

基于 ARM9 的多功能贴标控制系统研发

陟俊杰, 蔡锦达, 唐静
(上海理工大学, 上海 200093)

摘要: **目的** 设计基于 ARM9 的多功能贴标控制系统, 解决目前国内市场上贴标机只能完成对扁瓶、圆瓶等单一类型瓶的贴标功能, 且贴标精度低、正标率不高的问题。 **方法** 把变频电机频率作为参数基, 依据运动关系进行数学分析计算, 得出电机停止脉冲偏移量、启动延时时间参考值, 结合伺服电机的闭环控制来精准定位标签在包装瓶上起始贴标位置, 确保贴标时两者不会产生相对滑动, 从而达到高的贴标质量。 **结果** 对贴标机 3 种方式分别进行现场测试, 经由数据分析, 该贴标机在扁瓶双侧贴标、圆瓶连续贴标、异形圆瓶定位贴标情况下, 贴标精度为 ± 1 mm, 贴标速度分别可到达每分钟 60, 30, 20 瓶, 正标率分别为 97.9%, 99.1%, 98.7%。 **结论** 该贴标控制系统采用 ARM9 嵌入式系统取代传统 PLC 控制, 贴标范围广、响应快速稳定、实时性强、交互界面友好, 同时降低了设备成本, 保证了较高的贴标精度, 广泛适用于多种类型瓶的贴标控制。

关键词: 贴标机; 参数基; ARM9; 精准定位

中图分类号: TB486⁺.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)11-0133-07

Development of Control System for Multi-function Labeling Based on ARM9

ZHI Jun-jie, CAI Jin-da, TANG Jing

(University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

ABSTRACT: Aiming at the status quo that labeling machine can only complete the sector or round bottle type labeling function and the labeling rate is low in the domestic market, the ARM9-based multi-function labeling control system was designed. Based on the motion relationship, taking the frequency of conversion motor as a parameter, the motor stopping pulse offset and startup latency time reference were calculated. Combined with closed-loop control of servo motor, the start labeling position of the labels on the bottles was decided, making sure that the label had no relative sliding at time of labeling, so as to achieve the high quality of labeling. Through the analysis of data of labeling machines' field test, in cases of labeling double sides of flat bottles, labeling round bottles continuously and positioning labeling shaped round bottles, at the labeling precision of ± 1 mm, labeling speeds could reach 60 bottles/min, 30 bottles/min and 20 bottles/min, and standard rates of labeling machine could keep above 97.9%, 99.1%, 98.7%. Using ARM9 embedded system to replace traditional PLC system, this system was used widely, with rapid response, high real-time manner and friendly interface, which did not only reduce the equipment cost, but also ensured the higher precision of labeling. The system can be widely used in various types of bottle label control.

KEY WORDS: labeling machine; basic parameter; ARM9; accurate positioning

收稿日期: 2015-10-09

基金项目: 上海市科委 2012 年度科技创新行动计划(12DZ1941900)

作者简介: 陟俊杰 (1992—), 男, 河南人, 上海理工大学硕士生, 主攻机械自动控制和嵌入式系统开发。

通讯作者: 蔡锦达 (1963—), 男, 上海人, 硕士, 上海理工大学教授, 主要研究方向为机械电子及自动化。

随着我国经济的快速发展,人们对于产品外观包装要求也越来越高^[1]。精准美观的贴标不仅可以提升产品形象,也可以让消费者对产品有更高的认可。目前市场上标签的形状、材质、被贴产品的种类以及贴标要求各自不一,贴标速度、精度要求也越来越高,这就使得靠手工进行的贴标逐渐被自动化贴标所取代^[2]。

自动贴标机是在产品生产中添加标签的自动化设备,为解决纯手工贴标的劳动强度大、生产效率低以及对于复杂标签不能精准定位的问题,研发基于 ARM9 控制器的多功能贴标控制系统,以满足对扁瓶、圆瓶以及异形圆瓶多种贴标动作,并采用基于系统时钟的软定时器,精准控制贴标时间,从而使得贴标质量明显提升。

