

加热除湿冷凝脱水烟尘采样技术及验证

宋跃平¹ 王东愿²

(1、山西电力科学研究院, 山西 太原 030001)

(2、山西省电力公司, 山西 太原 030001)

摘 要: 加热除湿冷凝脱水烟尘采样技术, 针对低温高含湿烟气条件下的烟尘采样, 解决了滤筒破裂、含湿粘连等技术问题, 通过现场技术试验, 验证其技术性能能否满足低温高湿度条件下的烟尘采样要求。结果表明, 该技术应用在低温高湿度烟气条件下采样时效果良好, 可以满足低温高湿度烟气条件下的烟尘采样要求。

关键词: 烟尘采样; 加热除湿; 冷凝脱水; 技术验证;

0 引言

目前我国电站燃煤锅炉为满足环境保护的需要, 在锅炉尾部增加脱硫装置已是大势, 在脱硫方法中形成了以石灰石-石膏湿法脱硫(WFGD, 约占 92%)为主的技术格局^[1]。在增加脱硫装置后由于 WFGD 脱硫工艺所致, 锅炉烟气在脱硫设备出口的含湿量增大, 烟温降低, 这样使现有的烟尘采样装置在长时间采样时, 烟尘采样用的玻璃纤维滤筒遇湿吸水骨架瘫软, 造成采样气路阻力增大、堵塞, 在采样器气动力作用下致使滤筒破裂, 使采样无法进行或完全失败; 在冬季的烟尘采样中, 因采样管路中含湿烟气遇冷结露造成采样装置软管内积水、冻结, 堵塞采样管路使烟尘、烟气的采样无法进行, 同时软管内积水也威胁采样设备的安全及正常使用; 另外, 采样滤筒遇湿烟气受潮后在挤压力作用下与采样装置发生粘连产生的失重也严重影响采样样品的质量, 并直接导致样品失效使采样试验失败。

针对上述状况, 我们研究了对烟尘采样滤筒的可加热除湿、对采样软管的冷凝脱水; 采样滤筒防粘连等多项技术, 以满足低温高含湿烟气条件下长时间烟尘采样需要, 并解决冬季在除尘器和湿法脱硫脱硝后采样软管冻结的技术问题, 满足大型燃煤锅炉复杂工况下的烟尘、烟气的采样要求。

1 加热除湿冷凝脱水烟尘采样技术介绍

锅炉烟尘排放检测是通过专门的烟尘采样装置, 按照国家《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》的要求, 根据不同目的在烟气路径的不同位置, 通过空气动力装置和烟尘收集装置将烟气中所含的烟尘采集到专用的玻璃纤维滤筒上, 通过实验室烘干、平衡、称重、计算得以实现的。采样滤筒加热除湿、采样软管冷凝脱水、采样滤筒防粘连等技术符合《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》要求, 采用技术成熟、使用安全、方便, 适合大型燃煤锅炉烟尘采样。

采样滤筒加热除湿技术

目前大多数燃煤锅炉尾部烟气排烟温度一般在 $\sim$ $^{\circ}\text{C}$, 烟道内烟气中的水蒸汽仍处于过热状态, 对烟尘采样介质尚无构成很大威胁, 所以一般烟尘采样装置的设计均不考虑玻璃纤维滤筒在低温高

湿烟气下采样所遇到的遇湿堵塞破裂和粘连等问题。对烟尘采样滤筒遇湿吸水问题，采用在烟尘采样管的烟尘采样头内安装电加热装置对玻璃纤维滤筒进行加热除湿，使玻璃纤维滤筒在采样过程中和采样结束后保持干燥，避免玻璃纤维滤筒吸附大量水份增加采样阻力和失掉骨架瘫软破裂。

采样软管冷凝脱水技术

在采样管的末后端加装自然冷凝除水装置，去除高含湿烟气中的大部分水分，使采样管内无积水现象，保证冬季采样不堵塞不冻结，解决烟气采样仪器前端烟气干燥器蓄水和硅胶使用量过大，并时有硅胶快速吸水破裂后的碎末进入烟气采样仪器导致抽气量丧失的问题。

采样滤筒防粘连技术

在玻璃纤维滤筒与烟尘采样头的接触部位喷涂特氟龙涂层和使用防粘连结构（纹理）可以解决滤筒受潮后带来的粘连问题。同时在烟尘采样头内、烟尘采样嘴、电加热装置表面喷涂特氟龙防粘连涂层，可以避免烟气中硫酸和氯化物对烟尘采样头管路造成腐蚀生锈产生杂质及采样头不易清洁污染滤筒。

在烟尘采样头的内表面和与采样滤筒接触部分喷涂特氟龙涂层，可以在烟尘采样装置的关键部分形成一个清洁的空间以保证采样滤筒的采样过程清洁无污染，并可以保证、提高采样样品质量。

加热除湿冷凝脱水烟尘采样技术验证

为了验证该技术在实际使用中的效果，我们在山西某电厂的烟尘排放口使用了使用该技术的烟尘采样装置和普通烟尘采样装置进行现场对比试验，以分析其性能能否满足低温高湿度条件下的烟尘采样要求和适用性。

验证试验方法

分别采用加热除湿冷凝脱水防粘连烟尘采样装置和无加热无防粘连烟尘采样装置的采样仪器在试验脱硫出口处进行烟尘采样，对比采样试验效果并计算烟尘排放浓度。

试验严格按照《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法（ ）》、《固定源废气监测技术规范（ ）》中的规定执行。采用自动烟尘（气）快速测试仪进行烟尘采样，并用型便携式烟气水分仪测试烟气湿度，型烟气分析仪测试烟气参数，用干湿球温度计观测记录地面气温。

