

多通道微注灌装控制系统设计

陈曦, 汤雪松

(河北工业大学, 天津 300130)

摘要: **目的** 研究一种卡式多通道微注灌装机系统, 实现从液体及粉末的微量灌装到卡式对象的自动封装。**方法** 设计系统机械结构, 包括自动送卡环节、微注灌液环节、微量灌粉环节、封装环节, 同时设备基于可编程控制器、人机界面监控, 采用闭环控制并结合接近开关、行程开关实现对整个系统的精确控制。**结果** 该设备能够完成卡式对象的微量灌装及自动封膜。**结论** 该系统自动化程度高, 整个生产过程稳定, 产品规格性能优异, 能够解决微量灌注、高效封膜的难题。

关键词: 多通道微注; 封装; 控制系统; 结构设计

中图分类号: TB486⁺.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2016)21-0014-04

Design on Multi-channel Micro Filling Control System

CHEN Xi, TANG Xue-song

(Hebei University of Technology, Tianjin 300130, China)

ABSTRACT: The work aims to research one kind of clip-type multi-channel micro filling system to achieve the transformation from micro filling of liquid and powder to automatic packaging of clip-type objects. The mechanical structure of the designed system included automatic clip delivering, micro filling of liquid and powder, and packaging. Meanwhile, the equipment, based on the programmable controller and man-machine interface monitoring, precisely controlled the whole system with closed-loop control combined with proximity switch and travel switch. The equipment could complete the micro filling and automatic membrane sealing of clip-type objects. With high automation, a whole stable production process and excellent specifications & performances, the system can solve the problem of micro filling and highly-efficient membrane sealing.

KEY WORDS: multi-channel micro injection; accurate package; control system; structure design

微注灌装主要应用于医疗制剂、生物制造工程、精密化学试剂的加注。微量灌装技术在欧美、日本最先得到重视和发展, 长时间的科学研究已使其处于行业领先地位, 国内相关技术与国外相比有着较大差距。在国内, 结合现有微量灌装自动生产装置来看, 生产设备占地面积大、噪声大、产品性能低、稳定性和可靠性差。鉴于以上问题, 自主研发一套体积小、可靠性高、控制系统优良、灌装精度高、一致性好, 且其性能成本能与国内相关企业实际情

况相匹配的多通道微注灌装生产设备及控制系统是很必要的。

文中设计出一种卡式多通道微注灌装机, 灌装对象包括液体及粉状物^[1]。该系统生产对灌装精度及效率要求高, 为了保证灌装精度、稳定性和低成本, 控制部分采用 PLC 作为控制器。PLC 控制具有编程简单、工作可靠、使用方便等特点, 在工业自动化控制领域应用广泛^[2-3]。文中所设计的多通道微注灌装系统通过上位机与可编程控制器控制,

收稿日期: 2016-08-19

作者简介: 陈曦 (1963—), 男, 天津人, 博士, 河北工业大学教授, 主要研究方向为控制理论与工程、智能检测和智能仪表以及嵌入式控制系统。

控制对象包括送卡部分、转盘部分、微量灌液部分、微量灌粉部分、封装部分^[3]。微量灌液部分采用 TECAN XMP6000 微量注射泵完成；微量灌粉部分采用每次灌粉量体积固定、微量多次灌粉的方式；动力、传动部分采用光电编码器及传感器实现闭环反馈。上位机通过人机界面进行工作参数设定，对生产过程实时监控；可编程控制器对系统信号、数据进行处理。该系统集成化程度高，且具有智能性、高效性。

1 多通道微注灌装系统工作原理

旋转式多通道微注灌装系统的机械结构主要包括转盘送卡机构、微量泵灌液机构、微量药粉灌装机构、封装机构^[4]。每次工作转盘需旋转 90°，对应送卡、灌液、灌粉和热封等 4 个工位并实现连续循环切换^[5-6]。首先，送卡单元将待灌装对象送入转盘环节，可编程控制通过处理器转盘步进电机中光电编码器反馈的脉冲信息实现每个工位的定位。在完成送卡后，微量灌液环节通过 RS485 通讯发送指令到微量注射泵，实现对象的液体灌装要求；微量灌粉环节，可编程控制器通过 RS422 接收来自上位机的控制信息及参数信息，完成数据处理后控制灌粉工位的相应动作，满足粉状物的灌装要求；最后一步为封膜环节，通过上位机、可编程控制器和传感器的配合，智能控制气缸以及步进电机的动作，完成封膜的进给、热封与切膜的动作。多通道微注灌装系统工作平台见图 1。

