

沙发座垫物理特性对坐姿稳定感的影响

陈玉霞^{1,2}, 申利明², 郭勇¹, 刘盛全¹

(1. 安徽农业大学 林学与园林学院, 安徽 合肥 230036; 2. 南京林业大学 木材工业学院, 江苏 南京 210037)

摘要:利用体压分布测试的方法,通过沙发座面及靠背面上压力分布的测试,分析了坐姿稳定感的影响因素和评价方法。结果表明:坐姿稳定感受沙发座垫硬度及层状结构的影响;力矩分布曲线能够考察人体各部位对保持坐姿稳感的贡献率以及预判坐姿稳定性。

关键词:沙发;座垫;稳定感;体压分布;力矩

中图分类号: TB18 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-7461(2009)06-0154-04

Effect of the Physical Properties of Sofa Cushion on Sense of Sitting Stability

CHEN Yu-xia^{1,2}, SHEN Li-ming², GUO Yong¹, LIU Sheng-quan¹

(1. College of Forest and Garden, Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230036, China;

2. College of Wood Science and Technology, Nanjing Forest University, Nanjing, Jiangsu 210037, China)

Abstract: By using body pressure measuring system, the paper analyzed the influencing factors of the sense of sitting stability and its evaluation methodology. The results showed that the sense of sitting stability was affected by the hardness and layer structure of the sofa cushion. The moment curves can be used in studying the contribution rate of different parts of the human body on the sense of sitting stability and in pre-judging the sitting stability.

Key words: sofa; cushion; stable feeling; body pressure distribution; moment

沙发座垫有2个方面的重要作用,一是使坐者体重较均匀地分布于臀部,二是使坐姿稳定。研究表明,太软的座垫不能使坐姿稳定,甚至引起坐姿疲劳,这是因为柔软的座垫一般平均压力较小,即座椅对人体结构的支撑力较小,为了维持坐姿,人体需要做更多的内功。同时,座垫较软,坐者臀和大腿均部分地陷入座垫之中,从而受到座垫的挤压作用,此时坐者不容易改变姿势以躲开这种挤压,因此,需要肌肉用更多的力才能维持某一姿势^[1]。由此可知,沙发的稳定性与座垫的硬度有着密切的关系。沙发的稳定性主要包括人体有无向前滑或向下滑的趋势、人体左右调节姿势的难易程度等,可以通过力矩分布曲线来预判,以达到优化沙发设计的目的。从力学角度来看,对力矩的分析应该着眼于力矩的量值以及力矩的分布。力矩分布曲线是一个综合反映沙发物理几何特性的指标^[2]。人体不同部位对于保持

人体平衡的贡献是不一样的,力矩则反映了这一权重。很显然,距离人体重心较远点的力对于保持人体的平衡有较大的影响。较好的沙发座垫,横向力矩的纵向分布曲线应向上偏移,横向和纵向力矩的横向分布曲线都应该以纵轴为中心左右对称。这样腿部及臀部区域力矩的分布比较合理,腿部、臀部的稳定感、舒适性会得以充分体现^[2-3]。笔者从沙发硬度出发,通过对沙发座面和靠背面上的力矩分布曲线来分析坐姿的稳定性以及坐姿稳定性对坐姿舒适性的影响。

1 材料与方法

1.1 被试者

6名青年男性大学生志愿者,年龄 23 ± 3 a、身高 $171.6 \text{ cm} \pm 7.0 \text{ cm}$ 、体重 $66.3 \text{ kg} \pm 10.5 \text{ kg}$,身体健康状况良好,试验前24 h未进行剧烈体力活

动,无肌肉疲劳现象。

1.2 测试内容及坐姿要求

测试 5 种不同硬度的座垫使用状态下座面压力分布。试验时,要求受试者自然后倾,靠于沙发靠背上,眼睛平视前方,左右大腿平行,膝部弯曲大致呈 90°,足平放于地面,双肩放松,双手置于大腿之上。表 1 为座垫硬度及层状结构参数。

