

裹包机中的曲柄-摇杆机构优化设计

陈杰¹, 梁爱锋², 吴淑芳³

(1. 重庆市机械高级技工学校, 重庆 400055; 2. 中国兵器工业第五九研究所, 重庆 400039; 3. 浙江长征职业技术学院, 杭州 310023)

摘要: 针对裹包机中常用的曲柄-摇杆机构, 在已有研究基础上, 运用牛顿-辛普森迭代方法, 得到了曲柄摇杆机构角位移随时间变化以及角速度与角加速度随时间变化的曲线; 最后, 通过角加速度-时间分析得到了该曲柄-摇杆机构的最优结构尺寸。

关键词: 曲柄-摇杆机构; 裹包机; 优化设计

中图分类号: TB486⁺.1; TH112.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)03-0075-02

Optimization Design of Crank-rocker Mechanism of Packaging Machine

CHEN Jie¹, LIANG Ai-feng², WU Shu-fang³

(1. Chongqing City Machinery Senior Technical School, Chongqing 400055, China; 2. No. 59 Research Institute of China Ordnance Industry, Chongqing 400039, China; 3. Zhejiang Changzheng Vocational & Technical College, Hangzhou 310023, China)

Abstract: The crank-rocker mechanism of packaging machine was studied using Newton-Raphson iteration algorithm based on former research. The changing curves of angular displacement, angular velocity, and angular acceleration with time were obtained. The optimized dimension of the crank-rocker mechanism was obtained through analysis of angular acceleration with time.

Key words: crank-rocker mechanism; packaging machine; optimization design

曲柄-摇杆机构具有较高的承载能力, 耐磨损、寿命长、制造方便, 在各类裹包机中普遍应用^[1-2]。文献[1]对给定曲柄与摇杆在外极限位置前后的两对相应角移量条件下, 得到了杆件的长度, 按照文献给出的公式能快速得到所要设计的杆件的杆长。笔者继续研究该曲柄-摇杆机构的运动学性能。运用牛顿迭代法求解非线性方程, 研究在给定机架尺寸的情况下, 实现连杆角加速度最小的机构优化参数。

1 曲柄-摇杆机构运动分析

裹包机送料机构示意图见图 1, 这是一个典型的曲柄-摇杆机构。

建立机构的矢量方程:

$$\vec{r}_2 + \vec{r}_3 = \vec{r}_1 + \vec{r}_4 \quad (1)$$

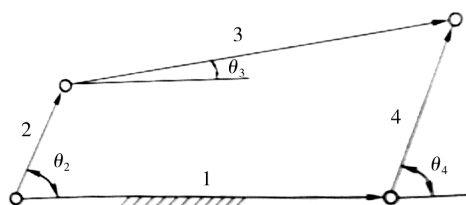


图 1 曲柄-摇杆机构示意图

Fig. 1 Schematic illustration of crank-rocker mechanism

对式(1)进行分解:

$$\begin{aligned} r_2 \cos \theta_2 + r_3 \cos \theta_3 &= r_1 + r_4 \cos \theta_4 \\ r_2 \sin \theta_2 + r_3 \sin \theta_3 &= r_4 \sin \theta_4 \end{aligned} \quad (2)$$

当曲柄角速度确定时, 式(2)中角位移 θ_3 与 θ_4 为待定值。通过 Newton-Raphson 迭代即可求得 θ_3 与 θ_4 随时间变化的曲线, 再分别对 θ_3 与 θ_4 求关于时间的一阶差分, 得到角速度 ω_3 与 ω_4 , 然后对 ω_3 与 ω_4 求

收稿日期: 2011-11-08

作者简介: 陈杰(1981—), 男, 河南信阳人, 重庆市机械高级技工学校中级一级实习指导教师, 主要从事数控铣工和设备的实习教学与研究。

关于时间的一阶差分,得到角加速度 α_3 与 α_4 。

2 曲柄-摇杆机构优化算例

在文献[1]中,给定条件: $\omega_2=200\text{ rad/s}$,当曲柄顺时针转到外极限位置时,曲柄转角为 90° ,摇杆转动 24.4° ,曲柄继续转动 85° 时,摇杆又摆动到起始位置。保持机架长度为 250 mm 不变,设计所要求的曲柄摇杆机构,得到了几组不同的杆长结果,见表 1。下面在已知表 1 中的结构尺寸条件下,求曲柄-摇杆机构的运动响应,并找出最优解。

