

## 睡袋用木棉/羽绒/涤纶填充料配比的优化分析

李会改<sup>1</sup>, 张振方<sup>2</sup>, 程浩南<sup>1</sup>, 万明<sup>2</sup>

(1.江西省现代服装工程技术研究中心, 江西 南昌 330201; 2.西安工程大学, 陕西 西安 710048)

**摘要:**以不同配比的木棉/羽绒/三维卷曲中空涤纶填充料为试样,对其性能进行测试。利用相关性分析法初步得到木棉/羽绒/三维卷曲中空涤纶填充料的较佳配比为20/60/20和20/40/40。再用NEWTON暖体假人法对填充了上述两种填充料的睡袋进行测试,结果表明两种睡袋的舒适温度范围为5℃~15℃,为春秋用睡袋,且木棉/羽绒/三维卷曲中空涤纶填充料配比为20/60/20时睡袋保暖性能更好。利用价格分析法得出,木棉/羽绒/三维卷曲中空涤纶填充料配比为20/60/20的睡袋成本更低,更具市场优势。

**关键词:**木棉; 填充料; 保温性; 配比; 睡袋; 成本计算

**中图分类号:** TS941.731.4

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1001-2044(2018)09-0044-04

## Optimization analysis on the ratio of kapok/down/polyester filler for sleeping bags

LI Huigai<sup>1</sup>, ZHANG Zhenfang<sup>2</sup>, CHENG Haonan<sup>1</sup>, WAN Ming<sup>2</sup>

(1.Jiangxi Provincial Modern Research Center of Clothing Engineering Technology, Nanchang 330201, China)

(2.Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

**Abstract:** The performances of the fillers of kapok/down/polyester with different ratios are tested. With the correlation analysis method, the preferred ratio of kapok/down/polyester filler is 20/60/20 and 20/40/40. Two kinds of sleeping bags with the above ratios are tested by the method of "Newton warm body dummy", and the results show that the comfortable temperature of two sleeping bags is 5℃~15℃ for spring/autumn type, and the one with kapok/down/polyester of 20/60/20 has better thermal performance. Moreover, considering of the price, kapok/down/polyester filler with ratio of 20/60/20 has more advantages.

**Key words:** kapok; filler; heat retention; ratio; sleeping bags; cost finding

随着人们对生活品质和健康的日益追求,走出家门、走向户外的生活方式逐渐成为主流,睡袋、防潮垫等户外装备应运而生。但目前国内户外装备的发展较国外相对滞后,所用面料和絮料品质参差不齐。羽绒作为户外睡袋的常规填充料,因价格高昂,在一定程度上限制了睡袋市场的发展。木棉纤维具有较大的空腔,保暖性好,抗菌防螨<sup>[1-2]</sup>,价格低廉,不易老化和破损<sup>[3]</sup>,具有极大的市场潜力。但木棉纤维的絮填料易被压缩毡化<sup>[4]</sup>,蓬松性能下降明显,保暖性能和舒适性受到一定的影响。前期的研究发现,在三组分的木棉絮填料中,木棉纤维比例过高会影响填充料的保暖性能;而三维卷曲中空涤纶的加入在一定程度上能够改善木棉纤维集合体的压缩性能,但考虑到填充料的舒适度,三维卷曲中空涤纶的含量应偏低控制。为了更好地确定木棉纤维、羽绒、三维卷曲中空涤纶的配比,优化填充料性能,满足睡袋用保暖性和舒适性的要求,本文选取10种不同配比的木棉系列填充料进行研究,为木棉纤维的应用提供一些理论基础。

## 1 试验

## 1.1 试验原料

木棉纤维、羽绒、三维卷曲中空涤纶的性能见表1。

表1 纤维原料性能

| 项目         | 线密度         | 长度/mm | 中空度         |
|------------|-------------|-------|-------------|
| 木棉         | 0.89 dtex   | 17.1  | 84.6%       |
| 三维卷曲涤纶     | 18.1 dtex   | 36.6  | 37.7%       |
| 羽绒(90%灰鸭绒) | 直径 10~31 μm | 10~30 | 皮芯结构,芯层结构疏松 |

## 1.2 填充料的制备

木棉纤维和三维卷曲中空涤纶由于成块严重,需通过开松处理成散纤维状态备用。将木棉/羽绒/涤纶按照预设的10种混配比例进行混合制备小样。因羽绒木棉质轻易飞絮,应先将90%灰鸭绒填充在自制容器里手工铺匀,然后充入木棉纤维,并用充绒机鼓吹使其混合均匀,最后加入三维卷曲中空涤纶,并再次鼓吹使其混合均匀。

