

模糊评判多组分羊绒混纺织物的服用性能

在测试9种不同混纺比的羊绒/羊毛/竹浆纤维/PTT纤维混纺织物的各项服用性能数据的基础上,用模糊综合评判法在混纺织物的服用性能与混纺比之间建立定量的关系,探讨服用性能最优的混纺比。结果显示,混纺比为7/33/35/25的混纺织物的服用性能在这9种织物中为最佳

织物的服用性能是一项综合指标。对于混纺织物,混纺比是影响混纺织物服用性能的主要因素之一。某一单项性能并不能代表织物的总体性能,且织物的最终服用性能还取决于纤维种类、纱线结构及性质、织物组织结构、染整加工条件等因素[1]。因此,可以用模糊数学的方法研究织物综合服用性能与混纺比之间的关系,从总体上把握织物的服用性能[2]。通过分析各混纺比织物的性能,可以找出采用何种混纺比能使该组分织物的性能、手感风格俱佳,以指导生产。

1 模糊综合评判的基本理论

模糊综合评判是对具有多种属性的事物,或者说其总体优劣受多种因素影响的事物,作出一个合理地综合这些属性或因素的总体评判[3]。模糊综合评判可用 $B=A \cdot R$ 表示其概貌,因此综合评判包括评判矩阵 R 的建立,权系数向量 A 的确定及 B 的计算。评判流程如图1所示。

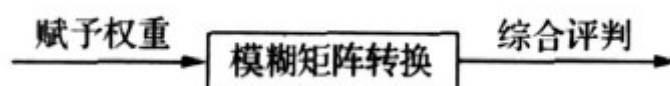


图1 模糊综合评判流程

设论域 U 为评价指标的集合, $U=\{u_1,u_2,\dots,u_n\}$; V 为评价等级的集合, $V=\{v_1,v_2,\dots,v_m\}$,每一个被评价对象确定了从 U 到 V 的模糊关系 R , R 用矩阵表示。

$$R = (r_{ij})_{n \times m} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \vdots & & & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{pmatrix}$$

其中 r_{ij} 表示从因素 u_i 看该评判对象能被评判为 v_j 的隶属度 ($i=1,2,\dots,n, j=1,2,\dots,m$)。在实际情况中,各指标在评价中的地位并不完全相同,因此不能平等地对待各项指标,所以引入一个权重系数集 $A=(a_1,a_2,\dots,a_n)$,它反映对诸因素的一种权衡,同时引入 U 上的一个决策集 $B=\{b_1,b_2,\dots,b_n\}$,决策集 B 由评价集 R 和权重系数集 A 通过一定的算法得到。

2 实验部分

2.1 织物的基本参数

织物所用纱线的线密度均为 $20.8\text{tex} \times 2$,横密均为 36 行/5 cm,纵密均为 54 列/5 cm。

2.2 实验仪器与方法

2.2.1 织物的强伸性能

实验仪器:采用 YG(B)026E 型电子织物强力机。

试验方法:将试样置于标准大气条件下(温度 20°C ,相对湿度 65%)平衡 24 h,测试织物的断裂强力和断裂伸长率。上下夹头之间的距离为 100 mm,拉伸速度为 100 mm/min,等速拉伸。每组测 5 个试样,取其平均值。

2.2.2 织物的耐磨性能

实验仪器:采用 Y522 圆盘式织物平磨机。

实验方法:选择 A-280 型砂轮和 125 g 加压重锤,磨损转数取 200 r,试样在标准条件下(温度 20°C ,相对湿度 65%)平衡 24 h。对于每种织物都进行了 10 次测试,取其每种织物重量损失率的平均值作为各织物耐磨性的评定指标。

