

一种定量皮带秤在复合肥配料中的应用

□赛摩智能科技集团股份有限公司 张开生

【摘要】针对现有皮带式定量给料机的承载器多采用单托辊或多托辊称量台型式，其计量性能受皮带跑偏、皮带张力、皮带刚度及皮带粘料等因素的影响的问题；介绍了一种输送机式承载器定量皮带秤的工作原理及主要结构技术特点。基于动静码实物校准技术，采用静态砝码标定为基准称量物料重量值与其动态称量值比对修正其量程校准系数，实现在线实物校准，消除了以上因素对称重计量影响，确保定量皮带秤称量准确度及长期稳定性，在现场应用中取得了良好的实用效果。

【关键词】上层预给料机；定量皮带秤；动态称重；动静码物料校准；称量准确度稳定性

文献标识码：B

文章编号：1003-1870（2023）012-0011-04

引言

皮带式定量给料机是一种集动态连续称重、累计和流量控制、定量输送为一体的固体散状物料计量兼输送的设备，适用于对各种工艺过程中的块、粒和粉状物料连续精确供料控制。皮带输送载荷的重量信号及运行的速度信号传送到称重控制器或工控机，计算出实际给料量，并与设定给料量进行比较，从而控制输送皮带的速度，使给料量尽可能接近或等于设定的给料量。皮带式定量给料机还可配有RS485上位机通信接口，可与中央控制机组成DCS、FCS、工业以太网等系统。为各种工业现场的生产控制、管理提供准确的计量数据；在水泥、建材、冶金、电力、化工、煤炭、焦化、矿山、烟草、粮食、环保、港口等行业都有广泛的应用。

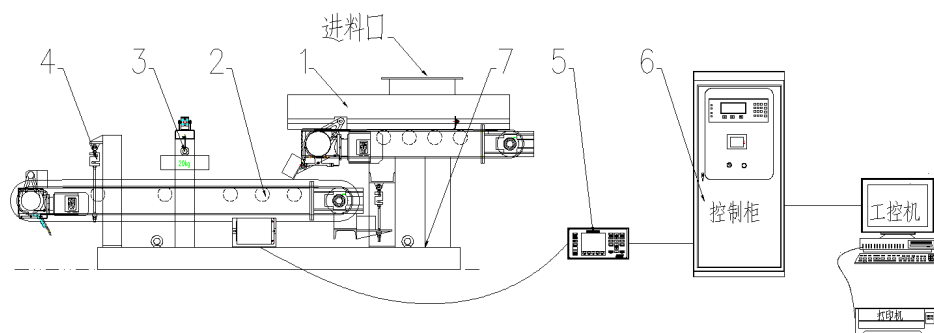
目前，现有的皮带式定量给料机的承载器多采用单托辊或多托辊称量台型式，其计量精度受皮带跑偏、皮带张力、皮带刚度及皮带粘料等因素的影响，无法保证称重精度。现场皮带式定量给料机受使用条件的限制，很难采用物料校准方式进行校准，一般均采用挂码、链码、电子校准等模拟载荷方式进行校准。而这种模拟载荷校准方式效果不理想，称重结果仍与实际称重存在较大误差。另外，

皮带式定量给料机在运行过程中机械特性的变化带来了皮带效应的影响，不能及时校准补偿，从而导致皮带式定量给料机的计量精度和控制精度低、长期稳定性和耐久性不好，使皮带式定量给料机难以达到精确定量给料的目的。为克服现有技术中的不足，提供一种能消除皮带跑偏、皮带张力、皮带刚度及皮带粘料等因素对称重计量影响，并能实现在线实物校准的高精度动态称重给料装置。本文介绍了与史丹利农业集团股份有限公司联合，研发了一种由三个称重传感器悬浮吊装整台输送机作为承载器的F52S型定量皮带秤，基于动静码物料校准技术，定量皮带秤通过上层预给料机给料型式，采用静态砝码标定为基准称量物料重量值与其动态称量值比对修正其量程校准系数，实现在线实物校准，成功应用于生产过程中的尿素、氯化钾、硝铵磷、磷酸一铵、氯化铵等原料的定量给料，满足了复合肥生产配料精密度的要求。

