



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110666150 A

(43)申请公布日 2020.01.10

(21)申请号 201910954526.6

(22)申请日 2019.10.09

(71)申请人 长沙有色冶金设计研究院有限公司

地址 410019 湖南省长沙市雨花区木莲东路299号

(72)发明人 杨公波 黄文虎 高岚 尹泽辉

施耘

(74)专利代理机构 长沙永星专利商标事务所

(普通合伙) 43001

代理人 邓淑红

(51)Int.Cl.

B22D 43/00(2006.01)

G01B 11/06(2006.01)

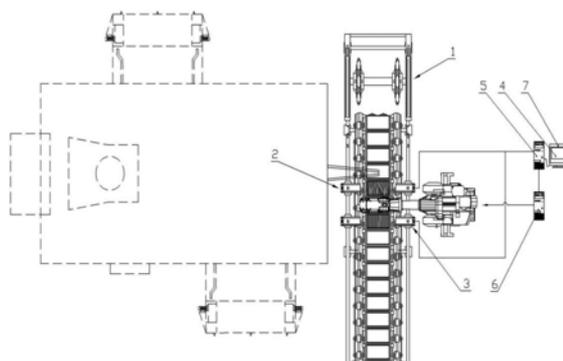
权利要求书2页 说明书8页 附图7页

## (54)发明名称

金属铸锭扒渣系统及方法

## (57)摘要

本发明公开了一种金属铸锭扒渣系统及方法,系统包括输送机组、结构光发生器、图像采集装置、图像处理模块、上位机模块、下位机控制模块、显示器和扒渣装置;结构光发生器布置于输送机组的一侧;图像采集装置与结构光发生器成对布置、位于输送机组的另一侧,用于采集对应的发射光并将图像传输至图像处理模块;图像处理模块进行图像及数据处理,计算扒渣前铸锭上渣层厚度;图像处理模块反馈渣层厚度数据给上位机模块,上位机模块对比预置渣层厚度,判别,给下位机控制模块发送指令;下位机控制模块根据接收的指令控制扒渣装置进行初扒、补扒或放行。可实时快速检测铸锭浇铸过程中所产生的渣层厚度,从而动态控制扒渣装置上扒刀运动参数。



1. 一种金属铸锭扒渣系统,其特征在于:它包括输送机组、结构光发生器、图像采集装置、图像处理模块、上位机模块、下位机控制模块、显示器和扒渣装置;

结构光发生器布置于输送机组的一侧,用于向输送机组上的铸锭发射结构光;

图像采集装置与结构光发生器成对布置、位于输送机组的另一侧,用于采集对应的发射光并将采集的图像传输至图像处理模块;

图像处理模块进行图像及数据处理,计算扒渣前铸锭上渣层厚度;

图像处理模块反馈渣层厚度数据给上位机模块,上位机模块对比预置渣层厚度,判别数据,给下位机控制模块发送指令;

下位机控制模块根据接收的指令控制扒渣装置中扒刀的运动学参数或控制扒渣装置放行。

2. 如权利要求1所述的金属铸锭扒渣系统,其特征在于:所述结构光发生器和图像采集装置有两套,分设于扒渣装置前后;前套用于检测扒渣前铸锭上渣层厚度,以控制扒渣装置中扒刀的运动学参数;后套用于检测扒渣后铸锭上剩余渣层厚度,判断补扒或放行。

3. 如权利要求1所述的金属铸锭扒渣系统,其特征在于:所述结构光发生器可采用激光扫描器或投影仪,结构光发生器可发出多线结构光或点阵结构光或网格结构光或面结构光。

4. 如权利要求1所述的金属铸锭扒渣系统,其特征在于:所述图像处理模块对采集到的图像进行预处理、二值化、条纹细化及提取,并在显示器上显示;图像处理模块利用提取出的条纹,经过坐标数据转换,计算得到渣层的厚度数据,并反馈至上位机模块;所述运动学参数包括扒刀的浸入深度、倾斜角度和移动速度。

5. 如权利要求1所述的金属铸锭扒渣系统,其特征在于:所述扒渣装置包括机器人、直线驱动模块、动铲模块、工字法兰和定铲模块;

直线驱动模块通过工字法兰安装于机器人的自由端下,动铲模块和定铲模块均连接于直线驱动模块下,动铲模块能够相对定铲模块滑动。

6. 如权利要求5所述的金属铸锭扒渣系统,其特征在于:所述直线驱动模块为无杆气缸,包括缸体、滑台、限位块、行程调节杆和侧座;限位块固接于缸体的一端,缸体的侧座外设有连板,行程调节杆穿过限位块能够相对限位块运动以调节滑台的行程,滑台连接于缸体上能够沿缸体滑动,侧座固接于缸体的一侧;动铲模块连接于滑台下,定铲模块连接于连板下;直线驱动模块以其缸体与工字法兰相连。

7. 如权利要求5所述的金属铸锭扒渣系统,其特征在于:所述动铲模块包括固定架、固定座、轴承座、转轴、对辊和扒刀;

固定架包括顶板和立板,立板的底端设有铰接耳,

固定座包括底板和耳板,底板为矩型板,其一侧设有豁口,固定座通过穿过耳板和铰接耳的转轴与立板铰接,

一对轴承座分设于豁口两侧,

对辊设置于豁口内、两端分别安装于轴承座内,

扒刀倾斜设置于底板下,顶端紧固于豁口的对侧、底端向豁口倾斜;

所述固定座的底板上位于立板的两侧均设有限位组件,以限定扒刀转动角度;底板上还设有防护罩。

8. 如权利要求7所述的金属铸锭扒渣系统,其特征在于:所述限位组件包括基板,基板为折弯板,其一端设有连接孔,另一端设有限位螺栓;立板外侧的限位组件通过穿过连接孔的紧固件紧固于扒刀外,立板内侧的限位组件通过穿过连接孔的紧固件紧固于底板上;所述定铲模块与动铲模块的结构相同,定铲模块和动铲模块相向布置,定铲模块中扒刀的长度大于动铲模块中扒刀的长度。

9. 一种金属铸锭扒渣方法,其特征在于,该方法利用权利要求1所述的系统为工具,包括以下步骤:

步骤一、对图像采集装置的内、外部参数和结构光发生器发出的结构光平面参数进行标定;

步骤二、控制扒渣装置前的结构光发生器和图像采集装置工作,发射结构光至整个金属铸锭表面,其对应图像采集装置采集其发射光并将采集的图像传输至上位机内的图像处理模块进行图像及数据处理,计算得到扒渣前渣层厚度;

步骤三、图像处理模块返回渣层厚度数据给上位机,上位机对比预置渣层厚度判别数据,给下位机控制模块下达相应控制指令;

步骤四、下位机控制模块根据接收的指令控制扒渣装置中扒刀的运动学参数;

步骤五、控制扒渣装置后的结构光发生器和图像采集装置工作,发射结构光至整个金属铸锭表面,其对应图像采集装置采集其发射光并将采集的图像传输至上位机内的图像处理模块进行图像及数据处理,计算得到扒渣后渣层厚度;

步骤六、图像处理模块返回渣层厚度数据给上位机,上位机对比预置渣层厚度判别数据,给下位机控制模块下达相应控制指令,控制扒渣装置补扒或放行该金属铸锭。

10. 如权利要求9所述的金属铸锭扒渣方法,其特征在于:

所述标定包括基于2D平面靶标的标定方法和/或基于3D立体靶标的标定方法,用以标定结构光发生器与图像采集装置之间的相对位置关系和其所发射的结构光平面相对于水平面的夹角;

所述渣层厚度包括渣层的最大厚度、最小厚度、算术平均厚度、中位数厚度、众数厚度、厚度方差和厚度标准差;

所述图像处理模块进行图像及数据处理包括图像预处理、图像二值化、条纹细化及提取和坐标数据转换。

## 金属铸锭扒渣系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于冶金行业中扒渣技术领域,特别是涉及一种金属铸锭扒渣系统及方法。

### 背景技术

[0002] 随着国民经济的不断发展,市场对冶炼行业铅、锌、铝等铸锭的表面质量要求越来越高,但在铸锭浇铸过程中,铸锭表面产生的渣皮对其品质会产生很大的负面影响。目前,国内大多数冶炼厂仍采用人工扒渣,受工人技能水平的影响,扒渣效果不一,且该工位劳动强度大,环境恶劣,特别是扒铅渣时,铅蒸汽会严重损害工人健康,未来,该工位将越发招工难、招工贵。所以,实现自动化甚至智能化扒除渣皮并保证锭面质量,是冶炼行业亟待解决的技术难点之一。

[0003] 目前,国内出现了类似机器人的自动扒渣皮装置,但扒渣路径和动作固定且单一,效果不甚理想。因为在浇铸过程中,铸模内产生的渣皮形貌特别是厚度每次都不一样,如果扒刀运动学参数始终不变会造成诸多问题,比如扒刀浸入深度过深会导致铅、锌、铝等贵金属浪费,过浅又扒不干净,影响锭面质量。因此,需要能够根据铸模内渣层的实际情况动态控制扒刀浸入深度、扒渣角度、移动速度等运动学参数。

[0004] 另外,为实时反馈扒渣效果,需对完成扒渣的锭面进行质量检测。传统的检测方法是用肉眼观察并根据经验评判,但由于作业环境恶劣、工人注意力不稳定或主观能动性不强等原因,容易导致误判、漏判甚至不判。因此,需要建立一套扒渣效果评判系统,对扒渣后效果进行检测、反馈,用于判断是否补扒或在后续环节剔除表面质量不合格的铸锭。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于针对现有技术的不足之处,提供一种可实时快速检测铸锭浇铸过程中所产生的渣层厚度,从而动态控制扒渣装置上扒刀运动参数的金属铸锭扒渣系统及方法。

[0006] 本发明提供的这种金属铸锭扒渣系统,它包括输送机组、结构光发生器、图像采集装置、图像处理模块、上位机模块、下位机控制模块、显示器和扒渣装置;结构光发生器布置于输送机组的一侧,用于向输送机组上的铸锭发射结构光;图像采集装置与结构光发生器成对布置、位于输送机组的另一侧,用于采集对应的发射光并将采集的图像传输至图像处理模块;图像处理模块进行图像及数据处理,计算扒渣前铸锭上渣层厚度;图像处理模块反馈渣层厚度数据给上位机模块,上位机模块对比预置渣层厚度,判别数据,给下位机控制模块发送指令;下位机控制模块根据接收的指令控制扒渣装置中扒刀的运动学参数或控制扒渣装置放行。

[0007] 为了提高扒渣效果,所述结构光发生器和图像采集装置有两套,分设于扒渣装置前后;前套用于检测扒渣前铸锭上渣层厚度,以控制扒渣装置中扒刀的运动学参数;后套用于检测扒渣后铸锭上剩余渣层厚度,判断补扒或放行。

[0008] 作为优选,所述结构光发生器可采用激光扫描器或投影仪,结构光发生器可发出多线结构光或点阵结构光或网格结构光或面结构光。

[0009] 在一个具体实施方式中,所述图像处理模块对采集到的图像进行预处理、二值化、条纹细化及提取,并在显示器上显示;图像处理模块利用提取出的条纹,经过坐标数据转换,计算得到渣层的厚度数据,并反馈至上位机模块;所述运动学参数包括扒刀的浸入深度、倾斜角度和移动速度。

[0010] 在一个具体实施方式中,所述扒渣装置包括机器人、直线驱动模块、动铲模块、工字法兰和定铲模块;直线驱动模块通过工字法兰安装于机器人的自由端下,动铲模块和定铲模块均连接于直线驱动模块下,动铲模块能够相对定铲模块滑动。

[0011] 作为优选,所述直线驱动模块为无杆气缸,包括缸体、滑台、限位块、行程调节杆和侧座;限位块固接于缸体的一端,缸体的侧座外设有连板,行程调节杆穿过限位块能够相对限位块运动以调节滑台的行程,滑台连接于缸体上能够沿缸体滑动,侧座固接于缸体的一侧;动铲模块连接于滑台下,定铲模块连接于连板下;直线驱动模块以其缸体与工字法兰相连。

[0012] 为了提高扒渣质量,所述动铲模块包括固定架、固定座、轴承座、转轴、对辊和扒刀;固定架包括顶板和立板,立板的底端设有铰接耳,固定座包括底板和耳板,底板为矩型板,其一侧设有豁口,固定座通过穿过耳板和铰接耳的转轴与立板铰接,一对轴承座分设于豁口两侧,对辊设置于豁口内、两端分别安装于轴承座内,扒刀倾斜设置于底板下,顶端紧固于豁口的对侧、底端向豁口倾斜;所述固定座的底板上位于立板的两侧均设有限位组件,以限定扒刀转动角度;底板上还设有防护罩。

[0013] 为了减少渣皮下漏,所述限位组件包括基板,基板为折弯板,其一端设有连接孔,另一端设有限位螺栓;立板外侧的限位组件通过穿过连接孔的紧固件紧固于扒刀外,立板内侧的限位组件通过穿过连接孔的紧固件紧固于底板上;所述定铲模块与动铲模块的结构相同,定铲模块和动铲模块相向布置,定铲模块中扒刀的长度大于动铲模块中扒刀的长度。

[0014] 本发明还提供了一种金属铸锭扒渣方法,该方法利用上述系统为工具,包括以下步骤:

[0015] 步骤一、对图像采集装置的内、外部参数和结构光发生器发出的结构光光平面参数进行标定;

[0016] 步骤二、控制扒渣装置前的结构光发生器和图像采集装置工作,发射结构光至整个金属铸锭表面,其对应图像采集装置采集其发射光并将采集的图像传输至上位机内的图像处理模块进行图像及数据处理,计算得到扒渣前渣层厚度;

[0017] 步骤三、图像处理模块返回渣层厚度数据给上位机,上位机对比预置渣层厚度判别数据,给下位机控制模块下达相应控制指令;

[0018] 步骤四、下位机控制模块根据接收的指令控制扒渣装置中扒刀的运动学参数;

[0019] 步骤五、控制扒渣装置后的结构光发生器和图像采集装置工作,发射结构光至整个金属铸锭表面,其对应图像采集装置采集其发射光并将采集的图像传输至上位机内的图像处理模块进行图像及数据处理,计算得到扒渣后渣层厚度;

