

DOI:10.13475/j.fzxb.20200702107

全成形双层结构针织服装工艺模型研究与应用

詹必钦, 丛洪莲, 吴光军

(江南大学 教育部针织技术工程研究中心, 江苏 无锡 214122)

摘 要 为深入探讨全成形针织服装复杂款式结构,丰富全成形针织服装款式样板,研究了四针床全成形双层结构针织服装设计方法及编织工艺。在四针床全成形单层结构服装研究基础上,通过分析体型特征、人体运动松量和服装原型特征,设计出双层结构服装原型纸样。针对此纸样设计出一款典型双层结构上装,对其版型设计、工艺方法和成形原理进行分析。结果表明:从单层结构服装到双层结构服装转化过程中,里外层结构通过一体成形编织工艺形成款式造型;连接处模型有 O 型、X 型、H 型、XO 型 4 种方式保持衣身平衡,以确保里外层连接处尺寸差的精确调整;细部模型通过集圈编织、局部编织形成;根据编织工艺参数及里外层服装在结构上的差异可得到适合人体曲线的全成形双层结构服装。

关键词 针织; 全成形; 针织服装; 四针床; 双层结构; 编织工艺

中图分类号: TS 181.8 文献标志码: A

Research and application of process modeling of single-piece double-layer knitted garments

ZHAN Biqin, CONG Honglian, WU Guangjun

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

Abstract In order to explore deeply the complex style structure of single-piece knitted garments and to enrich the models of single-piece knitted garments, the design method and knitting process of four-needle bed single-piece double-layer knitted garments were studied. On the basis of the research of the four-needle bed single-piece single-layer clothing, the prototype pattern of the double-layer clothing structure is designed through analyzing the characteristics of the human body shape, the looseness of the human body and the characteristics of the clothing prototype. A typical double-layer structure upper garment was designed based on the paper pattern, and its layout design, process method and forming principle were analyzed. The results show that in the process of transforming from a single-layer garment to a double-layer garment, the inner and outer layers are formed through an integrated knitting process to form a style model; the connection model has four ways to maintain the body balance: O, X, H and XO, and to ensure the precise adjustment of the size difference between the inner and outer layers; and the detailed model is formed by tuck knitting and partial knitting. According to the knitting process parameters and the structural difference between the inner and outer layers of clothing, a single-piece double-layer clothing suitable for the body curve is created.

Keywords knitting; single-piece garment; knitted garment; four-needle bed; double-layer structure; knitting process

经过数十年的发展,全成形针织服装已在市场上占领了一席之地。其以无缝成形的结构编织特点

和柔软舒适的穿着特点受到越来越多业内人士和消费者的关注和喜爱。全成形针织技术减少了织片裁

收稿日期:2020-07-08 修回日期:2020-12-10

基金项目:中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(JUSRP52013B);国家自然科学基金项目(61902150)

第一作者:詹必钦(1994—),女,硕士生。主要研究方向为全成形针织服装设计与开发。

通信作者:丛洪莲(1976—),女,教授。主要研究方向为针织生产的数字化与智能化、针织产品的创新设计与性能研究。

E-mail:cong-wkrc@163.com。

剪缝合工序,减小了原料消耗,节省了劳动力成本。其中岛精四针床电脑横机在实现复杂工艺和款式编织等技术上有着无可比拟的优势。

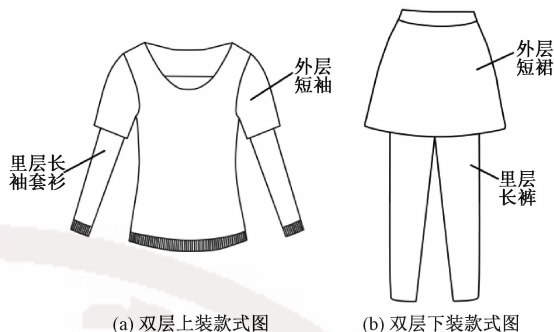
全成形双层结构针织服装是含有里外 2 层结构的一件式服装,为一种新颖的全成形服装穿着模式,在服装穿着时既能保持服装的舒适感,又可轻松搭配出具有层次感的效果。现有国内文献关于全成形服装工艺的研究中,对于各类编织原理^[1-3]和成形工艺^[4-5]的探讨较多,在双针床电脑横机全成形服装组织及款式变化的设计制造上取得了一定的成果;而针对四针床电脑横机上复杂版型或结构组织的变化研究还处于探索阶段^[6-8],对双层结构的全成形服装的研究还较少。为此,本文基于全成形针织服装款式结构,分析双层结构针织服装特征,结合四针床电脑横机全成形编织工艺探讨典型双层结构工艺模型,通过基本款双层结构针织服装说明编织实现方式,以为全成形针织服装的设计制造提供一种全新的结构分析与实现方式。

