新型多罐盒自动入托套膜设备研制

黄信兵[1]，邓兴龙[2]，刘小娟[1]
（1.中山职业技术学院 机电工程学院，广东 中山 528400；
2.中山市龙宁自动化设备有限公司，广东 中山 528437）

摘要：针对袋装饮品、袋装茶叶使用的罐盒套膜包装人工方式存在的生产效率低、外观一致性差、劳动强度大等问题，提出了一种综合应用可编程逻辑控制器（PLC）控制、伺服驱动、气压驱动、工业机器人等技术的多罐盒入托套膜自动设备。该设备集方形聚氯乙烯（PVC）膜套成型、纸托成型运输、多罐盒入托、罐盒组入膜、罐盒组搬运等工序于一体，并能有效衔接各工序的自动化生产。实际生产应用表明，该设备在提高生产效率、改善套膜品质、降低劳动强度等方面比传统的人工套膜方式具有明显优势，符合当前制造业生产结构转型升级趋势，市场应用前景广阔。

关键词：罐盒；电机；套膜；可编程逻辑控制器；工业机器人
中图分类号：TP23 **文献标识码**：A **DOI**：10.19457/j.1001-2095.dqcd24311

Development of New Multi-tin Box Automatic Supporting Sleeve Film Equipment

HUANG Xinbing[1]，DENG Xinglong[2]，LIU Xiaojuan[1]
（1.*School of Mechanical and Electrical Engineering，Zhongshan Polytechnic，Zhongshan* 528400，*Guangdong*，*China*；2. *Zhongshan Longning Automation Equipment Co.，Ltd.，Zhongshan* 528437，*Guangdong*，*China*）

Abstract: Aiming at the problems of low production efficiency，poor consistency of appearance and high labor intensity in the manual way of packaging tin box sleeve film for bagging drinks and tea，a kind of automatic equipment for multi-tin box supporting sleeve film was proposed，which integrated application of programmable logic controller（PLC）control，servo drive，pneumatic drive，industrial robot and other technologies. The equipment integrates square polyvinyl chloride（PVC）film set forming，paper support forming transportation，multi-tin box supporting，tin box group into film，tin box group handling and other processes in one，and can effectively link up the automatic production of each process. Practical production application shows that the equipment has obvious advantages over traditional manual sleeve film method in improving production efficiency，improving sleeve film quality and reducing labor intensity，etc. It is in line with the current trend of transformation and upgrading of manufacturing production structure，and has broad market application prospects.

Key words: tin box；electromotor；sleeve film；programmable logic controller（PLC）；industrial robot

为便于运输，储存袋装饮品、袋装茶叶的方形罐盒多个为一组摆放在U型纸托上，并由聚氯乙烯（polyvinyl chloride，PVC）膜收缩固定。目前方形罐盒的入托、套PVC膜等采用人工方式，生产效率低，劳动强度大，套膜外观一致性差，且需要大量人力资源。基于制造生产过程自动化、智能化发展和以人为本的理念，在调研分析、论证的基础上，对多罐盒入托套膜工艺进行分析，提出了一种基于可编程逻辑控制器（programmable logic controller，PLC）控制、伺服驱动、液压驱动和选择顺应性装配机器手臂（selective compliance assembly robot arm，SCARA，又称水平关节型机器人）技术的可实现多罐盒自动入纸托、套膜、搬运的设备[1-2]，改善人工操作的问题，提升多罐盒套膜的效率，促进多罐盒包装生产转型升级。

1 总体结构设计

设备主要由纸托成型输送机构、多罐盒入托机构、方形PVC膜套成型机构、罐盒组入膜袋机构、罐盒组搬运机构等组成，具体布局如图1所

基金项目：2020年度中山市第二批社会公益与基础研究项目（高校类）（2020B2037）
作者简介：黄信兵（1982—），男，硕士，副教授，高级工程师，Email：dq_huangxb@126.com

示[3]。纸托成型输送机构将有折线的平纸板折成具有一定开口弧度的U形纸托，并输送到指定位置；多罐盒入托机构将单行排列的罐盒依次推入纸托中，待入托罐盒数量满足时，纸托成型输送机构再将已有罐盒的纸托输送到套膜位置；罐盒组入膜机构将纸托推入到已经成型的方形PVC膜套中；罐盒组搬运机构将套膜的纸托输送到工业机器人搬运位置，工业机器人将套膜的罐盒搬运到PVC膜套热收缩条输送线上进行热收缩固定包装。

