

# 模糊控制算法在定量包装机中的应用

马丽娟

(西安外事学院, 西安 710077)

**摘要:** 介绍了定量包装的工作原理, 针对动态称重过程的被控对象存在惯性及时滞时变的非线性特性, 设计了基于 ARM 控制器和模糊控制的定量包装自动控制系统, 并介绍了模糊控制算法实现的细节。试验表明, 该系统能较好地实现精准定量包装。

**关键词:** 模糊控制; 定量包装; STM32

**中图分类号:** TB486<sup>+</sup>.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)01-0092-03

## Application of Fuzzy Control Algorithm in Quantificational Packaging Machine

MA Li-juan

(Xi'an International University, Xi'an 710077, China)

**Abstract:** The working principle of quantificational packaging was introduced. According to the inertia and time lag characteristic of packaging process, an automatic control system based on ARM and fuzzy control algorithm was designed, and the detail of fuzzy control was discussed. Verification test results showed that the system can realized precise quantificational packaging.

**Key words:** fuzzy control; quantificational packaging; STM32

定量包装<sup>[1]</sup>就是按照预先设定的质量对物品进行包装, 如食品、化肥、药剂等的包装。定量包装机械的称重单元一般由储料仓、闸门、截料装置、秤体等组成, 定量的精度则取决于截料装置和秤体。由于传统的截料装置一般都在使用前设定好下料速度, 一般分为快、中、慢 3 档, 无法在包装过程中实现动态的精准调节, 从而导致定量不够精确, 无法应用于精准定量包装的场合。由于动态称重过程的被控对象具有惯性、滞后及时变等非线性特性, 为此文中集中讨论模糊控制算法在精准定量包装机控制系统中的应用。

### 1 定量包装机的结构

以颗粒和粉末类物料为例, 定量包装机由储料仓、称重单元、夹袋装置及自动控制系统等组成, 其主体结构见图 1。

储料仓为缓冲式料仓, 用于物料储备并提供一个接近均匀的物料流。下料阀门位于储料仓底部, 由控

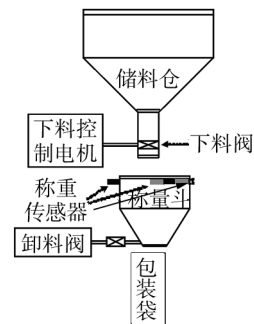


图 1 定量包装机的结构

Fig. 1 Structure of the quantificational packaging machine

制电机控制其开度以决定下料速度, 在称重过程中可提供动态下料速度, 从而保证定量包装机满足计量的准确度要求。在称量斗上方安装 3 个 HBB 波纹管称重传感器, 三者分别成 120°, 完成重量到电信号的转变并传给控制系统。当物料质量达到设定值时, 卸料电磁阀打开, 将物料落入袋中。夹袋装置主要由夹袋机构、气动元件等组成, 作用为夹紧包装袋, 让称重完

收稿日期: 2012-11-04

作者简介: 马丽娟(1979-), 女, 云南水富人, 西安外事学院讲师, 主要研究方向为电气自动化。

毕的物料全部落入包装袋。自动控制系统由称重显示控制器、微控制器、电子元件及控制柜组成,作为控制核心,使整个系统按预先设定的程序工作<sup>[2-3]</sup>。

## 2 定量控制原理

称重传感器检测到的弱电压信号经放大、滤波等调理电路后,进入 16 位 A/D 转换器,核心控制器 STM32 读取 A/D 转换结果并经过数字滤波及运算后变换为质量值,与设定值比较后计算出偏差。采用模糊控制算法计算出当前偏差下需要的下料阀门开度,并将该开度值转换为控制电机的驱动量。这里使用步进电机实现,故最终的控制量为步进电机旋转的角度<sup>[4-5]</sup>。控制系统原理见图 2。

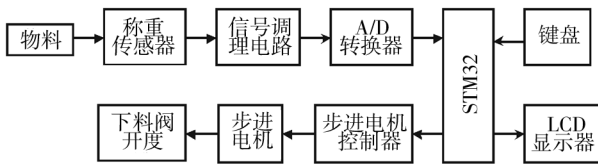


图 2 控制系统原理

Fig. 2 Principle diagram of the control system

为保证包装速度,在定量包装开始后,下料控制电机将下料阀开启到最大开度(步进电机正转 360°)。此时不使用模糊算法,当设定值与实际的物料质量偏差小于某个特定值时,再采用模糊算法来实现精确控制。

