附件 2

HJ

中华人民共和国国家生态环境标准

HJ 76-202□

（替代 HJ 76-2017）

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

Technical requirements for continuous emission automated monitoring system of SO_2, NO_X and particulate matter in the exhaust gas from stationary sources

（征求意见稿）

202□-□□-□□发布　　202□-□□-□□实施

生　态　环　境　部　　发布

目　次

前　言 II
1　适用范围 1
2　规范性引用文件 1
3　术语和定义 1
4　组成和结构 2
5　技术要求 6
6　性能指标 13
7　定型 CEMS 检测要求 15
8　质量保证 19
9　在用 CEMS 要求 19
附录 A　（规范性附录）　CEMS 小时报表、日报表、月报表和年报表 21
附录 B　（规范性附录）　CEMS 数据采集记录和处理要求 26
附录 C　（规范性附录）　CEMS 性能检测和一致性材料模板 34
附录 D　（规范性附录）　定型 CEMS 技术指标检测方法 43
附录 E　（规范性附录）　在用 CEMS 技术指标检测方法 59
附录 F　（规范性附录）　监测仪器防篡改功能检测方法 61
附录 G　（规范性附录）　分析仪器和数采仪显示内容和功能菜单 65
附录 H　（规范性附录）　分析仪与数采仪的通信协议 68
附录 I　（资料性附录）　颗粒物 CEMS 参比方法校准检测实例 70

前　言

为贯彻《中华人民共和国生态环境法典》和《生态环境监测条例》，防治生态环境污染，改善生态环境质量，规范固定污染源废气（SO_2、NO_X、颗粒物）排放连续自动监测系统的性能、质量，制定本标准。

本标准规定了固定污染源废气（SO_2、NO_X、颗粒物）有组织排放连续自动监测系统（以下简称 CEMS）的组成、结构、技术要求、检测项目和检测方法。

本标准附录 A~附录 H 为规范性附录，附录 I 为资料性附录。

本标准首次发布于 2001 年，2007 年第一次修订，2017 年第二次修订，本次为第三次修订。

本标准是对《固定污染源废气（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）的修订。本次修订的主要内容有：

——增加了系统基本组成和原理，列出监测单元组成结构示意图；

——增加了 CEMS 运行参数采集要求，并列出允许调整参数；

——增加了样品采集和传输设备功能要求，包括稀释抽取式气态污染物 CEMS、抽取式颗粒物 CEMS，增加了废气参数测量设备要求；

——增加了 CEMS 自动校准功能要求，增加了 CEMS 防篡改功能要求；

——完善了 CEMS 实验室检测技术要求，增加了废气压力性能指标，增加了干扰成分，增加了气态污染物检出限指标，修订了线性偏差检测方法；

——完善了 CEMS 现场检测技术要求，调整了现场检测模式，修订了准确度比对指标；

——增加了在用 CEMS 要求；

——附录 A 增加了小时报表；

——附录 B 完善了数据采集要求和数据状态标记要求；

——增加了附录 C CEMS 一致性材料模板；

——增加了附录 D 定型 CEMS 技术指标检测方法；

——增加了附录 E 在用 CEMS 技术指标检测方法；

——增加了附录 F 监测仪器防篡改功能检测方法；

——增加了附录 G 分析仪器和数采仪显示内容和功能菜单；

——增加了附录 H 分析仪器与数采仪的通信协议。

自本标准实施之日起，《固定污染源废气（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）废止。

本标准由生态环境部生态环境监测司、法规与标准司组织制订。

本标准主要起草单位：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。

本标准生态环境部 202□年□□月□□日批准。

本标准自 202□年□□月□□日起实施。

本标准由生态环境部解释。

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

1 适用范围

本标准规定了定型 CEMS 的组成、结构、技术要求、检测项目和检测方法，以及在用 CEMS 的组成、结构、功能、抽测项目和检测方法。

本标准适用于固定污染源废气（SO_2、NO_X、颗粒物）排放连续自动监测系统。

2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用标准，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用标准，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。其他文件被新文件废止、修改、修订的，新文件适用于本标准。

GB/T 4208 外壳防护等级（IP 代码）

GB/T 16157 固定污染源排气中颗粒物和气态污染物采样方法

HJ 75 固定污染源废气（SO_2、NO_X、颗粒物）排放连续自动监测技术规范

HJ 212 污染物自动监测监控系统数据传输技术要求

HJ 836 固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 重量法

HJ 1405 排污单位污染物排放口监测点位设置技术规范

HJ XXX 固定污染源现场监测设备防范篡改伪造功能通用要求

3 术语和定义

3.1

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

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，简称 CEMS。CEMS 包括定型 CEMS 和在用 CEMS。

定型 CEMS 是指新型的、其整机技术指标已被证明符合计量要求的 CEMS。

3.2

工作量程 working range

根据实际应用需要设置的分析仪器的测量上下限值区间。

3.3

标称示值区间 nominal indication interval

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）”。

3.4

校准 calibration

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。

3.5

调整 adjustment

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。

3.6

响应时间 response time (T_{90})

响应时间包括仪表响应时间和系统响应时间。

仪表响应时间指从向分析仪器校准管路通入标准气体起，到其示值达到标准气体标称值90%或10%止，中间的时间间隔。

系统响应时间指从向CEMS全系统校准管路通入标准气体起，到其示值达到标准气体标称值的90%止，中间的时间间隔。

3.7

线性偏差 linear deviation

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。

3.8

二氧化氮转换效率 nitrogen dioxide conversion efficiency

使用二氧化氮转换器将NO_2转换为NO的效率。

3.9

相对准确度 relative accuracy

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。

3.10

无人值守期间 period of unattended operation

CEMS依靠自动校准保障稳定运行的时段。

3.11

速度场系数 velocity field coefficient

参比方法与CEMS同步测量废气流速，参比方法测量的废气平均流速与同时间区间且相同状态的CEMS测量的废气平均流速的比值。

3.12

监督抽测 supervision test

生态环境主管部门对在用CEMS的性能是否失效进行的现场抽检。

3.13

干废气浓度 dry exhaust gas concentration

废气经预处理，露点温度≤4℃时，废气中各污染物的浓度，也称“干基浓度”。

4 组成和结构

4.1 基本组成和原理

CEMS 主要用于测量废气中气态污染物（SO_2 和/或 NO_X）浓度、颗粒物浓度、废气参数（含氧量、流速或流量、温度、含湿量、压力），并计算废气中污染物排放速率和排放量，显示和记录各种参数，形成相关报表、图文。

CEMS 一般由气态污染物（SO_2 和/或 NO_X）监测单元、颗粒物监测单元、废气参数测量单元、数据采集传输单元（数采仪）等组成。依据应用场景，CEMS 由上述全部或部分结构组成。

按照采样方式，气态污染物监测单元分为完全抽取式、稀释抽取式，颗粒物监测单元分为直接测量式、抽取测量式，分析原理详见表 1。

表 1 监测单元分类

监测项目	采样方式	分析原理
SO_2	完全抽取式（冷干、热湿）	吸收光谱法
	稀释抽取式	紫外荧光法
NO_X	完全抽取式（冷干、热湿）	吸收光谱法、双池厚膜氧化锆法
	稀释抽取式	化学发光法
颗粒物	直接测量式	光散射法
	抽取测量式	光散射法、β射线法

4.2 气态污染物监测单元组成

4.2.1 完全抽取冷干式气态污染物监测单元

表 2 完全抽取冷干式气态污染物监测单元组成

设备	装置	器件
样品采集和传输设备	采样装置	采样探杆、采样探头、加热模块、过滤器、采样泵
	样品传输管线	/
预处理设备	除湿装置	/
分析仪器	气体分析仪器	光源、气室、检测器、主板
校准设备	校准装置	控制阀组、流量计
辅助设备	反吹装置	控制阀组、除水部件、储气部件

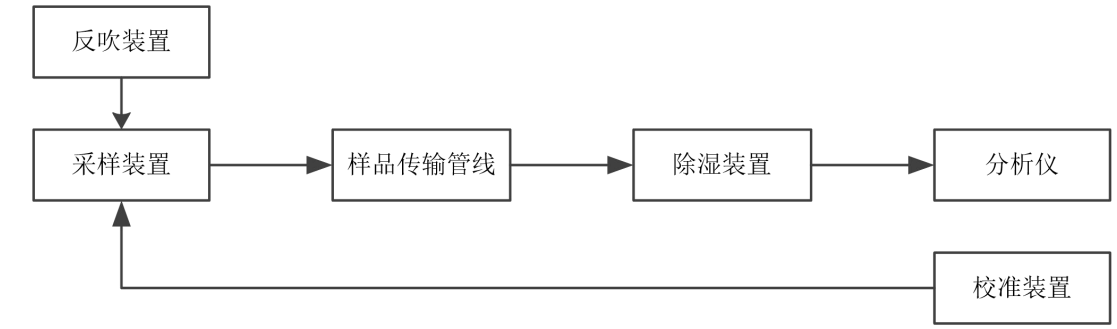


图 1 完全抽取冷干式气态污染物监测单元组成示意图

4.2.2　完全抽取热湿式气态污染物监测单元

表 3 完全抽取热湿式气态污染物监测单元组成

设备	装置	器件
样品采集和传输设备	采样装置	采样探杆、采样探头、加热模块、过滤器、采样泵
	样品传输管线	/
分析仪器	气体分析仪器	光源、检测器、主板、加热箱（气室、过滤器）
校准设备	校准装置	控制阀组、流量计
辅助设备	反吹装置	控制阀组、除水部件、储气部件

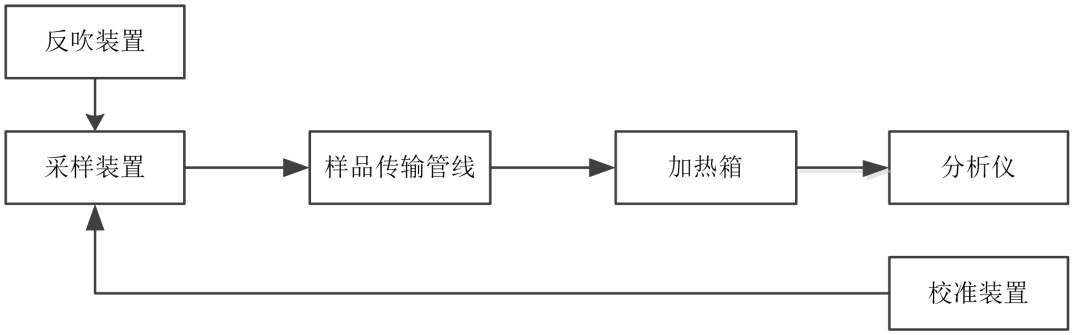


图 2 完全抽取热湿式气态污染物监测单元组成示意图

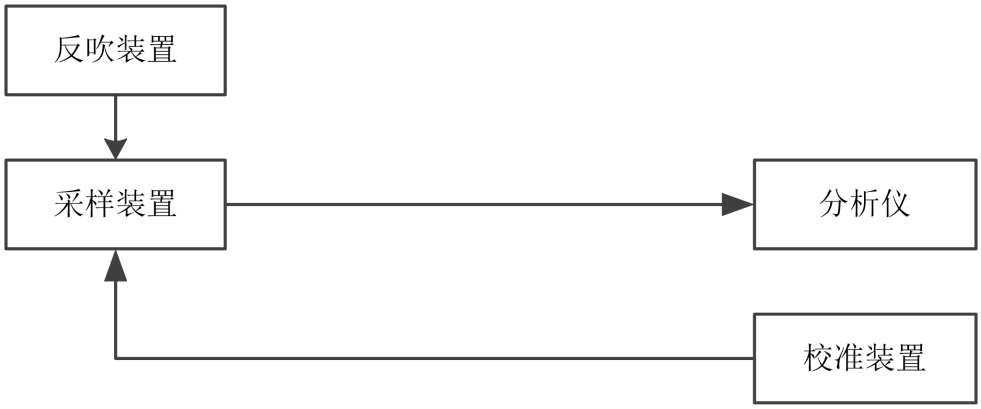


图 3 原位抽取热湿式气态污染物监测单元组成示意图

4.2.3　稀释抽取式气态污染物监测单元

表 4 稀释抽取式气态污染物监测单元组成

设备	装置	器件
样品采集和传输设备	采样装置	采样探杆、音速小孔、文丘里管、加热模块、过滤器
	样品传输管线	/
分析仪器	气体分析仪器	光源、气室、检测器、主板
校准设备	校准装置	控制阀组、流量计
辅助设备	稀释气发生装置	除尘、除水、除油、除烃及除二氧化硫和氮氧化物模块
	反吹装置	控制阀组、除水部件、储气部件

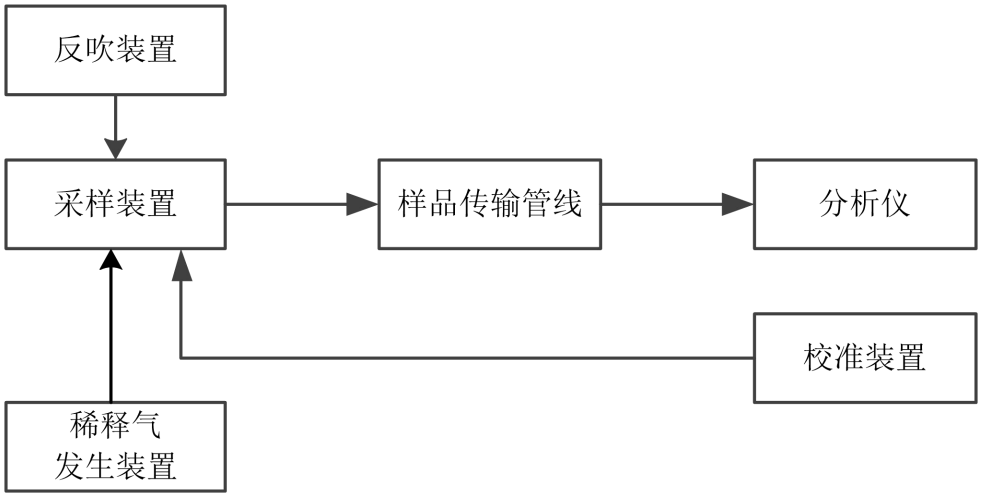


图 4 稀释抽取式气态污染物监测单元组成示意图

4.3 颗粒物监测单元组成

4.3.1 直接测量式颗粒物监测单元

表 5 直接测量式颗粒物监测单元组成

设备	装置	器件
分析仪器	颗粒物分析仪器	光源、探测器、光学镜片、主板
校准设备	校准装置	颗粒物零点和量程检查部件
辅助设备	气幕保护系统	气源、流路



图 5 直接测量式颗粒物监测单元组成示意图

4.3.2 抽取测量式颗粒物监测单元

表 6 抽取测量式颗粒物监测单元组成

设备	装置	器件
样品采集和传输设备	采样装置	采样嘴、采样弯头、采样探杆
	样品传输管线	/
	流速测量装置	温度、压力和差压测量部件，自动反吹部件
	等速跟踪装置	流量测量部件、采样泵、控制器
分析仪器	颗粒物分析仪器	光源、气室、探测器、主板
校准设备	校准装置	颗粒物零点和量程检查部件
辅助设备	气幕保护系统	气源、流路

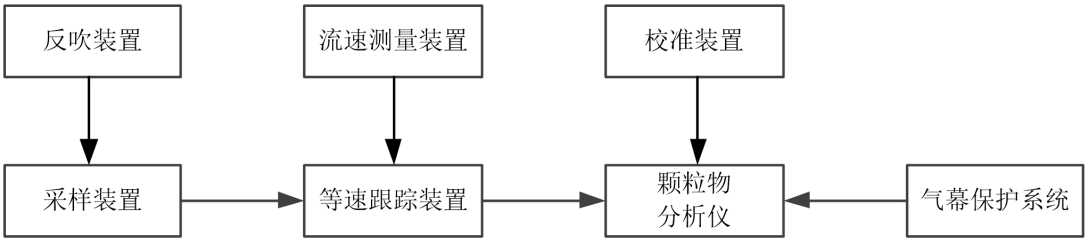


图 6 抽取测量式颗粒物监测单元组成示意图

4.4 数据采集传输单元

CEMS 的污染物监测数据、废气参数测量数据和运行参数直接传输至数采仪，经数采仪采集与处理后与生态环境主管部门的监控设备联网，同时也可传输至排污单位相关系统，如图 7 所示。

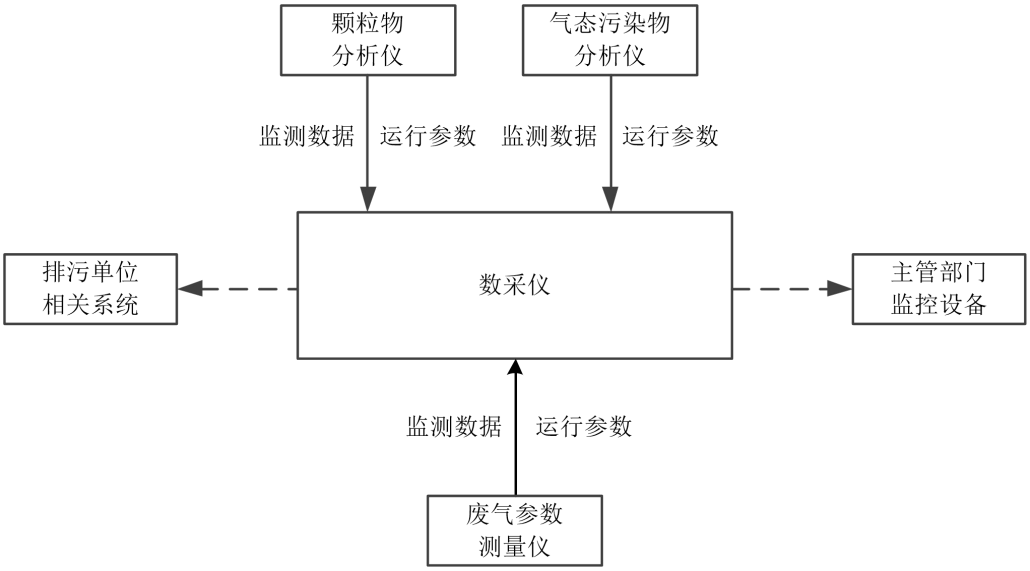


图 7 CEMS 数据采集传输示意图

5 技术要求

5.1 外观要求

5.1.1 CEMS 应具有铭牌。铭牌上应标有系统名称、系统型号、监测因子、工作量程、标称示值区间、工作电压、额定功率、生产单位、出厂编号、制造日期等信息。

5.1.2 表面应完好无损，无明显缺陷，各零部件连接可靠，各操作键使用灵活，定位准确。

5.1.3 仪器面板显示清晰，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 室外部件外壳或外罩应耐腐蚀、密封性能良好，应符合 GB/T 4208 中 IP55 防护等级要求。

