

粽子自动折叠裹包集成机构研究

季月明¹, 陆佳平^{1,2}, 王淑慧¹, 赵月霞¹

(1. 江南大学, 无锡 214122;

2. 江苏省食品先进制造装备技术重点实验室, 无锡 214122)

摘要:目的 以完成充填的粽子半成品为研究对象, 研究其机械化裹包的实现方式。方法 通过分析粽子折叠裹包动作的基本功能和要求, 研究其技术原理和工艺方法; 针对实现折面、折边、包角及定型的裹粽操作要求, 研究集成化的折叠裹包技术方案, 并探讨关键执行机构的选型与设计; 对关键机构进行参数化设计及优化。结果 通过曲柄滑块、摆块等机构实现了粽子自动裹包成型, 并完成了粽子自动裹包装置的设计。结论 基于传统人工裹包工艺, 提出粽子自动化裹包工艺, 并完成机构设计, 为类似的特殊裹包方式及相关机构的设计和研发提供了参考和依据。

关键词: 粽子包装; 折叠裹包; 工艺技术; 机构设计; 参数优化

中图分类号: TB486+.03 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2015)19-0079-05

Automatic Folding and Wrapping Integrated Mechanism for Rice Dumplings

Ji Yue-ming¹, Lu Jia-ping^{1,2}, Wang Shu-hui¹, Zhao Yue-xia¹

(1. Jiangnan University, Wuxi 214122, China;

2. Jiangsu Key Laboratory of Advanced Food Manufacturing Equipment and Technology, Wuxi 214122, China)

ABSTRACT: Taking the semi-finished rice dumplings which have been filled as the research object, the paper studied the mechanical folding and wrapping of rice dumplings. The basic functions and requirements of movements for folding and wrapping rice dumplings were analyzed, and the technical principles and process were studied. Based on the operational requirements of wrapping rice dumplings including lifting, pressing leaves, folding wings and wrapping horns, integrated technical solutions of folding and wrapping were researched and the choosing and designing of key actuators were discussed. Parametric design and optimization were conducted for the key mechanisms. Automatic folding and wrapping of rice dumplings was realized by mechanisms such as crank slider and pendulum block, and the design of automatic rice dumpling wrapping device was completed. In conclusion, a new automatic folding and wrapping process was proposed based on the traditional manual wrapping process, and the mechanism design was completed, which provided a reference and basis for the design and development of similar special wrapping methods and relevant mechanisms.

KEY WORDS: rice dumplings; folding and wrapping; process technology; mechanism design; parameter optimization

随着我国粽子消费方式的变化及粽子市场需求的不断扩大,我国粽子产业在近年来得到了迅速的发展和壮大。目前,包粽环节仍然主要依靠人工,并且对工人手工熟练程度要求非常高^[1]。手工裹粽的生产方式造成粽子生产行业诸多问题难以解决,如阶段性生产

能力不足、难以实现质量标准化、存在卫生隐患等^[2]。因此,裹粽生产机械化迫在眉睫,裹粽环节关键机械技术的突破,可以带来整个粽子产业的长足发展。这里,以完成粽叶斗形成型、米料充填步骤的半成品粽子为研究对象,研究粽子自动裹包的工艺技术与方

收稿日期: 2015-02-03

作者简介: 季月明(1990—),女,江苏南通人,江南大学硕士生,主攻包装工艺与机械。

通讯作者: 陆佳平(1964—),男,江南大学副教授、硕导,主要研究方向为包装工程。

法,设计关键执行机构,实现单个工位完成粽叶折叠裹包动作^[3]。

1 粽子自动裹包工艺方法

1.1 基本功能及要求

以位于传送装置上的半成品粽子为研究对象,研究其自动化裹包的实现方式。根据传统的粽子裹包方式,进行裹粽之前,粽叶需经过斗形成型和充填米料工艺。基于参数设计要求,取长42 cm、宽9 cm的粽叶,经过浸泡、斗形成型、充填100 g米料,形成待裹包的半成品粽子^[4]。浸泡后湿润的粽叶具有一定的耐折性及抗戳穿能力,确保自动化裹包过程中能够承受一定的推压力而不会破损。

成品粽子除了需要满足尺寸要求外,还需要满足裹包紧实、无明显露角等质量要求。影响粽子质量的重要指标之一为粽子的包制密度,而包制密度的重要影响因素为粽子的包制紧密程度。粽子包制过松会降低粽子的感官品质,使粽子过软,粘性不适口^[5]。因此,采用合适的裹包工艺及机构对于粽子的裹包质量至关重要。

