

一种面粉分装秤及其定量误差研究

刘芬¹, 袁晓文², 魏泽鼎¹

(1. 河北科技大学, 石家庄 050000; 2. 石家庄铁路职业技术学院, 石家庄 050041)

摘要: 介绍了一种定量分装秤。在现场应用的基础上, 通过实际数据分析研究了产生分装误差的原因。研究发现分装误差由测量误差和出料控制误差 2 部分构成。研究表明: 通过合理设置 A/D7730 的工作方式, 兼顾量化误差和测量滞后误差, 可使两误差值之和最小; 对分装秤采取减震措施, 改进推进螺旋使其回转半径向出口方向逐渐减小, 使空中量稳定, 并用隔离变压器给控制装置供电, 进而抑制高次谐波的干扰, 这些措施是提高分装精度的有效手段。

关键词: 分装误差; 分装精度; 定量误差; 面粉分装

中图分类号: TB486+.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)05-0025-03

A Kind of Flour Loading Scale and Its Quantitative Error

LIU Fen¹, YUAN Xiao-wen², WEI Ze-ding¹

(1. Hebei University Science and Technology, Shijiazhuang 050000, China; 2. Shijiazhuang Institute of Railway Technology, Shijiazhuang 050041, China)

Abstract: A kind of loading scale was introduced. The causes loading error were analyzed using data of field application. It was founded that the loading error is composed of measurement error and control error. It was concluded that the effective measures to improve loading precision are 1) setting work ways of A/D7730 reasonably, which considers the quantization error and measurement lag error can reduce the sum of the two errors to the minimum value; 2) using shock absorption measures; 3) reducing the radius of pushing spiral to the exit gradually to keep stability of the volume in the air; 4) supplying power to controlling device by using the isolated transformer to restrain the interference of high harmonics waves.

Key words: loading error; loading precision; quantitative error; flour loading

面粉生产的最后一道工序是定量包装, 对应的定量分装设备有较大的市场需求。各面粉机械厂竞相开发了多种型号的相关设备, 其中独立于生产线, 分装能力在每天 100 t 的定量分装秤(以下简称分装秤), 多采用以 PLC 作为控制器、以螺旋推进器的送料方式, 一般都有较好的测量精度, 但普遍存在的问题是送料流量不稳定, 测量采样滞后时间较长, 造成分装误差较大, 测量精度多在 0.025%, 分装精度在 0.4% 左右。国外同类产品精度较好, 分装精度达 0.25%, 但价格昂贵^[1], 设备维修不方便, 市场前景受到限制。

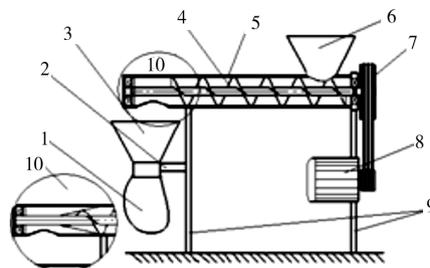
1 一种分装秤的结构及工作原理

该面粉分装秤由机械装置和单片机控制装置 2

部分构成。

1.1 机械结构

机械装置的结构见图 1。包装袋 1 连接于接料斗



1 包装袋; 2 传感器; 3 接料斗; 4 螺旋推进器; 5 输料筒; 6 储料斗; 7 绞龙轮及皮带; 8 电动机; 9 支撑架; 10 局部改进

图 1 分装秤机械结构

Fig. 1 Schematic diagram of mechanical loading scale

3, 二者一起固定在传感器 2 上, 由单片机控制着分装

收稿日期: 2011-12-01

作者简介: 刘芬(1965-), 女, 河北石家庄人, 硕士, 河北科技大学副教授, 主要从事机械电子自动化及控制方面的教学与研究。

秤的机械动作。工作时电动机驱动螺旋推进器转动,把面粉由储料斗传输到接料斗,再落入包装袋。当进入包装袋的面粉质量达到设定值的时候,电动机停止转动,完成一次分装工作。

