

## 基于ADAMS与Ansys的凸轮连杆长摆臂系统的刚柔耦合分析

梅菊, 黄松和, 李超军

(西南交通大学, 成都 610031)

**摘要:** **目的** 研究柔性长摆臂对包装机械凸轮系统的影响, 为验证凸轮系统的设计是否满足要求提供一种直观的方法。 **方法** 以糖果包装机械中常用的凸轮系统为研究对象, 通过SolidWorks建立凸轮系统三维模型, 通过Ansys建立柔性体的中性文件, 二者相结合创建刚柔耦合分析模型, 在ADAMS下对系统进行仿真, 获得相应实际位移输出曲线。 **结果** 在考虑两摆臂为柔性体的情况下, 上下冲杆同步段之间的距离有一定的波动, 且最大变化为2~3 mm。 **结论** 考虑到柔性体对凸轮系统的执行构件影响不大, 可在执行件上布置胶垫, 避免夹持中糖果被夹碎。

**关键词:** 凸轮系统; 变形振动; ADAMS; 刚柔耦合

**中图分类号:** TB486; TH132.47 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)07-0103-04

## Analysis of Rigid-flexible Coupling CAM System with Long Swing Rod Based on Ansys and ADAMS

MEI Ju, HUANG Song-he, LI Chao-jun

(Southwest Jiao Tong University, Chengdu 610031, China)

**ABSTRACT:** This work aimed to study the effects of the flexible long arm on packaging mechanical CAM system, in order to provide an intuitive way to test and verify whether the design of the CAM system could meet the requirements. Taking the CAM system widely used in candy packaging machine as the research object, after setting up the 3D model by SolidWorks, the MNF of the flexible body by Ansys, and the rigid-flexible coupling analysis model by combining these two, simulation of the system was conducted using ADAMS to obtain the corresponding actual displacement output curves. Considering the two swing arms as the flexible body, the distance between the upper and lower punch synchronization periods showed a certain fluctuation, and the biggest change was 2~3 mm. The effect of the flexible body on the actuator was not obvious, and the effect could be eased by setting some pieces of the rubber gasket on the actuator to avoid mincing of candy during holding.

**KEY WORDS:** CAM system; deformation and vibration; ADAMS; rigid-flexible coupling

糖果包装机包装的第1步需要上下冲部分来完成, 通常可以通过计算并调节凸轮与杆件的压力角和传动角, 来达到振动小和变形小的需求。在实际运行中, 构件都会产生一定的变形, 在使用较长摆臂的凸轮系统时变形更为显著, 对执行构件位移与加速度等的影响则更明显。糖果在被夹持并向上推送的过程

中对构件的变形较为敏感, 较大的变形与振动会影响夹持件两端的距离, 甚至将糖夹碎。基于上述原因, 将可能产生较大变形的摆臂作为研究对象, 通过SolidWorks建立凸轮系统三维模型, 利用Ansys建立其中性文件, 再在ADAMS中替换刚性件进行仿真, 实时追踪同步段夹持件之间的相互距离, 为验证凸轮系统

收稿日期: 2015-07-09

基金项目: 四川省科技支撑计划(2014GZ0024)

作者简介: 梅菊(1990—), 女, 四川遂宁人, 西南交通大学硕士生, 主攻机械设计。

通讯作者: 黄松和(1960—), 男, 福建人, 西南交通大学副教授, 主要研究方向为工程机械理论与技术。

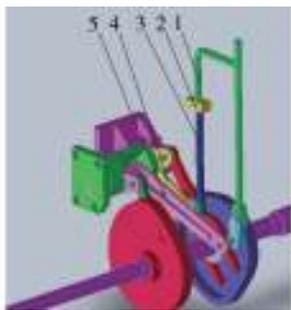
的设计是否满足要求提供一种直观的方法。

### 1 凸轮连杆系统三维模型的建立

糖果包装机上下冲凸轮系统简化模型见图1。在工作过程中,凸轮轴的转动带动上下冲凸轮转动,经凸轮摆臂与连杆后上下冲杆只在竖直滑道上运动。下冲杆向上推糖,同时上冲杆向下运动,由此完成夹糖动作。此后上下冲末端夹住糖作同步运动,由此完成上下冲的推糖动作。

### 2 柔性体及刚柔耦合模型的建立

刚柔耦合分析的基本流程:首先在SolidWorks中建立三维实体模型(见图1),并把装配体通过para格式输出,在ADAMS中建立凸轮系统的多刚体系统,然后通过Ansys建立摆臂的模式中性文件MNF。利用ADAMS.MSC宏命令可以很容易地输出ADAMS软件所需的MNF文件,重新给柔性部件添加约束后,便可进行刚柔耦合分析了,具体的刚柔耦合分析流程见图2。



