

# 壳聚糖/黏胶水刺非织造材料的制备及性能

陈 迟<sup>1</sup>, 李大伟<sup>1,2</sup>, 付译莹<sup>1,2,\*</sup>, 汪方能<sup>3</sup>, 王 慧<sup>1</sup>, 赵 瑾<sup>1</sup>, 薛孟迪<sup>1</sup>, 李婷婷<sup>1</sup>

(1.南通大学 纺织服装学院, 江苏 南通 226019;

2.安全防护用特种纤维复合材料研发国家地方联合工程研究中心, 江苏 南通 226019;

3.江苏华西村股份有限公司, 江苏 江阴 214420)

**摘要:**以壳聚糖纤维和黏胶纤维为原料,通过水刺非织造工艺,制备6种不同配比的壳聚糖/黏胶水刺非织造材料,并对试样的规格结构、透气性、机械力学性能、润湿性、保液率等进行研究,分析原料配比对产品各项性能的影响。结果表明:适当增加黏胶纤维含量,可提高试样的孔隙率、透气性和机械力学性能,并改善试样的润湿性、保液率,壳聚糖/黏胶水刺非织造材料可用作面膜基布和医用伤口敷料。

**关键词:**壳聚糖;黏胶;水刺非织造材料;力学性能;透气性

**中图分类号:**TS 174.6

**文献标志码:**A

**文章编号:**1673-0356(2022)03-0014-04

壳聚糖纤维来源广泛,是地球上第二大可再生纤维素资源<sup>[1]</sup>,广泛存在于菌藻类细胞壁、水生甲壳类生物外壳<sup>[2]</sup>及自然界昆虫类甲壳<sup>[3]</sup>中。壳聚糖纤维具有良好的生物相容性<sup>[4]</sup>,优异的抗菌性能<sup>[5-7]</sup>,无毒,可被微生物降解<sup>[8]</sup>等,被广泛应用于医疗卫生领域<sup>[9]</sup>。但是壳聚糖纤维通常具有较高的初始模量、刚性大、卷曲少、强力低<sup>[10]</sup>,因此,制备纯壳聚糖纤维制品存在一定的困难<sup>[11]</sup>。另一方面,壳聚糖纤维市场价格高于普通纤维,导致纯壳聚糖非织造产品成本偏高<sup>[12]</sup>。

黏胶纤维具有较低的初始模量,且纤维卷曲多、刚性小<sup>[13]</sup>,可以弥补壳聚糖纤维在非织造加工过程中纤维摩擦抱合能力差的问题<sup>[14]</sup>。因此,将黏胶纤维与壳聚糖纤维混合梳理成网,不仅有利于后续非织造加固环节中纤维之间的缠结、抱合,提高纤维成网率<sup>[15]</sup>,又能够有效控制成本。

以壳聚糖纤维、黏胶纤维为原料,通过调控原料配比,制备出6种不同的壳聚糖/黏胶纤维水刺非织造材料,并测试分析原料配比对其规格结构和相关性能的作用关系。

## 1 试验部分

### 1.1 材料

壳聚糖纤维(青岛宇宙生物科技有限公司);黏胶纤维(南通新绿叶非织造布有限公司)。纤维原料具体规格参数见表1。

表1 纤维原料规格参数

规格参数	壳聚糖纤维	黏胶纤维
长度/mm	47	54
细度/dtex	1.45	1.62
断裂强度/(cN·dtex <sup>-1</sup> )	1.52	6.52
断裂伸长率/%	4.23	36.16
回潮率/%	22.20	14.15
密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	1.39	1.52
卷曲数/(个·(25 mm) <sup>-1</sup> )	3	13

### 1.2 壳聚糖/黏胶水刺非织造材料的制备

分别按10:0、8:2、6:4、4:6、2:8、0:10称取壳聚糖、黏胶纤维,设计试样克重为50 g/m<sup>2</sup>,并按纤维混合开松、梳理、铺网、水刺加固、干燥的工艺路线,制备不同配比的壳聚糖/黏胶水刺非织造材料。在试验过程中,纤网喂入帘的速度为2.0 m/min,水针压力为10 MPa。

