

团 体 标 准

T/ACEF 294—2026

固定源排放温室气体（CO₂）自动 监测系统技术要求 火电行业

Technical requirements for automatic monitoring system for
greenhouse gas (CO₂) emissions from stationary sources - Thermal power
industry

2026-08-13 发布

2026-08-13 实施

中 华 环 保 联 合 会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 系统的组成和结构 2

5 技术要求 4

6 性能指标 7

7 性能测试 9

附录 A（资料性） 典型系统性能指标 17

附录 B（资料性） 固定源排放温室气体（CO₂）自动监测系统技术性能评估表 18

附录 C（规范性） 系统合成不确定度计算公式 19

参考文献 21

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件的附录 A、附录 B 为资料性附录，附录 C 为规范性附录。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华环保联合会归口。

本文件为首次发布。

本文件起草单位：中国环境科学研究院环境工程技术有限公司、中国环境科学研究院环境检测与实验中心、生态环境部环境标准研究所、粤港澳生态环境科学中心、陕西榆林能源集团有限公司、中国地方煤矿有限公司、中理检验有限公司、中碳实测（北京）科技有限公司、中华环保联合会大气污染物与温室气体协同减排专业委员会。

本文件主要起草人：唐成金、杨文、王静、孙琦、杨慧、雷晶、刘澍、张鹏、高利孝、郭子岗、卓尔、陈忠、王彦林、谭新星、王宗爽、徐舒、谭玉菲、武明玥、毋振海、吴克食、许夏。

固定源排放温室气体（CO₂）自动监测系统技术要求 火电行业

1 范围

本文件规定了固定源排放温室气体（CO₂）自动监测系统的组成结构、技术要求、性能指标和性能测试等相关要求。

本文件适用于以燃煤、燃气、燃油等化石燃料为主要燃料的火电厂锅炉、工业/民用锅炉以及工业炉窑等固定排放源二氧化碳连续自动监测及数据系统。

本文件未规定性能指标的具体测试方法、检验规则及判定准则——相关内容应遵守国家现行有关标准的规定；未覆盖系统安装、验收、运行维护及数据质量验证等工程实施环节——相关内容见《固定源排放温室气体（CO₂）自动监测系统技术规范 火电行业》。

生活垃圾焚烧炉、危险废物焚烧炉等需要采用化石燃料作为辅助燃料的固定源排放二氧化碳连续自动监测系统可参照本文件执行。

其它行业的固定排放自动监测系统相应标准未正式颁布实施前，可参照本文件执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 3048.5—2007 电线电缆电性能试验方法 第5部分：绝缘电阻试验

GB 4793.1—2024 测量、控制和实验室用电气设备的安全技术规范 第1部分：通用要求

GB 4943.1—2022 音视频、信息技术和通信技术设备 第1部分：安全要求

HJ 76 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

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

固定源排放二氧化碳连续自动监测系统 **gas automatic monitoring system for CO₂ from stationary sources, GAMS-CO₂**

现场永久安装的自动监测系统，包括分析系统、采样系统、预处理设备及数据系统等。如无特殊说明，本文件的“系统”特指：固定源排放二氧化碳连续自动监测系统，以下简称 GAMS-CO₂。

3.2

控制图 **control chart**

GAMS-CO₂的持续质量控制的方法，控制图用于记录与分析零点和量程检查结果，根据漂移量和

精度变化累积对监测系统进行质量参数及相关控制的计算。可选控制图例如：Shewhart 图、EWMA 图或 CUSUM 图。

3.3

系统合成不确定度 **system combined uncertainty**

用于量化 GAMS-CO₂ 测量结果可信度的重要参数，涵盖仪器误差、环境影响、样气制备与工艺波动影响、交叉干扰、管路与动态响应等参数的独立不确定度分量的合成值（ u_c ）。

3.4

校准函数 **calibration function**

在残余标准偏差恒定的假设下，校准原始值与 GAMS-CO₂ 测量值之间的线性关系。

3.5

系统响应时间 **system response time, T90**

系统响应时间指从 GAMS-CO₂ 最前端接触样气的部件开始通入标准或实验气体的时刻起，到分析仪示值达到标准或实验气体标称值 90 % 的时刻止，中间的时间间隔。包括系统内部管线及部件的传输时间和仪表响应时间。

3.6

零点漂移 **zero drift**

在仪器未进行维修、保养或调节的前提下，GAMS-CO₂ 按规定的时间周期运行后通入零点气体，仪器的读数与零点气体初始测量值之间的偏差相对于满量程的百分比。

3.7

量程漂移 **span drift**

在仪器未进行维修、保养或调节的前提下，GAMS-CO₂ 按规定的时间周期运行后通入量程校准气体，仪器的读数与量程校准气体初始测量值之间的偏差相对于满量程的百分比。

