

附件25

《固定污染源废气氨便携式测量仪器技术要求及检测方法（征求意见稿）》

编制说明

《固定污染源废气氨便携式测量仪器技术要求及检测方法》

标准编制组

二〇二六年三月

项目名称：固定污染源废气氨便携式测量仪器技术要求及检测方法

项目统一编号：2025-15

承担单位：中国环境监测总站、山东省生态环境监测中心、广东省深圳生态环境监测中心站

编制组主要成员：梁宵、范蕴非、邓宝卿、周刚、迟颖、汪太明、谷树茂、周志华、古添发、刁鸣雷

国家环境分析测试中心技术管理负责人：贾岳清

生态环境监测司项目负责人：仇鹏

目 录

1	项目背景	1
1.1	任务来源	1
1.2	工作过程	1
2	标准制修订的必要性分析	2
2.1	氨对环境的影响	2
2.2	相关生态环境标准和环境管理工作的需要	4
2.3	标准合法合规性分析	8
3	固定污染源废气氨分析监测技术及国内外相关仪器标准研究	9
3.1	固定污染源废气氨分析监测技术	9
3.2	国外固定污染源废气氨便携式测量仪器相关标准	10
3.3	国内固定污染源废气氨便携式测量仪器相关标准	11
4	标准制订的基本原则和技术路线	14
4.1	标准制订的基本原则	14
4.2	标准制定的主要技术内容和依据	14
4.3	标准制定的技术路线	15
5	标准主要技术内容	16
5.1	标准主要内容	16
5.2	标准主要内容说明	17
6	方法验证	44
6.1	验证方案	44
6.2	验证过程及结果	45
7	实施本标准的管理措施、技术措施建议	45
8	参考文献	45
	附件一 方法验证报告	48

《固定污染源废气氨便携式测量仪器技术要求及检测方法 (征求意见稿)》编制说明

1 项目背景

1.1 任务来源

为进一步支撑大气氨污染防治工作，强化固定污染源废气氨监测数据质量，完善生态环境监测标准体系，生态环境部生态环境监测司 2023 年 4 月 18 日向中国环境监测总站下达了《关于开展大气氨相关监测标准研究的函》，提出开展《固定污染源烟气（氨）便携式测量仪器技术要求及检测方法》预研究的项目计划，并于 2023 年 7 月 28 日将《固定污染源废气氨便携式测量仪器技术要求及检测方法》纳入《2023 年国家生态环境监测标准预研究项目清单（第一批）》中。标准预研究项目于 2024 年 12 月通过结题。

根据生态环境部《关于开展 2025 年度国家生态环境标准项目实施工作的通知》（环办法规函〔2025〕243 号），按照《生态环境标准管理办法》（部令〔2020〕第 17 号）、《国家生态环境标准制修订工作规则》（国环法规〔2020〕4 号）和《环境保护标准编制出版技术指南》（HJ 565-2010）的有关要求，2025 年生态环境部生态环境监测司下达了《固定污染源废气氨便携式测量仪器技术要求及检测方法》制订任务，项目的统一编号为 2025-15。标准承担单位为中国环境监测总站（以下简称“总站”），协作单位为山东省生态环境监测中心、广东省深圳生态环境监测中心站。

1.2 工作过程

1.2.1 成立标准编制组，制定标准编制技术路线

2023 年 4 月，该项目任务下达后，中国环境监测总站作为承担单位，成立了标准编制组（以下简称“编制组”），明确任务分工，确定标准制订的基本原则和编制计划。

1.2.2 开展文献资料查询与市场调研

2023 年 4 月~6 月，编制组查阅国内外相关标准和文献资料，梳理现行大气排放标准中氨的控制要求和排放限值、废气氨主要监测技术和分析方法、国内外固定污染源废气氨便携监测仪器相关技术要求和标准。通过市场调研，了解主流仪器技术原理及代表性仪器，总结仪器功能技术指标。经初步讨论、分析、比较，形成本标准的草案以及相关技术指标验证测试初步方案。

1.2.3 组织方法验证，完成征求意见稿

2023 年 6 月~2024 年 7 月，编制组根据前期确定的技术方案，对固定污染源废气氨便携式测量仪器验证测试工作进行了仪器征集和选型，在水泥和焦化行业排放口组织开展了 9 个型号（含参比仪器）涵盖主流废气氨仪器监测技术的仪器现场验证测试工作，并于总站昌

平兴寿实验室开展了8个型号仪器性能指标的实验室验证测试研究工作。2024年8月~2024年11月，编制组根据前期调研情况及验证测试数据结果，对仪器各项技术参数进行梳理，分析各仪器各项特性指标，在此基础上完善了标准征求意见稿初稿，并汇总梳理验证测试数据，完成编制说明及方法验证报告。

1.2.4 征求意见稿专家技术讨论会

2024年11月29日，标准编制组组织召开征求意见稿专家技术讨论会，专家对标准征求意见稿及编制说明进行了审查，认为编制单位提供的标准文本格式规范，内容翔实，可操作性强，编制说明要素齐全，验证实验数据完整，符合标准立项要求；标准中仪器检测技术指标设置合理，检测方法科学规范；同意将本标准尽快纳入标准立项程序。建议进一步考虑响应时间等指标与其他标准的衔接，以及进一步强化安全性和环境适应性方面的要求。编制组根据专家意见修改完善标准文本及编制说明。

1.2.5 预研究项目结题暨制修订项目开题论证会

2024年12月27日，生态环境监测司组织召开预研究项目结题暨制修订项目开题论证会，专家组通过该标准项目的技术审查，并建议按照专家会上所提出意见修改完善后，提请标准立项。主要修改意见：1、进一步考虑指标与其他标准的衔接；2、按照HJ 565对标准和编制说明文本进行编辑性修改。编制组根据专家意见完成标准文本及编制说明修改。

1.2.6 氨监测标准一致性研讨会

2025年10月~12月，生态环境监测标准工作秘书处组织召开7项氨监测标准一致性研讨会，围绕标准间衔接性问题、标准间关键技术统一问题、标准与管理需求贴合问题、标准制订进度问题等进行了充分讨论，并在此后针对便携式仪器标准与方法标准中相关的性能指标要求开展深入研讨。会后，标准编制组根据研讨情况对标准征求意见稿文本和编制说明进行了修改，将检出限指标由“ $\leq 0.8 \text{ mg/m}^3$ ”修改为“ $\leq 1 \text{ mg/m}^3$ ”，在检出限、示值误差、量程漂移等相关性能指标上实现了标准间的统一。

1.2.7 征求意见稿技术审查会

2025年12月24日，生态环境部生态环境监测司组织召开了本标准的征求意见稿技术审查会，专家组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方法标准及文献进行了充分调研；三、标准定位准确，技术路线合理可行，方法验证内容完善。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、进一步精炼文本；2、加强与相关标准和技术规范的衔接；3、进一步明确低浓度范围下示值误差等技术要求；4、按照《环境保护标准编制出版技术指南》（HJ 565-2010）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。

2 标准制修订的必要性分析

2.1 氨的来源及危害

2.1.1 理化特性及来源

常温下氨是一种无色气体，有强烈的刺激气味，是大气中重要的微量气体之一，也是唯一的碱性气体。摩尔质量为 17 g/mol，熔点为-77.7 °C，沸点为-33.5 °C，极易溶于水，常温常压下 1 体积水可溶解 700 倍体积氨，水溶液称为氨水，降温加压可变成液体，液氨是一种制冷剂。氨用途广泛，是世界上产量最多的无机化合物之一，是制造硝酸、化肥、炸药的重要原料，也是药物直接或间接的组成物质，多于八成的氨被用于制作化肥。20 世纪初期，合成氨工艺（哈伯-博施）的发明使得全球农业生产能力得到大幅提升，同时也使大量活性氮进入环境，环境中的活性氮迅速上升。大气中的氨属于恶臭污染物，其嗅阈值低、来源广泛、浓度变化大，工业、农业生产和人居生活都存在氨的点源、面源排放。随着人口增长以及经济社会活动的增加，全球大气氨排放量明显上升，部分研究结果估算，2100 年全球氨排放量将达到 93×10^6 t，较 2008 年增长 43%^[1]。我国 2018 年氨全年排放量约为 9.90×10^6 t，其中农业氨排放是主要来源，约占 80%^[2]，其他排放源包括生物质燃烧、人体排泄物、化工生产、废物处理、交通运输、工业逃逸氨等。虽然农业氨排放量远超其他行业，但农村人口数量分布相对稀疏、乡村面积大，而城市人口密集、工业企业数量多，部分城市大气氨排放贡献中非农业氨排放占比更为突出，如 Zhang^[3]等人在北京的观测结果显示 2016 年 3 月至 2017 年 3 月非农业氨排放贡献可达 72%。

随着我国工业发展，工业逃逸氨排放对大气氨浓度水平的贡献已不容忽视，特别是为了治理燃料燃烧、化工工业、燃煤油气、水泥生产、废弃物处理等行业产生二氧化硫、氮氧化物而采用的氨法脱硫、选择性催化还原脱销或选择性非催化还原脱销工艺以及合成氨工程导致的逃逸氨，已成为非农业氨排放的重要因素。Pan^[4]等通过 ¹⁵N 同位素质量平衡模型，解析到北京雾霾天气工业逃逸氨对大气氨浓度的贡献可达到 34%~48%。

2.1.2 对水土环境的影响

氨在陆地生态系统的输入增加，会改变植物群落中物种间的竞争格局，喜氮植物数量的增加限制了其他物种的生长和发展，从而降低了系统的物种多样性；另一方面，氨本身在大气中寿命虽然较短，但其极易溶于水，形成铵离子（NH₄⁺），铵离子较长的寿命可实现远距离的输送迁移，通过大气干、湿沉降回到陆地和水体，引起较广范围的土壤酸化、森林退化和水体富营养化问题，还可能影响降水变化^[5]。

2.1.3 对大气环境的影响

氨是大气细颗粒物（PM_{2.5}）的重要前体物之一，是大气酸性成分最主要的中和剂，大气中第三大含氮化合物。因其呈碱性，易与大气中的酸性前体物（如二氧化硫、氮氧化物等）反应，生成多种铵盐（如硫酸铵、硝酸铵等）^[6]，这些铵盐能有效促进二次无机气溶胶的形成，显著影响大气能见度，加重 PM_{2.5} 浓度，诱发雾霾污染，特别是在人口密集的城市。Horvath^[7]发现铵盐精细气溶胶对整个可见光区的消光性远远超过硫酸等物质，在大气能见度上影响巨大；张会涛^[8]等通过对武汉市 PM_{2.5} 化学组分进行分析，发现有机碳、SO₄²⁻ 和 NH₄⁺ 质量分数排名前三，总计达到 40%，主要污染源为工业和机动车排放；肖致美^[9]等通过对

2017~2019年天津市PM_{2.5}主要组分进行分析,发现NO₃⁻和NH₄⁺质量分数逐年上升;谭静瑶^[10]等通过对邯郸市PM_{2.5}化学组分进行分析,发现以NH₄⁺为代表的二次无机盐是PM_{2.5}的关键成分,在污染中起重要作用;金丹^[11]等人研究发现,占比超过上海PM_{2.5}质量浓度10%的来源直接指向环境空气中高含量的氨气。

氨气虽然不是温室气体,但是它能通过不同的氧化途径生成一氧化二氮(N₂O)和一氧化氮(NO)。N₂O是一种温室效应极强的气体,NO则会参与大气反应在对流层中生成臭氧,造成光化学污染。

NH₃不仅能在排放到大气中后形成PM_{2.5},在废气运输过程中氨、三氧化硫、氮氧化物、挥发性有机物等可自发形成可过滤颗粒物^[12],排放到大气中。

2.1.4 对人体健康的影响

氨的溶解性很高,主要通过呼吸道吸入、皮肤及眼部接触、消化道摄入三条途径作用于机体,其健康损伤程度与暴露浓度、接触时长直接相关,严重时可危及生命。呼吸系统是氨损伤最常见的靶器官,低浓度氨可引发鼻咽刺激、流涕、咽痛等轻微症状,短期接触后可恢复;中高浓度则会导致喉水肿、剧烈咳嗽、胸闷等,进而诱发化学性肺炎、肺水肿甚至急性呼吸窘迫综合征;长期低浓度暴露还可能引发慢性支气管炎、哮喘等慢性呼吸道疾病。眼部接触氨后,其溶于泪液形成的碱性氢氧化铵会造成角膜化学灼伤,表现为眼痛、流泪、畏光等,严重时可引发角膜溃疡、穿孔乃至失明;液态氨或高浓度氨气接触皮肤则会导致碱性化学灼伤,出现红肿、水疱、剧痛等症状,深度损伤可能累及皮下组织并继发感染。此外,氨还可能影响神经系统,引发头痛、头晕、烦躁、抽搐甚至昏迷等中枢神经系统症状^[13,14]。

2.1.5 对环境监测的影响

目前我国重点排污单位均已在线监控污染物排放浓度,真实准确的在线监测数据是环境决策的重要基础。采用冷凝器除湿后测量干基烟气的在线仪器在进行监测时,脱硝过程产生的逃逸氨溶解于冷凝过程产生的液态水、吸收烟气中二氧化硫,会导致二氧化硫监测数据失真。同时,使用Nafion管除湿的在线仪器同样无法长期适用于含氨烟气的测量,氨会对Nafion管造成不可逆的损坏^[15],影响除湿效率。

2.2 相关生态环境标准和环境管理工作的需要

2.2.1 国外氨排放控制基本情况

污染源氨排放管控和治理对降低PM_{2.5}浓度、改善大气环境质量具有重要作用。欧美国于20世纪末启动开展氨排放控制和减排工作。1995年美国环境保护署发布《Control and Pollution Prevention Options for Ammonia Emissions》(EPA-456/R-95-002),对化肥、焦炭、化石燃料燃烧、畜牧业、氨制冷剂等行业氨排放进行了过程分析并提出一系列的减排控制技术和举措。1999年欧盟与北美签订了第一个氨减排国际公约——《哥德堡议定书》,规定到2010年公约签署国的氨排放量较1990年降低20%。2016年欧盟颁布了新的提案,制定了以2005年为基线的大气污染物减排目标,其中到2020年和2030年氨减排目标分别为6%和27%。2018年英国环境食品和农村事务部发布《Draft Clean Air Strategy》,提出以2005

年为基准，2020年氨排放下降8%，2023年下降16%的目标。

2.2.2 国内氨排放相关政策

2018年6月，中共中央、国务院印发《关于全面加强生态环境保护 坚决打好污染防治攻坚战的意见》，首次提出“开展大气氨排放控制试点”。同月，国务院印发《打赢蓝天保卫战三年行动计划》（国发〔2018〕22号），提出了通过提高农业资源利用率，减少化肥农药使用量等措施减少氨排放的规划并强调开展氨排放与控制技术研究，推动PM_{2.5}浓度和重污染天数明显减少。2021年11月，中共中央、国务院印发《关于深入打好污染防治攻坚战的意见》，明确到2025年，京津冀及周边地区大型规模化养殖场氨排放总量比2020年下降5%的减排计划。同年12月，生态环境部印发《“十四五”生态环境监测规划》，要求省会城市、计划单列市、大气污染防治重点区域和其他PM_{2.5}超标城市开展颗粒物组分监测，选择性开展氨、气溶胶垂直分布监测；深化大气遥感监测业务化运行，充分运用大气环境监测卫星等新型卫星，开展氨遥感监测。此外，根据《2022年国家生态环境监测方案》，京津冀及周边地区7个城市或地区已经开展环境空气氨试点监测。

2.2.3 固定污染源废气氨监测具有重要意义

近年来，我国环境空气质量持续改善，PM_{2.5}浓度显著降低，但仍是全球大气细颗粒物（PM_{2.5}）浓度水平较高的国家之一，与世界卫生组织的准则水平（年平均浓度5 μg/m³）仍有差距。我国PM_{2.5}浓度来源解析的复杂性仍然是一大难题，也未建立成熟的防控技术体系。固定污染源氨排放监测数据对氨减排和氨控制，以及PM_{2.5}等常规污染物的监测、控制和来源解析、生成机理研究具有重要意义。

人口密集的城市中非农业氨排放，特别是工业氨排放对PM_{2.5}的贡献明显，但在当前氨排放清单研究的研究中，往往仅考虑合成氨、氮肥、炼油、焦炭等行业的排放。随着火电、钢铁等重点行业超低排放改造工程的深入推进，脱硫脱硝过程产生的逃逸氨已不可忽视，部分点位氨排放浓度可达几百μmol/mol^[16]。

尽管我国近年来才开展氨减排工作，但实施氨监测的时间较早，在1993年发布的《恶臭污染物排放标准》（GB 14554-93）^[17]中就已对氨排放作出限制，规定了15 m~60 m不同排气筒高度下，氨的排放速率不超过4.9 kg/h~75 kg/h。除该标准外，我国现行的各工业行业大气污染物有组织排放标准中共有10项对氨排放浓度作出规定（见表1）。按照当下最新的执行要求，浓度限值范围为8 mg/m³~30 mg/m³。

除排放标准外，针对脱硝工程设计及运行方面产生的逃逸氨，我国还出台了一系列工程技术规范来控制氨逃逸浓度（见表2），如《火电厂烟气脱硝工程技术规范 选择性催化还原法》（HJ 562-2010）^[28]、《火电厂烟气脱硝工程技术规范 选择性非催化还原法》（HJ 563-2010）^[29]分别规定了火电厂烟气SCR和SNCR脱硝工程工艺设计逃逸氨浓度宜小于2.5 mg/m³、8 mg/m³；《火电厂污染防治可行技术指南》（HJ 2301-2017）^[30]及《工业锅炉污染防治可行技术指南》（HJ 1178-2021）^[31]，要求烟气SCR和SNCR脱硝工程逃逸氨控制要求分别为2.5 mg/m³和8 mg/m³，SNCR-SCR联合脱硝工艺氨逃逸控制要求为3.8 mg/m³。《氨法烟气脱硫工程通用技术规范》（HJ 2001-2018）^[32]中明确要求氨法脱硫工程工艺设计逃逸氨应低

于 3 mg/m³。

表 1 我国现行氨有组织排放标准

标准名称	标准号	工艺/排污环节	浓度 限值 (mg/m ³)	备注
制药工业大气污染物排放标准 ^[18]	GB 37823-2019	化学药品原料药制造、兽用药品原料药制造、生物药品制品制造、医药中间体生产和药物研发机构工艺废气	30	
			20	特别排放限值
橡胶制品工业污染物排放标准 ^[19]	GB 27632-2011	乳胶制品企业浸渍、配料工艺装置	10	
无机化学工业污染物排放标准 ^[20]	GB 31573-2015	除重金属无机化合物工业、卤素及其化合物工业外	20	
			10	特别排放限值
水泥工业大气污染物排放标准 ^[21]	GB 4915-2013	水泥窑及窑尾余热利用系统	10	
			8	特别排放限值
石灰、电石工业大气污染物排放标准 ^[22]	GB 41618-2022	石灰制造石灰窑、电石制造干燥窑（烟气处理采用氨、尿素等含氨物质）	8	
农药制造工业大气污染物排放标准 ^[23]	GB 39727-2020	化学原药制造、农药中间体制造和农药研发机构工艺废气；废水处理设施废气	30	
炼焦化学工业污染物排放标准 ^[24]	GB 16171-2012	冷鼓、库区焦油各类贮槽；脱硫再生塔；硫铵结晶干燥	30	
			10	特别排放限值
矿物棉工业大气污染物排放标准 ^[25]	GB 41617-2022	玻璃熔窑（烟气处理采用氨、尿素等含氨物质）	8	
		集棉室、固化室（使用氨水作为粘结剂的添加剂）	30	
合成树脂工业污染物排放标准 ^[26]	GB 31572-2015	氨基树脂、聚酰胺树脂、聚酰亚胺树脂合成	30	
			20	特别排放限值
玻璃工业大气污染物排放标准 ^[27]	GB 26453-2022	玻璃熔窑（烟气处理采用氨、尿素等含氨物质）	8	

