

# 电袋复合除尘器与脉冲布袋除尘器技术经济比较

徐 尧<sup>1 2 3</sup>

- (1. 煤炭科学研究总院 节能工程技术研究分院 北京 100013;  
2. 煤炭资源高效开采与洁净利用国家重点实验室 北京 100013;  
3. 国家能源煤炭高效利用与节能减排技术装备重点实验室 北京 100013)

**摘要:** GB/T 13223—2011《火电厂大气污染物排放标准》中,烟尘的排放质量浓度由原来的 50 mg/m<sup>3</sup> 变为 30 mg/m<sup>3</sup>,电厂原有的电除尘器排放不达标,需进行技术改造。电袋复合除尘器和脉冲布袋除尘器是电厂常采用两种改造方式。从工艺流程、结构形式、设备造价、运行成本等方面,对两者进行比较。结果表明,电袋复合除尘器改造工程量小,可显著降低改造成本,但存在运行费用高,系统复杂等缺点。脉冲布袋除尘器结构简单,运行成本低,对于新建项目,宜选用脉冲布袋除尘器。

**关键词:** 电袋复合除尘器; 脉冲布袋除尘器; 粉尘排放; 清灰; 运行成本

中图分类号: TD849

文献标识码: B

文章编号: 1006-6772(2013)03-0110-04

## Technical economical comparison of electrostatic fabric filter and pulse bag filter

XU Yao<sup>1 2 3</sup>

- (1. Energy Conservation and Engineering Technology Research Institute, China Coal Research Institute, Beijing 100013, China;  
2. State Key Laboratory of High Efficient Mining and Clean Utilization of Coal Resources  
(China Coal Research Institute), Beijing 100013, China;  
3. National Energy Technology & Equipment Laboratory of Coal Utilization and Emission Control  
(China Coal Research Institute), Beijing 100013, China)

**Abstract:** The new national standard GB/T 13223—2011 limits the emission concentration of boiler dust in power plant to 30 mg/m<sup>3</sup>, which was 50 mg/m<sup>3</sup> once. The emission of original electrostatic precipitator can not meet the new standard, so the technological transformation was imperative. Electrostatic fabric filter and pulse bag filter are commonly used in technological transformation. Compare the two kinds of filter from the aspects of technological process, structure form, equipment cost and operation cost. The results show that, the transformation quantity of electrostatic fabric filter is small, that means the transformation cost is low, while its operation cost is high, and the system is more complex. For new project, the pulse bag filter is the best choice for its simple structure and low operation cost.

**Key words:** electrostatic fabric filter; pulse bag filter; dust emission; dust collection; operation cost

收稿日期: 2013-04-19 责任编辑: 孙淑君

基金项目: 煤炭科学研究总院技术创新基金(2012CX02)

作者简介: 徐 尧(1986—),男,山东济南人,助理研究员,主要从事煤炭洁净燃烧和煤粉安全储运研究工作。E-mail: xyzyzero@gmail.com。

引用格式: 徐 尧. 电袋复合除尘器与脉冲布袋除尘器技术经济比较[J]. 洁净煤技术, 2013, 19(3): 110-113.

## 0 引言

环保部和国家质监总局联合发布了新修订的 GB/T 13223—2011《火电厂大气污染物排放标准》, 2012-01-01 起实施, 其中烟尘的排放质量浓度由原来的  $50 \text{ mg/m}^3$  变为  $30 \text{ mg/m}^3$ 。随着国家环保力度的加大, 新建和技改项目采用效率高、排放浓度低、适应性强的除尘设备已成为发展趋势, 目前电厂燃煤机组中多采用电场静电除尘器<sup>[1]</sup>, 排放标准达不到新的环保要求, 因此技术改造不可避免。电袋复合除尘器和低压长袋脉冲除尘器作为尾部烟气净化设备, 因其除尘效率高, 受锅炉燃烧工况和粉尘特性影响小, 运行稳定等在技改中得到广泛应用。

## 1 两种除尘器工作原理介绍

### 1) 电袋复合式除尘器

炉尾烟气先通过电除尘区后再缓慢进入后级布袋除尘区, 一般前置 1~2 个电场, 后级采用脉冲或反吹风式布袋除尘器(以下提到的电袋复合除尘器布袋区域均以卧式反吹风布袋除尘器为例), 前级静电电场能预收烟气中 50%~80% 的粉尘量, 剩下烟尘由后级布袋除尘进行深度去除, 布袋除尘区捕集的粉尘量仅为入口的 1/4。滤袋粉尘负荷量大大降低, 清灰周期得以大幅延长; 除尘效率不受煤种、烟气特性、飞灰比电阻影响, 可以长期保持高效、稳定、可靠地运行, 排放质量浓度低于  $30 \text{ mg/m}^3$ <sup>[2]</sup>。

