

96, 22(4) 1-10

①

Ts 941.44

Ts 126

中国纺织大学学报  
JOURNAL OF CHINA TEXTILE UNIVERSITY第22卷第4期(1996)  
Vol. 22 No.4 (1996)

1996 \ 9 \ 19 \ 22 \ 天 \ 222 \ 204

# 细旦丙纶针织物湿舒适性研究

## —— 常规客观试验方法测试研究

李俊 张渭源 王云仪 陈稀 朱瑞意

(服装学院服装系)

(材料学院)

A

**摘要** 针对国内新近研制开发的细旦丙纶纤维, 本文依据服装舒适性理论, 运用常规客观测试方法, 对细旦丙纶针织物的液态水传递能力、液态水保持能力、透气性能、放湿干燥性能进行了探讨, 最后用灰色聚类判别分析法进行了综合评价。

**关键词:** 丙纶, 针织物, 湿传递, 舒适性, 客观试验

**中图分类号:** TS941.1

1-129

129字

### 0 前言

近来, 丙纶纤维以其独特的芯吸性能日益受到重视。目前世界丙纶产量已突破百万吨大关, 国内的生产能力也在7~8万t/a。中国纺织大学材料学院最近相继研制成功了单丝为1.67 dtex的丙纶丝和单丝小(等)于1 dtex的丙纶丝“蒙泰丝”, 在国内处于领先水平。在丙纶纤维的服用化推广研究中, 涉及到一个突出的问题: 如何充分发挥丙纶纤维良好的芯吸效应, 提高丙纶织物的舒适性。

对服装舒适性的研究国内外都方兴未艾。Rees<sup>[1]</sup>曾指出人与环境间的热传递结合水份运动之间的不易觉察的热传递, 是保持舒适的主要机理。人们目前对服装舒适性的研究, 也都集中于热和水汽通过服装的运动。研究方法分为客观试验和主观试验两大类, 客观试验包括一些常规方法, 如平板法、圆筒法等, 它们简单易行, 但仅反应面料特性; 客观试验还包括假人试验技术, 它可对服装整体热湿性能作出评价。主观试验指穿着试验, 最接近实际服用情况, 能反应客观试验中无法取得的人体生理、心理指标。现丙纶纤维多用于针织物, 开发新型运动服和内衣。其中, 汗液和湿气的顺利传递和转移是满足其功能性要求的基础。即良好的湿舒适性是开发丙纶针织物的前提。本研究针对中国纺织大学材料学院研制的细旦丙纶丝, 运用常规客观试验方法、假人试验技术、主观穿着试验三类方法对不同细度、不同组织结构、不同原料配伍的细旦丙纶针织物的湿舒适性进行系统和全面的研究, 探索用湿舒

收稿日期: 1995-07-06

适理论来指导丙纶针织物的内在功能设计, 总结设计性能优越、结构合理的丙纶针织物的一些规律, 以推动这种新型纤维的服用化。同时, 本研究还将对湿舒适评价的主客观方法之间的联系进行研究, 为评价和量化织物的湿传递性能推荐一套简便有效的客观常规测试方法。本文首先介绍客观常规测试研究的结果。

## 1 湿传递的基本理论与试样的设计

按照服装舒适性理论, 热传递有四种途径: 传导、对流、蒸发、辐射。当人体出现体热蓄积时, 通过蒸发散热就成为主要且十分有效的方式。湿传递包括湿汗和潜汗传递两种形式。服装的排湿过程如图 1, 并概括为表 1。

利用丙纶开发内衣, 运动服面料, 必须使织物结构内的水汽传输渠道畅通, 且能将水份迅速转移, 才能达到保持织物干燥、服用者感到舒适的目的。因此, 我们构建了针织物组织结构模型(图 2), 以中国纺织大学研制的丙纶纤维, 与不同的亲水性纤维复合设计成 10 种纬编针织物, 作为本研究的试样, 其结构参数等列于表 2。其中 8<sup>#</sup> 试样经树脂整理。