## 3 模糊控制算法设计

为了使控制规则易于实现,这里选用二维模糊控制器,以设定质量值和实际质量值的偏差  $E$  及偏差的变化率  $E_c$  作为模糊控制器的输入,并采用绝对式的模糊算法,即阀门开启的程度作为控制器的输出  $U$ ,对应的是步进电机旋转的角度<sup>[6-7]</sup>。

### 3.1 输入量的模糊化

因系统没有将落入称量斗的物料取出的功能,故实际控制过程中偏差  $E$  无负值,偏差变化率  $EC$  只能逐渐减小。

为讨论方便,以 A/D 转换器的结果范围作为偏差  $E$  的实际论域,16 位 A/D 转换器的结果范围是 0 ~ 65 535。因偏差过大时下料阀门采用最大开度而不

用模糊算法,故偏差实际论域取值为 0 ~ 15 000,实际应用时将其乘以特定的系数即可变为相应的质量值。偏差  $E$  的模糊论域取值为 [0, 12]。为了实现在偏差较小时的精准控制,采用非均匀量化<sup>[8]</sup>。偏差  $E$  模糊论域与实际论域的对应关系见表 1。

表 1 偏差  $E$  的实际论域与模糊论域的对应关系

Tab. 1 The relation of  $E$  between actual domain and fuzzy domain

实际偏差 $X$	模糊取值 $E$	实际偏差 $X$	模糊取值 $E$
0 ~ 20	0	1500 ~ 2300	7
20 ~ 60	1	2300 ~ 3500	8
60 ~ 150	2	3500 ~ 5000	9
150 ~ 300	3	5000 ~ 7000	10
300 ~ 500	4	7000 ~ 10 000	11
500 ~ 900	5	10 000 ~ 15 000	12
900 ~ 1500	6		

因精准定量包装过程时间较短,一般在几秒,故采用 100 K/s 的高速采样方式,以 20 ms 为一个运算与控制周期进行步进电机调节,以提高及时调整率。偏差变化率也以 20 ms 为周期进行统计,以上一次的偏差减去本次的偏差作为偏差变化值。偏差变化率  $E_c$  的模糊论域取值为 [0, 10],经多次试验,确定了实际与模糊论域的对应关系,见表 2。

表 2 偏差变化率  $E_c$  的实际论域与模糊论域的对应关系

Tab. 2 The relation of  $E_c$  between actual domain and fuzzy domain

实际偏差变化 $X_c$	模糊取值 $E_c$	实际偏差变化 $X_c$	模糊取值 $E_c$
0 ~ 5	0	65 ~ 85	6
5 ~ 15	1	85 ~ 110	7
15 ~ 25	2	110 ~ 150	8
25 ~ 35	3	150 ~ 200	9
35 ~ 50	4	>200	10
50 ~ 65	5		

### 3.2 模糊控制规则

将控制量的模糊论域取值为 [0, 10],即将下料阀门开启程度分为 11 档,0 对应阀门关闭,10 对应阀门开度最大状态<sup>[9]</sup>。根据试验的结果,调整后的模糊规则见表 3。

### 3.3 控制量解模糊

设步进电机正向旋转 360°时下料阀门开度最大,即步进电机的旋转角度为实际控制量,其取值范围是

表3 模糊控制规则  
Tab.3 Fuzzy control rules table

$U$	$E_c$										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1
4	4	4	4	4	4	3	3	3	2	2	2
5	5	5	5	4	4	4	4	3	3	3	3
6	6	6	6	6	5	5	5	5	4	4	4
7	8	8	7	7	7	6	6	6	5	5	5
8	9	9	9	8	8	8	7	7	7	6	6
9	9	9	9	9	8	8	8	8	7	7	7
10	10	10	9	9	9	9	8	8	8	7	7
11	10	10	10	9	9	9	9	9	8	8	8
12	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	9

0 ~ 360°, 而控制量  $U$  的模糊论域取值为 [0, 10], 故根据实际需求得到的实际控制量与模糊控制量的对应关系见表4。这里选用步距角为 1.8° 的步进电机,