1 F52S型定量皮带秤简介

1.1 结构组成

F52S型定量皮带秤由上层预给料机、定量皮带秤、称重传感器、校验装置、称重控制器、电气控制系统及机架等组成。



1- 上层预给料机、2- 定量皮带秤、3- 校验装置、4- 称重传感器、5- 称重控制器、6- 电气控制系统、7- 机架

图1 一种定量皮带秤系统图

1.2 工作原理

F52S 型定量皮带秤接入用户配料系统，上层预给料机与料仓相连。系统运行时，通过PLC 控制称重控制器进入标定模式，上层预给料机与定量皮带秤同时停机，校验装置自动将标准砝码放置于定量皮带秤上进行静态砝码标定。采用静态砝码标定定量皮带秤后，上层预给料机与定量皮带秤同时启动，上层预给料机给料，控制料流长度小于定量皮带秤长度，称重控制器得到动态称重料量值。上层预给料机先停机，获得的动态称重料量值的料流全部在定量皮带秤上后定量皮带秤停机，然后进行静态称重得到标准料量值。称重控制器将相同料流得到的动态称重料量值与得到标准料量值比对修正其偏差，获得新的量程校准系数，用于动态称重计量的量程系数，称重控制器标定完成，进入系统正常运行模式。在正常给料运行中，电气控制系统可以根据需要设定时间自动插入上述步骤进行调零、调量程，实现在线实物校准，有效地消除了皮带跑偏、皮带张力、皮带刚度及皮带粘料等因素对称重计量影响，确保定量皮带秤称量精度及长期稳定性。

1.3 主要指标

- (1) 带宽：B=650 mm；
- (2) 带速：v=0.1 m/s；
- (3) 输送量：Q ≤ 10 t/h；
- (4) 头尾滚筒中心距：L=1930 mm；
- (5) 物料 ——
 尿素：a. 易吸潮、有腐蚀；b. 粒度 ≤ 5mm；c. 密度：1335kg/m³；
 氯化钾：a. 易吸潮、有腐蚀；b. 含水量 ≤ 3%；

c. 粒度 ≤ 50mm；d. 堆密度：1140–1500 kg/m³；

硝酸磷：a. 易吸潮、有腐蚀；b. 含水量 ≤ 2%；

c. 粒度 ≤ 5mm；d. 堆密度：830 kg/m³；

磷酸一铵：a. 易吸潮、有腐蚀；b. 含水量 ≤ 3%；c. 粒度 ≤ 2mm；d. 堆密度：960–1040 kg/m³；

添加剂：a. 细度150 目；b. 含水量 ≤ 1%；c. 粉状物料干燥易扬尘；d. 堆密度：2500kg/m³；

氯化铵：a. 吸潮结块；b. 含水量 < 1%；c 白色颗粒性粉末；d. 堆密度：1527 kg/m³；

(6) 准确度等级：0.5 级，计量误差：0.5% ，控制误差：1%；

(7) 称重传感器：额定载荷200 kg（3 组）、安全负载150%、防护等级IP67、弹性体材质不锈钢；

(8) 计量方式：连续性动态计量或间歇性动态计量；

(9) 校验方式：动静码实物校准；

(10) 电源：380V/50 Hz；

(11) 整机功率：1.5 kW；

1.4 系统功能

1.41 系统具备就地/ 远程两种控制功能，具备集中控制的通信接口，具有与配料系统连锁功能。

1.42 具有定时自动调零，自动累计，自动调间隔，动静码实物校准等功能。

1.43 系统可存储50 种配方，并随时调用。

1.44 具有统计查询功能，可查询瞬时流量、累计流量、班统计、日统计、月统计、长期统计功能，实时上传用户管控系统，并具有多种图形统计显示。

1.45 提供反馈调节信号，控制配料准确度，保

证配料质量，有效节约成本。

1.46 具有故障报警信息，采用声光显示。

2 设计计算

2.1 输送量 Q : 10000 kg/h;

2.2 带速 v : 0.1 m/s ;

2.3 皮带物料负荷 q : $\frac{Q}{3600 \times v} = 27.778 \text{ kg/m}$;

2.4 定量皮带秤有效称量长度 L_1 : 1640 mm;

2.5 定量皮带秤物料总负荷 $Q_{物}$: $q \times L_1 = 45.556 \text{ kg}$;

