

# 一种混凝土配料秤智能称重仪表的设计与应用

□山东博硕自动化技术有限公司 徐维军 谭振军 杨光耀

**【摘要】**为解决混凝土配料秤物料配料超差问题，本文设计了一款智能型称重配料仪表，并内置了自适应落差调整算法、智能点动补秤算法与智能点动扣秤算法。通过铁路施工单位与预制混凝土用户现场验证，能够满足计量精度要求。目前已广泛应用于高速铁路、高速公路、机场等基础建设的混凝土生产线。

**【关键词】**混凝土配料秤；智能称重仪表；自适应调整落差算法；智能点动补秤算法；智能点动扣秤算法  
文献标识码：B 文章编号：1003-1870（2023）07-0021-04

## 概述

混凝土配料秤是具有一个或多个称量单元，对一种或多种混凝土（简称砼）原材料（骨料、粉料和液体）进行定量称量，形成具有预定质量且相互独立不连续的分离载荷，并将这些分离载荷输出。显示和打印这些载荷示值的自动衡器<sup>[1]</sup>，广泛应用于建筑施工，道路建设，隧道工程等场合<sup>[2]</sup>，这些工程质量对配料的准确度要求越来越高。

混凝土配料过程中，称重配料仪表通过继电器控制料仓的开关，并通过串口与上位机通信，实现上位机对称重配料过程的自动化控制<sup>[3]</sup>。称重配料仪表以微机作为控制系统的核心，可以保证系统在高效、快速的情况下工作，精度高，稳定性好<sup>[4]</sup>。为了提高配料精度，采用高精度的A/D转换芯片是必须的<sup>[5]</sup>。近年来，更是针对配料精度与速度难以平衡、配料精度易受过冲量影响的难题，进行了控制策略的研究<sup>[6]</sup>。

我们通过总结多年的现场应用经验，认真分析配料误差产生因素，设计了一款智能称重仪表，并通过实际应用，有效提高了混凝土配料秤的计量精度。

## 1 超差原因分析

通过调研混凝土搅拌站生产现场及数据统计分析，混凝土配料秤配料超差原因有以下几个方面：

### 1.1 物料用量原因

混凝土配料秤通常都有一个额定最小装料，是混凝土配料秤装料的最小额定值，低于该值，称量

结果可能会超出配料秤设计规定的允许误差，混凝土配料秤额定最小装料一般设计为量程的1/3。但是在实际施工中，经常会出现较小用量的计量，甚至会出现小于量程1/10的情况，如1000kg量程的骨料秤，在部分项目的混凝土配方中，碎石用量约100kg，因碎石流动性较好，料门开口比较大，不适用较小用量的计量，在小用量配料时出现超差频率高。粉料输送螺旋机按常规输送量设计，管径太大，也不适用较小用量的计量，如有的粉煤灰每立方混凝土用量约70kg，在补料时经常出现补料超量情况。另外，水及液体掺和料的输送泵流量配置较大，小用量计量也会造成超差现象。

## 1.2 物料流动性原因

对于混凝土配料，不同物料其流动性能不同，单位时间的流量也不同，即使是同一物料，因含水或材料黏性高，流量也不稳定，如砂含水、含泥量大，混凝土与粉煤灰等粉料黏性大，都容易在料仓内起拱，造成物料下料不畅。因此，在实际的控制过程中，配料落差（过冲量）是不稳定的。料流量不稳定，配料时就容易超差。

## 2 智能称重仪表硬件设计

### 2.1 智能称重仪表结构设计

由于混凝土配料秤的生产环境比较恶劣，所以在设计智能称重仪表时必须针对环境的特殊性才能使仪表有实用价值。一般情况下（特别是在临时建立的工地上）供电电源的干扰很大，所以仪表电源电路

应能有较强的抗干扰能力。同时，输入电路与输出电路模块必须进行光电隔离。为了提高配料控制响应速度，微处理器CPU电路模块采用32位ARM处理器。

智能称重仪表由微处理器CPU电路模块、高速高精度采样电路模块、输入电路模块、输出电路模块、通信电路模块、键盘输入与显示电路模块和电源电路模块等七部分组成。其组成结构如图1所示。