[0020] 步骤六、图像处理模块返回渣层厚度数据给上位机,上位机对比预置渣层厚度判别数据,给下位机控制模块下达相应控制指令,控制扒渣装置补扒或放行该金属铸锭。

[0021] 在一个具体实施方式中,所述标定包括基于2D平面靶标的标定方法和/或基于3D立体靶标的标定方法,用以标定结构光发生器与图像采集装置之间的相对位置关系和其所发射的结构光平面相对于水平面的夹角;所述渣层厚度包括渣层的最大厚度、最小厚度、算术平均厚度、中位数厚度、众数厚度、厚度方差和厚度标准差;所述图像处理模块进行图像及数据处理包括图像预处理、图像二值化、条纹细化及提取和坐标数据转换。

[0022] 本发明在扒渣前,结构光发生器发射结构光在待扒渣铸模的锭面上,图像采集装置采集渣面反射的图像并通过数据线将图像数据传输至上位机模块中。上位机模块中的图像处理模块对采集的图像进行预处理、二值化、条纹细化及提取并在显示器上显示。利用提取出的条纹,经过坐标数据转换,计算得到锭面渣层的厚度数据。图像处理模块返回渣层厚度数据给上位机,上位机对比预置渣层厚度判别数据,给下位机控制模块下达相应控制指令。下位机控制模块根据接收的不同指令,控制扒渣装置上扒刀的运动学参数。从而实现根据监测到的渣层厚度信息对扒刀进行实时调节,提高扒渣动作适应性,提高扒渣效果。

### 附图说明

[0023] 图1为本发明一个优选实施例的原理图。

[0024] 图2为本发明一个优选实施例的主视示意图。

[0025] 图3为图1的俯视示意图。

[0026] 图4为本优选实施例中结构光透视测量数学模型示意图。

[0027] 图5为本优选实施例中扒渣装置的放大示意图。

[0028] 图6为扒渣装置中直线驱动模块的立体放大示意图。

[0029] 图7为扒渣装置中动铲模块的立体放大示意图。

[0030] 图8为扒渣装置中动铲模块的主视放大示意图。

[0031] 图9为扒渣装置中定铲模块的立体放大示意图。

[0032] 图10为本优选实施中扒渣准备时动铲模块和定铲模块的位置示意图。

[0033] 图11为本优选实施中对辊初接触时动铲模块和定铲模块的位置示意图。

[0034] 图12为本优选实施中扒刀完全合拢时动铲模块和定铲模块的位置示意图。

[0035] 图13为本优选实施中卸渣时动铲模块和定铲模块的位置示意图。

[0036] 图示序号:

[0037] 1—输送机组;

[0038] 2—结构光发生器;3—图像采集装置;

[0039] 4—图像处理模块,5—上位机模块,6—下位机控制模块,7—显示器,8—扒渣装置,

[0040] 81—机器人,

[0041] 82—直线驱动模块、821—缸体、822—滑台、823—限位块、824—行程调节杆、825—侧座、826—连板,

[0042] 83—动铲模块,831—固定架、832—固定座、833—轴承座、834—转轴、835—对辊、836—短扒刀、837—限位组件、A—基板、B—限位螺栓、C—调节螺母、838—防护罩,

[0043] 84—工字法兰,

[0044] 85—定铲模块,851—长扒刀。

## 具体实施方式

[0045] 如图1—3所示,本实施例公开的这种金属铸锭扒渣系统,它包括输送机组 1、结构光发生器2、图像采集装置3、图像处理模块4、上位机模块5、下位机控制模块6、显示器7和扒渣装置8。

[0046] 输送机组1采用链输送机组。

[0047] 结构光发生器2可采激光扫描器或投影仪,可以产生多线结构光、点阵结构光、网格结构光或面结构光等。

[0048] 图像采集装置3可采用高分辨率摄像机、CCD摄像机等。利用高分辨率摄像机采集铸模中渣层反射的结构光时,为保证获取图像精度与质量,对摄像器做恒温控制,避免现场环境温度变化给摄像头带来的不稳定性。

[0049] 上位机模块5实际是一台内置了图像处理模块的计算机,图像处理模块本质上是一个专门开发的软件,其包含图像和数据处理两个子模块。因此,上位机模块涉及的算法主要包含两部分:一是图像处理模块的算法,二是接收图像处理模块反馈的渣层厚度数据后进行判别的算法。

[0050] 上位机模块涉及的判别算法为:

[0051] 1.若图像处理模块反馈的渣层厚度 $\bar{t}$ 满足: $0 < \bar{t} \leq t_{\min}$ ,则上位机下达指令“GO”给下位机控制模块,放行该锭;

[0052] 2.若图像处理模块反馈的渣层厚度 $\bar{t}$ 满足: $t_{\min} < \bar{t} \leq t_{\text{middle}}$

[0053] a)若待扒铸模位于扒渣机器人上游,则上位机下达指令“ROMOVE  $t_{\text{middle}}$ ”给下位机控制模块,扒渣装置扒取该锭,扒刀浸入深度为 $t_{\text{middle}}$ ;

[0054] b)若待扒铸模位于扒渣机器人下游,则上位机下达指令“GO”给下位机控制模块,放行该锭。

[0055] 3.若图像处理模块反馈的渣层厚度 $\bar{t}$ 满足: $t_{\text{middle}} < \bar{t} \leq t_{\max}$

[0056] a)若待扒铸模位于扒渣机器人上游,则上位机下达指令“ROMOVE  $t_{\max}$ ”给下位机控制模块,扒渣装置扒取该锭,扒刀浸入深度为 $t_{\max}$ ;

[0057] b)若待扒铸模位于扒渣机器人下游,则上位机下达指令“ROMOVE  $t_{\text{middle}}+a$ ”给下位机控制模块,扒渣装置扒取该锭,扒刀浸入深度为  $t_{\text{middle}}+a$ 。

[0058] 若图像处理模块反馈的渣层厚度 $\bar{t}$ 满足: $\bar{t} > t_{\max}$ ,则上位机下达指令“ROMOVE  $t_{\max}+b$ ”给下位机控制模块,扒渣装置扒取该锭,扒刀浸入深度为  $t_{\max}+b$ 。

[0059]  $t_{\min}$ 、 $t_{\text{middle}}$ 、 $t_{\max}$ 为上位机内置的判别数据,该判别数据可根据实际工况设定, $a$ 、 $b$ 为上位机内置的扒刀浸入深度调整值,亦可根据实际工况设定。

[0060] 图像处理模块4包含图像处理和数据处理两个子模块,图像处理子模块功能包含:图像预处理、图像二值化、条纹细化及提取。

[0061] 数据处理子模块主要进行坐标数据转换,其过程为:基于结构光发生器和图像采集装置的标定结果,将条纹细化后提取的图像像素坐标转换为图像毫米坐标,然后将图像毫米坐标转换为图像采集装置坐标,再将图像采集装置坐标转换为世界坐标,由于世界坐标是人为设定的,由此可获取渣面任意点在世界坐标系中的坐标参数,从而可计算整个渣面的形貌特征,得到渣层厚度信息。

[0062] 该过程主要基于透视投影原理,结构光透视测量数学模型示意图如图4所示:

[0063] 其中, $0_0$ -UV为图像像素坐标系, $0_i$ -XY为图像毫米坐标系, $0_c$ - $X_cY_cZ_c$ 为摄像机坐标系, $0_w$ - $X_wY_wZ_w$ 为世界坐标系。

[0064] 根据几何关系和透视投影空间坐标变换理论,可到的像素坐标系与世界坐标系的数学关系为:

$$[0065] \quad Z_c \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_x & 0 & u_0 & 0 \\ 0 & a_y & v_0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R & T \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \\ 1 \end{bmatrix}$$

[0066] 式中:

[0067]  $(a_x, a_y, u_0, v_0)$ ——摄像机内部参数,由摄像机本身特性决定,可由标定得到;

[0068]  $(R, T)$ ——摄像机外部参数,其中R为旋转矩阵,T为平移矩阵,该参数由图像采集装置与结构光发生器的相对位置及本身结构参数决定,可在设备安装完毕后通过标定得到;

[0069]  $(u, v)$ ——以像素为单位的图像坐标系坐标;

[0070]  $Z_c$ ——空间任何一点P在摄像机坐标系Z轴方向的坐标值。

[0071] 上述三阶公式中,存在 $Z_c, X_w, Y_w, Z_w$ 四个未知数,无法得到唯一的三维物点在世界坐标系的坐标 $(X_w, Y_w, Z_w)$ ,因此还需要增加一个方程的约束,设结构光光平面在摄像机坐标系下的光平面方程为 $aX_c + bY_c + cZ_c + d = 0$ ,则联立可得三维物点在世界坐标系的唯一坐标 $(X_w, Y_w, Z_w)$ 。

$$[0072] \quad \begin{cases} Z_c \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_x & 0 & u_0 & 0 \\ 0 & a_y & v_0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R & T \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \\ 1 \end{bmatrix} \\ aX_c + bY_c + cZ_c + d = 0 \end{cases}$$

[0073] 式中, $a, b, c, d$ 由结构光发生器与图像采集装置的相对位置关系和结构光光平面的倾角决定,在两设备安装位置就位后,可通过标定唯一确定。

[0074] 由于世界坐标系是人为设定的,通过上述公式可计算得到铸模内渣面上任意点在世界坐标系的三维坐标,从而可轻松计算出渣层的各种厚度。

[0075] 下位机控制模块6是指可以直接控制设备获取设备状况的计算机,一般是 PLC/单片机之类。上位机发出的命令会给下位机,下位机根据此命令解释成相应时序信号直接控制相应设备。下位机会时不时的读取设备状态数据,然后再转换成数字信号反馈给上位机。下位机控制模块可以选用PLC或者单片机,优选PLC。

[0076] 布置时,将结构光发生器与图像采集装置成套布置,同一套设备中,结构光发生器位于输送链的一侧,图像采集装置位于输送链的对侧;沿输送链传输方向,两套该装置分别位于扒渣装置8的上游和下游。上游的该套装置用于检测扒渣前渣层厚度,以控制扒渣装置扒刀的浸入深度、扒渣角度和扒渣速度等运动学参数;下游的该套装置用于检测扒渣后剩余渣层厚度,以判断锭面质量,确定扒渣装置是否补扒或放行该金属铸锭。

[0077] 布置后,即在结构光发生器和图像采集装置安装位置确定后,需对图像采集装置的内、外部参数和结构光发生器发出的结构光光平面参数进行标定。图像采集装置的标定方法包括基于2D平面靶标的标定方法、基于3D立体靶标的标定方法等。结构光光平面参数标定,主要是确定结构光发生器与图像采集装置之间的相对位置关系和其所发射的结构光光平面相对于水平面的夹角。

[0078] 使用时,上游的结构光发生器发射结构光在待扒渣铸模的锭面上,图像采集装置采集渣面反射的图像并通过数据线将图像数据传输至上位机模块中。上位机模块中的图像处理模块4对采集的图像进行预处理、二值化、条纹细化及提取并在显示器7上显示,并利用提取出的条纹,经过坐标数据转换,计算得到锭面渣层的厚度数据。

[0079] 图像处理模块进行图像预处理时,由于实际工作现场环境较为恶劣,图像采集装置采集的灰度图像在一定程度上会受到噪声的干扰,影响测量精度,因此对图像进行滤波处理有助于大大提高系统测量精度,故选用中值滤波的方法对采集的灰度图像进行滤波处理。中值滤波是一种非线性处理的去噪方法,将原像素点邻域内的灰度值(包括原像素值)进行排序后获得一个灰度值序列,用这个序列的中值替换原像素点的灰度值。

[0080] 图像处理模块进行图像二值化时,为了实现背景与结构光的分割,去除冗余图像信息的干扰,方便后续的结构光提取及渣层厚度计算,本发明对采集的图像进行二值化处理,即像素的灰度值只有0和255。二值化的基本思想是选取合适的阈值,对图像像素点进行逐点扫描,并与阈值进行比较,超过阈值的像素点将其灰度值赋值255,低于阈值的像素点将其灰度值赋值0。

[0081] 图像处理模块进行条纹细化及提取时,采集的结构光图像经过中值滤波、二值化处理后获得的条纹仍然较粗,不便于渣层高度计算,对条纹中心线的提取是整个测量过程的关键步骤之一,本发明采用细化法对激光条纹中心线进行提取。

[0082] 图像处理模块进行坐标数据转换时,基于结构光发生器和图像采集装置的标定结果,将条纹细化后提取的图像像素坐标转换为图像毫米坐标,然后将图像毫米坐标转换为图像采集装置坐标,再将图像采集装置坐标转换为世界坐标,由于世界坐标是人为设定的,由此可获取渣面任意点在世界坐标系中的坐标参数,从而可计算整个渣面的形貌特征,得到渣层厚度信息。

[0083] 渣层厚度信息包括渣层的最大厚度、最小厚度、算术平均厚度、中位数厚度、众数厚度、厚度方差、厚度标准差等,系统可根据各个不同工况实际采用所需数据,本实施例中提取信息优选为算术平均厚度。

[0084] 图像处理模块将渣层厚度信息反馈至上位机模块5,上位机模块对比预置渣层厚度判别数据,给下位机控制模块6下达相应控制指令。控制扒渣装置8中的扒刀运动参数,该运动参数包括扒刀浸入铸模内的深度、倾斜角度和运动速度。

[0085] 经过扒渣装置作用后的金属铸模随输送链继续运动至下游的结构光发生器和图像采集装置之间,此时结构光发生器发射结构光在已扒渣铸模的锭面上,图像采集装置采集锭面反射的图像并重复上述处理计算过程,得到渣层厚度数据。上位机对比预置渣层厚度判别数据,给下位机控制模块下达相应控制指令,下位机控制模块根据接收的不同指令,控制扒渣装置对该金属铸模补扒或放行。

[0086] 如图5所示,扒渣装置8包括机器人81、直线驱动模块82、动铲模块83、工字法兰84

和定铲模块85。

[0087] 其中机器人81带有机械臂,机械臂能沿六个自由度运动,以便带动直线驱动模块82移动。

[0088] 如图6所示,直线驱动模块82包括缸体821、滑台822、限位块823、行程调节杆824、侧座825和连板826;限位块固接于缸体的一端,行程调节杆穿过限位块能够相对限位块运动以调节滑台的行程,滑台连接于缸体上能够沿缸体滑动;侧座共四块,分别固接于缸体两端的两侧,四块侧座通过紧固件连接在连板826上;动铲模块83连接于滑台822下,定铲模块85连接于连板826下;直线驱动模块82以其连板826通过工字法兰84连接于机械臂末端。