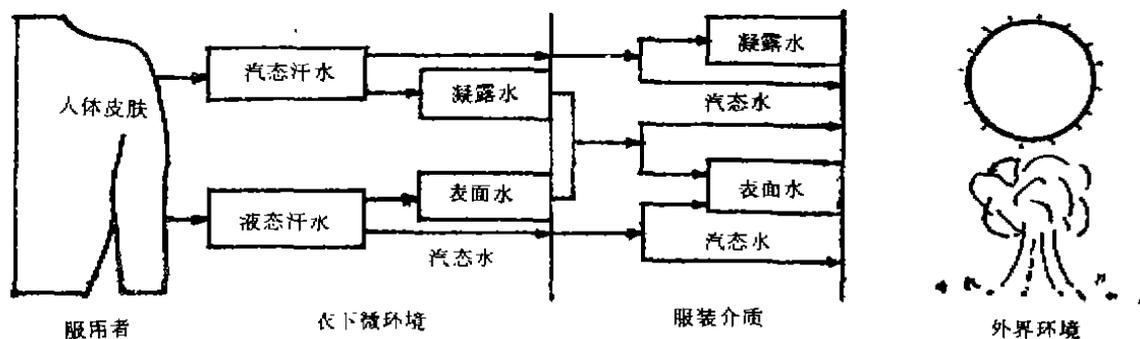


图 1 服装排湿过程

Fig.1 Diagram of water transmission process

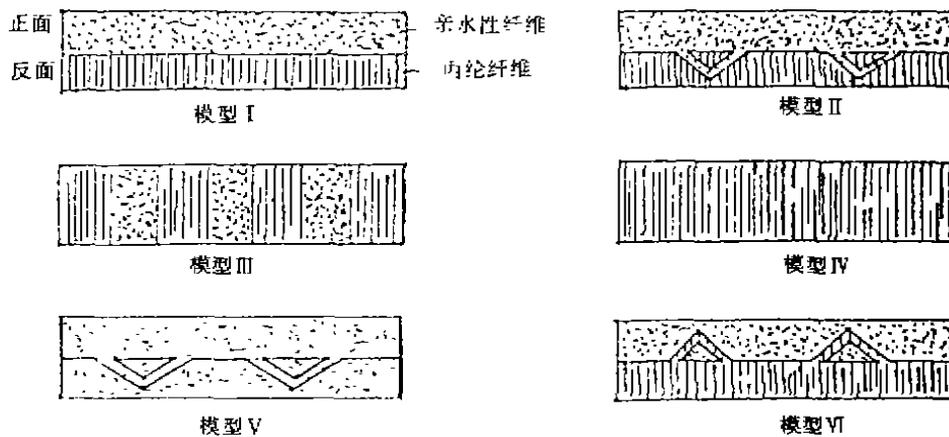


图 2 试样结构模型图

Fig 2 Diagram of the construction model of samples

表 1 湿传递途径

Table 1 The ways of water and vapor transfer

状态	传递机理	传递通道或途径
潜汗 (汽态水)	根据扩散理论渗透 纤维分子的吸、放湿	纤维、纱线间的空隙 纤维内部
显汗 (液态水)	芯吸效应 水迁移	纱线中 纤维表面

表 2 试样结构参数

Table 2 Construction parameters of samples

编号	试样名称	编织图	纱线细度
1#	双面棉盖丙织物		A: 棉 18.2tex B: 丙纶 16.7tex / 96f
2#	全珠地网眼棉盖丙织物		A: 棉 18.2tex B: 丙纶 16.7tex / 96f
3#	全珠地网眼纯棉织物	编织图同 2#	A, B: 棉 27.8 tex
4#	涤棉盖丙毛圈织物 (未拉毛圈)		A: 涤棉 65 / 35 B: 丙纶 16.7tex / 96f
5#	涤棉盖丙添纱织物		A: 涤棉 65 / 35 13.1tex B: 丙纶 8.3tex
6#	棉盖丙添纱织物	编织图同 5#	A: 棉 14.6 tex B: 丙纶 8.3 tex
7#	真丝盖丙双面织物		A: 真丝 9.3tex B: 丙纶 7.6tex / 70f
8#	棉盖丙添纱织物	编织图同 5#	A: 棉 7.3 tex B: 丙纶 9.4tex / 96f
9#	粘胶盖丙添纱织物	编织图同 5#	A: 粘胶 8.3tex B: 丙纶 6.4tex / 60f
10#	丙纶纬平织物		B: 丙纶 9.4tex / 96f

