

南京燃煤电厂烟气中汞的排放调查

谢馨¹, 尹卫萍²

(1. 南京市环境监测中心站, 江苏 南京 210013; 2. 江苏省环境监测中心, 江苏 南京 210036)

摘要:对南京市8家国控污染源13台(套)燃煤锅炉进行监测,结果表明,燃煤电厂烟气中汞主要以气相部分汞形态存在,其排放值均达标,为0.16~15.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,均远低于标准限值;煤质中汞含量与电厂烟气中汞浓度变化曲线的趋势是大致相似,相关系数为0.91;燃煤电厂机组容量、发电负荷越大,汞平均排放因子呈变小趋势;静电除尘器、湿法脱硫和选择性催化还原法的净化配置对汞的脱除效率最高,达到95.4%。

关键词:燃煤电厂;锅炉;汞;南京

中图分类号:X831

文献标识码:B

文章编号:1674-6732(2014)05-0047-03

Nanjing Thermal Power Plant Boiler Flue Gas Mercury Emissions in the Survey

XIE Xin¹, YIN Wei-ping²

(1. Nanjing Environmental Monitoring Center, Nanjing, Jiangsu 210013, China; 2. Jiangsu Environmental Monitoring Center, Nanjing, Jiangsu 210036, China)

Abstract: As Pollution sources 13 set of coal boilers in Nanjing were monitored, the results showed that mercury was mainly in gas phase in the coal-fired power plant flue gas, the emission concentration was 0.16 ~ 15.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, and was far lower than the standard limit; Curves trend of mercury content in coal and power plant flue gas were roughly similar, the correlation coefficient is 0.91, the coal-fired power plant unit capacity, power load inversely affected the average mercury emission factors; Electrostatic precipitator, wet desulfurization and purification with selective catalytic reduction process configuration greatly contributed to removal efficiency of mercury, up to 95.4%.

Key words: Coal-fired power plants; Mercury; Emissions; Nanjing

汞是环境中一种生物毒性极强的重金属污染物,可通过水、空气、食物等途径进入人体,对其脑部、脊髓、肾脏和肝脏造成伤害。研究表明,80%的汞以蒸气的形式排向大气,主要源于化石燃料燃烧^[1]。

现阶段我国燃煤电厂烟气汞控制存在科研基础薄弱、控制技术无法产业化、工程化等种种问题。对燃煤电厂汞排放的研究主要还在实验室数据为基础或是采用国外的汞排放因子,国内基于现场测试的燃煤电厂汞排放资料还非常少。而国外对燃煤锅炉烟气中汞的研究已经取得了一些进展,美国国家能源部和国家能源技术实验室联合美国电力科学研究院对各州1043个燃煤电厂进行测量,获得了大量关于燃煤电厂汞排放的基础数据。

现对南京市8家国控污染源13台(套)燃煤锅炉进行监测,以明确电厂汞的排放量,为燃煤电

厂汞控制技术提供可靠基础数据支持。

1 研究方法

1.1 污染源遴选

从煤中汞的转化机理可见,锅炉烟气中汞含量,除了与煤质汞含量有关外,和锅炉类型、燃烧工况以及净化设施关系也十分密切。通过分析南京燃煤锅炉不同污染源类型,以南京市市管国控企业燃煤锅炉为监测对象,主要的监测项目为烟气中汞(气态和固态)、煤质中汞、烟气流量、烟温、氧含量和相关的烟气参数。典型污染源基本信息见表1。

1.2 测试方法

收稿日期:2014-03-18;修订日期:2014-06-28

作者简介:谢馨(1982—),女,工程师,本科,从事环境监测工作。

表1 典型污染源基本信息

污染源	锅炉型号	净化器装置
1#	UG-35/3832/M7(35t/h)	水膜除尘、氨液脱硫
2#	UG-35/3832/M7(35t/h)	水膜除尘、氨液脱硫
3#	HG 220/100-YM 10	静电除尘器、湿法脱硫
4#	pryoflow(220 t/h)	静电除尘器、循环流化床
5#	SG-220/9.8-MQ 666	静电除尘器、循环流化床
6#	SG-220/9.8-MQ 666	
7#	SG-1036/17.5-M 871	静电除尘器、石灰石湿法脱硫
8#	SG-1036/17.5-M 871	
9#	HG 220/100-10	静电除尘器、氨液脱硫
10#	HG 220/100-10	
11#	SG 220/9.8	静电除尘器、石灰石湿法脱硫
12#	HG-1965/25.4-YM 5	静电除尘器、湿法脱硫和选择性催化还原法
13#	HG-2030/26.15-YM3	静电除尘器、湿法脱硫和选择性催化还原法

