

# 纸纱复合袋糊底机贴阀控制系统设计与实现

张富贵, 彭珍瑞, 殷红, 董海棠  
(兰州交通大学, 兰州 730070)

**摘要:** **目的** 设计一套稳定性好、贴阀精度高、效率高且具有连续性的纸纱复合袋糊底机贴阀控制系统, 解决目前国内贴阀系统贴阀不连续且贴阀精度不高的问题。**方法** 贴阀控制系统采用连续性贴阀控制方案, 与自动化糊底设备相配合, 利用 PLC 高速脉冲输出控制伺服电机的速度, 同时用高速计数器对增量编码器反馈的信号进行脉冲计数, 最终完成对贴阀的精准控制。**结果** 通过对贴阀系统进行测试, 在阀口位置误差允许范围内, 贴阀的合格率可达 97.9%。**结论** 通过对伺服电机的速度和贴阀位置的精准控制, 贴阀控制系统的连续性、稳定性、贴阀精度和效率都得到了有效提高。

**关键词:** 纸纱复合袋糊底机; PLC; 伺服电机; 高速脉冲; 高速计数器

**中图分类号:** TB486 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)07-0146-06

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.07.027

## Design and Implementation of Valve Pasting Control System for Paper and Yarn Compounding Bag Bottom-pasting Machine

ZHANG Fu-gui, PENG Zhen-rui, YIN Hong, DONG Hai-tang  
(Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China)

**ABSTRACT:** The work aims to design a set of valve pasting control system for paper and yarn compounding bag bottom-pasting machine with good stability, high valve pasting accuracy, high efficiency and continuity, to solve the problem that the current domestic valve pasting system is not continuous and the valve pasting accuracy is not high. The valve pasting control system adopted the continuous valve pasting control scheme, to match the automatic bottom-pasting equipment. The servo motor speed was controlled by the high-speed pulse output based on PLC, and the pulse counting of signals fed back by the incremental encoder was done with the high-speed counter; finally, the valve pasting was precisely controlled. After the valve pasting system was tested, within the allowable range of valve port position errors, the percent of pass of valve pasting could reach 97.9%. Through the precise control of the speed and valve pasting position of the servo motor, the continuity, stability, valve pasting accuracy and efficiency of the valve pasting control system are effectively improved.

**KEY WORDS:** paper and yarn compounding bag bottom-pasting machine; PLC; servo motor; high-speed pulse; high-speed counter

糊底机主要用于制作环保包装袋、水泥纸袋、食品袋等粉(颗粒)状物品包装袋,是糊口袋生产线实现第二道工序的设备<sup>[1]</sup>。为了形成一个完整的袋子,糊底机的任务是将制筒机生产出来的袋筒通过糊底工序,将两端糊底<sup>[2]</sup>。贴阀是纸纱复合袋糊底中的一个工艺流程,主要是将阀口贴到袋子指定位置,便于

原料的灌装。目前国内针对纸纱复合袋糊底设备的贴阀工序采用间歇方式<sup>[1]</sup>,即当纸袋到达贴阀工序时,袋子停止并且进行贴阀。由于此方案的贴阀装置较大,贴阀精度和贴阀效率都比较低,稳定性较差,因此需要皮带运行稳定、纸袋无偏移,纸袋停靠位置准确<sup>[1]</sup>。针对间歇贴阀存在的问题,文中根据纸纱复合

收稿日期: 2017-09-11

基金项目: 甘肃省科技支撑计划(1504GKCA019); 兰州市科技发展规划(2015-4-21)

作者简介: 张富贵(1990—),男,兰州交通大学硕士生,主攻检测技术与自动化装置。

通信作者: 彭珍瑞(1972—),男,博士,教授,主要研究方向为成套机械设备设计制造及其自动化控制。

袋糊底机贴阀装置的工艺流程和控制性能指标,拟设计与自动化糊底设备相匹配的贴阀控制系统。

1 工艺要求和贴阀控制系统结构

1.1 工艺要求

糊底的工艺流程为:将生产出来的袋筒依次进行压痕切口,吸开装置吸开展平,涂胶装置涂胶,贴阀

装置将阀口涂在袋口位置,最后通过折边装置将其折边和压实,工艺流程见图 1。由糊底的工艺流程可知,贴阀环节发挥着重要的作用,贴阀能否精确地贴到袋口位置,直接影响着产品的质量和糊底的效果。

