

基于 DSP 的果蔬包装机控制系统设计

贾磊¹, 王会军²

(1.黄河水利职业技术学院, 河南 开封 475004; 2.三门峡技师学院, 河南 三门峡 472000)

摘要: **目的** 为了提高果蔬产品的包装质量和包装效率, 设计一种果蔬包装机控制系统。**方法** 基于 DSP 设计一种果蔬包装机控制系统, 介绍果蔬包装机的基本结构和工艺流程, 在此基础上, 结合触摸屏和 DSP 给出控制系统硬件结构, 包括触摸屏、DSP 控制模块、温度控制模块、IO 信号采集模块以及伺服驱动系统等。同时开发全自动果蔬包装机运动控制系统软件, 包括人机界面和控制系统主程序的设计。最后, 将该控制系统移植到传统果蔬包装机, 并进行实验研究。**结果** 实验结果表明, 良品率能够达到 98%, 包装机运行稳定, 包装效率高。**结论** 所述基于 DSP 的果蔬包装机控制系统, 满足包装工艺要求, 整体性能良好。

关键词: 果蔬包装; DSP; 控制系统; 硬件; 软件

中图分类号: TB486 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2019)17-0194-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.17.028

Design of Control System of Fruit and Vegetable Packaging Machine Based on DSP

JIA Lei¹, WANG Hui-jun²

(1.Yellow River Conservancy Technical Institute, Kaifeng 475004, China;
2.Sanmenxia Technician Institute, Sanmenxia 472000, China)

ABSTRACT: The work aims to design a control system of fruit and vegetable packaging machine, so as to improve the packaging quality and efficiency of fruit and vegetable products. A control system of fruit and vegetable packaging machine was designed based on DSP. The basic structure and technological process of fruit and vegetable packaging machine were introduced. On this basis, combined with the touch screen and DSP, the hardware structure of the control system was presented, including touch screen, DSP control module, temperature control module, IO signal acquisition module and servo drive system. At the same time, the software of motion control system of automatic fruit and vegetable packaging machine was developed, which could be divided into man-machine interface design and control system main program design. Finally, the control system was transplanted to the traditional fruit and vegetable packaging machine and studied experimentally. The experimental results showed that, the yield could reach 98%, the operation of the packaging machine was stable, and the packaging efficiency was high. The proposed control system of fruit and vegetable packaging machine based on DSP meets the requirements of packaging technology and has good overall performance.

KEY WORDS: fruit and vegetable packaging machine; DSP; control system; hardware; software

当前社会经济高速发展,人们生活水平大幅度提高,越来越多的人开始注重养生,绿色果蔬类食品的需求量势必增加^[1-3]。消费者往往重点关注果蔬质

量、包装形式、包装水平等,质量等级高、包装精美的果蔬产品一定是消费者的首选。在某种意义上,消费需求的转变给包装行业带来了新的发展机遇。包装

收稿日期: 2019-01-25

作者简介: 贾磊(1975—),男,硕士,黄河水利职业技术学院副教授,主要研究方向为自动化控制、机电一体化技术。

机械发展历史已有数百年,已广泛应用于食品、烟草、医药、日用品等领域,而且发展比较迅速^[4-8];但是针对果蔬类产品包装,专用包装机械发展并不成熟,依旧存在包装效率低、成套性差、操作难度大等缺点,很难同时保证质量和效率^[9-10]。

自动化技术的不断发展,为提高果蔬包装机的稳定性、生产效率、可靠性提供了有力保障,因此如何实现果蔬包装机的专用化、自动化已成为其重点发展方向。从包装机的发展过程来看,其先后经历了单变频、双变频、单伺服、双伺服、三伺服等几个阶段。与传统包装机械相比,三伺服全自动包装机械在包装质量、包装效率等方面的优势十分明显^[11-15],因此,在三伺服全自动包装机械的基础上进行改造、升级,将其打造成一种可用于果蔬类产品包装的专用设备。大多数全自动包装机械普遍采用 PLC 进行控制,存在如下几个问题:使用成本较高,二次开发不方便,兼容性差等。为解决此问题,文中基于 DSP 设计一种果蔬包装机控制系统,详细阐述控制系统软硬件设计,并进行实验研究。