## 1.3 测试内容

## 1.3.1 保暖性能

保暖性是户外睡袋最重要的性能,主要取决于纤维的结构、纤维集合体的蓬松度及原料配比。试样的热阻越大,则保暖性能越好。采用STM-511型热阻湿阻仪(踏石国际集团),按照GB/T 11048—2008《纺织

收稿日期: 2017-11-08

基金项目: 江西省教育厅科技青年项目(GJJ161212)

作者简介: 李会改(1988—),女,硕士,助教,主要从事功能性纤维及产品的研究开发。

品生理舒适性稳态条件下热阻和湿阻的测定》中B型仪器——静态平板法进行测试。测试指标为热阻。

### 1.3.2 透湿性能

透湿性是表征户外睡袋舒适性能的重要指标。湿阻越大,试样的透湿性能越差。采用STM-511型热阻湿阻仪(踏石国际集团),按照GB/T 11048—2008《纺织品生理舒适性稳态条件下热阻和湿阻的测定》中B型仪器——静态平板法进行测试。测试指标为湿阻。

### 1.3.3 压缩性能

户外睡袋的保暖性和透湿性与其填充料的压缩性

能密切相关。纤维集合体的蓬松度越大,包含的静止空气就越多,保暖性越好。采用YG821L型织物风格仪(莱州电子仪器有限公司),按照FZ/T 01051—1998《纺织材料和纺织制品——压缩性能》进行测试。测试指标为稳定厚度、蓬松率和压缩率。

## 2 试验结果与分析

### 2.1 试验测试结果

对设计的10种不同配比的木棉/羽绒/三维卷曲中空涤纶的填充料(包布)性能进行测试,见表2。

表2 10种试验用木棉系列填充料(包布)的性能

| 编号  | 木棉/羽绒/涤纶 | 热阻/(m <sup>2</sup> ·K·W <sup>-1</sup> ) | 湿阻/(m <sup>2</sup> ·Pa·W) | 稳定厚度/mm | 蓬松度/(cm <sup>3</sup> ·g <sup>-1</sup> ) | 压缩率/% |
|-----|----------|---|---------------------------|---------|---|-------|
| 1#  | 20/70/10 | 0.433                                   | 0.389                     | 18.53   | 203.96                                  | 73.0  |
| 2#  | 30/60/10 | 0.468                                   | 0.399                     | 16.66   | 212.20                                  | 77.0  |
| 3#  | 40/50/10 | 0.481                                   | 0.319                     | 22.68   | 226.38                                  | 70.0  |
| 4#  | 50/40/10 | 0.505                                   | 0.357                     | 20.04   | 210.05                                  | 71.6  |
| 5#  | 60/30/10 | 0.373                                   | 0.453                     | 20.06   | 224.34                                  | 73.3  |
| 6#  | 20/60/20 | 0.498                                   | 0.311                     | 15.84   | 196.32                                  | 75.8  |
| 7#  | 30/50/20 | 0.447                                   | 0.323                     | 17.01   | 212.64                                  | 76.0  |
| 8#  | 40/40/20 | 0.508                                   | 0.358                     | 23.92   | 227.82                                  | 69.0  |
| 9#  | 50/30/20 | 0.520                                   | 0.376                     | 25.90   | 229.15                                  | 66.3  |
| 10# | 60/20/20 | 0.526                                   | 0.397                     | 27.48   | 234.17                                  | 65.0  |

### 2.2 试验结果的综合评价

#### 2.2.1 相关性分析

睡袋用填充料最重要的性能是填充料的保暖性、透湿性和压缩性<sup>[5-6]</sup>。配比优选的原则以填充料的热阻为主,兼顾湿阻、稳定厚度及其蓬松度。以热阻Y为因变量,湿阻X<sub>1</sub>、厚度X<sub>2</sub>、蓬松度X<sub>3</sub>为自变量进行相关性分析,先对数据进行无单位化处理,处理方法见式(1):

$$M = \frac{X - \bar{X}}{\bar{X}} \quad (1)$$

式中:X——原数据;

$\bar{X}$ ——原数据组的平均数;

M——无单位化处理后的数据

通过Matlab软件对填充料的热阻、湿阻、稳定厚度及蓬松度进行多元相关的线性拟合<sup>[7]</sup>,得到热阻与三者间的拟合方程见式(2):

$$Y = -0.413X_1 + 0.613X_2 - 1.175X_3 + 1.974 \quad (2)$$

式中:Y——热阻;

