M 袋自动挂面包装机关键装置设计与仿真

徐雪萌 [1]， 陈留记 [1]， 王志山 [1]，李文凯 [2]
（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，河南 登封 452470）

摘要：目的 针对包装规格 2~2.5 kg 直线式 M 袋自动挂面包装效率低、落料及封口存在问题等，设计一种卧式-间歇-回转给袋式自动挂面包装机。**方法** 基于包装机生产效率分析，采用模块化、集成化的设计思想，设计包装机关键装置，以实现自动取袋、开袋、落料、整型、封口等功能。用 SolidWorks 软件对包装机的各个装置进行三维建模，并进行虚拟装配，检验设计的合理性。**结果** 设计的卧式-间歇-回转 M 袋自动挂面包装机可以实现包装规格为 2~2.5 kg/袋挂面的自动化包装，其生产效率比直线式的包装机提高了 20%，并有效避免了落料及封口时出现的故障。**结论** 所设计的新型自动挂面包装机结构合理，能够提高生产效率，给挂面自动化包装提供了一种可行的解决方案。

关键词：M 袋；挂面包装；给袋式包装机
中图分类号：TB486+.3 **文献标识码：**A **文章编号：**1001-3563(2019)21-0199-06
DOI：10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.21.029

Key Device Design and Simulation of Automatic M-bag Filling and Sealing Machine of Dried Noodles

XU Xue-meng[1], *CHEN Liu-ji*[1], *WANG Zhi-shan*[1], *LI Wen-kai*[2]
(1.Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China;
2.Dengfeng Qimingxuan Program Control Equipment Co., Ltd., Dengfeng 452470, China)

ABSTRACT: The work aims to design an automatic horizontal-intermittent-rotary bag filling and sealing machine of dried noodles, regarding the problems of low efficiency of 2~2.5 kg automatic linear M-bag filling and sealingmachine of dried noodles, and faults in noodle filling and sealing, etc. On the basis of analyzing the production efficiency of the packaging machine, the key devices of the packaging machine were designed with the modular and integrated design idea, to realize the functions of automatic bag taking, bag opening, filling, shaping, sealing and the like. SolidWorks software was used to carry out three-dimensional modeling and virtual assembly on each device of the packaging machine, so as to verify the rationality of the design. The design of automatic horizontal-intermittent-rotary M-bag filling and sealingmachine of dried noodlescould achieve the automatic packaging of 2~2.5 kg dried noodles/bag. Compared with the linear packaging machine, its production efficiency was increased by 20%, and the faults incurred during noodles filling and sealing were effectively avoided. The designed structure of the new automatic filling and sealing machine of dried noodlesis reasonable, which can improve the production efficiency and put forward a practical solution for automatic packaging of dried noodles.

KEY WORDS: M-bag; packaging of dried noodles; bag-delivering packaging machine

收稿日期：2019-05-20
基金项目：国家重点研发计划（2018YFD0400704）；河南省科技厅自然科学项目（182102110163）
作者简介：徐雪萌（1972—），女，河南工业大学副教授，主要研究方向为粮油食品包装工艺与装备。

挂面深受中国消费者喜爱，是传统的面制主食。随着挂面生产行业集中度的提升及智能生产线的兴起，挂面生产也从最初的手工、半自动向高速全自动生产线发展。袋装是挂面常见包装方式之一，全自动给袋包装机作为袋装自动包装生产线的重要设备，其研究也备受关注[1—5]，主要工艺过程包括计量、取袋、开袋、充填、封口等 5 个步骤，被包物料特性、袋装机的生产效率、袋型及材质、包装规格等要素是设计给袋式袋装机的关键因素。

细长条状的挂面是一种易碎的包装物料，与粉体、颗粒状等物料相比，在充填入袋时易断裂、破碎。M 袋为纵缝对接两侧有褶的扁平袋，从袋口方向看两侧的侧褶呈 M 型，袋的材质是厚度约为 0.08 mm 的 PP/PE 复合薄膜，M 袋挂面的包装规格一般为 2~2.5 kg，相对挂面其他包装形式，属于大规格的包装。目前，国内外对 2~2.5 kg 包装规格的 M 袋自动挂面包装机的研制几乎为空白，国内大多采用手工包装，劳动强度高，生产效率低。为了提高生产效率，研发适用于包装 2~2.5 kg 规格挂面的自动袋装设备就非常有必要。陈留记等[6]曾设计了 M 袋直线式的挂面包装机，经中试发现主要存在以下几方面问题。

