

细旦丙纶针织物湿舒适性研究

——假人试验技术测试研究

李俊 范士秀[✓] 张渭源

(服装学院服装系)

A

摘要 针对新近研制的细旦丙纶纤维, 本文依据服装舒适性理论, 运用先进的假人试验技术, 对细旦丙纶试验服的湿热传递性能进行了研究, 最后对不同丙纶针织物湿舒适性的差异性进行了归纳分类。

关键词: 丙纶、针织物、克罗值、透湿指数、假人、试验

中图分类号: TS941.1

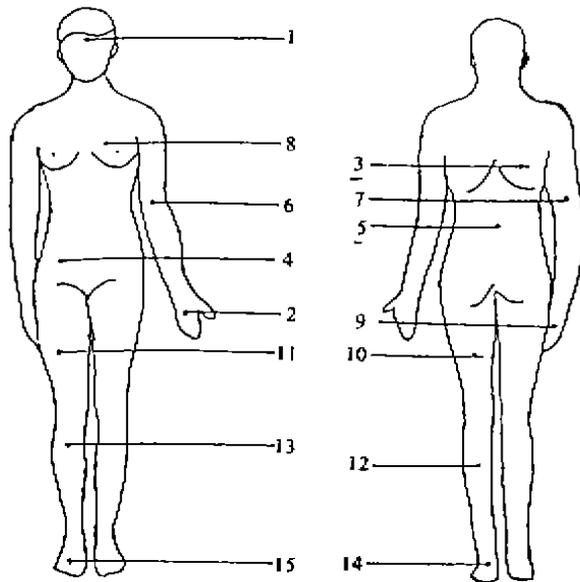
文献[1]已利用静态条件下常规客观测试手段对细旦丙纶针织物的综合湿传递性能进行了灰色聚类判别分析, 初步揭示了不同试样之间湿传递性能的差异, 为了验证这一结果, 本文在人工气候条件下, 利用中国纺织大学服装学院新近研制的假人“东东”, 对细旦丙纶针织试验服的湿热传递性能作进一步研究。

作为服装舒适性和特种服装研究的一种必要的试验手段——假人得到了相应的发展。假人能模拟人体各部位的体温变化, 计算服装对假人保持热平衡所需功率的影响。早在1946年, 美国军需气候室就报道了假人的研究。随后日本、前苏联、前西德、丹麦等国都研制了假人^[2], 假人按其结构和功能的差异, 可以分为三代: 第一代假人是保暖假人; 第二代假人是出汗假人; 第三代假人是可动假人。中国纺织大学服装学院的假人“东东”也可模拟出汗, 部分关节还可活动, 它介于第二代和第三代暖体假人之间, 在国内处于领先地位。

1 试验条件的设定和丙纶试验服设计

中国纺织大学服装学院的服装性能测试室由两个部分组成: 人工气候室和暖体假人“东东”。人工气候室的温度在 -50°C — $+50^{\circ}\text{C}$, 湿度在30%—95%的范围内可自由调节, 假人“东东”是一个中等身高的女性, 体型与体表面积均适中, 其身体表面有不同的曲率, 假人的分段构造如图1, 其参数如表1。

根据人体生理卫生学知识, 大多数人的平均皮肤温度在 34.5°C , 少数人在 35°C , 是出



- 1、前额； 2、左手； 3、右臂； 4、右腹部； 5、左侧腰部；
6、左臂上部； 7、右臂上部； 8、左胸上部； 9、左手；
10、左大腿后中部； 11、右大腿前中部； 12、左小腿后中部；
13、右小腿前中部； 14、左脚面； 15、右脚面

图1 假人分段构造及温度测量点分布图

Fig.1 The sections and temperature measured points of the manikin

汗的临界温度^[3]。因此，本文为研究细旦丙纶针织试验服的透汗(汽)性能，开发新型内衣和运动服用材料，将假人的平均皮肤温度模拟设定为 $35 \pm 0.02^\circ\text{C}$ 。

