附件 3

《固定污染源废气（SO_2、NO_X、颗粒物）排放连续自动监测系统技术要求（征求意见稿）》编制说明

《固定污染源废气（SO_2、NO_X、颗粒物）排放连续自动监测系统技术要求》标准编制组

二〇二六年十月

项目名称：固定污染源废气（SO_2、NO_X、颗粒物）排放连续自动监测系统技术要求

项目统一编号：2026-56

承担单位：中国环境监测总站、生态环境部环境工程评估中心、上海市环境监测中心、四川省生态环境监测总站、浙江省生态环境监测中心、江苏省南京环境监测中心

编制组主要成员：周　刚、迟　颖、唐　帅、左　航、汪太明
刘　健、邓　继、苟　鹏、余　靖、王　春

工作组：南京所　宋宁慧、豆叶枝

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 标准修订的必要性分析 2
2.1 被测对象的环境危害 2
2.2 相关生态环境标准和生态环境管理工作的需要 3
2.3 现行环境监测分析方法标准的实施情况和存在问题 5
3 国内外相关分析方法研究 5
3.1 主要国家、地区及国际组织相关分析方法研究 5
3.2 国内相关分析方法研究 18
3.3 国内外仪器技术现状 20
4 标准修订的基本原则和技术路线 22
4.1 标准修订的基本原则 22
4.2 标准修订的技术路线 23
5 方法研究报告 24
5.1 术语和定义 24
5.2 组成和结构 26
5.3 技术要求 27
5.4 实验室检测技术要求及检测方法 30
5.5 现场检测技术要求及检测方法 40
5.6 检测流程 43
5.7 质量保证 44
5.8 在用 CEMS 要求 44
5.9 规范性附录 44
6 方法验证 47
7 标准实施建议 47
8 参考文献 47
附件一 方法验证报告 49

《固定污染源废气（SO_2、NO_X、颗粒物）排放连续自动监测系统技术要求（征求意见稿）》编制说明

1 项目背景

1.1 任务来源

固定污染源废气排放连续自动监测系统（以下简称 CEMS）作为生态环境精准监管、总量减排核算、污染防治成效评估的核心技术装备，其数据质量直接关系到环境管理决策的科学性与公信力，是支撑我国生态环境治理体系和治理能力现代化、推动环境监管数智化转型的关键基础保障。

《固定污染源烟气（SO_2、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）自发布实施以来，构建了覆盖 CEMS 全生命周期的质量管理与质量控制框架，为主要污染物总量减排、重点行业污染治理、环境执法监管等工作提供了重要技术支撑，随着我国生态环境治理进入“精准治污、科学治污、依法治污”的新阶段以及生态环境监管数智化转型的深入推进，HJ 76-2017 在实施过程中逐渐面临多重新挑战与新需求。

近年来，《中华人民共和国环境保护法》《生态环境监测条例》等法律法规修订完善，《“十四五”生态环境监测规划》明确提出“构建智慧监测体系”，《固定污染源自动监控管理办法》等配套政策进一步强化了数智化监管要求，亟需通过标准修订实现与数智化转型相关法律法规、政策文件的无缝衔接，明确 CEMS 在智慧化监测方面的技术要求，强化标准对环境监测数智化转型的支撑作用与可执行性。

本标准被列为生态环境保护标准第三批预研项目。项目承担单位为中国环境监测总站，协作单位为生态环境部环境工程评估中心，上海市环境监测中心，四川省生态环境监测总站，浙江省生态环境监测中心，江苏省南京环境监测中心。

1.2 工作过程

1.2.1 成立标准编制组

2025 年 4 月任务下达后，中国环境监测总站作为项目承担单位与协作单位和有关专家进行了联系，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，按照任务书的要求，制定了详细的标准编制计划与任务分工。

2025 年 5 月～10 月，编制组查询和收集了美国、欧盟、日本等多个国家地区及国内相关标准和文献资料，提炼了现有标准规范中的技术指标和检测方法，对比了国内外厂商仪器宣传材料介绍的技术指标，了解了国外认证机构认证类似产品的结果，经多次的讨论、分析、比较，确定了标准制订的技术路线，标准框架和内容。

根据《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）和《环境保护标准编制出版技术指南》（HJ 565-2010）的相关规定，编制组于 2025 年 11 月形成了标准初稿。

1.2.2 开展验证测试

2025 年 11 月，编制组根据标准技术路线、专家意见，编写了标准验证测试方案，选取了 9 个型号 CEMS，包括 6 个型号（SO_2、NO_X）CEMS，3 个型号为颗粒物 CEMS。测试在实验室和现场分别开展，现场测试主要以 CEMS 无人值守期间的示值误差为主要指标，实验室测试以新增的压力监测仪、自动校准设备的流量线性误差、干扰指标为主，同时整理近 3 年 CEMS 适用性检测数据。汇总测试数据后编制了方法验证报告。期间，编制组不断吸收采纳各方对本标准的建议。

1.2.3 编写征求意见稿

2026 年 7 月，编制组编制完成标准预研结题稿和编制说明（含方法验证报告）。

1.2.4 征求意见稿技术审查会

2026 年 8 月 28 日，生态环境监测司在北京组织召开了《固定污染源废气（SO_2、NO_X、颗粒物）自动监测系统技术要求》征求意见稿技术审查会，由 11 名专家组成的专家组听取了编制组的汇报，经质询、讨论，认为编制组材料齐全，内容完整，标准定位准确，技术路线合理，方法验证完善，予以通过技术审查。专家主要意见是：1、建议修改标准名称为《固定污染源废气（SO_2、NO_X、颗粒物）排放连续自动监测系统技术要求》。2、加强与 HJ 75 相关内容的衔接性和一致性。3、本标准增加的防篡改相关内容无法覆盖废气中其他污染物、废水、噪声自动监测设备及便携式监测设备等监测要素，建议将防篡改伪造部分从 HJ 76 标准中拆出，单独制定标准《固定污染源现场监测设备防范篡改伪造功能通用要求》。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。

编制组按照专家意见修改内容包括：1、以审查会确定的标准名称修改文本和编制说明；2、与 HJ 75 编制组全文协调，统一了术语，表述和指标；3、单独立项《固定污染源现场监测设备防范篡改伪造功能通用要求》；4、按照 HJ 565 对标准文本和编制说明进行了完善。

2 标准修订的必要性分析

2.1 被测对象的环境危害

2026 年 3 月颁布的《中华人民共和国生态环境法典》中规定“实行排污许可重点管理的企业事业单位和其他生产经营者，应当按照国家规定安装、使用、维护污染物排放自动监测设备，开展监控、自动监测，并与生态环境主管部门的监控设备联网，保证自动监测设备正常运行，保存原始监测记录”；2026 年 1 月 1 日起实施的《生态环境监测条例》中明确提出“国家建立健全生态环境监测制度，完善生态环境监测规范和标准”。两部法律法规从法规层面规范生态环境监测活动，保障监测数据真实性、准确性和完整性。

HJ 76-2017 监测的 SO_2、NO_X、颗粒物是固定污染源的主要排放污染物，环境危害极具复合型与累积性。SO_2 易转化为硫酸形成酸雨，腐蚀设施、破坏生态，还会刺激呼吸道诱发心肺疾病；NO_X 是夏季臭氧污染的关键前体物，长期暴露会损伤肺功能与神经系统，加剧全球变暖；颗粒物中 $PM_{2.5}$ 可穿透肺泡进入血液循环，携带致癌物增加肺癌风险，还会阻碍

植物光合作用、削弱碳汇能力。三类污染物还会协同转化，加剧 $PM_{2.5}$ 污染与区域联防联控难度。

二氧化硫、氮氧化物、颗粒物是我国大气环境质量评价与污染防治的核心管控污染物，具有来源广泛、区域传输、二次转化、生态累积等特征，对大气环境、水环境、土壤环境、生态系统及人居环境安全均存在显著不利影响。二氧化硫在大气中经氧化、水解、催化反应等复杂过程转化生成硫酸盐，是酸雨的主要前体物，可造成区域降水酸化，导致土壤酸化、肥力下降，地表水体 pH 降低、水生生物生存环境恶化，森林与农田生态系统受到胁迫；同时对建（构）筑物、金属结构、历史文物与文化遗产等具有腐蚀损害作用，并通过二次生成加剧细颗粒物污染，影响大气环境质量与能见度。氮氧化物可通过大气化学反应生成硝酸盐，与二氧化硫共同形成复合型酸雨，并在光照条件下与挥发性有机物发生光化学反应，生成臭氧等二次污染物，引发光化学烟雾与近地面臭氧污染，对植物生长、农作物产量及生态系统稳定性造成危害；氮沉降进入水体与土壤后易造成富营养化，引发水华、赤潮等生态环境问题，同时参与平流层臭氧消耗，对臭氧层结构产生影响。颗粒物（含 PM_{10}、$PM_{2.5}$）可直接降低大气能见度，形成灰霾天气，影响大气辐射平衡与区域气候；颗粒物携带重金属、多环芳烃、酸性离子等有毒有害组分，经干湿沉降进入土壤、水体和生物群落，造成环境介质污染与生态风险，影响生物多样性；颗粒物还可为气态污染物转化提供反应界面，协同加剧二次污染与大气复合污染。上述三类污染物通过直接排放、二次生成、跨区域输送与沉降累积等途径，对大气、水、土壤、生态系统构成多维度、长期性影响，是改善生态环境质量、防范生态环境风险、保障公众健康与生态安全的重点控制对象。为防控其环境影响、推进减污降碳协同增效、持续改善环境质量，开展相关管控要求制定具有必要性与紧迫性。

2.2 相关生态环境标准和生态环境管理工作的需要

《固定污染源烟气（SO_2、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）正式实施以来，我国废气排放连续监测系统行业实现跨越式发展，逐步完成从“规范化部署”向“规模化应用”的根本性转变，在污染减排管控、环保执法监管、排污许可执行、环境质量考核等各项生态环境管理工作中，提供了海量、连续、可追溯的监测数据保障，有力支撑污染防治攻坚任务的顺利推进。

随着我国生态环境治理体系和治理能力现代化建设的不断深入，火电、钢铁、水泥、垃圾焚烧等行业逐步推进超低排放改造，排放限值进一步降低，生态环境管理对 CEMS 监测的精准性要求持续提高。以氮氧化物为例，多数火电行业燃煤锅炉执行燃气标准 50 mg/m^3，部分地区水泥行业窑尾排放限值 100 mg/m^3、垃圾焚烧行业氮氧化物 80 mg/m^3。因此，对低浓度排放场景下自动监测数据的准确性保障，已成为 HJ 76 修订的主要考虑内容。

表 1　涉气行业污染物排放限值变化情况

序号	行业	生产工序/排放源	排放限值变化（旧→新）（单位 mg/m³）			备注说明（标准及管理要求）
			颗粒物	二氧化硫	氮氧化物	
1	火电行业	燃煤锅炉	30/20（特别排放限值）→10/5（特别排放限值）	200/50（特别排放限值）→35	100→50	部分火电企业超低排放改造
2	钢铁行业	烧结机球团焙烧设备	50/40（特别排放限值）→10	200/180（特别排放限值）→35	300→50	《关于推进实施钢铁行业超低排放的意见》（环大气〔2019〕35 号）
3	水泥行业	水泥窑及窑尾余热利用系统	30/20（特别排放限值）→10	200/100（特别排放限值）→50	400/320（特别排放限值）→80	GB 4915-2013，2025 年修改单
		烘干机、烘干磨、煤磨及冷却机	30/20（特别排放限值）→10	600/400（特别排放限值）→50	400/300（特别排放限值）→80	
4	垃圾焚烧行业	生活垃圾焚烧炉（小时均值）	30	100	300	GB 18485-2014
			10	40	150	DB12/1101-2021、DB13/5325-2021、DB31/768-2025
			10	60	150	DB61/ 1830-2024
			10	35	100	DB41/ 2556-2023
5	炼焦行业	机焦、半焦炉	30→15	50→30	500→150	GB 16171.1-2024 代替 GB 16171-2012
		热回收焦炉	30→15	100 →30	200→150	
6	石灰/电石行业	石灰制造（石灰窑）	20（气燃）/30（固燃）	200→35	300→100	GB 41618-2022 不再执行 GB 9078-1996 和 GB 16297-1996
7	铅锌行业	冶炼炉窑、制酸工序、环境集烟	80→10	400→100	无要求→100	GB 25466.1-2025 代替 GB 25466-2010
8	印刷行业	有组织排放	30	200	200	GB 41616-2022

另一方面，污染源自动监测成为生态环境领域非现场监管的主要手段之一，监测数据质量管理成为环境管理的重要支撑，防人为干扰、穿透监管、智能运行等要求成为自动监控设备行业发展的主要方向。自生态环境部提出“构建智慧感知监测网络、推进监测数智化转型”的现代化监测体系发展目标以来，物联网、人工智能等新技术与环境监测领域深度融合，正推动 CEMS 行业从传统的“固定监测、人工运维”模式向“全程自动管控、远程协同运维”模式加速转型。目前，市场上智能型 CEMS 设备已逐步实现采样、预处理、分析、校准、数据传输等全环节自动化运行，部分先进设备还集成了故障自动诊断、异常数据智能预警、远程运维调度、历史数据溯源分析等智能化功能，显著提升了数据可靠性及运维便捷性，有效降低了人工干预程度。因此对 HJ 76-2017 进行修订，增加对废气连续自动监测系统有关数智运行方面的功能要求和技术指标，是引领和规范废气排放连续监测行业的设备数智化迭代升级的必然要求。

2.3 现行环境监测分析方法标准的实施情况和存在问题

随着重点行业超低排放改造的全面推进，许多行业的颗粒物、SO_2、NO_X 排放浓度普遍出现大幅下降，因此，近些年出现了许多适用于超低排放场景下的自动监测设备，例如抽取式方法逐渐成为主流的颗粒物自动监测方法，气态污染物采用稀释法的占比也明显增加，需要对其功能和技术指标做进一步完善和细化，用以支撑此类设备的使用和管理。其次，近年来依法需要安装自动监测设备的排污单位数量急剧增多，但实际排放强度并不高，尤其流速过低，采用原有的技术指标很难认定其数据的有效性。再次，原有排放强度下一些相对影响程度较低的环节，其影响程度增大，例如还原法脱硝场景下二氧化氮对整体氮氧化物的贡献度在超低场景下明显增大，导致其准确性要求增强。最后，在运行质量保障方面，需要增加自动校准、无人值守、穿透监管参数输出等数智化功能，减少人为干扰和运行成本，提升支撑非现场监管的能力。

因此，急需对相关技术性能指标进行修订，才能更加有效支撑污染源自动监控系统的生产、使用和管理。

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分析方法研究

3.1.1 欧盟现状

欧盟构建了“指令-法规-标准”废气监测体系，核心聚焦 SO_2、NO_X、颗粒物等污染物在线监测系统 CEMS（欧盟称 CEMS）。标准名称从“自动测量系统的认证”调整为“空气质量监测设备评估”，适用范围进一步明确为固定自动测量系统（CEMS）对固定源废气中气体、颗粒物及流量的连续监测，且深度整合欧盟工业排放指令（IED）等法规要求，更强调设备全生命周期的性能稳定性。

欧盟以工业排放指令（IED 2010/75/EU）为顶层框架，配套 EN 系列协调标准与质量保证（QAL）流程，强制要求大型燃烧装置、垃圾焚烧、化工等固定源安装合规 CEMS。在功能要求上，核心围绕 EN 14181、EN 15267-3、EN 13284、EN 15058 等标准，以及 IED 2010/75/EU、NEC 2016/2284 等法规，聚焦性能指标、质量保证、数据管理、安装运维四大维度。

（1）核心标准

EN 14181：固定源排放自动测量系统（CEMS）质量保证，定义 QAL1–QAL3+AST 全流程。

EN 15267-3：CEMS 性能标准与测试程序，规定 PM、SO_2、NO_X 的精度、响应、稳定性等指标。

EN 13284：颗粒物（烟尘）自动监测方法与性能要求。

EN 15058：固定源 SO_2、NO_X 自动监测方法（NDIR/UV/CLD 等）与性能要求。

EN 15259：采样位置、测量断面与安装规范。

（2）质量保证（QAL）强制流程

QAL1：设备出厂认证（公告机构按 EN 15267-3 测试，获 MCERTS 等认证）。

QAL2：现场安装调试与校准，与参比方法（手工/标准仪器）比对验证。

QAL3：日常运行质量控制（零点/量程检查、定期校准、故障记录）。

AST（年度监督测试）：每年与参比方法全面比对，确保长期合规。

（3）颗粒物（PM）在线监测功能要求

1）连续实时测量，数据存储≥1 年，支持 1 min/5 min 平均值输出。

2）具备故障诊断、报警、数据标记（无效/校准/故障）功能。

3）抽取式需配加热采样探头（≥180 ℃）、伴热管线（≥120 ℃）、高效除尘，避免冷凝与吸附。

（4）二氧化硫（SO_2）在线监测功能要求

1）连续测量，数据存储≥1 年，支持 1 min/5 min 平均值与干基/湿基、标态/工况转换。

2）具备自动校准（零点/量程）、动态补偿（温度/压力/湿度/O_2）、故障报警功能。

3）抽取式需伴热管线≥120 ℃，防止 SO_2 溶于冷凝水造成损失。

（5）氮氧化物（NO_X）在线监测功能要求

1）连续测量总 NO_X，数据存储≥1 年，支持 1 min/5 min 平均值与干基/湿基、标态/工况转换。

2）具备自动校准、转化炉效率监测、故障诊断、报警功能。

3）抽取式需伴热管线≥120 ℃，防止 NO_2 吸附与冷凝损失。

（6）通用功能与数据管理要求

1）系统组成（CEMS）

a. 含采样/预处理、分析单元、废气参数（温度/压力/流速/湿度/O_2）、数据采集与传输（DAS）。

b. 同步测量 O_2，用于污染物浓度干基/标态/ O_2 折算（欧盟常用 6% O_2 基准）。

2）数据管理（EN 14181/IED）

a. 数据存储：原始数据+ 1 min/5 min 平均值，保存≥1 年，可追溯、不可篡改。

b. 数据传输：按欧盟/成员国要求（如 E-PRTR、Industrial Emissions Portal），加密传输至监管平台，传输成功率≥95%。

c. 数据标记：对校准、故障、维护、无效数据明确标记，监管机构可核查。

（7）安装与运维

1）采样位置：垂直管段、气流稳定区，避开弯头/阀门/风机，符合 EN 15259。

2）运维要求：每日零点/量程检查，每周校准，每月维护，每年 AST 测试，记录完整运维日志。

3）故障处理：故障时自动报警，8h 内修复，超 24 h 需启动备用监测或手工监测。

（8）合规与认证

1）设备需通过 QAL1 认证（公告机构按 EN 15267-3 测试，获 MCERTS、TÜV 等认证）。

2）现场需完成 QAL2 验证，日常执行 QAL3 质控，每年 AST 测试，方可用于合规排放监测与报告。

在技术性能上，修订后显著提高了测量精度与数据可靠性要求，强化了低浓度污染物监测的准确性，同时新增极端温度、湿度等环境条件下的稳定性测试，确保设备在复杂工况下的适配能力。测试程序方面，优化了实验室、气候室、现场三级测试体系，新增系统集成测试要求，更新了引用标准（如整合 EN 14181:2014 的 QAL1 质量保证要求，明确 QAL3 阶段输入数据规范），删除了过时引用并补充新兴技术相关标准，使测试流程更具实操性与科学性。数据管理与功能拓展上，新增“数据完整性和安全性”独立章节，要求数据传输加密、审计追踪与防篡改设计，实现数据全生命周期可追溯。术语层面则将“主管机构”统一替换为“认证机构”，与 EN 15267 系列标准保持一致。此次修订整体体现了从“单一认证”到“全流程评估”的监管思路转变，既适配了现代环境监测技术的发展，也强化了与欧盟环保法规的协同性，为固定源排放监测设备的合规性与可靠性提供了更全面的技术支撑，也为 HJ 76 的修订提供了新的思路。

3.1.2 美国环境保护局，EPA

美国 EPA 于 2015-2023 年对 40 CFR Part 60 Appendix B PS 系列标准进行了修订，核心围绕性能核查指标优化、测试流程规范及质检范围扩展展开，强调了仪器评价与质检工作的核心要点。

关键规范中，PS-2（SO_2、NO_X 监测）修订影响最直接：2021 年新增强制要求，设备须集成自动校准验证功能，需额外核查该功能的触发逻辑与数据记录完整性，同时跨度漂移限值从±3%收紧至±2.5%，精度核查标准提升。PS-11（颗粒物 CEMS）2016 年修订简化响应相关性审核，数据点要求从 15 组减至 12 组，但明确单组数据偏差需±10%。

美国固定污染源颗粒物（PM）、二氧化硫（SO_2）、氮氧化物（NO_X）在线监测（CEMS）以 40 CFR Part 60/75 为核心法规，配套 PS-11（PM）、PS-2（SO_2/NO_X）性能规范，强制要求电厂、大型燃烧装置、垃圾焚烧等源安装并满足性能指标、QA/QC、数据管理、安装运维全流程要求。

（1）核心法规与标准体系

顶层法规：40 CFR Part 60（新源性能标准）、40 CFR Part 75（酸雨计划/州际污染规则），强制大型源（如≥25MW 电厂）安装 CEMS。

性能规范（PS）：

PS-11：颗粒物 CEMS（PM CEMS）性能与测试。

PS-2：SO_2、NO_XCEMS 性能与测试。

PS-1：连续浊度监测（COMS，PM 替代）。

Part 75 Appendix A/B：QA/QC、数据管理、RATA（相对准确度测试审核）。

参比方法：PM 用 Method 5/5I/17（重量法）；SO_2/NO_X 用 Method 6C/7E。

（2）颗粒物（PM）CEMS 功能要求（PS-11）

1）连续实时测量，数据存储≥2 年，1min/5min 平均值输出。

2）必须完成现场相关性测试（与 Method 5 同步比对，≥10 组数据），建立 PM CEMS-重量法校准曲线。

3）年度 RATA（相对准确度审核），每季度线性检查。

（3）二氧化硫（SO_2）CEMS 功能要求（PS-2）

1）连续测量，数据存储≥2 年，支持干基/湿基、标态/工况、O_2 折算。

2）每日零点/量程校准，季度线性测试（3 点：0、50%、100%量程），半年度/年度 RATA。

3）故障自动报警，8h 内修复；超 24 h 需备用监测或手工比对。

（4）氮氧化物（NO_X）CEMS 功能要求（PS-2）

1）连续测量总 NO_X，数据存储≥2 年，支持 O_2 折算、干基/湿基转换。

2）每日校准、季度线性、年度 RATA；转化炉效率每月检查。

3）故障自动报警，8h 内修复，超 24 h 启动备用。

（5）通用功能与数据管理（Part 75）

1）系统组成

含采样/预处理、分析单元、废气参数（温度/压力/流速/湿度/ O_2/CO_2）、数据采集系统（DAS）。

同步测 O_2/CO_2，用于排放速率计算（Method 19）与合规折算。

2）数据管理

数据存储：原始数据+1 min/5 min/1h 平均值，保存≥2 年，不可篡改、可追溯。

数据传输：按 Part 75 要求加密上传至 EPA Clean Air Markets Database（CAMPD），传输成功率≥95%。

数据标记：明确标记校准、故障、维护、无效数据，监管可核查。

缺失数据：按 Part 75 Subpart D 补全，不得随意替代。

3）安装与运维

采样位置：垂直管段、气流稳定区，距弯头/阀门≥2 倍当量直径，距出口≥0.5 倍当量直径。

运维：每日零点/量程检查，每周校准，每月维护，每季度线性，半年度/年度 RATA，完整运维日志。

故障处理：故障自动报警，8h 内修复；超 24 h 需备用监测或手工比对，记录故障时长与原因。

（6）合规与认证

设备需通过 PS-2/PS-11 性能测试，获 EPA 认可。

现场完成初始 RATA，日常执行 Part 75 QA/QC，年度 RATA 复审，方可用于合规监测与报告。

整体而言，修订后仪器评价更侧重“全流程合规”，不仅要核对性能参数，还需审查制造商提供的校准程序、稳定性评估方法等技术文档，确保仪器从指标到溯源均符合 EPA 规范。美国 EPA CEMS 体系与 HJ 76 标准核心目标高度一致，均以保障监测数据“准确、可靠、可比”为核心，Part 60 Appendix B PS 2024 及 Part 75 的新旧升级经验，为 HJ 76 修订提供了精准的技术参照与实践路径。技术指标优化方面，HJ 76 可借鉴美国新版标准的严苛要求，摒弃旧标准的宽松设定。

