



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113776617 A

(43) 申请公布日 2021.12.10

(21) 申请号 202111075549.3

(22) 申请日 2021.09.14

(71) 申请人 重庆三峰卡万塔环境产业有限公司
地址 400080 重庆市大渡口区建桥工业园
建桥大道5号

(72) 发明人 彭泽均 龚成 张鹏超 李春元
徐晓漫 徐祖舰

(74) 专利代理机构 北京同恒源知识产权代理有
限公司 11275
代理人 赵荣之

(51) Int. Cl.
G01F 22/00 (2006.01)
G01S 17/89 (2020.01)

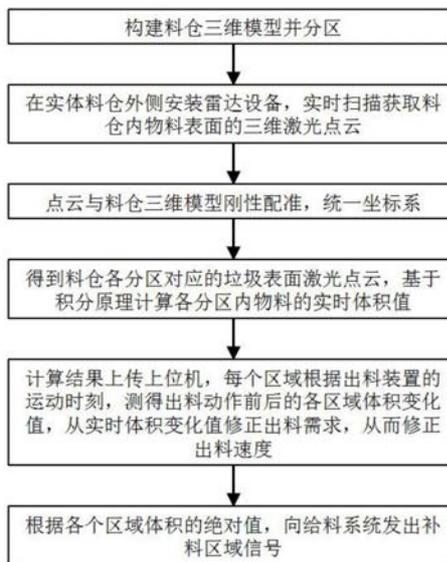
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种料仓内物料体积实时测量方法

(57) 摘要

本发明涉及一种料仓内物料体积实时测量方法,属于物料储存领域。该方法为:在目标料仓外侧或上方安装激光雷达设备,实时扫描获取目标料仓内物料表面的三维激光点云,与料仓三维模型进行自动刚体变换配准,实现点云和料仓的坐标系统一。对料仓进行任意分区,基于点云和模型计算各分区内物料体积,之和即为料仓内物料当前体积,连续测量获得按时间序列的实时各分区体积和对应的总体积。统计一个时间段实时数据,计算物料的密度。计算结果通过通讯上传上位机,每个分区根据出料装置的运动时刻,测得出料动作前后的各分区体积变化值,从实时体积变化值修正出料需求,从而修正出料速度。



1. 一种料仓内物料体积实时测量方法,其特征在于:该方法包括以下步骤:

S1:基于目标料仓设计图纸尺寸构建目标料仓内表面三维模型,对模型进行任意分区;

S2:在目标料仓外侧和上方安装激光雷达设备,实时扫描获取目标料仓内物料表面的三维激光点云;

S3:获取的三维激光点云与目标料仓三维模型进行自动刚体变换配准,将三维激光点云坐标转换成目标料仓三维模型坐标,实现坐标系统一;

S4:根据目标料仓三维模型空间范围自动去除目标料仓外激光点云,得到目标料仓各分区对应的物料表面激光点云,基于积分原理计算各分区内物料的体积,之和为整个目标料仓内物料的当前体积,连续测量获得按时间序列的实时各分区体积和对应的总体积;

S5:统计一个时间段实时数据,计算物料的密度;

S6:计算结果通过通讯上传上位机,每个分区根据出料装置的运动时刻,测得出料动作前后的各分区体积变化值,从实时体积变化值修正出料需求,从而修正出料速度;

S7:根据各个区域体积的绝对值,向给料系统发出补料区域信号。

2. 根据权利要求1所述的一种料仓内物料体积实时测量方法,其特征在于:所述目标料仓三维模型的朝向与目标料仓的实际安装朝向一致,即目标料仓上沿口水平朝上摆放,上面给料,下面出料。

3. 根据权利要求2所述的一种料仓内物料体积实时测量方法,其特征在于:所述S1中,激光雷达的扫描范围覆盖整个目标料仓上沿口。

4. 根据权利要求3所述的一种料仓内物料体积实时测量方法,其特征在于:所述S2中,激光点云与目标料仓三维模型配准后,激光雷达将实时扫描和展示料仓内物料表面的轮廓,形成激光点云。

5. 根据权利要求4所述的一种料仓内物料体积实时测量方法,其特征在于:所述S3中,激光点云与目标料仓模型的刚性变换配准,计算过程如下:

激光点云通过旋转和平移的刚性变换与目标料仓模型自动匹配,激光雷达坐标系 ω 到目标料仓模型坐标系 c 的转换,朝向由旋转矩阵 R 表示,位置则由平移矩阵 T 表示,即: $P_c =$

$$R \cdot P_w + T, \text{ 其中, 旋转矩阵 } R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix}, \text{ 平移矩阵 } T = \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \end{bmatrix};$$

若知 R 和 T ,则将激光雷达坐标系内的三维空间激光点 P_w ,与目标料仓模型坐标系内的空间点 P_c ,建立起一一对应的关系: $\begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \end{bmatrix} = [R \quad T] \begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{bmatrix}$ 。

6. 根据权利要求5所述的一种料仓内物料体积实时测量方法,其特征在于:所述S4具体包括以下步骤:

S41:根据目标料仓三维模型坐标范围,空间计算自动去除坐标在三维模型空间范围外的激光点云,得到目标料仓空间范围内物料表面激光点云;

S42:以目标料仓上沿最大范围,垂直目标料仓底部横向和纵向均匀排列将目标料仓分割成众多的指定尺寸的立方柱,柱底面为立方柱与目标料仓模型壳体的相交面,柱顶表面为当前立方柱内激光点的高度,其中如果有多个激光点则取最大、最小或平均值;上下表面

空间高度差即为柱的高度,从而得到物料表面激光点向下延伸到目标料仓模型壳体形成的立方柱的体积;将所有立方柱的体积累加,得出物料垂直向下延伸形成的立方柱的总体积

$$V_{\text{all}} = \sum_{i=1}^n h_i \times a_i \times a_i;$$

各分区物料体积之和即为整个目标料仓内物料的当前体积,连续测量即获得按时间序列的实时各分区体积和对应的总体积。

7. 根据权利要求6所述的一种料仓内物料体积实时测量方法,其特征在于:所述实时测量方法还包括以下步骤:

S8: 对设定时间间隔内,目标料仓内物料体积变化情况进行记录,并将前后时刻的体积值做差值运算,获得出料速度;

S9: 出料速度通过给料系统的重称数据、目标料仓体积实时测量数据和出料系统出料的需求量来计算;

$v_s = Q_{Ri} / A\rho$ 其中 v_s 为出料速度, m/h, Q_{Ri} 为当前物料出料需求量, kg/h, ρ 为物料密度 kg/m³, A 为出料装置的名义出料通道断面面积, 单位 m², 由出料系统设计确定。

8. 根据权利要求7所述的一种料仓内物料体积实时测量方法,其特征在于:所述S5具体为:

$$\rho = \sum W / \sum \Delta V, \text{ 其中 } \Delta V \text{ 为目标料仓内体积变化量, 单位为 m}^3, W \text{ 为给料系统的称重}$$

数据, 单位为 kg, m 为从当前时刻到之前某一个时间的分钟数, 即通过给料系统称重重量与目标料仓内体积变化量的统计数据得出物料的密度。

9. 根据权利要求8所述的一种料仓内物料体积实时测量方法,其特征在于:所述S6具体为:

当出料系统在计算得到的 v_s 速度下工作时, 会得到当前目标料仓内体积变化量 ΔV , 通过计算 $Q_{Ra} = \rho \times \Delta V$ 得出实际出料量, 与当前物料出料需求量 Q_{Ri} 比较后, 修正下一个出料量需求值 $Q_{Ri+1} = Q_{Ri+1} + Q_{Ri} - Q_{Ra}$, 使出料量的控制更稳定。

一种料仓内物料体积实时测量方法

技术领域

[0001] 本发明属于物料储存领域,涉及一种料仓内物料体积实时测量方法。

背景技术

[0002] 目前,由于垃圾性质复杂的本质原因,垃圾焚烧系统的出料系统不能给垃圾焚烧系统均匀送料,造成了后续工艺不稳定,例如焚烧系统的燃烧不稳定、燃烧效率低、锅炉负荷不稳定及污染物排放增加、人工干预程度高、难以实现自动化操作的问题,因此,需要垃圾出料系统能够均匀出料,并且实时精准计量出料量,以解决上述问题,实现垃圾焚烧的自动、清洁焚烧、高效的能源转化和利用。