表 1 给定连杆长度时曲柄-摇杆机构的杆长

Tab. 1 Rod length of crank-rocker mechanism

	r_1/mm	r_2/mm	r_3/mm	r_4/mm
第 1 组	250	21	262	57
第 2 组	250	29	252	76
第 3 组	250	37	241	96
第 4 组	250	45	228	116

运用上面所提到的方法,可以得到在第 1 组结果下,连杆与摇杆的角位移、角速度及角加速度随时间的关系,见图 2—图 4。

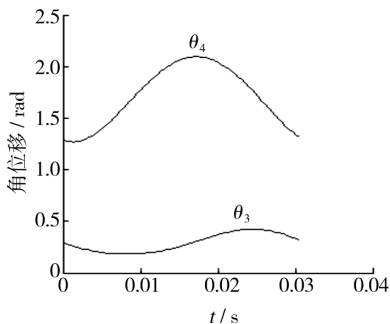


图 2 角位移-时间曲线

Fig. 2 Angular displacement-time curves

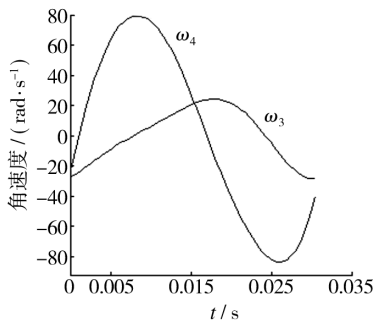


图 3 角速度-时间曲线

Fig. 3 Angular velocity-time curves

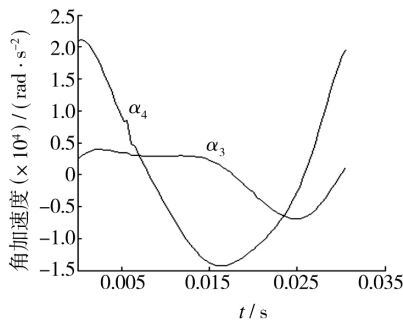


图 4 角加速度-时间曲线

Fig. 4 Angular acceleration-time curves

为了对比上述 4 组结果,在已知 4 组杆长的情况下,求得角加速度 α_3 -时间曲线,见图 5;同时求得角加速度 α_4 -时间曲线,见图 6。由图 5 可以看出,第 1 组尺寸下,连杆的角加速度 α_3 最小,当曲柄-摇杆系统取第 4 组尺寸时,角加速度 α_3 最大。可以看出,这几组杆件尺寸对 α_3 的影响比较显著。

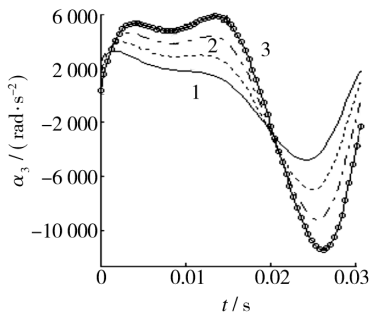


图 5 角加速度 α_3 -时间曲线

Fig. 5 Angular acceleration α_3 -time curves

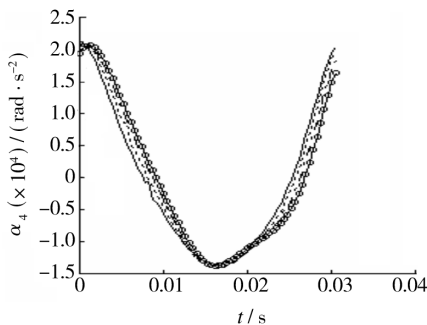


图 6 角加速度 α_4 -时间曲线

Fig. 6 Angular acceleration α_4 -time curves

由图 6 知,当曲柄-摇杆机构取第 1 组尺寸时,角
(下转第 84 页)

