

木棉纤维结构与性能研究

常 桑 李长龙

(安徽工程大学 纺织服装学院, 安徽 芜湖 241000)

摘 要: 利用光学显微镜和扫描电镜研究木棉纤维的表面结构, 利用单纤维强力测试仪测试木棉纤维的拉伸性能, 测得断裂强力为 0.3~0.7 cN, 断裂伸长率为 4%~8%。利用红外光谱仪确定木棉纤维的分子组成和结构, 利用 X 射线衍射仪测得木棉纤维的结晶度约为 36%, 对木棉纤维的细度和回潮率进行了测试, 并对实验结果进行了合理的分析。

关键词: 木棉纤维; 结构; 性能

中图分类号: TS102.2

文献标志码: A

文章编号: 1674-330X(2013)03-0007-04

木棉是树上生长的天然纤维素纤维, 为木棉科木棉属植物, 广泛产于亚热带。木棉纤维是天然纤维中空度最高的纤维, 是优良的隔热、隔音、保暖和浮力材料。木棉纤维不仅具有天然纤维的优良特性, 又具有独特的拒水吸油性能, 但由于其可纺性差, 主要还是用于混纺或填充物材料^[1]。本研究在国产木棉纤维基本结构和物理化学性能的基础上进一步完善了纤维的测试方法, 为木棉纤维在纺织领域的应用提供了一定的理论参考。

1 实验部分

1.1 原料与试剂

木棉纤维, 火胶棉, 甘油。

1.2 实验设计

1.2.1 纤维形态观察

木棉纤维表面光滑、抱合力差且有大中腔, 用一般的切片器制取切片的方法难以制得切片^[2]。采用以下方法制取切片: 先在载玻片上滴一滴火胶棉, 厚度为 2 mm 左右, 用手扯法整理一小束纤维束, 用镊子夹取整齐端, 并用直角尺做参照, 将纤维束整齐端垂直浸入火胶棉内, 1~2 min 待火胶棉干燥后, 剪去露出火胶棉以外的所有纤维, 即可制得切片。该方法操作简单, 成功率高。制取纵向试样可在载玻片上滴一滴甘油, 取一小束纤维束手扯整理平直, 直接置于载玻片上, 并盖上盖玻片。制得切片在北京本原 CSPM4000 扫描探针显微镜下进行观察。

1.2.2 纤维长度分布测定

由于木棉纤维强力低, 用一般的手扯目测法测量纤维长度时易断裂, 会影响测试结果, 所以采用单根纤维长度测量的方法, 即将纤维逐根伸直, 用刻度尺测量其单根纤维长度。用这种方法费时较多, 但测量结果准确。

1.2.3 纤维拉伸性能的测试

由于木棉纤维的细胞壁太薄, 在单纤维强力机上测试时很容易损坏, 即使将夹持力调到最小, 也只有极少数的木棉纤维能抵抗住瞬时夹持力不被夹断。采用以下方法制取试样: 先制作镂有 1 cm × 1 cm 方孔的正方形纸片, 沿孔的两侧边缘分别贴上平行的双面胶, 用镊子夹取单根木棉纤维, 将其固定于双面胶上(见图 1(a))。然后用贴有双面胶的窄纸条盖住纤维两个头端, 使纤维完全被固定住, 最后将方格纸剪成一边开口, 如图 1(b)

收稿日期: 2013-10-14

作者简介: 常桑(1990-), 女, 安徽蚌埠人, 硕士研究生, 研究方向为生态纺织品及加工技术。

所示.

