

· 专论与综述 ·

燃煤电厂排放总气态汞连续自动监测技术的选择

孙海林¹, 梁永², 李巨峰³, 易江¹

(1. 中国环境监测总站, 北京 100012; 2. 青岛崂山应用技术研究所, 山东 青岛 266100;

3. 中国石油环境监测总站, 北京 100083)

摘要:介绍了汞连续排放监测系统和汞吸附管采样系统的主要特点, 比较了不同仪器的测定原理、样品处理技术、检出限和测定汞的形态, 报道了美国环境保护署认证中心关于两个系统的认证结果。建议将汞连续排放监测系统与汞吸附管监测系统两种技术联合用于我国燃煤电厂排放总气态汞的自动监测。

关键词: 汞连续排放监测系统; 汞吸附管采样系统; 总气态汞; 燃煤电厂

中图分类号: X84 文献标识码: A 文章编号: 1006-2009(2011)06-0011-06

Choice of Continuous Automatic Monitoring Technology of Total Vapor Phase Mercury Emissions from Coal-fired Power Plant

SUN Hai-lin¹, LIANG Yong², LI Ju-feng³, YI Jiang¹

(1. China National Environmental Monitoring Center, Beijing 100012, China;

2. Institute of Application & Technology, Qingdao Lao-mountain, Qingdao, Shandong 266100, China;

3. China National Petroleum Environmental Monitoring Center, Beijing 100083, China)

Abstract: It was introduced that main characteristics of mercury continuous emissions monitoring systems and mercury using sorbent trap sampling systems. The measurement principle, sample processing technique, detection limits and measuring component of mercury for different instruments were compared. Result was summarized about the U. S. EPA Environmental Technology Verification Center of concerning the attestation of the system. Suggestion was made for two kinds of technique used in the automatic measurement of total vapor phase mercury that exhausted by the coal-fired power plant in China.

Key words: Mercury continuous emissions monitoring systems; Mercury using sorbent trap sampling systems; Total vapor phase mercury; Coal-fired power plant

我国从2010年11月起启动燃煤电厂排放烟气中汞的连续自动监测, 2011年第一季度开始实际测试。燃煤电厂排放烟气中的汞主要有3种形态——颗粒物态汞(Hg_p)、元素汞(Hg^0)和二价汞(Hg^{2+}), 测定过程很复杂, 与其他气体连续排放监测系统(CEMS)相比, Hg CEMS的购买、安装、运行和维护费用昂贵, 获得准确、精密、可靠数据的难度较大^[1]。为保证连续监测燃煤电厂排放烟气中总气态汞(Hg^T , Hg^0 与 Hg^{2+} 之和)获得成功, 借鉴已开展 Hg^T 监测国家的经验, 将 Hg CEMS与 Hg 吸附管监测系统(STMS)联合用于 Hg^T 的连续自动监测, 通过两种技术的对比测试和试点, 选择适合

