

## 坐高变化对人体坐姿体压分布的影响

宋海燕<sup>1</sup>, 张建国<sup>2</sup>, 王芳<sup>2</sup>

(1. 天津科技大学包装与印刷工程学院, 天津 300222; 2. 天津科技大学机械工程学院, 天津 300222)

**摘要:** 通过研究座椅的尺寸参数变化对体压分布的影响, 为日常办公座椅坐姿舒适性设计提供有力的参考依据. 针对6个实验对象, 采用XSensor X3 PRO V6.0压力分布测试系统, 测试不同坐高情况下人体坐姿体压分布及坐姿舒适性的主观评价, 并对压力分布指标采用统计分析软件SPSS 16.0进行数据处理. 获得了座面和靠背的最大压力、平均压力、接触面积以及纵向压力分布曲线随坐高的变化规律, 确定了基于体压分布判断日常办公座椅舒适性的指标, 并求解得到日常办公座椅最舒适的坐高为-2.14 cm.

**关键词:** 办公座椅; 坐高; 体压分布; 影响

中图分类号: TB18 文献标志码: A 文章编号: 1672-6510(2012)06-0057-04

## Influence of Sitting Height on Human Body Pressure Distribution

SONG Haiyan<sup>1</sup>, ZHANG Jianguo<sup>2</sup>, WANG Fang<sup>2</sup>

(1. College of Packaging and Printing Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China;

2. College of Mechanical Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China)

**Abstract:** Through studying the effect of seat size parameter changes on body pressure distribution, this research aimed to provide some reference for comfortable office chair designing. By using XSensor X3 PRO V6.0 test system, human body pressure distribution and subjective comfort evaluation of different sitting height of 6 objects were tested. The data were processed by statistical analysis software SPSS 16.0. Then the changes of maximum pressure, average pressure, contact area of seat surface and backrest, as well as the vertical pressure distribution curve in relation to seat height were obtained. Finally the comfort indicators of daily office chair were determined based on body pressure distribution, and the most comfortable sitting height of office chair was also obtained, which is knee popliteal height - 2.14 cm.

**Key words:** office chair; sitting height; body pressure distribution; influence

人们对座椅的使用可以说是最频繁并且时间最久, 无论办公、休闲都需要座椅, 而对于上班一族, 办公是一天生活的最重要组成部分. 座椅设计不合理会加重肌肉骨骼的压力, 坐的时间稍长就会感到疲劳, 下肢发麻, 长此下去容易导致肩痛、腰肌劳损、腰痛等疾病以及下肢疾病. 因此, 合理设计座椅已经成为当今人体工程学研究热点问题之一<sup>[1-3]</sup>.

关于坐姿舒适性的研究方法较多, 如姿势分析、肌电测试、人体测量、体压分布、椎间盘内压分析、生物力学分析、生理测试、主观绩效评定、行为分析等. 2003年, Looze等<sup>[4]</sup>几乎使用所有的坐姿舒适性

的研究方法, 对坐姿舒适性进行分析, 结果发现人体压力分布与主观评价结果的相关性最为显著. 所谓体压分布, 就是当人坐在座椅或是躺在卧具上时, 座椅或卧具对人体各部分压力的大小及其分布状态, 它是决定座椅舒适性的重要因素之一. 人体压力分布特性的研究, 将在医疗、康复、体育、汽车等相关行业发挥越来越大的作用.

本文通过测量不同坐高情况下人体坐姿体压分布及坐姿舒适性的主观评价, 探讨座椅的主要功能尺寸(坐高)对各体压分布指标和舒适度主观评价的影响规律, 以及舒适度主观评价与各体压分布指标相关

收稿日期: 2012-04-06; 修回日期: 2012-06-11

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划重点项目(2009BAI71B01); 天津科技大学科学研究基金资助项目(20100201)

作者简介: 宋海燕(1977—), 女, 辽宁人, 副教授, hysong@tust.edu.cn.

性的分析,以期确定基于体压分布判断座椅舒适性的指标.通过该指标与坐高的相关关系,得到日常办公座椅最舒适的坐高值,从而为日常办公座椅的舒适性设计提供参考数据.

