

Performance of Pocket Spring and Body Pressure Distribution Characteristic of Pocket Spring Mattress

Li-ming SHEN¹, Yu-ding ZHU²

¹Nanjing Forestry University, Nanjing, China

²Nanjing Forestry University, Nanjing, China

1. shenlimingda@hotmail.com, 2. zhuyuding-107@163.com

Abstract: Performance of pocket spring directly influences body pressure distribution characteristic and human comfort of mattress. By using spring tension and compression testing machine and body pressure distribution measure system, the paper measured elasticity of pocket spring and body pressure distribution of pocket spring mattress, and analyzed the influence of the soft hardness on the body pressure distribution of the pocket spring mattress. The results showed that elastic modulus of pocket spring is closely related to its line diameter, intermediate diameter and cylinder number, the selection of pocket spring is very important for design of pocket spring mattress. For pocket spring mattress, maximum pressure and maximum pressure gradient on the “medium” pocket spring mattress are the minimum, comfortable sensation is the strongest.

Keywords: pocket spring mattress; elasticity; body pressure distribution

袋簧性能与袋簧床垫体压分布特性研究

申黎明¹, 朱芋锭²

¹南京林业大学, 南京, 中国, 210037; ²南京林业大学, 南京, 中国, 210037

1. shenlimingda@hotmail.com, 2. Zhuyuding-107@163.com

摘要:袋簧性能直接影响床垫的体压分布特性和人体舒适性。本文采用弹簧拉压试验机 and 体压分布测试系统, 测量单个袋簧的弹性性能和整个袋簧床垫的体压分布情况, 分析袋簧的不同软硬度对床垫体压分布的影响。研究表明, 袋簧的弹性系数与其线径、中径和圈数密切相关, 袋簧的选择对袋簧床垫的设计十分重要; 对于袋簧床垫, 在“中等”硬度床垫上的最大压力和最大压力梯度最小, 舒适感最强。

关键词: 袋簧床垫; 弹性; 体压分布

1 引言

随着生活质量的提高, 人们对睡眠要求不单是要有一个能躺着睡的地方, 而且要睡的健康和舒适。于是与人体亲密接触的床垫就有了更高的品质要求。攸关床垫最重要的支撑性、耐久性、弹性等, 弹簧绝对是弹簧床垫中最关键的角色, 它直接影响床垫的体压分布特性及人体舒适性。

袋簧床垫是用独立袋装弹簧(袋簧)制作而成的高品质弹簧床垫。袋簧是用无纺布将弹簧一个个包裹,

采用桶型设计可防止弹簧摩擦而左右摆动或产生噪音, 弹簧之间不受影响, 弹力能依照体型个别伸缩, 平均而适当地支持身体各个部位的不同重量, 更能保持脊骨平直, 使睡眠更为舒适。

弹性就是指床垫与人体的服贴性。对于弹性疲乏或是连接不稳定的弹簧, 睡起来会容易摇晃, 也没办法稳定的支撑身体。

舒适性主要表现在床垫的软硬度, 及身体重量在床垫上的压力分布情况。对于太硬或太软的弹簧床垫, 其体压分布不合理, 会产生不适的感觉, 进而会影响睡眠质量。

袋簧性能对床垫弹性和体压分布特性有直接影响, 研究袋簧性能及其影响因素和影响规律对科学设

第一作者简介: 申黎明, 男, 教授, 博士生导师, 研究方向为家具设计与人体工程学

课题来源: 国家自然科学基金资助项目(31070503)

计袋簧床垫具有重要现实意义。本文就单个袋簧的弹性性能和整个袋簧床垫的体压分布问题进行深入研究，目的在于分析床垫软硬度对袋簧床垫体压分布的影响，为优化袋簧床垫设计提供理论依据。

