

云纹纱纬编针织物外观模拟

吴义伦, 潘如如, 高卫东

(江南大学 生态纺织教育部重点实验室, 江苏 无锡 214122)

摘要: 云纹纱颜色渐变, 对应的布面颜色难以直观预测, 需要通过打小样来预测布面效果, 但这种方式耗时、费力、增加成本。为解决此问题, 文章提出一种应用真实云纹纱图像的针织物外观模拟方法, 可以快速、直观、准确地预测云纹纱织物的布面颜色。首先利用图像分割、形态学开运算和闭运算等图像处理技术对采集到的云纹纱图像进行处理, 得到原始纱线图像主体部分; 然后利用改进的 Peirce 线圈模型, 将真实云纹纱线纹理映射至线圈的几何模型上; 最后调整线圈的串套关系, 完成织物外观的模拟。模拟结果显示, 模拟的织物与实际织物扫描图像颜色纹理相近, 外观效果逼真。

关键词: 云纹纱; 图像处理; 线圈模型; 映射; 外观模拟

中图分类号: TS181.8

文献标志码: A

文章编号: 1001-7003(2019)02-0037-06

引用页码: 021107

Appearance simulation of weft knitted fabric with cloud yarn

WU Yilun, PAN Ruru, GAO Weidong

(Key Laboratory of Eco-Textiles, Ministry of Education, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: Cloud yarn is of gradient color. It is difficult to predict cloth color intuitively, and it is needed to predict the effect of cloth by means of making samples. But this approach is time-consuming, laborious and costly. In order to solve this problem, a method of appearance simulation of knitted fabric based on real cloud yarn image information, with which fabric color of cloud yarn fabrics can be predicted quickly, intuitively and accurately. The procedure is as below. Firstly, collected cloud yarn images are processed with image processing techniques such as image segmentation, morphological opening and closing operations to obtain the main part of original yarn image; secondly, real cloud yarn texture is mapped to geometric model of loop with improved Peirce loop model; thirdly, the string relationship of loop is adjusted to complete appearance simulation of fabric. Simulation result shows that the simulated fabric is similar to scanned image of real fabric in respect of color and texture, and the appearance effect is realistic.

Key words: cloud yarn; image processing; loop model; mapping; appearance simulation

云纹纱纬编针织物外观具有类似云纹的特点, 符合现代众多消费者个性化、时尚化的发展趋势。然而, 由于纺制云纹纱所用的饰纱分布无固定规律^[1-2], 因此对应的织物布面效果难以预测。传统地, 工厂需要通过打小样来预测布面效果, 此方式不仅耗时、费力, 而且增加企业成本。

为解决上述问题, 近年来, 研究者开始通过应用计算机图像技术对针织物外观效果进行模拟。目前, 研究者大多通过应用线圈几何模型法或图像法对织物外观进行模拟。祝成炎^[3]用计算机模拟织物外观纹理的方法来预测实际织物外观, 但此方法仅能模拟出纹理特点, 不是整个布面效果; 沙莎等^[4]、于斌成等^[5]通过优化模拟纱线的结构以增强模拟织物外观真实感, 但此方法不能应用于云纹纱织物模拟; 张继东等^[6]、李忠健等^[7]、张宁等^[8]采用真实纱线图像对织物进行模拟, 但其建立的线圈模型的圈柱为直线, 与真实针织物线圈形状不符, 且

收稿日期: 2018-06-13; 修回日期: 2018-12-11

基金项目: 江苏省博士后科研资助计划项目(1601017A); 江苏高校优势学科建设工程资助项目(苏政办发[2014]37号)

