

网孔型经编间隔织物压缩性能研究

张艳霞, 吴晓青, 郭欢

(天津工业大学 纺织科学与工程学院, 天津 300387)

摘要:选取厚度为15 mm的菱形网孔型涤纶经编间隔织物为研究对象,测试并分析其长期疲劳性、加载不同质量臀部模块时的压力分布特性以及落球回弹性。结果表明,经编间隔织物具有良好的抗疲劳性能,经2万次定载荷动态压缩后,织物厚度损失率基本趋于稳定;织物的柔软性增强了缓压能力,间隔纱能够起到支撑作用;在较小的动态冲击压力下,双层叠加经编间隔织物的平均回弹率为52.5%,织物的缓压性能较好。

关键词:经编间隔织物;长期疲劳性;压力分布;回弹性;缓压性能

中图分类号:TS 186.1

文献标志码:B

文章编号:1000-4033(2019)06-0028-04

Compressive Properties of Mesh Warp Knitted Spacer Fabric

Zhang Yanxia, Wu Xiaoqing, Guo Huan

(School of Textile Science and Engineering, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300387, China)

Abstract:The rhombic mesh polyester warp knitted spacer fabric with thickness of 15 mm was selected as the research object. The long-term fatigue property, the pressure distribution characteristics of the fabric by loading different mass hip modules and the falling ball resilience were tested and analyzed. The results show that the warp spacer knitted fabric has good fatigue resistance. After 20 000 times of dynamic compression under constant load, the thickness loss rate of fabric tends to be stable. The cushioning ability of the fabric is enhanced because of its softness and spacer yarn's support. Under the small dynamic impact pressure, the average rebound rate of the double-layer superimposed warp knitted spacer fabric is 52.5%, and the cushioning performance of the fabric is better.

Key words:Warp Knitted Spacer Fabric; Long-term Fatigue Property; Pressure Distribution; Elastic Resilience; Stress Dispersion Property

经编间隔织物具有良好的压缩弹性、耐热性、透气性和可回收性,在汽车座椅、床垫、运动服装、医疗等方面具有很大的应用潜力^[1-2]。较厚的经编间隔织物(厚度为10~40 mm)可以代替聚氨酯泡沫用作缓冲坐垫,具有良好的舒适性和可回收性^[3]。网孔型经编间隔织物因花纹丰富多变而被广泛应用^[4],其空气流通效果好、质轻、手感柔软、结构稳定,而且网眼结构带来了不同的表面效果,网眼大

小、形状和布局可以根据用途需要进行设计。为了使织物更加蓬松,可以适当增加织物的厚度,同时,通过多种网眼结构相互搭配,可以使织物更加丰富多彩^[5]。

网孔细小的织物常用作服装衬里和鞋材,而大网眼结构、间隔层厚度较大且间隔纱采用较粗涤纶单丝或复丝的织物则较多用作家纺材料,如床垫、坐垫等^[6]。此外,根据环保要求,经编间隔织物代替聚氨酯材料已经成为一种趋势^[7]。本

文选用厚度为15 mm的菱形网孔经编间隔织物进行研究,通过长期疲劳性、压力分布特性及回弹性测试,探讨其经过多次动态压缩后的压缩性能、臀部模块载荷下的静态压缩性能以及在较小的动态冲击压力下的压缩性能,为经编间隔织物的进一步研究提供参考。

1 试验

1.1 试验材料

试验材料选用福建福联经编有限公司提供的经编间隔织物,面

作者简介:张艳霞(1993—),女,硕士研究生。主要从事经编间隔织物增强复合材料的制备与性能表征方面的研究。

通讯作者:吴晓青(1964—),女,教授,博士。E-mail:1243798432@qq.com。

层纤维为涤纶复丝,间隔层为涤纶单丝,织物结构参数见表1,织物实物图如图1所示。

表1 经编间隔织物结构参数

参数		参数值
面层织物结构		菱形网孔
纱线原料		PET
面层纱横密/[纵行·(5 cm ⁻¹)]		25
面层纱纵密/[横列·(5 cm ⁻¹)]		48
间隔纱直径/mm		0.15
间隔纱排列方式		X 型
纱线线密度/ tex	面层纱	44.4
	间隔纱	24.4