3.8

仪器读数 **instrument reading**

不使用校正函数的情况下从 GAMS-CO₂ 直接读取的测量值。

3.9

原始数据 **raw data**

未经处理的原始 GAMS-CO₂ 监测数据，包括传感器信号、系统各单元状态、故障信号等直接采集的数据。

3.10

环境参数 **peripheral parameter**

将测量值转换至规定环境条件所需的特定物理或化学量。该参数用于数据标准化处理，确保测量结果在不同环境条件下的可比性。

4 系统的组成和结构

4.1 系统组成

系统应具备以下基本功能单元：温室气体（CO₂）分析单元、数据采集单元、数据处理单元和专线

通讯系统。

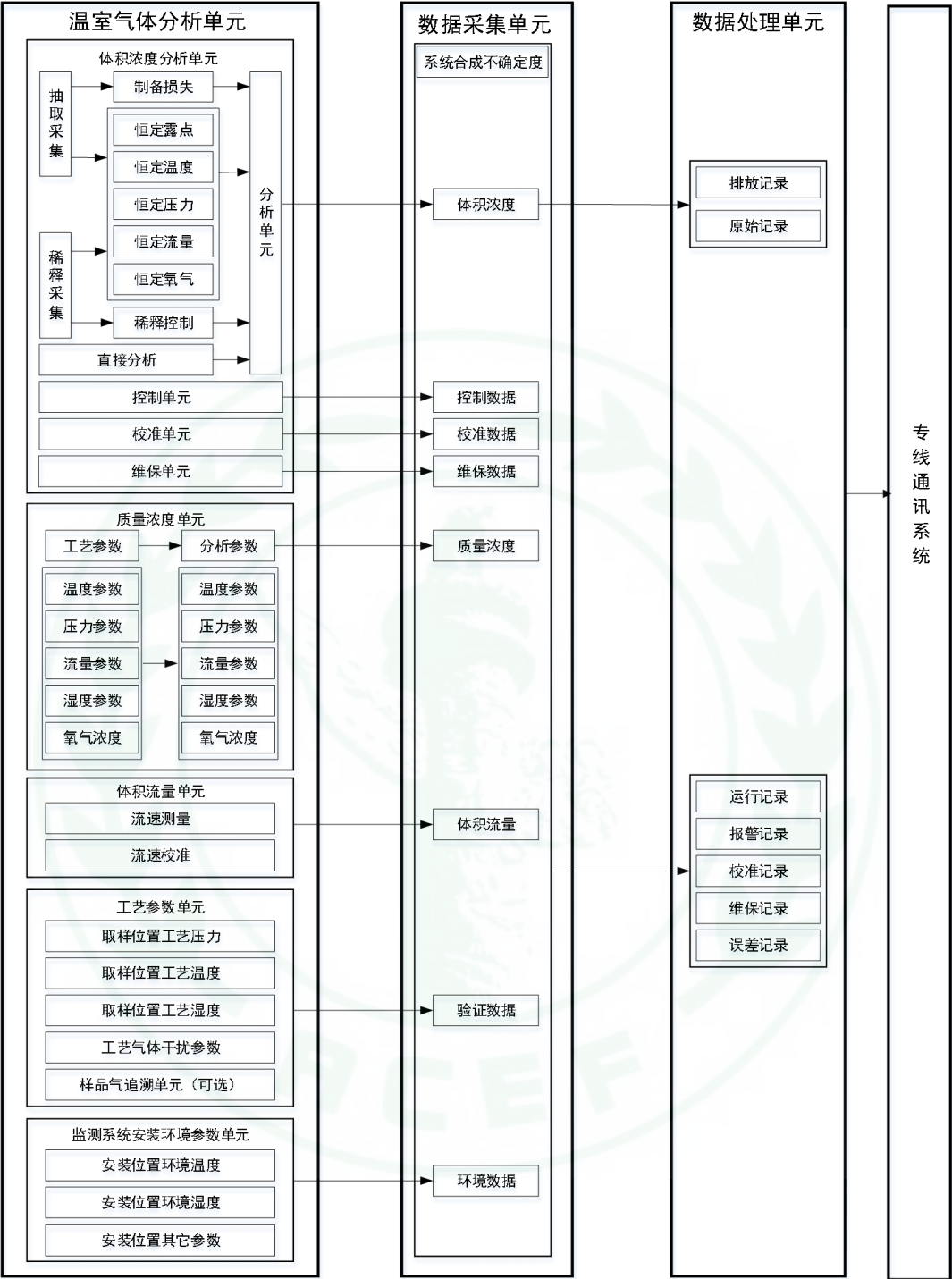


图 1 系统组成示意图

4.2 温室气体（CO₂）分析单元

温室气体（CO₂）分析单元应包括采集单元、预处理单元、体积浓度分析单元、质量浓度单元、体积流量单元、工艺参数单元和监测系统安装环境参数单元。利用 GAMS-CO₂ 采集装置工艺中产生的气体，进行分析并得到气体中 CO₂ 的体积浓度数据。

4.3 数据采集单元

根据系统功能及综合可控性提供保障的关键数据。

4.4 数据处理单元

依照系统设计对采集原始数据进行分类存储、处理，记录结果。

4.5 专线通讯系统

通过专用线路，将自动监测系统数据处理信息，分类发送给数据申报单元。

5 技术要求

5.1 外观基本要求

5.1.1 GAMS-CO₂应具有产品铭牌，标有仪器名称、型号、生产单位、出厂编号、制造日期、测量量程等信息。

5.1.2 GAMS-CO₂仪器表面应完好无损，无明显缺陷，各零部件连接可靠，各操作键、按钮使用灵活，定位准确。

5.1.3 GAMS-CO₂主机面板应显示清晰，涂色牢固，字符、标识易于识别，不应有影响读数的缺陷。

5.1.4 GAMS-CO₂配置的一次或二次显示仪表应显示清晰，不应有影响读数的缺陷。

5.1.5 GAMS-CO₂外壳或外罩应耐腐蚀、密封性能良好、防尘、防雨。

5.2 工作环境条件

GAMS-CO₂应依据系统类型及设计参数匹配实际安装及运行条件。典型系统参数如下：

- a) 在室内时：仪器间环境温度：（15~35）℃、原位系统环境温度：（0~65）℃；在室外时：仪器间环境温度（-20~50）℃、原位系统环境温度：（-30~65）℃；
- b) 相对湿度：≤95 %；
- c) 大气压：（80~106）kPa；
- d) 供电电压和频率：AC（220±22）V，（50±1）Hz；
- e) 应标注系统的振动等级及振动对系统读数的影响，例如采用 VC 等级。

注：仪器设备的配置应满足当地环境条件的使用要求，系统应包含环境数据记录功能，并在规格表中明确记录。

5.3 电气安全要求

仪器部分的电气安全应符合 GB 4793.1 的相关规定，数据处理单元及上位机部分应符合 GB 4943.1 的相关规定。在此基础上，还应符合以下规定：

- a) 系统制造商应明确绝缘电阻及绝缘强度等级，相关标准符合 GB/T 3048.5，相关参数的设计应结合实际使用环境温度和湿度的最大及最小限值要求，新设备出厂绝缘电阻不应低于 100 MΩ；
- b) 系统应配置独立的漏电保护装置，具备良好的接地措施；
- c) 室外安装设备应具有防止雷击等对系统造成损坏的保护措施。

5.4 系统主要功能要求

5.4.1 一般要求

GAMS-CO₂应具备测量废气中二氧化碳浓度、废气参数（温度、压力、流速或流量、湿度等）功能，同时应具备计算废气中二氧化碳排放速率和排放量、显示和记录各种数据和参数、形成相关图表、并通过数据、图文等方式进行传输的功能。

5.4.2 体积浓度分析单元要求

5.4.2.1 样品采集装置采集的气体样品应能代表烟道内该截面的实际气体组成，采样探头材质应满足烟道内温度、腐蚀性及颗粒物冲刷等工艺条件要求。对于湿法脱硫后低温高湿烟气，采样装置应具备防

止冷凝的措施。制造商应在设计规格中明确采样装置的适用工艺参数范围。

5.4.2.2 原位式体积浓度分析单元应配置工艺干扰保护装置，防止粉尘、温度、湿度、冲刷及样品气交叉干扰，并应在设计规格中明确对应工艺参数的设计条件与应对措施。

5.4.2.3 稀释式体积浓度分析系统单元的气体稀释单元应具有明确的气体稀释比例，稀释比例应满足工艺参数条件，系统中应记录稀释参数及相关数据。体积浓度分析单元采用稀释采集的，应能够提供稳定的稀释控制及恒定功能，应具备自动管理稀释比例、稀释过程的动态控制及数据记录功能。稀释控制将作为系统合成不确定度的重要评价参数。

5.4.2.4 抽取式体积浓度分析单元的系统应具备露点恒定、温度恒定、压力恒定及流量恒定控制能力、粉尘颗粒、分析压力、温度、湿度及流量的控制功能。系统应配置必要的反吹清洁功能。系统实际控制功能应明确满足工艺参数条件并记录控制参数及相关数据。

5.4.2.5 体积浓度分析单元应具备完备的控制单元，能够对系统的采集、制备、分析过程进行自动化控制，制造商应明确控制形式，控制参数范围，控制精度及对分析结果的系统误差，控制单元可输出相关的控制数据至数据采集系统进行记录。

5.4.2.6 体积浓度分析单元应具备完善的自动化控制及管理功能，能够记录露点、温度、压力、流量、制备损失等信息，具备对最终分析综合影响的动态控制和数据管理能力。