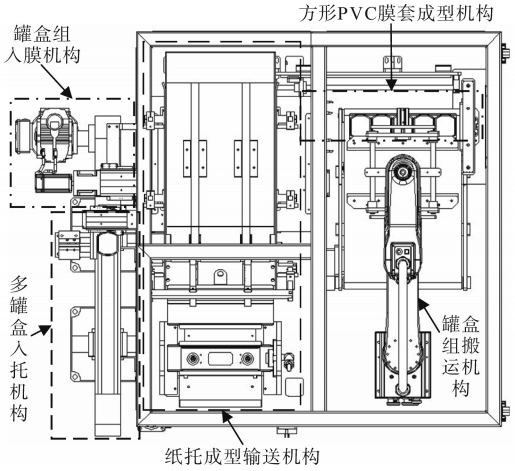


图1　多罐盒自动入托套膜设备结构布局图

Fig.1　Structure layout of multi-tin box automatic supporting sleeve film equipment

1.1　纸托成型输送机构

纸托成型输送机构主要由纸板供应、纸板吸附、纸托成型和纸托输送等部分组成，如图2所示，其气动控制回路如图3所示[4]。图2中，两侧有压痕的纸板4横摆在纸板槽1中，并由纸板挡板3稍作遮挡，防止纸板倾斜放置时掉落。带有弹簧的真空吸附盘6通过连接板7与纸板气缸8连接在一起，纸板气缸8的上下摆动由升降气缸17通过连杆16带动。纸托成型槽10安装在由三相异步电动机14驱动的链条13上，光电传感器11用于检测纸托成型槽10是否到位。当不需要吸附纸板时，纸板气缸8、升降气缸17处于图2所示缩回位置。通过结构设计，当传感器11检测到成型槽10时，分别有一个成型槽对应于罐盒入托位置和罐盒组套膜位置。

当图2中的纸托成型槽10到达纸板气缸正下方时，光电传感器11有信号输出，三相异步电动机14停转。图3中电磁换向阀YV1线圈得电，压缩空气通过阀YV1左腔、单向节流阀A1进入纸板气缸8无杆腔，其活塞杆伸出到位，磁性开关

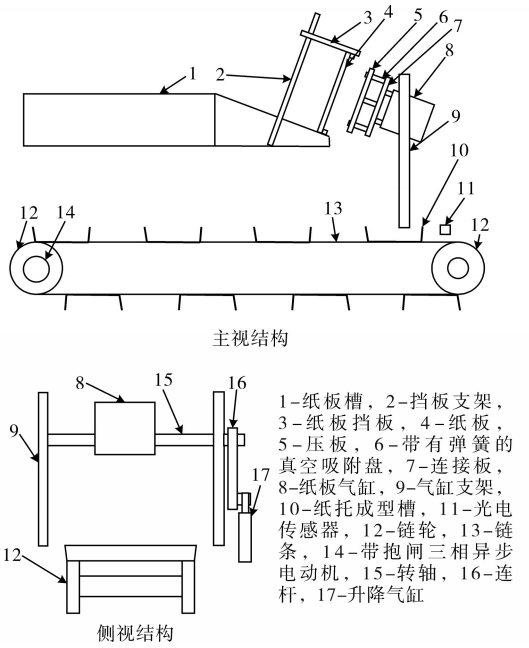


图2　纸托成型输送机构结构

Fig.2　Structure of paper support forming transportation mechanism

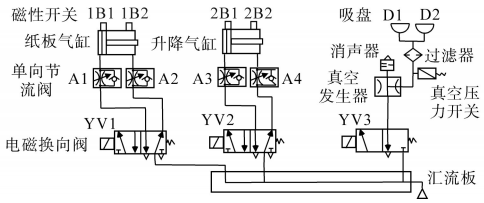


图3　纸托成型输送机构气动控制回路

Fig.3　Pneumatic control loop of paper support forming transportation mechanism

1B2有电信号输出。电磁换向阀YV3线圈得电，压缩空气通过阀YV3左腔和真空发生器喷射，吸盘D1，D2处的气压被抽掉，吸盘D1，D2产生负压吸住纸板。当真空度达到真空压力开关设定压力时，真空压力开关发出电信号。电磁换向阀YV1线圈失电，压缩空气通过YV1右腔、单向节流阀A2进入纸板气缸8有杆腔，其活塞杆缩回到位，磁性开关1B1有信号输出。电磁换向阀YV2线圈得电，压缩空气进入升降气缸17无杆腔，其活塞杆伸出。在图2中连杆16的作用下，吸附的纸板随纸板气缸8向下转动，当升降气缸17活塞杆伸出到位，纸板在纸托成型槽正上方，磁性开关2B2有信号输出。电磁换向阀YV1线圈得电，压缩空气进入纸板气缸8无杆腔，其活塞杆伸出到位，磁性开关1B2有信号输出。平纸板在纸托成型槽作用下折成具有一定开口弧度的U形纸托。延时一段时间后，电磁换向阀YV3线圈失电，正常空气通过YV3右位和真空发生器，使吸