1 双层结构针织服装特征

全成形双层结构针织服装在实现全件服装双层结构时,在单层结构的基础上,由 2 个单层经过展开式设计形成具有里外 2 层结构的服装。双层结构上装有套衫类双层结构、开衫类双层结构、背心类双层结构 3 种。其中:套衫类和开衫类双层结构一般以单层套衫或开衫结构作外层,再根据款式需要搭配里层,里层有背心、吊带等;背心类双层结构一般以单层背心做外层,里层搭配吊带等。双层结构上装设计时可根据款式需要进行细节变化。双层结构下装中有裤装双层结构、裙装双层结构、裙裤装双层结构 3 种。裤装双层结构里外层均为裤装;裙装双层结构里外层均为裙装;裙裤双层结构外层是裙装,里层是裤装。

图 1 示出 2 种双层结构服装款式。图 1(a) 示出上装款式,是由里层长袖套衫和外层短袖组成的套衫,其双层结构连接处在下摆边。图 1(b) 示出下装款式,是由外层短裙和里层长裤组成的裙裤,其双层结构连接处在腰头边。

全成形双层结构服装里外 2 层一般采用 1 种或至少 2 种不同线密度的纱线喂入指定纱嘴编织相同或不同组织花型,形成视觉或触觉上的面料层次差异。双层结构在全成形一体编织时一层作正面编织,另一层反面作正面编织,编织时里层和外层结构在下摆、肩缝、腰头等边口处一体相连,下机时里外层形成展开相连的整件服装,下机后里外层相互套



(a) 双层上装款式图

(b) 双层下装款式图

图 1 双层结构服装款式

Fig. 1 Double-layer structure style.

(a) Double-layer tops; (b) Double-layer bottoms

入形成双层结构。

双层结构服装因假 2 件的设计、不同纱线组织的配合运用,营造出穿着了 2 件衣服的视觉效果。

2 双层结构针织服装原型

全成形针织服装版型设计不同于普通版型设计,是结合人体结构特征与全成形工艺,设计出可用于机器编织的二维版型纸样,再利用 SDS-ONE APEX3 设计系统转换为成形编织图,上机时以圆筒成形方式编织。样板设计时需考虑毛衫版型与人体贴合的关系,根据贴合度调整版型松量大小,且松量放开大小需符合全成形工艺实现的可能性。人体上身结构点测量及全成形双层结构针织服装原型如图 2 所示。

图 2(a) 为人体上身结构点及各部位长度测量图,包含人体上身各关键点及常用部位测量长度。各关键点包括前颈窝点 FNP、后颈窝点 BNP、侧颈点 SNP、肩点 SP、前腋点 FAP、后腋点 BAP、胸点 BP、腰点 WP、肘点 EP;常用部位测量长度包括衣长(L_{CL})、肩宽(L_{SW})、肘长(L_{EL})、腰围(L_{WL})、胸围(L_{BL})、前胸宽(L_{FW})、后背宽(L_{BW})、乳间距(L_{PW})、背长(L_{NL})、领宽(L_{BNW})等尺寸。其中领宽(L_{BNW})是指左侧颈点到右侧颈点的直线长度;肩宽(L_{SW})是指左右肩点间的距离;前胸宽(L_{FW})是指左右前腋点之间的距离;胸围(L_{BL})是指经过胸高点水平维度 1 周的长度;腰围(L_{WL})是指经过腰点的维度尺寸;衣长(L_{CL})是指从侧颈点到上臀围线间的距离。图 2(b) 示出双层结构针织服装原型,由 2 个单层结构相连而成,原型是根据人体三维尺寸测量转化成二维纸样后的样板片。首先设定的是样板基本框架尺寸,包括肩宽、前后胸宽、胸围、腰围和衣长。里外层中间部分为连接处, aa' 和 bb' 段表示连接处边缘尺寸差值。二维纸样转化为毛衫尺寸工艺针数计算

