

针织Polo衫的数字化设计与生产

张卓, 詹必钦, 丛洪莲

(江南大学 针织技术教育部工程研究中心, 江苏 无锡 214122)

摘要:针对服装数字化个性定制设计与生产环节较为脱节的问题, 文中以Polo衫的数字化定制过程为研究对象, 提出虚拟设计与面料生产环节的信息转换与对接方法。首先对Polo衫的外观设计进行概述, 指出其运用数字化设计手段进行个性化定制的必要性; 其次提出Polo衫的数字化设计全流程的参数流动方法, 对虚拟设计环节中面料组织、花型设计的数字化设计方法进行研究与创新, 并对面料设计的花型与组织循环设计信息进行复合处理, 提取生产需要的数字信息; 最后通过分析花型与编织组织设置进行生产参数的推荐, 将虚拟设计信息转换为面料生产时的花型意匠信息与编织意匠信息, 实现工艺文件的互联互通, 为针织Polo衫的定制设计进行全流程数字化提供参考。

关键词: Polo衫; 数字化设计; 个性化定制; 纬编; 生产工艺

中图分类号: TS 941

文献标志码: A

文章编号: 1000-4033(2021)10-0048-06

Digital Design and Production of Knitted Polo Shirts

Zhang Zhuo, Zhan Biqin, Cong Honglian

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

Abstract: In view of the disconnection between design and production in garment digital personalized customization, this paper takes the digital customization process of polo shirt as the research object, and puts forward the information conversion and docking method between virtual design and fabric production. Firstly, it summarizes the appearance design of polo shirt, and points out the necessity of personalized customization by using digital design means. Secondly, it puts forward the parameter flow method of the whole process of digital design of polo shirt, studies and innovates the digital design method of fabric pattern and design in the virtual design link, and processes the pattern cycle design information of fabric design to obtain the digital information required by production. Finally, by analyzing the pattern knitting settings, the production parameters are recommended, and the virtual design information is transformed into the pattern and knitting information during fabric production, so as to realize the interconnection of process documents. It provides a reference for the whole process digitization of the customized design of knitted polo shirts.

Key words: Polo Shirt; Digital Design; Personalized Customization; Weft Knitting; Production Process

越来越多的企业选择使用虚拟设计代替原本多次打样、确认的设计方法, 个性定制也成了新兴的服装生产、销售方式, 然而虚拟设

计与后续生产环节较为脱节, 仍需要专业人员对设计好的款式进行工艺对接。如何构建完整的定制服装数字化设计体系, 高效连接虚拟

设计与生产环节成为研究热点。

国内部分学者在相关领域做出的研究与突破: Li et al^[1]为改善服装电子定制系统并满足消费者

基金项目: 国家自然科学基金(61772238); 中央高校基本科研业务费专项资金资助(JUSRP52013B)。

作者简介: 张卓(1995—), 女, 硕士研究生。主要从事针织服装虚拟展示方面的研究。

通讯作者: 丛洪莲(1976—), 女, 教授。E-mail: cong-wkrc@163.com。

在电子定制中个性化需求,开发一种服装设计电子定制协同设计系统(ECS-GD),使用户能够共同设计服装并与利益相关者沟通;王有法等^[2]针对虚拟部件的组合探讨设计物料清单转化制造物料清单的影响因素;裘建新等^[3]基于服装大批量定制时的客户需求,研究定制、设计、生产3大环节中信息转换与集成设计系统;高阳等^[4]设计基于ERP系统针织服装生产管理系统,解决针织服装厂采用手工填写报表和产品信息统计工作繁琐、数据不精确、管理混乱等问题;李晓宇等^[5]基于对服装虚拟设计系统研究,进行服装设计、购买选择、订购生产等的一体化探索;Zeng et al^[6]将专业的服装知识(用户定制要求与材料参数、样式和颜色相关的设计规则)整合到服装协同设计过程中,建立联系虚拟原型与实际产品的计算机辅助的定制服装协同设计系统。现有相关研究大多集中于宏观的服装虚拟设计技术或生产管理系统,但对虚拟服装数字化设计与生产全流程的参数工艺转换等研究较少。