盘D1,D2处的负压消除,使吸盘D1,D2释放纸板,真空压力开关电信号消失。电磁换向阀YV1线圈失电,压缩空气纸板气缸8有杆腔,其活塞杆缩回到位,磁性开关1B1有信号输出。电磁换向阀YV2线圈失电,压缩空气进入升降气缸17有杆腔,其活塞杆缩回,在图2中连杆16的作用下,纸板气缸向上转动。

1.2　多罐盒入托机构

多罐盒入托机构主要由罐盒输送线、罐盒顶住气缸、直线电机及其推板、光电传感器等组成,具体结构如图4所示[5],气动控制回路如图5所示。罐盒5在由三相异步电动机9带动的输送带1和挡板6的作用下依次排列运动。挡板3用于将罐盒5静止在入托位。光电传感器2用于检测罐盒。顶罐气缸7用于顶住左数第二个罐盒。微动开关用于检测在导轨4上运动的直线电机8位置。

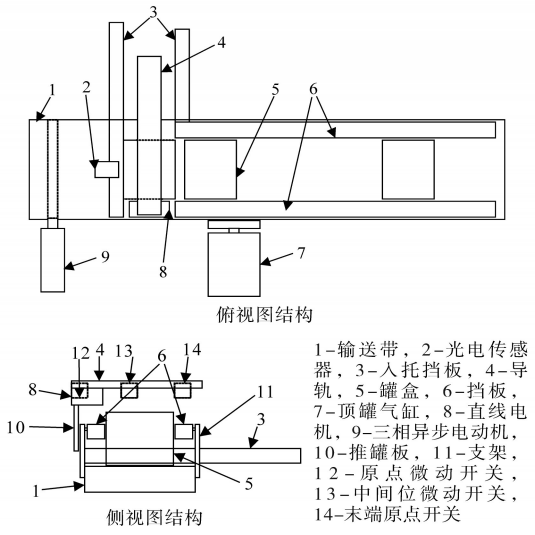


图4　多罐盒入托机构结构图

Fig.4　Structure of multi-tin box supporting mechanism

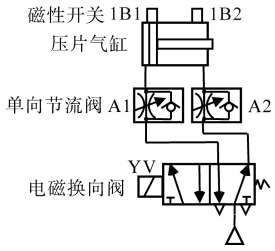


图5　罐盒组入膜机构气动控制回路

Fig.5　Pneumatic control loop of tin box into film mechanism

待入托罐盒停在挡板3时,光电传感器2有电信号输出,电磁换向阀YV线圈得电,压缩空气进入顶罐气缸7无杆腔,其活塞杆伸出,安装在活塞杆上的弹性板将罐盒顶住。推罐板10在直线电机8带动下将待入托罐盒推出一定距离。当中间位微动开关13有电信号时,直线电机8反向转动回到原点,原点微动开关12有电信号输出。电磁换向阀YV线圈失电,压缩空气进入气缸7有杆腔,其活塞杆缩回。左数第二个罐盒在输送带1带动下继续向前运动,直至碰到挡板3。当推第五个罐盒时,直线电机将五个罐盒一起推入到纸托中,末端微动开关14有电信号输出,直线电机反转回到原点,等待下一个空纸托到位。

1.3　PVC膜套成型机构

PVC膜套成型机构主要功能是将成卷的PVC膜袋切成一定长度、两端开口的长方体膜套,主要由供膜机构、成套机构、膜套切断机构、膜套拉伸机构等组成,具体结构如图6所示[3,6],气动控制回路如图7所示。