5.2 工作条件

CEMS 宜在以下条件中工作：

a）室内环境温度：（15~30）℃，室外环境温度：（-20~50）℃；

b）室内相对湿度：≤85%；

c）大气压：（80～106）kPa；

d）供电电源：AC（220±22）V，（50±1）Hz。

注：低温、低压等特殊环境条件下，仪器设备的配置应满足当地环境条件的使用要求。

5.3 安全要求

5.3.1 在环境温度为（15~30）℃，相对湿度≤85%条件下，系统电源端子对地或机壳的绝缘电阻不小于 20 MΩ。

5.3.2 系统应具有漏电保护装置，具备良好的接地措施，防止雷击等对系统造成损坏。

5.4 功能要求

5.4.1 通用功能要求

5.4.1.1 CEMS 应具备运行参数设置、调整、采集、记录、查询和上传功能。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》。本标准表 7 列出 B、C 两类参数，均应传输到数采仪，其余参数均应按照 A 类参数管理，不应设置可对监测数据或者原始信号进行直接修改的其他参数。表 7 中采集频率为实时的应每分钟上传 1 次，非实时的应在变化后 5 min 内上传。

表 7 B、C 两类运行参数要求

监测单元	参数名称	允许调整参数	应输出参数	单位	采集频率	备注
二氧化硫、氮氧化物	工作状态		√	无量纲	非实时	
	分析仪器和控制系统报警		√	无量纲	非实时	
	当前工作量程上限		√	mg/m^3	非实时	
	当前工作量程下限		√	mg/m^3	非实时	
	量程标气浓度	√	√	mg/m^3	非实时	
	零点校准浓度	√	√	mg/m^3	非实时	
	零点校准开始时间	√	√	YYYYMMDDhhmmss	非实时	
	量程校准开始时间	√	√	YYYYMMDDhhmmss	非实时	
	零点偏差率		√	%	非实时	偏差率和校准系数可二选一上传
	量程偏差率		√	%	非实时	
	零点校准系数		√	无量纲	非实时	
	量程校准系数		√	无量纲	非实时	
	稀释探头真空度		√	kPa	实时	
	真空度报警值		√	kPa	非实时	
	稀释气流量		√	L/min	实时	稀释气流量与稀释气压力可
	稀释气流量报警值		√	L/min	非实时	

监测单元	参数名称	允许调整参数	应输出参数	单位	采集频率	备注
	稀释气压力		√	Pa	实时	二选一上传
	稀释气压力报警值		√	Pa	非实时	
	NO_2转换器工作温度		√	℃	实时	NO_X转换法适用
	NO_2转换器温度设定值		√	℃	非实时	
颗粒物	工作状态		√	无量纲	非实时	
	分析仪器和控制系统报警		√	无量纲	非实时	
	当前工作量程上限		√	mg/m^3	非实时	
	当前工作量程下限		√	mg/m^3	非实时	
	校准曲线斜率	√	√	无量纲	非实时	
	校准曲线截距	√	√	无量纲	非实时	
	原始斜率		√	无量纲	非实时	
	原始截距		√	无量纲	非实时	
	等速采样跟踪率		√	无量纲	实时	抽取式颗粒物CEMS适用
	采样点流速		√	m/s	实时	
	跟踪流速		√	m/s	实时	
废气含氧量	工作状态		√	无量纲	非实时	
	分析仪器和控制系统报警		√	无量纲	非实时	
	当前工作量程上限		√	%	非实时	
	当前工作量程下限		√	%	非实时	
	量程标气浓度	√	√	%	非实时	
	零点校准浓度	√	√	%	非实时	
	零点校准开始时间	√	√	YYYYMMDDhhmmss	非实时	
	量程校准开始时间	√	√	YYYYMMDDhhmmss	非实时	
	零点偏差率		√	%	非实时	
	量程偏差率		√	%	非实时	
	零点校准系数		√	无量纲	非实时	
	量程校准系数		√	无量纲	非实时	
废气流速	工作状态		√	无量纲	非实时	
	数采仪与分析仪器通信状态		√	无量纲	非实时	
	当前工作量程上限		√	m/s	非实时	
	当前工作量程下限		√	m/s	非实时	
	零点校准开始时间		√	YYYYMMDDhhmmss	非实时	
	零点偏差率		√	%	非实时	
	皮托管系数		√	无量纲	非实时	

监测单元	参数名称	允许调整参数	应输出参数	单位	采集频率	备注
废气温度	工作状态		√	无量纲	非实时	
	数采仪与分析仪器通信状态		√	无量纲	非实时	
	当前工作量程上限		√	℃	非实时	
	当前工作量程下限		√	℃	非实时	
废气含湿量	工作状态		√	无量纲	非实时	
	数采仪与分析仪器通信状态		√	无量纲	非实时	
	当前工作量程上限		√	%	非实时	
	当前工作量程下限		√	%	非实时	
废气压力	工作状态		√	无量纲	非实时	
	数采仪与分析仪器通信状态		√	无量纲	非实时	
	当前工作量程上限		√	Pa	非实时	
	当前工作量程下限		√	Pa	非实时	
关键部件	采样探头工作温度		√	℃	实时	
	采样探头温度设定值		√	℃	非实时	
	样品传输管线工作温度		√	℃	实时	稀释法CEMS不适用
	样品传输管线温度设定值		√	℃	非实时	
	采样探杆工作温度		√	℃	实时	
	采样探杆温度设定值		√	℃	非实时	
	加热箱工作温度		√	℃	实时	完全抽取冷干式CEMS不适用
	加热箱温度报警值		√	℃	非实时	
	冷凝器工作温度		√	℃	实时	
	冷凝器温度报警值		√	℃	非实时	
其他	速度场系数	√	√	无量纲	非实时	
	烟道截面积	√	√	m^2	非实时	
	反吹间隔	√	√	min	非实时	不同部件应分别设置
	基准含氧量	√	√	%	非实时	
	当地大气压	√	√	kPa	非实时	

5.4.1.2　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》。

5.4.1.3　CEMS 应设置三类操作管理权限。各操作权限的内容和要求见《固定污染源现场监

测设备防范篡改伪造功能通用要求》。

5.4.1.4　CEMS 尾气排放管应防止堵塞，确保尾气排放通畅。

5.4.1.5　CEMS 机柜内部气体管路以及电路、数据传输线路等应规范布设，同类管路、电路和线路应尽可能集中汇总设置，不同类型、作用、方向的应采用明确标识加以区分。各种走线应安全合理，便于查找维护维修。

5.4.1.6　CEMS 机柜内应具备良好的散热装置，确保机柜内的温度符合仪器正常工作温度；应配备照明设备，便于日常维护和检查。

5.4.2　样品采集和传输设备要求

5.4.2.1　一般要求

5.4.2.1.1　采样装置应选用耐高温、防腐蚀、不吸附、不与待测污染物发生反应的材料。

5.4.2.1.2　采样探头应具备加热、保温和反吹净化功能，其加热温度应≥120 ℃，其实际温度值应能够实时显示便于查看。

5.4.2.1.3　当废气温度＜120 ℃时，采样探杆应保持加热温度≥120 ℃，当废气温度≥120 ℃时，可不加热，但应确保采样探杆内无冷凝。

5.4.2.1.4　气态污染物采样探头应具备便于更换或清洗的颗粒物过滤器，过滤器应至少能过滤 10 μm 粒径以上的颗粒物。

5.4.2.1.5　样品传输管线应选用防腐蚀、不吸附、不与待测污染物发生反应的材料。

5.4.2.1.6　样品传输管线内包覆的气体传输管应至少为两根，一根用于样品气体的传输，一根用于全系统校准。

5.4.2.1.7　当样品传输管线需要加热时，使用的伴热管线应具备稳定、均匀加热和保温的功能，其设置加热温度应≥120 ℃，其实际温度值应能够实时显示便于查看。

5.4.2.1.8　抽取式 CEMS 应具备采样流量或压力实时监测功能，并应具备自动检漏功能。

5.4.2.2　稀释抽取式气态污染物 CEMS

5.4.2.2.1　稀释抽取式气态污染物 CEMS 应保证采样装置音速小孔出口端（文丘里管喉部）绝对气压≤40 kPa 或真空度≥60 kPa。

5.4.2.2.2　稀释抽取式气态污染物 CEMS 应具备稀释零空气流量或压力监测功能，稀释零空气的流量或压力应保持稳定，波动范围在设定值的±3%以内。

5.4.2.2.3　稀释抽取式气态污染物 CEMS 采样探头和稀释零空气温度应保持稳定，波动范围在设定值±3℃以内。应具备音速小孔前含氧量监测功能。

5.4.2.3　抽取式颗粒物 CEMS

5.4.2.3.1　抽取式颗粒物 CEMS 应同时具备等速跟踪采样和恒流采样功能。

5.4.2.3.2　抽取式颗粒物 CEMS 采样嘴内径不得小于Φ5 mm，采样嘴与前弯管连接端应保持内径相同，采样探杆内部的任何变化均应平滑过渡，避免造成颗粒物沉积。采样嘴、采样探杆其它技术要求参照 GB/T 16157 和 HJ 836。

5.4.2.3.3　抽取式颗粒物 CEMS 采样探杆、样品传输管线、气室应加热，其加热温度应在 120 ℃以上。

5.4.2.3.4　抽取式颗粒物 CEMS 等速跟踪采样时，应实时监测颗粒物采样嘴处的废气流速，使颗粒物 CEMS 采样流速与废气流速相等；小时等速跟踪率在（1.0±0.1）范围内。

注：小时等速跟踪率为采样流速小时均值与废气流速小时均值的比值。

5.4.3 预处理设备要求

5.4.3.1 CEMS 预处理设备应便于更换或清洗，应使用防腐蚀、不吸附、不与气态污染物发生反应的材料。

5.4.3.2 采用冷凝脱水预处理的 CEMS，冷凝器工作温度应保持在（4±2）℃范围内，其数值应能够实时显示便于查看。采用渗透脱水预处理的 CEMS，应配备吹扫系统；吹扫气应足够干燥，保证样气露点温度低于 4 ℃。

5.4.3.3 在气体样品进入分析仪器之前应设置过滤器，过滤 1 μm 粒径以上的颗粒物。

5.4.3.4 废气中存在氨气干扰时，CEMS 应增加除氨装置。

5.4.3.5 完全抽取冷干式 CEMS 在进行冷凝除湿预处理过程中，为防止部分污染物因溶于冷凝水而造成样品损失，在冷凝除湿之前宜设置动态滴加磷酸装置。

5.4.4 分析仪器要求

5.4.4.1 CEMS 应能用手动或自动方式进行零点和量程校准。采用抽取测量方式的气态污染物 CEMS，应具备固定的和便于操作的标准气体全系统校准功能，应保证零气和标准气体从机柜发出，经过与样品气体相同的路径（采样探头过滤器、样气传输管线、预处理设备）且流量一致，进入分析仪。

5.4.4.2 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。

5.4.4.3 气态污染物和颗粒物分析仪器应至少每 5s 存储一组测量的实时数据，并能查询、导出至少最近 3 个月的实时数据。

5.4.5 自动校准功能要求

5.4.5.1 自动校准功能应能实现示值误差、系统响应时间、零点漂移和量程漂移等指标的自动检查和校准。

5.4.5.2 系统应配备流量计，能按照设定的气体浓度和流量输出零点气体和（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%。

5.4.6 辅助设备要求

5.4.6.1 CEMS 应配备反吹装置，用以对样品采集和传输设备等部件进行反吹，避免出现堵塞、干扰等状况。

5.4.6.2 颗粒物 CEMS 应具有防止光学镜头被废气污染的净化系统，也称气幕保护系统；气幕保护系统使用的净化气体应洁净、流量适中，确保其不影响测量结果。

5.4.7 废气参数测量设备要求

5.4.7.1 S 型皮托管系数应为固定值，系数范围为 0.81~0.86。采用矩阵式流速测量设备的应明确测点数量。

5.4.7.2 超声波流速仪应明确声道长度、声道角等参数。直径大于 1m 的烟道应对穿倾斜安装，声道应正交于烟囱或烟道的中心线，声道角在 30°~60°之间。

5.4.7.3　含氧量或含湿量测量仪的传感器探头安装于烟囱外或烟道外时，应配备采样泵或风机等动力采样装置；样品应全程保温，确保无冷凝。

5.4.8　数采仪要求

5.4.8.1　数采仪应实时显示待测污染物和废气参数的监测数据，具备数据的统计功能，并以报表形式输出，相关小时报表、日报表、月报表和年报表的格式要求见附录 A。

5.4.8.2　数采仪应具备数据的查询功能，能够导出最近至少 1 年的 1 min 均值数据和至少 3 年的 1 h 均值数据以及至少 5 年的日均值数据和月均值数据。

5.4.8.3　数采仪应显示和记录系统运行参数，并支持查询、导出最近至少 1 年的运行参数。

5.4.8.4　数采仪应具有简体中文界面，应具备数字信号输出功能。数采仪与生态环境主管部门监控设备的数据传输应符合 HJ 212 要求，可通过数采仪一点多发功能，实现向排污单位传输监测数据。数采仪不得接收除生态环境主管部门监控设备以外的远程控制指令。

5.4.8.5　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、超测量上限、故障、关键工况参数故障等，不得具备人为增加、删除、修改数据标记的功能。

5.4.8.6　速度场系数、颗粒物参比方法校准斜率和截距、基准含氧量等参数应在数采仪上设置并参与计算，仪器端不得设置此类参数。干湿基换算、实测标况换算、基准含氧量折算及排放量、排放速率统计等应在数采仪完成，仪器端不得进行此类统计计算，相关计算公式参见附录 B。

5.4.9　防篡改功能要求

5.4.9.1　CEMS 的防篡改通用要求见《固定污染源现场监测设备防范篡改伪造功能通用要求》。

5.4.9.2　CEMS 气路系统中，对流量稳定性有要求、流量参数直接影响监测结果的环节，如流量无法自动测量、显示、记录和传输，不得安装可调节阀门，防止流量偏差影响监测数据准确性。

5.4.9.3　颗粒物分析仪器和气态污染物分析仪器应具备唯一标识编码，并符合 HJ 212 规定。编码应固化存储于设备内部，不得具备修改、删除功能。

5.4.9.4　分析仪器的软件应具有明确的版本号，且不得随意更改。如软件升级应评估新版本是否影响分析仪器性能。软件版本应在生态环境主管部门注册。

5.4.9.5　分析仪器软件应采用数字签名等技术自动校验软件程序真实性，若软件程序发生篡改，应立即触发报警，并记录到日志。

5.4.9.6　分析仪器软件应具备核验功能，输入分析仪器原始信号即可输出污染物浓度结果。

5.4.9.7　分析仪器数据传输为单向模式，应防止逆向写入或篡改操作。

5.4.9.8　分析仪器在单一工作量程下校准和测量时，应使用同一校准曲线。

5.4.9.9　分析仪器应具备防降级保护，不应使用版本号低于当前已安装版本的软件，防止回退至存在已知漏洞的旧版本。

5.4.9.10　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。

5.4.9.11　分析仪器与数采仪之间的通信协议应按照附录 H 要求进行设置。

5.4.9.12　数采仪应直接从分析仪器原始数据端口采集数据，不得经过中间工控机或其他装置的计算转发。

5.4.9.13　防篡改功能检测方法见附录 F。

6　性能指标

定型 CEMS 实验室检测和现场检测各检测指标、技术要求见表 8 和表 9。

表 8 定型 CEMS 实验室检测性能指标要求

检测指标		技术要求
二氧化硫监测单元	仪表响应时间	≤120 s
	量程点重复性	≤2%
	线性偏差	±2% F.S.
	24 h 漂移	±2% F.S.
	环境温度变化的影响	±5% F.S.
	采样流量变化的影响	±2% F.S.
	供电电压变化的影响	±2% F.S.
	干扰成分的影响	±5% F.S.
	平行性	≤5%
	检出限	≤2 mg/m^3
氮氧化物监测单元（NO_X 转换方式）	仪表响应时间	≤120 s
	量程点重复性	≤2%
	线性偏差	±2% F.S.
	24 h 漂移	±2% F.S.
	环境温度变化的影响	±5% F.S.
	采样流量变化的影响	±2% F.S.
	供电电压变化的影响	±2% F.S.
	干扰成分的影响	±5% F.S.
	二氧化氮转换效率	≥95%
	平行性	≤5%
	检出限	≤1 mg/m^3
氮氧化物监测单元（NO_2 直测方式）	仪表响应时间	≤120 s
	量程点重复性	≤2%
	线性偏差	±2% F.S.
	24 h 漂移	±2% F.S.
	环境温度变化的影响	±5% F.S.
	采样流量变化的影响	±2% F.S.
	供电电压变化的影响	±2% F.S.
	干扰成分的影响	±5% F.S.
	平行性	≤5%
	检出限	≤2 mg/m^3
含氧量监测单元	仪表响应时间	≤120 s
	量程点重复性	≤2%
	线性偏差	±2% F.S.
	24 h 漂移	±2% F.S.
	环境温度变化的影响	±5% F.S.
	采样流量变化的影响	±2% F.S.
	供电电压变化的影响	±2% F.S.
	干扰成分的影响	±5% F.S.
	平行性	≤5%
颗粒物监测单元	环境温度变化的影响	±5% F.S.
	供电电压变化的影响	±2% F.S.
	检出限	≤1 mg/m^3

检测指标		技术要求
	采样流速测量误差	当采样流速为 5 m/s 时，绝对误差±0.5 m/s； 当采样流速为 10 m/s～25 m/s 时，相对误差±5%
	等速跟踪吸引误差	±8%
	等速跟踪响应时间	≤20 s
废气参数测量单元	压力示值误差	±4%
自动校准装置	流量示值误差	±1%

注：F.S.表示工作量程。

表 9 定型 CEMS 现场检测性能指标要求

检测指标			技术要求
二氧化硫 CEMS	初检	示值误差	工作量程≥286 mg/m³（100 μmol/mol）时，±5%（标称值） 工作量程＜286 mg/m³（100 μmol/mol）时，±2.5% F.S.
		系统响应时间	≤200 s
		24 h 漂移	±2.5% F.S.
		相对准确度	当排放浓度平均值： ≥100 mg/m³（35 μmol/mol）时，相对准确度≤20% ≥35 mg/m³（12 μmol/mol）～＜100 mg/m³（35 μmol/mol）时，相对误差≤30% ＜35 mg/m³（12 μmol/mol）时，绝对误差≤10 mg/m³（3.5 μmol/mol）
	无人值守期间	一周漂移	±8% F.S.
氮氧化物 CEMS	初检	示值误差	工作量程≥410 mg/m³（200 μmol/mol）时，±5%（标称值）； 工作量程＜410 mg/m³（200 μmol/mol）时，±2.5% F.S.
		系统响应时间	≤200 s
		24 h 漂移	±2.5% F.S.
		相对准确度	当排放浓度平均值： ≥205 mg/m³（100 μmol/mol）时，相对准确度≤20% ≥50 mg/m³（24 μmol/mol）～＜205 mg/m³（100 μmol/mol）时，相对误差≤30% ＜50 mg/m³（24 μmol/mol）时，绝对误差≤15 mg/m³（7 μmol/mol）
	无人值守期间	一周漂移	±8% F.S.
颗粒物 CEMS	初检	相关系数	≥0.85 工作量程≤50 mg/m³ 时，≥0.75
		置信区间半宽	≤10%
		允许区间半宽	≤25%
		颗粒物正确度	当排放浓度平均值： ≥50 mg/m³ 时，相对误差±20% ≥10 mg/m³～＜50 mg/m³ 时，相对误差±30% ＜10 mg/m³ 时，绝对误差±4 mg/m³

