

薄型织物液态水传递性能研究

熊 杰 张怀珠 袁观洛

(浙江丝绸工学院)

【摘要】 本文利用 KESF-TL II 精密热物性仪和垂直芯吸试验测得了薄型织物液态水传递的模拟量,并在此基础上,分析探讨了织物结构性特征参数和材料特征参数与织物液态水传递性能的关系。

当人体进行剧烈活动或处于炎热的环境中时,人体就会产生明显的出汗,称之为显汗或发汗。此时,人体主要靠汗液蒸发散热以维持热平衡^[1]。本文主要研究非稳态下薄型织物液态水传递性能,侧重于显汗出现以后,汗液被衣料吸收,经过传递,扩展到织物另一面后以水汽形式向周围空气中散逸的过程。从穿着舒适对衣料的要求分析:

(1)在皮肤一侧应能快速吸收汗水。(2)被吸收的水份能迅速传递至另一面。由于汗腺分布的不均匀性,人体出汗具有局部性,对于薄型织物而言,重要的是水份能迅速向四周扩展,使得铺展面积尽可能地大。(3)快速地使汗水散逸。

从以上三点就可以提出两个模拟量即铺展因子 I_p 和湿散失率 L_s ,以此来表征在非稳定状态下织物传递液态水分的能力。现对两个模拟量定义如下:

铺展因子(I_p):在规定的环境条件下,采用 $2.5 \times 15\text{cm}^2$ 试样条作垂直芯吸试验^[2],织物吸收单位质量的水并铺展单位长度所需的时间,单位为 $\text{min}/\text{mm} \cdot \text{g}$ 。

湿散失率(L_s):在规定的环境条件下,将完全浸润的织物置于 35°C 热板上,在单位时间内单位面积织物向周围环境散失的水份量,单位为 $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{min}$ 。

铺展因子 I_p 反映了织物吸水润湿和传递液态水的能力,湿散失率 L_s 反映了织物已吸收的水份向环境散逸的能力。

本文研究中,选择织物平方米重量,体积重量,厚度,覆盖系数,孔隙率,透气量及织物回潮

率作为织物结构性特征参数和材料特征参数,分别记为 $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7$,利用多元统计的理论和方法分析探讨了这些特征参数与织物液态水传递性能的关系。

一、试样与实验

1. 试样

选用市售的涤纶仿真丝绸及棉、麻、丝、毛、粘胶等纤维组成的薄型织物共 14 种,组织均为平纹,结构参数见表 1。

2. 实验方法

(1)铺展因子 I_p 的测试

参照 BS3424 垂直芯吸试验,试样尺寸为 $2.5 \times 15\text{cm}^2$,每种织物按经纬分别测试,经纬向试样数各为 3 个。因为织物经纬向在吸水及传递水份的过程中具有相同的作用,故在计算 I_p 时先对测得的数据作均值化处理。测试结果见表 1。

(2)湿散失率 L_s 的测试

试样尺寸为 $10 \times 10\text{cm}^2$,每种织物取 3 块试样。将被测试样在蒸馏水中浸润 20min,然后垂直悬挂 3min 后,将其置于 35°C 的恒温热板上,让其散湿 5min。在实验中为了迅速而准确地测得织物的重量,采用 Sartorius 电子天平作为称重仪器,其精度为 0.1mg。测试结果见表 1。