为了实现快速调节而不采用细分控制, 故实际输出选取 1.8° 的整数倍。

表4 控制量  $U$  的模糊论域与实际论域的对应关系

Tab.4 The relation of  $U$  between fuzzy domain and actual domain

$U$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$XU$	0°	9°	18°	36°	72°	108°	144°	198°	252°	306°	360°

既要保证足够的包装速度, 又要保证定量的高精度, 采用控制思想: 当偏差很大时, 采用粗犷的控制方式, 加大下料速度; 当偏差较小时, 采用精细控制, 故将较小的下料速度多分几档(1 ~ 3)<sup>[10]</sup>。

### 3.4 控制效果

以包装 400 g 的苏打粉为例, 实际应用时调节放大电路的放大倍数, 使 400 g 时 A/D 转换器的输出在 40 000 左右(满量程的 60% 左右), 这样可以提高采样精度。每 2 个运算周期(40 ms)从串口输出相应的质量值, 得到响应曲线, 见图3。从曲线可以看出, 在

0.56 s 左右下料量达到设定值的 90%, 后面 0.4 s 进行精细下料控制, 在 0.96 s 左右达到设定值。

## 4 结论

针对定量包装的被控对象具有惯性、时滞等非线性的特性, 设计了基于模糊控制算法的动态称重控制系统, 以改变其控制性能。从实际应用的响应曲线可知, 系统能够对动态称重过程实施有效控制, 并在保证包装速度的基础上将定量精度提高到 0.2%。此系统算法有广阔的应用前景, 对下料控制方式进行合理修改即可应用于其它精准定量包装过程中。

### 参考文献:

- [1] 苗辉, 戴庆辉, 孙敬敬. 双秤定量包装机控制系统分析[J]. 包装与食品机械, 2012, 30(1): 34-36.  
MIAO Hui, DAI Qing-hui, SUN Jing-jing. The Analysis of Two-scale Packing Machine Control System[J]. Packaging and Food Machine, 2012, 30(1): 34-36.

