

燃煤电厂在线监测系统颗粒物浓度排放系数影响因素的探讨

邓继

(上海市环境监测中心, 上海 200030)

摘要: 选取上海市 7 家未安装气-气换热器的国控燃煤电厂作为研究对象, 从煤质、除尘器、脱硫协同脱除作用以及锅炉工况负荷等方面探讨对颗粒物浓度排放系数 K 值产生的影响, 得出上述因素通过改变脱硫进口颗粒物浓度值影响 K 值, 当脱硫进口颗粒物浓度较低、波动范围较小时, 其 K 值也维持相对稳定的状态; 当脱硫进口颗粒物浓度较高、波动范围较大时, 其 K 值也会发生较大的变化等结论。

关键词: 燃煤电厂; 固定污染源烟气在线监测系统; 颗粒物浓度排放系数; 脱硫系统

中图分类号: X851 文献标识码: B 文章编号: 1006-2009(2014)01-0066-05

Discussion on Affecting Factors of Particle Matter Emission Concentration Coefficient of Continuous Emission Monitoring System in Coal-fired Power Plants

DENG Ji

(Shanghai Environmental Monitoring Center, Shanghai 200030, China)

Abstract: Seven coal-fired power plants without GGH in Shanghai were selected as the research objects. The change of particle matter emission concentration coefficient K of CEMS was studied and the impact of coal, dust remover, simultaneous removal effect of desulfurization and load conditions on the value of coefficient K was discussed in this paper. The paper found that the above-mentioned factors impact the coefficient K by changing the import concentration of particulate matter. When the import concentration of PM is low and the fluctuation range is small, the coefficient K also maintains a relatively stable state. While the import concentration of PM is high and the fluctuation range is large, the coefficient K will make a major change.

Key words: Coal-fired power plant; Continuous emission monitoring system; Particle matter emission concentration coefficient; Desulfurization system

目前, 上海市已安装通过验收, 并进入日常运营管理的固定污染源烟气在线监测系统(Continuous Emission Monitoring System, 简称 CEMS) 有 200 余套。作为监控企业排污状况的“眼睛”, CEMS 在实际管理应用中有着不可替代的作用^[1]。其中颗粒物 CEMS 的监测方法主要有对穿法、光散射法、动态光散射法、静电感应法。由于各种方法的原理不同、发展历史不同、特点不同, 其使用条件也各不相同。颗粒物 CEMS 监测存在测量动态范围大, 测量范围与现场条件相关, 现场条件恶劣时对仪器安装工艺有更高要求等特性^[2]。

上海市共有燃煤电厂 19 家, 机组 40 台(包括

新建机组), 总装机容量 16 321 MW, 除 1 780 MW 小机组外, 其余机组均安装了高效脱硫设施。其中仅有外高桥电厂、宝钢电厂、金山石化电厂 8 套脱硫设施安装了气-气换热器(GGH), 装机容量 2 125 MW, 占所有脱硫设施的 15%。对于未安装 GGH 的脱硫烟道出口由于水分的干扰, 颗粒物 CEMS 无法准确测定其浓度, 其出口颗粒物在线浓

收稿日期: 2013-09-26; 修订日期: 2013-12-25

基金项目: 环境保护部环保公益性行业科研专项基金资助项目(201209050)

作者简介: 邓继(1984—), 男, 湖北荆门人, 工程师, 硕士, 从事污染源烟尘、烟气监测工作。

度是通过进口在线浓度与颗粒物浓度排放系数(K 值)运算得到。上海市环境监测中心在对未安装 GGH 的国控污染源进行监督、比对监测过程中发现,出口换算所得的颗粒物浓度与参比方法所得的颗粒物浓度值相差较大,这与影响 K 值的众多因素有着密切的关系^[3]。

