

ICS

团 体 标 准

T/CACE 00X—2020

固定污染源 Hg 排放连续监测技术规范

Specification for Continuous Emission Monitoring of Hg in the Flue Gas
Emitted from Stationary Sources

(征求意见稿)

20xx-XX-XX 发布

20xx-XX-XX 实施

中国循环经济协会 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 组成和功能要求.....	2
4.1 系统组成.....	2
5 技术要求.....	3
5.1 外观要求.....	3
5.2 工作条件.....	3
5.3 安全要求.....	3
5.4 功能要求.....	3
5.5 主要技术指标.....	6
6 监测站房要求.....	6
7 安装要求.....	7
7.1 安装位置要求.....	7
7.2 安装施工要求.....	7
8 技术指标调试检测.....	7
9 技术验收.....	8
9.1 总体要求.....	8
9.2 技术验收条件.....	8
9.3 技术指标验收.....	8
9.4 联网验收.....	12
10 日常运行管理要求.....	12
10.1 总体要求.....	12
10.2 日常巡检.....	12
10.3 日常维护保养.....	12
10.4 校准和校验.....	13
11 日常运行质量保证.....	13
11.1 一般要求.....	13
11.2 定期校准.....	13
11.3 定期维护.....	13
11.4 定期校验.....	14
11.5 常见故障分析及排除.....	14
11.6 校准和校验期间数据失控时段的判别与修约.....	14
12 数据审核与处理.....	15

12.1	数据审核.....	15
12.2	数据无效时间段数据处理.....	15
12.3	数据记录与报表.....	16
附录 A	(规范性附录) 固定污染源 Hg-CEMS 主要技术指标调试检测方法.....	17
A.1	一般要求.....	17
A.2	Hg-CEMS 和氧气 CMS 零点漂移、量程漂移技术指标的调试检测.....	17
A.3	Hg-CEMS 示值误差、系统响应时间技术指标的调试检测.....	17
A.4	Hg-CEMS 准确度技术指标的调试检测.....	18
A.5	动态加标检测.....	20
A.6	转换效率检测.....	20
A.7	氧气 CMS 零点漂移和量程漂移技术指标的调试检测.....	21
A.8	氧气 CMS 示值误差、系统响应时间技术指标的调试检测.....	21
A.9	氧气 CMS 准确度技术指标的调试检测.....	21
A.10	流速 CMS 速度场系数技术指标的调试检测.....	21
A.11	流速 CMS 速度场系数精密度技术指标的调试检测.....	21
A.12	流速 CMS、温度 CMS 和湿度 CMS 准确度技术指标的调试检测.....	21
A.13	调试检测技术指标要求.....	22
附录 B	(资料性附录) 固定污染源 Hg-CEMS 技术指标调试检测结果分析和处理方法.....	23
附录 C	(规范性附录) 固定污染源 Hg-CEMS 系统输出参数计算方法.....	25
C.1	烟气流速和流量的计算.....	25
C.2	气态 Hg 排放浓度和排放率计算.....	25
C.3	气态 Hg 累积排放量计算.....	26
C.4	烟气中氧量、CO ₂ 的测定和计算.....	27
C.5	采用稀释法测定时 Hg-CEMS 测定湿基值和干基值的换算.....	27
C.6	干湿氧计算湿度.....	27
C.7	火电厂锅炉负荷的统计报表.....	28
C.8	锅炉停炉、闷炉时烟气参数的参考设定.....	28
附录 D	(规范性附录) 固定污染源 Hg-CEMS 安装调试检测原始记录表.....	29
附录 E	(资料性附录) 固定污染源 Hg-CEMS 调试检测报告.....	44
附录 F	(规范性附录) 固定污染源 Hg-CEMS 技术指标验收报告.....	45
附录 G	(规范性附录) 固定污染源 Hg-CEMS 日常巡检、校准和维护原始记录表.....	46
附录 H	(规范性附录) 固定污染源 Hg-CEMS 数据采集处理和传输系统.....	56
H.1	实时数据采集、记录和存储要求.....	56
H.2	数据格式要求.....	57
H.3	数据状态标记.....	58
H.4	数据存储.....	59
H.5	数据现实、查询和文档管理.....	59
H.6	数据输出和通讯.....	59
H.7	安全管理.....	59

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020给出的规则起草。

本文件由中国矿业大学（北京）提出。

本文件由中国循环经济协会归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次发布。

CACE

固定污染源Hg排放连续监测技术规范

1 范围

本文件规定了固定污染源烟气中 Hg 排放连续监测系统的组成和结构、技术性能、监测站房、安装、技术指标调试检测、技术验收、日常运行管理、日常运行质量保证以及数据审核和处理的有关要求。

本文件适用于固体、液体为燃料或原料的火电厂锅炉、工业/民用锅炉以及工业窑炉等固定污染源烟气中总汞的测定。

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文件必不可少的条款。其中，注明日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注明日期的文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）

GB/T 13306 标牌

GB/T 16157 固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法

GB 50057 建筑物防雷设计规范

GB 50093 自动化仪表工程施工及质量验收规范

GB 50168 电气装置安全工程电缆线路施工及验收规范

HJ 75 固定污染源烟气（SO₂、NO_x、颗粒物）排放连续监测技术规范

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

HJ/T 212 污染源在线自动监控（监测）系统数据传输标准

HJ/T 397 固定源废气监测技术规范

HJ 543 固定污染源废气 汞的测定 冷原子吸收分光光度法

HJ 917 固定污染源废气气态汞的测定 活性炭吸附/热裂解原子吸收法

3 术语和定义

GB/T 16157、HJ75 及 HJ76 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

烟气汞 flue gas mercury

煤在燃烧过程中产生的汞大部分随着烟气排入大气，这部分含汞烟气称为烟气汞。烟气中的汞主要以气态汞和颗粒态汞两种相对稳定的形态存在，包括元素汞（ Hg^0 ）和氧化态汞（ Hg^{2+} ），浓度单位以 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ （干）计。

3.2

连续监测系统 continuous monitoring system, CMS

连续监测固定污染源烟气参数所需要的全部设备，简称CMS。

3.3

烟气排放连续监测系统 continuous emission monitoring system, CEMS

连续监测固定污染源污染物排放浓度和排放量所需要的全部设备，简称CEMS。

3.4

Hg排放连续监测系统 mercury continuous emission monitoring, Hg-CEMS

连续监测固定污染源Hg排放浓度和排放量所需要的全部设备，简称Hg-CEMS。

3.5

参比方法 reference method

用于与在线监测系统测量结果相比较的国家发布的标准方法。本文件中固定污染源烟气气态汞分析的参比方法采用《固定污染源废气气态汞的测定活性炭吸附/热裂解原子吸收法》（HJ 917）。

4 组成和功能要求

4.1 系统组成

重点行业固定污染源Hg排放在线监测系统（Hg-CEMS）由烟气Hg监测单元、烟气参数监测单元、数据采集与处理单元组成。其结构主要包括样品采集系统和传输装置、预处理设备、分析仪器、数据采集和传输设备以及其它辅助设备。

Hg-CEMS应当能够测量烟气中Hg浓度、烟气参数（温度、压力、流速或流量、湿度、含氧量等），同时计算烟气中气态Hg排放速率和排放量，显示（可支持打印）和记录各种数据和参数，形成相关图表，并通过数据、图文等方式传输至管理部门。输出参数计算应满足附录C的要求。气态Hg浓度应等于元素汞和氧化态汞浓度之和。对于含氧量参与汞折算浓度计算的，还应实现同时测量含氧量的要求。

5 技术要求

5.1 外观要求

- 1) Hg-CEMS 应具有产品铭牌，铭牌标识应符合 GB/T 13306 的要求；
- 2) Hg-CEMS 仪器表面应完好无损，无明显缺陷，各部件组装应坚固、零部件无松动，各操作键、按钮使用灵活，定位准确；
- 3) Hg-CEMS 主机面板显示清晰，涂色牢固，标识易于识别，不应有影响读数的缺陷。软件显示界面字符均匀、清晰，能根据显示屏提示进行全程序操作；
- 4) 仪器外壳或外罩应耐腐蚀、密封性能良好、防尘、防雨。

5.2 工作条件

仪器设备在以下条件中应能正常工作：

- 1) 环境温度：室内（15~35）℃；室外（-20~50）℃；
- 2) 相对湿度：≤85%；
- 3) 大气压：（86~106）kPa；
- 4) 烟气温度：≤400℃；
- 5) 供电电压：AC（220V±22）V，频率（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

- 1) 绝缘电阻：在 15~35℃，相对湿度≤85%条件下，仪器电源引入线与机壳之间的绝缘电阻应不小于 20 MΩ；
- 2) 绝缘强度：在环境温度为（15~35）℃，相对湿度≤85%条件下，系统在 1500V（有效值）、50Hz 正弦波实验电压下持续 1min，不应出现击穿或飞弧现象；
- 3) 系统应具有漏电保护装置，防止人身触电，具备良好的接地措施，防止雷击等对仪器造成损坏。

5.4 功能要求

5.4.1 样品采集和传输装置要求

- 1) 样品采集装置应具备加热、保温和反吹净化功能。在氧化汞转化为元素汞之前，加热和保温温度设置应能保证样品温度在酸露点以上，其实际温度值应能够在机柜或系统软件中显示查询；

- 2) 样品采集装置的材质应选用耐高温、防腐蚀、与汞成化学惰性、无反应的材料。材料可采用全氟烷氧基树脂（PFA）、TeflonTM、石英或惰性不锈钢等；
- 3) 样品采集装置应具备颗粒物过滤功能。其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，过滤器滤料应与汞成化学惰性、无反应，过滤器应至少能过滤（5~10） μm 粒径以上的颗粒物；
- 4) 采样泵的抽气能力应足够克服烟道负压，并且保障采样流量准确可靠、相对稳定；
- 5) 样品传输管线应长度适中，当使用伴热管线时应具备稳定、均匀加热和保温的功能；样品中氧化汞转化为元素汞之前，应保证样品温度在酸露点以上，其实际温度值应能够在机柜或系统软件中显示查询；
- 6) 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，另一根用于标准气体的全程校准，传输管线应选用与汞成化学惰性、无反应的材料；
- 7) 样品采集和传输装置应具备完成全系统校准的功能要求，应配备进行校准和加标的端口，可完成校准和加标检查。

5.4.2 预处理设备要求

- 1) 预处理设备及其部件应方便清理和更换；
- 2) 除湿冷凝设备的设置温度应保持在 4 $^{\circ}\text{C}$ 左右（设备出口烟气露点温度应 $\leq 4^{\circ}\text{C}$ ），正常波动在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 以内，其实际温度数值应能够在机柜或系统软件中显示查询；
- 3) 预处理设备的材质应使用与汞成化学惰性、无反应的材料；
- 4) 除湿冷凝设备除湿过程产生的冷凝液应采用自动方式通过冷凝液收集和排放装置及时、顺畅排出；
- 5) 为防止颗粒物污染分析仪，在 Hg 样品进入分析仪之前可设置精细过滤器；过滤器滤料应与汞成化学惰性、无反应，过滤器应至少能过滤（0.5~2） μm 粒径以上的颗粒物；
- 6) Hg-CEMS 系统必须配置将样品气中的氧化态汞转化为元素汞的组件，用于进行气态总汞的测量；
- 7) Hg-CEMS 可配置样气富集预处理单元，如金汞齐富集单元。该预处理单元作为系统耗材应按维护要求、使用情况和使用寿命定期及时更换或更新，确保该预处理单元不对烟气汞测量造成损失。

