

# Anti-Corrosion Experiments on Filter Media for Smoke Filtration

Jingxian Liu, Ruichong Zhang, Ning Mao, Deqiang Chang, Xi Sun

Filter Test Center, Northeastern University, Shenyang, China

Email: liujingxian@mail.neu.edu.cn

**Abstract:** Practice proves that baghouse is becoming the primary means of controlling industrial smoke. As the core part of the baghouse, filters will degrade on mechanical performance because of the corrosive chemicals in the flue gas. Research of chemical corrosion on the filter strength is important for the filter selection, and system operation optimization. In this paper, seven popular filters are considered for hot sulfuric acid corrosion, alkali corrosion, long-time acid corrosion. A series of data are got. The results show that, in the corrosion environment of acid and alkali, the mechanical strength of most of the filters decrease in some degree. In the environment of hot acid, the strength of filters except PPS decrease apparently, Aramind and Polyamide-imide are the largest decline. In the environment of alkali, the strength of filters except polyphenylene sulfide and polyimide drop significantly, Polyamide-imide can not tolerate the corrosion of alkali. With the corrosion time, the strength of all filters show decline trend, Polyamide-imide is the worst one. PPS has good resistance to corrosion.

**Keywords:** smoke; dust removing; filter; corrosion

## 烟气除尘用过滤材料抗腐蚀实验研究

柳静献, 张睿冲, 毛宁, 常德强, 孙熙

东北大学滤料检测中心, 沈阳, 中国, 110004

Email: liujingxian@mail.neu.edu.cn

**摘要:** 实践证明, 袋式除尘器正成为控制工业烟尘的主要手段。在各行各业应用中, 作为袋除尘器核心的滤料, 由于烟气中化学成分的腐蚀性会使其机械强度下降, 从而导致滤料寿命缩短、系统故障。研究化学腐蚀对滤料强度的影响对滤料选择、保障系统运行有极重要的意义。本文通过实验研究了七种常用滤料在热硫酸腐蚀、碱液腐蚀、长时间酸腐蚀作用下, 其强度性能的变化, 得出了滤料强度保持率的系列数据。分析表明在酸性和碱性腐蚀环境中, 几乎所有滤料的机械强度都会发生不同程度的下降; 在热酸作用下, 除 PPS 外其它滤料强度下降明显, 聚酰胺和聚酰胺氨胺下降最多; 碱液腐蚀下, 除聚苯硫醚和聚酰亚胺外其它滤料强度都明显下降, 聚酰胺氨胺根本无法承受碱液的腐蚀; 随酸性腐蚀时间延长, 所有滤料强度均呈现出下降趋势, 聚酰胺氨胺下降最明显; PPS 具有很好的抗腐蚀性。

**关键词:** 烟气; 除尘; 滤料; 腐蚀性

### 1. 引言

工业给社会创造财富的同时, 也带来了严重的空气污染。一些行业如燃煤电站锅炉烟气、钢铁冶炼烟气、有色冶炼烟气、水泥窑炉尾气、垃圾焚烧尾气等所排放的颗粒物已经成为影响我国大气质量的主要因素, 是未来一段时间业内关注的焦点<sup>[1,2]</sup>。

随着环保标准的提高以及国内外社会压力的驱使,

资助: 国家 863 计划, 袋式除尘高性能滤料研制及应用, 2007AA06Z346

许多原有的除尘系统已经无法满足要求。袋除尘器采用高效过滤材料来捕集烟气中的颗粒物, 由于其较好的过滤效率, 已经成为控制工业烟尘和微细粒子, 尤其是 PM10 及 PM2.5 的有效设备<sup>[3-5]</sup>。

对袋式除尘器而言, 滤料是设备的核心, 其性能决定着除尘器性能的发挥。滤料是由纤维材料经过纺织、针刺等工艺制作而成。由于过滤材料的化学性质不同、制造工艺不同、后处理技术不同, 滤料本身耐化学腐蚀的特性差异很大<sup>[6-8]</sup>。在工业应用中, 不同工业烟气所含

气体成分各异大，比如电厂燃煤锅炉烟气和钢铁冶炼中含有二氧化硫、一些有色冶炼烟气含有碱性组分等。滤料在此类烟气中使用时，其中所含化学成分的腐蚀作用会使滤料机械性能下降、强力降低，导致滤料在使用过早破损、寿命缩短，影响着袋除尘系统的运行成本和设备可靠性<sup>[9,10]</sup>。研究各类滤料的抗腐蚀对工业中合理选择滤料类型、优化锅炉运行参数、最大程度保护滤料有重要意义。

