

羊毛纱罗织物的设计开发及其湿舒适性能

刘蕴莹^{a,b} 张谱凡^{a,b} 薛文良^{a,b} 葛兰^{a,b}

东华大学 a. 产业用纺织品教育部工程研究中心, b. 纺织学院, 上海 201620

摘要:针对羊毛在夏季服用面料中应用较少的问题,将高支羊毛纱线和纱罗结构相结合,设计开发夏季羊毛面料。从制造工艺参数的角度出发,基于 $L_9(3^3)$ 正交试验方案,在经过加装综装置的剑杆织机上织造9种羊毛纱罗织物。测试9种织物的湿舒适性能,包括透气性能、吸水性能、透湿性能和芯吸性能,并进行极差分析,再进一步采用模糊综合评价方法,结合相应的权重向量,对织物湿舒适性能进行综合评价。结果表明:9种织物均表现出良好的湿舒适性能,能够满足夏季服用面料要求。其中,织物S9的湿舒适性能最为优异,其织物结构为四经绞结构、纬纱线密度为 $10.00 \text{ tex} \times 2$ 、纬纱密度为 $24 \text{ 根}/(10 \text{ cm})$ 。

关键词:羊毛;纱罗;正交试验;湿舒适性;模糊综合评价

中图分类号:TS 136

文献标志码:A

文章编号:1004-7093(2024)11-0030-07

Design and development of wool leno fabrics and their moisture comfort performance

Liu Yunying^{a,b}, Zhang Pufan^{a,b}, Xue Wenliang^{a,b}, Ge Lan^{a,b}

a. Engineering Research Center of Technical Textiles, Ministry of Education, b. College of Textiles, Donghua University, Shanghai 201620, China

Abstract: Aiming at the problem that wool is seldom used in summer fabrics, the design and development of summer wool fabrics is based on the combination of high count wool yarns and leno structures. Based on the $L_9(3^3)$ orthogonal test scheme, 9 kinds of wool leno fabrics were woven on the rapier loom equipped with leno heald. The moisture comfort performance of 9 kinds of fabrics were tested, including air permeability, water absorption, moisture permeability and core absorption, and the range analysis was carried out. Then, the moisture comfort performance of fabrics were evaluated by fuzzy comprehensive evaluation method combined with the corresponding weight vector. The results showed that all the 9 kinds of fabrics showed good moisture comfort performance and could meet the requirements of summer wear. Among them, fabric S9 had the best moisture comfort performance, which fabric structure was four-warp warp structure, weft thread density was $10.00 \text{ tex} \times 2$, and weft density was $24/(10 \text{ cm})$.

基金项目:东华大学中央高校基本科研业务费专项资金资助(2232024G-06-01)

收稿日期:2024-05-09

作者简介:刘蕴莹,女,1972年生,讲师,主要研究方向为纺织经济与管理、纺织科技史、纺织品开发与设计等, Liuyy@dhu.edu.cn

通信作者:葛兰,讲师, gelan@dhu.edu.cn

Keywords: wool; leno; orthogonal experiment; moisture comfort performance; fuzzy comprehensive evaluation

羊毛是一种天然的纺织纤维,保暖性强,故主要应用于秋冬季节的面料中^[1-4]。但随着对羊毛服用性能研究的深入,以及高支羊毛纱线制备技术的提高^[5-6],人们逐渐认识到羊毛织物还具有恒温调温、高吸湿及吸湿后不黏体^[7]等许多优良的服用舒适性。有研究^[8-9]发现,羊毛具备的天然调温特性赋予了其用于夏季面料的潜力,但目前有关羊毛面料在高温环境下保持湿舒适感的能力及其机制,仍有待进一步探究。当前,市场上可供选择的含羊毛的夏季服装并不多,这可能与羊毛材料在传统意识上被视为更适合寒冷天气有关。因此,有关羊毛纤维在夏季面料中的应用值得探究,这不仅拓宽羊毛产品的市场范围,还能满足消费者夏季对于含天然纤维服装的多样化需求。

