

前倾坐姿下办公椅腰臀部承托舒适性的研究

胡天怡, 申黎明

(南京林业大学家具与工业设计学院, 南京 210037)

摘要: 前倾坐姿是工作状态下保持时间最长的坐姿。该坐姿条件下, 腰背部支撑不足则容易造成低背部椎间盘病变并出现疼痛症状, 因此, 办公椅的相关承托性设计尤为重要。提取办公椅承托系统中最重要的4个承托因素, 即座深、坐垫倾角、腰垫高度、腰垫倾角, 进行正交试验。结果表明, 腰臀部体压分布指标和主观舒适度评价指标能较全面地反映前倾坐姿舒适度。由极差法提取针对各因素的关键指标, 使讨论具体而统一。与普通办公椅相比, 适当前倾的坐垫和略微偏低的腰垫将提高前倾坐姿的舒适性。

关键词: 前倾坐姿; 办公椅; 体压分布; 舒适性

中图分类号: TS664.03

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2014)01-0173-06

Comfort and supporting ability of waist and haunch by using office chair in forward sitting position

HU Tianyi, SHEN Liming

(College of Furniture & Industrial Design, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037)

Abstract: The office chair's supporting ability is important, especially in forward sitting position, because forward sitting position is mostly used in daily work and it is easy to get low back disc lesions for lack of low back support. The four important supporting factors such as concerning seat cushion depth, angle, waist cushion height and angle were tested by orthogonal design. Experimental results showed that comfortable sensation of forward sitting could be perfectly measured by body pressure measuring indicator and subjective evaluation indicator. Discussing is specific and unified as the result of key indicator collected by range method. Proper leaning of seating cushion and slightly lower waist cushion would improve forward sitting comfort compared with normal office chair.

Key words: forward sitting position; office chair; body pressure distribution; comfort

办公状态下人体坐姿姿势可以分为前倾式、直立坐式和后仰式。前倾式坐姿是办公人员保持时间最长的坐姿, 然而这种坐姿极易导致腰背部疾病的发生。生物力学研究^[1]表明, 在脊柱前屈范围内, 随着椎体前倾角的增大, 椎间盘所受挤压力和剪切力均增大, 长此以往容易导致椎间隙变窄, 椎间盘内压增大, 以及椎体平面上发生前后移位。但如果该坐姿条件下, 腰部和臀部能够得到全面有效的支撑, 则可以有效解决这一腰背部健康问题, 提高办公舒适性。

国内外对于坐姿办公状态的人体腰臀部承托舒适性研究已有较多成果, 但关于前倾坐姿下的相关

研究还存在如下不足: 首先, 坐姿舒适性的研究大多基于传统的就坐习惯, 而没有细化地考虑办公人员的坐姿特点, 基于前倾坐姿下办公椅的研究非常少; 其次, 腰垫和坐垫对身体的承托效果是互相牵制的, 大量腰垫或坐垫的单因素研究因此收效甚微, 将腰部与臀部承托综合分析能更客观地反映其对舒适性的影响。

结合办公椅的国内外研究现状, 为了研究前倾坐姿下办公椅的使用特点及人体腰臀部对办公椅承托系统的需求特点, 从而为办公椅的腰臀部承托系统科学设计提供依据, 本实验对办公椅腰臀部承托的位置与倾角进行了研究。

收稿日期: 2013-05-08

作者简介: 胡天怡, 硕士研究生。E-mail: hty_girl@msn.com

* 通信作者: 申黎明, 教授, 博士生导师。E-mail: shenlimingda@hotmail.com

1 材料与方法

1.1 实验对象

受试者为6名青年大学生志愿者,其中3名男性,3名女性。年龄 $23\text{岁}\pm 3\text{岁}$,身高 $165\sim 175\text{cm}$,身体健康状况良好,实验前告知受试者实验过程、实验目的及注意事项等。

表1 受试者人体测量数据

Table 1 Subjects information acquisition data

项目 Item	平均值 Average	SD
身高/cm Height	169.50	7.06
坐深/cm Deep	45.75	2.82
坐姿腰高/cm Waist height	24.25	2.60