1 K 值的测定及影响因素

鉴于上述原因,颗粒物 CEMS 可安装在脱硫装置前的管段中,通过参比方法同步测定湿法脱硫装

置进、出口的颗粒物排放量计算出 K 值,进而固定用来换算出口颗粒物排放浓度^[1]。但是 K 值不是固定不变的,电厂使用的煤质、除尘器的运行状态以及工况负荷都会影响 K 值。

选取上海市 7 家未安装 GGH 的国控燃煤电厂作为研究对象,涵盖了 8 万 kW、30 万 kW、60 万 kW、90 万 kW 和 100 万 kW 的机组共 16 台,于 2010 年 1 月—2011 年 6 月监督、比对监测得到该 16 台机组的 K 值及验收颗粒物 CEMS 时采用的 K 值(验收 K 值),见表 1。

表 1 7 家国控燃煤电厂 K 值汇总

Table 1 Summary of coefficient K of 7 national-control power plants

企业编号	机组编号	验收 K 值	2010 年测定 K 值				2011 年测定 K 值		平均值
			第一季度	第二季度	第三季度	第四季度	第一季度	第二季度	
A	1#	0.93	1.07	1.59	1.41		0.65	0.54	1.05
	2#	1.37	0.82	1.58	1.01	0.34	0.93	0.61	0.88
B	1#	0.64	0.47	0.68	0.23	0.82	0.17		0.47
	2#	0.79	1.02	0.66	0.21	1.28	0.28	0.65	0.68
C	1#	0.99	1.11	0.55	0.88	0.42	1.03	0.79	0.79
	2#	1.07	1.05		0.66	0.51	0.33	2.43	0.99
D	1#	0.60	0.84	1.79	0.37	0.51	0.44	0.24	0.70
	2#	0.62	0.55	0.86	0.66		1.09	0.45	0.72
E	1#	0.79	0.94	0.22	0.15	0.04	0.66	0.19	0.36
	2#	0.28	1.09	0.12	0.37	0.06	0.28	0.15	0.34
	3#	0.17	0.18	0.09	0.28		0.10		0.16
	4#	0.51	0.32	0.27	0.18	0.04	0.13	0.20	0.19
F	1#	0.35	0.65	0.70	0.25	0.17	0.49	0.12	0.40
	2#	0.42	0.39	0.48	1.21	0.22	0.71	0.49	0.58
G	1#	0.23	0.13	0.10	0.02	0.05	0.11	0.09	0.08
	2#	0.16	0.12	0.08	0.05	0.06	0.07	0.04	0.07

16 台机组中有 10 个平均 K 值较验收 K 值偏小, K 值越小说明在进、出口风量稳定的情况下烟尘从脱硫进口到出口之间的脱硫效率越高,这与脱硫进口的烟尘浓度、烟气脱硫对颗粒物的协同脱除都有直接的关系^[4]。

2 煤质对 K 值的影响

随着煤炭市场日趋紧张,大多数火电厂适合燃烧的煤种愈难足量采购,造成入厂燃煤煤质偏离设计值。电厂为了保证正常运行使用不同煤种,势必会对运行过程的具体参数带来不同的影响^[5]。以上海市某电厂为例,其主要采用的是内蒙古的神木煤、印尼煤以及俄罗斯煤,不同种类的煤燃烧后在除尘器进口的颗粒物浓度相差近数倍(见图 1),这显然是导致 K 值变化较大的直接因素之一。

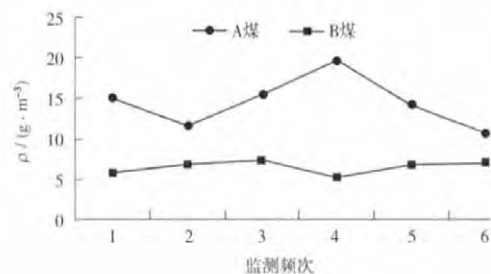


图 1 不同煤种燃烧后除尘器进口颗粒物质量浓度
Fig. 1 PM concentration from precipitator inlet by different coal burning

