

DOI: 10.3969/j.issn.1001-4551.2013.03.014

基于ABAQUS的横机动态成圈过程有限元分析*

沈伟平, 胡旭东*, 张 华

(浙江理工大学 机械与自动控制学院, 浙江 杭州 310018)

摘要: 针对导针在横机成圈编织过程中的运动规律和应力最大位置均不明确等问题, 利用ABAQUS/CAE建立了横机成圈机构的有限元模型, 通过ABAQUS/Explicit显示求解器模拟了横机成圈编织的动态过程, 得到了整个成圈过程中导针随时间变化的位移、速度、加速度曲线图。通过分析这些曲线, 找到了三角和织针或导针发生碰撞冲击的关键点, 并得到了这些关键点的导针的应力云图。仿真结果表明, 导针在整个成圈过程中, 应力最大位置出现在导针和三角首次接触时, 最大应力为857.1 MPa。该研究结果为横机成圈机构的进一步分析及优化提供了理论基础。

关键词: 有限元; 横机; ABAQUS; 导针

中图分类号: TS183; TH69; O242.21 **文献标志码:** A

文章编号: 1001-4551(2013)03-0307-04

Finite element analysis of dynamic knitting process on flat knitting machine based on ABAQUS

SHEN Wei-ping, HU Xu-dong, ZHANG Hua

(College of Machinery and Automatic Control, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Aiming at the problem that the guide needle's motion law and the maximum stress position are not clear in the knitting process of the flat knitting machine, the ABAQUS/CAE was utilized to establish the finite element model of the knitting mechanism of the flat knitting machine. The needle's curves of the displacement, velocity and acceleration in process of knitting were gotten by simulating the dynamic knitting process of the flat knitting machine via the ABAQUS/Explicit solver. Through the analysis of these curves, the key points of the contacts and impacts between knitting needle or guide needle and cam were found. Then the stress cloud charts of the key points of the guide needle were obtained. The simulation results indicate that the maximum stress position of the guide needle is at the location of the guide needle and the triangular which contact in process of knitting and the maximum stress is 857.1 MPa. The results provide a theoretical basis for the further analysis and optimization of the knitting mechanism of flat knitting machine.

Key words: finite element; flat knitting machine; ABAQUS; guide needle

0 引 言

电脑横机成圈编织时, 织针的运动来自导针的推动, 而三角作用于导针的针踵迫使导针运动^[1]。在成圈编织过程中导针与三角发生大量的、复杂的碰撞和横越冲击现象^[2], 会引起导针和织针的磨损, 甚至疲劳断裂, 影响了生产效率。因此随着现代针织机械朝着高速化、高性能方向的发展^[3], 对编织系统尤其是成圈

编织的动力特性的分析显得特别重要。

ABAQUS是一款功能强大的有限元分析软件, 它既可以完成简单的有限元分析, 也可以模拟复杂模型。ABAQUS突出的优点是非线性分析功能强大, 能够自动找出模型中各部件之间的接触对, 高效地模拟部件之间的复杂接触^[4]。

本研究以ABAQUS软件为分析平台, 建立横机成圈机构的有限元模型, 对其进行动态显示动力学仿真

收稿日期: 2012-11-07

基金项目: 浙江省自然科学基金资助项目(Z11110750)

作者简介: 沈伟平(1985-), 男, 江西吉安人, 主要从事纺织机械方面的研究。E-mail: shenweiping0902@163.com

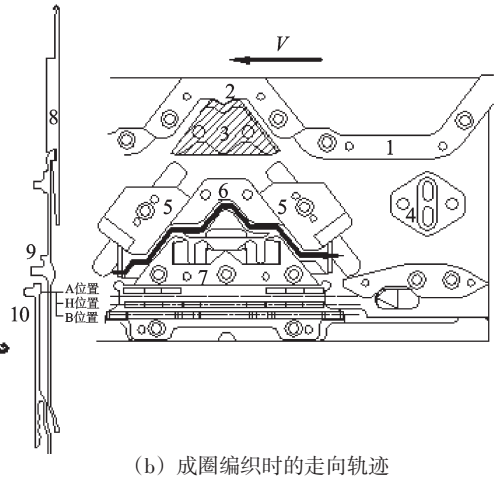
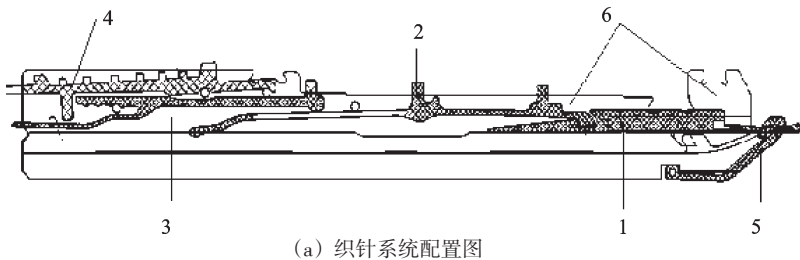
通信联系人: 胡旭东, 男, 教授, 博士生导师。E-mail: xdhu@zstu.edu.cn