1 贴标机的控制原理

多功能自动化贴标机可选择不同控制模式,实现扁瓶双侧贴标、圆瓶连续贴标以及异形圆瓶的定位贴标。

在模式 1 (扁瓶贴标) 下,可实现扁平双侧贴标功能。瓶位置传感器检测到信号后,启动定时器,延时触发两侧伺服电机启动,当色标传感器检测到信号后开始计数送标长度脉冲,到达预设长度后停止贴标动作。

在模式 2 (圆瓶贴标) 下,设置“定位”按钮便可实现圆瓶连续贴标以及异形圆瓶定位贴标两种功能的切换。圆瓶连续贴标时,瓶位置传感器检测到信号后,启动电磁阀夹持圆瓶,并带动其回转,定时器开始计时,延时到伺服电机开始动作,当色标传感器检测到信号后开始计数送标长度脉冲,计数到后停止动作且定时器再次计时,延时到后启动伺服电机,循环以上贴标动作。

在模式 2 中选择异形圆瓶定位贴标时,由于异形标签要与瓶口位置相对应,于是瓶位置传感器检测到信号后仅启动电磁阀,当瓶口传感器检测到信号时方才启动贴标定时器^[3],循环以上贴标动作,贴标工序见图 1。整个过程电磁阀起到固定瓶身、抚压标签^[4]的作用。

2 控制系统的组成

根据控制要求,需要实现功能有:参数设定、信号采集、精准定位、系统报警等。该控制系统采

用了基于 ARM9 工业触摸屏的嵌入式控制器,同时包含有光电传感器、伺服电机、变频电机、气动执行部件等。为实现精准贴标动作,用户通过交互界面进行贴标延时、标签偏移量、贴标速度等参数设置,也可调试电机、监测贴标产量等。

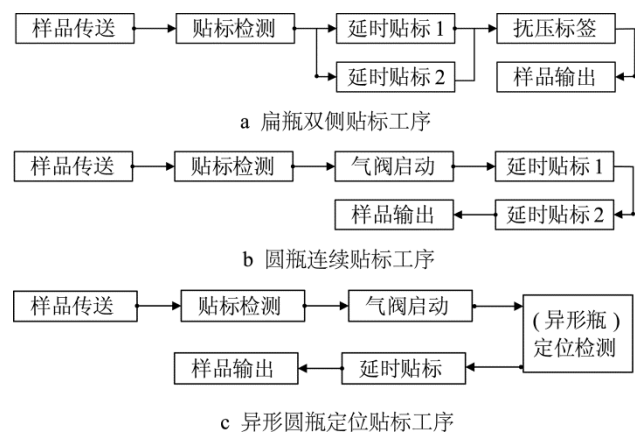


图 1 定位贴标工序

Fig.1 Label positioning process diagram

贴标机控制系统组成框架见图 2,信号采集部分包括:瓶位置检测信号、色标检测信号、异形圆瓶回转时定位检测信号。经过微处理器运算实现对伺服电机、电磁阀、变频电机动作控制,通过 RS-485 通讯实现对变频电机转速的控制。为保证伺服电机准确的偏移距离,采用编码器闭环控制,当有色标信号时,编码器开始有效反馈计数,计数到时电机停止运转。

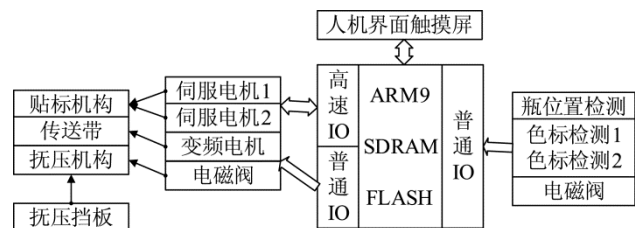


图 2 控制系统组成

Fig.2 Control system composition block diagram

3 贴标机控制系统硬件设计

该控制系统基于嵌入式控制器,以工业触摸屏为控制载体实现贴标控制,结构简单、成本低廉,并且设备运转稳定性高。

3.1 控制系统的硬件电路设计

该系统以 S3C2416 ARM9 芯片为控制核心,集成具有动态内存 SDRAM 和具有掉电保护功能的闪存 NAND Flash 两个存储模块。系统内部具有电

压实时监测功能, 通过信号采集产生电平变化, 使得输入口电压低于某一设定范围, 产生中断, 中断服务程序运算的数据存储在非易失闪存 NAND Flash 中^[5]。