检测指标			技术要求
	无人值守期间	一周漂移	±8% F.S.
含氧量 CEMS	初检	示值误差	±5%（标称值）
		系统响应时间	≤200 s
		24 h 漂移	±2.5% F.S.
		相对准确度	当废气含氧量平均值： ≥5%时，相对准确度≤15% ＜5%时，绝对误差±1.0%
流速 CEMS	初检	速度场系数精密度	≤5%
		流速正确度	当废气流速平均值： ≥10 m/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
温度 CEMS	初检	温度正确度	±3 ℃
含湿量 CEMS	初检	含湿量正确度	当废气含湿量平均值： ≥5.0%时，相对误差±25% ＜5.0%时，绝对误差±1.5%

注：F.S.表示工作量程。

7 定型 CEMS 检测要求

7.1 实验室检测

7.1.1 一般要求

7.1.1.1 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，3 台 CEMS 软件版本应一致。

7.1.1.2 分析仪器具备双量程或多量程时，只针对最小量程进行检测。

7.1.1.3 指标检测前允许 CEMS 进行零点、量程的校准和调整，检测中不允许对系统进行计划外的维护、检修和调节。

7.1.1.4 如果因供电问题造成测试中断，在供电恢复正常后，继续进行检测，已经完成的测试指标和数据有效。

7.1.1.5 如果因 CEMS 故障造成测试中断，在 CEMS 恢复正常后，重新开始检测，已经完成的测试指标和数据无效；检测期间 CEMS 允许故障次数≤2 次。

7.1.1.6 各指标检测数据均采用数采仪存储记录的最终结果。

7.1.1.7 开展检测前应完成 CEMS 组成、结构、功能检查，检查记录表见附录 C 中表 C.2 和表 C.3。其中软件核验功能按如下方法开展检查：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。

7.1.2 标准物质要求

7.1.2.1 零气：高纯氮气（氮气含量≥99.999%），或不干扰待测污染物测量的洁净空气，零气中二氧化硫、氮氧化物应≤0.1 μmol/mol。

7.1.2.2 标准气体：有证标准气体，其相对扩展不确定度≤2%（k=2）。量程标气指浓度在

（80%~100%）工作量程范围内的标准气体。较低浓度的标准气体可使用满足要求的高浓度标准气体采用等比例稀释的方式获得，等比例稀释装置的流量示值误差应在 1.0%以内。

7.1.2.3　颗粒物量程检查装置：能够手动或自动完成颗粒物（50%~100%）工作量程检查的装置。

7.1.3　实验室检测要求

7.1.3.1　仪表响应时间

待测分析仪器运行稳定后，按附录 D.1.1 开展仪表响应时间指标测试。分别测试上升时间和下降时间，每项重复测试 3 次，取平均值。

7.1.3.2　量程点重复性

待测分析仪器运行稳定后，按附录 D.1.2 开展量程点重复性指标测试。重复测试至少 6 次。依据公式（D1）计算得到仪器重复性（相对标准偏差）。

7.1.3.3　线性偏差

待测分析仪器运行稳定后，依次通入标气至稳定：零气→（20%±5%）→（40%±5%）→（60%±5%）→（80%±5%）工作量程。分别记录各次通标气示值，重复测试3次，按附录D.1.3对应公式（D2）~（D8）计算待测分析仪器每个浓度水平测量残差相对于工作量程的百分比，取最大值。

7.1.3.4　24 h 漂移

待测分析仪器运行稳定后，按附录 D.1.4 开展 24 h 零点漂移测试和量程漂移测试，重复测试 7 次，按附录 D.1.4 对应公式（D9）~（D12）分别计算各次 24 h 零点漂移和量程漂移，取最大值。

7.1.3.5　环境温度变化影响

待测分析仪器运行稳定后，按附录 D.1.5 开展环境温度变化影响测试，环境温度变化影响分为室内仪器和室外仪器两种温度变化序列，室内仪器温度变化序列为：25 ℃→30 ℃→25 ℃→15 ℃→25 ℃，室外仪器温度变化序列为：20 ℃→50 ℃→20 ℃→-20 ℃→20 ℃。按附录 D.1.5 对应公式（D13）、（D14）计算环境温度变化影响，取最大值。

7.1.3.6　采样流量变化的影响

待测分析仪器运行稳定后，按附录 D.1.6 开展采样流量变化影响测试，分别在标准流量和±10%偏差流量下记录量程标气示值。按附录 D.1.6 对应公式（D15）、（D16）计算采样流量变化的影响，取最大值。

7.1.3.7　供电电压变化的影响

待测分析仪器运行稳定后，按附录 D.1.7 开展供电电压变化影响测试，分别在额定电压和±10%偏差电压下记录量程标气示值。按附录 D.1.7 对应公式（D17）、（D18）计算供电电压变化的影响，取最大值。

7.1.3.8　干扰成分影响

待测分析仪器运行稳定后，按附录 D.1.8 开展干扰成分影响测试，干扰气体种类和浓度见表 10。零气和各干扰气体均重复测试 3 次，取平均值。按附录 D.1.8 对应公式（D19）计算单种气体干扰影响。大于 0.5% F.S.的正干扰值相加，小于-0.5% F.S.的负干扰值相加，分别得到正干扰影响值和负干扰影响值，取最大值。

表 10 实验室检测使用的干扰成分气体

气体类型	气体名称	浓度值
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	50 mg/m^3
	N_2O	20 mg/m^3
	H_2O	20%

7.1.3.9 二氧化氮转换效率

待测分析仪器运行稳定后，按照附录D.1.9开展二氧化氮转换效率测试，按附录D.1.9对应公式（D20）、（D21）计算二氧化氮转换效率。

7.1.3.10 平行性

待测分析仪器运行稳定后，按照附录 D.1.10 开展平行性测试，对三台仪器分别通入（20%~30%）、（40%~60%）、（80%~90%）工作量程标准气体，按附录 D.1.10 对应公式（D22）计算各浓度下三台仪器测量值的相对标准偏差作为平行性，取最大值。

7.1.3.11 检出限

待测分析仪器运行稳定后，按照附录 D.1.11 开展气态污染物、颗粒物监测单元检出限测试，采集 21 组测量数据，按附录 D.1.11 对应公式（D23）计算仪器检出限。

7.1.3.12 采样流速测量误差

将标准流量计与颗粒物 CEMS 采样装置相连，按照附录 D.1.12 开展采样流速测量误差测试，设定 5 m/s、10 m/s、15 m/s、20 m/s、25 m/s 共 5 个检测点，每个检测点重复测试 3 次取平均值。按附录 D.1.12 对应公式（D24）、（D25）计算各检测点采样流速测量误差。

7.1.3.13 等速跟踪吸引误差

将颗粒物 CEMS 采样装置插入风洞检测孔并固定，按照附录 D.1.13 开展等速跟踪吸引误差测试，设定 5 m/s、10 m/s、15 m/s、20 m/s、25 m/s 共 5 个检测点，每个检测点重复测试 3 次取平均值。按附录 D.1.13 对应公式（D26）计算各检测点等速跟踪吸引误差。

7.1.3.14 等速跟踪响应时间

将颗粒物 CEMS 采样装置插入风洞检测孔并固定，按照附录 D.1.14 开展等速跟踪响应时间测试，分别测试上升时间和下降时间，每项重复测试 3 次，取平均值。

7.1.3.15 压力示值误差

待测分析仪器运行稳定后，按照附录 D.1.15 开展压力示值误差测试，设定-5 kPa、-3 kPa、-1 kPa、1 kPa、3 kPa、5 kPa 共 6 个检测点，每个检测点重复测试 3 次取平均值。按附录 D.1.15 对应公式（D27）计算压力示值误差，取最大值。

7.1.3.16 流量示值误差

待测分析仪器运行稳定后，将标准流量计与自动校准设备流量计串联，设置 20%、50%、80%最大流量，重复测试 3 次。按附录 D.1.16 对应公式（D28）计算流量示值误差，取最大值。

7.2 现场检测

7.2.1 一般要求

7.2.1.1　实验室检测通过后才允许进行污染物实际排放现场检测，现场检测的 CEMS 从实验室检测合格的 3 台 CEMS 中随机抽 1 台送至现场。

7.2.1.2　现场检测包括初检和无人值守期间检测。CEMS 初检通过后，进行无人值守期间检测。

7.2.1.3　指标检测前允许 CEMS 进行零点、量程的校准和调整，检测中不允许对系统进行计划外的维护、检修和调节。

7.2.1.4　初检和无人值守期间如果因现场污染源排放故障或供电问题造成测试中断，在故障排除或供电恢复正常后，继续进行检测，已经完成的测试指标和数据有效。如果因 CEMS 故障造成测试中断，在 CEMS 恢复正常后，重新开始检测，已经完成的测试指标和数据无效；初检期间，CEMS 故障次数≤1 次，无人值守期间 CEMS 故障次数≤1 次。

7.2.2　污染物排放现场检测要求

7.2.2.1　示值误差

待测 CEMS 运行稳定后，按照附录 D.2.1 开展 SO_2、NO_X 和含氧量示值误差测试，依次通入（20%~30%）、（50%~60%）和（80%~100%）工作量程的标准气体，每个浓度重复测试 3 次取平均值，根据 SO_2、NO_X 和含氧量工作量程分别选用附录 D.2.1 对应公式（D29）、（D30）计算各浓度标气示值误差，取最大值。

7.2.2.2　系统响应时间

待测 CEMS 完成零点、量程校准和调整后，按照附录 D.2.2 开展系统响应时间测试，每日测试 1 次，连续测试 3 天，记录示值达到量程标气标称值 90%的时长作为系统响应时间，取平均值。

7.2.2.3　24 h 漂移

现场检测 24 h 漂移要求参照 7.1.3.4，取最大值。

7.2.2.4　相对准确度

在示值误差、系统响应时间、24 h 漂移检测合格且固定污染源正常排放污染物条件下，按照附录 D.2.4 开展气态污染物相对准确度检测；同步采集 CEMS 与参比方法测量数据形成数据对，每日至少 9 组，覆盖至少两段排放工况，依据排放浓度分别选用附录 D.2.4 公式（D31）~（D37）计算误差与相对准确度，取最大值。

7.2.2.5　参比方法校准

在固定污染源正常排放污染物条件下按附录 D.2.5 开展颗粒物参比方法校准，整个参比方法校准必须获得至少 15 个有效的数据对，涵盖低、中、高 3 种浓度范围的颗粒物样品，确保 3 种不同浓度水平的颗粒物分布在整个工作量程内，一般在（0～50%）工作量程、（25%～75%）工作量程、（50%～100%）工作量程 3 个范围，且至少一个浓度范围在（10±5）mg/m^3 内，各浓度范围分布占全部测试数据的 20%以上。按附录 D.2.5 对应公式（D38）～（D51）完成线性回归、置信区间、允许区间及相关系数计算。

7.2.2.6　颗粒物正确度

完成颗粒物参比方法校准并将校准曲线斜率和截距输入数采仪后，按照附录 D.2.6 开展颗粒物正确度检测，正常排放污染物条件下采集至少 5 组有效数据对，按 D.2.4 中公式（D31）、（D33）、（D34）、（D35）计算绝对误差和相对误差，取最大值。

7.2.2.7 流速正确度

（1）速度场系数精密度：待测流速 CEMS 按照附录 D.2.7 开展同步比对测试，连续测试不少于 4 天，每日至少获取 5 组速度场系数，按附录 D.2.7 公式（D52）计算单组速度场系数、公式（D53）计算多日均值，再通过公式（D54）、（D55）计算速度场系数精密度。

（2）流速准确度：将精密度检测合格的速度场系数平均值录入数采仪完成流速修正，正常排放污染物条件下按附录 D.2.7 第（2）条开展流速正确度比对，至少获取 5 组有效数据对，按 D.2.4 中公式（D31）、（D33）、（D34）、（D35）计算绝对误差和相对误差，取最大值。

7.2.2.8 温度正确度

待测温度 CEMS 按附录 D.2.8 开展温度正确度比对检测，同步采集 CEMS 与参比方法温度数据，每日至少获取 5 组有效数据对，按 D.2.4 中公式（D34）、（D35）计算绝对误差，取最大值。

7.2.2.9 含湿量正确度

待测含湿量 CEMS 按附录 D.2.9 开展含湿量正确度比对检测，同步采集 CEMS 与参比方法含湿量数据，每日至少获取 5 组有效数据对，按 D.2.4 中公式（D31）、（D33）、（D34）、（D35）计算绝对误差和相对误差，取最大值。

7.2.2.10 无人值守期间

待测 CEMS 按附录 D.2.10 开展无人值守期间检测，无人值守期间有两种可选时长：14 d 或 28 d，以期间的 2 组或 4 组周漂移作为判断合格依据，取最大值。

8 质量保证

8.1 安装质量保证

安装位置和现场配套环境条件应符合 HJ 1405 和 HJ 75 相关规定。

8.2 检测质量保证

8.2.1 CEMS 检测应在火电或钢铁等典型污染源排放口开展，且在正常排放污染物条件下进行，在测试期间保持工况相对稳定。

8.2.2 颗粒物 CEMS 参比方法校准工作期间应调整工况以获取不同浓度颗粒物排放，对于间歇取样和测量的颗粒物 CEMS，应协调参比方法取样和颗粒物 CEMS 取样同步开始和结束。为保证气态污染物参比方法与 CEMS 测量同步性，对于完全抽取式和稀释抽取式气态污染物 CEMS，相对准确度检测时应考虑 CEMS 的管路传输时间（滞后时间）。

8.2.3 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。

8.2.4 参比测量方法应采用国家或行业发布的监测分析方法标准，参比仪器性能应符合相关仪器技术要求。

9 在用 CEMS 要求

9.1 出厂检验

本标准实施之日起，新生产的 CEMS 出厂前应出具出厂检验报告，内容包括通标性能检测和 CEMS 组成、结构、功能对照自查。通标性能指标包括：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。组成、结构、功能自查记录表见附录 C 中表 C.2 和 C.3。

9.2 禁止功能

本标准实施之日起，所有在用 CEMS 均不得具备篡改、伪造监测数据功能，防范篡改、伪造监测数据功能与检查方法见《固定污染源现场监测设备防范篡改伪造功能通用要求》。

9.3 监督抽测内容与方法

本标准实施之日起，新联网的 CEMS，生态环境主管部门对其在用期间的组成、结构、功能开展检查，应符合本标准，且与检测、注册时保持一致。

本标准实施之日起，所有在用 CEMS 性能不得超出表 11 规定的失效要求。生态环境主管部门可在使用现场对在用 CEMS 进行监督抽测。抽测内容包括示值误差、系统偏差、正确度等（表 11），可从中任选一项或多项进行抽测，原始记录表格见附录 C 中表 C.4，检测方法见附录 E。任意一项抽测内容超出表 11 失效限值，视为在用 CEMS 性能失效，不符合本标准对在用设备的要求，应采取维修、升级、更换等措施进行纠正。

表 11 在用 CEMS 监督抽测要求

项目	类型	技术指标	失效限值
校准	颗粒物 CEMS	零点校准示值误差	超出±16.0%工作量程
	气态污染物 CEMS 及含氧量 CEMS	零点校准示值误差	超出±20.0%工作量程
		量程校准示值误差	超出±20.0%工作量程
	流速 CEMS	零点校准示值误差	超出±16.0%工作量程或超出±3.6 m/s
	含湿量 CEMS	零点校准示值误差	绝对误差超出±8.0%
线性校准	气态污染物 CEMS 及含氧量 CEMS	示值误差	超出±20.0%
系统偏差测试	气态污染物 CEMS	系统偏差	超出±20.0%工作量程
准确度核查	颗粒物 CEMS	正确度	≥50 mg/m³ 时，相对误差超出±40%； ≥10 mg/m³～＜50 mg/m³ 时，相对误差超出±60%； ＜10 mg/m³ 时，绝对误差超出±8 mg/m³。

附录 A

（规范性附录）

CEMS 小时报表、日报表、月报表和年报表

表 A.1 废气排放自动监测分钟均值小时报表

固定污染源名称：

固定污染源编号：　　监测日期：　　年　　月　　日

时间	颗粒物			SO_2		NOx		含氧量%	流速m/s	温度℃	含湿量%	废气压力Pa	备注
	一次物理量	实测mg/m³	标干mg/m³	实测mg/m³	标干mg/m³	实测mg/m³	标干mg/m³						
00:00													
00:01													
00:02													
00:03													
00:04													
00:05													
00:06													
00:07													
00:08													
00:09													
00:10													
00:11													
00:12													
00:13													
00:14													
00:15													
00:16													
00:17													
00:18													
00:19													
00:20													
00:21													
00:22													
00:23													
00:24													
00:25													
00:26													
00:27													
00:28													
00:29													
00:30													
00:31													
00:32													
00:33													
00:34													

时间	颗粒物			SO_2		NOx		含氧量%	流速m/s	温度℃	含湿量%	废气压力Pa	备注
	一次物理量	实测mg/m³	标干mg/m³	实测mg/m³	标干mg/m³	实测mg/m³	标干mg/m³						
00:35													
00:36													
00:37													
00:38													
00:39													
00:40													
00:41													
00:42													
00:43													
00:44													
00:45													
00:46													
00:47													
00:48													
00:49													
00:50													
00:51													
00:52													
00:53													
00:54													
00:55													
00:56													
00:57													
00:58													
00:59													
平均值													
最大值													
最小值													
样本数													

表 A.2 废气排放自动监测小时平均值日报表

固定污染源名称：

固定污染源编号：　　监测日期：　　年　　月　　日

时间	颗粒物			SO_2			NO_X			含氧量%	标干流量 m^3/h	温度℃	含湿量%	产品产量 t/h	备注
	mg/m^3	折算 mg/m^3	kg/h	mg/m^3	折算 mg/m^3	kg/h	mg/m^3	折算 mg/m^3	kg/h						
00~01															
01~02															
02~03															
03~04															
04~05															
05~06															
06~07															
07~08															
08~09															
09~10															
10~11															
11~12															
12~13															
13~14															
14~15															
15~16															
16~17															
17~18															
18~19															
19~20															
20~21															
21~22															
22~23															
23~24															
平均值															
最大值															
最小值															
样本数															
日排放总量（t）	—			—			—							—	

表 A.3 废气排放自动监测日平均值月报表

固定污染源名称：

固定污染源编号：　　监测月份：　　年　　月

日期	颗粒物		SO_2		NO_X		含氧量%	标干流量 $\times 10^4$ m^3/d	温度℃	含湿量%	产品产量 t/d	备注
	mg/m^3	t/d	mg/m^3	t/d	mg/m^3	t/d						
1 日												
2 日												
3 日												
4 日												
5 日												
6 日												
7 日												
8 日												
9 日												
10 日												
11 日												
12 日												
13 日												
14 日												
15 日												
16 日												
17 日												
18 日												
19 日												
20 日												
21 日												
22 日												
23 日												
24 日												
25 日												
26 日												
27 日												
28 日												
29 日												
30 日												
31 日												
平均值												
最大值												
最小值												
样本数												
月排放总量（t）	—		—		—			—				

上报单位（盖章）：　　负责人：　　报告人：　　报告日期：　年　月　日

表 A.4 废气排放自动监测月平均值年报表

固定污染源名称：

固定污染源编号：　　监测年份：　　年

时间	颗粒物 t/mo	SO_2 t/mo	NO_X t/mo	含氧量 %	标干流量 $\times10^4m^3$/mo	温度 ℃	含湿量 %	产品产量 t/mo	备注
1 月									
2 月									
3 月									
4 月									
5 月									
6 月									
7 月									
8 月									
9 月									
10 月									
11 月									
12 月									
平均值									
最大值									
最小值									
样本数									
年排放总量（t）					—				

