



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105784066 B

(45)授权公告日 2018.12.21

(21)申请号 201610214559.3

(22)申请日 2016.04.07

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105784066 A

(43)申请公布日 2016.07.20

(73)专利权人 天津大学
地址 300072 天津市南开区卫津路92号

(72)发明人 孟庆浩 亓培锋 曾明

(74)专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代
理事务所 12201

代理人 程毓英

(51)Int.Cl.
G01F 23/292(2006.01)

(56)对比文件

- CN 104391302 A, 2015.03.04,
- CN 204255450 U, 2015.04.08,
- CN 204188811 U, 2015.03.04,
- CN 203669851 U, 2014.06.25,
- CN 203881403 U, 2014.10.15,
- CN 105067071 A, 2015.11.18,
- US 7193162 B2, 2007.03.20,

审查员 郑涛

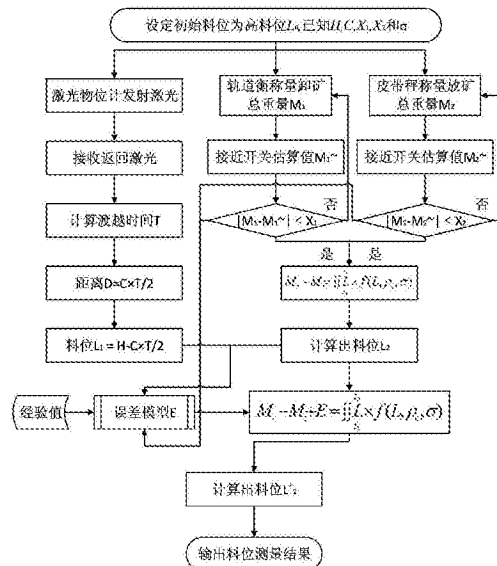
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

一种具有冗余设计的矿山超深溜井料位在线测量方法

(57)摘要

本发明涉及一种具有冗余设计的矿山超深溜井料位在线测量方法,所采用的测量装置包括主控制器、激光物位测量系、动态轨道衡称量系统、皮带秤和接近开关;由激光物位测量系统获取其测量范围内的激光料位测量信号,由动态轨道衡称量系统称量出溜井顶部铲运机车卸矿重量,由皮带秤称量出溜井底部放矿重量,激光料位测量信号、卸矿重量测量信号和放矿重量测量信号被送入主控制器,主控制器根据接近开关的输入信号检测的得到铲运机车和运输机车数目从而估算出溜井顶部卸矿总量和溜井底部放矿总量,并据此对称重法配套系统的误差模型予以修正。本发明可以实现溜井料位在线测量的高可靠性。



1. 一种具有冗余设计的矿山超深溜井料位在线测量方法, 所采用的测量装置包括主控制器、激光物位测量系统和称重法配套系统, 所述的称重法配套系统包括动态轨道衡称量系统、皮带秤和接近开关; 由激光物位测量系统获取其测量范围内的激光料位测量信号, 由动态轨道衡称量系统称量出溜井顶部铲运机车卸矿重量, 由皮带秤称量出溜井底部放矿重量, 激光料位测量信号、卸矿重量测量信号和放矿重量测量信号被送入主控制器, 主控制器根据接近开关的输入信号检测的得到铲运机车和运输机车数目从而估算出溜井顶部卸矿总量和溜井底部放矿总量, 并据此对称重法配套系统的误差模型予以修正, 进而, 计算出实时料位, 按照如下步骤执行:

1) 根据矿山溜井条件参数: 溜井料位, 矿石自身密度均值, 以及考虑包括现场条件、矿料品质和初始矿料粉碎度在内的环境变量, 结合溜井放矿现场工作人员经验得到溜井内料位密度的经验曲线, 预先储存到主控制器中用于料位计算;

2) 在溜井处于高料位时, 在激光物位测量系统测量范围内, 利用激光料位测量信号得到料位 L_1 ;

3) 通过动态轨道衡称量系统称量溜井顶部卸矿机车重量得到卸矿放料重量 M_1 ;

4) 通过皮带秤称量出溜井底部运输机车运走矿料的放矿重量 M_2 ;

5) 根据接近开关输入信号得到卸矿机车和运输机车数目, 估算出卸矿总量 $M_1 \sim$ 和放矿总量 $M_2 \sim$, 用 $M_1 \sim$ 对 M_1 进行判定修正, 若 $|M_1 - M_1 \sim|$ 超出警戒值 X_1 , 则需要用 $M_1 \sim$ 代替 M_1 对结果进行修正, 同样若 $|M_2 - M_2 \sim|$ 超出警戒值 X_2 , 则需要用 $M_2 \sim$ 代替 M_2 对结果进行修正;

6) 料位测量开始时的初始料位已知为 L_0 , 根据溜井内料位密度的经验曲线, 得到初始溜井内矿料总重 M_0 , 再由放矿后溜井内矿料重量变化 $M_2 - M_1$;

7) 计算矿后溜井料位 L_2 ;

8) 利用料位 L_1 对称量法误差累积结果进行校正, 修正误差模型 E ;

