

附件 13

《环境空气和废气 便携式傅里叶红外挥发性有机物（VOCs）监测仪技术要求及检测方法（征求意见稿）》  
编制说明

《环境空气和废气 便携式傅里叶红外挥发性有机物（VOCs）监测仪技术要求及检测方法》标准编制组

二〇一八年八月

项目名称：环境空气和废气 便携式傅里叶红外挥发性有机物(VOCs)

监测仪技术要求及检测方法

项目统一编号：2015-16

承担单位：中国环境监测总站

编制组主要成员：梁宵、王强、周刚、薛瑞、迟颖、李铭煊、钟琪、  
张杨、赵金宝、杨凯

标准所技术管理负责人：顾闫悦

监测司统计处项目负责人：赵国华

# 目 录

1 项目背景.....	1
1.1 任务来源.....	1
1.2 工作过程.....	1
2 标准制定的必要性分析.....	3
2.1 被测对象（污染物项目）的环境危害.....	3
2.2 相关环保标准和环保工作的需要.....	5
2.3 现行污染物分析方法标准的实施情况和存在的问题.....	7
3 国内外相关分析方法研究.....	8
3.1 主要国家、地区及国际组织相关标准分析方法研究.....	8
3.2 国内相关分析方法研究.....	15
3.3 国内外仪器现状.....	19
3.4 本方法和国内外方法关系.....	19
4 标准制定的基本原则和技术路线.....	19
4.1 标准制定的基本原则.....	19
4.2 标准制定的适用范围和主要技术内容.....	20
4.3 标准制定的技术路线.....	20
5 方法研究报告.....	24
5.1 适用范围.....	24
5.2 规范性引用文件.....	24
5.3 术语和定义.....	24
5.4 系统的组成与结构.....	24
5.5 技术要求.....	24
5.6 检测技术要求及检测方法.....	24
5.7 质量保证.....	32
6 方法验证.....	33
6.1 方法验证方案.....	33
6.2 方法验证过程.....	33
7 标准实施建议.....	34
8 与开题报告差异.....	34
9 参考文献.....	34
附一 方法验证报告.....	37

# 《环境空气和废气 便携式傅里叶红外挥发性有机物（VOCs） 监测仪技术要求及检测方法》编制说明

## 1 项目背景

### 1.1 任务来源

根据《关于开展 2015 年度国家环境保护标准项目实施工作的通知》（环办函〔2015〕329 号），按照《国家环境保护标准制修订工作管理办法》（国环规科技〔2017〕1 号）的有关要求，原环境保护部下达了编制“便携式 VOCs 监测仪技术要求和检测方法”的项目计划，项目编号为 2015-16，中国环境监测总站承担了该标准的编制工作。

### 1.2 工作过程

#### （1）成立标准编制小组

2015 年 4 月，按照任务书的要求，召集各参加单位，成立了标准编制小组，制定了详细的标准编制计划与任务分工。

#### （2）查询国内外相关资料，编写标准草案和开题报告

2015 年 5 月~2017 年 6 月，根据原《国家环境保护标准制修订工作管理办法》（国环规科技〔2017〕1 号）、《环境标志产品技术要求编制技术导则》和《环境保护标准编制出版技术指南》（HJ 565）的相关规定，查询和收集了国内外相关标准和文献资料，对比了国内外有关商品仪器宣传材料介绍的技术指标，分析了现有标准规定的技术指标和检测方法，了解了国外认证机构认证类似产品的结果，拟定了实验研究方案。经初步的讨论、分析、比较，确定了标准制订的原则和技术路线，形成了本标准的开题论证报告和标准初稿草案以及相关技术指标验证测试初步方案。

#### （3）开题论证，确定标准制订的技术路线

2017 年 9 月 13 日，由原环境保护部环境监测司在北京组织召开了本标准的开题论证会，与会专家通过质询、讨论，与会专家听取了标准主编单位所作的标准开题论证报告和标准初稿内容介绍，经质询、讨论，形成以下论证意见：一、标准主编单位提供的材料齐全，内容详实完整，格式规范；二、标准主编单位对国内外相关标准及文献进行了充分调研；三、本标准适用范围、主要内容及编制标准的技术路线合理可行。专家组通过该标准的开题论证。提出了以下具体修改意见和建议：1、验证实验时要充分考虑国产相关仪器的性能指标；2、在验证实验中进一步确定性能指标和检测方法的可行性；3、本标准分为三个子标准，三个

子标准名称分别为“空气和废气便携式 VOCs 监测仪技术要求和检测方法-非甲烷总烃监测仪”、“空气和废气便携式 VOCs 监测仪技术要求和检测方法-气相色谱监测仪”、“空气和废气便携式 VOCs 监测仪技术要求和检测方法-傅里叶红外监测仪”。

#### (4) 开展实验研究工作，组织方法验证

标准编制组根据开题论证会确定的技术方案、论证意见和验证测试方案，选取了目前国内使用比较广泛的仪器开展性能指标的实验室验证测试研究工作。对仪器各项技术参数和条件进行优化，确定具体的技术内容等特性指标，在此基础上完善了标准初稿草案，并汇总实验数据，完成标准编制说明及验证试验报告。

#### (5) 召开技术研讨会，进一步完善标准文本

2018年1月17日，中国环境监测总站在北京组织召开了《环境空气和废气 便携式 VOCs 监测仪技术要求及检测方法》（征求意见稿）研讨会，参加会议的有相关专家和相关仪器生产企业。专家组听取了标准主编单位关于标准的主要技术内容、编制工作过程、指标验证结果分析的汇报，经质询、讨论，形成如下意见：一、标准编制技术路线合理，国内外标准调研充分，资料详实；二、标准编制组进行了系统性的实验室、现场测试及比对等实验研究，取得了大量的可靠数据，为技术指标的确定提供了科学依据；三、标准设置的技术指标合理，检测方法科学规范。建议：一、依据仪器的技术性能特点和管理需求，依次推进环境空气和废气便携式非甲烷总烃监测仪、环境空气和废气便携式 VOCs 组分监测仪标准的制订；二、进一步完善标准文本及编制说明。标准编制组根据专家意见对标准文本和编制说明进行进一步完善。

#### (6) 召开站内预审会，对标准文本进行技术审核

2018年2月6日，中国环境监测总站在北京组织召开了《环境空气和废气 便携式 VOCs 监测仪技术要求及检测方法》征求意见稿预审会，专家组听取了标准主编单位关于标准的主要技术内容、编制工作过程、指标验证结果分析的汇报，经质询、讨论，形成如下意见：一、标准编制组提供的资料齐全，数据详实，内容完整；二、国内外标准调研充分，技术路线较合理，方法科学。建议：1、进一步梳理环境质量和污染源相关标准及现有仪器设备的性能指标；2、进一步明确仪器检测技术指标，细化验证方案；3、规范标准文本及编制说明文字表述。标准编制组根据预审会意见进一步修改标准文本，并上报环境监测司。

#### (7) 召开征求意见稿技术审查会，对标准文本进行技术审核

2018年6月22日，环境监测司在北京组织召开了本标准的征求意见稿技术审查会，审查委员会听取了标准主编单位所作的标准研究报告和验证报告的内容介绍，经质询、讨论，

形成以下审查意见：一、标准主编单位提供的材料齐全、内容完整；二、标准主编单位对国内外仪器设备性能指标、相关标准文献进行了充分调研；三、标准定位准确，技术路线合理，验证内容完善。审查委员会通过该标准征求意见稿的技术审查。建议按照以下意见修改完善后，提请公开征求意见：1、将标准名称改为《环境空气和废气 便携式傅里叶红外挥发性有机物（VOCs）监测仪技术要求及检测方法》。2、将环境空气和废气的技术指标和要求分开表述。3、按照《环境保护标准编制出版技术指南》（HJ 565-2010），参考《环境监测分析方法标准制修订技术导则》（HJ 168-2010）对标准文本和编制说明进行编辑性修改。标准编制组根据技术审查会意见进一步修改标准文本，并上报环境监测司。

## 2 标准制定的必要性分析

### 2.1 被测对象（污染物项目）的环境危害

挥发性有机化合物(volatile organic compounds, VOCs)是指在常温常压下，具有高蒸气压、易挥发的有机化学物质总称，主要包括脂肪族和芳香族的各种烷烃、烯烃、含氧烃和卤代烃等，如苯、甲苯、二氯甲烷、甲醛和乙酸乙酯等。VOCs 一般具有较强的刺激性和毒性，部分具有致畸、致癌、致突变作用，相当一部分有恶臭、易燃易爆等特性。VOCs 中有些光化学活性很强，是臭氧和二次有机气溶胶的重要前体物，卤代烃类 VOCs 可破坏臭氧层，引起温室效应等全球性环境问题，工业、生活排放的大量 VOCs 对人体和生物健康、生态环境都产生了极大的影响。

#### （1）危害环境

①在阳光和热的作用下参与氧化氮反应形成臭氧，导致空气质量变差，并且是夏季光化学烟雾、城市灰霾的主要成分；

②VOCs 是形成细粒子（PM<sub>2.5</sub>）和臭氧的重要前体物质，大气中 VOCs 在 PM<sub>2.5</sub> 中的比重占 20%~40%左右，还有部分 PM<sub>2.5</sub> 由 VOCs 转化而来；

③VOCs 大多为温室效应气体--导致全球范围内的升温。

#### （2）危害健康

##### ①刺激性&毒性

VOCs 超过一定浓度时，会刺激人的眼睛和呼吸道，使皮肤过敏、咽痛与乏力；VOCs 很容易通过血液-大脑的障碍，损害中枢神经；VOCs 伤害人的肝脏、肾脏、大脑和神经系统。

##### ②致癌性、致畸作用和生殖系统毒性

(3) 常见毒性 VOCs 的具体危害

表 1 常见毒性 VOCs 的具体危害

VOCs 名称	健康危害	备注	环境危害
苯	损害神经系统和造血组织，引起血液中白血球、血小板数量减少，长期接触可致白血病；2007 年我国确认为 1 类致癌物	皮、G1	有危害，对水体可致污染
苯胺	对血液和神经的毒性非常强烈，引起高铁血红蛋白血症、溶血性贫血和肝、肾损害	皮	有危害，对水体可致污染
苯乙烯	对眼和上呼吸道粘膜有刺激和麻醉作用	皮、G2B	对水体、土壤和大气可致污染
丙烯腈	对呼吸中枢有直接麻醉作用	皮、G2B	严重危害、对水体可造成危害
二甲苯（全部异构体）	中等毒性，对眼和呼吸道有刺激，高浓度对中枢神经有麻醉作用	皮	会发到大气中被光解，持久地存在于饮水中
二甲基甲酰胺	对皮肤、黏膜有刺激性，进入人体后可损伤中枢神经系统和肝、肾、胃等重要脏器	皮	对环境可有危害，对水体应与特别注意
二硫化碳	损害神经系统、心脏血管及生殖系统，如帕金森氏症、动脉硬化及冠状动脉心脏病，造成男性精虫减少及异常，女性生理周期紊乱，或导致流产或早产	皮	
环氧乙烷	中枢神经抑制剂、刺激剂和原浆毒物，1 类致癌物	G1	有危害
甲苯	对皮肤黏膜有刺激性，麻醉中枢神经系统，长期接触可发生神经衰弱综合征、肝肿大、月经异常等	皮	严重危害，对空气、水环境及水源可致污染
甲醛	损害呼吸道及内脏，2006 年被确认为 1 类致癌物	皮、G1	环境空气污染、土壤污染，可致地下水污染
氯苯	对中枢神经系统有抑制和麻醉作用，重者引起中毒性肝炎，个别可发生肾脏损害		有严重危害，对水体、土壤和大气可致污染
氯乙烯	损害中枢系统和肝，严重重度昏迷、抽搐甚至死亡，慢性中毒为神经衰弱综合征，肝肿大，肝功能异常，消化功能障碍及肢端溶骨症，为致癌物，致肝血管肉瘤	G1	参与光化学烟雾反应，被空气中氧所氧化成氯甲醚、甲醛及少量苯乙醇
硝基苯	吸入、摄入及皮肤接触均可引起中毒，中毒典型症状是气短、眩晕、恶心、昏厥，最后因呼吸衰竭死亡	皮，G2B	在水中及稳定，造成水污染会持续相当长时间
乙苯	对皮肤、黏膜有较强的刺激性，高浓度有麻醉作用，可有肝损害	皮，G2B	有危害，在地表水体中挥发后参与光化学烟雾反应

