

药品包装封口直线机构设计及仿真

席晓燕

(唐山学院, 唐山 063000)

摘要: **目的** 针对药品包装封口机设计六杆机构, 该机构输出构件滑块做直线运动, 以完成直线封边作业。**方法** 根据封口直线机构处于极限位置时各杆长与角度之间的函数关系, 运用 ADAMS 参数化建模功能计算出各角度初始值, 在极限位置处建立其虚拟样机模型, 并进行运动仿真及分析。**结果** 经过仿真分析得出, 滑块行程为 278 mm, 速度最大值为 1160 mm/s, 加速度曲线斜率为 0.7~0.9 s, 在返程时不会影响封口的效果, 封口直线机构运行平稳。**结论** 利用极限位置进行参数化建模, 简单易行, 适用于其他复杂机构的参数化建模。

关键词: 药品包装; 封口直线机构; ADAMS; 参数化建模; 仿真分析

中图分类号: TB486; TS261.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2017)03-0100-04

Design and Simulation of Linear Medicine Package Sealing Mechanism

XI Xiao-yan

(Tangshan University, Tangshan 063000, China)

ABSTRACT: The work aims to design the six-bar mechanism for the medicine package sealing machine to enable the mechanism's output component, the slider to make rectilinear motion, so as to complete linear edge sealing. According to the functional relationship between the bar length and the angle when the linear sealing mechanism was at the limit position, ADAMS parametric modeling function was used to calculate the initial values of each angle. The virtual prototype model was built at the limit position and the motion simulation and analysis were carried out. Based on the simulation analysis, the placement of slider was 278 mm, the maximum speed was 1160 mm/s, and the acceleration curve rate was 0.7~0.9 s. The sealing effects would not be affected because of the back tracking. The linear sealing mechanism ran smoothly. It is simple and feasible to establish parametric model through limit positions, and such method can be applied to the parametric modeling of other complex mechanisms.

KEY WORDS: medicine packaging; linear sealing mechanism; ADAMS; parametric modeling; simulation analysis

在药品市场上, 药品的包装设计是药品发展的重要部分。衡量药品包装设计的重要指标是既要保证药品顺利运输又要保证药品的贮藏。一类药品封口机的工作原理为装有药品的包装袋封口部位被送入加热区, 封口部位薄膜受热熔软, 然后经过滚花轮(或印字轮)滚压, 使封口部份上下塑料薄膜粘合并压制出网状花纹, 再通过冷却区, 使薄膜表面温度适当下降, 完成封口作业。封口直线机构通常为六杆机构, 滚花轮的直线进给运动靠六杆机构的滑块保证, 完成直线

封边作业, 因此, 直线封口机构的输出件滑块的运动学行为影响封口质量的好坏。输出构件做变速直线运动, 速度变化影响包装的质量, 在保证一定范围内的滑动速度时滑块加速度波动不宜过大, 否则影响机构的运行平稳性, 无法保证封边轨迹的平直, 封口部位就可能发生起皱或拉长, 甚至断裂等现象^[1-4]。封口环节运作的好坏, 对装盒机的整个包装过程有着至关重要的影响, 近年来虚拟样机技术及多体动力学仿真技术被广泛应用于机械设计及其仿真分析中^[5-7]。封口机

收稿日期: 2016-09-14

基金项目: 唐山市科技局资助项目(12110231b); 河北省科技厅项目(16221923)

作者简介: 席晓燕(1979—), 女, 硕士, 唐山学院副教授, 主要研究方向为机械动力学、机械设计及理论教学。

构常用的机构有凸轮机构、连杆机构^[8]。田晓鸿等^[9]针对铝箔卷装盒机封口机构的抖动和凸轮回位弹簧经常断裂，建立了虚拟样机模型并进行动力学仿真，通过动力学特性分析了凸轮轮廓、装盒速度、回位弹簧刚度对封口机构工作性能的影响。谢红武等^[10]设计了一种连杆直线封口机构并采用基于惩罚函数内点法的优化方法，以工作行程中封口构件直线运动速度波动最小作为目标函数，对药品包装封口直线机构进行优化设计，求出机构尺寸参数。

利用 ADAMS 软件对连杆机构进行运动学和动力学分析非常方便实用，为了便于了解各设计变量对样机性能的影响，利用 Adams 软件提供的强大的参数化建模功能建立连杆机构参数化模型，在建立模型前，根据已知的推导结论，得出一些关键变量，将这些关键变量设置为设计变量。在分析时，只需改变这些设计变量值的大小，虚拟样机模型得到自动更新，为机构动力学分析及优化提供了方便^[11-15]。在谢红武等^[10]理论分析的基础上应用 ADAMS 虚拟样机分析软件对药品包装封口直线机构进行参数化建模及仿真分析，为机构后续进行优化及改进提供了便利。

