

# 木棉纤维及其絮料性能研究进展

张振方<sup>1</sup>, 王梅珍<sup>2</sup>, 林玲<sup>2</sup>, 万明<sup>1</sup>

(1. 西安工程大学 纺织与材料学院, 陕西 西安 710048;

2. 浙江纺织服装职业技术学院, 浙江 宁波 315211)

**摘要:**介绍了木棉纤维结构、基本性能及木棉絮料的研究现状和发展动态, 展望了木棉纤维的应用前景。

**关键词:**木棉纤维; 性能; 絮料

**中图分类号:**TS176

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-0356(2015)02-0007-04

木棉纤维是目前天然纤维中最细、最轻、中空度最高、最保暖的纤维, 具有类似羊绒、羊毛柔软、滑糯的手感, 被誉为“植物软黄金”<sup>[1]</sup>, 但目前尚未被充分开发利用。木棉除了具有纺织方面的独特优势外, 还具有抗炎保肝作用<sup>[2]</sup>。因此, 随着石油资源日益紧缺和生态环保日益重要, 研究木棉纤维的应用显得很有意义。

## 1 木棉纤维简介

木棉纤维是锦葵目木棉科内几种植物的果实纤维, 由木棉茄果的内壁细胞发育、生长而成, 纤维一般由一个细胞发育而成, 有时也可以发现两个细胞。常见有白、黄及黄棕 3 种颜色<sup>[1]</sup>。在我国, 木棉又被称为攀枝花, 产于云南、广东、广西和海南等亚热带地区<sup>[2]</sup>。

木棉纤维具有薄壁大中空结构, 利用纤维中形成的大量静止空气, 可获得良好的保暖效果, 这使其在被褥、枕头、棉衣被等絮料填充物方面应用较多。但是由于木棉纤维压缩弹性较差, 填充料容易被压扁毡化, 尤其在湿、热环境和反复持久压缩下, 产品的柔软舒适性和保暖性衰减较快, 蓬松性能会明显降低, 且絮片强度低, 局部会出现破洞。利用木棉纤维防虫防蛀的功能, 可以使用木棉为主要填充材料制作保健枕。木棉纤维是天然纤维中最轻、最好的天然浮力材料, 并且不易老化和破损, 其纺织品能够承载自身重量 20 倍的重物漂浮在水面<sup>[3]</sup>。木棉纤维具有疏水亲油性, 加上独有的薄壁大中空结构, 它对油不仅有着优秀的吸附能力, 而且可以反复使用<sup>[4]</sup>。但是, 木棉纤维长度较短, 强度较低, 表面较光滑, 相对扭转刚度大, 抱合力差, 因此纺纱难度大, 成纱质量较低。采用棉型或毛型纺纱方法难

以单独纺纱, 这也是过去木棉纤维一直没有被很好利用的最主要原因<sup>[5]</sup>。

## 2 木棉纤维结构与基本性能研究现状

### 2.1 木棉纤维微观结构

近年来, 木棉纤维以其优越的性能吸引了国内外许多学者的研究, Khalili, Daniel 和 Nilsson<sup>[6-9]</sup>采用软腐菌对木棉纤维细胞壁的微观结构进行了研究。肖红<sup>[10]</sup>通过压汞法得出, 同等条件下木棉纤维胞壁孔隙尺寸较棉纤维大, 孔隙率较棉纤维高, 表明木棉纤维结构较为疏松, 并测得结晶度为 35.90%。唐爱民等<sup>[11]</sup>用 X-射线衍射测定木棉纤维的结晶度为 31.29%, 并对木棉纤维的打浆性能进行了初步研究, 拓宽了研究领域。肖红, 于伟东等<sup>[12]</sup>通过对木棉纤维横截面超薄切片的透射电镜观察, 获得了木棉纤维的胞壁层次结构、原纤尺度及排列。唐为萍<sup>[13]</sup>对木棉次生木质部导管分子进行了观察研究。李明等<sup>[14]</sup>首次从木棉叶中分离木棉素, 并研究了木棉素的晶体结构。

### 2.2 木棉纤维长度分布

安向英等<sup>[15]</sup>以印尼爪哇木棉果实为研究对象, 用单根纤维测量法测试了果实内不同部位的纤维长度, 表明木棉果实内纤维的长度排列分布是连续的, 根数与长度呈偏态分布, 有天然纤维长度分布的特征。吴红艳等<sup>[16]</sup>和刘杰等<sup>[17]</sup>通过研究发现木棉纤维长度与果实长度有一定相关性。研究结果为今后合理利用木棉纤维提供了参考。

