

双头伺服驱动容积式灌装机设计

刘宝华, 蔡志为

(北华航天工业学院, 廊坊 065000)

摘要: **目的** 设计一种适合于涂料灌装自动灌装设备, 以提高灌装过程的自动化程度, 提升灌装精度。**方法** 采用双头分别灌装, 将灌装时间分散, 压缩设备准备时间; 采用伺服电机和滚珠丝杠代替原有气缸驱动, 利用伺服电机重复定位精度高的特点提升罐装精度。设计相应的控制程序和界面便于生产过程中设备参数的调整。**结果** 针对 5 L 包装桶的灌装效率为每桶 2 s, 灌装精度达到 ± 5 mL。**结论** 通过实际生产证明该设备能够适用于各类流动液体物料自动灌装生产。双头伺服驱动容积式灌装机能够作为独立设备单机使用, 也可通过以太网与控制设备通讯, 作为灌装生产线的一部分配合其他设备使用, 能够实现生产状态的在线监测和生产参数的远程控制。

关键词: 灌装机; 伺服控制; 双头灌装; PLC 控制

中图分类号: TB486⁺.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)05-0068-04

Design of Double-head Servo Driven Volumetric Filling Machine

LIU Bao-hua, CAI Zhi-wei

(North China Institute of Aerospace Engineering, Langfang 065000, China)

ABSTRACT: The work aims to design a kind of automatic filling equipment suitable for paint filling, to improve the automation of filling process and improve the filling accuracy. The double heads were used separately for filling and the filling time was dispersed, so that the preparation time of the equipment was shortened. The servo motor and ball screw were used to replace the original cylinder drive. Based on the high accuracy of repeated positioning of servo motor, the filling accuracy was improved. The corresponding control procedures and interface were designed to enable the equipment to adjust its parameters in the production process. With respect to the filling efficiency of 5 L packaging barrel (2 s per barrel), the filling accuracy reached ± 5 mL. Through the actual production, it proves that the equipment is applicable to the automatic filling of all kinds of flowing liquids during the production. The double-head servo driven volumetric filling machine can be used as a stand-alone equipment and communicate with the control equipment through Ethernet. As an integral part of the filling production line, the double-head servo driven volumetric filling machine, combined with the use of other equipment, can achieve the online monitoring of production status and the remote control over the production parameters.

KEY WORDS: filling machine; servo control; double-head filling; PLC control

液体灌装机产生于 20 世纪 50 年代末 60 年代初, 发展于 20 世纪 70—80 年代^[1]。目前常用的液体灌装机灌装计量方式分为称量式灌装机和容积式灌装机等^[2]。针对容积式灌装机大多采用气缸驱动活塞进行灌装, 由于受

到气缸内径尺寸的不一致性、长期使用气缸造成的磨损和气压压力的变化等原因的影响, 气动容积式灌装机的灌装精度较低。基于上述原因, 文中提出一种双头伺服驱动容积式灌装机, 采用双灌装头减少灌装过程中活塞

收稿日期: 2017-01-17

基金项目: 河北省高等学校科学技术研究青年基金 (QN2014213)

作者简介: 刘宝华 (1981—), 男, 硕士, 北华航天工业学院讲师, 主要研究方向为包装机械和工业自动化。

吸料和排料所占用的时间^[3-4]; 利用伺服电机驱动滚珠丝杠, 将旋转运动转化为直线运动带动活塞进行灌装, 提升灌装精度。与气动式灌装机相比, 通过控制伺服电机的速度与伺服电机旋转角度, 可实现在灌装过程中对灌装量和灌装速度的实时调整。

1 总体结构组成

双头伺服驱动容积式灌装机由相同的 2 组并行灌装机构、高度调整机构、自动上桶机构、自动传输机构和自动封盖机组成, 能够实现灌装过程的自动化、无人化, 见图 1。灌装机构由料斗、开阀结构、毛细管灌装头^[5-7]、活塞、丝杠、螺母、伺服电机等组成, 见图 2。

