



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110298828 A
(43)申请公布日 2019.10.01

(21)申请号 201910534503.X

(22)申请日 2019.06.19

(71)申请人 安徽工业大学

地址 243032 安徽省马鞍山市湖东路59号

(72)发明人 许四祥 方建中 杨宇 高培青
蔡永祯

(74)专利代理机构 合肥昊晟德专利代理事务所
(普通合伙) 34153

代理人 王林

(51) Int. Cl.

G06T 7/00(2017.01)

G06T 7/13(2017.01)

G06T 7/80(2017.01)

G06T 7/33(2017.01)

G06T 7/60(2017.01)

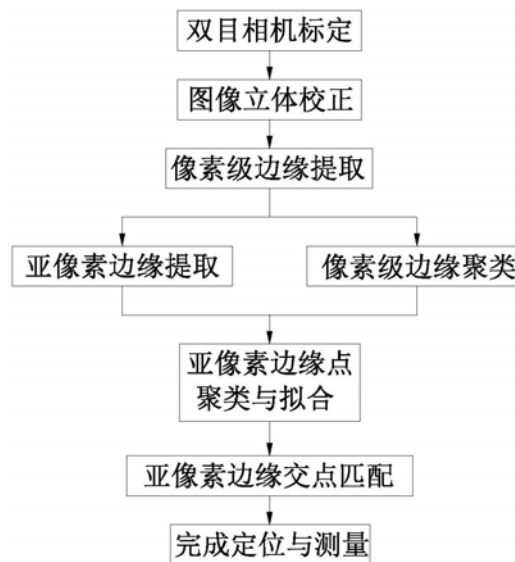
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种跑偏板坯毛刺的定位方法

(57)摘要

本发明公开一种跑偏板坯毛刺的定位方法,采用双目视觉系统,包括如下步骤:进行双目摄像头内外参数标定和OpenCV编程进行校正;对跑偏板坯进行像素级边缘提取并通过Zemike矩获得跑偏板坯亚像素边缘点坐标;对所述亚像素点进行聚类 and 线性最小二乘法拟合;对左右图像中的角点精确立体匹配,从而获得所述跑偏板坯上边缘两角点的三维坐标信息;根据所述跑偏板坯上边缘两板坯角点的三维坐标信息和所述跑偏板坯的板坯厚度,可得到所述跑偏板坯下边缘两角点的三维坐标信息,下边缘两角点连线下方为毛刺的精确位置;本发明采用无接触定位方法,无论板坯跑偏多少,总能进行自适应定位,具有良好的鲁棒性。



1. 一种跑偏板坯毛刺的定位方法,其特征在于,采用双目视觉系统,包括如下步骤:

S1,进行双目摄像头内外参数标定和OpenCV编程进行校正;

S2,对跑偏板坯进行像素级边缘提取并通过Zemike矩获得跑偏板坯亚像素边缘点坐标;

S3,对所述亚像素点进行聚类 and 线性最小二乘法拟合;

S4,对左右图像中的角点精确立体匹配,从而获得所述跑偏板坯上边缘两角点的三维坐标信息;

S5,根据所述跑偏板坯上边缘两角点的三维坐标信息和所述跑偏板坯的板坯厚度,得到所述跑偏板坯下边缘两角点的三维坐标信息,所述下边缘两角点连线下方为毛刺的精确位置。

2. 如权利要求1所述的跑偏板坯毛刺的定位方法,其特征在于,所述双目视觉系统包括光源、所述双目摄像头、悬臂机架、工控机、控制柜、清理机器人;所述双目摄像头固定在所述悬臂机架上,所述双目摄像头布置在对应所述跑偏板坯行进方向的侧上方,所述双目摄像头与所述工控机连接,所述工控机通过所述控制柜与所述清理机器人连接。

3. 如权利要求2所述的跑偏板坯毛刺的定位方法,其特征在于,所述悬臂机架可上下移动调节高度,在所述悬臂机架上设置有等距离的小孔。

4. 如权利要求1所述的跑偏板坯毛刺的定位方法,其特征在于,在所述步骤S1中,采用张正友标定法并利用OPENCV库完成双目相机的标定。

5. 如权利要求1所述的跑偏板坯毛刺的定位方法,其特征在于,在所述步骤S2中,所述亚像素边缘点坐标 (x', y') 的公式为:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + l \begin{bmatrix} \cos(\varphi) \\ \sin(\varphi) \end{bmatrix}$$

