

基于智慧物流的电动自适应封箱机设计

胡宇航

(厦门大学嘉庚学院, 福建 漳州 363105)

摘要: **目的** 设计一种电动自适应封箱机, 以提高电商和快递物流行业的工作效率, 并收集相关的物流包裹数据, 在物流前端为智慧物流奠定数据基础。**方法** 分析目前市面上存在的封箱机的问题, 以及快递物流行业待解决的问题。结合封箱过程中出现的难点和封箱的原理, 设计封箱机的机械结构及控制方案, 并对其工作效率进行理论计算, 通过实验验证计算结果。**结果** 原型机可以适用于宽 (110~320) mm×高 (153~290) mm 的任意长度纸箱的封箱, 所需时间为 5~12 s。同时, 机器可以采集包裹的详细数据, 并上传至上位机。**结论** 该设计可以自动适应封装不同尺寸的纸箱, 具有纯电动、体积小、成本低等优点, 适合于中小型电商以及快递站点使用; 该技术还可应用于大型 B2C 电商末端的商品打包封箱环节; 其采集的相关物流数据将会是未来构建智慧物流体系的大数据基础。

关键词: 自适应; 纸箱封箱机; 大数据; 智慧物流

中图分类号: TB486 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2019)15-0158-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.15.025

Design of Self-adaption Electric Packaging Machine Based on Intelligent Logistics

HU Yu-hang

(Xiamen University Tan KahKee College, Zhangzhou 363105, China)

ABSTRACT: The work aims to design a self-adaption electric packaging machine to increase the working efficiency of e-commerce, express and logistics and collect the data related to packages, thus providing data for intelligent logistics at the industrial front line. The problems of packaging machine currently sold in the market and the problems to be solved in express logistics industry were analyzed. In combination with the difficulties and the principle of packaging, the mechanical structure and control scheme of the packaging machine were designed, and the working efficiency was calculated theoretically. Then, calculation results were verified by experiments. The prototype could be used to seal cartons of any length (110~320 mm wide and 153~290 mm high) and required time was 5~12 s. At the same time, the machine could collect the detailed data of the package and upload these data to the host computer. The design can automatically adapt to pack carton in different sizes. Features like pure electric, small size and low cost are suitable for small and medium-sized e-commerce and express delivery sites. The technology can also be applied to large B2C e-commerce, such as JD, Tmall and other terminal goods packaging and sealing links. The relevant logistics data collected will be the big data foundation for building an intelligent logistics system in the future.

KEY WORDS: self-adaption; carton sealing machine; big data; intelligent logistics

随着互联网的飞速发展, 从事电子商务的企业数量急剧增长^[1]。随着电商的发展, 物流作为电商的重

要一环, 急需从传统的物流向智慧物流迈进^[2-5]。文中研究论述的电动自适应封箱机, 主要针对电商企业

收稿日期: 2019-03-28

作者简介: 胡宇航 (1997—), 男, 厦门大学嘉庚学院硕士生, 主攻机器人学和控制。

和快递物流公司，既能帮助电商、快递从业人员进行高效的包裹封箱工作，同时能够收集相关的物流数据——快递纸箱的长宽高，帮助物流公司信息化、数字化、网络化物流，优化其运送路线、仓库存储量，降低快递运送车空车率等问题^[6—8]。通过科学预测分析和大数据，优化供应链设计，满足智慧物流的思路^[9]。如今市面上的封箱机设备虽然效率非常高^[10]，但存在体积大、价格贵、无法满足自适应箱体等问题^[13—15]。另有一些可以提供自适应箱体，但还需要配备真空泵等设备^[16—18]，因此只适合用于大型流水线，并不适合用于小型的快递店或是中小电商。

文献[19]出了一种可控连杆手指式封箱机，采用 4 组位于 2 条双向丝杆滑轨的连杆机构，对纸箱边缘进行折叠，再通过胶带封箱装置和旋转装置，完成纸箱胶带的粘贴。该设计整体复杂，需要配备真空泵、吸盘等装置，且每次只能完成纸箱一个面的包装，每个纸箱封装时间为 60 s，效率较低。文献[20]的自适应封箱机的设计与研究中，通过步进电机驱动完成纸箱的高度自适应，并通过其设计的连杆机构，完成宽度的适应。该设计可以提高封箱的自动化和效率，但是宽度适应机构存在结构不合理问题。其连杆机构所连接的纵向固定杆，两侧弹簧在封箱过程中无法同时压缩，存在先后顺序，将会导致纸箱在封箱过程中出现位置偏移或卡死的情况，以及末端连杆孔位出现磨损的问题。

