

# 高容尘粗旦熔喷过滤材料关键工艺及其在暖通上的应用研究

李洪昌, 尤健明, 徐飞, 陆剑, 曹海罡, 杜汶骏  
(浙江朝晖过滤技术股份有限公司, 浙江省嘉兴市, 314000)

**摘要** 本文以聚丙烯为主要原料, 研究了熔喷过滤材料生产过程中对纤维性能影响的关键因素以及纤维性能变化对熔喷过滤材料产品性能的影响。结果表明, 聚丙烯熔融指数、成核剂添加量对熔喷过滤材料的纤维直径以及产品性能有着巨大影响, 通过优选合适原料和工艺参数, 可以制得粗旦熔喷过滤材料, 纤维平均直径可以达到  $15\mu\text{m}$  以上, 是普通熔喷无纺布纤维直径的 10 倍以上, 而且具有较好的蓬松性, 厚度是普通熔喷无纺布的 1 倍以上, 容尘性能达到普通熔喷无纺布 3 倍以上。这种性能对其在暖通初效过滤上带来极大的应用优势, 本文进一步将其和支撑材料复合后加工成板式过滤网研究了其对  $0.3-1\mu\text{m}$ 、 $1-3\mu\text{m}$  以及  $3-10\mu\text{m}$  粒径段颗粒物的拦截性能; 结果显示材料性能的变化对器件初阻力的降低有着极大帮助, 这在暖通进气初效过滤应用中对能耗的降低以及器件寿命的延长有着非常积极的意义。

**关键词:** 粗旦熔喷过滤材料; 高容尘; 暖通; 性能; 应用

中图分类号: TS176 文献标识码: B

## The Research of High Dust Holding Coarse Denier Melt Blown Filter Material Key Process and Its Application in HVAC

LI HONGCHANG, YOU JIANMING, XU FEI, LU JIAN, CAO HAIGANG; DU WENJUN  
(Zhejiang Zhaohui Filtration Technology Co., Ltd, Jiaxing City, Zhejiang Province, 314000 )

**Abstract:** Using polypropylene as the main raw material, this article studied the key factors affecting on fiber performance during the production process of melt blown filter materials, as well as the impact of fiber performance changes on the product performance of melt blown filter materials. The results show that the melt index of polypropylene, the amount of nucleating agent added have a significant impact on the fiber diameter and product performance of melt blown filter materials. By selecting suitable raw materials and process parameters, coarse denier melt blown filter materials can be produced. The average fiber diameter can reach more than  $15\mu\text{m}$ , which is more than 7 times the diameter of ordinary melt blown non-woven fabrics. Moreover, it has good fluffiness, its thickness is more than twice that of ordinary melt blown non-woven fabrics, and dust holding performance is more than 3 times that of ordinary melt blown non-woven fabrics. This performance brings great application advantages to its initial filtration in HVAC. In this paper, it is further processed into a plate filter after being combined with supporting materials to study its interception and dust holding performance against particles in the  $0.3-1\mu\text{m}$ ,  $1-3\mu\text{m}$ , and  $3-10\mu\text{m}$  particle size ranges. The results show that the changes in material properties are having great help in reducing the initial resistance of the filter. This has a very positive significance in reducing energy consumption and extending the lifespan of the filter in the application of HVAC inlet primary filtration.

**Keywords:** Coarse denier melt blown filter material; High dust holding; HVAC; Performance; Application.

**作者简介:** 李洪昌 (1987-), 男, 山东菏泽人, 硕士研究生, 浙江朝晖过滤技术股份有限公司材料高级经理, 长期从事各类过滤材料的研究、开发及应用研究。

## 0 引言

我们赖以生存的空气中除了有 21%的氮气和 78%的氧气外,还分布着很多大气尘,这些大气尘的来源有火山爆发造成的火山灰、表层土壤沙化引起的灰尘、花季飘散的花粉以及细菌/病毒等等,大气尘中的固态粒子的直径多在 0.01 $\mu\text{m}$ -100 $\mu\text{m}$ 之间,其中粒径小于 1 $\mu\text{m}$ 的固态粒子占大气尘中固态粒子数量的 99%以上,但是按重量比只占 30%,直径大于 1 $\mu\text{m}$ 的固态粒子占有所有固态粒子的重量比 70%以上<sup>[1-3]</sup>。

