

[研究·设计]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2019.05.004

多工位平底自立袋自动成型机的研制

郑卓韬¹, 张健^{2*}, 林秋宇¹, 郑相立¹, 王双喜²

(1. 汕头轻工装备研究院, 广东 汕头 515063; 2. 汕头大学工学院, 广东 汕头 515063)

摘要:为解决平底自立袋人工成型困难、生产效率低及成型质量差等问题,课题组设计研制了一种多工位平底自立袋自动成型机。该自动成型机由自动取袋开袋装置、多工位转盘组件、自动输送归位装置以及 PLC 和人机界面控制系统组成。基于凸轮分割器的多工位转盘组件可完成扩张成型、涂胶、侧压、平压、落袋折弯和成型质量检测等工位工作。各工位功能模块通过开放式接口与成型机平台连接,实现对不同产品规格生产需求的快速响应。实际运行结果表明该成型机运行稳定,产品成型质量高,成型速度可达每分钟 20 个,袋子成型后最大长度 300 mm,设备稼动率 >90%,成品率 ≥99.0%。该设备极大地提高了平底自立袋的成型效率。

关键词:自立袋;多工位转盘;快速生产响应;PLC;开放式接口

中图分类号:TH122 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2019)05-0019-06

Development of Multi-Station Automatic Forming Machine of Doypack

ZHENG Zhuotao¹, ZHANG Jian^{2*}, LIN Qiuyu¹, ZHENG Xiangli¹, WANG Shuangxi²

(1. Shantou Institute for Light Industry Equipment Research, Shantou, Guangdong 515063, China;

2. College of Engineering, Shantou University, Shantou, Guangdong 515063, China)

Abstract: To solve the existing problems of doypack forming such like manual forming difficulties, low efficiency and poor quality, a multi-station automatic forming machine of doypack was designed and manufactured. The automatic forming machine is composed of automatic bag-taking and bag-opening device, multi-position turntable module, automatic conveying and returning device, PLC and human-machine interface control system. The multi-station turntable assembly based on cam splitter can complete the work of expand forming, gluing, side pressing, flat pressing, dropping and bending, and quality inspection etc. Open interface was designed to connect various functional modules to achieve rapid response to production requirements of different product specifications. The results show that the forming efficiency and the forming quality have been greatly improved. The operation is stable and the forming speed can reach 20 pieces per minute, the maximum length of the doypack is 300 mm after forming. The equipment utilization rate is greater than 90%, the yield rate is greater than 99 percent, which greatly improves the doypack forming efficiency.

Keywords: doypack; multi-position turntable; rapid production response; PLC (programmable logic controller); open interface

随着食品和日化行业不断趋于高端化和环保化,环保型平底自立袋以其独特的视觉冲击性和便利性而被广泛地应用于食品和日用品的包装^[1]。国内大多数平底自立袋生产企业都采用手工方式或人工操作机械设备实现平底自立袋的成型,通常包括套袋成型、涂胶、折边和压底等工序,使用设备相对老旧且难以维

护。这种生产方式过于依赖操作者的生产经验,质量问题多,而且效率低下,难以满足食品和日化行业日益增长的需求^[2]。

为了提高平底自立袋的生产效率和品质,课题组在深入研究平底自立袋手工成型生产工艺的基础上,设计并制造出集多个成型工序于一体的多工位平底自

收稿日期:2019-04-22;修回日期:2019-07-15

基金项目:广东省科技计划项目(2017B090922008)。

第一作者简介:郑卓韬(1986),男,广东揭阳人,工程师,主要研究方向为轻工机械自动化。通信作者:张健(1982),男,湖北武汉人,博士,副教授,主要研究方向为设计理论与方法。E-mail:shantoustuzj@163.com

立袋自动成型机。自动成型机以六工位的转盘组件为核心机械结构,利用电机带动凸轮分割器实现间歇运动进而实现多工位同时工作,并通过 PLC 控制气动系统实现平底自立袋的自动成型;各工位采用开放式结构产品的模块规划设计,通过调整相关参数和替换不同模具,可实现不同规格产品生产的快速切换。该设备生产效率高,使用维护方便,可靠性高,能够满足企业现代化生产的需求。