### 1.3 性能测试

采用台式扫描电子显微镜对壳聚糖纤维、黏胶纤维表面微观形貌进行观察。

按照国家标准 GB/T 24218.1—2009《纺织品 非织造布试验方法 第1部分:单位面积质量的测定》测定不同试样的克重;采用国家标准 GB/T 24218.2—

收稿日期:2021-11-04

基金项目:国家自然科学基金(51803078);中国纺织工业联合会科技指导性项目(2020056);江苏省自然科学基金(BK20190927)

第一作者:陈 迟(1999—),女,研究生,主要研究方向为生物医用非织造材料。

\*通信作者:付译莹(1989—),女,副教授,博士,主要研究方向为生物医用纺织材料,E-mail:fuyj@ntu.edu.cn。

2009《纺织品 非织造布试验方法 第2部分:厚度的测定》,使用 YG141LA 数字式织物厚度仪测量不同试样的厚度。

根据公式(1)计算孔隙率。

$$\epsilon = (1 - \frac{m}{\gamma \cdot n}) \times 100\% \quad (1)$$

式中:  $\epsilon$  为孔隙率,%;  $m$  为克重,  $\text{g}/\text{m}^2$ ;  $\gamma$  为纤维密度,  $\text{g}/\text{m}^3$ ;  $n$  为厚度,  $\text{m}$ 。

按照国家标准 GB/T 24218.15—2018《纺织品 非织造布试验方法 第15部分:透气性的测定》,使用 YG461 型中压透气量仪测量不同试样的透气率。

按照国家标准 GB/T 24218.3—2010《纺织品 非织造布试验方法 第3部分:断裂强力和断裂伸长率的测定(条样法)》,用 YG065 电子织物强力机测定不同试样的拉伸断裂强力。

按照国家标准 GB/T 18318.5—2009《纺织品 弯曲性能的测定 第5部分:纯弯曲法》,用斜面法测试不同试样的弯曲性能。弯曲刚度的计算如公式(2)所示。

$$B = m \times l^3 \times 10^{-3} \quad (2)$$

式中:  $B$  为弯曲刚度,  $\text{mN} \cdot \text{cm}$ ;  $m$  为克重,  $\text{g}/\text{m}^2$ ;  $l$  为弯曲长度,  $\text{cm}$ 。

按照国家标准 GB/T 24218.6—2010《纺织品 非织造布试验方法 第6部分:吸收性的测定》,用蒸馏水浸泡  $0.01 \text{ m}^2$  的试样 30 min,根据公式(3)计算保液率。

$$K = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100\% \quad (3)$$

式中:  $K$  为保液率,%;  $W_1$  为吸水前质量,  $\text{g}$ ;  $W_2$  为吸水平衡后质量,  $\text{g}$ 。

## 2 结果和讨论

### 2.1 表面微观形貌

图1和图2分别为壳聚糖纤维和黏胶纤维的表面微观形貌。从图中可以看到壳聚糖纤维表面存在少量条纹,横截面接近于椭圆形,没有明显的皮芯结构。而黏胶纤维表面存在明显的纵向沟槽,横截面呈锯齿状,且具有皮芯结构。

### 2.2 克重及厚度

厚度和克重是衡量非织造材料均匀程度的重要指标,不同试样的厚度与克重测试结果见表2。6种试样

厚度均在  $0.49 \text{ mm}$  左右,克重在  $48 \sim 51 \text{ g}/\text{m}^2$  范围内,符合设计克重要求,且随黏胶纤维占比的增加,呈现出小幅上升趋势。这可能是由于壳聚糖纤维强度和卷曲数较低,在梳理、铺网过程中存在一定损耗。当强度和卷曲好的黏胶纤维加入时,弥补了克重上的损失,提高了纤网的均匀性<sup>[14]</sup>。