表 2 工业氨逃逸控制要求

序号	标准名称	标准号	工程工艺	氨逃逸限值 (mg/m ³)
1	火电厂烟气脱硝工程技术规范 选择性催化还原法 ^[28]	HJ 562-2010	SCR	2.5
2	火电厂烟气脱硝工程技术规范 选择性非催化还原法 ^[29]	HJ 563-2010	SNCR	8
3	火电厂污染防治可行技术指南 ^[30]	HJ 2301-2017	SCR	2.5
			SNCR	8
			SNCR-SCR	3.8
4	工业锅炉污染防治可行技术指南 ^[31]	HJ 1178-2021	SCR	2.5
			SNCR	8
			SNCR-SCR	3.8
5	氨法烟气脱硫工程通用技术规范 ^[32]	HJ 2001-2018	氨法脱硫	3

排污单位开展自行监测，依法依规排放污染物，如实报告污染物排放情况，是必须履行的社会责任。目前水泥、钢铁炼焦、平板玻璃、橡胶塑料制造、制药等行业已经先后在行业自行监测技术指南中加入氨排放监测，最低监测频次以季度、半年或年为单位（见表 3）。为准确掌握我国工业氨排放情况，有效推动工业氨减排，助力大气 PM_{2.5} 浓度进一步改善，在重点行业率先开展废气氨监测具有重要意义。

表 3 部分行业氨自行监测技术指南

序号	标准名称	标准号	监测频次
1	排污单位自行监测技术指南 中药、 生物药品制品、化学药品制剂制造业 ^[33]	HJ 1256-2022	半年
2	排污单位自行监测技术指南 钢铁工业及炼焦化学工业 ^[34]	HJ 878-2017	半年
3	排污单位自行监测技术指南 橡胶和塑料制品 ^[35]	HJ 1207-2021	季度、半年或年
4	排污单位自行监测技术指南 平板玻璃工业 ^[36]	HJ 988-2018	半年
5	排污单位自行监测技术指南 水泥工业 ^[37]	HJ 848-2017	季度或半年

2.2.4 现行标准实施情况及不足

我国现行的涉及固定污染源废气氨的主要监测分析方法有《空气质量 氨的测定 离子选择电极法》（GB/T 14669-93）^[38]、《环境空气和废气 氨的测定 纳氏试剂分光光度法》（HJ 533-2009）^[39]、《固定污染源废气 氨和氯化氢的测定 便携式傅立叶变换红外光谱法》（HJ 1330-2023）^[40]三项（见表 4）。其中 GB/T 14669-93 和 HJ 533-2009 为手工分析方法，需要在现场采样后将样品带回实验室分析，得出样品中氨的浓度。手工方法对实验人员、运输过程和样品存储都有较高要求，吸收液容易受环境影响而变质，采样过程中气体易吸附或氧化从而影响测量准确性，且这些方法不能够实时、在线监测氨浓度。

仪器监测方法相对操作简单，维护便利，可以节约人力和时间，方法检出限相对较低，且可以保证数据连续性，实时监测污染物浓度变化，更适用于污染物排放管控和污染物预警工作。2023 年 12 月，我国发布首个废气氨仪器分析方法《固定污染源废气 氨和氯化氢的

测定 便携式傅立叶变换红外光谱法》(HJ 1330-2023)^[40],自 2024 年 7 月 1 日起实施;《固定污染源废气 氨的测定 便携式激光吸收光谱法》《固定污染源废气 氨的测定 便携式紫外吸收法》等两项仪器分析方法目前仍处于研究阶段。

2018 年至今,我国陆续开展氨排放监测与管控。2020 年 2 月,河南省生态环境厅印发《河南省 2020 年大气污染防治攻坚战实施方案》(豫环攻坚办〔2020〕7 号),明确提出“推进工业企业氨排放控制,完善氨逃逸监控,降低氨逃逸率;2020 年 10 月底前全省采用氨法脱硫脱硝的企业应在相应排放口加装氨监控设施,并与环保部门联网”。2024 年 1 月,生态环境部发布《关于推进实施水泥行业超低排放的意见》《关于推进实施焦化行业超低排放的意见》,两份文件中分别提出实施超低排放改造应在水泥窑及窑尾余热利用系统/焦炉烟囪(含热备烟囪)增加氨污染因子监测。

随着废气氨排放管控的深入开展,具有便携测量、快速响应、连续灵敏、适用性广、抗干扰能力强等特点的便携式氨排放测量仪在各行业氨排放监测、环境监管执法、仪器比对等工作中得到广泛应用。然而我国目前尚未出台废气氨排放监测仪器技术要求相关标准,缺少相关便携仪器技术性能要求的评价依据,无法有效规范市场仪器性能,保障监测数据质量。尽快出台固定污染源废气氨便携测量仪器技术标准,可以有效规范仪器的技术性能和功能质量,指导固定污染源废气氨便携测量仪器的设计生产,保障氨排放的现场快速监测,为相关排放标准实施及环境监管执法工作提供支撑;同时,还可以填补我国相关仪器标准空白,助力健全现代化生态环境监测标准体系。

表 4 我国固定污染源有组织废气氨主要监测分析方法

序号	标准名称	标准号	适用范围
1	空气质量 氨的测定 离子选择电极法 ^[38]	GB/T 14669-1993	工业废气中的氨
2	环境空气和废气 氨的测定 纳氏试剂分光光度法 ^[39]	HJ 533-2009	环境空气中氨的测定,也适用于制药、化工、炼焦等工业行业废气中氨的测定
3	固定污染源废气 氨和氯化氢的测定 便携式傅立叶变换红外光谱法 ^[40]	HJ 1330-2023	固定污染源废气中的氨

2.3 标准合法合规性分析

根据《中华人民共和国环境保护法》第十七条的规定,监测机构应当使用符合国家标准的监测设备,遵守监测规范;《中华人民共和国大气污染防治法》第二十三条规定,国务院环境保护主管部门负责制订大气环境质量和大气污染源的监测和评价规范,组织开展大气环境质量和大气污染源监测。上述法律要求为固定污染源废气氨监测所需相关仪器标准的制修订工作提供了根本性的法律依据和明确的法律支撑。本标准可以作为环境监测设备商设计、生产固定污染源废气氨便携式测量仪器的参考技术依据和检验检测机构开展固定污染源废气氨便携式测量仪器性能指标检测的技术依据。

《生态环境监测条例》第九条规定,国家鼓励、支持生态环境监测先进技术和装备的研究、开发和应用;第二十二条规定,开展自行监测应当使用符合国家标准和规范的监测设备,

并对监测设备进行经常性维护、保养和定期检定、校准，保证监测设备正常运行。目前，我国尚未出台固定污染源废气氨便携式测量仪器技术要求相关国家标准，本标准可填补相关标准空白。

3 固定污染源废气氨分析监测技术及国内外相关仪器标准研究

3.1 固定污染源废气氨分析监测技术

当前国内外氨的仪器监测主要以光学方法为主，包括：傅立叶变换红外光谱法（FTIR）、紫外差分吸收光谱法（DOAS）、可调谐激光吸收光谱法（TDLAS）、气体滤波相关红外法（GFC-NDIR）、化学发光法、光腔衰荡法、离轴积分腔输出光谱法、光声光谱法等。其中，傅立叶变换红外光谱法、紫外差分吸收光谱法和可调谐激光吸收光谱法在固定污染源废气氨的监测中技术最为成熟，是固定污染源废气氨便携式测量仪的主流技术原理。气体滤波相关红外法、化学发光法在固定污染源废气氨连续自动监测系统中有相关记录。光腔衰荡法、离轴积分腔输出光谱法、光声光谱法测量精度高，设备成本较高，运行维护操作较复杂，多用于环境空气中氨的测定。上述技术原理介绍如下：

1) 傅立叶变换红外光谱法：利用迈克尔逊的光干涉原理，得到干涉光。干涉光通过分束器后进入样品池，通过样品后含有样品信息的干涉光到达检测器，然后通过傅立叶变换对信号进行处理，最终得到透过率或吸光度随波数或波长的红外吸收光谱图，并与氨标准图谱相比较，对氨进行定量和定性分析。

2) 紫外差分吸收光谱法：紫外差分吸收光谱技术，其光学平台由光源、气体室、光纤和光谱仪等光学组件构成。光源发出的紫外光经光学视窗进入气体室，被流经气体室的被测样气所吸收，携带被测样气吸收信息的光经透镜汇聚后耦入光纤，经光纤传送入光谱仪进行分光、光电转换，得到气体的吸收光谱并计算出吸光度。吸光度由随波长快变化（特征气体吸收）和随波长慢变化（粒子散射等因素消光和特征气体吸收）两部分组成，吸收中随波长快变化的部分只与特征气体吸收有关，通过差分吸收算法，计算出气体中相关组分的浓度。氨在紫外 190 nm~220 nm 有很强的特征吸收，紫外差分吸收光谱技术可用于对氨进行定量和定性分析。

3) 可调谐激光吸收光谱法：可调谐半导体激光器发射出特征波长的激光在穿过被测气体时被选频吸收，导致激光强度产生衰减。氨对可调谐半导体激光器发出的特征波长激光具有选择性吸收，根据朗伯—比尔定律通过检测激光强度衰减信息获得待测气体的浓度。

4) 气体滤波相关红外法：基于非分散红外技术，利用氨在红外的吸收特性进行测量，分析仪内配置一旋转轮，旋转轮上加装滤光性能相关的测量滤镜和参考滤镜，红外光交替通过测量滤镜和参考滤镜进入测量气室再被检测器接收。红外光经过参考滤镜时，吸收达到饱和，氨的红外光谱几乎完全吸收，通过比较氨测量滤镜和参考滤镜位置的光吸收强度，根据朗伯—比尔定律可以定量计算出氨浓度。也可通过加装封装高浓度氨标气的方式代替参考滤镜。

5) 化学发光法：利用氨与一氧化氮之间的转换反应，使用化学发光法测量一氧化氮从而间接测量氨的浓度。一般而言，转换方式有两种，一种是氨与氮氧化物及氧气发生反应，生成氮气，反应中消耗了废气中的氮氧化物，即 $\text{NO} + \text{NH}_3 + 1/4\text{O}_2 \rightarrow \text{N}_2 + 3/2\text{H}_2\text{O}$ ；另一种是氨

与废气中的氧发生反应，将氨转换为氮氧化物，使氮氧化物浓度增加，即 $\text{NH}_3 + 5/4\text{O}_2 \rightarrow \text{NO} + 3/2\text{H}_2\text{O}$ 。化学发光法一般设置双测量通道，一条装有催化剂将氨进行转换，另一条不加装催化剂，直接测量一氧化氮，通过两通道测量结果的不同，计算一氧化氮减少或增加的值得到废气中氨的浓度。但氨转换过程中可能出现废气中二氧化氮参与氨转换反应或氨被进一步转换成二氧化氮的情况，因此使用化学发光法测量时，还需配置二氧化氮转换器。此外，氨催化转换为其他物质间接测量的方式并非局限于与化学发光法搭配，也可搭配非分散紫外法对氨进行测量。

6) 光腔衰荡法：光腔衰荡法是基于密闭腔内激光强度的衰减和时间的关系完成氨的定量。一台典型的光腔衰荡光谱装置包含激光光源和构成谐振腔的高反射率反射镜。当激光和谐振腔的模式共振时，腔内光强会因相长干涉迅速增强。迅速切断激光，从腔中逸出光强呈指数衰减。在衰减中，光在反射镜间被来回反射了成千上万次，由此带来了几到几十公里的有效吸收光程。吸光物质被放置在谐振腔内时，腔内光子的平均寿命会因被吸收而减少，通过测量光强衰减为之前强度的 $1/e$ 所需要的时间，即“衰荡时间”，可以计算腔内吸光物质的浓度。

7) 离轴积分腔输出光谱法：离轴积分腔输出光谱法类似于光腔衰荡法，但该技术方法是直接通过测量腔的透射光强信号来分析计算腔内介质的吸收光谱，即以氨的吸收强度来完成定量。

8) 光声光谱法：光声池内的气体分子吸收入射光能被激发到高能态，通过自发辐射跃迁与无辐射跃迁回到低能态。在后一个过程中，能量转化为气体分子的平动和转动动能，导致气体温度升高。在气体体积一定的条件下，温度升高，气体压力会增大。如果对入射光进行调制，光声池内的气体温度便会呈现与调制频率相同的变化，进而导致压强的变化，当调制频率在声频范围内时，便产生光声信号，实现气体的测量。

3.2 国外固定污染源废气氨便携式测量仪器相关标准

为进一步了解国际方面对于固定污染源废气氨便携式测量仪器技术要求、性能技术指标等规定，标准编制组调研了国际标准化组织、欧洲标准化委员会、美国、日本等国际组织或发达国家现行的相关仪器标准，形成有关调研结果如下：

美国联邦法典 40 号第 60 部分新固定污染源性能标准（40 CFR PART 60 Standards of performance for new stationary sources）附录 A 中列出了固定污染源常见气态污染物（ SO_2 、 NO_x 、 CO 、 HCl 等）的仪器测量方法，作为执行固定污染源排放污染物的监督性监测、检验连续排放监测系统性能等的参比方法，在方法中规定了仪器的技术指标，但未明确提出废气氨的仪器测量方法和性能指标。

欧盟发布的《Air quality - Assessment of air quality monitoring equipment - Part 4: Performance criteria and test procedures for portable automated measuring systems for periodic measurements of emissions from stationary sources》（EN 15267-4:2023）^[41]对固定污染源废气便携式测量仪器的性能指标和检测方法提出了系列要求，适用于 SO_2 、 NO_x 、 CO 、 HCl 、 NH_3 等一系列污染物。检测分为实验室和现场两部分。实验室检测中主要考察响应时间、重复性、

漂移、线性误差，环境温度变化、电压变化、负载误差、干扰成分的影响。现场检测中主要考察响应时间、漂移、再现性。

国际标准化组织针对固定污染源废气氨在线监测系统出台的标准为《Stationary source emissions — Determination of the mass concentration of ammonia in flue gas — Performance characteristics of automated measuring systems》（ISO 17179:2016）^[42]，主要技术指标包括：响应时间、重复性、线性、24 小时零点和量程漂移、长期漂移，样气压力变化、环境温度变化、电压变化、干扰成分的影响以及采样损失、光束偏移（原位测量方式）等。

日本产业标准《Automated measuring systems for flue gas using non-extractive methods》（JIS B7993）^[43]中提出了响应时间、24 小时零点和量程漂移、重复性、示值误差、干扰成分、电压变化影响等性能指标。该标准仅适用于直接测量方式的废气氨测量方法。

3.3 国内固定污染源废气氨便携式测量仪器相关标准

目前，国内暂未发布关于固定污染源废气氨便携式测量仪器的国家或行业标准。我国现行行业标准中，适用于燃煤电厂、钢铁、水泥、有色金属冶炼等工业排放源在线监测仪器的《固定污染源烟气(二氧化硫和氮氧化物)便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）^[47]，对固定污染源光学法便携式测量仪器提出了系统性的功能技术要求及检测方法，针对对象主要是二氧化硫、氮氧化物，包括实验室和现场检测两部分，实验室检测中主要考察响应时间、重复性、漂移、线性误差，环境温度变化、电压变化、负载误差、干扰成分的影响等，现场检测中主要考察仪器测量正确度。此外，《固定污染源废气 氨和氯化氢的测定 便携式傅立叶变换红外光谱法》（HJ 1330-2023）^[40]中对方法所使用仪器设备的示值误差、系统偏差、零点和量程漂移等性能指标作出规定。

上海市环境科学学会发布了《固定污染源废气 氨的测定 便携式可调谐激光吸收光谱法》（T/SSESB 10-2024）^[44]，规定了方法所使用仪器设备的示值误差、零点和量程漂移。中环协（北京）认证中心为规范废气氨在线监测系统认证工作，发布了《固定污染源氨气在线监测仪》（RJGF 005-2021）^[45]技术规范，针对氨分析仪提出了响应时间、重复性、示值误差、24 小时零点和量程漂移、环境温度变化影响、干扰成分影响、振动影响等技术指标要求及检测方法。河南省制定了地标《固定污染源废气氨排放连续监测技术规范》（DB41/T 2199-2021）^[46]。该标准提出了 24 小时零点和量程漂移、示值误差、系统响应时间和正确度等氨监测单元的验收技术指标。

表5 国内外固定污染源废气氨便携式测量仪器相关仪器标准

指标名称	欧洲标准化委员会 EN 15267-4:2023 ^[41]	国家行业标准 HJ 1045-2019 ^[47]	国家行业标准 HJ 1330-2023 ^[40]	国际标准化组织 ISO 17179:2016 ^[42]	日本产业标准 JIS B7993-2019 ^[43]	中环协 RJGF 005-2021 ^[45]	河南省地标 DB/T 2199-2021 ^[46]	上海环境科学学会 T/SSESB 10-2024 ^[44]
干扰物质影响	≤4.0% F.S.	±5% F.S.	/	≤4.0% F.S.	≤2.0% F.S.	±2.0% F.S.	/	/
响应时间	≤400 s	≤120 s	/	≤400 s	/	≤120 s	≤200 s	/
示值误差	≤2.0% F.S.	±2% F.S.	>60 μmol/mol 时, 相对误差±5%; ≤ 60 μmol/mol 时, 绝对误差±3	±2.0% F.S.	≤3.0% F.S.	±2.0% F.S.	≥30 μmol/mol 时, ±5.0%标称值; <30 μmol/mol 时, ±2.5%F.S.	≤40 μmol/mol 时, 绝对误差±2 μmol/mol; >40 μmol/mol 时,
零点和量程漂移	≤2.0% F.S.	±2% F.S.	>60 μmol/mol 时, 相对偏差±5%; ≤ 60 μmol/mol 时, 绝对偏差±3	±2.0% F.S.	≤3.0% F.S.	±2.0% F.S.	±2.5% F.S.	±3.0% F.S.
环境温度变化的影响	≤5.0% F.S.	±5% F.S.	/	±3.0% F.S.		±5.0% F.S.	/	/
样气压力变化的影响 (负载误差)	≤2.0% F.S.	≤5% F.S.	/	±3.0% F.S.	/	/	/	/
进样流量变化的影响	≤2.0% F.S.	/	/	/	/	/	/	/
电压变化的影响	≤2.0% F.S.	±2% F.S.	/	±2.0% F.S.	≤2.0% F.S.	/	/	/
重复性	≤2.0% F.S.	≤2% F.S.	/	≤2.0% F.S.	≤3.0% F.S.	≤2.0%	/	/
检出限	≤3.3% F.S.	≤1% F.S.	1 mg/m ³ (方法)	/	/	/	/	/
正确度/准确度	/	见注 2	/	/	/	/	见注 3	/

