

丙纶针织物湿传递性能研究

李俊 张渭源

(中国纺织大学服装学院)

TS186
TS101.923

【摘要】 本文运用常规织物性能试验,暖体出汗铜人试验和主观穿着试验,研究了细旦丙纶针织物的湿传递性能。并建立了一套简便有效的湿舒适性常规试验评价体系。

关键词: 聚丙烯纤维 针织物 舒适性 湿传递性能

中图分类号: TS186

丙纶针织物 丙纶针织物

良好的湿传递性能是开发细旦丙纶针织物的基础。本研究运用常规织物性能试验、铜人试验技术、主观穿着试验三类方法对所设计的不同细度、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了系统全面的研究。探索用湿舒适理论来指导丙纶针织物的内在功能设计,以推动细旦丙纶纤维的服用化。同时,亦对服装湿舒适评价的三大类方法之间的关系进行研究,为量化织物的湿传递性能推荐一套简便有效的常规试验评价体系。

示意),设计了由丙纶纤维与不同亲水性纤维配伍的十种针织物试样(表1),其中8[#]试样经树脂整理。

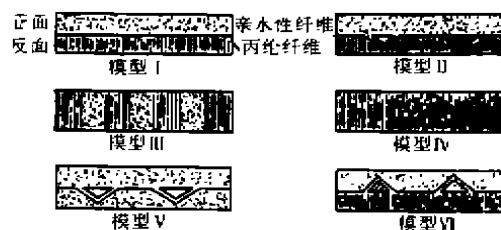


图1 试样结构模型图

一、试样的设计

按如图1所示的针织物结构模型(横截面

其次利用试样设计了十种运动服,用于铜人试验和主观试验研究。

表1 试样结构参数

编号	试样名称	纱线配伍及细度	横密	纵密	线圈长度 (cm)	未充满系数		质量 (g/m ²)	厚度 (mm)	结构类型
			(纵行/ 5cm)	(横行/ 5cm)		正面线圈	反面线圈			
1 [#]	双面棉盖丙织物	A:棉 18.2tex B:丙纶 16.7tex/96f	77	82	A:0.1478 B:0.1930	10.8	9.7	183.9	1.04	II
2 [#]	全球地网眼棉盖丙织物	A:棉 18.2tex B:丙纶 16.7tex/96f	57	90	A:0.2294 B:0.2029	14.5	10.2	158.4	0.66	III
3 [#]	全球地网眼纯棉织物	棉 27.8tex	50	70	0.4863	24.9	24.9	230.5	1.03	V
4 [#]	涤棉盖丙毛圈织物(未拉毛圈)	A:涤棉 13.1tex B:丙纶 16.7tex/96af	70	90	A:0.3048 B:0.2190	19.4	21.9	201.8	0.85	VI
5 [#]	涤棉盖丙添纱织物	A:涤棉 13.1tex B:丙纶 8.3tex	80	103	0.2500	9.1	9.1	189.4	0.60	I
6 [#]	棉盖丙添纱织物	A:棉 14.3tex B:丙纶 8.6tex	80	110	0.2167	7.7	7.7	185.2	0.62	I
7 [#]	真丝盖丙比面结构	A:真丝 9.3tex B:丙纶 7.6tex/70f	83	90	A:0.1360 B:0.2160	10.8	16.1	173.8	0.66	II
8 [#]	棉盖丙添纱织物	A:棉 7.3tex B:丙纶 9.4tex/965f	80	100	0.2642	10.6	10.6	181.3	0.50	II
9 [#]	粘胶盖丙添纱织物	A:粘胶 8.3tex B:丙纶 6.4tex/60f	70	87	0.3000	12.8	12.8	155.5	0.45	I
10 [#]	丙纶纬平织物	丙纶 9.4tex/96f	63	90	0.3158	21.0	21.0	144.4	0.64	IV

二、试验

1. 常规织物湿舒适性试验

基于服装舒适性理论,我们认为:织物要具有良好的湿舒适性,须满足以下要求:(1)液态水迅速芯吸或迁移;(2)短时间有大量汗液聚集时,为不使汗水流淌,织物须具有一定的保水能力;(3)汗汽快速扩散转移;(4)织物放湿干燥快。对此,提出四种相应的常规织物客观试验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液态水握持能力;利用透湿杯法来测量织物对汗汽传递的湿阻;利用干燥试验来测试放湿干燥能力。这些试验分别对织物湿传递某一方面的性能进行量化评估,但结合起来综合考虑,就能较全面评价织物的湿传递性能。