[0089] 直线驱动模块实质上是无杆气缸,相较于传统气动执行元件,其结构紧凑,动作平稳,自带防尘防水功能。在其一端,配置了限位块,可对动铲模块的运动进行精确机械限位,限位块上配置了行程调节杆,可根据实际工况对动铲的作用行程进行小范围调整,增强了设备在实际使用中容错性。通过改变气源压力,可调整滑台直线运动速度,满足更个性化的使用需求。

[0090] 如图7、图8所示,动铲模块83包括固定架831、固定座832、轴承座833、转轴834、对辊835和短扒刀836。固定架包括顶板和立板,立板的底端设有铰接耳,固定座包括底板和耳板,底板为矩型板,其一侧设有豁口,固定座通过穿过耳板和铰接耳的转轴与立板铰接。一对轴承座分设于豁口两侧,对辊设置于豁口内、两端分别安装于轴承座内,对辊为月形对辊,其重量较重,造成动铲模块产生偏载,这种偏载式的结构能够使动铲模块在与定铲模块接触前始终处于顺时针最大角度位置,利于收集渣皮,并且在卸渣时长、短扒刀各自打开的倾角大,有利于渣皮下落,卸渣后可自动复位,产生的振动有利于抖落渣皮。月形对辊配合旋转轴的设计杜绝了扒刀发生刚性碰撞,又可模拟“手捧”式扒渣动作,提高了扒渣质量。扒刀倾斜设置于底板下,顶端紧固于豁口的对侧、底端向豁口倾斜。固定座的底板上位于立板的两侧均设有限位组件837,限位组件837包括基板A,基板为折弯板,其一端设有连接孔,另一端设有限位螺栓B和调节螺母C,通过转动调节螺母调节限位螺栓伸出的长度,使动铲模块在正负 $15^{\circ}$ 内转动;立板外侧的限位组件通过穿过连接孔的紧固件紧固于扒刀外,立板内侧的限位组件通过穿过连接孔的紧固件紧固于底板上。并且在底板上还设有防护罩838以防止灰尘等异物落入影响动铲模块的性能。

[0091] 如图9所示,定铲模块结构型式、作用原理与动铲模块大致相同,不同在于其是通过固定架固定在连接板上,整个模块无法进行直线运动,只能绕其转轴顺时针或逆时针转动。并且其扒刀长度长于短扒刀为长扒刀851,以和短扒刀有效协作,在扒渣时配合定铲模块和动铲模块产生“手捧”式扒渣动作,减少渣皮下漏,提升扒渣质量。

[0092] 本实施例中扒刀的材质可采用氮化硅、碳化硅、陶瓷纤维、云母片等耐高温、耐腐蚀特别是不易粘刀的材料。相较人工扒渣时采用的石棉材质,无污染;相较于现有设备采用的不锈钢,粘性更小。

[0093] 运用上述系统进行扒渣时,按照如下顺序进行:

[0094] 对图像采集装置的内、外部参数和结构光发生器发出的结构光光平面参数进行标定;

[0095] 上游结构光发生器在扒渣前发射结构光于整个铸锭表面,其对应图像采集装置采集其发射光并将采集的图像传输至上位机内的图像处理模块进行图像及数据处理,计算得

到扒渣前渣层厚度；

[0096] 图像处理模块返回渣层厚度数据给上位机，上位机对比预置渣层厚度判别数据，给下位机控制模块下达相应控制指令；

[0097] 下位机控制模块根据接收的指令控制扒渣装置扒刀的运动学参数；

[0098] 下游结构光发生器在扒渣后发射结构光于整个铸锭表面，其对应图像采集装置采集其发射光并将采集的图像传输至上位机内的图像处理模块进行图像及数据处理，计算得到扒渣后渣层厚度；

[0099] 图像处理模块返回渣层厚度数据给上位机，上位机对比预置渣层厚度判别数据，给下位机控制模块下达相应控制指令；

[0100] 下位机控制模块根据接收的指令控制扒渣装置补扒或放行该锭。

[0101] 扒渣时，扒渣装置工作过程如图10—13所示，

[0102] 首先，机器人带动工字法兰、直线驱动模块、动铲模块和定铲模块移动到铸模9的正上方，并使动铲模块的短扒刀和定铲模块的长扒刀浸入铸模的溶液内。此时，动铲模块在直线驱动模块限位块和行程调节杆的限制下，位于直线驱动模块的左极限位，定铲模块位于连接板的右极限位；动铲模块在其偏载和顺时针限位装置的作用下，位于顺时针极限位，定铲模块在其偏载和逆时针限位装置的作用下，位于逆时针极限位。

[0103] 然后，由直线驱动模块的滑台带着动铲模块沿着直线驱动模块的缸体朝定铲模块作匀速直线运动，以聚集铸模内渣皮。移动一定距离后，动铲模块的月形对辊与定铲模块的月形对辊发生线接触。在滑台的持续驱动下，动铲模块既继续作直线运动，又绕其转轴发生逆时针旋转，直到旋转至逆时针极限位，被其逆时针限位装置机械限位；与此同时，定铲模块仅绕其转轴发生顺时针旋转，直到旋转至顺时针极限位，被其顺时针限位装置机械限位。转动过程中，动铲模块的月形对辊与定铲模块的月形对辊始终保持线接触，动铲模块与定铲模块同时到达各自极限位。这个过程中，动铲模块的短扒刀与定铲模块的长扒刀在彼此配合下会产生类似于“手捧”式的扒渣动作，将渣皮聚集。该方式不会在锭面产生明显的扒痕，亦可防止半熔融状渣皮泄露，有效提高了扒渣质量。

[0104] 最后在扒渣完成后，机器人带着处于合拢极限位的动铲模块和定铲模块上升并移动到渣桶正上方，直线驱动模块的滑台带着动铲模块反向直线运动，在各自偏载的作用下，动铲模块和定铲模块分别迅速回到顺时针旋转极限位和逆时针旋转极限位，并产生较大抖动，同时，由于短扒刀和长扒刀大倾角（本实施例优选 $75^\circ$ ）打开，其材质与渣皮的粘性又小，渣皮在自重与抖动的双重作用下，完全落入渣桶内；至此，一个扒渣过程结束。

