

吸湿速干面料性能测试与评价

王欢¹, 张富丽², 李艳梅¹, 徐玲¹

(1. 上海工程技术大学 服装学院, 上海 201620; 2. 中国人民解放军海军军医大学 海军医学研究所, 上海 200433)

摘要: 为了更好地为吸湿速干服装的研究提供理论依据, 选取市场上常用的 15 种面料在实验室进行了洗涤前后的滴水扩散面积、透气性、透湿性、吸水率、芯吸高度、蒸发性测试, 在对实验数据分析的基础上, 运用模糊综合评判法获得面料吸湿速干性能综合比较排序。结果表明: 在所选材质和面料中, 针织面料单向导湿网格面料是首选, 机织面料可选择原料为吸湿排汗纱线的面料; 吸湿排汗性能比经过整理的织物更为稳定。面料整体综合性能的优劣及其表面特征可以作为企业和设计师进行吸湿速干服装产品设计与开发的参考依据。

关键词: 吸湿速干; 纤维原料; 模糊综合评判; 权重; 服装设计

中图分类号: TS941.4

文献标志码: A

文章编号: 1001-7003(2019)02-0043-07

引用页码: 021108

Performance test and evaluation of moisture absorption and quick-drying fabric

WANG Huan¹, ZHANG Fuli², LI Yanmei¹, XU Ling¹

(1. Fashion Institute, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China; 2. Naval Medical Research Institute, The Second Military Medical University, Shanghai 200433, China)

Abstract: In order to provide a better theoretical basis for researches of moisture-absorbing and quick-drying garments, 15 types of fabrics commonly used in the market were selected for test of drip diffusion area, gas permeability, moisture permeability, water absorption rate, wicking height and evaporation before and after washing, and the ranking of moisture absorption and quick-drying performance of fabric was obtained with fuzzy comprehensive evaluation method based on analysis of experimental data. The results show that single-guide wet mesh fabric is the first choice for knitted fabric, and moisture wicking yarn is ideal for woven fabric; the moisture wicking performance is more stable than that of finished fabric, and the advantages and disadvantages of overall performance of fabric and its surface characteristics can be taken as a reference for design and development of moisture-absorbing and quick-drying apparel products for enterprises and designers.

Key words: moisture-absorbing and quick-drying; fiber material; fuzzy comprehensive evaluation; weight; fashion design

近年来,随着人们生活水平的提高,吸湿速干服装逐渐受到人们的关注和认可,在穿着过程中具有吸湿、透气、排汗等功能。特别是在运动类品牌中运用比较普遍,众多国际服装品牌如 Prada、Armani、BMW、HugoBoss、Escada、Ralph Lauren、Polo 等都将吸

湿速干功能性面料成功运用于自己的服装设计中^[1]。由于社会经济的发展,消费者对于面料的功能性需求随之提升,而关于吸湿速干织物的研究仍在进行。总后军需装备研究所研究人员提出在人体出汗情况下织物热湿传递性能的评价指标,从而为全面评价织物的热湿传递性能提供了依据^[2]。Chen Yaping 等^[3]选择两种纤维,根据正交实验分析三种影响因素,并用灰色近似最优综合评价方法得到综合性能最好的面料。法国学者在开发新的牙医工作服时,在实验室用红外摄像机记录确定唾液、水、碎片等的喷溅区域,并在这些区域选择配置不同

收稿日期: 2018-05-16; 修回日期: 2018-12-17

基金项目: 教育部人文社科一般项目青年基金项目 (17YJC760120)

作者简介: 王欢(1993—),女,硕士研究生,研究方向为服装数字化技术。通信作者: 李艳梅,教授, lym0350@126.com。

功能性面料^[4]。由此可见,织物评价指标的提出、织物性能的综合评价,以及面料的功能性对于服装设计的重要作用。

目前国内外针对吸湿速干面料研究主要集中在纤维开发领域,或者针对织物单向性能指标的评价研究,对于织物综合吸湿速干性能评价研究相对较少。市场上采用吸湿速干纤维材料达到织物的功能性,常用的纤维材料有 COOLMAX、丙纶等,也有厂家采用织物后整理的方式达到吸湿速干功能。在织物开发方面,针织和机织吸湿速干面料的研究已取成效,这些面料主要通过纱线原料配比、纱线组合方式、纺织技术等实现其吸湿速干的需求^[5]。通常纺织品吸湿速干性能评定包含吸湿性和速干性两方面。吸湿性包括吸水率、滴