2 试验方法

2.1 实验材料

袋簧的选择根据实际情况，材质选定为碳素钢丝，形状为直筒型，高度在 15cm 左右，除此外，袋簧性质主要取决于三项因素：线径、中径、圈数，袋簧线径是指袋簧钢丝的直径，中径是指袋簧中间的直径，而圈数是指袋簧绕行的环数。表 1 显示了袋簧参数的变化范围和取值，线径取值为 1.8mm, 2.0mm, 2.2mm；中径为 60mm, 65mm, 70mm；圈数为 5 圈和 6 圈，组合成 18 种袋簧。

床垫袋簧芯的选择根据袋簧的弹性实验，选定为软（1.8 70 6）、中（2.0 65 6）、硬（2.2 60 5）三款弹簧芯，再配以 2cm 乳胶海绵和复合面料，组合成所需要的实验用床垫。床垫材料设计方案如表 2，床垫材料放置如图 1。其中软（1.8 70 6）表示弹性为软的床垫，用线径为 1.8mm，中径为 70mm，圈数为



Figure 1. experimental mattress

图 1. 实验用床垫

6 圈的袋簧构成；中（2.0 65 6）表示弹性为中等的床垫，用线径为 2.0mm，中径为 65mm，圈数为 6 圈的袋簧构成；硬（2.2 60 5）表示弹性为硬的床垫，用线径为 2.2mm，中径为 60mm，圈数为 5 圈的袋簧构成。

2.2 实验方法

床垫的弹性与袋簧圈数、线径、中径、高度以及袋簧材质息息相关。本实验采用 TL-1000 弹簧拉压试验机对单个袋簧进行压缩试验，探究其所受压力与所发生形变之间的关系，找出其规律，即袋簧的弹性系数， $f = \Delta F / \Delta L$ 。其中， f 表示弹性系数； ΔF 表示施加在弹簧上的有效力值； ΔL 表示弹簧的形变量。 f 值大，说明形变单位长时需要的力大，或者说弹簧“硬”。

床垫舒适性采用体压分布指标进行测试和评定。本实验采用 Tekscan 的人体压力测量系统，以最大压力、平均压力、最大压力梯度和平均压力梯度为测试评价指标，研究袋簧芯软硬度对床垫体压分布的影响。

2.3 实验步骤

袋簧弹性试验开始前，将单个袋簧放在弹簧拉压试验机的支撑板上，使袋簧中心至于压头下方。使压头缓慢下降，当袋簧被压缩 1cm，测量其施加力；继续使压头缓慢下降，测量袋簧被压缩 1~6cm 时所需要施加的力。

在体压分布实验开始前，要求测量受试者的身高、体重；接着按实验要求把实验用床垫配置好；再将压力传感器置于床垫上；受试者平躺在床垫和传感器上，手臂放在身体两侧，测量人体与床垫的界面压力；观察体压分布数据平稳后，开始纪录实验数据，连续记录 3 分钟；然后，受试者休息片刻，改变躺姿为侧姿，再进行侧姿状态下的体压分布测试。

Table 1. adjust area and value of pocket spring parameter

表 1. 袋簧参数变化范围及取值

因素	变化范围	取值
线径	Φ 1.8mm~Φ 2.2mm	Φ 1.8mm、Φ 2.0mm、Φ 2.2mm
中径	Φ 60 mm~Φ 70 mm	Φ 60 mm、Φ 65 mm、Φ 70 mm
圈数	5~6.	5、6

Table 2. design plan of pocket spring mattress

表 2. 袋簧床垫的设计方案

组合	1.8 70 6 (软)	2.0 65 6 (中)	2.2 60 5 (硬)	备注
图示				
分布				

3 结果与分析

3.1 袋簧弹性性能分析

对所选取的 18 种袋装弹簧的施加力和压缩量进行散点图回归分析, 拟合出回归方程和斜率, 斜率即为弹簧的弹性系数 f 。由于散点图数量比较多, 将 18 种袋装弹簧的散点回归趋势图根据线径 1.8mm, 2.0mm, 2.2mm 分成 3 个趋势图进行显示, 如图 2。再对 18 种袋装弹簧的弹性系数 f 进行排序, 如图 3 所示。