1 多工位平底自立袋自动成型机的总体方案设计

1.1 平底自立袋成型工艺

平底自立袋的成型工艺中,操作者首先利用成型模具将制袋机生产的半成品平底自立袋的底部扩张成方形,在成型模具上将底部的4个边角向中间折压,完成后将平底自立袋从成型模具取出,并进行涂胶使平底自立袋底部固定成型,最后进行折弯定型,具体工艺流程如图1所示。这种成型方式效率低下,同一时间只能进行单一平底自立袋的成型。平底自立袋的扩张、折压、折弯和涂胶等工序十分依赖操作者的经验,容易出现褶皱和脱胶等质量问题。

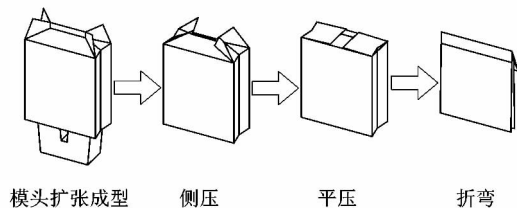


图1 平底自立袋成型工艺

Figure 1 Forming process of doypack

1.2 多工位平底自立袋自动成型机的总体方案

从平底自立袋的成型工艺可以看出,实现平底自立袋的自动成型,核心在于平底自立袋自动上下料和多工位同时工作的实现方式。多工位平底自立袋自动成型机通过自动取袋套袋装置、转盘组件和自动输送归位装置来解决自动成型机的主要问题,自动成型机的总体方案如图2所示。

自动成型机工作时,首先从装有半成品平底自立袋的料仓自动取出平底自立袋,利用气动吸盘进行开袋,之后将平底自立袋套入转盘组件的成型模头,在成型模头的作用下扩张成型,接着转盘组件带动平底自立袋进入涂胶工位,由自动涂胶系统进行涂胶;涂胶完成后,进入侧压工位,由气动侧压装置完成平底自立袋四边角向中间翻折;侧压完成后,进入平压工位,由 PLC 控制气动装置平压平底自立袋底部,使热熔胶分

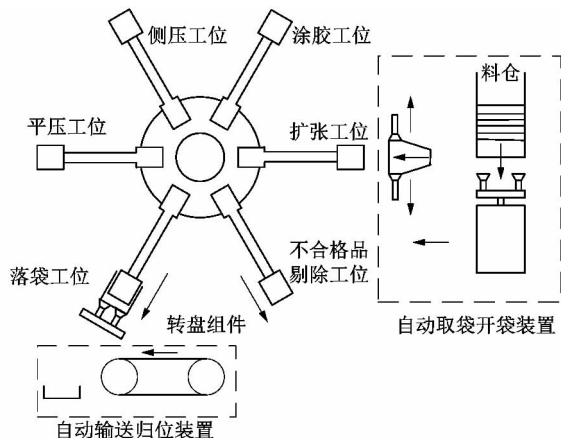


图2 自动成型机总体方案

Figure 2 Overall scheme of automatic forming machine

布均匀和凝固;完成平压后,进入落袋折弯工位,自动从模头取下平底自立袋并折弯成型,最后由自动输送归位装置收集。若平底自立袋底部不平整导致落袋折弯工位未能成功落袋,则进入不合格品检测工位,将不合格品剔除。自动成型机上的各工位同时独立工作,互不干扰。

2 多工位平底自立袋自动成型机机械结构设计

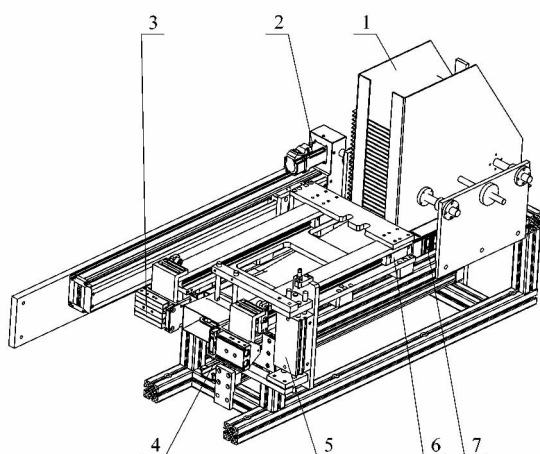
多工位平底自立袋自动成型机由自动取袋套袋装置、转盘组件的6个工位和自动输送归位装置组成。