实验在 $20 \pm 3^\circ\text{C}$, $65 \pm 3\% \text{RH}$ 的恒温恒湿室进行。

二、分析讨论

1. 铺展因子 I_p 的影响因素的多元分析

表 1 测试结果

试样号	原料	平方米重量 X_1 (g/m^2)	体积重量 X_2 ($g/cm^3 \times 10^{-2}$)	厚度 X_3 (mm)	覆盖系数 X_4 (%)	孔隙率 X_5 (%)	透气量 X_6 ($e/m^2 \cdot s$)	织物回潮率 X_7 (%)	铺展因子 I_p ($min/mm \cdot g$)	湿散失率 L_s ($g/m^2 \cdot min$)
1	涤纶	111.37	32.63	0.34	66.48	76.36	869.2	0.40	1.33	10.76
2	涤纶	106.15	38.59	0.28	84.37	72.04	2652.7	0.40	2.45	8.79
3	涤纶	92.10	26.88	0.34	75.93	80.52	1889.2	0.40	4.5	9.80
4	涤纶	124.15	50.60	0.25	76.61	63.33	344.8	0.40	3.14	10.22
5	涤纶	83.44	33.50	0.25	78.14	75.72	844.4	0.40	2.02	6.86
6	涤纶	63.84	45.08	0.14	69.61	67.33	2118.5	0.40	2.86	4.70
7	蚕丝	83.80	34.07	0.25	76.43	65.93	400	8.86	0.54	12.29
8	蚕丝	43.90	29.27	0.15	65.77	73.87	1030.4	8.86	1.32	8.10
9	蚕丝	59.59	30.40	0.2	73.45	69.60	807.8	8.86	1.06	10.60
10	蚕丝	48.50	47.55	0.10	68.68	57.54	368.8	8.86	2.01	8.90
11	蚕丝	124.41	46.95	0.27	81.49	58.10	205.9	8.86	0.96	12.94
12	粘胶	108.83	52.57	0.21	76.85	63.99	830.2	12.87	0.85	12.10
13	棉	104.16	36.81	0.28	70.57	71.68	1006	9.25	0.54	16.39
14	麻	129.00	33.95	0.38	72.09	73.06	1375	11.58	1.63	10.74

应用多元逐步回归法,经上机运算得:

$$I_p = 2.7293 - 0.1617x_7 \quad (1)$$

$$R = 0.7080 > r_{0.01(12)} = 0.6614$$

显然回归方程高度显著。

由以上结果可见,在诸多的影响因素中,以织物回潮率 x_7 对铺展因子 I_p 的影响最大,而结构的影响退到十分次要的位置。这个结果可能只限于本文所研究的薄型织物的范围。相关图见图 1。

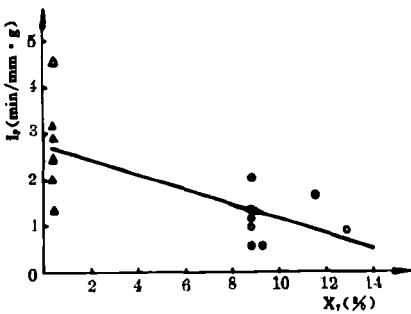


图 1 I_p 与织物回潮率 x_7 的相关图

注:○-亲水性纤维织物的测试点;
△-涤纶仿真丝织物的测试点(以下相关图均同)。

对于以上结论,从理论上可以作如下分析。

资料^[3]研究指出:高吸湿织物一个必备的条件是组成的纤维应具有高的表面能。同时资料^{[4]、[5]}指出:具有高表面能的固体表面几乎总能被液体所湿润,织物的润湿作用既是一种接触角现象(铺展)的润湿作用,又是一种毛细管现象的润湿作用。亲水性纤维吸湿能力强,其表面能大,涤纶吸湿能力弱,其表面能小。在汗液与织物接触的瞬间其行为特征因纤维类型的不同而有明显的区别。亲水性纤维织物上的汗液能迅速地向四周作平面状铺展,扩大了润湿的面积,即扩大了有效的散湿面积。同时,这些水份通过织物空隙和毛细管通道从织物的一面向另一面迁移。若汗水足够多则能在纤维表面形成一层薄而均匀且高度活动的水膜。然而涤纶纤维织物上的汗液基本上是形成一颗水珠,进行平面状铺展的能力很弱,只能通过织物的空隙和毛细管通道从织物的一面向另一面迁移,由于其纤维表面能低,水份在其毛细管道中的迁移速度不如亲水性纤维来得快,即使在汗水量较多的情况下,纤维表面也不能形成类似的水膜,它的有效散湿面积较小。

