

羽毛球服面料综合性能评价体系研究

邹倩¹, 赵俐¹, 沈建明²

(1. 东华大学 纺织学院, 上海 201620;

2. 东华大学 纺织面料教育部重点实验室, 上海 201620)

摘要: 为了更全面综合地评价市场上各种羽毛球服面料的各项性能, 建立了羽毛球服面料模糊层次综合性能评价体系。选用6种不同规格的纯涤纶羽毛球服面料, 分别测试表征面料的力学性能、热湿舒适性、服用性能的各项静态物理指标, 并根据建立的评价体系计算得到面料的综合性能评价值, 进一步进行羽毛球服面料的热湿舒适性主观评价试验, 得到针对面料湿感、热感、闷感、黏感的主观评价值。通过主客观评价结果的对比, 验证了该羽毛球服面料综合性能评价体系的有效性和合理性。

关键词: 羽毛球服面料; 吸湿快干; 综合性能评价; 多层次分析; 主观评价

中图分类号: TS 186.3

文献标志码: B

文章编号: 1000-4033(2017)11-0028-05

Comprehensive Performance Evaluation System of Badminton Apparel Fabric

Zou Qian¹, Zhao Li¹, Shen Jianming²

(1. College of Textiles, Donghua University, Shanghai 201620, China;

2. Key Laboratory of Textile Science and Technology, Ministry of Education, Donghua University, Shanghai 201620, China)

Abstract: In order to evaluate the performance of various badminton apparel fabrics in the market more comprehensively, a fuzzy hierarchy evaluation system for comprehensive performance of badminton apparel fabrics was established. The static physical indices including mechanical properties, thermal-moisture comfort properties and wearability of six kinds of badminton apparel fabrics were tested and characterized, and the comprehensive performance evaluation values of the fabrics were calculated. Further more, the subjective evaluation of the thermal-moisture comfort properties of the fabrics was carried out, and the subjective values of wet, thermal, stuffy and sticky feeling of fabrics were obtained. It verifies that the comprehensive evaluation system of badminton apparel fabric is available and reasonable through the comparison of subjective and objective evaluation results.

Key words: Badminton Apparel Fabrics; Moisture-absorbing and Quick-dry; Comprehensive Performance Evaluation; Multilevel Analysis; Subjective Evaluation

羽毛球服面料通常为吸湿快干面料, 随着对吸湿快干面料研究的不断深入, 市场上出现了种类繁多的羽毛球服面料, 然而, 羽毛球服面料综合性能的评价涉及众多的测试指标, 市场上对于不同种类

的羽毛球服面料的性能表述不明确, 消费者在选购时也缺乏概念。因此, 建立市场上已有不同种类的羽毛球服面料的综合性能评价体系, 既是消费者的急切需求, 又可以帮助生产者在制作服装之前对

服装的综合性能进行预测。

1 羽毛球服面料静态物理指标测试试验

1.1 试验材料

选取泉州海天材料科技股份有限公司生产的 6 种纯涤纶羽毛

作者简介: 邹倩(1991—), 女, 硕士研究生。主要从事羽毛球服面料方面的研究。

通讯作者: 赵俐(1963—), 女, 副教授。E-mail: zhaoli@dhu.edu.cn。

球服面料, 面料的详细参数见表 1 和表 2。其中, 1# 和 4# 面料经过单向导湿后整理, 1# 面料外侧进行亲水整理呈亲水性, 内侧因涤纶本身性质呈拒水性, 4# 面料外侧进行亲水整理呈亲水性, 内侧使用亲水剂进行局部无色印花处理, 使部分区域呈吸水性而其他部分呈拒水性; 2#、3# 和 6# 面料内外侧均使用亲水剂浸轧整理而呈亲水性; 5# 面料内外侧均使用亲水剂进行局部无色印花处理使部分区域亲水。

