



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104533521 B

(45)授权公告日 2017. 10. 24

(21)申请号 201410794776.5

审查员 马攀

(22)申请日 2014.12.19

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104533521 A

(43)申请公布日 2015.04.22

(73)专利权人 上海大学

地址 200444 上海市宝山区上大路99号

(72)发明人 高新闻 俞黎卿 杨正哲 管奔博

喻钢 王毅 蒋中行

(74)专利代理机构 上海上大专利事务所(普通

合伙) 31205

代理人 陆聪明

(51)Int.Cl.

E21F 17/00(2006.01)

G12B 9/10(2006.01)

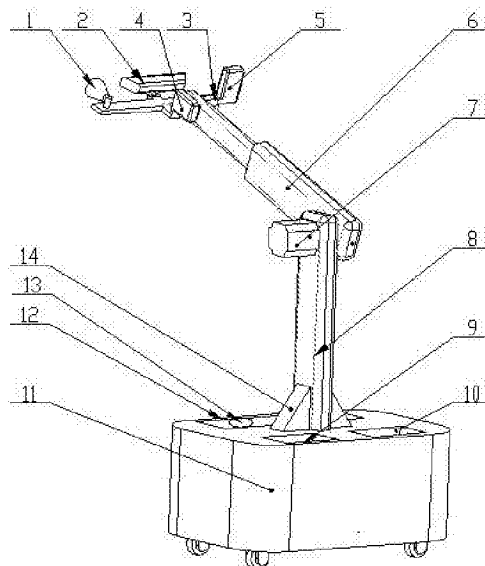
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种地铁隧道管片错台检测系统及检测方法

(57)摘要

本发明涉及一种地铁隧道管片错台检测系统及检测方法,包括视觉检测系统和机械对准系统,所述视觉检测系统包括照明设备、kinect摄像头、RFID超高频读写器、姿态传感器、电池组件、平板电脑;所述机械对准系统包括第一伺服直流电机、固定端杆、伸缩杆、第二伺服直流电机、直立杆、检测车车身和加强筋。本方法包括1)机械对准系统进行粗对准;2)根据视觉检测系统采集的深度图实现伸缩杆末端精对准;3)检测过程中,姿态传感器检测检测车车身的倾斜角,实时校正并调节伸缩杆末端实现精对准;4)对于检测出来错台高度差比较大的管片位置,即容易发生事故区域,通过管片上RFID电子标签定位记录。本发明能够实现对于隧道全方位检测。



1. 一种地铁隧道管片错台检测方法,其特征在于:

a) 包括视觉检测系统和机械对准系统,所述视觉检测系统包括照明设备(1)、kinect摄像头(2)、RFID超高频读写器(5)、姿态传感器(9)、电池组件(10)、平板电脑(12);所述机械对准系统包括第一伺服直流电机(3)、固定端杆(4)、伸缩杆(6)、第二伺服直流电机(7)、直立杆(8)、检测车车身(11)和加强筋(14);所述直立杆(8)通过加强筋(14)固定在检测车车身(11)上,所述姿态传感器(9)、电池组件(10)、平板电脑(12)安装在检测车车身(11)内;所述伸缩杆(6)是一个滚珠丝杠机构,进行伸缩运动,伸缩杆(6)和直立杆(8)通过旋转副相连,通过第二伺服直流电机(7)来控制伸缩杆(6)的旋转和伸缩,所述固定端杆(4)通过旋转副安装在伸缩杆(6)的顶部,通过第一伺服直流电机(3)来控制固定端杆(4)的旋转,所述照明设备(1)、kinect摄像头(2)、RFID超高频读写器(5)固定安装在固定端杆(4)上;

b) 所述的地铁隧道管片错台检测方法包括如下步骤:

1) 地铁隧道管片错台检测方法中的机械对准系统进行粗对准;

2) 根据视觉检测系统采集的深度图像实现伸缩杆(6)末端精对准,完成检测前准备工作;

3) 检测过程中,姿态传感器(9)检测检测车车身(11)的倾斜角,实时校正并调节伸缩杆(6)末端实现精对准;

4) 平板电脑(12)处理数据,对于检测出来错台高度差大于5mm的管片位置,即容易发生事故区域,通过管片上RFID电子标签定位记录。

2. 根据权利要求1所述的地铁隧道管片错台检测方法,其特征在于,所述步骤1)的具体步骤为:所述直立杆(8)顶端旋转副中心距离其上方隧道顶端3-3.1m;作业时,伸缩杆(6)伸长,使kinect摄像头(2)与管片(21)距离在0.8-1m之间,实现kinect摄像头(2)和管片(21)所在平面粗对准。

