

# 《床垫面料舒适度分级与评价方法》

## 标准编制说明

### 一、工作简况

#### 1、任务来源和起草单位

任务来源：中国家用纺织品协会团体标准化技术委员会立项项目，编号为：2025-CHTA05，标准名称为《床垫面料舒适度分级与评价方法》。

该项目起草单位为：顾家家居股份有限公司、苏州大学等单位共同负责起草。

参与的起草人为：\*\*\*

本标准由中国家用纺织品协会团体标准化技术委员会归口，中国家用纺织品协会团体标准化技术委员会秘书处负责文件的计划、组织、协调、收集反馈意见、召开审稿会、上报资料等实施工作。

#### 2、制定标准的意义

睡眠质量优劣与床垫面料舒适性紧密相关。消费者在选购床垫时，往往会优先体验面料触感，舒适性好的床垫面料更容易获得消费者青睐与认可。采用柔软亲肤天然纤维面料的床垫，能给予肌肤温和触感，让使用者在睡眠全程都能保持身心放松，极大提升睡眠的舒适度。床垫面料舒适性与人体健康息息相关。亲肤、透气的面料可有效调节睡眠微环境湿度与温度，保持皮肤干爽，防止因潮湿滋生细菌、螨虫，降低皮肤过敏、呼吸道疾病风险。同时，舒适面料能减少睡眠时身体与床垫间剪切力，降低肌肉骨骼压力，预防因睡眠姿势不当引发的颈肩腰腿痛等问题。

床垫面料舒适性是一个综合概念，床垫面料的舒适性是多项性能影响的结果，其性能包括面料的摩擦系数、压缩回弹性、弯曲刚度、接触冷暖感、热阻、湿阻、透湿指数、透气性和厚度等。然而，目前并没有建立统一的评价体系。本标准旨在通过标准化方法，消除主观感受差异，为床垫面料舒适度提供客观、可重复的评估依据，确保不同企业和研究机构的结果可比性。明确测试指标，指导企业优

化材料选择和生产工艺，推动产品向更高舒适度发展。通过科学评价标准帮助消费者清晰理解产品性能，减少因信息不对称导致的购买纠纷，增强市场透明度。

本标准从市场和企业对床垫的需求出发，以床垫面料性能优先级评价为目标，以滑爽感、柔软感和温暖感这三个性能为准则层，把影响床垫面料的具体性能作为指标层，包括滑爽感(摩擦系数)、柔软感(压缩回弹性、弯曲刚度)和温暖感(透湿指数、接触冷暖感、热阻、湿阻)，建议统一的面料舒适度综合评价方法，并对面料舒适度进行分级。

### 3、主要工作过程

(1) 标准起草准备阶段（2024 年 1 月～2025 年 1 月）

针对床垫面料舒适度目前行业内无统一的评价标准问题，顾家家居股份有限公司联合苏州大学开展项目研究，搜集了市场上典型的床垫用面料，并进行了大量的试验验证，形成了企业标准。

(2) 标准文本草案编写阶段（2025 年 2 月～2025 年 4 月）

根据中国家纺团体标准的工作计划，于 2025 年 3 月启动团体标准研制工作，在企业标准的基础上，经补充完善编写并形成标准工作组讨论稿。

## 二、标准编制原则

1、规范性原则。

2、科学性原则。在制定过程中强化验证试验，以确保本标准的科学性，保证与相关标准的协调一致。

3、易使用原则。操作简便、科学适用、具有实用性和可操作性，能满足实际需求。

## 三、主要内容及其确定依据

本标准规定了术语和定义、床垫面料舒适度要求、测试方法、测试报告、附录A（规范性附录）面料舒适度的测试方法。

### 1、术语和定义

#### 1.1 床垫面料舒适度 mattress fabrics comfort

床垫面料接触人体皮肤时，人体产生透气、不闷热、不粘腻、柔软的感觉，

包括滑爽感、柔软感和温暖感三个方面。

## 2、舒适度分级

### 2.1 总则

床垫面料舒适度分为A、B、C、D、E五个等级。

床垫面料分级的准则为滑爽感、柔软感和温暖感，其中滑爽感包括动摩擦系数（ $MIU$ ），柔软感包括压缩率（ $RC$ ）、弯曲刚度（ $B$ ），温暖感包括透湿指数（ $i_m$ ）、接触冷暖感（ $Q_{max}$ ）、热阻（ $R_{cf}$ ）、湿阻（ $R_{ef}$ ）。

本次测试选用市场上典型的30种床垫表层面料展开实验。样品参数如表1所示。

表1 床垫表层面料样品参数

编号	面纱纱支规格/密度	成份	后处理	厚度(cm)
样品 1	21S 涡流纺涤纱	2%氨纶 98%涤纶	吸湿排汗	0.25
样品 2	21S 紧密赛络纺涤纱	93%涤纶 7%氨纶	37.5 恒温	0.35
样品 3	26S 涡流纺涤纱	1%天 10%弹力纱 89%涤纶	吸湿排汗	0.37
样品 4	20S 涤纶	100%涤纶	XWAD Adaptive 温控（吸湿快干类）	0.40
样品 5	21S 涡流纺涤纱	100%涤纶	山宁泰抗菌防螨后处理	0.25
样品 6	75D 有光	100%涤纶	/	0.35
样品 7	30S 莱赛尔+30S 涡流纺涤	27%天丝 73%涤纶	ADAPTIVE 随时控（吸湿快干类）	0.64
样品 8	26S 涡流纺涤纱	97%涤纶 3%弹力纱	山宁泰抗菌防螨	0.22
样品 9	21S 紧密赛络纺涤纱	100%涤纶	吸湿快干后处理	0.26
样品 10	21S 涡流纺涤纱	96%涤纶 4%弹力纱	吸湿排干后整理	0.38
样品 11	26S 涡流纺涤纱	96%涤纶 4%弹力纱	/	0.29
样品 12	21S 涡流纺涤纱	100%涤纶	排湿快干后处理	0.42
样品 13	21S 紧密赛络纺涤纱	3%天丝 97%涤纶	/	0.27
样品 14	21S 紧密赛络纺涤纱	2%天丝 98%涤纶	/	0.34
样品 15	20S 涤纶	26%天丝 74%涤纶	山宁泰抗菌防螨	0.46
样品 16	21S 紧赛纺人棉	31%人棉 65%涤纶 4%弹力纱	山宁泰抗菌防螨	0.19

样品 17	21S 莱赛尔	25%莱赛尔 75%涤纶	山宁泰抗菌防螨	0.27
样品 18	32S 紧赛纺天丝	24%天丝 70%涤纶 6% 弹力纱	/	0.35
样品 19	21S 紧密赛络纺涤纱	2%山羊绒 98%涤纶	山宁泰抗菌防螨	0.22
样品 20	26S 涡流纺人棉	18%人棉 1%竹纤维 79%涤纶 2%弹力纱	亚麻籽油抗菌后处 理	0.28
样品 21	21S 精梳紧赛纺	40%新疆棉 60%涤纶	/	0.25
样品 22	21S 紧赛纺人棉	19%人棉 76%涤纶 5% 弹力纱	/	0.15
ADAPTIVE 随时控				
样品 23	20S 涤纶+150DTY	99%涤纶 1%弹力纱	(吸湿快干类)+山 宁泰抗菌防螨	0.31
样品 24	21S 有机棉	26%有机棉 74%涤纶	山宁泰薄荷抗菌	0.29
样品 25	21S 紧赛纺人棉	21%人棉 77%涤纶 2% 弹力纱	山宁泰抗菌防螨	0.19
样品 26	21S 精梳紧赛纺	23%新疆棉 77%涤纶	/	0.49
样品 27	21S 精梳紧赛纺	23%新疆棉 77%涤纶	/	0.34
样品 28	21S 紧密赛络纺涤纱	100%涤纶	山宁泰抗菌防螨	0.33
样品 29	21S 涡流纺涤纱	100%涤纶	山宁泰吸湿排汗	0.20
样品 30	21S 紧密赛络纺涤纱	100%涤纶	/	0.30