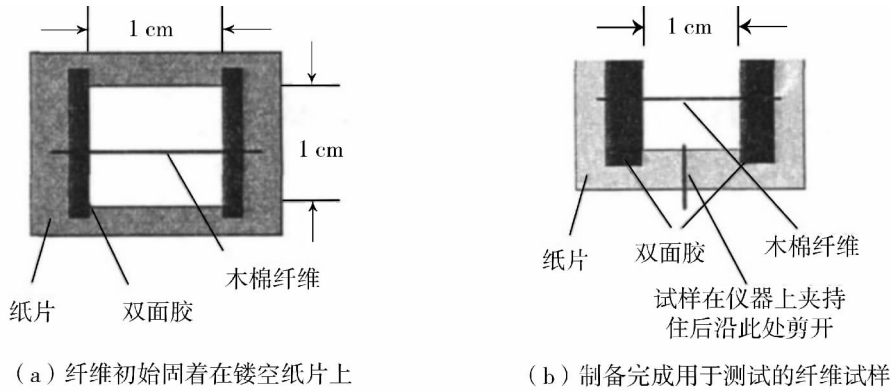


图 1 试样制备示意图

Fig.1 Sample preparation of sketches

1.2.4 红外光谱分析

制取粉末试样,用日本岛津 IRPrestige - 21 傅里叶变换红外光谱仪测试. 根据红外光谱中吸收峰的强度、位置和形状,可以确定纤维分子中所包含的基团.

1.2.5 X 射线衍射分析

将试样置于 45 ~ 50 °C 温度下真空干燥 4 h,用德国布鲁克 D8 系列 X 射线(粉末)衍射仪进行测试,用分峰法计算结晶度.

1.2.6 纤维细度测量

采用中段切断称重法,切断长度为 5 mm,直径测量采用纤维图像自动采集和识别系统.

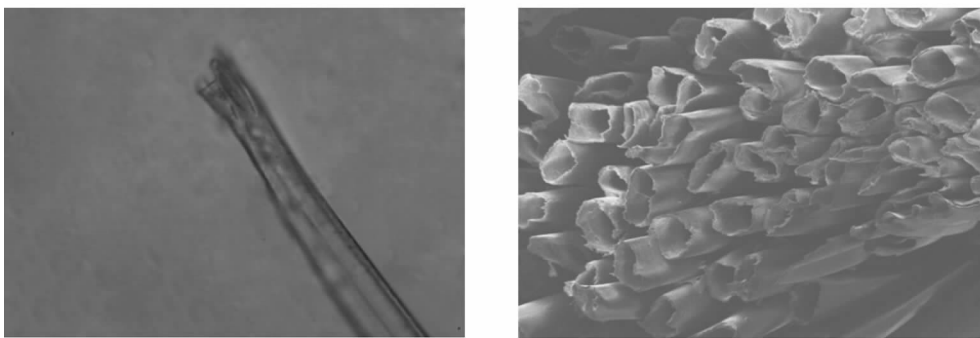
1.2.7 回潮率测试

烘箱法 采用 DZX - 6022B 真空干燥箱.

2 结果与分析

2.1 形态结构

木棉纤维横向和纵向的扫描电镜形态结构见图 2. 由图 2(a) 可以看出木棉纤维纵向外观呈圆柱形,中间粗、前梢细,表面光滑,不显转曲. 由图 2(b) 可以看出自然状态下的木棉纤维横截面具有明显的中空结构,并可采集到的图像用剪纸法计算出木棉纤维的中空度高达 87%,是迄今为止天然纤维之中中空度最高的纤维. 还可以看到木棉纤维的横截面呈圆形或椭圆形、壁薄、壁腔比很小,纤维容易被压扁,截面细胞破裂后纤维呈扁平带状.



(a) 纵向形态图 (× 500)

(b) 横截面图 (× 500)

图 2 木棉纤维纵横向形态

Fig.2 The longitudinal and transverse form of kapok fiber structure

2.2 长度

木棉纤维长度分布图见图 3.

