

附件 5

《固定污染源废气二氧化碳自动监测技术规范
(征求意见稿)》
编制说明

《固定污染源废气二氧化碳自动监测技术规范》

标准编制组

二〇二六年一月

项目名称：固定污染源废气二氧化碳自动监测技术规范

项目统一编号：2025-16

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、国家应对气候变化战略研究和国际合作中心、上海市浦东监测站

编制组主要成员：王军霞、夏青、陈敏敏、孙国翠、裴冰、杨帆

环境标准研究所技术管理负责人：雷晶

生态环境监测司项目负责人：高锋亮

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 碳排放计量需求	2
2.2 标准体系完善需要	3
2.3 相关法律法规要求	3
3.国内外相关标准研究	4
3.1 二氧化碳分析方法	4
3.2 二氧化碳自动监测相关标准	4
3.3 二氧化碳监测仪器现状	7
4.标准制订的原则和技术路线	8
4.1 标准编制原则	8
4.2 制订技术路线	8
5.主要技术内容及说明	9
5.1 范围	9
5.2 术语及定义	9
5.3 系统组成和功能要求	10
5.4 系统技术性能要求	10
5.5 监测站房要求	11
5.6 安装要求	11
5.7 技术性能指标调试检测	11
5.8 技术验收	12
5.9 日常运行维护要求	12
5.10 质量保证和质量控制要求	13
5.11 数据审核和处理	15
6.相关技术指标的验证	16
6.1 CO ₂ 监测单元的技术指标	16
6.2 废气参数监测单元技术指标	23
6.3 总结	25

《固定污染源废气二氧化碳自动监测技术规范》

编制说明

1. 项目背景

1.1 任务来源

党中央、国务院高度重视应对气候变化工作，习近平总书记多次发表关于应对气候变化的重要讲话，为“双碳”工作指明了基本方向。为贯彻落实减污降碳的总要求，根据《关于发布 2023 年国家生态环境监测标准预研究项目清单（第一批）的通知》（监测函〔2023〕23 号）要求，中国环境监测总站牵头开展了《固定污染源废气二氧化碳自动监测技术规范》预研究工作。预研究结题后，根据《关于开展 2025 年度国家生态环境标准项目实施工作的通知》（环办法规函〔2025〕243 号）要求，中国环境监测总站牵头开展《固定污染源废气二氧化碳自动监测技术规范》（编号：2025—16）的研究。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、国家应对气候变化战略研究和国际合作中心、上海市浦东监测站承担该标准的编制工作。

1.2 工作过程

标准编制组主要开展了以下调查和研究工作：

2023 年 9 月，成立标准制订工作编制组，确定任务分工，形成标准制订的技术路线。

2023 年 10 月～2024 年 1 月，开展调研及资料收集工作，编制完成《固定污染源废气二氧化碳自动监测技术规范》（初稿）。

2024 年 1 月，编制组召开《固定污染源废气二氧化碳自动监测技术规范》（初稿）研讨会，对标准初稿进行讨论。

2024 年 1 月～2024 年 10 月，在 2 家全流程钢铁企业、1 家垃圾焚烧企业、1 家电力企业开展调研，并进行现场测试和自动监测设备比对，在此基础上完成标准文本及编制说明。

2024 年 10 月 25 日，标准编制组组织召开征求意见稿专家研讨会，专家认为，编制单位提供的标准文本格式规范，内容翔实，编制说明要素齐全，验证实验数据完整，符合标准立项要求；制订的标准具有科学性、适用性和可操作性，能够满足废气二氧化碳自动监测的需要，建议尽快纳入标准立项程序。

2024 年 12 月 27 日，生态环境监测司组织召开预研究项目结题暨制修订项目开题论证会，专家组对标准的主要技术内容和制修订工作过程进行了论证，认为项目主编单位提供的材料齐全、内容完整、格式规范，对国内外方法标准及文献进行了充分调研，项目定位准确，技术路线合理可行，验证内容完善。建议加强本标准与仪器及系统技术要求标准的衔接，并按照《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，进一步完善文字表述。

2025 年 1 月～5 月，编制组继续对标准中相关技术指标开展现场实验，组织专家开展研

讨，不断完善标准文本及编制说明。

2025年6月，生态环境部发布《关于开展2025年度国家生态环境标准项目实施工作的通知》（环办法规函〔2025〕243号），《固定污染源废气二氧化碳自动监测技术规范》列入2025年度国家生态环境标准管理项目，编号为2025—16。

2025年11月17日，生态环境部生态环境监测司组织召开标准征求意见稿技术审查会，经专家质询和论证，认为标准主编单位提供的材料齐全、内容完整、格式规范，符合征求意见稿技术审查会要求；标准规定的技术内容合理，依据充分，具有较好操作性。专家提出的修改意见和建议主要包括：建议与国家温室气体相关监测标准或其他行业标准的衔接；结合公开征求意见等后续工作，进一步完善流速监测相关技术内容。会后，编制组按照专家的意见对征求意见稿及编制说明文本进行修改完善，待公开征求意见。

2. 标准制订的必要性分析

2.1 碳排放计量需求

全国碳排放权交易市场是实现碳达峰碳中和目标的核心政策工具之一。2011年以来，北京、天津、上海等地开展了碳排放权交易试点工作；2017年底，中国启动碳排放权交易，2021年起，全国碳市场发电行业第一个履约周期正式启动。2025年，中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于推进绿色低碳转型加强全国碳市场建设的意见》，对我国碳市场建设作出全局性、系统性部署，其中提到“实施碳排放核算分类管理，完善基于排放因子法的核算体系，探索开展基于自动监测的碳排放核算。”

我国开展的碳市场试点中，每个试点地区都有各自的核算和报告指南，其中，北京、上海、广东、深圳和湖北的指南中提到，允许使用CEMS方法来确定温室气体排放量，但监测参数、监测要求、质量保证和质量控制措施等规定缺乏详细的技术要求。在国家层面，2013年~2015年，国家发展改革委发布的24个主要行业的温室气体排放核算方法与报告指南中均采用核算方法确定温室气体排放量。2022年~2025年，生态环境部发布了发电设施、钢铁、水泥、铝冶炼等多个行业的企业温室气体排放核算与报告指南，应用于全国碳排放权交易市场，目前我国碳市场中发电、石化、化工、建材、钢铁、有色、造纸、航空等重点排放行业温室气体排放量目前主要采取核算方法。

碳排放核算和监测体系构建在落实碳达峰、碳中和目标中具有重要作用，是服务企业碳排放核算的重要支撑。国务院印发的《2030年前碳达峰行动方案》（国发〔2021〕23号）提出：“支持行业、企业依据自身特点开展碳排放核算方法学研究，建立健全碳排放计量体系。积极参与国际碳排放核算方法研究，推动建立更为公平合理的碳排放核算方法体系。”为支撑应对气候变化工作成效评估，2021年9月和2023年9月，生态环境部先后印发《碳监测评估试点工作方案》（环办监测〔2021〕435号）和《深化碳监测评估试点工作方案》（环办监测〔2023〕293号），在火电、钢铁、水泥等重点行业组织开展了碳监测评估试点工作。标准体系建设方面，市场监管总局、国家发展改革委、工业和信息化部等9个部委联合印发的《建立健全碳达峰碳中和标准计量体系实施方案》（国市监计量发〔2022〕92号）明确了完善碳排放基础通用标准、加强重点领域碳减排标准体系建设等重点任务；《碳达峰

碳中和标准体系建设指南》（国标委联〔2023〕19号）进一步提出了覆盖基础通用、碳减排、碳清除、市场化机制等四个子体系的碳达峰碳中和标准体系总体框架；《国家应对气候变化标准体系建设方案》（环气候〔2025〕40号）细化了应对气候变化标准体系的建设目标、原则和重点领域，为温室气体监测、报告与核查提供了标准依据。2024年10月，国家发展改革委、生态环境部等8个部委联合发布的《完善碳排放统计核算体系工作方案》中提出，“有序推进碳排放自动监测系统（CEMS）试点应用，鼓励电力、水泥等行业企业先行先试。出台相关监测技术指南、标准规范，开展与核算数据对比分析，提高碳排放监测数据的准确性和可比性。”2024年9月和2025年1月，生态环境部分别发布的全国碳排放权交易市场技术规范《企业温室气体排放核算与报告指南 水泥行业》和《企业温室气体排放核算与报告指南 钢铁行业》中提到：“鼓励有条件的企业加强烟气二氧化碳排放自动监测技术的应用，试运行烟气二氧化碳排放自动监测设备，保障设备稳定运行，比对分析自动监测数据与核算数据差异，试运行期间以核算数据为准。对于连续稳定运行的自动监测设备，后续可根据主管部门要求，申请自动监测设备和数据评估，确定数据获取方式。”因此，尽快研究和发布碳监测相关标准是落实有关文件要求、完善碳排放核算体系的重要工作。

2.2 标准体系完善需要

《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）经数次修订，基本形成了适应我国工业源污染物排放实际的固定污染源烟气自动监测技术规范，主要适用于二氧化硫、氮氧化物和颗粒物。