3.1.3 国际标准化组织，ISO

国际标准化组织 ISO 固定污染源废气监测标准近年修订呈现“指标趋严、技术拓展、流程优化”的核心特征。2022 年发布的 ISO 10849:2022 明确 NO_X 监测系统性能要求，新增≤200

s 响应时间硬性指标，且强制要求具备无人值守功能，集成自动校准验证功能，质检时需现场核查校准周期记录与异常报警机制。2019 年实施的 ISO 12039:2019 显著优化 $CO/CO_2/O_2$ 监测要求，新增可调谐激光光谱（TDLAS）技术认可，将 O_2 体积浓度测量误差（重复性）从±1.0% 提升至≤0.2%，同时明确抽取式与原位系统的差异化性能标准，数据存储需满足≥1 年追溯要求。

ISO 对固定污染源颗粒物（PM）、二氧化硫（SO_2）、氮氧化物（NO_X）在线监测设备的要求，以 ISO 10155（PM）、ISO 7935（SO_2）、ISO 10849（NO_X）为核心，配套 ISO 20181（QA/QC）、ISO 14956（不确定度），聚焦性能指标、系统结构、质量保证、数据管理四大维度，是全球通用的技术基准。

（1）核心标准体系

颗粒物（PM）：ISO 10155:1995（手工重量法 + 自动监测性能）、ISO 9096（参比重量法）。

二氧化硫（SO_2）：ISO 7935:2024（CEMS 性能，最新版）、ISO 11564（参比方法）。

氮氧化物（NO_X）：ISO 10849:2022（CEMS 性能，最新版）、ISO 7996（参比方法）。

通用质控：ISO 20181:2023（QAL1–QAL3+AST 全流程质控）、ISO 14956（测量不确定度评估）。

安装规范：ISO 15259（采样位置、测量断面要求）。

（2）颗粒物（PM）在线监测功能要求（ISO 10155:1995）

1）连续实时测量，数据存储≥1 年，支持 1 min/5 min 平均值输出。

2）具备故障诊断、报警、数据标记（无效/校准/故障）功能。

3）抽取式需配伴热管线（≥120 ℃）、高效除尘，避免冷凝与吸附。

（3）二氧化硫（SO_2）在线监测功能要求（ISO 7935:2024）

1）连续测量，数据存储≥1 年，支持干基/湿基、标态/工况、O_2 折算（常用 6% O_2）。

2）具备自动校准（零点/量程）、动态补偿（温度/压力/湿度/ O_2）、故障报警功能。

3）抽取式需伴热管线≥120 ℃，防止 SO_2 溶于冷凝水造成损失。

（4）氮氧化物（NO_X）在线监测功能要求（ISO 10849:2022）

1）连续测量总 NO_X，数据存储≥1 年，支持 O_2 折算、干基/湿基转换。

2）具备自动校准、转化炉效率监测、故障诊断、报警功能。

3）抽取式需伴热管线≥120 ℃，防止 NO_2 吸附与冷凝损失。

（5）通用质量保证（QA/QC）要求（ISO 20181:2023）

ISO 20181 定义 QAL1–QAL3+AST 全流程质控，与欧盟 EN 14181 完全兼容，是全球 CEMS 合规核心流程：

QAL1（设备认证）：实验室性能测试，按 ISO 14956 评估总不确定度，获第三方认证。

QAL2（现场验证）：安装后与参比方法同步比对（≥10 组数据），建立校准曲线，验证准确度。

QAL3（日常质控）：每日零点/量程检查，每周校准，每月维护，用控制图监控稳定性。

AST（年度监督）：每年与参比方法全面比对，确保长期性能合规。

（6）数据管理与安装运维（ISO 15259/ISO 20181）

1）数据管理

数据存储：原始数据+1 min/5 min 平均值，保存≥1 年，不可篡改、可追溯。

数据标记：明确标记校准、故障、维护、无效数据，监管可核查。

数据传输：按当地法规加密传输，传输成功率≥95%。

2）安装与运维

采样位置：垂直管段、气流稳定区，距弯头/阀门≥2 倍当量直径，符合 ISO 15259。

运维：每日零点/量程检查，每周校准，每月维护，年度 AST 测试，完整运维日志。

故障处理：故障自动报警，8 h 内修复；超 24 h 需备用监测或手工比对。

（7）合规与认证

设备需通过 QAL1 认证（按 ISO 13284/7935/10849 测试，获 ISO/IEC 17025 认可机构认证）。

现场完成 QAL2 验证，日常执行 QAL3 质控，每年 AST 测试，方可用于合规监测与报告。

整体修订趋势下，仪器评价标准从单一指标测试转向全系统评估，需新增软件功能验证（如自动校准逻辑）、抗干扰专项测试和不确定度评估，同时强化制造商技术文档审核，确保设备在极端工况下的稳定性与数据可靠性，为监管提供精准依据。

3.1.4 日本标准化组织，JIS

日本 JIS 固定污染源废气监测设备核心标准（JIS B 7981-7986 系列）自 2002 年修订后技术内容基本稳定，主要在 2019 年因《产业标准化法》修订进行了名称调整；而近年新发展则集中在粉尘监测等新领域，形成了更完整的废气监测标准体系。JIS B 7981《固定污染源废气中二氧化硫自动监测系统》和 JIS B 7982《固定污染源废气中氮氧化物自动监测系统》2002 年版本确立了严格的技术框架，包括测量精度（基本误差±2%满量程）、响应时间（SO_2≤240 s、NO_X≤120 s）和漂移控制（零点漂移±2%）等关键指标。这两个标准自 2002 年发布后，技术内容保持稳定，仅在 2019 年 7 月 1 日因《产业标准化法》修订，标准名称中的“废气”前缀修改为“固定污染源废气”，进一步明确适用范围。

针对粉尘监测这一重要领域，JIS 新制定了：JIS B7996:2018 规定了光散射法、光透射法和摩擦静电测量法三种主流粉尘监测技术的性能评价方法，明确了测试装置和相关系数确定方法；JIS B 7997-1:2020、B 7997-2:2020 和 B 7997-3:2020 则分别细化了光散射法、光透射法和摩擦静电测量法的技术要求和测试流程，形成了完整的粉尘监测标准体系。

日本 JIS 对固定污染源颗粒物（ダスト）、SO_2、NO_X 在线监测设备（CEMS /自動計測システム）的要求，以 JIS B 7996/7997（颗粒物）、JIS B 7981（SO_2）、JIS B 7982（NO_X）、JIS B 7993（原位式）为核心，配套 JIS K 0103/0104（参比方法），聚焦性能指标、系统结构、QA/QC、数据管理，与 ISO/EN 体系兼容但更强调现场适用性与长期稳定性。

（1）核心标准体系（JIS B 系列）

1）颗粒物（ダスト）

JIS B 7996:2019：颗粒物自动监测器通用性能评价方法（基础）。

JIS B 7997-1:2020：光散射式颗粒物自动监测器。

JIS B 7997-2:2020：光透射式（浊度）颗粒物自动监测器。

参比：JIS Z 8852（重量法）、JIS Z 8901（试验粉尘）。

2）二氧化硫（SO_2）

JIS B 7981:2002（MOD ISO 7935）：抽取式 SO_2 自动监测系统/仪器。

JIS B 7991:2019：原位式 SO_2 自动监测系统。

参比：JIS K 0103（手工滴定/吸收法）。

3）氮氧化物（NO_X）

JIS B 7982:2002（MOD ISO 10849）：抽取式 NO_X 自动监测系统/仪器。

JIS B 7993:2019：原位式多组分（含 NO_X）自动监测系统。

参比：JIS K 0104（Saltzman 法/化学发光法）。

4）通用规范

JIS B 7993：原位式多组分（SO_2/NO_X/O_2 等）系统要求。

JIS K 0211/0215：废气监测术语与定义。

（2）颗粒物（ダスト）在线监测功能要求（JIS B 7996/7997）

1）连续实时测量，数据存储≥1 年，1 min/5 min 平均值输出。

2）具备自动反吹/吹扫、加热采样（≥180 ℃）、故障诊断、报警、数据标记。

3）抽取式配伴热管线（≥120 ℃）、高效除尘；原位式配光学视窗自动清洁。

4）结构坚固、防结露、防篡改（密码/锁），便于现场维护。

（3）二氧化硫（SO_2）在线监测功能要求（JIS B 7981/7991）

1）连续测量 SO_2，数据存储≥1 年，支持 O_2 折算、干基/湿基转换。

2）抽取式：伴热管线≥120℃、除湿、除尘。

3）原位式：光学视窗清洁、自动校准、温度/压力补偿。

4）具备自动校准、故障诊断、报警、数据追溯。

（4）氮氧化物（NO_X）在线监测功能要求（JIS B 7982/7993）

1）连续测量总 NO_X，数据存储≥1 年，支持 O_2 折算、干基/湿基转换。

2）抽取式：伴热管线≥120 ℃、除湿、除尘、转化炉效率监测。

3）原位式：光学视窗清洁、自动校准、温度/压力补偿。

4）具备自动校准、转化炉效率检查、故障诊断、报警、数据追溯。

（5）通用 QA/QC 与数据管理（JIS B 系列通用）

1）质量保证流程

QAL1（设备认证）：实验室性能测试，获第三方认证（JIS 认可机构）。

QAL2（现场验证）：安装后与参比方法同步比对（≥10 组），建立校准曲线。

QAL3（日常质控）：每日零点/量程检查，每周校准，每月维护，控制图监控。

AST（年度审核）：每年与参比方法全面比对，验证长期稳定性。

2）数据管理

数据存储：原始数据+1 min/5 min/1 h 平均值，保存≥1 年，不可篡改、可追溯。

数据标记：明确标记校准、故障、维护、无效数据，监管可核查。

数据传输：按日本环境省要求加密上传至自动监测数据管理系统，传输成功率≥95%。

3）安装与运维

采样位置：垂直管段、气流稳定区，距弯头/阀门≥2 倍当量直径，符合 JIS 通用安装规范。

运维：每日零点/量程检查，每周校准，每月维护，年度 AST 测试，完整运维日志。

故障处理：故障自动报警，8h 内修复；超 24 h 需备用监测或手工比对，记录故障时长与原因。

（6）合规与认证

设备需通过 JIS B 7981/7982/7996/7997 性能测试，获日本产业标准协会（JSA）或认可机构认证。

现场完成 QAL2 验证，日常执行 QAL3 质控，每年 AST 测试，方可用于日本固定污染源合规监测与报告。

尽管日本 JIS 核心标准技术内容稳定，但标准体系的扩展表明固定污染源监测的要求正从单一污染物向多参数、全因子综合监测方向发展，这为标准编制工作提供了新的方向。主要国家、地区及国际组织 CEMS 性能指标要求见表 2~表 5。

表 2　国外固定污染源废气二氧化硫连续监测系统相关标准技术指标

指标名称	ISO 7935 2024 《固定源二氧化硫连续监测技术要求》	JIS B 7981 2002 《废气中二氧化硫自动测量系统和分析仪》（抽取法）	BS EN 15267-3:2023 《固定源排放连续监测：固定自动测量系统检测方法》	40 CFR Part 60 PS2 《SO_2 和 NO_X 在线设备性能要求》
响应时间	≤200 s	≤240 s	≤200 s	/
零点重复性	≤2%F.S.	±2%F.S.	≤2%F.S.	/
量程重复性	≤2%F.S.		≤2%F.S.	/
线性误差	≤2%F.S.	±2%F.S.	≤2%F.S.	/
24 h 零点漂移	≤2%F.S.	±2%F.S.	/	/
24 h 量程漂移	≤2%F.S.	±2%F.S.	/	/
无人值守期间零点漂移	≤3%F.S.	/	/	/
无人值守期间量程漂移	≤3%F.S.	/	/	/
环境温度变化的影响	≤5%F.S.	/	≤5%F.S.	/
样品气体压力的影响（压力变化 3kPa 时）	≤2%F.S.	/	±2%F.S.	/
样品气体流量的影响	≤2%F.S.	±2%F.S.	±2%F.S.	/
供电电压变化的影响	≤2%F.S.	±2%F.S.	≤2%F.S.	/
振动的影响	/	/	≤2%F.S.	/
干扰物质的影响	/	≤5%F.S.	/	/
绝缘电阻	/	≥5 兆欧	/	/
交叉敏感度	≤4%F.S.	/	≤4%F.S.	/
采样管线与调节系统的损失	≤2%	/	/	/
测量光束偏移（原位）	≤2%F.S.	/	/	/

指标名称	ISO 7935 2024 《固定源二氧化硫连续监测技术要求》	JIS B 7981 2002 《废气中二氧化硫自动测量系统和分析仪》（抽取法）	BS EN 15267-3:2023 《固定源排放连续监测：固定自动测量系统检测方法》	40 CFR Part 60 PS2 《SO_2 和 NO_X 在线设备性能要求》
准确度	/	/	与标准参比方法测量结果的相关系数 R≥0.85	测试期间排放量大于排放标准 50%时，相对准确度≤20%； 测试期间排放量小于排放标准 50%时，相对准确度≤10%；
最小维护周期	/	/	8 天	/
维护周期漂移	/	/	≤3%	≤2.5%
数据有效率	/	/	≥95%	/
重现性	/	/	≤3.3%	/

表 3　国外固定污染源废气氮氧化物连续监测系统相关标准技术指标

指标名称	ISO 10849 2022 《固定源氮氧化物连续监测技术要求》	JIS B 7982 2002 《废气中氮氧化物自动测量系统和分析仪》（抽取法）	BS EN 15267-3:2023 《固定源排放连续监测：固定自动测量系统检测方法》	40 CFR Part 60 PS2 《SO_2 和 NO_X 在线设备性能要求》
响应时间	≤200 s	≤120 s	≤200 s	/
零点重复性	≤2%F.S.	±2%F.S.	≤2%F.S.	/
量程重复性	≤2%F.S.		≤2%F.S.	/
线性误差	≤2%F.S.	±2%F.S.	≤2%F.S.	/
24 h 零点漂移	≤2%F.S.	±2%F.S.	/	/
24 h 量程漂移	≤2%F.S.	±2%F.S.	/	/
无人值守期间零点漂移	≤3%F.S.	/	/	/
无人值守期间量程漂移	≤3%F.S.	/	/	/
环境温度变化的影响	≤5%F.S.	/	≤5%F.S.	/

指标名称	ISO 10849 2022 《固定源氮氧化物连续监测技术要求》	JIS B 7982 2002 《废气中氮氧化物自动测量系统和分析仪》（抽取法）	BS EN 15267-3:2023 《固定源排放连续监测：固定自动测量系统检测方法》	40 CFR Part 60 PS2 《SO_2 和 NO_X 在线设备性能要求》
样品气体压力的影响 （压力变化 3kPa 时）	≤2%F.S.	/	/	/
样品气体流量的影响	≤2%F.S.	±2%F.S.	/	/
供电电压变化的影响	≤2%F.S.	±1%F.S.	≤2%F.S.	/
振动的影响	/	/	≤2%	/
干扰物质的影响	/	≤5%F.S.	/	/
绝缘电阻	/	≥5 MΩ	/	/
交叉敏感度	≤4%F.S.	/	≤4%F.S.	/
采样管线与调节系统的损失	≤2%	/	/	/
测量光束偏移（原位）	≤2%F.S.	/	/	/
二氧化氮/一氧化氮转化效率	≥95.0%	/	≥95.0%	/
准确度	/	/	与标准参比方法测量结果的相关系数 R≥0.85	测试期间排放量大于排放标准 50%时，相对准确度≤20%； 测试期间排放量小于排放标准 50%时，相对准确度≤10%；
最小维护周期	/	/	8 天	/
维护周期漂移	/	/	≤3%	≤2.5%
数据有效率	/	/	≥95%	/
重现性	/	/	≤3.3%	/

表 4　国外固定污染源废气氧气连续监测系统相关标准技术指标

指标名称	ISO 12039 2019 《固定源排放：废气中一氧化碳、二氧化碳和氧气质量浓度的测定-自动测量系统的性能特性》	BS EN 15267-3:2023 《固定源排放连续监测：固定自动测量系统检测方法》	40 CFR Part 60 PS3 《CO_2 和 O_2 在线设备性能要求》
响应时间	≤200 s	≤200 s	/
零点重复性	≤0.2%	≤0.2%（体积分数值）	/
量程重复性	≤0.2%	≤0.2%（体积分数值）	/
线性误差	≤0.2%	≤0.2%（体积分数值）	/
24 h 零点漂移	≤0.2%	/	/
24 h 量程漂移	≤0.2%	/	/
无人值守期间零点漂移	≤0.2%	/	/
无人值守期间量程漂移	≤0.2%	/	/
环境温度变化的影响	≤0.3%	≤0.5%（体积分数值）	/
样品气体压力的影响 （压力变化 2kPa 时）	≤0.2%	/	/
样品气体流量的影响	≤0.2%	/	/
供电电压变化的影响	≤0.2%	≤0.2%（体积分数值）	/
振动的影响	/	≤0.2%（体积分数值）	/
干扰物质的影响	/	/	/
交叉敏感度	≤0.4%	≤0.4%（体积分数值）	/
准确度	/	与标准参比方法测量结果的相关系数 R≥0.85	相对准确度≤20%或绝对误差≤1.0%
最小维护周期	/	8 天	/
维护周期漂移	/	≤0.2%（体积分数值）	≤0.5%
数据有效率	/	≥98%	/
重现性	/	≤0.2%	/

表 5　国外固定污染源废气颗粒物连续监测系统相关标准技术指标

指标名称	ISO 10155:1995 《固定源排放-颗粒物质量浓度自动监测-检测方法》	BS EN 15267-3:2023 《固定源排放连续监测：固定自动测量系统检测方法》	40 CFR Part 60 PS11 《颗粒物在线设备性能要求》
响应时间	/	≤200 s	/
零点重复性	/	≤2%F.S.	/
量程重复性	/	≤5%F.S.	/
线性误差	/	≤3%F.S.	/
24 h 零点漂移	≤2%F.S.	/	/
24 h 量程漂移	≤2%F.S.	/	/
环境温度变化的影响	/	≤5%F.S.	/
供电电压变化的影响	/	≤2%F.S.	/
振动的影响	/	≤2%F.S.	/
相关系数	≥0.95	与标准参比方法测量结果的相关系数 R≥0.80	相关系数≥0.85，置信区间半宽≤10%，允许区间半宽≤25%
最小维护周期	/	8 天	/
维护周期漂移	/	≤3%F.S.	≤2%
数据有效率	/	≥95%	/
重现性	/	浓度≤20 mg/m^3 时≤2% 浓度＞20 mg/m^3 时≤3.3%	/

3.2 国内相关分析方法研究

3.2.1 固定污染源自动监测系统常用分析方法介绍

经过多年的技术发展与实践积累，固定污染源自动监测领域已取得了长足发展，逐步构建起一套技术成熟、覆盖全面的污染物自动监测体系，主要监测对象包括二氧化硫、氮氧化物、颗粒物、非甲烷总烃、气态汞以及苯系物等。针对这些不同类型的污染物，目前已开发了多种可靠、灵敏的自动监测分析方法，为环境监管与污染减排提供了坚实的数据支撑和技术保障。

表 6　污染物自动监测常用分析方法特点和应用

污染物	监测方法	检测原理	设备方法特点	适用场景
二氧化硫	紫外荧光法(UVF)	SO_2吸收紫外光被激发产生荧光，荧光强度与浓度成正比	灵敏度高、抗干扰能力强、稳定性好，适合超低排放；需紫外光源、臭氧模块	火电、垃圾焚烧、钢铁、焦化等超低排放 CEMS 主流配置
	非分散红外法(NDIR)	SO_2对特定红外波长产生特征吸收	结构简单、成本低；易受水汽、CO、CO_2、粉尘干扰，超低浓度精度一般	中低浓度排放、经济型 CEMS、中小型炉窑在线监测
氮氧化物	化学发光法（CLD）	NO 与 O_3反应生成激发态 NO_2，退激发光强度与 NO 浓度成正比	灵敏度最高、线性范围宽、响应快，超低 NO_x适配性最优；需臭氧发生器	全行业固定污染源 CEMS 主流、超低排放首选
	非分散红外法(NDIR)	NO/NO_2对红外特征吸收	设备成本低、结构简单；干扰较多、精度一般，不适合超低排放	经济型、简易型在线监测设备
颗粒物	光透射法（浊度法）	废气中颗粒物对光的衰减程度与浓度相关	技术成熟、连续测量、稳定性较好；受废气含湿量、烟色影响	传统电厂、锅炉、工业炉窑常规 CEMS
	β射线吸收法	β射线被滤膜捕集颗粒物吸收衰减，衰减量与质量浓度相关	准确度高、受湿度 / 烟色干扰小，适合超低粉尘监测	超低排放电厂、垃圾焚烧、重点排污单位
	光散射法	颗粒物对入射光产生散射，散射光强度与浓度相关	响应快、体积小、成本低；数据波动较大，易受工况干扰	简易在线监测、中小型炉窑、非重点源

3.2.2 国内自动监测系统发展情况

我国生态环境监管体系日趋完善，超低排放与精细化治理持续深化，污染源废气自动监测技术正朝着高精度、多组分、智能化、国产化方向稳步发展。当前，废气自动监测的主流分析技术包括紫外差分吸收光谱法、非分散红外法、紫外吸收法、紫外荧光法、化学发光法、激光光谱法等，可实现对 SO_2、NO_X、CO、氨气等常规气态污染物的稳定监测；颗粒物监测以β射线吸收法、激光散

射法为核心技术，能够满足超低排放工况下的精准测量需求；傅立叶变换红外光谱法、腔衰荡光谱法、火焰离子化检测法等高端技术逐步推广应用，可同步监测 VOCs、恶臭气体及多种特征污染物，适用于复杂工业源与园区综合监测场景。

国内环境监测系统装备已实现规模化应用，重点排污单位废气自动监测系统覆盖率高、联网运行成熟，常规废气监测设备国产化率超 90%，国产仪器在性能上已接近国际同等水平，广泛应用于火电、钢铁、水泥、化工、焦化等行业。未来，随着监测指标不断拓展、数据质控要求持续提升，以及 5G、物联网、人工智能等技术的深度融合，污染源废气自动监测将进一步向多参数集成、污染溯源、智能运维、非现场质控方向发展，高端光谱监测技术与国产核心部件替代步伐将持续加快，整体技术方案成熟可靠、应用场景不断拓宽，在精准治污、科学治污、依法治污中具有广阔的应用前景和重要支撑作用。

3.2.3 本标准与现行其他自动监测标准关系

本标准与HJ 75作为我国固定污染源自动监测领域的基础性标准，自2001年首次颁布以来，历经了两次重要的修订过程，当前正在进行的是第三次修订工作。这两项标准共同见证了我国污染源自动监测技术与管理体系从无到有、从初步建立再到逐步完善的完整发展历程。

为满足不同类别污染物自动监测的需求，近年来陆续发布了非甲烷总烃的技术要求与监测技术规范、一氧化碳和氯化氢的监测技术规范，以及气态汞和苯系物的技术要求。这些标准以HJ 75和HJ 76为基础，依据特征污染物具体分析方法的要求，在系统采样、技术要求和质量控制等方面提出了专门要求，完善了污染源自动监测体系。

