

基于多控制器的包装生产线控制系统设计

杨新顺

(重庆化工职业学院, 重庆 401220)

摘要: **目的** 为了提高包装生产线的自动化程度, 以袋式包装生产线为研究对象, 结合工控机、运动控制卡、PLC 设计一种控制系统。**方法** 袋式包装生产线的主要结构包括封合切分、喷墨打码、放袋、定量下料等装置, 以工控机为核心, 搭建相应的控制系统, 整合生产线内各驱动器、传感器, 使其具有数据处理、信号监控、轨迹规划等功能。同时给出软件设计方法, 基于遗传算法讨论系统平衡问题, 并进行试验验证。**结果** 基于所述控制系统的包装生产线可靠性较高, 合格率达到 99.9%。**结论** 该包装生产线控制系统能够满足自动化生产需求。

关键词: 包装生产线; 袋式包装; 多控制器; 系统平衡分析

中图分类号: TB486; TP273 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)11-0165-05

Control System Design for Packaging Production Line Based on Multi-controller

YANG Xin-shun

(Chongqing Chemical Industry Vocational College, Chongqing 401220, China)

ABSTRACT: The work aims to design a control system in combination with industrial personal computer, motion control card and PLC, with bag packaging production line as research object, so as to improve the automation degree of packaging production line. The main structure of bag packaging production line included many devices, such as sealing segmentation, inkjet printing, bag-putting, quantitative dumping and so on. With industrial personal computer as the core, the corresponding control system was built, and the drivers and sensors in the production line were integrated, so that it had the functions like data processing, signal monitoring and trajectory planning. The software design method was also given. Finally, the system equilibrium problem was discussed based on genetic algorithm and the test verification was carried out. The packaging production line based on the described control system was of high reliability and its qualification rate was 99.9%. It is concluded that the control system of such packaging production line can meet the demand of automatic production.

KEY WORDS: packaging production line, bag packaging, multi-controller, system equilibrium analysis

袋式包装广泛应用于化肥、食品、调味料、饲料、干燥剂、医药等, 该包装形式深受各行业用户的欢迎^[1-2]。所谓袋式包装是一种利用比较柔软的包装材料制成包装袋, 并填充流动性或半流动性物料的包装形式^[3]。目前, 我国包装机大多普及了智能控制器或智能控制仪表^[4]。与德国、美国、日本等发达国家相比, 国内包装行业存在包装产品规格单一、包装生产线功能单一、适应性不足等缺点, 无法做到一条生产线共用多种智能仪表、关键部件可试用不同包装规格的要求^[5-9]。随着产品多样化、交货期日益缩短、生产利润日益减少等因素的影响, 国内传统包装生产模

式已无法满足社会发展的要求。

为解决此问题, 针对某产品不仅要大规模生产, 而且需要对其进行包装、计数, 所以设计一套全自动包装生产线就显得尤为重要^[10]。近年来, 一些学者在此方面做了一些研究, 例如: 姜卫国等提出包装生产线要满足市场需求, 以模块化设计为主^[11]; 徐丽萍等则以柔性部件为基础, 构建广义模块化产品^[12]。全自动化包装生产线不仅能够提高包装效率、包装质量, 而且可以降低工人的工作强度。将自动化技术与包装机械相结合, 提高其智能化、模块化、集成化水平有利于推动我国包装行业自动化程度向国际水平发

展^[13]。在现有研究的基础上,文中以袋式包装生产线为研究对象,结合工控机、运动控制卡、PLC,整合生产线中各传感器、驱动器设计一种控制系统,并进行可靠性分析。通过试验验证该控制系统的有效性。

1 袋式包装生产线

袋式包装生产线主要由放卷装置、封合与切分装置、喷墨打码装置、放袋和送袋装置、定量下料装置、自动计数器、控制器和人机界面等组成。工艺流程为:放卷装置将包装材料传送至热封合装置处,封边的同时可利用热封合装置上方的喷墨打码装置实现打码;根据光标实际检测袋长利用切分装置实现分割;由吸盘拾取包装袋并通过送袋装置将包装袋放置在出料阀门下;物料经定量下料装置称量之后放入包装袋;经整理后,然后进行封口;通过传送带将成品传送至自动计数器。为提高包装生产线的灵活性、通用性、适用性,着重介绍如下几个模块。