水扩散时间、芯吸高度;速干性包括蒸发速率、透湿量。透气性也是吸湿速干服装不可忽略的一个重要因素。基于此,本文通过对面料6大性能的测试与分析,在分析吸湿速干面料单项评价指标基础上,采用模糊综合评判方法,优选出综合性能较好的吸湿速干面料,为吸湿速干服装的设计与开发提供依据。

1 实验

1.1 测试样品

实验选用市场上10种常用吸湿速干面料,1种凉感面料,1种吸湿排汗面料,以及3种普通面料作为对比实验。实验所用面料组织、织物类型、成分及含量、平方米质量、厚度及功能如表1所示。

表1 实验所用的面料

Tab.1 Samples used in the test

样品	组织	织物类型	成分及含量	平方米质量/(g·m ⁻²)	厚度/mm	功能
小提花1 [#]	集圈	针织布	50%涤纶 50%丙纶	195	0.6	吸湿速干
小米通2 [#]	集圈	针织布	50% COOLAIR 50%涤纶	140	0.5	吸湿速干
单向导湿足球网3 [#]	集圈	针织布	50%涤纶 50%丙纶	165	0.6	吸湿速干
COOLMAX珠地布4 [#]	集圈	针织布	100% COOLMAX	180	0.6	吸湿速干
单向导湿迷彩提花布5 [#]	集圈	针织布	50%涤纶 50%丙纶	170	0.6	吸湿速干
尼龙格四面弹6 [#]	平纹	机织布	92%锦纶 8%氨纶	150	0.2	吸湿速干
单面全棉汗布7 [*]	纬平针	针织布	100%棉	190	0.5	普通面料
凉感布8 [#]	纬平针	针织布	38%涤纶 57%粘胶 5%氨纶	180	0.4	凉感面料
吸湿排汗纱布9 [#]	斜纹	机织布	100%涤纶	230	0.3	吸湿速干
铜氨针织布10 [#]	纬平针	针织布	95%铜氨长丝 5%氨纶	180	0.3	吸湿排汗
单面汗布11 [*]	纬平针	针织布	65%涤纶 35%棉	180	0.8	普通面料
COOLMAX纬弹原纱吸排12 [#]	斜纹	机织布	95% COOLMAX 5%莱卡	190	0.3	吸湿速干
弹力精细空气层13 [*]	经编间隔	针织布	95%涤纶 5%氨纶	200	0.4	普通面料
吸湿排汗后整理机织布14 [#]	斜纹	机织布	100%涤纶	240	0.5	吸湿速干
吸湿排汗布15 [#]	斜纹	机织布	100%涤纶	195	0.4	吸湿速干

注:带#表示功能性面料,带*表示普通面料。

1.2 测试方法

根据国家标准 GB/T 21655.1—2008《纺织品吸湿速干性的评定 第1部分 单项组合试验法》及 GB/T 5453—1997《纺织品 织物透气性的测定》要求,进行了织物滴水扩散面积实验、透湿性实验、吸水性实验、芯吸高度实验、蒸发性实验、透气性实验。织物滴水扩散面积实验测试仪器采用滴定管、刻度尺;透湿量实验仪器是 SDZF-60 型真空干燥箱、天平、透湿杯;吸水率实验测试仪器采用天平、试样悬挂装置、水槽;织物芯吸高度实验测试仪器采用试样悬挂装置、刻度尺、计时器;蒸发速率实验仪器是天平、滴定管、计时器、试样悬挂装置;织物

透气性实验测试仪器采用 YG461E-III 全自动透气量仪。所有被测试样均在标准环境下静置 24 h。测试条件:温度(25±2)℃,湿度 65.0%±5.0%,风速 1.00 m/s。

