

[研究·设计]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2017.04.003

# 异形热成型包装件仿形裁切机构研究

高 妮<sup>1</sup>, 陆佳平<sup>1</sup>, 钱建华<sup>2</sup>, 李国华<sup>2</sup>

(1. 江南大学 机械工程学院, 江苏 无锡 214122; 2. 江苏腾通包装机械有限公司, 江苏 南通 226361)

**摘 要:**为实现异形热成型包装件的准确分切,研究异形新型裁切工艺过程与仿形裁切机构。通过分析异形包装件的外形轮廓和裁切要求,确定了裁切的工艺过程和裁切刀的运动轨迹。选定相应的执行机构,并对仿形裁切机构进行参数化设计。采用可实现运动轨迹的凸轮-连杆机构带动裁切刀进行仿形裁切;采用解析法对执行机构进行参数化分析计算,找到固定凸轮与连杆的几何关系,最终确定执行机构关键部件固定凸轮的外形轮廓。采用仿形裁切方法可以实现异形热成型包装件的有效分切,本研究可为异形件裁切系统的设计提供参考。

**关 键 词:**异形包装件;裁切机构;热成型;仿形裁切;解析法

中图分类号:TS206.5 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2017)04-0013-04

## Cutting Mechanism Research of Special-Shaped Thermoformed Packages

GAO Wei<sup>1</sup>, LU Jiaping<sup>1</sup>, QIAN Jianhua<sup>2</sup>, LI Guohua<sup>2</sup>

(1. School of Mechanical Engineering, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China;

2. Jiangsu Tengtong Packing Machinery Company Limited, Nantong, Jiangsu 226361, China)

**Abstract:** Taking Special-shaped thermoformed packages as the research object, the new cutting process and cutting device of special-shaped thermoformed packages were studied in this paper. By analyzing the contour and cutting requirements of the thermoformed packages, the cutting process and the trajectory of the cutting blades were determined. The corresponding actuators were selected, and the profile cutting mechanism was parameterized. Cam-link mechanism which could realize the movement track was used to drive the cutting knife to make profile cutting. The analytic method was used to analyze the parameters of the actuator, and the geometrical relationship between the fixed cam and the link were found. Finally, the outline of the key parts of the actuator fixed cam was determined. The profiled cutting method could effectively cut the special-shaped thermoformed packages, which provided a reference for the design of the special-shaped cutting system.

**Keywords:** special-shaped packaging; cutting mechanism; thermoforming; profile modeling cutting; analytic method

全自动真空热成型包装机是近年开发生产的一种多功能多用途包装机型,它集薄膜拉伸成型、装填物料、抽真空、充气、热封、分切等功能于一体,在一台机械设备上具备了一条包装生产线的功能,对生产厂家来说,无需提前制袋和人工装袋<sup>[1-4]</sup>。这类机型性能优良,适用性广,包装形式多样,可广泛应用于各种食品包装和非食品包装领域。真空热封后形成了相连在一起的包装件,必须要进入分切区域进行分切,才能获得单个独立的成品包装件<sup>[5]</sup>。分切步骤决定了热成型包装件最终的外观质量<sup>[6]</sup>。立体矩形包装件常采用

横切和纵切组合的分切方式,异形包装件常采用刀模冲切、凹凸模冲切方式。横切与纵切只能分切矩形包装件,冲切与模切需确保刀模压力平稳,模具精确,否则易产生溢边、飞边、冲切不断等问题,因此需针对异形包装件提出新型仿形裁切方式。通过采用新型裁切工艺方法,实现对裁切刀运动轨迹的控制,完成异形包装件的仿形裁切。

### 1 产品包装件外形分析

针对市场上常见的粽子产品,包装形式为新型塑料热成型包装,异形裁切。图1(a)为2只粽子的简化

收稿日期:2017-02-20;修回日期:2017-04-20

第一作者简介:高妮(1991),女,江苏徐州人,硕士研究生,主要研究方向为异形包装成型技术。E-mail:614097865@qq.com

模型,为了尽可能减少热成型的材料,整个结构紧凑,2只粽子的最长边重合,最短边位于材料拉伸方向,次短边成150°左右的夹角<sup>[7]</sup>。为了避免分切完成后包装件产生的尖角,保证整体外形美观,在2个直线相交的地方采用圆角过度,则异形粽子热成型包装件整体外观如图1(b)所示,图中边缘区域为包装件的密封边。

