

固定污染源 Hg 排放连续监测技术规范

(征求意见稿)

编制说明

中国矿业大学(北京)

二零二零年十月

目 录

1 工作简况	1
2 主要工作过程	2
3 国内外固定污染源 Hg 排放相关分析方法标准	2
4 本标准与现行标准之间的关系	10
5 标准制定的基本原则和主要内容	10
6 需要调查研究的主要问题，必要的测试验证项目	15
7 方法研究报告	16
8 其他说明事项	24

1 工作简况

1.1 任务来源

为规范和指导汞自动监控设施建设运行，提高监测数据质量，更好的发挥自动监控在环境执法和污染防控中的作用，中国循环经济协会委托中国矿业大学（北京）牵头承担《固定污染源 Hg 排放连续监测技术规范》的起草编制工作，此项工作也得到了国家重点研发计划课题《重点行业固定污染源关键污染物排放在线监测技术规范研究》（2016YFC0201106）的支持。

1.2 协作单位

2020年3月，中国矿业大学（北京）接受了标准编制任务，随后成立了由东南大学、清华大学等单位的研究人员组成的编制组，参与完成本标准有关技术参数、产品性能及现场测试的工作，编制组成员工作分工。

本标准编制工作编制组成员名单如表1所示。

表1 编制组成员名单

姓名	工作单位	职务
王建兵	中国矿业大学（北京）	组长
周昊	中国矿业大学（北京）	成员
段钰峰	东南大学	成员
彭志敏	清华大学	成员
丁艳军	清华大学	成员
黄亚继	东南大学	成员
程力	东南大学	成员
周佩丽	清华大学	成员
汤红健	东南大学	成员

中国矿业大学（北京）对美国、欧盟、日本等多个国家的烟气汞监测技术标准进行了深入的分析，并对国内固定污染源 Hg 排放监测系统的应用情况进行了调研，在此基础上，编制了《固定污染源 Hg 排放连续监测技术规范》（草案）框架及标准的主要内容。

东南大学与清华大学负责国内外固定污染源 Hg 排放连续监测方法的调研，对主流监测仪器的技术性能指标进行实验室比对分析研究。

2 主要工作过程

本标准编制组成员在国家重点研发计划课题《重点行业固定污染源关键污染物排放在线监测技术规范研究》(2016YFC0201106)的研究基础上,进一步分析了中国、美国、欧盟、日本等多个国家和地区的相关资料,编制了标准文本草稿,经多次专家研讨、内部征求意见和修改完善,形成了征求意见稿和编制说明,并于2020年5月14-16日通过网络函审形式开展了标准编制评审会议,评审专家提出修改意见,编制组根据修改意见进行了修改。

工作进度安排如下:

2020.3-2020.4 完成标准的立项及标准起草

2020.5-2020.6 完成《固定污染源 Hg 排放连续监测技术规范》立项

2020.7-2020.8 完成标准的征求意见

2020.9-2020.10 完成标准的审稿复查

2020.11-2020.12 完成标准的报批发布

3 国内外固定污染源 Hg 排放相关分析方法标准

3.1 国内固定污染源 Hg 排放监测相关标准

国内关于烟气中气态总汞的测定标准方法主要有《固定污染源废气汞的测定冷原子吸收分光光度法(暂行)》(HJ 543-2009)、《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》(HJ917-2017)、《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》(GB/T 16157-1996)。

1996年环保总局发布的《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》(GB/T 16157-1996),适用于污染源的颗粒物采样及分析颗粒物中汞的含量,气态汞的采样可参照该方法气态污染物的采集方法。

《固定污染源废气汞的测定冷原子吸收分光光度法(暂行)》(HJ 543-2009)中气态汞通过在烟气采样装置上串联2个装有10 mL吸收液的大型气泡吸收管吸收,吸收液为0.1mol/L高锰酸钾溶液与10%硫酸溶液的等体积混合液体,废气中的汞被酸性高锰酸钾溶液吸收并被氧化成汞离子,汞离子被氯化亚锡还原为

原子态汞，用载气将汞蒸气从溶液中吹出带入测汞仪，用冷原子吸收分光光度法测定。该方法试剂空白高，如果烟气中含有高浓度的 SO₂ 气体，会影响气态汞的吸收效率。

《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》(HJ917-2017) 采用活性炭吸收管法测定固定污染源废气中气态汞的浓度，适用于加装高效脱硫、脱硝、除尘的燃煤电厂废气中气态汞的测定。该标准通过专业采样装置，从固定污染源以低流量、恒速抽取定量体积废气，使废气中气态汞有效富集在吸附管中经过碘或其它卤素及其化合物处理的活性炭材料上。采用直接热裂解原子吸收法分析出气态汞浓度。

3.2 国外固定污染源 Hg 排放相关分析方法标准

国外成熟的污染源气态汞的监测方法标准见表 2 欧盟标准《空气质量-固定污染源-总汞浓度手工测定法》(EN 13211:2001) 介绍了手工湿法采样分析焚烧废气中总汞质量浓度。日本标准《污染源废气汞的测定》(JIS K0222-1997) 介绍了 2 种不同的手工测定方法，包括湿法吸收-还原气化原子吸收分析法、金汞齐富集-加热气化原子吸收分析法。美国 EPA Method 29 采用等速取样，使烟气通过加热的石英纤维滤膜和一组冰浴中的吸收瓶，吸收瓶系列包括两个 10%H₂O₂·5%HNO₃ 和两个 4%KMnO₄·10%H₂SO₄ 吸收瓶，烟气中颗粒汞被吸附于滤膜上，气态汞通过滤膜进入吸收溶液中，其中 4%KMnO₄·10%H₂SO₄ 溶液吸收 Hg⁰，10%H₂O₂·5%HNO₃ 溶液吸收 Hg²⁺。吸收液中的汞含量用冷原子吸收光谱分析测定；EPA Method 101A 的取样链与 EPA Method 29 相似，不同的是 EPA Method 101A 不使用 10%H₂O₂·5%HNO₃ 溶液，仅使用 4%KMnO₄·10%H₂SO₄ 吸收溶液（捕捉 Hg⁰ 和 Hg²⁺）；EPA Method 30B 规定了活性炭吸附管法测定燃煤污染源中气态总汞；ASTM D6784-02 安大略法测定固定源中不同形汞及总汞，提出了湿法采样、样品回收、分析测定范围等程序。