1 果蔬自动包装机

果蔬自动包装机结构见图 1,主要包括送膜装置、送料装置、制袋成型器、抚平机构、纵向封合装置、横向封切装置以及输出机构等。其中送膜装置主要包括卷膜辊、导向辊、张紧轮、牵引输送机构,可实现

包装膜的稳定、恒速供给。送料装置主要包括传送链条、链轮、张紧轮、拨叉等,可避免果蔬堆积,实现果蔬定向、准确供给。制袋成型器是果蔬自动包装机比较重要的部件,可实现包装薄膜成型。纵向封合装置可实现已成型包装薄膜的纵向封边,通常采用辊式结构;另外,该结构还具有拉膜作用。横向封切装置可实现包装膜定长横封、切断。

包装过程中,送膜和送料同时进行,制袋成型器将平面薄膜制成筒状袋体;在送料装置的拨叉推动下,果蔬被送入已成型的筒状包装袋体内;拉膜牵引机构、抚平机构会将包装半成品压紧并持续向前推送;由纵向封合装置完成纵向热封;然后,由横向封切装置完成横向热封以及切断;由输出机构将成品输出。

包装机的送膜轴、送料轴、横封轴必须同步运动;通过色标传感器、接近开关分别对送膜、送料、横封位置进行检测;然后将所采集信号传送至控制器中;基于多轴同步控制算法实现三轴同步运动,完成高精度包装。

参照常用包装机结构和特点,果蔬自动包装机结构和工艺流程见图 1。

2 硬件系统设计

参考上述果蔬包装机结构和包装工艺流程,选用了一种结合触摸屏和 DSP 的控制系统,其整体结构见图 2。

该控制系统包括触摸屏、DSP 控制模块、温度控制模块、IO 信号采集模块以及伺服驱动系统。其中,触摸屏用于开发人机交互界面,用于设置包装参数,监控包装机实时运行状况。DSP 作为控制核心,一是与触摸屏通信,接收包装参数生成控制指令;二是控制伺服驱动系统,实现包装机械三轴同步控制。温度控制模块,用于纵封和横封温度控制。IO 信号采集模块,用于采集色标传感器、接近开关的信号。伺服驱动系统,驱动各轴电机完成相应动作。

2.1 上位机

触摸屏适用于不同类型控制器,通信接口简单且支持常用通信协议,是一种直接、方便、快捷的人机交互方式。总体来说,触摸屏不仅是整个控制系统同外部交流的窗口,而且是保证整个系统稳定运行的关键。在实际工作过程中,操控者可以通过触摸屏输入工艺参数和控制指令,也可以实时监控设备运行情况。

