

# 大豆蛋白纤维的热学性能

杨庆斌<sup>1,2</sup>, 于伟东<sup>1</sup>

(1. 东华大学 纺织学院, 上海 200051; 2. 青岛大学 纺织服装学院, 山东 青岛 266071)

**摘 要** 采用热重分析 TG 和 DSC 分析了大豆蛋白纤维的热学特征, 得出大豆纤维的玻璃化温度和分解温度。同时采用各种仪器测试并简要分析了大豆蛋白纤维的耐热性、热收缩率以及极限氧指数, 并与羊毛纤维进行了对比。

**关键词** 大豆蛋白纤维; 热学性能; 热分析

中图分类号: TS 102.512

文献标识码: A

文章编号: 0253-9721(2005)02-0053-03

## Thermal property of soybean protein fibers

YANG Qing-bin<sup>1,2</sup>, YU Wei-dong<sup>1</sup>

(1. College of Textile, Donghua University, Shanghai 200051, China;

2. College of Textiles and Clothing, Qingdao University, Qingdao, Shandong 266071, China)

**Abstract** The thermal property of the soybean protein fibers was analyzed by TG and DSC. The glass transition temperature and decomposition temperature are obtained. The heat resistance, heat shrinkage and limit oxygen index of the soybean protein fibers are discussed and compared with that of the wool.

**Key words** soybean protein fibers; thermal property; thermal analysis

热学性能是纺织纤维的一项重要性质, 纺织品后加工和服用性能与纤维的热学性能密切相关, 纺织纤维的热学性能包括的范围很广, 例如纤维的热力学状态、导热性质、燃烧性质、热分析技术、热收缩率等。纤维的热学性能与纤维的结构和性状以及分子的热运动状态有关, 是温度的函数<sup>[1]</sup>。大豆蛋白纤维作为一种新型纤维材料, 不仅具有单丝细度细、密度低、强度高、耐酸耐碱性好、光泽好等特点, 还具有羊绒般手感、蚕丝般光泽、棉的吸湿导湿性、羊毛的保暖性等优良服用性能, 得到了广泛的应用。但在使用中发现大豆蛋白纤维耐热性差, 为此对大豆蛋白纤维在其加工和使用温度范围内的力学性能及其耐热性、燃烧性进行了研究, 以确定加工的可行性和使用的温度范围。

## 1 试样准备及试验仪器

### 1.1 试样准备

试样为 1.67 dtex × 38 mm 大豆蛋白纤维和羊毛纤维。

### 1.2 仪器及试样条件

1.2.1 热重分析 仪器使用 Penkin Elmer 热分析仪, 升温速度为 10 °C/min, N<sub>2</sub>。

1.2.2 DSC 分析 Penkin Elmer DSC 分析仪, 由 40 °C 升温至 250 °C, 升温速度为 20 °C/min, 保温 1 min, 再降温。

1.2.3 耐热性 YG003N 型电子强力仪, 100 mg 张力夹, 夹头距离 10 mm, 拉伸速度 6 mm/min, 温度 20 °C, 相对湿度 65%, 试样根数为 60 根, Y802A 型八篮烘箱。

1.2.4 热收缩性 用 YG365 型单纤维热收缩测试仪进行测试。

1.2.5 阻燃性 用氧指数法在 HG-2 型氧指数仪上进行测试。

## 2 试验结果及分析

### 2.1 热重分析

图 1、2 分别表示大豆蛋白纤维和羊毛纤维的热失重曲线。

由图 1、2 看出, 大豆蛋白纤维的主失重温度为 330 °C, 而羊毛纤维的主失重温度为 348 °C, 因此大豆蛋白纤维的分解起始温度低于羊毛纤维, 其耐热性能比羊毛差<sup>[2-4]</sup>。