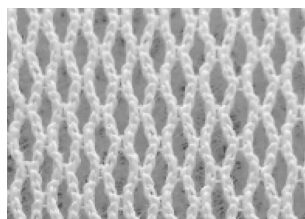
1.2 性能测试

1.2.1 长期疲劳性能

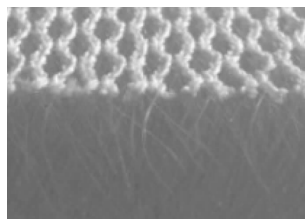
参照 QB/T 2819—2006《软质泡沫材料长期疲劳性能的测定》,采用 PMPL-2000A 海棉定载冲击或往复冲击疲劳试验机,测试织物的长期疲劳性。试验机压头为直径为 200 mm 的圆形平板压头,试样尺寸为 400 mm×400 mm×60 mm,压缩频率为 70 次/min,压力值为 750 N。

1.2.2 压力分布

采用 Roho 公司的 X3 Pro 型号 Xsensor 压力成像系统测试织物的压力分布。该系统采用电容技术快速精确地测量相互接触的两个物体表面之间的压力分布,压力感应器能够测量并动态呈现物体表面的受压点与受压分布,压力传感器的最高采样速度可达 64 万次/s。测试界面由 64 行、160 列压力测试单元组成,每个测试单元尺寸为 1.27 cm×1.27 cm。该软件显示的压强单位为 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa)。本文采用 10 kg 和 50 kg 臀部模块研究不同质量臀部模块下双层叠加经编间隔织物的压力分布情况。测试时将样品直接放置在试验室地面上,测试样品的压力峰值、平均压力及接触面积。



(a) 织物表层



(b) 间隔层

图1 涤纶经编间隔织物

1.2.3 落球回弹性

参照 GB 6670—2008《软质泡沫聚合材料 落球法回弹性能的测定》A 方法,采用 HS-1002 型海棉落球回弹仪,测试织物的回弹性。试样尺寸为 200 mm×200 mm。

2 结果与分析

2.1 经编间隔织物的长期疲劳性

经编间隔织物用作缓冲衬垫类产品时,其主要的变形是动态压缩变形,同时伴随压缩解除后消除载荷的变形过程,经编间隔织物在这些条件下的机械行为特性决定了制品的工作能力和耐久性。在动态变形和静态变形的作用下,经编间隔织物的弹性减弱并随着变形的长期积累而产生永久变形,从而导致其厚度减小、支撑性能减弱。经编间隔织物经过 20 万次动态压缩后的厚度损失率如图 2 所示。

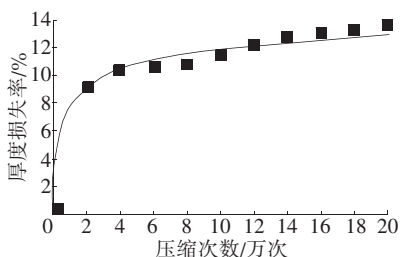


图2 经编间隔织物动态压缩厚度损失率

由图 2 可知,在初始 2 万次的压缩次数内,经编间隔织物的厚度损失率较大,织物承受载荷的能力变小,厚度损失率为 9.23%。随着压缩次数的增多,间隔丝弯曲受损,织物的回弹性降低,织物厚度开始减小。当压缩次数大于 2 万次后,织物的动态压缩厚度损失率趋