由文献[4]可知：当平均皮肤温度为 35°C ，体核温度为 38°C 时，每平方米表面积皮肤 1 小时出汗量为 400g。本文只测试试验服上衣的 i_m 值(服装透湿指数)，实际出汗皮肤表面积为 0.6866 m^2 ，因此试验中的出汗量控制为 275g。

丙纶针织物由于有良好透湿性能，更适于高温高湿环境。在热传递途径中(蒸发、传导、对流、辐射)，当人体处于高温环境时，蒸发散热更为有效，水份蒸发 1 克就可以释放 671.3 焦汽化潜热。从文献[3]可知，当环境温度超过 29°C ，辐射，对流和传导散热急剧减小，蒸发散热增加，人体散热主要依靠蒸发，当环境温度为 $28^\circ\text{C} - 29^\circ\text{C}$ 以上

表 1 假人各段体表面积和控制参数

Table 1 Manikin's skin surface area and controlling parameters

编号	部位名称	体表面积	加权系数 $\times 100\%$	额定加热功率(W)
1	头	684.15	4.520	59
2	左手	494.98	3.270	59
3	背	1263.95	8.350	62
4	腹	857.40	5.664	62
5	腰	658.80	4.352	62
6	左臂	1330.30	8.788	62
7	右臂	1360.36	8.987	62
8	胸	1395.52	9.219	62
9	右手	495.21	3.271	59
10	左大腿	1638.14	10.822	62
11	右大腿	1539.70	10.171	62
12	左小腿	962.00	6.535	62
13	右小腿	902.52	5.962	62
14	左足	809.10	5.345	59
15	右足	745.56	4.926	59
	合计	15137.69		

时, 安静状态的人也有明显出汗。在环境气温为 30℃ 以上时, 无论穿多少衣服, 都有热应激反应^[3]。因此本文将人工气候室的试验环境条件模拟为 $T = 30 \pm 0.1^\circ\text{C}$, $\text{RH} = 80 \pm 1\%$, 风速 $< 0.18\text{m/s}$ 。

本文为假人“东东”设计了试验用针织服, 考虑到丙纶针织物主要用作内衣和运动服, 由于内衣的贴体性和运动服的适体性, 试验服设计为贴体型, 宽松量为 5%。10 件针织试验服款式完全一样(图 2), 暂不考虑款式对湿传递性能的影响, 款式尽量减小领口和袖口尺寸(表 2), 减少通风口, 以便于专门研究丙纶针织物的湿舒适性能。试验服在袖叉处和前门襟采用尼龙搭袂, 既有利于穿脱, 又利于密封。

表 2 试验服尺寸

Table 2 The test garment size

部位	肩宽	胸围	腰围	衣长	臀围	袖长	袖口	领围
尺寸(cm)	41	92	76	70	96	56	25	39

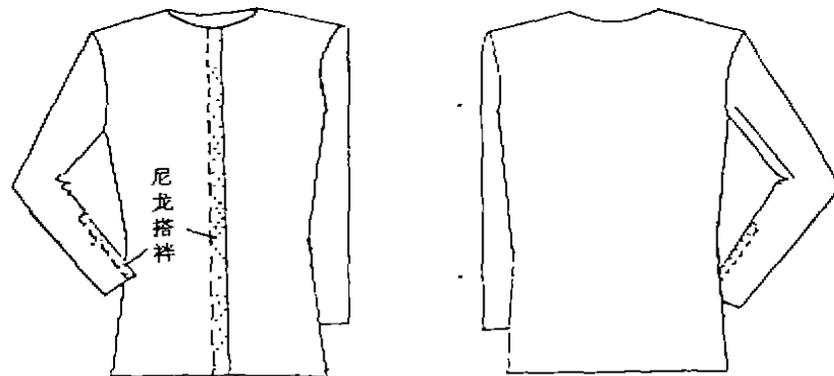


图 2 试验服工艺图

Fig.2 The technology diagram of test garment

2 试验服克罗值和透湿指数测试分析

本文采用以下公式进行计算

$$H_D = \frac{6.42(T_s - T_{air})A_s}{clo_r}$$

$$H_w = \frac{6.42A_s}{clo_r} [(T_{sw} - T_a) + 2.2i_m(P_{sw} - \phi_a P_a)]$$

其中, H_D ——假人穿有干燥“皮肤”的输出功率, (W);

