

《固定污染源废气二氧化硫、氮氧化物和二氧化碳便携式红外吸收仪技术要求及检测方法（征求意见稿）》

编制说明

《固定污染源废气二氧化硫、氮氧化物和二氧化碳便携式红外吸收仪技术要求及检测方法》编制组

二〇二五年四月

项目名称：固定污染源废气二氧化硫、氮氧化物和二氧化碳便携式红外吸收仪技术要求及检测方法

项目统一编号：2020-L-29

承担单位：中国环境监测总站

编制组主要成员：梁宵、范蕴菲、王强、周刚、迟颖、左航、邓宝卿、
赵欣、唐帅、赵金宝

环境标准研究所技术管理负责人：裴淑玮

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	标准制订的必要性分析	2
2.1	被测对象（SO ₂ 、NO _x 和CO ₂ ）的环境危害	2
2.2	相关生态环境管理工作的需要	4
2.3	相关生态环境标准的需要	5
2.4	现行环境管理和监测相关技术方法标准的实施情况和存在问题	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研究	8
3.2	国内相关标准研究	2
3.3	国内外仪器现状	23
3.4	国内外相关标准与本标准编制的关系	34
4	标准制订的基本原则和技术路线	45
4.1	标准制订的基本原则	45
4.2	标准制订的技术路线	4
5	方法研究报告	67
5.1	适用范围	67
5.2	规范性引用文件	78
5.3	术语和定义	78
5.4	仪器的组成和结构	89
5.5	技术要求	89
5.6	性能指标和检测方法-实验室检测	20
5.7	性能指标和检测方法-污染源排放现场检测	178
5.8	质量保证	30
5.9	附录	30
6	方法验证	32
6.1	方法验证方案	32
6.2	方法验证过程	223
7	与立项的差异说明	234
8	标准征求意见稿技术审查情况	234
9	标准实施建议	234
10	参考文献	245
	附件一 方法验证报告	278

《固定污染源废气二氧化硫、氮氧化物和二氧化碳便携式红外吸收仪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

生态环境部于2020年“关于开展《河流水生态环境质量监测与评价技术指南》等28项标准规范制修订工作的通知”（监测函〔2020〕4号）文件中下达了《便携式二氧化硫和氮氧化物红外吸收法测量仪器技术要求及检测方法》标准编制任务，项目由中国环境监测总站主持，项目统一编号为2020-L-29。

1.2 工作过程

（1）成立标准编制组

2019年3月，根据生态环境部绿色通道标准管理程序，中国环境监测总站对标准内容展开预研究，成立了由环境监测、环境管理、产品设计等专业领域研究人员组成的标准编制组。编制组初步拟定了标准编制的工作目标、工作内容，讨论了在标准制订过程中可能遇到的问题，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

2019年3月～2019年6月，根据原环境保护部《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）^[1]、《环境保护产品技术要求制订技术导则》（HJ 2521-2012）^[2]和《环境保护标准编制出版技术指南》（HJ 565-2010）^[3]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，形成了本标准的标准初稿草案以及相关技术指标验证测试初步方案。

（3）开展实验研究工作，组织方法验证

2019年7月～2019年12月，标准编制组确定技术方案、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3个型号（每种型号3台）便携式红外吸收法测量仪开展二氧化硫和氮氧化物性能指标的实验室验证测试研究工作，选取了国内典型的污染源废气排放现场组织3个型号的便携式红外吸收法测量仪进行现场应用验证测试，同时与不同方法原理的典型光学法仪器进行现场比对验证测试。根据验证实验结果，编制组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，编写了方法验证报告。

（4）编写标准征求意见稿和编制说明（含方法验证报告）

标准编制组于2020年4月编制完成标准征求意见稿初稿、编制说明及方法验证报告并报送生态环境监测司，2020年4月生态环境部下达了相应的标准编制任务。此后标准编制组按

标准所要求对标准文本及编制说明进行修改完善,并根据环境管理对二氧化碳监测的需求发展,于2022年3月~5月组织5个型号典型仪器开展了二氧化碳性能指标的验证测试并在标准中补充二氧化碳相关内容。完成上述工作后,标准编制组于2023年9月再次完善标准征求意见稿、编制说明及方法验证报告并提交生态环境监测司。

(5) 召开征求意见稿技术审查会,对标准文本进行技术审核

2025年1月20日,由生态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,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、标准名称修改为:固定污染源废气(二氧化硫、氮氧化物和二氧化碳)便携式红外吸收法测量仪技术要求及检测方法;2、加强各指标分级限值的衔接,补充二氧化碳测量仪调研、二氧化氮转换器使用寿命等相关内容;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,参考现行生态环境监测仪器及系统技术要求类标准名称命名体例及相关分析仪器术语标准,调整本标准名称为《固定污染源废气二氧化硫、氮氧化物和二氧化碳便携式红外吸收仪技术要求及检测方法》并上报生态环境监测司。

2 标准制订的必要性分析

2.1 被测对象(SO₂、NO_x和CO₂)的环境危害

在自然界中含硫物质及硫元素在燃烧过程中都能产生二氧化硫(SO₂)。但造成大气污染的硫氧化物,主要来自有色金属冶炼(例如:铜、锌、铅的粗炼等)和硫酸制造以及化石燃料(煤、石油等)燃烧过程。硫化精矿是有色金属冶炼的主要原料,在冶炼过程中产生大量的含硫氧化物的废气。冶炼废气中SO₂浓度一般都高于2%,有时可达11%~13%以上。钢铁企业排入大气中的SO₂主要来自烧结过程,钢铁冶炼的主要原料烧结矿使用的铁矿粉、燃料、溶剂等都含有硫。在烧结过程中,物料中的绝大部分的硫被燃烧生成SO₂。烧结机废气含SO₂浓度一般为500 μmol/mol~1000 μmol/mol。以火电为主的我国电力生产,在全国发电量中约占80%左右,燃煤含硫量多在0.5%~2.5%范围,废气含SO₂在几百至几千μmol/mol数量级。化工行业的硫酸生产排空尾气中SO₂浓度可达上百μmol/mol。我国有几十万台工业和民用锅炉,以燃煤为主,我国能源的70%来源于燃煤,燃煤释放的SO₂成为大气环境污染的首要污染物,SO₂也是我国实施总量控制的重点污染物。

SO₂对人及植物的危害很大,其危害程度与SO₂的浓度和暴露时间有关。SO₂的浓度越高,与人或植物接触时间越长,人或植物受到的危害愈严重。SO₂进入血液能破坏酶的活动,损害肝脏。当大气中SO₂的浓度为400 μmol/mol时会使人呼吸困难,机体免疫受到明显抑制。若随可吸入颗粒物一起吸入SO₂,可吸入颗粒物的气溶胶微粒可把SO₂带到肺部使毒性增加3倍~4倍,导致肺气肿。SO₂还可以加强致癌物苯并(a)芘的致癌作用。大气中的SO₂达到一定浓度会使园林植物、紫苜蓿叶等受害。SO₂是形成酸雨的主要物质之一,在光合作用下,

部分SO₂氧化成SO₃，SO₃溶于空气中的水生成硫酸，进一步生成硫酸雾和硫酸盐，腐蚀各类建筑物的表面，影响建筑物的美观，并减少建筑物的寿命。酸雨使土壤酸化，造成农作物减产；使大片的森林死亡等。

燃料在高温下燃烧是人为产生氮氧化物（NO_x）的主要来源，例如：汽车和火电厂产生的NO_x。燃料（燃料NO_x）中氮的化合物的氧化和燃烧空气（热生成NO_x）中的氮生成含有NO_x的废气。燃煤产生的NO_x约占排气中NO_x的80%以上，而空气中的氮气热生成的NO_x的贡献率低于20%并取决于燃烧温度、炉窑的设计和操作技术。排放源排放的NO_x主要是NO，浓度范围从几十到几百μmol/mol；NO₂浓度较低，燃煤电站锅炉产生的NO₂约占氮氧化物的2%~5%，浓度仅有几个μmol/mol；废气干法、半干法、湿法脱硫、湿法除尘时，废气中的酸性气体NO₂与碱性物质反应生成盐或溶于水；同样NO₂在水泥生产的回转窑或立窑与碱性氧化物反应生成盐。通常排放源排放的NO₂一般不超过NO_x排放量的5%，脱硝治理设施运行后，NO₂所占比例有所提高。高浓度NO₂能够产生棕色的烟羽。产生NO_x的主要污染源是燃煤、燃气、燃油锅炉等。

大气中NO_x对人有致毒作用，主要是通过呼吸系统危害人体，可致急性和慢性中毒。中毒症状主要是对粘膜组织的损害、呼吸道炎症、咳嗽、咳血、支气管炎、肺炎和肺水肿，严重的可致肺坏疽，并可引起兴奋、痉挛，神经炎等神经症状。吸入高浓度的NO_x可迅速出现窒息、痉挛现象并很快死亡。慢性中毒可引起慢性支气管炎及神经衰弱症的后遗症。

NO与血液中血红蛋白的亲合力强，从而使血液输氧能力下降。因此，人体急性中毒后出现缺氧病症，并导致中枢神经受损，引起痉挛和麻痹；高浓度中毒将迅速导致肺充血和水肿，导致窒息死亡。

NO₂会严重刺激呼吸系统，使血红蛋白硝化。同时，对人体的心、肝、胃、造血组织都有不良影响。不同浓度的NO₂对人体健康的危害也不同。接触100 μmol/mol浓度NO₂ 60 min或接触400 μmol/mol浓度NO₂ 5 min对人体引起致命的肺水肿或窒息，直至死亡。

NO_x的危害还在于能与碳氢化合物在太阳照射下发生一系列光化学反应生成光化学烟雾。其最明显的危害是刺激人的眼睛，引起红眼病。此外，对人的鼻、咽喉、气管、肺有明显的刺激作用，从而增大呼吸阻力。

CO₂是对温室效应贡献最大的气体，大气中二氧化碳浓度增加一倍，可使地表温度上升5℃~6℃。温室效应，又称“花房效应”，是指地球从太阳热辐射中得到的热量比起向大气层外散失的热量多，从而使地球表面温度升高的现象。太阳对地球的热辐射主要为可见光部分，其以可见光形式进入地表后，大约有30%的能量被云尘、沙漠和积雪等反射，其余部分则被地表吸收，地表温度随之上升，地球在吸收太阳热辐射后会以红外线为主要形式向大气发出红外辐射，以此散失热量，但由于大气层中存在水分子、二氧化碳等物质，这些物质对红外线有强烈吸收能力，一定程度上减少了地球向大气层外的热量散失。温室效应引起全球变暖已成为世界共识，美国国家气象局观测发现，相比19世纪，当前，地球温度上升了0.7℃。全球变暖会对人类生存环境造成极大的负面影响，甚至是灭顶之灾，气温的升高导致两极冰川融化加快，海平面上升，最终会导致沿海数十个国家倾数覆灭，同时，气候变化也会给生态系统带来灾难。有研究表明，20世纪50年代以来，由于气温的升高，美国加利福尼亚州附近海域浮游动物减少了80%，黑海鸥减少了90%。

2.2 相关生态环境管理工作的需要

2.2.1 CEMS 日常比对的需要

在我国环境保护“十二五”规划要求“推进火电、钢铁、有色、化工、建材等行业二氧化硫和氮氧化物治理，强化脱硫脱硝设施稳定运行”和“十三五”期间实施火电、钢铁等重点行业超低排放改造的基础上，我国生态环境监测“十四五”规划中要求“加强PM_{2.5}和O₃协同控制”，对二氧化硫、氮氧化物排放控制提出了更高要求。环境监测尤其是污染源现场监测仪器设备的运行状况、数据质量等对落实“十四五”规划要求将起到关键的支撑作用。因此，确保污染源现场监测仪器的数据质量尤为重要。

在我国，固定污染源安装的CEMS仪器需要定期进行比对监测。随着各级地方监测能力的提升以及相关方法标准的实施，各类便携式废气光学分析仪器的应用逐步广泛，包括以红外吸收法为工作原理的便携监测仪器，因此，急需制订相关仪器设备的技术标准，满足现场污染源监督性监测、CEMS比对监测的工作需要。

目前，我国的碳排放量统计主要包括核算方法和监测方法，开展固定污染源废气碳排放监测工作，可以推动完善核算体系，支撑排放因子更新，实现对核算结果的校核，因此开展固定污染源废气二氧化碳排放监测已势在必行。

根据生态环境部印发的《碳监测评估试点工作方案》，重点行业二氧化碳排放监测试点工作已在18家火电企业的22台机组、4家钢铁企业的32个点位、以及8家废弃物处理企业开展。在试点研究的基础上，对重点行业二氧化碳排放监测工作将在全国全面展开，准确可靠的二氧化碳监测仪器已成为保障二氧化碳排放监测顺利完成的重要手段之一。

固定污染源二氧化碳排放在线监测仪器设备的运行状况、数据质量是碳监测数据质量、碳排放量核算、碳交易市场乃至双碳愿景下政策制定的重要影响因素，因此，使用二氧化碳便携仪器作为参比方法检验二氧化碳排放在线监测仪器的性能和进行比对监测是一项非常重要且急迫的工作，需要有更加可靠的适用于固定污染源监测的便携式仪器规范作为技术依据，确保固定污染源二氧化碳排放在线监测仪器的数据质量。

2.2.2 新技术产品的需要

随着污染源废气便携监测仪器的技术发展和应用需求，目前我国已经有多家企业自主开发、生产了近十个不同型号的便携式废气红外吸收法测量仪器；具有潜在生产技术能力和准备研制开发这类仪器设备的公司也比较多。目前如雪迪龙、崂应、天虹、聚光、埃森等国内厂商以及堀场、德图、Gasmeter等国外厂商均有成熟的红外吸收法便携式仪器设备在售，红外原理仪器在便携废气监测、在线废气监测方面的占有率为50%左右。因而，急需出台相关仪器标准正确引导企业研发生产高品质的仪器，统一评判产品的标准和检测的尺度，为环境管理和环境监测服务。