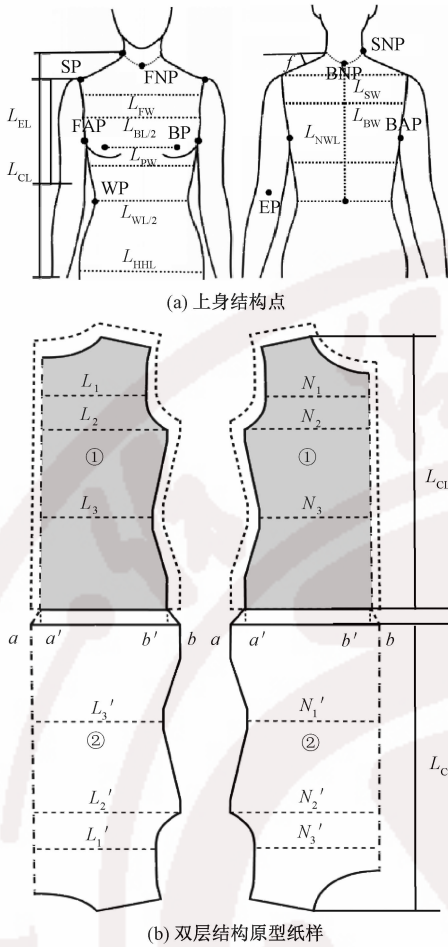


图 2 全成形双层结构针织服装衣身示意图
Fig. 2 Double-layer whole garment body diagram.
(a) Upper body structure point; (b) Double-layer whole garment prototype

N_1, N_1', L_1, L_1' 分别表示里外层加松量后前后上胸宽; N_2, N_2', L_2, L_2' 分别表示里外层加松量后胸围; N_3, N_3', L_3, L_3' 分别表示里外层加松量后胸围; L_{CL}, L_{CL}' 分别表示里外层衣长; f 为肩斜角; 表示里外层样板轮廓; 表示外层展开时样板轮廓; 表示外层重叠时样板轮廓。

方式如下:

$$X = x \times P_n; \quad Y = y \times P_f$$

式中: P_n 表示针织服装面料横密, 纵行/(5 cm); P_f 表示针织服装面料纵密, 横列/(5 cm); x, y 分别表示服装版型横向尺寸和纵向尺寸; X, Y 分别表示转换后的横向编织行数和纵向编织行数。其中, 横密、纵密与四针床机器机号、编织组织结构、纱线线密度、上机参数有关, 计算工艺前可试织小样确定成品密度。

3 双层结构针织服装全成形工艺模型

本文分析一款典型双层结构上装: 服装外层为吊带, 下摆为 2+2 罗纹组织, 其余部分为平针; 服装

里层为长袖套衫, 袖口为 2+2 罗纹组织。服装横向尺寸变化通过 4 个针床的收放针实现, 纵向尺寸通过编织行数来控制^[9]。图 3 为此双层结构上装款式图。

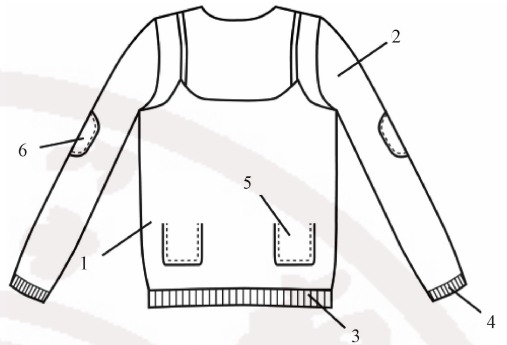


图 3 双层结构上装款式图
Fig. 3 Double-layer structure top pattern

3.1 外层结构模型

服装外层吊带结构可看作是由双层结构服装原型中外层版型三维转化的全成形单筒形结构, 如图 4 所示。大身编织可看作是一个单圆筒编织, 大身下摆部分以 2+2 罗纹组织起底, 起底往上编织平针组织, 大身曲线由收放针实现, 横向尺寸由编织针数决定。圆筒编织至腋下后, 前后床分别局部编织前后片胸部及吊带部位。