我国燃烧不同煤种和采取不同治理技术的固定污染源连续监测 Hg^T 的技术, 并推动研制、生产和发展具有自主知识产权的连续监测系统。

1 Hg STMS

1.1 背景

在美国, Hg STMS是20世纪90年代后期发展起来的连续测定排气中汞的方法, 直到今天仍然是许多电厂现场连续测量烟气中汞的方法之一, 也是

收稿日期: 2010-12-14; 修订日期: 2011-09-29

作者简介: 孙海林(1970—), 男, 陕西韩城人, 高级工程师, 硕士, 从事环境监测仪器质量监督检测。

U. S. EPA 规定连续监测固定源排放汞的方法。在 U. S. 能源计划部门和 EPA 的资助下, 科研人员于 2000 年和 2001 年分别在燃煤电厂就方法的现场空白、样品储存时间、烟气样品采样时间、汞穿过吸附管第一区段吸附剂的穿透率、现场样品重复性(精密密度)等, 与参比方法 [Ontario Hydro (OH) (ASTM D6784 - 02)]^[2] 进行了比对研究, 获得了一致的测量结果。2002 年和 2003 年方法得到了进一步发展, 吸附管更换更加方便, 现场使用的组件更经久耐用, 操作更简单。2004 年 1 月 30 日, 美国联邦法规 FR 提出了方法 324(草案)^[3], 提议将干吸附管采样测定固定源排放烟气中的气态汞作为测量汞的参比检测方法或连续排放监测方法。2007 年 9 月 7 日, U. S. EPA 发布了参比方法 30B^[4], 与方法 324 基本相同。40 CFR 75 附录 K “吸附管监测系统的质量保证和运行方法”^[5] 规定, 将 Hg STMS 用作燃烧烟气中排放气态汞的采样、分析、质量保证标准和方法 [2005 年 5 月 18 日 (70 FR 28695)、2007 年 9 月 7 日 (72 FR 51528)、2008 年 1 月 24 日 (73 FR 4376) 修订]。

1.2 主要特点与要求

Hg STMS 的吸附管需要在低烟尘浓度(在污染物控制装置后)的烟气环境下采样, 方法能够准确、可靠地测定低浓度和高浓度气态汞, 其主要特点与要求为:

- (1) 保持烟气总流量与采样流量等比例(1 ~ 100) 采样或恒流采样, 保证样品的代表性。
- (2) 采样时间从 30 min 到几天, 甚至可达几周, 因而测量汞的质量浓度范围较宽(0.03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ~ 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)。典型的采样时间为 7 d, 每支吸附管采集汞的质量为 1 μg ~ 10 μg , 但需要人工定期更换吸附管。
- (3) 在烟气含尘浓度低的条件下使用吸附管, 非等动力采样, 采样流量 0.2 L/min ~ 0.6 L/min。仅捕获少量颗粒物, 由于颗粒物束缚的汞 < 总汞的 1% (燃煤电厂), 因而颗粒物的干扰小。
- (4) 没有燃煤烟气中 SO_2 、 NO_x 和飞灰的干扰, 吸附管短, 未填吸附剂的管壁面积小, 因而与抽取法 Hg CEMS 相比, 避免了 HgCl_2 可能被管壁吸附的损失。

(5) 与湿化学法相比, 没有危险化学试剂, 不用冲击瓶, 不需要在现场用化学试剂淋洗采样链, 在燃煤烟气环境中能提供准确的总气态汞的测量

结果。

(6) 方法操作简单, 采样时间可变化, 能够在不同条件下长时间评估汞的排放, 且受到的影响小。

(7) 吸附剂由干净的活性炭经化学方法处理(用溴或碘处理); 严格控制每支吸附管中吸附剂的汞含量, 保持吸附剂汞的低空白与汞空白一致; 活性炭表面积大, 能吸附所有的气态汞; 与物理吸附相比, 方法基于化学吸附且采样温度较高, 捕获汞的能力强。

(8) 吸附管配对平行采集样品, 然后送实验室用符合技术指标要求的仪器分析, 能够评价测定结果的精密度和数据的可接受性。

(9) 实验室和现场处理样品保持清洁很关键, 实验室清洁必须执行严格标准。

(10) 现场采样必须准确计量烟气体积, 避免吸附管内出现冷凝, 保持样品清洁。

(11) 维持吸附剂低和一致的汞空白 (< 2 ng/g 吸附剂), 是吸附管质量控制的关键。

(12) 避免在采样期间吸附管内出现冷凝。

(13) 防止玻璃吸附管破裂。

(14) 既可以作为参比方法, 也可以用作连续监测方法, 用于过程评估、达标检测和连续达标检测。

1.3 吸附管采样系统的设计

U. S. 产 Hg STMS 采集燃煤烟气中的总气态汞, 按 U. S. 40 CFR 75 附录 K 的要求设计: ① 采样管加热; ② 吸附管分 3 个区段; ③ 烟气除湿; ④ 自动控制等比例采样或恒流采样(双路平行采样); ⑤ 自动记录烟气、采样探头、冷凝器、干式气体流量计温度; ⑥ 控制采样探头温度; ⑦ 测量、记录和显示采集样品气体标准状态下的干气体积; ⑧ 配置采样器运行软件, 包括制定测试方案、测试前后仪器泄漏检查、实时显示测试参数、校准参数、设置告警等; ⑨ 数据可方便地传输到 PC 或与网络连接、存取和控制系统运行。

