

# 纺织用竹纤维性能的研究与评价

胡小霞<sup>1</sup>, 王戈<sup>2</sup>, 陈鹏<sup>1</sup>, 张双保<sup>1</sup>

(1.北京林业大学, 北京, 100083; 2.国际竹藤网络中心, 北京, 100102)

**摘要:** 通过竹纤维与同类植物纤维结构和物理力学等特性的对比, 阐述了竹纤维在纺织领域的应用性能, 同时综述了竹纤维的生产工艺和产品开发现状, 展望了竹纤维在纺织应用上的发展前景。

**关键词:** 纺织, 竹纤维, 特性, 评价, 发展前景

中图分类号: S781.9

文献标识码: A

文章编号: 1001-036X(2006)04-0039-05

## The research and appraisal on properties of bamboo fibres used in textile

HU Xiao-xia<sup>1</sup>, WANG Ge<sup>2</sup>, CHEN Peng<sup>1</sup>, ZHANG Shuang-bao<sup>1</sup>

(1.Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2.International Centre for Bamboo and Rattan, Beijing 100102, China)

**Abstract:** In this paper the basic characteristics and performances of bamboo fibers are introduced. By contrast to the same species plant fibers, the particular properties of bamboo fibers used in textile are illustrated. And the industry technology of bamboo fibers as well as the current exploitation of bamboo fiber products are summarized. At last, the development prospects of bamboo fiber in textile are expected.

**Keywords:** textile; bamboo fiber; property; appraisal; development respect

竹材生长周期短, 成材早, 产量高。我国竹材资源丰富, 竹材利用历史悠久。资料表明<sup>[1]</sup>, 目前我国主要竹种有40余属, 500余种, 竹林面积约为720万公顷, 其中人工林经营已达500万公顷, 竹林面积约占世界竹林总面积的40%, 竹子年采伐量1200万吨, 位居世界第一。竹纤维是由竹材经过特殊工艺处理而成, 不仅具有天然纤维素纤维的柔软光泽, 吸湿透气等优良性能<sup>[2]</sup>, 而且, 由于竹纤维特有的高度中空的物理结构以及大分子中含有羟基很易与水结合形成氢键, 使得它吸湿透气性能更佳<sup>[3]</sup>。此外, 竹纤维具有优良的着色性, 回弹性和耐磨性, 天然的抗菌, 抑菌、防螨、防臭

和抗紫外线等特性, 是一种优良的保健型纺织纤维原料<sup>[4]</sup>。为了提高竹材产品的附加值, 更有效的利用竹资源, 尤其结合其特有的纺织用优势, 需要深入地研究竹纤维的特性, 探索纺织用竹纤维制取工艺, 大力推广竹纤维在纺织上的应用。

### 1 竹纤维的基本特性

#### 1.1 纤维结构

##### 1.1.1 竹子茎杆的基本组织构成

竹材的茎杆是其利用部分<sup>[5]</sup>, 由表皮系统、基本组织(薄壁细胞)和维管束组成。维管束由外围的纤维及位于中央的导管、筛管和伴管组成。维管束外围的纤维层成为维管束鞘, 是纤维的主要来源。以毛竹

收稿日期: 2006-04-30

作者简介: 胡小霞, 女, 北京林业大学材料学院在读研究生。

为例,维管束构造如图1,横切面上大致呈“梅花”形,散布于基本组织中。不同品种的竹材,基本解剖结构大体相同<sup>[6]</sup>。

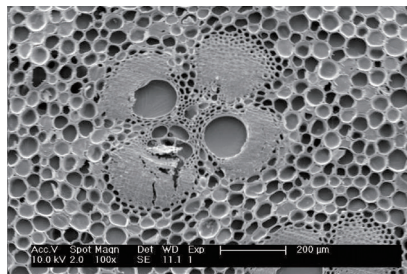


图1 毛竹 维管束和薄壁细胞横切面

### 1.1.2 单根竹纤维的显微构造

单根竹纤维细长,纤维内壁较光滑,细胞壁厚,腔小;纤维纵向表面光滑,均一,有多条较浅的沟槽。在近似圆形的横断面上布满了大大小小的空隙,毛细管效应极其发达,边缘是不规则的锯齿形。图2表示竹纤维的横截面和纵向侧面图。竹纤维特殊的表面构造使得纤维表面具有一定的摩擦系数<sup>[7]</sup>,纤维具有较好的抱合力,有利于纤维成纱;由于纤维横断面大大小小的空隙,使得竹纤维具有良好的吸湿性,透气性,易染性和生物降解性。