适用于固定污染源废气中CO₂手工监测的方法已有国家标准，包括《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）、《固定污染源废气 气态污染物（SO₂、NO、NO₂、CO、CO₂）的测定 便携式傅立叶变换红外光谱法》（HJ 1240—2021）。

目前固定污染源二氧化碳自动监测仪器技术比较成熟，开发成本较低，但CO₂自动监测的配套技术规范尚不完善，为此有必要拓展污染源自动监测指标，完善污染源监测技术体系，推进污染源CO₂自动监测系统标准化、规范化建设运行。为规范指导全国固定污染源二氧化碳自动监测系统建设工作，解决目前存在的设备选型混乱、安装运维不规范、运行不稳定等问题，需要制定二氧化碳自动监测技术规范，从而指导CO₂自动监测系统的安装、调试、验收、运行，为相应的环境管理工作提供技术支撑。

2.3 相关法律法规要求

《中华人民共和国环境保护法》第十七条规定“国家建立、健全环境监测制度。国务院环境保护主管部门制定监测规范，会同有关部门组织监测网络，统一规划国家环境质量监测站（点）的设置，建立监测数据共享机制，加强对环境监测的管理”；《中华人民共和国大气污染防治法》第二十三条规定，“国务院环境保护主管部门负责制定大气环境质量和大气污染源的监测和评价规范，组织建设与管理全国大气环境质量和大气污染源监测网，组织开展大气环境质量和大气污染源监测，统一发布全国大气环境质量状况信息。”

因此，为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国大气污染防治法》，改善生态环境质量，规范废气中二氧化碳自动监测，有必要开展固定污染源废气中二氧化碳自动监测的技术规范标准制订。

3. 国内外相关标准研究

3.1 二氧化碳分析方法

对于 CO₂ 气体的测定，目前国内外已公布的方法有化学法、色谱法、电化学法和光谱法等类型，包括化学吸收法（奥氏气体分析仪）、容量滴定法、气敏电极法、非分散红外吸收法（NDIR）、傅里叶变换红外光谱法（FTIR）、光腔衰荡光谱法（CRDS）、离轴积分腔输出光谱法（OA—ICOS）、可调谐半导体激光吸收光谱法（TDLAS）等。我国已发布实施的 CO₂ 监测方法标准如表 1 所示，其中可用于固定污染源废气监测的方法有《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）以及《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）等，分别适用于浓度在 0.03%（0.6 g/m³）以上和 1 g/m³ 以上的 CO₂ 现场监测，鉴于火电、钢铁、水泥等重点行业固定源排放的 CO₂ 浓度均较高，这两种方法均可作为本标准中的参比方法。

表 1 国内二氧化碳监测方法标准

标准号	标准名称	备注
GB/T 31705—2015	气相色谱法本底大气二氧化碳和甲烷浓度在线观测方法	本底大气在线监测
GB/T 34286—2017	温室气体 二氧化碳测量离轴积分腔输出光谱法	环境空气
GB/T 34415—2017	大气二氧化碳（CO ₂ ）光腔衰荡光谱观测系统	本底大气在线监测
HJ 870—2017	固定污染源废气 二氧化碳的测定 非分散红外吸收法	固定污染源
HJ 1240—2021	固定污染源废气 气态污染物（SO ₂ 、NO、NO ₂ 、CO、CO ₂ ）的测定 便携式傅里叶变换红外光谱法	固定污染源
NY/T 1700—2009	沼气中甲烷和二氧化碳的测定气相色谱法	农业

3.2 二氧化碳自动监测相关标准

欧盟、美国和日本有关固定污染源二氧化碳自动监测及仪器的相关技术标准规范主要包括：

（1）国际标准化委员会标准：

Stationary source emissions — Determination of the mass concentration of carbon monoxide, carbon dioxide and oxygen in flue gas — Performance characteristics of automated measuring systems（ISO 12039:2019）固定源排放 烟气中一氧化碳、二氧化碳和氧质量浓度的测定—自动测量系统的性能特征

该标准规定了固定源排放中 CO₂ 自动测量系统的性能特征，明确了仪器精密度、线性、响应时间等基本技术指标要求。

（2）欧盟标准：

1) Air quality — Certification of automated measuring systems — Part 3: Performance

criteria and test procedures for automated measuring systems for monitoring emissions from stationary sources (EN 15267—3:2023)；空气质量—自动检测系统认证—第3部分：固定源排放物自动检测系统性能标准及检测规程

2) Stationary source emissions — Quality assurance of automated measuring systems (EN 14181:2014)；固定污染源排放—自动监测系统的质量保证

这两项标准构成了自动监测系统完整的质量保证体系，EN 15267—3 现场检测中主要考察系统响应时间、长期漂移、线性误差、比对等技术要求，EN 14181 规定了自动监测系统安装后的持续质量保证要求。

(3) 美国标准：

Continuous emission monitoring (40 CFR PART 75) 连续监测系统

美国具有法律强制力的法规性文件，明确规定了自动监测设备的数据记录、报告、校验频率、数据无效与替代等具体要求。

(4) 日本标准：

Continuous analyzer for carbon dioxide in flue gas (JIS B7986:2006) 烟气二氧化碳连续监测仪

这是一项专门的仪器技术标准，详细规定了烟气 CO₂ 自动监测设备的具体技术规格。为本标准中自动监测仪器的结构、功能和技术参数的细化提供了参考。

上述国外标准从仪器性能指标、质量保证框架到自动监测数据等方面为本标准的制定提供了全方位的参考。在标准制定过程中，充分借鉴了国外标准的技术指标要求，制定符合我国固定污染源的实际情况和管理需求的 CO₂ 自动监测技术标准。

表 2 列出了欧盟、美国、日本及国际标准化委员会对二氧化碳自动监测仪器性能指标的具体要求。从各项性能指标的要求来看，在准确度方面，美国和欧盟计算方法不同，各个国家、地区及国际组织对其他相同性能指标的具体要求差异性不大。

表 2 国际国外污染源烟气 CO₂ 自动监测仪器相关标准技术指标比较

指标名称	美国 40 CFR PART 75		欧洲 EN15267—3:2023	日本 JIS B7986:2006	国际标准化组织 ISO:12039—2019
	基本要求	Reduce RATA	现场检测		
响应时间	/	/	≤200 s	≤240 s	≤200 s
重复性	/	/	/	≤±2% F.S.	≤2.0% F.S.
拟合偏差（线性）	/	/	≤±2.0% F.S.	≤±4% F.S.	≤2.0% F.S.
24 h 零点漂移	/	/	/	≤±2% F.S.	≤2.0% F.S.
24 h 量程漂移	/	/	/	≤±2% F.S.	≤2.0% F.S.
无人值守期零点漂移	/	/	≤±3.0% F.S.	/	≤3.0% F.S.
无人值守期量程漂移	/	/	≤±3.0% F.S.	/	≤3.0% F.S.
样气压力变化（3kPa）	/	/	/	/	≤3.0% F.S.
流量变化影响	/	/	/	≤±2% F.S.	≤2.0% F.S.
环境温度变化影响	/	/	/	/	≤3.0% F.S.
电压变化影响	/	/	/	≤±2% F.S.	≤2.0% F.S.
原位式交叉叠加测量光束偏移影响	/	/	/	/	≤2.0% F.S.
干扰物质影响	/	/	/	/	≤4.0% F.S.
振动的影响	/	/	/	/	/
复现性	/	/	≤±3.3% F.S.	/	/
数据有效率	/	/	≥95%	/	/
最小维护间隔	/	/	8 天	/	/
采样管线与处理系统的损耗与泄露	/	/	/	/	≤2.0%测量值
7 天连续校准误差（现场 24 h 漂移）	绝对误差≤0.5%（气体标称值）	/	/	/	/
线性检查（示值误差）	相对误差≤5.0%（气体标称值） 绝对误差≤0.5%（气体标称值）	/	/	/	/
检出限	/	/	/	≤1% F.S.	/
二氧化碳准确度	相对准确度≤10.0% 或绝对误差≤1.0%	相对准确度≤7.5% 或绝对误差≤0.7%	与标准参比方法测量结果的相关函数 R ² ≥0.85	/	/
流速准确度	相对误差≤10.0% 或流速≤10.0 FPS 时绝对误差≤2.0 FPS	相对误差≤7.5% 或流速≤10.0 FPS 时绝对误差≤1.5 FPS	/	/	/
湿度准确度	相对误差≤10.0% 或绝对误差不超过±1.5%	相对误差≤7.5% 或绝对误差不超过±1.0%	/	/	/

注：F.S.表示满量程。

我国现行的《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）和《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）两项环境保护标准历经数次修订，对颗粒物和气态污染物排放自动监测系统相关技术要求作出详细规定，其部分技术内容同样可适用于 CO₂ 和烟气参数自动监测，对本标准编制具有重要参考价值。