重量损失率按以下公式计算:

$$w = \frac{G_0 - G_1}{G_0} \times 100\%$$

式中:G₀ 为磨损前试样总质量(g);G₁ 为磨损后试样总质量(g)。

2.2.3 织物的起毛起球性能

实验仪器:采用箱式起毛起球仪 YG502。

实验方法:根据国家标准 GB/T4802.3-1997 规定的试验方法对各织物试样进行起毛起球试验,等级用符号 p 表示。

2.2.4 织物风格

实验仪器:采用 FAST 织物风格仪

实验方法:表面厚度采用 FAST-1 压缩性测试仪测试;采用 FAST-2 弯曲性测试仪测试织物的弯曲性能;通过 FAST-3 延伸性测试仪分别测得织物在 5、20、100 cN/cm 三种负荷下经纬向延伸性 E_{5-T}、E_{20-T}、E_{100-T}、E_{5-W}、E_{20-W}、E_{100-W},及在 5 cN/cm 负荷下与经纬向成 45°角方向的延伸性 EB₅,并利用测试得到的经纬向延伸性与 FAST-2 所测得的弯曲刚性相结合计算出织物的成型性 FT、FW(单位 mm²),利用 EB₅ 计算出织物的剪切刚性 G(单位 N/m)。计算公式如下:

$$G = \frac{123}{EB_5}$$
$$F = \frac{(E_{20} - E_5) \times B}{14.7}$$

2.3 实验数据

在本文的研究中固定羊绒纤维为 7%,羊毛为 33%,其余成分由竹浆纤维/PTT 纤维组成。9 种不同混纺比的竹浆纤维/PTT 纤维混纺纱在 12G 的横机上织成单面平针织物,测试其服用性能数据结果见表 1。

表 1 混纺织物的各项性能值

织物性能	竹浆纤维/PTT 纤维的混纺比								
	60/0	50/10	40/20	35/25	30/30	25/35	20/40	10/50	0/60
A 经向断裂强力/N	316.50	293.02	287.33	307.74	295.93	319.82	332.35	335.97	357.79
B 纬向断裂强力/N	207.10	186.86	176.02	207.81	199.24	240.65	221.73	255.17	256.68
C 经向断裂伸长率/%	75.04	68.07	66.90	63.19	61.77	69.14	78.92	93.69	97.75
D 纬向断裂伸长率/%	109.31	106.72	96.59	95.47	105.54	121.81	117.50	130.70	154.00
E 失重率/%	2.16	2.14	2.00	1.76	1.38	1.49	1.30	1.29	1.07
F 抗起毛起球等级/级	4.5	4.5	4	4.5	4	4	3.5	4	4
G 表面厚度/mm	0.208	0.221	0.222	0.223	0.224	0.229	0.232	0.234	0.236
H 经向弯曲刚度/($\mu\text{N}\cdot\text{m}$)	155.87	197.03	254.92	189.47	233.53	245.99	259.16	257.88	277.66
I 纬向弯曲刚度/($\mu\text{N}\cdot\text{m}$)	115.45	131.56	136.73	135.46	129.35	132.38	144.89	149.99	143.42
J 经向成型性/ mm^2	79.53	93.82	116.19	94.09	109.62	118.81	128.7	128.06	130.33
K 纬向成型性/ mm^2	74.01	105.61	122.21	130.27	138.15	102.66	144.68	161.21	160.75
L 剪切刚度/(N/m)	30.00	37.27	27.33	25.10	34.17	51.25	53.48	45.56	72.35

3 结果与分析

3.1 建立评价矩阵 R

确定评判对象因素集 $U=\{\text{Pb-T,Pb-W,}\epsilon\text{b-T,}\epsilon\text{b-W,}\omega,\text{p,T,Rb-T,Rb-W,FT,FW,G}\}$, $V=\{\text{各Cashmere/W/B/PTT 纤维混纺比}\}$ 为综合评判的等级集合。纺织工业中 R 的建立最常用的有三种方法:(a)模糊概率法;(b)隶属函数转换算法;(c)测试值经规格化、标准化后直接代入法[3]。本课题采用第三种方法。