因此,电厂应尽最大努力保证燃烧煤种接近设计煤种,只有保证煤质的稳定,或在煤质差、煤质波动较大时采取相应的措施,才能保证电厂稳定、持续运行,保证测定的 K 值的准确性和稳定性^[6-7]。

3 除尘器对 K 值的影响

选取的 7 家电厂均采用静电除尘设施,但是除

尘效率有着明显的差别,电厂脱硫进口颗粒物浓度值见表 2。

表 2 7 家电厂脱硫进口颗粒物质量浓度
Table 2 PM concentration from inlet of desulfuration equipment of 7 power plants

企业编号	机组编号	2010 年测定值				2011 年测定值	
		第一季度	第二季度	第三季度	第四季度	第一季度	第二季度
A	1#	49.8	27.5	13.3		48.2	30.9
	2#	54.0	26.1	69.1	75.2	25.8	34.5
B	1#	88.5	97.1	129.6	44.8	235.8	
	2#	42.6	89.3	169.1	30.8	123.3	54.1
C	1#	32.5	52.7	33.0	40.0	16.3	30.4
	2#	37.0		34.2	45.5	51.7	13.2
D	1#	54.3	22.3	29.4	38.3	30.9	65.1
	2#	49.1	32.3	21.3		12.5	54.1
E	1#	53.8	128.6	107.8	687.2	72.2	222.7
	2#	13.8	120.8	97.0	240.0	147.0	243.1
	3#	101.2	114.7	143.4		242.5	
	4#	74.9	111.6	205.8	756.1	257.2	182.3
F	1#	34.4	48.1	22.4	140.2	48.0	28.7
	2#	71.1	80.4	30.9	75.9	65.1	77.4
G	1#	594	364	469	355	205	234
	2#	784	366	566	382	190	253

由表 2 可见, E 电厂及 G 电厂脱硫进口颗粒物质量浓度较其他电厂高出数倍之多,波动范围达到了数百 mg/m^3 。选取具有代表性的 C 电厂的监测值具体分析。C 电厂 2# 机组脱硫进口颗粒物浓度值在 5 次监测的每个时段均较为稳定,相对标准偏差只有一次超过了 20%。而 G 电厂 1#、2# 机组的颗粒物浓度值明显不稳定,相对标准偏差共有 6 次超过了 20%,而且最大的相对标准偏差达到了 49.8%。

分析出口颗粒物浓度的波动情况。G 电厂 1#、2# 机组脱硫出口颗粒物浓度较为稳定,每个监测时段的相对标准偏差均 $< 20\%$,因此其脱硫进、出口颗粒物浓度并没有按照近似的比例同时变大或者变小。在脱硫进口颗粒物浓度发生较大波动时,其脱硫出口的颗粒物浓度并没有发生相应的变化,反而经过脱硫系统的协同脱除作用维持在比较稳定的状态,因此其 K 值便会发生较大的改变。

综上所述可以看出,脱硫进口颗粒物浓度值越高,其波动范围也相对较大,造成 K 值不稳定;而脱硫进口颗粒物浓度值较低时,其波动范围较小, K 值较稳定。由于脱硫进口颗粒物浓度的高低以及稳定性是影响 K 值较为明显的因素,因此除尘器性能及运行情况直接决定了 K 值的变化。

4 锅炉工况负荷对 K 值的影响

4.1 不同工况下的脱硫进、出口烟气流量

K 值由脱硫装置的进、出口颗粒物排放量确定,颗粒物排放量由烟气流量和颗粒物浓度确定,而工况负荷的改变对该两项因素都会有明显的影响。理论上,若旁路关闭,测量基本准确,那么总入口标态流量应等于烟气脱硫 (FGD) 出口标态流量。实际上由于脱硫塔氧化风机、脱硫塔前段增压风机、旁路挡板密封风机和烟道漏风情况的存在,使得两者并不完全相等。在研究影响 K 值条件因素中,设定电厂工况负荷运行稳定情况下进、出口风量也是稳定的。以 B 电厂和 D 电厂为例(见图 2—图 3 表 3),分别在两种不同的稳定工况负荷条件下考察其脱硫进、出口风量以及进、出口风量比的变化(标准状态下)。