纱罗织物,又称绞经织物^[10],是由相互平行的纬纱与扭绞的 2 组经纱(绞经和地经)相互交织而成的^[11],其以独特的织造结构^[12]和工艺而闻名,且织物品种丰富^[13-14]。但纱罗织物的织造过程较为复杂^[15-16],生产效率相对较低,这影响了其产出效益,进而导致纱罗织造技术长期以来未受到足够的

重视,濒临失传。近年来,纺织工程领域的进步和国家对非物质文化遗产的重视,为纱罗织物的生产注入了新活力,使其重新焕发生机^[17]。纱罗织物表面均匀分布着清晰可见的绞纱孔,质地轻薄透气,结构稳定,非常适合夏季服装^[18]。

由于纱罗结构中稀疏的孔隙能够改善传统羊毛面料较为厚重的特性,提升面料的透气性和散热性,提高穿着舒适度,因而本研究将羊毛纱线与纱罗组织结构相结合,开发夏季面料用羊毛纱罗织物,以期通过调控织造参数,赋予羊毛织物优良的透气、透湿及吸湿等湿舒适性。

1 试验设计

1.1 织物组织结构

本研究选取 3 种代表性的纱罗绞经结构——二经绞结构(一绞一)、三经绞结构(一绞二)和四经绞结构(一绞三)织造羊毛织物。3 种结构均为无花型素罗织物结构。纬纱每次只织入 1 根。具体结构如图 1 所示。

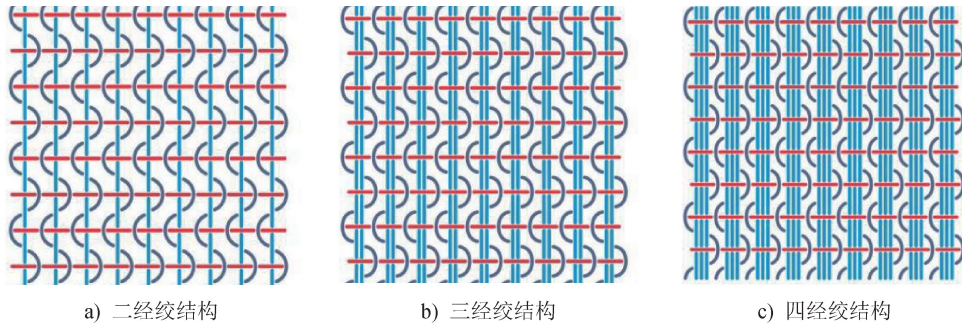


图 1 织物组织结构示意

Fig. 1 Fabric weave structure schematic

1.2 纱线规格

选择适合夏季穿着的羊毛织物用纱线时,需考虑纱线的线密度及柔软度等多项指标。且本研究选择的纱罗组织结构也对羊毛纱线的强力提出了较高的要求,因为织造过程中纱线需承受拉伸和绞转摩擦等作用。因此,为保证织造的生产效率和织物品质,本研究结合试验设计及前期的测试,确定选择

3 种规格的羊毛纱线用于织造羊毛纱罗织物,具体如表 1 所示,其原料均为 100% 极细美丽诺羊毛。9 种羊毛纱罗织物的经纱皆选用 1# 纱线,纬纱分别选用 1#、2# 及 3# 纱线,所有纱线均为股线。

1.3 纱线密度

根据织机能达到的经纬纱密度以及预织造状况,确定纬纱密度分别为 24、42 和 60 根/(10 cm),

表 1 试验用纱线规格

Tab. 1 Specifications of yarns used in the experiment

编号	纱线线密度	断裂强力/cN	断裂伸长率/%
1#	16.67 tex×2	263.7	14.02
2#	12.50 tex×2	200.8	11.53
3#	10.00 tex×2	176.0	15.19