除以上标准外，国家能源局发布了电力行业标准《火电厂烟气二氧化碳排放连续监测技

术规范》（DL/T 2376—2021），提出了火电厂烟气二氧化碳自动监测系统的组成和功能、技术性能、安装、调试检测、技术验收、运行管理及数据处理等要求，其中流速正确度按照固定源年均 CO₂ 排放量进行分类规定，适用于火电厂固定源烟气。国家市场监督管理总局发布了《锅炉碳排放在线监测技术指南》（GB/T 45869—2025），提出了锅炉碳排放自动监测的系统性能指标、安装、运行维护和数据处理等要求，其中流速正确度按照锅炉额定蒸发量进行分类规定，适用于燃烧化石燃料的锅炉。工业和信息化部也印发了《钢铁企业二氧化碳排放监测技术规范》（YB/T 6215—2024）、《焦化企业二氧化碳排放监测技术规范》（YB/T 6218—2024）、《铁合金企业二氧化碳排放监测技术规范》（YB/T 6219—2024），标准中均规定废气二氧化碳自动监测系统现场安装、调试和验收技术要求应符合 HJ 75 的相关要求，也可选用固定污染源二氧化碳自动监测的其他方法标准。目前，我国火电、钢铁、水泥等重点行业均纳入碳排放权交易市场，各行业废气排放工况、安装点位条件、二氧化碳排放浓度均不同，但还没有普遍适用于重点行业二氧化碳自动监测的统一技术规范要求。

3.3 二氧化碳监测仪器现状

现有的二氧化碳自动监测仪器品牌、类型繁多，进口及国产仪器、不同测量原理和方式等均占有一定市场份额。目前，废气二氧化碳自动监测系统测量原理主要包括非分散红外吸收法（NDIR）、气体滤波相关红外法、傅立叶变换红外光谱法、可调谐激光光谱法，主流原理为 NDIR，测量方式主要为直接抽取冷干法、直接抽取热湿法、稀释抽取法，仪器原理性能差异不大，大部分国产及进口仪器均可满足目前碳市场各重点行业碳监测应用需求。

表 3 部分品牌 CO₂ 自动监测仪器技术指标

厂商/品牌	进口品牌 1	进口品牌 2	国产品牌 1	进口品牌 3	进口品牌 4	国产品牌 2
采样/预处理方式	直抽/冷干	直抽/冷干	直抽/冷干	冷干/直接抽取法	稀释	直抽/冷干
仪器原理	NDIR	NDIR	NDIR	NDIR	NDIR	NDIR
伴热管线温度	120	150	140	≥120 °C	无	180
冷干法冷凝器温度	4	3	2	2±1 °C	无	2—6
量程	0—20	0—20	0—5—25	0—20	0%~100%	0—50
响应时间	<30 s	12	100	≤100 s	100 s	<200
168h 零点漂移	≤1%F.S.	≤±1%	1	±1%F.S.	+/-0.1%O ₂	±2%满量程以内
168h 量程漂移	≤1%F.S.	≤±1%	1	±2%F.S.	+/-0.1%O ₂	±2%满量程以内
重复性	≤0.5%F.S.	≤±1%	1	±1%F.S.	+/-0.1%O ₂	≤2
示值误差	≤0.5%F.S.	≤±1%	1	<0.5%F.S.	+/-0.1%O ₂	≤2
校准要求	<5%	2%	1	自动/手动标定	+/-0.1%O ₂	±5%以内
校准方式/建议间隔	手动/自动/7 d	自动	零点校准：自动/2h，可设（1—24）h；量程校准：手动/（1—2）周	/	自动、手动都有/24 h 零点自动校准，量程 7 d 校准一次	零点可自动校准，建议间隔 6 h

4. 标准制订的原则和技术路线

4.1 标准编制原则

(1) 坚持管理适用与行业覆盖。标准紧密围绕碳排放监管需求，注重对碳排放监管工作的技术支撑，兼顾不同行业碳排放特点，确保其在各重点排放行业二氧化碳自动监测系统的建设、运行和管理中具备广泛适用性。

(2) 坚持科学先进与操作可行。以成熟可靠的监测技术为基础，确保方法科学、指标先进、流程清晰，便于实际应用，有效支撑碳排放监测管理的快速响应与精准实施。

(3) 坚持体系衔接与标准整合。在符合生态环境管理要求的前提下，注重与现行标准体系的协调统一，对《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)等现行标准中适用于二氧化碳自动监测的相关内容，予以合理参照或引用，对固定污染源废气二氧化碳自动监测系统的建设、运行与管理要求进行系统整合，提升生态环境管理整体效能。

4.2 制订技术路线

(1) 综合梳理温室气体相关的国家生态环境保护政策、法律法规和标准，调研固定污染源二氧化碳自动监测系统国内外相关标准和发展现状，对比研究其应用领域、技术指标；

(2) 基于碳监测试点中二氧化碳自动监测系统安装、运行维护和管理经验总结，提出系统安装、调试检测、验收、运行管理、质量保证及数据审核和处理全过程技术要求并进行验证；

(3) 在碳监测试点企业设计和开展相关现场试验。

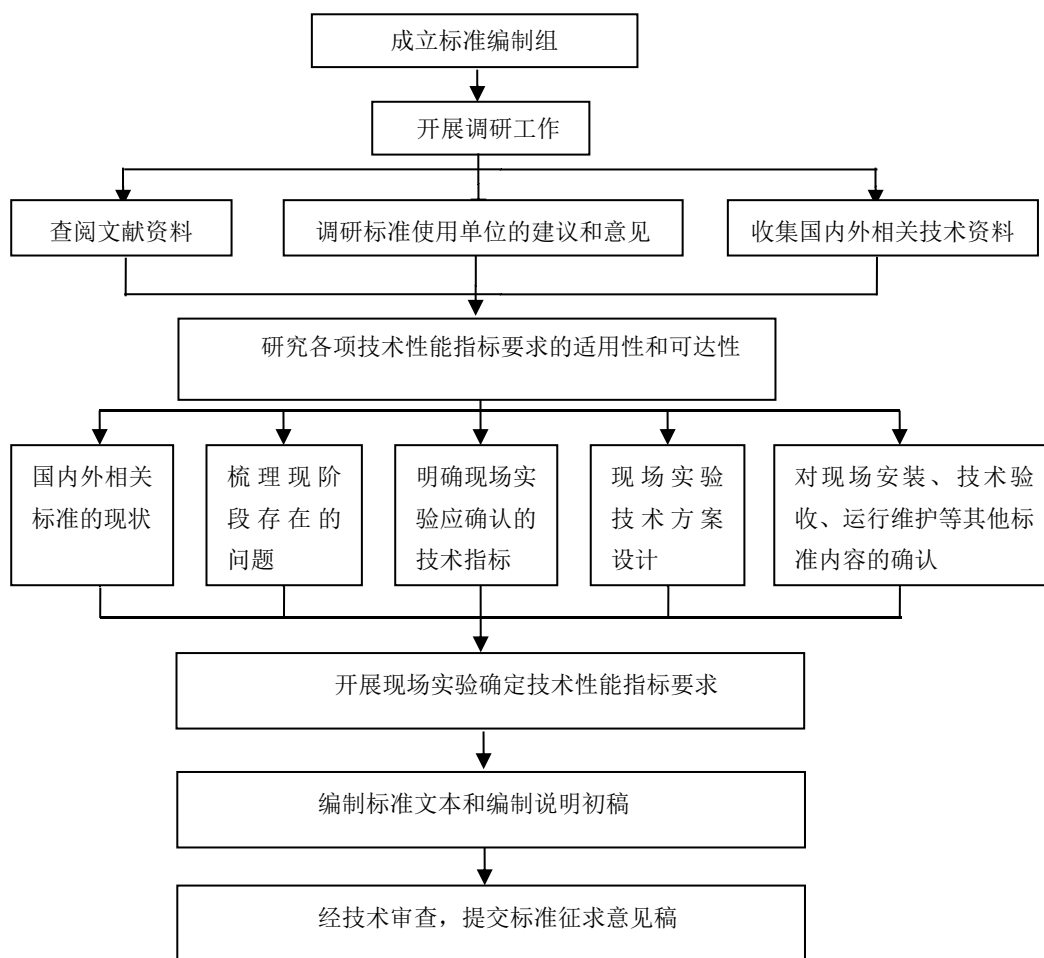


图 1 标准制订的技术路线

5. 主要技术内容及说明

5.1 范围

本标准规定了固定污染源二氧化碳排放连续监测系统的组成和功能、监测站房、安装、技术性能指标调试检测、技术验收、日常运行维护、质量保证和质量控制以及数据审核和处理等有关要求。

本标准适用于固定污染源二氧化碳连续监测系统的建设、运行和管理。

5.2 术语及定义

本标准规定了校准、调整、有效数据、系统响应时间、参比方法、核查、相似工况 7 个术语。

校准、调整、核查等主要参考了《固定污染源废气一氧化碳和氯化氢自动监测技术规范》（HJ 1403—2024）、《固定污染源废气 非甲烷总烃连续监测技术规范》（HJ 1286—2023）中的定义，系统响应时间主要参考了《固定污染源废气二氧化碳自动监测系统技术要求及检测方法》中的定义，相似工况是数据替代中的相关术语定义。

