

枕形包装机旋转往复式横封机构的运动分析

段能全, 杜文华, 赵惠文, 王俊元

(中北大学, 太原 030051)

摘要: **目的** 针对横封机构热封时间不足的问题, 提出一种横封轨迹为 D 形的旋转往复式横封机构, 并分析该横封机构的运动特性。 **方法** 根据包装机横封机构的工艺要求, 求出该机构伺服输入的运动学方程。在 Adams 中建立机构的简易模型, 并将伺服输入的运动学方程作为驱动进行运动学仿真。 **结果** 旋转往复式横封机构能够实现设定的工艺要求, 可以有效地延长横封时间。 **结论** 旋转往复式横封机构丰富了横封机构的种类, 在一定程度上解决了旋转式横封机构和往复式横封机构存在的问题。

关键词: 枕形包装机; 横封机构; 热封时间; 运动分析

中图分类号: TB486+.01 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2014)21-0054-05

Motion Analysis of Transverse Sealing Mechanism of Pillow Type Packaging Machine

DUAN Neng-quan, DU Wen-hua, ZHAO Hui-wen, WANG Jun-yuan

(North University of China, Taiyuan 030051, China)

ABSTRACT: **Objective** Targeting at the deficiency of heat sealing time of the transverse sealing mechanism, a rotary reciprocating traverse type sealing mechanism for D shaped transverse sealing trajectory was put forward, and the motion characteristics of the transverse sealing mechanism was analyzed. **Methods** According to technological requirements of the traverse seal mechanism of packaging machine, a kinematics equation was proposed for the mechanism servo input. A simple model was built for the mechanism, and kinematics simulation was implemented using Adams software. **Results** Rotary reciprocating traverse seal mechanism could meet the preset requirements of the technology, and could effectively extend the transverse sealing time. **Conclusion** Rotary reciprocating traverse seal mechanism enriched the types of the transverse sealing mechanism, which to a certain extent solved the existing problems of rotary type sealing mechanism and reciprocating type traverse sealing mechanism.

KEY WORDS: pillow type packaging machine; transverse sealing mechanism; heat sealing time; motion analysis

枕形包装机的包装成品呈“T”形三面封口, 外形犹如枕头状, 可分为立式枕形包装机和卧式枕形包装机 2 种。立式枕形包装机可用于对块状、颗粒状、粉状、液态和粘稠物料进行包装, 卧式枕形包装机只能包装块状物品或附以托盘的零散物品^[1-3]。横封是枕形包装机包装的关键技术, 横封速度影响整个包装机的生产效率, 横封质量影响包装产品的质量。目前常见的

横封器有旋转式横封机构和往复式横封机构。

热封是较为普遍的包装封口方式之一。热封强度不仅与热封方式有关, 还与热封温度、热封时间、热封压力等参数有关。在一定的热封强度下, 不同性质及厚度的塑料薄膜需要选取不同的热封参数。徐克非等^[4-5]在研究各热封参数对热封强度的影响后, 获得不同厚度聚乙烯薄膜最优热封强度下的热封参数。

收稿日期: 2014-06-12

作者简介: 段能全(1976—), 男, 安徽人, 中北大学讲师, 主要研究方向为机械动力学。

一般来说,热封温度稍低、热封时间稍长、热封压力稍小,热封质量会更高。

包装机械行业竞争非常激烈,包装机械总体向“三高”(高速、高效、高质量)的方向发展^[6]。对于一些包装薄膜较厚、热封时间较长的包装,热封时间严重制约包装的高速化发展。目前,针对横封时间较长的情况,一般采用间歇式横封机构,但其效率低。

针对以上问题,刘螺^[7]提出了一种往复横封器,通过2个伺服电机分别驱动横封刀座及横封架的往复运动实现产品的包装,并选用两套或三套该横封器以提高整个包装机的包装效率。王爱宗^[8]等提出了一种全自动往复横封包装机,采用D型内凸轮带动横封器,解决了包装卷膜较厚时密封效果差等问题。Masao Fukuda^[9-10]等提出了一种旋转往复横封机构,它的横封轨迹为D形,且D形直线部分的长短可根据包装薄膜的厚度改变,该机构可有效地改变横封时间,改善横封性能。文中针对该横封机构的工作原理、运动特性及袋长的调节等进行分析。

