

仪表技术

基于 ADAMS 的偏置曲柄滑块机构的运动学及动力学仿真研究

王颖 张维强*

(南京农业大学工学院, 南京 210031)

摘要 介绍了 ADAMS 在偏置曲柄滑块机构运动学及动力学分析中的应用。通过对偏置曲柄滑块进行仿真和分析, 得到其运动曲线和动力学曲线。该方法的仿真形象直观, 测量方便, 在机械系统运动学及动力学特性分析中具有一定的应用价值。

关键词 ADAMS 偏置曲柄滑块 仿真 运动学 动力学

中图分类号 TH112.1;

文献标志码 A

ADAMS 软件的仿真可用于预测机械系统的性能、运动范围、碰撞检测、峰值载荷以及计算有限元的输入载荷等。ADAMS 是虚拟样机分析的应用软件, 用户可以运用该软件非常方便地对虚拟机械系统进行静力学、运动学和动力学分析^[1]。该方法较手工计算或作图法效率高, 精确应用广泛^[2]。现主要研究 ADAMS/View 对机构的建模分析, 从而得到偏置曲柄滑块机构的运动学曲线和动力学曲线。

1 ADAMS 仿真基本流程

ADAMS 样机仿真的基本流程首先是对机构进行建模, 通过对模型定义参数, 添加约束并对其施加力和驱动, 从而建立测量, 对机构进行仿真, 最后处理分析结果并得出结论。

2 ADAMS 多刚体动力学方程

ADAMS 中机械系统分析理论的核心是多体系统动力学。研究机械系统的动力学需要建立非线性

运动方程、能量表达式、运动学表达式以及其他一些相关量的公式。ADAMS 根据机械系统模型, 会自动建立系统的拉格朗日运动方程, 对于每个刚体列出 6 个广义坐标带乘子的拉格朗日方程及相应的约束方程^[3]:

$$\begin{cases} \dot{x} - v_x = 0 \\ \dot{y} - v_y = 0 \\ \dot{z} - v_z = 0 \\ \dot{\psi} - \omega_{\psi} = 0 \\ \dot{\theta} - \omega_{\theta} = 0 \\ \dot{\phi} - \omega_{\phi} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

此外还有约束代数方程、外力定义方程和自定义的代数微分方程。

$$\left. \begin{aligned} \text{系统约束方程} \quad \varphi(\dot{q}, q, t) &= 0 \\ \text{系统外力方程} \quad F(\dot{u}, u, q, f, t) &= 0 \\ \text{自定义微分方程} \quad \text{diff}(\dot{u}, u, q, f, t) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

式中: q 为笛卡儿广义坐标; u 为广义坐标的微分; f 为外力或约束; t 为时间。

令 $y = [q, u]^T$ 为状态矢量, 于是系统方程可写为

$$G(y, \dot{y}, t) = 0 \quad (3)$$

2010年7月5日收到, 9月7日修改

第一作者简介: 王颖(1985—), 河北保定人, 在读硕士研究生, 研究方向: 机械优化设计理论。E-mail: wzhwangying@yahoo.com.cn。

