

《辽宁省大气挥发性有机物走航监测技术规范》 编制说明

编制组

二〇二五年八月

目 录

1 项目背景	1
1.1 任务来源	1
1.2 制定本标准的必要性和意义	1
1.2.1 必要性	2
1.2.2 可行性	4
1.2.3 意义	5
1.3 起草单位及协助单位	7
1.4 主要起草人及所做工作	7
1.5 主要工作过程	7
2 标准编制原则和确定主要内容的依据	9
2.1 标准编制原则	9
2.2 标准技术路线	10
2.3 确定主要内容的依据	11
2.3.1 适用范围、引用文件及术语定义	11
2.3.2 试剂材料与仪器设备	12
2.3.3 监测方法	16
2.3.4 计算结果与表示	26
2.3.5 质量保证与质量控制	27
3 综述报告	27
3.1 VOCs 走航监测方法	27
3.1.1 国外研究进展	29
3.1.2 国内研究进展	31
3.2 国内外走航监测技术优势与瓶颈	33
4 与有关现行法律、法规和国家标准、行业标准、地方标准的关系	34
4.1 与有关现行法律、法规的关系	34
4.2 与国家标准的关系	34
4.3 与行业标准的关系	34
4.4 与地方标准的关系	35
5 征求意见和分歧处理情况	37
6 推动标准实施的措施建议	37
7 拟作为强制性地方标准的须写明确法律法规依据	37
8 其他应说明的事项	37
9 参考标准及参考文献	37

1 项目背景

1.1 任务来源

根据《辽宁省市场监督管理局关于印发 2024 年度辽宁省地方标准立项计划的通知》（辽市监发〔2024〕15 号）文件要求，结合我中心开展大气挥发性有机物走航监测工作实际，由辽宁省生态环境监测中心承担《辽宁省大气挥发性有机物走航监测技术规范》制定工作，项目编号 2024055。

1.2 制定本标准的必要性和意义

自 2019 年起，生态环境部陆续印发《重点行业挥发性有机物综合治理方案》《2020 年挥发性有机物治理攻坚方案》及《“十四五”生态环境监测规划》，明确将 VOCs 作为臭氧污染防控的重点，强调需加强走航监测等快速检测技术应用，完善监测网络，提升精准治污能力。为落实国家要求，辽宁省于 2021 年印发《辽宁省“十四五”生态环境监测规划》，提出构建“地面监测为主、移动监测为辅”的大气协同控制监测体系，推动走航识别与地面定量相结合的污染溯源模式。

目前，辽宁省已具备较强的大气 VOCs 走航监测能力，并开展多项监测工作。下一步亟待制定统一的走航监测标准规范，保障数据规范性、统一性和可比性，持续提升 VOCs 监测水平，为区域大气污染防治提供技术支撑，助力深入打好污染防治攻坚战。

1.2.1 必要性

一是满足大气挥发性有机物污染防治工作需要。自 2013 年起国家陆续出台多项政策，包括《挥发性有机物（VOCs）污染防治技术政策》《“十三五”挥发性有机物污染防治工作方案》等，明确提出 VOCs 减排目标，并将其逐步纳入排污许可管理。2019 年至 2021 年间，发布《重点行业挥发性有机物综合治理方案》和《2020 年挥发性有机物治理攻坚方案》，国家进一步细化治理要求，强化臭氧污染防治，标志着 VOCs 治理成为大气环境管理的重要方向。2021 年中共中央国务院发布的《关于深入打好污染防治攻坚战的意见》中，不仅重申了 VOCs 等污染物排放总量减排目标，还首次将 VOCs 纳入了环保税征收范围，这一举措显著提升了在 VOCs 治理方面的战略高度且具有更高层面的工作指导意义。

为落实国家部署，辽宁省结合自身作为重工业基地的产业结构特点（如钢铁、石化、机械制造等），辽宁省于 2018 年发布和印发《辽宁省“十三五”挥发性有机物污染防治与削减工作实施方案》和《辽宁省打赢蓝天保卫战三年行动方案（2018—2020 年）的通知》明确 VOCs 治理为重点工作，制定总体目标，强调重点区域和城市开展 VOCs 自动监测，从而构建光化学监测网络。并于 2024 年发布《辽宁省空气质量持续改善行动实施方案》，进一步明确 VOCs 总量控制目标，推进源头替代和全流程治理。由于辽宁省工业结构以重工业为主，VOCs 在部分地区仍对空气质量影响显著，尤其是夏季臭氧污染突出。当前治理难点集中于无组织排放，涉及行业广、环节多，中小

企业逸散问题明显，亟待构建多角度、多时段的技术与管控体系，以实现有效防控。

二是满足我省大气监测网络建设和协同控制工作需要。自 2015 年起，我省按照《生态环境监测网络建设方案》相关要求部署逐步建成覆盖全省的大气环境监测网络。2018 年《辽宁省打赢蓝天保卫战三年行动方案》明确提出构建大气颗粒物组分监测网和光化学监测网，并推进 VOCs 自动监测。“十三五”以来，我省认真落实国家相关规划，持续完善监测体系，光化学监测已实现从手工向自动化的转变。截至 2023 年底，省本级及 14 个城市的光化学自动监测网全面建成，并与总站实现联网，数据覆盖全面，质量可靠。当前，我省空气质量总体改善，但臭氧污染问题日益凸显，呈现时段延伸、频次增加的趋势。VOCs 作为臭氧生成的关键前体物，其治理成为突出难题。固定自动监测点具有数据稳定、多参数同步、成本较低等优势，可长期反映点位周边的污染状况和变化趋势，但也存在空间代表性有限、难以适应污染源和气象条件变化、无法捕捉瞬时高值或突发污染事件等问题。相较之下，移动走航监测具备灵活、高效的优点，能够按需布设路线，实现小尺度精准勘探，识别污染空间差异，并在突发事件中跟踪污染扩散，实时响应，支持多设备同步监测，为应急决策提供关键数据支撑。走航监测有效弥补了固定点位在动态溯源、空间分辨和应急响应方面的不足，是对现有大气监测网络的重要补充。

三是填补大气挥发性有机物监测技术标准的空白。随着我省大气污染治理逐步走向依法、科学、精准化，VOCs 走航监测在污染防治

攻坚中的科技支撑作用日益显著。目前，我省 VOCs 监测仍以自动和手工监测为主，走航监测尚未建立统一规范。目前尚未出台大气 VOCs 走航监测有关的国家标准和行业标准，仅个别省份制定了地方规范，但多侧重于监测方法与方案设计，对实施流程、结果计算、系统配置及数据分析等关键环节约束不足，难以直接适用于辽宁省。鉴于我省产业结构和污染特征与长三角、北京等地差异显著，现有地方标准无法满足本地监测需求。因此，亟需编制适用于我省乃至东北区域的 VOCs 走航监测技术规范，统一监测流程、保障数据质量、增强可比性与适用性，为区域臭氧和细颗粒物协同控制提供可靠技术依据，助力深入打好污染防治攻坚战。

1.2.2 可行性

政策方面：国家在“十四五”空气质量改善规划中明确将 VOCs 治理列为核心目标。2023 年 11 月国务院印发《空气质量持续改善行动计划》，强调推进 VOCs 减排，实施精准治污，完善法律法规与标准体系，鼓励开展相关技术规范研究。生态环境部在多项文件（如《重点行业挥发性有机物综合治理方案》、《2020 年挥发性有机物治理攻坚方案》等）中均突出走航监测在污染溯源中的重要作用，建议通过走航手段排查突出问题，并对重点区域 VOCs 排放开展调查。2024 年《关于加快建立现代化生态环境监测体系的实施意见》进一步要求加快监测数智化转型，推动走航监测等多技术融合应用，明确将其作为非现场执法的重要手段，强化动态监测能力。

辽宁省在《空气质量持续改善行动实施方案》中明确提出推广走

航监测等科技手段，并设定 VOCs 减排 10% 的目标，为地方标准制定提供政策依据。2022 年修订的《辽宁省大气污染防治条例》将 VOCs 治理纳入法律框架，要求加强动态监测能力建设，为地方标准提供立法支撑。

项目方面：目前，我省已在走航监测方面投入专项资金超过 1500 万元，已完成辽宁省移动污染源废弃监测能力提升项目、辽宁省大气走航监测系统运行维护项目和辽宁省大气挥发性有机物走航监测能力建设项目（第一阶段）等多个项目。我省现配备 2 套不同原理的 VOCs 走航监测系统，并集成环境飞行监测、气溶胶激光雷达、车载六参数及气象监测等多种设备。2023-2024 年间，累计开展走航监测 400 余天，识别高值点 220 多个，监测范围覆盖全省 14 个地市及部分县区、乡镇，在夏季臭氧防控、污染源整治、空气质量帮扶和省运会保障等工作中发挥关键作用，为大气污染防治和精细化管理提供了可靠技术支撑。此外，沈阳、大连等地市也相继开展走航监测采购项目，有效支持了市级大气治理。未来我省将持续加强移动走航能力建设，积极争取各级财政支持，加快构建现代化监测体系，提升大气精细化管理水平。目前，我省已形成一支专业走航监测队伍，具备相应技术力量和项目经验，当前重点需对走航监测的内容、方法、运维与质控等环节进行统一规范。