1 Polo 衫的设计与生产

Polo 衫常见外观有纯色设计、彩条设计与自定义图案的提花设计。Polo 衫条纹设计简单却有秩序,具有运动感与变化性,有独特的表现力。条纹设计有均匀规则条纹与定位条纹之分,均匀条纹中宽条纹庄重大方、细条纹精巧细致,定位条纹可设置于胸前、腰部、衣

袖等处,可改善规则条纹的单调性,增加活泼动感^[7]。提花 Polo 衫的花型设计常选择抽象的几何型图案或对具象图案的元素提取,以保证穿着美观及剪裁缝合后图案的美观与连续^[8],有二方循环与四方循环的小花型与不循环的定位花型。不同外观设计的 Polo 衫如图 1 所示。

原料多选用丝光棉、涤棉等,常用的纬编针织面料编织组织有提花组织、平针组织、单珠地组织、双珠地组织、人字纹组织等,并可进行不同组织的拼接设计,丰富 Polo 衫的外观效应。设计复杂花型时需进行减色处理,由于纬编提花织物设计多采用 2~4 色进行编织,需去除多余杂色。

Polo 衫多选取纬编针织面料,舒适环保,其面料生产可使用三功位的单面提花调线机,具有 4 色调线装置,扩大彩横条循环单元的横列数。机器参数中常选择针数为 26 针、28 针与 30 针的机器,可满足其编织彩条与提花图案的需求。

纬编 Polo 衫面料对花型图案、色彩、织造工艺等方面要求繁多,且编织组织排列组合方式多样,其中所涉及的设计与生产信息多而复杂。如何运用数字化手段实现从设计至生产的数据实时联动,用户交互式定制设计结果如何快速指导生产环节成为行业的难点。

2 数字化设计方法

2.1 整体信息流与方案

计算机辅助工艺计划(CAPP)

是现代制造业的重要技术,利用计算机的储存与计算将服装款式数据转化为制造环节数据^[9],其中的研究重点为实现设计与工艺转化的自动化,从设计模型中获取工艺信息,基于专家系统的知识库与数据,交互地提供参考工艺方案。

在 Polo 衫的 3D 虚拟模型上进行虚拟设计,将定制的花型与编织组织设计转换为机器可识别的面料设计数字信息,进行生产参数的推荐,并将外观设计转化为生产 CAD 系统可识别的数字信息,实现设计信息与工艺信息的实时联动,可形成完整的数据流动链,在变化 Polo 衫的虚拟设计时可以实时获取对应的面料生产参数与文件,定制的 Polo 衫数字化设计全流程的参数传递的数据流,如图 2 所示。

在服装 3D 数字化研发流程中,完整的设计系统可贯穿灵感、设计环节至实际生产环节,较原来只能使用二维的图文传达设计意图、制作样衣确认款式的传统设计研发流程更加高效。

2.2 数字化设计与信息获取

与直接映射现有面料纹理不同,定制的数字化 Polo 衫外观设计中,可以让用户在虚拟的服装模型上进行 uv 映射的花型与编织组织的设计与调整,实现图案外观与编织效应外观的自定义。并可获取最小花型循环、花型参数、组织选择与铺设位置等设计参数,并对其进行信息处理与转化,实现对后续工艺环节的指导。



