

# 煤粉工业锅炉系统除尘器滤袋失效原因分析

于清航<sup>1,2,3</sup>, 张鑫<sup>1,2,3</sup>, 徐尧<sup>1,2,3</sup>

(1. 煤炭科学技术研究院有限公司 节能工程技术研究分院, 北京 100013; 2. 煤炭资源开采与环境保护国家重点实验室, 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:**为解决布袋除尘器在煤粉工业锅炉系统中滤料失效问题, 针对2个煤粉工业锅炉系统布袋除尘器在使用一个采暖季后滤料破裂, 除尘器失效的问题, 通过常规性能测试、红外光谱分析、差热分析和电镜扫描等方法对失效滤袋进行分析。结果表明: 滤料未采用适当材质和喷吹位置安装不当分别是造成2个滤袋失效的主要原因。从系统运行参数和设备安装方面分析, 提出聚苯硫醚(PPS)材质滤料是煤粉工业锅炉系统除尘器滤料的最佳选择, 喷吹管上的喷嘴与花板孔之间同心度是除尘器安装的关键, 为今后工程中滤袋的选择和除尘器的安装提供了依据, 从而保证了过滤效果, 延长了滤袋的使用寿命, 减少了不必要的损失, 确保烟尘排放正常达标。

**关键词:**煤粉工业锅炉; 布袋除尘器; 滤料失效; 喷吹

中图分类号: X701.2 文献标志码: A 文章编号: 1006-6772(2015)02-0097-04

## Failure analysis of filter bag in industrial pulverized coal boiler

YU Qinghang<sup>1,2,3</sup>, ZHANG Xin<sup>1,2,3</sup>, XU Yao<sup>1,2,3</sup>

(1. Energy Conservation and Engineering Technology Research Institute, Coal Science and Technology Research Institute Co., Ltd., Beijing 100013, China; 2. State Key Laboratory of Coal Mining and Environmental Protection (China Coal Research Institute), Beijing 100013, China; 3. National Energy Technology and Equipment Laboratory of Coal Utilization and Emission Control (China Coal Research Institute), Beijing 100013, China)

**Abstract:** In order to prolong service life of bag filter in industrial pulverized coal boiler, two bag filters which ceased in the use of one heating season were chosen as research object. The conventional performance testing, Infrared spectrum analysis, DTA and SEM were adopted to analyze failure causes. The results showed that improper filter materials and inappropriate installation location for injection were the main reasons. Based on system operation parameters and installation specifications, the authors pointed out that, PPS was the best filter material, the concentricity between nozzle and plate hole was the key factor of installation. The research provided theoretical basis for filter bag selection and installation, thus extended the service life of filter bag.

**Key words:** industrial pulverized coal boiler; bag filter; invalid filter material; injection

## 0 引 言

近年来, 雾霾天气的频繁出现致使我国大气质量受到严重危害, 以可吸入颗粒物(PM10)、细颗粒物(PM2.5)为特征污染物的区域性大气环境问题日益突出, 不仅危害人类健康, 也影响了社会的和谐稳定, 因此《大气污染防治行动计划》的执行刻不容

缓<sup>[1-3]</sup>。2014年7月1日由环保部和国家质监局联合发布了新修订的GB 1327—2014《锅炉大气污染物排放标准》已正式开始实施, 其中烟尘的排放质量浓度限值由原来的50 mg/m<sup>3</sup>降低到30 mg/m<sup>3</sup>, 天津、北京等部分地区的标准已要求到10 mg/m<sup>3</sup><sup>[4]</sup>。该标准实施之后, 高效煤粉工业锅炉作为高效节能减排产品更加得到用户的认可, 其市

收稿日期: 2014-12-30; 责任编辑: 孙淑君 DOI: 10.13226/j.issn.1006-6772.2015.02.022

基金项目: 煤炭科学研究总院技术创新基金资助项目(2012CX02); 煤炭科学技术研究院技术创新基金资助项目(2014CX03)

作者简介: 于清航(1983—), 女, 吉林四平人, 助理研究员, 博士研究生, 从事煤炭洁净燃烧、煤粉加工及安全储运研究工作。E-mail: yu9621@sina.com

引用格式: 于清航, 张鑫, 徐尧. 煤粉工业锅炉系统除尘器滤袋失效原因分析[J]. 洁净煤技术, 2015, 21(2): 97-100.