9) 计算校正后的溜井料位 L_2' 。

一种具有冗余设计的矿山超深溜井料位在线测量方法

技术领域

[0001] 本发明属于矿山自动化仪表测量领域,具体涉及一种基于称重法和激光物位计,具有高可靠性冗余设计的矿山溜井料位在线测量装置及方法。

背景技术

[0002] 溜井是矿山生产中输送矿石原料的重要通道,对提高生产效率及节约成本有非常重要的作用。在矿山生产中,为了保障安全生产以及协调调度采矿、运矿机车工作,需要及时掌握各溜井的实时料位情况,因此矿山溜井料位的测量关系重大。从矿山安全生产的角度来讲,为了防止上方铲运机卸料对溜井放矿装置的冲击,需要保持一定的料位作为缓冲,否则就会损坏设备影响生产;同样溜井中矿料不能溢出,否则也会造成重大生产事故,可见溜井料位的测量对矿山生产安全至关重要。从矿山生产效率来讲,溜井料位的实时测量对矿山生产的智能调度和自动化水平提高意义重大。目前国内采矿业发展形势喜人,但同国外企业相比自动化水平落后严重,而随着国家政策对矿山生产安全要求的提高,国内矿山企业加大了矿山自动化改造的力度,溜井料位测量正是矿山自动化实现过程中关键的一环。

[0003] 由于矿山溜井环境的复杂性,其料位检测一直是困扰国内外采矿行业的一大难题,尤其是对于深度达300米到400米以上的超深溜井料位的测量还没有很好的技术方案。目前国内很多矿山还采用人工抛矿石,通过听回声估算溜井料位,这种方法不仅效率低下,而且十分粗略、不可靠,同时由于需要工人长时间站在环境复杂的溜井边沿,极不安全,且耗费多余的人工。也有矿山采用重锤法测量料位,这种方法原理简单,测量精度也较高,但是同样需要专人操作测量装置,而且由于测量时无法继续放矿,不利于提高矿山生产效率。还有超声波物位计、雷达物位计、激光物位计等方法,但由于这些方法受粉尘影响大、有堆放死角、波束角较大及测量距离有限等原因无法广泛推广;这些非接触测量方法中激光物位计测量范围最广,最大可达150米(约克仪器-溜井料坑料位检测系统YKS320)。采用称重法计算料位被国外矿山(如加拿大基律纳铁矿)较多采用,该方法通过计算溜井中卸矿和放矿重量来间接估算出料位变化,得出估算的料位值;但是这种方法长期计算会存在严重的误差累积,若无法有效消除误差容易引起生产事故。

[0004] 现代矿山溜井料位测量不仅要求溜井“不空”——必须保持溜井底部料位不空,防止设备损坏和“不冒”——物料不能溢出溜井,防止生产事故发生;同时要求实时自动测量。

[0005] 专利号CN105067071A实现了一种绞车配重式料位测量装置,该装置包括操作柄、吊绳、滑轮、配重块、报警装置和计量装置。专利号CN203669851U实现了一种地下矿山溜井矿位测量装置,包括转动机构、测量检测机构、安装支架以及电器控制系统。专利号CN204255450U公开了一种溜井料位重锤式自动测量装置,包括测量绳、重锤和马达控制箱。专利号CN104391302A公开了一种基于激光物位计的溜井料位测量车,包括溜井测量车、激光物位计、电控摇臂、数显仪、PLC、视频瞄准系统,激光物位计与PLC的输入端相连,PLC的输出端连接到数显仪。专利号CN104678801A公开了一种用于装载站的矿石量实时监测装置,

包括主控制器、放矿机、雷达物位计,所述雷达物位计的信号输出端连接主控制器的信号输入端,主控制器的信号输出端连接放矿机的信号输入端。

[0006] 林立报道了一种基于称量系统的溜井料位判定方法(林立.基于称量系统的溜井料位的判定[J].中国仪器仪表,2012(S1):155-157.),判断系统主要通过计算溜井的进料量和溜井的出料量,从而通过可编程控制器计算出溜井的大致料位,同时加入两处结果校正来避免结果的误判,为相关设备的自动化运行创造了条件。但该系统对于误差累积的修正仍然需要人为参与,这不仅增加了系统操作难度,也使得自动化水平和实时性大打折扣;计算料位过程中并没有考虑溜井内密度曲线关系,也导致计算结果偏差会较大。

[0007] 万正道设计了李楼铁矿溜井料位监测系统(万正道.李楼铁矿溜井料位监测系统的设计与应用[J].煤矿机电,2015(2):64-67.),采用Optech激光物位计设计了一套稳定可靠的料位监测系统,该系统经现场应用,取得了良好的监测效果,为生产科学调度提供了依据。但是该系统应用中的安徽李楼铁矿溜井井深约为140米,不属于达到300米到400米以上的超深溜井测量技术。

[0008] 目前存在的矿山溜井料位测量方法有多种,这些方法和设备存在以下问题。

[0009] 1) 接触式测量主要是采用重锤式测量方法,虽然经过改进后能够实现自动测量,但是由于重锤探头直接接触物料,设备容易损坏导致测量结果不可靠;这种测量方法无法用于超深溜井测量,因为测量绳过长难以控制且测量时间也会较长难以满足实时测量需求。