5.3 系统组成和功能要求

系统由二氧化碳监测单元、废气参数监测单元、大气压力监测单元、数据采集与处理单元和自动质控单元组成。

系统应实现连续测量废气中二氧化碳浓度、废气参数，同时计算废气中二氧化碳排放速率和排放量，显示（可支持打印）和记录各种数据和参数，形成相关图表，并通过数据、图文等方式传输的功能。输出参数计算、湿基值和干基值浓度转换应参照 HJ 75 中相关要求。CO₂ 监测单元应具有自动质控功能。数据采集与处理单元应具备数据标记功能，还应具备系统操作日志的记录和调阅功能，并对日志保存期限、内容作了规定。系统的其他功能应符合《固定污染源废气二氧化碳自动监测系统技术要求及检测方法》的相关要求。

5.4 系统技术性能要求

系统的技术性能指标制定方面参考了国际经验做法，并结合验证测试数据和碳监测试点行业二氧化碳排放情况，正确度要求按照重点行业常见排放浓度进行了分段设置，与《固定污染源废气二氧化碳自动监测系统技术要求及检测方法》协调一致，具体见表 4。调试检测方法按照《固定污染源废气二氧化碳自动监测系统技术要求及检测方法》执行。

表 4 调试检测和验收技术性能指标要求

检测项目		技术性能指标要求
CO ₂	系统响应时间	≤200 s
	示值误差	当系统检测 CO ₂ 满量程值 ≥10% 时，示值误差应在标准气体标称值 ±5% 以内； 当系统检测 CO ₂ 满量程值 <10% 时，示值误差应在 F.S. 的 ±2.5% 以内。
	24 h 零点漂移和量程漂移	应在 F.S. 的 ±2.5% 以内。
	正确度	当参比方法测量二氧化碳浓度的平均值： 1) ≥20% 时，相对误差的 95% 置信上限 ≤7.5%； 2) 在 [14%, 20%) 之间时，平均值的绝对误差应在 ±1.4% 以内； 3) 在 [7%, 14%) 之间时，平均值的相对误差应在 ±10% 以内； 4) <7% 时，平均值的绝对误差应在 ±0.7% 以内。
流速	速度场系数精密度	≤5%
	相关系数 ^a	≥9 个数据时，相关系数 ≥0.90。
	正确度	流速 >10 m/s，平均值的相对误差应在 ±8% 以内； 流速 ≤10 m/s，平均值的相对误差应在 ±10% 以内。
温度	正确度	平均值的绝对误差应在 ±3 °C 以内。
湿度	正确度	>15.0% 时，平均值的相对误差应在 ±15% 以内； >5.0%~≤15.0% 时，平均值的相对误差应在 ±20% 以内； ≤5.0% 时，平均值的绝对误差应在 ±1.5% 以内。

检测项目	技术性能指标要求
注 1: 本标准中“正确度”“相对误差的 95%置信上限”在 HJ 75 中称作“准确度”“相对准确度”, 计算方法按照 HJ 75 相关要求执行; 注 2: F.S.表示满量程; 注 3: 二氧化碳参比方法和自动监测测定值均为干基体积浓度值; 注 4: 根据自身质量管理要求, 相关行业企业检测项目可增加含氧量, 技术指标按照 HJ 75 相关要求执行。	
^a 当精密度不满足本标准要求, 进行相关系数调整时应满足本条要求。	

5.5 监测站房要求

监测站房应符合 HJ 75 的相关要求, 同时应配备零气和不同浓度的标准气体, 满足日常零点校准、量程校准、正确度核查的需要。按规定应对监测站房内实施视频监控的, 监控范围应能全天候清晰覆盖日常运行维护区域, 视频图像存储时间应不少于 1 a, 视频的传输、交换和控制应符合 GB/T 28181 的要求。

5.6 安装要求

安装位置满足《排污单位污染物排放口监测点位设置技术规范》(HJ 1405—2024) 中的相关要求, 安装施工满足 HJ 75 中的相关要求。

为进一步保证安装位置的代表性, 提出系统安装前, 可通过现场实测或计算流体力学数值模拟开展烟道流场调查, 选择适宜的烟气流速测量和布点方式。

采样探头和采样探杆等样品采集装置、样品传输管线应具备稳定、均匀加热和保温的功能, 其加热温度应在 120 °C 以上, 加热温度值应能够在机柜或系统软件中显示查询。

按照《生态环境监测条例》提出的视频监控设备安装要求, 提出: 按规定应对监测点位实施视频监控的, 监控范围应覆盖采样区域, 存储时间不少于 1 a, 视频的传输、交换和控制应符合 GB/T 28181 的要求。

5.7 技术性能指标调试检测

技术性能指标的调试检测程序应满足 HJ 75 相关要求。调试检测的技术性能指标包括:

- a) CO₂ 监测单元 24 h 零点漂移、量程漂移;
- b) CO₂ 监测单元系统响应时间;
- c) CO₂ 监测单元示值误差;
- d) CO₂ 监测单元正确度;
- e) 流速监测单元速度场系数;
- f) 流速监测单元速度场系数精密度;
- g) 温度监测单元正确度;
- h) 湿度监测单元正确度。

本标准要求正确度检测须在生产设备正常且稳定运行的条件下开展; 在调试检测期间, 不允许计划外的检修和调试仪器; 如果因系统故障、固定污染源故障、断电等原因造成调试检测中断, 在上述因素恢复正常后, 应重新开展调试检测。技术性能指标应满足表 4 要求, 不满足本标准技术性能指标要求时, 按 HJ 75 相关要求处理。系统调试检测方法按照《固定

污染源废气二氧化碳自动监测系统技术要求及检测方法》中的检测方法进行。调试检测数据记录格式参见标准附录 A，调试检测报告格式参见标准附录 B。

5.8 技术验收

系统的验收程序等参照 HJ 75 相关要求。技术验收的条件包括：

- 1) 安装位置及手工采样位置符合本标准第 7 章要求；
- 2) 按要求进行了调试检测，并提供调试检测合格报告及调试检测结果数据；
- 3) 数据采集和传输以及通信协议均应符合 HJ 212 相关要求，并提供一个月内数据采集和传输自检报告，报告应对数据传输标准的各项内容做出响应；

技术指标验收一般要求包括：

- 1) 技术指标验收包括 CO₂ 监测单元和废气参数监测单元技术指标验收。
- 2) 验收前应对系统进行零点和量程校准，记录设备零点和量程读数，以此作为验收时计算 24 h 零点漂移和量程漂移的初始读数。待二氧化碳正确度验收结束，且至少距初始测试 6 h 后，再通入零气或同一标准气体，待读数稳定后记录零点和量程读数。验收期间除本标准规定操作外，不得对系统进行零点和量程校准与调整、维护、检修和调节。
- 3) 验收期间，生产设备应正常且稳定运行。
- 4) 抽取式原理的系统，进行全系统零点校准和量程校准、示值误差和系统响应时间检测时，零点气和标准气体应通过监测站房预设的管线输送至采样探头处，经由样品传输管线回到站房，经过全套预处理设施后进入 CO₂ 监测单元进行分析，不得直接通入 CO₂ 监测单元。
- 5) 日常运行中更换分析仪表或变动取样点位时，应满足本标准第 7 章要求，并进行再次验收。

技术指标验收内容包括零点漂移、量程漂移、示值误差、系统响应时间和正确度验收。采用参比方法进行正确度验收时，流速、温度、湿度应采集不少于 5 个有效的数据对，二氧化碳采集不少于 9 个有效的数据对。技术指标要求同表 4。

正确度验收时，待测系统与参比方法同步对现场排放二氧化碳进行测量。参比方法可选用已发布的适用于固定污染源二氧化碳排放监测的国家或行业标准方法。流速、温度和湿度等技术指标要求应满足表 4 要求，操作步骤和计算公式应符合 HJ 75 相关要求。

技术指标验收结果应符合表 4 要求。技术指标验收测试报告内容和格式参考 HJ 75。

联网验收内容和技术指标参照 HJ 75、HJ 212 的相关要求。

5.9 日常运行维护要求

系统日常运行维护主要包括定期维护和日常维护保养内容，参考了 HJ 75 中相关要求。

应根据系统使用说明书和本标准的要求编制运行管理规程，明确系统运行操作人员和管理人员的工作职责。运行维护人员应当熟练掌握系统的原理、使用和维护方法。

定期维护要求应做到：

- 1) 每 7 d 至少检查一次站房环境，检查一次标准气体钢瓶压力；
- 2) 每 7 d 至少检查一次温控系统、气密性以及管路的结灰、冷凝水情况，确保采样探

- 头、伴热管线、采样流量满足要求，若发现异常应及时维护；
- 3) 每 7 d 至少检查一次仪表的各项关键参数，检查一次污染物数据和烟气参数的传输，若发现异常应及时维护；
 - 4) 每 30 d 至少检查和维护一次采样探头和流速仪探头、过滤装置、采样泵、反吹装置等；
 - 5) 污染源停运到开始生产前应及时对分析设备及采样、预处理系统和废气参数监测设备性能进行检查；复产后应对 CO₂ 监测单元进行全系统的性能检查和测试；
 - 6) 其他参数定期维护应满足 HJ 75 中定期维护相关要求。维护频次和定期维护记录格式参见本标准附录 C。

