

针织面料热湿舒适性能研究

林怡娴, 柯宝珠

上海工程技术大学纺织服装学院, 上海

收稿日期: 2022年10月16日; 录用日期: 2022年11月10日; 发布日期: 2022年11月18日

摘要

采用棉纱、腈纶粘胶混纺纱线、ptt纱线作为面纱, 棉涤纱线, 棉氨纱线作为地纱, 组织结构为网眼组织、纬平针组织和1+2罗纹组织, 通过正交实验, 得到18种针织面料。分别测试面料厚度、面密度、透气性、透湿性、吸湿快干性和接触冷暖感等性能, 并通过服用特性的综合评估分析了各种原料和组成结构对织物服用特性的影响。结果显示由面纱为棉纱、底纱为棉涤纱, 以及组织结构为网眼组织等组成的布料综合性能良好, 该研究成果将为针织产品开发提供参考。

关键词

针织面料, 热湿舒适性, 服用性能

Research on the Thermal and Wet Comfort Performance of Knitted Fabrics

Yixian Lin, Baozhu Ke

School of Textiles and Fashion, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai

Received: Oct. 16th, 2022; accepted: Nov. 10th, 2022; published: Nov. 18th, 2022

Abstract

Using cotton yarn, acrylic adhesive blended yarn, ptt yarn as the veil, cotton polyester yarn, cotton ammonia yarn as the ground yarn, the tissue structure is mesh tissue, latitude needle tissue and 1 + 2 rib tissue, through orthogonal experiments, 18 kinds of fabrics were obtained. The properties of the fabric thickness, areal density, air permeability, moisture permeability, moisture absorption and quick drying, and contact temperature feeling were tested respectively, and the effects of various raw materials and composition structures on the characteristics of the fabric taking were analyzed through the comprehensive evaluation of the taking characteristics. The results show that the comprehensive performance of veil for cotton yarn, bottom yarn for cotton polyester yarn

and the organizational structure is a cloth composed of mesh tissue is good. The research results will provide a reference for the development of knitting products.

Keywords

Knitted Fabrics, Hot and Wet Comfort, Taking Performance

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

针织面料如今在服装领域得到了广泛地应用,其面料具有亲肤、透气、舒适、透湿等性能,其透气透湿性能广受运动服装行业的喜爱。针织内衣是紧贴在人体表面的服装,这种服装既要有服帖、保暖性又要具有运动服装的吸湿透气等功能性。当人体处在运动状态,人体与服装的热湿平衡被打破,出现汗液,使服装贴于人体肌肤,产生粘湿闷热感,因此面料的透湿性就格外重要。此外,在穿上内衣时,接触冷暖感也尤为重要。服装的热湿舒适性是评价服装穿着的一个重要指标[1]。耿琴玉[2]通过对市场上流行的7款面料进行热湿舒适性测试,结果表明纱线种类、织物厚度、组织结构等是影响织物热湿舒适性的主要因素。李慧[3]通过对面料进行热湿舒适性测试,并利用灰色关联度分析法对面料进行综合分析,结果表明:组织结构、挑孔间距对面料的热湿舒适性有影响。以上研究表明,织物的组织结构、纱线原料对织物的热湿舒适性存在影响,因此,本文通过正交实验探究原料、组织结构这两个因素对面料热湿舒适性的影响,并对其进行透气性、透湿性、吸湿快干性等4项热湿性能测试,最后采用模糊数学的灰色理论对其服用性能进行综合评价。

2. 实验材料选择与设计

2.1. 正交实验设计

本文选取底纱两个水平、面纱以及组织结构三个水平,设定因素A为底纱,选用棉氨纱线、棉涤纱线两个水平;因素B为面纱,分别为B1棉纱、B2腈纶粘胶纤维混纺纱、B3Ptt纱;因素C为组织结构,设定为C1纬平针组织、C2网眼组织、C31+2罗纹组织。正交因素及因素水平如表1所示。