1.2 测试方法

测试指标、方法及仪器见表 3。

1.3 测试结果与分析

6 种羽毛球服面料的性能测试结果见表 4—表 6。

热湿舒适性是影响羽毛球服面料综合性能的主要因素。其中, 1# 和 2# 面料均为提花组织, 但 1# 面料的芯吸高度低于 2# 面料, 除克质量等原因外, 由于 1# 面料单向导湿, 面料内层拒水, 使水分与织物间的接触角增大, 导致其芯吸能力下降。另外, 1# 面料的透湿率最大, 因其内层拒水、外层亲水, 水分能够从面料内表面快速向外表面渗透。2# 和 3# 面料均为非单导提花组织, 但 3# 面料的热阻比 2# 面料大, 因为 3# 面料的克质量和厚度较大。此外, 5# 面料内外侧均使用亲水剂进行无色印花处理, 只有部分区域亲水, 这种工艺不利于汗液在面料中的芯吸、传输、扩散, 所以该面料的热阻值很大, 芯吸高度、蒸发速率和吸水率均最低。

2 羽毛球服面料模糊层次综合性能评价体系

2.1 模糊层次综合评价法概念

层次分析法和模糊综合评价法相结合的评价方法称为模糊层次综合评价法。首先通过层次分析法建立因素集, 然后利用模糊综合

表 1 面料的基本参数

试样编号	面料组织(工厂俗称)	克质量/ (g·m ⁻²)	厚度/ mm	纵密/ [横列·(5 cm) ⁻¹]	横密/ [纵行·(5 cm) ⁻¹]
1	提花组织(单导格子布)	79	0.413	108	106
2	提花组织(格子布)	108	0.486	88	106
3	提花组织(格子布)	157	0.517	73	102
4	双罗纹组织(单导棉毛布)	103	0.453	76	118
5	网眼组织(网眼布)	136	0.671	74	110
6	平针组织(冰氧吧汗布)	166	0.487	65	98

注: 冰氧吧纤维是一种凉爽保健型改性涤纶, 可使面料获得凉爽的触感。

表 2 面料的原料组成

试样编号	原料规格及组成
1	3.33 tex/36 f(30 D/36 f)涤纶轻网、4.44 tex/12 f(40 D/12 f)半消光涤纶混纺(78.9:21.1)
2	5.56 tex/72 f(50 D/72 f)全消光涤纶轻网、4.44 tex/12 f半消光涤纶混纺(86.8:13.2)
3	8.33 tex/72 f(75 D/72 f)涤纶轻网、8.33 tex/36 f超有光涤纶混纺(91.5:8.5)
4	100% 5.56 tex/72 f全消光涤纶轻网
5	8.33 tex/72 f涤纶轻网、5.56 tex/48 f涤纶轻网混纺(58.7:41.3)
6	8.33 tex/72 f全消光涤纶、5.56 tex/50 f冰氧吧混纺(42.1:57.9)

注: 轻网为网络丝。

评判确定评判效果, 两者相互融合, 评价的可靠性较好。

模糊层次综合评价法的一般步骤为: 构建评价指标体系→构建权重向量 A →构建评价矩阵 R →评价矩阵和权重的合成。当权重向量 A 和评价矩阵 R 为已知时, 模糊综合评价的数学模型见式(1)。

$$Y=R \times A \quad (1)$$

式中: R 为评价矩阵, A 为权重向量。

2.2 羽毛球服面料模糊层次综合评价模型

2.2.1 评价因素集 U 的建立

结合羽毛球运动的特点并考虑试验条件和实际操作的限制, 挑选主要的羽毛球服面料评价指标, 根据层次分析法分类整理, 构建一个羽毛球服面料综合性能指标评价体系, 如图 1 所示。第一层为总评价因素集 $U=\{U_1, U_2, U_3\}$, 第二层为子评价因素集 $U_1=\{U_{11}, U_{12}\}$, $U_2=\{U_{21}, U_{22}, U_{23}, U_{24}, U_{25}\}$, $U_3=\{U_{31}, U_{32}, U_{33}, U_{34}, U_{35}, U_{36}, U_{37}, U_{38}, U_{39}\}$ 。

2.2.2 权重向量 A 的确定

对各个因素 U_j 赋予相应的权重 a_j , 各因素的权重构成了权重向量 $A=\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ 。因指标数据统计量大, 所以本试验采用专家经验法确定每个因素的权重, 通过调查问卷汇集了 30 位专家的意见, 对各个指标进行重要性排序。通过对单个测试指标所对应的重要等级求平均值, 得到每个指标的平均重要等级 i_j , 结果见表 7。这种平均值求权重的方法避免了构造层次更深、数量更多、规模更庞大的判断矩阵, 简化了计算方式, 不易出错。