1.2.3 意义

本规范的制定对提升辽宁省大气污染防治能力、完善监测体系、推动精准治污具有重要意义，具体体现在以下方面：

响应污染治理导向。通过规范大气挥发性有机物走航监测相关技术要求及工作流程，落实《空气质量持续改善行动计划》等重要政策、文件要求，进一步强化 PM_{2.5} 与 O₃ 协同控制，助力我省实现相关减排目标。

填补专业技术空白。本规范的制定可改善现有工作缺乏统一规范的现状，通过对挥发性有机物走航监测全流程进行标准化规定，确保监测数据的规范性、统一性和可比性，为全省乃至东北地区大气挥发性有机物走航监测工作提供可靠的技术模板。

提升监测技术水平。本规范明确车载式 VOCs 质谱监测系统、气体稀释系统等设备相关技术要求，规范走航监测等监测方法，推动辽宁省走航监测从“经验驱动”向“技术标准化”转型，提升监测结果的科学性和可靠性。

强化溯源分析和动态预警。通过规范走航监测要求得到科学、合理、可信的监测数据，可实时构建“浓度-位置”关联模型，快速定位污染源，查明污染成因，为“精准治污”提供动态数据支持，解决固定点位难以捕捉的瞬时污染变化和局部热点的问题。同时及时发现潜在的环境风险，为相关部门提供预警信息，保障公共安全。

支撑精细化环境管理。本规范的制定不仅可通过开展走航监测实时掌握 VOCs 的浓度分布和变化趋势，为环境管理提供科学依据，同时通过走航监测可进一步形成 VOCs 浓度分布图和污染溯源报告等，为环境管理部门划定重点监管区域、制定行业减排政策、开展污染源整治等工作提供量化依据，实现“以数据说话、以数据决策”的精细

化管理模式。

强化区域示范作用。辽宁省地理位置和产业结构在东北地区具有代表性，本规范的实施将为东北其他省份提供技术参考，助力构建东北地区统一的 VOCs 走航监测技术体系，协同应对区域大气污染问题，提升东北区域整体环境治理能力。

1.3 起草单位及协助单位

标准起草单位：辽宁省生态环境监测中心

标准协助单位：大连市生态环境事务服务中心

1.4 主要起草人及所做工作

编制组由专业从事环境空气自动监测、移动监测的技术人员组成，专门承担此项技术规范的研究修订工作。

表 1 标准编制组成员及所做工作

主要起草人		所做工作
廖楠	第一起草人	负责标准技术路线及内容设计、标准草案起草和修改等全部工作
祖彪	第二起草人	参与标准技术路线的设计、草案的起草和修改工作
邢树威	第三起草人	参与标准技术路线的设计、草案的起草和修改工作
陈宗娇	主要起草人	参与标准技术路线的设计及草案修改审核工作
王铎	主要起草人	参与标准技术路线的设计及草案修改审核工作
张峻玮	主要起草人	参与标准内容编写及报告数据分析工作
杨丽	主要起草人	参与标准内容编写及报告数据分析工作
李强	主要起草人	参与标准内容编写及报告数据分析工作
白璐	主要起草人	参与标准内容编写及报告数据分析工作
王男	主要起草人	参与标准内容编写及修改工作
杨微微	主要起草人	参与标准内容编写及修改工作
赵梓彤	主要起草人	参与标准内容编写及修改工作
阎守政	主要起草人	参与标准调研及文献收集工作
王朝霞	主要起草人	参与标准调研及文献收集工作
王姝	主要起草人	参与标准调研及文献收集工作

1.5 主要工作过程

第一阶段：前期准备，成立编制组

2024年9月19日,辽宁省市场监督管理局发布了《关于印发2024年辽宁省地方标准立项计划的通知》(辽市监发〔2024〕15号),辽宁省大气挥发性有机物走航监测技术规范正式立项。为圆满完成此标准制定工作,辽宁省生态环境监测中心于2024年9月23日成立了规范编制组,并召开研讨会,明确技术规范主要内容。编制组成员由多年从事环境空气自动监测、大气污染成因分析、移动监测、区域质控及标准制修订的高级工程师和工程师组成,编制组成员专业知识丰富、科研态度严谨、具有丰富的工作经验,具备较好的研究基础。

第二阶段: 查阅资料, 调研需求

2024年10月-12月, 查阅国内外相关文献资料及标准、技术规范, 收集整理我省目前具备大气挥发性有机物走航监测能力情况, 以及开展VOCs走航监测工作的现状, 召开专题研讨会确定本规范编制的技术路线, 编写本规范总体框架和提纲内容。

第三阶段: 确定技术指标, 编写规范初稿

2025年1月-2025年6月, 与部分国内市场占有率较高的大气挥发性有机物走航监测厂家沟通交流, 进行实地调研, 开展技术测试, 掌握挥发性有机物走航监测的关键技术指标和参数, 同时开展不同型号、不同原理监测设备间的自动监测比对测试, 比较性能差异, 分析监测数据结果, 采取可靠的质量保证、质量控制措施确保监测数据准确、可比。完成《辽宁省大气挥发性有机物走航监测技术规范》标准文本和编制说明征求意见稿初稿。

第四阶段: 召开专家会, 修改完善规范内容

征求意见后完善

第五阶段：征求意见与修订

征求意见后完善

2 标准编制原则和确定主要内容的依据

2.1 标准编制原则

我国环境保护标准制修订管理办法规定了标准制修订工作遵循的基本原则，本标准依据《辽宁省地方标准管理办法》、《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》（GB/T 1.1-2020）等的要求，参考了国内相关行业标准及其他省份相关地方标准，结合我省实际制定。

本标准在制订过程中，主要依据的基本原则包括：一是一致性原则：在学习研究环境保护标准制修订管理办法、《环境空气挥发性有机物气相色谱连续监测系统技术要求及检测方法》（HJ 1010-2018）、《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB 37822-2019）以及《污染物在线监控（监测）系统数据传输标准》（HJ 212-2017）等相关法律法规和国家标准、行业标准等基础上，力争最大范围的包含重要技术指标，与政策文件保持一致，确保本标准的科学性；二是适用性原则：认真研究分析目前国家、省级部门对开展大气挥发性有机物走航监测工作相关要求，调研目前我省已具备走航监测能力的情况，参考国内部分省份开展走航监测的丰富经验做法，结合我省实际情况，明确本标准的普遍适用范围，可推广至地级市范围内使用；三是可操

作性原则：本标准在编制过程中充分考虑到了我省现有大气挥发性有机物走航监测能力的情况，对重要技术参数和相关指标的确定进行了较为普遍的可操作测试，以保证后续走航监测能力提升。