考虑到包装机的工作环境比较恶劣,在兼顾实用性和成本的同时,需要保证设备能够稳定可靠运行,所以该控制系统的触摸屏型号为 EVIEW MT6500T 系列。

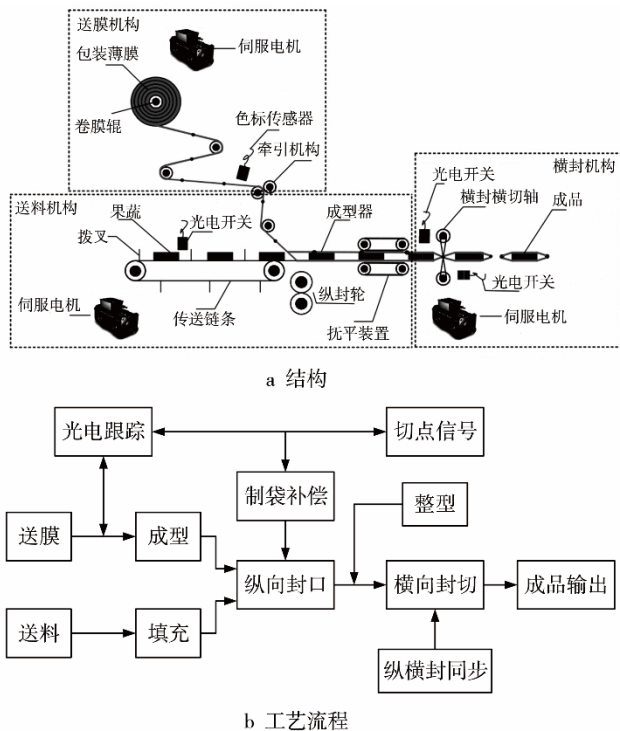


图 1 果蔬自动包装机结构和工艺流程

Fig.1 Structure and technological process of automatic fruit and vegetable packaging machine

MT6500T 系列触摸屏支持 RS232/RS485 通讯, 总共 3 个串口;除自身存储外,扩展存储支持 U 盘和 SD 卡,最大可到 2 GB;支持 32 位 RISC 超快处理速度。经实际使用验证,该款触摸屏的可操作性、可靠性较高,能够满足果蔬包装机的工作要求。

2.2 下位机

下位机是整个果蔬包装机的控制核心,主要功能就是实现包装机各轴的同步运动控制。首先,从触摸屏处获取包装工艺参数;然后分析计算求解脉冲控制参数,并将控制参数发送给各伺服驱动器,如此可确保果蔬包装机各执行机构的协调运动。另外,利用色标传感器、接近开关以及编码器,将送膜轴、送料轴、横封轴的实际位置反馈给运动控制器,通过脉冲个数分析运动偏差并进行位置补偿,进而实现闭环控制。

鉴于果蔬包装机的运动控制需求,基于 DSP 设计了一种多轴运动控制器。核心控制器选用 DSP56F807,是一种 16 位可编程数字信号处理器;外围电路主要包括:串口通信模块,可实现同触摸屏的通信;GPIO 模块,用于接收按钮、色标传感器、

接近开关的触发信号; Counter 模块,实现伺服电机控制; PWM 脉宽调制模块,实现加热装置温度控制;模数转换模块,获取热电偶模拟信号并将其转换为数字信号;CAN 总线,实现电磁阀、信号灯的控制;相位检测器,获取编码器信号;其他接口,例如 JTAG 等。

总体来说,该控制器适合多电机的同步控制,可用于果蔬包装机的自动控制。

3 软件设计

果蔬包装机软件设计包括两部分,即上位机程序设计和下位机程序设计。果蔬包装机人机界面结构见图 3,可以划分为初始界面、操控界面、报警界面 3 个部分。其中,初始界面用于果蔬包装机信息显示、系统语言选择等。操控界面主要包括:参数设置,例如包装速度、包装袋长、横封温度、纵封温度等;手动操作选择,例如膜进、膜退、刀进、刀退、纵封开、纵封合等;运行监控画面等。报警界面可查看当前报警记录和历史报警记录。