## 2. 实验方案

本研究针对目前燃煤电厂锅炉、钢铁冶炼、有色冶炼、水泥炉窑等行业常用的几种过滤材料，包括由芳香族聚酰胺、聚苯硫醚、聚酰胺氨胺、涤纶、玻纤、聚酰亚胺、玻纤复合等原料纤维制造的针刺毡。实验采用腐蚀浸泡法进行，即把裁剪好滤料样品放入一定浓度硫酸和 NaOH 碱液中进行浸泡，测量并研究滤料样品机械性能的变化情况。

### 2.1 实验样品

滤料的机械强力主要由滤料断裂强力来表征，它决定了滤料在使用中机械破损的难易程度。滤料样品制备、断裂强力测试按 GB3923-1983 进行。

滤料样品的剪取用平行法。每样品需在匹料上剪取长度为 40cm 左右，或根据织物的幅宽和试样长度要求剪取适当长度。裁剪经纬向实验样品各 5 条，长 40cm, 宽为 5cm。各试样的长度方向平行于织物的经纱或纬纱。要求两个试样长度方向不得含有相同的纱线，幅宽小于 100cm 的，经向在距布边 1/10 幅宽处裁取，幅宽大于 100cm 的，经向距布边 10cm 处裁取。如图 1 所示。为保证数据的可靠性，每滤料样本有 5 个测试样条。

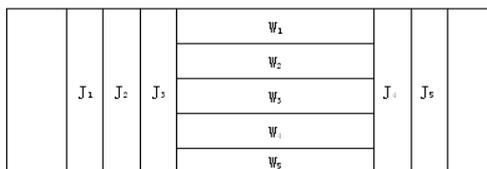


Figure 1 Filter sample cutting (J-wrap; W-Weft)  
图 1 滤料样品裁减例图 (J 为经向, W 为纬向)

### 2.2 实验方法

根据滤料在现场的使用情况，本研究中设定如下实验条件：

- (1) 在 60%浓度硫酸、85℃恒温浸泡 24 小时后，各滤料样品经向和纬向断裂强力变化；
- (2) 在 40%浓度 NaOH、25℃室温浸泡 24 小时后，各滤料样品经向和纬向断裂强力变化；

(3) 在 60%浓度硫酸、25℃室温浸泡 24、48、72、100、1000 小时后滤料样品经向和纬向断裂强力变化。

把滤料样品按指定的条件进行腐蚀性浸泡，到达时间后取出漂洗晾干，采用 YG(B)026D—500 型电子织物强力机对样品进行定速拉伸强力测试。为研究滤料强力在腐蚀处理后的变化，定义断裂强力保持率  $\lambda_i$

$$\lambda_i = \frac{f_i}{f_0} \quad (1)$$

式中  $f_0$  是未经处理原始滤料样品的断裂强力； $f_i$  为经过腐蚀处理后第  $i$  个样品的滤料强力。断裂强力保持率的大小表征了在经过处理后，滤料强力的剩余比例。该值越小，表明滤料在经过处理后机械强力下降的越明显，该值越大，表明滤料强力下降不明显。

## 3. 结果分析

### 3.1 热态硫酸的腐蚀影响

当烟气中含有 SO<sub>x</sub>、且其中有水分存在时，极易形成液体酸性环境，给滤料造成严重腐蚀。对于多数的工业过程，烟气温度高于室温，更加剧了腐蚀反应的进行。七种滤料样品在 60%硫酸、85℃恒温浸泡 24 小时后滤料样品的经向断裂强力保持率如图 2 所示、纬向断裂强力保持率如图 3 所示。

针刺毡滤料的断裂强力由针刺纤维强力和基布强力决定。纤维在铺网时没有经纬向差别，针刺过程一般也不产生差别，因此针刺纤维强力无经纬向差别；而基布是机制类材料，经纬向由于所用纤维不同、织造方法不用而略有差别。

