

基于振频分析的动态检重秤称重算法研究

□宁波联测传感科技有限公司 郁峰 胡阳 黄浩

【摘要】动态检重秤,它是在流水生产线动态情况下实现高速、高精度重量检测并动态分选出过轻或过重产品的设备,利用此设备可以提高产品质量^[1],优化生产流程,进而控制成本,消除浪费,增加利润。研究高精度的动态检重秤有广阔的市场前景,在生产实践中也具有相当大的实用价值。国内的检重秤由于结构和算法简单故精度不高,而国外的产品价格昂贵,一般企业难以接受。本文介绍了一种基于振频分析的动态检重秤称重算法,该算法克服了检重秤称重精度低、效率低、分选慢等缺点,通过实践应用,完全符合流水线生产和制造需求。

【关键词】动态检重秤; 振动频率; 频谱分析; 带阻; 阶跃响应

文献标识码: A 文章编号: 1003-1870 (2024) 09-0011-03

1 检重秤的构成

动态检重秤的硬件构成如图1所示,通常由检重传感器、检重皮带、数据处理模块组成。所使用的检重传感器为电阻应变式称重传感器,数据处理模

块CPU采用的是STM32F103^[2]系列的单片机,该芯片的特点是I/O口丰富、片内flash较大,以及具有一定的数字信号处理能力,性价比较高。

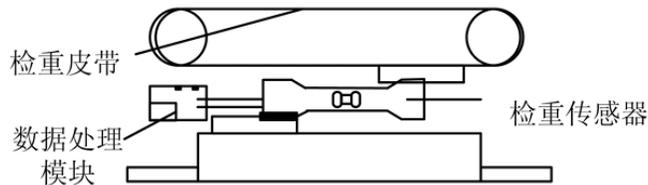


图1 动态检重秤硬件构成

2 检重秤的工作流程

(1) 检重准备。首先投入被检物,调整传送带的运转速度^[3],速度大小通常取决于检测要求的速度与间隔。

(2) 检重过程。被检物经过上料皮带的缓冲作用被逐个送上检重皮带,这时系统根据内部电平信号,或者外部电平信号,如光电开关信号,在产品到达检重皮带后,对进入检重区域的待检测产品进行识别。然后数据处理模块对检重传感器不断采样,直到被检物离开检重皮带,送上下料皮带时,

数据处理模块完成对被检物重量信号的采样,采集过来的动态检重信号经过数据处理模块调理后传输给检重控制器。

(3) 剔除过程。检重控制器对所收到的检重信号进行处理,得出结论,然后向剔除装置发出剔除信号,剔除装置执行剔除命令,完成分选工作。

3 动态检重信号分析

以3040g的包裹为例,介绍系统采集的原始动态检重信号^[4],如图2所示。

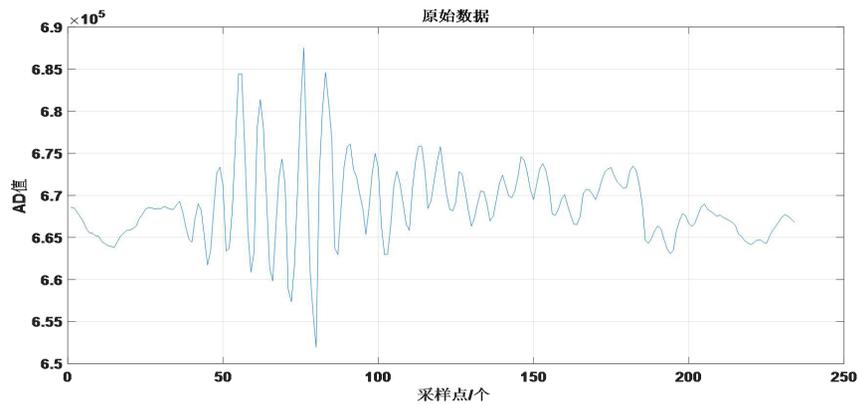


图2 原始检重信号图

图中初始时，检重皮带上没有任何重物系统空转，此时的AD幅值为检重台的重量，到达第50个采样数据时刻，被测物刚到达检重台使得检重台突然受重，此时检重皮带振动较大，因此波形的振动幅度较大，随着时间的推移到达第100个采样数据时刻，检重过程趋于稳定，振动幅度减小，直到第180

个采样数据时刻，左右被测物离开检重台，振动幅度再次变大。从整个检重过程数据曲线存在毛刺得知，动态检重系统的干扰噪声主要来源于传送机构在运转过程中电机产生的振动，以及传送带之间的高低落差造成的碰撞产生的数据抖动，这些振动和碰撞都会给检重信号造成干扰。