3. 根据权利要求1所述的地铁隧道管片错台检测方法,其特征在于,所述步骤2)的具体步骤为:通过kinect摄像头(2)获取管片(21)的深度图像,捕捉深度图像左上角,左下角,右上角,右下角四个点,左上角点距上边缘5个像素点、左边缘10个像素点,左下角点距下边缘5个像素点、左边缘10个像素点,右上角点距上边缘5个像素点、右边缘10个像素点,右下角点距下边缘5个像素点、右边缘10个像素点,时间域通过中值滤波算法得到对应深度值;分别求得左上角像素深度值与左下角像素深度值之差和右上角像素深度值与右下角像素深度值之差,再取两者平均值;如果该值在 $\pm 5\text{mm}$ 范围内,不做处理,如果该值大于5mm,说明kinect摄像头(2)上侧距离管片距离较远,对应固定端杆(4)通过第一伺服直流电机(3)逆时针偏转,直到两边深度差之范围缩小在 $\pm 5\text{mm}$ 之内;如果该值小于-5mm,对应固定端杆(4)通过第一伺服直流电机(3)顺时针偏转,到两边深度差之范围缩小在 $\pm 5\text{mm}$ 之内,实现伸缩杆(6)末端精对准。

4. 根据权利要求1所述的地铁隧道管片错台检测方法,其特征在于,所述步骤(3)的具体步骤为:在检测管片错台量过程中,所述姿态传感器(9)获得在地铁隧道轨道行驶时检测车车身(11)倾斜角,通过第二伺服直流电机(7)控制伸缩杆(6)旋转以及第一伺服直流电机(3)控制固定端杆(4)旋转来进行校正,使kinect摄像头(2)和管片(21)保持对准;轨道倾斜导致检测车车身(11)倾斜,通过下面算法来计算调整量:

S1,所述检测车车身(11)在水平面上时直立杆(8)是垂直于水平面上的线段AB,长度为

1₁, 伸缩杆(6)为线段BD, 长度为1₂; 倾斜面时, 直立杆(8)为线段AC, 其中倾斜角为a, 即∠BAC=a, 对应的伸缩杆(6)由原来的BD位置变为EC, 其中伸缩杆(6)和直立杆(8)的张角为b, 所以需要 Kinect 摄像头(2)位置校正, 将其从点E位置调整到点D, 同时需要调整固定端杆(4)角度;

S2, 通过第二伺服直流电机(7)控制旋转副逆时针旋转∠ECD, 伸缩杆伸长 $d = DC - EC$, 固定端杆(4)旋转∠BDC角度对其校正, 以下对所需调整量进行计算;

S3, 在三角形BCD中, 根据正弦定理: $BD / \sin \angle BCD = BC / (180 - b - \angle BCD)$ 可以求得∠BCD的大小, 其中 $\angle ACB = (180 - a) / 2$, $BC = 2l_1 \sin(a/2)$, 因此第二伺服直流电机(7)逆时针旋转∠ECD = b - ∠BCD - ∠ACB角度;

S4, 根据余弦定理求得CD长度 $\cos \angle CBD = 360 - b - \angle CAB = (BC^2 + BD^2 - CD^2) / 2 \cdot BC \cdot BD$, $d = CE - CD$, 即伸缩杆(6)所需伸长长度;

S5, 第一伺服直流电机(3)控制固定端杆(4)顺时针旋转∠BDC角度, $\angle BDC = 180 - \angle DBC - \angle BCD$, 其中∠BCD在S3中已求得, $\angle DBC = 360 - b - \angle ABC$ 。

一种地铁隧道管片错台检测系统及检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及地铁隧道管片检测领域,具体地说,涉及一种地铁隧道管片错台检测系统及检测方法。

背景技术

[0002] 盾构施工过程中在转弯处容易产生大量错台,一旦没有及时发现,采取控制措施,错过发现安全隐患的最佳时机,极易造成隧道漏水、管片开裂等事故。随着破坏的不断深入,管片内部可能出现大量泥沙涌入、大量积水等情况,导致隧道受损,严重时导致隧道坍塌。因此,及时检测出管片的状态对于隧道安全十分重要。

