

双腔室真空室开合机构的设计与优化

李玉佳, 陆佳平

(江南大学, 无锡 214122)

摘要: 通过分析双腔室真空室的结构特点和工作原理, 设计了开合机构的工作方案, 并叙述了机构的设计过程。利用 Pro/E 软件中的行为建模工具, 对开合机构的部分杆件进行了可行性设计, 经优化后获得了满足设计要求且杆长之和最短的模型。

关键词: 真空室; 机构设计; Pro/E 行为建模; 优化设计

中图分类号: TB486⁺.02 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)03-0080-03

Design and Optimization of Open-closing Mechanism of Couple Vacuum Chamber

LI Yu-jia, LU Jia-ping

(Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: An open-closing mechanism of couple vacuum chamber was designed by analyzing its structural characteristics and the working principle. The detailed design process was introduced. Feasibility design and optimal design was carried out using behavioral module of Pro/Engineer software. The optimal design was successful to get a model with minimal sum of rod length, which meets the design requirements.

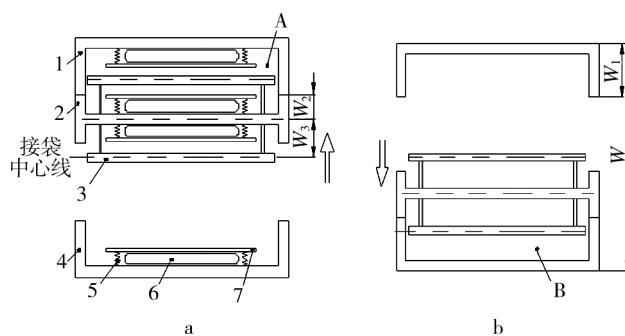
Key words: vacuum chamber; mechanism design; behavioral module of Pro/E; optimal design

真空包装机是袋装食品包装作业中应用较为广泛的一种包装机械。现用真空包装机以腔室式内抽型居多, 即采用人工或输送带将已填有物料的软包装袋放入由两个半腔构成的密闭真空室内抽除袋中的空气, 然后将袋口封合, 从而减缓了食品的氧化变质的速率^[1-2]。文中研究了适用于自动真空包装设备的立式真空室, 它具有两个腔室, 交替工作, 提高了工作效率。在分析其结构原理的基础上设计开合机构, 利用行为建模工具对开合机构的部分杆件进行了设计与优化, 以期获得满足设计条件的模型。

1 立式双腔室真空室的工作原理及结构特点

该真空室包括动腔壁和位于其两侧的定腔壁 I、定腔壁 II, 动腔壁可水平往复移动, 与两侧的定腔室交替形成两个密闭的工作室, 见图 1。

如图 1a 所示, 动腔壁移向定腔壁 I 形成闭合腔室 A 并与定腔壁 II 形成敞开的接袋工位, 此时, 启动



1-定腔壁 I; 2-动腔壁; 3-接袋导轨; 4-定腔壁 II;
5-弹簧; 6-气胀袋; 7-热封板

图 1 立式双腔室真空室的结构原理

Fig. 1 Structure of vacuum chamber with double vertical cavities

真空系统开始抽除腔室 A 内的空气, 同时定腔壁另一侧的接袋工位开始接完成充填的包装袋。当腔室 A 内气体抽除完成后, 如图 1b 所示, 动腔壁移向定腔壁 II 形成闭合腔室 B, 抽去腔室 B 内的空气。同样定腔室与定腔壁 I 形成敞开的接袋工位继续接袋。显然,

收稿日期: 2012-08-13

作者简介: 李玉佳(1987-), 男, 江苏徐州人, 江南大学硕士生, 主攻包装工艺与机械。

接袋导轨的中心即为每次接袋固定不变的中心线。若定腔壁 I 和定腔壁 II 的宽均为 W_1 , 动腔壁的宽为 $2W_2$, 接袋导轨中心距动腔壁中心的距离为 W_3 , 则真空室整体宽度为 $W=2W_1+W_2+W_3$ 。