2.2 标准技术路线

辽宁省大气挥发性有机物走航监测技术规范标准研究技术路线图见图 1。

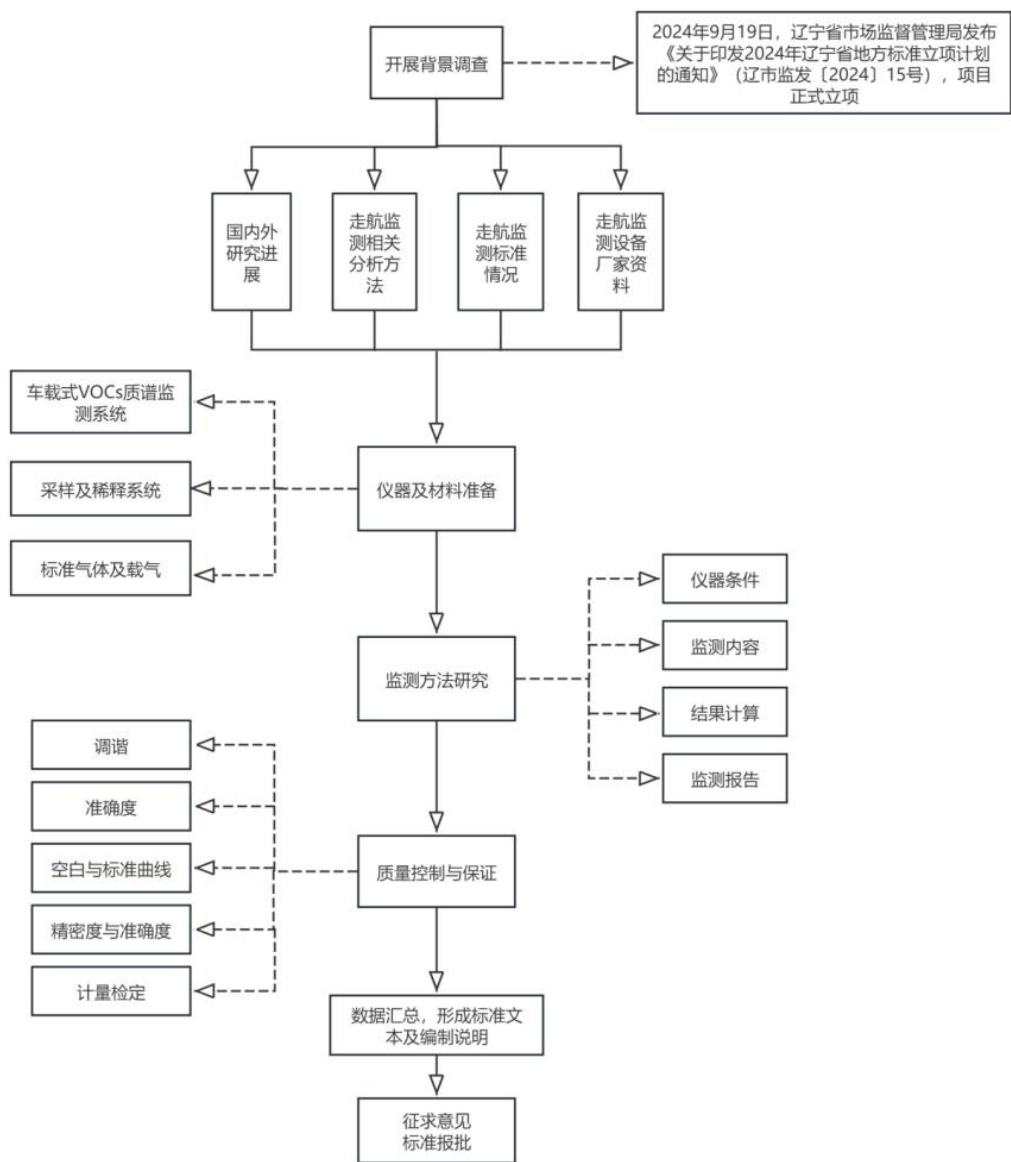


图 1 标准编制技术路线图

2.3 确定主要内容的依据

2.3.1 适用范围、引用文件及术语定义

2.3.1.1 适用范围

为进一步规范辽宁省大气挥发性有机物走航监测工作，提升操作的可实施性，增强监测工作的适用性，制定本规范。本规范适用于辽宁省区域内环境空气和无组织排放监控点的大气挥发性有机物走航监测。本规范内容涵盖监测要求、试剂与材料、仪器与设备、监测方法、结果计算与表示、质量保证与质量控制等方面，明确了利用走航监测技术测定环境空气中挥发性有机物的相关技术要求。

2.3.1.2 引用文件

本规范结合监测工作管理需求、质量控制、质量保证要求、以及现有走航车载挥发性有机物监测设备情况，充分调研了目前国内已颁布的相关标准和规范，引用了以下 7 个标准文件：

GB 37822-2019 挥发性有机物无组织排放控制标准

HJ/T 55 大气污染物无组织排放监测技术导则

HJ 168 环境监测分析方法标准制定技术导则

HJ 194 环境空气质量手工监测技术规范

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

HJ 1010 环境空气挥发性有机物气相色谱连续监测系统技术要求及检测方法

HJ 1223-2021 环境空气挥发性有机物的应急测定 便携式气相

色谱-质谱法

2.3.1.3 术语和定义

本规范引用了 3 个术语：挥发性有机物（VOCs）、走航监测、高值点。其中挥发性有机物（VOCs）引自 GB 37822-2019 挥发性有机物无组织排放控制标准；走航监测引自 DB 31/T 310002-2021 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；高值点暂无引用，结合走航监测工作实际开展经验，本规范规定为：在走航监测行进过程中，结合区域内污染物排放特征，根据监测区域内固定点位的污染物浓度和走航过程中的平均采样浓度确定高值点，原则上浓度限值高于平均浓度的 2 倍及以上点位为高值点。

2.3.2 试剂材料与仪器设备

2.3.2.1 试剂和材料

VOCs 是大气中普遍存在的一类化合物，具有分子量小、饱和蒸气压高、沸点低、亨利常数大等特点，其组成复杂，目前尚无公认的统一定义。按化学成分划分，VOCs 主要包括烷烃、卤代烷烃、烯烃、卤代烯烃、炔烃、芳香烃，以及酚、醇、醚、醛、酮、酯、硝酸酯等。其中，57 种 PAMS 物质是当前大气挥发性有机物研究中普遍关注的重点组分。参照 HJ 1010 中的相关表述，本规范要求走航监测系统所配备的标准气体至少应包含附录 A 中规定的物质。此外，鉴于目前市面上采用质谱法的走航监测设备对部分物质（如 C₂、C₃ 物质及十二烷）的分析效果较差，本标准在附录 A 中暂不纳入上述物质。同时，本规范要求在实际工作中应配备包含附录 A 所列挥发性有机物

的标准气体。

目前，我省光化学自动监测网已基本建成。结合走航监测、VOCs 在线监测以及部分重点化工园区在线监测数据来看，我省 VOCs 及 OFP 浓度较高的化合物基本包含于 57 种 PAMS 物质范围内。此外，二氯甲烷、氯苯、甲基叔丁基醚、丙酮、丙醛、2-丁酮、丙烯醛、丁烯醛和乙酸乙烯酯等物质也呈现较高浓度。其中，丙酮、丙醛和 2-丁酮主要来自机动车尾气和有机溶剂挥发；甲基叔丁基醚是汽油挥发和机动车尾气的常见示踪物；氯代烃多源于工业生产过程；丙烯醛、丁烯醛及乙酸乙烯酯则常见于化工原料及中间体。因此，本规范结合走航监测实际情况，将 57 种 PAMs 物质作为基本目标化合物，扣除 C2、C3 物质及十二烷，增加二氯甲烷、氯苯、甲基叔丁基醚、丙酮、丙醛、2-丁酮、丙烯醛、丁烯醛、乙酸乙烯酯，整体构成附录 A 中必测挥发性有机物组分。由于不同仪器设备原理不同、性能存在差异，附录 A 中同分子量化合物不强制要求完全分离，在实际工作中可将同分子量或同分异构物质视为一个整体。

2.3.2.2 车载式 VOCs 质谱监测系统

走航监测是通过移动监测车辆边走边测，实时分析环境空气中 VOCs 种类和浓度水平。为了能够准确分析污染物种类以及浓度水平、快速定位污染排放位置信息，本规范规定主要监测设备为车载式 VOCs 质谱监测系统。目前用于走航监测的质谱监测仪，按照离子源分主要包括单光子电离（SPI）、电子轰击（EI）和质子转移反应（PTR）三种，按照质量分析器类型分主要包括飞行时间质谱（TOF）和离子

阱（IonTrap）两种。为保证规范的普遍适用性，本规范对离子源和质量分析器类型不做规定。车载式 VOCs 质谱监测系统应包含进样系统、离子源、真空单元、质量分析器及数据解析软件等，并具备全扫描或选择离子扫描、谱库检索、实时显示污染组分等功能。

2.3.2.2 车载式大气采样系统

移动监测车辆除搭载车载 VOCs 质谱监测系统外，不排除后续有增加其他移动监测模块的可能，为保证采集样品的真实性、准确性和代表性，尽可能真实反映污染状况，本规范规定的车载式大气采样系统的采样装置和采样管路材料是分别根据 HJ 654 标准 5.1.4.1 和 HJ 1010 标准 5.4.1 中相关表述制定，并且根据 VOCs 物质特性，减少湿度对测定结果的影响强调总管入口应着重防止雨水和粗大颗粒物进入，管路总长不应超过 3m，尽可能短以减少对挥发性有机物的吸附，并且管路应采取保温措施避免内壁结露。

为防止监测车辆自身及周边车辆尾气对监测结果造成干扰，采样口通常应设置于监测车车顶。考虑到移动监测车辆本身已具有一定高度，采样管不宜过高，以避免在限高路段通行受限。在保证车顶周边无明显障碍物阻挡的前提下，采样口高度应至少高出车顶 20 cm，并尽量位于车顶中部位位置。

2.3.2.3 气体稀释系统

用于监测、质量控制和质量保证工作中所使用的标准气体、载气等各类气体配置，使用动态稀释仪按照不同浓度比例的需求进行操作。由于市面购置的标准气体浓度存在差异，一般为 1ppm，但实际工作中进行质控测试时浓度大数为 ppb 级别，因此本规范规定最大稀释倍

数不小于 1000 倍。

2.3.2.4 车载定位系统和地图

走航监测要实现边走边测功能，能够同时显示污染物浓度和地理位置信息，因此对于定位精度有一定要求，参考 DB 31/T 310002-2021 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中相关表述，本规范规定应配备车载卫星定位系统和电子地图，定位系统精度不低于 3m，定位系统的选择应根据具体工作要求确定，本规范中不做规定。为较精准的确定污染区域，配备的电子地图可在走航监测过程中实时显示行进路线，并可进行标记。

2.3.2.5 气象监测系统

走航监测系统应配备气象监测系统，通过测定温度、湿度、风向、风速、大气压等参数判定走航过程中的自然条件因素，即可确定污染源方位信息、分析判别污染主要来源，又可作为测定数据分析环节气体状态转换的重要参数。根据标准 HJ/T 55 和 HJ 194 中相关表述，本规范规定应配备相应气象参数的测量范围和精度符合要求的气象监测系统，能够测定环境温度、气压、相对湿度、风向和风速等气象参数。

2.3.2.6 供电设备

根据实际工作开展情况，开展一次走航监测至少需要走航监测设备连续运行 6h 以上，这其中包括仪器设备开机预热时间和关机等候时间。走航监测具有连续性的特点，电池组的供电量需要能保障连续工作的正常开展，因此本规范规定电量应至少满足走航监测设备连续运行 6h 以上。