文中提出一种丝杆直线滑轨机构，通过纯电动的方式完成纸箱大小的自动适应，并对纸箱进行胶带封箱。本设计的前瞻性在于，除了对纸箱的封箱外，还对纸箱大小的数据进行记录和收集并向上位机发送数据，基于物联网技术为未来的智慧物流提供数据支撑^[21]。

1 封箱机的设计原理

该设计的目的是完成纸箱的自适应封箱和数据采集。封箱机工作流程和结构见图 1 和 2。先将带包装的纸箱放置在工作台上，当第 1 限位开关闭合后，启动自适应系统：限宽装置 4 与限高装置 5 步进电机启动，同时向纸箱靠近，直到第 2 限位开关 6 和第 3 限位开关 7 接触到纸箱时，完成高度自适应，到第四限位开关 8 和第 5 限位开关 9 时，完成宽度限位^[22]。之后，传送带 10 直流电机启动，拖动纸箱与下封箱机机芯 11、上封箱机机芯 12 接触，进行封箱^[23—24]。封箱完成前，纸箱会压住第 6 限位开关 13，当完成封箱后，第 6 限位开关复位，传送带停止，限宽装置和限高装置复位。通过步进电机的步距角和发出的脉冲数量，可知步进电机前进的距离，以此可得被包装纸箱长和宽的数据；根据传送带运动的速度和时间，可得到纸箱的长度。

2 封箱机的结构设计

2.1 整体结构

电动自适应封箱机整体结构见图 3，由机架、高度调节装置、封箱装置、皮带传送装置、宽度调节装置、控制系统组成。机架从前往后布置有一封箱通道，2 套封箱装置分别位于封箱通道的上下两侧且前后交错设置，该设置可以使上封箱装置下降得更低，避免碰撞。其中一套封箱装置经过高度调节机构安装在机架上，另一套安置在封箱通道底部。皮带传送机构位于下侧封箱装置的两侧，其底部与宽度调节装置刚性连接。