1 枕形包装机横封机构的作用及工艺要求

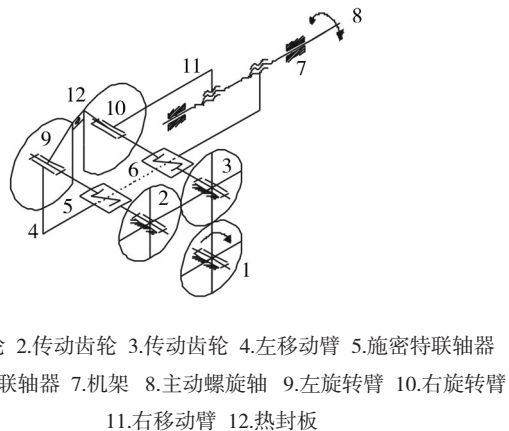
横封是枕形包装机纵封后一道非常重要的包装工序,对经过纵封后呈筒状的包装材料进行横向封合^[11-14]。旋转往复横封机构是一种连续式横封机构,为了保证包装薄膜不会被拉伸或压缩而导致薄膜断裂或封口折皱,影响包装质量以及美观程度,应尽可能地减小横封头与包装薄膜的相对速度,即横封器横封时横封头的速度等于袋筒的速度。对于卧式枕形包装,包装袋有一定的厚度,横封头在加压横封前,横封头已经开始与包装袋接触,而且在封合完成后一段时间内,应避免包装袋与横封头接触,由此在该时间内,袋的牵引速度与横封头沿袋移动方向的分速度应尽可能相等。为了减小机器的振动及噪声,横封头的输出行程曲线应具有良好的特性,即在工作区域内横封头的速度低且变化平缓,在非工作区域内,横封头的回程速度快且急回特性明显,即可以选择相对较大的加速度作为回程加速度。

2 旋转往复横封机构的工作原理

旋转往复横封机构主要是利用成D形轨迹运

动的一对热封板对袋筒进行横封,同时要求D形轨迹直线部分的长短可调,从而调节横封时间以适应不同性质的薄膜。

旋转往复横封机构见图1,它由2个成对称布置的三杆机构组成,2个三杆机构在2个伺服电机的驱动下分别做D型轨迹运动。螺旋轴8在伺服电机的驱动下做正反方向的非匀速运动,通过螺旋传动分别带动左右移动臂做等速反向非匀速运动。主动齿轮1在伺服电机的驱动下按逆时针方向做非匀速运动,相互啮合的同型号传动齿轮2,3在主动齿轮的作用下做等速反向非匀速运动。传动齿轮2,3通过施密特联轴器5,6分别带动左、右旋转臂9,10做圆周运动,施密特平行轴联轴器是一种连接两平行轴的能够实现具有较大偏距的两轴之间的运动传动联轴器^[15]。左、右旋转臂9,10通过转动副与左右移动臂连接,热封板12的运动是圆周运动与水平往复运动的复合运动。热封板通过一套行星齿轮与旋转臂轴相连接,从而保证热封板的方向角始终不变。



1.主动齿轮 2.传动齿轮 3.传动齿轮 4.左移动臂 5.施密特联轴器
6.施密特联轴器 7.机架 8.主动螺旋轴 9.左旋转臂 10.右旋转臂
11.右移动臂 12.热封板

图1 旋转往复横封机构示意

Fig.1 Diagram of rotary reciprocating traverse type sealing mechanism

3 旋转往复横封机构的运动分析

根据旋转往复横封机构的工艺要求,D形运动轨迹分为3部分(见图2)。在BD直线段,热封板做匀速直线运动,用于实现包装袋的封合,并且满足所需的热封时间;圆弧AB,DE段为横封前后横封头与包装袋接触时间,要求袋的牵引速度与横封头沿袋移动方向的分速度相等;圆弧AE段为空转回程阶段,通过调

整该段时间旋转臂的角速度以适应不动包装袋袋长的要求。

旋转往复横封机构简图见图3,其中,杆3的长度为 r , A 为机构中的铰链中心点, s_A 为铰链中心的位移, θ 为杆3与 x 轴正方向的夹角。杆2在伺服电机加螺旋副传动的作用下做水平往复运动,杆3在伺服电机的驱动下通过联轴器以及齿轮传动做周向回转运动。

