

粉粒状农用产品混合式自动定量包装研究

张西良, 毛翠云, 路 欣
(江苏大学)

摘 要: 为了改善目前大量多品种各种规格粉粒状农用产品自动定量性能, 提高自动定量速度和准确度, 该文在分析了目前粉粒状农用产品自动定量包装基础上, 提出了一种混合式自动定量包装新方法, 研究了实现混合式自动定量包装的工艺流程、称重原理及方法和给料器数字控制方法, 并对混合式自动定量包装系统工作性能作对比实验研究。实验结果表明, 混合式自动定量包装能适应不同产品、不同规格、不同工作环境, 适应性强, 工作稳定可靠, 在定量速度和准确度方面, 满足了大量粉粒状农用产品自动定量包装要求, 是一种实用、具有应用推广价值的新方法。

关键词: 农用产品; 定量包装; 混合式; 微型计算机

中图分类号: S126; TP216; TP274.2

文献标识码: B

文章编号: 1002-6819(2003)01-0121-05

1 引 言

随着科技进步、社会发展以及人民生活水平提高, 尤其是加入 WTO 后, 企业参与激烈的国际市场竞争, 对商品包装提出了更高的要求。其中, 粉粒状农用产品, 如粮食、种子、饲料、化肥、农药等农业生产用品, 以及薯片、米花、豆花等农副产品的深加工食品, 都需要大量各种规格定量包装。目前国内大量农用产品仍然采用手工定量包装。手工包装一方面劳动强度大, 工作环境恶劣, 速度慢, 准确度低, 生产效率低, 经济效益差; 另一方面对采用手工包装不能符合卫生要求的食品、药品, 以及对人体有毒有害的物品需要自动化、无人化定量包装^[1,2]。因此实现大量粉粒状农用产品高速高准确度自动定量包装是急需解决的技术难题。

2 粉粒状农用产品自动定量包装现状

目前国内粉粒状农用产品自动定量包装有 2 种方式^[3]: 1) 容积式自动定量包装, 是基于容积来计量包装物料的数量, 结构简单, 成本低, 定量速度快, 但定量准确度依赖于物料比重的稳定性, 受物料松散程度、颗粒大小均匀程度、吸湿性、结块性等物理化学性质的变化影响较大。主要适用于颗粒大小均匀、自流动性好、比重相对稳定、价格较低的农用产品定量包装。目前农用产品自动定量包装主要采用容积式, 中小规格容积式自动定量速度在 40~60 包/min 左右, 准确度在 $\pm 2\% \sim \pm 3\%$ 左右。由于准确度差, 企业在执行《定量包装商品的计量监督规定》时, 为了满足计量监督部门检查, 只能“宁多勿少”, 从而在定量包装上造成巨大损失^[4]; 2) 称重式自动定量包装, 是以重量来计量包装物料的数量, 与容积式相比, 结构复杂, 成本高, 定量速度慢, 但准确度较高。主要适用于颗粒大小不均匀不规则、比重不稳定、价格较高的农用产品定量包装。目前中小规格称重式自动定

量速度在 10~20 包/min 左右, 准确度在 $\pm 1\% \sim \pm 1.5\%$ 左右。尽管称重式自动定量包装在企业实现“称平量准”上已经前进了一大步, 但速度慢, 仍然不能满足大量粉粒状农用产品定量包装要求^[4]。

国外自动定量包装发展趋势是应用微电子等高新技术, 同时提高定量的速度和准确度^[5]。如组合式定量包装, 速度在 60 包/min 以上, 准确度在 $\pm 1\%$ 左右, 但结构复杂, 成本高, 一套设备上百万元, 国内一般企业难以承受^[5]。为此本文在实用新型专利基础上^[6], 借鉴国外的先进技术, 提出一种混合式自动定量包装新方法, 以提高定量的准确度和速度。

3 混合式自动定量包装原理

混合式自动定量包装系统组成结构如图 1 所示^[6], 包括: 由料仓、粗细给料管、粗细给料器及其数字控制组成给料子系统, 由称重料斗、投料汽缸、称重传感器及其称重数据采集组成称重子系统, 包装机及其控制子系统, 主控微机。