表 1 座垫的层状结构及其物理参数^①

座垫编号	上层海绵		中间层海绵		下层海绵		座垫整体	
	厚度/cm	下陷硬度/N	厚度/cm	下陷硬度/N	厚度/cm	下陷硬度/N	厚度/cm	下陷硬度/N
A	10.2	110	—	—	10.2	100	20.4	104.8
B	10.2	80	—	—	10.2	100	20.4	88.9
C	10.2	80	—	—	10.2	80	20.4	80.0
D	10.2	80	5.1	35	5.1	100	20.4	62.9
E	5.1	80	5.1	35	10.2	100	20.4	65.5

①下陷硬度是指在规定条件下,对标准尺寸的海绵试件进行压陷,海绵产生抗压陷力,该力与仪器施加给试件的力大小相当,方向相反,记录该力值,即为压陷载荷硬度。压陷载荷指数越大,海绵的硬度越高。

主观评价采用语义微分法(SD, semantic differential method)^[4-5],使用七级量表,包括总体舒适度评价、身体部位舒适度评价和沙发特征描述三项内容。

1.3 BPD 数据采集

采用美国 Tekscan 公司提供的体压分布测量系统(BPMS,body pressure measure system)测试入座面压力分布数据。测试时,首先将压力传感垫置于人与沙发座面之间,待压力分布相对稳定后进行记录,记录时间为 5 min,采样率为 8 f · s⁻¹。

1.4 试验程序

试验前告知受试者试验的目的、内容和测试方式,并帮助其熟悉主观舒适度评价量表。试验过程中,受试者不得多讲话,报告舒适状况时避免大声或激动。一种坐姿状态测试完毕,休息 30 min 后,进行下一坐姿状态的测试。

1.5 统计分析

试验过程中存取的压力分布记录文件(文件名 为“fsx”),可以转换成一般电脑可以读取的压力矩 阵 ASCII 纯文本文档,将此 ASCII 文档导入 Office Excel 2004,作为计算及统计分析的基础。由 BPMS 获得座面和靠背面的压力分布矩阵,并由压力 分布矩阵推算纵向力矩的纵向分布曲线、纵向力 矩的横向分布曲线、横向力矩的横向分布曲线、横向 力矩的纵向分布曲线^[2],推算公式分别为:

$$M_{CCL}(x_i)=\sum_{j=1}^{N_j}P(x_1,y_j)\cdot\Delta l\cdot a_i\tag{1}$$

式中: N_j 第 i 排的测点数; $P(x_1,y_j)$ 为第 i 排第 j 个测点的压力; Δl 为该测点所代表的线长度,对于 等间隔分布的测点, Δl 为常数; a_i 为第 i 排第 j 个 测点到支点的垂直距离。

$$M_{CRL}(y_i)=\sum_{j=1}^{N_j}P(x_1,y_j)\cdot\Delta l\cdot a_i\tag{2}$$

式中: N_j 为第 j 列的测点数; $P(x_1,y_j)$ 第 j 列第 i 个测点的压力; Δl 为该测点所代表的线长度,对于 等间隔分布的测点, Δl 为常数; a_i 为第 j 列第 i 个 测点到支点的垂直距离。

$$M_{RRL}(y_i)=\sum_{j=1}^{N_j}P(x_1,y_j)\cdot\Delta l\cdot a_j\tag{3}$$

式中: N_j 为第 j 列的测点数; $P(x_1,y_j)$ 为第 j 列第 i 个测点的压力; Δl 为该测点所代表的线长度,对于 等间隔分布的测点, Δl 为常数; a_j 为第 j 列第 i 个 测点到纵向对称轴的距离。

$$M_{RCL}(x_i)=\sum_{j=1}^{N_j}P(x_1,y_j)\cdot\Delta l\cdot a_j\tag{4}$$

式中: N_j 为第 i 排的测点数; $P(x_1,y_j)$ 为第 i 排第 j 个测点的压力; Δl 为该测点所代表的线长度,对于 等间隔分布的测点, Δl 为常数; a_j 为第 i 排第 j 个 测点到纵向对称轴的距离。

