

# 基于 Adams 的弯丝机折弯机构运动学仿真

周海波,段志善,冯良祥

西安建筑科技大学机电工程学院,西安 710055

**摘要** 弯丝机是一种进行折弯的专用机械,广泛应用于建筑行业对钢筋的折弯。本文讨论的弯丝机是一种特殊折弯设备,对包有药芯的金属管进行折弯,这种金属管是由特殊的材料制成,具有一定的刚性,使用传统的弯丝机极易导致金属管折断。根据实际的工作要求设计了一种新型弯丝机。为了解决物理模型成本较高的缺点,将建好的弯丝机三维模型导入 Adams。根据所要求的动作过程添加相应的驱动和约束,在虚拟环境中通过对弯丝机的折弯机构进行模拟运动及运动学仿真,得出弯丝机工作机构的位移和速度曲线,验证了机构设计的合理性。

**关键词** 弯丝机;工作机构;Adams 软件;仿真

**中图分类号** TP391.9

**文献标识码** A

**文章编号** 1000-7857(2010)20-0066-04

## Kinematic Simulation of the Bend Mechanism of Wire Bending Machinery Based on Adams

ZHOU Haibo, DUAN Zhishan, FENG Liangxiang

School of Mechanical & Electrical Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China

**Abstract** The wire bending machinery is a special machine used to bend wires, and is used widely in the field of architecture to bend reinforcing steel ribs. This paper analyzes a special bending facility used to bend metal tubes for wrapping. For metal tubes made of special materials with considerable rigidity, the use of a traditional wire bending machinery will break the tubes easily. A new kind of wire bending machinery is designed in this paper according to the actual demand. First of all, a model is built to avoid the use of a high-cost physical model, and it is a three dimensional model of the wire bending machinery based on Adams. Drivers and constraints are added according to the required functions, and through analog motion and kinematic simulation for the bend mechanism of the wire bending machinery in a dummy environment, the displacement and rate curve are obtained for the operating mechanism of the wire bending machinery, to validate the mechanical design.

**Keywords** wire bending machinery; operating mechanism; Adams software; simulation

### 0 引言

中国是一个金属线材制品生产大国,用于线材折弯的弯丝机种类很多,目前市场上已经出现了很多用于钢筋折弯的弯丝机。这里要进行折弯的金属管有一定的刚性,由实际经验可知,如果运用传统弯丝机对包有药芯的金属管进行折弯

很容易将金属管折断。因此,为了解决现有弯丝机的缺点,设计了一种用于金属管折弯的弯丝机,该弯丝机能将含有复合耐磨材料的药芯钢丝(直径 3mm)折弯成一定节宽和节高的专用设备。

根据丝的成形过程和各部分的功能,可将弯丝机划分为

收稿日期:2010-06-08;修回日期:2010-10-12

基金项目:陕西省科技计划项目(2009K06-17)

作者简介:周海波,硕士研究生,研究方向为设备状态监测与故障诊断,电子信箱:zhouhaiboqc2004@126.com;段志善(通信作者),教授,研究方向为振动理论及振动应用研究、设备状态监测与故障诊断等,电子信箱:duanzhishan1950@hotmail.com

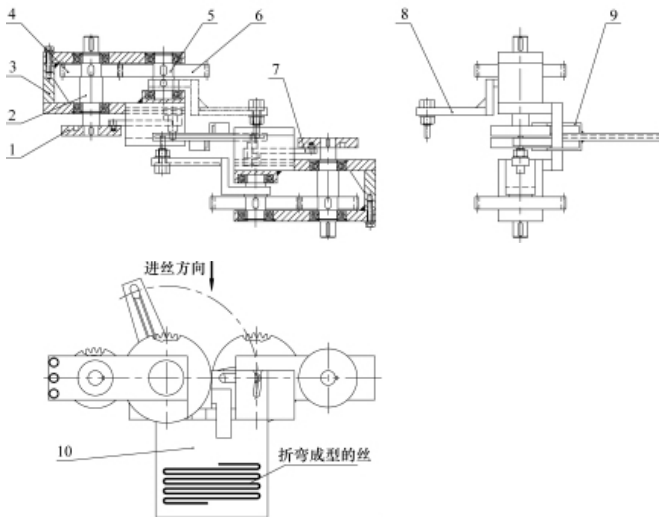
5个功能模块:送料模块、校直模块、送线模块、折弯模块和剪切模块<sup>[1]</sup>。为了能高效地对钢丝进行折弯,本文在对弯丝机进行结构设计的基础上,运用 Adams 软件对其折弯机构进行仿真分析,验证了结构设计的合理性。

