

文章编号:0253-9721(2010)07-0050-05

机织间隔织物压缩性能有限元分析

李鸿顺, 曹海建, 钱坤, 俞科静

(江南大学 纺织服装学院, 江苏 无锡 214122)

摘要 为研究机织间隔织物的力学性能,建立机织间隔织物的力学分析模型,以采用特殊工艺生产的机织间隔织物为研究对象,通过对机织间隔织物的成型原理与结构进行分析,利用 ANSYS 分析软件建立机织间隔织物的有限元模型。由于间隔织物在使用过程中压缩性能是最主要的力学性能,对机织间隔织物的压缩性能进行了模拟分析,得出了反映机织间隔织物压缩过程中受力变形情况的应力与变形云图和应力与应变曲线。与实验结果进行的对比分析表明吻合较好。

关键词 机织间隔织物;有限元;压缩性能;ANSYS

中图分类号:TS 101.8; TS 105 **文献标志码**:A

Finite element analysis on compressibility of woven spacer fabric

LI Hongshun, CAO Haijian, QIAN Kun, YU Kejing

(School of Textiles & Clothing, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

Abstract In order to study the mechanical properties of the woven spacer fabric, a dynamic model for analysis was developed with a view to investigate the woven spacer fabric manufactured by special technologies. A finite element model was established using ANSYS software based on the analysis on the forming principle and the structure of the fabric. Since the compressibility for the woven spacer fabric is the most important mechanical property during serviceability, a simulative analysis of it was carried out and the stress-deformation plot and stress-strain curve were obtained to simulate its deformation in the process of compression. The analytical comparison showed that simulated results well agree with the experimental values.

Key words woven spacer fabric; finite element; compressibility; ANSYS

间隔织物是一种特殊的立体结构材料,上下层面之间存在着一个由单丝组成的弹性空间,不仅对面层提供弹性支撑,而且可以容纳大量空气,因此,间隔织物具有特殊的压缩特性和微气候调节能力,间隔织物也成为当前研究和开发的一种热门纺织材料^[1]。目前间隔织物主要采用经编工艺加工,而且其生产工艺和技术已基本趋于成熟^[2-4]。机织间隔织物还处于初步开发阶段,随着纺织机械的不断更新换代,机织物结构设计的多样性优势也不断显现,机织间隔织物逐渐显示出其旺盛的生命力。

与经编间隔织物相比,机织间隔织物能通过组织结构的变化来改变面层与间隔纱的交织规律和形

态。机织间隔织物具有良好的吸音、隔音性,透气、透湿性,结构整体性和可成形性,因而它在产业用、服用和装饰用方面逐渐得到广泛应用。目前对机织间隔织物的研究主要集中于结构设计和作为复合材料的增强体^[5-8]。作为一种间隔织物,机织间隔织物在服用、装饰用等方面的应用潜力还有待开发。

间隔织物在服用、装饰用以及家纺产品使用过程中,压缩性能是最为重要的一项基本性能,是用来反映其承载能力、柔软性和舒适性的物理指标。本文主要研究机织间隔织物的压缩性能,根据对机织间隔织物结构的分析,利用 ANSYS^[9-10]建立了机织间隔织物的有限元力学模型,同时对机织间隔织物

收稿日期:2009-07-28

修回日期:2010-03-25

作者简介:李鸿顺(1983—),男,助理工程师,硕士。主要研究方向为纺织复合材料与纺织新产品设计。E-mail: belly4319@163.com。

的压缩过程进行模拟,得到压缩变形过程中的应力与应变情况,并与实验结果进行了对比分析,获得了有益的结论。

1 机织间隔织物成型

机织间隔织物面层的纱线选择比较广泛,根据需要可以为化纤也可以是天然纤维,甚至可采用各种功能性纤维。本文主要研究其压缩性能,对面层要求不高,因此面层结构采用涤纶纱线织造。因间隔纱需要具有一定的抗弯刚度,以保证间隔织物的压弹性,往往采用较粗的锦纶或涤纶单丝,本文中的间隔纱选用涤纶单丝。由于机织间隔织物中面层和间隔纱采用 2 个系统的经纱,因此需采用双系统送经,表层结构采用恒张力送经方式,间隔纱结构采用恒送经量送经方式。经纱运动规律如图 1 所示。