1.2 工艺过程分析

粽叶在完成米料充填后,人工进行裹包的動作复杂^[6],主要过程为握住粽体,将粽叶贴米料上表面往里折,叶面压平;将粽叶两侧边同时向下折,并压住折下的粽叶,折好的粽面呈正三角形;将粽叶多余部位顺时针紧靠粽体旋转,形成粽角,并压住折叠后的粽叶。

根据粽子自动裹包工艺要求,制定合理的工艺动作。工艺动作应尽可能简单,这样使设计出的机构也比较简单。同时,对于复杂的工艺动作应进行分解,使分解后的动作协调配合^[7]。结合粽子自动裹包要求和人工裹粽过程,考虑对包装质量、生产率及机器复杂程度的影响,提出粽子折叠裹包工艺过程见图1。

1) 折面。半成品粽子于托粽装置中固定,折面板带动粽叶紧靠粽体沿 AB 旋转折叠 120° 。

2) 折边。折边板带动粽子两侧粽叶紧贴粽子侧边向下折叠,粽子顶部形成 $\triangle ABC$ 。

3) 包角。包角装置带动粽叶多余部位以粽子1条棱边 CD 为中心轴顺时针旋转,多余粽叶高出粽子顶部。完成包角动作后,折面折边装置复位。

4) 粽顶定型。位于输送带上的粽顶定型板平行

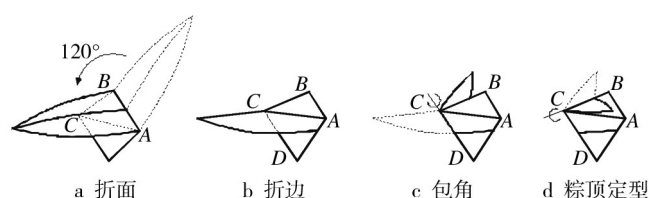


图1 粽子自动折叠裹包工艺过程

Fig.1 Diagram of the automatic rice dumpling folding and wrapping process

移动,使粽叶沿 BC 折叠,多余粽叶固定于粽子顶部。

2 粽子折叠裹包技术原理与方案

通过对粽子折叠裹包的关键工艺进行分析,描述各工艺过程相应的技术原理,确定各步骤的动作方案,使其能够通过机械方法实现各工艺动作^[8]。

2.1 折面技术方案确定

折面是粽子裹包的第1步,基本动作要求为:折面板带动粽叶贴米面往里折,粽叶沿粽子的1条棱边旋转翻折 120° ,同时,折叠后粽叶平整、叶脉处于中间位置,且使米料压紧不变形。对粽叶初始状态及成型状态进行分析可知,可以采用旋转折叠和推压折叠的原理来实现折面动作。在旋转折叠方式中,折面板须带动粽叶进行大角度折叠,由于待裹包粽子在形状上存在略微差异,采用旋转式折叠方式容易出现粽叶裹包松动。机械推压折叠原理见图2,其只需往复运动、平行推压使粽叶实现既定角度的旋转,并且能够保证粽叶平整和米料压紧。

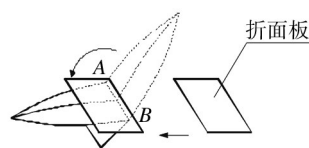


图2 推压折叠过程示意

Fig.2 Diagram of the pushing and folding process

2.2 折边技术方案确定

折边为粽子裹包的第2步,其动作要求是将粽子两侧多出粽体部分的粽叶贴粽子侧边向下折,使折好的粽体背部呈正三角形。根据粽叶初始及末端位置,选用曲柄滑块机构实现折边板往复运动,沿粽子两侧边平行推压粽叶完成折边动作^[9]。

根据折边动作要求和实现此动作的原理方案,采

用折边机构来实现有停留的往复折边动作^[9],见图3。在气缸的带动下,齿轮齿条带动2个对称摇杆在一定范围内摆动,通过连杆使折边板沿着粽子侧边方向往复运动。当完成压叶动作后,2个折边板同时向下运动时,带动粽面两侧多余粽叶沿粽子侧边方向同时向下推压,完成折边动作;当后续包角机构完成包角动作后,此时两侧边粽叶已固定,在气缸的带动下折边板向上运动,回到初始位置。

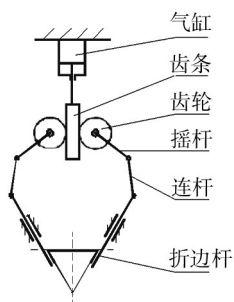


图3 折边机构示意

Fig.3 Diagram of the folding edges mechanism

2.3 包角技术方案确定

包角是将多余粽叶紧靠粽体顺时针旋转,形成粽角,并压住粽叶使其不松动。在整个自动裹粽过程中,包角动作是影响裹包质量的关键步骤,也是最为复杂的动作。考虑到裹包质量和机构的复杂程度,脱离人工包角的传统方式,将包角过程分解为2个简单运动,即粽子的直线运动和包角板带动粽叶的旋转运动,并保证2个动作在时间及空间上进行配合。