经纱密度皆为 92 根/(10 cm)。

1.4 正交试验设计方案

为探究不同织造工艺参数对织物湿舒适性能的

影响,基于前期的研究结果,本研究利用 $L_9(3^3)$ 正交表设计了以组织结构、纬纱线密度和纬纱密度为变量的三因素三水平正交试验。其中,织物组织结构选取二经绞结构、三经绞结构及四经绞结构等 3 个水平,纬纱线密度选择 16.67 tex×2、12.50 tex×2、10.00 tex×2 等 3 个水平,纬纱密度选择 24、42 和 60 根/(10 cm)等 3 个水平,分别记为因素 A、B 和 C。制备的 9 种织物的编号及正交试验设计方案如表 2 所示。

表 2 正交试验设计方案

Tab. 2 Orthogonal experimental design schemes

织物编号	组合	因素 A 组织结构	因素 B 纬纱线密度	因素 C 纬纱密度/[根·(10 cm) ⁻¹]
S1	A1B1C1	二经绞结构	16.67 tex×2	24
S2	A1B2C3	二经绞结构	12.50 tex×2	60
S3	A1B3C2	二经绞结构	10.00 tex×2	42
S4	A2B1C2	三经绞结构	16.67 tex×2	42
S5	A2B2C1	三经绞结构	12.50 tex×2	24
S6	A2B3C3	三经绞结构	10.00 tex×2	60
S7	A3B1C3	四经绞结构	16.67 tex×2	60
S8	A3B2C2	四经绞结构	12.50 tex×2	42
S9	A3B3C1	四经绞结构	10.00 tex×2	24

1.5 织造工艺

根据上机工艺参数加装织造纱罗织物的绞综丝装置。其中,综丝长度为 330 mm,综丝厚度为 1.5 mm。9 种织物均采用右穿法,如图 2 所示,并在 TNY101B-20 型全自动剑杆织机上完成羊毛纱罗织物的织造(图 3)。

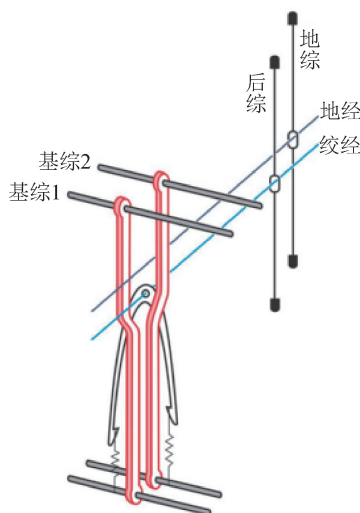


图 2 右穿法

Fig. 2 Right doup heddle drafting



图 3 织造过程照片

Fig. 3 The photo of weaving process

1.6 织物基本参数的测试及结果

下机后对 9 种织物的厚度、面密度及纱线密度等基本参数进行测试,评定织造的试样是否满足夏季服饰的基本穿着需求。测试参照标准及测试仪器如表 3 所示。

测得 9 种织物的基本参数如表 4 所示。由于试验设计的所有样品经纱线密度皆相同,且织造前对纱线进行了上浆处理,织造过程中还使用了特殊工

表 3 织物基本参数测试参照标准及测试仪器

Tab. 3 Test reference standards and test equipments for fabric basic parameters

基本参数	参照标准	仪器设备
织物厚度	GB/T 3820—1997《纺织品和纺织制品厚度的测定》	YG141D- II 型织物厚度仪
织物面密度	GB/T 4669—2008《纺织品 机织物 单位长度质量和单位面积质量的测定》	ME204 型电子天平
纱线密度	GB/T 4668—1995《机织物密度的测定》	9005B 型织物分析镜