利用“模糊数学”理论^[6-8],对坐姿舒适度和稳定 性的主观评价数据进行统计计算。统计分析使用 Excel 和 SPSS 软件。

2 结果与分析

2.1 纵向力矩的纵向分布曲线

根据力学原理,预判人体在使用沙发过程中有 无向前滑或向下陷的感觉,可用纵向力矩的纵向分 布曲线来实现^[2]。

对沙发座面上和靠背面上的纵向力矩的纵向分 布曲线进行积分(图 1、图 2),并计算 $(A-B)\sin\alpha$ 和 $C\cos(90-\beta)$ 。

由表 2 可知,随着座垫硬度的降低,臀部逐渐产 生下陷的感觉,且当 $(A-B)\sin\alpha$ 和 $C\cos 90-\beta$)大致 相等时,人体感觉无向前滑的趋势;当 $(A-B)\sin\alpha$ 大 于 $C\cos(90-\beta)$,且二者之差达到一定程度时,臀部 产生下陷感。

由表 3 及图 3 可知,在沙发座垫下陷硬度范围内,并未出现坐姿不稳感,并且随着沙发座垫下陷硬度的降低,坐姿稳定感增强。按照有些学者的理论,“座垫太软,坐姿稳定感反而变差”。说明所谓“太软

的座垫”,其下陷硬度应低于本研究座垫下陷硬度的下限,即低于 62.9 N。因此,随着座垫下陷硬度的降低,坐姿稳定感先增强,后减弱;当下陷硬度低于某一值时,坐姿出现不稳定感。

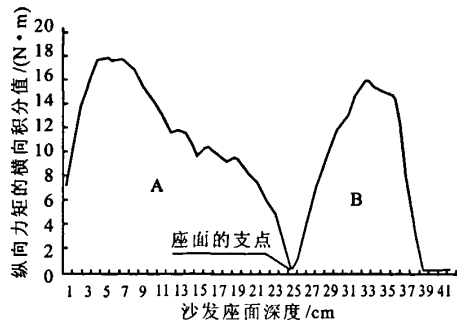


图 1 座面上纵向力矩的纵向分布曲线

Fig. 1 Longitudinal distribution of longitudinal impedance moment on the seat interface

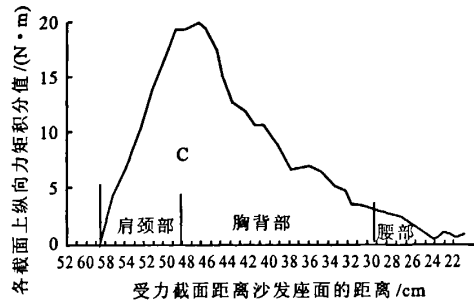


图 2 靠背面上纵向力矩的纵向分布曲线

Fig. 2 Longitudinal distribution of longitudinal impedance moment on the backrest interface

表 2 纵向力矩的纵向分布曲线积分值和主观评价结果的关系^①

Table 2 The relationship between integral values of the longitudinal distribution curves of longitudinal lengthways moments and the subjective evaluation results

海绵座垫的下陷硬度/N	A/(N·m)	B/(N·m)	C/(N·m)	$\langle A-B \rangle \sin \alpha / (N \cdot m)$	$C \cos(90^\circ - \beta) / (N \cdot m)$	主观感受
104.8	170.9	44.9	15.9	15.3	15.0	无向前滑的趋势
88.9	173.1	47.6	16.1	15.3	15.1	无向前滑的趋势
80.0	182.2	55.4	15.6	15.4	14.7	臀部有下陷感
65.5	189.0	58.7	14.6	15.9	13.7	臀部有下陷感
62.9	198.9	59.9	14.8	16.9	13.9	臀部有下陷感