* 通讯作者简介: 张维强, 南京农业大学工学院。

3 偏置曲柄滑块机构

偏置曲柄滑块机构是一种常用的机械结构,它是将曲柄的转动转化为滑块在直线上的往复运动。机构简图如图 1。

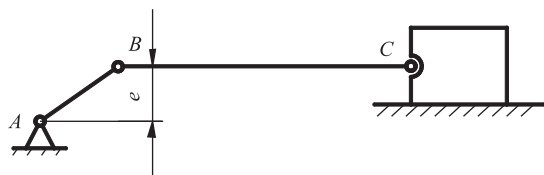


图 1 偏置曲柄滑块机构

4 偏置曲柄滑块的运动学仿真

ADAMS 是基于空间几何模型而由计算机自动建立数学模型来求解的。因此在 ADAMS 中只需建立空间几何模型。

现举例说明:在偏置曲柄滑块当中,曲柄长度 $l_{AB} = 100 \text{ mm}$ 且曲柄以 $\omega = 3\ 600 \text{ r/min}$ 的速度逆时针匀速转动,连杆长度 $l_{BC} = 300 \text{ mm}$, l_{AB} 和 l_{BC} 的截面尺寸为 $10 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}$,滑块长为 100 mm ,底面直径为 80 mm ,偏心距 e 为 60 mm 。所有构件的材料均为铸钢:密度 $\rho = 7\ 800 \text{ kg/m}^3$,弹性模量 $E = 2.02 \times 10^5 \text{ MPa}$,泊松比 $\mu = 0.3$ ^[4],以此来研究滑块的位移、

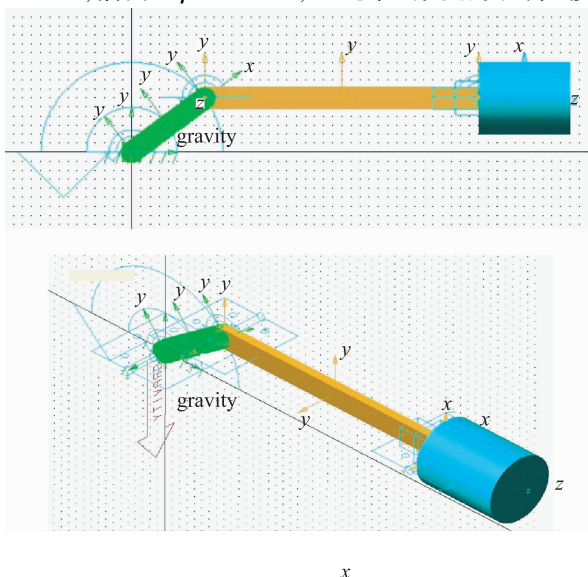


图 2 偏置曲柄滑块机构模型

速度和加速度的对应关系以及当滑块在运动过程中受有载荷 $F = 50 \text{ kN}$ 阻力时曲柄所需要的驱动力矩。

根据给定的偏置曲柄滑块机构的参数可以建立 ADAMS 模型(图 2),在建模的过程当中要添加正确的运动约束及驱动。

5 运动学仿真结果

定义仿真分析停止的绝对时间为 0.05 s ,在整个分析过程中总共输出的步数为 30,执行仿真命令。在 ADAMS 中利用测量方式,可以完成滑块的位移曲线(图 3),速度曲线(图 4)和加速度曲线(图 5)的绘制以及滑块位移、速度和加速度对应的曲线(图 6)。

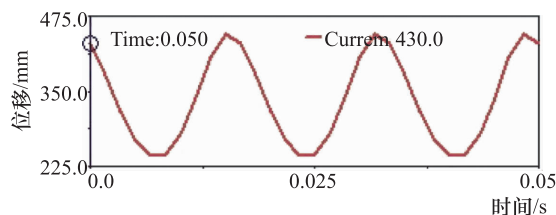


图 3 滑块位移曲线

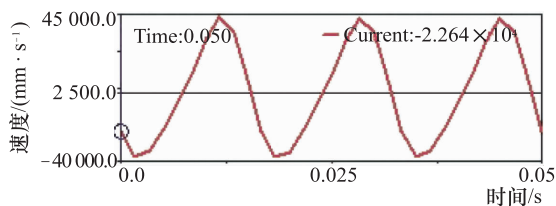


图 4 滑块速度曲线

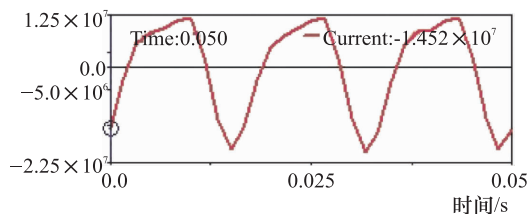


图 5 滑块加速度曲线

由滑块速度曲线可以看出,滑块速度上升的斜率小于速度下降的斜率,正好对应于加速度曲线当中的加速度的变化,由此可知当曲柄匀速转动的时候,滑块来回运动的速度,加速度均不同,表明偏置曲柄滑块机构的急回特性。