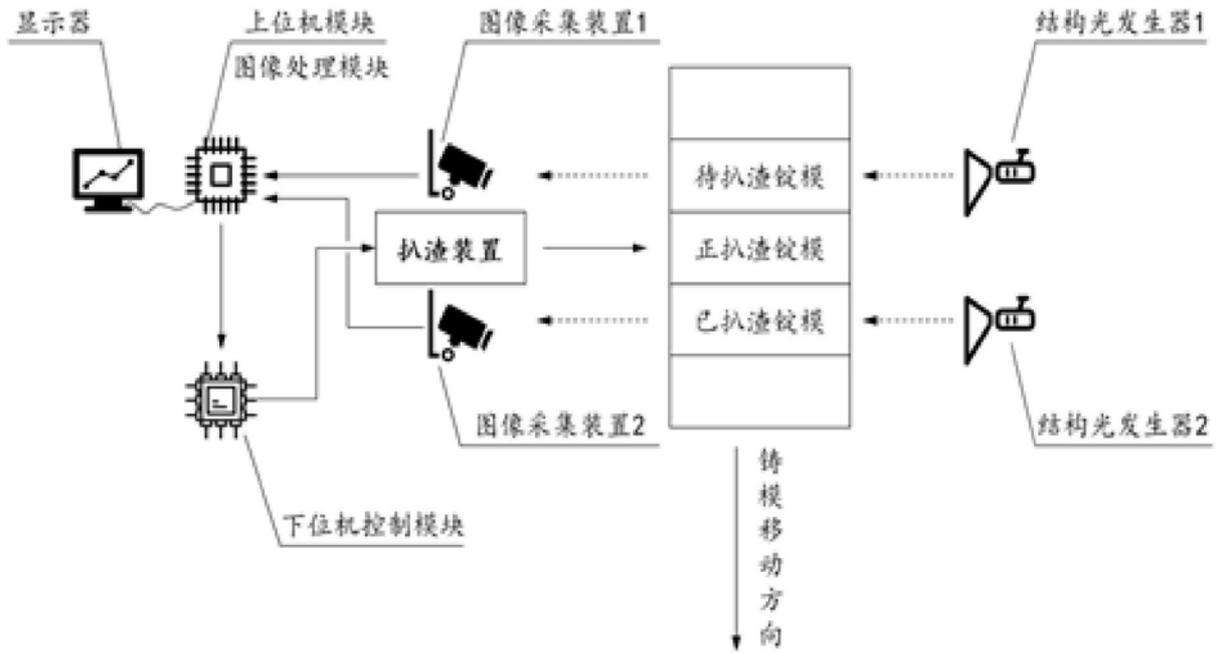


图1

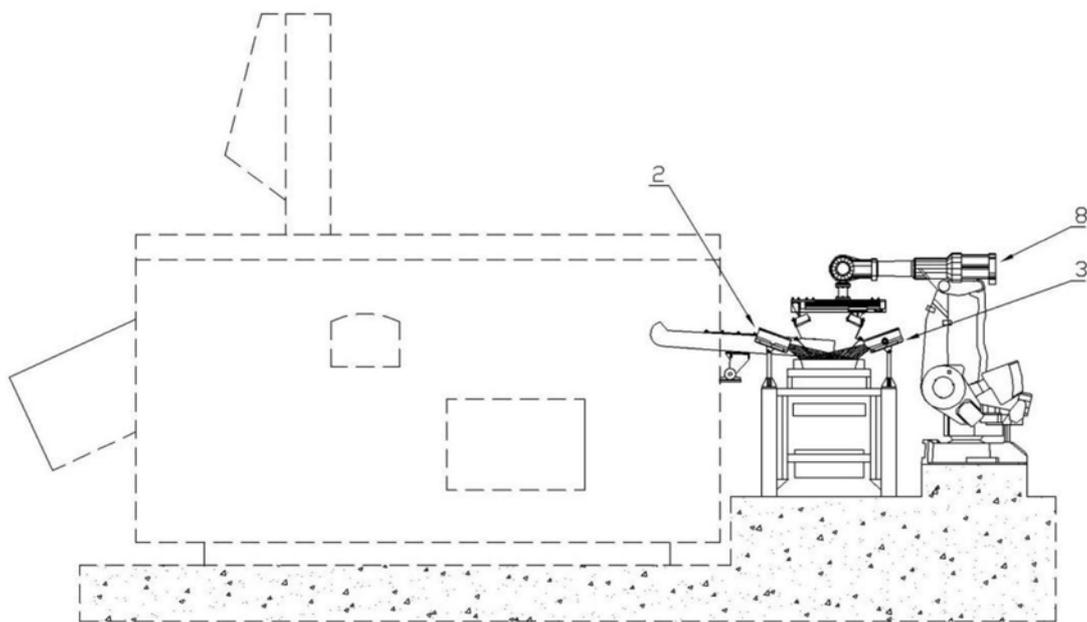


图2

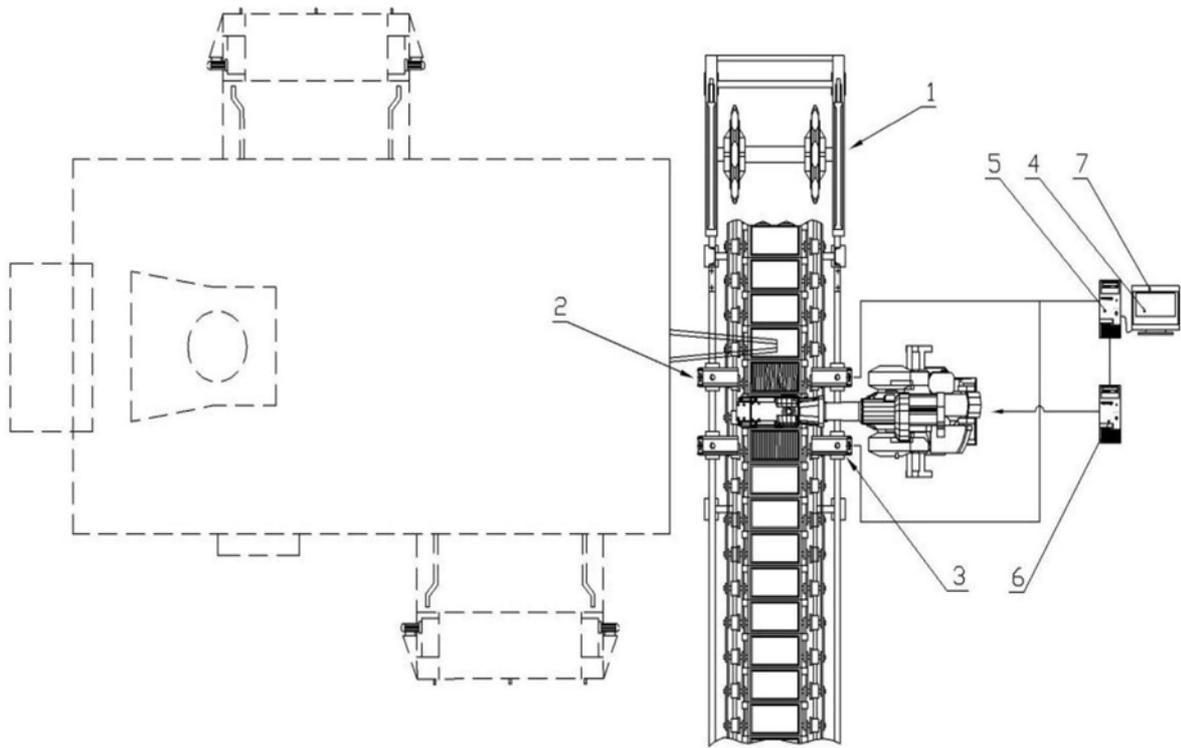


图3

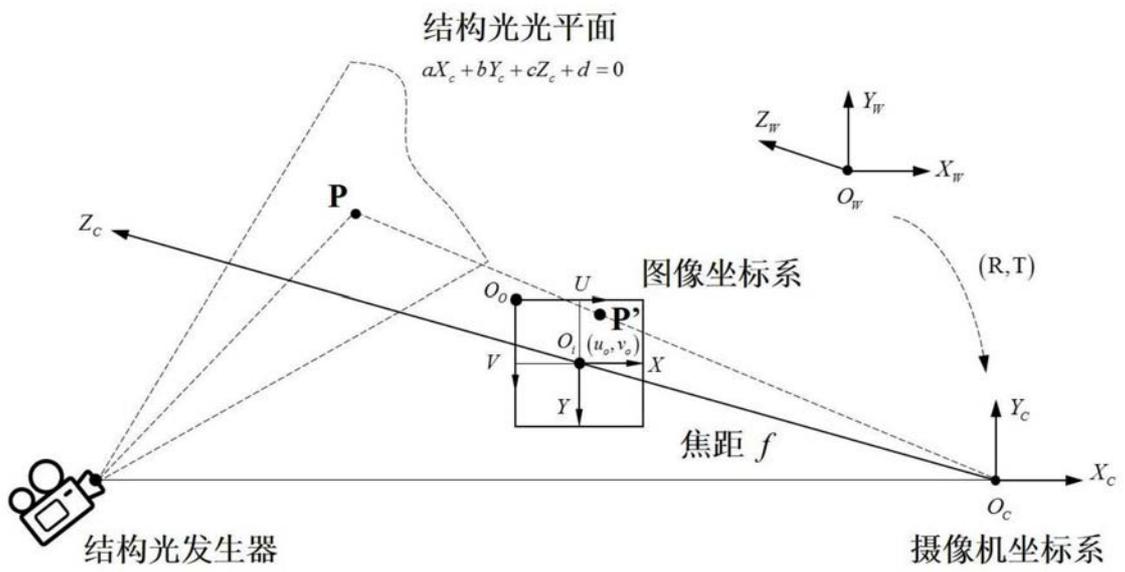


图4