5.4.2.7 体积浓度分析单元应具备校准单元，可实现校准控制及管理功能，能够依据预设的校准功能或自动校准控制图进行系统的定期、定参数或全自动校准。

5.4.2.8 体积浓度分析单元应具备维保单元，可实现维保记录及管理功能，能够依据实际系统的工作状态手动或自动方式录入信息，并自动识别系统处于维护工作状态。维保单元可记录相关的维保动作和维保期间数据，并将数据传输至数据采集系统进行记录。

5.4.2.9 体积浓度分析单元的露点恒定单元，应能够分析过程稳定的露点恒定功能，同时有效控制样品气体降温过程中的露点变化引起的组分损失及变化。露点的变化及恒定将作为系统合成不确定度的重要评价参数。

5.4.2.10 体积浓度分析单元的温度恒定单元，应能够分析过程稳定的温度恒定功能，同时有效控制样品气体在最终分析时的温度。温度的变化及恒定将作为系统合成不确定度的重要评价参数。

5.4.2.11 体积浓度分析单元的压力恒定单元，应能够提供分析过程稳定的压力恒定功能，同时有效避免由于工艺压力波动造成的分析系统压力变化。压力的变化及恒定将作为系统合成不确定度的重要评价参数。

5.4.2.12 体积浓度分析单元的流量恒定单元，应能够分析过程稳定的流量恒定功能，同时有效避免由于工艺流量波动造成的分析流量变化。流量的变化及恒定将作为系统合成不确定度的重要评价参数。

5.4.2.13 体积浓度分析单元接触样气设备材质应选用耐高温、防腐蚀和不吸附、不与气态污染物发生反应的材料，不应影响待测污染物的正常测量。

5.4.2.14 体积浓度分析单元样品传输管线应符合现场使用条件，实际长度作为系统响应时间的重要评价参数。当需要使用伴热管线时应具备稳定、均匀加热和保温的功能；需明确管线的温度监测点及温度在不同长度的梯度分布。管线应满足工艺样品露点无冷凝要求。系统需记录加热控制温度及实际使用长度，技术指标应符合 HJ 76 标准相关要求。

5.4.2.15 体积浓度分析单元内部的样品传输管线应使用不吸附和不与气态污染物发生反应的材料。

5.4.2.16 体积浓度分析单元应具备完善的颗粒物过滤功能。采样设备的前端或后端应具备便于更换或清洗的颗粒物过滤器，过滤器滤料的材质应满足所在位置的工艺参数及系统流程中的设计要求，不应吸附以及不应与气态污染物发生反应；过滤器应能过滤 5 μm 粒径以上的颗粒物，应满足分析单元连续使用周期运行要求。制造商应明确过滤精度及分级设计。系统应具备识别过滤芯工作状态的功能。应具备记录过滤芯失效及更换情况功能。

5.4.3 质量浓度单元

5.4.3.1 质量浓度单元的最终输出目标为标准状态下质量浓度。指去除气体热力学物理波动后，严格折算至标准状态（温度 273.15 K，压力 101.325 kPa）下的绝对排放质量浓度。

5.4.3.2 系统的测定与核算过程应界定气体的三种物理状态：

- a) 工艺状态：存在于排放烟道内真实的高温、高湿、动态压力状态；
- b) 测量状态：样气经采样与制备环节后，进入分析仪气室时的状态；
- c) 标准状态：用于统一折算与报告的法定基准状态。

5.4.3.3 质量浓度的标准化计算模型，应以“标准状态”作为统一的热力学转换桥梁。系统必须同步获取并关联独立的外围参数：

- a) 提取测量状态参数（分析气室内的实时温度、压力及残余湿度），依据理想气体状态方程，将分析仪测得的体积浓度实时补偿、折算为“标准状态”；
- b) 提取工艺状态参数（烟道内的实时工艺温度、工艺压力、工艺含湿量），用于后续将工艺排放量同步折算为“标准状态”体积流量，最终实现绝对排放质量的精准核算。

5.4.3.4 在实际运行中受客观条件限制，无法获取实时的外围参数动态数据而必须采用缺省值（替代值），应在系统说明文件中明确列明。同时，通过变异性测试量化该替代值对系统合成不确定度的具体影响。任何固定常数的使用均不得使系统总变异性超出系统合成不确定度的控制限值。

5.4.4 体积流量单元

5.4.4.1 体积流量单元由流速测量及流速校准控制共同组成。流速测量可选取超声波、差压等成熟稳定的流速监测设备。系统应设置完善的工艺保护措施，包括但不限于反吹清洁、参数补偿、自动校准等。

5.4.4.2 体积流量单元应具备流速测量和校准功能。

5.4.4.3 体积流量单元接触样气的设备材质应选用耐高温、防腐蚀和不吸附、不与气态污染物发生反应的材料，不应影响待测污染物的正常测量。

5.4.4.4 体积流量应配备定期反吹装置，定期对接触工艺过程的测量部件进行反吹，避免出现由于颗粒物等累积造成的堵塞状况。

5.4.5 工艺参数单元

5.4.5.1 工艺参数单元用于对工艺参数进行测量，由工艺压力、工艺温度、工艺湿度及工艺气体干扰参数等子单元组成。单元可增加样品气追溯单元用于分析样品或数据存在异常波动、定期校验、测量检测取样等。

5.4.5.2 工艺参数单元工艺压力、温度、湿度的测量原理可选择符合工艺测量要求、参数范围及现场条件的成熟可靠技术。

5.4.5.3 工艺参数单元应具备完善的校准功能。

5.4.5.4 工艺参数单元接触样气设备材质应选用耐高温、防腐蚀和不吸附、不与气态污染物发生反应的材料，不应影响待测污染物的正常测量。

5.4.5.5 工艺参数单元应配备定期反吹装置，定期对接触工艺过程的测量部件进行反吹，避免出现由于颗粒物等累积造成的堵塞状况。

5.4.6 安装环境参数单元

5.4.6.1 安装环境参数单元用于对系统安装所在位置的环境进行管理控制和记录。

5.4.6.2 安装环境参数单元应具备完善的环境管理及数据记录功能。

5.4.6.3 安装环境参数单元应在环境进入低温或高温后，为分析过程及制备产生冷凝的顺利排出等过程提供环境控制及保护功能。

5.4.7 数据采集单元

5.4.7.1 数据采集单元包括温室气体（CO₂）分析单元中体积浓度分析单元、质量浓度单元、体积流量单元、工艺参数单元及安装环境参数单元，对原始数据进行采集，不涉及数据的运算与解析。采用成熟稳定的数据采集元器件，能够依照系统设计对相关传感器、控制器、数据量和模拟量进行连续的、稳定的、可靠的采集工作。

5.4.7.2 数据采集单元应能对体积浓度、控制数据、校准数据，维保数据、质量浓度数据、体积流量数据、工艺验证数据及安装环境数据进行分类采集，用于系统合成不确定度计算及数据有效性判定。

