

给袋式自动挂面包装机关键装置设计

陈留记¹, 王志山¹, 李文凯², 屈凌波³

(1.河南工业大学, 郑州 450001; 2.登封市启明轩程控设备有限公司, 登封 452470;

3.郑州大学 机械学院, 郑州 450001)

摘要: **目的** 为了实现 2~2.5 kg 包装规格挂面的自动化包装、提高包装效率, 设计一种给袋式自动挂面包装机。**方法** 模拟挂面的人工装袋作业流程, 采用模块化设计思想, 进行包装机关键装置的结构设计, 使包装机可实现自动取袋、开袋、装袋、封口等功能。用 Pro/E 软件对包装机的各个装置进行三维建模, 并进行虚拟装配, 以检验设计的合理性。**结果** 设计的给袋式自动挂面包装机可以实现 2~2.5 kg 包装规格挂面的自动化包装。**结论** 给袋式自动挂面包装机设计合理, 可取代人工包装, 降低了工人的劳动强度。同时, 给挂面的自动化包装提供了一种实用的解决方案。

关键词: 挂面包装; 取袋; 开袋; 装袋; 封口

中图分类号: TB486⁺.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)13-0170-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.13.028

Key Device Design of Automatic Bag Filling and Sealing Machine for Dried Noodles

CHEN Liu-ji¹, WANG Zhi-shan¹, LI Wen-kai², QU Ling-bo³
(1.Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China;

2.Dengfeng Qimingxuan Program Control Equipment Co., Ltd., Dengfeng 452470, China;

3.School of Mechanical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

ABSTRACT: The work aims to design an automatic bag filling and sealing machine for dried noodles with packaging specification of 2~2.5 kg, in order to realize the automatic bag filling and sealing and improve the packaging efficiency. According to modular design, the key devices of automatic bag filling and sealing machine were designed based on the workflow of manually loading dried noodles into prefabricated bag. The machine could realize automatic bag-taking, bag-opening, filling and sealing function. In order to verify the rationality of the design, the Pro/E software was used to construct the 3D model for each device of the packaging machine and the virtual assembly was conducted. The designed automatic bag filling and sealing machine could achieve the packaging process of dried noodles with packaging specification of 2~2.5 kg. The design of automatic bag filling and sealing machine for dried noodles is reasonable, can replace manual packaging and reduce labor intensity of workers. Meanwhile, a practical solution for automatic packaging of dried noodles is proposed.

KEY WORDS: packaging of dried noodles; bag-taking; bag-opening; filling; sealing

挂面是中国的传统面制食品, 在国人的饮食结构中占据较大的比重, 尤其在北方, 挂面拥有更大的市场^[1]。随着生活水平的提高, 消费者的需求也呈现多

样化, 据市场调研, 现有 1 kg 及以下包装规格的挂面已不能满足消费者的需求, 对 2~2.5 kg 包装规格的挂面需求正在上升。现有对 2~2.5 kg 包装规格的

收稿日期: 2018-03-19

基金项目: 粮食公益性行业科研专项 (201313011); 河南省基础与前沿技术研究计划 (152300410077); 河南省属高校基本科研业务费专项资金 (2014YWc05)

作者简介: 陈留记 (1990—), 男, 河南工业大学硕士生, 主攻机械设计。

通信作者: 王志山 (1963—), 男, 博士, 河南工业大学教授、硕导, 主要研究方向为农产品物流装卸输送设备技术、粮油机械设计及理论、精密仪器及机械设计。

袋装挂面均采用手工包装,劳动强度高,生产效率低,工作环境恶劣,因此为提高生产效率,改善工人工作条件,研发适用于包装 2~2.5 kg 规格挂面的自动化装袋设备就非常有必要。