H_w ——假人穿有湿“人造皮肤”的输出功率, (W);

T_s ——不出汗时假人体表的温度(℃);

A_s ——假人体表面积(m^2);

T_{sw} ——出汗时具有湿“皮肤”的假人体表温度(℃);

- T_{ad} ——不出汗时的环境空气温度(℃);
- T_o ——出汗时的环境空气温度(℃);
- P_{sw} —— T_{sw} 时的饱和水蒸汽压(mmHg);
- P_a —— T_a 时的饱和水蒸汽压(mmHg);
- ϕ_a ——环境空气相对湿度(%);
- clo_T ——服装和边界空气层总热阻(clo);
- i_m ——透湿指数。

试验过程如下：假人“东东”穿有一套贴体棉质鹿皮针织内衣，它具有高吸水性，当作假人的“皮肤”，称作人造皮肤。将试验环境设定为温度 $30 \pm 0.1^\circ\text{C}$ ，湿度为 $80 \pm 1\%$ 。测出具有干燥皮肤的假人的克罗值 $clo_{\text{裸}}$ ，结果如表 3。

表 3 具有干燥皮肤的假人克罗值
Table 3 The clo value of the manikin with dry skin

测试次数	测试点温度(℃)						$H_D(W)$	$clo_{\text{裸}}$
	3	4	5	6	7	8		
1	35.03	35.10	35.10	35.07	35.14	34.73	37	0.5994
2	35.07	35.06	35.05	35.14	35.09	34.67	37	0.5994
3	35.66	34.98	34.99	34.86	35.08	34.94	37	0.5994

将假人穿上试验服，记录不出汗状态具有干燥皮肤的假人穿着各种试验服所得的克罗值 clo_T 。该值减去具有干燥皮肤的假人的克罗值 $clo_{\text{裸}}$ ，即为各种试验服本身的克罗值 $clo_{\text{服}}$ ，即 $clo_{\text{服}} = clo_T - clo_{\text{裸}}$ 。

利用假人模拟出汗，测试透湿指数 i_m 值。在假人的“皮肤”上喷洒蒸馏水，水量 275g，以垂直和水平方向在“皮肤”上喷洒，每次喷洒的方式和水温都相同。以假人“皮肤”喷湿后各部位颜色变化及雾状水珠形成情况为判定喷水均匀性的依据，按前面给出的公式计算各试验服的透湿指数 i_m 。

表 4 假人对试验服指标测试结果
Table 4 The test index results tested with the manikin

指标	试样号									
	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	9#	10#
H_D	23.67	23	25	23.33	25.67	26	26	23.33	26	26
clo_T	0.9374	0.9642	0.8871	0.9508	0.8644	0.8530	0.8530	0.9508	0.8530	0.8530
$clo_{\text{服}}$	0.3380	0.3648	0.2877	0.3514	0.2650	0.2536	0.2536	0.3514	0.2536	0.2536
服装正穿	H_v	79	84	80.25	78	87	89	84	84.5	95
	i_m	0.3179	0.3607	0.3006	0.3186	0.3249	0.3295	0.3034	0.3566	0.3609
服装反穿	H_v	77.5	82.3	80.0	77.5	86	88.5	84	84	94
	i_m	0.3093	0.3506	0.3	0.3158	0.3196	0.3269	0.3034	0.3537	0.3567

假人对丙纶针织试验服的测试结果综合列于表 4。从表 4 可以看出 10[#]纯丙纶针织试验服与 6[#]、7[#]、9[#]试验服有相同的克罗值,说明丙纶纤维有较好的保暖性能。

i_m 值测试充分模拟了实际穿着时显汗状态下人体的湿传递过程,它同时包括了液态水传递和汽态水传递两个紧密联系的过程,也反映了热湿交互作用对蒸发散热效果的影响。另外,亲水性纤维吸湿过程伴随的纤维膨胀现象等等诸多复杂的变化因素也都对 i_m 值赋予了影响,因此,透湿指数 i_m 值能较全面地反映人体出汗时服装的蒸发散热效能,为此就可以依据 i_m 值的大小,对不同细旦丙纶针织服湿传递性能的差异性进行分类归纳处理。