可以看出 B、D 两家电厂 FGD 进、出口标态风量在工况稳定的情况下均较为稳定,工况负荷增加时,两家电厂的进、出口标态风量以及进、出口风量比的稳定度均有所提高。显然工况负荷越高,进、出口风量比越稳定, K 值也将处于较为稳定的状态。

4.2 不同工况下的脱硫进、出口颗粒物浓度

由于不同工况负荷下 FGD 进、出口颗粒物浓

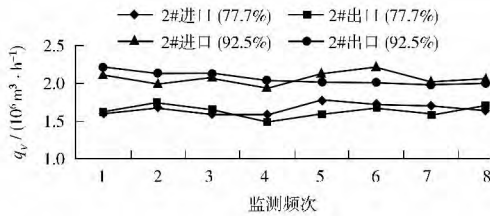


图 2 B 电厂 2# 机组 FGD 进出口不同负荷下烟气流量
Fig. 2 Gas flow of unit 2# FGD of power plant B by different load

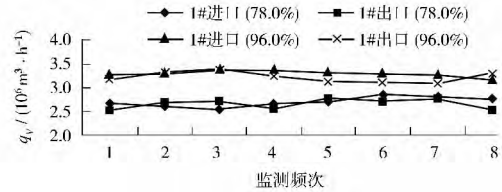


图 3 D 电厂 1# 机组 FGD 进出口不同负荷下烟气流量
Fig. 3 Gas flow of unit 1# FGD of power plant D under different load

表 3 B、D 电厂不同工况负荷下进、出口风量比

Table 3 Flow ratio by inlet and outlet of FGD of power plant B and D under different load

企业	B 电厂(负荷 77.7%)	B 电厂(负荷 92.5%)	D 电厂(负荷 78.0%)	D 电厂(负荷 96.0%)
风量比	0.90 ~ 1.04	0.91 ~ 1.06	0.92 ~ 1.06	0.94 ~ 1.03
RSD/%	5.4	5.2	4.8	3.2

度会不同,故进、出口颗粒物脱除率的改变是研究关键。以 B、D、G 电厂为例,考察不同工况负荷下进、出口颗粒物浓度,见图 4—图 6 (a) (b)。

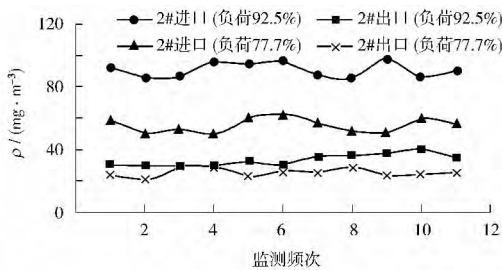


图 4 B 电厂 2# 机组 FGD 进、出口不同负荷下烟尘质量浓度

Fig. 4 PM concentration of inlet and outlet of unit 2# FGD of power plant B under different load

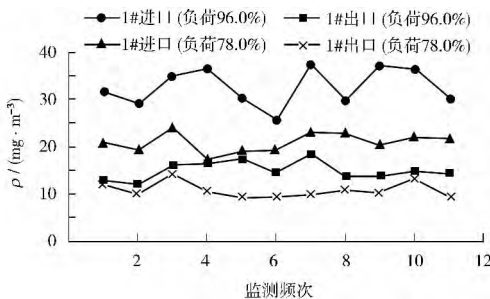


图 5 D 电厂 1# 机组 FGD 进、出口不同负荷下烟尘质量浓度

Fig. 5 PM concentration of inlet and outlet of unit 1# FGD of power plant D under different load