### 2.3 木棉纤维结构及其吸湿导湿性

刘维<sup>[20]</sup>研究了木棉纤维结构, 发现其胞壁厚度仅仅约为 1  $\mu\text{m}$ , 纤维直径约为 20  $\mu\text{m}$ , 以此计算出了木棉纤维的中空度高达 90.3%, 是目前中空度最高的纤维<sup>[19]</sup>。其横向为薄壁大中空结构, 胞壁接近透明, 断面有微孔呈现; 纤维纵向表面光滑无转曲, 纤维根端封

收稿日期: 2014-11-03

作者简介: 张振方(1990-), 男, 在读硕士研究生, 主要研究方向为纺织工程, E-mail: 499670738@qq.com.

闭<sup>[21]</sup>。张艳华等<sup>[22]</sup>对木棉纤维的结构与热性能研究发现,木棉纤维的热分解温度明显低于棉纤维,但其热分解的温度区间较宽。孙向玲等<sup>[18]</sup>利用OCA15EC光学接触角测量仪测试了不同特性液体在木棉纤维上的静态接触角,得出木棉纤维是一种优良的疏水亲油性纤维,并认为该吸附特性主要取决于纤维表面蜡质和木棉纤维的大中腔结构,同时也与测试液体特性密切相关。曹红梅<sup>[19]</sup>分别测试和分析了木棉纤维、棉纤维、coolplus纤维对水和汗液的吸湿导湿性能,发现木棉纤维吸湿性良好,导湿性最好。

#### 2.4 木棉纤维强力及纺纱性能

徐广标等<sup>[23]</sup>采用单纤维强伸性能的新测试方法,发现木棉纤维拉伸曲线没有明显的屈服点。常桑等<sup>[24]</sup>利用单纤维强力测试仪对木棉的拉伸性能进行了测试,测得木棉断裂强力为0.3~0.7 cN,断裂伸长率为4%~8%。刘维<sup>[20]</sup>测试的木棉强力均值在1.44~1.71 cN之间,强力大于现在梳棉机对纤维的最低强力1.2 cN的要求,对木棉纺纱有一定意义;其采用弯曲测试仪测定纤维片的弯曲刚度,再转换成单纤维弯曲刚度测得木棉弯曲刚度为 $0.823 \times 10^{-5}$  cN·cm<sup>2</sup>,认为木棉纤维相对弯曲刚度大的主要影响因素是其极低的线密度。杨莉等<sup>[25]</sup>对比同样27.8 tex的纯木棉纱、棉/木棉混纺纱与纯棉精梳纱的强伸性能、毛羽及耐磨性,发现木棉纱强力比纯棉纱低,断裂伸长率比纯棉纱大,毛羽较多,耐磨性较差,并认为可通过浆纱或混纺的方法来改善木棉纱性能,提高可织性,且木棉纱适合生产起绒织物或手感蓬松柔软的织物。王琳等<sup>[26]</sup>对比了木棉混纺纱棉/木棉/粘胶(61/24/15)、棉/莫代尔/木棉(45/30/25)与纯棉纱、纯莫代尔纱,得出木棉混纺纱条干均匀度较差、千米棉结数较多、断裂强力较低、毛羽较多的结论。因此,木棉纺纱用传统的环锭纺纱工艺难以单独加工,目前开发的产品主要是木棉与其他纤维的混纺产品。严金江等<sup>[27]</sup>发现紧密纺和技术Ⅳ生产的木棉混纺纱质量接近优质棉纱水平,表明随着木棉纺纱工艺技术的进一步完备,木棉混纺纱的品质有明显的提升。

### 3 木棉絮料的研究现状及发展动态

#### 3.1 木棉絮料保暖性

木棉虽然细而柔软、表面光滑、长度短、抱合力差,其絮制品的强度低、持久回弹性差,填充料容易压扁毡化,出现局部破洞和迅速被压瘪的情况,保暖和舒适功能衰减较快,但由于其高中空率、保暖性好、质地轻,在