1）包装速度偏低。M 袋包装工艺过程复杂、工序繁多，包括取袋、供袋、开袋、撑袋、充填、整型和封口等工艺，该包装机生产效率低，最大生产能力为 15 袋/min。

2）存在落料故障。未经捆扎的挂面横向充填时，若 M 袋侧褶未完全撑开，易横搭在袋口上，或落入预制袋中，从而也会发生偏斜，影响封口。

3）精度低。挂面充填入袋时易发生断裂、破碎和充填不畅等问题，导致称量后的物料不能完全落入袋内，影响计量精度。

4）封口不整齐。充填挂面后的包装袋重心易发生偏移，导致袋口对接封口的两边薄膜不能完全重合，封边不整齐，影响包装的美观性。

为了解决现有直线式 M 袋自动挂面包装机存在的问题，从而实现高速、高精度及高质量的定量包装，文中采用标准化、模块化、通用化、集成化的设计思想[7—9]，设计出实现定量为 2~2.5 kg 的卧式-间歇-回转 M 袋自动给袋式挂面包装机。

1 总体方案设计

1.1 设计技术参数

依据市场需求，设计的卧式-间歇-回转 M 袋自动挂面包装机技术参数见表 1。

1.2 包装机生产效率分析

包装机的生产效率与费时最多的功能装置的实际效率相同，可以表示为[10]：

$$Q=\frac{1}{t_{\mathrm{k}}+t_{\mathrm{f}}+\sum t_{\mathrm{n}}} \tag{1}$$

式中：Q 为包装机生产效率；t_{k} 为费时最多执行装置工作循环内的基本工艺时间；t_{f} 为工作循环内辅助操作时间；$\sum t_{\mathrm{n}}$ 为循环外损失时间之和。

由式（1）可知，为了提高包装机的生产能力，应减少工作循环辅助操作时间、损失时间及完成包装操作的工艺时间。

直线式 M 袋自动挂面包装机工艺路线见图 1，从右至左顺着流程箭头①—⑥，取袋装置通过吸盘将预制袋从袋库的下方取出，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，并作圆周运动使预制袋袋口朝上，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，开关气缸打开，定量后挂面落到预制袋中。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处进行封口。至此，完成整个包装工艺过程。

依据包装机生产效率分析，直线式包装机工作循环内的基本工艺时间为取袋时间（t_{q}）及开袋时间（t_{k}）之和，即 $t_{\mathrm{j}}=t_{\mathrm{q}}+t_{\mathrm{k}}$。为了提高包装机的生产效率，在无法保证辅助操作时间及循环外损失时间减少的情况下，可以通过将循环内工艺时间分解、细化，来降低费时最多执行装置工作循环内的基本工艺时间。为此，在设计新型 M 袋挂面包装机时将 t_{q} 和 t_{k} 分解为 2 个工艺时间，工作循环内的基本工艺时间为取袋时

表 1 M 袋自动挂面包装机技术参数

Tab.1 Technical parameters of automatic M-bag filling and sealing machine of dried noodles

序号	项目	单位	参数	备注
1	挂面尺寸	mm	180 ~ 240×2×1	细长条状、易碎
2	包装规格	kg/袋	2~2.5	预制袋为筒状M型侧褶袋，材质是厚度为0.08 mm的PP/PE复合薄膜
3	预制袋规格	mm	长：295~300 宽：240~260 高：60~90	
4	包装效率	袋/min	15~18	

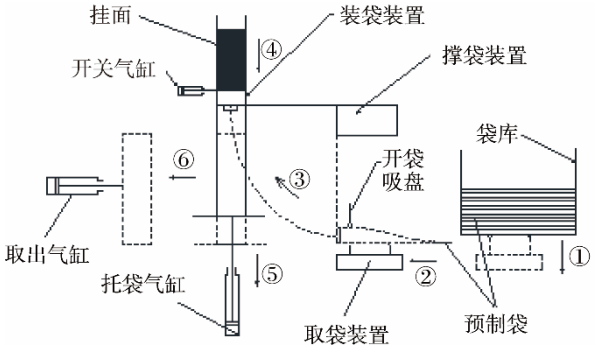

图 1 挂面自动装袋机工艺路线
Fig.1 Process routeofautomatic packagingmachine of dried noodles

间，即 $t_j=t_q$，以提高包装机的生产效率。

1.3　方案设计

在充分调研、可行性分析的基础上，设计出卧式-间歇-回转 M 袋自动挂面包装机工艺路线，见图 2，其主要工艺操作布置在 4 工位的间歇回转工序盘上，随着工序盘的旋转，依次完成开袋、充填、整型、封口等工艺，其包装过程如下所述。