作者简介: 吴义伦(1994—), 男, 硕士研究生, 研究方向为色纺纱图像处理。通信作者: 高卫东 教授 gaowd3@163.com。

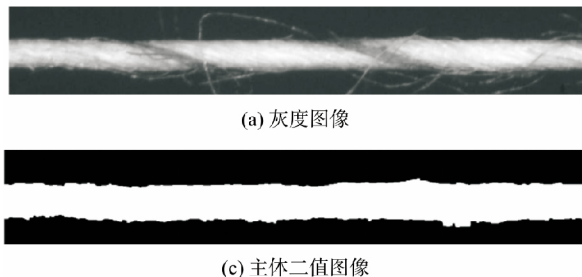
其纱线拼接方法在纱线粗细不匀时,拼接时会出现错位现象,影响模拟织物外观真实感。吴周镜等^[9]、王辉等^[10]、居婷婷等^[11]对针织物线圈进行模拟,通过建立针织物线圈三维结构模型,最终模拟出具有三维效果的针织物外观结构,但是该模拟方法更加侧重于针织物结构,而非外观效果。国外研究者对于纬编针织物的仿真模拟较早,在织物的真实感模拟方面研究较多的是通过纱线真实感模型、光照模型。如德国 Kaldor J M 等^[12]采用三维建模的方法对织物的结构进行分析,并结合纱线粗细、质量等参数,利用光线追踪的方法实现了纬编提花针织物的计算机仿真,但是该方法应用模拟纱线模拟针织物,真实感差;同时,对机器设备要求很高,并且仿真速度很慢。

本文提出了一种通过将真实云纹纱线图像与优化后的线圈几何模型相结合来模拟云纹纱织物的一种方法,能够适应不同密度、不同纱线品种的针织物模拟,算法适应性较好。

1 云纹纱图像采集及预处理

1.1 图像信息获取

为获取云纹纱图像,本文临时搭建了一个连续获取云纹纱图像的装置,如图1所示。



(a) 灰度图像

(c) 主体二值图像

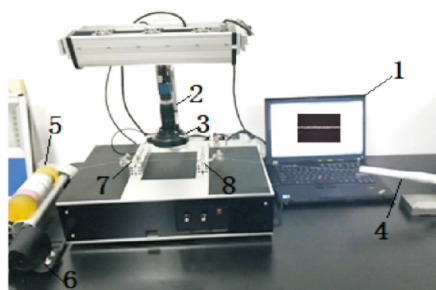


图1 纱线图像采集装置

Fig. 1 Yarn image acquisition device

该装置主要由8个部件组成。1为显示器,2为MER-132-30GC工业相机,3为LED环形光源,4为纱线退绕装置,5为纱线卷绕装置,6为220V交流电机,7、8为导纱装置。其中,7、8之间是纱线图像采集区域,采集部分用黑布遮盖以保证采集区域封闭,使用LED环形光源,采集的云纹纱线图像如图2所示。

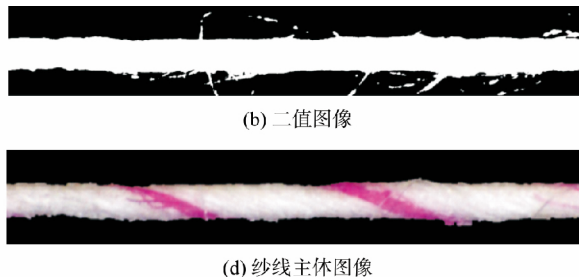


图2 云纹纱原始图像

Fig. 2 Original cloud image

1.2 图像预处理

为了去除云纹纱毛羽等不需要的噪声,得到纱线主体图像,本文对采集的云纹纱图像进行预处理,预处理过程如图3所示。



(b) 二值图像

(d) 纱线主体图像

图3 图像预处理过程

Fig. 3 Image preprocessing

处理纱线原始图像时,为了将纱线与背景区分开,首先将采集的纱线图像二值化处理;然后对二值图像做形态学开运算和闭运算去除毛羽等噪声,得到光滑的纱线主体二值图像;最后通过将纱线主体二值图像与纱线原图做矩阵点乘运算(下式)得到纱线主体图像,将纱线与背景完全分割开,如图3(d)所示。

$$Y(:, :, Z) = B * I(:, :, Z) \quad (1)$$

式中:Y为纱线主体图像,B为纱线主体二值图像,I为纱线原图像,Z表示R、G、B三个分量,其值分别为

1、2、3。

1.3 纱线拼接

由于采集装置采集的是纱线图像的片段,为了满足模拟织物幅宽的要求,需要对纱线图像进行拼接,本文采用文献[8]中的方法,获取纱线中心线、左右端中心位置及上下边界。文献[6]中仅以中心线进行拼接,但由于纱线的条干不匀等因素,以中心线拼接会造成纱线的中心线与中心位置不重合,拼接会出现错位现象,如图4所示。为了纠正错位现象,本文对拼接进行纠偏,以图4(c)为例。

