

文章编号:1671-7147(2005)05-0526-05

细旦丙纶短纤织物服用舒适性分析

黄敏

(广东纺织职业技术学院 服装艺术系, 广东 佛山 528041)

摘要:为探讨细旦丙纶短纤织物的服用舒适性,根据测试得出的细旦丙纶短纤织物、对比织物棉及细旦丙纶长丝等3类样本的各项服用性能指标数据,运用聚类分析及对应分析的数理统计方法,分析了此3类织物的优缺点,得出了细旦丙纶短纤织物独特的服用舒适性能;并优化出了该织物具有最佳服用舒适性的组织结构模型。

关键词:细旦丙纶短纤织物;服用舒适性;聚类分析;对应分析

中图分类号:TS 101.1

文献标识码:A

Study on Dressing Comfort Performance of Fine-Denier Polypropylene Staple Fibre Fabrics

HUANG Min

(Department of Fashion and Art, Guangdong Textile Polytechnic Institute, Fushan 528041, China)

Abstract: In order to discuss the clothing comfort of fine-denier polypropylene staple fibre fabrics, according to the testing data in dressing performance of fine-denier polypropylene staple fibre fabrics and its comparative samples such as cotton fabrics and fine denier polypropylene filament fabrics, the paper adopted clustered method and correspondence analysis to comprehensively study their advantage and disadvantage of these three kinds of fabrics and draw several conclusions on its distinctive dressing performance of super cottonlene fabrics. It is found that fine-denier polypropylene staple fibre fabrics covered by cotton double knitting fabric with openwork knitting stitch in surface was the optimum structure model in dressing comfort.

Key words: fine-denier polypropylene staple fibre fabrics; clothing comfort; clustered method; correspondence analysis

丙纶自开发问世以来,以其资源丰富、原料成本低,及其自身具有的强力高、耐磨、化学性能稳定(耐酸碱、防霉抗菌)、比重轻、用料省等特点,使其产品以针织、机织、无纺布等形式广泛应用于家庭装饰及工业品市场中。但由于其手感发硬等缺陷,在服用领域中所占的份额相对较低。因而,开发丙

纶服用产品一直成为中国及世界其它国家关注的重要课题。文中围绕由中国纺织大学研制开发的具有国际领先水平的单纤细度纤维(0.88 dtex的细旦丙纶短纤维)及其系列产品,对其在热湿舒适性等方面的综合服用性能进行分析探讨^[1]。

在服用性能领域,对于服用性能各种单项指标

收稿日期:2004-10-08; 修订日期:2005-03-12.

作者简介:黄敏(1968-),女,湖北宜昌人,副教授,工学硕士.主要从事服装结构设计及服装功能与舒适性的研究.

Email:hm3319896@21cn.com

的作用机理及分析已相当透彻,且运用线性回归、主成分分析及灰模分析处理数据也较常见.文中对细旦丙纶短纤及其对比织物的分析,主要是基于所选样本服用性能常规项目的单项测试数据^[2],运用聚类分析及对应分析的数理统计方法综合分析这 3 类织物的服用舒适性之间的差异及优缺点^[3].

文中选择了 5 组细旦丙纶短纤织物,包括单面汗布、双面棉毛、空气层织物、绒布及机织布等(结构参

数见表 1)共 15 个样本,基于织物热湿舒适性理论^[4],主要对试样的湿传递性能(液态水传递、透湿性、保水性、放湿干燥性)、保暖性能(保暖率或热阻值)以及透气性、抗起毛起球性(该项性能是针对丙纶的特点进行的补充)进行分析,加上织物结构参数,共 15 个样本、11 个变量,综合数据见表 1.基于表 1 的数据,文中采用聚类分析及对应分析方法对实验数据进行处理和分析,以期得出进一步的结论.