1.2 评价指标与实验方法

体压分布指标:体压分布测试^[2]使用美国Tekscan公司提供的体压分布测量系统(BPMS, body

pressure measure system)。通过体压分布测试,从BPMS直接读取接触面积、平均压力、最大压力、总压力等指标值,从压力分布矩阵推算平均压力梯度、臀部坐骨结节点位置及其前后总压力、腰部最大压力点位置及其上下总压力等指标值。

主观舒适性指标:主观舒适性评价^[3]采用语义微分法,对舒适感评价量化,运用7级量表来反映不同程度的人体感受,得到身体各部位舒适感、腰臀部贴合感、腰臀部受力感等指标值,如表1所示。

实验方法:办公椅承托系统中,与人体接触的腰垫和坐垫的位置和倾角是影响人体前倾坐姿舒适性的主要因素。运用正交试验法^[4],对腰垫倾角(A)、腰垫高度(B)、座深(D)、座垫倾角(E)设计4因素4水平的试验,选用 $L_{16}(4^5)$ 正交表,其中(C)定义为空列。如表2所示。

表2 主观舒适性评价

Table 2 Magnitude scale of subjective comfort

得分 Score	舒适感 Comfortable sensation	贴合感 Fitting sensation	受力感 Stress sensation
7	非常舒适 Very comfortable	非常贴合 Very fit	受力过大 Too much stress
6	舒适 Comfortable	贴合 Fit	受力极大 Great stress
5	比较舒适 A little comfortable	比较贴合 A little fit	受力较大 Big stress
4	一般 Common	一般 Common	一般 Common
3	比较不舒适 A little uncomfortable	比较不贴合 A little unfit	受力较小 A little stress
2	不舒适 Uncomfortable	不贴合 Unfit	受力极小 Little stress
1	非常不舒适 Very uncomfortable	非常不贴合 Very unfit	受力过小 Too little stress

表3 正交设计

Table 3 Orthogonal design

水平 Level	A 腰垫倾角/ $^{\circ}$ Waist cushion angle	B 腰垫上下高度/mm Waist cushion height	C 空列 Null	D 座深/mm Seat cushion depth	E 坐垫倾角/ $^{\circ}$ Seat cushion angle
1	0	60/180		370	-14
2	-5	90/210		385	-7
3	-10	120/240		400	0
4	-15	150/270		415	7

2 结果与分析

2.1 影响承托特性各项因子的极差分析

腰臀部支撑变化由腰垫倾角、腰垫高度、座深和坐垫倾角的调节来完成(如图1),腰臀部体压分布测试与主观舒适感评价能反映在不同支撑情况下使用者的感受。为了考察腰垫倾角、腰垫高度、座深和坐垫倾角对各项评价指标的影响程度,使用极差分析法,统计此4个因素的极差R,如表3所示。

表4中极差R值越大,表明该因素对指标值影响越大。由表4可知,在腰部体压分布统计中,座深(D)对腰垫平均压力、最大压力、平均压力梯

度的影响最大,对腰垫体压分布指标影响最为显著。这表明恰当的座深可以保证腰垫与人体接触,是腰垫发挥作用的前提,前倾坐姿中腰部能否得到有效承托对坐姿舒适性尤其重要。腰垫高度(B)对接触面积、腰部最大压力点位置的影响最大。腰垫倾角(A)对腰部最大压力点上方总压力的影响最大。

在前倾坐姿下,臀部承担大部分身体重量。由表4臀部体压分布统计可知,腰垫倾角(A)对坐垫平均压力、最大压力、坐骨结节点前后总压力的影响最大,其对坐垫体压分布指标影响最为显著。坐垫倾角(E)对坐骨结节点位置、平均压力梯度的影响最大。座深(D)对臀部接触面积的影响最