5.4.3 Hg 分析仪

基于冷原子荧光、冷原子吸收法、差分吸收光谱法等分析原理分析样品中气态汞浓度。

5.4.4 辅助设备要求

- 1) Hg-CEMS 尾气排放管路应敷设规范，不应随意放置，防止排放尾气污染周围环境；
- 2) 当室外环境温度低于 0℃时，Hg-CEMS 尾气排放管应配套加热或伴热装置，确保排放尾气中的水分不结冰，造成尾气排放管堵塞和排气不畅；
- 3) Hg-CEMS 应配备定期反吹装置，用以定期对样品采集装置等其它测量部件进行反吹，避免出现由于颗粒物等累积造成的堵塞状况，防止光学镜头、插入烟道或管道的探头被烟气污染的净化系统，克服烟气压力，保持光学镜头、插入烟道或管道探头的清洁。反吹过程应对在线监测系统测量不会产生影响；
- 4) 具备除湿冷凝设备的 Hg-CEMS，其除湿过程产生的冷凝液应通过冷凝液排放装置及时、顺畅排出；
- 5) 稀释零空气必须配备完备的气体预处理系统，主要包括气体的过滤、除水、除油、除烃以及除二氧化硫和氮氧化物等环节；
- 6) Hg-CEMS 机柜内部气体管路以及电路、数据传输线路等应规范敷设，同类管路应尽可能集中汇总设置；不同类型的管路或不同作用、方向的管路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；
- 7) Hg-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。

5.4.5 校准功能要求

- 1) Hg-CEMS 应能用手动和/或自动方式进行零点和量程校准；
- 2) Hg-CEMS 应具备固定的和便于操作的标准气体全系统校准功能；即能够完成从样品采集和传输装置、预处理设备和分析仪器的全系统校准；
- 3) 系统可自带内置元素汞标准源和二价汞标准源对元素汞和二价汞进行校准，系统如果没有内置汞标准源，需配置外置元素汞校准装置或氧化态汞校准装置。

5.4.6 数据采集和传输设备要求

- 1) 应显示和记录超出其零点以下和量程以上至少 10%的数据值。当测量结果超过零点以下和量程以上 10%时，数据记录存储其最小或最大值保持不变；
- 2) 应具备显示、设置系统时间和时间标签功能，数据为设置时段的平均值；
- 3) 能够显示实时数据，具备查询历史数据的功能，并能以报表或报告形式输出；
- 4) 具备数字信号输出功能；

- 5) 具有中文数据采集、记录、处理和软件；
- 6) 仪器掉电后，能自动保存数据；恢复供电后系统可自动启动，恢复运行状态并正常开始工作。

5.5 主要技术指标

5.5.1 Hg 在线监测系统主要技术指标

1) 示值误差：

示值误差不超过 $\pm 5\%$ （相对于仪表满量程值）。

2) 系统响应时间：

系统响应时间： $\leq 300\text{s}$ 。

3) 24h 零点漂移和量程漂移：

24h零点漂移和量程漂移：不超过 $\pm 5\%$ 满量程。

4) 准确度：

当参比方法测量烟气中Hg排放浓度的平均值：

① $> 5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 时，Hg-CEMS与参比方法测量结果相对准确度： $\leq 20\%$ ；

② $\leq 5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 时，Hg-CEMS与参比方法测量结果平均值绝对误差的绝对值： $\leq 1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

5) 转化效率：

利用HgCl₂气体发生器，向系统通入低、中、高浓度的HgCl₂气体时，Hg-CEMS转化器能够将氧化态（Hg²⁺）转换为元素汞（Hg⁰）的效率不低于95%。

5.5.2 O₂ 在线监测仪主要技术指标

O₂连续测量系统的主要技术指标参照HJ 76中的规定。

5.5.3 流速在线监测仪主要技术指标

流速连续测量系统的主要技术指标参照HJ 76中的规定。

5.5.4 温度在线监测仪主要技术指标

温度连续测量系统的主要技术指标参照HJ 76中的规定。

5.5.5 湿度在线监测仪主要技术指标

湿度连续测量系统的主要技术指标参照HJ 76中的规定。

6 监测站房要求

满足HJ 75中关于固定污染源烟气排放连续监测系统监测站房的要求。

7 安装要求

7.1 安装位置要求

满足HJ 75中关于固定污染源烟气排放连续监测系统安装位置的要求。

7.2 安装施工要求

满足HJ 75中关于固定污染源烟气排放连续监测系统安装施工要求。

8 技术指标调试检测

Hg-CEMS在现场安装运行以后，在接受验收前，应进行技术性能指标的调试检测。调试检测的技术指标包括：

- 1) Hg-CEMS 的零点漂移、量程漂移；
- 2) Hg-CEMS 的示值误差；
- 3) Hg-CEMS 系统响应时间；
- 4) Hg-CEMS 的准确度；
- 5) Hg-CEMS 的动态加标回收率；
- 6) Hg-CEMS 的转化效率；
- 7) 氧气 CMS 的零点漂移、量程漂移；
- 8) 氧气 CMS 的示值误差；
- 9) 氧气 CMS 的系统响应时间；
- 10) 氧气 CMS 的准确度；
- 11) 流速 CMS 的速度场系数；
- 12) 流速 CMS 的速度场系数精密度；
- 13) 温度 CMS 的准确度；
- 14) 湿度 CMS 的准确度。

各技术指标的调试检测方法按本文件附录A进行，调试检测结果可参照本文件附录D的格式记录。

调试检测结果应达到本文件附录A表A.2的要求，当调试检测结果达不到要求时，可参照附录B进行处理。

调试检测完成后编制调试检测报告，报告的格式可参照本文件附录E。

9 技术验收

9.1 总体要求

Hg-CEMS在完成安装、调试检测，并和主管部门联网后，应进行技术验收，包括Hg-CEMS技术指标验收和联网验收。

9.2 技术验收条件

Hg-CEMS在完成安装、调试检测并符合下列要求后，可组织实施技术验收工作；

- 1) Hg-CEMS 的安装位置及手工采样位置应符合本文件第 7 章的要求；
- 2) 数据采集和传输以及通信协议均应符合 HJ/T 212 的要求；
- 3) 根据本文件第 8 章的要求进行了 72 h 的调试检测，并提供调试检测合格报告及调试检测结果数据；
- 4) 调试检测后至少稳定运行 7 d；
- 5) 验收前检查 Hg-CEMS 采样伴热管的设置，其设置加热温度不低于 120℃，且应高于烟气露点温度 10℃以上。

9.3 技术指标验收

9.3.1 一般要求

- 1) 技术指标验收包括 Hg-CEMS 和烟气参数 CMS 技术指标验收；
- 2) 验收时间由排污单位与验收单位协商决定；
- 3) 现场验收期间，生产设备应正常且稳定运行，可通过调节固定污染源烟气净化设备从而达到某一排放状况，该状况在测试期间应保持稳定；
- 4) 日常运行中更换 Hg-CEMS 分析仪表或变动 Hg-CEMS 取样点位时，应分别满足 7.1、7.2 的要求，并进行再次验收；
- 5) 当对全系统进行零点校准和量程校准、示值误差和系统响应时间的检测时，零气和标准气体应通过预设管线输送至采样探头处，经由样品传输管线回到站房，经过全套预处理设施后进入气体分析仪；
- 6) 验收前检查 Hg-CEMS 采样伴热管的设置，其设置加热温度不低于 120℃，且应高于烟气露点温度 10℃以上；

- 7) 验收前 24 小时, Hg-CEMS 供应商需对待测 Hg-CEMS 进行零点和量程校准, 记录设备的零点和量程读数, 以此作为验收时计算 24 小时零点漂移和量程漂移的初始读数。验收期间除本文件规定的操作为, 不允许对 Hg-CEMS 进行零点和量程校准、维护、检修和调节。

9.3.2 技术指标验收

9.3.2.1 验收内容

Hg-CEMS 技术指标验收包括示值误差、系统响应时间、零点漂移、量程漂移、动态加标回收率、准确度的验收。现场验收时, 先做示值误差和系统响应时间的验收测试, 不符合技术要求的, 可不再继续开展其余项目验收。通入零气和标气时, 均应通过 Hg-CEMS 系统, 不得直接通入气体分析仪。

9.3.2.2 Hg-CEMS 零点漂移

仪器通入零气(经过滤的不含颗粒物、待测气体的高纯氮气), 校准仪器至零点, 测试并记录初始读数 Z_0 。待 Hg 准确度验收结束, 且至少距初始测试 6 h 后, 再通入零气, 待读数稳定后记录零点读数 Z_1 。按公式 (1) 和 (2) 计算零点漂移 Z_d 。

$$\Delta Z = Z_i - Z_0 \dots \dots \dots (1)$$

$$Z_d = \Delta Z_{\max} / R \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

式中:

Z_0 ——零点读数初始值;

Z_i ——第 i 次零点读数;

Z_d ——零点漂移;

ΔZ ——零点漂移绝对误差;

ΔZ_{\max} ——零点漂移绝对误差最大值;

R ——仪器满量程值。

9.3.2.3 Hg-CEMS 量程漂移

系统通入高浓度元素汞标准气体(80~100%的满量程), 校准仪器至该标准气体的浓度值, 测试并记录初始读数 S_0 。待 Hg 准确度验收结束, 且至少距初始测试 6 h 后, 再通入同一标准气体, 待读数稳定后记录标准气体读数 S_1 。按公式 (3) 和 (4) 计算量程漂移 S_d 。用氧化汞标气重复此量程漂移测试程序。

$$\Delta S = S_i - S_0 \dots \dots \dots (3)$$

$$S_d = \Delta S_{\max} / R \times 100\% \dots \dots \dots (4)$$

式中:

S_0 ——量程读数初始值;

S_i ——第 i 次量程读数;

S_d ——量程漂移;

ΔS ——量程漂移绝对误差;

ΔS_{\max} ——量程漂移绝对误差最大值。

9.3.2.4 Hg-CEMS 示值误差

- 1) 仪器通入零气（经过滤的不含颗粒物、待测气体的高纯氮气），调节仪器零点；
- 2) 通入高浓度（80%~100%的满量程值）标准气体，调整仪器显示浓度值与标准气体浓度值一致；
- 3) 仪器经上述校准后，按照零气、高浓度标准气体、零气、中浓度（50%~60%的满量程值）标准气体、零气、低浓度（20%~30%的满量程值）标准气体的顺序通入标准气体。待显示浓度值稳定后读取测定结果。重复测定 3 次，取平均值。按附录 A 公式（A1）、（A2）计算示值误差；
- 4) 用氧化汞标气重复此示值误差测试程序。

9.3.2.5 Hg-CEMS 系统响应时间

- 1) 待测 Hg-CEMS 运行稳定后，按照系统设定采样流量通入零点气体，待读数稳定后按照相同流量通入量程校准气体，同时用秒表开始计时；
- 2) 观察分析仪示值，至读数开始跃变止，记录并计算样气管路传输时间 T_1 ；
- 3) 继续观察并记录待测分析仪器显示值上升至标准气体浓度标称值 90% 时的仪表相应时间 T_2 ；
- 4) 系统响应时间为 T_1 和 T_2 之和。重复测定 3 次，取平均值。

9.3.2.6 Hg-CEMS 动态加标回收率

如果原始烟气中气态汞浓度 $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，则向原始烟气中加入 $1 \sim 4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 浓度的气态 Hg；如果气态汞浓度 $> 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，以原始烟气中气态 Hg 浓度的 150%-200% 为加标浓度（即加标之后烟气中 Hg 达到的浓度）。