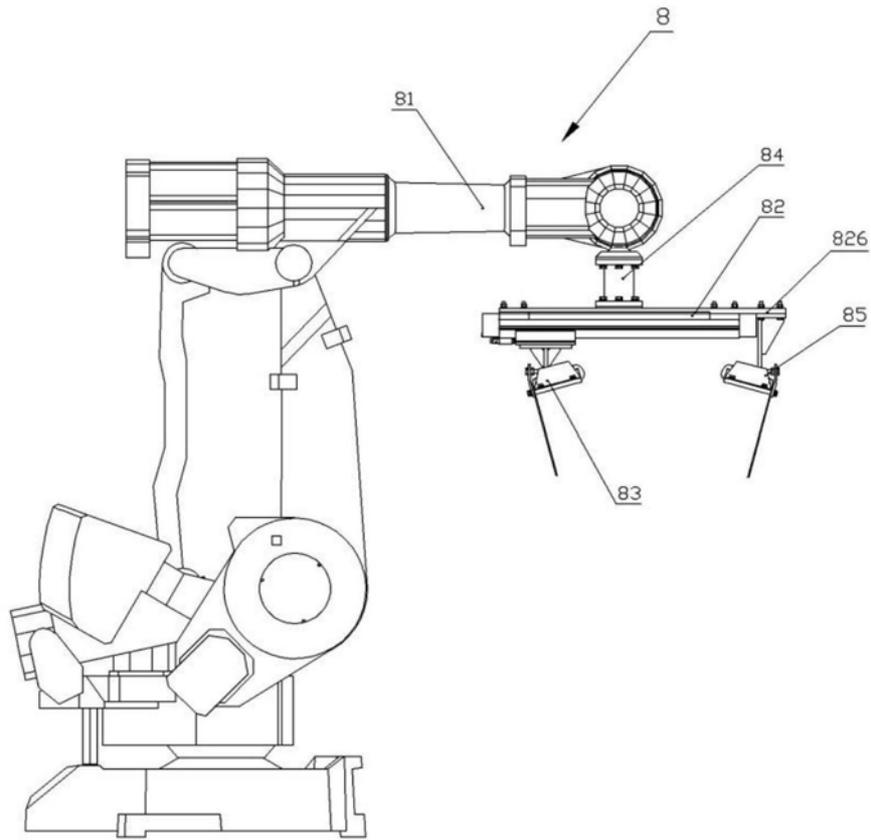


图5

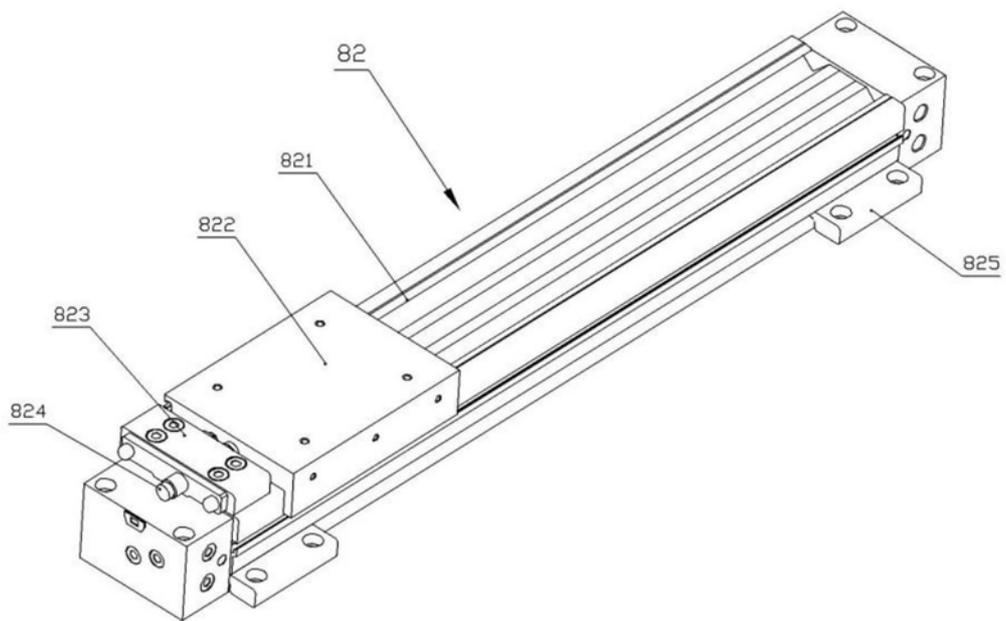


图6

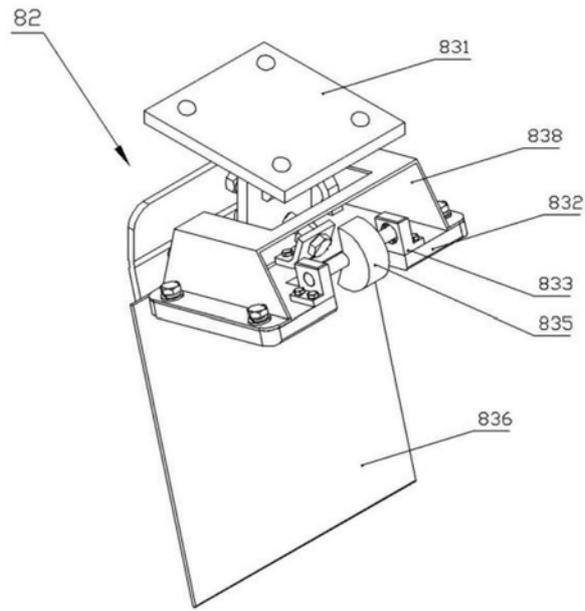


图7

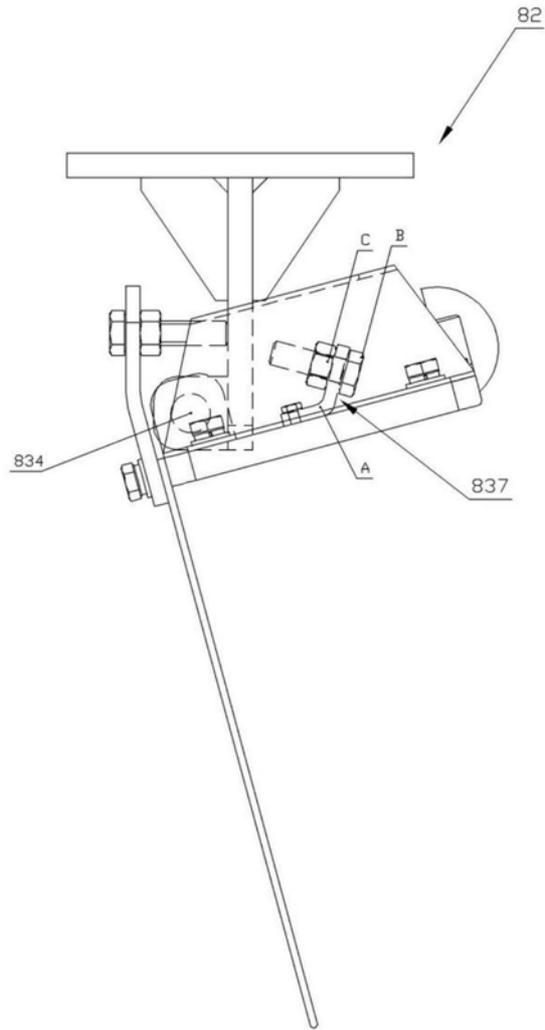


图8

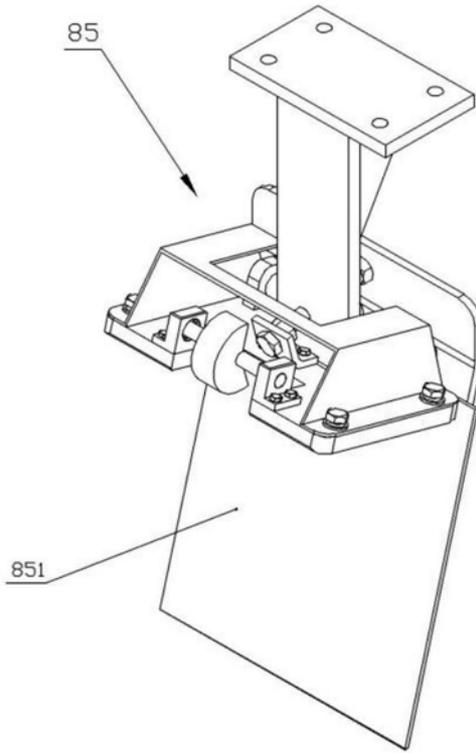