保暖性能方面展现了巨大的潜力。1998年,德国Dresden技术大学开发了木棉/毛复合隔热保暖建筑用材料,试验证明它比单独毛纤维隔热材料有更好的吸热性和热滞留性。曹继刚<sup>[28]</sup>研究了蓬松絮料的传热机理,并据此提出了提高絮片保暖性的途径。房超等<sup>[29]</sup>比较研究了木棉絮料和其他现有絮料的静态热阻和对流散热量,发现木棉絮料的保暖性仅次于羽绒,明显优于四孔、七孔涤纶棉絮料和喷胶棉。

2004年,东华大学木棉研究课题组<sup>[30]</sup>与浙江三弘集团联合开发出“持久柔软保暖的木棉絮片的制造技术”,该专利技术制造的木棉絮片对其压缩性能和保暖性能进行了测试分析。羽绒的使用可以提高絮料的保暖性,木棉纤维对絮料保暖性的贡献低于羽绒,但高于其他合纤(丙纶和细旦涤纶等)。羽绒飞丝的使用会导致絮料的保暖性有所下降,但是下降程度不明显。苏婧劼等<sup>[31]</sup>采用自主研发的导热系数测试装置及方法,根据人体的代谢产热率及国标中有关保持人体热舒适的标准,提出了一种快速简易获得不同温度下保持人体热舒适所需防寒服内胆材料最佳面密度的方法。该方法可测出木棉/羽绒混纤絮料保持人体热舒适所需的最佳面密度。冯洁<sup>[32]</sup>研究了木棉相变储能材料的制造工艺与性能,探索了木棉成为相变材料载体的优势,为木棉纤维相变材料作为保暖絮料的应用提供了研究基础。

#### 3.2 木棉絮料的压缩性

在日常使用中,对木棉絮料的压缩性要求较高,即要求产品具有较好回复能力,否则会影响保暖性、舒适性以及外观,因此,对木棉絮料的压缩性研究也取得了一系列进展<sup>[33]</sup>。结果表明:絮料中混入细旦涤纶等合纤可以有效提高絮料的压缩功弹性回复率,而以木棉纤维取代羽绒或者飞丝会导致压缩功弹性回复率略微下降,但当其含量变化较小时差异不明显。韦安军等<sup>[34]</sup>研究了木棉絮片的压缩性能,表明随着木棉含量的增加絮片的线性度有减小趋势,但多次压缩之后,木棉纤维的影响程度有增大趋势;随着木棉含量的增加絮片的压缩功回复率有减小趋势,但是经过多次压缩之后木棉纤维的影响程度有增大趋势,并得出3种纤维的压缩弹性优劣排序为:羽绒>羽绒飞丝>木棉的结论。楼英,王府梅等<sup>[35]</sup>对木棉絮料的压缩性进行了研究,并自主研发了一项专利技术,利用纤维堆砌结构提高了絮料强力和回弹性。房超<sup>[36]</sup>研究了潮湿和干燥状态下木棉束压缩性的差异,前者压缩功回复率低,并得出保持纤维中空的方法是应尽量降低环境湿度或

纤维回潮率。

### 3.3 木棉絮料的抗菌防螨性

木棉絮料其保暖性可用在家纺领域,而家庭使用中,规避细菌螨虫又是一个重要方面,木棉纤维具有的防螨抗菌性,是家庭使用中的完美产品。刘维<sup>[20]</sup>对木棉絮料的防螨抗菌性进行了测试,表明木棉絮料具有一定的防蛀性能,驱螨率达到87.54%,驱螨效果明显。对于大肠杆菌具有明显的杀菌和抑菌效果,对于金黄色葡萄球菌无明显的杀菌和抑菌效果,并认为以上特性源于木棉纤维的特性,与纤维外壁的蜡质有一定关系。

### 3.4 木棉絮料的浮体性

崔鹏<sup>[37]</sup>,王府梅等对木棉浮体性进行了研究,并用气流成网的工艺制作了浮体材料。2008年,东华大学纺织学院王府梅教授课题组经过近5年的持续攻关,推出了一款用木棉纤维制成的“救生衣”,这套衣服能漂浮在水面,对于不会游泳的人来说,穿上它相当于穿上救生衣。衣卫京等<sup>[38]</sup>对木棉/三维卷曲中空涤纶复合浮力材料进行了探讨,得到纤维细度是影响浮力材料性能的重要因素。肖红<sup>[37]</sup>等采用直挂式和滑轮式两种检测原理,研制了浮力检测仪器,该项研究不仅有利于木棉纤维在浮力材料方面的应用,而且利于我国军用和民用救生设备浮力测试方法和条件的规范化。不同木棉品种的浮力性能差异很大,而且仅从长度、直径、线密度很难判别其浮力。