YU Qinghang, ZHANG Xin, XU Yao. Failure analysis of filter bag in industrial pulverized coal boiler[J]. Clean Coal Technology, 2015, 21(2): 97-100.

场占有率日趋扩大,而作为煤粉工业锅炉系统的重要组成部分除尘器也在其中起着关键作用。布袋除尘器因其除尘效率高,受锅炉燃烧工况和粉尘特性影响小,具有使用寿命长和运行稳定的特点,被广泛应用于工业煤粉锅炉尾部烟气除尘,而布袋除尘器的优劣又取决于其核心部件——滤袋,它直接影响了工业煤粉锅炉系统的烟尘排放<sup>[5-8]</sup>。煤炭科学技术研究院有限公司节能工程技术研究分院在某2个锅炉房项目中选用布袋除尘器作为除尘设备,在运行一采暖季后,均发现滤袋出现破裂、失效问题。笔者针对这一问题借助实验设备对失效滤袋进行测试分析,旨在推断滤袋失效的原因,并提出解决措施,从而延长布袋使用寿命。

## 1 实验部分

### 1.1 实验对象

实验对象为某2个煤粉工业锅炉系统布袋除尘器使用一采暖季后失效的滤袋,并选用标准聚苯硫醚(PPS)、涤纶纤维和玻璃纤维样品作为对照组。每个除尘器分别取一块待测滤袋,共2块(即1号样品和2号样品)。1号样品取约327 mm×287 mm滤袋;2号样品取袋头段长约350 mm,内周长约为395 mm。

### 1.2 实验内容

实验首先对2组样品进行外观的观察分析;然后利用红外光谱分析样品材质及失效特性;接着通过电镜扫描仪进行内部形貌的分析判断;最后将样品进行常规性能测试并在热重分析仪上进行了差热分析,由此找出可能存在的失效原因。

## 2 实验结果与分析

### 2.1 外观分析

1号样品外观如图1所示。通过图1观察到1号样品迎尘面较粗糙,呈绒毛状,存在很多粉尘,剥离性较差;同时粉尘呈酸性,pH=6;观察清灰后的滤料,可见滤料纤维层含有直和卷2种纤维。由此初步分析滤料材质可能是造成失效的主要原因。

2号样品外观如图2所示。从图2可以看出2号样品受粉尘污染,呈黑色,粉尘呈酸性,pH=6;距袋头95 mm处有1处约为150 mm×65 mm的破口,从迎尘面看可见基布。从上述结果推测可能是粉尘冲刷、滤袋与袋笼之间摩擦导致滤袋

