

结构设计制造

一种软包装边角式折叠成型结构与工艺研究

虞胡宇, 陆佳平, 张志, 罗恒

(江南大学, 无锡 214122)

摘要: **目的** 针对现有热成型真空包装产品出现的下膜不能预印刷以及需要贴标签等问题, 探讨设计一种软包装折叠成型的包装结构及工艺。**方法** 采用边角式折叠成型方式, 该包装结构由上下膜组成, 下膜通过边角折叠点封固定, 同时对下膜进行参数化设计。**结果** 得出了纵向折叠收缩量与折角成正切函数关系, 当折角取 90° 时, 纵向折叠收缩量最大; 获得了推压折角与折角的函数关系, 结果显示折角比率一定时, 随着推压折角的增加, 折角逐渐减小。**结论** 解决了边角式折叠参数关系, 并提供了一种折叠工艺方案, 流程为纵向折叠成型—边角折叠—横向折叠成型—边角点封定型—充填产品—抽真空热封和模切, 为进一步实现产品的自动化包装和生产提供理论支撑。

关键词: 折叠成型; 结构设计; 参数化设计; 包装工艺

中图分类号: TB482 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)07-0117-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.07.021

Corner Folding Forming Structure and Process of a Flexible Package

YU Hu-yu, LU Jia-ping, ZHANG Zhi, LUO Heng

(Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

ABSTRACT: The work aims to discuss and design a packaging structure and process formed by folding the flexible packaging, aiming at the problem that the lower film of the existing thermoformed vacuum packaging product cannot be pre-printed and need to be labeled. In the method of corner folding forming, the packaging structure was composed of upper and lower films. The lower film was fixed by corner folding point, and the parametric design of lower film was conducted. The tangential function relationship between the longitudinal folding shrinkage and the folding angle was obtained. When the folding angle was 90° , the longitudinal folding shrinkage was the largest. The functional relationship between the pushing angle and the angle was obtained. The resulted showed that, when the ratio of the folding angle was constant, the folding angle gradually decreased with the increase of the pushing angle. The relationship between the corner folding parameters is solved and a folding process scheme is provided. The process includes longitudinal folding forming, corner folding, lateral folding forming, corner sealing, filling products, vacuum heat sealing and die cutting. The theoretical support is provided for the realization of automated packaging and production of products.

KEY WORDS: folding forming; structure design; parametric design; packaging process

小包装肉食产品、豆干制品深受人们喜爱, 成为人们生活中常见的休闲食物。此类食品包装大多采用热成型真空包装, 真空包装能有效延长产品的保质期。现有容器热成型包装机工艺通常是薄膜膜片加热—拉伸成型—冷却—定型脱模—充填物料—抽真空热封—分切—包装制品^[1-3]。由于热成型包装产品的

底膜不能印刷, 因此难以具有漂亮外观。近年来, 随着社会的发展, 人们对产品的要求日新月异, 具有良好印刷装潢的产品更具有吸引力^[4-5]。针对现有热成型包装产品的缺陷, 提出一种新型的包装形式, 采用折叠成型的方式, 应用一定的包装技术手段, 实现机械化生产, 对满足消费者的需求及推动相关行业的发

收稿日期: 2017-09-15

作者简介: 虞胡宇 (1993—), 男, 江南大学硕士生, 主攻包装工艺、包装机械。

通信作者: 陆佳平 (1964—), 男, 硕士, 江南大学副教授, 主要研究方向为包装工艺、包装机械。

展有重要意义。

1 包装形式与要求

1.1 边角式折叠成型包装形式

2种常见的热成型真空包装产品见图1,从图1中可以看出热成型包装产品的底膜不能印刷,因此其难以具有漂亮的外观^[6]。部分底膜上需要贴标签,增加了生产工序,提出一种边角式折叠成型即改变底膜成型方法,增加了底膜材料的使用范围,同时保证产品具有一个漂亮的外观。