[0010] 2) 超声、雷达、激光等物位计测量方法,测量范围一般难以满足超深溜井料位测量需求,而且超声和雷达由于波束角的存在不适合较深窄口溜井的测量,由于溜井内粉尘较大使得单独使用激光物位计的最远测量范围也不超过200米。

[0011] 3) 基于称重法的料位计算方法,理论上测量范围不受限制,但是该方法由于不可避免地存在测量累积误差,若不能及时校正容易导致比较严重的误判,危害矿山生产安全。

发明内容

[0012] 本发明的目的是克服上述现有技术手段的不足,结合称重料位计算法和激光物位计测量方法的优点,提供一种具有高可靠性冗余设计的矿山溜井料位在线测量方法。本发明采用冗余设计,解决了超深溜井内高浓度粉尘环境下激光物位计测量范围不足及称重法长期测量容易累积误差产生误判的问题,实现溜井料位在线测量的高可靠性。技术方案如下:

[0013] 一种具有冗余设计的矿山超深溜井料位在线测量方法,所采用的测量装置包括主控制器、激光物位测量系统和称重法配套系统,所述的称重法配套系统包括动态轨道衡称量系统、皮带秤和接近开关;由激光物位测量系统获取其测量范围内的激光料位测量信号,由动态轨道衡称量系统称量出溜井顶部铲运机车卸矿重量,由皮带秤称量出溜井底部放矿重量,激光料位测量信号、卸矿重量测量信号和放矿重量测量信号被送入主控制器,主控制器根据接近开关的输入信号检测的得到铲运机车和运输机车数目从而估算出溜井顶部卸矿总量和溜井底部放矿总量,并据此对称重法配套系统的误差模型予以修正,进而,计算出实时料位。包括如下几个方面:

[0014] 1) 根据矿山溜井条件参数:溜井料位,矿石自身密度均值,以及考虑包括现场条

件、矿料品质和初始矿料粉碎度在内的环境变量,结合溜井放矿现场工作人员经验得到溜井内料位密度的经验曲线,预先储存到主控制器中用于料位计算;

[0015] 2) 在溜井处于高料位时,在激光物位测量系统测量范围内,利用激光料位测量信号得到料位 L_1 ;

[0016] 3) 通过动态轨道衡称量系统称量溜井顶部卸矿机车重量得到卸矿放料重量 M_1 ;

[0017] 4) 通过皮带秤称量出溜井底部运输机车运走矿料的放矿重量 M_2 ;

[0018] 5) 根据接近开关输入信号得到卸矿机车和运输机车数目,估算出卸矿总量 $M_1\sim$ 和放矿总量 $M_2\sim$,用 $M_1\sim$ 对 M_1 进行判定修正,若 $|M_1-M_1\sim|$ 超出警戒值 X_1 ,则需要用 $M_1\sim$ 代替 M_1 对结果进行修正,同样若 $|M_2-M_2\sim|$ 超出警戒值 X_2 ,则需要用 $M_2\sim$ 代替 M_2 对结果进行修正;

[0019] 6) 料位测量开始时的初始料位已知为 L_0 ,根据溜井内料位密度的经验曲线,得到初始溜井内矿料总重 M_0 ,再由放矿后溜井内矿料重量变化 M_2-M_1 ;

[0020] 7) 计算矿后溜井料位 L_2 ;

[0021] 8) 利用料位 L_1 对称量法误差累积结果进行校正,修正误差模型E;

[0022] 9) 计算校正后的溜井料位 L_2' 。

[0023] 本发明所述的技术方案的有益效果以及优点是:

[0024] [1] 本发明采用全新的冗余设计方案解决了300米到400米以上超深溜井的料位可靠测量问题,有效弥补了采用单一激光物位计存在的测量范围有限的缺点,又解决了采用单一称重测量方法无法有效消除累积误差的问题。当溜井料位处于激光物位计测量范围内时,两套系统测量结果可互为补充,也弥补了单一激光物位计测量可能存在的误差,同时激光物位计测量结果可用来对称重法误差模型,从而能够有效消除累积误差,这种冗余设计极大提高了超深溜井料位测量的精度及可靠性。

[0025] [2] 本发明采用称重法对溜井料位进行计算时引入了误差模型及料位密度曲线模型的概念。由于高空对矿料的粉碎作用,溜井内矿料密度从上向下呈逐渐增加趋势,而密度模型(即料位密度经验曲线)能够很好的反映溜井料位深度与溜井内矿料密度的函数对应关系,密度模型的引入大大提高了称重法料位测量的精度。通过长期测量经验及激光物位计误差校准结果可以得出称重法溜井料位测量的累积误差模型E,误差模型的引入可以消除料位测量的累积误差,保证测量结果的可靠性。