表 2 国外相关分析方法标准

国家和组织	标准名称	标准编号
美国	氯碱工业气态和颗粒态汞排放的测定	EPA METHOD 101
	焚烧炉排期中气态和颗粒态汞的测定	EPA METHOD 101A
	氯碱工业气态和颗粒态汞排放的测定（氢气	EPA METHOD102

	流)	
	固态污染源气态总汞的测定 (在线分析程序)	EPA METHOD 30A
	燃煤污染源中气态总汞的测定活性炭吸附管法	EPA METHOD 30B
	固定污染源中重金属的测定	EPA METHOD 29
	燃煤污染源废气中元素态、氧化态、颗粒态和总汞的测定标准方法 (安大略法)	ASTM D6784-02 Ontario Hydro Method
日本	污染源废气汞的测定	JIS K0222-1997
欧盟	空气质量-固定污染源-总汞浓度手工测定法	EN 13211:2001
	空气质量-固定污染源总汞的测定: 自动检测系统	EN 14884:2005

3.3 固定污染源 Hg 排放连续监测技术及相关仪器调研

3.3.1 固定污染源汞排放连续监测系统

固定污染源汞排放连续监测系统 (Hg-CEMS) 包括采样系统 (采样探头、加热系统、过滤器、传输系统等)、转换装置、传输系统、汞分析仪、校准单元、数据采集及传输单元。

(1) 采样系统: 采样探头材质可采用不锈钢或涂覆石英的镍基合金, 内部加热可达 250°C, 探头内过滤器有效地去除烟气中的颗粒物避免对分析仪测量造成影响, 可配置稀释探头或配置惯性分离探头。采样探头备有动态加标口, 进行动态加标测试。

(2) 转换装置: 由于冷原子吸收光谱仪和冷原子荧光光谱仪只能测定元素汞, 因此测定样品中总汞时, 必须利用加热转换炉将氧化态汞转化为元素汞。转换方法有高温裂解转换和化学转换两种。

(3) 传输系统: 用采样管线连接取样探头、转换器、样品处理设备和分析仪, 伴热采样管内包含有反吹气管 (用于清洁探头)、标准气管。采样气体经过采样探头时, 经过催化剂进行催化转化或者高温转化。然后通过伴热管线将采样气体直接输送到分析仪的前处理部分, 其中由于 Hg^{2+} (如 HgCl_2) 易溶于水, Hg^{2+} 、 Hg^0 均易被吸附, 伴热管线采用特氟龙材料, 可以有效地防止汞吸附及管道腐蚀的发生。伴热管线通过加热恒温 180°C, 采样气体进入预处理单元后首先经过气水分离器, 将采样气体的温度降至室温, 冷却后的采样气体经过二次过滤器过滤后进入到分析仪单元。

(4) 汞分析仪: 汞分析方法主要包括冷蒸汽原子吸收光谱法 (CVAAS)、冷蒸汽原子荧光法 (CVAFS)、金汞齐预富集和 CVAAS 结合、塞曼调制 CVAAS、

金汞齐与 CVAFS 结合、差分吸收光谱法 (UV-DOAS) 等。

(5) 校准单元：校准方式有两种，一种是购买汞标准钢瓶气，价格昂贵，而且在线监测设备使用频率高，成本太高；另一种是利用在线监测系统自带内置汞蒸气发生校准装置。

(6) 数据采集及传输单元：数据采集系统是连续排放监测系统的核心，实现数据采集、存储、传输，形成报表等功能，为环保部门提供监管依据。

3.3.2 固定污染源 Hg 排放监测及仪器

目前国内采用的烟气汞连续自动在线监测系统主要有德国 MI 公司 SM-4 型、德国 DURAG 公司 HM-1400 TRX 型、Gaset 公司 CMMS 型、HORIBA 公司 ENDA-Hg5200 型、聚光公司 CEMS-2000BHg 型、Lumex 公司 IRM-915 型、SICK 公司 MERCEM300Z 型、Tekran 公司 3300 型、天虹公司 TH-7000 型和 Thermo Fisher Scientific 公司 Mercury Freedom™ 型等。

(1) SM-4 型烟气汞连续自动在线监测系统

SM-4 型 Hg-CEMS 系统采用稀释抽取采样技术，用洁净的零气将烟气稀释，并送入监测仪中进行分析，汞分析仪采用金汞齐富集与冷原子吸收光谱法相结合的方法，整个系统可分别监测烟气中总汞和元素汞的浓度，两者差值即为氧化态汞浓度。主要系统技术性能指标如表 3 所示。

表 3 M-4 型烟气汞连续自动在线监测系统主要性能指标

类别	参数	指标
检测	检测原理	冷原子吸收光谱法+金汞齐富集
	检测成分	元素汞、氧化态汞、总汞
技术参数	量程	0.004~1200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	检测限	0.0001 (检测器) ; <0.01 (系统) $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	响应时间	180~360s
	采样管长度最长可达	305m
	耗电量为	220VAC/50Hz
	分析柜	450W
	探头/转化单元	1000VA
	采样管	30W/m
	耗气量	5bar, 约 16L/min
	标气校准/量程校准	自动进行
	发生器	钢瓶器或元素汞和氯化汞蒸汽发生器
工作条件	样气最高温度	315 $^{\circ}\text{C}$
	运行环境温度	-28~40 $^{\circ}\text{C}$

(2) HM-1400 TRX 型烟气汞连续自动在线监测系统

HM-1400 TRX 型 Hg-CEMS 由 HM-1400TXR 总汞分析仪通过热转化与干法化学处理剂相结合作用，采样气体被转化为汞蒸气，然后在光学测量器中进行连续测量，测量烟气汞采用冷蒸汽原子吸收光谱 CVAAS 原理。主要系统技术性能指标如表 4 所示。