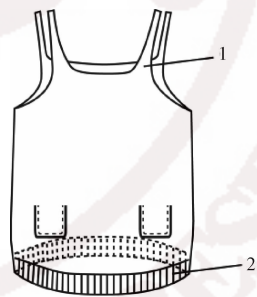
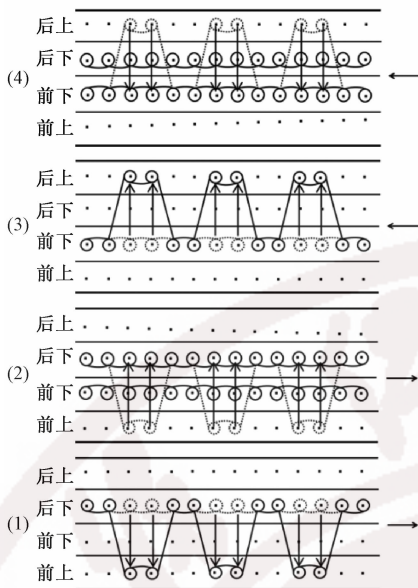


图 4 外层服装单筒形结构模型

Fig. 4 Single tube structure model of outer garment

下摆部分 2+2 罗纹组织起底编织工艺如图 5 所示。(1)、(2) 为机头从左向右移动过程。过程 (1) 先将后下针床线圈二隔二翻至前上针床, 完成一行后下针床编织; 过程 (2) 再将前上针床线圈翻回后下针床, 完成前床 2+2 罗纹的一个循环组织。过程 (3)、(4) 为机头从右向左移动过程。过程 (3) 先将前下针床二隔二翻至后上针床, 完成一行前下针床编织; 过程 (4) 再将后上针床线圈翻回前下针床, 完成后床 2+2 罗纹的一个循环组织, 前后床交替循环完成下摆罗纹的编织。



○ 新线圈; ○ 旧线圈; ↕ 翻针。

图 5 下摆 2+2 罗纹组织编织工艺

Fig. 5 2+2 rib weave technology of hem

大身圆筒编织至腋下后,前床满针编织前片,后床满针编织后片,前后片分别进行局部编织形成前后胸部,胸部通过收针形成腋下曲线,前后片肩带编织至顶部拷针相连,最终形成完整的左右肩带,如图 6 所示。

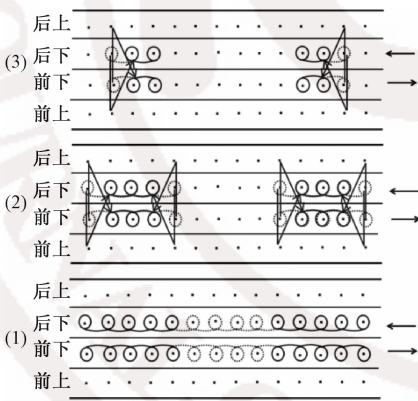


图 6 肩部局部编织工艺

Fig. 6 Shoulder partial knitting process

3.2 里层结构模型

里层长袖可看作是由双层结构服装原型中里层版型三维转化形成的套衫多筒形,如图 7 所示。大身及袖子的编织可看作是 3 个圆筒形结构编织。里层长袖为装袖袖型,袖长等于身长,袖口边和下摆边同时引入主纱开始编织,袖口部位编织 2+2 罗纹组织,其余部分编织平针组织,领口由局部编织工艺实现。

长袖为修身合体款设计,根据款式从下摆到腰部的编织进行收针,腰间最细部位编织完成后再逐



图 7 里层服装多筒形结构模型

Fig. 7 Multi-tube structure model of inner garment

渐放针至腋下,大身身线明收针编织工艺如图 8 所示。

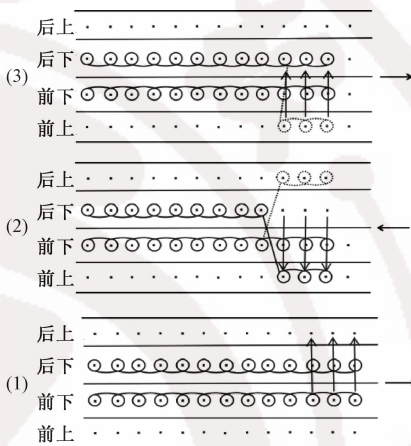
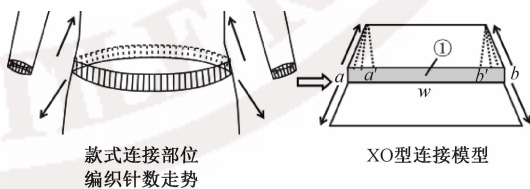