图1 热成型真空包装产品

Fig.1 Thermoformed vacuum packaging products

小包装豆干多以方形为主,故其可以简化成一个长方体模型,构造一个以外形尺寸为 L (长) $\times W$ (宽) $\times h$ (高)的豆干模型,见图2。在满足上述要求的前提下,包装采用上下膜的形式进行设计。产品包装模型见图3,其特点在于整个包装由下膜、豆干及上膜组成,上膜和下膜通过四边热封,下膜存在一个边角区。

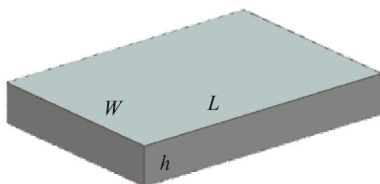


图2 豆干模型

Fig.2 Dried tofu model

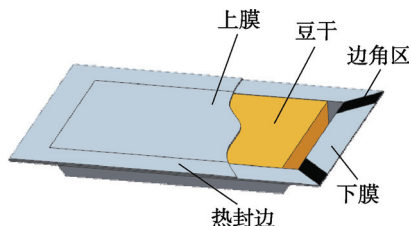


图3 产品包装模型

Fig.3 Product packaging model

下膜是此包装形式重要组成部分,下膜采用可热封的柔性薄膜材料;折叠成型并在边角进行局部热封定型形成一个开口容器。如图4所示,下膜结构由2个横边内壁、1个底面、2个纵边内壁、4个边角点封区,2个横封面和2个纵封面组成。纵边内壁与底面成 90° ,同时与纵封面相连。横边内壁与底面成一定的角度相连,同时与横封面相连。纵封面和横封面位于同一平面上,该平面和底面平行。边角点封区是

为了形成稳定的容器,折叠完成后在边角的位置进行热封合定型的区域。

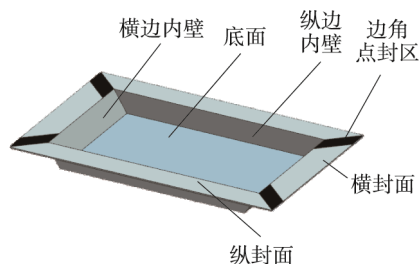


图4 下膜结构模型

Fig.4 Lower film structure model

1.2 边角式折叠包装要求

热成型包装的产品,具有一定的缺陷性,其底膜不能印刷,需要贴标签。折叠成型是通过折叠手段获得一个开盖式的腔体容器,然后充填物料,盖上上膜,抽真空后热封获得产品的方法。为实现折叠成一个开盖式腔体容器,折叠成型需要满足包装要求:折叠前后,薄膜只发生折叠位移变化,不发生拉伸变形;薄膜收缩量在纵向和横向2个方向上分别保持一致;成型过程需要一定的固定方法,保持容器折叠后的形状^[7-9];结构成型简单可靠,方便机械化生产^[10];其成型形式美观,能够吸引消费者^[11]。

2 成型结构研究

2.1 折叠成型包装设计

下膜容器的三视图见图5,其中沿 $A-A$ 截面方向为纵向,沿 $B-B$ 截面方向为横向;下膜沿着纵向方向进行折叠叫做纵向折叠,下膜沿着横向方向进行折叠叫做横向折叠。以外形尺寸为 L (长) $\times W$ (宽) $\times h$ (高)的豆干为参考,折叠过程包括横向折叠、纵向折叠和边角折叠,其中边角折叠是折叠过程中重要的一部分,关系到折叠效果。下面从折叠前后参数变化和推压线位置分析进行折叠结构成型设计,结构参数计算如下所述。

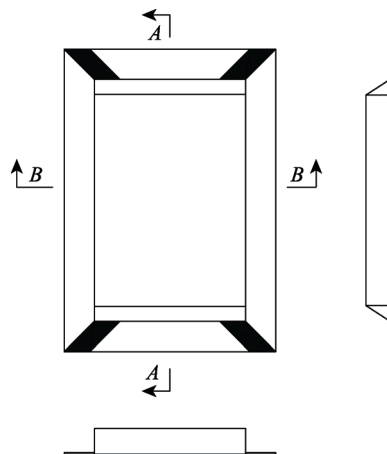


图5 下膜三视图

Fig.5 Orthographic view of lower film

2.1.1 折叠前后参数化设计

横向折叠后沿纵向截面见图6。对截面进行参数化分析,其中热封边长度为 d ,横边内壁与底面的折角为 β ,高度为 h_0 ,底面长为 L_0 ;考虑到豆干形状差异以及充填过程,在长度方向增加一个修正长度 L_k ,在宽度方向增加一个修正宽度 W_k ,高度方向增加一个修正高度 h_k 。可以解出容器成型后的薄膜折叠前长度 L_1 、折叠后长度 L_2 和折叠前后收缩量 δ_1 。