1) 封合与切分装置。为解决传统封合切分模块柔性不足的问题,文中利用光标定位、袋长认定、封合温度控制、封合间距调整等来实现不同规格的制袋功能。总体来说,封合装置主要由封合块、步进电机、热流体传热管等组成。其中封合块具有多组,大体可分为2类,即竖向封合块和横向封合块。竖向封合块可实现包装袋的边封或背封;横向封合块,可实现包装袋的上封、下封、切分。由于包装袋尺寸不同,所以封合块的间距可以自动调整。另外,不同包装袋材质对应不同封合温度,可通过上位机设定。包装袋规格和封合温度由上位机界面输入,PLC则可以自动计算封合块的位置,进行光标定位、袋长确认,可将包装材料制成不同规格的包装袋,实现柔性制袋功能。

2) 喷墨打码装置。该装置安装在封合切分装置顶部的支架上,主要包括硬件系统和软件系统等2部分。其功能为根据包装袋规格,通过驱动板控制喷头开关和运动来实现整个喷墨打印过程。

3) 放袋装置。放袋的前提是取袋,不过传统的取袋系统功能比较单一,文中将真空吸盘设计成3吸盘的形式。3个吸盘位于同一平面内,中间吸盘固定在导轨中间位置,两边吸盘可沿导轨移动。3个吸盘的间距能够根据包装袋的袋宽进行调整,以适应不同规格的包装袋,故可提高取袋可靠性。

4) 定量下料装置。该装置的主要部件是定量下料器,其称量模块为失重秤。虽然包装材料的规格不同,但只要数量级相差不大,在可测量范围内,就不需要调整失重秤机械结构。根据生产要求,通过远程控制设定包装质量,失重秤即可实现定量下料功能。

2 控制系统设计

2.1 硬件设计

全自动袋式包装生产线结合工控机、运动控制卡、PLC搭建控制系统,以便进行数据处理、信号监控、轨迹规划等^[14],硬件结构见图1。

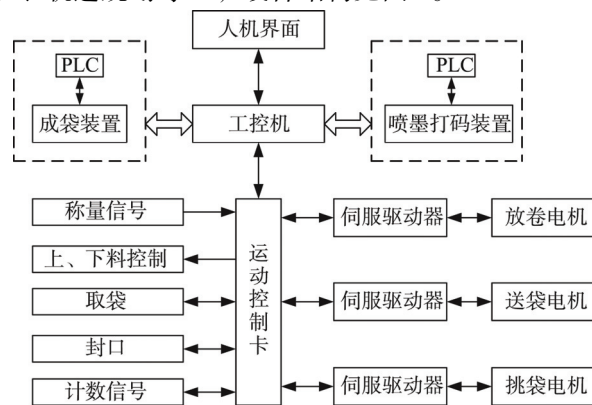


图1 控制系统硬件结构

Fig.1 Hardware diagram of control system

工控机主要负责人机界面管理以及工作过程实时监控。另外,工控机向运动控制卡发送控制指令;运动控制卡接收到控制指令,完成绝大多数运动控制,包括脉冲和方向信号输出、电机加减速控制、路径规划、信号检测、逻辑控制等。成袋装置和喷墨打码装置控制过程相对比较复杂,可使用PLC单独控制。

运动控制卡向放卷、送袋、挑袋电机驱动控制器发送脉冲指令,完成各电机速度、方向控制;同时接收各电机伺服编码器的反馈信号,完成精确运动控制。运动控制卡接收称重传感器信号,并完成上料、下料控制;同时接收光电定位信号,实现取袋、封口控制以及接收计数信号,完成袋数统计。根据包装规格,PLC控制成袋装置实现横封、纵封、切分等功能;控制喷墨打码装置实现喷头开关和运动控制。

