

# 电脑一体袜机挑撇针工艺的研究

方 园,黄 平

(浙江理工大学材料与纺织学院,杭州 310018)

**摘 要:** 电脑一体袜机采用一步法编织,在一台袜机上同时完成袜子成形编织与缝头部分的缝合,取消了人工套口缝头过程,大大提高了袜机生产效率,已成为电脑袜机主流发展方向。本文在对电脑一体袜机成圈工艺原理分析的基础上,重点对挑撇针器工艺进行研究;运用 SolidWorks 建立了挑撇针器三维实体模型,应用 LS-PREPOST 实现了挑撇针运动仿真,求解得到织针在 Y 方向位移、速度、加速度曲线,为电脑一体袜机的研制提供了理论分析依据。

**关键词:** 电脑一体袜机;挑撇针器;LS-PREPOST;建模研究;运动仿真

**中图分类号:** TS184.5

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-3851 (2017) 02-0190-07

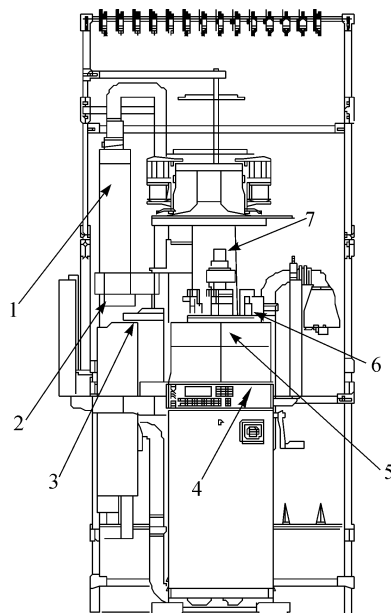
## 0 引 言

纺织业是浙江省支柱产业,织袜产业在经济中占据了重要地位。因此,在工业转型升级过程中,加快发展自动化、智能化织袜设备有着十分重要的意义。现在织袜主要采用二步法编织,先在电脑袜机上完成袜子的成形编织,然后通过人工套口的方法将袜子转移至缝合机上进行袜头的编织,存在套口难度大、生产效率低的问题,大大制约了织袜产业的发展。随着现代纺织高新技术的迅速发展,意大利罗纳地公司推出了世界上首台电脑一体袜机,在一台袜机上同时完成袜子成形编织与缝头部分的缝合,大大提高了袜机的织袜生产效率和袜子产品的质量。与普通电脑袜机相比,其具有自动化程度高、生产效率高、产品档次高、质量好等特点,已成为国内电脑袜机发展的主流方向<sup>[1]</sup>。

本文在对电脑一体袜机成圈工艺和成圈原理分析的基础上,重点对挑撇针器工艺进行研究;运用 SolidWorks 建立了挑撇针器三维实体模型,应用 LS-PREPOST 对织针进行运动仿真,通过修改 K 文件中参数,得到织针时间与位移、速度以及加速度运动曲线,为电脑一体袜机的设计和优化提供理论分析的依据。

## 1 电脑一体袜机结构与成圈原理分析

电脑一体袜机结构包括:成圈机构、气流牵拉机构、自动转移机构和自动缝合机构等,结构如图 1 所示。

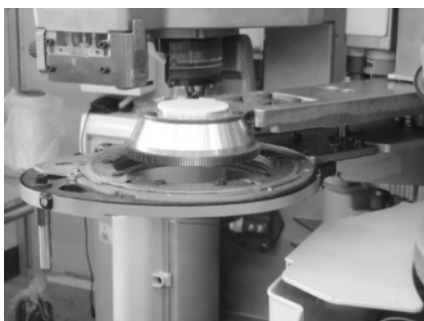


1. 气流牵拉机构 2. 缝合针盘 3. 转移盘 4. 程序显示屏  
5. 成圈机构 6. 生克盖 7. 机头

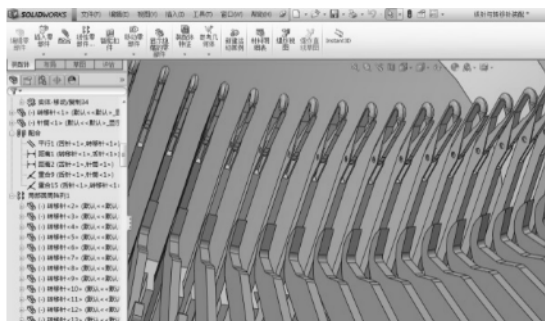
图 1 电脑一体袜机结构

电脑一体袜机编织过程可分为织袜、线圈转移以及袜头缝合三个部分。首先在成圈机构5、选针机构等的配合下完成织袜的编织,然后在气流辅助牵拉机构1的配合下将线圈从织针上移至转移针上,通过转移盘3将袜子从针筒上转移至袜头缝合装置,最后通过缝合针盘2完成袜子的自动缝合。