(1)芯吸试验:采用垂直毛细高度测试法来研究织物的液态水传递能力。记录试样在10分钟内的芯吸高度。

(2)湿阻测试:采用干燥剂法来评估织物的透湿能力。根据费克扩散定律($R=D \times \Delta C \times A \cdot t/Q$),计算织物对湿汽传递的湿阻。

(3)保水性能研究:采用TGL-16G型高速台式离心机,将试样(5×5cm)在蒸馏水中浸湿,吸水后达到饱和。然后在200r/min的条件下脱水3分钟,并计算保水率 λ 。

$$\lambda = [(W_1 - W_2)/W_1] \times 100\%$$

式中: W_1 为试样脱水后的重量; W_2 为试样干重。

(4)放湿干燥性能研究:人体的显汗和潜汗在织物的外表面向外界环境放湿排水的多少,决定于织物连续透湿透汽的速率。试验时首先称取试样(20×20cm)的重量 W_1 ,在反面直径为10cm的圆面积上滴注定量蒸馏水,至表面基本润湿,然后水平放置,称取重量 W_2 ,放入试验环境($T=37.5^\circ\text{C}$ 、 $RH=65\%$)中经过 t 分钟,再称取重量 W_3 ,计算干燥率 δ 。

$$\delta = [(W_2 - W_3)/(W_2 - W_1)] \times 100\%$$

2. 暖体出汗铜人试验

试验中使用了按中国男子的平均体型研制的姿态可调式暖体出汗铜人。其十六个身体部位的温度均由计算机智能控制。在试验中,暖体铜人的平均体表温度设定 35°C 。试验环境由人工气候舱模拟:温度 30°C 、湿度为80%、风速为0.18米/秒。使铜人身着试验服,在不出汗时测试试验服的隔热值(clo),在出汗时测试透湿指数(i_{cl})。

3. 模拟气候条件下的主观穿着试验

在主观穿着试验中,试验环境设定与铜人的试验时间相同。受试者穿用服装的顺序是随机的。

在舒适性问卷(表2)中,对所研究对象的性能采用语意差别进行描述。所选择的主观感觉的三种类型,都是从高温高温环境中与服装舒适性密切相关的感觉来确定的。潮湿感与织物中的液态水的传递及放湿干燥速率等有关;闷热感与汽态汗的蒸发等相关;粘体感觉与织物的保水率及表面性能等有关。

表2 舒适性问卷

湿感觉	干	稍湿		中湿		湿	
评分值	1	2	3	4	5	6	7
闷热感觉	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	不粘	较不粘	中等	较粘	粘体		
评分值	1	2	3	4	5		

三、结果及讨论

1. 细旦针织物湿舒适性常规试验结果(见表3)

表3 湿传递各项测试结果

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

(1)从芯吸试验的结果可知,丙纶的毛细作用明显,10^F纯丙纶织物尤为突出。模型 I 和 II 构成的试样(2^F、6^F、5^F、9^F)较薄,有利于毛细升高;模型 I 构成的 7^F较紧密,未充满系数较小,不利于液态水传递。丙纶与粘胶配伍的 9^F毛细升高明显,因纬纱为长丝,且丙纶单丝细度细,利于芯吸。8^F反映了织物后整理对毛细作用的影响。对于丙纶,纤维直径和纱线间、纤维中的空隙对毛细效应有影响。

(2)织物的湿汽传递能力主要决定于其密度、厚度和结构。如 10^F正面至反面和反面至正面湿阻就有差异。表 3 中未见某一类原料的试样普通有较高(或较低)的湿阻值,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的透过量相比很小,即纤维种类对湿阻值影响很小。对结构相同而纤维配伍不同的模型 III 和 V,属于 III 型的 2^F反面线圈的未充满系数小,正面线圈的大,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^F未充满系数大,但织物厚,平方米重量大,透汽性不好。

