



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112964318 A

(43) 申请公布日 2021.06.15

(21) 申请号 202110179394.1

(22) 申请日 2021.02.08

(71) 申请人 中国铁建重工集团股份有限公司  
地址 410100 湖南省长沙市长沙经济技术开发区东七线88号

(72) 发明人 刘飞香 蔡杰 张伟 王栋  
吴春艳 陈强 邢颖

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 李宏志

(51) Int. Cl.  
G01F 1/66 (2006.01)

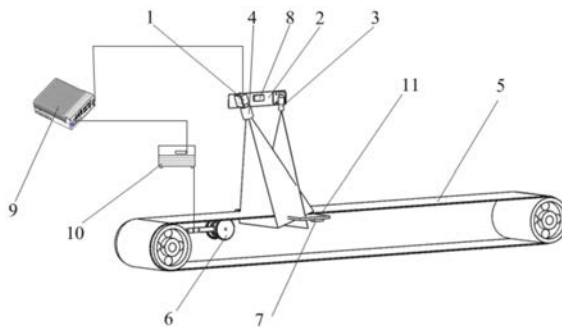
权利要求书2页 说明书9页 附图2页

(54) 发明名称

一种皮带机渣土体积流量实时检测方法和检测系统

(57) 摘要

本发明公开了一种皮带机渣土体积流量实时检测方法和检测系统,检测方法包括:第一面积为在皮带空载状态下,向皮带发射的线激光,获取线激光与皮带形成的第一轮廓交线,以及第一轮廓交线与皮带围成的第一面积;在皮带有渣土状态下,向皮带发射线激光,通过视觉技术获取线激光与皮带的第二轮廓交线,以及第二轮廓交线与皮带围成的第二面积;获取皮带的移动速度,根据第一面积、第二面积以及移动速度获得皮带的出渣流量。本发明能够提高皮带出渣流量的检测的精度,采用视觉无损检测实现快速准确的操作,能够提升检测的时效性,并避免了传统接触式皮带流量体积测量为物料传输带来的不便以及检测设备的损耗。



1. 一种皮带机渣土体积流量实时检测方法,应用于皮带机的皮带上渣土体积流量的检测,其特征在于,包括:

在皮带有渣土状态下,向所述皮带发射线激光,通过视觉技术获取所述线激光与所述皮带的第二轮廓交线,以及所述第二轮廓交线与所述皮带围成的第二面积;

获取所述皮带的移动速度,根据第一面积、所述第二面积以及所述移动速度获得所述皮带的出渣流量;

其中,所述第一面积为在皮带空载状态下,向所述皮带发射的所述线激光,获取所述线激光与所述皮带形成的第一轮廓交线,以及所述第一轮廓交线与所述皮带围成的第一面积。

2. 根据权利要求1所述的皮带机渣土体积流量实时检测方法,其特征在于,用于发射线激光的线激光器和实现激光线图像获取的相机安装于支架上,获取所述皮带的移动速度的同时,获取所述支架与所述皮带的水平夹角;

获得所述皮带的出渣流量包括:根据所述第一面积、所述第二面积、所述水平夹角以及所述移动速度获取所述出渣流量。

3. 根据权利要求2所述的皮带机渣土体积流量实时检测方法,其特征在于,获取所述支架与所述皮带的水平夹角包括:获取所述皮带的水平角度值 $\theta_1$ 和所述支架的水平角度值 $\theta_2$ ;

获得所述皮带的出渣流量 $Q$ 包括计算: $Q = (B - A) * V * \cos(\theta_1 - \theta_2)$ ;

其中, $B$ 为第二面积, $A$ 为第一面积, $V$ 为所述皮带的移动速度, $\theta_1$ 为所述皮带的水平角度值, $\theta_2$ 为所述支架的水平角度值。

4. 根据权利要求1至3任一项所述的皮带机渣土体积流量实时检测方法,其特征在于,还包括:

进行检测装置系统标定时,关闭光源,将线激光投射在标定板上,采集所述标定板的照片;保持所述标定板位置,关闭线激光,打开光源,采集所述标定板的图片;

利用所述照片和所述图片,获取所述线激光与所述标定板的交线以及所述交线所有像素点的坐标;

移动标定板位置,获取至少两条所述线激光与标定板得到的所述交线,以及至少两条所述交线对应存在在相机坐标系下的若干个坐标,利用所述坐标和矩阵变化,拟合所述线激光平面在自定义世界坐标系下的平面方程,并存储所述平面方程。

5. 根据权利要求4所述的皮带机渣土体积流量实时检测方法,其特征在于,在皮带空载状态下,向所述皮带发射的所述线激光,获取所述激光投射在所述皮带上的所述第一轮廓交线,利用所述皮带上的所述第一轮廓交线和所述平面方程得到所述第一面积。

6. 一种皮带机渣土体积流量实时检测系统,其特征在于,包括:

线激光器(3),用于向皮带(5)发射线激光图案;

相机(1),用于分别在皮带空载和有渣土时获取所述皮带的图像;

控制器,用于获取所述皮带(5)的移动速度,还用于分别在皮带空载状态下和有渣土状态下,向所述皮带发射的所述线激光,以分别对应获取所述线激光与所述皮带或者渣土形成的第一轮廓交线和第二轮廓交线,以及所述第一轮廓交线与所述皮带(5)围成的第一面积、所述第二轮廓交线与所述皮带围成的第二面积;并根据第一面积、所述第二面积以及所

