

纤维基吸油滤毡的制备及油液吸附性能研究

罗铎兰¹, 罗秋兰^{1*}, 沈佳辉², 金伊慧¹, 潘海媚¹, 陈美丽¹, 洪丁盛¹

¹嘉兴南湖学院时尚设计学院, 浙江 嘉兴

²桐乡市恒企纺织有限公司, 浙江 嘉兴

收稿日期: 2025年6月27日; 录用日期: 2025年8月22日; 发布日期: 2025年9月23日

摘要

纤维基吸油材料在油污治理领域占据重要地位, 具有高效吸附、环境适应及可持续性等多方面的优势。常见纤维基吸油材料是以聚丙烯、聚氨酯等化学合成材料, 通过静电纺丝、熔喷工艺等制成的高孔隙率非织造布。本课题以天然的中空木棉纤维和低成本竹浆纤维为原料, 以干法成网-化学粘合的方法, 在纤维网表面喷洒EVA粉末, 制备不同质量比的木棉/竹浆纤维吸油滤毡。并探究不同质量比的吸油滤毡在形貌结构、吸油倍率、油水分离性能、保油率、吸油速率、接触角等性能方面的变化。结果表明: 制备的吸油滤毡, 微观结构上具有三维空隙网状结构, EVA粘合后呈现点状粘合; 当木棉/竹浆纤维质量比为9:1时, 所制备的木棉纤维基滤毡的吸油性能最好, 吸油倍率高达50.37, 油水分离性能最好; 6组吸油滤毡的保油率均在60%以上; 5#样品的吸油速率最大, 可达41.8 g/min; 6组吸油滤毡的疏水效果均较好, 在碱性条件下的接触角更大; 1~5#样品具有良好的重复利用性能; 总之, 5#样品的综合性能最佳。

关键词

纤维基吸油材料, 干法成网-化学粘合, 吸油性能, 油水分离, 重复利用性

Study on Preparation of Fiber-Based Oil-Absorbing Filter Felt and Its Oil Adsorption Performance

Xinlan Luo¹, Qiulan Luo^{1*}, Jiahui Shen², Yihui Jin¹, Haimei Pan¹, Meili Chen¹, Dingsheng Hong¹

¹College of Fashion & Design, Jiaxing Nanhu University, Jiaxing Zhejiang

²Tongxiang Hengqi Textile Co., Ltd., Jiaxing Zhejiang

Received: Jun. 27th, 2025; accepted: Aug. 22nd, 2025; published: Sep. 23rd, 2025

*通讯作者。

文章引用: 罗铎兰, 罗秋兰, 沈佳辉, 金伊慧, 潘海媚, 陈美丽, 洪丁盛. 纤维基吸油滤毡的制备及油液吸附性能研究[J]. 材料科学, 2025, 15(9): 1825-1836. DOI: 10.12677/ms.2025.159194

Abstract

Fiber-based oil-absorbing materials play a significant role in the field of oil pollution control, offering advantages in terms of efficient adsorption, environmental adaptability, and sustainability. Common fiber-based oil-absorbing materials are high-porosity nonwoven fabrics made from chemically synthesized materials such as polypropylene and polyurethane through processes like electro-spinning and melt-blowing. Natural hollow kapok fibers and cost-effective bamboo pulp fibers as raw materials were utilized with the dry-laid web formation and chemical bonding method, EVA powder was sprayed onto the fiber web surface to produce oil-absorbing filter felts with varying mass ratios of kapok to bamboo pulp fibers in this project. The changes in morphological structure, oil absorption rate, oil-water separation performance, oil retention rate, oil absorption rate, contact angle, and other properties of oil-absorbing filter felts with different mass ratio were explored in the study. The results indicated that the oil-absorbing filter felts exhibit a three-dimensional porous network structure in their microstructure, and after EVA bonding, they presented a point-like adhesion. When the mass ratio of kapok/bamboo pulp fibers was 9:1, the kapok fiber-based filter felt exhibits the best oil absorption performance, with an absorption ratio of nearly 50.37 and the best oil-water separation performance. The oil-absorbing rates of all six groups of oil-absorbing filter felts were above 60%. Sample 5# demonstrated the highest oil absorption rate, reaching 41.8 g/min. All six groups of oil-absorbing filter felts exhibited good hydrophobic effects, with larger contact angles under alkaline conditions. Samples 1~5# demonstrated good reusability. In summary, sample 5# exhibited the best comprehensive performance.