注：1.F.S.表示满量程。

2.当参比方法测量烟气中二氧化硫、氮氧化物排放浓度的平均值：

a) ≥250 μmol/mol 时，参比方法比对测试相对准确度：≤15%；

b) $\geq 50 \mu\text{mol/mol} \sim < 250 \mu\text{mol/mol}$ 时, 参比方法比对测试数据之差的平均值的绝对值: $\leq 20 \mu\text{mol/mol}$;

c) $\geq 20 \mu\text{mol/mol} \sim < 50 \mu\text{mol/mol}$ 时, 参比方法比对测试结果相对误差平均值的绝对值: $\leq 30\%$;

d) $< 20 \mu\text{mol/mol}$ 时, 参比方法比对测试数据对之差的平均值的绝对值: $\leq 6 \mu\text{mol/mol}$ 。

3. 当参比方法排放浓度的平均值:

a) $< 10 \mu\text{mol/mol}$ 时, 绝对误差 $\pm 3 \mu\text{mol/mol}$;

b) $\geq 10 \mu\text{mol/mol} \sim < 50 \mu\text{mol/mol}$ 时, 相对误差 $\pm 30\%$;

c) $\geq 50 \mu\text{mol/mol}$ 时, 相对准确度 $\leq 15\%$ 。

4 标准制订的基本原则和技术路线

4.1 标准制订的基本原则

本次标准制订以科学性、先进性和可操作性为原则，根据《关于开展大气氨相关监测标准研究的函》，按照《生态环境标准管理办法》（生态环境部令（2020）17号）、《国家生态环境监测标准预研究项目管理办法（试行）》的有关规定，在我国现有标准、规范的基础上，编制本标准。标准制订的基本原则如下：

主要功能、指标体现现有技术水平的科学性、先进性，满足相关生态环境标准和生态环境管理工作的要求。

检测方法科学、具有可操作性和普遍适用性，易于推广。

为开展固定污染源废气氨便携式测量仪器选型提供技术支撑。

引导仪器生产厂商对仪器性能和功能提升与改进。

4.2 标准制定的主要技术内容和依据

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、引导语等遵循《国家环境保护标准编制出版技术指南》（HJ 565-2010）^[48]中的有关规定，本标准内容重点参考《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）^[47]，具体的技术要素与依据如下：

1) 适用范围

在查阅国内外废气氨便携式测量仪器的技术资料，调查固定污染源便携式测量仪器应用情况，结合生态环境部门管理需求，研究比较国内外固定污染源废气氨便携式测量仪器相关标准的基础上，确定的适用范围。本标准规定了固定污染源废气氨便携式测量仪器的组成结构、技术要求、性能指标和检测方法，适用于固定污染源废气氨便携式测量仪器的检测，该类仪器的设计、生产可参照使用。

2) 系统的组成和结构

目前，固定污染源废气氨便携式测量仪器主要包括傅立叶变换红外光谱法、紫外差分吸收光谱法、可调谐激光吸收光谱法等。各种技术原理具有不同的技术特点和应用特性，本着促进监测技术进步，引领技术创新，提高标准适用性的原则，本标准中规定的固定污染源废气氨便携式测量仪器组成和结构涵盖上述主流监测技术原理。

3) 技术要求

从外观要求、工作条件要求、安全要求和功能要求四个方面进行规范，重点参考了《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）^[47]。氨极易溶于水，绝大部分监测仪器的采样方式为热湿法，即样气进样过程全程高温伴热，没有除湿装置，因此标准中预处理装置功能要求部分没有对除湿装置提出要求。部分仪器会在氨测量单元后，含氧量测量单元前添加除湿装置，直接测定含氧量干基值，对此类除湿装置直接引用 HJ 1045 中 5.4.2 的相关技术要求。此外，围绕管理需求和仪器特性及当前应用现状，增加了北斗定位及网

络授时记录、操作日志记录、数据实时上传等功能要求。

4) 性能指标与检测方法

性能指标与检测方法的制定主要参考《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）^[47]。同时参考国外标准如《Air quality - Assessment of air quality monitoring equipment - Part 4: Performance criteria and test procedures for portable automated measuring systems for periodic measurements of emissions from stationary sources》（EN 15267-4:2023）^[41]及《Stationary source emissions — Determination of the mass concentration of ammonia in flue gas — Performance characteristics of automated measuring systems》（ISO 17179:2016）^[42]相关规定。通过对多个型号产品开展验证测试，检验方法的可操作性，综合标准验证测试结果，制定各性能指标要求。

4.3 标准制定的技术路线

1) 确定开展固定污染源废气氨便携式测量仪器标准研究的可行性

梳理固定污染源废气氨排放标准、主要监测方法标准，分析我国固定污染源废气氨监测管理现状和需求；调研国内外固定污染源废气氨仪器监测分析方法，对各监测分析方法的适用性进行研究；开展国内外废气氨便携式测量仪器相关标准调研，对重要标准在组成结构、技术要求、主要性能指标及检测方法方面的规定进行整理归纳；调查当前国内外废气氨便携式测量仪器生产技术水平，确定开展固定污染源废气氨便携式测量仪器技术要求与检测方法标准研究的可行性。

2) 征集验证测试仪器，开展仪器选型

根据前期调研结果，在充分摸底仪器设备市场情况的基础上，开展验证测试仪器征集工作，根据报名结果进行仪器选型。在仪器选型中重点考虑有一定仪器设备研发基础和较高仪器技术水平、具有较高市场占有率的设备，统筹考虑各主流监测技术。同时，为引导国内废气氨监测仪器技术进步、制定符合我国环境管理实际和环境监测仪器技术实际的标准，重点筛选并纳入成熟国产设备。

3) 制定验证测试方案，组织开展验证测试

根据前期调研结果，确定水泥、焦化等亟需开展废气氨在线监测工作的行业，积极协调目标行业验证测试场地。结合现场氨排放实际和实验室性能指标要求，制定各场地现场验证和实验室验证测试方案。先后在水泥和焦化行业排放口组织开展了9个型号仪器（含参比仪器，每型号1台）的现场验证测试工作，并于总站昌平兴寿实验室开展了8个型号仪器（每型号2台）性能指标的实验室验证测试研究工作。仪器方法原理包括傅立叶变换红外光谱法、可调谐激光光谱法、紫外差分吸收光谱法，覆盖目前市场上固定污染源废气氨便携式测量仪器的主要分析测试原理。

4) 梳理验证测试结果

梳理验证测试数据，根据验证结果编写验证报告、完善标准文本及编制说明。

具体标准制定技术路线见图1。

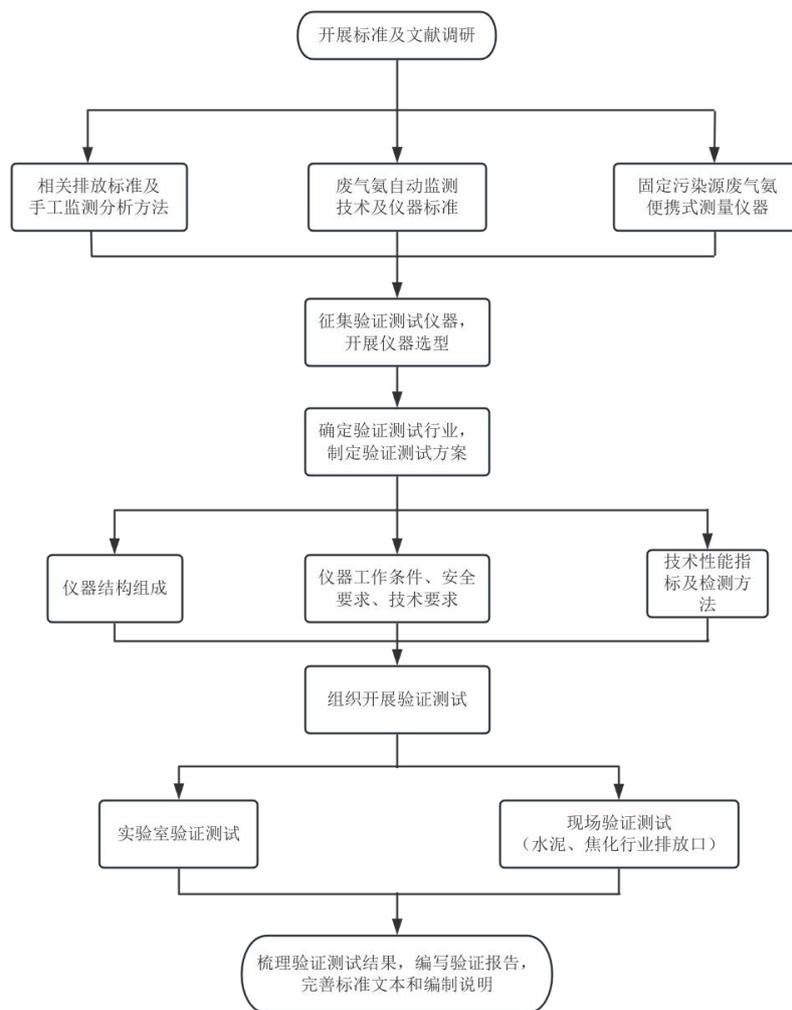


图1 标准制订的技术路线图

5 标准主要技术内容

5.1 标准主要内容

本标准主要包括适用范围、规范性引用文件、术语和定义、仪器的组成和结构、技术要求、性能指标、检测方法与要求、质量保证、检测项目及附录等。固定污染源废气氨便携式测量仪器的组成结构、测量原理等与固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式光学法测量仪器较为相似，本标准主要内容参考《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）^[47]编写。

（1）适用范围：规定了固定污染源废气氨便携式测量仪器的组成和结构、技术要求、性能指标和检测方法，适用于固定污染源废气氨便携式测量仪器的检测，该类仪器的设计、生产可参照使用。

（2）规范性引用文件：明确了编制本标准所依据的标准规范。

(3) 术语和定义：明确了本标准中的术语和定义。

(4) 仪器结构和组成：明确了固定污染源废气氨便携式测量仪器的结构和组成。

(5) 技术要求：明确了固定污染源废气氨便携式测量仪器的外观要求、工作条件、安全要求、功能要求等。

(6) 性能指标：规定了固定污染源废气氨便携式测量仪器的性能指标及指标技术要求。

(7) 检测方法与要求：规定了固定污染源废气氨便携式测量仪器的检测要求、检测条件及各性能指标的具体检测方法和检测结果计算方法。

(8) 质量保证：明确了固定污染源废气氨便携式测量仪器的检测质量保证。

(9) 附录：包括A、B、C共3个附录，附录A为规范性附录，规定了固定污染源废气氨便携式测量仪器数据采集记录和处理要求；附录B为资料性附录，列举了极限误差的计算参数；附录C为资料性附录，列举了固定污染源废气氨便携式测量仪器各性能指标检测原始记录表。

5.2 标准主要内容说明

5.2.1 适用范围

本标准规定了固定污染源废气氨便携式测量仪器的组成和结构、技术要求、性能指标和检测方法。本标准适用于固定污染源废气氨便携式测量仪器的检测，该类仪器的设计、生产可参照使用。

5.2.2 规范性引用文件

本标准引用文件为《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）、《固定污染源烟气（SO₂、NO_x、颗粒物）排放连续监测技术规范》（HJ 75）、《固定源废气监测技术规范》（HJ/T 397）、《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045）、《固定污染源废气 氨和氯化氢的测定 便携式傅立叶变换红外光谱法》（HJ 1330）、《排污单位污染物排放口监测点位设置技术规范》（HJ 1405）。

5.2.3 术语和定义

本标准规定了满量程、响应时间、零点漂移、量程漂移、平行性、参比方法、标准状态及相对误差的95%置信上限共8个术语和定义，内容参考《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）^[47]，在其基础上进一步完善确定。

5.2.4 仪器的组成和结构

5.2.4.1 仪器组成

目前废气氨便携式测量仪的主要监测技术原理为傅立叶变换红外光谱法、紫外差分吸收光谱法和可调谐激光吸收光谱法等，与二氧化硫、氮氧化物等常规废气污染物排放监测分析原理基本一致，其仪器组成也与常规固定污染源废气便携式测量仪类似。参照《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）^[47]，规定仪器由氨监测单元（废气氨浓度）、废气参数监测单元（含湿量、含氧量等）、数据采集与处理单元（显示、存

储、输出、打印监测数据及参数)组成。

5.2.4.2 仪器结构

规定废气氨便携式测量仪的结构包括样品采集和输送装置、样品预处理装置、分析仪、数据采集和传输装置等。依据测量方式和原理的不同,仪器由上述全部或部分装置组成。参考《固定污染源烟气(二氧化硫和氮氧化物)便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》(HJ 1045-2019)^[47]中的仪器结构规定,具体如下。

规定样品采集和输送装置主要包括采样设备(采样管)、样品传输管线、流量控制设备和采样泵等;样品采集和输送装置的材质和安装应不影响仪器测量。一般采用抽取测量方式的便携式测量仪均具备样品采集和输送装置,与《固定污染源烟气(二氧化硫和氮氧化物)便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》(HJ 1045-2019)^[47]一致。

规定样品预处理装置主要包括样品过滤设备等,预处理设备的材料和安装应不影响测量。氨气极易溶于水,废气氨便携式测量仪均采用“热湿”测量方式,样气进入氨分析仪前不进行除湿处理,仪器不会在样气进入氨分析仪前的气路中配置除湿设备,因此在本标准删除了HJ 1045-2019中预处理设备包括除湿设备的规定。同时,考虑到部分仪器会在氨分析仪后,含氧量分析仪前配备除湿设备,在样品预处理装置要求中直接引用了HJ 1045中的相关技术要求。

规定分析仪用于对采集的样气进行测量分析,包括光学组件、电气组件、测量池、检测器等。与《固定污染源烟气(二氧化硫和氮氧化物)便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》(HJ 1045-2019)^[47]一致。

规定数据采集和处理装置用于采集、计算、处理、传输、存储测量数据和仪器设备的状态信息,与《固定污染源烟气(二氧化硫和氮氧化物)便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》(HJ 1045-2019)^[47]一致。

上述在《固定污染源烟气(二氧化硫和氮氧化物)便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》(HJ 1045-2019)^[47]基础上进行修改完善的内容均符合仪器设备实际。

5.2.5 功能要求

5.2.5.1 外观要求

参考《固定污染源烟气(二氧化硫和氮氧化物)便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》(HJ 1045-2019)^[47]中5.1的外观要求,增加了铭牌信息中应包含仪器量程要求。

5.2.5.2 工作条件

参考《固定污染源烟气(二氧化硫和氮氧化物)便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》(HJ 1045-2019)^[47]中5.2的工作条件要求,包括温度、湿度、大气压、供电电源等方面的规定。对于低温、低压等环境,注明“低温、低气压等特殊环境条件下,仪器的配置应满足当地环境条件的使用要求,在环境温度较低时,可通过内置电加热装置等方式保证仪器正常运行。”

5.2.5.3 安全要求

参考《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）^[47]中 5.3 的安全要求，包括绝缘电阻、绝缘强度、漏电保护等规定，并注明“仪器在石化、化工等行业使用时，应满足其安全要求。”

5.2.5.4 功能要求

5.2.5.4.1 样品采集和输送装置要求

主要参考《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）^[47]对样品采集和输送装置的功能要求作出规定。

本标准规定样品采集装置和伴热管线的加热温度一般应在 180 °C 以上，且应高于废气露点温度 10 °C 以上，氨气粘附性强，可以与氮氧化物、二氧化硫、三氧化硫等发生酸碱中和反应生成铵盐结晶，附着于仪器内部导致采样损失并影响使用寿命。酸碱中和反应一般为放热反应，提高样品采集和输送装置的加热温度将能够抑制上述化学反应的发生。伴热管线的内部管路材质常见为 PTFE（聚四氟乙烯）、PFA（含少量全氟丙基全氟乙氧基醚与聚四氟乙烯聚合物）及不锈钢，特别是伴热管线较长时往往采用 PTFE、PFA 材质，此类材料的最高使用温度一般不超过 200 °C。虽然随着技术的发展，部分 PTFE、PFA 产品的最高使用温度已经突破 200 °C，但考虑此类材质在高温下长期使用可能导致寿命减少以及高温加热的能耗问题，本标准中规定样品采集装置和伴热管线的加热温度在 180 °C 以上，与《Stationary source emissions — Determination of the mass concentration of ammonia in flue gas — Performance characteristics of automated measuring systems》（ISO 17179:2016）^[42]中相关规定一致。

本标准中规定的其他关于样品采集和输送装置的功能要求，主要参考《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）^[47]中 5.4.1 作出规定。

5.2.5.4.2 预处理设备要求

主要参考《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）^[47]，对预处理装置的材质和颗粒物过滤功能做出了要求。对于在含氧量分析仪前配备除湿设备的仪器，除湿设备要求直接引用 HJ 1045 中 5.4.2 部分。

5.2.5.4.3 校准功能要求

主要参考《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）^[47]中 5.4.3 对仪器校准功能作出规定。

5.2.5.4.4 气密性要求

主要参考《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）^[47]对仪器气密性的要求作出规定，具体检测方法直接引用 HJ 1045 中检测方法。

5.2.5.4.5 数据采集和处理单元要求

主要参考《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）^[47]对数据采集和处理单元的要求，在此基础上，依据当下环境管理需求和仪器应用现状，增加了北斗系统实时定位记录、操作日志记录、数据实时上传等功能要求。

针对便携监测仪器的可移动性和短时间内连续监测的特点，增加仪器定位记录要求，规定仪器应具有北斗系统定位及网络授时功能，能够实时采集仪器所在位置的经纬度信息，在“数据采集记录和处理软件”中实时显示，并可记录、查询和输出。

本标准中规定的其他关于数据采集和处理单元的要求，主要参考《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）^[47]中 5.4.5 作出规定。

5.2.6 性能指标及检测方法

5.2.6.1 实验室检测指标、方法与要求

5.2.6.1.1 一般要求

本标准中主要参考《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）^[47]实验室检测“7.1.1 一般要求”及现场检测“7.2.1 一般要求”作出规定，明确“性能指标检测均应在全系统校准下进行，各性能指标检测数据均应采用数据采集与处理单元存储记录的最终结果”，规定氨监测单元检测量程最大值为 150 $\mu\text{mol/mol}$ 。

5.2.6.1.2 标准物质与检测使用的仪器设备要求

规定零点气体（零气）为纯度 $\geq 99.999\%$ 的氮气或不干扰测定的洁净空气，其中氨含量不应超过满量程的 1.0%，含有其他气体的浓度不得干扰仪器的读数。零气中氨含量规定主要参考《Stationary source emissions — Determination of the mass concentration of ammonia in flue gas — Performance characteristics of automated measuring systems》（ISO 17179:2016）^[42]附录 D。

根据氨分析测量原理的不同，规定标准气体为市售有证标准气体，不确定度不超过 $\pm 2.0\%$ 。量程校准气体指浓度在（80%~100%）满量程范围内的标准气体。较低浓度的标准气体如不能满足不确定度要求，可以使用满足要求的高浓度标准气体采用稀释配气的方式获得。稀释配气装置要求引用《固定污染源废气 氨和氯化氢的测定 便携式傅立叶变换红外光谱法》（HJ 1330-2023）^[40]中 6.3 要求。