系统外围硬件电路主要由电源电路、复位电路、时钟电路、JTAG 接口电路、串口通信电路等硬件电路组成^[5]。触摸屏硬件结构见图 3。

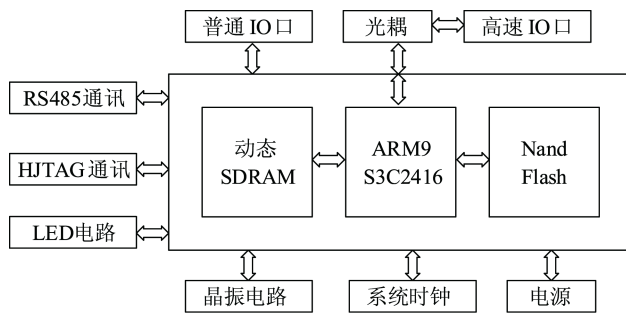


图 3 触摸屏硬件结构

Fig.3 Touch screen hardware structure

3.2 控制系统的电机控制方案

根据控制要求, 采用施耐德 Lexium 23D 系列伺服电机作为贴标动力系统, 采用台达 VFD-M 变频器驱动三相交流电机带动传送带运转。

伺服系统采用位置控制模式, 控制器向伺服系统发送相关脉冲数进行控制。伺服电机每转一圈所产生的脉冲数是一定的, 由编码器计数, 回转一圈的脉冲数为 $N^{[6]}$, 电机启动前标签偏移量设定为 L , 电机回转杆直径为 D_1 , 则标签偏移量 L 与偏移脉冲数 w 关系为:

$$w = (L \cdot N) / (\pi \cdot D_1) \quad (1)$$

每个贴标周期内, 色标传感器检测到信号后编码器从 0 开始计数。通过编码器反馈判断停止位, 计数到后电机停止。周期结束脉冲清零, 有效避免了累积误差^[7]。

根据控制要求, 传送带匀速运转。设置变频器参数 P38, 将其设置为 01, 此时通过多功能端子 MO1 实现传送带启停控制。为了用户操作方便, 采用通讯实现对变频器地址参数进行设定和修改, 采用 RS-485 通讯, 服从 MODBUS 通信协议^[8], 向变频器指定地址写入讯息, 然后通过 CRC 校验, 实现对传送带速度的控制。

3.3 控制系统参数计算

为了保证贴标精度, 标签与瓶需要同时达到贴标位置, 而且两者线速度应保持相等^[9]。于是在参

数设置中, 把变频器频率 f 作为一个参数基, 在保证贴标精度情况下计算出其他参数最佳参考值。

已知变频器频率设定为 f , 传送带电机轴直径 D_2 , 传送带速度 v_1 与贴标速度 v_2 的关系决定了标签与瓶是否会相对滑动。根据标签与瓶线速度需要保持一致, 可计算出伺服电机转速参考值 n :

$$n = (D_2 \cdot f) / D_1 \quad (2)$$

已知瓶位置传感器与贴标原点距离为 L_1 , 贴标点相对于色标传感器距离为 L_2 , 伺服电机启动加速时间为 t_1 , 瓶位置传感器检测到信号后开始计时, 于是出标延时时间 t 为:

$$t = L_1 / v_1 - t_1 \quad (3)$$

伺服电机加减速过程中出标长度设为 L_3 , $L_3 \approx (t_1 \cdot \pi D_1 n) / 2$ 。每次贴标都分别有一次加速、减速过程, 见图 4。于是标签伸出量 $L = L_2 - t_1 \cdot \pi D_2 f$ 。

