

文章编号: 1004-4353(2017)01-0064-04

基于 ADAMS 的肘杆式机械压力机 仿真优化分析

张亮, 文学洙*

(延边大学工学院 机械工程系, 吉林 延吉 133002)

摘要: 以肘杆式机械压力机为研究对象, 运用 ADAMS 软件建立了该冲压机构的虚拟样机模型. 以该压力机工作过程中最大压力角最小为优化设计目标, 通过确定设计变量、建立目标函数和约束函数对机构模型进行了仿真优化. 优化结果表明, 压力机工作过程中最大压力角较优化前减小了 36.6169° , 优化效果明显, 说明得到了机械效率较高的机构模型.

关键词: 机械压力机; ADAMS 软件; 仿真; 优化

中图分类号: TH133.5

文献标识码: A

Simulation and optimization analysis of elbow-bar mechanical press based on ADAMS

ZHANG Liang, WEN Xuezhong*

(Department of Mechanical Engineering, College of Engineering,
Yanbian University, Yanji 133002, China)

Abstract: Taking the elbow-bar mechanical press as the object of research, we established a virtual prototype model of the punching mechanism by using the ADAMS software. Through the determination of design variables, the establishment of objective function and constraint functions, we put forward an optimization design of getting the minimum of the maximum pressure angle during the working process as the target, and carried out a parametric simulation analysis. The optimization results showed that, the maximum pressure angle of the press was reduced 36.6169° after the optimization, the impact of the optimization was obvious, and also got the mechanism model with higher mechanical efficiency.

Keywords: mechanical press; ADAMS software; simulation; optimization

机械压力机被广泛应用于汽车、电子、军工、航空航天等重要的工业领域, 尤其是近年来随着汽车行业的飞速发展及生产规模化, 压力机已成为汽车生产过程中应用于冲压、拉深、落料等工艺不可缺少的锻压装备. 传统的曲柄压力机由于较低的冲压精度及加工效率, 已经不能很好地满足冲压市场越来越高的生产需求^[1-2]. 肘杆式机械压力机因其滑块公称压力行程较大、下死点附近速

度低、停留时间长、急回特性好、增力效果明显, 有利于提高零件的冲压质量、冲压精度及加工效率^[3-4]而受到学者的关注.

目前, 针对肘杆式机械压力机的优化研究已取得了一些成果, 例如: 莫健华等^[5]以电机最大扭矩为优化目标对机构进行了动力学分析及优化设计; 张晨等^[6]以特定的拉深工艺要求为目标对机构进行了动态仿真及结构优化; K. C. Ham

收稿日期: 2016-12-02

* 通信作者: 文学洙(1963—), 男, 博士, 教授, 研究方向为机构学与机械动力学.

等^[7]对压力机的传动系统进行了仿真和优化. 本文以压力机工作过程中最大压力角最小为优化目标,利用 ADAMS 软件建立了机构的虚拟样机模型,并对机构进行参数化仿真分析及优化计算,以此优化压力机的传动机构,提高机构模型的机械效率.

1 机构参数化建模

肘杆式机械压力机的机构运动简图如图 1 所示. 建模时,首先在 ADAMS/View 中将机构各杆长 $L1$ 、 $L2$ 、 $L3$ 、 $L4$ 、 $L5$ 、 $L6$ 及传动构件三角连杆中 $L3$ 与 $L5$ 的夹角 $ANGLE2$ 和曲柄初始转角 $ANGLE1$ 分别设置为设计变量,然后以滑块到达下死点时的位置关系为依据,将各设计点的横纵坐标分别用含有各设计变量的关系式来替代,以此达到对各设计点的坐标参数化.

