测的大气成分配置其他温室气体或污染物的标准气体。

标准气体应购买有证的标准气体，或者在有资质的单位（如中国计量科学研究院、中国气象局等标气研制单位）定制。

为了和国内外数据进行比对，温室气体的标准气体应按照环境温室气体监测量值溯源体系的要求，溯源到我国主要温室气体国家基准/标尺。也应该能够根据国家基准/标尺与国际气象组织（WMO）的差异，溯源至全球基准/标尺上。

6.5 仪器和设备

温室气体走航监测系统由温室气体分析仪、车载式大气采样系统、供电设备、车载卫星定位系统及电子地图、气象监测系统、工控机和其他相关设备或辅助设备组成。

6.5.1 温室气体分析仪

温室气体分析仪是温室气体（二氧化碳和甲烷）走航监测技术中的最重要监测设备。本文件中的必测指标是二氧化碳和甲烷（表 1），他们的分子量分别是 44 和 16。通过温室气体分析仪可以测量二氧化碳和甲烷等温室气体浓度，和经纬度数据结合后可以获得二氧化碳和甲烷温室气体的空间分布特征。

表 1 温室气体走航监测必测目标物

序号	温室气体名称	摩尔质量/ (g mol^{-1})	CAS 号
1	二氧化碳	44	124-38-9
2	甲烷	16	74-82-8

二氧化碳和甲烷是大气中痕量气体，例如 2020 年的全球二氧化碳和甲烷浓度均值分别是 413.2 ± 0.2 ppm 和 1889 ± 2 ppb，我国瓦里关全球背景站的二氧化碳和甲烷浓度分别为 414.3 ± 0.2 ppm， 1944 ± 0.7 ppb，长三角地区区域本底站临安站的二氧化碳和甲烷浓度分别为 431.3 ± 0.4 ppm， 2044 ± 3.0 ppb。长三角地区的二氧化碳和甲烷浓度均高于全球和中国背景站。2020 年全球大气二氧化碳和甲烷的年度增幅分别为 2.5 ppm 和 11 ppb，瓦里关的增幅分别为 2.5 ppm 和 17 ppb。过去 10 年（2011~2020 年）全球二氧化碳和甲烷的年平均增量为 2.40 ppm 和 8.0 ppb，而同期瓦里关的增量年平均增量为 2.43 ppm 和 8.5 ppb。为了识别出季节变化以及城市区域内的年度变化，需要准确识别出温室气体的微小浓度变化，设备的误差至少要小于浓度增量的十分之一，即二氧化碳和甲烷的测量精度至少需要达到 0.25 ppm 和 1 ppb。因此，在温室气体走航监测时，应优先考虑选用高精度温室气体分析仪，确保走航监测获得的温室气体精度和准确度能够识别出道路和城市不同区域间差异。考虑到走航监测时车辆始终处于移动状态，在高速公路和城市快速路上，在 60、80、100 和 120 km/h 速度下的每秒行驶的距离分别是 16.7、22.2、27.8 和 33.3 米（表 2）。为了更好的刻画出城市温室气体空间分布，温室气体分析仪的测量间隔尽可能小，建议温室气体分析仪的测量间隔不大于 1s。

表 2 不同车速下车辆在 1、2、5、10 秒下行驶距离

(单位: 米)

车速 km/h	1 s	2 s	5 s	10 s
120	33.3	66.7	166.7	333.3
100	27.8	55.6	138.9	277.8
80	22.2	44.4	111.1	222.2
60	16.7	33.3	83.3	166.7
50	13.9	27.8	69.4	138.9
40	11.1	22.2	55.6	111.1
30	8.3	16.7	41.7	83.3
20	5.6	11.1	27.8	55.6
10	2.8	5.6	13.9	27.8
5	1.4	2.8	6.9	13.9
1	0.3	0.6	1.4	2.8

目前市场上已有的温室气体高精度监测设备有诸多厂家在生产和销售, 这些设备主要基于光腔衰荡光谱法、离轴积分腔输出光谱法和腔增强吸收光谱法等方法。温室气体分析仪由包括使用光腔衰荡光谱法、离轴积分腔输出光谱法或腔增强吸收光谱法等技术的设备主机、采样泵、前置过滤器、数据采集存储及传输单元等组成。采样时间间隔不大于 1s。

6.5.2 车载式大气采样系统

车载式大气采样系统主要是将车辆外部的空气抽入走航车辆内, 并由温室气体分析仪的采样泵将气体抽入温室气体分析仪中。

根据车辆组成的不同, 可以按照《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》(HJ 654) 的要求配置采样总管。若无条件安装采样总管时, 可以直接使用管路从车辆外部引入环境空气进入车内。管路应尽量短以减少对待测温室气体的吸附, 管路总长度不超过 5 m。

