

基于 PLC 的盒饭包装饭菜计量控制系统

刘国满, 盛敬, 洪志锋

(南昌工程学院 江西省精密驱动与控制重点实验室, 南昌 330099)

摘要: **目的** 提高盒饭包装饭菜计量控制系统分发饭菜份量的准确性和盒饭打包的效率。**方法** 提出一种基于 PLC 的盒饭包装饭菜计量控制系统, 该系统可在盒饭包装过程中对饭菜进行较准确的计量和分配。**结果** 通过组态软件对该基于 PLC 的饭菜计量控制系统进行仿真和验证, 其结果达到了预期, 加快了盒饭包装的效率, 并提高了包装的智能化水平。**结论** 该基于 PLC 的盒饭包装饭菜计量控制系统, 可以较好地控制盒饭中饭菜的质量, 相比现有盒饭包装方法可大大提高盒饭的包装效率, 保证了每个盒饭中的饭菜份量, 节约了人力成本。

关键词: PLC; 盒饭包装; 称量传感器; 计量控制; 组态技术

中图分类号: TB486⁺.3; TP272 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)21-0022-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.21.005

Food Measurement Control System for Packed Meals Based on PLC

LIU Guo-man, SHENG Jing, HONG Zhi-feng

(Jiangxi Key Lab of Precise Drive and Control, Nanchang Institute of Technology, Nanchang 330099, China)

ABSTRACT: The work aims to improve the accuracy of distributed food amount of food measurement control system for packed meals and the packaging efficiency. A kind of food measurement control system for packed meals based on PLC was proposed, which could measure accurately and distribute the amount of food in the process of packaging the meals. The food measurement control system based on PLC was simulated and validated by configuration software. The simulation and validation achieved the desired results, accelerated the packaging efficiency and improved the intelligent level of the packaging. The food measurement control system for packed meals based on PLC may control the amount of food in lunch box very well. Compared to the current boxed lunch packaging method, it can greatly improve the packaging efficiency of boxed lunch, ensure the food amount in each boxed lunch and save the manpower costs.

KEY WORDS: PLC; packed meals; weighing sensors; measurement control; configuration technology

随着人们生活节奏的加快, 当前很多工薪阶层人员由于工作繁忙, 没有充足时间来做饭, 大多选择购买快餐盒饭。当前盒饭中的饭菜配置和包装, 主要通过人工方式进行, 严重地影响到盒饭打包的效率, 另外, 各个盒饭饭菜份量也差别较大, 会影响盒饭的质量。基于以上两点, 拟提出一种基于 PLC 的盒饭包装饭菜计量控制系统, 来对盒饭中的饭菜进行较准确的测量, 以保证盒饭的质量和盒饭打包的效率, 减少人力成本。

1 系统整体结构

设计的称量计量系统主要分成三大部分, 即饭菜

贮藏模块、称量模块和饭菜下发模块。饭菜贮藏模块中, 还包括饭菜混合搅拌模块, 防止饭菜中成分分布不均匀。在贮藏模块的下端设置一个开关控制电磁阀, 根据称量模块所称饭菜质量的大小和所设定的饭菜质量之差占设定饭菜质量的百分比不同, 进行电磁阀开度大小调节, 尽量实现饭菜较准确的测量。另外, 为了实现盒饭中菜肴的多样性, 可以在盒饭包装系统中将各种不同菜肴分别放入不同的储存器, 当用户选择不同盒饭时, 则通过运输传送带将打包的饭盒停在不同菜肴的储存罐下, 实现盒饭中菜肴的多样化。另外, 为了提高盒饭包装的效率, 尽量将同一类型的盒饭套餐, 选择同一时刻通过流水线的方式进行盒饭中

收稿日期: 2018-08-08

基金项目: 国家自然科学基金 (51865031); 江西省教育厅科技项目 (GJJ170989)

