

基于Pro/E和ADAMS的瓦楞辊运动学仿真

魏效玲, 李帆, 陈华, 张宝刚, 尉鹤缤

(河北工程大学, 邯郸 056038)

摘要: **目的** 根据瓦楞辊的工作环境和运动特点, 研究在不同驱动函数下瓦楞辊的运行情况。 **方法** 首先运用实体建模软件Pro/E创建瓦楞辊的三维实体模型, 然后使用虚拟样机分析软件ADAMS对瓦楞辊的工作过程进行运动学仿真和分析。 **结果** 得到了2种驱动函数下瓦楞辊的角速度和角加速度曲线, 并将结果进行了对比和分析。 **结论** STEP函数为最适宜的驱动函数, 为改善瓦楞辊的运动平稳性提供了理论帮助, 并为后期的动力学分析打下了基础。

关键词: 瓦楞辊; 运动学分析; 仿真

中图分类号: TB486 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2015)05-0079-03

Kinematics Simulation of Corrugated Roller Based on Pro/E and ADAMS

WEI Xiao-ling, LI Fan, CHEN Hua, ZHANG Bao-gang, WEI He-bin

(Hebei University of Engineering, Handan 056038, China)

ABSTRACT: The aim of this study was to investigate the running status of Corrugated Roller under different driving functions according to the characteristics of the movement and the working conditions of the Corrugated Roller. The 3D solid model of Corrugated Roller was built using the Pro/E modeling software, and then kinematics simulation and analysis of the working process of Corrugated Roller were conducted applying the virtual prototyping analysis software ADAMS. Angular velocity curves and angular acceleration curves of Corrugated Roller under two driving functions were obtained. And the results were compared and analyzed. The STEP function was a more appropriate driving function, which provided theoretical help for improving the smoothness of the movement of Corrugated Roller, and laid a foundation for later dynamic analysis.

KEY WORDS: corrugated roller; kinematics analysis; simulation

随着全球贸易快速发展,瓦楞纸板以其特有的优势正逐渐成为全球最主要的包装材料。瓦楞纸芯成形质量的好坏关乎瓦楞纸板的抗压性能,因此瓦楞纸芯的质量对纸板性能起着关键作用^[1-3]。在瓦楞纸板生产线上,瓦楞辊是最关键的零部件,它能否平稳运行对瓦楞纸芯的成形至关重要。工程中经常遇到辊齿变形、振动、噪声等问题,这与瓦楞辊的运行平稳性密切相关。瓦楞辊的运行平稳性与瓦楞辊的啮合运动密切相关,因此有必要对瓦楞辊的运动学进行研究和分析。文中利用Pro/E软件建立瓦楞辊的实体模型,把所创建的实体模型导入到ADAMS中,分析和研究在不同驱动函数下瓦楞辊的运行情况,为改善瓦楞

辊的运行平稳性提供理论帮助,并为后期的动力学分析打下基础。

1 瓦楞辊虚拟样机模型的创建

1.1 瓦楞辊实体模型的创建

某型号瓦楞辊的参数为:齿顶圆半径 $R=313.05$ mm,齿顶圆弧半径 $r_1=1.3$ mm,齿根圆弧半径 $r_2=1.6$ mm,分度角 $\theta=3.24^\circ$,楞高 $H=4.6$ mm,楞长 $L=1850$ mm,楞型角 $\alpha=62.97^\circ$,齿数 $Z=111$,齿距 $T=8.86$ mm。

