

制袋工艺及密封方式对滤袋过滤性能的影响

蔡雨婷^{1,2,3} 郑智宏^{1,2,3} 陈建文^{1,2,3} 刘之睿^{1,2,3}

1. 厦门中创环保科技股份有限公司, 福建 厦门 361101;
2. 福建省袋滤材料与技术重点实验室, 福建 厦门 361101;
3. 厦门市袋滤材料与技术重点实验室, 福建 厦门 361101

摘要:为满足各地日益严苛的排放标准要求,滤袋制袋工艺及密封方式尤为重要。对三针缝制工艺(不做密封处理)、三针缝制后针孔涂胶密封工艺及热熔密封工艺制备的滤袋进行荧光粉渗透性能和过滤性能研究,结果表明:无论是荧光粉渗透测试还是动态除尘过滤试验,三针缝制后针孔涂胶密封工艺和热熔密封工艺制成的滤袋均能阻隔粉尘渗透,且过滤效率相对较高。其中,三针缝制后针孔涂胶密封工艺制备的滤袋,过滤面积损失小,透气性适宜,过滤效果最佳。

关键词:热熔密封工艺;涂胶密封工艺;荧光粉渗透性能;动态过滤性能

中图分类号:TS 176;X 701

文献标志码:A

文章编号:1004-7093(2024)09-0015-06

Effect of making process and sealing method on filtration performance of filter bags

Cai Yuting^{1,2,3}, Zheng Zhihong^{1,2,3}, Chen Jianwen^{1,2,3}, Liu Zhirui^{1,2,3}

1. Xiamen Zhongchuang Environmental Protection Technology Co., Ltd., Xiamen 361101, Fujian, China;
2. Fujian Provincial Key Laboratory of Bag Filter Materials and Technology, Xiamen 361101, Fujian, China;
3. Xiamen Key Laboratory of Bag Filter Materials and Technology, Xiamen 361101, Fujian, China

Abstract: In order to meet the increasingly stringent emission standards, the bag-making process and sealing methods are particularly important. The phosphor permeation and filtration properties of filter bags prepared by three-needle sewing process (without sealing treatment), pinhole glue sealing process after three-needle sewing and hot melt sealing process were studied. The results showed that the filter bags prepared by pinhole glue sealing process after three-needle sewing and hot melt sealing process could block dust permeation and the filtration efficiency was relatively higher, no matter they were phosphor permeation test or dynamic dust removal filtration test. Among them, the filter bag prepared by pinhole glue sealing process after three-needle sewing had the best filtration effect with small filtration area loss and suitable air permeability.

Keywords: hot melt sealing process; pinhole glue sealing process; phosphor permeation; dynamic filtration performance

收稿日期:2024-04-29

作者简介:蔡雨婷,女,1997年生,硕士,主要从事工业烟尘用滤料的研究工作,caiyuting@savings.com.cn

近年,各省份相继出台了与大气污染物排放标准相关的文件。例如:山西省于2019年颁布了DB 14/1703—2019《燃煤电厂大气污染物排放标准》,其规定烟尘排放质量浓度限值为 5 mg/m^3 ;安徽省于2023年颁布了DB 34/4336—2023《火电厂大气污染物排放标准》,其规定新建燃煤锅炉的颗粒物排放质量浓度限值为 5 mg/m^3 。可见,我国的环境保护政策正日益严格,而如何实现超低排放已成为当前环境保护领域的研究重点^[1]。袋式除尘器是我国各行业的主流除尘设备,其核心部件——滤袋的技术创新与工艺改进对于实现滤袋除尘的节能减排具有重要意义^[2-3]。