Table 1. Factor level table

表 1. 因素水平表

水平/因素	A 底纱	B 面纱	C 组织结构
1	棉氨纱线	棉纱	纬平针组织
2	棉涤纱线	腈纶粘胶纤维混纺纱	网眼组织
3		Ptt 纱	1 + 2 罗纹组织

2.2. 面料编织设计方案

本试验有三个因素和三个水平,三个因素分别是底纱和面纱和组织结构。使用正交表L(2¹, 3²)进行设计并进行实验。此次实验不考虑交互作用的影响,试验方案设计以及面料的基本参数如表2。

Table 2. Fabric parameters
表 2. 织物参数

试样编号	编织方案	A 底纱	B 面纱	C 组织结构	厚度/mm	面密度/(g·m ⁻²)
D1	A1B1C1	棉氨纱线	棉纱	纬平针组织	0.94	270
D2	A1B2C1	棉氨纱线	腈纶粘胶纤维混纺纱	纬平针组织	1.02	287
D3	A1B3C1	棉氨纱线	ptt	纬平针组织	0.97	298
D4	A2B1C1	棉涤纱线	棉纱	纬平针组织	0.96	273
D5	A2B2C1	棉涤纱线	腈纶粘胶纤维混纺纱	纬平针组织	1.04	289
D6	A2B3C1	棉涤纱线	ptt	纬平针组织	0.99	300
D7	A1B1C2	棉氨纱线	棉纱	网眼组织	0.99	223
D8	A1B2C2	棉氨纱线	腈纶粘胶纤维混纺纱	网眼组织	1.03	234
D9	A1B3C2	棉氨纱线	ptt	网眼组织	1.02	252
D10	A2B1C2	棉涤纱线	棉纱	网眼组织	0.97	231
D11	A2B2C2	棉涤纱线	腈纶粘胶纤维混纺纱	网眼组织	1.01	229
D12	A2B3C2	棉涤纱线	ptt	网眼组织	0.99	254
D13	A1B1C3	棉氨纱线	棉纱	1 + 2 罗纹组织	1.34	310
D14	A1B2C3	棉氨纱线	腈纶粘胶纤维混纺纱	1 + 2 罗纹组织	1.42	320
D15	A1B3C3	棉氨纱线	ptt	1 + 2 罗纹组织	1.37	341
D16	A2B1C3	棉涤纱线	棉纱	1 + 2 罗纹组织	1.3	311
D17	A2B2C3	棉涤纱线	腈纶粘胶纤维混纺纱	1 + 2 罗纹组织	1.41	321
D18	A2B3C3	棉涤纱线	ptt	1 + 2 罗纹组织	1.38	340

2.3. 测试实验

2.3.1. 透气性

参照标准:GB/T 5453-1997《纺织品织物透气性的测定》。

测试仪器: YG 461E 电脑式透气性测试仪。

试验指标: 在压强 100 Pa, 有效面积 20 cm² 下, 测量气流垂直通过试样的速率, 即透气率(mm·s⁻¹) [4]。

2.3.2. 接触冷暖感

接触冷暖感是织物在接触皮肤后, 会对人体产生温度刺激, 大脑在接受到这一刺激之后形成关于冷热的判断[5]。

测试仪器: KES-F 8 瞬间热物性测试仪。

测试方法: 设定初始温度为 30℃, 此温度的织物在与热板接触时, 热能流入布料, 热板降温, 布料温度上升, 但由于热量的不断补充, 热板温度逐渐增加, 通过记录温度变化, 就可以得出反映布料冷暖感的温度测量指标最大瞬态热流量 Q 值[6]。

2.3.3. 透湿性

参照指标: GB/T 12704.2—2009《纺织品织物透湿性试验方法第 2 部分: 蒸发法》透湿性。

测量仪器: YG (B) 216-11 型织物透湿量仪测量。

测量方法: 根据公式(1) [7]:

$$WVT = \frac{24\Delta m}{St} \quad (1)$$

式中, WVT 为每平方米每天(24 h)的透湿量, $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$; Δm 为同一实验组合体 2 次称量之差, g ; S 为试样实验面积, m^2 ; t 为试验时间, h 。