仪器为应用3012(H)型烟气(尘)采样器和应用3072烟气采样器(青岛崂山应用研究所)。通过动压平衡等速采样,将固态汞从固定污染源中抽取到石英滤筒收集尘粒,过滤其中的固体颗粒,从而实现烟气的气固分离。采样枪为不锈钢采样管,内壁喷涂聚氟氯乙烯。导管为硅橡胶管,并对取样枪至采样瓶导管进行加热,以保持烟气温度的在120℃左右。锅炉后的烟气将通过采样瓶,以吸收气态汞。

煤样采集在输煤皮带上的采煤样机完成,选取一块较干净的水泥地面,将煤倒出,依次从上到下形成圆锥体。将其压平成厚度适当的扁平体。在其上方划十字,形成4个相等的扇形,保留其中的2个相对的扇形体。按上述方法进行下一步的缩分,最后缩分至约2.5 kg。装入袋中密封,贴上标签,送至实验室。

采用原子荧光光度计AFS-3100型(北京科创海光仪器有限公司)。所采集样品用混合酸消

解处理,在酸性介质中,加热消解使样品溶液中的汞以二价汞的形式存在,再被硼氢化钾还原成单质汞,形成汞蒸气,被引入原子荧光分光光度计进行测定^[2]。根据文献[3],空白值<0.005 μg汞,每批次测定不少于10%的实验室平行样和加标样。

2 结果与分析

2.1 烟气中汞的分布形态

对南京市8家国控污染源13台(套)燃煤锅炉进行监测,共获取监测数据762个,现场质控数据达到11%,合格率100%。监测数据汇总见表2。

燃煤电厂烟气中汞主要以气相部分汞形态存在,所占比重在72.4%~100%,见表3。

2.2 烟气中汞的达标状况

根据文献[4],南京市8家电厂13台(套)锅炉排放废气中汞的排放值均达标,实际值为0.16~15.9 μg/m³,均远低于标准限值。

表2 监测数据汇总

污染源	ω (煤中汞)/(mg·kg ⁻¹)	ρ (排放)/(μg·m ⁻³)	Q (烟气中汞)/(g·h ⁻¹)	Q (脱除汞)/(g·h ⁻¹)	脱除效率/%
1#	0.42	9.37	0.48	1.6	77.1
2#	0.42	15.9	1.46	0.6	30.5
3#	0.26	4.57	2.03	7.1	77.7
4#	0.26	0.82	0.22	5.5	96.2
5#	0.20	1.18	0.40	3.6	90.0
6#	0.20	0.16	0.06	3.9	98.5
7#	0.23	1.57	1.79	24.7	93.2
8#	0.23	2.13	2.44	24.0	90.8
9#	0.33	3.84	1.43	9.5	86.9
10#	0.33	7.12	1.92	10.0	83.8
11#	0.21	0.36	0.13	4.9	97.4
12#	0.25	1.50	2.76	49.2	94.7
13#	0.22	0.83	1.95	48.7	96.1

表3 烟气中汞的分布特征

污染源	气态汞比重/%	固态汞比重/%
1#	93.6	6.4
2#	97.5	2.5
3#	99.6	0.4
4#	100	
5#	96.5	3.5
6#	81.1	18.9
7#	94.4	5.6
8#	91.0	9.0
9#	99.6	0.4
10#	99.2	0.8
11#	81.7	18.3
12#	92.9	7.1
13#	72.4	27.6
均值	92.3	7.7

2.3 影响因素

2.3.1 煤质中汞含量

目前南京电厂主要的煤种是烟煤,主要煤产地集中在安徽、山西和内蒙古。而目前我国主要产煤的省份煤炭的汞含量相差很大,内蒙古为 0.06 ~ 1.07 mg/kg,山西为 0.02 ~ 1.95 mg/kg,而安徽为 0.14 ~ 0.33 mg/kg。南京市 13 台(套)的锅炉入炉煤的汞为 0.20 ~ 0.42 mg/kg,平均值 0.27 mg/kg,略高于全国煤炭中平均值 0.22 mg/kg,煤质中汞与烟气中汞质量浓度比较见图 1。