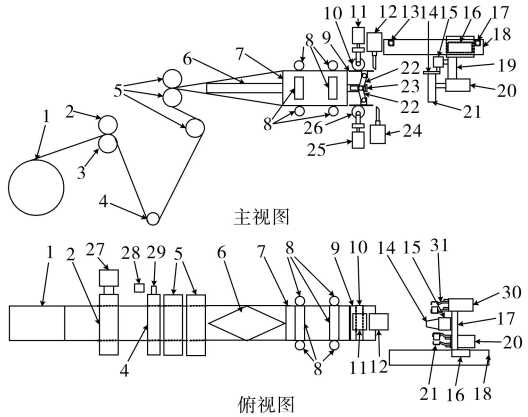


图6　PVC膜套成型机构结构图

Fig.6　Structure of PVC film sleeve forming mechanism

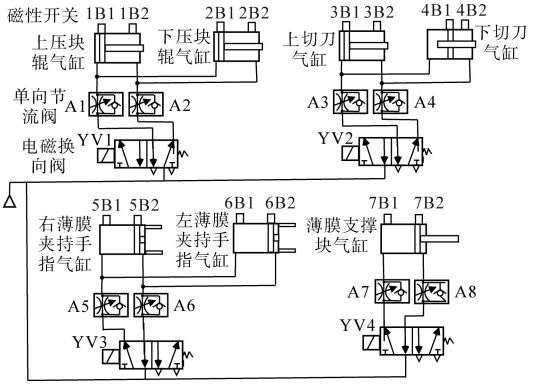


图7　PVC膜套成型机构气动控制回路

Fig.7　Pneumatic control loop of PVC film sleeve forming mechanism

成卷的PVC膜袋1经过供膜辊2和3、撑膜杆4、导向辊5,由菱形导向块6将膜袋上下两层撑

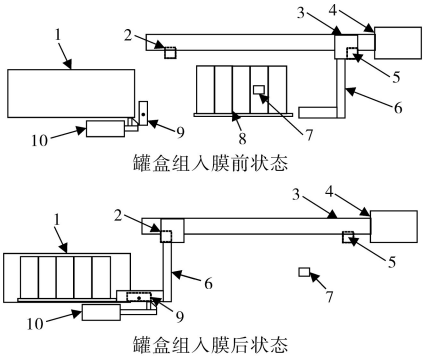
开后进入膜套成形体7和撑膜套块9。在膜套成形体7四周安装了压膜辊8防止膜套移位变形。随着PVC膜袋被拉伸，撑膜杆4会被带动上升到一定高度时，与撑膜杆另一端连接在一起的检测块29靠近电感式传感器28。传感器28有电信号输出，供膜电机27带动与其主轴相连的主供膜辊2转动，在供膜辊2和3之间的PVC膜袋从PVC膜卷上拉出。随着PVC膜袋的供应，撑膜杆4在重力作用下下降，达到设定时间，供膜电机27停止转动。安装于薄膜夹持手指气缸20和30上的薄膜夹持块21和31用于夹住PVC膜袋左右两边，便于拉伸。微动开关用于检测直线电机16的位置。

当需要PVC膜套时，PLC控制直线电机16向左运动到位，被撑膜套块9撑起的PVC膜袋两边分别处于薄膜夹持块21和31中间，薄膜支撑块14进入PVC膜袋内部上方，左微动开关13有电信号输出。电磁换向阀YV3线圈得电，压缩空气进入手指气缸20和30的有杆腔，其活塞杆缩回到位，夹持块21和31将PVC膜袋左右两边夹持，磁性开关5B1和6B1有电信号输出。PLC控制直线电机16向右运动，PVC膜袋被拉伸，运动到位时右微动开关17有电信号输出。电磁换向阀YV1线圈得电，压缩空气进入压块辊气缸11和25的无杆腔，其活塞杆伸出。在压块辊10和26的作用下，连杆机构22在导向槽23中向左滑动，撑膜套块9和PVC膜袋上下受压。当压块辊气缸11，25的活塞杆伸出到位时，其上的磁性开关1B2和2B2有信号输出。电磁换向阀YV2线圈得电，压缩空气进入切刀气缸12和25的无杆腔，其活塞杆伸出，PVC膜袋在切刀的剪切力作用下被裁断，此时左右两端开口的长方体PVC膜套成型。

当磁性开关3B2和4B2有信号时，切刀停留1 s，电磁换向阀YV2线圈失电，压缩空气进入切刀气缸12和25的无杆腔，其活塞杆缩回到位，磁性开关3B1和4B1有信号。电磁换向阀YV1失电，压缩空气进入压块辊气缸11和25的有杆腔，其活塞杆缩回。连杆机构22在弹簧力作用下沿导向槽向右运动，撑膜套块复位，PVC膜袋被撑起，等待下一次PVC膜袋被拉伸。

1.4 罐盒组入膜机构

罐盒组入膜机构主要功能是将已经入托的罐盒组推入到PVC膜套中，主要结构如图8所示[7]，气动控制回路如图9所示。如图8a所示，当入托的罐盒组到达时，光电传感器7有电信号输出，电磁换向阀YV线圈得电，压缩空气进入压片气缸10的无杆腔，其活塞杆伸出，压片9逆时针绕轴转动90°处于水平状态，将PVC膜套的底部压住。同时图7中电磁阀YV4得电，压缩空气进入薄膜支撑块气缸15有杆腔，其活塞杆缩回，使连接在活塞杆上的支撑块14向上运动撑起PVC膜套的顶部。当薄膜支撑块气缸15（图7）磁性开关7B1和压片气缸10磁性开关1B2有电信号输出时，伺服电机4工作，螺母丝杠带动推杆直线运动将罐盒组推入到PVC膜套中，如图8b所示。当左微动开关2有电信号输出时，伺服电机反向转动，推杆6退回到原位，压片气缸10的活塞杆缩回，压片9在弹簧力作用下复位，图7中电磁阀YV4线圈失电，薄膜支撑块气缸15活塞杆伸出复位。



