

# 10 种动物毛纤维的主要鉴别方法研究

李 菁<sup>1</sup>, 吴子婴<sup>1</sup>, 张阳阳<sup>1</sup>, 胡新波<sup>2</sup>, 卞庆松<sup>2</sup>

(1. 浙江理工大学材料与纺织学院, 杭州 310018; 2. 杭州市动物园, 杭州 310008)

**摘 要:** 使用光学显微镜、扫描电子显微镜(SEM)、傅里叶变换红外光谱(FT-IR)对细羊毛、牦牛绒等 10 种动物毛纤维进行的检测分析。结果表明, 10 种动物毛纤维的横截面形态、大小、有髓纤维的髓腔大小都有较大的差别, 并可以按照样本所属种类进行初步分类; 纵向的鳞片形态各有特征; FI-IR 的图谱有一定差异, 主要表现在酰胺Ⅲ带的形态以及酰胺Ⅱ带与酰胺Ⅰ带的峰高比值。文章运用多种形式的测试手段提高动物毛纤维鉴别的准确性, 为动物毛纤维的鉴别提供了一个参考依据。

**关键词:** 毛纤维; 羊绒; 牦牛绒; 动物毛; 纤维鉴别

**中图分类号:** TS102.3

**文献标志码:** A

## 0 引 言

毛纤维是哺乳动物所特有的, 毛纤维是细而长的实心圆柱体。毛的最外层均为无核角化透明的扁平细胞有规律地排列构成, 称为鳞片层。构成该层的鳞片状细胞, 由于各种动物亲缘关系的异同出现形态和排列的差异。但是毛纤维鳞片形态和排列相对复杂, 同种动物不同个体、同个个体不同部位、同根毛纤维的毛尖到毛根的鳞片都有一定异同。

可用于纺织用的天然动物毛种类很多, 主要有绵羊毛、山羊绒、马海毛、骆驼绒、牦牛毛等。毛纤维是纺织工业的重要原料, 它有许多优良的特性, 如弹性好、吸湿性好、保暖性好、不易沾污、光泽柔和等<sup>[1]</sup>。毛纤维应用的历史可以追溯到原始社会, 但那时只是将狩猎到的动物毛直接或经过简单的加工, 用于防寒遮体。随着经验的不断积累, 人类逐渐学会将取下的毛皮进行简单的纺织。其中, 我国先秦史料中有较多的记载。例如, 在《周礼·天官·掌皮》中就提到“共其毳为毡”。

多年来, 对动物毛纤维的分析和鉴别有了许多的研究成果, 但是大都采用了单一的分析测试手段。

如王宏博等在 2008 年的研究, 通过光学显微镜对毛纤维的横截面及纵向观察, 对鉴别裘皮动物纤维具有可行性<sup>[2]</sup>; 早在 1920 年美国的 Hausman 等报道了兽类动物皮毛的结构特点, 首次指出毛的形态结构的种间差异性及分类学意义, 现在已有很多研究者对动物毛的扫描电镜进行分析研究; 郭海涛等<sup>[3]</sup> 2011 年的研究表明, 红外光谱是野生动物毛发分析和检测的一种有效手段。

鉴于每种测试方法都存在一定的局限性, 本文采取多种实验方法对多种动物毛纤维进行检测。对实验结果进行综合评判, 探讨鉴别动物物种的方法。

## 1 材料和方法

### 1.1 仪器设备

CQ50 超声波清洗器(上海超声波仪器厂); Nicolet 5700 型 FTIR 傅里叶红外光谱仪(美国 Nicolet 公司); TM3000 型扫描电子显微镜(日立公司); ZEISS 偏光显微镜 Axio Scope A1(蔡司公司)。

### 1.2 样本采集及处理

细羊毛、牦牛绒由广东溢达纺织有限公司提供;

收稿日期: 2013-07-03

基金项目: 国家科技部国家科技支撑计划项目(2013BAH58F01)