### 1 实验对象和方法

#### 1.1 实验对象

被试者为6位正常成年人,其中男性3位,女性3位,年龄在24~25岁,无运动神经类疾病,最近两天没有进行过剧烈的运动,目前没有肌肉酸痛及不适.被试者基本身体形态指标见表1.

表1 被试者基本身体形态指标表

Tab.1 Basic body shape indicators of subjects

指标	最小值	最大值	平均值	标准差
年龄/岁	24	25	24.17	1.68
身高/cm	163	173	167.67	9.13
体质量/kg	50.0	67.5	56.75	14.28
座面高度/cm	39.5	53.5	51.5	3.20
坐姿肩高/cm	59.0	66.0	64.00	3.40
膝髁高度/cm	44.5	48.5	46.85	4.40

#### 1.2 实验设备

体压分布测试系统 XSensor X3 PRO V6.0,加拿大 XSensor 技术有限公司;CP-F9 型人体称重测高仪,济南创博科技有限公司;实验用办公座椅,座面高度和靠背角度可调.

#### 1.3 实验方法

在 XSensor 软件平台准备就绪后,依次请被试者以较舒适的姿态坐在座椅上,背靠椅背,腿部自然前伸.待 XSensor 软件界面实时显示的压力分布稳定后,采集约 10 s 的动态压力分布.然后,改变坐高,重新测量.每个被试者都重复相同的实验流程.记录的数据按被试者姓名和座面高度分类保存.在测试体压分布的同时,对被试者进行主观舒适度评价.

##### 1.3.1 坐高确定

坐高定义为座具的座面与地面的垂直距离.为消除实验对象的个体差异,用座面高度与膝髁高度的差值表示坐高.

##### 1.3.2 靠背倾角确定

靠背倾角定义为座椅靠背与水平面的夹角.靠背角度根据人机工程一般建议取 100°(95°~105°).

##### 1.3.3 主观评价

主观评价采用语义微分法,运用 5 级量表<sup>[5]</sup>,评

价总体舒适度<sup>[6]</sup>.舒适性评价分 5 个等级,分值 5、4、3、2、1 依次为舒适、较舒适、一般、较不舒适、很不舒适.在测试体压分布的同时,让被试者打分,取 6 位实验对象评分的平均值作为舒适度平均值.

#### 1.3.4 数据处理

由 XSensor PRO V6.0 可直接读取最大压力、平均压力、接触面积等指标,并通过压力分布矩阵计算纵向压力分布.统计分析使用 SPSS 16.0 和 Matlab 7.0 软件.

## 2 结果与讨论

### 2.1 坐高对舒适度主观评价的影响

不同坐高与主观舒适度的关系如图 1 所示,其座面体压分布变化的部分数据如图 2 所示.

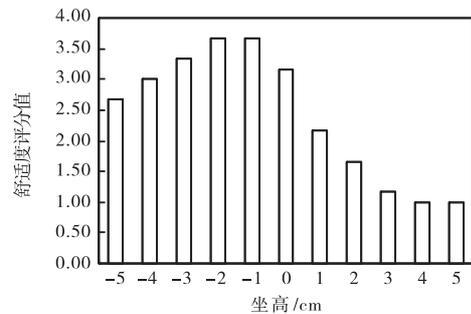


图1 坐高与主观舒适度的关系

Fig.1 Relation between seat height and subjective comfort

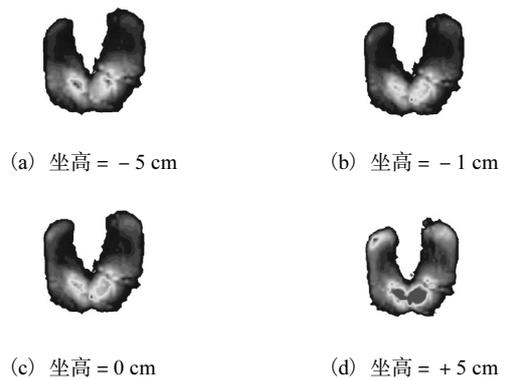


图2 不同坐高的座面体压分布变化示意图

Fig.2 Body pressure distribution at different sitting height

由图 1 可知,当座面高度低于膝髁高 1 cm 或 2 cm 时,人的主观舒适度评价最高.结合图 2 可知,当座面高度低于膝髁高度时,坐骨结节处的压力有增大趋势,主观评价得分也随着座面高度的降低而减小.当座面高度低于膝髁高 1、2 cm 时,大腿前部与座面接触时所受的压力比座面高度高于膝髁高时有