图 2 显示, 弹簧弹性系数与弹簧线径成正比, 而与弹簧中径和弹簧圈数成反比。总体趋势是线径 2.2 的弹性差, 线径 2.0 的次之, 而线径 1.8 的最好。在这 18 种弹簧中, 最硬的是参数为 2.2 60 5 的弹簧, 最软的是参数为 1.8 70 6 的弹簧。依次排序为: 1) 1.8 70 6; 2) 1.8 65 6; 3) 1.8 70 5; 4) 1.8 65 5; 5)

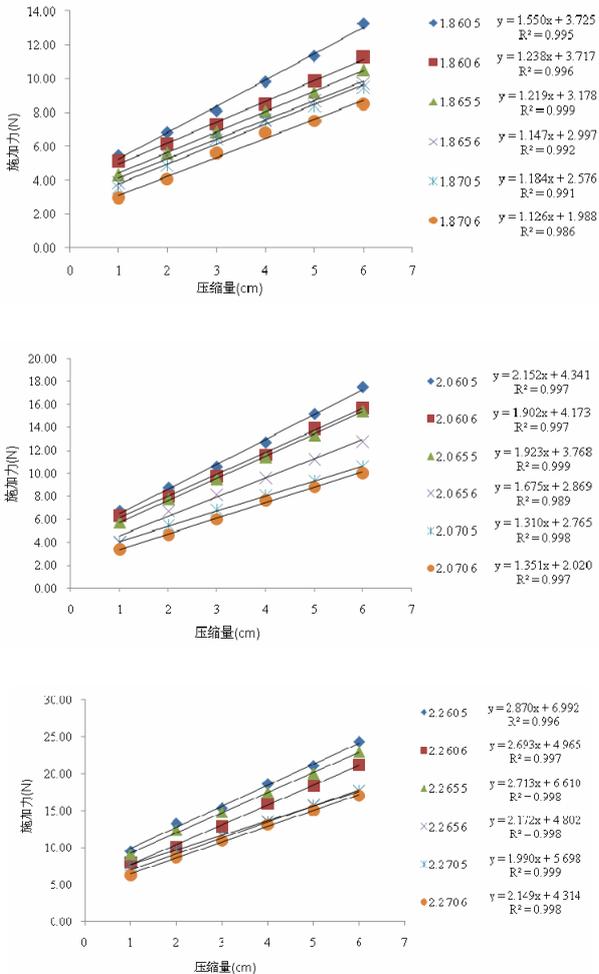


Figure 2. scatter regression trend of the relationship between force and compression of pocket spring
图 2. 袋簧施加力与压缩量关系的散点回归趋势

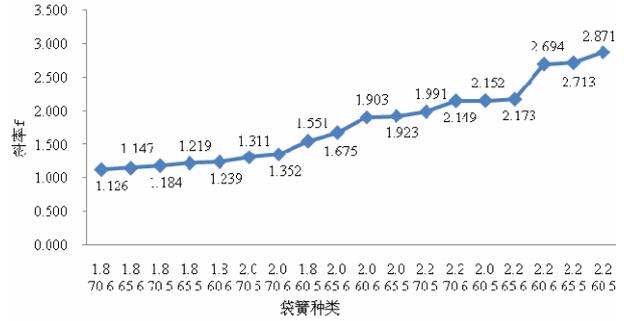


Figure 3. elastic modulus sequence diagram of 18 types of pocket spring
图 3. 18 种袋簧的弹性系数顺序图

1.8 60 6; 6) 2.0 70 5; 7) 2.0 70 5; 8) 1.8 60 5; 9) 2.0 65 6; 10) 2.0 60 6; 11) 2.0 65 5; 12) 2.2 70 5; 13) 2.2 70 6; 14) 2.0 60 5; 15) 2.2 65 6; 16) 2.2 60 6; 17) 2.2 65 5; 18) 2.2 60 5。

