

不同布置缝合纱线对预制件渗透性的影响

邵雪明

杨娅君

胡金莲

(浙江大学力学系, 杭州, 310027)(浙江科技学院机电系)(香港理工大学纺织与制衣学系)

摘要: 通过数值模拟对不同倾斜度、偏离中心线不同距离、不同排列方式的缝合纱线对纺织复合材料预制件渗透特性的影响及其规律进行了定量的研究。

关键词: 缝合纱线 纺织复合材料预制件 渗透性 影响

中图分类号: TS 941.61 文献标识码: A

渗透系数是决定纺织复合材料 RTM 冲模过程的一个重要参数, 将直接影响冲模时间以及气泡的形成。已有大量研究分别通过理论分析和实验, 对不同预制件的渗透系数进行了建模^[1,2]。目前, 三维缝合的纤维预制件越来越多地被应用来加工高性能的纺织复合材料, 然而, 大多数研究者在对有缝合纱线存在的预制件的渗透系数进行建模时, 都忽略了缝合纱线的影响, 比如 Shih 和 Lee^[3], Cairns^[4] 和

Lundström^[5]等人的工作。但对模型预估结果和实验结果进行对比后发现, 在很多情况下都存在较大的偏差, 引起偏差的主要原因是没有考虑缝合纱线对渗透系数的影响。

由此可见, 定量地研究缝合纱线对纺织复合材料预制件渗透系数的影响是非常必要的。在文中将

本研究得到香港理工大学和香港特别行政区 RGC 项目资助

计算机的 CMYK 打印色彩模式, 使制织“真彩提花织物”成为可能。其设计原理如图 3 所示。

M、Y、K 四个分色灰度图的灰度级别(不取相同值), 在不变化纬线颜色的前提下, 用结构设计的方法设计出具有不同色彩偏向的提花织物。另外, 纹样图分色图的灰度图数如为 2 或 3 时, 可以方便地设计类似传统织锦中纬二重或纬三重结构的提花织物, 而织物表面的织纹效果将更为细腻。

3 数码提花织物研究的前景

建立在“无彩数码提花织物”和“有彩数码提花织物”研究框架上的“数码提花织物”研究, 具有科学的理论基础, 突破了几千年来传统提花织物设计理念的影响, 其设计产品真正摆脱了人工性的制约, 不仅为开发新颖的提花织物创造了条件, 也为提花织物计算机智能化设计的技术研究提供了有效的理论依据。

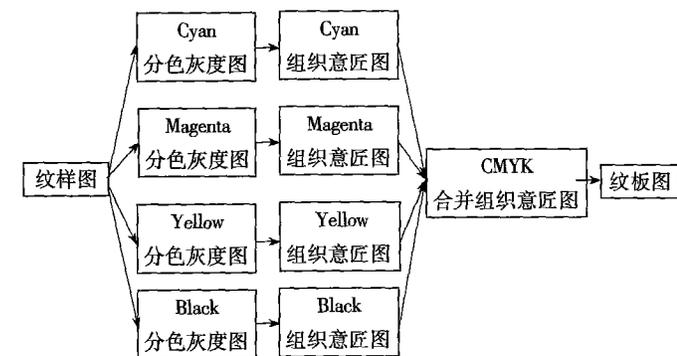


图 3 “有彩数码提花织物”设计原理

表 3 不同组织循环阴影组织的灰度级别和 CMYK 混合色彩数据

组织循环	8×8	12×12	16×16	24×24	36×36	48×48	60×60
灰度级别	7	11	15	23	35	47	59
混合色彩	2,401(7 ⁴)	14,641	50,625	279,841	1,500,625	4,879,681	12,117,361

其中, C、M、Y、K 分色灰度图的灰度级别不同, CMYK 合并组织图所显现的混合色彩数也不同, 当阴影组织取最小值的灰度级别时, 通过组织合并, 能产生的混合色彩数为 C、M、Y、K 四个分色灰度图的灰度级别数的乘积, 具体数值如表 3 所示。