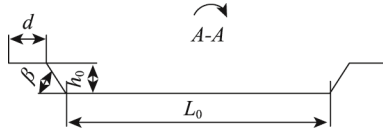


图6 A-A纵向截面
Fig.6 A-A longitudinal section

增加修正高度后,容器高度 h_0 :

$$h_0 = h + h_k \quad (1)$$

增加修正长度后,底面长度 L_0 :

$$L_0 = L + L_k \quad (2)$$

求解容器成型前后长度 L_1 和 L_2 :

$$L_1 = 2d + L + L_k + \frac{2(h + h_k)}{\sin \beta} \quad (3)$$

$$L_2 = 2d + L + L_k + \frac{2(h + h_k)}{\tan \beta} \quad (4)$$

折叠前后薄膜收缩量 δ_1 :

$$\delta_1 = L_1 - L_2 = \frac{2(h + h_k)}{\sin \beta} - \frac{2(h + h_k)}{\tan \beta} = \frac{2(h + h_k) \tan \frac{\beta}{2}}{2} \quad 0 < \beta \leq \frac{\pi}{2} \quad (5)$$

通过式(5)可以得出在纵向方向,薄膜折叠收缩量 δ_1 只与豆干高度 h ,修正高度 h_k 和横边内壁与底面折角 β 相关,对于一个特定的豆干产品, h_k 和 h 是一个常量,故收缩量 δ_1 与夹角 β 是一个正切函数的关系。当 $\beta = \pi/2$,最大收缩量为 $2(h + h_k)$ 。

纵向折叠后沿横向截面见图7,对截面进行参数化分析,其中热封边长度为 d ,纵边内壁与底面成 90° 夹角,容器高度为 h_0 ,底面宽为 W_0 。可以解出容器成型后的薄膜折叠前宽度 W_1 、折叠后长度 W_2 和折叠前后收缩量 δ_2 。

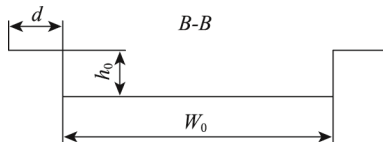


图7 B-B横向截面
Fig.7 B-B horizontal section

增加修正宽度后,容器底面宽度 W_0 :

$$W_0 = W + W_k \quad (6)$$

求解容器成型前后宽度 W_1 和 W_2 :

$$W_1 = 2(d + h + h_k) + W + W_k \quad (7)$$

$$W_2 = 2d + W + W_k \quad (8)$$

折叠前后薄膜收缩量 δ_2 :

$$\delta_2 = W_1 - W_2 = 2(h + h_k) \quad (9)$$

通过式(9)可以得出在横向方向,薄膜折叠收缩量 δ_2 只与豆干高度 h 和修正高度 h_k 相关。对于一个特定的豆干产品, h_k 和 h 是一个常量,故在横向收缩量 δ_2 是一个定值。收缩量为豆干高度与修正高度和的2倍。

2.1.2 推压内折线位置分析

将下膜容器展开可以得到如图8所示的平面展开图,图8中虚线表示折叠过程中内折线,点划线表示折叠过程中外折线。折线包括横向折线、纵向折线和推压折线。前2种折线前文已分析过,以下主要分析推压折线。推压折线是在成型过程中通过定位装置推进,上下压板进行挤压热封后形成边角点封区的折线。折线的位置影响到最后下膜容器的成型。

