

一种适用于高温高压环境下重锤料位的设计方案

岳凤明

中国城市建设研究院有限公司, 北京 100120

[摘要]重锤式料位计在国内处被广泛用于仓式容器的物料检测, 可测量饲料、化学品、塑料颗粒、水泥、石块、PVC 粉末、骨料、液体、煤、石灰石、研磨塑料、砂子、粉末、谷物、油、泥浆、矿浆、沥青(高温)等特殊液体^[1]。其优点:采用机械式测量, 简单可靠, 抗粉尘干扰能力强, 量程大可达 50 米;机械结构设计时采取多重防尘设计(防尘刷、进风孔、测量室隔离), 不受介质湿度、粘度的影响, 不受介质介电常数、电导率、热导率的影响。

[关键词]重锤料位计; 检测原理; 机械设计; 设计方案

DOI: 10.33142/ec.v2i5.360 中图分类号: TD175 文献标识码: A

A Design Scheme of Heavy Hammer Material Level Suitable for High Temperature and High Pressure Environment

YUE Fengming

China Urban Construction Research Institute Co., Ltd., Beijing, China 100120

Abstract: The weight level gauge is widely used in the material detection of the bin-type container at home, and can be used for measuring feed, chemical, plastic particles, cement, stone, PVC powder, aggregate, liquid, coal, limestone, ground plastic, sand, powder, grain, oil, mud, ore pulp, Special liquid such as asphalt (high temperature)^[1]. The method has the advantages that the mechanical measurement is adopted, the method is simple and reliable, the anti-dust interference capability is strong, the range is high up to 50 meters, a multiple dustproof design (dust-proof brush, air inlet hole and measuring chamber isolation) is adopted in the mechanical structure design, the influence of the humidity and the viscosity of the medium is not influenced, and the dielectric constant of the medium is not influenced, conductivity, thermal conductivity, .

Keywords: Heavy hammer material level meter; Detection principle; Mechanical design; Design scheme

引言

目前市面上的重锤料位计均用于常压过程环境, 由控制板、行星减速电机、绕线盘、导向轮、光栅编码器、重锤及微动开关组成。其工作原理为:当重锤料位计接收到测量信号时, 行星减速电机正转, 下放重锤, 当重锤触碰到料面时, 钢丝绳失张使微动开关动作, 此时行星减速电机反转提升重锤, 当重锤触碰到顶部微动开关时, 电机停转, 等待下一次测量。次探测过程中, 控制板通过检测光栅脉冲信号数量计算重锤下放距离, 从而计算出料位高度。其电机、绕线盘、微动开关布置的区域与容器内部不能做到完全密封, 不适于高温高压的过程环境中。本文主要阐述一种适用于高温高压过程环境下的重锤料位计的设计方案。

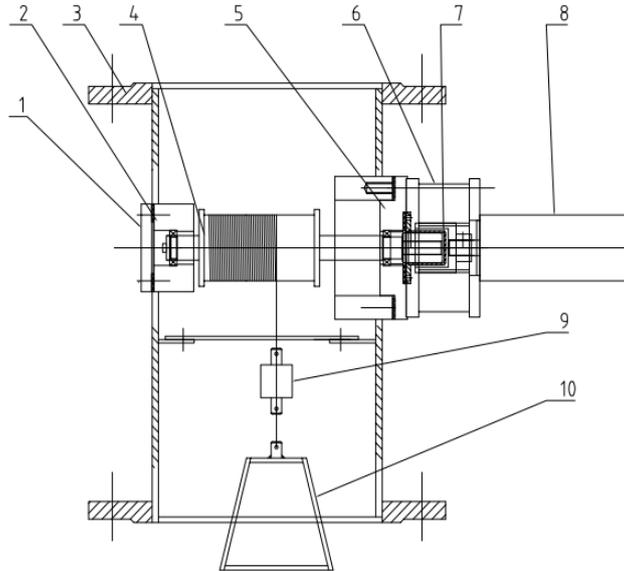
1 检测原理

传统的重锤料位计主要是通过微动开关检测钢丝绳失张状态判断重锤是否到达料面, 虽然锤头部分能很好的适应过程环境, 但是微动开关对环境的要求很高, 尤其对高温环境适应较差。