根据糊底机机械特性以及生产纸袋型号,决定该方案的主要控制参数具体要求:袋速(传送装置)为 272 mm/s;阀口位置误差为±3 mm;伺服电机实际速度为 1488 r/min;袋间距为 1100 mm;贴阀不合格率在 3%以内。

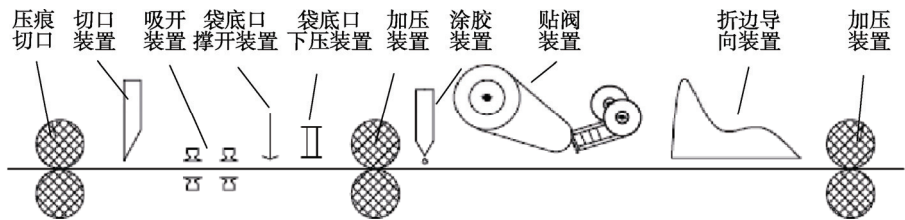


图 1 糊底机工艺流程  
Fig.1 Process flow of the bottom-pasting machine

贴阀的工艺流程:纸纱复合袋通过双排竖直辊筒竖直夹持传动,完成压痕切口、吸平展开和涂胶工序后进入贴阀装置,见图 2。当袋子到达检测位置时,伺服电机带动滚珠丝杠旋转,使带有双臂气缸的螺母座向阀口位置运动并实施取阀动作,此时袋子继续向前传动。当取阀动作完成后,伺服电机带动滚珠丝杠反方向旋转,使带有双臂气缸的螺母座回到初始位置并等待。当初始位置的传感器检测到袋子信号时,双臂气缸下压,阀口贴到指定位置,完成贴阀。

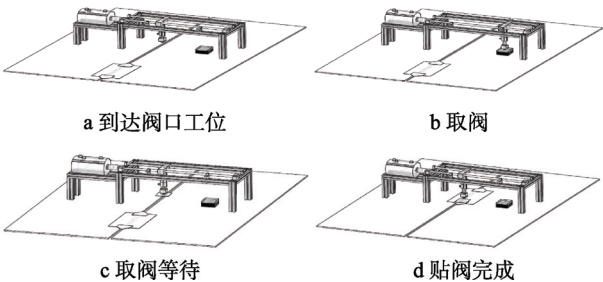


图 2 贴阀工艺流程  
Fig.2 Flow chart of valve pasting process

1.2 贴阀控制系统结构

纸纱复合袋糊底机贴阀装置见图 3,由伺服系统和真空系统组成。伺服系统由西门子 S7-200PLC、伺服驱动器、伺服电机等组成,主要的功能是驱动电机

带动吸盘开始向阀口位置运动,待阀口吸起后,驱动电机回到初始位置。真空系统由真空泵、真空室、真空减压阀和真空电磁阀组成,主要的功能是产生一定的负压,使吸盘将阀口吸起。

2 贴阀控制系统的设计

2.1 贴阀控制的硬件设计

根据企业提出的“突出控制的稳定性、可靠性”的要求,对控制系统进行了设计<sup>[3-5]</sup>。该控制系统是由西门子 S7-200 PLC、西门子 V90 伺服驱动器、伺服电机以及组态软件 Wincc Flexible 人机界面组成的贴阀控制系统。系统控制结构见图 4<sup>[6]</sup>。

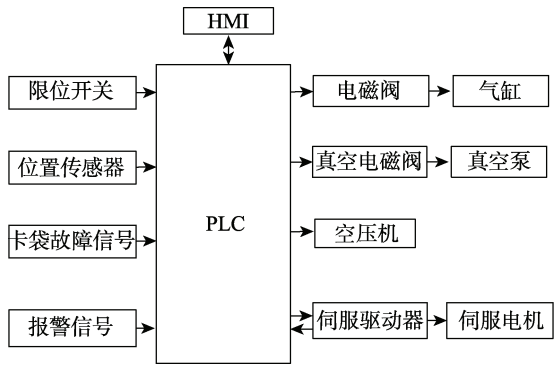


图 4 系统控制结构  
Fig.4 System control structure

2.1.1 伺服电机的选型

1) 电动机转速。贴阀俯视图见图 5,贴阀装置中袋子由 A 点向 C 点运动,当 B 点传感器检测到袋子信号时,启动电机使 C 点吸盘向 D 点运动完成取阀口动作并且返回 C 点并停止,与此同时袋子继续向 C 点运动,当 C 点传感器检测到袋子时,完成贴阀。AB=BC=1100 mm,CD=250 mm,AB 和 BC 表示袋子