[0026] [3] 本发明给出的料位测量方法不会干扰矿山正常生产,进行料位测量时可以同时进行铲运机卸矿及放矿机放矿作业。实现了料位实时测量。

附图说明

[0027] 图1为本发明采用的料位测量系统框图。

[0028] 图2为本发明所述溜井内料位密度模型分布示意图。

[0029] 图中标号说明:1 溜井;2 溜井内矿料;3 溜井料位;4 溜井内料位密度模型

[0030] 图3为本发明所述误差模型计算原理图。

[0031] 图4为本发明主控制器中料位测量原理及流程图。

[0032] 图5为本发明的系统人机界面操作流程图。

具体实施方式

[0033] 本发明所述的目的由以下提出的基于称重法和激光物位计的矿山溜井料位测量装置得以实现。所述的装置由激光物位测量系统和称重法配套系统共同构成。激光物位测量系统可采用YKS320系列,包括激光料位监测探头、微型空气泵,安装支架法兰、维护单元、变送模块。激光料位监测探头可采用加拿大原装进口件,根据光波的传播往返时间,通过内置的精确定时器,经多组测量检测数据平滑处理后,达到高测量精度,具有响应时间快、滞后小、测量数据稳定的优点。称重法配套系统包括铲运机车、动态轨道衡系统、接近开关、碎矿机、皮带秤、运输机车及主控制器。测量装置以称重系统、位置检测系统和激光物位测量系统为基础,以主控制器为控制和计算核心,主控制器中预先编写储存了溜井料位密度的经验曲线(即料位深度与矿料密度的函数对应关系)。主要思路为由动态轨道衡系统称量出溜井顶部铲运机车卸矿的重量,由皮带秤称量出溜井底部放矿重量,通过接近开关等位置检测铲运机车数量来估算卸矿总量对轨道衡称量系统进行判断校正,所有测量信号都输入主控制器按照预先设定程序进行运算得出实时料位。由于称重法会不可避免的会产生累积误差,并且随着放矿进行矿料密度曲线模型也会存在一定的变化误差。因此为了保证矿山溜井测量的安全和高可靠性,针对上述存在问题在称重测量系统中加入激光物位测量系统作为系统的冗余设计环节,用于对称重测量的校验,并且允许操作人员的干预作为外部调控环节。

[0034] 本发明所述的目的由以下提出的基于称重法和激光物位计的具有高可靠性冗余设计的矿山溜井料位测量方法得以实现。所述方法在溜井内处于较高料位时属于冗余测量设计,此时料位在激光物位计测量范围内,称重测量系统测量结果和激光物位测量结果互为补充,具有很高的可靠性;同时激光物位测量结果能够对称重系统测量结果进行校正消除累积误差。当溜井料位超出激光物位计测量范围时,只有称重系统工作,主控制器根据称重结果和校正后的密度曲线模型和误差模型计算出实时料位。所述方法主要包括如下步骤:

[0035] 在溜井处于高料位时,在激光物位计测量范围内,激光物位计由半导体激光器发射连续或高速脉冲激光束;

[0036] 激光束遇到被测矿料表面发生反射,光线返回由激光接收器接收,并精确记录激光由发射到接收之间的时间差,即渡越时间 T ;

[0037] 激光物位计距物料表面的距离 $D=C \times T/2$,其中 C 为光速;

[0038] 激光物位计距溜井底部空高已知为 H ,则料位 $L_1=H-D$;

[0039] 通过动态轨道衡称量铲运机车重量得到卸矿重量 M_1 ;

[0040] 通过皮带秤称量出运输机车运走矿料重量 M_2 ;

[0041] 根据接近开关计数得到铲运/运输机车数目,设铲运/运输机车每车载矿重量大致不变,可大致估算出卸矿总量 $M_1 \sim$ 和放矿总量 $M_2 \sim$,用 $M_1 \sim$ 对 M_1 进行判定修正,若 $|M_1 - M_1 \sim|$ 超出警戒值 X_1 ,则系统需要用 $M_1 \sim$ 对 M_1 结果进行修正,同样若 $|M_2 - M_2 \sim|$ 超出警戒值 X_2 ,则系统需要用 $M_2 \sim$ 对 M_2 进行修正;

[0042] 根据矿山溜井条件参数: L 为溜井料位, ρ_0 为矿石自身密度均值, σ 表示环境变量(与现场条件、矿料品质、初始矿料粉碎度等有关),再结合溜井放矿现场工作人员长期经验可得到溜井内料位密度的经验曲线,用函数 $\rho=f(L, \rho_0, \sigma)$ 描述,并嵌入到主控制器运算单元中用于料位计算;

[0043] 料位测量开始时的初始料位已知为 L_0 ，则初始溜井内矿料总重为 $M_0 = \int_0^{L_0} \rho \times L = \int_0^{L_0} L \times f(L, \rho_0, \sigma)$ ，放矿后溜井内矿料重量变化为： $M_2 - M_1$ ；

[0044] 设放矿后溜井料位为 L_2 ，则有： $M_0 - M_2 + M_1 = \int_0^{L_2} \rho \times L = \int_0^{L_2} L \times f(L, \rho_0, \sigma)$ ，变化后得到： $M_2 - M_1 = \int_{L_2}^{L_0} L \times f(L, \rho_0, \sigma)$ ，从而可以得到唯一未知量 L_2 ；