1.2 控制装置

分装秤控制系统结构见图 2。单片机管理设置

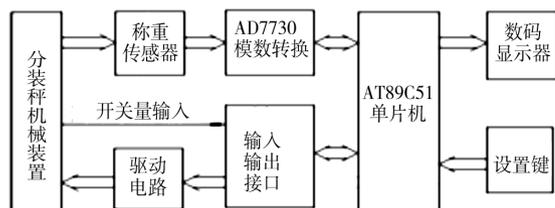


图 2 分装秤控制系统结构

Fig. 2 Block diagram of control system structure of loading scale

键的输入、显示器的刷新、AD7730 的初始化和转换结果的读取、开关量变化信息的监视,并且控制机械装置的运行。

操作工人通过设置键输入分装(每一袋)质量、空中量(已经脱离输料筒还没有落入袋中)、慢给料量、皮重等工作信息。工作过程中工人把包装袋置于接料斗的出口处,拨动夹袋开关,单片机监测到开关闭合后,自动按照设置的信息工作。首先开通气动阀门,使得夹紧气缸把包装袋夹紧在接料斗上,此后开始快速向包装袋送料。在单片机控制下,每个测量周期 AD7730 通过称重传感器测量一次袋中面粉的质量,该量加上慢给料量等于或大于设定的分装质量时,单片机控制变频调速器,降低电机转速,进入慢给料状态^[2]。当袋中量与空中量之和等于(大于)分装质量时,电机停止转动,出料结束,夹袋气缸松开,包装袋与接料斗分离,完成一次分装工作。

2 分装误差分析

分装误差是给定质量与实际分装结果的差值,由分装秤工作过程可知,图 1 分装秤的误差,可分为测量误差和控制误差 2 部分。

2.1 测量误差的构成

测量误差是实际质量与测得的质量之差,它主要包括:A/D 转换的量化误差;机械振动造成的测量误差;电源及输入通道的电磁干扰造成的测量误差。这 3 方面的误差是随机出现的,有不可预知性,因此无

法用程序去补偿,是影响测量精度的主要因素。

2.2 出现控制误差的原因

控制误差指的是面粉实际输送量与单片机输出的给定量的差异,产生这种误差的因素有以下原因。

2.2.1 测量滞后导致控制滞后

由于单片机要经过一个周期时间 t 测量一次送出面粉的质量,如果某次测量值刚好比设定值少 1 LSB(最低有效位),就要等 1 个周期后再测量;若测量值等于设定值,会立即发出停止送料信号,可见虽然测量值只差 1 LSB,停止送料时间却相差 1 个 t ,所以各袋之间大约相差 $0 \sim t$ 的时间滞后。假如慢给料速度是 0.5 kg/s ,测量滞后造成各袋之间的误差 $0.5t \text{ kg}$ 。

2.2.2 空中量不稳定

由于电机停止转动不再送料的条件,是测得的质量与空中量之和大于等于分装质量,任何原因造成的空中量不同,都必然产生误差。在摩擦力和重力作用下,面粉在推进螺旋叶片的后上方会出现空洞,导致推进螺旋每转一周,面粉落进接料斗的速度出现一次脉动,造成不同的时刻空中量也不同,从而产生控制误差。

3 减小分装误差的措施

经过上述分析可知:提高测量精度的同时减小控制误差,才能提高分装的精度。

3.1 提高测量精度

3.1.1 A/D 转换速度与转化误差的关系

A/D7730 是采用 $\Sigma - \Delta$ 技术的 24 位 A/D 转换芯片,最大分辨率是 $1/230\,000$ ^[9],假设分装质量与接料斗的质量总共是 100 kg ,在不要求转换速度的情况下,A/D 转换的量化误差为 $0.434\,8 \text{ g}$,但是测量速度慢了,必然会加长测量周期,从而导致随机的测量滞后时间加大;提高测量速度,可以增强测量的实时性,减小测量滞后造成的误差,但同时却损失了 A/D7730 的转换分辨率。如果每个测量周期采集 3 次数据,满量程 100 kg 对应的输入模拟电压为 $\pm 10 \text{ mV}$,A/D7730 的数据输出频率与转换分辨率、量化误差、滞后误差及综合误差的关系见表 1^[3]。

由图中的参数可见,为了兼顾速度和分辨率,设置 A/D7730 的转换数据输出频率为 600 Hz ,在此频率下的转换分辨率是 $1/30\,000$,以被测总质量 100 kg 、慢给料速度 0.5 kg/s 计,对应的滞后误差是 2.5 g ,量化误差是 3.33 g ,2 项合计误差 5.83 g ,是合计误差的最小

表 1 A/D7730 的数据输出频率与
转换分辨率及误差的关系 (CHP=0)

Tab.1 Relationship of output frequency,
conversion resolution and error of A/D7730