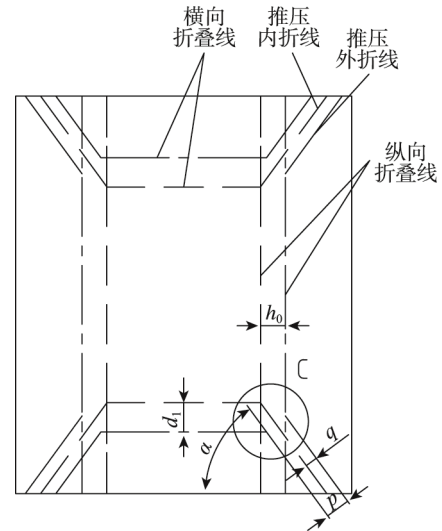


图8 下膜平面展开
Fig.8 Lower film plane expansion

边角点封区是由3层薄膜组成,其成型过程是在推压内折线内折,同时推压外折线外折至内折线两边重合,然后热封合形成。边角折叠处局部放大图见图9,忽略薄膜自身厚度对折叠的影响,建立数学模型。根据折叠关系,折叠前后D点与I点重合,边角折叠宽度为 q 。HI段为热封重合区域,DI段的距离为 p 。A点为边角内折线与横向内折线交点, x 为交点到纵向内折线距离。OJ为容器高度, d_1 即为横边内壁展开后的宽度,推压内折线与横向外折线夹角为 α 。

折叠过程中,为了保证在横向收缩量相同,故:

$$p = h_0 \quad (10)$$

根据折叠对应的几何关系,DH垂直HG,GI=DG,同时有:

$$q = \frac{p}{2} \quad (11)$$

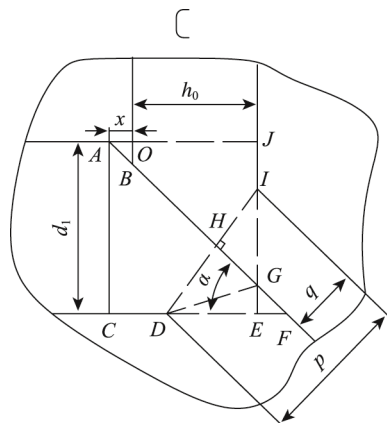


图9 关键边角折叠处放大

Fig.9 Magnification of key corner folding points

d_1 为横边内壁展开后的宽度:

$$d_1 = \frac{h_0}{\sin \beta} \quad (12)$$

可以建立几何关系:

$$\frac{x+h_0}{\tan \alpha} = d_1 - EG \quad (13)$$

由 $\triangle HIG \sim \triangle GEF$, 因此 $\angle HIG = \alpha$, 又有 $\angle HIG = \angle HDG$, 因此 $\angle GDE = \pi/2 - 2\alpha$, 故:

$$EG = \frac{q}{\cos \alpha} \sin\left(\frac{\pi}{2} - 2\alpha\right) \quad (14)$$

将式 (10—13) 带入式 (14), 求得:

$$\beta = \arcsin \left[\frac{1}{\left(1 + \frac{x}{h_0}\right) \tan \alpha + \frac{\cos(2\alpha)}{2 \cos \alpha}} \right] \quad (15)$$

式 (15) 即为边角式折叠的构造函数, 函数表达了横向底面折角 β 与推压折角 α 、容器高度 h_0 和 x 之间的关系。 $1+x/h_0$ 定义为折角比率, 利用 Matlab 软件做图画^[12-13], 得到折角比率分别为 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0 的构造函数的图像。从图 10 可以得出, $1+x/h_0$ 折角比率一定, 随着推压折角 α 增加, 折角 β 逐渐减小; $1+x/h_0$ 折角比率一定, 推压折角 α 有且只有一个值, 使得折角 β 等于 90° , 推压折角小于该值, 函数没有实根; $1+x/h_0$ 折角比率逐渐增大, 对折角 β 影响越来越不显著。

3 成型工艺技术

该结构通过边角式折叠成型的方式实现包装成型, 主要通过纵向折叠成型, 边角推压折叠, 横向折叠成型, 边角处热封合, 充填产品, 上下合膜, 抽真空热封和分切等多工序完成, 工序流程见图 11。下膜放卷通过牵引进入纵向折叠结构中实现纵向折叠, 形成一个