作者简介: 李 菁(1989-), 女, 新疆乌鲁木齐人, 硕士研究生, 主要从事纺织品保护技术及应用方向的研究。

通信作者: 吴子婴, E-mail: hzwzy2004@sina.com

骆驼、羊驼、狐狸、金猫、东北虎、狼、白虎、金钱豹毛纤维由杭州动物园提供。

动物在饲养过程中,毛发上会附着皮脂腺分泌物、杂草、灰尘等污染物,故对8种从动物园取回的样品,进行了消毒和脱脂处理。具体方法如下:将样品分别放入100 mL 75%乙醇的烧杯中浸泡5 min,再放入超声波清洗器中处理10 min,取出样品自然晾干,即完成消毒。将消毒后的样品放入装有100 mL 乙醇:乙醚比例为1:1的烧杯中,用超声波清洗仪处理10 min,完成脱脂处理。最后将样品浸没在无水乙醇中,放入超声波清洗器中处理2 min,取出自然干燥3 h。

### 1.3 样本测试

毛纤维在动物皮肤上是成簇生长的,在一小簇纤维中有一根直径比较大、毛囊比较深的叫做导向毛,围绕着导向毛生长的比较细的几根或几十根纤维,叫做簇生毛<sup>[4]</sup>。在动物园取回的8种样品中可以明显观察到导向毛和簇生毛的区分。由于样品量较少,其中的导向毛更为稀少,故本文中只选用较细的簇生毛作为实验样品。

#### 1.3.1 利用光学显微镜观察毛纤维的横截面及毛髓

用手把纤维排成一束,并尽量拉直,选取中段位置包埋在哈氏切片器中,选用黏胶纤维包裹样品制作切片。通过横截面的观察得知,除细羊毛和牦牛绒以外,其余8种样品均有髓腔存在。将有髓腔的纤维纵向放在载玻片上,在显微镜下观察到毛干中部的髓腔粗细比较均匀,故选取样品中部进行比较。

#### 1.3.2 利用扫描电子显微镜观察毛纤维鳞片

将纤维贴在金属板上,利用离子溅射仪对样品镀金后,在日立TM3000型扫描电子显微镜下观察样品表面鳞片并拍照。

#### 1.3.3 红外光谱对毛纤维的测试

将毛纤维直接放在锗晶体上,用OMNIC采样器固定压紧样品测其红外光谱,扫描波数范围400~4 000  $\text{cm}^{-1}$ ,扫描次数为64次,获得红外光谱图。

## 2 结果与讨论

### 2.1 毛纤维的横截面形态结构

图1为500倍下各种毛纤维的横截面光学显微镜图。

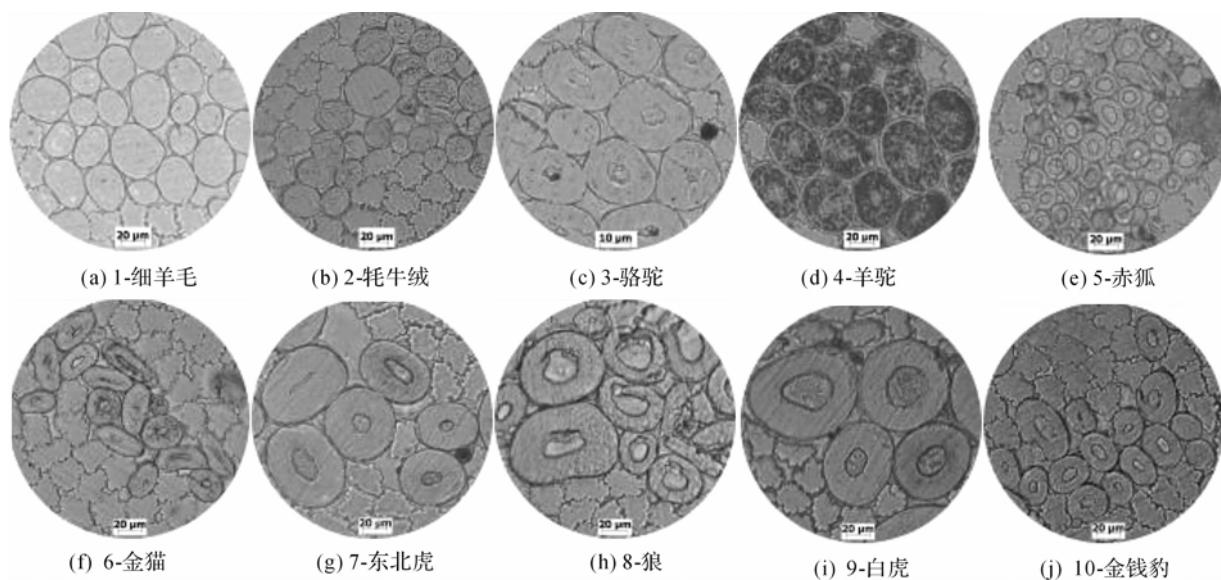


图1 毛纤维的横截面光学显微镜图(500×)