2.3.4. 吸湿速干性

参照指标: GB/T 21655.1-2008 《纺织品吸湿速干性》 [8]。

试验指标: 吸水率、蒸发速率及芯吸高度三项指标, 以此来表征织物的吸湿速干性能。

测试仪器: 精度为 0.001 g 的天平、悬挂装置、符合标准 GB/T 6682 的三级水的试液。

测量方法: 重复五次实验, 剔除明显错误的的数据, 求平均值, 减小不确定因素产生的误差。

3. 结果与讨论

3.1. 织物的透气性能

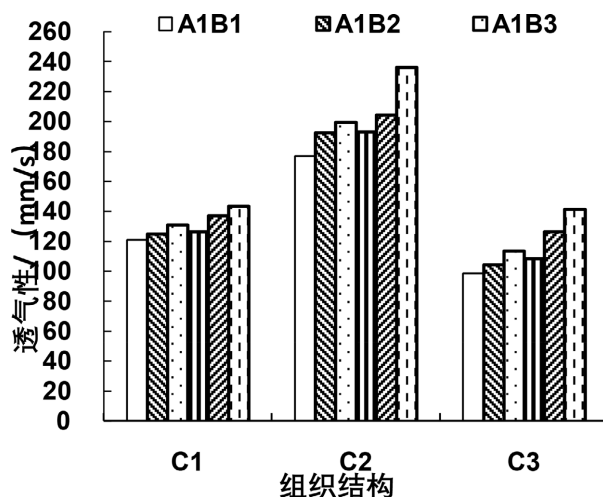


Figure 1. Histogram of fabric breathability
图 1. 面料透气性柱状图

织物的透气性与织物的厚度、紧密程度有关。由图 1 可知, 透气率从小到大的顺序为 1+2 罗纹组织、纬平针组织、网眼结构。通过表 2 可知, 厚度较大的组织是 1+2 罗纹组织, 其织物紧密, 纱线间空隙小, 所以透气差。网眼组织厚度最小, 组织结构较为宽松, 有网孔, 所以透气性好。而纬平针织物介于两者之间。

3.2. 接触冷暖感

面料最大瞬态热流量越大, 织物的接触冷感越好[9]。由图 2 可见, 织物的原料以及组织结构对织物的接触冷暖感产生影响。从组织结构方面进行, 纬平针组织的接触冷感最佳, 1+2 罗纹组织最差。1+2 罗纹组织织物结构紧密, 织物中的静止空气含量较少, 所以接触暖感好。反之, 纬平组织、网眼组织表面平整, 布料结构较为疏松, 而布料中的静态空气含量较多, 所以热接触冷感好[6]。从原料组织方面进行分析, 底纱材料对织物的接触冷暖感的影响较小。棉纱线的最大瞬态热流量最高, 其次是腈纶粘胶纤维混纺纱, 然后是 ppt。