目前在高效过滤材料领域有水驻极熔喷无纺布、PTFE 膜材料、玻纤无纺布材料以及静电纺纳米纤维材料得到广泛应用,但是这些材料由于孔隙率很低,针对大粒径颗粒物的过滤主要是以拦截为主很快形成滤饼层导致空隙被堵失去过滤作用<sup>[4]</sup>。

熔喷法非织造布生产工艺是一种熔体直接纺丝成网非织造布制造工艺,是将热塑性聚合物熔体如聚丙烯树脂熔融后通过喷丝组件,在高速高压热空气流的作用下拉成超细熔喷纤维,纤维在成网帘上堆积,自粘合形成熔喷非织造布。由于熔喷非织造布的生产工艺,其纤维的平均直径一般在 2-5 $\mu\text{m}$ 左右,其超细的纤维直径和孔隙结构使其对 0.3 $\mu\text{m}$ 及其以下的小粒径颗粒物有着非常好的过滤作用,在 HEPA 过滤器中有着非常多的应用,但是时由于超细的纤维直径和空隙结构使其在大风量、大粒径颗粒物过滤中阻力上升非常快,寿命使用非常短<sup>[5-6]</sup>。

本文以聚丙烯为主要原料,研究了熔喷过滤材料生产过程中对纤维性能影响的关键因素以及纤维性能变化对熔喷过滤材料产品性能的影响,探索了粗旦聚丙烯熔喷非织造材料在暖通上的应用特性。

## 1 试验部分

### 1.1 原料

试验所用原料如表 1 所示。

表 1 试验所用原料

原料	型号	公司名称
聚丙烯改性粒子	z-1500	山东道恩高分子材料股份有限公司
聚丙烯改性粒子	z-1000	
聚丙烯改性粒子	z-1000	
驻极母粒	自制	
成核剂	WBQ-88	广东炜林纳公司

### 1.2 仪器设备

TSI8130-1-77 自动滤材测试仪,用于滤材过滤性能的测试;COXEM EM-30 扫描电镜,用于测试滤材微观形貌和纤维直径;安东帕 XRDynamic 500 X 射线衍射仪,用于测量材料的结晶性能。

### 1.3 研究内容

本文将从以下几个方面研究高容尘粗旦熔喷过滤材料的加工特性以及性能。

#### 1.3.1 熔融指数对熔喷非织造布性能影响

采用熔融指数为 800MFI、1000MFI 和 1500MFI 的聚丙烯改性粒子,在相同的熔喷工艺条件下,研究了不同熔融指数原料对熔喷非织造布纤维形貌的影响。

#### 1.3.2 成核剂对熔喷非织造布性能影响

在优化熔喷原料熔指的基础上,在相同的熔喷工艺条件下,进一步研究了成核剂添加量对熔喷非织造布性能的影响。

#### 1.3.3 高容尘粗旦熔喷过滤材料性能研究

通过工艺优化和配方调整制备了 80g/m<sup>2</sup>的高容尘粗旦熔喷过滤材料,并对材料进行了微观形貌、材料阻效和容尘性能等研究。

## 2.结果与分析

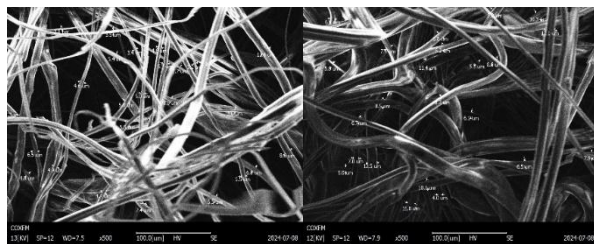
### 2.1 熔融指数对熔喷非织造布性能影响

不同熔融指数熔喷粒子生产的熔喷非织造布形态如下图 1 所示,在工艺条件相同情况下,随着熔喷粒子熔融指数由 1500MFI 降低至 800MFI,其纤维直径逐渐变粗,由 5.29 $\mu\text{m}$ 增加至 12.5 $\mu\text{m}$ ;这是因为随着熔融指数的降低,其分子量增加,纺丝时更加难以牵伸,所以在相同的热风牵伸条件下,纤维拉伸程度

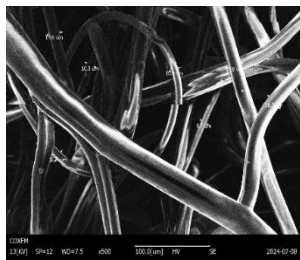
变低，纤维直径变粗，这对增加熔喷非织造布的透气性能和容尘性能具有较大的帮助，对其在暖通上的应用带来较大帮助。