述移动速度获得所述皮带(5)的出渣流量。

7. 根据权利要求6所述的皮带机渣土体积流量实时检测系统,其特征在于,所述线激光器(3)设置在相机激光固定支架(2)上,所述皮带(5)设有用于测量所述皮带(5)水平角度的第一倾角传感器(7),所述支架设有用于测量所述线激光器(3)水平角度的第二倾角传感器(8),所述第一倾角传感器(7)、所述第二倾角传感器(8)均连接于所述控制器,以便所述控制器获取所述皮带(5)与所述线激光器(3)的水平夹角。

8. 根据权利要求7所述的皮带机渣土体积流量实时检测系统,其特征在于,所述控制器根据公式: $Q=(B-A)*V*\cos(\theta_1-\theta_2)$ ,计算所述出渣流量Q;

其中,B为第二面积,A为第一面积,V为所述皮带的移动速度, $\theta_1$ 为所述皮带(5)的水平角度值, $\theta_2$ 为所述支架的水平角度值。

9. 根据权利要求8所述的皮带机渣土体积流量实时检测系统,其特征在于,所述皮带(5)的转轮处设有用于测量皮带(5)转速的测量轮编码器(6);

所述控制器包括工控机(9)和连接于所述工控机(9)的PLC控制器(10),所述PLC控制器(10)连接测量轮编码器(6)。

## 一种皮带机渣土体积流量实时检测方法和检测系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及皮带机设计技术领域,更具体地说,涉及一种皮带机渣土体积流量实时检测方法和检测系统。

### 背景技术

[0002] 随着地下工程装备智能化发展的要求不断提高,在地下装备施工过程中,需对设备的工作状态进行监控。皮带机出渣体积、流量作为盾构施工过程中反映设备作业状态信息的重要指标之一,需有一套有针对性的、有效的设备来进行检测。

[0003] 目前,在施工过程中对皮带机出渣体积的检测方法包括根据皮带速度进行估算、根据运送料斗等进行粗略的估算或者在出口处设置一片刮板,通过固定横截面计算皮带传送的流量及体积,但一般采用这些方法检测精度偏低,且有较大滞后性,不能实时反映设备当前的出渣流量以及体积。

[0004] 现有的一种物料体积流量测量方法中包括:首先获取传送带表面上多个点的第一位置信息和物料多个截面中物料表面上多个点的第二位置信息,然后根据第一位置信息和第二位置信息得到物料的多个截面中每个截面内每两个一一对应点之间的距离,然后根据对应点距离计算面积,根据面积及皮带的速度计算物料的流量。该专利是利用激光测距传感器等装置测量出皮带表面与测量装置之间的距离,然后通过距离来对截面积进行计算。

[0005] 但是第一位置信息的点与第二位置信息的点需提前进行设置,由于激光测距传感器等设备在旋转的过程中,两次预设的点位置可能会因设备长时间工作的原因,导致第一位置与第二位置预设的点与初始设置的值发生了偏移,而这种偏移无法被检测出,因而对测量结果会存在较大的误差。

[0006] 综上所述,如何降低检测误差的问题,是目前本领域技术人员亟待解决的问题。

### 发明内容

[0007] 有鉴于此,本发明的目的是提供一种皮带机渣土体积流量实时检测方法和检测系统,该方法基于视觉技术对皮带机渣土体积流量进行实时检测,提高检测准确度,降低误差,以解决盾构机施工过程中,设备出渣体积流量的检测问题。

[0008] 为了实现上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0009] 一种皮带机渣土体积流量实时检测方法,应用于皮带机的皮带上渣土体积流量的检测,包括:

[0010] 在皮带有渣土状态下,向所述皮带发射线激光,通过视觉技术获取所述线激光与所述皮带的第二轮廓交线,以及所述第二轮廓交线与所述皮带围成的第二面积;

[0011] 获取所述皮带的移动速度,根据第一面积、所述第二面积以及所述移动速度获得所述皮带的出渣流量;

[0012] 其中,所述第一面积为在皮带空载状态下,向所述皮带的发射的所述线激光,获取所述线激光与所述皮带形成的第一轮廓交线,以及所述第一轮廓交线与所述皮带围成的第

一面积。

[0013] 优选的,用于发射线激光的线激光器和实现线激光图像获取的相机安装于支架上,获取所述皮带的移动速度的同时,获取所述支架与所述皮带的水平夹角;

[0014] 获得所述皮带的出渣流量包括:根据所述第一面积、所述第二面积、所述水平夹角以及所述移动速度获取所述出渣流量。

[0015] 优选的,获取所述支架与所述皮带的水平夹角包括:获取所述皮带的水平角度值 $\theta_1$ 和所述支架的水平角度值 $\theta_2$ ;

[0016] 获得所述皮带的出渣流量 $Q$ 包括计算: $Q = (B - A) * V * \cos(\theta_1 - \theta_2)$ ;

[0017] 其中, $B$ 为第二面积, $A$ 为第一面积, $V$ 为所述皮带的移动速度, $\theta_1$ 为所述皮带的水平角度值, $\theta_2$ 为所述支架的水平角度值。

[0018] 优选的,还包括:

[0019] 进行检测装置系统标定时,关闭光源,将线激光投射在标定板上,采集所述标定板的照片;保持所述标定板位置,关闭线激光,打开光源,采集所述标定板的图片;

[0020] 利用所述照片和所述图片,获取所述线激光与所述标定板的交线以及所述交线所有像素点的坐标;

[0021] 移动标定板位置,获取至少两条所述线激光与标定板得到的所述交线,以及至少两条所述交线对应所在相机坐标系下的若干个坐标,利用所述点坐标和矩阵变化,拟合所述线激光平面在自定义世界坐标系下的平面方程,并存储所述平面方程。

[0022] 优选的,在皮带空载状态下,向所述皮带发射的所述线激光,获取所述激光投射在所述皮带上的第一轮廓交线,利用所述皮带上的第一轮廓交线和所述平面方程得到所述第一面积。

