

纬平毛针织物热舒适性能与织物 结构参数关系的探讨

秦言华 黄淑珍 邱冠雄

(天津纺织工学院)

【摘要】 本文研究了纬平织组毛针织物的热舒适性能与织物结构参数的关系, 通过相关分析得出结论, 找出热湿性能较优的织物结构参数范围, 并对毛针织物的热湿性能与透气性能的关系做了探讨。

本文试验以腈纶绒线纬平针织物(以下简称毛针织物)为测试对象, 通过改变针织过程中的弯纱深度以得到不同结构参数的平针织物。在织物热湿性能测试仪上测出试样的热舒适物理指标, 分析了它们与结构参数的关系, 以期能够为一定的服用要求提供适当的结构参数值。

一、测试仪器及其指标

在试验中测定织物热舒适指标所用仪器为织物热湿性能测试仪-Ⅱ型。

热阻为织物对非蒸发热的阻力。设织物上下两面温度分别为 T_1 和 T_2 (K); 织物的有效面积为 A (m^2); 单位时间内稳定通过织物有效面积的热流量为 H_e (W); 则织物的热阻 R_{et} 的表达式为:

$$R_{et} = (T_1 - T_2) / (H_e / A) = A(T_1 - T_2) / H_e$$

(m^2k/w)

讨论织物隔热保暖性能时, 以 clo 值表示绝热性的, 其间关系为: $1clo = 0.155m^2k/w$

湿阻为织物对蒸发散热的阻力。设织物上下表面的水蒸汽压力分别为 P_1 和 P_2 , 单位是 mbar; 织物的有效面积为 A (m^2); 单位时间内稳定通过织物有效面积的热流量为 H_e , 单位(W); 则织物湿阻 R_{es} 的表达式为:

$$R_{es} = (P_1 - P_2) / (H_e / A) = A(P_1 - P_2) / H_e$$

(m^2mbar/w)

透气性的测试在 YG461 型织物中低压透气量仪上以中压测试, 厚度在 YG141 型厚度仪上进行测试, 压力为 $10g/cm^2$; 热阻测试板表面温度 T_1 为 $35 \pm 1^\circ C$, 环境大气温度 T_2 为 $20 \pm 2^\circ C$, 相对湿度 $65 \pm 3\%$, 空气流速为 $1m/sec$; 湿阻测试板表面温度 T_1 及周围空气温度 T_2 均控制为 $35 \pm 1^\circ C$, 空气速率 V_a 为 $1m/sec$. 空气的相对湿度 Rh 保持为 40% , 此时相对的蒸汽压为 $2250Pa$, 测试板表面的蒸汽压可认为是测试板表面温度的饱和蒸汽压 (T_m 为 $35^\circ C$, $5620Pa$), 因此, 测试板表面与气候室内空气之间达到蒸汽压差为 $3370Pa$. 其它试验均在标准大气条件 $20 \pm 2^\circ C, 65 \pm 3\% R.H.$ 下进行。

二、试样规格及其热舒适物理指标

试验试样在日本 Brother 牌横机上编织, 该机编织密度范围为 0~10 号, 每号有 3 挡可供调节, 号数愈大, 编织弯针深度愈大, 线圈长度愈长。试样规格参数和热、湿物理指标的测试结果见表 1。