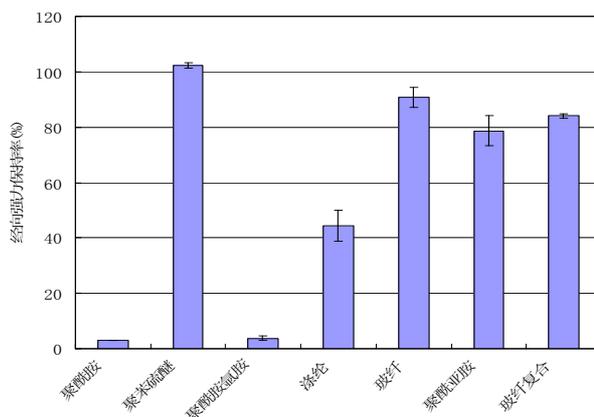


Figure 2 Wrap strength retention ratio of filter under 85°C 60% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 24h.

图 2 滤料在 85℃60%硫酸中浸泡 24 小时后的经向强力保持率。

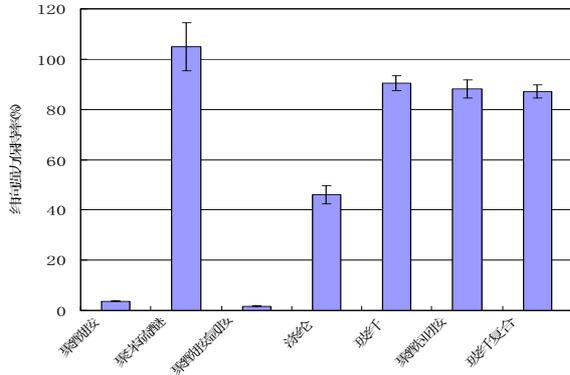


Figure 2 Weft strength retention ratio of filter under 85°C60% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 24h.

图3 滤料在 85°C60%硫酸中浸泡 24 小时后的纵向强度保持率。

从图 2 和图 3 可以看出, 经过热酸腐蚀后, 几种滤料在经向和纬向的断裂强力保持率的变化规律基本类似, 说明经向和纬向被腐蚀的程度是一致的; 在热酸作用下, 除了 PPS 外其它滤料的强力都出现了下降, 聚酰胺和聚酰胺氨胺下降最多, 聚酰胺的经向和纬向保持率为 2.9%和 3.7%, 而聚酰胺氨胺的经向和纬向保持率为 3.8%和 1.8%, 仅剩不到 4%的强力使这两种滤料在热酸环境的现场使用时, 后果不堪设想, 它们不适合在热酸性环境下使用; 涤纶滤料强力下降了一半多, 玻纤、聚酰胺亚胺、玻纤复合都有一定程度的下降; 与之形成对比, PPS 滤料在热酸的作用下强力则略有上升, 经纬向强度保持率分别为 102.3%和 105.0%, 主要是由于热酸环境使 PPS 分子链产生了交联反应所致。

### 3.2 碱性溶液的腐蚀影响

许多工业过程如金属冶炼会产生碱性烟气环境, 而碱性烟气也会对滤料产生腐蚀作用。针对七种滤料, 将其放在 40%NaOH 碱液, 保持室温 25°C, 浸泡 24 小时后测试其断裂强力, 并与原始样品的强力相比, 得出其经纬向断裂强力保持率。七种滤料的经过碱液处理后经向和纬向强度保持率如图 4 和图 5 所示。

实验中发现, 聚酰胺氨胺根本无法承受碱液作用, 在浸泡 24 小时后已经溃不成形, 无法进行强力的测试; 涤纶、玻纤复合、玻纤、聚酰胺都有不同程度的下降, 不适合在碱性环境下使用, 其中涤纶下降最多, 经纬向强度保持率分别为 60.6%和 26.8%; 聚苯硫醚和聚酰胺亚胺的强力则出现了上升, 具有较好的抗碱能力, 聚苯硫醚的经纬向强度保持率分别为 114.9%和 111.9%, 而聚酰胺亚胺经纬向为 156.6%和 167.6%, 是原来强力的 1.5 倍以上, 特别适合在碱性环境下使用。

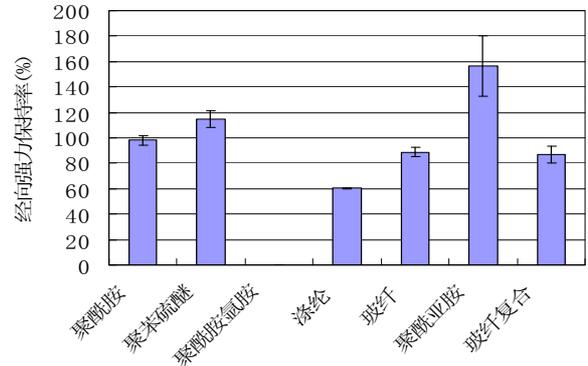


Figure 2 Wrap strength retention ratio of filter under 25°C40% NaOH 24h.

