

组合秤仿真及优化研究

刘乘, 李彩娟, 沈训乐

(陕西科技大学, 西安 710021)

摘要: 阐述了组合秤的工作原理及基本结构, 并基于 LabVIEW 对组合计算进行了仿真程序设计, 从而得出了组合秤在不同的组合方式、组合模型和标准差下的合格率。对仿真结果进行了分析, 得出了组合秤合格率与组合方式、组合模型及标准差有关。通过对组合秤的组合原理的优化, 提高了组合秤的合格率。

关键词: 组合秤; 组合计算; 仿真; 优化; LabVIEW

中图分类号: TB486⁺.3; TP391.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)03-0053-04

Simulation and Optimization of Combined Balance

LIU Cheng, LI Cai-juan, SHEN Xun-le

(Shaanxi University of Science and Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: The working principle and basic structure of combined balance was introduced. Simulation program of combinatorial calculation was compiled based on LabVIEW, so as to get the pass rate of combined balance in different combination modes, different combination models and different standard deviation. The simulation results were analyzed and it was concluded that the pass rate of combined balance has something to do with combination mode, combination model and standard deviation. Then the pass rate of combined balance was improved by optimizing combinatorial principle of combined balance.

Key words: combined balance; combinatorial calculation; simulation; optimization; LabVIEW

组合秤是一种智能组合衡器, 是利用组合称重原理制造的一种定量秤, 称重既快又准。电脑组合秤主要是应用到薯片、糖果、膨化食品、饼干、冷冻蔬菜等形状不规则、质量不均匀的产品的定量包装。随着生活水平的提高, 商品的包装也在向高速度、高精度的方向发展, 组合秤的应用必将越来越广泛。目前我国的组合称量技术还处于研制阶段^[1], 与国外仍有很大

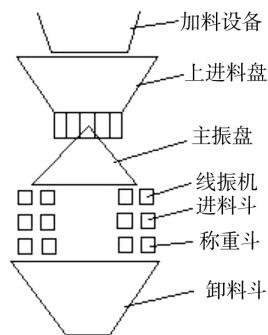


图 1 组合秤的结构

Fig. 1 Structure of combined balance

1 组合秤工作原理

1.1 组合秤的结构

组合秤由加料设备、上进料盘、主振盘、线振机、进料斗、称重斗和卸料斗组成, 见图 1。采用电磁振动给料器对组合秤进行加料^[2], 物料先被送入上进料盘, 然后主振盘、线振机将物料从上进料盘送入进

料, 最后进入称重斗, 这一系列动作都是由组合秤自动控制的。组合秤的称重斗一般在 8 个以上, 电阻应变式称重传感器作为称重传力部件, 实现对各称重斗中物料的称量。卸料斗在称重单元下方, 卸料斗较大, 各个称重斗中的物料都可以依靠重力排进卸料

收稿日期: 2010-11-11

基金项目: 陕西科技大学研究生创新基金资助

作者简介: 刘乘(1951-), 男, 济南人, 陕西科技大学教授, 主要从事包装测试技术、运输包装、包装机械的研究和教学。

斗。各个称重传感器的输出信号被送入主控计算机^[3],主控计算机经过组合、计算,得到最接近目标质量的组合作为最佳组合。此最佳组合如果在设定的目标误差范围之内,则此次组合作为合格组合被排入到相应的包装中,否则此次组合不合格,当成废料排出。

1.2 组合秤的工作原理

目前组合秤的组合原理主要有 2 种:原理 1 是唐志祥提出的^[4],在总称数为 n 的情况下,每次选择 m 个秤中物料的质量进行组合,则有 C_n^m 种组合;原理 2 是目前实际运用的组合秤的组合计算原理,在组合秤的总称数小于 12 时,采用原理 1 进行组合计算,在组合秤的总称数 $n \geq 12$ 的情况下,第 1 次组合时,从 n 个秤中选出 m 个秤进行组合,当这 m 个秤中的物料排空以后,第 2 次组合就从余下的 $n-m$ 个秤中选择 m 个秤进行组合,以后均按照这种方式进行组合计算。在总称数较多时,原理 2 大大提高了组合秤的工作速度。

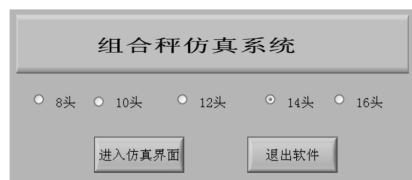
2 组合计算仿真程序的总体设计

LabVIEW 是一种用图标代替文本行创建应用程序的图形化编程语言^[5],它提供了很多外观与传统仪器类似的控件,可以用来方便地创建用户界面。LabVIEW 也是通用的编程系统,有一个可以完成任何编程任务的庞大函数库,使用起来非常方便。LabVIEW 有传统的程序调试工具,如设置断点、单步执行等等,便于程序的调试。