注：皮：指因皮肤、黏膜和眼睛直接接触蒸气、液体和固体，通过完整的皮肤吸收引起的全身效应；过敏：指已被人或动物资料证实该物质可能有致敏作用；G1：指国际癌症组织（IARC）确认为致癌物；G2B：指为可疑人类致癌物。

(4) 常见毒性 VOCs 的容许浓度

表 2 常见毒性 VOCs 的容许浓度

VOCs 名称	中国职业接触限值 (OLEs)		美国标准	
	PC-TWA	PC-STEL	PC-TWA	PC-STEL
	mg/m <sup>3</sup> (ppm)	mg/m <sup>3</sup> (ppm)	ppm	ppm
苯	6 (1.85)	10 (3.08)	0.5	2.5
苯胺	3 (0.77)	7.5 (1.94)	5	
苯乙烯	50 (11.54)	100 (23.08)	100	
丙烯腈	1 (0.422)	2 (0.844)	2	
二甲苯	50 (11.32)	100 (22.64)	100	
二甲基甲酰胺	20 (6.129)		10	
二硫化碳	5 (1.58)	10 (3.16)	20	
环氧乙烷	2 (1.017)		1	
甲苯	50 (12.155)	100 (24.3)	200	
联苯	1.5 (0.23)		0.2	
氯苯	50 (10.68)		75	
氯乙烯	10 (3.584)	25 (8.966)		1
硝基苯	2 (0.39)	5 (0.98)	1	
乙苯	100 (22.64)	150 (33.96)	100	125
TDI	0.1 (0.013)	0.2 (0.026)	2.5 (IDLH: 直接致害浓度)	

注：①中国职业接触限值悉依《工作场所有害因素职业接触限值—化学有害因素》(GBZ2.1-2007) ②美国标准悉依 NIOSH (职业安全健康研究所) 或 OSHA (美国职业安全与健康管理局)标准。

## 2.2 相关环保标准和环保工作的需要

美国的《清洁空气法案》于 1971 年开始限制 VOCs 的排放。在 1990 年的《清洁空气法案修正案》中，规定了 189 种有毒空气污染物，其中绝大多数是挥发性有机物 (VOCs)。目前美国的 VOCs 有两大监测网络：光化学评价监测网 (PAMS) 和空气毒物趋势监测网 (NATTS)。我国在 2012 年新的《环境空气质量标准》中也增加了臭氧和 PM<sub>2.5</sub> 的 8 小时浓

度限值监测指标。作为产生臭氧和 PM<sub>2.5</sub> 的重要前体物的 VOCs，既不是我国空气质量标准中的受控物质，长期以来又缺乏系统规范的监测，目前对 VOCs 的浓度水平、物种组成、时空分布及其对环境的影响，都缺乏深入研究。

但是，我国对于大气 VOCs 的研究尚处于刚刚起步的阶段，在开展的 VOCs 监测工作中，采用的方法多样化，监测数据不完整，目标化合物也不一致，缺乏系统规范的监测。而且目前对环境空气中 VOCs 的监测以手工监测为主，由于时间分辨率低、人为因素影响大、采样过程复杂，难以满足对 VOCs 的变化特征、污染过程和长期变化趋势监测的需求。便携仪器的实时性更好，可及时实现对 VOCs 的监测，便携仪器监测也存在各种误差来源，一些便携仪器所能分析的 VOCs 物种有限，因此需要加强质量保证与质量控制研究，对便携监测仪器技术要求和检测方法进行规范化和标准化，制定具有科学性、适用性、可操作性、可比性的便携式 VOCs 监测仪技术要求及检测方法。

对大气臭氧二次有机气溶胶的重要作用，及其健康效应风险，挥发性有机物的控制逐渐提上日程。2010 年国务院转发的《关于推进大气污染联防联控工作改善区域空气质量的指导意见》中，首次正式将 VOCs 列为继 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub> 和 PM<sub>10</sub> 之后拟重点防控的大气污染物。2012 年底出台的我国首部综合性大气污染防治规划《重点区域大气污染防治“十二五”规划》中，首次明确提出要控制挥发性有机污染物，提出在石化行业进行 VOCs 排放监测和推进 VOCs 在线自动监测系统建设的政策方向。2013 年《大气污染防治行动计划》（即“大气十条”）进一步在石化、有机化工、表面涂装、包装印刷等重点行业实施 VOCs 综合整治，在石化行业开展“泄漏检测与修复”改造，在全社会推广使用水性涂料、低挥发性有机涂料。2014 年原环境保护部等六部委《大气污染防治行动计划实施情况考核办法（试行）实施细则》明确了全国大气 VOCs 控制的进度，VOCs 监测工作也正式开启。2014 年 12 月原环境保护部出台的《石化行业挥发性有机物综合整治方案》明确了石化行业的挥发性有机物治理工作率先开展，并且制定明确的时间表。2015 年 6 月财政部等发布的《挥发性有机物排污收费试点办法》，开始试点启动对石油化工、包装印刷行业进行排污收费。2016 年 1 月《大气污染防治法》（新修订）首次将 VOCs 纳入监管，使 VOCs 治理有法可依。针对 VOCs 的排放管理需求，国家陆续出台了系列相关行业的 VOCs 排放标准。涉及的污染源种类多、VOCs 组分多，因此对 VOCs 的监测技术和标准化也提出了要求。

表 3 我国现行 VOCs 相关大气污染排放标准

标准名称	标准号	涉及 VOCs 项目
大气污染物综合排放标准	GB 16297-1996	苯、甲苯、二甲苯、酚类、甲醛、乙醛、丙烯腈、丙烯醛、甲醇、苯胺类、氯苯类、硝基苯类、氯乙烯、光气、非甲烷总烃
恶臭污染物排放标准	GB 14554-1993	甲硫醇、甲硫醚、二甲二硫醚、二硫化碳、三甲胺、苯乙烯
储油库大气污染物排放标准	GB 20950-2007	油气
加油站大气污染物排放标准	GB 20952-2007	油气气液比
合成革与人造革工业污染物排放标准	GB 21902-2008	二甲基甲酰胺、苯、甲苯、二甲苯、VOCs
橡胶制品工业污染物排放标准	GB 21632-2011	苯及二甲苯合计、非甲烷总烃
炼焦化学工业污染物排放标准	GB 16171-2012	苯、酚类、非甲烷总烃
轧钢工业大气污染物排放标准	GB 28665-2012	苯、甲苯、二甲苯、非甲烷总烃
电池工业污染物排放标准	GB 30484-2013	非甲烷总烃
石油炼制工业污染物排放标准	GB 31570-2015	苯、甲苯、二甲苯、非甲烷总烃
石油化学工业污染物排放标准	GB 31571-2015	非甲烷总烃、正己烷、环己烷、苯、甲苯、二甲苯、苯乙烯等 64 种有机污染物，绝大多数属于 VOCs
合成树脂工业污染物排放标准	GB 31572-2015	非甲烷总烃，苯乙烯、丙烯腈、环氧氯丙烷等 23 中 VOCs

### 2.3 现行污染物分析方法标准的实施情况和存在的问题

从二十世纪七、八十年代开始，欧美等发达国家相继开展了 VOCs 的监测工作，研究主要是围绕 VOCs 在大气化学过程中的作用、来源和人体健康产生的影响等方面开展。随着逐步深入的研究，监测技术不断完善，出现一些时间分辨率高、灵敏度好的方法。VOCs 便携监测技术通常包括采样、预浓缩、分离和检测几个过程。分析 VOCs 的方法有气相色谱法、气相色谱-质谱法、傅里叶红外法等。二十世纪八十年代开始逐步形成了以美国环保署针对环境空气中不同种类有毒有机物的监测推荐的 17 个标准的方法体系，其中与挥发性有机物的采样和分析方法有关的有 10 个。欧洲环境保护署为了更加规范的监测污染物的排放和环境浓度水平出台了一系列针对污染物测量的技术指导文件，其中 TGN M8 总结了环境大气中 VOCs 污染物浓度的测量技术。

而我国目前对于大气 VOCs 的研究处于起步的阶段，在开展的 VOCs 监测工作中，现阶段 VOCs 的便携仪器较多，方法原理多样，在技术原理、技术要求、设备构成、可实现测量

的目标化合物等方面均有所不同。但截至目前，几乎没有对外发布的成文的便携仪监测 VOCs 的相关标准。

### 3 国内外相关分析方法研究

#### 3.1 主要国家、地区及国际组织相关标准分析方法研究

从 20 世纪 70~80 年代开始，美国、欧洲、日本等国家相继开展了相应的工作，研究主要是围绕 VOCs 在大气化学过程中的作用、来源和对人体健康产生的影响等方面展开。随着研究的开展，研制开发了相应的测量分析方法和仪器，并随着研究的深入，监测技术也在不断地完善，更有一些时间分辨率高、灵敏度好的方法不断出现。大气 VOCs 的监测方法主要包括离线技术和在线技术，这些技术通常包括采样、预浓缩、分离和检测几个过程。空气中 VOCs 的采样方式可分为直接采样、有动力采样和被动式采样。样品预处理方法有溶剂解析法、固相微萃取法、低温预浓缩-热解析法等。分析 VOCs 的方法有气相色谱法、高效液相色谱法、气相色谱-质谱法以及最新发展的质子转移反应质谱法技术等。各种技术通过固定监测点长期观测和大规模的野外观测实验，对于大气中 VOCs 的化学反应机理、浓度水平和时空分布有了较深入的了解。并对大气中 VOCs 的来源、组成和在光化学反应中生成臭氧的能力进行了分析。

20 世纪 80 年代开始逐步形成了以美国环保局针对环境空气中不同种类有毒有机物的监测推荐的 17 个标准（TO-1~TO-17）的方法体系，其中与挥发性有机物的采样和分析方法有关的有 10 个。这些方法针对了环境空气中 VOCs 不同的目标化合物，采用了不同的样品采集方法（如吸附剂或不锈钢采样罐）和样品分析技术（如 GC/MS，GC/FID，GC-ECD，HPLC 等方法）。