输出频率 / Hz	分辨率 /k	量化误差 / g	滞后误差 / g	合计 误差
150	55	1.82	10	11. 82
200	45	2.22	7.5	9.72
300	40	2.5	5	7.5
600	30	3.33	2.5	5.83
1 200	20	5	1.25	6.25

值,精度优于 0.006%。

3.1.2 减小振动提高测量精度

传感器与料斗和面粉构成典型的 $m-C-k$ (质量-阻尼-弹性) 系统, 振动必然造成传感器的变形, 微应变随之波动, 这就要造成测量的误差^[4]。研制过程中对比了同一个分装秤在采用沙坑减震(分装秤的水泥地基周围与大地之间用 0.7 m 左右的细河沙隔离) 和不采取减震措施的情况, 在其他环境基本相同的情况下记录测量数据, 给定分装质量 $m=30$ kg, 在有沙坑减震措施的情况下分装了 902 袋, 分装后再分别用较高精度的秤测量每袋的质量, 按公式 $\delta = \sum_{i=1}^{902} (|d_i - m|) / 902$ 计算, 得到综合平均误差 $\delta=112.22$ g。其中 d_i 是第 i 袋的测量质量; 没有减震措施的情况下分装了 1 143 袋, 由于试验车间邻近公路, 把没有车辆经过时分装的 378 袋和有车辆经过分装的 765 袋, 分别按上述公式计算综合平均误差, 无车辆经过 $\delta=109.29$ g, 有车辆经过 $\delta=332.54$ g, 综合计算 1 143 袋, $\delta=171.74$ g。减震后综合平均误差比无减震措施减少了 59.52 g。可见采取减震措施能有效提高分装的精度。

3.1.3 稳定电源的电压

工频市电传输线是个大天线, 由于电磁波的作用, 在 50 Hz 的电源上寄生着大量的高次谐波^[5], A/D7730 的模拟通道只有 100 nA 的输入电流^[3], 输入阻抗很高, 高次谐波可以经过寄生电容进入 A/D 通道^[5]。结果必然会增加测量误差。使用电源隔离变压器或滤波器, 可以抑制高频信号, 减小对 A/D7730 的模拟通道的干扰, 提高测量精度。经过多次实际验证发现: 使用电源隔离变压器后再给分装秤的控制装置供电, 要比直接使用市电时的平均误差小 4 g 左右。

3.2 稳定空中量以提高控制精度

为减小面粉落入料斗流量的脉动, 从而减小空中

量误差, 改进螺旋推进器的结构(见图 1 中的 10)。改进后推进螺旋的旋转半径越向出口处越小, 使得邻近出口处推进叶片后上方空洞逐渐消失, 达到出料速度均匀的目的。改进以前综合平均误差 $\delta=112.22$ g, 改进以后分装了 503 袋, 综合平均误差 $\delta=66.75$ g, 减小了 45.47 g, 精度达到 0.222 5%。

4 结论

分装秤的分装误差不仅取决于测量精度, 更与控制精度有关。为了提高分装精度, 应该合理设置 A/D7730 的工作方式, 兼顾量化误差和测量滞后造成的误差, 使得两误差之和最小; 分装秤与大地之间采取减震措施, 对于提高测量精度有明显的效果; 改进推进螺旋, 使其旋转半径邻近出口处逐渐减小, 可以稳定空中量, 提高分装的控制精度。综合采取上述措施后, 分装精度优于 0.25%。

参考文献:

- [1] 韩虞梅, 韩笑. 欧美国家定量包装现况[J]. 包装世界, 2008(5):25.
HAN Yu-mei, HAN Xiao. Packing the Status of European and American Countries [J]. Packaging Word, 2008 (5):25.
- [2] 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.
SUN Hu-er. Small Grains Automatic Packing Automatic Control System Design [J]. Packaging Engineering, 2008, 29(12):81-82.
- [3] 孙佐. 高精度 A/D 转换器 AD7730 及其应用[J]. 仪表技术, 2003(3):12-15.
SUN Zuo. High-accuracy A/D Converter AD7730 and Its Application [J]. Instrumentation Technology, 2003(3):12-15.
- [4] 杨宝清. 现代传感器技术基础[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2005.
YANG Bao-qing. Modern Sensor Technology Foundation [M]. Beijing: Railway Publishing House of China, 2005.
- [5] 杨自佑, 王守三. 电磁兼容原理与应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
YANG Zi-you, WANG Shou-san. Emc Principle and Application [M]. Beijing: China Machine Press, 2006.