在线圈转移过程中,转移盘必须与针筒轴心对齐;待转移三角打进后将织针全部抄起并上升到线圈转移高度后,如图2(a)~(b)所示,气流牵拉系统采用吸气方式将线圈从织针针钩下拉到针杆后,转移上盘下降握持线圈沉降弧,实现线圈的转移。电脑一体袜机转移线圈转移过程如图3所示。

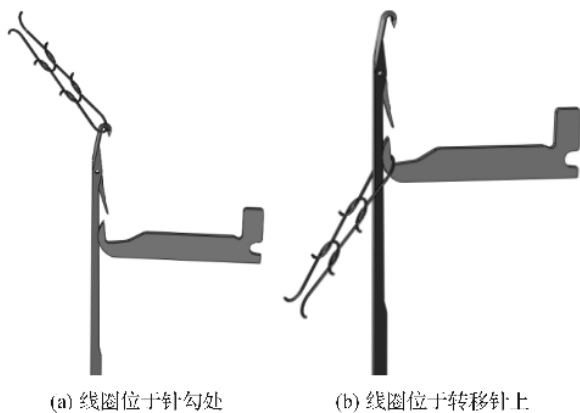


(a) 转移盘实物图



(b) 织针与转移针三维实体模型

图2 织针与转移针配置



(a) 线圈位于针钩处

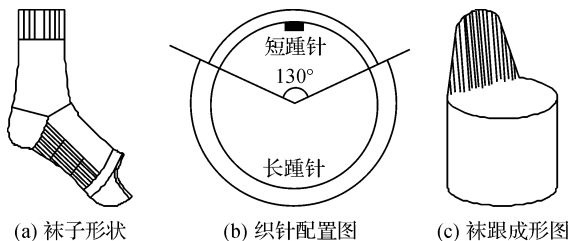
(b) 线圈位于转移针上

图3 线圈转移过程图

## 2 挑撇针工艺过程的分析

### 2.1 挑撇针的工艺过程

挑撇针器是用来编织袜跟。袜跟处于袜子袜统与袜面、袜脚中间部位,其形状和大小应与脚跟相似,否则不仅会影响穿着舒适性,还会在袜背形成褶皱,如图4(a)所示。因此需在针筒上配置不同针踵织针,通过挑撇针器对织针进行线圈的收放针编织,达到袋形编织要求。图4(b)~(c)表示编织袜跟(头)的织针排列方式以及袜跟成形图<sup>[2]</sup>。



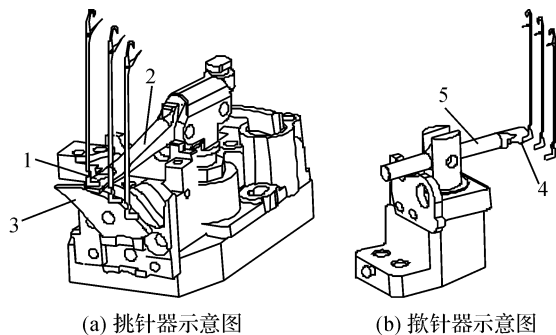
(a) 袜子形状

(b) 织针配置图

(c) 袜跟成形图

图4 袜跟示意图

挑针器分别安装在针筒左右弯纱三角后面,并通过挑针架连接。挑针杆将第一枚织针挑到中三角背面使之退出工作。撇针器分别安装在生克盖下面,其角度大约为 $130^\circ$ ,针筒每转一转,撇针杆撇两枚织针使之重新参加编织<sup>[3]</sup>。