选择 ≥ 5 的某一稀释系数 DF（测量系统的总体积流量与加标气体流量的比值），根据附录 A 公式（A10）计算达到目标加标浓度所需要的加标气体浓度，根据计算得到的加标气体浓度，选择已知质量或浓度的气态 Hg 标准气体作为加标气体。

每次加标时，通过直接或间接测量的方法准确地测量系统的总体积流量和加标气体的流量，计算加标的 DF，保证 $\text{DF} \geq 5$ 。

不改变采样系统总体积流量，按照合适的稀释比例注入加标物，记录分析仪器测得的气体汞浓度。至少采集 3 个数据点，按照附录 A 公式（A11）计算 3 次（或更多次）动态加标回收率的平均值。

9.3.2.7 Hg-CEMS 准确度

参比方法与 CEMS 同步测量烟气中 Hg 浓度，至少获取 9 个数据对，每个数据对取 5~15 min 均值，绝对误差按公式（5）计算，相对误差按照公式（6）计算，相对准确度按附录 A 公式（A2）~公式（A7）计算。

$$\text{绝对误差: } \bar{d}_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (C_{\text{CEMS}} - C_i) \dots \dots \dots (5)$$

$$\text{相对误差: } R_e = \frac{\bar{d}_i}{C_i} \times 100\% \dots \dots \dots (6)$$

式中：

\bar{d}_i ——绝对误差， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

N ——测定次数（ ≥ 5 ）；

C_i ——参比方法测定的第 i 个浓度， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

C_{CEMS} ——CEMS 与参比方法同时段测定的浓度， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

R_e ——相对误差，%。

9.3.3 烟气参数 CMS 技术指标验收

烟气参数包括氧气、流速、温度、湿度。技术指标、操作步骤和计算公式均按照 HJ 75 的相关要求执行。

9.3.4 验收测试结果记录

验收测试结果中，Hg-CEMS 的零点和量程漂移检测结果可参照本文件附录 D 表 D.1 的表格形式记录，示值误差和系统响应时间检测结果可参照本文件附录 D 表 D.2 的表格形式记录，转换效率检测结果可参照本文件附录 D 表 D.3 的表格形式记录，动态加标回收率检测结果可参照本文件附录 D 表 D.4 的表格形式记录，准确度检测结果可参照本文件附录 D 表 D.5 的表格形式记录。氧气 CMS 的零点漂移、量程漂移、示值误差、系统响应时间和准确度检测结果可分别参照本文件附录 D 表 D.6、表 D.7、表 D.8 的表格形式记录，速度场系数检测和参比方法校验流速 CMS 结果可参照本文件附录 D 表 D.9 和 D.10 的表格形式记录，流速、烟温、湿度 CMS 的准确度检测结果可参照本文件附录 D 表 D.11 的表格形式记录。

9.3.5 技术指标验收测试报告格式

技术指标验收测试报告可参照附录 F 的形式编制，应包括以下信息：

- 1) 报告的标识-编号；
- 2) 检测日期和编制报告的日期；
- 3) Hg-CEMS 标识-制造单位、型号和系列编号；
- 4) 安装 Hg-CEMS 的企业名称和安装位置所在的相关污染源名称；
- 5) 环境条件记录情况（大气压力、环境温度、环境湿度）；
- 6) 技术指标验收引用的标准；
- 7) 元素汞和二价汞标准气体的产生方法和设备；
- 8) 参比方法所用的主要设备，仪器等；
- 9) 检测结果和结论；
- 10) 测试单位；
- 11) 备注（与评估 Hg-CEMS 的性能相关的其它信息）。

9.3.6 技术指标验收的指标要求

Hg-CEMS 验收的技术要求见表 1。

表 1 Hg-CEMS 验收的技术要求

检测项目		技术要求	
Hg-CEMS	Hg	示值误差	示值误差不超过±5%（相对于仪表满量程值）。
		系统响应时间	≤300s
		零点漂移	不超过±5%满量程
		量程漂移	不超过±5%满量程
		动态加标回收率	90%~110%
		准确度	当参比方法测量的气态汞浓度平均值： a. >5 μg/m ³ 时，相对准确度≤20%； b. ≤5μg/m ³ 时，绝对误差不超过±1 μg/m ³
氧气 CMS	O ₂	示值误差	按照 HJ 75 中指标要求执行
		系统响应时间	按照 HJ 75 中指标要求执行
氧气 CMS	O ₂	零点漂移	按照 HJ 75 中指标要求执行
		量程漂移	按照 HJ 75 中指标要求执行
		准确度	按照 HJ 75 中指标要求执行
流速 CMS	流速	准确度	按照 HJ 75 中指标要求执行
温度 CMS	温度	准确度	按照 HJ 75 中指标要求执行
湿度 CMS	湿度	准确度	按照 HJ 75 中指标要求执行

注：以上各参数区间划分以参比方法测量结果为准。

9.4 联网验收

满足 HJ 75 中关于固定污染源烟气排放连续监测系统联网验收的要求。

10 日常运行管理要求

10.1 总体要求

Hg-CEMS 运维单位应根据 Hg-CEMS 使用说明书和本文件的要求编制仪器运行管理规程，确定系统运行操作人员和管理维护人员的工作职责。运维人员应当熟练掌握 Hg 排放在线监测系统的原理、使用和维护方法。

10.2 日常巡检

Hg-CEMS 运维单位应根据本文件和仪器使用说明中相关要求制订巡检规程，严格按照规程开展日常巡检并做好记录。日常巡检记录应包括检查项目、检查日期、被检项目的运行状态等内容，每次巡检应记录并归档。Hg-CEMS 日常巡检间隔不超过 7 d。

日常巡检记录所采用的表格形式可参照附录 G 中表 G.1 和表 G.2。

10.3 日常维护保养

应根据 Hg-CEMS 说明书的要求对保养内容、保养周期或耗材更换周期等作出明确规定，每次保养

情况应记录并归档。每次进行备件或材料更换时，更换的备件或材料的品名、规格、数量等应记录并归档。如更换标准物质还需记录新标准物质的来源、有效期和浓度等信息。对日常巡检或维护保养中发现的故障或问题，系统管理维护人员应及时处理并记录。

日常维护保养记录所采用的表格形式可参照附录 G 中的表格。

10.4 校准和校验

应根据本文件中规定的方法和第 11 章质量保证规定的周期制订 Hg-CEMS 系统的日常校准和校验操作规程。校准和校验记录应及时归档。

11 日常运行质量保证

11.1 一般要求

Hg-CEMS 日常运行质量保证是保障在线监测系统正常稳定运行、持续提供有质量保证监测数据的必要手段。当 Hg-CEMS 不能满足技术指标而失控时，应及时采取纠正措施，并应缩短下一次校准、维护和校验的间隔时间。

11.2 定期校准

Hg-CEMS 运行过程中的定期校准是质量保证中的一项重要工作，定期校准应做到：

- 1) 具有自动校准功能的 Hg-CEMS 每 24 h 至少自动校准一次仪器零点和量程，同时测试并记录零点漂移和量程漂移；
- 2) 无自动校准功能的抽取式 Hg-CEMS 每 7 d 至少校准一次仪器的零点和量程，同时测试并记录零点漂移和量程漂移；
- 3) 每 3 个月至少进行一次全系统的校准，要求零气和标准气体从监测泵房发出，经采样探头末端与样品气体通过的路径一致，并进行零点和量程漂移、示值误差和系统响应时间的检测；
- 4) 具有自动校准功能的流速 CMS 每 24 h 至少进行一次零点的校准，无自动校准功能的流速 CMS 每 30 d 至少进行一次零点的校准；
- 5) 校准技术指标应满足表 3 要求；
- 6) 定期校准的记录可参照本文件附录 G 表 G.3 的表格形式。

11.3 定期维护

维护频次按照附表 G.1~G.2 的说明进行，定期维护包括：

- 1) 定期检查二价汞转换器的状态，及时更换催化剂或者吸附剂；

- 2) 定期对清吹空气保护装置进行维护，检查空气压缩机或鼓风机、软管、过滤器等部件；
- 3) 定期检查 Hg-CEMS 的采样探头、过滤器和管路的结灰和冷凝水情况、泵膜老化状态；
- 4) 定期检查流速探头的积灰和腐蚀情况，反吹泵和管路情况；
- 5) 定期检查金膜 Hg 富集器，及时更换相关耗材；
- 6) 定期检查分析仪后部风扇滤网积灰，防止仪器内部温度过高，损坏原件；
- 7) 定期维护记录可参照本文件附录 G 中的表 G.1~G.2 表格形式记录。

11.4 定期校验

- 1) 有自动校准功能的测试单元每 6 个月至少做一次校验；没有自动校准功能的测试单元每 3 个月至少做一次校验；校验用参比方法和 Hg-CEMS 同时段数据进行比对，按本文件 9.3 进行；
- 2) 校验结果应符合表 3 要求，不符合时，则应扩展为评估 Hg-CEMS 的准确度或/和流速 CMS 的速度场系数（或相关性）的校正，直到在线监测系统达到本文件表 1 要求；
- 3) 定期校验的记录可参照本文件附录 G 表 G.4 的表格形式。

11.5 常见故障分析及排除

当 Hg-CEMS 发生故障时，系统管理维护人员应及时处理并记录。设备维修的记录所采用的表格形式可参照本文件附录 G 中的表 G.5。维修处理过程中，要注意以下几点：

- 1) 运行单位发现故障或接到故障通知，应在 4 h 内赶到现场进行处理；
- 2) 对于一些容易诊断的故障，如电磁阀控制失灵、气路堵塞、数据采集仪死机等，可携带工具或者备件到现场进行针对性维修，此类故障维修时间不应超过 8 h；
- 3) 仪器经过维修后，在正常使用和运行前应确保维修内容全部完成，性能通过检测程序，按本文件对仪器进行校验检查。若监测仪器进行了更换，在正常使用和运行之前应对系统进行重新调试和验收；
- 4) 若数据存储/控制仪发生故障，应在 12 h 内修复或更换，并保证已采集的数据不丢失；
- 5) 监测设备因故障不能正常采集、传输数据时，应及时向主管部门报告，缺失数据按本文件 12.2.1 进行处理。

11.6 校准和校验期间数据失控时段的判别与修约

Hg-CEMS 在定期校准和校验期间数据失控的判别标准见表 2。流速 CMS 在定期校准和校验期间的数据失控判别标准见 HJ 75 的相关要求。

当发现任一参数数据失控时，应记录失控时段（即从发现失控数据起到满足技术指标要求后止的时间段）及失控参数，并根据本文件 12.2.2 对数据失控时段的数据进行处理。

表 2 Hg-CEMS 定期校准校验技术指标要求及数据失控时段的判别

项目	校准功能	水平	技术指标要求	失控指标	最少样品数（对）
定期校准	自动	零点漂移	不超过±5%F.S	超过±10%F.S.	-
		量程漂移	不超过±5%F.S	超过±10%F.S.	
	手动	零点漂移	不超过±5%F.S	超过±10%F.S.	
		量程漂移	不超过±5%F.S	超过±10%F.S.	
定期校验	自动/手动	准确度	满足本文件 9.3.4	超过本文件 9.3.4 规定范围	9

12 数据审核与处理

12.1 数据审核

12.1.1 固定污染源生产状况下,经验收合格的 Hg-CEMS 正常运行时段为 Hg-CEMS 数据有效时间段。Hg-CEMS 非正常运行时段（如 Hg-CEMS 故障期间、维修期间、超过本文件 11.2 期限未校准时段、失控时段以及有计划的维护保养、校准等时段）均为 Hg-CEMS 数据无效时间段。