20 世纪 90 年代，美国在《清洁空气法》中的环境空气质量监测法规修改条例中规定，各州或地方，在臭氧持续超过国家空气质量标准的地区联合开展关于 O<sub>3</sub> 及其前体物的更广泛的监测，因此 EPA 在 24 个城市地区建立了光化学评估监测站网络（Photochemical Assessment Monitoring Stations, PAMS）。该项目以臭氧、氮氧化物（NO<sub>x</sub>）、NMHCs、部分含氧有机物和气象参数为监测目标建立相应的监测网络，建立空气质量的数据库，以获得对臭氧及其前体物更全面的信息，分析环境空气质量变化的趋势，利用 PAMS 的数据对光化学模式性能进行改善和评估，制定臭氧控制的相关策略。美国环保局根据监测的要求给出了技术指南，指南中对建立光化学评估站的要求、相应的监测指标的技术方法、质量控制体系等都给出了详细的规定。

UAEPA 在 NSPS (40CFR PART 60) 中, 推出了相配套的固定源废气中 VOCs 监测方法标准, 即 EPA Method 18、25、25A、25B, 分析结果均用有机碳 (TOC) 以体积分数 ppmvC 表示。

欧洲环境保护署为了更加规范的监测污染物的排放和环境浓度水平出台了一系列针对污染物测量的技术指导文件, 其中 TGN M8 和 TGN M16 分别总结了环境大气中 VOCs 污染物浓度和工业排放 VOCs 的测量技术。台湾地区环境主管部门在 2011 年发表了公告, 颁布了“空气中挥发性有机化合物检测方法--不锈钢采样筒/气相层析质谱仪法 (NIEA A715.14B)”, 同时废止了 2008 年发表的有关方法。该方法也是在 EPA TO 系列方法基础上进行了改进。

#### (1) 傅里叶红外

针对便携式傅里叶红外方法在环境污染物检测中的应用, 美国环境保护署制定并颁布了 EPA320、EPA321 和 EPA318 等一系列用于固定污染源烟气中特定污染物排放浓度的测定方法。EPA320, 中文可译为《气相有机和无机排放物的测定-抽气式便携式傅利叶红外仪法》, 该方法通过分析吸收  $400\sim 4000\text{ cm}^{-1}$  的中红外光谱能量的气相有机或者无机化合物和测定多组分气态样的单体碳同位素浓度来实现目标污染物浓度的测定, 方法对污染源废气样品的采集、分析、可能的干扰及消除等内容均进行了详细描述。EPA320 方法适用于一般吸收能量在中红外光谱区的气相有机或无机化合物的分析, 常用于确定一个多组分样本的复合特定浓度。EPA320 方法的缺陷是该方法的适用范围局限于配备双光束红外检测器的傅利叶变换红外分析仪。EPA321, 中文可译为《普通水泥窑中氯化氢排放气体的测定-便携式傅利叶红外仪法》, 该方法通过利用便携式傅利叶红外仪法测定普通水泥窑中气相氯化氢颗粒物的前后浓度, 通过浓度变化获得目标物质的最终浓度, 方法主要被应用在普通水泥生产设备颗粒物控制装置中的盐酸浓度的确定, 该方法适用于连续测量或批量分析。EPA318, 中文可译为《石棉和玻璃纤维工业排放废气的测定-抽气式便携式傅利叶红外仪法》, 该方法适用于测定有酚醛树脂作为原料的生产过程中, 有组织和无组织排放的废气中的一氧化碳、羰基硫化物、甲醛、甲醇及苯酚的浓度。一般条件下, 甲醛、苯酚和甲醇的检出限为 1.5 ppm, 一氧化碳和羰基硫化物的检出浓度小于 1.0 ppm。

除了美国环境保护署, 美国材料实验学会也制定 ASTM D6348-03 《气态化合物的检测方法-抽气式便携式傅利叶红外仪法》等检测标准方法。ASTM D6348-03 方法文本对该方法的测试流程、适用范围、干扰的存在与消除、质量保证进行了规定。这种测试方法适用于测定有足够的蒸汽压力被运送到傅利叶变换红外光谱仪和吸收红外辐射有足够的量而可被检

测到的化合物。

台湾制定了用傅利叶红外光谱法测定环境空气中化合物的标准，如《空气中气相化合物检测方法-抽气式霍氏红外光光谱分析法》，该方法适用于苯系物、脂肪族烃类、氯代烃、氮氧化物、硫氧化物等 22 种挥发性化合物的测定，对采样、样品分析和结果的确认都做了相应的说明，并列举了 22 种污染物的仪器检出限。

除了政府机构和相关团体，国外的学者们也致力于傅利叶变换红外方法在环境污染物质检测领域应用的研究。Yokelson R J 等利用傅利叶变换红外方法对火灾烟雾气体中甲烷、甲醛、醋酸、甲酸、甲醇等微量气体进行了监测分析；Tuazon E C 等利用长光程傅利叶变化红外光谱法对加州南部海岸烟雾事件中的微量污染物开展了跟踪监测；Haus R 等通过实验研究提出便携式傅利叶红外仪法对大气污染具有较好的监测能力。

各相关方法的测定特性指标对比如下：

表 4 国外傅里叶变换红外相关标准

标准名称	ASTM D6348-03	EPA 320	EPA 321	EPA 318
方法原理	傅里叶变换红外光谱法	红外光谱法	红外光谱法	红外光谱法
适用范围	有足够的气压输送到 FTIR 光谱仪和能够吸收仪器发出的红外辐射的化合物	分析吸收 400-4000 $\text{cm}^{-1}$ 的中红外光谱能量的气相有机或者无机化合物和测定多组分气态样的单体碳同位素浓度	测定普通水泥厂窑头和窑尾中氯化氢排放气体的浓度	测定有酚醛树脂作为原料的生产过程中，有组织和无组织排放废气中一氧化碳、羟基硫化物、甲醛、甲醇及苯酚的浓度
检出限	随着特殊实验情况而改变，主要与仪器、化合物及干扰因子有关		HCl 的检出限一般为 0.1-1.0 ppm，但会随实验条件的改变而改变	一般情况下，甲醛、苯酚和甲醇是 1.5 ppm，一氧化碳和羟基硫化物小于 1.0 ppm
精确度	理论上，精确度允许在 $\pm 10\%$ 的范围，实际操作中，也基本在 $\pm 5\%$ 的范围内			
分析时长	全过程至少 1 小时	全过程超过 1 小时	全过程超过 1 小时	准备工作完成后，1 小时之内可以测 8 个样品

## （2）便携仪器方法

国外尚无现行的便携式 VOCs 仪器性能的标准，现行便携式仪器性能指标主要针对测定 SO<sub>2</sub> 或 NO<sub>x</sub> 仪器。

①美国联邦规则 40 CFR 部分 60 附录 A[Method 6C — Determination of Sulfur Dioxide Emissions From Stationary Sources (Instrumental Analyzer Procedure), U.S 40 CFR Part 60 Appendix A. 和 Method 7E — Determination of Nitrogen Oxides Emissions From Stationary Sources (Instrumental Analyzer Procedure), U.S 40 CFR Part 60 Appendix A]将测量固定源排放 SO<sub>2</sub>和NO<sub>x</sub>的仪器法，作为执行固定源排放污染物的监督性监测、检验连续排放监测系统（CEMS）性能等的参比方法，在方法中规定了仪器的技术指标，将紫外（UV）吸收法二氧化硫测量仪作为其他仪器（如：非分散红外、电化学等）性能的参比仪器（见EPA方法6C和美国环境技术认证中心“Generic Verification Protocol for Portable Multi-gas Analyzers”，6.2Reference Instruments “SO<sub>2</sub> reference measurements shall be performed based on EPA Method 6C using a commercially available UV monitor.”）。

②美国材料与实验学会（ASTM）在便携式气体分析仪的技术指标和要求中（Specifications and Requirements for Portable Gas Analyzers, U.S ASTM D6522），对氮氧化物仪器的技术指标作出了规定。

③美国环境保护署发布了其他检测方法13（光学和电化学测量原理）（OTM 13）（Periodic Monitoring Test Method For Measuring Oxygen, Carbon Monoxide and Oxides of Nitrogen From Stationary Sources（Multi-gas Portable Optical Bench Instruments）），方法适用于燃烧煤、天然气、丙烷、丁烷和蒸馏燃料油的排放源；有条件检测方法030（电化学测量原理）（CTM-030）（Determination of Nitrogen Oxides, Carbon Monoxide, and Oxygen Emissions from Natural Gas-Fired Engines, Boilers and Process Heaters Using Portable Analyzers.），方法适用于燃烧天然气的排放源；方法034（电化学测量原理）（CTM-034）（Determination of Oxygen, Carbon Monoxide and Oxides of Nitrogen from Stationary Sources For Periodic Monitoring (Portable Electrochemical Analyzer Procedure)），方法适用于燃烧天然气、丙烷、丁烷和燃料油的排放源；和预备方法005（光学测量原理）Preliminary Method 005- Determination of Nitrogen Oxide Emissions from Stationary Sources（Ultraviolet Instrumental Analyzer Procedure），在以上方法中分别给出了便携式多气体光学仪器和电化学仪器的技术指标要求。

④英国环境局自从2005年发布《便携式排放监测系统性能标准》（Performance Standard for Portable Emission Monitoring Systems）第1版以来，2008年发布了第2版，2009年9月发布

了第3版，2010年1月发布了3.1版，不断地修订标准，使之适应监测SO<sub>2</sub>和NO<sub>x</sub>等污染物的需要。

⑤德国发布的监测 SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>x</sub> 的参比方法 DIN EN 14791 固定源排放-二氧化硫质量浓度的测量-参比方法；德文版 EN14791:2005 (Stationary source emissions-Determination of mass concentration of sulphur dioxide - Reference method; German version EN 14791:2005)；DIN EN 14792 固定源排放-氮氧化物质量浓度的测量-参比方法：化学发光；德文版 EN14792:2005[Stationary source emissions-Determination of mass concentration of nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>)-Reference method: Chemiluminescence; German version EN 14792:2005]。

⑥日本发布的工业标准，烟道气体中二氧化硫的自动测量系统和分析仪 (Automated Measuring Systems and Analyzer for Sulfur Oxides in Flue Gas, JIS B7981-2002) 以及烟道气体中氮氧化物的自动测量系统和分析仪 (Automated Measuring Systems and Analyzer for Nitrogen Oxides in Flue Gas, JIS B7982-2002) 明确规定了仪器的性能技术指标。

⑦国际化标准组织发布监测 SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>x</sub> 自动监测方法的性能技术指标标准 (Stationary source emissions-determination of the mass concentration of sulfur dioxide-performance characteristics of automated measuring methods, ISO7935) 和 (Stationary source emissions-determination of the mass concentration of nitrogen oxides -performance characteristics of automated measuring methods, ISO10849)。

