

关于沙发压缩坐垫坐感研究

谢淑辉 刘玉洲 王 宇

(浙江顾家梅林家居有限公司 浙江杭州 310020)

摘 要: 采用不同压缩方式包装沙发坐垫, 探究压缩对填充物高度、硬度等级、回弹性能的影响, 同时结合坐感评价系统, 建立基于可压缩填充物性能基础数据的坐感配比模型, 高效生成不同可压缩坐垫组合。

关键词: 沙发坐垫; 填充物; 硬度等级; 回弹性能; 坐感配比

引言

沙发作为现代家居生活的重要组成部分, 其舒适性直接影响用户的生活质量。传统沙发坐垫主要依靠弹簧和非压缩海绵提供支撑和舒适度, 然而随着人们对家具舒适性和多功能性的需求不断提高, 探索新型压缩坐垫材料及其组合成为新趋势。压缩坐垫不仅需要具备良好的舒适性, 还需兼顾恢复后耐用性和支持性, 尤其外贸市场业务, 把产品包装体积做小, 同时解决了海运、仓储、尾程配送成本。

基于沙发坐感影响因素文献调研结果, 依据国内相关标准和规范, 初步归纳沙发坐感评价指标, 具体指标详见。

一级指标	二级指标	三级指标
沙发坐感	外观	颜色
		造型
		材料
	尺寸和倾角	座高
		座深
		座宽
		座面倾角
	坐垫性能	软硬度
		回弹性
		包裹性
		声响
		透气性
	气味	

本研究主要研究对象是沙发坐垫坐感, 采用控制变量法, 筛选出一个二级指标, 通过控制外观、尺寸和倾角为相同变量, 其主要研究坐垫性能指标。基于深圳市家具行业协会沙发人体工程学评价, 进一步通过控制变量法, 筛选出坐垫性能两个三级指标, 通过包裹性、声响、透气性和气味, 其主要研究坐垫软硬度等级和回弹性能。《T-SZFA 2004.1—2023 沙发人体工程学评价 第1部分: 沙发硬度等级的测试与评价》和《T-SZFA 2004.2—2023 沙发人体工程学评价 第2部分: 沙发回弹性能的测试与评价》从人体工程学角度来为产品提出技术要求和评价标准。

沙发坐垫硬度等级的计算测试与评价

定义: 表征沙发座面的软硬程度, 与人体感知软硬程度具有相

关性, 用 1 至 10 的数字来表征沙发坐垫的硬度等级, 数值越小, 表示越硬。

计算公式:

$$T_s = \frac{(T_{360} + T_{480} + T_{600})}{3} \dots\dots\dots (1)$$

$$K_s = \frac{A_{800}}{T_s} \dots\dots\dots (2)$$

$$S_s = 10 \times [1 - e^{-(K_s a + b)}]^2 \dots\dots\dots (3)$$

式中: K_s ——沙发座面硬度影响因子; A_{800} ——0N~800N 范围内座面加载曲线与位移轴之间的总面积, 单位为牛毫米 ($N \cdot mm$); T_s ——座面加载曲线斜率的平均值, 单位为牛每毫米 (N/mm); T_{360} ——座面加载曲线在 360 N 时的切线斜率, 单位为牛每毫米 (N/mm); T_{480} ——座面加载曲线在 480 N 时的切线斜率, 单位为牛每毫米 (N/mm); T_{600} ——座面加载曲线在 600 N 时的切线斜率, 单位为牛每毫米 (N/mm)。 T_s ——座面加载曲线斜率的平均值, 单位为牛每毫米 (N/mm); S_s ——沙发座面硬度等级; e ——自然常数; K_s ——沙发座面硬度影响因子; a —— 3.0588×10^{-4} ; b —— -0.1401 。

当计算结果 < 1 时, $S_s = 1$; 当计算结果 ≥ 1 时, 按 GB/T 8170 的要求进行修约, 保留到整数位。

坐感硬度评价方法: $1 \leq S_s \leq 10$, S_s 值越小, 则越硬; 当 $S_s \leq 3$ 表示硬, $3 < S_s \leq 6$ 表示软硬适中, $6 < S_s \leq 10$ 表示软硬度。