表 2 不同熔融指数熔喷粒子生产的熔喷非织造布

样品名称	纤维平均直径 $\mu\text{m}$
1500MFI 熔喷非织造布	5.29
1000MFI 熔喷非织造布	7.87
800MFI 熔喷非织造布	12.5



a.1500MFI 熔喷非织造布微观形貌 b.1000MFI 熔喷非织造布微观形貌



c.800MFI 熔喷非织造布微观形貌

图 1 不同熔融指数熔喷粒子生产的熔喷非织造布的微观形貌

## 2.2 成核剂对熔喷非织造布性能影响

表 3 为添加不同含量成核剂的熔喷非织造布纤维的热学性能。从表 3 中数据可以看出，添加了成核剂的聚丙烯熔喷样品的熔融峰和结晶峰均出现了偏移，熔融峰温度与熔融焓均有所下降，结晶温度与结晶焓值均有所上升，另一方面，随着成核剂含量的增加，过冷度随之减小，会导致晶粒尺寸的增大。

添加成核剂前后，聚丙烯纤维衍射峰出现的位置基本相同，其中  $2\theta=14.1^\circ$ 、 $16.8^\circ$ 、 $18.5^\circ$ 、 $22.1^\circ$  均为  $\alpha$  晶型对应的衍射峰，对应的晶面分别为 110、040、130、041 晶面。当成核剂含量 0% 时， $2\theta=18.5^\circ$

处的衍射峰并不明显，强度较弱，当成核剂含量分别为 0.2%、0.5% 时，衍射峰强度增强，继续增加成核剂含量，即当成核剂含量为 0.8% 时，衍射峰强度减弱。添加成核剂并不会改变聚丙烯纤维原有的晶型结构，但可以改变其结晶度。

这说明成核剂的增加可以提高熔喷非织造布纤维的结晶度，结晶度的提高将提高熔喷纤维的刚性和驻极性能，这将解决熔喷纤维因牵伸不够造成的强度下降问题，提高高容尘粗旦熔喷过滤材料的容尘性能和稳定性，这将对较大风量的暖通过滤应用中具有极大的帮助。

表 3 成核剂改性聚丙烯熔喷热学性能

样品	0%成核剂	0.2%成核剂	0.5%成核剂	0.8%成核剂
熔融温度 $T_m/^\circ\text{C}$	161.39	156.33	160.51	158.62
熔融焓 $\Delta H_m$ ( $\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$ )	176.302	111.310	97.746	170.761
结晶焓 $\Delta H_c$ ( $\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$ )	52.7999	55.6549	54.3034	63.2447
结晶温度 $T_c/^\circ\text{C}$	117.95	127.27	124.32	128.73

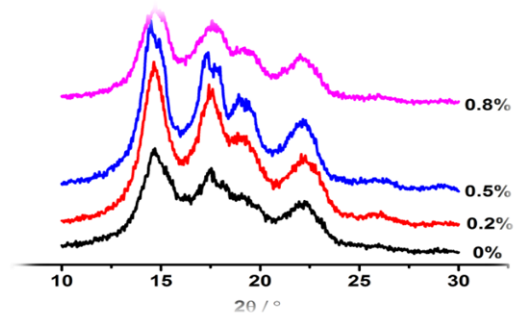


图 2 不同成核剂含量聚丙烯纤维 XRD 分析

## 2.3 高容尘粗旦熔喷过滤材料性能研究

### 2.3.1 微观形貌

相比常规熔喷非织造过滤材料来说，高容尘粗旦熔喷过滤材料的纤维直径可以达到其 10 倍以上，且纤维具有较好的刚性，这就搭建了更加蓬松的三维立体结构，具有较大的孔隙率，所以高容尘粗旦熔喷过滤材料具有超低的阻力和超高的容尘性能。而这些特性对于具有复杂环境和较高灰尘