图 8 明收针编织工艺

Fig. 8 Knitting technology of open end stitches

3.3 双层连接模型

里外层服装编织时里层反面作正面编织,外层正面编织,2 层服装在下摆边处一体相连。外层吊带正面编织至下摆边结束后,纱嘴从罗纹起底开始编织里层长袖。由于内外层连接处尺寸设定、编织原料选择等因素不同,外层吊带大身编织至下摆连接处尺寸由宽松逐渐收紧,里层长袖大身编织至连接处尺寸由收紧逐渐放针,里外层服装连接处模型如图 9 所示。



ab 段表示连接处长度; a' 、 b' 表示端点变化位置;
 w 表示外层连接处长度。

图 9 双层结构连接部位

Fig. 9 Connection part of double-layer structure

双层连接模型除了上述 XO 型外,还有 O 型, X 型和 H 型。O 型连接表示里外层服装从大身到连接部位逐渐放松,连接处密度开松;X 型连接表示里外层服装从大身到连接部位逐渐收紧,连接处密度

加紧;H 型连接表示里外层服装从大身到连接部位尺寸针数无变化。这 3 种连接方式几何模型如图 10 所示,连接部位宽度根据里外层尺寸确定,高度根据款式双层连接程度调整。

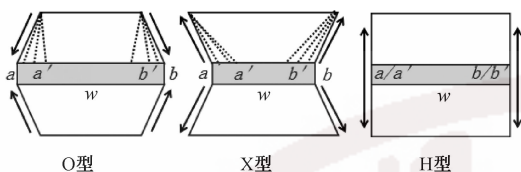


图 10 其他双层结构连接模型

Fig. 10 Other double-layer structure connection model

编织时,常采用添加弹性纱线或者直接采用弹性纱线编织连接部位。由于纱线张力不同,编织时机器出针方式不同,服装里外层设计尺寸的差异等,使得里外层服装版型在连接部位产生一定的尺寸差值,这个尺寸差值随着编织尺寸的变化而变化,如图 9、10 中虚线所示。里外层连接处差值大小影响编织连接处的尺寸平衡,在一定的差值大小不影响编织效果范围内,可对尺寸设定进行预估和分析,判断其合理性。 P_{n1} 表示外层横密, P_{n2} 表示里层横密,转换后的横密编织行数 $X_{n1} = P_{n1}w$, $X_{n2} = P_{n2}l_{ab}$, 里外层编织行数差值 $\Delta = X_{n1} - X_{n2} = P_{n1}w - P_{n2}l_{ab}$ 。 l_{ab} 表示连接处 (ab 段) 长度。在一定的差值范围内,当里层取值为 X_j 时,可估算出外层取值 $C_n(X_j)$ 。

在区间 $[X_{n2}, X_{n1}]$ 上,端点函数值: $Y_{X_2} = F(X_{n2})$, $Y_{X_1} = F(X_{n1})$, 有 $C_n(X_j) = \sum_{k=0}^n Y_k L_k(X_j)$ 。 $j = 0, 1, 2, \dots, n$; $X_j \in [X_{n2}, X_{n1}]$ 。

其中, $L_k(X_j) = (X - X_0)(X - X_{(k-1)}) \dots (X - X_{(k+1)})(X - X_n) / (X_j - X_0)(X_j - X_{(k-1)}) \dots (X_j - X_{(k+1)})(X_j - X_n)$ 。

结合双层连接处尺寸的设定和双层服装连接曲线走势变化选取合适的双层连接模型,保证连接处衣身平衡。

3.4 细部编织工艺

外层吊带前片有 2 个口袋,增加服装实用性;里层长袖袖肘部位贴袋,增加织物厚度,增强穿着耐磨性,延长服装使用寿命。细部双层设计也可通过编织不同组织或使用不同面料增添服装设计感。口袋及袖肘贴袋均由局部编织工艺实现,袋口边缘采用集圈组织连接,编织工艺如图 11 所示。