5.4.7.3 数据采集单元采集频次应依据系统参数确定。

5.4.7.4 数据采集系统只采集系统各环节的原始数据，不涉及数据的运算与解析。

5.4.7.5 数据采集系统应具备良好的电磁特性和抗干扰特性。

5.4.8 数据处理单元及专线通讯

- 5.4.8.1 数据处理单元功能应包括对 GAMS-CO₂ 所有数据的处理和记录。
- 5.4.8.2 数据处理单元记录数据范围应包含排放记录、原始记录、运行记录、报警记录、校准记录、维保记录及误差记录。
- 5.4.8.3 数据处理单元的相关数据应由专线通讯系统报送至所需数据接收单位。
- 5.4.8.4 数据处理单元应能够显示实时数据、历史数据、系统相关功能的显示及查询功能。
- 5.4.8.5 数据处理单元应具有自动保存数据功能；具备供电后系统自动启动，恢复运行状态并正常开始工作的能力。
- 5.4.8.6 数据专线通讯系统应由具体系统制造商列明：相关通讯协议具有防篡改和可追溯能力，并能对通讯过程数据、通讯状态及通讯协议进行配置。

6 性能指标

系统性能指标主要包括体积浓度分析单元性能指标、体积流量单元性能指标、工艺参数单元性能指标范围及环境参数单元性能指标，典型性能指标详见附录 A。

6.1 体积浓度分析单元性能指标范围

体积浓度分析单元所有性能指标由制造商依据设计参数在说明书中列明，相关参数应包含以下内容：

- a) 系统测量参数及测量量程范围；
- b) 系统测量用传感器参数及测量量程范围、精度、示值精度；
- c) 系统控制参数精度，包含露点、温度、压力、流量、粉尘及相关的控制参数；
- d) 系统分析露点、温度、压力、流量、粉尘去除的控制参数；
- e) 系统响应时间 T₉₀，单元包含所有部件及实际配置管线长度在内的整体响应时间，包括上升及下降时间；
- f) 系统重复性，浓度分析单元所有部件在内的读数重复性；
- g) 线性误差，浓度分析单元所有部件在内的读数线性误差；
- h) 零点漂移和量程漂移，浓度分析单元所有部件在内的零点漂移和量程漂移，漂移偏差的时间周期通常包括：日、周、月；
- i) 环境参数变化的影响，浓度分析单元所有部件在内的环境温度及湿度出现变化时对系统读数的影响偏差；
- j) 进样流量变化的影响，浓度分析单元所有部件在内的样气出现流量变化对系统最终读数的影响；
- k) 进样温度变化的影响，浓度分析单元所有部件在内的样气出现温度变化对系统最终读数的影响；
- l) 进样露点变化的影响，浓度分析单元所有部件在内的样气出现露点变化对系统最终读数的影响；
- m) 进样压力变化的影响，浓度分析单元所有部件在内的样品出现压力变化对系统最终读数的影响；
- n) 供电电源变化的影响，浓度分析单元所有部件在内的电源出现功率变化对系统最终读数的影响；
- o) 溶解损失的影响，浓度分析单元所有部件在内的恒定露点降低温度过程，露点降低过程对系统最终读数的影响；
- p) 干扰成分的影响，在预计测量工况或实验中存在干扰成分时，干扰组分对系统最终读数的影响；
- q) 振动的影响，在预计测量工况或实验中存在振动时，对系统最终读数的影响。

6.2 体积流量单元性能指标范围

体积流量单元所有性能指标由制造商依据设计参数在说明书中列明，相关参数应包含以下内容：

- a) 系统测量参数及测量量程范围；
- b) 系统响应时间 T90，单元包含实际配置管线长度在内的整体响应时间，以及上升及下降时间；
- c) 系统重复性、线性误差及精度；
- d) 零点漂移和量程漂移，漂移偏差的时间周期通常包括：日、周、月；
- e) 环境参数变化的影响，环境温度及湿度出现变化时对读数的影响偏差；
- f) 样品密度变化的影响，样气出现密度变化对系统最终读数的影响；
- g) 样品压力变化的影响，样气出现压力变化对系统最终读数的影响；
- h) 供电电源变化的影响，电源出现功率变化对系统最终读数的影响；
- i) 振动的影响，在预计测量工况或实验中存在振动对系统最终读数的影响。

6.3 工艺参数单元性能指标

6.3.1 工艺湿度连续测量系统

工艺湿度连续测量系统所有性能指标由制造商依据设计参数在说明书中列明，相关参数应包含以下内容：

- a) 测量参数及测量量程范围；
- b) 系统响应时间 T90，包括上升及下降时间；
- c) 系统重复性、线性误差及精度；
- d) 零点漂移和量程漂移，漂移偏差的时间周期通常包括：日、周、月；
- e) 环境参数变化的影响，环境温度及湿度出现变化时对读数的影响偏差；
- f) 样品密度变化的影响，样气出现密度变化对系统最终读数的影响；
- g) 样品压力变化的影响，样气出现压力变化对系统最终读数的影响；
- h) 供电电源变化的影响，电源出现功率变化对系统最终读数的影响；
- i) 振动的影响，在预计测量工况或实验中存在振动时，对系统最终读数的影响。

6.3.2 工艺压力连续测量系统

工艺压力连续测量系统所有性能指标由制造商依据设计参数在说明书中列明，相关参数应包含以下内容：

- a) 系统测量参数及测量量程范围；
- b) 系统响应时间 T90，包括上升及下降时间；
- c) 系统重复性、线性误差及精度；
- d) 零点漂移和量程漂移，漂移偏差的时间周期通常包括：日、周、月；
- e) 环境参数变化的影响，环境温度及湿度出现变化时对读数的影响偏差；
- f) 样品密度变化的影响，样气出现密度变化对系统最终读数的影响；
- g) 供电电源变化的影响，电源出现功率变化对系统最终读数的影响；
- h) 振动的影响，在预计测量工况或实验中存在振动时，对系统最终读数的影响。

6.4 环境参数单元性能指标

环境参数控制系统所有性能指标由制造商依据设计参数在说明书中列明，相关参数应包含以下内容：

- a) 系统控制参数及范围；
- b) 环境参数变化的影响，环境温度及湿度出现变化时对读数的影响偏差。

6.5 系统性能指标评价

系统性能指标评价应按照全生命周期管控要求开展出厂前测试，并依据附录 B 表 B.1 分级评价标准进行量化判定，测试结果应填入对应评估表，作为系统合格判定、验收交付与长期运行质量评价的依据。

系统合成不确定度计算公式参照附录 C。

7 性能测试

7.1 总纲

性能测试即使用可变参数动态工况对系统在已知工艺条件（温度、压力、流量及含量）下，分析系统算法验证工作及被测系统数据精度有效性的量化评定。对被测系统的功能测试包括但不限于以下三种：干态量化评定、动态量化评定和数据分析评估。

7.2 干态测试

7.2.1 一般要求

7.2.1.1 干态试验主要用于对被测系统的基本功能，特别是系统在零点至量程之间的线性度进行测试及评价。

7.2.1.2 应明确实验执行的工作环境工况及其对数据有效性的影响。

7.2.1.3 应确保被测系统易于操作，以便能够进行检查，并尽量减少执行实验质量保证程序所需的时间。为保障测试效果，应在被测系统周围布置清洁、通风和照明良好的工作空间。如工作平台暴露在室外的，应当对人员和设备进行保护。

7.2.1.4 建议在实验开始前一个月内，对功能测试所用设备进行校准，并应保留设备校准及使用记录。

7.2.2 测试流程

干态测试流程如下：

- a) 被测系统的准备及调试；
- b) 被测系统执行产品出厂质检流程；
- c) 系统安装流程与系统测试流程符合性检查；
- d) 干态校准实验：使用经过计量的有证标准气体（CRM）对系统进行通气校验并记录读数；
- e) 数据记录及整理分析。