2.2.3 相关仪器设备性能检测工作的需要

二氧化硫、氮氧化物和二氧化碳便携式红外吸收法测量仪是环境监测专用仪器设备，应用于环境监测工作时，需要对仪器进行性能评估。因此需要编制出台相关仪器标准，作为仪器性能评估的依据。

因此,《固定污染源废气二氧化硫、氮氧化物和二氧化碳便携式红外吸收仪技术要求及检测方法》环境保护标准的编制将为规范相关仪器设备的技术水平,推动技术进步和保障行业和产业的健康发展提供有效的技术支撑。

2.3 相关生态环境标准的需要

SO₂和NO_x(NO和NO₂)是我国实行主要污染物总量减排控制的大气污染物,同时也是我国“十四五”期间及今后相当长时间内实行严格监控的约束性大气污染物。SO₂和NO_x也是我国大气污染物综合排放标准、电力行业、建材行业、冶金行业、化工行业、城市公共事业行业(垃圾、危险废物)和燃烧化石燃料的工业以及取暖锅炉等要求必须监测的污染物。为了保证监测结果的准确性、可靠性,监测仪器必须满足规定的仪器性能技术指标。要求监测排放废气中的SO₂和/或NO_x的相关环境保护法规和标准见表1。

表1 排放监测相关环境保护法规和标准

标准编号	标准名称	条目	监测对象	限值 (mg/m ³)
GB 16297-1996	大气污染物综合排放标准	第 9.3 条	SO ₂ 和 NO _x	700 和 420
GB 9078-1996	工业炉窑大气污染物排放标准	第 4.5 条	SO ₂	850
GB 18484-2001	危险废物焚烧污染控制标准	第 5.4 条	SO ₂ 和 NO _x	200 和 500
GB 21900-2008	电镀污染物排放标准	第 4.2.3 条	NO _x	200
GB 25464-2010	陶瓷工业污染物排放标准	第 4.2.3 条	SO ₂ 和 NO _x	300 和 240
GB 25465-2010	铝工业污染物排放标准	第 4.2.3 条	SO ₂	200
GB 25466-2010	铅、锌工业污染物排放标准	第 4.2.3 条	SO ₂	400
GB 25467-2010	铜、镍、钴工业污染物排放标准	第 4.2.3 条	SO ₂	400
GB 25468-2010	镁、钛工业污染物排放标准	第 4.2.3 条	SO ₂	400
GB 26131-2010	硝酸工业污染物排放标准	第 4.2.3 条	NO _x	300
GB 26132-2010	硫酸工业污染物排放标准	第 4.2.3 条	SO ₂	400
GB 13223-2011	火电厂大气污染物排放标准	第 4.3 条	SO ₂ 和 NO _x	100 和 100
GB 26451-2011	稀土工业污染物排放标准	第 4.2.3 条	SO ₂ 和 NO _x	300 和 200
GB 26452-2011	钒工业污染物排放标准	第 4.2.3 条	SO ₂	400
GB 28662-2012	钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准	第 4.3 条	SO ₂ 和 NO _x	200 和 300
GB 28663-2012	炼铁工业大气污染物排放标准	第 4.3 条	SO ₂ 和 NO _x	100 和 300
GB 28665-2012	轧钢工业大气污染物排放标准	第 4.3 条	SO ₂ 和 NO _x	150 和 300
GB 16171-2012	炼焦化学工业污染物排放标准	第 4.2.3 条	SO ₂ 和 NO _x	100 和 200
GB 29620-2013	砖瓦工业大气污染物排放标准	第 4.3 条	SO ₂ 和 NO _x	300 和 200
GB 30484-2013	电池工业污染物排放标准	第 4.2.3 条	NO _x	30
GB 4915-2013	水泥工业大气污染物排放标准	第 4.1.2 条	SO ₂ 和 NO _x	200 和 400
GB 30770-2014	锡、锑、汞工业污染物排放标准	第 4.2.3 条	SO ₂ 和 NO _x	400 和 200
GB 13271-2014	锅炉大气污染物排放标准	第 4.3 条	SO ₂ 和 NO _x	300 和 300
GB 18485-2014	生活垃圾焚烧污染控制标准	第 8.3 条	SO ₂ 和 NO _x	100 和 300
GB 31570-2015	石油炼制工业污染物排放标准	第 5.1.2 条	SO ₂ 和 NO _x	100 和 150
GB 31571-2015	石油化学工业污染物排放标准	第 5.1.2 条	SO ₂ 和 NO _x	100 和 150
GB 31572-2015	合成树脂工业污染物排放标准	第 5.1.2 条	SO ₂	100
GB 31573-2015	无机化学工业污染物排放标准	第 4.2.2 条	SO ₂ 和 NO _x	400 和 200
GB 31574-2015	再生铜、铝、铅、锌工业污染物排放标准	第 4.2.2 条	SO ₂ 和 NO _x	150 和 200
GB 13801-2015	火葬场大气污染物排放标准	第 4.3 条	SO ₂ 和 NO _x	30 和 200
GB 37823-2019	制药工业大气污染物排放标准	第 4.5 条	SO ₂ 和 NO _x	200 和 200
GB 37824-2019	涂料、油墨及胶粘剂工业大气污染物排放标准	第 4.5 条	SO ₂ 和 NO _x	200 和 200
GB 39726-2020	铸造工业大气污染物排放标准	第 4.1 条	SO ₂ 和 NO _x	200 和 300
GB 39727-2020	农药制造工业大气污染物排放标准	第 4.4 条	SO ₂ 和 NO _x	200 和 200

标准编号	标准名称	条目	监测对象	限值 (mg/m ³)
GB 39728-2020	陆上石油天然气开采工业大气污染物排放标准	第 4.1 条	SO ₂	400
GB 26453-2022	玻璃工业大气污染物排放标准	第 4.1 条	SO ₂ 和 NO _x	200 和 400
GB 41616-2022	印刷工业大气污染物排放标准	第 4.3 条	SO ₂ 和 NO _x	200 和 200
GB 41617-2022	矿物棉工业大气污染物排放标准	第 4.1 条	SO ₂ 和 NO _x	200 和 300
GB 41618-2022	石灰、电石工业大气污染物排放标准	第 4.1 条	SO ₂ 和 NO _x	200 和 300
GB 16171.1-2024	炼焦化学工业大气污染物排放标准	第 4.1 条	SO ₂ 和 NO _x	30 和 150

随着我国工业的快速发展，二氧化碳排放量呈现出逐年上涨趋势，如表 2 所示，截至 2019 年，二氧化碳排放量已由 1990 年的 20.8885 亿吨增长到 98.0920 亿吨，近 30 年时间二氧化碳排放量增长了近 400%，并于 2005 年成为世界第一大温室气体排放国。如表 3 所示，1990 年至 2018 年，按二氧化碳排放来源类别，大多数时间排前三位的分别是电力及热能生产行业、交通领域、一般工业领域，其在总体上呈现正增长态势。近 30 年来，电力及热能领域排放的二氧化碳总量从 6.39 亿吨增加到 2018 年的 48.96 亿吨，年度占比从 30% 升至 51%。当前，我国电力供应仍主要来源于火电厂，而火电厂选用燃料的不同也将导致不同的二氧化碳排放浓度，基于不同燃料燃烧产生的最大二氧化碳排放浓度值（近似值）如表 4 所示。

表 2 我国近 30 年主要年份的二氧化碳排放量

年份	CO ₂ 排放量（亿吨）
1990	20.8885
1995	29.0027
2000	30.9969
2005	54.0752
2010	78.3097
2015	90.9330
2019	98.0920

表 3 我国近 30 年主要年份的不同行业二氧化碳排放量（亿吨）

年份	电力及热能	其他能源工业	一般工业	交通	居民	商业及公共服务	农业	其他
1990	6.39	0.86	7.45	0.94	3.35	0.50	0.88	0.52
1995	10.58	1.27	10.70	1.27	2.98	0.67	0.98	0.53
2000	14.27	1.48	9.06	2.48	2.17	0.57	0.48	0.48
2005	23.73	1.79	19.36	3.97	2.74	0.92	0.84	0.72
2010	34.78	3.54	28.44	5.69	2.98	1.19	0.88	0.81
2015	42.43	3.37	29.73	8.27	3.59	1.51	1.09	0.93
2018	48.96	3.18	26.67	9.17	3.91	1.51	1.13	0.74

表 4 不同燃料燃烧产生的最大二氧化碳排放值（近似值）

燃料类型	烟煤	贫煤	无烟煤	燃料油	石油气	液化石油气	湿性天然气	干性天然气	城市煤气
浓度值 (%)	18.4~18.7	18.9~19.3	19.3~20.2	15.0~16.0	11.2~11.4	13.8~15.1	10.6	11.5	10.0

为了稳步推进双碳目标落地落实，2021 年生态环境部开展了火电、钢铁、石油天然气开采、煤炭开采和废弃物处理 5 类重点行业的温室气体监测试点工作，其中涉及二氧化碳排放监测的有火电、钢铁以及废弃物处理行业，基于目前试点工作成果，标准编制组汇总了此 3 类行业不同生产工段常见的二氧化碳排放浓度（如表 5 所示），可大致将其分为 0~8%、8%~15%、15%~20%及 20%以上 4 个区间。

表 5 各行业常见二氧化碳排放浓度

行业类别	排放点位	CO ₂ 浓度/%
火电	燃煤	8~15
	燃气	3~5
钢铁	烧结	5~8
	球团	1~3
	焦炉	3~18
	热风炉	20~25
	自备电厂	18~25
	石灰窑	20~25
垃圾焚烧	-	10~15

2.4 现行环境管理和监测相关技术方法标准的实施情况和存在问题

《固定污染源烟气（SO₂、NO_x、颗粒物）排放连续监测技术规范》（HJ 75-2017）^[4]第9.3.3.4、11.7条，《固定污染源排放烟气（SO₂、NO_x、颗粒物）连续监测系统技术要求及检测方法》（HJ 76-2017）^[5]第8.2.4条等相关技术标准和法规要求使用便携式多气体（SO₂和NO_x）测量仪器对污染源排放的主要污染物进行监督性监测。

目前我国环保行业制订和发布的关于监测固定源排放废气的便携仪器标准主要有：《定电位电解法二氧化硫测定仪技术条件》（HJ/T 46-1999）^[6]、《烟气采样器技术条件》（HJ/T 47-1999）^[7]、《烟尘采样器技术条件》（HJ/T 48-1999）^[8]、《环境空气和废气 便携式总烃、甲烷和非甲烷总烃监测仪技术要求及检测方法》（HJ 1012-2018）^[9]、《环境空气和废气 挥发性有机物组分便携式傅里叶红外监测仪技术要求及检测方法》（HJ 1011-2018）^[10]、《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）^[11]。

尽管我国在2010年发布过《红外线气体分析器技术条件》（GB/T 25929-2010）^[12]标准，但该标准仅适合于红外线气体分析器，“不适用于与仪器连接使用的样品处理系统或与仪器联用的记录仪、数据处理系统等”。质监部门实施的《烟气分析仪检定规程》（JJG 968-2002）^[13]和《烟气分析仪型式评价大纲》（JJF 1362-2012）^[14]在计量检定要求中规定了5项技术指标（示值误差、重复性、响应时间、稳定性和最大流量）；此外，在通用技术要求中规定了绝缘电阻、绝缘强度的指标和分别对仪器进行电源电压适应性、高温试验（40℃±2℃，2h）、低温试验（5℃±2℃，2h）、恒定热湿试验（40℃，RH93%）、高温贮存试验（55℃，8h）、低温贮存试验（-20℃，8h）、碰撞试验和跌落试验等，但计量检定标准仅适用于分

析仪表的实验室测试，而不是整套仪器的技术性能指标以及仪器的现场使用技术要求；这些远远不能适应快速发展的环境管理和环境监测的需要。

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研究

3.1.1 光学法测量气态污染物的主要原理

固定污染源排放废气中SO₂、NO_x、CO₂的测量仪器分析方法，目前采用的分析技术主要有：紫外吸收法、非分散红外吸收法、紫外荧光法、化学发光法和定电位电解法等，见表6。

表 6 废气中 SO₂、NO_x 和 CO₂ 仪器分析方法的主要测量原理

测量原理			测量组分			备注
			SO ₂	NO _x	CO ₂	
紫外法	非分散紫外吸收	PMS/CEMS	●	—	—	—
	差分吸收	PMS/CEMS	●	●	—	可直接测量 NO ₂ 和 NO
	气体过滤相关非分散吸收	CEMS				
	傅里叶变换紫外吸收	CEMS				
红外法	简单非分散吸收	PMS/CEMS	●	●	●	NO ₂ 需要还原为 NO 后再测量
	Luft 检测器非分散吸收	PMS/CEMS				仅测量 NO
	光声检测器非分散吸收	CEMS				仅测量 NO
	气体过滤相关非分散吸收	CEMS				可直接测量 NO ₂ 和 NO
	傅里叶变换红外吸收	PMS/CEMS				—
紫外荧光			●	—	—	—
定电位电解法			●	●	●	可直接测量 NO ₂ 和 NO
火焰光度计			●	—	—	—
化学发光法			—	●	—	NO ₂ 需要还原为 NO 后再测量
电导率法			●	—	—	—
PMS：便携式测量仪；CEMS：连续排放监测系统						

3.1.2 红外吸收法仪器的主要特点

a)、能测量多种气体

除了单原子的惰性气体和具有对称结构无极性的双原子分子气体外，CO、CO₂、NO、NO₂、NH₃等无机物、CH₄、C₂H₄等烷烃、烯烃和其他烃类及有机物都可用红外分析器进行测量。

b)、测量范围宽

可分析气体的上限达100%，下限达几个μmol/mol的浓度。进行精细化处理后，还可以进行痕量分析。

c)、灵敏度高

理论上讲，只要某气体对红外线有特征吸收，就能用红外线气体分析器对其浓度进行检测，常见物质红外吸收特征波长见表7。

表 7 几种物质的红外特征波长

名称	分子式	吸收峰波长 (μm)
二氧化碳	CO ₂	2.7 4.26 14.5
甲烷	CH ₄	3.3 7.55
一氧化碳	CO	2.37 4.65
乙烯	C ₂ H ₄	3.45 5.3 7 10.5
水蒸气	H ₂ O	2.0 2.8

