

文章编号: 0253-9721(2008)10-0017-04

# 竹浆纤维与几种浆粕纤维形态及结构的比较

印霞<sup>1</sup>, 何建新<sup>2</sup>, 于伟东<sup>1,3</sup>

(1. 东华大学 纺织材料与技术实验室, 上海 201620; 2. 中原工学院 纺织学院, 河南 郑州 450007;

3. 嘉兴学院 纺织服装系, 浙江 嘉兴 314001)

**摘要** 竹浆可用于制备再生纤维素纤维, 而竹浆粕的性质直接影响竹浆粘胶纤维的品质。采用光学显微镜、扫描电子显微镜、傅里叶红外光谱仪和广角 X 射线衍射仪对几种不同的浆粕原料和竹浆纤维进行分析比较。结果表明: 化学脱胶处理后浆粕纤维细胞壁发生了一定的膨胀, 且表面显露出原纤化结构, 表面没有竹浆纤维光滑; 浆粕纤维与竹浆纤维相比, 由于去除了较多的非纤维素杂质, 某些组分减少; 制浆过程显著降低了纤维的结晶度, 制浆过程中部分纤维素 I 向纤维素 II 转变。

**关键词** 竹浆纤维; 竹浆粕; 形貌; 结构表征

中图分类号: TS 101.92 文献标识码: A

## Comparison of the morphology and structure between bamboo fiber and several kinds of pulp fibers

YIN Xia<sup>1</sup>, HE Jianxin<sup>2</sup>, YU Weidong<sup>1,3</sup>

(1. *Textile Materials and Technology Laboratory, Donghua University, Shanghai 201620, China;*

2. *College of Textile, Zhongyuan University of Technology, Zhengzhou, Henan 450007, China;*

3. *College of Textile and Clothing, Jiaxing University, Jiaxing, Zhejiang 314001, China*)

**Abstract** Bamboo-pulp is practically used to prepare regenerated cellulose fibers and the properties of bamboo pulp have direct impact on the quality of the viscose fiber produced. The morphological, crystalline structure and chemical components of bamboo fiber and several kinds of pulp fibers were characterized and compared with each other by optical microscope, scanning electron microscope, fourier transform infrared analysis, wide-angle X-ray diffraction. The experimental results showed that, by a series of chemical degumming processing, the expansion of the pulp fibers occurred, and fibrillation structure was observed on their surfaces which exhibited no so smooth as that of bamboo fibers. Compared with bamboo fibers, pulp fibers contained decreased components owing to the processes of clearing away non-cellulose impurities. The crystalline degree of the pulp fibers had been greatly decreased, and cellulose I had partly changed to cellulose II in crystal structure.

**Key words** bamboo fiber; bamboo pulp; morphology; structural characterization

竹浆纤维的基本构造和初加工获得的纤维体与麻类纤维相近, 只是纤维形态尺寸、成分和加工方法不同<sup>[1-3]</sup>。由于竹浆纤维的单细胞长度短(1.33 ~ 3.04 mm)、纤维粗(10.08 ~ 18.7 μm)<sup>[4]</sup>, 只能以工艺纤维的方式纺纱, 且竹胶质硬、糙, 其分离、软化以及工艺纤维的细支化都有待解决<sup>[2,5-6]</sup>。通常是将竹制成浆粕, 然后纺丝制成粘胶类纤维<sup>[7-8]</sup>。

竹浆粕生产流程: 竹材→切料→筛选→洗料→预水解→洗料→蒸煮→倒料→洗涤→筛选→疏解→除砂→脱水浓缩→氯化→洗料→碱化→漂白→酸处理→洗涤→除砂→浓缩→抄造→竹浆粕。

竹浆粕的加工目的主要是脱除木质素, 降低半纤维素和多戊糖的含量(小于 4%), 提高纤维素含量, 控制纤维素分子聚合度, 以保证再生竹浆纤维的

强度及其他品质。竹浆粕多用于造纸,也可用于普通竹粘胶的制备与纺丝,高强粘胶纤维的制备,以及竹浆 Lyocell 纤维的制备<sup>[9-13]</sup>。因此,有必要对不同条件下获得的竹浆粕及其纤维特征加以分析,并与进口木浆粕对比,以期明晰它们之间的差异及特征。

## 1 实验部分

### 1.1 浆粕试样

选用普通粘胶用竹浆粕(1<sup>#</sup>)、造纸用竹浆粕(2<sup>#</sup>)、纺制醋酸纤维用竹浆粕(3<sup>#</sup>)、进口木浆粕(4<sup>#</sup>)和天然竹浆纤维(5<sup>#</sup>)共 5 种试样。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 显微镜观察

