

袜机收放针机构的动力学分析与研究

赵树超, 方园, 居婷婷

(浙江理工大学材料与纺织学院, 杭州 310018)

摘要: 为了提高袜机在袜跟、袜头高速编织时织针运动的稳定性, 分析收放针过程中织针与挑撤针器的运动配合情况。运用 ANSYS/LS-DYNA 显性动力学分析程序模拟织针与挑、撤针杆之间的接触-碰撞, 得到了挑撤针过程中织针的位移、速度、加速度随时间的变化曲线, 能准确判断织针在挑撤针过程中的运动稳定性。

关键词: 袜机; 收放针机构; 挑针器; 撤针器; ANSYS/LS-DYNA 分析; 稳定性判断

中图分类号: TS183.6 **文献标识码:** A

0 引言

近年来, 随着纺织业的迅速发展, 袜业的技术水平得到了不断提升, 袜类产品更加注重穿着的舒适性, 因此企业越来越重视袜类产品的成形要求。电脑袜机的成形编织除了主编织系统正常完成编织动作外, 还需要哈夫针三角系统、挑针器、撤针器等一系列辅助编织系统配合, 袜跟、袜头的成形编织是织袜过程的关键, 需要收放针机构的紧密配合, 在高速编织条件下, 对收放针过程中织针的运动稳定性要求很高^[1]。ANSYS/LS-DYNA 具有强大的非线性动力分析功能, 能很好地分析与模拟机件之间的非线性运动、复杂受力等问题。解决高性能袜机高速运动的平稳性与稳定性, 可大大提高产品质量与生产效率。本文主要研究织袜成形编织工艺, 研究织针在挑撤针过程中的运动稳定性, 运用 ANSYS/LS-DYNA 对挑撤针器进行动力学研究与运动仿真, 为袜机挑撤针器结构与优化提供理论基础。

1 收放针工艺过程分析

1.1 袜针的配置与挑撤针器的结构

袜子成形编织的关键部位是袜头、袜跟。袜头的编织原理与袜跟基本一致, 编织前半袜跟时, 使参

加编织的织针数逐渐减少, 此过程为收针; 当达到一定针数后编织后半袜跟, 使退出编织的织针逐步参加工作, 此过程为放针。图 1 为袜底织针与袜面织针的配置图, 编织出的袜跟结构图如图 2 所示, 收放针过程是通过挑撤针器的配合实现的^[2]。

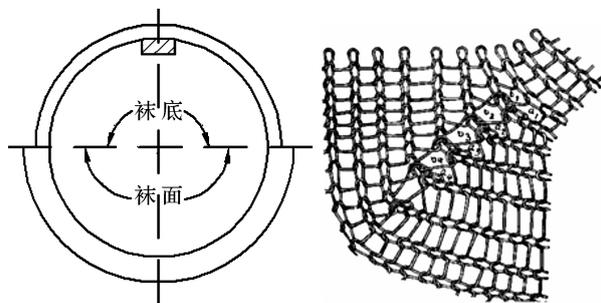


图 1 袜底针与袜面针的配置 图 2 袜跟组织线圈结构

编织袜跟时, 利用袜跟三角使针筒一半袜面织针上升到中三角以上, 退出工作停止编织。针筒另一半袜底织针进行单针收针, 即在针筒每一往复回转中, 袜底织针两边各挑起一针, 使之停止编织, 挑针由挑针器完成, 挑针器结构如图 3 所示。退出的袜底织针逐渐再参加编织, 利用撤两针挑一针的方法, 即针筒每一往复两边各放一针, 使参加编织的针数逐渐增加, 直到袜底织针全部参加工作为止, 放针是由撤针器完成的^[3], 撤针器结构如图 4 所示。