电磁辐射的本质是相同的，但不同的波段范围都有自己的特点。在0.76 μm~25 μm的红外线区域的一个独特之处是它对热能的辐射能力很强。一个炽热的物体向外辐射能量，大部分是通过红外线辐射出来的。以普通白炽灯而言，其辐射能几乎90%是红外线辐射能。因此，为达到分析的目的，可以利用分子对红外线热能的吸收。在近红外区中，每克分子的吸收能可达1000~4000卡。对这样大的热能，完全可以通过适当的转换（如转换为温度或压力）来进行测量。这就是利用近红外区的红外线的热效应进行成份分析的基础。

4、测量精度高

红外原理仪器测量波动一般都在2% F.S.以内，不少产品达到1% F.S.。与其他分析手段相比，它的精度较高且稳定性好。

3.1.3 国外便携式二氧化硫和氮氧化物测量仪器技术的研究和标准

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^[15]和Method 7E—Determination of Nitrogen Oxides Emissions From Stationary Sources (Instrumental Analyzer Procedure)，U.S 40 CFR Part 60 Appendix A^[16]）将测量固定源排放SO₂和NO_x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 “SO₂ 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^[17]），对氮氧化物仪器的技术指标作出了规定（详见表8）。

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）^[18]），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.^[19]），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)^[20]），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)PreliminaryMethod 005- Determination of Nitrogen Oxide Emissionsfrom StationarySources (Ultraviolet Instrumental Analyzer Procedure^[21]), 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(详见表8)。

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)^[22]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SO₂和NO_x等污染物的需要。

⑤德国发布的监测SO₂和NO_x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^[23]); 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_x)-Reference method: Chemiluminescence; German version EN 14792:2005^[24])。

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^[25])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^[26])明确规定了仪器的性能技术指标(详见表8)。

⑦国际化标准组织发布监测SO₂和NO_x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^[27])和(Stationary source emissions-determination of the mass concentration of nitrogen oxides -performance characteristics of automated measuring methods, ISO10849^[28])。

⑧欧盟发布监测SO₂和NO_x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^[29])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_x) -Reference method: Chemiluminescence^[30])。

3.1.4 国外二氧化碳便携式测量仪相关标准

①美国环境保护署发布了 Method 3A - Determination of Oxygen and Carbon Dioxide Concentrations in Emissions From Stationary Sources (Instrumental Analyzer Procedure)(40 CFR part 60-Appendix A-2^[31])固定污染源排放中氧气和二氧化碳浓度的测定(仪器分析规程):方法适用于固定污染源排放二氧化碳浓度的在线监测、CEMS 比对监测,其中规定了仪器技术指标。

② 欧 盟 发 布 了 Air quality —Certification of automated measuringsystems —Part 4: Performance criteria and testprocedures for automated measuringsystems for periodicmeasurementsof emissions fromstationary sources (EN15267-4:2017^[32]); 空气质量—自动检测系统认证—第4部分:固定污染源排放物定期自动监测系统性能标准及检测规程。

③欧盟发布了 Stationary source emissions - Determination of the volume concentration of

carbon dioxide – Reference method: infrared spectrometry (CEN/TS 17405:2020^[33]) 固定污染源排放—二氧化碳体积浓度的测定—参考方法：红外光谱法：方法适用于固定污染源排放二氧化碳浓度的在线监测、CEMS 比对监测（红外光谱法），其中规定了仪器技术指标。

3.2 国内相关标准研究

目前国内还没有针对便携式二氧化硫、氮氧化物和二氧化碳红外吸收法测量仪器的技术标准。已经发布的固定污染源废气SO₂和NO_x监测方法的相关技术标准：《固定污染源排气中二氧化硫的测定 碘量法》（HJ/T 56-2000，湿化学法）；《固定污染源排气中二氧化硫的测定 定电位电解法》（HJ 57-2017，仪器法）^[34]；《固定污染源废气 二氧化硫的测定 非分散红外吸收法》（HJ 629-2011，仪器法）^[35]；《固定污染源排气中氮氧化物的测定 紫外分光光度法》（HJ/T 42-1999，湿化学法）；《固定污染源排气中氮氧化物的测定 盐酸萘乙二胺分光光度法》（HJ/T 43-1999，湿化学法）；《污染源废气 氮氧化物的测定 非分散红外吸收法》（HJ 692-2014，仪器法）^[36]；《固定污染源废气 氮氧化物的测定 定电位电解法》（HJ 693-2014，仪器法）^[37]；《固定污染源烟气（SO₂、NO_x、颗粒物）排放连续监测系统技术要求及检测方法》（HJ 76-2017，连续监测仪器）；《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）；《固定污染源废气 二氧化硫的测定 便携式紫外吸收法》（HJ 1131-2020）^[38]、《固定污染源废气 氮氧化物的测定 便携式紫外吸收法》（HJ 1132-2020，仪器法）^[39]，已经发布的固定污染源废气二氧化碳监测方法相关技术标准有《固定污染源废气 二氧化碳的测定 非分散红外吸收法》（HJ 870-2017）^[40]和《固定污染源废气 气态污染物（SO₂、NO、NO₂、CO、CO₂）的测定 便携式傅里叶变换红外光谱法》（HJ 1240-2021）^[41]。针对固定污染源便携式废气测量仪的标准有《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），用对象主要是二氧化硫和氮氧化物。此外《一氧化碳、二氧化碳红外线气体分析仪检定规程》（JJG 635-2011），针对核心分析元件提出了外观、示值引用误差、重复性、响应时间、漂移、干扰误差、绝缘电阻、绝缘强度等要求。

国内外废气中SO₂和NO_x监测仪器相关标准技术指标比较见表8，CO₂监测仪器相关标准技术指标比较见表9。

表 8 国内外废气 SO₂、NO_x 相关仪器标准技术指标比较

项目		性能技术指标												
		美国 EPA						英国 环境保护局	ISO	原技术监督局	生态环境部			
		40CFR 60 附 1 录 A	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）	JJG 968-2002 JJF 1362-2012	HJ/T 46-1999	HJ 629- 2011 HJ 692-2014	
检出限		2%	分辨率（1 μmol/mol）	1.0% F.S.	—	2%	2%或 1 μmol/mol	2%	5.0% （零点重复性）	—	—	—	3 mg/m ³	
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. （<100 μmol/mol 时 5 μmol/mol）	—	—	3.0%	3.0%（1 h）	2.0% F.S.	5.0%（1 h）	2.0% F.S.	—	
重复性		—	—	—	—	—	3.0%或 1 μmol/mol	—	5.0%	—	2.0%	2.0%	—	
响应时间		—	—	120 s	—	—	—	—	200 s	200 s	90 s	60 s	—	
线性误差		—	—	2.0%	—	2.5%（NO） 3.0%（NO ₂ ）	—	—	5.0%	2.0% F.S.	5.0% （示值误差）	20% F.S.	3.0%	—
												60% F.S.	4.0%	
												100% F.S.	5.0%	
校准 误差	零点	2.0%	3.0%	—	2.0% F.S.	3.0%	3.0%或 1 μmol/mol	2.0%	—	—	—	—	—	—
	量程 点	2.0%	5.0%	—	2.0% F.S.	5.0%	5.0%或 1 μmol/mol	2.0%	—	—	—	—	—	5%
系统偏差		5.0%	—	—	5.0% F.S.	—	—	5.0%	—	—	—	—	—	5% C.S.
环境 温度 影响	零点	—	—	—	—	—	—	—	（线性误差） 5.0% （5~40）℃	—	示值误差 5.0% （5~40）±2℃	在 5℃~40℃ 范围 能正常工作		—
	量程 点	—	—	—	—	—	—	—	（线性误差） 5.0% （5~40）℃	—		在 5℃~40℃ 范围 能正常工作		—
电压影响		—	—	—	—	—	—	—	—	—	线性误差 5.0% （220V±22V）	—	—	—
干扰物质影响		总响应 2.5%	5.0% 的测定废气 平均浓度	2.0% F.S.	2.0% F.S. 或 5 μmol/mol	5.0% 的测定废气 平均浓度	5.0%	—	5.0%	2.0% F.S.	—	—	—	2.0% F.S.
注：F.S.表示满量程，C.S.表示校准量程，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℃±3 ℃、20 ℃±3 ℃和 40 ℃±3 ℃。														

表 9 国内外废气 CO₂相关仪器标准技术指标比较

项目	美国 EPA PART 60 附录 A-2 Method 3A	欧盟 EN15267-4		欧盟 CEN/TS 17405:2020	生态环境部 HJ 870-2017
		实验室检测	现场检测		
检出限	—	—	—	—	0.03%
响应时间	—	200 s	200 s	200 s	—
重复性	—	2% F.S.	—	0.2%	—
线性误差	—	2% F.S.	2% F.S.	0.3%	—
零点漂移	相对误差：3.0% F.S. 或 绝对误差：0.5%	2% F.S.	5% F.S.	0.2%	3%
量程漂移	相对误差 3.0% F.S.或 绝对误差 0.5%	2% F.S.	5% F.S.	0.2%	3%
样气压力变化	—	2% F.S.	—	0.2%	—
流量影响	—	2% F.S.	—	0.2%	—
环境温度影响	—	5% F.S.	—	0.5%	—
电压影响	—	2% F.S.	—	0.2%	—
干扰物质影响	总响应：2.5% F.S.或 绝对误差：0.5%	4% F.S.	—	0.4%	—
振动影响	—	2% F.S.	—	0.2%	—
采样管线与处理系统的损耗与泄露	—	—	—	2%测量值	—
校准误差	相对误差：2.0% F.S. 或 绝对误差：0.5%	—	—	—	5%（示值误差）
系统误差	相对误差：5.0% F.S. 或 绝对误差：0.5%	—	—	—	5%（系统偏差）
准确度（均为正值）	—	—	$R_f \leq 3.3\%$	—	—
注：F.S.表示满量程。					

3.3 国内外仪器现状

目前市场上便携式红外吸收法测量仪主要生产厂商包括国内的雪迪龙、天虹、崂应，以及德国的约克、日本的堀场、芬兰的Gasmet等，主要产品性能见表10：

表 10 市场上主要仪器产品性能

序号	生产厂商	型号	主要仪器性能特点
1	雪迪龙	MODEL3080	配置气体传感器（检测器）：CO、CO ₂ 、SO ₂ 、NO _x ； 分辨率：1mg/m ³ ； 精度：1% F.S.
2	天虹	TH-890C	每个组份设有双量程，SO ₂ 、NO _x 最低量程 100 μmol/mol， CO ₂ 最低量程 200 μmol/mol（可扩展）；量程比为 1:20； 预处理器采样流量可达到 3 L/min
3	崂应	崂应 3022	分辨率：1 mg/m ³ ； 稳定性：1 h 内示值变化不大于 5%； 示值误差：5%
4	约克	MGA6	内置帕尔帖冷却器单元； 分辨率：0.1 μmol/mol； 精度：2% F.S.
5	堀场	PG350	可选配 CH ₄ ； 精度：2% F.S.； 重复性：1% F.S.
6	Gasmeter	DX 4000	波长范围：900-4200 cm ⁻¹ ； 分辨率：8 cm ⁻¹ ； 精度：3% F.S.

由于二氧化氮在红外波段吸收较弱，市场上红外吸收法便携或在线仪器在测量二氧化氮时基本都采用氮氧化物转换器，将二氧化氮转换为一氧化氮进行测量，二氧化氮转换器常见品牌及使用寿命情况如下：

表 11 市场上常见氮氧化物转换器使用寿命

序号	生产厂商	国产/进口	一般使用寿命
1	喜倍科技	国产	转换管寿命 12 个月以上（取决于现场工况）
2	泽天科技		当通气流量为 2 L/h、NO ₂ 负荷为 100 μmol/mol 时，使用寿命 2 年以上
3	双硕环保		12 个月以上，取决于 NO ₂ 浓度
4	海特尔		转换管内的填充材料使用寿命 12 个月
5	宜先环保		转换管内的填充材料使用寿命 12 个月
6	上海瑜奥		在 3 L/min 流量下，使用寿命 2 年以上
7	圣达骏业		当通气流量为 2 L/h、NO ₂ 负荷为 100 μmol/mo 时，使用寿命 2 年以上
8	山东新泽		12 个月以上
9	JCT	进口	2~3 年
10	Bont		2 年左右
11	Fuji		2~3 年
12	Signal		2 年左右
13	SEAH		1.5~2 年
14	Yokogawa		2~3 年
15	ABB		2 年左右
16	M&C		2~3 年

3.4 国内外相关标准与本标准编制的关系

国外许多国家均已发布与本标准类似的便携式二氧化硫和氮氧化物红外吸收法测量仪器的技术标准，本标准编制是为确保应用于我国的这类仪器设备符合我国的现有污染源排放

现状和污染物监测需求。因此，本标准内容中的仪器设备技术指标内容和相关检测方法参照了相关国外已发布的成熟技术标准；但其中的具体技术指标设置则依据我国目前的环境管理要求、相关环境监测仪器的技术现状水平以及标准编制过程中的现场验证测试结果来确定，做到符合我国当前的国情需要和现实水平，因此仪器设备技术指标的设置与相关国外标准有一定的差异。国内目前没有正式颁布实施的便携式二氧化硫、氮氧化物和二氧化碳红外吸收仪器技术标准，因此本标准编制内容与现行的国内相关标准没有任何冲突，能够满足目前我国相关污染物排放监测的技术需求。

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

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映仪器各项指标。
- 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 标准制订的技术路线

本标准的内容主要包括适用范围、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、质量保证和相关附录。

技术要求包括二氧化硫、氮氧化物和二氧化碳便携式红外吸收法测量仪的外观要求、工作条件、安全要求和功能要求；其中功能要求对二氧化硫、氮氧化物和二氧化碳便携式红外吸收仪的样品采集和输送单元、样品预处理单元、校准功能、气密性、数据采集和处理单元等分别提出具体技术要求。