打开Pro/E软件创建上下2个瓦楞辊的实体模

收稿日期: 2014-07-03

作者简介: 魏效玲(1963—),女,山西河津市人,河北工程大学教授、硕士生导师,主要研究方向为机械设计理论及方法。

型,并对其进行装配,得到瓦楞辊的装配图,见图1,然后将其保存成Parasolid格式,并导入到ADAMS中^[4-6],见图2。

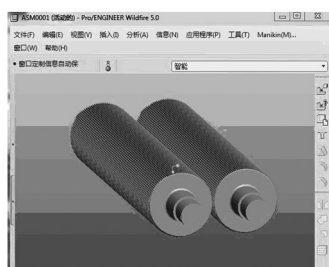


图1 瓦楞辊装配

Fig.1 Assembly drawing of corrugated roller

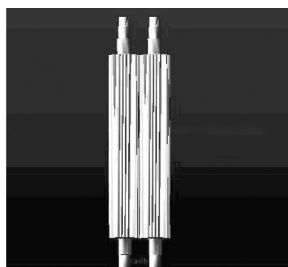


图2 瓦楞辊虚拟样机模型

Fig.2 Virtual prototype model of corrugated roller

1.2 瓦楞辊的运动学模型的创建

在ADAMS环境下,将瓦楞辊的材料设置为45CrMo。给瓦楞辊的模型添加约束:分别给上下2个瓦楞辊施加旋转约束副;下瓦楞辊驱动上瓦楞辊的运行,因此将旋转驱动应用到下瓦楞辊的旋转约束副;为了确保在运动过程中使2个瓦楞辊时刻保持接触,需要在2个辊齿之间添加接触载荷。在ADAMS中计算接触力的方法^[7-10]有2种:补偿法和冲击函数法。文中使用冲击函数法来定义2个辊齿之间的接触载荷。添加约束后瓦楞辊的模型见图3。



图3 瓦楞辊添加约束模型

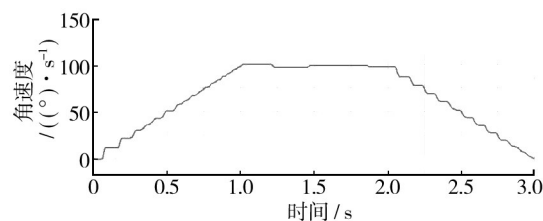
Fig.3 Model of corrugated roller with constraint

2 瓦楞辊的运动学仿真与分析^[11-14]

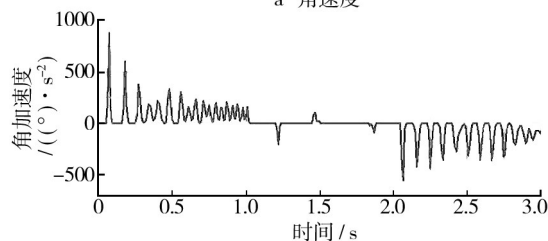
ADAMS中的函数分为运行过程函数和设计过程函数,运行过程函数在仿真计算时使用,设计过程函数在创建模型时使用^[15]。假设系统所需要的驱动形式为:0~1 s内加速运动到100 (°)/s,1~2 s内保持100 (°)/s,2~3 s内减速运动到静止。根据ADAMS的运行过程函数,分别为下瓦楞辊添加2种驱动函数。

2.1 添加IF运行过程函数

表达式为IF(time-1:100d*time,100d,IF(time-2:100d,100d,IF(time-3:300d-100d*time,0,0))),取仿真时间为3 s,仿真步长为0.01,开始仿真。在后处理中得到从动辊的角速度和角加速度变化曲线见图4—5。