图 1 Polo 衫的不同外观设计

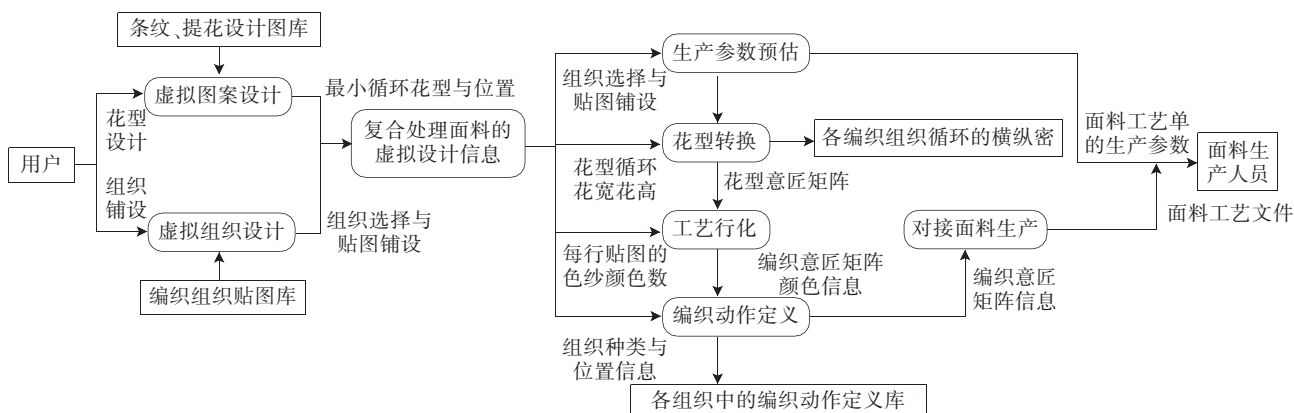


图2 服装数字化设计全流程的数据流图

2.2.1 Polo 衫外观的数字化设计

花型设计版块有彩条与提花图案两种纹理映射的设定。为彩条花型设计设置颜色与条纹宽度的选项,进行纵向设计,形成条纹的最小循环设定。提花图案设计时可自定义花型导入,并对其循环方式进行设置,定义循环方式为某方向的二方循环或整体的四方循环。

纬编针织 Polo 衫面料的组织纹理由其编织的最小循环处理得出的凹凸贴图进行虚拟显示。将各种 Polo 衫常用纬编针织面料的外观图片处理转变为灰度图,其表面不同灰度代表不同高度域,在视觉上形成针织纹理的凹凸感,如图 3 所示。截取并选择面料外观的最小循环,即一个编织循环为纹理凹凸贴图的最小单位,选择循环方式与铺设位置并无缝拼接后即可为面料进行表面编织纹理映射。需要说明的是,纬编实际生产中各行螺旋式上升,此处虚拟展示时近似看作水平铺设同行编织组织贴图。

花型与组织贴图由 uv 坐标进行基于 Three.js 的在虚拟 Polo 衫模型上的纹理映射。其中的点有一一对应的映射函数关系 $f(x,y,z)$, 在模型上的贴图的中心位置坐标 $C(x,y,z)$ 可进行实时记录, 可转化为在二维纸样的纹理映射贴图图中的位置信息 $F(u,v)$, 如图 4 所示。

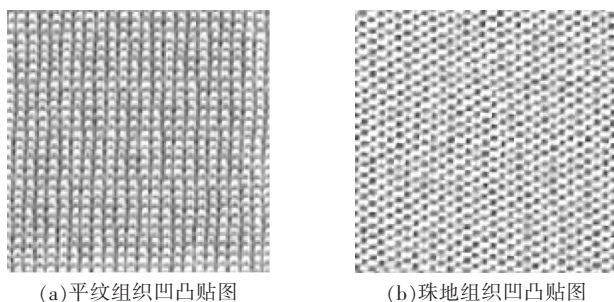


图3 不同针织组织的凹凸贴图效果

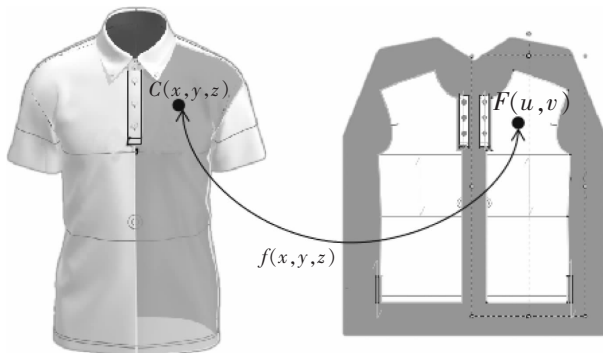


图 4 纹理映射中点的对应关系

将贴图的大小调整转化为在版片内贴图在版片中 u 或 v 方向的循环次数,可改变花型在该维度的所占空间。将贴图的位置调整转化为贴图在 u 或 v 方向上的偏移值,可进行花型的位置偏移,其取值为 $0 \sim 1.0$,取 1.0 时意为偏移一个花型长度的位置,变换其取值可通过计算获得花型中心点的位置更新。

