

基于 ADAMS 的推烟机构推手中曲柄滑块机构的动态研究

田晓鸿

(西安航空职业技术学院, 西安 710089)

摘要: **目的** 研究在理论条件下,推烟机构推手装置中曲柄滑块机构的动态运动情况。**方法** 借助动力学分析软件 ADAMS 对曲柄滑块机构进行研究,分析其运动学曲线和动力学曲线。**结果** 直观形象地仿真出了曲柄滑块的运动情况。**结论** 通过对相同速度下推手中曲柄滑块的研究,获得了其位移、速度、加速度的曲线图,并研究了当曲柄受到临界载荷 $F=80\text{ kN}$ 的阻力时,其驱动力矩的大小和方向的变化情况,最终获知当阻力改变方向时驱动力矩恰为 0。

关键词: ADAMS; 曲柄滑块机构; 动态分析

中图分类号: TB486⁺.01

文献标识码: A

文章编号: 1001-3563(2014)05-0046-04

Dynamics Study on the Slider-crank Mechanism in Smoke Pusher Hand Based on ADAMS

TIAN Xiao-hong

(Xi'an Aeronautical Polytechnic Institute, Xi'an 710089, China)

ABSTRACT: **Objective** To study dynamic movement of the slider-crank mechanism in the driver equipment of push smoke mechanism under theoretical conditions. **Methods** With the help of the dynamics software ADAMS, the motion curve and dynamic curve were obtained for the slider-crank mechanism. **Results** Using this method, intuitive simulation of the movement of the driving force mechanism was achieved. **Conclusion** Through studying the crank slider in the push hand at the same speed, curves of displacement, velocity and acceleration were obtained, and the size of the drive moment and the change of direction were studied when the sliding block suffered from the resistance from an exercise load of $F=80\text{ kN}$, and finally it was found that the driving moment was $0\text{ N}\cdot\text{mm}$ when the resistance direction changed.

KEY WORDS: ADAMS; slider-crank mechanism; dynamic analysis

近年来国内香烟包装机自引进国外香烟包装机后,其包装速度、传送速度都有了显著提高。就目前而言,对于超快速度(每分钟传送 500 包以上)香烟包装机^[1]的理论和方法等方面的研究不多,其直接的负面影响表现在香烟包装推送过程中的振动影响突出。尽管已有许多研究人员采用有限元分析软件对推手机构进行了静态的研究^[1-2],但对推手机构中重要的部件曲柄滑块的动态研究还不多见。

基于上述原因,文中对实现香烟前后往复推送的曲柄滑块机构进行分析^[3],并对机构的建模和运动仿

真进行了研究,获得其运动曲线。曲柄滑块机构作为直接与推手连接的部件,其运动情况直接影响推手的运动情况,尤其是当推手的推送速度较高时,其振动对整个推手产生较大的冲击,因此必须对其进行动力学研究。

1 曲柄滑块机构的运动学和动力学方程的建立

之前的研究中已对曲柄滑块的运动学进行了建模,获得其各点间位移、速度、加速度的关系式。曲柄

滑块机构 AKN 的分析简图见图 1, 已知杆 9 的长度 l_9 , 杆 8 的长度 l_8 , 以及杆 8、杆 9 的初始角度 α_8, α_9 , 可以获得杆 8 的角速度, 以及滑块的速度方程为:

$$\dot{\alpha}_8 = \frac{-\dot{y}_K}{l_8 \cos \alpha_8} \quad (1)$$

$$\begin{cases} \dot{x}_N = \dot{x}_K - l_8 \dot{\alpha}_8 \sin \alpha_8 \\ \dot{y}_N = 0 \end{cases} \quad (2)$$

同理可以获得杆 8 的角加速度, 以及滑块的加速度方程为:

$$\ddot{\alpha}_8 = \frac{-\ddot{y}_K + l_8 \dot{\alpha}_8^2 \sin \alpha_8}{l_8 \cos \alpha_8} \quad (3)$$

$$\begin{cases} \ddot{x}_N = \ddot{x}_K - l_8 (\ddot{\alpha}_8 \sin \alpha_8 + \dot{\alpha}_8^2 \cos \alpha_8) \\ \ddot{y}_N = 0 \end{cases} \quad (4)$$