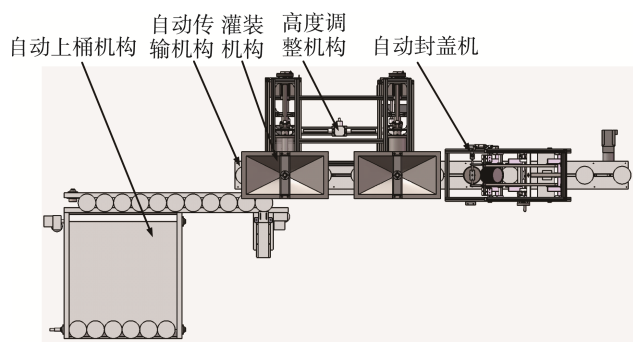


图 1 双头伺服驱动容积式灌装机组成

Fig.1 The composition of double servo drive volume filling machine

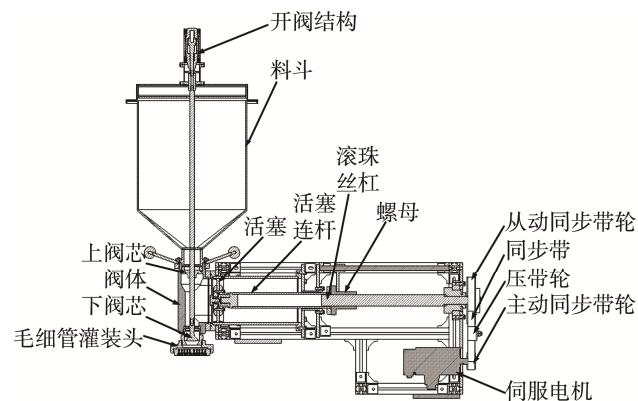


图 2 灌装机主要构成

Fig.2 The main composition of filling machine

灌装机由开阀结构带动上下阀芯在阀体内做竖直运动, 当开阀结构在下位时, 下阀芯与阀体闭合, 上阀芯与阀体脱离, 物料从料斗进入活塞腔^[8-9], 同时伺服电机带动丝杠转动, 丝杠通过螺母将转动转化为活塞的移动^[10]。当活塞移动到末位的时候活塞腔充满物料; 开阀结构在上位时, 下阀芯与阀体脱离, 上阀芯与阀体闭合, 活塞腔与毛细管灌装头形成灌装通路, 伺服电机反转带动活塞前移, 将活塞腔内的物料通过毛细管灌装头推出。完成 1 次灌装流程。

2 控制系统设计

2.1 控制系统构成

控制系统采用西门子 S7-200PLC 作为控制器, 伺服系统控制采用 EM253 位置控制模块, 定位模块 EM253 用于 S7-200PLC 定位控制系统中, 通过产生高速脉冲来实现对电机的开环速度、位置的控制^[9]。选用西门子 MP377 触摸屏, 通过组态变量建立触摸屏与 PLC 的通讯^[10-12]。操作人员可以通过触摸屏对设备各项参数进行设置, 同时可监控设备运行状态。使用触摸屏作为人机界面, 实现人机交互控制, 原理见图 3。

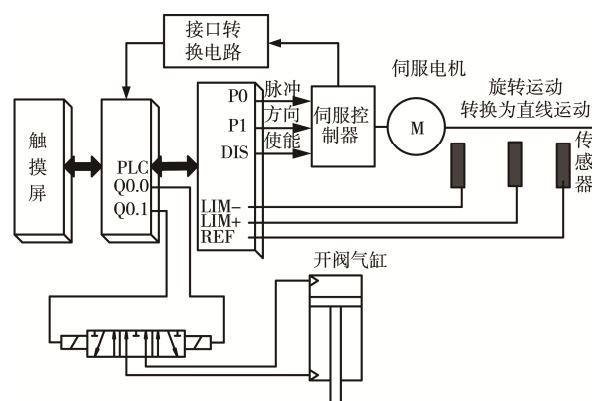


图 3 控制系统原理

Fig.3 The principle diagram of control system

被控对象主要分为灌装量控制、灌装速度控制和开阀机构控制。灌装量通过伺服电机反转过程中的脉冲数可以精确控制。灌装速度可通过改变控制伺服脉冲的频率进行控制。使用 EM253 位置控制模块定义伺服驱动器工作在脉冲+方向模式下, P0 口发送脉冲, 并可以根据实际情况在触摸屏上对脉冲速度进行更改, 从而调节灌装速度, 调节脉冲数量可以调节灌装量; P1 口发送方向信号, 实现活塞吸料和排料动作; DIS 端口为伺服使能信号, 同时可以消除放大器错误。LIM+, LIM-和 REF 分别为活塞的排料极限、吸料极限和参考原点^[13-16]。开阀机构采用气缸驱动上下阀芯连杆, 带动上下阀芯移动, 带动上阀芯或下阀芯与阀体的闭合。系统使用 PLC 的 Q0.0 和 Q0.1 这 2 个继电器输出点控制三位五通电磁阀, 从而控制开阀机构运动。