作者简介: 刘国满 (1975—), 男, 南昌工程学院讲师, 主要研究方向为人工智能和工业自动化。

饭菜的分配和计量,并在流水线最后一个环节对饭盒进行封装和打包。这样可以避免盒饭饭菜分配控制系统因套餐内菜种类的不一样,而不停来回更换控制程序,影响盒饭自动包装的效率。

2 电磁阀调节原理

系统拟采用闭环自动控制技术来达到饭菜准确称量的目的,而闭环的自动控制必须具有反馈环节,基于反馈以减少系统的不确定性,从而控制系统输出值尽可能接近或等于人们的期望值^[1]。从理论上讲,闭环自动控制可以做到快速、准确,甚至无误差,与开环控制相比具有强大的优越性^[2]。

反馈环节的 3 个要素为测量、比较和执行^[3]。测量被控变量实际值是为了与人们的期望值进行比较,然后利用实际值与期望值的偏差来执行调节控制,并校正系统的实际输出值^[4]。为了实现调节控制过程,目前工程实践中应用最为广泛的一种控制方式是 PID 调节,它是比例 (proportion)、积分 (integral)、微分 (derivative) 调节的缩写^[5]。考虑到盒饭包装中实时迅速的要求,仅采用 PID 调节方式,无法满足实时要求,因此该计量控制系统采用简单闭环控制算法^[6],主要根据称量模块计算出饭菜实时质量与设定的饭菜质量存在的偏差值占设定饭菜质量的百分比,将储存罐下面的电磁阀分成不同的开度大小^[7]。当饭菜实际值与设定值之间的差值占饭菜质量设定值的百分比小于 25%时,则将电磁阀开度大小设定为 50%,若该百分比小于 10%时,则将电磁阀开度自动调节为 25%。

电磁阀调节原理见图 1,其能按照生产工艺要求在生产过程中自动调节不同电磁阀的开度大小,尽量达到饭菜恒定质量的目的。从图 1 可以看出系统

的饭菜流量由饭菜质量偏差与电磁阀开关大小相结合来控制,具有结构简单、稳定性好、工作可靠和调节方便等优点。

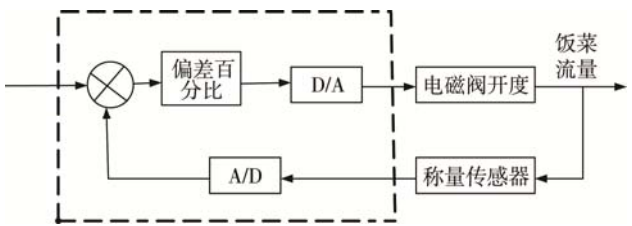


图 1 电磁阀调节流量原理
Fig.1 Flow regulation principle by electromagnetic valve

3 系统硬件选择和设计

该系统主要有称量传感器模拟量的输入和电磁阀开关开度大小模拟量输出,因此采用日本三菱公司 FX2N 系列 FX2N-80MR-001 的 PLC。称量传感器和电磁阀开关都需要模拟信号的输入和输出,而 PLC 的 CPU 只能处理数字信号,因此需要在该系统的设计上添加一个扩展模拟量输入/输出模块,以将传感器的模拟量输出信号转化为数字信号^[8],并根据饭菜实际值与饭菜设定值之间的偏差值占饭菜设定值的百分比,选择不同开度大小,并转化为模拟量输出控制电磁阀开关开度大小。

该系统上模拟量输入/输出扩展模块也考虑了 FX2N 系列产品,选用 FX2N-4AD 和 FX2N-4DA 扩展模块。这 2 个模块都有 4 个 12 位的模拟量通道^[9],符合该系统的设计要求。

4 I/O 分配

PLC 控制分配见表 1。

表 1 PLC 控制 I/O 分配
Tab.1 PLC control I/O distribution

输入		输出	
开始按钮SB0	X1	电磁阀开关	Y0
停止按钮SB1	X2	饭菜设定值与实际值的偏差值	D100
传感器模拟量输入	FX2N-4AD	模拟量输出信号	FX2N-4DA
称量传感器设定值	D0, D1	偏差值占设定值百分比	D102
称量传感器测定值	D10, D11	电磁阀开度大小的值	D105

