

高收缩涤纶纤维过滤呢的研制和性能分析

祖 世 宾

(锦州纺织工业研究所)

【提要】 锦州纺织工业研究所通过大量试验, 研制成高收缩涤纶纤维工业过滤呢。在处理 $0.5\sim 20\mu$ 的氧化铝粉尘, 过滤风速为 1.0 米/分时, 过滤效率达 99.99% 以上, 优于一般用于过滤的绒布、毛毡。文章介绍了该过滤呢的制造过程和过滤机理, 并列出了两个应用实例。

高收缩涤纶纤维工业过滤呢, 是我所为适应国家环境保护、消烟除尘和回收烟尘中贵重稀有物质的需要而研制的, 已于1982年底在北京通过技术鉴定。鉴定结果表明, 该过滤呢的各项技术经济指标, 已达到国家环保规定的标准, 在主要技术指标上已接近国际同类产品的水平。现将其研制情况与应用性能分析叙述如下。

一、过滤呢的研制

1. 原料的选择

根据冶金行业大部分滤尘条件的要求, 我们选择了高收缩涤纶纤维做原料, 制成具有三维结构、致密度好、流体阻力低、易清灰和过滤效率高的过滤呢。

高收缩涤纶纤维一般是由对苯二甲酸二甲酯、间苯二甲酸二甲酯和乙二醇经过酯交换缩聚而成的具有三个序态结构部分组成的纤维。在热的作用下, 该纤维中沿纤维轴取向的无定形区的链分子运动加剧, 分子间的次级价键结合力舒解, 使链分子呈卷曲状态, 形成纤维的热收缩 (其沸水热收缩率达 40%)。利用这特性制成了效果较为理想的过滤呢。

另外, 选择合适的纤维旦数和长度也是很重要的, 它直接关系到滤尘的效果。实践证明, 滤料的纤维应选择旦数低、棉或中长型的长度为宜。我们选用的高收缩涤纶纤维的主要技术指标为: 1.5 旦, 38 毫米长, 强

度 4.5 克/旦, 伸长 36.4% , 卷曲 5 个/ 2.5 厘米, 疵点 < 3 毫克/ 100 克, 含油 0.2% , 沸水收缩率 $30\sim 40\%$ 。

2. 底布的设计

过滤呢底布为由高收缩涤纶纤维制成的平纹稀薄织物。底布纱支及主要规格: 经纬纱都为 18.2 号 $\times 2$, 经密 110 根/ 10 厘米, 纬密 102 根/ 10 厘米, 幅宽 94 厘米 (下机), 重量 90 克/ 米^2 , 经向强度 28 公斤, 纬向强度 32 公斤, 面收缩率 53.2% (沸水), 经向缩率 36.7% (沸水), 纬向缩率 30% (沸水)。该产品系用未定形高收缩纤维, 故在纺纱织造过程中应避免高温、高速和局部过热。

3. 工艺流程

清棉 → 梳棉 → 纤维网输送帘 → 底帘 → 预刺 → 合层 → 针刺 → 热收缩 → 烘干 → 烫平 → 切边 → 施胶 → 成品包装

4. 主要工艺参数

(1) 车间温湿度条件: 温度 $23 \pm 3^\circ\text{C}$; 相对湿度 $60 \pm 5\%$ 。

(2) 设备工艺: 清棉成卷时紧压辊不加热。梳棉刺辊 780 转/分, 锡林 220 转/分, 道夫 7 转/分。输送帘小车及往复帘小车速度同纤维网输出速度, 双层纤维网在底帘上的走行交叉角 $11^\circ\sim 13^\circ$ 。底帘速度 1 米/分。预刺机速 $80\sim 250$ 转/分, 用滑差电机变速。针刺机速 250 转/分。热收缩水温 $95^\circ\sim 100^\circ\text{C}$, 浸水时间 5 秒。圆网烘干机速度 2.5 米/分, 温

度 110°~115°C, 烘燥时间 8 分钟; 过滤呢烘后含水 < 10%。螺杆烫平机蒸汽压力 2~3 大气压/厘米², 温度 120°C, 时间 1~2 分钟, 两烫板间的垫板厚度 1.2~1.4 毫米。

(3) 过滤呢技术工艺和主要物理指标: 预刺后的纤维网要求四层合在一起, 中间夹放底布。毛坯重 275 克/米², 幅宽 1 米。缩水后重 500 克/米², 幅宽 65 厘米, 厚 1.3~1.5 毫米。经向强度 96.3 公斤, 纬向 99.4 公斤。抗磨次数 1000 次。