⑧欧盟发布监测 SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>x</sub> 的参比方法，EN 14791: 2005 固定源排放-二氧化硫质量浓度的测量-参比方法 (Stationary source emissions - Determination of mass concentration of sulphur dioxide - Reference method) 和 EN 14792: 2005 固定源排放-氮氧化物质量浓度的测量-参比方法：化学发光 (Stationary source emissions - Determination of mass concentration of nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>) -Reference method: Chemiluminescence)。

表 5 国内外便携式污染源监测仪技术指标

项目	性能技术指标												
	美国 EPA							英国 环境局	ISO	技术监督局		环境保护部	
	40CFR 60 附 A (紫 外、非分 散红外、 紫外荧 光、化学 发光等)	ASTM D6522	OTM13 (化学发 光)	CTM-22 (电化学)	CTM-30 (电化学)	CTM-34 (电化 学)	预备方 法 005 (紫外)			JJG968-2002 JJF1362-2012	HJ/T46-1999	HJ629- 2011	
检出限	<2%	分辨率 (1ppm)	≤1.0% F.S.	—	≤2%	≤2%或 1ppm	≤2%	<5.0% (零点重复 性)	—	—	—	3mg/m <sup>3</sup>	
零点漂移	≤±3.0%	—	≤± 2.0%F.S.	≤±3.0% F.S.	—	—	≤± 3.0%	<±3.0% (1h)	≤± 2.0%F.S.	—	≤±0.5% F.S.	—	
量程漂移	≤±3.0%	—	≤±2.0%	≤±3.0% F.S. (<100ppm 时 5ppm)	—	—	≤± 3.0%	<±3.0% (1h)	≤± 2.0%F.S.	≤±5.0% (1 h)	≤±2.0% F.S.	—	
量程点重复 性	—	—	—	—	—	≤±3.0% 或 1ppm	—	<5.0%	—	≤2.0%	≤2.0%	—	
响应时间	—	—	≤120s	—	—	—	—	<200s	≤200s	90s	60s	—	
线性误差	—	—	≤±2.0%	—	≤±2.5% (NO) ≤±3.0% (NO <sub>2</sub> )	—	—	<±5.0%	≤± 2.0%F.S.	≤±5.0% (示值误差)	≤ 20%F.S. ≤ 60%F.S. ≤ 100%F.S.	≤± 3.0% ≤± 4.0% ≤± 5.0%	±1% F.S. (精度)

校准误差	零点	≤±2.0%	≤±3.0%	—	≤±2.0% F.S.	≤±3.0%	≤±3.0% 或 1ppm	≤±2.0%	—	—	—	—	—
	量程点	≤±2.0%	≤±5.0%	—	≤±2.0% F.S.	≤±5.0%	≤±5.0% 或 1ppm	≤±2.0%	—	—	—	—	—
系统偏差		≤±5.0%	—	—	≤±5.0% F.S.	—	—	≤±5.0%	—	—	—	—	—
环境温度影响	零点	—	—	—	—	—	—	—	线性误差< ±5.0% (5~40) °C	—	(低、中、高 浓度) 示值误差 ≤±5.0% (5~40) ± 2°C	在 5°C~40°C 范围 能正常工作	—
	量程点	—	—	—	—	—	—	—	线性误差< ±5.0% (5~40) °C	—		在 5°C~40°C 范围 能正常工作	—
电源电压		—	—	—	—	—	—	—	—	—	线性误差≤ ±5.0% (220±22) V	—	—
干扰响应		总响应 ≤2.5%	≤±5.0% 的测定烟气 平均浓度	≤± 2.0%F.S.	≤±2.0% F.S. 或 5ppm	≤±5.0% 的测定烟气 平均浓度	≤±5.0%	—	<±5.0%	≤± 2.0%F.S.	—	—	≤± 2.0% F.S.

注：F.S.表示满量程，除响应时间外其余技术指标用量程的百分比表示，我国的线性误差是相对于测定校准气体的比值；U.S.EPA/ETV 认证温度的影响时，控制温度为 7°C±3°C、20°C±3°C 和 40°C±3°C。

### 3.2 国内相关分析方法研究

(1) 根据现有的国家标准监测方法, VOCs 主要通过苏玛罐、固体吸附等手段在现场采集样品, 采集样品时间多为瞬时或 24 h, 然后送回实验室采用气相色谱法(GC)或气相色谱-质谱联用法(GC-MS)测定, 整个过程耗时较长, 无法满足对 VOCs 监测代表性和时效性的要求。迫切要求把 VOCs 便携监测的新技术应用于环境空气中挥发性有机物监测, 实现快速、定量监测。

表 6 我国 VOCs 标准主要监测方法

项目	监测方法	编号	进样方式	检测器	色谱柱
苯、甲苯、二甲苯	固定污染源废气 挥发性有机物的测定 固相吸附-热脱附 / 气相色谱-质谱法	HJ 734	热脱附	MSD	DB-1
	环境空气 苯系物的测定 固体吸附/热脱附-气相色谱法	HJ 583	热脱附	FID	DB-wax
	环境空气 苯系物的测定 活性炭吸附/二硫化碳解吸-气相色谱法	HJ 584	液体进样	MSD	DB-wax
	环境空气 挥发性有机物的测定 吸附管采样-热脱附/气相色谱-质谱法	HJ 644	热脱附	MSD	DB-624
	环境空气 挥发性有机物的测定 罐采样/气相色谱-质谱法	HJ 759	SUMMA 苏码罐	MSD	DB-624
苯系物	固定污染源废气 苯系物的测定 气袋采样-气相色谱法	附录 E	气体进样	FID	FFAP
	固定污染源废气 挥发性有机物的测定 固相吸附-热脱附 / 气相色谱-质谱法	HJ 734	热脱附	MSD	DB-1
	环境空气 挥发性有机物的测定 吸附管采样-热脱附/气相色谱-质谱法	HJ 644	热脱附	MSD	DB-624
	环境空气 挥发性有机物的测定 罐采样/气相色谱-质谱法	HJ 759	SUMMA 苏码罐	MSD	DB-624
非甲烷总烃	固定污染源废气 总烃、甲烷和非甲烷总烃的测定 气相色谱法	HJ 38	气体进样	FID	填充柱
苯并(a)芘	固定污染源排气中苯并(a)芘的测定 高效液相色谱法	HJ/T 40	HPLC	HPLC	
	环境空气和废气 气相和颗粒物中多环芳烃的测定 气相色谱-质谱法	HJ 646	液体进样	MSD	DB-5
	环境空气和废气 气相和颗粒物中多环芳烃的测定 高效液相色谱法	HJ 647	HPLC	HPLC	
	环境空气 苯并[a]芘的测定 高效液相色谱法	GB/T 15439	HPLC	HPLC	
丙烯腈	固定污染源排气中丙烯腈的测定气相色谱法	HJ/T 37	活性炭-液体进样	FID	

氯乙烯	固定污染源排气中氯乙烯的测定气相色谱法	HJ/T 34	气体进样	FID	
	环境空气 挥发性有机物的测定 罐采样/气相色谱-质谱法	HJ 759	SUMMA 苏码罐	MSD	DB-624
丙烯醛	固定污染源排气中丙烯醛的测定气相色谱法	HJ/T 36	气体进样	FID	
	空气醛、酮类化合物的测定高效液相色谱法	HJ 683	HPLC	HPLC	
	环境空气 挥发性有机物的测定 罐采样/气相色谱-质谱法	HJ 759	SUMMA 苏码罐	MSD	DB-624
乙醛	固定污染源排气中乙醛的测定气相色谱法	HJ/T 35	吸收-液体进样	FID	
	空气 醛、酮类化合物的测定高效液相色谱法	HJ 683	HPLC	HPLC	
硝基苯类	空气质量 硝基苯类（一硝基和二硝基化合物）的测定 锌还原-盐酸萘乙二胺分光光度法	GB/T 15501			
	环境空气 硝基苯类化合物的测定气相色谱法	HJ 738	液体进样	FID	
	环境空气 硝基苯类化合物的测定 气相色谱-质谱法	HJ 739	液体进样	MSD	
苯胺类	大气固定污染源 苯胺类的测定 气相色谱法	HJ/T 68	液体进样	FID	
	空气质量 苯胺类的测定 盐酸萘乙二胺分光光度法	GB/T 15502	NA	NA	
甲醇	固定污染源排气中甲醇的测定气相色谱法	HJ/T 33	气体进样	FID	
氯苯类	固定污染源废气 氯苯类化合物的测定 气袋采样-气相色谱法	附录 G	气体进样	FID	
	环境空气 氯苯类化合物的测定固相吸附-热脱附/气相色谱法	附录 H	热脱附	FID	
三氯甲烷 三氯乙烯 四氯乙烯 1, 2-二氯乙烷 1, 1-二氯乙烷	环境空气 挥发性卤代烃的测定活性炭吸附-二硫化碳解吸/气相色谱法	HJ 645	液体进样	FID	
	环境空气 挥发性有机物的测定 罐采样/气相色谱-质谱法	HJ 759	SUMMA 苏码罐	MSD	DB-624
异丙醇 丙酮正	固定污染源废气 挥发性有机物的测定 固相吸附-热脱附 / 气相色谱-质谱法	HJ 734	热脱附	MSD	DB-1

己烷 乙酸丁 酯苯甲 醛					
乙酸乙 酯	固定污染源废气 挥发性有机物的测定 固相 吸附-热脱附 / 气相色谱-质谱法	HJ 734	热脱附	MSD	DB-1
	环境空气 挥发性有机物的测定 罐采样/气相 色谱-质谱法	HJ 759	SUMMA 苏 码罐	MSD	DB-624
氯甲烷 二氯甲 烷 1,3- 丁二烯 甲基丙 烯酸甲 酯乙酸 乙烯酯 甲基异 丁基酮 (4-甲 基-2 戊 酮)	环境空气 挥发性有机物的测定 罐采样/气相 色谱-质谱法	HJ 759	SUMMA 苏 码罐	MSD	DB-624

(2) 国内对于便携式傅里叶红外光谱法在监测空气中污染物的技术研究方面也已开展了多年,这其中对于该方法检测环境空气中的气态污染物<sup>[27]</sup>、快速测定工作场所空气中的六氟化硫<sup>[28]</sup>、对化工区空气中的异味监测<sup>[17]</sup>,甚至在对火灾现场中汽油燃烧烟尘及残留物成分<sup>[18]</sup>的监测等方面均有了相当多的应用研究<sup>[29]</sup>。

(3) 便携仪器监测标准方面,我国目前主要有《定电位电解法二氧化硫测定仪技术条件》《HJ 48-1999》,以及《便携式二氧化硫和氮氧化物紫外吸收法测量仪器技术要求》(送审稿),其中《便携式二氧化硫和氮氧化物紫外吸收法测量仪器技术要求》针对污染源便携式仪器设置的技术指标如下:

表 7 紫外吸收法便携式多气体测量仪实验室检测项目

检测项目		技术要求
二氧化硫监测单元	最低检出限	≤1% F.S.
	响应时间 (上升时间和下降时间)	≤120 s
	重复性	≤2%
	示值误差	±2%F.S.
	1 h 零点漂移和量程漂移	±2%F.S.

