

智能化一体注浆设备动态系统设计与应用

袁 丁, 王小平, 韩晓娜, 刘小军

(石家庄铁道大学 电气与电子工程学院, 河北 石家庄 050043)

摘要:设计了一种集浆液制备、传送及注浆一体式的设备,采用了嵌入式的动态称重系统对物料进行称重,介绍了称重系统的电路设计以及软件设计,为了提升采样信号的精度,选用了具有 24 位的 AD 采样芯片 ADS1256。并运用小波变换对采样信号进行滤波,噪声信号得到有效抑制,提高了称重精度。

关键词:注浆设备;一体化;动态称重;ADS1256;高精度

中图分类号:TM133 **文献标志码:**A **文章编号:**2095-0373(2018)04-0066-06

0 引言

注浆泵作为单体专用设备,应用范围广泛,如在隧道、矿井采掘、矿井回填、岩石加固等工程中作为专用设备必不可少。近年来我国的注浆泵制造技术得到了快速发展,如滕延锋^[1]设计了新的液压系统及控制系统,对注浆流量及压力进行监测;张平格等^[2]提出了通过液压系统设计,实现双液注浆比例的调节;蒲朝阳等^[3]介绍了采用变频技术实现的高压大流量无极变速注浆泵设计。这些针对单机的性能和功能上的提升,保证了注浆泵的合理应用,但在特殊工程背景下,不能完全满足工况及功能要求。本文以中国铁建重工集团有限公司的双护盾 TBM 在兰州新水源 1 号饮水工程使用为背景,介绍了一种具有制浆、注浆、物料动态称量、记录、数据分析及储存的智能化一体注浆设备的研制及现场应用情况。物料配比按照一定的参数,这里选用 1 m³ 浆液进行配比:水泥 250 kg,膨润土 140 kg,中砂 1 200 kg,水 401 kg。水泥、膨润土和中砂洞外料场自动配比为混合料输入料仓,有台车依次运输到地点。料仓采用吊装替换到位后,动态称重系统自动称重净重质量,选用 500 L 涡流高速制浆机,系统根据计量总重单次递减输送 795 kg 混合料进搅拌机,搅拌机同步进水 201 kg,搅拌 3 min,电动三通阀自动换向,产品浆液输送至储浆罐,成品浆液输送完毕电动三通阀自动回位,加水、输料电气打开形成自动重复制浆。料仓剩余混合料不足单次制浆量,料仓报警,替换料仓。

1 智能化一体化注浆设备

该设备将浆液的制备及其传送还有注浆集成为一个整体,并采用智能化的物料配比及称重系统^[4]。

1.1 机构结构

一体化注浆设备结构如图 1 所示,主要包括储料仓,下料器,配比称重器、螺旋输送机、制浆搅拌机、储料罐、注浆输送管及注浆泵组成。

1.2 基本工作原理

一体化注浆设备按功能结构分为机械结构,混合配比计量控制环节,制浆配水控制环节,输料控制环节、综合管理环节。其系统功能构架如图 2 所示。

收稿日期:2017-05-12 责任编辑:车轩玉 DOI:10.13319/j.cnki.sjztdxxb.2018.04.11

作者简介:袁丁(1988—),男,硕士研究生,主要研究领域为嵌入式。E-mail:1650204338@qq.com

袁丁,王小平,韩晓娜,等.智能化一体注浆设备动态系统设计与应用[J].石家庄铁道大学学报:自然科学版,2018,31(4):66-71.