传统滤袋制作过程中,常采用聚四氟乙烯(PTFE)缝纫线对滤料进行缝制^[4]。然而,由于针孔的存在,投运后微细粉尘可从滤袋针孔处穿透,这将增加粉尘排放超标的风险^[5-6],影响除尘器安全稳定运行^[7-8]。国内外学者就制袋方法和制袋工艺对滤袋过滤性能的影响进行了较多的研究。部分由热塑性纤维制备的滤料可通过热熔法加工成滤袋^[9]。刘兴成等^[10]基于静态过滤性能对滤料的缝制方法展开研究,发现热熔滤袋对 $\text{PM}_{2.5}$ 的过滤效率高于缝合滤袋对 $\text{PM}_{2.5}$ 的过滤效率。陈建文^[11]对比了热熔、涂胶、贴膜等工艺制备的滤袋的耐高温性能及耐喷吹性能,并从使用寿命的角度建议,宜采用热熔法和涂胶法对滤袋进行密封优化处理。杨勇等^[12]研究了缝纫线缝制道数及针孔涂胶封堵方法对滤袋过滤性能的影响,结果发现:随着缝纫线缝制道数的增加,滤袋过滤效率下降;针孔涂胶封堵可明显提高滤袋对大颗粒污染物的过滤效率。但上述研究或以静态过滤为研究方法,或以基础性能为评判基础,未对几种制袋工艺制备的滤料的动态过滤性能进行综合分析。此外,现有一些过滤性能测试仪测试周期较长,这不利于快速判断或比较滤袋过滤性能的优劣。

本研究将采用自制的荧光粉渗透试验设备,对制备的滤袋试样的渗透性能做初步筛查,再利用动态除尘过滤试验对结果进行验证。通过对比传统三针缝制工艺(不做密封处理)、三针缝制后针孔涂胶密封工艺(简称针孔涂胶密封工艺)及热熔密封工艺制备的滤袋的过滤性能,筛选合适的制袋工艺及密封方式,从而使滤袋能更好地适应袋式除尘器复

杂的烟气工况条件,使用寿命更长,运行阻力更低、更稳定,过滤效率更高。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验选用某公司生产的聚苯硫醚(PPS)滤料作为原材料,采用某厂家定制的透明有机硅胶作为涂胶工艺用的涂覆密封材料。

分别采用三针缝制工艺(不做密封处理)、针孔涂胶密封工艺及热熔密封工艺对滤料进行加工以制备滤袋,对应试样编号分别为1[#]、2[#]和3[#](图1),基本参数见表1。袋身相接处滤料重叠宽度为15 mm,缝制宽度为6 mm,涂胶时需将针孔完全覆盖。

表1 试样的基本参数

Tab. 1 Basic parameters of samples

试样编号	面密度/ ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)	透气量/ ($\text{L}\cdot\text{dm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$)	制袋工艺及密封方式
1 [#]	648	176.3	三针缝制工艺 (不做密封处理)
2 [#]	652	152.8	针孔涂胶密封工艺
3 [#]	624	120.5	热熔密封工艺

1.2 试验设备及方法

1.2.1 荧光粉渗透试验

实际挂袋使用前,通常先对滤袋进行荧光粉渗透测试,以判断滤袋是否可以正常投入使用。本研究所用荧光粉渗透试验设备如图2所示,所用荧光粉粒径均匀,平均直径约 $7 \mu\text{m}$ 。将试样迎尘面朝下,平整地放入滤筒中心部位的卡槽内;匀速打开压力控制阀门,直至桶内大部分荧光粉扬起;试验15 s后,关闭气源,利用荧光灯检测试样净气面是否有荧光粉痕迹。该试验方法通过设置对照组,可直观、快速地评判滤料的过滤性能,提高滤料过滤性能检测效率。