量的暖通过滤应用具有较大的优势。

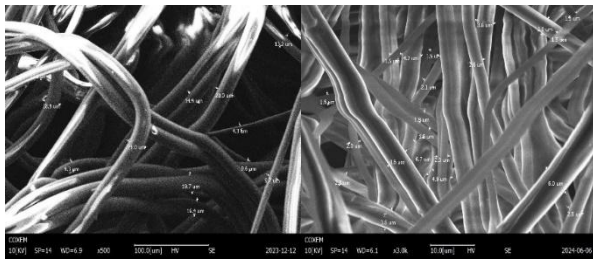


图 3 高容尘粗旦熔喷滤材微观形貌 图 4 普通熔喷滤材微观形貌

### 2.3.2 阻效和容尘

高容尘粗旦熔喷过滤材料其独特的结构使其不仅具有超低的阻力,还具有较好的过滤效率,如表 3 数据显示,80gsm 的高容尘粗旦熔喷过滤材料相比相同克重的短线静电棉材料在具有相近过滤效率的情况下,阻力低了接近 17%。两种材料和同一种骨材采用相同工艺复合做成相同尺寸的板式过滤器后在同样到达 Merv13 级的情况下,具有更低的阻力。

表 3 高容尘粗旦熔喷滤材与其它滤材性能对比 (8130 32LPM 0.3 $\mu$ m NaCl)

样品名称	材料阻力	材料效率
80gsm 高容尘粗旦熔喷滤材	3.2	73.52
某公司 80gsm 短纤静电棉滤材	3.9	74.67

表 4 高容尘粗旦熔喷滤材器件性能 (器件尺寸 500x627x20mm, 1742m<sup>3</sup>/h, ASHRAE 52.2-2017)

器件阻力 pa	E1 (0.3-1 $\mu$ m) %	E2 (1-3 $\mu$ m) %	E3 E2 (1-3 $\mu$ m) %
57.6	54.92	88.53	95.00
76.5	58.7	90.3	95

图 5 为高容尘粗旦熔喷过滤材料的容尘性能,从图中数据可以看出,30gsm 高容尘粗旦熔喷过滤材料相比相同克重的常规熔喷滤材其对 A2 灰容晨量提高了 3 倍,80gsm 的高容尘粗旦熔喷过滤材料的容尘量可以达到 152g/m<sup>2</sup>,其优异的容尘性能使其在过滤使用中能够容纳较多的

灰尘,不仅可以有益于延长滤芯的使用寿命,而且阻力增长缓慢,可以帮助降低设备电机工作功率进而降低设备能耗。

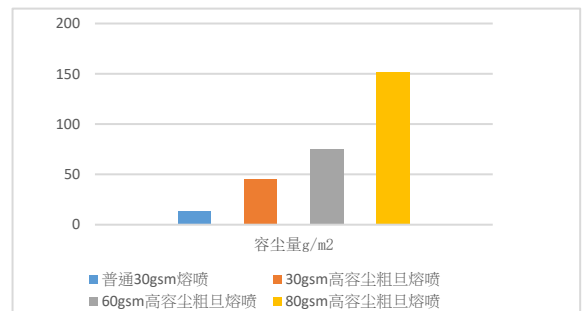


图 5 高容尘粗旦熔喷过滤材料容尘性能

### 3 结论

对于初中效过滤的 HVAC 应用场景,不仅对过滤效率有着要求,其容尘性能和初阻力也决定了滤芯的使用寿命和设备功效,材料的容尘性能越好,初阻力越低,其制成的滤芯使用寿命周期就越长,设备能耗越低。对于熔喷材料来说,我们可以通过降低熔喷聚丙烯原料的熔融指数、添加成核剂的方式获得高容尘粗旦熔喷过滤材料,具有很低的初始阻力和高容尘性能,而且加工流程较短,成本较低,非常适宜用于 HVAC 过滤应用。

### 参考文献

- [1]张红丽.不同过滤级别滤材对室外大气颗粒物净化效果的实验研究[D].西安:西安建筑科技大学,2018.
- [2]黄景莹.改性熔喷聚丙烯非织造布的制备和性能研究[D].上海:东华大学,2012.
- [3]张煌忠.聚丙烯熔喷非织造材料的空气过滤效果研究[J].合成纤维工业,2015,38(4):28-30.
- [4]柯勤飞,靳向煜.非织造学[M].上海:东华大学出版社,2004.
- [5]姜坪,刘梅红.空气过滤材料的发展与应用[J].现代纺织技术,2002,10(4):52-55.
- [6]杨朝坤,赵谦,蒋云,等.纤维过滤材料技术与应用[J].棉纺织技术,2009,37(9):1-4.