(a) 挑针器示意图

(b) 撇针器示意图

1. 挑针杆凹口 2. 挑针杆 3. 右棱角  
4. 撇针杆凹口 5. 撇针杆

图5 挑撇针器示意图

如图5(a)所示,当针筒往复回转时,织针沿右棱角3上升,第一枚被挑起的织针落到挑针杆凹口1中,随着挑针杆2的摆动,使织针上升到中三角上沿,进行前半袜跟的减针编织<sup>[4]</sup>。由于织针随针筒作圆周运动,挑针杆则是作摆动运动,所以织针与挑针杆是按不同中心回转。当挑针杆在水平方向转到一定角度,挑针杆与针踵脱离。当袜底最后一枚织针经过右棱角3后,在回复弹簧的作用下,挑针杆回复到原来位置,并对下一横列的织针进行挑针,直至袜跟最后横列编织完成,如图6(a)为挑针过程中织针走针轨迹图<sup>[5]</sup>;撇针过程正好与

挑针过程相反,如图5(b)所示,针筒每转一周通过揞针杆凹口4揞下两枚织针,使之进行袜跟(头)的加针编织,如图6(b)所示为揞针过程中织针走针轨迹图。

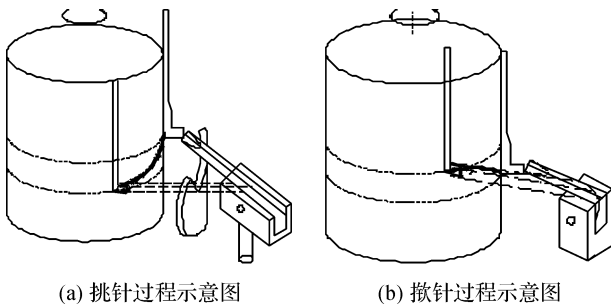


图6 挑揞针过程示意图

## 2.2 挑/揞针工艺点的设计

袜跟处于袜统以及袜面的连接处,其编织效果直接影响整个袜子质量及穿着舒适度<sup>[6]</sup>。织针通过挑揞针器上的针杆凹口的推动做向上的摆动运动,所以挑揞针杆的工艺点计算决定了袜机能否准确、有效地进行挑揞针,如图7为挑针杆运动计算模型。

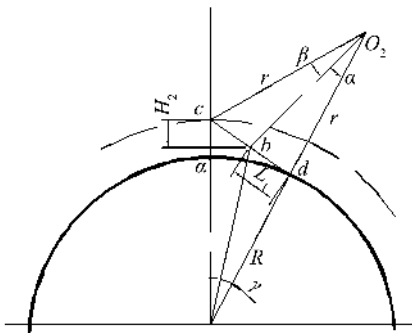


图7 挑针杆模型

针筒半径  $R = 47.625 \text{ mm}$ , 退圈点至筒口线距离  $H_1 = 56.2 \text{ mm}$ , 挑针杆有效长度为  $r = 36 \text{ mm}$ , 挑针横角  $\alpha = 12^\circ$ , 挑针纵角  $\beta = 10^\circ$ , 针踵宽度  $ac = 3.99 \text{ mm}$ , 退圈点到筒口线距离  $H_3 = 56.2 \text{ mm}$ 。起挑点  $d$  到挑足点  $b$  的挑针高度  $H_2$ 、针筒转过角度  $\gamma$  以及挑针宽度  $L_1$  可根据以下公式计算:

$$H_2 = r \sin \beta = 36 \times \sin 10^\circ = 6.25 \text{ mm},$$

$$\gamma = \cos^{-1} \left\{ \frac{(R+L)^2 + R^2 - (r \sin \beta)^2}{2R(R+L)} \right\} = \cos^{-1} \left\{ \frac{(47.625 + 3.99)^2 + 47.625^2 - (36 \sin 10^\circ)^2}{2 \times 47.625 \times (47.625 + 3.99)} \right\}$$

$$= 7.62^\circ.$$

$$L_1 = \frac{\gamma \pi}{180} \times R = \frac{7.62^\circ \times \pi}{180} \times 47.625 = 6.34 \text{ mm}.$$

通过以上挑针工艺点的计算后,可得到挑足点  $H$  为:

$$H = H_1 - H_2 = 56.2 - 6.25 = 49.9 \text{ mm}.$$

其中:图中  $O_1$  表示针筒中心; $O_2$  表示挑针杆中心; $L$  表示针踵宽度; $d$  为针踵刚好进入挑针杆凹口处; $\alpha$  为挑针横角; $\beta$  为挑针纵角; $\gamma$  为针踵与挑针杆接触到脱离随针筒回转角度。