### 2.2 DSC 分析

图 3、4 分别为大豆蛋白纤维和羊毛纤维的 DSC

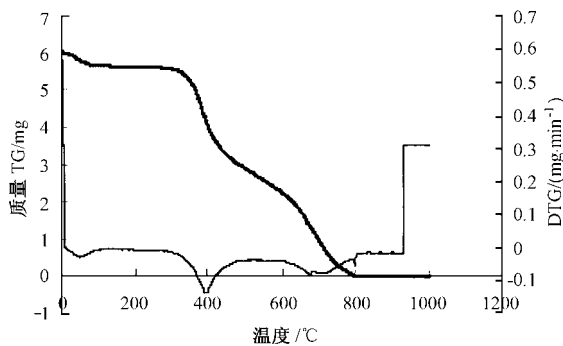


图 1 大豆蛋白纤维 TG 与 DTG 曲线

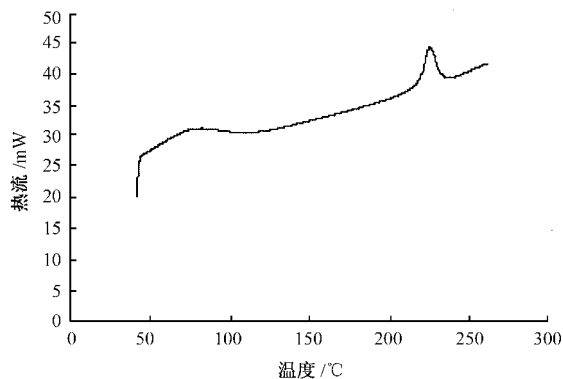


图 3 大豆蛋白纤维 DSC 曲线

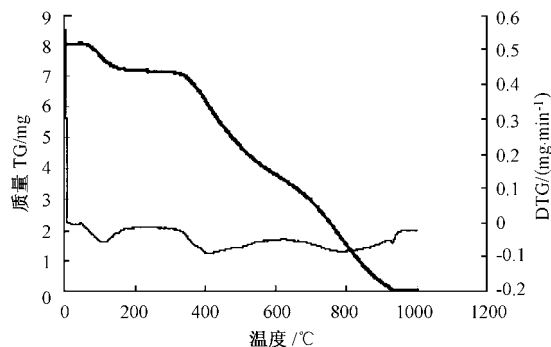


图 2 羊毛纤维 TG 与 DTG 曲线

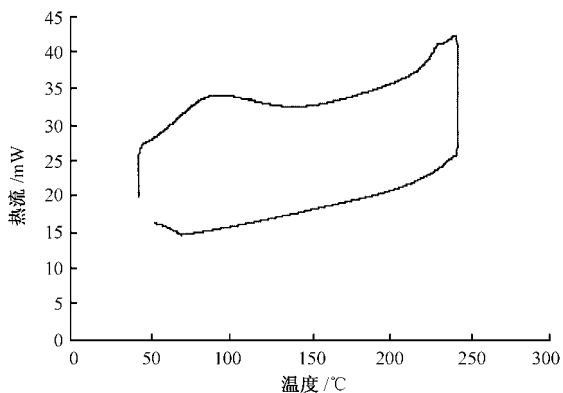


图 4 羊毛纤维 DSC 曲线

曲线。由图 3 看出,大豆蛋白纤维的玻璃化温度为 81 °C 左右,羊毛纤维的玻璃化温度为 91.8 °C<sup>[5,6]</sup>,大豆纤维的玻璃化温度低于羊毛纤维的玻璃化温度。

