

DOI:10.13475/j.fzxb.20201000807

基于 Web 的少梳经编色织物仿真与虚拟展示

刘海桑, 蒋高明, 董智佳

(江南大学 教育部针织技术工程研究中心, 江苏 无锡 214122)

摘要 为实现少梳经编色织物的仿真与服装的虚拟展示,便于分析少梳经编织物的编织原理和结构特点,通过测量与分析实际线圈尺寸建立经编线圈几何模型,根据每把梳栉垫纱数码的规律,建立了单根纱线的线圈坐标数学矩阵与坐标平移矩阵,利用矩阵运算得到少梳经编色织物线圈的坐标。采用 Web 中的双缓存技术分别绘制每把梳栉的线圈和延展线,并进行叠加组合实现仿真;然后利用截图手段获得花型纹理单元,并基于纹理映射技术实现服装的虚拟展示;最后通过与实际织物对比仿真结果进行检验。结果表明,该方法能够准确模拟少梳经编色织物的尺寸与花型,实现可视化设计与展示。

关键词 少梳经编色织物; 经编线圈几何模型; 服装虚拟展示; 针织物仿真

中图分类号: TS 186.1 **文献标志码**: A

Simulation and virtual display for few-guide bar yarn dyed fabric based Web

LIU Haisang, JIANG Gaoming, DONG Zhijia

(Engineering Research Center for Knitting Technology, Ministry of Education,
Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

Abstract In order to simulate and virtually display the few-guide bar yarn dyed fabrics, and analyze the knitting principle and the structure characteristics, based on the measurement and analysis of the actual stitch size, geometric models for stitches were established. Matrices for coordinates of stitches and transformation were adopted to obtain the stitch coordinates of the whole fabric according to the chain notation. Double buffer technology in the Web software was used to store the canvases with stitches and underlaps, which were superimposed together to implement the simulation. The pattern texture was captured as a screenshot, which was displayed on garment models by texture mapping. The simulated results were validated by comparing bitmaps of the real fabrics and the simulated ones. This research indicates that the method adopted is able to precisely simulate the pattern and size to achieve the visual design and display.

Keywords few-guide bar yarn dyed fabric; geometric models for stitches; garment virtual display; knitted fabric simulation

随着互联网技术的不断发展与创新,以网络技术和信息资源为基础的异地协同设计模型迅速发展,实现了资源的最优配置^[1]。基于 Web 的图形技术在工作站、PC 端与移动端日趋成熟^[2],推动了网络可视化设计与实现的进程。

少梳经编色织面料是目前较为流行的经编面

料,因其工艺简单,生产效率高,抗褶皱性优良,在服装产业尤其是经编衬衫中应用十分广泛。目前国内国外开发了较多成熟的经编针织物设计 CAD 软件^[3],但功能大都集中于经编针织物的设计开发,而弱化了经编针织物的可视化效果。且大多数应用软件均为线下程序,受到设备限制,不利于数据传输与资源

收稿日期:2020-10-06 修回日期:2020-11-03

基金项目:国家自然科学基金项目(61902150);泰山产业领军人才项目(tscy20180224);江苏省研究生科研与实践创新计划项目(KYCX20_1789)

第一作者:刘海桑(1995—),女,博士生。主要研究方向为针织物计算机辅助设计。

通信作者:蒋高明(1962—),男,教授,博士。主要研究方向为智能化纺织技术。E-mail: jgm@jiangnan.edu.cn。

共享。为满足针织企业对经编产品的快速高效开发需求,具有动态建模、协作共享功能的互联网经编计算机辅助设计软件的开发十分重要。

经编线圈几何形状和经编针织物结构的研究是实现织物仿真的重点。国外最先对经编线圈几何形状进行研究,依次提出了简化模型、第一模型和第二模型^[4-6]。在前人研究的基础上^[7],国内研究人员对线圈尺寸进行了研究^[8-9]。此外,少梳经编针织物的工艺结构和空间位置^[10-12]也是仿真重点研究方向之一,但很少有研究分析梳栉之间线圈的层次结构。

国内外不断有学者对服装的虚拟展示进行研究,通过建立二维服装版片与三维服装模型之间的网格坐标对应关系^[13-15]来实现二维织物到三维服装的映射,但是目前的服装虚拟展示方法大都采用现有的织物图片进行纹理映射,独立于织物的设计系统。