[0003] 在2008年我国住建部出台的《盾构法隧道施工与验收规范》中,对于管片拼装质量给出了控制规范以及检测方法。该规范对管片错台量的允许偏差也提出了明确要求和控制标准,该规范要求相邻管片径向错台偏差须控制在5 mm以内。

[0004] 目前针对管片错台和开裂等现象的检测普遍通过工程检测人员在地铁隧道内部逐一检查的手段实现。针对盾构管片破损与开裂问题,工程检测人员在地铁隧道中定期巡视,观察并记录隧道内部是否存在管片受损的现象。盾构的错台量检测方法类似,检测人员在隧道内部巡视,发现错台较大的管片时,使用直尺丈量判定错台量是否超标。

[0005] 以上解决方案,不仅导致检测工作繁琐,同时某一方检测出现问题,又会造成其他单位进行复测,增加检测的工作量,降低检测工作效率,造成大量资金浪费。管片质量检测实施往往要检测人员进入地下十几米深的隧道中,隧道空间狭小为检测人员实施现场检测造成不便。在施工过程中,一旦发生如基坑坍塌的特殊状况,安全检测人员的人生安全也难以得到保障。

[0006] Kinect是微软开发的一款3D体感游戏的自然交互外设,主要用来实现体感游戏中人体的动作捕捉和识别。它集成了诸多先进视觉技术,可以同时捕捉彩色影像、深度图像和声音信号,在学术和游戏业界均享有很高的关注度。深度数据是Kinect的精髓,PrimeSense公司将其深度测量技术命名为光编码,属于结构光测量技术的一种。其采用的光源是激光照射到不均匀介质上形成的随机衍射斑点,即激光散斑,它具有随机性,随着距离的不同呈现不同的图案。在空间中打上这样的结构光,相当于对整个空间做了标记,通过物体表面的散斑图案即可获得物体的位置信息。该技术可扩展性强,设备终端可以高度集成微型化,更重要的是操作简易,成本低廉。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于实现对隧道管片错台量自动检测,提供一种地铁隧道管片错台检测系统及检测方法,同时对出现错台量不符合安全的管片能及时准确的对位置定位,提高隧道设施的管理和维护能力。

[0008] 为了达到以上目的,本发明采用以下技术方案:

[0009] 一种地铁隧道管片错台检测系统,包括视觉检测系统和机械对准系统,所述视觉

检测系统包括照明设备、kinect摄像头、RFID超高频读写器、姿态传感器、电池组件、平板电脑；所述机械对准系统包括第一伺服直流电机、固定端杆、伸缩杆、第二伺服直流电机、直立杆、检测车车身和加强筋；所述直立杆通过加强筋固定在检测车车身上，所述姿态传感器、电池组件、平板电脑安装在检测车车体内；所述伸缩杆是一个滚珠丝杠机构，进行伸缩运动，伸缩杆和直立杆通过旋转副相连，通过第二伺服直流电机来控制伸缩杆的旋转和伸缩，所述固定端杆通过旋转副安装在伸缩杆的顶部，通过第一伺服直流电机来控制固定端杆的旋转，所述照明设备、kinect摄像头、RFID超高频读写器固定安装在固定端杆上。

[0010] 一种地铁隧道管片错台检测方法，使用上述的系统，包括如下步骤：

[0011] 1) 地铁隧道管片错台检测系统的机械对准系统进行粗对准；

[0012] 2) 根据视觉检测系统采集的深度图实现伸缩杆末端精对准，完成检测前准备工作；

[0013] 3) 检测过程中，姿态传感器检测检测车车身的倾斜角，实时校正并调节伸缩杆末端实现精对准；

[0014] 4) 平板电脑处理数据，对于检测出来错台高度差大于5mm的管片位置，即容易发生事故区域，通过管片上RFID电子标签定位记录。

[0015] 上述步骤1)的具体步骤为：所述直立杆顶端旋转关节中心距离其上方隧道顶端3-3.1m；作业时，伸缩杆伸长，使kinect摄像头与管片距离在0.8-1m之间，实现kinect摄像头和管片所在平面粗对准。