1.上冲杆 2.糖果 3.下冲杆 4.下冲摆臂 5.上冲摆臂

图1 凸轮系统简化模型

Fig.1 The simplified model of CAM system

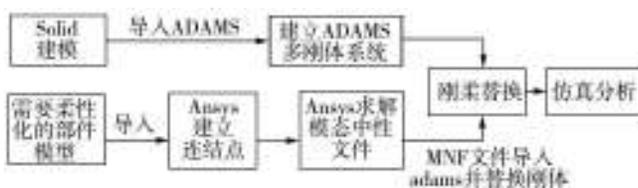


图2 刚柔耦合分析流程

Fig.2 Process of the rigid-flexible coupling analysis

在糖果包装机上下冲凸轮系统刚柔耦合分析中,将较长的摆臂作为弹性体,并进行柔性化处理,将连杆、凸轮、上下冲杆和随动器作为刚性体进行仿真。

为了能夹持糖果并向上推送,上下冲需要做同步向上运动,设计同步段的时序见图3。在Ansys中对两摆臂进行有限元网格划分,在各铰接处需要进行Rigid连接处理,然后在Ansys中生成模态中性文件,建立的两摆臂的MNF文件见图4。

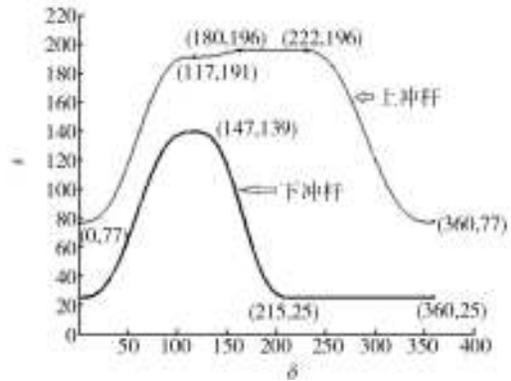


图3 上下冲杆同步时序

Fig.3 The synchronous sequence of upper and lower punch

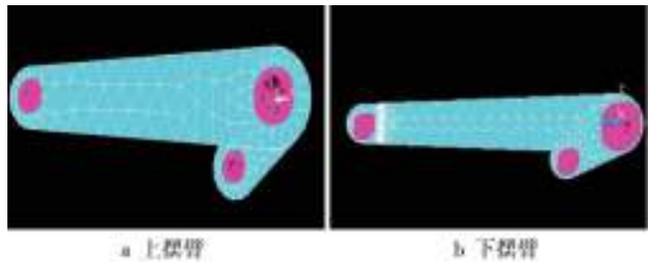


图4 摆臂的MNF文件

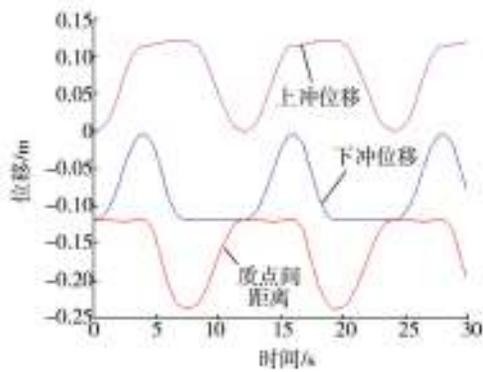
Fig.4 MNF file of the swing arm

### 3 仿真分析与结果

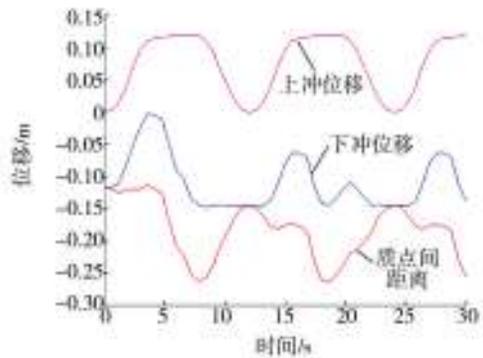
通过ADAMS下的仿真分析,可以得到任意同步时刻上下冲杆的位移曲线,以及两者之间的距离曲线,由此可以分析该凸轮系统的变形与振动是否在合理范围内,否则需要对凸轮系统进行调整,以满足设计要求。刚性体模型的上下冲杆的位移曲线以及两者之间的距离曲线见图5a。