常见故障分析及排除应满足 HJ 75 的相关要求，记录格式参见本标准附录 C。对影响采样、监测和传输的故障，应按本标准第 12 章要求进行标记。

日常维护保养应根据系统说明书的要求对系统保养内容、保养周期或耗材更换周期等作出明确规定，每次保养情况应记录并归档。每次进行备件或材料更换时，更换的备件或材料的品名、规格、数量等应记录并归档。如更换有证标准物质或标准样品，还需记录新标准物质或标准样品的来源、有效期和浓度等信息。对日常巡检或维护保养中发现的故障或问题，系统管理维护人员应及时处理并记录。

关于超声波时差法流速测定设备，编制组调研了国内外 6 家代表性设备厂商的超声波流速仪维护需求，见表 5。根据调研情况，本标准规定每 30 d 至少检查一次超声波流速仪探头，要求放置于标准附录 C。

表 5 代表性超声波流速仪维护需求

品牌	维护方式	维护频次
国外品牌 1	使用湿布擦拭探头	因探头信号具备自增益功能，可自主调增信号强度，仅在信号质量低于限值时需进行维护
国外品牌 2	有反吹气幕隔绝烟气对换能器探头的侵蚀	初次安装和最初的 3 个月，每 30 d 将换能器探头拆下进行直观检查，后续每 6 m 将换能器探头拆下进行直观检查
国内品牌 1	对穿式探头一般配备反吹风机；单侧插入式不具备安装反吹条件，需手动清理探头	对穿式探头可连续运行 6 个月以上；单侧插入式手动维护频次视工作环境而定
国内品牌 2	不具备反吹功能，需手动清洁，可选配防尘罩保证在恶劣工作长期运行	粉尘和油污大环境建议两周清洁一次，其他环境建议一个月清洁一次
国内品牌 3	具备探头反吹清洁功能	探头换能器表面一个月至少清洁一次
国内品牌 4	将探头拔出，清理探头表面	系统安装后 3 d 第一次检查，而后 30 d 再次检查，如无问题，则可以 3 m 为间隔检查

5.10 质量保证和质量控制要求

5.10.1 定期校准和调整

定期校准和调整应做到：

- 1) 抽取式CO₂监测单元每7 d使用零点气和80%~100%量程值的CO₂标准气体至少校准和调整一次CO₂分析仪的零点和量程，并测试和记录零点漂移和量程漂移；直接测量式CO₂监测单元每15 d至少校准和调整一次零点和量程；
- 2) 抽取式CO₂监测单元每3个月使用20%~30%量程值、50%~60%量程值、80%~100%量程值的CO₂标准气体至少进行一次全系统校准和调整，要求零点气和标准气体通过监测站房预设的校准管线输送至采样探头处，经由样品传输管线回到站房，与样品气体通过路径一致，进行零点和量程漂移、示值误差、系统响应时间测试，并记录相应数据；
- 3) 具有自动校准功能的流速监测单元每24 h至少进行一次零点校准和调整，无自动校准功能的流速监测单元每30 d至少进行一次零点校准和调整；
- 4) 校准和调整技术指标应满足标准中表2要求，记录格式参见本标准附录C；
- 5) 校准和调整时段应按要求进行数据标记。其他要求按照HJ 75执行。

关于超声波时差法流速测定设备，编制组调研了国内外6家代表性设备厂商的超声波流速仪校准需求，见表6。由调研结果可见，HJ 75中“具有自动校准功能的流速CMS每24 h至少进行一次零点校准，无自动校准功能的流速CMS每30 d至少进行一次零点校准”也适用于常见的超声波流速仪，因此本标准中不新增流速监测单元定期校准要求。

表6 代表性超声波流速仪校准需求

品牌	现场校准方式	校准频次
国外品牌1	自动校准	可选择10 min/30 min/60 min/90 min/2 h/4 h/6 h/8 h/12 h/18 h/24 h/2 d/3 d/7 d 周期进行自动零满点检查
国外品牌2	自动校准	可根据需要设置校准周期
国内品牌1	手动校准	一般每个月校准一次
国内品牌2	手动校准	每周校准一次零点
国内品牌3	手动校准	/
国内品牌4	手动校准	/

5.10.2 正确度核查

每3个月至少做一次正确度核查，参比方法与系统同时段数据进行比对，数据对个数按验收要求执行。

当核查结果不符合7.2中正确度指标要求时，则应对系统进行故障排查和维护，直至符合要求。

5.10.3 标准气体

标准气体应在有效期内使用，其标准物质认定证书中不确定度应在±2%以内；零气一般为高纯氮气（纯度≥99.999%），如含有其他气体，浓度不得干扰仪器的读数；采用稀释设备对标准气体进行稀释配比的，稀释设备流量示值误差应在设定流量的±1%以内。自动质控单元各气体流量计使用流量一般不低于流量满量程值的20%。

5.10.4 校准和调整、正确度核查技术指标要求及数据失控时段的判别与处理

校准和调整、正确度核查期间的技术指标要求及数据失控时段的判别标准及失控情况下的处理主要参考了表4和HJ 75的相关要求。

5.10.5 技术指标抽检

与HJ 75要求相一致，开展监测监管或质量管理时，可对部分或全部技术指标抽检，检测结果应符合表4要求。若对零点和量程进行校准，可使用单一浓度标气；监测样品数量可相应减少，二氧化碳至少获取6个数据对，流速、温度、湿度至少获取3个数据对。

5.11 数据审核和处理

非正常运行时段（如系统故障期间、维修期间、超期限未校准时段、失控时段以及有计划的维护保养、校准等时段）均为数据无效时间段。无效时间段的CO₂排放量数据需进行替代处理，浓度无需替代。

基于碳监测试点的实测数据，常见无效数据的时间段有校准等导致的2h、仪器故障导致的3h~8h等。系统比较5种数据替代方式如下。

方式一：前后平均法。针对工况较为稳定的排放源，随机选取几组连续监测数据，分别模拟2h、5h、10h无效时间段情况，以失效前和恢复正常运行后的CO₂排放量的小时平均值，与模拟失效时间段的原始CO₂排放量的小时平均值相比，得到相对误差。结果表明，水泥企业因工况较稳定，偏差较小，数据缺失2h~10h的偏差范围均在5.5%以内；火电行业负荷不稳定的机组数据替代误差范围较大，为0~50%或以上，替代结果与负荷波动情况直接相关，负荷变化较大时，数据替代结果随机性也较大。对于工况较为稳定的行业，综合考虑提到数据与原始数据的接近程度与计算的便捷程度，本标准规定取失效前和恢复正常运行后的4h CO₂排放量小时平均值，作为无效时间段的CO₂排放量小时平均值，进行数据替代。

方式二：相似工况法。该方法数据替代结果与排放量—负荷的相关性直接相关，相关性较好时替代结果较好，相关性较差时，替代结果偏差较大。火电机组的排放量和其主蒸汽流量呈现明显的相关特性，随机6台机组的相关系数见表7。因此，充分考虑到火电机组全天负荷变化明显、全年排放量较大的实际情况，针对火电机组单独定义相似工况，以某一小时平均产物量（或标记参数）为基准，该小时前、后平均产物量与基准值的差≤1%的小时点，称为互为相似工况点，采用前后各4个相似工况点的小时平均值作为替代数据，使数据替代结果更加接近真实情况。

表7 火电机组单位小时负荷率（主蒸汽，%）和单位小时碳排放量的相关系数

电厂	1	2	3	4	5	6
Spearman 相关系数	0.915	0.977	0.927	0.977	0.991	0.951

表 8 无效数据以相似工况不同时长数据替代后的相对误差（火电）

相似点数	小时点	1 个	2 个	3 个	4 个	5 个
电厂 1	点 1	1.4%	0.8%	0.4%	0.0%	
	点 2	-0.7%	0.5%	0.9%	0.9%	
	点 3	-0.1%	1.9%	1.3%		
	点 4	-0.8%	-0.4%	-0.2%	-0.1%	
电厂 2	点 1	2.3%	1.8%	1.5%		
	点 2	0.7%	-0.1%			
	点 3	-0.9%	-1.6%	-1.2%		
	点 4	2.9%	0.6%	0.2%	0.1%	0.9%
电厂 3	点 1	1.9%	-3.7%	-1.5%		
	点 2	4.7%	0.0%	-2.0%	-2.2%	0.0%
	点 3	1.3%	-2.0%	-2.4%	1.8%	1.8%
	点 4	-0.6%	2.2%	0.1%	-1.2%	-0.4%

方式三：排放因子法。以数据缺失前 1 日的平均碳排放量除以该日平均产物量，得到排放因子，对于该日缺失小时数值排放量，以排放因子乘以该小时产物量获得替代碳排放量。该方法替代结果同样与排放量一负荷的相关性直接相关，相关性较差时，替代结果偏差较大。