表 4 HM-1400 TRX 型 Hg-CEMS 主要性能指标

类别	参数	指标
测量	测量	烟气总汞、元素态汞、氧化态汞
	测量范围	0~45, 0~500 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
	测量原理	紫外吸收 UV-absorption
技术参数	精度	小于测量范围的 1%
	最低检测限	<1 g/Nm^3 .
	参考点漂移	<测量范围 2%/月
	零点漂移	自动零点校正
工作条件	保护等级	IP40 (IP55)
	环境温度	5~30 $^{\circ}\text{C}$ (更高温度可选)
	电力要求	230VAC, 50Hz, 1200VA, 采样探头 650VA, 采样线 100VA/m。

(3) CMMS 型烟气汞连续自动在线监测系统

Gasmet CMMS 型 Hg-CEMS 采用冷蒸气原子荧光光谱法 (CVAFS)，主要技术性能指标如表 5 所示。

表 5 CMMS 型烟气汞连续自动在线监测系统主要性能指标

类别	技术参数	技术指标
基础指标	检测原理	冷蒸气原子荧光光谱法 (CVAFS)
	测量范围	0~10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; 0~100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	检测限	0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (N_2); 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Air)
仪表参数	零点漂移	<2%测量范围/24h
	线性误差	<2%测量范围
	灵敏度漂移	<2%测量范围/24h
	Hg ²⁺ -Hg 转换误差	<5%测量范围
	响应时间 T90	<120s

(4) ENDA-Hg5200 型烟气汞连续自动在线监测系统

ENDA-Hg5200 型 Hg-CEMS 采用直接抽取式交替流动调制型冷原子吸光原理。首先在分析仪的采样探头处通过催化剂将二价汞转化为零价汞，利用汞原子对波长为 253.7nm 的紫外光进行吸光，根据朗伯-比尔定律计算出汞的浓度。主要技术性能指标如表 6 所示。

表 6 ENDA-Hg5200 型烟气汞连续自动在线监测系统主要性能指标

参数	指标
测量量程	0~10/20/50pg/m, 或者 0~500/1000 pg/m
重复性	±1.0%F.S
线性	±2.0%F.S
零点漂移	±1.0%F.S./周
响应时间 (T ₉₀)	90s (从分析仪入口开始)
二价汞还原催化剂效率	90%以上 (以 HgCl ₂ 测试)

(5) CEMS-2000BHg 型烟气汞连续自动在线监测系统

CEMS-2000 B Hg 型 Hg-CEMS 能够连续实时监测燃煤锅炉和废弃物焚化炉等烟气排放中的 Hg⁰、Hg²⁺和 Hg^T。采用样气经稀释采样，高温管线传输，在汞价态转换器中将氧化态汞转化为元素汞，通过检测样气中的汞在汞灯光源 254nm 谱线激发下产生的共振荧光来测定样气中汞的浓度。主要系统技术性能指标如表 7 所示。

表 7 CEMS-2000BHg 型烟气汞连续自动在线监测系统主要性能指标

类别	参数	指标
基础指标	测量原理	稀释探头采样，高温裂解转换器，CVAFS 测量
	探测对象	元素汞 (Hg ⁰)，氧化态汞 (Hg ²⁺)，气态总汞 (Hg ^T)
技术参数	测量范围	0.1~500 ug/m ³ Hg (最大到 1000 ug/m ³)
	检测限	0.1 pg/m ³
	响应时间	180~360s (与伴热管线长度有关)
	系统标定	系统自带汞标定单元，手动或自动标定可选
	伴热管线	温度 180℃，PFA，最长 100m
	与样气接触材料	Teflon、PFA、玻璃或者惰性不锈钢
其它	工作温度	-20~50℃
	信号输出	4~20mA (500Ohms)，RS-232，RS-485
	防护等级	IP56
	供电要求	220 V AC/50~60 Hz

(6) IRM-915 型烟道气汞连续自动在线监测系统

IRM-915 型烟道气汞连续自动在线监测系统工作原理主要涉及冷原子吸收光谱法 (AAS)、塞曼背景校正、稀释采样、干法转换技术，分析基于高温催化转换和塞曼背景校正原子吸收光谱法。主要系统技术指标如表 8 所示。

表 8 IRM-915 型烟道气汞连续自动在线监测系统主要性能指标

类别	参数	指标
技术参数	零点漂移	±2.5%
	精密度	±2.5%
	准确度	±5%
	检测范围	0.05~1000μg/m ³
其它	仪器质量	总质量 140LBS (67kg)

转换方式	干法 700~750℃直接转化
安装需求	220V, 1000W, 压缩空气 15~20L/min, 80psig

(7) MERCEM300Z 型烟气汞连续自动在线监测系统

MERCCEM300Z 型烟气汞连续自动在线监测系统的样气全程保持高温 (>180℃), 由高温射流泵输送到测量气室 (1000℃) 夹壁层内, 转换为元素汞并同时测量气室内完成测量。主要系统技术性能指标如表 9 所示。

表 9 MERCCEM300Z 型烟气汞连续自动在线监测系统主要性能指标

参数	指标
测量组分	Hg 及 Hg 化合物
测量范围	0~10ug/m ³ , 0~45ug/m ³ , 0~100pg/m ³
测量原理	高温还原, 冷原子吸收法
测量温度	Max, 200℃
测量压力	850~1100hPa
环境温度	-20℃~+50℃
符合性	CE, TUV, USEPA 用于 0~10pg/m ³
防护等级	IP55
校准	漂移自动检查及校准, 可内置永校准气至进行漂移检测

(8) 3300 型烟气汞连续自动在线监测系统

3300 型 Hg-CEMS 系统是采用稀释采样方式, 汞分析仪采用原子荧光与纯金汞齐富集相结合的方法测定烟气中的汞含量。主要技术指标如表 10 所示。

表 10 3300 型烟气汞连续自动在线监测系统主要性能指标

类别	参数	指标
系统仪表的性能	量程 (高/低)	250~0.02pg/m ³
	零点噪声	无
	检出下限	0.01pg/m ³
	零点漂移	无
	跨度漂移	±2%
	响应时间	T95<300s
	线性度	±2%
	采样流量	1.0LPM
	环境温度限制 (最低/最高)	5~40℃
元素汞校准器	汞输出浓度	0.5~500pg/m ³
	样品流量	2~30LPM
	主流量精度	2%F.S
	主流量线性	2%F.S
	主流量重复性	1%F.S
	汞源温度控制	4~30℃
	线性度	<2%
环境温度限制 (最低/最高)	5~40℃	
离子汞校准器	汞输出浓度	0.5~250pg/m ³
	样品流量	2~30LPM

