

# 多组分非织造保暖材料的设计与性能研究

周 觅, 钱晓明, 黄顺伟

(天津工业大学 纺织学院, 天津 300387)

**摘要:** 在保暖材料向复合型多功能发展的趋势下,设计探究了一种多组分非织造保暖材料。将不同比例的木棉、远红外三维卷曲中空涤纶、ES纤维混合,通过非织造技术加工成非织造保暖材料。对其面密度、厚度、远红外辐射升温、保暖性、蓬松度与回复率、透气性、透湿性进行了测试分析。测试结果显示,木棉/远红外三维卷曲中空涤纶/ES 40/40/20保暖材料的综合性能最好,克罗值为 $1.54^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{W}$ ,远红外辐射升温值 $2.7^{\circ}\text{C}$ ,透气率 $1\ 608.7\ \text{mm}/\text{s}$ ,透湿率 $98.94\ \text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ,蓬松度 $218.33\ \text{cm}^3/\text{g}$ ,回复率 $86.90\%$ 。

**关键词:** 多组分纤维;非织造布;保暖材料;木棉;远红外三维卷曲中空涤纶

中图分类号: TS176

文献标识码: B

文章编号: 1001-2044(2018)02-0045-04

DOI:10.16549/j.cnki.issn.1001-2044.2018.02.015

## Design and performance of multi component nonwoven thermal insulation material

ZHOU Mi, QIAN Xiaoming, HUANG Shunwei

(School of Textile, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300387, China)

**Abstract:** In view of the tendency of thermal insulation material developing into composite multifunctional material, a kind of multi-component nonwoven thermal insulation material is designed and researched. The kapok fibers and three-dimensional crimp hollow polyester fibers and ES fibers at different ratios are blended to form nonwoven composite thermal insulation material by nonwoven processing method. Their surface density, thickness, temperature-rise under far infrared radiation, thermal resistance, fill power, compressive-resilient performance, air permeability as well as moisture permeability are tested and analyzed. The results show that the kapok/ far infrared three-dimensional crimp hollow polyester fiber/ES of 40/40/20 has the best comprehensive performance with Clo value of  $1.54^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{W}$ , far infrared radiation temperature-rise of  $2.7^{\circ}\text{C}$ , air permeability of  $1\ 608.7\ \text{mm}/\text{s}$ , water vapor transmission rate of  $98.94\ \text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ , bulk density of  $218.33\ \text{cm}^3/\text{g}$  and recovery rate of  $86.90\%$ .

**Key words:** multicomponent fiber; non-woven fabric; thermal insulation material; kapok; far infrared three-dimensional crimp hollow polyester fiber

随着纺织与非织造技术的进步,国内外保暖材料得到了快速的发展。原料从棉、羽绒等传统保暖纤维逐渐扩展到各种新型纤维,如远红外功能纤维<sup>[1-3]</sup>、相变材料纤维<sup>[4-6]</sup>、超细纤维<sup>[7-8]</sup>、三维卷曲中空纤维<sup>[9-10]</sup>等。由于使用单一纤维或者单一结构的原料往往存在一定缺陷,很难满足不同消费群体的需求,目前,选用多种功能纤维加工出复合型保暖材料是保暖材料的发展趋势之一。本文将木棉、远红外三维卷曲中空涤纶、ES纤维这3种纤维的优点结合起来,设计制作了性能多样化的保暖材料,使保暖材料同时具有天然抗菌性、高蓬松性、优良的透气透湿性和保温保健性。现将该多组分非织造保暖材料的设计过程及性能研究介绍如下。

## 1 原料选择理论依据

木棉纤维<sup>[11]</sup>是锦葵目木棉科内几种植物的果实

纤维,由木棉蒴果的内壁细胞发育、生长而成,具有薄壁、大中空的特点,在未被压缩的情况下纤维的中空度高达90%以上,还具有防霉、轻柔、不导热、吸湿性强等特点,是绝佳的保暖用纺织品原料。