1）取袋装置将预制袋从袋库中取出，供送至工序盘。

2）工序盘支架上安装的开袋吸盘，夹持住预制袋，然后两吸盘组件向相反的方向运动，将袋口打开。

3）预制袋随工序盘运动到落料工位，落料装置将定量后的挂面充填至预制袋内。

4）预制袋继续随工序盘转动至整型工位，通过整型装置与开袋吸盘组件的共同作用，对预制袋两侧侧褶进行整型，将预制袋口恢复至未开口的状态。

5）经袋口整型后的预制袋随工序盘旋转至封口工位，热封装置将预制袋封口。完成 M 袋挂面包装整个工艺过程。

综上所述，除控制装置外，该装备机械部分主要

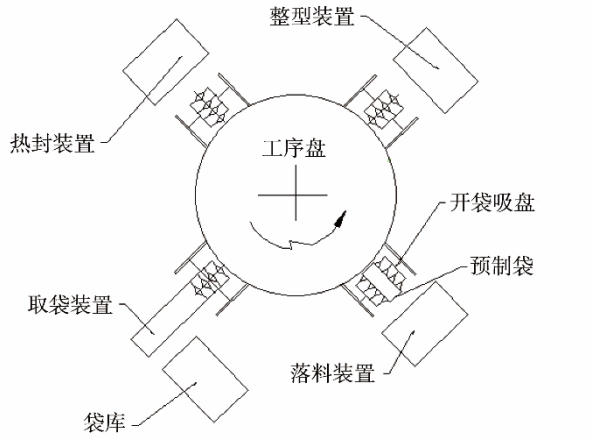

图 2　卧式-间歇-回转式挂面自动装袋机工艺路线
Fig.2 Process routeof automatichorizontal-intermittent-rotary packaging machine of dried noodles

由六大装置组成：供袋装置、传动装置、落料装置、整型装置、热封装置及工序盘等。下面针对每部分工作装置进行结构设计。

2　关键装置设计

2.1　传动系统

包装机执行机构多、动作复杂、速度快，动作配合要求高。为了满足上述功能顺利完成工作，所设计的主传动见图 3。其组成主要有电机、凸轮分割器、链传动、凸轮等。

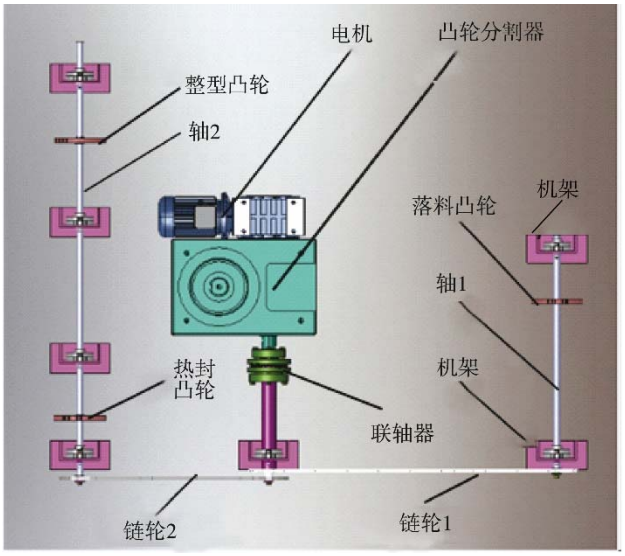

图 3　挂面自动装袋机传动结构
Fig.3 Drive structureof automaticpackaging machine of dried noodles