Keywords

Fiber-Based Oil Absorbing Materials, Dry Web Forming and Chemical Bonding, Oil Absorption Performance, Oil-Water Separation, Reusability

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着工业化的日益发展,产生的各类含油废水量迅速增加,油水混合物中的油相所产生的营养产物,容易造成微生物滋生,进一步破坏生态环境[1]。日前,中共中央、国务院印发的《生态环境保护督察工作条例》,对生态环境保护督察作出了全面规范[2],因此,研发高效、成本低廉且环保的吸油材料,对各类含油废水进行吸附和分离,是目前最有效、经济和环境友好的方法,也是含油废水处理的重要技术之一[3] [4]。

纤维基吸油材料是基于纤维自身的微孔或吸附性质,通过化学改性或物理处理,借助静电作用、化学键和物理吸附等多种机制,使其具有较高的吸油能力和选择性吸附能力[5] [6]。这类材料为孔状纤维材料,如香蒲绒、棉纤维、羊毛纤维、木棉纤维等,具有相对较低的密度、较好的吸湿能力、较大的比表面积,从而具有较高效的吸油能力。其中木棉纤维作为一种新型的天然纤维素纤维,其表面具有疏水性的蜡质,并且其中空度可达 90%以上,这种中空管状结构使得纤维能够吸附更多的油类物质[7]。近年来,对木棉纤维在吸附方面的开发和利用取得了一些阶段性的成果,尤其是在吸油和油水分离方面,如岳新霞等人[8]采用乙酸酐改性木棉纤维制备吸油材料;杨娜等人[9]在木棉纤维表面涂覆氧化石墨烯,制备了

氧化石墨烯-木棉纤维过滤膜,并对煤油的吸附和过滤效果进行分析;贾雪如[10]等人将木棉与棉纤维通过水刺法制备了非织造布进行吸油效果分析;关福旺[11]等人将木棉纤维与蒲绒、ES 纤维、聚丙烯纤维按照不同比例混合,制成了复合絮片并对其油液吸附性能进行分析。

通过对国内外的文献研究分析,发现近些年国内外在吸油材料的材料选择、制备技术等方面取得了显著进展[12][13],但仍面临成本高、制备复杂等挑战。因此,低成本的原料和简单的制备工艺正逐步成为研究重点[14]。竹子作为一种快速生长的植物,国内资源相对丰富,且采集成本较低,因此,所得到的竹浆纤维生产成本低,且纤维纵向形态表面存在沟槽,有良好的吸附性能,力学性能较好[15]。基于此,本课题以木棉纤维和竹浆纤维为原料,按不同比例混合,以 EVA 为粘合剂,采用非织造方法中的干法成网-化学粘合的技术,制成一定规格的纤维基吸油滤毡,并探究滤毡的结构、纤维混合比例对油液吸附特性的影响,通过吸油倍率、保油率、吸油速率、重复利用性能、接触角等指标测定和分析,为木棉纤维与竹浆纤维混合吸油产品的后续开发与工业化应用提供一定的技术参考。

2. 实验部分

2.1. 实验材料与仪器

仪器设备: Y015A 型小型梳理机,锡莱公司; FN200A 型梳理成网机,青岛精佳纺织机械制造有限公司; CP4(纺织)型电子天平,奥豪斯仪器(上海)有限公司; DHG-9140A 型鼓风干燥烘箱,上海精宏实验设备有限公司; OCA 20 型接触角测量仪,德国 Dataphysics 公司; Thermo Scientific 扫描电子显微镜,赛默飞世尔。

实验材料: 木棉纤维(Kapok fiber),规格 8~30 mm,山东省奥绒服装有限公司; 竹浆纤维(Bamboo pulp fiber),规格 38 mm,海盐金溢绢纺有限责任公司; 废旧泵油,企业生产废油; 厨房废油,家中自取; 乙烯-醋酸乙烯酯共聚物热熔胶粉末(EVA),规格 100 目,扬子石化-巴斯夫有限责任公司; HCl 试剂(AR,国药集团化学试剂有限公司); NaOH 试剂,AR,嘉兴市甬宏化工有限公司; 蒸馏水,嘉兴市甬宏化工有限公司。

2.2. 木棉纤维基滤毡制备

采用干法成网-化学粘合的方法制备纤维基滤毡材料。

首先去除纤维中的较大杂质和异物;按比例(木棉/竹浆纤维的质量比分别为 1:9、3:7、5:5、7:3、9:1、10:0)准确称取,每组 10 g 分别记为 1~6 组。并对纤维进行进行 3 道梳理与混合后,送入梳理成网机后进行再次梳理和成网,得到不同比例的纤维网。

通过预实验,确定 EVA 粉末的熔点(85℃)以及在纤维网中的最佳加入量(加入量为纤维网重量的 20%)后,将成网后的 6 组样品分别剪取相同重量和表面积的纤维网,放入模具中,并将 EVA 粉末均匀喷洒在纤维网的上下表面,在鼓风干燥箱中 90℃温度干燥 10 min,利用 EVA 的热黏合性使纤维网通过化学热黏合形成纤维滤毡,最后放至室温中冷却定型得到 6 种实验样品,样品中的 2 种纤维含量和外观具体如表 1 所示。

