

6-13

(2)

TS941.1

# 细旦丙纶针织物湿舒适性研究

## ——主观穿着试验测试研究及综合分析

李俊 张渭源

(服装学院服装系)

A

**摘要** 针对国内新近研制的细旦丙纶纤维, 本文对其试验服的湿舒适性进行了主观穿着测试分析, 探讨了服装舒适性研究的三类方法(常规客观试验、假人试验、主观试验)之间的关系, 并利用对应分析的数学方法分析了形成不同细旦丙纶针织物透湿差异性的原因, 总结了开发具有良好湿舒适性的细旦丙纶织物的一些原则和规律。

**关键词:** 丙纶、针织物、湿传递、舒适性、主观试验

**中图分类号:** TS941.1

文献[1,2]已经报道了利用常规客观测试方法和假人测试技术对不同单丝细度、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的研究结果。为了能对丙纶针织服的湿舒适性作出彻底而系统的评价, 本文采用主观穿着试验作进一步研究, 最后再对三类方法的研究结果进行综合分析。

### 1 人工气候条件下的着装试验及聚类判别分析

我们选用了15名中等身材的女大学生为受试者, 人工气候环境温度、湿度设定仍与假人试验时相同, 即  $T_a = 30 \pm 0.1^\circ\text{C}$ ,  $RH = (80 \pm 1)\%$  <sup>(2)</sup>。受试者穿用服装的顺序是随机的, 在测试时, 每个受试者都穿着相同下装, 上身只有相同胸衣。过程如下:

$t = 0$ , 进入人工气候室;

$t = 0 \sim 10 \text{ min}$ , 适应并熟悉环境;

$t = 11 \text{ min}$ , 穿上试验服, 蒙住双眼;

$t = 12 \sim 17 \text{ min}$ , 骑试验车至明显出汗(车速  $60 \text{ r/min}$ );

$t = 18 \text{ min}$ , 作出舒适性问卷。

在设计舒适性问卷时, 对所研究对象的性能采用语意差别进行描述 <sup>(3)</sup> (表1)。

选择主观感觉的三种评判类型, 主要是从高温高湿环境中与服装舒适性密切相关的感觉

来确认的。潮湿感与液态水的传递、织物的干燥速率等有关；闷热感与汽态汗的蒸发等有关；粘体感觉与织物的保水率、织物的表面性能等有关。

表 1 舒适性问卷

Table 1 Comfort test questionnaire

湿感觉评分图							
感觉程度	干		稍湿		中湿		湿
评分值	1	2	3	4	5	6	7
闷热感觉评分图							
感觉程度	凉爽	较凉爽	中等	稍温暖	温暖	闷热	很闷热
评分值	1	2	3	4	5	6	7
粘体感觉评分图							
感觉程度	不粘	较不粘	中等	较粘	粘体		
评分值	1	2	3	4	5		

将 15 名受试者对 10 件针织试验服的评分值(平均值)综合列于表 2。在这里要将 10 件试验服的主观舒适感觉评出优劣性秩位, 由于涉及到潮湿、闷热、粘体感觉三个指标, 是一个复杂问题, 将它们分别评价不够全面, 不能综合说明问题。因此, 本文仍用文献[2]采用的灰色聚类判别分析方法进行处理, 经运算, 10 件试验服的聚类系数阵如下:

$$\delta_{ik} = \begin{bmatrix} 0.616 & 0.992 & 1.020 \\ 0.997 & 0.828 & 0.650 \\ 0.541 & 0.874 & 1.164 \\ 0.563 & 0.912 & 1.116 \\ 0.948 & 1.187 & 0.671 \\ 1.037 & 0.757 & 0.662 \\ 0.871 & 0.785 & 0.878 \\ 1.086 & 1.027 & 0.651 \\ 1.423 & 0.460 & 0.469 \\ 0.674 & 1.074 & 0.948 \end{bmatrix}$$