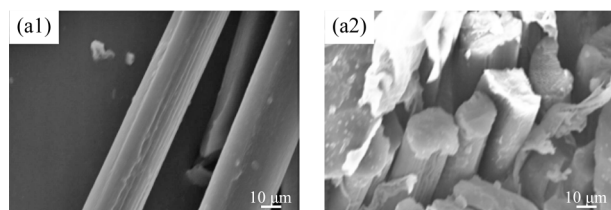


图1 壳聚糖纤维的表面微观形貌

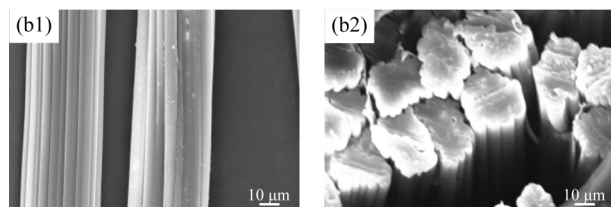


图2 黏胶纤维的表面微观形貌

表2 不同试样的厚度及克重

配比(壳聚糖:黏胶)	厚度/mm	克重/( $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ )
10:0	$0.4934 \pm 0.018$	$48.76 \pm 1.25$
8:2	$0.4942 \pm 0.028$	$48.82 \pm 1.08$
6:4	$0.4916 \pm 0.037$	$49.28 \pm 0.90$
4:6	$0.4962 \pm 0.025$	$49.82 \pm 0.86$
2:8	$0.4926 \pm 0.031$	$50.34 \pm 0.40$
0:10	$0.4974 \pm 0.024$	$50.90 \pm 0.47$

### 2.3 孔隙率

首先由壳聚糖、黏胶纤维的密度及纤维配比计算得到等效密度  $\gamma$ ,然后按公式(1)计算孔隙率  $\epsilon$ ,结果见表3。6种试样的孔隙率均在  $92.90\%$  以上,随着黏胶纤维含量的增加,等效密度和孔隙率均逐渐增大。这是因为与壳聚糖纤维相比,黏胶纤维纵向存在大量的沟槽,增加了纤维比表面积,所以随着黏胶纤维含量的增加制成的复合水刺非织造材料孔隙率逐渐增大。

表3 不同试样的孔隙率

配比(壳聚糖:黏胶)	$\gamma/(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	$\epsilon/\%$
10:0	1.39	92.90
8:2	1.42	93.02
6:4	1.44	93.05
4:6	1.47	93.16
2:8	1.49	93.16
0:10	1.52	93.27

## 2.4 透气性

不同水刺非织造材料的透气性结果如图3所示。从图3可以看出,随着黏胶纤维占比增加,试样透气率显著上升。这是因为黏胶纤维表面有大量沟槽,纤维间孔隙大,空间通道多,从而空气透过速率快,透气性好<sup>[16]</sup>。非织造材料的透气性越好,用作面膜或医用敷料时,有利于皮肤的自由呼吸、新陈代谢<sup>[17]</sup>,可起到更理想的护肤效果。

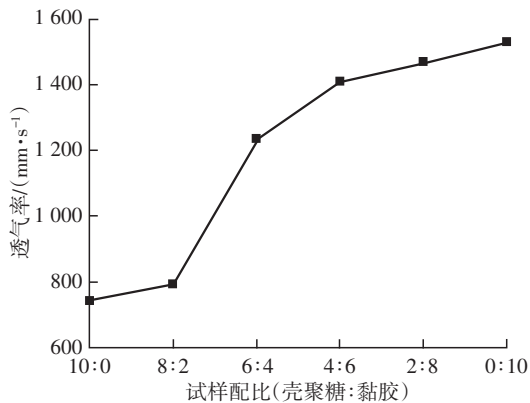


图3 不同试样的透气率

## 2.5 拉伸断裂强力

图4为不同试样的纵/横向拉伸断裂强力,从图4分析可得,试样的纵横向断裂强力均随黏胶纤维占比含量的增大而提高。这是因为壳聚糖纤维比黏胶纤维的模量大、刚性大,断裂伸长率也比黏胶纤维小,且壳聚糖纤维抱合力差<sup>[10]</sup>,这些因素降低了梳理时纤维的成网效果和水刺过程中的缠结作用。而黏胶纤维纵向有沟槽、摩擦力大、卷曲数多、拉伸断裂强力大,利于纤维相互缠绕抱合<sup>[16]</sup>,故黏胶纤维含量占比越高,壳聚糖/黏胶水刺非织造材料强度越好。由于纤维在铺网过程中多呈纵向排列,故纵向断裂强力高于横向断裂强力。