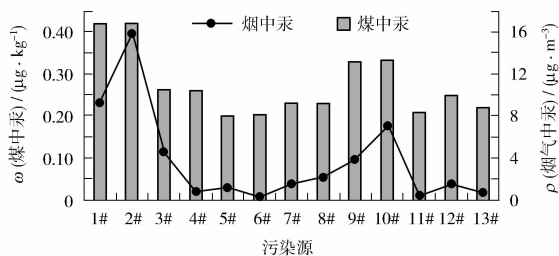


图1 煤质中汞与烟气中汞质量浓度比较

由图 1 可见,煤质中汞与烟气中汞变化趋势大致相似,通过计算,得到相关系数为 0.91,说明煤中的汞含量直接影响烟气中汞的浓度,大部分汞已被烟气净化过程中协同脱除。

2.3.2 锅炉负荷

监测结果表明,锅炉蒸发量 < 220 t/h 锅炉汞平均排放因子为 1.37×10^{-8} ~ 4.17×10^{-8} ,均值为 2.77×10^{-8} ;锅炉蒸发量为 220 ~ 1 000 t/h 锅炉汞平均排放因子为 0.06×10^{-8} ~ 0.46×10^{-8} ,均

值为 0.23×10^{-8} ;锅炉蒸发量 > 1 000 t/h 锅炉的汞平均排放因子为 0.10×10^{-8} ~ 0.24×10^{-8} ,均值为 0.16×10^{-8} ;装机容量、运行负荷越大,汞平均排放因子呈变小趋势。

2.3.3 净化装置

利用常规的烟气污染控制设施进行一体化汞脱除,根据汞的形态、煤质分析、飞灰特性、污染控制设施的配置及其他因素,汞脱除效率可以达到 95% 以上,效果明显。这点与美国国家能源技术实验室和美国环保署实验结果吻合^[5],静电除尘器、湿法脱硫和选择性催化还原法的净化配置对汞的脱除效率最高,达到 95.4%。净化装置组合与脱汞效率比较见表 4。

表4 净化装置组合与脱汞效率比较

序号	净化设施	脱汞效率/%
1	水膜除尘、氨液脱硫	30.5 ~ 77.1
2	静电除尘器、氨法脱硫	83.8 ~ 86.9
3	静电除尘器、湿法脱硫	77.7 ~ 97.4
4	静电除尘器、循环流化床	90 ~ 98.5
5	静电除尘器、湿法脱硫和选择性催化还原法	94.7 ~ 96.1

3 结论

(1)燃煤电厂烟气中汞主要以气相部分汞形态存在,占比为 72.4% ~ 100%,平均为 92.3%。根据文献[5],8 家电厂 13 台(套)燃煤锅炉排放烟气中汞的排放值均达标,实际值为 0.16 ~ 15.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,均远低于标准限值;(2)煤质中汞含量的变化曲线与电厂烟气中汞浓度变化曲线的趋势是大致相似的,相关系数为 0.91。燃煤电厂机组容量、发电负荷越大,汞平均排放因子呈变小趋势;(3)静电除尘器、湿法脱硫和选择性催化还原法的净化配置对汞的脱除效率最高,达到 95.4%。

[参考文献]

- [1] 吴昊,邱建荣,王泉海,等. 煤中汞在燃煤电站中的形态转化[J]. 电力环境保护,2003,19(1): 29 - 31.
- [2] 国家环境保护总局. HJ/T 397 - 2007 固定源废气监测技术规范[S]. 北京:中国环境科学出版社,2008.
- [3] 国家环境保护总局. HJ/T 373 - 2007 固定源废气监测质量保证与质量控制监测技术规范[S]. 北京:中国环境科学出版社,2008.
- [4] 国家环境保护部. GB 13223 - 2011 火电厂大气污染物排放标准[S]. 北京:中国环境科学出版社,2011.
- [5] 刘昕,蒋勇. 美国燃煤火力发电厂汞控制技术的发展及现状[J]. 高科技与产业化,2009(3): 92 - 95.