首先将试样按 i_m 值由大到小的顺序排列,以 $\sum SS$ 最小为分类原则,其中 SS 为段内的

离差平方和, $SS = \sum (x_i - \bar{x})^2$ 。

表 5 试验服 i_m 值分段
Table 5 i_m value classification of test garments

$\sum SS$	试样的 i_m 值分段									
	9 [#]	2 [#]	8 [#]	10 [#]	6 [#]	5 [#]	4 [#]	1 [#]	7 [#]	3 [#]
	0.3609	0.3607	0.3566	0.3531	0.3295	0.3249	0.3186	0.3179	0.3034	0.3006
0.004056	1					9				
0.002957		2					8			
0.001884			3					7		
0.001083				4					6	
0.001066					5					5
0.000983						6				4
0.002198							7			3
0.002600								8		2
0.003805									9	1

表 6 试验服 i_m 值分段
Table 6 i_m value classification of test garments

$\sum SS$	试样的 i_m 值分段					
	9 [#]	2 [#]	8 [#]	10 [#]	6 [#]	5 [#]
	0.3907	0.3566	0.3531	0.3295	0.3249	
0.0010909	1				5	
0.0007812		2				4
0.000483			3			3
0.000426				4		2
0.000634					5	1

从表 5 中可以看出, 当 $\sum SS = 9.83 \times 10^{-4}$ 时, 为最小值, 因此以 9[#]、2[#]、8[#]、10[#]、6[#]、5[#] 试验服为一类; 4[#]、1[#]、7[#]、3[#] 试验服为另一类, 考虑到前一类包含的样本数较多, 可按此方法对前一类中的样本进一步分类, 结果如表 6。

从表 6 中可以看出, 当 $\sum SS = 4.26 \times 10^{-4}$ 时, 为最小值, 因此, 以 9[#]、2[#]、8[#]、10[#] 试验服为一类; 6[#]、5[#] 试验服为另一类。这样可根据试验服的 i_m 值, 得如下结论: 透湿性能较好的试验服为 9[#]、2[#]、8[#]、10[#]; 透湿性能中等的试验服为 6[#]、5[#]; 透湿性能较差的试验服为 1[#]、4[#]、7[#]、3[#]。至此, 尽管不同试验服的 i_m 值均不同, 但却找出了这些差异性之间的共同点。

3 结束语

假人试验技术, 是服装舒适性研究领域的一项先进和有力的手段, 本文利用假人测试研究了不同细旦丙纶针织服的克罗值和透湿指数, 它们与国外假人同类服装的测试值相比有类似性, 文中还依据 i_m 值对细旦丙纶针织服的湿传递性能进行了归纳分类, 对它们的主观穿着试验和综合分析将在后文中报道。

致谢: 在本文的实验取样工作中, 曾得到本校材料学院陈稀、朱瑞意教师的大力帮助, 特致衷心感谢。

参 考 文 献

- 1 李俊, 张渭源, 王云仪等 细旦丙纶针织物湿舒适性研究——常规试验方法测试研究. 中国纺织大学学报, 1996, 22(4): 1—8
- 2 曹俊周. 国外假体假人研制概况. 军需装备研究, 1979, (6): 2—6
- 3 欧阳骅. 服装卫生学. 北京: 人民军医出版社, 1985, 58—78
- 4 [日]纤维机学会被服学体系化分科会编. 被服科学总论. 大坂: 光生馆, 1981, 93—94

A STUDY OF FINE DENIER PROPYLENE KNITTED FABRICS' WET COMFORT

—THE WET COMFORT STUDIED BY MANIKIN TEST

Li Jun, Fan Shixiu, Zhang Weiyuan

(Fashion 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 clothing. The heat resistance clo index and the moisture permeability i_m index of these clothings are measured with the manikin and discussed. On the whole, the manikin developed by Fashion Institute of C.T.U. is introduced. According to their i_m values, these fabrics are classified into different types.

Keywords: propylene, knitted fabrics, value of clo, moisture permeability index, manikin