近年来,国内研究人员在给袋式自动包装机方面做了大量的研究工作^[2]。首先,在给袋式自动包装机的取袋装置方面,针对大袋自动包装机在吸附取袋过程中容易出现掉袋的问题,王嵩^[3]通过引入泄漏系数来表征真空吸附装置对不同包装袋材料的吸附能力,从而为合理确定真空源的工作气压提供了依据。为了实现连续高速取袋功能,张竹青等^[4]提出以类似旋轮线的运动轨迹作为取袋吸盘的运动轨迹,并通过以加转向轮的外啮合行星齿轮机构来实现旋轮线轨迹的取袋技术。其次,在给袋式自动包装机开袋装置方面。陈营^[5]设计了一套预制袋在连续自动充填形式下的开袋机构,可实现连续式开袋动作。辜松等^[6]通过为开袋机构增设钩袋装置,提高了盆花包装机的开袋成功率。在给袋式自动包装机整机方面。李瑞琴等^[7]设计了一种筒子纱的自动装袋系统,该系统能够自动完成供袋、撑袋、装袋功能,实现了筒子纱的自动装袋。但是,现有研究多针对大袋自动化包装,对小袋自动化包装研究较少。

文中依据人工装袋的工作流程,采用模块化设计思想^[8-10],设计出实现规格为 2~2.5 kg 袋装挂面自动化包装的装袋机。

1 工艺分析与方案设计

2~2.5 kg 包装规格的袋装挂面人工装袋的过程主要包括计量、取袋、开袋、装袋、封口等 5 个工艺步骤,给袋式自动挂面包装机也模仿这几个主要步骤进行设计。其中,计量技术采用现有的挂面计量模式^[11],文中不再赘述计量装置的设计。

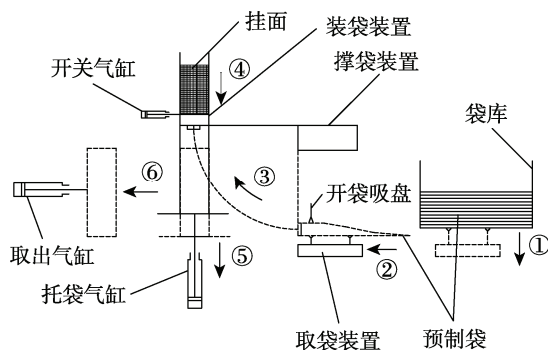


图 1 挂面自动装袋机工艺路线

Fig.1 Process route of automatic bag filling and sealing machine for dried noodles

挂面自动装袋机工艺路线见图 1。其中,取袋装置:将预制袋从袋库中取出并打开袋口。撑袋装置:将已开口的预制袋撑开并套在装袋装置上。装袋装

置:将预制袋袋口进一步撑开并锁紧,然后落料完成装袋工作。封口装置:装袋完成后对预制袋进行封口。该装袋机的工艺路线为:从右至左顺着流程箭头①—⑥,见图 1。取袋装置通过吸盘将预制袋从袋库的下方中取出,并将预制袋运送到开袋工位,开袋吸盘将预制袋袋口打开。撑袋装置在开袋工位将预制袋撑开,之后,沿弧线轨迹(1/4 圆弧)使预制袋袋口朝上,并继续向上运动直至将预制袋套到装袋装置上。装袋装置进一步撑开袋口,待预制袋被锁紧到装袋装置上和托袋气缸升起将预制袋托住后,开关气缸打开,定量后储存在缓存区的挂面由于重力作用落到预制袋中。托袋气缸落下,取出气缸将装有挂面的预制袋从装袋工位取出,放置到传送装置上,填充后的预制袋被运送到封口装置进行封口。

2 关键装置的设计

2.1 取袋装置

取袋装置的主要作用是将预制袋从袋库中取出,并打开袋口等待撑袋装置取走,见图 2。

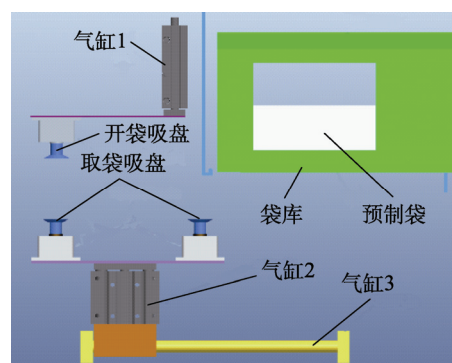


图 2 取袋装置结构

Fig.2 Structure of bag-taking device

取袋装置由袋库、取袋吸盘组件、开袋吸盘组件、气缸以及其他附件组成。取袋装置主要利用真空吸盘和直线运动的气缸将预制袋从袋库中取出^[12]。该设计中所用预制袋是两侧有褶,底部经热封形成的筒状侧褶袋,其材质为 PE/PP 复合材料,规格为 250 mm×300 mm×0.25 mm。对于柔性或三维规则物体,常用吸盘主要有平直型、平直带肋型、深凹型和风琴型 4 种类型,其中平直带肋型主要用于易变形物件^[6]。由于采用下取袋方式,上层预制袋对最底层预制袋有一定的压力,取出时会有变形发生,所以选择平直带肋型真空吸盘,经实验验证该类型吸盘的确有效地将预制袋从袋库中取出。袋库宽度可以调节,以适应不同规格的预制袋。