通过对图1的观察,可以看出毛纤维的横截面有较大差异。1-细羊毛与2-牦牛绒为实心纤维,不存在毛髓,其余8种样品都有髓腔,且5-赤狐、8-狼和9-白虎的髓腔占样品横截面的比例较大。2-牦牛绒、4-羊驼、6-金猫和7-东北虎的横截面出现部分深色点,据相关文献记载<sup>[3]</sup>,黑点为不规则形状的色素分散沉积,4-羊驼为黑色样品,故横截面出现大量黑点,其余7种样品的横截面平整光洁。10种样品的横截面均为圆形或为接近圆的椭圆形,其中6-金猫

为狭长的椭圆截面。

由表1可以更加直观地看出10种样品的横截面的差异性。可以根据样本所属的动物种类将横截面形态初步分类。(1)同为洞角科的1-细羊毛与2-牦牛绒的横截面形态相似,都为圆形或椭圆形无髓截面,但1-细羊毛的横截面面积较大。(2)同属骆驼科的3-骆驼、4-羊驼横截面相似,都为圆形或椭圆形有髓截面,皮质层较厚,髓腔占横截面的比例在5%~6%之间。(3)同属犬科的5-赤狐和8-狼的横

截面都为髓腔大皮质层较薄,髓腔占横截面的比例在15%~20%之间。(4)其余的4种样品同属猫科,为圆形或椭圆形横截面,除6-金猫以外,其余3

种样品髓腔占横截面的比例远大于骆驼科样品,约为9%~13%,但6-金猫的横截面为较扁平的椭圆,即椭圆的离心率较大。

表1 毛纤维的横截面分析

样品编号	分布范围/ $\mu\text{m}^2$	横截面面积		髓/毛面积比	
		平均值/ $\mu\text{m}^2$	变异系数/%	平均值/%	变异系数/%
1 羊毛	244.62~1052.71	544.33	38.88	—	—
2 牦牛绒	121.00~950.35	331.88	53.85	—	—
3 骆驼	807.27~2766.97	1651.12	51.92	6.63	37.59
4 羊驼	163.34~415.75	952.10	24.31	4.95	31.80
5 赤狐	74.51~534.47	240.34	44.98	20.93	32.60
6 金猫	258.12~594.17	432.03	20.90	5.74	59.27
7 东北虎	628.34~1261.59	1817.71	48.42	9.11	55.09
8 狼	448.07~3070.72	1385.08	53.66	16.45	40.72
9 白虎	615.55~5698.56	2491.36	58.835	13.22	35.06
10 金钱豹	290.77~996.15	497.49	35.16	10.51	41.54