5 主要 PLC 控制程序

5.1 A/D 模拟量输入程序

称量传感器的称量范围为 0~1 kg,先将称量传感器的质量信号转换为 0~10 V 的电压信号,再通过 PLC 的 FX2N-4AD 扩展模块将 0~10 V 的电压信号转换为

0~2047 的数字量信号^[10],并保存在 D10, D11 中。A/D 模拟量输入控制见图 2。

5.2 电磁阀调节控制程序

主要根据称量传动器所测饭菜的实际质量与当前所设定饭菜质量的差值占饭菜设定值的百分比,来

确定电磁阀的开度大小。若设定的电磁阀开度种类越多,其饭菜质量控制就越准确,但会影响到饭菜下发的速度,从而影响盒饭包装的效率。该系统主要采用 4 类电磁阀的开度,分别为 100%, 50%, 25%和 0%,其对应的差值百分比见表 2。

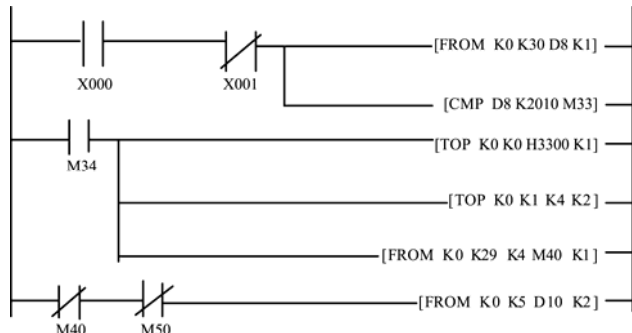


图 2 A/D 模拟量输入控制
Fig.2 A/D analog input control

表 2 差值百分比与电磁阀开度的对应关系
Tab.2 Corresponding relationship between the percentage of difference and the opening of electromagnetic valve