## 2.6 刚柔性

按照国家标准 GB/T 18318.5—2009,用斜面法测试试样的弯曲性能,计算结果见表4。随着黏胶纤维含量的增加,试样的弯曲刚度逐渐增大,纯壳聚糖纤维水刺材料弯曲刚度最小。这是因为壳聚糖纤维的刚性大,在水刺工艺中受到水针冲击损伤较多,导致纤维之间的缠结抱合差<sup>[18]</sup>,结构较为疏松,从而试样的弯曲刚度减小,材料较为柔软。而黏胶纤维卷曲多,纤维缠结效果更好,纤网结构更为紧密,因此,黏胶纤维越多,

弯曲刚度越大,材料柔性越差。纵向弯曲刚度值大于横向,这是铺网时纤维多呈纵向排列所引起的。从表4数据来看,所制成的产品都符合柔软性能要求。

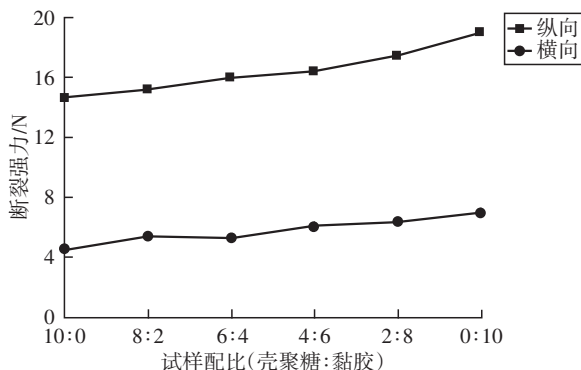


图4 不同试样的纵横拉伸断裂强力

表4 不同试样的弯曲刚度

配比 (壳聚糖:黏胶)	纵向弯曲刚度 /(mN·cm)	横向弯曲刚度 /(mN·cm)
10:0	0.431	0.081
8:2	0.508	0.095
6:4	0.613	0.126
4:6	0.810	0.162
2:8	0.885	0.187
0:10	0.912	0.229

## 2.7 接触角

接触角是衡量织物润湿性的重要标志,接触角越小,织物润湿性能越好。图5为不同试样的接触角,6种试样的接触角随黏胶纤维含量的增加,略有下降,但均在84°~88°范围之内,小于90°,润湿性较好。这是因为壳聚糖和黏胶纤维均为吸水性较好的纤维,且经过梳理成网和水刺加固的非织造材料具有三维多孔立体结构。

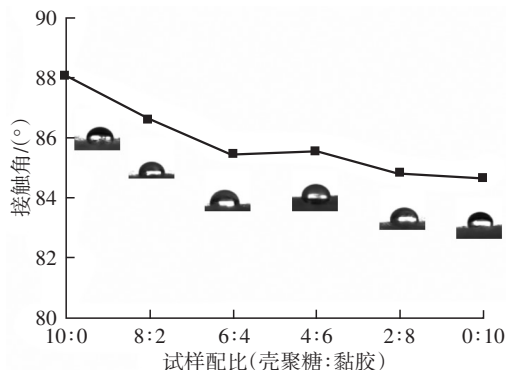


图5 不同试样的接触角

## 2.8 保液率

保液率是评价非织造材料液体保持性能的重要指

标,是指材料吸收以及纤维间留存的水分,不会因自身重力而离开非织造材料。不同试样的保液率结果如图6所示。可以看出黏胶纤维含量越多,试样的保液率越高。因为黏胶纤维表面有较多纵向沟槽,纤维之间能构成较多的微通道,可吸收并保留一定的水分,故黏胶纤维所占比例越高,试样保液率越高。当非织造材料用作面膜基布时,较高的保液率可维持更多的精华液,实现更好的护肤效果;而用于医用敷料时,较高的保液率可维持伤口创面湿润的微环境<sup>[19]</sup>,加速创面愈合。