分析,并对仿真结果做出分析。

1 织针系统配置及成圈走针轨迹

针床是编织系统的重要部件之一,是织针完成编织的载体。电脑横机一个针床的截面图如图1(a)所示,即织针系统配置图,它反映了织针组和件的配置关系。针槽由镶嵌的钢片(6)形成,织针(1)在针槽里,导针片(2)和织针(1)通过卡槽嵌套在一起。导针(2)的片杆有一定的弹性,当导针(2)不受压时,针踵伸出针槽,在机头三角的作用下推动织针上升或下降;当导针(2)受压时,针踵进入到针槽里边,不能与

三角作用,其上的织针就不能做上升或下降运动。弹簧针(3)位于导针(2)的下部,通过选针片(4)的推动,它的片踵可以处于A、B、H 3个位置,并受压片的控制,从而使织针实现成圈、集圈、翻针、接针、不编织5种工艺。沉降片(5)分布在两枚织针中间,可以协助成圈并进行部分牵拉工作。

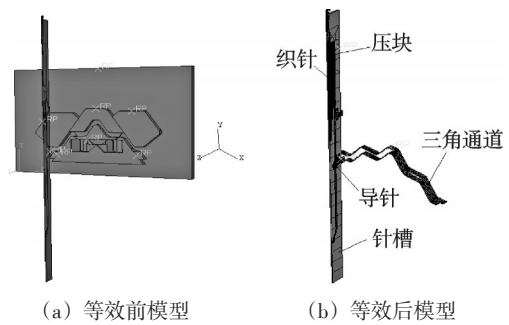


(a) 织针系统配置图

(b) 成圈编织时的走向轨迹

图1 成圈机构

成圈编织时的走针轨迹^[5]如图1(b)所示,假设机头按照图中箭头方向移动。导向三角(6)和移圈三角(3)垂直三角母板动作,它们的工作类似“跷跷板”,一方进入工作则另一方退出工作。成圈编织时,导向三角(6)进入工作,移圈三角(3)垂直向里运动退出工作^[6]。弹簧针针踵(10)经预选到达H位,后又经选针器二次选中上升至A位置,导针(9)的针踵从针槽中露出,沿着起针三角(7)上升直至退圈最高点使得织针上升退圈,然后再沿着导向三角(6)和压针三角(5)下降,完成成圈编织。



(a) 等效前模型

(b) 等效后模型

图2 成圈机构的模型

2 有限元模型的建立

2.1 模型的简化

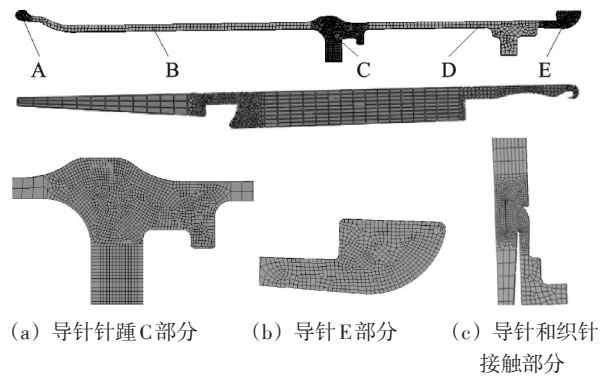
压针三角(5)、导向三角(6)和起针三角(7)固定在三角母板上,三角母板又固定在机头上。织针和导针是弹性体材料,其密度为 $7\ 850\ \text{kg/m}^3$,弹性模量为 $2.17 \times 10^{11}\ \text{Pa}$,泊松比为0.27,机头和三角是刚性体材料。机头相对于织针和导针来说属于大质量刚体,在不影响精度的情况下,研究者可以将压针三角(5)、导向三角(6)和起针三角(7)组成的三角通道等效为刚性表面通道,成圈机构的模型如图2所示。这样不仅保证了精度,还大大地减少了计算时间,提高了效率。