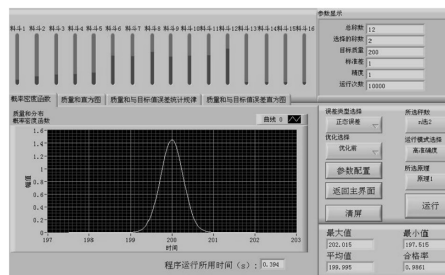
组合计算仿真程序的设计思想:在设计仿真系统时,主要是运用 LabVIEW 中的状态机来做程序,将每一步用一个状态来表示,但是此程序由于可选的组合方式很多,而且每种组合方式所用的算法是不一样的,所以根据算法的不同,设定不同的子 VI,在总程序中调用。在此系统中,子 VI 主要有选 1、选 2、选 3、选 4、选 5、选 6 这 6 类和参数设定等,由于系统还设定了其他的选择项,比如原理 1 和 2 的不同、优化前后的不同、高速度型、高准确度型的不同,每一种都需要不同的子 VI,所以在本系统的主程序中调用了很多的子 VI。参数设定包括总称数、选择的称数、目标质量、标准差、精度及运行次数,给各个参数输入一定的数据以后,程序可以得到在此参数配置下组合秤的合格率。组合秤仿真系统的界面是在前面板上做,程

序在后面板上做。

系统主要包括主界面和仿真界面,见图 2。在主



a 主界面



b 仿真界面

图 2 仿真系统界面

Fig. 2 Main interface of the simulation system

界面中可以选择总称数。仿真界面中,主要包括各个秤中物料量的展示、参数显示、组合结果显示及其一些控制按钮。在结果显示中,主要包括被选中的组合的质量和的最大值、最小值及平均值,还有用图片显示的包括质量和分布的概率密度函数、质量和的直方图、质量和与目标值误差规律统计及质量和与目标值误差直方图,通过这些图片可以很直观地看出组合质量的变化规律。

组合秤的合格率主要与 2 个因素有关:第 1 是給料装置给料的分布情况。在仿真程序中设定 2 种类型的給料分布:一种是正态分布,这样产生的物料重量比较接近实际;另一种是定值加一定范围内的随机数分布,比较二者的合格率。另外給料时设定的标准差不同,也会影响组合秤的合格率。第 2 是组合方式及组合模式。称重单元总数和每次组合的单元数组成了不同的组合方式,在本程序中,对称重单元总数、每次组合的单元数都考虑了几种可能。分别有 8, 10, 12, 14, 16 五种称重单元的总数,及 1, 2, 3, 4, 5, 6 六种组合单元数^[6],用户可以自由选择运用哪种组合模式。所有的组合运算都分为原理 1 和原理 2、高准确度和高速度^[6]、优化前和优化后等不同的类型。

因为是组合运算,总有可能遇到没有合格组合的时候,在这种情况下,本程序可供选择的处理方式有 2 种:选择最接近目标值的组合排出,重新产生数据;

选择离设定的分布均值最远的 m 个数据组合,当成废料排出,重新产生数据。第 2 种方式显然是对第 1 种方式的优化^[7]。

高速度型组合计算是设定一个允许误差区间,在程序开始运行之后,按照顺序进行组合计算,如果第 1 次出现组合值在设定的允许误差区间,就表示已经满足要求,本次组合合格,退出本次组合,并开始下一次组合。高速度型组合计算减少了许多计算量,节省了大量的时间,大大提高了组合的运行速度^[4]。采用原理 1,高速度型组合计算优化前的流程见图 3。

高准确度型组合计算是在程序开始运行后,按照顺序进行组合计算,把所有的组合都计算一遍,然后比较,看哪一组之和与目标值最接近,就选择哪一组,若这组质量和在设定的允许误差区间,则这次组合为合格,否则本次组合为不合格。见图 4,为采用原理 1、优化前、高准确度型组合计算的流程见图 4。