2 分析与讨论

2.1 滴水扩散面积分析

织物滴水扩散面积计算公式为:

$$S_1 = \frac{\pi ab}{4} \quad (1)$$

$$W = \frac{S_2}{S_1} \quad (2)$$

式中: a 、 b 是经向和纬向扩散的长度; S_1 、 S_2 分别表示织物正反面滴水扩散面积; W 表示织物洗涤前后正

反面滴水扩散面积的比值。
计算结果如图 1 所示。

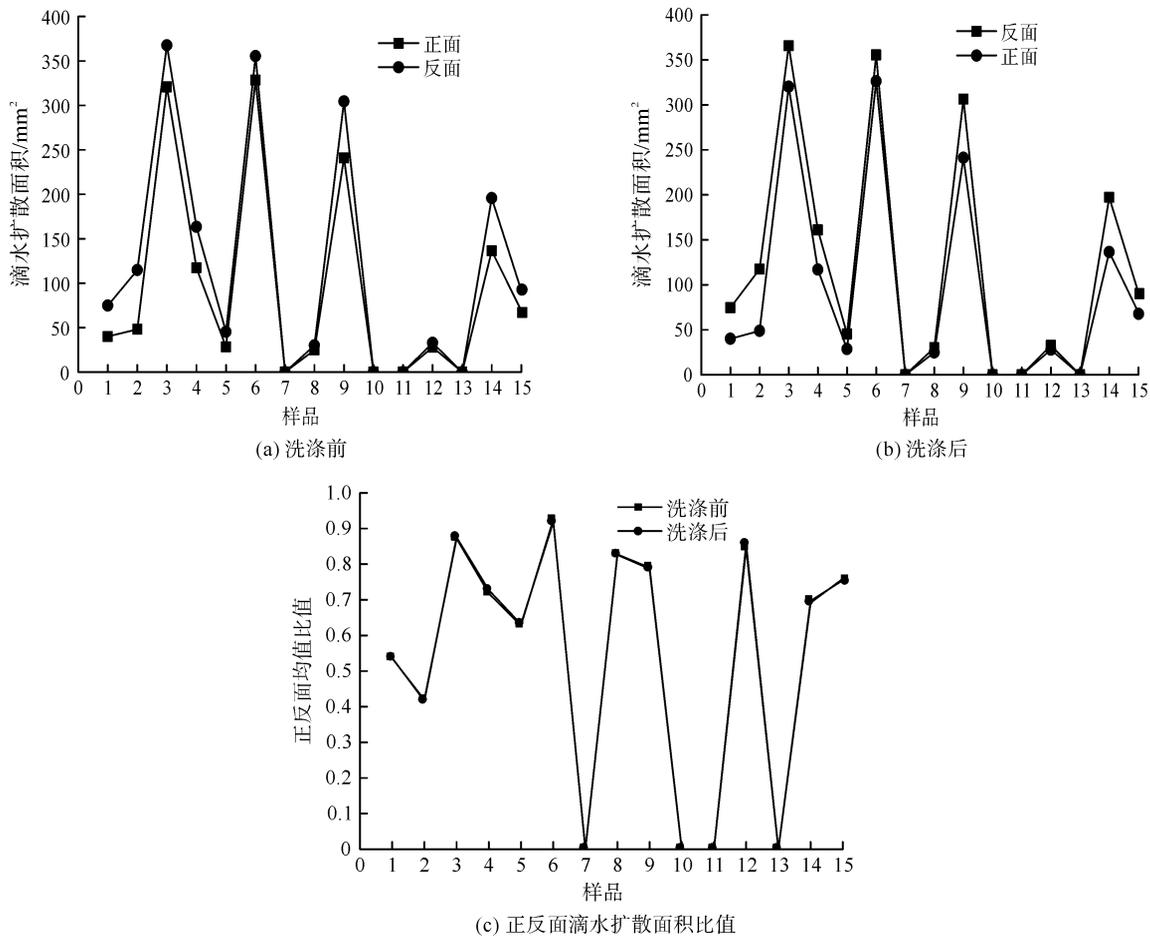


图 1 织物洗涤前、后滴水扩散面积与比值

Fig. 1 Dispersion area and ratio of dripping water before and after fabric washing

由图 1 可知, 15 种织物在洗涤前后滴水扩散面积并没有发生太大变化, 正反面滴水扩散面积比值也无突出变化, 可见经过洗涤对这 15 种织物正反面滴水扩散面积无明显影响。

由图 1 (a) (b) 可以看出, 吸湿速干面料的滴水扩散面积普遍明显优于普通面料, 正反面滴水扩散面积变化比较大且突出的是 1[#]、2[#]、3[#]、4[#]、6[#]、9[#]、14[#], 最大变化可达到 69 mm²; 而普通面料 7[#]、11[#]、13[#] 的滴水扩散面积几乎为零, 即在测试 3 s 内这类面料很难快速吸收水分, 其整体吸湿速干性受到影响。10[#] 吸湿排汗铜氨针织布的滴水扩散面积也几乎为 0, 说明其吸湿性并不理想。