[0016] 上述步骤2)的具体步骤为：通过kinect摄像头获取管片的深度图像，捕捉深度图像左上角，左下角，右上角，右下角四个点，分别距离图像上下边缘5个像素点，左右边缘点10个像素点，时间域通过中值滤波算法得到对应深度值；分别求得左上角像素深度值与左下角像素深度值之差和右上角像素深度值与右下角像素深度值之差，再取两者平均值；如果该值在 ± 5 mm范围内，不做处理，如果该值大于5mm，说明kinect摄像头上侧距离管片距离较远，对应固定端杆的通过第一伺服直流电机向前偏转，直到两边深度差之范围缩小在 ± 5 mm之内；如果该值小于-5mm，对应固定端杆的通过第一伺服直流电机向后偏转，到两边深度差之范围缩小在 ± 5 mm之内，实现伸缩杆末端精对准。

[0017] 上述步骤3)的具体步骤为：在检测管片错台量过程中，所述姿态传感器获得检测系统在地铁隧道轨道行驶时检测车车身倾斜角，通过第二伺服直流电机控制通过控制伸缩杆旋转，伸缩杆自身伸缩运动以及第一伺服直流电机控制固定端杆旋转来进行校正，使kinect摄像头和管片保持对准；轨道倾斜导致检测车车身倾斜，通过下面算法来计算调整量：

[0018] S1,所述检测车车身上直立杆在水平面上时为线段AB,长度为 l_1 ,伸缩杆为线段BD,长度为 l_2 ;倾斜面时,直立杆为线段AC,其中倾斜角为 α ,即 $\angle BAC = \alpha$,对应的伸缩杆由原来的BD位置变为EC,其中伸缩杆和直立杆的张角为 β ,所以需要调整kinect摄像头位置校正,将其从点E位置调整到点D,同时需要调整固定端杆角度；

[0019] S2,通过第二伺服直流电机控制旋转关节逆时针旋转 $\angle BCD$,伸缩杆伸长 $d=DC-EC$,固定端杆旋转 $\angle BDC$ 角度对其校正,以下对所需调整量进行计算；

[0020] S3,在三角形BCD中,根据正弦定理: $BD/\sin\angle BCD = BC/(180 - b - \angle BCD)$ 可以求得 $\angle BCD$ 的大小,其中 $\angle ACB = (180 - a)/2$, $BC = 2l_1 \sin(a/2)$ 因此第二伺服直流电机逆时针旋转 $\angle ECD = b - \angle BCD - \angle ACB$ 角度;

[0021] S4,根据余弦定理求得CD长度

$\cos\angle CBD = 360 - b - \angle CAB = (BC^2 + BD^2 - CD^2) / 2 \cdot BC \cdot BD$, $d = CE - CD$ 即伸缩杆所需伸长长度;

[0022] S5,第一伺服直流电机控制固定端杆顺时针旋转 $\angle BDC$ 角度, $\angle BDC = 180 - \angle DBC - \angle BCD$,其中 $\angle BCD$ 在S3中已求得, $\angle DBC = 360 - b - \angle ABC$ 。

[0023] 本发明与现有技术相比较,具有如下显而易见的突出实质性特点和显著优点:

[0024] 本发明对于地铁隧道管片的检测相对于人工测量法提高效率,减少劳动力,同时采用kinect设备对于一般的激光相机测量成本更加低廉。本发明的机械对准装置能够实现对于隧道全方位检测,同时能够实时进行设备对于管片的对准。

附图说明

[0025] 图1是本系统检测车系统的机构示意简图。

[0026] 图2是本系统检测过程机构装置对准流程图。

[0027] 图3是本系统kinect和盾构管片对准示意图。

[0028] 图4是本系统采集深度图像精对准测试点示意图。

[0029] 图5是本系统检测车倾斜情况下机构校正方案的几何示意图。

具体实施方式

[0030] 下面结合附图和具体实施方式对本发明的技术方案作进一步具体说明。

[0031] 结合图1- 图5说明本实施例,图1所示的是本发明系统的检测车系统的机构示意简图,包括检测车的视觉检测系统和机械对准机构,所述视觉检测系统包括照明设备1、kinect摄像头2、RFID 超高频读写器5、姿态传感器9、电池组件10、平板电脑12;所述机械对准系统包括第一伺服直流电机3、固定端杆4、伸缩杆6、第二伺服直流电机7、直立杆8、检测车车身11和加强筋14;所述直立杆8通过加强筋14固定在检测车车身11上,所述姿态传感器9、电池组件10、平板电脑12安装在检测车车身11内;所述伸缩杆6是一个滚珠丝杠机构,进行伸缩运动,伸缩杆6和直立杆8通过旋转副相连,通过第二伺服直流电机7来控制伸缩杆6的旋转和伸缩,所述固定端杆4通过旋转副安装在伸缩杆6的顶部,通过第一伺服直流电机3来控制固定端杆4的旋转,所述照明设备1、kinect摄像头2、RFID 超高频读写器5固定在固定端杆4上。