表 1 织物试样结构参数及各项服用性能指标

Tab. 1 The structural parameters and various clothing performance indexes of fabric samples

组别	织物试样编号	试样结构参数					各项服用性能指标测试结果					
		横密/ (纵行数/5cm)	直密/ (横列数/5cm)	厚度/ mm	克重/ (g/cm ²)	毛细高度/ (cm/30min)	保水率/ %	干燥率/ %	湿阻/ (cm)	透气量/ (L/m ² ·s)	保暖率/ %	起毛球/ 级数
1	1#	63	99	0.632	106.1	16.5	11.59	7.41	0.525	944.7	26.36	2.0
	2#	63	99	0.591	116.7	16.0	13.61	7.40	0.757	779.4	26.12	2.2
	3#	77	97	0.711	140.5	17.6	31.32	3.84	1.038	379.0	21.42	2.2
	4#	78	92	0.904	124.0	17.5	31.94	3.63	1.078	410.0	18.36	2.3
	5#	75	102	0.437	112.0	11.9	9.99	6.35	0.813	1466.1	22.21	2.3
2	6#	69	73	1.058	170.0	16.7	31.43	3.19	1.167	442.5	23.09	2.2
	7#	63	75	0.929	170.0	9.55	23.04	5.59	1.075	548.0	23.60	2.0
3	8#	61	61	1.461	240.0	13.8	15.64	7.57	0.867	423.3	25.41	1.0
	9#	71	64	1.493	226.0	13.6	21.74	4.60	1.009	303.2	24.2	1.0
	10#	73	75	1.105	216.0	13.3	33.21	2.90	0.970	168.5	22.53	2.2
4	11#	65	65	1.841	310.0	0.0	26.23	3.82	0.900	156.2	30.47	2.1
	12#	43	57	2.350	338.0	4.67	26.93	2.55	0.999	222.0	30.71	2.3
	13#	52	51	2.650	302.0	2.6	10.90	2.46	0.974	368.3	37.37	2.2
5	14#	52	85	0.715	163.0	18.3	12.41	5.19	1.208	200.5	29.69	2.0
	15#	52	85	0.728	174.0	18.7	18.63	2.28	1.794	121.2	27.23	2.1

1 聚类分析

由表 1 的数据可知,样本数 $n = 15$,变量数 $p = 11$,它们依次为:横密、直密、厚度、克重、毛细高度、保水率、干燥率、湿阻、透气量、保暖率、起毛球级数,按照聚类分析的机理^[5]则由它们构成原始资料矩阵为

$X_{ij} =$

63	99	0.632	106.1	16.5	11.59	7.41	0.525	944.7	26.36	2.0
63	99	0.591	116.7	16.0	13.61	7.40	0.757	779.4	26.12	2.2
77	97	0.711	140.5	17.6	31.32	3.84	1.038	379.0	21.42	2.2
78	92	0.904	124.0	17.5	31.91	3.63	1.078	410.0	18.36	2.3
75	102	0.437	112.0	11.9	9.99	6.35	0.813	1466.1	22.21	2.3
69	73	1.058	170.0	16.7	31.43	3.19	1.167	442.5	23.09	2.2
63	75	0.929	170.0	9.55	23.04	5.59	1.075	548.0	23.60	2.0
61	61	1.461	240.0	13.8	15.64	7.57	0.867	423.3	25.41	1.0
71	64	1.493	226.0	13.6	21.74	4.60	1.009	303.2	24.20	1.0
73	75	1.105	216.0	13.3	33.21	2.90	0.970	168.5	22.53	2.2
65	65	1.841	310.0	0.0	26.23	3.82	0.900	156.2	30.47	2.1
43	57	2.350	338.0	4.67	26.93	2.55	0.999	222.0	30.71	2.3
52	51	2.650	302.0	2.6	10.90	2.46	0.974	368.3	37.37	2.2
52	85	0.715	163.0	18.3	12.41	5.19	1.208	200.5	29.69	2.0
52	85	0.728	174.0	18.7	18.63	2.28	1.794	121.2	27.23	2.1

通过对原始资料矩阵进行数据处理得到距离平方和矩阵,见表 2.再根据 15 个样本的距离平方和矩阵作出各样本间聚类树枝图,见图 1.