性能指标和检测方法针对二氧化硫、氮氧化物和二氧化碳便携式红外吸收仪各测量单元和仪器分别规定了实验室和污染源现场检测的技术指标要求和检测方法。

实验室检测技术要求规定了废气测量单元（SO₂、NO_x和CO₂）和废气含氧量测量单元在实验室检测时应满足的要求。其中：

废气测量单元（SO₂、NO_x和CO₂）实验室检测性能技术要求包括：采样管和样品输送管线加热温度、最低检出限（CO₂测量单元不需要）、响应时间（上升时间和下降时间）、重复性、示值误差、1 h零点漂移和量程漂移、环境温度变化的影响、供电电压变化的影响、干扰成分的影响、平行性、负载误差、绝缘电阻；

废气含氧量测量单元实验室检测性能技术要求包括：响应时间（上升时间和下降时间）、

重复性、示值误差、1h零点漂移和量程漂移、环境温度变化的影响、供电电压变化的影响、平行性；

现场检测技术要求规定了废气测量单元（SO₂、NO_x和CO₂）测量准确度、废气含氧量测量准确度和废气湿度测量准确度（仅限热湿法原理仪器）。

实验室检测和现场检测期间的质量保证也都包含在此标准内容中。

附录中给出了规范性要求：仪器样气输送管线和冷凝除湿设备技术要求、仪器数据采集记录和处理要求（包括数据格式、要求和转换计算公式等）；资料性要求：仪器气密性现场检测方法、仪器实验室检测和现场检测原始记录表。

本标准作为二氧化硫、氮氧化物和二氧化碳便携式红外吸收仪的技术标准，是对二氧化硫、氮氧化物和二氧化碳便携式红外吸收仪性能指标要求和检测方法的规定。参比方法采样位置和采样点的选择依据HJ 1405规定，标准不再详述，直接引用。

本标准制修订技术路线见图1。

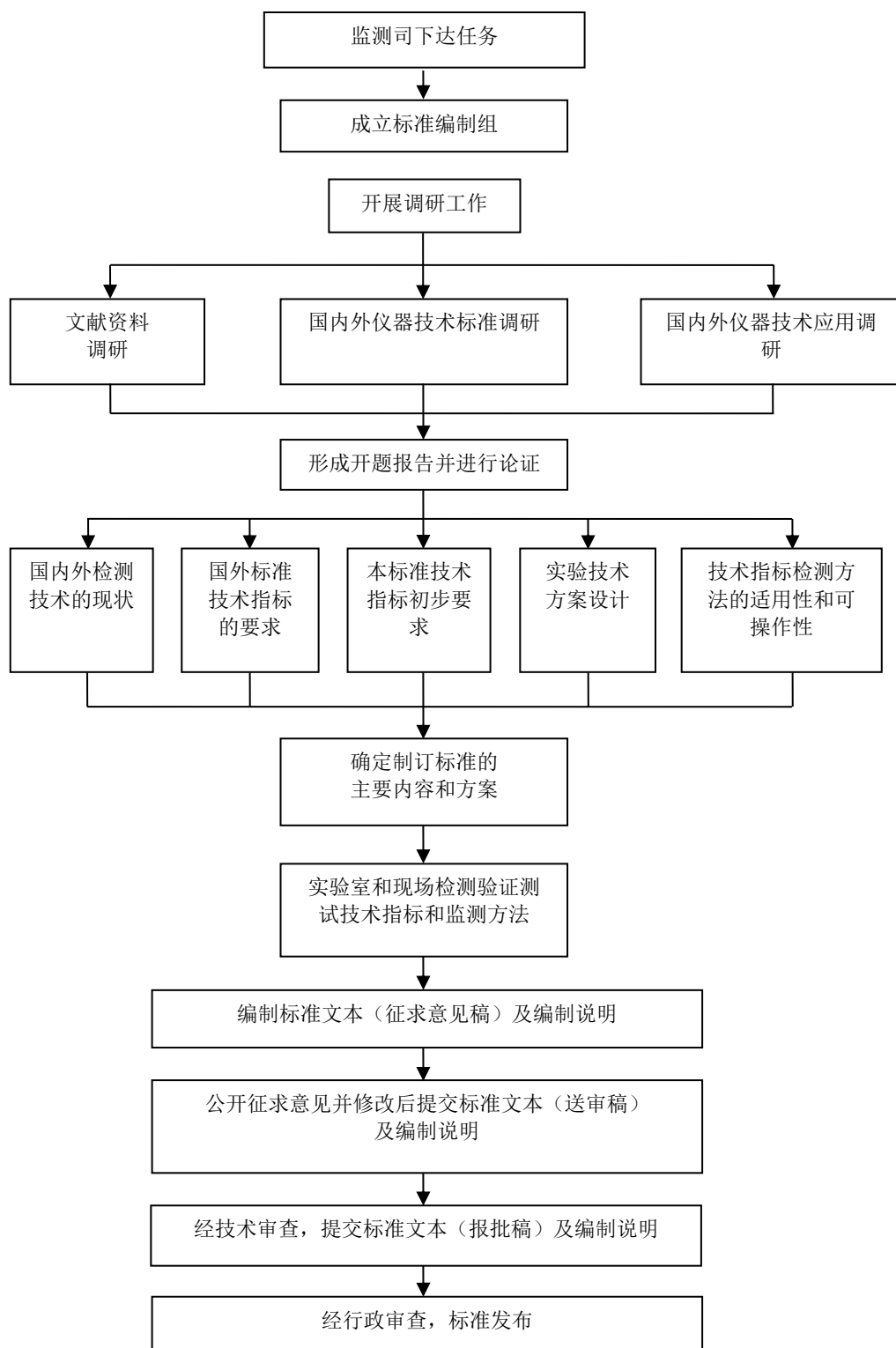


图1 标准制修订技术路线

5 方法研究报告

5.1 适用范围

本次制订标准的适用范围依据标准的名称确定为二氧化硫、氮氧化物和二氧化碳便携式红外吸收仪，依据环境管理要求和仪器技术现状，标准确定主要监测的污染物为固定污染源

废气 SO₂、NO_x 和 CO₂。因此，标准的适用范围如下：

本标准规定了固定污染源废气二氧化硫、氮氧化物和二氧化碳便携式红外吸收仪（以下简称仪器）的组成结构、技术要求、性能指标和仪器检测评价方法。

本标准适用于固定污染源废气二氧化硫、氮氧化物和二氧化碳红外吸收仪的设计、生产和性能检测。在近红外光区有吸收的其它气体便携式仪器技术要求可参照本标准执行。

5.2 规范性引用文件

由于本标准主要针对应用于固定污染源废气排放污染物的监测仪器，因此标准中仪器的一些测试和使用过程中的检测方法、质量保证和质量控制要求引用了固定污染源废气手工采样和连续自动监测方面的 3 个标准。

5.3 术语和定义

此次制订标准共设置了 9 个术语和定义。全部术语和定义均与目前现行的固定污染源废气监测相关标准的术语和定义内容一致，没有任何冲突。其中主要术语和定义如下。

响应时间 response time

参照 HJ 76 和 HJ 1045，仪器响应时间分为上升响应时间和下降响应时间。仪器从通入量程校准气体或零点气体的时刻起，到其示值达到标准气体标称值 90%或 10%的时刻止，中间的时间间隔。

零点漂移 zero drift

参照 HJ 76 和 HJ 1045，在仪器未进行维修、保养或调节的前提下，仪器按规定的时间运行后通入零点气体，仪器的读数与零点气体初始测量值之间的偏差相对于满量程的百分比。

量程漂移 span drift

参照 HJ 76 和 HJ 1045，在仪器未进行维修、保养或调节的前提下，仪器按规定的时间运行后通入量程校准气体，仪器的读数与量程校准气体初始测量值之间的偏差相对于满量程的百分比。

平行性 parallelism

参照 HJ 76 和 HJ 1045，在相同的环境条件下，相同型号和配置的仪器测量同一被测物时，其测量结果的相对标准偏差。

干废气浓度 dry flue gas concentration

参照 HJ 76 和 HJ 1045，废气经预处理，露点温度≤4℃时，废气中各污染物的浓度，也称为干基浓度。

相对准确度 relative accuracy

参照 HJ 76 和 HJ 1045，参比方法与待测仪器同步测量废气（含氧气）浓度，取同时间区间且相同状态的测量结果组成若干数据对，数据对之差的平均值的绝对值与极限误差之和，与参比方法测定数据的平均值之比。

术语和定义的排序以在本标准文本中出现的前后顺序排列。全部术语和定义的内容现行相关标准均保持一致。

5.4 仪器的组成和结构

本次制订标准便携式二氧化硫和氮氧化物红外吸收法测量仪器组成包括：废气（SO₂、NO_x、CO₂ 中 1-3 种）测量单元、废气参数（含氧量等）测量单元和数据采集和处理单元。当仪器测量结果为湿基浓度时，应配置废气湿度测量单元。

标准对测量废气排放（SO₂、NO_x、CO₂）的红外仪器进行了组成要求，这里依据红外吸收光谱的测量特点和废气污染源监测的实际需求，要求 NO_x 必要至少包括 NO 和 NO₂；同时要求仪器在监测污染物时必须监测污染源废气中氧气浓度，便于进行相关浓度折算以判断是否达标；另外，组成要求当仪器不具备除湿预处理设备而直接对湿废气进行测量时，必须具备废气湿度测量部件，确保污染物浓度进行准确的干/湿基转换计算。仪器组成结构中未对排放废气的温度、压力、流速（流量）等进行明确配置要求，主要原因是这些参数在其它便携污染源废气监测仪器中已有明确要求，在本次标准规定的仪器中不是必需配置的参数，因此可作为选择配置部件。

5.5 技术要求

5.5.1 工作条件

标准制订规定“仪器在以下条件中应能正常工作：环境温度 0℃～40℃（氧气电化学传感器适用环境温度 5℃～40℃；相对湿度：≤85%；大气压：80 kPa～106kPa；电压和频率：AC220 V±22V，50 Hz±1Hz。”

由于便携式二氧化硫和氮氧化物红外吸收法测量仪器主要应用于污染源现场监测，因此其使用环境条件要求相对较高，需要适应比较严峻的环境，但是该类仪器又非一直固定在室外环境使用，当环境温度条件比较恶劣时，仪器具有便携移动性，因此仪器的使用环境条件范围要求按照一般常用仪器室外使用环境温度、湿度和大气压以及供电电压设置。针对仪器使用环境温度范围设置的说明可参见 5.6.2 中 g 条款。由于我国部分高原地区气压较低，有些北方地区冬季温度较低，而温度和气压对电子和机械部件的介电性和传动能力要求更高；由于考虑仪器成本，本标准中为适合中国的大部分地区条件并兼顾目前世界各国此类设备的要求，将温度和压力范围设置为常规要求数值；增加说明：低温、低压等特殊环境条件下，仪器设备的配置应满足当地环境条件的使用要求。

5.5.2 功能要求

二氧化硫、氮氧化物和二氧化碳便携式红外吸收法测量仪的功能要求是对该类仪器整体功能的技术要求。

依据多年来仪器性能测试经验和环境管理的需要，结合二氧化硫、氮氧化物和二氧化碳便携式红外吸收法测量仪当前技术水平特点，按照采用抽取冷干、抽取热湿和直接测量等测量方式的不同，对仪器的样品采集和输送装置、预处理装置、校准功能、气密性要求、数据采集和传输装置等分别提出具体技术要求。

在预处理装置要求中，明确氮氧化物转换器使用寿命应不少于 1 年。

在校准功能要求中，提出应具备固定的和便于操作的标准气体全系统校准功能；即能够

完成样品采集和传输单元、预处理单元和分析单元的全系统校准。要求仪器的整个气路应具有良好的气密性，仪器开机使用前，应通过配套的密封部件封堵采样管进气口等方式自动完成气路的气密性检查，仪器现场气密性检查的操作过程可参见附录 C。在数据采集和传输单元要求中，提出应显示和记录超出其零点以下和满量程以上至少 10% 的数据值。当测量结果超过零点以下和满量程以上 10% 时，数据记录可存储其最小或最大值保持不变，同时要求对上述异常的数据应在仪器显示和记录中加以明确标识（可采用不同颜色、字母、词语等方式）。应具备显示、设置系统时间和时间标签功能，数据为设置时段的平均值。仪器具有中文数据采集、存储、处理和控制软件。能够显示实时数据，具备查询历史数据的功能，并能以报表或报告形式输出。仪器数据采集、存储、处理和控制软件应符合附录 A 的技术要求。同 HJ 1045 比，本标准增加了北斗定位、网络授时及监测日志的要求。

5.6 性能指标和检测方法-实验室检测

二氧化硫、氮氧化物和二氧化碳便携式红外吸收法测量仪为污染源排放现场使用的监测仪器，由于污染源现场的监测环境条件比较恶劣，因此这类仪器在现场使用中必须克服外界环境条件等造成的测量结果影响。但是，在实际的仪器性能检测和评价时，部分测试指标如仪器受环境温度、电压变化等影响，干扰成分的影响等性能在单一现场检测很难操作，并且现场检测时容易受到其它因素的影响造成一些性能检测的误判。因此，在实验室内检测，可将受检仪器放置在环境试验舱内，模拟环境温度等的变化检测系统性能。环境模拟舱的建立使得实验室监测具有可操作性，因此，本次标准制订内容将仪器首先在实验室条件下进行相关性能指标的测试。

实验室检测包括废气测量单元（SO₂、NO_x 和 CO₂）和废气含氧量测量单元的检测。除干扰测试气体外，其余检测方法按照 HJ 1045 相应规定执行。

5.6.1 实验室检测量程说明

“十三五”以来重点行业实行超低排放，大规模脱硫脱硝设施建设投运，污染物排放浓度大大下降，基本达到几十个甚至几个 μmol/mol，这对废气便携监测仪器开展监督性监测和比对监测的检测能力和技术水平提出了更高的要求，很多仪器具备双量程或多量程设置。因此，本标准制订结合当前实际工况和国内外仪器设备水平，规定：仪器具备双量程或多量程时，各量程各项技术指标均应满足本标准要求；且规定气态污染物（SO₂、NO_x）测量单元检测最小量程的最大值不超过 150 μmol/mol，对二氧化碳测量单元检测最小量程不作要求。检测期间除进行系统零点和量程校准外，不允许对系统进行计划外的维护、检修和调节。