3.2 袋簧床垫的体压分布特性

对实验测得数据进行统计处理, 根据方案设计的规格组合, 以平躺和侧躺两种姿势进行体压分布测试, 在不同软硬度袋簧芯分别构成的床垫界面中, 体压分布指标随袋簧软硬度的改变而改变, 结果如表 3 所示。

Table 3. the relationship between pocket spring layers and body pressure distribution indicators on latex pocket spring mattresses
表 3. 乳胶袋簧床垫上的袋簧芯与体压分布指标的关系

弹簧芯种类 体压分布指标	1.8 70 6 (软)		2.0 65 6 (中)		2.2 60 5 (硬)	
	平躺	侧躺	平躺	侧躺	平躺	侧躺
最大压力 (KPa)	6.50	7.00	3.40	4.90	4.20	6.90
平均压力 (KPa)	1.14	1.44	1.11	1.35	1.18	1.56
最大压力梯度 (KPa/cm)	1.50	1.30	1.20	1.00	1.40	1.10
平均压力梯度 (KPa/cm)	0.13	0.15	0.11	0.14	0.12	0.16

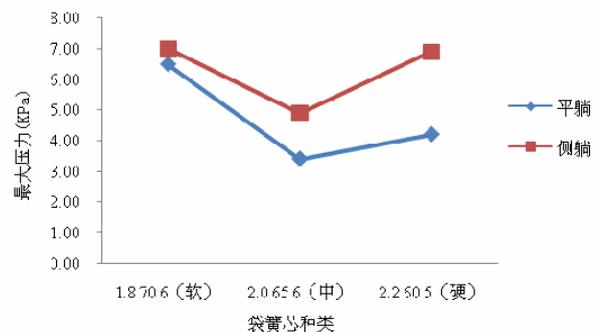


Figure 4. maximum pressure
图 4. 最大压力

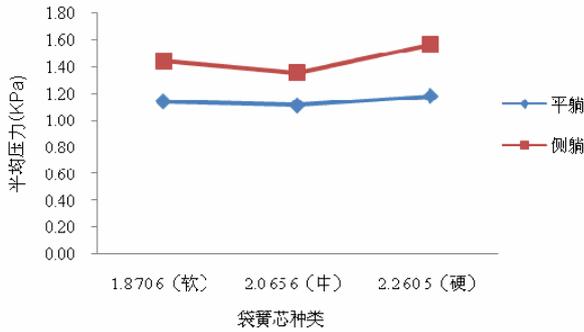


Figure 5. average pressure
图 5. 平均压力

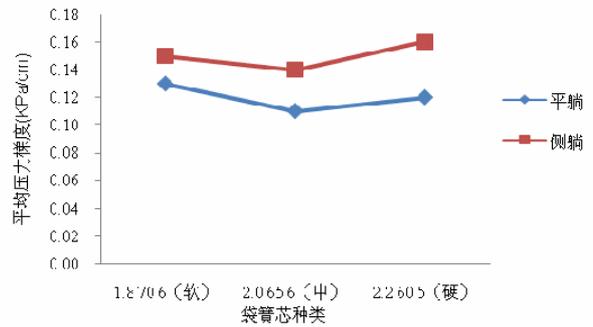


Figure 7. average pressure gradient
图 7. 平均压力梯度

最大压力体现了床垫的软硬度，对平均压力最直接的影响还是床垫的软硬度。从图 4 和图 5 中可知，以平躺和侧躺两种姿势，在中等硬度的床垫上的最大压力最小，硬床垫次之，软床垫最大；且在中等硬度的床垫上的平均压力也最小，软床垫次之，硬床垫最大。由于中等硬度的床垫提供较大的接触面积分散了人体的压力分布，使得最大压力和平均压力都为最小。床垫太软，整个身体下陷，受力集中在臀部处，使得最大压力最大，虽受力面积增大，但其界面承受的总压力也增大，使其平均压力也较大。床垫太硬，压力分布不均匀，最大压力集中在肩部或臀部，受力面积小，则平均压力为最大。

