

微颗粒聚合装置对电除尘器去除烟尘与 PM_{2.5} 的提效研究

刘智¹, 朱法华^{1,2*}, 易玉萍², 李霄鸣¹

(1. 南京信息工程大学环境科学与工程学院, 江苏 南京 210044;

2. 国电环境保护研究院, 江苏 南京 210031)

摘要:以某300 MW燃煤机组为对象,研究微颗粒聚合装置对电除尘器出口烟尘与PM_{2.5}排放的影响。结果表明:微颗粒聚合装置开启后,电除尘器对烟尘的去除效率介于99.81%~99.89%之间,对PM_{2.5}的去除效率介于99.25%~99.71%之间;微颗粒聚合装置对烟尘的附加效率介于78.57%~79.17%之间,对PM_{2.5}的附加效率介于69.05%~75.00%之间。由此说明该装置能够提高电除尘器的除尘效率,是燃煤电厂减少烟尘与PM_{2.5}排放的一个可行措施。

关键词:燃煤;微颗粒聚合装置;电除尘器;烟尘;PM_{2.5}

中图分类号:X513 文献标识码:B 文章编号:1006-2009(2014)01-0019-03

我国的电力结构以火力发电为主,水电、核电、风电为辅^[1]。根据能源需求预测,煤炭占我国一次能源消费的比重将减小,到2050年减小至50%左右^[2],但煤炭作为我国主体能源的地位在短期内基本不会改变。煤炭燃烧为人们提供便利的同时,也带来了严重的烟尘污染,其中影响较大的是细颗粒物(PM_{2.5})。PM_{2.5}在大气中停留时间长且传输距离远,因而对人体健康和大气环境质量影响较大,其中最直接的后果就是导致呼吸道疾病患者、癌症患者增多和能见度恶化^[3-4]。

随着人民生活水平的不断提高,以及对生存环境的逐渐重视,燃煤产生的PM_{2.5}污染控制越来越受重视。作为控制措施之一,微颗粒聚合装置技术在国外已经成熟,在我国还处于发展阶段^[5-8]。为有效反映微颗粒聚合装置对燃煤烟尘与PM_{2.5}排放的影响,今以我国某地安装有该装置的300 MW燃煤机组为对象,通过现场实测,研究其对电除尘器去除烟尘与PM_{2.5}的提效作用。

1 研究目的与方法

1.1 微颗粒聚合装置的原理与作用

烟气经过多组正负相间平行通道的双极荷电区,按其通道的正负,分别获得正电荷或负电荷。进入凝聚区后,带正电的粒子与带负电的粒子在湍流输运和电力共同作用下碰撞凝聚,小颗粒变成大颗粒,简称粒子粗大化。随后进入电除尘器,粗大化的粒子便于收集,也减少了PM_{2.5}的排放。

1.2 研究目的

通过实测微颗粒聚合装置开启前后电除尘器进、出口烟尘与PM_{2.5}的质量浓度,研究该装置对烟尘与PM_{2.5}的附加去除效果。

1.3 方法及试验工况

测试系统由低压荷电撞击器ELPI、3012H型微电脑烟尘平行采样仪、等速采样系统、稀释系统等组成。

根据《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》(GB 16157-1996),在电除尘器进、出口分别设置采样断面,断面上采用网格布点法布置20个采样点。在微颗粒聚合装置开和关的条件下,采用3012H型微电脑烟尘平行采样仪分别在电除尘器进、出口采集烟尘并称重,依据采样烟气流速及采样时的烟气温度、含氧量、含水量等参数,计算烟尘质量浓度。

根据《非金属矿物化性能测试规程》(DZG 93-06),在规定的检测环境(温度27℃,湿度56%)下,采用HELOS/OASIS全自动干湿二合一激光粒度仪(WX 058)对电除尘器进口采集的烟尘进行粒径分布测试,根据测试结果与采样烟气流速,计算电除尘器进口PM_{2.5}质量浓度。

依据美国固定源排放测试标准EPA Method 17《Determination of particulate matter emissions from stationary sources》,在电除尘器出口设置采样断

收稿日期:2013-09-20;修订日期:2013-12-17

作者简介:刘智(1988—),男,安徽安庆人,硕士,从事环境监测与评价工作。

* 通讯作者:朱法华 E-mail: zhufahua@nepri.com

面 断面上采用网格布点法布置 4 个采样点。在微颗粒聚合装置开和关的条件下, 选用低压荷电撞击器 ELPI 测量电除尘器出口 PM_{2.5}, 同时测试采样烟气流与烟气参数, 计算电除尘器出口 PM_{2.5} 质量