于平缓,厚度损失率基本上稳定在 12.00% 左右。

经编间隔织物经过 20 万次定载荷动态压缩后,织物 40% 压陷硬度指数与厚度损失率的关系曲线如图 3 所示。

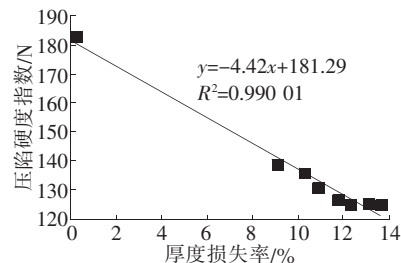


图3 经编间隔织物 40% 压陷硬度指数与厚度损失率的关系

由图 3 可知,经编间隔织物的厚度损失率越大,40% 压陷硬度指数越低。经过拟合后,经编间隔织物 40% 压陷硬度指数与厚度损失率符合线性关系。

经编间隔织物受到压缩载荷时压盘附近织物表面网孔变形图如图 4 所示,织物变形图如图 5 所示。

由 4 图可知,织物受到压缩时,间隔丝受力弯曲,织物表面下陷,但压盘附近未受压部分的间隔丝仍然保持直立,由于表层的网孔结构线圈相互穿套,导致压盘附近的网孔结构受到拉扯,使网孔逐渐变大。由图 5a 可知,经编间隔织物经过 20 万次动态压缩后,卸去压力后,织物表面压盘附近的网孔结构与未受压部分相比并没有明显变化,说明经编间隔织物的间隔丝仍具有良好的弹性并支撑着表面结构;由图 5b 可知,经编间隔织物

的受压区域产生凹陷,凹陷区域的直径为 260 mm,而压缩头的直径为 200 mm,说明经编间隔织物表层的线圈会将载荷向四周传递,从而提高缓压性能,提高织物的耐久性,同时由于间隔丝具有一定的支撑作用而形成弧形凹陷。

2.2 经编间隔织物的压力分布

经编间隔织物在垫类方面的应用主要是利用其优良的压力分散性和支撑性能,缓压性能是应力集中效应、压力分布等综合作用的结果,在实际应用中可通过改善压力舒适性、提高经编间隔织物的支撑性能^[8-9]来提高垫类的舒适性,以人体压力舒适性为导向,指导经编间隔织物在床垫方面的应用。

不同质量的臀部模块施加到经编间隔织物表面显示的压力范围不同,如图 6 所示,10 kg 加载模块的压力范围为 0~80 mmHg,而 50 kg 加载模块的压力峰值大于 120 mmHg,呈高压分布状态,压力分布测试量程为 0~200 mmHg。

图 6 显示出臀部模块的压力大小及压力分布情况,图中冷暖色代表压强的高低,能够直观地展现出感应垫上方各个测量点的实时压强,由此可以表明经编间隔织物对臀部模块支撑力的强弱。可以看出,臀尖部位有明显的压力集中现象,表明臀尖部位的支撑作用比较强。由于压缩载荷的形状会对压力分布产生直接影响,本文对臀部模块的两个不同部位进行分析,压力分布云图与臀部模块对应位置及切面图如图 7 所示,对应位置曲面形状的压力分布如图 8 所示。