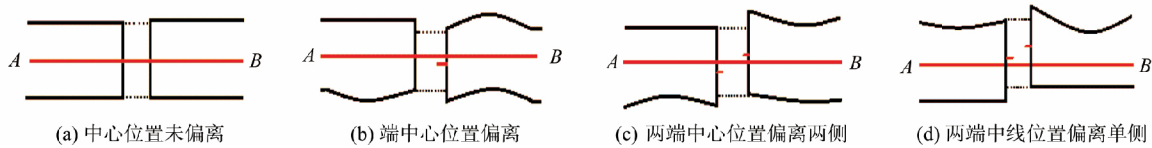


图 4 纱线的拼接错位情况

Fig. 4 Splicing misalignment of yarn

图 4(c) 中纱线条干以中心线为基准靠在一起, 若中心位置偏离对应纱线中心线下侧, 设偏离值为正, 反之为负。A 段纱线中心位置偏离中心线下侧, 设其偏离值为 $-L_A$ ($L_A > 0$); B 端中心位置偏离中心线上侧, 设其值为 L_B ($L_B > 0$), 则其总偏移量如下式所示。

$$L = L_B - (-L_A) = L_B + L_A \quad (2)$$

同理, 其他情况的拼接均以此计算方法。若 $L = 0$, 则两侧纱线位置不变; 若 $L > 0$, 则将右侧纱线下移 L ; 若 $L < 0$, 则将右侧纱线上移 L , 即可完成纱线的拼接, 此方法解决了拼接错位问题。

2 线圈模拟

2.1 建立线圈几何模型

Peirce 线圈几何模型将圈柱假设为直线, 但真实状态下的线圈圈柱部分由于受到力的作用, 会发生弯曲。本文将 Peirce 线圈几何模型的圈柱部分用四个圆弧替代, 沉降弧和针编弧用椭圆弧代替, 如图 5 所示, 弧 AB、HI 为线圈的沉降弧; 弧 BC、CD、FG、GH 为线圈的圈柱部分, 分别由圆的 1/8 组成; 弧 DEF 为线圈的针编弧。其中, 设弧 BC、CD、FG、GH 分别对应的弧度为 $\pi/4$, 弧 AB、HI 对应的弧度为 $\pi/2$, 针编弧 DEF 对应的弧度为 π 。

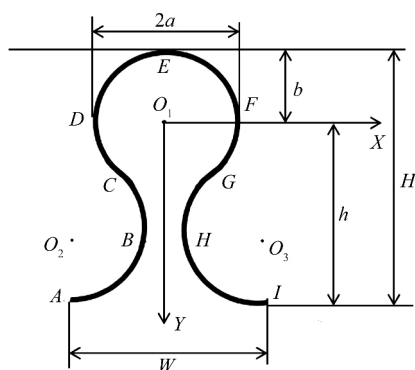


图 5 线圈几何模型

Fig. 5 Loop geometry model

图 5 所示线圈几何模型时是以 $O_1(x_0, y_0)$ 为原点建立直角坐标系, H 表示线圈高度, W 表示线圈的

圈距 a 表示椭圆长半轴长度, b 表示椭圆短半轴长度 h 表示纵向线圈之间的距离。根据线圈模型的几何关系, 可以得到各点的坐标, 继而可以得到各段弧线在对应弧度范围内相对应的函数方程, 如下式所示。

$$AB: \begin{cases} x = x_0 - h + a \times \cos\alpha \\ y = y_0 + h + b \times \sin\alpha \end{cases} \quad 0 \leq \alpha \leq \pi/2 \quad (3)$$

$$BC: \begin{cases} x = x_0 - h + a \times \cos\alpha \\ y = y_0 + h + a \times \sin\alpha \end{cases} \quad -\pi/4 \leq \alpha \leq 0 \quad (4)$$

$$CD: \begin{cases} x = x_0 + a \times \cos\alpha \\ y = y_0 + a \times \sin\alpha \end{cases} \quad -3\pi/4 \leq \alpha \leq \pi \quad (5)$$

$$DEF: \begin{cases} x = x_0 + a \times \cos\alpha \\ y = y_0 + b \times \sin\alpha \end{cases} \quad \pi \leq \alpha \leq 2\pi \quad (6)$$