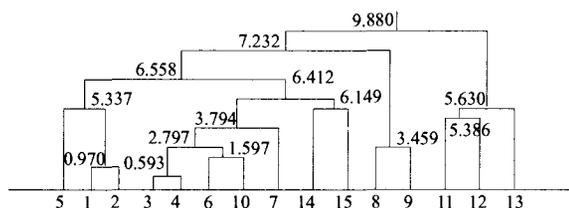


图 1 聚类分析的树枝图

Fig. 1 Twig illustration of the clustered analysis

由图 1 可以看到,各样本逐步聚类的过程及结果,由其距离平方和 d^2 的大小及其聚类结果大致可以看出,组织结构相近、原料相同的样本间距离较小.如样本 1#与 2#、3#与 4#、6#与 10#、8#与 9#、14#与 15#、11#与 12#与 13#等.若用阈值大小分析,可知:当 $d^2 = 3.794$ 时,样本 3#、4#、6#、7#、10#为一类.其中,3#、4#为纯棉单面织物;6#、10#为纯棉双面织物;7#为棉盖丙双面空气层织物,结构与 6#相似,说明其各项性能差异不

表2 15个样本距离平方和矩阵
Tab. 2 The sum of squares matrix from 15 samples

样本数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0														
2	0.970	0													
3	14.306	10.304	0												
4	17.103	12.789	0.593	0											
5	5.392	5.337	15.076	16.249	0										
6	17.504	12.975	2.797	2.901	19.090	0									
7	9.874	6.558	6.333	7.294	12.309	3.794	0								
8	15.369	14.900	21.053	23.400	25.387	16.385	8.676	0							
9	19.681	18.031	13.519	15.028	26.306	9.462	7.232	3.459	0						
10	20.478	16.057	3.517	3.874	23.271	1.597	5.280	17.152	9.283	0					
11	28.577	24.627	20.689	22.794	33.857	13.847	10.266	16.298	12.890	9.880	0				
12	37.799	33.217	30.468	32.107	46.247	18.646	16.880	22.748	20.812	16.744	5.386	0			
13	38.049	34.967	39.617	42.284	45.743	27.048	22.166	24.245	23.759	26.035	8.081	5.630	0		
14	11.612	7.706	12.315	15.313	20.071	9.610	6.412	12.366	12.913	13.049	8.503	20.542	22.684	0	
15	29.341	21.937	14.912	16.522	32.747	10.058	12.663	25.429	19.360	14.839	24.630	23.488	29.482	6.149	0

大. 样本1#、2#为一类,是细旦丙纶短纤单面汗布;样本8#、9#为一类,是棉盖丙短纤及长丝双面织物;其它各自成类.

当 $d^2=6.412$ 时,样本3#、4#、6#、7#、10#、14#、15#为一类. 其中,14#、15#为纯丙和棉丙交织的机织物;1#、2#、5#为一类,分别是丙短纤和长丝汗布;8#、9#为一类;11#、12#、13#为绒布类,共4类.

当 $d^2=6.558$ 时,1#、2#、3#、4#、5#、6#、7#、10#、14#、15#为一类;8#、9#为一类;绒布为一类,共3类.

当阈值为7.232时,由树枝图可以看出,可分绒类和非绒类. 当阈值为9.880时,仅为一类. 根据专业知识可取阈值为6.412,则样本共分4类,丙纶汗布自成一类;单双面全棉(包括7#细旦丙纶短纤双面空气层)及机织物聚成一类;丙纶双面自成一类;绒布为一类. 同时也注意到阈值6.412与阈值6.558很接近,当阈值为6.558时,前两类又可聚为一类. 这说明细旦丙纶短纤短纤与长丝既有不同于棉类的性质,又有接近于棉类的性质,其性质优劣有待于作进一步的对应分析.

2 对应分析

2.1 对应分析机理

为了能满足R型与Q型分析具有相同的特征根,对原始资料矩阵 (X_{ij}) 进行转化.