表 2 主观感觉评分表

Table 2 The subjective sensation mark

各类型 评分值	试 样									
	1 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>	3 <sup>#</sup>	4 <sup>#</sup>	5 <sup>#</sup>	6 <sup>#</sup>	7 <sup>#</sup>	8 <sup>#</sup>	9 <sup>#</sup>	10 <sup>#</sup>
潮湿感觉	5.2	2.4	5.6	5.0	3.0	2.0	3.2	2.0	1.6	5.7
闷热感觉	5.0	3.0	5.8	5.0	3.5	3.0	4.0	4.0	2.0	4.5
粘体感觉	3.0	2.5	3.5	4.0	2.0	2.8	1.3	4.0	2.0	2.5

从以上的结果可以对丙纶针织服的主观感觉进行综合分类: 主观感觉较好的试样为 2<sup>#</sup>、6<sup>#</sup>、8<sup>#</sup>、9<sup>#</sup>; 主观感觉中等的试样为 5<sup>#</sup>、10<sup>#</sup>; 主观感觉较差的试样为 1<sup>#</sup>、3<sup>#</sup>、

4<sup>#</sup>、7<sup>#</sup>。

## 2 常规客观试验、假人试验、主观着装测试之间关系的分析

文献[1, 2]和本文第一部分分别论述了采用客观常规测试, 出汗假人、主观着装试验对不同试样的湿传递性能的研究分析结果, 将三类方法得出的试样的湿传递性能好、中、差等级综合列于表3(其中好为1; 中为2; 差为3)。

表3 样本舒适性能秩位评价综合(等级)

Table 3 A synthetical table of samples' comfort grade

方法类型	试 样										$R_{.j}$
	1 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>	3 <sup>#</sup>	4 <sup>#</sup>	5 <sup>#</sup>	6 <sup>#</sup>	7 <sup>#</sup>	8 <sup>#</sup>	9 <sup>#</sup>	10 <sup>#</sup>	
常规客观试验	3	2	3	3	2	2	2	3	1	1	22
假人试验	3	1	3	3	2	2	3	1	1	1	20
主观穿着试验	3	1	3	3	2	1	3	1	1	2	20

下面利用 Friedman test 判别分析法来验证三类试验方法之间的关系。

假设  $H_0$ : 三类方法之间没有一致性

假设  $H_1$ : 三类方法之间有一致性

$$\chi^2 = \frac{12}{bk(k+1)} \sum_{j=1}^k R_{.j}^2 - 3b(k+1)$$

其中  $b$ ——样本个数;

$k$ ——方法种类数;

$R_{.j}$ ——在第  $j$  类方法中等级数之和。

如果  $\chi^2 > \chi_{1-\alpha, v}^2$ , 则接受  $H_1$ , 拒绝  $H_0$ ; 反之接受  $H_0$ , 拒绝  $H_1$ 。其中  $v=k-1$  为自由度。

经计算:  $\chi^2 = 8.4 > \chi_{0.95, 2}^2 = 5.991$

即接受  $H_1$ , 认为三类方法间有显著一致性。这表明: 本研究推荐的一套常规客观试验指标(毛细高度、保水率、干燥率、湿阻)与假人试验、主观穿着试验有良好的一致性。三类方法对本研究中的试样的评价是成功的, 其结果具有共同性。另外, 从表3还可以看出, 三种试验方法间也有一定的差异性。常规客观测试、暖体假人测试都不能取代主观感觉试验。例如: 8<sup>#</sup>试样常规测试透湿性能良好, 而  $i_m$  值和主观感觉都较差, 这一方面是因为 8<sup>#</sup>试样本身经过树脂整理, 影响了常规试验方法测试值; 另一方面: 树脂整理却增加了织物的硬挺度, 增大了衣下微空间, 使  $i_m$  值和主观感觉也受到影响。从中也看出由于常规测试只考虑平面织物的静态性能;  $i_m$  值测试却考虑了服装的衣下空气层的影响, 以至湿热的交互影响; 而主观感觉试验还与织物的动态湿传递性能, 人的生理、心理因素有关, 因此三种类型的试验方法各有特点, 互为补充, 它们都为量化服装的湿舒适性作出了贡献。