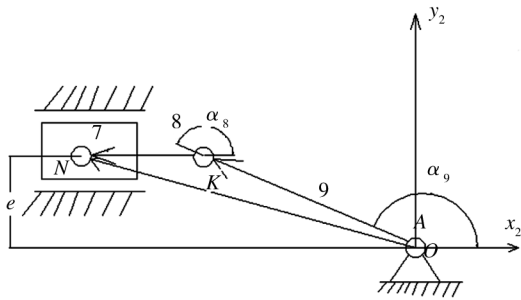


图 1 曲柄滑块机构的分析

Fig. 1 The analysis diagram of slider-crank mechanism

假设曲柄滑块机构采用链条传动, 已知常量为 $m_9, m_8, m_{10}, J_{24}, \phi_1$ (滑块和滑道间的摩擦角), r (链轮节圆半径), α_1, α_{II} (链条传动作用力角度)。受力分析见图 2, 建立式(5)——(13)的动力学方程^[5]。

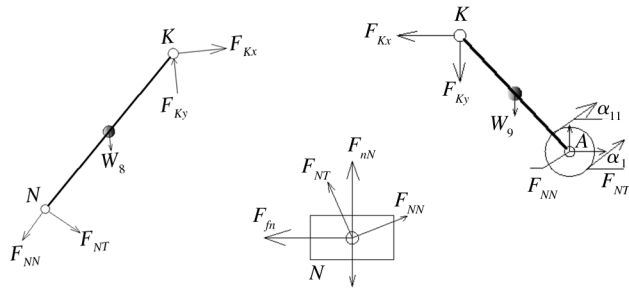


图 2 曲柄滑块机构的受力分析

Fig. 2 The stress curve of slider-crank mechanism

建立曲柄 AK 的动力学平衡方程为:

$$\sum F_x = F_{Ax} - F_{Kx} + F_p \cos \alpha - m_9 \ddot{x}_9 = 0 \quad (5)$$

$$\sum F_y = F_{Ay} - F_{Ky} + F_p \sin \alpha - W_8 - m_9 \ddot{y}_9 = 0 \quad (6)$$

$$\sum M_A = F_p r - F_{Ky} x_k + F_{Kx} y_k - W_9 x_9 = 0 \quad (7)$$

式中: α 为链条传动作用力角度, ($^\circ$)。

建立连杆 KN 的动力学平衡方程为:

$$\sum F_x = F_{Ax} + F_{NN} \cos \alpha_8 + F_{NT} \cos(\alpha_8 + \pi/2) - m_8 \ddot{x}_8 = 0 \quad (8)$$

$$\sum F_y = F_{Ay} + F_{NN} \sin \alpha_8 + F_{NT} \sin(\alpha_8 + \pi/2) - W_8 - m_8 \ddot{y}_8 = 0 \quad (9)$$

$$\sum M_K = F_{NT} L_8 - (W_8 + m_8 \ddot{y}_k)(x_9 - x_k) + m_8 \ddot{x}_k(y_9 - y_k) = 0 \quad (10)$$

总的动力学平衡方程式为:

$$\sum F_x = -F_{fN} + F_{NN} \cos(\alpha_8 - \pi) + F_{NT} \cos(\alpha_8 - \pi/2) - m_{10} \ddot{x}_N = 0 \quad (11)$$

$$\sum F_y = F_{NN} + F_{NN} \sin(\alpha_8 - \pi) + F_{NT} \sin(\alpha_8 - \pi/2) - W_9 = 0 \quad (12)$$

$$F_{fN} = F_{NN} \tan \phi_N \quad (13)$$

式中: ϕ_N 为滑块和滑道间的摩擦角。

2 推烟机构中曲柄滑块的建模及运动学仿真

此曲柄滑块机构中曲柄长度 $l_{AK} = 82$ mm, 曲柄偏置 $e = 120$ mm, 曲柄以 $\omega = 400$ r/min 的速度顺时针匀速转动, 连杆长度 $l_{NK} = 212$ mm, 滑块底面直径为 72 mm, 长为 185 mm。根据以上参数建立推手中曲柄滑块的 ADAMS 模型 (见图 3), 并对滑块的位移、速度和加速度进行研究, 比较其对应关系。具体操作如下所述。

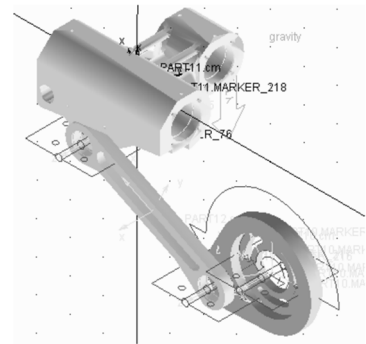


图 3 偏置曲柄滑块机构模型

Fig. 3 The mechanism model of offset slider-crank

1) 在建模软件 PROE 中, 选择界面文件中保存

副本为.X_T格式储存,然后在动力学软件ADAMS中选择file下的import选项,在file to read栏右击鼠标选择browse,将刚才存得*.X_T文件导入^[6]。