由图 8 可知,压力值随着曲面形状的变化而不断变化。在第一切面加载 50 kg 载荷时,由于试样上臀部模块质量比较集中,样品厚度小,造成样品被压扁,载荷模块受

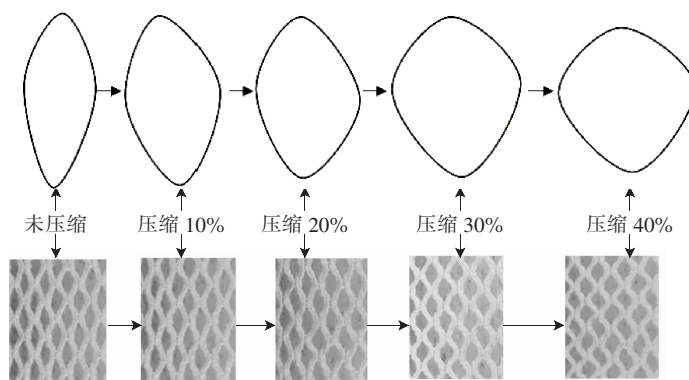


图 4 经编间隔织物压缩过程中压盘附近织物表面网孔变形图

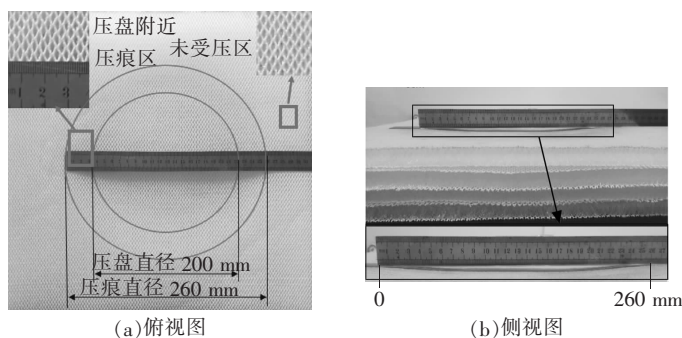


图 5 经编间隔织物经过动态压缩后的变形图

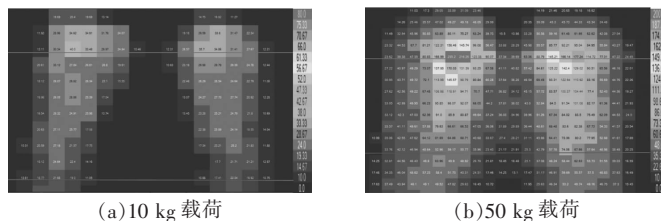


图 6 不同质量加载模块下经编间隔织物的压力分布云图

地面硬度的影响压力值较大,产生峰形图形。其余 3 条压力曲线均形成和臀部模块切面相对应的曲线图形,而且曲面形状最低点的压力值最高,说明在复杂形状的最低点处,经编间隔织物需要承受更大载荷。

经编间隔织物会随着臀部模块的曲线形表面产生变形,形成不同的受压压力点数,经编间隔织物的接触面积占比如图 9 所示。

由图 9 可知,载荷为 10 kg 时,10~15 mmHg 压力范围内接触面积占比为 38.13%,40~45 mmHg 压力范围内接触面积占比为 0.01%;载荷为 50 kg 时,10~30 mmHg 压力范围内接触面积占比为 44.42%,

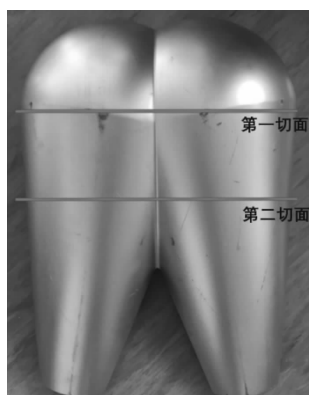
180~210 mmHg 压力范围内接触面积占比为 0.41%。可见经编间隔织物能够将压力载荷的高压区域降低,同时保持相对较低的接触压力分布,提供更好的舒适性。

加载不同质量臀部模块时经编间隔织物的压力分布见表 2。

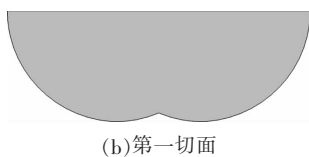
由表 2 可知,臀部模块质量增加,压力峰值、平均压力及接触面积均增大。由于经编间隔织物的表面由纱线编织而成,织物的柔软性使其容易与物体表面接触,增大了接触面积,缓压能力增强,同时间隔纱像一根根直立的弹簧,能够对加载物起到支撑作用。

2.3 经编间隔织物的回弹性

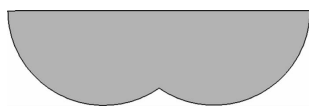
落球回弹性能能够表示经编间



(a)模拟臀部加载模块



(b)第一切面



(c)第二切面

图7 压力分布云图与臀部加载模块对应位置及切面图

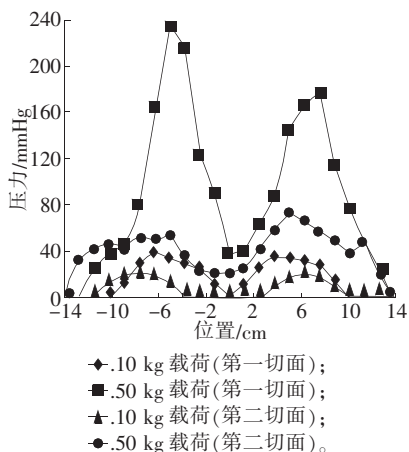
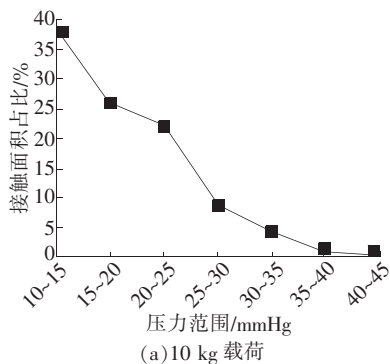