2.3. 测试与表征

2.3.1. 材料形貌表征

使用扫描电子显微镜(Thermo Scientific 型, USA)对制备的纤维基滤毡进行表面形貌结构的表征。

2.3.2. 吸油倍率

将滤毡放入纯油液中静置 15 min,取出静置于滤网上 20 min。称量静置后的纤维滤毡质量。按照下

述公式计算吸油倍率[11]:

$$c=\frac{m_2-m_1}{m_1}$$

(1)

式中，c 为吸油倍率；m₁ 为滤毡原始质量，g；m₂ 为滤毡吸附油液 15 min 后的质量，g。

Table 1. Fiber content and appearance of 6 samples
表 1. 6 种样品的纤维含量及外观

样品编号	木棉纤维质量/g	竹浆纤维质量/g	样品外观
1#	1	9	
2#	3	7	
3#	5	5	
4#	7	3	
5#	9	1	
6#	10	0	

2.3.3. 油水分离性能

将纤维滤毡置于工业废油：家庭厨房废油：蒸馏水比例为 1:1:1 的混合油液中，进行油水分离性能测定，具体步骤与纯油液吸附性能测试相同。

2.3.4. 保油率

将纤维滤毡先称重，吸饱油液后再次称重，然后在室温下放置 24 h 后，最后称重。滤毡中剩余油液质量与油液饱和质量之比即为保油率[16]，具体计算公式如下：

$$b = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \quad (2)$$

式中， b 为保油率，%； m_1 为滤毡原始质量，g； m_2 为滤毡吸饱油液后的质量，g； m_3 为滤毡在室温下静置 24 h 后的质量，g。

2.3.5. 吸油速率

取适量油水混合液，分别测试 2 s、3 s、4 s、5 s、10 s、15 s、20 s 和 30 s 时间后滤毡的吸油倍率。绘制时间为横坐标，吸油倍率为纵坐标的曲线，取曲线的直线部分按下述公式计算吸油速率：

$$V = \frac{C_{\max}}{t_{\max}} \quad (3)$$

式中， V 为平均吸油速率，g/min； $C_{\max}$ 为吸附饱和时的吸附量，g； $t_{\max}$ 为吸附达到饱和的时间，min。

2.3.6. 水接触角

测试水滴的体积均为 2 μL 。每个样品取三个不同的点位测量，计算其平均值来作为最终的水接触角值。对比分析不同样品的接触角值，判断制备滤毡的疏水性能。

2.3.7. 不同 pH 下接触角

吸油滤毡的耐酸碱性是确保其在特定工业环境中长期稳定运行的关键性能指标。分别测试 pH 为 3 和 11 时滤毡的接触角，测试方法同水接触角。对比分析不同样品的接触角值，判断制备滤毡的耐 pH 稳定性。

2.3.8. 重复利用性

重复利用性对于吸油滤毡的成本和环保效益至关重要[17]。测试以废泵油为例，进行吸附 - 挤压循环测试。每次吸附后将吸油材料用外力挤压出吸附的油剂，静置 10 min 后再次测试吸油效果，如此循环进行 30 次实验，探究材料的循环吸附能力，并以吸油倍率和保油率来评价吸油滤毡的重复利用效果。

3. 结果与讨论

3.1. 形貌结构分析

将干法成网 - 化学粘合的纤维基吸油滤毡进行制样，进行表面形貌结构分析。最具代表性的 3 组样品为例，观察分析所制备的滤毡的结构，具体如图 1 所示。

由图 1 可知，所制备的几种规格的纤维滤毡，呈现出较均匀的纤维排列，为三维空隙纤维网状结构。纤维与纤维之间依靠 EVA 的粘合，具有较高的孔隙率，木棉纤维的中空结构与竹浆纤维的微细孔隙交替穿插，有利于油液浸入。而且 EVA 粉末与纤维的粘合形式是点状粘合，这种粘合不同于片状粘合，仅在特定区域形成粘合结构，因此，纤维网其他部分保持松散状态，不影响滤毡内部之间的油液渗透，有利于对油液的吸附。