设开合时动腔壁水平移动的距离为 S , 则有: $S=2W_3$ 。为了保证平稳的开合过程和真空室良好的密封性, 动腔壁与定腔壁接触时其速度不宜过大, 从而减小接触冲击。现常用的电动开合机构多为滚珠丝杆或曲柄滑块机构, 通过伺服电机的正反转来实现真空室的开合。因惯性力的作用, 电机的速度受到限制, 滚珠丝杆也极易磨损^[3]。

2 开合机构的设计

本设计采用电机驱动的凸轮-摆杆滑块机构, 不仅运动平稳, 无较大接触冲击, 而且电机无需正反转, 可延长使用寿命, 见图 2。

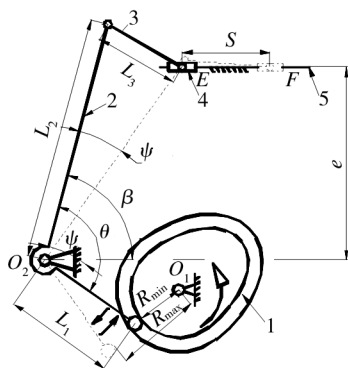


图 2 真空室开合机构简图

Fig. 2 Sketch map of open-closing mechanism of vacuum chamber

槽凸轮 1 带动摆杆 2 往复摆动, 进而通过连杆 3 使固连在动腔室上的滑块 4 在水平导轨 5 上作往复滑动。凸轮回转半周, 滑块从 E 点运动至 F 点, 其位移为 S , 真空室 A 闭合进行真空作业。待一定时间后, 凸轮继续回转半周, 滑块从 F 点运动至 E 点, 真空室 B 闭合进行真空作业, 如此重复作业。

该机构的设计可先确定滑块的摆杆的弯折角度 θ 、摆杆其中一段与水平线的夹角 β 、凸轮中心 O_1 的位置, 凸轮最小直径 $R_{\min}$, 摆杆转动中心 O_2 的位置, 通过作图法可确定摆杆其中一段长 L_1 和凸轮最大直径 $R_{\max}$ 。摆杆摆动过程分为 3 段, 即以等加速段开始, 等减速段结束, 中间过程为等速段, 从而凸轮的轮

廓可以确定下来^[4-5], 接下来利用行为建模方法设计摆杆滑块部分并进行优化。

3 基于 Pro/E 行为建模方法的开合机构中摆杆滑块的设计与优化

3.1 Pro/E 行为建模的方法与步骤

行为建模作为 Pro/E 的一种分析工具, 可以在特定的设计意图和设计约束的前提下, 经过一系列参数测试和运算, 实现按所需的解决方案来修改模型的设计, 帮助设计人员获得最佳的设计参数。它可以执行模型的多种分析并将分析结果合并到模型中去。行为建模分析技术的步骤见图 3^[6-7]。

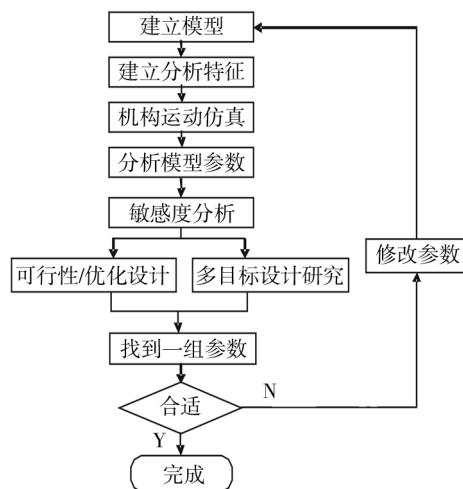


图 3 行为建模分析技术的基本步骤

Fig. 3 Flow chart of behavior modeling

3.2 摆杆滑块设计与优化过程

在 Pro/E 零件模块下建立各零件, 并在组件模块下完成模型的装配, 见图 4。暂定摆杆的摆动角度 ψ



图 4 摆杆滑块模型

Fig. 4 Model of swing-slider mechanism

为 20° , 滑块偏心距 e 为 300 mm, 设计目标为: 滑块的位移为 150 mm, 压力角 α 小于 30° 。

1)建立分析特征:在 Pro/E 机构模块下检查组装件成功装配后,建立测量、运动分析和关系分析等分析特征,以获得摆杆 2 和连杆 3 的长度 L_2 及 L_3 、滑块的位移量 S 、压力角 α 等参数,供设计及优化时使用。

