

基于实测的燃煤电厂烟气中汞排放水平浅析

俞美香¹, 蔡同锋², 宗叶平², 赵士彬²

(1. 江苏省环境监测中心, 江苏 南京 210019; 2. 江苏省苏协环境技术研究院, 江苏 南京 210019)

摘要: 简述汞污染和控制问题成为环境问题的新热点和前沿研究领域, 介绍中国燃煤电厂烟气汞监测试点的基本情况。分析江苏省7家燃煤电厂煤中汞及烟气中汞排放水平, 提出利用现有的除尘、脱硫、脱硝设施, 能满足《火电厂大气污染物排放标准》中汞的排放限值要求。

关键词: 燃煤电厂; 煤; 烟气; 汞含量

中图分类号: X51

文献标识码: B

文章编号: 1674-6732(2013)-05-0047-03

Analysis on Mercury Emission Levels from Coal-fired Power Plants Based on Actual Measurement

YU Mei-xiang¹, CAI Tong-feng², ZONG Ye-ping², ZHAO Shi-bin²

(1. Jiangsu Provincial Environmental Monitoring Center, Nanjing, Jiangsu 210019, China; 2. Jiangsu Suxie Institute of Environmental Technology, Nanjing, Jiangsu 210019, China)

ABSTRACT: It reviews that mercury pollution and control is the new hotspot and the research of global environmental issues. The basic situation about mercury monitoring from the flue gas of coal-fired power plant in China is introduced. We analyzed the mercury level in coal and from emissions of flue gas of Jiangsu coal-fired power plant. The facilities of dust collection, desulfuration and denitrification are necessary to satisfy the mercury emission limits of the standard of atmospheric pollutant emission of the coal-fired power plant.

KEY WORDS: coal-fired power plant; coal; flue-gas; mercury

汞在环境中是一种痕量重金属污染物, 它进入生物体后很难被排出, 产生极强的生物毒性, 影响人类的健康。汞已经成为继温室气体和持久性有机物后又一引人关注的全球性化学污染物, 汞污染和控制问题成为目前全球环境问题的新热点和前沿研究领域。

据联合国环境规划署资料, 2005年全球人为汞排放为1903 t, 其中40%来自中国。人为汞排放主要源于燃煤, 在中国达到70%以上, 其中燃煤电厂汞占大气汞排放总量的33.6%, 居行业首位。因此, 燃煤是中国大气汞排放的最重要来源, 及时开展燃煤电厂大气汞排放控制对缓解国际汞减排压力和改善国内大气环境都至关重要。当前中国政府高度重视汞污染防治工作, 国家环境保护部联合五大电力集团, 启动了燃煤电厂大气汞污染控制试点工作。

1 燃煤电厂烟气中汞监测

1.1 中国燃煤电厂烟气汞监测工作进展

2011年以来, 环保部在北京市、天津市、上海

市、重庆市、云南省、贵州省、福建省、浙江省、河北省、山西省、河南省、内蒙古自治区环境保护厅(局), 华能、国电、神华集团公司, 中国大唐、华电、中电投集团组织开展了燃煤电厂大气汞排放监测试点工作, 为汞污染防治提供了基础数据。按照《关于继续开展燃煤电厂大气汞排放监测试点工作的通知》(环办[2012]28号)的要求, 目前该项试点工作已进入总结阶段。

1.2 江苏省燃煤电厂煤中汞及烟气中汞排放实测

江苏省现有装机容量30万kW以上燃煤电厂共42家, 其中涵盖了单台机组50 MW、135 MW、220 MW、330 MW、600 MW、1000 MW等几种常规的机组, 包含了2000年以前投产的老机组和最近新投产的新机组。这些电厂分属于国家五大电力

收稿日期: 2013-02-27; 修订日期: 2013-07-08

基金项目: 江苏省环境监测科研基金(1121)。

作者简介: 俞美香(1966—), 女, 研究员级高工, 本科, 从事环境监测技术与管理工作。

集团和江苏国信集团。为探索和研究江苏省燃煤电厂烟气中汞排放水平状况,为燃煤电厂烟气汞控制提供可靠资料,本研究选择有代表性的 7 家燃煤电厂进行现场实测,依据实测数据,分析江苏省燃煤电厂烟气中汞排放水平。

1.2.1 测试及分析方法

采样点设在各电厂脱硫出口,测量数据代表受除尘、脱硫、脱硝装置控制后排入大气的汞排放浓度,同时采集电厂煤样,分析煤中含汞量。

烟气中汞的监测采用美国 EPA30B 方法,测试原理:将烟气抽取到活性炭吸附管中,所采集的样品通过热解析处理后,用冷原子荧光分光光度计进行测定。EPA 30B 属于干法,不需要繁琐的化学处理步骤,简单易操作,活性炭吸附管对汞具有很高的捕集率。该法能够测定烟气中气态总汞的浓度。测定范围为 0.1 ~ 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。该方法适用于颗粒物浓度相对较低的测试点位。