1.2.2 动态除尘过滤试验

动态除尘过滤试验所用粉尘粒径跨度较大,最大粒径约为 $19 \mu\text{m}$,最小粒径约为 $5 \mu\text{m}$ 。参照GB/T 6719—2009《袋式除尘器技术要求》标准对试样进行过滤性能测试,并采用式(1)计算粉尘排放质量浓度,式(2)计算过滤效率。

$$c = \frac{m_1 - m_0}{t \cdot Q} \quad (1)$$

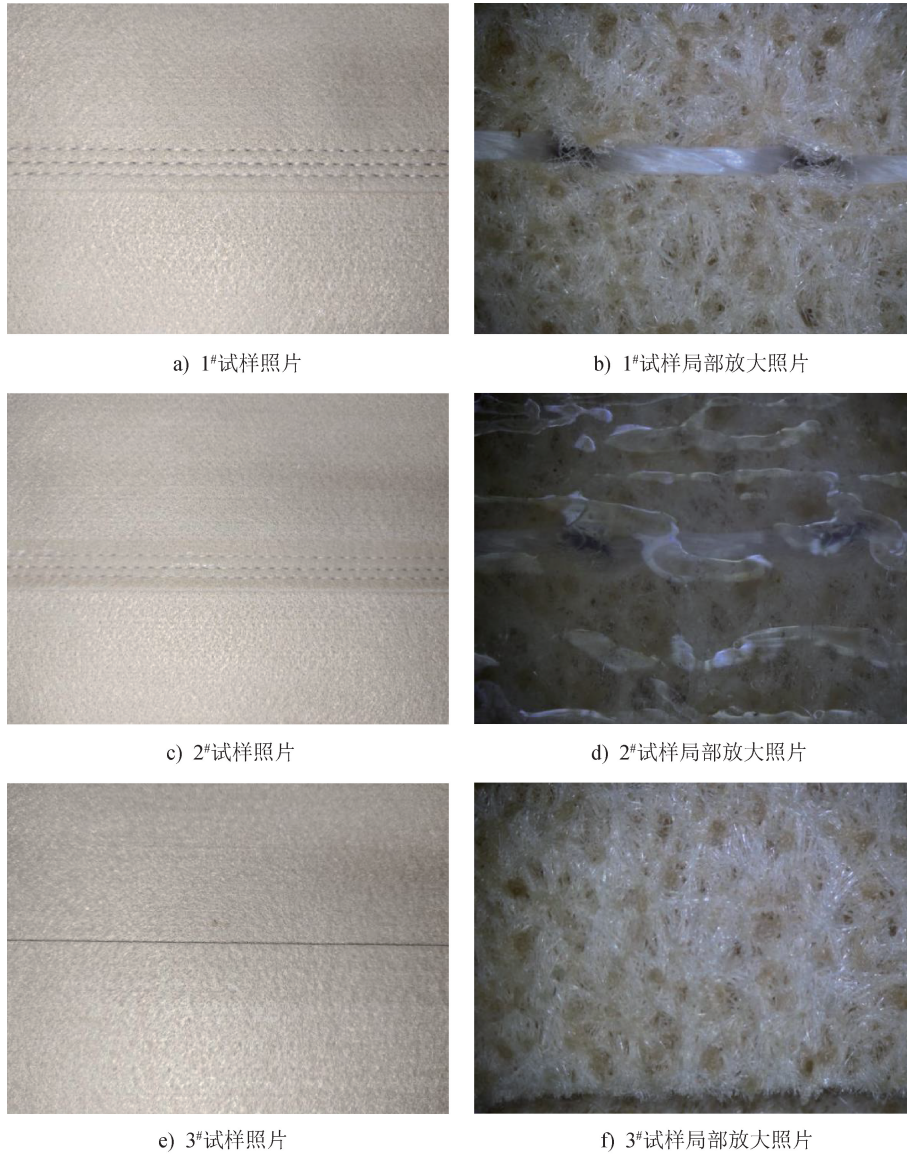


图 1 试样照片

Fig. 1 Sample photographs

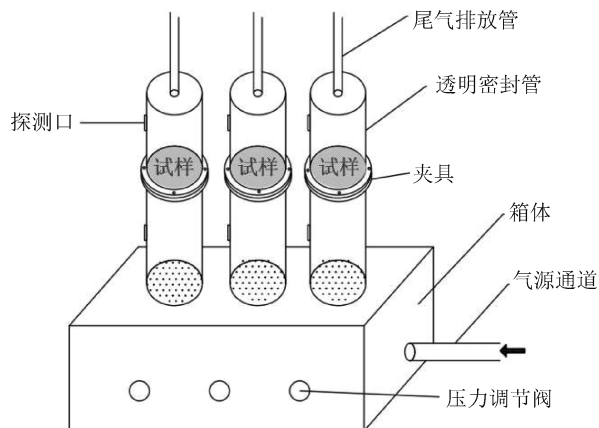


图 2 荧光粉渗透试验设备

Fig. 2 Phosphor penetration test equipment

$$\eta = \left(1 - \frac{c}{c_0}\right) \times 100\% \quad (2)$$