于是用户每设定一次变频电机频率时, 就会对应一组伺服电机转速 n 、出标延时时间 t 、标签伸出量 L 参考值, 以保证精准贴标。

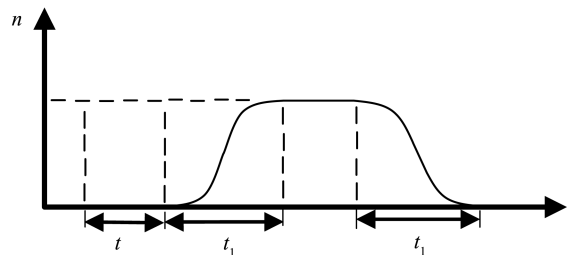


图 4 伺服电机贴标时间控制

Fig.4 Servo motor time control chart

4 控制系统软件设计

贴标机控制系统软件部分由触摸屏交互式画面和控制底层 2 部分构成。该贴标机控制系统可实现扁瓶、圆瓶 2 种模式贴标控制, 程序流程见图 5。

4.1 触摸屏人机界面的设计与实现

系统用户界面采用 HMI 软件编写, 在 Microsoft Visual C++6.0 环境下的 MFC 机制中运行。它可将用户画面编译转化为二进制文件进行保存, 通过离线调试并下载到控制器的信息储存区^[10]。

用户可通过操作触摸屏来实现对贴标机的控制。触摸屏参数设置界面可设定出标速度、标签偏移量、出标延时、第二出标延时、气阀复位延时。根据控制要求, 瓶位置传感器与贴标原点保持一定距离, 伺服停止位与标签缝隙保持一定距