艺进行定型,故下机后织物经纬纱密度均未发生变化。9 种织物的面密度都呈现出了较为轻薄的特征,满足夏季服装面料轻盈的穿着需求,达到了试验设计的预期。

表 4 织物基本参数测试结果

Tab. 4 Test results of fabric basic parameters

织物编号	纱线密度/[根·(10 cm) ⁻¹]		厚度/mm	面密度/(g·m ⁻²)
	经纱	纬纱		
S1	92	24	0.493	82.66
S2	92	60	0.624	108.08
S3	92	42	0.535	83.54
S4	92	42	0.745	110.36
S5	92	24	0.630	86.84
S6	92	60	0.773	116.84
S7	92	60	0.780	146.84
S8	92	42	0.746	110.46
S9	92	24	0.808	91.84

表 5 织物湿舒适性测试参照标准及测试仪器

Tab. 5 Test reference standards and test equipments for fabric moisture comfort performance

测试指标	参照标准	仪器设备
透气性能	GB/T 5453—1997《纺织品 织物透气性的测试》	YG461E 型全自动透气性测定仪
吸水性能	GB/T 21655.1—2023《纺织品 吸湿速干性的评定 第 1 部分:单项组合试验法》	ME204 型电子天平
透湿性能	GB/T 12704.1—2009《纺织品 织物透湿性试验方法 第 1 部分:吸湿法》	YG601H 型织物透湿量仪
芯吸性能	FZ/T 01071—2008《纺织品 毛细效应试验方法》	YG(B)871 型毛细管效应测定仪

其对维持服装内外空气流通至关重要。较好的织物透气性能不仅有助于体表热量的散发及汗液的蒸发,还能帮助维持皮肤的干爽与卫生。图 4 为 9 种织物的透气率测试结果,可以看出:织物 S1、S3、S5 的透气性能较好,织物 S4、S8、S9 的透气性能适中,织物 S2、S6、S7 的透气性能较差。其中,织物 S1(A1B1C1)的透气性能最好,其透气率为 6 765.51 mm/s。

进一步分析每个样本所处水平,以了解不同因素对织物透气性能的影响。表 6 为透气率极差分析结果。由表 6 中的数据可得:因素 C 的极差(R)值最大,其次是因素 A,因素 B 的最小,表明纬纱密度

2 织物湿舒适性能的测试与分析

2.1 测试方法

纺织领域长期以提升纺织品舒适性为目标,夏季轻薄毛织物服用面料也是如此,其湿舒适性是必不可少的考量要素^[19-20]。选取 4 项能反映织物湿舒适性的关键客观指标进行测试,即织物的透气性能、吸水性能、透湿性能及芯吸性能。所有织物测试前均需参照 GB/T 6529—2008《纺织品 调湿和试验用标准大气》,置于标准要求的温度和湿度环境中进行平衡处理。织物湿舒适性测试参照标准及测试仪器如表 5 所示。

2.2 测试结果与讨论

2.2.1 透气性能

透气性能用于表征空气通过织物的难易程度,

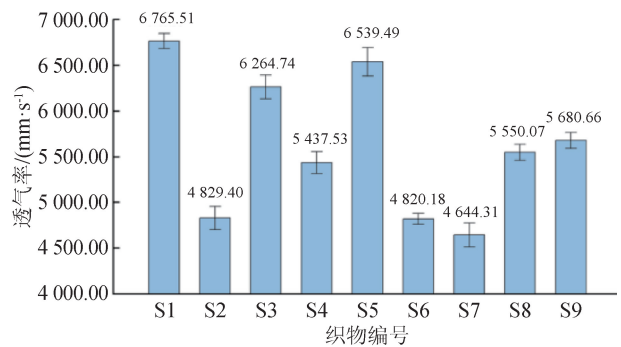


图 4 织物透气率

Fig. 4 Fabric air permeability

对织物的透气性能影响最显著,其次是组织结构,纬

纱线密度的影响相对较小。综合极差分析结果发现,织物透气率的最优水平组合是 A1B2C1,即组织结构为二经绞结构、纬纱线密度为 12.50 tex×2、纬纱密度为 24 根/(10 cm)。