表 7　与本标准相关性分析

标准编号	标准名称	核心定位	适用范围	与其他标准关系
HJ 76-2017	《固定污染源烟气（SO_2、NO_X、颗粒物）排放连续监测系统技术要求及检测方法》	通用基础标准，侧重自动监测系统设计、性能与检测校准	固定污染源废气自动监测系统技术指标、性能检测、校准与比对方法	与 HJ 75-2017 不可分割，共同构成废气自动监测系统通用标准体系，为专项标准提供设备检测通用要求
HJ 75-2017	《固定污染源烟气（SO_2、NO_X、颗粒物）排放连续监测技术规范》	通用基础标准，侧重自动监测系统现场全流程管理与质控	固定污染源废气自动监测系统的安装、验收、运维、数据审核等	与 HJ 76-2017 配套使用，为其他专项标准提供通用管理框架，是所有废气 CEMS 的基础依据
HJ 1013-2018	《固定污染源废气非甲烷总烃连续监测系统技术要求及检测方法》	专项配套标准，针对非甲烷总烃自动监测系统设计、性能与检测校准	固定污染源废气非甲烷总烃自动监测系统技术指标、性能检测、校准与比对方法	引用 HJ 76 通用框架，补充 NMHC 监测专属技术要求
HJ 1286-2023	《固定污染源废气非甲烷总烃连续监测技术规范》	侧重非甲烷总烃自动监测系统现场全流程管理与质控	固定污染源废气非甲烷总烃自动监测系统的安装、验收、运维、数据审核等	引用 HJ 75 通用框架，补充 NMHC 监测专属技术要求
HJ 1403-2024	《固定污染源废气一氧化碳和氯化氢自动监测技术规范》	专项配套标准，针对一氧化碳（CO）、氯化氢（HCl）监测自动监测系统现场全流程管理与质控	固定污染源废气一氧化碳、氯化氢自动监测系统的安装、调试检测、验收、运维及数据处理等全流程	引用 HJ 75 通用框架，其安装、质控、数据审核等要求遵循基础标准，补充 CO、HCl 监测专属技术要求
HJ 1439-2026	《固定污染源废气气态汞自动监测系统技术要求及检测方法》	专项配套标准，针对气态汞自动监测系统设计、性能与检测校准	固定污染源废气中气态汞自动监测系统技术指标、性能检测、校准与比对方法	参照 HJ 76 通用框架，补充气态汞监测专属技术要求
HJ 1440-2026	《固定污染源废气苯系物气相色谱-氢火焰离子化检测器法自动监测系统技术要求及检测方法》	专项配套标准，针对苯系物自动监测系统设计、性能与检测校准	固定污染源有组织排放废气中苯系物（苯、甲苯、二甲苯等），自动监测系统技术指标、性能检测、校准与比对方法	引用 HJ 76 通用框架，补充苯系物监测专属技术要求，与 HJ 1013 同属 VOCs 监测专项配套标准，分工互补，覆盖不同 VOCs 监测场景

3.3 国内外仪器技术现状

3.3.1 国内外污染源废气监测仪器技术现状

（一）污染源废气监测主要技术路线分类与应用

污染源废气监测仪器按监测对象可分为颗粒物、常规气态污染物（SO_2、NO_X）、特殊污染物（HCl、CO、NH_3等）、挥发性有机物（VOCs）、温室气体（CH_4、CO_2等）等；按工作模式分为连续自动监测系统（CEMS）、便携式/移动式监测设备、实验室分析仪器；按原理可分为光学法、电化学法、色谱法、质谱法、射线法等，不同技术路线适配场景与性能差异显著。当前污染源废气在线监测技术，如颗粒物、二氧化硫、氮氧化物及其相关的废气参数（含氧量、温度、流速、压力、湿度）的测量，我国所掌握的在线监测技术并不逊色于欧美等发达国家，但就技术的使用细节而言，还需结合近些年现场应用情况进行进一步补充完善。

（二）国外仪器技术现状

国外污染源废气监测仪器起步早、技术积累应用时间长，以赛默飞（Thermo Fisher）、西门子（Siemens）、杜拉格（Durag）等企业为代表，已在全球市场广泛应用，核心优势集中在超低浓度检测、长期稳定性、多参数集成、复杂工况适配等维度。常规气态污染物监测：以完全抽取式热湿紫外差分吸收光谱法（DOAS）、完全抽取式冷干非分散红外法（NDIR）、稀释法（化学发光、紫外荧光）、完全抽取式热湿傅里叶红外法为主流。完全抽取式相关技术，均可同步测量 SO_2、NO_X、O_2，抗水汽、粉尘干扰能力强，与工业 DCS 系统无缝对接，适配钢铁、电力等流程工业。颗粒物监测：以激光散射法、β射线吸收法、微量振荡天平法（TEOM）为核心。德国杜拉格激光散射法 CEMS 在超低浓度（≤5 mg/m^3）测量中，长期漂移控制在±2%以内，适配电厂、水泥等高尘、高温（1300 ℃）工况。VOCs 监测：技术路线主要包含气相色谱-火焰离子化检测器（GC-FID）和催化氧化法-火焰离子化检测器（CO-FID）等，可适用于绝大部分行业污染源 VOCs 排放工况。

（三）国内仪器技术现状

国内污染源废气监测仪器依托政策驱动（如超低排放改造、在线监测联网、HJ 系列标准更新）与技术攻关，实现从“进口依赖”到“自主替代”的跨越，目前国内污染源废气监测市场国产化率较高，国内产品市场占有率远超国外同类产品。常规气态污染物监测：全抽取式 DOAS、NDIR 技术成熟，国产 CEMS 实现全系列覆盖，可同步测量 SO_2、NO_X、颗粒物，适配国内复杂工况，均通过 HJ 75/HJ 76 认证。针对氮氧化物监测痛点，开发专用预处理系统，解决高温、高湿干扰，数据稳定性满足不同行业长期监测需求。同时，针对前期国外主导的傅里叶红外和稀释法技术，近几年国内厂商也推出相对成熟的产品，并成功应用于垃圾焚烧、石化、电力和钢铁等行业，现场长期应用稳定可靠。颗粒物监测：技术路线与国际接轨，以β射线法、激光散射法为主流，2026 年 2 月 HJ 1457-2026《固定污染源废气低浓度颗粒物的测定便携式β射线法》发布，标志国产便携式β射线仪实现标准化、规模化应用。在线监测主要采用抽取式激光散射法，在现场直读、抗湿扰能力与进口相当，在超低排放场景（≤10 mg/m^3）中，测量误差控制在±5%以内，已批量应用于国内燃煤电厂、钢铁和水泥等工况相对复杂行业。VOCs 监测：国产在线与便携设备性能均达到国际先进水平，采用全热法采样方式，实现非甲烷总烃（NMHC）精准测量，检出限≤0.1 mg/m^3，全程加热伴管（≥120℃）避免 VOCs 冷凝损失，适配化工、涂装和制药等各类复杂行业。

3.3.2 污染源废气监测仪器智能化发展水平

2024 年 3 月 4 日生态环境部印发《关于加快建立现代化生态环境监测体系的实施意见》（环监测〔2024〕17 号），加快建立现代化生态环境监测体系，全力支撑深入打好污染防治攻坚战和美丽中国建设。目标在未来五年，生态环境监测数智化转型加速推进，监测数据质量持续改善，应用支撑更加高效，先行示范取得实效，监测管理体制机制更加顺畅，监测基础能力全面加强，现代化监测体系建设取得重要进展。2025 年 3 月 12 日生态环境部印发《国家生态环境监测网络数智化转型方案》（环办监测〔2025〕8 号）。总体要求：以生态环境管理需求为牵引，按照系统谋划、分步实施、先立后破、自主可控的原则，加强大数据、物联网、区块链、人工智能等新技术集成，推动国家网数据生产、管理、应用全链条升级改造，提高全国生态环境态势感知、分析研判、预测预警、应急响应和监测监管的自动化、智能化水平，构建生态环境监测“智慧大脑”。

针对传统污染源在线监测系统监管难、运维效率低下、运维成本高昂等问题，国家希望通过对污染源产品进行数智化转型改造，实现污染源在线监测系统智能诊断分析、自动校准质控和数智化运维，真正做到“穿透式监管提升监测数据质量、数智化运维提高运维效率、智能诊断和自动化控制降低运维成本”。

（一）污染源产品数智化转型，围绕“产数、管数、用数”各个环节进行数智化改造，实现监测数据、运行状态和运行参数的采集、传输、处理、分析及应用支撑的全流程智能化。“产数”环节包含在线监测分析仪、预处理系统、废气参数分析仪和数智化站房，“管数”环节包含污染源监测数智化软件及智能工作站；“用数”环节为信息化平台。“产数”环节所有监测数据、运行状态和运行参数传输至污染源监测数智化软件进行处理和分析，污染源监测数智化软件可以对在线监测系统和数智化站房内各个设施进行反控。污染源监测数智化软件作为整套系统的“大脑”，通过对各设备的数据处理、分析和反馈最终实现智能诊断、数字化运维、预警预报等功能，这些信息可通过有线或无线网络方式传输到信息化平台。

（二）监测数据、运行状态和运行参数实现“三同时”传输。通过对在线监测系统软件升级，实现监测数据、运行状态和运行参数“三同时”传输至污染源监测数智化软件。监测数据包含废气浓度、温度、压力、流速、湿度、氧等数据；采样探头加热温度；伴热管加热温度；采样流量和压力等等；运行状态包含设备启停状态（开启、停止运行）、故障状态（如过温、过压、欠压等）、运行模式（如自动模式、手动模式、待机模式等）等；运行参数包含控制参数（如温度设定值、压力设定值、流速设定值等）、报警参数（如报警阈值）、维护参数（如维护周期、更换周期） 等。

（三）推进无人化值守现场应用。增加自动校准和质控功能，可通过控制各标气电磁阀的开关进行标气切换，自动进行各标气的标定，实现定时自动校准，如满足要求，自动生成校准曲线；如果校准不合格，系统自动开启“自诊断”功能，排查系统问题。通过对在线监测系统、数智化站房的监测数据、运行状态和运行参数的采集与分析，实现对整个系统的智能诊断，精准定位问题，定时自动生成设备自诊断报告。

（四）数智化运维趋势。通过对预处理系统和在线监测系统软件的升级，实现每周自动校准和质控，系统自动判断是否质控成功，减少运维人员现场运维频次。通过对在线监测系统和数智化站房的自动巡检、自动校准和质控、自动记录备件/耗材更换等，运维结果直接在污染源监测数智化软件上生成并上传信息化平台。通过数智化设备和智能化运维的推进，可有效提高污染源数据质量和设备维护效率。

4　标准修订的基本原则和技术路线

4.1 标准修订的基本原则

本标准制修订，本着科学性、先进性和可操作性为原则。标准的资料性概述要素、规范性一般要素、规范性技术要素等技术内容的编排、陈述形式、引导语等的修订遵循《环境保护标准编制出版技术指南》（HJ 565-2010）的有关规定。

本标准在制订过程中将管理技术化和规范化，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。参考了 ISO、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。有关固定污染源废气（SO_2、NO_X、颗粒物）自动监测系统的技术要求是在对国内外固定污染源废气排放标准、监测分析方法标准、仪器技术要求标准的总结归纳，固定污染源废气（SO_2、NO_X、颗粒物）自动监测系统设备技术水平的调研，以及广泛征求意见的基础上制订。其相应指标检测方法是在国内外性能指标检测标准的调研，结合对仪器厂商、用户和专家的咨询的基础上制订。

4.2 标准修订的技术路线

4.2.1 现状梳理

标准编制的技术路线图如图 1 所示。系统梳理 HJ 76-2017 实施以来在现场应用、适用性检测、运维监管中存在的技术短板，重点针对低浓度监测准确性、抽取式颗粒物等速跟踪、自动校准与无人值守运行、数据防篡改、检测流程不清晰等突出问题进行分析。

4.2.2 国内外标准比对研究

全面对标 ISO、欧盟 EN、美国 EPA、日本 JIS 相关标准，重点吸收先进的性能指标、检测流程、质量保证与智能化质控要求，结合我国技术水平与管理模式，形成符合国情的指标体系与方法体系。

4.2.3 技术指标

统一调整气态污染物、颗粒物、废气参数（流速、温度、湿度、压力）的技术要求，优化实验室检测与现场检测指标，新增干扰气体种类、等速跟踪功能、压力监测单元、自动校准单元、无人值守运行等关键要求，简化并优化准确度分级判定规则，提升低浓度区间管控精度。

4.2.4 检测流程

优化全流程检测时长：实验室检测合格→现场安装调试→初检→ 4 周无人值守期检测→完成检测，去除 90 天无故障运行，加快检测进度。

4.2.5 质量保证

更新安装质量保证引用依据至 HJ 1405 与 HJ 75，细化工况要求、参比方法同步性、管路滞后时间修正、颗粒物取样同步性等操作要求，强化全流程质量控制，提升标准可操作性。

4.2.6 智能化升级

统一数据格式、时间标签、状态标记与 HJ 212 一致，强化数据防篡改、三级权限管理、操作日志不可篡改要求，明确自动校准功能要求，减少人为干扰。

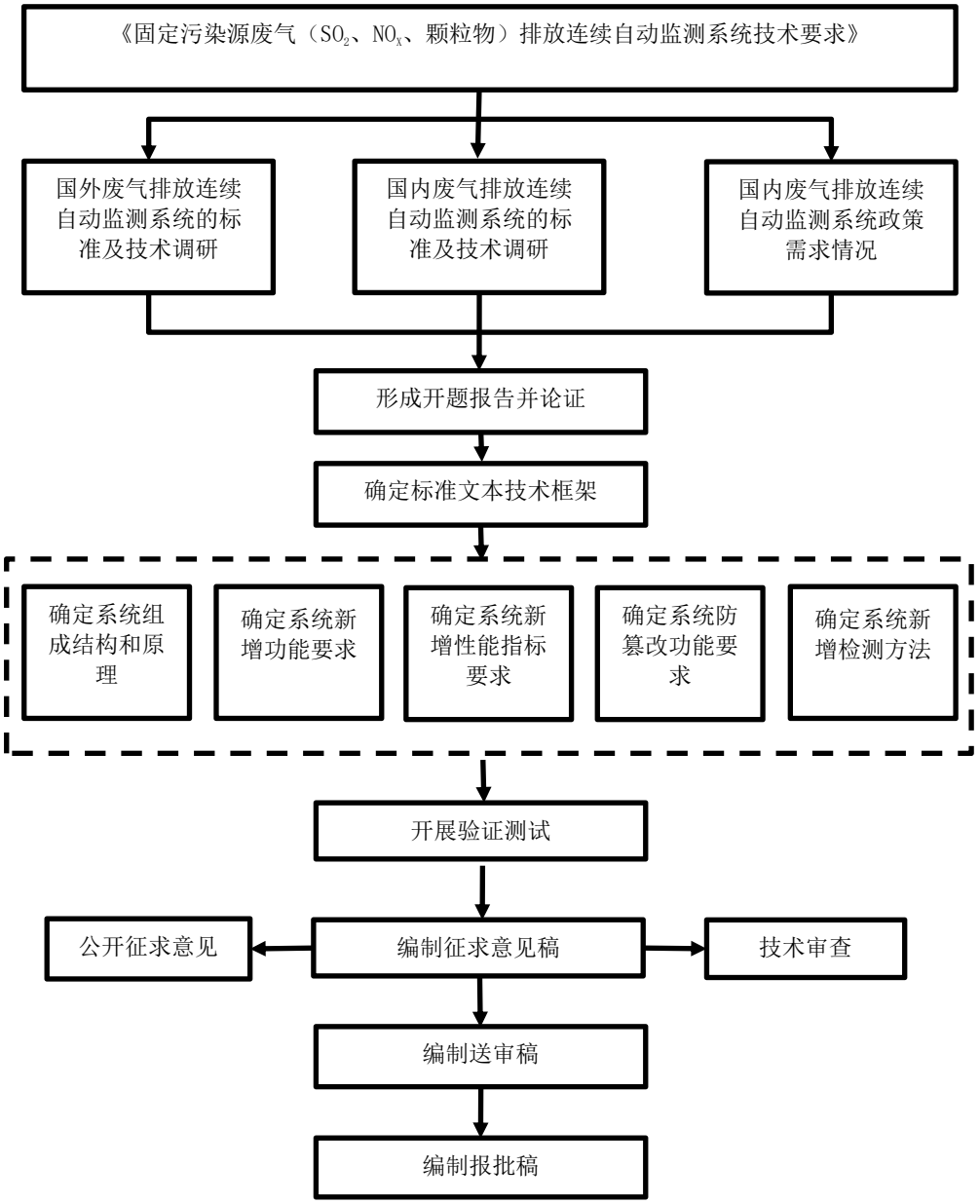


图 1　技术路线图

5　方法研究报告

5.1 术语和定义

本次修订对“术语和定义”进行了全面精简与规范化调整。由原 16 条精简为 13 条，删除了满量程、维护周期、速度场系数、ppm、相关校准等非本标准核心或由其他标准已定义过的术语；将“烟气排放连续监测系统（CEMS）”调整为“废气排放连续自动监测系统（CEMS）”，“干烟气浓度”调整为“干废气浓度”，与现行管理规范保持一致，新增“工作量程”、“无人值守期间”、“校准”、“调整”等关键定义，与新增的自动校准功能、无人值守运行检测流程相匹配。术语定义来源和依据如下：

（1）废气排放连续自动监测系统 exhaust gas continuous emission automated monitoring system, CEMS

本术语沿用了 HJ 75-2017 对 CEMS 的定义及英文简称，仅依据现行管理要求将“烟气”表述统一调整为“废气”，即“对固定污染源排放废气中的污染物排放浓度和排放量实施连续自动监测所需的全部设备”。按照现行管理要求，HJ 76 不再只是局限于对新 CEMS 提出技术要求，还要包括对在用 CEMS 的技术要求。同时对新 CEMS 要提出“二次定型”，即在计量部门对气态污染物分析仪、颗粒物分析仪定型基础上，在本标准中规定 CEMS 的基本类型、基本组成和结构，以及最常见的仪器原理。参考《中华人民共和国计量法实施细则》对定型的表述，将定型 CEMS 定义为“指一款新型的，已证明其整机技术指标符合计量规范的 CEMS”。

（2）工作量程 working range

本术语定义参考了《通用计量术语及定义》（JJF 1001-2011)中“7.6 标称示值区间的量程”和“7.7 测量区间”的定义，并考虑到自动监测运维人员长期以来对量程术语的理解偏差，在本次标准修订时增加了工作量程术语，并将之定义为“根据实际应用需要设置的分析仪器的测量上下限值区间”。

（3）标称示值区间 nominal indication interval

参考 JJF 1001-2011 中“7.5 标称示值区间”定义：“当分析仪器调节到特定位置时获得并用于指明该位置的、化整或近似的极限示值所界定的一组量值，也简称量程（span）”。计量术语中所指量程代表了分析仪器的极限示值，即所能测量的最小最大值区间，也是自动监测运维人员长期以来所理解的最大测量范围。

（4）校准 calibration

本术语定义参考了《通用计量术语及定义》（JJF 1001-2011)中“4.10 校准”表述的第一步，即在规定条件下，确定由测量标准（如标准物质、参比方法等）提供的量值与仪器相应示值之间的关系。本次修订增加校准术语，也是为了纠正自动监测运维人员长期以来对校准的理解偏差，运维人员理解的校准其实包含了两个操作即校准和调整。

（5）调整 adjustment

本术语定义参考 JJF 1001-2011 中“6.19 测量系统的调整”表述：为使仪器提供相应于给定被测量值的指定示值，对仪器进行的一种操作。

（6）响应时间 response time（T_{90}）

本次标准修订基本沿用 HJ 76-2017 中对响应时间术语的定义，但在响应时间计时起点表述进行了调整。对仪表响应时间，计时起点从 HJ 76-2017 中的“从观察到分析仪示值产生一个阶跃增加或阶跃减少的时刻起”调整为“从向分析仪器校准管路通入标准气体起”；对系统响应时间计时起点“从 CEMS 系统采样探头通入标准气体的时刻起”调整为“从向 CEMS 全系统校准管路通入标准气体起”。计时起点更明确，记录响应时间操作更简便。

（7）线性偏差 linear deviation

本术语参考了欧盟标准 EN 15267-3:2023 中“lack of fit”定义，并调整了实验室检测中线性误差检测方法，使其体现在工作量程内，分析仪器实测值与理想拟合曲线之间的最大偏差。

（8）二氧化氮转换效率 nitrogen dioxide conversion efficiency

本术语基本沿用 HJ 76-2017 中对二氧化氮转换效率术语的定义，仅是在表述中明确指出了二氧化氮转换器这个设备。

（9）相对准确度 relative accuracy

本术语基本沿用 HJ 76-2017 中对相对准确度的定义，该术语和定义参考美国 EPA《Specifications and Test Procedures for SO_2 and NO_X Continuous Emission Monitoring Systems in Stationary Sources》（40 CFR Part 60 Appendix B PS 2）中“relative accuracy”的表述：参比方法与 CEMS 同步监测，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置信系数的绝对值之和与参比方法测量结果的平均值之比。

（10）无人值守期间 period of unattended operation

本术语参考了欧盟标准《Air quality Assessment of air quality monitoring equipment Part 3: Performance criteria and test procedures for stationary automated measuring systems for continuous monitoring of emissions from stationary sources》（EN 15267-3:2023）中的“maintenance interval”（维护间隔）的表述：CEMS 在无需外部维护（例如补充、校准、调整）的情况下，性能特性保持在预定范围内的最大允许时间间隔。为达到无需外部维护的效果，CEMS 务必具备自动校准功能，这也是本次标准修订对 CEMS 提出的重要新功能要求。同时参考了《无人值守场站运行及风险防控水平综合评价导则》（GB/T 46712-2025）中提出的无人值守概念，本标准定义了术语“无人值守期间”，即 CEMS 依靠自动校准保障稳定运行的时段。

（11）速度场系数 velocity field coefficient

本术语为我国自动监测技术研究过程中的“创举”。速度场系数的出现是为了解决传统 CEMS 只在固定单点监测流速，不能直接反映断面平均流速这个弊端，研究发现，在流场结构相对稳定的烟道里单点流速和断面平均流速存在一个基本恒定的比值，即速度场系数。速度场系数本质上是一个校准系数，用来弥补 CEMS 单点测量在代表性上的天然不足，让自动监测数据能更真实反映总量排放情况。

（12）监督抽测 supervision test

本术语依据现行管理要求新增，参考了2013年《机动车环保检验管理规定》，其中明确将“环保监督抽测”与“环保定期检验”并列，规定由县级以上环保部门组织开展，具体形式包括机动车停放地抽测和道路抽测。本次标准修订新增了对在用CEMS的要求，并给生态环境主管部门对在用CEMS的性能检测活动明确定义为监督抽测，其本质是判断CEMS是否失效的手段。

（13）干废气浓度 dry exhaust gas concentration

本术语基本沿用 HJ 76-2017 中对干烟气浓度术语的定义，仅将烟气改为废气。

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。

5.2 组成和结构

与 HJ 76-2017 相比，组成和结构主要变化包括以下两点：

1）新增 CEMS 监测单元分类和分析原理：首次在标准中列出当前 CEMS 主流技术分类，在超低排放深度推进的背景下，气态污染物监测单元以完全抽取式和稀释抽取式为主流，颗粒物监测单元以直接测量式和抽取测量式为主流。

2）新增 CEMS 监测单元组成：以设备、装置、器件三个层级列表展示了各类型气态污染物监测单元和颗粒物监测单元的组成部件，以示意图展示了各类型监测单元基本结构。同时画出了 CEMS 数据流示意图。

5.3 技术要求

5.3.1 外观条件

本次标准修订在外观条件上增加了 CEMS 外壳或外罩应符合 GB/T 4208 中 IP55 防护等级要求，出于以下两点考虑：

1）为了防止自动监测仪器积尘短路、腐蚀、精度漂移等情形出现，通过 IP55 可有效将粉尘隔离在仪器外壳外，保证仪器精度与稳定；

2）为了防止自动监测仪器水淋、潮湿导致电路失效、元器件损坏等情形出现，通过 IP55 可有效将水隔离在仪器外壳之外，保证仪器正常稳定运行。

其他外观要求基本沿用了 HJ 76-2017 的要求和表述。

5.3.2 工作条件

本次标准修订将工作条件的要求描述由“CEMS 在以下条件中应能正常工作”改为“CEMS 宜在以下条件中工作”，且室内环境温度范围由（15～35）℃改为（15～30）℃。考虑到对于监测设备、精密仪器等，35 ℃已接近其上限温度，而温度越高，漂移越大、测量越不准，35 ℃往往已进入精度降级区。另外对于现场运维人员而言，30 ℃以上已超过人体体感舒适温度，不利于运维人员站房内长时间开展工作。考虑到人员和自动监测仪器更加舒适、安全、稳定的工作环境温度，本标准将室内环境温度范围由（15～35）℃修改为（15～30）℃。

5.3.3 安全要求

本次修订对安全要求部分仅作条件规范与文字优化，核心安全指标保持不变。将绝缘电阻测试环境温度上限由 35 ℃调整为 30 ℃，与工作条件相关要求保持一致；绝缘强度、漏电保护、接地与防雷要求均延续原标准规定，未做调整。