方式四：PART 75 方法。浓度采用前后各 1 h 平均值取值，流速则将试点机组前 720 h 的全部数据按照负荷率划分为 10 组，用该组内平均值进行替代。该方法替代结果与机组运行工况有关，若大部分的运行工况点在低负荷区间，替代结果偏小，反之将偏大。

方式五：HJ 75 方法。按照 HJ 75 规则，连续无效小时数<24 h 时，以失效前 180 个有效小时排放量的最大值进行替代，连续无效小时数>24 h 时，以失效前 720 个有效小时排放量的最大值进行替代。与实际排放量比较，替代排放量明显增大，可考虑作为数据有效率不足时的惩罚措施。

兼顾碳排放量数据准确度要求和对低数据有效率适度惩罚的管理需求，标准规定在数据失效时间小于 24 h 时，对于火电机组，采用失效前 4 个和恢复正常运行后的 4 个以主蒸汽负荷率为基准的相似工况点的小时平均值，进行数据替代；除火电外的其他机组/生产设施，采用失效前 4 h 均值和恢复正常运行后 4 h 排放量的小时平均值作为无效时间段的 CO₂ 排放量小时平均值，进行数据替代。对于数据失效时间大于 24 h 等其他情形，则按照 HJ 75 中排放量的数据无效时间段数据处理相关要求执行。

6. 相关技术指标的验证

6.1 CO₂ 监测单元的技术指标

6.1.1 24 h 零点漂移、量程漂移

24 h 零点漂移和量程漂移技术性能指标参考 HJ 75 中 SO₂、NO_x 的技术指标要求，为 F.S. 的±2.5%以内。在钢铁、火电、焚烧等不同行业和点位安装的 CO₂ 分析仪器涵盖进口和国产设备，原理包括冷干直抽法、稀释法、抽取式（傅里叶），在每周开展的零点及量程漂移测试结果中随机选取 105 次测试结果，性能指标均能满足 F.S.的±2.5%以内。

表 9 零点及量程漂移技术指标要求

标准编号	监测因子	示值误差技术指标要求
本标准	二氧化碳	应在 F.S.的±2.5%以内。(F.S.表示满量程)

表 10 试验测试零点及量程漂移汇总

测试次数	零点漂移 (%)	跨度漂移 (%)	测试次数	零点漂移 (%)	跨度漂移 (%)	测试次数	零点漂移 (%)	跨度漂移 (%)
1	-0.13	0.22	36	0.07	0.05	71	0.07	-0.11
2	0.14	0.04	37	0.06	-0.05	72	0.12	-0.22
3	0.14	0.21	38	0.06	0.11	73	0.01	0.10
4	-0.15	-0.02	39	0.01	-0.25	74	0.02	0.01
5	-0.09	0.24	40	0.04	-0.15	75	0.09	-0.08
6	-0.01	-0.04	41	0.14	0.12	76	0.14	0.08
7	0.12	-0.19	42	0.08	0.14	77	-0.06	-0.09
8	0.14	-0.07	43	0.15	-0.14	78	-0.06	0.17
9	0.08	0.23	44	0.11	-0.16	79	0.12	0.15
10	0.06	0.20	45	-0.07	-0.07	80	0.09	0.22
11	0.05	0.21	46	0.11	-0.22	81	-0.15	0.10
12	-0.15	0.19	47	0.10	-0.24	82	-0.12	-0.03
13	0	0.21	48	0.06	-0.13	83	-0.10	0.11
14	-0.02	-0.05	49	-0.10	0.01	84	-0.14	0.21
15	-0.04	-0.08	50	-0.15	-0.09	85	0.15	0.23
16	0.08	-0.2	51	0.05	0.11	86	0.05	0.13
17	-0.14	0.07	52	0.01	-0.17	87	-0.09	-0.14
18	-0.05	-0.10	53	0.07	0.09	88	-0.07	0.20
19	0.03	-0.24	54	0	0.12	89	0.11	0.08
20	-0.14	-0.20	55	-0.05	-0.11	90	0.07	-0.02
21	0	-0.03	56	0.01	-0.18	91	-0.12	-0.22
22	-0.08	-0.25	57	0.13	0.10	92	-0.08	0.10
23	-0.03	0.20	58	-0.06	-0.19	93	-0.15	0.02
24	-0.14	-0.06	59	0.12	-0.11	94	-0.09	0.13
25	-0.10	0.14	60	0.03	0.19	95	0.06	0
26	0.08	-0.05	61	-0.04	-0.19	96	-0.09	0.08
27	-0.15	0	62	-0.12	-0.11	97	0.06	0.15
28	0.03	-0.02	63	-0.13	-0.16	98	0.08	-0.24
29	-0.08	-0.07	64	0.13	0.05	99	-0.09	-0.20
30	-0.14	-0.12	65	-0.15	-0.02	100	0.11	-0.22
31	0.04	0.11	66	0.01	0.06	101	0.09	0.19
32	-0.09	0.23	67	0.04	0.09	102	0.11	0.01
33	-0.05	0.04	68	0.14	-0.03	103	-0.04	-0.17
34	0.12	0.03	69	-0.11	-0.07	104	-0.10	0

测试次数	零点漂移 (%)	跨度漂移 (%)	测试次数	零点漂移 (%)	跨度漂移 (%)	测试次数	零点漂移 (%)	跨度漂移 (%)
35	0.15	0.06	70	0.07	-0.05	105	0.10	0.11

6.1.2 系统响应时间

考虑到传输时间过长一方面会影响自动数据的准确性和稳定性，另一方面也会增加日常标气损耗、运维及维修难度，因此增加系统响应时间要求，本标准规定系统响应时间 ≤ 200 s。现场试验的 24 组数据均可满足要求。

表 11 系统响应时间技术指标要求

标准编号	监测因子	技术指标要求
本标准	二氧化碳	≤ 200 s

表 12 试验测试响应时间汇总

测试次数	响应时间 (s)	采样方式	仪器商
1	97	冷干法—抽取式	国产品牌 1
2	103	冷干法—抽取式	国产品牌 2
3	139	冷干法—抽取式	国产品牌 3
4	99	冷干法—抽取式	进口品牌 1
5	100	冷干法—抽取式	进口品牌 2
6	121	冷干法—抽取式	进口品牌 3
7	88	稀释法	进口品牌 4
8	101	抽取式 (傅里叶)	进口品牌 5
9	134	冷干法—抽取式	国产品牌 1
10	50	冷干法—抽取式	国产品牌 2
11	110	冷干法—抽取式	国产品牌 3
12	71	冷干法—抽取式	进口品牌 1
13	68	冷干法—抽取式	进口品牌 2
14	101	冷干法—抽取式	进口品牌 3
15	100	稀释法	进口品牌 4
16	131	抽取式 (傅里叶)	进口品牌 5
17	98	冷干法—抽取式	国产品牌 1
18	98	冷干法—抽取式	国产品牌 2
19	102	冷干法—抽取式	国产品牌 3
20	88	冷干法—抽取式	进口品牌 1
21	102	冷干法—抽取式	进口品牌 2
22	141	冷干法—抽取式	进口品牌 3
23	85	稀释法	进口品牌 4
24	99	抽取式 (傅里叶)	进口品牌 5

6.1.3 示值误差

示值误差技术要求主要参考 HJ 75 中 SO₂、NO_x 的示值误差要求。为验证技术指标设置的可达性，编制组对不同品牌、厂家的二氧化碳自动监测设备开展了现场测试，现场试验的 24 组数据均可满足要求。

表 13 示值误差技术指标要求

标准编号	监测因子	示值误差技术指标要求
HJ 75	二氧化硫	当满量程 $\geq 100 \mu\text{mol/mol}$ (286 mg/m ³) 时，示值误差应在 $\pm 5\%$ 以内（相对于标准气体标称值）； 当满量程 $< 100 \mu\text{mol/mol}$ (286 mg/m ³) 时，示值误差应在 $\pm 2.5\%$ 以内（相对于仪表满量程值）。
	氮氧化物	当满量程 $\geq 200 \mu\text{mol/mol}$ (410 mg/m ³) 时，示值误差应在 $\pm 5\%$ 以内（相对于标准气体标称值）； 当满量程 $< 200 \mu\text{mol/mol}$ (410 mg/m ³) 时，示值误差应在 $\pm 2.5\%$ 以内（相对于仪表满量程值）。
本标准	二氧化碳	当系统检测 CO ₂ 满量程值 $\geq 10\%$ 时，示值误差应在标准气体标称值 $\pm 5\%$ 以内； 当系统检测 CO ₂ 满量程值 $< 10\%$ 时，示值误差应在 F.S.的 $\pm 2.5\%$ 以内。