三、结构参数与其性能的相关分析

1. 所选结构参数之间的相互关系

所测定的针织物的结构参数有线圈长度 L 、厚度 t 、平米重量 g 、容重 δ 以及空隙率 η 。编织时弯纱深度增加的直接结果就是线圈

表 1 纬平针组织毛针织物的试样规格及热舒适指标

编织密度 (号)	线圈长度 (cm)	密 度 (5cm×5cm)	厚 度 (mm)	平米重 (g/m ²)	透气量 (l/m ² s)	空隙率 (%)	容 重 (g/cm ³)	热 阻 (clo)	湿 阻 (m ² mbar/w)
2	0.870	16.0×34.0	2.19	320.14	1125	87.31	0.15	0.607	0.1236
21/3	0.904	16.5×30.5	2.27	290.23	1284	88.93	0.13	0.619	0.1191
22/3	0.926	16.0×29.5	2.36	298.83	1233	89.04	0.13	0.635	0.1201
3	0.966	16.0×29.0	2.25	299.15	1289	88.49	0.13	0.621	0.1245
31/3	1.002	15.5×27.5	2.41	289.00	1346	89.60	0.12	0.642	0.1177
32/3	1.040	15.5×26.5	2.44	281.62	1424	89.99	0.12	0.633	0.1226
4	1.064	15.5×25.5	2.38	276.10	1496	89.94	0.12	0.630	0.1230
41/3	1.090	15.5×24.5	2.44	267.73	1562	90.50	0.11	0.645	1.1246
42/3	1.106	15.5×23.5	2.52	257.43	1679	91.14	0.10	0.669	0.1224
5	1.144	15.5×22.5	2.41	256.28	1740	90.78	0.11	0.660	0.1198
51/3	1.194	15.0×21.5	2.44	239.69	1917	91.48	0.10	0.658	0.1292
52/3	1.206	14.5×21.0	2.50	233.43	1914	91.91	0.09	0.689	0.1364
6	1.220	14.5×20.5	2.49	235.98	2117	91.78	0.09	0.662	0.1187
61/3	1.258	14.5×20.0	2.55	225.44	1998	92.35	0.09	0.707	0.1239
62/3	1.278	14.5×19.5	2.56	229.86	2029	92.22	0.09	0.689	0.1224
7	1.284	14.5×19.0	2.54	219.78	2388	92.51	0.09	0.664	0.1207
71/3	1.310	14.5×18.5	2.59	225.74	2109	92.45	0.09	0.699	0.1178
72/3	1.334	14.0×17.5	2.63	217.98	2297	92.82	0.08	0.705	0.1142
8	1.350	14.0×17.0	2.58	210.15	2664	92.95	0.08	0.653	0.1261
81/3	1.386	14.0×16.5	2.63	222.31	2471	92.69	0.08	0.698	0.1169
82/3	1.400	14.0×16.0	2.71	196.49	2406	93.72	0.07	0.698	0.1193
9	1.422	13.5×16.0	2.60	204.05	2740	93.20	0.08	0.682	0.1247
91/3	1.472	13.5×15.5	2.58	218.39	2659	92.66	0.08	0.707	0.1181
92/3	1.510	13.5×15.0	2.62	203.15	2654	93.28	0.08	0.699	0.1225
10	1.520	13.0×14.5	2.66	195.32	3156	93.64	0.07	0.670	0.1255

长度的增加，故以线圈长度 L 为自变量，得到其他结构参数与线圈长度的相关关系，回归方程及相关系数如下。

$$t = 3.38e^{-0.3887/L} \quad r = 0.9385$$

$$g = 104.72e^{0.9879/L} \quad r = 0.9706$$

$$\delta = 0.12L^{-1.1737} \quad r = 0.9752$$

$$\eta = 102.25e^{-0.1323/L} \quad r = 0.9773$$

分析可知，随着线圈长度的增加，纱线间隙增大，针织物结构膨松，使得针织物厚度及空隙率增加，但两者的变化程度有所不同。厚度变化较缓和，空隙率则变化较大，这是由针织物的结构特点决定的。随着线圈长度的增加，线圈的圈弧、圈柱长度增加，织物的线圈密度减小，空隙率明显增加。然而，厚度方向

上决定厚度的线圈间勾结处的变化情况相对来说并不大，因而厚度的变化比较小。织物平米重量随线圈长度的增加呈倒指数曲线下降，容重呈幂指数曲线下降。当线圈长度增加，织物密度稀松，结构膨松时，即可出现此种现象。由此可知，线圈长度的变化使其他结构参数以良好的相关性相应地变化，各结构参数之间的独立性很差，各个结构参数的综合影响决定了织物的性能。

2. 热舒适指标与结构参数的关系

(1) 热阻指标与结构参数的关系

织物的 R_{cl} 与 L 、 t 、 g 、 δ 、 η 的相关分析如下，相关图见图 1：

$$R_{cl} = 0.1431415 + 0.760418L$$

$$\begin{aligned}
 & -0.2644453L^2 & r &= 0.8465 \\
 R_{ct} &= 0.34t^{0.745} & r &= 0.8830 \\
 R_{ct} &= 0.853803 + 0.001598g \\
 & -0.0000045g^2 & r &= 0.9402 \\
 R_{ct} &= 0.7419518 - 0.2541657\delta \\
 & -4.98\delta^2 & r &= 0.8675 \\
 R_{ct} &= -6.448688 + 0.1414032\eta \\
 & -0.000695\eta^2 & r &= 0.8647
 \end{aligned}$$