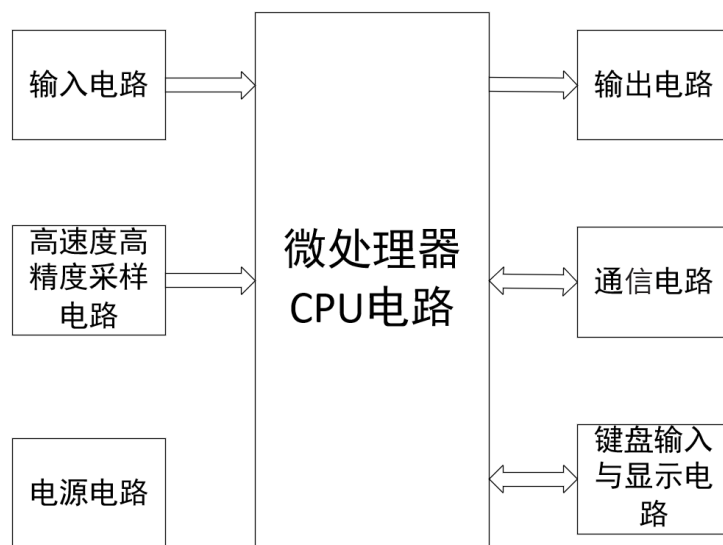


图1 智能称重仪表结构图

## 2.2 高速度高精度采样电路设计

通过分析配料超差原因，特别是在小用量计量时，如果料门开口太大，料流量也会大，如设定目标值100kg，配料时间为1秒，则流量是100kg/s，如果称重仪表AD采集速度为100次/秒，AD转换速度不足带来的误差就是1kg，不能满足计量精度小于 $\pm 1\%$ 的要求。因此，解决小用量计量的精度问题，必须提高称重仪表的处理速度与AD采集速度。

称重仪表的CPU采用32位ARM处理器，能够实现高速处理，AD芯片，采用TI公司的ADS1256，是24位AD转换器，最高采集速率为30kSPS（次采样/秒），既能满足高精度，又能满足高速采集的需要。

ADS1256是TI公司Burr-Brown产品线推出的低功耗、高精度、8通道、24位 $\Delta-\Sigma$ 型高性能模数转换器（ADC）。该器件提供高达23比特的无噪声精度、数据速率高达30kSPS、0.01%非线性特性（最大值）以及众多的板上外设（输入模拟多路开关、输入缓冲器、可编程增益放大器和可编程数字滤波器

等），而且具有工业应用级布线，模地和数字地完全隔离，抗干扰能力强，可为设计人员带来完整而高分辨率的测量解决方案。

图2所示是ADS1256的应用电路。由于ADS1256是精度极高的A/D转换器，在应用期间要特别注意该器件的外围电路和印刷电路板的设计。

同其他高精度A/D转换器一样，ADS1256在实际应用时，也要特别注意电源和地的布线。在模拟电源和数字电源的输入端一般要并联一个小的陶瓷电容和一个大的钽电容（或者陶瓷电容），一般采用图2所示的阻容滤波（注意电容要尽量靠近输入端，而且应使小电容更靠近ADC）。特别注意要为VREFN和VREFP提供干净的电源，可以直接由AVDD（模拟电压）或由其分压得到，也可以采用独立的参考电源供电，但该电源一定要具有极低的噪声和温漂，否则将会直接影响ADS1256的性能。通常在输入端要采用如图2所示的RC低通滤波器来限制高频噪声，而且输入线越短越好。在接地方面，推荐采用模拟电源和数字电源共地的方式，要注意

旁路电容和模拟调整电路的应用，避免数字噪声元件（例如微处理器）也公用此地。如果 ADS1256 采用不同的接地网络，一定要采用单点接地，避免模拟地（AGND）和数字地（DGND）之间有电压存在。

