



# 牛奶蛋白纤维混纺针织物热湿舒适性能

徐先林<sup>1</sup>, 黄 故<sup>1</sup>, 齐利霞<sup>2</sup>

(1. 天津工业大学, 天津 300160; 2. 锦建贸易(上海)有限公司, 上海 200120)

**摘 要** 为研究牛奶蛋白纤维织物的服用性能, 采用以牛奶蛋白纤维、棉、coolmax 纤维为原料的 7 种不同混纺比的针织物为研究对象, 对织物的保暖性、透湿性、透气性、吸湿性等指标进行测试分析, 进而研究不同纤维含量织物的热湿舒适性能。利用灰色聚类分析评价系统, 分别对不同环境下针织物的热湿舒适性进行综合评价。研究结果显示: 含牛奶蛋白纤维的织物具有较好的保暖性及湿传导性; 在夏季环境中, 随牛奶蛋白纤维含量的增加, 混纺织物的热湿舒适性能越好; 冬季环境中, 牛奶蛋白纤维含量的变化对织物热湿舒适性能影响不显著。

**关键词** 牛奶蛋白纤维; 混纺针织物; 热湿舒适性; 灰色聚类分析

中图分类号: TS 102.51.2 文献标志码: A

## Thermal-moisture comfort of blended knitted fabrics with milk casein fibers

XU Xianlin<sup>1</sup>, HUANG Gu<sup>1</sup>, QI Lixia<sup>2</sup>

(1. Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300160, China;

2. Jinjian Trade (Shanghai) Co., Ltd., Shanghai 200120, China)

**Abstract** 7 kinds of blended knitted fabrics with different blending ratios of milk casein fiber, cotton and coolmax fibers were taken as research objectives with a view to investigating the wearability of milk casein fiber fabrics. The warm-retention property, water vapor permeability, air permeability, and hygroscopicity of the blended knitted fabrics were tested, and the thermal-moisture comfort of fabrics with different fiber contents was studied. By using the gray cluster analysis, the integrated evaluation of thermal-moisture comfort of the fabrics under different environmental conditions was conducted. The experimental results show that the fabrics containing milk casein fibers has better warm-retention and water vapor transmission properties. In summer, the thermal-moisture comfort of the blended fabric improves as the content of milk casein fibers increases. However, in winter, variation of the content of milk casein fibers has no significant effect on the fabric thermal-moisture comfort.

**Key words** milk casein fiber; blended knitted fabric; thermal-moisture comfort; gray cluster analysis

牛奶蛋白纤维是一种新型的再生动物蛋白质复合纤维, 其原料来源于牛奶。该纤维手感柔软、滑爽, 吸湿性较好, 有润肌养肤、抗菌消炎等功效, 但纤维抱合力差。本文只研究纤维基牛奶蛋白纤维, 其生产过程对环境友好, 是一种可持续发展的再生纤维, 我国牛奶资源丰富, 可以为生产提供源源不断的原料<sup>[1]</sup>。

国内对牛奶蛋白纤维的性能及其纺纱、织造、染色等方面已有初步研究, 但对其服用舒适性的研究很少。根据牛奶蛋白纤维的特性, 本文同时采用了

棉、coolmax(吸湿透气涤纶纤维)为原料, 编织 7 种混纺针织物, 在改善纺纱性能的同时, 研究热湿舒适性能的变化, 为实际生产提供参考。

## 1 实 验

### 1.1 实验材料

含牛奶蛋白纤维织物适合作内衣<sup>[2]</sup>, 本文采用相同的规格编织 7 种不同混纺比的双罗纹(棉毛组织)针织物为试样。牛奶蛋白纤维规格为 1.61 dtex

× 38 mm(蛋白含量 25.8%,嫩江华强蛋白纤维有限责任公司);棉纤维规格为 1.32 dtex × 29 mm; coolmax 纤维(台湾)规格为 1.37 dtex × 38 mm。