a 角速度



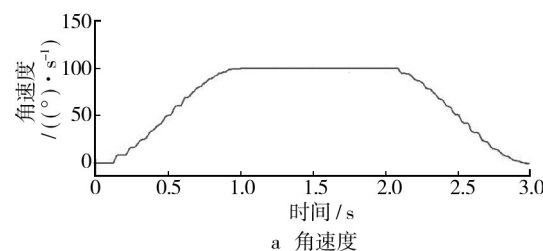
b 角加速度

图5 角加速度曲线

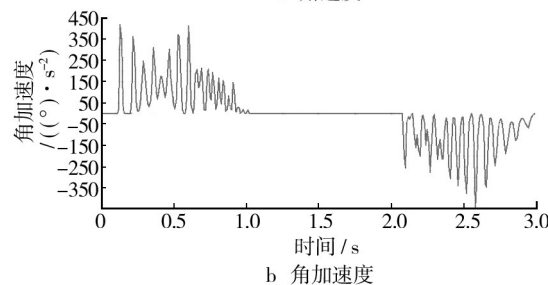
Fig.5 Angular acceleration curve

2.2 添加STEP运行过程函数

表达式为STEP(time,0,0d,1,100d)+STEP(time,1,0d,2,0d)+STEP(time,2,0d,3,-100d),取仿真时间为3 s,仿真步长为0.01,开始仿真。在后处理中得到从动辊的角速度和角加速度变化曲线见图6—7。



a 角速度



b 角加速度

图7 角加速度曲线

Fig.7 Angular acceleration curve

2.3 2种运行函数的对比

2.3.1 角速度和角加速度曲线分析比较

1) 由图4和图6可知,在0~1 s内的加速阶段和2~3 s内的减速阶段,图6对应的曲线更加平稳,在2~3 s内的匀速运动阶段,图6对应的曲线波动更小。

2) 由图5和图7可知,图7对应的曲线不但峰值更小,而且波动的幅度也比较平缓。

综上所述,在STEP函数的驱动下,瓦楞辊的运行更加平稳。

2.3.2 角速度和角加速度的变化值分析比较

1) 从角速度的数值来分析。IF函数最大值为101.76,平均值为66.57,二者之差的绝对值为35.19,STEP函数的最大值为100.28,平均值为66.80,二者之差的绝对值为33.48。由此采用STEP函数作为驱动函数时,瓦楞辊角速度的波动更小,运行更平稳。

2) 从角加速度的数值来分析。IF函数的最大值为879.57,最小值为-554.00,二者之差的绝对值为1433.57。STEP函数的最大值为419.21,最小值为-446.49,二者之差的绝对值为865.70。由此,采用STEP函数作为驱动函数时瓦楞辊的角加速度的绝对值更小。

为了使瓦楞辊的角速度、角加速度的波动最小,及其运行更加平稳,采用STEP函数作为驱动函数。

3 结语

通过实体建模软件Pro/E和虚拟样机分析软件ADAMS,对瓦楞辊的模型进行了运动学仿真,并通过施加不同的驱动函数得出,当采用STEP函数作为驱动函数时,瓦楞辊运行更加平稳,从而有效地避免了辊齿的变形、振动和噪声等情况的发生,同时也为瓦楞辊的动力学分析提供了依据。

参考文献:

- [1] 魏效玲,李波,陈蕊,等. 基于MATLAB和ADAMS的瓦楞辊辊齿优化设计分析[J]. 包装工程,2013,34(23):80—91.
WEI Xiao-ling, LI Bo, CHEN Rui, et al. Dynamics Simulation of Corrugated Roller Based on MATLAB and ADAMS[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(23): 80—91.
- [2] 罗玲. 瓦楞纸箱抗压强度研究[D]. 广州:暨南大学,2010.
LUO Ling. The Study of the Compression Strength of Corrugated Box[D]. Guangzhou: Jinan University, 2010.
- [3] 张书彬,冯学正. 瓦楞纸箱抗压强度的实验研究[J]. 包装工程,2008,29(9):10—11.
ZHANG Shu-bin, FENG Xue-zheng. Experiment Research of Corrugated Box's Compression Strength[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(9): 10—11.
- [4] 傅友斌. 基于Pro/E和ADAMS的变速器动力学仿真[D]. 大连:大连理工大学,2007.
FU You-bin. Investigation on Dynamics Simulation of Transmission Based on Pro/E and ADAMS[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2007.
- [5] 李晓娟. Pro/E与ADAMS联合建模方法的研究[J]. 装备制造技术,2008(12):31—33.
LI Xiao-juan. Research of Co-simulation Methods between Pro/E and ADAMS[J]. Equipment Manufacturing Technology, 2008(12): 31—33.
- [6] CAO Ju-jiang, TIAN Xiao-hong, LI Long. Analysis of the Simulation Movement in Cigarette Packaging Machine Pusher Device[J]. Advanced Manufacturing Technology, 2011, 314/316: 801—804.
- [7] 李增刚. ADAMS入门详解与实例[M]. 北京:国防工业出版社,2006.
LI Zeng-gang. ADAMS Introductory Explanation and Examples[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2006.
- [8] 钟小勇,李凤英. ADAMS函数的使用技巧[J]. 装备制造技术,2008(11):100—102.
ZHONG Xiao-yong, LI Feng-ying. Usage Skills of Several ADAMS Functions[J]. Equipment Manufacturing Technology, 2008(11): 100—102.
- [9] 谢最伟,吴新跃. 基于ADAMS的碰撞仿真分析[C]//第3届中国CAE工程分析技术年会论文集,2007:347—350.
XIE Zui-wei, WU Xin-yue. Crash Simulation and Analysis Based on ADAMS[C]// The 3rd Chinese CAE Analysis Technology Annual Meeting Proceedings, 2007: 347—350.
- [10] 李金玉,勾志践,李媛. 基于ADAMS的齿轮啮合过程中齿轮力的动态仿真[J]. 机械设计与研究,2005(3):15—17.
LI Jin-yu, GOU Zhi-jian, LI Yuan. A Dynamic Simulation of Meshing Force in Gear Meshing Process Based on ADAMS[J]. Journal of Machine Design and Research, 2005(3): 15—17.
- [11] 潘宗友,张亚宁. 浅谈机构动力学仿真[J]. 甘肃科技,2007,23(2):123—125.
PAN Zong-you, ZHANG Ya-ning. Introduction to Body Dynamics Simulation[J]. Gansu Science and Technology, 2007, 23(2): 123—125.
- [12] MROSOWSKI O. New Wire Binding Machine with Welded Closure[J]. Metallurgical Plant and Technology International, 1991, 14(1): 1—12.
- [13] 陈文华,贺清川,张旦闻. ADAMS2007机构设计与分析范例[M]. 北京:机械工业出版社,2009.
CHEN Wen-hua, HE Qing-chuan, ZHANG Dan-wen. Examples of ADAMS2007 Mechanism Design and Analysis[M].