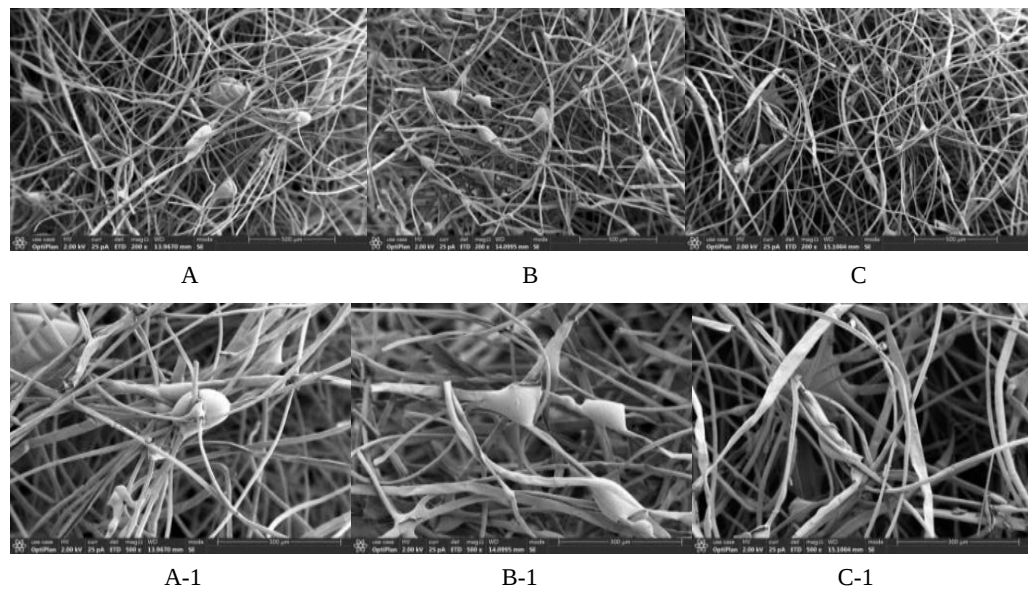


Figure 1. SEM images of filter felt surfaces with different proportions. A. Kapok/bamboo pulp = 9:1 (200x); B. Kapok/bamboo pulp = 5:5 (200x); C. Kapok/bamboo pulp = 1:9 (200x); A-1. Kapok/bamboo pulp = 9:1 (500x); B-1. Kapok/bamboo pulp = 5:5 (500x); C-1. Kapok/bamboo pulp = 1:9 (500x)

图 1. 不同比例滤毡表面的扫描电镜图。A. 木棉/竹浆 = 9:1 (200x); B. 木棉/竹浆 = 5:5 (200x); C. 木棉/竹浆 = 1:9 (200x); A-1. 木棉/竹浆 = 9:1 (500x); B-1. 木棉/竹浆 = 5:5 (500x); C-1. 木棉/竹浆 = 1:9 (500x)

3.2. 吸油倍率分析

6 组样品的吸油倍率结果如图 2 所示。

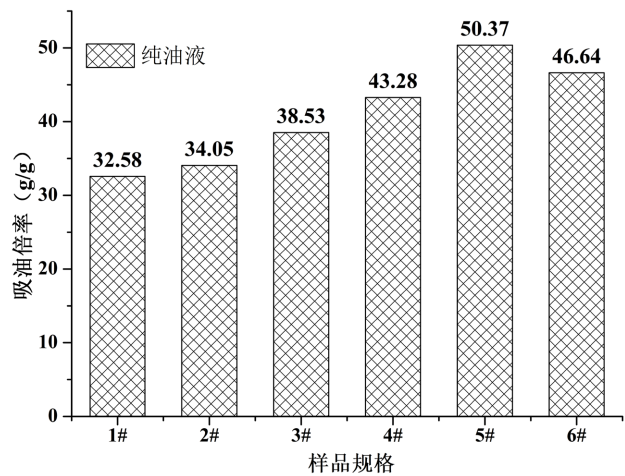


Figure 2. The oil absorption effect of 6 types of filter felt on pure waste pump oil

图 2. 6 种滤毡对于纯废泵油的吸油效果

根据文献[18]中的衡量标准可知，6 种吸油滤毡均能达到优的标准，5#的吸油倍率最大。这是因为 5# 样品的纤维混合比为木棉/竹浆纤维 9:1，这种情况下制成的滤毡中木棉纤维大多数上处于滤毡表层，其疏水亲油性能好，遇到油剂后，通过木棉纤维表面蜡质与油品之间的范德华力、木棉纤维间隙的毛细作用力和木棉纤维中空管腔结构的毛细管作用力，油剂能快速进行吸附；而少量的竹浆纤维，在木棉纤维间隙间搭建液桥，直至木棉纤维间隙储油空间储油饱和，因此，其吸油效果好[19]。对比 6#样品，虽然木棉纤

维含量增多，具有较大的储油动力，但是吸附的油剂在木棉纤维间隙空间和木棉纤维的管腔空间之间，会形成通路，导致被吸油剂极易克服其纤维间的毛细作用力而脱离[20]，因此吸油倍率比 5#略小。

3.3. 油水分离性能测定

在工业生产中，大多数情况下油液为油水共存的混合物，因此，为了更加符合实际含油废水的情况，如图 3 所示，将吸油滤毡置于工业废油:家庭厨房废油:蒸馏水 = 1:1:1 的 60 ml 混合油液中，进行油水混合液的油水分离性能探究。

