

文章编号:0253-9721(2007)04-0041-04

灰色理论在麻织物热湿舒适性研究中的应用

孔令剑^{1,2}, 晏雄¹

(1. 东华大学 纺织学院, 上海 201620; 2. 湖南工程学院 纺织工程系, 湖南 湘潭 411101)

摘要 利用灰色理论评价麻织物的热湿舒适性,通过测试不同规格麻织物的传热、透气、导湿和吸湿性能,用灰色关联度分析法与蚕丝织物各热湿性能指标构成的参考数列进行比较,排出了夏季服用麻织物热湿舒适性能的优劣次序,为热湿舒适性能的研究提供了理论依据。实验证明:在高湿与低湿状态下,厚度和总紧度对织物的透湿性能产生的影响是不同的,在低湿条件下,紧度产生的影响效果比厚度大,而在高湿条件下,厚度产生的影响因素占据主导地位。

关键词 灰色关联度; 热湿舒适性; 麻织物; 透气性; 导湿性

中图分类号:TS101.92 文献标识码:A

Application of gray system theory in evaluation of thermal and moisture comfort of bast fiber fabrics

KONG Lingjian^{1,2}, YAN Xiong¹

(1. College of Textile, Donghua University, Shanghai 201620, China;

2. Department of Textile Engineering, Hunan Institute of Engineering, Xiangtan, Hunan 411101, China)

Abstract Use of gray system theory in evaluation of thermal and moisture comfort of bast fiber fabric is introduced. The thermal transmittance, air permeability, moisture vapor transmission (MVT), and hygroscopicity of bast fiber fabric with different specifications are tested, and their thermal and moisture transmitting properties are compared with those of silk fabrics through gray correlation analysis and the thermal and moisture transmitting properties of the summer bast fiber fabrics are listed in the order from good to bad, thus providing a theoretical basis for investigation of thermal and moisture comfort of fabric. The experimental results show that the influence of fabric thickness and tightness on MVT varies with humidity. In low humidity, fabric tightness is more important than thickness, and vice versa in high humidity.

Key words gray correlation; thermal and moisture comfort; bast fiber fabric; air permeability; moisture vapor transmission

热湿舒适性是指人体在变化的环境中通过热湿传递作用获得的舒适满意感觉。服用织物的热湿舒适性是一个物理学与生物学的综合问题。热湿传递性能好的织物,并不一定代表热湿舒适性也好。舒适性离不开人的感觉,用人体做实验虽然比较直观,但由于需要进行大量复杂的实验工作,时间长,且耗费财力与物力。此外,人体舒适性实验准确性不高,

感觉因人而异,同一个人也会因身体状况的变化,而得出不同的结论,因此暖体铜人是一种较好的测试热湿舒适性的装置。但这种测试装置的缺点只能“模拟”人体,而不能反映人体生理和心理。本文通过测试各种不同规格麻类织物的传热、透气、导湿和吸湿性能,采用灰色关联度评价织物的热湿舒适性^[1-5]。

收稿日期:2006-08-04 修回日期:2006-10-10

基金项目:湖南省高等学校科学研究资助项目(04C184)

作者简介:孔令剑(1959—),男,教授,博士生导师。主要研究方向为织物舒适性能、数字化纺织技术等。晏雄,通讯作者, E-mail: yaxi@dhu.edu.cn。

1 实验部分

1.1 实验材料

根据麻纤维的结构和性能特征,用其织制的织物比较适合夏季服用。故选取轻薄型的纯苧麻及苧

麻混纺织物作为试样,并选取 1 块舒适性能良好的蚕丝织物作为参照试样。各试样规格与结构参数如表 1 所示。

1.2 测试方法

1.2.1 保暖性能测定

采用 YG 606 型平板式保暖仪测定保暖性能。

表 1 织物规格与结构参数

Tab.1 Specification and structure parameter of fabric

试样编号	试样名称	线密度/tex		织物密度/(根·(10 cm) ⁻¹)		厚度/mm	总紧度/%
		经	纬	经	纬		
0	宫绸	14	14	286	296	0.191 3	67.36
1	纯苧麻平纹布 R813	17	17	278	323	0.207 3	73.61
2	纯苧麻平纹布 R819	14	14	300	280	0.192 8	67.21
3	纯苧麻平纹布 R850	28	28	293	267	0.197 1	82.71
4	纯苧麻平纹布 R860	28	28	276	236	0.246 2	78.39
5	纯苧麻平纹布 R919	10	10	308	242	0.175 2	57.10
6	纯苧麻平纹布 R361501-0523	28 + 64	28 + 64	138	107	0.349 8	49.63
7	棉 + 苧麻/棉交织平纹布 RC4030-0405	15 + 28	20	195	262	0.294 8	63.86
8	纯棉平纹布 C820	14.6	14.6	464	310	0.436 0	80.70
9	亚麻/棉交织平纹布 FC825	48.6	64.8	205	180	0.777 0	78.10