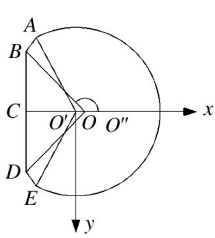


图2 D型轨迹运动分析

Fig.2 Analysis of D type trajectory

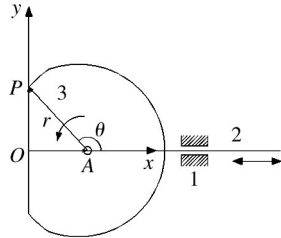


图3 旋转往复横封机构

Fig.3 Sketch of rotary reciprocating traverse sealing mechanism

已知 s_A 、 θ 、 v_A 、 ω_A ,求点的位置 (x_P, y_P) 、速度 (v_x, v_y) 、加速度 (a_x, a_y) 。

由矢量法可得机构运动学矢量方程为:

$$\vec{OA} + \vec{AP} = \vec{OP}$$

$$\begin{cases} x_P = s_A + r \cos \theta \\ y_P = r \sin \theta \end{cases} \quad (1)$$

对式(1)求导可得P点的速度为:

$$\theta = \begin{cases} \pi - \arcsin \frac{50 - 400t}{150} & (0 \leq t \leq 0.3357) \\ 3.7382 + \frac{1}{2}3131.5(t - 0.3357)^2 + 3.2236(t - 0.3357) & (0.3357 \leq t < 0.375) \\ 2\pi + 2.5450 - \frac{1}{2}3131.5(t - 0.4143)^2 + 3.2236(t - 0.4143) & (0.375 \leq t < 0.4143) \\ 3\pi - \arcsin \frac{50 - 400(t - 0.5)}{150} & (0.4143 \leq t < 0.5) \end{cases}$$

$$s_A = \begin{cases} \sqrt{150^2 - (50 - 400t)^2} & (0 \leq t < 0.25) \\ 141.4214 + \frac{1}{2}1300(t - 0.25)^2 - 141.4214(t - 0.25) & (0.25 \leq t < 0.3588) \\ 133.7291 & (0.3588 \leq t < 0.3912) \\ 141.4214 + \frac{1}{2}1300(t - 0.5)^2 + 141.4214(t - 0.5) & (0.3912 \leq t < 0.5) \end{cases}$$

对于热封时间一定、袋长不同的包装,可以通过调节机构空转回程的角加速度来调节袋长。所以,对于热封时间要求为0.25 s的包装,可以建立袋长与空转回程角加速度之间的关系见表1。

$$\begin{cases} v_x = v_A - r\omega_A \sin \theta \\ v_y = r\omega_A \cos \theta \end{cases} \quad (2)$$

对式(2)求导可得P点的加速度为:

$$\begin{cases} a_x = a_A - r\ddot{\theta} \sin \theta - r\omega_A^2 \cos \theta \\ a_y = r\ddot{\theta} \cos \theta - r\omega_A^2 \sin \theta \end{cases} \quad (3)$$

已知位置 (x_P, y_P) 、速度 (v_x, v_y) ,求 s_A 、 θ 以及A点的速度和杆3的角速度 ω_A 。

首先,求出P点在D型轨迹直线段部分时A点的位移 s_A ,以及杆3的角位移 θ 。由式(1)可得:

$$\begin{cases} \theta = \pi + \arcsin \frac{y_P}{r} \\ s_A = x_P + \sqrt{r^2 - y_P^2} \end{cases} \quad (4)$$

由式(2)可得:

$$\begin{cases} \omega_A = \frac{v_y}{r \cos \theta} \\ v_A = v_x + v_y \tan \theta \end{cases} \quad (5)$$

已知某型卧式枕形包装机,包装袋长为200 mm,袋的牵引速度为400 mm/s,旋转臂的长度为150 mm,包装袋厚度为20 mm。包装一个包装袋所需时间为0.5 s,要求热封时间为0.25 s。取横封头开始对包装袋开始加压封合瞬时为初始时刻,根据前面所述的横封运动要求,可得2个伺服电机的运动输入。此处选用杆3的角位移和点A的位移表示伺服电机的运动输入,其运动输入公式为:

4 旋转往复横封机构建模及仿真分析

在Adams中建立旋转往复横封机构的简易模

表1 袋长与空转回程角加速度
Tab.1 Sack length and angular acceleration of idle motion

袋长/mm	190	195	200	205	210	215	220
角加速度/(rad·s ⁻²)	6846.2	4464.8	3131.5	2311.7	1772.5	1399.4	1130.8