检测使用的仪器设备要求参考《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）^[47]，根据检测实际情况进一步确定完善。

5.2.6.2 氨监测单元性能指标技术要求及检测方法

仪器应能够实现氨浓度监测、含氧量监测、含湿量监测，针对以上不同监测模块，本标准将检测方法划分为氨监测单元、含氧量监测单元和含湿量监测单元。

5.2.6.2.1 最低检出限

最低检出限是指用特定方法能够检出被分析物质的最低浓度，是反映仪器检测能力和测量灵敏度的重要指标，一般为仪器零点噪声（零点测量值标准偏差）的2~3倍。参照《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）7.1.4.1中的规定，具体检测方法如下：

待测仪器运行稳定后，将零点气体通入分析仪器，每30 s记录该时间段数据的平均值 r_i （记为1个数据），获得至少25个数据。按公式（1）计算待测仪器的最低检出限。

$$IDL = 2.5 \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (1)$$

式中： IDL ——待测仪器最低检出限，%；

\bar{r} ——待测仪器测量值的平均值， $\mu\text{mol/mol}$ （ mg/m^3 ）；

r_i ——待测仪器第 i 次测量值， $\mu\text{mol/mol}$ （ mg/m^3 ）；

i ——记录数据的序号（ $i=1\sim n$ ）；

n ——记录数据的总个数（ $n\geq 25$ ）。

按照上述方法，对8个型号，16台套仪器开展最低检出限验证测试，测试结果如表6所示。

表6 最低检出限验证结果汇总表

型号	测试量程（ mg/m^3 ）	最低检出限（ mg/m^3 ）	
		仪器1	仪器2
型号A	0-114	0.10	0.08
型号B	0-114	0.17	0.10
型号C	0-114	0.02	0.11
型号D	0-114	0.44	0.23
型号E	0-114	0.51	0.15
型号F	0-114	0.01	0.01
型号G	0-114	0.05	0.04
型号H	0-100	0.02	0.14
指标设置		1 mg/m^3	

为确保仪器能够满足环境管理和监测的需求，一般要求仪器检出限低于测试浓度的1/10。我国现行大气污染物有组织排放标准中氨排放浓度限值范围一般为8 mg/m^3 ~30 mg/m^3 。《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）^[47]中最低检出限的指标要求为不超过满量程的1%。以满量程的相对值作为指标计算方法可以有效统一不同量程的指标要求，但如果仪器的检测量程较大，可能会出现最低检出限指标要求较为宽松的情况。根据前期调研情况，不同行业、不同处理工艺流程下的固定源废气氨排放浓度范围变化较大，

一般在 $n \times (10^0 \sim 10^2) \text{ mg/m}^3$ ($0 < n < 10$) 之间, 为保证仪器最低检出限满足环境管理的要求, 本标准中使用绝对值对最低检出限指标进行规定。结合环境管理需求和验证实验数据结果, 规定最低检出限 $\leq 1 \text{ mg/m}^3$ 。仪器验证测试结果范围为 $0.01 \text{ mg/m}^3 \sim 0.51 \text{ mg/m}^3$, 均符合拟定指标要求, 指标通过率为 100%。

5.2.6.2.2 响应时间

响应时间是评估仪器能否快速准确响应污染浓度的性能指标, 用于表征仪器测量速度的快慢。本标准参考《固定污染源烟气(二氧化硫和氮氧化物)便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》(HJ 1045-2019)^[47]7.1.4.2 中的规定, 将响应时间分为上升响应时间和下降响应时间, 具体检测方法如下:

待测仪器运行稳定后, 按照仪器设定采样流量通入零点气体, 待读数稳定后按照相同流量通入量程校准气体, 同时用秒表开始计时, 当待测仪器显示值上升至标准气体浓度标称值90%时, 停止计时; 记录所用时间为待测仪器的上升时间。待量程校准气体测量读数稳定后, 按照相同流量通入零点气体, 同时用秒表开始计时, 当待测仪器显示值下降至量程校准气体浓度标称值的10%时, 停止计时; 记录所用时间为待测仪器的下降时间。上升时间和下降时间每天各测试1次, 重复测试3天, 平均值为待测仪器的响应时间。

表 7 响应时间验证结果汇总表

仪器编号	测试量程 (mg/m^3)	上升响应时间 (s)	下降响应时间 (s)
A-1	0-114	41	17
A-2	0-114	44	18
B-1	0-114	230	116
B-2	0-114	220	123
C-1	0-114	15	15
C-2	0-114	15	15
D-1	0-114	33	29
D-2	0-114	33	32
E-1	0-114	45	37
E-2	0-114	35	40
F-1	0-114	39	50
F-2	0-114	37	50
G-1	0-114	48	57
G-2	0-114	23	40
H-1	0-100	33	26
H-2	0-100	18	18
指标设置		120 s	

便携仪器一般采样管线不长, 因此一般样品气体的传输时间影响不大。按照上述方法本标准验证测试工作中共对 8 个型号固定污染源废气氨便携式测量仪器开展了响应时间测试, 测试结果如表 7 所示, 除 B 型号仪器响应时间较长外, 其他型号测量结果分布在 $15 \text{ s} \sim 57 \text{ s}$ 。参考《固定污染源烟气(二氧化硫和氮氧化物)便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》(HJ 1045-2019)^[47]

中的规定，将响应时间的技术要求规定为“≤120 s”。

5.2.6.2.3 重复性

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。反映的是测量系统随机误差的大小，重复性用相对标准偏差表示。本标准中重复性的检测方法参照《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）^[47]7.1.4.3 中的规定，具体如下：

待测仪器运行稳定后，通入量程校准气体，待读数稳定后记录显示值 C_i ；使用同一浓度量程校准气体重复上述测试操作至少 6 次，按公式（2）计算待测仪器的重复性（相对标准偏差）。

$$RSD = \frac{1}{\bar{C}} \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2}{n-1}} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中： RSD ——待测仪器重复性，%；

C_i ——量程校准气体第*i*次测量值， $\mu\text{mol/mol}$ （ mg/m^3 ）；

\bar{C} ——量程校准气体测量平均值， $\mu\text{mol/mol}$ （ mg/m^3 ）；

i ——记录数据的序号（ $i=1\sim n$ ）；

n ——测量次数（ $n\geq 6$ ）。

表 8 重复性验证结果汇总表

型号	测试量程($\mu\text{mol/mol}$)	标气浓度($\mu\text{mol/mol}$)	重复性 (%)	
			仪器 1	仪器 2
型号 A	0-100	80	0.20	0.21
	0-200	160	0.38	0.25
型号 B	0-150	150	0.29	0.13
	0-200	200	0.53	0.44
型号 C	0-150	120	0.27	0.19
	0-600	480	0.09	0.04
型号 D	0-150	150	0.67	0.50
	0-200	180	0.25	0.19
型号 E	0-150	140	0.16	0.24
	0-200	181	0.11	0.19
型号 F	0-150	120	0.48	0.28
	0-250	209	0.55	0.42
型号 G	0-150	120	0.71	0.60
	0-250	209	0.41	0.41
型号 H	0-130	104	0.20	0.07
	0-650	552	0.19	0.10
指标设置			2%	

参考《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）^[47]，本标准将重复性指标设置规定为小于等于 2%。根据上述方法对 8 个型号、

16 台套仪器、各 2 个量程开展了重复性测试，获得 32 组数据，数据分布在 0.04%~0.71%之间，指标通过率为 100%。

5.2.6.2.4 示值误差

示值误差是指在相同测试条件下，多次重复测定的平均值与参考量值的一致程度。示值误差是判断仪器在量程范围内测量准确与否的重要指标。本标准中重复性的检测方法参照《固定污染源烟气(二氧化硫和氮氧化物)便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》(HJ 1045-2019) 7.1.4.4 中的规定，具体如下：

待测仪器运行稳定后，分别进行零点校准和满量程校准。依次通入低浓度(20%~30%)满量程值、中浓度(50%~60%)满量程值和高浓度(80%~100%)满量程值的标准气体；读数稳定后分别记录各浓度标准气体的显示值；再通入零点气体，重复测试 3 次。当氨监测单元满量程值≤50 mg/m³时，按公式(3)计算待测仪器测量每种浓度标准气体的示值误差，当氨监测单元满量程值>50 mg/m³时，按公式(4)计算待测仪器测量每种浓度标准气体的示值误差。

$$L_{ei} = \frac{(\overline{C_{di}} - C_{si})}{R} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

$$L_{ei} = \frac{(\overline{C_{di}} - C_{si})}{C_{si}} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式中： L_{ei} ——待测仪器测量第 i 种浓度标准气体的示值误差，%；

C_{si} ——第 i 种浓度标准气体浓度标称值， $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3)；

$\overline{C_{di}}$ ——待测仪器测量第 i 种浓度标准气体 3 次测量平均值， $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3)；

i ——测量标准气体序号 ($i=1\sim 3$)；

R ——待测仪器满量程值， $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3)。

《固定污染源烟气(二氧化硫和氮氧化物)便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》(HJ 1045-2019) 中将重复性指标设置规定为不超过±2%满量程。固定污染源废气氨的排放限值较低，为保障仪器在低浓度的测量准确性，结合环境管理需求及验证测试数据，将示值误差指标规定为当氨监测单元满量程≤50 mg/m³时，示值误差不超过±2% F.S.，当氨监测单元满量程>50 mg/m³时，示值误差±3% (标称值)。

表 9 示值误差验证结果汇总表

型号	测试量程 ($\mu\text{mol/mol}$)	标气浓度 ($\mu\text{mol/mol}$)	示值误差 (% F.S.)	
			仪器 1	仪器 2
型号 A	65	20	-0.80	0.35
型号 A	65	50	-0.28	1.35
型号 A	65	40	0.15	1.29
型号 B	65	30	-1.75	-2.22
型号 B	65	40	-1.75	1.14

型号	测试量程 (μmol/mol)	标气浓度 (μmol/mol)	示值误差 (% F.S.)		
			仪器 1	仪器 2	
型号 C	65	30	0.90	-0.37	
型号 D	65	30	0.23	-0.12	
型号 D	65	40	1.25	0.44	
型号 E	65	42	1.27	2.65	
型号 E	65	52	-1.42	-1.26	
型号 F	65	30	-1.73	1.02	
型号 G	65	30	-0.67	0.07	
型号 G	65	53	0.45	-0.04	
型号 H	65	26	-0.38	0.08	
型号 H	65	65	0.06	0.14	
指标设置			±2%F.S.		
型号	测试量程 (μmol/mol)	标气浓度 (μmol/mol)	示值误差 (标称值)		
			仪器 1	仪器 2	
型号 A	100	20	-2.60	1.15	
型号 A	100	50	-0.36	1.76	
型号 A	100	80	-0.16	1.93	
型号 A	200	100	1.68	1.84	
型号 A	200	160	2.35	2.01	
型号 B	150	40	-2.85	1.85	
型号 B	150	80	-0.98	0.38	
型号 B	150	150	0.47	1.20	
型号 B	200	100	1.32	2.14	
型号 B	200	200	1.02	0.94	
型号 C	150	75	0.68	0.24	
型号 C	150	120	-0.18	0.41	
型号 C	600	120	-0.15	0.40	
型号 C	600	300	0.54	1.08	
型号 C	600	480	-0.01	0.38	
型号 D	150	75	1.96	1.42	
型号	测试量程 (μmol/mol)	标气浓度 (μmol/mol)	示值误差 (标称值)		型号
			仪器 1	仪器 2	
型号 D	150	150	0.18		0.47
型号 D	180	90	2.22		0.46
型号 D	180	180	-0.43		-0.35
型号 E	150	84	0.46		1.39
型号 E	150	140	-0.26		0.13

型号	测试量程 (μmol/mol)	标气浓度 (μmol/mol)	示值误差 (% F.S.)	
			仪器 1	仪器 2
型号 E	200	101	0.85	2.93
型号 E	200	181	0.13	3.34
型号 F	150	75	-2.70	-1.34
型号 F	150	121	0.22	-0.27
型号 F	264	132	0.00	-0.66
型号 F	264	209	-0.61	-0.15
型号 G	150	75	-2.46	0.76
型号 G	150	121	-0.40	1.05
型号 G	264	132	1.06	-0.66
型号 G	264	209	0.42	-0.68
型号 H	130	103	0.27	-0.04
型号 H	690	138	1.80	0.70
型号 H	690	345	0.98	0.98
型号 H	690	552	0.44	0.36
指标设置			±3% (标称值)	

5.2.6.2.5 1 h 零点漂移和量程漂移

漂移是指仪器在运行一段时间前后测量同一量程标准气时测量值的变化，主要考察仪器的测量稳定性。便携监测仪器在污染源现场一般用于较短时间的连续监测，因此对便携监测仪器的测量稳定性考核其 1 h 间隔的零点和量程漂移变化，连续测量 6 h。检测方法参照《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）7.1.4.4 中的规定，具体如下：

待测仪器运行稳定后，通入零点气体，记录零点稳定读数为 Z_0 ；然后通入量程校准气体，记录量程点稳定读数 S_0 。通气结束后，待测仪器正常工作运行 1 h（期间不允许任何校准和维护）后分别通入同一浓度零点气体和量程校准气体重复上述操作，并分别记录稳定后读数 Z_n 和 S_n 。按公式（5）、（6）、（7）和（8）计算待测仪器的 1 h 零点漂移 Z_{dn} 和 1 h 量程漂移 S_{dn} ，然后可对待测仪器进行零点和量程校准（如果不校准可将本次零点和量程测量值作为待测仪器运行 1 h 后零点和量程漂移测试的初始值 Z_0 和 S_0 ）。重复上述测试过程 6 次，记录全部 1 h 零点漂移值 Z_{dn} 和 1 h 量程漂移 S_{dn} 。

$$\Delta Z_n = Z_n - Z_0 \dots\dots\dots (5)$$

$$Z_{dn} = \frac{\Delta Z_n}{R} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

式中： Z_{dn} ——待测仪器 1 h 零点漂移，%；

Z_0 ——待测仪器通入零点气体的初始测量值，μmol/mol (mg/m³)；

Z_n ——待测仪器运行 1 h 后通入零点气体的测量值，μmol/mol (mg/m³)；

ΔZ_n ——待测仪器运行 1 h 后的零点变化值, $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3) ;

R ——待测仪器满量程值, $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3) ;

n ——测试序号, ($n=1\sim 6$) 。

$$\Delta S_n = S_n - S_0 \dots\dots\dots (7)$$

$$S_{dn} = \frac{\Delta S_n}{R} \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

式中: S_{dn} ——待测仪器 1 h 量程漂移, %;

S_0 ——待测仪器通入量程校准气体的初始测量值, $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3) ;

S_n ——待测仪器运行 1 h 后通入量程校准气体的测量值, $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3) ;

ΔS_n ——待测仪器运行 1 h 后的量程点变化值, $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3) ;

R ——待测仪器满量程值, $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3) ;

n ——测试序号, ($n=1\sim 6$) 。

参考《固定污染源烟气(二氧化硫和氮氧化物)便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》(HJ 1045-2019), 本标准将 1 h 零点和量程漂移指标规定为不超过 $\pm 2\%$ 满量程。根据上述方法对 8 个型号、16 台套仪器开展了示值误差测试, 1 h 零点漂移共获得 96 组数据, 数据分布在 $-0.69\% \sim 0.80\%$ 之间, 指标通过率为 100%; 1 h 量程漂移共获得 192 组数据, 数据分布在 $-1.58\% \sim 2.58\%$ 之间, 其中 1 台套仪器的一组量程漂移数据超出指标要求范围, 指标通过率为 99.48%。

表 10 1 h 零点漂移验证结果汇总表

型号	测试量程 ($\mu\text{mol/mol}$)	测量次数	零点漂移 (%)	
			仪器 1	仪器 2
型号 A	0-100	1	0.11	0.00
		2	-0.14	0.00
		3	0.00	0.00
		4	0.09	0.00
		5	-0.09	0.00
		6	0.00	0.01
型号 B	0-150	1	0.19	0.00
		2	-0.09	0.00
		3	-0.05	0.00
		4	0.29	0.00
		5	-0.29	0.11
		6	0.63	0.12
型号 C	0-150	1	0.07	0.22
		2	-0.03	-0.31
		3	-0.01	0.18
		4	0.00	-0.13
		5	0.00	0.09
		6	0.03	-0.02

型号	测试量程 ($\mu\text{mol/mol}$)	测量次数	零点漂移 (%)	
			仪器 1	仪器 2
型号 D	0-150	1	0.01	0.21
		2	0.08	0.11
		3	-0.17	-0.05
		4	0.80	-0.03
		5	-0.69	-0.05
		6	-0.11	-0.02
型号 E	0-150	1	-0.57	-0.31
		2	-0.25	0.18
		3	-0.09	0.27
		4	0.16	0.21
		5	0.19	-0.02
		6	0.11	-0.05
型号 F	0-150	1	0.06	0.57
		2	-0.06	-0.28
		3	0.04	-0.28
		4	-0.04	0.13
		5	0.07	0.04
		6	0.04	-0.15
型号 G	0-150	1	0.00	0.00
		2	0.00	0.00
		3	0.00	0.00
		4	0.00	0.00
		5	0.00	0.00
		6	0.00	0.00
型号 H	0-130	1	-0.17	-0.08
		2	-0.05	-0.01
		3	0.18	0.02
		4	0.04	0.04
		5	0.01	0.03
		6	-0.09	-0.13
指标设置			$\pm 2\%$ F.S.	