	主流量精度	2%F.S
	主流量线性	3%F.S
	主流量重复性	2%F.S
	线性度	<4%
	环境温度限制（最低/最高）	5~40℃

(9) TH-7000 型烟气汞连续自动在线监测系统

TH-7000 型烟气汞连续自动在线监测系统采用惯性稀释采样探头采样、高温管线传输、原子荧光分析仪分析，最终得到 Hg^{T} 、 Hg^0 和 Hg^{2+} 的浓度值。主要系统主要技术指标如表 11 所示。

表 11 TH-7000 型烟气汞连续自动在线监测系统主要性能指标

类别	参数	指标
基础指标	检测原理	冷原子荧光法（CVAFS）
	测量范围	0~100pg/m ³
技术指标	检测限	0.5pg/m ³
	零点漂移	<2%/24h
	线性误差	<2%F.S.
	响应时间 T90	<180s

(10) Mercury Freedom™ 型烟气汞连续自动在线监测系统

Mercury Freedom™ 型烟气汞连续自动在线监测系统基于稀释采样技术和冷原子荧光分析技术，对样品中的总汞和元素汞进行同时采样，转化和测量，并得到氧化态汞浓度。主要技术性能指标如表 12 所示。

表 12 80i 汞分析仪技术性能指标

参数	指标
元素汞量程	0~50μg/m ³ (稀释前量程)
零点噪声	1ng/m ³ (60s 平均时间)
最低检测限	1ng/m ³ (60s 平均时间)
零点漂移（24h）	2ng/m ³
响应时间	90s(60s 平均时间)
线性	+/-1% 满量程
样气流量	0.5 L/min 每通道
抗干扰	(SO ₂)8.4×10 ⁸ : 1 SO ₂ 干扰低于最低检测限
抗干扰	(NO ₂)4.2×10 ⁹ : 1 NO 干扰低于最低检测限
运行温度	5~40℃
电源	100 VAC, 115 VAC, 220~240 VAC +/-10% @275W

4 本标准与现行标准之间的关系

在我国，指导固定污染源污染物排放在线监测的技术规范中，最为重要的是《固定污染源烟气排放连续监测技术规范》（HJ 75-2017）和《固定污染源烟气排放连续监测系统技术要求及检测方法》（HJ/T76-2017）两个技术标准。HJ 75 规定了 CEMS 安装、调试、联网、验收、运行维护、数据审核等技术要求；HJ 76 规定了固定污染源烟气排放连续监测系统的主要技术指标、检测项目、检测方法和检测时的质量保证措施。这两个标准是开展固定污染源污染物排放在线监测的重要依据。这两个标准联合使用，基本可实现固定污染源颗粒物、SO₂、NO_x 排放在线监测的全程质控。然而，这两个标准主要针对的是颗粒物、SO₂、NO_x 的在线监测，用来指导固定污染源 Hg 排放在线监测具有局限性。

本标准是依据 HJ 75 和 HJ 76，并吸收《固定污染源烟气汞排放连续监测系统技术要求》（草案）和《固定污染源烟气汞连续监测系统安装、验收、运行技术（草案）》等的优点，结合我国固定污染源 Hg 排放在线监测的实际需求，对固定污染源 Hg 排放在线监测系统的组成和功能、技术性能、监测站房、安装、技术指标调试检测、技术验收、日常管理、日常管理质量保证以及数据审核和处理等做出要求。对于 Hg 在线监测的作用，与 HJ 75 对于颗粒物、SO₂ 和 NO_x 在线监测的作用类似。

本标准未采用国际标准。

5 标准制定的基本原则和主要内容

5.1 标准编制的依据

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

本标准在制订过程中将管理技术化和规范化，不但考虑标准的先进性，而且还考虑标准的可操作性以及前瞻性。主要是在《固定污染源烟气排放连续监测技术规范》（HJ 75-2017）、《固定污染源烟气排放连续监测系统技术要求及检测方法》（HJ/T76-2017）和《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》

(GB/T 16157-1996)的基础上,以原国家环保总局第 28 号令(《污染源自动监控管理办法》)和我国现有其他标准、规定等为依据,参考美国、欧盟和日本的相关标准,结合我国固定污染源 Hg 排放在线监测的需求和固定污染源 Hg 排放在线监测仪器应用的实际情况,本着科学性、适用性和可操作性的原则制定。

5.2 标准编制的背景

汞污染具有持久性、易迁移性、高度的生物富集性、强毒性等特性,并且环境中任何形式的汞均可在一定条件下转化为剧毒的甲基汞,因此对人体健康造成极大的危害。

20 世纪 50 年代日本发生的水俣病事件,主要是由于当地化工厂向水体中排放了大量含汞废水,经细菌作用转化为毒性十分强烈的甲基汞,甲基汞通过生物富集作用在贝类和鱼类体内积累,居民因食用受污染的水产品而致病,造成数百人死亡,许多人终生致残,最终确诊病例 2000 多人,并造成大量海洋生物窒息死亡。此外,在伊拉克、巴西、印尼、美国和中国等国家也发生过汞污染事件。

近年来,各国学者对人为污染的水生生态系统汞的循环演化规律进行了深入研究,并对甲基汞对人体毒害的机理进行了深入探讨,获得了甲基汞可以通过水生食物链富集放大,在高营养级生物中高度富集和对中枢神经、心血管系统、生殖系统、免疫系统产生危害的认识。

自工业革命以来,汞在全球大气、水和土壤中的含量已增加了三倍左右,在工业区附近汞的含量更高,汞污染的不断加剧对人类健康和环境造成了极大危害。随着城市化进程的不断加快和工业化水平的迅速发展,人类生产生活活动所致的汞及其化合物污染日趋严重,其踪迹已遍布全球各个角落,甚至是远离排放源的北极等地区,这引起了越来越多的国际关注。