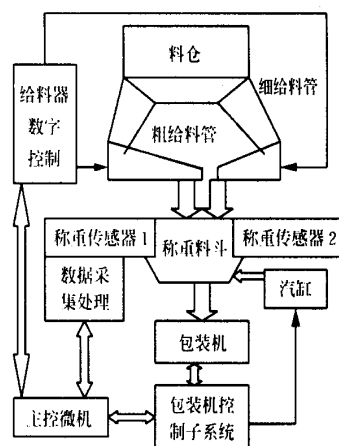


图 1 混合式自动定量包装系统

Fig 1 Composite type of automation quantifying packaging system

混合式自动定量包装是在容积式和称重式自动定量充填基础上发展起来的^[7]。其自动定量整个过程在主控微机的协调控制下, 采用多级给料及静态称重实现。

收稿日期: 2002-05-09 修订日期: 2002-11-10

作者简介: 张西良, 工学硕士, 副教授, 主要从事包装设备自动化教学科研工作。江苏镇江 江苏大学机械工程学院包装工程系, 212013 Email: ZHANGXL@ujs.edu.cn

首先由粗给料器采用容积式快速往称重料斗加入目标量的大部分(主加料),稳定一定时间后进行准确静态称重,而不象称重式自动定量,一边给料一边称重的动态称重;然后计算确定剩余的小部分量,并将其换算成细给料器加料的容积,在流量一定的情况下用时间大小表示;最后控制细给料器加料(补加料),同时控制称重料斗投料汽缸打开投料门,向包装机投料,完成自动定量一次循环过程。

其中,给料和称重分时进行,以提高加料速度,减少加料冲击和落差对称重的影响。细给料器采用容积式加料,但由于加料量少,补加料误差亦小,提高了定量准确度。同时细给料器加料后不再称重,在细给料同时就投料,进一步提高了定量速度。混合式自动定量包装综合了容积式自动定量速度高和称重式自动定量准确度高优点。

4 混合式自动定量包装实现方法

4.1 混合式自动定量包装工艺流程

根据以上原理,混合式自动定量包装工艺流程分为自动定量和包装 2 个工步,在进行下一包物料自动定量的同时,进行上一包物料的包装。自动定量分成 4 个节拍,如表 1 所示,其中时间以中小规格定量包装为例。

表 1 混合式自动定量过程时序

Table 1 Schedule of composite type of automation quantifying packaging course					
节拍	1. 主加料	2. 稳定	3. 静称重	4. 补加料投料	合计
时间/s	0.4~0.6	0.1~0.2	0.3~0.4	0.2~0.8	1.0~2.0

1) 主加料,由给料子系统完成,每个工作循环主加料时间固定,由物料比重稳定性、粗给料器性能等决定。通过调节粗给料器激振力及料厚度使得主加料量在目标重量 90%~95% 左右。

2) 稳定,由主控微机完成,每个工作循环稳定时间固定,由主加料量对称重料斗冲击大小、称重料斗抗振动性能等决定。

3) 静称重,由称重子系统完成,每个工作循环称重时间固定,由称重准确度、A/D 转换器时间、采样频率及点数、数据滤波方式及处理速度等决定。

4) 补加料及投料,补加料由给料子系统完成,投料由包装机控制子系统完成,每个工作循环补加料时间随着补加料量不同而变化。每个工作循环投料开始时间固定,结束时间随着补加料时间变化而变化。