2.1 自动取袋套袋装置

自动取袋套袋装置由料仓、真空吸盘、标准气缸、无杆气缸、宽爪气缸和伺服机械手组成,其机械结构如图3所示。料仓安装有支撑板,能规则地存放待加工的平底自立袋,使真空吸盘每次动作只能吸附单个平底自立袋。真空吸盘利用压力差实现对平底自立袋的吸附,气缸负责实现自动取袋套袋过程中的动作。自动取袋套袋装置的流程如下:首先,标准气缸带动真空吸盘完成料仓中平底自立袋的下料,由无杆气缸输送平底自立袋至套袋工位,之后由开袋宽爪气缸带动真空吸盘上下两侧运动,完成平底自立袋的开口,最后由左右两侧对称安装的夹袋气缸实现对平底自立袋侧边的夹紧,并由伺服机械手带动平底自立袋套入转盘组件的成型模头。通过调整伺服参数,可以实现不同长度产品的自动生产。

2.2 转盘组件的6工位

多工位平底自立袋自动成型机的核心部件是转盘组件,电机通过凸轮分割器带动转盘组件实现间歇运动,使转盘组件的各工位有足够的时间执行相应的动作。



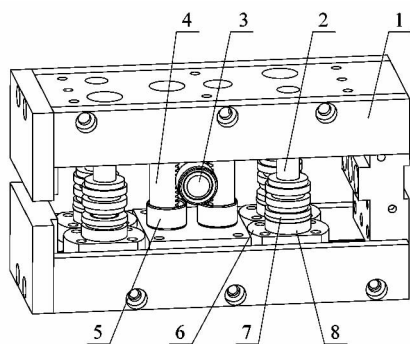
1—料仓;2—伺服机械手;3—夹袋气缸;4—真空吸盘;5—开袋气缸;6—无杆气缸;7—下袋气缸。

图3 自动取袋套袋装置结构

Figure 3 Automatic bagging and bagging device structure

2.2.1 扩张成型工位

完成自动取袋套袋动作后,进入转盘组件的扩张成型工位。转盘组件的成型模头用于将半成品平底自立袋扩张成指定的形状。成型模头由缸体、端盖、活塞杆、密封圈、防尘圈、耐磨环、齿轮齿条同步机构和支撑板组成,结构如图4所示。模头上下的支撑板分别由2组对角布置的4根活塞杆同时带动,活塞杆上安装有耐磨环、防尘圈和密封圈,用于确保气体驱动活塞杆运动时稳定可靠。齿轮齿条机构保证成型模头多根活塞杆的同步运动,同步性能精确可靠^[3]。同时,更换不同的模头模具可以满足不同袋底规格产品的生产切换要求。



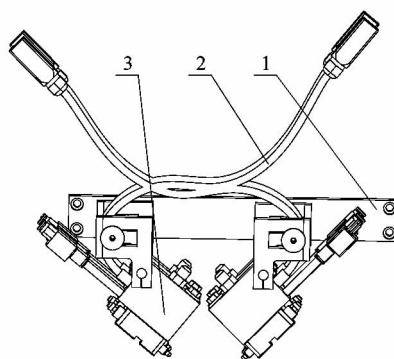
1—支撑板;2—活塞杆;3—齿轮;4—齿条;5—耐磨环;6—密封端盖;7—密封圈;8—防尘圈。

图4 扩张成型工位结构

Figure 4 Expand forming station structure

2.2.2 涂胶工位

平底自立袋扩张成型后,PLC控制电机驱动转盘组件进入涂胶工位,涂胶工位的结构如图5所示。传统的平底自立袋采用普通液态胶水涂胶,存在固化速度慢和粘合效果差等缺点,而热熔胶具有固化速度快和粘合强度大的特点^[4]。因此,多工位平底自立袋自动成型机采用自动热熔胶机进行涂胶。自动热熔胶机能够将固态的热熔胶加热熔化,并利用加压装置将液态热熔胶喷射至半成品平底自立袋上。