Polo 衫的虚拟设计需将图案的设计作为纹理贴图,组织设计作为凹凸贴图进行复合的纹理映射,

生成新的展示效果。花型设计后的虚拟服装效果、组织设计后的虚拟服装效果及叠加后的虚拟服装效果,如图 5 所示。

2.2.2 设计信息提取与复合处理

花型循环主要依靠各像素点的颜色代码信息 n 与最小循环中心点位置 $F_c(u, v)$ 进行保存, 组织循环由编织循环贴图选择与贴图中心点位置信息 $F_s(u, v)$ 表示。面料设计最小循环由组织与花型最小设计循环复合组成, 选取其两者循环的最小公倍数, 使各面料循环



图 5 不同纹理映射的虚拟展示效果

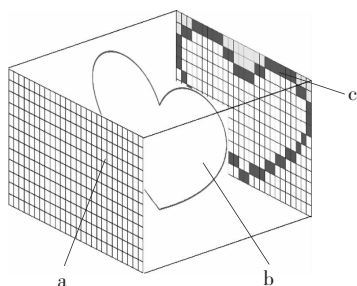
中包含最少的完整花型与组织设计,构成面料设计的最小循环。

由于花型编织工艺的限制,只进行 4 色以下的花型编织,复杂花型导入需减色处理,并对各像素点颜色来定义颜色代码 $n=1,2,3,4$ 。

针织的编织点精度较细,数字化设计时若需对每一针进行设计信息提取与计算,则会导致计算机储存及运算的数据量增大且设计交互复杂。因此,本文中组织的虚拟设计及与工艺对接均由编织循环为单位,对花型与组织设计进行信息的复合处理,提取面料设计的

最小循环的设计信息。

以编织组织循环贴图的区域对 Polo 衫的二维纹理映射贴图进行划分,并根据贴图位置与花型纹理设计信息进行复合,如图 6 所示,识别一个区域内像素点数百分比最大的色彩,使每个组织贴图区域仅包含一种颜色,其中每个编织点与其所属的编织循环拥有相同颜色信息和对应的编织方式。



注:a 为组织循环划分;b 为花型设计;c 为信息复合。

图 6 虚拟设计信息的划分与复合

由此可将花型信息与编织组织信息进行有机结合,从而使编织循环成为虚拟外观设计与面料生产的对接单位,每个单位中都包含生产换机需要对应的色彩与编织选择信息。

信息复合处理后,在由花型与组织设计综合构成的最小循环内,最后提取的面料设计信息为:各贴图区域内组织贴图选择、颜色编号信息表示的花型设计、最小循环的实际宽度与高度即面料生产的花宽花高、划分小区域的实际大小、各行的颜色代码数量等。

3 智能联动面料生产

虚拟展示与生产工艺对接中,难点为生产参数的选择及如何将可视图片信息转化为生产环节可识别的数字信息。经过对虚拟设计信息与生产信息之间信息转换一定的参数转换规则设置,可对面料的生产环节进行指导与快速对接。

3.1 面料生产参数选择

虚拟设计时在横纵方向可通过更改循环次数调整组织循环的疏密程度,根据贴图循环在版片内固定长度内的循环次数及该编织循环内针数设置,可获取其成品面料的横纵密预期,通过生产经验值可获得参考的面料生产参数,如与虚拟设计适配的原料参数、机器针数、门幅宽度等,对生产环节参数选择提供指导。

针对虚拟设计的编织组织调整时无限制的调整无法生产的问题,将各编织贴图均按照实际生产中最大与最小的横纵密设定对应的一个调整范围,即设定其可织性范围。

由于生产参数与每种编织组织的横纵密之间不存在直接的线性关系,无法直接计算与推荐,需根据生产经验针对不同组织设置方式获得的横纵循环数换算得出的横纵密进行分档,运用 100% 丝光棉的原料时 2×4 的单珠地组织示例见表 1。