至此, 对于细旦丙纶针织物的湿舒适性可以总结如下: 丙纶丝的液态水传输性能好, 丙纶丝的细旦化有利于透湿。较细丙纶丝(细度为 1 dtex)的试样 7<sup>#</sup>、8<sup>#</sup>、9<sup>#</sup>、10<sup>#</sup>整体透湿性能稍优于较粗丙纶丝(细度小于等于 1.67 dtex)的试样 1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>、4<sup>#</sup>、5<sup>#</sup>、6<sup>#</sup>。细旦丙纶丝在

织物外观方面的丝绸感却是独具的。丙纶复合针织物的湿传递性能优于棉纤针织物。棉盖丙、粘胶盖丙的原料配伍的织物透湿性能好，真丝盖丙、涤棉盖丙的原料配伍在本研究中其湿传递性能表现不是很好。

文献[1]曾经论述了设计构造 10 只试样的六种模型，从研究结果来看：模型 I 和模型 III 利于充分发挥丙纶的芯吸效应，用模型 I 构造的 5<sup>#</sup>、6<sup>#</sup>、9<sup>#</sup> 试样湿传递性能好，织物轻薄，宜于做内衣；模型 III 构造的试样 2<sup>#</sup> 丙纶纤维贯穿织物正、反面，棉纤维的吸湿膨胀不会影响其透湿性能，这种结构的针织物硬挺，可用作夏季单穿外衣；模型 V 与模型 III 虽有相同结构，但却为纯棉原料(3<sup>#</sup>)，湿传递明显很差；模型 II 和模型 VI 构造的针织物(1<sup>#</sup>、4<sup>#</sup>) 结构虽稳定，但较厚，影响了湿传递。模型 IV 构造的针织物(10<sup>#</sup>) 在实际中较少应用，但本文从湿舒适性方面研究的结果认为纯丙纶细旦针织物可用于内衣。

### 3 丙纶针织物湿传递性能与测量指标的对应分析

为了使不同丙纶针织物与其不同的服用性能之间的关系明朗化、直观化，采取对应分析法来研究细旦丙纶针织物的湿传递性能。该方法可以将变量之间的、样本之间的以及变量和样本之间的关系在同一张图上表示出来，从而可以同时进行统计判断解释。设原始数据阵为  $x = (x_{ij})_{n \times p}$ 。

(1) 极差化处理

$$(x_{ij})_{n \times p} \xrightarrow{\text{极差化处理}} (x'_{ij})_{n \times p} = \frac{x_{ij} - \min(x_{\cdot j})}{R_{\cdot j}} \quad R_{\cdot j} = \max(x_{\cdot j}) - \min(x_{\cdot j})$$

(2) 对  $(x'_{ij})_{n \times p}$  进行对称变换

$$(x'_{ij})_{n \times p} \xrightarrow{\text{对称变换}} (P_{ij})_{n \times p} = \frac{x'_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p x'_{ij}}$$

(3) 对  $(P_{ij})_{n \times p}$  进行标准化变换

$$(P_{ij})_{n \times p} \xrightarrow{\text{标准化变换}} (Z_{ij})_{n \times p} = \frac{P_{ij} - P_{i \cdot} \cdot P_{\cdot j}}{\sqrt{P_{i \cdot} \cdot P_{\cdot j}}}$$

(4) 求出变量之间含有相关信息的矩阵  $R = Z^T Z$   
 $n \times p$

求出样本之间含有相关信息的矩阵  $C = Z Z^T$   
 $n \times n$

(5) 利用 JACOBI 法求  $R$  的特征根及特征向量  
 $n \times p$

$i$  样本的坐标  $(\sqrt{\lambda_1} V_i^1, \sqrt{\lambda_2} V_i^2)$

$x_{\cdot j}$  变量的坐标  $(\sqrt{\lambda_1} U_j^1, \sqrt{\lambda_2} U_j^2)$

其中  $\lambda_1$  与  $\lambda_2$  为最大与次大特征根。

利用  $i$  样本和  $x_{\cdot j}$  变量坐标，解释样本和变量之间的对应关系。将在某项测试指标上数值

较高的样本图示在代表该指标变量的点子旁。通过对图示在同一平面上的样本点群和变量点群进行直观的研究和分析以后可以得到以下统计信息：(1) 样本点群可解释为归属同一类；(2) 变量点群也可解释为归属同一类；(3) 一个样本点群可以用靠近这一点群的变量点来表征；(4) 在不同象限内的样本点具有不同的特性。