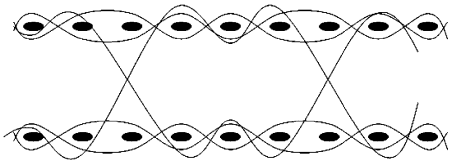


图 1 经纱运动规律

Fig. 1 Weave process of warp

在机织间隔织物中,上下层面经纱分别与纬纱交织形成 2 个独立的平面织物,2 组间隔纱贯穿于上下层面之间,在上层面层形成 M 形交织后穿过间隔区域,再与下层面层形成 W 形交织,使间隔纱与面层不易产生滑移,整体结构更加稳定。

2 有限元模型

2.1 基本假设

当间隔织物受到垂直于面层的载荷作用时,由于间隔织物结构特殊,间隔纱成为承受载荷的主体,间隔纱的强度决定了间隔织物的压缩性能,因此对间隔织物的结构研究中,间隔纱的特性是研究的重点。为简化模型,在建模之前进行如下假设。

- 1) 由于压缩过程中间隔纱是研究重点,假设面层为一普通弹性面板,在压缩过程中不产生变形。
- 2) 间隔织物在压缩过程中,织物上下层面在水平方向不发生侧移,织物面层的组织结构保持稳定。
- 3) 间隔纱截面为圆形,且在织物中各位置保持不变。

2.2 模型建立

机织间隔织物具有特殊的立体结构,主要分 3 个部分:2 个面层和 1 个间隔层,其中间隔纱既参与上层织物的交织,又参与下层织物的交织,从而使其获得很好的整体性能。由于间隔层采用弹性模量较高的单丝织造,受织造工艺和织物内部应力的影响,间隔纱产生弯曲变形,导致穿梭于上表面和下表面之间的纱线不是径直的,而是呈现弯曲现象,因此在经向所看到的间隔纱呈现 8 字形。如果在上下层面施加一定张力,间隔纱将呈伸直状态,在自然状态下又恢复到弯曲状态,如图 2 所示。

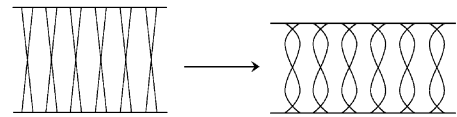


图 2 机织间隔织物经向截面示意图

Fig. 2 Warpwise section of woven spacer fabric

根据间隔纱实际形状,本文假设 8 字形纤维是由 2 条正弦曲线构成,如图 3 建立模型。曲线方程可表示为

$$x = a_j \sin(\rho_j y)$$

式中 a_j, ρ_j 为函数的变形系数,可根据间隔纱送经量、间隔纱高度以及 8 字形的宽度计算得到。

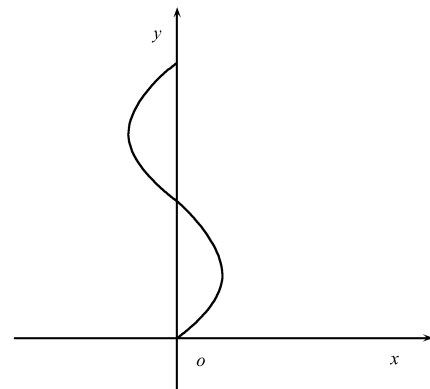


图 3 间隔纱经向模型

Fig. 3 Spacing yarn model in warpwise

从图 2 中可以看出,间隔纱形成的 8 字形的顶点并没有直接与面层接结,而是 2 根间隔纱交叉以后分别与面板交织,假设 8 字形的顶点与面层连接的部分为直线段,可用一线性函数表示。

在纬向,当上下层面施加一定张力时,间隔纱将呈伸直状态,在自然状态下,相邻的 2 根纬纱由于织造工艺的影响相互靠拢,形成狭长的 X 形,如图 4 所示,因此,间隔纱并不是垂直于面层的,而是在空

间弯曲的曲线。由此可知,机织间隔织物的单元结构由 4 根间隔纱组成,分成 2 组形成正反 2 个 S 形,从而得到完整的 8 字单元。

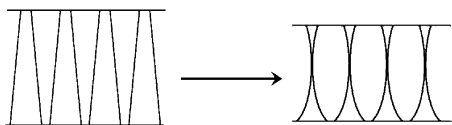


图 4 机织间隔织物纬向截面示意图

Fig. 4 Weft sense section of woven spacer fabric

纬向间隔纱结构可用一个不完整的正弦曲线 $z = a_w \sin(\rho_w y)$ 表示,如图 5 所示。变形系数 a_w 、 ρ_w 也可根据间隔纱的几何结构参数计算。