	环境温度变化的影响	±5%F.S.
	供电电压变化的影响	±2%F.S.
	干扰成分的影响	±5% F.S.
	平行性	≤5%
氮氧化物监测单元	最低检出限	≤1% F.S.
	响应时间（上升时间和下降时间）	≤120 s
	重复性	≤2%
	示值误差	±2%F.S.
	1h 零点漂移和量程漂移	±2%F.S.
	环境温度变化的影响	±5%F.S.
	供电电压变化的影响	±2%F.S.
	干扰成分的影响	±5% F.S.
含氧量监测单元	平行性	≤5%
	响应时间（上升时间和下降时间）	≤120 s
	重复性	≤2%
	示值误差	±2%F.S.
	1 h 零点漂移和量程漂移	±2%F.S.
	环境温度变化的影响	±5%F.S.
	供电电压变化的影响	±2%F.S.
平行性	≤5%	

表 8 紫外吸收法便携式多气体测量仪现场检测项目

检测项目	技术要求	
二氧化硫监测单元	准确度	排放浓度均值： ≥250 μmol/mol (715 mg/m <sup>3</sup> ) 时，相对准确度≤15% ≥50 μmol/mol (143 mg/m <sup>3</sup> ) ~<250 μmol/mol (715 mg/m <sup>3</sup> ) 时， 绝对误差≤20 μmol/mol (57 mg/m <sup>3</sup> ) ≥20 μmol/mol (57 mg/m <sup>3</sup> ) ~<50 μmol/mol (143 mg/m <sup>3</sup> ) 时， 绝对误差≤15 μmol/mol (43 mg/m <sup>3</sup> ) <20 μmol/mol (57 mg/m <sup>3</sup> ) 时，绝对误差≤5 μmol/mol (14 mg/m <sup>3</sup> )
氮氧化物监测单元	准确度	排放浓度均值： ≥250 μmol/mol (513 mg/m <sup>3</sup> ) 时，相对准确度≤15% ≥50 μmol/mol (103 mg/m <sup>3</sup> ) ~<250 μmol/mol (513 mg/m <sup>3</sup> ) 时， 绝对误差≤20 μmol/mol (41 mg/m <sup>3</sup> ) ≥20 μmol/mol (41 mg/m <sup>3</sup> ) ~<50 μmol/mol (103 mg/m <sup>3</sup> ) 时， 绝对误差≤15 μmol/mol (31 mg/m <sup>3</sup> ) <20 μmol/mol (41 mg/m <sup>3</sup> ) 时，绝对误差≤5 μmol/mol (10 mg/m <sup>3</sup> )
含氧量监测单元	准确度	相对准确度≤15%
湿度监测单元	准确度	烟气湿度平均值： >5.0%时，相对误差为±25% ≤5.0%时，绝对误差为±1.5%

### 3.3 国内外仪器现状

目前国际国内市场上基于傅里叶变换红外光谱技术的便携式气体分析仪，性能高端的相关核心仪器主要集中在西方几个大型的仪器生产厂家，例如，生产便携式 FTIR 气体分析仪的公司主要有德国 Bruker、美国的 Smiths Detection 和 MADIC、芬兰的 GASMET 等几家公司，主要产品性能如下：

表 9 市场上 VOCs 仪器产品比较

原理	名称	生产企业	主要特点
FTIR	ALPHA 便携式傅里叶变换红外光谱仪	德国 Bruker	通用性光谱仪 高灵敏度 DTGS 检测器 范围：7500-375cm <sup>-1</sup> 分辨率：2-0.9cm <sup>-1</sup> 信噪比：优于 20000:1（峰-峰值，1 分钟测量）
	GASMET 便携式傅里叶变换红外光谱仪	芬兰 GASMET	同时分析红外有吸收的气体，可选择不同量程范围，联机 Calcmeter 分析软件有光谱库提供众多的成分供用户参考，分析出未知气体组分； 仪器校准采用简单的每种组分分别标定，只需出厂进行一次初始标定后，无需再次标定。 可定性分析 5500 种化合物。
	GasID 便携式傅里叶红外多组分气体分析仪	美国 Smiths Detection	气体专用分析仪 分析原理：傅立叶红外光谱法 范围：650-4000 cm <sup>-1</sup> 分辨率：4 cm <sup>-1</sup> 样品采集：预浓缩采样和热解吸进样 响应时间：15 min
	MIDAC FTIR	MIDAC	通用型仪器，封闭式光学结构，无伴热，主要分析油气化工行业。可分析部分 VOCs 气体，ppm 级检测限

### 3.4 本方法和国内外方法关系

本次标准制订综合参考了国内外标准要求和仪器技术现状，对于 VOCs 的监测工作中，现阶段 VOCs 的便携监测仪器方法原理多样，在技术原理、技术要求、设备构成、可实现测量的目标化合物等方面均有所不同。但截至目前，几乎没有对外发布的成文的便携仪监测 VOCs 的相关标准。本方法主要根据目前国内便携式傅里叶红外监测仪 VOCs 监测现状及我国 VOCs 污染现状及面临的形式，结合验证试验开始标准制定工作。

## 4 标准制定的基本原则和技术路线

### 4.1 标准制定的基本原则

在符合我国有关法律和法规的基础上，结合我国现有的技术和工艺水平以及环境监测需求修订本标准，不但考虑标准的先进性，而且还考虑标准的可操作性以及标准的前瞻性。仪器的技术指标和性能要求与我国现有的技术和工艺水平相适应；具备检测仪器技术指标的手段和可操作性，满足环境管理和监测工作的需求；同时参考美国、欧盟、日本的相关标准以及国内现有的污染源监测相关标准，制订本标准。本标准制订的基本原则是：

- a) 仪器的指标满足相关环保标准和环保管理工作的需求；
- b) 各项指标的检测方法准确可靠，具有可行性，并能够通过检测方法的检测如实的反应仪器各项指标；
- c) 各项指标具有普遍适用性，功能完整性，适于以不同结构特点的仪器，易于推广使用；
- d) 标准制订本着科学性、先进性和可操作性的原则，推动仪器技术水平提高。

## 4.2 标准制定的适用范围和主要技术内容

目前本标准对空气和废气便携式 VOCs 傅里叶红外监测仪的技术要求和性能指标做出了规范要求。用于对 VOCs 的便携式傅里叶红外监测仪器的认证测试。因此本标准的适用范围规定为：本标准规定了空气和废气便携式 VOCs 傅里叶红外监测仪的技术要求、性能指标和检测方法。

本标准适用于空气和废气便携式 VOCs 傅里叶红外监测仪的设计、生产和检测。

## 4.3 标准制定的技术路线

### 4.3.1 标准制订工作程序

标准制定应严格遵守《国家环境保护标准制修订工作管理办法》的工作程序，工作程序见图 1。

### 4.3.2 标准基本结构

我国便携式 VOCs 监测仪器原理较多，且各自有不同特点及应用范围，本标准拟为便携式 VOCs 傅里叶红外监测仪，是考虑到基于傅里叶变换光谱原理的仪器检出限较高，但响应较快，分析周期较短，可用于环境空气应急监测或污染源监测。

性能指标要求参照国内外相关技术标准的要求，结合国内外仪器的技术水平和监测需要，并通过标准验证试验数据来最终确定。

性能指标包括：1、由于我国便携式 VOCs 傅里叶红外监测几乎没有相关的标准方法，因此标准计划列举方法性能指标，主要包括检出限、精密度、线性误差、加标回收率；2、仪器性能指标，包括温度干扰、电压干扰、进样流量影响、振动干扰、样品空白、平行性、响应时间。

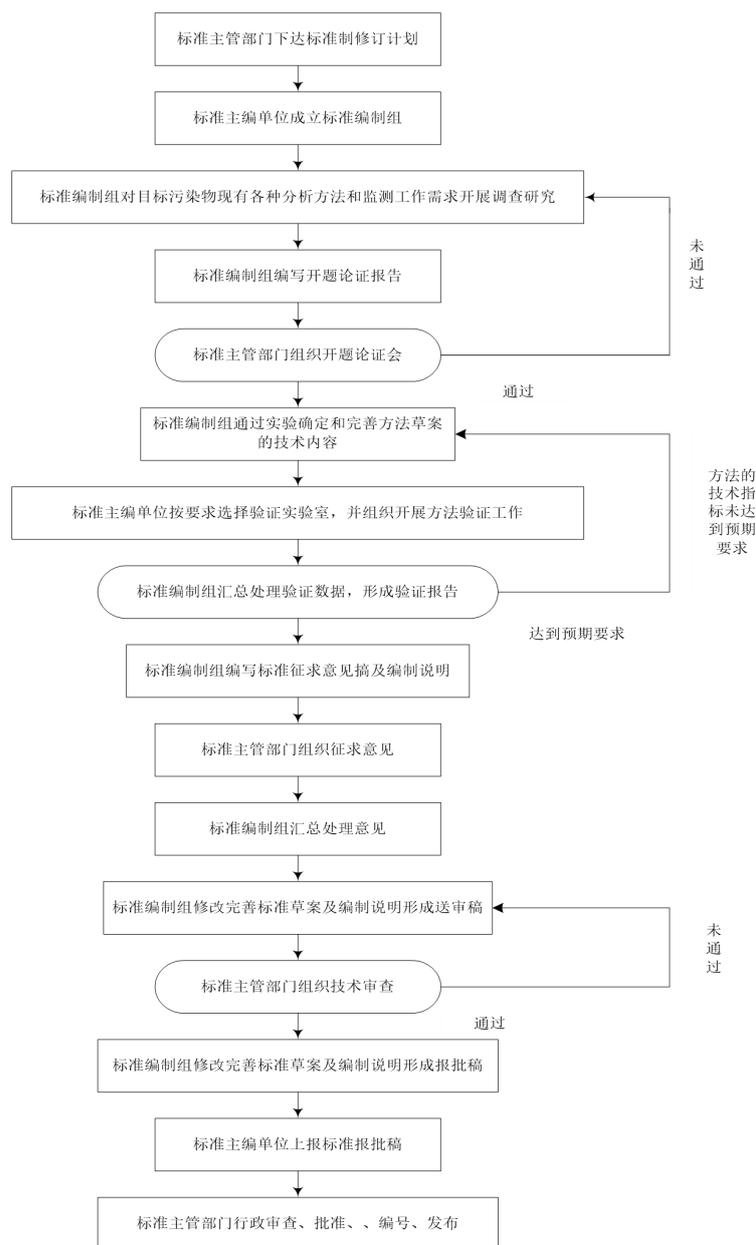


图1 标准制订工作程序

#### 4.3.3 研究内容技术路线

标准的资料性概述要素、规范性一般要素、规范性技术要素等技术内容的编排、陈述形式、引导语等的修订遵循《环境保护标准编制出版技术指南》（HJ 565）的有关规定。有关便携式 VOCs 监测仪的技术要求是在对国内外相关的标准、设备生产企业的企业标准、技术特点，以及用户意见与需求，征求仪器厂商代表意见等的充分调研、分析的基础上制定。其相应技术要求的检测方法是对已经广泛应用的仪器和具有应用前景的仪器进行试验验证的基础上修订。具体的技术要素与依据如下：