12.1.2 污染源计划停运一个季度以内的,不得停运 Hg-CEMS,日常巡检和维护要求仍按本文件第 10、11 章执行;计划停运超过一个季度的,可停运 Hg-CEMS。污染源启运前,应提前启运 Hg-CEMS 系统,并进行校准,在污染源启动后的两周内进行校验,满足本文件表 3 技术指标要求的,视为启运期间自动监测数据有效。

12.1.3 排污单位应在每个季度前五个工作日对上季度的 Hg-CEMS 数据进行审核,确认上季度所有分钟、小时数据均按照附录 H 的要求正确标记,计算本季度的污染源 Hg-CEMS 有效数据捕集率。上传至监控平台的污染源 Hg-CEMS 季度数据有效捕集率应达到 75%。

12.2 数据无效时间段数据处理

12.2.1 Hg-CEMS 系统数据失控时段数据,可以按照表 3 的方法对气态 Hg 排放量进行修约,气态汞浓度和废气参数不修约。

12.2.2 Hg-CEMS 系统超期未校准的时段视为数据失控时段,气态 Hg 排放量按照表 3 进行修约,气态汞浓度和废气参数不修约。

12.2.3 Hg-CEMS 故障期间、维修期间的数据,可以使用参比方法监测的数据替代,也可以按照表 4 中的方法对气态 Hg 排放量进行修约,废气参数不修约。当采用参比方法监测的数据替代时,频次不低于一天一次,直至 Hg-CEMS 技术指标符合本文件表 1 时为止,参比方法的监测过程按照 GB/T 16157、HJ/T 397、HJ 543、HJ 917 要求进行,替代数据包括气态 Hg 浓度、废气参数和气态 Hg 排放量。

12.2.4 Hg-CEMS 系统有计划（质量保证/质量控制）的维护保养和校准及其他异常导致的数据无效时段，气态 Hg 排放量按照表 4 处理，气态汞浓度和废气参数不修约。

12.2.5 排污单位或者其委托的自动监测运营单位，依据现有规范对异常、缺失数据进行修约补遗，并对其数据质量负责。

表 3 失控时段和超期未校准时段的数据处理方法

季度有效数据捕集率 α	连续失控小时数 N (h)	修约参数	选取值
$\alpha \geq 90\%$	$N \leq 24$	气态 Hg 的排放量	上次校准前 180 个有效小时排放量最大值
	$N > 24$		上次校准前 720 个有效小时排放量最大值
$75\% \leq \alpha \leq 90\%$	—		上次校准前 2160 个有效小时排放量最大值

表 4 维护期间和校准及其他异常导致的数据无效时段的数据处理方法

季度有效数据捕集率 α	连续无效小时数 N (h)	修约参数	选取值
$\alpha \geq 90\%$	$N \leq 24$	气态 Hg 的排放量	失效前 180 个有效小时排放量最大值
	$N > 24$		失效前 720 个有效小时排放量最大值
$75\% \leq \alpha \leq 90\%$	—		失效前 2160 个有效小时排放量最大值

12.3 数据记录与报表

12.3.1 记录

按本文件附录 D 的表格形式记录监测结果。

12.3.2 报表

按本文件附录 D（表 D.12、表 D.13、表 D.14、表 D.15）的表格形式定期将 Hg-CEMS 监测数据上报，报表中应给出最大值、最小值、平均值、排放累计量以及参与统计的样本数。

附录 A

(规范性附录)

固定污染源 Hg-CEMS 主要技术指标调试检测方法

A.1 一般要求

A.1.1 现场完成烟气Hg-CEMS安装、初调后,烟气Hg-CEMS连续运行时间应不少于168小时。

A.1.2 Hg-CEMS连续运行168小时后,可进入调试检测阶段,调试检测周期为72小时,在调试检测期间,不允许计划外的检修和调节仪器。

A.1.3 如果因烟气Hg-CEMS故障、固定污染源故障、断电等原因造成调试检测中断,在上述因素恢复正常后,应重新开始进行为期72小时的调试检测。

A.1.4 调试检测时必须采用有证标准物质或标准样品,标准气体要求贮存在铝或不锈钢瓶中,不确定度不超过 $\pm 2\%$ 。校准采用元素汞校准气发生器(或者渗透管)和HgCl₂校准气体发生器。较低浓度的标准气体可以使用高浓度的标准气体采用等比例稀释方法获得,等比例稀释装置的精度在1%以内。

A.1.5 对Hg-CEMS进行技术性能指标调试检测时,零气和标气应通过预设管线输送至采样探头处,经由样品传输管线回到站房,经过全套预处理设施后进入气体分析仪。

A.1.6 调试检测后应编制调试检测报告。

A.2 Hg-CEMS 和氧气 CMS 零点漂移、量程漂移技术指标的调试检测

A.2.1 零点漂移

仪器通入零气(经过滤的不含 Hg、待测气体的高纯氮气),校准仪器至零点,记录 Z_0 。24 小时后,再通入零气,待读数稳定后记录零点读数 Z_i ,按调零键,仪器调零。连续操作 3 天,按式(1)和(2)计算零点漂移 Z_d 。

A.2.2 量程漂移

仪器通入高浓度元素 Hg 标准气体(80~100%的满量程),校准仪器至该标准气体的浓度值 S_0 。24 小时后,再通入同一标准气体,待读数稳定后记录标准气体读数 S_i ,按校准键,校准仪器。连续操作 3 天,按式(3)和(4)计算量程漂移 S_d 。用氧化汞标气重复此量程漂移测试程序。

Hg-CEMS 零点和量程漂移检测结果按本文件附录 D 表 D.1 的表格形式记录。

A.3 Hg-CEMS 示值误差、系统响应时间技术指标的调试检测

A.3.1 Hg-CEMS示值误差技术指标

- a) 仪器通入零气，调节仪器零点；
- b) 通入高浓度（80%~100%的满量程值）元素汞标准气体，调整仪器显示浓度值与标准气体浓度值一致；
- c) 仪器经上述校准后，按照零气、高浓度标准气体、零气、中浓度（50%~60%的满量程值）标准气体、零气、低浓度（20%~30%的满量程值）标准气体的顺序通入元素汞标准气体。待显示浓度值稳定后读取测定结果。重复测定3次，取平均值。按附录A公式（A1）计算示值误差。用氧化汞标气重复此示值误差测试程序。

示值误差按式（A1）计算

$$L_{ei} = \frac{\overline{C_{di}} - C_{si}}{F.S.} \times 100\% \dots\dots\dots (A1)$$

式中：

F.S.——分析仪器满量程值。

Hg-CEMS 示值误差检测结果按本文件附录D表D.2的表格形式记录。

A.3.2 Hg-CEMS系统响应时间技术指标

- a) 待到 Hg-CEMS 运行稳定后，按照系统设定采样流量通入零气，待读数稳定后按照相同流量通入量程标准气体，同时用秒表开始计时；
- b) 观察分析仪示值，至读数开始跃变止，记录并计算样气管路传输时间 T_1 ；
- c) 继续观察并记录待测分析仪器显示值上升至标准气体浓度标称值 90%时的仪表相应时间 T_2 ；
- d) 系统响应时间为 T_1 和 T_2 之和。重复测定3次，取平均值，应符合 A.10 要求。

Hg-CEMS 系统响应时间检测结果按本文件附录D表D.2的表格形式记录。

A.4 Hg-CEMS 准确度技术指标的调试检测

A.4.1 Hg-CEMS与参比方法同步测定，由数据采集器每分钟记录1个累积平均值，连续记录至参比方法测试结束，取与参比方法同时段的平均值，参比方法每个数据的测试时间为5~15分钟。

A.4.2 取参比方法与Hg-CEMS同时段测定值组成一个数据对，参比方法与Hg-CEMS测量值均取标态干基浓度，每天至少取9对有效数据用于相对准确度计算，但应报告所有的数据，包括舍去的数据对，连续进行3天。

A.4.2.1 相对准确度计算

$$RA = \frac{|\bar{d}| + |cc|}{RM} \times 100\% \dots\dots\dots (A2)$$

式中：

RA ——相对准确度；

\overline{RM} ——参比方法全部数据对测量结果的平均值；

\bar{d} ——Hg-CEMS 与参比方法测量各数据对差的平均值；

Cc ——置信系数。

$$\overline{RM} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n RM_i \dots\dots\dots (A3)$$

式中：

n ——数据对的个数；

RM_i ——第 i 个数据对中的参比方法测定值。

$$\bar{d}_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i \dots\dots\dots (A4)$$

$$d_i = CEMS_i - RM_i \dots\dots\dots (A5)$$

式中：

\bar{d}_i ——每个数据对之差；

$CEMS_i$ ——第 i 个数据对中的 Hg-CEMS 测定值。

在计算数据对差的和时，保留差值的正、负号。

$$Cc = \pm t_{f, 0.95} \frac{S_d}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots (A6)$$

式中：

$t_{f, 0.95}$ ——由 t 表查得，f=n-1；

S_d ——参比方法与 Hg-CEMS 测定值数据对的差的标准偏差。

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d}_i)^2}{n-1}} \dots\dots\dots (A7)$$

表 A.1 计算置信系数 t 值表（95%置信水平）

5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2.571	2.447	2.365	2.306	2.262	2.228	2.201	1.179	2.160	2.145	2.131	2.120

A.4.2.2 绝对误差计算

按本文件公式（5）计算。

A.4.2.3 相对误差计算

按本文件公式（6）计算。

A.4.2.4 参比方法评估Hg-CEMS准确度结果按本文件附录D表D.5的表格形式记录。

A.4.3 校验Hg-CEMS

Hg-CEMS 相对准确度达不到技术指标的要求时，将偏差调节系数输入 Hg-CEMS 的数据采集处理系统，按式（A8）和式（A9）对 Hg-CEMS 测定数据进行调节，经调节仍不能达到要求时，应选择有代表性的位置安装 Hg-CEMS，重新进行检测。

$$CEMS_{adi} = CEMS_i \times E_{ac} \dots \dots \dots (A8)$$

式中:

$CEMS_{adi}$ ——Hg-CEMS 在 i 时间调节后的数据;

$CEMS_i$ ——Hg-CEMS 在 i 时间测得的数据;

E_{ac} ——偏差调节系数。

$$E_{ac} = \frac{1+\bar{d}}{\overline{CEMS_i}} \dots \dots \dots (A9)$$

式中:

\bar{d} ——公式 (A4) 和 (A5) 计算的数据对差的平均值;

$\overline{CEMS_i}$ ——第 i 个数据对中的 Hg-CEMS 测定数据的平均值。

A.5 动态加标检测

如果原始烟气中气态汞浓度 $<1\mu\text{g}/\text{m}^3$, 则向原始烟气中加入 $1\sim 4\mu\text{g}/\text{m}^3$ 浓度的气态Hg; 如果原始烟气中气态汞浓度 $>1\mu\text{g}/\text{m}^3$, 以原始烟气中气态Hg浓度的150%-200%为加标浓度, 即加标之后烟气中Hg达到的浓度。

选择 ≥ 5 的某一稀释系数DF(测量系统的总体积流量与加标气体流量的比值), 根据附录A公式(A10)计算达到目标加标浓度所需要的加标气体浓度, 根据计算得到的加标气体浓度, 选择已知质量或浓度的气态Hg标准气体作为加标气体。

不改变采样系统总体积流量, 按照合适的稀释比例注入加标物, 记录分析仪器测得的气体汞浓度。每次加标时, 通过直接或间接测量的方法准确地测量系统的总体积流量和加标气体的流量, 计算加标的DF, 保证 $DF \geq 5$ 。