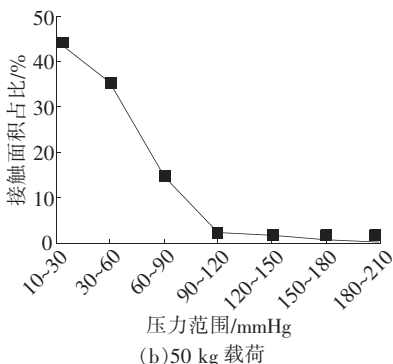
图8 压力分布云图与臀部加载模块对应位置曲面形状压力分布

隔织物在较小的动态冲击压力下的缓压性能,回弹率越大,织物的缓压性能越好。双层叠加经编间隔织物的回弹性测试结果见表3。

由表3可知,双层叠加经编间隔织物的平均回弹率为52.5%,这是因为在较小的动态冲击压力下,间隔丝能够像弹簧一样起到提高回弹性的作用,增强间隔织物的缓压性能。



(a)10 kg 载荷



(b)50 kg 载荷

图9 经编间隔织物的接触面积占比

表2 加载不同质量臀部模块时经编间隔织物的压力分布

模块质量/kg	压力峰值/mmHg	平均压力/mmHg	接触面积/cm ²
10	40.00	19.74	272.58
50	235.20	46.13	775.81

表3 经编间隔织物回弹性测试结果

试样编号	厚度/mm	回弹高度/mm	回弹率/%
1	30	268	53.6
2	30	256	51.2
3	30	262	52.6
平均值	30	262	52.5

3 结论

3.1 经编间隔织物具有优异的抗疲劳性能,当动态压缩次数大于2万次后,织物的压缩厚度损失率趋于平缓,厚度损失率基本稳定在12.00%左右。

3.2 载荷越大,中心范围需要的支撑作用力越大,经编间隔织物可以增大与载荷的接触面积,降低高压区域,增强缓压能力,同时,间隔纱能够对加载物起到支撑作用,而且

织物的支撑力受载荷物体形状的影响,在复杂形状的最低点处需要承受更大的载荷。

3.3 在较小的动态冲击压力下,双层叠加经编间隔织物的平均回弹率为52.5%。

3.4 经编间隔织物的缓压回弹性测试研究将对缓冲垫类产品的开发提供可靠的依据,以更好地满足人们对垫类产品舒适性的要求。

参考文献

- [1]BRISA V J D, HELBIG F, KROLL L. Numerical characterisation of the mechanical behaviour of a vertical spacer yarn in thick warp knitted spacer fabrics [J].Journal of Industrial Textiles,2014,45(1):841-850.
- [2]TONG S F, YIP J, YICK K L, et al. Exploring use of warp-knitted spacer fabric as a substitute for the absorbent layer for advanced wound dressing [J].Textile Research Journal,2014,85(12):1258-1268.
- [3]李超,孙婉,贾西苑,等.经编间隔织物的应用及其发展[J].产业用纺织品,2016,34(5):31-33.
- [4]杨大伟,缪旭红.经编小提花间隔织物花型设计与工艺实践[J].针织工业,2017(2):10-13.
- [5]柯文新,林光兴.经编间隔织物[M].北京:中国纺织出版社,2015.
- [6]HEIDE M, 陈峰, 陈济刚.具有特殊保护性能的间隔织物[J].国际纺织导报,2000(3):52-55.
- [7]沈瑶,钱静.经编间隔织物静态缓冲性能的研究[J].包装工程,2008,29(3):39-41.
- [8]陈玉霞,申黎明,郭勇,等.基于体压分布的床垫舒适性评价方法探讨[J].安徽农业大学学报,2013,40(6):1063-1066.
- [9]缪旭红,葛明桥.衬垫用经编间隔织物的压陷性能[J].纺织学报,2009,30(5):43-47.

收稿日期 2018年10月1日