此外,木棉纤维在染色、复合材料、服用及设备等方面的研究取得了一系列成绩。目前而言,木棉纤维的研究仍然有一定的局限,木棉的社会认知度还不够,消费者不够了解;木棉产品开发尚处于初始阶段,产品不能满足市场要求;生产技术还不够成熟,产品开发存在许多技术问题,填充料的研究,需要改造特殊的开松混合粘合设备与工艺;木棉可纺性差,需要研究改进纺纱设备和纺纱新工艺;木棉纤维染深色困难。

## 4 木棉纤维应用展望

木棉纤维作为中空度最高的天然纤维,保暖性好、浮力好是其最大的可利用点,其纤维长度较短,表面光滑,较难单独纺纱,目前有团队正研究攻克其纺纱难点。木棉絮料的应用一般会与羽绒和化纤混合成网,目前浙江三泓集团拥有国内唯一检测木棉羽绒混纤絮料保暖值的设备。木棉的使用可在保证其他性能不变的基础上,减少羽绒的使用,降低成本。此外,木棉可用在户外装备(睡袋,防潮垫)上,更多地拓宽木棉纤维

的应用领域。

### 参考文献:

- [1] 稚源. “植物软黄金”木棉纤维在纺织品中的应用[J]. 纺织装饰科技, 2011, 98(3): 10-11.
- [2] 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.
- [3] 杜群. 新一代绿色生态木棉纤维研究应用现状与展望[J]. 浙江纺织职业技术学院报, 2013, (1): 18-21.
- [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] 王茜, 胡丽霞, 王府梅. 木棉纺织品的前处理条件探索[J]. 染整技术, 2014, 36(7): 19-20.
- [6] Zheng Yian, Zhu Yongfeng, Wang Aiqin. Kapok fiber structure-oriented polyallylthiourea: efficient adsorptive reduction for Au(III) for catalytic application[J]. Polymer (United Kingdom), 2014, (9): 5 211-5 217.
- [7] Mwaikambo L Y, Ansell M P. Chemical modification of hemp, sisal, jute, and kapok fibers by alkalization[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2002, 84(12): 2 222-2 234.
- [8] Whitford A C. Miscellaneous vegetable fibers[M]. Matthew's York; John Wiley and Sons, 1947. 398-405.
- [9] Khalili S, Daniel q Nilsson T. Use of soft rot fungi for studies on the microstructure of kapok fiber cell walls[J]. Holzforschung, 2000, 54(3): 229-233.
- [10] 肖红. 木棉纤维结构和性能及其集合体的浸润与浮力特征研究[D]. 上海: 东华大学, 2005.
- [11] 唐爱民, 孙智华, 付欣, 等. 木棉纤维的基本性质与结构研究[J]. 中国造纸学报, 2008, (3): 1-5.
- [12] 肖红, 于伟东, 施楣梧. 木棉纤维的微细结构研究[J]. 东华大学学报, 2006, (3): 85-90.
- [13] 唐为萍. 木棉 *Bombax malabaricum* 次生木质部导管分子观察研究[J]. 韩山师范学院报, 2005, 6(3): 80-82.
- [14] 李明, 王宏钧, 吴鼎铭. 木棉素的分离与晶体结构[J]. 天然产物研究与开发, 2007, (3): 374-378.
- [15] 安向英, 吴红艳, 周金凤, 等. 海南岛木棉与印尼木棉纤维的长度比较[J]. 上海纺织科技, 2013, 41(3): 8-11.
- [16] 吴红艳, 王府梅. 爪哇木棉果实与纤维长度测量分析[J]. 东华大学学报, 2012, (2): 156-159.
- [17] 刘杰, 王府梅. 木棉纤维及其应用[J]. 现代纺织技术, 2009, (3): 55-57.
- [18] 孙向玲, 徐广标, 王府梅. 木棉纤维表面吸附特性[J]. 东华大学学报, 2011, (10): 585-589.
- [19] 曹红梅. 木棉纤维的吸湿排汗性能研究[J]. 现代纺织技术, 2012, (5): 41-42.
- [20] 刘维. 木棉保暖材料及其保暖机理的研究[D]. 上海: 东