型,添加约束、驱动。驱动函数采用嵌套的IF函数实现,其移动副和转动副输入函数为:

if (time-0.3588; if (time-0.25; SQRT (150*150-(50-400*time)*(50-400*time)), 141.4214, 141.4214+0.5*1300*(time-0.25)*(time-0.25)-141.4214*(time-0.25)), 133.7291, if (time-0.3912; 133.7291, 133.7291, 141.4214+0.5*1300*(time-0.5)*(time-0.5)+141.4214*(time-0.5)))

if (time-0.375; if (time-0.3357; pi-ASIN((50-400*time)/150), 3.7382, 3.7382+0.5*3.1315*1000*(time-0.3357)*(time-0.3357)+3.2236*(time-0.3357)), 2*pi, if (time-0.4143; 2*pi+2.5450-0.5*3.1315*1000*(time-0.4143)*(time-0.4143)+3.2236*(time-0.4143), 2*pi+2.5450, 3*pi-ASIN((50-400*(time-0.5))/150)))

模型的仿真时间为0.5 s,步数为500。添加轨迹跟踪曲线见图4,由图4可知旋转臂末端的运行轨迹为类似D型的曲线。

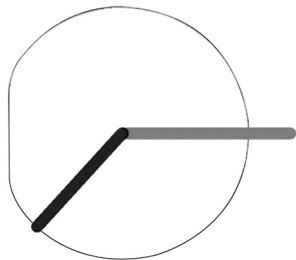


图4 三杆机构旋转臂末端轨迹曲线

Fig.4 Trajectory curve of the rotating arm of the three-bar mechanism

调用Adams后处理模块,可得到旋转臂末端的位移、速度曲线,见图5。由图5可知,旋转臂末端的标记点MARKER_1在0~0.25 s内x方向上的位移为0,速度也为0,y方向的位移由50 mm移动到-50 mm,速度为400 mm/s。由此,从0~0.25 s旋转臂标记点MARKER_1做水平向下的匀速直线运动,可以实现较好的横封效果。

由仿真结果可知,该旋转往复横封机构基本满足横封时位移和速度的要求,由横封头的位移及速度

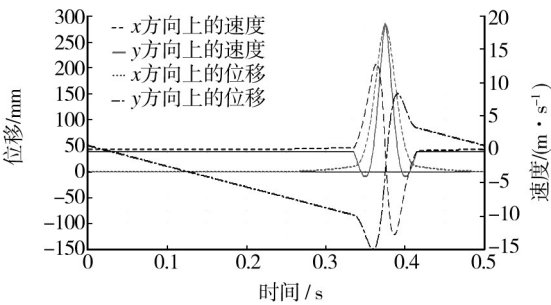


图5 旋转臂末端的速度、位移曲线

Fig.5 Velocity and displacement curves of the rotating arm

曲线可以看出,该机构能够较平稳地实现被包装物品的包装。一次包装完成所需的时间为0.5 s,横封时间为0.25 s,占包装时间的50%,而且整个包装过程中横封头与包装袋为面接触。

5 结语

通过分析旋转往复横封机构及其运动特性可知,该横封机构可以有效地延长横封时间,在一定程度上改善了热封效果。旋转往复横封机构能够平稳的运行,具有良好的运动学特性。作为一种新型的横封机构,在一定程度上解决了旋转式横封机构热封时间不足的问题,提高了往复横封器的横封效率,弥补了旋转式横封机构和往复横封机构的不足。

参考文献:

[1] 张志勇,赵淮. 包装机械选用手册[M]. 北京:机械工业出版社,2012.
ZHANG Zhi-yong, ZHAO Huai. Packaging Machinery Selection Handbook[M]. Beijing:China Machine Press, 2012.
[2] AHMED D, HIROAKI M. General Design of the Forming Collar of the Vertical Form, Fill and Seal Packaging Machine Using the Finite Element Method[J]. Packaging Technology and Science, 2011, 24(1): 31—47.
[3] HICKS B J, MEDLAND A J. A Constraint-based Approach for the Optimum Redesign of a Packaging Operation[J]. Packaging Technology and Science, 2003, 16(4): 135—148.
[4] 徐克非,孙智慧,李萌萌. 塑料包装薄膜热封参数的仿真