本文设计的重锤料位计通过监测伺服驱动电机的实时力矩, 判断重锤是否到达料面。当重锤触碰到料面时伺服电机的转矩会下降, 当伺服电机的转矩小于设定值时, 即判定重锤到达料面。整体传动过程中转动摩擦力会影响力矩判断的精度, 机械设计时减小摩擦力为重中之重。

2 机械设计

该重锤料位计机械部分主要由锤头、牵引绳、绕线盘、磁性联轴器及陶瓷轴承构成。



1、密封盖；2、轴承座一；3、支座；4、卷轴；5、轴承座二；
6、电机座；7、密封联轴器；8、电机；9、配重；10、重锤

图 2-1 重锤料位计总装配图

2.1 垂头设计

锤头采用双垂设计，采用该设计可以避免锤头在接触料面的时候出现钢丝绳松绳的情况，避免绕线盘卷曲时出现乱绳的情况。

2.2 联轴器设计

基于目前转动轴与电机或减速机的连接主要是通过联轴器实现动力的传输，联轴器之间的连接一种是机械紧固件连接，另一种是通过永磁磁场加隔套的连接方式（即：磁耦合联轴器），利用机械紧固方式不能实现两侧空间的隔离，而利用永磁磁场加隔套能够实现两侧空间的隔离^[2]。因此本设备联轴器采用磁耦合结构形式，即伺服电机直接驱动磁耦合联轴器，将电机与湿解罐内部卷曲机构隔离，做到完全密封，高压环境下不泄露。

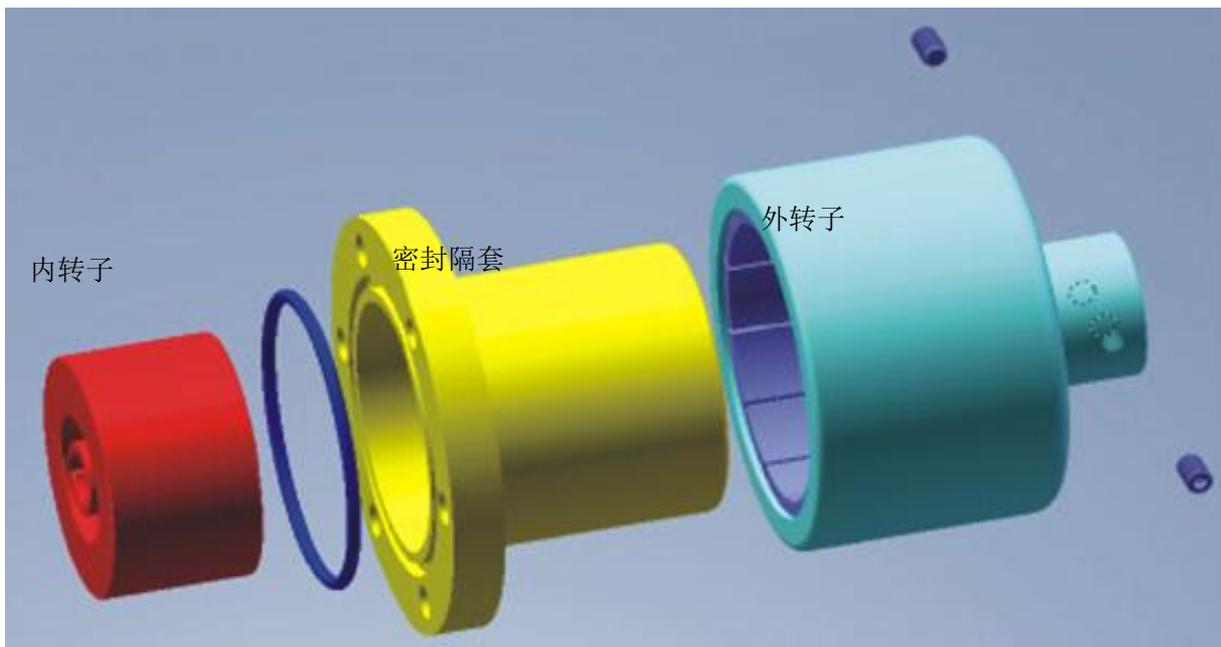


图 2-2 磁耦合联轴器示意图

2.3 轴承选择

该重锤料位计运行时主要依靠监测电机转矩来判断重锤是否触碰料面，摩擦力过大会直接影响监测结果，降低摩擦阻力尤为关键；所以装置内部轴承采用氮化硅陶瓷轴承，陶瓷具有自润滑特性，受环境因素影响较小，可以在长时间不维护的情况下保持低阻力特性。