表 6 织物透气率极差分析

Tab. 6 Range analysis of fabric air permeability

项目	因素 A	因素 B	因素 C
k_1	5 953.22	5 615.78	6 328.55
k_2	5 599.07	5 639.65	5 750.78
k_3	5 291.68	5 588.53	4 764.63
最佳水平	1	2	1
R	661.54	51.13	1 563.92

2.2.2 吸水性能

吸水性能反映了织物吸收和保持水分的能力。具有良好吸水性能的织物可以迅速吸收身体排出的汗液,并通过水分的扩散和蒸发帮助调节体温,从而使穿着者保持干爽与舒适。9 种织物的吸水率测试结果如图 5 所示,可以看出:织物 S5、S7、S8、S9 的吸水性能较好,织物 S1、S4、S6 的吸水性能适中,织物 S2、S3 的吸水性能较差。其中,织物 S9(A3B3C1)的吸水率最高,达 280.83%。

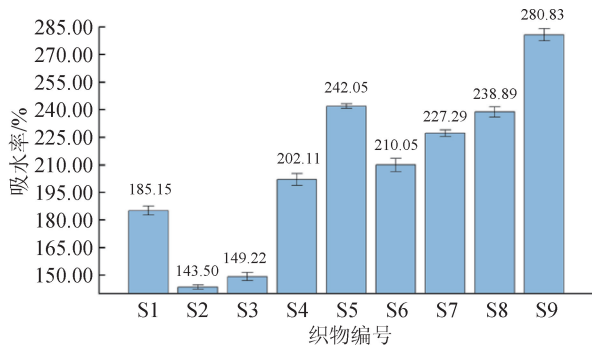


图 5 织物吸水率

Fig. 5 Fabric water absorption

表 7 为各因素对织物吸水率影响的极差分析结果。由表 7 中的数据可知;因素 A 的 R 值最大,其次是因素 C,因素 B 的最小,表明组织结构对吸水率的影响最为显著,其次是纬纱密度,纬纱线密度的影响相对最小。综合极差分析发现,织物吸水性能的最优水平组合是 A3B3C1,即组织结构为四经绞结构、纬纱线密度为 10.00 tex×2、纬纱密度为 24 根/(10 cm)。

2.2.3 透湿性能

透湿性能反映了面料允许水蒸气通过的能力。

表 7 织物吸水率极差分析

Tab. 7 Range analysis of fabric water absorption

项目	因素 A	因素 B	因素 C
k_1	159.29	204.85	236.01
k_2	218.07	208.15	196.74
k_3	249.00	213.37	193.61
最佳水平	3	3	1
R	89.71	8.52	42.40

在夏季高温高湿的条件下,透湿性能良好的面料能有效促进汗液的蒸发,帮助调节身体温度,降低皮肤湿度,提高穿着舒适度。9 种织物的透湿率测试结果如图 6 所示,可以看出:织物 S8、S9 的透湿性能最好,织物 S1、S2、S3、S5、S7 的透湿性能适中,织物 S4、S6 的透湿性能较差。其中,织物 S8(A3B2C2)的透湿率最高,为 332.86 g/(m²·h)。