远红外纤维<sup>[12-13]</sup>指在纤维加工过程中,加入了含有远红外功能的粉体,将一些具有远红外线放射功能的金属或者非金属氧化物的纳米级粉末与纤维有效地融合后,使其成为功能性纤维。主要应用的粉体如下:金属氧化物,如 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{BaO}$ 、 $\text{ZrO}$ 、 $\text{SiO}_2$ 等;金属碳化物,如 $\text{SiC}$ 、 $\text{TiC}$ 、 $\text{ZrC}$ 等;金属氮化物,如 $\text{BN}$ 、 $\text{ZrN}$ 等。其不但具有保温功效,辐射的远红外线还具有活化细胞组织、促进血液循环及抑菌防臭的功效,是兼具保温和保健功能的新型化纤原料。三维卷曲中空纤维具有中空度高、蓬松性好、弹性恢复速度快、保暖性好等特点。三维卷曲中空纤维的使用可以有效地提高保暖材料的蓬松度、压缩率、透气透湿性,从而提高穿着的舒适性。

ES纤维为双组分皮芯结构复合纤维,皮层组织熔点低且柔软性好,而芯层组织熔点高、强度高。这种纤维经过热处理后,一部分皮层熔融后起黏结作用,其余

收稿日期: 2017-06-09

基金项目: 国家科技支撑项目(2014BAE09B00)

作者简介: 周觅(1993-),女,湖北仙人,在读硕士研究生,主要从事非织造保暖材料的研究。

通信作者: 钱晓明。E-mail: qxm@tjpu.edu.cn。

仍保留纤维状态,同时具有热收缩率小的特征。该纤维特别适合采用热风穿透工艺生产卫生材料、保暖填充料、过滤材料等产品。

## 2 保暖材料的设计与制备

### 2.1 纤维原料

木棉:长度 25 mm,平均细度 2 D,南宁市铭扬环境治理有限责任公司生产。远红外三维卷曲中空涤纶:长度 64 mm,细度 3 D,广州中诚新型材料科技股份有限公司生产。ES 纤维:长度 38 mm,细度 1.2 D,江苏江南高纤股份有限公司生产。

### 2.2 样品的制备

设计保暖絮片面密度为  $60 \text{ g/m}^2$ 。设计 5 种不同纤维比例的多组分保暖材料絮片,1#~5#样品的组分比例分别为(木棉/远红外三维卷曲中空涤纶/ES):0/80/20、20/60/20、40/40/20、60/20/20、80/0/20。

### 2.3 制备工艺

样品制备流程如下:选配→混合→开松→梳理成网→交叉铺网→热风黏合→成品。

为了更好地发挥三维卷曲纤维的特性,提高保暖絮片的蓬松性能,本文采用热风黏合的加固方法来生产保暖絮片,黏合温度为  $130^\circ\text{C}$ ,加热时间为 3 min。

## 3 产品性能测试

### 3.1 面密度

采用 CP4202C 型电子天平称量试样的质量,测试标准为 GB/T 24218.1—2009《纺织品非织造布试验方法 第一部分:单位面积质量的测定》。每种样品选取 5 块面积为  $50\,000 \text{ mm}^2$  的试样称重,取平均值,再换算成面密度。

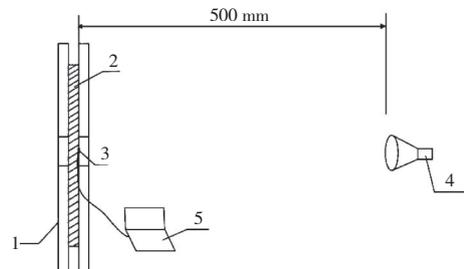
### 3.2 厚度

采用 YG141 型织物厚度仪测试试样的厚度,测试标准为 GB/T 24218.2—2009《纺织品 非织造布试验方法 第二部分:厚度的测定》。选择压脚面积  $2\,500 \text{ mm}^2$ ,压力 0.5 kPa,每块试样测试 10 次,取平均值。

### 3.3 远红外辐射温升

在温度为  $20^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 60% 的恒温恒温室中,参照标准 GB/T 30127—2013《纺织品 远红外性能的检测和评价》进行测试,辐射源为飞利浦远红外线灯,功率 150 W,辐射红外线波长范围  $8\sim 14 \mu\text{m}$ 。测温装置每 30 s 读取一次数据。测试步骤:调节试样架与远红外辐射灯的距离为 500 mm;将调湿后的试样夹在试样架中,将测温仪传感器触点固定在试样受辐射的

区域表面中心位置;开启测温装置,记录试样初始温度  $T_0$ ;开启远红外辐射灯,通过电脑观察温度变化,记录试样照射 30 s 后的表面温度  $T$ 。重复前三个步骤,每个试样测试 3 次。以每个试样 3 次温升的平均值作为试验结果。温升测试装置简图见图 1。