2)敏感度分析:敏感度分析的目的是为分析模型尺寸,确定杆件长度 L_2 及 L_3 对 S, α 的影响情况,通过分析可得到各自的敏感度曲线图,由敏感度曲线图可以确定接近目标时各个参数的范围。

3)可行性分析:以 $S=150\text{ mm}, \alpha<30^\circ$ 为设计约束参数,由敏感度分析曲线图确定各个设计变量的尺寸范围见图 5,经计算后成功找到可行解。



图 5 可行性分析各参数约束界面
Fig. 5 Parameters of feasibility analysis

4)优化分析:以两杆长度之和 L_2+L_3 最小化绝对值为优化目标,以 $S=150\text{ mm}, \alpha<30^\circ$ 为设计约束条件,设计变量范围与可行性分析设置相同,见图 6。

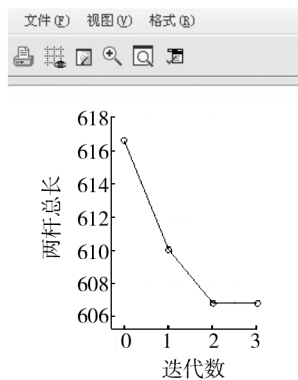


图 6 优化目标收敛图
Fig. 6 Convergence chart of optimization goal

运行结果给出优化目标收敛图显示目标收敛,并得 $L_2=419.125\text{ mm}, L_3=187.669\text{ mm}$ 。

5)验证:优化后的模型在机构运行模块中经检

验后,滑块运动的位移量为 150.02 mm ,压力角范围及运动过程中的变化情况见图 7。通过优化获得的模型符合设计要求。

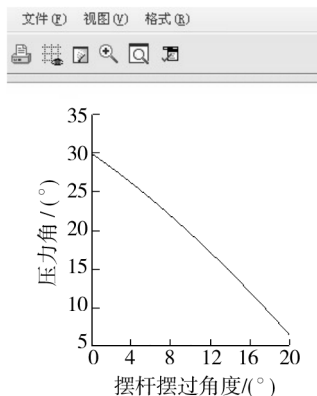


图 7 运动中压力角的变化情况
Fig. 7 Change of the pressure angle during motion

4 结论

立式双腔室真空室应用于全自动多功能真空包装生产线中,与单腔真空室比,可大大提高作业效率。设计的电动开合机构平稳可靠,在设计过程中利用 Pro/E 行为建模技术获得了优化模型,比起传统的解析法和作图法精确度较高、速度较快。

参考文献:

- [1] HARGES Steven Daniel, PATCH Rodney Dale. Vacuum Packaging Machine:US,7302784 B2[P]. 2007-10-04.
- [2] 乔光斌. 国产自动真空包装机的特点及应用[J]. 肉类研究,2001(3):44-45.
QIAO Guang-bin. Characteristic and Industrial Application of Automatic Vacuum-packaging Machine Produced by China[J]. Meat Research,2001(3):44-45.
- [3] 陈少克. 热成型机开合模机构的设计及运动仿真[J]. 包装工程,2012,33(3):67-71.
CHEN Shao-ke. Design and Motion Simulation of Mold Open-closing Mechanism for Thermoforming Machine[J]. Packaging Engineering,2012,33(3):67-71.
- [4] 石永刚,吴央芳. 凸轮机构设计与应用创新[M]. 北京:机械工业出版社,2007.
SHI Yong-gang, WU Yang-fang. Design and Application of Cam Mechanism[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2007.

- matic Aberration(1)[J]. Screen Printing, 2001; 25-30.
- [6] 朱也莉. 上转换发光纳米 ZrO_2 的制备及在红外防伪油墨中的应用[D]. 北京: 北京化工大学, 2006.
- ZHU Ye-li. Studies on Preparation of Nano-zro with Upconversion Luminescence and Its Application in Infrared Stealth Falsification Resistant Ink[D]. Beijing: Beijing University of Chemical Technology, 2006.
- [7] 陈正伟. 印刷包装材料与适性[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009: 147.
- CHEN Zheng-wei. Printing and Packaging Materials and Eligibility[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2010: 29.
- [8] 钱军浩. 印刷油墨的应用技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2010: 29.
- QIAN Jun-hao. Technology of Ink Application[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2010.
- [9] 严美芳, 徐敏. 纸张的色相与印刷品色彩再现研究[J]. 包装工程, 2012, 33(21): 103-106.
- YAN Mei-fang, XU Min. Research on Paper Hue and Print Color Reproduction[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(21): 103-106.