[0032] 上述括照明设备1、kinect摄像头2和RFID 超高频读写器5安装在固定端杆4上,姿态传感器9、电池组件10和平板电脑12安装在检测车车身11内,平板电脑12通过调用内部管片错台高度差检测软件系统13进行盾构管片错台检测。

[0033] 图2是一种地铁隧道管片错台检测方法,步骤如下:

[0034] 1) 地铁隧道管片错台检测系统的机械对准系统进行粗对准;

[0035] 2) 根据视觉检测系统采集的深度图实现伸缩杆6末端精对准,完成检测前准备工

作；

[0036] 3)检测过程中,姿态传感器9检测检测车车身11的倾斜角,实时校正并调节伸缩杆6末端实现精对准；

[0037] 4)平板电脑12处理数据,对于检测出来错台高度差大于5mm的管片位置,即容易发生事故区域,通过管片上RFID电子标签定位记录。

[0038] 上述步骤1)的具体步骤为:所述直立杆8顶端旋转关节中心距离其上方隧道顶端3-3.1m;作业时,伸缩杆6伸长,使kinect摄像头2与管片21距离在0.8-1m之间,实现kinect摄像头2和管片21所在平面粗对准,如图3所示。

[0039] 上述步骤2)的具体步骤为:固定端杆4与管片21之间的精对准由管片错台高度差检测软件13中深度图像对准程序模块实现。图4是本系统采集深度图像精对准测试点示意图,通过kinect深度摄像头获取管片深度图像,捕捉深度图像左上角,左下角,右上角,右下角四个像素点A,B,C,D,分别距离上下边缘5个像素点,左右边缘点10个像素点,在时间域取十帧图像,通过中值滤波算法,获得对应像素点深度值。分别求得左上角像素深度值与左下角像素深度值之差和右上角像素深度值与右下角像素深度值之差,再取两者平均值。如果该值在 ± 5 mm范围内,不做处理,如果该值大于5mm,说明kinect摄像头2上侧距离管片距离较远,对应固定端杆4的通过第一伺服直流电机3向前偏转,直到两边深度差之范围缩小在 ± 5 mm之内;同理如果该值小于-5mm,对应固定端杆4的通过第一伺服直流电机3向后偏转,到两边深度差之范围缩小在 ± 5 mm之内。

[0040] 上述步骤3)的具体步骤为:在检测管片错台量过程中,所述姿态传感器9获得检测车在地铁隧道轨道行驶时车身倾斜角。通过第二伺服直流电机7控制通过控制伸缩杆6旋转,伸缩杆6自身伸缩运动以及第一伺服直流电机3控制固定端杆4旋转来进行校正,使kinect摄像头2和管片21保持对准。轨道倾斜导致检测车车身11倾斜,图5是本系统检测车倾斜情况下机构校正方案的几何示意图。通过下面算法来计算调整量。通过以下步骤:

[0041] S1,所述检测车车身11上直立杆8在水平面上时为线段AB,长度为 l_1 ,伸缩杆6为线段BD,长度为 l_2 ;倾斜面时,直立杆8为线段AC,其中倾斜角为 α ,即 $\angle BAC = \alpha$,对应的伸缩杆6由原来的BD位置变为EC,其中伸缩杆6和直立杆8的张角为 b ,所以需要调整kinect摄像头2位置校正,将其从点E位置调整到点D,同时需要调整固定端杆4角度;

[0042] S2,通过第二伺服直流电机7控制旋转关节逆时针旋转 $\angle ECD$,伸缩杆伸长 $d = DC - EC$,固定端杆4旋转 $\angle BDC$ 角度对其校正,以下对所需调整量进行计算;

[0043] S3,在三角形BCD中,根据正弦定理: $BD/\sin \angle BCD = BC/(180 - b - \angle BCD)$ 可以求得 $\angle BCD$ 的大小,其中 $\angle ACB = (180 - \alpha)/2$, $BC = 2l_1 \sin(\alpha/2)$ 因此第二伺服直流电机7逆时针旋转 $\angle ECD = b - \angle BCD - \angle ACB$ 角度;