采用光学显微镜(Leica)观察纤维或浆粕中纤维的基本形貌,采用哈氏切片器制作横截面试样,外貌直接取分离单纤维观察。采用扫描电镜(日本 JSM-5600LV)观测纤维的形貌,用环氧树脂包埋制得超薄切片观测截面试样;外貌形态观察直接取纤维样铺置,然后做溅射镀膜导电处理。

#### 1.2.2 傅里叶红外光谱分析(FT-IR)

采用 NEXUS670 红外光谱仪,用溴化钾压片法制样,纤维试样被切成粉末状,用量为 0.5 g,压制成片,做竹浆纤维成分分析。

#### 1.2.3 广角 X 射线衍射分析(WAXD)

采用 D/Max-2550PC 18KW 转靶 X 射线衍射仪 CuK $\alpha$  靶( $\lambda = 0.154 \text{ nm}$ ),电压 40 kV,电流 30 mA。将纤维剪碎成粉末,进行 X 射线衍射谱分析,得到纤维的结晶度。

## 2 实验结果与分析

### 2.1 竹浆纤维的显微镜观察

竹浆纤维的光学显微镜照片见图 1。可以看出,竹浆纤维纵向存在类似麻纤维的纤维节,并有中空;竹浆纤维的中腔向外有裂痕,亦与麻纤维相近;竹浆纤维的截面形态与苧麻较接近。这 3 个特征由扫描电镜(SEM)的观察结果图 2 亦可以得到证实。SEM 照片中的竹浆纤维表面较光滑,有明显的轴向凹槽和胶质附着物并存在明显的纤维节,节上有裂纹。纤维细度较均匀,粗细略为  $12.2 \sim 22 \mu\text{m}$ ,且无天然转曲;横截面较为扁长,长宽比约为 3,一般在 2~5 之间;壁厚为  $3 \sim 5 \mu\text{m}$ ,有压扁的中空,且隐约可见胞壁上的裂纹。

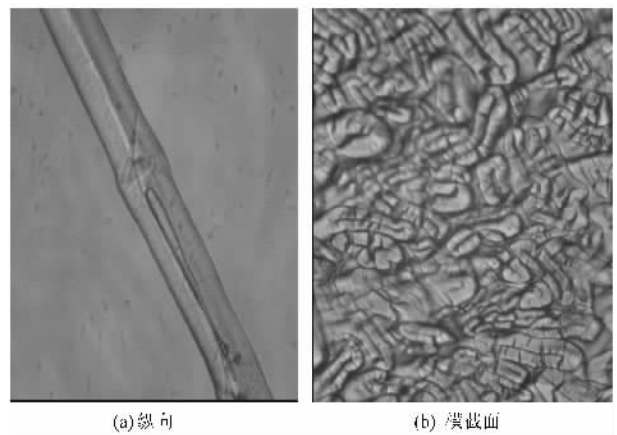


图 1 竹浆纤维光学显微镜照片( $\times 400$ )

Fig. 1 Bamboo fiber observed by optical microscope( $\times 400$ ).  
(a) Lengthwise of the fiber; (b) Cross section of the fiber

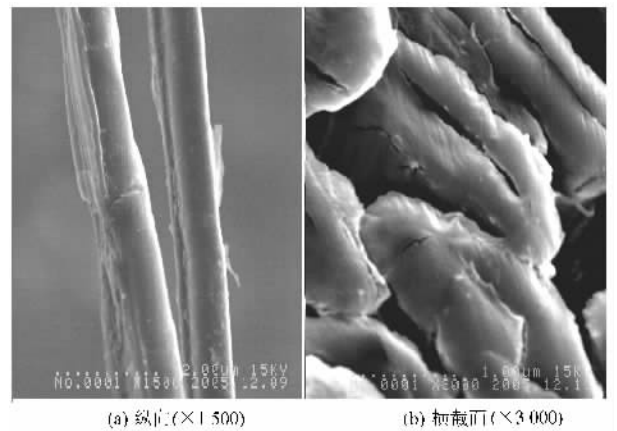


图 2 竹浆纤维扫描电子显微镜照片

Fig. 2 Bamboo fiber observed by SEM. (a) Lengthwise of the fiber( $\times 1500$ ); (b) Cross section of the fiber( $\times 3000$ )