沙发回弹性能的计算测试与评价

定义: 通过标准方法加载和卸载曲线进行计算得到的卸载能量占加载能量的百分比, 百分比越大, 回弹性能就越高

计算公式:

$$R_b = \frac{A_2}{A_1} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

式中: R_b ——沙发靠背回弹性能, 以百分比表示 (%); $B1$ ——加载曲线与位移轴围合的面积, 单位为牛毫米 ($N \cdot mm$); $B2$ ——卸载曲线与位移轴围合的面积, 单位为牛毫米 ($N \cdot mm$)

评价维度:

计算结果按 GB/T 8170 的要求进行修约, 保留至小数点后 1 位。当 $R_s \leq 65\%$ 时, 为慢回弹; 当 $65\% < R_s \leq 75\%$ 为中回弹; 当 $R_s > 75\%$ 为快回弹。

1 试验

1.1 材料

海绵：赛诺。具体规格型号见表 1。

表 1 不同型号海绵规格

型号	密度/kg/m ³
C2513	25
C2616	26
C3025	30
C3630	36
C4045	40

1.2 仪器设备

烘箱：TECLOCK GS-719G Shore C Durometer (测试范围 0-100 Shore C、适用于非常软的材料，包括海绵、泡沫、硅胶等、分辨率 1 Shore C、精度 ±1 Shore C)

压缩机：Instron 5944 压缩测试机(力容量 2 kN、测试速度 0.001 至 3000 mm/min、力传感器精度为读数的 ±0.5%)

尺：Mitutoyo 530-312 游标卡尺(测试范围 0-300 mm、分辨率 0.02 mm、精度 ±0.03 mm)

海绵硬度测试仪：Rex Gauge DD-4 Digital Durometer (测试范围 0-100 Shore, 适用海绵、泡沫、橡胶和其他柔软材料、分辨率 0.1 Shore、精度 ±1 Shore)

海绵回弹测试仪：ZwickRoell 5109 Rebound Resilience Tester (原理即通过测量标准钢球从样品表面反弹的高度来评估材料的回弹性能)

天平：Mettler Toledo MS204S Analytical Balance(最大称量 220g、可读性 0.1mg、重复性 0.1 mg、线性 ±0.2 mg)

1.3 样品制备

将样品通过压缩机成卷压缩，压缩至原有体积的 25%，其中编号为 1、3、5、7、9 的样品将其置于烘箱，温度为 60℃，湿度为 50%，放置时间为 48 小时。编号为 2、4、6、8、10 的样品置于常温环境中，放置时间为 6 个月。

1.4 测试方法

1.5 高度测试

打开游标卡尺、测量外径、读取刻度、记录数据、求 5 次平均值

1.5.1.1 密度测试

1.5.1.2 按 GB/T 6343-2009 规定测试表观芯密度，计算表观密度偏差，试样数量 3 个，试样的上下面应平行，相邻各面应垂直，试样尺寸(380₋₀⁺²⁰mm) × (380₋₀⁺²⁰mm) × (50mm ± 2mm)；

硬度测试

1.5.1.3 回弹率测试：按 GB/T 6670-2008 的规定执行；数据精确至 0.1%。

1.5.1.4 压陷硬度测试：按 GB/T 10807-2006 规定的方法 B 进行。试样数量 3 个，测定 40% 压陷硬度，数据精确至 1N。同方法测定压陷 25% 和 65% 时的压陷硬度，计算压陷 25% 和 65% 时的压陷硬度之

比；

2 结果与讨论

2.1 压缩对海绵性能的影响

对不同海绵进行压缩 6 个月后对比压缩前后回弹率、40% 压陷硬度、压陷比的性能变化，结果如表 2 所示。

表 2 压缩对海绵回弹率及硬度性能的影响

序号	海绵型号	压缩前			压缩后		
		回弹率/%	硬度/N	压陷比	回弹率/%	硬度/N	压陷比
2	C2513	48.9	47.4	2.42	47.2	36.5	2.52
4	C2616	50.7	73.4	2.31	53.7	62.5	2.34
6	C3025	53.3	118	2.09	50.4	91.2	2.05
8	C3630	59.1	164	2.16	59.1	126	2.19
10	C4045	38.9	224	2.39	38.4	162	2.39