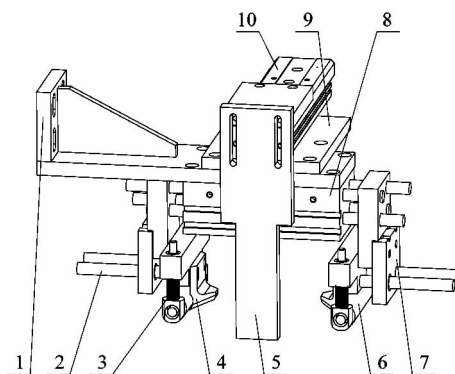
1—安装板;2—胶管;3—喷胶装置。

图5 涂胶工位结构

Figure 5 Gluing station structure

2.2.3 侧压工位

平底自立袋经过成型模头扩张后,底部仍处于未扩张状态,故添加侧压工位使底部预成型,侧压工位结构如图6所示。



1—安装角板;2—调整杆;3—压簧;4—三角成型块;5—定位板;6—滚轮;7—滚轮安装板;8—宽爪气缸;9—气缸安装板;10. 滑台气缸。

图6 侧压工位结构

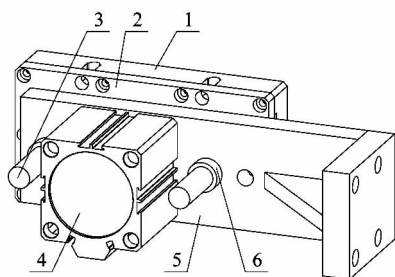
Figure 6 Side pressing station structure

侧压工位安装有气动侧压装置,该装置由宽爪气缸、滚轮、压簧、成型块等部件组成。宽爪气缸带动滚

轮由两侧向中间移动,利用三角成型块向平底自立袋侧面施压使平底自立袋底部预成型,安装有压簧的滚轮在侧压平底自立袋过程中起柔性滚压作用。

2.2.4 平压工位

为了使平底自立袋成型后底部更加平整,热熔胶分布更加均匀,多工位平底自立袋自动成型机在侧压后设置了平压工位,平压工位机构如图7所示。平压工位机构由支撑角板、气缸、导向轴、无油衬套、连接板和加热板组成。气缸带动加热板平压平底自立袋底部,使平底自立袋底部平整,增强热熔胶的粘附效果。



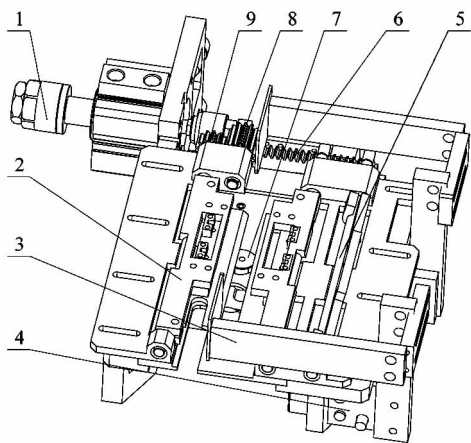
1—加热板;2—连接板;3—导向轴;4—气缸;5—角板;6—无油衬套。

图7 平压工位结构

Figure 7 Flat pressing station structure

2.2.5 落袋折弯工位

完成平压底部后,进入落袋折弯工位。落袋折弯工位将平底自立袋从成型模头上吸附下来,并完成平底自立袋的折弯动作。落袋折弯工位的机械结构如图8所示。



1—成型气缸;2—合页;3—侧插板;4—侧压板宽爪气缸;5—折弯板;6—齿条;7. 真空吸盘;8—合页齿轮;9—变向齿轮。

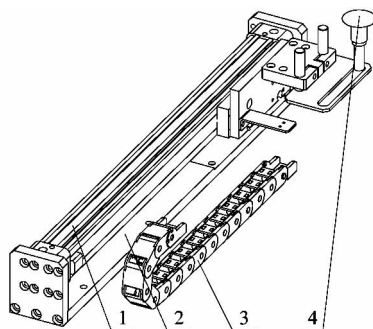
图8 落袋折弯工位结构

Figure 8 Dropping and bending station structure

落袋折弯工位的工作流程为:若平底自立袋平压后底部平整,落袋折弯工位的真空吸盘将平底自立袋从成型模头上吸附下来,吸附到位后,侧插板由两侧气缸带动向中间侧插,驱使袋子往中间收缩,然后成型气缸驱动齿条齿轮机构,由多个齿轮带动2个合页向中间方向移动夹住包装袋底部,同时齿条带动另一齿轮进而带动折弯板实现包装袋的折弯动作。