1-试样架;2-试样;3-温度传感器触点;4-陶瓷远红外辐射灯;5-电脑

图1 温升测试装置示意图

### 3.4 保暖性

在温度为  $20^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 65% 的恒温恒湿环境中,采用日本产 ASTM 型织物保温性能测试仪测试样品的保暖性,测试标准为 GB 11048—1989《纺织品保温性能试验方法》。将试样裁剪成尺寸为  $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$  的正方形,设定试验板、保护板、底板温度为  $36^\circ\text{C}$ ,预热,待试验板、保护板、底板温度达到设定值后,开始空白试验。空白试验结束后,将试样覆盖于试验板上,预热一段时间(30~60 min),开始测试。计算试样的克罗值,每种试样测试 3 块,取平均值。

### 3.5 蓬松度和回复率

采用 YG141 型织物厚度仪测试试样的蓬松度和回复率,测试标准为 GB/T 24442.1—2009《纺织品压缩性能的测定 第 1 部分:恒定法》。压脚面积  $100 \text{ cm}^2$ ;轻压 0.02 kPa,加压时间 10 s;重压 1 kPa,加压时间 60 s;恢复时间 60 s。首先,轻压 10 s 后测量轻压厚度,其次重压 60 s 后测量重压厚度,卸除压力恢复 60 s 后测量恢复厚度。每块试样测 5 次,取平均值。计算试样的蓬松度和压缩弹性率。

### 3.6 透气性能

采用 YG461H 型全自动织物透气量仪测试试样透气率,测试标准为 GB/T 5453—1997《纺织品织物透气性的测定》。试验面积选择  $20 \text{ cm}^2$ ,压降设置为 100 Pa,同一试样的不同位置测试 10 次,取平均值。

### 3.7 透湿性能

采用 YG(B)216-II 型织物透湿量仪和电子天平测试样品的透湿性,测试标准为 GB/T 12704.2—2009

《织物透湿性试验方法 蒸发法》。设置透湿箱温度为38℃,相对湿度为50%,将试样封在盛有34 mL 蒸馏水的透湿杯上,并放入透湿箱。根据一定时间透湿杯质量的变化,计算试样透湿率,每种试样测试3块,取平均值。

## 4 结果与分析

对样品的面密度、厚度、保暖性、远红外辐射温升、蓬松度与回复率、透气性能、透湿性能进行了测试,测试结果见表1。

表1 样品各项性能测试结果

项目	1#	2#	3#	4#	5#
面密度/(g·m <sup>-2</sup> )	65	60	62	60	65
厚度/mm	2.74	2.76	2.66	2.94	3.58
蓬松度/(cm <sup>3</sup> ·g <sup>-1</sup> )	215.67	215.63	218.33	193.96	184.42
回复率/%	89.60	88.60	86.90	84.50	79.95
透气率/(mm·s <sup>-1</sup> )	2 810.8	2 118.3	1 608.7	1 337.0	984.8
透湿率/[g·(m <sup>-2</sup> ·h <sup>-1</sup> )]	102.47	116.61	98.94	98.94	102.47
温升/℃	3.1	2.9	2.7	2.7	2.5
克罗值/(℃·m <sup>2</sup> ·W <sup>-1</sup> )	1.28	1.40	1.54	1.60	1.80

### 4.1 面密度分析

由表1中面密度的测试结果可以看出,在相同工艺下,虽然样品制备过程中的纤维损耗略有不同,但最终5种样品的面密度相差都不大,都在60 g/m<sup>2</sup>左右,达到预期值。

### 4.2 厚度分析

由表1中厚度的测试结果可以看出,随着木棉含量的增加,保暖材料厚度整体上呈增大趋势,由于木棉密度要比涤纶小,因此在面密度相同的情况下,木棉含量越高,保暖絮片厚度越厚。