$$U = \{u_{ij}\} = \begin{pmatrix} 316.50 & 293.02 & 287.33 & 307.74 & 295.93 & 316.82 & 332.35 & 335.97 & 357.79 \\ 207.1 & 186.86 & 176.02 & 207.81 & 199.24 & 240.65 & 221.73 & 255.17 & 256.68 \\ 75.04 & 68.07 & 66.90 & 63.19 & 61.77 & 69.14 & 78.92 & 93.69 & 97.75 \\ 109.31 & 106.72 & 96.59 & 95.47 & 105.54 & 121.81 & 117.5 & 130.7 & 154.00 \\ 2.16 & 2.14 & 2.00 & 1.76 & 1.38 & 1.49 & 1.30 & 1.29 & 1.07 \\ 4.5 & 4.5 & 4 & 4.5 & 4 & 4 & 3.5 & 4 & 4 \\ 0.208 & 0.221 & 0.222 & 0.223 & 0.224 & 0.229 & 0.232 & 0.234 & 0.236 \\ 155.87 & 197.03 & 254.92 & 189.47 & 233.53 & 245.99 & 259.16 & 257.88 & 277.66 \\ 115.45 & 131.56 & 136.73 & 135.46 & 129.35 & 132.38 & 144.89 & 149.99 & 143.42 \\ 79.53 & 93.82 & 116.19 & 94.09 & 109.62 & 118.81 & 128.7 & 128.06 & 130.33 \\ 74.01 & 105.61 & 122.21 & 130.27 & 138.15 & 102.66 & 144.68 & 161.21 & 160.75 \\ 30.00 & 37.27 & 27.33 & 25.10 & 34.17 & 51.25 & 53.48 & 45.56 & 72.35 \end{pmatrix}$$

考虑织物的用途, 每一个指标的数据, 例如经向断裂强力、纬向断裂强力、经向断裂伸长率、纬向断裂伸长率、抗起毛起球性能、表面厚度等, 其数值越大越好, 按公式(1)求 r_{ij} ; 而失重率, 经向弯曲刚度、纬向弯曲刚度、经向成型性、纬向成型性、剪切刚度等, 其数值越小越好, 按公式(2)求 r_{ij} 。

$$r_{ij} = \frac{u_{ij} - u_{\min}}{u_{\max} - u_{\min}}$$

$$r'_{ij} = \frac{u'_{\max} - u'_{ij}}{u'_{\max} - u'_{\min}}$$

由公式(1)和公式(2)计算评价指标矩阵 R。

$$R = \{r_{ij}\} = \begin{bmatrix} 0.414 & 0.081 & 0.000 & 0.290 & 0.122 & 0.461 & 0.639 & 0.690 & 1.000 \\ 0.367 & 0.128 & 0.000 & 0.376 & 0.274 & 0.763 & 0.540 & 0.935 & 0.953 \\ 0.369 & 0.175 & 0.143 & 0.039 & 0.000 & 0.205 & 0.477 & 0.887 & 1.000 \\ 0.236 & 0.192 & 0.019 & 0.000 & 0.172 & 0.450 & 0.376 & 0.602 & 1.000 \\ 0.004 & 0.015 & 0.149 & 0.367 & 0.717 & 0.615 & 0.793 & 0.797 & 0.997 \\ 1.000 & 1.000 & 0.500 & 0.000 & 0.500 & 0.500 & 0.000 & 0.500 & 0.500 \\ 0.000 & 0.464 & 0.500 & 0.536 & 0.571 & 0.750 & 0.857 & 0.929 & 1.000 \\ 1.000 & 0.662 & 0.187 & 0.724 & 0.362 & 0.260 & 0.152 & 0.162 & 0.000 \\ 1.000 & 0.534 & 0.384 & 0.421 & 0.598 & 0.510 & 0.148 & 0.000 & 0.190 \\ 1.000 & 0.719 & 0.278 & 0.713 & 0.408 & 0.227 & 0.032 & 0.045 & 0.000 \\ 1.000 & 0.638 & 0.447 & 0.355 & 0.264 & 0.671 & 0.190 & 0.000 & 0.005 \\ 0.896 & 0.742 & 0.953 & 1.000 & 0.808 & 0.447 & 0.399 & 0.567 & 0.000 \end{bmatrix}$$

3.2 确立权重系数向量 $A=(a_1, a_2, \dots, a_n)$

在 $B= A \cdot R$ 中, 由于 A 体现了各个因素的重要性, a_i 越大则第 i 个元素越重要。由于对 U 中各因素不同的侧重, 需要对各种因素赋予不同的权重, 它可表示为 U 上的一个模糊子集, 并且规定 $\sum_{i=1}^n a_i = 1$ 。考虑各性能对混纺织物综合服用性能的影响大小及对产品性能的要求, 分配各元素的权重见图 2。