### 2.2 浆粕的 SEM 观察

图 3 为 1<sup>#</sup>~4<sup>#</sup> 浆粕试样的扫描电镜照片。图 3(a)~(d)为分离出的纤维纵向照片;图 3(e)~(h)为横截面照片。

由纤维纵向表观照片可以看出:纤维有膨胀变圆的特征;表面有收缩起皱的现象,呈现出原纤化的结构;纤维表面出现孔洞;纤维节现象淡化,但可以从外观和裂纹特征上辨别出。4 种浆粕中 3<sup>#</sup> 和 4<sup>#</sup> 试样的表面起皱程度较大,说明纤维膨化较大,脱胶较彻底。从 4 种浆粕纤维的表面孔洞程度来看,4<sup>#</sup> 木浆粕的孔洞较大,说明纤维在制浆粕中的损伤存在差别。

由纤维的横向截面照片可知,1<sup>#</sup>~3<sup>#</sup> 竹浆粕都具有竹浆纤维(见图 2)的特征,只是截面的圆整度提高。这证实了在制浆过程中纤维有膨化作用。从纤

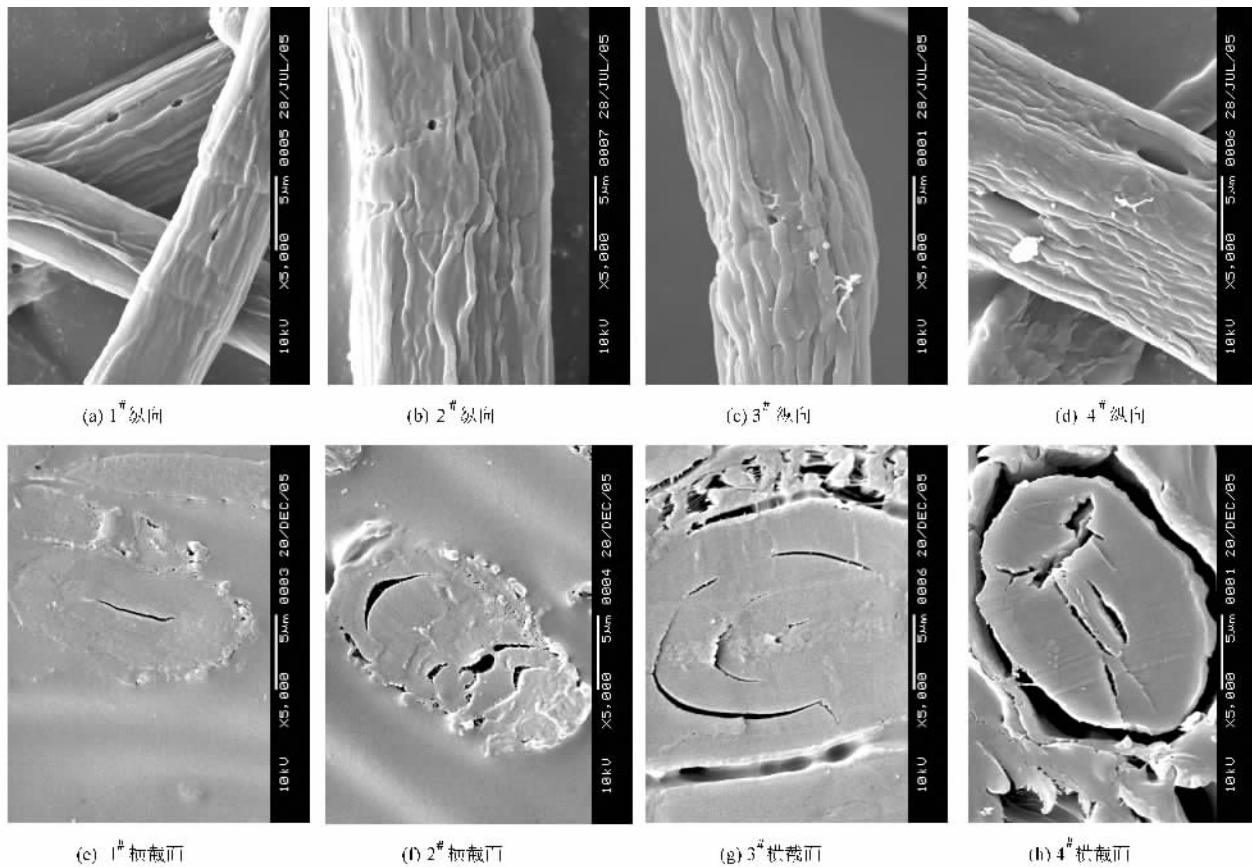


图 3 4 种浆粕的纵向(a~d)横截面(e~h)SEM 照片(×5 000)