## 1 弯丝机简介

### 1.1 弯丝机的工作原理

图 1 是拨丝折弯弯丝机(以下简称弯丝机)的平面结构简图。它主要由左右两大部分组成,每一部分由 10 个小部分组成。机构的工作原理如下:小齿轮轴(主传动轴)外接动力装置——步进电机,当步进电机发出一个脉冲信号,小齿轮轴就按设定的方向转动一个固定角度<sup>[2]</sup>,小齿轮轴转动带动沟槽凸轮和小齿轮同时动作,小齿轮与大齿轮啮合通过大齿轮轴带动拨丝机构旋转,同时连杆挡丝机构的滚子在沟槽凸轮的沟槽内转动,并通过沟槽凸轮的带动做往复直线运动。

拨丝机构旋转 100°,同时沟槽凸轮转动 220°,连杆就上升 15mm。当右侧拨丝机构将药芯钢丝折弯快要推进弧形槽内时,左侧的凸轮连杆挡丝机构位于最大行程处,使拨丝机构顺利进入弧形槽内;当右侧拨丝机构从弧形槽退出转至静止时,左侧拨丝机构开始旋转,同时左侧凸轮连杆挡丝机构从最大位移快速地向最小位移移动并将折弯的丝挡在通往排丝槽的通道内。左右两部分的拨丝机构依次间歇往复运转,成型的丝排从排丝槽中经整理密实排出槽外。



1—沟槽凸轮;2—小齿轮轴;3—机架;4—小齿轮;5—大齿轮轴;6—大齿轮;7—连杆挡丝机构;8—拨丝机构;9—连接板;10—排丝槽

Fig. 1 Structural diagram of wire bending machinery

### 1.2 折弯机构连杆速度的确定

根据公式

$$v_{\text{进给}} = \frac{l}{t} = \frac{M}{t_{\text{总}} \rho \pi (d/2)^2}$$

式中,  $M$  为年生产量,按 300t 计;  $t_{\text{总}}$  为年工作时间,按 300d

计;  $\rho$  为药芯钢丝的密度,取  $7.8\text{g/cm}^3$ ;  $d$  为药芯钢丝直径,  $3\text{mm}$ ;  $l$  为每天需折弯药芯钢丝的长度。

计算可得:  $v_{\text{进给}}=0.336\text{m/s}$ 。

设丝排的节高为  $200\text{mm}$ ,一个折弯周期内左右两部分拨丝杆各回转一次,并假定拨丝杆的运转周期为  $T$ ,则在  $T/2$  的时间内丝被折弯的长度为  $L=200\text{mm}$ 。由  $v_{\text{进给}}=0.336\text{m/s}$  可求得周期  $T$  为

$$T = \frac{2L}{v_{\text{进给}}} = \frac{2 \times 200 \times 10^{-3}}{0.336} = 1.19\text{s} \quad (1)$$

则连杆回转一次所需时间为

$$t = T/2 = 0.595\text{s} \quad (2)$$

为了提高弯丝机的工作效率,可以通过凸轮轮廓曲线参数的设定(图 2),将拨丝杆的运动规律设定为慢进快退。

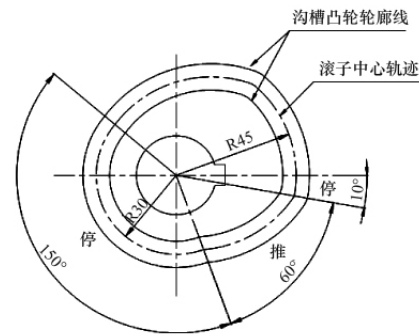


图 2 凸轮轮廓曲线

Fig. 2 Contour lines of the cam

在弯丝时,拨丝杆从初始位置转动到最大位置时所需时间为  $t_1=2t/3=0.3967\text{s}$ ,在空回程时所需时间为  $t_2=t/3=0.1983\text{s}$ 。由于凸轮在转动过程中是匀速的圆周运动,则连杆机构在推程时的平均速度为

$$v_{\text{推}} = \frac{h}{\frac{\alpha_{\text{推}} t_1}{\alpha_{\text{总}}}} = \frac{15}{\frac{60}{220} \times 0.3967} = 138.64\text{mm/s} \quad (3)$$

回程时的平均速度为

$$v_{\text{回}} = \frac{h}{\frac{\alpha_{\text{推}} t_2}{\alpha_{\text{总}}}} = \frac{15}{\frac{60}{220} \times 0.1983} = 277.28\text{mm/s} \quad (4)$$

式中,  $h$  为送丝轮到折弯中心的距离;  $t_1$ ,  $t_2$  分别为拨丝杆从初始位置转动到最大位置时所需时间和空回程时所需时间;  $\alpha_{\text{推}}$  为凸轮的推程角;  $\alpha_{\text{总}}$  为凸轮的总工作角度。