- Analysis of US Truck Vibration for Leaf Spring and Air Ride Suspensions and Development of Tests to Simulate these Conditions[J]. Packaging Technology and Science, 2006, 19: 309—323.
- [2] JARIMOPAS B, SINGH S P. Measurement and Analysis of Truck Transport Vibration Levels and Damage to Packaged Tangerines during Transit [J]. Packaging Technology and Science, 2005, 18: 179—188.
- [3] ALFREDO M, MARTINEZ G R, SINGH S P, et al. Measurement and Analysis of International Air Parcel Shipping Environment for DHL and FedEx between Europe and United States[J]. Packaging Technology and Science, 2007, 20: 421—429.
- [4] 路冰琳, 陈振强. 铁路运输随机振动数据的分析与研究[J]. 包装工程, 2008, 29(2): 82—85.
LU Bing-lin, CHEN Zhen-qiang. Analysis and Research of the Data to Railway Random Vibration[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(2): 82—85.
- [5] 苏远, 赵德坚, 蚁顺珍, 等. 小型货车随机振动谱的测量[J]. 包装工程, 2004, 25(3): 183—186.
SU Yuan, ZHAO De-jian, YI Shun-zhen, et al. Measurement of Random Vibration on Light Truck[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(3): 183—186.
- [6] 郭彦峰, 潘松年, 许文才. 缓冲包装系统计算机仿真的应用研究[J]. 包装工程, 2002, 23(4): 123—126.
- GUO Yan-feng, PAN Song-nian, XU Wen-cai. Application Research on Computer Simulation of Cushioning Package [J]. Packaging Engineering, 2002, 23(4): 123—126.
- [7] 金宁宁, 张芝永. 基于 VB 的正交试验设计的软件开发及应用[J]. 西华大学学报(自然科学版), 2011, 30(1): 72—75.
JIN Ning-ning, ZHANG Zhi-yong. The Development of VB Based Software for Orthogonal Experiment Design and Its Application[J]. Journal of Xihua university (Natural Science Edition), 2011, 30(1): 72—75.
- [8] 刘韬, 骆娟. VB 数据库通用模块及典型系统开发[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.
LIU Tao, LUO Juan. VB Database General Module and Typical System Development[M]. Beijing: People's Posts and Telecommunications Press, 2006.
- [9] 汪维富, 黄海于, 陈娟, 等. 基于存储过程的高性能数据库应用模型研究[J]. 计算机工程与设计, 2008, 29(10): 2573—2575.
WANG Wei-fu, HUANG Hai-yu, CHEN Juan, et al. Research on High Performance Database Application Model Based on Stored Procedure [J]. Computer Engineering and Design, 2008, 29(10): 2573—2575.
- [10] GB/T 4857. 23—2003, 运输包装件随机振动方法[S].
GB/T 4857. 23—2003, Method of Transport Package Random Vibration[S].

(上接第 76 页)

加速度 α_4 最小, 但从图 6 也可看出, 几组尺寸对 α_4 几乎没有影响。

由上述分析可知, 曲柄摇杆机构构件的不同尺寸组合对连杆的角加速度影响最大。根据机械动力学的理论, 在高速机械中, 运动构件的角加速度所产生的惯性力矩, 除在运动副中产生较大的约束反力而影响构件的强度外, 还将引起机构在机座上的振动, 为减小这些不利影响, 可选择上述 4 组尺寸组合中的第 1 组作为该曲柄摇杆机构尺寸的最优值。

3 结论

运用牛顿-辛普森迭代方法, 得到了曲柄-摇杆结构角位移随时间变化的曲线; 随后得到了角速度与角加速度随时间变化的曲线。根据机构不同尺寸组合的角加速度响应对比分析, 得到了曲柄摇杆机构的最佳几何尺寸。

参考文献:

- [1] 高德, 卢富德. 包装机中曲柄摇杆机构给定两对相应位移的解析法设计[J]. 包装工程, 2008, 29(10): 136—137.
GAO De, LU Fu-de. Design of the Analytical Method for Given Two Related Angular Displacement of Crank-rocker Mechanism [J]. Packaging Engineering, 2008, 29(10): 136—137.
- [2] 李军, 高德, 卢富德. 包装机中曲柄滑块机构给定两对相应位移的解析法设计[J]. 农机化研究, 2008(7): 111—112.
LI Jun, GAO De, LU Fu-de. The Design of the Analytical Method on Slider-crank Mechanism in Given the Two Related Displacements [J]. J of Agricultural Mechanization Research, 2008(7): 111—112.
- [3] 郭仁生. 机械工程设计分析和 MATLAB 应用[M]. 第 2 版. 北京: 机械工业出版社, 2008.
GUO Huai-sheng. Analysis of Mechanical Engineering Design and MATLAB Applications [M]. 2ed Edition. Beijing: Mechanical Industry Press, 2008.