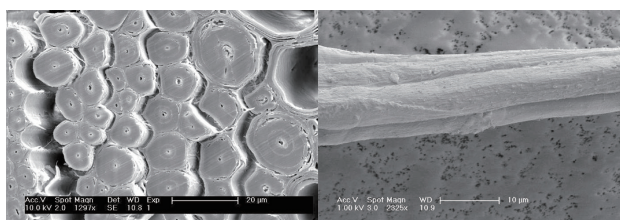


图2 竹纤维的横截面和纵向侧面

### 1.1.3 竹纤维的超微构造

竹纤维与其它非木质植物纤维的细胞壁结构和木纤维细胞壁的主要区别是S<sub>1</sub>层较厚。竹纤维细胞壁还有一个特点既不同于木纤维,也不同于其它非木质植物纤维:其次生壁是多层结构(多达8-9层),绕细胞腔形成若干同心圆结构。经SEM影像,竹纤维主要有两种细胞形态:(1) Parameswaran 和 Liese 等研究结果表明<sup>[8]</sup>,竹材后壁纤维的次生壁自外向里依次由宽层,窄层交替排列而成。最厚的纤维由18层构成,宽层色

浅,木质素密度较低,窄层色深木质素密度较高。这种纤维主要位于维管束的周边部位,约占纤维总数的50%左右;(2)另一种纤维,其细胞壁很厚,胞腔狭小,纤维次生壁由两个宽层组成,且中部宽层较内层宽的多。细胞壁的超微构造对竹纤维的性能也有一定的影响<sup>[9]</sup>:胞壁厚,纤维的抗张强度高,次生壁分层多,使得纤维性能差异大,加工较困难。

## 1.2 物理力学性质

对于纺织用竹纤维的物理力学性能的研究与评价,国内一些企业和研究部门已经做了相关工作,包括对竹纤维的回潮率,干湿状态下的断裂强度,伸长率以及纤维的尺寸等性能的测试。

表1为竹纤维与其它植物纤维的尺寸对比<sup>[11]</sup>。从表上可以看出,竹纤维的长度介于针叶材和阔叶材之间,

表1 各种植物纤维平均尺度

| 植物原料 | 长度 (mm) | 直径 (μ m) |
|------|---------|----------|
| 竹    | 2.7     | 15.0     |
| 棉    | 18.0    | 20.0     |
| 甘蔗渣  | 1.7     | 18.0     |
| 针草   | 1.1     | 9.0      |
| 洋麻   | 5.5     | 20.0     |
| 黄麻   | 2.0     | 20.0     |
| 大麻   | 5.9     | 22.0     |
| 剑麻   | 3.2     | 20.0     |
| 稻子   | 1.5     | 11.0     |
| 小麦   | 1.6     | 13.0     |
| 针叶材  | 3.6     | 35.0     |
| 阔叶材  | 1.2     | 25.0     |

属于长纤维。由于纤维细长,具有很强的交织能力。

纤维的吸湿性是比较复杂的物理化学现象<sup>[12]</sup>,可以用回潮率或含水率表示。对于纤维的吸湿性能,青岛大学和东华大学通过对比温度为20℃相对湿度为65%和95%的不同条件下回潮率的变化发现<sup>[13]</sup>,相对湿度的改变使得回潮率从12%升至45%,远远高于同类纤维吸湿水平。如普通粘胶纤维,100%的相对湿度下,回潮率只有为30%。这说明竹纤维比其它许多纺织纤维更适合做夏季服装以及贴身衣物。

与其它非木质纤维相比：在实验温度为20℃，相对湿度为65%的状态下，竹纤维的断裂强度与普通粘胶短纤维相近，但它的断裂伸长率比后者高，属于强高伸型，悬垂性佳。湿润状态下竹纤维的断裂强度损失较小，但断裂伸长率较常态时增加比较大<sup>[14]</sup>，这是因为纤维吸湿快，水分子进入纤维无定形区后，削弱了大分子之间的键合力，在外力作用下纤维产生相对滑移，因此吸湿后强力下降，伸长显著增加。这一现象同时反映竹纤维存在着不耐水洗、尺寸稳定性较差等缺点<sup>[15]</sup>。表2<sup>[16]</sup>是在一定条件下，竹纤维与其它纤维物理机械性能对照表。由表2可知，竹纤维的主要技术指标与普通粘胶纤维相近，比棉纤维的略高。可见竹纤维织物除具有棉浆纤维的优良特性外，还具有更好的吸湿性和透气性。