以上 4 个节拍在主控微机统一协调下进行,即由主控微机控制给料子系统、称重子系统及包装机控制子系统开始工作时间。

4.2 混合式自动定量称重子系统实现原理及方法

从混合式自动定量过程来看,静态称重准确度对最后定量准确度影响最大,也是第 4 节拍补加料的基础。因此高速高准确度称重是实现混合式自动定量包装的基础。

1) 称重料斗机械振动性能分析。称重料斗在主加

料 $f(t) = A$ 后振动系统可以简化为图 2a 所示^[8]。其中 m 为称重料斗质量, k 为称重传感器的弹性系数, c 为称重料斗振动阻尼系数。在主加料后称重料斗支撑在称重传感器的弹性变形量 $x(t)$ 响应曲线如图 2b 所示。其中,在主加料前 $x(0) = 0$, 峰值时间 $t_p = \pi/(\omega(1 - \xi^2)^{1/2})$, 超调量 $M_p = (x(t_p) - x_0)/x_0 = \exp(-\xi\pi/(1 - \xi^2)^{1/2})$, 调整时间 $t_s = 4/(\xi\omega)$ 。弹性系数 k 与弹性变形量 $x(t)$ 乘积即主加料质量 A 。在主加料后较短稳定时间后,在非常短的静态称重时间内,要实现高准确度称重,必须尽可能减少 $t_p M_p$ 和 t_s , 即尽可能增加 ξ 和 ω 。阻尼比 $\xi = 0.5 c/(m \cdot k)^{1/2}$, 无阻尼固有频率 $\omega = (k/m)^{1/2}$, 因为 m 受到称重传感器的量程限制, k 受到称重传感器结构限制,因此只有通过增加阻尼系数 c 来满足称重要求。

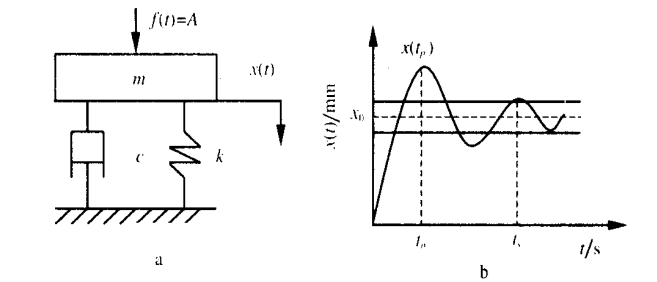


图 2 称重料斗机械振动系统简化及响应
Fig. 2 Schematic diagram of the composite type of automation quantifying packaging system and its responses

2) 称重数据采集处理子系统硬件。它由 AT89C652 单片机,看门狗定时器、电压监控和 EEPROM 一体的 X5045 芯片,RS-485 接口转换芯片 LBC184,对称重传感器的微弱的电信号进行放大的仪表放大器 AD623 芯片及 14 位高速串行输出模/数转换器 MAX121 芯片,输入、输出信号光电隔离器 MOC3020,输入反相驱动器 74HC14,输出反相驱动器 MC1413 等组成,如图 3 所示。

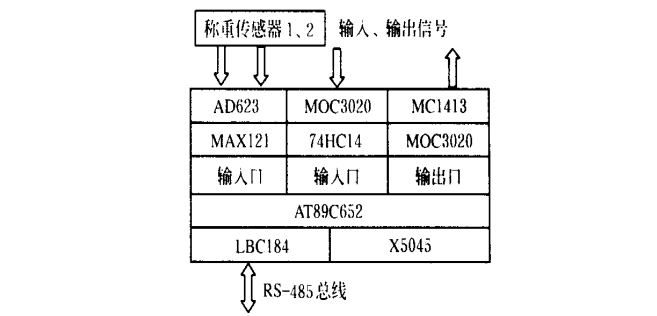


图 3 称重数据采集处理子系统硬件组成
Fig. 3 Components of the data logging system in weighing

子系统通过 RS-485 串行接口总线与主控微机、其它子系统传送数据,包括接收主控微机发送的工作参数和向主控微机及其它子系统发送的称重数据采集处理结果;通过输入、输出信号与主控微机进行时序协调,以提高系统执行的可靠性和快速性;通过 X5045 的 EEPROM 存储器存放运行参数,如采样速率、采样点数、称

重量程等。

子系统通过两台 UH-53 高精度电阻应变片式称重传感器, 支撑称重料斗, 提高称重料斗抗振性和稳定性。2 台称重传感器采用并联组秤方法。并联后, 总输出电阻小, 信号传输抗干扰能力强, 输出电压与被称物料重量成线性关系, 提高了称重准确度^[9]。