3 控制系统设计

该重锤料位计控制系统主要由伺服驱动电机、伺服驱动器、一体式小型 PLC 及触摸屏构成，PLC 通过 RS485 通讯接口控制伺服驱动器，并读取伺服电机的运行状态及编码器的实时数值；计算后的料位高度通过 A0 接口(4-20mA)或 RS485 通讯接口反馈至上级 PLC 或 DCS 系统，也可由上位机系统直接读取。

3.1 信号处理

该重锤料位计主要依据重锤卷曲绳张力的变化，当重锤触碰到料面时，卷曲绳的拉力会变小，同时电机的转矩也会相应变小，当控制器检测到电机电矩小于设定值时，触发到达料面程序（计算料位高度，同时返回原点，等待下一次测量）。

本设备即要控制重锤下放速度，又要控制卷曲绳的张力，所以电机采用转速控制为主，转矩限幅为辅的控制方式。当电机为恒转速运行时，转矩信号波动明显（见图 3-2，主要是由于摩擦力不稳定导致）。选用适当的信号滤波处理方式尤为重要。本设备采用累加求和取平均数的滤波方式，滤波时间为 50ms。

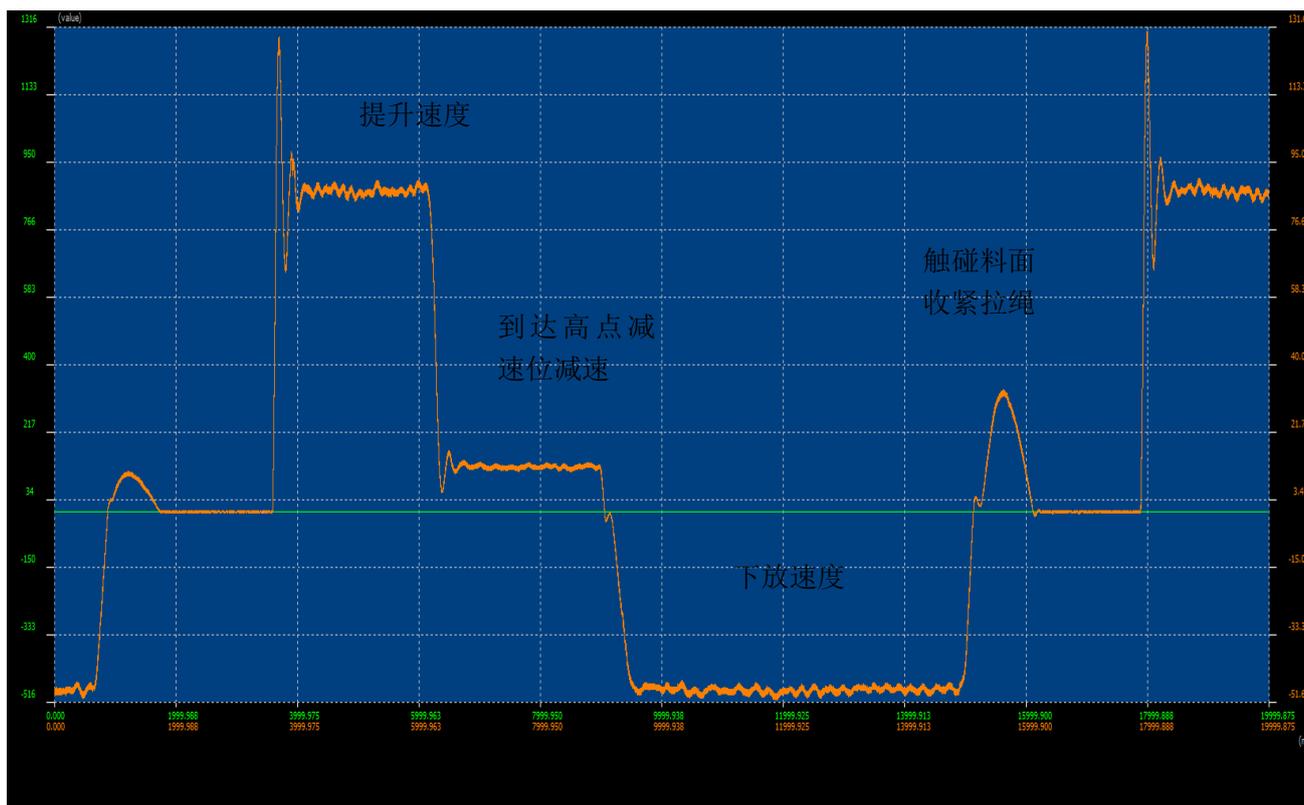


图 3-1 速度曲线

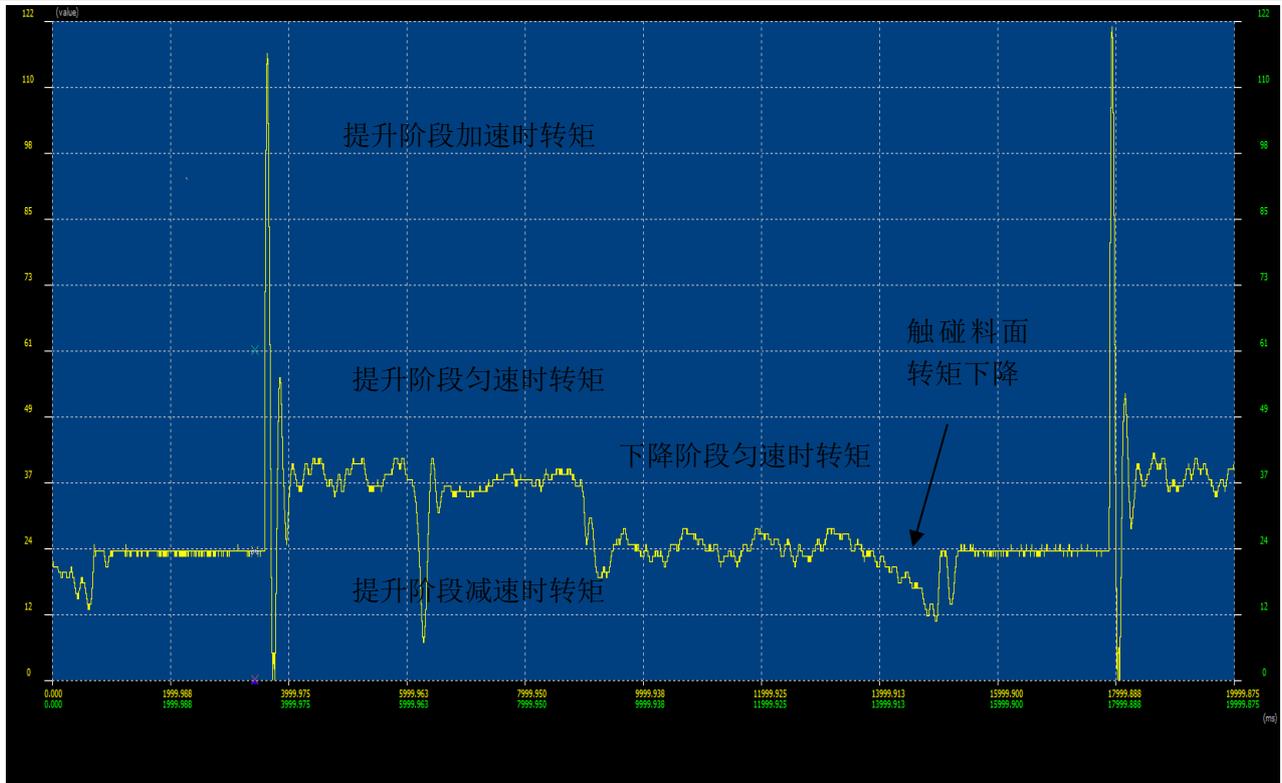


图 3-2 转矩曲线

3.2 程序设计

PLC 程序分四部分构成，参数初始化程序，复位程序，自动学习校准程序以及测量程序。

(a) 参数初始化：PLC 第一次扫描时执行参数初始化程序，包括 COM1，COM²，COM³串口通讯格式设定，罐体尺寸相关参数设定。

(b) 复位程序：复位程序只能由人工手动激活，一般为检修后重新复位重锤时使用，该程序执行时，电机反转上升，当重锤到达上限位时，电机会堵转且转矩上升，当 PLC 检测到电机转矩大于设定值时，PLC 发出停止命令，同时将编码器寄存器清零。至此复位程序完成。此时重锤处于最高点，该点为固定点，同时也是测量的参考基准点。