表 14 试验测试示值误差汇总

测试次数	示值误差 (%)	采样方式	仪器商
1	-1.00	冷干法—抽取式	国产品牌 1
2	0.38	冷干法—抽取式	国产品牌 2
3	-0.22	冷干法—抽取式	国产品牌 3
4	0.01	冷干法—抽取式	进口品牌 1
5	-0.49	冷干法—抽取式	进口品牌 2
6	-0.37	冷干法—抽取式	进口品牌 3
7	0.26	稀释法	进口品牌 4
8	0.15	抽取式（傅里叶）	进口品牌 5
9	0.49	冷干法—抽取式	国产品牌 1
10	0.51	冷干法—抽取式	国产品牌 2
11	1.58	冷干法—抽取式	国产品牌 3
12	1.98	冷干法—抽取式	进口品牌 1
13	-4.20	冷干法—抽取式	进口品牌 2
14	-2.42	冷干法—抽取式	进口品牌 3
15	0.25	稀释法	进口品牌 4
16	0.98	抽取式（傅里叶）	进口品牌 5

测试次数	示值误差 (%)	采样方式	仪器商
17	-2.50	冷干法—抽取式	国产品牌 1
18	0.51	冷干法—抽取式	国产品牌 2
19	-1.02	冷干法—抽取式	国产品牌 3
20	0.01	冷干法—抽取式	进口品牌 1
21	-0.02	冷干法—抽取式	进口品牌 2
22	-2.97	冷干法—抽取式	进口品牌 3
23	0.21	稀释法	进口品牌 4
24	-0.15	抽取式 (傅里叶)	进口品牌 5

6.1.4 正确度

CO₂ 监测单元的正确度技术要求如下：

表 15 CO₂ 浓度正确度技术性能指标要求

检测项目		技术性能指标要求
CO ₂	正确度	当参比方法测量废气中二氧化碳排放浓度的平均值： 1) $\geq 20\%$ 时，相对误差的 95%置信上限 $\leq 7.5\%$ ； 2) 在 $[14\%, 20\%)$ 之间时，平均值的绝对误差应在 $\pm 1.4\%$ 以内； 3) 在 $[7\%, 14\%)$ 之间时，平均值的相对误差应在 $\pm 10\%$ 以内； 4) $< 7\%$ 时，平均值的绝对误差应在 $\pm 0.7\%$ 以内。
注 1: F.S.表示满量程；		
注 2: 二氧化碳参比方法和自动监测测定值均为干基体积浓度值。		

在钢铁企业的焦炉、烧结、高炉、冷轧和热轧热处理炉、石灰窑，及火电企业、水泥企业、焚烧企业的 CO₂ 主要排放点位开展了现场监测，监测设备涵盖国产及进口品牌、稀释法及冷干法、非分散红外法及傅里叶变换红外光谱法，不同行业、点位的二氧化碳排放浓度范围为 1%~30%，见图 2，分布范围较广。在火电、钢铁、水泥等常见重点行业企业开展的共 100 组正确度测试结果中，84 组满足指标要求，16 组不满足要求，具体见表 16、表 17 和图 3。

表 16 CO₂ 浓度正确度试验数据汇总

测试次数	手工监测 (%)	自动监测 (%)	测试次数	手工监测 (%)	自动监测 (%)	测试次数	手工监测 (%)	自动监测 (%)
1	5.70	5.19	35	1.49	1.58	69	25.28	25.92
2	18.68	18.71	36	3.82	3.98	70	3.26	3.40
3	24.96	24.74	37	25.36	25.37	71	22.21	23.00
4	24.58	25.45	38	21.23	22.15	72	1.92	1.87
5	0.59	0.17	39	5.12	4.88	73	25.39	25.31
6	2.59	2.62	40	29.51	28.04	74	24.87	24.67
7	25.33	23.43	41	18.53	18.18	75	5.95	6.13
8	6.39	6.52	42	26.49	26.29	76	16.85	16.12

测试次数	手工监测 (%)	自动监测 (%)	测试次数	手工监测 (%)	自动监测 (%)	测试次数	手工监测 (%)	自动监测 (%)
9	0.38	0.25	43	0.16	0.20	77	25.59	24.33
10	21.87	22.40	44	0.63	0.46	78	0.04	0.33
11	0.44	0.19	45	5.07	5.11	79	5.34	5.24
12	0.27	0.11	46	26.02	25.99	80	3.30	3.29
13	3.08	3.03	47	21.70	21.89	81	20.54	21.44
14	23.08	23.52	48	5.58	5.67	82	22.07	22.63
15	3.74	3.81	49	5.77	5.54	83	3.99	4.15
16	22.79	23.01	50	23.39	23.56	84	0.61	0.63
17	5.83	5.47	51	0.09	0.06	85	23.61	23.92
18	11.92	11.54	52	0.06	0.03	86	10.48	10.70
19	18.99	20.02	53	12.26	12.35	87	0.05	0.20
20	17.47	17.94	54	25.93	26.13	88	24.35	24.70
21	5.34	5.10	55	5.70	5.27	89	16.21	16.87
22	28.99	27.18	56	24.38	23.20	90	26.16	24.62
23	2.59	2.62	57	17.95	17.80	91	11.41	10.83
24	0.23	0.07	58	0.60	0.37	92	10.59	11.83
25	5.83	7.41	59	2.20	2.11	93	18.33	17.76
26	0.61	0.50	60	28.00	26.57	94	5.38	5.03
27	24.45	24.53	61	26.01	25.94	95	26.73	24.45
28	25.56	24.09	62	22.87	22.70	96	6.09	5.70
29	4.39	4.11	63	5.85	5.32	97	25.38	25.84
30	22.57	22.60	64	0.49	0.31	98	26.30	25.84
31	0.12	0.20	65	26.02	26.29	99	25.38	25.82
32	0.86	0.70	66	1.69	1.42	100	26.30	25.82
33	8.61	9.23	67	3.61	3.83			
34	26.15	26.32	68	12.22	12.25			

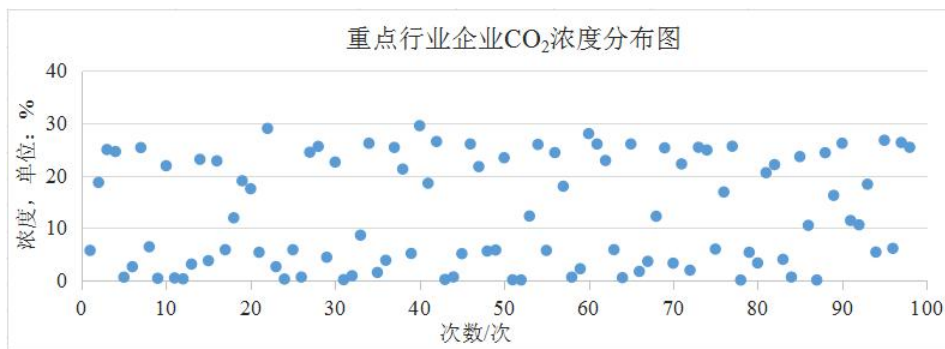
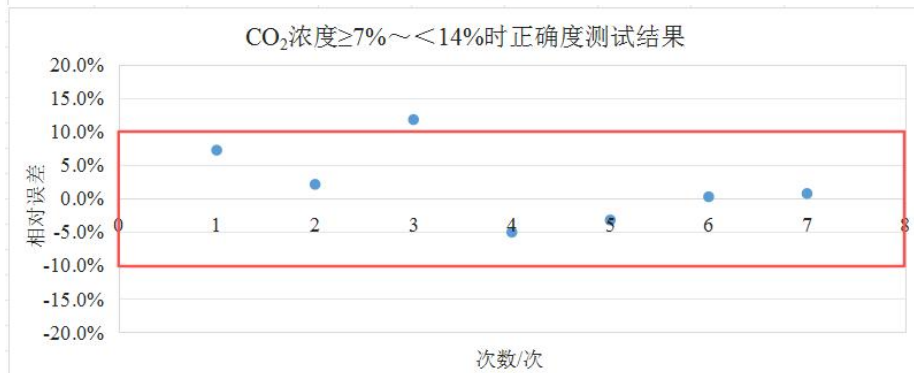
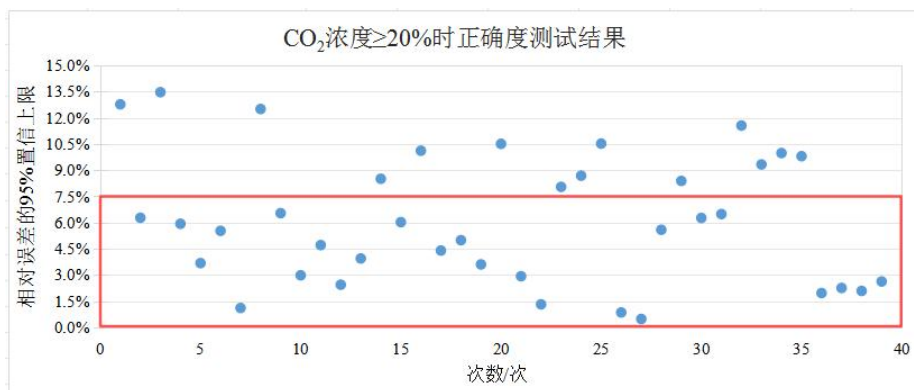


图 2 正确度试验中重点行业企业 CO₂ 浓度分布图

表 17 CO₂ 浓度正确度试验结果分布表

浓度范围	出现次数	满足性能指标要求次数	不满足性能指标要求次数
≥20%	39	25	14
≥14%~<20%	8	8	0
≥7%~<14%	7	6	1
<7%	46	45	1