其中, (x, y) 为像素级边缘点坐标, (x', y') 为像素级边缘点到真实边缘的垂足坐标, l 为像素级边缘点 (x, y) 到真实边缘的垂直距离, φ 为点 (x, y) 与点 (x', y') 连线与水平面的夹角。

6. 如权利要求5所述的跑偏板坯毛刺的定位方法,其特征在于,点 (x, y) 与点 (x', y') 连线与水平面的夹角 φ 的计算公式为:

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{\text{Im}(Z_{1,1})}{\text{Re}(Z_{1,1})} \right)$$

其中, $\text{Re}(Z_{1,1})$ 为Zemike矩的实部, $\text{Im}(Z_{1,1})$ 为Zernike矩的虚部;

像素级边缘点 (x, y) 到真实边缘的垂直距离 l 的计算公式为:

$$l = \frac{Z_{2,0}}{Z_{1,1} \exp(-j\varphi)}$$

其中, φ 为点 (x, y) 与点 (x', y') 连线与水平面的夹角, $Z_{2,0}$ 为2阶0次Zernike矩, $Z_{1,1}$ 为1阶1次Zernike矩, j 为虚数单位。

7. 如权利要求5所述的跑偏板坯毛刺的定位方法,其特征在于,在所述步骤S3中,将若干亚像素边缘点作为一个点簇,形成亚像素边缘,利用线性最小二乘拟合各亚像素边缘形成边缘直线,通过各所述边缘直线求出拟合的亚像素边缘的交点。

8. 如权利要求7所述的跑偏板坯毛刺的定位方法,其特征在于,所述边缘直线的表达式为:

$$y'_m = a_m x'_m + b_m$$

其中, a_m 为第m条边缘直线的斜率; b_m 为第m条边缘直线的截距, (x'_m, y'_m) 为第m条边缘直线上的点坐标;

第m条边缘直线的斜率 a_m 的表达式为:

$$a_m = \frac{n_m \sum x'_i y'_i - \sum x'_i \sum y'_i}{n_m \sum (x'_i)^2 - \sum x'_i \sum x'_i}$$

第m条边缘直线的截距 b_m 的表达式为:

$$b_m = \frac{n_m \sum (x'_i)^2 \sum y'_i - \sum x'_i \sum x'_i y'_i}{n_m \sum (x'_i)^2 - \sum x'_i \sum x'_i}$$

其中, (x'_i, y'_i) 表示第m个亚像素边缘中的第i个亚像素边缘点的坐标, n_m 为第m个亚像素边缘中亚像素边缘点的个数。

9. 如权利要求1所述的跑偏板坯毛刺的定位方法,其特征在于,在所述步骤S4中,根据极几何原理来完成左右图像中的角点精确立体匹配,从而获得跑偏板坯上边缘两角点的三维坐标信息。

10. 如权利要求1所述的跑偏板坯毛刺的定位方法,其特征在于,在所述步骤S5中,根据所述跑偏板坯上边缘两角点的三维坐标信息和所述跑偏板坯的板坯厚度,得到所述跑偏板坯下边缘两角点的三维坐标信息,所述下边缘两角点连线下方为毛刺的精确位置。

一种跑偏板坯毛刺的定位方法

技术领域

[0001] 本发明涉及钢铁冶金行业中的板坯去毛刺领域,具体涉及一种跑偏板坯毛刺的定位方法。

背景技术

[0002] 钢液经连铸机组结晶成形为无限长板坯,采用数控火焰切割机切割成定尺长度。由于切割过程中熔融钢液向下流动导致连铸板坯底部粘连有一条不规则的熔渣(毛刺),其硬度较大,且粘附力强,送入热轧工序时可能不规则嵌入到钢板中,切头切尾长度较长,导致热轧钢卷成材率较低。同时毛刺对输送辊道和轧辊的表面造成一定的挤压损伤,影响其使用寿命。

[0003] 在现有的去除连铸坯毛刺方法中,主要有刮刀去除法和锤刀去除法等。刮刀式去除法是采用机械切削的方式去除板坯毛刺,该方法的优点在于机构的稳定性强,可靠性高,而且对板坯定位精度要求不高,但毛刺去除率不高,刀具寿命直接影响轧钢生产效率。锤刀式去除法是采用机械冲击方法去除板坯毛刺的另一种方法。其利用高速旋转的一组尖角锤刀,通过离心力甩开,待板坯切口下边将要通过时,高速旋转的毛刺辊向上移动,刀刃与板坯毛刺充分接触,打磨一定时间,从而去除毛刺。这种方式结构简单,占用空间少,易于布置。但也存在板坯停止位置不准,锤刀直接接触铸坯易于磨损损坏而造成去毛刺效果不好等不足。