[0003] 但是,由于垃圾是极其混杂的混合物料,堆积形状复杂,目前尚无能够直接获取高精度的垃圾表面形状,进而保证准确测算目标料仓内垃圾体积量的方法,且垃圾坑内是有腐蚀性和可燃性气体、含灰尘量大、人员不轻易进入的空间,目前尚无保证设备在恶劣环境下能长期安全稳定运行的保护装置。

发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明的目的在于提供一种料仓内物料体积实时测量方法。

[0005] 为达到上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0006] 一种料仓内物料体积实时测量方法,该方法包括以下步骤:

[0007] S1:基于目标料仓设计图纸尺寸构建目标料仓内表面三维模型,对模型进行任意分区;

[0008] S2:在目标料仓外侧和上方安装激光雷达设备,实时扫描获取目标料仓内物料表面的三维激光点云;

[0009] S3:获取的三维激光点云与目标料仓三维模型进行自动刚体变换配准,将三维激光点云坐标转换成目标料仓三维模型坐标,实现坐标系统一;

[0010] S4:根据目标料仓三维模型空间范围自动去除目标料仓外激光点云,得到目标料仓各分区对应的物料表面激光点云,基于积分原理计算各分区内物料的体积,之和为整个目标料仓内物料的当前体积,连续测量获得按时间序列的实时各分区体积和对应的总体积;

[0011] S5:统计一个时间段实时数据,计算物料的密度;

[0012] S6:计算结果通过通讯上传上位机,每个分区根据出料装置的运动时刻,测得出料动作前后的各分区体积变化值,从实时体积变化值修正出料需求,从而修正出料速度;

[0013] S7:根据各个区域体积的绝对值,向给料系统发出补料区域信号。

[0014] 可选的,所述目标料仓三维模型的朝向与目标料仓的实际安装朝向一致,即目标料仓上沿口水平朝上摆放,上面给料,下面出料。

[0015] 可选的,所述S1中,激光雷达的扫描范围覆盖整个目标料仓上沿口。

[0016] 可选的,所述S2中,激光点云与目标料仓三维模型配准后,激光雷达将实时扫描和

展示料仓内物料表面的轮廓,形成激光点云。

[0017] 可选的,所述S3中,激光点云与目标料仓模型的刚性变换配准,计算过程如下:

[0018] 激光点云通过旋转和平移的刚性变换与目标料仓模型自动匹配,激光雷达坐标系 ω 到目标料仓模型坐标系 c 的转换,朝向由旋转矩阵 R 表示,位置则由平移矩阵 T 表示,即: P_c

$$=R \cdot P_w + T, \text{ 其中, 旋转矩阵 } R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix}, \text{ 平移矩阵 } T = \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \end{bmatrix};$$

[0019] 若知 R 和 T ,则将激光雷达坐标系内的三维空间激光点 P_w ,与目标料仓模型坐标系

内的空间点 P_c ,建立起一一对应的关系:
$$\begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \end{bmatrix} = [R \quad T] \begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{bmatrix}。$$

[0020] 可选的,所述S4具体包括以下步骤:

[0021] S41:根据目标料仓三维模型坐标范围,空间计算自动去除坐标在三维模型空间范围外的激光点云,得到目标料仓空间范围内物料表面激光点云;

[0022] S42:以目标料仓上沿最大范围,垂直目标料仓底部横向和纵向均匀排列将目标料仓分割成众多的指定尺寸的立方柱,柱底面为立方柱与目标料仓模型壳体的相交面,柱顶表面为当前立方柱内激光点的高度,其中如果有多个激光点则取最大、最小或平均值;上下表面空间高度差即为柱的高度,从而得到物料表面激光点向下延伸到目标料仓模型壳体形成的立方柱的体积;将所有立方柱的体积累加,得出物料垂直向下延伸形成的立方柱的总体积 $V_{all} = \sum_{i=1}^n h_i \times a_i \times a_i;$

[0023] 各分区物料体积之和即为整个目标料仓内物料的当前体积,连续测量即获得按时间序列的实时各分区体积和对应的总体积。

[0024] 可选的,所述实时测量方法还包括以下步骤:

[0025] S8:对设定时间间隔内,目标料仓内物料体积变化情况进行记录,并将前后时刻的体积值做差值运算,获得出料速度;

[0026] S9:出料速度通过出料系统的重称数据、目标料仓体积实时测量数据和出料系统出料的需求量来计算;