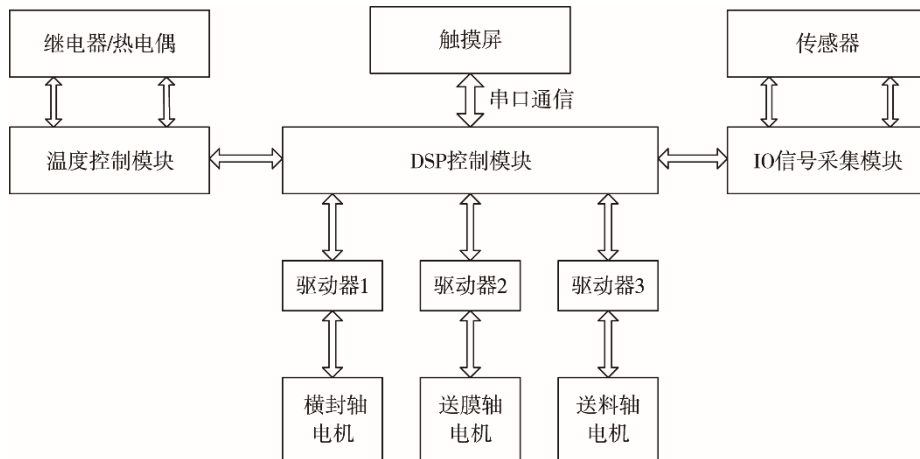


图 2 控制系统结构
Fig.2 Control system structure

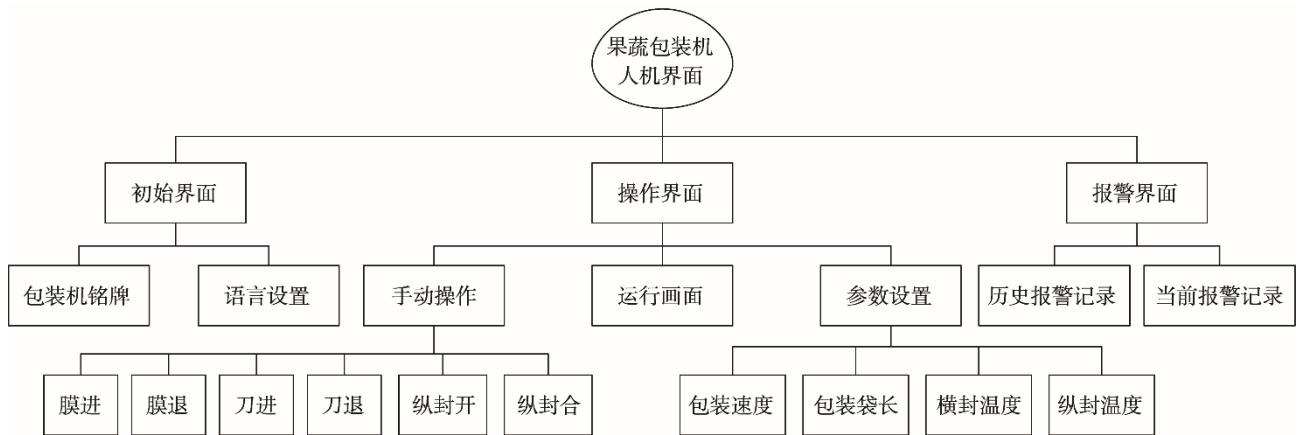


图 3 人机界面结构
Fig.3 Human-machine interface structure

在果蔬包装过程中，为提高包装效率和包装质量，必须确保下位机程序运行的稳定性。首先，确定果蔬、包装膜是否准备完毕以及纵封横封温度是否设定。然后，进行参数设置并进行功能选择，此时包装机开始工作，按照预定程序实现 3 轴同步控制，以完成送料、送膜、封切、成品输出等工序。最后，监测包装袋数，决定是否停止工作。控制系统主程序流程图见图 4。