5.3.4 功能要求

5.3.4.1 通用功能要求

根据《关于加强技术防控提升排污单位自行监测质量的通知》（环办监测函〔2024〕214 号）文件提出：“加强自行监测全过程管理”，“严禁擅自改动仪器参数”等要求，本次标准以污染源监测数智化转型为导向，提出了 CEMS 关键运行参数采集、记录、查询和上传的要求。运行参数分为 A、B、C 三类，各类参数的具体内容见《固定污染源现场监测设备防范篡改伪造功能通用要求》。

气态污染物分析仪器、颗粒物分析仪器和数采仪应分别存储各自的运行日志和操作日志。运行日志和操作日志具体内容和要求见《固定污染源现场监测设备防范篡改伪造功能通用要求》。

此次修订明确“CEMS 应设置三类操作管理权限”，相比 HJ 76-2017 中规定的两级权限——系统管理员和一般操作员，增加了“运维级”的操作权限。

有 3 条关于尾气排放，机柜内气路、电路布设，散热和照明的要求，在 HJ 76-2017 中归在辅助

设备要求里，由于是各类型 CEMS 都应遵守的要求，因此本次修订放在了通用功能要求。

5.3.4.2 样品采集和传输设备要求

考虑到样品采集装置一般包括采样探头和采样探杆，为了明确加热的相关要求，本标准提出当废气温度低于 120℃时，为防止采样前端出现冷凝堵塞，采样探杆也应与采样探头一致保持加热温度在 120℃以上；当废气温度高于 120℃时，为减少能耗采样探杆可不加热。

为保证流速和颗粒物测定的准确性，防止在安装施工阶段出现问题，本标准提出安装皮托管、颗粒物采样探头时，全压口及颗粒物取样嘴应正对废气流动方向，与烟道监测断面垂直。为了避开烟道壁面边界层、低速区、沉积区，确保采样点位于流速稳定、混合均匀、能代表截面平均浓度的核心区域，本标准提出皮托管全压口、颗粒物取样嘴应位于距烟道内壁当量直径的 1/3～1/2 处；同时规定不小于 1 米，是针对小尺寸烟道提出的，避免测点离烟道内壁过近导致监测数据失真。

另外，抽取法在颗粒物的采样过程中为了避免颗粒物沉积，影响颗粒物监测结果，本标准要求与采样嘴连接的取样管内径应与采样嘴后部内径相同，不得有急剧的断面变化和弯曲。

在技术要求中针对稀释抽取式 CEMS 补充了专项技术要求，明确了音速小孔真空度控制、稀释零空气流量/压力稳定、采样探头与稀释气温度控制、音速小孔前含氧量监测等关键指标，统一了稀释法系统的运行参数显示、记录与查询规则，完善了稀释零空气预处理系统的过滤、除水、除油、除烃、除 SO_2/NO_X 等净化要求。

在技术要求中补充完善了抽取式颗粒物 CEMS 的相关要求，明确采样探头与采样嘴应正对废气气流方向安装，同时规定采样管路不得出现急剧扩径、断面突变与不合理弯曲，避免颗粒物沉积与采样偏差，保障等速跟踪与浓度测量的准确性。

5.3.4.3 预处理设备要求

补充完善预处理技术要求，主要为解决现场冷凝失水、管路吸附、氨气干扰、SO_2 损失等突出问题，统一冷凝除湿、过滤、伴热、防腐、防吸附等关键指标，减少样品损耗与干扰影响，保障低浓度工况下 SO_2、NO_X、颗粒物测量准确，提升系统长期运行稳定性与数据可靠性。

5.3.4.4 分析仪器要求

HJ 76-2017 标准中提出采用抽取测量方式的气态污染 CEMS 能够完成从样品采集和传输装置、预处理设备和分析仪器的全系统校准，旨在保证零气和标准气体与样品气体通过的路径相同，但未明确标准气体经过采样装置的具体位置，考虑到与样气路径的一致性以及规范现场操作，本标准提出全系统校准应通过采样探头过滤器，且通气流量与正常采样一致，使全系统校准操作要求更明确。

HJ 76-2017 中未明确表述氮氧化物监测的两种方式，本次标准修订明确表述了氮氧化物监测单元应同时具备监测废气中的 NO 和 NO_2 的功能；NO_2 可直接测量或通过转换器转换为 NO 后一并测量。

依据现行管理要求，气态污染物和颗粒物分析仪器应具备数据存储功能，本次标准修订增加了分析仪器数据存储时长的要求。

5.3.4.5 自动校准功能要求

目前 CEMS 校准方式主要为人工开展零点/量程校准、示值误差核查等操作，但人工校准频率有限、不及时、易漏检，易受人为干预甚至数据造假等问题，且难以第一时间发现并且追溯难度大。同时，随着大气污染防治精细化管理要求不断提升，对监测系统的无人值守运行、智能化质控能力

提出了更高需求。通过 CEMS 自动校准开展自动零点、量程校准、标样核查等操作，可实时发现仪器漂移、故障、干扰，保证数据真实、准确、有效，还可适时减少人工巡检运维频次，运维从“被动抢修”变成主动预判，提升系统长期稳定性的同时大幅降低人工运维成本。具备自动校准功能对于污染源监测设备数智化升级也是必然趋势。

本次标准修订提出了 CEMS 应具备自动校准功能，参考欧盟 EN 15267-3:2023 标准，对自动校准单元功能和性能提出如下要求：

本标准 5.4.5.1 提出了自动校准具体应具备哪些功能，此要求对应 HJ 75 中 9.2.1 定期校准中原计划由运维人员定期到现场开展的示值误差、系统响应时间、零点漂移和量程漂移等操作。

本标准 5.4.5.2 提出自动校准装置核心计量器件流量计的性能要求：能够按照设定的气体浓度和流量发出零点气体和（20%～30%）工作量程值、（50%～60%）工作量程值、（80%～100%）工作量程值标准气体，输出流量不得低于流量计最大流量的 10%。此要求对应现场检测示值误差检测方法和浓度范围，同时参考《Measurement of fluid flow — Methods of specifying flowmeter performance》（ISO 11631:1998）中定义了量程比（Qmax/Qmin），即主流工业流量计量程比≥10:1（即 Qmin≤ 10% Qmax），意味着流量计保证精度的最小输出流量≤最大流量的 10%，作出该规定可避免使用过高稀释比进行配气，产生测量误差。

5.3.4.6 辅助设备要求

辅助设备要求方面关于尾气排放，机柜内气路、电路布设的要求调整到通用功能要求中，保留反吹装置，颗粒物气幕保护系统相关要求，仅进行了语言表述的微调。

5.3.4.7 废气参数测量设备要求

新增了废气参数要求，包括对流速仪、含氧量仪、湿度仪的 3 点要求：1）基于现场应用经验首次提出了皮托管系数合理范围 0.81~0.86；2）基于现场实验基础上，提出了超声波流速仪声道长度、声道角等参数的合理范围；3）基于现场检查问题总结，提出了原位式且安装于烟道外的含氧量仪、含湿量仪为防止废气中水分冷凝引起的测量误差，应配备动力采样装置且全程保温。

5.3.4.8 数采仪要求

本次修订明确了数据采集单元的主要设备为数采仪，关于数采仪的显示、存储等要求沿用 HJ76-2017 中对数据采集传输设备要求，并强调数采仪数据传输协议等要求应符合 HJ 212。本次修订明确数采仪应具备自动生成数据标记的功能，数据标记包括有效、校准、维护、故障等，不得具备人为增加、删除、修改数据标记的功能。

本标准要求速度场系数、颗粒物相关校准斜率和截距、基准含氧量等计算参数均应在数据采集和传输设备上设置，并参与计算，仪器端不得具有此类参数设置和计算功能。目前自动监测设备可通过仪器端和数据采集和传输设备设置速度场系数、颗粒物相关校准斜率和截距、基准含氧量等参数参与监测结果计算，此类参数直接关系到数据的准确性、十分重要，因此也是现场检查人员的重点检查内容。通过仪器端设置此类参数时，一方面考虑到发生参数的变化无法准确溯源及查询，出现人为篡改的风险较大；另一方面人员需要至平台才可核实此类参数的准确与否，不方便运维人员日常的巡检核实工作，出现错误时不便于发现。另外，两种方式均可设置此类参数导致现阶段存在重复设置导致计算有误的问题。若通过数采仪统一设置可有效杜绝以上问题。

5.3.4.9 防篡改功能要求

参考《关于加强技术防控提升排污单位自行监测质量的通知》（环办监测函〔2024〕214 号）附件 1《现场监测设备不够完备可能存在不当干预功能的情形》，以及在研的《固定污染源现场监测设备防范篡改伪造功能通用要求》，本标准提出 13 点防篡改功能要求，包括硬件防人为干预，设备身份与软件可信，数据链路防篡改，功能菜单标准化等。

硬件防人为干预方面：防止通过可调节阀门人为制造流量偏差，要求不得使用可调节阀门，除非流量可以自动记录。

设备身份与软件可信方面：确保设备可追溯、软件不可篡改、不可降级。5.4.9.3 唯一标识编码固化存储，不可修改删除（设备身份）；5.4.9.4 软件版本号明确、不得随意更改，升级需评估并在主管部门注册（版本管理）；5.4.9.5 数字签名自动校验程序真实性，篡改即报警并记日志（完整性校验）；5.4.9.6 具备核验功能，输入原始信号可输出浓度结果（可验证）；5.4.9.9 防降级保护，不得回退到低版本或已知漏洞版本（防回退）。这 5 条共同构成“设备是谁、跑什么软件、软件是否被改、能否复算、能否回退”的闭环。

数据链路防篡改方面：数据只能单向流出，不能逆向写入。5.4.9.7 分析仪器数据传输单向，防止逆向写入或篡改；5.4.9.8 防止“校准用一条曲线、测量用另一条曲线”造成系统性偏差；5.4.9.12 数采仪直接从分析仪器原始数据端口采集，不得经中间工控机计算转发。这 3 条合起来是“源头直采+单向传输”，切断中间环节的伪造可能。

功能菜单标准化方面：界面和功能菜单只能有规定内的功能，不能有额外功能，属于功能白名单管控，防止通过隐藏菜单进行参数修改或数据伪造。

本标准此章节是对《固定污染源现场监测设备防范篡改伪造功能通用要求》框架下，针对 CEMS 特点进行的防篡改功能细化要求。并通过附录 F 规定的检测方法来逐一确认功能。

5.4 实验室检测技术要求及检测方法

5.4.1 一般要求

本次标准修订明确了对新 CEMS 的检测需要从下线合格或在售的仪器中随机抽取 3 台套同型号 CEMS 同时检测，且规定了 3 台 CEMS 软件版本应一致，明确了检测要记录当前分析仪器软件版本，且要开展软件核验：分析仪器开展指标检测时，应同步采集分析仪器原始信号，输入核验模块，得到核验结果，将核验结果与分析仪器显示结果比较并记录；采用统计学方法分析核验结果是否存在严重偏离的情况。

5.4.2 气态污染物监测单元

5.4.2.1 仪表响应时间

HJ 76-2017 在实验室检测时增加了仪表响应时间指标，能直接衡量仪表反应速度，仪表响应时间越小，对污染物波动捕捉得越及时。ISO 7935 2024 标准里对二氧化硫 CEMS 响应时间（response time）指标要求≤200 s，ISO 10849 2022 标准里对氮氧化物 CEMS 响应时间指标要求≤200 s，欧盟标准 EN 15267-3:2023 里响应时间指标要求≤200 s，JIS_B 7981 2002 标准里对二氧化硫 CEMS 响应时间指标要求≤240 s，JIS_B 7982 2002 标准里对氮氧化物响应时间指标要求≤120 s。HJ 76-2017 在实验室检测仪表响应时间，指标要求≤120 s。编制组统计了近三年通过适用性检测结果，

获取了 SO_2、NO、NO_2 三个因子的仪表响应时间，检测结果总结列表如下。

表 8　响应时间统计

统计量	二氧化硫	一氧化氮	二氧化氮
获取数量	133	132	37
最大值（s）	113	92	92
最小值（s）	10	10	18
平均值（s）	55	48	51

由适用性检测数据看，国内大多数仪器厂商可满足指标要求，经检测合格的 CEMS，基本可满足污染源在线监测管理需求，因此本次标准修订不调整仪表响应时间指标。

5.4.2.2 量程点重复性

HJ 76-2017 在实验室检测增加了重复性指标，重复性是衡量仪表随机误差的重要指标，重复性越小，测量结果一致性越好。HJ 76-2017 只在量程点处检测重复性（量程标气的相对标准偏差），而 ISO 7935 2024 和 ISO 10849 2022 在零点和量程点都检测重复性，指标要求≤2%F.S.，EN 15267-3:2023，JIS_B 7981 2002，JIS_B 7982 2002 均检测零点和量程点重复性，指标要求≤2%F.S.。考虑到本标准已设置检出限、零点漂移等衡量仪器零点处测量性能的指标，本次修订仍然检验仪器量程点重复性。

统计了近三年通过适用性检测结果，获取了 SO_2、NO、NO_2 三个因子的量程点重复性检测结果，检测结果总结列表如下。

表 9　重复性统计

统计量	二氧化硫	一氧化氮	二氧化氮
获取数量	133	132	37
最大值	0.8%	0.8%	1.0%
最小值	0.1%	0.1%	0.1%
平均值	0.3%	0.2%	0.3%

由适用性检测数据看，国内大多数仪器厂商可满足指标要求，经检测合格的 CEMS，基本可满足污染源在线监测管理需求，本次标准修订不调整量程点重复性指标。

5.4.2.3 线性偏差

HJ 76-2017 在实验室检测增加了线性偏差，是衡量仪表在选定量程范围内准确度的核心指标。欧盟、ISO、日本的标准均要求线性误差≤2%F.S.，HJ 76-2017 中指标要求与国际标准一致，但检测方法不尽相同。HJ 76-2017 实验室线性误差检测方法，其实是计算实测值与标称值的相对误差。欧盟 EN 15267-3:2023 标准附录 C 中规定了 CEMS 实验室检测阶段线性误差的计算方法，通过量程范围内 7 个浓度（包括零点）的标准气体标称值与 CEMS 读数值之间建立最小二乘拟合（一元线性回归），以相对残差作为考核指标，要求≤2%F.S.。具体做法是：

1)　以这种顺序依次通入标气：①零气；②工作量程的 70%；③工作量程的 40%；④零气；⑤工作量程的 60%；⑥工作量程的 10%；⑦工作量程的 30%；⑧工作量程的 90%；⑨零气；

2)　重复测试 3 次；

3)　以所有实测结果和标称值计算一元回归方程的截距 a，斜率 B；

4)　得到拟合结果 xi=B×ci+a；

5) 每个浓度点实测 3 次的均值$\bar{x}-xi$即残差 d；

6) d÷量程=相对残差。

本次标准确定了本标准中线性偏差检测方法：

1) 以这种顺序依次通入标气：①零气；②工作量程的 60%；③工作量程的 20%；④零气；⑤工作量程的 40%；⑥工作量程的 80%；⑦零气；

2) 重复测试 3 次；

3) 以所有实测结果和标称值计算一元回归方程的截距 a，斜率 B；

4) 得到拟合结果 xi=B×ci+a；

5) 每个浓度点实测 3 次的均值$\bar{x}-xi$即残差 d；

6) d÷量程=相对残差。

设置性能指标为相对残差±2%F.S.。

本次标准修订组织了 3 个 CEMS 型号以线性误差新检测方法开展验证测试，获得数据如下表所示。

表 10 线性偏差验证统计

型号/浓度点	零点	20%	40%	60%	80%
A	-0.03	0.21	0.62	0.95	0.89
B	0.10	-0.15	0.26	0.39	0.52
C	0.15	-0.54	-0.36	-0.61	-0.64

由验证数据可知，大部分 CEMS 可以满足相对残差±2%F.S.，且检测方法科学合理，操作性强，因此标准中指标和检测方法按前文表述设置。

5.4.2.4 24 h 漂移

HJ 76-2017 在实验室检测时增加 24 h 零点漂移和量程漂移，漂移是仪表产生各种误差后的综合反映，由于检测时要求关闭自动调零等自校准，因此 24 h 漂移是仪表短期稳定性的最直接体现。

ISO 和日本标准均设置实验室检测 24 h 零点漂移和量程漂移指标要求≤2%F.S.。HJ 76-2017 与国际通用检测标准保持一致。

统计了近三年通过中国环境监测总站适用性检测结果，获取了 SO_2、NO、NO_2、颗粒物 4 个因子 24 h 零点漂移和量程漂移检测结果，总结列表如下。

表 11 24 h 漂移统计

统计量	二氧化硫		一氧化氮		二氧化氮		颗粒物	
获取数量	133		132		37		84	
类型	零点	量程点	零点	量程点	零点	量程点	零点	量程点
最大值	1.3%	1.8%	1.4%	1.8%	1.0%	1.3%	1.7%	1.8%
最小值	-1.1%	-2.0%	-1.2%	-2.0%	-1.1%	-1.5%	-1.3%	-2.0%
平均值	-0.1%	-0.2%	-0.1%	-0.1%	0.1%	-0.3%	-0.1%	-0.1%

由适用性检测数据看，国内大多数仪器厂商可满足指标要求，经检测合格的 CEMS，基本可满足污染源在线监测管理需求，因此本次标准修订不调整 24 h 零点漂移和量程漂移指标要求，维持±2%F.S.。

5.4.2.5 温度变化的影响

HJ 76-2017 在实验室检测时增加环境温度变化的影响，要求零点和量程点温度影响±5%F.S.。ISO 和欧盟标准中温度影响指标设置为±5%F.S.。基于近三年通过中国环境监测总站适用性检测结果，获取了 SO_2，NO，NO_2，颗粒物 4 个因子温度变化的影响检测结果，总结列表如下。

表 12　温度影响统计

统计量	二氧化硫	一氧化氮	二氧化氮	颗粒物
获取数量	133	132	37	84
最大值	1.7%	4.6%	2.9%	2.7%
最小值	-2.1%	-2.1%	-2.1%	-3.0%
平均值	-0.2%	0.0%	0.0%	0.0%

由于 HJ 75 修订已将室内工作条件定为（15~30）℃，而 HJ 76-2017 温度影响检测方法为（15~35）℃，因此经检测合格的 CEMS 抵御环境温度波动对测量的影响完全满足新的工作条件要求，因此本次标准修订不调整环境温度变化的影响指标，维持±5%F.S.。

5.4.2.6 进样流量变化影响

HJ 76-2017 在实验室检测时增加进样流量变化的影响，要求零点和量程点流量影响±2%F.S.。ISO，欧盟，日本标准中对抽取式 CEMS 进样流量变化的影响要求均为±2%F.S.。

基于近三年通过中国环境监测总站适用性检测结果，获取了 SO_2，NO，NO_2 三个因子进样流量变化的影响检测结果，总结列表如下。

表 13　流量影响统计

统计量	二氧化硫	一氧化氮	二氧化氮
获取数量	133	132	37
最大值	1.7%	1.0%	0.5%
最小值	0.1%	-1.2%	-0.6%
平均值	0.64%	0.1%	0.1%

目前看国内大多数仪器厂商可满足指标要求，经检测合格的 CEMS，基本可满足污染源在线监测管理需求，本次标准修订不调整进样流量变化的影响指标，维持±2%F.S.。

5.4.2.7 供电电压变化的影响

HJ 76-2017 在实验室检测时增加供电电压变化的影响，要求零点和量程点电压影响±2%F.S.。ISO，欧盟，日本标准中对 CEMS 电压变化的影响均为±2%F.S.。基于近三年通过中国环境监测总站适用性检测结果，获取了 SO_2，NO，NO_2，颗粒物四个因子供电电压变化的影响检测结果，总结列表如下。

表 14　电压影响统计

统计量	二氧化硫	一氧化氮	二氧化氮	颗粒物
获取数量	133	132	37	84
最大值	1.0%	0.9%	0.9%	0.6%
最小值	-0.8%	-0.8%	-0.3%	-0.6%
平均值	0.1%	0.1%	0.2%	0.1%

目前看国内大多数仪器厂商可满足指标要求，经检测合格的 CEMS，基本可满足污染源在线监测管理需求，本次标准修订不调整供电电压变化的影响指标，维持±2%F.S.。

5.4.2.8 干扰成分的影响

气态污染物CEMS的抗干扰能力对于从复杂的废气排放工况中准确有效可信地测量被测污染物尤为重要。HJ 76-2017 在实验室检测时增加干扰成分的影响，要求大于 0.5%F.S.的正干扰值或小于-0.5%F.S.的负干扰值分别加和，均在±5%F.S.以内。欧盟，日本标准中对 CEMS 干扰成分的影响为±4%F.S.。

HJ 76-2017 中干扰成分列表如下。为提高 CEMS 分析仪器抗干扰能力，本次标准修订参考欧盟 EN 15267-3:2023 标准，增加了 2 个干扰成分，如下表。

表 15 HJ 76-2017 中干扰成分种类和浓度

干扰气体	浓度范围
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 16 本次标准修订后干扰成分种类和浓度

干扰气体	浓度范围
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
N_2O	20 mg/m^3
H_2O	20%

本次标准修订组织了 4 个 CEMS 型号以干扰成分新种类开展验证测试，获得数据如下表所示。

表 17　干扰成分验证统计

型号\种类	正干扰	负干扰
A	＜0.5%	-2.4%
B	＜0.5%	＜0.5%
C	＜0.5%	＜0.5%
D	2.7%	＜0.5%

由验证数据可知，大部分 CEMS 可以满足干扰成分的影响在±5%F.S.以内，且检测方法科学合理，操作性强，因此标准中指标和检测方法按前文表述设置。

5.4.2.9 二氧化氮转换效率

目前市面上还存在大量通过把二氧化氮转换为一氧化氮再合计总一氧化氮得到氮氧化物的测量方式，为防止在转换过程中二氧化氮的损失，二氧化氮需充分转换才可保证测定结果的准确性，因此有必要定期检验二氧化氮的转换效率。HJ 76-2017 在实验室检测时增加二氧化氮转换效率指标，要求转换效率≥95%。ISO，欧盟标准中对二氧化氮转换效率均为≥95%。基于近三年通过中国环境监测总站适用性检测结果，获取了转换效率检测结果，总结列表如下。

表 18　转换效率统计

统计量	转换效率
获取数量	90
最大值	99.9%
最小值	95.3%
平均值	97.6%

目前看国内大多数仪器厂商可满足指标要求，经检测合格的 CEMS，基本可满足污染源在线监测管理需求，本次标准修订不调整二氧化氮转换效率指标，维持≥95%。

5.4.2.10 平行性

平行性是反映仪器厂商生产一致性的重要指标，HJ 76-2017 在实验室检测时增加平行性指标，要求 CEMS 三台套间平行性≤5%。ISO，欧盟，日本标准中均未设置仪器间平行性指标。HJ 76-2017 参考了《环境空气质量自动监测技术规范》（HJ/T 193-2005）设置了平行性指标和检测方法。基于近三年通过中国环境监测总站适用性检测结果，获取了 SO_2，NO，NO_2 三个因子平行性检测结果，总结列表如下。

表 19　平行性统计

统计量	二氧化硫	一氧化氮	二氧化氮
获取数量	133	132	37
最大值	4.3%	4.8%	3.9%
最小值	0.1%	0.1%	0.1%
平均值	1.0%	1.0%	1.2%

目前看国内大多数仪器厂商可满足指标要求，经检测合格的 CEMS，基本可满足污染源在线监测管理需求，本次标准修订不调整平行性，维持≤5%。

5.4.2.11 检出限

随着重点行业超低排放改造的全面推进，火电、钢铁等行业 SO_2、NO_X 排放浓度普遍降至 10 mg/m³以下，部分场景甚至低至 1-5 mg/m³，这已经逼近了 CEMS 检出限。对污染物超低浓度是否能准确测量需要 CEMS 具有更低的检出限。编制组调研了国内现行便携式方法标准中对 SO_2、NO_X 检出限要求，本次标准修订对气态污染物监测单元新增检出限指标要求，设置为 SO_2 2 mg/m³, NO 1 mg/m³, NO_2 2 mg/m³。

表 20　现行标准中检出限

标准名称	检出限设置
HJ 629-2026 固定污染源废气 二氧化硫的测定 便携式非分散红外吸收法	SO_2 2 mg/m³
HJ 692-2014 固定污染源废气 氮氧化物的测定 非分散红外吸收法	NO 3 mg/m³
HJ 1131-2020 固定污染源废气 二氧化硫的测定 便携式紫外吸收法	SO_2 2 mg/m³
HJ 1132-2020 固定污染源废气 氮氧化物的测定 便携式紫外吸收法	NO 1 mg/m³,NO_2 2 mg/m³