本文在分析少梳经编色织物编织与结构特点的基础上,提出基于 Web 的少梳经编色织物的仿真方法,分别建立线圈主干和延展线的几何模型和坐标平移模型,通过矩阵实现坐标的快速计算。利用 canvas 软件对绘制的线圈-延展线图进行存储与绘制,最终利用纹理贴图实现织物的虚拟展示。

1 少梳经编色织物的结构特点

少梳经编色织物是在高速特里科经编机上生产的,一般由 2~5 把梳栉编织而成。每把梳栉从机前到机后依次排列。少梳经编色织物的基本组织类型主要有成圈组织、衬纬组织和缺垫组织。根据不同的花型效应需求选择相应的垫纱数码进行组合编织。为形成织物的横条花型,可以使用成圈-衬纬组织,成圈-缺垫组织或者成圈-衬纬-缺垫组织的组合。织物在成圈组织或衬纬组织密集的横列形成明显的横条,在缺垫组织横列则表现为色彩效应不明显的花型;与形成横条效应有所不同,为形成经编织物的纵条花纹,除要考虑不同组织的相互搭配,还要分析每把梳栉的穿纱情况;空穿的设计或者不同原料纱线的穿纱排列均可以形成效果不同的纵条效应,如图 1 所示。

根据经编织物的编织特点,一般来说线圈主干在织物的工艺正面,而延展线在织物的工艺反面,如图 2 所示。后梳的线圈和延展线位于织物里侧,前梳的线圈和延展线由内往外依次在工艺正面和工艺反面排列。因此,可以将少数经编色织物视作由多

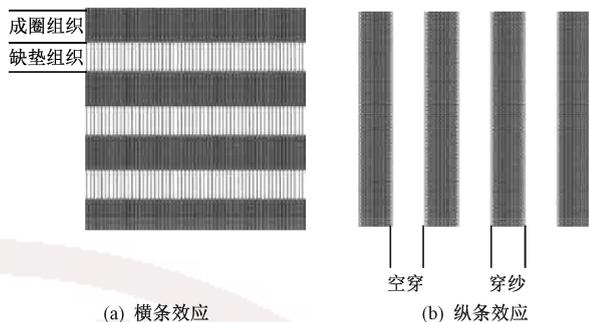


图 1 少梳经编色织物花型效应

Fig.1 Pattern effect of few-guide bar yarn dyed fabric. (a) Cross stripe; (b) Vertical stripe

个垫纱层次构成的组合。

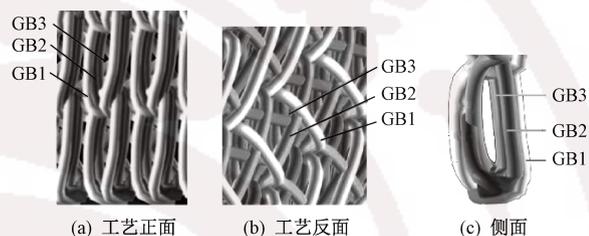


图 2 少梳经编色织物结构示意图

Fig.2 Structure of few-guide bar yarn dyed fabric.

(a) Technical face; (b) Technical back; (c) Technical side

2 少梳经编色织物模型的建立

2.1 线圈的几何模型建立

经编针织物的线圈单元由线圈主干(针编弧和圈柱)与延展线组成。在实际编织过程中,由于纱线受到弯曲、拉伸等力,纱线的直径并不是均匀的。为了实现少梳经编色织物的分层绘制并减少计算量,本文分别构建了线圈与延展线的二维平面模型,并将线圈视为由无捻度、直径一致的理想化纱线弯曲而成。

2.1.1 线圈主干几何模型

本文对少梳经编产品线圈主要部位的尺寸进行测量,并计算其尺寸比例。根据线圈几何模型中的尺寸比例计算得到线圈坐标点。线圈测量部位如图 3 所示。主要包括线圈垂直高度 h ,线圈宽度 w ,圈柱高度 b_1 和线圈高度 h_1 。

为确定线圈结构的控制点,选取 3 组不同组织的样布各 40 块,所有样布均由 HKS4(E28)高速特里科经编机编织。6 组织物均采用少梳经编色织物常用组织,横密为 13 纵行/cm,纵密为 20 横列/cm。3 组样布的组织分别为编链和经平组织、编链和经绒组织以及经平绒组织。每组中 20 块采用 A 纱为 118 dtex 棉纱,B 纱为 55.5 dtex(24 f)涤纶编织,另