离,用以保证标签到达精准位置时标签与瓶不产生相对滑动。用户通过参数调整到最佳贴标状态,以避免错标、标签褶皱等现象。在模式二参数设

置中,按下“定位 关”按钮便可实现异形圆瓶的定位贴标功能;按回“定位 开”按钮便可实现圆瓶连续贴标功能。

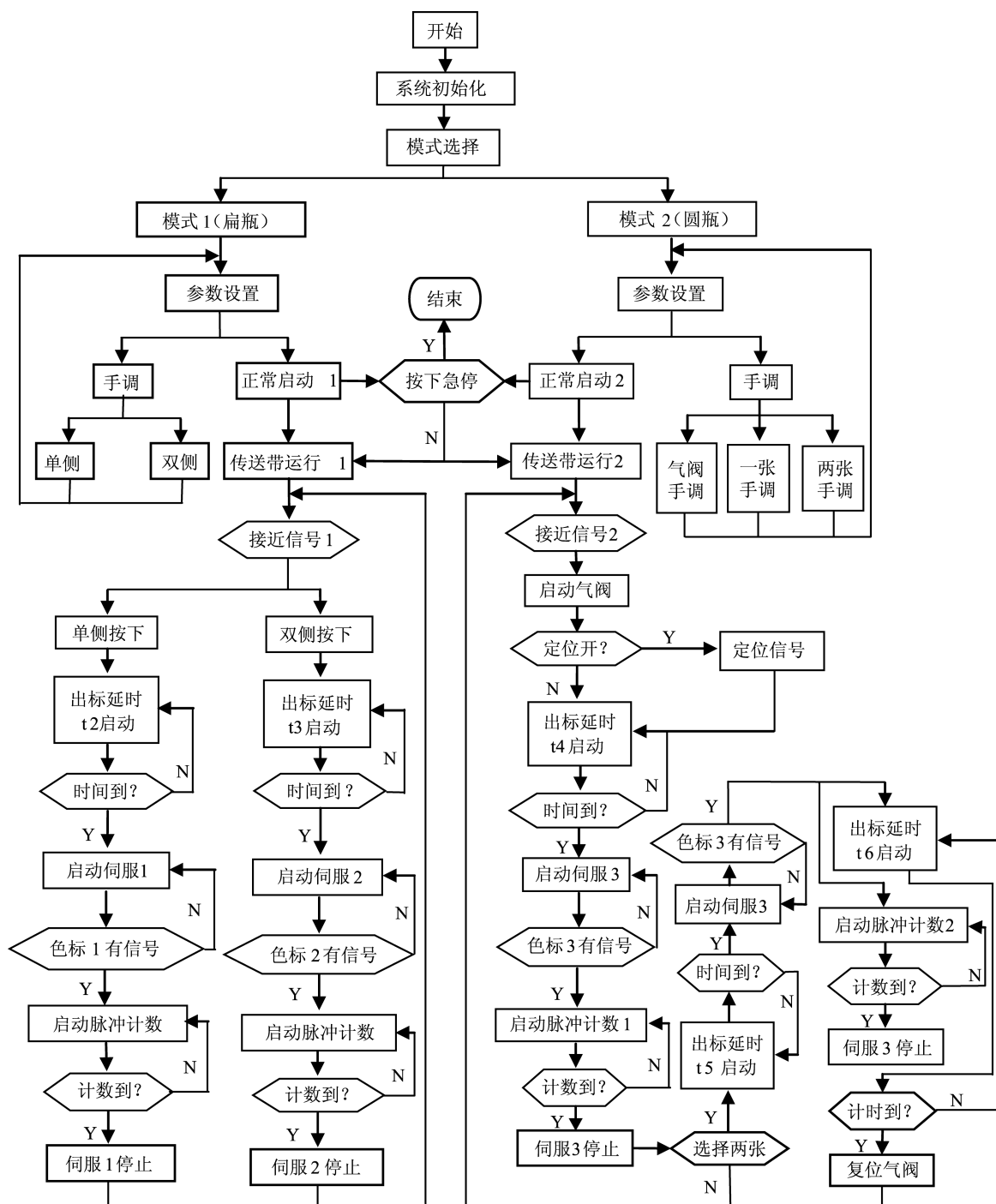


图 5 贴标机程序运行

Fig.5 Labeling machine running program

同时本触摸屏也具有状态显示、监控报警功能,主界面可实时显示当前贴标产量^[11];贴标机扁圆瓶贴标模式切换必须在停止状态下进行,否则会弹出报警界面,主要的交互式界面见图 6—8。

4.2 控制系统时序方案设计

根据控制要求,贴标机贴标时需要按照严格的顺序运动,伺服电机启动需要进行延时处理,停止需要指定的脉冲偏移量。下面对最为复杂的异形圆

瓶连续贴标时序进行分析，见图 9。



图 6 主界面
Fig.6 Main interface

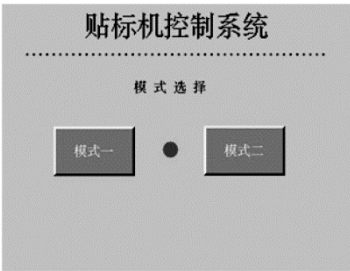
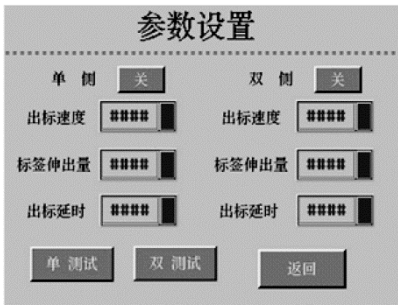
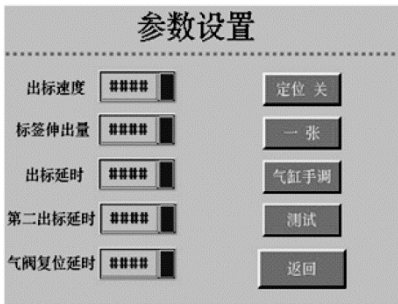


图 7 模式选择
Fig.7 Mode selection



a 模式1



b 模式2

图 8 参数设置
Fig.8 Parameter Settings

对于异形圆瓶连续贴标，正常启动后，变频电机带动传送带运转，瓶位置检测 X1 有信号后，气动电磁阀 Y4 启动，包装瓶在贴标原点回转运动；当定位传感器 X2 检测到信号开始延时 t4，计时到启动伺服电机 Y1；色标传感器 X3 检测到信号编

码器脉冲计数 w1，计数到停止伺服电机 Y1，同时开始定时 t5，计时到再次启动伺服电机 Y1；当色标传感器 X3 再次检测到色标信号，启动编码器计数 w2 以及定时器 t6，计数到后停止伺服电机 Y1，计时到后复位气动电磁阀 Y4，如此完成一个周期贴标动作。

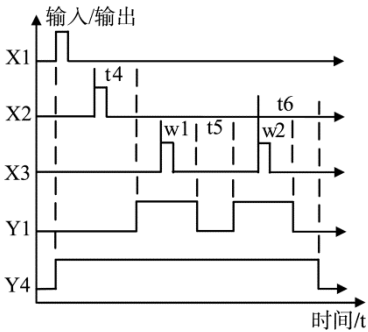


图 9 异形圆瓶连续贴标时序
Fig.9 Sequence diagram of irregular bottle labeling

在贴标机的控制系统设计中，输入输出信号^[12]见表 1。

表 1 I/O 分配
Tab.1 I/O distribution list

输入引脚	控制信号	输出引脚	控制信号
X1	瓶位置检测	Y1	伺服 1 脉冲
X2	定位检测	Y2	伺服 2 脉冲
X3	单侧色标	Y4	气动电磁阀
X4	双侧色标		