7.2.2.1 被测系统准备

7.2.2.1.1 应参照被测系统质检程序对以下项目进行目测检查：

- a) 分析系统的内部质检完整检查；
- b) 采样系统应处于良好状态且没有任何可能降低数据质量的可见故障；
- c) 光学元件的清洁度；
- d) 反吹气体的检查；
- e) 光路中的障碍物；
- f) 系统的完成程度及流程符合情况；
- g) 系统的供电情况；
- h) 系统的泄漏情况。

7.2.2.1.2 在测量位置重新组装后，应检查以下内容：

- a) 测量系统的校准；
- b) 污染控制；
- c) 反吹气体的检查。

7.2.2.2 可维护性

应制定有效管理和维护被测系统的规定，以确保数据质量。此类规定需包括以下内容：

- a) 有足够的空间和安全清洁的工作环境；
- b) 安全有效且易于操作的被测系统；
- c) 其他更为有效地进行测试的必要维护条件。

7.2.2.3 泄漏测试

应根据被测系统手册进行泄漏测试，测试应涵盖整个被测系统。

7.2.2.4 零点和量程检查

7.2.2.4.1 应使用参考零点和量程有证标准气体（CRM）来验证被测系统的相应读数。

7.2.2.4.2 对带有抽取式采样的系统，应进行零点和量程检查：

- a) 使用有证标准气体（CRM）：氮气或无测量成分的环境空气可用作零气体，在取样单元注入有证标准气体（CRM）；
- b) 使用参考气体：可以使用除有证标准气体（CRM）之外的参考气体来执行，但需明确气体来源及标准。

7.2.2.4.3 原位安装监测的系统零点和量程检查：

- a) 使用有证标准气体（CRM）：将标准气体通入被测系统的气体取样烧结管执行零点和量程检查；
- b) 使用除外部测试以外的参考方法：原位安装部件无法注入有证标准气体（CRM）的，需明确测试方法及执行标准。

7.2.2.5 流量监测系统

7.2.2.5.1 使用可控方式检查流量变化响应。零位和跨度读数通常使用参考材料进行。例如：可调整的流速测定装置。

7.2.2.5.2 应根据实验条件明确测试方法及执行标准。

7.2.2.6 非抽取式系统

应使用无烟气的标准气体进行零点和量程检查。

注：对于某些系统，很难达到读数为零。在这些情况下，可以从模拟系统中取出被测系统，并使用测试台或类似设备进行调零。

7.2.2.7 系统性能线性测试

7.2.2.7.1 应使用五种不同的有证标准气体浓度（CRM）（包括零点浓度和量程浓度）检查被测系统响应的线性度。

7.2.2.7.2 零点浓度有证标准气体（CRM）以及四种不同浓度的有证标准气体（CRM），应具有可验证的数量和质量。

7.2.2.7.3 在标准气体测试的情况下，这四种标准气体可以从不同的气瓶中获取，也可以通过校准的稀释系统从单一气体浓度制备。

7.2.2.7.4 参考气体浓度应为被测系统检测量程的 20 %、40 %、60 %和 80 %范围内，数值应精确可控，避免发生线性测试的失败。干态量程气体由被测系统的入口接入。

7.2.2.7.5 按照预设顺序使用以下浓度对单个被测系统进行测试：零点浓度标准气体、浓度约为量程的 20 %标准气体、浓度约为量程的 40 %标准气体、浓度约为量程的 60 %标准气体、浓度约为量程的 80 %标准气体，

7.2.2.7.6 以下内容对于数据记录具有重大影响，必须严格参考以下标准执行：执行零点和量程测量的负值应照此记录，不得强制为零。使用其他参考测试方法的，应说明并记录执行的标准，或提供完整的可追溯的验证方法；当更换测试有证标准气体（CRM）时浓度值会发生变化。

7.2.2.7.7 需要在更换后建立新的基线，并对漂移和气体质量进行检查；每次改变测试浓度后，应在等于被测系统响应时间三倍的时间后，获取第一次仪器读数；每个测试浓度下，应读取三个读数。

7.2.2.7.8 连续进行三次测量时，任意相邻两次读数的起始时间间隔应为系统响应时间的四倍。

7.2.2.7.9 在没有其他方法可行的情况下，也可借助参考材料（例如光栅过滤器或气体过滤器）进行线性分析，计算和检查线性度。如果未通过此测试，则应识别并纠正问题。

7.2.2.8 干扰

如测试前已知或确定的工艺气体包含干扰成分，则应单独进行测试并记录。

7.2.2.9 零点和量程漂移

零点和量程漂移应从记录中获取和评估。

7.2.2.10 响应时间

应检查被测系统的响应时间。可以通过在取样探头末端通入有证标准气体（CRM）来执行。响应时间不应超过规定的性能标准。

7.2.2.11 数据记录要求

以下数据依照最新文件及版本进行记录：

- a) 被测系统质检文件；
- b) 被测系统性能数据；
- c) 被测系统手册；
- d) 记录可能的故障和采取的措施的试验日志文件；
- e) 因系统失控情况而采取的措施的试验日志文件。

7.2.3 测试报告

记录并报告功能测试的结果。同时记录过程中任何故障，如果判断故障对数据质量有影响，则应采取必要的纠正和预防措施。

7.2.4 测试结果

被测系统调试测试结果应记录并形成数据及日志文件并存档。

7.3 动态工况测试

7.3.1 一般要求

7.3.1.1 本程序的目的是获取被测系统的数据质量在动态工况下与干态校准下的差异，以便在实际的持续运行期间满足需要的持续数据质量。

7.3.1.2 根据实验流程预设参数使用模拟系统实现不同温度、流速、压力及含量的参数设定稳定工况模拟，根据实验流程使用被测系统进行模拟工况气体监测并对读数进行记录。

7.3.1.3 被测系统的安装应符合相关标准的要求。应特别注意确保被测系统在进行定期维护和其他必要活动时易于接近。应将被测系统布置于可采集具有代表性烟道气样品的点位，以提供具有代表性的测量结果。

7.3.1.4 需要明确本实验执行取样位置执行标准及数据代表性计算模型。

7.3.1.5 需要明确实验执行的工作环境工况及环境工况对数据有效性的影响。

7.3.2 测试流程

动态测试流程如下：

- a) 模拟系统的准备及调试；
- b) 经由干态实验验证的被测系统；
- c) 系统安装流程与系统测试流程符合性检查；
- d) 动态校准实验：使用经过计量的模拟系统进行被测系统的试验并记录读数；
- e) 数据记录及整理分析。