①A、B 分别为纵向力矩的纵向分布曲线在支点之前和之后的积分值;C 为靠背面上纵向力矩的纵向分布曲线的积分值 α 为座面倾角 7°, β 为靠背倾角 110°。

表 3 不同座垫硬度的坐姿稳定感主观评价结果

Table 3 Subjective evaluation results of the seat cushions with different hardness about the sitting stability

海绵座垫的下陷硬度/N	104.8	88.9	80.0	65.5	62.9
坐姿稳定感	1.18	2.18	2.41	2.41	2.68

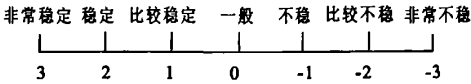


图 3 坐姿稳定感的七级量表

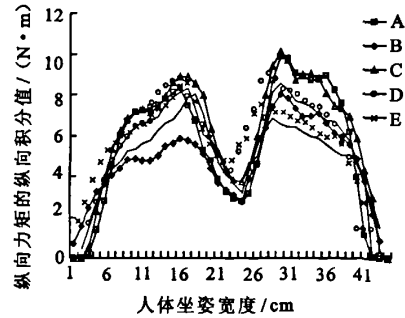
Fig. 3 Seven-degree scale of the sense of sitting stability

2.2 纵向力矩的横向分布曲线

将平行于沙发纵向对称轴的各截面上的压力取纵向力矩再积分(即各截面上的力矩的总体效果),以沙发座面宽度为横坐标,以力矩积分结果为纵坐标,画出的曲线即为纵向力矩的横向分布曲线(图 4)。纵向力矩的横向分布曲线主要反映人体横向各部对于保持人体平衡(防止向下滑或向前滑)的权重。

从图 4 可以看出,在使用沙发的过程中,不会出现向下滑或向前滑的趋势,不仅与座垫海绵的硬度相关,还与沙发座垫的层状结构相关,当沙发座垫的表层下陷硬度大于底层时(图 4 中 A)或两者下

陷硬度相当时(图 4 中 C),2 个坐骨对于保持身体平衡的贡献率较大,而当表层下陷硬度小于底层时(图 4 中 B),2 个坐骨对于保持身体平衡的贡献率较小(如尽管 B 座垫的总体下陷硬度大于 C 座垫,但 2 坐骨对于保持身体平衡的贡献率却小于 C 座垫)。



A-104.8N B-88.9N C-80.0N D-65.5N E-62.9N

图 4 不同硬度座垫的纵向力矩的横向分布曲线

Fig. 4 The transverse distribution curves of the longitudinal moments on the seat cushions with different hardness

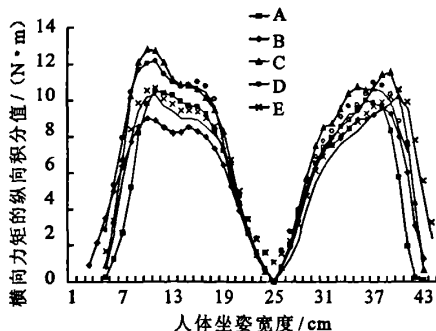
2.3 横向力矩的横向分布曲线

将平行于沙发纵向对称轴的各截面上的压力取横向力矩再积分,以座面宽度方向为横坐标,以力矩积分结果为纵坐标,画出的曲线即为横向力矩的横向分布曲线(图5)。横向力矩的横向分布曲线反映了人体横向各部位对于保持人体左右平衡的权重,以及人体调整姿势时,恢复平衡的能力。

从图5可以看出,坐骨外侧的力矩较大,对保持人体坐姿左右平衡及调节姿势后恢复平衡起着重要作用。

沙发座垫硬度较小时,左右横向力矩的横向分布曲线与横轴坐标所围合的面积较大(图5中C和D),即臀部左右两侧的力矩积分值较大,有利于坐姿保持左右平衡,但不利于人体姿势的调节,这与坐姿经验相一致。沙发座垫硬度较大时,与前者正好相反(图5中A)。

沙发座垫表层硬度小于底层时,力矩积分值较小(图5中B)。尽管座垫B的总体硬度小于座垫A,但其力矩积分值也小于座垫A。由此可见,人体姿势调节的能力与沙发座垫硬度有关,这种关系受沙发座垫层状结构的影响。