#### a) 适用范围

在查阅国内便携式 VOCs 监测仪技术资料，调查了解用户使用情况和环境监测部门需求，以及研究比较国内外相关标准的基础上，确定的适用范围。

#### b) 系统组成

固定污染源烟气排放连续监测系统的系统组成根据目前的仪器现状和监测需要，对各组成单元进行规范定义。

#### c) 技术要求及性能指标

收集国内外系统厂家说明书或技术资料，并依据国内外相关标准，制定便携式 VOCs 监测仪技术要求。

#### d) 检测方法

性能指标的验证需要相应的检测方法。检测方法通过调研参考国内和国外相关检测方法先确定，然后通过对多家仪器的验证实验，检验方法的可操作性。

### 4.3.4 技术路线图

本项目标准修订编制的技术路线图见图 2。

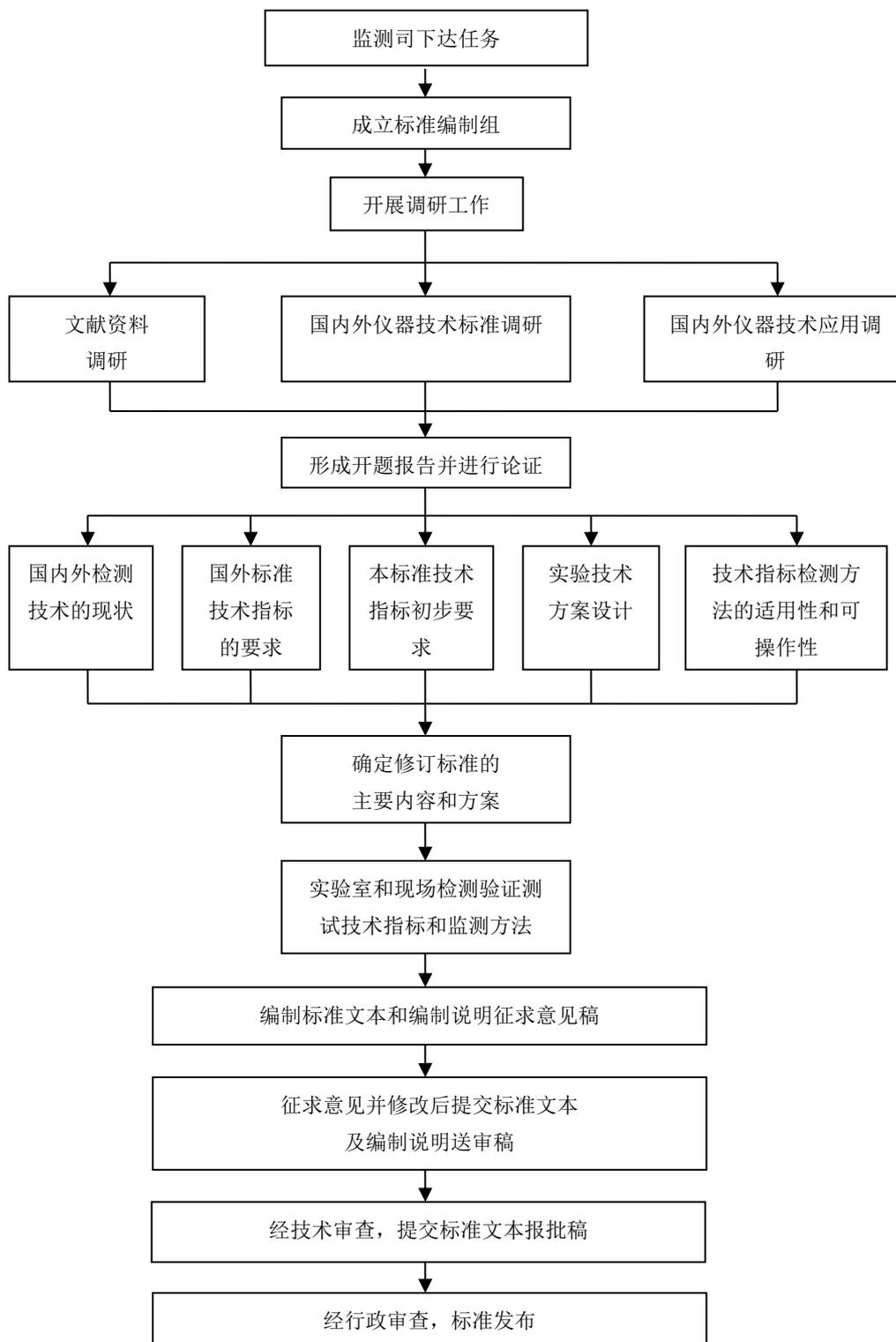


图 2 标准修订编制技术路线

## 5 方法研究报告

### 5.1 适用范围

本标准适用于环境空气及固定污染源废气便携式傅里叶红外监测仪的设计、生产和检测。

针对应用于不同场合的便携式傅里叶红外监测仪（以下简称“仪器”），规定了两型仪器的检测范围：

I 型仪器的检测范围最大不超过 15  $\mu\text{mol/mol}$ ，主要用于环境空气污染事故的应急监测，此范围参考了 HJ 919 的验证数据。II 型仪器的认证测量范围最大不超过 100  $\mu\text{mol/mol}$ ，主要用于固定污染源监测，以满足污染源排放标准的要求。

### 5.2 规范性引用文件

本标准共引用 3 项标准：《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》(GB/T 16157)、《外壳防护等级 (IP 代码)》(GB/T 4208) 和《环境监测 分析方法标准制修订技术导则》(HJ 168)，按在标准中出现的顺序列举。

### 5.3 术语和定义

本标准共列举 5 项术语和定义，主要对一些针对性的性能指标作了定义，其中检出限的定义同 HJ 168，平行性、响应时间等的定义除平行性要求由三套同型号仪器变为两套同型号仪器外，其他和与 HJ 76 保持一致。

### 5.4 系统的组成与结构

仪器组成与结构参考了《便携式二氧化硫和氮氧化物紫外吸收法测量仪器技术要求》(送审稿)，并结合专家意见进行完善。

### 5.5 技术要求

技术要求参考了 HJ 75-2017、HJ 76-2017 及《便携式二氧化硫和氮氧化物紫外吸收法测量仪器技术要求》(送审稿)，结合非甲烷总烃监测实际进行要求，并结合专家意见进行完善。

### 5.6 检测技术要求及检测方法

#### 5.3.1 一般要求

- 1) 至少抽取 2 套同型号仪器在指定的实验室场地同时进行检测。
- 2) 检测期间除进行校准外，不允许对仪器进行计划外的维护、检修和调节。

3) 如果因供电问题造成测试中断, 在供电恢复正常后, 继续进行检测, 已经完成的测试指标和数据有效。

4) 如果因仪器故障造成测试中断, 在仪器恢复正常后, 重新开始检测, 已经完成的测试指标和数据作废; 检测期间, 每台(套)仪器故障次数 $\leq 2$ 次。

5) 各技术指标检测数据均采用仪器数据采集与处理单元存储记录的最终结果。

### 5.3.2 标准物质要求

1) 标准气体: 必须为符合国家标准或国际权威机构认证的标准且在有效期内使用。2) 较低浓度的标准气体可以使用高浓度的标准气体采用等比例稀释的方法获得。

### 5.3.3 实验室检测方法

表 10 实验室检测技术要求

检测项目		技术要求		检测方法
		I 型仪器	II 型仪器	
方 法 性 能 指 标	仪器检出限	$\leq 0.5 \mu\text{mol/mol}$	$\leq 0.5 \mu\text{mol/mol}$	见 7.3.1
	样品空白	< 检出限	< 检出限	见 7.3.2
	定量测量重复性	$\leq 5.0\%$	$\leq 5.0\%$	见 7.3.3
	线性误差	不超过 $\pm 5.0\%$ F.S.	不超过 $\pm 5.0\%$ F.S.	见 7.3.4
	加标回收率	70%~130%.	70%~130%.	见 7.3.5
仪 器 性 能 指 标	环境温度变化的影响	不超过 $\pm 5.0\%$ F.S.	不超过 $\pm 5.0\%$ F.S.	见 7.3.6
	进样流量变化的影响	/	不超过 $\pm 2.0\%$ F.S.	见 7.3.7
	供电电压变化的影响	不超过 $\pm 2.0\%$ F.S.	不超过 $\pm 2.0\%$ F.S.	见 7.3.8
	振动影响	/	不超过 $\pm 2.0\%$ F.S.	见 7.3.9
	干扰成分的影响	$\leq 4.0\%$ F.S.	$\leq 4.0\%$ F.S.	见 7.3.10
	平行性	$\leq 5.0\%$	$\leq 5.0\%$	见 7.3.11
	响应时间	$\leq 120 \text{ s}$	$\leq 120 \text{ s}$	见 7.3.12

#### (1) 仪器检出限

检出限是衡量一个分析方法及测试仪器灵敏度的重要指标。通常定义为某特定方法在给定的置

信度内可从样品中检出待测物质的最小浓度。HJ 168-2010 的方法为配置一份浓度接近于空白值的标准气，测量 7 次，得到平均信号，求出测量信号的标准偏差。我国目前还没有关于环境空气 VOCs 质量要求标准限值，排放标准中对于苯系物要求最严的限值为 2 mg/m<sup>3</sup>，方法标准方面，《环境空气挥发性有机物的测定 便携式傅里叶红外法》(HJ 919-2017) 的检出限基本在 0.5 ppm 左右。综合考虑，确定 I 型、II 型仪器检出限要求均为 ≤0.5 μmol/mol。

I 型验证数据：

表 11 I 型仪器检出限

制造商	1	2	3
检出限(ppm)	0.04	0.46	0.15

II 型验证数据：

表 12 II 型仪器检出限

制造商	1	2	3	4
检出限(ppm)	0.98	0.03	0.78	0.03

## (2) 样品空白

样品空白主要衡量监测行为是否受到污染或监测仪器系统波动是否过大，《环境空气 挥发性有机物的测定 便携式傅里叶红外法》(HJ 919-2017) 要求空白中待测物质不得检出，本标准要求样品空白应小于检出限。

I 型验证数据：

表 13 I 型仪器样品空白

制造商	1	2	3
样品空白	小于检出限	小于检出限	小于检出限

II 型验证数据：

表 14 II 型仪器样品空白

制造商	1	2	3
样品空白	小于检出限	小于检出限	小于检出限

## (3) 定量测量重复性

定量测量重复性指在相同测量条件下，对同一被测量参数进行连续多次测量所得结果之间的一致性。定量测量重复性用相对标准偏差表示。重复性检测条件包括相同的测量环境，相同的测量仪

器及在相同的条件下使用，相同的位置及在短时间内的重复。总言之，就是在尽量相同的条件下，包括程序、人员、仪器、环境等，以及尽量短的时间间隔内完成重复测量任务。从数理统计和数据处理的角来看，在这段时间内测量应处于统计控制状态，即符合统计规律的随机状态。重复观测中的变动性，正是由于各种影响量不能完全保持恒定而引起的。

《环境空气 挥发性有机物的测定 便携式傅里叶红外法》（HJ 919-2017）中几乎全部目标化合物的实验室内相对标准偏差 $\leq 5\%$ ，本标准参考 HJ 919 对便携仪器进行要求。