[0045] 由于称量法存在累积误差，可利用较高料位时激光物位计测量料位 L_1 对称量法误差累积结果进行校正，由于称量法误差累积主要来自于轨道衡及皮带秤称重结果的误差，而当溜井处于较高料位时，料位 L_1 与称重法测量料位 L_2 的差值变化反映了称重测量的误差，通过对一系列料位差值的分析可得到误差模型E；

[0046] 得到修正误差模型后，称重法计算料位方法如下： $M_2 - M_1 + E = \int_{L_2}^{L_0} L \times f(L, \rho_0, \sigma)$ ，可以得到校正后的溜井料位 L_2' 。

[0047] 以上全部计算及控制过程都由主控制器完成，实时料位结果既可直接显示，也可发送到上级调度控制器用于矿山生产调度自动控制。

[0048] 下面再结合具体实施例及其附图详细叙述本发明。

[0049] 本发明所采用的矿山溜井料位测量装置主要包括固定支架、固定防爆箱体、激光物位计、铲运机车、动态轨道衡、溜井顶部接近开关、放矿机、粉碎机、皮带秤、运输机车、溜井底部接近开关、溜井、溜井内矿料、防爆主控制器以及防爆显示面板。

[0050] 称重测量系统是整个测量系统的主干部分，激光物位测量系统作为冗余测量系统与其相互补充，提供了一种高可靠性料位测量方案，其系统测量框图如附图1所示。主控制器是测量系统的控制和计算核心。整个系统方案不仅需要称重测量系统和激光物位测量系统互为冗余，还有基于经验学习得到的误差模型（见附图3）及密度模型（见附图2），并且设置了校验环节。

[0051] 本发明涉及的激光物位计是YKS320系列料位测量系统，该系统专门对高粉尘、高压、震动、潮湿、深且窄等工况下的料位测量进行了优化设计，理论最远可测200米，绝对精度4厘米，分辨率1毫米，工作电压24VDC，输出4-20mA标准模拟信号，也可选RS485/RS422数字输出模式，防护等级为IP67。激光物位计根据工况不同可选择洁净模式（CP）或灰尘模式（DV），在高粉尘工况下，可启动固定防爆箱内的微型压缩空气泵，对激光物位计提供吹扫气流，保证测量精度。

[0052] 所述固定支架、固定防爆箱体、激光物位计一起构成了测量装置中的激光物位测量系统。固定支架固定于溜井顶部矿体中，保持水平固定，固定防爆箱体安装于固定支架上，激光物位计安装在固定防爆箱体内，保证测量激光束垂直于顶部水平面发射。激光物位计的变送模块与防爆主控制器输入端相连，可直接输出料位测量信号。

[0053] 当溜井内处于较高料位时，激光物位计满足测量范围，其工作步骤如下（参考附图4）：1) 防爆主控制器根据初始料位和称重测量料位系统结果判定是否处于高料位；2) 防爆主控制器通知激光物位计开始测量，激光物位计发射高速脉冲激光束；3) 激光物位计接收矿料表面反射回的激光束，并精确记录渡越时间T；4) 根据计算公式得到料位测量结果 $L_1 = H - D = H - C \times T / 2$ ；5) 激光物位计通过变送器将料位结果 L_1 发送到主控制器。

[0054] 所述铲运机车、动态轨道衡、溜井顶部接近开关、放矿机、粉碎机、皮带秤、运输机车、溜井底部接近开关、防爆主控制器及防爆显示面板一起构成了测量装置中的称重测量

料位系统。

[0055] 所述料位密度模型如附图2所示,包括溜井1、溜井内矿料2、溜井料位3、溜井内料位密度模型4。密度模型4是基于经验学习得到的,溜井内在不同料位3的密度是不同的,而由于重力粉碎作用溜井内矿料密度是和料位高度成反比的,具体可用函数 $\rho=f(L, \rho_0, \sigma)$ 描述,其中L为溜井料位, ρ_0 为矿石自身密度均值, σ 表示环境变量(与现场条件、矿料品质、初始矿料粉碎度等有关)。

[0056] 本发明涉及的系统人机界面流程图如附图5所示,包括主控界面、激光测量界面、称重测量界面和误差模型校正界面。其中误差模型校正界面允许人工外部输入,可根据主控制器预测学习结果决定是否需要人工强制校正,确保矿山生产安全。主控制器计算得到的料位结果可以多种形式显示或输出,可以输出到防爆显示面板直接显示,也可输出至矿山自动化调度系统,用于矿山自动生成调度。

[0057] 称重测量系统具体工作步骤如下(参考附图5):1) 动态轨道衡对其上通过的铲运机车进行称量得到卸矿总重;2) 铲运机车触发溜井顶部接近开关计数,大致估算出卸矿总重,用于对动态轨道衡称量结果的校正;3) 主控制器控制放矿机工作,矿料进入粉碎机粉碎后输送到皮带秤;4) 皮带秤称量出放矿总重;5) 运输机车运送矿料离开溜井,触发溜井底部接近开关计数,大致估算出放矿总重,用于对皮带秤称量结果的校正;6) 所有信号通过总线接入主控制器进行运算,主控制器根据误差模型和密度模型以及测量信号,根据预先设定的计算程序计算出实时料位值 L_2' ;7) 主控制器将实时料位值发送至显示面板显示,并通过变送器发送至矿山自动调度系统。