[0027] $v_s = Q_{Ri} / A\rho$ 其中 v_s 为出料速度,m/h, Q_{Ri} 为当前物料出料需求量,kg/h, ρ 为物料密度kg/m³, A 为出料装置的名义出料通道断面面积,单位m²,由出料系统设计确定。

[0028] 可选的,所述S5具体为:

[0029] $\rho = \sum^m W / \sum^m \Delta V$,其中 ΔV 为目标料仓内体积变化量,单位为m³, W 为给料系统的

称重数据,单位为kg, m 为从当前时刻到之前某一个时间的分钟数,即通过给料系统称重重量与目标料仓内体积变化量的统计数据得出物料的密度。

[0030] 可选的,所述S6具体为:

[0031] 当出料系统在计算得到的 v_s 速度下工作时,会得到当前目标料仓内体积变化量 ΔV ,通过计算 $Q_{Ra} = \rho \times \Delta V$ 得出实际出料量,与当前物料出料需求量 Q_{Ri} 比较后,修正下一个出料量需求值 $Q_{Ri+1} = Q_{Ri+1} + Q_{Ri} - Q_{Ra}$,使出料量的控制更稳定。

[0032] 本发明的有益效果在于:

[0033] (1) 采用激光雷达扫描,能以毫秒级速度获取高精度物料表面激光点云,再现复杂不规则物料表面形状。

[0034] (2) 采用自动刚体变换配准数学模型,实现点云与目标料仓模型的自动配准。

[0035] (3) 通过积分原理计算体积,简单、精确。

[0036] (4) 通过准确的测量料仓内物料体积变化,来准确的控制出料系统的出料量。

[0037] (5) 提供防爆、自动除尘装置,确保设备在恶劣环境下长期安全稳定运行。

[0038] 本发明的其他优点、目标和特征在某种程度上将在随后的说明书中进行阐述,并且在某种程度上,基于对下文的考察研究对本领域技术人员而言将是显而易见的,或者可以从本发明的实践中得到教导。本发明的目标和其他优点可以通过下面的说明书来实现和获得。

附图说明

[0039] 为了使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明作优选的详细描述,其中:

[0040] 图1为实时测量料仓内体积和体积变化量的流程示意图;

[0041] 图2为本发明中各计算模块流程示意图;

[0042] 图3为本发明的装置部分结构示意图。

具体实施方式

[0043] 以下通过特定的具体实例说明本发明的实施方式,本领域技术人员可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本发明的其他优点与功效。本发明还可以通过另外不同的具体实施方式加以实施或应用,本说明书中的各项细节也可以基于不同观点与应用,在没有背离本发明的精神下进行各种修饰或改变。需要说明的是,以下实施例中所提供的图示仅以示意方式说明本发明的基本构想,在不冲突的情况下,以下实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0044] 其中,附图仅用于示例性说明,表示的仅是示意图,而非实物图,不能理解为对本发明的限制;为了更好地说明本发明的实施例,附图某些部件会有省略、放大或缩小,并不代表实际产品的尺寸;对本领域技术人员来说,附图中某些公知结构及其说明可能省略是可以理解的。

[0045] 本发明实施例的附图中相同或相似的标号对应相同或相似的部件;在本发明的描述中,需要理解的是,若有术语“上”、“下”、“左”、“右”、“前”、“后”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此附图中描述位置关系的用语仅用于示例性说明,不能理解为对本发明的限制,对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语的具体含义。

[0046] 请参阅图1~图3,本发明实施例提供一种料仓内垃圾体积实时测算方法,修正和控制出料的速度,提高焚烧系统燃烧自动控制的精确度,包括以下步骤:

[0047] S1:基于目标料仓设计图纸尺寸构建目标料仓内表面三维模型,按对应的炉排列数对模型进行分区。

[0048] S2:在目标料仓外侧四周或料仓上方安装激光雷达设备,实时扫描获取目标料仓内垃圾表面的三维激光点云。

[0049] S3:获取的三维激光点云与目标料仓三维模型进行自动刚体变换配准,将三维激光点云坐标转换成目标料仓三维模型坐标,实现坐标系统一。

[0050] S4:根据目标料仓三维模型空间范围自动去除目标料仓外激光点云,得到目标料仓各分区对应的垃圾表面激光点云,基于积分原理计算各分区内垃圾的体积,各分区垃圾体积之和即为整个目标料仓内垃圾的当前体积,连续测量即可获得按时间序列的实时各分区体积和对应的总体积。