竹原纤维、亚麻纤维、苕麻纤维与棉纤维的抗菌指标，见表1-3<sup>[17]</sup>，结果显示，竹原纤维与苕麻均具有较强的抗菌作用，而且抗菌作用天然、持久、卫生、保健，是人工纤维无法比拟的。此外，竹原纤维中含有叶

表3 几种纤维的杀菌测试结果 (%)

|         | 竹原纤维 | 亚麻纤维 | 苕麻纤维 | 棉纤维  |
|---------|------|------|------|------|
| 金黄色葡萄球菌 | 99.0 | 93.9 | 98.7 |      |
| 芽孢菌     | 99.7 | 99.8 | 98.3 |      |
| 白色念珠菌   | 94.1 | 99.6 | 99.8 | 40.1 |

注：%表示抗菌率，即一定范围内杀死细菌的能力。

绿素铜钠，具有良好的除臭作用。

## 2 竹纤维的制取工艺

纤维制备是研究加工的前提。东华大学的万玉芹

等人<sup>[18]</sup>在论证竹纤维开发的可行性时，就现有的纤维制取方法进行了罗列和对比<sup>[19-21]</sup>，发现竹纤维可以通过多种方法制备，如机械加工，机械化学联合加工，化学加工等。对于制取工艺的选择根据具体要求而定。下面是两种常用的制取工艺：

### 2.1 竹原纤维的生产工艺

竹原纤维是指采用独特的物理、机械的方法去除竹子中的木质素、多糖、竹粉、果胶等杂质，从竹子中直接分离出来的纤维。它在生产过程中不添加任何化学试剂，属于100%的天然纤维<sup>[22]</sup>，环保效应和保健功能优异，风格独特，服用性能极佳。

竹原纤维的生产工艺分前期处理工序，分解工序，成型工序和后处理工序四部分组成。具体步骤为：选料→截断→制竹片→浸泡→蒸煮软化→水洗→分丝→再蒸煮→分丝→还原→脱水→软化→干燥→梳纤→筛选→检验→打包。

### 2.2 粘胶竹纤维的制取工艺

粘胶竹纤维又称再生竹纤维素，是以竹子为原料，采用化学加工方法，先将纤维素打浆，再用人工催化的方法将甲种纤维素含量在35%左右的竹纤维提纯到93%以上<sup>[23-24]</sup>，采用水解-碱法及多段漂白精制而成能满足纤维生产需求的竹浆粕，再由化纤厂加工制成纤维。这种纤维强力较好，染色效果佳，韧性，耐磨性高，可纺性能提高，是一种优异的纺织原料。但竹纤维中的某些优良特性和含有保健的成分在化学加工中受到一定程度的损失，而且在化学加工过程中造成环境污染，所以不是真正意义上的环保纤维。其生产流程

表2 竹纤维与其它纤维的性能对比

| 纤维   | 干强<br>(cN/dtex) | 湿强<br>(cN/dtex) | 伸长率<br>(%) | 湿伸长率<br>(%) | 初始模量<br>(cN/dtex) | 吸水率<br>(%) |
|------|-----------------|-----------------|------------|-------------|-------------------|------------|
| 竹    | 2.1             | 1.2             | 24         | 29          |                   | 75         |
| 棉    | 1.9-3.1         | 2.2-3.1         | 7-10       | 8-13        | 4.4               | 45-55      |
| 粘胶   | 1.5-2.0         | 0.7-1.1         | 18-24      | 21-29       | 6-8.2             | 55-90      |
| 天丝   | 4.2-4.4         | 3.7-4.1         | 14-16      | 16-18       | 7.06-7.94         | 65-70      |
| 大豆蛋白 | 3.8-4.0         | 2.5-3.0         | 18-21      |             | 11                |            |
| 甲壳素  | 0.97-2.73       | 0.35-1.23       | 8-14       | 6-12        | 7-13              |            |

注：cN/dtex为相对强度，表示每分特(dtex)纤维被拉断时所能承受的最大的力(mN)。

为：竹浆粕→粉碎→浸渍→碱化→磺化→初步溶解→溶解→头道过滤→二到过滤→熟成→纺前过滤→纺丝→塑化→水洗→切断→精练→烘干→打包。

### 3 竹纤维产品开发现状与发展前景

#### 3.1 竹纤维的产品开发现状

目前，竹纤维制品的开发主要集中在各种纯纺或混纺的纱线类及各种梭织或针织的面料类以及洗浴用品(毛巾\浴巾)和床上用品(竹席等)。为了充分发挥竹纤维的优异特性，同时弥补其它纺织纤维原料的一些不足，通常采用混纺加工。