每个因素权重为该因素重要等级占所在层次所有因素重要等级之和的比值。通过计算可得各层次指标因素权重向量见式(2)—式(5)。

$$A=\{0.27, 0.41, 0.32\} \quad (2)$$

$$A_1=\{0.49, 0.51\} \quad (3)$$

$$A_2=\{0.14, 0.23, 0.25, 0.18, 0.20\} \quad (4)$$

$$A_3=\{0.15, 0.11, 0.10, 0.09, 0.11, 0.11, 0.10, 0.11, 0.12\} \quad (5)$$

表 3 测试指标、方法及仪器

测试指标	测试方法	测试仪器
顶破强力	GB/T 19976—2005《纺织品 顶破强力的测定 钢球法》	HD026N+多功能电子强力仪(南通宏大实验仪器有限公司)
抗弯刚度	GB/T 18318.1—2009《纺织品 弯曲性能的测定 第 1 部分:斜面法》	LLY—01 型电子硬挺度仪(莱州市电子仪器有限公司)
热阻、透湿率	GB/T 11048—2008《纺织品 生理舒适性 稳态条件下热阻和湿阻的测定》	YG606G 热湿阻测试仪(宁波纺织仪器厂)
吸水率	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》	天平(上海天平仪器厂)
蒸发速率	GB/T 21655.1—2008	FFZ191 水分蒸发速率检测仪器(温州方圆仪器有限公司)
芯吸高度	FZ/T 01071—2008《纺织品 毛细效应试验方法》	YG(B)871 型毛细管测定仪(温州大荣纺织仪器有限公司)
透气性	GB/T 5453—1997《纺织品 织物透气性的测定》	数字式透气量仪(宁波纺织仪器厂)
尺寸稳定性	GB/T 8629—2001《纺织品 试验用家庭洗涤和干燥程序》, GB/T 22848—2009《针织成品布》	YG701N 型全自动缩水率试验机(南通宏大实验仪器有限公司)
抗皱性	GB/T 3819—1997《纺织品 织物折痕回复性的测定 回复角法》	YG541B 型织物折皱弹性测试仪(宁波纺织仪器厂)
悬垂性	GB/T 23329—2009《纺织品 织物悬垂性的测定》	XDP—1 型织物悬垂性测试仪(上海利浦应用科学所)
抗起毛起球性	GB/T 4802.1—2008《纺织品 织物起毛起球性能的测定 第 1 部分:圆轨迹法》, E 法	圆轨迹法起毛起球仪(莱州市电子仪器有限公司)
勾丝性	GB/T 11047—2008《纺织品 织物勾丝性能评定 钉锤法》	钉锤勾丝仪(宁波纺织仪器公司)
扭曲变化率	GB/T 23319.2—2009《纺织品 洗涤后扭斜的测定 第 2 部分:机织物和针织物》, A 法	YG701N 型全自动缩水率试验机(南通宏大实验仪器有限公司)
耐水洗色牢度	GB/T 3921—2008《纺织品色牢度试验耐皂洗色牢度》, A 法	SW—8A 耐洗色牢度试验机(南通宏大实验仪器有限公司)
耐汗渍色牢度	GB/T 3922—2003《纺织品 色牢度试验 耐汗渍色牢度》	汗渍牢度仪(南通宏大实验仪器有限公司)

表 4 面料的热湿舒适性能测试结果

试样编号	热阻/ ($10^{-3} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$)	吸水率/%	蒸发速率/%	芯吸高度/cm	透湿率/ [$\text{g} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa})^{-1}$]
1	10.19	297	0.112	10.2	1.34
2	10.64	335	0.108	14.7	1.06
3	13.75	300	0.105	13.8	0.70
4	11.38	237	0.110	13.6	1.03
5	14.40	134	0.082	1.5	0.72
6	17.85	173	0.168	8.3	0.52