1.4 国产 Hg STMS

目前我国还未生产 Hg STMS, 但已具备技术储备和能力。采集汞的吸附剂和吸附管已能自主生产; 国产烟尘采样器的自动等速跟踪技术可直接用于实现烟气等比例采样, 亦可恒流采样; 吸附剂吸附的汞经热解析释放, 或湿化学溶液消解并还原为元素 Hg^0 , 与已标准化的国产冷蒸气原子吸收光谱

仪相结合,可直接测量汞的质量(μg)或质量浓度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)。Hg STMS用于连续自动监测,将推动产业发展。

1.5 Hg STMS 测定结果的代表性

Hg STMS 的测定结果只能表示测定期间 Hg^{T} 的平均浓度,以及各期间排放 Hg^{T} 的变化趋势,不能反映 Hg^{T} 浓度的瞬时变化。由于燃煤排放源排放烟气中 Hg^{T} 浓度的变化不明显,因而无论是 Hg STMS 提供的平均浓度,还是 Hg CEMS 提供的瞬时浓度,都能为环境管理与环境监测提供服务。U. S. EPA 在燃煤锅炉、静电除尘、烟气湿法脱硫后,用参比方法 OH 法与 Hg STMS 同步测定 Hg^{T} ,4 d 的 Hg^{T} 质量浓度范围参比方法为 $0.787 \mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 1.215 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (平均值 $1.010 \mu\text{g}/\text{m}^3$),Hg STMS 为 $0.994 \mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 1.285 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (平均值 $1.170 \mu\text{g}/\text{m}^3$),比参比方法高 16%^[6-7];与 Hg CEMS 相比较,参比方法测定值为 $1.36 \mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 2.77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (平均值 $2.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$),Hg CEMS 为 $1.31 \mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 2.41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (平均值 $1.74 \mu\text{g}/\text{m}^3$),比参比方法低 13%^[8]。

1.6 标准物质

允许使用汞盐标准溶液,如 $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ 、 HgCl_2 溶液与还原剂 SnCl_2 反应生成 Hg^0 ,以及直接利用 HgCl_2 溶液对系统进行分析偏差检测。

1.7 价格

进口 U. S. Hg STMS(含配套汞分析仪)的价格明显低于进口 Hg CEMS,Hg STMS 性能现场认证费用约为 Hg CEMS 的 $1/4$ ^[6-7,9-11]。

2 Hg CEMS

2.1 面临的挑战

测量燃煤烟气中的汞主要面临以下挑战:①烟气中汞的浓度很低;②低维护工作量和长期、连续、可靠运行;③低质量浓度的测量范围($0 \mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$);④烟气中其他组分的干扰,如 SO_2 、 NO_x 、颗粒物、 H_2O 等;⑤采集和输送样品气体的代表性,减少汞与颗粒物的接触时间,防止管路吸附和吸收汞,避免已还原的 Hg^0 再氧化;⑥高温采样系统,加热温度 $>180 \text{ }^\circ\text{C}$;⑦汞分析仪的灵敏度和稳定性;⑧校准 Hg CEMS 的标准气体的获取(目前国内还没有 Hg 和 HgCl_2 标准气体);⑨气体污染物 CEMS 通常遇到的问题。

2.2 样品气体的调节

准确测量燃煤烟气中汞的关键因素之一是获得具有代表性的样品,目前调节样品气体的方法包括:

(1) 湿化学系统。①使用最频繁的系统,获得了大量数据;②除去或还原样品气体中的氧化态汞,除去干扰气体,分析不同形态的汞;③长期、连续运行需要更多维护;④产生大量废液(每天可达 8 L);⑤测定燃烧含硫高和含氯的沥青煤中排放的汞时会出现一定的问题,主要原因是烟气中 SO_2 浓度高,产生的高浓度 SO_3 通过系统的湿化学部分时,形成气溶胶并沉积堵塞过滤器和样品管,捕获汞和改变汞的形态;⑥可与不同类型的汞分析仪结合。