工作原理如下所述。

1）电机驱动凸轮分割器运动，凸轮分割器输出间歇旋转运动和连续旋转运动，间歇旋转运动驱动工序盘转动。

2）凸轮分割器输出的连续旋转运动经链传动分别传送至轴 1 和轴 2。

3）轴 1 上装有控制落料装置的落料凸轮，通过推杆控制落料装置的上下运动。

4）轴 2 上装有控制整型装置和热封装置的整型凸轮和热封凸轮，分别通过推杆控制整型装置和热封装置的运动。

2.2　取袋装置

取袋装置将预制袋按照一定的速度和姿态从袋库取出，并传递到开袋工位，是整机的“咽喉”，其效率及稳定性直接影响整机的性能，取袋装置的结构见图 4。

取袋装置主要由袋库、推袋装置、取袋吸盘、气动手指、直线导轨等组成。取袋工作原理如下所述。

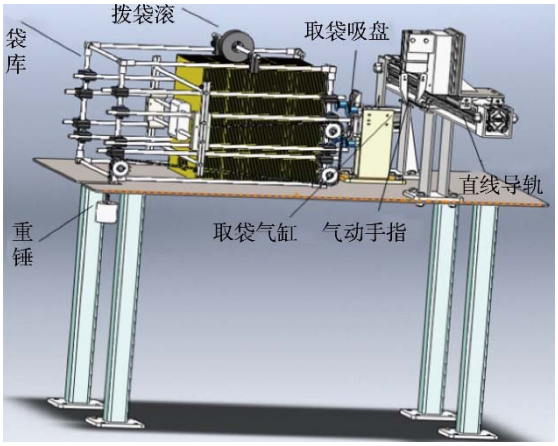

图 4　取袋装置的结构
Fig.4 Structureof bag taking device

1）推袋装置，通过重锤驱动链条，带动推袋装置使袋库内的预制袋能始终保证压紧前进状态，拨袋滚使前端预制袋分开，袋库前端设置有挡袋条阻挡，使袋不会从袋框内掉出。

2）由气缸驱动的取袋吸盘将预制袋从袋库中取出，传送至气动手指位置，气动手指夹持住预制袋。

3）气动手指通过直线导轨将预制袋运送到开袋工位，由开袋吸盘组件夹持预制袋，并开袋。

2.3　工序盘

工序盘是卧式回转包装机的核心，带动预制袋随工序盘旋转完成整个包装工艺过程，工序盘主要由回转盘、开袋吸盘件、回转支架、托袋气缸组件、卸面气缸组件等组成，见图 5。工作原理如下所述。

1）当取袋装置将预制袋传送至工序盘时，开袋吸盘夹持预制袋，并打开袋口。

2）凸轮分割器输出的间歇旋转运动，通过回转轴驱动工序盘做间歇回转运动。

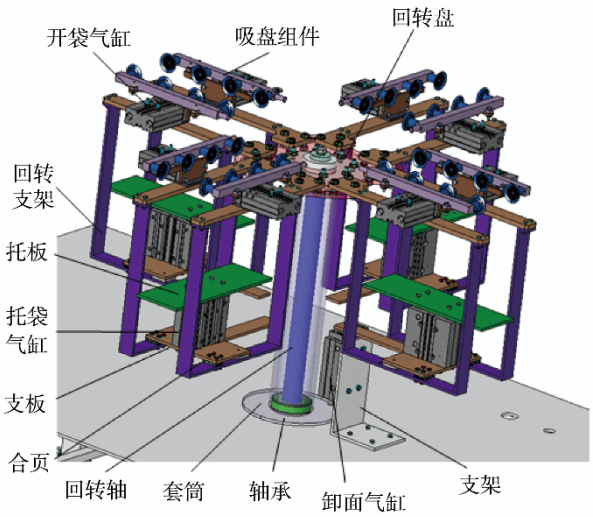

图 5　工序盘结构
Fig.5 Structure of process disk

3）预制袋随工序盘到达各个工位。当热封完成后，卸面气缸伸出推动支板，使托袋组件整体摆动，从而使预制袋滑出托袋组件。完成卸面后，卸面气缸收回，托袋组件在弹簧的作用下回到初始位置。

在工序盘上完成 M 袋包装操作，整个过程 M 袋袋口一直由开袋吸盘吸附固定，避免出现热合封口时袋口两边对接不齐的故障。

2.4　落料装置

落料装置即挂面充填装置，将定量后的挂面充填入袋，因包装量较大，且挂面未经捆扎，因此，挂面充填易出现落料故障。为此设计齐面机构，将挂面整理后再落入袋内。整个落料装置主要由齐面组件、落面开关、撑袋组件、凸轮机构等组成，见图 6。