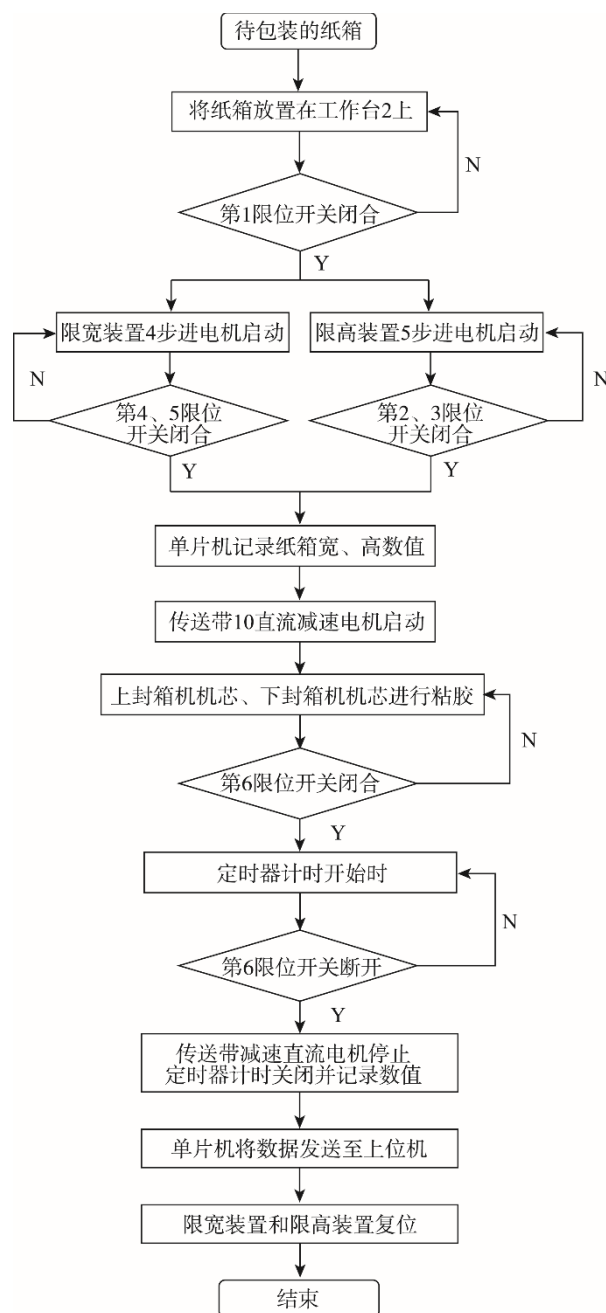
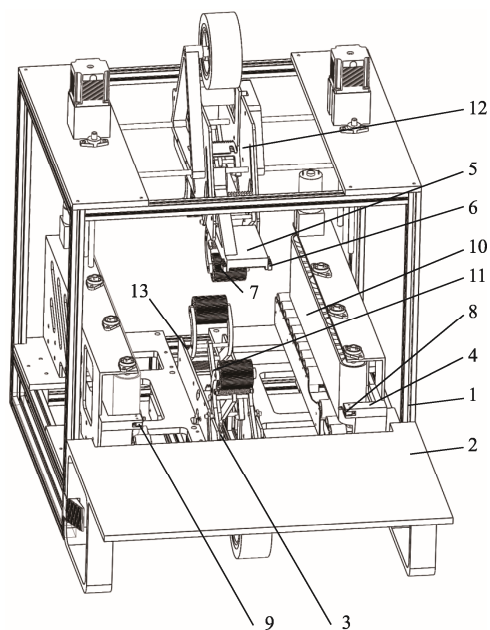


图 1 封箱机工作流程

Fig.1 Workflow of packaging machine



1.封箱机主体 2.工作台 3.第1限位开关 4.限宽装置 5.限高装置 6.第2限位开关 7.第3限位开关 8.第4限位开关 9.第5限位开关 10.传送带 11.下封箱机机芯 12.上封箱机机芯 13.第6限位开关

图2 封箱机整体结构

Fig.2 Overall structure of packaging machine

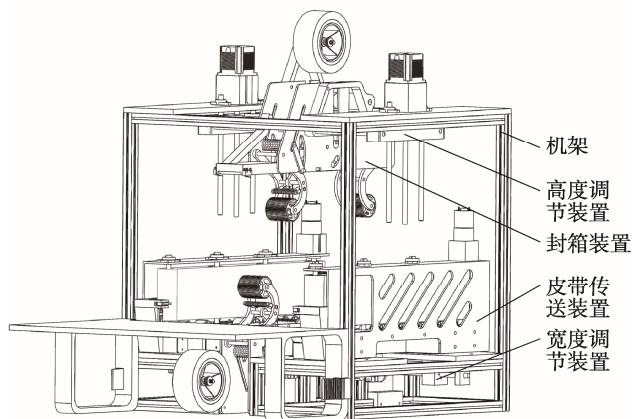


图3 封箱机整体结构设计

Fig.3 Overall structure design of the packaging machine

2.2 高度调节装置

高度调节机构(见图4)包括位于封箱装置两侧的丝杆移动机构,丝杆移动组合包括一根竖向放置的丝杆、与丝杆配合的丝杆螺母和两侧的短光轴,以及与短光轴配合的线性轴承。通过位于机架上侧与控制系统连接的步进电机转动,实现含有螺母和线性轴承的连接块的上下运动。其中一侧的连接块两侧固定有2根长光轴,与另一侧连接块相连接。

2.3 封箱装置

该设计中一共采用2套封箱装置,结构相互对称。封箱装置包括安置在机芯安装架上的连杆机构,

其具有对称安置的前摆臂和后摆臂,前摆臂和后摆臂下端与机芯安装架铰接,中部铰接于2根中间连杆。2根中间连杆由一根中间轴连接,中间轴的两端安装有滑动块。滑动块可在机芯安装架中间下侧的竖直滑槽中滑动。连杆机构的前摆臂和单向滚轮连接,后臂安装双向滚轮。刺轮经2根短连杆与前摆臂相连接,前摆臂安装有穿过斜滑槽的短轴,短连杆的下端与刺轮铰接,短连杆的上端与短轴铰接。胶带进口导轮与前摆臂刚性连接。竖直滑槽上方有刀座槽,机芯安装架中部与刀座下端转动连接,刀座中部的凸柱伸入刀