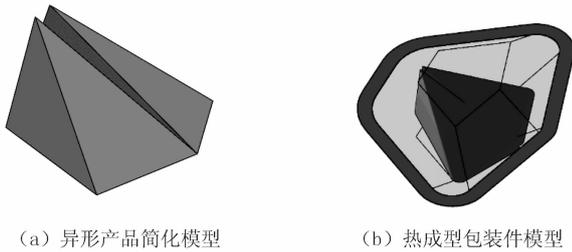


图1 热成型包装件模型图

Figure 1 Thermoforming packages model diagram

热成型包装机的工作平面为底膜的输送平面,包装件的分切也只需在工作平面上进行,为确保包装件密封宽度,分切的区域一般为热封完成后的密封边。图2为该异形热成型包装件裁切的平面图,2只粽子相对摆放之后,俯视图为不规则四边形,为方便模具制造,加大了底边的长度和各个过度圆角,优化造型之后包装件外形轮廓类似五边形。设各边线长度分别为: $L_1, L_2, L_3, L_4$ 和 $L_5$ ;圆弧的半径分别为 $R_1, R_2, R_3, R_4$ 和 $R_5$ ;圆弧对应的角度为 $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ 和 $\theta_5$ 。整体成轴对称图形,五边形最外面的边线为裁切刀刀轴的运动轨迹线。其中 $L_1 = L_5, L_2 = L_4, R_2 = R_5, R_3 = R_4$ 。设产品的整体外形尺寸为:190 mm × 133 mm × 65 mm (长 × 宽 × 高); $R_1 = 21$  mm,  $R_2 = R_5 = 25$  mm,  $R_3 = R_4 = 25$  mm,  $L_1 = L_5 = 74$  mm,  $L_2 = L_4 = 74$  mm,  $L_3 = 33$  mm,  $\theta_1 = 30^\circ, \theta_2 = \theta_5 = 110^\circ, \theta_3 = \theta_4 = 55^\circ$ 。

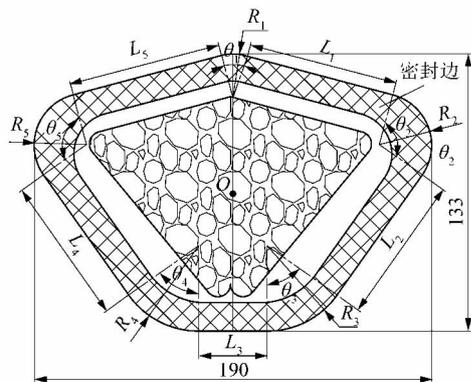


图2 热成型包装件裁切平面图

Figure 2 Thermoforming packages cutting plane

## 2 裁切技术方案

### 2.1 裁切工艺过程分析

分析了异形包装件的外形轮廓后,要实现异形件的仿形裁切,则需要控制裁切刀沿着包装件最外面轮廓线运动。模切的工作原理只需要外力驱动模切刀具做上下运动,而要实现仿形裁切,需要将裁切过程进行分解,并使分解后的动作协调配合<sup>[8]</sup>。裁切的工艺步骤可分为以下3步:

1) 切边夹紧。热成型包装机的传送膜由于两侧输送链条的夹紧作用处于张紧状态,在裁切刀刺穿薄膜后会破坏原有张力,需夹紧包装件的裁切区域,确保裁切整个过程的薄膜张力。