[0051] S5:统计一个时间段实时数据,计算垃圾的密度。

[0052] S6:计算结果通过通讯上传上位机,每个分区根据出料装置的运动时刻,测得出料装置出料动作前后的各分区体积变化值,根据实时体积变化值修正出料需求,从而修正出料速度。

[0053] S7:根据各个分区体积的绝对值,向给料系统发出补料区域信号。

[0054] 本发明实施例中,步骤S1目标料仓三维模型空间朝向与实际安装一致,即目标料仓上沿口水平朝上摆放,模型均匀分区的数量与炉排数量一致。目标料仓上下均开口,呈上大下小漏斗状,物料从料仓上部由给料系统(例如垃圾起重机、皮带输送机、链板输送机等)将垃圾投入料仓,通过重力经过溜槽或溜管下落到出料装置上。根据焚烧系统的炉排列数,将料仓分为相应的几个区,本实施例将料仓分为与炉排数量和宽度对应的4个区。

[0055] 本发明实施例中,步骤S2激光雷达的安装位置以能完整覆盖整个目标料仓范围为准,采用激光雷达,最小点云间距为1厘米,距离20米远目标测量误差小于3厘米,再现复杂不规则物料(例如垃圾)表面形状。

[0056] 本发明实施例中,步骤S3中激光点云与目标料仓模型的刚性变换配准,计算过程如下:

[0057] 激光点云通过旋转和平移的刚性变换与目标料仓模型自动匹配,激光雷达坐标系(ω)到目标料仓模型坐标系(c)的转换,朝向由旋转矩阵R表示,位置则由平移矩阵T表示,

$$\text{即: } P_c = R \cdot P_w + T, \text{ 其中, 旋转矩阵 } R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix}, \text{ 平移矩阵 } T = \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \end{bmatrix}.$$

[0058] 若已知R和T,则可将激光雷达坐标系内的三维空间激光点 P_w ,与目标料仓模型坐

$$\text{标系内的空间点 } P_c, \text{ 建立起一一对应的关系: } \begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \end{bmatrix} = [R \quad T] \begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{bmatrix}.$$

[0059] 本发明实施例中,步骤S4中实现过程如下:

[0060] S41:根据目标料仓三维模型范围坐标点,自动计算有效空间,去除坐标在三维模型空间范围外的激光点云,得到目标料仓空间范围内垃圾表面激光点云。

[0061] S42:以目标料仓水平投影的最大范围为水平计算范围,以目标料仓的模型表面为底部计算范围,在垂直于x-y坐标平面上,将目标料仓在横向和纵向分割成众多的指定尺寸的立方柱,边长为 a_i ,柱底面为立方柱与目标料仓模型表面的相交面,柱顶表面为当前立方柱内激光点的高度(如果有多个激光点则取最大、最小或平均值),上下表面空间高度差即

为柱的高度,从而得到垃圾表面垂直向下延伸到目标料仓模型表面形成的立方柱的体积;将所有立方柱的体积累加,得出垃圾表面高度方向向下延伸形成的立方柱的总体积 $V_{\text{all}} = \sum_{i=1}^n h_i \times a_i \times a_i$ 。

[0062] 各分区垃圾体积之和即为整个目标料仓内垃圾的当前体积,连续测量即可获得按时间序列的实时各分区体积和对应的总体积。

[0063] 本发明实施例进一步提供了前述垃圾目标料仓内垃圾体积实时测算方法在准确控制焚烧系统进料量中的应用,通过计算垃圾密度和料仓内实时体积变化值,修正出料系统的出料速度,以保证焚烧系统得到的垃圾量准确,使后续的燃烧更稳定,有利于焚烧系统的燃烧控制系统稳定运行。

[0064] 本发明实施例中,步骤S5中实现过程如下:

[0065] 得到垃圾密度, $\rho = \sum W / \sum \Delta V$, 其中 ρ 为垃圾密度 kg/m^3 , 单位为 m^3 , W 为给料系

统的称重数据, ΔV 为目标料仓内体积变化量, 单位为 kg , m 为从当前时刻到之前某一个时间的分钟数, 即通过给料系统的称重重量与目标料仓内体积变化量的统计数据得出垃圾的密度。

[0066] 本发明实施例中,步骤S6中实现过程如下:

[0067] 得到出料装置的出料速度, $v_s = Q_{Ri} / A\rho$, 其中 v_s 为出料速度, m/h , Q_{Ri} 为当前垃圾出料需求量, kg/h , ρ 为垃圾密度 kg/m^3 , A 为出料装置的名义出料通道断面面积, 单位 m^2 , 由出料系统设计确定。

[0068] 在出料装置以速度 v_s 工作时, 会得到当前目标料仓内实时体积变化量 ΔV , 通过计算 $Q_{Ra} = \rho \times \Delta V$ 得出出料装置实际出料量, kg/h , 与当前垃圾出料需求量 Q_{Ri} 比较后, 修正下一个出料量需求值 $Q_{Ri+1} = Q_{Ri+1} + Q_{Ri} - Q_{Ra}$, 然后得到下一次出料装置出料的速度, 如此不断反馈和修正出料装置的出料量, 使焚烧系统的燃烧控制更稳定。

[0069] 本发明实施例中,步骤S7中实现过程如下:

[0070] 当料仓内实时体积数据按表1的方式呈现时。

[0071] 表1料仓内实时体积数据

[0072]

实时时间	分区1	分区2	分区3	分区4
1	21.38	18.78	19.59	21.21
2	21.13	18.78	19.67	21.94
3	21.16	18.75	19.63	21.89
4	21.04	18.69	19.62	21.90
5	20.93	19.42	19.68	21.87
6	20.87	19.41	19.66	21.94
7	20.90	19.38	19.68	21.95
8	21.03	19.38	19.64	21.89
9	20.97	19.29	19.70	21.97

[0073] 从表1中得知,分区2和分区3内的体积值较小,此时将向给料系统发出信号,告知分区2和分区3应优先给料。

[0074] 激光雷达测量模块连接激光雷达运算模块,模型和点云自动校准模型模块、物料体积计算模块、物料体积变化值计算模块将数据传送给激光雷达运算模块;激光雷达运算模块再将数据传送给焚烧系统的燃烧控制模块,最后,燃烧控制模块将数据传送给垃圾密度计算模块、出料装置出料速度修正模块和给料系统操作指令模块。

[0075] 本发明的方法还可以应用在处理工业垃圾、生活垃圾、污泥的流化床和炉排炉的工艺系统。

[0076] 最后说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,尽管参照较佳实施例对本发明进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,可以对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,而不脱离本技术方案的宗旨和范围,其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