2.3.3 监测方法

2.3.3.1 制定监测方案

根据大气污染防治管理实际工作需求开展走航监测工作，因此走航监测工作具备很大程度的不确定性和随机性。所以在开展监测前，应明确监测目的，依据实际工作需要划定一定的走航监测区域，在正式开展走航前，要了解走航监测区域内路况信息、企业污染信息等主要内容，然后结合气象条件合理规划监测路线，力争在短时间、短路程内最大程度的精准捕捉污染特征。本规范还根据 HJ/T 55 标准中点位布设方法等表述还规定了应根据现场实际情况，可选择在监测目标周围及其下风向处进行监测，以保证真实、全面的反映实际污染状况。并明确由于监测车辆高度、带电作业等特殊因素，在区域内部进行监测时，要求在确保安全前提下，应尽可能的靠近生产工艺或无组织排放源。

2.3.3.2 仪器准备

(1) 实验设备及编号

表 1 标准曲线测试结果记录表

设备编号	设备厂家	设备型号	检测方法
1	无锡中科光电技术有限公司	ZKGD-VOCS-2000	SPI-TOF
2	杭州谱育科技发展有限公司	EXPEC 3500	GC-EI-Quadrupole
3	杭州谱育科技发展有限公司	TRACE 8000	PTR-TOF

(2) 校准曲线

本规范参照 HJ1010-2018 中关于校准曲线的相关要求，规定校准曲线的校准方法为：应根据相关标准、污染物排放水平确定标准曲线范围，使用气体稀释仪将标准气体稀释成不同浓度的标准气体，至少包含 6 个校准点（含零点）且尽可能均匀分布。以不同化合物目标浓

度为横轴,离子响应为纵轴建立坐标系,用最小二乘法绘制校准曲线。

对校准曲线进行了测试,使用有证标准气体或静态稀释法配制的标准气体绘制校准曲线,或者使用气体稀释装置将有证标准气体用高纯氮气或高纯空气稀释,配制成不同浓度的标准系列,依次从低浓度到高浓度进行分析测定,以目标化合物浓度为横坐标,以其对应定量离子峰面积或分子峰高为纵坐标,用最小二乘法建立校准曲线,校准曲线分低、高两种浓度系列,其中低浓度系列为 5.0 nmol/mol、10.0 nmol/mol、20.0 nmol/mol、50.0 nmol/mol,高浓度系列为 50.0 nmol/mol、100 nmol/mol、200 nmol/mol、300 nmol/mol。测试结果见表 2。

表 2 标准曲线测试结果记录表

测试单位编号		1		2		3	
编号	化合物名称	低浓度	高浓度	低浓度	高浓度	低浓度	高浓度
1	1-丁烯	0.989	0.987	0.999	1.000	0.997	0.998
2	反-2-丁烯	0.989	0.987	0.999	0.999	0.997	0.998
3	顺-2-丁烯	0.989	0.987	0.998	0.999	0.997	0.998
4	丙烯醛	0.988	0.994	0.999	1.000	0.999	0.997
5	正丁烷	0.983	0.998	1.000	1.000	0.997	0.993
6	异丁烷	0.983	0.998	0.998	0.999	0.997	0.993
7	丙醛	0.994	0.994	0.998	0.999	0.996	0.995
8	丙酮	0.994	0.994	0.999	0.999	0.996	0.995
9	2-甲基-1,3-丁二烯	0.983	1.000	0.999	1.000	0.997	0.995
10	反-2-戊烯	0.988	0.994	1.000	1.000	0.997	0.999
11	顺-2-戊烯	0.988	0.994	0.999	0.999	0.997	0.999
12	1-戊烯	0.988	0.994	0.999	1.000	0.997	0.999
13	丁烯醛	0.988	0.994	0.999	1.000	0.994	0.992
14	正戊烷	0.991	0.988	0.999	1.000	0.997	0.991
15	异戊烷	0.991	0.988	1.000	0.999	0.997	0.991
16	环戊烷	0.997	0.980	0.998	0.999	0.997	0.999
17	2-丁酮	0.995	0.993	0.996	0.999	0.997	0.992
18	苯	1.000	0.985	0.998	1.000	0.997	0.992
19	甲基环戊烷	0.997	0.996	0.998	1.000	0.997	0.991
20	1-己烯	0.983	0.994	0.999	0.999	0.997	0.991
21	二氯甲烷	0.983	0.994	0.992	1.000	0.999	0.997
22	正己烷	0.999	1.000	0.999	1.000	0.984	0.995

测试单位编号		1		2		3	
编号	化合物名称	低浓度	高浓度	低浓度	高浓度	低浓度	高浓度
23	环己烷	0.997	0.996	0.998	0.999	0.997	0.991
24	2-甲基戊烷	0.999	1.000	0.998	0.999	0.984	0.995
25	3-甲基戊烷	0.999	1.000	0.997	0.999	0.984	0.995
26	2,2-二甲基丁烷	0.999	1.000	0.997	0.999	0.984	0.995
27	2,3-二甲基丁烷	0.999	1.000	0.997	0.999	0.984	0.995
28	乙酸乙烯酯	0.986	0.986	0.999	1.000	0.998	0.998
29	甲基叔丁基醚	0.996	0.986	0.997	0.999	0.990	0.992
30	甲苯	0.999	0.997	0.999	1.000	0.997	0.997
31	甲基环己烷	0.991	0.999	0.996	1.000	0.997	0.998
32	正庚烷	0.982	0.980	0.999	0.998	0.999	0.989
33	2,3-二甲基戊烷	0.982	0.980	0.999	0.995	0.997	0.989
34	2,4-二甲基戊烷	0.982	0.980	0.998	0.994	0.997	0.989
35	2-甲基己烷	0.982	0.980	0.994	0.999	0.997	0.989
36	3-甲基己烷	0.982	0.980	0.988	0.999	0.997	0.989
37	苯乙烯	0.999	0.998	0.998	0.999	0.997	0.996
38	邻-/间-/对-二甲苯	0.999	0.991	0.996	0.999	0.997	0.994
39	乙苯	0.999	0.991	0.996	0.999	0.997	0.994
40	氯苯	0.997	0.982	0.996	0.999	0.998	0.995
41	正辛烷	0.983	0.995	0.995	1.000	0.982	0.987
42	2,2,4-三甲基戊烷	0.983	0.995	0.999	0.999	0.982	0.987
43	2,3,4-三甲基戊烷	0.983	0.995	0.994	1.000	0.982	0.987
44	2-甲基庚烷	0.983	0.995	0.996	1.000	0.982	0.987
45	3-甲基庚烷	0.983	0.995	0.997	1.000	0.982	0.987
46	正丙苯	0.998	0.999	0.997	1.000	0.994	0.995
47	异丙苯	0.998	0.999	0.996	1.000	0.994	0.995
48	1-乙基-2-甲基苯	0.998	0.999	0.994	0.999	0.994	0.995
49	1,2,3-三甲苯	0.998	0.999	0.996	1.000	0.994	0.995
50	1,2,4-三甲苯	0.998	0.999	0.997	1.000	0.994	0.995
51	1,3,5-三甲苯	0.998	0.999	0.997	1.000	0.994	0.995
52	对乙基甲苯	0.998	0.999	0.996	1.000	0.994	0.995
53	正壬烷	0.983	0.982	0.999	0.998	0.994	0.991
54	1,3-二乙基苯	0.996	0.993	0.994	0.996	0.997	0.997
55	对二乙苯	0.996	0.993	0.996	1.000	0.997	0.997
56	癸烷	0.998	0.996	0.997	1.000	0.997	0.992
57	十一烷	0.995	0.988	0.998	0.998	0.997	0.994

根据测试结果，附录 A 物质所得到的低浓度曲线相关系数范围为 0.982~1.000，对于多种型号的 VOCs 走航监测设备，高低浓度校

准曲线的目标化合物的标准曲线相关系数 R^2 能够满足测试结果 ≥ 0.98 的要求。

(3) 重复性和检出限

目前常见的走航监测设备进样方式主要包括直接进样和色谱柱分离后进样，并且不同监测设备可定性、定量分析的污染物种类及数量不完全相同，因此本规范对进样方式和满足检出限的挥发性有机物组分数量未做规定，但附录 A 中列出了至少应满足检出限要求的化合物。通入 10 nmol/mol 标准气体，至少连续测试 7 次，按照 HJ 168-2020 A.4.2 和 A.1.1 计算相对标准偏差和仪器检出限。测试结果见表 3。

表 3 检出限测试结果记录表

测试单位编号		1	2	3	均值
编号	化合物名称	检出限	检出限	检出限	检出限
1	1-丁烯	9.02	0.62	1.59	3.74
2	反-2-丁烯	9.02	0.35	1.59	3.65
3	顺-2-丁烯	9.02	0.29	1.59	3.63
4	丙烯醛	1.33	1.28	1.70	1.44
5	正丁烷	3.39	0.88	0.97	1.75
6	异丁烷	3.39	0.83	0.97	1.73
7	丙醛	4	0.86	1.03	1.96
8	丙酮	4	0.60	1.03	1.88
9	2-甲基-1,3-丁二烯	2.51	0.90	1.38	1.60
10	反-2-戊烯	2.57	0.65	1.60	1.61
11	顺-2-戊烯	2.57	0.67	1.60	1.61
12	1-戊烯	2.57	0.62	1.60	1.60
13	丁烯醛	2.57	1.35	0.49	1.47
14	正戊烷	2.12	0.37	1.47	1.32
15	异戊烷	2.12	0.39	1.47	1.33
16	环戊烷	1.74	0.43	1.60	1.26
17	2-丁酮	1.76	0.53	0.77	1.02
18	苯	1.71	0.21	0.67	0.86
19	甲基环戊烷	1.75	0.68	2.57	1.67
20	1-己烯	3.13	0.57	2.57	2.09
21	二氯甲烷	3.13	0.37	0.78	1.43