2) 刀具定位。裁切刀需要先刺穿薄膜,然后才能做整周的旋转裁切运动,运动初始点的选择需方便裁切刀做整周的运动。

3) 旋转裁切。裁切刀沿着预定轨迹线运动,在运动过程中需调整裁切刀的角度并要保持裁切刀片边缘始终与待裁切边线相切。

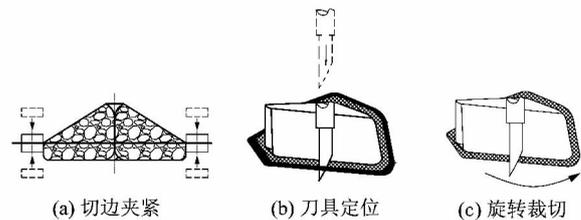
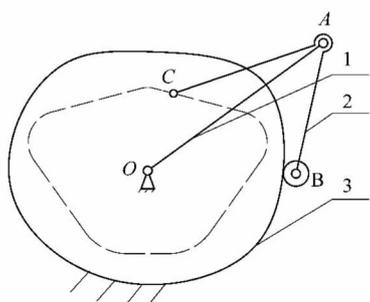


图3 裁切工艺过程图

Figure 3 Cutting process diagram

### 2.2 仿形裁切机构

由前面的工艺分析可知仿形裁切的动作要求为:裁切刀具需要在预定位置先刺穿薄膜,之后仿形机构带动裁切刀做仿形运动,裁切刀的刀轴的运动轨迹与异形件的外形轮廓相重合,同时仿形裁切过程中需要进行自动调刀,即调整刀具与切边的角度。由此可知,完成上述整体的仿形裁切的动作,仿形机构的选择最为关键,需要选用能够实现预定运动轨迹的机构。实现运动轨迹的机构很多,其中凸轮-连杆机构是实现运动轨迹最常用和理想的机构<sup>[9-11]</sup>。为了缩小整体的机构装置,采用整个机构的连架杆与机架连接的转动副都在轨迹内的凸轮连杆机构。图4为仿形裁切机构简图,图中连杆1为曲柄,围绕旋转中心O做圆周运动,连杆2也随着连杆1做整周运动,连杆2又在固定凸轮3的作用下,使点C做沿图中虚线轨迹运动,达到仿形裁切目的。

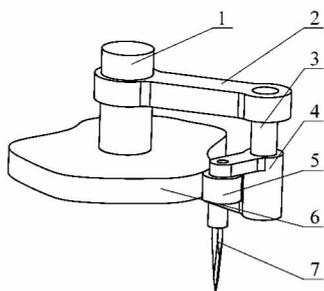


1—连杆;2—摆杆;3—固定凸轮。

图4 裁切机构简图

Figure 4 Cutting mechanism diagram

图5为裁切机构的三维模型图。连杆2围绕固定轴1做整周的旋转运动,连杆2的另一端安装有凸轮连杆安装轴3,用来安装凸轮连接杆4,固定凸轮6安装在固定轴1上作为固定件,凸轮连接杆4一端通过滚子5与固定凸轮接触,另一端安装有裁切刀7。当连杆围绕固定轴转动时,带动凸轮连接杆也做整周运动,连杆一端在固定凸轮的作用下,强迫凸轮连接杆的另一端的裁切刀做仿形运动。



1—固定轴;2—连杆;3—凸轮连杆安装轴;4—凸轮连接杆;5—滚子;6—固定凸轮;7—裁切刀。

图5 裁切机构三维模型图

Figure 5 Three-dimensional cutting mechanism diagram

### 3 裁切机构设计

凸轮连杆机构中各杆的长度及固定凸轮轮廓线之间的相互位置关系,决定了该机构的运动特性<sup>[12]</sup>。因此确定固定凸轮的轮廓和各杆的长度,来保证裁切刀的运动轨迹,是裁切机构设计的关键。以包装件的几何中心点为坐标原点O,水平方向为X轴,竖直方向为Y轴,建立直角坐标方程,如图6所示。当包装件的外形轮廓确定时,则外形轮廓线对应的直角坐标方程随之确定。设连杆OA杆长度为 $l_1$ 、凸轮连接杆中AB杆的长度为 $l_2$ 、凸轮连接杆AC杆的长度为 $l_3$ 、AC和AB形成的固定夹角为 $\Phi$ 。