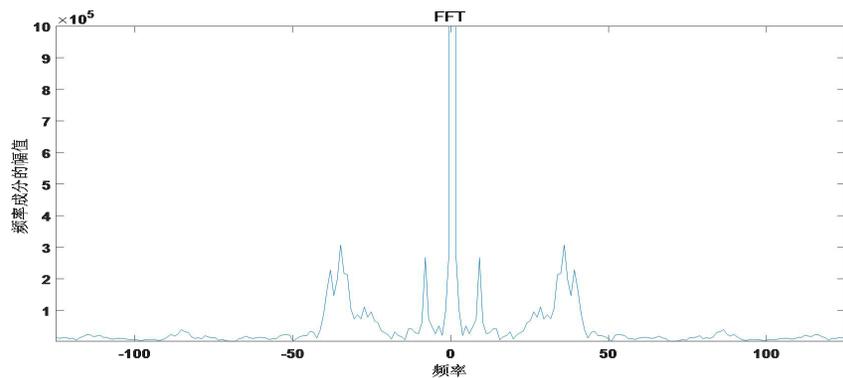


图3 检重信号振动频谱

用FFT函数处理分析频谱，处理之前先进行基本参数的设置：

$F_s=300$; 采样频率300Hz

$T=1/F_s$; 采样周期

$L=240$; 信号长度240

由此获得连续的频谱变化图，如图3所示。观测检重信号振动频谱特征，得出系统干扰信号频段主要集中在3~50Hz范围内，所以这一部分干扰可以利用低通滤波算法进行处理。

4 信号低通滤波处理

理想低通滤波器^[5]有从0到 ω_c 的单一通带，其中 ω_c 为截止频率，高于 ω_c 的整个频率范围为阻带^[6]，B

为带宽，那么有这样的关系成立：

$$B=\omega_c, \omega_c=2\pi f_c \quad (4-1)$$

理想低通滤波器的功能是使得直流($\omega=0$)到某一指定频率 ω_c 的频率分量不受衰减地通过，而高于 ω_c 的频率成分衰减为0。

设想一个夹杂有噪声 $n_1(t)$ 和 $n_2(t)$ 的模拟信号 $x(t)$ ，其形式为：

$$x(t) = m(t) + n_1(t) + n_2(t) \quad (4-2)$$

式中， $m(t)$ 为原始信号。

$$m(t) = m_0 \left[1 - \frac{e^{-\xi\omega_m t}}{\sqrt{1-\xi^2}} \sin\left(\sqrt{1-\xi^2}\omega_m t + \varphi\right) \right]$$

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{\sqrt{1-\xi^2}}{\xi} \quad (4-3)$$

$$n_1(t) = n_{10} \sin(2\pi f_1 t)$$

$$n_2(t) = n_{20} \sin(2\pi f_2 t)$$

式中， ω 为角频率， f 为线频率， ξ 为阻尼系数， φ 为相位。上式可以看成是动态检重系统的带粘

性阻尼模型的阶跃响应^[7]。所以可以把信号 $x(t)$ 称为模拟检重信号。

通过上述分析，设置 FIR 低通滤波器截止频率为 0.5Hz，考虑到一般仪表使用的单片机资源有限，处理数据的效率相对较低。所以设置的滤波器阶数不宜太高，以 16 阶或者 32 阶为适合。

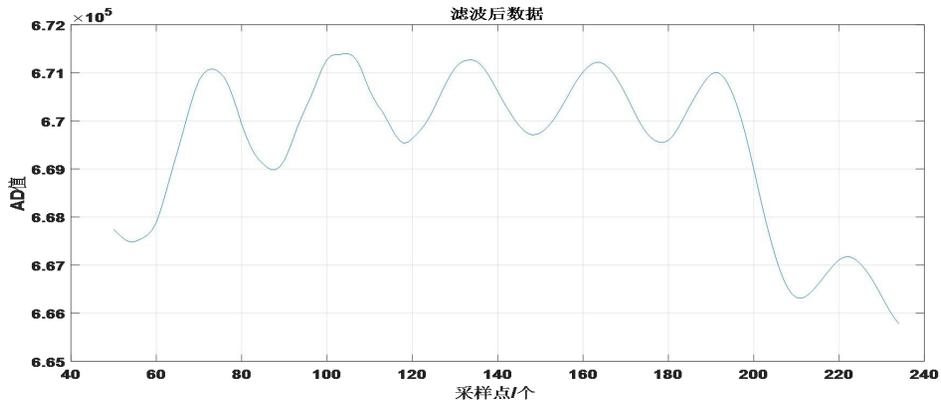


图4 滤波后检重信号图

图4 所示为滤波后检重信号图，对滤波后信号再进行一次FFT 得出主要干扰信号为10Hz 左右的正弦信号，由传送带电机转动产生。而且干扰频率会随电机转速的快慢发生变化，经过大量的实测数据判断出干扰频率主要集中在3~25Hz 范围内。通过图4 观测取第120 个序列数据到第180 个序列数据作为两个完整的波形做平均值处理，可以完全滤除干扰得到相对准确的检重数据。

5 检重数据精度统计

保证外部条件相同的情况下，测量系统在同一运转速度下不同重量待测物的检重信号，所得到的数据样本在分析的时候进行相互参照，如此可以研究比较在相同的系统运转速度下，FIR 低通滤波器针对不同重量待测物的处理效果（见下表）。

表 测试样本数据

标准重量/g	测量平均值/g	滤波后平均值/g
500	560	520
1000	930	980
2000	1840	2020
3000	2880	3030
4000	4260	3960
5000	4710	5020

从上表中可以看出，FIR 低通滤波基本满足动态检重系统的消噪要求。相比测量平均值，滤波后平均值精度更高。

参考文献

- [1] 吴洪军, 张永. 保质保量检重秤为食品包装提供双保险[J]. 食品安全导刊, 2009, 12(1): 78-79.
- [2] 李银平. 基于STM32 的动态称重分选系统的研发与实现[D]. 重庆大学, 2016.
- [3] 方原柏. 检重秤称重过程的理论分析[J]. 技术交流, 2021.
- [4] 汤建斌. 动态称重分选系统的控制及其算法研究[D]. 杭州: 中国计量学, 2010.
- [5] 杨舒卉, 吴社华, 赵冰化等. 一种模拟信号预处理机的设计与实现[J]. 舰船电子工程, 2012, 227(5): 172-173.
- [6] 张晔. 信号时频分析及应用[M]. 哈尔滨工业大学出版社, 2006.

作者简介

郁峰（1979—），浙江宁波人，高级工程师，工学硕士。现就职于宁波联测传感科技有限公司。