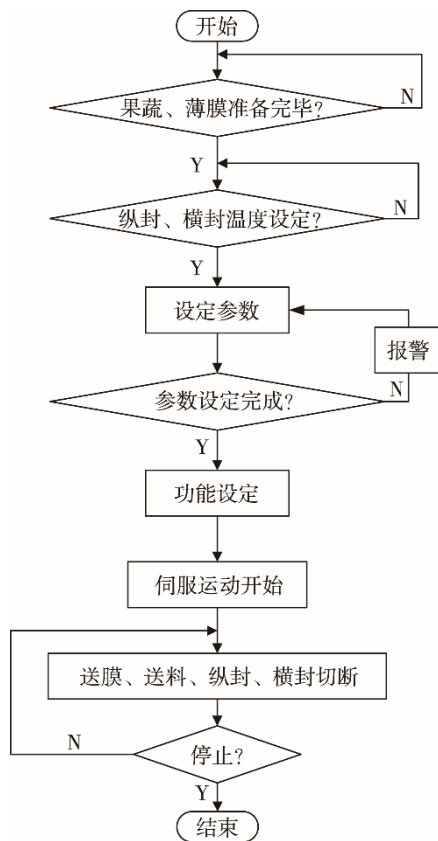


图 4 控制系统主程序流程
Fig.4 Control system main program flow

4 实验与分析

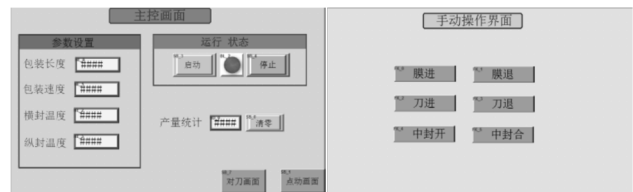
为验证所述控制系统的可行性和有效性，以传统果蔬包装机为平台对其进行改进，并进行实验研究。原包装机采用变频器+异步电机+链条传动的方式，改进后，去掉复杂的传动机构的同时使用文中所述控制系统，包装机各轴由伺服电机单独控制。果蔬包装机和监控界面见图 5。

包装物料体积为 200 mm×130 mm×80 mm；包装袋长设定为 300 mm；包装速度为每分钟 160 袋；判定标准可选择包装效率、包装外观。对比原果蔬包装机同改进后包装机械的包装效果。实验结果见表 1。

由实验结果可以看出：1000 袋产品包含次品 20 袋，其中有 4 袋出现露包情况，即包装不完整；16 袋外观不良，即包装袋出现褶皱等问题；良品数能够达



a 果蔬包装机



b 监控界面

图 5 果蔬包装机和监控界面
Fig.5 Fruit and vegetable packaging machine and monitoring interface

表 1 包装效果实验结果
Tab.1 Test results of packaging effect %

测试项目	不良品		良品率
	露包率	外观不良率	
原设备	5.5	4.5	90
改进设备	0.4	1.6	98

到 980 袋，良品率高达 98%；与原包装机械相比，良品率大幅度提高。整个包装过程，计数十分准确，包装机运行平稳性较好，测试不良率满足包装要求。实验结果表明，果蔬包装机控制系统运行稳定、包装效率高、整体性能良好。

5 结语

以果蔬包装机械为研究对象，在介绍三伺服全自动包装机械的基础上，基于 DSP 控制器设计了一种果蔬包装机控制系统。重点论述了控制系统硬件结构。软件方面，则着重阐述了上位机界面结构以及控制系统主程序设计流程。实际包装效果表明，果蔬包装机控制系统运行稳定、包装效率高、整体性能良好，可用于提高果蔬包装质量，减少人工操作，避免二次污染。

参考文献：

[1] 杜巧连, 陈旭辉, 舒柏和. 自动化包装机械控制系统的设计方法研究[J]. 机械管理开发, 2015, 30(6): 27—32.
DU Qiao-lian, CHEN Xu-hui, SHU Bai-he. Study on the Design Method of Packaging Machinery Automation Control System[J]. Mechanical Management and