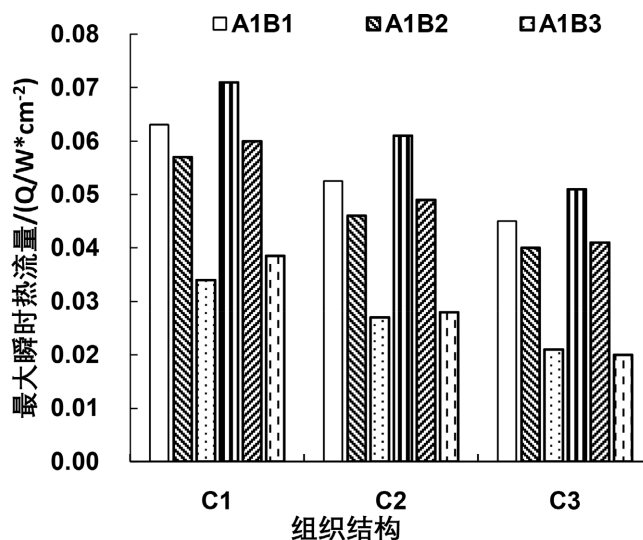


Figure 2. Histogram of maximum transient heat flow of fabric
图 2. 面料最大瞬态热流量柱状图

3.3. 透湿性

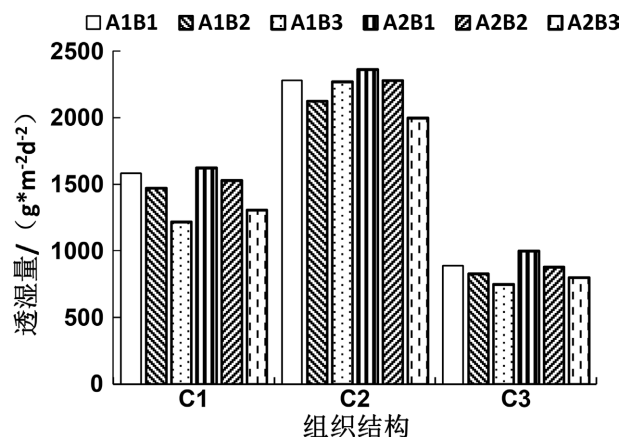


Figure 3. Histogram of fabric moisture permeability
图 3. 面料透湿量柱状图

由图 3 可知, 面料的透湿量受组织结构的影响较大, 选用的纱线材料都是透湿性好的, 因此对于面料的透湿性影响较小。从组织结构进行分析, 网眼组织的透湿性最好, 1 + 2 罗纹组织最差, 网眼组织厚度小, 有网孔, 利于水分流动。

3.4. 吸湿速干性

3.4.1. 吸水率

根据图 4 可以得到, 织物的组织结构和原料对于面料的吸水率影响较不明显。在原料相同时, 吸水率从小到大的顺序为纬平针组织、1 + 2 罗纹组织、网眼组织; 在组织结构相同时, 棉纱的吸水率最好, 腈纶粘胶纤维混纺纱最差。虽然 1 + 2 罗纹组织比较密实, 但是面料凸出位置的纱线蓬松, 纱线间可以贮存较多水分; 纬平针组织间的纱线结构紧密, 厚度也较小, 贮藏水分的能力弱, 所以吸湿性最差; 网眼组织结构最疏松, 纱线间空隙大, 容易贮存水分。