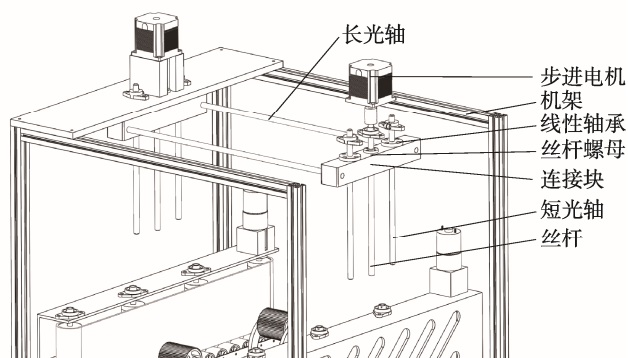
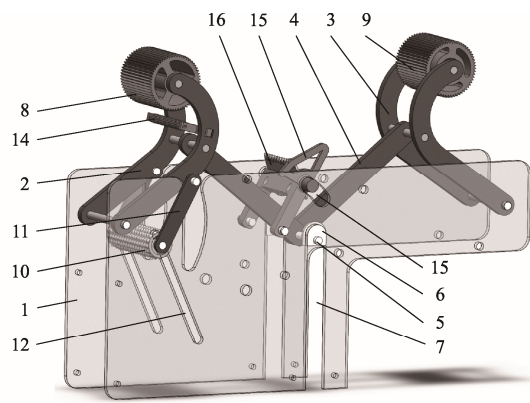
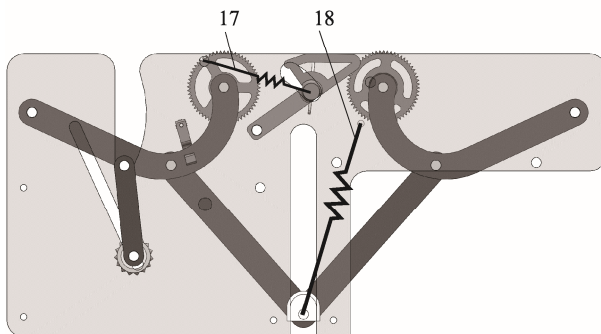


图4 高度调节装置

Fig.4 Height control device



a 正常状态



b 工作状态

1.机芯安装架 2.前摆臂 3.后摆臂 4.中间连杆 5.中间轴 6.滑动块 7.竖直滑槽 8.单向滚轮 9.双向滚轮 10.刺轮 11.短连杆 12.斜滑槽 13.短轴 14.进口导轮 15.刀座槽 16.刀片 17.短拉力弹簧 18.长拉力弹簧

图5 下封箱装置

Fig.5 Lower sealing device

座槽内,上端伸出摆杆,刀座上安装有横向的刀片,刀刃朝向前摆臂。机芯安装架内外分别装有螺丝,其分别与中间轴和凸柱通过长拉力弹簧和短拉力弹簧相连接。

封箱装置工作前,需要将胶带座上的胶带的胶面依次穿过刺轮、胶带进口导轮后,将背胶面附着在单向滚轮上。封箱装置工作时,箱体前部下侧先碰到下封箱装置,接着上侧碰到上封箱装置进行封箱,最终双向滚轮会将切断的胶带贴附在纸箱的背部。

2.4 宽度调节装置

宽度调节装置(见图6)能根据控制系统给定的信号,调整纸箱入口的宽度,并配合微动开关,完成纸箱宽度的自适应。该装置包括双出轴步进电机,其两端连接2根方向相反的丝杆,与2根丝杆相配合的丝杆螺母分别固定在2个后连接座上,后连接座与皮带传送机构底部后侧固定。皮带传送机构底部前侧,还固定有前连接座,前连接座包括线性轴承,与光轴配合,可以保证皮带传送机构能够顺利进行直线运动。