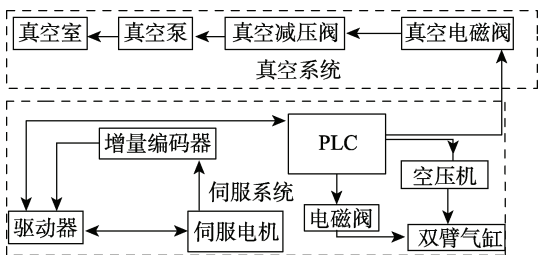


图 3 贴阀系统控制装置  
Fig.3 Valve pasting system control device

之间的距离,  $CD$  表示吸盘距离阀口的位置。

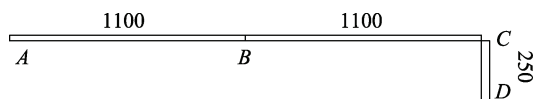


图5 贴阀俯视图

Fig.5 Top view of valve pasting

由图5分析可知,完成贴阀动作,必定要使袋子从B点到达C点的时间大于吸盘从C点到达D点再到C点的时间,即  $t_{BC} \geq 2t_{CD}$ 。由此可推出:

$$\frac{S_{BC}}{v_1} \geq 2 \frac{S_{CD}}{v_2} \quad (1)$$

式中:  $v_1=272$  mm/s,  $S_{BC}=1100$  mm,  $S_{CD}=250$  mm, 由此可知  $v_2 \geq 124$  mm/s;  $v_1$  为袋子的传送速度;  $S_{BC}$ ,  $S_{CD}$  分别为  $BC$  和  $CD$  的距离;  $v_2$  为伺服电机的最小速度。该方案采用滚珠丝杠作为连接杆,滚珠丝杠的螺距为 5 mm, 因此可知  $v_2 \geq 24.8$  r/s  $\geq 1488$  r/min。所以在选择电机时,对于速度的要求,只要大于 1488 r/min 即可满足该方案。

2) 负载的转动惯量。该方案采用联轴器与伺服电机连接,联轴器带动固定在滚珠丝杠的工件转动,因此负载的转动惯量为:

$$J = J_1 + J_2 + J_3 = \frac{m_1}{8} (D_1^2 + D_2^2) + \frac{m_2 \cdot P^2}{4\pi^2} + \frac{m_3}{8} D_3^2 \quad (2)$$

式中:  $J_1, J_2, J_3$  分别为联轴器、工件和滚珠丝杠的转动惯量; 联轴器内径  $D_1=8$  mm; 联轴器外径  $D_2=40$  mm; 联轴器质量  $m_1=0.4$  kg; 工件的质量  $m_2=3$  kg; 导程  $P=250$  mm; 滚珠丝杠的质量  $m_3=11.1$  kg; 滚珠丝杠的直径  $D_3=40$  mm, 因此负载的转动惯量  $J=7.05 \times 10^{-3}$  kg·m<sup>2</sup>

根据西门子 V90 伺服电机使用手册<sup>[7]</sup>可知,当  $J/J_m < 5$ , 满足使用要求,其中  $J_m$  为伺服电机转动惯量。

由上述分析计算,同时综合考虑了伺服电机的性能、价格以及使用寿命等参数,该控制系统选用了西门子 S-1FL6 伺服电机和配套的 V90 伺服驱动器,且电机自带有增量编码器,分辨率为每转一圈产生 2500 个脉冲,最高转速可达 3000 r/min,转动惯量为  $1.57 \times 10^{-3}$  kg·m<sup>2</sup>, 完全可满足要求。

## 2.1.2 PLC、伺服电机与伺服驱动器的连线及参数设置

西门子伺服电机与伺服驱动器的连线见图6。三相交流电源接入伺服驱动器的端子排上,PLC 高速脉冲输出点 Q0.0 与伺服驱动器上 PTI\_A\_24P 端子连接; PLC 高速脉冲方向 Q0.2 与伺服驱动器上 PTI\_B\_24P 端子连接,其他连接见图6。在图6中,SON 为伺服驱动器的使能端,必须使得此端口处于 ON 状态,三相电源输入主电路时,才能使电机进入运转状态,伺服驱动器上其他端子注释说明请查阅 V90 伺服电机手册<sup>[7]</sup>。