差值百分比/%	电磁阀开度/%
0	关闭
≤10	25
≤25	50
>25	100

根据当前所测定的差值百分比,选择对应电磁阀开度,并将该开度保存在 D105 中,进行后续电磁阀开度的设定,其控制程序见图 3。

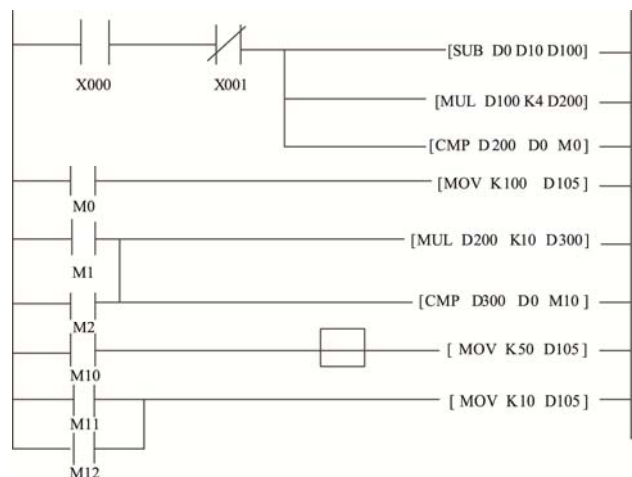


图 3 电磁阀调节控制
Fig.3 Electromagnetic valve regulation control

5.3 D/A 模拟量输出程序

将 D105 所保存的电磁阀开度通过 FX2N- 4DA 模块转换为电流或脉冲信号^[11—13],来控制电子阀开度的开度,其控制程序见图 4。

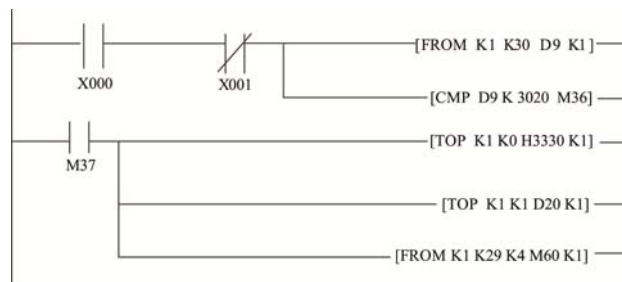


图 4 D/A 模拟量输出控制
Fig.4 A/D analog output control

6 仿真和验证部分

为了验证该控制程序的可实现性和正确性,文中采用组态王软件进行功能的模拟仿真,根据饭菜实际质量与所设定饭菜质量之间的差值占饭菜质量设定值的百分比,来计算出阀门的开度^[14—15]。为了简单模拟盒饭自动包装过程,在应用组态软件仿真中,假定存在 2 种不同的盒饭,每种盒饭中只有 1 种菜,这样需要设定 3 个饭菜储存罐,其中 1 个存储饭,另 2 个存储 2 种不同的菜,通过皮带运输机进行流水作业,其仿真设计见图 5。

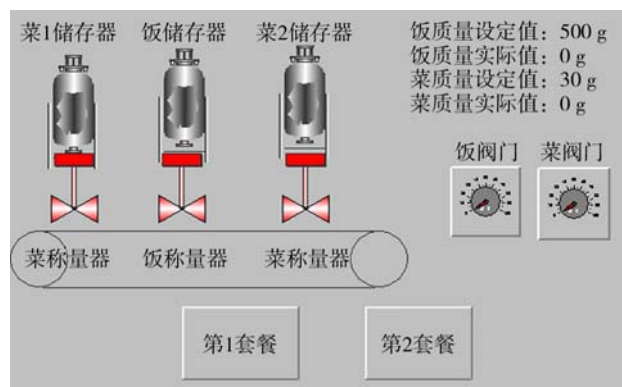


图 5 饭菜自动称量仿真设计系统
Fig.5 Automatic weighing simulation design system for food

图 5 为开始仿真状态,其所有状态都为初始状态,饭和菜的质量设定值分别为 500 g 和 30 g,饭、菜储存罐下面的阀门都为关闭状态,右下方的 2 个指示表用来指示饭和菜阀门的开度大小,当前开度为 0。

客户选定第 1 种套餐后,首先向饭盒加饭,当饭的实际值为 400 g 时,由于该系统采用流水线盒饭打包方式,饭质量实际值与设定值偏差占设定值的 20%,所以其饭阀门开度大约在 50%左右,而 2 个菜阀门开度仍然为 0,见图 6。

当盒饭中饭的质量达到设定值 500 g 时,饭阀门关闭,皮带运输机启动,将盒饭的餐盘移动到菜 1 储存罐下,开始菜 1 的下发测量操作。当称量传感器测定菜质量实际值为 29 g 时,其阀门开度变为 25%,仿真结果见图 7。