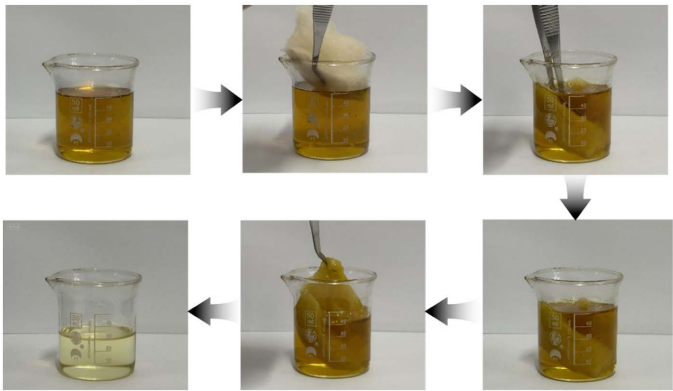


Figure 3. Diagram of oil-water separation process of filter felt
图 3. 滤毡的油水分离过程图

在此过程中，对 6 组滤毡的油水分离性能进行测定，结果如图 4 所示。

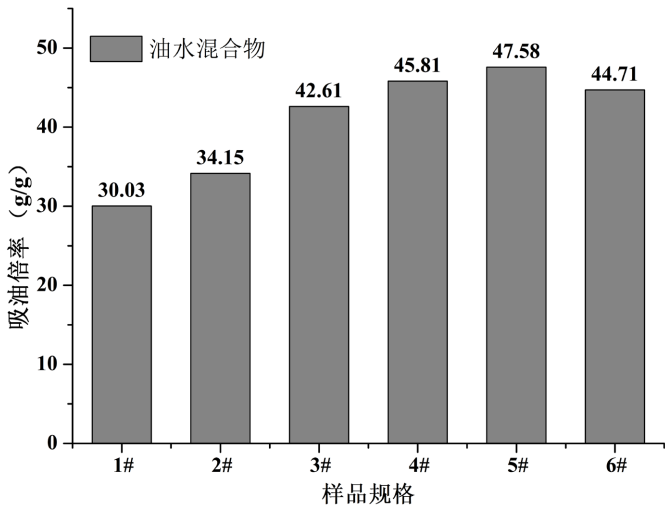


Figure 4. Oil-water separation in oil-water mixtures of 6 types filter felt
图 4. 6 种吸油滤毡对油水混合液中的油水分离效果

观察图 4 的实验数据可知，6 组样品的整体趋势与纯油液的吸油倍率相近，但是总体的吸油效果不如纯油液，5#样品的吸油效果仍旧最好。

3.4. 保油率测定

6 组样品的保油率测定结果如表 2 所示。

Table 2. Oil retention results of 6 types filter felt
表 2. 6 种滤毡的保油率结果

样品规格	保油率/%	
	油水混合物	纯废泵油
1#	65	63
2#	68	67
3#	72	70
4#	76	72
5#	83	80
6#	95	91

高的保油率可以防止二次污染，延长使用寿命甚至是适应复杂的环境。观察表 2 可知，不论是对于纯油液还是油水混合物，各组吸油滤毡的保油率均在 60%以上，随着木棉纤维含量的增加，吸油滤毡的保油率呈现增大趋势，分析可知这是因为木棉纤维的中空管状结构，这种结构为储油增加了空间，使得吸油滤毡具有较好的保油效果，因此木棉纤维增多，保油率增加[21]；而竹浆纤维的纤维中微孔相对较小，且不属于中空纤维，因此，竹浆纤维含量越多，保油率反而下降。此外，对比发现，滤毡对于油水混合物的保油率比纯油液略微大一些。这是由于油水混合液更接近实际使用时需要吸附的液体情况，而且其中的水分子的存在，可以使得滤毡出现一定的吸湿膨胀情况，导致吸附的油水混合物更好地被储存在滤毡中的纤维孔隙之间，因此保油率较纯油液略大。

3.5. 吸油速率测定

6 组样品在不同时间下的吸油速率曲线，如图 5 所示。

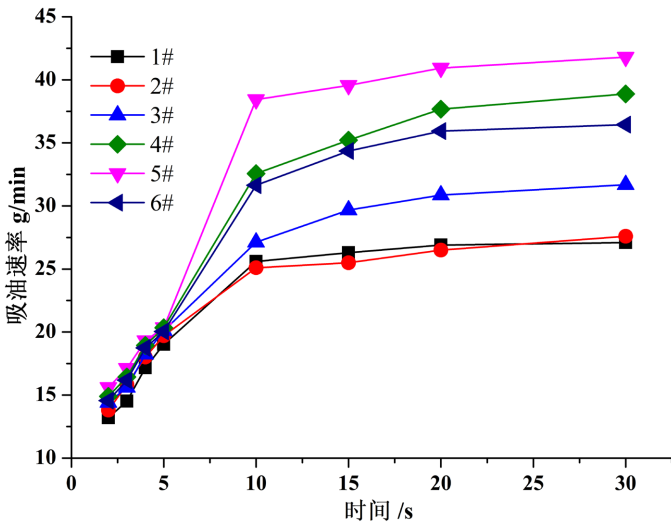


Figure 5. Oil absorption rate and time variation chart of 6 types of filter felt
图 5. 6 种滤毡的吸油速率随时间变化图