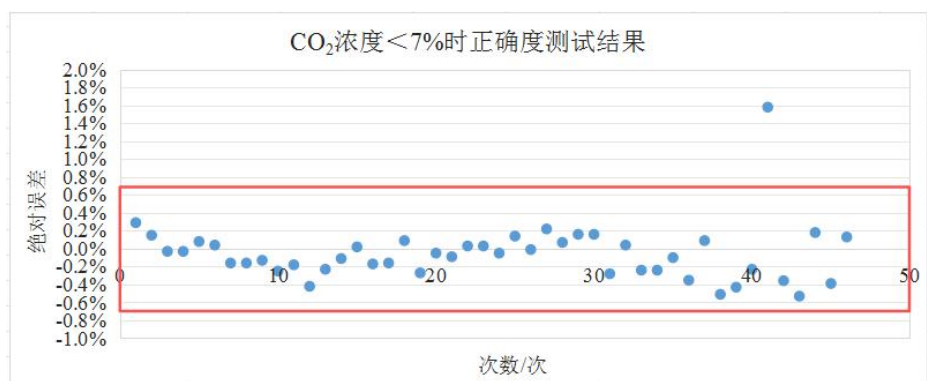


图 3 CO₂ 浓度正确度数据分布图

6.2 废气参数监测单元技术指标

由于碳排放量核算对监测结果准确性要求较高，流速、湿度正确度指标在现场实测试验数据基础上，较 HJ 75 收严。流速>10 m/s 时，相对误差收严至±8%以内，流速≤10 m/s 时，相对误差收严至±10%以内；湿度>5.0%且≤15.0%时，相对误差规定不超过±20%，湿度>15.0%时，相对误差规定不超过±15%。温度、湿度监测单元其他调试检测和验收的相关技术指标要求均参照 HJ 75 制订。收严后的指标要求和验证数据情况见表 18、表 19、图 4、表 20 和图 5。流速的 115 次现场试验中，98 次测试结果满足现有要求，17 次不满足。湿度的 121 组现场试验中，118 组满足要求，4 组不满足。

表 18 流速调试检测和验收技术性能指标收严后要求

检测项目		技术性能指标要求
流速	> 10 m/s 时	流速>10 m/s 时，平均值的相对误差应在±8%以内。
	≤ 10 m/s 时	流速≤10 m/s 时，平均值的相对误差应在±10%以内。

表 19 流速相对误差范围分布表

类别	测试次数	相对误差在±12%以内次数	相对误差在±10%以内次数	相对误差在±8%以内次数	相对误差在±6%以内次数
流速>10 m/s 时	49	45 (92%)	42 (86%)	40 (82%)	31 (63%)
流速>5~≤10 m/s 时	40	35 (88%)	33 (83%)	31 (78%)	25 (63%)
流速≤5 m/s 时	26	25 (96%)	25 (96%)	20 (77%)	19 (73%)

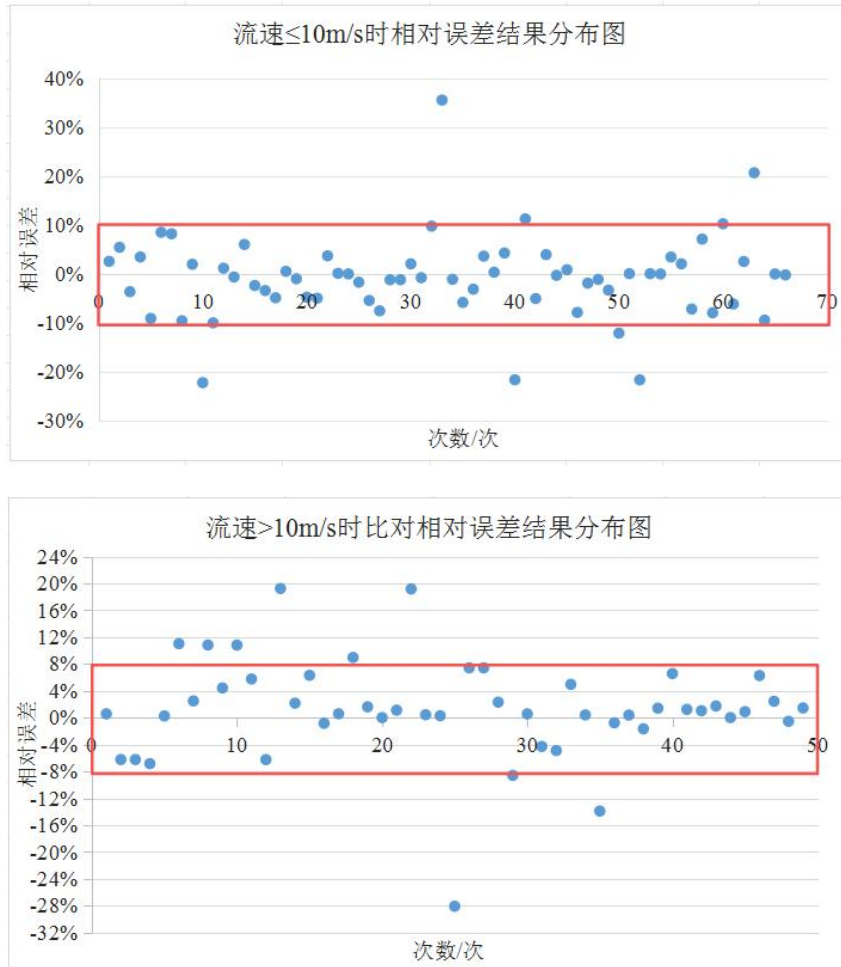


图 4 流速比对相对误差数据分布图

表 20 湿度调试检测和验收技术性能指标收严后要求

检测项目		技术性能指标要求
湿度	>15.0%	>15.0%时，平均值的相对误差应在±15%以内。
	>5.0%~<15.0%时	>5.0%~<15.0%时，平均值的相对误差应在±20%以内。
	≤5.0%时	≤5.0%时，平均值的绝对误差应在±1.5%以内。



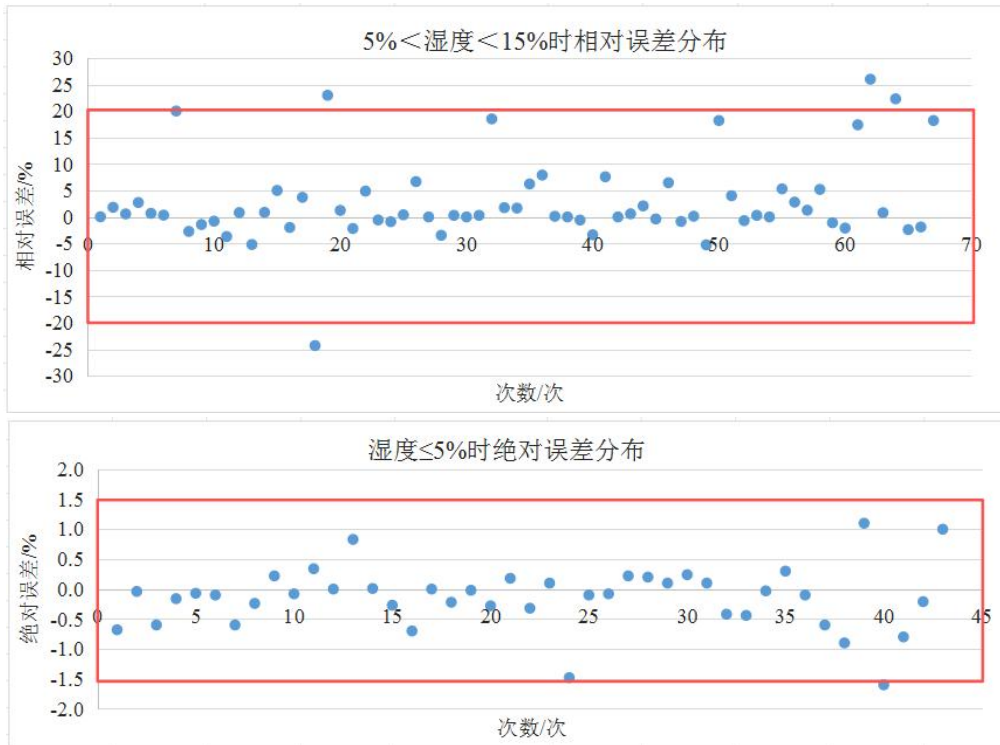


图 5 湿度比对相对误差/绝对误差数据分布图

6.3 总结

编制组收集了 2022 年以来在 CO₂ 排放固定污染源现场的自动监测试验数据，另外也针对部分技术指标开展了现场测试，测试涵盖了钢铁、火电、水泥等涉及 CO₂ 排放的主要行业 and 不同工序，其排放废气的温度、湿度、组成等呈现多样化特征，废气的处理采用了应用较为成熟和广泛的多种废气处理工艺，且测试对象涵盖了多种品牌、多种原理的自动监测系统，测试结果具有一定代表性。