1–成型PVC膜套，2–左微动开关，3–螺母丝杠，4–伺服电机，5–右微动开关，6–推杆，7–光电传感器，8–入托罐盒组，9–压片，10–压片气缸

图8　罐盒组入膜机构结构

Fig.8　Structure of tin box group into film

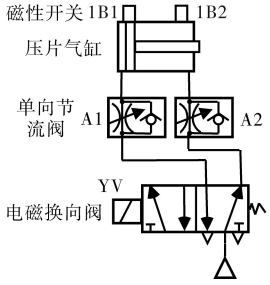


图9　罐盒组入膜机构气动控制回路

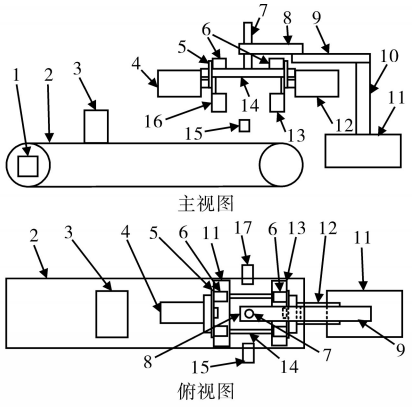
Fig.9　Pneumatic control loop of tin box group into film mechanism

1.5 罐盒组搬运机构

罐盒组搬运机构主要功能是将已经套膜的多罐盒搬运到PVC膜热缩固定输送线上，主要结构如图10所示[8]。三相异步电动机1驱动皮带2将罐盒组3输送至待搬运位置。光电传感器11和13用于检测罐盒组3是否到达搬运位置。SCARA机器人用于搬运罐盒组3。SCARA机器人主轴顺时针或逆时针转动，使安装在主轴7上的连接架5带动与其连接在一起的夹罐气缸4和12、直线导轨14、夹板13和16向下或向上运动。

当主轴7下降至待夹位置p11时,夹罐气缸4和12的活塞伸出,使连接在气缸4和12活塞上的滑块6沿直线导轨14运动,连接在滑块6上的夹板13和16将罐盒组3夹住。随后主轴7上升至安全位置p10,SCARA机器人大臂、小臂转动,使罐盒组3至PVC热收缩输送线的上方位置p20。主轴7下降至待释放位置p21,夹罐气缸4和12的活塞缩回,夹板13和16将罐盒组3松开释放,主轴7上升至位置p20,SCARA机器人大臂、小臂转动,回到安全位置p10,等待下一次罐盒组搬运。

罐盒组搬运气动控制回路如图11所示。磁性开关用于检测气缸活塞伸出或缩回是否到位。当SCARA机器人主轴7下降至待夹位置p11时,电磁换向阀YV1线圈得电,压缩空气进入夹罐气缸4和12的无杆腔,活塞杆伸出到位,磁性开关1B2和2B2有电信号输出。当SCARA机器人主轴7下降至待释放位置p21时,电磁换向阀YV1线圈失电,压缩空气进入夹罐气缸4和12的有杆腔,活塞杆缩回到位,磁性开关1B1和2B1有电信号输出。



1-三相异步电动机，2-输送带，3-套膜的多罐盒组，4-左夹罐气缸，5-连接架，6-滑块，7-SCARA机器人主轴，8-SCARA机器人小臂，9-SCARA机器人大臂，10-SCARA机器人立柱，11-SCARA机器人底座，12-右夹罐气缸，13-右夹板，14-直线导轨，15-前光电传感器，16-左夹板，17-后光电传感器