至少采集3个数据点, 按照附录A公式(A11)计算3次(或更多次)动态加标回收率的平均值。

$$C_{spi} = DF(C_{tar} - C_{nat}) + C_{nat} \dots \dots \dots (A10)$$

式中:

DF ——稀释系数;

C_{spi} ——加标气体浓度, 即达到目标加标浓度需要加入的HgCl₂标准气体浓度, $\mu\text{g}/\text{m}^3$;

C_{tar} ——加标样品的目标加标浓度, $\mu\text{g}/\text{m}^3$;

C_{nat} ——原始烟气中气态Hg浓度, $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

$$R = \frac{DF(C_{ss} - C_{nat}) + C_{nat}}{C_{spi}} \times 100\% \dots \dots \dots (A11)$$

式中:

C_{ss} ——以某一目标加标浓度加标后测量的加标样品的Hg浓度, $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

Hg-CEMS 动态加标回收率检测结果按本文件附录 D 表 D.4 的表格形式记录。

A.6 转换效率检测

待测分析仪器运行稳定后, 分别进行零点校准和满量程校准。通入低、中、高浓度的 HgCl₂ 标准气体, 读数稳定后记录 Hg-CEMS 显示值 C_{Hg} 。重复测试 3 次, 计算平均值 $\overline{C_{Hg}}$, 按公式 (A12) 计算待测分析仪器转换效率 η 。

$$\eta = \frac{\overline{C_{Hg}}}{C_0} \times 100\% \dots\dots\dots (A12)$$

式中:

η ——分析仪器转换效率, %;

$\overline{C_{Hg}}$ ——HgCl₂标准气体 3 次测量平均值, $\mu\text{g}/\text{m}^3$;

C_0 ——HgCl₂标准气体浓度值, $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

Hg-CEMS 转换效率检测结果按本文件附录 D 表 D.3 的表格形式记录。

A.7 氧气 CMS 零点漂移和量程漂移技术指标的调试检测

氧气CMS零点漂移和量程漂移技术指标的调试检测要求按照HJ 75执行。检测结果按照本文件附录D表D.6的表格形式记录。

A.8 氧气 CMS 示值误差、系统响应时间技术指标的调试检测

氧气CMS示值误差和系统响应时间技术指标的调试检测要求按照HJ 75执行。检测结果按照本文件附录D表D.7的表格形式记录。

A.9 氧气 CMS 准确度技术指标的调试检测

氧气CMS准确度技术指标的调试检测要求按照HJ 75执行。检测结果按照本文件附录D表D.8的表格形式记录。

A.10 流速 CMS 速度场系数技术指标的调试检测

流速CMS速度场系数技术指标的调试检测要求按照HJ 75执行。检测结果按照本文件附录D表D.9的表格形式记录。

A.11 流速 CMS 速度场系数精密度技术指标的调试检测

流速CMS速度场系数精密度技术指标的调试检测要求按照HJ 75执行。检测结果按照本文件附录D表D.10的表格形式记录。

A.12 流速 CMS、温度 CMS 和湿度 CMS 准确度技术指标的调试检测

流速 CMS、温度 CMS 和湿度 CMS 准确度技术指标的调试检测要求按照 HJ 75 执行。检测结果按照本文件附录 D 表 D.11 的表格形式记录。

A.13 调试检测技术指标要求

表 A.2 调试检测技术指标要求

检测项目		技术要求	
Hg-CEMS	Hg	示值误差	示值误差不超过±5%（相对于仪表满量程值）。
		系统响应时间	≤300s
		零点漂移	不超过±5%满量程
		量程漂移	不超过±5%满量程
		转换效率	≥95%
		动态加标回收率	90%~110%
Hg-CEMS	Hg	准确度	当参比方法测量的气态汞浓度平均值： a. >5 μg/m ³ 时，相对准确度≤20%； b. ≤5 μg/m ³ 时，绝对误差不超过±1 μg/m ³
氧气 CMS	O ₂	示值误差	不超过±5%（相对于标准气体标称值）
		系统响应时间	≤200s
		零点漂移	不超过±2.5%F.S.
		量程漂移	不超过±2.5%F.S.
		准确度	>5.0%时，相对准确度≤15% ≤5.0%时，绝对误差不超过±1.0%
流速 CMS	流速	精密度	≤5%
		相关系数 ^a	≥9 个数据对时，相关系数≥0.90
		准确度	流速>10 m/s时，相对误差为±10% 流速≤10 m/s时，相对误差为±12%
温度 CMS	温度	准确度	绝对误差不超±3℃
湿度 CMS	湿度	准确度	烟气湿度>5.0%时，相对误差为±25%
			烟气湿度≤5.0%时，绝对误差为±1.5%
注 ^a ：当精密度不满足本文件要求，进行相关系数校准时应满足本条要求			

附录 B

(资料性附录)

固定污染源 Hg-CEMS 技术指标调试检测结果分析和处理方法

当 Hg-CEMS 技术指标调试检测结果不满足本文件附录 A 表 A.2 中技术指标要求时,可参照本附录进行结果分析和处理。

表 B.1 Hg-CEMS 技术指标调试检测结果分析和处理方法

测试指标		测试结果	原因分析	处理方法
漂移	零点	超过 A.14 限值	1.安装位置的环境条件,例如:强烈振动、电磁干扰、系统密封缺陷使雨、雪水侵入等; 2.零点气体和校准气体的流量和气体的质量是否符合要求; 3.供气系统是否泄漏; 4.管路吸附; 5.仪器供电系统缺陷; 6.抽取位置是否相同。	1.重新选择符合要求的安装位置; 2.选用合格的零点气体和校准气体; 3.待仪器读数稳定后再读取和/或记录数据; 4.更换泄漏管路; 5.根据查找的原因重新设计; 6.从相同的位置抽取待测气体。
	量程			
系统响应时间			1.滤料被堵塞; 2.控制阀损坏; 5.仪器检测器系统被污染; 6.系统设计缺陷; 7.取样泵真空度不够。	1.更换滤料; 2.更换管路; 3.拧紧管头,更换控制阀; 4.重新设计; 5.更换取样泵。
示值误差			1.仪器性能是否过关; 2.标准气体质量,例如:校准气体质量不能溯源到国家级标准气体,超过标准气体的使用期限,校准气体的稳定性差,现场调试检测与仪器出厂前调试仪器的校准气体品质不一致; 3.管路吸附; 4.管路泄漏; 5.供气流量、压力不稳定等。	逐一分析原因,采取相应的措施。
重复性			1.仪器性能是否过关; 2.标准气体质量,例如:校准气体质量不能溯源到国家级标准气体,超过标准气体的使用期限,校准气体的稳定性差,现场调试检测与仪器出厂前调试仪器的校准气体品质不一致; 3.管路吸附。	逐一分析原因,采取相应的措施。
转化效率			1.仪器性能是否过关; 2.标准气体质量,例如:校准气体质量不能溯源到国家级标准气体,超过标准气体的使用期限,校准气体的稳定性差,现场调试检测与仪器出厂前调试仪器的校准气体品质不一致; 3.管路吸附; 4.催化剂失效。	逐一分析原因,采取相应的措施。
动态加标回收率			1.仪器性能是否过关; 2.标准气体质量,例如:校准气体质量不能溯源到国家级标准气体,超过标准气体的使用期限,校准气体的稳定性差,现场调试检测与仪器出厂前调试仪器的校准气体品质不一致; 3.管路吸附; 4.稀释系数不合适。	逐一分析原因,采取相应的措施。
准确度		1.点位的代表性; 2.两种方法测定点位的一致性; 3.两种方法测定时获取数据的同步性; 4.校准 CEMS 气体和参比方法的校准气体的一致性; 5.采样时间等; 6.管路不加热并有冷凝水,管路漏气,抽气量不足,气体稀释比不稳定等; 7.参比方法使用仪器质量有问题; 8.仪器校准方法的缺陷(是否为全程校准)	1.避开污染物浓度剧烈变化的测定点位; 2.两种方法测定点位尽可能接近; 3.扣除样品通过管路到达检测器的时间; 4.用同一标准气体校准; 5.足够的采样时间; 6.用质量好的参比仪器、使用前校准; 7.满足参比仪器使用的条件(预热时间等); 8.正确选用监控仪器及校准方法。	

表 B.3 流速 CMS 技术指标调试检测结果分析和处理方法

测试指标	测试结果	原因分析	处理方法
速度场系数 精密度	>5%	1.安装位置代表性差,例如:两股气流交汇处,存在涡流、旋流等;2.安装地点强烈振动;3.气流不稳定,变化大;4.安装不正确,例如:正对气流的S皮托管与气流的方向不垂直,紧固法兰松动;5.探头被污染或腐蚀;6.流速低,仪器灵敏度不能满足测定的要求;7.参比方法布设测点的点位和数量以及用参比方法比对时存在操作不当等。	逐一分析原因,采取相应的措施
相关系数	≥9 个数据 对比相关系数<0.90		

附录 C

(规范性附录)

固定污染源 Hg-CEMS 系统输出参数计算方法

C.1 烟气流速和流量的计算

烟道断面平均流速 \bar{V}_s 按式 (C1) 计算

$$\bar{V}_s = K_v \times \bar{V}_p \dots\dots\dots (C1)$$

式中:

 K_v ——速度场系数; \bar{V}_p ——测定断面流速 CMS 测得的湿排气平均流速, m/s; \bar{V}_s ——测定断面的湿排气平均流速, m/s。实际工况下的湿烟气流流量 Q_s 按式 (C2) 计算:

$$Q_s = 3600 \times F \times \bar{V}_s \dots\dots\dots (C2)$$

式中:

 Q_s ——实际工况下湿烟气流流量, m^3/h ; F ——测定断面的面积, m^2 。标准状态下干烟气流流量 Q_{sn} 按式 (C3) 计算:

$$Q_{sn} = Q_s \times \frac{273}{273+t_s} \times \frac{B_a+p_s}{101325} \times (1 - X_{sw}) \dots\dots\dots (C3)$$

式中:

 Q_{sn} ——标准状态下干烟气流流量, m^3/h ; B_a ——大气压力, Pa; p_s ——烟气静压, Pa; t_s ——烟温, $^{\circ}C$; X_{sw} ——烟气中含湿量。

C.2 气态 Hg 排放浓度和排放率计算

C.2.1 气态 Hg 排放浓度按式 (C4) 计算:

$$C' = bx + a \dots\dots\dots (C4)$$

式中:

 C' ——标准状态下干烟气中 Hg 浓度, mg/m^3 , (当 Hg-CEMS 符合相对准确度要求时, $C'=x$) x ——CEMS 显示值; b ——回归方程斜率; a ——回归方程截距, mg/m^3 。当气态 Hg 显示浓度单位为 $\mu mol/mol$ 时, Hg 换算为标准状态下 mg/m^3 的换算系数:Hg: $1\mu mol/mol=201/22.4mg/m^3$ 。

C.2.2 气态 Hg 干基浓度和湿基浓度转换按公式 (C5) 计算:

$$C_d = \frac{C_w}{1-X_{sw}} \dots\dots\dots (C5)$$

式中:

C_d ——气态 Hg 干基浓度, mg/m^3 ($\mu\text{mol}/\text{mol}$);

C_w ——气态 Hg 湿基浓度, mg/m^3 ($\mu\text{mol}/\text{mol}$);

X_{sw} ——烟气绝对湿度 (又称水分含量);