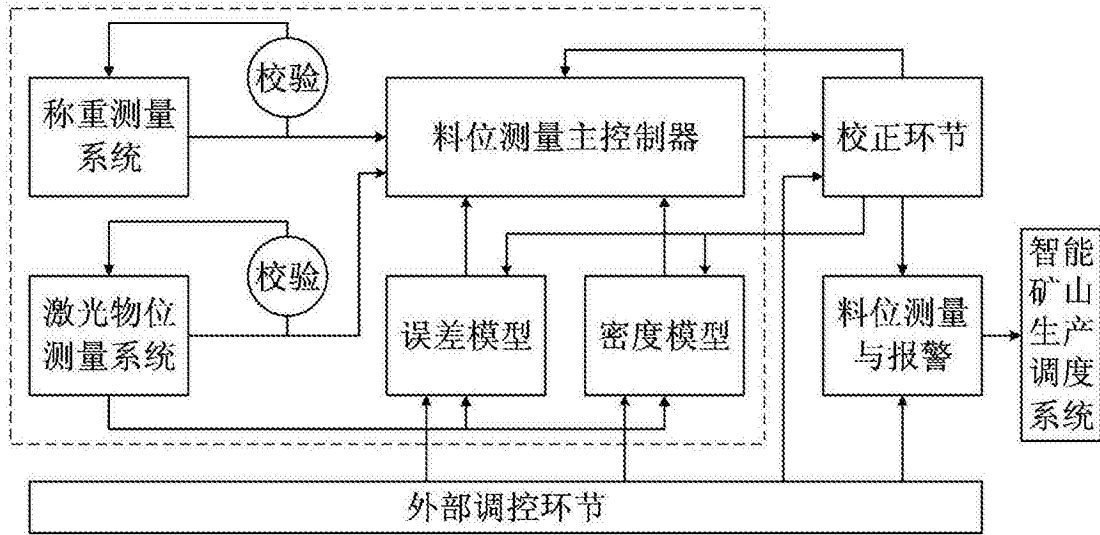


图1

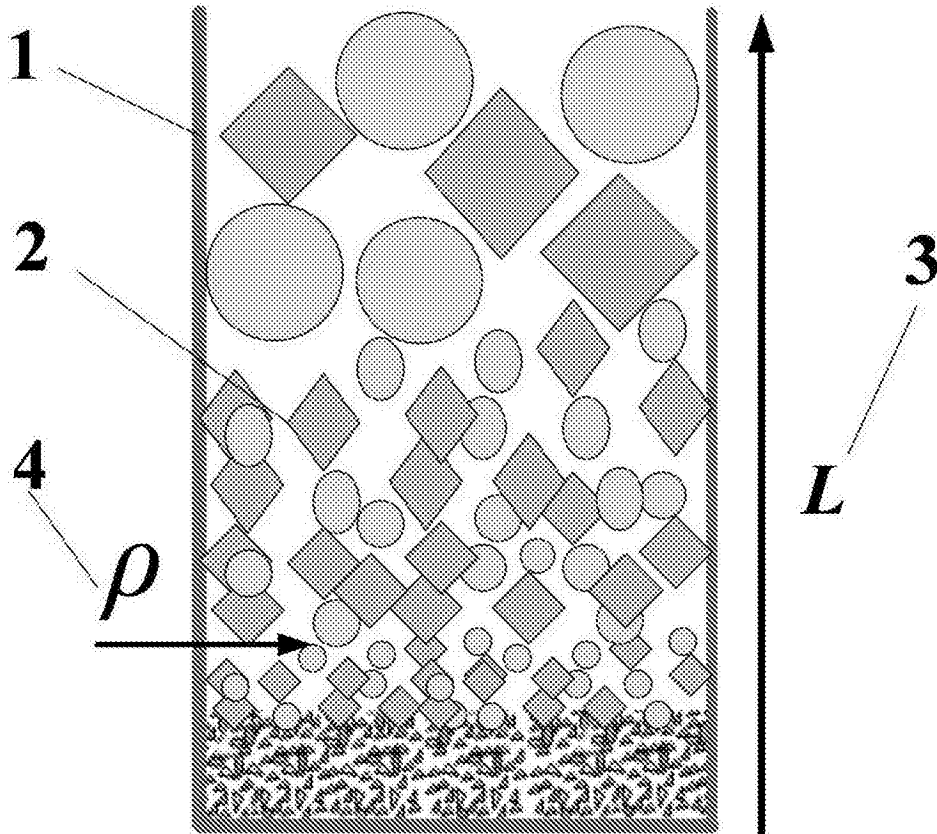