### 2) 脉冲布袋除尘器

脉冲布袋除尘器由箱体、灰斗和脉冲清灰系统等部分组成。当含尘气体从进风口进入灰斗后, 由于箱体内截面积比烟道内大, 加之气流方向改变, 一部分较粗粉尘颗粒由于惯性作用直接落下, 起到一定的预除尘作用。进入灰斗的气流向上进入箱体, 当通过滤袋时, 粉尘被阻留在滤袋外表面。净化后的气体进入滤袋上部的静气室汇集到出风口经烟囱排入大气。清灰过程开启脉冲阀用压缩空气进行脉冲喷吹清灰, 利用压缩空气将粉尘从滤袋上剥离<sup>[3-5]</sup>。

## 2 性能比较

### 1) 结构形式

与脉冲布袋除尘器相比, 电袋复合除尘器多了 1~2 级电场进行静电除尘, 但增加的静电除尘并不

能对等减小布袋除尘器的规模, 因为布袋数量主要取决于烟气流量和过滤风速, 并不取决于含尘浓度。虽然可选用更高过滤风速减少过滤面积, 由于布袋的过滤风速基本取决于材料本身, 而与入口浓度关系不大, 所以布袋数量减少有限。

### 2) 清灰机理

脉冲布袋除尘器的除尘效率受滤料材质和滤料表面粉尘层特性影响。新滤袋直接使用时除尘效率较低, 经过一段时间使用后, 滤袋上附着的粉尘达到  $2 \sim 3 \text{ g/m}^2$  时, 除尘效率就能超过 90%, 粉尘达到  $150 \text{ g/m}^2$  时, 除尘效率可超过 99%。脉冲清灰后, 大部分粉尘从滤袋上剥离, 但还会残留一些。最后, 残留的粉尘量会达到动态平衡, 除尘效率一般大于 99%, 甚至超过 99.9%。正常状态下, 脉冲布袋除尘器对粉尘中  $< 1 \mu\text{m}$  粉尘的除尘效率通常大于 90%。因为滤袋表面附着的粉尘层增厚, 增加了对细粉尘的过滤效率, 同时也增加了部分阻力, 过于稀薄的粉尘层会降低收集微细粉尘和重金属的效率。在电袋复合除尘器中, 前置电场除去 80% 的粉尘, 经过电场后的荷电粉尘进入布袋除尘区域。由于荷电粉尘互相排斥, 形成的粉尘层较疏松, 使  $2.5 \mu\text{m}$  及以下的微细粉尘容易进入滤料内层, 阻塞滤料内层孔隙, 增大阻力, 且不能通过脉冲喷吹剥离, 缩短滤袋寿命, 同时部分微细粉尘穿过滤袋造成超标排放<sup>[6]</sup>。延长滤袋使用寿命的方法是预涂灰, 这种方法在电厂中也较常用。但预涂灰劳动强度大, 对周边环境有一定的污染, 并不适用于工业用户。另外, 布袋除尘器在高过滤风速下, 如滤袋表面无一定厚度的粉尘层, 微细粉尘很易穿过滤料的孔隙, 这就是在动态过程中, 电袋复合除尘器难以捕集微细粉尘的主要原因。一般电袋复合除尘器所选用的扁袋除尘器是单列双层重叠的扁袋结构形式, 滤袋之间间隙较小, 清灰后上层滤袋剥离的粉尘易落到下层滤袋表面造成二次污染, 影响清灰效率<sup>[7]</sup>。

### 3) 技术特点

反吹风布袋除尘器利用高压风机作为气源, 其过滤、反吹状态的转换, 均通过三通阀的翻板动作实现。所以三通阀的质量直接影响除尘器的漏风率、清灰强度等使用参数。三通阀的翻板动作依靠推杆电机电动作, 其行程存在一定的惯性延迟, 所以在控制中会设置一定的调整时间, 靠惯性使阀板到位。但三通阀的加工精度、润滑程度、使用时间、使

用环境等均会引起惯性运动变化,实际使用中,阀板精确运动很难控制。所以反吹风除尘器采用的三通阀,漏风率都比较大,系统密封不严密。不需反吹时,风机受负压作用,风管向里进风,反吹时,由于漏风,有一部分压力损失,反吹强度不足,清灰能力弱。理论上横插式扁袋除尘器一大特点是可侧面换袋,操作环境好,节省换袋空间,但实际使用中效果并不理想。扁袋除尘器花板上安装孔很窄,由于除尘器内部滤袋为水平布置,滤袋上积聚的粉尘使扁袋下部成鼓形,超出孔的宽度,换袋时滤袋抽出十分困难,时常与花板碰撞,导致滤袋上的粉尘落到出风管内和操作平台上,造成二次污染。脉冲布袋除尘器无机械传动结构,箱体上控制阀板和喷吹的气动阀均为开关量控制,不存在行程误差的问题,因使用脉冲喷吹,清灰强度大、效果好,较少产生糊袋现象。