表 3 数据表明, 在“有彩数码提花织物”的设计模式下, 可以方便地实现“真彩”的效果, 若阴影组织取最大值的灰度级别, 其混合色彩数更为可观。另外, 由于设计流程的灵活开放性, 可以通过调节 C、

参 考 文 献

- 1 浙江丝绸工学院, 苏州丝绸工学院编. 织物组织与纺织学. 下册. 北京: 中国纺织出版社, 1997: 387 ~ 409.
- 2 李志祥等. 电子提花技术与产品开发. 北京: 中国纺织出版社, 2000: 179 ~ 214.
- 3 宋建明. 色彩系列讲座. 流行色, 2000(1): 74 ~ 77.
- 4 周 赳. 电子提花黑白像景织物的产品设计原理. 纺织学报, 2002(1): 38 ~ 40.
- 5 周 赳. 真彩提花织物产品设计原理和方法. 纺织学报, 2002(5): 11 ~ 12.

对不同布置的缝合纱线对矩形纤维束间通道等效渗透系数的影响及其规律进行了研究。

1 模型和方法

数值模拟所采用的基本假设和方法,在前一期有关的研究论文^[6]中已有详细的介绍,在此仅作简单描述。如图1所示为四种计算模型,分别对应不同布置的缝合纱线,包括不同倾斜度、偏离中心线不同距离以及不同排列方式。图中,虚线所标示的部分是一个周期的通道,实线标示的是根据对称条件选取的计算区域。 L 、 W 和 H 分别是一个周期通道的长度、宽度和高度, R 是缝合纱线的半径。

对于不同的计算区域,首先根据一定的入口流量 Q ,求得所需的压力梯度 $\Delta p/L$,再根据Darcy定律计算得到有纱线存在时通道的等效渗透系数,然后和没有纱线存在时的等效渗透系数相比,就可以得到缝合纱线的影响。

通道内三维定常流动的控制方程如下:

$$\rho(\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} = \rho \mathbf{F} - \nabla p + \mu \Delta \mathbf{u} \quad (1)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{u} = 0 \quad (2)$$

其中 \mathbf{u} 是速度, ρ 是流体的密度, \mathbf{F} 是体力, p 为压力。对于通道的四周(纤维束或者模具壁面)同样考虑了三种典型的边界条件:1)在通道的四壁速度等于零(BC1);2)在上下壁面速度等于零,在左右壁面速度等于 V_b , V_b 是纤维束内的Darcy速度(BC2);3)在通道的四壁速度等于 V_b (BC3)。在缝合纱线的表面采用无滑移边界条件。对于以上问题,采用了基于控制体积方法的计算软件FLUENT 5.4进行了模拟。模拟是在小雷诺数下进行的。

2 结果及讨论

同样,缝合纱线对通道等效渗透系数的影响采用比例 K/K_0 来表示,其中 K 和 K_0 分别是通道中有和没有纱线时的等效渗透系数。对于矩形截面的通道, K_0 的值可根据文献[5]中的公式(6)计算获得。

2.1 不同纱线倾斜度对 K/K_0 的影响

如图1(a)所示,在很多情况下纱线并不一定和来流方向垂直。设纱线和 y 轴的正向之间的夹角为 θ 。 K/K_0 随 θ 的变化如图2所示,参数 R/a 、 V_b/V_a 和 L/W 分别取为0.2、0.4和2.0。可见,当 θ 小于 10° 时, K/K_0 几乎保持不变,然后随着 θ 的增大而逐渐减小。 K/K_0 随 θ 减小的原因主要是因为倾斜度越大,在通道中纱线的长度就更长,相应的对流动的阻滞作用就更大。不过 θ 对 K/K_0 的影响相比较其他