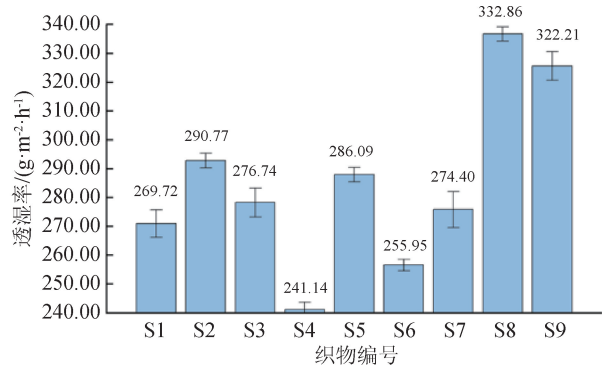


图 6 织物透湿率

Fig. 6 Fabric moisture permeability

表 8 为各因素对织物透湿率影响的极差分析结果,可以得出:因素 A 的 R 值最大,其次是因素 B,因素 C 的最小,表明组织结构是影响织物透湿率的最关键因素,纬纱线密度也有较大的影响,而纬纱密度的影响则相对较小。综合极差分析发现,织物透湿性能的最优水平组合为 A3B2C1,即组织结构为四经绞结构、纬纱线密度为 12.50 tex×2、纬纱密度为 24 根/(10 cm)。

表 8 织物透湿率极差分析

Tab. 8 Range analysis of fabric moisture permeability

项目	因素 A	因素 B	因素 C
k_1	279.07	261.75	292.67
k_2	261.06	303.24	283.58
k_3	309.82	284.96	273.70
最佳水平	3	2	1
R	48.76	41.49	18.97

2.2.4 芯吸性能

芯吸性能用于评估织物吸水后水分在其结构中扩散的能力。9 种织物芯吸高度测试结果如图 7 所示,可以看出:整体上,织物经向芯吸高度大于纬向芯吸高度,这主要与经纱密度高于纬纱密度,纵向纤维较横向纤维排布紧密,水分子在纵向上的传输能力得以强化有关。此外,由图 7 可知:织物 S1 的经向芯吸高度最大,达 96.77 mm,纬向芯吸高度也较大,为 66.87 mm;而织物 S4、S8、S9 虽经向芯吸高度较大,但纬向芯吸高度较小,表明这些织物经纬向芯吸性能不均衡;织物 S2、S3 和 S7 在经向和纬向上芯吸高度表现得相对均衡,但都不及织物 S1。故综合考虑经纬向芯吸高度认为,织物 S1(A1B1C1)的经纬向芯吸性能最佳,其在经纬 2 个方向上都能均匀快速地吸收并传输水分,从而提供最佳的湿舒适性。

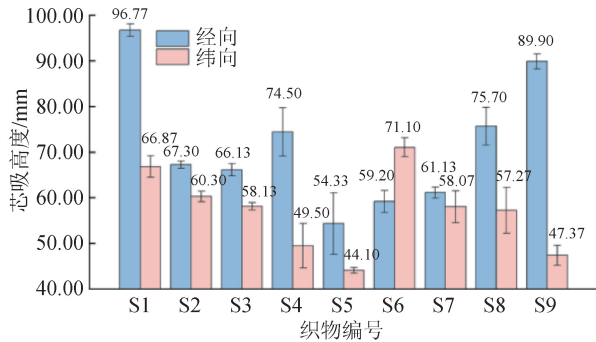


图 7 织物芯吸高度
Fig. 7 Fabric core suction height

表 9 为织物经向芯吸高度极差分析结果。从 R 值来看,因素 C 对织物经向芯吸高度的影响最大,其次是因素 A ,因素 B 的最小。对于经向芯吸高度,最优的水平组合为 A1B1C1,即组织结构为二经绞结构、纬纱线密度为 16.67 tex×2、纬纱密度为 24 根/(10 cm)。

表 9 织物经向芯吸高度极差分析

项目	因素 A	因素 B	因素 C
k_1	76.73	77.47	80.33
k_2	62.68	65.78	72.11
k_3	75.58	71.74	62.54
最佳水平	1	1	1
R	14.06	11.69	17.79

表 10 为织物纬向芯吸高度极差分析结果,可以看出,各因素影响程度和织物经向芯吸高度的一致,

也是因素 C 对织物纬向芯吸高度影响最大,其次是因素 A ,因素 B 的影响最小。对于纬向芯吸高度,最优的水平组合为 A1B3C3,即组织结构为二经绞结构、纬纱线密度为 10.00 tex×2、纬纱密度为 60 根/(10 cm)。