X<sub>1</sub>——湿阻;

X<sub>2</sub>——稳定厚度;

X<sub>3</sub>——蓬松度

式中,常数为1.974,回归平方和为0.061,残差平方和为0.028,总平方和为0.089。

由此,得到热阻的无单位化处理数据与热阻相关性数据之间的关系,见图1。

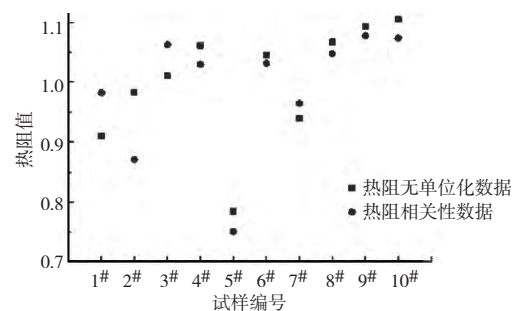


图1 热阻无单位化处理数据与相关性数据之间的关系

相关性分析点与无量纲化数据应兼顾数值大小及重合度,数值越大、数值重合度越好则说明填充料的综合性能越好。图1表明:木棉/羽绒/三维卷曲中空涤纶在配比为20/60/20、40/40/20、50/30/20(6#、8#、9#)时,两组数据的吻合度较好。由表1可见,3种配比下,填充料的压缩率在木棉/羽绒/三维卷曲中空涤纶配比为20/60/20时最大,为75.8%。50/30/20时最

小,为66.3%。由于压缩率在一定程度上反映了填充料的柔软度,因此初步设定木棉系列填充料的优化配比为木棉/羽绒/三维卷曲中空涤纶 20/60/20 和 40/40/20。

### 2.2.2 温标分析

将木棉、羽绒与三维卷曲中空涤纶按 20/60/20 和 40/40/20 的配比填充在睡袋中,睡袋规格为:宽 90 cm、长 180 cm、无头蓬、“L”型双头全开拉链、有魔术贴、320 T 涤纶塔夫防钻绒面料、有胸墙、无边墙和防夹衬条、隔间规格 30 cm×30 cm、隔间数量 36 个。

睡袋使用环境非常复杂,且目前国内关于睡袋保暖性测试并没有国家标准可供参考,因此国内行业多参照 EN13537 标准以“暖体假人法”进行测试。本文采用苏州大学服装生理与工效学实验室引进的美国西北公司生产的“NEWTON 暖体假人”,参照 EN13537 标准进行测试,睡袋的保温性在人工气候室内完成。人工气候室相对湿度为 80%±10%,空气流速为(0.4±0.1) m/s。测试时给假人穿上热阻为 0.040~0.060 m<sup>2</sup>·K/W 的长袖外套、裤子和及膝袜子,将假人放在热阻为 0.85 m<sup>2</sup>·K/W±7% 的垫子上,垫子放在厚度为 12~30 mm 的木板上,木板由四条腿支撑以保证木板下部空气流动。根据 ISO 7933—2004《热环境通过被要求的湿度的计算对热应力进行分析测定》要求,试验前先将睡袋在无任何负重情况下置于 30℃ 以下的环境中干燥 15 min,然后立刻测试至少 12 h。测试时,假人完全仰面平躺进睡袋,拉上睡袋拉链,胸墙拉紧,假人头部套上保暖面罩。

根据 ISO 11092—1993《纺织品 生理效应稳态条件下耐热和耐水蒸气性能的测量》,暖体假人总热阻  $I_t$  (m<sup>2</sup>·℃/W) 的计算公式(并联法)见式(3):

$$I_t = \frac{\left( \sum_i \frac{A_i}{A} \times T_{sk,i} - T_a \right) \times A}{\sum_i (H_{c,i} \times A)} \quad (3)$$

其中,睡袋局部热阻的  $I_{t,i}$  的计算公式<sup>[8]</sup> 见式(4):

$$I_{t,i} = \frac{T_{sk,i} - T_a}{H_{c,i}} \quad (4)$$

式中: $A_i$ ——暖体假人第  $i$  区段的表面积, m<sup>2</sup> ( $i=1, 2, 3, \dots, 34$ );

$A$ ——暖体假人的表面积, m<sup>2</sup>;