(2) 热催化还原系统。①已获得有限的长期数据;②能够测量不同种类的汞;③催化剂还原样品气体中的氧化态汞为元素 Hg^0 ,测定 Hg^{T} ;④干吸附剂或湿化学系统除去样品气体中的氧化态汞,测定元素 Hg^0 ;⑤可配置除去样品气体中干扰物的湿化学系统,会产生少量废液(约每周 1 L);⑥特别值得注意的是高酸性气体条件下催化剂的使用寿命问题;⑦催化剂价格昂贵,并可能需要频繁再生或更换;⑧仍有证明热催化系统长期可靠性的必要;⑨检测汞最好使用冷蒸气原子吸收光谱法(CVAAS),而避免使用需除去干扰气体的冷蒸气原子荧光光谱法(CVAFS)。

(3) 稀释与热催化还原系统。①有待于获取更多数据;②方法较新;③在探头还原氧化态汞为元素 Hg^0 ,样品经稀释(典型的稀释比为 100:1)且降低干扰气体浓度后输送;④抽取烟气样品量少,催化剂中毒的可能性降低,使用时间延长;⑤可用少量的去离子水或干吸附剂从烟气中除去氧化态汞,达到测定不同形态汞的目的;⑥稀释样品气体中汞的浓度很低,必须使用高灵敏度的 CVAFS 分析仪;⑦当稀释后的烟气样品的露点温度高于系统使用地区的极端最低温度时,样品气体中的水分可能冷凝,干扰 Hg^{T} 的测定,此时输气管需要伴热;⑧调节系统可能只需要少量维护;⑨有待于识别干扰和不同烟气组分对测定的影响。

3 Hg STMS 与 Hg CEMS 的选择

3.1 欧洲

欧洲燃煤电厂排放的烟气经过多种处理技术净化后相对比较干净,因而使用 Hg CEMS 监测燃

煤电厂排放的汞。在德国,典型的发电厂配置了控制污染物排放的静电除尘器(ESP)、洗涤器、喷雾干燥器、碳吸附器、催化氧化器和布袋除尘器,烟气经处理后,其中的污染物如CO、SO_x、NO_x、HCl、NH₃、Cl₂和颗粒物等对测定汞的潜在干扰几乎均被消除。显然,测定未经处理的烟气中所有形态的汞,比测量消除了几乎所有干扰的气体中的元素Hg⁰难度更大。

3.2 美国

美国燃煤电厂排放的烟气多经静电除尘、湿法脱硫,烟气含湿量较高(温度约55℃,水分约占14%~16%),烟气环境条件比较恶劣。英国环境局与U.S. EPA发布的Hg CEMS技术标准相比,前者更严格,这在一定程度上也反映了烟气环境条件的差异。因此,美国选择采用Hg CEMS与Hg STMS连续监测燃煤电厂排放烟气中的Hg^T。

3.3 中国

我国还未开展Hg^T连续监测,燃煤烟气需经处理,但残留的污染物对测定Hg^T的干扰仍然存在,烟气环境条件比较差。因此,选择采用Hg CEMS与Hg STMS连续监测燃煤电厂排放烟气中的Hg^T较合适。

4 Hg STMS与Hg CEMS的比较和认证

4.1 认证技术指标

(1) Hg STMS^[5]。①相对准确度: RA ≤ 20% 或 |STMS - RM| ≤ 1 μg/m³ [RM(参比方法)测定Hg

≤ 5 μg/m³]; ②偏差检测: 同Hg CEMS; ③初始三水平干式流量计准确度: 每个校准系数(Y_i)与3个校准系数平均值(Y)的相对误差 ≤ 5%; ④初始干式流量计温度传感器准确度: 测量的绝对温度在参比传感器测量绝对温度的 ± 1.5% 之内; ⑤初始干式流量计气压计准确度: 测量的绝对压力在汞气压计读数的 ± 1.3 kPa 之内。