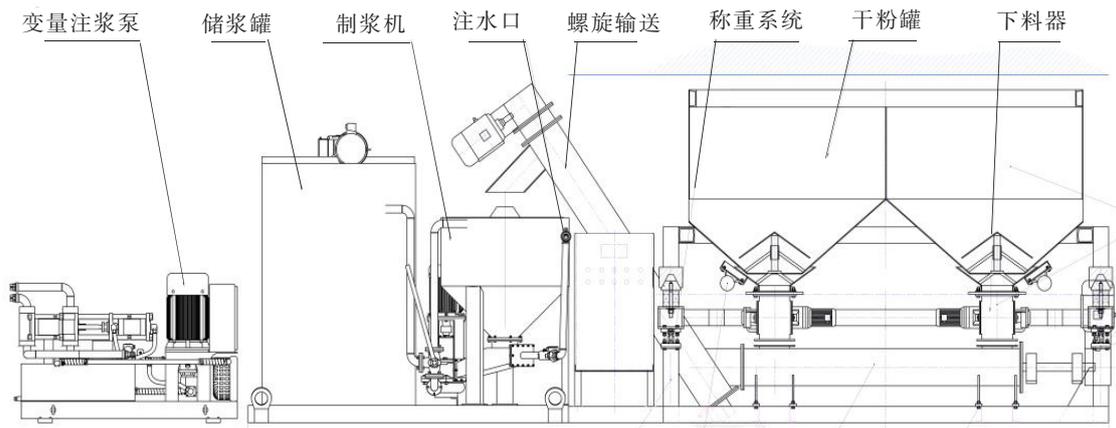


图 1 一体化注浆设备结构图

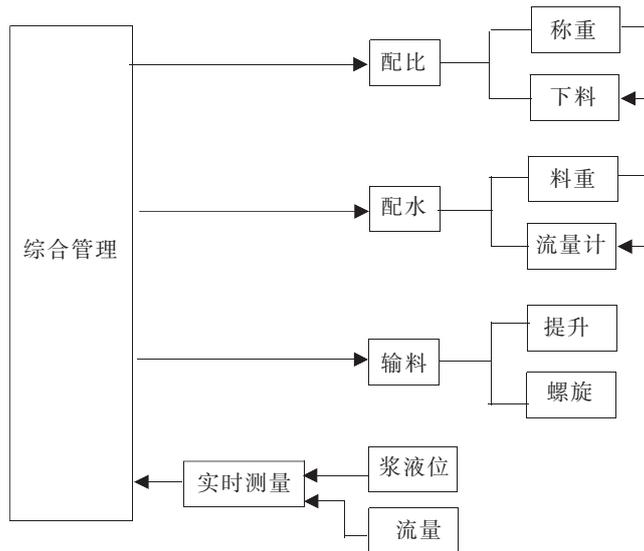


图 2 系统功能架构图

制浆过程为间断性工作模式,各子系统自成体系,并由综合管理子系统协调。在工作模式下,管理系统采集储浆罐液位,并确定是否制浆,在确定制浆后,启动称重配料子系统^[5],子系统根据设定的配比,按顺序分别打开 A、B 下料口,动态称重系统计量 A、B 下料质量,完成此项工作后,将实际总质量传送给综合管理系统。

综合管理系统启动输料系统,将混合料输送到制浆机,并将实际混合料质量传送给制浆配水系统,打开电磁阀,有流量计开始计量配水量。并启动拌合电机,拌合 120 s 后,停止拌合。

综合管理在接收到配水及拌合完成信号后,启动提升装置,将浆液输送到储浆罐。一次循环周期接收。综合管理通过储液罐液位、输液管流量数据,确定是否开始下一次制浆过程。

1.3 注浆液制备及控制技术

物料的配比及称重采用嵌入式控制系统^[6]。核心处理单元可对每个物料秤进行单独控制,来进行配料的加减。控制器通过通信接口与工控主机相连进而完成配料的控制,配料数据的传输与监测。该物料配比系统具有方便的操作结构,实时数据的处理与控制独成一体,对于浆液制备及物料配比具有良好的市场前景。

2 动态称重系统

动态称重与物料配比系统由储备物料料仓、加料单元、称重单元、上料装置和中心控制系统组成。嵌

入式动态称重单元和中心控制系统是物料自动配比系统的核心。这里选用 STM32F103VG 处理芯片与微机组成中心控制系统,该控制系统可以完成两级分布式控制方式。STM32F103VG 处理芯片实现对物料称重的控制,并可以根据配比浆液所需物料,单独实现各种物料的定量配比。工业控制计算机完成上位机系统的操作。

3 系统电路设计

称重计量系统由智能称重装置和秤台等组成。该称重装置由电源单元、称重传感器单元、传输信号单元以及称重单元组成。压力传感器测量物体的压力,压力信号变换为电信号通过传输单元并通过变送器送入 ADS1256 进行信号的采集,ADS1256 实现模拟信号到数字信号的转换,转换后的数字信号进入称重单元,核心处理器根据预先设定好的称重公式计算出物料的质量。