表 11 1 h 量程漂移验证结果汇总表

型号	测试量程 ($\mu\text{mol/mol}$)	标气浓度 ($\mu\text{mol/mol}$)	测量次数	量程漂移 (%)	
				仪器 1	仪器 2
型号 A	0-100	100	1	-1.04	0.39
			2	-0.40	-0.24
			3	0.40	0.90
			4	0.46	-1.02
			5	0.21	2.58
			6	-1.26	-0.28
型号 A	0-200	200	1	-0.46	0.05

型号	测试量程 ($\mu\text{mol/mol}$)	标气浓度 ($\mu\text{mol/mol}$)	测量次数	量程漂移 (%)	
				仪器 1	仪器 2
			2	-0.07	-0.17
			3	0.11	0.80
			4	0.46	-0.50
			5	-0.70	0.70
			6	0.11	0.18
型号 B	0-150	125	1	0.09	0.99
			2	0.35	0.27
			3	-0.27	-0.60
			4	-0.43	0.39
			5	0.54	0.28
			6	-0.45	0.28
型号 B	0-200	160	1	0.26	0.33
			2	0.59	0.13
			3	0.43	-0.27
			4	-0.16	0.32
			5	-0.50	0.61
			6	0.17	-0.01
型号 C	0-150	120	1	0.87	0.05
			2	0.03	-0.55
			3	0.17	-0.07
			4	0.22	0.28
			5	0.07	-0.18
			6	0.13	0.11
型号 C	0-600	480	1	-0.19	-0.22
			2	0.09	-0.14
			3	0.09	0.11
			4	0.01	-0.04
			5	-0.03	-0.02
			6	0.16	0.13
型号 D	0-150	150	1	-0.97	-0.05
			2	0.84	-0.54
			3	-0.98	0.03
			4	0.41	-0.20
			5	0.65	0.79
			6	0.63	0.57
型号 D	0-200	180	1	-0.37	0.33
			2	-0.23	-0.49
			3	0.27	0.69
			4	0.24	-0.18
			5	-0.29	-0.08

型号	测试量程 ($\mu\text{mol/mol}$)	标气浓度 ($\mu\text{mol/mol}$)	测量次数	量程漂移 (%)	
				仪器 1	仪器 2
			6	0.20	-0.24
型号 E	0-150	140	1	-0.22	0.05
			2	1.85	-0.33
			3	-1.40	-0.01
			4	0.02	-0.23
			5	-0.18	0.10
			6	0.41	-0.25
型号 E	0-200	180	1	-0.12	0.22
			2	0.62	-0.11
			3	-0.22	0.07
			4	0.02	-0.13
			5	-0.09	-0.04
			6	0.09	-0.22
型号 F	0-150	90	1	-0.46	-0.90
			2	-0.10	-0.07
			3	1.43	-0.34
			4	-0.47	0.19
			5	-1.01	0.12
			6	-0.03	0.14
型号 F	0-200	160	1	-0.02	-0.54
			2	-0.06	-0.30
			3	0.47	0.00
			4	-0.25	-0.13
			5	-0.06	0.06
			6	-0.05	0.33
型号 G	0-150	90	1	-0.18	0.97
			2	0.35	-0.53
			3	-0.26	-1.58
			4	-0.88	0.18
			5	1.14	0.44
			6	-0.26	0.18
型号 G	0-200	160	1	0.45	1.20
			2	0.30	-0.85
			3	-0.45	-0.55
			4	0.15	0.70
			5	-0.05	-0.40
			6	0.05	0.05
型号 H	0-130	130	1	0.01	-0.11
			2	-0.09	-0.19
			3	0.20	0.00

型号	测试量程 ($\mu\text{mol/mol}$)	标气浓度 ($\mu\text{mol/mol}$)	测量次数	量程漂移 (%)	
				仪器 1	仪器 2
型号 H	0-690	690	4	0.08	-0.04
			5	-0.30	0.02
			6	-0.24	0.01
			1	-0.45	-0.24
			2	0.08	0.12
			3	0.12	-0.06
指标设置			4	-0.09	-0.07
			5	-0.06	0.08
			6	-0.02	-0.12
			±2% F.S.		

5.2.6.2.6 环境温度变化的影响

仪器所处环境温度的变化会通过影响光源稳定、辐射强度、气样密度等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，则仪器不能正常工作。很多仪器会进行温度补偿处理，使仪器的温度适应性变宽。因此为保证仪器监测的有效性，控制仪器的温度影响性能在一定的范围内是很有必要的。实验室环境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，除温度外，其余工作条件均应保持在参比工作条件下。本标准检测方法参照《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）7.1.4.4 中的规定，具体如下：

- 待测仪器在恒温环境中运行后，设置温度为 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，稳定至少 30 min，记录标准温度值 t_0 ，通入零点气体，记录待测仪器读数 Z_0 ；通入量程校准气体，记录待测仪器读数 M_0 ；
- 缓慢调节（升温速率或降温速率 $\leq 1^\circ\text{C}/\text{min}$ ，以下相同）恒温环境温度为 $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，稳定至少 30 min，记录标准温度值 t_1 ，分别通入同一浓度零点气体和量程校准气体，记录待测仪器零点读数 Z_1 和量程读数 M_1 ；
- 缓慢调节恒温环境温度为 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，稳定至少 30 min，记录标准温度值 t_2 ，分别通入同一浓度零点气体和量程校准气体，记录待测仪器零点读数 Z_2 和量程读数 M_2 ；
- 缓慢调节恒温环境温度为 $(0 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，稳定至少 30 min，记录标准温度值 t_3 ，分别通入同一浓度零点气体和量程校准气体，记录待测仪器零点读数 Z_3 和量程读数 M_3 ；
- 缓慢调节恒温环境温度为 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，稳定至少 30 min，记录标准温度值 t_4 ，分别通入同一浓度零点气体和量程校准气体，记录待测仪器零点读数 Z_4 和量程读数 M_4 ；
- 按公式（9）计算待测仪器环境温度变化的影响 b_{st} 。

$$b_{st} = \frac{(M_3 - Z_3) - \frac{(M_2 - Z_2) + (M_4 - Z_4)}{2}}{R} \times 100\% \text{ 或 } \frac{(M_1 - Z_1) - \frac{(M_0 - Z_0) + (M_2 - Z_2)}{2}}{R} \times 100\% \dots (9)$$

式中： b_{st} ——待测仪器环境温度变化的影响，%；

M_0 ——环境温度 t_0 ，待测仪器量程校准气体测量值， $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3)；

M_1 ——环境温度 t_1 , 待测仪器量程校准气体测量值, $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3);
 M_2 ——环境温度 t_2 , 待测仪器量程校准气体测量值, $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3);
 M_3 ——环境温度 t_3 , 待测仪器量程校准气体测量值, $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3);
 M_4 ——环境温度 t_4 , 待测仪器量程校准气体测量值, $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3);
 Z_0 ——环境温度 t_0 , 待测仪器零点气体测量值, $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3);
 Z_1 ——环境温度 t_1 , 待测仪器零点气体测量值, $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3);
 Z_2 ——环境温度 t_2 , 待测仪器零点气体测量值, $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3);
 Z_3 ——环境温度 t_3 , 待测仪器零点气体测量值, $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3);
 Z_4 ——环境温度 t_4 , 待测仪器零点气体测量值, $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3);
 R ——待测仪器满量程值, $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3)。

参考《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019），本标准将温度变化的影响指标规定为不超过 $\pm 5\%$ 满量程。根据上述方法对 8 个型号、16 台套仪器开展了温度变化的影响测试，共获得 32 组数据，数据分布在 $-1.56\% \sim 1.51\%$ 之间，指标通过率为 100%。

表 12 环境温度变化的影响验证结果汇总表

型号	测试量程 ($\mu\text{mol/mol}$)	标气浓度 ($\mu\text{mol/mol}$)	仪器 1		仪器 2	
			环境温度变化的影响高 (%)	环境温度变化的影响低 (%)	环境温度变化的影响高 (%)	环境温度变化的影响低 (%)
型号 A	0-100	80	-1.18	-0.38	-1.56	-0.67
型号 B	0-100	80	-0.74	0.71	0.39	0.66
型号 C	0-150	120	0.54	-0.59	-1.22	1.14
型号 D	0-150	150	1.07	-0.80	1.46	1.27
型号 E	0-150	140	1.51	-1.14	0.40	-0.03
型号 F	0-150	120	0.36	0.82	0.89	-0.71
型号 G	0-150	120	-0.09	-0.22	0.31	-0.13
型号 H	0-130	105	0.69	-0.12	0.78	-0.99
指标设置			±5% F.S.			

5.2.6.2.7 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，现场供电电压往往不稳定，因此，需要针对仪器使用时供电电压变化造成的测量影响进行测试，考察仪器对电压波动的抗干扰能力。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。检测方法参照《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）7.1.4.4 中的规定，具体如下：

待测仪器运行稳定后，在正常电压条件下，通入量程校准气体，稳定后记录待测仪器读数 W ；调节待测仪器供电电压高于正常电压值 10%，通入同一浓度量程校准气体，稳定后记录待测仪器读

数 X ；调节待测仪器供电电压低于正常电压值 10%，通入同一浓度量程校准气体，稳定后记录待测仪器读数 Y 。按公式（10）计算待测仪器不同供电电压条件下测量结果变化相对于满量程的百分比 U ，重复测试 3 次，平均值为待测仪器供电电压变化的影响。

$$U = \frac{X - W}{R} \times 100\% \text{ 或 } \frac{Y - W}{R} \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$

式中： U ——待测仪器供电电压变化的影响，%；

W ——正常电压条件下量程校准气体测量值， $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3)；

X ——供电电压高于正常电压 10%时，量程校准气体测量值， $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3)；

Y ——供电电压低于正常电压 10%时，量程校准气体测量值， $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3)；

R ——待测仪器满量程值， $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3)。

参考《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019），本标准将电压变化的影响指标规定为不超过 $\pm 2\%$ 满量程。根据上述方法对 8 个型号、16 台套仪器开展了电压变化的影响测试，共获得 32 组数据，数据分布在 $-0.97\% \sim 1.20\%$ 之间，指标通过率为 100%。

表 13 供电电压变化的影响验证结果汇总表

型号	测试量程 ($\mu\text{mol/mol}$)	标气浓度 ($\mu\text{mol/mol}$)	仪器 1		仪器 2	
			供电电压变化的影响高 (%)	供电电压变化的影响低 (%)	供电电压变化的影响高 (%)	供电电压变化的影响低 (%)
型号 A	0-100	100	-0.12	0.83	-0.97	1.20
型号 B	0-150	150	0.46	0.74	0.52	-0.76
型号 C	0-150	120	0.46	-0.41	0.17	0.06
型号 D	0-150	150	-0.33	0.28	0.44	-0.61
型号 E	0-150	140	0.30	0.09	0.48	-0.53
型号 F	0-150	120	-0.11	0.46	-0.01	-0.15
型号 G	0-150	120	0.00	-0.32	-0.12	-0.21
型号 H	0-130	130	0.16	0.00	0.12	-0.30
指标设置			±2% F.S.			

5.2.6.2.8 干扰成分的影响

干扰成分影响测试是评估仪器监测准确性的关键要素。样气中的背景气体往往比较复杂，包含对测量造成影响的干扰组分，干扰组分的浓度经常是不确定或随机变化的。为保证仪器监测数据的质量，需要设置控制干扰的性能指标。本标准充分考虑监测现场环境可能存在的干扰气体，参考 EN 15267-4:2017 附录 B 中干扰气体种类和对应浓度水平，以及 HJ 1045-2019 中的指标检测方法，设置检测方法如下。

待测仪器运行稳定后，通入零点气体，记录待测仪器读数 a ；通入规定浓度的干扰气体，记录待测仪器读数 b 。零点气体和每种干扰气体按上述操作重复测试 3 次，计算平均值 \bar{a} 和 \bar{b}_i ，按公式

(11) 计算待测仪器每种干扰气体干扰成分的影响 IE_i ；将 IE_i 大于满量程值 0.5% 的正干扰值和小于满量程值 -0.5% 的负干扰值分别相加，得到正干扰的影响和负干扰的影响。

$$IE_i = \frac{\overline{b_i} - \overline{a}}{R} \times 100\% \dots\dots\dots (11)$$

式中： IE_i ——待测仪器测量第 i 种干扰气体干扰成分的影响，%；

$\overline{b_i}$ ——第 i 种干扰气体 3 次测量的平均值， $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3)；

\overline{a} ——零点气体 3 次测量平均值， $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3)；

R ——待测仪器满量程值， $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3)；

i ——测试干扰气体的序号 ($i=1\sim 9$)。

表 14 实验室检测使用的干扰气体

干扰气体	浓度值
H ₂ O	15%
CO	300 mg/m ³
CO ₂	15%
CH ₄	50 mg/m ³
N ₂ O	20 mg/m ³
NO	300 mg/m ³
NO ₂	30 mg/m ³
SO ₂	200 mg/m ³
HCl	50 mg/m ³

参考《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019），本标准将干扰成分的影响指标规定为不超过 $\pm 5\%$ 满量程。根据上述方法对 6 个型号、12 台套仪器开展了干扰成分的影响测试，共获得 24 组数据，数据分布在 -1.12%~2.97% 之间，全部符合指标要求。

表 15 干扰成分的影响验证结果汇总表

型号	测试量程 ($\mu\text{mol/mol}$)	仪器 1		仪器 2	
		正干扰 (%)	负干扰 (%)	正干扰 (%)	负干扰 (%)
型号 A	0-100	1.10	<0.5	0.96	<0.5
型号 B	0-150	0.74	<0.5	1.68	<0.5
型号 C	0-150	<0.5	<0.5	0.58	<0.5
型号 D	0-150	<0.5	-1.12	0.50	<0.5
型号 E	0-150	2.97	<0.5	1.07	<0.5
型号 H	0-130	1.10	<0.5	0.96	<0.5
指标设置		$\pm 5\%$ F.S.			

5.2.6.2.9 平行性

平行性是判断同一型号仪器质量稳定性和一致性的指标，考量同一仪器间数据的可比性。检测方法参照《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）7.1.4.4 中的规定，具体如下：

三台（套）同型号待测仪器运行稳定后，分别进行零点校准和满量程校准。依次向三台（套）仪器通入浓度为（20%~30%）满量程值、（40%~60%）满量程值、（80%~90%）满量程值 3 种标准气体，读数稳定后分别记录三台（套）仪器通入 3 种浓度标准气体的测量值。按照公式（12）分别计算通入每种浓度标准气体三台（套）分析仪器测量值的相对标准偏差，即为测量不同浓度标准气体三台（套）待测仪器的平行性 P_j 。

$$P_j = \frac{1}{C_j} \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 (C_{i,j} - \bar{C}_j)^2}{2}} \times 100\% \dots\dots\dots (12)$$

式中： P_j ——三台（套）待测仪器测量第 j 种标准气体的平行性，%；

\bar{C}_j ——三台（套）待测仪器测量第 j 种标准气体的平均值， $\mu\text{mol/mol}$ （ mg/m^3 ）；

$C_{i,j}$ ——第 i 台（套）待测仪器测量第 j 种标准气体的测量值， $\mu\text{mol/mol}$ （ mg/m^3 ）；

i ——待测仪器的序号（ $i=1\sim 3$ ）；

j ——测量标准气体的序号（ $j=1\sim 3$ ）。

参考《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019），本标准将平行性指标规定为小于等于 5%。根据上述方法对 8 个型号仪器开展了平行性测试，共获得 24 组数据，数据分布在 0.02%~1.41%之间，全部符合指标要求。

表 16 平行性验证结果汇总表

型号	测试量程 ($\mu\text{mol/mol}$)	平行性 (%)		
		(20%~30%) 满量程	(40%~60%) 满量程	(80%~90%) 满量程
型号 A	0-100	0.34	0.48	0.49
型号 B	0-150	0.25	0.34	0.18
型号 C	0-150	0.21	0.08	0.15
型号 D	0-150	0.47	0.05	0.17
型号 E	0-150	0.51	0.23	0.10
型号 F	0-150	0.99	0.14	0.24
型号 G	0-150	1.41	0.54	0.51
型号 H	0-130	0.22	0.02	0.08
指标设置		5%		

5.2.6.2.10 负载误差

在仪器的采样技术要求中，要求采样泵应具备克服烟道或烟囱负压以及采样设备阻力等的足够

抽气能力。当烟道负压较大时，便携监测仪器采样泵的采样能力、抽气流量对测量结果影响较大。检测方法参照《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）7.1.4.4 中的规定，具体如下：

在仪器采样管（或样品输送管线）前端依次连接压力表（负压表）和阻力调节装置，确保气路连接不漏气。待测仪器运行稳定后，调节阻力调节装置为空载状态，通入量程校准气体，稳定后记录待测仪器读数 A ；调节阻力调节装置使压力表显示负压（ 10 ± 1 ）kPa，通入同一浓度量程校准气体，稳定后记录待测仪器读数 B ；按照公式（13）计算待测仪器不同负载条件下测量结果的相对误差 F ，重复测试 3 次，平均值为待测仪器的负载误差。

$$F = \frac{B - A}{A} \times 100\% \dots\dots\dots (13)$$

式中： F ——待测仪器负载误差，%；

A ——空载条件下量程校准气体测量值， $\mu\text{mol/mol}$ （ mg/m^3 ）；

B ——施加 10 kPa 负压条件下，量程校准气体测量值， $\mu\text{mol/mol}$ （ mg/m^3 ）。

参考《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019），本标准将负载指标规定为不超过 $\pm 5\%$ 。根据上述方法对 8 个型号、16 台套仪器开展了平行性测试，共获得 16 组数据，数据分布在 $-2.84\% \sim 2.25\%$ 之间，全部符合指标要求。

表 17 负载误差验证结果汇总表

型号	测试量程（ $\mu\text{mol/mol}$ ）	标气浓度（ $\mu\text{mol/mol}$ ）	负载误差（%）	
			仪器 1	仪器 2
型号 A	0-100	80	-1.24	-2.84
型号 B	0-100	100	0.20	2.25
型号 C	0-150	120	1.86	0.05
型号 D	0-150	150	-0.44	0.65
型号 E	0-150	140	-0.13	-0.38
型号 F	0-150	120	-1.88	-0.73
型号 G	0-150	120	-0.69	-0.73
型号 H	0-130	104	-1.28	-1.38
拟定指标			$\pm 5\%$	

5.2.6.3 含氧量监测单元性能指标要求及检测方法

含氧量监测单元性能指标要求及检测方法参考并引用了《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）^[47]中的含氧量监测单元的技术指标要求和性能方法。

5.2.6.4 采样管和样品输送管线加热温度

采样管和样品输送管线加热温度根据本标准 5.4.2 中的功能要求，将指标设置为 > 180 °C。检测方法参考《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测

方法》（HJ 1045-2019）^[47]中的要求，具体情况如下：

将仪器采样管和样品输送管线分别加热至其设置的温度，稳定 10 min；分别测量采样管和样品输送管线前端（距离入口 15 cm~20 cm 处）、加热段中部和后端（距离出口 15 cm~20 cm 处）的温度值，3 个测量点位温度值的平均值为加热温度。（针对采样管与样品输送管线为一体化、同时加热控温的仪器，按一根管线进行测量）

对 8 个型号，16 台套仪器进行验证测试，仪器采样管和样品输送管线加热温度均大于 180 °C，符合指标要求。

表 18 采样管和样品输送管线加热温度验证结果汇总表

型号	采样管和样品输送管线加热温度	
	仪器 1	仪器 2
型号 A	>180 °C	>180 °C
型号 B	>180 °C	>180 °C
型号 C	>180 °C	>180 °C
型号 D	>180 °C	>180 °C
型号 E	>180 °C	>180 °C
型号 F	>180 °C	>180 °C
型号 G	>180 °C	>180 °C
型号 H	>180 °C	>180 °C
指标设置	>180 °C	

5.2.6.5 绝缘电阻

绝缘电阻根据本标准 5.4.2 中的功能要求，将指标设置为 $\geq 20 \text{ M}\Omega$ 。检测方法参考《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）^[47]中的要求，具体情况如下：

仪器不通电，用 500 V（DC）兆欧表的一端接至电源插头的相、中联线上，另一端接到仪器机壳的接地端上，加上 500 V 直流电压，打开电源开关，持续 5 s 后测量仪器的绝缘电阻。

对 8 个型号，16 台套仪器进行验证测试，仪器绝缘电阻均大于 20 M Ω ，符合指标要求。

表 19 绝缘电阻验证结果汇总表

型号	绝缘电阻	
	仪器 1	仪器 2
型号 A	>20 M Ω	>20 M Ω
型号 B	>20 M Ω	>20 M Ω
型号 C	>20 M Ω	>20 M Ω
型号 D	>20 M Ω	>20 M Ω
型号 E	>20 M Ω	>20 M Ω
型号 F	>20 M Ω	>20 M Ω
型号 G	>20 M Ω	>20 M Ω
型号 H	>20 M Ω	>20 M Ω
指标设置	$\geq 20 \text{ M}\Omega$	

5.2.6.2 现场检测指标、方法与要求

5.2.6.2.1 一般要求与检测物质要求

本标准中主要参考《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）^[47]现场检测“7.2.1 一般要求”作出规定，明确“性能指标检测均应在全系统校准下进行，各性能指标检测数据均采用数据采集与处理单元存储记录的最终结果”。