2.2 毛纤维的髓腔形态结构

由于1-细羊毛和2-牦牛绒无髓腔,故对其他8

种纤维进行500倍下的纵向光学显微镜观察,结果见图2。

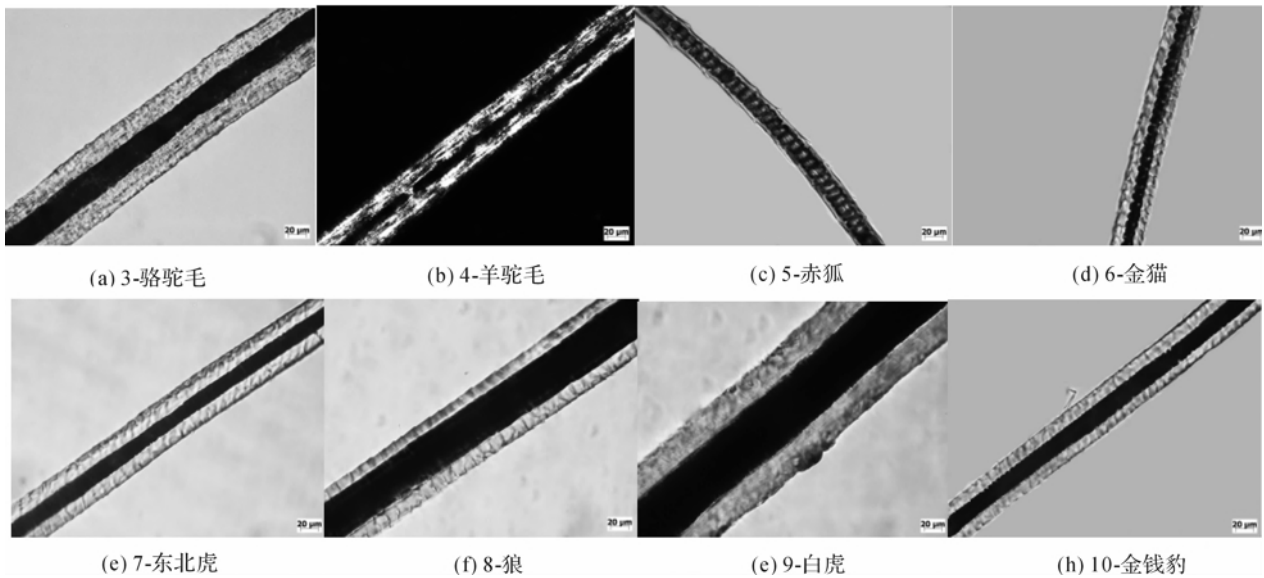


图2 毛纤维的纵向光学显微镜图(500×)

由图2得出毛髓样品的髓腔均成连续状,偶有出现粗细不均匀,断断续续的现象。其中样品5-赤狐、6-金猫的髓腔特殊,呈算盘珠形单列排列,其余6种样品的髓腔都为单排直条状排列。

2.3 毛纤维的纵向鳞片结构

图3为2000倍下毛纤维的扫描电镜图。

有相关文献表明<sup>[5]</sup>,同一个样本的取毛位置不同会导致样品的鳞片结构和排列不同,即一个个体身上有多种鳞片形态的毛。并且同一根毛的毛尖到毛尾的鳞片形态也会有差异。本文所测试的样品取样部位随机且样本量较少,为避免或减少各种外因

的干扰和影响,客观、真实地反应样品的差异性,分析检测用的样品尽量作了统一选取。即选取细毛的中段位置。

从毛纤维的扫描电镜照片(图3)可见,鳞片的形态、薄厚、排列情况都有较大的差别。1-细羊毛鳞片呈典型环状,2-牦牛绒鳞片呈不规则环状,3-骆驼毛鳞片呈瓦片状,4-羊驼毛和9-东北虎鳞片呈杂波型镶嵌状,5-赤狐细毛鳞片为斜条状,6-金猫鳞片为顶端尖锐的斜条状,7-东北虎为较扁平的环状,8-狼和10-金钱豹鳞片为含斜条状的瓦片型。