取袋装置的作业流程为:无杆气缸 3 运动到最右端,使取袋吸盘位于袋库的正下方;气缸 2 向上伸出,

取袋吸盘吸住最底层的预制袋,气缸2收回,预制袋从袋库中取出;无杆气缸3运动到最左端到达开袋工位,气缸1伸出,开袋吸盘在气缸1的作用下接近预制袋并吸住预制袋的上层,然后气缸1收回,预制袋袋口在取袋吸盘和开袋吸盘共同作用下被打开。

2.2 撑袋装置

撑袋装置的主要作用是将已开口的预制袋撑开并套在装袋装置上。该设计中所用预制袋袋口的尺寸为 $250\text{ mm} \times 80\text{ mm}$,此时,撑袋的目的是预制袋能够套到装袋装置上,在这里将袋口撑开的尺寸设计为 $270\text{ mm} \times 60\text{ mm}$ 。

2.2.1 撑袋装置的组成及作业流程

撑袋装置主要由提升装置、撑袋机构及其他附件组成,见图3。其中,提升装置主要由伺服电机1、同步轮、同步带、滑块、滑轨组成,撑袋机构主要由伺服电机2、气缸、齿轮、撑袋杆及其他附件组成。撑袋装置的初始位置:撑袋机构在滑轨的最下端,两撑袋杆合拢,撑袋机构所在平面与竖直方向有一定的夹角。

撑袋装置的作业流程:开始撑袋时,伺服电机2通过齿轮传动使撑袋机构所在平面与竖直方向平行,此时,撑袋杆上的撑袋支板就能够探入已经开口的预制袋内,紧接着撑袋杆打开,袋口尺寸被撑开到 $270\text{ mm} \times 60\text{ mm}$;撑袋动作完成后,在伺服电机2的带动下,撑袋机构旋转 90° ,使本来水平朝向的袋口竖直向上;当袋口朝上时,由传感器发送信号,伺服电机1开始工作,伺服电机1通过同步带带动撑袋机构向上运动,直至将预制袋套到装袋装置撑袋板上;两撑袋杆合拢,贴在装袋装置的撑袋板两侧,在伺服电机2的作用下撑袋杆向上旋转,直至撑袋杆上的撑袋支板从预制袋口退出;撑袋杆再次张开,撑袋机构下落,撑袋装置恢复至初始位置。