2.6 定量皮带秤整机重量 $G_{机}$: 350 kg;

2.7 定量皮带秤及物料总重量 $G_{总}$: $G_{机} + Q_{物} = 395.556 \text{ kg}$;

2.8 称重传感器数量 n : 3;

2.9 称重传感器载荷 $G_{载}$: $\frac{G_{总}}{n} = 131.825 \text{ kg}$;

2.10 选用VISHAY 616型(S型)拉压式传感器，额定载荷(量程)根据传感器选型手册选取为200kg。

2.11 静态砝码校准所需砝码重量: 根据物料总负荷，确定砝码重量为50kg。

2.12 定量皮带秤物料运行时间 T : $\frac{L_1}{v} = 16.4 \text{ s}$;

2.13 上层预给料机间歇停机时间 t_1 : 2 s;

2.14 上层预给料机间歇运行给料时间 t : $T - t_1 = 14.4 \text{ s}$;

2.15 每小时上层预给料机间歇运行次数 n :

$$\frac{3600}{T} = 219.51;$$

2.16 上层预给料机间歇运行给料量 $Q_{给}$: $\frac{Q}{n} = 45.556 \text{ kg}$;

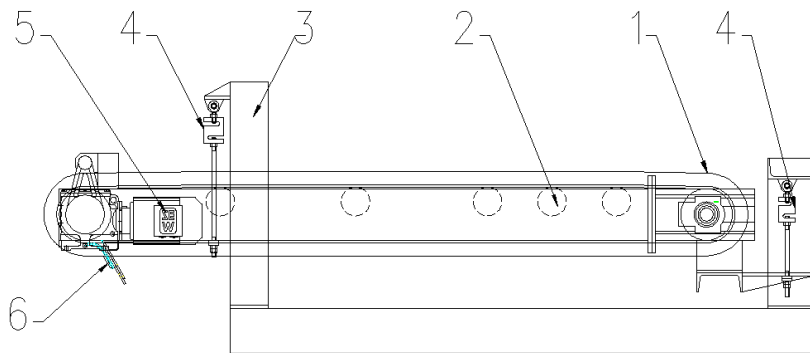
2.17 上层预给料机间歇运行输送量 $Q_{上}$:

$$\frac{3600 \times Q_{给}}{t} = 11389 \text{ kg/h.}$$

3 主要结构及技术特点

(1) 上层预给料机采用皮带输送，设有导料槽，进料口与用户料仓相连，仓压部位设有多组托辊，出料口设有出料导槽，从进口到出口料流在导料槽内运行，防止撒料。导料槽进料口处设有料流调节闸门并对料流整形，同时通过变频调速控制给料量。头部滚筒设有头部清扫器，清扫回程皮带粘料，防止回程皮带撒料。上层预给料机长度根据现场要求确定，原则上尽可能短，主、从动滚筒中心距约为1200mm，有效降低成本。

(2) 定量皮带秤采用了悬挂式结构设计，输送机整体由支架上部的3个称重传感器吊装(见图2)，输送皮带运行、跑偏、输送皮带的松紧度(皮带不打滑)、皮带托辊的高低不平、头部清扫等均属内力，对称重传感器受力不影响。只有物料落在输送皮带上，称重传感器受力才发生变化。此结构消除了皮带张力的变化、皮带跑偏及皮带托辊高低不平等因素对称重计量的影响。定量皮带秤采用裙边皮带输送，头部滚筒设有头部清扫器，清扫回程皮带粘料，防止撒料。定量皮带秤采用恒速运行。



1- 裙边皮带、2- 皮带托辊、3- 支架、4- 称重传感器、5- 减速电机、6- 头部清扫器

图2 定量皮带秤结构示意图

(3) 校验装置采用定滑轮结构设计，通过电动缸升降器提升砝码，实现自动砝码静态标定。

(4) 生产复合肥所需的原料均为腐蚀性物料，输

送机结构采用304不锈钢材质，皮带托辊采用尼龙托辊。

4 动静码实物校准技术

定量皮带秤的长度为1640mm、带速0.1m/s时，

物料运行时间为16.4 s；在额定流量10t/h下，皮带所载物料总负荷约45kg。通过调节上层预给料机料流调节闸门，控制料层厚度，驱动电机的工作频率在50Hz时，流量约为11.4 t/h，在此工况下进行静态称重校准和在线动态称重物料校准。