5.6.2 废气（SO₂、NO_x、CO₂）测量单元性能指标和检测方法

便携式二氧化硫和氮氧化物红外吸收法测量仪器废气（SO₂、NO_x 和 CO₂）和含氧量测量单元性能技术指标见表 12。

表 12 实验室检测技术要求

检测项目		技术要求	检测方法
外观		合格	除干扰测试气体见表 1、表 2 外，其余检测方法按照 HJ 1045 中 7.1.4 部分执行。
采样管和样品输送管线加热温度		$\geq 120\text{ }^{\circ}\text{C}$	
绝缘电阻		$\geq 20\text{ M}\Omega$	
二氧化硫 测量单元	最低检出限	$\leq 1\% \text{ F.S.}$	
	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	绝对值 $\leq 2\% \text{ F.S.}$	
	1h 零点漂移和量程漂移	绝对值 $\leq 2\% \text{ F.S.}$	
	环境温度变化的影响	绝对值 $\leq 5\% \text{ F.S.}$	
	供电电压变化的影响	绝对值 $\leq 2\% \text{ F.S.}$	
	干扰成分的影响	绝对值 $\leq 5\% \text{ F.S.}$	
	平行性	$\leq 5\%$	
	负载误差	绝对值 $\leq 5\%$	
氮氧化物 测量单元	最低检出限	$\leq 1\% \text{ F.S.}$	
	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	绝对值 $\leq 2\% \text{ F.S.}$	
	1h 零点漂移和量程漂移	绝对值 $\leq 2\% \text{ F.S.}$	
	环境温度变化的影响	绝对值 $\leq 5\% \text{ F.S.}$	
	供电电压变化的影响	绝对值 $\leq 2\% \text{ F.S.}$	
	干扰成分的影响	绝对值 $\leq 5\% \text{ F.S.}$	
	平行性	$\leq 5\%$	
	负载误差	绝对值 $\leq 5\%$	
	二氧化氮转换效率	$\geq 95\%$	
二氧化碳 测量单元	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	绝对值 $\leq 2\% \text{ F.S.}$	
	1h 零点漂移和量程漂移	绝对值 $\leq 2\% \text{ F.S.}$	
	环境温度变化的影响	绝对值 $\leq 5\% \text{ F.S.}$	
	供电电压变化的影响	绝对值 $\leq 2\% \text{ F.S.}$	
	干扰成分的影响	绝对值 $\leq 5\% \text{ F.S.}$	
	平行性	$\leq 5\%$	
含氧量测 量单元	负载误差	绝对值 $\leq 5\%$	
	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	绝对值 $\leq 2\% \text{ F.S.}$	
	1h 零点漂移和量程漂移	绝对值 $\leq 2\% \text{ F.S.}$	
	环境温度变化的影响	绝对值 $\leq 5\% \text{ F.S.}$	
	供电电压变化的影响	绝对值 $\leq 2\% \text{ F.S.}$	
	平行性	$\leq 5\%$	

注：F.S.表示满量程。

采样管和样品输送管线加热温度：

对于现场便携监测仪器来说，由于其在现场使用时间较短，且往往要面对高湿度的恶劣

废气环境，因此如何克服采样管和样品输送管线造成的吸附、溶解等采样损失就显得非常关键。对有效控制污染物的采样损失，通常采用高温伴热采样的方式，因此本标准对仪器的采样管和样品输送管线的加热温度提出要求，要求控制在不小于 120℃，且温度可调。并参考 HJ/T 46-1999《定电位电解法二氧化硫测定仪技术条件》中的相关检测方法，编制了本标准加热温度的检测方法：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）

最低检出限：

最低检出限是反映仪器检测能力和测量灵敏度的重要指标。当前我国污染源废气排放浓度逐步降低，为了适应当前我国污染源废气排放监督性监测和比对监测的需求，本标准制定中设置了“最低检出限”指标。

最低检出限的检测方法依据我国常规的仪器和方法检测限测定方法，一般取零点噪声（零点测量值标准偏差）的 2～3 倍与满量程值的百分比，本标准设置为 2.5 倍。按照该方法对 3 个型号 9 套红外便携仪器进行测试，SO₂ 检出限最大值 0.8% F.S.，NO_x 检出限最大值 1.0% F.S.。

同时综合考虑我国当前污染源废气监测的环境管理需求。以火电行业为例（当前要求相对比较严格的废气排放行业），目前我国燃煤电厂固定污染源废气 SO₂ 排放浓度限值最低为 35mg/m³，NO_x 排放浓度限值最低为 50mg/m³。为了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应低于要求测试浓度的 1/10，因此 SO₂ 和 NO_x 的检出限应分别低于 3.5mg/m³ 和 5.0mg/m³。

本标准要求便携红外吸收法仪器最小检测量程最大值为 150 μmol/mol，换算标态质量浓度 SO₂ 为 429 mg/m³，NO_x 为 308 mg/m³，按照百分比计算，满足污染源环境监测和管理需求的 SO₂ 和 NO_x 的最低检出限应在 0.8% F.S. 和 1.6% F.S. 左右。

综上，结合仪器验证测试结果（仪器技术现状）和当前环境监测管理需求，最低检出限指标设置为不超过 1% F.S.；该项指标说明，满足该指标的便携式二氧化硫和氮氧化物红外吸收法测量仪器从监测能力上是能够满足当前我国污染源废气 SO₂ 和 NO_x 监督性监测和 CEMS 比对监测等环境监测和管理需求的。

响应时间：

响应时间表征仪器测量速度的快慢。一般将响应时间分为上升响应时间和下降响应时间。

上升响应时间指仪器零点读数稳定后通入量程校准气体，此时开始计时，到其示值达到量程校准气体标称值 90% 的时刻止，中间的时间间隔。

下降响应时间指仪器量程点读数稳定后通入零点气体，此时开始计时，到其示值达到量程校准气体标称值 10% 的时刻止，中间的时间间隔。

本标准制订，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》，气态污染物测量单元（含 O₂）响应时间技术指标。实验室检测时检测仪器的响应时间，用零气和量程气检测系统的上升响应时间和下降响应时

间。连续重复测定 3 次。便携仪器一般采样管线不长，因此样品气体的传输时间影响不大，依据验证测试结果，同时参考在线监测仪表实验室检测的技术指标，将响应时间性能指标设置为不超过 120 s。

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。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度来看，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。

废气测量单元（含 O₂）重复性检测方法：系统校准零点后，通入量程点气体，稳定后读数，重复 6 次，计算 6 次读数的相对标准偏差。

重复性指标参照气体分析仪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 10.11，设置为不超过 2%。

示值误差：

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。

检测方法：使用低、中、高 3 种浓度的标准气体。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。计算待测仪器测量每种浓度标准气体的测量误差相对于满量程的百分比。实验室检测使用的以上标准气体浓度，也可以采用等比例稀释的方法获得各浓度标准气体，等比例稀释装置的精密度要求在 1.0% 以内。实验室检测线性误差指标参照标准编制单位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 10.12，设置为绝对值 $\leq 2\%$ F.S.。

1 h 零点漂移和量程漂移：

漂移指标主要是为考察仪器的测量稳定性，由于便携监测仪器在污染源现场使用的时间一般不长（ ≤ 6 h），因此对便携现场监测仪器的测量稳定性仅考核其 1 h 间隔的零点和量程漂移变化，连续测量 6 h。

废气（含 O₂）漂移检测方法参考了现执行 HJ 76-2017、HJ 1045-2018 标准中对漂移的检测方法。漂移指标综合考虑了仪器实验室验证测试结果，设置为绝对值 $\leq 2\%$ F.S.。

环境温度变化的影响：

理论上来说，便携式红外吸收法测量仪所处环境温度的变化将直接影响分析仪的测量结果。例如，环境温度发生变化将直接影响光源的稳定，影响辐射的强度，影响测量气室连续流动的气样密度。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。由于我国便携式二氧化硫和氮氧化物红外吸收法测量仪器的大面积使用,各种检测原理和技术水平的分析仪对温度的适应性不尽相同,因此为保证红外吸收法测量仪器监测的有效性,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。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。

根据仪器使用环境条件的分类方法,便携式废气(含 O₂)分析仪器虽然是通常在室外环境使用的仪器,但其并不是固定在较恶劣的环境中,是可依据现场的实际环境条件便携移动的仪器设备,因此这类仪器应属于第III组要求,即使用环境 0℃~40℃(电化学传感器 5℃~40℃);且在我国计量部门《烟气分析仪型式评价大纲》(JJF 1362-2012)中规定的仪器高温试验(40℃±2℃, 2h)低温试验(0℃±2℃, 2h)(电化学传感器为 5℃);因此,本标准仪器的适用环境温度范围和对仪器的温度变化影响试验温度变化范围设置为 0℃~40℃(氧气电化学传感器 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,然后计算所选量程气体测量结果的相对偏差,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,设置为绝对值≤5% F.S.。

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 198 VAC 与 242 VAC,检测电压高于和低于 220 V 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绝对值 $\leq 2\%$ F.S.。

干扰成分的影响：

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组分，干扰组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组分，减小了此影响，但并不能完全消除。为保证仪器监测数据的质量，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。主要选取了在红外波段有吸收的一些干扰气体，SO₂、NO_x干扰成分气体及浓度见表 13，CO₂干扰成分气体及浓度见表 14。

表 13 SO₂、NO_x测量单元实验室检测使用的干扰成分气体

测量目标污染物	干扰气体名称	浓度值
二氧化硫、氮氧化物	CO	300 mg/m ³
	CO ₂	15%
	CH ₄	50 mg/m ³
	NH ₃	20 mg/m ³
	HCl	200 mg/m ³

表 14 CO₂测量单元实验室检测使用的干扰成分气体

测量目标污染物	干扰物质	浓度值
二氧化碳	H ₂ O	15%
	CO	300 mg/m ³
	CH ₄	50 mg/m ³
	N ₂ O	100 mg/m ³
	NO	300 mg/m ³
	NO ₂	30 mg/m ³
	NH ₃	20 mg/m ³
	SO ₂	1000 mg/m ³
	HCl	200 mg/m ³

检测方法：通入零气，系统稳定后，记录初始读数，然后通入干扰气体，稳定后读数为该干扰气体下零气测量值。计算通入干扰气体和未通入干扰气体时零气测量值的偏差，再除以所选系统满量程值，得到各干扰气体下的相对偏差，为各干扰气体零气影响。

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。相关干扰测试指标参照实验室验证测试结果指标要求设置为绝对值 $\leq 5\%$ F.S.。

平行性:

平行性是判断一个企业生产的同一款仪器质量稳定性和一致性的重要指标。从我国环境管理的角度而言, 为便于同一仪器间数据的可比性, 确实有必要设置此平行性性能指标。平行性检测时分别用浓度为 (20%~30%) 满量程值、(40%~60%) 满量程值、(80%~90%) 满量程值 3 种标准气体检测三套系统测试结果的相对标准偏差。指标的检测方法和计算方法参照 HJ 1045, 结合实验室验证测试结果, 指标设置为不超过 5%。

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, 因此规定当采样设备负载阻力为 10 kPa 时, 抽气采样流量变化导致的气态污染物测量结果的变化绝对值绝对值 $\leq 5\%$ 。同时参考 HJ/T 46-1999 《定电位电解法二氧化硫测定仪技术条件》中的相关检测方法, 编制了本标准负载误差的检测方法: 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 kPa $\pm$ 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; 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。指标设置参考 HJ/T 46-1999 标准, 设置为绝对值 $\leq 5\%$ 。

二氧化氮转换效率:

样气中存在的氮氧化物, 常具有多种形态, 其中除 NO 外, 其他形态的相互转化极不稳定, 一般认为通过脱硝设施后主要以 NO 和 NO₂ 两种成分为主; 分析 NO_x 总量是很有意义的, 部分仪器测量 NO_x 时需要将 NO₂ 转化为 NO。这样, 二氧化氮转换效率将直接影响氮氧化物总量的测定, 因此, 此指标的检测是非常有必要的。

二氧化氮转换效率的检测可使用臭氧发生器或使用浓度为 (20%~80%) 满量程的 NO₂ 标准气体。使用臭氧发生器检测转换效率参照了 HJ 1045 中二氧化氮转换效率的检测方法。另外还可直接使用 NO₂ 标准气体来检测仪器的氮氧化物转换效率。

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 10.18 章节、HJ 76 - 2017 相关指标设置和指标验证测试结果, 设置为 $\geq 95\%$ 。

绝缘电阻:

绝缘电阻是仪器重要的安全指标, 检测方法和指标比较成熟。因此, 指标设置和检测方法参照 HJ/T 46-1999 《定电位电解法二氧化硫测定仪技术条件》标准中的相关内容, 指标设置为 ≥ 20 M Ω 。

5.6.3 仪器关键部件技术要求

部件选择的不同往往对仪器的性能引起影响,因此检测仪器的同时,检测仪器内的关键部件也是很有必要的。本标准制订,在附录中引入了关键部件冷凝除湿装置和采样管线的技术性能指标。仅作为推荐使用和以后开展性能检测的参考,并不作为仪器性能检测的必要指标。

冷凝除湿装置:

冷凝除湿装置是抽取冷干方式红外吸收仪器中必配的关键部件。冷凝除湿装置的脱水率和 SO₂ 组分的丢失率是影响系统性能的主要因素。对冷凝除湿装置的推荐检测项目包括:冷凝器稳定性能;脱水效率;SO₂ 组分的丢失率。

冷凝器稳定性能指冷凝器从环境温度达到工作温度时,冷凝器显示的制冷温度的波动范围,是反映冷凝器保持稳定的制冷效果的重要指标。调研目前技术成熟的压缩机原理和电子制冷原理的冷凝器技术能力,同时结合仪器正常冷凝除水的技术要求,冷凝器稳定性指标建议设置为温度波动范围在设置温度的 2℃ 以内。