上报单位（盖章）：　　单位负责人：　　报告人：　　报告日期：　年　月　日

附录 B
（规范性附录）
CEMS 数据采集记录和处理要求

CEMS 应具备数据采集、处理、存储、表格或图文显示、故障警告和打印等功能的数据采集与处理单元（数采仪）；系统应设置通信接口，用于数据输出和通信功能。数采仪应采用主动或被动的方式进行数据采集，并按照 B.1.1~B.1.8 的要求完成数据处理。

B.1 数据采集、处理、存储要求

B.1.1 至少每 5s 采集一组系统测量的实时数据；主要包括：颗粒物测量一次物理量、气态污染物体积/实测质量浓度、废气含氧量、废气流速、废气温度、废气含湿量、废气压力及当地大气压值等。

B.1.2 至少每 1min 记录存储一组系统测量的分钟数据，数据为该时段的平均值；主要包括：颗粒物一次物理量和质量浓度、气态污染物体积/质量浓度、含氧量、废气流速和流量、废气温度、废气含湿量、废气压力及当地大气压值。若测量结果有湿/干基不同转换数值，则应同时显示记录该测量值湿基和干基的测量数据。

B.1.3 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，数据为该时段的平均值；主要包括：颗粒物质量浓度（折算浓度）、颗粒物排放量、气态污染物质量浓度（折算浓度）、气态污染物排放量、含氧量、废气流量、废气温度、废气含湿量、废气压力、当地大气压值和产品产量等。小时数据记录表即为日报表。

B.1.4 日数据应包含本日全部有效小时均值数据，数据为该时段的平均值；主要包括：颗粒物质量浓度和排放量、气态污染物质量浓度和排放量、含氧量、废气流量、废气温度、废气含湿量、废气压力、当地大气压值和产品产量等。日数据记录表即为月报表。

B.1.5 月数据应包含本月全部有效日均数据，数据均为该时段的平均值；主要包括：颗粒物排放量、气态污染物排放量、含氧量、废气流量、废气温度、废气含湿量、废气压力、当地大气压值和产品产量等。月数据记录表即为年报表。

B.1.6 数据报表中应统计记录当日、当月、当年各指标数据的最大值、最小值和平均值。

B.1.7 当 1h 污染物折算浓度均值超过承诺排放限值、许可排放浓度、许可排放限值以及排放标准限值时，CEMS 应能发出并记录超标报警信息。

B.1.8 CEMS 日报表、月报表和年报表中的废气流量和含氧量均为干基标准状态值，污染物浓度为标干折算值。氮氧化物（NO_X）质量浓度均以 NO_2 计。

注：根据基准排气量计算污染物换算浓度的，应按照统计周期要求记录产品产量。其他方式计算折算浓度的，无需记录产品产量。

B.2 数据格式要求

CEMS 记录处理实时数据和定时段数据时，数据格式应至少符合表 B.1 和表 B.2 的要求。

表 B.1 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	含氧量		% V/V	2
5	废气流速		m/s	2
6	废气温度		℃	2
7	废气含湿量		% V/V	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

表 B.2 CEMS 数据时间标签一览表

数据时间类型	时间标签	定义	描述与示例
实时数据	YYYYMMDDhhmmss	时间标签为数据采集的时刻，数据为相应时刻采集的测量瞬时值	20260628130815 为 2026 年 6 月 28 日 13 时 8 分 15 秒的测量瞬时值
分钟数据	YYYYMMDDhhmm	时间标签为测量开始时间，数据为此时刻后一分钟的测量平均值	202606281308 为 2026 年 6 月 28 日 13 时 8 分 00 秒至 13 时 9 分 00 秒之间的测量平均值
小时数据	YYYYMMDDhh	时间标签为测量开始时间，数据为此时刻后一小时的测量平均值	2026062813 为 2026 年 6 月 28 日 13 时 00 分至 14 时 00 分之间的测量平均值
日数据	YYYYMMDD	时间标签为测量开始时间，数据为当日 0 时至 24 时（第二天 0 时）的测量平均值	20260628 为 2026 年 6 月 28 日 0 时至 29 日 0 时之间的测量平均值
月数据	YYYYMM	时间标签为测量开始时间，数据为当月 1 日至最后一日的测量平均值	202606 为 2026 年 6 月 1 日 0 时至 30 日之间的测量平均值

B.3 数据状态标记要求

B.3.1 状态标记分类

数采仪分钟数据记录表和小时数据记录表的各数据组均应采用明显标记记录系统和（或）污染源在该时段的操作情况和运行状态。一般可采用英文字母标记的方式，“N”表示 CEMS

数据有效，“C”表示校准，“M”表示维护保养，“T”表示超测量上限，“D”表示 CEMS 系统故障维修，“Td”表示关键工况参数故障。D、C、M、T、Td 为异常标记。

B.3.2 状态标记顺序

优先认定标记时间最长的异常标记内容；不同的异常标记内容时间相同时，按照下列优先级从高到低认定：D、C、M、T、Td。

B.3.3 实时数据的标记

（1）分析仪器实时数据按数据采集时的监测因子状态发送状态标记，存在异常标记的，按标记顺序标记；无异常标记时，标记为“N”。

（2）监测因子校准时，自通入标气始，至通气结束后置换为样气前，全部标记为“C”。

（3）监测因子存在共用样品采集和传输设备的，监测因子校准时，数据采集传输单元将非校准监测因子实时数据标记“M”；采样管路反吹时，数据采集传输单元将所有受影响监测因子实时数据标记“M”。

示例：SO_2、NO、NO_2、O_2、废气含湿量分析仪共用样品采集和传输设备，数据采集传输单元接收到 SO_2 实时数据存在量程校准状态时，SO_2 监测因子实时数据标记“C”，其余因子标记“M”。

B.4 数据处理计算方法、公式和要求

B.4.1 污染物浓度转换计算公式

（1）污染物实测浓度（工况状态）与标况浓度（标准状态）转换按公式（B1）计算：

$$C_{sn} = C_s \times \frac{101325}{B_a + P_s} \times \frac{273 + t_s}{273} \qquad \text{（B1）}$$

式中：

C_{sn}——污染物标准状态下质量浓度，mg/m^3；

C_s——污染物工况条件下质量浓度，mg/m^3；

101325——标准大气压，Pa；

B_a——CEMS 安装地点的环境大气压值，Pa；

P_s——CEMS 测量的废气静压值，Pa；

273——热力学温标与摄氏温标的换算系数，K；

t_s——CEMS 测量的废气温度，℃。

注：公式（B1）中实测浓度与标况浓度的干/湿基状态应相同。

（2）污染物干基浓度和湿基浓度转换按公式（B2）计算：

$$C_D = \frac{C_W}{1 - X_{sw}/100} \qquad \text{（B2）}$$

式中：

C_D——污染物干基浓度，mg/m^3（μmol/mol）；

C_W——污染物湿基浓度，mg/m^3（μmol/mol）；

X_{SW}——废气绝对含湿量（又称水分含量），%。

注：公式（B2）中干基浓度与湿基浓度的状态条件应相同；含氧量干/湿基浓度转换计算方法与公式（B2）相同。

（3）气态污染物体积浓度与标准状态下质量浓度转换可按公式（B3）计算：

$$C_Q = \frac{M}{22.4} \times C_V \quad \text{（B3）}$$

式中：

C_Q——污染物的质量浓度，mg/m³；

M——污染物的摩尔质量，g/mol；

22.4——常数，标准状态下（0 ℃，101.325 kPa）1摩尔气体的体积近似值，L/mol；

C_V——污染物的体积浓度，μmol/mol。

（4）当系统未使用NO_2转换器而分别测量NO和NO_2浓度时，氮氧化物（NO_X）质量浓度按公式（B4）或（B5）计算：

$$C_{NO_X} = C_{NO} \times \frac{M_{NO2}}{M_{NO}} + C_{NO2} \quad \text{（B4）}$$

式中：

C_{NOx}——氮氧化物质量浓度，mg/m³；

C_{NO}——一氧化氮质量浓度，mg/m³；

C_{NO_2}——二氧化氮质量浓度，mg/m³；

M_{NO2}——二氧化氮摩尔质量，g/mol；

M_{NO}——一氧化氮摩尔质量，g/mol。

$$C_{NO_X} = (C_{NOV} + C_{NO2V}) \times \frac{M_{NO2}}{22.4} \quad \text{（B5）}$$

式中：

C_{NOV}——一氧化氮的体积浓度，μmol/mol；

C_{NO2V}——二氧化氮的体积浓度，μmol/mol。

B.4.2 污染物质量浓度统计计算公式

（1）分钟数据计算

a. 统计数据中，对单个监测因子的状态标记为“监测因子标记”，所有监测因子汇总后的标记为“数据组标记”；

b. 每个监测因子单独标记，且仅标记 1 个状态；本分钟内监测因子实时数据存在异常标记时，本分钟数据的监测因子做相同的异常标记；同一监测因子本分钟内实时数据存在多个异常标记的，按标记顺序标记；

c. 本分钟只存在 1 个监测因子异常标记的，分钟数据组做同样异常标记；监测因子存在多类异常标记的，本分钟数据按标记顺序标记；

d. 分钟数据统计时，本分钟内所有实时数据参与计算；

e. 污染物质量浓度分钟数据按公式（B6）计算：

$$\overline{C_{Qj}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} C_{Qi}}{\mathrm{n}} \quad \text{（B6）}$$

式中：$\overline{C_{Qi}}$——CEMS 第 j 分钟测量污染物干基标态质量浓度平均值，mg/m³；

C_{Qi}——CEMS 最大间隔 5s 采集测量的污染物干基标态质量浓度瞬时值，mg/m³；

n——CEMS 在该分钟内的实时数据数（n 为整数，n≥12）。

注：其它监测因子如废气含氧量、废气流速/标干流量、废气温度、废气静压、废气含湿量，计算方法与公式（B6）相同。

（2）小时数据计算

a. 对数据组标记，仅标记 1 个标记；

b. 本小时内分钟数据条数标记为“N”的≥75%，则本小时数据标记为“N”；不满足上述条件的，按标记顺序标记；

c. 污染物质量浓度小时数据按公式（B7）计算：

$$\overline{C_{Qh}}=\frac{\sum_{j=1}^{k}\overline{C_{Qj}}}{k} \qquad (B7)$$

式中：

$\overline{C_{Oh}}$——CEMS第h小时测量污染物排放干基标态质量浓度平均值，mg/m³；

k——CEMS在该小时内有效测量的分钟均值数；该小时内无有效分钟均值时，为该小时内所有分钟均值。

注：其它监测因子如含氧量、废气流速/标干流量、废气温度、废气压力、废气含湿量，计算方法与公式（B7）相同。

（3）污染物质量浓度日均值数据按公式（B8）计算：

$$\overline{C_{Qd}}=\frac{\sum_{h=1}^{m}\overline{C_{Qh}}}{m} \qquad (B8)$$

式中：

$\overline{C_{Qd}}$——CEMS第d天测量污染物排放干基标态质量浓度平均值，mg/m³；

m——CEMS 在该天内有效测量的小时均值数。

注：其它监测因子如含氧量、废气流速、废气温度、废气压力、废气含湿量，计算方法与公式（B8）相同。

B.4.3 污染物折算浓度计算公式

（1）对于污染物排放标准中规定了该行业标准过量空气系数的污染源类型，其污染物排放折算浓度按公式（B9）计算：

$$C_Z=C_{snd}\times\frac{\alpha}{\alpha_s} \qquad (B9)$$

式中：

C_Z——折算成实际过量空气系数时的污染物排放浓度，mg/m³；

C_{snd}——污染物标准状态下干基质量浓度，mg/m³；

α——实际测量的污染源过量空气系数；

α_s——排放标准中规定的该行业标准过量空气系数。

（2）公式（B9）中的实际测量的过量空气系数α按公式（B10）计算：

$$\alpha = \frac{21}{21 - C_{O2d}} \qquad \text{（B10）}$$

式中：

21——空气中含氧量体积百分比，%；

C_{O2d}——排放废气中含氧量干基体积浓度，%。

（3）对于污染物排放标准中规定了该行业排放基准含氧量的污染源类型，其污染物排放折算浓度按公式（B11）计算：

$$C = C_{sn} \times \frac{21 - C_{O2s}}{21 - C_{O2d}} \qquad \text{（B11）}$$

式中：

C_{O2s}——排放标准中规定的该行业基准含氧量，%。

（4）对于污染物排放标准中没有规定标准过量空气系数或基准含氧量的污染源类型，其污染物排放折算浓度等于标态干基质量浓度。

（5）对于污染物排放标准中规定了该行业基准排气量的污染源类型，其污染物排放折算排放浓度按公式（B12）计算：

$$\rho_j = \frac{Q_z}{\sum\left(Y \times Q_j\right)} \times \rho_s \qquad \text{（B12）}$$

式中:

ρ_j——污染物基准排气量排放浓度，mg/m³；

Q_z——排气总量，m³/h；

Y——某种产品产量，t；

Q_j——某种产品的单位产品基准排气量，m³/t；

ρ_s——实测污染物浓度，mg/m³。

注：当Q_z与$\sum\left(Y \times Q_j\right)$比值小于 1 时，应根据污染物排放标准要求计算换算浓度。

B.4.4 污染物排放流量计算公式

（1）烟囱或烟道断面废气排放平均流速按公式（B13）计算：

$$\overline{V_s} = K_v \times \overline{V_p} \qquad \text{（B13）}$$

式中：K_v——CEMS 设置速度场系数；

$\overline{V_p}$——CEMS 最大间隔 5s 采集测量的废气流速值，m/s；

$\overline{V_s}$——烟囱或烟道断面废气流速的瞬时值，m/s。

（2）废气排放小时工况流量按公式（B14）计算：

$$Q_{sh} = 3600 \times F \times \overline{V_{sh}} \qquad \text{（B14）}$$

式中：Q_{sh}——工况条件下小时废气流量（湿基），m³/h；

$\overline{V_{sh}}$ ——CEMS 测量的废气流速的小时均值，m/s；

F——CEMS 安装点位烟囱或烟道断面的面积，m^2。

（3）标准状态下干废气小时排放流量按公式（B15）计算：

$$Q_{snh}=Q_{sh}\times\frac{273}{273+t_s}\times\frac{B_a+P_s}{101325}\times\left(1-X_{sw}\right) \quad \text{（B15）}$$

式中：Q_{snh}——标准状态下小时干废气流量（干基），m^3/h。

（4）标准状态下干废气日排放流量按公式（B16）计算：

$$Q_{snd}=\sum_{h=1}^{l}Q_{snh}\times10^{-4} \quad \text{（B16）}$$

式中：Q_{snd}——标准状态下干废气日排放流量，$\times10^4m^3/d$；

L——CEMS 在该日内有效测量小时数据数。

（5）标准状态下干废气月排放流量按公式（B17）计算：

$$Q_{snm}=\sum_{d=1}^{p}Q_{snd}\times10^{-4} \quad \text{（B17）}$$

式中：Q_{snm}——标准状态下干废气月排放流量，$\times10^4m^3/m$；

p——CEMS 在该月内有效测量日数据数。

（6）标准状态下干废气年排放流量按公式（B18）计算：

$$Q_{sny}=\sum_{m=1}^{q}Q_{snm}\times10^{-4} \quad \text{（B18）}$$

式中：Q_{sny}——标准状态下干废气年排放流量，$\times10^4m^3/y$；

q——CEMS 在该年内有效测量月数据数。

B.4.5 污染物排放速率和排放量计算公式

（1）废气污染物小时排放速率按公式（B19）计算：

$$G_h=\overline{C_{Qh}}\times Q_{snh}\times10^{-6} \quad \text{（B19）}$$

式中：G_h——CEMS 第 h 小时监测污染物排放速率，kg/h。

（2）废气污染物日排放总量按公式（B20）计算：

$$G_d=\sum_{h=1}^{l}G_h\times10^{-3} \quad \text{（B20）}$$

式中：G_d——CEMS 第 d 天监测污染物排放总量，t/d。

（3）废气污染物月排放速率按公式（B21）计算：

$$G_m=\sum_{d=1}^{p}G_d \quad \text{（B21）}$$

式中：G_m——CEMS 第 m 月监测污染物排放速率，t/m。

（4）废气污染物年排放总量按公式（B22）计算：

$$G_y = \sum_{m=1}^{q} \left(G_m \times 1 \right) \qquad \text{（B22）}$$

式中：G_y——CEMS 全年监测污染物排放总量，t。

B.4.6 公式查看要求

软件中数据状态转换等计算公式应方便查看和检查，确认无误后不得修改。

附录 C

（规范性附录）

CEMS 性能检测和一致性材料模板

表 C.1 CEMS 出厂性能检测表

24 h 漂移检测结果

污染物名称						量程标气浓度			
日期	时间		零点示值		零点漂移	量程点示值		量程漂移	备注
	开始	结束	起始（Z_0）	最终（Z_n）	Zd	起始（S_0）	最终（S_n）	S_d	
零点漂移绝对误差最大值						量程值漂移绝对误差最大值			
零点漂移						量程漂移			

仪表响应时间检测结果

污染物名称			标气浓度		
测试日期	上升时间	平均值	下降时间	平均值	取大者

线性偏差检测结果

污染物名称				测试日期		
测量点	标准气体标称值	测量次数	测量值	平均值	函数预测值	线性偏差（%F.S.）
零点		1				
		2				
		3				
20%工作量程		1				
		2				
		3				
40%工作量程		1				
		2				
		3				
60%工作量程		1				
		2				
		3				
80%工作量程		1				
		2				
		3				
取大者						

检出限检测结果

污染物名称			测试日期		
标气浓度	测量次数	测量值	测量次数	测量值	备注
	1		12		
	2		13		
	3		14		
	4		15		

	5		16		
	6		17		
	7		18		
	8		19		
	9		20		
	10		21		
	11				
平均值		标准偏差		检出限	

二氧化氮转换效率检测结果

检测日期	标气名称	（20%～80%）工作量程标准气体检测结果		
	二氧化氮	标称值		
		实测值	1	
			2	
			3	
			平均值	
		转换效率(%)		

检测日期	检测结果					转换效率（%）
	实测值				平均值	
	未启动臭氧发生器	NO	1			
			2			
			3			
		NO_X	1			
			2			
			3			
	启动臭氧发生器	NO	1			
			2			
			3			
		NO_X	1			
			2			
			3			

表 C.2 CEMS 配置检查表

企业名称			
仪器名称			
仪器型号			
仪器原理			
出厂编号			
样品主要部件配置表			
部件名称	规格型号	原理	生产单位
采样探头			
样品传输管线			
采样泵			
除湿设备			
颗粒物抽取采样装置			
颗粒物分析仪器			
二氧化硫分析仪器			

一氧化氮分析仪器			
二氧化氮分析仪器			
含氧量测量仪			
流速测量仪			
温度测量仪			
含湿量测量仪			
压力测量仪			
现场照片（拍摄于编号　　仪器）			
整机关门照片			
整机开门照片			
设备铭牌			
采样探头			
颗粒物抽取采样装置			
颗粒物分析仪器			
样品传输管线			
气体分析仪器			
采样泵			
除湿设备			
含氧量测量仪			
流速测量仪			
温度测量仪			
含湿量测量仪			
压力测量仪			
核查结果			