参数来说,还是相对比较弱的。

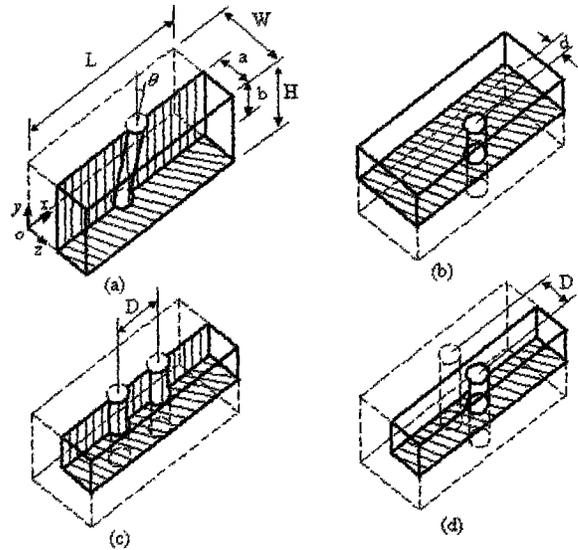


图1 不同情况下的计算模型

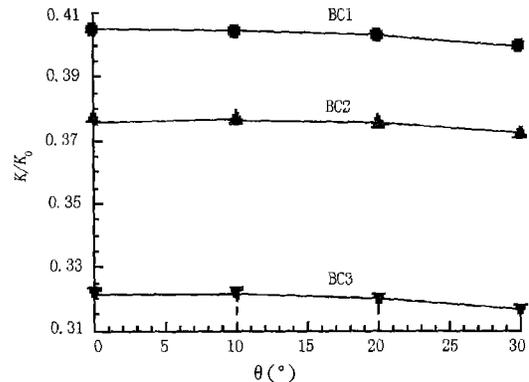


图2 K/K_0 随纱线倾斜角 θ 的变化

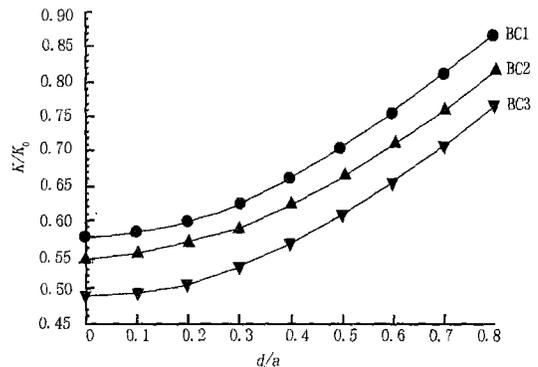


图3 K/K_0 随 d/a 的变化

2.2 偏离通道中心线距离对 K/K_0 的影响

在一般情况下,缝合纱线在纤维束间通道内并不一定位于中心线上,而往往会偏离一定的距离 d ,如图1(b)所示。利用对称性,可以取通道的上半部分作为计算区域。计算结果 K/K_0 随 d/a 的变化如图3所示。在图中所示的算例中,其他参数 R/a 、 L/W 和 V_b/V_a 分别取为0.2、2.0和0.4。当 d/a 等于

0时纱线应位于中心线, d/a 越大则纱线越靠近通道的边界。由图可见, 纱线越靠近边界, K/K_0 越大, 也就是说对通道等效渗透系数的影响越小。

2.3 不同排列方式的影响

当在一个周期内有两根缝合纱线存在时, 则在不同排列方式下, 缝合纱线对纤维束间通道等效渗透系数的影响也必然不同。本文考虑两种典型的排列形式, 分别如图 1(c)和(d)所示。在排列形式 1 中 [图 1(c)], 两根纱线都位于中心线上, 前后排列, 而在排列形式 2 中 [图 1(d)], 两根纱线以通道中心线为对称轴左右对称排列。在这两种排列形式中, 两根纱线之间的距离均用 D 表示, 其他参数, R/a 、 L/W 和 V_0/V_2 分别设为 0.2、2.0 和 0.4。

对于排列形式 1, 计算结果如图 4 所示。当 D/L 等于 0.1 时, 两根纱线前后贴在一起, 此时 K/K_0 相对比较高, 然后随着 D/L 的增大而逐渐减小。当 D/L 等于 0.5 时, 此时的结果应该和一个周期中只有一条纱线并 L/W 等于 1.0 时的结果一致。