5.4.3 颗粒物监测单元

5.4.3.1 等速跟踪功能

由于颗粒物校准部件并没有客观真值，因此使用其进行的性能指标检测，并不能用来评价仪器的正确度或精密度，因此本次修订去掉了实验室检测的重复性、24 h 漂移、一周漂移 3 个指标。对于评价颗粒物 CEMS 抵抗环境条件变化影响的指标予以保留，对于响应超低排放工况下颗粒物能不能准确测量的检出限指标予以保留，同时为强化抽取式颗粒物 CEMS 等速跟踪功能的实现，新设置了 3 个等速跟踪功能相关检测指标。

前文已阐述了等速跟踪对于抽取式颗粒物 CEMS 的重要性，在借鉴 HJ/T 48-1999 标准基础上，对等速跟踪功能检测设置了 3 个性能指标，即采样流速测量误差，等速跟踪吸引误差和等速跟踪响应时间。在 2024 年时，中国环境监测总站开展了等速跟踪功能验证测试，并以验证结果为依据编制了总站技术文件《固定污染源烟气抽取式颗粒物排放连续监测系统等速跟踪采样功能要求及检测作业指导书》，本次标准编制将直接引用 2024 年验证数据，共 5 个厂家的 8 个产品型号，具体情况详见表 21。

表 21　验证测试仪器情况表

序号	生产企业	仪器型号	采样原理	流速测量原理	采样流速（流量）测量原理	采样嘴直径	采样流速控制原理
1	成都乐攀环保科技有限公司	LP-DM-500	压缩空气+射流装置	S 型皮托管	文丘里流量计	4 mm	通过射流泵载气比例阀调节载气流速，控制采样流速
2	北京雪迪龙科技股份有限公司	SCS-900 CPM	压缩空气+射流装置	S 型皮托管	文丘里流量计	3.5 mm	通过射流泵载气比例阀调节载气流速，控制采样流速
3	北京雪迪龙科技股份有限公司	PMS501	压缩空气+射流装置	S 型皮托管	文丘里流量计	3.5 mm	通过射流泵载气比例阀调节载气流速，控制采样流速
4	聚光科技（杭州）股份有限公司	Synspec PM	压缩空气+射流装置	S 型皮托管	文丘里流量计	4.6 mm/ 3.8 mm*	通过射流泵载气比例阀调节载气流速，控制采样流速
5	南京柯普士仪器科技有限公司	LDM 1000	压缩空气+射流装置	S 型皮托管	文丘里流量计	5.0 mm	通过射流泵载气比例阀调节载气流速，控制采样流速
6	南京波瑞自动化科技有限公司	MD6000	真空漩涡泵直接抽取	S 型皮托管	热式流量计	8 mm	通过变频器控制真空旋涡泵的进气量，控制采样流速
7	南京波瑞自动化科技有限公司	MD6000-C	真空漩涡泵+射流装置	S 型皮托管	热式流量计	8 mm	真空旋涡泵作为射流装置的动力源，通过变频器控制真空旋涡泵的进气量和压力大小，控制采样流速
8	南京波瑞自动化科技有限公司	MD6000-B	真空漩涡泵+射流装置	S 型皮托管	热式流量计	8 mm	真空旋涡泵作为射流装置的动力源，通过变频器控制真空旋涡泵的进气量和压力大小，控制采样流速

*采样流速不大于 15 m/s 时，采样嘴直径 4.6 mm；采样流速大于 15 m/s 时，采样嘴直径 3.8 mm。

5.4.3.2 采样流速测量误差

表 22　采样流速测量误差验证结果汇总表

检测点 / 仪器编号	5 m/s		10 m/s	15 m/s	20 m/s	25 m/s
	绝对误差（m/s）	相对误差				
A-1	0.30	5.91%	1.92%	0.21%	-0.80%	-1.12%
A-2	0.38	7.52%	3.45%	1.64%	0.41%	-0.21%
A-3	0.25	4.94%	2.45%	1.39%	0.48%	-0.57%
B-1	0.34	6.84%	1.63%	0.71%	1.67%	1.31%
B-2	0.41	8.25%	0.40%	1.02%	0.21%	1.58%
C-1	0.79	15.76%	-0.73%	-1.90%	-1.50%	-0.82%
C-2	-0.04	-0.73%	-2.08%	-0.54%	0.99%	1.48%
D-1	-0.08	-1.64%	0.27%	0.78%	-0.49%	0.33%
D-2	0.00	-0.07%	-0.60%	-0.45%	-0.52%	-0.26%
E-1	0.02	0.45%	0.98%	5.06%	4.90%	3.47%
F-1	-0.13	-2.68%	-3.37%	0.36%	0.29%	0.43%
F-2	-0.17	-3.34%	-2.59%	-1.18%	-0.20%	0.10%
G-1	-0.05	-1.01%	-1.88%	-0.13%	1.26%	0.08%
G-2	0.09	1.82%	3.87%	2.43%	0.65%	-0.24%
G-3	-0.03	-0.60%	2.84%	3.86%	3.54%	0.40%
H-1	-0.16	-3.13%	-5.35%	-1.13%	2.48%	0.48%
H-2	0.01	0.20%	-0.99%	1.01%	2.14%	1.91%
拟定指标	±0.5 m/s		±5%			

结论：选择 5 m/s、10 m/s、15 m/s、20 m/s、25 m/s 5 个检测点，全面考察在 5 m/s~25 m/s 流速范围内仪器采样流速测量的准确度。从测试数据分析，采样流速检测点在 5 m/s 时，仪器采样流速测量绝对误差范围为-0.17 m/s~0.79 m/s，相对误差范围为-3.34%~15.76%，C-1 仪器测试结果偏差较大，可能由于该设备在较低流速点流速控制稳定性偏低，5 m/s 检测点指标通过率为 94%。采样流速检测点在 10 m/s~25 m/s 时，仪器采样流速测量相对误差范围为-5.35%~5.06%，指标通过率为 97%，仪器 E-1、H-1 分别在 15 m/s、10 m/s 检测点超出拟定指标要求，但与拟定指标偏

差不大，可能由于仪器流量测量校准误差或是载气稳定性不足。其他仪器的测试结果都在拟定指标要求范围内，拟定指标较为合理。

5.4.3.3 等速跟踪吸引误差

表 23　等速跟踪吸引误差验证结果汇总表

检测点 / 仪器编号	5 m/s	10 m/s	15 m/s	20 m/s	25 m/s
A-1	0.00%	-1.09%	-2.03%	-1.92%	-1.58%
A-2	-2.00%	-3.16%	-1.33%	2.42%	-1.24%
A-3	-3.64%	1.09%	0.00%	-2.06%	-1.21%
B-1	-6.52%	-6.38%	-6.49%	-6.12%	-5.31%
B-2	-3.64%	-3.03%	-3.77%	-3.94%	-5.33%
C-1	-2.13%	-1.09%	1.99%	1.04%	1.67%
C-2	-8.70%	-8.89%	-7.53%	-8.46%	-8.06%
D-1	3.92%	0.00%	-0.68%	0.52%	2.92%
D-2	1.96%	-5.88%	0.68%	-1.02%	0.40%
E-1	-5.45%	3.81%	1.32%	0.50%	0.82%
F-1	-1.44%	-0.92%	0.95%	1.88%	0.26%
F-2	-0.20%	0.59%	2.21%	4.90%	2.09%
G-1	-2.55%	5.88%	-0.48%	2.51%	1.92%
G-2	6.40%	-2.35%	1.30%	2.34%	-1.92%
G-3	-1.80%	-3.37%	1.10%	6.58%	2.86%
H-1	1.57%	1.17%	1.25%	0.79%	-1.18%
H-2	4.00%	-1.70%	-2.38%	2.01%	-1.68%
拟定指标	±8%				

结论：选择 5 m/s、10 m/s、15 m/s、20 m/s、25 m/s 5 个检测点，全面考察在 5 m/s~25 m/s 流速范围内仪器等速跟踪吸引误差。从测试数据分析，仪器等速跟踪吸引误差采样测量范围为-8.89%~6.58%，C-2 仪器测试结果超出拟定指标，分析原因为仪器使用 S 型皮托管测量废气流速，该部件的生产制造以 HJ 76 标准中流速测量准确度为出厂指标（±10%），S 型皮托管的测量误差导致等速跟踪吸引误差产生。其他仪器的测试结果都在拟定指标要求范围内，17 台套仪器总通过率为 94%，拟定指标较为合理。

5.4.3.4 等速跟踪响应时间

表 24　等速跟踪响应时间验证结果汇总表

仪器编号	上升时间（s）	下降时间（s）
A-1	16.8	13.2
A-2	10.5	11.9
A-3	12.1	13.8
B-1	13.1	15.6
B-2	19.2	16.8
C-1	14.0	17.3
C-2	19.7	16.3
D-1	12.9	19.1
D-2	19.8	17.1
E-1	7.1	6.9
F-1	5.4	6.9
F-2	6.7	5.3
G-1	9.0	13.2
G-2	11.7	12.8
G-3	6.8	5.5
H-1	10.8	12.4
H-2	12.1	12.3
拟定指标	20	

结论：以上升时间和下降时间考察仪器等速跟踪功能的响应时间。从测试数据分析，仪器上升时间范围为 5.4 s~19.8 s，下降时间范围为 5.3 s~19.1 s，仪器的测试结果都在拟定指标要求范围内，拟定指标较为合理。

5.4.4 压力监测单元

废气压力的准确度是标干废气流量和污染物排放量的统计准确度影响因素之一，对压力测量仪的准确度考察也变得越来越重要。由于当前污染源 CEMS 中流速测量主流原理是皮托管差压法，此原理流速仪内部有压力传感器，在流速指标通过检测后认为压力测量元件也是合格的，然而现在流速测量出现了超声波法，热式流量计法，光闪烁法，示踪法等多样化的原理，这些流速仪内部并没有压力传感器，因此要测量废气压力 CEMS 还需单独配置压力测量仪，此时就需要考核压力测量准确度。

参照 HJ/T 48-1999 标准中静压传感器精度检测方法和指标，设置 CEMS 中压力测量仪的实验室检测方法，指标设置为±4%。

表 25　压力示值误差验证统计

型号\种类	结果
A	0.01
B	0.11
C	0.01
D	0.02
E	0.01

由验证数据可知，大部分压力 CEMS 可以满足±4%，且检测方法科学合理，操作性强，因此标准中指标和检测方法按前文表述设置。

5.4.5 自动校准装置

前文已表述了具备自动校准功能对于污染源监测设备数智化升级是必然趋势，本标准在实验室检测时设置性能指标考察自动校准设备中核心测量部件流量计的线性精度。检测方法参照《环境空气气态污染物（SO_2、NO_2、O_3、CO）连续自动监测系统技术要求及检测方法》（HJ 654-2013）提出了“流量线性误差”性能指标，考察流量计流量的线性精度，性能指标技术要求与 HJ 654-2013 一致，检测方法中明确了流量检测点位 20%、50%、80%满量程流量共 3 个测量点。本次标准设置流量示值误差性能指标为±1%。

基于近一年通过中国环境监测总站 CO_2-CEMS 适用性检测结果，获取了流量示值误差检测结果，总结列表如下。

表 26　流量示值误差统计

型号\种类	示值误差
A	-0.23
B	-0.22
C	-0.25
D	-0.71
E	-0.30

目前看国内大多数仪器厂商可满足指标要求，经检测合格的 CEMS，基本可满足污染源在线监测管理需求，且检测方法科学合理，操作性强，因此标准中指标和检测方法按前文表述设置。

5.5 现场检测技术要求及检测方法

5.5.1 气态污染物监测单元（含 O_2）

5.5.1.1 系统响应时间

因现场加入了工况的影响，实验室检测后，在现场检测时仍需要检测系统响应时间。现场操作方法略有调整，与 HJ 1286-2023 标准统一，改为自校准管线通入标准气体起到分析仪示值达到标准气体标称值的 90%止，中间的时间间隔，不再单独拆分管路传输时间并进行折半计算。

气态污染物（含 O_2）现场检测指标示值误差、24 h 漂移，沿用 HJ 76-2017 指标要求和检测方法，不进行调整。

5.5.1.2 相对准确度

为满足超低排放监测要求，进一步规范 CEMS 中 SO_2、NO_X、颗粒物的准确度指标，将原执行的四段式准确度要求调整为三段式要求，同时优化浓度区间划分与误差控制方式，确保监测数据更

贴合实际排放工况与监管需求。

随着废气治理设施不断升级，固定污染源高浓度排放的工况场景已经大幅减少，原有的四段式浓度区间划分在实际应用中，最高浓度区间几乎很少被用到，区间划分偏细，不仅增加了现场运维和数据判定的复杂度，也没有贴合当前超低排放的实际工况。因此，本次修订将准确度要求简化为三段式浓度区间，既保留了对中低浓度区间的精准管控，又去掉了冗余的高浓度细分区间，让指标更贴合当前主流排放工况。

新要求的浓度区间划分与超低排放限值 SO_2（35 mg/m^3）、NO_X（50 mg/m^3）更匹配，单独划分为低浓度区间并收紧误差控制，实现了对超低排放核心浓度段的精细化管控，更精准反映超低排放工况下的监测准确性，满足环保监管对低浓度数据的精度要求。

超低排放工况下，部分锅炉、工业炉窑因高效脱硫脱硝配套引风系统优化，废气含氧量常处于5%以下的低浓度区间，原单一相对准确度要求在此区间易出现“相对误差虚低但绝对误差超标”的情况，导致低氧工况数据失真。新要求针对＜5% 低浓度段设定绝对误差±1.0% 的严格指标，精准管控低氧工况下的监测偏差，确保超低排放工况下氧气数据的真实性。

相对准确度检测方法和计算方法与 HJ 76-2017 保持一致。

表 27　气态污染物准确度分段

检测项目		技术要求
二氧化硫 CEMS	准确度	排放浓度平均值： ≥35 μmol/mol（100 mg/m^3）时，相对准确度≤20% ≥12 μmol/mol（35 mg/m^3）～<35 μmol/mol（100 mg/m^3）时，相对误差≤30% <12 μmol/mol（35 mg/m^3）时，绝对误差≤3.5 μmol/mol（10 mg/m^3）
氮氧化物 CEMS	准确度	排放浓度平均值： ≥100 μmol/mol（205 mg/m^3）时，相对准确度≤20% ≥24 μmol/mol（50 mg/m^3）～<100 μmol/mol（205 mg/m^3）时，相对误差≤30% <24 μmol/mol（50 mg/m^3）时，绝对误差≤7 μmol/mol（15 mg/m^3）
含氧量 CEMS	准确度	排放浓度平均值： ≥5%时，相对准确度≤15% ＜5%时，绝对误差±1.0%

5.5.2 颗粒物监测单元

颗粒物准确度指标重新分为三段，调整思路如下：

高浓度段：将原多档相对误差（±15%、±20%、±25%）统一为相对误差±20%，简化高浓度段精度要求，贴合当前高浓度排放极少的实际工况。

中浓度段：将原＞20~50 mg/m^3 的±30%相对误差与>10~20 mg/m^3 的±6 mg/m^3 绝对误差，统一为相对误差±30%，实现中等浓度区间的误差控制逻辑一致性。

低浓度段：将原≤10 mg/m^3 的±5 mg/m^3 绝对误差收紧为±4 mg/m^3，进一步提升超低排放工况下低浓度数据的可靠性，避免低浓度数据失真对达标判定的干扰。

相关系数、置信区间半宽、允许区间半宽检测方法和计算方法与 HJ 76-2017 保持一致。颗粒物

现场检测去除 24 h 漂移指标。颗粒物准确度指标调整如下：

表 28　颗粒物准确度分段

检测项目		技术要求
颗粒物 CEMS	准确度	排放浓度平均值： ≥50mg/m³ 时，相对误差为±20% ≥10 mg/m³～＜50 mg/m³ 时，相对误差为±30% ＜10 mg/m³ 时，绝对误差为±4 mg/m³

5.5.3 废气参数监测单元

5.5.3.1 流速监测单元

流速准确度指标调整为三段：

高流速段：保留原要求，相对误差为±10%，保障高流速工况下的监测精度，与原标准一致，确保高流速数据的可靠性。

中流速段：将原≤10 m/s 的统一±12%相对误差，单独划定为＞5 m/s～≤10 m/s 区间，仍执行相对误差±12%，实现中流速工况的精准管控。

低流速段：新增＜5 m/s 区间，将原相对误差控制改为绝对误差±0.9 m/s，解决了低流速下相对误差放大、数据失真的问题，避免低流速工况下因小流速值导致的误差评估偏差，更符合实际监测需求。

表 29　流速准确度分段

检测项目	技术要求
流速准确度	废气流速平均值： >10m/s 时，相对误差±10% ＞5 m/s～≤10 m/s 时，相对误差±12% ＜5 m/s 时，绝对误差±0.9 m/s

5.5.4 无人值守期间

无人值守期间为本次修订增加指标，无人值守指的是 CEMS 无需人工在场操作或干预，完全依靠预设的自动化程序完成CEMS定期校准，保证CEMS在下一次人工维护之前能维持长期运行稳定，数据可靠。

欧盟标准 EN 15267-3:2023 里有相关测试指标叫维护间隔（maintenance interval），其检测方法是：首先要找到系统无需进行任何维护操作（包括零点、量程校准）的最大维护间隔。如何量化无需维护依靠的是漂移测试结果，如一周通一次零点、量程标气，以确定系统漂移，从测试开始起到出现漂移超出要求止的这段时间就是最大维护间隔，即表示这是系统可以实现无人值守的最长时间间隔。EN 15267-3:2023 里在维护间隔测试方法里要求零点和量程漂移≤3%F.S.。

在 HJ 75 标准中已规定 CEMS 日常运行期间数据失控指标以零点和量程的示值误差来考核，本

标准与之协调一致，同样以零点和量程的示值误差来作为无人值守期间的约束指标，定为±8%F.S.。

举例说明，某型号 CEMS 每周通一次标气，第 5 周的量程示值误差超出指标要求，那就可以认为该型号可以在 4 周时间内保持系统稳定，4 周就是该型号的最大维护间隔，同时是该型号的无人值守期间。

鉴于本次标准初次设置无人值守期间，因此本标准规定可选做 2 次周漂移或 4 次周漂移，且每次周漂移的误差均应符合±8%F.S.。

本次无人值守验证期间一周漂移汇总数据如表 30~表 32，其中气态污染物多个型号验证结果出现了异常偏高的情况，与仪表厂商共同分析后认为：型号 A SO_2 量程漂移异常偏高原因是采样探头滤芯对 SO_2 吸附较高，现场 SO_2 工况浓度高，吸附情况比较严重；型号 C NO_X 量程漂移数据异常偏高原因是现场排放浓度高，光源能量衰减，气体室镜片受污染；型号 C SO_2 量程漂移数据异常偏高原因是压缩空气故障，稀释气与负腔压力超出正常范围。颗粒物验证了 3 个型号，结果比较理想。

由于本次无人值守验证期间，现场工况波动很大，SO_2 极端情况能高至上千 mg/m^3 浓度，对现场采样单元和预处理都是极大冲击，再加上大家经验不足，对现场运行仪器设备的状态监控不及时。编制组与参与验证的仪器厂商，包括国内外主流仪器厂商均展开过调研，他们表示对无人值守期间一周漂移控制在±8%F.S.还是有信心的。因此本次无人值守一周漂移仍按±8%F.S.设置。

表 30　无人值守期间 SO_2 一周漂移数据

型号	零点漂移	量程漂移
型号 A	0.54%	-32.44%
型号 B	-0.9%	2.88%
型号 C	-0.51%	-33.17%
型号 D	-0.05%	-0.62%

表 31　无人值守期间 NO_x 一周漂移数据

型号	零点漂移	量程漂移
型号 A	-0.2%	-2.6%
型号 B	1.42%	5.8%
型号 C	-0.05%	-38.42%
型号 D	-0.24%	-1.82%

表 32　无人值守期间颗粒物一周漂移数据

型号	零点漂移	量程漂移
型号 E	-0.3%	1.07%
型号 F	-0.05%	1.6%
型号 G	-1.6%	-5.2%

5.6 检测流程

检测包括实验室检测和现场检测，实验室检测通过后才允许进行现场检测。

现场检测包括初检和无人值守期间。设备经实验室性能检测合格后完成现场安装与调试，随后开展初检，对零点/量程漂移、示值误差、系统响应时间、相对准确度等指标进行全面验证，初检合格后进入 4 周无人值守运行阶段，期间持续开展零点和量程漂移监测，待无人值守期检测通过后完

成检测。

5.7 质量保证

质量保证在结构上保持了安装质量保证和检测质量保证两部分内容，一方面更新了安装质量保证的技术依据，将原条款中仅引用 HJ 75 的要求调整为符合 HJ 1405 和 HJ 75 相关规定，通过补充专项技术规范进一步细化安装位置、现场配套环境等方面的质量控制要求，实现与现行固定污染源废气监测技术体系的有效衔接。

另一方面对检测质量保证的各项条款进行了针对性补充与细化，明确 CEMS 检测需在固定污染源正常排放工况下开展，同时允许在颗粒物相关校准期间适度调整工况以获取梯度浓度数据，并针对间歇取样测量的颗粒物 CEMS，明确了参比方法与 CEMS 取样需同步开始和结束的技术规定；针对完全抽取式和稀释抽取式气态污染物 CEMS，新增相对准确度检测时可扣除管路传输滞后时间的规定，以解决参比方法与 CEMS 测量的时间同步性问题。此外强调了检测机构应具有检验检测机构资质认定（CMA）证书，应具备固定污染源废气排放连续自动监测系统检测能力。整体修订未改变质量保证的核心目标与基本原则，仅通过补充技术依据、细化操作要求，进一步提升了标准的可操作性与科学性，有效保障了 CEMS 监测数据的准确性、代表性与可比性。

5.8 在用 CEMS 要求

本次增加这部分要求为了解决三个问题：

1、适用性检测通过后，每一台销售到现场的 CEMS 是否能证明其与适用性检测的那台 CEMS 从性能到组成、结构、功能都一致？按照现行管理要求，必须防止“货不对版”现象发生。首先要求制造商对每一台仪器出厂前进行通标检验，指标包括 24 h 零点漂移和量程漂移，仪表响应时间，线性偏差，检出限，二氧化氮转换效率，保证其性能一致性。同时开展组成、结构、功能对照自查，且按照本标准附录 C 形成记录表以备验收时出具。

2、防篡改功能要求绝不仅对新 CEMS 提出，所有在用 CEMS 也必须满足所有防篡改功能要求。

3、计量器具本应周期性检定以保证其量值准确，提升可靠性，CEMS 也不应例外，本次提出监督抽测概念，旨在用一种外部监督质控，达到保障 CEMS 性能质量可靠的目的。本次标准修订提出了在用 CEMS 监督抽测性能指标要求及检测方法（附录 E），并提出 CEMS 使用者应采取维修、升级、更换等纠正措施。

5.9 规范性附录

5.9.1 附录 A

本次修订增加了分钟均值小时报表，同时对报表格式做修改。

分钟均值小时报表是在实际工作中应用广泛，其中的污染物实测浓度分钟值是小时值的来源，但规范性格式缺乏标准依据，因此本次修订将其增加到附录 A 中。

原表 A.2 烟气排放连续监测日平均值月报表中，既有一天的污染物浓度平均值，也有污染物折算浓度平均值，月报表主要是考察排放总量，日报表负责上报污染物折算浓度平均值，因此月报表

中去掉折算浓度列。

原表 A.3 烟气排放连续监测日平均值年报表中，同样去掉了折算浓度平均值列。

5.9.2 附录 B

5.9.2.1 数据采集、处理、存储要求

此次修订改变了小时数据包含多少分钟数据的表述，原表述为“小时数据应包含本小时内至少 45 min 的分钟有效数据”，本次修订为“小时数据应包含本小时内排放时段至少 75%的有效分钟均值数据”。举例来说，某排放源 1 小时只有 30 分钟排放，按 HJ 76-2017 规定，则这小时数据无效，不参与排放量统计，直接导致排放量减少。为避免这种情况做出如上修订，这样按新的小时数据统计规则，只要这小时内的 30 min 内，未发生 8 min 以上的校准、维护、故障等情况，即有超过 22 分钟有效数据，则这小时数据算有效，有效分钟数据都参与小时均值计算。

