

钎焊环定量称重系统的飞料自校正补偿方法的研究

颜春林, 徐向纮

(中国计量学院, 杭州 310018)

摘要: 通过对称重系统下料系统方案的设计, 采用粗、中、细 3 级给料的方式, 以尽可能减少给料控制过程中, 飞料对系统最终称量精度产生的影响。在中给料环节, 采用自校正算法对提前量进行实时的校正, 使实际计量值和设定值接近, 进一步减小飞料对系统精度的影响, 保证细给料环节有一个较小的给料量, 解决了系统的称重精度和速度之间的矛盾。

关键词: 定量称重; 分级给料; 自校正控制

中图分类号: TB486⁺.3; TP273⁺.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)03-0057-03

Research on Residues Self-tuning Compensation Method of Brazing Ring Quantitative Weighing System

YAN Chun-lin, XU Xiang-hong

(China Jiliang University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: The design of feeding system with 3 level feeding method containing thick feeding, medium feeding and fine feeding was introduced, to minimize the influence by residues on system precision in feeding control process. In medium feeding process, self-revised prediction model was established to revise the feeding amount in advance, to make setting values close to the actual measurement values, which reduce the influence of residues on feeding system precision, and ensure that the amount of fine feeding has a smaller quantity. The contradiction between the accuracy and speed of the weighing system was solved with this method.

Key words: quantitative weighing; grade feeding; self-tuning control

在定量称重系统中, 造成精度低下的主要原因是系统飞料对系统产生的影响。当物料实际重量值达到目标值时, 在关闭下料闸门时, 由于系统的延时, 会产生一部分飞料量, 这部分飞料会使得称重结果有较大的误差。目前, 一般采用提前量对系统飞料进行补偿, 但是飞料具有较大的随机性以及不确定性, 无法用一个固定的参数对其进行补偿, 因此, 定量称重系统的精度仍然处于一个较低的水平。

自适应调节器^[1]是 20 世纪 70 年代迅速发展起来的一种自适应控制系统, 它是用一个比较简单的数学模型来近似实际对象, 用一定的性能指标(如输入方差最小)来设计控制器。只需对过程或被控对象进行在线辨识, 然后, 用过程参数估计值和事先规定的性能指标, 在线地综合出调节器的控制参数, 并根据

此控制参数产生的控制作用对被控对象进行控制。自校正控制由于简单易行, 被广泛应用于城市供水系统、蒸发器液位控制^[2]、化学和水泥工业的配料控制等领域, 有着良好的应用价值。

钎焊环是空调制冷管中的焊接材料, 随着空调需求量的增大, 钎焊环的需求也随之增加, 而钎焊环的包装和称重现在仍是人工进行操作, 人为因素引起的称重误差较大。另外, 钎焊环的材料具有较高的价格, 积少成多, 会给企业和买方造成较大的损失。

针对上述问题, 笔者分别从下料方案以及飞料补偿算法两方面进行设计, 尽可能降低飞料对系统精度产生的影响。采用粗、中、细 3 次给料的下料方式^[3], 粗、中给料占系统的大部分, 保证给料速度; 细给料采用振动盘给料, 保证给料精度; 并将自校正算法引进

收稿日期: 2010-11-04

作者简介: 颜春林(1984—), 男, 杭州人, 中国计量学院硕士生, 主攻检测及自动化。

通讯作者: 徐向纮(1963—), 男, 杭州人, 博士, 中国计量学院教授, 主要从事检测自动化方面的研究。

本系统,来实时修正每次的提前量,从而对飞料进行实时的补偿,使得每次的实际下料量和预设值尽可能相等,保证细给料环节给料量,从而提高系统的称重精度。

1 系统下料控制程序的设计

定量称重系统必须处理好 2 个问题:一是称重的精度;二是称重的速度。称量的精度和速度是一对矛盾的问题^[4],如要满足系统的高精度,则必须使称重过程趋向静态,这样可以达到较高的精度,但是满足不了系统速度的要求;反之,加快称重速度,当物料的实际重量值达到预设值时,此时关闭下料口,会产生大量不确定的空中飞料,这样一来,会大大降低系统的称重精度。