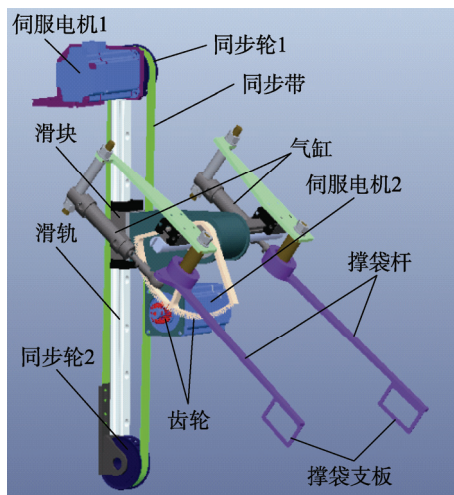


图3 撑袋装置结构

Fig.3 Structure of bag-opening device

2.2.2 撑袋机构的尺度设计

该撑袋机构左右对称,未执行撑袋动作和执行撑袋动作的状态见图4a、b。未执行撑袋动作时两气缸导杆2、2'伸出,两撑袋杆3、3'合拢,其中 $\angle C_1O_1O_2 = \angle C_2O_2O_1 = 75^\circ$,执行撑袋动作时两气缸导杆2、2'收回,两撑袋杆3、3'撑开,其中 $\angle C_1O_1O_2 = \angle C_2O_2O_1 = 90^\circ$ 。由此可知,撑袋杆在撑袋过程中转动的角度为 15° ,即杆件3转动的角度为 15° 。选取行程为 10 mm 的气缸作为主动件,为确定 O_1B_1 、 O_2B_2 的长度,由几何学知识,以 O_1 为圆心, O_1B_1 长为半径, 15° 角所对应弦的长度近似为 10 mm 即可。对以 O_1B_1 为两临边,顶角为 15° ,底边为 10 mm 的等腰三角形,应用余弦定理: $10^2 = 2O_1B_1^2(1 - \cos 15^\circ)$ 解得 $O_1B_1 = O_2B_2 \approx 38.31\text{ mm}$,经取整 $O_1B_1 = O_2B_2 = 38\text{ mm}$ 。

当执行撑袋动作时两撑袋杆3、3'撑开见图4b, $\angle C_1O_1O_2 = \angle C_2O_2O_1 = 90^\circ$,撑袋杆撑开的距离即为 O_1O_2 的长度。此外,为防止套袋过程中预制袋从撑袋杆上掉落,需在撑袋时使预制袋袋口对撑袋杆有压紧力,故 O_1O_2 的长度要比所预期撑开袋口的长度略大,取 $O_1O_2 = 275\text{ mm}$ 。至于撑开袋口的宽度尺寸由垂直焊接于撑袋杆顶端 (C_1 、 C_2),宽度为 60 mm 的撑袋支板保证。从而,撑袋机构满足至少将预制袋口撑开至 $270\text{ mm} \times 60\text{ mm}$ 的设计要求。调节 O_1O_2 的长度可以适用于不同袋口宽度的预制袋。

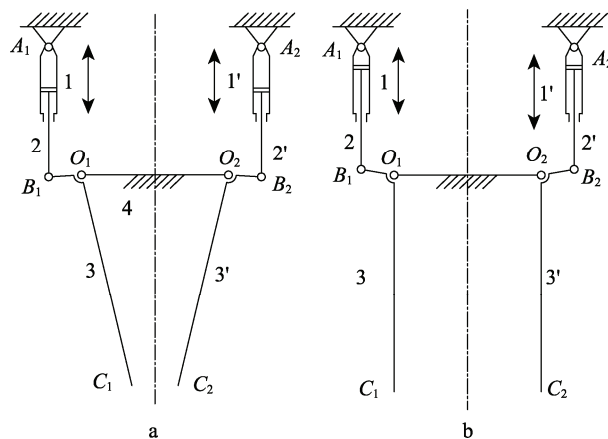


图4 撑袋机构示意

Fig.4 The schematic diagram of the bag opening mechanism

2.3 装袋装置

装袋装置的主要作用是将预制袋袋口进一步撑开并锁紧,然后落料,最终完成装袋工作。此时,需将预制袋袋口撑至袋口最大尺寸,即为 $250\text{ mm} \times 80\text{ mm}$,以便落料装袋。

2.3.1 装袋装置的组成及作业流程

装袋装置主要由缓存面槽、装袋机构、落面开关

气缸、锁紧气缸、撑袋板及其他附件组成, 见图 5。其中, 装袋机构需在宽度方向上将袋口撑至 80 mm, 至于袋口长度方向的尺寸由撑袋板保证, 此外, 通过调节撑袋板之间的横向距离可实现不同规格的预制袋袋口撑开。

装袋装置的作业流程: 撑袋装置将预制袋套到装袋装置的撑袋板上, 撑袋板在装袋机构的驱动下张开, 锁紧气缸将预制袋压在撑袋板上; 待撑袋机构上的撑袋支板从预制袋中退出后, 装袋装置的侧撑气缸打开, 使袋口在长度方向上达到 250 mm; 下落面开关气缸打开, 使缓存槽里的挂面落下, 填充至预制袋内。下落面开关气缸收回, 上落面开关气缸打开, 使已计量过的挂面填充至缓存面槽, 等待下一次落面; 侧撑气缸、锁紧气缸收回, 预制袋被托袋气缸接住并远离撑袋板, 撑袋板合拢等待下一次装袋作业。