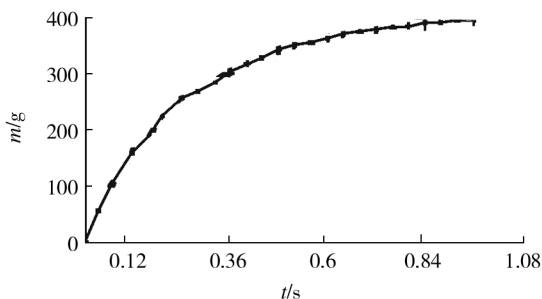


图3 控制响应曲线

Fig. 3 Control response curve

- Material[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(2): 96-98.
- [3] XIE Yong, SHAN Wu-yang, CAO Xiao-long, et al. Analysis and Comparison of Holographic and Traditional Digital Image Watermarking in DWT Domain[C]//The 7th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE 2012). Melbourne, Australia, 2012: 790-793.
- [4] 徐满平, 周杰. 菲涅耳全息的计算机模拟[J]. 嘉应学院学报(自然科学), 2007, 25(3): 32-35.  
XU Man-ping, ZHOU Jie. The Fresnel Holographic Computer Simulation[J]. Journal of Jiaying University (Natural Science), 2007, 25(3): 32-35.
- [5] HUANG F Y. Image Scrambling Based on Arnold Transforming and Implementation[J]. Journal of Guizhou University (Natural Science), 2008, 25(3): 276-279.
- [6] ZHANG Yan-hong. Blind Watermark Algorithm Based on HVS and RBF Neural Network in DWT Domain [J]. WSEAS Transactions on Computers, 2009, 8: 174-183.
- [7] MALLAT S G. A Theory for Multiresolution Signal Decomposition: The Wavelet Representation[J]. IEEE Trans PAMI, 1989, 11(7): 674-693.
- [8] 徐宏平, 万晓霞, 许法强. 基于视觉模型和误差扩散的
- 半色调水印算法[J]. 包装工程, 2007, 28(12): 77-79.
- XU Hong-ping, WAN Xiao-xia, XU Fa-qiang. Watermarking Algorithm for Halftone Images Based on HVS and Error Diffusion[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(12): 77-79.
- [9] 姚莉. 数字半调技术及其评价方法研究[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(3): 4-8.  
YAO Li. Review on Digital Halftoning and Quality Assessment Schemes[J]. Computer Engineering and Applications, 2010, 46(3): 4-8.
- [10] 谢侍棋, 成刚虎. 数字加网技术的比较分析[J]. 印刷杂志, 2009(10): 39-42.  
XIE Shi-qi, CHENG Gang-hu. Comparative Analysis of the Digital Screening Technology[J]. Printing Field, 2009(10): 39-42.
- [11] FLOYD R W, STEINBERG L. Adaptive Algorithm for Spatial Grey Scale [C]//Proc International Symposium Digest of Technology. 1976, 17(2): 36-37.
- [12] WANG S, ZHENG D, ZHAO J. An Image Quality Evaluation Method Based on Digital Watermarking [C]//IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. 2007, 17(1): 98-10.

~~~~~  
(上接第 94 页)

- [2] 黄国栋, 陈杰. CONWIP 拉式机制在自动包装线中的应用设计[J]. 包装工程, 2012, 33(11): 58-68.  
HUANG Guo-dong, CHEN Jie. Design of CONWIP Pull Mechanism Implementation in Automatic Packaging Line [J]. Packaging Engineering, 2012, 33(11): 58-68.
- [3] 刘淑英. 基于 PLC 的集合包装机控制系统设计[J]. 包装工程, 2009, 30(5): 47-49.  
LIU Shu-ying. Design of Control System of Collective Packaging Machine Based on PLC [J]. Packaging Engineering, 2009, 30(5): 47-49.
- [4] 孙鹤旭, 万文献, 董砚, 等. 基于模糊调节的永磁同步电动机步进控制系统[J]. 微电机, 2007, 40(8): 45-48.  
SUN He-xu, WAN Wen-xian, DONG Yan, et al. Permanent Magnet Synchronous Motor Step-motion Control System Based on Fuzzy Modeling [J]. Micromotors Servo Technique, 2007, 40(8): 45-48.
- [5] 高岩, 马丽娟. 基于 ARM7 的表贴元件包装机智能控制系统[J]. 包装工程, 2008, 29(7): 17-20.  
GAO Yan, MA Li-juan. Intelligent Control System for Encapsulation Machine Based on ARM7 [J]. Packaging Engineering, 2008, 29(7): 17-20.
- [6] 沈萌红, 王贤成, 黄方平. 一体化年糕生成包装机控制系统设计[J]. 包装工程, 2008, 29(10): 138-140.  
SHEN Meng-hong, WANG Xian-cheng, HUANG Fang-ping. Design of the Control System for Integrated Cake Packaging Machine [P]. Packaging Engineering, 2008, 29(10): 138-140.
- [7] 于镭, 常军, 黄存柱. 基于 DSP 的自动包装机控制系统软件设计[J]. 微型机与应用, 2010(1): 3-5.  
YU Lei, CHANG Jun, HUANG Cun-zhu. Software Design of Automatic Packer Control System Based on DSP [J]. Microcomputer & Its Applications, 2010(1): 3-5.
- [8] 余宏生. 模糊 PID 算法在燃气热水器水温控制中的应用[J]. 微计算机信息, 2007, 6(1): 93-95.  
YU Hong-sheng. Application of Fuzzy PID Algorithm in The Water Temperature Control of Gas Water Heater [J]. Microcomputer Information, 2007, 6(1): 93-95.
- [9] 孙绍杰, 齐晓慧. 一种基于模糊控制的智能车转向控制算法研究[J]. 微计算机应用, 2011, 32(1): 27-30.  
SUN Shao-jie, QI Xiao-hui. Research on Intelligent Car's Servo Control Algorithm Based on Fuzzy Control [J]. Microcomputer Applications, 2011, 32(1): 27-30.
- [10] 刘法治, 赵明富. 模糊控制技术在高楼恒压供水系统中的应用[J]. 微计算机信息, 2005, 21(7): 21-23.  
LIU Fa-zhi, ZHAO Ming-fu. Application of Fuzzy Control Technology to Constant Pressure Water Supply Automatic Control System for High Building [J]. Microcomputer Information, 2005, 21(7): 21-23.