(续表)

编号	横密 纵行 / 5 cm	纵密 横行 / 5cm	线圈长度 (cm)	未充满系数		质量 (g / m <sup>2</sup> )	厚度 (mm)	结构 模型 类型
				正面 线圈	反面 线圈			
1#	77	82	1A: 0.1478 2A: 0.1935 3B: 0.1930	10.8	9.7	183.9	1.04	II
2#	57	90	1A: 0.2294 2B: 0.2029	14.5	10.2	158.4	0.66	III
3#	50	70	1A, 2B: 0.4863	24.9	24.9	230.5	1.03	V
4#	70	90	1A 0.3048 2B 0.2190	19.4	21.9	201.8	0.85	VI
5#	80	103	1A, 2B: 0.2500	9.1	9.1	189.4	0.60	I
6#	80	110	1A, 2B: 0.2167	7.7	7.7	185.2	0.62	I
7#	83	90	1A: 0.1360 2B: 0.2160	10.8	16.1	173.8	0.66	II
8#	80	100	1A, 2B: 0.2642	10.6	10.6	181.3	0.50	II
9#	70	87	1A, 2B: 0.3000	12.8	12.8	155.5	0.45	I
10#	63	90	B: 0.3158	21.0	21.0	144.4	0.64	IV

## 2 试样湿传递性能常规客观测试研究

由前述的透湿理论, 织物要具有良好的湿舒适性(传递液态水和汽态水)必须尽可能满足以下几个基本方面的要求:

- (1) 液态水尽可能芯吸或迁移;
- (2) 短时间有大量汗液聚集时, 为不使汗水流淌, 织物须有一定的保水能力;
- (3) 汗汽快速扩散转移;
- (4) 织物放湿干燥速度快。

对此, 本文提出四种相应的常规客观测试方法来进行定量分析。利用芯吸试验考察织物中液态水的传递能力; 利用保水性试验考察织物的液态水握持能力; 利用干燥剂法(透湿杯法)来测量织物对汗汽传递的湿阻; 利用织物干燥试验来测试其放湿干燥的能力。这些试验分别对织物湿传递某一方面的性能进行量化, 但结合起来综合考虑, 就能较全面评价织物的湿传递性能。

### 2.1 液态水传递性能研究

织物的液态水传递性能主要取决于液体对纤维表面的润湿性能和纤维中的空隙结构。本文采用垂直毛细高度测试法来研究织物的液态水传递性能<sup>(2)</sup>。试样长 20 cm, 宽 3cm, 试验环境温度(19.5±0.1)℃, 相对湿度为(67±3)%, 如图 3, 结果如图 4。

丙纶的毛细作用十分明显, 这在 10<sup>#</sup>纯丙纶纬平织物表现得尤为突出, 组织结构模型 I 和模型 III 构成的织物(2<sup>#</sup>、6<sup>#</sup>、5<sup>#</sup>、9<sup>#</sup>)较薄, 有利于毛细升高; 组织结构模型 II 构成的织物(7<sup>#</sup>)较紧密, 未充满系数小, 不利于液体传递。丙纶与粘胶配伍的 9<sup>#</sup>织物毛细升高明显, 因纱线均为长丝, 且丙纶单丝细度细, 有利于芯吸。织物后整理对毛细作用有影响, 如 8<sup>#</sup>织物。3<sup>#</sup>棉织物由于其未充满系数大, 织物疏松, 表现了较好的毛细效应。另外, 1<sup>#</sup>、4<sup>#</sup>、7<sup>#</sup>织物在试验中观察到织物正反面升高不同步现象, 升高的高度一定程度上决定

于与丙纶纤维配伍的纤维性能。总之，对于丙纶，纤维直径对毛细效应有影响，细度小可利于水份传递。纱线间纤维中的空隙对毛细作用同样有影响。丙纶是拒水的，但它能通过物理吸附运输毛细水，由于聚丙烯纤维拉伸时原纤化的结果，使纤维表面易出现缺陷(沟槽、凹坑)，这种不光滑的表面有利于毛细水的吸附和传递。因此，纤维种类与细度，纱线和织物结构与密度等都会影响液态水传递，它们之间的关系也较复杂，有待进一步研究。