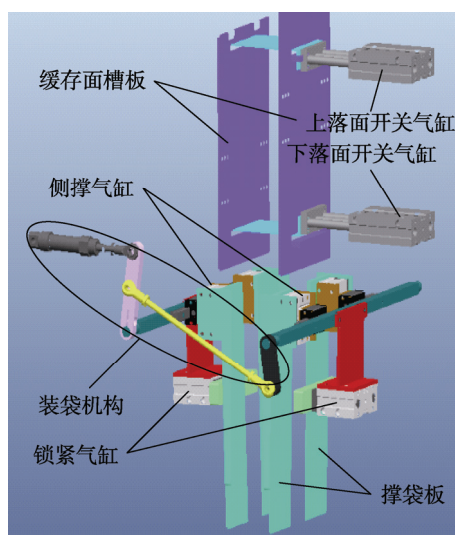


图 5 装袋装置结构

Fig.5 Structure of filling device

2.3.2 装袋机构的尺度设计

装袋机构示意图见图 6, 撑袋板合拢和撑开时的状态见 6a, b, 装袋机构的作用是保证袋口宽度方向撑开的尺寸为 80 mm。由于撑袋装置撑开袋口的宽度方向最宽的距离为 60 mm, 为防止套袋过程中袋与撑袋板发生干涉而掉袋, 当袋套至撑袋板底部刚好接触预制袋底部时, 袋口所在位置对应的撑袋板最大宽度不能超过 60 mm, 同时考虑到袋深 205 mm、撑袋板长度 330 mm 以及其他附件的安装尺寸, 撑袋板需要摆动的角度为 5° , 两撑袋板的摆动中心距 $EG=245$ mm。选取行程为 10 mm 的气缸作为主动件, 为确定 CE 的长度, 由几何学知识, 以 E 为圆心, CE 长为半径, 5° 角所对应弦的长度近似为 10 mm 即可。对以 CE 为两临边, 顶角为 5° , 底边为 10 mm 的等腰三角形应用余弦定理 $10^2=2CE^2(1-\cos 5^\circ)$, 解得: $CE \approx 114.63$ mm, 经取整 $CE=115$ mm。

取 $DE=GF=60$ mm, 由图 6b 所示, 撑袋板撑开时两撑袋板之间的距离为 80 mm, 且 DE, GF 垂直 EG , 中心距 $EG=245$ mm, 可得 $DF=273$ mm。由 $DE=GF$ 可知, 杆件 5 所转动的角度与杆件 3 相同, 从而保证两撑袋板摆动相同的角度。由图 6 可知该机构的自由度 $F=1$, 原动件为气缸, 该机构有确定的运动。

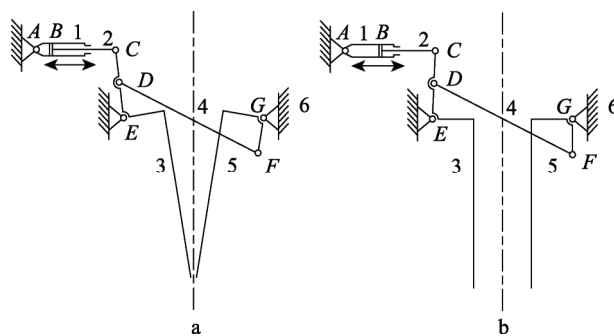


图 6 装袋机构示意

Fig.6 The schematic diagram of the filling mechanism

2.4 封口装置

封口装置的主要作用是对装填后的预制袋进行封口。由于预制袋为筒状侧褶袋, 在封口时需将袋两侧的褶整理成未开口的状态, 从袋口方向看, 袋两侧的褶成 M 型, 故封口装置需先对预制袋袋口进行 M 型整理, 然后才能进行封口。模仿人工装袋时对 M 型袋口的整理动作, 设计了 M 成型的机械手指, 利用机械手指的相对运动使预制袋口成 M 型。预制袋的材质为 PE/PP 复合材料, 封口时采用热压封口^[13-14]。封口装置主要由升降气缸、M 成型气缸、M 成型手指、导热块气缸、导热块及其他附件组成, 其三视图模型见图 7。

