

文章编号: 1673-3851 (2014) 04-0373-05

# 天然帽用草纤维的形态结构及 EDS 能谱分析

詹小芳<sup>1a</sup>, 应伟伟<sup>1a</sup>, 孙西超<sup>1a</sup>, 祝成炎<sup>1a,1b</sup>, 杨沛霖<sup>2</sup>

(1. 浙江理工大学, a. 材料与纺织学院, b. 先进纺织材料与制备技术教育部重点实验室, 杭州 310018;  
2. 宁波恰恰纺织工艺品有限公司, 浙江 慈溪, 315300)

**摘 要:** 对蓆草、棕丝草、琅琊草、咸草、蒲草等 5 种帽用草纤维用扫描电镜观察其表面形态和截面结构,发现帽用纤维表面存在大量的气孔和沟槽,测量出气孔的长度 20~73  $\mu\text{m}$ ,宽度 8~33  $\mu\text{m}$ 。截面有较大的空隙,纤维空隙的大小依次是棕丝草、蒲草、琅琊草、蓆草、咸草。对其表面选取微区进行 EDS 能谱分析,结果表明 5 种帽用草纤维都含有 C、O、Al,且 C、O 元素的含量都在 96.99% 以上,其他如 Si、Na、Mg、Cl、P 等属于微量元素,属纤维素纤维。

**关键词:** 草纤维; 形态结构; 气孔; EDS

**中图分类号:** TS101.9211      **文献标志码:** A

## 0 引言

一般天然草制织的帽子都具有舒适透气的性能,深受广大消费者的喜爱,草制品作为床上用品、室内装饰、车内装饰以及服装配饰等逐渐进入轻工纺织的范畴<sup>[1]</sup>。研究的天然帽用草主要包括蓆草、棕丝草、琅琊草、咸草、蒲草、咸草绳等天然纤维。之前帽用草的研究主要停留在外观、性能的描述,而很少对天然草纤维的组成、结构、性能等进行分析<sup>[2-4]</sup>。本文主要用扫描电镜观察帽用草的形态结

构,通过 X 射线能谱分析得出表面元素的含量,为以后化纤代替帽用草纤维提供理论依据。


## 1 实验部分

### 1.1 材料与仪器

材料:蓆草、棕丝草、琅琊草、咸草、蒲草(由宁波恰恰纺织工艺品有限公司提供)。基本情况如表 1 所示。

仪器:JSM-5610LV 型扫描电子显微镜(日本电子 JEOL);JFC-1600 离子溅射仪(日本电子 JEOL);INCA 能谱仪(英国牛津仪器)等。

表 1 各草纤维的基本情况

材料名称	主要生长地	使用部位	性能特征	图片
蓆草纤维	江苏、浙江、安徽	茎	草茎圆滑细长,粗细均匀,表面光滑无节,壁薄芯疏	
棕丝草纤维	浙江、四川	茎	一年生植物,草茎细长,柔软	
琅琊草纤维	山东	茎	一年生草木,叶及叶鞘韧而柔软,色黄有光泽	
咸草纤维	福建、广东、浙江	茎	成簇生长,秆直立,三棱形,纤维直径长	
蒲草纤维	黑龙江、吉林、辽宁、山东、河北	茎	多年生水生草本,叶箭形,断面成新月形,质轻而软	

收稿日期: 2013-09-25

作者简介: 詹小芳(1989-),女,浙江衢州人,硕士研究生,主要从事现代纺织技术及新产品研究。

通信作者: 祝成炎, E-mail: cyzhu@zstu.edu.cn

## 1.2 样品制备

将各种纤维原料用导电胶逐个固定于样品台上,采用离子溅射仪在真空条件下对其镀金,在 10 mA 电流下镀金 40 s,用扫描电镜观察该纤维的纵面表面形态,并用 EDS(X 射线能量色散谱分析方法)对各草纤维的微观区域的元素分布进行定量分析。