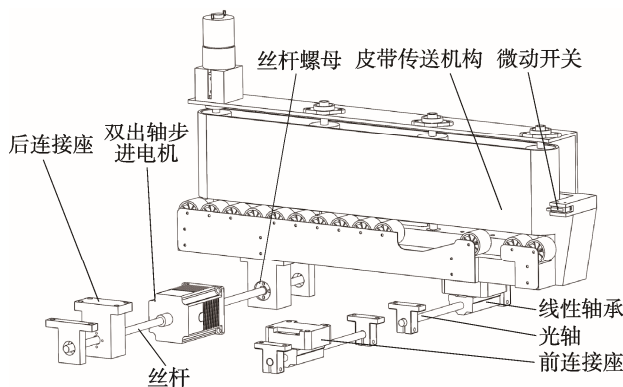


图6 宽度调节装置
Fig.6 Width control device

3 封箱机的工作效率

3.1 理论计算

由于不同尺寸的纸箱,其所需自适应的时间和封箱所需的时间会有所不同。以下计算过程中,将选择自适应和封箱所需时间最长的情况进行计算。

宽度调节装置中丝杆的螺距 T_1 为 2 mm,头数 N 为 2,则丝杆导程 l_1 为:

$$l_1 = t_1 \times N = 4 \text{ mm}$$

双出轴步进电机的转速 n_1 为 500 r/min,则后连接座的运动速度 v_1 为:

$$v_1 = n_1 \times l_1 = 2000 \text{ mm/min} = 33.3 \text{ mm/s}$$

宽度调节装置单边的行程范围 L_1 为:

$$L_1 = 105 \text{ mm}$$

宽度自适应的所需最长时间 t_1 为:

$$t_1 = 3.15 \text{ s}$$

高度调节装置中,丝杆的螺距为 T_2 为 2 mm,头

数 N 为 2,丝杆导程 l_2 为:

$$l_2 = t_2 \times N = 4 \text{ mm}$$

单出轴步进电机转速 n_2 为 500 r/min,则高度调节装置的运动速度 v_2 为:

$$v_2 = n_2 \times l_2 = 2000 \text{ mm/min} = 33.3 \text{ mm/s}$$

高度调节装置的行程范围 L_2 为:

$$L_2 = 140 \text{ mm}$$

高度自适应所需最长时间为 t_2 为:

$$t_2 = 4.2 \text{ s}$$

传送装置中,减速直流电机的转速 n_3 为 105 r/min,皮带辊子的直径 d 是 35 mm,皮带厚度 a 为 3 mm,则皮带的运行速度 v_3 为:

$$v_3 = \pi (d + 2a) n_3 = 225.4 \text{ mm/s}$$

根据邮政纸箱型号大小标准,在长宽均满足的情况下,最大的纸箱长度为 $l_3 = 530 \text{ mm}$,传送带的传送距离 L_3 为 450 mm,则实际传送距离 L_3' 为:

$$L_3' = (L_3 + l_3) = 980 \text{ mm}$$

$$t_3 = L_3' / v_3 = 4.3 \text{ s}$$

因此该设计的完成 1 次最大纸箱自适应和封箱所需总时间 $t_{\max}$ 为:

$$t_{\max} = \sum_{i=1}^3 t_i = 11.65 \text{ s}$$

3.2 实验结果

电动自适应封箱机实物见图7。宽度调节装置的有效行程为 210 mm,可以满足 110~320 mm 宽度的纸箱。高度调节装置的有效行程为 137 mm,可以满足 153~290 mm 高度的纸箱。该原型机可满足大部分电商企业的封箱需求,包括邮政的 1 号到 8 号的标准纸箱,每个纸箱完成自适应和封箱所需时间为 3~12 s。胶带粘贴平整,最大偏差在 3 mm 内,正面粘胶高度 $83 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$,背面粘胶高度 $48 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ 。纸箱参数采集,通过 WIFI 模块 (ESP8266) 将数据传送至上位机,根据传送结果,纸箱长度数据误差在 2 mm 内,宽度误差小于 2 mm,高度误差在 6 mm 内。根据测试结果,原型机的封箱可达到预期效果。