2.2 人机界面设计

灌装机工作过程由触摸屏实现人机对话, 实现设备状态的实时监测与设备参数的动态调整。为实现上述灌装过程的控制与监测, 设计的触摸屏操作界面结构见图 4。触摸屏界面见图 5。

触摸屏一方面进行现有工作状态的监控, 另一方面对 PLC 的工作进行控制。控制程序设计需要将触

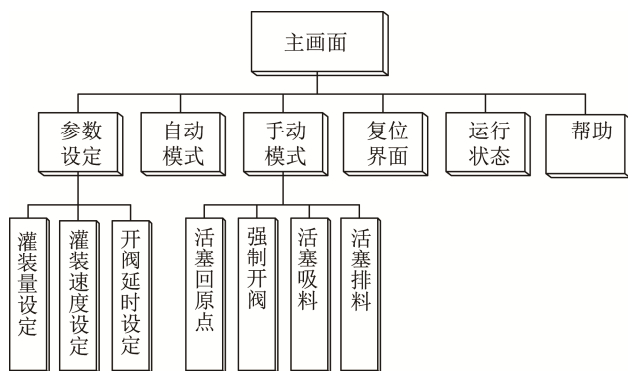


图4 触摸屏人机界面结构

Fig.4 The interface structure of HIM operation



图5 触摸屏界面

Fig.5 The interface of touch screen

触摸屏的组态变量与PLC的各个I/O点和存储单元之间建立相应的关系,通过不同I/O点的操作事件实现触摸屏对PLC控制系统的参数设置与PLC状态的输出,达到系统的实时控制与检测功能。

3 灌装精度分析

伺服容积式灌装机通过吸料完成后活塞向前的移动量控制灌装量,活塞最小的位移量决定了设备的灌装精度。已知灌装量为5 L,活塞直径 $D=160$ mm,伺服电机编码器规格为20 bit,电机额定转速 $n=3000$ r/min,丝杠通过同步带轮与电机连接,传动比为1,丝杠导程 $P_h=10$ mm。

活塞移动速度的计算为:

$$v=nP_h \quad (1)$$

式中: v 为活塞移动速度(mm/s)。这里可得 $v=500$ mm/s。

由式(1)可得灌装速度为:

$$u=v \cdot S \quad (2)$$

式中: u 为灌装速度(L/s); S 为活塞截面积。由式(2)可得 $u=10$ L/s。

设备为双头分步灌装,因此单头灌装时间 $t=0.25$ s。考虑到电机加减速时间以及灌装压力,设定单头灌装的周期为2 s。此时电机转速为360 r/min。

根据编码器精度可以得到编码器分辨率为 $\frac{1}{2^{20}}$,

灌装精度为活塞最小位移所占的体积 $V=\pm 0.2$ mL,双头灌装精度最高为 ± 0.4 mL。结合温度等影响因素,实际测试灌装精度为 ± 5 mL。

4 结语

通过分析传统灌装机的缺点,提出了一种基于伺服控制的双头容积式液体灌装设备,提高了灌装精度和灌装效率。通过实际生产证明该设备能够实现5 L以下的广口桶自动灌装及封盖工作,灌装效率为每桶2 s,灌装精度达到 ± 5 mL。适用于各类流动液体物料的自动灌装生产。双头伺服驱动容积式灌装机能够作为独立设备单机使用,也可通过以太网与控制设备通讯,作为灌装生产线的一部分配合其他设备使用,能够实现生产状态的在线监测和生产参数的远程控制,具有较好的推广价值。

参考文献:

- [1] 杨红亮,冯巍,段文军,等.基于PROFIBUS-DP通讯的减量灌装机双闭环控制[J].包装与食品机械,2015,33(5):28—31.
YANG Hong-liang, FENG Wei, DUAN Wen-jun, et al. A Double Closed-loop Control System for Reduction Filling Machine Based on PROFIBUS-DP[J]. Packaging and Food Machinery, 2015, 33(5): 28—31.
- [2] 段文军,石卓栋,徐志刚,等.基于双闭环的直线容积式自校正灌装设备控制系统设计及应用[J].包装工程,2013,34(21):80—83.
DUAN Wen-jun, SHI Zhuo-dong, XU Zhi-gang, et al. Design and Application of Control System for Straight Line Volumetric Self-correction Filling Equipment Based on Double Closed-loop[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(21): 80—83.
- [3] 袁峰,王太勇,聂慧娟.基于创新理论/功能分析的机械产品功能原理创新设计[J].计算机集成制造系统,2006(2):204—207.
YUAN Feng, WANG Tai-yong, NIE Hui-juan. Function and Principle Innovative Design of Mechanical Products Based on TRIZ/FA[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2006(2): 204—207.
- [4] 闻邦椿.机械设计手册[M].北京:机械工业出版社,2010.
WEN Bang-chun. Mechanical Design Manual[M]. Beijing: China Machine Press, 2010.
- [5] 孔立堵,吴龙奇.流体物料包装机出液口下流体形状分析[J].河南科技大学学报,2003,24(1):22—26.
KONG Li-du, WU Long-qi. Analysis of Liquid Surface Shape Beneath Outflow Tube of Liquid Packing Machine[J]. Journal of Henan University of Science and

- Technology, 2003, 24(1): 22—26.
- [6] 杨福馨, 王生泽. 充填管口孔形对粘稠流体断流效果的影响研究[J]. 包装工程, 2010, 31(17): 94—96.
YANG Fu-xing, WANG Sheng-ze. Influence Research of the Filling Orifice Shape on the Flow Break Effect of Viscous Fluid[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(17): 94—96.
- [7] 杨福馨, 王生泽. 精密灌装机械中的断流理论研究[J]. 包装工程, 2009, 30(5): 36—38.
YANG Fu-xin, WANG Sheng-ze. Study of Setting-off Theory for Accurate Filling Machinery[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(5): 36—38.
- [8] 王海兵, 叶鹏, 苗加乐, 等. 重力灌装阀的改进[J]. 轻工机械, 2012, 30(2): 90—93.
WANG Hai-bing, YE Peng, MIAO Jia-le, et al. Improvement on Gravity Filling Valve[J]. Light Industry Machinery, 2012, 30(2): 90—93.
- [9] 吕帅, 张裕中. 高粘稠物料在灌装阀体内的流动状态分析[J]. 包装工程, 2012, 33(15): 10—15.
LYU Shuai, ZHANG Yu-zhong. CFD Analysis of High Viscous Material in Filling Piston[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(15): 10—15.
- [10] 张云瑞. 可编程序控制器[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1995.
ZHANG Yun-rui. Programmable Logic Controller[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 1995.
- [11] 陈朝泽, 任德均, 何华, 等. 基于 PLC、HMI 和伺服控制技术的磁性编码检测系统[J]. 仪表技术与传感器, 2008, 45(7): 78—80.
CHEN Chao-ze, REN De-jun, HE Hua, et al. Magnetic Code Detection System Based on PLC, HMI and Servo Controlled Technology[J]. Instrument Technique and Sensor, 2008, 45(7): 78—80.
- [12] 刘媛媛, 张如萍, 张正和, 等. 基于伺服电机和 PLC 的工作台运动控制[J]. 机械工程与自动化, 2012(4): 126—128.
LIU Yuan-yuan, ZHANG Ru-ping, ZHANG Zheng-he, et al. Motion Control of Working Table by Servo Motor and PLC[J]. Mechanical Engineering and Automation, 2012(4): 126—128.
- [13] 胡佳丽, 闫宝瑞, 张安震, 等. S7-200PLC 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. Application of S7-200 PLC in Position Control of Servo Motor[J]. Process Automation Instrumentation, 2009, 30(12): 38—41.
- [14] SAVRAN S. Engineering of Creativity[M]. Boca Rat: CRC Press, 2000.
- [15] HARNEFORS L, NEE H P. A General Algorithm for Speed and Position Estimation of AC Motors[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2000, 47(1): 77—83.