- Development, 2015, 30(6): 27—32.
- [2] 刘祎, 李虹, 李瑞琴, 等. 现代包装机械设计质量综合评价体系研究[J]. 包装工程, 2015, 36(21): 75—79.
LIU Yi, LI Hong, LI Rui-qin, et al. Comprehensive Evaluation System for the Design Quality of Modern Packaging Machinery[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(21): 75—79.
- [3] LIU R, SUN J Z, LUO Y Q, et al. Research on Multi-motor Synchronization Control Based on the Ring Coupling Strategy for Cutter-head Driving System of Shield Machines[J]. Applied Mechanics and Materials, 2011, 52/53/54: 65—72.
- [4] 康瑞芳, 刘鑫. 基于 DSP 全自动食品包装机控制系统设计[J]. 控制工程, 2017, 24(2): 336—340.
KANG Rui-fang, LIU Xin. Motion Analysis and Control System Design for Automation Packaging Machine[J]. Control Engineering of China, 2017, 24(2): 336—340.
- [5] CHEN C S, CHEN L Y. Cross-coupling Position Command Shaping Control in a Multi-axis Motion System[J]. Mechatronics, 2011, 21(3): 625—632.
- [6] 彭泽光, 陈忠, 许美强, 等. 制袋机连续送料嵌入式控制系统开发[J]. 机电工程技术, 2014, 43(3): 45—46.
PENG Ze-guang, CHEN Zhong, XU Mei-qiang, et al. Development of Embedded Control System for Continuous Film Feeding of Bag-Making Machine[J]. Mechanical & Electrical Engineering Technology, 2014, 43(3): 45—46.
- [7] 蔡旭明. 基于全自动包装机 PLC 的优化设计[J]. 机电工程技术, 2012, 41(7): 31—34.
CAI Xu-ming. Optimization Design of the Full Automatic Packaging Machine Based on PLC[J]. Mechanical & Electrical Engineering Technology, 2012, 41(7): 31—34.
- [8] 卫光, 郭坤. 三伺服枕式包装机电子凸轮控制系统的应用[J]. 包装与食品机械, 2012, 30(6): 57—59.
WEI Guang, GUO Kun. The Research and Implementation of Electronic Cam of Three-servo Pillow Packaging Machine[J]. Packaging and Food Machinery, 2012, 30(6): 57—59.
- [9] 韩东霖, 薛伟. 基于 STM32 的高速制袋机控制系统设计[J]. 信息技术, 2016(2): 43—46.
HAN Dong-lin, XUE Wei. Design of Making Machine Control System Based on the STM32[J]. Information Technology, 2016(2): 43—46.
- [10] 苏红卫, 支强. 基于 PLC 和触摸屏的果蔬自动包装机控制系统设计[J]. 包装工程, 2018, 39(5): 163—167.
SU Hong-wei, ZHI Qiang. Design of Control System for Automation Fruit and Vegetable Packaging Machine Based on PLC and Touch Screen[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(5): 163—167.
- [11] 王安敏, 鹿虎. 基于 C8051 单片机的电子凸轮的实现[J]. 机械传动, 2010, 34(10): 84—87.
WANG An-min, LU Hu. The Implementation of Electronic Cam Based on C8051 MCU[J]. Journal of Mechanical Transmission, 2010, 34(10): 84—87.
- [12] 邓顺, 周康渠. 基于 DSP 的焊接机器人控制算法研究与仿真设计[J]. 重庆工商大学学报(自然科学版), 2017, 34(1): 87—93.
DENG Shun, ZHOU Kang-qu. Research and Simulation of Control Algorithm Design of Welding Robot Based on DSP[J]. Journal of Chongqing Technology and Business University (Natural Science Edition), 2017, 34(1): 87—93.
- [13] 柏淑红. 采用伺服电机的电子凸轮控制系统设计[J]. 机电工程, 2012, 29(6): 689—692.
BAI Shu-hong. Design of Electronic Cam Control System Based on Servomotor[J]. Journal of Mechanical and Electrical Engineering, 2012, 29(6): 689—692.
- [14] CHEN C S, CHEN L Y. Cross-coupling Position Command Shaping Control in a Multi-axis Motion System[J]. Mechatronics, 2011, 21(3): 625—632.
- [15] 殷红, 董海棠, 汪净, 等. 纸纱复合制袋机控制系统设计[J]. 自动化仪表, 2012, 33(3): 24—27.
YIN Hong, DONG Hai-tang, WANG Zheng, et al. Design of the Control System for Compound Paper-yarn Bag-making Machine[J]. Process Automation Instrumentation, 2012, 33(3): 24—27.