另外,传统方法采用粗、细 2 级给料的下料方式,在粗给料达到设定值时,上位机发送关闭信号,关闭粗给料下料口,但是,控制系统、执行机构等控制环节均存在着一定的延时,而且粗给料的流速较大,此时便会产生较大的空中飞料量^[5],这部分飞料量将有可能挤掉细给料环节,使系统产生较大的误差。反之,如果将粗给料的设定值设置较小,则会使得细给料的给料量加大而影响系统的给料速度。

因此,采用粗、中、细 3 级给料的方式,见图 1,粗、

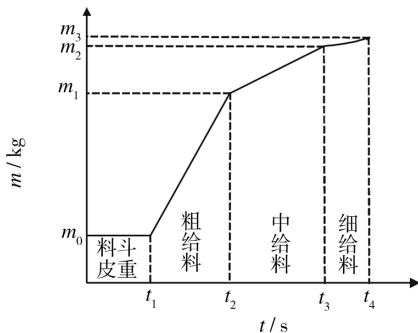


图 1 下料控制方式

Fig. 1 Diagram of feeding control method

细给料占总给料量的大部分,这部分保证系统的称重速度;细给料占总给料量小部分,这部分保证称重精度。进行粗给料时,采用大、小料口同时给料,物料通过称重传感器将重量信号转换为电信号,经过数据采集模块将信号传送到上位机中。当料斗中的物料重量等于粗给料关断值(设定值减掉提前量)时,上位机发出执行命令,此时 PLC 控制器驱动步进电机运动

到指定位置,此时大料口被关闭,只留小料口进行中给料的操作;当物料重量达到中给料关断值时,上位机发出执行命令,PLC 控制器驱动步进电机运行到终止位置,关闭大、小 2 个料口,进行细给料的操作;细给料的操作是保证给料的精度,因此采用单个送料的方式,采用振动盘给料,当达到目标值时,称重结束,这样在一定程度上细化了飞料量的大小。通过粗、中、细 3 级给料的方式,不断细化飞料的大小,从而提高系统的称重精度。

2 提前量的预测算法

在自动称重的过程中,在关闭闸门的时候,由于执行机构有一定的延迟,此时会产生一定量的空中飞料量。特别是中给料阶段产生的飞料量。因为此次细给料的设定量很小,中级给料环节控制不好,会直接影响系统的精度,再加上飞料量具有较大的随机性以及不确定性^[6],无法用一个固定的参数对其进行补偿,因此需要采用预测模型对飞料补偿量进行实时的预测。建立二阶预测模型^[7]如下:

$$y(k+1) = \beta_0 u(k) + \mathbf{x}^T(k)\boldsymbol{\theta} \quad (1)$$

其中参数向量 $\boldsymbol{\theta}$ 和数据向量 $\mathbf{x}(k)$ 分别为:

$$\boldsymbol{\theta} = [\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2]^T \quad (2)$$

$$\mathbf{x}(k) = [y(k), y(k-1), u(k-1), u(k-2)]^T$$

其中: $y(k)$ 表示第 k 次物料实际重量; $u(k)$ 表示第 k 次提前量的设定值。

本模型是基于第 k 次以及第 $k-1$ 次物料实际重量和第 $k-1$ 次以及第 $k-1$ 次提前量的设定值,来预报第 $k+1$ 次物料实际重量,控制目标是找到一个合适的 $u(k)$,使以下控制目标:

$$J = E[y(k+1) - y_r]^2 \quad (3)$$

为最小,其中 y_r 是目标设定值。

当取到数据 $y(k)$ 时,采用带遗忘因子 λ 的在线递推最小二乘法^[8]在线估计参数 $\boldsymbol{\theta}$ 的值 $\hat{\boldsymbol{\theta}}(k)$:

$$\hat{\boldsymbol{\theta}}(k) = \hat{\boldsymbol{\theta}}(k-1) + P(k-1)\mathbf{x}(k-1)[\lambda + \mathbf{x}(k-1)^T P(k-1)\mathbf{x}(k-1)]^{-1}[y(k) - \mathbf{x}(k-1)^T \hat{\boldsymbol{\theta}}(k-1)] \quad (4)$$

$$P(k) = \frac{1}{\lambda} \{ P(k-1) - P(k-1)\mathbf{x}(k-1)[\lambda + \mathbf{x}(k-1)^T P(k-1)\mathbf{x}(k-1)]^{-1}\mathbf{x}(k-1)^T P(k-1) \} \quad (5)$$

计算出 $\hat{\boldsymbol{\theta}}(k)$ 以后,根据自校正调节规律^[8]:

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

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.