核心处理芯片选用 STM32F103VG 集成了常见外设的总线控制器,这样设计和使用外设将会简单很多,同时也会减少开发硬件平台的时间,降低开发成本。LCD 显示屏实现数据的显示,打印机,4×4 键盘,外存以及 JTAG 调试完成了外设通信。

3.1 传感器

这里选用 S 型称重传感器 DYLY-103,由于需要将采集的信号传送给核心板,数字变送器一端为 RS485 通信接口与核心处理器相连,一端与称重传感器相连,变送器选用 DYT X-101,通信方式为 RS485,也可外接 RS232 实现通信方式的转换。称重传感器固定在支架上,所称物料的料仓下面安装有称重传感器,称重料仓质量的变化,会由称重传感器测得;该设备依靠传感器采用递减计量法,计量精确,采用 PLC 控制下料器。料仓配备 2 个以上,由洞外上料,台车运输交替使用,料仓吊装到位自动称重。系统根据设定单次输送量从总质量中依次递减,输送量达到设置数值后自动停止。当料仓剩余物料的质量不够预设标定的质量时,会停止增加物料,直到发出增加物料的信号方可加料。称重系统会对所称物料的质量进行判断,如果达到所标定的质量则终止增加物料,这个时候实现了一个物料减少的周期,这个周期结束以后才能够继续减少物料。例如:如果设定质量为 300 kg,称重料斗还剩 100 kg 时,继续增加物料到 300 kg,方可进行减料。当质量接近所需要的质量时,会采用点动的方式进料,直至物料达到本次所需的质量时,加料装置停止运转。所有执行机构的开启与停止,均由控制装置来控制。误差主要来源于传感器的精度和进料时的冲力。

3.2 称重模块电路设计

该系统的核心部分为称重单元,该单元由微控制单元最小系统、矩阵键盘、LCD 等人机交互与通信接口所构成的外围电路、模数接口电路组成,如图 3 所示。

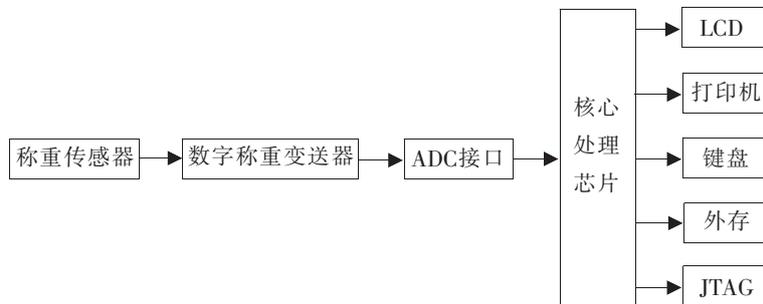


图 3 称重计量系统结构图

3.2.1 STM32F103VG 最小系统设计

保证 STM32F103VG 可靠工作所必须的最小系统由 3.3 V 电源电路、晶体振荡器电路、复位电路,16M 的 FLASH 以及 8M 的 SDARM,JTAG 接口电路组成。3.3 V 电源电路通过 DC-DC 转换模块将电源提供的 5 V 电压变换为 3.3 V,给 STM32F103VG 以及其它需要 3.3 V 的外围电路供电。10M 有源晶振在这里提供系统的工作时钟。16M FLASH 可以存放自己设定的程序或者所需的操作系统,也可以防止系统掉电以后数据丢失,该系统运行时主要在 SDRAM 中。JTAG 实现了程序的调试或者程序的

编写。

3.2.2 外围接口电路

根据用户对物料的称重要求,设计并扩展了外围电路,称重系统包含了 3 种总线:分别是控制总线、数据总线以及地址总线。矩阵键盘用于用户对称重任务的初始化设定,LCD 用于显示称重结果,这两者完成了人机交互系统。系统提供了集中通信接口 RS232 用于外接数字变送器,USB 用于外接打印机进行数据的打印,RS485 用于外接其它设备留做备用。