## 2 折弯机构在 Adams 中的仿真分析

### 2.1 弯丝机导入及约束定义

在 SolidWorks<sup>[3]</sup>中建立三维模型,导入 Adams<sup>[4-5]</sup>环境后的模型如图 3 所示。

对图 3 中的弯丝机机构施加相应的运动副约束和运动约束,同时添加弯丝机驱动约束,驱动约束可以用 Adams 提供的 step 函数控制。另外,对左右两部分机架沿排丝槽在  $x$  方向(水平方向)上的运动也是用阶跃函数来控制的。控制拨

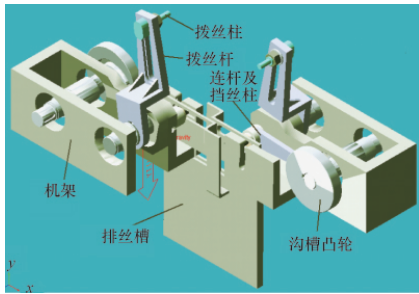


图3 导入 Adams 后的弯丝机模型  
Fig. 3 Model of WBM based on Adams

丝杆转动的阶跃函数和控制机架移动的阶跃函数分别表示如下。

1) 控制拨丝杆转动的阶跃函数为  $\text{step}=-1*99d*(\text{step}(\text{time}, 0, 0, 1.65, 1)+\text{step}(\text{time}, 6.65, 0, 9.95, -1)+\text{step}(\text{time}, 10, 0, 11.65, 1)+\text{step}(\text{time}, 16.65, 0, 19.55, -1)+\text{step}(\text{time}, 20, 0, 21.65, 1)+\text{step}(\text{time}, 23.5, 0, 26.8, -1)+\text{step}(\text{time}, 27, 0, 28.65, 1))$ 。

2) 控制机架移动的阶跃函数为  $\text{step}=30*(\text{step}(\text{time}, 22, 0, 23, 1))$ 。

### 2.2 折弯机构在 Adams 中的仿真分析

图4和图5为左右拨丝杆角位移曲线和拨丝柱在  $x, z$  方向的位移。拨丝杆从  $0^\circ$  转至  $100^\circ$  所需时间约为从  $100^\circ$  转至  $0^\circ$  所需时间的2倍,即在拨丝杆拨丝折弯的过程中是“慢进”的,而将丝折到最大角位移处回转过程是“快退”的,这与弯丝机设定的工作过程相符。

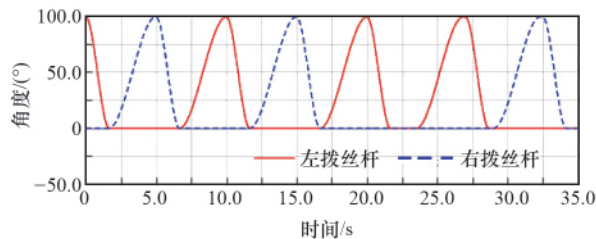


图4 左右拨丝杆角位移曲线  
Fig. 4 Angular displacement curve of left and right pull poles

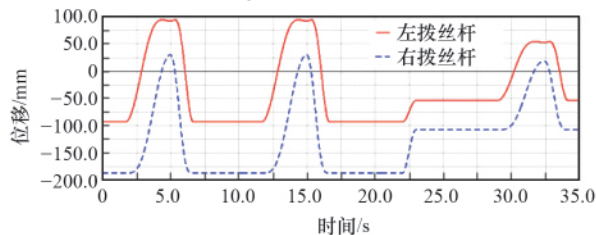


图5 拨丝柱在  $x, z$  方向的位移  
Fig. 5 Displacement of pull pole in the directions of  $x$  and  $z$

通过仿真,得出凸轮连杆机构连杆的位移和速度曲线,如图6和图7所示。由速度曲线(图7)可以发现,连杆的推程

速度大小为  $v'_推=140\text{mm/s}$ ,与理论设计值( $v_{推}=138.64\text{mm/s}$ )的相对误差为 0.981%;回程时的速度为  $v'_回=285\text{mm/s}$ ,与理论设计值( $v_{回}=277.28\text{mm/s}$ )的相对误差为 2.784%,可见连杆的运动速度与设计结果基本上吻合。