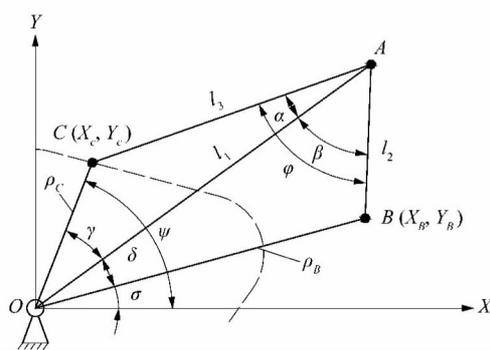


图6 裁切机构分析示意图

Figure 6 Schematic diagram of cutting mechanism

已知点C的坐标为 $(X_c, Y_c)$ ,则OC与X轴的夹角 $\psi$ 为:

$$\psi = \arctan \frac{Y_c}{X_c}。$$

OC之间的距离 $\rho_c$ 为:

$$\rho_c = \sqrt{X_c^2 + Y_c^2}。$$

在 $\triangle OAC$ 中,利用余弦定理可求得OA与OC的夹角 $\gamma$ 为:

$$\gamma = \arccos \left( \frac{\rho_c^2 + l_1^2 + l_3^2}{2 \cdot \rho_c \cdot l_1} \right)。$$

OA和AC之间的夹角 $\alpha$ 为:

$$\alpha = \arccos \left( \frac{l_1^2 + l_2^2 - \rho_c^2}{2 \cdot l_1 \cdot l_2} \right)。$$

则AB和AC之间的夹角 $\beta$ 为:

$$\beta = \Phi - \alpha。$$

在 $\triangle OAB$ 中,利用三角形余弦定理可求得OB的长度

$$\rho_B = \sqrt{l_1^2 + l_2^2 - 2 \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot \cos \beta}。$$

OB和OA之间的夹角 $\delta$ 为:

$$\delta = \arccos \left( \frac{\rho_B^2 + l_1^2 - l_2^2}{2 \cdot \rho_B \cdot l_1} \right)。$$

则OB与X轴的夹角 $\sigma$ 为:

$$\sigma = \psi - \gamma - \delta。$$

则点B的坐标为:

$$\begin{cases} X_B = \rho_B \cdot \cos \sigma, \\ Y_B = \rho_B \cdot \sin \sigma. \end{cases}$$

通过以上公式,在确定杆长和杆件之间的夹角后,借用包装件的坐标方程,即可求得凸轮轮廓线上点B的具体坐标。从图2的几何关系可知,包装件轮廓线离O点的最大距离为98.68 mm,则杆OA的长度 $l_{1 \min} \geq 98.68$  mm,取 $l_1 = 113.55$  mm;以点A的圆心画圆,

包装件的外形轮廓与圆之间最大的距离为 48.43 mm, 则 AC 的长度  $l_{3\min} \geq 48.43$  mm, 取  $l_3 = 50.50$  mm。在尺寸允许的范围内, 机构的尺寸选择尽可能取较小值, 取  $\Phi = \frac{\pi}{2}$ , 凸轮轮廓线必须要在以 A 为圆心的圆内, 则 AB 的长度不宜过长, 取  $l_2 = 42.05$  mm。根据上述选定的杆长结合包装件的坐标方程可求得固定凸轮的外形轮廓坐标, 并利用 SolidWorks 中的曲线拟合功能<sup>[13-14]</sup>, 通过求得的坐标画出固定凸轮的外形轮廓如图 7(a) 所示。同时为了验证该机构的合理性, 在 SolidWorks 中利用 SolidWorks Motion 的跟踪路径功能<sup>[15-16]</sup>, 追踪刀尖的运动点, 刀具运动轨迹线如图 7(b) 所示, 与包装件外形轮廓基本一致, 则以上各杆长取值合理。同时也可以利用 SolidWorks 的机构优化作用进行机构进一步优化设计。