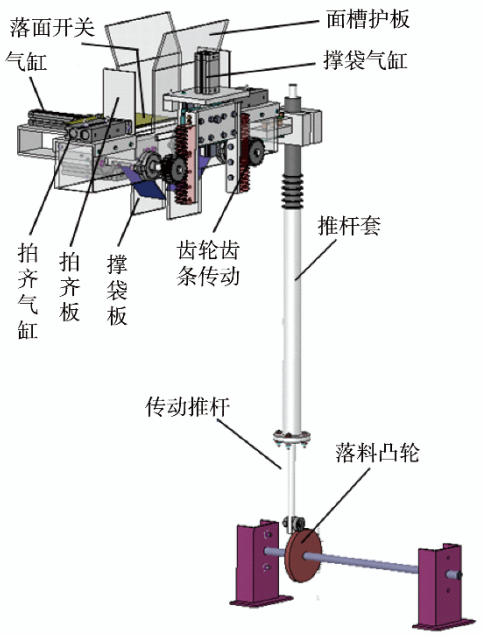

图 6　落料装置结构
Fig.6 Structure of filling device

落料装置工作原理如下所述。

1）计量后的挂面落入由槽护板、落面挡板组成的面槽中，齐面组件对面条进行整理。

2）当已开口的预制袋运动到落料工位时，落料装置在凸轮机构的驱动下向下运动。

3）气缸动作驱动齿轮齿条机构，撑袋板对预制袋进一步撑开，落面开关打开，挂面顺利落入预制袋中，避免落料故障。

4）落料装置在凸轮机构的驱动下回到初始位置，落面开关、撑袋组件也回到初始位置。

2.5　整型装置

挂面在落料时袋口完全撑开，以保证顺利落料，热封时需将袋口两侧侧褶整理为未撑开状态才能进行封口，因此热封前需要整型装置整理充填后的 M 袋

袋口。该机的整型装置主要由气缸、整型拨片、传动推杆等组成，见图 7，工作原理如下所述。

1）当充填后的预制袋运动至整型工位时，整型装置在凸轮机构的驱动下向下运动。

2）拨片运动到预制袋两侧褶位置时，气缸运动使拨片向内合拢，同时工序盘上的开袋吸盘也向内运动，共同对预制袋口进行整型。

3）整型完成后，在凸轮机构的驱动下，拨片随整型装置回到初始位置，然后张开。

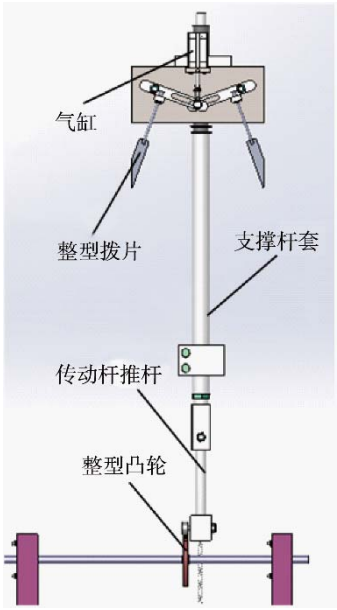

图 7　整型装置结构
Fig.7 Structure of shaping device

2.6　热封装置

封口装置的主要作用是对充填、整型后的预制袋进行封口，预制袋的材质为 PE/PP 复合材料，封口时采用热压封口，材料加热的方法为超声波加热[11]。

装置结构见图 8，主要由支撑杆、铰链、气缸、导热块、传动推杆等组成。

封口装置工作原理如下所述。

1）当经整型后的预制袋运动至热封工位时，热封装置在凸轮机构的驱动下摆动。

2）导热块运动到预制袋两侧后，气缸运动使导热块向内合拢，对预制袋进行热封。

3）热封完成后，热封装置在凸轮机构的驱动下回到初始位置。

4）安装于工序盘上的卸面气缸伸出，使托袋装置摆动一定角度，预制袋滑出托袋装置，至此完成挂面的包装。

3　虚拟装配及仿真

将上述 6 大装置设计完成之后，在 SolidWorks 中

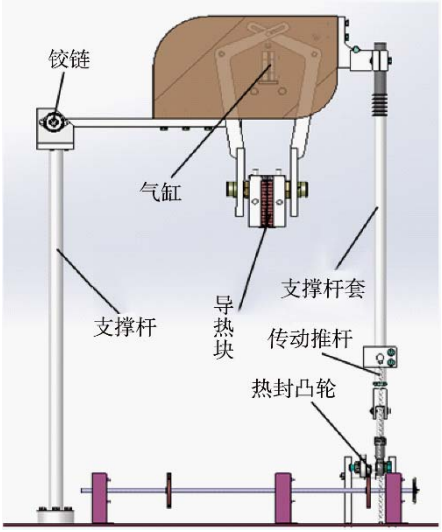

图 8　热封装置结构
Fig.8 Structureof heat sealingdevice

对各个装置进行装配。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[12—14]。M 袋给袋式自动挂面包装机虚拟样机见图 9，经运动仿真试验，各装置运行良好，无干涉现象。最大生产能力可以实现 18 袋/min。

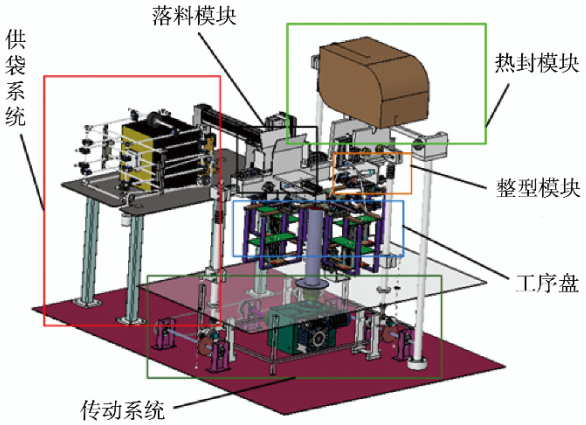

图 9　卧式-间歇-回转 M 袋自动挂面包装机
Fig.9 Automatic horizontal-intermittent-rotary M-bag filling and sealing machine of dried noodles

4　结语

文中设计针对直线式 M 袋自动挂面包装机存在的问题，通过对包装机效率的分析，利用减少工作循环内工艺时间的方法来提高生产率，设计出新型卧式-间歇-回转给袋式自动挂面包装机用于 M 袋挂面包装，使包装规格 2~2.5 kg/袋的 M 袋挂面包装的效率提高了约 20%。

新型卧式-间歇-回转给袋式自动挂面包装机关键装置设计对其他类型的预制袋包装机设计有一定的指导作用，对袋装挂面的二次包装装备的设计也有

一定的借鉴意义。

参考文献：

[1] JIANG Song, YAO Dan-dan, SUN Ke, 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] 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: 7—14.