[0023] 一种皮带机渣土体积流量实时检测系统,包括:

[0024] 线激光器,用于向皮带发射线激光图案;

[0025] 相机,用于分别在皮带空载和有渣土时获取所述皮带的图像;

[0026] 控制器,用于获取所述皮带的移动速度,还用于分别在皮带空载状态下和有渣土状态下,向所述皮带发射的所述线激光,以分别对应获取所述线激光与所述皮带或者渣土形成的第一轮廓交线和第二轮廓交线,以及所述第一轮廓交线与所述皮带围成的第一面积、所述第二轮廓交线与所述皮带围成的第二面积;并根据第一面积、所述第二面积以及所述移动速度获得所述皮带的出渣流量。

[0027] 优选的,所述线激光器设置在相机激光固定支架上,所述皮带设有用于测量所述皮带水平角度的第一倾角传感器,所述支架设有用于测量所述线激光器水平角度的第二倾角传感器,所述第一倾角传感器、所述第二倾角传感器均连接于所述控制器,以便所述控制器获取所述皮带与所述线激光器的水平夹角。

[0028] 优选的,所述控制器根据公式: $Q = (B - A) * V * \cos(\theta_1 - \theta_2)$ ,计算所述出渣流量 $Q$ ;

[0029] 其中, $B$ 为第二面积, $A$ 为第一面积, $V$ 为所述皮带的移动速度, $\theta_1$ 为所述皮带的水平角度值, $\theta_2$ 为所述支架的水平角度值。

[0030] 优选的,所述皮带的转轮处设有用于测量皮带转速的测量轮编码器;

[0031] 所述控制器包括工控机和连接于所述工控机的连接PLC控制器,所述PLC控制器连接测量轮编码器。

[0032] 本发明提供的皮带机渣土体积流量实时检测方法中通过线激光与皮带上渣土表面形成轮廓线,获取轮廓交线并分别获取第一和第二轮廓交线与皮带形成的面积,从而得到皮带出渣流量,能够提高皮带出渣流量的检测精度,采用视觉无损检测实现快速准确的检测,能够提升检测的时效性,并避免了传统接触式皮带流量体积测量为物料传输带来的不便以及检测设备的损耗。

[0033] 本发明提供的皮带机渣土体积流量实时检测系统采用线激光器、相机和控制器实现上述检测方法,能够起到与上述检测方法相同的技术效果。

## 附图说明

[0034] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据提供的附图获得其他的附图。

[0035] 图1为本发明所提供的皮带机渣土体积流量实时检测系统的示意图;

[0036] 图2为本发明所提供的皮带机渣土体积流量实时检测方法的流程图;

[0037] 图3为本发明所提供的皮带机渣土体积流量实时检测方法的具体操作顺序示意图。

[0038] 图1-图3中,附图标记包括:

[0039] 相机1、相机激光固定支架2、线激光器3、工业镜头4、皮带5、测量轮编码器6、第一倾角传感器7、第二倾角传感器8、工控机9、PLC控制器10、皮带支撑平板11。

## 具体实施方式

[0040] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0041] 本发明的核心是提供一种皮带机渣土体积流量实时检测方法和检测系统,该方法基于视觉技术对皮带机渣土体积流量进行实时检测,以解决盾构机施工过程中,设备出渣体积流量的非接触精准检测问题。

[0042] 请参考图1和图2,本申请提供了一种皮带机渣土体积流量实时检测方法,应用于对皮带机的皮带上渣土体积流量的检测,该方法具体包括以下步骤:

[0043] 步骤S1、在皮带有渣土状态下,向皮带发射线激光,通过视觉技术获取线激光与皮带的第二轮廓交线,以及第二轮廓交线与皮带围成的第二面积;

[0044] 步骤S2、获取皮带的移动速度,根据第一面积、第二面积以及移动速度获得皮带的出渣流量;

[0045] 其中,第一面积为在皮带空载状态下,向皮带发射的线激光,获取线激光与皮带形成的第一轮廓交线,以及第一轮廓交线与皮带围成的第一面积。

[0046] 需要说明的是,上述第一面积的获取过程为在步骤S1之前的步骤,可以是皮带机出厂使用前的调试标定过程中得到的第一面积,或者是在实际使用时进行的再次标定中得

到的第一面积。针对实际使用而言,第一面积可以为预先调试标定得到,并存储在相应的存储器中,以供后续流量检测过程的调用。

[0047] 步骤S1中对于使用中的、已有渣土的皮带进行检测,主要利用激光器向皮带发射线激光,线激光在空间内为平面结构,以一定的角度照射在皮带上后,会与皮带形成交线,即光条纹,该交线即为上述对应的第一轮廓交线或第二轮廓交线,第一轮廓交线与皮带底面形成的区域为第一区域,第二轮廓交线与皮带底面形成的区域为第二区域,可以通过对该区域进行面积的获取得到相应的第一面积或第二面积。

[0048] 其中,交线或面积获取过程可以通过视觉技术对线激光照射在皮带后进行拍照或图像获取,然后通过视觉技术提取图像中的点云数据,从而得到对应的面积。需要说明的是,上述第一面积和第二面积的获取需要保证线激光和图像采集始终保持位置不变,从而避免面积获取过程的位置误差。可选的,上述通过视觉技术提取图像中的点云数据得到对应的面积的方法也可以选用现有技术中其他面积获取方法。

[0049] 由于第一面积和第二面积分别对应皮带处于空载和工作状态,因此第二面积与第一面积的关系即能够反映当前的工作状态的渣土与空载状态下在纵截面上的差异。利用第二面积与第一面积获取出渣流量能够避免在空载状态下的误差,提升检测的准确性。

