

# 数字梳状滤波器在配料称重控制仪表中的应用

□上海瑞仪动态称重研究工作室 王卫民

**【摘要】**本文通过对配料称重控制仪表的加料配料过程的分析找出其配料过程中的误差来源，提出用数字梳状滤波器来减少配料误差的方案，并给出此滤波器的MATLAB7.0 仿真结果和两种仪表的实际称重控制结果。

**【关键词】**数字梳状滤波器；称重控制仪表；MATLAB 语言仿真；两种仪表的实际称重控制结果的比较  
文献标识码：B 文章编号：1003-1870 (2023) 09-0034-04

## 引言

配料称重控制仪表已广泛应用于各种包装和料源控制场合。常见控制方式为三点位：快加、中加、慢加控制方式。鉴于成本起见，一般为开关料门模式。在加料过程中，快加、中加起着加料的速度控制，加料的精度主要取决于慢加量和提前量的控制。在慢加量到提前量这段加料过程中，系统中的振动和物料的自由落体运动所产生的冲量直接影响着最终加料重量控制精度。因此，为了消除这些因素对加料重量控制精度的影响，通常手段是提高配料称重控制仪表的滤波强度和滤波范围。这些措施从表面上看似减少了配料称重控制仪表显示数值的波动，但实际上，这些措施降低了配料称重控制仪表的动态响应，仍然不能提高配料称重控制仪表

的最终加料控制精度。由于系统中的振动信号和物料的自由落体运动所产生的冲量信号，通常表现为以某一频率为中心的狭窄频段。因此，采用数字梳状滤波器更为有效。

## 1 数字梳状滤波器(comb filter) 的描述

数字梳状滤波器的功能是去除信号中频率为 $f_0$ 及其整数倍的谐波。

其转移函数为：

$$H(z)=b(1-z^{-N})/(1-rz^{-N}), r<1, b=(1+r)/2 \quad (1)$$

式中 $N$ 为数字梳状滤波器的阶数。

其差分方程为：

$$y(n)=ry(n-N)+bx(n)-bx(n-N) \quad (2)$$

当 $N=8, r=0.9$ 时其幅频响应如图1所示。

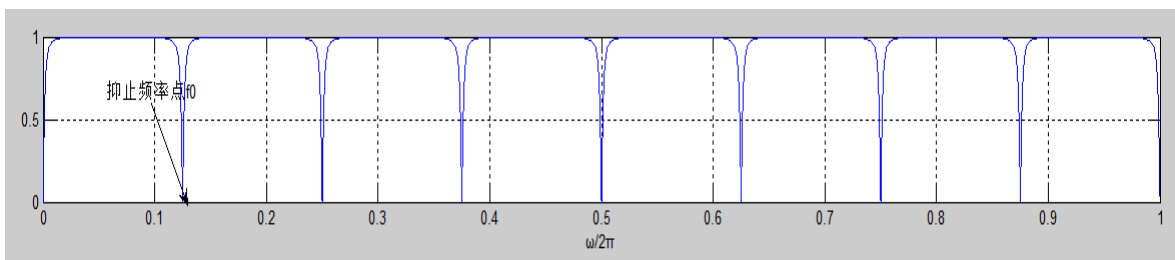


图1 N=8,r=0.9数字梳状滤波器的幅频响应

## 2 信号滤波的仿真处理结果

利用MATLAB7.0对数字梳状滤波器的滤波效果进行计算机仿真。

设输入信号 $X_c=\sin(\omega t)$ ,  $\omega=2\pi f/fs$ ,  $f=7\text{Hz}$ ,  $f_s=50\text{Hz}$ , 其波形如图2所示。