为了避免车辆本身的影响, 气体的采样能够应该采样口应位于车顶前部, 且采样口应高于车顶不小于 0.2 m。

采样管路应选用不释放有干扰物质且不与待测温室气体发生化学反应的材料, 例如聚四氟乙烯、黄铜、硼硅酸盐玻璃或者硅烷化处理的不锈钢材料。

考虑到环境空气中颗粒物的影响, 采样气体进入设备分析前需要对颗粒物进行过滤, 可以使用颗粒物过滤器去除粒径大于 5 μ m 的颗粒物, 推荐使用不锈钢或聚四氟乙烯滤膜。

为了避免水汽对温室气体浓度影响，采样气体进入设备分析前需采用冷阱、高氯酸镁干燥剂或者 Nafion 管除水。

整个车载大气采样系统安装完成后，需要测试设备开启后环境空气从采样口至温室气体分析仪所需要的时间，用于后续和 GPS 数据匹配。为了减少气体在管路中的传输事件，可采用大流量泵抽取样气，分流部分样气至温室气体分析仪，缩短样气在管路中的停留时间小于 30 秒。

6.5.3 供电设备

为了保证温室气体分析仪及辅助设备正常工作，需要在走航车辆上配置电池等供电设备，满足设备用电需要。为了获得尽可能多的有效数据，供电设备对全部设备的供电能力应不少于半个工作日，即需要满足走航监测设备连续运行 4h 以上。根据工作需要，可以配置满足 1 天工作能力的供电能力，最大限度发挥走航监测在可移动性上的优势。

6.5.4 车载卫星定位系统及电子地图

卫星定位系统可以获取车辆走航监测时的位置信息，是开展走航监测必不可少的监测设备。通过配备车载卫星定位系统，在走航监测时同步记录经纬度坐标、行进速度等信息。为了和温室气体分析仪的时间分辨率保持一致，车载卫星定位系统的计时精度应在 1s 以内。为了识别出不同车道上温室气体浓度差异，卫星定位系统的空间分辨率应该不大于我国多车道公路的机动车车道最小宽度。按照行业标准《城市道路工程设计规范》(CJJ 37-2012)，在设计时速大于 60 km/h 时，小客车专用车道的最小车道为 3.5 m；时速≤60 km/h 时，小客车专用车道的最小车道为 3.25 m。考虑城市高快速道路的实际时速大于 60km/h，因此卫星定位系统的定位精度应不小于 3.5 m。

6.5.5 气象监测系统

为了评估气温、风速、风向等因素对监测结果的影响，根据工作需要，可以配置气象监测系统，在走航监测温室气体同时监测环境温度、相对湿度、大气压、风速和风向等气象参数。相应气象参数的测量范围和精度应满足《环境空气质量手工监测技术规范》(HJ 194) 的要求。气象参数应按照《大气污染物无组织排放监测技术导则》(HJ/T 55) 的要求，实现气象参数实时测量和记录。

6.5.6 工控机

为了记录走航监测过程中各类型设备的监测数据,并可以根据需要可以上传至上位平台,因此建议在走航监测系统中配置工控机。工控机的配置应符合《污染物在线监控(监测)系统数据传输标准》(HJ 212)的要求,保障系统运行并将数据上传至上位平台。

根据不同通讯接口的要求,工控机需要具备 USB 接口或以太网通信接口,使用无线网卡可以与上位平台通信。根据需要也可以使用 RS-485 或 RS-232 等接口进行通讯。

存储要求。根据使用需要,工控机能完整存储不少于 12 个月的所有参数监测数据及相关信息。

此外,因为工控机放置在车辆上进行道路、园区等多种区域走航监测,因此工控机需要具备抗振动、防电磁干扰等功能。此外在走航监测时,点源接入会存在波动,因此工控机也需要具备更大的电压稳定性,允许外部供电电压波动±10%。

部分温室气体分析仪自身已经配置了电脑,包括了存储和通讯接口,具备存储和上传数据功能,工控机的配置可以酌情消减。

6.5.7 其他设备

根据温室气体来源解析,减污降碳协同控制监测等工作需要,可以配置氧化亚氮(N₂O)、一氧化碳(CO)、二氧化硫(SO₂)、二氧化氮(NO₂)、乙烷(C₂H₆)等在线监测设备,或者其他离线采样装置或设备,用于作为选测目标物和示踪物。也可配置行车记录仪等视频采集设备,记录走航监测时周边的车辆和外部环境。这些监测设备的安装和数据接入可以参考温室气体分析仪的安装和数据接入要求。

表 3 温室气体走航监测选测目标物和示踪物

序号	大气成分名称	摩尔质量/(g mol ⁻¹)	CAS 号
1	氧化亚氮	44	10024-97-2
2	一氧化碳	28	630-08-0
3	二氧化氮	46	10102-44-0
4	二氧化硫	64	7446-09-5
5	乙烷	30	74-84-0

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/277101200052006064>