测试温度为(20 ± 2) °C,相对湿度为(65 ± 2) %, 试验板、保护板和底板的温度为 36 °C。根据 GB/T 11048 —1989 分别测出各织物的传热系数 U 。

1.2.2 透气性测试

采用 YG 461 型织物透气量测试仪测定透气性。试样的调湿及透气性测定在 3 级标准大气下进行。分别测出各织物的流量压差 ΔP , 计算出试样透气量的算术平均值 \bar{Q} , 执行标准为 GB 5453 —1985。

1.2.3 透湿量测定

采用 YG 601 型电脑式织物透湿仪测定透湿量。分别用吸湿法与蒸发法测出透湿杯中吸湿剂吸湿或杯中水的蒸发而产生的质量差 Δm , 计算出透湿量 W 。执行标准为 GB/T 12704 —1991, GB/T 6529 —1986。吸湿法实验条件为:温度 38 °C,相对湿度

90 %,气流速度 0.3 ~ 0.5 m/s;蒸发法实验条件为:温度 38 °C,相对湿度 25 %,气流速度 0.5 m/s^[6]。

1.2.4 导水性测试

采用芯吸效应测试仪测定导水性。将试样在温度为(20 ± 2) °C,相对湿度为(65 ± 3) %的条件下平衡 24 h 后,再在相同环境条件下进行测试。测试渗液高度并计算出平均芯吸效应

$$H = \sum_{i=1}^n h_i / n \quad (1)$$

式中: h_i 为各试样芯吸效应最低值; n 为实验次数。执行标准为 ZB W04019 —90^[7]。

2 结果与分析

实验测试结果如表 2 所示。

表 2 织物热湿性能测试值

Tab.2 Test value of fabric thermal and moisture permeability

试样编号	试样名称	传热系数/ (W·(m ² ·°C) ⁻¹)	平均透风量/ (mm·s ⁻¹)	吸湿法透湿/ g	蒸发法透湿/ g	平均芯吸效应/mm	
						经向	纬向
0	宫绸	62.68	2 866.8	0.636	0.506	135.3	125.7
1	R813	43.04	1 127.5	0.614	0.441	99.8	119.0
2	R819	40.58	1 610.0	0.627	0.397	98.2	99.5
3	R850	47.06	1 330.6	0.621	0.420	40.0	34.6
4	R860	54.20	1 078.0	0.608	0.455	127.2	117.5
5	R919	61.72	2 783.4	0.592	0.487	71.0	80.0
6	R361501-0523	54.48	1 464.1	0.574	0.463	104.2	119.0
7	RC4030-0405	39.44	993.2	0.550	0.444	78.5	76.4
8	C820	36.82	854.3	0.570	0.382	69.2	70.8
9	FC825	35.40	867.4	0.432	0.400	65.1	63.2

从表 2 可以看出织物在各方面的性能优劣不同,很难根据织物的某一项指标作出整体热湿舒适性评价。同时,由于数据分布规律不清晰,且数据量少,用传统的确定性数学来分析,很难得出有效的结论。因此,本文引用模糊数学中的灰色系统理论,能更好地反映客观情况^[8]。

灰色关联度分析实际上是一种态势分析,是比

较其他数列与参考数列的接近程度。以蚕丝织物各热湿性能指标构成的数列为参考数列 $X_0(k)$;以各种麻类织物热湿性能指标构成的数列为比较数列 $X_i(k)$ ^[9]。