#### 4) 使用寿命

电袋复合除尘器通过设置前级电场,粉尘量可被吸附 40%~80%,进入后级布袋区含尘浓度降低,对布袋的物理磨损比脉冲除尘器小。布袋使用寿命主要由材料本身的抗化学磨损和物理磨损的特性决定,电袋复合除尘的静电除尘作用能减少布袋的物理磨损,但在布袋材料本身能接受的物理磨损范围内,滤袋寿命主要取决于化学磨损。在目前的工况下,排烟温度一般设定 120~150℃,从经济性考虑,一般采用 PPS 滤袋或玻纤滤袋。而前级电除尘器电场产生臭氧使烟气中的  $\text{NO}$ 、 $\text{SO}_2$  生成  $\text{NO}_2$ 、 $\text{SO}_3$ 。 $\text{NO}_2$ 、 $\text{SO}_3$  等含量增加,PPS 滤袋受到高浓度烟气氧化成分如  $\text{NO}_2$  和  $\text{H}_2\text{SO}_4$  气溶胶影响必然产生硝化与硫酸磺化,引起下游的滤袋强度下降导致破损,特别是  $\text{SO}_3$  提高了酸露点温度,低负荷运行时,烟气有可能在酸露点温度以下运行,加速滤袋酸腐蚀<sup>[8]</sup>。东北大学某科研小组也证实了电袋复合除尘器前级电场放电产生的臭氧可加速 PPS 滤料氧化的观点<sup>[9]</sup>。电厂一般解决方法是在运行时调低电除尘器的运行电压、电流(或火花频率次数),但调低上述参数会造成电除尘器的粉尘捕集效率降低<sup>[10-11]</sup>,增加后级布袋除尘区的粉尘浓度,而反吹风式布袋除尘器属于弱清灰,要求含尘浓度低,一般为  $5\text{ g/m}^3$  以内,浓度过高时会因清灰强度不足而造成糊袋,增加设备运行阻力。对于 PPS 布袋而

言,电袋复合除尘器与脉冲布袋除尘器滤袋破损的原因有很大不同。前者一般是大量滤袋同时出现破损,强度全面下降,滤料失效,主要是由于受到氧化等化学损伤;后者一般是部分滤袋破损,且强度未发生全面下降,滤料并未失效,可通过在线检修继续使用。若采用玻纤材质滤袋,虽可在一定程度上避免氧化的问题,但玻纤滤袋要求过滤风速低,增加了占地面积和投资成本。要解决上述问题,可在后级布袋除尘部分采用 PTFE 材质滤袋,既可抗氧化,又可提高过滤风速,但 PTFE 材质滤袋价格较高,会增加使用成本。

#### 5) 布袋除尘器发展历史

自 1881 年德国一工厂的机械振打清灰布袋除尘器获得专利授权并开始商业化生产以来,布袋除尘器的发展已有 100 多年历史。中国在 20 世纪 50 年代从苏联引进第一台机械振打加反吹风布袋除尘器。1957 年, J. V. Reinaner 发明脉冲喷吹布袋除尘器,除尘器内部无运动部件,被认为是布袋除尘器的一次技术革命。但在 20 世纪 90 年代前,因存在脉冲阀寿命短,滤料透气性低等问题,脉冲布袋除尘器一直未得到广泛普及。反吹风除尘器以其处理烟量大、维护方便等优点在有色金属、铝电解、钢铁工业、水泥工业、电力工业等行业中得到广泛应用。但反吹风除尘器存在过滤风速低,在粉尘浓度高或粉尘潮湿的情况下易糊滤袋,净化效率低等问题。随着脉冲阀使用寿命可靠性的提高及滤料的发展,目前大型布袋除尘器已由反吹风为主导转为以长袋脉冲布袋除尘器为首选<sup>[12-13]</sup>。对于一般的小型工业锅炉而言,可采用行吹式和气箱式脉冲除尘器,200000  $\text{m}^3/\text{h}$  风量以上可采用低压长袋脉冲除尘器降低占地面积和单位钢耗。

表 1 为脉冲布袋除尘器和电袋复合除尘器总体技术对比。

表 1 脉冲布袋除尘器和电袋复合除尘器技术对比

脉冲布袋除尘器	电袋复合除尘器
技术结构简单	技术结构复杂
对负荷变化适应好,维护简单	对负荷变化适应差,维护较复杂
能净化有爆炸危险的含尘气体	能处理有爆炸危险的含尘气体,结构较复杂
具备离线检修功能	需停炉检修