2.2 软件设计

控制软件基于模块化思想,面向对象进行设计^[15-16],包装生产线控制流程见图2。包装生产线具有2种工作模式,即自动模式和手动模式。自动模式下,首先打开料仓阀门并下料;通过称量装置进行称量,利用称量传感器检测质量是否达标并准备下料。同时,喷墨、封合装置预热,并检测封合温度是否达标、喷码是否充足。放卷装置将包装材料送至封合、切分装置处,检测放卷是否到位。如果到位,则进行边封、底封、喷码、切分等一系列操作。然后,进行取袋、送料、挑袋等操作。此时,下料已准备好,打开下料阀门并下料。经整理后,依次进行封口、计数等工序,直到包装完成。

为了保证包装规格可调,均可在线调整封合间

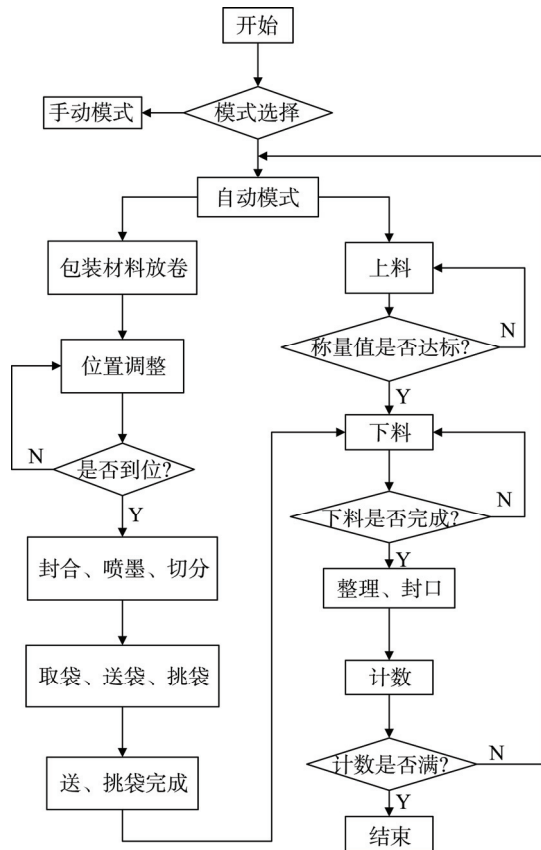


图 2 生产线控制流程
Fig.2 Production control process

距、封合温度、吸盘间距、电机速度、包装质量、包装数量。另外，在封合切分装置、喷墨打码装置、放袋装置、下料装置等工位处设有报警器，当出现切刀不到位、缺墨、缺袋、缺料时会报警提示。在传送带处装有光电计数器，以便于统计。

3 生产线系统平衡分析

生产线各工序之间的效率损失、半成品过度饱和容易降低生产效率，为实现设备利用率最大化的目标，文中基于遗传算法讨论生产线系统的平衡问题。可定义生产线中自动完成包装动作的包装设备为工作站，其数目用 N 表示，第 k 个工作站的作业时间为 t_k ；加工相邻 2 个产品的时间间隔为生产节拍，用 t 表示；最小作业单元，如喷墨、切分、封口等为作业元素。定义 2 个评价指标——各工作站之间工作过程的平衡程度，即生产平衡率，可用 P 表示：

$$P = \frac{\sum_{k=1}^N t_k}{N t_{k \max}} \times 100\%$$

(1)

平滑系数可用 S_1 表示：

$$S_1 = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^N (t - t_k)^2}{N}}$$

(2)

结合全自动袋式包装生产线的特点，针对平衡问题，设计了如下遗传算法。

- 1) 分析袋式包装生产线的系统平衡问题，根据各作业元素之间的优先关系，计算约束矩阵，为实现设备利用率最大化目标，确定个体适应度函数。
- 2) 选择染色体的编码和解码形式，在约束矩阵的制约下，基于随机法实现某群体（大小为 M ）的初始化。
- 3) 以第 n 代种群为基础，利用交叉、变异概率随机选取部分染色体进行交叉、变异操作，进而生成新个体。
- 4) 计算第 n 代种群、新个体的适应度，根据其大小排序，选取前 M 个作为第 $n+1$ 代种群。
- 5) 重复步骤 3) 和 4)，直至得到最大迭代次数，并输出结果，计算生产平衡率和平滑系数，如此即可实现生产线的平衡优化，算法流程见图 3。