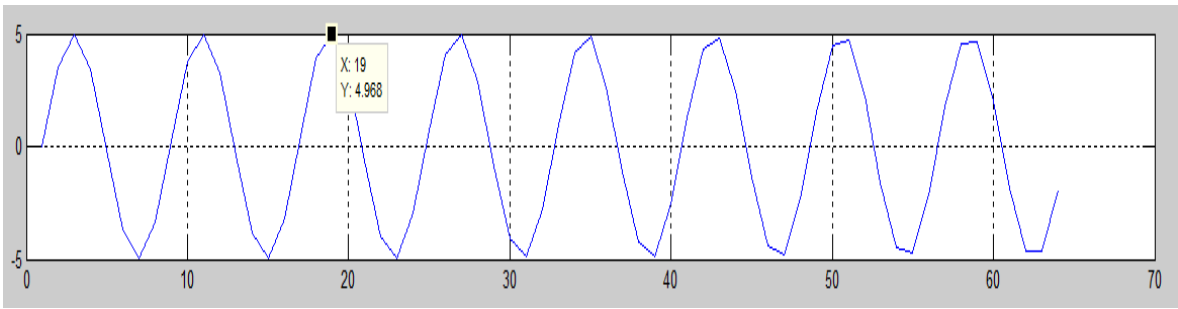


图2 输入信号 $X_0$  (频率为7Hz,采样频率为50Hz)的波形

输入信号 $X_0$ 的归一化频率频谱如图3所示。

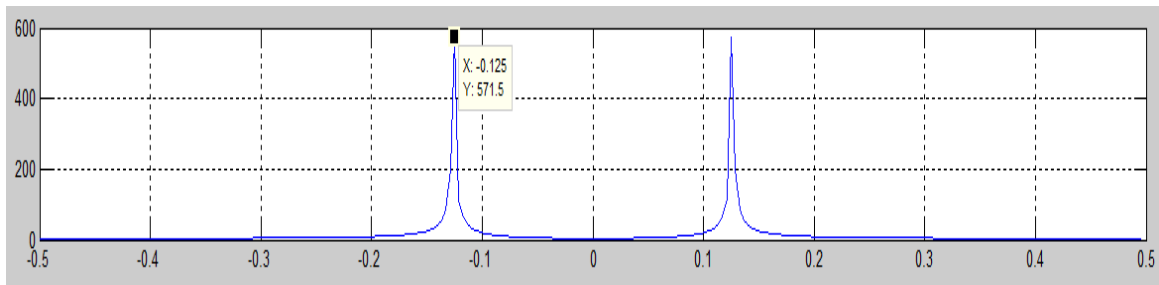


图3 输入信号 $X_0$ 的归一化频率频谱

将信号 $X_0$ 输入至公式(2)的数字梳状滤波器差分方程中,经过滤波的输出信号 $Y_0$ ,其波形如图4所示。

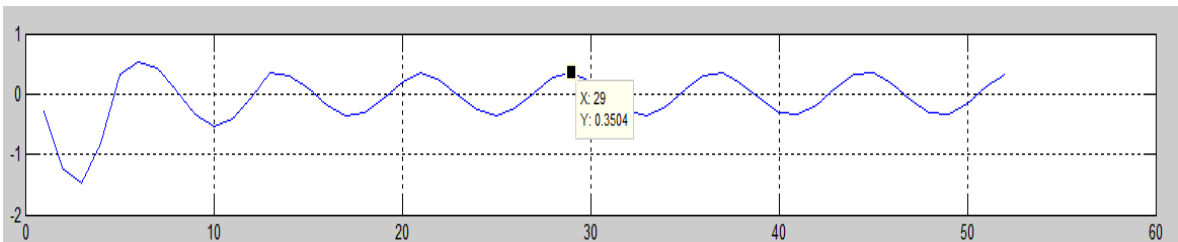


图4 输出信号 $Y_0$ 的波形

数字梳状滤波器的输出信号 $Y_0$ 的归一化频率频谱如图5所示。

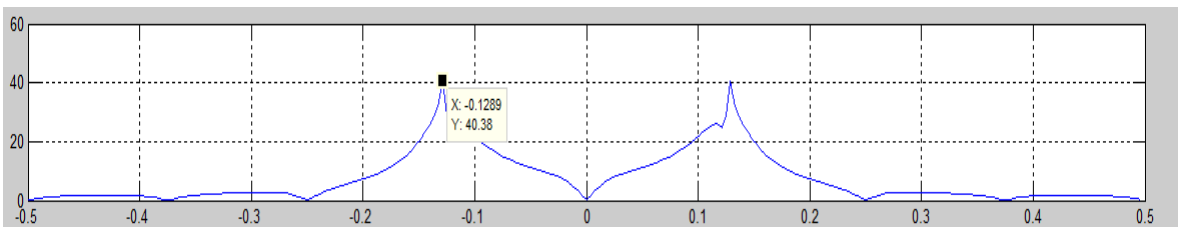


图5 输出信号 $Y_0$ 的归一化频率频谱

比较图3和图5的光标说明中的Y的值,可以看出,归一化频率频谱的峰值由571.5减少到40.38。同样,比较图2和图4的光标说明中的Y的值,可以看出,输入信号的峰值由4.96减少到输出信号的峰值

0.3504。由此可见,数字梳状滤波器具有衰减某一特定频率信号的作用。

### 3 应用实例

图6是一个配料称重控制比较系统。图中左边

的配料称重控制系统采用本工作室自制称重控制仪表，在其控制程序中内置了公式（1）所示的数字梳状滤波器。图中右边的配料称重控制系统，采用日本尤尼帕斯(unipulse)公司生产的F805A 称重控制仪表。两套加料系统的结构一致，两台控制仪表各自独立对史丹利公司生产的颗粒复合化肥进行称重控制。两个仪表在提前量段进行称重控制试验，它们的控制参数一致。定量为7.00kg，分度值为10，提前