$$FG: \begin{cases} x = x_0 + a \times \cos\alpha \\ y = y_0 + a \times \sin\alpha \end{cases} \quad 0 \leq \alpha \leq \pi/4 \quad (7)$$

$$GH: \begin{cases} x = x_0 + h + a \times \cos\alpha \\ y = y_0 + h + a \times \sin\alpha \end{cases} \quad \pi \leq \alpha \leq 5\pi/4 \quad (8)$$

$$HI: \begin{cases} x = x_0 + h + a \times \cos\alpha \\ y = y_0 + h + b \times \sin\alpha \end{cases} \quad \pi/2 \leq \alpha \leq \pi \quad (9)$$

2.2 线圈的模拟

模拟线圈时, 需要将真实纱线信息映射到线圈几何模型上。本文采用文献 [6] 中的线圈圈弧的映射方法, 先将真实纱线信息中心线与线圈几何模型函数曲线相对应, 然后将真实纱线中心线两侧的像素点信息映射到几何模型函数曲线的两侧。以线圈沉降弧为例 (图 6), 按下式的映射原理, 最终可得到沉降弧模拟图像。

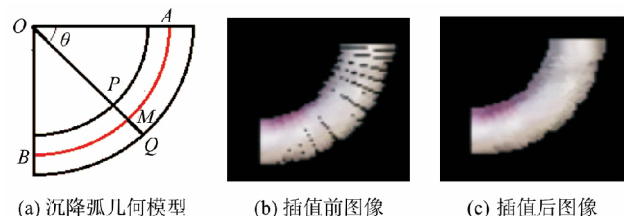


图 6 沉降弧映射

Fig. 6 Settlement arc mapping

$P(y - k \sin\theta, x - k \cos\theta, Z) = Y(m - k, n, Z)$ (10)
式中: P 为线圈图像矩阵, Y 为纱线图像矩阵, x, y 分

别为函数曲线上任一点的横、纵坐标, θ 为函数曲线对应的弧度, k 的值为 OM 的长度与 PQ 上任一点到 O 点距离的差值, m 为纱线图像的中心线所在的行, n 为纱线图像的列数, Z 与式(1)含义相同。

图6(b)中,由于纱线图像中的像素点是离散的,因此模拟的图像上会有黑点存在。为解决这种黑点问题,本文在映射时进行了最邻近插值算法处理,该算法取插值点的4个邻点中距离最近的邻点灰度值作为该点的灰度值,如图7所示。

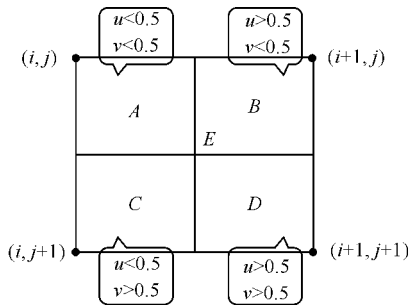


图7 最邻近插值算法原理

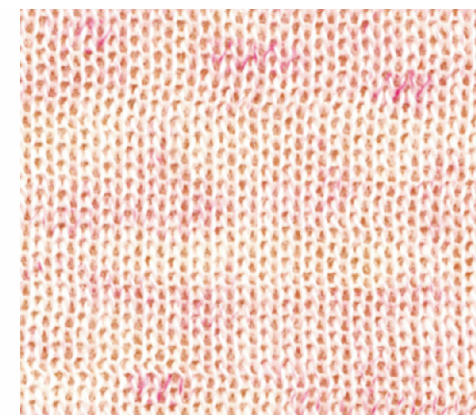
Fig. 7 Nearest neighbor interpolation algorithm

设待求像素点坐标为 $(i + u, j + v)$, 则其灰度值为 $f(i + u, j + v)$ 。根据 u, v 的值即可得出 $f(i + u, j + v)$ 的灰度值(下式), 最终插值结果如图6(c)所示, 解决了黑点问题。

$$f(i + u, j + v) = \begin{cases} f(i, j) & u < 0.5, v < 0.5 \\ f(i + 1, j) & u > 0.5, v < 0.5 \\ f(i, j + 1) & u < 0.5, v > 0.5 \\ f(i + 1, j + 1) & u > 0.5, v > 0.5 \end{cases} \quad (11)$$