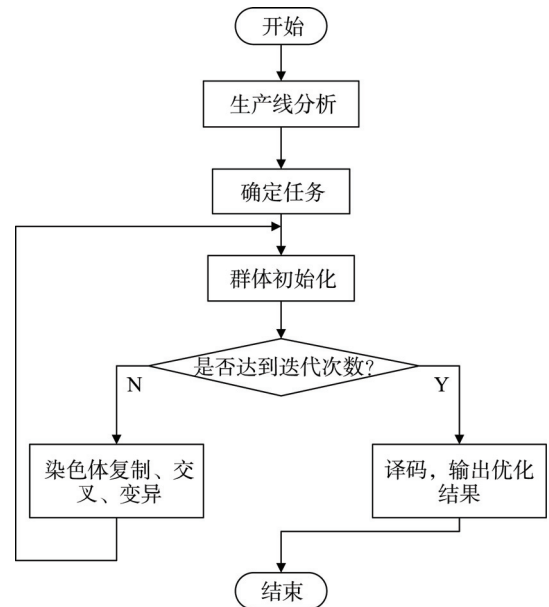


图 3 遗传算法流程
Fig.3 The genetic algorithm process

4 试验验证

经过多次改进和调试，试制试验样机。首先，通过生产线系统平衡分析，确定各工序的加工参数参考范围；然后，确定系统包装参数，主要包装参数设定如下：包装袋长 90 cm，包装带宽 30 cm，称量定量 50 kg，封合温度 120℃，吸盘间距 10 cm，包装总数 12 345 袋。主操作界面和自动运行界面分别见图 4—5，图 6 中 1—8 号为生产线上的速度监测点。试验过程稳定、精确且包装速度较快，仅有 3 袋未完成包装，成功率为 99.9%。经分析，失败原因在于：其中 2 袋放卷不到位，导致横封、纵封不理想，直接进去废料箱；其中 1 袋则是整理后不平整，无法完成封口，需

要进行二次封口。试验结果表明,所述包装生产线控制系统能够满足全自动化生产的需求。



图 4 主操作界面

Fig.4 The main interface

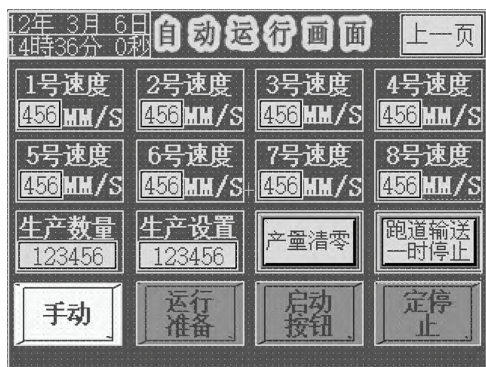


图 5 自动运行界面

Fig.5 Automatic operation interface

5 结语

包装生产线在化工、食品等行业的应用十分广泛,但其自动化、模块化、集成化水平依旧不高。文中以袋式包装生产线为研究对象,在生产线柔性设计、控制系统设计、可靠性分析等方面展开工作。特别是控制系统设计方面,以工控机、运动控制卡、PLC为控制核心,实现了整条包装生产线系统的自动化控制。柔性设计和控制系统设计对包装生产线集成柔性化、智能化具有一定指导意义,具有可诊断性和高效性。

参考文献:

- [1] 刘成龙,李丽娟,程国清.全自动袋式包装生产线规格的柔性设计[J].包装工程,2016,37(19):152—157.
LIU Cheng-long, LI Li-juan, CHENG Guo-qing. Flexibility Design for Specification of Automatic Bag Packaging Production Line[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(19): 152—157.
- [2] 贺兵,刘扬.模块化设计在包装机械设计中的应用

[J]. 包装工程, 2008, 29(10): 140—142.

HE Bing, LIU Yang. Application of Modular Design in Packaging Machinery Design[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(10): 140—142.