图8为揞针杆运动几何模型,起揞点  $e$  到揞足点  $f$  的揞针杆有效长度  $r_1 = 35.5 \text{ mm}$ 、揞针横角  $\alpha_1 = 25^\circ$ 、揞针纵角  $\beta_1 = 8^\circ$ 。

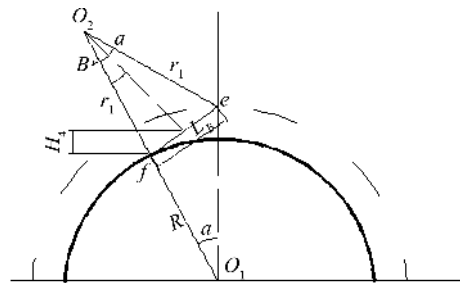


图8 揞针杆运动几何模型

则揞针高度  $H_4$  和揞针宽度  $L_2$  可通过以下公式计算可得:

$$H_4 = r_1 \sin \beta_1 = 35.5 \times \sin 8^\circ = 4.94 \text{ mm},$$

$$\theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{(R+L)^2 + R^2 - (r_1 \sin \beta_1)^2}{2R(R+L)} \right\} = \cos^{-1} \left\{ \frac{(47.625 + 3.99)^2 + 47.625^2 - (35.5 \sin 10^\circ)^2}{2 \times 47.625 \times (47.625 + 3.99)} \right\}$$

$$= 17.2^\circ.$$

$$L_2 = \frac{\theta \pi}{180} \times R = \frac{17.2^\circ \times \pi}{180} \times 47.625 = 14.3 \text{ mm}.$$

所以揞足点高度  $H_2$  为:

$$H_2 = H + \delta + C_2 = 56.2 + 0.5 + 4.94 = 61.64 \text{ mm}.$$

其中: $O_1$  表示针筒中心; $O_2$  为揞针杆中心; $L$  为针踵宽度; $e$  为针踵刚好进入揞针杆凹口处; $\alpha_1$  为揞针横角; $\beta_1$  为揞针纵角; $\theta$  为针踵与揞针杆接触到脱离随针筒回转角度;为揞足点超过中菱角左右尖角的间隙高度,取  $0.5 \sim 1.0 \text{ mm}$ 。

## 3 挑揞针器织针受力分析

挑揞针器与织针的受力过程为弹性碰撞。在挑针过程中,织针的力学模型如图9所示,织针可视为两个自由度的弹性体,两个不同质量的  $m_1$  和  $m_2$  单元且不同刚度的弹性体串联而成,运动自由度为2。

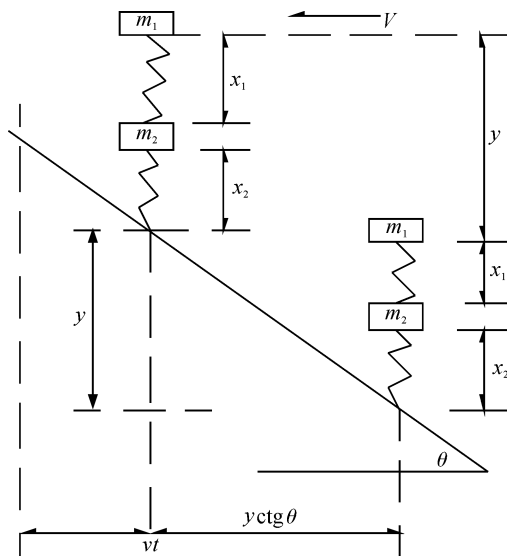


图9 挑针过程针的弹性力学模型

根据达伦贝尔原理分别对  $m_1$  和  $m_2$  模型列出动力学平衡方程:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{x}_1 = K_1(X_2 - X_1) \\ m_2 \ddot{x}_2 = K_2(y - X_2) - K_1(X_2 - X_1) \end{cases} \quad (1)$$

织针做简谐运动,则  $y(t) = y(1 - \cos pt)$ 。

求导得:

$$\ddot{y}(t) = \frac{hp^2}{2} \cos pt \quad (2)$$

利用拉氏变换法对上述微分方程进行求解:

假设  $L\{X_i(t)\} = X_i(s)$ ,  $i = 1, 2$ 。

初始条件:  $t = 0$  时,  $X_1(0) = X_2(0) = \dot{X}_1(0) = \dot{X}_2(0) = 0$ 。

对(1)式进行拉氏变换得:

$$\begin{cases} m_1 s^2 X_1 + K_1(X_1 - X_2) = 0 \\ m_2 s^2 X_2 + (K_1 + K_2)X_2 - K_1 X_1 = \frac{hK_2}{2} \cdot \frac{p^2}{s(s^2 + p^2)} \end{cases} \quad (3)$$