## 2.2 滑爽感

### (1) 仪器设备及测试原理

实验仪器为KES—FB4自动表面测试仪（摩擦）。按照FZ/T 01054-2012《织物表面摩擦性能的试验方法》标准规定，通过测量得出纺织品的动摩擦平均系数（MIU）、摩擦系数平均偏差（MMD）与表面粗糙度（SMD）。动摩擦平均系数（MIU）用于表征纺织品的光滑、粗糙感，其数值越小表示织物手感越光滑，越大表示织物手感越粗糙。摩擦系数平均偏差（MMD）用于表征纺织品的脆爽、匀整性，其数值越小表示织物越匀整。表面粗糙度（SMD）用于表征纺织品的表面平整性，其数值越小表示织物表面平整性越高，数值越大表示织物表面的不均匀性越高。

### (2) 试验结果

根据以上测试步骤，对30种床垫表层面料的表面摩擦性能进行测试得到样品的各项性能指标：动摩擦平均系数（MIU）、摩擦系数平均偏差（MMD）、表面粗糙度（SMD），具体数值如表2。

表2 样品MIU、MMD、SMD测试结果

	MIU	MMD	SMD		MIU	MMD	SMD
样品 1	0.437	0.049	7.587	样品 16	0.446	0.030	3.048
样品 2	0.508	0.048	3.613	样品 17	0.425	0.051	1.783
样品 3	0.497	0.017	4.525	样品 18	0.486	0.031	2.796
样品 4	0.521	0.038	7.485	样品 19	0.332	0.019	3.153
样品 5	0.288	0.010	2.182	样品 20	0.374	0.022	3.478
样品 6	0.365	0.049	7.110	样品 21	0.450	0.035	4.945
样品 7	0.403	0.038	5.415	样品 22	0.275	0.016	2.965
样品 8	0.381	0.018	4.305	样品 23	0.508	0.052	4.735
样品 9	0.350	0.018	4.247	样品 24	0.426	0.040	2.347
样品 10	0.496	0.046	3.298	样品 25	0.272	0.012	3.932
样品 11	0.407	0.012	0.690	样品 26	0.605	0.052	3.672
样品 12	0.547	0.045	6.265	样品 27	0.357	0.010	1.433
样品 13	0.431	0.059	6.568	样品 28	0.434	0.017	3.643
样品 14	0.494	0.054	3.407	样品 29	0.399	0.040	5.002
样品 15	0.511	0.032	3.583	样品 30	0.328	0.014	1.657

动摩擦平均系数（MIU）用于表征纺织品的光滑、粗糙感，最能代表床垫面料的表面摩擦性能，因此根据床垫表面面料样品的动摩擦平均系数（MIU），将样品的表面摩擦性能进行等级划分，分为ABCD四大类，划分要求及不同等级对应产品编号（按性能优劣排序）如表3所示。

表3 产品表面摩擦性能等级划分

等级	MIU	产品编号
A	MIU≤0.3	25、22、5
B	0.3<MIU≤0.4	30、19、9、27、6、20、8、29
C	0.4<MIU≤0.5	7、11、17、24、13、28、1、16、21、18、14、10、3
D	MIU>0.5	2、23、15、4、12、26

## 2.3 柔软感

产品柔软感包括压缩回弹性和弯曲刚度两个维度。

### 2.3.1 压缩回弹性

#### （1）仪器设备及测试原理

实验仪器为KES-FB3-AUTO-A自动压缩测试仪（日本加多技术有限公司）。按照GB/T 24442.1—2009《纺织品 压缩性能的测定的第1部分：恒定法》标准规定，通过测量面料在受到一定压力作用后的位移量以及卸载压力后的恢复位移量，评估面料的压缩回弹性能。测定结果可用于评价样品的压缩回复弹性或松弛特性，以及丰满、蓬松、柔软程度。织物压缩线性度（LC）表示织物压缩曲线的屈服程度，体现织物柔软感。织物的LC越大则织物越难被压缩，柔软感越差，LC值越小织物的手感越柔软。织物的压缩比功（WC）表示的是织物在压缩过程中外力对单位面积织物所做的功，一般来说，压缩比功大的织物易于被压缩，织物表面较为蓬松。织物的压缩回弹性（RC）表示织物压缩回复性能，RC越大则弹性越好。

#### （2）试验结果

对30种床垫表层面料的压缩回弹性进行测试得到样品的各性能指标（压缩线性度LC、压缩比功WC、压缩回弹性RC），如表4所示。

表4 床垫表层面料压缩回弹性测试结果

样品编号	压缩线性 LC	压缩比功 WC (N·cm/cm <sup>2</sup> )	压缩回弹性 RC (%)
1	0.10	0.42	41.86
2	0.11	0.41	50.03
3	0.09	0.53	40.81
4	0.13	0.19	46.65
5	0.08	0.21	42.93
6	0.20	0.34	80.76
7	0.11	0.27	43.62
8	0.09	0.25	37.62
9	0.10	0.48	45.88
10	0.09	0.63	35.25
11	0.14	0.56	34.98

12.1	0.11	0.56	38.70
12.2	0.11	0.58	36.31
12.3	0.12	0.57	36.66
12	0.13	0.58	39.68
13	0.11	0.28	44.94
14	0.11	0.43	38.15
15	0.13	0.62	32.53
16	0.10	0.17	34.43
17	0.12	0.27	37.33
18	0.12	0.53	36.44
19	0.10	0.26	40.53
20	0.12	0.27	33.34
21	0.10	0.41	47.55
22	0.07	0.12	33.67
23	0.14	0.36	35.58
24	0.12	0.29	36.62
25	0.10	0.15	38.19
26	0.13	0.69	40.80
27	0.11	0.36	39.21
28	0.12	0.45	35.12
29	0.10	0.17	40.12
30	0.13	0.47	36.82

30件样品的LC值均在0.10左右，织物皆较为柔软。一般来说，织物的压缩比功（WC）大的织物易于被压缩，织物表面较为蓬松。基于测试结果和分析，将30组床垫表层面料样品的压缩回弹性能分为ABCD四等，划分要求及不同等级对应样品编号（按性能优劣排序）如表5所示。

表5 蓬松性等级划分表

等级	WC (N.cm/cm <sup>2</sup> )	产品编号
A	$0.6 \leq RC$	26、10、15
B	$0.4 \leq RC < 0.6$	12、11、18、3、9、30、28、14、1、2、21
C	$0.2 \leq RC < 0.4$	23、27、6、24、13、20、7、17、19、8、5
D	$0 \leq RC < 0.2$	4、29、16、25、22

织物的压缩回弹性（RC）表示织物压缩回复性能，RC越大则弹性越好。GB/T 22796-2021中规定了以纺织织物为面、里料，以絮用纤维为填充物或无填充物生

产的床上用品的压缩回弹性能评定技术要求。但由于测试方法不同，国标中测试所用压强为10 gf/cm<sup>2</sup>，而我们采用的压强为50 gf/cm<sup>2</sup>是国标中的5倍，因此测得的压缩回弹性偏小国标中的数据不能直接采用，国家标准规定的性能评定技术要求仅作为等级划分参考。基于测试结果和以上分析，将30组床垫表层面料样品的压缩回弹性能分为ABCD四等，划分要求及不同等级对应样品编号（按性能优劣排序）如表6所示。