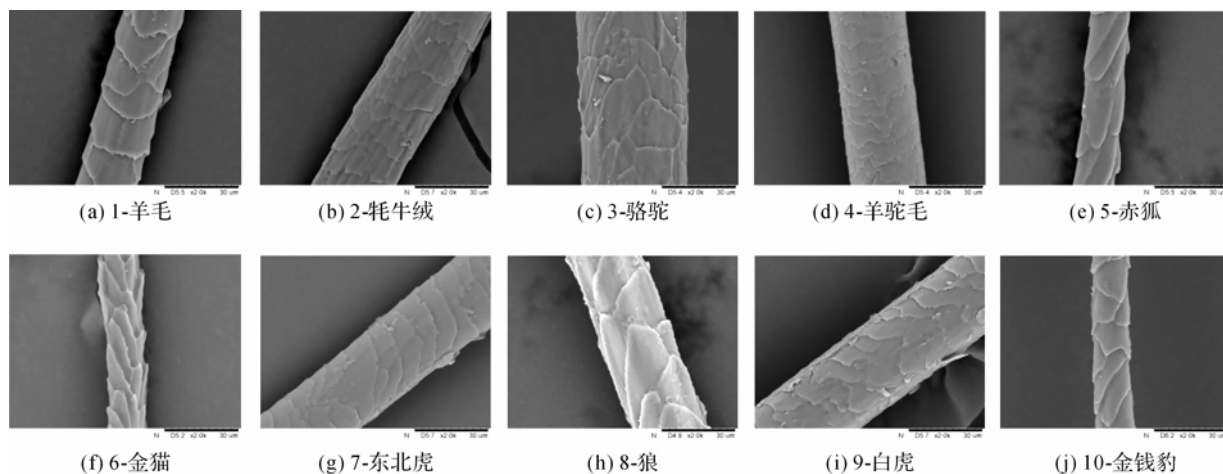
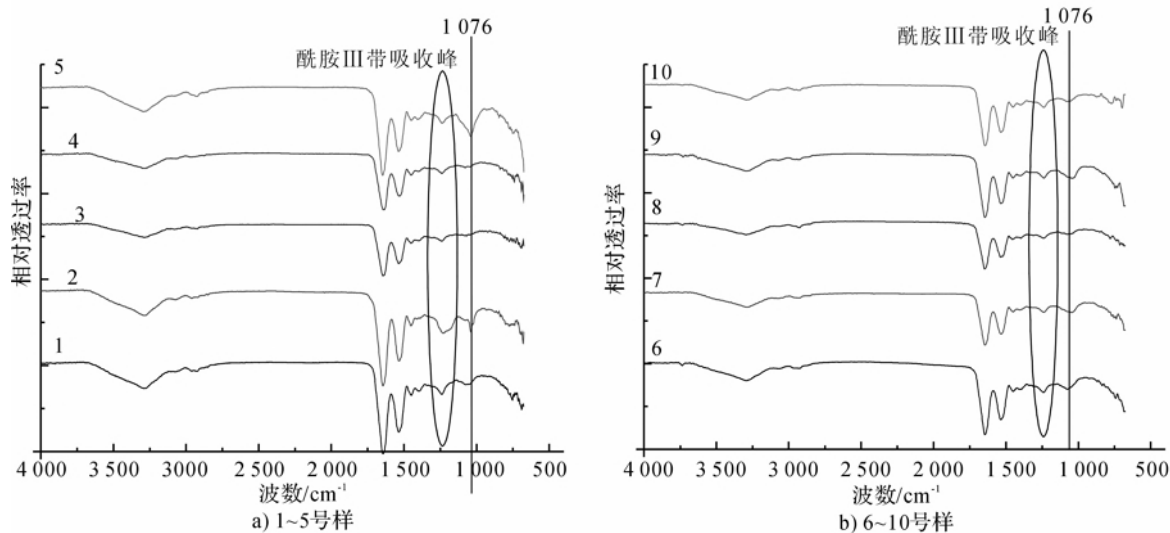


图 3 毛纤维的扫描电镜图(2 000×)

#### 2.4 毛纤维的 FT-IR 图谱

图 4 为毛纤维的红外图谱。由图 4 可以看出,5 种样品的红外图谱在  $400\sim 1\,800\text{ cm}^{-1}$  范围存在一定差异。 $1\,076\text{ cm}^{-1}$  附近出现一个吸收峰,为  $\text{C}=\text{S}$

伸缩振动峰,其中样品 2、5、6、7、9 的峰强较强,其余 5 个样品在此处峰强较弱。在  $1\,232\text{ cm}^{-1}$  处有  $\text{C}-\text{N}$  伸缩振动峰(酰胺 III 带),2-牦牛绒的峰底较宽,其余样品在此处的峰都为小而尖锐的。



1-细羊毛,2-牦牛绒,3-骆驼,4-羊驼,5-赤狐,6-金猫,7-东北虎,8-狼,9-白虎,10-金钱豹

图 4 毛纤维的红外光谱

选取  $1\,700\sim 2\,700\text{ cm}^{-1}$  范围内较平直的图谱作为基线,测量出  $1\,689.0\text{ cm}^{-1}$  (酰胺 I 带)、 $1\,531.5\text{ cm}^{-1}$  (酰胺 II 带) 的峰高,求两者的峰高比值得到图 5。可以观察到,样品 2 的峰高比值小于 70%,约为 68%;样品 5、7 的峰高比值在 70%~75%之间,约为 72%;样品 1、3、4、8 的峰高比值较为接近,在 75%~76%之间;样品 9、10 的峰高约为 78%;样品 5 的峰高比值最大,约为 80%。