失效。

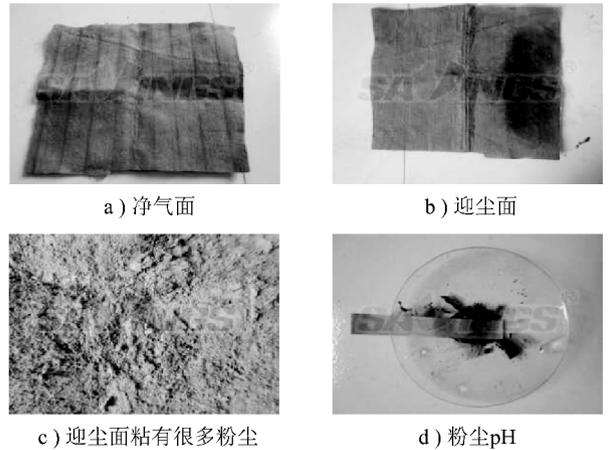


图1 1号样品外观

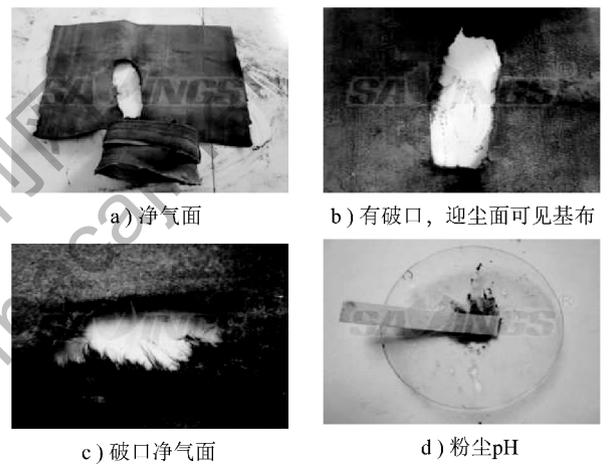


图2 2号样品外观

### 2.2 光谱结果分析

图3为1号样品的滤料基布及迎尘面和净气面中直和卷2种纤维的红外光谱图。

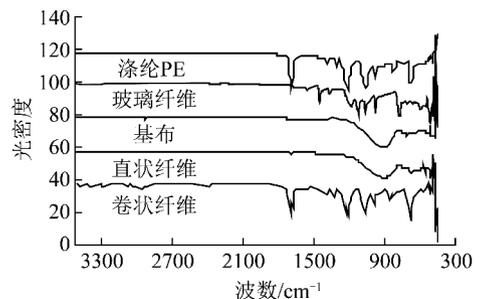


图3 1号样品红外光谱

由图3可以看出:滤料基布和直状纤维的吸收峰与玻璃纤维吻合,卷状纤维的吸收峰与涤纶PE吻合;这一现象说明该滤料基布为玻璃纤维,纤维层含有玻璃纤维和涤纶PE两种纤维,与采购所要求的PPS材质不符,由此导致滤料失效,与外观实验

推断吻合。

2号样品和PPS的对照红外光谱图如图4所示。由图4可知,滤袋迎尘面、基布、净气面的主要特征吸收峰与PPS滤料基本吻合,且表面出现 $1205 \sim 1207$ 、 $1151 \text{ cm}^{-1}$  归属于C-F的吸收峰,由此说明该样品材质为PPS,同时表面经过四氟乙烯(PTFE)乳液处理,并未受到明显的氧化腐蚀,因此滤料失效原因不是化学氧化腐蚀。

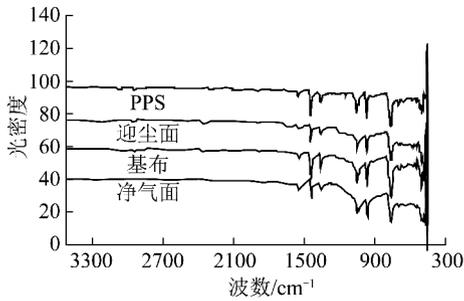


图4 2号样品红外光谱

### 2.3 电镜扫描结果分析

1号样品迎尘面和净气面的电镜如图5所示。由图5可知,迎尘面和净气面均含有直径不同的2种圆形纤维,而且形貌上与PPS有明显差异,较细的属于玻璃纤维,较粗的是涤纶PE纤维,由此可断定滤料主要由玻纤和涤纶PE两种纤维组成,最终证实了上述推测,即1号样品失效主要原因为滤料材质非PPS。

因为PPS纤维在较高温度下具有优良的强度、刚性及耐疲劳性<sup>[9-10]</sup>;可在 $240 \text{ }^\circ\text{C}$ 下连续使用,基本上不会出现质量损失;在 $204 \text{ }^\circ\text{C}$ 的高温环境下2000h后仍有90%的强度保持率,同时PPS具有与PTFE相媲美的优异化学性能,可以抵抗酸、碱、烃、酮、醇、酯、氯烃等化学品的腐蚀,体现了优良的纺织加工性能,是高温烟道或特殊热介质中滤料的最佳选择<sup>[11-12]</sup>;成型收缩率和线性膨胀系数较小,吸水率低,其制品在高温高湿的环境中不易变形<sup>[13]</sup>。PPS具有耐高温、耐腐蚀性、耐磨机械强度高、压力损失小等特性,而玻璃纤维和涤纶纤维与PPS则差距较大。在煤粉工业锅炉系统排烟温度低于 $150 \text{ }^\circ\text{C}$ 的正常运行工况下,玻璃纤维可以满足该工况温度要求,但涤纶纤维的耐热温度只在 $120 \text{ }^\circ\text{C}$ 以下,低于工况温度,因此在 $150 \text{ }^\circ\text{C}$ 的工况下由玻璃纤维和涤纶纤维混纺的1号样品滤料会由于涤纶纤维的强度下降而导致整体强度下降。其次是在煤粉锅炉运行工况下,烟气中含有一定的 $\text{SO}_2$ 和 $\text{NO}_x$ ,也会造成玻璃纤