目前,汞已被联合国环境规划署列为全球性污染物,是一种对全球范围产生影响的化学物质,具有跨国污染的属性,已成为全球广泛关注的环境污染物之一。2002 年联合国环境规划署(UNEP)完成的《全球汞评估报告》中指出环境中汞污染广泛存在并已危害到人类和动物的健康。

各国政府都非常重视对固定污染源所排放的汞进行控制。美国于 20 世纪 90 年代初开始对汞污染排放实施控制,主要针对医药废物焚化炉及城市垃圾焚烧炉,1999 年开始对火力发电厂进行汞控制。2005 年 3 月,美国 EPA 根据清洁空气法

案（Clean Air Act, CAA）中规定，正式发布燃煤电厂控制汞的《清洁空气汞规则（Clean Air Mercury Rule, CAMR）》和《清洁空气州际规则（Clean Air Interstate Rule, CAIR）》联合作用于燃煤电厂，其目的是控制汞污染，减少电厂汞的排放。欧盟在 2006 年制定的《大型燃烧装置的最佳可行技术参考文件（Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants）》建议汞的排放控制技术优先采用高效除尘、烟气脱硫和脱硝协同控制的技术路线。欧洲一些国家均采取了相应的汞控制措施。例如，对于火葬场的汞排放，法国、英国、荷兰、德国等国家规定火葬场必须采用最佳可行技术（BAT）达到汞排放率要求。

我国是汞的生产、使用和排放大国，我国汞需求量与产量位居全球首位，汞排放量亦居世界前列。汞矿开采、电石法 PVC 生产以及电池、荧光灯、体温计和血压计生产是我国汞生产、汞有意使用领域的主要汞排放源。汞的无意排放中有色金属冶炼和燃煤是我国首要的汞排放源。

当前我国政府高度重视汞污染防治工作。2009 年国务院印发的《关于加强重金属污染防治工作的指导意见》中专门将汞污染防治列为工作重点；2010 年 5 月又发布了《关于推进大气污染联防联控工作改善区域空气质量指导意见》的通知，进一步提出建设火电机组烟气脱硫、脱硝、除尘和除汞等多污染物协同控制示范工程；2010 年 12 月 3 日，中国环保部办公厅下达了《关于推荐燃煤电厂大气汞污染控制试点电厂的函》（环办函[2010]1314 号），积极推动我国的烟气脱汞工程。在“十二五”环保科技规划的基本纲要中，《重金属污染综合防治“十二五”规划》将汞作为重点防控的五种重金属之一。

为了有效的防控固定污染源汞排放，我国的一些排放标准中明确规定了不同类型污染源汞排放限值，详见表 13。

表 13 我国与固定污染源汞排放标浓度限值有关的标准（mg/m³）

标准名称	标准号	标准值
火葬场大气污染物排放标准	GB13801-2015	新建单位遗体火化大气污染物排放限值 0.1（汞）
无机化学工业污染物排放标准	GB31573-2015	0.01（汞及其化合物）
锅炉大气污染物排放标准	GB13271-2014	燃煤锅炉 0.05（汞及其化合物）
生活垃圾焚烧污染控制标准	GB18485-2014	焚烧炉大气污染物排放限值：0.05（汞及其化合物）
水泥工业大气污染物排放标准	GB4915-2013	水泥窑及窑尾预热利用系统：0.05（汞及其化合物）
电池工业污染物排放标准	GB30484-2013	锌锰/锌银/锌空气电池 0.01（汞及其化合物）

标准名称	标准号	标准值
火电厂大气污染物排放标准	GB13223-2011	火电发电锅炉及燃气轮机组排放浓度限值： 0.03（汞及其化合物）
铜、镍、钴工业污染物排放标准	GB25467-2010	现有污染源：0.012，新污染源：0.012（汞及其化合物）
铅、锌工业污染物排放标准	GB25466-2010	现有污染源：1.0，新污染源：0.05（汞及其化合物）
医疗废物焚烧炉技术要求	GB19218-2003	医疗废物焚烧炉大气污染排放限值：0.1（汞及其化合物）
危险废物焚烧污染控制标准	GB18484-2001	焚烧炉大气污染排放限值：0.1（汞及其化合物）
大气污染物综合排放标准	GB 16297-1996	现有污染源：0.015，新污染源：0.012（汞及其化合物）
工业炉窑大气污染物排放标准	GB 9078-1996	1997年前，金属熔炼，一级0.05，二级3.0，三级5.0，其它，一级0.008，二级0.010，三级0.020；1997年后，一级禁排，二级1.0，三级3.0，其它，一级禁排，二级0.010，三级0.010

5.3 标准编制目的与意义

环境监测是环境保护工作的基础，环境监测数据是制定环境标准、编制法规、评定效益、对环境进行综合整治、实行宏观调控和管理的重要依据。

对燃煤电厂和冶炼厂等固定污染源排放的汞精确实时在线监测是污染控制的一个重要前提。美国为了能够达到最佳削减汞排放效果，建立了一套完善的测定汞的方法并配备了先进的在线测量设备，而且利用经 EPA 批准的参比方法定期和在线测量设备进行对比检测。美国污染源汞监测技术发展比较完善，针对手工方法和自动连续监测方法都形成相应的技术规范。其方法有三种，即 EPA Method 30B、EPA Method 30A、Ontario Hydro Method（安大略法）等，其中 30B 和安大略法作为手工监测方法，30A 为自动在线连续监测方法。美国 EPA 于 2005 年通过的《清洁空气汞规则（Clean air mercury rule, CAMR）》还强制燃煤电厂在线监测汞排放状况。

我国在对烟气汞的手工监测方法已经取得了部分成果，但我国对燃煤电厂汞连续监测开展较晚，因此汞连续在线监测技术尚处于起步阶段。2011 年初，中国环境监测总站针对污染源汞在线监测设备制定了相应的技术要求草案，如《固定污染源烟气汞排放连续监测系统技术要求》（草案）和《固定污染源烟气汞连续监测系统安装、验收、运行技术（草案）》，为固定污染源汞排放在线监测技术标