各种纤维用液氮冷却后脆断,用导电胶固定于样品台上,对其在真空条件下用离子溅射仪来镀金,在 20 mA 电流下镀金 40 s,用扫描电镜观察该纤维的横截面。

## 2 天然帽用草纤维的纵横向形态结构及能谱分析

### 2.1 不同天然帽用草纤维纵向形态结构

席草纤维表皮层有大量排列的气孔,呈椭圆形,两端尖细,排列方式为纵向排列,与表皮长细胞的长径平行,其上的保卫细胞呈肾状,为纵向带状排列,其表面蜡质纹饰光滑<sup>[5-6]</sup>。在放大 100 倍时,如图 1(a)中,清晰看出表面有较深的沟槽,且排列整齐。从图 1(b),观察到气孔的形态和大小,呈椭圆形,中间的空洞较大,气孔呈带状分布于脉间。气孔作为植物与外界进行气体和水分交换的主要通道,是重要的植物学特征之一。

如图 1(c),在 150 倍时,棕丝草纤维表面较整齐,脉间有大量的气孔,气孔纵向紧密排列。在图 1(d)中,气孔呈椭圆形,贯穿于脉间,气孔内侧上的空洞为条状,较大,便于水分子与空气分子进入。

琅琊草纤维表面色白光亮,由于经过特殊的纤维生产工艺,纤维表面粘附有较多的颗粒状杂质及涂层助剂,使纤维表面的孔洞不能完全显露出来,如图 1(e),在 100 倍的情况下,发现纤维束呈带状分布,有沟槽,按一定的顺序排列。而在图 1(f)中,放大 500 倍时,虽然表面有涂层助剂,但是明显看出表面有气孔,椭圆形,有内外两层,且呈纵向排列。

在图 1(g)中,在 150 倍的情况下,咸草表皮细胞排列紧密,为纵向带状排列。在图 1(h)中,纵向排列的两气孔之间有细胞相隔,横向两气孔间存在沟槽,且横向的两气孔间距远大于纵向的两气孔间距。气孔呈带状分布于脉间,细胞垂周壁浅或深的波浪状。

蒲草表面较光洁,质地柔软,沿叶脉方向很容易撕成丝状。在 150 倍时,如图 1(i),发现纤维表面呈扁平的外观,有明显的竖纹。在图 1(j)中放大 500 倍时,看出表皮细胞含有大量的气孔,呈纵向排列,气孔间存在沟痕。由于经过特殊的纤维生产工艺,纤维表面粘附有较多的颗粒状杂质及涂层助剂,使纤维表面的孔洞不能很明显显露出来。

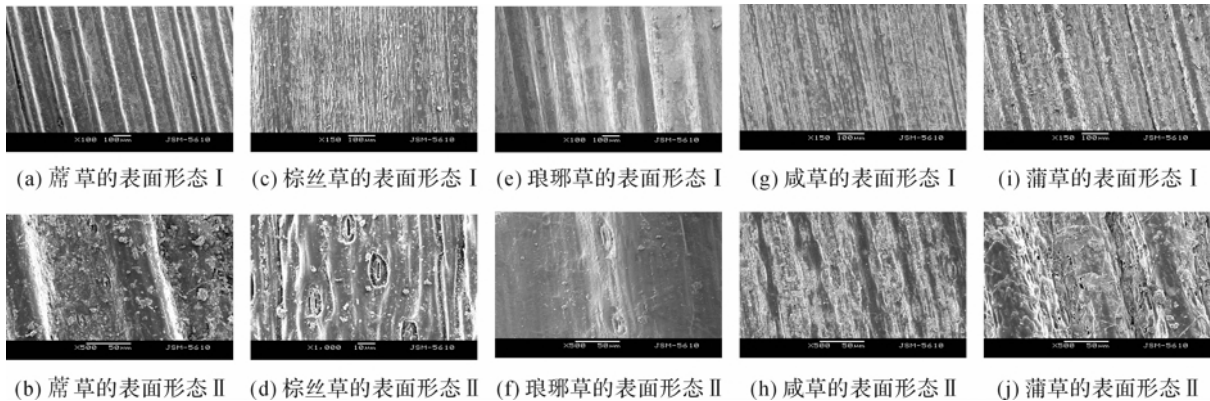


图 1 5 种天然帽用草纤维纵向表面形态

由于上述 5 种帽用草纤维的表面都有椭圆形的气孔,都具有相对较多的沟槽。在表 2 中,是通过 image pro plus 软件测量出草纤维表面几个气孔的

大小,然后求平均得出。其中气孔的长度范围在 20~73  $\mu\text{m}$ ,宽度在 8~33  $\mu\text{m}$ ,长宽比在 2~3,为椭圆形。而棉、麻和竹纤维的表面则为沟槽和裂缝<sup>[7-8]</sup>,