[0050] 步骤S2中,根据第一面积和第二面积能够得到渣土在纵截面形成的差异,也就是渣土上表面形成的高度差,再通过皮带的移动速度,即能够反映一段时间内皮带移动的距离,以第一面积、第二面积和皮带的移动速度能够获取到准确的皮带的出渣流量。

[0051] 上述实施例中通过线激光与皮带的照射效果得到第一和第二轮廓交线,并获取第一和第二轮廓交线并最终获取交线与皮带形成的面积,能够提高皮带出渣流量的检测的精度,采用视觉无损检测实现快速准确的操作,能够提升检测的时效性,并避免了传统接触式皮带流量体积测量为物料传输带来的不便以及检测设备的损耗。

[0052] 方法的执行过程中,发射激光的激光器与相机之间的相对位置需要保持不变,可以通过采集光条纹在采集的图像中的位置坐标,可以呈现皮带表面的三维形状轮廓,通过上述光条纹可以直接获取皮带表面的三维信息,还可以通过提前标定或检测前的临时标定,可对皮带上渣土的体积流量等进行实时检测及统计分析。

[0053] 在本申请中采用线激光向皮带表面投射,在皮带表面会形成线激光的条纹,可以采用拍照或其他图像获取方法对其进行采集,对于皮带而言,皮带表面的光条纹显示的位移与皮带表面高度成正比,光条纹的不连续表示皮带表面存在物理的裂纹或缝隙。

[0054] 在上述实施例的基础之上,用于发射线激光的线激光器和实现线激光图像获取的相机安装于支架,步骤S2中获取皮带的移动速度的同时,需要获取支架与皮带的水平夹角;步骤S2中获得皮带的出渣流量包括:根据第一面积、第二面积、水平夹角以及移动速度获取出渣流量。

[0055] 考虑到皮带与安装相机的支架可能存在安装误差和使用过程造成的误差,因此,为了避免因误差导致出渣流量检测的不准确,因此通过将上述可能存在的角度偏差引入出渣流量的获取过程,将误差排除在出渣流量的结果之外。需要说明的是,本实施例通过在原有计算依据的基础之上,增加皮带与支架的水平夹角作为补充依据,能够降低角度偏差导致的不准确程度。同时,使得线激光器和相机的安装更加简单便捷,对安装角度无苛刻要求,同时可消除因安装支架变形所带来的误差。

[0056] 在上述实施例的基础之上,获取支架与皮带的水平夹角包括:获取皮带的水平角度值 $\theta_1$ 和支架的水平角度值 $\theta_2$ ,即对支架与皮带的水平角度的分别获取,并通过二者得到支架与皮带的水平角度差。

[0057] 因而,相对应的,获得皮带的出渣流量 $Q$ 包括计算:

[0058]  $Q = (B-A) * V * \cos(\theta_1 - \theta_2)$ ;

[0059] 其中, $B$ 为第二面积, $A$ 为第一面积, $V$ 为皮带的移动速度, $\theta_1$ 为皮带的水平角度值, $\theta_2$ 为支架的水平角度值。

[0060] 需要说明的是, $\theta_1$ 为皮带的水平角度值, $\theta_2$ 为支架的水平角度值,则皮带与支架的夹角值具体为 $\theta_1 - \theta_2$ ,而无论二者的差值是否为正值, $\cos(\theta_1 - \theta_2)$ 的结果均相同。

[0061] 需要说明的是,为了对动态的皮带进行渣土体积流量计算,需对获取图片时线激光相对皮带的移动步长进行计算,假设激光步长为 $L$ , $L$ 为图像获取至数据处理完毕过程中皮带所移动的距离,皮带传送速度为 $V$ ,则移动步距为 $L = V * T$ ,因此,对单位步长内的渣土体积进行计算,渣土体积 $V_{\text{volu}}$ 的计算公式为: $V_{\text{volu}} = (B-A) * V * T * \cos(\theta_1 - \theta_2)$ ;

[0062] 进行渣土流量检测时,需要通过渣土体积 $V_{\text{volu}}$ 与时间长度 $T$ 得到,因此,渣土流量的检测计算公式为: $Q = (B-A) * V * \cos(\theta_1 - \theta_2)$ 。

[0063] 本实施例中考虑到角度偏差导致的检测不准确的问题,将支架和皮带的角度分别进行测量,并利用上述公式进行计算,保证角度的误差等对计算不造成影响。

[0064] 针对以相机实现线激光与皮带形成的轮廓线的准确获取,需要进行相机的内外参标定,在内外参标定的过程中,需要关闭线激光,并开启相机,调整相机的拍摄参数,并调整皮带上的标定板位置,保证相机能够获取标定板的清晰图像,利用相机采集若干组标定图像,在控制器的软件系统中完成相机的内外参标定,并将标定的参数存储在软件系统中,标定结果可以在后续使用中、供系统进行调用。

[0065] 在上述任意一个实施例的基础之上,还包括进行检测装置系统标定的步骤,以下步骤位于步骤S1和S2之前,具体包括:

[0066] 步骤S01、进行检测装置系统标定时,关闭光源,将线激光投射在标定板上,采集标定板的照片;保持标定板位置,关闭线激光,打开光源,采集标定板的图片;

[0067] 步骤S02、利用照片和图片,获取线激光与标定板的交线以及交线所有像素点的坐标。

[0068] 步骤S03、移动标定板位置,获取至少两条所述线激光与标定板得到的所述交线,以及至少两条所述交线对应所在在相机坐标系下的若干个点坐标,利用所述点坐标和矩阵变化,拟合所述线激光平面在自定义世界坐标系下的平面方程,并存储所述平面方程。