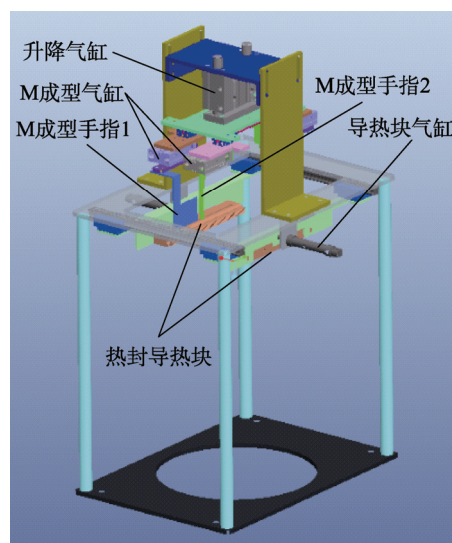


图 7 封口装置结构

Fig.7 Structure of sealing device

封口装置的工作流程:当装填后的预制袋由传送装置输送到封口装置的正下方时,升降气缸下落,成型手指探入预制袋袋口;M成型气缸动作,使M成型手指1向内运动,M成型手指2向外运动,从而将袋口整理为M型;导热块气缸推动导热块合拢,对预制袋进行热封;升降气缸、M成型手指气缸、导热块气缸收回,等待下一个预制袋袋口M成型、封口。此外,调整M成型手指的间距可以适用于不同规格袋口的预制袋成型、封口。

3 给袋式自动挂面包装机的虚拟装配

取袋装置、撑袋装置、装袋装置、封口装置设计完成之后,在Pro/E中对各个装置三维建模,并进行虚拟装配。运用虚拟装配技术可以在产品的开发过程中对零部件进行装配仿真,对产品设计的装配可行性进行分析验证,进而缩短产品开发周期,节省成本^[15-17]。给袋式自动挂面包装机整体结构见图8,经过牵引运动各机构能够到达预定位置,且各装置间未发现干涉现象,各个装置的设计符合要求。

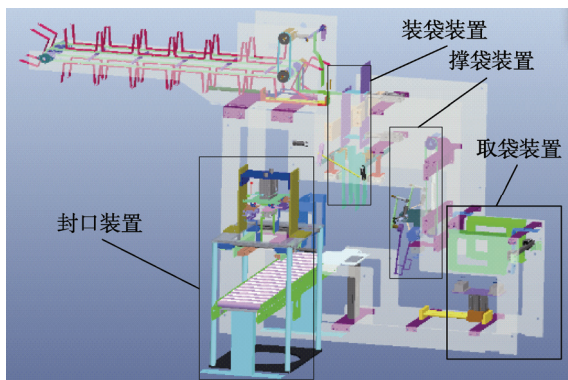


图8 给袋式自动挂面包装机装配

Fig.8 The assembly of automatic bag filling and sealing machine for dried noodles

4 结语

针对2~2.5 kg规格挂面的自动化袋装问题,模仿人工装袋的作业流程,运用模块化设计思想,对自动袋装工艺的整体方案进行了设计,并通过对取袋、撑袋、装袋、封口4个关键装置的设计实现了该方案。其中,取袋装置、撑袋装置、装袋装置、封口装置均可调节以适应不同规格的预制袋。给袋式自动挂面包装机实现了2~2.5 kg规格挂面的自动化袋装,对其他类似产品的袋装机设计有一定的借鉴意义。

参考文献:

[1] JIANG S, YAO D D, SUN K, et al. Effects of Different Processing Conditions on the Mechanical Properties of

Dry Noodles[J]. Journal of Texture Studies, 2014, 45(5): 387—395.

[2] 汪凯, 张犁滕, 李更, 等. 基于专利分析的袋包装技术[J]. 包装工程, 2017, 38(5): 239—245.

WANG Kai, ZHANG Li-meng, LI Geng, et al. Packaging Technology Based on Patent Analysis[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(5): 239—245.

[3] 王嵩. 粉料定量大袋自动包装机设计及关键技术研究[D]. 无锡: 江南大学, 2015.

WANG Song, Design and Key Components Research Design for Powder Quantitative Large Bag Automatic Packaging Machine[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2015.

[4] 张竹青, 陆佳平, 陆新宇, 等. 实现旋轮线轨迹的取袋机构设计与参数分析[J]. 机械设计, 2015, 32(3): 82—85.