### 4.3 保暖性分析

由表1克罗值的测试结果可以看出,保暖材料的克罗值随着木棉含量的提高而增大,即木棉含量越高,保暖性越好。

### 4.4 辐射温升分析

由表1各样品温升值结果来看,随着保暖材料中木棉含量的降低,即远红外涤纶含量的增大,保暖材料的温升值增大。这说明远红外涤纶相比木棉能更有效地吸收外界远红外能量。

### 4.5 蓬松度与回复率分析

由表1中蓬松度与回复率的测试数据来看,随着保暖材料中木棉含量的降低,即远红外三维卷曲涤纶含量的增大,保暖材料的蓬松度与回复率增大,说明纤

维的三维卷曲结构能够有效地提高织物的蓬松度与回复率。

### 4.6 透气率与透湿率分析

由表1中透气率的测试数据来看,保暖材料中三维卷曲纤维含量越高,透气率越高,即透气性越好。表明纤维的三维卷曲结构在有效提高织物蓬松性的同时,也大大提高了织物的透气性能。往往织物透气性越好,透湿性也越好。此外,随着木棉纤维含量的增加,保暖材料的透湿率先增大后减小再增大,没有明确的趋势性。三维卷曲涤纶增大了保暖材料的蓬松性,并且提高了保暖材料的透湿率,同时木棉纤维具有优良的吸湿性,可以提高保暖材料的透湿性,因此,不同比例的三维卷曲涤纶和木棉混合,其相互作用使透湿性没有一定规律性。

## 5 结语

本文选择木棉、远红外三维卷曲中空涤纶和ES纤维3种纤维原料,通过非织造技术制备多组分非织造保暖材料。探究了3种纤维的混合比例对保暖材料的面密度、厚度、保暖性、远红外辐射温升、蓬松度与回复率、透气性能、透湿性能的影响。得出结论如下:

(1)在面密度和厚度大体相同的条件下,木棉纤维含量越高,保暖材料的保暖性越好。虽然本次试验选用的涤纶有中空结构,含有静止空气,可提高织物的保暖性,但木棉也具有天然中空,同样可以包含静止空气,从而提高织物的保暖性。而且本文选用的木棉细度要比涤纶细,纤维越细保暖性越好,因此木棉纤维含量越高,保暖材料的保暖性越好。

(2)在面密度和厚度大体相同的条件下,远红外纤维含量越高,保暖材料的远红外辐射温升值越高。这表明保暖材料吸收远红外的能力越强,根据基尔霍夫定律,其发射热辐射的能力也越强,那么保暖材料吸收人体的热辐射并以远红外形式反馈给人体起到保温保健功效的能力也就越强。

(3)在面密度和厚度大体相同的条件下,随着三维卷曲涤纶含量的增加,保暖材料的蓬松度和回复率变大。纤维的三维卷曲结构能有效提高保暖材料的蓬松性能及回复性能,同时也提高了保暖材料的透气性能。但透湿性变化趋势相对复杂,由于木棉与三维卷曲涤纶都可以增大保暖材料的透湿性能,两种纤维比例的不同造成透湿性没有明确的变化趋势,透湿率都在100 g/(m<sup>2</sup>·h)左右。

(4)通过对保暖材料的面密度、厚度、保暖性、远红外辐射温升、蓬松度与回复率、透气性能、透湿性能的测试,得出结论:当木棉、远红外三维卷曲中空涤纶、ES纤维比例为40/40/20时,保暖材料的综合性能最佳,克罗值为 $1.54^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{W}$ ,远红外辐射温升值为 $2.7^{\circ}\text{C}$ ,透气率为 $1\ 608.7\ \text{mm}^3/\text{s}$ ,透湿率为 $98.94\ \text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ,蓬松度为 $218.33\ \text{cm}^3/\text{g}$ ,回复率为86.90%。



#### 参考文献:

- [1] LIU Z, LIU S, BAI X E. Research on heat and moisture comfort properties of nano far infrared knitted thermal underwear[J]. Textile Bioengineering and Informatics Symposium Proceedings, 2013, 1(3): 179-183.
- [2] CHING W L, YA L H, WEN H H, et al. The study of health and insulation composite recycling far infrared fiber laminated non-woven[J]. Applied Mechanics and Materials, 2015(749): 5-282.
- [3] DIANA K, AUDRONE S, AUSRA A, et al. Investigation of thermal properties of ceramic-containing knitted textile materials[J]. Fibres & Textiles in Eastern Europe, 2016, 243(117): 63-66.
- [4] SALAÜN F, DEVAUX E, BOURBIGOT S, et al. Thermoregulating response of cotton fabric containing microencapsulated phase change materials[J]. Thermochimica Acta, 2010: 82-93.