2.2 透湿性分析

样品透湿率计算公式如下:

$$WVT = \frac{24\Delta m}{S \cdot t} \quad (3)$$

式中: WVT 为透湿率, $g/m^2 \cdot d$; t 为试验时间, h ; Δm 是同一样品两次称重的差值, g ; S 为试样有效试验面积, m^2 。

计算结果如图 2 所示。

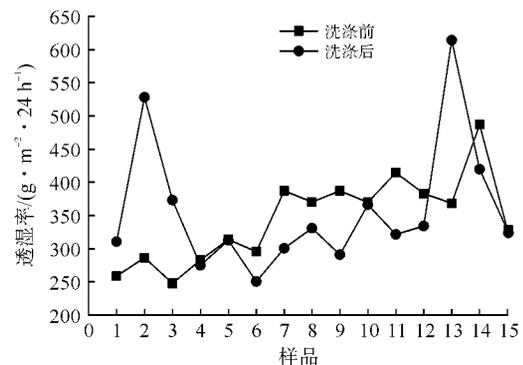


图 2 织物洗涤前、后透湿率

Fig. 2 Moisture permeability before and after fabric washing

由图 2 可知 14[#] 织物在洗涤前透湿率最大, 洗涤后

透湿率下降; 洗涤前后 2[#] 及 13[#] 织物在洗涤后透湿率明显升高。洗涤前后大部分织物的透湿率变化不大, 15[#] 织物洗涤前后透湿率几乎没有变化。总体上看, 与普通织物相比吸湿速干织物的透湿性没有明显优势。

2.3 吸水性分析

试样的吸水率按下式计算:

$$A/\% = \frac{m - m_0}{m_0} \times 100 \quad (4)$$

式中: A 为吸水率, %; m_0 为试样原始质量, g; m 为试样吸水后的质量, g。

计算结果如图 3 所示。

由图 3 可以看出, 15 种织物在洗涤前后吸水率无太大变化, 但洗涤后的吸水率都略有提高。所有针织面料的吸湿性均优于机织面料, 主要原因是针织用纱线一般捻度较小, 针织线圈结构导致面料孔隙率相对较大, 因此吸水率相对提高^[6]。含有 COOLMAX、

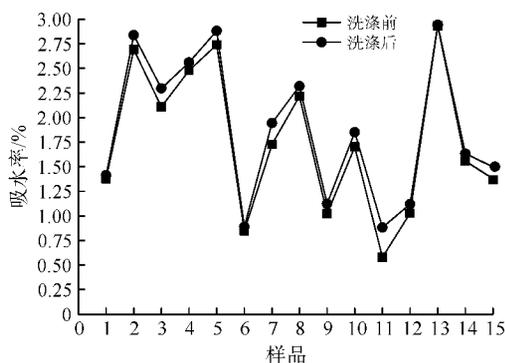


图3 织物洗涤前、后吸水率

Fig. 3 Water absorption rate before and after fabric washing COOLAIR 等吸湿速干纤维或者丙纶原料的针织面料其吸水率均比较高, 说明这类功能纤维的运用是有效的。

2.4 芯吸高度分析

图 4 为织物洗涤前后经向、纬向芯吸高度对比。

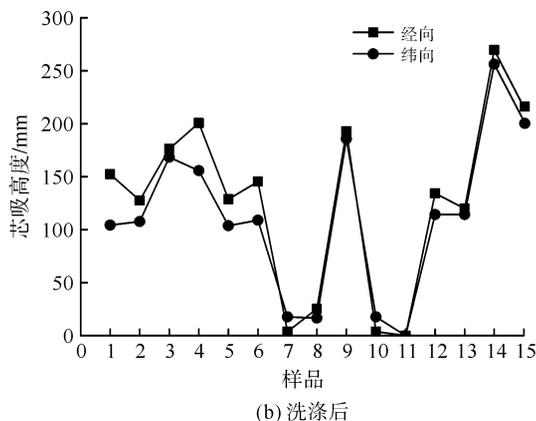
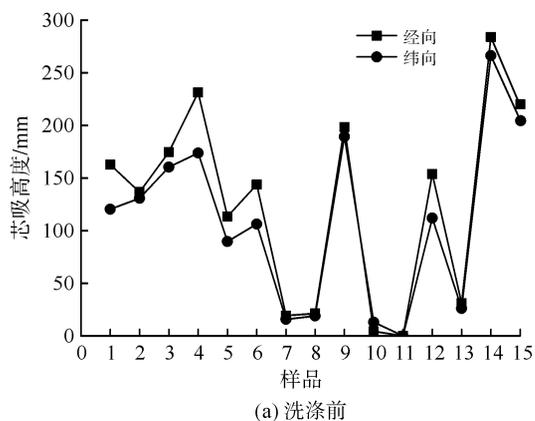