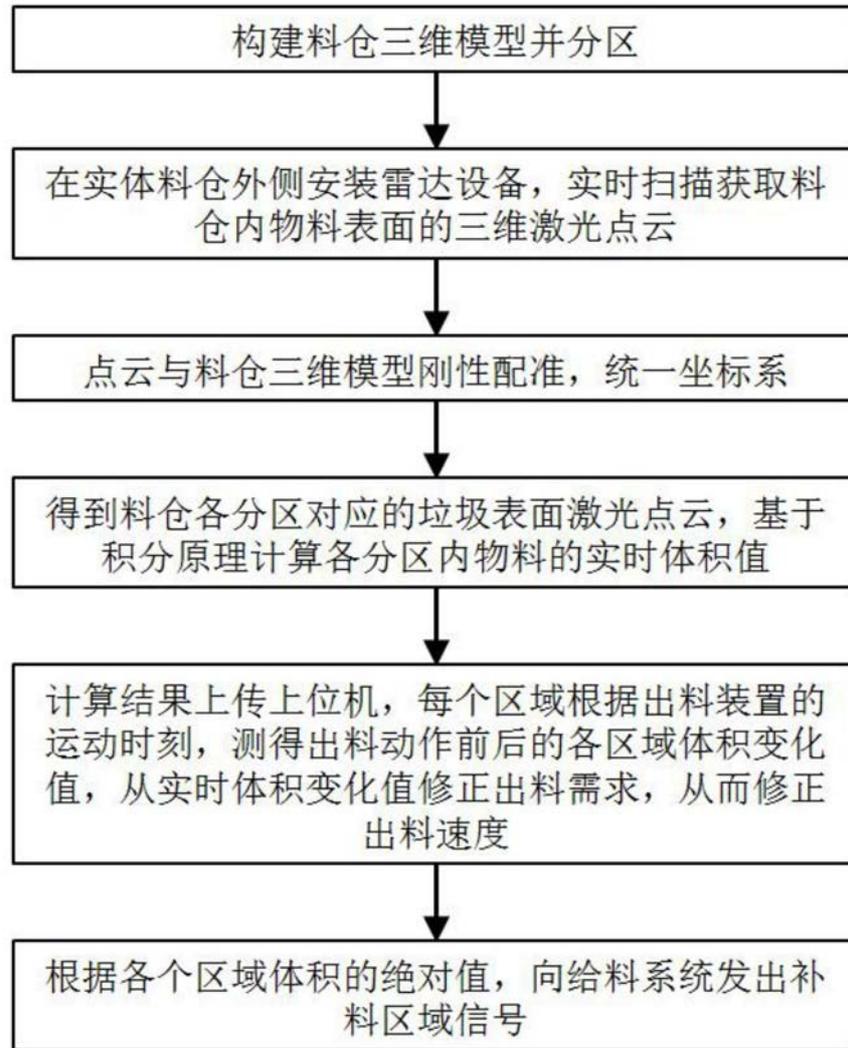


图1

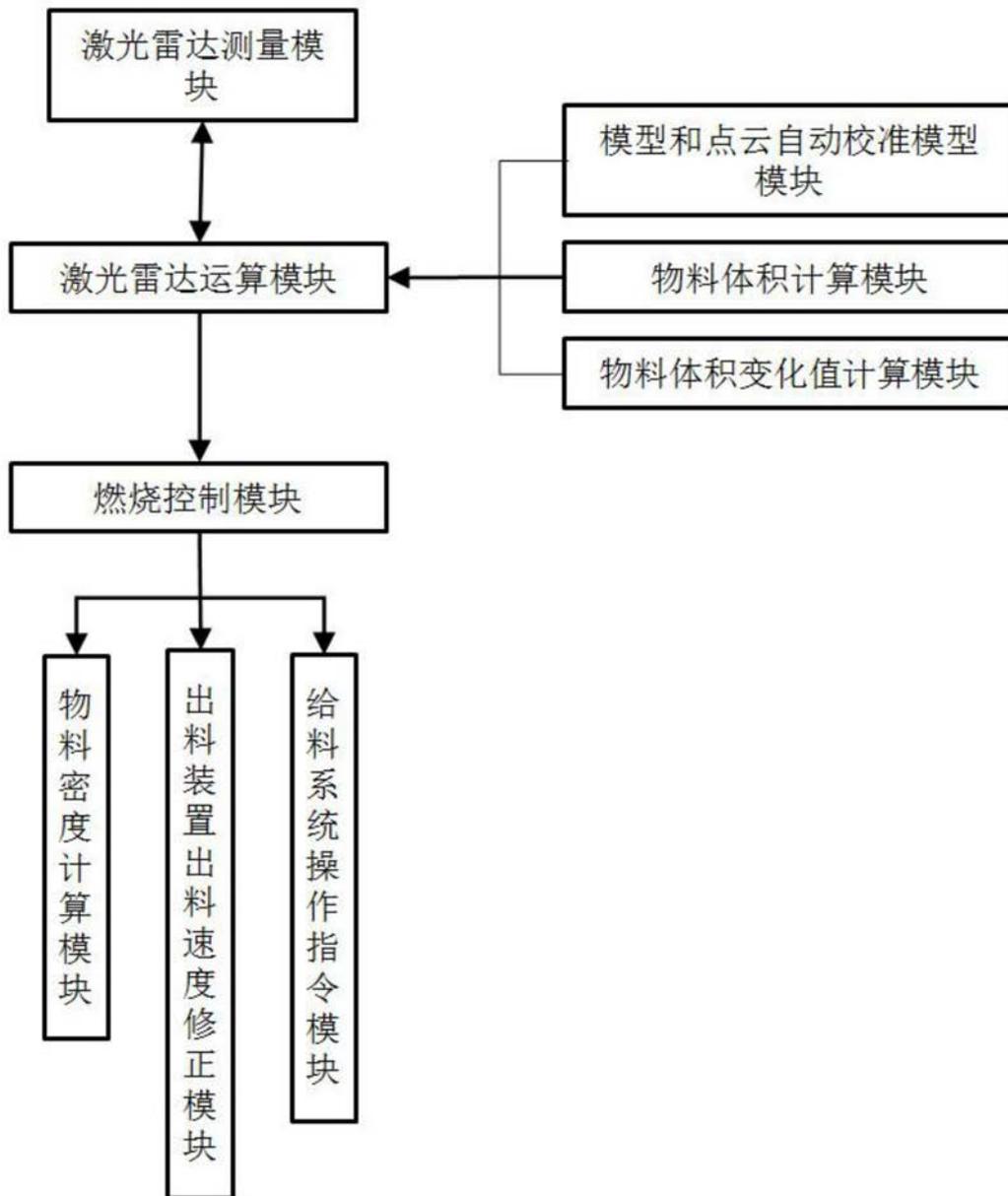