3.2.3 称重系统的电源模块

称重系统是在车载环境中使用的嵌入式车载设备,这里选用 24 V 蓄电池作为该称重系统的电源,系统需要给压力传感器,数字信号变送器,ADS1256,4×4 矩阵键盘以及核心板进行供电,其供电直流电压分别是 12 V、5 V、3.3 V、2.5 V 和 1.2 V(压力传感器与数字变送器相连只需给变送器供电即可,2.5 V 是 ADS1256 的采样量化参考电压)。车载 24 V 电源无法符合配料称重系统的电压输入要求,需要电压转换单元实现 12 V 和 5 V 的电源转换(如图 4 所示),同时使用电压转换模块,将稳压电源供给核心电路板,这里需要 5 V 和 3.3 V。同时需要一个 DC-DC 模块将 5 V 的稳压电源变换为 1.2 V 供给核心处理芯片。

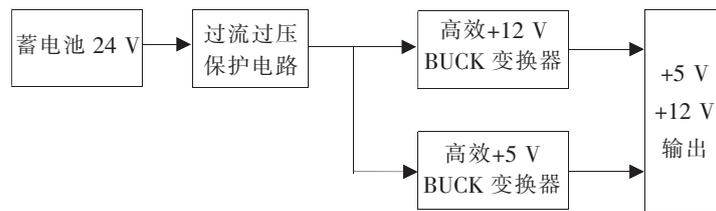


图 4 电源模块变换电路框图

3.2.4 ADC 接口电路设计

ADC 芯片选用 TI 公司生产的 8 通道,高精度高分辨率的 ADS1256,内部有信号放大,低通滤波及模数转换。基准电压由 REF1004-2.5 产生,简单的低通滤波由 R17,C22 组成,通过 U4OP350 形成一个运放。如图 5 所示。

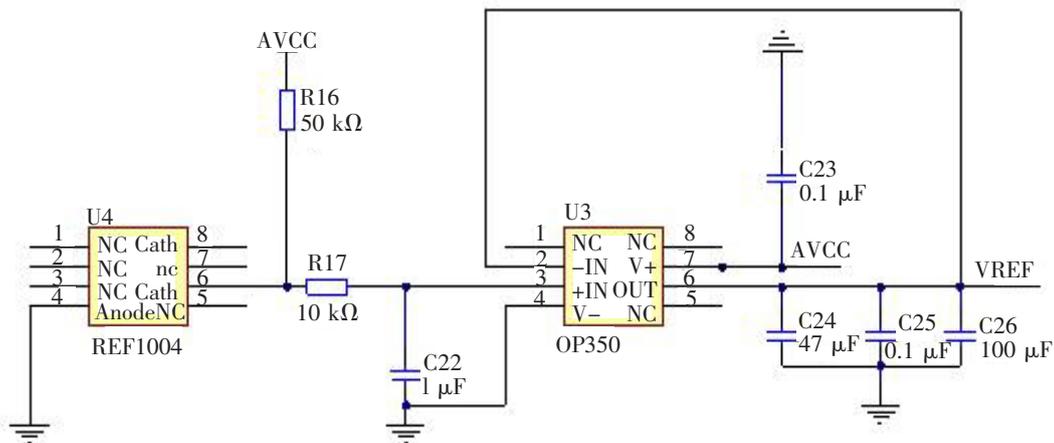


图 5 基准电压产生电路

图 6 为该 AD 芯片的主要控制电路,其中 CS 为片选信号,SCLK 对串行时钟脉冲起到输入作用,所采集信号的输出与输入通过 DOUT 和 DIN 与核心处理芯片 STM32F103VG 串口连接。该芯片的状态信号通过 DRDY 以查询或者中断方式传给 STM32F103VG。