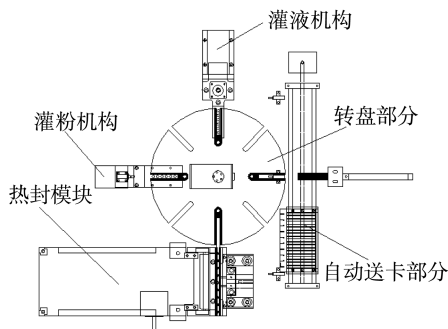


图 1 微注灌装系统

Fig.1 Micro injection filling system

2 控制系统硬件设计

2.1 自动送卡机构

文中设计的送卡环节由送卡部分和转盘构成，

由步进电机驱动同步带传动完成^[7]。该部分控制的核心在于对步进电机的精确控制，实现待灌装对象由送卡部分到转盘的准确对位以及转盘到每个工位的精准对应。微量灌装对象一般为小型单位，由于步进电机为开环，稳定性不高，且驱动脉冲易受外界干扰丢失使得电机失步并产生累计误差，从而导致依赖电机定位不准^[8]。该系统通过光电编码器与可编程控制器相配合构成闭环控制，可编程控制器通过计算利用反馈脉冲的边沿及电平完成信号处理，从而保证系统动力环节的稳定性、准确性。编码器的反馈见图 2。

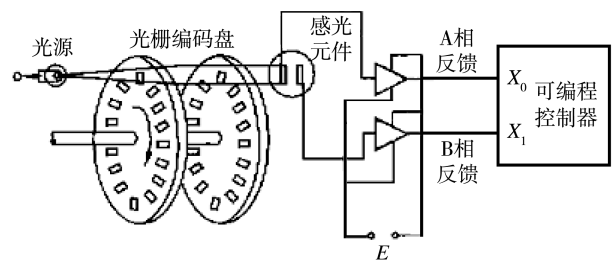


图 2 编码器的反馈

Fig.2 Photoelectric encoder feedback schematic

2.2 灌液机构

灌液部分包括灌液针头平台与注射泵^[9]。注射泵通过导管与针头平台连接，针头平台用于对象液体的注射，同时通过上位机参数设定以及可编程控制器实现注射过程针头的精确下行，使得针头可以伸到每个通道的底部，灌液过程针头根据液面的上升而上升，以避免微小气泡滞留在内部的现象。

微量注射泵采用 XMP6000 微量注射泵，它能实现微升级别的液体灌装，准确度即偏离目标值小于 0.5%，可确保产品的药量精度^[10]。微量注射泵通过 RS485 实现与控制器通讯，注射泵有 3 种通讯格式：CAN 模式（二进制）、OEM 模式（十六进制）、DT 模式（ASCII 码）。该设计的通讯格式为 DT 模式，可保证系统简单高效。DT 模式通讯格式为 ASCII 码形式，即“2FH+泵地址+数据块+0DH”。反馈信息中“40H”表示设备忙，“60H”表示设备空闲。

2.3 灌粉机构

可编程控制器控制 2 个 SMC 气缸完成定位和投粉，根据上位机工作参数的设定，控制器输出开关量到继电器模块^[11]。该信号通过控制继电器模块形成强电信号来控制电磁阀模块，完成每个气缸的

进气、排气状态的协调控制，由于采用了继电器模块，其光耦隔离部分能起到很好的抗干扰效果，保证了系统运行的稳定性。灌粉部分控制结构见图3。

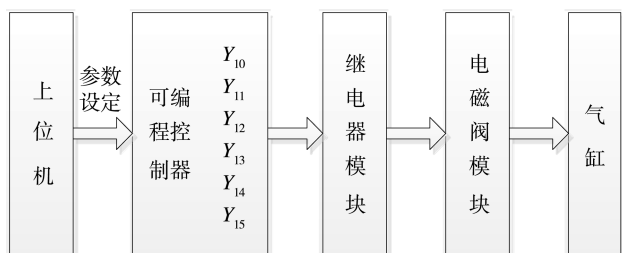


图3 灌粉部分控制结构
Fig.3 Filling meal portion control chart

2.4 封装机构

封装部分包括送卡送纸过程、热封过程^[12]。送卡过程是通过丝杠电机将已完成灌装的对象拉入封膜工作台中，由电机启动送入一定宽度的封装膜；热封过程是在完成走纸后，气缸带动热封铜块下压并完成切膜^[13]。送纸过程设定好进纸宽度后，由控制器计算出步进电机所需脉冲，依靠光栅完成精确送纸；铜块加热部分采用的温度控制为PID控制方式，保证温度稳定在设定值左右，且加热速度快、超调小、温度保持稳定。