如果不用 D0~D3，可以将其当作输入接地。如果不用 RESET 和 SYNC/PDWN 引脚，亦可将其直接接入数字电压输入端（DVDD）。

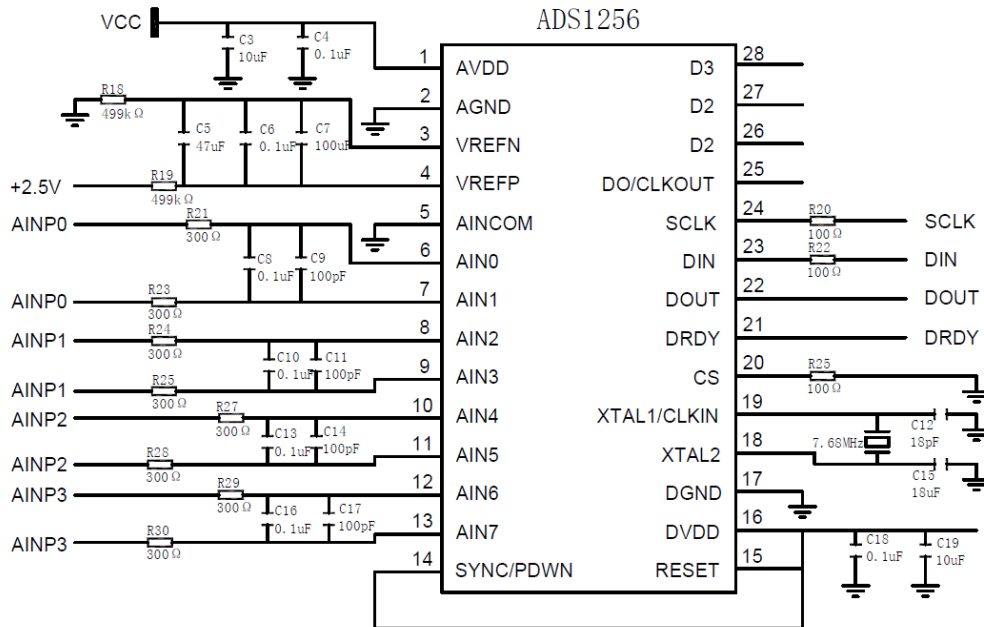


图2 ADS1256 的应用电路图

### 2.3 设计注意事项

(1) 在 ADS1256 片外要将 AGND 和 DGND 连接在一起。否则，AGND 和 DGND 之间存在电压，会使 ADS1256 无法正常工作。

(2) 在印刷电路板布线时，应将外部晶振尽可能地靠近 ADS1256，否则将影响输入幅值的大小，而当幅值太小时，可以通过减小晶振两端的电容来增大其幅值，电容范围应在 0~20µF，晶振为 7.68MHz 时，接入电容的典型值为 18pF。

(3) 为了得到最佳的转换结果，每次改变初始寄存器值时（例如改变输入通道），最好自校准一次。而且应在改变输入通道命令后发同步命令 SYNC，然后经过一段延时再读取上次转换的结果。该延时应随着 ADS1256 的采样频率和滤波方式变化而变化。

(4) 在使用 ADS1256 处理微小信号时最好采用比例测量，并应在 DRDY 由高变低时读取数据。

## 3 智能称重仪表控制算法设计

### 3.1 自适应落差调整算法

传统的称重配料仪表需要各种物料的配料流量和配料落差的经验数据，而且这些经验数据必须通过反复试验才能获得。但是在实际生产过程中，这样不但会造成材料浪费，也会带来调试时间与成本的增加。为此，我们研发了自适应落差调整算法。

自适应落差调整算法如下：

(1) 开始时，如果是第一次生产，没有落差历史数据，采用落差(过冲量)为一比较大的值  $j$ ，尽量不造成第一次配料就超差。

(2) 目标设定值假定为  $W_s$ ，配料完成后，实际完成值为  $W_h$ 。

(3) 下次落差  $d$  计算为： $d=j+1/2(W_h - W_s)$ 。

自适应落差调整算法在调试阶段不需要依赖经验数据，可以在开始时设置更大的落差值，智能称重仪表根据实际测得的流量数据自动修改落差等数

据,并在流程中自动生成经验数据,节省了调试时间和费用。

### 3.2 智能点动补秤算法

混凝土配料过程中的料流不稳及空气气压波动会使计量超差,虽然可以通过改进机械设备降低超差率,但是改进机械设备不但成本高,也不能从根本上解决问题。为此,智能称重仪表不但在硬件上设计了高性能滤波器,而且在出现超差(配料量不够)时采用智能点动补秤算法进行软件补偿控制。