其中,26 针机器可使用 11.0

表 1 密度与机号对应关系表

横密/(纵行·cm ⁻¹)	纵密/(横列·cm ⁻¹)					
	22	24	26	28	30	32
14	26 针	26 针	26 针	—	—	—
15	26 针	26 针	28 针	28 针	28 针	—
16	—	26 针	28 针	28 针	28 针	30 针
17	—	—	—	30 针	30 针	30 针
18	—	—	—	—	30 针	30 针
19	—	—	—	—	30 针	30 针

tex(55°)左右原料纱线,对应门幅为 169 cm;28 针机器可使用 9.5 tex(60°)左右原料纱线,对应门幅为 180 cm;30 针机器可使用 9.0 tex(65°)左右原料纱线,对应门幅为 195 cm。根据最后选择对应的纵横密数据、机器针数选择、原料参数、门幅数据等,生成初步的面料生产工艺单,指导后续生产环节。

3.2 面料生产数字信息

在花型与组织设计信息复合后的纹理贴图中,以组织中的编织循环为一个数据组,根据编织循环的设计进行编织点、每根织针的花型颜色信息与编织信息的分解与转换,实现设计与生产环节的实时联动。

3.2.1 花型信息转换

要解决原始花型与编织点色纱信息的转换,需将设计好的花型图案转换为表示编织点颜色信息的花型意匠图。

由于各编织组织内部结构不同,即一个编织循环内线圈实际大小与包含的编织点不同,且编织密度不同,所以织出相同长度的织物时所需的编织点数不同。因此,织物的原始花型与花型意匠图的转换需要建立一定的转换关系,织物的花型意匠图需根据实际原始设计花型(花宽、花高分别为 w_0 、 h_0)按一定比例缩放获得。花型意匠图中花宽 $w=u \times w_0$,横向有 a 个贴图循环,花高 $h=v \times h_0$,纵向有 b 个贴图循环。其中 u 、 v 为转换比例系数。

某原始花型进行的花型意匠图转换,如图 7 所示。其中 $P_{1,1}$ 为花型左下角的第一个组织循环贴图。其中,转换系数 u 、 v 随花型的编织组织与密度变化而变化。使用筒径为 762 mm(30"),针数为 28 针的迈耶·西单面提花机,选用纬平针组织,其纵密为 18 个线圈横列/cm,

其 v 的取值为 18 个编织点/cm,其每个循环贴图对应 1 个花型编织点。若改用 2x4 的单珠地组织,其纵密为 28 个线圈横列/cm,其 v 的取值为 28 个编织点/cm,其每个循环贴图对应 8 个花型编织点。同理,横向编织点的设置也需按比例进行缩放。

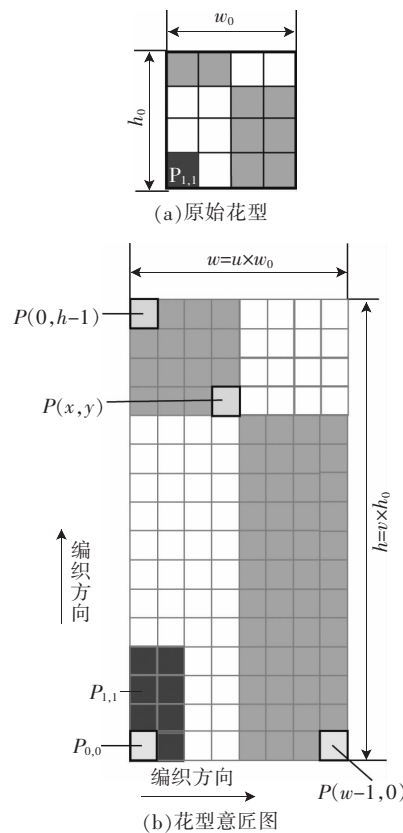


图 7 花型转换示意图

本文中 Polo 衫面料的织物设

$$P = \begin{bmatrix} P_{1,b} & \cdots & P_{a,b} \\ \cdots & P_{i,j} & \cdots \\ P_{1,1} & \cdots & P_{a,1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P(0,h-1) & \cdots & P(w-1,h-1) \\ \cdots & P(x,y) & \cdots \\ P(0,0) & \cdots & P(w-1,0) \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$D = [d_1 \ d_2 \ \cdots \ d_b] = [n_1 \ n_2 \ \cdots \ n_h] \quad (2)$$