测试单位编号	1	2	3	均值
编号	化合物名称	检出限	检出限	检出限
22	正己烷	5.08	0.32	3.15
23	环己烷	1.75	0.46	2.57
24	2-甲基戊烷	5.08	0.47	3.15
25	3-甲基戊烷	5.08	0.42	3.15
26	2,2-二甲基丁烷	5.08	1.09	3.15
27	2,3-二甲基丁烷	5.08	1.27	3.15
28	乙酸乙烯酯	2	0.42	2.17
29	甲基叔丁基醚	2.06	0.65	0.73
30	甲苯	0.76	0.25	0.63
31	甲基环己烷	1.77	0.62	2.20
32	正庚烷	2.25	0.27	1.20
33	2,3-二甲基戊烷	2.25	0.63	1.20
34	2,4-二甲基戊烷	2.25	0.60	1.20
35	2-甲基己烷	2.25	0.39	1.20
36	3-甲基己烷	2.25	0.43	1.20
37	苯乙烯	1.26	0.35	1.54
38	邻-/间-/对-二甲苯	3.15	0.27	4.99
39	乙苯	3.15	0.28	4.99
40	氯苯	0.86	0.39	0.94
41	正辛烷	2.29	0.67	2.84
42	2,2,4-三甲基戊烷	2.29	0.48	2.84
43	2,3,4-三甲基戊烷	2.29	0.53	2.84
44	2-甲基庚烷	2.29	0.45	2.84
45	3-甲基庚烷	2.29	0.44	2.84
46	正丙苯	1.2	0.36	6.66
47	异丙苯	1.2	0.45	6.66
48	1-乙基-2-甲基苯	1.2	0.47	6.66
49	1,2,3-三甲苯	1.2	0.28	6.66
50	1,2,4-三甲苯	1.2	0.35	6.66
51	1,3,5-三甲苯	1.2	0.34	6.66
52	对乙基甲苯	1.2	0.47	6.66
53	正壬烷	2.11	0.64	1.59
54	1,3-二乙基苯	2.13	0.93	0.68
55	对二乙苯	2.13	0.93	0.68
56	癸烷	5.25	0.37	6.63
57	十一烷	1.22	0.48	7.36

根据测试结果，附录 A 物质的单台设备的检出限数值的变化范围为 0.21~9.02 noml/mol，均值的变化范围为 0.55~4.08 noml/mol，能够满足规范规定的小于等于 10 nmol/mol 的要求。

(4) 准确度

在仪器正常工作状态下,通入 10 nmol/mol 的标准气体进行分析,计算待测仪器中各组分的监测浓度,每种浓度至少重复测试 7 次。平均测量浓度与已知标准气体浓度的相对误差即为准确度,按照 HJ 168-2020 A.5.2 计算相对误差,要求附录 A 中目标化合物应满足相对误差 $\leq \pm 30.0\%$ 。测试结果见表 4。

表 4 准确度测试结果记录表

测试单位编号		1			2		3	
序号	化合物名称	理论值	测试值	相对误差%	测试值	相对误差%	测试值	相对误差%
1	1-丁烯	10	12.62	26.18%	10.4	4%	11.61	16.13%
2	反-2-丁烯	10	12.62	26.18%	8.5	-15%	11.61	16.13%
3	顺-2-丁烯	10	12.62	26.18%	9	-10%	11.61	16.13%
4	丙烯醛	10	11.88	18.80%	9.1	-9%	10.63	6.25%
5	正丁烷	10	11.21	12.13%	8.6	-14%	10.82	8.23%
6	异丁烷	10	11.21	12.13%	9	-10%	10.82	8.23%
7	丙醛	10	11.37	13.70%	10.5	5%	10.54	5.35%
8	丙酮	10	11.37	13.70%	10.5	5%	10.74	7.40%
9	2-甲基-1,3-丁二烯	10	11.77	17.73%	9.3	-7%	10.87	8.71%
10	反-2-戊烯	10	9.60	-4.03%	10.4	4%	10.62	6.25%
11	顺-2-戊烯	10	9.60	-4.03%	10.6	6%	10.62	6.25%
12	1-戊烯	10	9.60	-4.03%	8.7	-13%	10.62	6.25%
13	丁烯醛	10	9.60	-4.03%	9.2	-8%	10.58	5.75%
14	正戊烷	10	9.08	-9.20%	9.1	-9%	10.75	7.55%
15	异戊烷	10	9.08	-9.20%	10.5	5%	10.75	7.55%
16	环戊烷	10	10.16	1.60%	10.7	7%	10.62	6.25%
17	2-丁酮	10	8.53	-14.67%	9.1	-9%	10.84	8.35%
18	苯	10	8.69	-13.10%	10.5	5%	11.27	12.72%
19	甲基环戊烷	10	9.08	-9.23%	10.5	5%	10.58	5.79%
20	1-己烯	10	10.29	2.90%	8.8	-12%	10.58	5.79%
21	二氯甲烷	10	10.29	2.90%	8.9	-11%	10.69	6.90%
22	正己烷	10	12.05	20.53%	8.8	-12%	10.92	9.19%
23	环己烷	10	9.08	-9.23%	9.2	-8%	10.58	5.79%
24	2-甲基戊烷	10	12.05	20.53%	9.3	-7%	10.92	9.19%

测试单位编号			1		2		3	
序号	化合物名称	理论值	测试值	相对误差%	测试值	相对误差%	测试值	相对误差%
25	3-甲基戊烷	10	12.05	20.53%	9.4	-6%	10.92	9.19%
26	2,2-二甲基丁烷	10	12.05	20.53%	10.5	5%	10.92	9.19%
27	2,3-二甲基丁烷	10	12.05	20.53%	9	-10%	10.92	9.19%
28	乙酸乙烯酯	10	9.71	-2.90%	10.5	5%	10.52	5.20%
29	甲基叔丁基醚	10	9.29	-7.10%	9.1	-9%	10.39	3.90%
30	甲苯	10	9.13	-8.70%	9	-10%	11.02	10.21%
31	甲基环己烷	10	9.25	-7.50%	9.3	-7%	10.58	5.77%
32	正庚烷	10	9.51	-4.93%	10.5	5%	11.61	16.13%
33	2,3-二甲基戊烷	10	9.51	-4.93%	8.9	-11%	11.61	16.13%
34	2,4-二甲基戊烷	10	9.51	-4.93%	10.5	5%	11.61	16.13%
35	2-甲基己烷	10	9.51	-4.93%	10.3	3%	11.61	16.13%
36	3-甲基己烷	10	9.51	-4.93%	10.4	4%	11.61	16.13%
37	苯乙烯	10	8.27	-17.30%	10.6	6%	10.44	4.39%
38	邻-/间-/对-二甲苯	10	8.07	-19.30%	9.2	-8%	11.01	10.06%
39	乙苯	10	8.07	-19.30%	10.4	4%	11.01	10.06%
40	氯苯	10	11.67	16.67%	10.5	5%	10.72	7.20%
41	正辛烷	10	10.93	9.27%	10.6	6%	10.66	6.59%
42	2,2,4-三甲基戊烷	10	10.93	9.27%	9.1	-9%	10.66	6.59%
43	2,3,4-三甲基戊烷	10	10.93	9.27%	10.4	4%	10.66	6.59%
44	2-甲基庚烷	10	10.93	9.27%	10.3	3%	10.66	6.59%
45	3-甲基庚烷	10	10.93	9.27%	10.4	4%	10.66	6.59%
46	正丙苯	10	8.95	-10.47%	10.9	9%	11.24	12.44%
47	异丙苯	10	8.95	-10.47%	10.9	9%	11.24	12.44%
48	1-乙基-2-甲基苯	10	8.95	-10.47%	10.8	8%	11.24	12.44%
49	1,2,3-三甲苯	10	8.95	-10.47%	11	10%	11.24	12.44%
50	1,2,4-三甲苯	10	8.95	-10.47%	10.9	9%	11.24	12.44%
51	1,3,5-三甲苯	10	8.95	-10.47%	10.6	6%	11.24	12.44%
52	对乙基甲苯	10	8.95	-10.47%	9.1	-9%	11.24	12.44%
53	正壬烷	10	10.92	9.23%	8.8	-12%	11.61	16.13%
54	1,3-二乙基苯	10	8.99	-10.13%	9.1	-9%	11.44	14.39%
55	对二乙苯	10	8.99	-10.13%	8.5	-15%	11.44	14.39%
56	癸烷	10	11.86	18.63%	8.5	-15%	11.61	16.13%
57	十一烷	10	10.43	4.33%	8.4	-16%	11.85	18.53%

根据测试结果，附录 A 中的各项物质 10 nmol/mol 准确度的测试浓度范围为 8.07~12.62 nmol/mol，相对误差变化范围为 -19.30%~26.18%，测试结果规定的各组分准确度满足 $\leq \pm 30\%$ 的要求。