观察图 5 可知，6 组样品的吸油速率趋势变化基本相似，从第 2 s 开始，呈现较大的增大，而且第 5 s 到第 10 s 之间，增大的最快；在 10 s 后，吸油速率的增长趋势逐渐平缓；在 30 s 时达到饱和。5#样品的吸油速率最大，可达 41.8 g/min；其次是 4#样品，最小的是 1#样品。这是由于木棉的表面能较低，对油液的粘附力要大于竹浆纤维，更容易形成较强的范德华力和色散力。而竹浆纤维的缠结作用使得木棉

纤维之间的大孔径变得更小，因此竹浆纤维越多的滤毡，其吸附速率要更小[10]。

3.6. 水接触角测定

6 组的水接触角结果如图 6 所示。

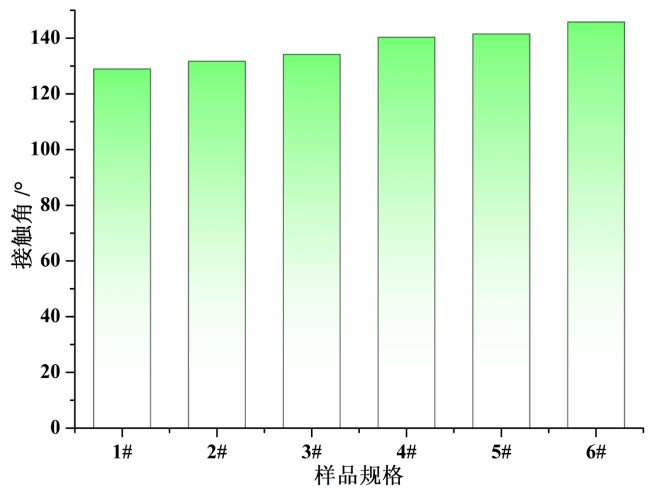


Figure 6. Water contact angle of 6 filter felts
图 6. 6 种滤毡样品的水接触角

接触角越大，材料的疏水效果越好。通过对图 6 的水接触角测试结果可以发现，6 种样品的水接触角均超过 128°以上，接触角最小的是 1#样品，接触角为 128.9°；最大的为 6#样品，接触角为 145.7°；并且随着滤毡中木棉纤维的比例增加，接触角也呈小幅度的增大。说明所制备的各组吸油滤毡的疏水效果均较好，因此有利于油液的吸附。

3.7. 不同 pH 下接触角测定

模拟在极端的酸、碱环境下进行吸油滤毡的耐酸碱效果测定，结果如图 7 所示。

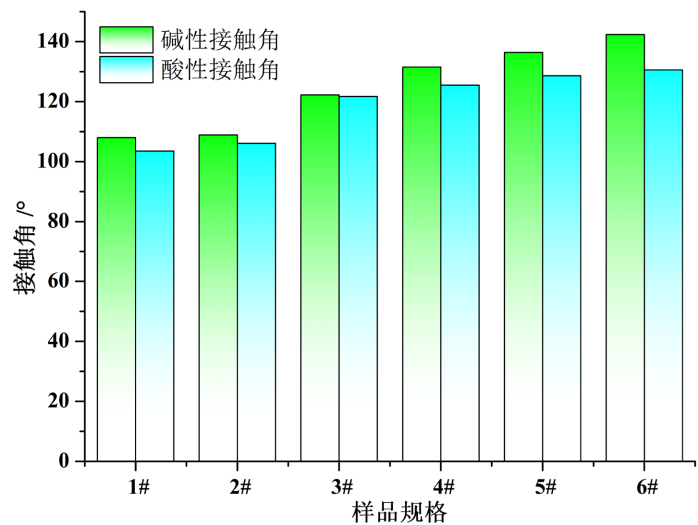


Figure 7. Contact angle of filter felts in different acidic and alkaline environments
图 7. 滤毡在不同酸碱环境下的接触角

从图 7 中可以看出, 强酸和强碱的环境下, 木棉纤维基滤毡仍旧拥有较大的溶液接触角, 表现出良好的耐酸碱性能。对比柱状图发现, 滤毡在碱性条件下的接触角大于酸性条件, 说明滤毡在使用过程中, 其耐碱性能优于耐酸性能。

3.8. 重复利用性测定

将 6 组样品, 按照图 8 所示的流程(放入吸油滤毡→全部浸没→吸油 30 s→取出吸油滤毡→挤压吸附油液→再次放入油液中), 进行 30 次的吸附废油液 - 挤压循环测试, 得到表 3 的实验结果。

