

基于体压分布的沙发座深对坐姿舒适性影响的研究

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:随着坐姿健康问题的增多,人们纷纷将问题的焦点集中于沙发及座椅设计之上。而舒适合理的沙发设计需要人体工程学的相关知识为理论基础和设计依据。利用体压分布测量系统,采用主观评价与客观测试相结合的方法分析了沙发座面深度与坐姿舒适性之间的关系。研究表明,座面深度对沙发使用舒适性有着重要的影响,座面深度极差不宜超过 50 mm,为从人体工程学的角度优化沙发座面设计提供了理论依据。

关键词:沙发;座面深度;坐姿舒适性;体压分布测试

中图分类号:TS665

文献标识码:A

文章编号:1001-7461(2009)05-0152-05

Influence of Seat Depth on Comfortability Based on Body Pressure Distribution

CHEN Yu-xia^{1,2}, SHEN Li-ming¹, 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 Forestry University, Nanjing, Jiangsu 210037, China)

Abstract: With the increase of the problems caused by sitting posture, more attention is focused on the design of sofa and chair. However, reasonable and comfortable sofa designs need some theoretical and designing bases in the aspect of ergonomics. By using body pressure measure system and subjective evaluation. Effects of seat depth on the sitting comfortability were discussed and assessed to provide a theoretical basis for reasonably optimizing sofa seat interface design from ergonomically perspective. The results showed that seat depth had significant impact on sitting comfortability. The seat depth should not be over 50 mm.

Key words: sofa; seat depth; sitting comfortability; body pressure distribution

体压分布是指人体与座椅之间接触面的压力分布,它对座椅的舒适性设计有着重要的影响。人就座时,身体大部重量是经臀部、背部隆起部位及其附着在其上的肌肉传至座椅面上的。早期关于体压分布的研究主要是关于医学方面的,是为了防止或减少瘫痪病人皮肤溃烂、压痛而对人椅界面实施优化的研究。研究表明,座面上均匀的压力分布可以减少皮肤溃烂及压痛的发生几率,人椅界面上局部高压可以导致人体软组织变形,从而阻碍血液循环及营养供给,使人体出现不舒适感或疲劳感^[1]。尽管压力分布方面的研究已取得了大量成果,但仍然存在着争议,如有些学者认为,人体的重量应均匀的分布于人体臀下,应尽可能减小大腿下压力,这样才

有益于人体健康,这主要是因为,较高压力作用于人体大腿软组织时,会使人体产生不舒适感,从而影响到人的工作效率^[2]。另一些学者认为,人体重量应均匀地分布于整个座面,如 2000 年 Milivojevic 等人就提出“较均匀的压力分布可以使座面更加舒适”,他们的研究发现,坐骨和大腿所受的平均压力越小,座椅的舒适性越好,座椅与人体的接触面积也越大^[3]。另外,背部压力分布也是影响人体坐姿舒适性的重要因素,坐姿舒适还出现在腰部和颈部^[4]。Vergara M 等人的研究发现,较小身材的人不喜欢坐大尺寸的座椅,这是因为在这种情况下,座椅面过大而腰部支撑过高。而身材高大的人不喜欢坐小尺寸的座椅,原因与前者正好相反^[4-10]。采用主观评

收稿日期:2008-11-05 修回日期:2009-04-07

基金项目:安徽省木材科学与技术重点实验室项目(200407);安徽农业大学校长青年科学基金联合项目(校科学[2008]3号)。

作者简介:陈玉霞,女,讲师,主要研究方向:室内与家具设计。

* 通讯作者:申利明,男,教授,主要研究方向:家具设计人体工程学。

价和客观测试相结合的方法,通过沙发座面和靠背面上的压力分布测试,来分析座深对坐姿舒适性的影响,其目的是为沙发的人性化设计提供科学理论依据。

1 试验方法

1.1 被试者

6名青年男性大学生志愿者,年龄(23 ± 3.3)岁、身高(171.6 ± 7.0)cm、体重(66.3 ± 10.5)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 测试内容与坐姿要求

考虑到影响坐姿舒适性的是“人与座椅的匹配关系”,而不仅仅是“座椅的尺度”。因此,本研究在进行座面深度测试时,取座面深度与人体坐深的差(ΔT)作为试验的变量来进行研究,公式如下:

$$\Delta T = T - t$$

其中 T 为沙发座面深度, t 为受试者的坐深。

这里 ΔT 分别取-25、0、25、50、75 5个等级,测试坐姿状态下,座面压力分布。其中靠背倾角 110° ,座面倾角 7° ,要求受试者自然后倾,靠于沙发靠背之上,眼睛平视前方,左右大腿大致平行,膝部弯曲大致呈 90° ,足平放于地面,双肩放松,双手轻轻置于大腿之上。