(上接第 82 页)

- [5] 许林成. 包装机械原理与设计[M]. 上海: 上海科技出版社, 1988.
- XU Lin-cheng. Principle and Design of Packaging Machinery[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1988.
- [6] 贺小明, 曾钦钊. Pro/E 行为建模技术在机械设计中的应用[J]. 机械设计与制造, 2005(5): 48-40.
- HE Xiao-ming, ZENG Nu-po. Design of Machine Based on Pro/E Behavioral Modeling[J]. Machinery Design & Manufacture, 2005(5): 48-40.
- [7] 白晶, 陶春生, 马松柏. 基于 Pro/E 的食品包装机械四杆机构优化设计[J]. 北京工商大学学报, 2011, 29(4): 58-60.
- BAI Qiao, TAO Chun-sheng, MA Song-bai. Optimal Design of Linkage Mechanism in Food Packaging Machinery Based on Pro/E[J]. Journal of Beijing Technology and Business University, 2011, 2(4): 58-60.

(上接第 119 页)

- [7] 蔡栋宇, 项尚林, 陈贤益, 等. 以聚氨酯-聚丙烯酸酯乳液为连结料的塑料凹版水性油墨的研制[J]. 包装工程, 2005, 26(3): 22-25.
- CAI Dong-yu, XIANG Shang-lin, CHEN Xian-yi, et al. Study on Synthesis of Water-based Gravure Printing for Plastic with Polyurethane-Acrylate Emulsion as Vehicle[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(3): 22-25.
- [8] 任先艳, 田恐虎, 刘才林, 等. 醇酸交联型丙烯酸酯乳液的制备研究[J]. 中国胶粘剂, 2011, 20(2): 1-4.
- REN Xian-yan, TIAN Kong-hu, LIU Cai-lin, et al. Study on the Synthesis of Alkyd-Acrylate Emulsion[J]. China Adhesive, 2011, 20(2): 1-4.
- [9] 徐淑姣, 常军, 牟世辉. 乳化剂对丙烯酸酯乳液增稠剂影响研究[J]. 当代化工, 2011, 40(2): 118-120.
- XU Shu-jiao, CHANG Jun, MOU Shi-hui. Study on Influence of Emulsifier on Acrylate Emulsion Thickener[J]. Contemporary Industry, 2011, 40(2): 118-120.
- [10] 蒋晨. 自交联水性防腐涂料的制备与性能研究[D]. 广州: 广东工业大学, 2010.
- JIANG Chen. Study on Preparation and Properties of Self-crosslink Waterborne Anticorrosive Coatings[D]. Guangzhou: Guangdong University of Technology, 2010.
- [11] 胡高平, 沈玲, 袁婷婷, 等. 反应型乳化剂对丙烯酸酯乳液稳定性和粘度的影响[J]. 化学试剂, 2012, 34(4): 353-357.
- HU Gao-ping, SHEN Ling, YUAN Ting-ting, et al. Influence of Reactive Emulsifier on Stability and Viscosity of Acrylate Emulsion[J]. Chemical Reagent, 2012, 34(4): 353-357.
- [12] 王晓明, 王经文, 李晴, 等. 水性丙烯酸酯乳液的合成及性能研究[J]. 化学工程师, 2012(3): 1-8.
- WANG Xiao-ming, WANG Jing-wen, LI Qing, et al. Study on Synthesis and Properties of Water-borne Acrylate Emulsion[J]. Chemical Engineer, 2012(3): 1-8.
- [13] 卢杰宏, 王锋, 胡剑青, 等. 酮肼交联对涂料印花用聚丙烯酸酯乳液的影响[J]. 涂料工业, 2012, 42(1): 20-23.
- LU Jie-hong, WANG Feng, HU Jian-qing, et al. The Influence of Ketone and Hydrazine Crosslink on Acrylate Emulsion for Printing[J]. Paint Industry, 2012, 42(1): 20-23.