由图5a可知,在全刚性体的理想条件下,上下冲杆同步运动时两者之间的距离完全不变。刚柔耦合模型的上下冲杆的位移曲线以及两者之间的距离曲线见图5b。

由图5b可知,在考虑两摆臂为柔性体情况下,上下冲杆同步段之间的距离有一定的波动,且最大变化为3~4 mm,两柔性体的替换可能使得变形引起的距离变化偏大,实际距离变化可能在2~3 mm之内。



a 刚性体模型



b 刚柔耦合模型

图5 上下冲杆的位移曲线以及两者之间的距离曲线

Fig.5 Upper and lower punch curve and the distance between the two curves

## 4 结语

对糖果包装机上下冲部分的变形进行了研究。通过对较易变形的长摆臂零件进行柔性化处理,并在ADMS下进行刚柔耦合仿真,使得到的两执行构件质心点之间的距离曲线与实际情况下两质心点之间的距离曲线更为贴近。为验证凸轮系统的设计是否满足要求提供了一种直观的方法。

## 参考文献:

- [1] 彭李辉,李光,阳贵明,等. 基于ADAMS和Ansys的刚柔耦合模型分析[J]. 湖南工程学院学报,2011(9):22—24.  
PENG Li-hui, LI Guang, YANG Gui-ming, et al. The Analysis of the Coupled Model Based on ADAMS and Ansys Analysis[J]. Journal of Hunan College of Engineering, 2011(9): 22—24.
- [2] 张永德,汪洋涛,王沫楠,等. 基于Ansys与ADAMS的柔性体联合仿真[J]. 系统仿真学报,2008(9):4501—4504.  
ZHANG Yong-de, WANG Yang-tao, WANG Mo-nan, et al. The Flexible Body Combination Simulation Based on Ansys and ADAMS[J]. Journal of System Simulation, 2008(9): 4501—4504.
- [3] DU Xiao-dong, BIN Liang, XU Wen-fu, et al. Pose Measurement of Large Non-cooperative Satellite Based on Collaborative CAM-eras[J]. Acta Astronautica, 2011(68):2047—2065.
- [4] 石永刚,吴央芳. 凸轮机构设计与应用创新[M]. 北京:机械工业出版社,2007.  
SHI Yong-gang, WU Yang-fang. Design and Application of Innovation of Cam Mechanism[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2007.
- [5] 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 Example [M]. Beijing: National Defence Industry Press, 2006.
- [6] 肖国伟,李光. 柔性杆件系统虚拟样机设计及其动力学仿真分析[J]. 湖南工业大学学报,2009,23(4):62—64.  
XIAO Guo-wei, LI Guang. The Design of Flexible Bar System Virtual Prototype and Dynamics Simulation Analysis[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2009, 23(4): 62—64.
- [7] 唐文献,袁海波,李虎. 基于ADAMS的某舰炮供弹系统仿真研究[J]. 江苏科技大学学报:自然科学版,2010,24(1):61—63.  
TANG Wen-xian, YUAN Hai-bo, LI Hu. Simulation of Shells Providing System of Ship-gun Based on ADAMS[J]. Journal of Jiangsu University of Science and Technology: Natural Science Edition, 2010, 24(1): 61—63.
- [8] ZHENG Xiao-ya, YOU Jun-feng, ZHANG Duo, et al. Application of ADAMS and ANSYS to Mechanism Analysis[J]. Journal of Solid Rocket Technology, 2010, 33(2): 201—204.
- [9] 邹慧君. 凸轮机构的现代设计[M]. 上海:上海交通大学出版社,1991.  
ZOU Hui-jun. Mechanics and Design of Cam Mechanisms[M]. Shanghai: Shanghai Jiaotong University Press, 1991.
- [10] SHI Bing, JIN Ye. A Framework of Virtual Prototyping Environment for the Design and Analysis of Mechanical Mechanism with Clearance[J]. Virtual and Physical Prototyping, 2007, 2(1): 21—28.
- [11] 陈立平,张云清,任卫群,等. 机械系统动力学分析及ADAMS应用教程[M]. 北京:清华大学出版社,2005.  
CHEN Li-ping, ZHANG Yun-qing, REN wei-qun, et al. Dynamic Analysis of Mechanical System and ADAMS Application Tutorial [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2005.
- [12] 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 Function[J]. Equipment Manufacturing Technology, 2008(11): 100—102.
- [13] 王国强,张进平. 虚拟样机技术及其在ADAMS上的实践[M]. 西安:西北工业大学出版社,2002.