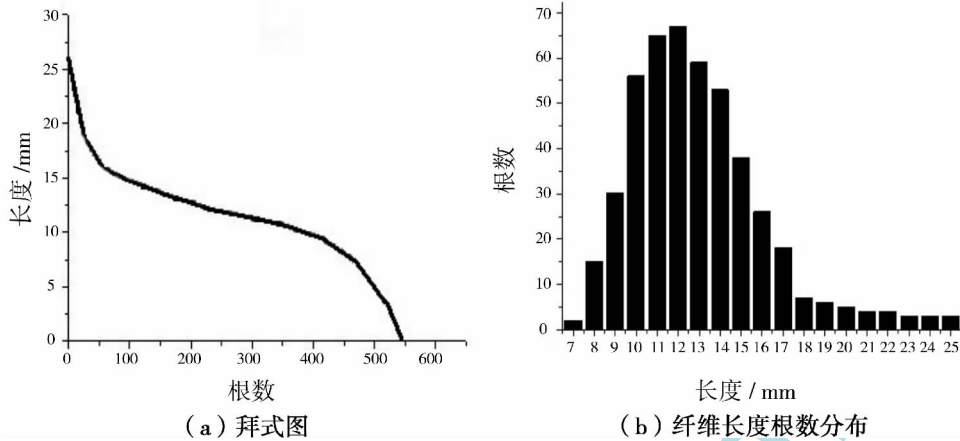


图 3 木棉纤维长度分布图

Fig. 3 The length distribution of kapok fiber

由图 3 (a) 拜式图可以求得纤维的有效长度为 13 mm,短纤维百分率约为 21%. 由图 3 (b) 纤维长度根数分布图可以清晰地看到每个长度组距上纤维根数的分布情况,纤维长度主要分布在 11 ~ 14 mm,并可求得纤维的平均长度为 13 mm,较棉纤维短很多.

2.3 拉伸性能

初步测试发现,木棉纤维细而脆,单纤维强力测试十分困难,测试成功率不足 10%. 从实验结果(见表 1)可以看出,木棉纤维的断裂伸长率为 5% 左右,相对其他纤维较低,意味着纤维在承受最大负荷时的伸长变形能力小. 木棉纤维的断裂强力比较低,平均断裂强力低于 2 cN,明显小于棉纤维,所以木棉纤维在纺纱时会容易断裂.

表 1 木棉纤维的拉伸性能

Tab. 1 The tensile properties of kapok fiber

纤维品种	实验次数	成功次数	断裂强力/cN	断裂伸长率/%	初始模量/(cN · dtex ⁻¹)
木棉纤维	200	18	0.3 ~ 0.7	4.0 ~ 8.0	41.3 ~ 110.5

2.4 化学结构

国产木棉纤维的红外光谱图见图 4. 由图 4 可以看出木棉纤维具有 K-lason 木质素和硝酸-乙醇纤维素的特征吸收峰. 其中,官能团 3 401 cm⁻¹ 处为 O—H 伸缩振动, 2 914 cm⁻¹ 处为 C—H 键的吸收, 指纹区 1 051 cm⁻¹ 处为 C—O—H 非对称伸缩振动和 889 cm⁻¹ 附近范围的 C—H 面外弯曲振动. 文献 [5] 表明,木质素特征基团红外光谱吸收峰主要在 1 500 ~ 1 750 cm⁻¹,木棉纤维 1 630 cm⁻¹ 处的吸收峰为木质素分子结构的芳香环骨架基团振动. 1 742 cm⁻¹ 是 C=O 键吸收峰,总体上与棉纤维相似,均显纤维素的谱图特征.

2.5 结晶度

木棉纤维的 X 衍射图见图 5. 从图 5 可以看出木棉纤维 2θ 在 22° 左右出现结晶峰,在扫描曲线 2θ = 22° 附近有衍射的极大峰值, 2θ = 18° 附近有极小峰值. 用 Jade 软件进行曲线拟合,用分峰法计算出木棉纤维的结晶度. 将

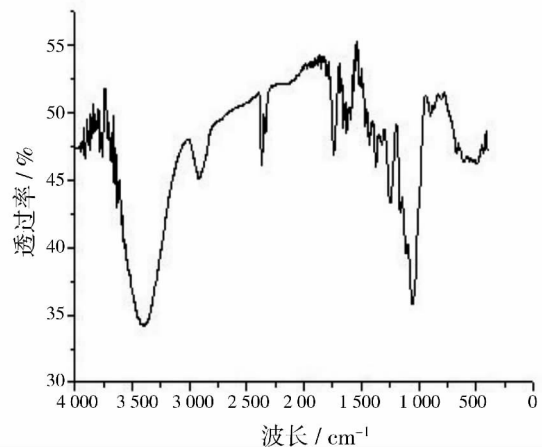


图 4 木棉纤维红外光谱图

Fig. 4 The infrared spectrogram of kapok fiber

衍射曲线下所包含的面积分离成结晶区衍射和非结晶区散射,通过两者的面积之比,即可算出木棉纤维的结晶度约为 36%,远远低于棉纤维,可以看出木棉纤维的结构比较疏松.