表 5 面料的服用性能测试结果

试样编号	透气性/ ($\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$)	水洗尺寸变化率/%	折痕回复角/($^{\circ}$)	静态悬垂系数/%	抗起毛起球等级/级	勾丝等级/级	扭曲变化率/%	耐水洗色牢度等级/级	耐汗渍色牢度等级/级
1	1 301.57	1.9	122.58	12.5	4.5	4.0	0.4	4.5	4.5
2	953.71	0.3	95.03	13.9	4.5	3.5	0.5	4.5	4.5
3	1 300.42	2.1	116.37	22.4	4.5	3.5	0.9	4.5	4.5
4	860.18	1.9	92.93	12.8	4.5	4.5	0.5	4.5	4.5
5	1 143.32	1.2	149.28	23.9	4.5	2.5	0.1	4.5	4.5
6	1 971.18	2.6	92.92	19.0	4.0	3.5	0.2	4.5	4.5

2.2.3 评价向量 R 的构建

由于综合评级体系里指标众多,且单位不同,不存在直接比较

和计算的条件,所以需要建立统一的标准来量化每个指标的测试值,因此统一将测试结果化为 10 分

表 6 面料的物理机械性能测试结果

试样编号	顶破强力/N	抗弯刚度/ ($\text{mN} \cdot \text{cm}^{-1}$)
1	274.3	0.087
2	395.3	0.116
3	517.4	0.073
4	368.7	0.112
5	470.5	0.224
6	519.3	0.214

制。本文评价体系的指标测试结果分为数值型和等级型两类,当测试结果为数值型时,以所有被测试面料该项测试指标的测试数据为数据库,如果数值越大表明该项指标越佳,则将数据库中的最大值对应为 10 分,最小值对应为 1 分,其余值可按线性方程式(6)计算;反之则最小值为 10 分,最大值为 1 分,其余值按线性方程式(7)计算。这里将 6 种面料的测试数据里的最优数值定义为 10 分,最差数值定义为 1 分,带有一定的局限性,但

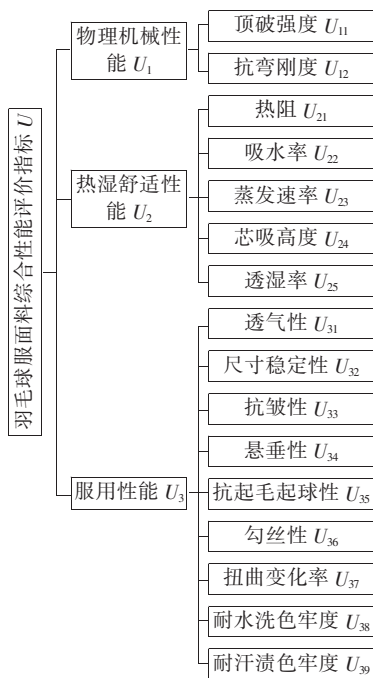


图 1 羽毛球服面料综合性能评价指标体系

表 7 因素重要等级

单因素	重要等级平均值/级
i_1	1.77
i_2	2.73
i_3	2.13
i_{11}	1.43
i_{12}	1.50
i_{21}	2.55
i_{22}	4.17
i_{23}	4.38
i_{24}	3.27
i_{25}	3.48
i_{31}	8.53
i_{32}	6.60
i_{33}	6.10
i_{34}	5.17
i_{35}	6.43
i_{36}	6.20
i_{37}	5.60
i_{38}	6.17
i_{39}	6.73

是当数据库容量增大时,可以随着数据最大值和最小值的变化,按照该转化方式对评分进行相应调整和完善。当测试结果为等级型时,5

级为最好,1 级为最差,其详细对应分值见表 8。

$$r_i = \frac{9}{x_{\max} - x_{\min}} \times x_i - \frac{9x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} + 1 \quad (6)$$

$$r_i = \frac{9}{x_{\max} - x_{\min}} \times x_i + \frac{9x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} + 10 \quad (7)$$