3 控制系统软件设计

3.1 上位机控制部分

上位机控制系统采用人机界面的形式，完成系统相关生产的实时监督，实现微量灌装参数的动态修改。上位机控制系统主画面包括灌装设备的启停控制以及灌装量、封膜宽度、热封时间等参数的设置，以及生产过程监控子画面。上位机与可编程控制器通过RS422进行串口通信，将设定的工作参数存储到E²PROM中，再通过RS422发送给控制器，并依据数据处理结果实时调整设备的生产工作状态^[14]。控制器将触摸屏发送来的指令存储到一个指令缓冲区，每一个扫描循环时，取缓冲区内的指令并执行，这就实现了触摸屏与控制器的通讯。上位机与控制器及微量注射泵的通讯见图4。

3.2 可编程控制器控制部分

软件主体程序主要包括控制系统全局变量初始化，各模块初始化，定时器、计数器及寄存器复

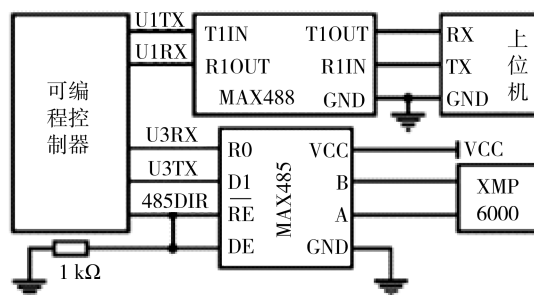


图4 上位机通讯
Fig.4 PC communication

位，设定串口通讯子程序、光电编码器子程序、定时器中断子程序、故障急停中断子程序^[15]。设备运行时，控制系统由初始化程序部分开始工作，并由上位机传输到E²PROM中的数据，开始协调控制各环节运行并在人机界面上显示。

4 实际运行结果

文中综合考虑各方面因素，研究设计了该多通道微注灌装系统。设备占地面积小，结构精简、易于维护，系统机械设计合理，硬件配合协调，实现了稳定高效、快速精确的灌装系统，满足国内企业生产标准以及灌装要求。多通道微注灌装系统实物见图5。

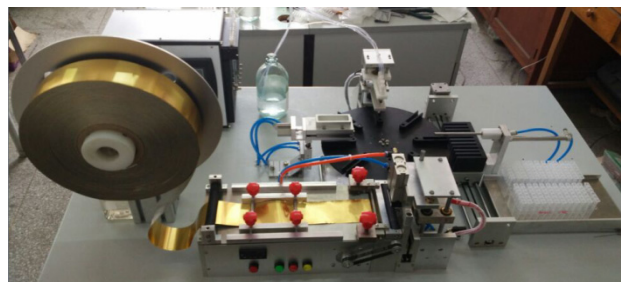


图5 多通道微注灌装系统实物
Fig.5 Physical map of multi-channel micro injection filling system

取样该设备生产样品，对样品进行阈值处理和数据统计，并与传统生产方式进行对比。经二值化处理后的3种常见灌装结果见图6。加液后残留有杂质气泡，导致样品柱高上升，见图6a。图6b中出现灌粉挂壁的现象，导致柱高下降。图6c为理想样品。

通过将样品进行阈值处理，计算多组数据并参考预期理想值，对比传统灌装方式的结果见图7，其中曲线1为传统方式灌装的高度波动曲线，曲线2为改设计样品灌装高度的波动曲线，曲线3为理想

想值。该设计灌装样品波动与理想值曲线基本一致, 产品质量得到明显改善, 相比以往方式具有更高的一致性和稳定性。



图 6 阈值处理后的灌装结果

Fig.6 Filling results after threshold processing

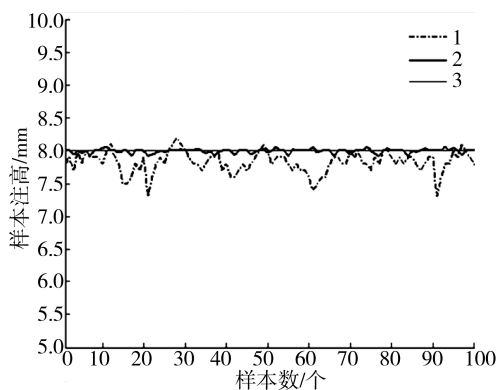


图 7 样品灌装高度波动曲线

Fig.7 Sample fill level fluctuation curve

5 结语

实际生产表明该设计在具有强电与电磁干扰的情况下依然能稳定运行, 具备抗干扰的能力。灌液部分的灌装量精确, 灌装过程通道气泡完全排出, 很好地解决了灌液易出现细小气泡的现象; 灌粉部分定量准确, 落粉过程通过控制灌粉时间及落粉距离, 很好地解决了粉状物附着空气对产品的影响, 从而大大降低了废品率, 且整体灌装速度快。该设备机械结构新颖、控制系统良好、成品质量高、废品率低、一致性好、人性化程度高、整体体积小, 可满足国内企业的生产要求, 具有广泛的应用前景。