2) 在后面的栏中右键鼠标,选择model-guesses,在后选择之前创建的ADAMS文件名^[6],所建立模型的位置中心与之前建模时的中心相同。

3) 添加正确的转动副、移动副、驱动,建立如图3所示的模型。

3 运动学仿真结果

通过对曲柄滑块机构进行位移、轨迹、姿态的分析^[7-8],可以判断机构在运动过程中是否发生碰撞、干涉以及构件正确运动所需的空間。文中以每分钟传送800包香烟的烟机为例,即主轴每分钟转动400转,设置动力源参数,让曲柄转动2圈(即:使其在2个周期内运动。),从而确定滑块的运动情况。进而点击滑块,单击右键,点选measure,获得滑块的位置、速度、加速度曲线,见图4。

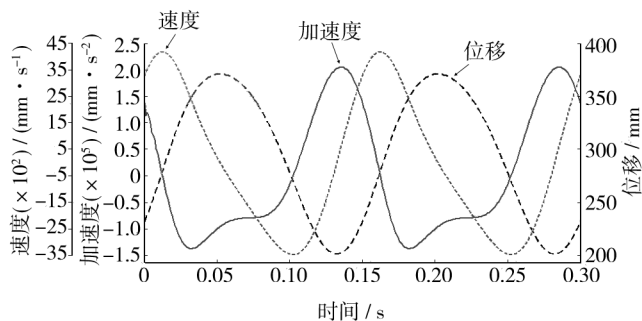


图4 滑块位移、速度和加速度对应曲线

Fig.4 Curves of slider displacement, velocity and acceleration

从图4中可以看出,每分钟传送800包香烟时,滑块处的位移和速度在推送行程和返回行程中的速度不同。这是因为在传动的过程中为了保证香烟不被损坏,在推送行程中速度要尽可能平缓,而在返回行程中要求速度较快,达到每分钟需要传送香烟的数量。从图4中同样可以看出,加速度在运动过程中有一些波动,当位移最大、速度为0时,此时加速度达了反向的最大值,而曲柄滑块是与推手直接连接的部件,加速度的急剧变化可能会造成香烟的破坏。由此,要严格控制滑块加速度所产生的冲击对烟支产生的破坏。

4 曲柄滑块的动力学仿真^[9-12]

将三维模型成功导入动力学分析软件ADAMS后,添加完所有的约束和驱动。以每分钟传送800包香烟为例,用鼠标右键单击驱动MOTION-1,然后在其下拉菜单中选择Modify,出现对话框后,在对运动过程函数设置时,由于每分钟传送800包香烟,即主轴的转速为 $\omega=400$ r/min,其1 s可以转 6.7° ,所以有Function(time)中设置为: 360×6.7 d,类型中选择速度函数。然后可对机构进行运动学仿真,选择Simulation>ScriptedControls,并在随后的对话框中输入Kinematic,单击OK按钮。运行完成后,进入PostProcessor程序,在图形绘制区的Source栏中选择Objects,在Filter栏中选择body,在有力的作用下,获得曲柄滑块的驱动力矩和阻力矩图^[13-15]。

由推手的功率计算可知滑块传给推手的力不能小于80 kN。假设曲柄滑块在运动过程中无能量损耗,当给滑块施加一个载荷为 $F=80$ kN的力,并添加正确的约束和驱动后,获得驱动力矩测量曲线及阻力曲线见图5。

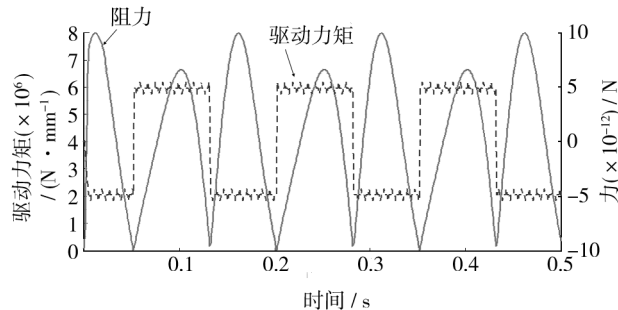


图5 驱动力矩和阻力曲线测量曲线

Fig.5 Measurement curves of driving moment and resistance

由驱动力矩测量曲线可看出在运动过程中,当滑块受到载荷 $F=80$ kN的阻力时,驱动力矩的大小和方向随着时间的变化均发生改变,驱动力矩上升的斜率大于下降的斜率,而阻力曲线基本处于一个矩形波的变化。由图5也可获知当驱动力矩的值为0时正是阻力改变方向的时刻。