为探讨丙纶针织物的湿传递性与各项测量指标间的关系，本文选择  $i_m$  值、毛细高度、湿阻、保水率、干燥率作为 10 只样本的指标来进行对应分析。

原始资料矩阵为：

$$x_{ij} = \begin{matrix} 10 \times 5 \\ \left[ \begin{array}{ccccc} 3.40 & 0.9047 & 60.0 & 61.0 & 0.3179 \\ 2.85 & 0.4011 & 56.2 & 72.6 & 0.3607 \\ 4.70 & 0.8994 & 78.0 & 43.7 & 0.3006 \\ 0.70 & 0.9050 & 52.1 & 60.0 & 0.3186 \\ 4.80 & 0.5896 & 46.0 & 96.0 & 0.3249 \\ 3.20 & 0.4888 & 46.9 & 82.1 & 0.3295 \\ 2.80 & 0.8900 & 59.5 & 72.1 & 0.3034 \\ 0.90 & 0.4541 & 46.6 & 80.4 & 0.3556 \\ 5.30 & 0.3937 & 76.9 & 92.8 & 0.3609 \\ 7.00 & 0.5898 & 43.1 & 100 & 0.3531 \end{array} \right] \end{matrix}$$

经过运算得表 4。

表 4 对应分析特征值

Table 4 The feature value of correspondence analysis

	因 子				
	1	2	3	4	5
特征值	0.2873	0.0887	0.06295	0.01546	$4.8603 \times 10^{-9}$
所占百分率(%)	63.22	19.52	13.85	3.4	0.01

取第 1、2 因子作为知觉图的因子轴，此时知觉图的贡献率为 82.74%。根据变量点坐标和样本点坐标值绘出知觉图 1，第一因子  $F_1$  为水平坐标轴，左正右负；第二因子  $F_2$  为垂直坐标轴，上正下负。变量坐标点：①～⑤；样本坐标点：1<sup>#</sup>～10<sup>#</sup>；I～IV 为知觉图的象限。

知觉图中横轴主要由湿阻、毛细高度、干燥率赋义，纵轴由保水率赋义。变量  $i_m$  值与横轴或纵轴的距离相近，不宜对横轴或纵轴单独赋义。总结如表 5。另外，由于常规客观测试指标毛细高度、湿阻、保水率、干燥率分别位于坐标平面的四个象限，分布较为均匀，说明这四个指标具有相对独立性，它们从不同侧面来反映织物的综合透湿性能，这也反映在这些指标点与  $i_m$  值变量点的距离大体接近。这证明了选择毛细高度、湿阻、保水率、干燥率作为常规指标来评价针织物湿舒适性的简便性和合理性。

观察知觉图 1 中样本点的分布，2<sup>#</sup>、9<sup>#</sup> 样本位于第 II 象限，为性能相近的一类，按表

5 其服用特点为快干并保水, 总体透湿性能好; 5<sup>#</sup>、6<sup>#</sup>、8<sup>#</sup>、10<sup>#</sup>样本同位于第 III 象限, 它们的厚度都较小, 其中 5<sup>#</sup>、6<sup>#</sup>、8<sup>#</sup>样本组织结构模型都为 I 型, 平方米重量接近。这些织物的服用特点为快干不保水, 整体透湿性能较好; 1<sup>#</sup>、4<sup>#</sup>、7<sup>#</sup>样本同位于第 IV 象限, 织物 1<sup>#</sup>、7<sup>#</sup>的组织结构模型都为 II 型, 较厚重, 在知觉图上与变量点湿阻较近, 因而这类样本点湿阻较大, 织物服用性能为闷, 整体透湿性能较差; 3<sup>#</sup>样本单独位于第 I 象限, 与变量点保水率相距较近, 这说明棉针织物保水性能好, 服用特点为较闷粘, 透湿性能相对差。总之, 对应分析法得出的结论与前面完全一致, 它找出了各种试样湿传递性能差异的原因。