式中： c 为粉尘排放质量浓度， mg/m^3 ； m_1 为试验后终端过滤纸质量， mg ； m_0 为试验前终端过滤纸质量， mg ； t 为试验时间， h ； Q 为粉尘流量， m^3/h ； η 为过滤效率， $\%$ ； c_0 为入口粉尘质量浓度， mg/m^3 。

2 结果与分析

2.1 渗透性能

图 3 为荧光粉渗透试验后试样在荧光灯照射下的外观特征。观察图 3 可以发现：未经过密封处理

的 1# 试样,其多处针孔在荧光灯的照射下显示有荧光粉发亮的痕迹。使用刀片割开 1# 试样的缝纫线,可明显观察到夹层中渗透有荧光粉。此外,大量荧光粉还通过针孔缝隙从 1# 试样的迎尘面穿透至净气面。2# 试样针孔处因采用了有机硅胶进行涂覆密封处理,在荧光灯的照射下,其针孔位置只有零星的荧光粉痕

迹。同样,利用刀片割开 2# 试样的缝纫线,发现夹层内侧第 1 排和第 2 排缝纫线针孔处无荧光粉发亮的痕迹,但夹缝到外侧第 1 排缝纫线针孔处有荧光粉发亮的痕迹。可见,有机硅胶的阻隔作用使得荧光粉没有穿透到 2# 试样的净气面。3# 试样在荧光灯的照射下,滤料重叠部分未显示出荧光粉发亮的痕迹。