各性能参数因量纲不同数值差异很大,因此,用 $X_i(k) = X_i(k)/X_0(k)$ 进行数据初值化处理。处理后各数据整理成表 3。

表 3 初值化后各测试数据

Tab.3 Converted testing data

X_i	传热系数/ ($W \cdot (m^2 \cdot ^\circ C)^{-1}$)	平均通气量/ ($mm \cdot s^{-1}$)	吸湿法透湿/ g	蒸发法透湿/ g	平均芯吸效应/mm	
					经向	纬向
X_0	1	1	1	1	1	1
X_1	0.686 7	0.393 3	0.965 4	0.871 5	0.737 6	0.946 7
X_2	0.647 4	0.561 6	0.985 9	0.784 6	0.725 8	0.791 6
X_3	0.750 8	0.464 2	0.976 4	0.830 0	0.295 6	0.275 3
X_4	0.864 7	0.376 0	0.956 0	0.899 2	0.940 1	0.934 8
X_5	0.984 7	0.970 9	0.930 8	0.962 5	0.524 8	0.636 4
X_6	0.869 2	0.510 7	0.902 5	0.915 0	0.770 1	0.946 7
X_7	0.629 2	0.346 5	0.864 8	0.877 5	0.580 2	0.607 8
X_8	0.587 4	0.298 0	0.896 2	0.754 9	0.511 5	0.563 2
X_9	0.564 8	0.302 6	0.679 2	0.790 5	0.481 2	0.502 8

用下式求出关联系数:

$$\xi_i(k) = \frac{\min_i \min_k |X_0(k) - X_i(k)| + \eta \max_i \max_k |X_0(k) - X_i(k)|}{|X_0(k) - X_i(k)| + \eta \max_i \max_k |X_0(k) - X_i(k)|} \quad (2)$$

式中: i 表示品种; k 表示某个性状; η 为分辨系数(取值范围为 $0 \sim 1$,这里取 0.6)。用表 3 数据可求出 X_0 与 X_i 各对应点绝对差值 $\Delta_i(k) = |X_0(k) - X_i(k)|$,经整理后列于表 4。

表 4 绝对差值 $\Delta_i(k)$

Tab.4 Absolute difference $\Delta_i(k)$

	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6
Δ_1	0.313 3	0.606 7	0.034 6	0.128 5	0.262 4	0.053 3
Δ_2	0.352 6	0.438 4	0.014 1	0.215 4	0.274 2	0.208 4
Δ_3	0.249 2	0.535 8	0.023 6	0.170 0	0.704 4	0.724 7
Δ_4	0.135 3	0.624 0	0.044 0	0.100 8	0.059 9	0.065 2
Δ_5	0.015 3	0.029 1	0.069 2	0.037 5	0.475 2	0.363 6
Δ_6	0.130 8	0.489 3	0.097 5	0.085 0	0.229 9	0.053 3
Δ_7	0.370 8	0.653 5	0.135 2	0.122 5	0.419 8	0.392 2
Δ_8	0.412 6	0.702 0	0.103 8	0.245 1	0.488 5	0.436 8
Δ_9	0.435 2	0.697 4	0.320 8	0.209 5	0.518 8	0.497 2

由表 4 可知, $\max_i \max_k |X_0(k) - X_i(k)| = 0.724 7$, $\min_i \min_k |X_0(k) - X_i(k)| = 0.014 1$, 按式(2)计算可得 $\xi_i(k) = \frac{0.014 1 + 0.6 \times 0.724 7}{\Delta_i(k) + 0.6 \times 0.724 7} =$

$\frac{0.448 92}{\Delta_i(k) + 0.434 82}$, 求出关联系数列于表 5。

根据表 5 数据,用下式可求出等权关联度

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_i(k) \quad (3)$$

表 5 关联系数 $\xi_i(k)$

Tab.5 Relating coefficient $\xi_i(k)$

ξ_i	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6
ξ_1	0.600 5	0.431 0	0.956 3	0.796 9	0.643 9	0.919 7
ξ_2	0.570 1	0.514 1	1.000 0	0.690 4	0.633 2	0.697 9
ξ_3	0.656 2	0.462 5	0.979 3	0.742 2	0.394 1	0.387 2
ξ_4	0.787 4	0.423 4	0.937 6	0.838 1	0.907 4	0.897 8
ξ_5	0.989 9	0.967 7	0.890 7	0.950 5	0.493 3	0.562 3
ξ_6	0.793 7	0.485 8	0.843 4	0.863 6	0.675 4	0.919 7
ξ_7	0.557 2	0.412 5	0.787 6	0.805 5	0.525 3	0.542 8
ξ_8	0.529 7	0.393 1	0.833 5	0.660 3	0.486 2	0.515 0
ξ_9	0.516 0	0.396 5	0.594 1	0.696 7	0.438 9	0.481 7