$T_{sk,i}$ ——暖体假人第  $i$  区段的表面温度, ℃ ( $i=$

$1, 2, 3, \dots, 34$ );

$T_a$ ——空气温度, ℃;

$H_{c,i}$ ——暖体假人第  $i$  区段的热流量, W/m<sup>2</sup> ( $i=1, 2, 3, \dots, 34$ )

对热阻与舒适温度 ( $T_{comf}$ )、限定温度 ( $T_{limt}$ ) 进行线性拟合可得到线性方程(5)、(6):

$$T_{comf} = -31.13R_c(1) + 32.49 \quad (5)$$

$$T_{limt} = -36.38R_c(1) + 32.09 \quad (6)$$

式中: $T_{comf}$ ——睡袋舒适温度, ℃;

$T_{limt}$ ——限定温度, ℃;

$R_c(1)$ ——热阻, m<sup>2</sup>·K/W

其中舒适温度 ( $T_{comf}$ ) 是指在标准的测试环境下对处于放松状态的标准健康女性进行测算,以其不会感到寒冷(全身发抖),而且整晚保持身体舒适感为标准<sup>[9]</sup>。限定温度 ( $T_{limt}$ ) 是指在标准的测试环境下对蜷缩在睡袋里的标准健康男性进行测算,以其身体没有发抖,而且整晚能保持身体舒适感为标准<sup>[10]</sup>。

将测得的睡袋热阻数据代入式(5)和(6),得出舒适温度和限定温度,见表3。

表3 睡袋保温测试相关指标

| 项目  | 木棉/羽绒/涤纶 |          |
|---|----------|----------|
|   | 20/60/20 | 40/40/20 |
| 平均热阻/(m <sup>2</sup> ·K·W <sup>-1</sup> ) | 0.885    | 0.801    |
| 矫正热阻/(m <sup>2</sup> ·K·W <sup>-1</sup> ) | 0.777    | 0.669    |
| 克罗值                                       | 5.015    | 4.316    |
| 舒适温度/℃                                    | 8.29     | 11.66    |
| 限定温度/℃                                    | 3.8      | 7.8      |

表3表明:木棉/羽绒/三维卷曲中空涤纶 20/60/20 睡袋的舒适温度和限定温度均小于配比为 40/40/20 的睡袋。舒适温度和限定温度越小,则睡袋的保暖性能越优良。因此,木棉/羽绒/三维卷曲中空涤纶 20/60/20 的保暖性较优。根据市场的睡袋温标示范围,两种配比的睡袋均属于 5℃~15℃ 春秋季节用睡袋<sup>[11]</sup>。

### 2.2.3 价格分析

以价格为导向确定最终的配比。制作上述两种睡袋的原料成本(购买时价格)见表4。可得:与同等质量的纯羽绒睡袋相比,木棉/羽绒/三维卷曲中空涤纶 20/60/20 睡袋可节约成本 61.524 元,木棉/羽绒/三维卷曲中空涤纶 40/40/20 睡袋可节约成本 88.884 元。根据前期的试验结果,木棉集合体睡袋填充料在保温、透湿及压缩性能上稍劣于羽绒,优于化纤,在保证睡袋



性能不变的基础上,木棉集合体睡袋可较大程度节约羽绒用量、节约成本,与市场同性能睡袋相比,具有较大的价格优势。结合睡袋的成本价格,木棉/羽绒/三维卷曲中空涤纶絮料的最佳配比为20/60/20。

表4 睡袋主要成本构成

| 原料         | 原料单价    | 质量/长度/数量 |         | 原料成本/元  |         |
|------------|---------|----------|---------|---------|---------|
|            |         | 6#       | 8#      | 6#      | 8#      |
| 羽绒(90%灰鸭绒) | 180元/kg | 0.648kg  | 0.432kg | 116.64  | 77.76   |
| 木棉         | 40元/kg  | 0.216kg  | 0.432kg | 8.64    | 17.28   |
| 三维卷曲涤纶     | 8.5元/kg | 0.216kg  | 0.216kg | 1.836   | 1.836   |
| 320T涤塔夫    | 3.5元/m  | 3.6m     | 3.6m    | 12.6    | 12.6    |
| 拉链         | 1.75元/条 | 2条       | 2条      | 3.5     | 3.5     |
| 松紧扣、松紧绳    | 0.3元/条  | 1条       | 1条      | 0.3     | 0.3     |
| 合计         |         |          |         | 143.516 | 113.276 |
| 节约同等质量羽绒成本 |         |          |         | 61.524  | 88.884  |