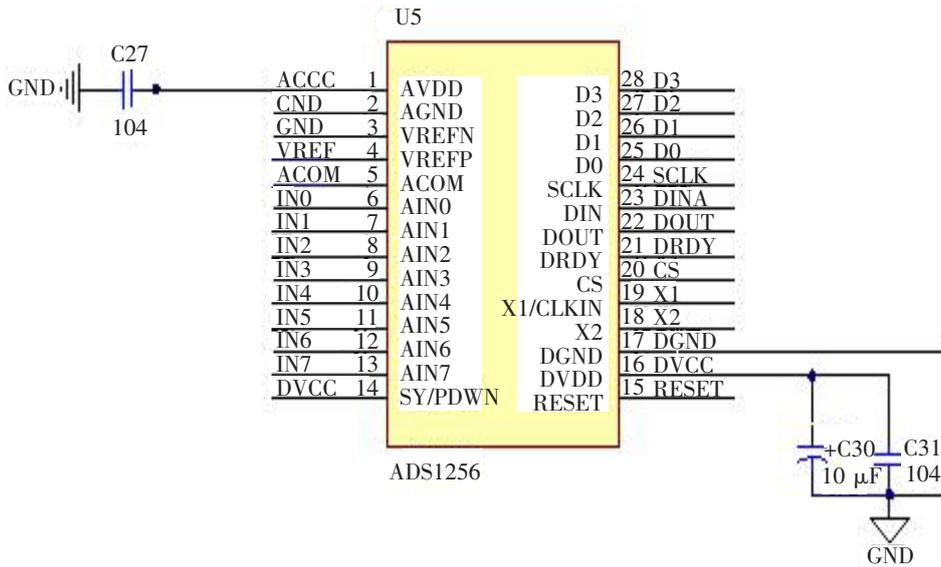


图 6 ADS1256 主控电路

4 系统软件设计

该称重设备的任务是核心处理器 STM32F103VG 通过 ADS1256 进行称重信号的采样, 然后对实时数据进行分析计算与处理, 得到称重的结果, 并对结果进行保存打印等。主要的程序流程如图 7 所示。程序开始对系统进行初始化, 称重任务在 LCD 中显示、ADS1256 对称重信号进行采集和核心芯片进行数据处理、矩阵键盘以及 LCD 中的程序设定进行人机交互、RS232, RS485 以及 USB 组成了通信接口, 此外还有打印保存以及通用 I/O 接口。系统的初始化程序当中包含了对模数接口, 通信接口, 以及核心芯片最小系统的初始化。

系统加电启动, 初始化以后创建新的称重任务, 启动 A/D 转换以后, ADS1256 对所采集的信号进行采样、保持、量化得到数字信号并传送给处理器, 处理器根据所编写好的称重算法, 通过 LCD 显示所称物料的质量。

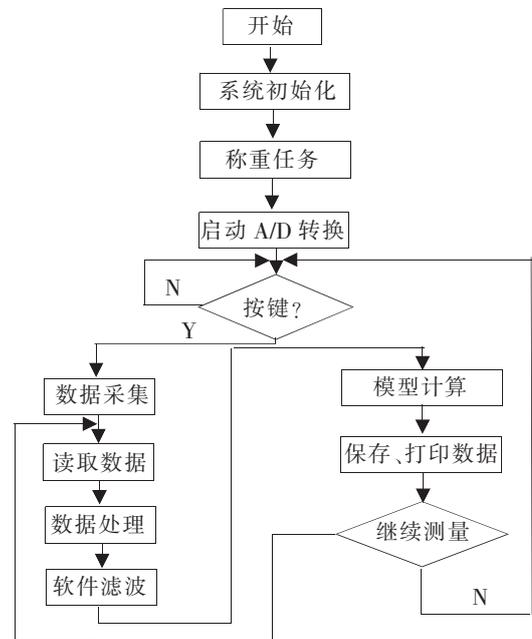


图 7 主程序流程

5 数据处理与分析

压力传感器采集到的信号包含平稳与噪声信号, 传统数据处理算法是先进行 FFT, 把信号放在频域上进行分析, 噪声信号表现为高频信号。由于采集到的信号在时域与频域当中表现的不同的特性, 这里采用小波变换当中的多分辨率^[7]进行分析, 就可以分析出不同频率的特性, 达到去噪的目的。最后利用小波变换的逆运算, 达到重构的目的, 得到了小波去噪后的时域图。

运用小波变换去噪可以分为 3 步: (1)小波分解。根据所处理数据的特性, 选择合适的小波滤波系数形成变换矩阵, 并确定分解层数 x , 对所处理的数据进行 x 层小波分解。(2)对所分解的小波的高频系数进行阈值的量化处理。(3)小波重构。对阈值处理后的小波分解的高频系数进行重构。