- [3] 郝玉龙,徐泰燕.现代包装机械设计方法[J].湖南包装,2011(3):23—25.

HAO Yu-long, XU Tai-yan. Mechanical Design Methods of Modern Packaging[J]. Hunan Packaging, 2011(3): 23—25.

- [4] 李本红,陈小军.基于PLC和触摸屏的食品包装自动化生产线控制系统设计[J].机电工程技术,2014,43(1):9—13.

LI Ben-hong, CHEN Xiao-jun. Food Packaging Automatic Production Line Control System Design Based on PLC and Touch Screen[J]. Mechanical & Electrical Engineering Technology, 2014, 43(1): 9—13.

- [5] 张志远,毕海深,赵宝光.一种全自动软袋物料再包装生产线的设计[J].制造业自动化,2013,35(1):128—131.

ZHANG Zhi-yuan, BI Hai-shen, ZHAO Bao-guang. The Design of Automatic Soft Bag Materials Secondary Packaging Production Line[J]. Manufacturing Automation, 2013, 35(1): 128—131.

- [6] SEEBACHER G, WINKLER H, SEEBACHER G, et al. A Citation Analysis of the Research on Manufacturing and Supply Chain Flexibility[J]. International Journal of Production Research, 2013, 51(11): 3415—3427.

- [7] 李晓芳,闫其顺,罗杰.一种多规格袋装机料管结构的设计方案研讨[J].科技创新导报,2013(26):96—98.

LI Xiao-fang, YAN Qi-shun, LUO Jie. The Many Specifications of Bag Installed Tube Structure Design Plan for Discussion[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2013(26): 96—98.

- [8] MICHALOS G, MAKRIS S, PAPAKOSTAS N, et al. Automotive Assembly Technologies Review: Challenges and Outlook for A Flexible and Adaptive Approach[J]. Journal of Manufacturing Science and Technology, 2010, 2(2): 81—91.

- [9] 张继红.包装机械的创新设计必须面向机电一体化技术[J].包装工程,2004,25(4):112—113.

ZHANG Ji-hong. The Creative Design of Packing Machine must Face to the Machatronics Technology[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(4): 112—113.

- [10] 杨阳.现代包装产业发展向智能化迈进[J].中国包装工业,2012(16):18—20.

YANG Yang. The Modern Packing Industry Development Makes Great Strides Forward to the Intellectualization[J]. China Packs the Industry, 2012(16): 18—20.

- [11] 姜卫国, 李全华, 李怀刚, 等. 基于市场需求的工业炸药自动中包生产线的模块化设计[J]. 爆破器材, 2010, 39(6): 30—33.
- JIANG Wei-guo, LI Quan-hua, LI Huai-gang, et al. Modular Design of the Explosive Auto-packaging Line Based on Market Demand[J]. Explosive Materials, 2010, 39(6): 30—33.
- [12] 徐丽萍, 徐燕申, 卢志永, 等. 基于柔性元结构的广义模块化产品族建模及其应用[J]. 机械工程学报, 2004, 15(18): 1654—16567.
- XU Li-ping, XU Yan-shen, LU Zhi-yong, et al. Modeling of General Modular Product Family and Applications Based on Flexible Unit Structure[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2004, 15(18): 1654—1657.
- [13] 李如虎. 全自动柚子包装生产线的研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2011.
- LI Ru-hu. Research of Full-automatic Packaging Production Line for Pomeloes[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2011.
- [14] JOONGMIN S, BRUCE H, ELLIOT R, et al. Active Packaging of Fresh Chicken Breast, with AITC in Combination with Modified Atmosphere Packaging(MAP) to Control the Growth of Pathogens[J]. Journal of Food Science, 2010, 75(2): 65—71.
- [15] SAVORNIN B, BAILLIN X, BLANQUET E, et al. New Method to Evaluate Materials out Gassing Used in MEMS Thin Film Packaging Technology[J]. Micro-electronic Engineering, 2013, 10(7): 258—265.
- [16] 胡杰. 高速包装机器人设计及可靠性研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2012.
- HU Jie. Design and Reliability Research of the High-Speed Packaging Robot[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2012.