脱水性能是反映冷凝除湿装置脱水效果的重要指标。检测方法是对应不同的入口露点,检测冷凝器出口露点和脱水率,选取典型的压缩机原理和电子制冷原理的冷凝除湿设备进行实验测试,结果见表 15 和表 16;依据测试结果,脱水性能指标建议设置为:当湿度>5.0%~≤10.0%时,冷凝器脱水率≥85%;当湿度>10.0%~≤15.0%时,冷凝器脱水率≥90%;当湿度>15.0%时,冷凝器脱水率≥95%。

表 15 压缩机冷凝器在不同湿度水平的脱水率

设定发生露点 (℃)	设计含湿量 (%)	入口露点 (℃)	入口含湿量 (%)	出口露点 (℃)	出口含湿量 (%)	脱水率 (%)
35	5.9	32.5	5.09	3.6	0.79	84.5%
45	10.5	42.8	9.24	3.4	0.78	91.6%
55	18.5	53.3	16.74	3.6	0.79	95.3%
65	32.9	63.5	30.07	4.2	0.82	97.3%

表 16 半导体冷凝器在不同湿度水平的脱水率

设定发生露点 (℃)	设计含湿量 (%)	入口露点 (℃)	入口含湿量 (%)	出口露点 (℃)	出口含湿量 (%)	脱水率 (%)
35	5.9	32.6	5.11	4.0	0.81	84.2%
45	10.5	42.8	9.24	4.0	0.81	91.2%
55	18.5	53.2	16.67	4.6	0.85	94.9%
65	32.9	63.5	30.07	9.6	1.20	96.0%

随着污染源排放废气湿度的逐步增大,SO₂ 在废气冷凝除水过程中可能造成的损失逐步显现,因此在冷凝除湿设备的技术要求中冷凝除湿设备 SO₂ 组分的丢失率是反映设备保证除水效果的同时保证废气 SO₂ 准确测量的重要指标。用含湿量为 15% 的 SO₂ 标气对不同的冷凝除湿设备进行 SO₂ 组分丢失率的实验测试,结果见图 2 和图 3;依据测试结果,冷凝除湿设备 SO₂ 组分的丢失率指标建议为:湿度 15% 的 SO₂ 标准气体,SO₂ 浓度≥150 μmol/mol(429

mg/m³) 时, SO₂ 丢失率≤5%; SO₂ 浓度≥50 μmol/mol (143 mg/m³) ~<150 μmol/mol (429 mg/m³) 时, SO₂ 丢失率≤8%;

SO₂ 浓度<50 μmol/mol (143 mg/m³) 时, SO₂ 绝对丢失量≤5 μmol/mol (14 mg/m³)。

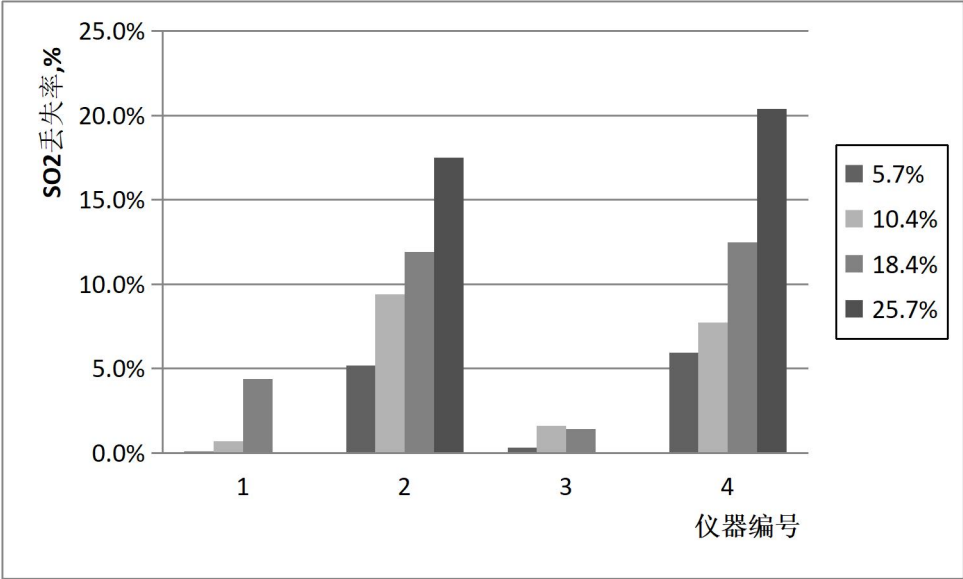


图 2 低浓度 SO₂ 湿标气不同湿度下 SO₂ 组分丢失率测试结果

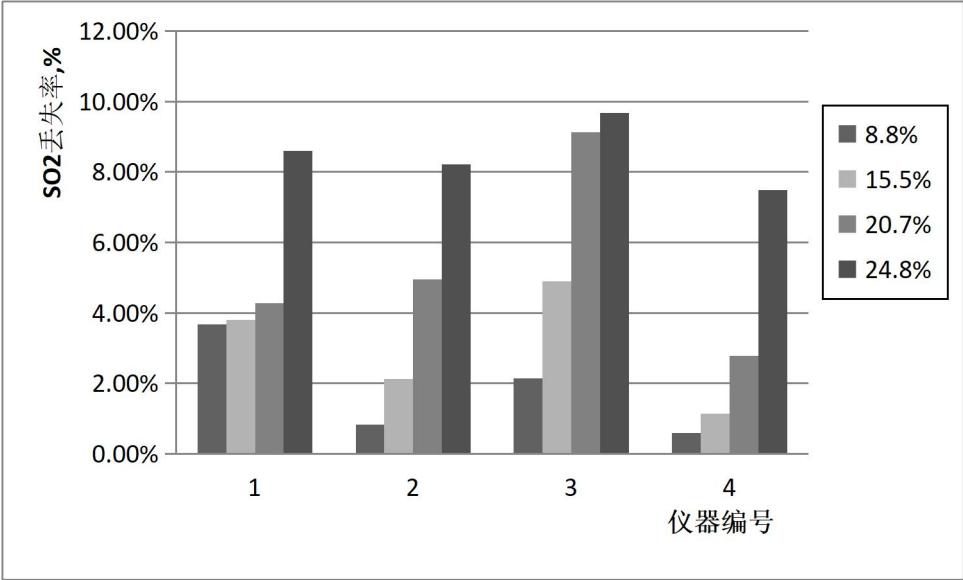


图 3 高浓度 SO₂ 湿标气不同湿度下 SO₂ 组分丢失率测试结果

加热传输管线:

加热线推荐检测技术要求包括外观, 温度均匀性能, 保温性能和气密性能。

5.7 性能指标和检测方法-污染源排放现场检测

5.7.1 气态污染物测量单元性能指标和检测方法

仪器气态污染物检测单元现场检测指标为“相对准确度”。

便携红外气体测量仪主要应用于污染源排放废气的监督性监测、现场 CEMS 比对监测以及一些环境监督管理、执法考核等工作中，因此其“现场测量的准确度”是考核仪器性能质量和现场适用性的最直接指标，也是仪器能够满足环境管理需求的最重要的指标之一。因此，本标准制订突破了我国废气便携仪器技术要求标准中检测性能指标往往都是实验室模拟检测指标的惯例，在废气便携监测仪器标准中增加设置了现场“相对准确度”指标要求，满足环境管理和环境监测工作需求。标准明确了气态污染物准确度检测和计算时需要将待检仪器测量值和参比方法测量值统一在同一条件下（标准干废气状态），同一时间段内进行现场比对检测。准确度指标的检测方法和计算方法参考引用了 HJ 76-2017、HJ 1045-2018 标准中的相关内容。

另外，“十三五”以来重点行业超低排放推广，大规模建设和运行的污染源废气脱硫和脱硝治理设施使污染源废气排放主要污染物 SO_2 和 NO_x 的排放浓度大大降低，尤其是当前逐步开展的污染源超低排放，使废气气态污染物浓度基本达到几十个甚至几个 $\mu\text{mol/mol}$ 。现场检测的气态污染物浓度大大降低，为了增加比对准确度指标的合理性，满足日常比对测试的要求，根据标准编制单位多年来现场检测和比对测试的经验，就低浓度比对规定了更严格的技术性能指标要求。指标设置参考了 HJ 76-2017，同时结合“测量准确度”指标现场验证测试结果并考虑各浓度段指标要求的衔接性，技术指标要求如下：

当参比方法测量废气中二氧化硫、氮氧化物排放浓度的平均值：

- a) $\geq 150 \mu\text{mol/mol}$ 时，参比方法比对测试相对准确度： $\leq 10\%$ ；
- b) $\geq 50 \mu\text{mol/mol} \sim < 150 \mu\text{mol/mol}$ 时，参比方法比对测试数据对之差的平均值的绝对值： $\leq 15 \mu\text{mol/mol}$ ；
- 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： $\leq 6 \mu\text{mol/mol}$ 。

美国《40 CFR PART 60》中《Performance Specification 3—Specifications and test procedures for O_2 and CO_2 continuous emission monitoring system in stationary sources》为仪器性能指标标准，提出的准确度技术要求为相对准确度 $\leq 20\%$ 或绝对误差 $\leq 1\%$ 。

在美国，当 CO_2 -CEMS 用于温室气体排放监测、报告时，遵循的技术文件为《40 CFR PART 75》^[42]，该标准提出的准确度技术要求为相对准确度 $\leq 10.0\%$ 或绝对误差 $\leq 1.0\%$ ，可理解当参比方法测量废气中二氧化碳体积浓度平均值 $< 10\%$ 时， CO_2 -CEMS 与参比方法测量结果平均值绝对误差的绝对值 $\leq 1.0\%$ ；当参比方法测量废气中二氧化碳体积浓度平均值 $\geq 10\%$ 时， CO_2 -CEMS 与参比方法测量结果相对准确度 $\leq 10\%$ 。

根据 PART 75，美国各排污单位也需要对 CO_2 -CEMS 以半年为频次开展一次相对准确度的检测，以确保数据质量。为了降低准确度比对的频次，在 PART 75 中还提出了“Reduced RATA Frequencies”的技术要求，为相对准确度 $\leq 7.5\%$ 或绝对误差 $\leq 0.7\%$ 。

我国《固定污染源二氧化碳排放连续监测系统技术要求》（T/CAEPI 47-2022）^[43]进行二氧化碳浓度测量准确度性能指标技术要求的浓度段划分时，主要根据碳监测试点工作情况，对各行业二氧化碳排放浓度范围进行了梳理，大体可分为（0~8）%、（8~15）%、（15~20）%、20%以上，同时为了与各浓度段技术要求做好衔接，最终研究确定以 7%、14%、20%三个浓

度点进行划分。该三个浓度点划分的 4 个浓度区间（即<7%、7%~14%、14%~20%、>20%）同时也与 PART 75 中建议的燃气轮机适用二氧化碳量程（6%~14%）、锅炉适用二氧化碳量程（14%~20%）基本对应。

各浓度段技术要求方面，《固定污染源二氧化碳排放连续监测系统技术要求》（T/CAEPI 47-2022）严于 PART 60 PS 3 但较 PART 75 而言有所宽松。本标准参考 PART 75 对二氧化碳准确度的基本要求和减少相对准确度测试频次要求，技术指标如下：

当参比方法测量废气中二氧化碳排放浓度的平均值：

- a) $\geq 20\%$ 时，待测仪器与参比方法测量结果相对准确度： $\leq 7.5\%$ ；
- b) $\geq 14\% \sim < 20\%$ 时，待测仪器与参比方法测量结果平均值绝对误差的绝对值： $\leq 1.4\%$ ；
- c) $\geq 7\% \sim < 14\%$ 时，待测仪器与参比方法测量结果平均值相对误差的绝对值： $\leq 10\%$ ；
- d) $< 7\%$ 时，待测仪器与参比方法测量结果平均值绝对误差的绝对值： $\leq 0.7\%$ 。

5.7.2 含氧量测量单元性能指标和检测方法

废气含氧量测量单元现场检测指标与气态污染物测量单元相同，也为“测量准确度”。由于污染源废气中氧气浓度变化不大，因此其性能指标没有分段要求，指标设置参考了 HJ 76-2017、HJ 1045-2018，同时结合“测量准确度”指标现场验证测试结果，设置为废气含氧量测量参比方法比对测试相对准确度： $\leq 15\%$ 。检测和计算方法与 $\geq 150 \mu\text{mol/mol}$ 时气态污染物测量单元相同。

5.7.3 废气湿度测量单元性能指标和检测方法

按照仪器组成规定，当仪器不具备除湿预处理单元而直接对湿废气进行测量时，必须具备废气湿度测量部件，因此本项指标设置仅针对“未经除湿预处理而直接对废气进行测量，直接测量浓度结果为湿基浓度”的仪器。废气湿度测量单元的性能指标及检测方法直接参考引用了 HJ 76-2017、HJ 1045-2018 标准的相关现场指标要求和检测方法。

5.8 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。主要包括仪器检测使用的标准物质要求和参比测试过程的质量保证等。

现场比对测试中使用的参比采样和测量方法对待测仪器“测量准确度”的可靠判定非常重要。因此现场进行比对测试时，首先在方法选择上建议尽量选择仪器法进行参比测试比对，同时为保证参比方法仪器测量的准确可靠，规定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；其次，为保证比对测试的科学可靠，在每次比对测试质量控制和保证应按照参比方法标准要求进行，在监测点位方面应满足 HJ 1405 的要求。

5.9 附录

5.9.1 附录 A 仪器样气输送管线和除湿设备技术指标要求

本标准以规范性附录的形式对仪器关键部件“除湿设备”和“样气传输管线”进行了技术要求，以规范这些关键部件的性能质量；主要技术指标参考引用了 HJ 76-2017、HJ

1045-2018 标准中的相关内容。

5.9.3 附录 B 仪器数据采集记录和处理要求

本标准制订，在附录 A 中对仪器数据采集处理和传输系统软件的要求做了详细说明。主要包括：数据采集记录存储要求、数据格式要求、数据处理计算方法和公式要求、数据软件功能和输出要求共 4 个部分。编制依据主要来自标准编制单位多年来的仪器适用性检测经验和环境管理的实际需求，对仪器软件功能进行规范要求。主要内容如下：