(3)保水性与纤维的类型密切相关,丙纶的保水性能差,如 10^F。保水率随针织物质量、厚

度的增大而增加,因为针织物内的毛细空隙度也随之增加。8^F因经树脂整理而保水性能较差。对短时间内皮肤上聚集的大量汗水,保水性能好的针织物有较长时间被汗水饱和,即具有暂时贮汗作用,但若得不到及时传递和蒸发干燥,反而对湿舒适性不利。

(4)从放湿干燥试验结果知,含有丙纶纤维的针织物干燥速率快。10^F未充满系数大、织物薄,表现了极好的蒸发干燥性能。织物的放湿干燥性能与纤维的种类和放湿性能、织物的厚度、组织结构以及质量有关。双层针织物内层为疏水性纤维,外层配置亲水性纤维时,如试样 5^F、6^F、7^F、9^F,液态水虽不能被内层丙纶纤维吸收,但由于外层具有良好的吸水性,液态水可通过纤维和纱线间的毛细芯吸传递到外层,在外层润湿一块较大面积,因此蒸发量更大。

将上述四方面结果综合,对不同试样的湿传递能力进行比较,采用灰色聚类判别法来研究^[1]。经运算可得出结果:综合湿传递性能好的试样:9^F、10^F;湿传递性能中等的试样:2^F、5^F、6^F、7^F;湿传递性能差的试样:1^F、3^F、4^F、8^F。

2. 暖体出汗铜人试验结果(见表 4)

表 4 暖体出汗铜人试验结果

试样	1 ^F	2 ^F	3 ^F	4 ^F	5 ^F	6 ^F	7 ^F	8 ^F	9 ^F	10 ^F
i_m	0.3179	0.3506	0.3000	0.3158	0.3196	0.3269	0.3034	0.3537	0.3567	0.3531

透湿指数 i_m 测试充分模拟了实际着装人体显汗状态下的湿传递现象,包括了液态水和汽态水传递两个过程,也反映了热湿交互作用对蒸发散热效果的影响。 i_m 值能较全面地反映人体出汗时服装的蒸发散热效能。为此依据 i_m 值对不同试样进行聚类归纳处理^[2]。

按 i_m 值由大到小的顺序排列,以 $\sum_{i=1}^2 SS$ 最小为分类原则,其中 ss 为段内的离差平方和,

$$ss = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

经计算可得出结论:透湿性能较好的试样 9^F、2^F、8^F、10^F;透湿性能中等的试样为 6^F、

5^F;透湿性能较差的试样为 1^F、4^F、7^F、3^F。

3. 主观穿着试验结果(见表 5)

表 5 主观感觉评分表

评分值	1 ^F	2 ^F	3 ^F	4 ^F	5 ^F	6 ^F	7 ^F	8 ^F	9 ^F	10 ^F
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

主观感觉涉及潮湿、闷热、粘体三个方面,仍用前述的灰色聚类分析方法进行处理,主观感觉较好的试样为 2^F、6^F、8^F、9^F;主观感觉中等的试样为 5^F、10^F;主观感觉较差的试样为 1^F、3^F、4^F、7^F。

4. 常规客观试验、铜人试验、主观穿着评价之间的关系

表6 样本舒适性能秩位评价综合(等级)

试样	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]	7 [#]	8 [#]	9 [#]	10 [#]	R _i
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

表6列出了三类试验得出的试样湿传递性能评价结果(其中好为1;中为2;差为3)。

利用 Friedman test 差别分析法来求证三类评价方法之间的关系^[2]。

经计算可得出结论:本研究推荐的一套织物客观试验指标(毛细高度、保水率、干燥率、湿阻)与铜人试验、主观穿着试验有良好的一致性。三类评价方法各有特点、互为补充,都能较准确地量化服装及织物的湿舒适性。

至此,细旦丙纶针织物的湿舒适性总结如下: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(1dtex)的试样7[#]、8[#]、9[#]、10[#]整体透湿性能稍优于细度为1.67 dtex的试样1[#]、2[#]、4[#]、5[#]、6[#]。丙纶复合针织物的湿传递性能优于棉针织物。棉盖丙、粘胶盖丙的原料配伍利于织物的湿舒适性。真丝盖丙、涤棉盖丙的原料配伍不利于湿传递。