表 2 各帽用草纤维表面气孔的对比

材料名称	是否有气孔	气孔大小/ $(\mu\text{m} \times \mu\text{m})$	长宽比	气孔的形状
席草纤维	有	27.5 $\times$ 10.1	2.7	椭圆形
棕丝草纤维	有	20.3 $\times$ 8.2	2.4	椭圆形
琅琊草纤维	有	42.9 $\times$ 14.4	3.0	椭圆形
咸草纤维	有	36.7 $\times$ 13.5	2.7	椭圆形
蒲草纤维	有	72.2 $\times$ 33.0	2.2	椭圆形

使得他们与棉、麻、竹等常见的天然纤维不同。由于这些帽用草纤维有气孔和沟槽,所以单位质量的纤维都具有较大的表面积,即比表面积较大<sup>[9-10]</sup>。比表面积越大,表面上的分子越多,表面能也越大。故帽用草纤维都有较大的表面能,从而表面吸附能力越强,其纤维表面吸附水分子的能力也越强。

## 2.2 不同天然草纤维的横向截面形态结构

芦苇纤维的横截面结构如图 2(a)所示,在放大 75 倍时,纤维的外表皮细胞由一系列无色厚膜小型细胞组成,表皮下有几层富含叶绿体的叶绿柔细胞组成栅栏状,即同化组织,其内有厚壁细胞组成的维管束鞘,起增强茎杆的机械拒抗能力和保护的功能。往内有两三层大而无色的薄壁细胞。期间环列多层维管束,外小内大。中间髓部由无数白色多孔疏松的星状细胞组成,又称海绵组织。图 2(b),在 2 000 倍时,看出维管束分散于皮层薄壁组织之间,大小不一致,做多轮排列,内部呈螺旋状排列而成。由于纤维的结构,外坚内松,外密内疏,具有较大的中空度<sup>[6-8]</sup>。所以全茎坚韧且富有弹性,吸湿力强,通气性能好,能吸收有害物质的特殊功能。

在图 2(c)中,在低倍数 65 倍时,棕丝草纤维由上下两层外表皮细胞构成,排列紧密,及中间多层环列的维管束,其中维管束大小不一,从图 2(d)(500 倍)中可以看出,内部都呈螺旋状环绕而成。纤维内部不像芦苇纤维那样由疏松的星状细胞组成,而是

空的,空隙较大,约占整个切面的 1/4,中空度较高。

琅琊草纤维的截面如图 2(e)所示,在 100 倍时,整体截面外观呈锯齿状,由上下两层细胞组成,对称规则排列。而图 2(f)中,在 350 倍时,看出外表皮凸处由一系列近似圆形的细胞组成,而凹处则为方形的细胞,表皮下有几层富含叶绿体的叶绿柔细胞组成栅栏状,内部有厚壁细胞组成的维管束鞘,维管束分布在其中间,有大有小。并有紧密排列的内表皮细胞环绕其间,中部为空隙,外坚内松。

由图 2(g)可知,在 200 倍时,看出咸草纤维由表皮、基本组织和维管束三个基本组成部分构成。咸草表皮的几层细胞较小,胞壁增厚木质化,为厚壁细胞,起机械支持作用。在图 2(h)(1 500 倍时),发现散生在基本组织中的维管束相对集中在纤维的中心,且维管束中空,呈螺旋状环绕成束,这使得咸草纤维有很强的通气和吸水性能。