2.1.1 报差化处理 将 (X_{ij}) 逐列极差化处理,以消除不同单位和正负号的影响.

$$(X_{ij}) \rightarrow (X'_{ij}), \text{ 则: } X'_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(X_{.j})}{R_{.j}} = \frac{X_{ij} - \min(X_{.j})}{\max(X_{.j}) - \min(X_{.j})}$$

其中, $\min(X_{.j})$ 为 j 变量中的最小观测值, $\max(X_{.j})$ 为最大观测值, (X'_{ij}) 为在 $0 \sim 1$ 之间的无量纲值.

2.1.2 对称变换 $X'_{ij} \rightarrow p_{ij} = \frac{X'_{ij}}{T}$

其中, $T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p X'_{ij}$.

2.1.3 标准化转换 $p_{ij} \rightarrow z_{ij} = \frac{p_{ij} - p_{i \cdot} \cdot p_{\cdot j}}{\sqrt{p_{i \cdot} \cdot p_{\cdot j}}}$

其中, $p_{i \cdot} = \sum_{j=1}^p p_{ij} \approx \overline{p_{i \cdot}}$, $p_{\cdot j} = \sum_{i=1}^n p_{ij} \approx \overline{p_{\cdot j}}$.

2.1.4 变量之间相关信息矩阵 $R' = Z^T Z$; 样本之间相似信息矩阵, $C' = Z Z^T$, 则: R' 与 C' 同具有 m 个相同的特征根 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$.

2.1.5 利用雅可比法求R型分析中 R' 的特征根 $\lambda_k (k=1 \sim m)$ 及单位特征向量 $u^{(k)}$, 同理可求Q型分析 C' 中的特征根及单位特征向量

$${}_{n \times 1} v^{(k)} : u^{(k)} = \frac{a_j^{(k)}}{\sqrt{\sum_{j=1}^p a_j^{2(k)}}}; v^{(k)} = \frac{1}{\sqrt{\lambda_k}} z \cdot u^{(k)}$$

其中, $a_j^{(k)}$ 为 R' 的特征向量; $u^{(k)}$ 为R型分析时主成分 F_k 与变量 x_j 之间的因子负荷系数; $v^{(k)}$ 为Q型分析时主成分 F_k 与样本 x_i 之间的因子负荷系数.

2.1.6 知觉图坐标 若 λ_1 与 λ_2 共同具有较大的贡献率,则由主成分 F_1 与 F_2 形成平面坐标系. i 样

本与 j 变量的坐标分别表示为: $x_i(\sqrt{\lambda_1} v_i^{(1)}, \sqrt{\lambda_2} v_i^{(2)}); x_j(\sqrt{\lambda_1} u_j^{(1)}, \sqrt{\lambda_2} u_j^{(2)})$ 。根据坐标点作出 R 型及 Q-R 型知觉图。

2.2 对应分析数据处理

根据上述对应分析思想, 由对应分析程序进行计算机处理得以下数据:

1) 由 X_{ij} 的原始资料矩阵得到标准资料矩阵 Z_{ij} ; 由 Z_{ij} 得到变量之间的相关信息矩阵 R' (11×11) 和样本之间的相似信息矩阵 C' (15×11)。

2) 从 R' 矩阵出发求得 R' 的特征根和单位特征向量, 即因子载荷系数, 见表 3。

表 3 R'型(变量之间)相关信息矩阵的特征根和单位特征向量

Tab. 3 Characteristic root and unit characteristic vector of correlation information matrix between variables