[0069] 其中移动标定板位置指的是将标定板放置在皮带所处平面上,移动标定板使线激光投射在标定板上,同时使标定板一边与皮带边缘齐平,采集此时的标定板图像,并将此时标定板坐标系作为整个检测装置的世界坐标系。

[0070] 需要说明的是,本实施例中采用两种模式下分别获取标定板的照片和标定板的图片是为了获取光源照射的标定板的图片,以及无光源、有线激光的线激光的照片,从而获得交线,具体可以是获取交线的若干个特征点坐标,后续步骤可以利用至少两个交线的特征点坐标获得两个交线所对应的空间内的平面方程。

[0071] 在此过程中,需要保证线激光的位置不改变,同时还需要保证采集标定板的视角



不改变,从而能够保证采集和拟合的准确性。

[0072] 在一个具体的实施例中,步骤S01包括打开线激光器,关闭光源,调整好标定板位置,使线激光器图案投射到标定板上,并采集一副照片;需要保持标定板位置不变的情况下,关闭线激光器,打开光源,采集一副图片。步骤S03中,移动标定板位置后,重复步骤S01和步骤S02,从而获取至少两条线激光与标定板得到的交线以及对应的坐标。

[0073] 通过变换标定板位置,并按上述步骤继续采集另一组具有线激光图案的照片和无线激光图案的图片,并继续对有线激光图案的图片进行光条提取,从而得到光条的坐标,即交线的坐标。光条的坐标具体可以在世界坐标系下,也就是说在标定板的坐标系下。在得到光条的坐标后,可以得到光条的各点在对应标定板世界坐标系下的三维坐标,由于标定板为平面结构,因此光条的高度方向的坐标全部认为是零;

[0074] 需要说明的是,将标定板指定为世界坐标系下,具体是将标定板放置在皮带所处平面上,移动标定板,以使线激光能够投射在标定板上,可选的,使标定板一边与皮带边缘齐平,采集此时的标定板图像,并将此时标定板坐标系作为整个检测装置的世界坐标系。

[0075] 上述皮带机渣土体积流量实时检测方法中需要在检测前需要调整线激光的投射位置,投射至皮带上的同时还需要保持投射位于相机所能够获取的范围内。

[0076] 下面具体说明将交线(光条)的三维坐标统一至世界坐标下的方式。

[0077] 将第一临时坐标系到相机坐标系的旋转平移矩阵记为H1;第二临时坐标系到相机坐标系的旋转平移矩阵为H2;世界坐标系到相机坐标系的旋转平移矩阵记为H3;

[0078] 标定板上激光光条上三维点坐标分别乘以 $H1(H3)^{-1}$ 和 $H2(H3)^{-1}$ ,从而得到世界坐标系下的特征点的三维坐标:

[0079]  $\{(X_i, Y_i, Z_i) \mid i \in 1, 2, \dots, N\}$

[0080] 采用上述特征点通过函数 $f(x, y, z)$ 可得出激光所在光平面方程的系数 $a, b, c, d$ :

$$[0081] \quad f(x, y, z) = \min \left[ \sum_{i=1}^N \left( \frac{aX_i + bY_i + cZ_i + d}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2 + d^2}} \right) \right]$$

[0082] 通过上述最小二乘法求出系数 $a, b, c, d$ 后,激光平面方程可表示为: $aX+bY+cZ+d=0$ 。

[0083] 在上述实施例的基础之上,在皮带空载状态下,向皮带发射的线激光,获取激光投射在皮带上的图像,利用皮带上的图像和平面方程得到第一面积。

[0084] 需要说明的是,上述平面方程的具体拟合流程如下:由采集到的线激光提取出该线上若干个特征点的三维坐标,通过特征点坐标拟合得到线激光形成的激光平面在世界坐标系下的平面方程。

[0085] 进一步地,在已有平面方程的基础之上,结合相机拍摄的激光与渣土形成的激光轮廓得出该轮廓上的点云数据。利用该点云数据,渣土体积计算的具体展开公式为:

$$[0086] \quad V_{volu} = \left( \sum_{n=1}^n \frac{(x'_n - x'_{n-1}) \cdot (z'_{n-1} + z'_n)}{2} - \sum_{n=1}^n \frac{(x_n - x_{n-1}) \cdot (z_{n-1} + z_n)}{2} \right) * V * T * \cos(\theta_1 - \theta_2);$$

[0087] 其中 $x'_n, x'_{n-1}, z'_{n-1}$ 和 $z'_n$ 均为特征点 $\{(X_i, Y_i, Z_i) \mid i \in 1, 2, \dots, N\}$ 的三维坐标。

[0088] 除了上述各个实施例中所公开的皮带机渣土体积流量实时检测方法,本发明还提供一种皮带机渣土体积流量实时检测系统。

[0089] 在结构上皮带机渣土体积流量实时检测系统包括：线激光器3、相机1和控制器。

[0090] 其中，线激光器3用于向皮带5的皮带支撑平板11处发射线激光图案；相机1用于分别在皮带空载和有渣土时获取该处的图像。

[0091] 具体地，控制器包括工控机9和PLC控制器10，工控机9用于运行图像处理算法，以提高程序处理效率，PLC控制器10用于获取皮带的运行速度；在检测系统处于渣土体积流量检测过程中时，当皮带开启后，PLC控制器10控制线激光器电源接通，当皮带速度降为0时，PLC控制器控10制其电源断开，关闭线激光器3。