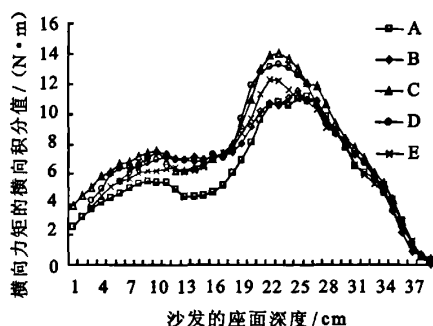
A-104.8N B-88.9N C-80.0N D-65.5N E-62.9N

图5 不同硬度座垫的横向力矩的横向分布曲线

Fig. 5 Transverse distribution curves of the transverse moments on the seat cushions with different hardness

2.4 横向力矩的纵向分布曲线

沙发座面上横向力矩的纵向分布曲线,主要反映沿纵向对称轴人体各部分对于保持人体左右平衡的权重。从图6可以看出,当沙发座面硬度较大时,臀部和大腿根处力矩积分值较小,这两个部位对于保持坐姿左右平衡的贡献较小;当沙发座面硬度较大时,情况正好相反;稳定性较好的沙发座垫,臀部力矩积分值较大,而腿部力矩积分值变化较小,即臀部对坐姿稳定性的贡献率较大,而腿部从前向后贡献率变化较小。



A-104.8N B-88.9N C-80N D-65.5N E-62.9N

图6 不同硬度座垫的横向力矩的纵向分布曲线

Fig. 6 Longitudinal distribution curves of the transverse moments on the seat cushions with different hardness

3 结论

纵向力矩的纵向分布曲线能够较好的反映沙发使用过程中人体有无向前滑和臀部有无下陷感的现象,而纵向力矩的横向分布曲线可反映人体横向各部位对于保持人体纵向平衡的权重;横向力矩的横向分布曲线能够较好的反映人体调节姿势的难易程度及坐姿的稳定性,而横向力矩的纵向分布曲线则可反映人体纵向各部位对于保持人体横向平衡的权重。

坐姿稳定感受沙发座垫硬度及层状结构的影响。随着沙发座垫硬度的减小,坐姿稳定感先增强、后减弱,当座垫硬度小到某一数值($<62.9\text{N}$)时,坐姿出现不稳定感。沙发座垫底层硬度大于表层时,座面压力分布比较合理,不仅有利于坐姿平衡,还有利于姿势的调节。因此,坐姿平衡与姿势的调节并非绝对对立,可以通过座垫的设计来优化座面压力分布,从而获得比较舒适、稳定的坐感。

参考文献:

- [1] 戴维·J·奥博尼(英). 人类工程学及其应用[M]. 岳丛凤, 孙仁佳, 译. 北京: 科学普及出版社, 1988, 6.
- [2] 陈玉霞, 申利明. 沙发舒适度的评价方法探讨[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(2), 179-183.
- [3] 徐明, 夏群生. 体压分布的指标[J]. 中国机械工程, 1997, 8(1), 65-68.
- [4] LOOZE M P, KUIJT E L F M, DIEEN J. Sitting comfort and discomfort and the relationships with objective measures [J]. Ergonomics, 2003, 46(10), 985-997.
- [5] MAKHSOUS M, LIN F, HENDRIX R, et al. Sitting with adjustable ischial and back supports [J]. Biomechanical Changes Spine, 2003, 28, 1113-1122.
- [6] 张灵堂. 主观指标评价的模糊综合评价方法及应用[J]. 深圳大学学报, 1998, 15(1), 92-94.
- [7] 刘建中, 铃木近(日本), 青木弘行(日本). 汽车乘坐舒适性主观评价模型的构筑[J]. 汽车技术, 1994(9), 11-20.
- [8] 张建利, 姜莹. 多变量模糊舒适度评价仪[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2004, 36(8), 1098-1102.