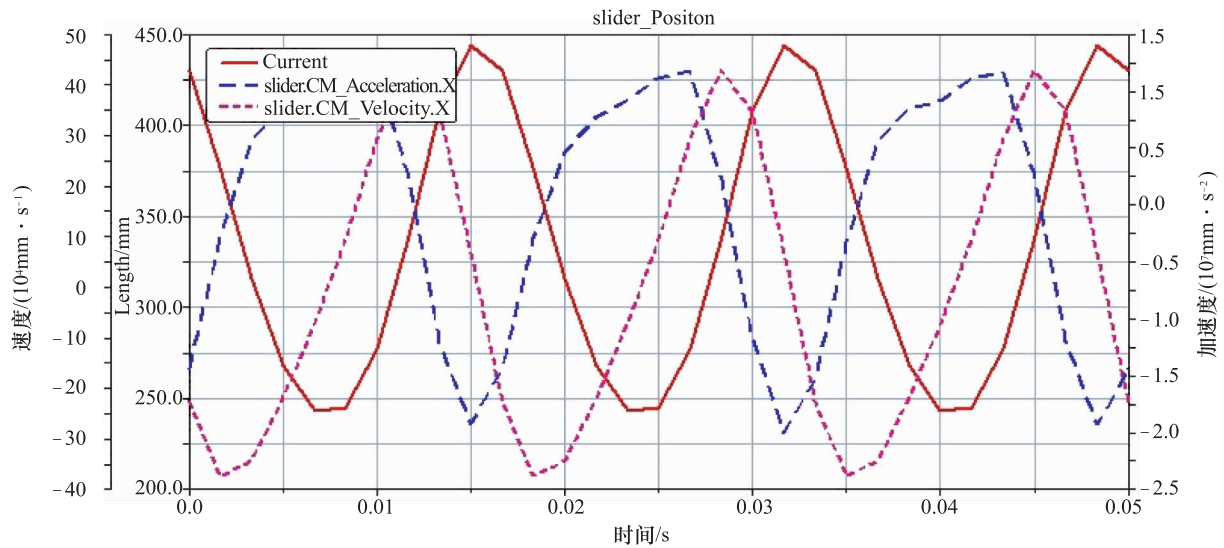


图6 滑块位移、速度和加速度对应曲线

由滑块位移、速度和加速度对应曲线很容易得出这样的结论:位移达到峰值的时候,加速度也到达了反向的峰值,这时候速度刚好为零。

由此可见 ADAMS 仿真形象直观,建立测量方便,并具有功能强大的数据后处理模块。

6 偏置曲柄滑块的动力学仿真

我们定义滑块在运动过程中受有载荷 $F = 50 \text{ kN}$ 的阻力,分析曲柄所需要的驱动力矩。在仿真过程中

设定时间为 0.05 s ,步数为 500 ,可以得到驱动力矩测量曲线(图7)及驱动力矩和阻力曲线(图8)。

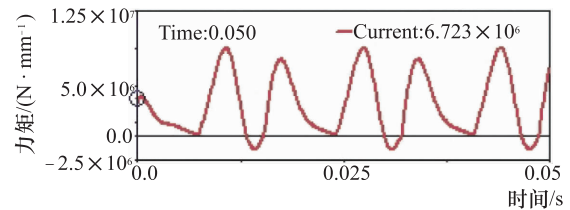


图7 驱动力矩测量曲线

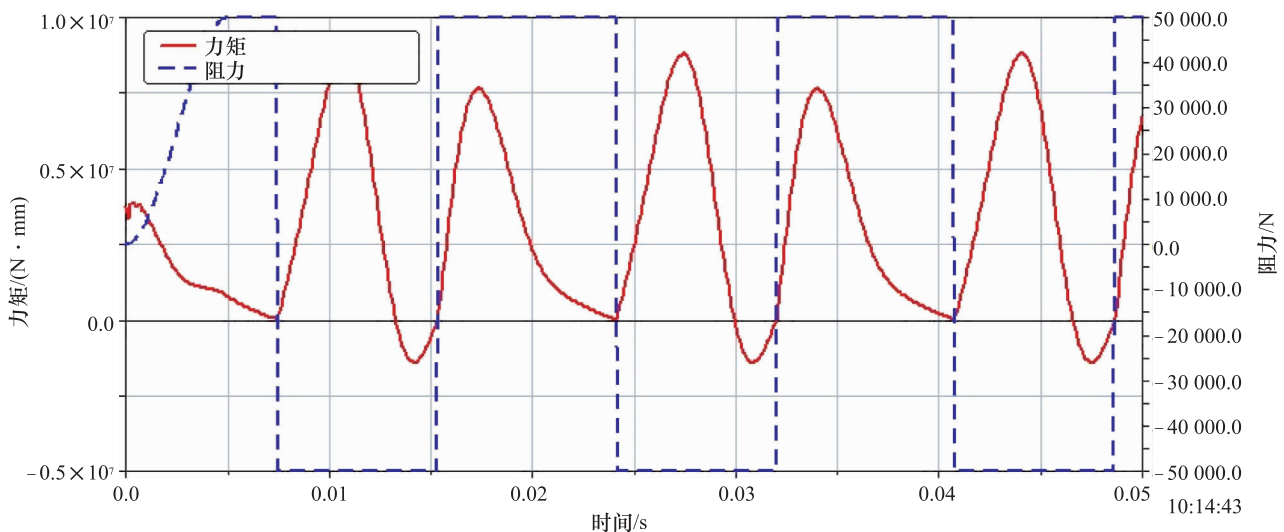


图8 驱动力矩和阻力曲线

由驱动力矩测量曲线可以得知当滑块在运动过程中受有载荷 $F = 50 \text{ kN}$ 的阻力时,驱动力矩的大小和方向随着时间的不同均发生改变,变化趋势如图 7。

由驱动力矩和阻力曲线可以得知阻力改变方向时驱动力矩恰为 $0(\text{N} \cdot \text{mm})$ 。

7 结论

本文采用 ADAMS 对偏置曲柄滑块机构进行建模及运动学和动力学仿真分析,得到偏置曲柄滑块的运动学和动力学特性。该方法也可以用于其他四杆机构、复杂机构的运动学及动力学分析,其优

越性在于把用户从复杂繁琐的数学计算中解放出来,提高求解速度,保证了求解精度。

参 考 文 献

- 1 李增刚. ADAMS 入门详解与实例. 北京:国防工业出版社,2006
- 2 郑建荣. ADAMS——虚拟样机技术入门与提高. 北京:机械工业出版社,2002
- 3 靳岚. 基于 Matlab 的偏置曲柄滑块机构的运动特性仿真研究. 中国制造业信息化,2008;37(23):33—37
- 4 韩致信. 对称与偏置曲柄滑块机构内燃机的动态特性比较. 兰州理工大学学报,2006
- 5 陈文华,贺青川,张旦闻. ADAMS2007 机构设计与分析范例. 北京:机械工业出版社,2009

The Kinematic/Dynamic Simulations in Offset-crank Mechanism Based on ADAMS

WANG Ying,ZHANG Wei-qiang*

(College of Engineering;Nanjing Agricultural University,Nanjing 210031, P. R. China)

[Abstract] The application of ADAMS in kinematics/dynamic analysis of slider-crank mechanism is preselted. The motion and dynamic curves of offset slider-crank by ADAMS/View is obtained. In the method, simulation is authentic, visualized and convenient in measurement. The result shows that the method is efficient and useful in the kinematic and dynamic characteristics analysis of mechanism.

[Key words] ADAMS offset slider-crank mechanism simulation kinematic dynamic