明显减少,但此时坐骨结节处的压力又无明显增大,因此主观评价分值较高.当座面高度大于膝髁高时,导致大腿受到压迫以及脚不及地,大腿与座面接触面积较大,尤其是大腿前部与座面接触明显受到压力,由于大腿前部与膝关节相接触部位的血管和神经比较集中和丰富,因此受试者明显感到不舒适,主观评

价分值较低.

### 2.2 坐高变化对体压分布的影响

不同坐高时座面和靠背的体压分布见表 2. 最大压力、平均压力及接触面积随坐高变化的多项式回归方程见表 3. 不同坐高的座面纵向压力分布曲线见图 3,  $p_{avs}$  为座面横截面上压力分布平均值.

表 2 不同坐高的体压分布指标数据  
Tab. 2 Body pressure indicators at different sitting height

h/cm	座面			靠背		
	$p_{ms}$ /kPa	$p_{vs}$ /kPa	$A_s$ /cm <sup>2</sup>	$p_{mb}$ /kPa	$p_{vb}$ /kPa	$A_b$ /cm <sup>2</sup>
-5	20.440	4.985	931.987	4.562	2.397	235.483
-4	22.232	5.033	950.268	4.828	2.475	212.367
-3	22.113	5.075	974.195	5.010	2.417	218.282
-2	20.215	5.032	997.043	4.687	2.380	217.205
-1	19.918	5.035	1 011.292	4.930	2.458	220.430
0	19.488	5.040	1 027.148	5.117	2.477	220.970
+1	19.167	5.087	1 033.602	5.123	2.517	225.270
+2	18.582	5.138	1 043.817	5.125	2.552	230.913
+3	17.412	5.178	1 059.945	5.173	2.507	217.742
+4	18.298	5.270	1 057.257	5.047	2.540	202.418
+5	19.638	5.487	1 056.183	5.307	2.505	206.776

注:  $h$  为坐高;  $p_{ms}$ 、 $p_{vs}$ 、 $A_s$  分别为座面的最大压力、平均压力和接触面积;  $p_{mb}$ 、 $p_{vb}$ 、 $A_b$  分别为靠背的最大压力、平均压力和接触面积.

表 3 回归模型一览表  
Tab. 3 Regression model

部位	回归模型
座面	$p_{ms} = 0.029h^3 + 0.030h^2 - 0.867h + 19.477$
	$p_{vs} = 0.0016h^3 + 0.0071h^2 + 0.0084h + 5.0522$
	$A_s = -0.037h^3 - 1.267h^2 + 13.587h + 1025.646$
靠背	$p_{mb} = -0.001h^3 - 0.004h^2 + 0.040h + 5.0328$
	$p_{vb} = -0.001h^3 - 0.004h^2 + 0.040h + 5.032$
	$A_b = -0.228h^3 - 0.260h^2 + 2.667h + 221.497$

由表 2 及表 3 可知,座面最大压力、平均压力、接触面积与坐高均呈三次函数关系.当坐高为 -4~+3 cm 时,座面最大压力逐渐减小;当坐高为 +3 cm 和 -4 cm 时,座面最大压力为极值点.当坐高为 -5~-3 cm 和 -2~+5 cm 时,座面平均压力逐渐增加;当坐高为 -2 cm 时,座面平均压力为极小值,而此时主观评价的结果是舒适度最高.随着坐高的增加,接触面积持续增大.当坐高达到 +3 cm 后,基本保持平稳.