1.2.2 实测的燃煤电厂煤中汞及烟气中汞排放数据

选择研究的 7 家电厂煤中汞含量监测结果及烟气中汞排放监测结果详见表 1。

表 1 江苏省 7 家燃煤电厂煤中及烟气中汞监测结果

电厂名称	煤中含汞量/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	烟气中汞含量/ ($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)	机组规模	备注
A 电厂	0.206	3.04	1 000 MW 新机组	除尘、脱硫、脱硝设施均有。
B 电厂	0.104	0.25	300 MW 循环硫化床	/
C 电厂	0.130	1.93	220 MW 老机组	有除尘、脱硫设施。
D 电厂	0.054	5.12	1 000 MW 新机组	有除尘、脱硫设施。
E 电厂	0.272	14.7	3 台 220 t/h 相当于 50 MW	有除尘、脱硫设施。
F 电厂	0.064	5.15	300 MW 生物脱硫	有除尘、脱硫设施。
G 电厂	0.112	1.12	600 MW 新机组	除尘、脱硫、脱硝设施均有。
范围	0.054 ~ 0.272	0.25 ~ 14.7		

2 煤中汞含量及烟气中汞排放水平分析

2.1 煤中汞含量水平

结果表明,江苏省 7 家燃煤电厂煤中汞含量在 0.054 ~ 0.272 mg/kg 。据统计:世界范围内煤中汞

含量在 0.012 ~ 33 mg/kg ,平均 0.13 mg/kg 。中国煤中汞平均为 0.22 mg/kg ^[1,2]。可见,7 家电厂中 E 电厂煤中汞含量为 0.272 mg/kg ,高于煤中汞的平均值(0.22 mg/kg),其余 6 家电厂煤中汞含量均低于中国煤中汞平均水平。7 家电厂中有 5 家电厂煤中汞含量等于或低于世界煤中汞平均水平,仅有 2 家电厂煤中汞含量高于世界煤中汞平均水平。

2.2 烟气中汞排放水平分析

2.2.1 与国外比较

由表 2 可以看出,江苏省 7 家电厂中 E 电厂的汞排放浓度最大为 14.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,B 电厂的汞排放浓度最小为 0.25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

MEIJI 在荷兰燃煤电厂进行的烟气中汞浓度测试结果在 0.3 ~ 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之间,平均浓度为 4.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;美国伊利诺斯州 Springfield 市 20 个燃煤电厂的汞排放浓度为 0.5 ~ 6.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,平均汞排放浓度为 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;美国第一能源公司所属的 BMP 电厂的汞排放浓度是 2.85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ^[3,4]。与发达国家相比,江苏 E 电厂的汞排放浓度是荷兰燃煤电厂平均排放浓度的 3.59 倍,是美国伊利诺斯州 Springfield 市的 2.45 倍,是美国 BMP 电厂排放浓度的 5.16 倍;其余 6 家电厂中有 3 家汞排放浓度比发达国家低,3 家与发达国家的排放浓度相近。

2.2.2 与国内其他省份及新标准限值比较

江苏省 7 家燃煤电厂烟气中汞排放浓度在 0.25 ~ 14.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,重庆监测试点部分燃煤电厂烟气中汞排放浓度在 6.65 ~ 10.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,河北监测试点部分燃煤电厂烟气中汞排放浓度在 3.71 ~ 7.32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,天津监测试点部分燃煤电厂烟气中汞排放浓度在 2.05 ~ 9.92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。可见,重庆、河北、天津 3 个省市燃煤电厂烟气中汞排放浓度范围在 2.05 ~ 10.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 内,均涵盖在江苏燃煤电厂烟气中汞排放浓度 0.25 ~ 14.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 范围内。

监测结果表明,江苏、重庆、河北、天津 4 个省市的燃煤电厂烟气中汞排放浓度均在 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下,远低于《火电厂大气污染物排放标准》GB 13223—2011 汞及其化合物标准限值 0.03 mg/m^3 (30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)。这主要得益于上述 4 个省市的燃煤电厂现有的除尘设施、脱硫设施甚至脱硝设施的正常运行,对脱除烟气中的汞起了较大的作用。