大。臀部压力大小反映了臀部受力状况, 不良的腰垫倾角可能导致前倾坐姿时臀部受力过大。坐骨结节位置与前后压力大小反映了身体重心状态, 合适的坐垫倾角可以稳定坐姿人体重心。

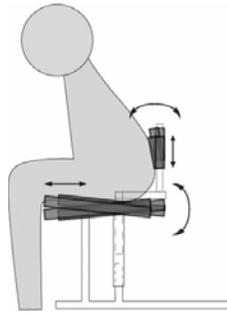


图 1 腰垫倾角、腰垫高度、座深和坐垫倾角的调节

Figure 1 Adjustment of waist cushion angle, waist cushion height, seat cushion angle and seat cushion depth

表 4 腰垫倾角、腰垫高度、座深和坐垫倾角的极差 R 降序统计
Table 4 Range of four factors in descending order

腰部体压分布 Waist pressure	极差 R (降序) Xbar-R
接触面积 Contact area	BEDA
平均压力 Average pressure	DAEB
最大压力 The maximum pressure	DAEB
平均压力梯度 Average pressure gradient	DEAB
腰部最大压力点位置 The maximum pressure location of the waist	BDAE
腰部最大压力点上方总压力 Total pressure above the waist	AEDB
腰部最大压力点下方总压力 Total pressure under the waist	DABE
接触面积 Contact area	DABE
平均压力 Average pressure	ABDE
最大压力 The maximum pressure	AEBD
平均压力梯度 Average pressure gradient	EDBA
坐骨结节位置 Location of ischial tuberosity	EDAB
坐骨结节前方总压力 Total pressure in front of the ischial tuberosity	AEBD
坐骨结节后方总压力 Total pressure behind of the ischial tuberosity	AEBD
腰部贴合感 Fitting sensation of waist	BEDA
腰部受力感 Stress sensation of waist	DABE
腰部舒适感 Comfortable sensation of waist	DBAE
臀部贴合感 Fitting sensation of buttock	DABE
臀部受力感 Stress sensation of buttock	AEDB
臀部舒适感 Comfortable sensation of buttock	ADEB
手臂肩舒适感 Comfortable sensation of arms	EADB
腿脚舒适感 Comfortable sensation of legs	DEBA
总体舒适感 Comfortable sensation in total	ADEB

A: 腰垫倾角 waist cushion angle; B: 腰垫高度 waist cushion height; D: 座深 seat cushion depth; E: 坐垫倾角 seat cushion angle

由表 4 可知, 在腰部的主观评价指标中, 座深 (D) 对其舒适感评价、受力感评价影响最大, 在腰部贴合感方面受到腰垫高度(B)的影响较大。在臀部的主观评价指标中, 腰垫倾角(A)对其舒适感评价、受力感评价影响最大, 在臀部贴合感方面受到座深(D)的影响较大。这些结论与腰部、臀部体压分布指标存在某些关联, 例如在腰部, 影响身体贴合感的因素与影响体压垫接触面积的因素的排序相同, 影响身体受力感的因素与影响体压垫最大压力、平均压力的因素的排序相似, 臀部亦然。影响手臂肩舒适感和腿脚舒适感的主要因素为坐垫倾角和座深, 这与影响臀部舒适感的因素相似, 身体重心的变化导致身体不同部位舒适度的此消彼长。总体舒适度感受集合了身体各部位的感受, 包括受试者的手臂肩、腰部、臀部、腿脚, 腰臀部支撑 4 个变量对总体舒适度都有较大的影响, 其结果是对各部位舒适感影响的综合。