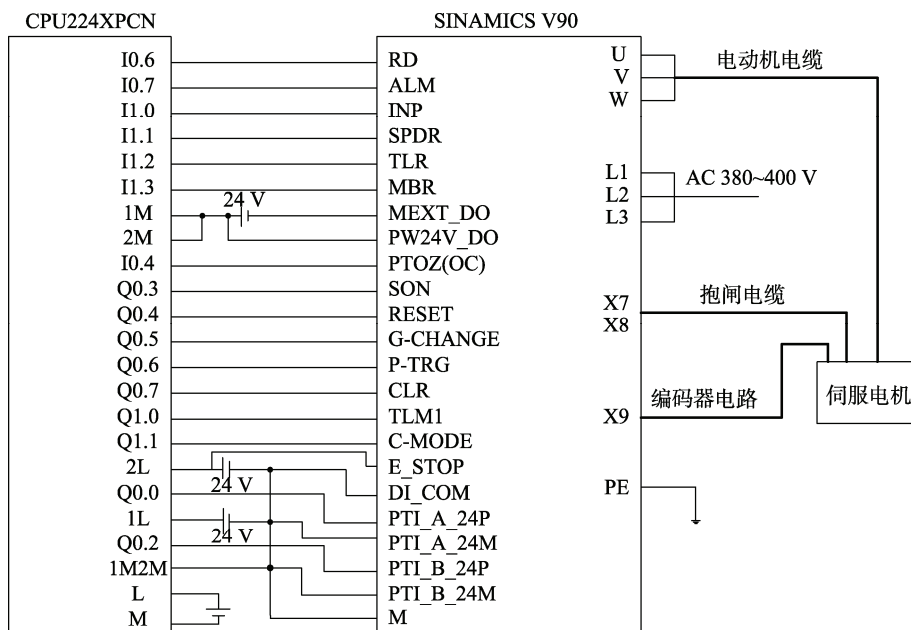


图6 PLC、伺服电机与伺服器的接线

Fig.6 Wiring of PLC, servo motor and server

在伺服驱动器关键参数配置过程中,电机的 ID 参数配置需要从电机铭牌中获取并将其配置到 P29000 中,贴阀系统采用外部脉冲位置控制模式,并将参数设置为 P29003=0,电子齿轮比 P29011=2000,脉冲输入通道为 24 V 单端脉冲输入通道 P29014=1,脉冲输入形式为脉冲串+方向 P29010=0,其他参数为默认值。

## 2.2 控制系统的软件设计

贴阀控制系统采用西门子 S7-200 PLC,通过 PLC 高速脉冲输出端发出频率可调的高速脉冲控制电机运行<sup>[8-9]</sup>,预设伺服电机的运行包络,利用高速计数器对增量编码器反馈的信号进行脉冲计数,实现了贴

阀的精确控制。

2.2.1 贴阀控制流程

当检测到袋子信号后，信号传送给 PLC，通过 PLC 内部运算，将预设定的包络信号和行程脉冲信号发送给伺服驱动器，并且触发驱动器使能端，驱动伺服电机带动滚珠丝杠旋转，使带有双臂气缸的螺母座开始向阀口位置运动。到达行程脉冲时，伺服电机停止，同时阀口位置的传感器检测到信号，PLC 发送命令将真空电磁阀和双臂气缸电磁阀打开，双臂气缸下压，固定在双臂气缸上的吸盘与阀口表面产生负压并将阀口吸起，双臂气缸回升。伺服电机向初始位置运动，行程脉冲完成后自动停止到初始位置，当检测到袋子信号，PLC 发送命令将真空电磁阀关闭，双臂电磁阀打开，双臂气缸下压，吸盘与阀口表面负压消除，阀口精确地贴到指定位置，完成贴阀，贴阀控制流程见图 7。