(2) Hg CEMS^[9]。①7天的校准误差: ≤ 5% F.S. 或 |CEMS - RV(参比值)| ≤ 1 μg/m³; ②线性误差(元素汞): ≤ 10% RV 或 |CEMS - RV| ≤ 0.8 μg/m³; ③三水平完整性(氧化态汞,适合配置有汞转换器的监测器): ≤ 10% RV 或 |CEMS - RV| ≤ 0.8 μg/m³; ④响应时间: ≤ 15 min; ⑤相对准确度: RA ≤ 20% 或 |CEMS - RM| ≤ 1 μg/m³ [RM(参比方法)测定Hg ≤ 5 μg/m³]; ⑥偏差检测: $\bar{d} \leq |cc|$ 或 $\bar{C}_{Hg} < 5 \mu\text{g}/\text{m}^3, E_{ac} = 1.250$ 。

4.2 比较和认证结果

部分Hg STMS与Hg CEMS的比较见表1。U.S. EPA环境技术认证(ETV)的检测现场为燃烧烟煤煤粉、静电除尘、烟气湿法脱硫的电厂烟道,测定汞并确定Hg STMS与Hg CEMS相对准确度(RA)的参比方法为OH法。Hg STMS认证技术指标见表2^[6-7], Hg CEMS认证技术指标见表3^[9-11]。Hg CEMS测定Hg^T的结果通常低于OH法,其主要原因是采样系统进口和输送样品气体过程损失了汞。

表1 部分Hg STMS与Hg CEMS的比较^①

Table 1 Comparison of a part of Hg STMS and Hg CEMS^①

生产/销售商(所在地)	产品型号	分析方法	预处理/转换	检出限ρ/(μg·m ⁻³)	测定汞的形态
Apex Instruments Inc.(美国)	XC-6000EPC	原子吸收/原子荧光	湿化学/热解析		Hg ^T
Environmental Supply Company (美国)	HG-324K	原子吸收/原子荧光	湿化学/热解析		Hg ^T
Durag HM(德国)	1400 TR	原子吸收	热催化	< 1	Hg ^T
Eco Chem Analytics(比利时)	Hg-MK II	原子吸收	热催化	分辨率0.1	Hg ^T
Envimetrics(美国)	Argus-Hg 1000	原子发射	热催化	0.03	Hg ^T
Nippon(日本)	DM-6	原子吸收	热催化	灵敏度0.1	Hg ^T
	DM-6A/MS-1A	原子吸收	湿化学/热催化		Hg ⁰ 、Hg ²⁺
	DM-6B	原子吸收	热催化		Hg ⁰ 、Hg ²⁺
	AM-2或AM-3	原子吸收	湿化学		Hg ^T
Ohio Lumex(美国)	RA-915+	原子吸收	热解析	环境空气2 ng/m ³	Hg ^T 、Hg ⁰
Opsis AB(瑞典)	Hg-200	原子吸收	稀释系统/热催化	0.05	Hg ^T 、Hg ⁰
PS Analytical(英国)	Sir Galahad	原子荧光	湿/干化学	0.01	Hg ^T 、Hg ⁰
Semtech Metallurgy AB(瑞典)	Hg 2010	塞曼/原子吸收	湿化学	0.3	Hg ^T

续表

生产/销售商(所在地)	产品型号	分析方法	预处理/转换	检出限 $\rho/(\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3})$	测定汞的形态
Sick UPA GmbH(德国)	MERCEM	原子吸收	湿化学	<0.5	Hg^{T}
	MERCEM 300Z	塞曼/原子吸收	热催化		$\text{Hg}^{\text{T}}、\text{Hg}^{\text{O}}$
ST2 Technologies(美国)	SM-3	原子吸收	热催化	<1	Hg^{T}
	SM-4	原子吸收	稀释系统/热催化	0.01	Hg^{T}
Tekran Inc.(美国)	3300	原子荧光	稀释系统/热催化	<0.05	$\text{Hg}^{\text{T}}、\text{Hg}^{\text{O}}$
Thermo Scientific(美国)	Mercury Freedom System	原子荧光	稀释系统/热催化	0.001(分析仪) 0.04~0.008(系统)	$\text{Hg}^{\text{T}}、\text{Hg}^{\text{O}}$

①Hg STMS 可根据估计的吸附剂采集的汞量选择原子吸收法或原子荧光法;除 XC-6000EPC 和 HG-324K 为 Hg STMS 外,其余均为 Hg CEMS。