### 3 结 论

毛的生长是连续不断的过程,这造成毛纤维形态的复杂多样性。但仍可以应用多种测试手段进行

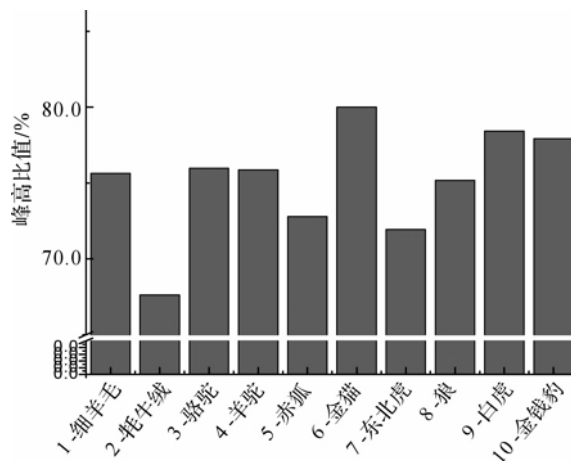


图 5 红外光谱中酰胺 II 带与酰胺 I 带的峰高比值

综合鉴别分析。实验结果表明:

a) 各种样品的横截面在形状、大小、有无髓腔以及髓腔与横截面面积比值四个方面有较大的差异,可以作为判断动物毛所属种类的初步判断依据。

b) 对其中8种有髓样品进行了髓质层的观察。5-赤狐和6-金猫的髓质层为算盘珠型连续分布,其余8种样品的髓质层都为窄条状连续分布。10个样品的髓腔均有断断续续、不均匀的情况出现。

c) 采用扫描电镜下对各种样品的纵向鳞片进行了观察,发现样品的鳞片形状及排列方式有较大差异。

d) 样品所得的红外图谱存在一定差异。在 $1\,232\text{ cm}^{-1}$ 左右(酰胺Ⅲ带)、 $1\,076\text{ cm}^{-1}$ 左右( $\text{C}=\text{S}$ 伸缩振动峰),不同样品的峰值以及峰面积存在差异。不同样品的酰胺Ⅱ带与酰胺Ⅰ带的峰高比值有较大不同。

#### 参考文献:

[1] 于伟东. 纺织材料学[M]. 北京: 纺织工业出版社, 2006: 19-21.

[2] 王宏博, 高雅琴. 应用光学显微镜鉴别裘皮毛纤维可行性研究[J]. 特产研究, 2008(2): 17-21.

[3] 郭海涛, 薛晓明, 侯森林. 红外光谱分析在野生动物毛发鉴定中的应用[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(6): 495-497.

[4] 陕西工业大学纺织材料教研室. 毛纤维材料学[M]. 北京: 纺织工业出版社, 1960: 11-40.

[5] 张伟. 鸟羽毛的鳞片类型与哺乳动物识别的关系[J]. 东北林业大学学报, 1994, 22(3): 121-123.

[6] 郭祥, 王柏华, 胡志宇, 等. 特种动物绒毛有髓纤维比例研究[J]. 毛纺科技, 2011, 39(12): 49-51.

[7] 金崑, 张启渊. 几种猫科动物毛的显微形态学特征及比较鉴别[J]. 动物分类学报, 2003, 28(3): 397-401.

[8] 林建新. 犬科动物针毛就够的扫描电镜观察[J]. 四川动物, 2010, (29)3: 422-423.

[9] 日沙来提·吐尔地, 古力巴哈尔·吾斯曼, 艾斯卡尔·买买提, 等. 新疆部分野生哺乳动物被毛的扫描电镜分析[J]. 电子显微学报, 2011, 30(3): 280-284.

[10] 郭海涛, 薛晓明, 侯森林. 豺和果子狸毛发的傅立叶变换红外光谱特征对比研究[J]. 湖北农业科学, 2012, 51(6): 1248-1250.

## Study on Methods to Identify 10 Animal Fibers

LI Jing<sup>1</sup>, WU Zi-ying<sup>1</sup>, ZHANG Yang-yang<sup>1</sup>, HU Xin-bo<sup>2</sup>, BIAN Qing-song<sup>2</sup>

(1. School of Materials and Textiles, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China; 2. Hangzhou Zoo, Hangzhou 310008, China)

**Abstract:** Optical microscope, scanning electron microscope and FT-IR are used to test and analyze 10 animal hair fibers including fine wool and yak hair. The results show that there are large differences in cross-sectional shape, size and medulla space size of the fiber with marrow of 10 samples. The samples can be preliminarily classified according to animals' genera. Longitudinal scale shapes has different characteristics. There are also certain differences in FI-IR spectrum, such as the shape of the Amide III and the peak height ratio of Amide II and Amide I. This paper applies various testing methods to improve the accuracy of distinguishing animal fibers and provides reference for identifying animal fibers.

**Key words:** animal hair fiber; wools; yak hair; fibers test

(责任编辑: 许惠儿)