比较两种不同的卧姿，明显可以看出，无论是那种床垫，侧躺姿势下的最大压力和平均压力都比平躺姿势下要大。平躺时，人体与床垫的接触面积较大，软硬度对最大压力和平均压力影响不显著，但当侧躺时，人体的身体重量相对集中，受力面积变小，对最大压力和平均压力的影响则比较明显。

最大压力梯度体现了床垫的软硬度和材质分布，同样也影响着平均压力梯度。从图 6 和图 7 中可知，以平躺和侧躺两种姿势，在中等硬度床垫上的最大压

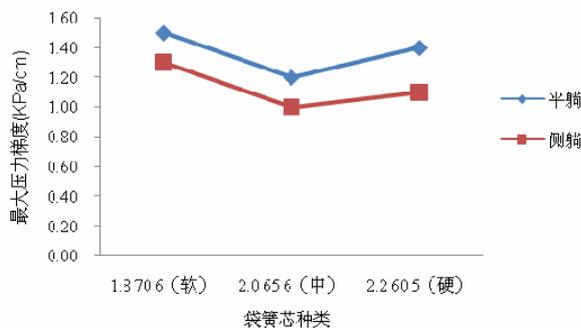


Figure 6. maximum pressure gradient
图 6. 最大压力梯度

力梯度最小，硬床垫次之，软床垫最大。在中等硬度床垫上的平均压力梯度也最小，平躺时，硬床垫次之，软床垫最大；侧躺时，软床垫次之，硬床垫最大。由此可以看出，软硬度适中的床垫最大压力梯度较小，一般来说，材质分布较为合理的床垫能较好地符合人体生理曲线，可以达到较小的最大压力梯度，从而获得较好的人体舒适感。

4 结论

综上所述，床垫的体压分布特性与床垫袋簧的软硬度有着密切的关系，而床垫的软硬度主要受弹簧的弹性系数的影响。弹簧弹性系数与弹簧线径成正比，而与弹簧中径和弹簧圈数成反比。对于袋簧床垫，“中等”硬度袋簧床垫上的体压分布最大压力值以及最大压力梯度是最小的，硬度为“软”的床垫次之，硬度为“硬”的床垫最大。因此，袋簧的选择对袋簧床垫的设计十分重要，它直接影响床垫的体压分布特性及人体舒适性。

致谢

感谢南京金榜麒麟床具有限公司的卢涛先生、王华全先生给予的大力支持和帮助。

References (参考文献)

- [1] Chen Yongguang, The Views about the Substitution of Verification Regulation of spring tension and compression testing machine[J]. *China Metrology*,2007,05(Ch).
陈永光.关于《弹簧拉压试验机》检定规程被替代的看法[J].
中国计量.2007,05.
- [2] Xu Ming, Xia Qunsheng. The Indicators of Body Pressure Distribution[J], *China Mechanical Engineering*, 1997, 08(01).
徐明,夏群生.体压分布的指标[J].中国机械工程.1997,08(01).
- [3] Zhuang Yanzi, Cai Ping, Zhou Zhifeng, Yin Liangyong. Pressure Mapping System and its Sensor Technology[J]. *Journal of Transduction Technology*,2005,18(02), P313-317(Ch).

庄燕子,蔡萍,周志锋,尹良勇.人体压力分布测量及其传感技术
[J].传感技术学报.2005,18(02), P313-317.

[4] Shen Liming, Chen Yuxia, Yu Na. Sitting Comfort Affected by

Foam Seating[J]. *Furniture*, 2007, P100-103 (Ch)

申利明,陈玉霞,于娜. 沙发海绵坐垫对人体舒适性的影响[J].
家具,2007, P100-103.