表2 U.S. EPA 在燃煤电厂现场评估 Hg STMS 性能的结果

Table 2 The results of field evaluation of Hg STMS performances in the coal-fired power plant by U.S. EPA

检测指标	40 CFR 75 附录 K	满足标准(是或否)								
		检测日期								
		2006年7月10日—7月13日			2006年6月12日—7月15日					
		参比方法		XC-60 ^①		参比方法		HG-324K		
平均值 $\rho/(\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3})$	≤ 5	1.010	1.170	1.132	0.821	1.004	1.064			
			(未校回收率)	(校准回收率)		(未校回收率)	(校准回收率)			
平均值差值 $\rho/(\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3})$	≤ 1		0.160(是)	0.122(是)		0.183(是)	0.243(是)			

①XC-6000 为 XC-60 的改进型。

表3 U.S. EPA 在燃煤电厂现场评估 Hg CEMS 性能的结果^①Table 3 The results of field evaluation of Hg CEMS performances in the coal-fired power plant by U.S. EPA^①

检测指标	满足标准(是或否)											
	检测日期											
	2004年11月—2005年1月				2005年3月—2005年9月				2006年6月12日—7月25日			
	Therom	Tekran	Horiba/Nippon	Forney	Durag	Opsis	Tekran	Therom	Therom	Tekran		
	DM-6D											
7天校准误差	零点	是	是	是	否	是	是	是	否	是	否	
	上标										是	
线性误差(测量误差)		是	是	否	否	否	否	是 ^②	否	是	是	
系统完整性		是	是	是	否	否	是 ^③	是 ^②	否			
响应时间		是	是	否	否	是	是	是	是	是	是	
准确度	参比方法	3.5				2.00(2.03)				1.008	0.815	1.011
(Hg^{T} 测定值)	Hg CEMS	2.52	2.97	1.9	2.2	2.63	(1.55)	1.74	1.16	1.090	0.923	0.805
$\rho/(\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3})$	差值	1.0	0.5	1.6	1.3	-0.63	(0.48)	0.3	0.84	-0.082	-0.108	0.206
		是	是	否	否	是	是	是	是	是	是	是

①Hg CEMS 的量程为 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$; ②第一回满足; ③第二回满足。

5 结语

最佳的监测系统是能精确、可靠地测量排放源排放的汞所必需器件的结合^[12-13],目前还不存在一种仪器或测量技术即能最好地应用于所有工作。测量汞所必需的器件包括:

(1) Hg STMS。①烟气流量监测系统,准确测量烟气流量,保持测量探头清洁;②样品采集,综合

的样品探头,保证采样期间吸附管与探头插孔的密封性,以及吸附管温度始终高于烟气温度;③采样流量控制系统,控制烟气流量与采样流量,实现等比例采样或恒流采样,准确计量采样流量及长期可靠运行;④汞分析仪,灵敏,稳定性好;⑤加标回收系统,简易,适宜加标回收检查,加标元素 Hg^{O} 到吸附剂中;⑥审核系统的标准件,齐全,量质传递溯源

国家标准, 计量鉴定合格。

(2) Hg CEMS。①除去颗粒物的系统, 在颗粒物可能与样品气体接触前连续地除去颗粒物; ②样品输送, 综合的样品探头; ③样品调节系统, 提供清洁、干燥的样品到汞分析仪; ④汞分析仪, 灵敏, 稳定性好; ⑤加标/校准系统, 简易, 更适宜自动校准检查, 至少在探头加标元素 Hg^0 , 在探头动态加标元素 Hg^0 进入烟气基体。

基于以上分析, 只有选择 Hg CEMS 与 Hg STMS两种测量技术, 才能保证连续测定燃煤烟气排放 Hg^T 的试点成功, 为在“十二五”期间开展汞连续自动监测和推动产业发展提供保障。

[参考文献]