式(3)中 n 为各性状总数。也可根据各性状所作的贡献不同考虑权重,求出加权关联度

$$r'_i = \sum_{k=1}^n \omega_k \xi_i(k) \quad (4)$$

式中 ω_k 为权重系数。根据夏季织物的服用特点,传湿和透气占主导地位,故权重系数 $\omega_1 \sim \omega_6$ 分别定为:0.1、0.2、0.2、0.2、0.15、0.15。等权关联度和加权关联度列于表 6,并分别排序^[10]。

从表 6 看出,织物热湿舒适性优劣秩位是:5、4、6、1、2、3、7、8、9 号。综合表 1 和表 6 可以看出,热湿舒适性主要与织物的原料有关,7、8、9 号试样是含

有棉纤维的织物,热湿舒适性排在最后几位,说明苧麻纤维的热湿舒适性整体比棉纤维好,其次是织物的紧度和厚度,紧度和厚度越小,热湿舒适性越好。5号织物厚度最小,紧度也较小,因此它排在了首位。织物传热、透气、透湿和导湿各项性能中某些方面比较突出,也会使热湿舒适性总体提高。5号织物在传热和透气方面占有较大的优势,4号织物在导湿方面胜出一筹,故它们分列一、二位。

表 6 等权关联度和加权关联度及排序

Tab.6 Gray relational grade and the order

试样编号	试样名称	等权关联度	等权关联度秩位	加权关联度	加权关联度秩位
1	R813	0.724 7	4	0.731 4	4
2	R819	0.684 3	5	0.697 6	5
3	R850	0.603 6	7	0.629 9	6
4	R860	0.798 6	2	0.789 3	2
5	R919	0.809 1	1	0.819 1	1
6	R361 501-0523	0.763 6	3	0.757 2	3
7	RC4030-0405	0.605 2	6	0.617 1	7
8	C820	0.570 1	8	0.585 9	8
9	FC825	0.520 7	9	0.529 3	9

3 结 论

利用灰色系统理论来解决评价麻织物的热湿舒适性问题,使该项指标综合化有了理论根据,综合评价效果较好。排出了夏季服用苧麻织物热湿舒适性的优劣秩位,为研究麻类织物的织造工艺参数和热湿舒适性间的关系奠定了理论基础。

苧麻织物的湿传递性能随着织物厚度和紧度的降低有所提高,这主要得益于透气性的提高。在低湿条件下,苧麻织物的湿传递性能由紧度产生的影响效果比厚度的要大些,而在高湿条件下,由厚度产生的影响因素占主导地位。

FZXB

参考文献:

- [1] 傅吉全,陈天文,李秀艳. 织物热湿传递性能及服装热湿舒适性评价的研究进展[J]. 北京服装学院学报, 2005, 25(2) : 66 - 71 .
- [2] 唐世君,周璐瑛,张腾. 显汗条件下织物热湿传递性能的评价方法[J]. 纺织学报, 1999, 21(3) : 139 - 150 .
- [3] 熊杰. 织物热湿传递性能研究[J]. 丝绸技术, 1997 (5) : 40 - 42 .
- [4] 田晓亮,刘丹. 服装(织物) 热湿舒适性模型的回顾和展望[J]. 青岛大学学报, 2001, 16(2) : 20 - 23 .
- [5] 钱坤,王鸿博. 大豆纤维机织物的导湿透气性能研究[J]. 纺织学报, 2004, 25(1) : 73 - 76 .
- [6] 孔令剑,晏雄. 神经网络技术在预测织物透湿性能上的应用[J]. 棉纺织技术, 2005, 33(9) : 21 - 24 .
- [7] 李创. 服装动态热湿舒适性理论及测试技术概述[J]. 北京纺织, 2002, 23(2) : 47 - 49 .
- [8] 汪学骞. 模糊数学在纺织工业中的应用[M]. 香港: 开益出版社, 1992 : 169 .
- [9] Chung Feng, Kuo Jeffrey, Te Lisu. Gray relational analysis for recognizing fabric defects[J]. Textile Research Journal, 2003, 73(5) : 461 - 465 .
- [10] 王厉冰,胡心怡. 蛋白纤维织物热湿舒适性能的灰色聚类评价[J]. 天津工业大学学报, 2003, 22(4) : 26 - 29 .