从表 1 可以看出，压缩对海绵的各项性能均有不同程度的影响。其中压缩后回弹率的变化幅度分别为 -3.48%、5.92%、-5.44%、0%、-1.29%，从数据可以看出，海绵回弹性能并未出现明显且规律的变化，可知海绵压缩对回弹性能影响较小。压缩后硬度的变化幅度分别为 -23.00%、-14.85%、-22.70%、-23.17%、-27.68%，可知压缩对海绵硬度的影响较大，硬度降低范围一般在 20% 左右，对坐感有较大的影响。压缩后压陷比的变化幅度分别为 4.13%、1.30%、-1.91%、1.39%、0.00%，压陷比在压缩后并未出现明显的变化，主要是由于压陷比是 65% 压陷硬度和 25% 压陷硬度的比值，在压缩后两者均出现一定程度的降低，且降低幅度相似，因此压陷比没有出现较大变化。

2.2 不同压缩方式对海绵性能的影响

在不同压缩方式下，对海绵性能的影响结果如表 3 所示。

表 3 不同压缩方式对海绵高度及硬度的影响

序号	海绵型号	高度回复率/%	硬度回复率/%
1	C2513	94.0	77.35
2	C2513	93.7	77.00
3	C2616	98.2	85.98
4	C2616	97.1	85.15
5	C3025	98.1	77.89
6	C3025	97.0	77.29
7	C3630	98.3	76.86
8	C3630	98.2	76.83
9	C4045	98.1	72.32
10	C4045	98.2	72.32

从表 2 可以看出，常温 6 个月压缩和高温加速压缩对海绵高度和硬度的影响相似。其中不同压缩方式对高度回复率的影响差距分别为 -0.96%、-1.12%、-1.12%、-0.10%、0.10%，对硬度回复率的影响差距分别为 -0.45%、-0.97%、-0.77%、-0.04%、0.00%，由数据可知不同压缩方式对不同性能的影响变化趋势具有一致性，且差

距均在 0.5%以内, 结合海绵本身性能, 尤其是硬度, 具有 10%左右的偏差范围, 因此可认为两种压缩方式对海绵性能的影响相同。

2.3 坐感配比研究

基于上述坐垫硬度等级和回弹性能评价指标, 可以在数据层面

让用户感知坐感。本研究需要坐感配比旨在改变数据达到满足用户坐感需求。采用可压缩填充物性能数据源为基础, 建立两层和三层坐垫海绵硬度和回弹计算表单。通过多次实验验证, 该表单具有实际应用价值和坐感参考依据。

三层坐垫海绵硬度和回弹计算表单

项目名称	分层数量	分层结构	物料/海绵名称	海绵厚度单位/mm	回弹率/%	硬度/N	总回弹率性能/%	总硬度性能/N	72h 海绵恢复率/%	备注
可压缩海绵垫子	3层	上	C3525AN 黄	50	28%	50.00	89%	197.32	97.8%	三层海绵结构坐垫
		中	C3235AN 红	70	34%	97.33			98.6%	
		下	C3525AN 黄	50	28%	50.00			97.8%	

备注: 72%≤总回弹率性能/%≤110%&≤130 总硬度性能/N≤200 时, 坐垫等级软; 60%≤总回弹率性能/%≤95%&≤180 总硬度性能/N≤278 时, 坐垫等级中软; 60%≤总回弹率性能/%≤95%&≤240 总硬度性能/N≤372 时, 坐垫等级硬。总回弹率是以坐垫的海绵密度/厚度 130-200mm 来参考的(数值越大相对回弹性能越好, 数值越低相对回弹性能越低)。总硬度率是以坐垫的海绵密度/厚度 130-200mm 来参考的(数值越高相对硬度性能越硬, 数值越低相对硬度性能越软)