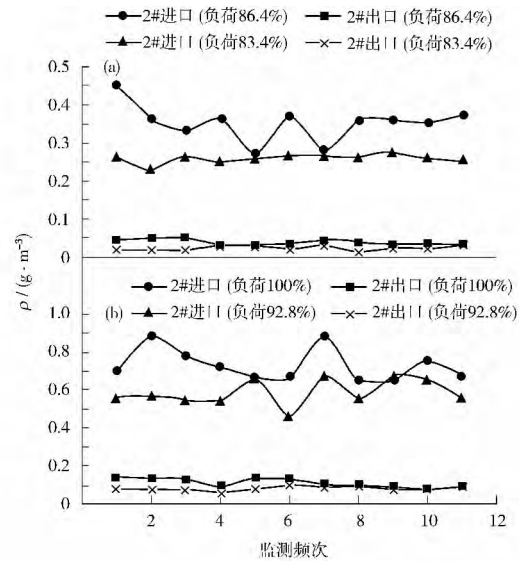


图 6 G 电厂 2# 机组 FGD 进、出口不同负荷下烟尘质量浓度

Fig. 6 PM concentration of inlet and outlet of unit 2# FGD of power plant G under different load

当电厂工况负荷发生改变时,FGD 进、出口烟气流量比未发生明显改变,当脱硫进口与出口颗粒物脱除率发生较为明显的改变时,便造成 K 值的改变。对于脱硫进口颗粒物浓度较低的 B、D 类型电厂,在工况负荷提高时,进、出口颗粒物的脱除率也会有所增加,K 值将有所降低。而对于脱硫进口颗粒物浓度高的 G 类型电厂,K 值变化较为异常。特别是当电厂运行负荷较高,脱硫进口颗粒物浓度过高时,会超出系统的承受能力,造成出口颗粒物浓度较高,K 值也会相应变大。

5 结论

①电厂燃煤煤质、除尘器、除雾器以及锅炉运行工况负荷是影响 K 值的外界条件,但这些影响条件都是通过改变脱硫进口颗粒物浓度值来影响 K 值的。②当脱硫进口颗粒物浓度较低、波动范围较小时,其 K 值也维持相对稳定的状态;当脱硫进口颗粒物浓度较高、波动范围较大时,其 K 值也会发生较大的变化。③一般情况下,当脱硫进口颗粒物浓度升高时, K 值会有所下降,但脱硫进口颗粒物浓度过高时,因超出脱硫系统对颗粒物脱除的承受能力,造成出口颗粒物浓度较高, K 值也会相应变大。

[参考文献]

[1] 国家环境保护总局. HJ /T 75 - 2007 固定污染源烟气排放

(上接第 60 页)

- [15] ELLSTEN U ,HARLAND R M ,GILCHRIST M J ,et al. The genome of the western clawed frog *Xenopus tropicalis* [J]. Science , 2010 ,328: 633 -636.
- [16] SIVE H L ,GRAINGER R M ,HARLAND R M. Early development of *Xenopus laevis*: a laboratory manual [M]. NY : Cold Spring Harbor Laboratory Press 2000: 285.
- [17] 江苏省环保厅,江苏省质量技术监督局. DB 32/1072 - 2007 太湖地区城镇污水处理厂及重点工业行业主要水污染物排放限值[S]. 北京: 中国环境科学出版社 2007.
- [18] 国家环境保护局,国家技术监督局. GB 8978 - 1996 污水综合排放标准[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 1996.
- [19] 邹叶娜,蔡焕兴,薛银刚,等. 成组生物毒性测试法综合评价典型工业废水毒性[J]. 生态毒理学报, 2012, 7(4): 381 - 388.
- [20] 国家环境保护部,国家质量监督检验检疫总局. GB 19821 - 2005 啤酒工业污染物排放标准[S]. 北京: 中国环境科学出版社 2005.
- [21] 国家环境保护局,国家技术监督局. GB 4287 - 92 纺织染整工业水污染物排放标准[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 1992.
- [22] 国家环境保护部,国家质量监督检验检疫总局. GB 21900 - 2008 电镀污染物排放标准[S]. 北京: 中国环境科学出版社 2008.
- [23] 王子健,骆坚平,查金苗. 水体沉积物毒性鉴别与评价研究进展[J]. 环境污染与防治, 2009, 31(12): 35 - 41.
- [24] WANG L S ,HU H Y ,WANG C. Effect of ammonia nitrogen and dissolved organic matter fractions on the genotoxicity of wastewater effluent during chlorine disinfection[J]. Environmental Science & Technology 2007 41(1): 160 - 165.
- [25] MA T W ,WAN X Q ,HUANG Q H ,et al. Biomarker responses and reproductive toxicity of the effluent from a Chinese large sewer