准的开发提供了借鉴。

目前,我国也有一些大型电厂安装了燃煤烟气汞在线监测系统。然而,由于缺乏统一的技术规范,目前出现的固定污染源 Hg 排放在线监测系统参差不齐,良莠难辨,在线监测系统的安装、调试、验收、运行维护、校准校验等环节也经常出现偏差,导致监测数据的准确性无法保证,同时也缺乏统一的管理和数据处理上的一致性,使得实际测得的数据缺乏权威性,因而急需相应的技术标准对其应用做出技术上的规范指导,从而更准确监测固定污染源 Hg 排放。

5.4 主要内容

本标准 of 固定污染源污染物排放连续监测系统的技术要求,因此主要参考 HJ 75 确定其框架和主要内容,其中通用要求同 HJ 75 标准基本一致。

标准主要技术内容包括:适用范围、规范性引用文件、术语和定义、在线监测系统的组成和结构、系统的技术性能要求、系统监测站房要求、系统安装要求、系统技术验收要求、系统日常管理要求、系统日常管理质量保证措施、数据审核和处理及相关附录。

(1) 适用范围

给出在线监测技术规范涉及的主要内容和适用的监测技术。

(2) 规范性引用文件

给出在线监测技术规范内容引用的文件和其中的条款。

(3) 术语和定义

对一些关键性名词给出定义和解释。

(4) 在线监测系统的组成和结构

重点行业固定污染源 Hg 排放在线监测系统由 Hg 排放浓度监测子系统、烟气参数监测子系统(温度、压力、流速/流量、氧含量、湿度等)、数据采集与处理系统(显示、存储、打印、传输等)等组成。其结构主要包括采集和传输装置、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。

(5) 在线监测系统的技术性能要求

确定在线监测系统的外观要求、工作条件要求、安全要求、功能要求、主要技术指标。

(6) 在线监测系统监测站房要求

规定在线监测系统监测站房的面积、室内温度、配电功率、防雷等技术要求。

(7) 在线监测系统安装要求

规范固定污染源在线监测系统安装位置，提出施工要求，确保采样的代表性以及手工比对采样的可行性、安全性。

(8) 在线监测系统技术指标调试检测要求

提出进行调试所需要满足的要求、调试的主要技术指标，建立调试检测方法、结果分析方法，提出处理措施。

(9) 在线监测系统技术验收要求

提出技术验收条件、规定验收现场检查内容、建立技术指标验收方法、参比方法验收方法，提出联网验收内容及验收指标。

(10) 在线监测系统日常运行管理要求

对日常巡检、日常维护保养、日常校准、日常校验等作出规定。

(11) 在线监测系统日常运行质量保证措施

包括定期校准、定期维护、定期校验、故障分析及排除、数据审核与处理等。

(12) 在线监测系统数据审核和处理

提出针对在线数据的有效性进行审核的方法，规定无效数据时段数据处理的方法。

(13) 数据记录与报表要求

提出完整的数据记录与报表规范性格式。

(14) 相关附录

附录分别给出了规范性报表格式，原始记录表格和单位转换公式。

6 需要调查研究的主要问题，必要的测试验证项目

本标准的制定依托国家重点研发计划课题《重点行业固定污染源关键污染物排放在线监测技术规范研究》（2016YFC0201106）开展，该课题为国家重点研发计划项目《重点行业固定污染源大气排放高精度在线监测技术研发及应用示范》（2016YFC0201100）的课题6，目前项目所有实验已经完成，项目的实验研究为

第6个课题的开展提供了强有力的支撑，本标准编制已经不需要补充实验。拟开展如下主要研究内容：

(1) 开展文献调研，明确国家现行的环境监督管理法律法规对重点行业固定污染源 Hg 排放在线监测的要求，分析国内外现有在线监测技术规范的适用性，掌握国内外现有 Hg 排放在线监测技术特点和主要仪器的技术参数，提出我国重点行业固定污染源 Hg 排放在线监测系统的主要技术指标和检测方法。

(2) 开展我国典型燃煤电厂等固定污染源 Hg 排放连续监测系统应用情况调研，总结在线监测系统应用的成功经验，建立固定污染源 Hg 排放连续监测系统技术指标调试检测方法和技术指标验收方法。

(3) 研究重点行业固定污染源 Hg 排放连续监测系统技术性能要求、安装位置要求、技术验收要求、日常运行管理要求、日常运行质量保证措施、数据审核和处理方法，在此基础上编制在线监测技术规范。

7 方法研究报告

7.1 标准适用范围

从排放大气汞的行业分布来看，燃煤排放是最大的排放行业，尤其是火电行业已经成为汞污染控制的重点。在我国，目前只有火电厂安装了烟气汞在线监测系统，而且我国的火电厂超低排放改造已经基本完成。因此，本标准主要针对于加装高效脱硫、脱硝、除尘的燃煤电厂固定污染源排气中总汞的测定。其他行业的固定污染源汞排放在线监测可以参照此标准执行。

本标准规定了固定污染源 Hg 排放连续监测系统有关废气参数（含氧量等）连续监测系统的组成和功能、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。

7.2 术语和定义

本标准相对于 HJ 75 增补和修改了烟气汞、Hg 排放连续监测系统、参比方法、分析周期、有效日均值、有效月均值等概念。

本标准的烟气汞定义为：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。测量烟气中的气态汞，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。

本标准的 Hg 排放连续监测系统定义为：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。

参比方法定义为：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。本标准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）。亦可引用 ISO、EPA 方法体系等其它等效检测方法。

有效日均值定义为：1 日内不少于固定污染源运行时间（按小时计）的 75% 的有效小时均值的算术平均值。

有效月均值定义为：1 月内不少于固定污染源运行时间（按小时计）的 75% 的有效小时均值的算术平均值。

7.3 系统的组成和功能

参照 HJ 75 提出固定污染源 Hg-CEMS 的组成和功能。

重点行业固定污染源 Hg 排放连续监测系统（Hg-CEMS）由烟气 Hg 监测单元、废气参数监测单元、数据采集与处理单元组成。

Hg-CEMS 应当能够测量固定污染源排放的烟气中 Hg 浓度、废气参数（温度、压力、流速或流量、湿度等），同时计算固定污染源 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。