由图 3 可知,压力的峰值出现在坐骨结节处,并且在坐骨结节的两侧基本对称分布;而前面的次峰值为大腿靠近膝关节处与座面之间的压力值,明显有随座面高度升高而增大的趋势,也就是说随着座面高度的增加大腿与座面之间的压力明显的增大.

### 2.3 主观评价与各体压分布指标的相关性分析

主观评价与压力分布各项指标的相关性分析见表 4.

由表 4 中 Pearson 相关系数可知,主观评价与座面平均压力高度相关,其次是靠背平均压力,与座面接触面积、座面最大压力、靠背最大压力中度相关,而与靠背接触面积不相关.

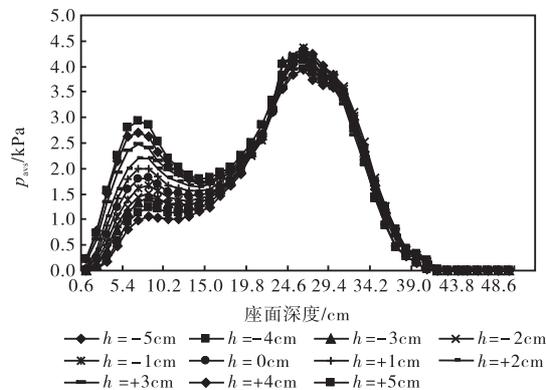


图 3 不同坐高时座面纵向压力曲线

Fig. 3 Curve of longitudinal pressure at different sitting height

表4 主观评价与各体压分布指标的相关性分析

Tab. 4 Correlation between subjective evaluation and body pressure distribution

相关性指标	体压分布指标					
	$P_{ms}$	$P_{vs}$	$A_s$	$P_{mb}$	$P_{yb}$	$A_b$
Pearson 相关系数	0.675*	-0.792**	0.669*	-0.612*	-0.753**	0.320
显著性系数	0.023	0.004	0.024	0.046	0.008	0.337

注: \*显著性检验水平为 0.05 (双尾检验); \*\*显著性检验水平为 0.01 (双尾检验)。

#### 2.4 座椅舒适性的最佳座面高度求解

根据 2.3 结论,采用座面平均压力的多项式回归模型对日常办公座椅舒适性的最佳座面高度进行求解,得到日常办公座椅最舒适的坐高为 -2.14 cm (座面高度与膝髁高度的差值为 -2.14 cm)。

### 3 结 语

研究办公座椅坐高对人体坐姿体压分布及舒适性的影响规律,获得了座面和靠背的最大压力、平均压力、接触面积以及纵向压力分布曲线随坐高的变化规律,分别建立了多项式回归数学模型(见表 3)。

对办公座椅的坐高舒适度进行主观评价,并分析了主观评价与各体压分布指标的相关性,确定了基于体压分布判断座椅舒适性的指标。主观评价与座面平均压力高度相关,其次是靠背平均压力,与座面接触面积、座面最大压力、靠背最大压力中度相关,而与靠背接触面积不相关。

通过平均压力与坐高的多项式回归方程,求解得到了日常办公座椅最舒适的坐高,为 -2.14 cm。此数据可以为日常办公座椅的坐姿舒适性设计提供参考。

#### 参考文献:

- [1] 黄榕熙,胡国清,陈雄,等. 人体压力分布测量技术的研究现状与发展综述[J]. 生命科学仪器, 2006, 4(12): 10-14.
- [2] 宋海燕. 日常生活活动中人体运动信息获取及生物力学特性研究[D]. 天津:天津科技大学, 2009.
- [3] 周敏. 座椅温觉特性与坐姿体压分布的实验研究[D]. 南京:南京林业大学, 2007.
- [4] De Looze M P, Kuijt-Evers L F M, Van Dieën J. Sitting comfort and discomfort and the relationships with objective measures[J]. Ergonomics, 2003, 46(10): 985-997.
- [5] 王正华,喻凡,庄德军. 汽车座椅舒适性的主观和客观评价研究[J]. 汽车工程, 2006, 28(9): 817-819
- [6] 徐明,夏群生. 体压分布的指标[J]. 中国机械工程, 1997(1): 65-68.

责任编辑:常涛