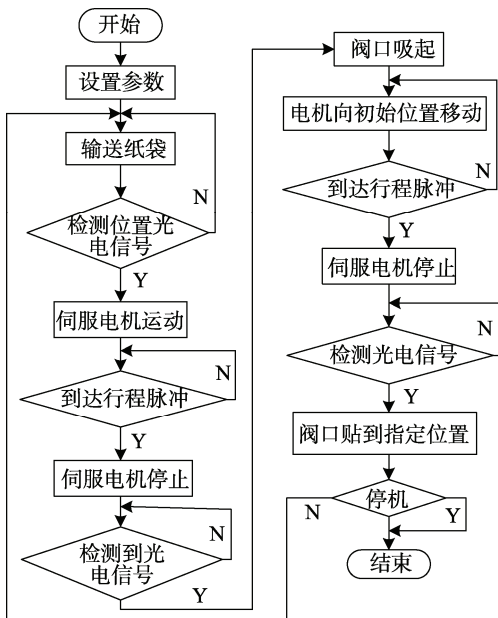


图 7 贴阀控制流程  
Fig.7 Valve pasting control flow

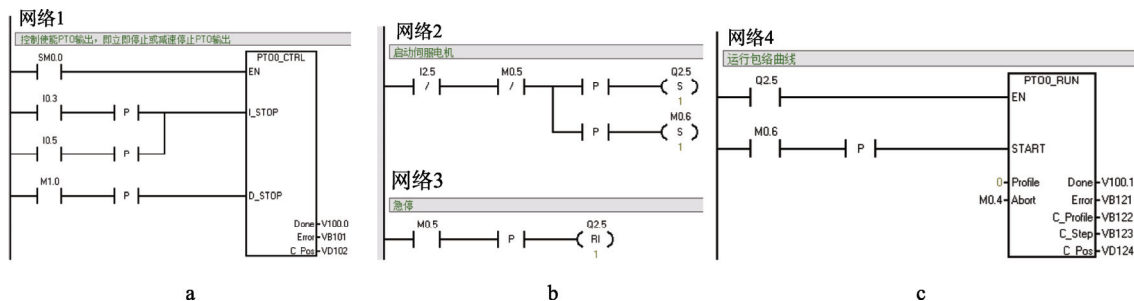


图 8 高速脉冲输出程序  
Fig.8 High-speed pulse output program

2.3 人机界面设计

综合考虑了触摸屏的处理器速度、内存大小、可靠性、使用寿命以及价格等主要因素，同时结合现场

2.2.2 高速脉冲输出程序设计

在 S7-200 PLC 中，高速脉冲输出脉冲列（PTO）功能是提供周期和脉冲数目可以自由控制的占空比为 50%的方波脉冲输出，Q0.0 和 Q0.1 为脉冲列的指定输出端子<sup>[10]</sup>。在位置控制向导中，可以设置实现线性升、降速斜率曲线，定义多段速度包络曲线，因此，在软件设计程序中需要确定电机的行程脉冲数和电机的包络曲线。对于伺服电机的行程脉冲数，PLCS7-200 中 CPU 脉冲输出最高频率为 100 kHz，定义 PLC 最高频率 100 kHz 对应电机的最高速度为 3000 r/min，由上述条件可以确定电机转 1 圈所需要的脉冲为：

$$P_1 = \frac{100000 \text{ 脉冲/s}}{3000 \text{ r/min}} \cdot 60 \text{ s} = 2000 \text{ 脉冲/r} \quad (3)$$

由式（3）可知，图 5 中  $S_{CD}=250 \text{ mm}$ ，因此到达目标位置电机需要转 50 圈，所以需要的脉冲  $P_2=n_3P_1=100\ 000 \text{ 脉冲}$ 。其中： $P_1$  为电机转 1 圈所需脉冲； $n_3$  为  $S_{CD}$  行程中伺服电机需转的圈数； $P_2$  为  $S_{CD}$  行程中伺服电机所需要的脉冲数。由于系统开始时需要伺服电机高速运转，到达阀口取阀，当回到初始位置时需要伺服电机减速停止，因此设置包络曲线为线性升、降速斜率曲线，高速脉冲输出程序见图 8。

2.2.3 高速脉冲计数程序设计

S7-200 PLC 高速计数器指令与编码器配合可以实现伺服电机精确的位置控制<sup>[11]</sup>。系统启动时，调用子程序，初始化 HCS0，令  $SMB37=16\#F8$ ，写入当前值和预设值，中断服务程序 COUNT\_EQ 和中断事件 12（即高速计数器的当前值等于预设值），通过中断指令 ATCH 连接，同时执行 ENI 指令，全局中断<sup>[12-13]</sup>。当高速计数器中当前的脉冲数值等预设的脉冲数值时，中断服务程序执行并清零 SMD42，并且再次执行 HSC 指令，重新刷新当前值和预设值，实现了贴阀的精确位置控制。高速脉冲计数子程序和中断服务程序见图 9。