气态 Hg 浓度应等于元素汞和氧化态汞浓度之和。对于含氧量参与气态 Hg 浓度折算浓度计算的，还应实现同时测量含氧量的要求。

目前，我国国家环境保护标准中，HJ 75 和 HJ 76 联合对于固定污染源烟气（ SO_2 、 NO_x 、颗粒物）的在线监测进行全过程规定。HJ 75 规定了安装、调试、联网、验收、运行维护、数据审核等技术要求，HJ 76 规定了 CEMS 的主要技术要求、检测项目和检测方法。虽然本技术标准在指导固定污染源 Hg 排放连续监

测方面,更多的是与 HJ 75 对应,但由于目前我国并没有技术标准给出 Hg-CEMS 的结构,因此,本技术标准规定了 Hg-CEMS 的结构,提出 Hg-CEMS 系统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,并对各个装置进行了更细致的规定。

7.4 技术要求

在 HJ 75 中没有针对 CEMS 的技术要求去进行详细规定,主要是要求参考 HJ 76 中 CEMS 技术要求规定。对于 Hg-CEMS,目前国内还没有技术标准对其技术要求进行规定,因此,本技术标准详细规定了 Hg-CEMS 的技术要求,包括外观要求、工作条件、安全要求、功能要求和主要技术指标。

外观要求、工作条件和安全要求基本与 HJ 75 中对 CEMS 的要求保持一致。

功能要求中,除了参照 HJ 75 对 Hg-CEMS 做出规定外,还针对汞容易被吸附、在常温常压下以液态存在等特点,要求 Hg-CEMS 系统部件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;同时也要求 Hg-CEMS 应能保证样品温度在氧化态汞转化为元素汞之前保持在酸露点以上。另外,针对烟气汞在线监测的高精度,要求 Hg-CEMS 自带内置元素汞和氧化汞标准源对元素汞进行校准,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标准物质;Hg-CEMS 采样系统应配备加标法检测口,可完成加标检查。

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。

Hg-CEMS 可配置样气富集的预处理系统等浓缩装置,如金汞齐富集单元。

7.5 监测站房要求

站房的运行环境直接影响 Hg-CEMS 的测量结果,尤其是站房温度,若温度过高,将会使测量仪表发生故障,不能正常运行,从而影响测量结果,此外,站房内的运行环境也直接影响维护人员的人身安全。

因此,本标准参照 HJ 75,对 Hg-CEMS 监测站房的面积、高度、室内温度、湿度、内部配电情况以及标准气体的配置情况提出了明确的要求。相对于 HJ 75 中的站房面积要求,本技术规范增加了 Hg-CEMS 的站房面积,要求若站房内仅

放置单台机柜，面积应 $\geq 3 \times 4 \text{ m}^2$ 。若同一站房放置多套分析仪表的，每增加一台机柜，站房面积应至少增加 4 m^2 ，便于开展运维操作。

同时，根据Hg-CEMS特点，细化零气、标气的配置和要求。标准气体应当包含零气（可使用氮气或洁净空气，其中含Hg量不超于 0.1 mg/m^3 ，含有其他气体的浓度不得干扰仪器的读数）、元素汞和二氯化汞的量程标气，以满足日常零点、量程校准、校验的需要。量程标气应为市售有证标准气体，其不确定度不超过 $\pm 2.0\%$ ，其浓度在（80%~100%）满量程范围内。低浓度标准气体可由高浓度标准气体通过经校准合格的等比例稀释设备获得（精密度 $\leq 1\%$ ），也可以单独配备。

7.6 安装要求

由于烟气汞监测属于气态污染物监测，因此本技术标准主要参照 HJ 75 中的气态污染物在线监测技术要求，对 Hg-CEMS 的安装要求进行了规定。

另外，在 HJ 75 的基础上，针对安装位置要求，提出若排放口上无适当的采样孔时，可将采样管直接由排放口插入 2 倍直径或 2 m 深处采样。若采样孔位于排放管道负压处，则采样管与采样孔之间应完全密封。

由于增加了流量测试，因此在 HJ 75 的基础上，针对安装施工要求，提出废气流速采用皮托管法测量的设备，安装时全压口应正对废气流向，静压口背向废气流向，与气流方向的偏差角度最大不得超过 $\pm 5^\circ$ 。Hg-CEMS 电气设备的外壳防护户外达到防护等级 IP55 级。防爆区安装 Hg-CEMS，需具有防爆安全性，并通过防爆安全检验认证。

7.7 技术指标调试检测

本部分明确了各监测单元调试检测的技术指标，各个指标的调试检测方法，技术指标要求、调试结果记录格式和调试检测报告格式。

本标准选择的现场检测技术指标包括示值误差、系统响应时间、零点漂移、量程漂移、准确度、重复性、转换率、动态加标回收率。

本技术规范参照美国 EPA 发布的 40 CFR 60 附录 B、40 CFR 75 附录 A 给出了 Hg-CEMS 零点漂移、量程漂移、准确度等指标的调试检测方法，废气参数

CMS 技术指标调试检测方法与 HJ 75 完全保持一致。

在本标准的附录 B 中,说明了当 Hg-CEMS 技术指标测试结果无法达到本标准规定技术指标时可能的原因以及处理方法,以帮助企业 and/或设备供应商发现问题,解决问题,直至整个调试检测合格为止。

7.8 技术验收要求

本章参照美国 EPA 发布的 40 CFR 60 附录 B、40 CFR 75 附录 A,根据 Hg-CEMS 的特点和相关法律法规精神以及目前的污染源在线监测新形势新要求,对 Hg-CEMS 的现场验收和联网验收两部分做出了规定。