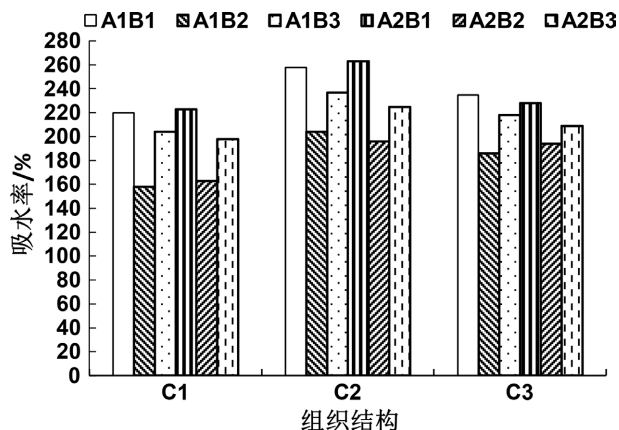


Figure 4. Histogram of fabric water absorption
图 4. 面料吸水率柱状图

3.4.2. 蒸发速率

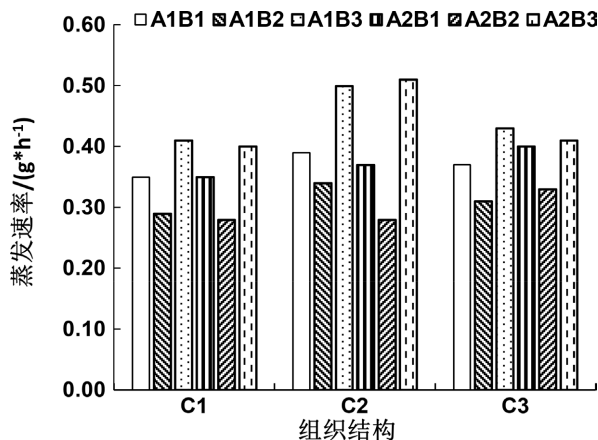


Figure 5. Histogram of fabric evaporation rate
图 5. 面料蒸发速率柱状图

由图 5 可知, 组织结构对于面料的蒸发速率影响较小。蒸发速率从大到小的顺序为 1 + 2 罗纹结构、平针添纱结构、网眼结构结构。罗纹组织织物蓬松厚实, 芯吸性能好, 水分在传导过程中的润湿面积较大, 相对来说蒸发面积也较大。腈纶粘胶纤维为化学纤维, 对水吸附作用较小, 所以蒸发速率比棉纤维要快。

3.4.3. 芯吸高度

由图 6 可知, 在原料相同时, 芯吸高度从大到小的顺序为 1 + 2 罗纹组织、纬平针组织、网眼组织。1 + 2 罗纹组织的结构紧密, 毛细效应好, 芯吸高度较大, 而网眼组织结构最松、纱线间孔隙最大, 芯吸效应较差; 在组织结构相同时, 芯吸高度从大到小的顺序为棉纱、ppt、腈纶粘胶纤维混纺纱。棉纤维表面有亲水基, 对水有吸附作用。最佳的组织是 D12、D10、D3。

4. 织物热湿舒适性综合评价

通过对实验结果的分析可以得到, 18 种面料在各个方面的性能不相同, 无法根据某一项指标来作出整体热湿舒适性的评价。因此, 利用模糊数学中的灰色系统理论进行综合评价[10]。

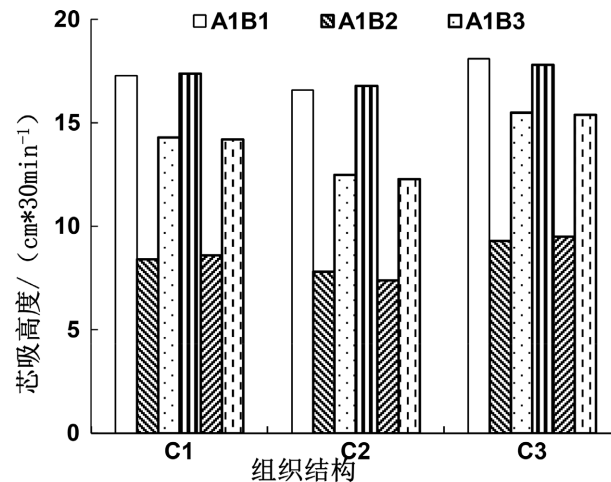


Figure 6. Histogram of fabric wicking height
图 6. 面料芯吸高度柱状图

4.1. 无量纲化处理

通过灰色关联度分析面料的吸湿快干性、透气性、接触冷暖感、透湿性 4 项服用性能。以 4 项服用性能的最大值为参考数列, 构成数列 $X_0(k)$, 18 种面料的各项服用性能构成比较数列 $X_i(k)$ ($i = 1, 2, \dots, 16$) [11]。各项数列的物理意义不同, 为了确保数据的准确性, 无量纲化处理参考数列和比较数列, 结果见表 3。