5.2.6.2.2 氨测量正确度

现场测量正确度是考核仪器综合性能质量和现场适用性的最直接指标，是反映系统检测数据准确、可比的有效方法。本标准参照《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）^[47]，使用可靠有效的参比测试方法与在线监测系统测试结果进行比较，通过比较一定范围内的正确度来判定仪器的测试结果的可比性和有效性。具体方法如下：

- a) 待测仪器运行稳定后，分别进行零点校准和满量程校准；
- b) 待测仪器与使用参比方法的测量仪器同步对污染源排放氨进行测量，由数据采集和处理装置每分钟记录 1 个累积测量值，连续记录至检测结束；
- c) 取同一时间区间内（一般为 5 min~15 min）仪器与使用参比方法的测量仪器的测量平均值组成一个数据对，确保二者测量数据在同一条件下（废气温度、压力、含湿量和含氧量等，一般取标态干基浓度）；
- d) 每天获取至少 9 组以上数据对，计算当天的测量正确度；现场检测连续测试 3 天；
- e) 当参比方法测量废气中氨质量浓度平均值 $< 10 \text{ mg/m}^3$ 或 $\geq 60 \text{ mg/m}^3 \sim < 90 \text{ mg/m}^3$ 时，按公式（14）、（15）、（16）计算全部数据对仪器与使用参比方法的测量仪器同时间测量数据平均值的绝对误差的绝对值；
- f) 当参比方法测量废气中氨质量浓度平均值 $\geq 10 \text{ mg/m}^3 \sim < 60 \text{ mg/m}^3$ 时，按公式（15）、（16）、（17）计算全部数据对仪器与使用参比方法的测量仪器同时间测量数据平均值的相对误差的绝对值；
- g) 当参比方法测量废气中氨质量浓度平均值 $\geq 90 \text{ mg/m}^3$ 时，按公式（18）~（22）计算全部数据对仪器与使用参比方法的测量仪器同时间测量数据平均值的同时时间测量数据相对误差的 95%置信上限。

$$AE = \left| \overline{RM} - \overline{PMI} \right| \dots\dots\dots (14)$$

式中：AE —— 仪器与使用参比方法的测量仪器测量结果平均值绝对误差的绝对值， $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3)；

\overline{RM} —— 使用参比方法的测量仪器全部数据对测量结果的平均值， $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3)；

\overline{PMI} —— 仪器全部数据对测量结果的平均值， $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3)。

$$\overline{RM} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n RM_i \dots\dots\dots (15)$$

$$\overline{PMI} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n PMI_i \dots\dots\dots (16)$$

式中： RM_i ——第*i*个数据对中的使用参比方法的测量仪器测量值， $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3)；
 PMI_i ——第*i*个数据对中的仪器测量值， $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3)；
i——数据对的序号 ($i=1\sim n$)；
n——数据对的个数 ($n\geq 9$)。

$$RE = \left| \frac{\overline{RM} - \overline{PMI}}{\overline{RM}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots (17)$$

式中： RE ——仪器与使用参比方法的测量仪器测量结果平均值相对误差的绝对值，%。

$$|\text{RE}|_U = \frac{|\bar{d}| + |\text{MOE}_d|}{\bar{x}_{\text{RM}}} \times 100\% \dots\dots\dots (18)$$

式中： $|\text{RE}|_U$ ——仪器与使用参比方法的测量仪器结果数据对之间相对偏差的 95%置信上限，%；
 \bar{x}_{RM} ——使用参比方法的测量仪器全部数据对测量结果的平均值， $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3)；
 \bar{d} ——仪器与使用参比方法的测量仪器各数据对差的平均值， $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3)；
 MOE_d ——仪器与使用参比方法的测量仪器结果数据对之间偏差的极限误差， $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3)。

$$\bar{x}_{\text{RM}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{\text{RM}i} \dots\dots\dots (19)$$

式中： \bar{x}_{RM} ——仪器与使用参比方法的测量仪器全部数据对测量结果的平均值， $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3)；
 $x_{\text{RM}i}$ ——第*i*个数据对中的参比方法测量值， $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3)；
i——数据对的序号 ($i=1\sim n$)；
n——数据对的个数 ($n\geq 9$)。

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i \dots\dots\dots (20)$$

式中： \bar{d} ——仪器与使用参比方法的测量仪器测量各数据对差的平均值， $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3)；
n——数据对的个数 ($n\geq 9$)；
i——数据对的序号 ($i=1\sim n$)；
 d_i ——仪器与使用参比方法的测量仪器测量各数据对差， $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3)。

$$d_i = x_{\text{RM}i} - x_{\text{PMI}i} \dots\dots\dots (21)$$

式中： $x_{RM,i}$ ——第*i*个数据对中使用参比方法的测量仪器测量值， $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3)；

$x_{PM,i}$ ——第*i*个数据对中的仪器测量值， $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3)。

注：在计算数据对差的和时，保留数据差值的正、负号。

$$\text{MOE}_d = t_{f,0.95} \frac{S_d}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots (22)$$

式中： MOE_d ——仪器与使用参比方法的测量仪器测量结果数据对之间偏差的极限误差， $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3)；

$t_{f,0.95}$ ——自由度*f*为*n*-1，置信度为95%的*t*分布值（双侧）；

S_d ——仪器与使用参比方法的测量仪器测量各数据对差的标准偏差， $\mu\text{mol/mol}$ (mg/m^3)；

n——数据对的个数 ($n \geq 9$)。

本标准参考《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）^[47]，以 $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ 、 $60 \text{ mg}/\text{m}^3$ 、 $90 \text{ mg}/\text{m}^3$ 为分界点划分出 $<10 \text{ mg}/\text{m}^3$ 、 $\geq 10 \text{ mg}/\text{m}^3 \sim <60 \text{ mg}/\text{m}^3$ 、 $\geq 60 \text{ mg}/\text{m}^3 \sim <90 \text{ mg}/\text{m}^3$ 、 $\geq 90 \text{ mg}/\text{m}^3$ 四个区间。相关考虑如下：

（1）我国现行的 10 个大气氨有组织排放标准中氨的排放限值可概括为 $8 \text{ mg}/\text{m}^3$ 、 $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ 、 $20 \text{ mg}/\text{m}^3$ 、 $30 \text{ mg}/\text{m}^3$ 。其中，7 个行业的排放标准中针对不同产污环节或工艺均提出 $8 \text{ mg}/\text{m}^3$ 或 $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的排放限值要求。2024 年 1 月印发的《关于推进实施水泥行业超低排放的意见》《关于推进实施焦化行业超低排放的意见》中，也规定了水泥窑尾及窑尾余热利用系统、焦炉烟气排放浓度不得超过 $8 \text{ mg}/\text{m}^3$ 。为服务排放监管和超低排放改造等工作，有必要在 $8 \text{ mg}/\text{m}^3$ 或 $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ 以下设置一个区间，保障该范围内系统测量的准确性，两数值差距较小，考虑取整，规定 $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ 为区间分界点， $<10 \text{ mg}/\text{m}^3$ 作为低浓度段。

（2）固定污染源在线监测设备在现场应用中量程多按照排放限值 2~3 倍设置，如《钢铁企业超低排放评估监测技术指南》规定了 SO_2 、 NO_x 、颗粒物量程设置不超过最大允许排放浓度的 2~3 倍。大气氨有组织排放标准中除 $8 \text{ mg}/\text{m}^3$ 和 $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的限值外，还有部分行业规定了 $20 \text{ mg}/\text{m}^3$ 、 $30 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的排放限值，排放限值的 2~3 倍对应为 $40 \text{ mg}/\text{m}^3$ 、 $60 \text{ mg}/\text{m}^3$ 、 $90 \text{ mg}/\text{m}^3$ ，可以以 $40 \text{ mg}/\text{m}^3$ 、 $90 \text{ mg}/\text{m}^3$ 或 $60 \text{ mg}/\text{m}^3$ 、 $90 \text{ mg}/\text{m}^3$ 作为分界点，以 $60 \text{ mg}/\text{m}^3$ 作为其中一个分界点可涵盖 $30 \text{ mg}/\text{m}^3$ 排放限值下部分量程应用情况。因此，编制组划分出 $\geq 10 \text{ mg}/\text{m}^3 \sim <60 \text{ mg}/\text{m}^3$ 和 $\geq 60 \text{ mg}/\text{m}^3 \sim <90 \text{ mg}/\text{m}^3$ 两个分段区间，作为中浓度段，可保障量程实际应用范围内系统测量的准确性。

（3）编制组在某水泥厂开展验证测试时，现场氨排放浓度随工况变化可在几十到上百毫克每立方米范围内波动，规定 $\geq 90 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的区间作为高浓度段，可满足此类氨高浓度排放情况的应用。

《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）^[47]中对二氧化硫、氮氧化物各分段区间的技术要求按照浓度由低至高依次以绝对误差、相对误差、绝对误差、相对误差的 95%置信上限来规定。低浓度段以绝对误差来规定较相对误差适当宽松，也更为合理；中浓度段以绝对误差来规定，可做好下一段的衔接。本标准参照此做法，各分段技术指标要求相关考虑如下：

（1）《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）^[47]中规定的二氧化硫、氮氧化物低浓度段技术要求为 $<20 \mu\text{mol/mol}$ 时，绝

对误差的绝对值不超过 6 $\mu\text{mol/mol}$ 。6 $\mu\text{mol/mol}$ 的氨对应质量浓度约为 4.55 mg/m^3 ，本标准中规定的氨低浓度段为 $<10 \text{ mg/m}^3$ （约 13 $\mu\text{mol/mol}$ ），分段的分界点数值减小，绝对误差规定值也应适当减小，但考虑到氨化学性质活泼、粘附性强、测量难度较大等因素，且为了便于标准的推广实施，绝对误差规定值不宜减小过多，本标准规定为参比方法测量废气中氨质量浓度平均值 $<10 \text{ mg/m}^3$ 时，仪器与参比方法测量数据平均值的绝对误差的绝对值 $\leq 4 \text{ mg/m}^3$ ；

(2) 根据开展比对工作经验，污染源排放浓度较高时，在线监测系统与参比方法仪器测量结果之间的偏差较排放浓度低时一般更小。本标准中规定 $<10 \text{ mg/m}^3$ 时，绝对误差的绝对值 $\leq 4 \text{ mg/m}^3$ ，较 HJ 76-2017 而言已适当放宽，编制组在考虑各分段衔接的同时，随分段区间浓度提高，逐级收紧要求，以确保技术指标的合理性，如以 10 mg/m^3 为分界点，绝对误差 4 mg/m^3 对应相对误差为 40%，本标准规定为参比方法测量废气中氨质量浓度平均值 $\geq 10 \text{ mg/m}^3 \sim <60 \text{ mg/m}^3$ 时，仪器与参比方法测量数据平均值的相对误差的绝对值 $\leq 35\%$ ；以 60 mg/m^3 为分界点，相对误差 35% 对应绝对误差约 21 mg/m^3 ，本标准规定参比方法测量废气中氨质量浓度平均值 $\geq 60 \text{ mg/m}^3 \sim <90 \text{ mg/m}^3$ 时，仪器与参比方法测量数据平均值的绝对误差的绝对值 $\leq 20 \text{ mg/m}^3$ ；以 90 mg/m^3 为分界点，绝对误差 20 mg/m^3 对应相对误差为 22.2%，本标准规定参比方法测量废气中氨质量浓度平均值 $\geq 90 \text{ mg/m}^3$ 时，与参比方法测量数据的相对误差的 95% 置信上限 $\leq 20\%$ 。

按照上述方法本标准验证测试工作中共对 8 个型号固定污染源废气氨便携式测量仪器开展了气态正确度测试，获取了 69 组比对数据，测试结果及测试相关情况如表 20~表 23 所示。其中焦化行业排放口比对数据如表 20、表 21 所示，由于现场比对孔有限，因此同一时间内只有 2~3 个型号仪器同时参与比对，在同一浓度范围尽可能开展多组比对，保证不同原理仪器在不同浓度范围均有比对数据。仪器与参比测试方法同步对污染源排放氨进行测量，参比仪器测量结果平均值 $<10 \text{ mg/m}^3$ 时，20 组比对结果中 18 组达标，测试结果通过率 90%；参比仪器测量结果平均值 $\geq 10 \text{ mg/m}^3 \sim <60 \text{ mg/m}^3$ 时，17 组比对结果中全部达标，测试结果通过率 100%；参比仪器测量结果平均值 $\geq 60 \text{ mg/m}^3 \sim <90 \text{ mg/m}^3$ 时，16 组比对结果全部达标，测试结果通过率 100%；参比仪器测量结果平均值 $\geq 90 \text{ mg/m}^3$ 时，16 组比对结果中全部达标，测试结果通过率 100%。

表 20 气态正确度验证结果汇总表（参比方法傅立叶红外，测量平均值 $<10 \text{ mg/m}^3$ ）

序号	参比数据 测量值 (mg/m^3)	型号	绝对误差 绝对值 (mg/m^3)	仪器原理
1	3.19	型号 C	3.65	DOAS
2	3.19	型号 G	1.35	DOAS
3	3.19	型号 H	1.58	TDLAS
4	2.13	型号 C	4.48	DOAS
5	2.13	型号 G	0.30	DOAS
6	2.13	型号 H	2.25	TDLAS
7	1.99	型号 C	4.09	DOAS
8	1.99	型号 G	0.58	DOAS
9	1.99	型号 H	1.96	TDLAS

序号	参比数据 测量值 (mg/m ³)	型号	绝对误差 绝对值 (mg/m ³)	仪器原理
10	1.43	型号 C	3.20	DOAS
11	1.43	型号 G	0.11	DOAS
12	1.43	型号 H	0.90	TDLAS
13	1.43	型号 I	0.16	FTIR
14	0.72	型号 C	2.47	DOAS
15	0.72	型号 G	0.59	DOAS
16	0.72	型号 H	1.59	TDLAS
17	0.72	型号 I	0.58	FTIR
18	1.07	型号 C	2.26	DOAS
19	1.07	型号 G	0.92	DOAS
20	1.07	型号 H	0.54	TDLAS
指标设置			4 mg/m ³	

表 21 气态正确度验证结果汇总表（参比方法傅立叶红外，测量平均值 ≥ 10 mg/m³ ~ <60 mg/m³）

序号	参比数据 测量值 (mg/m ³)	型号	相对误差 绝对值 (%)	仪器原理
1	23.98	型号 D	0.37	DOAS
2	23.98	型号 E	27.38	TDLAS
3	20.28	型号 D	18.74	DOAS
4	20.28	型号 E	23.80	TDLAS
5	18.71	型号 B	34.06	FTIR
6	18.71	型号 E	20.03	TDLAS
7	18.32	型号 B	31.17	FTIR
8	18.32	型号 E	17.85	TDLAS
9	17.51	型号 G	14.79	DOAS
10	17.51	型号 H	2.28	TDLAS
11	17.51	型号 I	24.67	FTIR
12	17.92	型号 C	2.35	DOAS
13	17.92	型号 H	7.34	TDLAS
14	17.92	型号 I	2.18	FTIR
15	14.16	型号 C	17.48	DOAS
16	14.16	型号 H	15.91	TDLAS
17	14.16	型号 I	13.53	FTIR
指标设置			35%	

表 22 气态正确度验证结果汇总表（参比方法傅立叶红外，测量平均值 ≥ 60 mg/m³ ~ <90 mg/m³）

序号	参比数据 测量值 (mg/m ³)	型号	绝对误差绝对值 (mg/m ³)	仪器原理
1	68.00	型号 B	13.12	FTIR
2	68.00	型号 C	3.64	DOAS
3	68.00	型号 D	0.67	DOAS
4	68.00	型号 E	3.91	TDLAS
5	68.00	型号 F	6.16	TDLAS
6	68.00	型号 G	6.05	DOAS
7	68.00	型号 H	3.04	TDLAS
8	68.00	型号 I	3.98	FTIR
9	83.56	型号 B	4.36	FTIR
10	83.56	型号 C	1.09	DOAS
11	83.56	型号 D	2.17	DOAS
12	83.56	型号 E	7.08	TDLAS
13	83.56	型号 F	10.83	TDLAS
14	83.56	型号 G	0.84	DOAS
15	83.56	型号 H	12.05	TDLAS
16	83.56	型号 I	0.49	FTIR
指标设置			20 mg/m ³	

表 23 气态正确度验证结果汇总表（参比方法傅立叶红外，测量平均值 ≥ 90 mg/m³）

序号	参比数据	型号	相对误差的 95%置信上限	仪器原理
1	110.27	型号 B	17.08%	FTIR
2	110.27	型号 C	5.62%	DOAS
3	110.27	型号 D	2.35%	DOAS
4	110.27	型号 E	8.51%	TDLAS
5	110.27	型号 F	14.78%	TDLAS
6	110.27	型号 G	11.38%	DOAS
7	110.27	型号 H	13.89%	TDLAS
8	110.27	型号 I	13.08%	FTIR
9	101.47	型号 B	12.99%	FTIR
10	101.47	型号 C	2.17%	DOAS
11	101.47	型号 D	1.25%	DOAS
12	101.47	型号 E	8.08%	TDLAS
13	101.47	型号 F	16.66%	TDLAS
14	101.47	型号 G	6.92%	DOAS
15	101.47	型号 H	11.71%	TDLAS
16	101.47	型号 I	13.67%	FTIR
指标设置			20%	

5.2.6.2.3 废气含氧量、含湿量测量正确度

本标准中废气含氧量、含湿量测量正确度性能指标检测方法及性能指标技术要求参照引用了《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）^[47]中的相关内容执行。

5.2.7 质量保证

本标准中质量保证内容《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）^[47]“8 质量保证”作出规定，并在其基础上进一步完善，规定“参比方法应采用国家或行业发布的标准分析方法，使用的参比仪器各项技术要求和技术指标应满足本标准的相关要求。”

5.2.8 附录

本标准附录共有 3 个。

附录 A 为仪器数据采集记录处理和软件功能要求，为规范性附录，主要参考《固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》（HJ 1045-2019）^[47]附录 A，并在其基础上进一步完善，修改内容主要包括：

A.4.1.2 仪器软件应对全部人员控制操作均自动记录、保存，形成操作和运行状态记录日志，包含登录操作、工作状态、运行维护、参数修改、计算公式修改、时间修改，以及相关操作的用户、时间、内容、数值或状态前后变化情况等。日志保存时限不少于 1 年，禁止修改和删除。

A.4.2.2 仪器软件能够自动保存、查询、输出和传输仪器监测氨和废气参数的监测数据（分钟值、单次测量值、平均值）、校准数据、工作参数及运行状态等信息。

A.4.2.3 仪器软件应具备至少存储 1 年 1 min 均值数据的存储空间。仪器软件应具备软件升级信息自动备份功能，软件升级后原有信息能够自动备份保存。

A.4.3.2 仪器应具备校准参数修改或调整限制功能，通过标准物质校准产生的参数不可人为修改，校准正值误差超过合理范围（原则上不超过 $\pm 10\%$ 标准物质标称值）时不可强行通过校准。