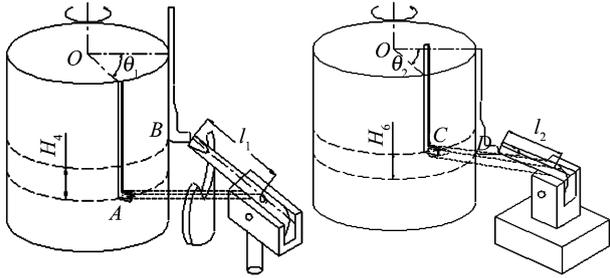


图3 挑针器结构 图4 撇针器结构

1.2 挑、撇针的作用原理分析

在袜跟编织时,针筒作正反反复旋转,挑针器进行收针(减针)运动,形成袜跟前半段。而后撇针器进入工作状态进行放针(加针)运动,形成袜跟的后半段。在袜跟前半部分成形编织时,袜面织针沿起针刀工作面运行退出编织区域,左活络头和起针刀都退出工作,袜底部分织针沿三角轨道运行参加袜跟编织,挑针器进入工作状态。针筒顺转时,袜底织针经过右挑针杆时,袜针针踵便进入挑针杆头端的挑针凹口内,右挑针杆在针踵推动力作用下将这枚袜针上升到中三角的背部退出工作。针筒反转时,左挑针杆同样将一枚袜针上升至中三角背部退出编织区域,如此交替挑针,直至收到规定的针数为止。

编织袜跟后半部分时,需要撇针器和挑针器共同作用使处于三角系统上轨道运行的袜针逐次进入编织区域。左右撇针器周期性地进入或退出工作,当针筒顺转时,右撇针器进入工作,左撇针器退出;针筒反转时,则左右撇针器工作状态相反。针筒顺转进入放针阶段时,在三角系统上轨道运行的袜针运行到右撇针杆凹口时,最前的两枚袜针进入撇针杆的凹口内,撇针杆在针踵的作用下下降,袜针重新进入编织区域参加编织,当针筒回转到一定角度时,由于针筒和撇针杆转动半径的不同而脱离,撇针杆在弹簧的作用下复位。针筒每转一转撇两针放一针,即针筒转一转放一针,如此交替撇针、挑针,直至放到规定针数。袜跟编织过程中,挑撇针的工作状态^[4-5]见表1。

表1 挑、撇针器工作状态

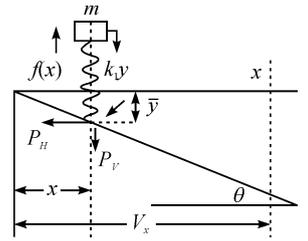
	袜跟部分 首横列	袜跟开始 形成	袜跟完成	编织最后 横列
挑针器	不作用	作用	作用	不作用
撇针器	不作用	不作用	作用	不作用

2 收放针机构的动力学分析

挑针过程中织针与三角碰撞受力情况与撇针过程非常相似,以下着重研究撇针的作用过程。在袜跟编

织一半以后,撇针器开始进入工作状态,针筒每往复一转,撇针器使左右两边各一枚织针加入工作。由于撇针器在瞬间完成撇针,所以该织针将与三角发生较大的冲击,如果冲击力过大将会发生织针运动失稳失效现象,直接影响袜跟编织的平整度,故对撇针过程的织针与三角进行动态的受力分析是十分必要的。

撇针过程中织针与三角之间产生瞬时的接触,由于电脑袜机编织速度较高,故把这一接触过程看作是成圈机件之间的一种弹性碰撞或冲击^[6],进行相应的动态分析,其动力学模型见图5。



假设整个舌针的质量是集中在 m 点,用刚度等于舌针的纵向抗拉刚度 k_1 的弹簧拉伸或压缩变化,表示应力的波动,织针在针槽内纵向运动方程为:

$$m\ddot{y} + mf\dot{y}' + k_1(y - \bar{y}) + F = 0 \quad (1)$$

式(1)中: m 为舌针质量; y 为舌针纵向位移; \bar{y} 为舌针不发生变形时应有的位移; $y - \bar{y}$ 为舌针的纵向形变位移; F 为箍簧等产生的摩擦力; k_1 为舌针的纵向刚度; f 为结构阻尼系数。