纺纱设备采用 Y015A 梳棉机(英国锡莱小样

机)、Y015B 并条机、FA401 粗纱机、Y015C 细纱机。

织物编织采用 SGE2401 棉毛机。试样的规格参数如表 1 所示。可以看出,试样从纱线到织物都具有相近的规格,故实验数据对性能评价具有可比性。

表 1 试样规格参数

Tab.1 Specification of sample

试样编号	纱线成分	混纺比	纱线线密度/Tex	横密/(纵行·(5 cm) <sup>-1</sup> )	纵密/(横列·(5 cm) <sup>-1</sup> )	厚度/mm	面密度/(g·m <sup>-2</sup> )
1#	牛奶蛋白纤维/棉/coolmax	80/10/10	18.2	59.8	70.2	1.04	202.37
2#	牛奶蛋白纤维/棉	80/20	18.2	61.6	70.0	1.03	202.41
3#	牛奶蛋白纤维/棉/coolmax	65/25/10	18.2	58.4	72.0	1.06	203.64
4#	牛奶蛋白纤维/棉	65/35	18.2	60.3	71.0	1.04	207.30
5#	牛奶蛋白纤维/棉/coolmax	50/40/10	18.2	60.3	68.8	1.04	207.09
6#	牛奶蛋白纤维/棉	50/50	18.2	61.7	69.3	1.09	204.38
7#	牛奶蛋白纤维/棉	20/80	18.2	61.2	69.6	1.11	203.69

## 1.2 实验方法

评价织物热湿舒适性的指标有很多,本文选择保暖性、透气性、透湿性、输水性、吸湿性、挥发性 6 个指标进行测试与分析。参照 GB/T 11048—1989,采用 ASTM 平板式保温测试仪测量保暖率<sup>[3]</sup>。参照 GB/T 5453—1997,采用 YG461-B 型织物中低压透气量仪测量透气量<sup>[4]</sup>。参照 ZBW 04019—1990,采用 XMTB 数显温控测量水浴锅等测量芯吸高度。参照

GB/T 12704—1991,采用透湿杯法测量透湿量<sup>[3]</sup>。参考 JISL109,测量吸湿速度常数。

在玻璃圆盘内加入 0.3 g 水,将试样裁成 11 cm 的圆形,测试面朝下贴于盘底,注意防止织物卷起。将玻璃盘、织物和水整体称量后,放在温度 34 ℃,湿度 30% 的环境中,12 min 后再称量,根据玻璃盘、织物和水整体质量的变化,计算干燥率。织物热湿舒适性参数的测试结果见表 2。

表 2 织物热湿舒适性参数

Tab.2 Parameters of fabric thermal-moisture comfortability

试样编号	保暖率/%	透气量/(L·m <sup>-2</sup> ·s <sup>-1</sup> )	透湿量/(g·m <sup>-2</sup> ·(24 h) <sup>-1</sup> )	芯吸高度/cm	吸湿速度常数/(cm·(30 min) <sup>-1</sup> )	干燥率/%
1#	20.82	810.16	1 487	14.96	0.085 6	73.57
2#	18.99	747.40	1 491	14.71	0.087 5	64.50
3#	20.22	720.87	1 498	14.57	0.088 2	63.91
4#	19.01	665.34	1 504	14.47	0.088 4	60.80
5#	19.51	632.60	1 516	14.35	0.097 3	58.96
6#	19.45	530.78	1 515	14.07	0.091 7	52.50
7#	19.79	480.20	1 620	9.83	0.116 0	47.76

## 2 实验结果与分析

### 2.1 织物的保暖性能

纤维的导热性能、织物的厚度、蓬松度是影响织物保暖性的主要因素。

由表 2 可以看出,随着棉纤维含量的增加,织物保暖性排序为 7# > 6# > 4# > 2#,说明棉纤维的保

暖性略好于牛奶蛋白纤维,但差别较小,即牛奶蛋白纤维的保暖性也较好。这是因为牛奶蛋白纤维截面为哑铃型,表面带有纵横沟槽,使其含气量大。另 1# 试样的保暖性好于 2#,3# 试样的保暖性好于 4#,即牛奶蛋白纤维含量相同的情况下,含 coolmax 纤维的织物其保暖性好于不含 coolmax 纤维的织物。这是由于 coolmax 纤维表面有更多的沟槽,使保暖性提高<sup>[5-6]</sup>。

## 2.2 织物的透气性能

由表2可以看出,试样的透气量随着混纺比的变化而改变,牛奶蛋白纤维含量越大,透气量也越大,1#试样的透气性最好。在牛奶蛋白纤维含量相同的情况下,含有coolmax纤维的织物比不含coolmax纤维的织物透气量高,这是由牛奶蛋白纤维和coolmax纤维表面结构引起的,棉纤维的透气性最差。

## 2.3 织物的透湿性能

由表2可以看出,透湿量随着牛奶蛋白纤维含量的减小而增大,1#试样最小,7#试样最大。由于棉纤维分子内含有大量的亲水性羟基,吸湿能力强,由于其天然转曲形成了有利于毛细传递的导湿槽,故含棉纤维多的织物透湿性较好。牛奶蛋白纤维和coolmax的亲水基相对棉纤维要少,透湿性不如棉纤维,因此,含牛奶蛋白纤维多的织物透湿量小。