环境和控制要求，选择了内存 12 MB，CPU 为 ARM，400 MHz 的西门子 MP377 工业触摸屏。首先，工作人员在触摸屏上设置袋子规格、电机速度、阀口类型；然后，工作人员可以在触摸屏上启停相关的现场设备

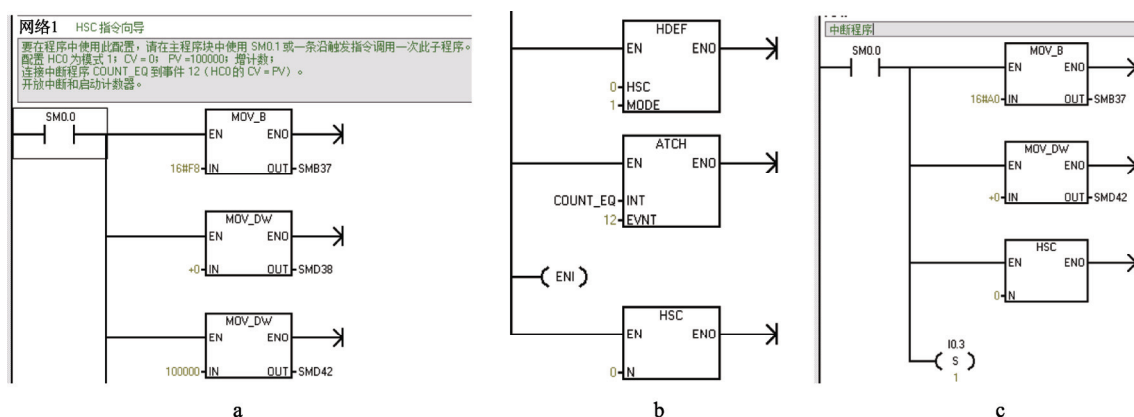


图9 高速脉冲计数程序和中断服务程序

Fig.9 High-speed pulse counting program and interrupt service program

(如电机等);当传感器检测到位置信号后开始贴阀流程。人机界面显示对象包括袋子规格、阀口类型、电机速度等数据,实时监控各项数据的变化<sup>[14—15]</sup>。系统包含了操作区、显示区和报警区,工作人员可以在组态形成的控制系统画面上进行数据的修改和设备的启停,还可以监控整个控制系统以及各关键部件的运行状况。

### 3 控制系统的实验测试

为了测试贴阀控制系统的控制精度,在实验室某下午进行实验测试,测试时间为半个工作日,即4 h。传送带速度为16.32 m/min(272 mm/s),袋子规格宽为500 mm,长为800 mm。根据控制要求,贴阀精度控制在 $\pm 3$  mm为合格,在测试3561个袋子中,贴阀合格个数为3486,贴阀的合格率为97.9%,满足工厂要求的贴阀合格率。

### 4 结语

针对现有贴阀装置存在的精度和自动化程度低等问题,在分析贴阀工艺流程的基础上,对纸纱复合袋糊底机贴阀装置控制系统进行了设计。该控制系统与自动化糊底设备配合,采用连续性贴阀方案,综合运用了PLC、伺服电机、伺服驱动器、人机界面组态软件、触摸屏、传感器等器件,研究开发了基于PLC纸纱复合袋糊底机的贴阀控制系统。该方案克服了间歇性贴阀效率低、稳定性差、贴阀精度不高等问题,依据传送装置的线速度,计算出伺服电机的最小速度。通过速度匹配,分析计算了伺服电机的行程脉冲,配合增量编码器的监视,实现了贴阀位置的精确控制。经过对贴阀控制系统的测试,贴阀合格率达97.9%,满足设计要求。由于糊底过程中工序复杂,模块众多,影响贴阀的因素较多,在后续工作中需对各模块进行优化处理,以进一步提高贴阀的合格率。