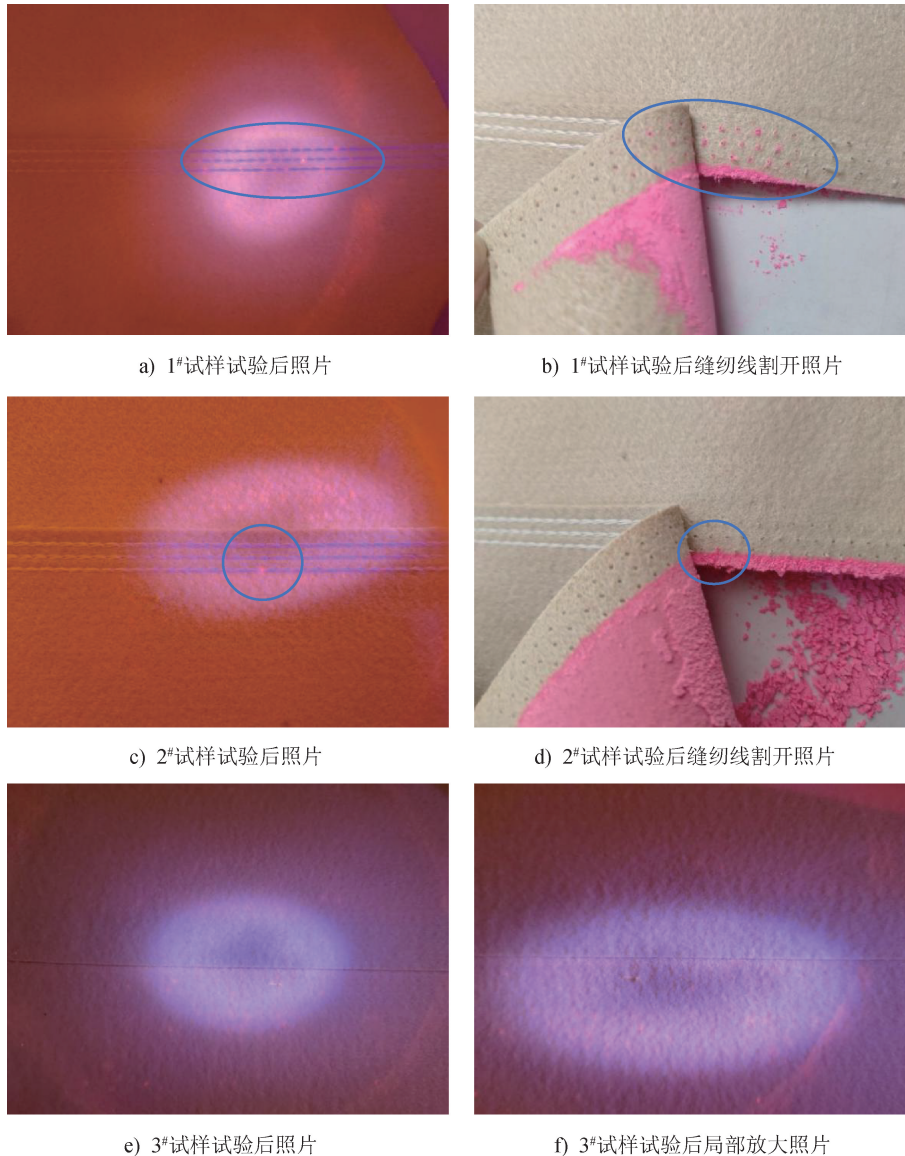


图 3 滤袋荧光粉渗透试验结果

Fig. 3 Phosphor penetration test results of filter bags

综上所述,采用三针缝制工艺(不做密封处理)制备的滤袋,粉尘可能会通过针孔渗透至净气面,导致实际运行过程中出现粉尘泄漏及排放超标等现象;而采用针孔涂胶密封工艺和热熔密封工艺制备的滤袋,粉尘在缝合处的渗透几乎被完全阻挡。

2.2 过滤性能

滤料动态过滤性能测试仪常用于评价滤料的动态除尘效率和过滤性能^[13-14]。

图 4 展示了老化喷吹前后,制备的 3 种试样的残余阻力随滤尘-清灰循环次数的变化。3 种试样

的洁净滤料阻力(即循环次数为 0 时的滤料阻力)依次为 2#>3#>1#,但差异很小。从图 4 可以看出,在前 30 次滤尘-清灰循环周期内,3 种试样的残余阻力保持相对稳定,均约为 100 Pa。但经过 10 000 次老化喷吹后,后 30 次滤尘-清灰循环周期内,3 种试样的残余阻力差异明显,这与试样的透气性能有关。表 1 数据显示,1#试样具有较好的透气性,其透气量比密封处理的 2#和 3#试样的透气量高 15%~46%。此外,1#试样表面因未经过任何处理,清灰更容易,故残余阻力明显低于 2#和 3#试样的。2#试样最终残余阻力(727 Pa)略小于 3#试样最终残余阻力(739 Pa),这与热熔密封工艺连接处更加紧实、透气性更差有关。