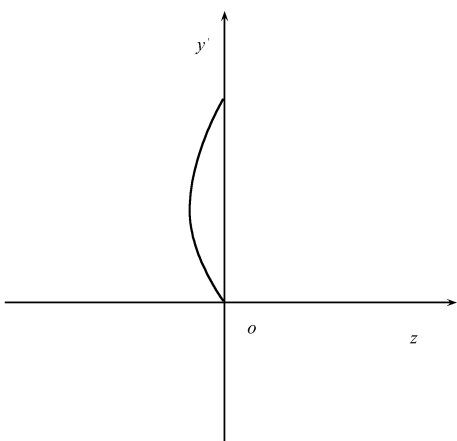


图 5 间隔纱纬向模型

Fig. 5 Spacing yarn model in weft sense

综上,机织间隔织物的经纬向模型都已确立,采用 ANSYS 软件建立单元结构模型如图 6(a) 所示,图 6(b)、(c) 分别为模型的经向视图和纬向视图。

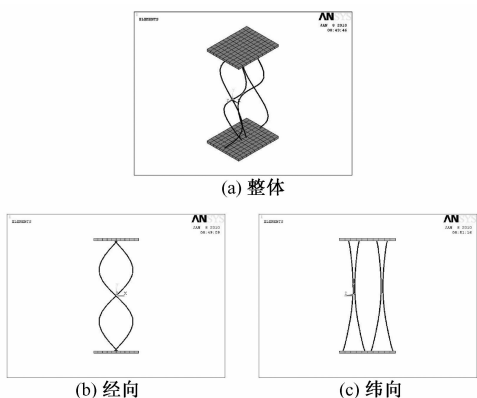


图 6 机织间隔织物有限元模型

Fig. 6 Finite element model of woven spacer fabric.

(a) Three-dimensional view; (b) Warpwise view;

(c) Weft sense view

3 结果与讨论

3.1 压缩仿真结果

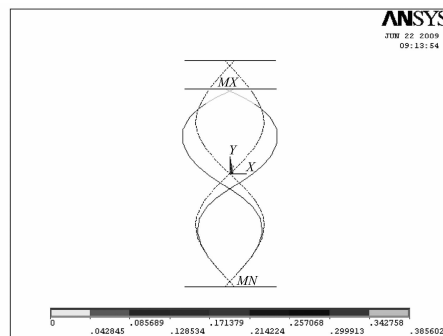
以 11 mm 机织间隔织物为例,结构参数如表 1 所示。织物下机以后放置 12 h,使间隔纱恢复到自然状态。测量面层和间隔部分厚度分别为 0.5、10.0 mm。

表 1 试样结构物理参数

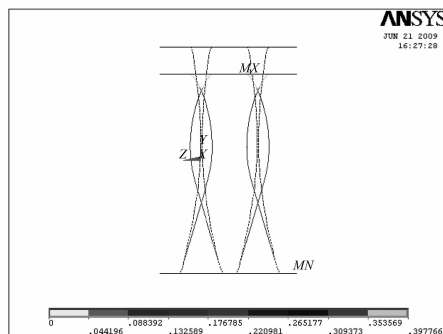
Tab. 1 Structural and physical parameters of samples

类别	原料	厚度/	密度/(根·(10 cm) ⁻¹)	
		mm	经向	纬向
面层	14.8 tex 涤纶纱	0.5	80	50
间隔纱	直径为 0.22 mm 的涤纶单丝	10.0	40	—

根据实际情况设定有限元模型的约束条件与加载条件,在有限元模型的上表面施加 8 mm 的位移载荷,而对下表面的所有自由度施加约束,保证下表面不发生平移或倾斜,分 16 步完成压缩过程,每一步压缩 0.5 mm。通过 ANSYS 软件的后处理功能,得到位移载荷条件下的计算结果,压缩变形图和应力分布图如图 7、8 所示。



(a) 经向



(b) 纬向

图 7 机织间隔织物压缩变形图

Fig. 7 Warpwise (a) and weft sense (b) compression deflection of woven spacer fabric

