

# 混凝土称重配料系统的设计与应用

郭前前, 张 民

(青岛理工大学 自动化学院, 山东 青岛 266033)

**摘要:** 介绍了以单片机为核心的混凝土称重配料系统, 可对多种物料进行精确称重配料。对系统的控制策略进行了研究, 提出了对系统误差的处理方法, 有效提高了系统的称量精度, 并进行切实可行的软硬件设计, 使系统称量精确可靠。

**关键词:** 单片机; 称重配料; 系统误差; 称量精度

中图分类号: TP273

文献标识码: B

文章编号: 1674-7720(2010)13-0083-03

## Design and application of concrete weigh batching system

GUO Qian Qian, ZHANG Min

(Automation Institute, Qingdao Technological University, Qingdao 266033, China)

**Abstract:** This paper describes a microcontroller as the core of concrete weigh batching system. It can be a variety of materials, accurate weighing of ingredients. Of the system control strategy has been studied and put forward approach to the systematic error, which effectively improves weighing accuracy of the system and carry out practical and reliable hardware and software design, making the system accurate and reliable weighing.

**Key words:** SCM; weighing ingredients; systematic error; weighing accuracy

随着我国经济建设的发展, 一系列基础性工程开工建设, 城市化进程不断加快, 促使对混凝土的需求量越来越大, 对其质量的要求也越来越高。传统的生产方式已不能满足建设的需要, 因此出现了许多混凝土搅拌站生产厂家。混凝土搅拌站就是将构成混凝土的各种物料按照配比要求进行计量, 然后经搅拌机搅拌成合格混凝土的成套设备。它具有生产自动化程度高、生产效率高、对环境污染小的特点, 且生产的混凝土产品质量优良稳定、生产成本低, 因而得到了迅速发展和推广应用, 成为混凝土生产的主流。

在混凝土的生产过程中, 物料的计量精度是影响混凝土质量的决定性因素。在各种计量方式中, 采用以单片机为核心的自动称重配料系统来对物料进行计量是广为采用的方法。它可以对称量误差进行自动补偿, 从而保证配料的精确性。同时通过键盘与显示部分可方便地进行人机对话, 完成参数预置、检查和修改工艺设定值。因此, 系统在保证高效、快速工作的同时, 降低了原料的消耗, 提高了产品的质量。称重配料系统在混凝土搅拌站中将发挥重要作用, 应用前景广泛。

### 1 系统的主要功能及技术参数

#### 1.1 系统的主要功能

本系统的主要功能是实现对混凝土的自动配料。系统的工作过程如图 1 所示。

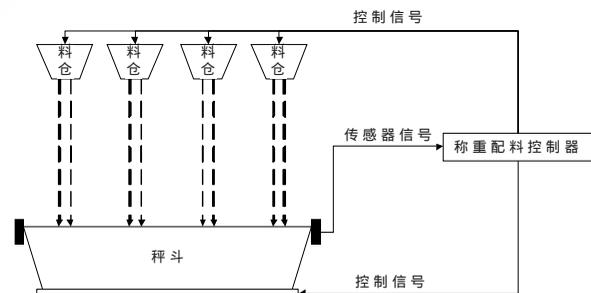


图 1 系统工作示意图

料仓储存配料, 根据不同物料的要求, 可以配置不同的给料装置。秤斗用传感器悬挂, 秤斗内物料的重量由传感器传送到称重配料控制器。料仓底部装有给料门, 开始称量时, 通过程序控制相应阀门启动给料装置, 打开给料门, 物料即从料仓下落到秤斗。由秤斗将被称物料的重量传递给称重传感器, 称重传感器把输出信号

传送给称重配料控制器进行信号测量和处理,然后再反过来控制给料装置。当传感器检测到的物料实际重量满足称量要求时(要考虑空中落差),就可关闭给料门和给料装置以停止下料,从而形成一个闭环测控系统,以实现完整的计量控制系统。当该种配料称完时,开始下一种物料的配比。在配料过程中采用累加计量的方法,当4种物料配比达到要求后就可以放入搅拌机进行搅拌。

### 1.2 系统的主要技术参数

系统的主要技术参数如下:

- (1)电源:220 V AC 50 Hz;
- (2)湿度:90%湿度(无凝结);
- (3)显示范围:12位(6位重量、6位配方);
- (4)工作温度: $-10^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$ ;
- (5)灵敏度:0~30 mV/V;
- (6)采样速度:200次/s;
- (7)显示分度:1,2,5,10,20,50,100,200;
- (8)接口:输入电压小于24 V,开关量输出电流小于500 mA;
- (9)最大量程:60 000 kg;
- (10)传感器输出电压范围0~20 mV。

### 2 系统的硬件结构设计

系统以单片机为核心,通过传感器对物料进行称重,测得数据通过高精度的A/D转换送入系统,系统通过与设定值比较,根据控制算法对料仓门的开关进行控制,从而精确地称量出物料的重量。键盘及显示电路用来对各种物料进行设置及显示,同时配接RS232电路与计算机进行通信,可实现数据的显示打印及远程控制。系统结构图如图2所示。



图2 系统结构图

单片机控制电路控制整个系统的正常运行,是整个系统的核心,它主要包括AT89C52单片机、控制键盘和显示的8279芯片、RAM和ROM扩展芯片、具有看门狗功能的X5045芯片、138地址译码器、用于对键盘和显示部分进行扫描的编码芯片74HC154以及用于LED显示的段选芯片74HC244<sup>[1]</sup>。

系统通过低功耗、高性能的AT89C52芯片对各部分进行实时控制,完成本系统的各项功能。利用X5045芯

片对系统实现电源监测的同时还提供看门狗定时器功能和系统的上电复位操作,减少了对电路板的空间要求,简化了硬件设计,提高了系统的抗干扰性和数据的长期可靠保存。通过控制8279通用可编程键盘、显示器接口芯片,完成键盘输入和显示控制两种功能,使电路更加简单、可靠。为了提升系统的存储空间还扩展了外部的RAM和ROM。

A/D转换电路中,由电阻应变式传感器传来的信号经过AD7710芯片转换完成,AD7710是应用于测量低频率的完全模拟前端。它直接从应变仪或变频器接收低频信号,输出一个串行数据字;采用 $\Sigma-\Delta$ 转换技术来实现高达24位无失码的性能<sup>[2]</sup>。输入信号适用于基于模拟调节器的独立可编程增益前端。调节器的输出由片内数字滤波器来处理。在硬件的设计过程中要注意使用单独的+5 V电源,相应引脚还要注意去耦问题<sup>[3]</sup>。

通讯电路采用MAX232芯片来实现单片机与外设的串行通讯。该芯片是整个通讯电路的核心,它使用单一+5 V电源供电,完成RS232电平与TTL电平的转换,同时加装光电隔离装置对干扰信号实现隔离。

在电源电路中,首先将有效值为220 V、50 Hz的交流电经变压器降压、桥式整流电路整流、电解电容低通滤波、稳压操作后,为系统提供3组独立的+5 V电源,实现对各电路的驱动。

### 3 系统控制策略及软件的设计

称重配料对称量设备的要求,首先是准确,其次是快速。实际称重配料过程中,快速和准确是一对矛盾。一般配料系统对称重配料过程的生产率都有规定,所以在给定的生产率前提下,即称重配料时间周期一定的情况下,同时要使配料精度达到要求。称重配料系统的动态称重配料过程控制,关键是如何实现高精度的配料。

#### 3.1 空中落差的处理

通过对称重配料过程进行数学算式的推导可以得出,这是一个不确定的模型,而且具有非线性,所以传统的控制方法难于对它进行控制。为了能采用智能控制的方法,本文对配料的过程作进一步的分析。其配料的动态过程如图3所示。

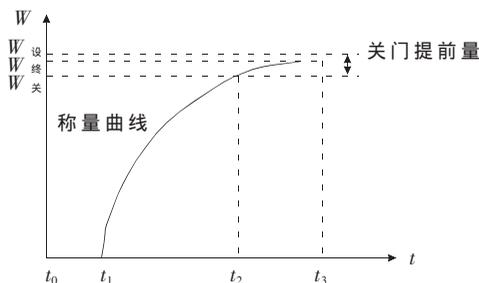


图3 称重配料过程示意图

图中,设给料门在 $t_0$ 时刻开门,由于给料门到秤斗

底部有一段距离,延迟一段时间后,物料在 $t_1$ 时刻落到秤斗。同样,给料门在 $t_2$ 时刻关闭后,经过一段时间的延迟,物料在 $t_3$ 时刻才全部落入秤斗。