图4 织物洗涤前、后芯吸高度

Fig. 4 Fabric wicking height before and after washing

由图 4 可以看出, 普通面料 7[#]、11[#]、13[#] 的芯吸高度值都很小, 说明织物的芯吸性能比较差, 整体吸湿速干性会受到影响。10 种吸湿速干面料的芯吸高度值都比较大, 芯吸高度最高达到 284 mm, 可以达到功能性需求。而 8[#] 凉感面料和 10[#] 铜氨针织面料的芯吸高度值并不高, 说明其功能性并不明显。对比图 4(a) (b), 可以看出洗涤前后 15 种织物的芯吸性能基本保持一致, 除了 7[#]、10[#] 铜氨针织面料外, 其他织物的经向芯吸性能均优于纬向。

2.5 蒸发性分析

样品在规定时间内 30 min 内蒸发率及蒸发速率计算公式如下:

$$E/\% = \frac{m_1 - m_2}{m_0} \times 100 \quad (5)$$

$$V = \frac{m_1 - m_2}{t} \quad (6)$$

式中: m_1 为试样滴水润湿后质量, g; m_2 为试样在滴水润湿后 15 s 的质量, g; m_0 为试样原始质量, g; t 为蒸发时间, h; E 为水分蒸发率, %; V 为水分蒸发速率, g/h。

计算结果如图 5 所示。

由图 5 可知, 普通面料 7[#]、11[#]、13[#] 的水分蒸发率和蒸发速率相对都比较低, 说明普通面料的速干性比较差。10 种吸湿速干面料的水分蒸发率和蒸发速率都比较高, 其中 6[#] 织物的蒸发率明显高于其他织物, 因 6[#] 织物厚度和平方米质量都比较小, 有利于其水分蒸发。7[#]、6[#]、11[#] 织物原料中含有棉或铜氨, 纤维素纤维吸湿性好, 其水分被织物吸收后不易迅速蒸发, 因此水分蒸发率和蒸发速率相对都比较低。