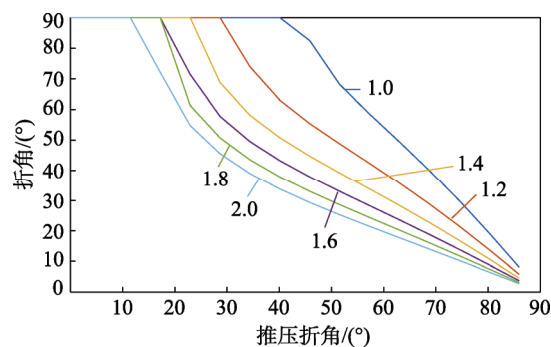


图10 构造函数关系

Fig.10 Relationship between constructors

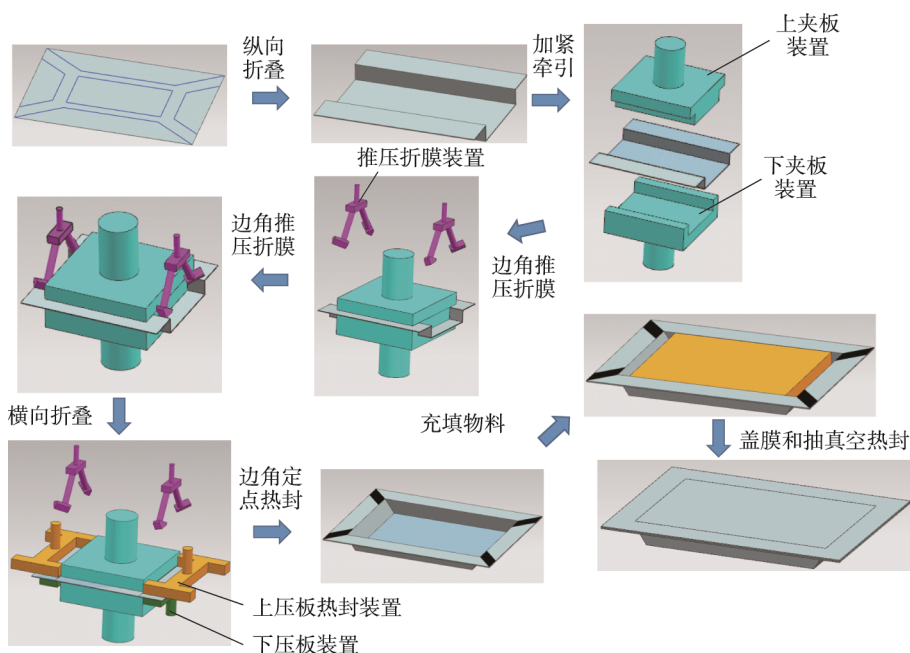


图11 边角式折叠成型工艺

Fig.11 Corner folding forming process

”U”型结构;上下夹板装置夹持”U”型薄膜纵向运动,运动到定位位置,推压折叠装置向下运动,推压装置与薄膜横向成 α 进行推压折叠;然后上下压板动作将薄膜进行横向折叠过程,同时推压折膜装置向上运动,在上压板上装有热封头,在压到固定位置后实现边角处热封合;然后上下压板和上下夹板移开,通过夹持机构夹持进入下一充填工位放入产品;充填产品后,上膜牵引一同进入真空室,先抽真空然后热封合容器四周;最后进入模切工位,模切形成最终的包装产品,同时裁切剩下的余料由余料收集装置收集^[14—16]。

4 结语

针对现有热成型包装存在的缺陷,提出了一种边角式折叠成型的方法,分析了折叠包装的要求,确定了一种由上下膜边角式折叠包装的结构,选取了一种 L (长) $\times W$ (宽) $\times h$ (高)的产品进行了结构和工艺研究。设计并计算出所需包装材料的长宽尺寸,求解出了折叠成型过程中纵横向薄膜收缩量,同时推导出了该折叠结构的构造函数,最后提出了此包装形式的一种工艺实现过程。为进一步实现产品的自动化包装和生产提供了理论支撑。