测试项目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
横密	-0.163	0.163	0.452	-0.111	-0.459	-0.537	-0.286	0.105	0.052	0.369	0.002
直密	-0.351	0.078	-0.229	-0.073	0.182	-0.083	-0.044	0.863	0.068	-0.116	0.090
厚度	0.479	-0.231	0.169	-0.052	-0.142	0.106	0.477	0.334	0.473	0.277	-0.125
克重	0.501	-0.175	0.074	0.058	-0.013	0.114	-0.288	0.339	-0.676	0.028	-0.125
毛细效应	-0.227	0.166	-0.121	0.470	-0.161	-0.090	0.604	0.034	-0.438	0.305	-0.016
保水率	0.148	0.567	0.399	-0.102	0.294	0.247	0.110	0.032	-0.037	0.100	0.560
干燥率	-0.323	-0.474	0.313	0.354	0.427	0.182	-0.201	-0.017	0.098	0.420	0.074
湿阻	0.109	0.229	-0.398	0.354	-0.394	0.414	-0.410	0.057	0.215	0.291	0.151
透气量	-0.325	-0.364	0.066	-0.444	-0.452	0.426	0.141	0.005	-0.207	-0.004	0.335
保暖率	0.273	-0.340	-0.316	0.064	0.040	-0.474	0.003	-0.053	-0.019	0.054	0.688
起毛球	0.023	0.095	-0.387	-0.541	0.284	-0.017	-0.023	-0.095	-0.140	0.637	-0.179
特征值	0.202	0.094	0.046	0.038	0.012	0.006	0.005	0.002	0.002	0.001	0.001
贡献率/%	49.39	22.98	11.25	9.29	2.93	1.47	1.22	0.49	0.49	0.24	0.24
累计贡献率/%	49.39	72.37	83.62	92.91	95.84	97.31	98.53	99.02	99.51	99.75	99.99
											100

3) 根据特征根计算各变量因子的贡献率大小, 然后确定主因子轴 F_1 、 F_2 。文中 F_1 克重, F_2 为保水率, F_1 与 F_2 累计贡献率为 72.37%, 计算结果见表 3。

4) 由特征根和因子载荷系数计算变量点和样本点坐标, 见表 4。并且根据样本点和变量点坐标作出样本点和变量点的知觉图, 见图 2。

表 4 变量点和样本点坐标

Tab. 4 The coordinates of variable points and sample points

样本点	编号	1#	2#	3#	4#	5#	6#	7#	8#	9#	10#	11#	12#	13#	14#	15#
F_1		-0.156	-0.134	-0.061	-0.061	-0.182	0.003	-0.029	0.009	0.040	0.039	0.149	0.213	0.215	-0.029	0.021
F_2		-0.095	-0.067	0.103	0.116	-0.082	0.088	-0.001	-0.0102	-0.001	0.105	-0.015	-0.018	-0.116	-0.021	0.082
变量点	编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11				
	变量名	横密	直密	厚度	克重	毛细高度	保水率	干燥率	湿阻	透气量	保暖率	起毛起球				
F_1		-0.073	-0.158	0.215	0.225	-0.102	0.066	-0.145	0.049	-0.146	0.123	0.010				
F_2		0.050	0.024	-0.071	-0.054	0.051	0.174	-0.145	0.070	-0.112	-0.104	0.029				

3 实验结果分析

由计算结果可知, 织物克重和保水率这两个因子的累积贡献率达 72.37%, 包含了较多的原信息, 因此可根据它们对 Q、R 作出统计判断。取这两个因子作主成分 F_1 、 F_2 , 并分别作为 Q-R 型知觉图的横坐标和纵坐标。

由图 2 可知, 在 1~11 个变量点中, 1、2、3、4、5、9、10 明显靠近 F_1 轴, 则第 1 个主成分因子主要由这些变量赋义。这些变量分别是: 横密、直密、厚度、克重、毛细高度(毛细高度值越大, 毛细效应越

好^[6])、透气性、保暖性; 而 6、8、11 明显靠近 F_2 轴, 则第 2 主成分因子主要由这些变量赋义, 这 3 个变量是保水率、湿阻、起毛起球; 第 7 点即放湿干燥率位于 F_1 、 F_2 轴的对角线上, 则 F_1 、 F_2 都可用它来赋义, 根据实际数据, F_2 用它来赋义更为合适。

由知觉图中变量点的分布可知: 与 F_1 轴正相关的变量有 3、4、10, 其中 3、4 为样本的结构参数, 10 为性能指标。若样本点越往知觉图右边落, 则说明该样本的保暖性越好, 反之则保暖性差。与 F_1 轴负相关的变量有 1、2、5、9, 其中 1、2 为样本的结构参数, 其它为性能指标, 若样本点越往知觉图左边落,