主观评价采用语义微分法,使用七级量表,评价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3项内容。

1.3 BPD(body pressure distribution)数据的采集

采用美国 Tekscan 公司所提供的体压分布测量系统(BPMS, body pressure measure system)测试一人座面压力分布数据。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 $8 \text{ f} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

1.4 试验程序

试验前告知受试者试验的目的、试验的内容和测试的方式,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,向试验人员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

从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 直接读取靠背面总压力、平均压力、最大压力

和接触面积等压力分布指标,并通过压力分布矩阵推算平均压力梯度(G_v , average pressure gradient)、最大压力梯度(G_m , maximum pressure gradient)、纵向压力分布曲线^[5-9]($P_{\alpha}(x_i)$, lengthways pressure distributing curve),推算公式分别为:

$$G_v = \frac{1}{N_p} \sum_{i=1}^{N_p} G_i \quad (N_p \text{ 为受压点数}) \quad (1)$$

其中 $N_p \leq N$ (N 为测点数)。

$$G_m = \max(G_1, G_2, \dots, G_N) \quad (N \text{ 为测点数}) \quad (2)$$

$$P_{\alpha}(x_i) = \frac{1}{N_j} \sum_{j=1}^{N_j} P(x_i, y_j) \cdot \Delta l_j \quad (3)$$

式中: N_p ——第 i 排的测点数;

$P(x_i, y_j)$ ——第 i 排第 j 个测点的压力;

Δl_j ——该测点所代表的线长度,对于等间隔分布的测点, Δl_j 为常数,对各项压力分布指标进行统计计算,求其与主观评价结果的相关关系,确定压力分布指标的有效性及使用范围。统计分析使用 Excel 和 SPSS 软件。

2 沙发座面深度对坐姿舒适度的影响

2.1 座面深度与座面压力分布的关系

对试验测得数据进行统计处理,并以沙发座面深度级差为横坐标,各压力分布指标值为纵坐标画图,得到座面深度与各压力分布指标的关系(图1)。由图1可知,随着座面深度的增大,人与座面的接触面积在增大,而座面上的总压力、平均压力、最大压力、平均压力梯度、最大压力梯度均随座面深度的增大而先增大后减小,在座深级差为50 mm时,各项压力指标达到最小值。这主要是因为,随着座面深度的增大,人体上身的重心后移,臀部接触面积逐渐纵向增大,即尾椎逐渐与座面相接触,同时随着重心的后移,身体后仰角增大,靠背面上的分压增大(图2(a)),因此,座面上的各项压力指标值减小。然而,当座面深度大到一定程度时,人体的背部与座面相接触,人体上身的部分压力又开始由座面来支撑,因此,座面上的总压力、平均压力、最大压力、平均压力梯度、最大压力梯度等压力分布指标值又开始增大。

由图3可知,随着座面深度的增大,靠背面上的总压力、接触面积、平均压力、最大压力、平均压力梯度、最大压力梯度等压力分布指标先增大,当座深级差达到50 mm时,各项压力分布指标值开始呈下降趋势,其变化与座面压力的变化相对应。当人体上身开始与座面相接触时,靠背面接触面积迅速减小(图2(b))。