从压缩变形图中可以看出,在压缩过程中,压缩

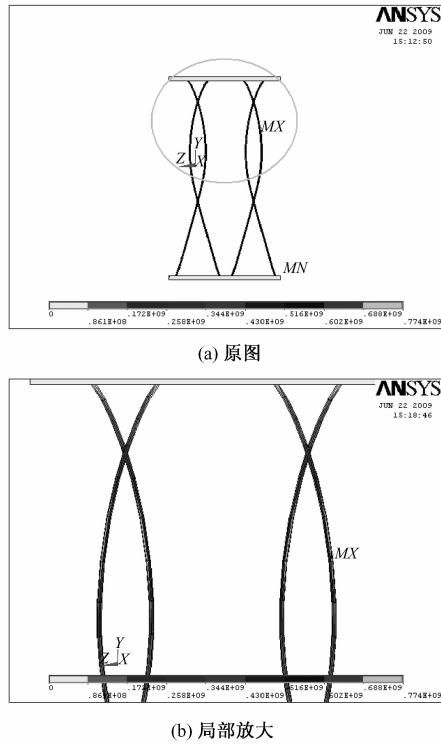


图 8 压缩过程应力分布图
Fig. 8 Original picture (a) and sectional enlarging picture (b) of stress distribution

变形主要表现为间隔纱的弯曲变形,间隔纱的弯曲性能是决定间隔织物压缩性能的最根本因素。图 8(a)为应力分布云图,最大应力集中在间隔纱弯曲部分,其放大图如图 8(b)所示。从图中可看出,面层的应力值和变形比间隔纱小得多,间隔纱屈曲处应力较为集中。

3.2 结果分析

采用 LRX plus 电子材料试验机对机织间隔织物进行压缩性能测试,得到机织间隔织物的应力与应变曲线,将实验结果与有限元模拟结果进行对比分析,结果如图 9 所示。

由图可看出,机织间隔织物有限元模型模拟的应力与应变曲线与实验得出的压缩变形曲线的趋势基本吻合。在压缩变形小于 30% 阶段内,有限元模拟的应力值略高于实验结果。这是由于模型假设中纱线在压缩过程中不产生滑移,而实验过程中,由于压力作用纱线首先产生小幅滑移,当应变达到 10% 时应力才开始上升,因此,在压缩开始阶段实验结果低于模拟应力结果。当实际压缩变形在 30% 到 55% 时,有限元模拟的应力值与实际实验结果比较吻合。这是由于在这个阶段纱线间基本不存在滑移,有限元模拟条件与实验条件基本吻合,因此应力

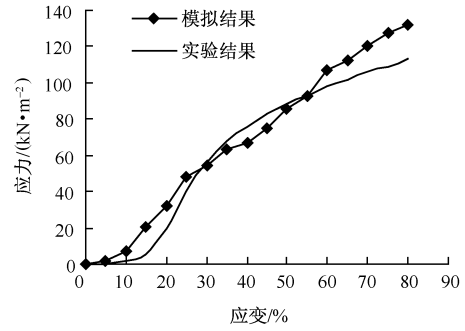


图 9 应力与应变模拟曲线与实验结果对比
Fig. 9 Comparison between simulation and experimental stress-strain curve

情况也比较一致。当压缩变形超过 55% 时,有限元模拟的应力值又开始高于实际压强。主要原因在于,有限元模型中假设间隔纱截面为圆形,而且在压缩过程中保持不变,没有考虑粗细不匀和截面变化等因素,随着应变的不断增大,纱线不匀对压缩性能的影响逐渐显现出来,因此有限元模拟的应力值偏高一些。另外,由于机织间隔织物的压缩性能主要是弹性芯材起决定作用,模型中将面层作为正交异性的简单弹性面层进行分析,对研究结果影响不大。

4 结 论

1)有限元方法为材料的力学性能分析提供了便利条件,精确的模型可对材料进行全面的模拟与分析,节省大量的实验,避免材料浪费,对材料的开发与应用有较好的指导意义。

2)本文建立的有限元模型仿真结果与实验结果较符合,可用来模拟间隔织物压缩过程中的受力变形情况,但由于假设条件和其他相关因素的影响,模拟结果与实际情况还是有一定的偏差,模型还需进一步的优化。

3)机织间隔织物是 2 个面层和间隔纱组成的一个整体,间隔纱与面层呈交织状态,因此,在受力过程中,各部分的受力比较复杂,进一步分析织物的组织结构来模拟机织间隔织物是优化模型的一个重要方法。

FZXB

参考文献:

[1] MARIANNE Heide. Spacer fabrics: trends [J]. Kettenwirk-Praxis, 2001(1): 45 - 48.
[2] 夏凤林. 经编间隔织物的抗压回弹性研究 [J]. 纺织