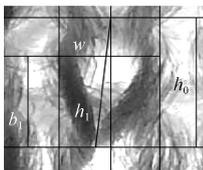


图 3 线圈尺寸测量图

Fig.3 Size measurement of single loop

外 20 块采用 A 纱为 98.4 dtex 棉纱, B 纱为 44.4 dtex (24 f) 涤纶编织。利用 VHX-5000 型超景深显微镜分别对前梳线圈进行测量,图 3 示出经编织物线圈测量部位图。测量结果取平均值, $h_0 = 829.5 \mu\text{m}$, $w = 493.8 \mu\text{m}$, $b_1 = 552.25 \mu\text{m}$, $h_1 = 835.25 \mu\text{m}$ 。由此可计算得到各部位尺寸比值, $h_0/h_1 = 0.99$, $w/h_1 = 0.59$, $b_1/h_1 = 0.66$ 。线圈的垂直高度 (h_0) 和线圈高度 (h_1) 几乎相同,且建模只考虑理论的直立线圈,因此,由于线圈之间的内作用力造成的线圈倾斜可以忽略不计。

本文以 Grosberg 提出的线圈模型^[3-4]为理论参考,结合线圈尺寸实际测量值建立如图 4 所示的线圈 6 点模型。以 O 为原点建立直角坐标系, $\angle\alpha = 30^\circ$ 。 P_1 和 P_6 在 x 轴上, $P_1 \sim P_6$ 离 y 轴的横向距离分别为 $w_1 (d)$, $w_2 (0.3h_1)$, $w_3 (0.15h_1)$, $-w_3 (-0.15h_1)$, $-w_2 (0.3h_1)$, $-w_1 (d)$; 离 x 轴的纵向距离分别为 0 , $b_1 (0.66h_1)$, $b_1 + b_2 (0.92h_1)$, $b_1 + b_2 (0.92h_1)$, $b_1 (0.66h_1)$, 0 。其中 d 为纱线直径。

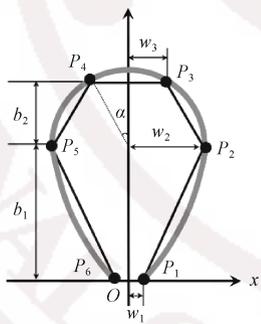


图 4 线圈 6 点模型

Fig.4 Six-point loop model

2.1.2 延展线几何模型

经编组织中延展线由当前横列线圈的终点和下一横列线圈的起点决定,用来连接当前横列和下一个横列的线圈。以图 5 线圈模型为例,点 A 是当前线圈模型的终点, B 为下一线圈的起点。线段 AB 是连接 2 个线圈的延展线, w_z 为线圈纵行之间的横向距离, n 为延展线跨过的针数,则 $n \times w_z$ 则为延展线的横移距离。

2.1.3 缺垫组织模型

对于一些特殊组织如缺垫组织,在编织时有 1

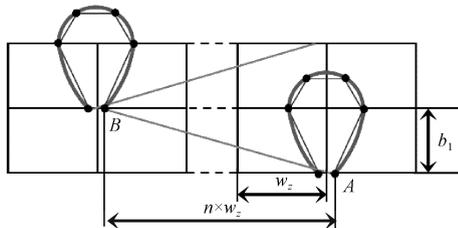


图 5 经编延展线模型

Fig.5 Underlap model

把或多把梳栉在一些横列不参加编织,梳栉只在针间摆动,而其他梳栉在相应横列仍进行成圈运动。图 6 示出缺垫组织几何模型。其中图 6(a) 中的前梳垫纱数码为 1-0/1-1/1-1/1-2//,对应的线圈结构模型如图 6(b) 所示。第 1 横列和第 4 横列为线圈,延展线分别对应线段 a_1 和 a_3 ,第 2 横列和第 3 横列对应的线段 a_2 为缺垫组织。线段 $a_1 a_2 a_3$ 共同构成了延展线。