附录 B 为计算极限误差参数表，为资料性附录。

附录 C 为仪器实验室检测和现场检测原始记录，为资料性附录。

6 方法验证

6.1 验证方案

本标准适用于固定污染源废气氨便携式测量仪器的生产设计、应用选型和性能检测等，验证工作由中国环境监测总站和上海市环境监测中心组织，选择水泥、焦化等超低排放管理需求紧迫行业现场进行标准验证（详见附件 1 方法验证报告），并开展实验室性能指标验证测试。本次编制标准验证方案：使用 9 种型号（现场）每种型号 1 台；8 种型号（实验室）每种型号 2 台的固定污染源废气氨便携式测量仪器按照编制标准的技术要求和检测方法中主要性能指标进行相关性能测试，汇总分析测试结果并同编制标准中拟定的技术指标进行比较最终确定标准规定的技术指标，保证标准各项性能指标的科学性和合理性。用于验证测试的仪器选择原则为：（1）覆盖目前市场上固定污

染源废气氨便携式测量仪器的主要分析测试原理（即傅立叶变换红外光谱法、紫外差分吸收光谱法、可调谐激光光谱法）；（2）验证仪器满足本标准草案中规定的组成和结构、各单元功能要求和安全要求等；（3）生产厂家有一定的仪器检测经验，能够配合完成验证测试工作，确保测试期间仪器各项运行、测量参数处于正常状态。

6.2 验证过程及结果

本次编制标准的验证工作主要由标准编制单位组织集中验证完成，2023年6月~2024年7月按照标准编制文本中要求的性能指标和检测方法先后在水泥、焦化2个行业现场和总站昌平兴寿实验室对固定污染源废气氨便携式测量仪器进行标准验证测试，得到了大量的测试基础数据并形成了方法验证报告，具体数据汇总与分析见附件一《方法验证报告》。

7 实施本标准的管理措施、技术措施建议

本标准规定了固定污染源废气氨便携式测量仪器的组成结构、技术要求、性能指标和检测方法。各地方生态环境管理部门及排污单位在进行仪器设备选型时可参考本标准；各仪器生产厂商在研发、设计、生产固定污染源废气氨便携式测量仪器时应严格执行本标准；各检测检验机构在对此类仪器进行性能检测时也应按照本标准的规定要求进行。

目前，国产固定污染源废气氨便携式测量仪器以紫外差分吸收光谱法、可调谐激光光谱法原理为主，傅立叶变换红外光谱法的成熟设备仍主要来源国外仪器生产厂商。建议积极推动国产高端仪器监测技术发展。

8 参考文献

- [1]Fowler D , Steadman C E , Stevenson D ,et al.Effects of global change during the 21st century on the nitrogen cycle[J].Atmospheric chemistry and physics, 2015(15-24)
- [2]刘学军,沙志鹏,宋宇,等.我国大气氨的排放特征,减排技术与政策建议[J].环境科学研究, 2021, 34(1):9.
- [3]Zhang Y, Benedict K B, Tang A, et al.Persistent Nonagricultural and Periodic Agricultural Emissions Dominate Sources of Ammonia in Urban Beijing: Evidence from 15 N Stable Isotope in Vertical Profiles[J].Environmental Science Technology, 2019, 54 (1): 102-109
- [4]Yuepeng Pan, Shili Tian, et al.Fossil Fuel Combustion-Related Emissions Dominate Atmospheric Ammonia Sources during Severe Haze Episodes: Evidence from 15N-Stable Isotope in Size-Resolved Aerosol Ammonium[J].Environmental Science & Technology, 2016, 50(15):8049-56
- [5]马儒龙,王章玮,张晓山.城市绿化林中大气氨浓度垂直分布观测[J].环境化学, 2021, 40(07): 2028-2034.
- [6]程刚, 李金香, 王欣, 李云婷, 张大伟. 北京市交通环境春季大气氨污染水平分析[J].环境科学学报,2016,36(08):2803-2810.
- [7]Horvath H.Effects on visibility, weather and climate. In atmospheric acidity: sources,consequences and abatement [M]. London:Elsevier Applied Science, 1992.
- [8]张会涛,田瑛泽,刘宝双,等. 武汉化学组分时空分布及聚类分析[J].环境科学,2019,40（11）：4764-4773.

- [9]肖致美,徐虹,李立伟,等.基于在线观测的天津市PM_{2.5}污染特征及来源解析[J].环境科学,2020,41(10):4355-4363.
- [10]谭静瑶,王丽涛,刘振通,等.邯郸市NH₃污染特征及其在PM_{2.5}形成中的作用[J].环境化学,2021,40(7):2035-2046.
- [11]金丹,高松,崔虎雄,等.大气恶臭污染物氨在线监测方法研究和比对分析[C]//第五届全国恶臭污染测试与控制技术研讨会论文集.2014.
- [12]陈源正,刘通浩,刘安林等.固定污染源烟气中可凝结颗粒物监测技术现状及展望[J].中国环境监测,2023,39(05):21-33.
- [13]薛俊红.浅谈环境空气中氨的来源及污染现状[J].山西科技,2017,32(1):139-141.
- [14]董婧,孙长虹,王永刚,王旭,李明蔚,伍娟丽.北京市典型农业区域大气环境氨浓度动态变化分析[J].环境工程技术学报,2017,7(03):262-267.
- [15]蒋雄杰,李峰.Nafion干燥器GASS处理系统在“超低排放”CEMS中的工程应用研究[J].分析仪器,2015,(03):26-33.
- [16]刘通浩,敬红,王军霞,等.固定污染源氨排放与监测技术现状及展望[C]//中国环境科学学会2020科学技术年会.中国环境科学学会,2020.
- [17]GB 14554-93 恶臭污染物排放标准
- [18]GB 37823-2019 制药工业大气污染物排放标准
- [19]GB 27632-2011 橡胶制品工业污染物排放标准
- [20]GB 31573-2015 无机化学工业污染物排放标准
- [21]GB 4915-2013 水泥工业大气污染物排放标准
- [22]GB 41618-2022 石灰、电石工业大气污染物排放标准
- [23]GB 39727-2020 农药制造工业大气污染物排放标准
- [24]GB 16171-2012 炼焦化学工业污染物排放标准
- [25]GB 41617-2022 矿物棉工业大气污染物排放标准
- [26]GB 31572-2015 合成树脂工业污染物排放标准
- [27]GB 26453-2022 玻璃工业大气污染物排放标准
- [28]HJ 562-2010 火电厂烟气脱硝工程技术规范 选择性催化还原法
- [29]HJ 563-2010 火电厂烟气脱硝工程技术规范 选择性非催化还原法
- [30]HJ 2301-2017 火电厂污染防治可行技术指南
- [31]HJ 1178-2021 工业锅炉污染防治可行技术指南
- [32]HJ 2001-2018 氨法烟气脱硫工程通用技术规范
- [33]HJ 1256-2022 排污单位自行监测技术指南 中药、生物药品制品、化学药品制剂制造业
- [34]HJ 878-2017 排污单位自行监测技术指南 钢铁工业及炼焦化学工业
- [35]HJ 1207-2021 排污单位自行监测技术指南 橡胶和塑料制品
- [36]HJ 988-2018 排污单位自行监测技术指南 平板玻璃工业
- [37]HJ 848-2017 排污单位自行监测技术指南 水泥工业

- [38]GB/T 14669-93 空气质量 氨的测定 离子选择电极法
- [39]HJ 533-2009 环境空气和废气 氨的测定 纳氏试剂分光光度法
- [40]HJ 1330-2023 固定污染源废气 氨和氯化氢的测定 便携式傅立叶变换红外光谱法
- [41]EN 15267-4:2008 Air quality - Assessment of air quality monitoring equipment - Part 4: Performance criteria and test procedures for portable automated measuring systems for periodic measurements of emissions from stationary sources
- [42]ISO 17179:2016 Stationary source emissions — Determination of the mass concentration of ammonia in flue gas — Performance characteristics of automated measuring systems
- [43]JIS B7993-2019 Automated measuring systems for flue gas using non-extractive methods
- [44]T/SSESB 10-2024 固定污染源废气 氨的测定 便携式可调谐激光吸收光谱法
- [45]RJGF 005-2021 固定污染源氨气在线监测仪
- [46]DB41/T 2199-2021 固定污染源废气氨排放连续监测技术规范
- [47]HJ 1045-2019 固定污染源烟气（二氧化硫和氮氧化物）便携式紫外吸收法测量仪器技术要求及检测方法
- [48]HJ 565-2010 国家环境保护标准编制出版技术指南

附件一

方法验证报告

方法名称：固定污染源废气氨便携式测量仪器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、上海市环境监测中心

项目负责人及职称：梁宵/ 高级工程师

通讯地址：北京市朝阳区安外大羊坊八号院乙

联系电话：010-84943181

报告编写人及职称：范蕴非/ 工程师

报告日期：2024 年 11 月 15 日

1 验证测试依据

《固定污染源废气氨便携式测量仪器技术要求及检测方法（征求意见稿）》。

2 验证测试地点及时间

2023 年 6 月~7 月，在水泥行业开展现场验证测试；

2023 年 8 月~9 月，在焦化行业开展现场验证测试；

2023 年 10 月~2024 年 7 月，在中国环境监测总站昌平兴寿实验基地开展实验室指标验证测试。

3 验证测试方法

现场检测选取 9 种型号（含参比仪器，每种型号 1 台）固定污染源废气氨便携式测量仪器按照《固定污染源废气氨便携式测量仪器技术要求及检测方法（征求意见稿）》“6.2 现场性能指标”规定，对“氨监测单元”相关性能指标开展验证测试，含氧量和含湿量性能指标参照 HJ 1045-2019 执行，不再重复验证。实验室检测选取 8 种型号（每种型号 2 台）固定污染源废气氨便携式测量仪器按照《固定污染源废气氨便携式测量仪器技术要求及检测方法（征求意见稿）》“6.1 实验室性能指标”规定，对“氨监测单元”相关性能指标开展验证测试，含氧量性能指标参照 HJ 1045-2019 执行，不再重复验证，具体步骤如下：

（1）保证验证测试地点环境条件符合征求意见稿“5.2 工作条件”的相关规定。

（2）保证测试所用标准气体符合征求意见稿“7.2 标准物质要求”相关规定，各型号仪器完成测试所需的标准气体和稀释配气装置由仪器厂家自行准备。

（3）按照征求意见稿 8.2.3 相关规定，保证比对所用参比方法为国家或行业已发布的标准方法或已开展预研究工作的标准方法，本标准验证测试使用参比方法为傅立叶变换红外光谱法。

（4）测试开始前由各仪器生产厂家工程师完成调试和校准，确保仪器各测量、运行参数正常。

（5）按征求意见稿“7 检测方法与要求”中各项指标的检测方法开展测试，各性能指标测试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，并按检测方法中的公式计算每台仪器每项性能指标的检测结果。每项性能指标检测期间，若某型号仪器出现较为严重技术问题或故障，导致测量结果偏差大或无法继续进行测试，则终止该台仪器的测试；若仪器测试数据异常但未出现故障，则继续测试，异常数据参与性能指标结果的计算和统计。

（6）验证测试结果记录规范：原始记录保留 2 位小数（响应时间指标保留至个位）。

4 验证仪器基本情况

本标准验证测试共组织 9 个型号仪器参加，方法原理涵盖了傅立叶变换红外光谱法、可调谐激光光谱法、紫外差分吸收光谱法，详见附表 1。用于验证测试的仪器选择原则为：（1）覆盖目前市场上固定污染源废气氨便携式测量仪器的主要分析测试原理；（2）验证仪器满足本标准草案中规

定的组成和结构、各单元功能要求和安全要求等；（3）生产厂家有一定的仪器检测经验，能够配合完成验证测试工作，确保测试期间仪器各项运行、测量参数处于正常状态。

附表 1 验证仪器情况登记表

序号	厂家	型号	原理
1	北京承天示优科技有限公司	GASMET DX4000	傅立叶变换红外光谱法
2	杭州谱育科技发展有限公司	EXPEC 1680	傅立叶变换红外光谱法
3	北京雪迪龙科技股份有限公司	MODEL 3080UV	紫外差分吸收光谱法
4	安徽皖仪科技股份有限公司	SG1500	紫外差分吸收光谱法
5	南京国电环保科技有限公司	LDAS-3000	可调谐激光光谱法
6	青岛崂应海纳光电环保集团有限公司	崂应 3025	可调谐激光光谱法
7	青岛崂应海纳光电环保集团有限公司	崂应 3023Y	紫外差分吸收光谱法
8	杭州泽天春来科技股份有限公司	LGT-580	可调谐激光光谱法
9	杭州泽天春来科技股份有限公司	FT-2000PH	傅立叶变换红外光谱法

其中 1-8 型号仪器参与实验室和现场验证测试，9 号仪器参与现场验证测试。

5 仪器验证数据汇总

5.1 最低检出限

附表 2 最低检出限验证结果汇总表

型号	测试量程 (mg/m ³)	最低检出限 (mg/m ³)	
		仪器 1	仪器 2
型号 A	0-114	0.10	0.08
型号 B	0-114	0.17	0.10
型号 C	0-114	0.02	0.11
型号 D	0-114	0.44	0.23
型号 E	0-114	0.51	0.15
型号 F	0-114	0.01	0.01
型号 G	0-114	0.05	0.04
型号 H	0-100	0.02	0.14
指标设置		1 mg/m ³	

对 8 个型号，16 台套仪器开展检出限指标的验证测试，分析数据结果，最低检出限测试结果范围为 0.01 mg/m³~0.51 mg/m³。仪器测试结果均在拟定指标要求范围内，符合指标要求。

5.2 响应时间

附表 3 响应时间验证结果汇总表

仪器编号	测试量程 (mg/m ³)	上升响应时间 (s)	下降响应时间 (s)
A-1	0-114	41	17
A-2	0-114	44	18
B-1	0-114	230	116
B-2	0-114	220	123
C-1	0-114	15	15
C-2	0-114	15	15
D-1	0-114	33	29
D-2	0-114	33	32
E-1	0-114	45	37
E-2	0-114	35	40
F-1	0-114	39	50
F-2	0-114	37	50
G-1	0-114	48	57
G-2	0-114	23	40
H-1	0-100	33	26
H-2	0-100	18	18
指标设置		120 s	

8 个型号共开展了 32 次响应时间测试，除 B 型号仪器响应时间较长外，其他型号测量结果分布在 15 s ~ 57 s，符合指标要求。

5.3 重复性

附表 4 重复性验证结果汇总表

型号	测试量程 (μmol/mol)	标气浓度 (μmol/mol)	重复性 (%)	
			仪器 1	仪器 2
型号 A	0-100	80	0.20	0.21
	0-200	160	0.38	0.25
型号 B	0-150	150	0.29	0.13
	0-200	200	0.53	0.44
型号 C	0-150	120	0.27	0.19
	0-600	480	0.09	0.04
型号 D	0-150	150	0.67	0.50
	0-200	180	0.25	0.19

型号	测试量程($\mu\text{mol/mol}$)	标气浓度($\mu\text{mol/mol}$)	重复性(%)	
			仪器 1	仪器 2
型号 E	0-150	140	0.16	0.24
	0-200	181	0.11	0.19
型号 F	0-150	120	0.48	0.28
	0-250	209	0.55	0.42
型号 G	0-150	120	0.71	0.60
	0-250	209	0.41	0.41
型号 H	0-130	104	0.20	0.07
	0-650	552	0.19	0.10
指标设置			2%	

对 8 个型号、16 台套仪器、各 2 个量程开展了重复性测试, 获得 32 组数据, 数据分布在 0.04%~0.71%之间, 均符合指标要求。

5.4 示值误差

附表 5 示值误差验证结果汇总表

型号	测试量程($\mu\text{mol/mol}$)	标气浓度($\mu\text{mol/mol}$)	示值误差(% F.S.)	
			仪器 1	仪器 2
型号 A	65	20	-0.80	0.35
型号 A	65	50	-0.28	1.35
型号 A	65	40	0.15	1.29
型号 B	65	30	-1.75	-2.22
型号 B	65	40	-1.75	1.14
型号 C	65	30	0.90	-0.37
型号 D	65	30	0.23	-0.12
型号 D	65	40	1.25	0.44
型号 E	65	42	1.27	2.65
型号 E	65	52	-1.42	-1.26
型号 F	65	30	-1.73	1.02
型号 G	65	30	-0.67	0.07
型号 G	65	53	0.45	-0.04
型号 H	65	26	-0.38	0.08
型号 H	65	65	0.06	0.14
指标设置			$\pm 2\% \text{F.S.}$	

型号	测试量程 ($\mu\text{mol/mol}$)	标气浓度 ($\mu\text{mol/mol}$)	示值误差 (标称值)	
			仪器 1	仪器 2
型号 A	100	20	-2.60	1.15
型号 A	100	50	-0.36	1.76
型号 A	100	80	-0.16	1.93
型号 A	200	100	1.68	1.84
型号 A	200	160	2.35	2.01
型号 B	150	40	-2.85	1.85
型号 B	150	80	-0.98	0.38
型号 B	150	150	0.47	1.20
型号 B	200	100	1.32	2.14
型号 B	200	200	1.02	0.94
型号 C	150	75	0.68	0.24
型号 C	150	120	-0.18	0.41
型号 C	600	120	-0.15	0.40
型号 C	600	300	0.54	1.08
型号 C	600	480	-0.01	0.38
型号 D	150	75	1.96	1.42
型号 D	150	150	0.18	0.47
型号 D	180	90	2.22	0.46
型号 D	180	180	-0.43	-0.35
型号 E	150	84	0.46	1.39
型号 E	150	140	-0.26	0.13
型号 E	200	101	0.85	2.93
型号 E	200	181	0.13	3.34
型号 F	150	75	-2.70	-1.34
型号 F	150	121	0.22	-0.27
型号 F	264	132	0.00	-0.66
型号 F	264	209	-0.61	-0.15
型号 G	150	75	-2.46	0.76
型号 G	150	121	-0.40	1.05
型号 G	264	132	1.06	-0.66
型号 G	264	209	0.42	-0.68
型号 H	130	103	0.27	-0.04
型号 H	690	138	1.80	0.70
型号 H	690	345	0.98	0.98
型号 H	690	552	0.44	0.36
指标设置			±3% (标称值)	

对 8 个型号、16 台套仪器开展了示值误差测试，其中 2 台套仪器示值误差超出指标要求，仪器

通过率为 93.75%，指标通过率为 98.96%。

5.5 1 h 零点漂移和量程漂移

附表 6 1 h 零点漂移验证结果汇总表

型号	测试量程 ($\mu\text{mol/mol}$)	测量次数	零点漂移 (%)	
			仪器 1	仪器 2
型号 A	0-100	1	0.11	0.00
		2	-0.14	0.00
		3	0.00	0.00
		4	0.09	0.00
		5	-0.09	0.00
		6	0.00	0.01
型号 B	0-150	1	0.19	0.00
		2	-0.09	0.00
		3	-0.05	0.00
		4	0.29	0.00
		5	-0.29	0.11
		6	0.63	0.12
型号 C	0-150	1	0.07	0.22
		2	-0.03	-0.31
		3	-0.01	0.18
		4	0.00	-0.13
		5	0.00	0.09
		6	0.03	-0.02
型号 D	0-150	1	0.01	0.21
		2	0.08	0.11
		3	-0.17	-0.05
		4	0.80	-0.03
		5	-0.69	-0.05
		6	-0.11	-0.02
型号 E	0-150	1	-0.57	-0.31
		2	-0.25	0.18
		3	-0.09	0.27
		4	0.16	0.21
		5	0.19	-0.02
		6	0.11	-0.05
型号 F	0-150	1	0.06	0.57
		2	-0.06	-0.28
		3	0.04	-0.28
		4	-0.04	0.13
		5	0.07	0.04
		6	0.04	-0.15
型号 G	0-150	1	0.00	0.00
		2	0.00	0.00

型号	测试量程 ($\mu\text{mol/mol}$)	测量次数	零点漂移 (%)	
			仪器 1	仪器 2
		3	0.00	0.00
		4	0.00	0.00
		5	0.00	0.00
		6	0.00	0.00
型号 H	0-130	1	-0.17	-0.08
		2	-0.05	-0.01
		3	0.18	0.02
		4	0.04	0.04
		5	0.01	0.03
		6	-0.09	-0.13
指标设置			±2% F.S.	