所以对薄型织物而言其铺展因子主要是受

到纤维类型的影响。回潮率越大,吸湿性能越好,其辅展因子就越小,亲水性纤维织物其辅展因子都较小。

2. 湿散失率 L_s 的影响因素的多元分析

(1) 多元逐步回归分析

应用多元逐步回归的方法,经上机运算得:

$$L_s = 3.3452 + 0.05154x_1 + 0.3534x_7 \quad (2)$$

$$F = 8.0742 > F_{0.01(2,11)} = 7.21$$

显然方程高度相关。方程中 L_s 与各因素之间的偏相关系数为:

$$r_{L_s, x_1} = 0.6241, r_{L_s, x_7} = 0.6882$$

从以上结果可见:湿散失率其主要的影响因素有织物平方米重量 x_1 和织物回潮率 x_7 而以 x_7 的影响为最大, x_1 的影响为其次。 L_s 与 x_1 和 x_7 均成正相关关系。至于 L_s 与 x_1 或 x_7 的定量关系,通过双变量回归分析来研究。

(2) 双变量回归分析

① 湿散失率 L_s 与织物回潮率 x_7 的关系,经上机运算后得以下回归方程、相关系数及相关图 2。显然方程显著相关。

$$L_s = 8.1515 + 0.3392x_7 \quad (3)$$

$$R = 0.5790 > r_{0.05(12)} = 0.5324$$

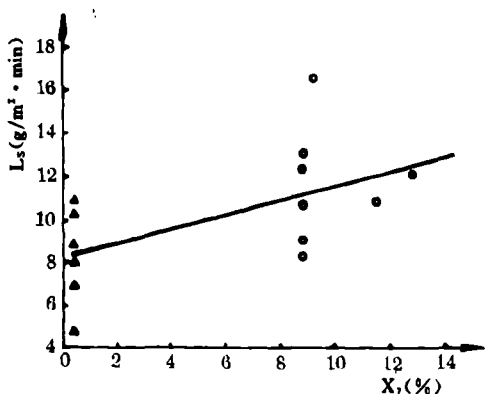


图 2 L_s 与织物回潮率 x_7 的相关图

从以上结果可以看出:织物的湿散失率 L_s 与织物的回潮率 x_7 成线性正相关关系,即湿散失率 L_s 随回潮率 x_7 的增大而增大。关于这一点资料^[3]有类似的结论。其原因是由于亲水性纤维织物在浸润的情况下,其吸收的水量较大,

除了一部分直接吸附水外,还有大量的间接吸附水,由于间接吸附水结合比较松散,易于蒸发,很快散失至空气中。模拟皮肤温度 35℃,环境温度 20℃,两者之间形成温度梯度,产生较大的水汽压差,而人体的生理饱和压差是汗液蒸发的源动力,生理饱和压差愈大,蒸发速度愈快^[1],导致部分直接吸附水也被蒸发。因此其具有较大的湿散失率。对于涤纶织物来说,它本身在浸润的情况下吸收的水份较少,结合也比较松散,虽然这些水份能很快脱离织物散失到环境中,使织物本身较快地趋于干燥,但就其散发的水份量来说是比较少的。另一方面,对于间歇式显汗,亲水性纤维织物散失大量的水份之后,纱线及纤维内部出现空隙,由于 L_s 较小,若人体再次分泌显汗之后,汗液将作为后续水份很快地补上,而涤纶仿真丝织物中的这一过程大都则比较缓慢。从而再一次说明了织物液态水传递性能大大受纤维种类影响的事实。在非稳态条件下,亲水性纤维织物在液态水的传递方面显示了明显的优势。

② 湿散失率 L_s 与织物平方米重量 x_1 的关系,在研究两者关系的坐标上绘散点图可以发现,亲水性纤维织物和涤纶仿真丝织物呈现出不同的变化规律,将它们分别进行回归分析。6种涤纶仿真丝织物的多项式逐步回归方程如下,显然方程高度相关。