4 双层结构上下装工艺设计与实现

4.1 罩衫+吊带双层结构

罩衫+吊带双层结构以单层罩衫结构作外层,单层吊带结构作里层。编织时里层吊带反面作正面编织,外层罩衫正面编织,里外层在下摆边处一体相

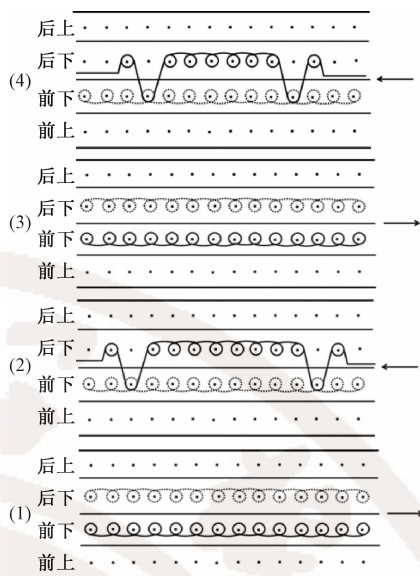
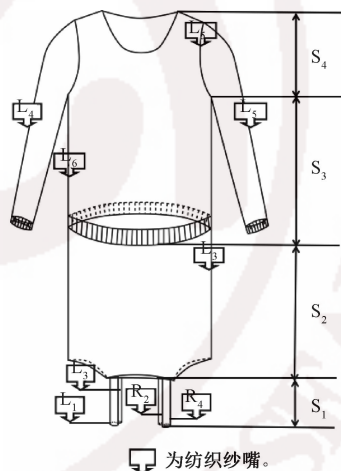


图 11 口袋及袖肘边缘集圈编织工艺

Fig. 11 Pocket and sleeve elbow edge tuck knitting

连,此双层结构编织纱嘴配置图如图 12 所示。里外层服装用线密度不同的 2 种纱线编织。其中里层吊带采用主纱 1 编织,外层罩衫采用主纱 2 编织。



☐ 为纺织纱嘴。

图 12 罩衫+吊带双层结构组合工艺模型

Fig. 12 Combined model of double-layer structure of blouse and suspender

S_1 段为吊带肩带编织区域。左边前后肩带各引入左边纱嘴 L_1 和 L_3 编织平针组织,右边前后肩带各引入右边纱嘴 R_2 和 R_4 编织平针组织,肩部编织完成后退出纱嘴 L_1 、 R_2 和 R_4 。

S_2 段为吊带圆筒编织的大身区域。用左边纱嘴 L_3 圆筒平针编织直至吊带下摆边结束,大身圆筒编织通过收放针实现宽度上的变化。

S_3 段为罩衫大身多筒编织区域。引入左边纱嘴 L_4 、 L_5 、 L_6 分别圆筒编织左袖、右袖和大身平针组织直至腋下身袖合并处,采用腋下平收拼角方式合并腋下部位。平收针也称为拷针或套收^[10]。

S_4 段为罩衫身袖合并后的圆筒编织区域。此时退出纱嘴 L_4 和 L_5 , 用左边纱嘴 L_6 开始圆筒编织, 袖窿弧线通过收针形成, 领部通过 C 形编织形成, 肩斜通过往返编织形成。

4.2 裙裤装双层结构

裤裙双层结构以单层裤装结构作里层, 单层裙装结构作外层。编织时里层裤装正面编织, 外层裙装反面作正面编织, 里外层在腰头边处一体相连, 此双层结构组合编织纱嘴配置图如图 13 所示。里层裤装采用主纱 1 编织, 外层裙装采用主纱 2 编织。