参考文献:

- [1] CHENG D, HAO Y. Comparative Evaluation of the Microcolumn Gel Card Test and the Conventional Tube Test for Measurement of Titres of Immunoglobulin G Antibodies to Blood Group A and Blood Group B[J]. *Journal of International Medical Research*, 2011, 39(3): 934—943.
- [2] 何可人. 医用微量注射泵设计和仿真研究[D]. 上海: 华东理工大学, 2014.

- HE Ke-ren. Medical Syringe Pump Design and Simulation Research[D]. Shanghai: East China University of Science and Technology, 2014.
- [3] MALINOWSKI A, YU H. Comparison of Embedded System Design for Industrial Applications[J]. *Industrial Informatics*, 2011,7(2): 244—254.
- [4] 陈曦, 高德钊. 血型检测卡灌装机控制系统的设计[J]. *自动化与仪表*, 2015(2): 59—62.
- CHEN Xi, GAO De-zhao. Design of Blood Test Card Filling Machine Control System[J]. *Automation and Instrumentation*, 2015(2): 59—62.
- [5] QIU N, DAI G Y. Design and Implement of Online Intelligent Form Filling System[J]. *Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*, 2012(1): 2652—2655.
- [6] LIU Z W, LIU C, XU Z, et al. Numerical Simulation of Filling in Micro-channel Injection Molding[J]. *Chinese Journal of Computational Mechanics*, 2010, 27(6): 1085—1089.
- [7] 许晓. 基于 PLC 的自动灌装系统设计[J]. *数字技术与应用*, 2014(3): 16—18.
- XU Xiao. Design of Automatic Filling System Based on PLC[J]. *Digital Technology and Application*, 2014(3): 16—18.
- [8] 庆波, 李东波, 何非. 双列旋转式灌装机设计[J]. *包装工程*, 2014, 35(19): 69—72.
- QING Bo, LI Dong-bo, HE Fei. Design of Double-row Rotary Filling Machine[J]. *Packaging Engineering*, 2014, 35(19): 69—72.
- [9] LI Z. A New Automated and High Speed Machinery System for Filling High Viscous Liquids[J]. *Applied Mechanics and Materials*, 2011(6): 140—145.
- [10] MICHAELI W, KAMPS T, FISCHER T. Shortened Process Chain for the Production of Micro Parts by 2-Component-micro Injection Moulding[J]. *Micro and Nanosystems*, 2011(3): 226—229.
- [11] MATEO-ORTIZ D, MUZZIO F J, MENDEZ R. Particle Size Segregation Promoted by Powder Flow in Confined Space[J]. *The Die Filling Process Case*, 2014(2): 215—222.
- [12] 薛兵财, 石秀东, 张丹静, 等. 基于组合优化策略的热封机构设计[J]. *包装工程*, 2014, 35(5): 67—72.
- XUE Bing-cai, SHI Xiu-dong, ZHANG Dan-jing, et al. Optimal Design of Sealing Mechanism Based on Hybrid Optimization Strategy[J]. *Packaging Engineering*, 2014, 35(5): 67—72.
- [13] HAN X H, LEI L H, YANG Y B. Design of the Stepper Motor Control System Based on FPGA[J]. *Advanced Materials Research*, 2014(7): 1077—1080.
- [14] 黄小兰. 基于 PLC 的旋转型灌装机控制系统研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2012.
- HUANG Xiao-lan. Research on the Control System of Rotary Filling Machine Based on PLC[D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2012.
- [15] 沈亚斌, 张晨东, 赵涛. 基于 HMI 多通道注射泵控制系统的设计[J]. *自动化与仪表*, 2014, 29(8): 52—55.
- SHEN Ya-bin, ZHANG Chen-dong, ZHAO Tao. Design of Multi-channel Syringe Pump Control System Based on HMI[J]. *Automation and Instrumentation*, 2014, 29(8): 52—55.