(a) 模拟效果



(b) 实物效果

图9 云纹纱织物模拟结果

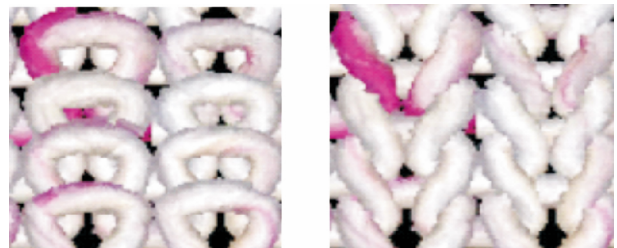
Fig. 9 Simulation results of cloud yarn fabric

图9(a)是利用本文方法模拟的同密度的云纹纱织物, 图9(b)是将云纹纱线用小样袜机织出的实

3 织物的模拟

3.1 线圈串套处理

在织物模拟时,先将单个线圈模型沿着横向和纵向循环,然后将云纹纱真实图像信息沿着纱线的编织方向依次映射到线圈几何模型中心线两侧,得到如图8(a)所示的模拟图。可以看出,线圈和线圈之间没有串套的关系。为了形成纬编针织物线圈之间相互串套的外观,本文在云纹纱真实图像信息映射至线圈几何模型的针编弧时,计算线圈图像矩阵 P 中当前像素点的 R, G, B 分量值之和,若其值为0,即为背景色,则继续映射;若其值不为0,即为非背景色,则无需映射。得到结果如图8(b)所示,从而解决了线圈串套问题。



(a) 未进行串套处理

(b) 进行串套处理

图8 线圈串套

Fig. 8 Loop cover

3.2 云纹纱纬编针织物的模拟

3.2.1 模拟织物与实物图的对比

为了让实验结果有说服力,本文将模拟的纬平针织物与对应的通过扫描得到的同密度纬编针织物图像作对比,对比的结果如图9所示。

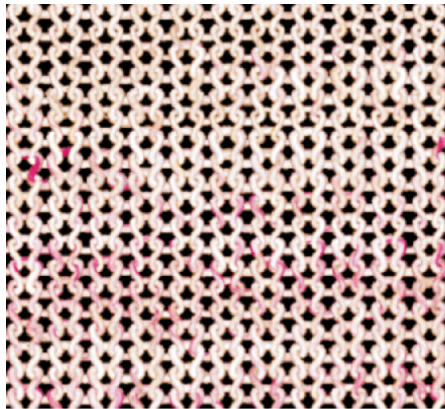
物。从模拟的结果对比来看,模拟的云纹纱织物具有明显的云纹效果,与扫描得到的真实云纹纱织物

外观纹理基本一致。

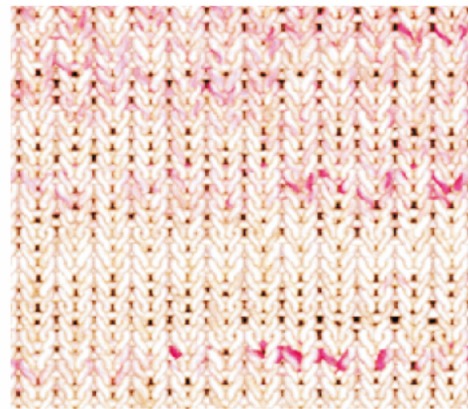
3.2.2 不同密度的针织物模拟

密度是针织物设计的重要参数,本文织物模

拟的算法可根据实际需求通过调节线圈的圈距 W 和两线圈纵向距离 h 改变织物的密度,如图 10 所示。



(a) 模拟密度较小



(b) 模拟密度较大

图 10 不同密度模拟效果对比

Fig. 10 Comparison of simulated images with different densities

图 10(a) 为密度较小的模拟织物,通过调节圈距 W 与两线圈纵向距离 h 来增大密度,得到如图 10(b) 所示模拟织物。图 10(b) 与图 10(a) 相比,织物密度明显增大,表面线圈紧密相连;反之,图 10(a) 密度较小,线圈稀疏。由此可以得到不同密度模拟出的织物在视觉效果上有较大的差异,而本文可根据需要