2.2.6 不合格品剔除工位

当平底自立袋底部不够平整时,落袋折弯工位中的真空吸盘将无法将平底自立袋吸附脱模,转盘组件将带动平底自立袋进入不合格品剔除工位,剔除掉不合格的平底自立袋。不合格品剔除工位由无杆气缸、机架、拖链和真空吸盘组成,若出现不合格品,无杆气缸带动真空吸盘从侧面吸附转盘上的不合格品并将其剔除,从而将合格品和不合格品分开。不合格品剔除工位结构如图9所示。



1—无杆气缸;2—安装板;3—拖链;4—真空吸盘。

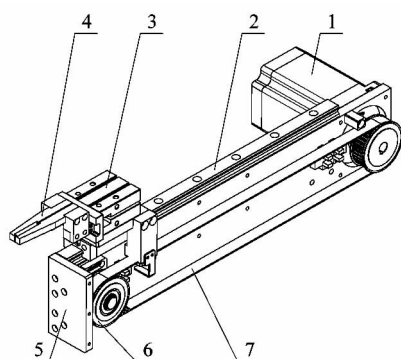
图9 不合格品剔除工位结构

Figure 9 Quality inspection station structure

2.3 自动输送归位装置

自动输送归位装置由夹袋机械手和自动输送带装置组成。夹袋机械手由电机、同步带装置、宽爪气缸和机械手组成,结构如图10所示。同步带装置将电机的旋转运动转化为机械手的直线运动,宽爪气缸用于实现机械手的夹持动作^[5]。若平底自立袋完成折弯,电机通过同步带带动机械手运动至落袋折弯工位,夹持平底自立袋并将其放至输送带。

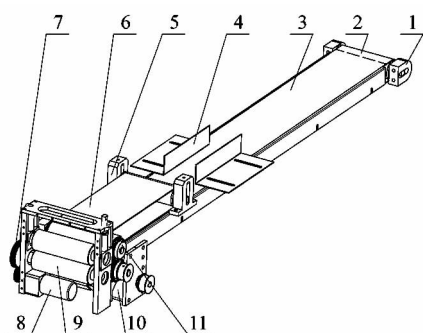
自动输送带装置主要由输送同步带、压紧同步带和出口工位组成,结构如图11所示。输送同步带上设置有导料槽,用于平底自立袋的导向,2条输送带上均安装有张紧装置,方便同步带的张紧调节。若平底自立袋到达自动输送装置,2条输送带同时运动带动平底自立袋至出口工位,出口工位处由电机驱动滚筒滚压平底自立袋并将其归位。



1—伺服电机;2—直线导轨;3—宽爪气缸;4—机械手指;5—安装板;6—同步带轮;7—同步带。

图 10 夹袋机械手结构

Figure 10 Bag-clamping manipulator structure



1—输送同步带张紧装置;2—同步带传动滚筒;3—输送同步带;4—导料槽;5—压紧同步带张紧装置;6—压紧同步带;7—齿轮;8—出口电机;9—出口滚筒;10—同步带电机;11—同步带主动滚筒。

图 11 自动输送带装置

Figure 11 Automatic conveyor belt device

3 多工位平底自立袋自动成型机控制系统设计

3.1 自动成型机控制系统的硬件设计

为了适应复杂的工业生产现场,多工位平底自立袋自动成型机采用 PLC 和人机界面的控制方案。PLC 使用维护方便,能够适应复杂的工业现场环境,具有较高的可靠性^[6]。操作人员可通过人机界面向 PLC 发送指令,PLC 接收传感器信号和实现相关执行元件的控制^[7]。根据自动成型机的动作需求,PLC 选用三菱公司的 FX3U-64MT,人机界面选用威纶通公司的 MT6071iE。控制系统的硬件结构如图 12 所示。

3.2 自动成型机控制系统的软件设计

自动成型机的 PLC 程序具有手动模式和自动模式。手动模式用于实现自动成型机各个动作的单步运行,方便设备的调试和维护^[8]。自动模式是设备生产运行中使用的重要模式,能够实现设备生产过程的自动运行,大大提高机械设备的生产效率^[9]。此外,程