2.3 大豆蛋白纤维的耐热性能

表 1 为大豆蛋白纤维和羊毛纤维在 90、110、

150 °C 时的强伸性能随时间的变化情况。图 5、6 表示大豆蛋白纤维在处理时间为 30 s,强度和伸长率随处理温度的变化情况。

表 1 热处理后的强伸度变化

受热时间 / min	强度/(cN·dtex <sup>-1</sup> )						断裂伸长/ %					
	大豆蛋白纤维			羊毛纤维			大豆蛋白纤维			羊毛纤维		
	90 °C	110 °C	150 °C	90 °C	110 °C	150 °C	90 °C	110 °C	150 °C	90 °C	110 °C	150 °C
0	4.7	4.7	4.7	1.91	1.91	1.91	20.8	20.8	20.8	38.4	38.4	38.4
0.5	4.59	4.54	4.51	1.59	1.67	1.58	24.4	22.1	19.2	33	36.4	35.7
1	4.01	4.53	4.39	1.53	1.49	1.87	19.1	18.3	18.9	32.8	36.4	35.2
5	3.98	4.36	4.22	1.68	1.74	1.71	18.7	18.7	18.7	36	37.1	36.2
10	4.36	4.07	4.14	1.61	1.67	1.59	18.6	18	19.2	35.4	37.8	33.8
20	4.32	3.89	3.96	1.76	1.41	1.32	17.4	18.6	18.3	36.9	35.9	35.8
30	4.21	3.5	3.2	1.67	1.52	1.54	19	19.1	18.5	34.5	36.2	36.4

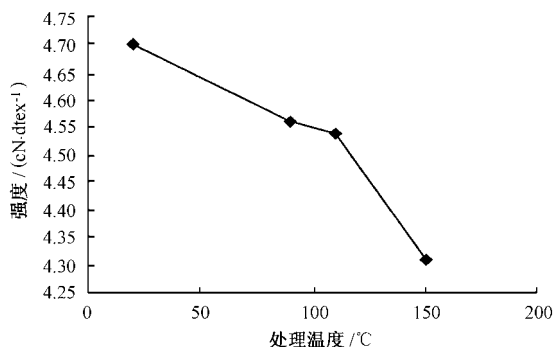


图 5 大豆蛋白纤维强度随热处理温度的变化

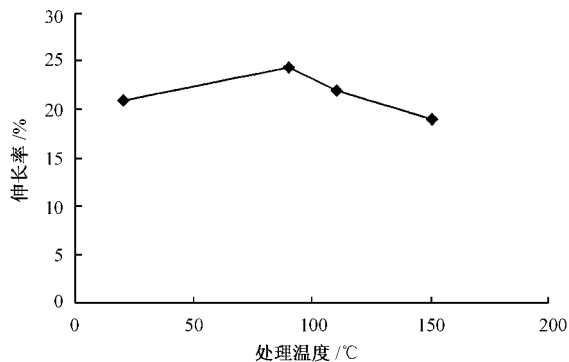


图 6 大豆蛋白纤维的伸长率随热处理温度的变化

由表 1 可以看出,大豆蛋白纤维在 90 ℃ 30 min 时的断裂强度和断裂伸长分别为原始值的 89.57% 和 91.34%,在 110 ℃ 30 min 时的断裂强度和断裂伸长分别为原始值的 74.4% 和 91.82%,在 150 ℃、30 min 时的断裂强度和断裂伸长分别为原始值的 68% 和 92.5%,在常规纺织品加工和正常使用中,服装面料可能遇到的最高温度为 180 ℃ 30 s 左右,因此在后加工中应控制好大豆蛋白纤维的处理温度和时间,减小对大豆蛋白纤维的损伤。

由图 5.6 可以看出,在热处理温度超过 110 ℃,大豆蛋白纤维的强度和断裂伸长率显著下降,故大豆蛋白纤维在后加工中处理温度最好低于 110 ℃。

#### 2.4 大豆蛋白纤维的热收缩性

表 2 为大豆蛋白纤维和羊毛纤维在沸水和干热空气中的热收缩率。由表 2 可以看出大豆蛋白纤维在沸水和干热空气中的热收缩率均大于羊毛纤维,说明大豆蛋白纤维的湿热尺寸稳定性比较差。

表 2 大豆蛋白纤维与羊毛热收缩率 %

纤维品种	沸水中	干热空气中
大豆蛋白纤维	2.36	2.3
羊毛	1.89	1.67

表 4 大豆蛋白纤维和几种常见纤维的燃烧特征比较

燃烧状态	大豆纤维	棉、麻	羊毛、蚕丝	涤纶纤维	维纶纤维
接近火焰	收缩熔融	不溶、不缩	收缩	收缩熔融	收缩熔融
在火焰中	熔融燃烧	迅速燃烧	逐渐燃烧	先熔后烧,有溶液滴下	燃烧
离开火焰后	继续燃烧	继续燃烧	不易燃烧	能燃烧	继续燃烧
残渣形态	松脆黑色硬块	少量灰白色灰	松脆黑灰	黑褐色硬球	松脆黑色硬块
气味	烧毛发气味	烧纸的味道	烧毛发气味	特殊芳香味	特殊的甜味