从图 2(i)中,明显看出蒲草表皮由一层近圆形的细胞组成,细胞壁角质化程度不高,表皮下为不甚发达的机械组织,大小维管束相间排列成环形,维管束有厚壁及薄壁细胞,上下表皮下机械组织向内延伸形成多个隔,由薄壁细胞特化形成的通气组织特化形成的通气堰填充其内,通气组织十分发达,约占据整个横切面的 2/3,具有较大的中空度,通气组织柔软蓬松呈海绵状。

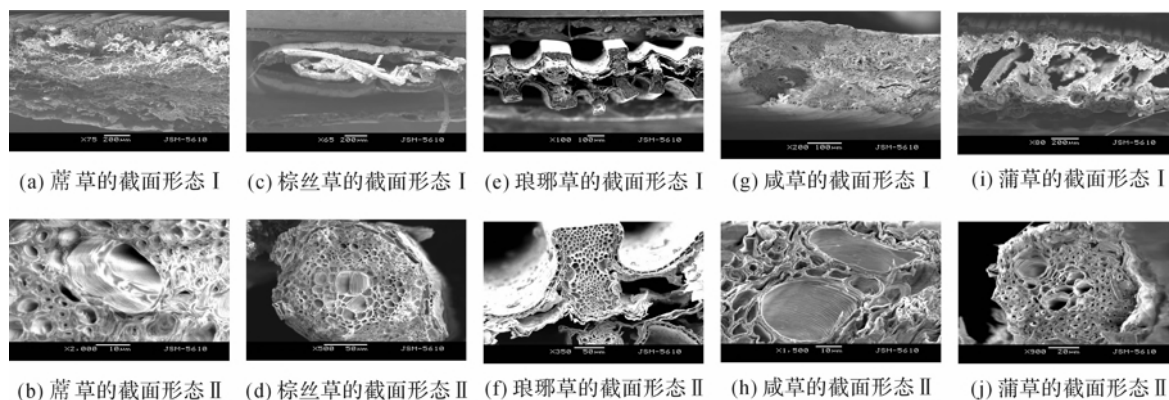


图 2 5 种天然帽用草纤维截面形态

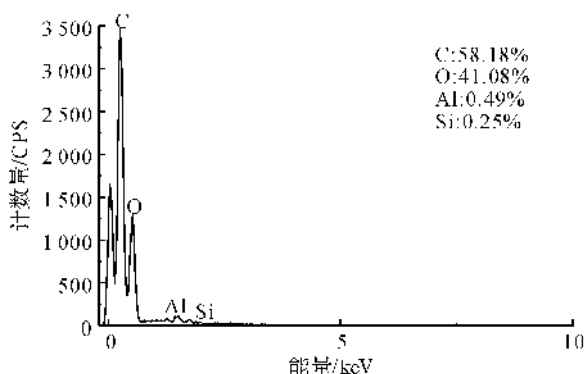
从图 2 及表 3 可知,截面外观上,芦苇、棕丝草、咸草、蒲草的截面都是扁平型,而琅琊草却是锯齿状。内部的维管束都是螺旋状排列而成,但是芦苇的内部有絮状物质,其他草纤维则是空隙。纤维空隙是根据图 2 的扫描电镜图片放大观察得到,大小依次是棕丝草、蒲草、琅琊草、咸草。这 4 种草纤维相比,棕丝草的空隙大,中空度远远大于咸草,能吸收更多的水分子。

表 3 各帽用草的截面形态

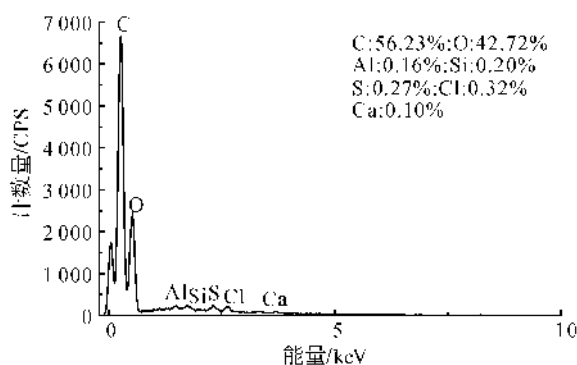
材料名称	截面形状	内部是否有孔隙及其他物质	纤维内维管束排列方式
芦苇纤维	扁平型	絮状物质	螺旋状
棕丝草纤维	扁平型	孔隙	螺旋状
琅琊草纤维	锯齿型	孔隙	螺旋状
咸草纤维	扁平型	无	螺旋状
蒲草纤维	扁平型	孔隙	螺旋状