Table 3. Oil absorption performance results of 6 samples after 30 repeated uses
表 3. 6 种样品重复利用 30 次后的吸油性能结果

样品规格	吸油倍率 g/g	保油率%	外观
1#	30.88	60	无明显变化
2#	33.51	65	无明显变化
3#	38.76	69	无明显变化
4#	42.46	73	无明显变化
5#	48.74	78	无明显变化
6#	44.31	87	轻微褶皱, 变形

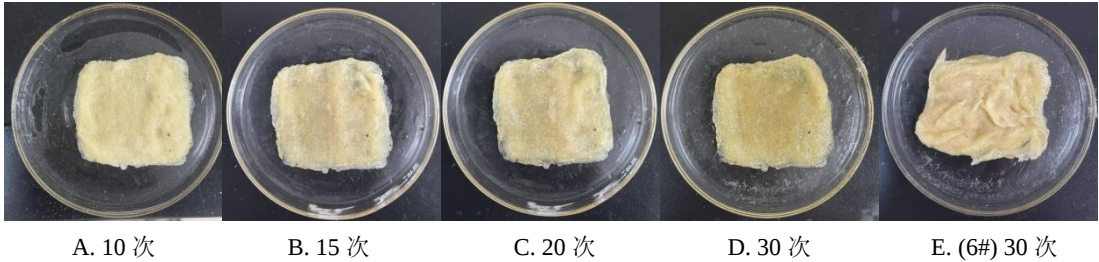


Figure 8. Reuse of kapok fiber-based filter felts
图 8. 滤毡重复利用过程中的外观变化

观察表 3 可知, 1~5#样品在多次重复利用后, 外观形态较好(见图 8(A)~(D)), 仅 6#出现轻微褶皱、变形(见图 8(E))。此外, 与表 2、图 2 对比发现, 1~5#的吸油倍率与保油率较第一次测试无明显差异, 6#的保油性能较第一次测试下降较大, 且外观发生变形, 可见 6#的重复利用性能比前面 5#样品略差。

将本研究中的最优 5#样品与近些年文献中报道的同类纤维基吸油材料进行比较, 对比结果如表 4 所示。通过综合分析, 发现 5#样品的油液吸附性能表现最优, 具有一定的实际应用价值。

Table 4. Comparison results of oil absorption performance with materials in literature
表 4. 与文献中材料的吸油性能对比结果

吸油材料	吸油倍率 g/g	保油率/%	重复利用次数	参考文献
5#-木棉/竹浆纤维吸油滤毡	50.37	80	30	
蒲绒/ES 复合絮片	>20	90	/	[11]
中空丙纶/ES 共混热风非织造材料(70/30)	36.1	/	10	[22]
改性香蒲绒纤维材料	39.25 ± 1.77	81.2	6	[23]
PLA/rGO 复合纤维	26.1	/	15	[24]
CB-PET/PVDF 纤维毡	30.99 ± 3.37	/	/	[25]

4. 结论

本文以天然木棉纤维和竹浆纤维为原料,通过干法成网-化学粘合的方法制备出不同规格的纤维基复合吸油滤毡,并系统研究其油液吸附性能,结论如下:

(1) 所制备的吸油滤毡,在微观结构上具有三维空隙网状结构,EVA 粘合后呈现点状粘合,吸油滤毡的这种结构有利于后期油液的吸附。

(2) 木棉纤维与竹浆纤维的质量比为 9:1 时,即 5#滤毡的吸油性能最好,吸油倍率最大,油水分离性能最好。随着木棉纤维含量的增加,吸油滤毡的保油率呈现增大趋势,由于木棉的中空管状结构,6#的保油性能最好。

(3) 6 种滤毡的吸油速率,呈现前 10 s 较快,后续变缓的趋势,5#的吸油速率高达 41.8 g/min;吸油滤毡的疏水效果均较好,在碱性条件下的接触角更大;1~5#样品具有良好的重复利用性能。

综合分析,5#样品与文献中报道的其他纤维基吸油材料对比,其油液的吸附性能最佳。该研究可为后续进一步开发低成本、环保的纤维基吸油和油水分离材料提供新的路径,具有潜在的环境保护与资源回收应用价值。