自竹纤维这一新型纺织纤维问世以来，很快得到了国内纺织企业的热衷<sup>[25]</sup>。河北省保定依棉公司，苏州利飞纺织品有限公司，广东省艾佳谊纺织有限公司等都领先一步，先后开发了竹纤维与棉纤维合纺，竹纤维与涤纶合纺，以及用竹纤维与海岛纤维合纺的面料。浙江省的柯桥轻纺科技中心和广东省西樵湘隆公司开发了多种竹纤维面料，北京的梦狐服饰有限公司最先进入竹纤维服装领域，潇莱巾饰制品厂率先用100%的竹纤维织造成手感滑腻的竹纤维床单和一系列竹纤维产品；浙江南方竹木制品有限公司与湖南株洲麻纺厂联合制作了纯竹纱，竹与棉、麻、天丝、涤纶、晴纶、毛、粘胶等各种纤维的混纺纱，织出了各种组织规格的纯竹布、混纺布、交织布、提花布、漂白染色印花布等。

竹纤维混纺产品，质量优良，可作高档面料。山东德州学院和山东德棉股份有限公司联合研制成一种新型的棉竹交织的双层面料<sup>[26]</sup>。该面料是利用了精梳长绒棉与新型环保原料竹纤维，成品表层仿毛感强，里层细腻，穿着舒服。这种开发既突出了竹纤维的弹性好，吸湿放湿性好，透气性好的优点，又不失棉纤维的舒适性，是一种高档面料。竹纤维与苎麻亦能混纺出高档面料<sup>[27]</sup>。苎麻纤维本身具有良好的吸湿排气，耐酸耐碱功能，和竹纤维混纺，使得织物耐磨性更高，透气性更好，穿着舒适，是理想的内衣和床上用品材料。竹纤维与绢丝混纺，既可保持材料价值，又会降低成本，是一种理想的产品。此外，国外一些企业已经研制开发了用氨纶为芯，外包竹纤维的包芯纱<sup>[28]</sup>，这种与合成

纤维混纺，即可改善可纺性，发挥合成纤维的高强力，耐磨，保形好等优点，又可保留竹纤维天然的保健功能以及竹纤维独特的外观。

竹纤维与羊毛，彩色棉、Tencel、Modal、大豆蛋白纤维<sup>[29]</sup>、粘胶纤维、涤等纤维两种混纺，或三种混纺，用于机织和针织，生产各种规格的机织和针织面料及服装。这些混纺产品中，充分运用了竹纤维的刚性来解决纺织产品的尺寸不稳定的问题，使产品缩水率小，尺寸稳定性好。同时，纺织产品良好的抗皱性又解决了竹纤维的抗皱性差的缺陷。尤其是这些混纺产品在色彩，款式，组织结构的搭配上给人以耳目一新的视觉效果。

竹纤维的产品开发已经初具规模，相比之下，对于竹纤维特性的基础研究落后于企业开发。目前国内一些企业或相关研究部门虽然对竹纤维的基本特性进行了研究和探讨，也有所成就，但都不能大力推广。生产竹纤维的企业大多参照苎麻等纺织行业标准生产，或者参照国内外的合同标准进行生产，评价标准不同。纺织用竹纤维性能的研究和相关标准的制定，可以规范市场行为，有利于生产以及国内外贸易的开展，同时也积极发挥了我国竹纤维生产大国在国际上的主导作用。因此，深入系统的研究竹纤维的相关性质，为制定统一标准提供科学的数据，具有重要的意义。

#### 3.2 竹纤维的发展前景

竹纤维以其丰富的资源和优良的性能，目前已经应用于国内外很多行业，用于纺织原料是近年来的事。竹纤维纯纺或竹纤维与棉、毛、丝及合成纤维等混纺的织物，可用于制作各种外套，衬衫，内衣，床上用品及袜子和婴幼儿服装，是广大商家开发的必由之路。上海天竹纺织纤维有限公司是国内最早涉足竹纤维领域的厂商。在绿色环保成为主旋律的今天，竹纤维产品已开始风靡全球。据天竹纺织纤维有限公司的统计，2004年度国外客商的采购量比上年度增加了60%，其中竹纤维成品增长了40%。至2004年上海天竹的竹纤维各类纺织品已经远销欧美，东南亚，澳洲，印度，巴基斯坦，巴西，台湾，香港等数十个国家和地区。年销售额近一千万美元。与多家国际知名的大公司建立了