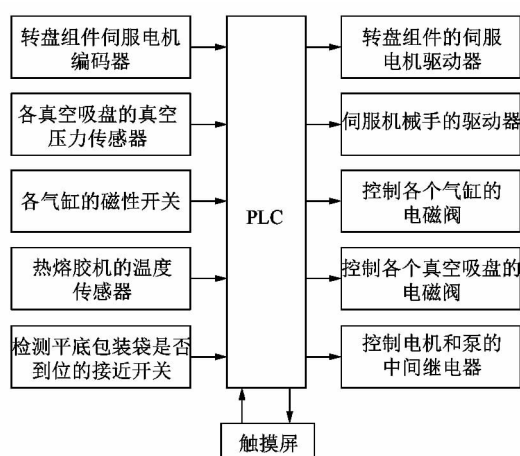


图 12 控制系统的硬件结构图

Figure 12 Hardware diagram of control system

序还设置有报警保护功能,包括热熔胶机报警、伺服驱动器报警和成型模头无袋报警等功能,控制系统的程序流程图如图 13 所示。

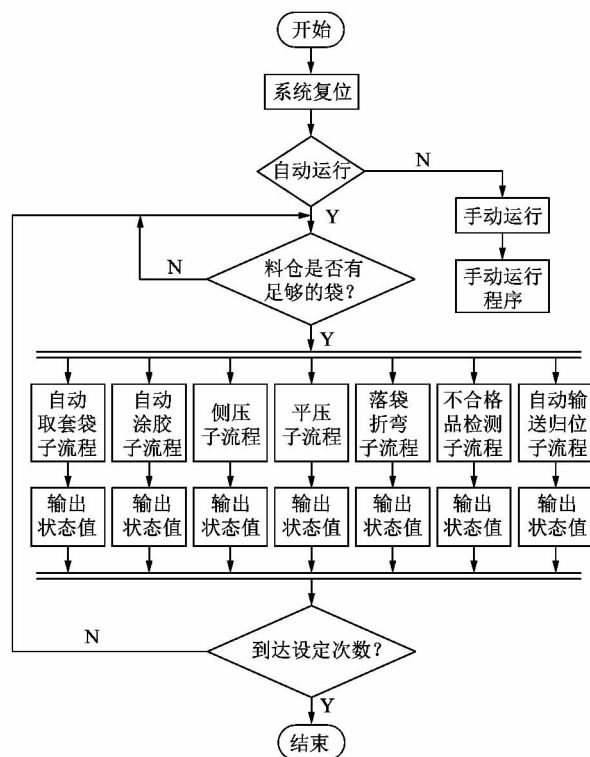


图 13 控制系统的程序流程图

Figure 13 Program flow chart of control system

4 设备调试

根据设备设计方案,制作出多工位平底自立袋自动成型机并投入生产使用,设备实物图如图 14 所示。试验证明,多工位平底自立袋自动成型机满足平底自立袋成型的功能要求,能够实现从料仓自动取袋套袋

的功能,并由转盘组件依次完成平底自立袋扩张成型、涂胶、侧压、平压、落袋折弯和不合格品检测的功能,最后顺利实现成型后的平底自立袋的自动归位。以 PLC 为核心的控制系统动作准确无误,能够高效地实现设备的自动化生产,成型速度可达每分钟 20 个袋子,成型后最大长度为 300 mm,设备稼动率 >90%,成品率 $\geq 99.0\%$ 。

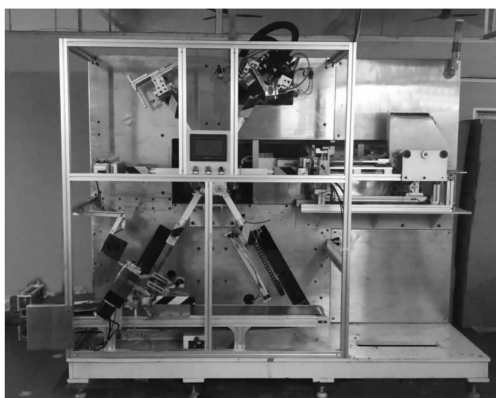


图 14 自动成型机实物图

Figure 14 Physical map of automatic forming machine

5 结语

通过分析平底自立袋传统成型方式的不足,课题组制定了多工位平底自立袋自动成型机的总体方案,详细设计了多工位平底自立袋自动成型机的自动取袋

套袋装置、转盘组件的 6 个工位和自动输送归位装置,使用 PLC 作为多工位平底自立袋自动成型机的控制系统,从而实现平底自立袋成型的自动化。经过一年的实际生产使用,多工位平底自立袋自动成型机稳定性高,维护方便,减少了企业的生产成本,极大地提高了平底自立袋的成型质量和成型效率,成型速度可达每分钟 20 个袋子,成型后最大长度为 300 mm,设备稼动率 >90%,成品率 $\geq 99.0\%$ 。