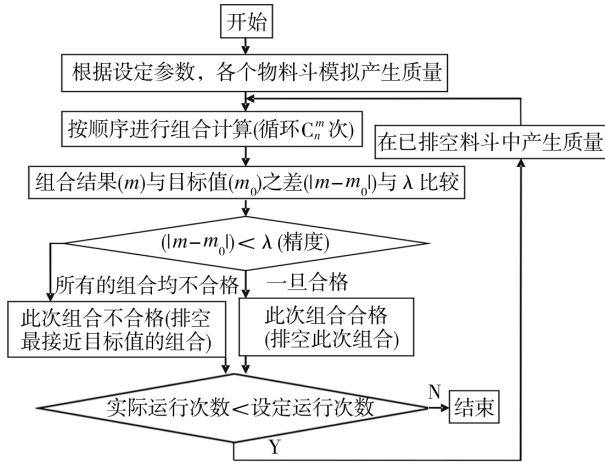


图 3 高速度型组合流程

Fig. 3 Flow chart of the high speed combination

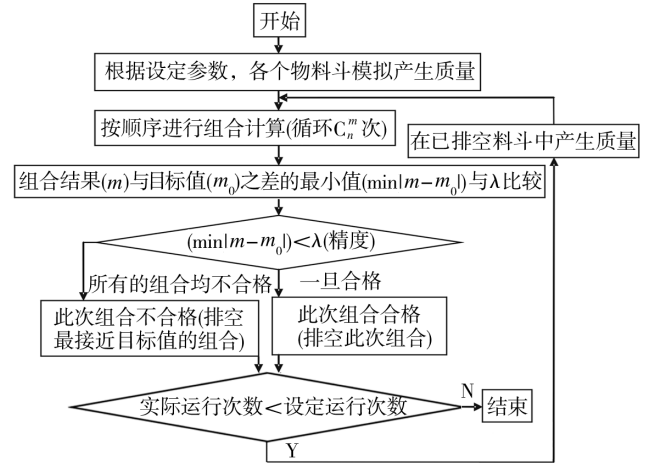


图 4 高准确度型组合流程

Fig. 4 Flow chart of the high accuracy combination

此组合秤的仿真系统是由很多的子 VI 组成的,其总程序的程序框图非常的复杂,其中采用原理 1、高准确度型、优化前模式的选 3 程序见图 5,类似这

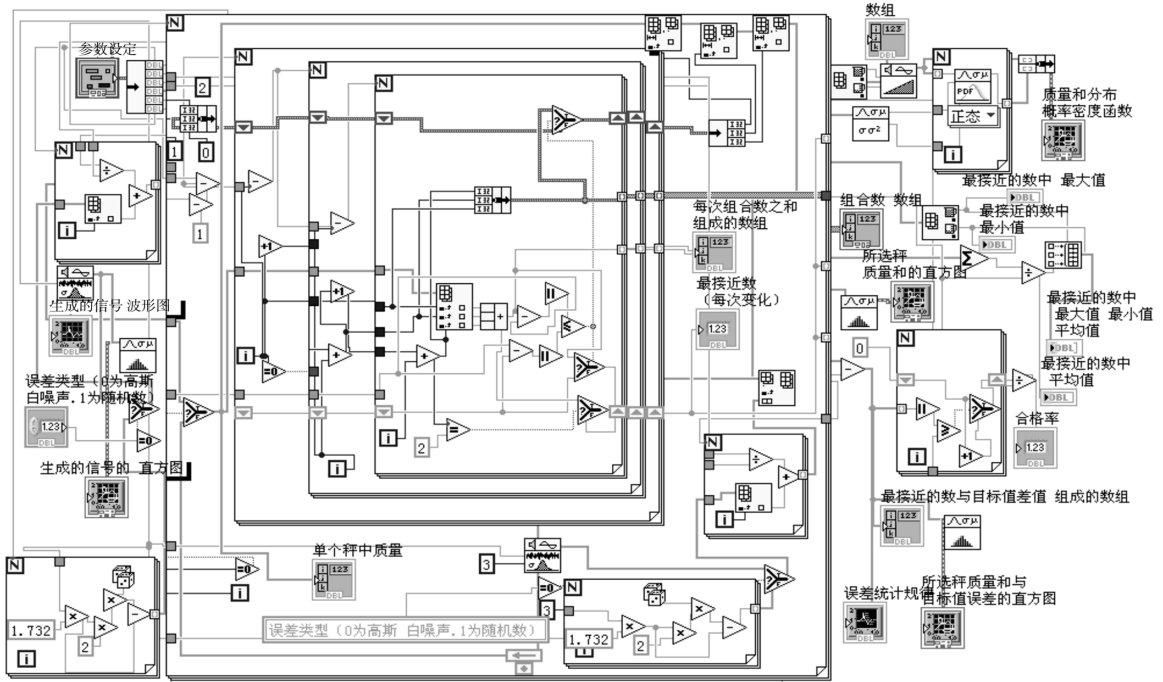


图 5 选 3 程序框图

Fig. 5 The program diagram of choosing 3

样程序的子 VI 有 48 个,这表明这个程序有多种选择方式,计算量也是相当大的。

3 仿真结果分析

在组合秤的仿真程序设计中,每次产生的新的随机数是补充上一次组合中选中的料斗,与实际组合秤的工作原理一样,因此合格率也与实际更为接近,但是理论分析是在每次都产生新的 m 个呈 $N(\mu, \sigma_e)$ 分布的随机数的前提下考虑的,所以理论分析的合格率会比实际运行时高。

在此组合秤仿真系统中,每次产生的各个秤中的物料量都是随机的,所以即使设定相同的组合方式、组合模式,任意 2 次运行的合格率也有可能不相同,但是差别不大。另外,在此系统中,运行次数设定的越高,与实际越接近。

通过设定相同的参数,建立不同的组合方式,对仿真结果进行对比分析,可以发现不同的组合方式、组合模式下,合格率是不同的。

假如设定目标值为 500 g, σ 为标准差, λ 为精度,各秤中物料采用正态分布,运算方式为高精度度型,原理 1,运行次数为 1 万次,结果见表 1。

表 1 C_n^3 不同组合方式的仿真数据

Tab.1 The simulation data of different combination of C_n^3

组合 单元数	标准差、 精度设定	单元 总数	%				
			8	10	12	14	16
3	$\sigma=1,$ $\lambda=\pm 1$	优化前	93.83	95.39	97.02	97.5	97.64
		优化后	95.43	97.05	97.61	98.22	98.59
3	$\sigma=10,$ $\lambda=\pm 1$	优化前	62.33	74.72	83.94	88.21	89.41
		优化后	77.33	90.54	94.78	95.16	97.13