表 C.3 CEMS 功能检查表

生产单位：　　型号：　　编号：　　测量污染物：

检查项目	检查要求
样品采集和传输设备	采样探头、采样探杆应具备加热、保温和反吹净化功能，其加热温度应在 120 ℃以上，其实际温度值应能够实时显示便于查看。
	伴热管线应具备稳定、均匀加热和保温的功能，其设置加热温度应在 120 ℃以上，其实际温度值应能够实时显示便于查看。
	样品传输管线内包覆的气体传输管应至少为两根，一根用于样品气体的采集传输，一根用于全系统校准。
	稀释抽取式气态污染物 CEMS 应保证采样装置音速小孔出口端（文丘里管喉部）绝对气压≤40 kPa 或真空度≥60 kPa。稀释抽取式气态污染物 CEMS 应具备稀释零空气流量或压力监测功能，稀释零空气的流量或压力应保持稳定，波动范围在设定值的±3%以内。稀释抽取式气态污染物 CEMS 采样探头和稀释零空气温度应保持稳定，波动范围在设定值±3℃以内。应具备音速小孔前含氧量监测功能。
	抽取式颗粒物 CEMS 应同时具备等速跟踪采样和恒流采样功能。抽取式颗粒物 CEMS 采样嘴内径不得小于Φ5 mm，采样嘴与前弯管连接端应保持内径相同，采样探杆内部的任何变化均应平滑过渡，避免造成颗粒物沉积。采样嘴、采样探杆其它技术要求参照 GB/T 16157 和 HJ 836。抽取式颗粒物 CEMS 采样探杆、样品传输管线、气室应加热，其加热温度应在 120 ℃以上。抽取式颗粒物 CEMS 等速跟踪采样时，应实时监测颗粒物采样嘴处的废气流速，使颗粒物 CEMS 采样流速与废气流速相等；小时等速跟踪率在（1.0±0.1）范围内。
	抽取式 CEMS 应具备采样流量或压力实时监测功能，并应具备自动检漏功能。
	气态污染物采样探头应具备便于更换或清洗的颗粒物过滤器，过滤器应至少能过滤 10 μm 粒径以上的颗粒物。
预处理设备	采用冷凝脱水预处理的 CEMS，冷凝器工作温度应保持在（4±2）℃范围内，其数值应能够实时显示便于查看。
	采用渗透脱水预处理的 CEMS，应配备吹扫系统；吹扫气应足够干燥，保证样气露点温度低于 4 ℃。
	在气体样品进入分析仪器之前应设置过滤器，过滤 1 μm 粒径以上的颗粒物。
	废气中存在氨气干扰时，CEMS 应增加除氨装置。
	完全抽取冷干式 CEMS 在进行冷凝除湿预处理过程中，为防止部分污染物因溶于冷凝水而造成样品损失，在冷凝除湿之前宜设置动态滴加磷酸装置。
分析仪器	CEMS 应能用手动或自动方式进行零点和量程校准。采用抽取测量方式的气态污染物 CEMS，应具备固定的和便于操作的标准气体全系统校准功能，应保证零气和标准气体从机柜发出，经过与样品气体相同的路径（采样探头过滤器、样气传输管线、预处理设备）且流量一致，进入分析仪。
	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。
	气态污染物和颗粒物分析仪器应至少每 5s 存储一组测量的实时数据，并能查询、导出至少最近 3 个月的实时数据。
自动校准功能	自动校准功能应能实现示值误差、系统响应时间、零点漂移和量程漂移等指标的自动检查和校准。
	系统应配备流量计，能按照设定的气体浓度和流量输出零点气体和（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%。
辅助设备	CEMS 应配备反吹装置，用以对样品采集和传输设备等部件进行反吹，避免出现堵塞、干扰等状况。
	颗粒物 CEMS 应具有防止光学镜头被废气污染的净化系统，也称气幕保护系统；气幕保护系统使用的净化气体应洁净、流量适中，确保其不影响测量结果。
	CEMS 尾气排放管应防止堵塞，确保尾气排放通畅。
	CEMS 机柜内部气体管路以及电路、数据传输线路等应规范布设，同类管路、电路和线路应尽可能集中汇总设置，不同类型、作用、方向的应采用明确标识加以区分。各种走线应安全合理，便于查找维护维修。
	CEMS 机柜内应具备良好的散热装置，确保机柜内的温度符合仪器正常工作温度；应配备照明设备，便于日常维护和检查。

检查项目	检查要求
废气参数测量设备	S 型皮托管系数应为固定值，系数范围为 0.81~0.86。采用矩阵式流速测量设备的应明确测点数量。
	超声波流速仪应明确声道长度、声道角等参数。直径大于 1m 的烟道应对穿倾斜安装，声道应正交于烟囱或烟道的中心线，声道角在 30°~60°之间。
	含氧量或含湿量测量仪的传感器探头安装于烟囱外或烟道外时，应配备采样泵或风机等动力采样装置；样品应全程保温，确保无冷凝。
数采仪要求	数采仪应实时显示待测污染物和废气参数的监测数据，具备数据的统计功能，并以报表形式输出，相关小时报表、日报表、月报表和年报表的格式要求参见附录 A。
	数采仪应具备数据的查询功能，能够导出最近至少 1 年的 1 min 均值数据和至少 3 年的 1 h 均值数据以及至少 5 年的日均值数据和月均值数据。
	数采仪应显示和记录系统运行参数，并支持查询、导出最近至少 1 年的运行参数。
	数采仪应具有简体中文界面，应具备数字信号输出功能。数采仪与生态环境主管部门监控设备的数据传输应符合 HJ 212 要求，可通过数采仪一点多发功能，实现向排污单位传输监测数据。数采仪不得接收除生态环境主管部门监控设备以外的远程控制指令。
	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。
	速度场系数、颗粒物参比方法校准斜率和截距、基准含氧量等参数应在数采仪上设置并参与计算，仪器端不得设置此类参数。干湿基换算、实测标况换算、基准含氧量折算及排放量、排放速率统计等应在数采仪完成，仪器端不得进行此类统计计算，相关计算公式参见附录 B。
	CEMS 应具备运行参数设置、调整、采集、记录、查询和上传功能。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》。B、C 两类参数均应传输到数采仪，相关要求见表 7；其中采集频率为实时的应每分钟上传 1 次，非实时的应在变化后 5 min 内上传。
	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》。
	CEMS 应设置三类操作管理权限。各操作权限的内容和要求见《固定污染源现场监测设备防范篡改伪造功能通用要求》。
防篡改功能要求	CEMS 气路系统中，对流量稳定性有要求、流量参数直接影响监测结果的环节，如流量无法自动测量、显示、记录和传输，不得安装可调节阀门，防止流量偏差影响监测数据准确性。
	颗粒物分析仪器和气态污染物分析仪器应具备唯一标识编码，并符合 HJ 212 规定。编码应固化存储于设备内部，不得具备修改、删除功能。
	分析仪器的软件应具有明确的版本号，且不得随意更改。如软件升级应评估新版本是否影响分析仪器性能。软件版本应在生态环境主管部门注册。
	分析仪器软件应采用数字签名等技术自动校验软件程序真实性，若软件程序发生篡改，应立即触发报警，并记录到日志。
	分析仪器软件应具备核验功能，输入分析仪器原始信号即可输出污染物浓度结果。
	分析仪器数据传输为单向模式，应防止逆向写入或篡改操作。
	分析仪器在单一工作量程下校准和测量时，应使用同一校准曲线。
	分析仪器应具备防降级保护，不应使用版本号低于当前已安装版本的软件，防止回退至存在已知漏洞的旧版本。
	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。
	分析仪器与数采仪之间的通信协议应按照附录 H 要求进行设置。
	数采仪应直接从分析仪器原始数据端口采集数据，不得经过中间工控机或其他装置的计算转发。
核查结论	

续表 C.3 CEMS 功能检查表（续）

功能名称	现场照片（拍摄于编号　　仪器）
采样探头、探杆加热	
伴热管线加热、内包覆至少两根	
音速小孔真空度，稀释零空气流量，采样探头和稀释零空气温度，音速小孔前含氧量，在数采仪中可查询（稀释抽取式 CEMS）	
具备恒流采样和等速跟踪采样功能，废气流速、采样流速和小时等速跟踪率在数采仪中可查询（抽取式颗粒物 CEMS）	
抽取式 CEMS 流量实时监测在数采仪中可查询	
冷凝器工作温度照片，工作温度数值在数采仪中可查询	
全系统校准路径照片（抽取式 CEMS）	
气态污染物和颗粒物分析仪器存储实时数据，并可查询、导出	
自动校准功能：示值误差、系统响应时间、零点漂移和量程漂移执行截图	
数采仪运行日志和操作日志确认照片	

功能名称	现场照片（拍摄于编号　　仪器）
数采仪具备三类权限确认照片	
数采仪记录运行参数确认照片	
数据标记使用符号确认照片	
数采仪参数设置及计算公式确认照片	
未自动记录流量的阀门确认其固化照片	
颗粒物和气态污染物分析仪器唯一标识编码	
分析仪器软件版本号在数采仪中可查询	
分析仪器软件版本自动校验确认	
分析仪器软件具备核验功能	
分析仪器校准曲线唯一性	
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按附录 G 检查	

表 C.4 CEMS 现场性能检测记录表

<table>
<tr><td colspan="8">污染物：（SO_2、NO_X 或含氧量）</td></tr>
<tr><td colspan="8">线性校准示值误差</td></tr>
<tr><td>检测
日期</td><td>标气
名称</td><td colspan="2">标准气体</td><td>20%~30%工作量程</td><td>50%~60%工作量程</td><td>80%~100%工作量程</td><td>备注</td></tr>
<tr><td rowspan="6"></td><td rowspan="6"></td><td colspan="2">标称值</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">实
测
值</td><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>平均值</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">示值误差(%)</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="8">系统偏差</td></tr>
<tr><td>检测日期</td><td>标气名称
及标称值</td><td colspan="2">标准气体</td><td>直通分析仪</td><td>全系统通标</td><td>系统偏差
（%）</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4"></td><td rowspan="4"></td><td rowspan="3">实测值</td><td>1</td><td></td><td></td><td rowspan="4"></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">平均值</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="8">零点校准示值误差</td></tr>
<tr><td rowspan="2">检测日期</td><td rowspan="2">零气类型</td><td rowspan="2">纯度</td><td colspan="5">CEMS 实测值</td></tr>
<tr><td>1</td><td colspan="2">2</td><td colspan="2">3</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="5">零点校准示值误差（%）</td><td colspan="3"></td></tr>
</table>

续表 C.4-1 CEMS 现场性能检测记录表（续）

<table>
<tr><td colspan="6">污染物：（颗粒物）</td></tr>
<tr><td colspan="6">零点校准示值误差</td></tr>
<tr><td rowspan="2">检测日期</td><td rowspan="2">检查方式</td><td rowspan="2">零气类型</td><td colspan="3">CEMS 实测值</td></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">零点校准示值误差（%）</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="6">正确度</td></tr>
<tr><td>检测日期</td><td>采样时间段</td><td>参比方法测量值</td><td>CEMS 测量值</td><td colspan="2">绝对误差或相对误差</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

续表 C.4-2 CEMS 现场性能检测记录表（续）

<table>
<tr><td colspan="6">废气参数：（含湿量或流速）</td></tr>
<tr><td colspan="6">零点校准示值误差</td></tr>
<tr><td rowspan="2">检测日期</td><td rowspan="2">零气类型</td><td rowspan="2">纯度</td><td colspan="3">CEMS 实测值</td></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">零点校准示值误差(%)</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

附录 D

（规范性附录）

定型 CEMS 技术指标检测方法

D.1 实验室检测方法

D.1.1 仪表响应时间

待测分析仪器运行稳定后通入零气，待示值稳定后立刻通入量程标气，同时开始计时，当待测分析仪器显示值上升至标气浓度标称值90%时，停止计时，记录所用时间为待测分析仪器的上升时间。待量程标气测量示值稳定后，立刻按照相同流量通入零气，同时开始计时，当待测分析仪器显示值下降至量程标气浓度标称值的10%时，停止计时；记录所用时间为待测分析仪器的下降时间。

D.1.2 量程点重复性

待测分析仪器运行稳定后，先通入零气，再通入量程标气，待示值稳定后记录示值 C_i，重复上述测试操作至少 6 次，按公式（D1）计算待测分析仪器的重复性（相对标准偏差）。

$$S_r = \frac{1}{\overline{C}} \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(C_i - \overline{C}\right)^2}{n-1}} \times 100\% \qquad \text{（D1）}$$

式中：

S_r——待测分析仪器重复性，%；

C_i——量程标气第i次测量值，μmol/mol（mg/m^3）；

$\overline{C}$——量程标气测量平均值，μmol/mol（mg/m^3）；

i——记录数据的序号（i=1～n）；

n——测量次数（n≥6）。

D.1.3 线性偏差

待测分析仪器运行稳定后，依次通入标气至稳定：①零气；②（20%±5%）工作量程；③（40%±5%）工作量程；④（60%±5%）工作量程；⑤（80%±5%）工作量程。分别记录各次通标气示值，重复测试3次，按公式（D2）~（D8）计算待测分析仪器每个浓度水平测量残差相对于工作量程的百分比 $d_{c,rel}$。

建立公式（D2）所示的一元线性回归方程：

$$x_i = a + B(c_i - \bar{c}) \qquad \text{（D2）}$$

式中：

x_i——单次测量值，μmol/mol（mg/m^3）；

a——系数，代表全部测量平均值，μmol/mol（mg/m^3）；

B——系数，一元线性回归方程斜率；

c_i——单个标准物质的浓度值，μmol/mol（mg/m^3）；

$\bar{c}$——所有标气标称值的平均值，μmol/mol（mg/m^3）。

系数a按公式（D3）计算：

$$a=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}x_i \tag{D3}$$

式中：

n——测量总次数（n=15）。

注：计算时需统计所有测量值，包括零气测量值。测量总次数n等于标气种类数乘以每种标气重复测量次数。

系数B按公式（D4）计算：

$$B=\frac{\sum_{i=1}^{n}x_i\times\left(c_i-\bar{c}\right)}{\sum_{i=1}^{n}\left(c_i-\bar{c}\right)^2} \tag{D4}$$

将 $x_i=a+B(c_i-\bar{c})$ 转换为 $x_i=A+B\times c_i$，按式（D5）计算一元线性回归方程截距 A：

$$A=a-B\times\bar{c} \tag{D5}$$

式中：

A——系数，一元线性回归方程截距。

各浓度水平下平均浓度与回归曲线的残差按以下方式计算：

每种标气重复测量的平均值按公式（D6）计算：

$$\overline{x_c}=\frac{1}{m_c}\sum_{j=1}^{m_c}x_{c,j} \tag{D6}$$

式中：

$\overline{x_c}$ ——某一种标气的测量平均值，μmol/mol（mg/m^3）；

$x_{c,j}$ ——某一种标气的第j次示值，μmol/mol（mg/m^3）；

m_c ——某一种标气的重复测量次数（m_c=3）。

按照公式（D7）计算各浓度水平的残差 d_c：

$$d_c=\overline{x_c}-\left(A+B\times c\right) \tag{D7}$$

式中：

c——某一种标气的标称值，μmol/mol（mg/m^3）。

按照公式（D8）计算各浓度水平的相对残差 $d_{c,\,rel}$：

$$d_{c,rel}=\frac{d_c}{R}\times100\% \tag{D8}$$

式中：

R——待测分析仪器工作量程值，μmol/mol（mg/m^3）。

D.1.4 24 h 漂移

待测分析仪器运行稳定后，通入零气，稳定后记录分析仪器零点示值 Z_0；然后通入量程标气，记录稳定示值 S_0。通气结束后，待测分析仪器连续运行 24 h（期间不允许任何校准和维护）后再次通入同一零气和量程标气，并记录稳定后示值。按公式（D9）~（D12）计算待测分析仪器的 24 h 零点漂移 Z_d 和 24 h 量程漂移 S_d，然后可对待测分析仪器进行零点和量程校准（如果不校准可将本次零点和量程测量值作为 CEMS 下一个 24 h 零点和量程漂移的初始值）。

重复上述测试 7 次。

$$\Delta Z_n = Z_n - Z_0 \qquad \text{（D9）}$$

$$Z_{dn} = \frac{\Delta Z_n}{R} \times 100\% \qquad \text{（D10）}$$

式中：

Z_{dn}——待测分析仪器 24 h 零点漂移，%；

Z_0——待测分析仪器通入的初始测量值，μmol/mol（mg/m³）；

Z_n——待测分析仪器运行 24 h 后通入零气的测量值，μmol/mol（mg/m³）；

ΔZ_n——待测分析仪器运行 24 h 后的零点变化值，μmol/mol（mg/m³）；

R——待测分析仪器工作量程值，μmol/mol（mg/m³）；

n——测试序号（n=1～7）。

$$\Delta S_n = S_n - S_0 \qquad \text{（D11）}$$

$$S_{dn} = \frac{\Delta S_n}{R} \times 100\% \qquad \text{（D12）}$$

式中：

S_{dn}——待测分析仪器 24 h 量程漂移，%；

S_0——待测分析仪器通入量程标气的初始测量值，μmol/mol（mg/m³）；

S_n——待测分析仪器运行 24 h 后通入量程标气的测量值，μmol/mol（mg/m³）；

ΔS_n——待测分析仪器运行 24 h 后的量程点变化值，μmol/mol（mg/m³）。

D.1.5 环境温度变化的影响

a. 待测分析仪器在恒温环境中运行后，设置环境温度为（25±1）℃，稳定至少 30min，记录标准温度值 t_0，通入零气，记录待测分析仪器示值 Z_0；通入量程标气，记录待测分析仪器示值 M_0；

b. 缓慢调节（升温速率或降温速率≤1℃/min，以下相同）恒温环境温度为（30±1）℃，稳定至少 30min，记录标准温度值 t_1，分别通入同一浓度零气和量程标气，记录待测仪器零点示值 Z_1 和量程示值 M_1；

c. 缓慢调节恒温环境温度为（25±1）℃，稳定至少 30min，记录标准温度值 t_2，分别通入同一浓度零气和量程标气，记录待测仪器零点示值 Z_2 和量程示值 M_2；

d. 缓慢调节恒温环境温度为（15±1）℃，稳定至少 30min，记录标准温度值 t_3，分别通入同一浓度零气和量程标气，记录待测仪器零点示值 Z_3 和量程示值 M_3；

e. 缓慢调节恒温环境温度为（25±1）℃，稳定至少 30min，记录标准温度值 t_4，分别通入同一浓度零气和量程标气，记录待测仪器零点示值 Z_4 和量程示值 M_4；

颗粒物监测单元环境温度变化的影响检测使用零点校准部件和量程校准部件，检测过程与气态污染物基本相同，区别是颗粒物只记录初始零点稳定示值，然后切换至量程校准部件并保持量程校准状态，温度变化序列为：20℃→50℃→20℃→-20℃→20℃。原位安装的含氧量监测仪的温度变化序列参照颗粒物监测单元执行。按公式（D13）、（D14）计算待测分析仪