参考文献:

- [1] 周亮. 袋成型自动包装机控制系统的设计与研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2009: 1-4.
- [2] 杨勇, 孙甫照. 基于 PLC 的制袋机械手控制系统设计[J]. 液压与气动, 2014(1): 85-88.
- [3] 梁全, 苏东海, 白坤, 等. 压力机齿轮齿条同步机构的设计方法[J]. 机床与液压, 2015, 43(14): 13-14.
- [4] 高升平, 郑桂富. EVA 热熔胶性能影响因素的研究[J]. 化学工程师, 2008, 22(5): 4-5.
- [5] 梁新平. 基于 PLC 的自动线机械手位置控制系统设计[J]. 电子设计工程, 2014, 22(7): 86-87.
- [6] 唐国兰. 基于 PLC 的高速全自动包装机控制系统的应用研究[D]. 广州: 广东工业大学, 2004: 1-6.
- [7] 徐建, 孟广耀, 赵娟, 等. 基于触摸屏和 PLC 的动车组转向架联轴节自动装配系统设计[J]. 制造业自动化, 2013, 35(6): 144-147.
- [8] 姚绍雯. 基于 PLC 注塑机控制系统设计与实现[D]. 成都: 电子科技大学, 2014: 42-43.
- [9] 黄景. 包装自动化输送线智能控制系统研制[D]. 广州: 广东工业大学, 2016: 20-26.

(上接第 18 页)

参考文献:

- [1] 张优, 张海东, 黄绍军, 等. 纯电动汽车空调制热方案探讨[C]// 2010 中国汽车工程学会年会. 长春: 中国汽车工程学会, 2010: 246-248.
- [2] 杜海存, 叶茂杰, 戴源德. 新型混合工质 RE170/R134a 替代汽车空调中 R134a 的可行性研究[J]. 化工新型材料, 2018, 46(5): 235.
- [3] 曹霞. HFO-1234yf: 新一代汽车空调制冷剂[J]. 制冷与空调, 2008, 8(6): 55.
- [4] 胡兵, 赵宇, 徐博, 等. CO₂ 汽车空调系统匹配分析与试验研究[J]. 流体机械, 2011, 39(4): 54-55.
- [5] 刘靖, 程艳华. R152a 与 R134a 混合制冷剂替代 R22 的可行性研究[J]. 流体机械, 2010, 38(11): 80.
- [6] AKASAKA R, TANAKA K, HIGASHI Y. Thermodynamic property modeling for 2, 3, 3, 3-tetrafluoropropene (HFO-1234yf) [J]. International Journal of Refrigeration, 2010, 33(1): 52.
- [7] 柴玉鹏, 马国远, 许树学, 等. R1234yf 和 R134a 制冷及制热性能实验研究[J]. 制冷与空调, 2017, 31(4): 438-439.
- [8] 吴龙兵, 苏林, 方奕栋, 等. R1234yf 汽车空调性能 KULI 仿真分析[J]. 流体机械, 2017, 45(8): 71.
- [9] 李宴辉, 熊发成, 轩小波, 等. R1234yf 在纯电动汽车空调上的应用实验研究[J]. 制冷与空调, 2017, 17(5): 99-100.
- [10] LEE Y, JUNG D. A brief performance comparison of R1234yf and R134a in a bench tester for automobile applications[J]. Applied Thermal Engineering, 2012, 35: 240-242.
- [11] 陈光明, 闫继位, 高赞军, 等. 新型制冷剂 HFO-1234yf/R134a/DME 的理论及试验研究[J]. 制冷与空调, 2015, 15(3): 39.
- [12] 陈琪, 闫继位, 陈光明, 等. 新型制冷剂 R1234yf/R134a 可燃性实验研究[J]. 太阳能学报, 2016, 37(1): 154.