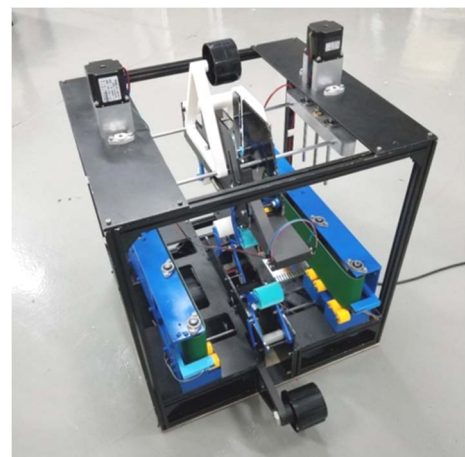


图7 电动自适应封箱机样机
Fig.7 Electric self-adaption packaging prototype

4 结语

设计了一款具有自动适应纸箱大小的电动封箱机,该设备体积小、成本合理,适用1—8号邮政标准纸箱以及其他非标型号纸箱;充分考虑了电商企业和快递从业人员环境条件与工厂的不同,放弃了气动传动,采用纯电动设计;可以记录下纸箱的长、宽、高数据并发送至上位机。为电商和快递企业减少了封箱所需的人力成本。

经过实验验证,原型机可实现规定范围内的箱体自适应,并完成纸箱的双面粘胶封箱,且可将纸箱数据发送至上位机。已获实用新型专利 ZL 201720068015.0, ZL 201720071267.9, ZL 201720070902.1。在自动化包装领域,该设计具有较高的应用价值,能产生一定的社会效益。

该设计可为智慧物流提供大数据支撑。目前的快递包裹数据仅局限于物品名称、物品重量、发货地和目的地以及寄件人信息,经过实验验证后,该机器可以收集被打包快递的长、宽、高尺寸,可以计算出箱体的体积。表面上看,仅有一个纸箱的体积数据很难有实用价值,但经过一定的数据积累后,数据价值便会体现出来。例如,在A城市,快递收件人力、物力资源分配上,基于该设备提供的数据,可以提前预估A城市各个区域的快递数据(快递的重量和体积),合理安排人力、物力,降低快递运输车的空车率(一辆快递运输车收完件后,回到快递网点时车内的剩余空间和车原本的快递容纳量之比),从而为物流企业提高效率、降低成本,为用户节省更多的时间。另一方面,随着自动分拣和无人仓库的出现,快递的长、宽、高数据可以在仓储布局上进一步优化,从而提高仓库的利用率。该设计通过物联网技术对大数据进行收集,符合未来智慧物流的发展趋势。

后续可以在该设计的基础上,另加电子面单的粘贴技术,使其在完成封箱后,直接完成贴快递单的功能,进一步提高包装效率。其存在的缺点为,纸箱长度的测算由于电机的实际转速存在的偏差,会产生一定的误差。

参考文献:

- [1] 聂林海. “互联网+”时代的电子商务[J]. 中国流通经济, 2015, 29(6): 53—57.
- [2] 胡荣. 智慧物流与电子商务[M]. 北京: 电子工业出版社, 2016.
- [3] 赵光辉. 我国“互联网+”交通服务的演进与政策[J]. 中国流通经济, 2016(3): 39—48.
- [4] JIAO Z L. Internet Revolution and Characteristics of Logistic Service Development in China[J]. Current Chinese Economic Report Series, 2017: 193—211.
- [5] 张向阳, 袁泽沛. 网购时代我国“智慧云物流”平台体系与协同运营模式研究[J]. 中国科技论坛, 2013(7): 99—104.
- [6] 杨浩雄, 刘彤. 商业区快递车辆路径优化及仿真[J]. 计算机仿真, 2014, 31(8): 443—446.
- [7] 唐德权, 黄金贵, 史伟奇. 基于大数据平台的动态车辆路径调度算法[J]. 计算机工程, 2018, 44(1): 74—78.
- [8] 张国伍. 大数据与智慧物流——“交通 7+1 论坛”第三十七次会议纪实[J]. 交通运输系统工程与信息, 2015, 15(1): 2—10.
- [9] WALLER M A, FAWCETT S E. Data Science, Predictive Analytics, and Big Data: A Revolution that Will Transform Supply Chain Design and Management[J]. Journal of Business Logistics, 2013, 34(2): 77—84.
- [10] HAZEN B T, BOONE C A, EZELL J D, et al. Data Quality For Data Science, Predictive Analytics and Big Data in Supply Chain Management: An Introduction to the Problem and Suggestions for Research and Applications[J]. International Journal of Production Economics, 2014, 154: 72—80.
- [11] WANG Hui-mi, YE Ji-rong, LIU Ming, et al. Monitoring System Design of High-Speed Carton Packaging Machine Based on PCC and Servo Control[J]. Advanced Materials Research, 2012, 542/543: 609—615.
- [12] ZHANG L, HU X D, XU Y K. Design and Simulation for a Carton Packaging Robot[J]. Applied Mechanics and Materials, 2010, 44/45/46/47: 2011—2015.
- [13] 夏文斌. 一种便携式封箱机: 中国, 108438363A [P]. 2018-08-24.
- [14] 徐贤伟. 一种折盖封箱机: 中国, 208530890U[P]. ZHAO Guang-hui. Evolution and Policy of "Internet +" Transportation Service in China[J]. China Circulation Economy, 2016(3): 39—48.