在配料过程中,由于给料门关闭后空中仍有余料,为了防止配料过冲,通常采用提前关闭给料门的方法。即在达到设定的重量值之前就关闭给料门,切断料流,此时空中尚有余料。等空中余料全部落入秤斗后,最终的实际配料重量 $W_{终}$ 为关闭料门时刻已落入秤斗的物料重量 $W_{关}$ 和空中余料的重量 $W_{空}$ 之和,即

$$W_{终}=W_{关}+W_{空} \quad (1)$$

通过称重传感器可以实时测得关门时刻秤斗中物料的重量 $W_{关}$ ,如果能准确预测空中余料的重量 $W_{空}$ ,便能准确控制最终的称量结果,实现精确称量。因此,如果能确定关门提前量,就能使最终的称量结果满足设定要求。

迭代学习控制的基本思想是:基于多次重复训练(运行),只要能保证训练过程的系统不变性,控制作用的确定可在模型不确定的情况下获得有规律的认识,使系统的实际输出逼近期望输出。

根据迭代学习控制的思想,在每次称量过程中,要在时间区间 $[t_1, t_3]$ 上,给定一期望实际重量轨迹 $y_d(t)$ ,再寻找输入控制量 $u(t)$ ,使得在该控制作用下,实际配料重量在 $[t_1, t_3]$ 上与 $y_d(t)$ 一致。

控制量的初值为:

$$u_0=u^0 \quad u^0 \in (0, W_{设}) \quad (2)$$

上式中, $u^0$ 一般取 $W_{设}$ 的10%。第一次配料时,在秤斗内物料的实际重量达到 $W_{设}-u_0$ 时就提前关门,待空中余料完全落入秤斗后,得到最终实际配料重量值 $W_0$ ,利用实际配料值与期望轨迹(即设定值)存在的误差:

$$e_0=W_0-W_{设} \quad (3)$$

可产生新的控制量:

$$u_1=u_0+re_0=u_0+r(W_0-W_{设}) \quad (4)$$

式中, $r$ 为加权学习因子。依次类推,可以得到第 $k$ 次配料时的关门提前量为 $u_k$ ,实际配料值为 $W_k$ ,则第 $k$ 次配料误差 $e_k$ 为:

$$e_k=W_k-W_{设} \quad (5)$$

采用迭代学习控制算法,第 $k+1$ 次配料时的关门提前量 $u_{k+1}$ 为:

$$u_{k+1}=u_k+re_k=u_k+r(W_k-W_{设}) \quad (6)$$

加权学习因子 $r$ 通常取为:

$$0 < r < 1 \quad (7)$$

在迭代训练过程中,当 $e_k < 0$ 时,负向迭代,迭代的结果是 $u_k$ 变小;当 $e_k > 0$ 时,正向迭代,迭代的结果是 $u_k$ 变大。

当 $W_k < W_{设}$ 时, $e_k < 0$ ,则有:

$$W_{设}-W_k \leq u_k \quad (8)$$

于是:

$$u_{k+1}=u_k+r(W_k-W_{设})=u_k-r(W_{设}-W_k) \geq u_k-u_k=0 \quad (9)$$

从上式可以看出,负向迭代时,控制量变小,但总是大于零。

当 $W_k > W_{设}$ 时, $e_k > 0$ ,正向迭代,结果使 $u_k$ 变大,此时要进行边界检查,保证:

$$0 < u_k < W_{设} \quad (10)$$

迭代学习控制算法已经证明,每次重复训练时都满足初始条件 $e_k(0)=0$ ,当 $k \rightarrow \infty$ ,即重复训练次数多时,可实现实际输出逼近期望输出,使系统误差在允许的范围,这样,每次配料时就可以用上次修正后的关门提前量来提前关闭料门。经过多次训练,可以使关门提前量不断优化,使称量精度不断提高。

通过上述分析可以看出:由于参数的不确定导致了系统模型的不确定,但是这个过程可以看作具有系统不变性,所以,可以采用迭代学习控制的方法对关门提前量 $u$ 进行不断的重复训练,使系统的实际输出( $W_{终}$ )逼近期望输出( $W_{设}$ )。