(1) 数据采集记录存储要求

至少每 5 s 采集一组系统测量的实时数据；主要包括：气态污染物体积浓度或实测质量浓度和废气含氧量等。至少每 1 min 记录存储一组仪器测量的分钟数据，数据为该时段的平均值；主要包括：气态污染物体积浓度或标准状态下的质量浓度、废气含氧量等。可通过计算显示并记录气态污染物折算浓度。采用不同采样测量方式的仪器，若测量结果需要湿/干基的转换计算处理，则应同时显示并记录该测量值湿基和干基的测量数据。

(2) 数据格式要求

仪器记录处理实时数据和定时段数据时，数据格式应至少符合表 17 和表 18 的要求。

表 17 仪器数据格式一览表

序号	项目名称		单位	小数位
1	SO ₂ 、NO _x 体积浓度	>500	μmol/mol (10 ⁻⁶ mol/mol、μmol/mol)	0
		≤500		1
2	SO ₂ 、NO _x 质量浓度	>1000	mg/m ³	0
		≤1000		1
3	CO ₂ 体积浓度		%	2
4	CO ₂ 质量浓度		g/m ³	3
5	含氧量 (V/V)		%	2
6	湿度		%	1

表 18 仪器数据时间标签一览表

数据时间类型	时间标签	定义	描述与示例
实时数据 (5 s)	YYYYMMDDHHMMSS	时间标签为数据采集的时刻，数据为相应时刻采集的测量瞬时值	20140628130815 为 2014 年 6 月 28 日 13 时 8 分 15 秒的测量瞬时值
分钟数据	YYYYMMDDHHMM	时间标签为测量开始时间，数据为此时刻后一分钟的测量平均值	201406281308 为 2014 年 6 月 28 日 13 时 08 分 00 秒至 13 时 08 分 59 秒之间的测量平均值

(3) 数据处理计算方法、公式和要求

数据处理计算方法和公式结合仪器软件的实际工作需求，进行了系统的规范，将不同时间段污染物浓度计算、折算和排放速率和排放量的计算方法和公式进行了统一的规定，有利于统一数据采集、计算、处理和后期的规范评价和使用。本部分各计算公式同 HJ 1045 附录 C 中 C.3 部分。主要包括：污染物浓度转换计算公式、污染物质量浓度分钟数据计算公式、污染物折算浓度计算公式等。

（4）数据软件功能和输出要求

本部分是结合仪器软件的现场管理要求和实际工作需求，进行了系统的规范和明确说明。

（5）预防不当干预要求

本部分针对仪器使用过程中可能出现的一些不当干预行为进行了一些防范措施的规定，重点在不得修改数据、保存状态参数、限制校准参数等方面进行了规定。

5.9.1 附录 C 仪器气密性现场检查方法

仪器的气密性检查是污染源废气现场监测前必须完成的质控工作，如果仪器采样、传输、预处理和分析仪之间连接有漏气对测量结果将会造成严重的影响。由于便携仪器一般是在监测现场进行各测量单元的连接，因此气密性检查工作在每次仪器现场使用前进行检测是非常有必要的；因此，本标准规定仪器开机使用前必须具备现场检查气密性的功能。同时依据目前国内便携现场监测仪器的技术能力和现状水平，编制了资料性附录 C，提供了现场操作相对简便可行的仪器气密性检查方法和操作过程，同时建议该气密性检查的中间过程由仪器在现场自动完成，以确保仪器现场测量不漏气；该附录资料供仪器设计生产时参考使用。

5.9.4 附录 D 仪器实验室检测和现场检测原始记录表

本部分附录记录表为实验室检测和现场检测指标检测记录的建议格式，使用记录表格数为 14 个。

6 方法验证

6.1 方法验证方案

由于本标准主要用于固定污染源废气二氧化硫、氮氧化物和二氧化碳便携式红外吸收法测量仪设备设计、生产以及仪器检测等工作，因此验证工作由标准承担单位中国环境监测总站组织，对于二氧化硫、氮氧化物因子，编制组进行了 3 个型号两种不同原理（每种型号仪器 3 台）便携式二氧化硫和氮氧化物红外吸收法测量仪器的实验室验证测试；在上海石洞口电厂等多地组织开展了 3 种型号仪器与便携傅里叶红外仪器和非分散红外仪器的污染源现场比对验证测试，分别对实验室检测和现场检测技术要求、性能指标和检测方法进行方法操作验证。

标准验证测试选取的 3 种不同型号的典型便携式二氧化硫和氮氧化物红外吸收法测量仪器均为国内外成熟仪器，且这 3 种仪器在我国各级环境监测部门均有比较广泛的应用，因此本次实验室和现场验证测试结果具备较强的代表性。

实验室和现场验证测试均由标准编制单位组织统一集中完成；所使用的标准气体均由标准编制单位统一购买，符合国家计量行政部门批准的国家一、二级标准气体要求，其不确定度的绝对值 $\leq 2.0\%$ 。实验室指标验证测试使用的标准气体均在测试前现场统一分发，每种型号的仪器测试 3 台，确保测试结果的一致性；每个技术指标每台仪器均测试至少 3 次以上，确保测试结果的重复性。污染源现场进行比对测试前全部仪器设备均使用统一的标准气体进行现场校准，现场的待验证测试仪器与相关参比仪器同时进行测量比对，比对测试后再使用同

一标准气体进行现场校验；保证验证比对测试结果的数据质量。参与验证的人员均为具备固定污染源便携式红外吸收法测量仪检测检验能力的相关专家和技术人员。

具体验证方案：首先，将选取的 3 种固定污染源便携式二氧化硫和氮氧化物红外吸收法测量仪器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功能适用性的基本要求；其次，使用 3 种固定污染源便携式二氧化硫和氮氧化物红外吸收法测量仪器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实验室和现场性能测试，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。

废气二氧化碳因子验证方面，标准编制组选取国内外 6 家公司的成熟仪器设备在实验室及固定源排放源现场进行了现场验证测试，分别对实验室检测和现场检测技术要求、性能指标和检测方法进行方法操作验证。

受疫情影响，二氧化碳因子验证测试的方案：首先，选取典型仪器对照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，提出方法的适用性意见；其次，在实验室和河北三河电厂排放现场按照文本的技术要求和检测方法中的每个性能指标进行相关性验证测试。最后，编制组汇总分析测试结果并进行比较评判，验证标准中各性能指标和检测方法的科学性、合理性和可操作性。

6.2 方法验证过程

6.2.1 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标准编制单位组织集中验证完成，验证过程中在统一的实验条件下使用标准气体和现有的检测仪器及相关装备，按照标准编制文本中要求的仪器技术指标和检测方法进行了 9 台（套）以上的仪器的实验室和现场验证测试，得到了大量的仪器测试基础数据，在此基础上通过数据汇总分析，编制形成了《方法验证报告》。

6.2.2 标准编制验证数据的统计和汇总

本次编制标准对便携式二氧化硫、氮氧化物因子的实验室检测指标 10 项和污染源现场检测“测量准确度”指标均开展了验证测试，由于疫情原因，个别指标未进行测试。

实验室检测技术性能指标验证测试数据汇总结果：共验证技术指标 10 项，3 个型号 9 台典型仪器经过实验室性能测试，绝大部分测试结果符合制订标准中的技术指标要求，仅“干扰”指标出现 1 台次超出本标准要求。

污染源现场“测量准确度”指标验证测试数据汇总结果：选取同实验室相同型号仪器 1 种，在典型污染源现场与参比仪器测量方法进行了“测量准确度”指标验证比对测试。测试结果符合制订标准中的技术指标要求。

由此可以说明，本标准设置的实验室和现场性能指标总体比较合理，大部分仪器设备指标的验证测试结果（>90%）能够达到或接近符合指标要求，少数仪器设备部分指标测试结果（<10%）不能符合指标要求；各技术指标对应的检测方法科学可行，能够反映便携式二氧化硫和氮氧化物红外吸收法测量仪器的性能质量。

二氧化碳因子验证方面，共选取了 5 种型号的国产和进口仪器进行了指标验证测试，受

疫情影响，共有 4 款仪器完成了实验室检测，5 款仪器完成了现场检测。全部仪器均能满足本标准的技术指标要求。

6.2.3 《方法验证报告》见附件 1。

7 与立项的差异说明

考虑到与国家生态环境标准名称方式相一致，根据本标准征求意见稿技术审查会专家意见，参考现行生态环境监测仪器及系统技术要求类标准名称命名体例及相关分析仪器术语标准，本标准名称由“便携式二氧化硫和氮氧化物红外吸收法测量仪器技术要求及检测方法”修改为“固定污染源废气二氧化硫、氮氧化物和二氧化碳便携式红外吸收仪技术要求及检测方法”。

8 标准征求意见稿技术审查情况

2025 年 1 月 20 日，由生态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，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、标准名称修改为：固定污染源废气（二氧化硫、氮氧化物和二氧化碳）便携式红外吸收法测量仪技术要求及检测方法；2、加强各指标分级限值的衔接，补充二氧化碳测量仪调研、二氧化氮转换器使用寿命等相关内容；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对标准文本和编制说明进行了修改：1、根据技术审查会意见，参考现行生态环境监测仪器及系统技术要求类标准名称命名体例及相关分析仪器术语标准，调整本标准名称为《固定污染源废气二氧化硫、氮氧化物和二氧化碳便携式红外吸收仪技术要求及检测方法》；2、调研并在标准文本及编制说明中补充了对氮氧化物转换器寿命要求及相关情况汇总；3、在编制说明中补充了二氧化碳测量仪器的调研；4、适当收严指标要求，保证指标分级衔接；5、按照审议会专家意见和 HJ 565 要求进一步完善文本和编制说明。完成修改后，标准编制组将标准文本和编制说明上报生态环境监测司。。

9 标准实施建议

为切实加强本标准的实施，规范我国固定污染源废气便携式红外吸收法测量仪的技术要求，从管理角度，各便携仪器生产厂商应严格执行本标准，各级生态环境局在验收烟气排放自动监测系统时应严格执行本标准，使用相关方法标准进行现场监测的仪器应符合本标准的要求，中国环境监测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仪器进行抽检；从技术角度，生态环境部应加强本标准的宣贯，使各仪器生产和销售企业理解本标准并贯彻实施在其仪器生产、研发及售后服务上。

10 参考文献

- [1] 环境保护部. 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）.
- [2] 环境保护部. 环境保护产品技术要求制订技术导则：HJ 2521-2012 [S].北京：中国标准出版社，2013.
- [3] 环境保护部.环境保护标准编制出版技术指南：（HJ 565-2010）[S].北京：中国标准出版社，2011.
- [4] 生态环境部. 固定污染源烟气（SO₂、NO_x、颗粒物）排放连续监测技术规范：HJ 75-2017[S]. 北京：中国标准出版社，2018.
- [5] 生态环境部. 固定污染源排放烟气（SO₂、NO_x、颗粒物）连续监测系统技术要求及检测方法：HJ 76-2017[S]. 北京：中国标准出版社，2018.
- [6] 环境保护总局. 定电位电解法二氧化硫测定仪技术条件：HJ/T 46-1999[S]. 北京：中国标准出版社，2000.
- [7] 环境保护总局. 烟气采样器技术条件：HJ/T 47-1999[S]. 北京：中国标准出版社，2000.
- [8] 环境保护总局. 烟尘采样器技术条件：HJ/T 48-1999[S]. 北京：中国标准出版社，2000.
- [9] 生态环境部. 环境空气和废气 便携式总烃、甲烷和非甲烷总烃监测仪技术要求及检测方法：HJ 1012-2018[S]. 北京：中国标准出版社，2019.
- [10] 生态环境部. 环境空气和废气 挥发性有机物组分便携式傅里叶红外监测仪技术要求及检测方法：HJ 1011-2018[S]. 北京：中国标准出版社，2019.
- [11] 生态环境部. 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 1045-20198[S]. 北京：中国标准出版社，2020.
国家质量监督检验检疫总局. 红外线气体分析器技术条件：GB/T 25929-2010[S]. 北京：中国标准出版社，2011.
- [12] 国家质量监督检验检疫总局. 废气分析仪检定规程：JJG 968-2002 [S]. 北京：中国标准出版社，2003.
- [13] 国家质量监督检验检疫总局. 废气分析仪型式评价大纲：JJF 1362-2012 [S]. 北京：中国标准出版社，2013.
- [14] Determination of Sulfur Dioxide Emissions From Stationary Sources (Instrumental Analyzer Procedure):U.S.EPA 40 CFR Part 60 Appendix A :2005[S].
- [15] Determination of Nitrogen Oxides Emissions From Stationary Sources (Instrumental Analyzer Procedure):U.S.EPA 40 CFR Part 60 Appendix A :2005[S].
- [16] Specifications and Requirements for Portable Gas Analyzers:U.S. ASTM D6522:2012[S].
- [17] Periodic Monitoring Test Method For Measuring Oxygen, Carbon Monoxide and Oxides of Nitrogen From Stationary Sources (Multi-gas Portable Optical Bench Instruments) :U.S.EPA OTM 13:2002[S].
- [18] Determination of Nitrogen Oxides, Carbon Monoxide, and Oxygen Emissions from Natural Gas-Fired Engines, Boilers and Process Heaters Using Portable Analyzers:U.S.EPA CTM 030:2002[S].