(5) 空白

连续运行 24h 或每批次样品应分析一个空白试样，用高纯氮气或除挥发性有机物空气为代替样品，按照与样品分析相同步骤进行分析。平行测定 6 次，记录各目标化合物空白响应值，空白试样中目标化合物浓度应低于检出限。测试结果见表 5。

表 5 空白实验结果记录表

测试单位编号		1		2		3	
编号	化合物名称	检出限	空白值	检出限	空白值	检出限	空白值
1	1-丁烯	9.02	0.14	0.62	0.0	1.59	0.0086
2	反-2-丁烯	9.02	0.14	0.35	0.0	1.59	0.0086
3	顺-2-丁烯	9.02	0.14	0.29	0.0	1.59	0.0086
4	丙烯醛	1.33	0	1.28	0.0	1.7	0
5	正丁烷	3.39	0.54	0.88	0.0	0.97	0.0093
6	异丁烷	3.39	0.54	0.83	0.0	0.97	0.0093
7	丙醛	4	0.63	0.86	0.0	1.03	0.0063
8	丙酮	4	0.63	0.6	0.0	1.03	0.0163
9	2-甲基-1,3-丁二烯	2.51	0.16	0.9	0.0	1.38	0.0328
10	反-2-戊烯	2.57	0.46	0.65	0.0	1.6	0.0214
11	顺-2-戊烯	2.57	0.46	0.67	0.0	1.6	0.0214
12	1-戊烯	2.57	0.46	0.62	0.0	1.6	0.0214
13	丁烯醛	2.57	0.46	1.35	0.0	0.49	0
14	正戊烷	2.12	0.28	0.37	0.0	1.47	0.0514
15	异戊烷	2.12	0.28	0.39	0.0	1.47	0.0514
16	环戊烷	1.74	0.02	0.43	0.0	1.6	0.0214
17	2-丁酮	1.76	0.8	0.53	0.0	0.77	0
18	苯	1.71	0.12	0.21	0.0	0.67	0
19	甲基环戊烷	1.75	1.19	0.68	0.0	2.57	0.0771
20	1-己烯	3.13	0.25	0.57	0.0	2.57	0.0771
21	二氯甲烷	3.13	0.25	0.37	0.0	0.78	0
22	正己烷	5.08	0.23	0.32	0.0	3.15	0.0859
23	环己烷	1.75	1.19	0.46	0.0	2.57	0.0771
24	2-甲基戊烷	5.08	0.23	0.47	0.0	3.15	0.0859

测试单位编号		1		2		3	
编号	化合物名称	检出限	空白值	检出限	空白值	检出限	空白值
25	3-甲基戊烷	5.08	0.23	0.42	0.0	3.15	0.0859
26	2,2-二甲基丁烷	5.08	0.23	1.09	0.0	3.15	0.0859
27	2,3-二甲基丁烷	5.08	0.23	1.27	0.0	3.15	0.0859
28	乙酸乙烯酯	2	1.63	0.42	0.0	2.17	0
29	甲基叔丁基醚	2.06	1.42	0.65	0.0	0.73	0
30	甲苯	0.76	0.21	0.25	0.0	0.63	0
31	甲基环己烷	1.77	0.65	0.62	0.0	2.2	0.1576
32	正庚烷	2.25	2.04	0.27	0.0	1.2	0.0098
33	2,3-二甲基戊烷	2.25	2.04	0.63	0.0	1.2	0.0098
34	2,4-二甲基戊烷	2.25	2.04	0.6	0.0	1.2	0.0098
35	2-甲基己烷	2.25	2.04	0.39	0.0	1.2	0.0098
36	3-甲基己烷	2.25	2.04	0.43	0.0	1.2	0.0098
37	苯乙烯	1.26	0.4	0.35	0.0	1.54	0.0057
38	邻-/间-/对-二甲苯	3.15	0.08	0.27	0.0	4.99	0
39	乙苯	3.15	0.08	0.28	0.0	4.99	0
40	氯苯	0.86	0.64	0.39	0.0	0.94	0.0026
41	正辛烷	2.29	1.93	0.67	0.0	2.84	0.0673
42	2,2,4-三甲基戊烷	2.29	1.93	0.48	0.0	2.84	0.0673
43	2,3,4-三甲基戊烷	2.29	1.93	0.53	0.0	2.84	0.0673
44	2-甲基庚烷	2.29	1.93	0.45	0.0	2.84	0.0673
45	3-甲基庚烷	2.29	1.93	0.44	0.0	2.84	0.0673
46	正丙苯	1.2	1.14	0.36	0.0	6.66	0
47	异丙苯	1.2	1.14	0.45	0.0	6.66	0
48	1-乙基-2-甲基苯	1.2	1.14	0.47	0.0	6.66	0
49	1,2,3-三甲苯	1.2	1.14	0.28	0.1	6.66	0
50	1,2,4-三甲苯	1.2	1.14	0.35	0.1	6.66	0
51	1,3,5-三甲苯	1.2	1.14	0.34	0.2	6.66	0
52	对乙基甲苯	1.2	1.14	0.47	0.0	6.66	0
53	正壬烷	2.11	1.12	0.64	0.0	1.59	0.0086
54	1,3-二乙基苯	2.13	1.69	0.93	0.0	0.68	0
55	对二乙苯	2.13	1.69	0.93	0.1	0.68	0
56	癸烷	5.25	2.32	0.37	0.3	6.63	0.0033
57	十一烷	1.22	0.48	0.48	0.2	7.36	0.0092

根据测试结果，附录 A 物质的单台监测设备的空白测试结果范围为 0~2.32 nmol/mol，同时经过与各自对应因子检出限数值的测试结果的对比分析，空白样品中目标物的浓度均小于检出限，否则应采取措施排除污染后再进行测试。

2.3.3.4 监测内容

本部分内容是开展走航监测工作的重点，包括走航前的准备工作、开展监测的主要内容、走航路线和监测时段的设定、根据实际情况如何进一步安排走航工作，以及走航完成后形成完整的监测报告。由于走航监测工作受设备原理、分析结果、走航区域地理情况、以及人员专业技术能力等因素的影响，因此必要时需提前了解相关的企业信息、污染源排放情况、气象因素以及具体的管理需求，然后根据实际需要开展走航监测工作。

2.3.3.3 监测条件

走航监测需在适宜的气象条件下开展，大风或降雨等天气因素会加速污染物的稀释，不易在走航过程中监测到污染物浓度高值，晴朗无风、高温低气压环境，污染物扩散较慢，容易在局部形成累积，较利于在走航监测过程中发现污染物浓度高值点。若存在微风情况，也可以结合风向、风速、以及污染源地理位置信息推测和判断污染大致来源。参考 HJ 1010 和 DB 31/T 310002-2021 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中相关表述，本规范规定走航监测宜在风速 8m/s 以下、无降水天气开展，同时为避免局部气流搅动影响监测结果，走航车辆行驶速度应控制在 30m/s 以下，可根据实际情况进行适当调整，在监测到污染浓度高值时可适当降低车速，增加监测频率。

走航监测是实时、快速反映污染状况，显示污染物浓度的一种先进的技术手段，因此对仪器设备的响应时间有较高要求。由于不同设备进样方式不同，为满足实时快速反映污染状况的需要，本规范规定

直接进样质谱法至少每 5s 得到一组实时监测数据。

2.3.4 计算结果与表示

考虑到目前走航监测设备监测原理存在不同，定性定量方法也存在着差异，为普遍适用于辽宁省的实际情况，参考 DB 31/T 310002-2021 中相关表述，本规范规定根据特征离子或质荷比进行定性分析，对于分子量或质荷比相同而难以区分的物质，可结合走航前开展准备工作，通过调查得到的周边企业及工艺分布、污染源分布等情况，对定性结果予以辅助判断。定量分析是通过外标或内标校准曲线法，根据样品中目标化合物的保留时间和响应值进行。对于在仪器上有响应，但标准气体中没有的挥发性有机物，可选择结构或保留时间接近的物质作为参考物，进行半定量分析。

根据 GB/T37822-2019 中总挥发性有机物的定义，本规范规定了测定挥发性有机物总浓度的表示方法，并规定了当使用默认浓度单位为 nmol/mol 的监测设备时，需先对单项污染物浓度进行单位换算，然后再进行加和计算得到挥发性有机物总浓度。

以辽宁省目前环境空气中挥发性有机物浓度为基础，参考 GB/T37822-2019 中相关表述，本规范规定了挥发性有机物走航监测浓度分布图的颜色分级，不同颜色代表不同的挥发性有机物浓度范围，可直观的展示走航监测过程中总挥发性有机物浓度变化情况，也可以根据实际工作需求有选择性的展示挥发性有机物总量或单项污染物浓度变化情况。

走航监测完成后需及时编写完成监测报告，由于管理需求和实际

工作要求不同，本规范未规定报告内容。充分结合实际开展的走航监测工作，报告内容包括但不限于走航情况概述、走航区域基本信息、走航路线情况、监测时段内气象参数、污染物浓度分布情况、污染特征、污染溯源等，并提出合理化建议。结合图、表等形式列举高值点位信息、挥发性有机物总浓度或单项污染物浓度分布及时序情况。