设当 $t = t_0 = 0$ 时,织针在原点 $x_0 = 0, y_0 = 0$ 处冲击三角,则:

$$\begin{aligned} \bar{y} &= xt\theta, P_H = k_2(Vt - x), \\ P_V &= -k_1(y - \bar{y}), P_V = P_H \text{ctg}\theta \end{aligned} \quad (2)$$

式(2)中: P_H, P_V 分别为三角对织针作用的水平方向和垂直方向的分力; k_2 为 P_H 和针踵横向形变位移间的比例,或称横向刚度; V 为舌针沿三角运动的速度。

式(2)整理得:

$$\begin{aligned} k_2(Vt - x)\text{ctg}\theta &= -k_1(y - \bar{y}) - k_1(y - \bar{y}) \\ &= \frac{k_1 k_2 \text{ctg}\theta}{k_1 + k_2 \text{ctg}^2 \theta} Vt - \frac{k_1 k_2 \text{ctg}^2 \theta}{k_1 + k_2 \text{ctg}^2 \theta} y \end{aligned} \quad (3)$$

$$\text{令 } c_1 = \frac{k_1}{m}; c_2 = \frac{k_2}{m}; k = \frac{k_1 k_2 \text{ctg}^2 \theta}{k_1 + k_2 \text{ctg}^2 \theta}; c = \frac{k}{m}; T =$$

$$\frac{F}{m}; \frac{c_1 c_2 \text{ctg}\theta}{c_1 + c_2 \text{ctg}^2 \theta} V = j; \frac{j}{c} = Vt\theta$$

$$\text{则 } y'' + fy' + cy + T - jt = 0 \quad (4)$$

$$\text{边界条件 } t = t_0, j t_0 = T, y_0 = 0, y' = 0, y'' = 0.$$

设 $t - t_0 = \tau$, 则:

$$y'' + fy' + cy = j\tau \quad (5)$$

式(5)为典型振动方程,用拉普拉斯变换可求解,得:

$$y - \frac{j}{c}t = -\frac{T}{c} - \frac{fj}{c^2} + \frac{fj}{c^2}e^{-\frac{f}{2}\tau} \cos\left(\frac{\sqrt{\omega^2-1}}{2}f\tau + \beta\right) / \cos\beta \quad (6)$$

式(6)中: $\omega = \sqrt{\frac{4c}{f^2}}$; $\beta = \cos^{-1}\left(\frac{\sqrt{\omega^2-1}}{\omega^2}\right)$

整理得:

$$P_V = mT + mfVtg\theta - mfVtg\theta \frac{\omega^2/2}{\sqrt{\omega^2-1}} e^{-\frac{f}{2}\tau} \cdot \cos\left(\frac{\sqrt{\omega^2-1}}{2}f\tau + \beta\right) \quad (7)$$

式(7) P_V 表示撇针过程中三角对织针的纵向作用力,是时间 τ 的周期性函数。织针与三角瞬态冲击力的变化规律^[7]如图 6 所示。

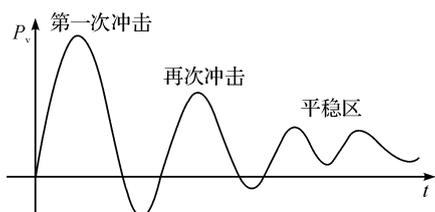


图 6 撇针过程中织针所受纵向冲击力

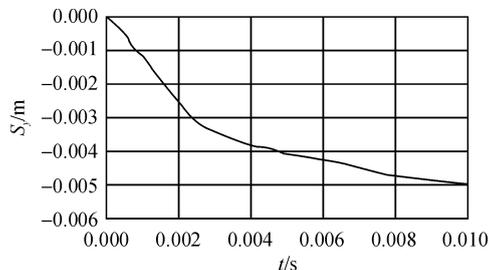
在撇针开始作用瞬间,织针受到冲击力的作用,针踵与三角工作表面产生瞬间碰撞,三角对织针的纵向作用力达到最大,再次冲击后,织针在三角针道内发生反复碰撞,但强度逐渐减弱,最后波动趋于平