- WANG Guo-qiang, ZHANG Jin-ping. Virtual Prototype Technology and Its Practice on ADAMS[M]. Xi'an: North-western Polytechnical University Press, 2002.
- [14] 张洪才. Ansys 14.0理论解析与工程应用实例[M]. 北京:机械工业出版社, 2013.
- ZHANG Hong-cai. Ansys 14.0 Theoretical Analysis and Engineering Application[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2013.
- [15] SHANKAR S, MANIKANDA M. Dynamic Contact Analysis of Total Hip Prosthesis during Stumbling Cycle[J]. Journal of Mechanics in Medicine and Biology, 2014, 14: 1450041-1—1450041-12.
- [16] 王颖, 张维强. 基于ADAMS的偏置曲柄滑块机构的运动学及动力学仿真[J]. 科学技术与工程, 2010, 10(32): 8042—8045.
- WANG Ying, ZHANG Wei-qiang. The Kinematics and Dynamics Simulation of Offset Slider-crank Mechanism Based on ADAMS[J]. Science, Technology and Engineering, 2010, 10(32): 8042—8045.

(上接第98页)

- [4] JIANG Jun-xia, LI Qin-liang, WU Zhi-chao, et al. Numerical Simulation of Mould Filling Process for Pressure Plate and Valve Handle in LFC[J]. China Foundry, 2010, 7(4): 367—372.
- [5] BARI S, VEALE D. Improvement of BIB Packaging Product Filling Valve CIP Performance and Efficiency[J]. Food and Bioproducts Processing, Transactions of the Institution of Chemical Engineers, Part C, 2012, 90(4): 849—857.
- [6] 李龙, 曹巨江. 四头取盒机构的研究与设计[J]. 包装与食品机械, 2011, 29(6): 36—39.
- LI Long, CAO Ju-jiang. Research and Design of Four-head Box-taking Mechanism[J]. Packaging and Food Machinery, 2011, 29(6): 36—39.
- [7] 屠凤莲, 徐志刚, 古田等. 直线四工位调节装置的设计[J]. 包装与食品机械, 2014, 32(2): 44—46.
- TU Feng-lian, XU Zhi-gang, GU Tian, et al. Design on the Linear Adjusting Device of Four Work Location[J]. Packaging and Food Machinery, 2014, 32(2): 44—46.
- [8] 蔡锦达, 秦绪祥, 王亮等. 全自动封口旋盖机控制系统的设计[J]. 包装工程, 2012, 33(3): 5—9.
- CAI Jin-da, QIN Xu-xiang, WANG Liang, et al. Design of Control System of Automatic Sealing Capping Machine[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(3): 5—9.
- [9] 王剑峰, 张有良, 段移丽, 等. 铝箔防盗盖旋盖机的设计与研究[J]. 包装与食品机械, 2013, 31(5): 32—34.
- WANG Jian-feng, ZHANG You-liang, DU Yi-li, et al. Design Research of the Antitheft Aluminum Foil Cover Screw Cover Machine[J]. Packaging and Food Machinery, 2013, 31(5): 32—34.
- [10] 冯中来, 何卫冰. PET瓶灌装旋盖系统的技术改造[J]. 轻工机械, 2013, 31(2): 92—95.
- FENG Zhong-lai, HE Wei-bing. Technical Innovation on the Capper of the PET Bottle Filler[J]. Light Industry Machinery, 2013, 31(2): 92—95.
- [11] 陈昌伟, 胡国清, 张冬至. 灌装阀及旋盖头测试实验装置设计[J]. 包装工程, 2009, 30(3): 47—49.
- CHEN Chang-wei, HU Guo-qing, ZHANG Dong-zhi. Design of Testing Device for Filling Valve and Capping Head[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(3): 47—49.
- [12] 赵加洋, 石秀东, 薛兵财, 等. 灌装机械手运动与动力特性分析[J]. 包装工程, 2013, 34(3): 59—62.
- ZHAO Jia-yang, SHI Xiu-dong, XUE Bing-cai, et al. Dynamic and Kinematical Analysis of Filling Manipulator[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(3): 59—62.
- [13] 张光明. 广口瓶旋盖机旋盖失效分析[J]. 包装工程, 2012, 33(11): 66—70.
- ZHANG Guang-ming. Capping Failure Analysis of Jar Capping Machine[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(11): 66—70.
- [14] 张光明. 广口瓶旋盖机旋盖失效分析[J]. 包装工程, 2012, 33(11): 66—70.
- ZHANG Guang-ming. Capping Failure Analysis of Jar Capping Machine[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(11): 66—70.
- [15] 李诗龙. FX12型旋盖机的设计[J]. 包装工程, 2000, 21(3): 24—26.
- LI Shi-long. Design of Screw-closure Capper of Model FX12[J]. Packaging Engineering, 2000, 21(3): 24—26.
- [16] 董淼鑫. 聚酯瓶自动旋盖机理盖机构的设计与研究[D]. 西安: 西安工业大学, 2012.
- DONG Miao-xin. Design and Research of Cap Sorter Mechanism of PET bottle Automatic Cap Screwing Machine[D]. Xi'an: Xi'an Technological University, 2012.