浓度。

试验分别在机组负荷为 300 MW、260 MW、230 MW 3 种工况下进行, 且其他条件均符合要求, 燃煤煤质分析结果见表 1。

表 1 燃煤煤质分析结果
Table 1 Quality of fired coal

测试负荷 P/MW	M _{ar} /%	M _{ad} /%	V _{ar} /%	A _{ar} /%	F _{C ar} /%	S _{t ar} /%	Q _{net ar} /(kJ·kg ⁻¹)
300	17.1	6.64	25.52	12.48	44.90	0.46	21 605
300	16.9	6.36	23.64	18.99	40.47	0.66	18 954
300	15.1	5.84	25.41	16.11	43.38	0.60	20 742
300	16.3	7.39	23.90	19.73	40.17	0.62	21 310
260	17.2	6.05	25.45	13.30	44.05	0.48	21 268
260	17.0	7.38	25.01	18.04	39.95	0.53	19 682
230	17.3	7.64	25.10	14.64	42.96	0.49	20 948
230	15.1	6.53	25.10	16.29	43.51	0.66	20 784

微颗粒聚合装置主要技术参数为: 总长度 6.6 m; 截面尺寸 3.0 m(宽) × 3.58 m(高); 荷电区有效尺寸 4.1 m(长) × 3.0 m(宽) × 3.03 m(高); 聚合区截面尺寸 3.0 m(宽) × 3.58 m(高); 数量 4 台。

试验工况保证机组负荷稳定在要求负荷左右, 且最大波动幅度不超过 ±5%。试验期间, 煤种、煤质基本不变; 燃料配比不变; 制粉系统固定运行方式, 给粉均匀; 甲、乙侧引风机挡板开度不变, 送风机可根据需要做少许调节, 保证烟气流和烟尘量均匀稳定; 锅炉不投油枪助燃, 不吹灰; 电除尘器未电场振打关闭; 锅炉、电除尘器、高频电源、微颗粒聚合装置及高、低压控制系统正常运行。

2 实测结果

除尘效率是考核除尘器性能的一项重要指标, 其计算方法有多种。该研究以单位体积的烟尘质量浓度为基准计算, 公式为^[9]:

$$\eta = \left(1 - \frac{C_1 V_1 - C_2 V_2}{C_1 V_1} \right) \times 100\% \quad (1)$$

式中: η 为除尘效率, %; C_1 、 C_2 分别为电除尘器进、出口烟尘质量浓度, mg/m³; V_1 、 V_2 分别为电除尘器进、出口烟气流, m³/h。

大、中型电厂煤粉锅炉电除尘器的保温和密封性能都很好, 忽略除尘器降温和漏风的影响, 可将公式(1)简化为公式(2):

$$\eta = \left(1 - \frac{C_2}{C_1} \right) \times 100\% \quad (2)$$

微颗粒聚合装置附加效率指装置对去除烟尘的提效作用, 也是考核装置性能的一项重要指标, 其计算公式为:

$$\eta_a = \frac{1 - \eta_{on}}{1 - \eta_{off}} \times 100\% \quad (3)$$

式中: η_a 为微颗粒聚合装置附加效率, %; η_{on} 、 η_{off} 分别为微颗粒聚合装置处于开启、关闭状态下对烟尘或 PM_{2.5} 的去除效率, %。

微颗粒聚合装置对烟尘与 PM_{2.5} 的附加去除效果见表 2。

表 2 微颗粒聚合装置对烟尘与 PM_{2.5} 的附加去除效果^①
Table 2 Added removal effect of smoke dust and PM_{2.5} occurred by MPPD^①

测试负荷 P/MW	测试烟道	状态	烟尘				PM _{2.5}			
			进口测定值 $\rho/(mg \cdot m^{-3})$	出口测定值 $\rho/(mg \cdot m^{-3})$	去除效率/%	附加效率/%	进口测定值 $\rho/(mg \cdot m^{-3})$	出口测定值 $\rho/(mg \cdot m^{-3})$	去除效率/%	附加效率/%
300	A1	关闭	19 217	40.43	99.79	80.95	1 214	11.23	99.07	76.34
		开启		31.76	99.83		8.62	99.29		
	A2	关闭	16 995	21.87	99.87	76.92	1 384	7.68	99.45	69.09