[0092] 相机1用来获取当前视野下带有线激光的皮带的图像，相机1直接连接在控制器上，以便传输数据。控制器用于获取皮带5的移动速度，还用于分别在皮带空载状态下和有渣土状态下，控制激光器发射线激光，以分别对应获取线激光与皮带形成的第一轮廓交线和第二轮廓交线，以及第一轮廓交线与皮带5围成的第一面积、第二轮廓交线与皮带围成的第二面积；并根据第一面积、第二面积以及移动速度获得皮带5的出渣流量。

[0093] 控制器作为中控装置实现对线激光器3、相机1工作的控制以外，还执行相应的获取、处理和计算操作，例如将相机1获取的图像进行图像处理，得到第一和第二轮廓交线，还通过交线获得对应的面积等。

[0094] 具体地，上述相机1均连接于工控机9，线激光器3连接至PLC控制器10。

[0095] 本申请提供的皮带机渣土体积流量实时检测系统的具体操作请参考上述检测方法的实施例，本申请提供的检测系统通过视觉技术可以使测量实现非接触，保证对检测设备的保护，同时由于通过视觉的方法实现，因此具有实时性高、检测精度高的特点。

[0096] 在上述实施例的基础之上，线激光器3设置于相机激光固定支架2上，皮带5设有用于测量皮带5水平角度的第一倾角传感器7，支架设有用于测量检测装置水平角度的第二倾角传感器8，第一倾角传感器7、第二倾角传感器8均连接于控制器，具体为连接上述PLC控制器10，以便PLC控制器10获取皮带5与整个检测装置的水平夹角。

[0097] 在上述实施例中将所述相机1、线激光器3安装固定在所述相机激光固定支架上构成线结构光视觉的检测装置，并利用传感器检测技术得到皮带5、检测装置分别与水平方向的夹角，从而方便获得皮带5与检测装置的夹角，利用二者的夹角有助于在计算出渣流量时，排除因角度偏差导致的误差和不准确性。

[0098] 在上述实施例的基础之上，控制器用于根据下述公式计算渣土流量： $Q = (B - A) * V * \cos(\theta_1 - \theta_2)$ ；

[0099] 其中，B为第二面积，A为第一面积，V为皮带的移动速度， $\theta_1$ 为皮带5的水平角度值， $\theta_2$ 为支架的水平角度值。

[0100] 具体的操作步骤可以参考上述皮带机渣土体积流量实时检测方法的实施例。上述控制器具体为工控机9。

[0101] 当皮带机空载状态（没有渣土）下，通过视觉系统提取出当前检测区域内皮带上的点云数据，工控机9对点云数据进行处理，进行单位面积计算，可表示为第一面积A。

[0102] 当皮带机工作状态下，其上会有一定量的渣土，可对线激光与皮带5的截面进行第二面积B的获取和计算，同样可以采取点云数据获取计算得出。

[0103] 考虑到对动态的皮带5进行渣土体积流量计算，因此需对获取皮带的图像时、线激光相对皮带5的移动步长进行计算。在一个实施例中，L为图像获取至数据处理完毕皮带5所

移动的步距,皮带传送速度为 $V$ ,则线激光的移动步距为 $L=V*T$ ,皮带5上部的倾角传感器所测角度值为 $\theta_1$ ,为皮带5相对于水平方向的偏移角度,相机激光器固定支架2上的倾角传感器所测角度值为 $\theta_2$ ,为相机相对于水平方向的偏移角度。通过点云数据对单位步长内的渣土体积进行计算: $V_{\text{volu}}=(B-A)*V*T*\cos(\theta_1-\theta_2)$ ;进一步地,皮带机的出渣流量为: $Q=(B-A)*V*\cos(\theta_1-\theta_2)$ ;

[0104] 需要说明的是,上述具体操作步骤可以参考上述方法的实施例中的说明。

[0105] 在上述任意一个实施例的基础之上,皮带5的转轮处设有用于测量转速的测量轮编码器6,测量轮编码器6连接;控制器包括工控机9和连接与工控机9的PLC控制器10,PLC控制器10连接测量轮编码器6。

[0106] 具体地,请参考图1,在皮带5的下方设置有测量轮编码器6,测量轮编码器6设置有弹簧压紧装置,以便测量轮编码器6的测量轮能够与皮带实现同步转动,从而获取皮带的传动速度,并保证测量的准确性。

[0107] 本实施例中,将测量轮编码器6连接于PLC控制器10,并将PLC控制器10连接于工控机9,因此可以通过与PLC控制器10相连接的测量轮编码器6,对皮带的运行速度进行实时检测,可以方便实现视觉检测系统通过检测出的皮带运行速度推算出移动步长 $L$ ,从而用于皮带出渣体积分流量的计算。

[0108] 在上述任意一个实施例的基础之上,工控机9存储有预先测量的第一轮廓交线的坐标以及第一面积。

[0109] 上述第一轮廓交线的获取可以作为基准进行存储并沿用,可以选择初次在皮带上使用时进行一次标定,并不需要每次重启时重复进行标定。

[0110] 上述存储即为零点标定操作,在工控机9中可以编写相应的相机标定程序,标定得到相机1的内外参,并设置相应的存储结构,以便将相机的内外参作为已知参数进行存储,并可以用于检测系统软件调用,避免使用时反复进行计算。

[0111] 工控机9还包括光平面标定模块,用于标定出线激光器的光平面,可知的,上述光平面标定操作也可以是预先标定的,其标定结果存放在工控机本地文件系统中,以便在使用中进行调用。

[0112] 本申请提供的皮带机渣土体积分流量实时检测系统具有上述存储功能,以便实现针对空载情况下的零位标定功能,该功能可将空载状态下的图像位置存储到系统的工控机9中,在后续的检测中系统能够自动根据当前检测的零位进行补偿,确保最终体积分流量等检测数据的准确性。