5 控制系统实验测试

基于该控制系统，试制了 3 台多功能贴标机投入生产测试，测试时间为 0.5 个工作日（4 h），分别对扁瓶双侧贴标、圆瓶连续贴标、异形圆瓶定位贴标进行测试。传送带速度设定为 15 m/min，测试数据见表 2—4。

表 2 扁瓶双侧贴标（标签宽度 60 mm）
Tab.2 Flat bottle labeling on both sides

项目	贴标产量	正标数 单侧	正标数 双侧	总正 标数	正标率
1	14 392	14 190	14 150	14 032	0.975
2	14 214	14 113	14 139	13 981	0.984
3	14 273	14 176	14 126	13 947	0.977
平均	14 293	14 160	14 138	13 987	0.979

表 3 圆瓶 2 次贴标 (标签宽度 60 mm)

Tab.3 Twice labeling of round bottle

项目	贴标产量	正标数 1 张	正标数 2 张	总正 标数	正标率
1	7187	7161	7133	7124	0.991
2	7224	7189	7192	7164	0.992
3	7265	7238	7217	7201	0.991
平均	7225	7196	7181	7163	0.991

表 4 异形圆瓶贴标 (标签宽度 140 mm)

Tab.4 Irregular bottle labeling

项目	贴标产量	正标数	正标率
1	4763	4711	0.989
2	4858	4804	0.985
3	4761	4702	0.988
平均	4799	4739	0.987

根据控制要求,贴标精度控制在 ± 1 mm 视为正标^[13],经数据分析,该贴标机在扁瓶双侧贴标情况下的速度为 60 瓶/min,正标率为 97.9%,圆瓶连续贴标情况下的速度为 30 瓶/min,正标率为 99.1%,异形圆瓶定位贴标情况下的速度为 20 瓶/min,正标率为 98.7%。该贴标机控制装置适用的不干胶标签尺寸:15≤宽度≤180 mm,10 mm≤长度≤300 mm,被贴物尺寸直径 $\phi 20\sim 110$ mm,高 30~260 mm,纸卷内径 $\phi 76$ mm,纸卷外径(最大) $\phi 350$ mm。

6 结语

针对贴标机不同的生产要求,设计了一套基于 ARM9 的多功能贴标系统,满足多种异形瓶贴标要求。采用三星 S3C2416 微处理器取代 PLC 完成对伺服电机、变频器、气动阀等逻辑控制,为基于工业触摸屏和微型处理器实现工业自动化控制提供了典型案例^[14]。经生产测试,该控制系统稳定、界面友好、实时性强、设备成本低,满足生产要求,可以消除误动作,提升抗干扰能力^[15],产品正标率可达到 97.9%。

参考文献:

- [1] 滕燕,李小宁,孙静.气动全自动贴标机的研究与开发[J].中国制造业信息化,2005,33(12):118—120.
TENG Yan, LI Xiao-ning, SUN Jing. Research and Development of Pneumatic Automatic Labeling Machine[J]. China Manufacturing Information, 2005, 33 (12):118—120.
- [2] 潘绍明,罗功坤,蔡启仲.全自动平面贴标机的系统

设计与实现[J].制造业自动化,2010,32(12):95—97.
PAN Shao-ming, LUO Gong-kun, CAI Qi-zhong. Fully Automatic Flat Labeling Machine System Design and Implementation[J]. Manufacturing Automation, 2010, 32(12):95—97.