2.3.5 质量保证与质量控制

根据 HJ1010 和《国家环境空气监测网环境空气挥发性有机物连续自动监测质量控制技术规范（试行）》中相关表述，本规范规定了开展走航监测质量保证与质量控制相关要求。包括质谱调谐、准确度检查、空白检查、标准曲线等相关运行维护工作内容，以及要求建立相关质量控制文件和按规定完成流量计等计量用具的检定和检查等内容。

3 综述报告

3.1 VOCs 走航监测方法

目前常用的 VOCs 走航监测方法主要包括传感器技术、光谱技术、质谱技术等。

应用在 VOCs 走航观测中的传感器技术主要以光离子化检测器 (PID) 为主。其工作原理是利用特定电离能的真空紫外灯发射紫外光，电离环境中的多种 VOCs，生成 VOCs 离子，在极化极板电场作用下形成离子电流，经高灵敏度微电流放大器放大和数据处理，获得 VOCs 总浓度，但无法提供成分信息，需结合 GC-MS 或 GC-FID 等技术进

行定性与定量分析。PID 传感器具备响应时间短、体积小、重量轻和成本低等优点，但是检出限高（ppm 量级），因此其更适用于厂界 VOCs 监测，在低浓度区域应用效果有限。

VOCs 走航监测中应用的光谱技术主要为差分吸收光谱技术（DOAS）。该技术于 20 世纪 70 年代由德国 Heidelberg 大学环境物理研究所的 Ulrich Platt 等首次提出，其原理是基于气体分子对光线的差分吸收特性，通过比较被测气体的差分吸收光谱与吸收截面，利用最小二乘拟合算法计算其浓度。DOAS 可监测多种 VOCs（如甲醛、苯、二甲苯、苯酚、甲酚、苯甲醛、乙二醛等），也可用于氮氧化物监测。走航监测应用中，对时间分辨率和光路稳定性要求较高，适用于空气中 VOCs 浓度较高、反应敏感的物质监测。

质谱技术凭借可对 VOCs 实现高精度定性与准确定量分析的核心优势，成为 VOCs 监测领域的关键技术手段。目前国内外均积极推动其在 VOCs 走航监测中的研发与应用。走航质谱仪中，离子源与质量分析器的组合直接影响检测性能和应用场景，目前用于走航质谱仪的离子源主要分四种：单光子电离源（SPI）、电子轰击电离源（EI）、质子转移反应离子源（PTR）和化学电离源（CI）。质量分析器主要有三种：飞行时间质量分析器（TOF）与离子阱质量分析器（Ion Trap）、四级杆质量分析器（Quadrupole）。常见的组合及其特点如下：

（1）SPI-TOF：软电离与高分辨率，适合复杂 VOCs 快速筛查与溯源。

（2）PTR-TOF：超高灵敏度与快速响应，主打大气痕量 VOCs

实时监测。

(3) EI-Quadrupole: 分离能力强、成本低, 适用于复杂混合物的精准定性定量。

(4) PTR-Ion Trap: 便携且支持多级质谱, 适合野外或应急走航监测中的结构鉴定。

这些技术组合通过优化离子源与质量分析器的匹配, 可满足走航监测中“快速、灵敏、便携”的核心需求, 广泛应用于环境监测、工业泄漏检测、应急响应等场景。

3.1.1 国外研究进展

国外 VOCs 走航监测主要集中在欧美国家, 这些研究机构主要包括德国 BRUKER 公司、瑞士 TOFWORK 公司、奥地利 ION-ICON 公司、英国 KORE 公司。这些研究机构对走航监测技术的研究聚焦于软电离质谱技术与车载系统的集成创新, 形成以质子转移反应质谱 (PTR-MS)、膜进样质谱 (MIMS) 及车载气相色谱-质谱联用 (GC-MS) 为代表的技术体系。其中, 瑞士 TOFWORK 公司的车载质谱产品 Vocus 小精灵系列, 属紧凑型质子转移反应飞行时间质谱 (PTR-TOF-MS), 分析流程遵循“反应-传输-分离-探测”核心路径。作为单质谱系统, 其因结构简化实现紧凑设计, 响应速度快, 能快速捕捉样品组分动态变化, 适配车载走航实时监测需求。但受结构限制, 化合物定性较难, 无法像串联质谱通过二级碎片离子确认结构, 需依赖标准谱库匹配或辅助信息, 复杂基质样品定性准确性仍有提升空间; 奥地利 ION-ICON 公司的 PTR-TOF 4000 通过水合氢离子 (H_3O^+) 介

导的质子转移反应，实现了 VOCs 的秒级响应，对芳香烃、含氧有机物等质子亲和力高于水的组分灵敏度优异，但对 C2-C6 低碳烷烃及乙烯等低电离能组分的检测能力有限，检测能力存在明显局限；英国 KORE 公司的 Kore PTR 3c 基于 PDMS 膜进样技术实现 VOCs 快速富集，但其质谱分析模块无法精准识别同分异构体这类物质的具体种类与含量，而大气 VOCs 组分更复杂，同分异构体共存现象普遍，且对污染物种类的精准识别需求更高，因此该设备的同分异构体分辨短板难以满足大气监测对组分定性准确性的要求，因此在大气环境质量监测、污染源溯源等场景中应用受限；德国 BRUKER 的 MM2 车载 GC-MS 通过快速升温程序优化组分分离，但其分析周期约 10 分钟，难以满足走航监测实时性的需求；美国环境保护署（EPA）以光化学评估监测站网络（PAMS）为核心支撑，早期针对臭氧前体物监测，主要采用罐采样结合气相色谱-质谱联用（GC-MS）的分析方法，该方法虽能实现精准定性定量，但时效性较差。为适配城市臭氧污染精准溯源的需求，近年 EPA 逐步推广在线质子转移反应质谱（PTR-MS）走航技术，通过车载移动监测模式，可实时捕捉不同区域臭氧前体物浓度变化，快速锁定污染源头，大幅提升了监测响应效率。欧盟通过《工业排放指令》（IED）推动 EN 14662 系列标准，以吸附管采样-热脱附-GC-MS 法为主开展固定源监测，能精准管控工业排放达标情况，其走航技术更多应用于突发污染事件的应急响应，可快速划定污染范围、评估污染程度，在区域尺度常态化监测中的应用仍较为有限。

3.1.2 国内研究进展

目前国内的 VOCs 移动监测以车载走航质谱技术为主。中科院储焰南、沈成银团队是国内首个掌握质子转移反应技术的团队，于 2007 年该团队成功研制出国内首台 PTR-MS 样机，2018 年初步实现了质谱小型化的研制并用于环境走航监测，目前已在全国多个地区进行了走航监测实验。暨南大学周振团队专注于单光子电离飞行时间质谱（SPI-TOF MS）研究，在不断优化离子源和进样系统的基础上提升仪器灵敏度与检测限，并积极推进仪器产业化。

广州禾信仪器股份有限公司自主开发的 SPI-TOF MS，凭借独创的 PDMS 膜进样系统，实现 VOCs 监测技术突破与成本优化。PDMS 膜可阻隔水分、粉尘等杂质，无需复杂预处理，减少组件与维护成本；还能精准调控渗透速率，快速富集传输 VOCs。该系统大幅降低真空系统要求，无需高端真空泵组，降低采购与运行成本。同时，PDMS 膜直连样品环境，配合 TOF 快速检测，缩短响应时间，可快速捕捉 VOCs 动态变化，适配应急监测等场景，实现“低成本”与“高性能”协同。

杭州谱育科技发展有限公司推出的双通道走航质谱分析仪，集成了两种互补的分析模式，以适应快速响应与精准定性的不同监测需求。第一部分为直接进样分析通道，VOCs 样品直接进入 EI 源，被电离成碎片离子，经四极杆质量分析器分离后，不同质荷比的离子按时间顺序被检测器采集，通过计算机实时生成质谱图。该模式可快速获取 VOCs 总体变化趋势，响应速度快，适用于污染区域的初步识别与快

速筛查，但其无法精确判定 VOCs 具体组分及浓度，需要在探测到高值点的信息时暂停走航，系统启动第二通道即气质联用模式（GC-MS）进行深入分析。该模式下，VOCs 样品经色谱柱分离后再进入质谱进行定性定量分析，能够准确识别物种及其浓度，但相应地耗时较长，监测效率较低。两种分析模式协同工作，优势互补：直接进样模式响应迅速，适用于大范围快速扫描；GC-MS 模式则可实现对关键区域的高精度定性定量分析。这一双通道设计显著提升了走航监测的灵活性与数据有效性，兼顾了实时性与准确性。

北京博赛德科技有限公司推出的 HAPLINE 是一款多功能气质联用仪，具备独特的“双重工作模式”，可分别适用于快速筛查与精准分析的不同需求。其一为单质谱 Survey 走测模式，适用于现场快速监测；其二为 GC-MS 全分析模式，适用于 VOCs 的分离与定性。在 GC-MS 全分析模式下，该系统由富集装置（浓缩管）、分离装置（色谱柱）以及四极杆质量分析器组成，能够实现对 VOCs 组分的初步分离和定性。而在单质谱 Survey 走测模式下，仪器采用直接进样方式，依据 VOCs 类别（如醛类、酮类、苯系物等）预先划分，通过识别每类物质中一个或多个特征质核比碎片离子，实现 VOCs 的快速定性分析。HAPLINE 仪器结构紧凑、功耗低、体积小，便于搭载于普通家用车辆，适用于移动走航监测，广泛应用于环境大气、工业园区等场景的实时 VOCs 监测与溯源。