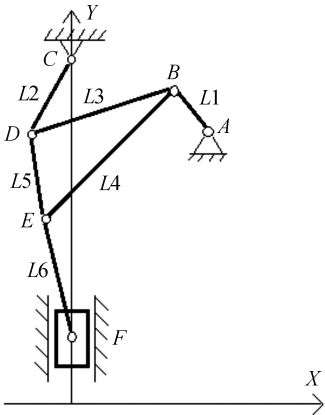


图 1 肘杆式机械压力机的机构简图

利用机构的运动关系参数化各设计点坐标,以此使得机构内部各个构件互相关联,如果其中某个设计变量发生变化,就会影响到各设计点的坐标,使机构整体结构发生变化. 当滑块处于下死点位置时,参数化后的各设计点坐标如下:

A: $((DV_L3 - DV_L1) * \cos(DV_ANGLE2 - 90), DV_L5 + DV_L6 + (DV_L3 - DV_L1) * \sin(DV_ANGLE2 - 90))$,

B: $((DV_L3 - DV_L1) * \cos(DV_ANGLE2 - 90) + DV_L1 * \cos(DV_ANGLE1), DV_L5 + DV_L6 + (DV_L3 - DV_L1) * \sin(DV_ANGLE2 - 90) + DV_L1 * \sin(DV_ANGLE1))$,

C: $(0.0, DV_L2 + DV_L5 + DV_L6)$,

D: $(0.0, DV_L5 + DV_L6)$,

E: $(0.0, DV_L6)$,

F: $(0.0, 0.0)$.

建立参数化虚拟样机模型时,将复杂的机械零件简化为简单的曲柄、连杆等构件可以提高虚拟样机模型的建立效率^[8]. 根据机构运动简图和参数化的各设计点坐标建立压力机的三维模型图,并对构件施加适当的约束及驱动,建立后的机构虚拟样机模型如图 2 所示.

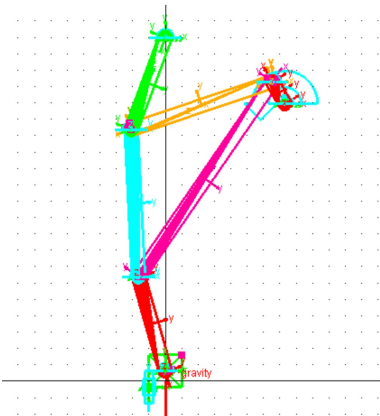


图 2 虚拟样机模型

当滑块运动到下死点位置时,参数化后的机构模型如图 3 所示. 由图 3 可以看出,此时压力机的曲柄 $L1$ 与传动杆 $L3$ 共线,满足建立上述各设计点参数化坐标的运动关系.

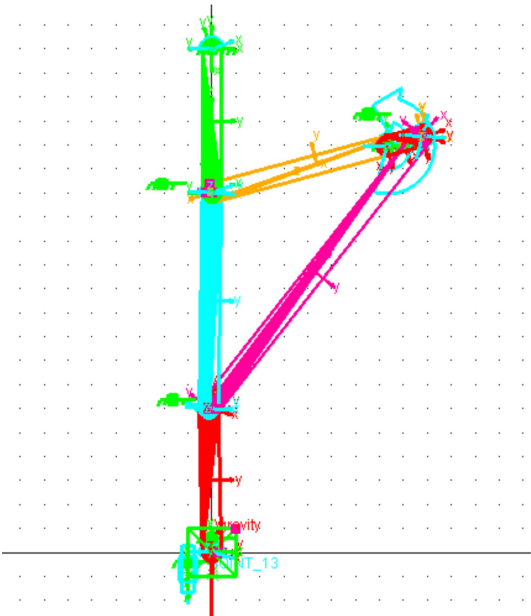


图 3 滑块处于下死点位置时的机构参数化模型

2 仿真优化分析

2.1 建立目标函数

本文是以压力机工作过程中最大压力角最小为优化目标,所以建立优化目标函数如下:

$$F(x) = \min(\alpha_{\max}). \quad (1)$$

创建压力角测量步骤如下:在图 1 中所示的 C、F、E 3 个铰接点处分别建立 MARKER57、58、59. 在 ADAMS/View 中选择 Design Exploration 下的 Measures 选项中的“创建新角度测量”,系统会弹出测量角度的对话框,在对话框中依次选取 MARKER_59、MARKER_58 和 MARKER_57,点击“OK”系统会自动显示仿真过程中压力角的测量曲线,创建压力角测量成功,如图 4 所示.