子系统通过厚模工艺制作的集成仪表放大器 AD623 芯片和 14 位高速串行 A/D 转换器 MAX121 芯片组成前置通道, 完成对称重信号放大、转换、采集。AD623 具有高输入阻抗、低输出阻抗、强抗共模干扰能力、低温漂、低失调电压和高稳定增益, 输入电压范围大、放大误差小、能够提供很好的线性度等特点。MAX121 具有低温漂、低信噪比、输入电压范围大等特点, 内置采样保持器和三态缓冲输出器, 输入端直接与 AD623 输出端相连, 输出端可直接与 CPU 相连^[10]。

3) 称重数据采集处理子系统软件。在主加料后, 称重信号经过放大、A/D 转换后, 以采样频率 2 000 次/s 采集数值, 采集数值波形如图 4 所示。由图可见, 经过稳定时间 T_0 后波形低频部分主要在物料重量对应数值 U_0 (图中水平实线) 上下震荡逐渐衰减趋向稳定值 U_0 的曲线, 同时包含高频干扰信号。因此称重数据采集处理必须在称重时间 $(T_1 - T_0)$ 范围内, 在适当的采样速率和采样点数下, 采集一定数量采样值, 剔除高频或随机干扰值后, 求平均得到 U_1 (图中水平虚线), 称重采集处理误差即为 $\epsilon = U_1 - U_0$ 。

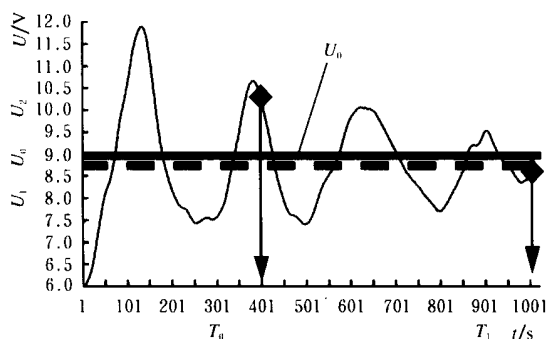


图 4 称重信号波形图

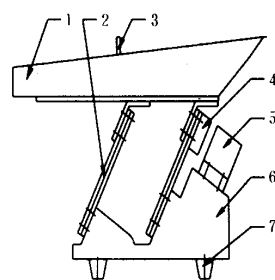
Fig 4 Wave chart of the weighing signal

为了减少误差 ϵ , 在软件设计中, 首先对采集点进行定位, 使得开始有效采样点均在波形震荡峰或谷上, 同时直到波形震荡峰或谷结束。其次, 采用非线性数字滤波, 将高频或随机干扰导致的粗大误差滤除^[11]。滤波算法为: 设采集信号序列为 $u[i]$, 非线性数字滤波后信号序列为 $v[i]$ 。开始采样点, $v[0] = u[0]$ 。以后采样点, 根据干扰强弱设定粗大误差阈值 μ , 若 $|u[i] - u[i-1]| < \mu$, 则 $v[i] = u[i]$; 反之 $v[i] = v[i-1]$ 。最后, 对在有效采样点范围内非线性数字滤波值求平均, 并经过标度换算, 得到主加料重量, 作为称重采集处理结果^[12]。

4 3 混合式自动定量给料器数字控制

为了提高混合式自动定量速度和准确度, 主加料和补加料必须具有很好的可控性。主加料快速稳定, 主加

料愈接近目标质量, 补加料量愈少, 定量速度和准确度愈高。同样补加料快速稳定, 补加料量愈准, 定量速度和准确度也愈高。因此, 高速高精度给料是实现混合式自动定量包装的关键。