7.3.2.1 模拟系统准备

7.3.2.1.1 应参照模拟系统使用程序对以下项目进行检查：

- a) 模拟系统的内部完整检查；
- b) 模拟系统应处于良好状态且没有任何可能降低数据质量的可见故障；
- c) 计量器具的清洁度；
- d) 计量器具的维护台账记录完整性及合规要求；
- e) 模拟系统的完成程度及流程符合情况；
- f) 模拟系统配气程序的功能检查；
- g) 模拟系统的供电及公用工程配套情况；

h) 模拟系统的泄漏情况。

7.3.2.1.2 在模拟系统重新组装后应检查以下内容：

- a) 模拟系统的校准；
- b) 模拟系统的完整程度及流程符合情况；
- c) 模拟系统的泄漏情况。

7.3.2.2 可维护性

应制定有效管理和维护模拟系统的规定，以确保实验数据质量。此类规定包括以下内容：

- a) 有足够的空间和安全清洁的工作环境；
- b) 安全有效且易于实施的操作模拟系统；
- c) 充足的参考资料，包括但不限于：系统操作规程、配气规范及校准与维护程序的技术文件等；
- d) 工具和备件供应；
- e) 其他更为有效地进行测试的必要维护条件。

7.3.2.3 泄漏测试

应根据模拟系统手册进行泄漏测试，测试应涵盖整个模拟系统。

7.3.2.4 模拟用零点气体和量程气体检查

应使用经过计量的试验所需的零点和量程有证标准气体（CRM）来配置模拟系统的相应参数。

7.3.2.5 模拟用量程气体浓度的确定

应使用经过计量的试验所需的零点和量程有证标准气体（CRM）来配置模拟系统的相应参数。配置相应浓度的量程气体的应说明配置方法，配置的结果可以被验证。

7.3.2.6 系统性能线性测试

7.3.2.6.1 根据预设使用不同的模拟工况并配置有证标准气体（CRM）浓度检查被测系统的数据有效性。为了确保被测系统运行在实际使用工况条件范围内有效，测试过程中的浓度应尽可能在被测系统正常运行范围内变化。这将确保被测系统的测试在尽可能大的范围内有效，并且涵盖大多数操作情况。包括但不限于：

- a) 在标准工况（温度、湿度、流量）下，使用空气或零点浓度气体对被测系统进行零点测量；
- b) 使用气体浓度为被测系统检测量程的 20 %范围气体重复上述步骤；
- c) 使用气体浓度为被测系统检测量程的 40 %范围气体重复上述步骤；
- d) 使用气体浓度为被测系统检测量程的 60 %范围气体重复上述步骤；
- e) 使用气体浓度为被测系统检测量程的 80 %范围气体重复上述步骤；
- f) 调整模拟工况温度参数为标准工况 80 %重复测试 a-e 步骤；
- g) 调整模拟工况温度参数为标准工况 120 %重复测试 a-e 步骤；
- h) 调整模拟工况流量参数为标准工况 80 %重复测试 a-e 步骤；
- i) 调整模拟工况流量参数为标准工况 120 %重复测试 a-e 步骤；
- j) 调整模拟工况湿度参数为标准工况 80 %重复测试 a-e 步骤；
- k) 调整模拟工况湿度参数为标准工况 120 %重复测试 a-e 步骤；
- l) 被测系统实际使用中，存在可能对检测结果造成干扰的组分，需单独配置并重复 a-k 的测试。

注：以上测试，应从被测系统的取样位置输入气体。

7.3.2.6.2 根据实际需要，可开展以下测试：

- a) 预设工况 f-k 变量交叉变化试验，并执行 a-e 步骤；
- b) 调整环境温度为 0℃，并重复 a 步骤；
- c) 调整环境温度为 40℃，并重复 a 步骤；
- d) 调整环境温度为 50℃，并重复 a 步骤；
- e) 调整环境温湿度为 40℃、30 %RH，并重复 a 步骤；
- f) 根据实际工作位置环境参数进行测试，并重复 a 步骤。

7.3.2.6.3 以上步骤中，需要特别注意以下内容：

- a) 零点浓度有证标准气体（CRM）以及不同浓度的标准试验气体，应具有可验证的数量和质量；
- b) 被测系统数据应明确记录间隔，记录间隔越短、频次越高数据质量越高；
- c) 在标准实验气体测试的情况下，标准气体可以从不同的气瓶中获取，也可以通过校准的稀释系统从单一气体浓度制备；
- d) 需明确浓度在模拟系统中的比值以确保线性测试质量；每次改变测试条件且稳定后，应在大于等于被测系统响应时间三倍的时间后记录第一次读数；
- e) 进行步骤 a-i 调整时，前 15 分钟和后 15 分钟记录的数据不参与计算，但可以用作实验分析数据的参考；
- f) 每个测试应读取三个读数，各次读数开始的时间间隔，应当设置为响应时间的 4 倍；
- g) 标准气体的质量会影响测试结果；
- h) 测量试验中的负值应照此记录，不得强制为零；
- i) 使用其他的参考测试方法：必须说明并记录执行的标准，或提供完整的可追溯的验证方法；
- j) 当更换测试标准气时浓度值会发生变化。更换后需建立新基线，并对漂移和气体质量进行检查。

7.3.2.6.4 对于每个试验，应在被测系统正常运行的情况下进行 15 次以上有效的校准实验。这些测量值应均匀分布在至少三天内以及通常为 8 小时至 10 小时的每个测量日内。测量需要满足在至少三天内均匀分布的要求，并不意味着测量需要在连续三天内进行。并且校准实验应在四周内完成至少 15 次有效测量，可能需要采集 15 个以上的样本。

7.3.2.7 干扰

如测试前已知或确定的工艺气体包含干扰成分，则应单独进行测试并记录。

7.3.2.8 零点和量程漂移

零点和量程漂移应从记录中获取和评估。

7.3.2.9 响应时间

应检查被测系统的响应时间。可以通过在取样探头末端通入有证标准气体（CRM）来执行。响应时间不应超过规定的性能标准。

7.3.2.10 数据记录要求

7.3.2.10.1 以下数据依照最新文件及版本进行记录：

- a) 被测系统的质检文件；
- b) 模拟系统的检验记录文件；
- c) 被测系统性能测试数据；
- d) 被测及模拟系统的手册（操作及维护手册等）；
- e) 模拟系统的启动及试验流程；
- f) 模拟系统的配气规范及试验消耗气体补偿过程；
- g) 记录可能的故障和采取的措施的试验日志文件；
- h) 因系统失控情况而采取的措施的试验日志文件。

7.3.2.10.2 以下文件作为内控参考文件，不作为必要文件：

- a) 维护、校准和培训的管理系统程序；
- b) 培训记录；
- c) 维护计划；
- d) 审计计划和记录。

7.3.3 测试报告

记录并报告功能测试的结果。记录任何故障。如果判断故障对数据质量有影响，则应采取必要的纠正和预防措施。

7.3.4 测试结果

被测系统调试测试结果应记录并形成数据及日志文件并存档。

7.4 测试数据的质量控制

7.4.1 数据准备

7.4.1.1 数据应能完整地记录并追溯试验过程，并根据每个试验步骤单独形成数据文件。

7.4.1.2 应对实验数据进行异常值检查。报告中应说明评估异常值所采用的方法及其排除原因；校准数据表和图表中应对异常值予以标注和识别。

7.4.1.3 明确校准功能应包含有效数据点的数量。数据点数量应大于等于 20 个。

7.4.1.4 所有数据点应被用于形成校准函数，通过使用异常值测试排除或被证明无效的除外。

7.4.2 从数据库中选择数据点

校准实验可能会产生大量的数据点，任何点的选择都应合理，并通过文件记录。

7.4.3 零点和量程线性度数据的记录及控制图的建立

7.4.3.1 测试程序数据计算说明

在此测试程序中执行线性测试期间，在被测系统的仪器读数和参考气体浓度值之间建立回归线。计算每个浓度水平的被测系统读数的平均值，并计算该平均值与回归线的偏差（残差）。