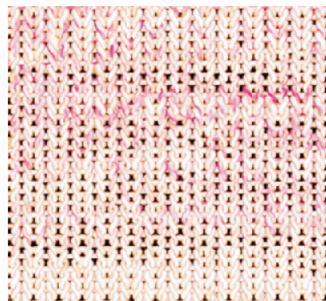
调整针织物的密度参数,算法适应性较好。

3.2.3 模拟织物重复周期可调

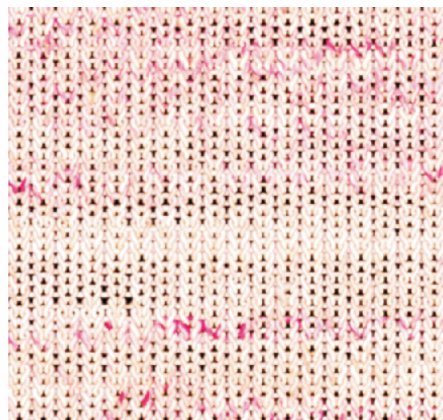
云纹纱线的织物模拟重复周期会对模拟织物的外观有一定的影响,改变模拟织物的重复周期,可以得到模拟织物不同外观效果。本文所用的算法可以根据需要调节织物模拟的重复周期,如图 11 所示。



(a) 重复周期较小



(b) 重复周期适中



(c) 重复周期较大

图 11 模拟织物不同重复周期图像

Fig. 11 Simulation of different repeating cycle images of fabric

图 11(a) 模拟织物的重复周期较小,模拟出的织物云纹效果并不明显;图 11(b) 模拟织物的周期适中,外观可以看出云纹织物的特点;图 11(c) 模拟织物的周期较大,云纹效果较为明显。三幅图像对比可以看出,模拟织物重复周期会影响其外观效果,本文算法可以调节针织物的重复周期,适应性较好。

色种类,这就要求模拟算法必须有较好的品种适应性。本文所采用的算法可以适应各种颜色种类云纹纱的织物外观模拟,如图 12 所示。

3.2.4 不同颜色云纹纱的针织物模拟

在实际开发设计时,云纹纱线有很多不同的颜

色,图 12(a) (b) 分别是两种不同颜色云纹纱线的织物模拟图像,两幅图像的外观均有明显的云纹效果,外观真实感好。由此得出,本文所采用的算法具有较好的品种适应性。

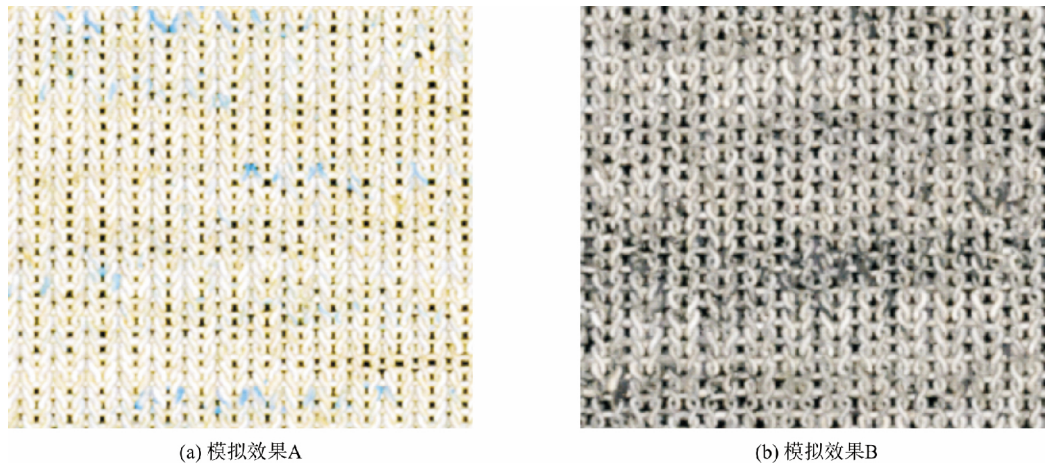


图 12 不同颜色云纹纱织物模拟效果对比

Fig. 12 Comparison of simulation images of cloud fabrics in different colors

4 结 语

本文采用真实云纹纱图像模拟纬编针织物,将真实云纹纱图像信息映射到优化后的 Peirce 线圈几何模型两侧,并对线圈做串套处理以形成针织物外观。将模拟的图像与真实扫描的织物图像作对比可以看出,模拟的织物图像外观效果逼真,与真实扫描织物外观颜色纹理一致。同时,又模拟了不同密度、不同纱线及不同纱线起点的纬编针织物,模拟的真实感好,因此,本文所采用的模拟算法参数可调、品种适应性较好,解决了传统需要打小样预测织物布面效果的问题。