### 2.3 各种天然帽用草纤维的 EDS 能谱分析

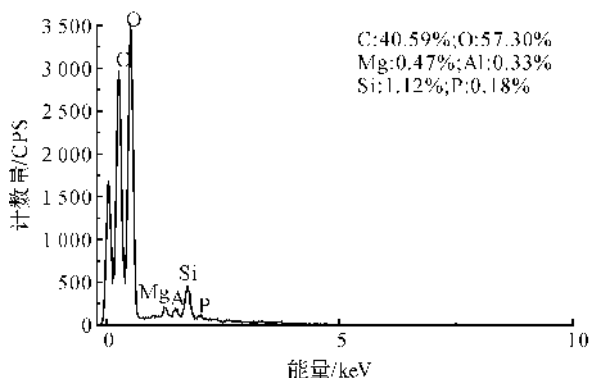
进一步对几种天然草纤维选取微区进行 EDS 能谱分析, 蒯草、棕丝草、琅琊草、咸草、蒲草的结果如图 3 所示。



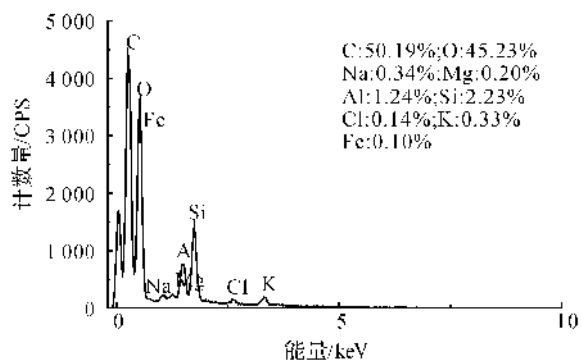
(a) 蒯草的能谱分析结果



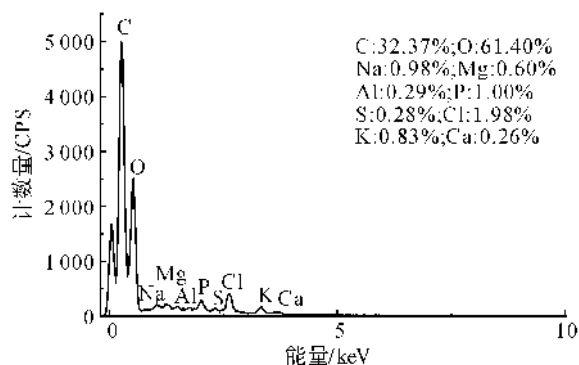
(b) 棕丝草的能谱分析结果



(c) 琅琊草的能谱分析结果



(d) 咸草的能谱分析结果



(c) 蒲草的能谱分析结果

图 3 5 种草纤维的 EDS 能谱分析

从图 3 发现这 5 种帽用草纤维都含有 C、O、Al 元素, 其中的 C、O 元素的含量都在 96.99% 以上, 其他如 Si、Na、Mg、Cl、P 等元素, 其和只占总质量分数的百分之零点几。可见帽用草纤维都属于纤维素纤维。而纤维大分子中, 亲水基团的多少和基团极性的强弱均对纤维的吸湿性能有很大的影响, 其中羟基(—OH)和羧基(—COOH)都是较强的亲水基团。帽用草纤维中, 大分子中的每一葡萄糖剩基中含有 3 个羟基, 他们与水分子的亲和力大, 能与水分子形成化学结合水。