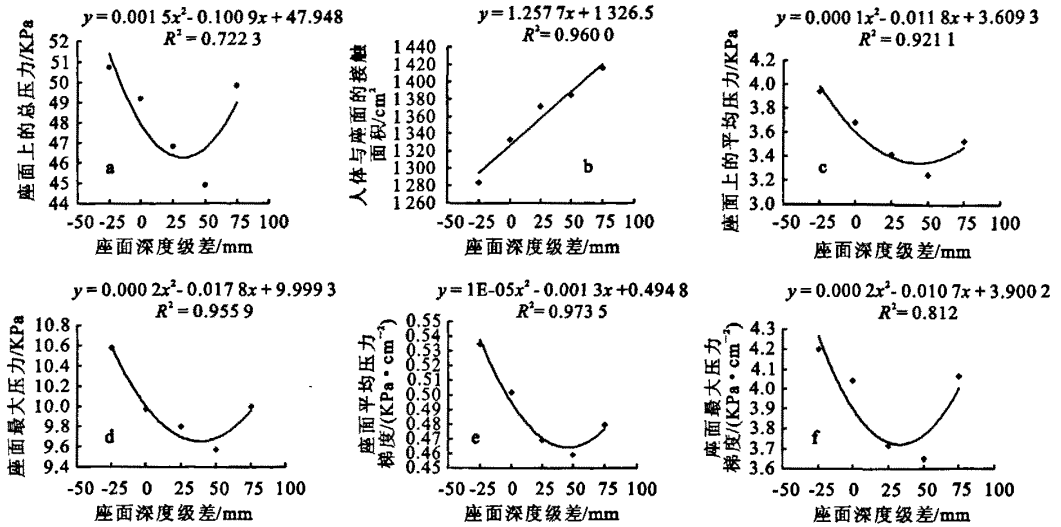


图1 座面深度与座面上各压力分布指标的关系

Fig. 1 Relationship between the seat depth and the pressure distribution indices on seat surface

--- 座深级差-25 --- 座深级差0 -▲- 座深级差25 -▼- 座深级差50 -◆- 座深级差75

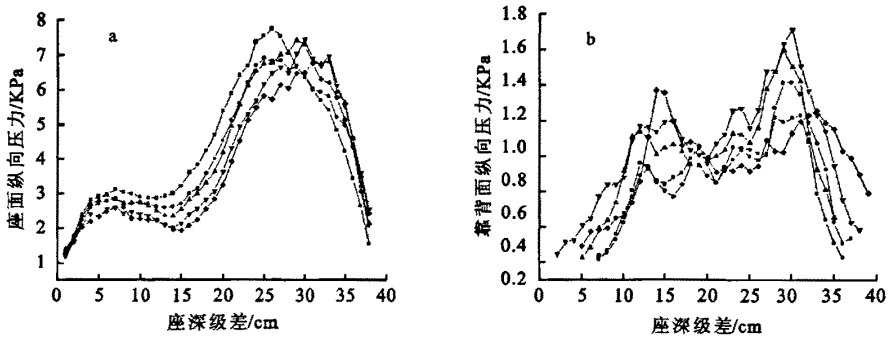


图2 不同座面深度时座面和靠背面上的纵向压力分布曲线

Fig. 2 Lengthways pressure distributing curve on the backrest and seated surface with different seat depths

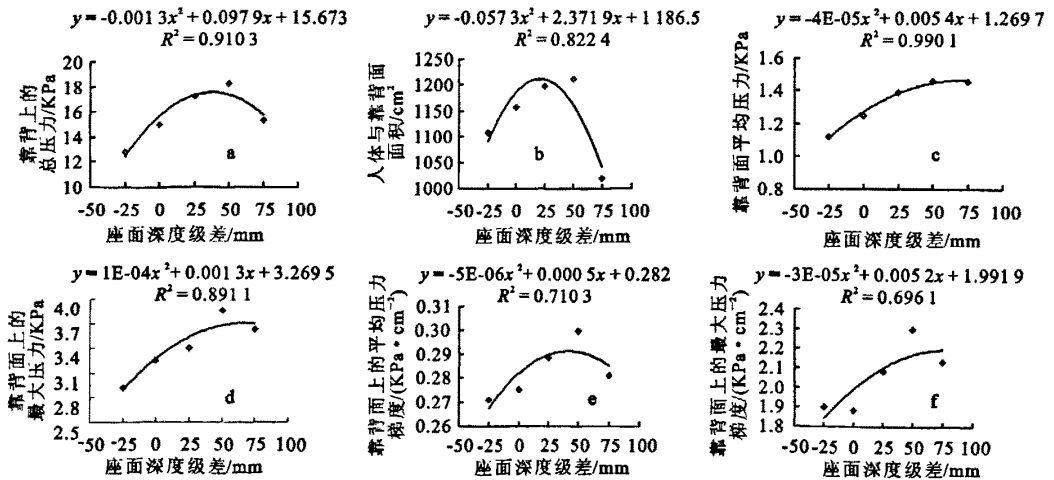


图3 座面深度与靠背面上各压力分布指标的关系

Fig. 3 Relationship between the seat depth and the pressure distribution indices on backrest surface

2.2 主观评价结果

将座面和靠背面的主观评价的数据利用“模糊理论”进行统计处理^[6-8](表 1、表 2)。

表 1 关于座面深度的主观评价结果(座面)