WANG Song. Design and Key Components Research Design for Powder Quantitative Large Bag Automatic Packaging Machine[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2015: 7—14.

[3] 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.

[4] 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, 2016：11—64.
CHEN Ying. Technical Research of Bag Auto-delivering and Auto-opening Based on Continuous Rotating Filling[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2016：11—64.

[5] 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 Sleeving Machine for Potted Flowers[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2014, 30(24): 38—46.

[6] 陈留记, 王志山, 李文凯, 等. 给袋式自动挂面包装机关键装置设计[J]. 包装工程, 2018, 39(13): 170—175.
CHEN Liu-ji, WANG Zhi-shan, LI Wen-kai, et al. Key Device Design of Automatic Bag Filling and Sealing Machine for Dried Noodles[J]. Packaging Engineering，2018, 39(13): 170—175.

[7] 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.

[8] 李瑞琴, 楚淑芳, 李清. 筒子纱自动装袋系统结构设计与仿真[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.

[9] 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.

[10] 孙智慧，高德. 包装机械[M]. 北京: 中国轻工业出版社，2010: 125—153.
SUN Zhi-hui, GAO De. Packaging Machine[M]. Beijing: China Light Industry Publishing House, 2010: 125—153.

[11] 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.

[12] LIU Xin-hua, LIU You-hui, LI Qi. Virtual Assembly and Simulation of Vibration Sieve Based on a Human-Interface Environment[J]. Procedia Engineering, 2011, 15: 2988—2992.

[13] 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.

[14] JAYARAM S, CONNACHER H, LYONS K. Virtual Assembly Using Virtual Reality Techniques[J]. Computer-aided Design, 2015, 29(8): 575—584.