则说明该样本的毛细效应即液态水传递能力、透气性越好,反之则越差.与 F_2 轴正相关的变量有 6、8、11,若样本点越往知觉图上方落,则说明该样本的保水性能越好、透湿阻抗越高即透湿性能越差、抗起毛起球性越好,反之则保水性较差、透湿性较好、抗起毛起球性越差.与 F_2 轴负相关的变量有 7,则说明样本点越往知觉图的下方落其放湿干燥性能越好,反之则相反.同时,由于第 7 点在对角线上,说明第一象限的干燥速率最差.

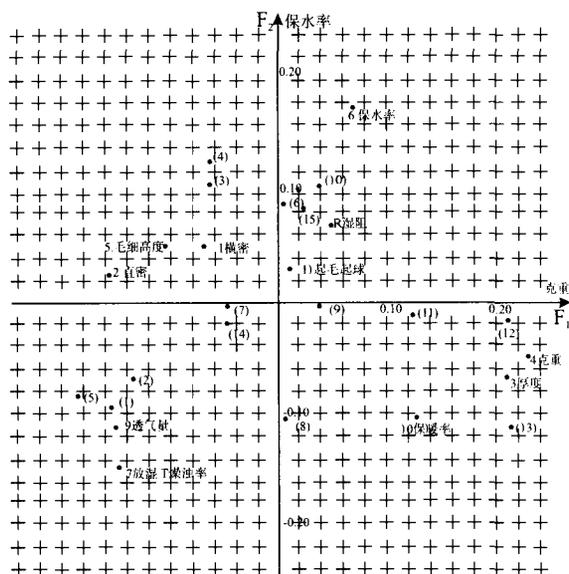


图2 Q-R型知觉图

Fig. 2 Q-R perception illustration

由图2还可以看出,结构变量与性能变量的关系.如变量1、2(织物直密、横密)与变量5(毛细高度)同在第2象限,变量3、4(织物厚度、克重)与变量10(保暖)同在第4象限,且都与 F_1 轴相关,前者说明织物密度越大,则毛细效应越好,后者说明织物越厚实则保暖性越好.

由图2可知8#样本比较特别,同时具有第3、第4象限的特征.再由图1知它始终与9#自成一类,对照前面章节单项测试结果分析,发现其综合服用性能优良,即既具有优良的透湿透气、放湿干燥、保暖性能,同时又具有良好的液态水传递性能和保水性能,既弥补了全棉织物透湿及放湿干燥速率较差的缺点,又优于同类的细旦丙纶长丝织物的性能,这样就优化出细旦丙纶短纤织物最佳服用舒适性组织结构模型:即表面为网眼组织的双面棉盖细旦丙纶短纤织物,这种织物不仅适合于人们平时安静时穿着,同时也适合于作为人体运动装.

根据上面的分析,可对知觉图4个象限分别进行赋义,见图3.