### 参考文献:

- [1] 刘永平,花志雄.环保型纸纱复合袋糊底生产线设计[J].包装工程,2012,33(23):71—74.  
LIU Yong-ping, HUA Zhi-xiong. Design of the Production Line of Environment-friendly Paper Yarn Compound Bag Paste[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(23): 71—74.
- [2] 黄晓敏.水泥纸袋糊底机的改造[J].广东建材,2002(9):25—27.  
HUANG Xiao-min. Transformation of Cement Paper Bag Paste Machine[J]. Guangdong Building Materials, 2002(9): 25—27.
- [3] 杨虹,陈静,刘云龙.基于西门子S7-200-PLC的传输带控制系统设计[J].控制工程,2016,23(9):1340—1342.  
YANG Hong, CHEN Jing, LIU Yun-long. Design of Transmission Belt Control System Based on Siemens S7-200-PLC[J]. Control Engineering, 2016, 23(9): 1340—1342.
- [4] 吕品.PLC和触摸屏组合控制系统的应用[J].自动化仪表,2010,31(8):45—47.  
LYU Pin. PLC and Touch Screen Combination Control System[J]. Automation Instrument, 2010, 31(8): 45—47.
- [5] 孙伟城,李磊.基于PLC与触摸屏的纸浆设备除尘系统设计[J].控制工程,2015(S1):106—109.  
SUN Wei-cheng, LI Lei. Design of Dust Removal System Based on PLC and Touch Screen[J]. Control Engineering, 2015(S1): 106—109.
- [6] 彭珍瑞,董海棠,殷红,等.新型纸纱复合制袋机控制系统的研制[J].传感器与微系统,2011,30(6):90—92.  
PENG Zhen-rui, DONG Hai-tang, YIN Hong, et al. Development of the Control System of the New Paper Yarn Composite Bag-making Machine[J]. Sensor and Microsystem, 2011, 30(6): 90—92.
- [7] SINAMICS V90. SIMOTICS S-1FL6手册[M].西门

- 子(中国)有限公司自动化与驱动集团, 2015.  
SINAMICS V90. SIMOTICS s-1fl6 Manual[M]. Siemens (China) LTD Automation and Driving Group, 2015.
- [8] 胡佳丽, 闫宝瑞, 张安震, 等. S7-200 PLC 在伺服电机位置控制中的应用[J]. 自动化仪表, 2009, 30(12): 38—41.  
HU Jia-li, YAN Bao-rui, ZHANG An-zhen, et al. The Application of S7-200 PLC in the Position Control of Servo Motor[J]. Automation Instrument, 2009, 30(12): 38—41.
- [9] 黄建新, 刘建群, 旷辉, 等. 触摸屏与 PLC 组成的伺服电机控制系统[J]. 仪表技术与传感器, 2005(2): 44—45.  
HUANG Jian-xin, LIU Jian-qun, KUANG Hui, et al. A Servo Motor Control System Composed of Touch Screen and PLC[J]. Instrumentation Technology and Sensors, 2005(2): 44—45.
- [10] 廖常初. 西门子人机界面(HMI)组态与应用技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.  
LIAO Chang-chu. The Design and Application of Siemens Computer Interface (HMI)[M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2008.
- [11] 韩战涛. 西门子 S7-200 PLC 功能指令应用详解(工控技术精品丛书)[M]. 北京: 电子工业出版社, 2014.  
HAN Zhan-tao. Siemens S7-200 PLC Function Instruction (Industrial Control Technology Fine Series)[M]. Electronic Industry Press, 2014.
- [12] 吴明永, 王国伟. 基于 S7—200PLC 的定量灌装伺服控制系统[J]. 电气自动化, 2012, 34(6): 82—84.  
WU Ming-yong, WANG Guo-wei. Quantitative Filling Servo Control System Based on S7-200PLC[J]. Electrical Automation, 2012, 34(6): 82—84.
- [13] 韩庆瑶, 刘崇伦, 李巧红, 等. 基于 PLC 的数控定位控制系统研究[J]. 煤矿机械, 2005(8): 117—119.  
HAN Qing-yao, LIU Chong-lun, LI Qiao-hong, et al. Based on PLC's Numerical Control Positioning Control System[J]. Coal Mining Machinery, 2005(8): 117—119.
- [14] 李晓娜, 刘宝顺, 刘瑞昌. 基于 PLC 和触摸屏技术的制袋设备控制系统及界面设计[J]. 包装工程, 2014, 35(5): 50—53.  
LI Xiao-na, LIU Bao-shun, LIU Rui-chang. Control System and Interface Design of Bag Equipment Based on PLC and Touch Screen Technology [J]. Packaging Engineering, 2014, 35(5): 50—53.
- [15] 金晶, 王东升, 刘宁. PLC 触摸屏配置方案优缺点分析及改进研究[J]. 自动化仪表, 2013, 34(5): 34—35.  
JIN Jing, WANG Dong-sheng, LIU Ning. Analysis and Improvement of the Advantages and Disadvantages of the PLC Touch Screen Configuration Program[J]. Automation Instrument, 2013, 34(5): 34—35.