图10　罐盒组搬运机构主要结构图

Fig.10　Main structure drawing of handling mechanism of tin box group

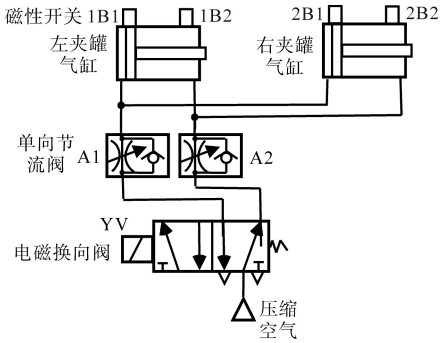


图11　罐盒组搬运机构气动控制回路

Fig.11　Pneumatic control loop of tin box handling mechanism

2　软件平台设计

2.1　PLC软件平台设计

整个设备由1台信捷PLC进行控制,SCARA机器人与PLC之间采用I/O通信。PLC接收光电传感器、磁性开关、按钮、人机接口(human machine interface,HMI)、SCARA机器人状态等信号,经过运算处理后,通过电磁换向阀、接触器等控制气缸、电机动作,同时向SCARA机器人输出控制信号,向HMI输出信息数据显示出来。各机构部分的软件流程设计分别如图12~图16所示[9]。

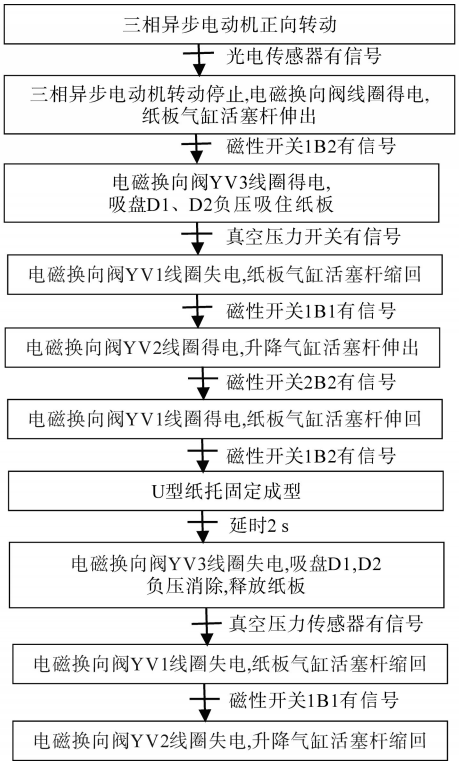


图12　纸托成型输送机构软件流程图

Fig.12　Software flow chart of paper support forming transportation mechanism

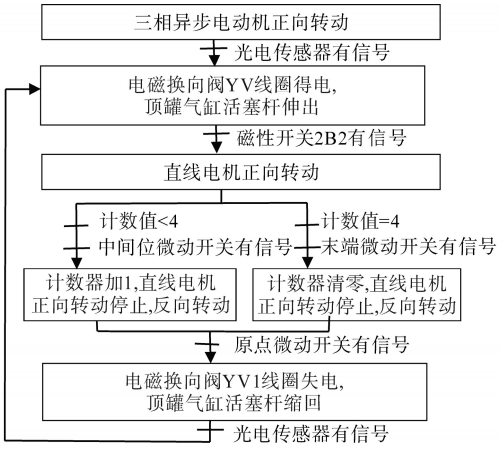


图13　多罐盒入托机构软件流程图

Fig.13　Software flow chart of multi-tin box supporting mechanism

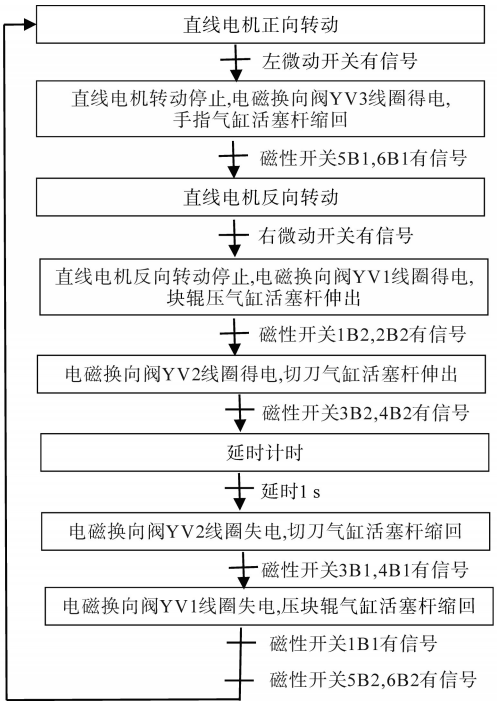


图14　PVC膜套成型机构软件流程图

Fig.14　Software flow chart of PVC film sleeve forming mechanism

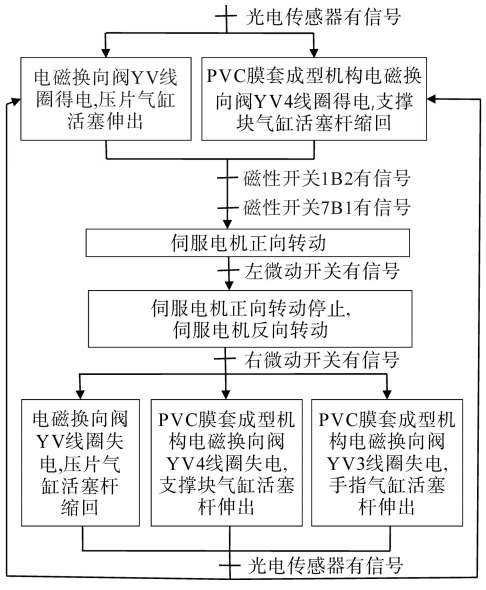


图15　罐盒组入膜机构软件流程图

Fig.15　Software flow chart of tin box group into film mechanism

2.2　HMI触摸屏软件平台设计