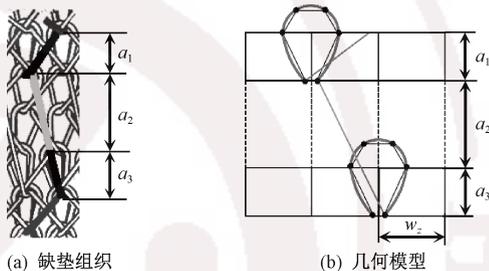


图 6 缺垫组织几何模型

Fig.6 Models for mislapping. (a) Lay-in thread movement; (b) Geometrical model

2.2 织物坐标平移模型建立

少梳经编色织物在编织时,每把梳栉上的纱线进行相同的垫纱运动,即每根纱线的相同横列具有相同的线圈类型。为减少不必要的重复循环计算,确定每把梳栉第 1 根纱线的线圈坐标后,根据织物工艺参数对每根纱线的线圈进行平移。在几何建模中缺垫组织的纱线由上一个线圈类型为成圈与下一个线圈类型为成圈的横列直接相连,未赋予控制点,因此不建立缺垫组织的控制点矩阵。为便于矩阵运算,在各线圈的控制点矩阵 L_j 中引入了齐次坐标。

$$L_j = \begin{bmatrix} l_{1,1} & l_{1,2} & 0 & 1 \\ l_{2,1} & l_{2,2} & 0 & 1 \\ l_{3,1} & l_{3,2} & 0 & 1 \\ l_{4,1} & l_{4,2} & 0 & 1 \\ l_{5,1} & l_{5,2} & 0 & 1 \\ l_{6,1} & l_{6,2} & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

式中: j 表示该根纱线第 j 个横列的线圈;第 1, 2, 3 列分别表示每个坐标点的 x, y, z 值。

为减少计算量,线圈结构定义为平面结构,因此

每个控制点的 z 坐标均为 0。将每个横列的线圈进行组合,则每把梳栉在零针位所穿纱线线圈坐标的集合可表示为 Y_1 。

$$Y_1 = [L_1 \ \cdots \ L_j \ \cdots \ L_c]$$

式中: L_j 为第 j 个横列线圈的齐次坐标; c 为该把梳栉 1 个花高循环的垫纱数码中非缺垫线圈的个数, $c \in [1, H]$, H 为每根纱线的垫纱高度。

以图 7 示出的纱线坐标整体平移示意图中某根纱线的线圈为例,在花宽为 3 的经平组织中,线圈纵行之间的横向距离为 w_z 。经编织物从右至左进行穿纱,因此第 2 根纱线与第 3 根纱线分别以第 1 根纱线为基础位置向左平移 $1 \times w_z$ 和 $2 \times w_z$ 。以此类推,第 k 根纱线以第 1 根纱线为基础向左平移 $(k-1) \times w_z$ 。每把梳栉第 k 根纱线的平移矩阵 T_k 如下:

$$T_k = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -(k-1) \times w_z & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

式中: w_z 为线圈纵行之间的横向距离; k 为每把梳栉第 k 根纱线; T_k 为第 k 根纱线平移矩阵。

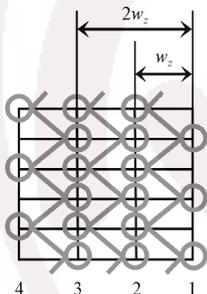


图 7 纱线坐标整体平移示意图

Fig.7 Coordinate translation of original yarn

最终获得该根纱线圈的坐标为 Y_k 。

$$Y_k = Y_1 \times T_k$$

式中, Y_k 为第 k 根纱线上的线圈坐标。

3 仿真实现与虚拟展示

3.1 少梳经编色织物仿真实现

在构建经编线圈结构 6 点模型的基础上,本文利用 GDI+(Graphics Device Interface plus) 技术绘制织物。图 8 示出 3×3 织物线圈组合示意图。矩形的宽和高与实际织物的成品横密与成品纵密相关,决定二维仿真图像的纵行与横列的间距,使仿真图达到与真实面料尺寸 1:1 比例,花型效应更加逼真。矩形尺寸比例计算如下式:

$$\frac{w_z}{b_1} = \frac{D_c}{D_w}$$

式中: w_z 为线圈纵行之间的距离(即矩形的宽度), cm; b_1 为圈柱高度(即矩形的高度), cm; D_c 为纵密,横列/cm; D_w 为横密,纵行/cm。