基金项目

嘉兴市公益性研究计划项目(2022AY10014);嘉兴南湖学院 2024 年国家级大学生创新创业训练项目(202413291011)。

参考文献

- [1] 贺国旭. 超疏水 PVDF 静电纺丝纳米纤维膜的构筑及其对油水混合复杂污染物体系的分离净化研究[D]: [硕士学位论文]. 开封: 河南大学, 2024.
- [2] 中华人民共和国生态环境部. 《生态环境保护督察工作条例》印发 夯实生态环保督察制度基础[EB/OL]. https://www.mee.gov.cn/home/ztbd/2025/sthjhbdcgztlxx/jd/202506/t20250611_1121122.shtml
- [3] Shi, Y., Li, S., Zhang, H., Peng, S. and Chen, H. (2017) Experimental Studies on Performances of Flexible Floating Oil Booms in Coupled Wave-Current Flow. *Applied Ocean Research*, **69**, 38-52. <https://doi.org/10.1016/j.apor.2017.10.001>
- [4] Jatoi, A.S., Hashmi, Z., Mazari, S.A., Abro, R. and Sabzoi, N. (2021) Recent Developments and Progress of Aerogel Assisted Environmental Remediation: A Review. *Journal of Porous Materials*, **28**, 1919-1933. <https://doi.org/10.1007/s10934-021-01136-7>
- [5] 柴文波. 纤维基复合吸油材料的制备及其吸油机理研究[D]: [博士学位论文]. 上海: 上海大学, 2016.
- [6] 张梦露. 天然纤维吸油材料在废油处理中的应用与优化[J]. 化纤与纺织技术, 2024, 53(6): 38-40.
- [7] 廉丽琴, 李凌萱, 张震. 木棉纤维在废水处理中的应用现状[J]. 广州化工, 2021, 49(6): 18-20.
- [8] 岳新霞, 宁晚娥, 蒋芳, 等. 木棉纤维改性及吸油性能研究[J]. 上海纺织科技, 2017, 45(12): 57-61.
- [9] 杨娜, 洪玉, 赵嘉雨, 等. 氧化石墨烯-木棉纤维过滤膜的制备及其油水分离应用[J]. 安徽化工, 2021, 47(6): 84-85+89.
- [10] 贾雪如, 温润, 崔运花, 等. 木棉/棉水刺非织造布的制备及吸油性能评价[J]. 现代纺织技术, 2024, 32(9): 73-82.
- [11] 关福旺, 杨竹丽, 盛凯, 等. 蒲绒纤维复合絮片的制备与油液吸附性能[J]. 西安工程大学学报, 2022, 36(5): 29-36.
- [12] 王彩英, 邵鹏洋, 杨正娟. 熔喷非织造吸油材料的发展研究[J]. 产业用纺织品, 2016, 34(5): 27-30.
- [13] Men, Y., Yang, R., Yang, X., Qin, Z. and Yin, X. (2023) Preparation and Characterization of Quaternary Bacterial Cellulose Composites for Antimicrobial Oil-Absorbing Materials. *Journal of Applied Polymer Science*, **141**, e55022. <https://doi.org/10.1002/app.55022>
- [14] Zhou, Y., Zhu, B., Yang, T., Liu, Y., Zhang, K. and Liu, J. (2023) Hollow Polyester/Kapok/Hollow Polyester Fiber-Based Needle Punched Nonwoven Composite Materials for Rapid and Efficient Oil Sorption. *RSC Advances*, **13**, 27077-27087. <https://doi.org/10.1039/d3ra03695b>
- [15] 刘一山, 张俊苗, 刘连丽, 等. 竹浆的纤维形态及其化学组成分析[J]. 黑龙江造纸, 2022, 50(4): 1-6.

- [16] 崔美琪, 徐广标, 李旦. 木棉/PET/ES 纤维集合体吸油性能研究[J]. 上海纺织科技, 2015, 43(10): 45-47+51.
- [17] 王学艳. 三维复合吸附材料的制备及用于油水分离的研究[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 青岛大学, 2023.
- [18] Saito, M., Ishii, N., Ogura, S., Maemura, S. and Suzuki, H. (2003) Development and Water Tank Tests of Sugi Bark Sorbent (SBS). *Spill Science & Technology Bulletin*, **8**, 475-482. [https://doi.org/10.1016/s1353-2561\(03\)00056-2](https://doi.org/10.1016/s1353-2561(03)00056-2)
- [19] 周小三. 木棉及木棉基复合吸油材料的吸油性能研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆大学, 2011.
- [20] 徐艳芳. 木棉纤维状粉末吸/释油行为及机理研究[D]: [博士学位论文]. 上海: 东华大学, 2022.
- [21] Yang, Z., Yan, J. and Wang, F. (2018) Pore Structure of Kapok Fiber. *Cellulose*, **25**, 3219-3227. <https://doi.org/10.1007/s10570-018-1767-6>
- [22] 王江. 非织造吸油毡的制备及其性能研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 东华大学, 2024.
- [23] 徐智新, 廖诗敏, 陈晟, 等. 改性香蒲绒纤维材料对大体量变压器油的吸附性能[J]. 东华大学学报(自然科学版), 2024, 50(2): 31-38.
- [24] 秦杰. 基于静电纺聚乳酸/rGO/HTPDMS 纤维气凝胶的制备及其吸油性能研究[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 安徽农业大学, 2024.
- [25] 刘延波, 高鑫羽, 郝铭, 等. 基于光热改性的复合纤维毡及其在高黏度油吸附中的应用[J]. 纺织学报, 2024, 45(11): 55-64.