表 10 织物纬向芯吸高度极差分析

项目	因素 A	因素 B	因素 C
k_1	61.77	58.15	52.78
k_2	54.90	53.89	54.97
k_3	54.24	58.87	63.16
最佳水平	1	3	3
R	7.53	4.98	10.38

2.3 织物湿舒适性模糊综合评价

由于单一指标无法全面反映织物的整体性能,因而有必要采用多指标综合评价方法。模糊综合评价是模糊数学中非常重要的一种分析方法,特别适用于在多指标的基础上进行描述、分析和评价^[21]。该方法能整合各指标的试验结果,全面、深入地评价织物的性能,准确把握织物的综合性能,为织物的研发和改进提供科学依据。

本研究采用模糊综合评价方法,对制备的 9 种织物的湿舒适性进行全面的综合评价。首先,建立因素集 U ,即 $U = \{U_1, U_2, U_3, U_4, U_5\}$,其中 U_1 为透气率、 U_2 为吸水率、 U_3 为透湿率、 U_4 为经向芯吸高度、 U_5 为纬向芯吸高度。然后,采用主观赋权法确定权重系数 A 。本研究通过邀请本领域的专家、博士及研究生组成评价团队,并基于他们的评估得到织物质数权重系数 $A = [0.30 \ 0.25 \ 0.25 \ 0.10 \ 0.10]$ 。

接着,根据式(1)计算评价矩阵:

$$R_{ij} = \frac{Z_{ij} - Z_{ij,\min}}{Z_{ij,\max} - Z_{ij,\min}} \quad (1)$$

式中: Z_{ij} 为第 i 个试样第 j 项测试指标的测试值; $Z_{ij,\max}$ 、 $Z_{ij,\min}$ 分别是第 i 个试样第 j 项测试指标的最大值和最小值。

最后,根据评判向量 $B = A \cdot R^T$,得到 $B = [0.113 \ 0.102 \ 0.108 \ 0.107 \ 0.114 \ 0.105 \ 0.109 \ 0.120 \ 0.122]$ 。矩阵 B 中数值愈高,代表此试样的综合性能越好。从矩阵 B 的结果来看,织物湿舒适性综合排序为 $S9 > S8 > S5 > S1 > S7 > S3 > S4 > S6 > S2$,即 S9 湿舒适性最为优异,其水平组合为 A3(四经绞结构)、B3(纬纱线密度 10.00 tex×2)、C1[纬纱密度

24 根/(10 cm)]。

3 结论

(1)9 种织物的湿舒适性均满足夏季服用面料的要求。其中,S1 的透气率最大,为 6 765.51 mm/s;S9 的吸水率最大,为 280.83%;S8 的透湿率最大,为 332.86 g/(m²·h);S1 的经向芯吸高度最大,为 96.77 mm,纬向芯吸高度同样较大,为 66.87 mm。

(2)基于正交试验的极差分析发现,因素 A、B、C 对织物湿舒适性各项指标的影响程度各不相同。在织物透气性能方面,显著性排序为因素 C>因素 A>因素 B,最优水平组合为 A1B2C1;在织物吸水性能方面,显著性排序为因素 A>因素 C>因素 B,最优水平组合为 A3B3C1;在织物透湿性能方面,显著性排序为因素 A>因素 B>因素 C,最优水平组合为 A3B2C1;在织物芯吸性能方面,经向芯吸高度显著性排序为因素 C>因素 A>因素 B,最优水平组合为 A1B1C1,纬向芯吸高度显著性排序为因素 C>因素 A>因素 B,最优水平组合为 A1B3C3。

(3)利用模糊综合评价方法对 9 种织物的湿舒适性进行综合评价,发现织物湿舒适性综合排序为 S9>S8>S5>S1>S7>S3>S4>S6>S2,即 S9 湿舒适性最为优异,其水平组合为 A3(四经绞结构)、B3(纬纱线密度 10.00 tex ×2)、C1[纬纱密度 24 根/(10 cm)]。