I 型验证数据：

表 15 I 型仪器定量测量重复性

制造商	1	2	3
定量测量重复性 (%)	4.16	4.88	3.89

II 型验证数据：

表 16 II 型仪器定量测量重复性

制造商	1	2	3	4
定量测量重复性 (%)	0.95	3.86	0.27	1.67

II 型仪器验证数据表明，此类仪器也满足指标要求。

#### (4) 线性误差

线性误差是判断仪器在量程范围内准确与否的重要指标。美国 EPA 国家标准《Performance Specification 15 -- Performance Specifications for Extractive FTIR Continuous Emission Monitoring Systems in Stationary Sources》中规定 FTIR 的测量偏差为不超过标准气体的 5%。本标准要求同 PS15。

I 型验证数据：

表 17 I 型仪器线性误差

制造商	1	2	3
线性误差	1.83	-5.71	1.6

II 型验证数据：

表 18 II 型仪器线性误差

制造商	1	2	3
线性误差	0.63	1.77	0.53

验证数据表明，过半仪器满足此要求。

#### (5) 加标回收率

加标回收率是衡量仪器测量实际样品准确度的重要指标，实验室常用的加标回收率要求加标回收率根据方法不同通常要求为 90%-110%、80%-120%或者 70%-130%之间。考虑到 VOCs 监测的实际情况，本标准要求加标回收率在 70%-130%之间。

#### (6) 环境温度变化的影响

理论上来说，仪器所处环境温度的变化将直接影响分析仪的测量结果。如果温度大大超过正常状态，检测器的输出阻抗下降，导致仪器不能正常工作。很多分析仪通过软硬件的温度补偿处理，使得分析仪的温度适应性变宽。为保证仪器监测的有效性，控制分析仪的温度影响性能在一定的范围内是很有必要的。

实验室检温度影响检测在恒温室内进行，包括零点温度影响和量程点温度影响。GB/T 11606-2007 分析仪器环境试验方法中对仪器按照使用条件和运输流通条件分为以下 4 个基本组别。

I 组：环境温度和湿度控制在规定的范围内，通常指具有空调设备的可控环境。本组适用于精密仪器；

II 组：仅将环境温度控制在规定的范围内，通常指具有一般保温供暖及通风的室内环境。本组适用于实验室仪器；

III 组：环境温度和湿度都不受控制，通常指无保温供暖及通风的室内环境。本组适用于工业过程仪器；

IV 组：环境温度和湿度都不受控制的较恶劣环境，通常指有遮蔽或无遮蔽的室外环境。本组适用于室外使用环境。

根据对仪器的分类方法，本仪器属于第 IV 组。同时考虑便携仪器实际适用的室外环境温度条件，对仪器的温度试验变化范围设置为 5℃~40℃。试验时在恒温室中进行，除温度外，其余工作条件均应保持在参比工作条件下。各温度处标气测量值与 20℃处系统稳定值的偏差，然后计算所选量程的相对偏差，为该温度处温度影响。此指标要求参照仪器实验室验证测试结果和英国

《Performance Standards and Test Procedures for Continuous Emission Monitoring Systems- for gaseous, particulates and flow-rate monitoring systems, UK. Environment Agency Version 3.1, 2008》中 10.14 产品认证指标要求，设置为不超过±5.0% F.S.。

I 型验证数据：

表 19 I 型仪器环境温度影响

制造商		1	2
环境温 度影响	高温影响(%)	-2.65	2.05
	低温影响(%)	-3.35	1.75

II 型验证数据:

表 20 II 型仪器环境温度影响

制造商		1	2	3
环境温 度影响	高温影响(%)	-2.15	1.23	-0.7
	低温影响(%)	0.96	3.21	-1.1

(7) 进样流量变化的影响

通过标准编制单位质检室气体分析仪实验室验证检测和多年现场检测统计情况，进样流量变化对标气测量值会有影响，为提高系统的性能，增加了对监测设备实验室进样流量变化影响检测。英国《Performance Standards and Test Procedures for Continuous Emission Monitoring Systems- for gaseous, particulates and flow-rate monitoring systems, UK. Environment Agency Version 3.1, 2008》中认证指标要求设置为不超过±2.0% F.S.，本标准要求与此相同。

(8) 供电电压变化的影响

便携仪器在现场使用时，一般使用临时供电电源或简易现场电源，现场的供电电压往往波动较大，因此，针对仪器使用时供电电压变化造成的测量影响进行测试是非常必要的。

英国《Performance Standards and Test Procedures for Continuous Emission Monitoring Systems- for gaseous, particulates and flow-rate monitoring systems, UK. Environment Agency Version 3.1, 2008》中 10.17 检测仪器在标称电压的-10%到+10%的范围内变化时，系统受电压变化的影响。

本标准针对我国具体情况规定测试电压分别为 198VAC 与 242VAC,检测电压高于和低于 220V 电压时的各次电压影响。此指标要求参照英国《Performance Standards and Test Procedures for Continuous Emission Monitoring Systems- for gaseous, particulates and flow-rate monitoring systems, UK. Environment Agency Version 3.1, 2008》中 10.16 产品认证指标要求为不超过±2.0% F.S.。

I 型验证数据:

表 21 I 型仪器电压影响

制造商		1	2
电压影响	高电压	6.39	-0.34

	低电压	7.32	1.14
--	-----	------	------

II型验证数据:

表 22 II型仪器电压影响

制造商		1	2	3
电压影响	高电压	-0.03	2.43	0.20
	低电压	-0.03	2.88	0.50

验证数据表明, 超过半数仪器满足此要求。

#### (9) 振动的影响

振动可能使系统元件结构松动, 内部部件产生相对位移。本检测用来确定系统对在现场使用中可能经受到的主要振动的适应性和结构完好性。

根据 GB/T 11606-2007 环境条件分组, 便携仪器属于安装在环境温度和湿度都不受控制的第 II 组室内或第 IV 组室外的仪器或系统, 振动试验的检测方法参照了《电工电子产品环境试验设备基本参数检验方法振动(正弦)试验用电动振动台》(GB/T 5170.14-2009)对实验台的要求, 《电子测量仪器振动试验》(GB 6587.4-86)和《电子及电气元件试验方法低频振动试验》(GJB 360.13-87)的检测。

此指标要求参照英国《Performance Standards and Test Procedures for Continuous Emission Monitoring Systems- for gaseous, particulates and flow-rate monitoring systems, UK. Environment Agency Version 3.1, 2008》中产品认证指标要求为不超过 $\pm 2.0\%$  F.S.。

II型验证数据:

表 23 II型仪器振动影响

制造商	1	2	3
振动影响	-0.05	4.55	-0.53

验证数据表明, 超过半数仪器满足此要求。

#### (10) 干扰影响

本部分测试水分和二氧化碳对 FTIR 的影响。

样气中的背景气体往往比较复杂, 包含其他对测量造成影响的干扰成分, 干扰成分的浓度经常是不确定或随机变化的。样气处理系统通过物理或化学方法除去了部分干扰成分, 减小了此影响, 但并不能完全消除。为保证监测数据的质量, 控制干扰的性能指标是很必要的。主要的干扰气体种类

和浓度参照英国《Performance Standards and Test Procedures for Continuous Emission Monitoring Systems- for gaseous, particulates and flow-rate monitoring systems, UK. Environment Agency Version 3.1, 2008》Annex B 中表 B.1 和德国《Testing of automated measuring systems Test procedures for measuring systems of gaseous and particulate emissions, VDI 4203, Part 2 (2003)》Annex B 中表 B.1。干扰成分气体主要为水分和二氧化碳。统计干扰指标参照英国《Performance Standards and Test Procedures for Continuous Emission Monitoring Systems- for gaseous, particulates and flow-rate monitoring systems, UK. Environment Agency Version 3.1, 2008》中 10.19 章节, 将达到量程值的 0.5% 或-0.5%的各影响值分别相加, 得到正干扰影响值和负干扰影响值。相关干扰测试指标设置为 $\leq 4\%F.S.$ 。

I 型验证数据:

表 24 I 型仪器干扰影响

制造商	1	2
干扰影响	1.1	1.6

II 型验证数据:

表 25 II 型仪器干扰影响

制造商	1	2	3
干扰影响	-2.91	0.23	1.27

(11) 平行性

平行性是判断一个企业生产的同类仪器测量同一样品测量结果数据一致性的重要指标, 从我国环境管理的角度而言, 为便于同类系统间数据的可比性, 确实有必要设置此平行性性能指标。根据我国目前现实的情况, 在实验室安装两台(套)仪器以进行平行性性能指标检测。指标的检测方法和计算方法参照《环境空气颗粒物(PM<sub>10</sub>和 PM<sub>2.5</sub>)连续自动监测系统技术要求及检测方法》(HJ 653-2013), 指标设置为 $\leq 5.0\%$ 。

I 型验证数据:

表 26 I 型仪器平行性

制造商	1	2	3
平行性 (%)	3.97	9.55	3.36

II 型验证数据

表 27 II 型仪器平行性

制造商	1	2	3	4
平行性 (%)	2.75	4.55	5.32	3.76

(12) 仪器响应时间

响应时间表征仪器测量速度的快慢。通常定义为从被测量参数发生阶跃变化的瞬时起，到仪器的指示达到稳态值的 90% 止所经过的时间。通常用  $T_{90}$  标注。

一般将响应时间分为上升响应时间和下降响应时间。

系统响应时间用中浓度标准气体检测系统从瞬时变化到达到稳定值 90% 所需要的时间。

美国 EPA 国家标准《Performance Specification 15 -- Performance Specifications for Extractive FTIR Continuous Emission Monitoring Systems in Stationary Sources》中规定 FTIR 响应时间为  $\leq 2$  min。在我国的 HJ76 中规定烟气其他气态参数监测系统的响应时间为 200 s。

因此，综合国内外标准，考虑到我国挥发性有机物排放的实际情况，响应时间指标定为  $\leq 120$  s。

I 型验证数据：

表 28 I 型仪器响应时间

制造商	1	2	3
响应时间 (s)	104	28	15

II 型验证数据：

表 29 II 型仪器响应时间

制造商	1	2	3	4
响应时间 (s)	72	103	27	15

## 5.7 质量保证

质量保证是监测过程的全面质量管理，包含了保证环境监测数据准确可靠的全部活动和措施。标准修订增加实验室检测指标后，相应地修订质量保证内容。

实验室检测质量保证主要包括标准物质、检测方法、检测环境方面。

a. 标准物质

检测过程中使用的标准物质应是具有研究和生产能力的单位或机构生产，并经国家行政管理部门批准的有效产品。

b. 检测方法

选择和制定检测方法是确保检测工作科学、技术上有效、防止检测活动出现随意和因人而异的

前提条件。实验室应优先使用国际、区域或国家标准发布的方法，并确保使用标准为最新有效版本。必要时，应采用附加细则对标准加以补充，以确保应用的一致性。

#### c. 检测环境

配备必要的设施和环境条件并对其实施有效的监控是保证检测结果技术上有效的先决条件之一。实验室应制定控制程序，对检测结果有影响的设施和环境条件均进行控制，并建立相应的环境监控和记录手段。