1. 给料槽 2 弹性系统 3 衔铁 4 电磁铁(包括激振线圈) 5 机座 6 减振弹簧 7 支架

图 5 电磁振动给料器结构图

Fig 5 Structure of electromagnetic vibration feeder

如图 5 所示电磁振动给料器是一种新型的加料设备, 广泛用于粉粒状物料的定量给料、配料等生产流程中^[8]。电磁振动给料器组成结构包括: 给料槽、料厚调节板、衔铁、板弹簧、电磁铁及激振线圈、机座及隔振弹簧。将正弦交流电经过单向半波整流后, 加在电磁铁的激振线圈上。在交流电正半周, 激振线圈上有电流通过, 在衔铁和电磁铁之间便产生一对大小相等的脉冲电磁力相互吸引, 这时给料槽向后运动, 弹性系统发生变形, 存储了一定的势能; 在交流电负半周, 激振线圈上无电流通过, 在衔铁和电磁铁之间电磁力消失, 由于弹簧存储的势能释放, 衔铁和电磁铁之间朝向反方向离开, 给料槽向前运动。这样电磁振动给料器就以交流电频率 50 Hz 作往复振动, 使给料槽中物料不断向前抛起移动, 达到给料目的^[8]。通过控制 50 Hz 交流电供电电压、供电时间可实现给料量自动控制; 调节给料槽中料厚度, 可实现给料量手动调节^[13]。

在混合式自动定量过程中, 给料厚度和供电时间一定情况下, 物料的比重变化、供电电压波动等工作环境变化, 将导致给料器给料量发生变化。因此在定量过程中根据前一次给料目标量和实际量差反馈自动控制供电电压或时间。电磁振动给料器供电电压采用数字控制。应用单向半波可控硅整流电路, 通过数字控制可控硅的导通角的大小, 获得不同幅度输出电压, 从而改变给料器给料量。

5 混合式自动定量性能分析

5 1 混合式自动定量速度分析

由表 1 总时间可计算出, 混合式自动定量速度在 30~ 60 包/min 之间, 接近了容积式定量速度。

5 2 混合式自动定量不确定度分析

在静态称量准确度相对较高情况下, 补加料准确度是影响自动定量准确度的主要部分, 主要由最大补加料量和最大补加料时间、给料器机械性能和自动控制性能、物料容重稳定性等因素决定。一般最大补加料量越小, 最大补加料时间越长, 给料器的料厚度越小, 补加料

越准确。通过提高给料器机械性能和自动控制性能,补加料的最小控制量可达 0.2~0.5 g 左右。物料容重稳定性对补加料准确度的影响相对较大,例如包装目标质量 400 g 的物料,若容重在 0.27~0.3 g/cm³ 之间变化,变化率约为±5%,主加料量为目标质量的 95%,即 380 g,主加料一定容积物料,质量将在 360~400 g 之间变化,通过稳定及静态称量后确定补加料量将在 40~0 g 之间,最大补加料量为 40 g,其对应实际补加料质量将在 38~42 g 之间,最终质量在 398~402 g 之间,补加料误差为±2 g,相对 400 g 目标质量,准确度为±0.5%,达到了称重式定量准确度。

6 混合式自动定量包装系统性能对比实验

混合式自动定量包装系统对小米、化肥、农药等农业生产用品进行中小规格定量包装实验。由于篇幅所限,这里仅给出小米实验数据。实验质量参数是:包装目标质量 400 g 和 200 g,定容积小米质量变化率约为±5%,因此对应主加料目标质量 380 g 和 190 g,最大补加料量为 40 g 和 20 g。实验时间参数是:通过调节料厚度,使给料器在一定加料流量下,控制主加料时间为 600 ms 和 400 ms,最大补加料时间为 800 ms 和 600 ms,稳定时间 200 ms,静态称量时间 300 ms。补加料的最小控制量分别为 1.0 g 和 0.7 g 左右。实验质量数据如表 2 所示。

表 2 混合式自动定量包装实验结果

Table 2 Experimental result of composite type of automation quantifying packaging

序号	目标质量 400 g		目标质量 200 g	
	净质量/g	误差	净质量/g	误差
1	400.2	+0.2	199.2	-0.8
2	399.8	-0.2	200.4	+0.4
3	401.2	+1.2	200.2	+0.2
4	398.0	-2.0	200.8	+0.8
5	401.0	+1.0	198.6	-1.4
6	402.4	+2.4	200.4	+0.4
7	398.6	-1.4	200.1	+0.1
8	399.8	-0.2	199.8	-0.2
9	400.2	+0.2	199.4	-0.6
10	397.4	-2.6	199.8	-0.2
11	400.6	+0.6	200.4	+0.4
12	401.6	+1.6	199.0	-1.0