[0113] 在皮带5空载没有渣土时进行零位标定,采集激光器投射在皮带5上的图像,通过图像处理提取并计算出激光线上各点在世界坐标系的坐标,同时计算出激光线与皮带形成的第一面积 $A$ 。

[0114] 皮带5上有渣土时,采集线激光器3投射在渣土上的图像,通过图像处理提取计算出此时点云所形成的第二面积 $B$ 。

[0115] 在一个具体的实施例中,请参考图1,皮带机渣土体积分流量实时检测系统具体包括:相机1、相机激光固定支架2、线激光器3、工业镜头4、皮带5、测量轮编码器6、第一倾角传感器7、第二倾角传感器8、工控机9、PLC控制器10和标定板。

[0116] 其中,相机1具体为工业相机,相机1用于拍摄标定板和皮带,以便获取当前其对准

的视野下带有激光条纹的皮带图片；

[0117] 相机激光固定支架2用于安装相机1、线激光器3和工业镜头4；

[0118] 线激光器3用于向标定板投射激光图案，固定于相机激光固定支架2上，同时，相机1和工业镜头4均设置在相机激光固定支架2上；

[0119] 工业镜头4用于相机1的对焦成像，工业镜头4与相机1通过螺纹连接；

[0120] 皮带5为皮带机的主要结构。标定板用于定义坐标系的位置、标定相机的内外参以及标定检测装置内部各元件的关系。

[0121] 第一倾角传感器7和第二倾角传感器8用来检测相机激光固定支架2与皮带5所构成的角度值，具体地，第一倾角传感器7和第二倾角传感器8分别设置于皮带5位置和相机激光固定支架2位置，用于对应测量二者与水平直线的角度关系。

[0122] 工控机9主要用来运行图像处理的算法；测量轮编码器6用于实时检测皮带5运行速度V，并与PLC控制器10连接，用于将运行速度发送给工控机9；PLC控制器10的高速脉冲计数模块用于检测测量轮编码器6的信息。

[0123] 本申请所提供的上述装置结构较为轻巧，且安装方便，均布设在皮带机上，具体在皮带5的上方，检测系统随皮带机的启动即可以开始检测，工控机9作为中控装置，能够对检测进行控制，实现暂停、停止或者将统计数据清零等操作。

[0124] 除了上述各个实施例中的皮带机渣土体积流量实时检测系统的主要结构，该系统的其他各部分的结构请参考现有技术，本文不再赘述。

[0125] 另外，本申请还提供了一种检测系统，该检测系统包括存储器和处理器，其中，存储器用于存储计算机程序；处理器用于执行存储器中的计算机程序时，以实现如上述任一项皮带机渣土体积流量实时检测方法的步骤。

[0126] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述，每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处，各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。

[0127] 以上对本发明所提供的皮带机渣土体积流量实时检测系统和方法进行了详细介绍。本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述，以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想。应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明原理的前提下，还可以对本发明进行若干改进和修饰，这些改进和修饰也落入本发明权利要求的保护范围内。