表6 压缩回弹性能等级划分表

等级	RC (%)	产品编号
A	$45 \leq RC$	6、2、21、4、9
B	$40 \leq RC < 45$	13、7、5、1、3、26、19、29
C	$35 \leq RC < 40$	12、27、25、14、8、17、30、24、18、23、10、28
D	$30 \leq RC < 35$	11、16、22、20、15

### 2.3.2 弯曲刚度

#### （1）仪器设备及测试原理

面料的弯曲性能是指在受到外力作用时，其抵抗弯曲、变形或回弹的能力。是评估面料柔软性和适应性的重要指标之一。试验采用弯曲性测试仪FAST-2。按照GB/T 18318.1—2009规定，面料的弯曲性能用弯曲刚度（B）来表征，它表示的是单位宽度织物所具有的弯曲刚度，B值越大，织物越硬挺和不易弯曲，抵抗弯曲变形的能力越好。

#### （2）试验结果

30种床垫表面面料的弯曲长度结果见表7。

表7 床垫面料弯曲刚度值（B）计算结果



样品编号	正反面弯曲长度平均	克重 (g/m <sup>2</sup> )	弯曲刚度 (uN·m)
1	34.25	430	273.36
2	40.92	500	625.47
3	46.75	645	924.35
4	41.38	500	244.06
5	28.92	450	100.41
6	57.33	320	350.80
7	27.83	420	95.38
8	28.92	440	164.71
9	35.67	400	124.61
10	40.08	435	429.06
11	41.08	525	313.41
12	39.42	500	559.58
13	36.83	450	205.96
14	44.42	520	454.59
15	44.67	470	410.88
16	26.50	500	132.44
17	29.25	450	109.53
18	41.42	445	363.48
19	25.67	400	61.31
20	44.00	450	371.79
21	33.00	350	140.99
22	24.42	415	97.59
23	32.58	465	113.18
24	31.83	450	217.62
25	25.50	500	72.13
26	35.00	500	192.79
27	34.17	500	313.92
28	40.00	380	247.64
29	31.00	425	168.74
30	45.92	350	295.82

虽然面料的弯曲刚度有标准的测定方式，但是没有严格的等级划分。因此，将面料的弯曲刚度划分为四个等级。如表8，将面料的弯曲刚度划分为以下四个等级。

表8 织物弯曲刚度等级划分 (uN·m)

区间设置	B > 475	475 ≥ B > 300	300 ≥ B > 125	125 ≥ B
------	---------	---------------	---------------	---------

弯曲刚度等级	硬挺	一般硬挺	一般柔软	柔软
样品编号	3、2、12	14、10、15、20、 18、6、27、11	30、1、28、4、24、 13、26、29、8、21、 16	9、23、17、5、22、 7、25、19

## 2.4 温暖感

产品温暖感包括接触瞬间凉感、热阻、湿阻和透湿指数。

### 2.4.1 接触凉感

#### (1) 仪器设备及测试原理

试验所采用的仪器是由川端康成开发的纺织材料热物性测试仪KES-F7。按照GB/T 35263—2017《纺织品 接触瞬间凉感性能的检测和评价》规定，试样的接触瞬间凉感性能用接触凉感系数（ $Q_{\max}$ ）来表征。 $Q_{\max}$ 值与传递热量的能力存在正相关性关系， $Q_{\max}$ 数值越大表示皮肤所感受到的凉感程度越强，数值越小表示皮肤感受到的凉感程度越弱。

#### (2) 试验结果

30种床垫表面面料的接触凉感结果见表9。

表9 床垫表层面料 $Q_{\max}$ 值测试结果

样品 编号	$Q_{\max}$ 测试值 $J/(cm^2 \cdot s)$					平均值 $J/(cm^2 \cdot s)$
	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	
1	0.158	0.168	0.155	0.158	0.167	0.161
2	0.155	0.169	0.156	0.163	0.16	0.161
3	0.125	0.136	0.129	0.141	0.131	0.132
4	0.156	0.151	0.151	0.157	0.153	0.154
5	0.172	0.182	0.177	0.177	0.186	0.179
6	0.145	0.143	0.144	0.146	0.143	0.144
7	0.160	0.162	0.158	0.169	0.16	0.162
8	0.162	0.163	0.161	0.164	0.164	0.163
9	0.170	0.167	0.167	0.176	0.168	0.170
10	0.154	0.158	0.154	0.155	0.153	0.155
11	0.156	0.15	0.149	0.153	0.151	0.152
12	0.141	0.144	0.147	0.149	0.147	0.146

13	0.175	0.175	0.182	0.181	0.175	0.178
14	0.165	0.163	0.166	0.162	0.161	0.163
15	0.131	0.128	0.127	0.125	0.127	0.128
16	0.188	0.188	0.194	0.184	0.190	0.189
17	0.197	0.204	0.200	0.202	0.202	0.201
18	0.122	0.123	0.124	0.121	0.121	0.122
19	0.156	0.155	0.155	0.155	0.154	0.155
20	0.185	0.180	0.180	0.181	0.184	0.182
21	0.157	0.151	0.159	0.154	0.153	0.155
22	0.184	0.188	0.183	0.183	0.188	0.185
23	0.124	0.127	0.130	0.131	0.127	0.128
24	0.185	0.188	0.183	0.184	0.186	0.185
25	0.174	0.166	0.168	0.166	0.171	0.169
26	0.148	0.154	0.156	0.141	0.151	0.150
27	0.151	0.156	0.157	0.157	0.153	0.155
28	0.144	0.143	0.142	0.145	0.142	0.143
29	0.174	0.177	0.18	0.172	0.173	0.175
30	0.134	0.137	0.139	0.136	0.139	0.137

根据国家标准GB/T 35263—2017进行的测试中，设定了一个基准线，即0.15 J/（cm<sup>2</sup>·s），用以区分织物是否具备接触瞬间凉感能力。当织物的Q<sub>max</sub>值超过这一阈值时，表明其在与皮肤接触的瞬间能够提供凉感，反之则不能。除床垫表面面料样品3、6、12、15、18、23、28和30之外，其余样品的接触凉感系数Q<sub>max</sub>均处于0.15 J/（cm<sup>2</sup>·s）以上，表示这些床垫表面面料样品具有一定的接触瞬间凉感性能。

虽然国家标准已对凉感性能提出基本要求，但未对凉感强度进行明确的等级划分。通过深入分析30种床垫表层面料样品的接触瞬间凉感性能，我们采用了详尽的方法对这些样品进行了分类，基于Q<sub>max</sub>测试值，这些样品划分为四个不同的凉感等级：“不凉”、“微凉”、“较凉”和“凉爽”，见表10。这种分类不仅依据了GB/T 35263—2017《纺织品 接触瞬间凉感性能的检测和评价》标准，还进一步精细化了等级划分，从而为每种样品提供了一个准确的凉感性能评价。

表10 织物接触凉感等级划分（J/（cm<sup>2</sup>·s））

区间设置	Q <sub>max</sub> < 0.15	0.15 ≤ Q <sub>max</sub> < 0.17	0.17 ≤ Q <sub>max</sub> < 0.19	Q <sub>max</sub> ≥ 0.19
------	-------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-------------------------