求解得到:

$$X_1 = \frac{K_1 K_2 p^2 h}{2s(s^2 + p^2 m_1 m_2)} \cdot \left[ s^4 + s^2 \left( \frac{K_1 + K_2}{m_2} + \frac{K_1}{m_1} + \frac{K_1 K_2}{m_1 m_2} \right) \right]^{-1} \quad (4)$$

令  $s^4 + s^2 \left( \frac{K_1 + K_2}{m_2} + \frac{K_1}{m_1} + \frac{K_1 K_2}{m_1 m_2} \right) = (s^2 + \omega_1^2)(s^2 + \omega_2^2)$ , 得:

$$L^{-1} X_1 = x_1 = \frac{yp^2}{2} \cdot \frac{K_1 K_2}{m_1 m_2} \left[ \left( \frac{A}{p^2} + \frac{B}{\omega_1^2} + \frac{C}{\omega_2^2} \right) - \frac{A}{p^2} \cos pt - \frac{B}{\omega_1^2} \cos \omega_1 t - \frac{C}{\omega_2^2} \cos \omega_2 t \right] \quad (5)$$

式中:

$$A = \frac{1}{(p^2 - \omega_1^2)(p^2 - \omega_2^2)},$$

$$B = \frac{1}{(\omega_1^2 - \omega_2^2)(\omega_1^2 - p^2)},$$

$$C = \frac{1}{(\omega_1^2 - p^2)(\omega_2^2 - \omega_1^2)}.$$

$$\text{二次导数: } \ddot{X}_1 = \frac{K_1 K_2}{m_1 m_2} (A \cos pt + B \cos \omega_1 t + C \cos \omega_2 t).$$

令

$$\delta = \frac{\ddot{x}_1}{[yp^2]_{\max}} = \frac{K_1 K_2}{m_1 m_2} (A + B + C) \quad (6)$$

根据针踵法向方向受力平衡得:  $R(\sin \theta + \mu_2 \cos \theta) = K(\xi - \Delta)$ ,

$$R = \frac{K(\xi - \Delta)}{\sin \theta + \mu_2 \cos \theta} = \frac{K(vt - y \cot \theta - \Delta)}{\sin \theta + \mu_2 \cos \theta} \quad (7)$$

所以,当  $vt - y \cot \theta \geq \Delta$  时,针踵与挑针杆一起上升,运动平稳;当  $vt - y \cot \theta \leq \Delta$  时,针踵与挑针杆脱离,运动不平稳。

其中:  $m_i$  为针在  $m_i$  段的质量;  $y$  为织针上升高度;  $K_i$  为  $i$  段的弹性系数;  $p$  为织针运动特征频率;  $x_1(i)$  为织针质量  $m_i$  的运动函数;  $\theta$  为挑针前斜面倾角;  $\delta$  为挑针前斜面倾角;  $R$  为挑针缺口对针踵的法向压力;  $\xi$  为针踵偏距;  $\Delta$  为针与针槽间隙。

所以从式(6)和式(7)可得到以下结论:

a)  $\delta$  越小,针越耐冲击;

b) 机速、织针质量以及挑针前斜面倾角增大,将会使得法向压力  $R$  增大;

c)  $\Delta$  增大,法向压力  $R$  显著增大,对织针造成严重损伤,一般  $\Delta$  控制在 0.04 mm 范围内。

## 4 挑撇针器实体建模与运动仿真

弹性动力学是一种方法研究,变量的动态变化以及运算数据过多且过程极其复杂。在挑撇针过程中,织针与挑撇针杆构成凸轮关系,由于袜机编织速度较高,当针踵与挑撇针缺口瞬间接触-碰撞时,产生较大冲击力<sup>[7]</sup>,利用传统的弹性动力学建模不易真实反映织针与挑撇针杆间的受力情况。所以本文采用 SolidWorks 实体建模以及运用 LS-PREPOST 对挑撇针器进行运动仿真<sup>[8]</sup>,通过修改 K 文件得到织针位移、速度、加速度曲线。