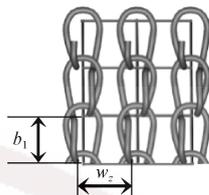


图 8 3×3 线圈组合示意图

Fig.8 Stitch combination in 3 courses and 3 wales

少梳经编色织物由于其梳栉排列方式与编织工艺的特点,每把梳栉的线圈和延展线并非处于同一空间层面,而是分别排列在织物的两侧。图 9 示出两梳经编织物分层分区示意图。由图可知,以双梳经平织物为例,每把梳栉的线圈层和延展线层分别绘制在多张 canvas 画布上,利用双缓存技术将画布内容暂存在内存中。根据前梳的纱线包覆后梳纱线的编织规律,将缓存的画布按顺序叠加排列。图中从左至右第 1 层和第 4 层分别为 GB1 的线圈和延展线,第 2 层和第 3 层为 GB2 的线圈和延展线。若从工艺正面看,最先绘制 GB1 延展线;反之,则最先绘制 GB1 线圈。各画布按顺序叠加完成后获得最终二维效果图。

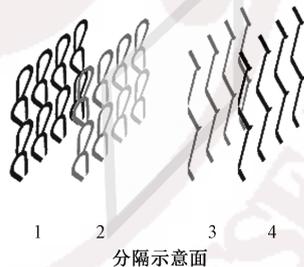


图 9 两梳经编织物分层分区示意图

Fig.9 Layered diagram for double-bar warp knitted fabric

3.2 织物虚拟展示

少梳经编色织物因其色彩丰富、线圈的稳定性佳、防脱散性良好、挺括性好、质轻等优势受到了消费者的青睐。依托于纹理映射技术,本文将仿真图像以一定循环映射于服装模型表面,使传统的织物设计与实际应用相结合,突破了可视化设计的局限性。

利用 THREE.OBJLoader() 函数加载外部创建的 obj 三维服装模型,获取映射所需的模型顶点坐标、面向量、尺寸等信息。利用 THREE.Texture() 函数创建织物纹理,并赋予纹理平铺重复属性 (THREE.RepeatWrapping),从而确定纹理单元在服

装模型上的平铺映射数量,获得不同花型大小的视觉效果。在获取纹理单元时,经编花型的循环绘制与截取是获得完整花型的关键。经编织物的纱线是横向进行垫纱的,边缘纱线部分横列线圈位置不受线圈纵行数量的限制。图 10(a) 示出花宽为 6、花高为 4 的经平组织最小循环垫纱运动图。若以 6×4 单位网格面积进行纹理单元截取,组织的边缘纱线会出现“漏针”现象(见图 10(b))。图中第 6 根纱线的偶数横列在第 7 个纵行上进行垫纱,而奇数横列没有绘制下一个穿纱循环的线圈。同理,该循环的第 1 个纵行的偶数横列没有绘制上一个穿纱循环的线圈。在横列方向上,纹理单元则因下一个纵向循环线圈缺失而无法获得顶部横列的完整线圈。因此,在截取纹理单元时需要绘制至少 3×3 个循环花型,如图 11(a) 所示。根据花宽与花高参数,截取中间部分的花型,最终获得完整花型纹理(见图 11(b))。以图片左上角为原点,单位花型的截取坐标为 $A(w_p, h_p), B(2w_p, h_p), C(w_p, 2h_p), D(2w_p, 2h_p)$ 。其中, $w_p = N \times w_z$, 表示 N 个线圈纵行的宽度; $h_p = M \times b_1$, 表示 M 个线圈横列的高度。

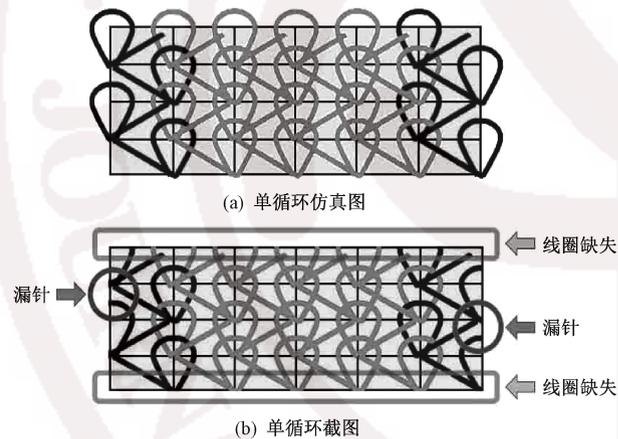


图 10 最小循环花型纹理单元

Fig.10 Minimum unit of pattern texture. (a) Simulation of single threading-cycle; (b) Screenshot in a single pattern cycle