### 3 结 论

a) 帽用草纤维的表面都有纵向排列的气孔, 测量出气孔的长在  $20 \sim 73 \mu\text{m}$ , 宽度在  $8 \sim 33 \mu\text{m}$ , 长宽比在 2~3, 为椭圆形, 与棉、麻、竹等常见的天然纤维不同。他们都具有相对较多的沟槽, 具有较大的表面能。

b) 蒯草、棕丝草、咸草、蒲草的截面都是扁平型, 而琅琊草却是锯齿状。内部的维管束都是螺旋状排列而成, 但是蒯草的内部有絮状物质, 其他草纤维则是空隙。纤维空隙的大小依次是棕丝草、蒲草、琅琊草、咸草。

c) 帽用草纤维都含有 C、O、Al, 且 C、O 元素的含量都在 96.99% 以上, 其他如 Si、Na、Mg、Cl、P 等元素, 加起来只占总质量的百分之零点几, 是微量元素。可见帽用草纤维都是纤维素纤维, 主要是由 C、H、O 等构成。

### 参考文献:

- [1] 陈运能, 杜 群. 蒯草纤维研究的现状及其展望[J]. 浙江纺织服装职业技术学院学报, 2009(3): 9-10.
- [2] Smole M, Kreze T, Strnad S, et al. Characterisation of grass fibres[J]. Journal of Materials Science, 2005, 40(20): 5349-5353.
- [3] 曹胜彬, 徐广标. 香蒲绒纤维形态结构分析[J]. 东华大学学报: 自然科学版, 2009, 35(2): 144-147.

- [4] 黄敏参. 咸草植物形态解剖级生理生态特性初步探讨[D]. 福建: 福建师范大学, 2008: 14-17.
- [5] 俞舜民. 席草的形态特征和生物学特性的研究[J]. 浙江农业大学学报, 1982, 8(2): 131-142.
- [6] 张红霞, 陈雪善. 蜂窝状微孔结构纤维表面形态观察及其统计分析[J]. 纺织学报, 2009, 30(2): 13-17.
- [7] 王莉, 张健飞. 罗布麻纤维的微观结构及其力学性能研究[J]. 上海毛麻科技, 2012(1): 2-4.
- [8] 田慧敏, 蔡玉兰. 竹原纤维微观形态及聚集态结构的研究[J]. 棉纺织技术, 2008, 36(9): 544-547.
- [9] 于伟东, 储才元. 纺织物理[M]. 上海: 东华大学出版社, 2002: 61.
- [10] De D, De D, Adhikari B. The effect of grass fiber filler on curing characteristics and mechanical properties of natural rubber[J]. Polymers for Advanced Technologies, 2004, 15(12): 708-715.

## Analysis of Morphological Structure and EDS Energy Spectrum of Natural Grass Fiber for Caps

ZHAN Xiao-fang<sup>1a</sup>, YING Wei-wei<sup>1a</sup>, SUN Xi-chao<sup>1a</sup>, ZHU Cheng-yan<sup>1a,b</sup>, YANG Pei-lin<sup>2</sup>

(1. Zhejiang Sci-Tech University, a. School of Materials and Textiles; b. Key Laboratory of Advanced Textile Materials and Manufacturing Technology, Ministry of Education, Hangzhou 310018, China; 2. Ningbo Qiaqia Textile Crafts Co., Ltd., Ningbo 315300, China)

**Abstract:** Surface morphology and cross-section structure of 5 types of grass fibers for caps (mat grass, harness wire grass, yellow grass, salt grass and cattail grass) were observed with SEM. It is found that there are large quantities of pores and grooves on the surface of fibers used to make caps. The length of those pores ranges from 20 to 73  $\mu\text{m}$ , while the width ranges from 8 to 33  $\mu\text{m}$ . The ratio of length to width is 2 to 3. There is large space on the cross-section, and the sequence of fiber space is as follows: harness wire grass, cattail grass, yellow grass, mat grass and salt grass. EDS energy spectrum analysis is conducted for the micro-area on the surface. The results show all those fibers contain C, O, Al, and the content of C and O is above 96.99%. Other elements such as Si, Na, Mg, Cl and P belong to microelements. So those fibers are cellulose fibers and belong to cellulosic fiber.

**Key words:** grass fiber; morphological structure; pore; EDS

(责任编辑: 许惠儿)