公式 (C5) 中干基浓度与湿基浓度的工况状态条件应相同; 含氧量干/湿基浓度转换计算方法与公式 (C5) 相同。

C.2.3 气态Hg基准含氧量浓度按式 (C6) 计算:

$$\bar{C} = \bar{C}' \times \frac{21-O_2}{21-X_{O_2}} 10^{-6} \dots 10^{-6} \dots \dots \dots \quad (\text{C6})$$

式中:

\bar{C} ——折算成基准含氧量时气态 Hg 排放浓度, mg/m^3 ;

\bar{C}' ——标准状态干烟气状态下气态 Hg 排放浓度, mg/m^3 ;

X_{O_2} ——在测点实测的干基含氧量, %;

O_2 ——有关排放标准中规定的基准含氧量, %。

过量空气系数按式 (C7) 计算:

$$\alpha = \frac{21-O_2}{21-X_{O_2}} 10^{-6} \dots \dots \dots \quad (\text{C7})$$

式中:

X_{O_2} ——烟气中氧的体积百分数, %。

C.2.4 气态Hg排放率按式 (C8) 计算:

$$G = \bar{C}' \times Q_{sn} \times 10^{-6} \dots \dots \dots \quad (\text{C8})$$

式中:

G ——气态 Hg 排放率, kg/h ;

Q_{sn} ——标准状态下干排烟气量, m^3/h 。

C.3 气态 Hg 累积排放量计算

气态 Hg 的累积排放量按下列公式 (C9) ~ (C11) 计算:

$$G_d = \sum_{i=1}^{24} G h_i \times 10^{-3} \dots \dots \dots \quad (\text{C9})$$

$$G_m = \sum_{i=1}^{D_m} G_{di} \dots \dots \dots \quad (\text{C10})$$

$$G_y = \sum_{i=1}^{D_y} G_{di}' \dots \dots \dots \quad (\text{C11})$$

式中:

G_d ——气态 Hg 日排放量, t/d ;

G_{hi} ——该天中第 i 小时气态 Hg 排放量, kg/h ;

G_m ——气态 Hg 月排放量, t/m ;

G_{di} ——该月中第 i 天的气态 Hg 排放量, t/d ;

G_y ——气态 Hg 年排放量, t/a ;

G_{di}' ——该年中第 i 天气态 Hg 日排放量, t/d ;

D_m ——该月天数;

D_y ——该年天数。

C.4 烟气中氧量、CO₂的测定和计算

由 Hg-CEMS 配置的氧 CMS 连续测定烟气中的氧量，按式 (C12) 计算烟气中的 CO₂ 含量：

$$C_{CO_2} = C_{CO_2max} \times \left(1 - \frac{C_{O_2}}{20.9/100}\right) \dots \dots \dots (C12)$$

式中：

CO_{2max} ——燃料燃烧产生的最大 CO₂ 体积百分比，Vol %；

由 CO_{2max} 近似值下表 C.1 查得。

表 C.1 CO₂max 近似值表

燃料类型	烟煤	贫煤	无烟煤	燃料油	石油气	液化石油气	湿性天然气	干性天然气	城市煤气
CO ₂ max (%)	18.4-18.7	18.9-19.3	19.3-20.2	15.0-16.0	11.2-11.4	13.8-15.1	10.6	11.5	10.0

C.5 采用稀释法测定时 Hg-CEMS 测定湿基值和干基值的换算

采用稀释系统测定气态 Hg 时，按式 (C13) ~ (C14) 换算成干烟气中 Hg 浓度：

稀释样气未除湿：

$$C_d = C_w / (1 - X_{sw}) \dots \dots \dots (C13)$$

式中：

C_d ——干烟气中被测 Hg 浓度值，mg/m³；

C_w ——Hg-CEMS 测得的湿烟气中被测 Hg 浓度值，mg/m³；

X_{sw} ——烟气含湿量。

稀释样气已除湿：

$$C_d = C_{md} (1 - X_{sw}/r) / (1 - X_{sw}) \dots \dots \dots (C14)$$

式中：

C_{md} ——Hg-CEMS 测得的干样气中被测 Hg 浓度值，mg/m³；

r ——稀释比。

C.6 干湿氧计算湿度

烟气除湿前、后氧含量连续测定系统均需按照 A.4 和 A.5 检测合格，方能用于干湿氧法测湿度。按公式 (C15) 计算烟气湿度。

$$X_{sw} = 1 - \frac{x_{O_2}'}{x_{O_2}} \dots \dots \dots (C15)$$

式中：

X_{O_2}' ——湿烟气中氧的体积百分数，%；

X_{O_2} ——干烟气中氧的体积百分数，%。

C.7 火电厂锅炉负荷的统计报表

将火电厂锅炉负荷实时监测数据用模拟信号或数字信号输入 Hg-CEMS 的数据采集处理系统中，进行自动统计计算；或手工填写在表 D.9~D.12 烟气排放连续监测报表中。

C.8 锅炉停炉、闷炉时烟气参数的参考设定

当锅炉停炉、闷炉时，Hg-CEMS 仍然在检测和不断的由下位机上传数据，容易引起固定污染源监控系统的误判。可通过对烟气参数的设定，由下位机向上位机发出停炉、闷炉等标记。烟气参数的参考设定（视实际情况可调整）：

- a) 静压压力传感器显示为锅炉满负荷显示值的 20%（限安装在引风机前）；
- b) 流速显示为 2m/s 以下；
- c) 氧量显示为 19% 以上；
- d) 烟温显示为 40℃ 以下。

以上可视实际情况对等设定也可按优先原则设定。

附录 D

(规范性附录)

固定污染源 Hg-CEMS 安装调试检测原始记录表

表 D.1 Hg-CEMS 零点和量程漂移检测

测试人员_____Hg-CEMS 生产厂_____

测试地点_____Hg-CEMS 型号、编号_____

测试位置_____Hg-CEMS 原理_____

标准气体浓度或校准器件的已知响应值_____

计量单位_____测试日期 ____ 年 ____ 月 ____ 日

序号	日期	时间	零点读数		零点读数变化	量程读数		量程读数变化	备注
			起始(Z_0)	最终(Z_i)	$\Delta Z = Z_i - Z_0$	起始(S_0)	最终(S_i)	$\Delta S = S_i - S_0$	
零点漂移绝对误差最大值						量程漂移绝对误差最大值			
零点漂移						量程漂移			

表 D.2 Hg-CEMS 示值误差和系统响应时间检测

测试人员 _____ Hg-CEMS 生产厂 _____

测试地点 _____ Hg-CEMS 型号、编号 _____

测试位置 _____ Hg-CEMS 原理 _____

标准气体浓度或校准器件的已知响应值 _____

计量单位 _____ 测试日期 ____ 年 ____ 月 ____ 日

序号	标准气体或校准器件参考值	Hg-CEMS 显示值	Hg-CEMS 显示值的平均值	线性误差 (%)	系统响应时间 (s)				备注
					测定值			平均值	
					T ₁	T ₂	T=T ₁ +T ₂		

表 D.3 Hg-CEMS 转换效率检测

测试人员_____Hg-CEMS 生产厂_____

测试地点_____Hg-CEMS 型号、编号_____

测试位置_____Hg-CEMS 原理_____

标准气体浓度或校准器件的已知响应值_____

计量单位_____测试日期 ____ 年 ____ 月 ____ 日

序号	标准气体或校准器件参考值	Hg-CEMS 显示值	Hg-CEMS 显示值的平均值	转换效率 (%)	备注

表 D.4 Hg-CEMS 动态加标回收率检测

测试人员_____Hg-CEMS 生产厂_____

测试地点_____Hg-CEMS 型号、编号_____

测试位置_____Hg-CEMS 原理_____

估计原排气中 Hg 浓度_____ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 估计未加标样品的流量_____L/min

估计加标气体流量_____L/min 校准量程_____L/min

标准气体浓度或校准器件的已知响应值_____

计量单位_____测试日期____年____月____日

Q_{pro} (L/min)	Q_{spi} (L/min)	DF ^a	目标水平 ^b ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		C_{nat} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			实际值/ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		加标回收率 (%)
			C'_{spi}	C'_{ss}	加标前	加标后	平均值	C_{spi}	C_{ss}	
加标回收率平均值: _____%, RSD: _____%										
^a DF 必须 ≥ 5 ; ^b $1.5 \leq C'_{\text{ss}}/C_{\text{nat}} \leq 2.0$ (C'_{ss} 和 C_{nat} 为估计值)										

表 D.5 参比方法评估 Hg-CEMS 准确度

测试人员 _____ Hg-CEMS 生产厂 _____
 测试地点 _____ Hg-CEMS 型号、编号 _____
 测试位置 _____ Hg-CEMS 原理 _____
 参比方法仪器名称 _____ 型号、编号 _____
 参比方法仪器原理 _____ 参比方法仪器生产厂 _____
 计量单位 _____ 测试日期 _____ 年 _____ 月 _____ 日

样品编号	时间（时、分）	参比方法测量值 A	CEMS 测量值 B		数据对差=B-A	
平均值						
数据对差的平均值的绝对值						
数据对差的标准偏差						
置信系数						
相对准确度						
标准气体	名称	保证值	参比方法测定值		相对误差%	
			采样前	采样后	采样前	采样后

表 D.6 氧气 CMS 零点和量程漂移检测

测试人员 _____ 氧气 CMS 生产厂 _____

测试地点 _____ 氧气 CMS 型号、编号 _____

测试位置 _____ 氧气 CMS 原理 _____

标准气体浓度或校准器件的已知响应值 _____

计量单位 _____ 测试日期 ____ 年 ____ 月 ____ 日

序号	日期	时间	零点读数		零点读数变化	量程读数		量程读数变化	备注
			起始(Z_0)	最终(Z_i)	$\Delta Z = Z_i - Z_0$	起始(S_0)	最终(S_i)	$\Delta S = S_i - S_0$	
零点漂移绝对误差最大值						量程漂移绝对误差最大值			
零点漂移						量程漂移			

表 D.7 氧气 CMS 示值误差和系统响应时间检测

测试人员 _____ 氧气 CMS 生产厂 _____

测试地点 _____ 氧气 CMS 型号、编号 _____

测试位置 _____ 氧气 CMS 原理 _____

标准气体浓度或校准器件的已知响应值 _____

计量单位 _____ 测试日期 ____ 年 ____ 月 ____ 日

序号	标准气体或校准器件参考值	CMS 显示值	CMS 显示值的平均值	线性误差 (%)	系统响应时间 (s)			平均值	备注
					测定值				
					T ₁	T ₂	T=T ₁ +T ₂		

表 D.8 参比方法评估氧气 CMS 相对准确度

测试人员_____氧气 CMS 生产厂_____

测试地点_____氧气 CMS 型号、编号_____

测试位置_____氧气 CMS 原理_____

参比方法仪器名称_____型号、编号_____

参比方法仪器原理_____参比方法仪器生产厂_____

计量单位_____测试日期_____年_____月_____日

样品编号	时间（时、分）	参比方法测量值 A	CMS 测量值 B		数据对差=B-A	
平均值						
数据对差的平均值的绝对值						
数据对差的标准偏差						
置信系数						
相对准确度						
标准气体	名称	保证值	参比方法测定值		相对误差%	
			采样前	采样后	采样前	采样后