1 药品包装封口直线机构设计

某药品包装封口机的主传动机构运动简图的极限位置见图 1。其中设计条件为： $L_{AB}=62.5$ mm, $L_{BC}=147$ mm, $L_{CD}=235$ mm, $L_{DE}=470$ mm, $L_{EF}=60$ mm, $L_{AD}=220$ mm, $\alpha=45^\circ$ ，点 C 位于 CD 中点，摇杆 CD 左右极限位置在垂直方向上对称，坐标原点为 O 点，滑块行程 S 为 270 ~ 300 mm，机架高度为 H，在右极限位置时根据三角函数可得：

$$\angle b = A\cos \left[\frac{(L_{AB} + L_{BC})^2 + L_{CD}^2 - L_{AD}^2}{2(L_{AB} + L_{BC})L_{CD}} \right] \quad (1)$$

$$\angle c = A\cos \left[\frac{(L_{AB} + L_{BC})^2 + L_{AD}^2 - L_{CD}^2}{2(L_{AB} + L_{BC})L_{AD}} \right] \quad (2)$$

$$\angle d = A\sin \left[\frac{H - L_{DE}\sin(90^\circ - \angle g/2)}{L_{EF}} \right] \quad (3)$$

$$\angle f = A\cos \left[\frac{L_{AD}^2 + L_{CD}^2 - 2(L_{AB} + L_{BC})^2}{2L_{CD}L_{AD}} \right] \quad (4)$$

$$\angle g = A\cos \left[\frac{L_{AD}^2 + L_{AD}^2 - (S/2)^2}{2L_{AD}^2} \right] \quad (5)$$

$$H = L_{DE}\sin(90^\circ - \angle g/2) + L_{EF}\sin(\angle d) \quad (6)$$

2 药品包装封口直线机构建模仿真及分析

ADAMS 提供了强大的参数化建模功能。在创建模型时，根据分析需要，确定相关的关键变量，将这些关键变量设置为可以改变的设计变量。在分析时，

只需要改变这些设计变量值的大小，虚拟样机模型就会自动得到更新。药品包装封口直线机构参数化建模过程如下。

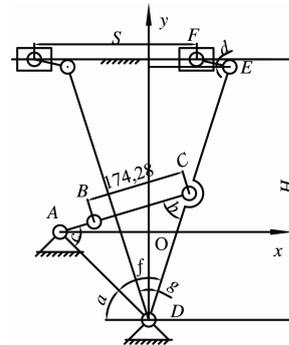


图 1 机构简图
Fig.1 Schematic diagram of mechanism

2.1 创建全局设计变量

六杆机构中杆 $L_{AB}, L_{BC}, L_{CD}, L_{AD}, L_{DE}, L_{EF}$ 的设计变量分别为 DV-L1, DV-L2, DV-L3, DV-L4, DV-L5, DV-L6, 初始值分别为 62.5, 174, 235, 220, 470, 60 mm。六杆机构中 $\angle a, \angle b, \angle c, \angle d, \angle g$ 的设计变量分别为 DV_a0, DV_b, DV_c, DV_d, DV_g, 初始值分别为 $45^\circ, 55.6^\circ, 61.8^\circ, 11.0^\circ, 35.9^\circ$ 。

2.2 创建全局设计点

由式(1)~(6)可知在创建的设计变量中，各个角度 ($\angle a, \angle b, \angle c, \angle d, \angle g$) 和机架高度均为六杆长度的函数，该机构有 6 个独立参数，因此在 ADAMS 中创建 6 个 point 点(分别对应图 1 中 A, B, C, D, E, F 点)，根据每个点的纵横坐标与设计变量之间的关系，写出其相应坐标的表达式为：

POINT_1(0, -DV_L4*SIN(DV_a0)); POINT_2(-DV_L4*COS(DV_a0), 0); POINT_3(-DV_L4*SIN(DV_a0)+DV_L1*COS(DV_c-(90-DV_a0)), DV_L1*SIN(DV_c-(90-DV_a0))); POINT_4(DV_L3*COS(90 -DV_g/2), DV_L3*SIN(90-DV_g/2)-DV_L4*COS(DV_a0)); POINT_5(2 *DV_L3*COS(90-DV_g/2), 2*DV_L3*SIN(90-DV_g/2)-DV_L4*COS(DV_a0)); POINT_6 (2*DV_L3*COS(90-DV_g/2)-DV_L6*COS(DV_d)), -DV_L6*SIN(DV_d)-DV_L4*SIN(DV_a0)。