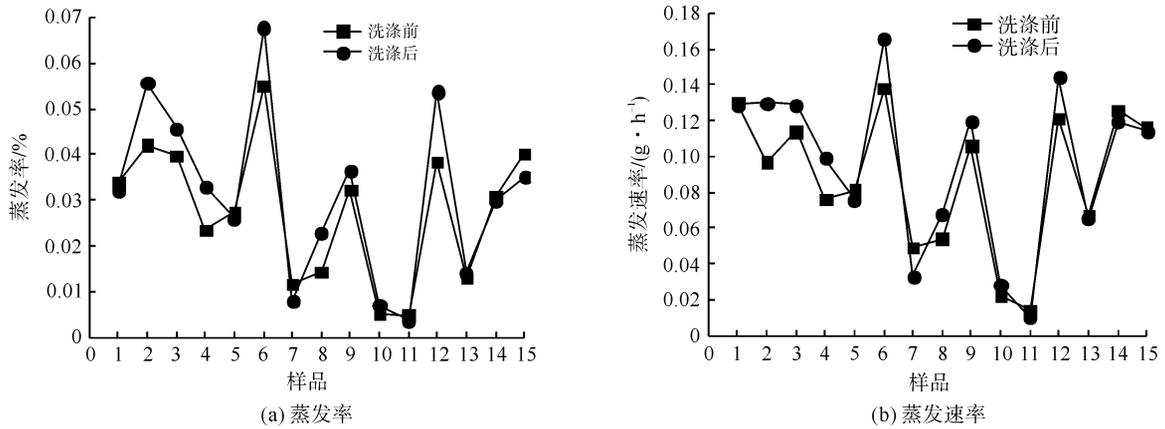


图 5 织物洗涤前后蒸发率、蒸发速率

Fig. 5 Evaporation rate before and after fabric washing

2.6 透气性分析

图 6 为织物洗涤前后透氧量对比。

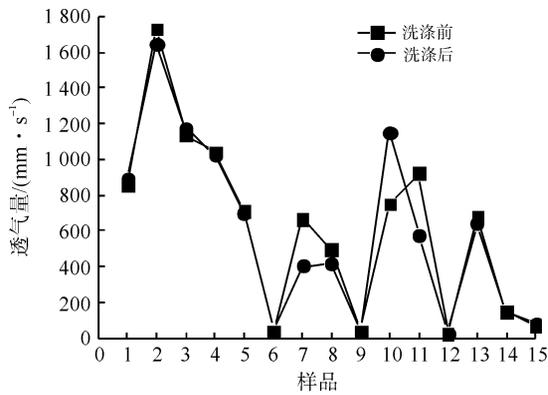


图 6 织物洗涤前、后透氧量

Fig. 6 Air permeability before and after fabric washing

从图 6 可看出,所有针织物的透气性均优于机织物,主要是针织物孔隙率相对较高,且纱线捻度相对较低导致的。另外,针织物中厚度和平方米质量较小的织物其透气性相对较好。

3 吸湿速干织物综合评价

通过对服装织物单项性能的测试,可以得到织物在某一方面的性能高低。在实际问题中,通常需要考虑多个因素来综合评价某一织物总体性能的优劣,本文中通过模糊综合评判方法对 15 种面料的各项测试性能做综合评价,获得各面料综合吸湿速干性能的优劣排序,为吸湿速干服装设计开发做参考。本文将织物的透气率、透湿率、吸水率、芯吸高度、蒸发速率、滴水扩散面积作为单项评价指标,其中芯吸高度取纬向芯吸高度,蒸发率取蒸发速率,滴水扩散面积取反面面积,实验测试值汇总如表 2 所示。

表 2 实验测试值汇总

Tab. 2 Summary of test values

样 品	透气率 / (mm·s ⁻¹)	透湿率 / (m ² ·24 h ⁻¹)	吸水 率 / %	芯吸高 度 / mm	蒸发速率 / (g·h ⁻¹)	滴水扩散 面积 / mm ²
1 [#]	858	259	1.38	163	0.13	75
2 [#]	1 732	287	2.69	137	0.1	115
3 [#]	1 134	248	2.11	175	0.11	368
4 [#]	1 044	283	2.48	231	0.08	163
5 [#]	709	314	2.74	113	0.08	45
6 [#]	41	296	0.85	144	0.14	355
7 [#]	667	387	1.73	19	0.05	0
8 [#]	499	370	2.22	21	0.05	30
9 [#]	41	387	1.02	198	0.11	305
10 [#]	751	370	1.7	4	0.02	0
11 [#]	923	415	0.58	0	0.01	0
12 [#]	26	383	1.03	154	0.12	33
13 [#]	686	369	2.93	31	0.07	0
14 [#]	147	487	1.56	284	0.13	196
15 [#]	69	328	1.38	219	0.12	92

首先,建立因素集 U 。

$U = \{U_1, U_2, U_3, U_4, U_5, U_6\}$ 其中 U_1 为透气率, U_2 为透湿率, U_3 为吸水率, U_4 为芯吸高度, U_5 为蒸发速率, U_6 为滴水扩散面积。

然后,确定评判集 V 。

$V = (V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6, V_7, V_8, V_9, V_{10}, V_{11}, V_{12}, V_{13}, V_{14}, V_{15})$ 分别对应于 1~15 种织物^[7]。