如相邻区域的相互干扰影响正常检测时，应采取有效的隔离措施，防止相互影响或交叉污染。

## 6 方法验证

### 6.1 方法验证方案

由于本标准主要用于空气和废气便携式VOCs傅里叶红外监测仪设计、生产以及检测等工作，因此验证工作由中国环境监测总站组织通过仪器测试对方法进行方法验证。

参与验证的技术人员均为上述实验室具备空气和废气便携式VOCs傅里叶红外监测仪器设备检验资格证书的相关专家和检验技术人员。

本次标准修订验证的方案：首先，使用各类空气和废气便携式VOCs傅里叶红外监测仪对照编制标准中针对仪器功能和使用等提出的具体要求进行试验和检查，提出编制标准方法的适用性；其次，使用各类空气和废气便携式VOCs傅里叶红外监测仪按照编制标准的技术要求和检测方法中的每个性能指标逐一进行相关性能测试，汇总分析测试结果并同编制标准中的技术指标要求进行比较评判，验证编制标准中各性能指标的科学性和合理性。

### 6.2 方法验证过程

#### (1) 方法验证的主要过程

本次编制标准的方法验证工作主要由验证实验室独立完成，验证过程中各实验室使用现有的检测仪器和相关装备，按照标准编制文本中要求的仪器技术指标和检测方法至少进行了3台（套）以上的仪器的验证测试，得到了大量的仪器测试基础数据，在此基础上大家共同协商和汇总，形成了“验证报告”。

#### (2) 标准编制验证数据的统计和汇总

I型仪器共验证技术指标10项，II型仪器共验证技术指标12项。综合验证试验结果，I型共有2个型号、II型共有3个型号仪器符合要求。

(3)《方法验证数据汇总报告》见方法验证报告。

## 7 标准实施建议

为切实加强本标准的实施，规范我国空气和废气便携式VOCs傅里叶红外监测仪的技术要求，从管理角度，各VOCs生产厂商应严格执行本标准，各级环保局在验收烟气排放连续监测系统时应严格执行本标准，总站应定期发布经适用性检测合格的企业名录并定期对进入合格名录的VOCs进行抽检；从技术角度，环境部应加强本标准的宣贯，使各VOCs生产和销售企业理解本标准并贯彻实施在其仪器的生产、研发及售后服务上。

## 8 与开题报告差异

根据开题报告专家意见，与国家环境保护标准名称方式相一致，并考虑到仪器实际，本标准由“便携式VOCs监测仪技术要求及检测方法”更改为三个子标准，分别为“环境空气和废气 便携式VOCs监测仪技术要求及检测方法-甲烷/非甲烷总烃监测仪”、“环境空气和废气 便携式VOCs监测仪技术要求及检测方法-气相色谱监测仪”、“环境空气和废气 便携式VOCs监测仪技术要求及检测方法-傅里叶红外监测仪”。

根据征求意见稿技术审查会专家意见，将标准名称改为《环境空气和废气 便携式傅里叶红外挥发性有机物（VOCs）监测仪技术要求及检测方法》

## 9 参考文献

- [1] BIANCHI A P,VARNEY M S, PHILIPS J. Analysis of volatile organic compounds in estuarine sediments using dynamic headspace and gas chromatography-mass spectrometry[J]. J. Chromatogr, 1991,542: 413-450.
- [2] BOVIN L,PIROTTE P,BERGER A. Gas Chromatography[C].Desty . Amsterdam Symposium.London : Buaerwroth.,1958,310-316.
- [3] EPA524.1.Measurement of Purgeable Organic Compounds in Water by Packed Column GasChromatography/Mass Spectrometry.
- [4] EPA524.2.Measurement of Purgeable Organic Compounds in Water by Capillary Column Gas Chromatography/Mass Spectrometry - Revision 4.1.
- [5] EPA 502.1.Volatile Halogenated Organic Compounds in Water by Purge and Trap Gas Chromatography
- [6] EPA 502.2.Volatile Organic Compounds in Water by Purge and Trap Capillary Column Gas Chromatography with Photoionization and Electrolytic Conductivity Detectors in Series - Revision 2.1.
- [7] EPA 503.1Volatile Aromatic and Unsaturated Organic Compounds in Water by Purge and Trap GasChromatography
- [8] EPA 504.1,2-Dibromoethane (EDB) and 1,2-Dibromo-3-Chloropropane (DBCP) in Water by

Microextraction and Gas Chromatography.

- [9] EPA 601. Purgeable Halocarbons(GC).
- [10] EPA 602. Purgeable Aromatics(GC).
- [11] EPA 624.. Purgeable (GC/MS)
- [12] EPA 8260B. Volatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry(GC/MS).
- [13] EPA 8261. Volatile Organic Compounds by vacuum distillation in combination with Gas Chromatography/Mass Spectrometry(VD/GC/MS).
- [14] ISO 15680-2003 Water quality — Gas chromatographic determination of a number of monocyclic aromatic hydrocarbons,naphthalene and several chlorinated compounds using purge — and — trap and thermal desorption.
- [15] EN ISO 10301-1997 Water quality — Determination of highly volatile halogenated hydrocarbons — Gas chromatographic methods.
- [16]BUSZKA P M. Determination of nanogram per litre concentrations of volatile organic compounds in water by capillary gas chromatography and selected ion monitoring mass spectrometry and its use to define ground water flow directions in Edwards aquifer , Texas [ J ] . Anal. Chem. , 1995 , 67 (20) :3659.
- [17] LOUIS LEPINE , J EAN2FRANCOIS A. Part2per2trillion determination of trihalomethanes in water by purge2and2trap gas chromatography with electron capture detection [ J ] . Anal.Chem. , 1992 ,64(7) :810.
- [18] MASAO IJ IMA , YOJ H , NORIHIDE N. Survey of 17 kinds volatile organic chlorinated compounds contents in mineral water with GC/MS[J] . J .Food Hyg. Soc. Japan ,1992 ,33(5) :467.
- [19] 王昊阳,郭寅龙,张正行等.顶空-气相色谱法进展[J].分析测试技术与仪器,2003,9(3):129-135.
- [20] 黄业茹,施均慧.饮用水中挥发性有机物 (VOCs) 的GC-MS 分析[J].分析测试技术与仪器, 1999,5(1):37-44.
- [21] 国家环境保护总局水和废水监测分析方法编委会.《水和废水监测分析方法》[M].第四版.北京: 中国环境科学出版社,2002:500-506.
- [22]US EPA.Technical Assistance Document for Sampling and Analysis of Ozone Precursors.EPA/600-R-98/161, 1998.
- [23]US EPA.Compendium Methods TO-1~TO-17.
- [24]US EPA. Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems, Volume II, Ambient Air Quality Monitoring Program. EPA-454/B-08-003, December, 2008
- [25]European Environmental Agency, EEA. Technical Guidance Note (TGN) M8: Monitoring Ambient Air. Environment Agency, Version 2, May 2011.
- [26]台湾: 空气中挥发性有机化合物检测方法--不锈钢采样筒/气相层析质谱仪法 (NIEA A715.14B)
- [27] 马战宇, 庞晓露, 高亮, 等. 便携式傅利叶红外快速检测环境中气态污染物[J]. 中国环境监测, 2008, 23(4): 44-46.
- [28] 吴邦华, 林佐侃, 吴川, 等. 便携式傅利叶红外气体分析仪快速测定工作场所空气中六氟化硫 [J]. 中国职业医学, 2013, 40(006): 570-572.
- [29] 边归国. 便携式傅利叶红外仪法在环境监测中的应用进展[J]. 环境监测管理与技术, 2004, 16(1): 10-12.
- [30] 王芳, 吴少清, 王巍. 环境空气中挥发性有机物监测技术综述[J]. 淮阴工学院学报, 2012, 20(5): 53-58.
- [31] 沈学优, 罗晓璐. 空气中挥发性有机物监测技术的研究进展[J]. 环境污染与防治, 2002, 24(1):

46-49.

- [32] 贾静, 李国傲. 热脱附-吹扫捕集-气相色谱质谱联用在大气挥发性有机物分析中的应用探索[J]. 分析实验室, 2012, 12: 017.
- [33] 钱津旺. 挥发性有机物的气相色谱分析研究[J]. 当代化工, 2012, 41(1): 108-110.
- [34] 许秀艳, 吕天峰, 梁宵等. 便携式气质联用仪测定空气中挥发性有机物的方法研究[J]. 中国测试, 2009, 35(2): 83-85.
- [35] 吕怡兵, 孙晓慧, 付强. 便携式气相色谱-质谱仪测定空气中挥发性有机污染物的准确性[J]. 色谱, 2010, 28(5): 470-475.
- [36] 秦明友, 张新申, 康莉等. 吹扫捕集气质联用法测定水中 4 种挥发性有机物[J]. 环境科学与技术, 2013, 36(1): 93-96.
- [37] 张芹, 曾凡海, 王少青. 吹扫捕集/GC-MS 法测定水中 26 种挥发性有机物[J]. 西南大学学报(自然科学版) ISTIC, 2013, 35(3).

附一

# 方法验证报告

方法名称：\_\_\_\_\_ 环境空气和废气 便携式傅里叶红外挥发性有机物(VOCs)

监测仪技术要求及检测方法\_\_\_\_\_

项目主编单位：\_\_\_\_\_ 中国环境监测总站

验证单位：\_\_\_\_\_ 中国环境监测总站

项目负责人及职称：\_\_\_\_\_ 梁宵 高级工程师

通讯地址：北京市安外大羊坊 8 号院（乙）电话：\_\_\_\_\_ 1084943051

报告编写人及职称：\_\_\_\_\_ 梁宵 高级工程师

报告日期：\_\_\_\_\_ 2018 年 3 月 21 日

附表 1 I 型仪器验证数据

制造商		1	2	3
检出限(ppm)		0.05	0.46	0.15
样品空白		<检出限	<检出限	<检出限
定量重复性(%)		4.16	4.88	3.89
线性误差 (%)		1.83	3.2	1.6
加标回收率 (%)			98.9	
环境温度 影响	高温影响(%)	-2.65		2.05
	低温影响(%)	-3.35		1.75
电压影响	高电压(%)	6.39		-0.34
	低电压(%)	7.32		1.14
干扰影响 (%)		1.1		1.6
平行性 (%)		3.83	7.29	3.31
响应时间 (s)		108	28	15

附表2 II型仪器验证数据

制造商		1	2	3	4
检出限(ppm)		0.98	0.03	0.78	0.03
样品空白		<检出限	<检出限	<检出限	<检出限
定量重复性(%)		0.86	3.86	0.27	1.67
线性误差 (%)		-0.63	-1.95	0.36	0.53
加标回收率 (%)					
环境温度 影响	高温影响 (%)	-2.15	1.23		-0.7
	低温影响 (%)	0.96	3.21		-1.1
进样流量 影响	高流量 (%)				
	低流量 (%)				
电压影响	高电压 (%)	0.03	2.43		0.2
	低电压 (%)	0.03	2.25		0.5
振动影响 (%)		-0.05		4.55	-0.53
干扰影响 (%)		-2.91		0.23	1.27
平行性 (%)		3.52	5.32		2.29
响应时间 (s)		72	102	27	15