Fig.3 Lengthwise (a-d) and cross section (e-h) of four kinds of pulp fibers observed by SEM(×5 000)

维截面裂纹和圆整度来看,3# 纺制醋酸纤维用竹浆粕和 4# 木浆粕中纤维膨化较大,即圆整度高,裂纹大。因此,3#、4# 纤维损伤大。4# 木浆粕纤维为多层环结构。根据以上分析可定性地看出,4 种浆粕纤维外层残含胶质量的大小排序为:1# 粘胶竹浆 > 2# 造纸竹浆 > 3# 纺制醋酸纤维竹浆 > 4# 进口木浆。

### 2.3 傅里叶红外光谱

1# ~ 5# 试样在理论上都是纤维素材料,故红外谱图具有极大的相似性,如图 4 所示。但 5# 天然竹浆纤维由于经半脱胶工艺制得,故含有较多的胶质物质;进口木浆粕 4# 与竹浆粕(1# ~ 3#)来源不同,组成成分也有差异;1#、2#、3# 竹浆粕来源和浆粕制备工艺亦略有差异,所以 FT-IR 光谱会存在一定的差别。其中,竹原纤维为束纤维含胶质 10% 左右,其余 4 种浆粕含胶质 4% ~ 6%。

由图 4 FT-IR 光谱可知,5 种样品的主要特征峰大致相同,说明都具有纤维素材料的特征。竹浆纤维在 1 650  $\text{cm}^{-1}$  处有一特征振动峰,归属于多糖水解形成的一 COOH 振动峰,而竹浆粕相对稍弱,这说明在制浆粕过程中,戊糖会被去除。在浆粕的谱图

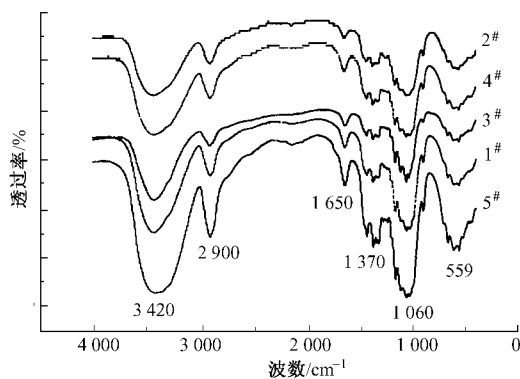


图 4 竹浆纤维及几种浆粕纤维的红外光谱比较图

Fig.4 FT-IR curves of bamboo fiber and several kinds of pulp fibers

中,没有出现来自木质素和半纤维素的醛基、酮基、酯基等的特征峰,说明浆粕的纤维素纯度较高。在 3 420  $\text{cm}^{-1}$ —OH 伸缩振动峰处,竹浆纤维的特征吸收峰与几种浆粕纤维相比向较低波数处移动,峰形较宽。这是由氢键的形成产生的。说明相比其他几种竹浆粕,竹原纤维大分子上的 OH 基相互之间有较多的氢键结合作用。相比竹浆纤维,竹浆粕在 3 415.4、2 900.5、1 199.5、1 162.9、1 058.7  $\text{cm}^{-1}$  处的

振动波向高频处移动, 仅有  $1\ 639、1\ 236.2、702\ \text{cm}^{-1}$  处振动波峰向低频处移动, 说明振动基团的作用环境有所不同。这还有待于更深入的表征。

### 2.4 X 射线衍射

1# ~ 5# 试样的 X 射线衍射图谱如图 5 所示。竹浆纤维在  $2\theta$  分别为  $14.62^\circ、16.1^\circ、22.45^\circ、34.13^\circ$  处出现衍射强度最大值, 其他几种浆粕在  $2\theta$  分别为  $14.82^\circ、22.45^\circ、34.13^\circ$  处出现衍射强度最大值。纤维素在  $2\theta$  为  $14.62^\circ、16.1^\circ$  处出现 2 个峰是典型的纤维素 I 结构; 而在  $2\theta$  为  $14.82^\circ$  附近出现一宽峰, 说明竹浆粕的晶型发生了改变, 有一部分纤维素 I 向纤维素 II 发生了转变。由图中结晶峰面积和整个衍射曲线与基线间的面积比计算出各试样的结晶度, 其结果如表 1 所示。