另外, 还要注意做到: 预刺机和针刺机上的刺针完好率不能低于 90%; 在热收缩过程中, 过滤呢局部不能浸水时间过长; 合层时要求纤维网和底布平展无折皱; 折叠成网工序中要注意铺网均匀。

为加强过滤呢本身的牢固程度, 进一步保证其尺寸的稳定性, 用丙烯酸树脂乳胶进行表面喷涂处理。处理后经、纬向强力可增加一倍左右, 胶膜呈多孔性, 不影响过滤呢的透气性能, 能增强抗水性, 特别适用于含湿量较大的烟尘的处理。图 1 为丙烯酸树脂喷涂量与过滤呢强度及硬挺度的关系曲线。

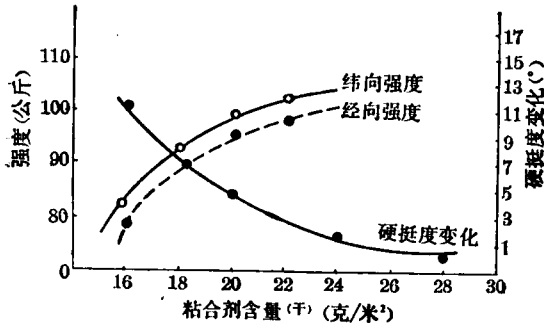


图 1 粘剂含量与过滤呢硬挺度及强度的关系

该粘剂是以丙烯酸树脂单体用乳液共聚法制成, 胶乳液聚合后形成分子间线型长链聚合, 再加上热烘烘后, 使分子发生交联而形成网状结构的交联和热固。

二、应用性能分析

1. 对含尘气体的净化机理

含尘气体通过过滤呢的速度在 0.5~4 米/分之间, 尘粒在过滤呢纤维层中的运动时间仅为 0.01~0.1 秒。从直观的物理现象看, 有两个步骤: 一是纤维层对尘粒的扑集; 另一是粉尘层对尘粒的捕集。但实际上却有着相当复杂的过程。根据尘粒粒径的不同, 过滤呢纤维层与尘粒之间呈现扩散、惯性、筛分、重力、钩住、静电等作用。一般地说, 对于粒径大于 1 微米的尘粒, 在重力、惯性和钩住的作用下, 绝大多数都先后自然沉降在过滤呢纤维层以外的卸灰斗里; 而对于粒径小于 0.01 微米的尘粒, 由于静电作用多附着于过滤呢纤维层的外表面。那些粒径在 0.01~0.2 微米之间的尘粒在烟尘气流中漂浮性大, 漂浮的时间也长, 尘粒与尘粒、尘粒与气体分子相互撞碰后, 作不规则的布朗运动, 最后被过滤呢纤维层与粉尘层所阻留, 这就是扩散作用。除此之外, 大于纤维间隙的尘粒也被筛分作用所阻留。结果, 99.9% 以上的尘粒全部被过滤掉, 从而解决了冶炼厂的烟雾污染问题。

由于过滤呢对烟尘尘粒的过滤是以扩散作用与惯性作用为主, 现将这两项效率的计算方法分述如下。

(1) 扩散作用: 因扩散作用而被捕集的粉尘率用半经验公式表示为:

$$\eta_1 = 6Re^{1/6}Pe^{-2/3} + 3Re^{1/2}R^2 \quad (1)$$

上式的前一项表示扩散效果, 后一项表示阻留效果。如把流经纤维周围的气体的雷诺数 $Re = u_0 d_f / \nu$, 支配扩散效果的彼克列数 $Pe = u_0 d_f / D_v$, 阻留系数 $R = d_p / d_f$ 及粒子的扩散系数 $D_v = KT / 3\pi\mu d_p = r / d_p$, 代入式(1)得:

$$\eta_1 = \frac{6r^{2/3}}{V^{1/6}u_0^{2/3}d_f^{1/3}d_p^{2/3}} + \frac{3u_0^{1/2}d_p^2}{V^{1/2}d_f^{3/2}} \quad (2)$$

式中: V 为过滤速度; d_f 为纤维直径; d_p 为尘粒直径; u_0 为气体通过纤维层的真速度; r 为系数; K 为玻尔兹曼常数 (1.370×10^{-6} 尔格/绝对温度); T 为绝对温度; μ 为气体