北京雪迪龙 MCS-900V 大气走航监测车采用质子转移反应飞行时间质谱（PTR-TOF）技术监测 VOCs。该技术通过 H_3O^+ 离子使 VOCs

分子软电离，利用飞行时间质量分析器实现快速分离和检测，无需样品预处理即可实时监测上百种 VOCs 物种。其优势包括响应速度快（毫秒级）、灵敏度高（pptv 级）、多组分同步监测能力强，并结合 GPS 与气象参数实现污染溯源。该技术广泛应用于化工园区污染排查、臭氧污染防治及应急监测等领域。

3.2 国内外走航监测技术优势与瓶颈

国内 VOCs 走航监测技术研究虽起步相对较晚，但依托“国产化突破—多技术联用—行业场景落地”的发展路径，已逐步构建起从核心传感器与装备研发到污染溯源与管理的完整技术体系。在应用层面，走航监测技术目前已广泛应用于工业园区污染溯源与应急监测场景，并通过构建“走航车-便携式 GC-MS-无人机”协同监测网络，实现了重污染天气条件下的快速溯源与响应，显著提升执法与治理的精准度。

国内外 VOCs 走航技术仍存在若干关键技术瓶颈。国外设备虽运行稳定，但成本高昂，且在复杂工业源 VOCs 组分覆盖方面存在局限；国内技术通过多方法联用较好地解决了同分异构体识别难题，性价比显著，但在真空系统维护、长期运行稳定性等方面仍有待提升。此外，现有技术对 C3-C5 低碳烷烃、萜烯类物质的检测灵敏度不足，易造成石化、涂装等行业排放量低估；同时，走航数据通常呈“线性”分布，与真实污染“面源”扩散模型之间存在匹配偏差，也制约了溯源精度的进一步提高。

4 与有关现行法律、法规和国家标准、行业标准、地方标准的关系

4.1 与有关现行法律、法规的关系

本规范的制定符合《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》等法律法规有关大气污染物监测的要求，是大 气挥发性有机物走航监测技术规范，编制的程序符合《中华人民共和国标准化法》相关要求。

4.2 与国家标准的关系

本规范引用了 1 个国家标准。其中关于挥发性有机物的定义与国家标准“GB 37822-2019 挥发性有机物无组织排放控制标准”保持一致。

4.3 与行业标准的关系

本规范引用了 6 个行业标准。其中关于气象监测系统相关要求与“HJ/T 55 大气污染物无组织排放监测技术导则”保持一致；关于重复性、检出限和准确度的定义和计算方法与“HJ 168 环境监测分析方法标准制定技术导则”保持一致；关于气象参数的测量范围和精度要求与“HJ 194 环境空气质量手工监测技术规范”保持一致；关于车载式大气采样系统采样装置的要求与“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”保持一致；关于车载式大气采样系统采样装置的要求和标准曲线范围

的确定与“HJ 1010 环境空气挥发性有机物气相色谱连续监测系统技术要求及检测方法”保持一致，“HJ 1223 环境空气 挥发性有机物的应急测定 便携式气相色谱-质谱法”。

4.4 与地方标准的关系

目前全国各省市共发布了 4 个有关走航监测方面的地方标准，包括：上海市、江苏省、浙江省市场监督管理局 2021 年 3 月发布的《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》，安徽省市场监督管理局 2024 年 1 月发布的《挥发性有机物走航监测技术规范》，河南省市场监督管理局 2024 年 3 月发布的《大气挥发性有机物走航自动监测技术规范》，厦门市市场监督管理局 2024 年 12 月发布的《环境空气走航监测技术规范》，国内各省/市大气走航监测地方标准见表 1。

表 1 国内各省/市走航监测地方标准

技术文件	《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》	《挥发性有机物走航监测技术规范》	《大气挥发性有机物走航自动监测技术规范》	《环境空气走航监测技术规范》
发布部门	上海市、江苏省、浙江省市场监督管理局	安徽省市场监督管理局	河南省市场监督管理局	厦门市市场监督管理局
标准文号	DB31/T 310002-2021 DB32/T 310002-2021 DB33/T 310002-2021	DB34/T 4686-2024	DB41/T 2665-2024	DB3502/T 153-2024
发布年份	2021 年	2024 年	2024 年	2024 年
适用范围	长三角生态绿色一体化发展示范区	安徽省	河南省	厦门市

主要内容	规定了长三角生态绿色一体化发展示范区内环境空气、无组织排放废气的挥发性有机物走航监测的方法概述、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机安全防护要求。	规定了基于单质谱作为走航监测设备进行环境空气、无组织排放废气的挥发性有机物连续自动走航监测的方法概述、技术要求、监测方案制定、走航监测实施、结果计算与表示、质量保证与控制及标志及安全防护要求。	规定了河南省大气挥发性有机物走航自动监测的系统配置、监测过程、数据采集与处理、运行及质量保证等内容。	规定了厦门市挥发性有机物及颗粒物走航监测的系统要求、走航监测方案、结果表示、走航监测报告要求以及质量控制与保证等内容。
------	--	--	--	---

本规范和国内已经发布的 4 个走航监测标准均以进一步规范区域大气走航监测技术、完善相关监测技术要求和质量控制与保证手段的要求保持一致，对所涉及的监测过程、监测方案内容、结果计算与表示、质量保证等要求基本保持一致。但由于各地区开展走航监测工作管理需求不同，各地区存在地域特征、产业结构、污染来源、大气环境质量以及大气中污染物污染特征及本底浓度的差异，因此各省、市地方标准的规定及响应适应范围也有所不同，地域性规范要求针对性较强。同时，走航监测作为一种较为先进的移动监测技术手段，近些年市面上出现了各类走航监测设备，其进样方式、监测原理、分析方法等都存在着不同差异。本规范结合辽宁省工作实际和目前已具备大气挥发性有机物走航监测设备，制定适合我省的大气挥发性有机物走航监测系统运行和质控技术规范，对辽宁省区域内环境空气、无组织排放中的挥发性有机物走航监测工作进行运行管理和质量控制，充分发挥走航监测系统的优势，在大气污染热点区域监管、污染溯源分析中发挥积极作用，进一步提升我省大气挥发性有机物移动监测能力，为持续深入打好污染防治攻坚战提供有效技术支持。

5 征求意见和分歧处理情况

待征求意见后完善。

6 推动标准实施的措施建议

本规范作为地方标准，对辽宁省区域内大气挥发性有机物走航监测工作的开展起到规范和引导作用。标准编制组建议：标准发布后，应在相关法律法规及各标准化文件的指导下实施；建议标准归口单位深入开展标准应用实施的宣传和培训工作，引导省内各级大气监测部门实施使用，规范辽宁省大气挥发性有机物走航监测工作开展的各个环节。

7 拟作为强制性地方标准的须写明明确的法律法规依据

本标准为推荐地方标准，非强制性地方标准。

8 其他应说明的事项

无。

9 参考标准及参考文献

- [1] GB 37822-2019 挥发性有机物无组织排放控制标准
- [2] HJ/T 55 大气污染物无组织排放监测技术导则
- [3] HJ 168 环境监测分析方法标准制定技术导则

- [4] HJ 194 环境空气质量手工监测技术规范
- [5] HJ 212 污染物在线监控（监测）系统数据传输标准
- [6] 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
- [7] HJ 1010 环境空气挥发性有机物气相色谱连续监测系统技术要求及检测方法
- [8] HJ 1223-2021 环境空气挥发性有机物的应急测定便携式气相色谱-质谱法
- [9] 刘梦杰,赵敬,索乾善.VOCs 单光子电离飞行时间质谱走航监测及应用探讨[J].河南科技,2021,40(27):9-11.
- [10] 许秋飞,沈振萍,严勇,等.VOCs 走航与固定源监控联动的大气臭氧污染溯源分析与反演[J].中南民族大学学报（自然科学版）, 2024, 43(4):456-460.
- [11] 赵蔼容,严驰,胡凯璐,等.大气环境溯源研究移动实验室监测体系构建研究[J].环境保护与循环经济, 2024, 44(3):72-76.
- [12] 林钰清,郭隽虹,区梓峰,等.基于 YF-TOF-1500 的 VOCs 走航监测方法及溯源案例[J].现代信息科技,2025,9(10):125-131.
- [13] 惠宇,刘岩,李一倬,等.基于飞行时间质谱对工业园区挥发性有机物的走航监测[J].环境保护科学,2021,47(04):97-100.
- [14] 王红丽,高雅琴,景盛翱,等.基于走航监测的长三角工业园区周边大气挥发性有机物污染特征[J].环境科学,2021,42(03):1298-1305.
- [15] 杜天君,李明明,孙隅,等.气相色谱-飞行时间质谱联用法走航测定空气中挥发性有机物[J].化学分析计量,2020,29(05):62-67.
- [16] 梁渠.车载 PTR-MS 研制与走航观测大气 VOCs 应用[D].中国科学技术大学,2022.
- [17] 麦泽彬.在线 VOCs 质谱走航监测系统的研制及初步应用[D].暨南大学,2019.