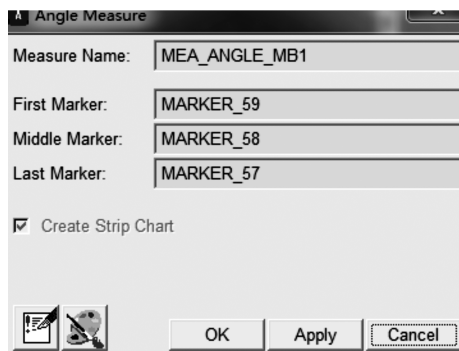


图 4 创建压力角对话框

2.2 建立约束函数

建立约束函数之前先要在 ADAMS/View 中创建机构的测量函数. 由曲柄存在条件及三角杆存在条件可得:

$$L1 + L3 - L2 -$$

$$\sqrt{X_A^2 + (L2 + L5 + L6 - Y_A)^2} \leq 0, \quad (1)$$

$$L1 + L2 - L3 -$$

$$\sqrt{X_A^2 + (L2 + L5 + L6 - Y_A)^2} \leq 0, \quad (2)$$

$$L1 - L2 - L3 +$$

$$\sqrt{X_A^2 + (L2 + L5 + L6 - Y_A)^2} \leq 0, \quad (3)$$

$$L3 - L4 - L5 < 0, \quad (4)$$

$$L4 - L3 - L5 < 0, \quad (5)$$

$$L5 - L3 - L4 < 0. \quad (6)$$

选择 Design Exploration 下的 Measures 选项中的“创建新函数测量”,系统弹出 Function Builder 对话框,在 Create or Modify a Function

Measure 文本框中分别完成以上 6 个测量函数的创建.

创建完机构的测量函数后,选择 Design Exploration 下的 Design Evaluation 选项中的“创建设计约束”,在弹出的 Create Design Constraint 对话框中选择 Definition 为 Measure,并在 Measure 文本框中依次输入之前建立的 6 个测量函数,点击“OK”,建立约束函数成功.

2.3 仿真优化计算

选择 Design Exploration 下的 Design Evaluation 选项中的 Design Evaluation Tools,在弹出的对话框中完成求解器的设置和优化计算的设置,点击“Start”开始对机构模型进行优化计算.

仿真优化计算得出的数据结果如图 5 所示. 由图 5 可以看出:优化前后传动杆中 L2 和 L4 的杆长变化不大,L3、L5、L6 的杆长变化较大,且变化幅度都超过 20%;曲柄的初始转角呈增加趋势,而三角杆 L3 与 L5 的夹角呈减小趋势.

V1)	DV_L1	Units	: mm		
		Initial Value:		77	
		Final Value	:	70 (-9.09%)	
V2)	DV_L2	Units	: mm		
		Initial Value:		300	
		Final Value	:	300.328 (+0.109%)	
V3)	DV_L3	Units	: mm		
		Initial Value:		455	
		Final Value	:	580 (+27.5%)	
V4)	DV_L4	Units	: mm		
		Initial Value:		722	
		Final Value	:	722 (+0%)	
V5)	DV_L5	Units	: mm		
		Initial Value:		450	
		Final Value	:	360 (-20%)	
V6)	DV_L6	Units	: mm		
		Initial Value:		300	
		Final Value	:	370 (+23.3%)	
V7)	DV_ANGLE1	Units	: deg		
		Initial Value:		120	
		Final Value	:	150 (+25%)	
V8)	DV_ANGLE2	Units	: deg		
		Initial Value:		105	
		Final Value	:	88 (-16.2%)	
Iter.	O1	C1	C2	C3	

图 5 优化前后的数据对比

建立优化前后压力角的变化曲线如图 6 所示. 从优化结果可以看出,优化前压力机工作过程中最大压力角为 44.913° ,而优化后压力机工作过程中最大压力角为 8.2965° ,优化后的最大压力角较优化前明显减小.