5 结语

文中借助ADAMS软件分析推烟机构推手中曲柄

滑块机构的运动,应用此方法,可以直观形象地仿真出曲柄滑块的运动情况。通过对相同速度下推手中曲柄滑块的研究,获知其位移、速度、加速度的曲线图,并研究当曲柄受到临界载荷 $F=80\text{ kN}$ 的阻力时,其驱动力矩的大小和方向的变化情况,最终获知当阻力改变方向时驱动力矩恰为0。

参考文献:

- [1] 黄德良,龚美华,徐峰. FOCKE 800 超高速硬盒包装机技术分析[C]//中国烟草学会 2010 年学术年会论文集, 2010:1—4.
HUANG De-liang, GONG Mei-hua, XU Feng. Analysis of Ultra-high-speed FOCKE 800 Hard Box Packing Machine Technical[C]//Chinese Tobacco Learn Academic Essays, 2010:1—4.
- [2] 洪波. 包装机械的概念设计方案评选方法的研究[J]. 包装工程, 2010, 31(6):80—83.
HONG Bo. Research on Design Scheme Selection Method of Packaging Machinery[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(6):80—83.
- [3] 田晓鸿,李龙,曹巨江. 推烟包装机推手装置的解析法设计[J]. 包装工程, 2011, 32(17):76—79.
TIAN Xiao-hong, LI Long, CAO Ju-jiang. Analytic and Design of the Pusher Device in Packaging Machine[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(17):76—79.
- [4] 闵珂. 现代包装设计的方法研究[J]. 包装工程, 2010, 31(9):128—132.
MIN Ke. Study on the Method of Modern Packaging Design [J]. Packaging Engineering, 2010, 31(9):128—132.
- [5] 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研究[J]. 科学技术与工程, 2010(32):8042—8045.
WANG Ying, ZHANG Wei-qiang. Kinematics and Dynamics of Offset Slider-crank Mechanism Simulation Based on ADAMS[J]. Science, Technology and Engineering, 2010(32):8042—8045.
- [6] CAO Ju-jiang, TIAN Xiao-hong, LI Long. Analysis of the Simulation Movement in Cigarette Packaging Machine Push-er Device[J]. Advanced Manufacturing Technology, 2011, 314/316:801—804.
- [7] 黄德良,任子文,史志芳. 实现有速度要求轨迹的凸轮连杆组合机构设计[J]. 机械设计与研究, 2007, 23(4):32—34.
HUANG De-liang, REN Zi-wen, SHI Zhi-fang. Design on the Implementation Requires Speed Trajectory Cam-link Combination Mechanism [J]. Journal of Mechanical Design and Research, 2007, 23(4):32—34.
- [8] 刘俊. 曲柄滑块机构动力学研究[J]. 上海电机学院学报, 2006, 9(4):24—28.
LIU Jun. Dynamics Research on Slider-crank Mechanism [J]. Journal of Shanghai Institute of Motor Learning, 2006, 9(4):24—28.
- [9] 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.
- [10] MROSOWSKI Olaf. New Wire Binding Machine with Welded Closure[J]. Metallurgical Plant and Technology International, 1991, 14(1):1.
- [11] 陈文华,贺青川,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]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2009.
- [12] 徐芳,周志刚. 基于ADAMS的凸轮机构设计及运动仿真分析[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.
- [13] YUAN Wei-qi, ZHANG Yu. Automatic Cash-binding Machine Register System for Paper Currency Numbers[J]. The International Society for Optical Engineering, 2005, 5671:221—227.
- [14] Fineprint. 卷烟包装设备发展趋势[EB/OL]. http://www.tobacco.gov.cn/history_filesystem/newspic2002/baozhuang-1.pdf.
- [15] CAO Ju-jiang, LI Yan, JI Zhi-nan. Study on the Induced Curvature and Strength Design of the Globoidal Cam Mechanism [J]. Advanced Manufacturing Technology, 2009, 33(1):22—24.