同样理由，日数据不再规定≥20 h，月数据不再规定≥25 d，以保证凡是正常排放都算有效数据。

5.9.2.2 数据格式

此次修订注意了相关参数名称与 HJ 212 保持一致，如将原“烟气湿度”改为现在的“废气含湿量”，原“大气压”改为现在的“当地大气压”，原“污染源负荷”改为现在的“产品产量”。同时增加了 6 个计算参数，如颗粒物相关校准斜率、截距等。详见表 33。

表 33 CEMS 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	＞100	μmol/mol（ppm）	1
		≤100		2
2	SO_2、NO_X 质量浓度	＞200	mg/m^3	0
		≤200		1
3	颗粒物质量浓度	＞50	mg/m^3	1
		≤50		2
4	废气含氧量		%	2
5	废气流速		m/s	2
6	废气温度		℃	2
7	废气含湿量		%	2
8	废气压力		Pa（或 kPa）	1（或 3）
9	当地大气压		kPa	3
10	烟道截面积		m^2	2
11	污染物排放速率		kg/h	3
12	污染物排放量		kg	3
13	小时废气流量		m^3/h	0
14	日废气流量		$\times10^4\ m^3/d$	3
15	产品产量		t/h、t/d	0
16	颗粒物测量一次物理量		无量纲	/
17	颗粒物参比方法校准斜率、截距和 K 系数		无量纲	2
18	速度场系数		无量纲	2
19	示值误差		%	2
20	零点/量程漂移		%	1
21	气态污染物系统偏差		%	1
22	速度场系数精密度		%	1

5.9.2.3 数据状态标记

此次修订增加“N”表示 CEMS 数据有效，明确数据标记内容与标记优先级均应与 HJ 212 保持一致，如应删除“O”表示本小时内污染物排放浓度（标干折算值）平均值超标排放的标记以及“Md”表示数据缺失的标记等内容。删除了原标准中“数据标记可采用数字或颜色等标识符号进行明确区分”的说法，明确只可使用字母标识。

5.9.2.4 数据处理计算方法、公式和要求

此次修订数据计算方法仍保留了 2017 版的相关规定，仅在“污染物浓度转换计算公式”定义中明确了“101325”为标准大气压，单位为 Pa 以及“273”为热力学温标与摄氏温标的换算系数，单位为 K。

HJ 76-2017 中关于数据软件功能和数据通讯功能的相关要求在本次修订予以删除。关于软件的三级权限，日志记录，参数采集已放到标准正文 5.4 功能要求中了，而数据通讯功能所有要求都参照 HJ 212-2025，因此 HJ 76 无需再赘述。

5.9.3 附录 C

本附录为新增，为配套标准正文 9.1 出厂检验，提供模板。

本标准要求新生产的 CEMS 出厂前应出具出厂检验报告，使用标准气体检查 CEMS 性能，指标包括：24 h 零点漂移和量程漂移（获得 3 组），仪表响应时间，线性偏差，检出限，二氧化氮转换效率（仅适用于采用二氧化氮转换器完成 NO_X 测量的 CEMS），指标检测记录模板见附录 C 中表 C.1，指标检测结果应符合表 8 要求。CEMS 厂商在开展检测前应完成 CEMS 组成、结构、功能检查，并按表 C.2 和 C.3 形成证明材料。当 CEMS 验收时，CEMS 厂商需提供证明材料，生态环境主管部门有权核对一致性。

5.9.4 附录 D

本附录为新增。原 HJ 76 标准检测方法全部放在正文中，也是基于当时计量认证资质认定要求，现在把具体检测方法和计算公式放附录里，既不影响扩项和持证，同时也给正文“减负”。

5.9.5 附录 E

本附录为新增，为配套在用 CEMS 监督抽测指标检测。只列出跟附录 D 中检测方法不同的，如系统偏差，颗粒物零点校准示值误差，流速零点校准示值误差。

5.9.6 附录 F

本附录为新增，配套正文 5.4.9 CEMS 防篡改功能要求。参考了《计量器具软件测评指南》（JJF 1182-2021），结合监测仪器特点，编写了本附录。使用软件功能测试验证、代码走查等 6 种方法，进行了软件版本标识核验等 7 项检测。

5.9.7 附录 G

本附录为新增，标准正文 5.4.9.10 要求“颗粒物、气态污染物分析仪器和数采仪显示内容和功能菜单应按照附录 G 要求进行设置，不应出现超出附录 G 要求的功能。”

监测仪器弄虚作假案例中有很多在软件界面中暗藏隐藏菜单，隐藏功能，本次标准修订通过规范性附录明确颗粒物、气态污染物分析仪器和数采仪的界面显示内容，明确菜单一级、二级有哪些功能，如果现场检查再发现有额外的功能，则会被直接认定为有作弊嫌疑。

5.9.8 附录 H

HJ 212 只规定了数采仪和上位机（管理平台）的通讯协议，未规定现场分析仪器与数采仪的通讯协议，本标准以规范性附录统一了分析仪器与数采仪通讯协议，极大提升了监测数据传输安全性、

可靠性。

5.9.9 附录 I

颗粒物相关校准一直是检测机构和运维机构不太容易理解的，本附录的相关校准实例有助于他们去实施相关校准操作，予以保留。

HJ 76-2017 中原附录 D“固定污染源烟气二氧化硫、氮氧化物和氧气排放浓度的测量——仪器分析法”，是由于当时已发布的污染源监测分析方法普遍为采样回实验室分析的方法，时效性较差。随着近年 HJ 692-2014、HJ 1131-2020、HJ 1132-2020、HJ 1240-2021、HJ 629-2026 等使用便携式监测仪的污染源监测方法标准发布，原附录 D“仪器分析法”已没有存在的必要性。

HJ 76-2017 中原附录 E“CEMS 样气传输管线和冷凝除湿设备技术指标要求”，是基于 2013 年前后的试验数据，以资料性附录形式提出 CEMS 中对结果有影响的两个关键部件的技术要求，随着超低排放对工况的大幅改变，CEMS 配套的样气传输管线，除湿设备其材质，设计细节都发生了较大变化，编制组已自立小科研项目，着手研究 CEMS 核心零部件性能要求及评价指标，目前还未完成，因此本次修订暂未列入。

HJ 76-2017 中原附录 F“等效浓度计算方法”是配套直接测量式气态污染物 CEMS 校准的计算方法，在超低排放深入推进的现在，直接测量式气态污染物 CEMS 几乎在市场上“消失”了，该附录也没有存在的必要性。

6 方法验证

本标准验证工作由中国环境监测总站组织，由协作单位分别在北京、河北、杭州等地组织实验室和现场通过仪器测试进行方法验证。

参与验证的技术人员均为上述实验室具备固定污染源废气自动监测系统仪器设备检验资格证书的相关专家和检验技术人员。

本次标准修订验证的方案详见方法验证报告第一部分。

7 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排放连续自动监测系统的技术要求，提高我国 CEMS 的质量，促进 CEMS 为环境管理服务，各 CEMS 生产厂商在生产 CEMS 时应严格执行本标准，本标准与 HJ 75 标准应同步实施，共同构建 CEMS 质量控制与质量保证体系。

8 参考文献

[1] Performance Standards and Test Procedures for Continuous Emission Monitoring Systems- for gaseous，particulates and flow-rate monitoring systems，UK. Environment Agency Version 3.5，2016.

[2] Testing of automated measuring systems. General concepts. VDI 4203, Part 1 (2003).

[3] Testing of automated measuring systems. Test procedures for measuring systems of gaseous and particulate emissions. VDI 4203, Part 2 (2003).

[4] U.S.EPA. Performance Specification 1-Specifications and Test Procedures for Continuous Opacity Monitoring Systems in Stationary Sources，40 CFR part 60-Appendix B.

[5] U.S.EPA. Performance Specification 2-Specifications and Test Procedures for SO_2 and NO_X Continuous

Emission Monitoring Systems in Stationary Sources，40 CFR part 60-Appendix B.
[6] U.S.EPA. Performance Specification 3-Specifications and Test Procedures for O_2 and CO_2 Continuous Emission Monitoring Systems in Stationary Sources，40 CFR part 60-Appendix B.
[7] U.S.EPA. Performance Specification 6-Specifications and Test Procedures for Continuous Emission Rate Monitoring Systems in Stationary Sources，40 CFR part 60-Appendix B.
[8] U.S.EPA. Continuous Emission Monitoring，40 CFR part 75.
[9] 环境保护部.环境空气质量自动监测技术规范: HJ/T 193—2005[S]. 北京：中国环境出版社，2005.
[10] 全国电工电子产品环境条件与环境试验标准化技术委员会（SAC/TC 8）. 环境试验设备检验方法 第 14 部分：振动（正弦）试验用电动式振动系统：GB/T 5170.14-2023[S]. 北京：中国标准出版社，2023.
[11] 全国电子测量仪器标准化技术委员会（SAC/TC 153）. 电子测量仪器通用规范：GB/T 6587-2012[S]. 北京：中国标准出版社，2012.
[12] 全国工业过程测量控制和自动化标准化技术委员会（SAC/TC 124）.气体分析器性能表示 第 1 部分：总则：GB/T 18403.1-2022[S]. 北京：中国标准出版社，2022.
[13] 国防科学技术工业委员会.电子及电气元件试验方法低频振动试验：GJB 360.13-87[S]. 1987.

附件一

方法验证报告

方法名称： 固定污染源废气（SO_2、NO_X、颗粒物）排放连续自动监测系统技术要求

项目承担单位： 中国环境监测总站

验证单位： 生态环境部环境工程评估中心、上海市环境监测中心、四川省生态环境监测总站、浙江省生态环境监测中心、江苏南京监测中心、淄博市生态环境质量控制服务中心、北京雪迪龙科技股份有限公司、杭州谱育科技发展有限公司、南京柯普士仪器科技有限公司、杭州泽天春来科技股份有限公司、安荣信科技（北京）股份有限公司、上海北分科技股份有限公司、深圳市翠云谷科技有限公司、赛默飞世尔科技（中国）有限公司

项目负责人及职称： 周刚（高级工程师）

通讯地址及电话： 北京市朝阳区安外大羊坊 8 号院乙 **电话：** 010-84943050

报告编写人及职称： 周刚（高级工程师）、唐帅（工程师）

报告日期： 2026 年 7 月 24 日

1 实验室基本情况

附表 1-1　参加验证的人员情况登记表

编号	验证单位	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
1	中国环境监测总站	周 刚	男	43	高级工程师	环境工程	18
		梁 宵	男	46	高级工程师	环境工程	20
		迟 颖	女	54	高级工程师	信息管理	15
		唐 帅	男	31	工程师	电气工程及其自动化	8
		范蕴非	女	32	工程师	环境科学	8
		邓宝卿	男	31	工程师	化学工程	8
		张 晨	女	28	工程师	化学工程	5
		赵 欣	男	38	工程师	化学工程	15
2	生态环境部环境工程评估中心	刘 健	男	34	高级工程师	信息技术	10
		曹 娜	女	44	高级工程师	信息技术	18
3	上海市环境监测中心	裴 冰	男	44	高级工程师	环境工程	18
		邓 继	男	42	高级工程师	环境工程	16
4	四川省生态环境监测总站	苟 鹏	男	35	高级工程师	环境科学	12
		冯元超	男	35	工程师	环境科学	11
5	浙江省生态环境监测中心	余 靖	男	43	高级工程师	环境工程	22
6	江苏南京监测中心	马光军	男	44	高级工程师	环境工程	17
		王春	男	43	高级工程师	环境科学	17
7	淄博市生态环境质量控制服务中心	李 峰	男	51	高级工程师	计算机科学与应用	23
8	北京雪迪龙科技股份有限公司	朱伟	男	41	高级工程师	电气工程及其自动化	19
9		闫军	男	43	高级工程师	机械设计制造	17
10		刘树仁	男	40	高级工程师	电气工程及其自动化	15
11	杭州谱育科技发展有限公司	李天麟	男	40	高级工程师	环境科学	18
12	南京柯普士仪器科技有限公司	王贝	男	28	工程师	电气工程及其自动化	6
13	杭州泽天春来科技股份有限公司	陆生忠	男	37	高级工程师	机械设计制造	15
14	安荣信科技（北京）股份有限公司	姜浚哲	男	30	工程师	电气工程及其自动化	5
15	深圳市翠云谷科技有限公司	杨涛	男	44	工程师	电气工程及其自动化	16
16	上海北分科技股份有限公司	王占锋	男	47	技术总工	测控技术专业	22
17		李鹏	男	45	技术总工	电气工程及其自动化	21
18		丁诗怡	女	37	工程师	机械设计	10

附表 1-2　使用仪器情况登记表

仪器名称	规格型号	仪器出厂编号	性能参数（量程）	验证单位
固定污染源废气排放连续监测系统（SO_2、NO、NO_2、O_2）	EM-5(IV)	YYGA240102	SO_2:（0-50）mg/m^3 NO:（0-50）mg/m^3 NO_2:（0-50）mg/m^3 O_2:（0-25）%	杭州泽天春来科技股份有限公司
固定污染源废气排放连续监测系统（SO_2、NO、NO_2、O_2）	KPS-200UV	200UV-2406003	SO_2:（0-40）mg/m^3 NO:（0-40）mg/m^3 NO_2:（0-50）mg/m^3 O_2:（0-25）%	南京柯普士仪器科技有限公司
固定污染源废气排放连续监测系统（SO_2、NO、NO_2、O_2）	CEMS2000	373P2371001	SO_2:（0~100）mg/m^3 NO:（0~100）mg/m^3 NO_2:（0~100）mg/m^3 O_2:（0~25）%	杭州谱育科技发展有限公司
固定污染源废气排放连续监测系统（SO_2、NO、NO_2、O_2）	SCS-900FT	900FT-NT-055	SO_2:（0~100）mg/m^3 NO:（0~100）mg/m^3 NO_2:（0~100）mg/m^3 O_2:（0~25）%	北京雪迪龙科技股份有限公司
固定污染源废气排放连续监测系统（SO_2、NO、O_2）	SBF1100	SKP00248	SO_2:（0-74.3）mg/m^3 NO:（0-100）mg/m^3 O_2:（0-25）%	上海北分科技股份有限公司
固定污染源废气排放连续监测系统（SO_2、NO）	Model 200	/	SO_2:（0~51.48）mg/m^3 NO:（0~48.23）mg/m^3	赛默飞世尔科技（中国）有限公司
固定污染源废气排放连续监测系统（颗粒物）	SBF800	SKC10139	（0-25）mg/m^3	上海北分科技股份有限公司
固定污染源废气排放连续监测系统（颗粒物）	LFS800	/	（0~20）mg/m^3	安荣信科技（北京）股份有限公司
固定污染源废气排放连续监测系统（颗粒物）	TL-PMM180	18031241212510	（0~30）mg/m^3	深圳市翠云谷科技有限公司

2 验证方案

2.1 概述

2.1.1 测试说明

本方案为确认固定污染源废气（SO_2、NO_X、颗粒物）排放连续自动监测系统（以下简称为 CEMS）性能技术指标的测试提供统一的方法。检测对象包括 SO_2、NO_X 和颗粒物，以及废气参数（温度、压力、流速、含湿量、含氧量）。

测试过程中应严格遵守本方案规定的质量保证要求，提供体现 CEMS 技术指标客观的和有质量保证的数据。

2.1.2 测试目的

HJ 76 标准修订过程中增加了一些新性能指标，如无人值守周漂移、自动校准流量示值误差，压力示值误差等，个别指标也修改了检测方法，如干扰成分影响增加了干扰因子，线性误差变为线性偏差等。为了了解新指标设置是否科学合理，需要开展验证测试。同时总结近 3 年通过检测的各指标数据有助于评估现有指标体系设置是否需要调整。

2.2 术语和定义

暂无新增，现有术语定义参考 HJ 76-2017。

2.3 测试地点和实验室环境条件

测试地点：三河电厂集中检测场。

小屋环境条件：

a. 环境温度：15 ℃~30 ℃，测试过程中温度变化幅度应在±5 ℃以内。

b. 环境大气压：96 kPa~103 kPa，测试过程中压力变化幅度应在±1 kPa 以内。

c. 相对湿度：≤85%。

d. 供电电压：AC 220×（1±10%）V，频率（50±0.5）Hz。

2.4 测试设计

2.4.1 概述

由于 HJ 76-2017 实施后，已经开展了适用性检测 7 年多，产生了大量的被检仪器指标检测数据，编制组认为总结近 3 年的实验室和现场各指标检测数据，是很真实客观，且有代表性的 CEMS 性能指标数据。故编制组会全力总结近 3 年各型号 CEMS 适用性检测结果，包括实验室检测的 24 h 漂移、仪表响应时间、重复性、线性误差、二氧化氮转换效率、环境温度影响、进样流量影响、供电电压影响、平行性、一周漂移等指标，现场检测的 24 h 漂移、系统响应时间、准确度，速度场系数精密度、准确度，废气温度、含湿量的准确度等指标，形成汇总数据。还要总结近一年开展的抽取式颗

粒物等速跟踪功能检测的指标结果。

同时开展新的验证测试，主要包括实验室的干扰成分影响（干扰成分不同于 HJ 76-2017 版），自动校准单元流量线性误差，废气压力准确度；现场进行无人值守期间考核，指标为自动进行的一周漂移测试。

由于新修订版本在附录 B 中增加了关键参数采集和记录要求，为确认仪器制造商能匹配标准新要求，需要展开广泛的调查问卷，以获得较为全面的反馈。

协作单位至少提供 1 台仪器参与性能指标测试，鼓励提供多台，且单独量化每台仪器的性能技术指标。

不应相互比较来自不同协作单位提供仪器的测试数据的优劣和进行仪器质量的排名。按本方案的统计方法处理数据后，将技术指标的确认结果记录在验证报告中，连同仪器输出的原始数据一并归档。

2.4.2 测试

直接使用不确定度不超过±2%并在有效期内的国家级标准气体或国家最高级别的标准气体，或经气体稀释系统稀释后用于仪器的实验室测试。附表2-1汇总了实验室应进行的技术指标测试、测试的目的和测试应获得的有效数据数量。

附表2-1　气态污染物（含0_2）验证指标及数据获得方法

验证指标	获得数据方法
仪表响应时间	总结2022-2024年送检型号检测结果
重复性	
24 h漂移	
环境温度影响	
进样流量影响	
供电电压影响	
二氧化氮转换效率	
平行性	
示值误差	
系统响应时间	
24 h漂移	
准确度	
干扰成分影响	开展实验室验证
线性偏差	
废气压力准确度	

附表2-2　颗粒物验证指标及数据获得方法

测试指标	获得数据方法
重复性	总结2022-2024年送检型号检测结果
24 h漂移	
环境温度影响	
供电电压影响	
检出限	
采样流速测量误差	总结2024年至今送检型号检测结果
等速跟踪吸引误差	
等速跟踪响应时间	
24 h漂移	总结2022-2024年送检型号检测结果
相关系数	
置信区间半宽	
允许区间半宽	
准确度	

附表2-3　智能化验证指标及数据获得方法

测试指标	获得数据方法
一周漂移	开展现场验证
流量线性误差	开展实验室验证

附表2-4　废气参数验证指标及数据获得方法

测试指标	获得数据方法
流速 速度场系数精密度	总结2022-2024年送检型号检测结果
流速 准确度	
温度 准确度	
湿度 准确度	

2.4.3 时间进度

2025年11月底启动验证工作（除无人值守），于12月底获得全部验证数据。

2.5 材料与设备

2.5.1 标准气体

由国家计量行政部门批准的国家一、二级标准气体，其不确定度不超过±2.0%，或国家最高级别的标准气体并在有效期内。

SO_2、NO_X 最大工作量程不超过 150 μmol/mol，颗粒物最大工作量程不超过 100 mg/m^3。其中氧化锆法氧分析仪做零点漂移使用加标零气（≤8%满量程），量程漂移使用浓度（80%～100%）满量程。较低浓度的标准气体可以使用高浓度的标准气体采用等比例稀释的方法获得，等比例稀释装置

的精密度应在 1.0%以内。颗粒物零点漂移使用洁净空气，量程漂移使用光学校准部件，（50%～100%）满量程。

需要上报所使用的标气清单。

2.6 测试方法

2.6.1 概述

实验室检测指标采取各单位车间自测，现场验证指标在三河电厂集中测。

各单位自测时需填写检测日历，即记录指标检测具体时间，备份好仪器原始分钟数据。

每次实验条件应保证完全一样。如，本次24 h漂移通气时间8 min，下次24 h漂移通气时间也应是8 min，不得随意缩短或延长通气时间，也不可改变通气流量。

2.6.2 干扰成分影响

测试方法见标准文本 D.1.8，其具体操作步骤与 HJ 76-2017 保持一致，干扰成分增加了 2 个，为 N_2O 和 H_2O，其中 N_2O 使用钢瓶标气，H_2O 使用湿度发生器当场发生。

附表2-5 实验室检测使用的干扰成分气体

气体类型	气体名称	浓度范围
干扰气体	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
	N_2O	20 mg/m^3
	H_2O	20%

2.6.3 废气压力准确度

参考 HJ/T 48-1999 中静压测量压力传感器精度测试方法。

选择-5 kPa、-3 kPa、-1 kPa、1 kPa、3 kPa、5 kPa 共 6 个检测点，每个检测点调节范围为±0.2 kPa。在压力发生器的压力输出端接一个三通，其一端接标准压力计，另一端接被检设备的静压测量口。调节输出压力至标准压力计示值为零，再调节输出压力至检定点，记录标准压力计和被检设备压力示值，按公式（1）计算被检设备压力示值误差。

$$\delta_p = \frac{p - p_s}{p_s} \times 100\% \qquad (1)$$

式中：

δ_p ——压力示值误差，%；

p——被检设备压力测量值，kPa 或 Pa；

p_s——标准压力计压力测量值，kPa 或 Pa。

2.6.4 流量线性误差

待测仪器运行稳定后，将标准流量计与自动校准单元流量计串联，使待测流量计分别产生 20%最大流量、50%最大流量和 80%最大流量，分别记录待测流量计与标准流量计测量流量值，计算两者的相对误差；重复测试3次，取平均值。

2.6.5 自动校准单元一周漂移

无人值守期间仅对气态污染物CEMS开展。待测CEMS启用自动校准单元，连接好零点标气和量程标气，设置好定时自动通标程序，获得至少4组一周漂移，包括零点漂移和量程漂移，检测方法与24 h漂移相同，通气间隔为7 d，系统连续运行一个月，CEMS可再单独设置定期自动校准程序，频率不限，无人值守期间不允许任何人员接触待测CEMS。计算待测CEMS的一周零点漂移Zd和一周量程漂移Sd。

2.7 质量保证/质量控制

使用标气在有效期内，所有计量器具经过校准。测试期间保持实验室环境温度条件为（15~30）℃，湿度＜85%，供电电压稳定在220V±22V。

3 验证测试结果

3.1 干扰成分的影响验证测试结果

附表3-1　干扰成分影响验证测试结果-型号A

干扰成分	次数	二氧化硫	一氧化氮	二氧化氮	氧气
通零气初始值	1	-0.37	0.37	0.11	-0.01
	2	-0.58	0.4	0.06	-0.03
	3	-0.43	0.37	0.04	-0.03
	平均值	-0.46	0.38	0.07	-0.02
CO 300 mg/m^3	1	-1.45	0.37	-0.01	-0.01
	2	-0.42	0.38	0.46	-0.01
	3	-0.19	0.34	0.07	-0.01
	平均值	-0.69	0.36	0.17	-0.01
	影响(%)	-0.23	-0.02	0.1	0.04
通零气初始值	1	-1.09	0.44	-0.04	-0.01
	2	-0.7	0.47	-0.14	-0.01
	3	-0.57	0.59	-0.43	-0.01
	平均值	-0.79	0.5	-0.2	-0.01
CO_2 15%	1	-0.78	0.48	0.02	0.01
	2	-0.64	0.43	-0.26	0.01
	3	-0.09	0.56	-0.01	0.02
	平均值	-0.5	0.49	-0.08	0.01
	影响(%)	0.29	-0.01	0.12	0.08
通零气初始值	1	0.24	0.33	0.7	0
	2	-0.58	0.33	0.32	-0.01
	3	-0.02	0.29	0.46	-0.01
	平均值	-0.12	0.32	0.49	-0.01
CH_4 50 mg/m^3	1	-0.21	0.31	0.68	0
	2	-0.07	0.32	0.54	0
	3	-1.01	0.4	0.08	0
	平均值	-0.43	0.34	0.43	0