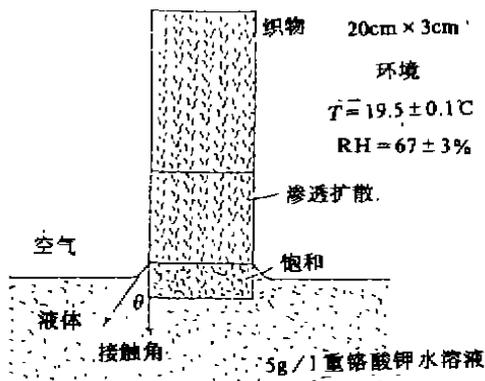


图3 毛细高度测试

Fig.3 Diagram of capillary height test

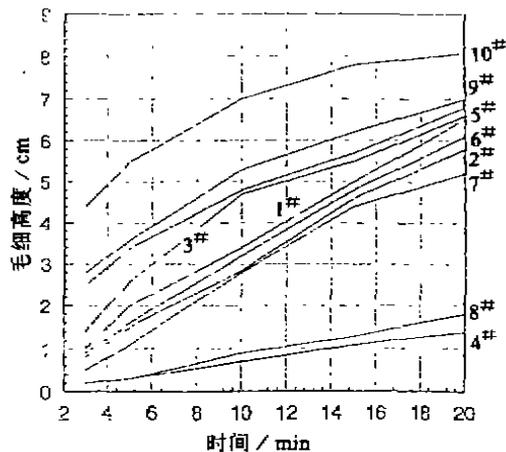


图4 毛细高度测试结果

Fig.4 The tesing result of capillary height

## 2.2 试样透湿汽性能研究

非显汗的传递，主要取决于织物透湿汽能力的大小。由表1知，汽态水通过服装的传递主要分两方面。但水蒸汽主要是通过织物中纱线间的空隙进行传递。因此，织物的透湿汽性能主要是通过织物的厚度和组织结构决定。实验环境的温度为(9.5±0.1)℃，相对湿度为(75±3)%。本文选用ASTM的干燥剂法来测试，示意图如图5。

根据费克(Fick)扩散方程，湿阻计算结果如图6。

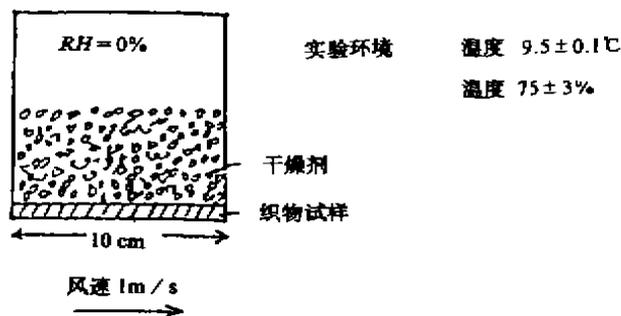


图5 干燥剂法吸湿测试

Fig.5 Water vapor absorb testing by drier

$$R = D \times \Delta c \times A \times t / Q(\text{cm})$$

式中： $D=0.22+0.00147T$ ，为水汽的传递系数

$T$  —— 室温(℃)

$t$  —— 时间(s)

$Q$  —— 试验时间  $t$  里吸收的水汽量(g)

$A$  —— 杯口面积( $\text{cm}^2$ )

$\Delta c$  —— 织物两面水汽的浓度差( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

$P$  —— 室温  $T$  时的饱和水汽压(Pa)

$$\begin{aligned} \Delta c &= 3.85 \times 10^{-5} \times D / (t + 2/3) \\ &= 3.85 \times P(\text{室内RH}-0\%) / (t + 273) \\ &= 3.85 \times 10^{-5} \times P \times RH / (t + 273) \end{aligned}$$