凉感等级	不凉	微凉	较凉	凉爽
------	----	----	----	----

## 2.4.2 热阻、湿阻、透湿指数

### (1) 仪器设备及测试原理

热阻、湿阻测试使用热阻湿阻测试仪（iSGHP-10.5, Thermetrics, Seattle, WA, USA），模拟从“皮肤”表面通过织物到周围环境的热量和水分的传递过程来测试面料系统的热、湿阻。本次热阻湿阻测试程序按照GB/T 11048—2018《纺织品 生理舒适性 稳态条件下热阻和湿阻的测定（蒸发热板法）》执行。根据面料系统的热湿阻所计算出的透湿指数 $i_m$ ，作为评价面料热湿舒适性指标：

$$i_m = \frac{S \times R_{ct}}{R_{et}} \quad (1)$$

其中：S=60 Pa/K， $R_{ct}$ 为包括裸板热阻在内的总热阻， $R_{et}$ 为包括裸板湿阻在内的总湿阻。

### (2) 试验结果

床垫面料热阻、湿阻、透湿指数测试结果如表11所示。

表11 床垫面料的 $R_{cf}$ 、 $R_{ef}$ 和 $i_m$

编号	$R_{cf}$ ( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}^2/\text{W}$ )	$R_{ef}$ ( $\text{Pa} \cdot \text{m}^2/\text{W}$ )	$i_m$	编号	$R_{cf}$ ( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}^2/\text{W}$ )	$R_{ef}$ ( $\text{Pa} \cdot \text{m}^2/\text{W}$ )	$i_m$
样品 1	0.074	10.901	0.52	样品 16	0.040	8.721	0.46
样品 2	0.101	11.818	0.59	样品 17	0.071	10.660	0.52
样品 3	0.117	13.726	0.58	样品 18	0.081	11.180	0.54
样品 4	0.081	11.971	0.52	样品 19	0.070	9.191	0.57
样品 5	0.062	8.375	0.57	样品 20	0.066	10.469	0.51
样品 6	0.072	10.107	0.54	样品 21	0.074	9.080	0.59
样品 7	0.054	8.274	0.54	样品 22	0.034	7.111	0.50
样品 8	0.059	8.756	0.54	样品 23	0.085	10.866	0.57
样品 9	0.091	10.568	0.60	样品 24	0.066	9.085	0.56
样品 10	0.119	13.177	0.60	样品 25	0.047	7.817	0.53

样品 11	0.102	12.219	0.58	样品 26	0.136	15.344	0.59
样品 12	0.111	13.079	0.58	样品 27	0.083	11.243	0.55
样品 13	0.067	9.686	0.54	样品 28	0.095	11.481	0.58
样品 14	0.080	11.457	0.53	样品 29	0.046	8.814	0.49
样品 15	0.103	12.492	0.57	样品 30	0.097	10.904	0.61

根据以上测试结果,对30种床垫表层面料的散热透湿性能进行测试得到样品的各性能指标（热阻 $R_{cf}$ 、湿阻 $R_{ef}$ 、透湿指数 $i_m$ ），按照表12要求对样品各性能指标进行评级。

表12 性能指标分级表

性能指标	A	B	C	D
热阻 $R_{cf}/(^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{W})$	$R_{cf}\leq 0.060$	$0.060 < R_{cf} \leq 0.080$	$0.080 < R_{cf} \leq 0.100$	$R_{cf} > 0.100$
湿阻 $R_{ef}/(\text{Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W})$	$R_{ef}\leq 9.000$	$9.000 < R_{ef} \leq 11.000$	$11.000 < R_{ef} \leq 13.000$	$R_{ef} > 13.000$
透湿指数 $i_m$	$i_m\leq 0.50$	$0.50 < i_m \leq 0.55$	$0.55 < i_m \leq 0.60$	$i_m > 0.60$

注：其中 A 级程度最好，D 级最差。

根据单个样品的性能指标分级表,结合床垫面料三次测试结果的平均数,得到各样品指标分级表,结果见表13。

表13 各样品指标分级表

指标 样品	热阻 $R_{cf}/(^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{W})$	湿阻 $R_{ef}/(\text{Pa}\cdot\text{m}^2/\text{W})$	透湿指数 $i_m$
样品 1	B	B	B
样品 2	D	C	C
样品 3	D	D	C
样品 4	C	C	B
样品 5	B	A	C
样品 6	B	B	B
样品 7	A	A	B
样品 8	A	A	B
样品 9	C	B	C
样品 10	D	D	D

样品 11	D	C	C
样品 12	D	D	C
样品 13	B	B	B
样品 14	B	C	B
样品 15	D	C	C
样品 16	A	A	A
样品 17	B	B	B
样品 18	C	C	B
样品 19	B	B	C
样品 20	B	B	B
样品 21	B	B	C
样品 22	A	A	A
样品 23	C	B	C
样品 24	B	B	C
样品 25	A	A	B
样品 26	D	D	C
样品 27	C	C	B
样品 28	C	C	C
样品 29	A	A	A
样品 30	C	B	D

进一步地，将热阻 $R_{cf}$ 、湿阻 $R_{ef}$ 、透湿指数 $i_m$ 均 $\geq C$ 级的样品评定为其散热透湿性能达标，散热透湿性能达到标准的有样品1、4、5、6、7、8、9、13、14、16、17、18、19、20、21、22、23、24、25、27、28、29，其中综合评定结果从好到差依次为：22=16=29>25=7=8>20=13=17=1=6>5>24=14=19=21>18=23=4=27=9>28>30>2=11=15>12=3>26>10。

进一步地，基于测试结果和以上分析，将30种床垫表层面料样品的散热透湿性能分为ABCD四类，具体划分依据如表14所示。

表14 样品等级划分结果

等级	划分依据	产品编号
A	热阻、湿阻、透湿指数均 $\geq A$ 级	22、16、29
B	热阻、湿阻、透湿指数均 $\geq B$ 级	25、7、8、20、13、17、1、6

C	热阻、湿阻、透湿指数均 $\geq$ C级	5、24、14、19、21、18、23、4、27、9、28
D	热阻、湿阻、透湿指数均 $\geq$ D级	30、2、11、15、12、3、26、10

## 2.5 舒适度

床垫面料舒适度采用模糊综合评价方法进行确定，具体过程如下。

### 2.5.1 层次分析法确定权重

实验基于层次分析法相关理论完成评价体系内各指标权重的计算，包括床垫面料性能指标的确定、专家问卷设计和数据收集、数据分析三个步骤。

#### 2.5.1.1 床垫面料性能指标的确定

床垫面料的舒适性是多项性能影响的结果，其性能包括面料的摩擦系数、压缩回弹性、弯曲刚度、接触冷暖感、热阻、湿阻、透湿指数和厚度。

实验从市场和企业对床垫的需求出发，以床垫面料性能优先级评价为目标，以滑爽感、柔软感和温暖感这三个性能为准则层，把影响床垫面料的具体性能作为指标层，包括滑爽感(摩擦系数)、柔软感(压缩回弹性、弯曲刚度)和温暖感(透湿指数、接触冷暖感、热阻、湿阻)，具体指标层次体系结构如图1所示。