根据 6 个 point 点添加连杆、滑块、铰链、移动副、驱动后的虚拟样机见图 2。

2.3 仿真及分析

根据客户要求及所包装产品尺寸，行程 S 为已知参数，根据封口速度设置曲柄 AB 转速为 60 r/min，对机构进行仿真得到滑块的运动曲线见图 3。

由图 3a 可知封口滑块往返一次的时间为 1 s，

返回行程时间约为 0.4 s, 有急回特性。滑块行程为 278 mm, 满足要求。由图 3b 可知, 速度最大值为 1160 mm/s, 出现在返程中, 曲线变化平稳。由图 3c 可知, 加速度曲线斜率较大 (0.7~0.9 s), 在返程不会影响封口效果, 封口过程中, 加速度曲线变化基本平稳。滑块的运动图都为光滑的连续曲线, 没有出现跳跃、中断等, 因此, 在整个封口过程中是平稳的、振动冲击小, 基本达到设计要求。由图 3d 可知, 压力角最大为 11.5° , 满足要求。由图 3e 可知, 根据驱动力矩为选取合适的电机提供了依据。

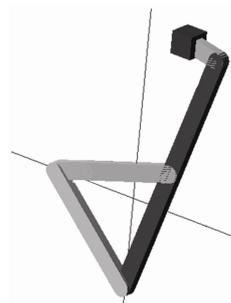


图2 机构几何建模

Fig.2 Mechanism geometry modeling

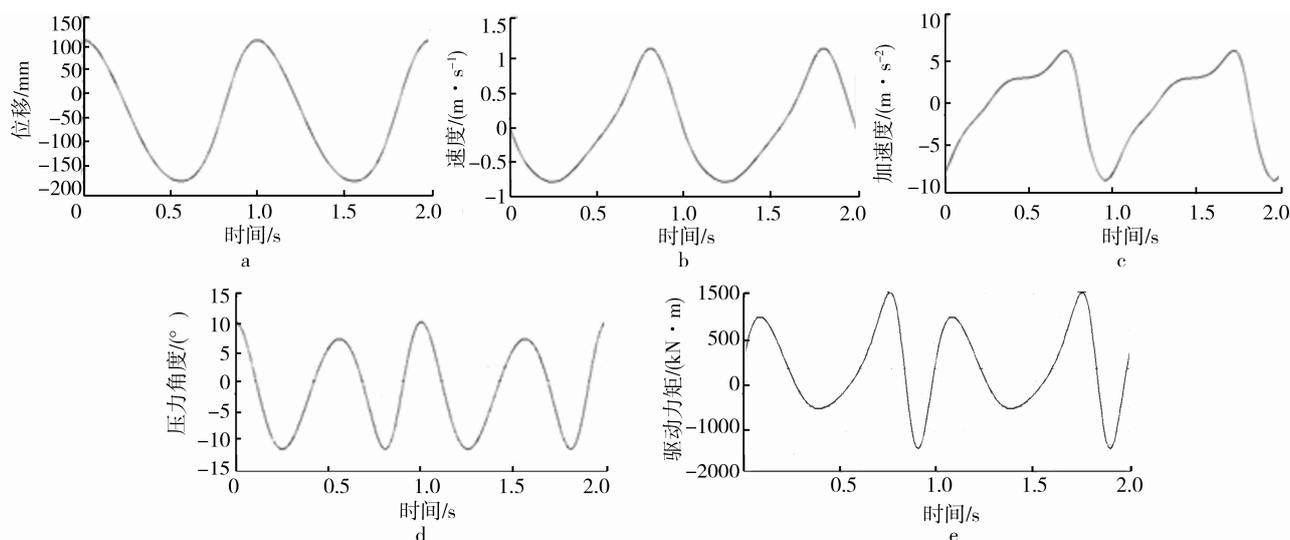


图3 滑块的运动曲线

Fig.3 Motion curve of slide

3 结语

根据封口直线机构处于极限位置时各杆长与角度之间特定的函数关系, 运用 ADAMS 参数化建模功能计算出各角度初始值, 在极限位置处建立其虚拟样机模型并进行运动仿真及分析, 机构参数变量尺寸允许在一定范围内变化, 由于机构为参数化建模, 当参数变化时, 不用重新建立模型, 系统会自动生成参数改变后的新模型, 这为后续运动学和动力学分析提供了方便, 节省了时间, 提高了效率。

参考文献:

- [1] 梁晶晶, 李瑞琴, 罗维, 等. QFD 在药品泡罩包装机开发中的应用研究[J]. 包装工程, 2011, 32(5): 11—14. LIANG Jing-jing, LI Rui-qin, LUO Wei, et al. Application Study of QFD in Pharmaceutical Blister Packaging Machine Development[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(5): 11—14.
- [2] 高德. 包装机械设计[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.