### 4.1 SolidWorks 实体建模

对挑撇针器等机件进行三维建模,并对其进行装配,图 10 为挑撇针器三维装配模型。

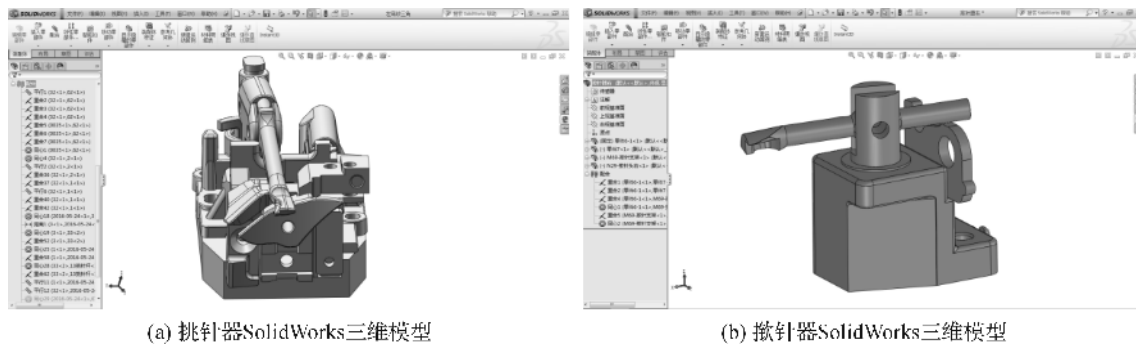


图 10 挑撤针器 SolidWorks 三维模型

由于织针与挑撤针杆的碰撞为弹性碰撞,在挑撤针过程中,主要参与工作部件为织针、挑(撤)针

杆。本文选择 SOLID164 实体单元;根据各部件材料,取材料各向同性,参数如表 1 所示。

表 1 挑撤针材质参数的设定

机件	单元类型	材料类型	密度/( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )	杨氏模量/ Pa	泊松比
织针	3D Solid164	Elastic	7850	2.15	0.29
挑(撤)针杆	3D Solid164	Rigid	7830	$2.17 \times 10^{11}$	0.29
挑(撤)针器座	3D Solid164	Rigid	7830	$2.17 \times 10^{11}$	0.29

#### 4.2 网格划分以及参数设置

网格划分是前处理中关键步骤,网格划分会影响分析结果以及精度等。由于针头在碰撞过程中受到冲击力较小,故去掉针头,减少分析时间,如图 11 所示为挑撤针网格划分图。

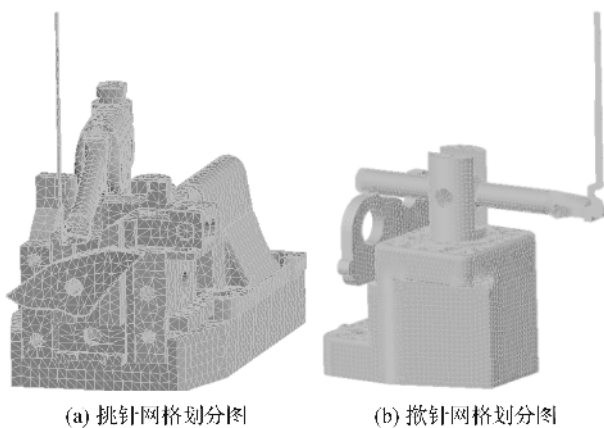


图 11 挑撤针网格划分图

根据挑撤针运动状况设置相关参数:接触类型定义为 Single Surface-Automatic (ASSC) 单面接触,设定静摩擦系数(SFC)和动摩擦系数(DFC)为

0.1,机构的粘滞阻尼系数(VDC)为 0.28,以及设定各机件的运动约束参数,如表 2 所示。

表 2 挑(撤)针器运动约束参数

零件	UX	UY	UZ	ROTX	ROTY	ROTZ
挑(撤)针杆	—	—	—	0	0	1
挑(撤)针器座	1	1	1	1	1	1
织针	1	0	1	1	0	1

注:1、“0”表示在作用轴方向可以运动,“1”表示在作用轴上不能运动;2、转动约束需在局部坐标系内加载。

#### 4.3 运动仿真结果的输出

在前处理中由于不能对模型具体参数进行设置,必须对 K 文件中材料模型、载荷曲线以及重力场等参数进行编辑、修改,以达到分析的准确性和可靠性。K 文件修改后,将 K 文件导入到后处理器 LS-PREPOST 中。设定电脑一体机参数:织针速度 1.5 m/s,针筒转数 200 r/min,筒径 3.75 in,得到单次挑撤针时间为 12 ms。计算出挑撤针过程中织针在 Y 方向的位移、速度、加速度曲线,图 12 所示为挑针过程中织针运动曲线图。