针织物的透湿能力主要与织物的松紧程度、厚度，组织结构有关，如10#试样的单层丙纶纬平织物，正面至反面和反面至正面的湿阻就有差异。图6中未见某一类原料的试样普遍有较高(或较低)的湿阻值，这表明不管是疏水性纤维或是亲水性纤维，其本身传递的水蒸汽量与从织物空隙间透过的相比是很小的，即纤维类别对湿阻值影响不大。对于结构相同，只是纤维配伍不同的结构模型III和V，属于III型的2#织物反面线圈未充满系数小，正面线圈未充满系数大，两面松紧程度有较大差异，且厚度薄，表现了良好的透汽性；属于V型的3#织物未充满系数大，总密度小，但织物厚，平方米重量大，透汽性不好。

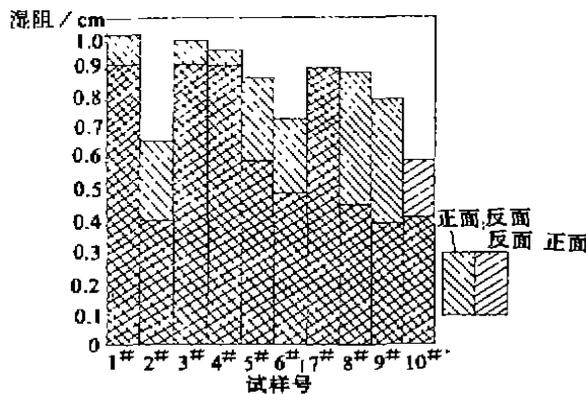


图6 试样湿阻测试结果图

Fig.6 The testing result of samples' water resistance

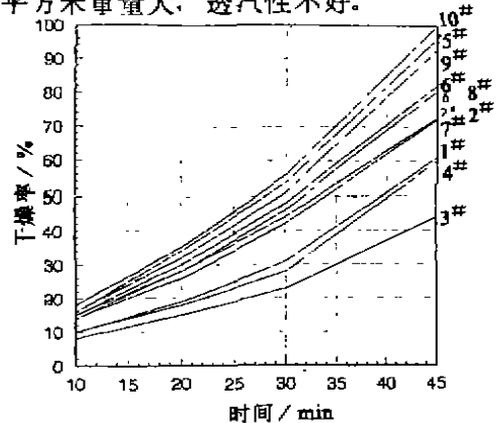


图7 干燥率测试结果

Fig.7 The drying rate of samples

### 2.3 试样保水性能研究

在服装穿着中，当人体大量出汗(显汗)时，来不及蒸发散逸入空气中的水份将暂时贮存于织物纤维中，为不使这些液态水流淌而粘贴皮肤，要求织物具有一定的保水能力。

我们选用上海医用分析仪器厂TGL-16G型高速台式离心机，将5cm×5cm的试样在蒸馏水中浸湿，吸水后达到饱和，然后在200r/min的条件下离心脱水3min<sup>(3)</sup>。结果如表3。

$$\text{保水率} \lambda = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$$

其中， $W_1$ 为试样脱水后的质量， $W_2$ 为试样干重。

表3 保水性能测试结果

Table 3 The testing results of holding water ability

试样编号	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	9#	10#
保水率λ(%)	60	46.2	80.3	52.1	53.7	40.9	59.5	46.6	76.9	43.1

保水性(水握持能力)与纤维的类型密切相关，纤维的回潮大，纱线结构疏松，保水性能好。丙纶的保水性能差，这在10#表现尤其明显。保水率随针织物质量，厚度的增大而增

加, 因为增加了针织物内的毛细空隙度。8<sup>#</sup>织物由于受到后整理, 保水性能较差。

需要指出的是, 对短时间内皮肤上聚集的大量汗水, 保水性能好的针织物, 可有一个相对较长的时间, 来使针织物被汗水饱和, 然后再在织物表面开始蒸发, 这样可避免汗液流淌和针织物粘贴皮肤, 即具有暂时贮汗作用。但如果这些水份得不到及时传递和蒸发干燥, 保水性能好反而会对湿舒适性不利。这说明单凭针织物某一方面的性能很难对其综合湿舒适性作出评价。