Table 3. Steel-free quantification treatment results

表 3. 无量纲化处理结果

X_i	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6
X_0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
X_1	0.512	0.887	0.670	0.837	0.686	0.956
X_2	0.529	0.803	0.624	0.601	0.569	0.464
X_3	0.554	0.479	0.516	0.776	0.804	0.790
X_4	0.535	1.000	0.687	0.848	0.686	0.961
X_5	0.580	0.845	0.648	0.620	0.549	0.475
X_6	0.607	0.542	0.554	0.753	0.784	0.785
X_7	0.748	0.739	0.965	0.981	0.765	0.917
X_8	0.815	0.648	0.899	0.776	0.667	0.431
X_9	0.844	0.380	0.961	0.901	0.980	0.691
X_{10}	0.817	0.859	1.000	1.000	0.725	0.928
X_{11}	0.865	0.690	0.965	0.745	0.549	0.409
X_{12}	1.000	0.394	0.846	0.856	1.000	0.680
X_{13}	0.529	0.634	0.376	0.894	0.725	1.000
X_{14}	0.442	0.563	0.351	0.707	0.608	0.514
X_{15}	0.480	0.296	0.317	0.829	0.843	0.856
X_{16}	0.459	0.718	0.423	0.867	0.784	0.983
X_{17}	0.535	0.577	0.372	0.738	0.647	0.525
X_{18}	0.598	0.282	0.338	0.795	0.804	0.851

4.2. 关联度系数

各个比较数列与参考数列的关联系数 $\varepsilon_i(k)$ 如计算公式(2)。令 $a = |X_0(k) - X_i(k)|$ 。

$$\varepsilon_i(k) = \frac{\min(i) \min(k) a + \eta \min(i) \min(k) a}{a + \eta \min(i) \min(k) a} \quad (2)$$

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 0~1, 这里取 0.5)。得到关联系数如表 4。

Table 4. Correlation degree coefficients

表 4. 关联度系数

ε_i	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6
ε_1	0.4238	0.7612	0.5211	0.6872	0.5338	0.8904
ε_2	0.4324	0.6456	0.4883	0.4736	0.4544	0.4013
ε_3	0.4461	0.4080	0.4258	0.6156	0.6469	0.6311
ε_4	0.4358	1.0000	0.5348	0.7025	0.5338	0.9028
ε_5	0.4612	0.6987	0.5049	0.4858	0.4434	0.4063
ε_6	0.4774	0.4397	0.4461	0.5924	0.6248	0.6251
ε_7	0.5881	0.5796	0.9115	0.9497	0.6042	0.8125
ε_8	0.6597	0.5050	0.7806	0.6156	0.5187	0.3870
ε_9	0.6966	0.3669	0.9015	0.7842	0.9482	0.5372
ε_{10}	0.6621	0.7183	1.0000	1.0000	0.5668	0.8334
ε_{11}	0.7267	0.5369	0.9115	0.5851	0.4434	0.3780
ε_{12}	1.0000	0.3723	0.7001	0.7131	1.0000	0.5285
ε_{13}	0.4324	0.4952	0.3654	0.7714	0.5668	1.0000
ε_{14}	0.3917	0.4514	0.3564	0.5509	0.4781	0.4249
ε_{15}	0.4085	0.3378	0.3448	0.6773	0.6960	0.7143
ε_{16}	0.3990	0.5605	0.3837	0.7297	0.6248	0.9559
ε_{17}	0.4358	0.4595	0.3640	0.5779	0.5044	0.4305
ε_{18}	0.4721	0.3334	0.3519	0.6363	0.6469	0.7066

4.3. 等权关联度和加权关联度

每一种面料相关联的指标数有 5 个, 数据过于分散, 难以进行整体性比较, 因此, 求取一个集中值, 即等权关联度 r_i , 计算公式如式(3)。

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

其中, n 为各性状总数。

在根据各性状贡献不同, 求出加权关联度 r'_i , 计算公式如式(4)。

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

其中 ω_k 为权重系数。根据针织运动服的服用特点, 导湿、导热、吸湿快干性能尤为重要, 因此, 接触冷暖感, 透湿性以及芯吸高度占主导地位, 所以权重系数 $\omega_1 \sim \omega_6$ 分别定义为: 0.15, 0.2, 0.2, 0.1, 0.15, 0.2。等权关联度和加权关联度见表 5。