参考文献:

- [1] 喻国平,黄锐.热成型过程中的冷却过程分析[J].中国塑料,2000(7):62—65.
YU Guo-ping, HUANG Rui. Analysis of Cooling Process in Thermoforming Process[J]. China Plastics, 2000(7): 62—65.
- [2] 王洪江.热成型容器及在包装中的应用[J].包装工程,2008,29(9):221—224.
WANG Hong-jiang. Thermoformed Container and Its Application in Packaging[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(9): 221—224.
- [3] 赵淮.包装机械选用手册[M].北京:化学工业出版社,2001.
ZHAO Huai. Packaging Machinery Selection Manual[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2001.
- [4] 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.
XIA Meng, LU Jia-ping, LI Guo-hua. A New Type of Dumplings Vacuum Soft Plastic Packaging Process [J]. Packaging and Food Machinery, 2015, 33(4): 45—47.
- [5] 郭芳彬.谈谈蜂产品的包装与装潢[J].蜜蜂杂志,1987(6):4—5.
GUO Fang-bin. Talking about the Packaging and Decoration of Bee Products[J]. Bee Magazine, 1987(6): 4—5.
- [6] 许林成,赵治华,王治,等.包装机械原理与设计[M].上海:上海科学技术出版社,1988.
XU Lin-cheng, ZHAO Zhi-hua, WANG Zhi, et al. Packaging Machinery Principle and Design[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1988.
- [7] FORD T D R. Process and Apparatus for Producing Packets: United States, 20130133292A1[P]. 2011-06-29.
- [8] AMER A. Methods And Machine for Forming a Container Form a Blank Using a Pre-fold Mandrel Section: United States, MX20140010627[P]. 2013-06-09.
- [9] 盛英.软塑折叠包装容器的生产和技术要求探讨[J].塑料包装,2007(4):48—49.
SHENG Ying. Study on Production and Technical Requirements of Flexible Plastic Packaging Containers[J]. Plastics Packaging, 2007(4): 48—49.
- [10] 王玉芬,罗奎,谢华.拉伸膜食品包装[J].肉类工业,1999(3):24—27.
WANG Yu-fen, LUO Kui, XIE Hua. Transfer Membrane Food Packaging[J]. Meat Industry, 1999(3): 24—27.
- [11] 卫剑征,谭惠丰,苗常青.空间折叠薄膜管的充气展开动力学实验研究[J].力学学报,2011,43(1):202—207.
WEI Jian-zheng, TAN Hui-feng, MIAO Chang-qing. Experimental Study on Aerodynamic Expansion Dynamics of Space Folded Film Tube[J]. Journal of Mechanics, 2011, 43(1): 202—207.
- [12] KIRKPATRICK J. New Packaging Design[M]. London: Laurence King, 2009.
- [13] 余强毅,吴文斌,陈羊阳.农作物空间格局变化模拟模型的 MATLAB 实现及应用[J].农业工程学报,2014,30(12):105—114.
YU Qiang-yi, WU Wen-bin, CHEN Yang-yang. Implementation and Application of Simulation Model of Crop Spatial Pattern Change[J]. Journal of Agricultural Engineering, 2014, 30(12): 105—114.
- [14] 蔡祈耀,陈务军,张大旭.Kapton 薄膜折叠力学行为分析与试验[J].上海交通大学学报,2014,48(8):1109—1115.
CAI Qi-yao, CHEN Wu-jun, ZHANG Da-xu. Analysis and Experiment of Mechanical Behavior of Kapton Film Folding[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University, 2014, 48(8): 1109—1115.
- [15] 徐彦,关富玲.可展开薄膜结构折叠方式和展开过程研究[J].工程力学,2008,25(5):176—181.
XU Yan, GUAN Fu-ling. Study on Folding Mode and Unfolding Process of Expandable Film Structure[J]. Engineering Mechanics, 2008, 25(5): 176—181.
- [16] 古开云.新型包装机械技术手册[M].北京:中国知识出版社,2009.
GU Kai-yun. New Packaging Machinery Technical Manual[M]. Beijing: China Knowledge Publishing Press, 2009.