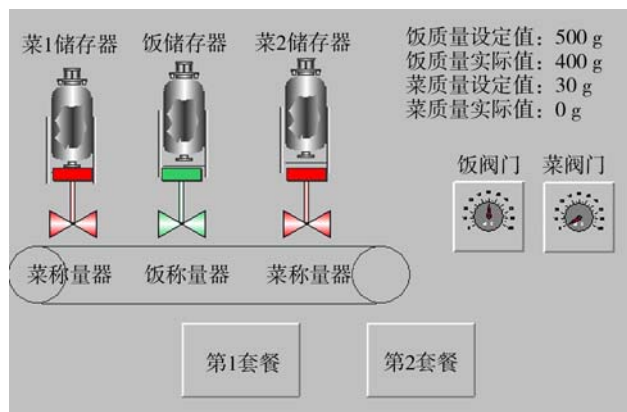


图 6 饭质量实际值为 400 g 仿真结果

Fig.6 Simulation result of actual weight of rice equal to 400 g

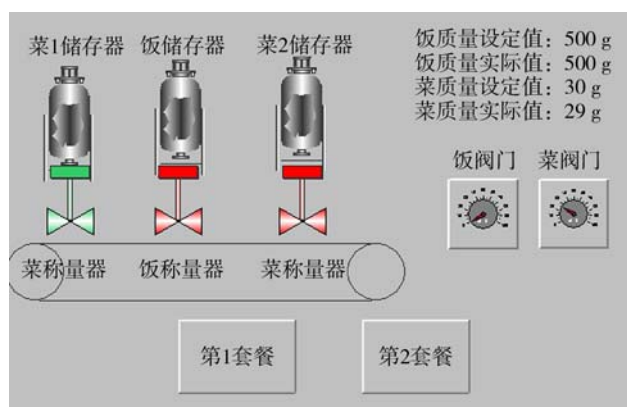


图 7 第 1 套餐菜 1 实际值 29 g 仿真结果

Fig.7 Simulation result of actual weight of vegetable equal to 29 g for of set meal 1

当客户选择第 2 套餐时,其实际仿真结果与选择第 1 种套餐的操作结果相似,只是现在菜阀门开度指示表表示菜 2 储容器下面电磁阀开关的开度。当第 2 种套餐中饭和菜质量的实际值达到了设定值 500 和 20 g 时,饭下放阀门完全关闭,菜 2 电磁阀开度为 100%,见图 8。

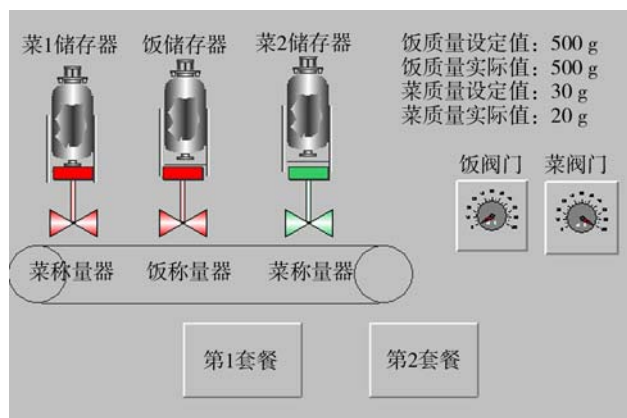


图 8 第 2 套餐菜 2 实际值 20 g 仿真结果

Fig.8 Simulation result of actual weight of vegetable equal to 20 g for of set meal 2

7 结语

采用了一种自动闭环控制算法,通过盒饭中饭菜质量的实际值和设定值之间差值占饭菜质量设定值的百分比,来控制饭菜下放的阀门开度,调节饭菜下放的速度,以便快速且较准确地测量盒饭中饭菜的质量。通过对控制程序的仿真测试,该系统达到了预期的效果。

1) 能快速地自动测量盒饭饭菜的质量,保证了每份盒饭的品质,也加快了盒饭打包的速度。

2) 该饭菜自动称量系统是实现盒饭自动打包系统的一个重要组成部分,有助于盒饭自动打包功能的实现。

3) 采用自动闭环控制算法,可以提高饭菜称量的速度,加快了盒饭称量的效率。

参考文献:

- [1] 赵健, 马西庚. 基于模糊控制的皮带给料式定量包装秤优化控制研究[J]. 电气自动化, 2015, 37(1): 24—26.
ZHAO Jian, MA Xi-geng. Research on Optimization of Feeding Belt Quantitative Packaging Scale Based on Fuzzy Control[J]. Electrical Automation, 2015, 37(1): 24—26.
- [2] 彭博, 钟飞. 基于模糊 PID 控制的粉末包装计量控制系统[J]. 包装工程, 2017, 38(5): 1—6.
PENG Bo, ZHONG Fei. Powder Packaging Metering Control System Based on Fuzzy PID Control[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(5): 1—6.
- [3] 马云飞. 基于 Matlab 的配料皮带称模糊 PID 控制的仿真研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2011.
MA Yun-fei. Research on Simulation of Fuzzy-PID Control for Belt Batching with Matlab[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2011.
- [4] 王述彦, 师宇, 冯忠绪. 基于模糊 PID 控制器的控制方法研究[J]. 机械科学与技术, 2011, 30(1): 166—172.
WANG Shu-yan, SHI Yu, FENG Zhong-xu. A Method of Controlling a Loading System Based on a Fuzzy-PID Controller[J]. Mechanical Science and Technology for Aerospace Engineering, 2011, 30(1): 166—172.
- [5] 郑焱阳, 刘晓悦. 基于模糊自适应 PID 控制的煤粉计量控制系统[J]. 河北联合大学学报, 2016, 38(2): 58—63.
ZHENG Chi-yang, LIU Xiao-yue. Pulverized Coal Measure and Control System Based on Fuzzy Self-adaption PID[J]. Journal of Hebei United University (Natural Science Edition), 2016, 38(2): 58—63.
- [6] 马占有, 田俊忠, 马泽玲. 温度控制系统模糊自适应 PID 控制器仿真研究[J]. 计算机仿真, 2010, 27(10): 160—163.
MA Zhan-you, TIAN Jun-zhong, MA Ze-ling. Emula-

- tion of Fuzzy PID Control in the Temperature Control System[J]. Computer Simulation, 2010, 27(10): 160—163.
- [7] 张俊, 李明. 基于 PLC 的模糊控制器在定量包装秤中的应用[J]. 制造业自动化, 2014, 36(5): 110—112.
ZHANG Jun, LI Ming. Application of Quantitative Packaging Machine Based on PLC Fuzzy Controller[J]. Manufacturing Automation, 2014, 36(5): 110—112.
- [8] 金海旻. 基于 PLC 饲料行业生产线控制系统的设计与实现[D]. 南昌: 南昌航空大学, 2015.
JIN Hai-min. Research and Design of Feed Line Control System Based on PLC[D]. Nanchang: Nanchang Hangkong University, 2015.
- [9] SUZUKI A, MARUYAMA H, SEKI H. Adsorption Characteristics and Optimal Dosage of Flocculants in the Solid Separation of Suspensions[J]. Industrial and Engineering Chemistry Research, 2006, 45(3): 1123—1127.
- [10] WU Yan-xiang, ZHANG Li, ZHANG Chao-jun. The Design and Research of Quantitative Packaging System for Industry Manufacturing Based on PLC[C]// The 3rd International Conference on Industry, Information System and Material Engineering, IISME, 2013.
- [11] 孟凡兴, 李丽娟, 程国清. 热合装置 PLC 温度控制系统研究与开发[J]. 包装工程, 2016, 37(13): 128—133.
MENG Fan-xing, LI Li-juan, CHENG Guo-qing. Research and Development of PLC Temperature Control System of Heating-sealing Device[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(13): 128—133.
- [12] HE J, LIU Q. The Research and Design of the Dynamic Weighting System of Hydraulic Excavator[J]. Micro-computer & Its Applications, 2014, 84(14): 73—74.
- [13] 李金城. 三菱 FX2N PLC 功能指令应用详解[M]. 北京: 电子工业出版社, 2011.
LI Jin-cheng. Mitsubishi FX2N PLC Functional Instruction Application Detailed Solution[M]. Beijing: Electronics and Industry Press, 2011.
- [14] 穆亚辉. 组态王软件实用技术[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2012.
MU Ya-hui. The Practical Technology of Kingview Software[M]. Zhengzhou: The Yellow River Water Conservancy Press, 2012.
- [15] 何淼. 基于顺序控制的供料单元的组态仿真设计[J]. 自动化技术与运用, 2017, 36(3): 81—85.
HE Miao. Configuration Simulation Design of Feeding Unit Based on the Sequence Control[J]. Techniques of Automation & Applications, 2017, 36(3): 81—85.