$$Q_1 = \begin{bmatrix} q(0,n_1-1) & \cdots & q(w-1,n_1-1) \\ \cdots & q(x,y) & \cdots \\ q(0,0) & \cdots & q(w-1,0) \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$Q = \begin{bmatrix} Q_y \\ \cdots \\ Q_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} q(0, \sum_{y=1}^h n_y-1) & \cdots & q(w-1, \sum_{y=1}^h n_y-1) \\ \cdots & q(x,y) & \cdots \\ q(0,0) & \cdots & q(w-1,0) \end{bmatrix} \quad (4)$$

计只进行单面编织设计,使用二维矩阵 P 来表示的花型意匠信息。每个循环内的编织点的集合可被划分为矩阵 P 中的子矩阵,每个编织点的颜色信息与该编织循环的信息保持一致,对庞大的矩阵信息做出一定简化。矩阵 P 为式(1); D 为式(2); Q_1 为式(3); Q 为式(4); T 为式(5)。

其中 x 表示编织点在花型意匠图的横列信息,从左向右编织,每行从 $x=0$ 至 $x=w-1$ 共 w 列横向花型信息点; y 表示编织点在花型意匠图的纵行信息,从下向上编织,每列从 $y=0$ 至 $y=h-1$ 共 h 行纵向花型信息点。 $P_{i,j}$ 表示第 i 列第 j 行的循环组织贴图的子矩阵数据信息。 $P(x,y)$ 表示在第 $(x+1)$ 根针在第 $(y+1)$ F 的花型意匠信息,取值为编织的颜色代码 1、2、 $\cdots$ 、 s ,每个取值代表一种色纱的选择,颜色代码总数 s 为可选择的色纱总数。

3.2.2 编织信息转换

编织设计时需要根据编织所用的纱线种类数 n ,进行对花型意匠图的工艺行化。设一个二维矩阵 D 来表示每行编织点所用的色纱种类数;其中 d_1 、 d_2 、 $\cdots$ 、 d_b 表示第 j 个循环编织贴图行中的纱线种类数, n_1 、 n_2 、 $\cdots$ 、 n_h 表示花型意匠图中第 y 行的纱线种类数。

$$T = \begin{bmatrix} T_{1,b} & \cdots & T_{a,b} \\ \cdots & T_{i,j} & \cdots \\ T_{1,1} & \cdots & T_{a,1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t(0, \sum_{y=1}^h n_y - 1) & \cdots & t(w-1, \sum_{y=1}^h n_y - 1) \\ \cdots & t(x, y) & \cdots \\ t(0, 0) & \cdots & t(w-1, 0) \end{bmatrix} \quad (5)$$

将花型意匠图转换为编织意匠图时,可获得各色纱的每个工艺行的每一针编织意匠信息。编织意匠图的花宽较花型意匠图矩阵不做变化,花高为花型意匠图花高的 n 倍。此处用二维矩阵 Q 表示编织意匠信息,矩阵 Q_1 表示第一行范围贴图的编织意匠图信息;其中, $Q(x,y)$ 表示第 $(x+1)$ 根针在第 $(y+1)$ F的编织意匠信息,取值为编织的色纱代码 $1, 2, \dots, s$, s 为可选的色纱总数,当不出针时色纱选择为0。

由于需要转换成为机器可识别的编织动作信息,本文将对各编织意匠信息进行编织点的成圈、集圈、浮线动作定义。预先根据各循环组织中的结构设定其各编织点的编织动作,再对按照贴图位置对所有织针进行编织动作的赋值。设矩阵 T 表示各编织点动作信息。