图4 滤料在 25°C40%NaOH 碱液浸泡 24 小时后的经向强度保持率。

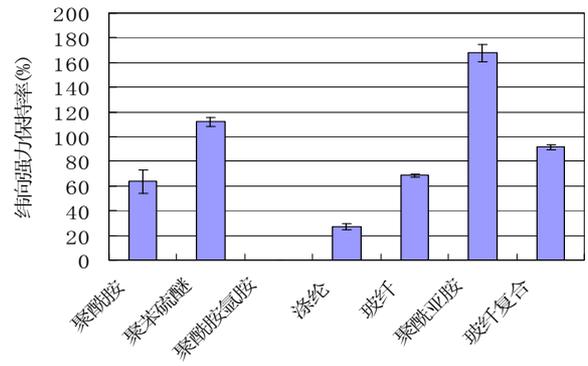


Figure 2 Weft strength retention ratio of filter under 25°C40% NaOH 24h.

图5 滤料在 25°C40%NaOH 碱液浸泡 24 小时后的纬向强度保持率。

### 3.3 长时间酸腐蚀的影响

现场应用时, 滤料需要在不同的烟气环境中长期使用, 而腐蚀性烟气对滤料的破坏程度会随着时间的延长而越发严重, 并导致滤料机械性能下降过快、使其寿命缩短。本文研究了酸性环境下滤料强力随作用时间的变化情况, 图 5 为滤料在 25°C60%硫酸作用下经向强度保持率随时间的变化曲线, 图 6 为纬向强度保持率变化曲线。

可以看出, 随着时间的延长, 所有滤料的经向和纬向强度均呈现出下降趋势; 聚酰胺氨胺滤料的强度下降最明显, 1000 小时后, 其经向和纬向强度保持率仅为 7.9%和 5.0%, 说明该滤料不具有抗腐蚀作用, 只能在中性、温和的环境下使用; PPS 滤料表现最好, 虽然也在下降, 但在 1000 小时其经纬向强度保持率还在 102.0%和 102.6%; 其它滤料的经向强度保持率下降到 75%—85%左右, 纬向保持率则下降到 62%—82%左右。

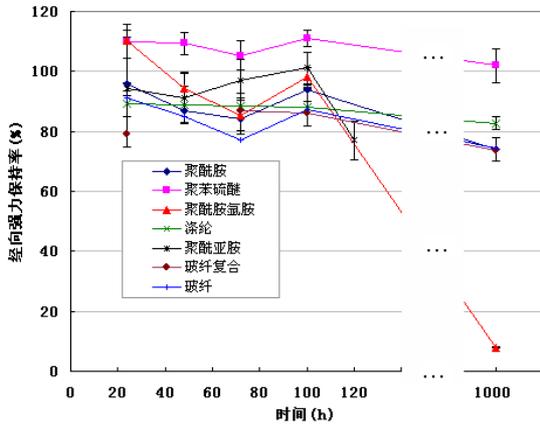


Figure 5 Wrap strength retention ratio with time under 25°C60% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

图 5 25°C60%硫酸作用下经向强力保持率随时间变化

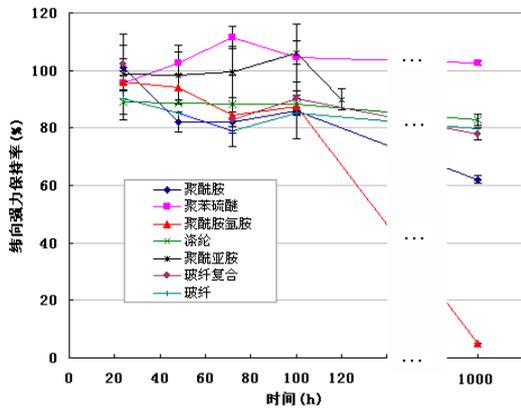


Figure 6 Weft strength retention ratio with time under 25°C60% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