Table 5. Equal and weighted correlation degrees and ranking
表 5. 等权关联度和加权关联度及排序

试样编号	等权关联度	等权关联度秩位	加权关联度	等权关联度秩位
D1	0.5517	8	0.6469	6
D2	0.4902	12	0.4874	16
D3	0.4833	14	0.5185	12
D4	0.5926	6	0.7032	3
D5	0.5036	11	0.5062	15
D6	0.4887	13	0.5267	11
D7	0.6469	4	0.7346	2
D8	0.5765	7	0.5728	10
D9	0.6491	3	0.6863	5
D10	0.6932	1	0.7947	1
D11	0.5961	5	0.5993	8
D12	0.6621	2	0.6915	4
D13	0.5187	10	0.5991	9
D14	0.4485	18	0.4321	18
D15	0.4746	15	0.5128	13
D16	0.5243	9	0.6066	7
D17	0.4639	17	0.4496	17
D18	0.4709	16	0.5098	14

由表 5 可以得到, 面料服用性能的等权关联度与加权关联度基本一致, 其顺序从大到小为 D10 > D12 > D9 > D7 > D11 > D4 > D8 > D1 > D16 > D13 > D5 > D2 > D6 > D3 > D15 > D18 > D17 > D13。由排序结果可以得到, 热湿舒适性主要与组织结构有关, D10、D12、D9、D7、D11 这五款面料的组织结构都是网眼组织, 网眼组织的组织结构疏松, 空隙大, 透气性、透湿性好。其次是织物的厚度跟克重, 织物的厚度和克重越小, 热湿舒适性越好。D10、D12、D9 的厚度和克重都较小, 其热湿舒适性好。

5. 结论

本文设置了底纱、面纱、组织结构三个水平因素进行正交实验, 通过模糊数学的灰色系统理论进行综合评价, 综合计算结果, 以棉涤纱线为底纱, 棉纱为面纱以及组织结构为网眼组织的面料热湿舒适性最好。通过对面料的服用性能进行测试得到, 面料的组织结构、原料显著地影响织物的热湿舒适性, 网眼组织的热湿舒适性优于其他两种组织, 网眼组织主要因为网眼结构含有网孔, 空隙较大, 利于空气的流动。因此, 在针对针织运动面料进行设计研发时, 要合理选择纱线的原料和组织结构, 尽可能的发挥纱线原料和组织结构结合的最大优势。

参考文献

- [1] 陆建平. 服装热湿舒适性测试方法和评价指标[J]. 南通工学院学报(自然科学版), 1996(3): 59-63+54.
- [2] 耿琴玉, 吉利梅. 流行针织保暖内衣面料的热湿舒适性研究[J]. 南通纺织职业技术学院学报, 2014, 14(4): 1-3.
- [3] 李慧, 宋晓霞. 吸湿排汗针织面料设计及热湿舒适性评价[J]. 服装学报, 2022, 7(3): 196-201+208.
- [4] 杨敏, 束琴琴, 戴宏钦, 刘国联. 面料热湿性能对服装热舒适性的影响[J]. 现代丝绸科学与技术, 2015, 30(4): 129-132.
- [5] 姚穆, 王晓东. 论织物接触冷暖感[J]. 西北纺织工程学院学报, 2001, 15(2): 37-41.
- [6] 张旭靖, 王立川, 陈雁. 针织内衣织物接触冷暖感的形成机制与影响因素[J]. 纺织学报, 2017, 38(1): 57-60.
- [7] 秦宏. 织物的组织结构对透湿性和燃烧性的影响[J]. 天津纺织科技, 2012(4): 5-7.
- [8] 陈丽华. 组织结构对吸湿排汗织物性能的影响[J]. 棉纺织技术, 2007(5): 5-8.
- [9] 孟花, 冯爱芬. 织物结构和性能对接触冷暖感的影响[J]. 毛纺科技, 2020, 48(8): 38-41.
- [10] 孔令剑, 晏雄. 灰色理论在麻织物热湿舒适性研究中的应用[J]. 纺织学报, 2007(4): 41-44.
- [11] 方方, 杨素云, 陈玉娥. 无缝针织运动面料服用性能评价[J]. 针织工业, 2015(8): 29-32.