稳,沿三角工作平面平稳地滑动,完全进入三角给定的轨迹和规律运动。此时,织针内部的应力波动将逐渐衰减。

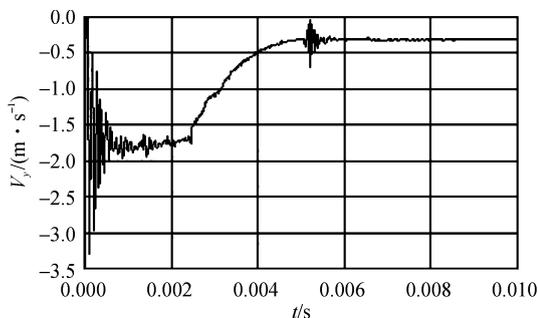
3 基于 ANSYS/LS-DYNA 收放针机构的运动仿真

运用 ANSYS/LS-DYNA 可以仿真挑撇针的运动过程。通过有限元的建模研究,能充分利用 LS-DYNA 强大的非线性动力分析功能,研究挑撇针器的动态受力,又能运用 ANSYS/LS-DYNA 对撇针过程进行运动仿真,根据求解结果对各机件进行优化设计,提高织针的运动稳定性^[8]。

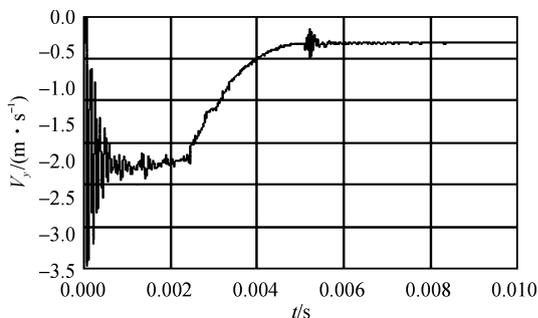
ANSYS/LS-DYNA 运动仿真,设计筒 300 r/s、织针线速度 1.5 m/s 的机速条件,分析时间为 10 ms。图 7 是利用 ANSYS/LS-DYNA 的后处理器 LS-PREPOST^[9-10],求得撇针过程中织针在 Y 方向上的位移、速度、加速度的变化情况。



(a)时间—位移曲线

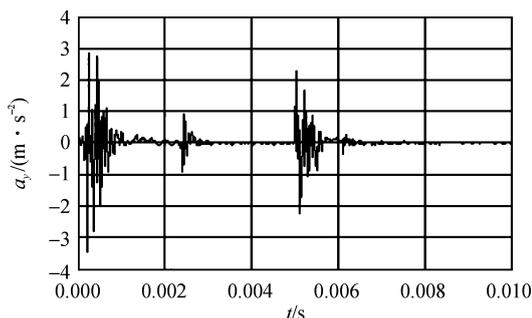


(i) 针1(撇针杆凹口左边)

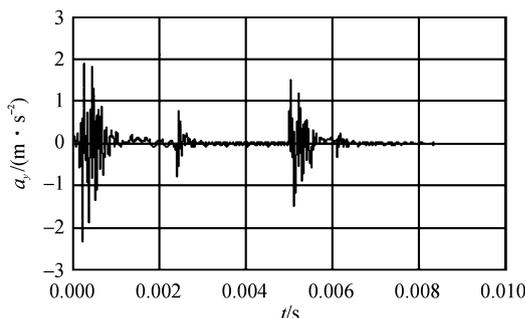


(ii) 针2(撇针杆凹口右边)

(b)时间—速度曲线



(i) 针1(撇针杆凹口左边)