2.2 腰部支撑对承托特性的影响

在体压分布指标与主观舒适感评价指标中抽取受腰垫倾角影响较大的指标, 统计腰垫倾角各水平的 k 值, 得到表 5。

腰垫可以给予坐姿工作者腰部的承托力, 调整身体的位置, 矫正弯腰坐姿。由表 5 可知, 当腰垫倾角为 0° 即竖直放置时, 臀部各项压力数据普遍较大, 臀部受力感最强, 而腰部的各项压力数值最小、腰部贴合感最弱, 这是由于此时的人体背部与靠垫轻微脱离, 腰垫没有起到支撑作用, 这是大多数办公椅在人体前倾坐姿时坐感不舒适的主要原因^[5]。随着腰垫前倾, 臀部与坐垫的接触面积减小, 臀部贴合感减弱, 坐骨结节后方总压力减小, 说明在前倾状态, 腰垫的水平角度决定坐姿身体前倾角度, 继而影响躯干与大腿的折叠程度。随着腰垫前倾角度增加, 腰部平均压力、最大压力增大, 坐垫的平均压力、最大压力减小, 两者呈现此消彼长的关系。腰部最大压力点上方的压力增幅明显大于下方, 臀部坐骨结节前方的压力增大, 说明随着腰垫前倾, 人体坐姿的重心向前方和上方移动, 手臂、腿脚分担了部分人体重量。当腰垫倾角为 -15° 时, 人体感知到的压力刺激强烈, 腰垫上沿对人体压迫过大, 身体过分弯曲, 手臂腿脚受压过大, 导致肌肉疲劳。主观舒适感评价如图 2 所示, 受腰垫倾角影响最大的臀部舒适感和总体舒适感以腰垫倾角为 -10° 最佳, 手臂肩的舒适感在 -5° 最佳。在总体上, 随着腰垫倾角的增大, 总体舒适感先提高后降低。综上所述, 当腰垫倾角为 -5° 至 -10° 时, 腰部、臀部的受力

较平衡，人体的重心稳定，是较合适的取值。

从各指标中选取受腰垫高度影响较大的指标，统计坐垫倾角各水平的 k 值，得到表 6。

由表 6 可知，随着腰垫高度的增加，臀部的平均压力先增大后减小，腰部与腰垫的接触面积先增大后减小，峰值通常出现在 90/120 mm 至 120/240 mm 附近。当腰垫上下高度为 60/180 mm 时，臀部总压力较小同时腰部承托的接触面积较小，说明过低的腰垫只承担了部分下背部和骨盆的压力，因此人体腰部舒适感较差^[6]。随着腰垫高度增加，腰部的最大受力点位置上移，腰部承托的接触面积增大，

腰部的贴合感与舒适感上升。当腰垫高度增加到 120/240 mm 后，腰垫的承托面积减小、承托作用减弱。总体而言，随着腰垫高度增大，舒适感先提高后降低，受腰垫高度影响最大的腰部舒适感和总体舒适感，以腰垫高度为 90/210 mm 至 120/240 mm 区间最佳。在 CQM/QB-201-2010《办公桌椅的人类工效学技术要求》中，腰部支撑点的建议高度为 170~250 mm，适用于前倾坐姿的办公椅腰垫高度略低于普通办公椅，这与前倾坐姿下人体腰部位置降低有关。此差异进一步印证了前倾坐姿下腰部与腰垫的位置一致，能提高坐姿舒适性。

表 5 腰垫倾角各水平 k 值统计
Table 5 Statistics of waist cushion angle in each level

腰垫倾角 Waist cushion angle		0°	-5°	-10°	-15°
腰垫体压	平均压力/kPa Average pressure	1.48	1.54	2.64	2.68
	最大压力/kPa The maximum pressure	5.4	6.4	12.9	16.5
	最大压力点上方总压力/kPa Total pressure above the waist	111	112	195	213
	最大压力点下方总压力/kPa Total pressure under the waist	119	132	167	173
坐垫体压	接触面积/cm ² Contact area	1050	1014	995	989
	平均压力/kPa Average pressure	4.00	3.90	3.84	3.76
	最大压力/kPa The maximum pressure	12.01	11.76	11.24	10.98
	坐骨结节前方总压力/kPa Total pressure in front of the ischial tuberosity	2561	2755	2524	3025
	坐骨结节后方总压力/kPa Total pressure behind of the ischial tuberosity	1172	1171	1045	919
主观评价	腰部受力感 Stress sensation of waist	4.00	4.56	4.69	4.50
	臀部贴合感 Fitting sensation of buttock	4.94	4.81	4.75	4.38
	臀部受力感 Stress sensation of buttock	4.88	4.69	4.44	4.38
	臀部舒适感 Comfortable sensation of buttock	4.38	4.75	4.94	4.63
	手臂肩舒适感 Comfortable sensation of arms	4.19	4.63	4.38	3.94
	总体舒适度 Comfortable sensation in total	4.13	4.50	4.88	4.38