器受高温、低温变化的影响。

$$b_{ht}=\frac{(M_1-Z_1)-\frac{(M_0-Z_0)+(M_2-Z_2)}{2}}{R}\times 100\% \quad (D13)$$

$$b_{lt}=\frac{(M_3-Z_3)-\frac{(M_2-Z_2)+(M_4-Z_4)}{2}}{R}\times 100\% \quad (D14)$$

式中：

b_{ht}——待测分析仪器受高温的影响，%；

b_{lt}——待测分析仪器受低温的影响，%；

M_0——环境温度 t_0，待测分析仪器量程标气测量值，μmol/mol（mg/m^3）；

M_1——环境温度 t_1，待测分析仪器量程标气测量值，μmol/mol（mg/m^3）；

M_2——环境温度 t_2，待测分析仪器量程标气测量值，μmol/mol（mg/m^3）；

M_3——环境温度 t_3，待测分析仪器量程标气测量值，μmol/mol（mg/m^3）；

M_4——环境温度 t_4，待测分析仪器量程标气测量值，μmol/mol（mg/m^3）；

Z_0——环境温度 t_0，待测分析仪器零气测量值，μmol/mol（mg/m^3）；

Z_1——环境温度 t_1，待测分析仪器零气测量值，μmol/mol（mg/m^3）；

Z_2——环境温度 t_2，待测分析仪器零气测量值，μmol/mol（mg/m^3）；

Z_3——环境温度 t_3，待测分析仪器零气测量值，μmol/mol（mg/m^3）；

Z_4——环境温度 t_4，待测分析仪器零气测量值，μmol/mol（mg/m^3）；

R——待测分析仪器工作量程值，μmol/mol（mg/m^3）。

D.1.6 采样流量变化的影响

待测分析仪器运行稳定后，按照初始设定采样流量，通入量程标气，稳定后记录待测分析仪器示值 T；调节待测分析仪器采样流量高于初始设定流量值 10%，稳定后记录待测分析仪器示值 P；调节待测分析仪器采样流量低于初始设定流量值 10%，稳定后记录待测分析仪器示值 Q。按公式（D15）、（D16）计算待测分析仪器受高流量、低流量变化的影响。

$$b_{hf}=\frac{P-T}{R}\times 100\%或 \quad (D15)$$

$$b_{lf}=\frac{Q-T}{R}\times 100\% \quad (D16)$$

式中：

b_{hf}——待测分析仪器受高流量的影响，%；

b_{lf}——待测分析仪器受低流量的影响，%；

T——初始设定采样流量条件下量程标气测量值，μmol/mol（mg/m^3）；

P——采样流量高于初始设定流量值 10%时，量程标气测量值，μmol/mol（mg/m^3）；

Q——采样流量低于初始设定流量值10%时，量程标气测量值，μmol/mol（mg/m^3）；

R——待测分析仪器工作量程值，μmol/mol（mg/m^3）。

D.1.7 供电电压变化的影响

待测分析仪器运行稳定后，在正常电压条件下，通入量程标气，稳定后记录待测分析仪器

示值 W；调节待测分析仪器供电电压高于正常电压值 10%，稳定后记录待测分析仪器示值 X；调节待测分析仪器供电电压低于正常电压值 10%，稳定后记录待测分析仪器示值 Y。按公式（D17）、（D18）计算待测分析仪器受高电压、低电压变化的影响。

$$b_{hv}=\frac{X-W}{R}\times 100\% \qquad (D17)$$

$$b_{lv}=\frac{Y-W}{R}\times 100\% \qquad (D18)$$

式中：

b_{hv}——待测分析仪器受高电压的影响，%；

b_{lv}——待测分析仪器受低电压的影响，%；

W——正常电压条件下量程标气测量值，μmol/mol（mg/m^3）；

X——供电电压高于正常电压 10%时，量程标气测量值，μmol/mol（mg/m^3）；

Y——供电电压低于正常电压10%时，量程标气测量值，μmol/mol（mg/m^3）；

R——待测分析仪器工作量程值，μmol/mol（mg/m^3）。

D.1.8 干扰成分的影响

干扰测试气体种类和浓度见表 10。待测分析仪器运行稳定后，通入零气，记录待测分析仪器示值 a；通入规定浓度的干扰气体，记录待测分析仪器示值 b。零气和每种干扰气体按上述操作重复测试 3 次，计算平均值 $\overline{a_i}$ 和 $\overline{b_i}$，按公式（D19）计算待测分析仪器每种干扰气体干扰成分的影响 IE_i；将 IE_i 大于 0.5% F.S.的正干扰值相加，小于-0.5% F.S.的负干扰值相加，可得到正干扰影响值和负干扰影响值。

$$IE_i=\frac{\overline{b_i}-\overline{a_i}}{R}\times 100\% \qquad (D19)$$

式中：

IE_i——待测分析仪器测量第 i 种干扰气体干扰成分的影响，%；

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

$\overline{a}$——零气3次测量平均值，μmol/mol（mg/m^3）；

R——待测分析仪器工作量程值，μmol/mol（mg/m^3）；

i——测试干扰气体的序号（i=1～7）。

D.1.9 二氧化氮转换效率

二氧化氮转换效率检测仅适用于采用二氧化氮转换器完成NO_X测量的CEMS，可采用以下两种方式进行。

a. 标气直接转换测量

待测分析仪器运行稳定后，通入浓度为（20%~80%）工作量程的NO_2标气，示值稳定后记录待测分析仪器显示值C_{NO2}。重复测试3次，计算平均值 $\overline{C_{NO2}}$，按公式（D20）计算待测分析仪器二氧化氮转换效率η。

$$\eta=\frac{\overline{C_{NO2}}}{C_0}\times 100\% \qquad (D20)$$

式中：

η ——待测分析仪器二氧化氮转换效率，%；

$\overline{C_{NO2}}$ ——NO_2标准气体经转换后3次测量平均值，μmol/mol（mg/m³）；

C_0——NO_2标准气体浓度值，μmol/mol（mg/m³）。

b. 使用臭氧发生器转换测量

1）待测分析仪器运行稳定后，通入NO量程标气，分别记录待测分析仪器NO和NO_X稳定示值；重复操作3次，分别计算NO和NO_X示值的平均值$[NO]_{orig}$和$[NO_X]_{orig}$；

2）启动臭氧发生器，产生一定浓度的臭氧，在相同实验条件下通入与 1）中同一浓度的NO标准气体，分别记录待测分析仪器NO和NO_X稳定示值；重复操作3次，计算NO和NO_X示值的平均值$[NO]_{rem}$和$[NO_X]_{rem}$；

生成的NO_2气体的标准浓度值$[NO_2]_{标准}$等于$[NO]_{orig}$与$[NO]_{rem}$的差值，浓度范围应控制在（20%~80%）工作量程。

3）按公式（D21）计算待测分析仪器二氧化氮转换效率η。

$$\eta=\frac{\left([NO_X]_{rem}-[NO]_{rem}\right)-\left([NO_X]_{orig}-[NO]_{orig}\right)}{[NO]_{orig}-[NO]_{rem}}\times 100\% \qquad \text{（D21）}$$

式中：

η——待测分析仪器二氧化氮转换效率，%；

$[NO]_{orig}$——未启动臭氧发生器时通入NO标准气体NO测量平均值，μmol/mol（mg/m³）；

$[NOx]_{orig}$——未启动臭氧发生器时通入NO标准气体NO_X测量平均值，μmol/mol（mg/m³）；

$[NO]_{rem}$——启动臭氧发生器后通入NO标准气体NO测量平均值，μmol/mol（mg/m³）；

$[NOx]_{rem}$——启动臭氧发生器后通入NO标准气体NO_X测量平均值，μmol/mol（mg/m³）。

D.1.10 平行性

待测分析仪器运行稳定后，依次向三台（套）分析仪器通入浓度为（20%~30%）工作量程值、（40%~60%）工作量程值、（80%~90%）工作量程值 3 种标准气体，稳定后分别记录三台（套）仪器示值。按照公式（D22）计算三台（套）分析仪器的平行性，即通入每种浓度标气测量值的相对标准偏差。

$$P_j=\frac{1}{\overline{C_j}}\times\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{3}\left(C_{i,j}-\overline{C_j}\right)^2}{2}}\times 100\% \qquad \text{（D22）}$$

式中：

P_j——三台（套）待测分析仪器测量第 j 种标气的平行性，%；

$\overline{C_j}$ ——三台（套）待测分析仪器测量第 j 种标气的平均值，μmol/mol（mg/m³）；

$C_{i,j}$——第 i 台（套）待测分析仪器测量第 j 种标气的测量值，μmol/mol（mg/m³）；

i——待测分析仪器的序号（i=1～3）；

j——测试标气的序号（j=1～3）。

D.1.11 检出限

气态污染物监测单元：待测分析仪器运行稳定后，通入浓度≤1%F.S.待测物的标气，待示值稳定后获得 21 个 1min 数据，计算所取得数据的标准偏差，以 2.528 倍标准偏差表示检出限，按公式（D23）计算。

颗粒物监测单元：待测仪器放置在洁净密闭空间中，预热运行稳定后同样获得 21 个 1min 数据（对于测量周期大于 1min 的仪器获得 21 个测量结果），按公式（D23）计算。

$$IDL = 2.528 \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(X_i - \overline{X}\right)^2}{n-1}} \qquad \text{（D23）}$$

式中：

IDL——检出限，mg/m³；

2.528——获得 21 个数据，自由度为 n-1，置信度 99%时的 t 分布值（单侧）；

i——记录数据的序号（*i*=1~*n*）；

n——样品数量；

X_i——单次测量值，mg/m³；

$\overline{X}$——多次测量值的均值，mg/m³。

D.1.12 采样流速测量误差

将标准流量计与颗粒物 CEMS 采样嘴相连，设定 5 m/s、10 m/s、15 m/s、20 m/s、25 m/s 5 个检测点，每个检测点调节范围为±1 m/s，启动恒流模式采样至运行稳定后，调节采样流速至检测点，每运行 5 min，记录一次颗粒物 CEMS 采样流速和对应标准流量计的流量（工况状态），每个检测点重复测定三次，取平均值。用公式（D24）、（D25）计算各检测点采样流速测量误差。

$$V_{si} = \frac{Q_{si}}{60000 \times F} \qquad \text{（D24）}$$

$$\delta_{vi} = \frac{\left(V_i - V_{si}\right)}{V_{si}} \times 100\% \qquad \text{（D25）}$$

式中：

V_{si}——第*i*个检测点Q_{si}换算的采样嘴进样流速，m/s；

Q_{si}——第*i*个检测点标准流量计测定的采样流量（工况状态），L/min；

F——颗粒物CEMS采样嘴截面面积，m²；

δ_{vi}——第 *i* 个检测点的流速测量误差，%；

V_i——第*i*个检测点颗粒物CEMS测定的采样流速，m/s；

i——检测点序号（*i*=1～5）。

D.1.13 等速跟踪吸引误差

a. 将颗粒物 CEMS 采样探头插入风洞检测孔并固定，采样嘴入口方向与风洞轴线平行，采样管外壁与风洞壁相距不小于 150 mm。选取流速 5 m/s、10 m/s、15 m/s、20 m/s、25 m/s 5 个检测点，每个检测点调节范围为±1 m/s。

b. 调节风洞风速至检测点，待风速稳定后启动颗粒物 CEMS 等速跟踪模式采样，记录风洞内 L 型标准皮托管测定的风洞风速和颗粒物 CEMS 的采样流速。

c. 每个检测点重复测定三次，取平均值，三次测定变差应小于 0.3 m/s。

d. 按照公式（D26）计算各检测点的等速跟踪吸引误差。

$$\delta_{vti}=\frac{(V_i-V_{ti})}{V_{ti}}\times 100\% \qquad \text{（D26）}$$

式中：

δ_{vti} ——第 i 个检测点的等速跟踪吸引误差，%；

V_{ti} ——第i个检测点的风洞实际风速，m/s；

V_i ——第i个检测点颗粒物CEMS的采样流速，m/s；

i——检测点序号（i=1～5）。

D.1.14　等速跟踪响应时间

将颗粒物 CEMS 采样探头插入风洞检测孔并固定，方法与 D.1.13 相同。

启动颗粒物 CEMS 恒流模式采样，设置采样流速 15 m/s，运行稳定后，调节风洞风速至（20±1）m/s，待风速稳定后，切换颗粒物 CEMS 采样模式为等速跟踪，同时开始计时，记录颗粒物 CEMS 实际跟踪流速达到风洞风速 90%时的时间。此为上升时间。

启动颗粒物 CEMS 恒流模式采样，设置采样流速 15 m/s，运行稳定后，调节风洞风速至（10±1） m/s，待风速稳定后，切换颗粒物 CEMS 采样模式为等速跟踪，同时开始计时，记录颗粒物 CEMS 实际跟踪流速达到风洞风速 110%时的时间。此为下降时间。

上升时间和下降时间重复测定 3 次，取平均值。

D.1.15　压力示值误差

待测分析仪器运行稳定后，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，另一端接待测压力传感器的测量口。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，记录标准压力计和待测压力传感器测量值；重复测量 3 次，按公式（D27）计算压力示值误差。

$$\delta_p=\frac{p-p_s}{p_s}\times 100\% \qquad \text{（D27）}$$

式中：

δ_p ——压力示值误差，%；

p——待测压力传感器测量值，kPa 或 Pa；

p_s——标准压力计测量值，kPa 或 Pa。

D.1.16　流量示值误差

待测分析仪器运行稳定后，将标准流量计与自动校准设备流量计串联，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；重复测试 3 次，按公式（D28）计算两者的相对误差。

$$\delta_f=\frac{F_i-F_s}{F_s}\times 100\% \qquad \text{（D28）}$$

式中：

δ_f ——流量示值误差，%；

F_i——自动校准设备流量测量值，L/min；

F_s——标准流量计测量值，L/min。

D.2 污染物排放现场检测方法

D.2.1 示值误差

待测分析仪器运行稳定后，依次通入低浓度（20%～30%）工作量程值、中浓度（50%～60%）工作量程值和高浓度（80%～100%）工作量程值的标准气体，示值稳定后分别记录分析仪器实测值，通入零气；示值稳定后，再重复测试 2 次。当 SO_2 工作量程值＜100 μmol/mol 或 NO_X 工作量程值＜200 μmol/mol 时，按公式（D29）计算每种浓度标准气体示值误差 L_e；当 SO_2 工作量程值≥100 μmol/mol 或 NO_X 工作量程值≥200 μmol/mol 时，按公式（D30）计算每种浓度标准气体示值误差 L_e。含氧量示值误差均按公式（D30）计算。

$$L_{ei}=\frac{\left(\overline{C_{di}}-C_{si}\right)}{R}\times 100\% \qquad \text{（D29）}$$

$$L_{ei}=\frac{\left(\overline{C_{di}}-C_{si}\right)}{C_{si}}\times 100\% \qquad \text{（D30）}$$

式中：

L_{ei}——待测 CEMS 测量第 i 种浓度标准气体的示值误差，%；

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

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

R——待测CEMS工作量程值，μmol/mol（mg/m^3）；

i——测量标准气体序号（i=1～3）。

D.2.2 系统响应时间

待测CEMS先进行零点和量程点校准和调整后，从全系统校准管线通入零气，待示值稳定后立刻通入量程标气，同时开始计时，当观察到分析仪器示值上升至标气标称值90%时停止计时，记录所用时间即为系统响应时间。系统响应时间每天测试1次，重复测试3天。

D.2.3 24 h 漂移

现场检测 24 h 漂移指标检测方法与实验室检测方法一致。

D.2.4 相对准确度

在示值误差、系统响应时间和 24 h 漂移指标检测合格且固定污染源正常排放污染物条件下，可进行相对准确度检测，检测方法如下：

1）待测 CEMS 与参比方法同步对污染源排放气态污染物进行测量，分别记录 1min 均值，连续记录至测试结束。

2）取同一时间区间内（一般为 5 min～15 min）参比方法与 CEMS 测量均值组成一个数据对，确保参比方法与 CEMS 测量数据在同一条件下（废气温度、含湿量、压力等，一般取标态干基浓度），每天至少获取 9 个数据对，用于准确度计算。

3）相对准确度检测期间需调整工况，使相对准确度指标检测至少涵盖两个分段。

4）当参比方法测量废气中 SO_2 浓度平均值＜35 mg/m^3 或 NO_X 浓度平均值＜50 mg/m^3 或 O_2 浓度平均值＜5%时，按公式（D34）、（D35）计算全部数据对的绝对误差的绝对值。

5）当参比方法测量废气中 SO_2 浓度平均值≥35 mg/m^3 且＜100 mg/m^3 或 NO_X 浓度平均值

≥50 mg/m³ 且＜205 mg/m³ 时，按公式（D31）计算全部数据对的相对误差的绝对值。

6）当参比方法测量废气中 SO_2 浓度平均值≥100 mg/m³ 或 NO_X 浓度平均值≥205 mg/m³ 或 O_2 浓度平均值≥5%时，按公式（D32）～（D37）计算全部数据对的相对准确度。

$$\delta_A = \frac{\overline{d}}{\overline{RM}} \times 100\% \quad \text{（D31）}$$

式中：

δ_A——相对误差，%；

$\overline{d}$ ——CEMS 与参比方法测量各数据对差的平均值，μmol/mol（mg/m³）；

$\overline{RM}$ ——参比方法全部数据对测量结果的平均值，μmol/mol（mg/m³）。

$$RA = \frac{\left|\overline{d}\right| + \left|cc\right|}{\overline{RM}} \times 100\% \quad \text{（D32）}$$

式中：

RA——相对准确度，%；

cc——置信系数，μmol/mol（mg/m³）。

$$\overline{RM} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} RM_i \quad \text{（D33）}$$

式中：

RM_i——第 i 个数据对中的参比方法测量值，μmol/mol（mg/m³）；

i——数据对的序号（i=1～n）；

n——数据对的个数（n≥9）。

$$\overline{d} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} d_i \quad \text{（D34）}$$

$$d_i = RM_i - AMS_i \quad \text{（D35）}$$

式中：

di——每个数据对参比方法与 CEMS 同时间段内测量值之差，μmol/mol（mg/m³）；

CEMSi——第 i 个数据对中的 CEMS 测量值，μmol/mol（mg/m³）。

注：在计算数据对差的和时，保留数据差值的正、负号。

$$cc = t_{df,1-\alpha/2}\frac{S_d}{\sqrt{n}} \quad \text{（D36）}$$

式中：

$t_{df,\,1-\alpha/2}$——统计常数，由 t 表（见表 D.1）查得，f=n-1；

S_d——CEMS 与参比方法测量各数据对差的标准偏差，μmol/mol（mg/m³）。

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(d_i - \bar{d})^2}{n-1}} \quad \text{……（D37）}$$

表 D.1 计算置信区间和允许区间参数表

f	t_f	v_f	n'	$u_{n'}$（75）
7	2.365	1.7972	7	1.233
8	2.306	1.7110	8	1.233
9	2.262	1.6452	9	1.214
10	2.228	1.5931	10	1.208
11	2.201	1.5506	11	1.203
12	2.179	1.5153	12	1.199
13	2.160	1.4854	13	1.195
14	2.145	1.4597	14	1.192
15	2.131	1.4373	15	1.189
16	2.120	1.4176	16	1.187
17	2.110	1.4001	17	1.185
18	2.101	1.3845	18	1.183
19	2.093	1.3704	19	1.181
20	2.086	1.3576	20	1.179
21	2.080	1.3460	21	1.178
22	2.074	1.3353	22	1.177
23	2.069	1.3255	23	1.175
24	2.064	1.3165	24	1.174
25	2.060	1.3081	25	1.173
30	2.042	1.2737	30	1.170
35	2.030	1.2482	35	1.167
40	2.021	1.2284	40	1.165
45	2.014	1.2125	45	1.163
50	2.009	1.1993	50	1.162