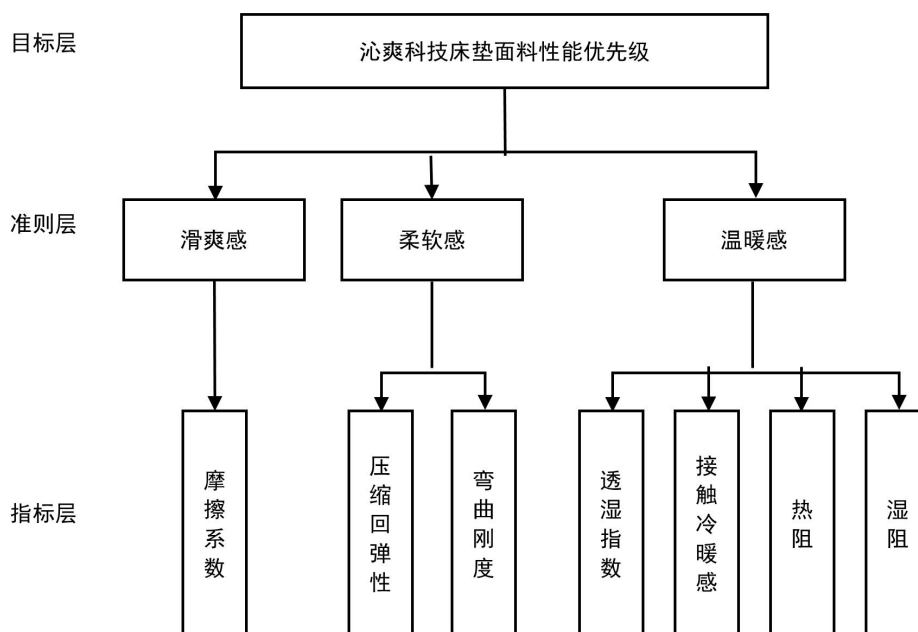


图1 指标层次体系结构图

#### 2.5.1.2 AHP问卷设计与数据收集

实验根据确定好的床垫面料性能指标，通过线上问卷来收集专家意见，问卷内容如下：

尊敬的床垫专家：

您好！本次调查问卷邀请您对床垫材料舒适度评价指标的重要性进行两两比较。请您仔细阅读并理解评分标准，根据自己的经验进行判断。感谢您的支持！  
以下是此次调查研究的评价指标体系：

目标层	二级指标	序号	三级指标层
床垫面料舒适性	清爽感	1	摩擦系数
	柔软感	2	压缩回弹性
		3	弯曲刚度
	温暖感	4	接触冷暖感
		5	热阻
		6	湿阻
		7	透湿指数

评分要求：

（1）评分划分为9个等级。9极其重要、7明显重要、5比较重要、3稍微重要、1同等重要。8、6、4、2表示重要程度介于相邻的两个等级之间。

标度值 $a_{ij}$	定义与说明
1	两个元素具有同样的重要性
3	两个元素相比，前者比后者稍微重要
5	两个元素相比，前者比后者明显重要
7	两个元素相比，前者比后者重要得多
9	两个元素相比，前者比后者极端重要
2、4、6、8	表示两相邻判断的中间值
$a_{ij}^*$	两个元素的反比较

（2）此次问卷为单选。

1.您的职业是？

a.床垫研发人员

b.床垫销售人员



### c.专业用户

#### 第二层要素（准则层比较）

评价准则	说明
滑爽感	人体接触织物表面时，感受到不同程度摩擦力，而产生光滑或粗糙的感觉
柔软感	人体接触织物表面时，因织物压缩回弹性和弯曲刚度的不同，而产生不同程度的柔软感觉
温暖感	人体接触织物表面时，因织物的接触冷暖感、热阻湿阻、厚度等的不同，而产生不同程度的温暖感觉

下列几组要素，对于“床垫面料舒适性评价”的重要度如何？

(靠近左侧的选项表示左边的指标比右边重要，反之表示右边的指标比左边重要，1为同样重要)

#### 第三层要素（指标层比较）

##### 评估“柔软感”的相对重要性

	重要性比较																	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*	
滑爽感																		柔软感
柔软感																		温暖感
滑爽感																		温暖感

评价指标	说明
压缩回弹性	指纺织品在承受一定压力时的变形率和压力撤除后的回复性能，反映床垫面料的弹性回复特性
弯曲刚度	床垫面料抵抗所受弯曲应力的能力，反映床垫面料的易弯曲程度

下列几组要素，对于“柔软感”的重要度如何？

(靠近左侧的选项表示左边的指标比右边重要，反之表示右边的指标比左边重要，1为同样重要)

	重要性比较	
--	-------	--

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*	
压缩回弹性																		弯曲刚度

### 评估“温暖感”的相对重要性

下列几组要素，对于“温暖感”的重要度如何？

实验一共收集专家问卷24份，主要包括床垫研发人员、床垫销售人员、专业用户。为保证指标评估数据的有效性，避免专家对指标的相对重要性评估存在自

评价指标	说明																
接触冷暖感	指床垫面料与人体皮肤接触后织物给皮肤的温度刺激在人大脑中形成的关于冷和暖的判断，反映人体与床垫面料接触瞬间的冷热感觉																
热阻	床垫面料由于温度差而形成的热流阻力，反映床垫面料的保暖性能																
湿阻	由于存在水蒸气压差而导致的透湿阻力，反映床垫面料对汗液蒸发的阻力																
透湿指数	人体在出汗状态后面料转移身体自然排除水汽到外部环境的能力，反应床垫面料的散热和透气性能																
	重要性比较																
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2*	3*	4*	5*	6*	7*	8*	9*
接触冷暖感																	热阻
接触冷暖感																	湿阻
接触冷暖感																	透湿指数
热阻																	湿阻
热阻																	透湿指数
湿阻																	透湿指数

相矛盾的情况，本文通过对判断矩阵进行一致性检验的方法，进行有效问卷筛选，最终有效问卷为24份。

#### 2.5.1.3 数据分析

将专家问卷数据整理汇总，并剔除不符合一致性检验的无效数据。当所构成的判断矩阵阶数 $n=2$ 时（即仅有两个元素进行重要性评估），其总是具有完全的一致性，只有当 $n>2$ 时，才需要对其进行一致性检验，因此本实验需要对两个指标层的判断矩阵进行一致性检验。当 $CR<0.1$ 时，可以认为判断矩阵与标准一致

矩阵的一致性是不同的，即一致性检验通过，此时判断矩阵的相对重要性权重向量即为层次单排序结果。

评价体系中各性能对床垫面料舒适性的影响是不同的，为确切反映床垫面料各性能指标的影响程度，需要通过指标权重来进行定量描述，即进行层次排序。本实验对以上有效问卷数据进行几何平均处理，并在层次分析法yaahp中输入矩阵，进行了一致性检验及层次单排序。然后根据准则层和指标层权重之积求得指标层各元素相对目标层的相对重要性权值 $w_i$ ，得到层次总排序结果如表15所示，7个指标的相对重要性依次为摩擦系数、压缩回弹性、弯曲刚度、透湿指数、接触冷暖感、热阻、湿阻。

表 15 不同性能指标总权重

指标	摩擦系数	压缩回弹性	弯曲刚度	透湿指数	接触冷暖感	热阻	湿阻
$W_i$	0.3561	0.3009	0.1337	0.0639	0.0457	0.0389	0.0608

2.5.2 真人触摸主观评价实验

2.5.2.1 试验材料

本次实验对象选用顾家家居提供的30种床垫表层面料，测试所用实验样品尺寸均为50 cm×50 cm。床垫表层面料样品的尺寸均为50 cm×50 cm，样品参数如表5所示。

2.5.2.2 实验条件

在室温条件下，床垫面料正面朝上，逐个放置在桌上。

2.5.2.3 实验流程

实验开始前，根据测试主题确定如图2所示的9级床垫整体舒适性及滑爽感、柔软感、温暖感的主观评价问卷，并向真人受试者解释问卷填写注意事项及实验内容，通过20名真人触摸实验建立舒适性主观评价数据集。首先将所有的床垫面料逐个放置在桌上，第1名受试者触摸第1种床垫面料，认真感受该块面料的整体舒适性及滑爽感、柔软感和温暖感，约1分钟后完成触摸并填写主观评价问卷，