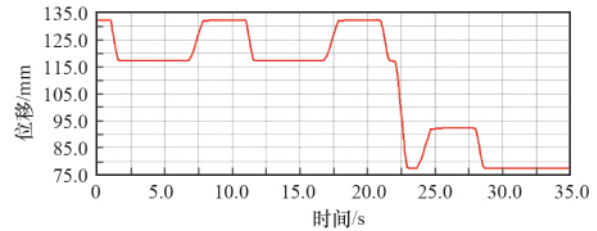


图6 连杆位移曲线  
Fig. 6 Displacement curve of the connecting rod

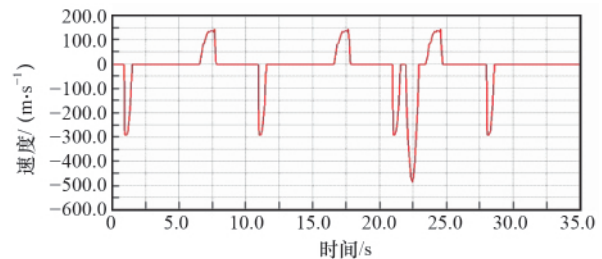


图7 连杆速度曲线  
Fig. 7 Velocity curve of the connecting rod

### 3 结论

文章利用 Adams/View 模块,将三维模型文件成功导入 Adams 软件,建立了弯丝机折弯机构的虚拟样机模型,对弯丝机虚拟样机的折弯机构进行仿真分析,得出了拨丝杆在不同方向上的位移曲线以及连杆的位移和速度曲线,验证了弯丝机机构设计的合理性。

然而,拨丝杆和挡丝杆的运动是相互独立的,即挡丝杆需“等待”拨丝杆运动完一个周期后才开始运动,造成一定的时间浪费。一种更理想的设计方法是当拨丝杆还未停止时挡丝杆就开始运动,从而消除“等待”现象,提高效率,这正是下一步的工作方向。

### 参考文献 (References)

[1] 沈一凛. 数控弯丝机线材成型软件设计 [D]. 厦门: 厦门大学物理与机电工程学院, 2009: 9-14.  
Shen Yilin. The design of wire forming software about CNC bending machine [D]. Xiamen: School of Physics and Mechanical & Electrical Engineering, Xiamen University, 2009: 9-14.

[2] 谢卫. 控制电机[M]. 北京: 中国电力出版社, 2008: 94-111.  
Xie Wei. Electrical machines for control [M]. Beijing: China Electrical Power Press, 2008: 94-111.

[3] 胡仁喜, 郭军, 许艳君, 等. Solidworks 2005 机械设计及实例解析[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.  
Hu Renxi, Guo Jun, Xu Yanjun, et al. Mechanical designing and instance resolution of Solidworks 2005[M]. Beijing: China Machine Press, 2005.



- [4] 王国强, 张进平, 马若丁. 虚拟样机技术及其在 Admas 上的实现[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 2002: 46-133.  
Wang Guoqiang, Zhang Jinping, Ma Ruoding. Virtual prototyping technology and its realization in ADMAS [M]. Xi'an: Northwestern Polytechnical University Press, 2002: 46-133.
- [5] 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: 21-75, 84-86.  
Chen Liping, Zhang Yunqing, Ren Weiqun, *et al.* Analysis of dynamics of mechanical system and application tutorial of Admas [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2005: 21-75, 84-86.
- [6] 哈尔滨工业大学理论力学教研室. 理论力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.  
Staff room of theoretical mechanics, Harbin Institute of Technology.
- Theoretical mechanics[M]. Beijing: Higher Education Press, 2000.
- [7] 熊光楞, 李伯虎, 柴旭东. 虚拟样机技术 [J]. 系统仿真学报, 2001, 13(1): 114-117.  
Xiong Guangleng, Li Bohu, Chai Xudong. *Journal of System Simulation*, 2001, 13(1): 114-117.
- [8] 姜士湖, 闫相桢. 虚拟样机技术及其在国内的应用前景[J]. 机械, 2003, 30(2): 4-6.  
Jiang Shihu, Yan Xiangzhen. *Machinery*, 2003, 30(2): 4-6.
- [9] 刘小平, 郑建荣, 朱治国, 等. Solidworks 与 Admas/View 之间的图形数据交换研究[J]. 机械工程师, 2003(12): 26-28.  
Liu Xiaoping, Zheng Jianrong, Zhu Zhiguo, *et al.* *Mechanical Engineer*, 2003(12): 26-28.

(责任编辑 代丽)



## 欢迎订阅 《中国学术期刊文摘》

《中国学术期刊文摘》致力于全面、快速地向广大科技工作者交流和传播中国科学技术各领域的原创性学术成果。《中国学术期刊文摘(中文版)》遴选中国近600种高水平科技期刊为文摘收录源期刊,每期收录学术论文文摘和中国科协系统学术会议论文题录共4000余条;是科研单位、高等院校、图书馆以及广大科技工作者了解中国科技研究成果、学术研究动向的重要参考工具书。《中国学术期刊文摘(中文版)》为半月刊,2011年定价为45元/册,邮发代号:82-707。

《中国学术期刊文摘(英文版)》遴选近400种中国高水平科技期刊作为收录源期刊,是海外科技工作者了解中国科技发展动态、最新科研成果的重要窗口。《中国学术期刊文摘(英文版)》为月刊,2010年定价为30元/册,邮发代号:80-487。

中国科协所属全国学会个人会员订刊享受8折优惠。