2.2 网格的划分

网格划分在有限元分析中至关重要,它将几何模型转化为由节点和单元构成的有限元模型。网格划分的优劣直接影响求解的精度和求解的时间,不合理

的网格划分甚至会导致求解过程的中断。

本研究在 ABAQUS/CAE 环境中对导针采用分割技术^[7],将其划分成 A、B、C、D、E 5 个部分,织针和导针的网格划分如图3所示。由于模型比较简单,笔者采用结构化网格划分技术把导针和织针划分成六面体单元。六面体单元能够以小的计算代价得到较高的计算精度^[8]。导针片的针踵(如图3的C部分)和



(a) 导针针踵C部分

(b) 导针E部分

(c) 导针和织针接触部分

图3 织针和导针的网格划分

角通道发生相互作用,针踵与三角的力学关系相当复杂且针踵和三角会发生横越冲击现象,因而研究者要对导针的针踵增加网格种子数量,采用更加细化的网格单元,如图3(a)所示。导针的E部分和织针嵌在一起,也有比较大的接触应力,故而也要细化网格,如图3(b)、3(c)所示。

2.3 定义接触对和边界条件

在成圈编织过程中,存在着5个复杂的接触对。织针和导针是通过卡槽嵌套在一起的,存在着接触,织针和压块、织针和针槽、导针和针槽、导针的针踵和三角通道都存在着接触,如图2(b)所示。接触对的建立要遵守以下两个原则^[9]:①从属表面为网格划分得更细的表面;②若网格密度差不多时,从属表面由更为柔软的材料组成。基于这两个原则,本研究定义这5个接触对,接触面之间的摩擦系数为0.13。

在整个编织过程中,针槽是不动的,织针和导针在三角通道的推动下可以沿着针槽上下运动。所以,本研究要给针槽和压块施加固定约束。机头的速度(即三角通道的速度)沿 x 的负方向设为 1 200 mm/s。

3 仿真结果分析

由于三角通道的水平方向的长度为 72 mm,本研究在 ABAQUS 里的 step 分析时间设定为 $t=s/v=72\text{ mm}/1\ 200\text{ mm/s}=0.06\text{ s}$ 。仿真计算结束后,本研究进入 Visualization 模块,绘制出导针针踵上的 1 727 个节点随时间变化的位移、速度、加速度变化曲线,如图4所示。在图4(a)中,为了便于说明,在关键位置标上了字母,导针针踵在这些关键位置会和三角通道发生碰撞。建立模型时采用的基本单位是“mm-kg-s”,所以位移的单位是 mm,速度单位是 mm/s,加速度单位是 mm/s^2 ,应力单位可以通过公式推导得出:

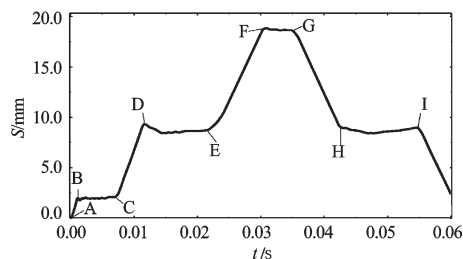
$$\frac{\text{kg} \cdot \text{mm/s}^2}{\text{mm}^2} = \frac{\text{kg} \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2}{10^{-6} \text{ m}^2} = 10^3 \text{ Pa} = \text{kPa}$$

结合图4(a~c),在 BC、DE、FG、HI 处,导针纵向的速度在零左右小幅度波动,相应的加速度也在小幅度波动,那是因为导针和织针是弹性体,撞击后弹性体内部的应力波动不会立即消失,还将留有残留的振动。理论上导针在 AB、CD、EF、GH 处的速度^[10-11]为:

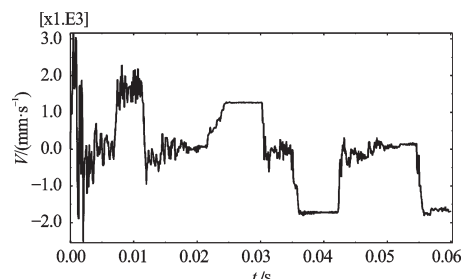
$$v \cdot \tan \theta = 1\ 200 \times \tan 53^\circ \approx 1\ 592 \text{ mm/s} = 1.592 \text{ m/s}$$

式中: θ —三角与水平方向的夹角。

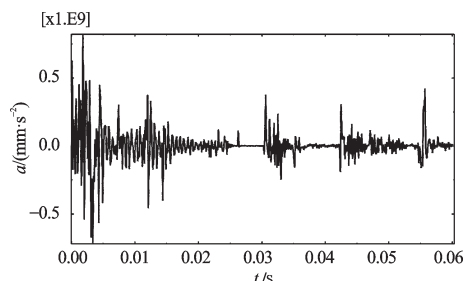
图4(b)中的导针速度值基本符合理论分析值。从图4(a)、4(c)可以看出, A、B、D、F、H、I 位置加速度发生突变,表明三角和导针发生了碰撞冲击,三角和导针在这些关键点发生碰撞冲击时的导针的应力云图如图5所示,应力最大位置为导针和三角首次接触的位置(A



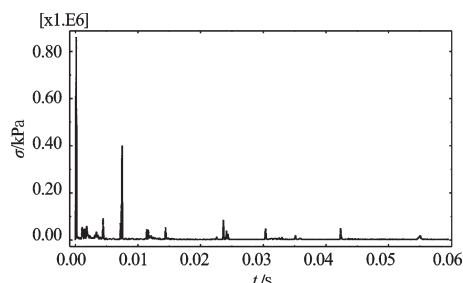
(a) 位移



(b) 速度



(c) 加速度



(d) 175 节点应力

图4 成圈过程中导针运动规律及175节点应力曲线图

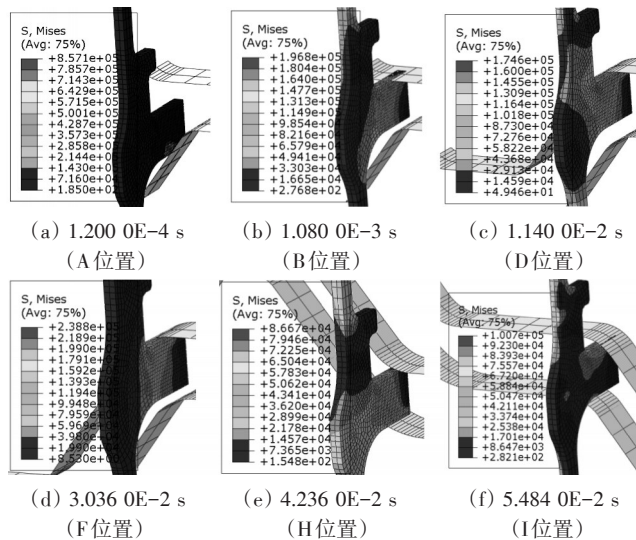


图5 成圈编织各个时刻导针应力云图

位置,也叫起针点),最大应力为 $8.571 \times 10^5 \text{ kPa} = 857.1 \text{ MPa}$ 。导针上应力最大(A位置)所对应的节点是导针针锤上175节点。整个成圈过程中导针针锤上175节点的应力变化情况如图4(d)所示。从图4中可以看出,在整个成圈过程中,最危险的那个节点(也就是175节点)受到的应力不是固定不变的,当导针运动到三角通道的A位置时,也就是导针首次和三角接触位置时达到最大应力857.1 MPa,之后应力下降到80 MPa左右。到导针运动三角通道的C位置时,导针和三角再次碰撞,应力达到400 MPa,C位置过后到成圈结束时175节点的应力均在80 MPa以下。

4 结束语

本研究以 ABAQUS 为平台,通过运用 ABAQUS/Explicit 显示求解器对横机成圈的动态过程进行了仿真分析。通过仿真分析,得到了全自动电脑横机成圈编织过程中的导针的位移、速度、加速度变化曲线图。研究表明,当三角通道以 1.2 m/s 速度运动时,导针沿着三角斜面运动的速度与理论分析得到的 1.592 m/s 基本相符,导针与三角碰撞时导针的加速度发生突变并且抖动的厉害。