图 6 25°C60%硫酸作用下经向强力保持率随时间变化

#### 4 结论

本文通过对七种滤料做的一系列腐蚀性实验，可以得出如下结论：

(1)在酸性和碱性腐蚀环境中，几乎所有滤料的机械强力都会发生不同程度的下降；

(2)在 85°C60%硫酸作用 24h 后，除 PPS 外其它滤料强力下降明显，聚酰胺和聚酰胺氨胺下降最多，经纬向仅剩不到 4%强力，而涤纶剩下不到一半的强力；

(3)在常温 40%碱液作用 24h 后，除聚苯硫醚和聚酰亚胺强力有所上升外，其它滤料的强力都明显下降，而聚酰胺氨胺根本无法承受碱液的腐蚀，已经溃不成

形，已无法进行强力的测试；

(4)在酸性环境长时间作用下，所有的滤料强力均呈现出下降趋势，聚酰胺氨胺下降最明显，1000 小时后，其经纬向强力保持率仅为 7.9%和 5.0%；

(5)在七种滤料中，聚酰胺氨胺抗腐蚀最差，不能用于酸碱腐蚀性环境；PPS 的抗腐蚀性最好，不管是热酸腐蚀、碱性腐蚀、或长时酸性腐蚀，PPS 强力都略有上升，但随着作用时间的延长，也呈现出下降的趋势。

#### References (参考文献)

- [1] Xue Bin, Pollution and prevent of industrial boiler smoke[J]. Power system engineering, 2008,24(2):67-68(Ch)  
薛斌, 工业锅炉烟尘污染及防治 [J]. 电站系统工程, 2008,24(2):67-68
- [2] Wang Yongzhong, Zhang Dianyin, Modern dust control technology development trend in iron & steel industry[J]. Metallurgical environment protection, 2006,6:14-17(Ch)  
王永忠, 张殿印, 现代钢铁企业除尘技术发展趋势 [J]. 冶金环境保护, 2006,6:14-17
- [3] Wang Jin-bo, Sun Xi, Liu Jing-xian, et al. Handbook of filter and fittings for baghouse(2ndedition)[M], Shenyang: Northeastern University Press, 2007:1-20(Ch)  
王金波, 孙熙, 柳静献, 毛宁. 袋式除尘器滤料及配件手册 (第二版) [M]. 沈阳: 东北大学出版社, 2007:1-20
- [4] B.J.P. Buhre, J.T. Hinkley, et. al. Fine ash formation during combustion of pulverised coal-coal property impacts[J]. Fuel, 2006,85(2):185-193
- [5] C. Robertson, S. Sen, T.K. Ray, "Fabric Filter Technology for Utility Coal Fired Boilers", Power Plant Operation, Efficiency and Environmental Protection, New Delhi, 2000.2
- [6] Winyu Tanthapanichakoon, Mitsuhiro Hataa. Mechanical degradation of filter polymer materials: Polyphenylene sulfide, Polymer Degradation and Stability, 2006,91(11):2614-2621
- [7] Jingxian Liu, Ning Mao, Deqiang Chang, Xi Sun, Effect of temperature on PPS felt filter. Journal of Northeastern University, 2009,30(S2)254-257(Ch)  
柳静献, 毛宁, 常德强, 孙熙等, 温度对 PPS 针刺毡滤料的影响研究 [J]. 东北大学学报, 2009, 30(S2): 254-257
- [8] Zhen Mei and D. D. L. Chung, Effect of heating time below the melting temperature on polyphenylene sulfide adhesive joint development[J]. International Journal of Adhesion and Adhesives, 2000,20(4):273-277
- [9] Wang Yajuan, Chen Liang, Ma Chengyu, Filter corrosion studies for baghouse for incineration smoke[J]. Environment protection technology, 2007,13(4):41-43(Ch)  
王亚娟, 陈亮, 马承愚, 垃圾焚烧炉烟气净化用袋式除尘滤料的耐腐蚀性能试验研究 [J]. 环保科技, 2007,13(4):41-43
- [10] Jingxian Liu, Haiyan Zhang, Ning Mao, Deqiang Chang, Xi Sun, Impact of NOx on Baghouse Filter used for Coal-boiler Smoke, Proceedings of the International Conference on Environmental Pollution and Public Health (EPPH2010), June 2010, Chengdu, China