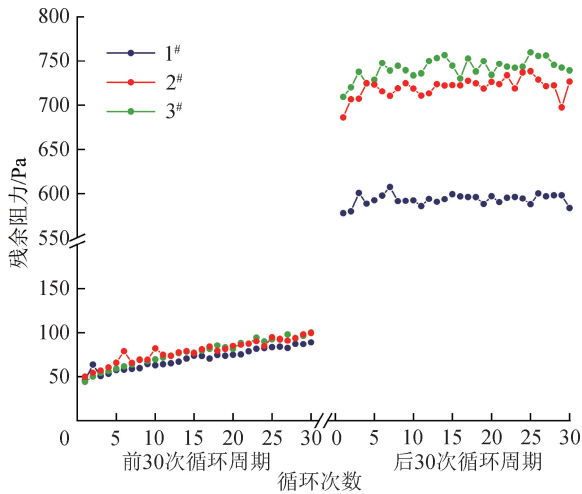


图 4 试样老化喷吹前后残余阻力随循环次数的变化
Fig. 4 Variation of residual resistance before and after aging injection of samples with the number of cycles

在滤料动态过滤性能测试中,10 000 次的老化喷吹对滤料性能的影响至关重要。如图 5 所示,老化喷吹过程中,3 种试样的残余阻力呈上升趋势。经历 10 000 次的老化喷吹后,未做密封处理的 1#试样的残余阻力小于密封处理的 2#和 3#试样的,且 2#和 3#试样的残余阻力差异不大,这与前文的描述吻合。

图 6 为 3 种试样的过滤效率及粉尘排放质量浓度。从图 6 可以看出,运行过程中 3 种试样的过滤效率表现为 2#>3#>1#。1#试样因未进行密封处理,粉尘会穿透针孔,导致排放超标;2#试样在运行过程中粉尘排放质量浓度最低,为 0.547 mg/m³,这与 2#试样涂覆了一层薄薄的有机硅胶堵住了因缝制产生

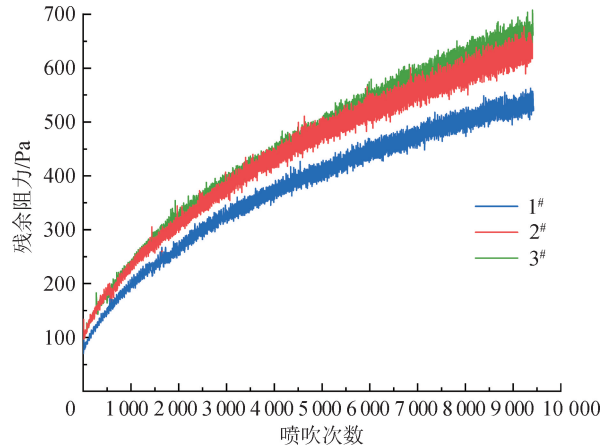


图 5 老化喷吹时残余阻力随喷吹次数的变化
Fig. 5 Variation of residual resistance with blowout times during aging injection

的孔隙,最大程度地保持了原有的透气性能,同时过滤面积相对 3#试样损失较少有关;3#试样尽管透气量最小,但热熔黏合工艺使得上下 2 片滤料接触面积较大,滤袋透气不均匀性提高,过滤效率受影响,滤袋使用寿命缩短。

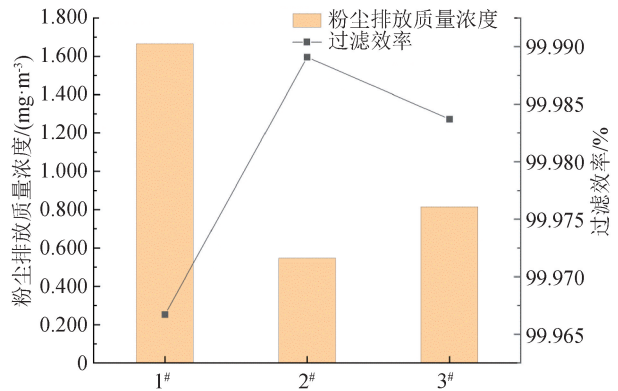


图 6 试样的过滤效率与粉尘排放质量浓度
Fig. 6 Filtration efficiency and dust emission mass concentration of samples