随后重复完成剩下的所有面料主观评价实验。按照第1名受试者的测试流程，完成剩下所有测试者的面料触摸与舒适性主观评价数据的收集。

床垫整体舒适性评价									
	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
整体舒适性	难以忍受		轻微不适		中性		较舒适		非常舒适
滑爽感舒适性评价									
	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
滑爽感	非常粗糙		轻微粗糙		中性		较滑爽		非常滑爽
柔软感舒适性评价									
	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
柔软感	难以忍受		轻微不适		中性		较舒适		非常舒适
温暖感舒适性评价									
	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
温暖感	非常凉爽		轻微凉爽		中性		较温暖		非常温暖

图 2 床垫舒适性主观评价

#### 2.5.2.4 实验结果

待20名受试者完成30种床垫表层面料的触摸及问卷填写后，收集所有主观评价数据并用Excel进行处理，得到如表16所示舒适性主观评价数据级。

表16 30种床垫面料20人主观评价打分均值

30 种床垫面料	每种床垫面料 20 人主观评价打分的均值			
	整体舒适性	滑爽感	柔软感	温暖感
1	-0.17	-0.5	0.75	0.7
2	-1.21	1.1	2.1	1.55
3	-2.27	0.15	0.35	0.9
4	-1.11	-0.65	0.2	0.5
5	1.4	1.35	0.15	-0.25
6	1.94	-0.25	0.95	0.15
7	1.15	1.3	1.05	-0.05

8	0.44	1.55	1.25	0.4
9	1.41	2.2	2.6	1.85
10	-1.45	1.55	2.2	2.4
11	-0.38	0.95	1.25	1.4
12	-2.19	1.5	1.75	2
13	0.15	-0.25	-0.4	-0.75
14	-1.59	-0.4	-0.15	0.05
15	-1.48	0.5	1.05	0.8
16	0.6	0.85	0.05	-1.8
17	-0.14	2.2	2.35	1.35
18	-1.51	-0.45	0.1	0.15
19	0.45	-0.2	0.75	-0.05
20	-0.08	0.9	0.45	-0.2
21	1.1	0.75	1.4	0.05
22	1.11	-0.95	-0.85	-1.35
23	-1.18	0.05	1.15	0.45
24	0.47	2.6	2.45	0.65
25	0.7	0.3	0.05	-1
26	-1.84	2.15	3	2.5
27	1.25	1.15	1.4	1.1
28	-0.54	0.15	1.55	1.5
29	0.14	-0.25	0.45	-0.85
30	0.48	1.45	2.5	1.35

### 2.5.3 模糊综合评价

#### 2.5.3.1 实验流程

床垫面料舒适感的模糊综合评价分析具体流程如下：

(1) 确定因素集。摩擦系数 ( $u1$ )、压缩回弹性 ( $u2$ )、弯曲刚度 ( $u3$ )、接触冷暖感 ( $u4$ )、热阻 ( $u5$ )、湿阻 ( $u6$ )、透湿指数 ( $u7$ ) 被作为评估床垫面料舒适感的性能因子，即  $U=[u1, u2, u3, u4, u5, u6, u7]$ 。

(2) 确定评估集。床垫面料舒适感被分为9个等级，即  $V=[v1, v2, v3, v4, v5, v6, v7, v8, v9]$ ，即评估集设为  $V=[-4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4]$ ，与真人实验的评级对应。

(3) 各指标客观数据值归一化。每个等级的“4”代表“非常舒适”，“2”代表“较舒适”，“0”代表“中立”，“-2”代表“轻微不适”，“-4”代表“非常不舒适”。摩擦系

数、弯曲刚度、热阻、湿阻属于越小越优型因子，归一化公式为：

$$z_i = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \dots\dots\dots(a)$$

接触冷暖感、压缩回弹性、透湿指数属于越大越优型因子，归一化公式为：

$$z_i = \frac{x_{max} - x_i}{x_{max} - x_{min}} \dots\dots\dots(b)$$

其中，Z<sub>i</sub>——x<sub>i</sub>的归一化值；x<sub>i</sub>——第i个指标的客观测量值；x<sub>max</sub>，x<sub>min</sub>——第i个指标客观测量值的最大值和最小值。汇总7个指标的客观测量数据，分别代入公式（a）与公式（b）得出归一化后的数据如表,17。

表17 归一化后的指标数据

编号	摩擦系数	压缩回弹性 RC(%)	弯曲刚度 (uN·m)	接触冷暖感 (W/cm2)	热阻 (degC.m2/W)	湿阻 (Pa.m2/W)	透湿指数 im
1	0.495	0.806	0.246	0.505	0.389	0.460	0.575
2	0.708	0.637	0.654	0.513	0.656	0.572	0.126
3	0.676	0.828	1.000	0.871	0.811	0.803	0.191
4	0.748	0.707	0.212	0.602	0.461	0.590	0.625
5	0.049	0.784	0.045	0.282	0.274	0.154	0.272
6	0.280	0.000	0.335	0.721	0.368	0.364	0.450
7	0.393	0.770	0.039	0.497	0.198	0.141	0.472
8	0.327	0.894	0.120	0.485	0.247	0.200	0.452
9	0.235	0.723	0.073	0.398	0.562	0.420	0.057
10	0.672	0.944	0.426	0.586	0.834	0.737	0.022
11	0.406	0.949	0.292	0.624	0.667	0.620	0.191
12	0.826	0.852	0.577	0.703	0.754	0.725	0.181
13	0.478	0.743	0.168	0.297	0.321	0.313	0.478
14	0.668	0.884	0.456	0.477	0.453	0.528	0.538
15	0.717	1.000	0.405	0.931	0.675	0.654	0.234
16	0.523	0.961	0.082	0.155	0.056	0.196	1.000
17	0.459	0.901	0.056	0.000	0.358	0.431	0.604
18	0.644	0.919	0.350	1.000	0.465	0.494	0.447
19	0.180	0.834	0.000	0.584	0.348	0.253	0.276
20	0.307	0.983	0.360	0.241	0.313	0.408	0.678
21	0.535	0.689	0.092	0.586	0.396	0.239	0.112
22	0.008	0.976	0.042	0.201	0.000	0.000	0.781

23	0.708	0.937	0.060	0.929	0.499	0.456	0.290
24	0.464	0.915	0.181	0.201	0.312	0.240	0.352
25	0.000	0.883	0.013	0.406	0.127	0.086	0.565
26	1.000	0.829	0.152	0.647	1.000	1.000	0.121
27	0.255	0.861	0.293	0.586	0.482	0.502	0.420
28	0.486	0.946	0.216	0.734	0.594	0.531	0.197
29	0.382	0.843	0.124	0.327	0.119	0.207	0.837
30	0.169	0.911	0.272	0.812	0.617	0.461	0.000