### 3.2 累积误差的补偿处理

前面用迭代学习控制算法对关门提前量进行修正,针对的是每一次的称量过程,目的是提高每一次称量的精度。只有每一次的称量满足要求,最终的配料精度才能得到保证,这是提高配料精度的前提。在实际配料过程中,每一次的称量值与设定值很难正好相等,总是会存在一定的误差。

搅拌机每搅拌一次为 $0.5 \sim 3.0 \text{ m}^3$ ,运输车容量为 $6 \sim 8 \text{ m}^3$ ,也就是说,通常要搅拌数罐才能发一车,这样每次称量的误差便会累积在一起。如果在下一次称量时把上一次的误差考虑进来,就会使上一次的误差得到补偿,而只有最后一次称量存在误差。例如,假设某种物料配方值为 $P=960 \text{ kg}$ ,第一次称量的实际值为 $G1=945 \text{ kg}$ ,则软件程序把第二次称量的设定值置为 $P+(P-G1)$ ,即 $960+(960-945)=975 \text{ kg}$ ,第二次称量的实际值为 $G2=965 \text{ kg}$ ,则计算机程序把第三次称量的设置值置为 $P+(P-G1)+(P-G2)$ ,即 $960+(960-945)+(960-965)=970 \text{ kg}$ ,依此类推。这样,这一车的误差只由最后一次称量决定,若共进行了 $n$ 次称量,则最终的配料误差平均只有每次称量误差的 $1/n$ ,使配料精度得到进一步提高。

### 3.3 系统的软件结构

本系统主要完成模拟信号的采集和系统的控制工作,其工作流程为:系统启动后,单片机系统根据设置好的配料数据及启动信号将相应料仓的给料门打开进行称量,开始配料。安装在秤斗上的传感器输出一个与物料重量成正比的微弱电信号,此信号经过重量变送器放大后由A/D模块转换成相应的数字信号,由单片机对此信号进行处理。系统循环检测采集到的称量值,并与每种物料的配料数据进行比较,当达到关门值时,系统发

出信号关闭料门,等空中余料完全落下后,比较称量值和配方值,根据两者的偏差来修正关门提前量,供下次配料时使用。当所有的物料称量完毕后,系统按照设定的顺序发出信号,打开卸料门,进行卸料,完成一次配料过程。

系统软件流程图如图4所示。

通过对混凝土搅拌站自动配料系统的研究,设计出了实现该系统各项功能的高性能称重配料控制器。针对混凝土的生产工艺,进行合理可靠的软硬件设计,既可以进行单独使用,也可以与计算机配合使用,建立通讯,进一步增强管理功能;通过软件设计,加强了配料精度的控制;在硬件设计中,充分考虑系统的可扩展性,只要稍加修改就可应用于其他行业的称重配料系统。因此该配料控制系统具有较高的性价比,值得继续研究并加以推广。

#### 参考文献

- [1] 谢剑英,贾青.微型计算机控制技术(第3版)[M].北京:国防工业出版社,2001.
- [2] Analog Devices Inc. Signal conditioning ADC AD7710[Z]. 1998.
- [3] 高光天,薛天宇,孟庆昌,等.模数转换器应用技术[M].北京:科学出版社,2001.

(收稿日期:2010-01-10)

#### 作者简介:

郭前前,女,1985年生,主要研究方向:控制理论与控制工程。

制工程。

张民,女,1965年生,教授,主要研究方向:控制理论与控制工程。

控制工程。

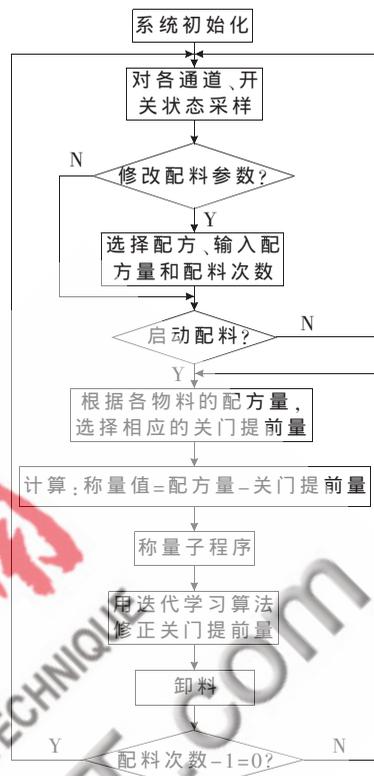


图4 系统流程图