7.4.3.2 测试程序数据回归线的建立

7.4.3.2.1 需要对测试程序的数据建立线性回归，应明确回归线设立的方法及公式。

7.4.3.2.2 回归线设立后，应对残差测试并确定符合。

7.4.3.3 被测系统漂移和精度数据的计算与控制图的建立

7.4.3.3.1 应在相同的运行条件下，获得被测系统漂移和精度计算的数据。

7.4.3.3.2 确定漂移和精度处于可控制之下来实现分别确定被测系统的漂移和精度。

7.4.3.3.3 确定单独量化漂移和精度的方法。

7.4.3.3.4 确定是否需要外部调整及调整量为被测系统的零点和量程提供更大的灵活性。

7.4.3.3.5 确定的已知试验气体用于控制图的数据获取。

7.4.3.3.6 通过绘制漂移（零点和量程跨度）随时间变化的图建立漂移和精度控制度。

7.4.3.3.7 控制图的建立用于确定在后续流程中何时需要对被测系统进行调整或维护。

7.4.3.3.8 控制图需要在零点和量程进行定期和理想的反复测量用以修正，验证控制图的有效性。

7.4.3.3.9 可以使用单独或组合确定漂移和精度的任何类型的手动或自动控制图。

7.4.3.3.10 在数据报告文件中记录具体使用控制图的类型或方法。

注：本文件在模拟实验阶段所建立的不确定度与控制图限值，仅作为系统出厂的质量基线数据。在实际工况中的控制图日常应用及干预策略，由独立的工程实施与运行质量控制规范另行约束。

7.4.3.4 控制图限值的确定

7.4.3.4.1 概述

控制图限度可以通过使用试验性能数据来确定，或者明确系统合成不确定度来源标准来确定。

7.4.3.4.2 使用性能数据计算控制图限值

使用实验的测试数据确定控制图限值需要计算标准偏差，包括可能对结果产生最显著影响的影响因素。包括以下内容：

- a) 可能导致零点和量程随机变化的主要影响因素，包括但不限于环境变化、工艺波动变化等；
- b) 计算中测试数据的影响因素；
- c) 测试数据根据性能测试方案的测试报告获得；

- d) 标准偏差的计算是一种不确定性计算,本阶段建立的不确定性计算用于未来测试系统在模拟系统实验阶段及使用阶段的报警输出及维护工作进行必要性的确定;

需要考虑的因子数应包括:

- a) 被测系统制备气体过程温度变化带来的不确定性;
- b) 被测系统制备气体过程湿度变化带来的不确定性;
- c) 被测系统制备气体过程流量变化带来的不确定性;
- d) 被测系统制备气体过程压力变化带来的不确定性;
- e) 被测系统管路长度变化带来的不确定性(响应时间改变导致的不确定性)。

7.4.3.4.3 使用最大允许不确定性计算控制图限值

根据可验证的最大允许不确定性确定控制图的限制阈值。

注:必要时需要将系统合成不确定度转换为必要的测量参数。

7.4.4 模拟系统测试数据

校准实验可能会产生大量的数据,任何数据都应合理并通过文件记录。

7.4.4.1 被测系统漂移和精度数据的检验

在此测试程序中执行的模拟系统测试期间,在被测系统的仪器读数和参考样气浓度值之间建立回归线。计算每个浓度水平的被测系统读数的平均值,并计算该平均值与回归线的偏差(残差)。

同时,对被测系统漂移和精度数据控制图进行校验。

7.4.4.2 建立校准功能

应先按照可参考的法规建立校准模型,并根据试验数据对比校准模型。当数据与校准模型发生偏差时,应记录校准的过程及最大不确定性。

7.4.4.3 基于模拟系统的测试数据的可变性计算

7.4.4.3.1 确定被测系统测量值的规定系统合成不确定度。验证这种不确定性的确切定义(例如,表示为95%置信区间、扩展的不确定性、标准偏差或任何其他统计公式)。如有必要,将系统合成不确定度转换为绝对标准偏差。

7.4.4.3.2 可变性测试应基于模拟系统的测试结果或基于平行试验,但不应包括通过使用标准气体或用于确定校准功能的替代程序获得的数据。

7.4.4.3.3 可变性测试如采用平行测量方法,对于每次平行测量被测系统测量值,应在被测系统的测量值(校准值)上使用校准函数计算。

7.4.4.3.4 参考标准中规定了数据质量要求时进行可变性计算,应使用参考标准要求下的浓度进行可变性测试。

7.4.4.3.5 被测系统测量值应使用外部的的气体影响因数(温度、压力、流量变化)及水蒸气变化的校准测量值进行标准化。

7.4.4.3.6 模拟系统或平行测量值通过独立确定的外围参数数据集转换为标准条件,因此这些参数的不确定性归因于可变性测试中的被测系统。

7.4.4.3.7 计算可变性时,用于标准化测量的外围参数(如水蒸气含量、温度和压力、流量)应取自:

- a) 用于标准化平行测量的仪器;
- b) 用于标准化测量值的仪器,或在测量值不存在的情况下使用可被追溯的标准值。

本程序目的是确保数据记录和处理系统中执行的标准化程序包含在可变性测试中。

7.4.4.4 被测系统的数据校准与算法验证

在本文件的实验室或模拟系统动态测试阶段,应对被测系统整体(含分析单元、数据采集与数据处理环节)的数据校准与运算能力进行功能性验证:

- a) 建立初始测试校准函数:依据动态工况试验数据,系统应能自动或通过其数据处理环节建立初始的校准函数模型,如公式(1)所示:

$$y_i = a + bx_i \dots\dots\dots (1)$$

式中：

y_i ——经校准的测量值（标气参考浓度）；

x_i ——被测系统的原始测量信号（由 GDS 采集硬件无损传输至数据处理系统）。

- b) 软硬件边界要求数据采集系统负责准确、防篡改地传输原始测量信号 x_i 。上述公式（1）的校准函数建立、回归计算及最终的浓度折算功能，须固化在设备配套的数据处理系统中予以实现并接受考核；
- c) 校准范围与外推验证：数据处理系统应具备识别有效校准范围（从零到最大值）的能力。在模拟测试中，系统应验证当数据超出有效范围时，线性外推算法的适用性及测量偏差是否小于系统设定的最大允许不确定度；
- d) 现场应用的过渡声明：出厂测试通过标准气体建立的校准函数，仅用于验证系统的算法承载能力并计算出厂综合标准偏差。系统安装至工程现场后，数据处理系统必须支持录入并启用由现场标准参考方法平行测试生成的全新专属校准函数。

7.4.4.5 基于平行测量的可变性测试

基于平行测量进行校准时，应进行可变性测试，并应确定系统已通过可变性测试。如适用模拟系统，则应使用模拟系统可预知的数据进行可变性测试结果的比较，并以此确定系统通过可变性测试。