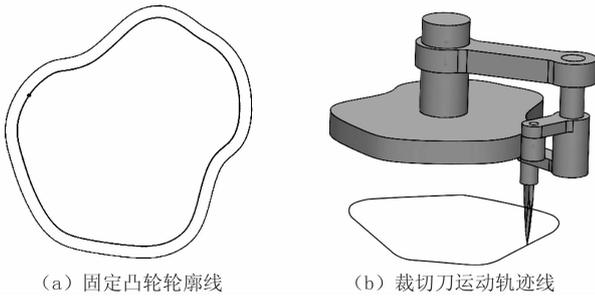


图 7 固定凸轮外形轮廓线与裁切刀轨迹线  
Figure 7 Outline of fixed cam profile & cutting knife trajectory

#### 4 结 语

研究给出一种针对新型异形热成型包装件的分切方法。通过分析异形包装件的外形轮廓和工艺要求, 确定了异形包装件裁切的工艺方案及实现包装件裁切轨迹的执行机构, 并对仿形裁切机构进行参数化设计, 完成主要部件固定凸轮轮廓线的设计, 并利用软件验

证了机构设计的合理性。研究结果表明, 通过对异形热成型产品包装件外形分析, 采用相应的仿形机构可以实现异形仿形裁切轨迹, 并有效实现异形包装件的仿形分切, 为异形件裁切装置的设计提供参考。

#### 参考文献:

- [1] 王洪江, 刘海军, 耿忠德. 热成型容器及在包装中的应用[J]. 包装工程, 2008, 29(9): 221-224.
- [2] 黄学佳, 包能胜, 谢荣生, 等. 集成吸塑成型冲切一体化工艺的全自动片材设备的研制[J]. 包装工程, 2011, 32(7): 72-75.
- [3] 祁红志, 施昱, 彭以虎. 自动真空吸塑成型机的研发[J]. 机械设计与制造, 2009(12): 147-148.
- [4] 张洪军. 新型膜容器成型及真空包装技术研究[D]. 无锡: 江南大学, 2012: 1.
- [5] 张聪. 全自动热成型真空包装机设计(续完)[J]. 包装与食品机械, 2002, 20(2): 16-18.
- [6] 高妮, 陆佳平, 李国华, 等. 包装件分切技术与理论设计[J]. 包装与食品机械, 2016, 34(3): 42-45.
- [7] 夏梦, 陆佳平, 李国华, 等. 一种新型粽子真空软塑包装工艺[J]. 包装与食品机械, 2015, 33(4): 45-47.
- [8] 曹惟庆, 徐曾荫. 机构设计[M]. 2版. 北京: 机械工业出版社, 1999.
- [9] 吕庸厚, 沈爱红. 组合机构设计与应用创新[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [10] 陈瑞良, 叶仲和, 于潇雁. 摆动从动件凸轮-连杆组合机构的解析法设计[J]. 机械设计, 2003, 20(3): 44-45.
- [11] 贾先, 谭栓斌, 范淑琴. 基于 ADAMS 的三角连杆机构压力机仿真分析[J]. 机电工程, 2016, 33(9): 1080-1083.
- [12] 魏引焕. 实现预定轨迹的凸轮连杆组合机构设计[J]. 陕西科技大学学报, 2012, 30(4): 68-71.
- [13] 丁彩红, 况云峰. 基于 Solidworks 的零件建模的若干方法[J]. 机械设计与制造, 2006(5): 74-75.
- [14] 李光耀, 杜娟. 基于参数的 SolidWorks 零件库的开发和实现[J]. 机械设计与制造, 2004(5): 40-42.
- [15] 姜岳健. 基于 SolidWorks Motion 运动仿真跟踪路径的应用[J]. 机械研究与应用, 2014(2): 187-188.
- [16] DS SOLIDWORKS 公司. SolidWorks Motion 运动仿真教程[M]. 杭州新迪数字工程系统公司, 译. 北京: 机械工业出版社, 2014.



www.QCtester.com  
因为专业, 所以权威  
因为用心, 所以收获更多



扫一扫 加入我们