期刊采编平台

中国知网下载

参考文献

- [1] ZHANG Y Y, ZHANG N, WANG Q, et al. A facile and controllable approach for surface modification of wool by micro-dissolution [J]. *Fibers and Polymers*, 2020, 21(6): 1229-1237.
- [2] 程相云. 轻薄型羊毛针织物的湿舒适性研究 [D]. 上海: 东华大学, 2011.
- [3] 陆艳. 羊毛/薄荷/天丝混纺夏季西服面料的设计与性能测试 [J]. *上海纺织科技*, 2023, 51(1): 42-45.
- [4] 章悦庭, 陈丽珍, 胡绍华. 毛纺产品的轻薄化及其发展趋势 [J]. *现代纺织技术*, 2002, 10(2): 40-42.
- [5] 李海洋, 尉霞, 陈成煜, 等. 羊毛/芳纶包芯纱针织物开发及其性能 [J]. *产业用纺织品*, 2023, 41(6): 25-29.
- [6] 周媛, 刘桂阳, 周冉. 利用水溶性纤维开发羊毛针织物 [J]. *国际纺织导报*, 2024, 52(2): 10-13.
- [7] 张炜栋, 黄旭. 羊毛在运动面料上的应用研究进展 [J]. *针织工业*, 2022(12): 23-26.
- [8] XIAO X L, ZHOU H T, QIAN K. Mechanism study of biopolymer hair as a coupled thermo-water responsive smart material [J]. *Smart Materials and Structures*, 2017, 26(3): 035023.
- [9] 张娜, 王家俊. 羊毛的凉爽舒适性 [J]. *纺织学报*, 2006, 27(11): 110-112.
- [10] 朱立群, 李笑苏. 中国传统纱罗织物的创新探讨: 以苏罗为例 [J]. *江苏丝绸*, 2024, 53(1): 22-29.
- [11] 顾平. 织物结构与设计学 [M]. 上海: 东华大学出版社, 2004: 135-140.
- [12] 王建平, 张志清, 徐丹, 等. 纱罗结构面料的系列化设计 [J]. *上海纺织科技*, 2020, 48(5): 36-39.
- [13] 杭航, 王亚蓉. 中国古代纱罗织物品种体系及演变规律 [J]. *丝绸*, 2022, 59(12): 126-135.
- [14] 李海龙. 纱罗织物的研究与应用 [J]. *江苏丝绸*, 2016, 45(3): 39-42.
- [15] 卢明, 李维, 刘欣, 等. 花罗组织夏布织造技艺研究 [J]. *丝绸*, 2022, 59(1): 58-63.
- [16] 孙晓伦, 阴建华, 魏晓君. 纱罗织物在小样织机上的试织 [J]. *棉纺织技术*, 2021, 49(11): 47-51.
- [17] 王子琪. 中国古代绞经织物结构、技艺与文化研究 [D]. 上海: 东华大学, 2021.
- [18] 殷翠红, 张洪胜, 刘洋洋. 高密纱罗织物的生产工艺探讨 [J]. *纺织导报*, 2020(4): 55-58.
- [19] 王欣. 羊毛与调湿控温涤纶混纺织物的热湿舒适综合评价 [D]. 上海: 东华大学, 2020.
- [20] 陈华蕾, 王林林, 肖爱民. 卫生巾热湿舒适性评价与预测 [J]. *产业用纺织品*, 2022, 40(5): 29-36.
- [21] SUN F X, ASAD R A M, DU Z Q, et al. Fuzzy comprehensive prediction of fabric stiffness handle based on quasi-three-point restraint test [J]. *Fibers and Polymers*, 2015, 16(6): 1395-1402.

欢迎订阅! 欢迎投稿! 欢迎投放广告