表 5 知觉图象限赋义  
Table 5 The meaning of perception diagram quadrant

变量	象 限			
	I	II	III	IV
毛细高度	小	大	大	小
湿阻	中	小	小	中
保水率	中	中	小	小
干燥率	小	中	中	小

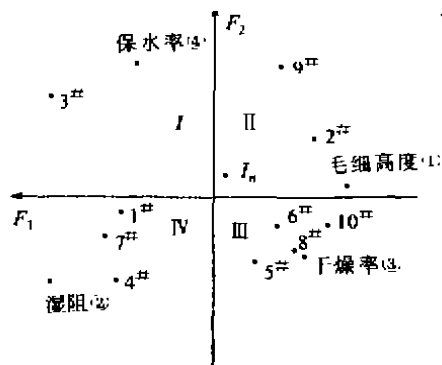


图 1 知觉图

Fig.1 The perception diagram

#### 4 亲水性纤维盖丙纶纤维针织物结构合理性研究

传统的涤盖棉针织物将回潮率大吸湿性好的棉纤维置于针织物反面贴近皮肤, 主要是考虑棉纤维较好的皮肤接触感, 然而从湿传递方面考虑, 这种配置是不合理的。将疏水性纤维丙纶置于针织物里层贴近皮肤, 亲水性纤维用在针织物外层既有利于发挥亲水性纤维的良好吸湿性, 又有利于发挥丙纶通过良好芯吸效应转移水份的能力。同时, 丙纶纤维与皮肤有良好的接触舒适性, 无过敏反应。

本研究中的试样(除 10<sup>#</sup>外)均为回潮率大的亲水性纤维盖丙纶纤维的针织物。在测试中将试样正反面颠倒, 就可以测得丙纶纤维盖亲水性纤维针织物的性能。如图 2 和图 3。

图 2 为湿阻值比较。实线为亲水性纤维盖丙纶纤维针织物的测试值; 虚线则为模拟丙纶纤维盖亲水性纤维针织物的测试值。前者的湿阻值稍低于后者。图 3 为  $i_m$  值测试结果, 尽管由于测试精度等原因, 二者相差不大, 但服装正穿时的  $i_m$  值仍较反穿时为大。这充分说明亲水性纤维盖丙纶纤维针织物在湿传递方面的整体优越性。

将亲水性纤维置于集层针织物的里层与皮肤接触, 当穿用者开始出汗时, 亲水性纤维会因为开始吸湿而使皮肤保持干燥, 服用者有舒适感, 但经过一段时间, 当亲水性纤维吸湿到饱和时, 皮肤表面会因为水份不被吸收而蓄积, 同时饱含着水的高吸湿纤维层也因为膨胀而

堵塞了针织物内层的空隙，空隙内不再保持静止空气层，织物的热绝缘能力明显下降，出汗停止后特别容易产生湿冷感。因此，这种结构针织物湿传递性能差。

相反，当丙纶纤维置于针织物内层，而亲水性纤维在针织物外层时，具有良好芯吸效应的丙纶纤维会随时将水份向外层传递，而外层亲水性纤维能充分吸收水份，保证水份远离皮肤而不被回吸到皮肤表面。因此这种结构的针织物充分利用了亲水性纤维的“内在亲水性”和丙纶纤维的“毛细管输水性”、湿传递性能优良。