针对配料量不够的情况,常规的点动补秤算法是按照固定时间进行控制阀的开度,如将点动时间定为100ms,此时,阀在接到开门信号100ms即关阀。如果点动时间设置不合适,需要人工经常调整点动时间。我们通过采集分析大量的点动数据,发现点动时间和点动量之间存在一定的函数关系。但是,这个函数关系并不是线性的,因此我们又采用了自学习的方法来确定其函数关系。

在开机配料并计算出落差后,配料量少于目标设定值且预留一定的重量,进入点动自学习阶段。开始的点动时间为50ms,存储点动重量值,然后每次都增加20ms点动时间,并记住相应的点动重量值,直至到达目标设定值后结束,并在称重仪表内部形成一张点动时间和点动重量值对应关系表。以后在配料后,每当配料量不够时,就可求出实际差值 $W_t = (W_s - W_h)$ ,根据 $W_t$ 值,一是通过查表,二是计算相应点动时间,并据此时间进行点动补秤控制。

### 3.3 智能点动扣秤算法

在出现超差(实际完成值大于目标设定值)时,我们采用智能点动扣秤算法,其原理与智能点动补秤算法相同。区别是在卸料时采用智能点动扣秤算法,把配料超差部分料留在秤内,可以下一盘配料使用,节省了物料的消耗,降低了成本。

## 4 实际应用

以上智能称重仪表已经在高速铁路中实际应用。通过5个月的应用数据分析,骨料用量大于额定最小装料时,配料精度 $<1\%$ ,骨料用量小于额定最小装料时,配料精度 $<2\%$ 。粉料用量大于额定最小装料时,配料精度 $<0.5\%$ ,粉料用量小于额定最小装料时,配料精度 $<1\%$ 。液体料用量大于额定最小装料

时,配料精度 $<0.5\%$ ,液体料用量小于额定最小装料时,配料精度 $<1\%$ 。只通过更换称重仪表,在没有改进升级机械设备的情况下,全部符合用户对计量精度的要求。实践证明,使用智能称重仪表,可大大提高混凝土配料秤的配料精度。

## 5 结语

智能称重仪表采用先进的软硬件设计,通过自适应调整落差算法、智能点动补秤算法及智能点动扣秤算法,配料精度满足国家标准及用户的实际需要,降低了材料消耗,提高了混凝土的生产质量。

智能称重仪表的一个显著优点,就在于可以采用先进的软件算法来提高精度。另外,通过自适应落差调整算法,不需要通过反复试验获取配料的经验数据,提高了效率,降低了成本。

本文介绍的智能自适应算法及智能点动补秤与智能点动扣秤算法,不仅仅局限于混凝土配料秤,对称重系统中的自动配料,重量控制具有普遍意义。可广泛应用于混凝土、玻璃、化工、冶金、石灰、污水处理等工业称重配料领域。

## 参考文献

- [1] JJG 1171-2019. 国内-行业标准-国家计量检定规程 CN-JJG.
- [2] 苏莉. 混凝土配料秤测量结果的不确定度评定方法探讨. 衡器 50.6(2021):5.
- [3] 石斐. 基于STM32的智能称重配料仪表的设计. Diss. 青岛理工大学, 2014.
- [4] 陈德增, 张氏. (2005). 多功能称重配料仪表设计与应用. 青年学术会议.
- [5] 张氏, 陈德增, 罗贤东. 智能称重配料仪表设计. 中国计量协会冶金分会2007年会论文集.
- [6] 郭泉江. 智能混凝土配料控制系统的研究与开发. Diss. 中南大学.

## 作者简介

徐维军(1970—),男,汉族,山东省济南市。高级工程师,全国衡器标准化技术委员会委员,全国衡器计量技术委员会委员。