- 2019-02-22.
XU Xian-wei. A Folding and Sealing Machine: Chinese, 208530890U[P]. 2019-02-22.
- [15] 廖斌. 一种适应不同尺寸箱体的全自动封箱机: 中国, 107554878A[P]. 2018-01-09.
LIAO Bin. A Full-automatic Box Sealing Machine Adapted to Different Sizes of Boxes: Chinese, 107554878A[P]. 2018-01-09.
- [16] 陈建豪. 全自动封箱机封箱高度自动调整装置: 中国, 108584029A[P]. 2018-09-28.
CHEN Jian-hao. Automatic Height Adjustment Device for Automatic Case Sealing Machine: Chinese, 108584029A[P]. 2018-09-28.
- [17] 林学琴. 一种能够对不同规格的瓦楞纸箱进行折盖的全自动封箱机: 中国, 109292177A[P]. 2019-02-01.
LIN Xue-qin. A Fully Automatic Sealing Machine Capable of Folding the Lid of Corrugated Cartons with Different Specifications: Chinese, 109292177A[P]. 2019-02-01.
- [18] 郭语. 一种全自动封箱机结构及封箱方法: 中国, 106742308A[P]. 2017-05-31.
GUO Yu. Structure and Method of Automatic Box Sealing Machine: Chinese, 106742308A[P]. 2017-05-31.
- [19] 侯志利, 武文革, 李瑞琴, 等. 可控连杆手指式纸箱封箱机的设计[J]. 包装工程, 2017, 38(3): 78—82.
HOU Zhi-li, WU Wen-ge, LI Rui-qin, et al. Design of Controllable Connecting Rod Finger Carton Sealing Machine[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(3): 78—82.
- [20] 范华显, 董澎浩, 董文琪, 等. 自适应封箱机的设计与研究[J]. 机械传动, 2017, 41(10): 173—177.
FAN Hua-xian, DONG Peng-hao, DONG Wen-qi, et al. Design and Research of Adaptive Box Sealing Machine[J]. Mechanical Transmission, 2017, 41(10): 173—177.
- [21] MASOUDINEJAD M, EMMERICH J, RIESNER A. Smart Sensing Devices for Logistics Application[C]// International Conference on Sensor Systems & Software. Springer, Cham, 2016.
- [22] 胡宇航. 一种用于封箱机的皮带传送机构: 中国, 201720071267[P]. 2018-02-02.
HU Yu-hang. A Belt Conveyor for Case Sealing Machine: China, 201720071267[P]. 2018-02-02.
- [23] 胡宇航. 封箱机机芯: 中国, 206476193U[P]. 2017-09-08.
HU Yu-hang. Box Sealing Machine Movement: China, 206476193U[P]. 2017-09-08.
- [24] 胡宇航. 一种快速自动封箱机及其封箱方法: 中国, 106742350A[P]. 2017-05-31.
HU Yu-hang. A Fast Automatic Sealing Machine and Its Sealing Method: China, 106742350A[P]. 2017-05-31.