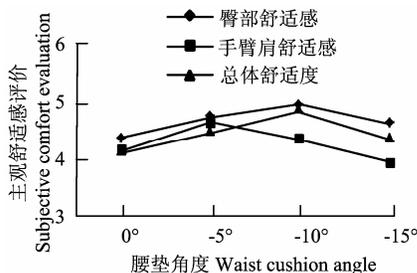


图 2 主观舒适感评价
Figure 2 Evaluation of subjective comfort

2.3 臀部支撑对承托特性的影响

从各指标中选取受坐垫倾角影响较大的指标，统计坐垫倾角各水平的 k 值，得到表 7。

座深是指坐面前缘与腰垫的支承点间的水平距离。由表 7 可知，当座深为 370 mm 时，臀部与坐垫接触面积较小，坐垫平均压力梯度较大，这说明

臀部对压力刺激感应程度大，臀部舒适感较差。主观评价表明腰部的受力较大，其最大压力位置距离坐垫仅 15 cm，且腰垫下方受力较明显，此处腰椎承受长时间的过大压力极易劳损。此时大腿前部悬空，重量集中在小腿上，因此腿脚的舒适度较低。随着座深增加，臀部受力接触面积增大，平均压力梯度减缓，臀部受力感的评价值降低、舒适感的评价值提高。腰垫所受压力，特别是最大压力点下方的压力明显减小，说明坐垫加深后身体对腰垫的依赖性减小。随着座深的增加，坐骨结节至坐垫前沿的距离增大，前期增幅与座深的增加呈正比，后期增幅减缓，说明当座深由 370 mm 增加至 385 mm 时，身体与腰垫相对静止，当座深继续增加至 400 mm，座深超过膝窝至臀部的距离，坐垫带动身体向前移动，腰部与腰垫的相对位置变化，上身为了得到腰垫的承托而将前倾的幅度减小，其最大受

压点的位置上移, 对腰部的压力减小。当座深超过 385 mm 后, 腰部、腿脚的主观舒适感评价不舒适, 说明过深的坐垫使人体腰部无法完全地接触到腰垫, 同时压迫膝窝, 导致血液循环不畅。主观舒适感评价如图 3 所示, 受座深影响最大的腰部舒适

感和总体舒适感以座深为 385 mm 时最佳, 臀部舒适感和腿脚的舒适感在 400 mm 时最佳。总体而言, 随着座深的增大, 总体舒适感先提高后降低, 当座深为 385 mm 至 400 mm 时, 腰部、臀部和腿部的受力较平衡, 人体的重心稳定, 是较合适的取值范围。

表 6 腰垫高度各水平 k 值统计

Table 6 Statistics of waist cushion height in each level

腰垫高度 (上/下)	Waist cushion height	60/180 mm	90/210 mm	120/240 mm	150/270 mm
腰垫体压	接触面积/cm ² Contact area	129	158	175	111
	最大压力点至坐垫距离/cm The maximum pressure location of the waist	12.6	15.6	18.8	21.1
坐垫体压	平均压力/kPa Average pressure	3.74	3.93	3.95	3.89
主观评价	腰部贴合感 Fitting sensation of waist	4.13	4.44	4.56	4.06
	腰部舒适感 Comfortable sensation of waist	4.5	4.69	4.56	4.13
	总体舒适感 Comfortable sensation in general	4.25	4.63	4.81	4.19