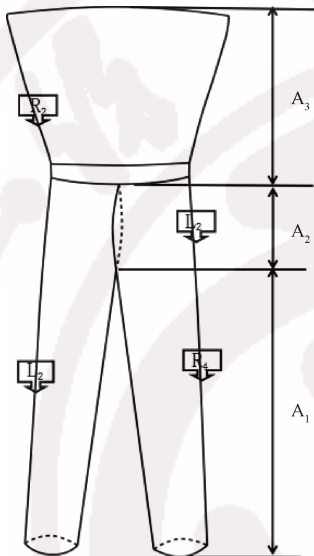


图 13 裙裤装双层结构组合工艺模型

Fig. 13 Combined model of double-layer structure of pants and skirt

A_1 段为裤腿双圆筒编织区域, 引入左边纱嘴 L_2 和右边纱嘴 R_4 分别编织左右裤腿, 编织至裤裆底部退出纱嘴 R_4 。

A_2 段为剩下左边纱嘴 L_2 平针编织裤裆臀部区域, 裆下通过拼角连接 2 个裤腿, 并通过局部编织形成臀部曲线。

A_3 段为裙装圆筒编织区域, 引入右边纱嘴 R_2 编织, 通过接片式降落伞形工艺编织成裙摆形状。

5 结束语

本文在全成形单层结构特征基础上, 结合人体上身结构点特征, 将 2 个单层原型展开转化形成全成形双层结构针织服装原型。根据原型变化得出典型双层结构服装款式并分析其工艺模型, 着重分析上装类双层结构工艺模型的里层结构模型、外层结构模型和连接处模型, 将连接处模型分为 XO 型、X 型、O 型、H 型 4 种。最后举例分析常见全成形双层结构上下装款式, 对应说明其编织实现方法。

此工艺模型说明了全成形双层结构针织服装编织的可行性, 为后续开发双层结构针织服装提供工艺模型参考, 对全成形针织服装款式结构研究进行了拓展创新。

FZXB

参考文献:

- [1] 王敏, 丛洪莲, 蒋高明, 等. 四针床电脑横机的全成形工艺[J]. 纺织学报, 2017, 38(4): 61-67.
WANG Min, CONG Honglian, JIANG Gaoming, et al. Whole garment knitting process on four-bed computerized flat knitting machine [J]. Journal of Textile Research, 2017, 38(4): 61-67.
- [2] 邱庄岩, 花芬, 吴志明. 四针床全成形编织工艺及其应用[J]. 纺织学报, 2018, 39(8): 63-70.
QIU Zhuangyan, HUA Fen, WU Zhiming. Process and application of full forming knitting with four-needle bed[J]. Journal of Textile Research, 2018, 39(8): 63-70.
- [3] 邱庄岩, 吴志明, 蒋高明. 全成形毛衫肩袖成形工艺[J]. 纺织学报, 2018, 39(3): 56-60, 66.
QIU Zhuangyan, WU Zhiming, JIANG Gaoming. Forming process of shoulder and sleeves of whole garment [J]. Journal of Textile Research, 2018, 39(3): 56-60, 66.
- [4] 路丽莎, 蒋高明, 罗璇. 全成形毛衫腋下拼角编织工艺及性能[J]. 纺织学报, 2019, 40(2): 69-75.
LU Lisha, JIANG Gaoming, LUO Xuan. Knitting process and properties analysis of underarm stitching of fully-fashioned garment [J]. Journal of Textile Research, 2019, 40(2): 69-75.
- [5] 王盼, 吴志明. 全成形毛衫局部编织原理及其应用[J]. 纺织学报, 2019, 40(5): 41-46.
WANG Pan, WU Zhiming. Principle and application of partial knitting on fully formed sweater[J]. Journal of Textile Research, 2019, 40(5): 41-46.
- [6] 彭佳佳, 蒋高明, 丛洪莲, 等. 全成形毛衫的结构与编织原理[J]. 纺织学报, 2017, 38(11): 53-60.
PENG Jiajia, JIANG Gaoming, CONG Honglian, et al. Structure and knitting principle of whole garment [J]. Journal of Textile Research, 2017, 38(11): 53-60.
- [7] 罗璇, 彭佳佳, 蒋高明, 等. 全成形毛衫样板及成形方法[J]. 纺织学报, 2018, 39(7): 105-110.
LUO Xuan, PENG Jiajia, JIANG Gaoming, et al. Design and knitting shaping method of fully-fashioned knitwear [J]. Journal of Textile Research, 2018, 39(7): 105-110.
- [8] 刘博, 丛洪莲. 四针床全成形休闲西服的工艺设计与成形原理[J]. 纺织学报, 2020, 41(4): 129-134.
LIU Bo, CONG Honglian. Process design and knitting principle of one-piece casual suits based on four-needle-bed flat knitting machine [J]. Journal of Textile Research, 2020, 41(4): 129-134.