附 录 A
(资料性)
典型系统性能指标

典型系统性能指标见表 A.1。

表 A.1 典型系统性能参数表

序号	名称	单位
1	监测气体项目	气体种类
2	监测原理	依据系统设计
3	分析传感器原理	依据系统设计
4	系统合成不确定度	%
5	系统 T_{90} 响应时间	min,s
6	系统露点控制精度	°C
7	系统交叉干扰	%F.S
8	系统漂移	%F.S
9	颗粒控制精度	μm
10	气溶胶控制精度	%
11	溶解损失控制率	%
12	数据频次	h,min,s
13	环境温度范围	°C
14	环境湿度范围	%RH
15	设备尺寸	HxWxD mm
16	供电电源	V, Hz
17	供电功率	kW
18	反吹气要求	MPa

附 录 B

(资料性)

固定源排放温室气体 (CO₂) 自动监测系统技术性能评估表表 B.1 固定源排放温室气体 (CO₂) 自动监测系统技术性能评估表-系统出厂前测试

序号	技术参数名称	评价标准			系统测试结果	评价结果
		A	B	C		
1	系统响应时间	≤50 s	≤100 s	≤200 s		
2	零点及量程点重复性标准偏差	≤0.5 %	≤1.0 %	≤2.0 %		
3	缺乏拟合 (线性)	≤0.5 %	≤1.0 %	≤2.0 %		
4	环境温度及湿度变化影响	≤1.0 %	≤2.0 %	≤5.0 %		
5	供电电压波动影响	≤0.5 %	≤1.0 %	≤2.0 %		
6	环境振动影响	≤0.5 %	≤1.0 %	≤2.0 %		
7	干扰成分影响 (交叉灵敏度)	≤1.0 %	≤2.0 %	≤4.0 %		
8	测量光束偏移影响 (原位式系统)	≤0.5 %	≤1.0 %	≤2.0 %		
9	样气流量影响 (抽取式系统)	≤0.5 %	≤1.0 %	≤2.0 %		
10	样气湿度影响	≤0.5 %	≤1.0 %	≤2.0 %		
11	样气压力影响	≤0.5 %	≤1.0 %	≤2.0 %		
12	样气温度影响	≤0.5 %	≤1.0 %	≤2.0 %		
13	系统合成不确定度	≤0.5 %	≤1.0 %	≤2.0 %		

附 录 C

（规范性）

系统合成不确定度计算公式

C.1 系统合成不确定度即通过计算综合标准偏差（ s_{AMS} ）得到，计算公式见公式（C.1）：

$$s_{AMS} = \sqrt{u_{inst}^2 + u_{env}^2 + u_{sample}^2 + u_{interf}^2 + u_{pipe}^2} \cdots \cdots \cdots (C.1)$$

C.2 仪器固有不确定性不确定度（ u_{inst} ）包含仪器的零点漂移、量程漂移以及缺乏拟合和重复性对系统数据产生的影响，计算公式见公式（C.2）。

$$u_{inst} = \sqrt{u_{drift_zero}^2 + u_{drift_span}^2 + u_{linearity}^2 + u_{repeatability}^2} \cdots \cdots \cdots (C.2)$$

式中：

U_{drift_zero} ——零点漂移；

U_{drift_span} ——量程漂移；

$U_{linearity}$ ——缺乏拟合；

$U_{repeatability}$ ——重复性。

C.3 环境影响不确定度（ u_{env} ）包含系统安装位置的外部环境波动对系统数据产生的影响，计算公式见公式（C.3）。

$$u_{env} = \sqrt{u_{env_temp}^2 + u_{env_rh}^2 + u_{volt}^2 + u_{vib}^2 + u_{amb_pres}^2} \cdots \cdots \cdots (C.3)$$

式中：

u_{env_temp} ——环境温度变化影响；

u_{env_rh} ——环境湿度变化影响；

u_{volt} ——供电电压波动影响；

u_{vib} ——环境振动影响；

u_{amb_pres} ——环境压力变化影响。

C.4 样气制备与工艺波动影响不确定度（ u_{sample} ）量化气体采集和制备过程导致的物理量波动对系统数据产生的影响，计算公式见公式（C.4）。

$$u_{sample} = \sqrt{u_{s_temp}^2 + u_{s_pres}^2 + u_{s_flow}^2 + u_{dew}^2 + u_{loss}^2} \cdots \cdots \cdots (C.4)$$

式中：

u_{s_temp} ——制备气体过程温度变化带来的不确定性；

u_{s_pres} ——制备气体过程压力变化带来的不确定性；

u_{s_flow} ——制备气体过程（进样）流量变化带来的不确定性；

u_{dew} ——制备气体过程露点（湿度）变化带来的不确定性；

u_{loss} ——露点降低/除湿过程导致的冷凝溶解损失影响。

C.5 交叉干扰不确定度（ u_{interf} ）

工艺气体中存在的已知干扰成分（如其他杂质气体交叉灵敏度）对最终数据产生的影响。

C.6 管路与动态响应不确定度 (u_{pipe})

管路长度变化及部件传输导致的响应时间（T90）改变所带来数据不确定性影响。

系统扩展不确定度 U 按照公式（C.5）计算：

$$U = k \times u_c \cdots \cdots \cdots \text{（C.5）}$$

式中：

k ——扩展因子，95 %置信区间 $k=2$ 。本文件中不确定度均采用相对不确定度（相对于仪器量程上限）表示；

u_c ——合成标准不确定度，是仪器误差、环境影响、样气制备与工艺波动影响、交叉干扰、管路与动态响应等参数的独立不确定度分量的合成值。

参 考 文 献

- [1] GB/T 4208 外壳防护等级 (IP 代码)
 - [2] GB/T 36090 气体分析 在线自动测量系统质量保证指南
 - [3] GB 50093 自动化仪表工程施工及质量验收规范
 - [4] GB 50168 电气装置安装工程 电缆线路施工及验收标准
 - [5] ISO 7870-4 控制图 第 4 部分: CUSUM 控制图程序
 - [6] ISO 12039 固定源排放 烟气中一氧化碳、二氧化碳和氧气质量浓度的测定 自动测量系统的性能特点
 - [7] ISO 14164 固定源排放 确定管道中气流的体积流量-自动监测方法
 - [8] ISO 14385-1 固定源排放 温室气体 第 1 部分: 自动测量系统的校准
 - [9] ISO 14385-2 固定源排放 温室气体 第 2 部分: 自动测量系统的持续质量控制
 - [10] ISO 14956 空气质量 通过与要求的测量不确定度进行比较评估测量程序的适用性
 - [11] ISO 16911-2 固定源排放 手动和自动测定管道中的速度和体积流量 第 2 部分: 自动测量系统
 - [12] ISO 19694 能源密集行业温室气体排放的确定
 - [13] ISO 20181 固定源排放 自动测量系统的质量保证
 - [14] ISO/IEC Guide 98-3 不确定度的测量-第 3 部分: 测量不确定度表示指南
 - [15] EN 14181 固定源排放 自动测量系统的质量保证
 - [16] EN 14790 固定源排放 管道中水蒸气的测定 标准参考方法
 - [17] EN 15267 空气质量 自动测量系统认证
 - [18] EN 17255 固定源排放 数据采集和处理系统
 - [19] US EPA 40CFR Part 75 发电厂连续排放监测系统 (CEMS) 验证与质量保证规范
-