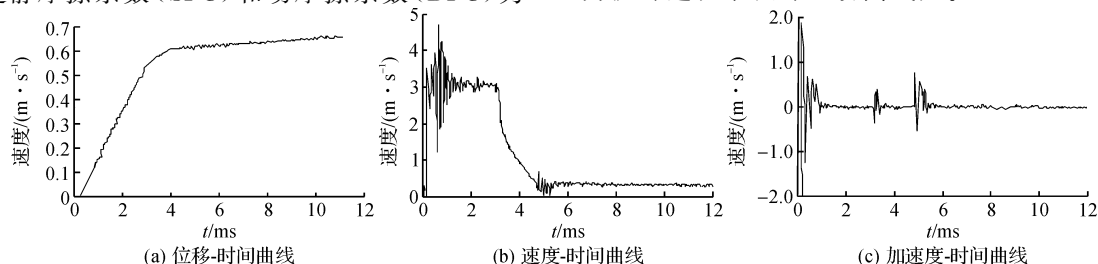


图 12 挑针过程织针 ANSYS 运动曲线



由图12(a)~(c)可得:挑针运动过程可分为冲击-缓冲-平稳三个运动阶段,当时间在 $0\sim 1\text{ ms}$ ,当织针与挑针杆瞬间接触碰撞时,织针加速度瞬间增大,在某一时刻,加速度达到最大值;随着织针沿挑针斜面上升,由于织针与针槽间的摩擦力作用,织针运动趋于平缓,加速度减少,冲击力衰减;在织针、

挑针杆、针槽之间各个力的作用下,加速度有一定波动。

利用求解器 LS-PREPOST 对撇针过程织针进行仿真运动计算,得出单次在撇针过程中织针在 Y 方向时间与位移、速度以及加速度仿真运动曲线图,如图13所示。

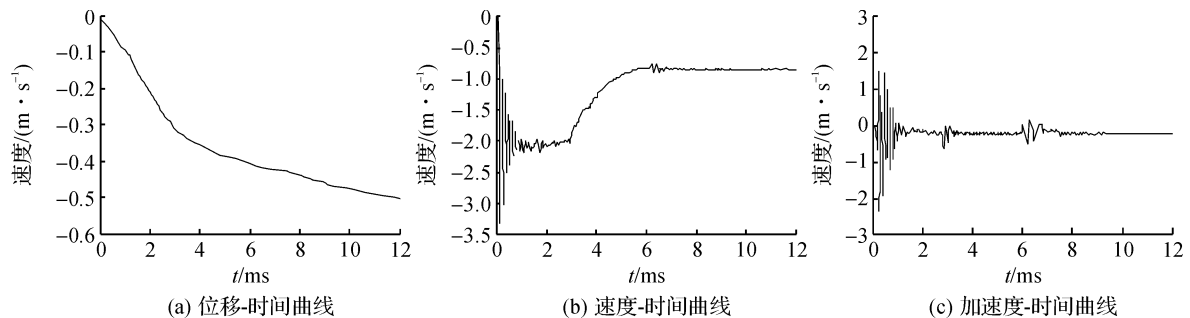


图13 撇针过程织针 ANSYS 运动曲线

由图13(a)~(c)可得:在 $0\sim 0.8\text{ ms}$ ,织针与撇针杆凹口瞬间碰撞,产生较大冲击力;当时间在 $1.23\sim 1.56\text{ ms}$ 、 $3.12\sim 3.51\text{ ms}$ 以及 $6.12\sim 6.53\text{ ms}$ 时,撇针杆对织针冲击力明显加大,但较初始阶段冲击力强度明显降低;随着斜面趋于平缓,针与针槽间的阻尼作用以及在织针、挑针杆、针槽之间各个力的作用下,织针所受冲击力趋于平缓,冲击力衰减。