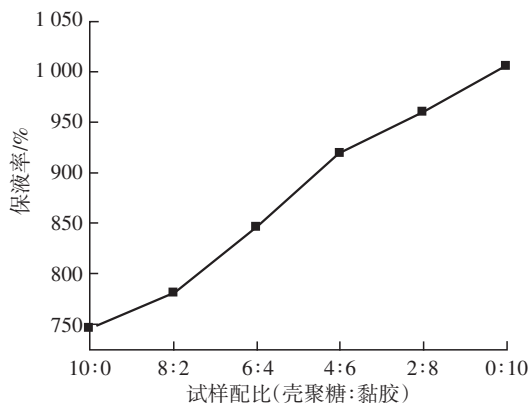


图6 不同试样的保液率

### 3 结论

利用壳聚糖纤维和黏胶纤维,制备出6种不同原料配比的壳聚糖/黏胶纤维水刺非织造材料,并对其相关性能进行测试分析,结果表明:(1)适当增加黏胶纤维含量,可提高试样的孔隙率和透气性;(2)壳聚糖纤维强度小于黏胶纤维,且刚性大、卷曲少,故壳聚糖/黏胶水刺非织造材料的机械力学性能随黏胶纤维含量的增多而提升;(3)黏胶纤维所占比例越高,试样的润湿性能、保液率越好,可用作面膜基布和医用伤口敷料。

#### 参考文献:

[1] KLINMALAI P, HAGIWARA T, SAKIYAMA T, et al. Chitosan effects on physical properties, texture, and microstructure of flat rice noodles[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2017, 76: 117-123.

[2] KOU S, PETERS L, MUCALO M. Chitosan: A review of sources and preparation methods [J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2020, 169: 84-94.

[3] 索一婷, 曲琪环, 于娟娟. 壳聚糖的提取来源及方法研究[J]. *吉林农业*, 2011(4): 343-344.

[4] SHARIATINIA Z. Carboxymethyl chitosan: Properties and biomedical applications [J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2018, 120: 1406-1419.

[5] LI J, ZHUANG S. Antibacterial activity of chitosan and its derivatives and their interaction mechanism with bacteria: Current state and perspectives[J]. *European Polymer Journal*, 2020, 138(1): 109984.

[6] LIU L, LIU Y, SHIN H, et al. Microbial production of glucosamine and N-acetylglucosamine: Advances and perspectives[J]. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2013, 97(14): 6149-6158.

[7] 胡瑛, 杜予民, 刘慧. 壳聚糖抗菌性与分子量和环境介质相关性研究[J]. *分析科学学报*, 2003(4): 305-308.

[8] 薛金玲, 李健军, 白艳红, 等. 壳聚糖及其衍生物抗菌活性的研究进展[J]. *高分子通报*, 2017(11): 26-36.

[9] 常德富, 王江涛. 壳聚糖的化学改性及其应用[J]. *日用化学工业*, 2006(4): 243-246.

[10] 王夕雯, 靳向煜, 柯勤飞. 壳聚糖纤维性能的测试与分析[J]. *产业用纺织品*, 2011, 29(11): 15-19.

[11] 李达, 马建伟. 壳聚糖纤维的生产现状及展望[J]. *现代纺织技术*, 2009(3): 66-68.

[12] 彭孟娜, 马建伟. 生物基化学纤维的发展现状及应用[J]. *合成纤维工业*, 2018, 41(3): 55-59.

[13] 于伟东. *纺织材料学*[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2006.

[14] 刘亚, 武辉, 翟艳. 壳聚糖/黏胶纤维共混水刺面膜基布的开发及其性能[J]. *天津工业大学学报*, 2017, 36(5): 32-37.

[15] 吴杰. 壳聚糖多层水刺复合功能性医用敷料的纤网结构及其性能的研究[D]. 上海: 东华大学, 2014.

[16] 徐小萍, 张寅江, 靳向煜, 等. 壳聚糖/黏胶水刺非织造布的制备及相关性能[J]. *纺织学报*, 2013, 34(6): 51-57.