本研究经过仿真得到了导针和三角接触冲击的几个关键位置的导针的应力云图,从而找到了整个成

圈过程中应力最大位置在导针和三角通道首次接触的位置,最大应力为 857.1 MPa。该研究结果对三角和导针的设计优化具有一定的指导作用。

参考文献(References):

- [1] 杨荣贤. 横机羊毛衫生产工艺设计[M]. 北京:中国纺织出版社,2008.
- [2] 张 策. 机械动力学[M]. 北京:高等教育出版社,2008.
- [3] 李胜华,朱文俊. 国产横机的现在与未来发展趋势[J]. 国际纺织导报,2011(3):39-40.
- [4] 张建华,丁 磊. ABAQUS 基础入门与案例精通[M]. 北京:电子工业出版社,2012.
- [5] 孟海涛,刘立华. 针织横机的按装调试与维修[M]. 北京:中国纺织出版社,2008.
- [6] 赵树超. 基于UG的变针距电脑横机成圈机构运动模拟与仿真[D]. 杭州:浙江理工大学纺织学院,2012:6-8.
- [7] 石亦平,周玉蓉. ABAQUS有限元分析实例教程[M]. 北京:机械工业出版社,2006.
- [8] 赵智渊,杨明顺. 基于ABAQUS丝杆冷滚打变形力仿真[J]. 铸造技术,2011,32(8):1165-1166.
- [9] 黄小光,韩忠英. 基于ABAQUS的压力容器有限元接触分析[J]. 石油化工设备,2011,40(2):35-36.
- [10] 丁立聪,张 宪. 基于有限元技术的锅炉水冷壁焊机关键部件研究[J]. 轻工机械,2012,30(3):92-96.
- [11] 景建桥,马晓建. 横机三角动力学特性分析及优化设计[J]. 针织技术,2006(3):15-18.

[编辑:张 翔]

(上接第302页)

4 结束语

PSD作为一种高灵敏度、高精度的位置传感器,如何克服其非线性,已成为轴系对中系统乃至其他测量领域的关键问题。本研究设计了基于微位移平台的在线采集校正系统,并提出了基于BP神经网络的校正算法。实验数据和Matlab仿真的对比结果说明,该算法大幅改善了PSD的桶形失真,实验研究结果对提高PSD的利用价值和整个轴系对中测试系统的精度具有重要意义。

参考文献(References):

- [1] 焦永锋. 单表法找正在炼油装置四机组对中安装中的应用[J]. 中国科技信息,2005(15):144-145.
- [2] GENG Z J. New concept of high speed three-dimensional vision systems [J]. **Optical Engineering**, 1996, 35 (2) : 376-383.
- [3] 牟丽娜,陈 鸿,陈闽鄂. 基于L-M算法的二维PSD非线性校正[J]. 计量与测试技术,2006(12):21-22.

- [4] 陈安成,穆希辉,杜峰坡,等. 人工神经网络在发动机建模中的应用研究[J]. 机电工程,2012,29(9):1077-1079.
- [5] 郭丽峰,张国雄,郭敬滨,等. PSD空间三维非线性修正技术的研究[J]. 光电子·激光,2007(5):567-569.
- [6] ZHOU B Y, CHEN P F, ZENG W, et al. Nonlinear error corrects experimental investigations of position sensitive detector[J]. **Optical Instrument**, 2008, 27(5):11-15.
- [7] HOU X L, CHEN C Z, YU H J, et al. Optimum method about weights and thresholds of nerve network[J]. **Journal of Northeastern University: Natural Science**, 1999, 20 (4):447-450.
- [8] 高 隼. 人工神经网络原理及仿真实例[M]. 2版. 北京:机械工业出版社,2010.
- [9] 程 岚. 轨道残压测试仪设计[J]. 现代制造技术与装备, 2011(4):25-27.
- [10] WANG X D, YE M Y. RBF neural network application in the surface rough fiber optic sensor[J]. **Journal of Optoelectronics·Laser**, 2001, 12(10):936-940.
- [11] 董志成,任 强. 基于BP神经网络的减震器示功图识别方法[J]. 机电工程,2012,29(8):929-931.

[编辑:张 翔]