干扰成分	次数	二氧化硫	一氧化氮	二氧化氮	氧气
	影响(%)	-0.31	0.02	-0.06	0.04
通零气初始值	1	-0.8	0.47	-0.09	-0.01
	2	-0.76	0.52	-0.02	-0.01
	3	-0.66	0.53	-0.03	-0.01
	平均值	-0.74	0.51	-0.05	-0.01
NH_3 20 mg/m^3	1	-0.73	-1.9	-0.54	-0.01
	2	-0.16	-2.05	-0.21	0
	3	-0.13	-1.82	-0.15	0
	平均值	-0.34	-1.92	-0.3	0
	影响(%)	0.4	-2.43	-0.25	0.04
通零气初始值	1	-1.57	0.47	-0.17	-0.01
	2	-0.84	0.52	-0.19	0
	3	-0.41	0.61	-0.25	0
	平均值	-0.94	0.53	-0.2	0
HCl 200 mg/m^3	1	-0.79	0.65	0.04	0
	2	-1.42	0.53	-0.5	0
	3	-1.06	0.62	-0.3	0
	平均值	-1.09	0.6	-0.25	0
	影响(%)	-0.15	0.07	-0.05	0
通零气初始值	1	0.23	-0.02	0.42	-0.02
	2	0	0	0.26	-0.02
	3	0.08	-0.02	0.69	-0.02
	平均值	0.1	-0.01	0.46	-0.02
N_2O 20 mg/m^3	1	-0.52	0.01	-0.26	-0.01
	2	-0.43	0	-0.07	0
	3	-0.33	0.02	-0.17	0
	平均值	-0.43	0.01	-0.17	0
	影响(%)	-0.53	0.02	-0.63	0.08
通零气初始值	1	0.23	-0.02	0.42	-0.02
	2	0	0	0.26	-0.02
	3	0.08	-0.02	0.69	-0.02
	平均值	0.1	-0.01	0.46	-0.02
H_2O 20%	1	0.23	-0.02	0.42	-0.02
	2	0	0	0.26	-0.02
	3	0.08	-0.02	0.69	-0.02
	平均值	0.1	-0.01	0.46	-0.02
	影响(%)	0	0	0	0
正干扰（%）		＜0.5%	＜0.5%	＜0.5%	＜0.5%
负干扰（%）		-0.5%	-2.4%	-0.6%	＜0.5%

附表3-2　干扰成分影响验证测试结果-型号B

干扰成分	次数	二氧化硫	一氧化氮	二氧化氮	氧气
通零气初始值	1	0.006	0.017	0.282	0.000
	2	0.013	0.049	-0.077	0.000
	3	0.007	0.016	0.021	0.003
	平均值	0.01	0.03	0.08	0
CO 300 mg/m^3	1	0.015	0.024	0.005	0.003
	2	0.002	0.035	0.111	0.002
	3	0.003	0.038	0.105	0.002
	平均值	0.01	0.03	0.07	0
	影响(%)	0	0	-0.02	0
通零气初始值	1	0.003	0.024	0.155	0.000
	2	0.042	0.017	0.027	0.000

干扰成分	次数	二氧化硫	一氧化氮	二氧化氮	氧气
	3	0.006	0.031	0.118	0.000
	平均值	0.02	0.02	0.1	0
CO_2 15%	1	0.001	0.042	0.176	0.000
	2	-0.001	0.046	0.157	0.000
	3	0.000	0.018	0.177	0.000
	平均值	0.00	0.04	0.17	0
	影响(%)	-0.05	0.05	0.14	0
通零气初始值	1	0.008	0.030	0.094	0.000
	2	0.006	0.038	0.062	0.000
	3	0.011	0.025	-0.038	0.000
	平均值	0.01	0.03	0.04	0
CH_4 50 mg/m^3	1	0.011	0.046	0.088	0.003
	2	0.009	0.045	0.159	0.003
	3	0.015	0.032	0.060	0.003
	平均值	0.01	0.04	0.1	0
	影响(%)	0	0.03	0.12	0
通零气初始值	1	0.008	0.021	0.034	0.000
	2	0.007	0.044	0.059	0.000
	3	0.003	0.058	0.001	0.000
	平均值	0.01	0.04	0.03	0
NH_3 20 mg/m^3	1	-0.010	0.155	0.157	0.003
	2	-0.014	0.177	0.029	0.003
	3	-0.015	0.163	0.057	0.003
	平均值	-0.01	0.17	0.08	0
	影响(%)	-0.05	0.33	0.1	0
通零气初始值	1	0.006	0.042	-0.005	0.000
	2	0.008	0.020	-0.088	0.000
	3	0.012	0.029	-0.073	0.000
	平均值	0.01	0.03	-0.06	0
HCl 200 mg/m^3	1	0.012	0.167	-0.142	0.000
	2	0.017	0.073	-0.046	0.000
	3	0.018	0.036	0.000	0.000
	平均值	0.02	0.09	-0.06	0
	影响(%)	0.03	0.15	0	0
通零气初始值	1	0.001	-0.009	-0.002	-0.001
	2	0.002	-0.006	-0.002	-0.017
	3	0.002	-0.009	-0.014	-0.008
	平均值	0	-0.01	-0.01	-0.01
N_2O 20 mg/m^3	1	-0.013	-0.002	0.005	-0.019
	2	0.006	0.002	-0.009	-0.017
	3	-0.004	0.002	0.005	-0.019
	平均值	0	0	0	-0.02
	影响(%)	0	0.03	0.02	-0.04
通零气初始值	1	0.012	-0.003	0.006	-0.011
	2	0.01	0.001	0.014	-0.021
	3	-0.009	-0.006	0.008	0.002
	平均值	0	0	0.01	-0.01
H_2O 20%	1	0.009	-0.006	0	-0.011
	2	0.008	-0.007	0.018	-0.012
	3	0.01	0	0.01	-0.02
	平均值	0.01	0	0.01	-0.01
	影响(%)	0.03	0	0	0
正干扰（%）		＜0.5%	＜0.5%	＜0.5%	＜0.5%
负干扰（%）		＜0.5%	＜0.5%	＜0.5%	＜0.5%

附表3-3　干扰成分影响验证测试结果-型号C

干扰成分	次数	二氧化硫	一氧化氮	二氧化氮	氧气
通零气初始值	1	0.162	0.033	0.213	0.02
	2	0.228	0.156	0.144	0
	3	0.189	0.072	0.162	0.02
	平均值	0.19	0.09	0.17	0.01
CO 300 mg/m^3	1	0.186	0.123	0.225	0.03
	2	0.228	0.054	0.315	0.03
	3	0.288	0.111	0.201	0.02
	平均值	0.23	0.1	0.25	0.03
	影响(%)	0.08	0.02	0.16	0.08
通零气初始值	1	0.201	0.249	0.108	0.03
	2	0.249	0.138	0.264	0.03
	3	0.282	0.081	0.042	0.03
	平均值	0.24	0.16	0.14	0.03
CO_2 15%	1	0.324	0.156	0.084	0.04
	2	0.252	0.114	0.147	0.03
	3	0.369	0.234	0.186	0.03
	平均值	0.32	0.17	0.14	0.03
	影响(%)	0.16	0.02	0	0
通零气初始值	1	0.135	0.069	0.099	0.05
	2	0.228	0.084	0.219	0.05
	3	0.144	0.147	0.183	0.05
	平均值	0.17	0.1	0.17	0.05
CH_4 50 mg/m^3	1	0.228	0.063	0.075	0.05
	2	0.141	0.084	0.141	0.05
	3	0.159	0.135	0.228	0.05
	平均值	0.18	0.09	0.15	0.05
	影响(%)	0.02	-0.02	-0.04	0
通零气初始值	1	0.096	0.219	0.174	0.03
	2	0.159	0.192	0.111	0.03
	3	0.174	0.228	0.102	0.03
	平均值	0.14	0.21	0.13	0.03
NH_3 20 mg/m^3	1	0.249	0.099	0.069	0.04
	2	0.291	0.072	0.129	0.04
	3	0.258	0.288	0.228	0.03
	平均值	0.27	0.15	0.14	0.04
	影响(%)	0.26	-0.12	0.02	0.04
通零气初始值	1	0.027	0.039	0.138	0.03
	2	0.099	0.216	0.15	0.03
	3	0.078	0.147	0.114	0.03
	平均值	0.07	0.13	0.13	0.03
HCl 200 mg/m^3	1	0.288	0.126	0	0.03
	2	0.204	0.207	0.12	0.03
	3	0.204	0.144	0.15	0.04
	平均值	0.23	0.16	0.09	0.03
	影响(%)	0.32	0.06	-0.08	0
通零气初始值	1	0.054	0.075	0.039	0.04
	2	0.069	0.042	0.066	0.04
	3	0.057	0.072	0.141	0.04
	平均值	0.06	0.06	0.08	0.04
N_2O 20 mg/m^3	1	0.054	0.186	0.195	0.05
	2	0.084	0.096	0.072	0.04
	3	0.222	0.135	0.105	0.04
	平均值	0.12	0.14	0.12	0.04
	影响(%)	0.12	0.16	0.08	0

干扰成分	次数	二氧化硫	一氧化氮	二氧化氮	氧气
通零气初始值	1	0.054	0.159	0.072	0.04
	2	0.069	0.156	0.099	0.04
	3	0.057	0.117	0.081	0.04
	平均值	0.06	0.14	0.08	0.04
H_2O 20%	1	0.039	0.126	0.125	0.04
	2	0.063	0.216	0.072	0.04
	3	0.057	0.135	0.045	0.04
	平均值	0.05	0.16	0.08	0.04
	影响(%)	-0.02	0.04	0	0
正干扰（%）		＜0.5%	＜0.5%	＜0.5%	＜0.5%
负干扰（%）		＜0.5%	＜0.5%	＜0.5%	＜0.5%

附表3-4　干扰成分影响验证测试结果-型号D

干扰成分	次数	二氧化硫	一氧化氮	二氧化氮	氧气
通零气初始值	1	0.0256	-0.1212	/	-1.01
	2	0.0253	-0.1242	/	-1.02
	3	0.0263	-0.1123	/	-1.01
	平均值	0.03	-0.12	/	-1.01
CO 300 mg/m^3	1	0.0224	0.002	/	-1.03
	2	0.0236	0.012	/	-1.04
	3	0.0244	0.008	/	-1.05
	平均值	0.02	0.01	/	-1.04
	影响(%)	-0.01	0.13	/	-0.12
通零气初始值	1	0.0254	-0.1241	/	-0.97
	2	0.0235	-0.1324	/	-0.94
	3	0.0242	-0.1243	/	-1.04
	平均值	0.02	-0.13	/	-0.98
CO_2 15%	1	0.0241	-0.1234	/	-0.99
	2	0.0223	-0.1241	/	-0.97
	3	0.0246	-0.1246	/	-1.01
	平均值	0.02	-0.12	/	-0.99
	影响(%)	0	0.01	/	-0.04
通零气初始值	1	0.0243	-0.1251	/	-0.97
	2	0.0241	-0.1249	/	-0.94
	3	0.0235	-0.1247	/	-0.96
	平均值	0.02	-0.12	/	-0.96
CH_4 50 mg/m^3	1	0.0236	-0.1159	/	-0.91
	2	0.0236	-0.1254	/	-1.03
	3	0.0228	-0.1263	/	-0.95
	平均值	0.02	-0.12	/	-0.96
	影响(%)	0	0	/	0
通零气初始值	1	0.0241	-0.1244	/	-0.96
	2	0.0233	-0.1147	/	-0.98
	3	0.0224	-0.146	/	-0.98
	平均值	0.02	-0.13	/	-0.97
NH_3 20 mg/m^3	1	0.0265	-0.1254	/	-0.94
	2	0.0234	-0.1423	/	-0.95
	3	0.0241	-0.1416	/	-0.98
	平均值	0.02	-0.14	/	-0.96
	影响(%)	0	-0.01	/	0.04
通零气初始值	1	0.0235	-0.1323	/	-0.99
	2	0.0241	-0.1412	/	-0.98
	3	0.0231	-0.1143	/	-0.97
	平均值	0.02	-0.13	/	-0.98

干扰成分	次数	二氧化硫	一氧化氮	二氧化氮	氧气
HCl 200 mg/m³	1	0.0245	-0.1632	/	-0.93
	2	0.0263	-0.1447	/	-1.01
	3	0.0249	-0.1634	/	-1.06
	平均值	0.03	-0.16	/	-1
	影响(%)	0.01	-0.03	/	-0.08
通零气初始值	1	0.0286	-0.1205	/	-1.06
	2	0.0286	-0.0536	/	-1.06
	3	-0.0858	-0.2009	/	-1.06
	平均值	-0.01	-0.13	/	-1.06
N_2O 20 mg/m³	1	0.0572	0.0134	/	-1.04
	2	0.0286	-0.0804	/	-1.06
	3	-0.0286	-0.1205	/	-1.06
	平均值	0.02	-0.06	/	-1.05
	影响(%)	0.04	0.07	/	0.04
通零气初始值	1	0.0857	0.0268	/	-1.03
	2	0.0268	0.0268	/	-1.02
	3	0.1714	0.8438	/	-1.03
	平均值	0.09	0.3	/	-1.03
H_2O 20%	1	0.1429	0.1071	/	0.05
	2	0.2571	1.8482	/	-0.53
	3	0.1143	1.5268	/	-0.56
	平均值	0.17	1.16	/	-0.35
	影响(%)	0.11	0.86	/	2.72
正干扰（%）		＜0.5%	0.9%	/	2.7%
负干扰（%）		＜0.5%	＜0.5%	/	＜0.5%

3.2 线性偏差验证测试结果

附表3-5　线性偏差验证测试结果-型号A

测量点	标准气体标称值	测量次数	测量值	平均值	残差	线性偏差（%F.S.）
零点	0	1	0.03	0.03	-0.03	-0.03
		2	0.05			
		3	0.02			
20%工作量程	20	1	20.32	20.31	0.21	0.21
		2	20.36			
		3	20.25			
40%工作量程	40	1	40.56	40.78	0.62	0.62
		2	41.09			
		3	40.68			
60%工作量程	60	1	61.03	61.16	0.95	0.95
		2	61.49			
		3	60.95			
80%工作量程	80	1	81.27	81.16	0.89	0.89
		2	81.05			
		3	81.16			

附表3-6　线性偏差验证测试结果-型号B

测量点	标准气体标称值	测量次数	测量值	平均值	残差	线性偏差（%F.S.）
零点	0	1	0.02	0.03	0.05	0.10
		2	0.01			
		3	0.05			
20%工作量程	10	1	9.97	10.00	-0.07	-0.15
		2	9.99			
		3	10.03			
40%工作量程	20	1	20.23	20.23	0.13	0.26
		2	20.21			
		3	20.25			
60%工作量程	30	1	30.24	30.32	0.20	0.39
		2	30.31			
		3	30.42			
80%工作量程	40	1	40.31	40.41	0.26	0.52
		2	40.46			
		3	40.47			

附表3-7　线性偏差验证测试结果-型号C

测量点	标准气体标称值	测量次数	测量值	平均值	残差	线性偏差（%F.S.）
零点	0	1	0.02	0.03	0.07	0.15
		2	0.01			
		3	0.05			
20%工作量程	10	1	9.91	9.80	-0.27	-0.54
		2	9.67			
		3	9.83			
40%工作量程	20	1	19.88	19.92	-0.18	-0.36
		2	19.94			
		3	19.93			
60%工作量程	30	1	29.81	29.82	-0.31	-0.61
		2	29.8			
		3	29.85			
80%工作量程	40	1	39.63	39.84	-0.32	-0.64
		2	39.92			
		3	39.96			

3.3 压力示值误差验证测试结果

附表3-8　压力示值误差验证测试结果-型号A

检测日期	压力检测点		-5 kPa	-3 kPa	-1 kPa	1 kPa	3 kPa	5 kPa
	标准压力计测量值					1	3	5
	待测传感器测量值	1				1.01	3.01	5.04
		2				1.01	3.01	5.04
		3				1.01	3.01	5.04
		平均值				1.01	3.01	5.04
	示值误差(%)					0.01	0	0.01

附表3-9　压力示值误差验证测试结果-型号B

检测日期	压力检测点		-5 kPa	-3 kPa	-1 kPa	1 kPa	3 kPa	5 kPa
	标准压力计测量值					1	3	5
	待测传感器测量值	1				1.11	3.25	5.17
		2				1.11	3.25	5.17
		3				1.11	3.25	5.17
		平均值				1.11	3.25	5.17
	示值误差(%)					0.11	0.08	0.03

附表3-10　压力示值误差验证测试结果-型号C

检测日期	压力检测点		-5 kPa	-3 kPa	-1 kPa	1 kPa	3 kPa	5 kPa
	标准压力计测量值					1	3	5
	待测传感器测量值	1				1.01	3.02	5.02
		2				1.01	3.02	5.02
		3				1.01	3.02	5.02
		平均值				1.01	3.02	5.02
	示值误差(%)					0.01	0.01	0

附表3-11　压力示值误差验证测试结果-型号D

检测日期	压力检测点		-5 kPa	-3 kPa	-1 kPa	1 kPa	3 kPa	5 kPa
	标准压力计测量值					1	3	5
	待测传感器测量值	1				1.02	3.06	5.03
		2				1.02	3.06	5.03
		3				1.02	3.06	5.03
		平均值				1.02	3.06	5.03
	示值误差(%)					0.02	0.02	0.01

附表3-12 压力示值误差验证测试结果-型号E

检测日期	压力检测点		-5 kPa	-3 kPa	-1 kPa	1 kPa	3 kPa	5 kPa
	标准压力计测量值		-5.02	-3.02	-1.02	1.01	3	5.02
	待测传感器测量值	1	-4.994	-3.001	-1.007	1.006	3.004	5.007
		2	-4.994	-3.001	-1.007	1.006	3.004	5.007
		3	-4.994	-3.001	-1.007	1.006	3.004	5.007
		平均值	-4.994	-3.001	-1.007	1.006	3.004	5.007
	示值误差(%)		0.01	0.01	0.01	0	0	0

3.4 流量示值误差验证测试结果

附表3-13　流量示值误差验证测试结果-型号A

流量范围(mL)		20%最大流量	50%最大流量	80%最大流量
标准流量计测量值		999.8	2500.2	4001.5
待测流量计测量值	1	1000	2499.1	4003.5
	2	999.9	2500.9	4005.9
	3	999.7	2499.5	4005.8
	平均值	999.9	2499.8	4005.1
示值误差(%)		0.01	-0.02	0.09
流量范围(mL)		20%最大流量	50%最大流量	80%最大流量
标准流量计测量值		200	499.9	801.0
待测流量计测量值	1	200.1	499.6	799.5
	2	199.8	499.5	799.1
	3	199.9	499.5	799.0
	平均值	199.9	499.5	799.2
示值误差(%)		-0.05	-0.07	-0.23

附表3-14　流量示值误差验证测试结果-型号B

流量范围(mL)		20%最大流量	50%最大流量	80%最大流量
标准流量计测量值		601.3	1502	2402.3
待测流量计测量值	1	601	1500	2400
	2	601	1501	2401
	3	600	1502	2401
	平均值	600.7	1501.0	2400.7
示值误差(%)		-0.11	-0.07	-0.07
流量范围(mL)		20%最大流量	50%最大流量	80%最大流量
标准流量计测量值		2005.7	5004	8007
待测流量计测量值	1	2000	5001	8001
	2	2001	5002	8002
	3	2003	5000	8001
	平均值	2001.3	5001.0	8001.3
示值误差(%)		-0.22	-0.06	-0.07

附表3-15　流量示值误差验证测试结果-型号C

流量范围(mL)		20%最大流量	50%最大流量	80%最大流量
标准流量计测量值		1199.7	2999	4802
待测流量计测量值	1	1195.9	3001.2	4806.6
	2	1196.9	3002.3	4803.6
	3	1200	3004.3	4807.0
	平均值	1197.6	3002.6	4805.7
示值误差(%)		-0.17	0.12	0.08

流量范围(mL)		20%最大流量	50%最大流量	80%最大流量
标准流量计测量值		1199.3	2998	4799
待测流量计测量值	1	1195.2	3002.6	4800.8
	2	1197.8	3002.6	4798.9
	3	1195.9	3001.5	4799.8
	平均值	1196.3	3002.2	4799.8
示值误差(%)		-0.25	0.14	0.02

附表3-16　流量示值误差验证测试结果-型号D

流量范围(mL)		20%最大流量	50%最大流量	80%最大流量
标准流量计测量值		600	1500	2400
待测流量计测量值	1	601.99	1496.7	2399.3
	2	602.24	1497.7	2399.3
	3	602.49	1498.6	2399.8
	平均值	602.2	1497.6	2399.4
示值误差(%)		0.37	-0.16	-0.02
流量范围(mL)		20%最大流量	50%最大流量	80%最大流量
标准流量计测量值		2000	5000	8000
待测流量计测量值	1	2002	4987.9	7942.7
	2	2002.5	4989.8	7943.4
	3	2002.5	4984.7	7943.4
	平均值	2002.3	4987.4	7943.2
示值误差(%)		0.12	-0.25	-0.71

附表3-17　流量示值误差验证测试结果-型号E

流量范围(mL)		20%最大流量	50%最大流量	80%最大流量
标准流量计测量值		1002.8	2503.3	3999.0
待测流量计测量值	1	999.94	2499.3	3999.45
	2	999.67	2497.8	4000.97
	3	999.94	2498.6	3999.5
	平均值	999.9	2498.6	3999.9
示值误差(%)		-0.30	-0.19	0.02
流量范围(mL)		20%最大流量	50%最大流量	80%最大流量
标准流量计测量值		1001.3	2493.1	3993.3
待测流量计测量值	1	999.75	2498.74	3999.67
	2	999.75	2498.36	3999.67
	3	999.37	2499.11	4000.1
	平均值	999.6	2498.7	3999.8
示值误差(%)		-0.16	0.22	0.16

3.5 采样流速测量误差

附表3-18　采样流速测量误差验证结果汇总表

检测点 / 仪器编号	5 m/s		10 m/s	15 m/s	20 m/s	25 m/s
	绝对误差（m/s）	相对误差				
A-1	0.30	5.91%	1.92%	0.21%	-0.80%	-1.12%
A-2	0.38	7.52%	3.45%	1.64%	0.41%	-0.21%
A-3	0.25	4.94%	2.45%	1.39%	0.48%	-0.57%
B-1	0.34	6.84%	1.63%	0.71%	1.67%	1.31%
B-2	0.41	8.25%	0.40%	1.02%	0.21%	1.58%
C-1	0.79	15.76%	-0.73%	-1.90%	-1.50%	-0.82%
C-2	-0.04	-0.73%	-2.08%	-0.54%	0.99%	1.48%
D-1	-0.08	-1.64%	0.27%	0.78%	-0.49%	0.33%
D-2	0.00	-0.07%	-0.60%	-0.45%	-0.52%	-0.26%
E-1	0.02	0.45%	0.98%	5.06%	4.90%	3.47%
F-1	-0.13	-2.68%	-3.37%	0.36%	0.29%	0.43%
F-2	-0.17	-3.34%	-2.59%	-1.18%	-0.20%	0.10%
G-1	-0.05	-1.01%	-1.88%	-0.13%	1.26%	0.08%
G-2	0.09	1.82%	3.87%	2.43%	0.65%	-0.24%
G-3	-0.03	-0.60%	2.84%	3.86%	3.54%	0.40%
H-1	-0.16	-3.13%	-5.35%	-1.13%	2.48%	0.48%
H-2	0.01	0.20%	-0.99%	1.01%	2.14%	1.91%
拟定指标	±0.5 m/s		±5%			

3.6 等速跟踪吸引误差

附表3-19　等速跟踪吸引误差验证结果汇总表

检测点 / 仪器编号	5 m/s	10 m/s	15 m/s	20 m/s	25 m/s
A-1	0.00%	-1.09%	-2.03%	-1.92%	-1.58%
A-2	-2.00%	-3.16%	-1.33%	2.42%	-1.24%
A-3	-3.64%	1.09%	0.00%	-2.06%	-1.21%
B-1	-6.52%	-6.38%	-6.49%	-6.12%	-5.31%
B-2	-3.64%	-3.03%	-3.77%	-3.94%	-5.33%
C-1	-2.13%	-1.09%	1.99%	1.04%	1.67%
C-2	-8.70%	-8.89%	-7.53%	-8.46%	-8.06%
D-1	3.92%	0.00%	-0.68%	0.52%	2.92%
D-2	1.96%	-5.88%	0.68%	-1.02%	0.40%
E-1	-5.45%	3.81%	1.32%	0.50%	0.82%
F-1	-1.44%	-0.92%	0.95%	1.88%	0.26%
F-2	-0.20%	0.59%	2.21%	4.90%	2.09%
G-1	-2.55%	5.88%	-0.48%	2.51%	1.92%
G-2	6.40%	-2.35%	1.30%	2.34%	-1.92%
G-3	-1.80%	-3.37%	1.10%	6.58%	2.86%
H-1	1.57%	1.17%	1.25%	0.79%	-1.18%
H-2	4.00%	-1.70%	-2.38%	2.01%	-1.68%
拟定指标	±8%				