- 121—122.
- [4] 侯飞. 新型纸纱复合制袋印刷一体机开发研究[J]. 中国印刷与包装研究, 2012, 4(6): 22—27.
HOU Fei. Research and Exploitation of the New Paper and Yarn Compounding Bag-making and Printing All-in-one Machine[J]. China Printing and Packaging Study, 2012, 4(6): 22—27.
- [5] 孙玉秋. 卷筒纸印刷机张力系统的检测[J]. 包装工程, 2008, 29(1): 78—80.
SUN Yu-qiu. Tension Detection System of Web Printing Press [J]. Packaging Engineering, 2008, 29(1): 78—80.
- [6] 郭应锋. 印刷机系统恒张力控制的研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2004.
GUO Ying-feng. Research of Constant Tension Control System of Printing Machine[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2004.
- [7] 田志强, 张青, 王菲, 等. 基于模糊遗传PID的育果袋机纸带张力控制应用[J]. 中国农机化学报, 2014, 35(1): 98—102.
TIAN Zhi-qiang, ZHANG Qing, WANG Fei, et al. Application of Tension Control of Paper Tape of Fruit Cultivating Bag Machine Based on Fuzzy Genetic PID[J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2014, 35(1): 98—102.
- [8] 胡海兵, 胡庆波, 吕征宇. 基于粒子群优化的PID伺服控制器设计[J]. 浙江大学学报(工学版), 2006, 40(12): 2144—2148.
HU Hai-bing, HU Qing-bo, LYU Zheng-yu. PID Controller Design in Servo System Based on Particle Swarm Optimization [J]. Journal of Zhejiang University (Engineering Science), 2006, 40(12): 2144—2148.
- [9] 郭大庆, 李晓, 赵永进. 基于改进PSO算法的PID参数自整定[J]. 计算机工程, 2007, 33(18): 202—204.
GUO Da-qing, LI Xiao, ZHAO Yong-jin. Self-tuning of PID Parameters Based on Improved PSO Algorithm[J]. Computer Engineering, 2006, 40(12): 2144—2148.
- [10] 史峰, 王辉, 胡斐, 等. MATLAB智能算法30个案例分析[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2011.
SHI Feng, WANG Hui, HU Fei, et al. Matlab Intelligent Algorithm 30 Case Studies[M]. Beijing: Beihang University Press, 2011.
- [11] 王咏, 刘晓东, 徐小慧, 等. 基于粒子群优化的数据分类算法[J]. 系统仿真学报, 2008, 20(22): 6158—6162.
WANG Yang, LIU Xiao-dong, XU Xiao-hui, et al. Particle Swarm Optimization for Data Classification[J]. Journal of System Simulation, 2008, 20(22): 6158—6162.
- [12] 王晓敏, 刘希玉, 戴芬. 基于PSO的关联规则挖掘方法及应用[J]. 信息技术与信息化, 2009(3): 85—87.
WANG Xiao-min, LIU Xi-yu, DAI Fen. Method and Application of Mining Association Rules Based on PSO Algorithm[J]. Information Technology & Informatization, 2009(3): 85—87.
- [13] 路杨, 张晓丽. CW-PSO及其在古建筑传感器优化配置中的应用研究[J]. 计算机工程与应用, 2013, 49(5): 268—270.
LU Yang, HANG Xiao-li. Particle Swarm Optimization Based on Cosine Adaptive Adjusting Inertia Weight and Its Application Research in Optical Sensor Placement of Historic Architecture[J]. Computer Engineering and Applications, 2013, 49(5): 268—270.
- [14] 王润芳, 张耀军, 裴志松. 新型的动态粒子群优化算法[J]. 计算机工程与应用, 2011, 47(16): 32—34.
WANG Run-fang, ZHANG Yao-jun, PEI Zhi-song. Novel Particle Swarm Optimization Algorithm[J]. Computer Engineering and Applications, 2011, 47(16): 32—34.
- [15] 应明峰, 王海洋, 翟力欣. 一种云自适应粒子群优化的模糊PID控制器设计[J]. 计算机测量与控制, 2013(12): 3278—3280.
YING Ming-feng, WANG Hai-xiang, DI Li-xin. Design of Fuzzy PID Controller Based on Adaptive Particle Swarm Optimization with Cloud Theory[J]. Computer Measurement & Control, 2013(12): 3278—3280.
- [16] 盛新. 模糊PID在高速切纸机张力控制中的应用[D]. 济南: 山东轻工业学院, 2009.
SHENG Xin. Application of Fuzzy-PID Intension Control of High Speed Sheeting[D]. Jinan: Shandong Polytechnic University, 2009.

(上接第81页)

- Beijing: Mechanical Industry Press, 2009.
- [14] 徐芳, 周志刚. 基于ADAMS的凸轮机构设计及运动仿真[J]. 机械设计与制造, 2007(9): 78—80.
XU Fang, ZHOU Zhi-gang. Analysis on CAM Mechanism Design and Motion Simulation Based on ADAMS[J]. Mechanical Design and Manufacturing, 2007(9): 78—80.
- [15] 周泉, 孔建益, 杨金堂. 基于ADAMS/View的内啮合齿轮运动学仿真[J]. 计算机应用技术, 2009, 36(4): 50—52.
ZHOU Quan, KONG Jian-yi, YANG Jin-tang. Kinematic Analysis of Inside Engaged Gear Based on ADAMS[J]. Technology of Computer Application, 2009, 36(4): 50—52.