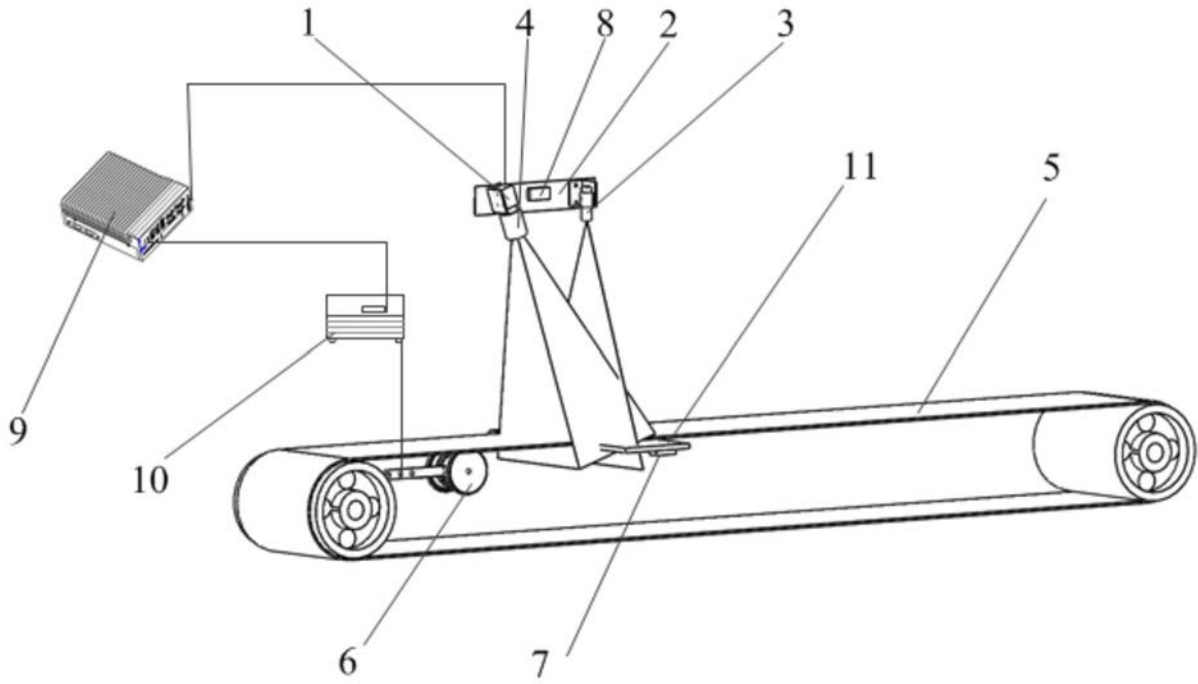


图1

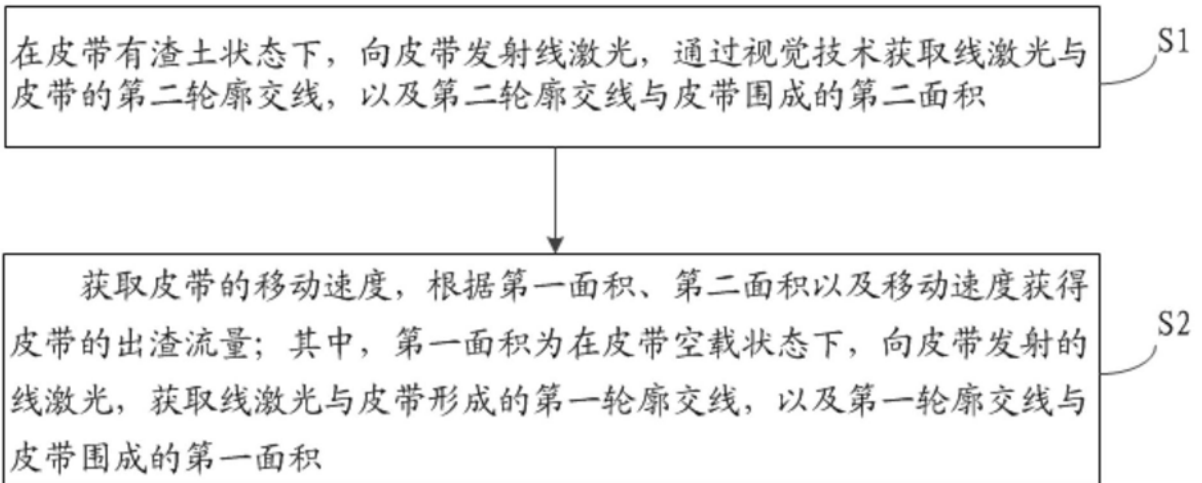


图2

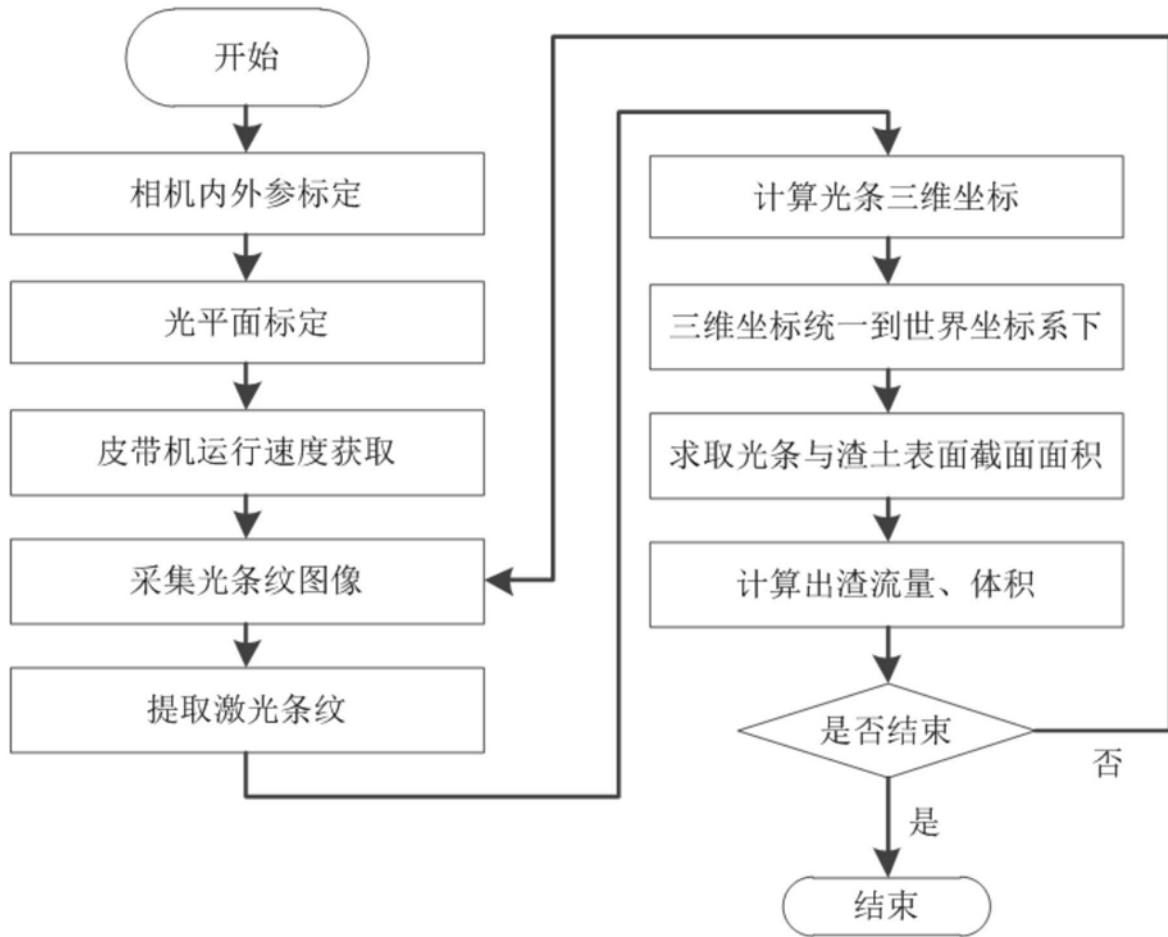


图3