2.3 汞的脱除率分析

表2 江苏省部分燃煤电厂现场监测数据及汞排放特性

企业名称	燃煤量/ (t·h ⁻¹)	装机容量/ MW	发电 负荷/ MW	烟气量/ (m ³ ·h ⁻¹)	煤中 含汞量/ (mg·t ⁻¹)	烟气中汞 排放浓度/ (μg·m ⁻³)	排放 速率/ (mg·h ⁻¹)	吨煤汞 排放量/ (mg·t ⁻¹)	吨煤汞 脱除量/ (mg·t ⁻¹)	汞脱除 效率/ %
A	402	1 000	976	3 121 471	206	3.04	9 489.3	23.61	182.39	88.5
B	82	300	195	658 468	104	0.25	164.6	2.007	101.99	98.1
C	126	300	276	931 987	130	1.93	1 798.7	14.28	115.72	89.0
D	361	1 000	890	2 919 723	54	5.12	1 494.9	4.141	49.859	92.3
E	44	150	106	358 024	272	14.7	5 263.0	119.6	152.4	56.0
F	81	300	190	644 010	64	5.15	3.317	0.041	63.959	99.9
G	179	600	444	1 482 501	112	1.12	1 660.4	9.276 0	102.724	91.7

监测结果表明:江苏省7家燃煤电厂汞的脱除率为56.0%~99.9%,说明燃煤电厂的电除尘器和湿法脱硫系统、脱硝系统可以较好地脱除烟气中的汞。

2005年3月15日美国EPA颁布了汞排放控制标准,2011年7月29日中国发布《火电厂大气污染物排放标准》首次对烟气中汞的排放提出了限值要求。美国New Jersey、Massachusetts、Connecticut州政府要求境内燃煤电厂在2008年汞的脱除率达到85%,Illinois州政府要求燃煤电厂在2009年汞的脱除率达到90%。图1列出了江苏省7家燃煤电厂与美国2个州汞脱除率比较。

由图1可以看出,江苏省仅1家电厂汞的脱除率低于美国2个州,其余6家电厂汞的脱除率均达到85%以上,其中4家达到了90%以上。由此可见,国内燃煤电厂通过电除尘、脱硫设施甚至脱硝设施,汞的脱除率水平与美国差距较小。

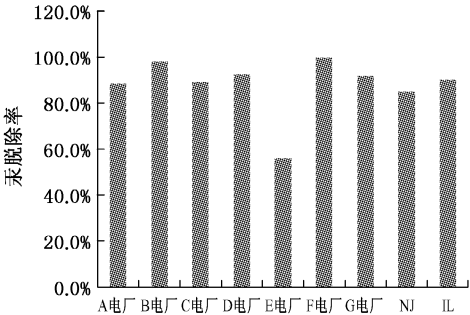


图1 江苏省7个燃煤电厂和美国2个州的燃煤电厂汞的脱除率比较

注:图中NJ、IL分别是New Jersey、Illinois的缩写

3 结论

(1) 江苏省7家燃煤电厂煤中汞含量在0.054~0.272 mg/kg,其中1家电厂煤中汞含量高于国内煤中汞的平均值,其余6家电厂煤中汞含量均低于国内煤中汞平均水平。

(2) 江苏省7家燃煤电厂烟气中汞排放浓度在0.25~14.7 μg/m³,与国外发达国家相比,其中1家电厂汞排放浓度远远高于荷兰、美国电厂的;3家电厂汞排放浓度均低于荷兰、美国电厂的,3家与发达国家的排放浓度相近。与国内3个省市比较,重庆、河北、天津3个省市燃煤电厂烟气中汞排放浓度范围在2.05~10.4 μg/m³内,均涵盖在江苏燃煤电厂烟气中汞排放浓度0.25~14.7 μg/m³范围内,汞排放浓度最小值和最大值均在江苏。

(3) 江苏省7家燃煤电厂汞的脱除率为56.0%~99.9%,仅1家电厂汞的脱除率低于美国2个州的,其余6家电厂汞的脱除率均达到85%以上,其中4家达到了90%以上。由此可见,江苏省燃煤电厂通过电除尘、脱硫设施甚至脱硝设施,烟气中汞的脱除率水平与美国差距较小。

[参考文献]

[1] 王杨. 燃煤电厂汞排放监测和控制研究现状[J]. 电力科技与环保,2012,28(3):17-19.
[2] 郭欣,郑楚光,贾小红,等. 300MW 煤粉锅炉烟气中汞形态分析的实验研究[J]. 中国电机工程学报,2004,24(6):185-188.
[3] MEJI R. The fate of mercury in coal-fired power plants and the influence of wet flue-gas desulphurization[J]. Water, Air, and Soil Pollution,1991,56:21-33.
[4] 王圣,王慧敏,朱法华,等. 基于实测的燃煤电厂汞排放特性分析与研究[J]. 环境科学,2011,32(1):33-37.