(ii) 针2(撇针杆凹口右边)

(c)时间—加速度曲线

图 7 撇针过程运动分析

图8为撇针器导针板的构造,导针板工作面分为A'-A'、B'-B'、C'-C'三段,撇针杆在织针推动下带动织针沿导针工作面下降完成撇针。织针(或撇针杆凹口)的Y方向速度 $v_y = v_x \cdot \tan\theta$, ANSYS/LS-DYNA分析中织针的初速度设定为1.5 m/s,表2为LS-DYNA分析结果与理论值的比较。

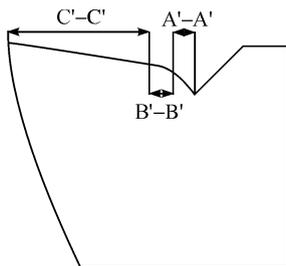


图8 撇针器导针板的构造

表2 撇针过程速度对比

初速度 1.5 m/s	工作面 角度/(°)	V_y 理论 值/(m/s)	V_y ANSYS 仿真 分析值/(m/s)	
			针1	针2
导针板 A'-A'段	50	1.79	1.81	1.78
导针板 C'-C'段	12	0.32	0.33	0.31

撇针过程中撇针杆与两枚织针接触一碰撞,织针和撇针杆系统沿导针板预定工作面上升,根据ANSYS/LS-DYNA分析结果可以看出,直线工作段A'-A'和C'-C',撇针杆与导针板工作面发生冲击,使织针针踵受到撇针杆反复冲击,直至撇针杆运动稳定;从图7时间—加速度曲线可以看出,针2幅度明显大于针1,由于接近撇针杆凹口的织针(针1)受到凹口壁的侧向反力,一定程度上加剧了织针针踵的冲击作用,致使针1受到的冲击强度大于针2;曲线段B'-B',挑针杆由于惯性力的作用与导针板工作面也发生冲击碰撞,但强度明显降低,织针针踵冲击强度减小。

研究表明,撇针杆与导针板直线工作段冲击力较大,基于ANSYS分析结果对导针板工作面进行优化设计,可以在满足撇针工艺的前提下采用曲线过渡设计,以减小织针针踵和撇针杆冲击力,提高织针的稳定性。

4 收放针过程中织针运动稳定性判断

图9为三角织针的受力情况。

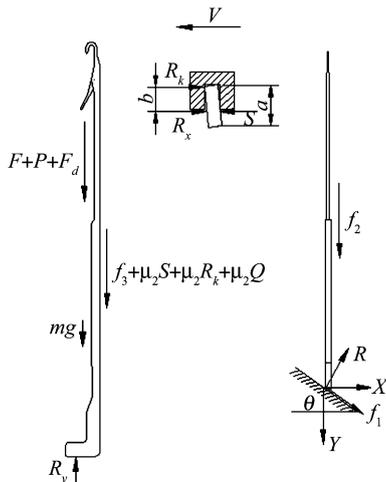


图9 三角与织针受力图

在撇针过程中,织针在Y方向上的力平衡方程为:

$$R\cos\theta - f_{12} - (S + R_k + Q)\mu_2 - mg - F - P - F_d = m \frac{d^2 y}{dt^2} = mV^2 \frac{d^2 y}{dx^2} \quad (8)$$

织针在X方向上的力平衡方程为:

$$R\sin\theta + f_{11} + R_k = S \quad (9)$$

力矩平衡方程为:

$$a(R\sin\theta + f_{11}) = Sb \quad (10)$$

将式(9、10)代入式(8),得:

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = R(\cos\theta - \mu_1 \sin\theta) - \mu_2 a(\sin\theta + \mu_1 \cos\theta)R - S - P - F \quad (11)$$

$$\text{令 } T = F_d + mg + \mu_2 Q; \alpha = \frac{2a}{b} - 1$$

$$\text{则: } R = \frac{T + P + F \pm \left| m \frac{d^2 y}{dt^2} \right|}{(1 - \alpha\mu_1\mu_2)\cos\theta - (\alpha\mu_1 + \mu_2)\sin\theta} \quad (12)$$