- [19] Determination of Oxygen, Carbon Monoxide and Oxides of Nitrogen from Stationary Sources For Periodic Monitoring (Portable Electrochemical Analyzer Procedure:U.S.EPA CTM 034:2002[S].
- [20] Determination of Nitrogen Oxide Emissions from Stationary Sources (Ultraviolet Instrumental Analyzer Procedure:U.S.EPA Preliminary Method 005:2001[S].
- [21] 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[S].
- [22] Stationary source emissions-Determination of mass concentration of sulphur dioxide - Reference method:German version EN 14791:2005[S].
- [23] Stationary source emissions-Determination of mass concentration of nitrogen oxides (NO_x)-Reference method: Chemiluminescence:German version EN 14792:2005[S].
- [24] Automated Measuring Systems and Analyzer for Sulfur Oxides in Flue Gas: JIS B7981:2002[S].
- [25] Automated Measuring Systems and Analyzer for Nitrogen Oxides in Flue Gas: JIS B7982:2002[S].
- [26] Stationary source emissions-determination of the mass concentration of sulfur dioxide-performance characteristics of automated measuring methods: ISO7935:2012[S].
- [27] Stationary source emissions-determination of the mass concentration of nitrogen oxides -performance characteristics of automated measuring methods:ISO10849:2012[S].
- [28] Stationary source emissions - Determination of mass concentration of sulphur dioxide - Reference method: EN 14791:2005[S].
- [29] Stationary source emissions - Determination of mass concentration of nitrogen oxides (NO_x) -Reference method: Chemiluminescence: EN 14792:2005[S].
- [30] Determination of Oxygen and Carbon Dioxide Concentrations in Emissions From Stationary Sources (Instrumental Analyzer Procedure)-40 CFR part 60-Appendix A-2:U.S.EPA Method 3A:2002[S].
- [31] Certification of automated measuring systems —Part 4:Performance criteria and test procedures for automated measuring systems for periodic measurements of emissions from stationary sources:EN15267-4:2017[S].
- [32] Stationary source emissions - Determination of the volume concentration of carbon dioxide – Reference method: infrared spectrometry:CEN/TS 17405:2020[S].
- [33] 生态环境部. 固定污染源排气中二氧化硫的测定定电位电解法: HJ 57-2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- [34] 生态环境部. 固定污染源废气二氧化硫的测定非分散红外吸收法: HJ 629-2011[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [35] 生态环境部. 污染源废气氮氧化物的测定非分散红外吸收法: HJ 692-2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.

- [36] 生态环境部. 固定污染源废气氮氧化物的测定定电位电解法: HJ 693-2014[S].北京: 中国标准出版社, 2015.
- [37] 生态环境部. 固定污染源废气 二氧化硫的测定 紫外吸收法: HJ 1131-2020[S].北京: 中国标准出版社, 2021.
- [38] 生态环境部. 固定污染源废气 氮氧化物的测定 紫外吸收法: HJ 1132-2020 [S].北京: 中国标准出版社, 2021.
- [39] 生态环境部. 固定污染源废气 二氧化碳的测定 非分散红外吸收法: HJ 870-2017 [S].北京: 中国标准出版社, 2018.
- [40] 生态环境部. 固定污染源废气 气态污染物 (SO₂、NO、NO₂、CO、CO₂) 的测定 便携式傅里叶变换红外光谱法: HJ 1240-2021 [S].北京: 中国标准出版社, 2022.
- [41] Continuous emission monitoring:U.S.EPA 40 CFR Part 75 :2023[S].
- [42] 中国环境保护产业协会.固定污染源二氧化碳排放连续监测系统技术要求: T/CAEPI 47-2022 [S].北京: 中国标准出版社, 2022.

附件一

方法验证报告

方法名称：固定污染源废气二氧化硫、氮氧化物和二氧化碳

便携式红外吸收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：010-84943181

报告编写人及职称：梁宵 高级工程师

报告日期：2022 年 5 月 26 日

1 实验室基本情况

附表 1-1 参加验证测试的人员情况登记表

姓名	性别	年龄	职务或职称	所学专业	从事相关分析工作年限
梁宵	男	45	高级工程师	环境监测	18
范蕴非	女	32	助理工程师	环境监测	4
王强	男	48	正高级工程师	环境监测	24
周刚	男	42	高级工程师	环境监测	17
迟颖	女	54	高级工程师	环境监测	18
左航	女	44	高级工程师	环境监测	17
邓宝卿	男	31	工程师	环境监测	7
赵欣	男	38	工程师	环境监测	9
唐帅	男	31	助理工程师	环境监测	4
赵金宝	男	39	助理工程师	环境监测	14

附表 1-2 参加 SO₂、NO_x 验证测试的便携仪器设备情况登记表

序号	型号	生产厂家	监测原理	数量(台)	仪器类型
1	LY3026	青岛崂山应用技术研究	抽取冷干 非分散红外吸收	3	验证测试 仪器
2	TH 890	武汉天虹环保产业股份有限公司	抽取冷干 非分散红外吸收	3	验证测试 仪器
3	Model 3080	北京雪迪龙科技股份有限公司	抽取冷干 非分散红外吸收	3	验证测试 仪器
4	PG350	日本株式会社堀场制作所	抽取冷干 非分散红外吸收/化学发光	1	参比仪器

附表 1-3 参加 CO₂ 验证测试的便携仪器设备情况登记表

序号	型号	生产厂家	监测原理	数量	仪器类型
1	DX4000	北京承天示优科技有限公司	抽取热湿 傅里叶红外	1	验证测试 仪器
2	Testo 370	德图仪器国际贸易(上海)有限公司	抽取热湿 高温红外	1	验证测试 仪器
3	SG1500	安徽皖仪科技股份有限公司	抽取冷干 非分散红外	1	验证测试 仪器
4	EXPEC 1680	杭州谱育科技发展有限公司	抽取热湿 傅里叶红外	1	验证测试 仪器
5	MODEL 3080FT	北京雪迪龙科技股份有限公司	抽取热湿 傅里叶红外	1	验证测试 仪器
6	PG-350	堀场(中国)贸易有限公司	抽取冷干 非分散红外吸收/化学发光	1	参比仪器

2 验证数据结果

2.1 便携式二氧化硫和氮氧化物红外吸收法测量仪器实验室性能指标检测验证结果汇总

附表 2-1 二氧化硫分析仪验证测试汇总

指标名称	本标准指标	验证结果						备注
		仪器 A-1	仪器 A-2	仪器 A-3	仪器 B-1	仪器 B-2	仪器 B-3	
最低检出限	≤1% F.S.	0.1%	0.1%	0.3%	0.8%	0.6%	0.6%	
响应时间（上升时间和下降时间）	≤120 s	86/60	76/53	75/53	50/44	49/45	51/41	
重复性	≤2%	0.3%	0.6%	0.5%	0.4%	0.7%	1.1%	
示值误差	绝对值≤2% F.S.	-1.7%	-1.4%	-1.7%	-1.1%	1.3%	0.8%	
1h 零点漂移	绝对值≤2% F.S.	-0.5%	0.3%	-0.3%	-0.2%	-0.6%	0.6%	
1h 量程漂移	绝对值≤2% F.S.	-0.9%	1.0%	1.2%	-0.4%	0.9%	-0.4%	
环境温度变化的影响	绝对值≤5% F.S.	1.2%	0.7%	-0.7%	0.5%	0.3%	0.4%	
供电电压变化的影响	绝对值≤2% F.S.	0.6%	0.2%	0.6%	-0.1	0.3%	1.5%	
干扰成分的影响	绝对值≤5% F.S.	2.0%	2.9%	1.0%	-0.3%	-0.2%	-0.2%	
平行性	≤5%	1.3%			2.0%			
负载误差	绝对值≤5% F.S.	0.0%	-0.1%	-0.1%	0.4%	2.1%	-2.7%	
相对准确度								未测试
指标名称	本标准指标	验证结果						备注
		仪器 C-1	仪器 C-2	仪器 C-3				
最低检出限	≤1% F.S.	0.5%	0.5%	0.6%				
响应时间（上升时间和下降时间）	≤120 s	109/102	106/94	111/103				
重复性	≤2%	0.7%	0.5%	0.8%				
示值误差	绝对值≤2% F.S.	-1.8%	0.9%	-0.8%				
1h 零点漂移	绝对值≤2% F.S.	0.7%	-1.4%	0.7%				
1h 量程漂移	绝对值≤2% F.S.	0.7%	-1.4%	-1.1%				
环境温度变化的影响	绝对值≤5% F.S.	-2.9%	3.0%	1.8%				
供电电压变化的影响	绝对值≤2% F.S.	-0.5%	0.3%	-0.4%				
干扰成分的影响	绝对值≤5% F.S.	6.4%	3.8%	3.6%				1 台超出
平行性	≤5%	2.4%						
负载误差	绝对值≤5% F.S.							未测试
相对准确度	≤17 mg/m ³	7.1 mg/m ³						

附表 2-2 氮氧化物分析仪验证测试汇总

指标名称	本标准指标	验证结果						备注
		仪器 A-1	仪器 A-2	仪器 A-3	仪器 B-1	仪器 B-2	仪器 B-3	
最低检出限	$\leq 1\% \text{ F.S.}$	0.9%	0.6%	1.0%	0.6%	0.6%	0.6%	
响应时间（上升时间和下降时间）	$\leq 120 \text{ s}$	61/39	56/37	56/42	37/41	41/36	37/41	
重复性	$\leq 2\%$	0.7%	0.2%	0.5%	1.2%	1.0%	1.1%	
示值误差	绝对值 $\leq 2\% \text{ F.S.}$	0.7%	1.0%	0.9%	0.8%	1.3%	1.2%	
1h 零点漂移	绝对值 $\leq 2\% \text{ F.S.}$	1.5%	1.0%	1.0%	-0.2%	-0.3%	-0.2%	
1h 量程漂移	绝对值 $\leq 2\% \text{ F.S.}$	-1.5%	1.7%	1.5%	-0.7%	0.6%	-0.8%	
环境温度变化的影响	绝对值 $\leq 5\% \text{ F.S.}$	-0.6%	-0.4%	-0.4%	-1.1%	-0.2%	-1.4%	
供电电压变化的影响	绝对值 $\leq 2\% \text{ F.S.}$	0.7%	-0.5%	-1.7%	0.3%	1.8%	1.9%	
干扰成分的影响	绝对值 $\leq 5\% \text{ F.S.}$	1.3%	0.5%	0%	0.3%	0.3%	0.3%	
平行性	$\leq 5\%$	1.2%			1.1%			
转换效率	$\geq 95\%$	95.3%	95.6%	95.6%				未测试
负载误差	绝对值 $\leq 5\% \text{ F.S.}$	0.5%	0.5%	0.0%	-0.1%	2.3%	3.7%	
相对准确度								未测试
指标名称	本标准指标	验证结果						备注
		仪器 C-1	仪器 C-2	仪器 C-3				
最低检出限	$\leq 1\% \text{ F.S.}$	0.4%	0.4%	0.5%				
响应时间（上升时间和下降时间）	$\leq 120 \text{ s}$	102/94	100/94	104/96				
重复性	$\leq 2\%$	0.6%	0.5%	0.9%				
示值误差	绝对值 $\leq 2\% \text{ F.S.}$	1.1%	0.7%	0.9%				
1h 零点漂移	绝对值 $\leq 2\% \text{ F.S.}$	-0.6%	0.9%	0.3%				
1h 量程漂移	绝对值 $\leq 2\% \text{ F.S.}$	0.7%	1.3%	0.9%				
环境温度变化的影响	绝对值 $\leq 5\% \text{ F.S.}$	3.1%	-0.6%	3.1%				
供电电压变化的影响	绝对值 $\leq 2\% \text{ F.S.}$	-0.3%	-0.8%	-0.6%				
干扰成分的影响	绝对值 $\leq 5\% \text{ F.S.}$	1.6%	1.5%	1.0%				
平行性	$\leq 5\%$	3.3%						
转换效率	$\geq 95\%$	95.1%	95.1%	95.0%				
负载误差	绝对值 $\leq 5\% \text{ F.S.}$							未测试
相对准确度	$\leq 12 \text{ mg/m}^3$	1.1 mg/m^3						

附表 2-3 二氧化碳分析仪验证测试汇总

指标名称	本标准指标	验证结果				
		a	b	c	d	e
分析原理	/	傅立叶红外	傅立叶红外	傅立叶红外	非分散红外	高温红外
检测量程	/	0~30%	0~20%	0~25%	0~20%	/
响应时间-上升时间	≤ 120 s	44 s	68 s	17 s	45 s	/
响应时间-下降时间	≤ 120 s	27 s	63 s	19 s	20 s	/
重复性	$\leq 2\%$	0.37%	0.27%	0.08%	0.07%	/
示值误差（20%~30%）	绝对值 $\leq 2\%$ F.S.	-0.12%	0.12%	0.20%	0.37%	/
示值误差（50%~60%）	绝对值 $\leq 2\%$ F.S.	-0.36%	0.53%	-0.27%	-0.17%	/
示值误差（80%~100%）	绝对值 $\leq 2\%$ F.S.	0.72%	0.20%	0.08%	0.48%	/
1h 零点漂移	绝对值 $\leq 2\%$ F.S.	0.17%	<0.1%	<0.1%	0.1%	/
1h 量程漂移	绝对值 $\leq 2\%$ F.S.	1.50%	1.70%	0.28%	0.3%	/
准确度	$\geq 20\%$ 时，相对准确度 $\leq 7.5\%$	/	/	/	/	/
	$\geq 14\% \sim < 20\%$ 时，绝对误差 $\leq 1.4\%$	/	/	/	/	/
	$\geq 7\% \sim < 14\%$ 时，相对误差 $\leq 10\%$	4.80%	6.71%	3.02%	3.85%	4.01%
	<7%时，绝对误差 $\leq 0.7\%$	0.36%	0.51%	0.21%	0.25%	0.28%

3 验证结论

本标准二氧化硫、氮氧化物因子方面验证选取了国内外 3 个型号的红外吸收法测量仪展开验证，按照标准文本要求开展实验室各指标的测试，并在燃煤电厂等污染源排放口同参比仪器进行比对验证，验证结果表明 3 种仪器各指标基本满足标准文本要求，个别指标超出标准文本要求，说明标准指标设置合理，能在满足管理需求同时符合现行仪器整体性能水平，并能体现个别仪器的性能差距。

二氧化碳因子验证方面，共选取了 5 种型号的国产和进口仪器进行了指标验证测试，受疫情影响，共有 4 款仪器完成了实验室检测，5 款仪器完成了现场检测。全部仪器均能满足本标准的技术指标要求。

总体上看，验证数据结果表明本标准指标设定能够起到规范、提升相关仪器性能水平的作用。