#### 2.4 试样放湿干燥性能研究

当人体的显汗和非显汗到达织物的外表面后, 将向外界环境释放, 其放湿排水能力的大小将决定织物连续透湿透汽的速率。试验时首先称取 20 cm×20 cm 试样的质量  $W_1$ , 在其反面直径为 10cm 的等圆面积上滴注等量蒸馏水, 至试样表面基本润湿, 然后水平放置, 称取试样质量  $W_2$ , 放入试验环境中 [ $T=(37.5\pm 0.1)^\circ\text{C}$ ,  $RH=65\%\pm 3\%$ ] 经过  $t$  min, 再称取试验质量  $W_3$ , 计算干燥率  $\delta$ , 结果如图 7 所示。

$$\delta = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \times 100\%$$

从图中可以看出, 含有聚丙烯纤维的针织物蒸发干燥速率快。10<sup>#</sup>试样未充满系数大, 织物薄, 表现了极好的蒸发干燥性能。试样的干燥性能与纤维的种类和放湿性能关系密切, 也与织物的厚度、组织结构以及单位质量有关。

双层针织物内层为疏水性线圈, 外层为亲水性线圈时, 如试样 5<sup>#</sup>、6<sup>#</sup>、7<sup>#</sup>、9<sup>#</sup>, 液态水虽不能直接被针织物内层之丙纶纤维吸收, 但由于外层具有良好的吸水性, 液态水可通过丙纶纤维和纱线之间的毛细管芯吸作用传递到外层, 在外层产生一个较大的润湿面积, 因此蒸发干燥速率较快。如图 8 中 b 图。双层针织物内外层均为亲水性纤维时(试样 3<sup>#</sup>), 液态水被针织物内层吸收后, 先向外层传递。湿润的外层区域再向外界蒸发水份, 蒸发速率将与外层湿润面积成正比。对于一定量的液态水来讲, 由于首先被内层吸收, 使外层的湿润面积较小, 因此蒸发干燥速率较慢。如运动结束出汗停止时, 可能产生湿冷感。如图 8 中 a 图。

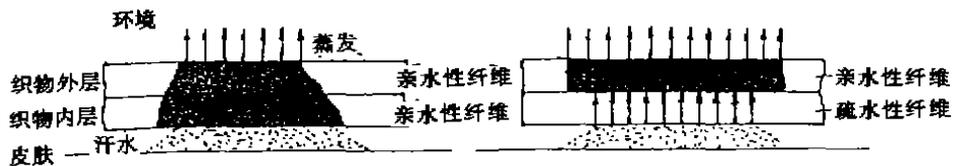


图 8 吸水蒸发示意图

Fig.8 The diagram of absorbed water evaporate

### 3 试样湿传递性能常规客观测试结果灰色聚类判别分析综合评价

前面已根据透湿机理用不同的方法对针织物的湿传递性能作了不同侧面的评价。各种针织物在各个方面表现出来的优劣性不尽相同, 很难根据针织物的某一项测试指标来评价其整体湿传递性能的好坏。必须兼顾汽态汗(潜汗)和液态汗(显汗)的传递性能。这里采用灰色聚类判别分析方法来解决这一问题。

将 10 种丙纶针织物试样 1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>、……10<sup>#</sup>记为聚类对象，表 4 中四项指标为聚类指标，综合湿传递性能分好、中、差三种，记为  $K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$ ，为聚类灰数。

表 4 湿传递各项指标值  
Table 4 The water transfer index of samples

编 号	指 标			
	毛细高度 $t=10\text{ min}$	湿阻(cm) 反面→正面	保水率 $\lambda$ (%)	干燥率 $\delta$ (%) $t=45\text{ min}$
1 <sup>#</sup>	3.40	0.9047	60	61
2 <sup>#</sup>	2.85	0.4011	56.2	72.6
3 <sup>#</sup>	4.70	0.8994	78	43.7
4 <sup>#</sup>	0.7	0.9050	52.1	60
5 <sup>#</sup>	4.8	0.5896	46	96
6 <sup>#</sup>	3.2	0.4888	46.9	82.1
7 <sup>#</sup>	2.8	0.8900	59.5	72.1
8 <sup>#</sup>	0.9	0.4541	46.6	80.4
9 <sup>#</sup>	5.3	0.3937	76.9	92.8
10 <sup>#</sup>	7.0	0.5898	43.1	100