式(8~12)中: R 为三角对织针针踵的作用力; F 为针槽内油润系统对织针的粘滞阻力; f_1 为挺针片针踵在三角表面所受摩擦力,即 $\mu_1 R$; f_{11} 、 f_{12} 为 f_1 在X、Y向上的分量; f_2 为针槽对舌针和挺针片的总摩擦力; R_k 为针槽底部的侧向反作用力; S 为针槽壁对织针的侧向反作用力; F_d 为针槽夹紧力; P 为纱线对织针工艺阻力的垂直分量; Q 为箍簧力; mg 为舌针的重力; μ_1 为三角与针踵的摩擦因数; μ_2 为舌针与针槽的摩擦因数; a 为 R 在X向的力臂; b 为 S 在X向的力臂; θ 为三角的倾斜角。

由于电脑袜机三角工作面曲线都是由曲线段和直线段相互衔接而成,织针在三角直线段平稳运行时处于匀速状态,此时织针惯性力为零,即

$\left| m \frac{d^2 y}{d^2 t} \right| = 0$; 当织针处于加速阶段 $\left| m \frac{d^2 y}{d^2 t} \right|$ 前取“+”; 织针处于减速阶段 $\left| m \frac{d^2 y}{d^2 t} \right|$ 前取“-”。

织针的失控主要是由于织针和三角的作用力破坏了原有的力学平衡条件, 迫使织针未按预定的三角工作面运行。撤针过程中织针与三角发生瞬态冲击, 要使织针针踵沿三角工作平面上运动, 需满足一定力学条件。三角对织针针踵的作用力 R 是反映织针运动状态的重要指标, 作用力 R 值直接反映了三角和织针的接触状态和紧密程度。

由式(12) $R = \frac{T+P+F \pm \left| m \frac{d^2 y}{d^2 t} \right|}{(1-\alpha\mu_1\mu_2)\cos\theta - (\alpha\mu_1 + \mu_2)\sin\theta}$ 得:

(a) 织针处于加速或匀速阶段时, $\left| m \frac{d^2 y}{d^2 t} \right|$ 前取“+”或 $\left| m \frac{d^2 y}{d^2 t} \right| = 0$ 。得 $T+P+F + \left| m \frac{d^2 y}{d^2 t} \right| > 0$, 则 $R > 0$, 即三角与织针之间存在着相互作用力, 织针贴附在三角工作面上运行, 织针不产生失控现象;

(b) 织针处于减速阶段时, $\left| m \frac{d^2 y}{d^2 t} \right|$ 前取“-”。

当 $T+P+F - \left| m \frac{d^2 y}{d^2 t} \right| \geq 0$ 时, 织针与三角之间的作用力 $R \geq 0$, 即三角与织针存在相互作用力, 织针然沿三角工作面运行, 织针不产生失控现象; 当 $T+P+F - \left| m \frac{d^2 y}{d^2 t} \right| < 0$ 时, 织针与三角不存在作用力, 织针偏离三角工作面运行, 产生织针失控现象。

利用三角对织针针踵的作用力 R 值, 来判断织针的稳定性: 当织针与三角之间存在正压力时, 织针沿三角工作面运行, 反之织针脱离三角工作面产生失控现象, 即织针与三角的作用力 $R=0$ 是表征织针是否处于失控状态的临界条件。失控后的织针将有可能再冲击原三角, 或者冲击针道对侧的三角工作面, 都将产生较大冲击, 引起加速度突变, 使织针运动偏离原走针轨道, 影响到织针正常编织, 从而产生漏针、织疵现象。