10种试样的六种结构模型从研究结果来看,模型I和II利于充分发挥丙纶的芯吸效应。模型I构造的5[#]、6[#]、9[#]试样湿传递性能好,织物轻薄;模型II构造的2[#]试样丙纶纤维贯穿织物正、反面,这种结构的针织物较硬挺。模型V的结构与模型II相同,却因采用纯棉原料(如3[#])使湿传递较差,模型II和模型VI构造的针织物(1[#]、4[#])结构虽稳定,但因较厚影响了湿传递。从模型IV构造的针织物(10[#])良好的湿舒适性角度考虑,纯丙纶针织物可用于内衣。

5. 丙纶针织物性能与测量指标的对应分析

为了使不同丙纶针织物与不同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

将变量之间和样本之间以及变量和样本之间的关系在同一张图上表示出来,以进行统计判断解释。本研究选择 i_m 值、毛细高度、保水率、干燥率作为指标来进行对应分析^[2]。

原始资料矩阵为:

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

经过运算得表7。

表7 对应分析特征值

因子	1	2	3	4	5
特征值	0.2873	0.0887	0.06295	0.01546	4.8603×10^{-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(见图2)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:①~④;样本坐标点:1[#]~10[#]; 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8。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2中样本点的分布,2[#]、9[#]样

本位于第 II 象限,为性能相近的一类,按表其服用特点为快干并保水,总体透湿性能好;5[#]、6[#]、8[#]、10[#] 样本同位于第 III 象限,它们的厚度都较小,其中 5[#]、6[#]、8[#] 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[#]、4[#]、7[#] 样本同位于第 IV 象限,织物 1[#]、7[#] 的组织结构模型都为 I 型,较厚重,在知觉图上与变量点湿阻接近,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[#] 样本单独位于第 I 象限,与变量点保水率相距接近,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。

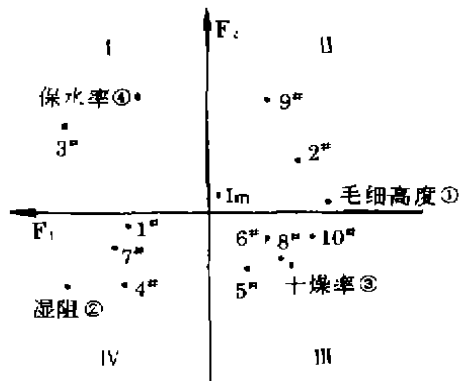


图 2 知觉图

表 8 知觉图象限赋义

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

四、结 论

1. 丙纶丝的细旦化利于服用。丙纶织物有良好的湿传递性能。
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。丙纶纤维应置于针织物反面靠近皮肤一侧,亲水性纤维配置在织物正面。
3. 与丙纶纤维配伍的亲水性纤维中,以粘胶、棉等较合适。
4. 毛细高度、湿阻、保水率、放湿干燥率结合在一起,成为能较全面地评价织物的湿传递能力的一套常规试验评价体系。该方法具有合理性与简便可行性。
5. 常规织物性能试验、铜人透湿指数测试及主观穿着试验,在评价织物的湿传递性能方面有一致性。

参 考 资 料

[1] 邓聚龙著:《灰色控制模型》,华中理工大学出版社,1985,P.170~250。
 [2] 吴汉金:实验设计与多元分析,中国纺织大学讲义。

(上接第 57 页)

来记录 i 表示第 i 次投纬,矩阵的第二维有 5 项 (1~5) 如图 3。

图中 1 和 2 代表控制多臂侧梭箱的纹链,3 和 4 代表控制电动机侧梭箱的纹链,第 5 列是代表管理投梭,第 5 例下有“×”表示梭子从电动机投出,为空表示梭子从多臂侧投出。1~4 列的含义的 1 和 4 列上有“×”表示两侧第三梭箱与走梭板平齐;2 和 3 列上有“×”表示两侧

第三梭箱与走梭板平齐;都有表示第四梭箱与走梭板平齐,全为空表示第一梭箱与走梭板平齐,图中“44,8,8...”表示该种投梭的纬纱数,在绘制梭箱纹链图时,并不是具有每一根纬纱者画出来,而是把相同的纬纱只画一根并标明其根数。由此,根据纹链矩阵画出纹链组合图。

参 考 资 料

[1] 《纺织学报》,1994, No. 11, P. 22。