(1) 对定量皮带秤进行静态称重校准：采用静态砝码标定定量皮带秤，首先上层预给料机停机，待定量皮带秤上的物料输送清空后停机，称重控制器进行调零，然后校验装置将50kg标准砝码通过电动缸升降器放到定量皮带秤上，称重控制器通过称重传感器进行静态重量校准。

(2) 对定量皮带秤进行在线动态称重物料校准：首先在定量皮带秤运行状态下上层预给料机停止运行，待定量皮带秤上的物料输送清空后，称重控制器进行调零，定量皮带秤继续处于运行状态。然后根据称重控制器设定上层预给料机50Hz运行、给料时间为14.4s，启动运行上层预给料机给料，料流长度小于定量皮带秤长度。当上层预给料机达到设定的给料时间后停止运行，定量皮带秤对称重控制器设定给料时间内的物料进行动态称重得到动态称重料量值 W_1 ；当物料全部落在定量皮带秤上，定量皮带秤停止运行，然后对落在定量皮带秤上的全部物料进行静态称重得到标准料量值 W_2 。称重控制器的量程系数的修正值 K_1 为 $K_1 = K_0 \times \frac{W_2}{W_1}$ ，其中 K_0 为称重控制器原有的量程系数，称重控制器采用 K_1 修正值，用于动态称重计量的量程系数。接着对计量量程系数进行验证，上层预给料机从最大流量至最小流量多点运行（即50Hz、30Hz、20Hz、10Hz等）。首先上层预给料机50Hz运行，重复上述步骤得到此流量下动态称重计量值与静态计量值是否一致或修正。然后再以30Hz运行，继续重复上述步骤得到此流量下动态称重计量值与静态计量值是否一致或修正？以此类推，对计量量程系数进行验证或修正。

(3) 复合肥生产原料中粉状物料易吸潮、有腐蚀性，极易粘在输送皮带上，产生的粉尘或撒料也会落在定量皮带秤机架上积料，导致皮重变化及零点变化，影响计量准确度、控制准确度及称量稳定性。在系统正常给料运行中，电气控制系统可以根据需要设定时间，自动插入动静码实物校准进行调

零、调量程，实现在线实物校准，有效地消除了皮带粘料、机架积料等因素对称重计量影响，确保定量皮带秤计量准确度、控制准确度及长期称重稳定性。

(4) 上层预给料机变频调速，定量皮带秤为恒速运转，称重控制器将瞬时流量和设定流量相比较，经PID运算，自动调节上层预给料机的转速以实现定量给料。

(5) 连续性动态计量：根据控制系统设定给料量，控制上层预给料机的运行速度，实现定量皮带秤连续性动态称重定量给料。

(6) 间歇性动态计量：根据控制系统设定给料量，控制上层预给料机运行速度、间歇性给料，通过定量皮带秤物料在输送机上的运行时间 T ，控制上层给料机给料时间为 t ($t < T$)，上层给料机停机时间为 $T-t$ （使两次给料料流分开，一般约为2s~3s）。当上层给料机停机时，前一次给料料流已脱离定量皮带秤，此时定量皮带秤对本次给料料流进行动态称重，依此循环，实现定量皮带秤间歇性动态称重定量给料。本文介绍应用现场流量为10t/h，采用间歇性动态计量为分段计量，间歇性给料量约为45kg，计量准确度高。

5 结语

史丹利农业集团股份有限公司采用定量皮带秤替代原有的定量给料机投入应用后，使复合肥生产过程中的原料：尿素、氯化钾、硝铵磷、磷酸一铵、氯化铵等定量给料计量误差 $<0.5\%$ 、控制准确度 $<1\%$ ，保证配料准确度并保持长期稳定性，有效地提高了复合肥的产品质量、降低成本。本技术产品适用于水泥、建材、冶金、电力、化工、煤炭、焦化、矿山、烟草、粮食、环保、港口等行业散状物料的定量给料及配料，实现系统集成输送、动态称重、累计和流量控制等功能。

参考文献

[1] QB/T 5046-2017，定量皮带秤[S].

作者简介

张开生（1967-），男，高级工程师，毕业于郑州粮食学院，现从事计量技术及智能工厂方面研究工作。