5 结 论

a) 撤针过程中, 三角与织针的纵向作用力 P_V 大小取决于摩擦阻力 mT 、纵向速度为 $V_t g \theta$ 、阻尼力

之和, P_V 随着时间的增长逐渐收敛于 $mT + mfV_t g \theta$ 。

b) 运用 ANSYS/LS-DYNA 对撤针过程进行运动仿真, 可以获得织针在 Y 方向上的位移、速度、加速度的变化值。第一次冲击时织针速度最大发生在 5.2 ms 处, 然后逐渐趋于稳定, 在碰撞初期织针加速度波动较大, 随后在 2.4 ms、3 ms 处加速度又出现波动, ANSYS/LS-DYNA 分析结果印证了前面理论分析的三角对织针的纵向作用力 P_V 的变化情况。

c) 通过对撤针过程织针的运动稳定性进行判断, 可以得到织针高速运动稳定性满足条件:

$\frac{T+P+F \pm \left| m \frac{d^2 y}{d^2 t} \right|}{(1-\alpha\mu_1\mu_2)\cos\theta - (\alpha\mu_1 + \mu_2)\sin\theta} \geq 0$, 此时织针能正常地进行成形编织。

参考文献:

- [1] 吴晓光, 张建钢, 张弛, 等. 电脑提花袜机选针器控制系统的研究与实践[J]. 针织工业, 2008(4): 8-11.
- [2] Jeong K Y, Kim Y B. Dynamic modeling of the latch needle cam system of weft knitting machines[J]. Journal of Mechanical Engineering Science, 2003, 217(2): 219-227.
- [3] Wen Zefeng, Jin Xuesong, Zhang Weihua. Contact-impact stress analysis of rail joint region using the dynamic finite element method[J]. Wear, 2005, 258: 1301-1309.
- [4] 杨善同, 瞿履修. 舌针与三角[M]. 北京: 纺织工业出版社, 1987: 87-97.
- [5] John Millington. Seamless wear and other challenges to flat knitting[J]. Knitting Technology, 2001(6): 14-16.
- [6] 彼得·艾伯哈特, 胡斌. 现代接触动力学[M]. 南京: 东南大学出版社, 2002: 215-217.
- [7] 天津纺织工学院. 针织学: 第二分册 织袜[M]. 北京: 纺织工业出版社, 1979: 46-56.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 时党勇, 李裕春, 张胜民. 基于 ANSYS/LS-DYNA8.1 进行显式动力分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005: 72-79.

The Interaction Between Order of Entry and Fit Impact of Brand Extension Evaluation

—Fashion Brand in Hangzhou For Example

JI Xiao-fen, RONG Cheng-lu, LEI Shu-fang, CAI Jian-mei

(School of Fashion, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Based on the study about the order of entry's impact of brand extension evaluation in foreign research area, taking two Hangzhou local fashion brands "Rmeo" and "JNBY" as example, this paper assumes that: the interaction between order of entry and fit will produce a unique effects on brand extension evaluation. Experimental results indicate that later brands of higher fit can actually benefit from comparison with earlier brands that have a relatively lower fit with the extension category.

Key words: local brand; brand extension; order of entry

(责任编辑:张祖尧)

(上接第 179 页)

Dynamics Analysis and Research of Hosiery Machine's Needle Transferring Mechanism

ZHAO Shu-chao, FANG Yuan, JU Ting-ting

(School of Textiles and Materails, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In order to improve the performance of the hosiery machine, the paper analyzes the situation between the needle and up or down-picker during the process of needle transferring in allusion to the needle movement stability when knitting the stocking heel and toe in high speed. ANSYS/LS-DYNA explicit dynamics analysis procedure is adopted to simulate the contact-collision between the needle and up or down-picker bar, and displacement, velocity and acceleration curve changes over time of the needle are obtained which can accurately judge the motion stability of needle during the process of needle transferring.

Key words: hosiery machine; needle transferring mechanism; up-picker; down-picker; ANSYS/LS-DYNA analysis; stability judgment

(责任编辑:张祖尧)