$$L_s = -1.4125 + 0.0995x_1$$

$$R = 0.9601 > r_{0.01(4)} = 0.9172$$

8种亲水性纤维织物的多项式逐步回归方

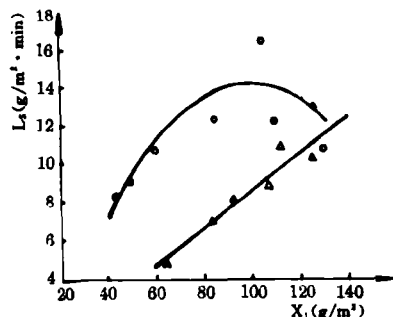


图 3 L_s 与织物平方米重量 x_1 的相关图

程见下式,显然方程显著相关,相关图见图3。

$$L_s = -6.297 + 0.4157x_1 - 0.0021x_1^2$$

$$F = 7.21 > F_{0.05(2,5)} = 5.79$$

从以上的回归结果可以看出:

a. L_s 与织物平方米重量 x_1 的关系,因纤维类型的不同而有所区别。涤纶仿真丝织物 L_s 与其 x_1 成一次线性正相关关系,即湿散失率随 x_1 的增大而增大。而亲水性纤维织物的 L_s 与其平方米重量成二次抛物线关系,在本文研究的范围内 L_s 变化的总趋势是随 x_1 的增大而增大,但当 x_1 较大的时候,存在回落倾向。就 L_s 随 x_1 的增大而增大来说,其原因主要是 x_1 增加以后,织物内纤维的含量增加,导致织物毛细管的总孔隙容积增大,使织物具有较大的容水能力,能够把皮肤表面的汗液尽可能多地吸入织物。而亲水性纤维织物出现的回落倾向,主要是由于两个方面的原因:一方面是纤维吸水以后产生膨胀,纤维和纱线相互挤紧,限制了织物的容水量;另一方面就是高吸湿织物其纤维内部亲水性基团极性强烈,滞留了一部分水份使其不能及时散失。

b. 亲水性纤维织物与具有相同的平方米重量的涤纶仿真丝织物相比,其湿散失率较大,主要是由其容水能力大所致。

c. 从以上情况似乎还可以得出厚重织物利于散湿的结论,这一点需作分析。织物平方米重量 x_1 在非显汗、持续显汗与间歇显汗条件下其影响情况是不一样的,它对散湿所起的作用要受到条件的制约。我们已知在非显汗条件下轻薄织物利于散湿,而在间歇显汗时情况有些不同。汗滴接触织物以后要能被织物完全吸收,

人体才能感觉舒适,因此就要求织物具有较大的容水量,势必增大织物的平方米重量。而过于轻薄的织物一方面由于其较小的容水量,不能吸干皮肤上的汗液,另一方面吸收少量水份后就完全润湿而易于粘贴在皮肤上,使人体感觉不舒适。可见平方米重量对织物透湿传热性能的影响要受到具体条件的制约,条件不同,织物的透湿性能有可能不一致。

三、结 论

1. 在非稳态下,铺展因子 I_p 的主要影响因素是织物回潮率 x_7 ,其由材料本身决定,亲水性纤维织物其 I_p 小,铺展能力强,有利于透湿散热。

2. 湿散失率 L_s 的主要影响因素有织物回潮率 x_7 和平方米重量 x_1 ,以 x_7 影响为最大, x_1 其次。 x_7 大的织物其容水量大,其在饱和生理压差下散失的水量也大,而 x_1 的影响则比较复杂,在间歇显汗下, x_1 以大为好,然而 x_1 的增大导致织物在非显汗条件下透湿传热能力下降,所以 x_1 的影响要受到条件的制约,在实际运用此结论时要综合考虑。

参 考 资 料

- [1] 欧阳华,《服装卫生学》,人民军医出版社,1985年,P. 54~58。
- [2] British Standards Institute, BS Hand Book I, 1986, Methods of Test for Textile, London, 1986。
- [3] H. N. Yoon and A. Buckley, Improved Comfort Polyester Part I; Transport Properties and Thermal Comfort of Polyester/Cotton Blend Fabric, T. R. J. 1984 No. 5. P. 289~298。
- [4] 崔国文编著,《表面与界面》,清华大学出版社,1990年。
- [5] [美]A. W. 亚当森著,顾惕人译,《表面的物理化学》,下册,科学出版社,1985年。