[17] 张子薇, 张淑洁, 羌培华, 等. 贴式面膜基布的研究进展及发展趋势[J]. *国际纺织导报*, 2021, 49(5): 17-25, 34.

[18] 吴杰, 吴海波, 靳向煜. 壳聚糖/黏胶水刺医用敷料的制备及其性能[J]. *东华大学学报(自然科学版)*, 2014, 40(3): 276-281.

[19] 张楠楠. 羧甲基化改性纤维素医用敷料的制备与性能研究[D]. 武汉: 武汉纺织大学, 2013.

- verview[J]. *Materials Research Express*, 2020, 7(1): 012005.
- [5] MOHANTY A K, MISRA M, DRZAL L T, et al. Sustainable bio-composites from renewable resources; Opportunities and challenges in the green materials world[J]. *Journal of Polymers and the Environment*, 2002, 10(1): 19-26.
- [6] AL-MOSAWI A I, AMMASH H K, SALAMAN A J. Properties of composite materials databook; Composites and rubbers[M]. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012.
- [7] RANA A, MANDAL A, BANDYOPADHYAY S, et al. Short jute fiber reinforced polypropylene composites; Effect of compatibiliser, impact modifier and fiber loading [J]. *Composites Science and Technology*, 2003, 63(6): 801-806.
- [8] HSU J C, PENNER M H. Preparation and utilization of cellulose substrates regenerated after treatment with hydrochloric acid [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 1991, 39(8): 1444-1447.

## Process Design and Characterization of Wet Corn Straw Husk Fiber Nonwovens

ZOU Hongliang<sup>1</sup>, HOU Zhesheng<sup>2,\*</sup>, MA Shengdong<sup>1</sup>

(1. College of Materials Science and Engineering, Jilin University of Chemical Technology, Jilin 132022, China;

2. College of Mechanical and Electrical Engineering, Jilin University of Chemical Technology, Jilin 132022, China)

**Abstract:** In order to obtain the corn straw husk cellulose fiber wet nonwovens with excellent properties and application value, the wet net nonwovens technology was adopted to prepare corn straw husk cellulose fiber net. Using propyl trimethoxysilane as dispersant and polyvinyl alcohol as binder, the fiber were evenly dispersed and fiber net was bonded respectively. Orthogonal test was used to get the influence of reagents used in each step of the process on the moisture permeability and other related characteristics of corn straw husk cellulose fiber wet nonwovens, and the optimal process of reagent mass fraction was obtained. Samples were prepared by the optimal process for each characteristic test and analysis. Compared with the application properties of the nonwovens stipulated in the national standard, the properties of the wet nonwovens prepared by this process were all greater than or equal to the national standard. The application field was more extensive.

**Key words:** corn straw husk cellulose fiber; wet-process nonwovens; characteristic analysis; process

(上接第 17 页)

## Preparation and Properties of Chitosan/Viscose Spunlaced Nonwovens

CHEN Chi<sup>1</sup>, LI Dawei<sup>1,2,\*</sup>, FU Yijun<sup>1,2,\*</sup>, WANG Fangneng<sup>3</sup>,

WANG Hui<sup>1</sup>, ZHAO Jin<sup>1</sup>, XUE Mengdi<sup>1</sup>, LI Tingting<sup>1</sup>

(1. School of Textile and Clothing, Nantong University, Nantong 226019, China;

2. National & Local Joint Engineering Research Center of Technical Fiber

Composites for Safety and Health, Nantong 226019, China;

3. Jiangsu Huaxicun Co., Ltd., Jiangyin 214420, China)

**Abstract:** Chitosan and viscose fiber were used to prepare chitosan/viscose spunlaced nonwovens with six different ratios by spunlaced nonwovens processing technology. The specification structure, air permeability, mechanical properties, wettability and liquid retention of the samples were studied. The influence of raw material ratio on the properties of the product was analyzed. Results showed that properly increasing the content of viscose fiber could improve the porosity, air permeability and mechanical properties of the samples, as well as the wettability and liquid retention. Chitosan/viscose spunlaced nonwovens can be used as face mask base and medical wound dressing.

**Key words:** chitosan; viscose; spunlaced nonwovens; mechanical property; air permeability