3 结论

(1) 荧光粉渗透试验发现,三针缝制工艺(不做密封处理)制备的滤袋呈现出明显的荧光粉渗透现象,而采用针孔涂胶密封工艺和热熔密封工艺制备的滤袋能有效抑制粉尘的渗透,提高滤袋的过滤效率。

(2) 动态除尘过滤性能测试中,3 种滤袋过滤效率表现为针孔涂胶密封工艺制备的滤袋>热熔密封

工艺制备的滤袋>三针缝制工艺(不做密封处理)制备的滤袋。其中,针孔涂胶密封工艺制备的滤袋过滤面积损失较小,具有适宜的透气性,过滤效率相对最大。

(3)滤料过滤性能的评估一般基于动态过滤性能测试,但该测试所需设备较复杂,且测试时间较长。荧光粉渗透测试是一种快速且直观的定性检测方法,可作为滤袋过滤性能测试方法的有效补充。



期刊采编平台

中国知网下载

参考文献

- [1] 柳静献,毛宁,孙熙,等.我国袋式除尘技术历史、现状与发展趋势综述[J].中国环保产业,2022(1):47-58.
- [2] 李沿英.燃煤火力发电厂大气污染治理技术探究[J].山西化工,2023,43(8):238-239.
- [3] 贾旺朝,纪晓明.火电厂锅炉烟气的袋式除尘技术应用[J].集成电路应用,2022,39(3):256-257.
- [4] 王向钦,陈明刚,吴波伟,等.除尘滤袋用PTFE复合缝纫线热态拉伸性能分析[J].产业用纺织品,2021,39(12):15-18.
- [5] 翁美玲,龙海如,张孝南.PPS/PTFE纤维复合水刺耐高温过滤材料的制备与性能研究[J].产业用纺织品,2012,30(3):16-20.
- [6] 陈建文.PM_{2.5}含量对滤料过滤性能的影响[J].产业用纺织品,2023,41(2):23-27.
- [7] 薛婷婷.基于工业除尘PM_{2.5}净化的滤袋特性试验研究[D].上海:东华大学,2014.
- [8] 江得厚,王贺岑,张营帅.袋式除尘器在燃煤电厂烟气“超低排放”应用分析探讨[J].工业安全与环保,2015,41(10):87-91.
- [9] ZIMICHEV A M, VARRIK N M, SUMIN V A, et al. Research of the process of extrusion of continuous high-melting fibers[J]. Proceedings of VIAM, 2017(1):6.
- [10] 刘兴成,邓翔,沈云鹏,等.袋式除尘器滤袋接缝方法对PM_{2.5}过滤效率的影响[J].安全与环境学报,2017,17(4):1505-1509.
- [11] 陈建文.滤袋针孔涂胶工艺在水泥窑袋式除尘器中的成功应用[J].中国环保产业,2020(8):33-35.
- [12] 杨勇,沈恒根,李纪伟,等.电解铝用滤袋缝合工艺对PM_{2.5}过滤效率的影响[J].环境工程学报,2015,9(8):3909-3914.
- [13] 聂雪丽,沈恒根,薛婷婷,等.织物特性对聚苯硫醚滤料动态过滤性能的影响[J].环境工程,2015,33(4):86-91.
- [14] 雷李娜,郭国梁.国内袋式除尘器滤袋滤料标准研究与质量问题分析[J].产业用纺织品,2023,41(11):42-45.

(上接第14页)

- [10] 赫连晓伟,曾泳春.熔喷工艺参数对纤维直径的影响[J].东华大学学报(自然科学版),2012,38(4):367-372.
- [11] 鲁谦之,张正男,段书霞,等.多功能空气过滤用静电纺玉米醇溶蛋白非织造材料形貌调控[J].东华大学学报(自然科学版),2023,49(3):46-52.
- [12] 金关秀.纺粘/熔喷非织造布纤网细观结构及其过滤性能[D].杭州:浙江理工大学,2017.

把论文发表在祖国大地上!