表 7 座深各水平 k 值统计

Table 7 Statistics of seat cushion depth in each level

	座深 Seat cushion depth	370 mm	385 mm	400 mm	415 mm
腰垫体压	平均压力/kPa Average pressure	2.74	2.37	1.84	1.37
	最大压力/kPa The maximum pressure	16.9	12.2	6.9	5.3
	平均压力梯度/kPa·cm ⁻¹ Average pressure gradient	0.9	0.71	0.46	0.35
	最大压力点至坐垫距离/cm The maximum pressure location of the waist	15.0	16.1	17.3	19.0
	最大压力点下方总压力/kPa Total pressure under the waist	191	172	139	89
坐垫体压	接触面积/cm ² Contact area	973	1001	1031	1043
	平均压力梯度/kPa Average pressure gradient	0.4	0.38	0.37	0.38
	至坐垫前沿距离/cm Location of ischial tuberosity	23.6	25.3	27.3	27.9
主观评价	腰部受力感 Stress sensation of waist	5.06	4.38	4.25	4.19
	腰部舒适感 Comfortable sensation of waist	4.5	5.19	4.38	4.38
	臀部贴合感 Fitting sensation of buttock	3.88	4.5	4.75	4.88
	臀部舒适感 Comfortable sensation of buttock	4.38	4.56	4.69	4.58
	腿脚舒适感 Comfortable sensation of legs	3.94	4.38	4.63	3.94
	总体舒适感 Comfortable sensation in general	4.38	4.63	4.56	4.31

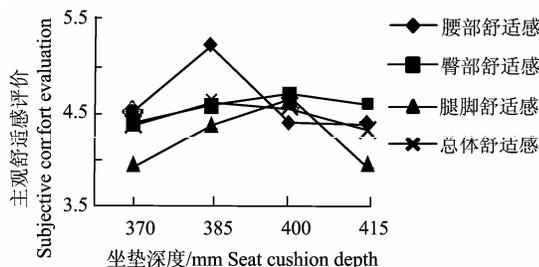


图 3 主观舒适感评价

Figure 3 Subjective comfort evaluation

从各指标中抽取受坐垫倾角影响较大的指标, 统计坐垫倾角各水平的 k 值, 试验中发现坐垫倾角的第 4 水平的各评价数值远远偏离正常值, 故而取消第 4 水平, 得到表 8。

在评价不同坐姿的舒适度时, 对坐垫倾角的要求不同。前倾坐姿由连接脊柱与大腿骨的髌骨内旋形成, 内旋的髌骨不在自然状态下, 具有反作用力, 在前倾坐姿下, 略前倾的坐垫可以平衡大腿与腰部的受力。由表 8 可知, 随着坐垫倾角由 0°前倾 7°, 坐垫的平均压力梯度减缓, 大腿与上身的夹角增大, 带动坐骨结节点前移, 人体重心向座椅前方移动; 腰部受力接触面积增大, 腰部最大受力点的位置上移, 最大压力点上部的压力增大显著, 说明臀部受力向腰部和腿部转移^[7]。坐垫倾角决定了前倾坐姿下大腿与臀部的位, 关乎人体重心的平衡。当坐垫与水平面的倾角为 14°时, 臀部坐骨结节点至坐垫前沿距离较小, 坐骨结节点后方的总压力偏大, 承受的平均压力较大; 腰部的最大受力点较高, 最