连续监测技术规范(试行) [S]. 北京: 中国环境科学出版社 2007.

- [2] 裴冰, 万方. CEMS 比对监测相关问题探讨[J]. 环境监测管理与技术 2010 22(2): 8 - 10.
- [3] 潘柳青. CEMS 比对监测要求探讨[J]. 环境监测管理与技术 2008 20(3): 58 - 59.
- [4] 王琿,宋蕾,姚强,等. 电厂湿法脱硫系统对烟气中细颗粒物脱出作用的实验研究[J]. 中国机电工程学报, 2008 28(5): 1 - 7.
- [5] 郭玉泉,姬中国,郝卫东,等. 燃煤电厂煤质波动的影响与对策分析[J]. 煤质技术 2007 5(3): 1 - 2.
- [6] 刘振琪. 煤质变化对锅炉机组运行状况的影响[J]. 锅炉制造 2003 2(1): 15 - 16.
- [7] 沈桂南. 煤质变化对锅炉经济型的影响[J]. 华东电力 2005 (3): 29 - 31.

本栏目责任编辑 陈宝琳 吴珊 姚朝英

age treatment plant in Japanese medaka (*Oryzias latipes*) [J]. Chemosphere 2005 59(2): 281 - 288.

- [26] MANTECCA P ,GUALTIERI M ,ANDRIOLETTI M ,et al. Tire debris organic extract affects *Xenopus* development [J]. Environment International 2007 33(5): 642 - 648.
- [27] GUTLEB A C ,MOSSINK L ,SCHRIKS M ,et al. Delayed effects of environmentally relevant concentrations of 3,3',4,4'-tetrachlorobiphenyl (PCB-77) and non-polar sediment extracts detected in the prolonged-FETAX [J]. Science of the Total Environment , 2007 381(1-3): 307 - 315.
- [28] 薛银刚,蔡焕兴,徐东炯,等. 热带爪蟾胚胎在水质监测中的应用[J]. 环境监控与预警 2012 4(4): 20 - 23.
- [29] FORT D J ,THOMAS J H ,ROGERS R L ,et al. Evaluation of the developmental and reproductive toxicity of methoxychlor using an anuran (*Xenopus tropicalis*) chronic exposure model [J]. Oxford Journals 2004 81(2): 443 - 453.
- [30] GUO S Z ,QIAN L J ,SHI H H ,et al. Effects of tributyltin (TBT) on *Xenopus tropicalis* embryos at environmentally relevant concentrations [J]. Chemosphere 2010 79(5): 529 - 533.
- [31] GYLLENHAMMAR I ,HOLM L ,EKLUND R ,et al. Reproductive toxicity in *Xenopus tropicalis* after developmental exposure to environmental concentrations of ethynylestradiol [J]. Aquatic Toxicology 2009 91(2): 171 - 178.
- [32] SHI H H ,YANG B ,HUANG M S ,et al. The toxicity of sediments from the black-odors river of Wenzhou, China, to the embryos of *Xenopus tropicalis* [J]. Fresenius Environment Bulletin 2012 21(12B): 3952 - 3958.
- [33] BERGA C ,GYLLENHAMMARA I ,KVARNRYDA M. *Xenopus tropicalis* as a test system for developmental and reproductive toxicity [J]. Journal of Toxicology and Environmental Health 2009 , 72(3-4): 219 - 225.