GAO De. The Design of Packaging Machine[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005.

- [3] 李杰. 硬盒包装机封口机构设计[D]. 西安: 陕西科技大学, 2011. LI Jie. Sealing Structure Design for Hard Box Packing Machine[D]. Xi'an: Shaanxi University of Science and Technology, 2011.
- [4] 汪通, 李世国. 药品包装机械中人机关系的多层面设计研究[J]. 包装工程, 2015, 36(2): 79—83. WANG Tong, LI Shi-guo. The Multifaceted Design of Human-machine Relationship in Medicine Packaging Machinery[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(2): 79—83.
- [5] 王圣辉, 杨臻, 李翔飞, 等. 一种基于 ADAMS 的新型货物抓取机构优化设计[J]. 包装工程, 2015, 36(3): 80—84. WANG Sheng-hui, YANG Zhen, LI Xiang-fei, et al. Design Optimization for a New Cargo Grabbing Mechanism Based on ADAMS[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(3): 80—84.
- [6] 魏效玲, 李波, 陈蕊, 等. 基于 SOLIDWORKS 与 ADAMS 的瓦楞辊动力学仿真[J]. 包装工程, 2013, 34(11): 77—79. WEI Xiao-ling, LI Bo, CHEN Rui, et al. Dynamics Si-

- mulation of Corrugated Roller Based on Solidworks and ADAMS[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(11): 77—79.
- [7] 徐立峰, 张雷. 基于 ADAMS 的模切机双肘杆机构优化设计研究[J]. 包装工程, 2013, 34(1): 75—78.
XU Li-feng, ZHANG Lei. Optimal Design of Dual-elbow-bar Mechanism of Die-cutting Machine Based on ADAMS[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(1): 75—78.
- [8] 杨仁民, 张学昌, 韩俊翔. 铝箔卷装盒机封口机构动力学仿真及参数优化[J]. 包装工程, 2016, 37(7): 85—91.
YANG Ren-min, ZHANG Xue-chang, HAN Jun-xiang. Dynamics Simulation and Structural Parameter Optimization of Sealing Mechanism of Aluminum Foil Cartoning Machine[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(7): 85—91.
- [9] 田晓鸿. 基于 ADAMS 的推烟机构推手中曲柄滑块机构的动态研究[J]. 包装工程, 2014, 35(5): 46—49.
TIAN Xiao-hong. Dynamics Study on the Slider-crank Mechanism in Smoke Pusher Hand Based on ADAMS[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(5): 46—49.
- [10] 谢红武, 韩继增, 郭悦虹. 药品包装封口直线机构的优化设计[J]. 天津理工学院学报, 1999, 15(1): 118—122.
XIE Hong-wu, HAN Ji-zeng, GUO Yue-hong. Optimum Design of Bee-Line Mechanism for Medicine Packing Sealer[J]. Packaging Engineering, 1999, 15(1): 118—122.
- [11] 席晓燕. 基于 ADAMS 的含间隙柔性酒瓶装箱机构的优化设计与动力学仿真[J]. 机械科学与技术, 2013, 32(8): 1195—1199.
XI Xiao-yan. Kinematics Simulation and Optimization Design of Flexible Wine Bottle Packing Machine with Clearance Based on ADAMS[J]. Mechanical Science and Technology for Aerospace Engineering, 2013, 32(8): 1195—1199.
- [12] 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(10): 8042—8045.
WANG Ying, ZHANG Wei-qiang. The Kinematic Dynamic Simulations in Offset Crank Mechanism Based on ADAMS[J]. Science Technology and Engineering, 2010, 32(10): 8042—8045.
- [13] 帕特里克舒马赫, 尼尔里奇. 关于参数化主义——尼尔里奇与帕特里克·舒马赫的对谈[J]. 时代建筑, 2012(5): 33—39.
SCHUMACHER P, LEACH N. On Parametricism: a Dialogue between Neil Leach and Patrik Schumacher[J]. Architecture of the Times, 2012(5): 33—39.
- [14] ZHENG Xiao-ya, YOU Jun-feng, ZHANG Duo, et al. Application of ADAMS and ANSYS to Mechanism Analysis[J]. Journal of Solid Rocket Technology, 2010, 33(2): 201—204.
- [15] SHI Bing, JIN Ye. A Framework of Virtual Prototyping Environment for the Design and Analysis of Mechanical Mechanism with Clearance[J]. Virtual and Physical Prototyping, 2007, 2(1): 21—28.