的粘度。

由式(2)右边第一项可知,降低过滤速度 V , 缩小纤维直径 d_f , 提高气体温度 T 都会增加扩散作用的效果。扩散与尘粒大小也有关, 粒径越小, 扩散越显著。从第二项可看出, 速度小, 纤维细, 粒径大, 扑集效率提高。

(2) 惯性作用: 若粒子质量较大, 当沿气流经纤维层而被截住的机理称为惯性作用。因此而引起的扑集效率为:

$$\eta_2 = \varphi^3 / (\varphi^3 + 0.77\varphi^2 + 0.22) \quad (3)$$

式中: φ 为惯性碰撞系数。

$$\varphi = C_u P_p d_p^2 u_0 / 18\mu d_f = C_u W_s u_0 / g \cdot d_f$$

式中: C_u 为气体中尘粒浓度; P_p 为尘粒密度; W_s 为尘粒沉降速度; g 为重力加速度。

由上式可见, 惯性碰撞效果正比于尘粒大小、尘粒密度和气流速度, 而反比于纤维直径。

2. 过滤性能的试验和分析

下述过滤效果的试验均采用脉冲式布袋(过滤呢)除尘方法。

(1) 试验室试验

① 过滤效率试验: 试验在试验台上进行。台上装有一 $\phi 110 \times 1600$ 毫米的滤袋, 过滤面积为 0.553 米^2 , 风量可在 $40 \sim 300 \text{ 米}^3/\text{小时}$ 之间进行调节。用脉冲反喷清灰, 喷吹压力为 $3 \sim 4 \text{ 公斤}/\text{厘米}^2$, 反喷周期可以调节。图

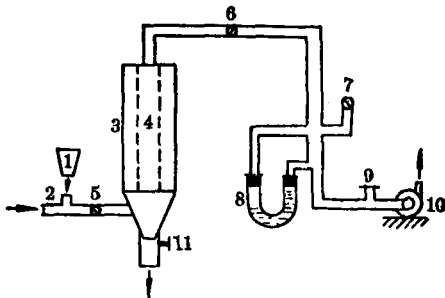


图2 净化试验装置示意图

1—加料斗; 2—进气管道; 3—试验滤袋箱体; 4—试验滤袋; 5—含尘气体测定孔; 6—净化气体测定孔; 7—孔板流量计; 8—压差计; 9—调节阀; 10—风机; 11—卸灰阀。

2 为净化试验装置示意图。

试验粉尘用工业氧化铝、400号水泥和滑石粉。这些粉尘的自然状态如表1所示。

表2为涤纶高收缩纤维过滤呢净化上述三种粉尘气体的试验结果。从表中看出, 当过滤风速在 $1 \sim 2 \text{ 米}/\text{分}$ 之间, 入口空气含尘浓度在 $2 \sim 22 \text{ 克}/\text{米}^3$ 范围内, 无论对氧化铝、滑石粉或水泥粉尘, 过滤效率都在 99.9% 以上。

表3为涤纶高收缩纤维过滤呢与单面绒布(工业208)及毛毡滤料在相同条件下对含工业氧化铝粉尘气体净化情况的对比。

表1 试验粉尘粒径分散度

粉尘	比重 (克/厘米 ³)	分散度(%)				
		0.5~ 1.0 μ	1.0~ 5.0 μ	5.0~ 10.0 μ	10.0~ 20.0 μ	>20.0 μ
氧化铝	3.2	28.8	57.0	12.2	0.8	1.2
滑石粉	2.7	29.0	42.4	19.8	6.2	2.6
400号水泥	2.82	12.0	20.0	39.0	17.0	12.0

表2 高收缩涤纶纤维过滤呢除尘性能

试验粉尘	过滤风速 (米/分)	入口浓度 (克/米 ³)	出口浓度 (毫克/米 ³)	透过率 (%)	效率 (%)
氧化铝	1.0	17.17	0.83	0.004	99.996
	1.5	22.29	1.33	0.006	99.994
	2.0	4.48	4.0	0.09	99.91
滑石粉	1.0	3.46	1.4	0.04	99.96
	1.5	5.72	1.83	0.03	99.97
	2.0	5.98	2.8	0.05	99.95
400号水泥	1.0	1.33	0.6	0.05	99.95
	1.5	2.13	0.33	0.02	99.98
	2.0	3.21	1.5	0.05	99.95