[0044] S4,根据余弦定理求得CD长度

$\cos \angle CBD = 360 - b - \angle CAB = (BC^2 + BD^2 - CD^2) / 2 \cdot BC \cdot BD$, $d = CE - CD$ 即伸缩杆6所需伸长长度;

[0045] S5,第一伺服直流电机3控制固定端杆4顺时针旋转 $\angle BDC$ 角度,

$\angle BDC = 180 - \angle DBC - \angle BCD$, 其中 $\angle BCD$ 在 S3 中已求得, $\angle DBC = 360 - b - \angle ABC$ 。

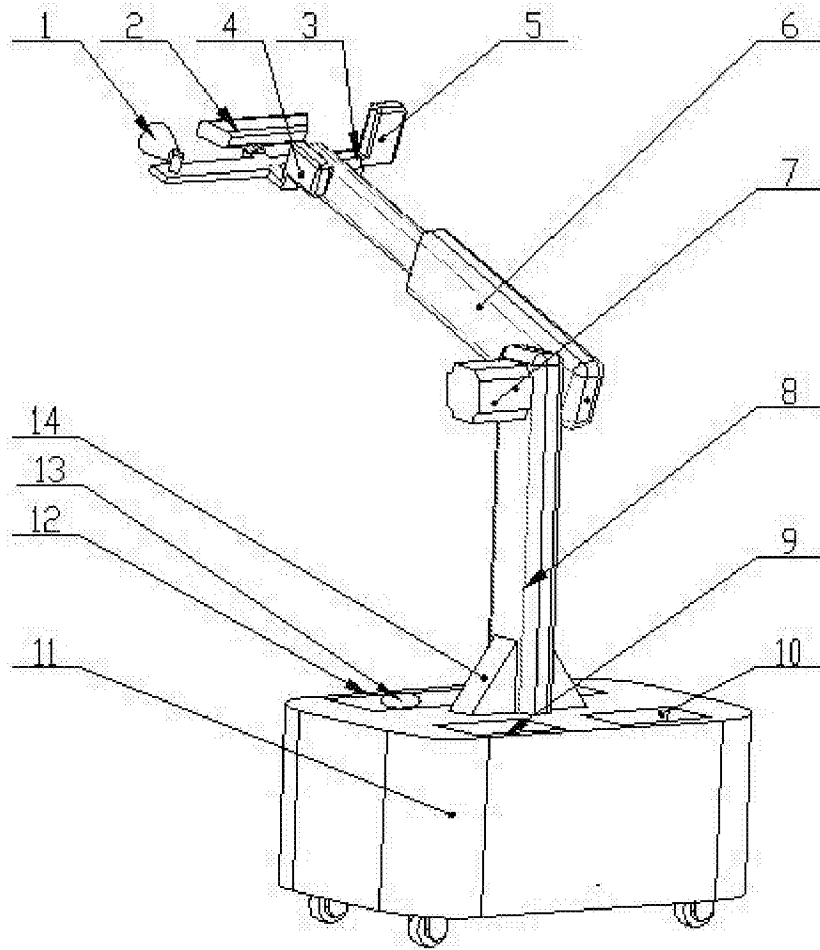


图1

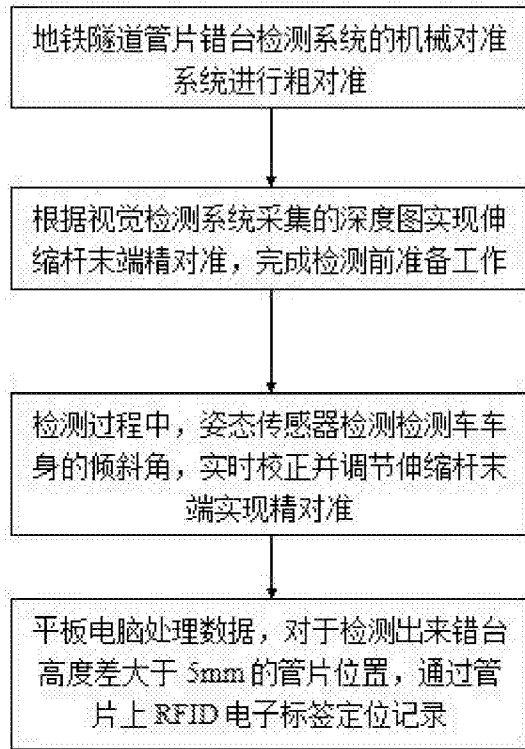


图2

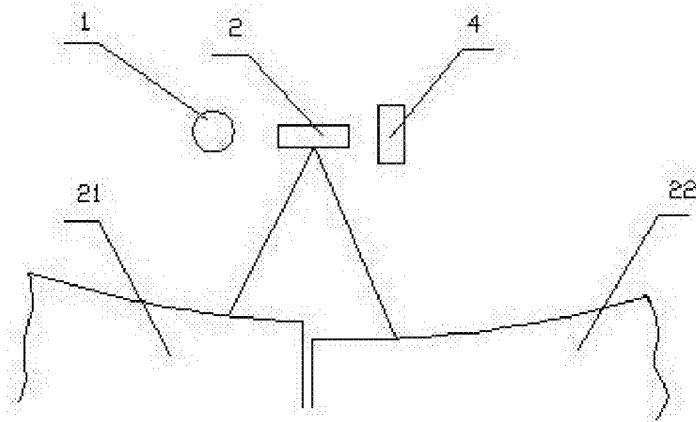


图3

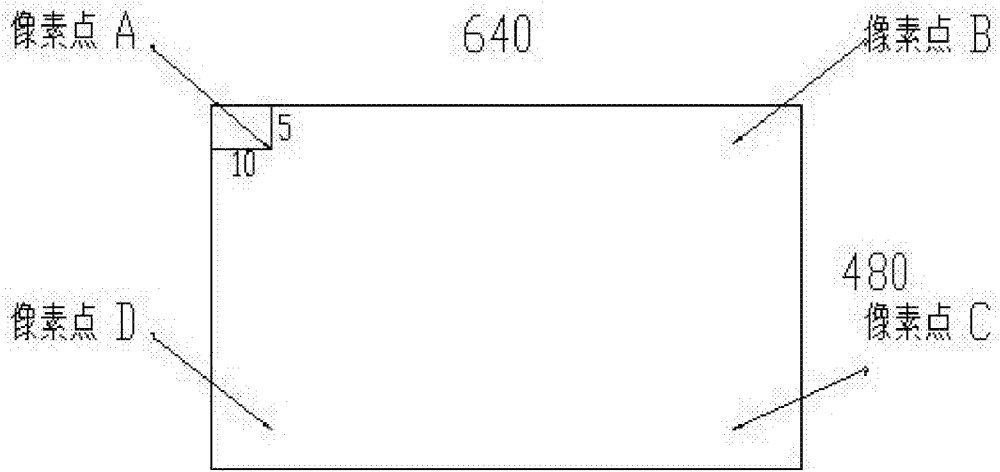


图4

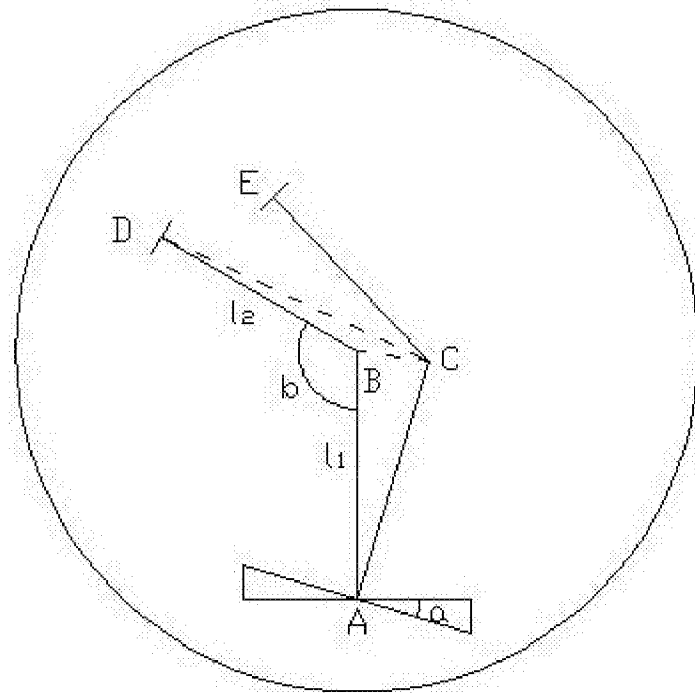


图5