HMI以其良好的人机交互效果而在自动化设备中得到广泛应用,本设备选用MCGS昆仑通态TPC7062TD触摸屏作为人机交互接口,并设计人机交互界面。触摸屏设计界面如图17所示[10],触摸屏元件与PLC之间的地址对应关系如表1所示。

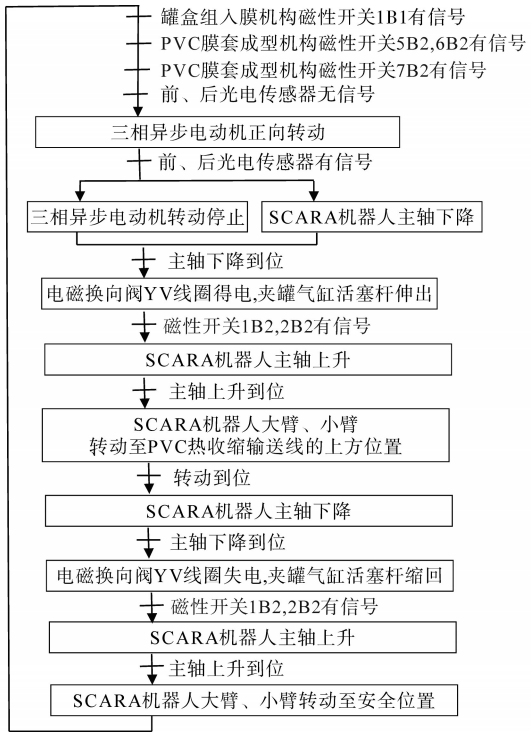


图16　罐盒组搬运机构软件流程图

Fig.16　Software flow chart of handling mechanism for tin box group

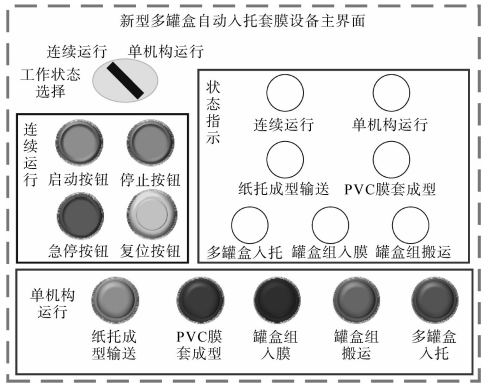


图17　新型多罐盒自动入托套膜设备主界面

Fig.17　Main interface of the new multi-tin box automatic supporting sleeve film equipment

表1　触摸屏界面各元件与PLC地址对应关系

Tab.1　Correspondence between each component of the touch screen interface and PLC address

HMI元件名称	PLC地址	HMI元件名称	PLC地址
单机构/连续切换	M0010	罐盒组搬运	M0019
启动	M0011	连续运行指示	M0020
停止	M0012	单机构运行指示	M0021
急停	M0013	纸托成型输送指示	M0022
复位	M0014	PVC膜套成型指示	M0023
纸托成型输送	M0015	多罐盒入托指示	M0024
多罐盒入托	M0016	罐盒组入膜指示	M0025
PVC膜套成型	M0017	罐盒组搬运指示	M0026
罐盒组入膜	M0018	–	–

3　应用结果及分析

设备外观如图18所示。将编制好的PLC程序下载到信捷XG2PLC中,将触摸屏界面下载到TPC7062TD触摸屏中。在HMI上选择“连续运行”状态,并点击启动按钮,设备进入自动运行,连续运行指示灯点亮。该设备已在中山市中智中药饮片有限公司等企业应用。设备套膜与人工套膜的对比情况如表2所示。

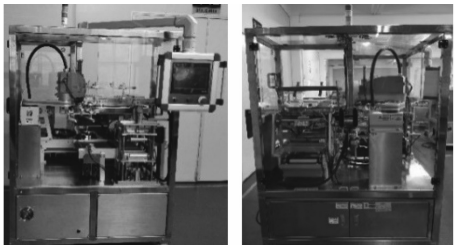


图18　新型多罐盒自动入托套膜设备外观

Fig.18　Appearance of new multi-tin box automatic supporting sleeve film equipment