第三,建立评判矩阵 R 。

本文采用数据经归一化处理确定评判矩阵,根据各指标实际意义,所有指标均按照越大越优原则做极差标准化处理^[8-9],消除各测试指标量纲和数量级所产生的误差。

$$r_{ij} = \frac{u_{ij} - u_{jmin}}{u_{jmax} - u_{jmin}} \quad (7)$$

式中: u_{ij} 表示原始测试数值, u_{jmin} 原始测试数据的最

小值 μ_{jmax} 表示原始测试数据的最大值,得到评判矩阵 $R^{[10]}$ 。

$$R^T = \begin{bmatrix} 0.4879 & 0.0457 & 0.3404 & 0.5729 & 0.9231 & 0.2034 \\ 1 & 0.1613 & 0.8979 & 0.4813 & 0.6923 & 0.3122 \\ 0.6492 & 0 & 0.6511 & 0.6151 & 0.7692 & 1 \\ 0.5964 & 0.1460 & 0.8085 & 0.8144 & 0.5385 & 0.4438 \\ 0.4003 & 0.2753 & 0.9191 & 0.3989 & 0.5385 & 0.1229 \\ 0.0085 & 0.1997 & 0.1149 & 0.5060 & 1 & 0.9665 \\ 0.3757 & 0.5826 & 0.4894 & 0.0680 & 0.3077 & 0 \\ 0.2770 & 0.5121 & 0.6979 & 0.0750 & 0.3077 & 0.0816 \\ 0.0085 & 0.5834 & 0.1872 & 0.6982 & 0.7692 & 0.8284 \\ 0.4249 & 0.5105 & 0.4766 & 0.0151 & 0.0769 & 0 \\ 0.5254 & 0.6978 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5659 & 0.1915 & 0.5412 & 0.8462 & 0.0897 \\ 0.3867 & 0.5045 & 1 & 0.1092 & 0.4615 & 0 \\ 0.0709 & 1 & 0.4170 & 1 & 0.9231 & 0.5325 \\ 0.0253 & 0.3355 & 0.3404 & 0.7701 & 0.8462 & 0.2491 \end{bmatrix}$$

第四,权重计算。

本文采用均方差法确定各因素的权重系数:
各因素的均方差:

$$S_i = \sqrt{\sum_{j=1}^{15} (u_{ij} - \bar{u}_{ij})^2} \quad (8)$$

求各指标权重:

$$A_i = \frac{S_i}{\sum_{i=1}^6 S_i} \quad (9)$$

计算得到权重 $A = [0.16 \quad 0.15 \quad 0.17 \quad 0.17 \quad 0.17 \quad 0.19]$ 。

最后计算综合评判结果 $B = A \cdot R$,从而得到15种面料吸湿速干性能比较排序,结果如表3所示。

表3 织物吸湿速干性能综合排序

Tab.3 Comprehensive ranking of fabric moisture absorption and quick dry performance

样品	$B = A \cdot R$
14 [#]	0.6603
3 [#]	0.6399
2 [#]	0.5957
4 [#]	0.5691
9 [#]	0.5275
6 [#]	0.4905
5 [#]	0.4443
1 [#]	0.4358
15 [#]	0.4343
13 [*]	0.4046
12 [#]	0.3703
8 [#]	0.3203
7 [*]	0.2946
10 [#]	0.2412
11 [*]	0.1887

由模糊综合评价得到15种面料吸湿速干性能综合比较排序为:14[#] > 3[#] > 2[#] > 4[#] > 9[#] > 6[#] > 5[#] > 1[#] > 15[#] > 13^{*} > 12[#] > 8[#] > 7^{*} > 10[#] > 11^{*}。

由表3可以看出:1)吸湿速干面料整体综合性能明显优于普通面料,这也反映了当前市场上吸湿速干面料受欢迎畅销的原因。2)针织布中,集圈组织针织布整体吸湿速干性能明显优于纬平针组织;机织布中,斜纹组织机织布吸湿速干性能略优于平纹织物,斜纹织物可通过吸湿排汗后整理达到较好的吸湿速干性,且原料为吸湿排汗纱线的织物综合吸湿速干性能更好。3)吸湿速干纤维如COOLMAX、丙纶、COOLAIR表现出优异的吸湿速干性能,比普通纤维如涤纶、锦纶、氨纶的吸湿速干性更好。4)后整理织物比采用吸湿速干纤维织物达到的整体综合性能要好,但洗涤前后的各项性能表现的不太稳定。5)9[#]、14[#]、15[#]都为100%涤纶斜纹布机织布。平方米质量排序:14[#] > 9[#] > 15[#],吸湿速干性能排序:14[#] > 9[#] > 15[#]。14[#]织物经过吸湿排汗后整理,9[#]织物原料为吸湿排汗纱线,15[#]织物同样为吸湿排汗纱线面料。因而得出:普通织物确实可通过后整理具有吸湿速干性能,织物平方米质量和原料对织物的吸湿速干性能产生重要作用。