注: 氧化铝和滑石粉的数据是六次平均值, 水泥是4次平均值。

表3 不同滤料在相同条件下过滤效率对比(%)

风速 (米/分)	过滤呢	208 绒布	1002毛毡	1004毛毡
1.0	99.996	99.35	99.90	99.91
1.5	99.994	98.58	99.43	99.45
2.0	99.91	98.0	99.0	99.11

由表3可见, 涤纶高收缩纤维过滤呢的净化效果优于其他滤料, 我们认为其主要原

因是由于过滤呢的质地细密，内部纤维构成合理，并具有三维结构。

②过滤呢自身阻力试验：此试验是用洁净空气流通过过滤纤维层，使纤维对气流产生阻力，以测定其阻力，与208绒布对比的结果如图3。

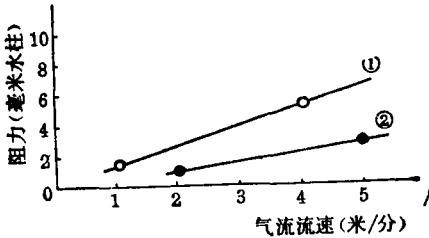


图3 滤料阻力与流速关系曲线
①—208绒布；②—过滤呢。

从图3可见，过滤呢的阻力比208绒布低 $\frac{1}{4}$ ~ $\frac{1}{2}$ 左右。

③过滤呢透气性试验：该试验是在透气仪上进行的。每种滤料试五次，然后取其平均值。结果如表4所示。

表4 透气性试验结果

滤料	滤料前后压差 (毫米水柱)	透气量 (米 ³ /米 ² /分)
过滤呢	12.7	13.84
208绒布	12.7	9.1

过滤呢透气性优于208绒布。这是由于过滤呢具有典型的三维结构，微孔分布均匀，本身除稀薄的底布外没有捻线，空隙率高之故。

(2) 生产设备上应用效果

①北京某冶炼厂：该厂提纯车间在生产中有大量的烟气及粉尘逸散，使用的除尘器是2LB-60型回转反吹扁袋除尘器。在该除尘器中用高收缩涤纶纤维过滤呢做过滤布袋，总过滤面积为60米²，每平方米的负荷为830米³/小时。粉尘粒径与过滤呢过滤性能如表5、6所示。从表6可见，其平均过滤效率为99.95%，应用厂十分满意。

表5 粉尘粒径分散度

粉尘	比重 (克/厘米 ³)	分散度 (%)						
		<2μ	2~5μ	6~10μ	11~20μ	21~40μ	41~60μ	>60μ
氧化铝	3.33	5	4	8.7	27.5	25.8	10.2	18.8
石灰	2.63	25.2	16.3	15.2	23.2	19.2	0	0.9

表6 过滤性能测试情况

入口浓度 (克/米 ³)	出口浓度 (毫克/米 ³)	净化效率 (%)
1.81	1.07	99.94
1.62	0.53	99.96
1.59	0	100
1.57	0	100
1.48	2.14	99.85

注：过滤风速为1.8米/分，系统阻力为100毫米汞柱。

②某大钢铁厂：电炉车间在进口的大型除尘器上部分使用了高收缩涤纶纤维过滤呢作滤料后，烟囱无黑烟冒出，粉尘几乎全部被收回，效果与使用国外进口的滤料相同。

三、结 语

从理论与实践说明，涤纶高收缩纤维过滤呢在国内同类型滤料中是较为理想的。该滤料不仅能更好地解决环境污染和回收大量烟尘中贵重物质的问题，还能代替国外同类型的滤料，为国家节省大量外汇。

但该滤料还存在一些不足之处，如表面处理还不够完善，底布纱的纺织较困难，产品幅宽有一定限度等，还有待进一步解决。

广州将举办国外纺织机械展览会

由香港上海科技发展有限公司主办，中国国际贸易促进委员会广东分会承办的国外纺织机械展览会，于1984年9月5日至11日在广州对外贸易中心举行。展品内容包括：棉纺及毛纺机械、织布机、针织机、漂染印整机械；纺织染整的试验、度量、电器、清洁、温湿度控制及其他仪器；制衣设备；染料化学药品；各国纺织杂志等。展出面积为六千余平方米，参加厂商有一百余家。

(夏正兴)