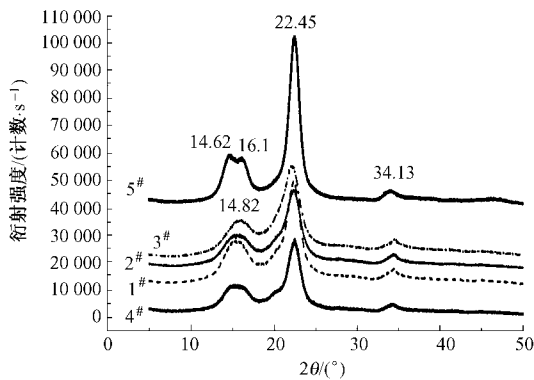


图 5 几种竹浆纤维及木浆的 X 衍射光谱图

Fig.5 X-ray diffraction curves of bamboo fiber and several pulp fibers

表 1 5 种试样的结晶度

Tab.1 Crystalline structure of bamboo fibers compared with other several pulp fibers

序号	试样名称	结晶度/%
1#	粘胶竹浆粕	69.93
2#	造纸用竹浆粕	67.08
3#	进口硬木浆粕	75.51
4#	纺制醋酸纤维竹浆粕	77.26
5#	竹浆纤维	82.65

计算结果表明, 竹浆纤维的结晶度远高于其他 4 种浆粕, 故制浆过程对纤维聚集态结构有影响。4 种浆粕间结晶度差异较小, 除制浆处理的影响外, 主要是由于处理工艺不同导致残胶量不同, 故依此可得试样含胶量顺序:  $2\# > 1\# > 3\# > 4\#$ , 除 2# 以外, 这与 SEM 照片分析的结果基本一致。有关浆粕

中的残量, 应该采用专门的测胶实验证实, 但至少结晶度反映出纤维制浆中的损伤。

### 3 结 论

1) 从外貌形态上看, 经一系列化学脱胶处理, 浆粕纤维纵表面没有竹浆纤维光滑平整, 呈现皱缩的原纤化结构, 纤维表面出现孔洞, 纤维节现象淡化; 横截面因膨化作用圆整度提高。

2) 经红外光谱分析, 5 种样品都属于纤维素纤维, 但表面的化学组成不同, 竹浆纤维已经失去了部分竹原纤维特有的化学成分, 说明浆粕的制备过程中经化学处理提高了纤维素的纯度。

3) 竹浆粕的结晶度与竹原纤维相比有较多的降低。除了浆粕本身的胶质含量影响外, 制浆对浆粕中纤维结晶度的影响是显而易见的。同时, 竹原纤维属典型的纤维素 I, 而几种浆粕的晶型发生了改变, 有一部分纤维素 I 向纤维素 II 发生转变, 处于纤维素 I 和纤维素 II 之间。

FZXB

#### 参考文献:

[1] 方太君, 陈代红, 孟家光. 竹原纤维的开发现状及其发展趋势[J]. 纺织科技进展, 2005(5): 4-6.

[2] 张薇. 竹浆纤维的精细化加工[D]. 上海: 东华大学, 2004.

[3] 邢声远, 刘政, 周湘祁. 竹原纤维的性能及其产品开发[J]. 纤维技术, 2004(4): 43-48.

[4] 程隆棣, 徐小丽, 劳继红. 竹浆纤维的结构形态及性能分析[J]. 纺织导报, 2003(5): 101-103.

[5] 范杰. 竹浆纤维: 一种纺织新材料[J]. 竹子研究汇刊, 2004(11): 39-41.

[6] 周衡书. 竹浆纤维纺纱与织造性能研究[J]. 纺织学报, 2004, 25(10): 91-93.

[7] 孙宝芬, 隋淑英, 孙永军, 等. 新型再生纤维素纤维: 竹浆纤维[J]. 山东纺织科技, 2003(2): 46-47.

[8] 隋淑英, 李汝勤. 竹浆纤维的结构与性能研究[J]. 纺织学报, 2003, 24(6): 27-28.

[9] 罗先珍. 竹子制备人造纤维浆粕工艺探讨[J]. 人造纤维, 2004(4): 2-3.

[10] 沈望浩, 陈夏生. 竹浆纤维的粘胶竹浆粕生产技术及其纺织品[J]. 合成纤维, 2003(6): 4-7.

[11] 蒋忠道. 粘胶纤维用竹浆粕开发成功[J]. 造纸信息, 2002(3): 21.

[12] 蒋应梯, 许炯. 制备竹 LYOCCELL 纤维对原料竹浆的要求[J]. 竹子研究汇刊, 2005, 5(2): 41-43.