大受力点上部的压力偏大,此时臀部、手臂肩、腿脚的舒适感较差,主观舒适感评价如图5所示。总体而言,随着坐垫倾角的增大,总体舒适感先提高后

降低,当坐垫倾角为前倾7°时,腰部、臀部和腿部的受力较平衡,人体的重心稳定,是较合适的取值范围。

表8 坐垫倾角各水平k值统计
Table 8 Statistics of seat cushion angle in each level

坐垫倾角 Seat cushion angle		0°	-7°	-14°
腰垫体压	接触面积/cm ² Contact area	131	171	176
	平均压力梯度/kPa·cm ⁻¹ Average pressure gradient	0.93	0.51	0.42
	最大压力点上方总压力/kPa Total pressure above the waist	179	142	222
坐垫体压	最大压力/kPa The maximum pressure	11.16	10.49	11.11
	平均压力梯度/kPa·cm ⁻¹ Average pressure gradient	0.38	0.35	0.38
	坐骨结节点至坐垫前沿距离/cm Location of ischial tuberosity	27.69	26.44	24.88
	坐骨结节点前方总压力/kPa Total pressure in front of the ischial tuberosity	2913	2831	2696
主观评价	坐骨结节点后方总压力/kPa Total pressure behind of the ischial tuberosity	1015	1026	1099
	腰部贴合感 Fitting sensation of waist	4.06	4.63	4.75
	臀部受力感 Stress sensation of waist	5.38	4.63	5.5
	手臂肩舒适感 Comfortable sensation of arms	3.81	4.75	4.63
	腿脚舒适感 Comfortable sensation of legs	4.5	4.88	4.19
	总体舒适感 Comfortable sensation in total	4.5	5.25	4.69

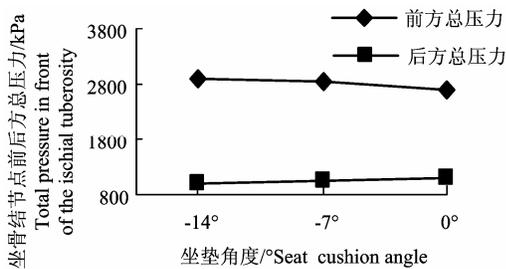


图4 坐骨结节点前后方总压力

Figure 4 Total pressure of forward and below ischial tuberosity

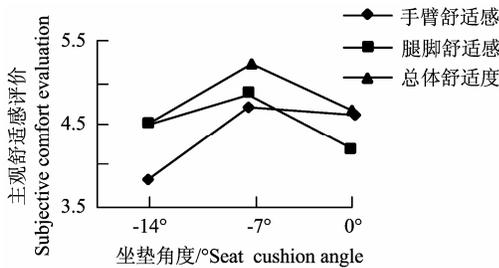


图5 主观舒适感评价

Figure 5 Evaluation of subjective comfort

3 结论

体压分布指标能够较好地反映坐垫和腰垫的承托性能和坐姿舒适感。其中,座深对腰垫上体压分布的影响较大,腰垫倾角对坐垫上体压分布的影响较大。主观舒适感评价指标与体压分析结果具有高度一致性,腰垫倾角对舒适度的影响最大,其余依

次为座深,坐垫倾角和腰垫高度。

本研究结果可为办公椅的产品设计提供参考依据。在前倾坐姿下,合理的腰部支撑应在腰部受力位置附近,与腰椎弯曲倾角一致,并尽量与腰部表面贴合,使身体在自然前倾状态下得到承托和放松。设计前倾坐姿下的臀部支撑位置时,应考虑其对腰部支撑的影响,保证腰部支撑的承托效果。另外,臀部支撑表面应略微前倾,以分散大腿应力,使腰部受力平衡。

参考文献:

- [1] 周成帅. 腰椎前倾倾角对腰椎间盘影响的生物力学分析[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2003, 11(5): 56-57.
- [2] 徐明, 夏群生. 体压分布的指标[J]. 中国机械工程, 1997, 8(1): 65-68.
- [3] 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.
- [4] 方开泰, 马长兴. 正交与均匀试验设计[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 23-27.
- [5] 陈玉霞, 申利明, 郭勇. 基于体压分布的腰枕大小对坐姿舒适性影响的研究[J]. 西北林学院学报, 2008, 23(3): 178-183.
- [6] 王琨, 白爱利, 李小生, 等. 不同坐姿下腰部负荷及竖脊肌活动的生物力学研究[J]. 西安体育学院学报, 2008, 25(1): 67-72.
- [7] 陆剑雄, 张福昌, 申利民. 坐姿理论与座椅设计原则及其应用[J]. 江南大学学报: 自然科学版, 2005, 4(6): 620-625.