图9

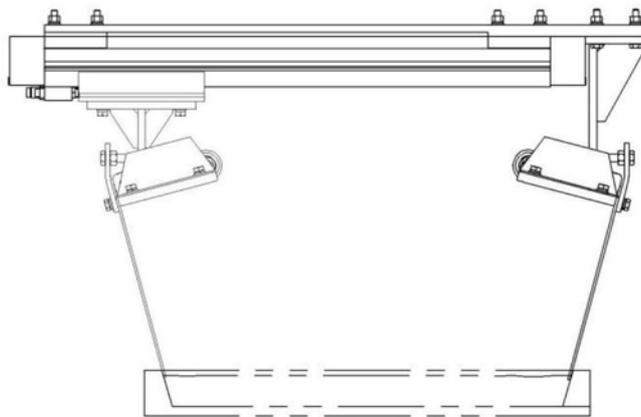


图10

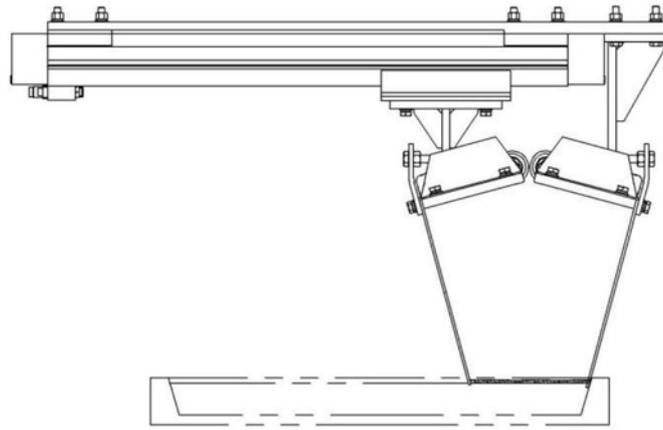


图11

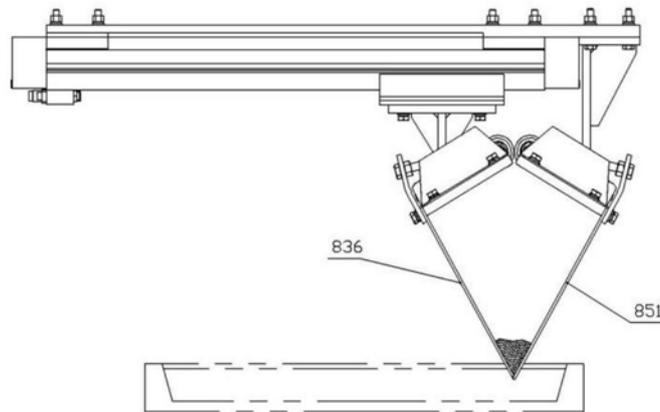


图12

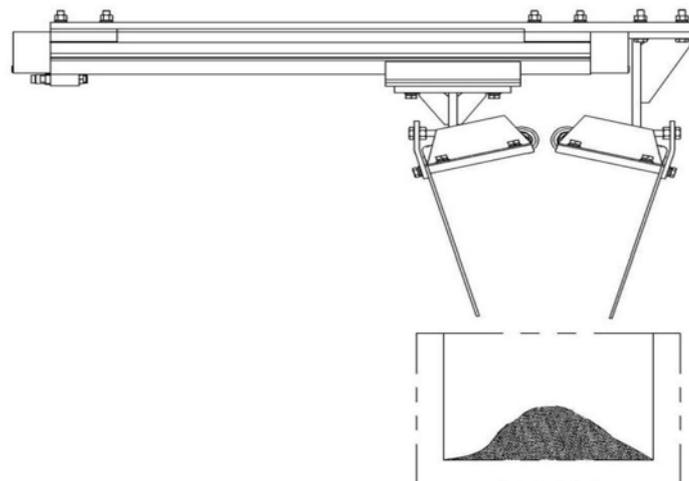


图13