参考文献:

- [1]高娜,李强,徐伯俊,等.云纹花色纱周期性规律研究[J].丝绸,2018,55(4):24-30.
GAO Na, LI Qiang, XU Bojun, et al. Study on the periodical regularity of mottle yarn [J]. Journal of Silk, 2018, 55(4): 24-30.
- [2]高娜,李强,徐伯俊,等.云纹花色纱的纺制及性能分析[J].丝绸,2017,54(5):24-28.
GAO Na, LI Qiang, XU Bojun, et al. Moire fancy yarn spinning and its performance analysis [J]. Journal of Silk, 2017, 54(5): 24-28.
- [3]祝成炎.计算机模拟织物外观的一种方法研究[J].丝绸,1996(6):41-43.
ZHU Chengyan. A research on the computer simulation of fabric appearance [J]. Journal of Silk, 1996(6): 41-43.
- [4]沙莎,蒋高明.纬编针织物三维模拟技术的研究现状与发展趋势[J].纺织学报,2016,37(11):166-172.
SHA Sha, JIANG Gaoming. Research status and development trend of 3D simulation technology for weft knitted fabric [J]. Journal of Textile Research, 2016, 37(11): 166-172.
- [5]于斌成,李柏岩,刘晓强,等.一种增强模拟纬编针织物外观真实感的方法[J].东华大学学报(自然科学版),2013,39(5):644-649.

- YU Bincheng, LI Baiyan, LIU Xiaoqiang, et al. A method to improve the sense of reality of simulated weft knitted fabric appearance [J]. Journal of Donghua University (Natural Science), 2013, 39(5): 644-649.
- [6]张继东,薛元,张杰,等.应用混色纱纹理信息的纬编针织物模拟[J].纺织学报,2017,38(7):148-154.
ZHANG Jidong, XUE Yuan, ZHANG Jie, et al. Weft knitted fabric simulation using mixed color yarn texture information [J]. Journal of Textile Research, 2017, 38(7): 148-154.
- [7]李志健,潘如如,高卫东.应用纱线序列图像的电子织物构建[J].纺织学报,2016,37(3):35-40.
LI Zhongjian, PAN Ruru, GAO Weidong. Automatic construction of digital woven fabric using sequence yarn images [J]. Journal of Textile Research, 2016, 37(3): 35-40.
- [8]张宁,李志健,潘如如,等.采用色纺纱图像的真实感色织物模拟[J].纺织学报,2017,38(5):37-42.
ZHANG Ning, LI Zhongjian, PAN Ruru, et al. Simulation of realistic yarn-dyed fabric using colored spun yarn images [J]. Journal of Textile Research, 2017, 38(5): 37-42.
- [9]吴周镜,宋晖,李柏岩,等.纬编针织物在计算机中的三维仿真[J].东华大学学报(自然科学版),2011,37(2):210-214.
WU Zhoujing, SONG Hui, LI Boyan, et al. 3D simulation of weft knitted fabric in computer [J]. Journal of Donghua University(Natural Science), 2011, 37(2): 210-214.
- [10]王辉,方园,潘优华.纬编针织物线圈模型的分析与研究[J].浙江理工大学学报,2008,25(5):521-525.
WANG Hui, FANG Yuan, PAN Youhua. Analysis and research on the weft knitted fabrics' loop model [J]. Journal of Zhejiang Sci-Tech University, 2008, 25(5): 521-525.
- [11]居婷婷.毛衫织物线圈结构建模与仿真研究[D].杭州:浙江理工大学,2012:30-35.
JU Tingting. Structure Modeling and Simulation of Sweater Fabric Loop [D]. Hangzhou: Zhejiang Sci-Tech University, 2012: 30-35.
- [12]KALDOR J M, JAMES D L, MARSCHNER S. Simulating knitted cloth at the yarn level [J]. ACM Transactions on Graphics, 2008, 27(3): 1-9.