采用摆块机构来实现上述运动过程^[10],见图4。首先,粽子沿既定轨道直线运动。当粽角到达粽叶压板旋转支点A处,并缓慢挤压粽叶压板时,粽子到达既定包角位置停止平行移动,此时弹簧提供一定的弹性力使粽角压紧;随后,气缸活塞杆推出,带动摇杆旋转120°,粽叶压板带动粽叶紧贴粽体旋转120°并压紧。在包角运动过程中,折边板能够对粽子形状起到很好的保持作用,保证包角完成后粽角整齐,形状美观。

在完成包角动作后,由于粽叶压板以一定的压力将粽叶压紧,此时可以抽出折边板,并且使压叶折边装置复位而不影响粽子形状。折面折边装置复位后,粽子顶部由定型板沿粽子上表面平行推压高于粽体的粽叶,并将其压紧定位于粽子顶部。此后,粽顶定型板紧压粽体并和粽子同步运动到下一工位。

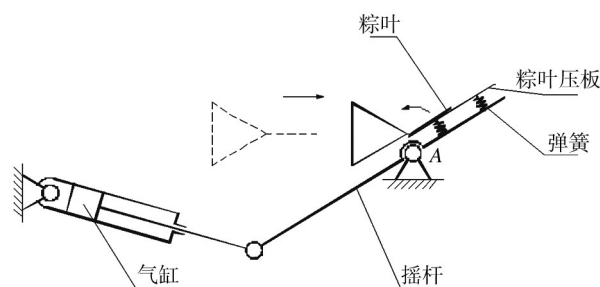


图4 包角机构示意

Fig.4 Diagram of the folding angles mechanism

3 粽子折叠裹包关键机构设计

3.1 折边机构

折边机构为曲柄滑块机构,其各杆长度及位置关系决定了机构的运动特性。选取合适的杆长,控制杆件之间的角度参数,成为该机构设计的关键^[11]。采用解析法^[12]计算折边机构各杆的长度及相互位置,再通过确定的参数计算齿轮齿条的参数及气缸的行程。

折边机构综合模型见图5,摇杆BC带动滑块C沿既定的导轨实现往复运动。 α 为粽子侧边倾斜的角度。以A为原点建立坐标系,使x轴与AD平行。已知滑块的位置 s_i 、A点和D点的距离 c 及摇杆AB与x轴的夹角 φ_{1i} ,需要求出杆AB和BC的长度 a 和 b 。采用封闭矢量法^[13],由环路ABCD可得矢量方程 $a+b=s+c$,其投影方程为:

$$\begin{cases} a \cos \varphi_{1i} + b \cos \varphi_2 = c - s_i \cos \alpha \\ a \sin \varphi_{1i} + b \sin \varphi_2 = s_i \sin \alpha \end{cases} \quad (1)$$

将式(1)平方相加消去 φ_2 ,经整理后得:

$$\begin{cases} p_0 s_i \cos(\alpha + \varphi_{1i}) + p_1 \cos \varphi_{1i} + p_2 = \\ s_i^2 + z \frac{p_1}{p_0} s_i \cos \alpha \\ p_0 = -2a \\ p_1 = 2ac \\ p_2 = b^2 - a^2 - c^2 \end{cases} \quad (2)$$

已知 $\alpha, \varphi_{1i}, s_i (i=1, 2, 3), c$,将其代入式(2)先求出 p_0, p_1 和 p_2 ,再计算获得 a 和 b 。

3.2 包角机构设计

包角机构为摆块机构,可以按照力矩比设计包角机构各杆的长度、相互位置及气缸的行程^[14-15],计算并

定的稳定性与可靠性。

5 结语

提出了一种新的粽子折叠裹包机械化实现方法,通过对粽子折叠裹包工艺进行分析,结合人工裹包过程,确定粽子自动折叠裹包工艺方案及实现各部分工艺动作的机构构型,并对关键机构进行参数化设计,最终完成粽子自动裹包装置的设计与验证。研究表明:根据工艺要求设计运动规律时,可以适当模拟人工动作过程,但应充分考虑机械的适应性,将复杂的人工过程进行适当的分解、优化及转变,使分解后的运动规律协调配合。

参考文献:

- [1] 谢朝红. 机械裹粽难,粽子机械化道路不平坦[N]. 中国食品报,2012-11-08(6).
XIE Zhao-hong. Wrapping Rice Dumplings in Mechanical is Hard and the Way is not Flat[N]. Chinese Food, 2012-11-8 (6).
- [2] 赵铁惠,梁庆华,王石刚. 粽子自动扎线机总体方案设计[J]. 机械设计与研究,2008(3):118—120.
ZHAO Yi-hui, LIANG Qing-hua, WANG Shi-gang. Conceptual Design of Automatic Machine for Zongzi Binding[J]. Machine Design and Research, 2008(3): 118—120.
- [3] 许林成. 包装机械原理与设计[M]. 上海:上海科学技术出版社,1988:40—42.
XUE Ling-cheng. Packaging Machinery Principles and Design [M]. Shanghai:Shanghai Science and Technology Press, 1988: 40—42.
- [4] 朱应举,李苗云,冯小霞. 速冻粽子生产用粽叶的品质分析研究[J]. 食品工业科技,2008,29(5):142—143.
ZHU Ying-ju, LI Miao-yun, FENG Xiao-xia. Investigate on the Quality of Quick-freeze Steamed Rice Dumpling Leaf[J]. Science and Technology of Food Industry, 2008, 29(5): 142—143.
- [5] 陈云辉,李汴生. 不同包制密度对粽子蒸煮和品质的影响[J]. 现代食品科技,2012(10):1391—1395.
CHEN Yun-hui, LI Bian-sheng. Effect of Package Density on the Cooking and Quality of Zongzi[J]. Modern Food Science and Technology, 2012(10): 1391—1395.
- [6] 韦保耀,王燕,黄丽. 粽子保鲜的研究[J]. 现代食品科技, 2006,22(3):82—84.
WEI Bao-yao, WANG Yan, HUANG Li. The Study of Zongzi Refreshment[J]. Modern Food Science & Technology, 2006, 22 (3):82—84.
- [7] 曹惟庆,徐曾荫. 机构设计[M]. 第2版. 北京:机械工程出版社,1999.
CAO Wei-qing, XU Zeng-yin. Mechanism Design[M]. 2nd Edition. Beijing:Mechanical Engineering Press, 1999.
- [8] 郝玉龙,徐泰燕. 现代包装机械设计方法[J]. 湖南包装, 2011(3):43—45.
HAO Yu-long, XU Tai-yan. Modern Packaging Design Method[J]. Human Packaging, 2011(3): 43—45.
- [9] 华大年,华志宏. 连杆机构设计与应用创新[M]. 北京:机械工业出版社,2008.
HUA Da-nian, HUA Hong-zhi. Design and Application of Innovative Linkage[M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2008.
- [10] 郑相周,罗红汉,傅国栋,等. 连杆驱动的曲柄摇块机构综合设计的解析方法[J]. 机械研究与应用,2014(4):18—20.
ZHENG Xiang-zhou, LUO Hong-han, FU Guo-dong, et al. Analytical Synthesis Methods of Crank Rocker Mechanisms [J]. Mechanical Research & Application, 2014(4): 18—20.
- [11] 濮良贵,纪名刚. 机械设计[M]. 8版. 北京:高等教育出版社,2006.
PU Liang-gui, JI Ming-gang. Mechanical Design[M]. Eighth Edition. Beijing: Higher Education Press, 2006.
- [12] 杨可桢,程光蕴. 机械设计基础[M]. 5版. 北京:高等教育出版社,2006.
YANG Ke-zhen, CHENG Guang-yun. Fundamentals of Machine Design[M]. Fifth Edition. Beijing: Higher Education Press, 2006.
- [13] 田野,孙智慧,郑赛男,等. 包装机中推料机构分析及优化[J]. 包装工程,2013,34(21):66—70.
TIAN Ye, SUN Zhi-hui, ZHENG Sai-nan, et al. Analysis and Optimization of Feeding Mechanism of Packaging Mechine[J]. Package Engineering, 2013, 34(21): 66—70.
- [14] 刘超贤. 气液动摆动缸式四杆机构的设计[J]. 机械设计, 1990(5):31—36.
LIU Chao-xian. The Design of Pneumatic and Hydraulic Swing Cylinder Four-bar Mechanism[J]. Journal of Machine Design, 1990(5): 31—36.
- [15] 张建国. 图解分析法在摆动油缸机构设计中的应用[J]. 山西机械,1994(4):33—34.
ZHANG Jian-guo. Graphical Analysis of the Swing Cylinder Mechanism [J]. Shaanxi Machinery, 1994(4): 33—34.