## 2.4 织物的导湿性能

织物的导湿性即指液态水在织物中的传递性能,通常用芯吸高度来衡量。由表2可以看出,1#~6#试样的芯吸高度差异不大,但明显高于7#试样。织物的导湿性能主要取决于液体对纤维表面的润湿性能、织物的组织结构及表面特征,还与纤维的结构及吸湿性有关。液态水传输途径包含毛细传输、吸放湿传递和汽化水的空隙传输。牛奶蛋白纤维分子结构中含有较多的极性基团,纤维表面有沟槽,都有利于水分的吸收和传递。棉纤维结构分子中虽然也有大量的极性基团,棉纤维吸水后会发​​生溶胀作用,导致透水黏滞。coolmax纤维纵向的4道沟槽更有利于液态水的毛细传输,因此,牛奶蛋白纤维含量多且含有coolmax纤维的织物导湿性能好<sup>[7]</sup>。

## 2.5 织物的吸湿性能

由表2看出,随牛奶蛋白纤维含量的变化,水滴

在织物表面消失(扩散)的速度没有明显的变化,但吸湿速度常数均较大,说明牛奶蛋白纤维吸湿性较好。7#试样吸湿速度常数最大,说明牛奶蛋白纤维的吸湿性小于棉纤维。

## 2.6 织物的水分挥发性能

织物的水挥发性能通常用干燥率来衡量。干燥率与织物水分挥发剩余率相反,剩水率越小,挥发率越大,干燥性能越好。由表2可以看出,随着棉纤维含量的减少,牛奶蛋白纤维含量的增加,水分蒸发剩余率越少,干燥越快,即1#试样干燥率最大,7#试样最小。这是由于牛奶蛋白纤维、coolmax与棉纤维相比,放湿速度快,这与导湿性原因相似。

## 3 织物热湿舒适性能聚类判断分析

从实验结果看,不同织物其性能各有优劣,评判哪种织物在何种条件下的热湿舒适性能的优与劣并不直观,因此,采用灰色聚类判别法对上述7种织物的热湿舒适性进行综合评价。

由于人们所处的外界环境条件不同,对服装的舒适性要求也不同。本文分夏季和冬季对7种织物的热湿舒适性做出综合评价。

### 3.1 夏季环境下织物的热湿舒适性评价

在夏季,织物显汗时的透湿量、芯吸高度、干燥率、透气量和吸湿速度常数越大越好,而保暖率越小越好。考虑到聚类计算中,所有数据均须以正比关系计入,因此,以100/保暖率作为参数计入。将表2中的数据进行均值化处理,得到各项指标的均值化值,结果见表3。其中,100/保暖率、透湿量、透气量、吸湿速度常数、干燥率、平均芯吸高度分别记为 $N_1$ 、 $N_2$ 、 $N_3$ 、 $N_4$ 、 $N_5$ 、 $N_6$ 聚类指标。

表3 高温环境下各指标的均值化值

Tab.3 Treatment result of indexes in high temperature conditions

编号	$N_1$	$N_2$	$N_3$	$N_4$	$N_5$	$N_6$
1#	0.921	0.986	1.236	1.119	1.181	1.080
2#	1.010	0.989	1.140	0.935	1.070	1.062
3#	0.948	0.942	1.099	1.143	1.060	1.052
4#	1.097	0.998	1.015	0.945	1.008	1.044
5#	0.983	1.006	0.965	1.041	0.978	1.036
6#	1.069	1.006	0.809	0.981	0.871	1.016
7#	0.969	1.075	0.733	1.241	0.792	0.709

在定义白化权函数的基础上,计算聚类系数矩阵<sup>[8-10]</sup>,结果为

$$\sigma_i^k = \begin{pmatrix} k_1 & k_2 & k_3 \\ \underline{0.506} & 0.108 & \underline{0.254} \\ \underline{0.438} & \underline{0.385} & \underline{0.211} \\ 0.309 & \underline{0.562} & 0.329 \\ 0.290 & \underline{0.484} & 0.146 \\ 0.149 & \underline{0.743} & 0.111 \\ 0.217 & \underline{0.408} & 0.349 \\ \underline{0.332} & 0.072 & \underline{0.568} \end{pmatrix}$$

在矩阵中,第 1 列的数值表示热湿舒适性为好的综合值,第 2 列表示热湿舒适性为中等的综合值,第 3 列表示热湿舒适性为差的综合值。第 1 行的数值表示第 1 种试样的热湿舒适性综合评价,以此类推。式中列出各个样品的聚类系数值,最大值为下划线所示值。聚类原则是择取每个行向量中数值最大者,并以此对应的灰类为所属类,比如  $\sigma_1$  中  $\sigma_{11}$  最大,因此第 1 个品种属第 1 类,即性能好的一类。可以看出: 1#、2# 试样性能最好; 3#、4#、5#、6# 试样性能较好; 7# 试样性能较差。