3.7 等速跟踪响应时间

附表3-20　等速跟踪响应时间验证结果汇总表

仪器编号	上升时间（s）	下降时间（s）
A-1	16.8	13.2
A-2	10.5	11.9
A-3	12.1	13.8
B-1	13.1	15.6
B-2	19.2	16.8
C-1	14.0	17.3
C-2	19.7	16.3
D-1	12.9	19.1
D-2	19.8	17.1
E-1	7.1	6.9
F-1	5.4	6.9
F-2	6.7	5.3
G-1	9.0	13.2
G-2	11.7	12.8
G-3	6.8	5.5
H-1	10.8	12.4
H-2	12.1	12.3
拟定指标	20	

3.8 无人值守期间

附表3-21　无人值守期间SO_2验证测试结果-型号A

测试日期	时间		SO_2			测试日期	时间		SO_2		
			零点读数		零点漂移				量程读数		量程漂移
	开始	结束	起始（Z_0）	最终（Z_i）	Zd（%）		开始	结束	起始（S_0）	最终（S_i）	S_d（%）
2025/12/24	10:03	10:16	-	0.10	-	2025/12/24	10:03	10:16	-	63.50	-
2025/12/31	10:03	10:16	0.10	0.10	0	2025/12/31	10:03	10:16	63.50	59.10	-5.92
2026/1/7	10:03	10:16	0.10	0.10	0	2026/1/7	10:03	10:16	59.10	60.50	1.88
2026/1/14	10:03	10:16	0.10	0.10	0	2026/1/14	10:03	10:16	60.50	60.10	-0.54
2026/1/21	10:03	10:16	0.10	0.50	0.54	2026/1/21	10:03	10:16	60.10	66.10	8.08
2026/1/28	10:03	10:23	0.50	0.60	0.13	2026/1/28	10:03	10:23	66.10	74.80	11.71
2026/2/4	10:03	10:23	0.60	0.80	0.27	2026/2/4	10:03	10:23	74.80	50.70	-32.44
2026/2/11	10:03	10:23	0.80	0.80	0	2026/2/11	10:03	10:23	50.70	53.90	4.31
2026/2/18	10:03	10:23	0.80	1.10	0.40	2026/2/18	10:03	10:23	53.90	63.60	13.06
2026/2/25	10:03	10:23	1.10	0.90	-0.27	2026/2/25	10:03	10:23	63.60	65.10	2.02
零点漂移最大值					0.54	量程漂移最大值					-32.44
数据异常原因：采样探头滤芯对 SO_2 吸附较高，现场 SO_2 工况浓度高，吸附情况比较严重。											

附表3-22　无人值守期间NO验证测试结果-型号A

测试日期	时间		NO			测试日期	时间		NO		
			零点读数		零点漂移				量程读数		量程漂移
	开始	结束	起始（Z_0）	最终（Z_i）	Zd（%）		开始	结束	起始（S_0）	最终（S_i）	S_d（%）
2025/12/24	10:03	10:23	-	0.20	-	2025/12/24	10:03	10:23	-	82.10	-
2025/12/31	10:03	10:23	0.20	0.10	-0.10	2025/12/31	10:03	10:23	82.10	83.30	1.20
2026/1/7	10:03	10:23	0.10	0.20	0.10	2026/1/7	10:03	10:23	83.30	82.50	-0.80
2026/1/14	10:03	10:23	0.20	0.20	0	2026/1/14	10:03	10:23	82.50	81.30	-1.20
2026/1/21	10:03	10:23	0.20	0.20	0	2026/1/21	10:03	10:23	81.30	83.60	2.3
2026/1/28	10:03	10:23	0.20	0.20	0	2026/1/28	10:03	10:23	83.60	81.00	-2.6
2026/2/4	10:03	10:23	0.20	0.40	0.20	2026/2/4	10:03	10:23	81.00	81.00	0
2026/2/11	10:03	10:23	0.40	0.20	-0.20	2026/2/11	10:03	10:23	81.00	81.50	0.5
2026/2/18	10:03	10:23	0.20	0.20	0	2026/2/18	10:03	10:23	81.50	81.80	0.3
2026/2/25	10:03	10:23	0.20	0.20	0	2026/2/25	10:03	10:23	81.80	81.40	-0.4
零点漂移最大值					-0.2	量程漂移最大值					-2.6

附表3-23　无人值守期间SO_2验证测试结果-型号B

测试日期	时间		SO_2			测试日期	时间		SO_2		
			零点读数		零点漂移				量程读数		量程漂移
	开始	结束	起始（Z_0）	最终（Z_i）	Zd（%）		开始	结束	起始（S_0）	最终（S_i）	S_d（%）
2026/1/7	10:00	10:06	-	-0.47	-	2026/1/7	10:12	10:18	-	43.85	-
2026/1/14	10:00	10:06	-0.47	-0.7	-0.46	2026/1/14	10:11	10:17	43.85	44.01	0.32
2026/2/4	10:00	10:06	-	0.61	-	2026/2/4	10:12	10:18	-	45.72	-
2026/2/11	10:00	10:06	0.61	0.16	-0.9	2026/2/11	10:11	10:17	45.72	47.16	2.88
2026/2/18	10:00	10:06	0.16	0.09	-0.14	2026/2/18	10:11	10:17	47.16	46.68	-0.96
2026/2/25	10:00	10:06	0.09	0.18	0.18	2026/2/25	10:11	10:17	46.68	47.05	0.74
零点漂移最大值					-0.9	量程漂移最大值					2.88

附表 3-24　无人值守期间 NO 验证测试结果-型号 B

测试日期	时间		NO			测试日期	时间		NO		
			零点读数		零点漂移				量程读数		量程漂移
	开始	结束	起始（Z_0）	最终（Z_i）	Zd（%）		开始	结束	起始（S_0）	最终（S_i）	S_d（%）
2026/1/7	10:00	10:06	-	0.06	-	2026/1/7	10:19	10:25	-	42.52	-
2026/1/14	10:00	10:06	0.06	0.05	-0.02	2026/1/14	10:19	10:25	42.52	41.85	-1.34
2026/2/4	10:00	10:06	-	0.22	-	2026/2/4	10:19	10:25	-	45.44	-
2026/2/11	10:00	10:06	0.22	0.93	1.42	2026/2/11	10:19	10:25	45.44	48.34	5.8
2026/2/18	10:00	10:06	0.93	0.69	-0.48	2026/2/18	10:19	10:25	48.34	47.9	-0.88
2026/2/25	10:00	10:06	0.69	0.63	-0.12	2026/2/25	10:19	10:25	47.9	47.61	-0.58
零点漂移最大值					1.42	量程漂移最大值					5.8
数据异常原因：现场排放浓度高，光源能量衰减，气体室镜片受污染。											

附表3-25　无人值守期间NO2验证测试结果-型号B

测试日期	时间		NO_2			测试日期	时间		NO_2		
			零点读数		零点漂移				量程读数		量程漂移
	开始	结束	起始（Z_0）	最终（Z_i）	Zd（%）		开始	结束	起始（S_0）	最终（S_i）	S_d（%）
2026/1/7	10:00	10:06	-	0.26	-	2026/1/7	10:19	10:25	-	46.24	-
2026/1/14	10:00	10:06	0.26	0.6	0.68	2026/1/14	10:19	10:25	46.24	44.76	-2.96
2026/2/4	10:00	10:06	-	0.37	-	2026/2/4	10:19	10:25	-	39.12	-
2026/2/11	10:00	10:06	0.37	0.72	0.7	2026/2/11	10:19	10:25	39.12	41.84	5.44
2026/2/18	10:00	10:06	0.72	-0.65	-2.74	2026/2/18	10:19	10:25	41.84	40.92	-1.84
2026/2/25	10:00	10:06	-0.65	-0.59	0.12	2026/2/25	10:19	10:25	40.92	40.64	-0.56
零点漂移最大值					-2.74	量程漂移最大值					5.44

附表3-26　无人值守期间O_2验证测试结果-型号B

测试日期	时间		O_2			测试日期	时间		O_2		
			零点读数		零点漂移				量程读数		量程漂移
	开始	结束	起始（Z_0）	最终（Z_i）	Zd（%）		开始	结束	起始（S_0）	最终（S_i）	S_d（%）
2026/1/7	10:00	10:06	-	-0.01	-	2026/1/7	10:19	10:25	-	21.11	-
2026/1/14	10:00	10:06	-0.01	-0.01	0	2026/1/14	10:19	10:25	21.11	20.75	-1.44
2026/2/4	10:00	10:06	-	-0.03	-	2026/2/4	10:19	10:25	-	20.96	-
2026/2/11	10:00	10:06	-0.03	-0.06	-0.12	2026/2/11	10:19	10:25	20.96	20.54	-1.68
2026/2/18	10:00	10:06	-0.06	-0.03	0.12	2026/2/18	10:19	10:25	20.54	20.97	1.72
2026/2/25	10:00	10:06	-0.03	-0.04	-0.04	2026/2/25	10:19	10:25	20.97	20.7	-1.08
零点漂移最大值					-0.12	量程漂移最大值					1.72

附表3-27　无人值守期间SO_2验证测试结果-型号C

测试日期	时间		SO_2			测试日期	时间		SO_2		
			零点读数		零点漂移				量程读数		量程漂移
	开始	结束	起始（Z_0）	最终（Z_i）	Zd（%）		开始	结束	起始（S_0）	最终（S_i）	S_d（%）
2025/12/24	10:03	10:16	-	0.11	-	2025/12/24	10:03	10:16	-	90.02	-
2025/12/31	10:03	10:16	0.11	0.34	0.23	2025/12/31	10:03	10:16	90.02	91.06	1.04
2026/1/7	10:03	10:16	0.34	-0.17	-0.51	2026/1/7	10:03	10:16	91.06	90.16	-0.90
2026/1/14	10:03	10:16	-0.17	0.09	0.26	2026/1/14	10:03	10:16	90.16	89.58	-0.58
2026/1/21	10:03	10:16	0.09	-0.04	-0.13	2026/1/21	10:03	10:16	89.58	90.75	1.17
2026/1/28	10:03	10:23	-0.04	0.00	0.04	2026/1/28	10:03	10:23	90.75	123.42	32.67
2026/2/4	10:03	10:23	0.00	-0.16	-0.16	2026/2/4	10:03	10:23	123.42	90.25	-33.17
2026/2/11	10:03	10:23	-0.16	-0.30	-0.14	2026/2/11	10:03	10:23	90.25	90.71	0.46
2026/2/18	10:03	10:23	-0.30	-0.06	0.24	2026/2/18	10:03	10:23	90.71	90.92	0.21
零点漂移最大值					-0.51	量程漂移最大值					-33.17
数据异常原因：压缩空气故障，稀释气与负腔压力报警。											

附表3-28　无人值守期间NO验证测试结果-型号C

测试日期	时间		NO			测试日期	时间		NO		
			零点读数		零点漂移				量程读数		量程漂移
	开始	结束	起始（Z_0）	最终（Z_i）	Zd（%）		开始	结束	起始（S_0）	最终（S_i）	S_d（%）
2025/12/24	10:03	10:23	-	0.04	-	2025/12/24	10:03	10:23	-	90.46	-
2025/12/31	10:03	10:23	0.04	0.01	-0.03	2025/12/31	10:03	10:23	90.46	91.48	1.02
2026/1/7	10:03	10:23	0.01	0	-0.01	2026/1/7	10:03	10:23	91.48	90.16	-1.32
2026/1/14	10:03	10:23	0	0.01	0.01	2026/1/14	10:03	10:23	90.16	64.16	-26
2026/1/21	10:03	10:23	0.01	0.06	0.05	2026/1/21	10:03	10:23	64.16	91.54	27.38
2026/1/28	10:03	10:23	0.06	0.01	-0.05	2026/1/28	10:03	10:23	91.54	53.12	-38.42
2026/2/4	10:03	10:23	0.01	0	-0.01	2026/2/4	10:03	10:23	53.12	89.39	36.27
2026/2/11	10:03	10:23	0	0.03	0.03	2026/2/11	10:03	10:23	89.39	90.78	1.39
2026/2/18	10:03	10:23	0.03	0.04	0.01	2026/2/18	10:03	10:23	90.78	90.42	-0.36
零点漂移最大值					-0.05	量程漂移最大值					-38.42
数据异常原因：压缩空气故障，稀释气与负腔压力报警。											

附表3-29　无人值守期间O_2验证测试结果-型号C

测试日期	时间		O_2			测试日期	时间		O_2		
			零点读数		零点漂移				量程读数		量程漂移
	开始	结束	起始（Z_0）	最终（Z_i）	Zd（%）		开始	结束	起始（S_0）	最终（S_i）	S_d（%）
2025/12/24	10:03	10:23	-	0.03	-	2025/12/24	10:03	10:23	-	22.15	-
2025/12/31	10:03	10:23	0.03	0.02	-0.04	2025/12/31	10:03	10:23	22.15	22.43	1.12
2026/1/7	10:03	10:23	0.02	0.04	0.08	2026/1/7	10:03	10:23	22.43	22.39	-0.16
2026/1/14	10:03	10:23	0.04	0.04	0	2026/1/14	10:03	10:23	22.39	22.24	-0.6
2026/1/21	10:03	10:23	0.04	0.03	-0.04	2026/1/21	10:03	10:23	22.24	22.54	1.2
2026/1/28	10:03	10:23	0.03	0.03	0	2026/1/28	10:03	10:23	22.54	22.46	-0.32
2026/2/4	10:03	10:23	0.03	0.04	0.04	2026/2/4	10:03	10:23	22.46	22.39	-0.28
2026/2/11	10:03	10:23	0.04	0.04	0	2026/2/11	10:03	10:23	22.39	22.55	0.64
零点漂移最大值					0.08	量程漂移最大值					1.2

附表3-30　无人值守期间SO_2验证测试结果-型号D

测试日期	时间		SO_2			测试日期	时间		SO_2		
			零点读数		零点漂移				量程读数		量程漂移
	开始	结束	起始（Z_0）	最终（Z_i）	Zd（%）		开始	结束	起始（S_0）	最终（S_i）	S_d（%）
2025-12-24	10:00	10:05	-	0.000	-	2025-12-24	10:00	10:05	-	35.732	-
2025-12-31	10:00	10:05	0.000	-0.010	-0.03	2025-12-31	10:00	10:05	35.732	35.549	-0.46
2026-01-07	10:00	10:05	-0.010	0.000	0.03	2026-01-07	10:00	10:05	35.549	35.490	-0.15
2026-01-14	10:00	10:05	0.000	-0.020	-0.05	2026-01-14	10:00	10:05	35.490	35.204	-0.29
2026-2-4	10:00	10:05	-	0.000	-	2026-2-4	10:00	10:05	-	35.005	
2026-2-11	10:00	10:05	0.000	0.002	0.01	2026-2-11	10:00	10:05	35.005	34.879	-0.32
2026-2-18	10:00	10:05	0.002	-0.001	-0.01	2026-2-18	10:00	10:05	34.879	34.632	-0.62
2026-2-25	10:00	10:05	-0.001	-0.010	-0.02	2026-2-25	10:00	10:05	34.632	34.492	-0.35
2026-3-4	10:00	10:05	-0.010	-0.011	0.00	2026-3-4	10:00	10:05	34.492	34.334	-0.39
零点漂移最大值					-0.05	量程漂移最大值					-0.62

附表3-31　无人值守期间NO验证测试结果-型号D

测试日期	时间		NO			测试日期	时间		NO		
			零点读数		零点漂移				量程读数		量程漂移
	开始	结束	起始（Z_0）	最终（Z_i）	Zd（%）		开始	结束	起始（S_0）	最终（S_i）	S_d（%）
2025-12-24	10:00	10:05	-	0.060	-	2025-12-24	10:00	10:05	-	35.760	-
2025-12-31	10:00	10:05	0.060	-0.037	-0.24	2025-12-31	10:00	10:05	35.760	35.033	-1.82
2026-01-07	10:00	10:05	-0.037	-0.010	0.07	2026-01-07	10:00	10:05	35.033	35.061	0.07
2026-01-14	10:00	10:05	-0.010	-0.062	-0.05	2026-01-14	10:00	10:05	35.061	34.349	-0.71
2026-2-4	10:00	10:05	-	-0.016	-	2026-2-4	10:00	10:05	-	34.335	-
2026-2-11	10:00	10:05	-0.016	-0.024	-0.02	2026-2-11	10:00	10:05	34.335	34.083	-0.63
2026-2-18	10:00	10:05	-0.024	-0.030	-0.02	2026-2-18	10:00	10:05	34.083	33.880	-0.51
2026-2-25	10:00	10:05	-0.030	-0.058	-0.07	2026-2-25	10:00	10:05	33.880	33.387	-1.23
2026-3-4	10:00	10:05	-0.058	-0.079	-0.05	2026-3-4	10:00	10:05	33.387	33.063	-0.32
零点漂移最大值					-0.24	量程漂移最大值					-1.82

附表3-32　无人值守期间NO_2验证测试结果-型号D

测试日期	时间		NO_2			测试日期	时间		NO_2		
			零点读数		零点漂移				量程读数		量程漂移
	开始	结束	起始（Z_0）	最终（Z_i）	Zd（%）		开始	结束	起始（S_0）	最终（S_i）	S_d（%）
2025-12-24	10:00	10:05	-	2.206	-	2025-12-24	10:00	10:05	-	46.400	-
2025-12-31	10:00	10:05	2.206	-0.040	-4.49	2025-12-31	10:00	10:05	46.400	44.393	-4.01
2026-01-07	10:00	10:05	-0.040	3.118	6.32	2026-01-07	10:00	10:05	44.393	47.134	5.48
2026-01-14	10:00	10:05	3.118	-0.037	3.16	2026-01-14	10:00	10:05	47.134	-	-
2026-2-4	10:00	10:05	-	-0.062	-	2026-2-4	10:00	10:05	-	42.987	-
2026-2-11	10:00	10:05	-0.062	1.620	3.36	2026-2-11	10:00	10:05	42.987	45.913	5.85
2026-2-18	10:00	10:05	1.620	2.388	1.54	2026-2-18	10:00	10:05	45.913	47.005	2.18
2026-2-25	10:00	10:05	2.388	2.334	-0.11	2026-2-25	10:00	10:05	47.005	45.605	-2.80
2026-3-4	10:00	10:05	2.334	1.022	-2.62	2026-3-4	10:00	10:05	45.605	42.699	-5.81
零点漂移最大值					6.32	量程漂移最大值					5.85

附表3-33　无人值守期间O_2验证测试结果-型号D

测试日期	时间		O_2			测试日期	时间		O_2		
			零点读数		零点漂移				量程读数		量程漂移
	开始	结束	起始（Z_0）	最终（Z_i）	Zd（%）		开始	结束	起始（S_0）	最终（S_i）	S_d（%）
2025-12-24	10:00	10:05	-	1.000	-	2025-12-24	10:00	10:05	-	21.144	-
2025-12-31	10:00	10:05	1.000	0.980	-0.08	2025-12-31	10:00	10:05	21.144	21.057	-0.348
2026-01-07	10:00	10:05	0.980	0.970	-0.04	2026-01-07	10:00	10:05	21.057	20.656	-1.604
2026-01-14	10:00	10:05	0.970	0.959	-0.01	2026-01-14	10:00	10:05	20.656	-	-
2026-2-4	10:00	10:05	-	0.852	-	2026-2-4	10:00	10:05	-	21.258	-
2026-2-11	10:00	10:05	0.852	1.000	0.592	2026-2-11	10:00	10:05	21.258	20.982	-1.104
2026-2-18	10:00	10:05	1.000	0.976	-0.096	2026-2-18	10:00	10:05	20.982	20.637	-1.38
2026-2-25	10:00	10:05	0.976	0.970	-0.024	2026-2-25	10:00	10:05	20.637	20.496	-0.564
2026-3-4	10:00	10:05	0.970	0.991	0.084	2026-3-4	10:00	10:05	20.496	20.340	-0.624
零点漂移最大值					0.592	量程漂移最大值					-1.604

附表3-34　无人值守期间颗粒物验证测试结果-型号E

测试日期	时间		颗粒物			测试日期	时间		颗粒物		
			零点读数		零点漂移				量程读数		量程漂移
	开始	结束	起始（Z_0）	最终（Z_i）	Zd（%）		开始	结束	起始（S_0）	最终（S_i）	S_d（%）
2025/12/24	10:00	10:01	-	0	-	2025/12/24	10:03	10:05	-	29.63	-
2025/12/31	9:59	10:00	0	0.05	0.17	2025/12/31	10:01	10:03	29.63	29.95	1.07
2026/1/7	9:59	10:00	0.05	0.03	-0.07	2026/1/7	10:01	10:03	29.95	30.02	0.23
2026/2/4	9:56	9:57	-	0	-	2026/2/4	9:58	10:00	-	30.22	-
2026/2/11	9:55	9:57	0	0.09	0.3	2026/2/11	9:58	10:00	30.22	30	-0.73
2026/2/18	9:54	9:56	0.09	0	-0.30	2026/2/18	9:57	9:59	30	30.17	0.57
2026/2/25	9:54	9:55	0.00	0.05	0.17	2026/2/25	9:56	9:58	30.17	29.94	-0.77
2026/3/4	9:53	9:54	0.05	0	-0.17	2026/3/4	9:55	9:57	29.94	29.98	0.13
零点漂移最大值					-0.30	量程漂移最大值					1.07

附表3-35　无人值守期间颗粒物验证测试结果-型号F

测试日期	时间		颗粒物			测试日期	时间		颗粒物		
			零点读数		零点漂移				量程读数		量程漂移
	开始	结束	起始（Z_0）	最终（Z_i）	Zd（%）		开始	结束	起始（S_0）	最终（S_i）	S_d（%）
2025/12/24	10:22	10:25	-	0.02	-	2025/12/24	10:26	10:29	-	19.95	-
2025/12/31	10:22	10:25	0.02	0.02	0	2025/12/31	10:26	10:29	19.95	19.96	0.05
2026/1/7	10:22	10:25	0.02	0.02	0	2026/1/7	10:26	10:29	19.96	20.11	0.75
2026/1/14	10:23	10:26	0.02	0.02	0	2026/1/14	10:27	10:30	20.11	20.01	-0.50
2026/1/21	10:23	10:26	0.02	0.02	0.00	2026/1/21	10:27	10:30	20.01	20.33	1.60
2026/1/28	10:24	10:27	0.02	0.01	-0.05	2026/1/28	10:28	10:31	20.33	20.03	-1.50
2026/2/4	10:25	10:28	0.01	0.02	0.05	2026/2/4	10:29	10:32	20.03	20.3	1.35
2026/2/11	10:26	10:29	0.02	0.02	0	2026/2/11	10:30	10:33	20.3	20.4	0.50
2026/2/18	10:26	10:29	0.02	0.02	0.00	2026/2/18	10:30	10:33	20.4	20.1	-1.50
零点漂移最大值					-0.05	量程漂移最大值					1.60

附表3-36　无人值守期间颗粒物验证测试结果-型号G

测试日期	时间		颗粒物			测试日期	时间		颗粒物		
			零点读数		零点漂移				量程读数		量程漂移
	开始	结束	起始（Z_0）	最终（Z_i）	Zd（%）		开始	结束	起始（S_0）	最终（S_i）	S_d（%）
2025/12/25	10:02	10:05	-	0.3	-	2025/12/25	10:02	10:05	-	22.5	-
2025/12/30	10:02	10:05	0.3	0.4	0.4	2025/12/30	10:02	10:05	22.5	22.5	0.00
2026/1/18	9:45	9:48	0.4	0	-1.6	2026/1/18	9:45	9:48	22.5	22.8	1.20
2026/1/25	13:58	14:02	0	0	0	2026/1/25	13:58	14:02	22.8	21.5	-5.20
零点漂移最大值					-1.60	量程漂移最大值					-5.20