验证试验结果

烟尘采样状况及排放浓度、采样仪计前压力统计分析分别见表 1、表 2、表 3 和表 4。

表 1 加热除湿冷凝脱水防粘连采样装置烟尘采样状况及排放浓度

滤筒号	环境温度 /℃	采样时间 /min	烟气湿度	采样状况	排放浓度 /mg/m ³	平均排放浓度 /mg/m ³
1	-1.0	10	11.3%	管路未堵塞，滤筒	206.7	203.9
2	-1.0		11.3%	未破裂、无粘连，	201.3	
3	-1.0		11.5%	采样顺利完成	203.8	
4	2.7	20	9.8%	管路未堵塞，滤筒	196.5	197.6
5	2.9		9.7%	未破裂、无粘连，	198.6	
6	3.5		9.8%	采样顺利完成	197.6	
7	5.6		10.7%	管路未堵塞，滤筒	190.2	

8	6.2	30	10.6%	未破裂、无粘连，	186.3	190.0
9	6.5		10.6%	采样顺利完成	193.4	

表 2 不带加热除湿冷凝脱水防粘连采样装置烟尘采样状况及排放浓度

滤筒号	环境温度 /℃	采样时间度/min	烟气湿度 /mg/m ³	采样状况/mg/m ³	排放浓度	平均排放浓
1	-1.5	10	10.3%	管路未堵塞，滤筒	211.3	208.3
2	-1.5		10.3%	未破裂、有粘连，	208.6	
3	-1.2		10.6%	采样顺利完成	205.1	
4	-0.5	20	10.9%	管路未堵塞，15min	——	——
5	-0.5		10.9%	时滤筒破裂且严重	——	
6	-0.2		10.6%	粘连，采样失败	——	
7	-0.1	30	10.7%	管路堵塞，15min	——	——
8	-0.2		10.5%	时滤筒破裂且严重	——	
9	-0.5		10.7%	粘连，采样失败	——	

表 3 加热除湿冷凝脱水防粘连采样装置采样仪计前压力统计表

滤筒号	计前压力	平均计前	单次测定	平均偏差	相对平均	标准偏差	相对标准	极差
	x/kPa	压力 $\bar{x}$ /kPa	的偏差 d_i	$\bar{d}$	偏差 $\bar{d}_r$	s	偏差 s_r	R
1	-13.26		0.94					
2	-13.20		1.00					
3	-13.36		0.84					
4	-14.92		-0.72					
5	-14.38	-14.20	-0.18	0.62	-4.4%	0.74	-5.2%	1.76
6	-14.67		-0.47					
7	-14.85		-0.65					
8	-14.96		-0.76					
9	-14.23		-0.03					

表 4 不带加热除湿冷凝脱水防粘连采样装置采样仪计前压力统计表

滤筒号	计前压力 x/kPa	平均计前 压力 $\bar{x}$ /kPa	单次测定 的偏差 d_i	平均偏差 $\bar{d}$	相对平均 偏差 $\bar{d}_r$	标准偏差 s	相对标准 偏差 s_r	极差 R
1	-17.43		4.68					
2	-17.56		4.55					
3	-17.86		4.25					
4	-22.38		-0.27					
5	-22.68	-22.11	-0.57	3.00	-13.6%	3.78	-17.1%	9.07
6	-22.15		-0.04					
7	-26.50		-4.39					
8	-26.35		-4.24					
9	-26.12		-4.01					

计算公式：

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$d_i = x_i - \bar{x}$$

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n |d_i|}{n}$$

2.3 验证试验结果分析

在验证试验中，从表 1 和表 2 可以看出，当使用加热除湿冷凝脱水防粘连采样装置时，采样状况良好，管路未堵塞，滤筒未破裂无粘连，采样顺利完成；使用不带加热除湿冷凝脱水防粘连采样装置时，采样 10 分钟时滤筒有粘连现象，采样 15 分钟时滤筒即有严重粘连现象和破裂现象，采样失败。从表 3 和表 4 可以看出，使用加热除湿冷凝脱水防粘连采样装置与使用不带加热除湿冷凝脱水防粘连采样装置相比，前者的平均计前压力、平均偏差、标准偏差、相对标准偏差、极差均小于后者，说明装置除湿效果良好，采样系统阻力小且稳定。

综合而言，加热除湿冷凝脱水防粘连装置的烟尘采样系统能较好满足高湿度条件下的烟尘采样要求，实现了在低温高湿烟气条件下的烟尘采样滤筒加热除湿和无粘连；烟尘采样冷凝烟气脱水，无冷凝积水冻结堵塞采样管路，采样仪器前端烟气干燥器和硅胶使用正常；低温高湿烟气条件下的烟尘采样平

稳顺利。

3 结论

经现场试验鉴定,此种加热除湿冷凝脱水防粘连烟尘采样装置对采样滤筒的加热除湿效果良好,在规定采样时间内采样滤筒较干燥、无破损、采样阻力无明显变化;其脱水装置冷凝脱水效果良好,在规定采样时间内,采样管路无积水结冰、堵塞现象,采样结束后滤筒无粘连现象。同样条件下无加热除湿冷凝脱水的采样装置滤筒与采样头发生粘连,在采样 15min 时采样滤筒吸水造成破裂采样失败。该加热除湿脱水防粘连采样装置能较好地满足低温高湿度条件下的烟尘采样要求,可保证寒冷季节采样工作顺利完成,减少了试验工作量,缩短了采样时间,保证了试验的顺利进行,该装置简单易用,具备良好的使用、推广价值。锅炉烟尘是发电企业主要污染物,监测技术的进步将为提高企业环保设备的运行管理水平提供有力的技术支持。

参考文献:

金定强、许月阳、柏源 《火电厂湿法烟气脱硫调质提效试验》,电力科技与环保 2013年04期。