主观评价项目	座深级差/mm				
	-25	0	25	50	75
柔软性	0.88	0.75	0.50	0.50	0.00
大腿靠近 膝腘窝处舒适感	1.25	0.75	0.65	0.41	-0.50
大腿靠近 臀部端舒适感	1.16	0.56	0.66	1.25	1.00
小腿舒适感	0.60	0.75	1.00	0.50	0.45
臀部尾椎附近舒适感	-0.06	-0.56	-0.61	-1.01	-3.00
臀部坐骨周围舒适感	0.03	-0.31	-0.33	-0.73	-3.00
大腿内侧有无压迫感	-0.13	-0.13	0.00	0.00	0.00
大腿外侧有无压迫感	-0.13	-0.13	0.00	0.00	0.00
座面变形	1.13	1.00	1.00	1.13	1.00
坐垫的弹性	0.38	0.19	0.00	0.38	0.00
座面高度	-0.38	-0.25	0.00	-0.38	-0.50
总体感觉	4.25	1.94	3.06	0.91	-4.50

注:表中结果是利用模糊数学原理处理所得。

表 2 关于座面深度的主观评价结果(靠背面)

主观评价项目	座深级差/mm				
	-25	0	25	50	75
柔软性	1.38	1.00	0.75	0.88	0.50
稳定性	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00
腰部舒适感	0.19	0.44	1.25	0.79	0.25
背部舒适感	0.16	0.59	1.25	1.66	0.00
肩胛骨处舒适感	0.28	0.97	0.84	1.31	0.63
颈部舒适感	0.13	0.34	0.97	-0.09	-0.50
腰部有无压迫感	-0.75	-0.75	-0.38	-0.50	-1.50
背部压迫感	-0.75	-0.50	-0.13	-0.13	-1.50
肩胛骨处压迫感	-0.50	0.00	-0.25	-0.25	-0.50
靠背的弹性	0.75	0.56	0.19	0.31	-0.75
座面深度感	-2.00	-0.88	0.25	1.13	2.00
总体舒适度	2.75	5.34	8.41	8.29	1.75

注:表中结果是利用模糊数学原理处理所得。

由表 1 可知,随着座面深度的增大,座面的柔软感降低,这主要是因为随着座面深度的增大尾椎受力增大,故有座面变硬的感觉;随着座面深度的增大,膝腘窝处的舒适性逐渐降低,当座面深度级差达到 75 mm 时,膝腘窝处出现不适感;大腿后端的舒适性在座深级差为 50 mm 时最为舒适;小腿舒适度随着座面深度的增大而先增大后减小,当座深级差为 25 mm 时,小腿最为舒适;随着座面深度的增大,臀部的舒适感降低,当座面深度级差为 -25 mm 时,座面总体舒适感最佳,当座深级差为 -75 mm 时,座面总体舒适感最差。

由表 2 可知,靠背面的柔软感随着座面深度的

增大而降低。这主要是因为随着座面深度的增大腰椎向外弯曲(即外凸),腰部肌肉处于张紧状态,靠背硬度感增强;靠背面的稳定感在座深级差为 50 mm 时最好;背部和肩部舒适感随着座面深度的增大而先增大后减小,当座面深度级差为 50 mm 时,这 2 个部位的舒适感最好;腰部和颈部舒适感也随座面深度的增大而先增大后减小,但腰部和颈部在座深级差为 25 mm 时最为舒适;在座深级差为 25 mm 时,靠背面总体舒适感最佳。

2.3 主观舒适感评价与客观测试结果之间的相关性

将主观评价所得结果与客观测试的各项指标进行相关性分析。由表 3 可知,座面的柔软感与座面接触面积呈显著的负向相关性,即座面上的接触面积压力越大,柔软感越低,这主要是因为尾椎局部压力增大使人感到座面压力增大(一般人的常识是“座面越柔软,压力越小”)。大腿前端的舒适度与座面接触面积也呈显著的负向相关性,即大腿前端接触面积越大,该部位的舒适感越差;小腿舒适度与座面总压力和最大压力呈较为显著的正向相关性,即随着座面承重和最大压力的增大,小腿的舒适度提高;臀部及坐姿总体舒适度与座面接触面积呈显著的负向相关性,这主要是因为随着座面深度的增大,尾椎受力增大,甚至上身也在座面上开始承重,虽然增大了接触面积,但不正确的坐姿使臀部不应受力的部位受压增大,总体舒适度降低。

由表 4 可知,靠背垫的柔软感与靠背面的接触面积呈显著的负向相关性。从前面的研究可知,腰部接触面积对靠背面的柔软感的影响较大,随着座面深度的增大,靠背分承的体重增大,但腰部下移,其与靠背的接触面积减小,柔软感逐渐降低;腰部、背部、肩部舒适度以及总体坐姿舒适度与总压力、最大压力和最大压力梯度呈显著的负向相关性,即总压力、最大压力、最大压力梯度等压力分布指标较低时,腰部、背部、肩部的舒适感较好,总体坐姿舒适感增强。