- 华大学,2011.
- [21] 田慧敏. 彩棉与木棉的结构及热性能研究[J]. 棉纺织技术,2010,1(1):30-33.
- [22] 张艳华. 木棉纤维的结构与热性能[J]. 山东纺织科技,2009,(1):48-52.
- [23] 徐广标,刘维,楼英,等. 木棉纤维拉伸性能的测试与评价[J]. 东华大学学报,2009,(5):525-528.
- [24] 常桑. 木棉纤维结构与性能研究[J]. 河南工程学院学报,2013,(4):7-10.
- [25] 杨莉,毕松梅,洪钧,等. 混纺比对木棉混纺纱性能的影响[J]. 棉纺织技术,2013,(1):30-32.
- [26] 王琳,曹毅. 木棉纤维与纱线的性能测试分析[J]. 染整技术,2013,(12):44-46.
- [27] 严金江,徐广标,王府梅. 从纱线质量看木棉纺纱技术进步[J]. 纺织科技进展,2012,(1):9-13.
- [28] 曹继刚. 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.
- [29] 房超. 木棉纤维集合体的压缩性能研究[D]. 上海:东华大学,2011.
- [30] 谈丽平. 木棉系列絮料的保暖性[J]. 纺织学报,2007,(4):38-44.
- [31] 苏婧劼,崔鹏,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,2012,(4):175-180.
- [32] 冯洁. 木棉相变储能材料的制造工艺与性能研究[D]. 上海:东华大学,2006.
- [33] 房超,严金江,王府梅,等. 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,2012,(8):401-406.
- [34] 韦安军,王府梅. 木棉/羽绒/飞丝的混纤絮料的服用性能测试分析[J]. 东华大学学报,2008,(4):405-409.
- [35] 楼英,王府梅,刘维. 木棉絮料的压缩性能测试分析[J]. 纺织学报,2007,28(1):10-13.
- [36] 房超. 木棉纤维集合体的压缩性能研究[D]. 上海:东华大学,2011.
- [37] 崔鹏. 木棉浮体材料的性能测试与分析[J]. 上海纺织科技,2009,2(2):8-10.
- [38] 衣卫京,肖红,施楣梧. 木棉/三维卷曲中空涤纶复合浮力材料的探讨[J]. 西安工程科技学院报,2005,(6):236-239.
- [39] 肖红,田风,施楣梧,等. 救生衣及浮体材料的浮力测试方法和专用检测仪器[J]. 检测设施与技术,2003,(3):24-27.

## Research Progress on the Performance of Kapok Fiber and Its Wadding

ZHANG Zhen-fang<sup>1</sup>, WANG Mei-zhen<sup>2</sup>, LIN Ling<sup>2</sup>, WAN Ming<sup>1</sup>

(1. College of Textiles and Materials, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China;

2. Zhejiang Fashion Institute of Technology, Ningbo 315211, China)

**Abstract:** The structure and basic properties of kapok fiber and the research status and development progress of its wadding were introduced. The application of kapok fiber was prospected.

**Key words:** kapok fibers; performance; wadding

(上接第6页)

功能性为一体的吸湿排汗工程类系列职业装。用TOPCOOL纤维生产的各种新产品,因色彩清雅,吸湿排汗舒适凉爽,又顺应现代对产品绿色环保、健康的要求,满足了现代社会人们追求舒适的潮流,具有很大的生命力。相信该产品会很快引领人们步入纺织新天地。

### 参考文献:

- [1] 福特 L,霍金斯 NRS. 服装的舒适性与功能[M]. 北京:纺织工业出版社,2004.
- [2] 赵书经. 纺织材料实验教程[M]. 北京:中国纺织出版社,2008.
- [3] 姚穆. 纺织材料学[M]. 北京:中国纺织出版社,2006.
- [4] 姚穆,施楣梧,蒋素婵. 织物湿传导过程与结构的研究[J]. 西北纺织工学院学报,2001,15(2):1-8.

## Performance and Application of Moisture Absorbable and Breathable Fiber TOPCOOL

WEI Run-hu

(Shaanxi Industrial Vocational College, Xianyang 712000, China)

**Abstract:** The performance and application of moisture absorbable and breathable fiber TOPCOOL were reviewed based on the mechanism of moisture absorption and perspiration of TOPCOOL fiber from the perspective of clothing comfort.

**Key words:** moisture absorption and perspiration; cold wet feeling; comfort; mechanism; property; application