其中, $t(x,y)$ 表示第 $(x+1)$ 根针在第 $(y+1)$ F的编织动作,其取值及含义见式(6)。

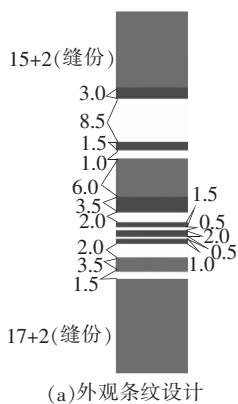
$$T(x,y) = \begin{cases} 0, & \text{表示浮线编织} \\ 1, & \text{表示成圈编织} \\ 2, & \text{表示集圈编织} \end{cases} \quad (6)$$

由于矩阵 Q 与矩阵 T 的 x, y 坐标一一对应,将两矩阵的信息复合叠加,即可由虚拟设计转化为纬编CAD可识别的每一针的提花选针选纱信息及编织动作信息,可为面料生产人员提供面料生产工艺文件。

3.3 设计实例

在前章节的方法基础上,本节进行一个灰、蓝、白色横条Polo衫设计的设计过程与设计实例展示。其中,外观的条纹设计与虚拟三维

建模设计如图8所示。最终成品面料与服装有着高度的一致性,全流程较原方法效率更高且对专业人员的依赖性更低。



(a)外观条纹设计



(b)虚拟三维建模

图8 Polo衫的条纹与服装虚拟设计

4 结束语

本文以Polo衫的设计与生产全流程为例,首先通过分析Polo衫目前的生产特点与现状提出其数字化生产的必要性,进行了全流程数字化的方案设计,阐述Polo衫外观虚拟设计中花型与编织组织的虚拟设计方法,提取重要参数信息,并以组织贴图划分二维映射纹理,对面料花型设计信息与组织设计信息进行复合处理。外观的虚拟设计可提高模拟服装真实感,快速观察所设计的织物效果,减少面料的试织过程的浪费。

其次,根据花型与组织的贴图

纹理映射进行生产参数的推荐,并将图片信息转换为数字信息,对接面料生产过程中花型意匠图信息与编织意匠图信息的数据转换,利用矩阵设置表示编织时各针的选色及编织动作,并举出设计实例。本数字化的设计与生产方法可以提高设计效率,简化沟通过程,减少对专业人员的依赖,实现从虚拟设计至面料生产环节的数字化全流程定制设计的融合贯通。

参考文献

- [1] LI P, CHEN J H. A model of an e-customized co-design system on garment design [J]. International Journal of Clothing Science and Technology, 2018, 30(5): 628-640.
- [2] 王有法, 范彦斌, 夏伟. 基地虚拟件的设计物料清单向制造物料清单的转化[J]. 佛山科学技术学院学报: 自然科学版, 2002(4): 18-21.
- [3] 裘建新, 张曼. 服装大批量定制的信息流转换研究[J]. 上海纺织科技, 2009, 37(2): 11-13.
- [4] 高阳. 针织服装 ERP 生产管理系统的设计与实现[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2013.
- [5] 李晓宇. 基于虚拟现实技术的服装设计系统研究[J]. 电视技术, 2018, 42(12): 95-99.
- [6] ZENG X, KOEHL L. Computer-aided customized garment co-design: from virtual prototypes to real products [C]. // 首届中国人机交互国际研讨会论文集. 巴黎: 首届中国人机交互国际研讨会, 2013: 58-59.
- [7] 夏冬琴, 吴志明, 董智佳. 基于调线圆纬机的Polo衫定位条纹图案设计[J]. 服装学报, 2019, 4(3): 212-218.
- [8] 金兰名. 纬编立体提花织物的计算机仿真[D]. 无锡: 江南大学, 2017.
- [9] 王萍. 计算机辅助工艺设计(CAPP)在服装上的应用[J]. 广西纺织科技, 2012(4): 93-94.

收稿日期 2021年1月4日