表 D.9 速度场系数检测

测试人员_____ Hg-CEMS 生产厂_____

测试地点_____ Hg-CEMS 型号、编号_____

测试位置_____ Hg-CEMS 原理_____

参比方法仪器名称_____ 型号、编号_____

参比方法仪器原理_____ 参比方法仪器生产厂_____

参比方法计量单位_____ CMS 计量单位_____

日期	方法	测定次数									日平均值 $\overline{K_{vl}}$	标准偏差	相对标准偏差 (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
	参比方法												
	CMS												
	场系数												
	参比方法												
	CMS												
	场系数												
	参比方法												
	CMS												
	场系数												
	参比方法												
	CMS												
	场系数												
速度场系数日平均值的均值 $\overline{K_v}$					标准差						相对标准偏差 (%)		
注：不参与日平均值统计的测量数据须标注。													

表 D.10 参比方法校验流速 CMS

测试人员_____Hg-CEMS 生产厂_____

测试地点_____Hg-CEMS 型号、编号_____

测试位置_____Hg-CEMS 原理_____

参比方法仪器名称_____型号、编号_____

参比方法仪器原理_____参比方法仪器生产厂_____

参比方法计量单位_____CMS 计量单位_____

测试日期_____年_____月_____日

序号	CMS 测量值	参比方法测量值	序号	CMS 测量值	参比方法测量值	序号	CMS 测量值	参比方法测量值
1			6			11		
2			7			12		
3			8			13		
4			9			14		
5			10			15		
一元线性方程式:					相关系数:			

表 D.11 流速 CMS/温度 CMS/湿度 CMS 准确度检测

测试人员 _____ Hg-CEMS 生产厂 _____

测试地点 _____ Hg-CEMS 型号、编号 _____

测试位置 _____ Hg-CEMS 原理 _____

参比方法仪器名称 _____ 型号、编号 _____

参比方法仪器原理 _____ 参比方法仪器生产厂 _____

日期	时间 (时、分)	参比方法			CEMS 方法			备注
		序号	流速 (v/s)	温度 (°C)	湿度 (%)	流速 (v/s)	温度 (°C)	
流速平均值 (%)								
烟温平均值 (%)								
湿度平均值 (%)								
流速相对误差 (%)								
烟温绝对误差 (°C)								
湿度绝对误差 (%) (参比方法测量值≤5%时)								
湿度相对误差 (%) (参比方法测量值>5%时)								

表 D.12 气态 Hg 排放连续监测小时平均值日报表

排放源名称: _____

排放源编号: _____ 监测日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

时间	Hg			标干流量 (m ³ /h)	干基 O ₂ (%)	烟温 (°C)	含湿量 (%)	负荷 (%)	备注	
	实测浓度 (mg/m ³)	折算浓度 (mg/m ³)	排放量 (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)	—				—					
烟气日排放总量单位: ×10 ⁴ m ³ /d										

上报单位 (盖章): _____ 负责人: _____ 报告人: _____ 报告日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

表 D.13 气态 Hg 排放连续监测日平均值月报表

排放源名称: _____

排放源编号: _____ 监测月份: _____ 年 _____ 月

日期	Hg			标干流量 ($\times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$)	干基 O ₂ (%)	烟温 ($^{\circ}\text{C}$)	含湿量 (%)	负荷 (%)	备注
	实测浓度 (mg/m^3)	折算浓度 (mg/m^3)	排放量 (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)	—							—	
烟气月排放总量单位: $\times 10^4 \text{m}^3/\text{月}$									

上报单位 (盖章): _____ 负责人: _____ 报告人: _____ 报告日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

表 D.14 气态 Hg 排放连续监测月平均值季报

排放源名称: _____

排放源编号: _____ 监测年份: _____ 年

时间	Hg 排放量 (t/月)	标干流量 ($\times 10^4 \text{m}^3/\text{月}$)	干基 O ₂ (%)	烟温 (°C)	含湿量 (%)	负荷 (%)	备注
月							
月							
月							
平均值							
最大值							
最小值							
样本数							
季排放总量 (t)							
烟气季排放总量单位: $\times 10^4 \text{m}^3/\text{季度}$							

上报单位 (盖章): _____ 单位负责人: _____ 报告人: _____ 报告日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

表 D.15 气态 Hg 排放连续监测月平均值年报表

排放源编号: _____

排放源名称: _____ 监测年份: _____ 年

时间	Hg 排放量 (t/月)	标干流量 ($\times 10^4 \text{m}^3/\text{月}$)	干基O ₂ (%)	烟温 (°C)	含湿量 (%)	负荷 (%)	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)							
烟气季排放总量单位: $\times 10^4 \text{m}^3/\text{年}$							

上报单位 (盖章): _____ 单位负责人: _____ 报告人: _____ 报告日期: _____ 年 月 日

附录 E

(资料性附录)

固定污染源 Hg-CEMS 调试检测报告

表 E.1 调试检测报告

企业名称:

安装位置:

检测单位:

检测日期:

Hg-CEMS 供应商:				
Hg-CEMS 主要仪器型号				
仪器名称		设备型号	制造商	测量方法
项目名称			检测结果	是否符合
Hg	零点漂移	不超过±5%		
	量程漂移	不超过±5%		
	示值误差	示值误差不超过±5% (相对于仪表满量程值)		
	系统响应时间	≤300s		
	重复性	≤±5%		
	转化效率	≥95%		
	动态加标回收率	90%~110%		
	准确度	当参比方法测量的气态汞浓度平均值: a. >5 μg/m ³ 时, 相对准确度≤20%; b. ≤5μg/m ³ 时, 绝对误差不超过±1 μg/m ³		
含氧量	零点漂移	不超过±2.5%F.S.		
	量程漂移	不超过±2.5%F.S.		
	示值误差	不超过±5% (相对于标准气体标称值)		
	系统响应时间	≤200 s		
	准确度	≤5.0%时, 绝对误差不超过±1.0%; >5.0%时, 相对准确度≤15%		
流速	速度场系数精密度	≤5%		
	或相关系数	≥9 个数据时, 相关系数≥0.90。		
	准确度	流速>10m/s, 相对误差不超过±10%; 流速≤10m/s, 相对误差不超过±12%		
烟温	绝对误差	不超过±3℃		
湿度	准确度	≤5.0%时, 绝对误差为±1.5%; >5.0%时, 相对误差为±25%。		
结论				
标准气体名称		浓度标称值	生产厂商名称	
参比方法测试项目		仪器产生厂商	型号	方法依据

附录 F

(规范性附录)

固定污染源 Hg-CEMS 技术指标验收报告

表 F.1 Hg-CEMS 技术指标验收报告

企业名称:

安装位置:

检测单位:

检测日期:

Hg-CEMS 供应商:				
Hg-CEMS 主要仪器型号				
仪器名称	设备型号	制造商	测量参数	出厂编号
零点漂移、量程漂移、示值误差、系统响应时间、动态加标回收率验收结果				
项目名称		技术要求	检测结果	是否合格
Hg	零点漂移			
	量程漂移			
	示值误差			
	系统响应时间			
	动态加标回收率			
含氧量	零点漂移			
	量程漂移			
	示值误差			
	系统响应时间			
流速	零点漂移			
准确度验收结果				
项目	参比法数据	CEMS 数据	限值	监测结果
Hg				
流速				
烟温				
烟气湿度				
氧量				
结论				
所用标准气体名称			浓度值	生产厂商名称
参比方法测试项目		浓度值	型号	方法依据
备注				

附录 G
(规范性附录)

固定污染源 Hg-CEMS 日常巡检、校准和维护原始记录表

表 G1 完全抽取法 Hg-CEMS 日常巡检记录表

企业名称: _____ 巡检日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

Hg-CEMS 生厂商:	Hg-CEMS 规格型号:
安装地点:	维护单位:

运行维护内容及处理说明

项目	内容	状态及处理和维修情况	备注
维护 预备	查询日志 (1)		
	检查耗材 (1)		
辅助设备 检查	站房卫生 (1)		
	站房门窗的密封性检查 (1)		
	供电系统 (稳压、UPS 等) (1)		
	室内温湿度 (1)		
	空调 (1)		
	空气压缩机压力 (1)		
	压缩机排水 (1)		
气态 Hg 监 测设备 检查	采样管路气密性检查 (3)		
	清洗采样探头、过滤装置、采样泵 (3)		
	探头、管路加热温度检查 (1)		
	采样系统流量 (1)		
	反吹过滤装置、阀门检查 (1)		
	手动反吹检查 (1)		
	采样泵流量 (1)		
	致冷器温度 (1)		
	排水系统、管路冷凝水检查 (1)		
	空气过滤器 (1)		
	标气有效期、钢瓶压力检查 (1)		
	转换器检查 (1)		
	金汞齐富集装置器检查 (1)		
	气态 Hg 分析仪状态检查 (1)		
	气态 Hg 分析仪校准 (2)		
测量数据检查 (1)			
全系统校准 (4)			
系统校验 (5)			

表 G1 完全抽取法 Hg-CEMS 日常巡检记录表 (续)

项目	内容	状态及处理和维护情况	备注
流速监测系统检查	探头检查 (4)		
	反吹装置 (3)		
	测量传感器 (3)		
	流速、流量、烟道压力测量数据 (1)		
其他烟气监测参数	氧含量测量数据 (1)		
	温度测量数据 (1)		
	湿度测量数据 (1)		
数据传输装置	通信线的连接 (1)		
	传输设备电源 (1)		
巡检人员签字			
异常情况处理记录			
<p>备注：正常请打“√”；不正常请打“×”。并及时处理并做相应记录；未检查则不用标识。</p> <p>注：“1”为每 7 天至少进行一次的维护，“2”为每 15 天至少进行一次的维护，“3”为每 30 天至少进行一次的维护，“4”为每 90 天至少进行一次的维护，“5”为每 90 天（无自动校准功能）或每 180 天（有自动校准功能）至少进行一次的维护。</p>			

表 G2 稀释采样法 Hg-CEMS 日常巡检记录表

企业名称： 巡检日期： 年 月 日

Hg-CEMS 生厂商：	Hg-CEMS 规格型号：
安装地点：	维护单位：

运行维护内容及处理说明

项目	内容	状态及处理和维修情况	备注
维护 预备	查询日志 (1)		
	检查耗材 (1)		
辅助设备检 查	站房卫生 (1)		
	站房门窗的密封性检查 (1)		
	供电系统 (稳压、UPS 等) (1)		
	室内温湿度 (1)		
	空调 (1)		
	空气压缩机压力 (1)		
	压缩机排水 (1)		
气态 Hg 监测 设备检查	采样管路气密性检查 (3)		
	清洗采样探头、过滤装置 (3)		
	加热装置温度检查 (1)		
	稀释气压力、真空度压力 (1)		
	吸附剂、干燥剂 (1)		
	稀释探头控制器 (1)		
	反吹过滤装置、阀门检查 (1)		
	手动反吹检查 (1)		
	标气有效期、钢瓶压力检查 (1)		
	转换器检查 (1)		
	金汞齐富集器检查 (1)		
	气态 Hg 分析仪、采样泵流量检查 (1)		
	气态 Hg 分析仪耗材 (1)		
	气态 Hg 分析仪状态检查 (1)		
	气态 Hg 分析仪校准 (2)		
	测量数据检查 (1)		
	全系统校准 (4)		
系统校验 (5)			
流速监测系 统检查	探头检查 (4)		
	反吹装置 (3)		
	测量传感器 (3)		
	流速、流量、烟道压力测量数据 (1)		
其他烟气监 测参数	氧含量测量数据 (1)		
	温度测量数据 (1)		
	湿度测量数据 (1)		
数据传输装 置	通信线的连接 (1)		
	传输设备电源 (1)		

表 G2 稀释采样法 Hg-CEMS 日常巡检记录表 (续)