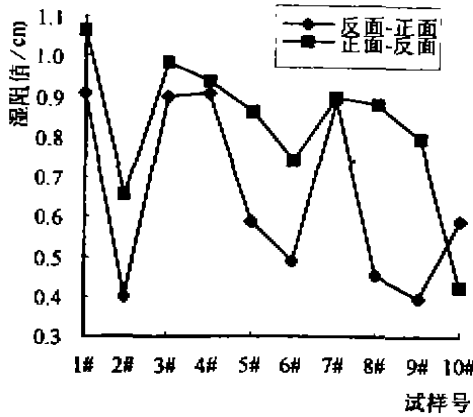


图2 湿阻值比较

Fig.2 The contrast of moisture resistance

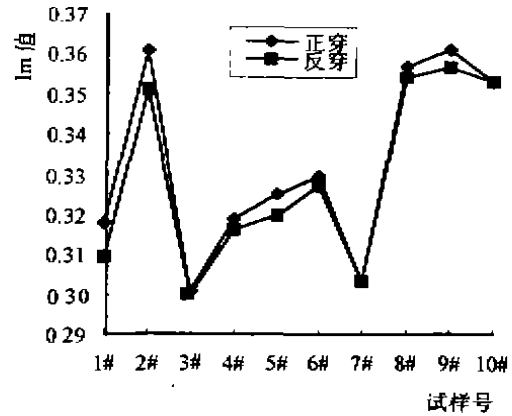


图3  $i_m$  值比较

Fig.3 The contrast of  $i_m$  index

## 5 结论

(1) 丙纶丝的细旦化有利于服用，它们在湿传递方面性能优越，1 dtex 丙纶长丝的集层针织物独具丝绸感，且透湿性更好。1.67 dtex 丙纶丝作 T 恤衫等夏季单穿外衣用也很适宜。

(2) 丙纶针织物应为双层或多层结构。添纱组织、珠地网眼组织结构比较适合。设计时丙纶纤维应置于针织物反面靠近皮肤一侧，亲水性纤维置于此类针织物正面。

(3) 亲水性纤维与丙纶纤维的配伍性能中，以粘胶长丝为最好，其次为棉纱，涤棉与丙纶配合提高了挺括性，降低了透湿性能。从透湿性方面考虑，真丝盖丙纶双层结构针织物性能不是很好。

(4) 针织物组织孔隙大、厚度小、平方米重量轻，未充满系数大有利于透湿。

(5) 针织物后整理可提高挺括性，但却使针织服在液态水传递方面性能下降。

(6) 本文根据透湿理论，选定了量化湿舒适性的常规客观指标，并从理论和实践两方面证明了它的可行性、简便性、合理性，它们是毛细高度、湿阻、保水率、干燥率，它们可从不同方面相互补充来评价织物的湿传递能力。

(7) 客观常规测试，假人  $i_m$  值测试，主观感觉试验在评价服装的湿传递性能方面有一致性。

(8) 本文验证了中国纺织大学服装学院假人测试克罗值和透湿指数的正确性。

致谢：在本文的实验及取样工作中，曾得到材料学院陈稀、朱瑞意老师的大力支持，在此表示衷心的感谢。

感谢。

### 参 考 文 献

- 1 李俊, 张渭源等. 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. 中国纺织大学学报, 1996, 22(4): 1~8
- 2 李俊, 张渭源等. 细旦丙纶针织物湿舒适性研究——假人试验技术测试研究. 中国纺织大学学报, 1996, 22(5): 33~36
- 3 张渭源. 人工气候条件下的人体着装试验的研究. 中国纺织大学学报, 1992, 18(2): 92

## A STUDY OF FINE DENIER PROPYLENE KNITTED FABRICS' WET COMFORT —— THE WET COMFORT STUDIED BY SUBJECTIVE WEAR TEST AND SYNTHETICALLY DISCUSSION

*Li Jun, Zhang Weiyuan*

(Fashion Institute)

—Abstract—

This paper is mainly concerned with the wet comfort of the fine denier propylene knitted clothing. The subjective sensation to these propylene clothings is recorded in wear test and analyzed. The relations among the normal objective test, the manikin test and the subjective wear test are discussed. The wicking height, the moisture resistance, the water holding ability, the moisture releasing and drying ability are recommended as the normal objective ways to evaluate fabric's wet comfort. At last, some principles on designing this type fabrics are suggested.

**Keywords:** propylene, knitted fabrics, moisture transmission, comfort, subjective test