通过上表可得:

1) 当组合单元数相同时,料斗总数越多,得到的合格率越大。

2) 优化处理以后的合格率比优化前的合格率有提高,尤其对合格率比较低的组合,提高较大。这说明优化过程是对不合格的组合的动态调整,合格组合越多,调整的空间越小,合格率提高的越少;合格组合越少,调整的空间越大,合格率提高的越多。

3) 组合秤加料装置每次加料质量分布的标准差 σ 越小,每次有合格组合的概率越大。

4) 当组合秤的标准差 σ 由小变大时,最佳组合的合格率降低的较少,选中秤数较少和较多的组合的合格率降低的较大;

假如设定目标值为 500 g, σ 为标准差, λ 为精度,各秤中物料采用正态分布,运算方式为高速度型,优化后,运行次数为 1 万次,结果见表 2。

表 2 C_n^2 不同组合方式的仿真数据

Tab.2 The simulation data of different combination of C_n^2

单元总数 为 12	组合 单元数	%				
		2	3	4	5	6
$\sigma=1$	原理 1	99.98	99.78	99.41	98.63	97.28
$\lambda=\pm 1$	原理 2	99.93	99.76	99.39	98.61	97.26

假如设定目标值为 500 g, σ 为标准差, λ 为精度,各秤中物料采用正态分布,运算方式为原理 1,优化后,运行次数为 10 000 次,结果见表 3。

表 3 C_n^2 不同组合方式的仿真数据

Tab.3 The simulation data of different combination of C_n^2

单元总 数为 14	组合 单元数	%				
		2	3	4	5	6
$\sigma=1$	高速度型	99.99	99.51	99.75	99.45	98.54
$\lambda=\pm 1$	高精度度型	99.23	98.22	99.64	97.67	97.22

通过表 2 和 3 可得:

1) 其他参数都相同的情况下,采用原理 1 的计算模式比采用原理 2 的计算模式得到的合格率要高。

2) 其他参数都相同的情况下,采用高速度型的计算模式比采用高精度度型的计算模式得到的合格率要高。

3) 在组合秤的总秤数相同的情况下,组合秤的合格率并不随组合单元数的增多而增大,而是有一个最佳组合。

4) 在组合计算时,每次组合单元数,高精度度型为 4 个,高速度型为 2 个的时候,组合计算的合格率最高。

4 结论

只有对各种组合计算模式完全了解,并对组合计算进行透彻的研究之后,才能更好地研制组合秤,不

(下转第 59 页)