### 3 经济性比较

脉冲布袋除尘器结构简单,不需要专人操作,易损件少。脉冲阀使用寿命可达100万次以上,滤料使用寿命30000 h,只需定期更换脉冲阀及滤袋即可,且具有离线检修功能,避免停炉检修造成的损失;电袋复合除尘器电场部分需配备专门的维护人员,检修时需停机。以75 t/h锅炉为例,对两者的运行费用进行对比,见表2(按每年使用6500 h,3 a大修,电价0.4元/kWh计算)。

表2 电袋复合除尘器与脉冲布袋除尘器运行经济性对比

项 目	电袋复合除尘器		脉冲布袋除尘器	
	明细	费用/元	明细	费用/元
电 耗	高压整流装置耗用	340000	增加风机功率80 kW	208000
	振打电机	840	空压机	3500
	保温箱耗用	21120	灰斗加热耗用	21120
	排灰电机耗用	5800	排灰电机耗用	5800
	照明、电控耗用	15600	照明、电控耗用	8400
易 损 件	更换芒刺、极线	40000	加热元件	800
	加热元件	800	电气元件	1600
	电气元件	4800	密封材料	300
	密封材料	500	脉冲阀膜片	1200
	更换滤袋	50000	更换滤袋	91000
	维护2人	64000	不需专人	0
	停炉检修	有	无	
合计	543460	合计	341720	

### 4 结 论

1) 电厂燃煤机组普遍采用的4个电场静电除尘器排放达不到新国标要求,技术改造势在必行,原电除尘器可改为电袋复合除尘器或脉冲布袋除尘器,可根据业主要求选定。

2) 电除尘器改造成电袋复合除尘器,可保留原来1~2个电场,后级改为布袋除尘器,可充分利用现有设备,改动较小,改造费用低,可达标排放,但电袋复合除尘器一般不用于新建燃煤机组的建设。目前燃煤机组普遍采用低压长袋脉冲除尘器作为烟气除尘设备。

3) 运行费用方面,由于布袋除尘器初始阻力较大,导致引风机功率大,因此电耗比电袋复合除尘器高,但维护费用要低的多,脉冲布袋除尘器的主

要维护费用为更换滤袋和脉冲阀膜片。以75 t/h锅炉尾部除尘为例,采用脉冲布袋除尘器一个检修期(3 a)比采用电袋复合除尘器节省运行维护费用约20万元。

综上所述,电袋复合除尘器在电厂改造项目中应用较多,对于改造项目,原电除尘器中的4个电场可保留前1~2个,降低改造费用,但在新建项目中,特别是7~42 MW中小型工业锅炉应用中,与脉冲布袋除尘器相比,其过滤风速要求较低,需要增加静电部分的运行维护人员和费用,整体运行费用较高,操作较复杂。新建电厂项目和中小型工业锅炉烟气除尘宜选择脉冲布袋除尘器。

参考文献:

- [1] 周建军,武英刚,兰小军.小型燃精细水煤浆锅炉电除尘的试验研究[J].洁净煤技术,2008,14(5):96-99.
- [2] 胡满银,张瑞英,杨勇.电-袋除尘器经济技术性分析[J].电力科学与工程,2008,24(1):58-60.
- [3] 王琬,朱烨,刘悦,等.除尘设备研究进展[J].洁净煤技术,2009,15(6):116-118.
- [4] 赵毅,邵媛.袋式除尘器的发展及其在燃煤电厂中的应用[J].洁净煤技术,2008,14(4):58-60.
- [5] 王军,李永安,刘大胜.燃煤锅炉污染物控制实践[J].洁净煤技术,2007,13(4):72-74.
- [6] 江得厚,王贺岑,张营帅,等.燃煤电厂电-袋复合除尘器的应用及问题分析[J].中国环保产业,2012(2):15-19.
- [7] 周敬伍.横插扁袋袋式除尘器浅析[J].通风除尘,1994(1):50-51.
- [8] 徐尧,张鑫,梁兴,等.袋式除尘器滤袋失效原因分析及预防措施[J].洁净煤技术,2012,18(6):112-115.
- [9] 柳静献,郭彦波,毛宁,等.臭氧对锅炉烟气用PPS滤料性能影响的实验研究[J].工业安全与环保,2010(10):1-3.
- [10] 高凤岭.电除尘器取代旋风除尘器的效益分析[J].洁净煤技术,1999,5(3):35-38.
- [11] 禾志强,祁利明.电除尘器高压脉冲供电研究[J].洁净煤技术,2009,15(4):68-70,78.
- [12] 李尚才.袋式除尘器的发展及其结构性能介绍[J].水泥工程,1999(5):47-50.
- [13] 徐涛.袋除尘技术发展及国产滤料使用[J].中国水泥,2011(6):71-74.