量为0.85kg，允差为 $\pm 25g$ ，加料重量由0~7.00kg 的时间约为8s。

重量控制由气动元件推动控制阀门来实现，当加料重量达到定量值与提前量之差时，汽缸关闭控制阀门停止加料。

图7、图8 分别显示了第一次、第二次试验时上述两台独立称重控制仪表的实际称重控制重量。



图6 两台独立仪表构成的配料称重控制比较系统正在加料中

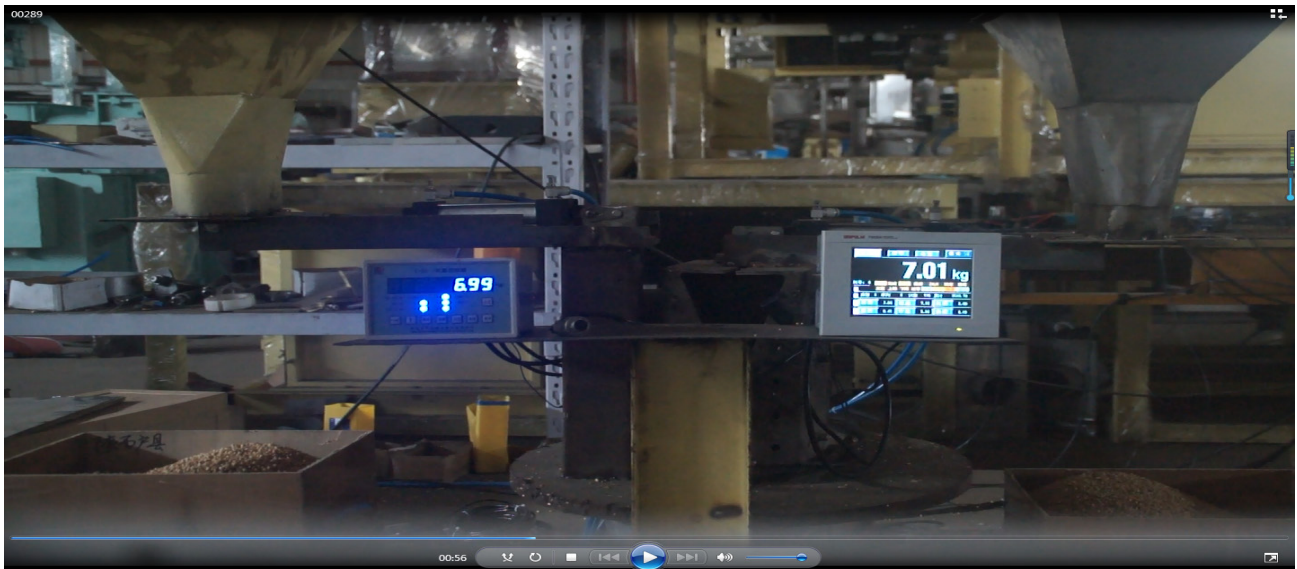


图7 第一次试验加料结束后两台独立仪表的实际称重控制重量

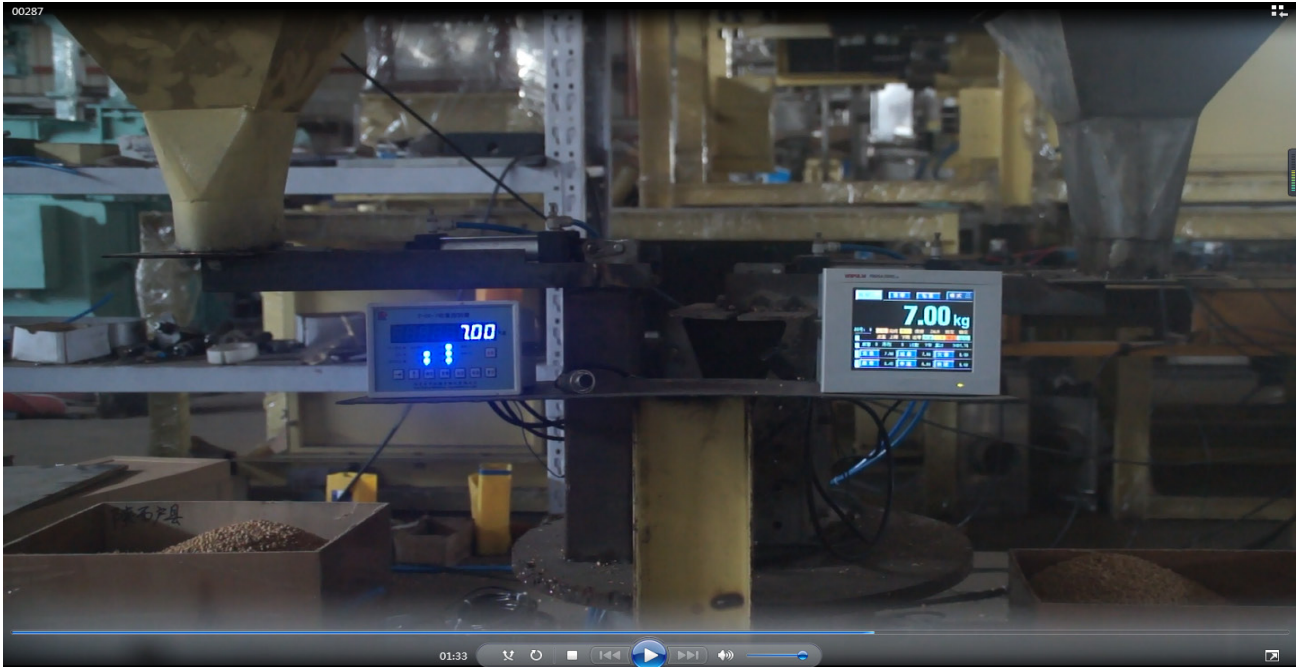


图8 第二次试验加料结束后两台独立仪表的实际称重控制重量

下表给出自制称重控制仪表和F805A 称重控制仪表的称重控制结果的比较。

表 自制仪表和F805A的称重控制结果的比较

单位: kg

序号 表名	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
自制仪表	6.99	7.01	7.02	7.00	7.00	7.01	6.99	7.00	7.01	6.99
F805A	6.99	6.99	7.00	7.00	7.00	6.97	7.00	7.00	6.98	7.00

#### 4 结语

解决配料称重中因机器的振动和物料冲量引起的称重误差,梳状滤波器是一种较好的方法,它算法简单,几乎不占CPU 开销,没有硬件成本。同时克服了为消除系统振动和物料冲量而加强低通滤波器的滤波强度时带来的控制仪表的动态响应的下降的问题。

本方案已在称重控制仪表中获得应用。

#### 参考文献

胡广书.《数字信号处理理论算法与实现》(第三版).清华大学出版社.2012.

#### 作者简介

王卫民,工程师,工学硕士,从事动态称重信号处理研究及动态称重仪表的研发。