冲击力趋于平缓,冲击力衰减。

由于电脑一体袜机在国内很多厂家正在进行分析研究,对袜机保密工作做的很严实,以及此类袜机机构紧凑、复杂,不能有效地对其进行实验验证,所以需要在以后的研究过程中对其进行完善和改正<sup>[10]</sup>。

d) 挑撇针器工艺研究和建模分析,为电脑一体袜机的研制提供了理论分析的依据。

## 5 结 论

a) 本文在电脑一体袜机成圈工艺研究的基础上,分析了成圈和线圈转移编织原理,计算得到了挑撇针关键工艺点参数:挑针高度  $H_1 = 6.25\text{ mm}$ ;挑针工作区  $L_1 = 6.34\text{ mm}$ ;挑足点  $H = 49.90\text{ mm}$ 。撇针高度  $H_2 = 4.94\text{ mm}$ ;撇针工作区  $L_2 = 14.30\text{ mm}$ ;撇足最低位置  $H_3 = 11.69\text{ mm}$ 。

b) 基于 SolidWorks,建立了成圈机构的三维实体模型,进行了机件装配,设置挑撇针器运动约束参数,建立了运动求解的 K 文件。

c) 通过运动仿真研究,求解出织针在 Y 方向位移、速度、加速度运动曲线。当袜机运动速度为  $200\text{ r/min}$  时,在  $0\sim 1\text{ ms}$  时,挑撇针凹口与织针发生瞬时碰撞,织针加速度瞬时增大;时间在  $1.23\sim 1.56\text{ ms}$ 、 $3.12\sim 3.51\text{ ms}$  以及  $6.12\sim 6.53\text{ ms}$ ,织针加速度明显增大;随着挑撇器斜面趋于平缓,织针所受冲

## 参考文献:

- [1] Y DUANE, M O'KEEFFE, T A BOTTICELLI, et al. Finite element modeling of transverse impact on a ballistic fabric [J]. International Journal of Mechanical Sciences, 2006, 48(1): 33-43.
- [2] A DOROGOY, D RITTEL. Numerical validation of the shear compression specimen. Part II: dynamic large strain testing [J]. Experimental Mechanics, 2005, 45(4): 178-185.
- [3] 方园,王辉,王红,等.基于 ANSYS/LS-DYNA 电脑袜机成圈机件的动力学分析[J]. 纺织学报, 2009, 30(7): 121-128.
- [4] 方园,刘建邦,王国庆,等.双路进线电脑袜机成圈机构的建模研究与运动仿真[J]. 纺织学报, 2015, 36(5): 115-122.
- [5] 时党勇,李裕春,张胜民.基于 ANSYS/LS-DYNA 8.1 进行显式动力分析[M]. 北京:清华大学出版社:2005.
- [6] 吴祚宝,肖田元.虚拟制造环境下有限元分析的应用[J]. 清华大学学报, 2000, 40(7): 66-69.
- [7] 余淑华,陈新连.基于 ANSYS/LS-DYNA 的非线性碰撞问题仿真分析[J]. 装备制造技术, 2009(8): 39-41.
- [8] J MILLINGTON. Seamless wear and other challenges to flat knitting[J]. Knitting Technology, 2001(6): 14-16.
- [9] 冯志友,徐志才.基于 ADAMS 和 ANSYS 的 2UPS-RPU 并联机构的弹性动力学建模与仿真[J]. 机械设计, 2015, 34(5): 116-120.
- [10] K Y JEONG, Y B KIM. Dynamic modeling of the

latch needle cam system of weft knitting machines[J].  
Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers,

Part C: Journal of Mechanical Engineering Science,  
2003,217(2):219-227.

## Study on Up and Down-picker System of Fully Fashioned Computerized Hosiery Machine

FANG Yuan, HUANG Ping

(College of Textiles and Materials, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** Fully fashioned computerized hosiery machine adopts one step process to knit hosiery. It can accomplish knitting of hosiery and seaming of toe in the same machine, and cancel the process of manual seaming. This machine greatly improves production efficiency. So, fully fashioned computerized hosiery machine has become a mainstream development direction. On the basis of analyzing knitting principle of computerized hosiery machine, the paper focused on studying the process of up and down-picker. SolidWorks was utilized to create down-picker system. LS-PREPOST was used for motion simulation of down-picker system. The curves of needle's displacement, velocity, and acceleration were acquired by the above analysis. The result of this study provides some guidelines for the design of fashioned computerized hosiery machine.

**Key words:** fully fashioned computerized hosiery machine; up and down-picker system; LS-PREPOST; modeling research; motion simulation

(责任编辑:唐志荣)