(4) 确定隶属函数和模糊评估矩阵。选择岭函数作为隶属函数。7个性能因子 ( $u1, u2, u3, u4, u6, u6, u7$ ) 在9个评估等级 ( $v1, v2, v3, v4, v5, v6, v7, v8, v9$ ) 下的隶属度分别为:

$$r_{uiv1}(zi) = \begin{cases} 1, zi \leq 0.1 \\ 0.5 - 0.5 * \sin \left[ \frac{\pi}{0.1} * (zi - 0.15) \right], 0.1 < zi \leq 0.2 \dots\dots(1) \\ 0, zi > 0.2 \end{cases}$$

$$r_{uiv2}(zi) = \begin{cases} 0, zi \leq 0.1 \\ 0.5 + 0.5 * \sin \left[ \frac{\pi}{0.1} * (zi - 0.15) \right], 0.1 < zi \leq 0.2 \\ 0.5 - 0.5 * \sin \left[ \frac{\pi}{0.1} * (zi - 0.25) \right], 0.2 < zi \leq 0.3 \dots\dots(2) \\ 0, zi > 0.3 \end{cases}$$

$$r_{uiv3}(zi) = \begin{cases} 0, zi \leq 0.2 \\ 0.5 + 0.5 * \sin \left[ \frac{\pi}{0.1} * (zi - 0.25) \right], 0.2 < zi \leq 0.3 \\ 0.5 - 0.5 * \sin \left[ \frac{\pi}{0.1} * (zi - 0.35) \right], 0.3 < zi \leq 0.4 \dots\dots(3) \\ 0, zi > 0.4 \end{cases}$$

$$r_{uiv4}(zi) = \begin{cases} 0, zi \leq 0.3 \\ 0.5 + 0.5 * \sin \left[ \frac{\pi}{0.1} * (zi - 0.35) \right], 0.3 < zi \leq 0.4 \\ 0.5 - 0.5 * \sin \left[ \frac{\pi}{0.1} * (zi - 0.45) \right], 0.4 < zi \leq 0.5 \dots\dots(4) \\ 0, zi > 0.5 \end{cases}$$

$$r_{uiv5}(zi) = \begin{cases} 0, zi \leq 0.4 \\ 0.5 + 0.5 * \sin \left[ \frac{\pi}{0.1} * (zi - 0.45) \right], 0.4 < zi \leq 0.5 \\ 0.5 - 0.5 * \sin \left[ \frac{\pi}{0.1} * (zi - 0.55) \right], 0.5 < zi \leq 0.6 \dots\dots(5) \\ 0, zi > 0.6 \end{cases}$$

$$r_{uiv6}(zi) = \begin{cases} 0, zi \leq 0.5 \\ 0.5 + 0.5 * \sin \left[ \frac{\pi}{0.1} * (zi - 0.55) \right], 0.5 < zi \leq 0.6 \\ 0.5 - 0.5 * \sin \left[ \frac{\pi}{0.1} * (zi - 0.65) \right], 0.6 < zi \leq 0.7 \\ 0, zi > 0.7 \end{cases} \dots\dots(6)$$

$$r_{uiv7}(zi) = \begin{cases} 0, zi \leq 0.6 \\ 0.5 + 0.5 * \sin \left[ \frac{\pi}{0.1} * (zi - 0.65) \right], 0.6 < zi \leq 0.7 \\ 0.5 - 0.5 * \sin \left[ \frac{\pi}{0.1} * (zi - 0.75) \right], 0.7 < zi \leq 0.8 \\ 0, zi > 0.8 \end{cases} \dots\dots(7)$$

$$r_{uiv8}(zi) = \begin{cases} 0, zi \leq 0.7 \\ 0.5 + 0.5 * \sin \left[ \frac{\pi}{0.1} * (zi - 0.75) \right], 0.7 < zi \leq 0.8 \\ 0.5 - 0.5 * \sin \left[ \frac{\pi}{0.1} * (zi - 0.85) \right], 0.8 < zi \leq 0.9 \\ 0, zi > 0.9 \end{cases} \dots\dots(8)$$

$$r_{uiv9}(zi) = \begin{cases} 0, zi \leq 0.8 \\ 0.5 + 0.5 * \sin \left[ \frac{\pi}{0.1} * (zi - 0.85) \right], 0.8 < zi \leq 0.9 \dots\dots(9) \\ 1, zi > 0.9 \end{cases}$$

式中： $r_{uivj}$ ——第*i*个性能因子在第*j*个评估等级上的隶属度，  
j=1,2,3,4,5,6,7,8,9。

最终，30种不同的床垫面料得出30个模糊评估矩阵，例如第一种面料的模糊评估矩阵R<sub>1</sub>如表18所示。

表18 模糊评估矩阵——面料1

第1种 面料	摩擦系 数	压缩回 弹性	弯曲刚 度	接触冷 暖感	热阻	湿阻	透湿指 数
-4	0	0	0	0	0	0	0
-3	0	0	0.5627	0	0	0	0
-2	0	0	0.4373	0	0.0296	0	0
-1	0.0062	0	0	0	0.9704	0.3455	0
0	0.9938	0	0	0.9938	0	0.6545	0.1464
1	0	0	0	0.0062	0	0	0.8536
2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0.9911	0	0	0	0	0
4	0	0.0089	0	0	0	0	0



(5) 计算床垫面料舒适感分值。得到30种床垫面料的评价矩阵后，根据模糊评估矩阵、评估集和权重值，如公式（c）所示，求出相应组合搭配的优先级系数  $y_x$ 。该组合搭配的优先级系数越大，舒适感越高，越受到用户的欢迎。

$$y_x = w^T R_x v^T \dots\dots(c)$$

式中， $y_x$ 为第x套组合搭配的优先级系数， $W^T$ 为床垫7个性能指标综合权重矩阵的转置矩阵， $R_x$ 为第 x 套组合搭配的评价矩阵， $V^T$ 为评语集矩阵V的转置矩阵。

$$w^T = [0.3561, 0.3009, 0.1337, 0.0639, 0.0457, 0.0389, 0.0608]$$

(6) 检验评估模型精度。采MSE和 $R^2$ 检验模型预测精度，均方误差反映预测值与真实值之间的拟合度。均方误差越小，预测值越接近真实值，预测精度越高。 $R^2$  反映预测值对于真实值的解释程度。 $R$ 介0~1，它越大，预测值对于真实值的解释程度越高，拟合度越高。

均方误差指真实值与预测值之间的误差平方和均值，表示为：

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - y_x)^2 \dots\dots\dots(d)$$

式中， $MSE$ 为均方误差； $y_i$ 为实际评估值； $y_x$ 是模型预测值。

$R^2$ 表示为：

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SST} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_x)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - y_{mean})^2} \dots\dots\dots(e)$$

式中， $SSE$ 为残差平方和， $SST$ 为总离差平方和， $y_{mean}$ 为实际评估值的平均值。

### 2.5.3.2 实验结果

将真人触摸主观评价实验的数据作为实际评估值 $y_i$ ，由于床垫面料的整体舒适感与面料的滑爽感、柔软感和温暖感相关，滑爽感、柔软感和温暖感共同构成整个床垫面料的舒适性，而本实验的研究主题为床垫面料的舒适性能，因此选用整体舒适感分值作为实际评估值 $y_i$ ，结合模型预测值 $y_x$ 计算MSE和 $R^2$ ，结果如表19。

表19 预测值与实际测量值

面料编号	实际评估值 $y_i$	模型预测值 $y_x$	组合搭配	实际评估值 $y_i$	模型预测值 $y_x$
1	-0.17	-0.423	16	0.60	-0.438
2	-1.21	-1.110	17	-0.14	-0.253
3	-2.27	-2.369	18	-1.51	-1.713
4	-1.11	-1.134	19	0.45	0.892
5	1.40	1.767	20	-0.08	-0.134
6	1.94	2.119	21	1.10	0.175
7	1.15	0.528	22	1.11	1.109
8	0.44	0.456	23	-1.18	-1.503
9	1.41	1.376	24	0.47	-0.215
10	-1.45	-1.583	25	0.70	1.126
11	-0.38	-0.377	26	-1.84	-2.116
12	-2.19	-2.281	27	1.25	0.025
13	0.15	0.182	28	-0.54	-0.809
14	-1.59	-1.628	29	0.14	0.092
15	-1.48	-1.816	30	0.48	0.248