图2

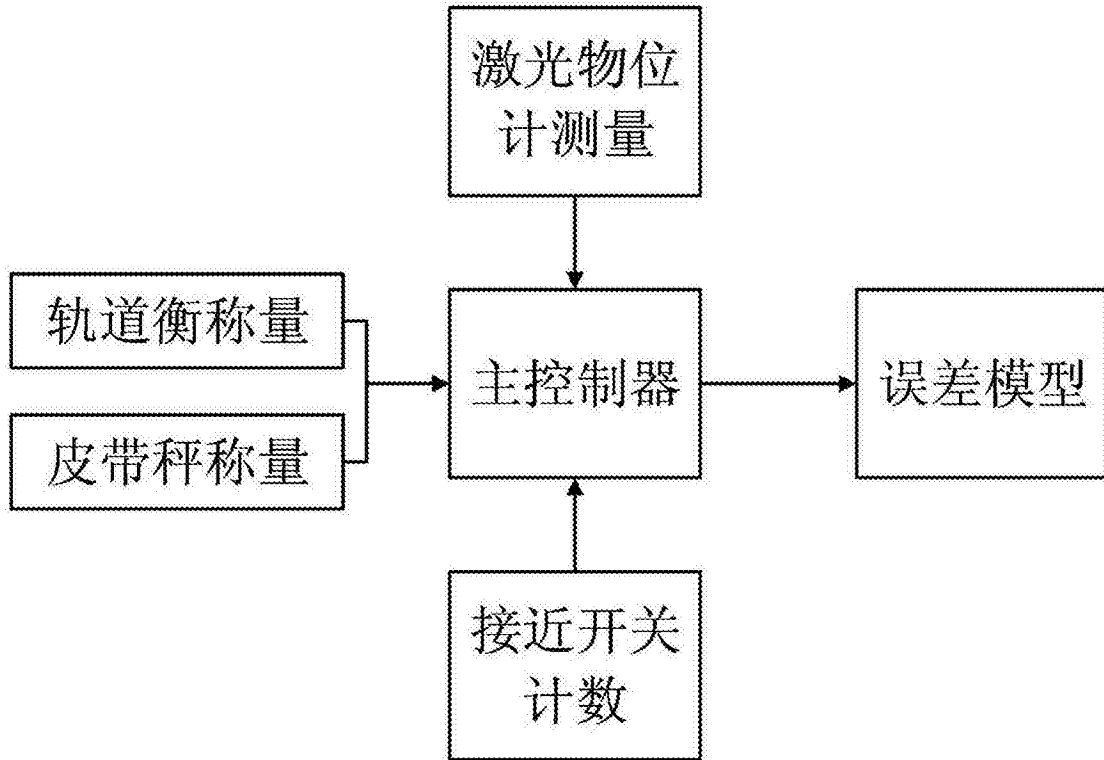


图3