附表 7 24 h 量程漂移验证结果汇总表

型号	测试量程 ($\mu\text{mol/mol}$)	标气浓度 ($\mu\text{mol/mol}$)	测量次数	量程漂移 (%)	
				仪器 1	仪器 2
型号 A	0-100	100	1	-1.04	0.39
			2	-0.40	-0.24
			3	0.40	0.90
			4	0.46	-1.02
			5	0.21	2.58
			6	-1.26	-0.28
型号 A	0-200	200	1	-0.46	0.05
			2	-0.07	-0.17
			3	0.11	0.80
			4	0.46	-0.50
			5	-0.70	0.70
			6	0.11	0.18
型号 B	0-150	125	1	0.09	0.99
			2	0.35	0.27
			3	-0.27	-0.60
			4	-0.43	0.39
			5	0.54	0.28
			6	-0.45	0.28
型号 B	0-200	160	1	0.26	0.33
			2	0.59	0.13
			3	0.43	-0.27
			4	-0.16	0.32
			5	-0.50	0.61
			6	0.17	-0.01
型号 C	0-150	120	1	0.87	0.05

型号	测试量程 ($\mu\text{mol/mol}$)	标气浓度 ($\mu\text{mol/mol}$)	测量次数	量程漂移 (%)	
				仪器 1	仪器 2
			2	0.03	-0.55
			3	0.17	-0.07
			4	0.22	0.28
			5	0.07	-0.18
			6	0.13	0.11
			型号 C	0-600	480
2	0.09	-0.14			
3	0.09	0.11			
4	0.01	-0.04			
5	-0.03	-0.02			
6	0.16	0.13			
型号 D	0-150	150	1	-0.97	-0.05
			2	0.84	-0.54
			3	-0.98	0.03
			4	0.41	-0.20
			5	0.65	0.79
			6	0.63	0.57
型号 D	0-200	180	1	-0.37	0.33
			2	-0.23	-0.49
			3	0.27	0.69
			4	0.24	-0.18
			5	-0.29	-0.08
			6	0.20	-0.24
型号 E	0-150	140	1	-0.22	0.05
			2	1.85	-0.33
			3	-1.40	-0.01
			4	0.02	-0.23
			5	-0.18	0.10
			6	0.41	-0.25
型号 E	0-200	180	1	-0.12	0.22
			2	0.62	-0.11
			3	-0.22	0.07
			4	0.02	-0.13
			5	-0.09	-0.04
			6	0.09	-0.22
型号 F	0-150	90	1	-0.46	-0.90
			2	-0.10	-0.07
			3	1.43	-0.34
			4	-0.47	0.19
			5	-1.01	0.12

型号	测试量程 ($\mu\text{mol/mol}$)	标气浓度 ($\mu\text{mol/mol}$)	测量次数	量程漂移 (%)	
				仪器 1	仪器 2
			6	-0.03	0.14
型号 F	0-200	160	1	-0.02	-0.54
			2	-0.06	-0.30
			3	0.47	0.00
			4	-0.25	-0.13
			5	-0.06	0.06
			6	-0.05	0.33
型号 G	0-150	90	1	-0.18	0.97
			2	0.35	-0.53
			3	-0.26	-1.58
			4	-0.88	0.18
			5	1.14	0.44
			6	-0.26	0.18
型号 G	0-200	160	1	0.45	1.20
			2	0.30	-0.85
			3	-0.45	-0.55
			4	0.15	0.70
			5	-0.05	-0.40
			6	0.05	0.05
型号 H	0-130	130	1	0.01	-0.11
			2	-0.09	-0.19
			3	0.20	0.00
			4	0.08	-0.04
			5	-0.30	0.02
			6	-0.24	0.01
型号 H	0-690	690	1	-0.45	-0.24
			2	0.08	0.12
			3	0.12	-0.06
			4	-0.09	-0.07
			5	-0.06	0.08
			6	-0.02	-0.12
指标设置				$\pm 2\%$ F.S.	

对 8 个型号、16 台套仪器开展了示值误差测试，1 h 零点漂移共获得 96 组数据，数据分布在 -0.69%~0.80% 之间，指标通过率为 100%；1 h 量程漂移共获得 192 组数据，数据分布在 -1.58%~2.58% 之间，其中 1 台套仪器的一组量程漂移数据超出指标要求范围，指标通过率为 99.48%。

5.6 环境温度变化的影响

附表 8 环境温度变化的影响验证结果汇总表

型号	测试量程 ($\mu\text{mol/mol}$)	标气浓度 ($\mu\text{mol/mol}$)	仪器 1		仪器 2	
			环境温度变化 的影响高 (%)	环境温度变化 的影响低 (%)	环境温度变化 的影响高 (%)	环境温度变化 的影响低 (%)
型号 A	0-100	80	-1.18	-0.38	-1.56	-0.67
型号 B	0-100	80	-0.74	0.71	0.39	0.66
型号 C	0-150	120	0.54	-0.59	-1.22	1.14
型号 D	0-150	150	1.07	-0.80	1.46	1.27
型号 E	0-150	140	1.51	-1.14	0.40	-0.03
型号 F	0-150	120	0.36	0.82	0.89	-0.71
型号 G	0-150	120	-0.09	-0.22	0.31	-0.13
型号 H	0-130	105	0.69	-0.12	0.78	-0.99
指标设置			±5% F.S.			

对 8 个型号、16 台套仪器开展了温度变化的影响测试，共获得 32 组数据，数据分布在-1.56%~1.51%之间，指标通过率为 100%。

5.7 供电电压变化的影响

附表 9 供电电压变化的影响验证结果汇总表

型号	测试量程 ($\mu\text{mol/mol}$)	标气浓度 ($\mu\text{mol/mol}$)	仪器 1		仪器 2	
			供电电压变化 的影响高 (%)	供电电压变化 的影响低 (%)	供电电压变化 的影响高 (%)	供电电压变化 的影响低 (%)
型号 A	0-100	100	-0.12	0.83	-0.97	1.20
型号 B	0-150	150	0.46	0.74	0.52	-0.76
型号 C	0-150	120	0.46	-0.41	0.17	0.06
型号 D	0-150	150	-0.33	0.28	0.44	-0.61
型号 E	0-150	140	0.30	0.09	0.48	-0.53
型号 F	0-150	120	-0.11	0.46	-0.01	-0.15
型号 G	0-150	120	0.00	-0.32	-0.12	-0.21
型号 H	0-130	130	0.16	0.00	0.12	-0.30
指标设置			±2% F.S.			

对 8 个型号、16 台套仪器开展了电压变化的影响测试，共获得 32 组数据，数据分布在-0.97%~1.20%之间，指标通过率为 100%。

5.8 干扰成分的影响

附表 10 干扰成分的影响验证结果汇总表

型号	测试量程 ($\mu\text{mol/mol}$)	仪器 1		仪器 2	
		正干扰 (%)	负干扰 (%)	正干扰 (%)	负干扰 (%)

型号 A	0-100	1.10	<0.5	0.96	<0.5
型号 B	0-150	0.74	<0.5	1.68	<0.5
型号 C	0-150	<0.5	<0.5	0.58	<0.5
型号 D	0-150	<0.5	-1.12	0.50	<0.5
型号 E	0-150	2.97	<0.5	1.07	<0.5
型号 H	0-130	1.10	<0.5	0.96	<0.5
指标设置		±5% F.S.			

对 6 个型号、12 台套仪器开展了干扰成分的影响测试，共获得 24 组数据，数据分布在-1.12%~2.97%之间，全部符合指标要求。

5.9 平行性

附表 11 平行性验证结果汇总表

型号	测试量程 ($\mu\text{mol/mol}$)	平行性 (%)		
		(20%~30%) 满量程	(40%~60%) 满量程	(80%~90%) 满量程
型号 A	0-100	0.34	0.48	0.49
型号 B	0-150	0.25	0.34	0.18
型号 C	0-150	0.21	0.08	0.15
型号 D	0-150	0.47	0.05	0.17
型号 E	0-150	0.51	0.23	0.10
型号 F	0-150	0.99	0.14	0.24
型号 G	0-150	1.41	0.54	0.51
型号 H	0-130	0.22	0.02	0.08
指标设置		5%		

对 8 个型号仪器开展了平行性测试，共获得 24 组数据，数据分布在 0.02%~1.41%之间，全部符合指标要求。

5.10 负载误差

附表 12 负载误差验证结果汇总表

型号	测试量程($\mu\text{mol/mol}$)	标气浓度($\mu\text{mol/mol}$)	负载误差 (%)	
			仪器 1	仪器 2
型号 A	0-100	80	-1.24	-2.84
型号 B	0-100	100	0.20	2.25
型号 C	0-150	120	1.86	0.05
型号 D	0-150	150	-0.44	0.65

型号 E	0-150	140	-0.13	-0.38
型号 F	0-150	120	-1.88	-0.73
型号 G	0-150	120	-0.69	-0.73
型号 H	0-130	104	-1.28	-1.38
指标设置			±5%	

对 8 个型号、16 台套仪器开展了平行性测试，共获得 16 组数据，数据分布在-2.84%~2.25%之间，全部符合指标要求。

5.11 采样管和样品输送管线加热温度

附表 13 采样管和样品输送管线加热温度验证结果汇总表

型号	采样管和样品输送管线加热温度	
	仪器 1	仪器 2
型号 A	>180 °C	>180 °C
型号 B	>180 °C	>180 °C
型号 C	>180 °C	>180 °C
型号 D	>180 °C	>180 °C
型号 E	>180 °C	>180 °C
型号 F	>180 °C	>180 °C
型号 G	>180 °C	>180 °C
型号 H	>180 °C	>180 °C
指标设置	>180 °C	

对 8 个型号，16 台套仪器进行验证测试，仪器采样管和样品输送管线加热温度均大于 180 °C，符合指标要求。

5.12 绝缘电阻

附表 14 绝缘电阻验证结果汇总表

型号	绝缘电阻	
	仪器 1	仪器 2
型号 A	>20 MΩ	>20 MΩ
型号 B	>20 MΩ	>20 MΩ
型号 C	>20 MΩ	>20 MΩ
型号 D	>20 MΩ	>20 MΩ
型号 E	>20 MΩ	>20 MΩ
型号 F	>20 MΩ	>20 MΩ
型号 G	>20 MΩ	>20 MΩ
型号 H	>20 MΩ	>20 MΩ
指标设置	≥20 MΩ	

对 8 个型号，16 台套仪器进行验证测试，仪器绝缘电阻均大于 20 MΩ，符合指标要求。

5.13 正确度

附表 15 气态正确度验证结果汇总表（参比方法傅立叶红外，测量平均值 $<10 \text{ mg/m}^3$ ）

序号	参比数据 测量值 (mg/m^3)	型号	绝对误差 绝对值 (mg/m^3)	仪器原理
1	3.19	型号 C	3.65	DOAS
2	3.19	型号 G	1.35	DOAS
3	3.19	型号 H	1.58	TDLAS
4	2.13	型号 C	4.48	DOAS
5	2.13	型号 G	0.30	DOAS
6	2.13	型号 H	2.25	TDLAS
7	1.99	型号 C	4.09	DOAS
8	1.99	型号 G	0.58	DOAS
9	1.99	型号 H	1.96	TDLAS
10	1.43	型号 C	3.20	DOAS
11	1.43	型号 G	0.11	DOAS
12	1.43	型号 H	0.90	TDLAS
13	1.43	型号 I	0.16	FTIR
14	0.72	型号 C	2.47	DOAS
15	0.72	型号 G	0.59	DOAS
16	0.72	型号 H	1.59	TDLAS
17	0.72	型号 I	0.58	FTIR
18	1.07	型号 C	2.26	DOAS
19	1.07	型号 G	0.92	DOAS
20	1.07	型号 H	0.54	TDLAS
指标设置			4 mg/m^3	

附表 16 气态正确度验证结果汇总表(参比方法傅立叶红外, 测量平均值 $\geq 10 \text{ mg/m}^3 \sim < 60 \text{ mg/m}^3$)

序号	参比数据 测量值 (mg/m^3)	型号	相对误差 绝对值 (%)	仪器原理
1	23.98	型号 D	0.37	DOAS
2	23.98	型号 E	27.38	TDLAS
3	20.28	型号 D	18.74	DOAS
4	20.28	型号 E	23.80	TDLAS
5	18.71	型号 B	34.06	FTIR
6	18.71	型号 E	20.03	TDLAS
7	18.32	型号 B	31.17	FTIR
8	18.32	型号 E	17.85	TDLAS
9	17.51	型号 G	14.79	DOAS
10	17.51	型号 H	2.28	TDLAS
11	17.51	型号 I	24.67	FTIR
12	17.92	型号 C	2.35	DOAS
13	17.92	型号 H	7.34	TDLAS
14	17.92	型号 I	2.18	FTIR
15	14.16	型号 C	17.48	DOAS
16	14.16	型号 H	15.91	TDLAS
17	14.16	型号 I	13.53	FTIR
指标设置			35%	

附表 17 气态正确度验证结果汇总表(参比方法傅立叶红外, 测量平均值 $\geq 60 \text{ mg/m}^3 \sim < 90 \text{ mg/m}^3$)

序号	参比数据 测量值 (mg/m^3)	型号	绝对误差绝对值 (mg/m^3)	仪器原理
1	68.00	型号 B	13.12	FTIR
2	68.00	型号 C	3.64	DOAS
3	68.00	型号 D	0.67	DOAS
4	68.00	型号 E	3.91	TDLAS
5	68.00	型号 F	6.16	TDLAS
6	68.00	型号 G	6.05	DOAS
7	68.00	型号 H	3.04	TDLAS
8	68.00	型号 I	3.98	FTIR
9	83.56	型号 B	4.36	FTIR
10	83.56	型号 C	1.09	DOAS
11	83.56	型号 D	2.17	DOAS
12	83.56	型号 E	7.08	TDLAS
13	83.56	型号 F	10.83	TDLAS

序号	参比数据 测量值 (mg/m ³)	型号	绝对误差绝对值 (mg/m ³)	仪器原理
14	83.56	型号 G	0.84	DOAS
15	83.56	型号 H	12.05	TDLAS
16	83.56	型号 I	0.49	FTIR
指标设置			20 mg/m ³	

附表 18 气态正确度验证结果汇总表（参比方法傅立叶红外，测量平均值 ≥ 90 mg/m³）

序号	参比数据	型号	相对误差的 95%置信上限	仪器原理
1	110.27	型号 B	17.08%	FTIR
2	110.27	型号 C	5.62%	DOAS
3	110.27	型号 D	2.35%	DOAS
4	110.27	型号 E	8.51%	TDLAS
5	110.27	型号 F	14.78%	TDLAS
6	110.27	型号 G	11.38%	DOAS
7	110.27	型号 H	13.89%	TDLAS
8	110.27	型号 I	13.08%	FTIR
9	101.47	型号 B	12.99%	FTIR
10	101.47	型号 C	2.17%	DOAS
11	101.47	型号 D	1.25%	DOAS
12	101.47	型号 E	8.08%	TDLAS
13	101.47	型号 F	16.66%	TDLAS
14	101.47	型号 G	6.92%	DOAS
15	101.47	型号 H	11.71%	TDLAS
16	101.47	型号 I	13.67%	FTIR
指标设置			20%	

对 9 个型号（含参比仪器）固定污染源废气氨便携式测量仪器开展了测试，获取了 69 组比对数据。参比仪器测量结果平均值 < 10 mg/m³时，20 组比对结果中 18 组达标，测试结果通过率 90%；参比仪器测量结果平均值 ≥ 10 mg/m³ ~ < 60 mg/m³时，17 组比对结果全部达标，测试结果通过率 100%；参比仪器测量结果平均值 ≥ 60 mg/m³ ~ < 90 mg/m³时，16 组比对结果中全部达标，测试结果通过率 100%；参比仪器测量结果平均值 ≥ 90 mg/m³时，16 组比对结果全部达标，测试结果通过率 100%。

6 标准验证结论

通过实验数据汇总和分析，将标准规定的固定污染源废气氨便携式测量仪器性能指标确定如下表。

附表 19 固定污染源废气氨便携式测量仪器实验室检测项目

检测项目		技术要求
氨监测单元	最低检出限	$\leq 1 \text{ mg/m}^3$
	响应时间（上升时间和下降时间）	$\leq 120 \text{ s}$
	重复性	$\leq 2\%$
	示值误差	满量程 $\leq 50 \text{ mg/m}^3$ 时， $\pm 2\%$ F.S. 满量程 $> 50 \text{ mg/m}^3$ 时， $\pm 3\%$ （标称值）
	1 h 零点漂移和量程漂移	$\pm 2\%$ F.S.
	环境温度变化的影响	$\pm 5\%$ F.S.
	供电电压变化的影响	$\pm 2\%$ F.S.
	干扰成分的影响	$\pm 5\%$ F.S.
	平行性	$\leq 5\%$
	负载误差	$\pm 5\%$
含氧量监测单元	响应时间（上升时间和下降时间）	$\leq 120 \text{ s}$
	重复性	$\leq 2\%$
	示值误差	$\pm 2\%$ F.S.
	1 h 零点漂移和量程漂移	$\pm 2\%$ F.S.
	环境温度变化的影响	$\pm 5\%$ F.S.
	供电电压变化的影响	$\pm 2\%$ F.S.
	平行性	$\leq 5\%$
采样管和样品输送管线加热温度		$> 180 \text{ }^\circ\text{C}$
绝缘电阻		$\geq 20 \text{ M}\Omega$

注：F.S. 表示满量程。

附表 20 固定污染源废气氨便携式测量仪器现场检测项目

检测项目		技术要求
氨监测单元	正确度	排放浓度平均值： $\geq 90 \text{ mg/m}^3$ 时，相对误差的 95%置信上限 $\leq 20\%$ $\geq 60 \text{ mg/m}^3 \sim < 90 \text{ mg/m}^3$ 时，绝对误差 $\leq 20 \text{ mg/m}^3$ $\geq 10 \text{ mg/m}^3 \sim < 60 \text{ mg/m}^3$ 时，相对误差 $\leq 35\%$ $< 10 \text{ mg/m}^3$ 时，绝对误差 $\leq 4 \text{ mg/m}^3$
含氧量监测单元	正确度	相对误差的 95%置信上限 $\leq 15\%$
含湿量监测单元	正确度	废气含湿量平均值： $> 5.0\%$ 时，相对误差不超过 $\pm 25\%$ $\leq 5.0\%$ 时，绝对误差不超过 $\pm 1.5\%$