(下转第 160 页)

4 结 论

本文在对流水线进行重构优化后,发现流水线的编制效率仍未达到最优,进而根据服装流水线特性,设计了针对服装流水线进行优化的改进蚁群算法,利用算法对流水线进行了重新编排,以在制品最小传递路径为优化目标,得出优化后的流水线排布。同时借助 Flexsim 软件建立流水线仿真模型,对改进蚁群算法优化前后的流水线分别进行仿真运行,实验证明优化后日产量提升了 18.88%。改进蚁群算法确实可以有效提升服装流水线生产效率,改进传统优化方式的局限性。由于改进蚁群算法和 Flexsim 软件都具有开放性结构,因此,该方法可用于解决不同服装流水线的优化与仿真问题。 **FZXB**

参考文献:

[1] 焦宏刚,滕洪军. 浅谈精益生产在服装流水线中的应用[J]. 辽宁丝绸,2017(4):30-33.
JIAO Honggang, TENG Hongjun. On the application of lean production in garment assembly line[J]. Liaoning Tussah Silk, 2017(4):30-33.

[2] 张阳阳,陈娟,刘繁. 中小型服装企业流水线改良及运用[J]. 纺织科技进展,2020(5):22-24.
ZHANG Yangyang, CHEN Juan, LIU Fan. Improvement and application of assembly line in small and medium-sized garment enterprises[J]. Progress in Textile Science & Technology, 2020(5):22-24.

[3] 孙影慧,杜劲松. 服装单件生产流水线仿真优化[J]. 东华大学学报(自然科学版),2019,45(2):236-242.
SUN Yinghui, DU Jinsong. Simulation and optimization of garment production line [J]. Journal of Donghua University(Natural Science), 2019,45(2):236-242.

[4] 刘立枝,闫亦农,雒彬钰,等. 模块化裤装缝制流水线的优化设计[J]. 毛纺科技,2020,48(1):66-69.
LIU Lizhi, YAN Yinong, LUO Binyu, et al. Optimization design of modular trouser sewing line[J].

Wool Textile Journal, 2020,48(1):66-69.

[5] 宋莹. 服装单件流水线的虚拟仿真优化研究[J]. 纺织导报,2020(5):85-88.
SONG Ying. Research on virtual simulation optimization of garment single piece assembly line[J]. China Textile Leader, 2020(5):85-88.

[6] 黄珍珍,莫碧贤,温李红. 基于遗传算法及仿真技术的服装生产流水线平衡[J]. 纺织学报,2020,41(7):154-159.
HUANG Zhenzhen, MO Bixian, WEN Lihong. Garment production line balance based on genetic algorithm and simulation [J]. Journal of Textile Research, 2020, 41(7):154-159.

[7] 郑刚,谭民,宋永华. 混杂系统的研究进展[J]. 控制与决策,2004(1):7-11,16.
ZHENG Gang, TAN Min, SONG Yonghua. Research progress of hybrid systems [J]. Control and Decision, 2004(1):7-11,16.

[8] 张丽珍,何龙,吴迪,等. 改进型蚁群算法在路径规划中的研究[J]. 制造业自动化,2020,42(2):55-59.
ZHANG Lizhen, HE Long, WU Di, et al. Research on improved ant colony algorithm in path planning [J]. Manufacturing Automation, 2020,42(2):55-59.

[9] 刘德亮. 服装缝制标准工时研究[J]. 轻纺工业与技术,2018,47(4):44-46,50.
LIU Deliang. Study on the standard man-hour of clothing sewing[J]. Light and Textile Industry and Technology, 2018,47(4):44-46,50.

[10] 于昕辰,吴雄英,丁雪梅. 计算机辅助服装流水线平衡优化设计进展[J]. 上海纺织科技,2013,41(10):7-10.
YU Xinchen, WU Xiongying, DING Xuemei. The development of computer-aided balance optimization design of garment assembly line [J]. Shanghai Textile Science & Technology, 2013,41(10):7-10.

[11] 崔现海. 计算机技术辅助服装缝制流水线优化设计研究[J]. 自动化与仪器仪表,2018(2):123-125.
CUI Xianhai. Research on computer aided optimization design of garment sewing line [J]. Automation & Instrumentation, 2018(2):123-125.

(上接第 154 页)

[9] 张卫红. 在电脑横机上编织整件毛衫的原理及工艺[J]. 针织工业, 2004(5): 48-50.
ZHANG Weihong. Theory and process of the whole knitted wear on the computer computerized flat knitting machine[J]. Knitting Industries, 2004(5): 48-50.

[10] 孟海涛. 电脑横机拷针的工艺创新[J]. 针织工业, 2010(9): 67-68.
MENG Haitao. Technological innovation of computer flat knitting machine [J]. Knitting Industries, 2010(9): 67-68.