$$u(k) = \frac{1}{\beta_0} [y_r - \mathbf{x}^T(k) \hat{\theta}(k)] \quad (6)$$

进而修正下一次飞料的设定值,以使目标函数 $J = E[y(k+1) - y_r]^2$ 达到最小值。

本次称重目标质量为 2 500 g,中给料设定阈值为 2 485 g,经过多次试验,证实提前量自校正修正算法有显著效果,部分数据见表 1。

表 1 中给料提前量修正实验数据对比

Tab. 1 Contrast of feeding amount revising in advance for medium feeding

序号	提前量固定值修正/g			提前量自校正修正/g		
	目标值	实际值	绝对误差	目标值	实际值	绝对误差
1	2 485	2 439.5	45.5	2 485	2 478.5	6.5
2	2 485	2 511.0	26.0	2 485	2 479.0	6.0
3	2 485	2 488.5	3.50	2 485	2 493.0	8.0
4	2 485	2 526.0	41.0	2 485	2 482.5	2.5
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
实际称重值均值		2 489.0		2 489.0		
实际称重标准差		35.5		8.86		

对比固定提前量修正和提前量自校正修正 2 种方法,2 种方法的实际称量均值均为 2 489 g,但是采用固定提前量修正方法的标准差为 35.5,采用提前量自校正修正方法的标准差为 8.86,其准确度大大提高,保证了细给料环节合理的给料量,从而提高了系统的给料精度。

3 结论

1) 针对在下料过程产生的飞料的不确定性以及

(上接第 56 页)

仅可以节省大量的硬件投入,而且可以找到提高组合秤称量精度的关键所在。组合秤仿真程序的设计及组合计算原理的分析,能给组合秤的设计者提供很好的参考价值,并能缩短组合秤研制的周期,降低研制的成本,提高企业的竞争力,具有一定的社会效益和经济效益^[8]。

参考文献:

[1] 邓志辉,张西良,刘剑敏,等.组合秤组合模型对定量误差研究[J].机械设计与制造,2006(3):108-110.
 [2] 刘方全.定量包装技术的发展方向[J].中国计量,1999,40(3):37-38.

不可控性,采用粗、中、细 3 级自动给料的下料方式,并且提出一种提前量的自校正方法对飞料进行补偿,对下料系统进行改进以及对自校正算法进行优化控制,较好地解决了动态定量称重精度和速度的矛盾。

2) 从特定对象出发,将自校正算法运用到动态称重过程中,对于定量称重 2 500 g,达到了 ±2 g 的精度,大大减少了由于人为因素而造成的误差,提高了称重质量及效率。

3) 该项技术对粮食、水泥以及一些固体散料的定量包装有较大的应用价值,尤其是针对一些对人类身体有害物料的包装,显得尤为重要。

参考文献:

[1] 吴振顺.最小方差自校正控制器在液控伺服作动器上应用与仿真[J].机床与液压,2002(1):69-71.
 [2] 王雪松.电气比例压力阀自校正压力调节器的设计[J].电机与控制学报,2006,10(1):28-30.
 [3] 张国全.重力称重式充填机三段式加料系统原理的研究[J].包装工程,2006,27(6):189-191.
 [4] 余勃.包装机混合式自动定量控制系统的设计[J].包装工程,2008,29(8):74-76.
 [5] 孙虎儿.小杂粮自动定量包装自动控制系统的设计[J].包装工程,2008,29(12):81-82.
 [6] 陈宝远.多级给料粉状物料称重系统的预测控制算法[J].电机与控制学报,2005,9(3):287-290.
 [7] 王书鹤.提高动态配料精度和速度的研究与实现[J].自动化仪表,2004,25(6):46-48.
 [8] 侯媛彬.系统辨识及其 MATLAB 仿真[M].北京:科学出版社,2004.

[3] 陈士祥,郭飞.电子组合称量技术的应用研究[J].包装与食品机械,2007(3):5-8.
 [4] 唐志祥.包装计量组合秤工作原理初探[J].广东工学院学报,1994(3):45-51.
 [5] 陈锡辉,张银鸿. LabVIEW8.2 程序设计从入门到精通[M].北京:清华大学出版社,2007.
 [6] 陈羽锋,吕浩杰.组合秤组合计算的研究与仿真[J].包装工程,2009,30(12):74-76.
 [7] 张西良,邓志辉,李萍萍.组合秤组合性能分析与仿真研究[J].农业机械学报,2005(12):65-66.
 [8] 邓志辉.基于 Visual Basic 组合秤仿真程序的设计[J].常州信息职业技术学院学报,2007(4):15-17.