### 3 结语

本文以木棉/羽绒/三维卷曲中空涤纶系列填充料为试样,根据相关性分析法得到木棉系列填充料热阻与湿阻、稳定厚度及蓬松度之间的关系,结合填充料的压缩性能,初步得到木棉/羽绒/三维卷曲中空涤纶填充料的较佳配比为20/60/20和20/40/40。采用NEWTON暖体假人法对以上两种比例填充料的睡袋进行了测试,结果表明两种睡袋的舒适温度范围为5℃~15℃,为春秋用睡袋,且木棉/羽绒/三维卷曲中空涤纶填充料配比为20/60/20的睡袋保暖性能更好。

(上接第37页)

高。且油剂中白油与二甲基硅油配比为2:1时,机台效率最好。因此,白油:二甲基硅油为2:1是最佳配比方案。

### 4 结语

(1)在高速的涡流纺纱加工过程中,与不添加油剂相比,对纺锭表面喷涂油剂加工得到的纱线,其各项性能均有所增强和改善,成纱质量得到提升,同时机台效率高,产量高,生产效益好。

(2)当纺锭油剂中白油和二甲基硅油配比为2:1时,涡流纺纯涤纶短纤成纱的性能最好,质量最优异,稳定性好,且涡流纺设备效率最高。

#### 参考文献:

[1] 闫琳琳,邹专勇,方斌,等.喷气涡流纺设备研究进展[J].棉纺织

通过计算睡袋用料的成本发现,木棉/羽绒/三维卷曲中空涤纶填充料配比为20/60/20的睡袋更具价格优势。



#### 参考文献:

[1] 张振方,王梅珍,林玲,等.木棉纤维及其絮料性能研究进展[J].纺织科技进展,2015,174(2):7-10.  
 [2] 张振方,王梅珍,林玲,等.木棉纤维及其集合体研究进展[J].产业用纺织,2015,319(8):30-34.  
 [3] 楼利群.木棉纤维的结构、性能及其产品的保暖性测试[J].上海纺织科技,2011,39(5):15-18.  
 [4] 丁帅.天然纤维、木棉纤维的研究探讨[J].山东纺织科技,2012(5):34-37.  
 [5] 房超,严金江,王府梅.潮湿环境和外力作用后木棉纤维集合体的压缩性能测试[J].东华大学学报(自然科学版),2012,38(4):401-406.  
 [6] 谈丽平.木棉系列絮料的保暖性[J].纺织学报,2007,28(4):38-44.  
 [7] 韦安军,王府梅.木棉/羽绒/飞丝的混纺絮料的服用性能测试分析[J].东华大学学报(自然科学版),2008,34(4):405-409.  
 [8] YAN J, WANG F, XU B. Viscoelastoplastic modeling of compressional behaviors of kapok fibrous assembly[J]. Textile Research, 2014, 86(16):1761-1775.  
 [9] 刘颖,戴晓群.服装热阻和湿阻的测量与计算[J].中国个体防护装备,2014,1(14):32-36.  
 [10] 张超,秦挺鑫,王金玉,等.基于暖体假人的热环境下人体安全评价[J].清华大学学报(自然科学版),2014,54(2):264-269.  
 [11] 苏婧婧,崔鹏,王府梅,等.不同气温下防寒服保暖材料的规格确定[J].东华大学学报(自然科学版),2012,38(4):175-180.

技术,2017,45(6):76-80.

[2] 章友鹤,赵连英,姜华飞,等.喷气涡流纺的品种开发及其关键技术[J].棉纺织技术,2016,44(10):29-33.  
 [3] 梅涛.SF涤纶短纤维纺纱油剂的试验研究[J].印染助剂,1988(4):17-19.  
 [4] 邵乐平.高速涡流纺专用涤纶短纤的开发与应用[J].合成纤维,2014,43(1):12-14.  
 [5] 竺韵德,邹专勇,邬建明,等.Characterizing and analyzing the airflow field inside the nozzle block of murata vortex spinning[J].Journal of Donghua University(English Edition),2008,25(6):670-675.  
 [6] 刘艳斌.纯涤纶在喷气涡流纺的生产实践:山东纺织工程学会十二届第二次优秀论文评选获奖论文集[C].2011.  
 [7] 李立权.白油及白油生产技术[J].润滑油,2003(4):1-6.  
 [8] 张超,陆志强,陈万里.二甲基硅油生产状况及研究进展[J].科技信息,2010(11):463.