4 仿真结果与讨论

通过对少梳经编色织物的工艺、形态以及仿真技术的研究与分析,采用 C# 与 JavaScript 程序语言在 VisualStudio2015 平台上实现了计算机辅助程序的设计与织物的仿真与展示。

图 12(a) 与 (b) 为缺垫织物仿真结果与实际织物对比图。上文中工艺参数的分析考虑了纵横密对织物尺寸的影响,因此能够实现色织物的实际比例仿真。对织物表面不同位置的方格边长进行测量,

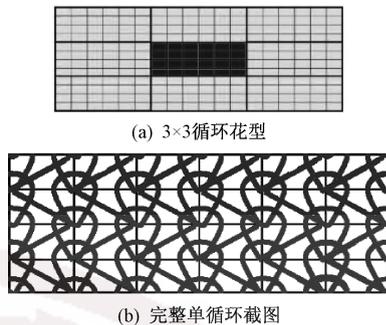


图 11 完整花型纹理单元

Fig.11 Integrated unit of pattern texture. (a) Pattern in 3×3 pattern cycles; (b) Screenshot in a complete single cycle

并取其中 20 组结果的平均值作为最终结果。表 1 示出实际织物与仿真织物尺寸比较,可知,真实织物与仿真织物尺寸差值 1% 之内。

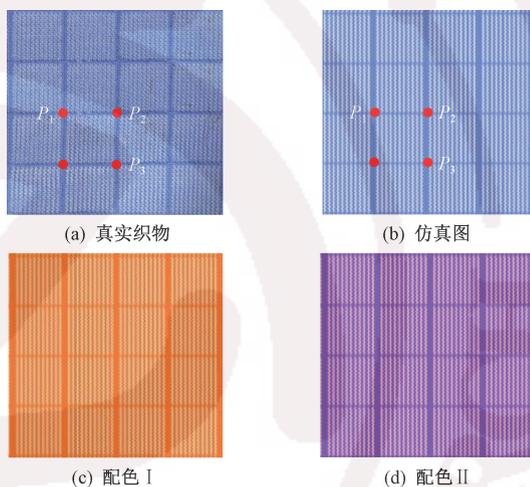


图 12 仿真结果

Fig.12 Simulation results. (a) Real fabric; (b) Simulation effect; (c) Color matching I; (d) Color matching II

表 1 实际织物与仿真织物尺寸比较

Tab.3 Size comparison of simulated and real fabric

测量位置	实际值/mm	仿真值/mm	偏差/%
P_1P_2	10.42	10.50	0.76
P_2P_3	10.13	10.20	0.69

少梳经编色织物的色彩搭配是影响花型效果的重要因素。根据开发需求可改变原料颜色,重新绘制得到配色不同的仿真,在无实物情况下获得多种色彩搭配的效果图。图 12(b) 根据实物图设置色纱 RGB 为 107-133-230; 图 12 (c) 和 (d) 的 RGB 分别是 254-110-0 和 168-45-251。除了对纱线配色进行改变,在垫纱数码不变的情况下还可以改变穿纱、密度等参数达到不同的仿真效果。图 13 示出不同穿纱规律仿真效果。以穿纱为例,白色纱线均为满穿,图 13(a) 中色纱以 4 穿 4 空的规律均匀穿纱; 图 13(b) 中色纱保持 4 穿不变,空穿数则以 10-8-

6-4-2-2-4-6-8-10 的规律渐变穿纱。对新工艺进行仿真获得不同的视觉效果,表明该仿真方法能够反向辅助设计者进行工艺与原料的修改,实现少梳经编色织物可视化设计。

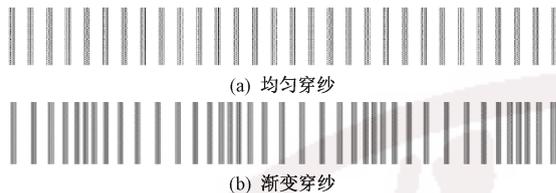


图 13 不同穿纱规律仿真效果

Fig.13 Simulation results with different threading regular.