表 8 级别对应分值表

级别/级	对应分值/分
<1	1
1	2
1~2	3
2	4
2~3	5
3	6
3~4	7
4	8
4~5	9
5	10

2.3 计算最终评分

2.3.1 测试结果的分值转换

根据上述对于建立评价向量 R 的方法介绍,测试结果的分值转换结果见表 9—表 11。

表 9 面料物理机械性能评价分值 R_1

试样编号	r_{11}	r_{12}
1	1.0	9.2
2	5.4	7.4
3	9.9	10.0
4	4.5	7.7
5	8.2	1.0
6	10.0	1.6

注: r_{11} 为顶破强力; r_{12} 为抗弯刚度。

2.3.2 最终评分的计算

根据式(1),该羽毛球服面料的评价体系为二级模糊综合评价, $R = \{Y_1, Y_2, Y_3\} = \{R_1A_1, R_2A_2, R_3A_3\}$, 其中 Y_1, Y_2, Y_3 分别代表面料的物理机械性能、热湿舒适性能、服用性能的综合评价,计算结果见表12。

由表 12 的数据即可求出 6 种面料各自的综合评价值,1#—6# 面料的综合评价值分别为 6.88、7.22、7.07、6.42、4.26、5.41 分。

6 种羽毛球服面料的综合评价值排序为 2#>3#>1#>4#>6#>5#。为

验证评价体系的可靠性,对 6 种羽毛球服面料进行主观热湿舒适性评价。

3 羽毛球服面料热湿舒适性能主观评价试验

3.1 主观评价方法

3.1.1 试穿服装

试穿服装尺寸为 180/100A,根据 GB/T 1335.1—2008《服装号型男子》标准制作。运动过程中规定统一穿着运动短裤和运动鞋。

3.1.2 试穿对象

试穿对象一共 3 人,年龄为 20~21 岁,东华大学校羽毛球队男性成员,体型匀称,精神状态良好。

3.1.3 试穿环境及试验流程

为减小试验误差,选择上海梅雨季节中温湿度基本相同的时间进行测试,温度为(28±2)℃,湿度为(85±3)%,地点为东华大学体育馆羽毛球场地,时间固定在晚上 6 点到 8 点。试穿者穿着服装适应环境 10 min, 然后进行 10 min 热身后双打 50 min, 保证运动程度相同。运动结束后填写主观评价表。

3.1.4 主观评价指标

本试验主要选取 4 个与吸湿快干型羽毛球服热湿舒适性密切相关的指标进行评价,分别为湿感、热感、闷感、黏感。主观评价指标统一采用 5 阶标尺,最舒适评分为 5 级,最不舒适评分为 1 级。

3.2 主观评价结果与分析

统计 3 位测试者的问卷数据,将各个指标的主观评价结果参照表 8 转换为 10 分制,即将测试值乘以 2 得到评分值,结果见表 13 和表 14。

鉴于湿感、热感、闷感和黏感对羽毛球服的舒适性非常重要,暂且考虑这 4 个指标的权重相同且均为 0.25。将主观热湿舒适性综合评价值 y_2 与客观热湿舒适性

综合评价值 Y_2 进行对比, 结果见表 15。

可知, 6 种面料的热湿舒适性主、客观评价值的趋势基本一致, 均为 $2\# > 1\# > 4\# > 3\# > 6\# > 5\#$, 因此一定程度上验证了本文建立的羽毛球服面料综合性能评价体系具有一定的有效性和可行性。

从试验结果初步发现, 2# 面料的热湿舒适性主观评价综合值最高, 由表 5 可知, 2# 面料的吸水率和蒸发速率较大, 所以在穿着时, 其湿感的评价值最优。2# 面料比 1# 面料热湿舒适性主观评价值更高的主要原因是其湿感的评价值比 1# 面料高很多。3# 和 2# 面料均为非单导提花组织, 但 3# 面料的克质量和厚度比 2# 面料大很多, 闷、湿、热、黏感评价值均比 2# 面料差, 所以判断羽毛球服的穿着热湿舒适性与厚度和克质量有关。

1# 和 4# 面料均为单向导湿格子布, 其穿着热湿舒适性评价值分别排第 2 位和第 3 位, 说明单向导湿后整理对羽毛球服面料的热湿舒适性有促进作用。1# 面料热感和闷感评价值都是最优, 但因其厚度小, 出汗量大的时候, 人体的湿感和黏感还是比较明显。