织物密度大,毛细效应好
透湿性较差,保水性能好
放湿干燥速率慢,保暖性较差,透气性较好,抗起毛起球性较好

毛细效应较好,透湿性差,
保水性能好,放湿干燥速率慢,保暖性较好,透气性差,抗起毛起球性较好

毛细效应好,透湿性能好,
保水性能差,放湿干燥速率快,保暖性较好,透气性好,抗起毛起球性差

织物厚实,平方米克重大,
毛细效应差,透湿性能好,保水性较好,放湿干燥速率较快,保暖性能好,透气性较差,抗起毛起球性差

图3 赋义知觉图

Fig. 3 Defined perception illustration

由图3可知,知觉图的4个窗口各自反映了织物不同的服用性能特点及其优劣水平.并且由样本点知觉图可知,样本的分布非常有规律,全棉的单面织物都分布在第2象限;全棉的双面织物及棉丙交织的机织物均落在第1象限;而细旦丙纶短纤及丙纶长丝的单双面几乎都落在第3象限;绒布类则落在第4象限.对应于赋义的图3可知:纯棉的单双面织物的共同特点是毛细效应好,即液态水传递能力好,但透湿性能较差;保水性能好但放湿干燥速率较慢;抗起毛起球性能较好;透气性和保暖性则要分单双面,单面织物透气性好,保暖性较差,双面织物透气性较差而保暖性较好.细旦丙纶短纤织物的共同特征是毛细效应好、透湿性能好、放湿干燥速率快、透气性好、保暖性也较好、但保水性、抗起毛起球性能差,由于细旦丙纶短纤织物具有良好的芯吸效应即液态水传递能力,当有大量汗水积聚时,细旦丙纶短纤织物可以迅速将汗水芯吸转移到织物外层,防止汗水顺着皮肤流淌,从而弥补其保水性的不足.绒布类保暖性好、透湿性、保水性及干燥速率都较好,但毛细效应、透气性及抗起毛起球性较差.

4 结论

- 1) 细旦丙纶短纤织物透湿性、放湿干燥速率、透气性及保暖性都优于纯棉织物,液态水传递性能与棉接近;
- 2) 细旦丙纶短纤的保水性及抗起毛起球性不如棉类织物,但细旦丙纶短纤良好的液态水传递性能可以弥补其保水性的不足.
- 3) 在知觉图中虽然丙纶长丝、短纤的单双面织物都落在相同区域,性能相似,但根据单项性能测试的数据,说明细旦丙纶短纤织物的性能优于同类结构的丙纶长丝织物;
- 4) 细旦丙纶短纤织物的最佳服用舒适性组织结构模型,是表面为网眼的棉盖细旦丙纶短纤双面织物;

(下转第550页)

$$B^*(y) = \sup_{x \in X} (\alpha \otimes (A^*(x) \otimes (A(x) \rightarrow B(y)))) \leq D(y)$$

$$(A^*(x) \otimes (A(x) \rightarrow B(y))) \leq D(y)$$

定理 2.2 (α 三 I FMT 算法) 设 X, Y 是非空集, $A \in F(X), B, B^* \in F(Y)$, 则 $F(X)$ 中使式(4)恒成立的最大模糊集 A^* 算法如下:

$$A^*(x) = \inf_{y \in Y} (\alpha \otimes (A(x) \rightarrow B(y)) \rightarrow B^*(y)) \quad x \in X \quad (6)$$

证明:先证由式(6)定义的 A^* 使式(4)恒成立.事实上,对于任意 $x \in X, y \in Y$

$$\alpha \rightarrow ((A(x) \rightarrow B(y)) \rightarrow (A^*(x) \rightarrow B^*(y))) = \alpha \rightarrow$$

$$(A^*(x) \rightarrow ((A(x) \rightarrow B(y)) \rightarrow B^*(y))) =$$

$$(A^*(x) \rightarrow \alpha \rightarrow ((A(x) \rightarrow B(y)) \rightarrow B^*(y))) =$$

$$(A^*(x) \rightarrow (\alpha \otimes (A(x) \rightarrow B(y)) \rightarrow B^*(y))) = 1$$

故式(4)成立.

其次,若 $C \in F(X)$ 满足:对于任意 $x \in X, y \in Y$

$$(A(x) \rightarrow B(y)) \rightarrow (C(x) \rightarrow B^*(y)) \geq \alpha$$

则

$$C(x) \rightarrow (\alpha \otimes (A(x) \rightarrow B(y)) \rightarrow B^*(y)) \rightarrow$$

$$B^*(y) = C(x) \rightarrow (\alpha \rightarrow ((A(x) \rightarrow B(y)) \rightarrow B^*(y))) =$$

$$\alpha \rightarrow (C(x) \rightarrow ((A(x) \rightarrow B(y)) \rightarrow B^*(y))) =$$

$$\alpha \rightarrow ((A(x) \rightarrow B(y)) \rightarrow (C(x) \rightarrow B^*(y))) = 1$$

即 $C(x) \leq \alpha \otimes (A(x) \rightarrow B(y)) \rightarrow B^*(y)$, 从而

$$C(x) \leq \inf_{y \in Y} (\alpha \otimes ((A(x) \rightarrow B(y)) \rightarrow B^*(y))) = A^*(x).$$

当 $\alpha = 1$ 时,由定理 2.1, 2.2 可得如下的三 I 算法.