图2

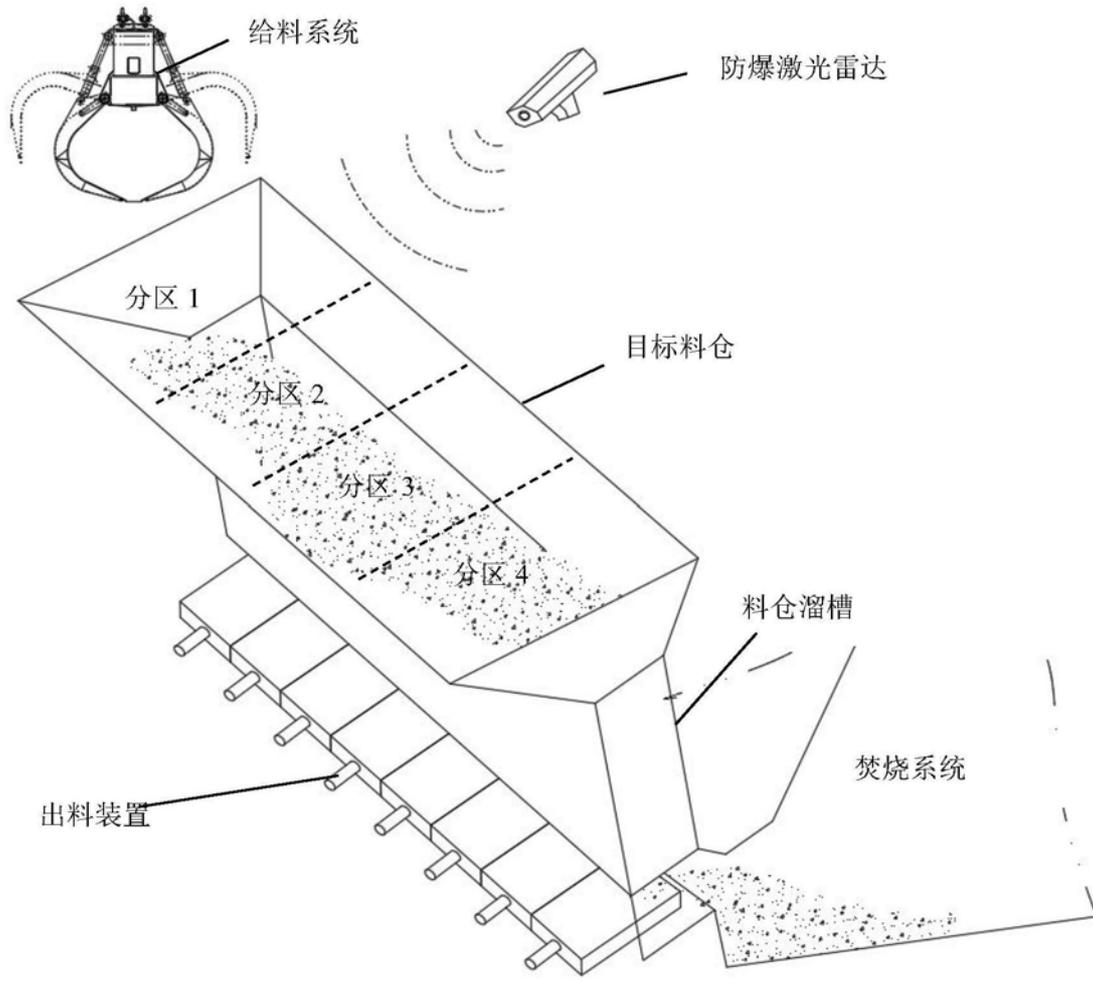


图3