对大豆蛋白纤维进行燃烧实验时,接近酒精灯火焰,纤维收缩熔融。在火焰中,纤维熔融燃烧,在离开火焰后纤维可以继续燃烧,并且在燃烧时冒出大量黑烟,纤维燃烧时有毛发燃烧时发出的臭味,燃烧后剩余的灰烬为松脆黑色硬块,发出的臭味是蛋白质纤维燃烧时的共同特征,从这一点也可以证明纤维中含有蛋白质。大豆蛋白纤维的燃烧性能特征可以作为鉴别大豆蛋白纤维和其它纤维的一种方法依据。

### 3 结 论

大豆蛋白纤维的玻璃化温度为 81 ℃,分解温度为 330 ℃,热稳定性比羊毛差。大豆蛋白纤维在 150 ℃,30 min 时的断裂强度和断裂伸长分别为原始值的 68% 和 92.5%,后加工的处理温度应低于 110 ℃。大豆蛋白纤维的极限氧指数为 22%,低于羊

#### 2.5 大豆蛋白纤维的燃烧性能

纺织材料的可燃性一般采用极限氧指数来表示,极限氧指数是材料点燃后在氧-氮大气里维持燃烧所需要的最低含氧量的体积百分数。极限氧指数越大,维持燃烧所需的氧气浓度越高,说明材料难燃,极限氧指数小,说明易燃。在普通空气中,氧气的体积比例接近 20%,从理论上讲,纺织材料的极限氧指数只要超过 21%,在空气中就会自熄,纺织材料的极限氧指数需要在 27% 以上才能达到阻燃的要求。表 3 为大豆蛋白纤维、羊毛和蚕丝的极限氧指数。

表 3 3 种纤维的极限氧指数 %

大豆蛋白纤维	羊毛	蚕丝
22 ~ 23	24 ~ 26	23 ~ 24

由表 3 可以看出,大豆蛋白纤维的极限氧指数低于羊毛和蚕丝,说明它比羊毛和蚕丝易燃。在后整理加工中可进行阻燃整理加工,但由于大豆蛋白纤维本身耐湿热稳定性较差,故阻燃整理会加重其损伤。

表 4 为大豆蛋白纤维和几种常见纤维的燃烧特征对比。

毛和蚕丝。大豆蛋白纤维在干热空气和沸水中的热收缩率均高于羊毛纤维,说明其湿热尺寸稳定性差。

#### 参考文献:

- [ 1 ] 张建春. Lyocell 纤维的热学性能研究[ J ]. 纺织学报, 2000, 21 ( 6 ): 134 - 136 .
- [ 2 ] Xu W. Thermal analysis of ultrafine wool powder[ J ]. Journal of Applied Polymer Science, 2003, 87( 14 ): 2372 - 2376 .
- [ 3 ] Zhang H. Thermal properties of bombyx mori silk fibers[ J ]. Journal of Applied Polymer Science, 2002, 86( 8 ): 1817 - 1820 .
- [ 4 ] De Clerck K, Rahier H, Van Mele B, et al. Thermal properties relevant to the processing of PET fibers[ J ]. Journal of Applied Polymer Science, 2003: 89( 14 ): 3840 - 3849 .
- [ 5 ] Xiao C, Zhang Y, Wu S. Thermal behavior of polyarylate/ polyester blend fibers[ J ]. Textile Research Journal, 2002, 72( 5 ): 391 - 393 .
- [ 6 ] Zeng Yue-min. Temperature dependency of water vapor permeability of shape memory polyurethane[ J ]. Journal of Donghua University, 2002, 28( 3 ): 52 - 57 .