长期稳定的合作关系。太仓二棉实业公司“丝竹纱”产品问世后,很快吸引了国内外客商的视线。上海毛巾厂、上海床单厂、三枪集团等企业纷纷到太仓二棉实业公司进货,开发丝竹纱新品。产品投放国内以及日本、印度、韩国和欧美市场后,又引起轰动,欧美国家的消费者还把丝竹纱称作是来自纺织大国中国的“神奇的纺织品”。此外,国外一些国家也在投入研究开发竹纤维的产品,如日本Toray公司对这种新纤维的运用已经有三年的经验,其中主要用于针织面料、家居纺织面料或者是浴衣的男女装成衣面料。巴西纺织服装行业协会也称,位于巴西圣保罗长达35年历史的纺织市场从2005年9月开始为巴西纺织和服装经销商提供不同种类的竹纤维。

竹纤维有着成为新型纺织材料的特殊优势,具有广阔的发展前景。但同时由于竹纤维还具有强力低,易吸湿,湿伸长率大,塑性变形大等不足,导致纺织过程中极易脆断。提高纤维强度,解决织造过程中的易脆断问题以及提高竹纤维面料的耐洗性是亟待解决的问题。总之,如何利用竹纤维的自身性能,开发出性能优异的竹纤维制品将是不断研究的课题。

#### 【参考文献】

- [1] 江泽慧.世界竹藤.辽宁科学技术出版社,2002,(9):4-5.
- [2] 孙宝芬.新型再生纤维素纤维—竹纤维[J].山东纺织科技,2003,2:46-47.
- [3] 王伟君,陈夏生.粘胶竹纤维功能化[J].上海造纸,2004,(5):16.
- [4] 王伟君,陈夏生.粘胶竹纤维功能化[J].上海造纸,2004,(5):15.
- [5] 詹怀宇,李志强,蔡再生.纤维化学与物理[M].科学出版社,2005,(7):67-69.
- [6] 程隆隶,徐小丽.竹纤维的结构形态及性能分析[J].纺织导报,2003,(6):27-28.
- [7] 乐逸婵,王国和.竹纤维的结构性能及产品开发[J].日川丝绸,2004,(4):11.
- [8] 詹怀宇,李志强,蔡再生.纤维化学与物理.科学出版社,2005,(7):70-71.
- [9] 乐逸婵,王国和.竹纤维的结构性能及产品开发[J].日川丝绸,2004,4:12.
- [11] 王戈.竹材和竹纤维的性质[EB].国际竹藤网络中心.
- [12] 詹怀宇,李志强,蔡再生.纤维化学与物理[M].科学出版社,2005,(7):15-16.
- [13] 隋淑英,李汝勤.竹纤维的结构和性能研究[J].纺织学报,2002,(6):27-28.
- [14] 闫红芹.竹纤维强伸性的研究[J].四川纺织科技,2004,(3):5-6.
- [15] Albre W Chl ect.Lyocell fbers.Chemical Fibers International,1997,47(4):298-302.
- [16] 张明光,玉兰,侯江波.竹纤维的应用初探.辽宁丝绸[J],2004,(3):14-15.
- [17] 竹原纤维的性能及产品开发[EB].锦桥纺织网,2004,10.
- [18] 王玉芹等.竹纤维的开发与技术应用[J].纺织学报,2004,25(6):127-129.
- [19] Lennox-Kerr P.Promotion a Conceot[J].African Textiles,1994(8/9):35-36.
- [20] Bamboo Fiber Production System[J].New Technology Japan,1998,(8):27.
- [21] Dehpande AP et al.Extraction of Bamboo Fiber and Their Use as Reinforcement in Polymeric Composites[J].Journal of Applied Polymer Science,2000,(1):83-89.
- [22] 唐昕.符合生态纺织要求的竹纤维及其产品[J].新纺织,2003,(10):19-21.
- [23] 赵博,石陶然.竹纤维与染色棉混纺纱产品的开发及工艺研究[J].广西纺织科技,2003,(4):9-10.
- [24] 范杰.竹纤维——一种纺织新材料.竹子研究会刊,2004,(4):39-41.
- [25] 你离市场有多远[EB].中华纺织网,2003,5.
- [26] 姜晓巍.棉竹交织双层面料的研制与开发[J].上海纺织科技,2005,(4):26-27.
- [27] 赵博,石陶然.竹纤维与苎麻混纺纱的开发[J].上海纺织科技,2004,(2):10-11.
- [28] 许坚.竹纤维及其包芯织物的染整加工[J].染整技术,2004,(2):31-32.
- [29] 李永干.大豆纤维与竹纤维混纺针织物的染色工艺探讨[J].针织工业,2005,(7):48-49.