D.2.5 参比方法校准

在固定污染源正常排放污染物条件下，可进行颗粒物参比方法校准，检测方法如下：

D.2.5.1 待测 CEMS 与参比采样测试方法同步对污染物排放颗粒物进行测量，颗粒物 CEMS 记录 1min 均值，连续记录至参比方法采样结束。

D.2.5.2 取同一时间区间内（一般用参比方法一个样品的采集时间）参比方法与 CEMS 测量平均值组成一个数据对，整个参比方法校准必须获得至少 15 个有效的数据对。

D.2.5.3 当参比方法校准测试的数据对大于 15 个时，可以舍弃部分测试数据对。舍弃 5 个以内数据对不需要任何解释；而当舍弃数据对超过 5 个时，则必须解释舍弃的原因。且必须记录所有数据对，包括舍弃的数据对。

D.2.5.4 颗粒物 CEMS 参比方法校准过程应确保完成参比方法校准的测试数据在测量范围内分布均匀合理。可通过改变过程操作条件、颗粒物治理设备的运行参数或通过颗粒物加标等方式获得至少 3 种不同浓度范围的颗粒物样品，确保 3 种不同浓度水平的颗粒物分布在整个测量范围内，一般在（0～50%）工作量程值、（25%～75%）工作量程值、（50%～100%）工作量程值 3 个范围各分布全部测试数据的 20%以上。

D.2.5.5 参比方法校准的计算过程如下：

1）参比方法校准前的计算

首先将参比方法测量值 Y（合适的单位）与颗粒物 CEMS 平均响应 X（一段时间内平均值）配对，配对的数据必须符合质量控制/质量保证要求。

i. 测量前调整颗粒物 CEMS 的输出和参比方法采样测试数据至统一时钟时间（考虑颗粒物 CEMS 的响应时间）。

ii. 计算颗粒物 CEMS 在参比方法测试期间的数据输出，评价所有的颗粒物 CEMS 数据并确定在计算颗粒物 CEMS 数据平均值时是否舍弃。

iii. 确保参比方法和颗粒物 CEMS 的测量结果基于同样的废气状态，将参比方法颗粒物浓度测量数据状态（一般是干基标态）向颗粒物 CEMS 测量数据状态转换。

2）线性参比方法校准计算

在进行参比方法校准计算时，参比方法的每个测量值均被处理做离散的数据点。

i. 计算线性参比方法校准方程，方程给出了作为颗粒物 CEMS 响应 X 的函数的预测颗粒物浓度 $\hat{Y}$，如公式（D38）：

$$\hat{Y} = a + bX \tag{D38}$$

式中：

$\hat{Y}$ ——预测颗粒物浓度，mg/m^3；

a——参比方法校准曲线截距；

b——参比方法校准曲线斜率；

X——颗粒物 CEMS 响应值（测量值），无量纲。

ii. 截距计算如公式（D39）~（D41）：

$$a = \overline{Y} - b\overline{X} \tag{D39}$$

式中：

$\overline{X}$ ——颗粒物 CEMS 全部测量数据的平均值，mg/m^3；

$\overline{Y}$ ——颗粒物参比采样测试全部测量数据的平均值，mg/m^3。

$$\overline{X} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i \tag{D40}$$

$$\overline{Y} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} Y_i \tag{D41}$$

式中：

X_i——第 i 个数据对中颗粒物 CEMS 的测量值，mg/m^3；

Y_i——第 i 个数据对中颗粒物参比采样测量值，mg/m^3；

i——数据对的序号（i=1～n）；

n——数据对的个数（n≥15）。

iii. 斜率计算如公式（D42）：

$$b = \frac{S_{xy}}{S_{xx}} \tag{D42}$$

式中 S_{xy}，S_{xx} 如公式（D43）、（D44）计算：

$$S_{xx} = \sum_{i=1}^{n} (X_i - \overline{X})^2 \quad \text{（D43）}$$

$$S_{xy} = \sum_{i=1}^{n} (X_i - \overline{X})(Y_i - \overline{Y}) \quad \text{（D44）}$$

iv. 平均值 X 处的预测颗粒物浓度，其 95%置信区间半宽计算如公式（D45）、（D46）：

$$CI = t_{df,1-\alpha/2} S_E \sqrt{\frac{1}{n}} \quad \text{（D45）}$$

式中：

CI——平均值 *X* 处的 95%置信区间半宽，mg/m³；

$t_{df,1-a/2}$——*df*=*n*-2 的统计 *t* 值，查表 D.1；

S_E ——参比方法校准曲线的精密度，mg/m³。

$$S_d = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^{n} (\overset{<}{Y}_i - Y_i)^2} \quad \text{（D46）}$$

v. 在平均值 X 处，作为检测均值百分比的置信区间半宽计算如公式（D47）。

$$CI\% = \frac{CI}{EL} \times 100\% \quad \text{（D47）}$$

式中：

EL——颗粒物参比采样测试测量数据的平均值，mg/m³。

注：当颗粒物排放限值小于颗粒物参比采样测试全部测量有效数据的平均值时，EL 值取颗粒物参比采样测试全部测量有效数据的平均值。

vi. 在平均值 X 处，允许区间半宽计算如公式（D48）、（D49）：

$$TI = k_t \times S_E \quad \text{（D48）}$$

式中：

TI——在平均值 X 处允许区间半宽，mg/m³；

k_t——统计常数。

$$k_t = u_{n''} \times V_{df} \quad \text{（D49）}$$

式中：

n'' ——数据对的个数（n≥15）；

$u_{n''}$ ——75%允许因子，查表 D.1；

V_{df} ——df=n-2，查表 D.1。

vii. 在平均值 X 处，作为检测均值百分比的允许区间半宽计算如公式（D50）：

$$TI\% = \frac{TI}{EL} \times 100\% \quad \text{（D50）}$$

viii. 相关系数计算如公式（D51）：

$$r=\sqrt{1-\frac{(n-1)\times\sum_{i=1}^{n}(\overset{<}{Y}_i-Y_i)^2}{(n-2)\times\sum_{i=1}^{n}(Y_i-\overline{Y})^2}} \qquad \text{（D51）}$$

D.2.6 颗粒物正确度

将符合要求的校准曲线斜率和截距输入数据采集和处理单元，对颗粒物 CEMS 测量结果进行校准修正。

D.2.6.1 在固定污染源正常排放污染物条件下可进行颗粒物正确度检测。

D.2.6.2 检测方法同 D.2.5.1，至少获得 5 个有效数据对；当多于 5 个时可适当舍去 1～2 个数据对，但必须报告记录全部数据对，包括舍去的数据对和舍弃原因。

D.2.6.3 正确度计算

将全部数据对的平均值（标态干基浓度）进行比较，按 D.2.4 中公式（D31）、（D33）、（D34）、（D35）计算两者的绝对误差或相对误差。

D.2.7 流速正确度

D.2.7.1 速度场系数精密度

1）由参比方法测量断面废气平均流速和同时间区间废气流速 CEMS 测量断面某一固定点或线上的废气平均流速，可按公式（D52）确定速度场系数：

$$K_V=\frac{F_s}{F_p}\times\frac{\overline{V_s}}{\overline{\overline{V_p}}} \qquad \text{（D52）}$$

式中：

K_V——速度场系数；

F_s——参比方法测量断面的横截面积，m^2；

F_p——流速 CEMS 测量断面的横截面积，m^2；

$\overline{V_s}$ ——参比方法测量断面的平均流速，m/s；

$\overline{V_p}$ ——流速 CEMS 测量断面的流速，m/s。

2）待测流速 CEMS 与参比测试方法同步测量废气流速，记录流速 1min 均值，连续记录至参比方法测量结束。

3）取同一时间区间内（一般用参比方法一个样品的测量时间）参比方法与流速 CEMS 测量平均值组成一个数据对，计算速度场系数。

4）现场检测初检期间每天至少获得 5 个速度场系数，计算速度场系数日平均值 $\overline{K_v}$，当数据多于 5 个时可舍去 1～2 个数据，但必须报告所有的数据，包括舍去的数据和原因。重复测试至少 4 天，按公式（D53）计算速度场系数日均值的平均值 $\overline{\overline{K_v}}$。

$$\overline{\overline{K_v}}=\frac{\sum_{i=1}^{n}\overline{K_{v\,i}}}{n} \qquad \text{（D53）}$$

式中：

$\overline{\overline{K_v}}$——检测期间测试速度场系数日均值的平均值；

$\overline{K_{v\,i}}$——每天获得速度场系数的日均值；

i——测试每天的序号（*i*=1～*n*）。

n——检测天数（*n*≥4）。

5）按公式（D54）、（D55）计算速度场系数精密度 C_v：

$$C_v = \frac{S}{\overline{\overline{K_v}}} \times 100\% \quad \text{……（D54）}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\overline{K_{v\,i}} - \overline{\overline{K_v}})^2}{n-1}} \quad \text{……（D55）}$$

式中：

C_v——速度场系数精密度，%；

S——检测期间测试速度场系数日均值的标准偏差。

D.2.7.2 流速正确度

将符合要求的速度场系数平均值 $\overline{\overline{K_v}}$ 输入数据采集和处理单元，对流速 CEMS 测量结果进行校准修正。

1）在固定污染源正常排放污染物条件下可进行流速正确度检测。

2）检测方法同 D.2.7.1 条中 2），至少获得 5 个有效数据对；当多于 5 个时可适当舍去 1～2 个数据对，但必须报告记录全部数据对，包括舍去的数据对和舍弃原因。

3）正确度计算

将全部数据对的平均值进行比较，按 D.2.4 中公式（D31）、（D33）、（D34）、（D35）计算两者的绝对误差或相对误差。

D.2.8 温度正确度

1）待测废气温度 CEMS 与参比方法同步测量废气温度，记录温度 1min 均值，连续记录至参比方法测量结束。

2）取同一时间区间内（一般用参比方法一个样品的测量时间）参比方法与温度 CEMS 测量平均值组成一个数据对，每天至少获得 5 个有效数据对；当多于 5 个时可适当舍去 1～2 个数据对，但必须报告记录全部数据对，包括舍去的数据对和舍弃原因。

3）正确度计算

将全部数据对的平均值进行比较，按 D.2.4 中公式（D34）、（D35）计算两者的绝对误差。

D.2.9 含湿量正确度

1）待测废气含湿量 CEMS 与参比方法同步测量废气含湿量，记录含湿量 1min 均值，连续记录至参比方法测量结束。

2）取同一时间区间内（一般用参比方法一个样品的测量时间）参比方法与含湿量 CEMS 测量平均值组成一个数据对，每天至少获得 5 个有效数据对；当多于 5 个时可适当舍去 1～2 个数据对，但必须报告记录全部数据对，包括舍去的数据对和舍弃原因。

3）正确度计算

将全部数据对的平均值进行比较，按 D.2.4 中公式（D31）、（D33）、（D34）、（D35）计算两者的绝对误差或相对误差。

D.2.10　无人值守期间

无人值守期间在颗粒物 CEMS 和气态污染物 CEMS 上开展。待测 CEMS 启用自动校准单元，连接好零气、量程标气及颗粒物检查部件，设置好定时自动通气/检查程序，通气/检查间隔为 7 d，系统连续运行 14 d 或 28 d，获得 2 组或 4 组一周零点漂移和量程漂移，检测方法与 24 h 漂移检测方法相同。CEMS 可再单独设置定期自动零点校准和调整程序，无人值守期间不允许任何人员接触待测 CEMS。无人值守期间全部周漂移均应符合要求。

附录 E
（规范性附录）
在用 CEMS 技术指标检测方法

E.1 检测方法

E.1.1 系统偏差

系统偏差仅对完全抽取式气态污染物CEMS开展。系统偏差测试应使用量程标气先直通入分析仪，待数据稳定后读取数据并记录为Z_0，再全系统通入相同高浓度标准气体，待数据稳定后读取数据并记录为Z_1。重复测定三次共获取三组数据，分别计算Z_1与Z_0的差值并取平均值ΔZ，按式（E1）、（E2）计算，该平均值与量程的比值记录为系统偏差。

$$\Delta Z = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^{n} \left(Z_{1,i} - Z_{0,i} \right) \qquad \text{（E1）}$$

式中：ΔZ ——直通分析仪和全系统通标差值，μmol/mol（mg/m^3）；

n——重复测定次数（n=3）；

$Z_{1,i}$ ——第i次全系统通入标气读数，μmol/mol（mg/m^3）；

$Z_{0,i}$ ——第i次直通分析仪读数，μmol/mol（mg/m^3）。

$$E_X = \frac{\Delta Z}{R} \qquad \text{（E2）}$$

式中：E_X——系统偏差，%；

R——分析仪工作量程值，μmol/mol（mg/m^3）。

E.1.2 气态污染物零点和量程校准示值误差

零点校准示值误差检测方法与附录 D.1.4 中零点漂移检测方法相同（Z_0 按 0 计），量程校准示值误差检测方法与 D.2.1 检测方法相同。

E.1.3 颗粒物 CEMS 零点校准方法

光学法颗粒物 CEMS 校准时应对实际测量光路进行全光路校准，发射光先经过出射镜片，再经过实际测量光路到达校准镜片后，再经过入射镜片到达接收单元，不得只对激光发射器或接收器进行校准。原位光学法颗粒物 CEMS 可不要求经过全部实际测量光路。

通入零气，待测量值稳定后读取测定结果，按附录 D.1.4 中零点漂移检测方法，计算零点校准示值误差（Z_0 按 0 计）。

E.1.4 含湿量 CEMS 零点校准方法

通入零气，待测量值稳定后读取测定结果，按附录D.1.4中零点漂移检测方法，计算零点校准示值误差（Z_0按0计）。

E.1.5 流速 CEMS 零点校准方法

差压法流速CEMS校准时，先连接差压变送器的正负压测量接口，待测量值稳定后读取测定结果，按附录D.1.4中零点漂移检测方法，计算零点校准示值误差（Z_0按0计）；直接读取差压测量值时也可按公式（E3）计算。

$$Z_e = \frac{Z}{|Z|} \times \sqrt{\frac{|Z|}{R}} \times 100\% \qquad \text{（E3）}$$

式中：Z_e——零点校准示值误差，%；（Z=0时，Z_e=0）

Z——零点读数值，Pa；

R——变送器工作量程值，Pa。

E.1.6 颗粒物正确度

颗粒物正确度检测方法与附录D.2.6检测方法相同。

附录 F
（规范性附录）
监测仪器防篡改功能检测方法

F.1　检测方法

应根据设备厂商提供的仪器设计说明、用户手册、接口规范等文件，通过代码/配置审查、功能验证/破坏性测试等方式对本标准 5.4.9 要求进行检测，参照表 F.1 中的方法。

表 F.1 检测方法分类及用途

方法全称	缩写	用途
文档分析和设计评价	AD	审查技术文档、设计架构、保护措施声明
计量功能测试验证	VFTM	算法正确性、参数准确性验证
软件功能测试验证	VFTSw	功能逻辑、权限控制、数据标记等
计量数据流分析	DFA	追踪数据从采集到传输到存储的完整路径
代码走查	CIWT	源码级检查关键安全逻辑
软件模块测试	SMT	对特定功能模块进行隔离测试

F.2　检测项目总览

根据本标准 5.4.9 条款规定的监测数据防篡改功能要求，设置如下检测项目。

表 F.2 检测项目总览

序号	检测项	检测方法组合	保护水平
1	设备唯一标识编码	AD + SMT	高
2	分析仪器软件版本标识核验	AD + VFTSw + CIWT	中
3	分析仪器界面与功能菜单	AD + VFTSw	中
4	数采仪界面与功能菜单	AD + VFTSw	中
5	数据传输链路检查	AD + DFA + CIWT	高
6	同一校准曲线	AD + VFTM + CIWT	高
7	气路系统阀门防护	AD + VFTM + 实物核查	高

F.3　分项检测方法

F.3.1　设备唯一标识编码

检测目的：颗粒物分析仪和气态污染物分析仪应具备唯一标识编码，固化存储且不可修改。

规范检查：登录设备读取编码，逐位核验格式符合 HJ 212；多设备间无重复；HJ 212 报文的 MN 字段与设备本地编码一致。核验颗粒物分析仪和气态污染物分析仪唯一标识编码与数采仪显示一致。

软件模块测试（SMT）：界面尝试编辑编码字段；命令行修改编码存储区；软件更新后编码不变。

判定：格式不合规或可修改判定为不合格。

F.3.2　分析仪器软件版本标识核验

F.3.2.1 软件真实性校验

检测目的：分析仪器应采用数字签名校验软件程序真实性，发现篡改立即报警并记录日志。

文档审查（AD）：签名算法≥RSA-2048/ECDSA-256，私钥硬件隔离；启动时+运行时校验；有安全启动链方案。

模块测试（SMT）：①篡改检测——替换分析程序，重启后应签名校验失败、触发报警、日志记录篡改事件；②字节修改检测——修改一个非关键字节，应被 SHA-256 差异检测捕获并触发真实性报警。

密码学验证：签名为 PKCS#7/CMS 格式，确认非 MD5/SHA-1，私钥存在于 HSM/安全芯片中。

判定：篡改后正常启动不报警判定为不合格。

F.3.2.2 软件防降级

检测目的：禁止刷入版本号低于当前版本的软件，防止回退至有漏洞的历史版本。

文档审查（AD）：版本号格式可严格比较大小（Major.Minor.Patch.Build）；升级协议含版本校验；Bootloader 安全启动方案完备。

模块测试（SMT）：正常升级（V_new>V_current，应通过）；同级刷入（V_same=V_current，提示"已最新"或允许重装记录日志）；降级尝试（V_old<V_current，应拒绝并提示禁止降级，若成功则判定为不合格）；版本号伪造（十六进制编辑器改 V_old 版本号→V_fake，应签名校验失败）；Bootloader 降级（进入 Bootloader 直接烧写 V_old，应同样拒绝）。

算法验证：逐位比较四段版本号，任一字段小于当前即拒绝。测试边界：Patch 递增（通）、Minor 递增（通）、Major 递增（通）；Patch 回退（拒）、Minor 回退（拒）、Major 回退（拒）。

判定：存在常规操作降级路径判定为不合格。

F.3.2.3 软件版本管理

检测目的：软件版本号明确、不可修改，升级须评估性能影响，版本应在主管部门注册。

文档审查（AD）：版本号规则清晰、发布记录完整、注册文件齐备、升级策略含签名认证+性能验证。

功能测试（VFTSw）：版本号清晰显示；通过界面/配置文件/命令行/API 尝试修改版本号均被阻断；设备版本号与主管部门注册记录一致。

代码走查（CIWT）：版本号为编译期常量（#define），非运行时可修改的配置文件。

判定：版本号可修改或未注册判定为不合格。

F.3.3 分析仪器界面菜单

检测目的：分析仪器的界面和功能菜单不得超出附录 G 规定范围。

软件功能测试（VFTSw）：遍历所有菜单层级，截图与附录 G 逐项比对。重点排查：手动输入/修改数据入口、校准参数直接修改、系统时间修改。

隐藏功能探测：组合键/长按/特殊命令字探测隐藏菜单；时间触发式界面检测。

判定：存在可修改数据/参数的越权功能判定为不合格。

F.3.4 数采仪界面菜单

检测目的：数采仪的界面和功能菜单不得超出附录 G 规定范围。

VFTSw：遍历所有菜单层级，截图与附录 G 逐项比对。重点排查：手动修改/删除历史数据、手动修改数据标记、上报间隔/目标地址修改、时间设置/数据库清理/格式化存储。