ZHANG Zhu-qing, LU Jia-ping, LU Xin-yu, et al. Mechanism Design and Parameter Optimization for High-speed Bag Taking Device with Cycloid Trajectory[J]. Journal of Machine Design, 2015, 32(3): 82—85.

[5] 陈营. 基于连续回转式袋充填的自动给袋开袋技术研究[D]. 无锡: 江南大学, 2016.

CHEN Ying. Technical Research of Bag Auto-delivering and Auto-opening Based on Continuous Rotating Filling[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2016.

[6] 辜松, 张青, 李恺, 等. 盆花包装机开袋机构设计与试验[J]. 农业工程学报, 2014, 30(24): 38—46.

GU Song, ZHANG Qing, LI Kai, et al. Design and Experiment on Opening Bag Mechanism of Sleeveing Machine for Potted Flowers[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2014, 30(24): 38—46.

[7] 李瑞琴, 楚淑芳, 李清. 筒子纱自动装袋系统结构设计及仿真[J]. 包装工程, 2017, 38(9): 157—161.

LI Rui-qin, CHU Shu-fang, LI Qing. Structure Design and Simulation of Cheese Automatic Bagging System[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(9): 157—161.

[8] SHANG Rui, LI Sheng-yuan. The Study on CAD Technology of Reconfigurable and Module for Vertical Bag Packaging Machine[C]// 2011 International Conference on Material and Manufacturing, 2011: 1124—1127.

[9] WANG Y L, WANG G Y. Study on Modular Design of Trimming Die Structure for Automotive Panels[J]. Advanced Materials Research, 2014, 73—76.

[10] 尚东阳, 赵树国, 姜阳, 等. 基于模块化设计的全自动纸箱包装机[J]. 轻工机械, 2017, 35(5): 6—11.

SHANG Dong-yang, ZHAO Shu-guo, JIANG Yang, et al. Full-Automatic Carton Packaging Machine Based on Modular Design[J]. Light Industry Machinery, 2017, 35(5): 6—11.

[11] 陈士祥, 吴高程, 赵扬胜. 新型挂面供料及称量装置研制[J]. 包装与食品机械, 2000, 18(4): 3—6.

CHEN Shi-xiang, WU Gao-cheng, ZHAO Yang-sheng.

- Researches on New Type Installation to Supply and Weigh for Noodles[J]. Packaging and Food Machinery, 2000, 18(4): 3—6.
- [12] 彭健, 肖阳正. 软包装袋焊嘴机的取袋装置: 中国, ZL200820200037.9[P]. 2009-08-05.
PENG Jian, XIAO Yang-zheng. Bag Taking Device for Flexible Packaging Bag Welding Machine: China, ZL200820200037.9[P]. 2009-08-05.
- [13] MIHINDUKULASURIYA S D, LIM L T. Heat Sealing of LLDPE Films: Heat Transfer Modeling with Liquid Presence at Film-film Interface[J]. Journal of Food Engineering, 2013, 116(2): 532—540.
- [14] 高雪, 张希栋, 孙明达. 基于热封合参数的食品包装袋封口热封合强度测试试验研究[J]. 森林工程, 2014, 30(5): 83—86.
GAO Xue, ZHANG Xi-dong, SUN Ming-da. Research on Sealing Tightness Testing of Food Packaging Bags Based on Heat Sealing Parameters[J]. Forest Engineering, 2014, 30(5): 83—86.
- [15] GAO W, SHAO X D, LIU H L. Enhancing Fidelity of Virtual Assembly By Considering Human Factors[J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2016, 83(5/6/7/8): 873—886
- [16] 冀斌, 王春燕, 卢丽娟, 等. 基于 Pro/E 双圆弧齿轮参数化建模及虚拟装配仿真[J]. 太原科技大学学报, 2016, 37(1): 50—52.
JI Bin, WANG Chun-yan, LU Li-juan, et al. Parametric Design of Double Circular Arc Gear Based on Pro/E and Virtual Assembly Simulation Motion[J]. Journal of TaiYuan University Of Science and Technology, 2016, 37(1): 50—52.
- [17] JAYARAM S, CONNACHER H, LYONS K. Virtual Assembly Using Virtual Reality Techniques[J]. Computer-aided Design, 2015, 29(8): 575—584.