对于排列形式 2, 当 D/W 等于 0.2 时, 两根纱线应该左右贴在一起, 而当 D/W 等于 0.8 时, 两根纱线则应该分别贴在通道的左右边界。和排列形式 1 的结果略有不同, 如图 5 所示, K/K_0 随 D/W 的变化并不是单调的, 而是先随着 D/W 的增大而逐渐减小, 当 D/W 大约为 0.35 ~ 0.40 时达到最小值, 然后又逐渐增大。在整个变化过程中, K/K_0 的最大值

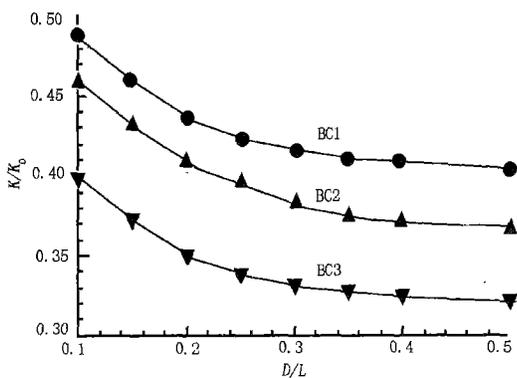


图 4 两根纱线前后排列时 K/K_0 随 D/L 的变化

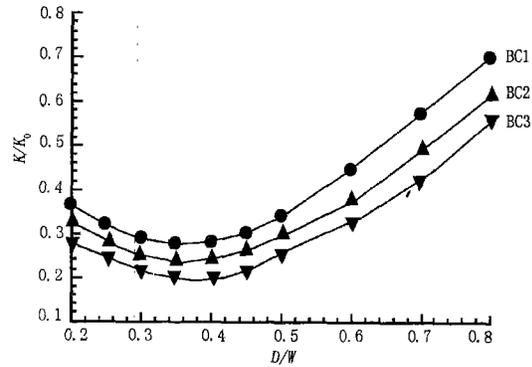


图 5 两根纱线左右排列时 K/K_0 随 D/W 的变化

大约是最小值的 3 倍, 可见缝合纱线的排列形式对于通道的等效渗透系数有比较大的影响。

3 结论

通过数值模拟, 对不同布置的缝合纱线对矩形纤维束间通道等效渗透系数的影响及其规律进行了研究。结果表明: K/K_0 随纱线倾斜度的增加而减小, 随偏离中心距离的增加而增加。当一个周期内有两根缝合纱线存在时, 在前后排列时, K/K_0 随着两纱线中心距离的增大而减小; 而当左右对称排列时, K/K_0 随着两纱线中心距离的增大先减小后增大。

参考文献

- 1 P. Simacek et al. Permeability Model for a Woven Fabric. Polym. Compos., 1996(6): 887 ~ 899.
- 2 M. K. Um et al. A Study on the Determination of In-plane Permeability of Fiber Performs. Polym. Compos., 1999(6): 771 ~ 779.
- 3 C. H. Shih et al. Effect of Fibre Architecture on Permeability in Liquid Composite Molding. Polym. Compos., 1998(5): 629 ~ 639.
- 4 D. S. Carims et al. Modeling of Resin Transfer Molding of Composite Materials with Oriented Unidirectional Plyer. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 1999: 375 ~ 382.
- 5 T. S. Lundström. The Permeability of Non-crimp Stitched Fabrics. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 2000: 1345 ~ 1353.
- 6 邵雪明等. 预制件中缝合纱线对渗透特性影响的研究. 纺织学报, 2003(2): 28 ~ 30.

欢迎订阅 2003 年《纺织科普》报

《纺织科普》报是由中国纺织工程学会主办和编辑出版的科普性内部刊物。本报为四开半月刊, 全年 24 期, 订费 24 元。需订阅者, 请与我报联系。

地址: 北京朝外延静里中街 3 号六层

邮编: 100025

电话: 010-65017772/3/4/5/6-8008

传真: 010-65016538

帐户: 中国纺织工程学会

开户银行: 工商银行八里庄分理处

帐号: 02000038090144201-10

JOURNAL OF TEXTILE RESEARCH

(Bimonthly)

Vol.24, No.3, Sum 222, Jun. 2003

Contents

(Abstracts Inc.)