经过计算， $MES$ 为0.209， $R^2$ 为0.848，说明预测值非常接近真实值，预测精度很高。 $R^2$ 接近1，说明模型预测值对于真实值的解释程度高，实际评估值和模型预测值的拟合度高。

由于30种床垫面料的模型预测值和实际评估值拟合度高，说明模型预测值的舒适感分值可以代表床垫面料真实的舒适感。为了方便专业用户和床垫销售人员的理解，我们将30种床垫面料的舒适感模型预测分值进行比较和分级，如图3所示。其中，第5，6，9，21，22，27种面料的 $y_x$ 为分别为1.4、1.94、1.41、1.1、1.11、1.25，说明这六种面料舒适程度最优；第7，8，13，20，16，19，24，25，29，30种面料的舒适程度为有点舒适；第1，2，4，10，11，15，17，20，23，28种面料舒适程度为轻微不适，第3，12，14，18，26种面料分值相对较低，说明该5种面料不舒适。

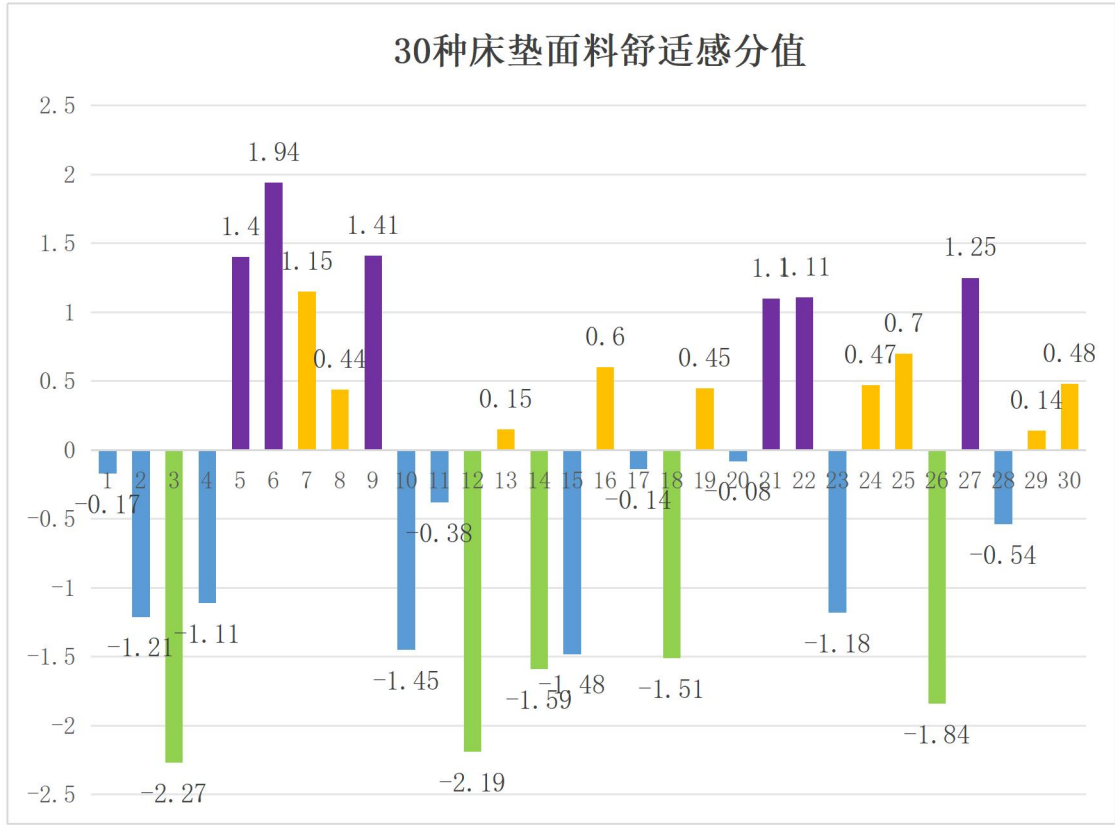


图3 不同床垫面料模型预测舒适感分值

根据床垫面料舒适感的模型预估值将各床垫面料的舒适性能进行等级划分，分为ABCD四大类，其中A代表“较舒适”，B代表“有点舒适”，C代表“轻微不舒”，D代表“不舒适”，划分要求及不同等级对应的产品编号（按性能优劣排序）如表34所示。

表20 床垫面料舒适感模型预估值等级划分

等级	模型预估值	组合编号
A	$y_x \geq 1$	5, 6, 9, 21, 22, 27
B	$0 \leq y_x < 1$	7, 8, 13, 16, 19, 24, 25, 29, 30
C	$-1 \leq y_x < 0$	1, 2, 4, 10, 11, 15, 17, 20, 23, 28
D	$y_x < -1$	3, 12, 14, 18, 26

#### 四、与国际、国外同类标准技术水平内容的对比情况

1. 国内外对该技术研究情况简要说明：目前对面料舒适度分指标均有一定的指标，但缺乏综合性的指标。

2. 在面料舒适度分级与评价方法的研究领域已取得较为丰富的理论成果，提出了不同的评价指标，并建立了相应的测试评价方法和标准，例如动摩擦系数测试标准 FZ/T 01054-2012、压缩率测试标准 GB/T 24442.1、弯曲刚度测试标准 GB/T 18318.1、接触瞬间凉感测试标准 GB/T 35263、热阻、湿阻和透湿指数测试标准 GB/T 11048。但缺乏面料舒适度综合评价标准。

3. 项目与国际标准或国外先进标准采用程度的考虑：

国外在面料舒适度指标上也建立了相应的评价标准，但无综合评价标准。

4. 与国内相关标准间的关系：

国内已陆续出台了一系列与面料相关的标准，但针对面料舒适度分级与评价的专项标准尚在完善过程中。面料舒适度分指标测试标准与国内标准相同，本标准提出了面料舒适度综合评价方法，旨在与国内现有标准形成互补关系，进一步丰富和细化面料评价体系。

4. 指出是否发现有知识产权的问题。

无。

## **五、与有关标准的关系**

## **六、重大分歧意见的处理经过和依据**

本标准在制定过程中没有发生重大意见分歧。

## **七、涉及国内外专利及处置情况**

在标准制定过程中未发现涉及专利问题。

## **八、对国家标准的建议**

本标准作为推荐性国家标准上报。

## **九、贯彻国家标准的要求和措施建议**

### **1. 组织实施**

在本标准按正常程序批准发布实施后，中国家用纺织品标准化技术委员会将在国标委和中国纺织品工业联合会的统一部署和安排下，由秘书处组织安排标准的宣贯和培训，并对技术内容进行解释，使各相关方正确使用该方法标准。

## **2. 技术措施**

配合国标委和中国纺织品工业联合会的安排部署，对本标准的技术内容进行解释并通过网站、期刊、微信公众号等方式宣传标准内容。

## **3. 过渡办法及实施日期**

根据《中华人民共和国标准化法》和《中华人民共和国标准化法实施条例》，考虑到我国乳胶制品行业的生产习惯，新乳胶制品至少要提前半年左右，从产品设计、生产到销售通常至少需要半年左右的时间，所以标准起草组建议，本标准发布6个月后实施。

## **十、废止现行有关标准的建议**

本标准首次制定，不替代任何标准。

## **十一、其他应予以说明的事项**

无。

标准起草组

2025 年 7 月