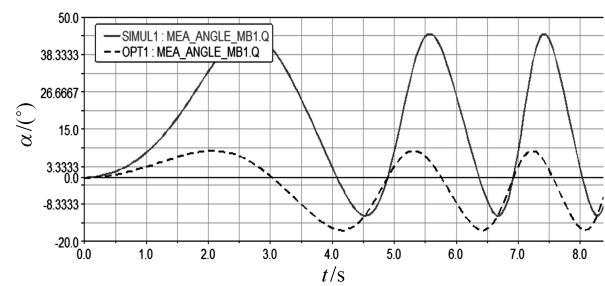


图 6 优化前后的压力角变化曲线

3 结论

本文利用 ADAMS 仿真软件对肘杆式机械压力机的参数化模型进行了仿真优化,结果表明:优化后压力机工作过程中的最大压力角较优化前减小了 36.6169° ,优化效果明显,表明压力机的传力性能获得了显著提升.本文的研究结果对压力机传动机构的参数设计具有一定的参考价值,达到了预期的优化目的.本文在研究中未能对机构中刚性较高的构件进行柔性化处理,所以会对计算结果的精确度有一定的影响,今后将对此做进一步研究,以提高本文方法的优化性能.

参考文献:

[1] 李焯健,孙宇,胡峰峰.多杆高速机械压力机机构优化设计[J].中国机械工程,2015,26(1):31-36.

[2] 赵升吨,邵中魁,盛朝辉.机械压力机工作机构合理性探讨[J].锻压装备与制造技术,2013,48(3):14-18.

[3] 孙昕煜,孙宇,彭斌彬.多连杆压力机优化设计[J].机械制造与自动化,2015,44(2):29-32.

[4] 程永奇,张鹏,魏良模.伺服压力机肘杆机构优化设计[J].机械工程师,2010(5):60-61.

[5] 莫健华,张正斌,吕言,等.三角肘杆式伺服压力机传动机构的仿真与优化[J].锻压装备与制造技术,2011,46(1):21-24.

[6] 张晨,黄健华,闫辉,等.伺服压力机三角连杆式传动机构的仿真与优化[J].锻压装备与制造技术,2013,48(3):28-32.

[7] Ham K C, Jang D H. Kinematical analysis on the several linkage drives for mechanical presses[J]. Journal of Mechanical and Technology, 2009, 23: 512-524.

[8] 徐元.基于 ADAMS 的双曲柄压力机七杆机构的运动仿真及优化设计[J].重庆工商大学学报(自然科学版),2010,27(5):509-512.

—————
(上接第 14 页)

[5] Dehghan M, Hashem B. Solution of the fully fuzzy linear systems using the decomposition procedure[J]. Applied Mathematics and Computation, 2006,182:1568-1580.

[6] Allahviranloo T. Numerical methods for fuzzy system of linear equation[J]. Appl Math, 2005,162:189-196.

[7] Wu Cong-Xin, Ma Ming. Embedding problem of fuzzy number space: part I[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1991, 44:33-38.

[8] Filev D. Fuzzy modeling of complex systems[J]. Int J Approx Reason, 1991,5:281-290.

[9] Buckley J J. Fuzzy complex number[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1989,33:333-345.

[10] Dubois D, Prade H. Operations on fuzzy numbers[J]. International Journal of Systems Science, 1978,9:613-626.

[11] Rahgooy T, Yazdi H S, Monsefi R. Fuzzy complex system of linear equation applied to circuit analysis[J]. Int J Comput Electr Eng, 2009,1:535-541.

[12] Jahantigh M A, Khezerloo S, Khezerloo M. Complex fuzzy linear systems[J]. Int J Indust Math, 2010,2:21-28.

[13] Behera D, Chakraverty S. A new method for solving real and complex fuzzy system of linear equation[J]. Comput Math Model, 2012,23(4):507-518.

[14] Behera D, Chakraverty S. Solving fuzzy complex system of linear equation[J]. Information Sciences, 2014,277: 154-162.

[15] Guo X, Zhang K. Minimal solution of complex fuzzy linear systems[J]. Advances in Fuzzy Systems, 2016,1:1-9.

[16] Zhang K, Guo X. Solving complex fuzzy linear system of equations by using QR-decomposition method[J]. International Journal of Engineering Research and Science, 2016,2:54-63.

[17] Guo X, Zhang K. Solving fuzzy matrix equation of the form $\mathbf{XA}=\mathbf{B}$ [J]. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 2017,32:2771-2778.

[18] 张贤达.矩阵分析与应用[M].北京:清华大学出版社,2004:10-30.