图 2 各项性能指标的权重分配

根据图 2, 权重系数向量

$A=[0.075, 0.055, 0.08, 0.035, 0.07, 0.085, 0.105, 0.20, 0.10, 0.06, 0.04, 0.095]$, 其中每一个元素表征了相应的物理或机械性能对织物服用性能影响的程度。

3.3 计算综合评判 B

综合评判计算的方法有很多种, 包括模糊变化、以乘代替取小、以加代替取大、加权平均等。本文只考虑混纺比对织物性能的影响, 故采用“加权平均型”综合评判作为 B 的算子。在加权平均算法中按普通矩阵乘法计算权重向量与评价矩阵的乘积。这种算法在评价结果向量中包括所有因素的共同作用, 真正体现了“综合”。

计算公式为

$$b_j = \sum_{i=1}^{12} a_i r_{ij}, j = 1, 2, \dots, 9$$

$$B = AR = \begin{pmatrix} 0.055 \\ 0.035 \\ 0.045 \\ 0.015 \\ 0.115 \\ 0.125 \\ 0.105 \\ 0.200 \\ 0.100 \\ 0.060 \\ 0.040 \\ 0.095 \end{pmatrix}^T \begin{pmatrix} 0.414 & 0.081 & 0.000 & 0.290 & 0.122 & 0.461 & 0.639 & 0.690 & 1.000 \\ 0.367 & 0.128 & 0.000 & 0.376 & 0.274 & 0.763 & 0.540 & 0.935 & 0.953 \\ 0.369 & 0.175 & 0.143 & 0.039 & 0.000 & 0.205 & 0.477 & 0.887 & 1.000 \\ 0.236 & 0.192 & 0.019 & 0.000 & 0.172 & 0.450 & 0.376 & 0.602 & 1.000 \\ 0.004 & 0.015 & 0.149 & 0.367 & 0.717 & 0.615 & 0.793 & 0.797 & 0.997 \\ 1.000 & 1.000 & 0.500 & 1.000 & 0.500 & 0.500 & 0.000 & 0.500 & 0.500 \\ 0.000 & 0.717 & 0.717 & 0.717 & 0.750 & 0.857 & 0.929 & 1.000 \\ 1.000 & 0.662 & 0.187 & 0.724 & 0.362 & 0.260 & 0.152 & 0.162 & 0.000 \\ 1.000 & 0.534 & 0.384 & 0.421 & 0.598 & 0.510 & 0.148 & 0.000 & 0.190 \\ 1.000 & 0.719 & 0.278 & 0.713 & 0.408 & 0.227 & 0.032 & 0.045 & 0.000 \\ 1.000 & 0.638 & 0.447 & 0.355 & 0.264 & 0.671 & 0.190 & 0.000 & 0.005 \\ 0.896 & 0.742 & 0.953 & 1.000 & 0.808 & 0.447 & 0.399 & 0.567 & 0.000 \end{pmatrix}$$

$$B = AR = (0.459 \quad 0.494 \quad 0.318 \quad 0.551 \quad 0.427 \quad 0.459 \quad 0.367 \quad 0.480 \quad 0.479)$$

评价结果 B 中的数值代表所研究织物的综合服用性能对相应的混纺比的隶属度, 其中最大值(0.551)所对应的混纺比为最佳混纺比。因此可知 7/33/35/25 为最佳混纺比。在 9 种混纺织物中, 混纺比为 7/33/35/25(羊绒/羊毛/竹浆纤维/PTT 纤维)的纱线各纤维间的径向转移趋势差异很大[6], 易出现分层的现象, 各纤维的优势互补性好, 因此该组分织物的综合服用性能最佳。

4 结 论

a) 模糊综合评判方法把复杂的模糊信息处理成确切的量化信息, 以此分析混纺织物综合服用性能与混纺比之间的定量关系, 为决策者及设计者提供了一种快速确定最佳混纺比的简便、易行的方法。

b) 经过分析, 在 9 种混纺织物中, 混纺比为 7/33/35/25 的织物的服用性能最优。