2.6 回潮率

干燥温度为 106 °C,干燥时间为 3 ~ 5 h,每隔 30 min 将干燥过的试样进行称量,两次质量变化不大于 0.05% 就认为烘干.通过回潮率公式计算可得到样品木棉纤维的回潮率在 9.15% 左右,高于棉纤维,吸湿性能好.由于样品从烘箱拿出后会不断吸收空气中的水分,所以最好使用内带称量装置的烘箱.

2.7 细度

用中断称量法测得木棉纤维细度指标如表 2 所示,可以看出木棉纤维的细度仅是棉纤维的 1/2.

表 2 木棉纤维细度指标

Tab.2 The fineness indexes of kapok fiber

切断长度/mm	纤维根数	纤维质量/mg	纤维细度/dtex	纤维直径/ μm
5.00	4 291	4.00	1.86	20.13 ~ 46.14

3 结论

通过对木棉纤维结构和性能的研究,为木棉纤维在纺纱领域的运用提供了理论参考.自然状态下的木棉纤维具有高达 87% 以上的中空率,纤维壁薄,单纤维密度仅为 0.30 g/cm³,约为棉纤维的 1/5;横截面为圆形或椭圆形,纵向表面光滑,没有像棉纤维一样的天然转曲且头端细、尾端粗,呈自然紧闭状态.木棉纤维的主要成分为纤维素和木质素,结晶度约为 36%,结构较疏松.由于木棉纤维强力低、细度小、长度短、表面光滑、抱合力差,所以难以单独纺纱.

参考文献:

- [1] Mansou S H, Kapok [J]. Journal of Applied Polymer Science, 2006, 102(6): 58 - 61.
- [2] 余序芬. 纺织材料实验技术 [M]. 北京: 中国纺织出版社, 2004: 48 - 50.
- [3] 李汝勤, 宋钧才. 纤维和纺织品的测试原理与仪器 [M]. 上海: 中国纺织大学出版社, 1995: 50 - 54.
- [4] 徐广标, 刘维. 木棉纤维拉伸性能的测试与评价 [J]. 东华大学学报, 2009(10): 526 - 527.
- [5] 蒋挺大. 木质素 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [6] 杨淑敏, 江泽慧. 利用 X 射线衍射法测定竹材纤维素结晶度 [J]. 东北林业大学学报, 2010(8): 76 - 77.
- [7] 潘葵, 李选刚. 对纤维干燥时间规定的探讨 [J]. 印染, 2004(3): 31 - 32.
- [8] 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: 24 - 25.
- [9] 邱卫兵, 晏顺枝. 木棉纤维混纺纱的开发应用 [J]. 上海纺织科技, 2010(10): 35.

Structure and chemical characteristics of kapok fibers

CHANG Sang, LI Chang-long

(College of Textile and Apparel, Anhui Polytechnic University, Wuhu 241000, China)

Abstract: By means of optical microscope and scanning electron microscopy the surface structure of kapok fiber is studied, and the single fiber strength test instrument on the tensile properties is used to test the kapok fibers, the strength is 0.3 ~ 0.7 cN and the elongation is 4% ~ 8%. With the infrared spectrometer the molecular composition and structure of kapok fiber is determined. Using X-ray diffraction measurement, kapok fiber crystallinity is tested as 36% and the fineness and moisture regain of the fibers are tested. Analysis is made on the results.

Key words: kapok fibers; structure; performance

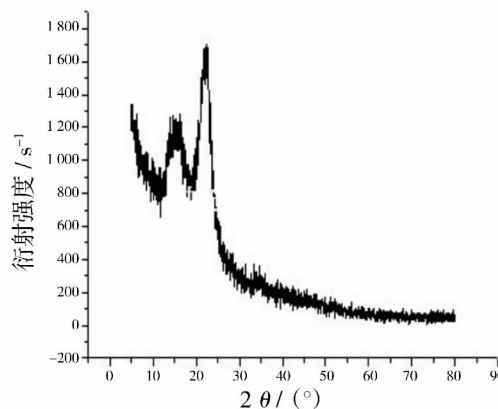


图 5 木棉纤维 X 衍射图

Fig.5 X-ray diffraction diagram of kapok fiber