- [5] 孙少兴, 谢锐, 巨晓洁, 等. 同轴静电纺丝制备低温相变纤维及其性能研究[J]. 化工新型材料, 2016(8): 59-61, 65.
- [6] 金美菊, 刘艳春, 邝湘宁. 微胶囊相变调温纤维的调温性能研究[J]. 山东纺织科技, 2016(1): 1-4.
- [7] 羽绒纤维的替代品“Primaloft”在美国面世[J]. 江苏纺织, 2003(4): 34.
- [8] 刘静, 钱晓明. 热风复合非织造保暖材料的制备与性能[J]. 纺织导报, 2016(12): 62-65.
- [9] 曹继岗. 高蓬松纤维集合体保暖性测试方法研究及应用[D]. 上海: 东华大学, 2010.
- [10] TSEN W C, HSIAO K J, SHU Y C. Kinetics of alkaline hydrolysis and morphologies of novel poly(ethylene terephthalate) micro-porous hollow fibers and functional characteristics of fabrics[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2009, 113(3): 1822-1827.
- [11] 刘维. 木棉保暖材料及其保温机理的研究[D]. 上海: 东华大学, 2011.
- [12] JEFFREY C F, FAN C C, SU T L, et al. Nano composite fiber process optimization for polypropylene with antibacterial and far-infrared ray emission properties[J]. Textile Research Journal, 2016, 86(16): 1677-1687.
- [13] 戴自怡. 远红外纺织品的研究及其测试评价[J]. 上海毛麻科技, 2016(1): 43-45.

(上接第10页)

紧密纱特殊的纱线结构以及较少的毛羽。转杯纱的织物具有较高的耐磨性, 织物外观光泽、均匀度高, 尤其是针织物, 拉绒后织物外观良好。喷气纱的织物具有优良的抗起球性。与其他纱线相比, 喷气纱具有更高的吸湿性, 喷气纱制成的面料耐洗涤性和耐磨性好, 洗涤和穿着后织物表面几乎无变化。

### 3.3 纺织成品

环锭纱应用领域最广, 主要包括外套、内衣及家纺等产品。紧密纱主要应用于高档衬衫面料。此外, 高品质针织面料和床上用品也是紧密纱典型的应用领域。另外紧密纱也非常适用于加工袜子。转杯纱主要用于牛仔织物。通常情况下, 坚固耐用的工作服及工业用纺织品, 都可使用转杯纱。喷气纱最初主要应用于针织类产品, 主要是用粘胶纱生产女士外衣, 如 T

恤衫、打底裤、羊毛衫和裙子, 也可用于生产内衣, 在机织女衬衫上也可以使用喷气纱。

## 4 结语

综上所述, 4种不同的纺纱技术具有不同的优势和缺点, 在选用某种纺纱技术时, 需要考虑投资规模、投资成本、市场需求、原材料、纱支要求等诸多因素。只有熟练掌握了纺纱基本知识, 才能确定最佳的纺纱工艺。在上述4种工艺路线中, 开清生产线可以根据不同的原材料品种及纱线的最终要求, 配置不同的开清棉工艺路线。纺纱准备设备中也可以根据不同的工序选配不同的设备。



#### 参考文献:

- [1] 上海纺织控股(集团)公司. 棉纺手册[M]. 3版. 北京: 中国纺织出版社, 2006.
- [2] 吴思涵, 孙润军, 薛建昌. 苧麻混纺比对成纱性能的影响[J]. 棉纺织技术, 2016(11): 14-17.
- [3] 董晓波. 基于模糊综合的加权 Borda 数法研究[J]. 连云港化工高等专科学校学报, 2001(4): 1-4.
- [4] 郁崇文, 汪军, 王新厚. 工程参数的最优化设计[M]. 上海: 中国纺织大学出版社, 2003.
- [5] 李向红, 马军. 混纺比对芳腈纶/芳纶 1313 混纺纱成纱性能的影响[J]. 河北科技大学学报, 2011(4): 391-396.
- [6] 林倩, 郁崇文. 纤维线密度及直径不均匀率对成纱条干的影响[J]. 上海毛麻科技, 2009(4): 15-18.

(上接第29页)

- [10] 吴思涵, 孙润军, 薛建昌. 苧麻混纺比对成纱性能的影响[J]. 棉纺织技术, 2016(11): 14-17.
- [11] 董晓波. 基于模糊综合的加权 Borda 数法研究[J]. 连云港化工高等专科学校学报, 2001(4): 1-4.
- [12] 郁崇文, 汪军, 王新厚. 工程参数的最优化设计[M]. 上海: 中国纺织大学出版社, 2003.