随着 L 、 t 、 η 的增加， g 、 δ 的减少，热阻 R_{ct} 增大。因而可推断出，在抛物线相关曲线中必有一转折点，在该处织物的热阻达到最大值，即为能使织物保持最多静止空气量的参数值。在本试验范围内出现转折点的曲线是线圈 L 与 R_{ct} 的关系曲线，当 $L=1.438\text{cm}$ 时，由线圈长度所决定的热阻值为最大，而根据结构参数之间的相关关系可知，此时 $g=208.15\text{g}/\text{m}^2$ ， $\delta=0.0783\text{g}/\text{cm}^3$ ， $\eta=93.26\%$ ，由 g - R_{ct} 曲线关系可计算出有 $R_{ct\max}=0.6915\text{clo}$ ，这一结果与试样的实测结果很接近，说明了推论的合理性，有实际参考价值。

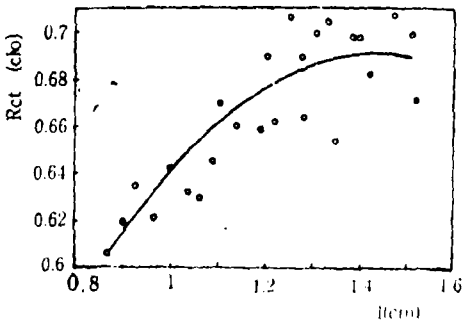


图 1 线圈长度与热阻关系

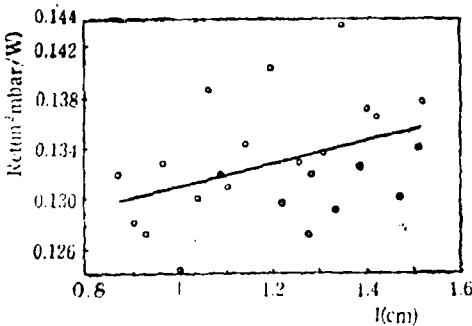


图 2 线圈长度与湿阻关系

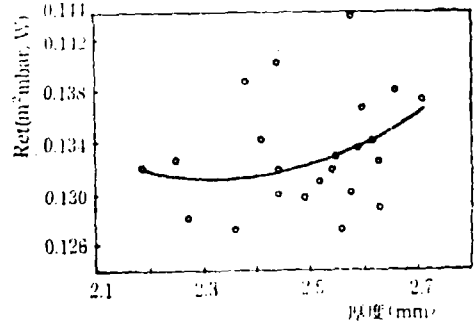


图 3 厚度与湿阻关系

(2) 湿阻指标与结构参数的关系

回归方程、相关系数如下，相关图见图 2、3。

$$\begin{aligned}
 R_{ct} &= 0.3151385 - 0.1584168t \\
 & + 0.03409481t^2 & r &= 0.30 \\
 R_{ct} &= 0.1217907474 + 0.00901625L \\
 & & r &= 0.39 \\
 R_{ct} &= 0.1454733699 - 0.000521115g \\
 & & r &= 0.43 \\
 R_{ct} &= 0.1408801468 - 0.0822583217\delta \\
 & & r &= 0.38 \\
 R_{ct} &= 0.0457709609 + 0.0009811855\eta \\
 & & r &= 0.38
 \end{aligned}$$

随着 L 、 η 的增加， g 、 δ 的减小，湿度增加。一般认为，水蒸汽在织物内的传递有三种途径：① 水蒸汽分子靠织物两面的蒸汽压差而由织物中纱线间的空隙中扩散出去；② 水蒸汽分子通过纱线内纤维间孔隙的毛细作用而转移出去；③ 水分子由纤维吸收后传递出去。在纬平针织物中，随着线圈长度的增加，织物的未充满系数增大，织物密度变得稀疏。虽然纱线间空隙的增大有利于水分子的扩散，但是由于织物密度变稀，测试有效面积中织物与测试热板的实际接触面积的减少影响了纤维的吸湿量及毛细传递作用，其综合影响结果仍表现为湿阻增大。湿阻与织物厚度呈抛物线相关。从图 3 可明显看到，有一厚度值使织物湿阻达到最小，此时 $t=2.32\text{mm}$ ，有 $R_{ct\min}=0.1311\text{m}^2\text{mbar}/\text{w}$ 。