(c) 自动学习校准程序：重锤运行一段时间后，肯定会受到一定程度的污染，可能对重锤重量及转动摩擦力产生一定的影响，尤其是摩擦力变化过大的话会直接影响设备测量结果。本设备为密封结构，靠人工拆开清理比较麻烦，所以设计一套学习校准程序是十分必要的。

自动学习程序执行时，电机首先匀速下降，PLC 采集下降过程中的电机转矩，采集点为 100 点，求和取平均数为最终下放转矩 T1；下放转矩采集完成后，电机匀速上升，PLC 采集上升过程中的电机转矩，采集点为 100 点，求和取平均数为最终上升转矩 T2。经计算求出重锤重量 G，及摩擦力 f。

$$T1+f=G$$

$$T2-f=G$$

$$G=(T1+T2)/2$$

$$f=(T2-T1)/2$$

(d) 测量程序（详见图 3-3）

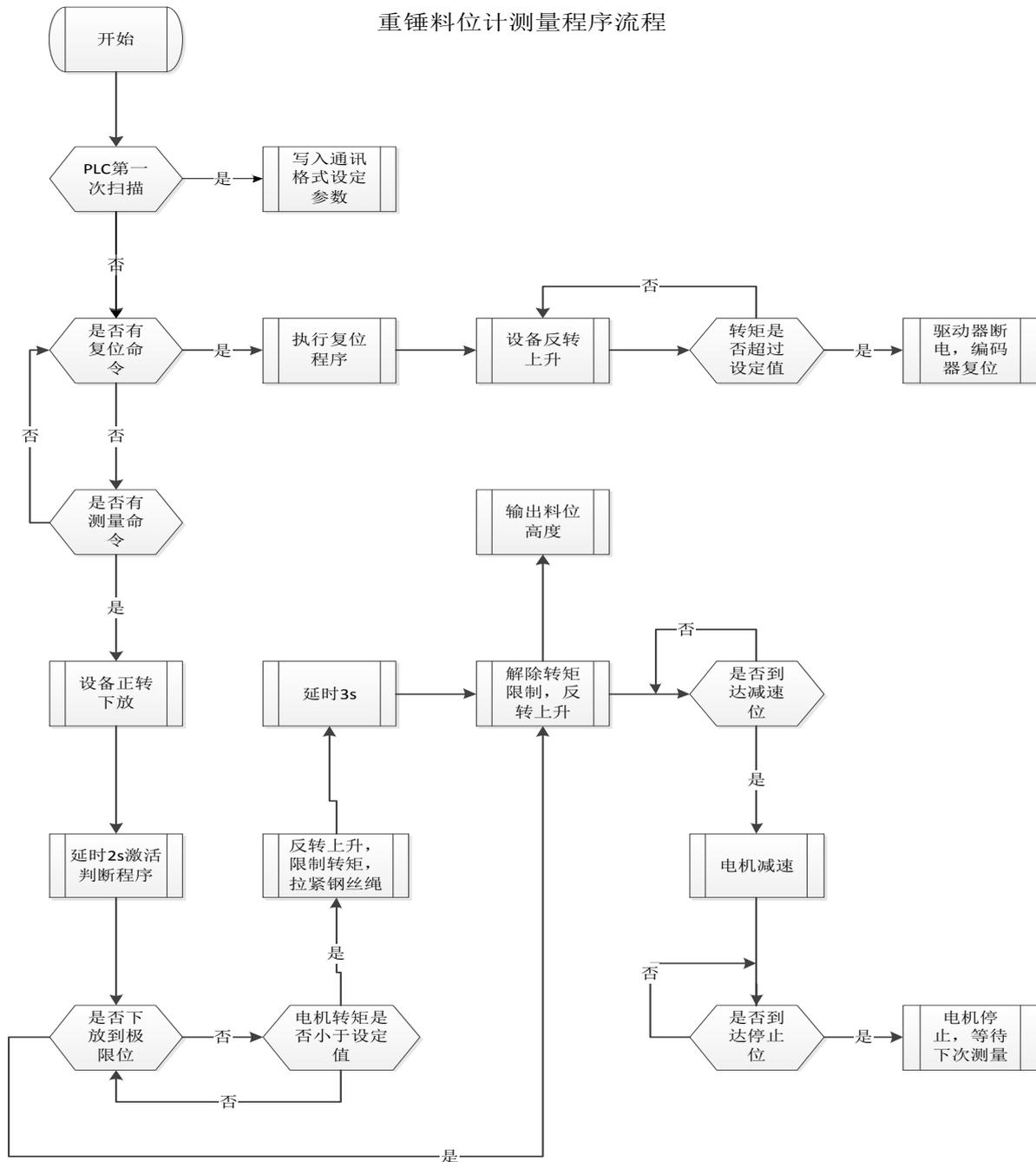


图 3-3 控制流程图

(e) 报警设计：报警分为外部故障和系统故障两部分^[3]。

外部报警：外部故障主要是驱动器自身报故障，当 PLC 检测到驱动器故障是，会立即停止电机运行。具体故障原因需查看驱动器故障代码，参考驱动器使用说明书进一步判断原因。

系统故障：主要包含断锤故障，摩擦力过大故障，重锤过重报警以及埋锤故障，以上故障出现，都需要人工打开重锤检查口检查排除。

3.3 画面设计