维和涤纶纤维混纺滤料的腐蚀<sup>[14]</sup>。最后由于玻璃纤维只能应用于反吹清灰技术(微压清灰)和低流速( $v \leq 0.6 \text{ m/s}$ ),而不能应用于煤粉工业锅炉系统中的脉冲清灰方式(清灰压力在 $70 \sim 700 \text{ kPa}$ )和高流速( $v = 0.8 \sim 1.0 \text{ m/s}$ )运行状态。但是PPS对2种清灰方式和高风速均适用。

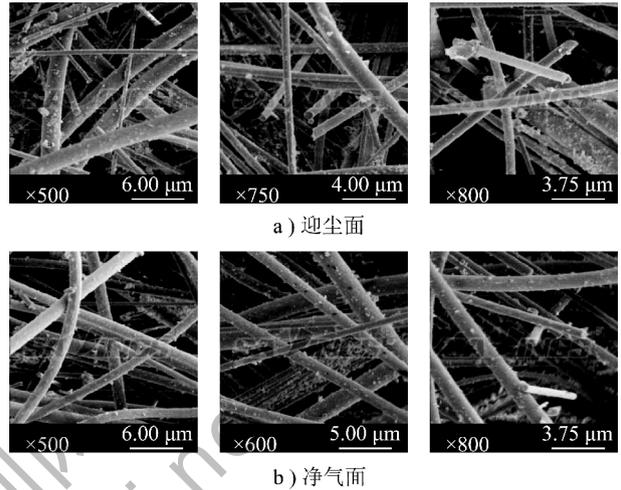


图5 1号样品电镜

2号样品迎尘面和净气面的电镜如图6所示。由图6可知,迎尘面纤维多数属于大范围断裂;净气面部分纤维受损,表现为纤维变尖、变细、发生断裂,可以初步推断滤料纤维断裂由磨损所致,但仍需进一步验证。

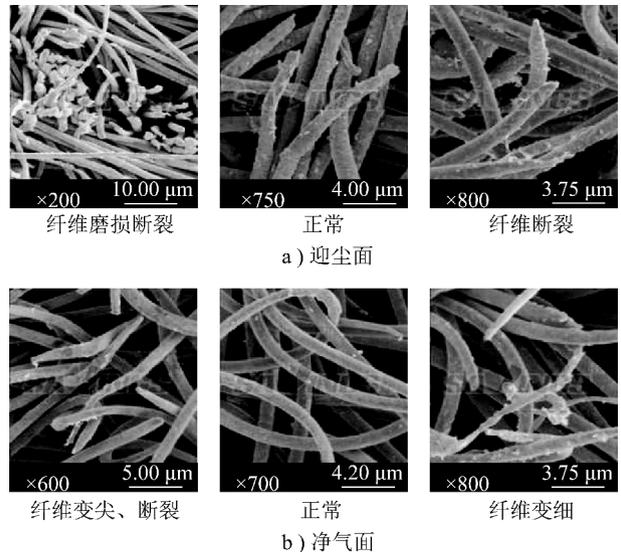


图6 2号样品电镜

### 2.4 差热结果分析

2号样品DTA曲线如图7所示。由图7可知,滤袋的熔点和最高分解温度分别为 $283.6$ 、 $628.7 \text{ }^\circ\text{C}$ ,略高于新袋PPS(熔点 $279.7 \text{ }^\circ\text{C}$ 、最高分

解温度 599.3 ℃),证实待测滤袋并没有受到较高温度的腐蚀,保持着良好的热稳定性能。

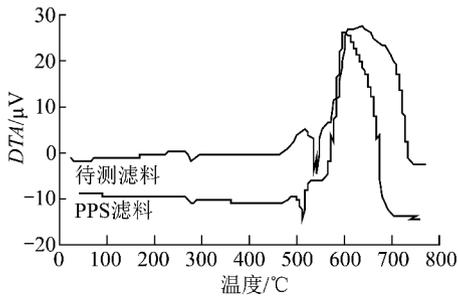


图7 2号样品 DTA 曲线

## 2.5 常规性能分析

2号样品常规性能测试结果见表1。

表1 2号样品常规性能测试结果

项目	条件	测试值1	测试值2
质量/(g·m <sup>-2</sup> )	载灰时	1126	1097
	清灰后	588	675
透气量*/ (L·dm <sup>-2</sup> ·min <sup>-1</sup> )	载灰时	1.657	3.887
	清灰后	70.84	61.16
断裂强力/(N·cm <sup>-1</sup> )	横向	389.5.5	182.7.5
	纵向	129.2	178.1
断裂伸长率/%	横向	28.20	15.30
	纵向	11.05	16.90