3. 织物透气性能与结构参数及热舒适指

标的关系

(1) 织物透气性与结构参数的关系

回归方程、相关系数如下, 相关图见图4。

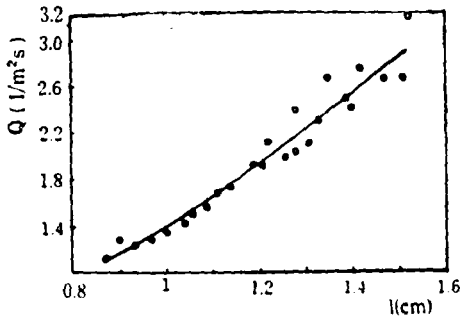


图4 线卷长度与透气量关系

$$Q = 1399.81L^{1.7461} \quad r = 0.9810$$

$$Q = 13.96e^{1.0728L} \quad r = 0.9081$$

$$Q = 90216148g^{-1.9808} \quad r = 0.9773$$

$$Q = 67.55\delta^{-1.434} \quad r = 0.9697$$

$$Q = 0.000857e^{0.1699\eta} \quad r = 0.9629$$

透气性与结构参数关系密切。透气量随线圈长度的增加呈幂函数曲线上升, 随厚度、空隙率的增加呈指数曲线上升, 随平米重量、容重的增加呈幂函数下降。

(2) 热舒适指标与透气量的关系

热阻与透气量关系的回归方程、相关系数如下:

$$R_{ct} = 0.4027654 + 0.00023479Q - 0.000000048Q^2 \quad r = 0.8673$$

湿阻与透气量关系的回归方程、相关系数如下:

$$R_{et} = 0.1256862969 + 0.0000085249Q \quad r = 0.45$$

由上可知, 平针织物的热阻与透气量呈抛物线关系, 当透气量 $Q = 2452 \text{ l/m}^2\text{s}$ 时, 有 $R_{ct\max} = 0.6907 \text{ clo}$, 织物的湿阻与透气性呈线性关系。这两种关系是试验测试结果, 由前面得到的透气性与结构参数的关系及热舒适指标与结构参数的关系亦可推导出热舒适指标与透气性的关系, 其结果与试验结果是一致的, 由此亦证明了前面有关的相关分析是正确的。

在纬平针织物热湿指标与各结构参数的相

关关系中, 以热湿指标与平米重量的相关性最好, 而透气性与平米重量的相关性也较高, 被一些资料所认为的织物的热湿指标与织物的厚度关系较密切的现象在本试验中并不突出, 这一方面可能是由于条件所限, 本试验中测试织物厚度时所选的压力偏大些, 对厚度与热阻的相关性有一定的影响; 另一方面这些结论都是对机织物和棉型针织物等结构较紧密的织物的研究结果, 不一定适用于绒线纬编针织物这种结构松软的织物。故本文根据试验所作出的结果, 建议考虑以平米重量为结构参数的代表来衡量纬平针织物的热湿指标及透气性。

四、结 论

1. 纬平毛针织物的热阻与织物结构参数, 相关性密切。当针织物线圈长度 $L = 1.438 \text{ cm}$ 及相应的结构参数值附近时, 织物热阻趋于最大值。由于影响织物湿阻的因素复杂, 相比之下湿阻与结构参数的相关性就差一些。

2. 由于织物的透气性与结构参数一致相关, 因而织物的热、湿阻亦与织物的透气量相关。在试验范围内, 纬平毛针织物的热阻 R_{ct} 与透气量 Q 呈抛物线相关, 当透气量处在 $Q = 2452 \text{ l/m}^2\text{s}$ 附近时, 热阻 R_{ct} 会出现最大值。此时, 毛针织物线圈长度在 1.438 cm 左右, 理论分析与实验结果一致。

3. 在本试验中, 纬平毛针织物的热阻和湿阻与织物平米重量这一参数关系最为密切。

参 考 资 料

- [1] «Textiles Progress» Vol.9, No.4, 1977.
- [2] K. H. Umbach, «Comfort of Clothing»
- [3] «Melliand Textil Berichte» [English Edition], December, 1976.
- [4] L. 福特, N. R. S. 霍利斯著, 曹俊周译, «服装的舒适性与功能», 纺织工业出版社, 1984年4月, 第一版。
- [5] «织物热舒适性研究论文集», 西北纺织工学院。
- [6] «织物热湿性能测试仪研制、研究报告», 天津纺织工学院纺织仪器研究室。