定理 2.3 (三 I FMP 算法) 设 X, Y 是非空集, $A, A^* \in F(X), B \in F(Y)$, 则 $F(Y)$ 中使式(3)恒等于 1 的最小模糊集 B^* 的算法如下:

$$B^*(y) = \sup_{x \in X} (A^*(x) \otimes (A(x) \rightarrow B(y))) \quad y \in Y \quad (7)$$

定理 2.4 (三 I FMT 算法) 设 X, Y 是非空集, $A \in F(X), B, B^* \in F(Y)$, 则 $F(X)$ 中使式(3)恒等于 1 的最大模糊集 A^* 算法如下:

$$A^*(x) = \inf_{y \in Y} ((A(x) \rightarrow B(y)) \rightarrow B^*(y)) \quad x \in X \quad (8)$$

参考文献:

- [1] Dubois D, Prade H, Lang J. Fuzzy sets in approximate reasoning[J]. *Fuzzy Sets and Systems*, 1991, 40: 143-244.
- [2] Zadeh L A. Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision process[J]. *IEEE Trans Systems Man Cybernet*, 1973, 3: 28.
- [3] 王国俊. 模糊推理的全蕴涵三 I 算法[J]. *中国科学(E辑)*, 1999, 29 (1): 43.
- [4] 宋士吉, 吴澄. 模糊推理的反向三 I 算法[J]. *中国科学(E辑)*, 2002, 32 (2): 230.
- [5] 宋士吉, 吴澄. 模糊推理的反向三 I 约束算法[J]. *自然科学进展*, 2002, (12): 95-100.
- [6] 周保魁, 王国俊. 不同蕴涵算子下的三 I 算法[J]. *陕西师范大学学报*, 1998, 26 (4): 1.
- [7] 裴道武. FMT 问题的两种三 I 算法及其还原性[J]. *模糊系统与数学*, 2001, 15 (4): 2-3.
- [8] 王国俊. 非经典数理逻辑与近似推理[M]. 北京: 科学出版社, 2000. (责任编辑: 杨勇, 邢宝妹)

(上接第 530 页)

5) 由树枝图和知觉图可以看出, 聚类分析和对应分析是相互一致的, 后者较前者有更清晰明朗的信息.

需要指出的是: 细旦丙纶短纤维织物虽具有良好的服用性能及外观, 但是其抗起毛起球现象较为严重, 尤其是针织物, 希望织物在结构参数设计时尽量避免这个缺点, 或者对织物进行一定的后整理工

艺以减少起毛起球现象.

另外, 细旦丙纶短纤维汗布由于丙纶比重轻的缘故使其布面手感柔软、光泽柔和, 但身骨欠佳, 易于褶皱, 亦希望能有更进一步的改善, 使其真正成为高品质、高科技、高附加值的新一代舒适性服用产品, 打开丙纶在服用领域的新局面.

参考文献:

- [1] 王依民. 国内外细旦纤维开发和进展[R]. 上海: 东华大学, 1997.
- [2] 黄敏, 张一平. 细旦丙纶短纤维织物单项服用性能测试及分析[J]. *襄樊学院学报*, 1999, 20(5): 36-41.
- [3] Hamson P W. Fabrics: Sensory and Mechanical Properties. The evaluation of sensory properties of fabrics objective measurement of fabrics properties[J]. *Textile Progress*, 1996, 26(3): 48-54.
- [4] 张渭源. 服装的舒适与功能[Z]. 上海: 东华大学, 1995.
- [5] 吴汉金. 实验设计与多元分析[Z]. 上海: 东华大学, 1995.
- [6] Erik Kissa. Wetting and Wicking[J]. *T. R. J.*, 1996, 66(10): 660-668. (责任编辑: 彭守敏)