400 g 实验定量速度平均为 40 包/min,质量在 397.4~402.4 g 之间,与目标质量 400 g 相比,绝对误差在-2.6~+2.4 g 之间,准确度在-0.65%~

+0.6% 之内。200 g 实验定量速度平均为 46 包/min,质量在 198.6~200.8 g 之间,与目标质量 200 g 相比,绝对误差在-1.4~+0.8 g 之间,准确度在-0.7%~+0.4% 之内。

7 结 论

通过对混合式自动定量包装性能理论分析和实验分析表明:粉粒状农用产品混合式自动定量包装是切实可行的,对粉粒状物料的适应性强,既适应于颗粒大小均匀、容重相对稳定的农用产品定量包装,也适应于颗粒大小不均匀不规则、容重不稳定的农用产品定量包装。它与传统定量包装相比,同时提高了自动定量的速度和准确度,满足了企业大批量定量包装“称平量准”要求。应用该技术成果,可降低企业包装损耗,提高包装合格率,对生产企业和消费者无疑都具有非常大的经济效益和社会效益,在自动定量包装方面有重要的理论指导意义和应用推广价值。

[参 考 文 献]

[1] 赵冬尚 浅谈农产品包装的改进[J] 上海包装, 1999, 2: 8~9

[2] 张荣全,姜士聚,于 辉 农药包装规范浅议[J] 农药科学与管理, 2000, 21(4): 40~42

[3] 林学翰,徐瑞红,张林桂 包装技术与方法[M] 长沙: 湖南大学出版社, 1988, 12: 84~89

[4] 吴永茂 走出“宁多勿少”误区 确保“称平量准”到位[J] 河南化工, 1999, 12: 39~40

[5] 刘方全 定量包装技术的发展方向[J] 中国计量, 1999, 40(3): 37~38

[6] 张西良 实用新型专利 ZL 01217969.8, 粉粒状物料快速高精度自动定量充填机[P] 中国专利公报, 2002, 2(7): B65B 1~4

[7] 田鹏志 混合式定量方法在包装机中的应用[J] 中国包装工业, 1999, 1: 22~23

[8] 宋尔淘,杨仲林 包装自动控制原理及过程自动化[M] 北京: 印刷工业出版社, 1998, 9: 58~65

[9] 付红桥,文玉梅,李 平 数字称重传感器的信号获取及处理[J] 仪表技术与传感器, 1999, 6: 7~10

[10] Analog Devices Inc High-speed seminar [A] U SA: Analog Devices Inc, 1989, 10: 57~68

[11] Bordoni F. Noise in sensors[J] Sensors and Actuators, 1990, A 21: 17~24

[12] 曾晓洋 高精度自动称量系统数据采集功能的实现[J] 光学精密工程, 2001, 9(2): 186~190

[13] 王绍侠 种子定量电子秤电磁振动变速给料的原理与应用[J] 农业机械学报, 1998, 8: 139~145

Composite type of quantifying-packaging for powder and particle agricultural products

Zhang Xiliang, Mao Cuiyun, Lu Xin

(Department of Packaging Engineering, School of Mechanical Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: In order to improve the properties of auto-quantifying-packaging for the great variety of powder and particle agricultural products at present, and to improve the efficiency and precision of auto-quantifying, a new composite type of auto-quantifying-packaging was developed. The technique processing, weighing principle, and the numeric control of the feeder were presented for implementing the composite type of auto-quantifying-packaging, and the system characteristics were analysed. It was shown that the system was able to adapt to different products, varieties and conditions. It was able to fulfill the demand for auto-quantifying-packaging for a great deal of powder and particle agricultural products with efficiency and precision. It proved to be an innovative and recommendable method.

Key words: agricultural particle product; quantifying-packaging; composite type; microcomputer