- [J]. 农业机械学报, 2006, 37(8): 194—196.
- XU Ke-fei, SUN Zhi-hui, LI Meng-meng. Simulation Research on Plastic Packaging Film Heat-seal Parameters[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(8): 194—196.
- [5] YIANGKAMOLSING C, HISHINUMA K. Failure Analysis and Improvement of Heat Sealing Testing Method[C]// Proceedings of the 17th IAPRI World Conference on Packaging, 2010.
- [6] 戴宏民, 戴佩燕, 周均. 中国包装机械发展的成就及问题[J]. 包装学报, 2012, 4(1): 61—65.
- DAI Hong-min, DAI Pei-yan, ZHOU Jun. Achievements and Problems in China's Packaging Machinery Developments[J]. Packaging Journal, 2012, 4(1): 61—65.
- [7] 刘螺. 全伺服往复包装机械: 中国, CN200910179692.X[P]. 2010-01-09.
- LIU Luo. Full Servo Reciprocating Type Packaging Machinery: China, CN200910179692.X[P]. 2010-01-09.
- [8] 王爱宗, 王清源. 全自动往复横封包装机: 中国, CN201210517956.X[P]. 2013-04-03.
- WANG Ai-zong, WANG Qing-yuan. Automatic Reciprocating Type Transverse Sealing Packaging Machine: China, CN201210517956.X[P]. 2013-04-03.
- [9] MASAO F. Apparatus for and Method of Transverse Sealing for a Form-fill-seal Packaging Machine: United States, 5347795[P]. 1994-09-20.
- [10] MASAO F. Transverse Sealer for Packaging Machine: United States: 5279098[P]. 1994-01-18.
- [11] 李光. 基于COSMOSMotion的包装机横封机构运动仿真[J]. 包装工程, 2010, 31(5): 83—85.
- LI Guang. Kinematic Simulation of Traverse Seal Mechanism of Packaging Machine Based on COSMOSMotion[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(5): 83—85.
- [12] 尚峰磊, 陈双平, 王宪龙, 等. 一种新型的无菌砖包机双滑块并联横封机构的设计与分析[J]. 机械设计, 2012, 29(8): 44—47.
- SHANG Feng-lei, CHEN Shuang-ping, WANG Xian-long, et al. Design and Analysis of a New Kind of Dual-slider Parallel Mechanism Used for Horizontal Sealing of Aseptic Brick Type Packaging Machine[J]. Journal of Machine Design, 2012, 29(8): 44—47.
- [13] 刘扬, 贺兵. 枕式包装机横封机构平衡设计[J]. 包装工程, 2008, 29(12): 83—85.
- LIU Yang, HE Bing. Mechanism Balance Design of Traverse Seal of Pillow-style Packaging Machine[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(12): 83—85.
- [14] 乔峰丽, 苗鸿宾. 包装机横封机构仿真研究[J]. 包装工程, 2008, 29(1): 75—77.
- QIAO Feng-li, MIAO Hong-bin. Simulation on Traverse Seal Mechanism of Packaging Machine[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(1): 75—77.
- [15] 陈向科. 施密特平行轴联轴器理论研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2007.
- CHEN Xiang-ke. Theory Research of Schmidt Offset Coupling [D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2007.
- =====
- (上接第5页)
- GOU Zhi-bo. Research on the Dynamic of The Cam-Linkage System of the Tissue Machine[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2012.
- [13] 邹慧君, 李瑞琴, 郭为忠, 等. 机构学10年来主要研究成果和发展展望[J]. 机械工程学, 2003, 39(12): 22—30.
- ZOU Hui-jun, LI Rui-qin, GUO Wei-zhong, et al. Research Trends and Prospects of Mechanisms in China in the Past Decade[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2003, 39(12): 22—30.
- [14] 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.
- [15] CAO Ju-jiang, TIAN Xiao-hong, LI Long. Analysis of the Simulation Movement in Cigarette Packaging Machine Pusher Device[J]. Advanced Manufacturing Technology, 2011, 314/316: 801—804.
- [16] 席晓燕. 基于ADAMS的含间隙酒瓶装箱机构优化设计[J]. 包装工程, 2013, 34(1): 69—74.
- XI Xiao-yan. Optimal Design of Wine Bottle Packaging Machine with Clearance Based on ADAMS[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(1): 69—74.
- [17] 杜文华, 赵慧文, 段能全, 等. 一种颗粒包装机摆动式充填机构的设计[J]. 包装工程, 2013, 34(3): 77—79.
- DU Wen-hua, ZHAO Hui-wen, DUAN Neng-quan, et al. Design of a Swing-type Filling Device of Particle Automatic Packaging Machine[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(3): 77—79.