注:200 Pa 压力下。

由表1可以看出:强力清灰后,质量和透气量恢复性较差;滤袋横纵向强力分布不均匀,局部明显降低,并非全部下降,由该现象可确定滤袋失效不属于化学腐蚀。最终验证了2号样品失效主要原因为机械磨损,而非化学高温、氧化腐蚀。通过上述分析可知,喷吹管歪斜造成喷吹位置不当是造成布袋磨损严重的直接原因,由于喷吹管上的喷嘴与花板孔之间同心度达不到要求或喷嘴与花板之间垂直度不够而导致喷吹过程中压缩空气直接吹到滤袋袋身上,造成了滤袋局部受冲击过大而破损。建议在安装过程中注意喷吹口与滤袋袋口中心的相对位置,防止由安装不当导致压缩空气直接吹到滤袋袋身上而造成滤袋失效。

## 3 结 论

1)从煤粉工业锅炉系统运行稳定性、运行成本、系统安全及环保角度等方面综合比较,PPS 材质

是煤粉锅炉系统运行工况下的最佳选择,但是 PPS 滤料在耐氧化性上稍差,因此锅炉系统应尽量减少低负荷运行,以免发生高温氧化造成化学腐蚀而导致滤料失效。

2)1号锅炉系统除尘器滤袋滤料由涤纶纤维和玻璃纤维组成而非 PPS 滤料,滤料材质选用不当为滤袋失效的主要原因,为高效煤粉工业锅炉工程实践选取同种材质滤料提供理论基础。

3)2号锅炉系统除尘器滤袋失效原因为机械损伤,主要由于喷吹位置安装不当,喷吹管上的喷嘴与花板孔之间同心度未达到要求。因此,除尘器安装时一定要确保袋笼、滤袋垂直安装,且无搭桥、碰撞现象;喷吹管和喷嘴需设计合理,安装准确,确保喷吹口正对滤袋袋口中心,以此来避免由喷吹位置安装不当而造成滤袋失效。

## 参考文献:

- [1] 尹连庆,殷春肖,赵浩宁,等. 燃煤工业锅炉 PM<sub>2.5</sub> 排放规律[J]. 环境工程学报,2014,8(5):2020-2024.
- [2] 向丽晖. 烟气处理设备对颗粒物排放特性的影响[J]. 热力发电,2014,43(10):103-106.
- [3] 刘辰,周欣,宋宝华,等. 湿式电除尘(WESP)技术对模拟烧结烟气除尘效果研究[J]. 环境工程,2014,32(S1):441-443.
- [4] GB 13271—2014, 锅炉大气污染物排放标准[S].
- [5] 江得厚,郝党强,王勤. 燃煤电厂袋式除尘器发展趋势及其运行寿命的影响因素[J]. 中国电力,2008,41(5):86-91.
- [6] 柳静献,郭彦波,毛宁,等. 臭氧对锅炉烟气用 PPS 滤料性能影响的试验研究[J]. 工业安全与环保,2010,36(10):1-3.
- [7] 庄玉玲. PPS 滤料在 SO<sub>2</sub> 气体作用下的耐腐蚀性研究[J]. 安全与环境学报,2008,8(1):51-55.
- [8] 纪任山,王乃继,肖翠微,等. 高效煤粉工业锅炉技术现状及应用[J]. 洁净煤技术,2009,15(5):52-56.
- [9] 郭秉臣. 我国非织造布工业应增加技术投入和加强科技创新[J]. 非织造布,2002,10(2):3-5.
- [10] Clarke T C, Kanazawa K K, Lee V Y, et al. Poly (P-phenylene sulfide) hexafluoroarsenate: a novel conducting polymer[J]. Journal of Polymer Science, 1982,20(1):117-119.
- [11] 田希均. 聚苯硫醚纤维研究进展[J]. 广西纺织科技,2010,39(2):27-29.
- [12] 李熙,靳双林. PPS 纤维及其在袋式除尘领域的应用[J]. 产业用纺织品,2007(4):1-4.
- [13] 汪家铭. 新型工程塑料聚苯硫醚发展概况及市场分析[J]. 甘肃石油和化工,2008(1):1-7.
- [14] 王桦,覃俊,许久峰,等. 使用工况条件对聚苯硫醚纤维滤料的影响[J]. 合成纤维,2009(9):43-46.