3 结 论

沙发座面深度不宜过大或过小,当沙发座面深度级差为 25 mm 时,坐姿舒适性最好,座面深度极差不宜超过 50 mm。

为使小腿获得较好的感觉,座面压力不宜过大也不宜过于集中,较大或较集中的压力会阻碍人体下肢及臀部的血液循环,从而影响小腿的舒适性。

腰部应有一定的靠背支撑,否则腰部肌肉将处于紧张的状态之中,从而导致不舒适感。

腰部、肩部虽然需要一定的支撑,但较均匀的压力会使背部处于良好的状态。

表 3 座面深度主观评价结果相关性(座面)

Table 3 Correlativity between subjective and objective assessment results on seat depth (seat surface)

主观评价项目	总压力	接触面积	平均压力	最大压力	平均压力梯度	最大压力梯度
柔软性	0.32	-0.949*	0.53	0.32	0.53	0.32
相关性	0.22	0.01	0.10	0.22	0.10	0.22
大腿前端舒适感	0.11	-0.738*	0.32	0.11	0.32	0.11
相关性	0.40	0.04	0.22	0.40	0.22	0.40
大腿后端舒适感	0.00	0.20	-0.20	0.00	-0.20	0.00
相关性	0.50	0.31	0.31	0.50	0.31	0.50
小腿舒适感	0.60	-0.12	0.36	0.60	0.36	0.60
相关性	0.08	0.39	0.20	0.08	0.20	0.08
尾椎舒适感	0.20	-0.800*	0.40	0.20	0.40	0.20
相关性	0.31	0.03	0.16	0.31	0.16	0.31
坐骨舒适感	0.20	-0.800*	0.40	0.20	0.40	0.20
相关性	0.31	0.03	0.16	0.31	0.16	0.31
总体舒适感	0.20	-0.800*	0.40	0.20	0.40	0.20
相关性	0.31	0.03	0.16	0.31	0.16	0.31

注：* $\alpha=0.05$ 。

表 4 座面深度主观评价结果相关性(靠背面)

Table 4 Correlativity between subjective and objective assessment results on seat depth (backrest)

主观评价项目	总压力	接触面积	平均压力	最大压力	平均压力梯度	最大压力梯度
柔软性	0.200	-0.800*	0.400	0.200	0.400	0.200
相关性	0.312	0.025	0.164	0.312	0.164	0.312
稳定性	-0.632	0.316	-0.632	-0.632	-0.632	-0.632
相关性	0.079	0.240	0.079	0.079	0.079	0.079
腰部舒适度	-0.800*	0.200	-0.600	-0.800*	-0.600	-0.800*
相关性	0.025	0.312	0.071	0.025	0.071	0.025
背部舒适度	-0.800*	0.200	-0.600	-0.800*	-0.600	-0.800*
相关性	0.025	0.312	0.071	0.025	0.071	0.025
肩部舒适度	-0.800*	0.200	-0.600	-0.800*	-0.600	-0.800*
相关性	0.025	0.312	0.071	0.025	0.071	0.025
颈部舒适度	-0.200	-0.400	0.000	-0.200	0.000	-0.200
相关性	0.312	0.164	0.500	0.312	0.500	0.312
总体舒适度	-0.600	0.000	-0.400	-0.600	-0.400	-0.600
相关性	0.071	0.500	0.164	0.071	0.164	0.071

注：* $\alpha=0.05$ 。

参考文献：

[1] 周有礼,江升修,罗世忠.人体坐姿与座椅界面间生物力学分析[J].医用生物力学,1999,14(2):65-73.

[2] AHMADIAN H, MOTTERSHEAD J E, FRISWELL M I. Physical realization of generic parameters in updating[J]. Journal of Vibration and Acoustics, 2002, 124: 628-633.

[3] MILIVOJEVICH A, STANCIU R, RUSS A, et al. Investigating psychometric and body pressure distribution responses to automotive seating comfort[C]// GARY S V. International Truck and Bus Meeting and Exhibition, Detroit, Michigan, USA,SAE,2000.

[4] VERGARA M, PAGE A. System to measure the use of the backrest in sitting-posture office tasks[J]. Applied Ergonomics, 2000, 31(3): 247-254.

[5] 徐明,夏群生.体压分布的指标[J].中国机械工程,1997,8(1): 65-68.

[6] 张灵莹.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.

[9] 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.

[10] 郑祥先,邱时灿.生活中的人体工程学[M].成都:四川科技出版社,1985:2.