5# 面料的热湿舒适性主观综合评价最差, 其正反面只有局部区域亲水, 虽然出汗后织物局部印有亲水整理剂的区域会出现图案, 有助于美观, 但是穿着热湿舒适性很差, 闷、湿、热、黏感指标评分都最低, 说明这种正反面均用亲水剂进行局部无色印花处理的面料不适合宜制作出汗量较大的羽毛球服装。

4 结论

4.1 通过羽毛球服的热湿舒适性主观评价试验, 对比热湿舒适性的主、客观评价值, 一定程度上可以

表 10 面料热湿舒适性能评价分值 R_2

试样编号	r_{21}	r_{22}	r_{23}	r_{24}	r_{25}
1	10.0	8.3	6.9	4.1	10.0
2	9.5	10.0	10.0	3.7	6.9
3	5.8	8.4	9.4	3.4	3.0
4	8.6	5.6	9.3	3.9	6.6
5	5.1	1.0	1.0	1.0	3.2
6	1.0	2.7	5.6	10.0	1.0

注: r_{21} 为热阻; r_{22} 为吸水率; r_{23} 为芯吸高度; r_{24} 为蒸发速率; r_{25} 为透湿率。

表 11 面料服用性能评价分值 R_3

试样编号	r_{31}	r_{32}	r_{33}	r_{34}	r_{35}	r_{36}	r_{37}	r_{38}	r_{39}
1	4.6	3.7	5.7	10.0	9.0	8.0	6.6	9.0	9.0
2	1.8	10.0	1.3	8.9	9.0	7.0	5.5	9.0	9.0
3	4.6	3.0	4.7	2.2	9.0	7.0	1.0	9.0	9.0
4	1.0	3.7	1.0	9.8	9.0	9.0	5.5	9.0	9.0
5	3.3	6.5	10.0	1.0	9.0	5.0	10.0	9.0	9.0
6	10.0	1.0	1.0	4.9	8.0	7.0	8.9	9.0	9.0

注: r_{31} 为透气性; r_{32} 为水洗尺寸变化率; r_{33} 为折痕回复角; r_{34} 为静态悬垂系数; r_{35} 为抗起毛起球性; r_{36} 为勾丝性; r_{37} 为扭曲变化率; r_{38} 为耐水洗色牢度; r_{39} 为耐汗渍色牢度。

表 12 6 种羽毛球服面料的评价向量 R 值

试样编号	Y_1	Y_2	Y_3
1	5.18	7.78	7.17
2	6.42	8.18	6.68
3	9.95	6.31	5.62
4	6.13	6.84	6.14
5	4.53	2.01	6.91
6	5.72	4.16	6.76

表 13 羽毛球服热湿舒适性主观评价结果

试样编号	湿感	热感	闷感	黏感
1	2.67	3.67	4.67	4.00
2	4.00	3.33	4.33	4.33
3	3.33	2.67	3.33	2.00
4	2.33	3.67	2.67	4.67
5	1.67	1.67	2.67	2.00
6	2.67	2.33	2.67	3.00

表 14 羽毛球服热湿舒适性主观评价评分值

试样编号	湿感	热感	闷感	黏感
1	5.34	7.34	9.34	8.00
2	8.00	6.66	8.66	8.66
3	6.66	5.34	6.66	4.00
4	4.66	7.34	5.34	9.34
5	3.34	3.34	5.34	4.00
6	5.34	4.66	5.34	6.00

表 15 羽毛球服热湿舒适性主、客观综合评价分值对比

试样编号	主观	客观(Y_2)
1	7.51	7.78
2	8.00	8.18
3	5.67	6.31
4	6.67	6.84
5	4.01	2.01
6	5.34	4.16

验证本文建立的羽毛球服面料综合性能评价体系的合理性。

4.2 单向导湿面料能将汗液快速传导至外层, 并保持内层干爽, 单向导湿后整理对羽毛球服面料的热湿舒适性有促进作用。

4.3 正反面均用亲水剂进行局部无色印花处理的面料不适合制作出汗量大的羽毛球服, 其闷、湿、热、黏感评价值均很低。

收稿日期 2017 年 3 月 22 日