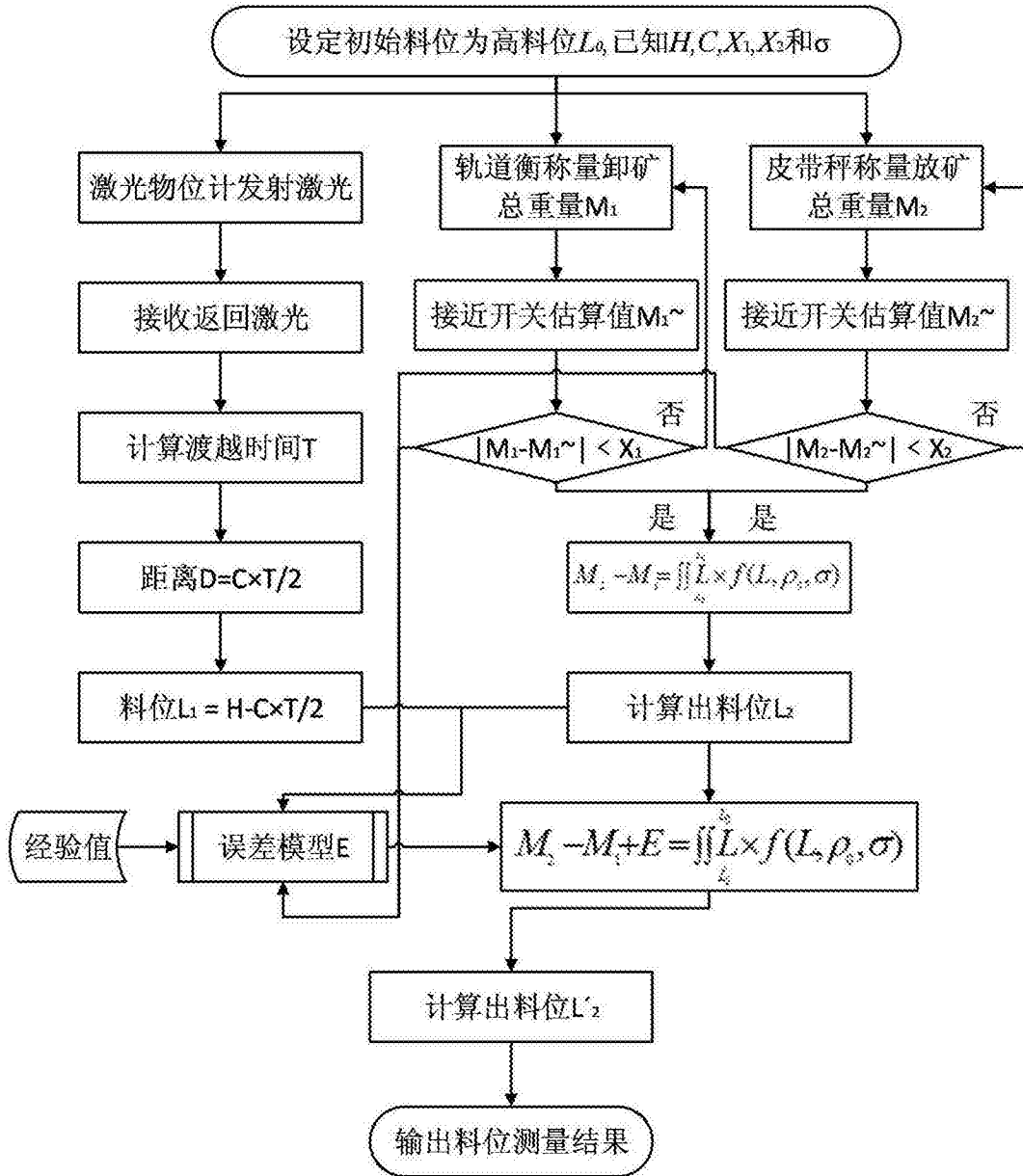


图4

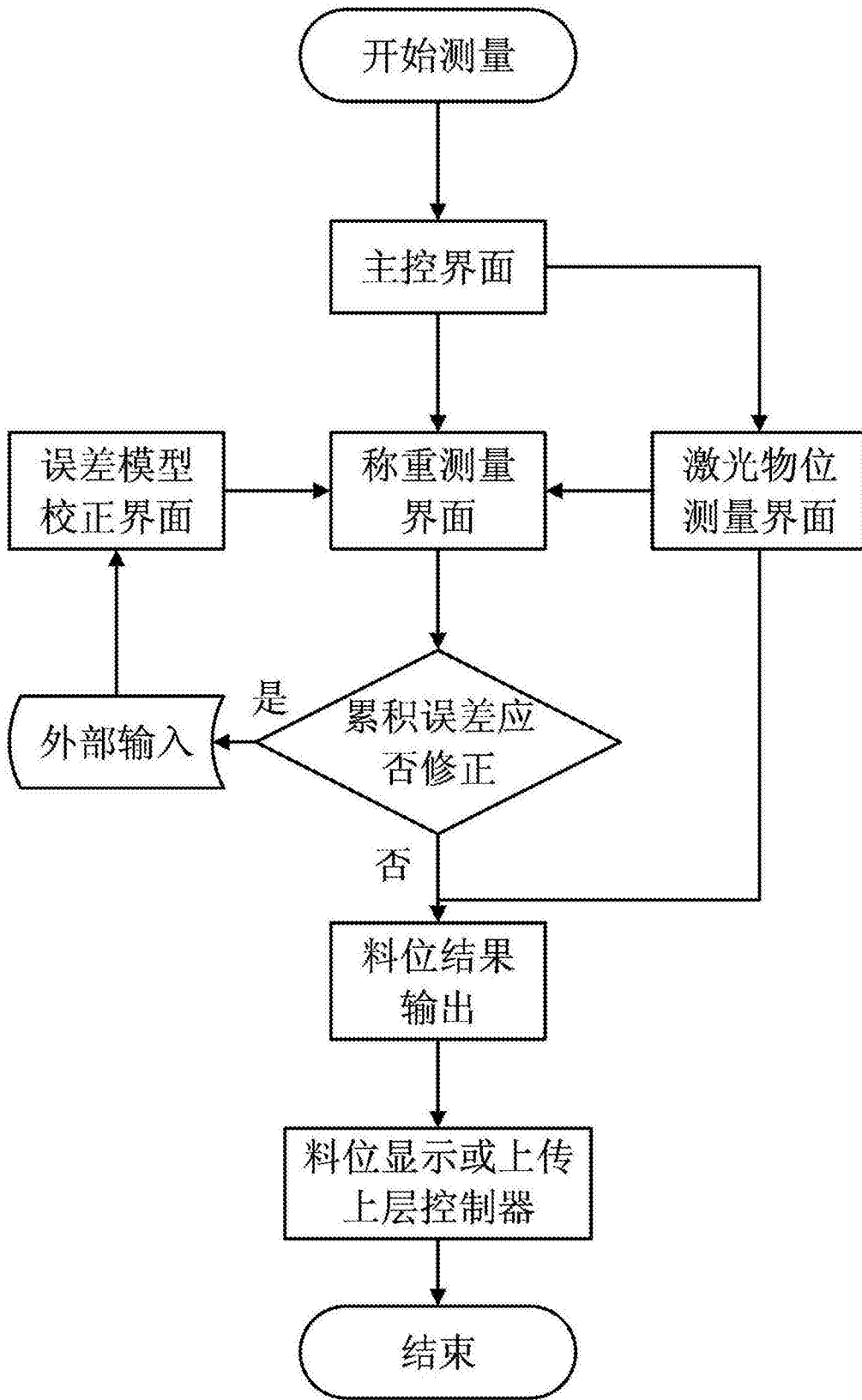


图5