(1) 将湿阻值都取倒数，这样，所有的  $d_{ij}$  值都满足聚类指标越大，则针织物透湿性能越好。

(2) 按公式  $d_{ij}^* = d_{ij} / \overline{d_{ij}}$   $i \in \{1, 2, \dots, 10\}$ ,  $j \in \{S_1, S_2, S_3, S_4\}$  进行均值化无量纲处理。

(3) 将  $d_{ij}$  值作区间划分，聚类指标值越大，性能越好。定出针织物的灰数白化区间。

(4) 将聚类指标  $j \in \{S_1, S_2, S_3, S_4\}$ ，针对典型类别  $k, k \in \{K_1, K_2, K_3\}$ ，规定功能函数  $Y_{kj}(d_{ij}^*)$ 、 $Y_{kj}(d_{ij}^*)$  的计算结合本文内容，采用扩值超 1 法。

(5) 确定标准权  $\eta_{kj}$

$$\eta_{kj} = \frac{\lambda_{kj}}{\sum_{j=1}^4 \lambda_{kj}} \quad k \in \{k_1, k_2, k_3\} \quad j \in \{S_1, S_2, S_3, S_4\}$$

(6) 确定实际权。求聚类系数  $Z$ 。  $Z_{ik} = \sum_{j=1}^4 Y_{kj}(d_{ij}^*) \times \eta_{kj}$

按以上步骤上机运算得 10 只试样的聚类系数矩阵如下：

$$\delta_{rk} = \begin{bmatrix} 0.772 & 0.957 & 0.959 \\ 0.876 & 0.922 & 0.842 \\ 0.817 & 0.974 & 0.994 \\ 0.532 & 0.779 & 1.786 \\ 0.512 & 0.943 & 0.761 \\ 0.834 & 1.266 & 0.843 \\ 0.717 & 1.062 & 0.948 \\ 0.713 & 0.733 & 1.399 \\ 1.517 & 0.595 & 0.606 \\ 1.048 & 0.871 & 0.724 \end{bmatrix}$$

从以上运算结果可得出结论：湿传递性能好的试样：9<sup>#</sup>、10<sup>#</sup>；湿传递性能中等的试样：2<sup>#</sup>、5<sup>#</sup>、6<sup>#</sup>、7<sup>#</sup>；湿传递性能差的试样：1<sup>#</sup>、3<sup>#</sup>、4<sup>#</sup>、8<sup>#</sup>。这个结论是根据客观常规测试得出，试样湿传递性能的好、中、差只具有相对比较的意义，这是对不同试样透湿性能差异性的初步揭示，它们湿舒适性秩位不同的原因将在以后报道。

#### 4 结 论

本文根据湿传递理论，有代表性地选取了芯吸试验、保水性试验、透湿杯法、织物干燥试验四种常规客观测试方法来评价细旦丙纶针织物的湿舒适性。利用灰色聚类判别分析这一数学手段，揭示了它们在湿传递方面的性能差异。

#### 参 考 文 献

- 1 Ress W H R, Shirley Link, 1969, Summer, 5
- 2 You-10 H SIEH, Liquid wetting, transport, and retention properties of fibrous assemblies. T R J, 1992; 62(12). 697
- 3 朱丽丽. 丙纶针织物服用性能的研究. 纺织学报, 1987; (6): 44

A STUDY OF FINE DENIER PROPYLENE  
KNITTED FABRICS' WET COMFORT  
— THE WET COMFORT STUDIED BY  
NORMAL OBJECTIVE TEST

*Li Jun, Wang Yunyi, Zhang Weiyuan*

(Fashion Institute)

*Chen Xi, Zhu ruiyi*

(Material Institute)

—Abstract—

Based on the theory of moisture vapor permeability and liquid moisture transmission through fabric, this paper is mainly concerned with the wet comfort of the fine denier propylene knitted fabrics. The liquid water transport property, the liquid water holding property, the moisture permeability property, the moisture releasing and drying property of these fabrics are tested in normal objective ways and discussed. At last, according to these properties these fabrics are classified by grey model synthetical evaluation.

**Keywords:** propylene, knitted fabric, moisture transmission, comfort, objective test