(a) Uniform threading; (b) Gradual threading

经编少梳色织物结合了经编线圈不易脱散、挺括性较好、不易褶皱,及色织物颜色多样、花型丰富的特点,目前在服装领域尤其是衬衫面料的开发中应用较多。图 14 示出 2 种不同纹理尺寸的衬衫模拟展示图。最小花型纹理单元通过纹理映射附着于衬衫的每个衣片,右图衬衫每个版片的横纵向最小花型数量均为左图横纵向数量的 4 倍。根据循环数量的不同可控制纹理图案的大小,直观地展示相同的纹理在不同尺寸情况下的虚拟效果。设计、仿真、展示的一体化流程,方便了设计人员根据模拟效果进行工艺的修改与设计,免去了重复打样过程,缩短了开发时间,节约生产成本。

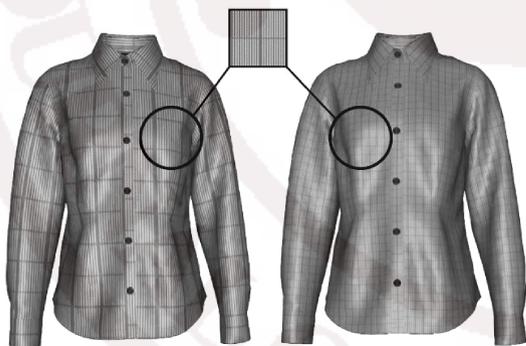


图 14 衬衫虚拟展示

Fig.14 Virtual display of shirts

5 结 论

结合少梳经编色织物的编织原理和结构特点,建立了线圈几何模型和数学工艺模型。基于 Web 技术分别绘制延展线和线圈并利用双缓存技术储存,根据前梳包覆后梳的编织规律按一定顺序进行叠加,获得最终仿真图形。最后利用纹理映射完成面料在服装上的虚拟展示。本文所提出的方法能够实现少梳经编色织物从设计到仿真,从平面织物到

三维服装的虚拟展示。织物的花型效果随工艺参数改变实时发生变化。垫纱数码的改变可改变织物的基本组织;不同的颜色搭配能够展示同一组织不同颜色效果;穿纱的变化形成多样的花型。而服装的虚拟展示则根据花型单元的循环数量展现不同的效果,在面料织造与服装制作前即能看到设计效果并进行适当修改,减少打样时间与成本,为实现少梳经编色织物的可视化仿真和短流程生产提供了有效途径。

FZXB

参考文献:

- [1] 叶雷. 基于 Web 技术的协同设计[J]. 电子机械工程, 2005, 21(6): 53-56.
YE Lei. Collaborative design based on Web technology[J]. Electro-mechanical Engineering, 2005, 21(6): 53-56.
- [2] 刘爱华, 韩勇, 张小垒, 等. 基于 WebGL 技术的网络三维可视化研究与实现[J]. 地理空间信息, 2012, 10(5): 79-81.
LIU Aihua, HAN Yong, ZHANG Xiaolei, et al. Research and implementation of network 3D visualization based on WebGL Technology [J]. Geospatial Information, 2012, 10(5): 79-81.
- [3] 张爱军, 钟君, 丛洪莲. 经编 CAD 技术的研究进展与应用现状[J]. 纺织导报, 2016 (7): 57-60.
ZHANG Aijun, ZHONG Jun, CONG Honglian. Research progress and application status of warp-knitting CAD technology[J]. China Textile Leader, 2016 (7): 57-60.
- [4] ALLISON G L. Warp-knitting calculations made easy[J]. Skinner's Silk Rayon Rec, 1958, 32: 281-283.
- [5] GROSBERG P. The geometry of warp-knitted fabrics[J]. Journal of the Textile Institute, 1960, 51: 39-48.
- [6] GROSBERG P. The geometrical properties of simple warp-knit fabrics[J]. Journal of The Textile Institute, 1964, 55: 18-30.
- [7] GOKTEPE O, HARLOCK S C. Three-dimensional computer modeling of warp knitted structures [J]. Textile Research Journal, 2002, 72(3): 266-272.
- [8] 丛洪莲, 葛明桥, 蒋高明. 基于 NURBS 曲面的经编针织物三维模型[J]. 纺织学报, 2008, 29(11): 132-136.
CONG Honglian, GE Mingqiao, JIANG Gaoming. 3-D modeling for warp knitted fabric based on NURBS[J]. Journal of Textile Research, 2008, 29(11): 132-136.
- [9] 张丽哲. 经编针织物的计算机三维仿真[D]. 无锡: 江南大学, 2010: 9-14.
ZHANG Lizhe. Three-dimensional computer simulation of warp-knitted fabrics[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2010: 9-14.