巡检人员签字	
异常情况处理记录	
<p>备注：正常请打“√”；不正常请打“×”。并及时处理并做相应记录；未检查则不用标识。</p> <p>注：“1”为每 7 天至少进行一次的维护，“2”为每 15 天至少进行一次的维护，“3”为每 30 天至少进行一次的维护，“4”为每 90 天至少进行一次的维护，“5”为每 90 天（无自动校准功能）或每 180 天（有自动校准功能）至少进行一次的维护。</p>	

CACE

表 G.3 Hg-CEMS 零点漂移、量程漂移校准记录表

企业名称:

安装地点:

Hg-CEMS 设备 生产商		Hg-CEMS 设备 规格型号		校准日期	
校准开始时间		安装地点		维护管理单位	

Hg 分析仪校准

分析仪原理			分析仪量程		计量单位	
零点漂移校准	零气浓度值	上次校准后测试值	校前测试值	零点漂移%F.S.	仪器校准是否正常	校准后测试值
量程漂移校准	标气浓度值	上次校准后测试值	校前测试值	量程漂移%F.S.	仪器校准是否正常	校准后测试值

O₂ 分析仪校准

分析仪原理			分析仪量程		计量单位	
零点漂移校准	零气浓度值	上次校准后测试值	校前测试值	零点漂移%F.S.	仪器校准是否正常	校准后测试值
量程漂移校准	标气浓度值	上次校准后测试值	校前测试值	量程漂移%F.S.	仪器校准是否正常	校准后测试值

流速仪校准

分析仪原理			分析仪量程		计量单位	
零点漂移校准	零气浓度值	上次校准后测试值	校前测试值	零点漂移%F.S.	仪器校准是否正常	校准后测试值
量程漂移校准	标气浓度值	上次校准后测试值	校前测试值	量程漂移%F.S.	仪器校准是否正常	校准后测试值

校准人:

校准结束时间:

表 G.4 Hg-CEMS 校验测试记录表

企业名称:

Hg-CEMS 供应商:					
Hg-CEMS 主要仪器型号					
仪器名称	设备型号	制造商	测试项目	测量原理	
Hg-CEMS 安装地点			维护管理单位		
本次校验日期			上次校验日期		
Hg 校验					
监测时间	参比方法测量值 (mg/m ³)	Hg-CEMS 测量值 (mg/m ³)	<input type="checkbox"/> 相对准确度 <input type="checkbox"/> 相对误差 <input type="checkbox"/> 绝对误差	评价标准	评价结果
平均值					
O ₂ 校验					
监测时间	参比方法测定值 (%)	CMS 测定值 (%)	<input type="checkbox"/> 相对准确度 <input type="checkbox"/> 绝对误差	评价标准	评价结果
平均值					
流速校验					
监测时间	参比方法测定值 (m/s)	CMS 测定值 (m/s)	<input type="checkbox"/> 相对误差 <input type="checkbox"/> 绝对误差	评价标准	评价结果

表 G.4 Hg-CEMS 校验测试记录表（续）

测试项目	测试设备生产商	设备型号	方法依据
			时间： 年 月 日

表 G.5 Hg-CEMS 维修记录表

企业名称：

维修日期： 年 月 日

站点名称		停机时间	
Hg 分析仪	检修情况描述		
	更换部件		
参数测试仪	检修情况描述		
	更换部件		
加热采样装置（含自控温气体伴热管）	检修情况描述		
	更换部件		
气体制冷装置	检修情况描述		
	更换部件		
数据采集与处理控制部分	检修情况描述		
	更换部件		
空压机及反吹风机部分	检修情况描述		
	更换部件		
采样泵、蠕动泵、控制阀部分	检修情况描述		
	更换部件		
维修后系统后系统运行情况			
站房清理			
停机检修情况总结：			
备注：			
检修人：		离开时间：	

表 G.6 易耗品更换记录表

企业名称：

安装地点	维护管理单位					
序号	更换日期	易耗品名称	规格型号	单位	数量	更换原因说明（备注）
维护保养人：		时间：		审核人：		时间：
注：更换易耗品时应及时记录，每半年汇总存档。						

附录 H

(规范性附录)

固定污染源 Hg-CEMS 数据采集处理和传输系统

Hg-CEMS应具有数据采集、处理、存储、表格和图文显示、故障警告、安全管理和支持打印功能；应设置通信接口，用于数据输出和通讯功能。

H.1 实时数据采集、记录和存储要求

由系统的控制功能协调整个系统的时序，能够将采集和记录的实时数据自动处理为1 min数据和小时数据；

H.1.1 至少每5 s采集一组系统测量的实时数据，主要包括：气体Hg体积/实测质量浓度、烟气含氧量、烟气流速、烟气温度、烟气静压、烟气湿度等。

H.1.2 至少每1 min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：气态Hg体积/质量浓度、烟气含氧量、烟气流速和流量、烟气温度、烟气静压、烟气湿度和大气压值。若测量结果有湿/干基不同转换数值，则应同时该测量值湿基和干基的测量数据。

H.1.3 小时数据应包含本小时内至少45 min的分钟数据，数据为该时段的平均值；主要包括：气态Hg质量浓度（折算浓度）、Hg排放量、烟气含氧量、烟气流量、烟气温度、烟气静压、烟气湿度和生产负荷等。小时数据记录表即为日报表。

H.1.4 日数据应包含本日至少20 h的小时数据，数据为该时段的平均值；主要包括：气态Hg质量浓度和排放量、烟气含氧量、烟气流量、烟气温度、烟气静压、烟气湿度和生产负荷等。日数据记录表即为月报表。

H.1.5 月数据应包含本月至少27 d（其中二月至少25 d）的日数据，数据均为该时段的平均值；主要包括：气态Hg排放量、烟气含氧量、烟气流量、烟气温度、烟气静压、烟气湿度和生产负荷等。月数据记录表即为年报表。

H.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。

H.1.7 Hg-CEMS日报表、月报表和年报表中的气态Hg浓度、烟气流量和烟气含氧量均为干基标准状态值。

H.1.8 系统可以接收机组接入污染源停运的开关信号，当接收到污染源处于停运状态信号时，污染物浓度与流速应设置为零；

H.1.9 当Hg浓度检测值高于系统测量上限时，实时和1min数据组的质量浓度值记录为仪器测量上限；

H.1.10 系统采集和处理数据时，污染物浓度、烟气含氧量均未标准状态干基值。

H.2 数据格式要求

Hg-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H.1和表H.2的要求。

表 H.1 Hg-CEMS 数据格式一览表

序号	项目名称	量纲	小数位
1	Hg体积浓度	Umol/mol、ppm	1
2	Hg质量浓度	mg/m ³	1
3	烟气含氧量	%V/V	2

表 H.1 Hg-CEMS 数据格式一览表（续）

序号	项目名称	量纲	小数位
4	烟气流速	m/s	2
5	烟气温度	°C	2
6	烟气静压（表压）	Pa（或kPa）	0（或2）
7	大气压	kPa	1
8	烟气湿度	%V/V	2
9	烟道截面积	m ²	2
10	Hg排放速率	kg/h	3
11	Hg排放量	kg	3
12	小时烟气流量	m ³ /h	0
13	日排放量	×10 ⁴ m ³ /d	3
14	污染源负荷	%	1

表 H.2 Hg-CEMS 数据时间格式一览表

数据时间类型	时间标签	定义	描述与示例
实时数据(5s)	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	20190609130815为2019年6月9日13时8分15s的测量瞬时值
分钟数据	YYYYMMDDHHMM	时间标签为测量截止时间，数据为此时刻前一分钟的测量平均值	201906091308为2019年6月9日13时7分01秒至13时8分00秒之间的测量平均值

表 H.2 Hg-CEMS 数据时间格式一览表

数据时间类型	时间标签	定义	描述与示例
小时数据	YYYYMMDDHH	时间标签为测量截止时间，数据为此时刻前一小时的测量平均值	2019060913为2019年6月9日12时01分至13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1时至24时（第二天0时）的测量平均值	20190609为2019年6月9日1时至10日0时的测量平均值
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1日的测量平均值	201906为2019年6月1日至30日的测量平均值

H.3 数据状态标记

系统应在分钟数据报表和小时数据报表的数据组后面给出系统和（或）污染源运行状态标记。

分钟数据标记方法为：“N”表示系统各检测参数正常，“F”表示排放源停运，“St”表示排放源启炉过程，“Sd”表示排放源停炉过程，“B”表示排放源闷炉，“C”表示校准，“M”表示维护保养，“Md”表示系统无数据，“T”表示超测定上限，“D”表示系统故障。

小时数据标记方法如下：

- N——本小时内系统各检测参数正常，检测时间大于45min；
- F——本小时内污染源处于停运状态，其时间大于等于45min；
- St——本小时内污染源处于启炉状态，其时间大于等于45min；
- Sd——本小时内污染源处于停炉状态，其时间大于等于45min；
- B——本小时内污染源处于闷炉状态，其时间大于等于45min；
- T——本小时内污染物排放浓度平均值超过系统测量上限；
- C——本小时内系统处于校准状态，其时间大于 15min；
- M——本小时内系统处于维护、修理状态，其时间大于15min；
- D——本小时内系统处于故障、断电状态，其时间大于15min。
- Md——本小时内系统无数据。

对于N、F、St、Sd、B和T状态，均表明系统在本小时内处于正常工作状态；

对于C、M、D、Md状态，则表明系统在本小时内处于非正常工作状态；

数据标记优先级别顺序从高到低依次为F→D→M→C→T→St、Sd、B→N。数据审核标记（针对小时均值）实测数据计算、手工数据替代、按本文件修约数据。

H.4 数据存储

系统应能存储定时段数据和实时数据，其中1min数据存储12个月以上；1h数据存储36个月以上；实时数据存储时间可根据需要设定。系统存储的定时段数据应能够自动在非系统磁盘中备份。

H.5 数据现实、查询和文档管理

系统的显示和操作界面均应为简体中文。

系统能够定时显示污染物排放数据、相关烟气参数和报警信息；可查询和导出设定期间的定时段数据；能够自动生成1h数据构成的月数据曲线图。

软件应具备运行参数设置功能，能够查询和修改设置相关参数。

系统运行参数包括：日期、时间、地点、污染源排放口的尺寸和截面积、气态Hg测量量程、超标报警值、皮托管系数以及过量空气系数（基准含氧量）等。

系统维护参数包括：系统反吹、维护的时间间隔设置、耗材和部件的维护周期等。

系统测量参数包括：烟气流速速度场系数、气态汞相关校准曲线的斜率和截距等。

系统能够生成并保存《烟气Hg排放连续监测小时平均值日报表》《烟气Hg排放连续监测日平均值月报表》《烟气Hg排放连续监测月平均值季报表》《烟气Hg排放连续监测月平均值年报表》，其格式见附录D.12~D.15；能够生成并保存运行操作记录报告，其格式不作统一规定。

系统具有支持打印以上数据、图表和报表的功能。

H.6 数据输出和通讯

数据输出和通讯要求参见HJ/T 212。

H.7 安全管理

系统应具有安全管理功能，操作人员需登录工号和密码后，才能进入控制界面。

系统安全管理功能应为二级系统操作管理权限：

- 1) 系统管理员：可以进行所有的系统设置工作，如：设定操作人员密码、操作级别，设定系统的设备配置等。系统对所有的控制操作均自动记录并入库保存；

2) 一般操作人员：只进行日常查询、例行维护和操作，不能更改系统的设置。

系统受外界强干扰或偶然意外或掉电后又上电等情况发生，造成程序中断，应能实现自动启动，自动恢复运行状态并记录出现故障时的时间和恢复运行时的时间。

CACE