运用小波变换, 实现对采集信号的滤波去噪。变换前后的波形如图 8 所示, 相对于左侧的原始信号, 变换后的信号压力突变区域变得更加平滑, 突变点不那么明显, 噪声信号得到了有效地抑制。

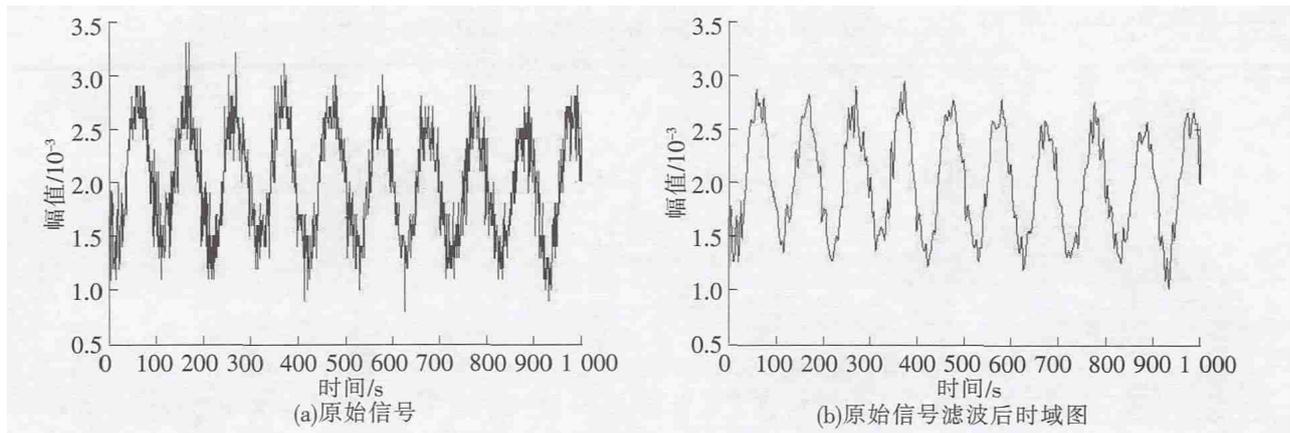


图8 小波变换后的数据波形

6 结束语

集成一体化的注浆设计,解决了传统浆液的制备与传送分隔开来的问题,加快了施工进度,提升了效率,缩短了施工的周期。同时物料的动态称重系统精度高,体积小,能快速准确地称出货物的质量。该动态称重系统也适用于其它机械当中,具有良好的应用前景。

参 考 文 献

- [1]滕延锋. 盾构机新型注浆泵控制系统的研制[J]. 建筑施工, 2011(5):407-408.
- [2]张平格,郭磊雷,周雁冰. 带有调浆装置的双液注浆泵的设计研究[J]. 液压与气动, 2015(9):63-65.
- [3]蒲朝阳,袁辉,高岗荣,等. 高压变频注浆泵的研制[J]. 建井技术, 2011,32(Z1):90-92.
- [4]赵玉敏,杨旸. 智能化一体注浆设备设计与应用[J]. 岩土锚固工程, 2016(3):18-21.
- [5]许晓燕. 多功能物料科学配比称重装置设计[J]. 中国科技纵横, 2015(5):27.
- [6]燕廷,刘玉红,陈保平. 嵌入式系统在桥梁振动数据采集系统中的应用[J]. 石家庄铁道学院学报, 2005,18(2):54-56.
- [7]胡昌华,李国华. 基于 Matlab 的系统分析与设计-小波分析[M]. 3版. 西安:西安电子科技大学出版社, 2008.

Dynamic System Design and Application of Intelligent Integrated Grouting Equipment

Yuan Ding, Wang Xiaoping, Han Xiaona, Liu Xiaojun

(School of Electrical and Electronic Engineering, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China)

Abstract: This paper designs a kind of equipment for the preparation, transmission, and grouting of slurry preparation. The embedded weighing system is used to weigh the material. The circuit design and software design of the weighing system are introduced. In order to improve the accuracy of the sampling signal, ADS1256 is selected with 24-bit AD sampling chip. The wavelet transform is used to filter the sampled signal. The noise signal is effectively suppressed, and the weighing accuracy is improved.

Key words: grouting equipment; integration; dynamic weighing; ADS1256; high precision