相比 HJ 75,在一般要求中提出了验收由排污单位组织实施,对验收过程中采取的零气和标气做了详细的规定。

技术指标验收中提出了对 Hg-CEMS 系统响应时间、示值误差、零点漂移、量程漂移、重复性、转换效率、动态加标回收率和准确度进行验收,并确定了现场检测指标要求,参考 HJ 75 建立了系统响应时间、示值误差、零点漂移、量程漂移和准确度等指标验收的方法,参照美国 EPA 发布的 40 CFR 60 附录 B、40 CFR 75 附录 A 建立了重复性、转换效率、动态加标回收率等指标验收的方法。

联网验收与 HJ 75 中的相关条款保持一致。

7.9 日常运行管理要求

为了保证 Hg-CEMS 日常运行维护的质量,本标准对运维单位及运维人员提出了相应要求。结合 HJ 75 规定了日常巡检时间间隔不超过 7 d。对 Hg-CEMS 系统保养内容、保养周期或耗材更换周期等做了明确规定,本标准根据实际工作需要,统一制定出日常巡检、日常维护保养、标准物质更换、易耗品更换等记录表格,具体内容见附件 G。

7.10 日常运行质量保证

日常运行质量保证是保障 Hg-CEMS 在满足技术条件下正常稳定运行、持续提供有质量保证的监测数据的必要手段。

本节规定了定期校准、定期维护、定期校验的时间，要求Hg-CEMS的维护人员必须做到并做好记录，同时也是对运营公司或人员进行考核的依据。当Hg-CEMS不能满足技术指标或飘离指标而失控时，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。其校准、维护、校验的时间要求是依据HJ 75制订的。

由于Hg的监测与SO₂、NO_x的监测存在着明显区别，因此本标准中的维护内容相对于HJ 75有了一些不同，本标准针对Hg-CEMS提出了以下维护内容：

- (1) 定期检查隔离烟气与光学探头的玻璃视窗；
- (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、转换器、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) 定期检查转换器和金膜 Hg 富集器；
- (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标准附录 G 中的表 G.1~G.2 表格形式记录。

本标准在定期维护方面的规定，与 HJ 75 的硬性规定不同，建议企业根据实际情况灵活安排定期维护内容。。

由于现场工作环境恶劣，Hg-CEMS在运行一段时间后，故障率会明显增多，为了给运维商在设备维修上提供相应的帮助，本标准引用了HJ 75相关内容，并结合了不同厂家设备运行经验调研结果，提出了常见故障分析和排除方法。同时还参照HJ 75，明确了对Hg-CEMS在定期校准和校验期间数据失控的判别标准，以指导运行维护商及时发现Hg-CEMS的质量失控，并通过维修或调整Hg-CEMS使之恢复到满足技术指标为止。

7.11 数据审核和处理

7.11.1 数据的审核

目前，我国尚未制定 Hg-CEMS 数据审核的规定，因此本标准中参照 HJ 75 的相关规定，明确了数据审核是针对监测数据的有效性进行审核。

对污染源停运期间的数据考核进行了规定，停运期间的数据不统计到有效数据捕集率的计算。将 Hg-CEMS 故障期间、维修期间、超过本标准 11.2 期限未校准时段、失控时段以及有计划的维护保养、校准等时段作为 Hg-CEMS 无效数据时段，不统计到有效数据捕集率中。通过有效数据捕集率来考核企业或运营公司对 Hg-CEMS 的良好运行。要求 Hg-CEMS 有效数据捕集率全年必须达到 75%，否则视为烟气 CEMS 不正常运行。

7.11.2 数据的处理

本标准参照 HJ 75 规定了无效数据时段的数据处理的方法。

本标准规定系统超期未校准的时段视为数据失控时段，Hg-CEMS 系统所有数据失控时段的数据，可以按照表 14 的方法对 Hg 排放量进行修约，废气参数不修约。

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 15 中的方法对 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 技术指标调试到符合要求为止，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。

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 15 处理，废气参数不修约。

表 14 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	上次校准前 180 个有效小时排放量最大值

	N>24	放量	上次校准前 720 个有效小时排放量最大值
75%≤α≤90%	—		上次校准前 2160 个有效小时排放量最大值

表 15 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
α≥90%	N≤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%≤α≤90%	—		失效前 2160 个有效小时排放量最大值

7.12 数据记录与报表

保留 HJ 75 中的记录方法与报表形式。

7.13 对附录的说明

为了方便 Hg-CEMS 的应用，本技术规范共设有附录 A、B、C、D、E、F、G 和 H。其中，附录 A、C 和 H 为规范性附录，附录 B、D、E、F 和 G 为资料性附录。

附录 A（规范性附录）提供了固定污染源 Hg-CEMS 主要技术指标调试检测方法。提出了示值误差、系统响应时间、零点漂移、量程漂移、重复性、转化率、动态加标回收率和准确度调试检测方法要求、技术指标要求和调试检测结果记录形式。

附录 B（资料性附录）规定了固定污染源 Hg-CEMS 技术指标调试检测结果分析和处理方法。

附录 C（资料性附录）规定了废气流速，Hg 浓度和排放率，Hg 累计排放量，废气中氧量等的计算方法。

附录 D（资料性附录）通过统一的表格（或报表）形式规范 Hg-CEMS 数据的记录和上报。表 D-1、表 D-2、表 D-3、表 D-4、表 D-5、表 D-6、表 D-7、D-

8 和 D-9 供 Hg-CEMS 调试检测和验收监测时使用，表 D-10、D-11、表 D-12、表 D-13 供企业向主管上报数据时使用。

附录 E（资料性附录）规定了固定污染源 Hg-CEMS 安装调试报告格式及内容。

附录 F（资料性附录）规定了固定污染源 Hg-CEMS 验收报告格式及内容。本标准附录 F 是验收报告样本。

附录 G（资料性附录）规定了日常巡检、校准、校验、维修、易耗品更换、标准物质更换记录表。

附录 H（规范性附录）规定了 Hg-CEMS 数据采集处理和传输系统相关内容。此次标准修订，在附录 I 中对 Hg-CEMS 数据采集处理和传输系统做了详细说明。由于目前的 Hg-CEMS 与烟气 CEMS 在数据采集处理和传输方面存在不同，因此参照 HJ 76，结合 Hg-CEMS 实际情况对数据采集、处理和传输系统进行了修改。

8 其他说明事项

无。