续表

测试负荷 P/MW	测试 烟道	状态	烟尘				PM _{2.5}				
			进口测定值 $\rho/(mg \cdot m^{-3})$	出口测定值 $\rho/(mg \cdot m^{-3})$	去除效 率/%	附加效 率/%	进口测定值 $\rho/(mg \cdot m^{-3})$	出口测定值 $\rho/(mg \cdot m^{-3})$	去除效 率/%	附加效 率/%	
260	B1	开启		17.12	99.90			5.23	99.62		
		关闭	20 896	57.31	99.73	81.48	1 782	18.40	98.97	64.08	
	B2	开启		46.62	99.78			11.75	99.34		
		关闭	19 637	63.82	99.68	81.25	1 170	20.46	98.25	76.57	
	平均值	开启		51.43	99.74			15.65	98.66		
		关闭	19 186	45.86	99.76	79.17	1 388	14.44	98.96	71.15	
	A1	开启		36.73	99.81			10.31	99.26		
		关闭	19 068	37.68	99.80	80.00	1 685	23.35	98.61	71.94	
	A2	开启		29.89	99.84			16.84	99.00		
		关闭	20 189	19.75	99.90	80.00	1 576	5.30	99.66	70.59	
	B1	开启		15.43	99.92			3.85	99.76		
		关闭	21 290	45.75	99.79	85.71	1 676	25.83	98.46	79.87	
B2	开启		37.42	99.82			20.62	98.77			
	关闭	21 657	51.20	99.76	79.17	1 705	11.82	99.31	73.91		
平均值	开启		40.94	99.81			8.70	99.49			
	关闭	20 551	38.60	99.81	78.95	1 660	16.58	99.00	75.00		
230	A1	开启		30.92	99.85			12.50	99.25		
		关闭	18 928	35.02	99.81	78.95	1 363	7.87	99.42	65.52	
	A2	开启		28.13	99.85			5.12	99.62		
		关闭	23 400	17.65	99.92	75.00	1 783	6.34	99.64	61.11	
	B1	开启		13.76	99.94			3.92	99.78		
		关闭	21 674	34.22	99.84	81.25	1 560	10.40	99.33	74.63	
	B2	开启		27.90	99.87			7.83	99.50		
		关闭	23 693	38.62	99.84	81.25	2 210	4.19	99.81	73.68	
	平均值	开启		30.48	99.87			3.14	99.86		
		关闭	21 924	31.38	99.86	78.57	1 729	7.20	99.58	69.05	
			开启		25.07	99.89			5.00	99.71	

①标态干烟气。

3 结论

(1) 电除尘器对烟尘的去除效率介于 99.76% ~ 99.86% 之间,对 PM_{2.5} 的去除效率介于 98.96% ~ 99.58% 之间。

(2) 微颗粒聚合装置开启后,电除尘器对烟尘的去除效率介于 99.81% ~ 99.89% 之间,对 PM_{2.5} 的去除效率介于 99.25% ~ 99.71% 之间。

(3) 微颗粒聚合装置对烟尘的附加效率介于 78.57% ~ 79.17% 之间,对 PM_{2.5} 的附加效率介于 69.05% ~ 75.00% 之间。

(4) 无论微颗粒聚合装置处于开启还是关闭状态,烟尘的去除效率和附加效率均比 PM_{2.5} 高。

[参考文献]

[1] 易红宏,郝吉明,段雷,等. 电厂除尘设施对 PM₁₀ 排放特征影响研究[J]. 环境科学 2006 27(10): 1921 - 1927.
 [2] 中国国家统计局. 中国统计年鉴 2004 卷[M]. 北京: 中国统计出版社 2004.

[3] 滕恩江,胡伟,吴国平,等. 中国四城市空气中粗颗粒物元素组成特征[J]. 中国环境科学 1999 19(3): 238 - 242.
 [4] 邵龙义,时宗波,黄勤. 都市大气环境中可吸入颗粒物的研究[J]. 环境保护 2000 28(1): 24 - 26 29.
 [5] WATANABE T, SUDA T. Submicron size carbonic particle agglomeration by an electrostatic agglomeration apparatus [C]// Proceedings of the third international aerosol conference. Kyoto: [s. n.], 1990: 749 - 752.
 [6] HAUTANEN J. Electrical agglomeration of aerosol particles in an alternating electric field [J]. Aerosol Sci and Technol, 1995, 22: 181 - 189.
 [7] SOLDATI A. Influence of large-scale streamwise vertical MHD flows on wall turbulence [J]. International Journal of Heat and Fluid Flow 2002 23: 441 - 443.
 [8] 刘功智,荣伟东,李传贵,等. 双极不对称预荷静电电增强过滤除尘技术的应用[J]. 中国安全科学学报 2001 11(6): 62 - 65.
 [9] 刘建忠,范海燕,周俊虎,等. 煤粉炉 PM₁₀/PM_{2.5} 排放规律的试验研究[J]. 中国电机工程学报 2003 23(1): 145 - 149.

本栏目责任编辑 姚朝英