传统重锤料位计显示界面多采用 LED 点阵单色显示屏，显示效果不直观，且菜单设置层级较多，交互性差。本设备采用交互性更好的彩色触摸屏。下图为人机交互界面图片。



图 3-4 主画面



图 3-5 参数设定画面



图 3-6 调试参数画面

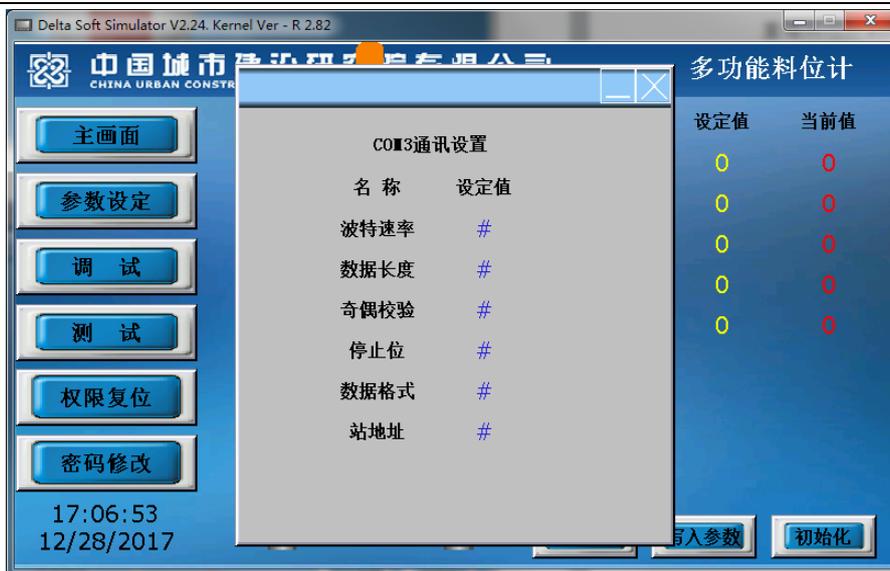


图 3-7 通讯格式设定画面



图 3-8 密码修改画面

结束语

该重锤料位计采用的测量原理及机械结构形式均与普通重锤料位计有较大区别，拓宽了重锤料位计的使用环境。现在针对大部分过程环境也有很多形式的过程仪表可以选择，由于该重锤料位计造价较一般仪表高，在实际工程应用选择中优势不明显，只在一些特殊的过程环境应用中有一定优势。本文只针对高温高压环境中重锤料位计的改进应用阐述个人设计方案，欢迎批评指正。

[参考文献]

- [1]王央波. FMM50 重锤式料位计的改造及应用[J]. 湖南电力, 2015, 35(01): 65-67.
- [2]李留臣. 非接触式磁耦合联轴器[J]. 机械工程师, 2002(01): 48-49.
- [3]杨中兴. 重锤料位计原理及其固件程序设计[J]. 传感器世界, 2018, 24(05): 35-39.

作者简介: 岳凤明, 男 (1987-), 助理工程师, 中国城市建设研究院有限公司, 从事电气设计、自动化设计工作。