表2　设备套膜与人工套膜对比

Tab.2　Comparison of equipment sleeve film and manual sleeve film

对比项目	生产效率	包装外观	包装合格率	科技含量
设备套膜	30罐/min	外观平整,一致性好	约99%	设备自生产,科技含量高
人工套膜	人均6罐/min	因人而异,一致性较差	约83%	人手工套膜,科技含量低

可以看出,设备套膜的生产效率是人工的5倍左右,外观效果比传统的手工套膜好很多,合格率得到大幅提升,人工劳动强度大大降低,应用效果良好,符合设计要求。

4　结论

1)用人工方式进行罐盒套膜的不可控因素较多,套膜后的外观效果难以统一。2)多罐盒自动入托套膜设备采用PLC为控制核心,以触摸屏为人机交互界面,结构紧凑,操作方法简便,数据显示直观。3)该设备集纸托成型、PVC膜套成型、罐盒入托、罐盒套膜、罐盒搬运等于一体,各机构协调动作,生产效率高,提升了企业科技实力和形象,促进罐盒套膜行业的转型升级,具有较好的经济效益和社会效益。

参考文献

[1] 黄信兵,邓兴龙.基于PLC和HMI技术的腊肠绳结自动切除系统设计[J].电气传动,2020,50(7):64-68.
HUANG Xinbing, DENG Xinglong. Design of automatic resection system for sausage knot based on PLC and HMI technology [J].Electric Drive,2020,50(7):64-68.

[2] 杨明,张如昊,张军,等.SCARA四轴机器人控制系统综述[J].电气传动,2020,50(1):14-23.
YANG Ming, ZHANG Ruhao, ZHANG Jun, et al. Review of SCARA four axis robot control system[J]. Electric Drive, 2020, 50(1):14-23.

[3] 刘小娟,邓兴龙,黄信兵.基于PLC技术的塑料膨胀管包装设备设计[J].包装工程,2021,42(15):226-232.
LIU Xiaojuan, DENG Xinglong, HUANG Xinbing. Design of plastic expansion tube packaging equipment based on PLC technology[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(15):226-232.

[4] 赵苾通,王佳,何庆中,等.基于PLC的小型灌封装平台研制[J].机床与液压,2022,50(4):91-95.
ZHAO Mitong, WANG Jia, HE Qingzhong, et al. Development of small filling and packaging platform based on PLC[J]. Machine Tool & Hydraulics, 2022, 50(4):91-95.

[5] 王朝阳.基于PLC的激光打标联动控制系统研究[D].武汉:武汉纺织大学,2021.
WANG Chaoyang. Research on PLC-based laser marking control system[D]. Wuhan:Wuhan Textile University, 2021.

[6] 张禧莹.DPH-260型包装机整体及吹塑成型装置应用研究[D].锦州:辽宁工业大学,2021.
ZHANG Xiying. DPH-260 packaging machine integral and blow molding device application research[D]. Jinzhou:Liaoning University of Technology, 2021.

[7] 刘子杨,王强,张强,等.托板螺母冷挤压加工自动上下料系统的研究与设计[J].制造技术与机床,2019(12):93-95,100.
LIU Ziyang, WANG Qiang, ZHANG Qiang, et al. Research and design of automatic loading and unloading system for cold extrusion machining of plate and nut[J]. Manufacturing Technology & Machine Tool, 2019(12):93-95, 100.

[8] 胡洪钧.基于PLC和触摸屏的SCARA机器人控制系统设计[J].制造业自动化,2019,41(5):98-101.
HU Hongjun. Design of SCARA robot control system based on PLC and touch-screen[J]. Manufacturing Automation, 2019, 41(5):98-101.

[9] 黄信兵,陈超越.基于PLC技术的指甲钳体外观缺陷检测系统研究[J].液压与气动,2020(5):138-144.
HUANG Xinbing, CHEN Chaoyue. Research on detection system of the nail clipper appearance defect based on PLC technology[J]. Chinese Hydraulics & Pneumatics, 2020(5):138-144.

[10] 李慧,李丽.采摘机械手末端控制系统的设计—基于PLC和MCGS组态软件[J].农机化研究,2020,42(6):202-206.
LI Hui, LI Li. Design of picking manipulator terminal control system—based on PLC and MCGS configuration software[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2020, 42(6):202-206.

收稿日期:2022-04-16
修改稿日期:2022-05-16