根据以上分析,3[#]和9[#]更适合用来制作吸湿速干服装;10[#]织物的吸湿速干能力较差,但其面料组成有铜氨长丝,织物具有凉爽感,因此可用来制作凉爽型服装;11^{*}为普通织物且吸湿速干性能最差,因此不适合用来制作功能性服装。

4 结论

在实验室对15种织物进行了滴水扩散面积、吸水率、芯吸高度、透湿性、蒸发性、透气性测试,运用均方差求权重的多指标模糊综合评判法获得织物综合吸湿速干性能优劣的排序。分析可知,目前吸湿速干面料吸湿速干综合性能明显比普通面料要好。其中2[#]、3[#]是针织物里吸湿速干性能最强,11^{*}织物最差;14[#]、9[#]织物是机织物里吸湿速干性能最强,9[#]织物吸湿排汗性能更稳定,12[#]织物最差。根据本文研究结果,在市场上选购吸湿速干服装面料时,在所选材质和面料中,针织面料中单向导湿网格面料是首选;机织面料可选择原料为吸湿排汗纱线的面料,吸湿排汗性能比经过后整理的织物更为稳定。企业和设计师可参照此研究进行吸湿速干服装产品的设

计与开发,同时消费者选购吸湿速干服装和面料时也可以此作为参考。

参考文献:

- [1]倪迈. 新型吸湿排汗针织运动服装面料的研究开发[D]. 上海: 东华大学, 2010.
NI Mai. Research and Development of New Moisture Wicking Knitted Sportswear Fabrics [D]. Shanghai: Donghua University, 2010.
- [2]郜琳. 汗湿织物的热湿舒适性研究[D]. 北京: 北京服装学院, 2009.
GAO Lin. Research on the Thermal and Humid Comfort of Wet Fabrics [D]. Beijing: Beijing Institute of Fashion, 2009.
- [3]CHEN Yaping, YAN Yuxiu, WU Bingjing, et al. Summer sportswear fabrics research of jade fiber and comprehensive evaluation [N]. Proceedings Paper, 2015-42-43(01).
- [4]LIZ de Rome, LAUREN Meredith, REBECCA Ivers, et al. Validation of the principles of injury risk zones for motorcycle protective clothing [J]. Journal of Safety Research, 2014, 50: 83-87.
- [5]刘昀庭. 基于环保型再生聚酯纤维的吸湿速干纺织品研究与开发[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2015.
LIU Yuting. Research and Development of Moisture-Absorbing and Quick-Drying Textiles Based on Environmentally Friendly Recycled Polyester Fibers [D]. Hangzhou: Zhejiang Sci-Tech University, 2015.
- [6]李云凤. 不同混纺比下仿棉聚酯针织物热湿舒适性研究[D]. 上海: 东华大学, 2014.
LI Yunfeng. Research on Thermal and Moisture Comfort of Imitation Cotton Polyester Knitted Fabrics with Different Blending Ratios [D]. Shanghai: Donghua University, 2014.
- [7]严会. 竹原纤维面料凉爽舒适性评价及新产品开发[D]. 苏州: 苏州大学, 2006.
YAN Hui. Cool Comfort Evaluation and New Product Development of Bamboo Fiber Fabric [D]. Suzhou: Soochow University, 2006.
- [8]高慧英. 基于模糊综合评判体系的真丝绉类织物性能研究[J]. 丝绸, 2013, 50(6): 33-36.
GAO Huiying. Study on performance of pure silk crepe fabric based on fuzzy comprehensive evaluation system [J]. Journal of Silk, 2013, 50(6): 33-36.
- [9]陈莉, 黄故, 张健飞. 微汗状态下薄型针织物湿舒适性的模糊综合评价[J]. 纺织学报, 2007, 28(12): 38-40.
CHEN Li, HUANG Gu, ZHANG Jianfei. Fuzzy evaluation of wet comfort of light weight knitted fabric under slightly sweated condition [J]. Journal of Textile Research, 2007, 28(12): 38-40.
- [10]王崎. 实用模糊数学: 修订版[M]. 北京: 北京科学技术文献出版社, 1992.
WANG Qi. Practical Fuzzy Mathematics: Revision [M]. Beijing: Beijing Science and Technology Literature Publishing House, 1992.