表单中用户只需要选取合适性能参数物料及填写海绵厚度, 即可自动生成回弹率和硬度。回弹率/=数据源回弹率(海绵性能测试数据)*海绵厚度/100、硬度=数据源压缩硬度(海绵性能测试数据)*海绵厚度/100。

在三层海绵计算表单中, 物料名称采用可压缩填充物性能研究数据源, 海绵厚度为用户自定义厚度, 通过数据物料名称和海绵厚度, 即可以得到坐垫回弹性能和硬度性能。

两层坐垫海绵硬度和回弹计算表单

项目名称	分层数量	分层结构	物料/海绵名称	海绵厚度单位/mm	回弹率/%	硬度/N	总回弹率性能/%	总硬度性能/N	72h 海绵恢复率/%	备注
可压缩海绵垫子	2层	上	C3525AN 黄	100	55%	99.99	103%	239.03	97.8%	两层海绵结构坐垫
		下	C3525AN 黄	100	48%	139.04			98.6%	

1) 结论压缩对海绵的硬度影响较大, 一般降幅在 20%左右。

2) 压缩对海绵回弹率有一定影响, 但影响较小, 变化幅度在 ±5%以内。

3) 压缩对海绵尺寸有一定的影响, 一般降幅在 10%以内。

4) 高温加速压缩对海绵性能的影响和常温长时间压缩的影响相同, 后续实验可通过高温处理来大幅降低实验时间。

本研究通过系统的坐感指标评价和可压缩填充物性能测试, 建立了沙发压缩坐垫可压缩材料配比模型。通过大量实践论证结果证实: 可压缩材料配比模型能够快速配置出压缩坐垫海绵配比、回弹性能、硬度等级, 为沙发制造行业提供了科学依据和指导。未来的研究可以进一步细化配比模型中海绵性能与坐感硬度等级、回弹性能一一对应算法公式, 提供更具公理性科学依据的坐感计算模型。

参考文献:

[1] T-SZFA 2004.1—2023 沙发人体工程学评价 第 1 部分: 沙发硬度等级的测试与评价。
[2] T-SZFA 2004.2—2023 沙发人体工程学评价 第 2 部分: 沙发回弹性能的测试与评价。
[3] 呼慧敏. (2011). 人类工效学认证中的用户体验调查. 认证技术(4), 2.
[4] GB/T 39223.6-2020 健康家居的人类工效学要求第 6 部分: 沙

发。

[5] GBT 39223.6-2020 健康家居的人类工效学要求 第 5 部分: 床垫。

[6] GB-T 43007-2023 床垫硬度等级分布测试与评价方法。

[7] 杨静.(2008). 沙发椅背的人体舒适性研究. (Doctoral dissertation, 南京林业大学).

[8] 陈玉霞, 申黎明, & 郭勇.(2010). 沙发座面高度对人体坐姿舒适性的影响. 南京林业大学学报: 自然科学版(1), 5.)

[9] Hertzberg HTE. Seat Comforts [R], in: Hansen R, Cnrog DR and Hertzberg HTE, eds, Annotated Bibliography of Applied Physical Anthropology in Human Engineering, WADC Technical report 56-30, (Dayton, OH: Wright -Patterson Air -force Base), 1958 : 297-300.

[10] 陈玉霞, 申黎明, 郭勇, & 刘盛全. (2009). 基于体压分布的沙发座深对坐姿舒适性影响的研究. 西北林学院学报, 24(5), 5.

[11] 郭勇, 陈玉霞, & 申黎明.(2011). 基于体压分布的沙发靠背高度对坐姿舒适性的影响. 安徽农业大学学报, 38(1), 4.

[12] BRANTON, & P. (1969). Behaviour, body mechanics and discomfort. Ergonomics, 12(2), 316-327.

[13] 郭勇, 申黎明, & 陈玉霞. (2011). 沙发海绵靠背垫性能对坐姿舒适性的影响. 西北林学院学报, 26(3), 5.