- [1] 易江, 梁永, 李虹杰. 固定源排放废气连续自动监测 [M]. 2版. 北京: 中国标准出版社, 2010: 341 - 342.
- [2] American Society for Testing and Materials. ASTM D 6784 - 02, Standard test method for elemental, Oxidized, Particle-bound and total mercury in flue gas generated from coal-fired stationary sources (Ontario Hydro Method) [S]. West Conshohocken, PA: American Society for Testing and Materials, 2002.
- [3] U. S. EPA. Method 324, Determination of vapor phase mercury emissions from stationary sources using dry sorbent trap sampling (Appendix K to 40 CFR Part 75 and 40 CFR Part 63, Appendix A: Method 324) [S]. Washington D. C.: U. S. EPA, 2004.
- [4] U. S. EPA. Method 30B, Determination of total vapor phase mercury emissions from coal-fired combustion sources using carbon sorbent traps (40 CFR Part 60 Appendix A) [S]. Washington D. C.: U. S. EPA, 2007.
- [5] U. S. EPA. Appendix K to Part 75, Quality assurance and operating procedures for sorbent trap monitoring systems (40 CFR Part 75 Appendix K) [S]. Washington D. C.: U. S. EPA, 2005.
- [6] U. S. EPA. Environmental Technology Verification Report, Apex instruments sorbent—Based mercury sampling system [R]. Washington D. C.: U. S. EPA, 2007.
- [7] U. S. EPA. Environmental Technology Verification Report, Environmental supply company HG-324K sorbent—Based mercury sampling system [R]. Washington D. C.: U. S. EPA, 2007.
- [8] U. S. EPA. Long-term field evaluation of mercury (Hg) continuous emission monitoring systems: Coal-fired power plant burning eastern bituminous coal and equipped with selective catalytic reduction (SCR) , electrostatic precipitator (ESP) , and wet scrubber: Field activities from November 2004 to September 2005 final report Volume 1 (of 3) —Text [R]. Washington D. C.: U. S. EPA, 2006.
- [9] U. S. EPA. Performance Specification 12A, Specifications and test procedures for total vapor phase mercury continuous emission monitoring systems in stationary sources (40 CFR Part 60 Appendix B) [S]. Washington D. C.: U. S. EPA, 2005.
- [10] U. S. EPA. Environmental Technology Verification Report, Thermo scientific mercury freedom system [R]. Washington D. C.: U. S. EPA, 2007.
- [11] U. S. EPA. Environmental Technology Verification Report, Tekran instruments corporation series 3300 mercury continuous emissions monitoring system [R]. Washington D. C.: U. S. EPA, 2007.
- [12] 易江. 连续排放监测系统性能检验 第二部分 EPA 检验方法 [J]. 环境监测管理与技术, 2000, 12(5): 44 - 47.
- [13] 郑海明. 固定污染源烟气中汞排放连续监测系统 [J]. 环境监测管理与技术, 2009, 21(1): 8 - 12.

• 简讯 •

2030 年全球 CO₂ 排放将达到顶峰

人民网消息 埃克森美孚公司上周表示, 来自能源消耗的 CO₂ 排放量将持续增长, 但到 2030 年, 当天然气这类比较清洁的燃料取代煤炭后, 此类碳排放量将趋于稳定。

这一预测是埃克森美孚公司直跨 2040 年的年度全球经济前景报告的一部分。报告称, 全球能源总需求在未来 30 年将上升 30%, 而其中 80% 的能量来自石油、天然气和煤炭等化石燃料。而从现在到 2040 年期间的燃料需求增长中, 超过 90% 将来自中国和其他发展中国家。

该公司表示, 被大众归咎为造成气候变化的 CO₂ 排在北美、欧洲和其他发达经济体已经开始下降, 而作为世界最大的排放国之一的中国预计最终会走上同样的道路。

“预计自 2025 年后中国的排放量将开始下降, 结束几十年来随着快速增长的经济和工业活动出现的 [排放] 较快增长的局面。”埃克森美孚公司说。

电力需求将是世界能源消费的主要增长动力, 将在 2010 年的水平上增长 80%, 而商业运输也将推动液体燃料消耗的增加, 埃克森美孚说。

然而伴随燃油效率的急剧提升, 私家车对能源的需求将得到遏制。这一预测的基础是混合动力汽车的市场份额将从目前的 1% 左右涨到 2040 年的 40%。

摘自 www.jshb.gov.cn 2011-12-14