- [3] 陈立定,谢青延,梁联冠.瓶装自动贴标机的研制[J].食品工业科技,2009(12):303—304.
CHEN Li-ding, XIE Qing-yan, LIANG Lian-guan. The Development of Bottles of Automatic Labeling Machine[J]. Science and Technology of Food Industry, 2009(12):303—304.
- [4] 杨绮云,孟爽,卜迟武,等.方瓶三面贴标过程运动轨迹的仿真研究[J].包装工程,2012,33(9):7—10.
YANG Qi-yun, MENG Shuang, BU Chi-wu, et al. Study on Movement Tracks Simulation of Three Sides Labeling Mechanism for Rectangular Bottle[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(9):7—10.
- [5] 蔡锦达,黄帅.基于嵌入式工业触摸屏的提花横移控制系统[J].仪表技术与传感器,2014(8):70—73.
CAI Jin-da, HUANG Shuai. Control System of Jacquard Transverse Motion Based on Embedded Industrial Touch Screen[J]. Instrument Technique and Sensor, 2014(8):70—73.
- [6] 蔡锦达,尤黔林,黄树根,等.基于台达 PLC 的纸护角机控制系统[J].包装工程,2010,31(15):77—80.
CAI Jin-da, YOU Qian-lin, HUANG Shu-gen, et al. Control System of Paper Corner Protector Machine Based on Delta PLC[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(15):77—80.
- [7] 王永秋,方华志.更精准的标签定位——基于伺服驱动器内置功能的立式贴标机控制系统[J].国内外机电一体化技术,2013(3):35—35.
WANG Yong-qi, FANG Hua-zhi. More Accurate Positioning Labeling--Based on Servo Driver Built-in Function of Vertical Labeling Machine Control System[J]. International Mechatronics Technology, 2013 (3):35—35.
- [8] 彭道刚,张浩,李辉,等.基于 Modbus 协议的 ARM 嵌入式监测平台设计与实现[J].电力自动化设备,2009,29(1):115—119.
PENG Dao-gang, ZHANG Hao, LI Hui, et al. Based on ARM Embedded Monitoring Platform Design and Realization of The Modbus Protocol[J]. Electric Power Automation Equipment, 2009, 29(1):115—119.
- [9] 张芙蓉.高精度贴标机中影响贴标精度的因素分析[J].轻工机械,1997(4):9—12.
ZHANG Fu-rong. High-precision Labeling Machine Affect The Labeling Accuracy Analysis of The Factors[J]. Light Industry Machinery, 1997(4):9—12.
- [10] 杨宝山,蔡锦达,刘劲阳.基于 ARM 的纸护角定长剪切控制系统设计[J].包装工程,2015,36(11):118—122.
YANG Bao-shan, CAI Jin-da, LIU Jing-yang. Design on Control System of Rotary Paper Angle Bead Machine Based on ARM[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(11):118—122.

- [11] 陈东青. 基于 PLC 与触摸屏的码垛工业机器人操作系统设计[J]. 包装工程, 2014, 35(23):84—88.
CHEN Dong-qing. Design of Stacker Industrial Robot Operating System Based on PLC and Touch Screen[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(23):84—88.
- [12] 蔡锦达, 崔守祥. 铝塑管数控切割系统的开发与应用[J]. 机械工人:冷加工, 2000(12):42—43.
CAI Jin-da, CUI Shou-xiang. The Development and Application of Plastic Numerical Control Cutting System[J]. Mechanical Workers:Cold Processing, 2000 (12):42—43.
- [13] 呼英俊, 王开和, 苗德华, 等. 小型异形瓶不干胶自动贴标机研制[J]. 包装与食品机械, 2002, 20(1):4—6.
HU Ying-jun, WANG Kai-he, MIAO De-hua, et al. Investigate the Automatic Gluing Label Machine of Small Abnormity Bottle[J]. Packaging and Food Machinery, 2002, 20(1):4—6.
- [14] 齐建虹, 蔡锦达, 许鹏程. 基于 ARM9 的蜂窝纸板包边机控制系统研发[J]. 包装工程, 2013, 34(5):74—77.
QI Jian-hong, CAI Jin-da, XU Peng-cheng. Development of Control System for Honeycomb Cardboard Edge Packaging Machine Based on ARM9[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(5):74—77.
- [15] HOFFMANN W, WEST M. System for Computer Controlled Labeling Machine:U.S.Patent 4, 552, 608 [P]. 1985-11-12.
- [16] BRIGHT L E, OTRUBA S. Computer Controlled Labeling Machine for Applying Labels Including Stretch Labels and Tactilely Sensible Indicia on Articles: U.S. Patent 5, 858, 143[P]. 1999-01-12.