隐藏功能探测：组合键/长按/特殊命令字探测隐藏菜单；时间触发式界面检测。

判定：存在可修改/删除数据或影响数据质量的超范围功能判定为不合格。

F.3.5 数据传输链路检查

F.3.5.1 单向数据传输

检测目的：分析仪器数据传输为单向模式，防止逆向写入或篡改。

物理层核查：以太网分析仪为 TCP Client 主动上报而非 Server 监听；USB 仅支持 Host→Device 导出。

协议层测试：抓包确认分析仪只发送（Publish/Report）不响应写指令；向分析仪发送 Modbus 写寄存器指令（06 功能码），应被忽略或返回异常；向分析仪端口发送 TCP SYN，不应开放监听。

破坏性测试：PC 侧大量写指令压力测试，CPU/内存不应异常；Fuzzer 随机报文测试协议栈健壮性。

CIWT 审查：通信模块仅含 send()/publish()，无 recv_cmd()/handle_write()/process_request()函数。

判定：存在可被外部修改配置/参数的通道判定为不合格。

F.3.5.2 数采仪直接采集

检测目的：数采仪应直接从分析仪器原始数据端口采集数据，不得经过中间工控机或其他装置二次计算转发。

文档审查（AD）：审查拓扑图——分析仪与数采仪应为直连，中间无可编程计算设备。

实物核查：跟踪线缆从分析仪端口到数采仪端口，无中途分接；端口一一对应，冗余端口悬空。

数据流分析（DFA）：抓包≥15min，确认源 MAC/IP 指向分析仪、时间同步、数据完整、无额外加工字段、转发延迟 RS485<1s/TCP<100ms。注入标记法——分析仪侧触发独特事件，同时观测分析仪、数采仪数据一致性。CIWT——数采仪 source_ip 为分析仪 IP（非工控机），流程为 receive→parse→store 直线型，原始报文独立存档。

对比测试：通入已知浓度标准气体，分析仪显示→数采仪→平台，计算各环节偏差率应≤±1%F.S.。上传报文中须含原始值。

特殊场景：协议转换器须为纯透明转发（无 CPU/存储/可编程）。

判定：分析仪与数采仪之间存在中间计算节点判定为不合格。

F.3.6 同一工作曲线

检测目的：分析仪器在单一工作量程下校准和测量时，应使用同一校准曲线，防止切换曲线掩盖仪器偏差。

计量功能验证（VFTM）：分段对比法——设定单一量程，从测量路径通入不同浓度标准气体，查看测量与校准界面一致性。

CIWT 审查：校准函数和测量函数引用同一全局变量/结构体同一字段，不存在 cal_curve 与 meas_curve 两组变量，不存在按状态切换曲线的逻辑。

判定：同一工作量程采用不同校准曲线判定为不合格。

F.3.7 气路阀门防护

检测目的：CEMS 气路系统中，对流量稳定性有要求、流量参数直接影响监测结果且流量无法自动记录和传输的，不得安装可调节阀门，防止流量偏差影响监测数据准确性。

文档审查（AD）：对于可能引起样品稀释的管路，设计图、说明书等资料中气路关键路径是否存在无流量监测的机械调节阀。

实物核查：沿气流方向逐点检查，外观区分是否可调节流量；对可疑阀全行程操作，看是否只能在通/断两态。

计量功能验证（VFTM）：监测单元是否存在流量实时显示，流量实时刷新延迟≤5s。

判定：有可调阀且流量未监测记录上传判定为不合格。

F.4 结果判定

全部检测项目合格视为防篡改功能检测合格。出现任一不合格情况允许整改一次。

附录 G

（规范性附录）

分析仪器和数采仪显示内容和功能菜单

G.1　气态污染物分析仪器显示内容和功能菜单

表 G.1 气态污染物分析仪器显示内容和功能菜单一览表

主界面显示	**用户登录**	/			
	数据显示	SO_2、NO、NO_2 浓度+单位（mg/m^3）			
	仪器状态	测量、维护、校准、故障、预热			
	时间	YYYYMMDDhhmmss			
	工作量程	/			
一级菜单	**二级菜单**	**说明**	**第一类权限**	**第二类权限**	**第三类权限**
设置	**通信设置**	/	修改	查看	查看
	工作量程设置	/	修改	查看	查看
	模拟量输出设置	/	修改	查看	查看
	开关量设置	/	修改	查看	查看
	密码设置	/	修改	/	/
校准	**零点校准**	手动零点校准、自动零点校准、自动校准周期、前后置换时间、标准物质浓度、调零方式选择（氮气/空气调零）、零点调整	操作	操作	查看
	量程校准	手动量程校准、自动量程校准、自动校准周期、前后置换时间、标准物质浓度、量程调整	操作	操作	查看
查询	**日志查询**	登录日志、操作日志、异常报警日志、校准日志、调整日志、时间调整日志、软件升级日志	查看	查看	查看
	数据查询	历史数据	查看	查看	查看
	参数查询	光源强度、光谱图、气室温度、气室压力、采样流量、光谱控制参数	查看	查看	查看
	状态查询	仪器自诊断	查看	查看	查看
	版本信息	软件标识、硬件标识、软件版本号、硬件版本号	查看	查看	查看

G.2　颗粒物分析仪器显示内容和功能菜单

表 G.2 颗粒物分析仪器显示内容和功能菜单一览表

主界面显示	**用户登录**	/			
	数据显示	颗粒物 浓度+单位（mg/m^3）			
	仪器状态	测量、维护、校准、故障、预热			
	时间	YYYYMMDDhhmmss			
	工作量程	/			
	等速跟踪	/			
	废气流速	/			
	采样流速	/			
	等速跟踪率	/			
一级菜单	**二级菜单**	**说明**	**第一类权限**	**第二类权限**	**第三类权限**
设置	**通信设置**	/	修改	查看	查看
	工作量程设置	/	修改	查看	查看
	模拟量输出设置	/	修改	查看	查看
	开关量设置	/	修改	查看	查看
	等速采样设置	采样嘴内径设置、废气流速调零、采样流速调零	修改	查看	查看
	反吹设置	反吹时间、反吹间隔、执行反吹	操作	操作	查看
	密码设置	/	修改	/	/
校准	**零点校准**	手动零点校准、自动零点校准、自动校准周期、	操作	操作	查看
	量程检查	量程检查、自动检查周期、量程调整	操作	操作	查看
查询	**日志查询**	登录日志、操作日志、异常报警日志、校准/检查日志、调整日志、时	查看	查看	查看
	数据查询	历史数据	查看	查看	查看
	参数查询	光源强度、气室温度、气室压力、采样流量、采样探杆温度	查看	查看	查看
	状态查询	仪器自诊断	查看	查看	查看
	版本信息	SN 号、软件版本号、硬件版本号	查看	查看	查看

G.3 数采仪界面显示和功能菜单

表 G.3 数采仪显示内容和功能菜单一览表

主界面显示	**用户登录**	/			
	数据显示	SO_2、NO、NO_2、NOx、颗粒物、O_2、浓度+单位（mg/m^3、%）、废气温度、废气压力、废气含湿量、流速、流量、实测值、标干值、折算值、排放速率			
	系统状态	测量、维护、校准、故障（参照 HJ212）			
	时间	YYYYMMDDhhmmss			
	通信状态	/			
一级菜单	**二级菜单**	**说明**	**第一类权限**	**第二类权限**	**第三类权限**
设置	**采集配置**	串口配置，模拟量配置，网口配置，开关量配置	修改	查看	查看
	上报配置	上报参数配置、有线传输配置、无线传输配置、串口传输配置	修改	查看	查看
	计算参数配置	烟道截面积、当地大气压、基准含氧量（按因子）、速度场系数、基准排气量、皮托管系数、颗	修改	查看	查看
	计算公式配置	氮氧化物计算、干湿基、标况换算、污染物浓度折算、流速计算	修改	查看	查看
	系统配置	站点信息、用户管理、时间校准、因子配置、备份与恢复、WIFI 热点配置	修改	查看	查看
	数据补传配置	手动补传、自动补传	操作	操作	查看
	密码设置	/	修改	/	/
查询	**日志查询**	分析仪日志：登录日志、操作日志、异常报警日志、时间调整日志、软件升级日志	查看	查看	查看
		数采仪日志：登录日志、操作日志、异常报警日志、时间调整日志、软件升级日志、数据补	查看	查看	查看
	数据查询	分钟均值报表、小时均值报表、日均值报表、月均值报表、分钟数据曲线、小时均值曲线、分析仪表	查看	查看	查看
	CEMS 实时参数查询	HJ212 表 16、B.10 要求参数	查看	查看	查看
	状态查询	自诊断	查看	查看	查看
	版本信息	MN 号、软件版本号、硬件版本号	查看	查看	查看

附录 H
（规范性附录）
分析仪与数采仪的通信协议

H.1　系统通信协议

H.1.1　分析仪器与数采仪的通信协议应采用 Modbus 串行链路协议，传输模式应选择 RTU 模式，通信要求应符合 GB/T 19582 的要求。

H.1.2　分析仪与数采仪之间应采用主从式半双工通信。数采仪作为主站发起请求，分析仪器作为从站被动响应。分析仪器不应主动轮询或主动向数采仪推送数据。

H.1.3　数采仪轮询周期应≤5 s。

H.2　系统通信架构

分析仪器与数采仪通信总线结构应采用菊花链式拓扑，见图 H.1。

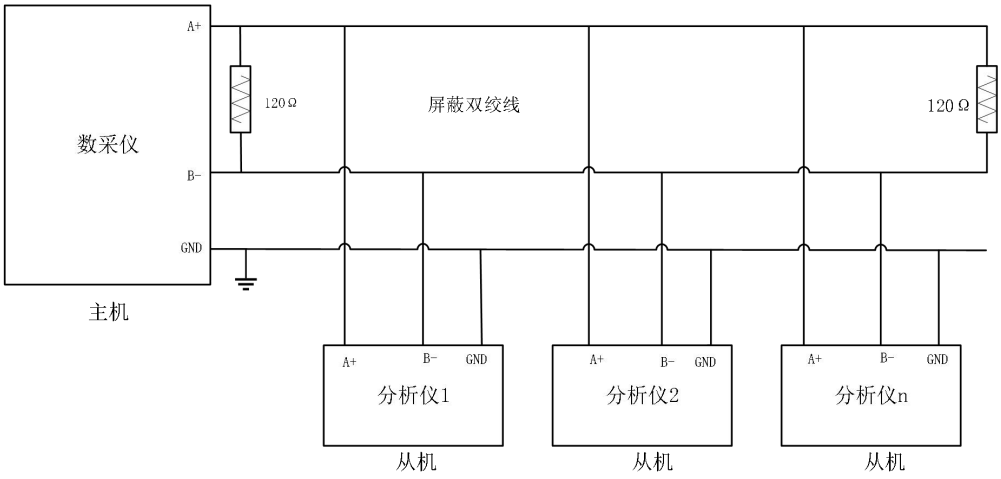


图 H.1 总线系统结构示意图

H.3　系统通信接口

H.3.1　分析仪器与数采仪之间应采用两线制的 RS-485 接口，RS-485 接口的电气标准参照 RS-485 工业总线标准。

H.3.2　总线两端（数采仪端及最远端分析仪处）应各串接一个 120Ω终端电阻，匹配线缆特性阻抗，抑制信号反射。

H.3.3　接线电缆应采用屏蔽双绞线，A^+、B^-须为同一对绞线，严禁与强电线路共管共槽敷设，屏蔽层应在数采仪处单点接地，避免形成地环路引入干扰。

H.3.4　波特率宜设置为 9600bps；数据位宜设置为 8；校验位宜设置为 None；停止位宜设置为 1。

H.3.5　校验方式应采用 GB/T 19582 规定的 CRC16 循环冗余校验算法，校验范围应包含设备地址到数据区末尾的所有字节，CRC 校验码以小端模式（低位字节在前）传输。

H.4　Modbus RTU 协议要求

H.4.1　帧示意图

Modbus RTU 协议定义了与下层通信层无关的简单协议数据单元（PDU）。串行链路上的 Modbus RTU 帧见图 H.2。

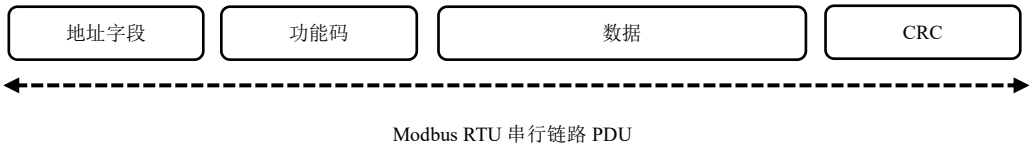


图 H.2 串行链路上的 Modbus 帧示意图

H.4.2　功能码

H.4.2.1　数据读取应采用功能码 03 读取保持寄存器，见表 H.1。

H.4.2.2　反控命令宜优先采用功能码 06（单寄存器写入）；多寄存器批量写入可采用功能码 10。

表 H.1 Modbus 功能码

功能码	用途
03	读取监测数据、运行状态、工作参数、数据标记
06	写入单个反控命令
10	写入多个反控命令或参数

H.4.3　寄存器地址

H.4.3.1　应采用 Modbus 保持寄存器地址空间，功能码 03 读取。地址以 0 为基准，实际分析仪地址为协议地址加偏移量 40001。地址空间划分见表 H.2。

表 H.2 寄存器地址空间划分

地址区块	协议地址	分析仪地址	用途
系统信息区	0～49	40001～40050	设备基础信息、时间戳、数据标记
监测数据区	50～99	40051～40100	监测因子浓度值
辅助参数区	100～149	40101～40150	辅助参数（温度、压力、流量等）
运行状态区	150～199	40151～40200	运行状态、报警标志、维护状态
工作参数区	200～249	40201～40250	量程、校准参数等
校准数据区	250～319	40251～40320	标定/核查结果、校准漂移数据
反控命令区	320～349	40321～40350	反控命令寄存器
唯一标识区	350～399	40351～40400	设备唯一标识码（ASCII）
运行日志区	400～499	40401～40500	运行日志
扩展预留区	500～599	40501～40600	厂商自定义扩展

H.4.3.2　监测浓度值应为 IEEE 754 单精度 Float，占 2 个连续寄存器。

H.4.3.3　状态标志、报警类型等整数数据占 1 个寄存器。

H.4.3.4　设备唯一标识码每 2 个字符占 1 个寄存器。

H.4.3.5　寄存器地址应与 HJ 212 规定的编码一一对应，并在生态环境管理部门的上位机进行注册。

附录 I

（资料性附录）

颗粒物 CEMS 参比方法校准检测实例

某污染源排放口安装颗粒物 CEMS，测试期间废气参数平均值如下：

温度：128℃；静压：-0.283kPa（表压）；含氧量：4.84%；含湿量：7.49%。

测定结果原始记录见表 I.1。

表 I.1 CEMS 法和参比方法测定废气中颗粒物原始记录表

序号	CEMS 显示值	参比方法测量值（mg/m³）	序号	CEMS 显示值	参比方法测量值（mg/m³）	序号	CEMS 显示值	参比方法测量值（mg/m³）
1	12.52	7.52	13	70.12	46.02	25	121.18	77.05
2	15.52	7.23	14	65.63	40.05	26	121.61	82.91
3	16.12	7.40	15	64.68	42.33	27	116.99	76.17
4	21.06	14.31	16	63.43	38.29	28	115.86	65.26
5	38.81	13.77	17	76.74	48.00	29	109.84	72.28
6	31.31	14.60	18	64.64	38.50	30	126.04	66.11
7	19.58	10.56	19	62.59	41.45	31	122.83	67.43
8	19.35	10.81	20	65.43	37.83	32	40.80	19.97
9	20.00	10.15	21	101.86	68.55	33	37.66	26.06
10	32.15	10.65	22	105.68	71.54	34	38.88	26.03
11	72.68	47.00	23	104.97	57.11	35	41.12	23.24
12	64.13	39.89	24	117.03	79.68	36	42.26	25.00
注：表中参比方法数值已换算至实际废气工况下数值，CEMS 显示值为无量纲值。								

1）线性回归方程计算

$$\overline{X} = 65.59$$

$$\overline{Y} = 39.74$$

$$S_{xx} = 49967.23$$

$$S_{xy} = 32109.66$$

$$S_{yy} = 21430.91$$

$$\hat{Y} = 0.643X - 2.404$$

2）置信区间半宽计算

回归直线精密度：S_E=4.84；

查表 D.1，t=2.030；

则在平均值 X=65.59（CEMS 显示值）处，置信区间半宽 CI=1.64。

检测期间参比方法实际废气状态下浓度平均值为 39.74 mg/m³（实测状态/工况状态）。

则在平均值 X=65.59（CEMS 显示值）处，对于检测期间参比方法实态浓度平均值百分比的置信区间半宽为：CI%=4.1%。

3）允许区间半宽计算

查表 D.1，计算 k_r=1.46；

则在平均值 X=65.59（CEMS 显示值）处，允许区间半宽 TI=7.05，对于检测期间参比方法实态浓度平均值百分比的允许区间半宽为：TI%=17.7%。

4）相关系数

r=0.981

5）线性相关曲线、置信区间、允许区间图例

95%置信区间为：$\hat{Y} = 0.643X - 2.404 \pm 1.64$

95%允许区间为：$\hat{Y} = 0.643X - 2.404 \pm 7.08$

图例见图 I.1。

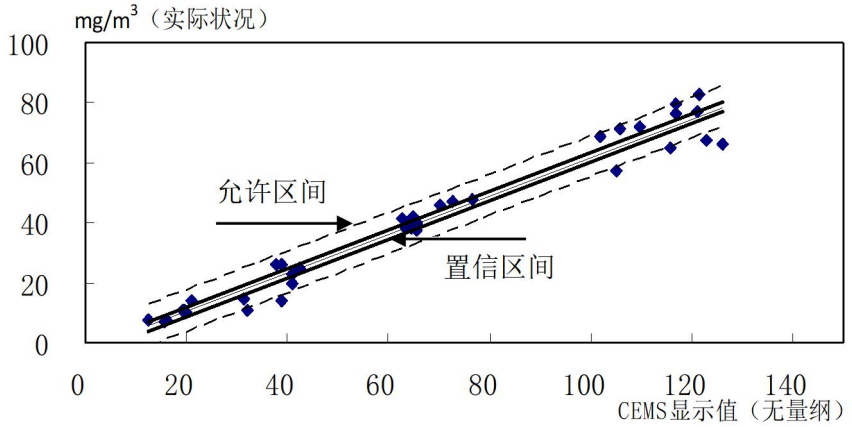


图 I.1 颗粒物 CEMS 参比方法校准曲线、置信区间、允许区间示意图