以上结论说明,夏季牛奶蛋白纤维含量高的织物热湿舒适性较好,且其纤维含量越高,舒适性越好;从计算结果的也可以看出,加入 coolmax 纤维后,织物的舒适性能有所改善。

### 3.2 冬季环境下织物的热湿舒适性评价

在冬季,织物非显汗时的透气量越小越好,透湿量、芯吸高度、干燥率、保暖率和吸湿速度常数越大越好。考虑到聚类计算中,所有数据均须以正比计入,因此,100/透气量作为参量计入。因具体计算方法与前者相同,这里不再重复。计算结果为

$$\sigma_i^k = \begin{pmatrix} k_1 & k_2 & k_3 \\ 0.153 & \underline{0.493} & 0.134 \\ 0.239 & \underline{0.426} & 0.395 \\ 0.325 & \underline{0.442} & 0.234 \\ 0.112 & \underline{0.514} & 0.382 \\ 0.181 & \underline{0.619} & 0.043 \\ 0.228 & \underline{0.408} & 0.372 \\ \underline{0.571} & 0.072 & 0.314 \end{pmatrix}$$

可以看出: 7# 试样性能最好; 1#、2#、3#、4#、5#、6# 试样性能较好。

以上结论说明,冬季含牛奶蛋白纤维的织物,其热湿舒适性均较好,但含棉纤维较多的织物性能更好。

## 4 结 论

1)牛奶蛋白纤维与棉、coolmax 纤维混纺织物具有良好的保暖性,优良的湿传递性能。

2)在夏季环境下,随着牛奶蛋白纤维含量的增加,尤其是加入 coolmax 纤维后,织物具有良好的散热与透湿性,织物的热湿舒适性好,而棉纤维含量高的织物热湿舒适性较差。

3)在冬季环境下,牛奶蛋白纤维含量的增加,使得织物透气性增大,保暖性略有下降,致使织物的热湿舒适性有所降低,且劣于棉纤维含量高的织物,但仍处于较好状态,因此,含牛奶蛋白纤维的冬季内衣中,牛奶蛋白纤维的含量不宜过高。

**FZXB**

### 参考文献:

[ 1 ] 郑宇,程隆棣.牛奶蛋白纤维的特性、应用和定性检测[J].上海纺织科技,2006,34(6):56-57.  
ZHENG Yu, CHENG Longdi. The features application and qualitative test of milk protein fiber[J]. Shanghai Textile Science & Technology, 2006, 34(6): 56-57.

[ 2 ] 周详.牛奶蛋白纤维的服用性能研究[J].合成纤维,2007,36(6):32-34,43.  
ZHOU Xiang. Research on wear performance of milk fiber fabric[J]. Synthetic Fiber in China, 2007, 36(6): 32-34, 43.

[ 3 ] 周强. 织物湿舒适性的测试方法和综合评价[J]. 针织工业, 2006(4): 59-60.  
ZHOU Qiang. The test method and evaluation of fabric wet comfortability[J]. Knitting Industries, 2006(4): 59-60.

[ 4 ] 王宝静,龙海如. Supplex 纤维针织物舒适性研究[J]. 针织工业, 2008(2): 16-18.  
WANG Baojing, LONG Hairu. Research on comfortability of milk fiber fabric[J]. Knitting Industries, 2008(2): 16-18.

[ 5 ] 李东平,尹洪伟,赵艳霞.珍珠纤维针织物的热湿舒适性[J]. 纺织学报,2007, 28(11): 29-31.  
LI Dongping, YIN Hongwei, ZHAO Yanxia. Thermal wet comfort property of pearl fiber knitted fabric[J]. Journal of Textile Research, 2007, 28(11): 29-31.

[ 6 ] 范立红,尉霞,沈兰萍,等.再生竹纤维织物热湿舒适性能的分析[J].上海纺织科技,2007,35(6):56-58.  
FAN Lihong, WEI Xia, SHEN Lanping, et al. The analysis of the fabric thermo-comfortability made in regenerated bamboo fiber[J]. Shanghai Textile Science & Technology, 2007, 35(6): 56-58.

[ 7 ] 杨庆斌,王瑞,刘逸新.大豆蛋白复合纤维/涤纶针织物混纺比与舒适性的关系[J].纺织学报,2007,28(6): 52-54.