Research Reports

Study of the Dyeing Mechanism and Properties of Gallnut for Silk Fabrics

The results of the experiments indicate that the dyeing mechanism of gallnut for silk fabrics belongs to the type of multimolecular layer adsorption. The coordination structure between Cu^{2+} and gallnut was determined as plane tetragonal by ESR spectroscopy. The properties such as drapability, air permeability and strength were also analyzed. Yu Zhicheng *et al* (7)

The Development of Fabric Substrate for Plastic Mixed High Foaming Composite Materials

On a loom of double beams and single shed, several fabric substrates for high foaming composite materials were manufactured with multilayers binding weave of different three - dimensional spatial structures. Xie Guangyin *et al* (9)

PET Fabric Finishing with Nano Material ATO for Antistatic Coating

PET fabric was finished with nano ATO antistatic material by coating method. It was found that the fabric thus got durable antistatic property with washing number of 50 times by two - step doctor coating method. The SEM results showed that only when ATO particles exposed on the surface of the coating film, they could exhibit antistatic property. In addition, only when those particles partly exposed on the film surface and partly under the surface, the antistatic property of the coating film could have good durability. Chen Xuehua *et al* (11)

Auto - generating of Textile Pattern through Fractal L - System

According to the principle of picture composition based on the fractal L - system, two programs were written to generate the typical fractal curves of Von Koch and Peano - Hilbert. Using the programs, various patterns suitable for textiles were generated through modifying the several parameters. Yang Xuhong *et al* (13)

Design of Weaves Matrixes for Tone Gradation in Fabric with Figures and Scenery Images

The article proposes the design method of tone gradation weaves in black - white fabric with figures and scenery images, puts forward mathematical models for designing weaves for gradation of tone with integral matrixes and introduces the application in designing fabric with figures and scenery images. Shi Guosheng (16)

The Principle and Framework of Research on Digital Jacquard Fabric

The new era of digital - one is coming along with the application of electronic jacquard and jacquard CAD system, and the research on digital jacquard fabric is being carried out. In this paper, a specific principle and framework is introduced and analyzed thoroughly for the research on digital jacquard fabric. Zhou Jiu (17)

Analysis and Investigations

The Effect of Different Arrangements of Sewing Yarns on Preforms Leakage

Based on the digital simulation, a quantitative investigation was carried out into the effect of different sewing yarns arrangements on the preforms leakage and the effect rule. The arrangements include the different inclinations, offset distances from the central line, and the distribution modes of the sewing yarns in the textile composites preforms. Shao Xueming *et al* (19)

Investigation on Tensile Strength of Kevlar/Polypropylene Commingled Yarn Commingled Composites

The tensile properties of kevlar/ polypropylene commingled yarn commingled composites were investigated in this paper. The effect of volume content of composites on longitudinal tensile strength and strength using ratio were discussed. In addition, sample fracture shapes of composites were analyzed. Zhang Maolin *et al* (22)

Influence of Strain Rate on Tensile Test Results of Cotton Yarns

In the paper, the relationship between the strain rate and tensile properties of the cotton yarn is analyzed using a standard linear solid model. Tensile properties of the cotton yarn are tested under different extension rates. A good correlation is obtained between the calculated and the experimental results. Shi Fengjun *et al* (24)

The Pulping Performances of Wet Process for Tencel Fiber

Using the Courtaulds tencel fiber, this paper studied the pulping properties of solvent - spun cellulose fiber in water. This will provide the reference for the application of the filtering products and special papers. Wan Yabo *et al* (26)

Relationship between Construction and Performance of Lyocell Warp Elastic Fabric

The relationship between construction and performance of Lyocell warp elastic fabrics with upstream doubling and twisting processing was studied in this paper. The results show that the higher thickness and lower volume weight of produced fabric are preferred for elastic performance conferred to fabric. The lower weft tight index on loom is needed during weaving process for warp elastic fabric manufacturing. Li Maosong *et al* (28)

Study of the Jacquard Simulation for Real Feeling

This thesis discusses the theory and methods of the jacquard simulation, and especially the importance of the detail simulation with respect to the real feeling. Theory and methods have been verified by practical demonstration. Zhuge Zhenrong *et al* (30)