[0004] 在申请号为CN201210459481.3的发明专利中提出了一种等离子去除板坯毛刺的新方法。其采用龙门式结构,利用等离子弧高温热源,将毛刺熔化并辅以高压氮气,将其吹落,切割表面质量非常光滑,去毛刺效果极好且效率极高。由于等离子弧枪体出口温度高达10000℃,等离子切割效率比火焰切割快8倍,等离子切割时行走速度可达10m/min。另一篇申请号为CN201720389955.X的实用新型专利,在上述去除板坯毛刺的系统的基础上进行了改进,提出了一种悬挂式机器人去板坯毛刺的装置。其本体结构简单,无需改变热轧生产线局部机械结构,占地面积小,安装方便,调试简单。但这两种方式下,板坯到达指定位置时需要严格的机械定位,若板坯出现跑偏现象,则出现板坯毛刺切割不到位的情况,导致去毛刺率不高。在实际生产现场,板坯跑偏经常出现,每次程度不一致。

[0005] 鉴于上述缺陷,本发明创作者经过长时间的研究和实践终于获得了本发明。

发明内容

[0006] 为解决上述技术缺陷,本发明采用的技术方案在于,提供一种跑偏板坯毛刺的定位方法,采用双目视觉系统,包括如下步骤:

[0007] S1,进行双目摄像头内外参数标定和OpenCV编程进行校正;

[0008] S2,对跑偏板坯进行像素级边缘提取并通过Zernike矩获得跑偏板坯亚像素边缘点坐标;

[0009] S3,对所述亚像素点进行聚类 and 线性最小二乘法拟合;

[0010] S4,对左右图像中的角点精确立体匹配,从而获得所述跑偏板坯上边缘两角点的三维坐标信息;

[0011] S5,根据所述跑偏板坯上边缘两角点的三维坐标信息和所述跑偏板坯的板坯厚度,可得到所述跑偏板坯下边缘两角点的三维坐标信息,两角点连线下方即毛刺的精确位置。

[0012] 较佳的,所述双目视觉系统包括光源、所述双目摄像头、悬臂机架、工控机、控制柜、清理机器人;所述双目摄像头固定在所述悬臂机架上,所述双目摄像头布置在对应所述跑偏板坯行进方向的侧上方,所述双目摄像头与所述工控机连接,所述工控机通过所述控制柜与所述清理机器人连接。

[0013] 较佳的,所述悬臂机架可上下移动调节高度,在所述悬臂机架上设置有等距离的小孔。

[0014] 较佳的,在所述步骤S1中,采用张正友标定法并利用OPENCV库完成双目相机的标定。双目相机标定是为了确定相机内参数,以及左右相机之间的相对位置,标定完成后就能确定相机坐标系、图像坐标系和像素坐标系之间的关系。

[0015] 较佳的,在所述步骤S2中,所述亚像素边缘点坐标 (x',y') 的公式为:

$$[0016] \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + l \begin{bmatrix} \cos(\phi) \\ \sin(\phi) \end{bmatrix}$$

[0017] 其中, (x,y) 为像素级边缘点坐标, (x',y') 为像素级边缘点到真实边缘的垂足坐标, l 为像素级边缘点 (x,y) 到真实边缘的垂直距离, ϕ 为点 (x,y) 与点 (x',y') 连线与水平面的夹角。

[0018] 较佳的,点 (x,y) 与点 (x',y') 连线与水平面的夹角 ϕ 的计算公式为:

$$[0019] \phi = \tan^{-1} \left(\frac{\text{Im}(Z_{1,1})}{\text{Re}(Z_{1,1})} \right)$$

[0020] 其中, $\text{Re}(Z_{1,1})$ 为Zernike矩的实部, $\text{Im}(Z_{1,1})$ 为Zernike矩的虚部;

[0021] 像素级边缘点 (x,y) 到真实边缘的垂直距离 l 的计算公式为:

$$[0022] l = \frac{Z_{2,0}}{Z_{1,1} \exp(-j\phi)}$$

[0023] 其中, ϕ 为点 (x,y) 与点 (x',y') 连线与水平面的夹角, $Z_{2,0}$ 为2阶0次Zernike矩, $Z_{1,1}$ 为1阶1次Zernike矩, j 为虚数单位。

[0024] 较佳的,在所述步骤S3中,将若干亚像素边缘点作为一个点簇,形成亚像素边缘,利用线性最小二乘拟合各亚像素边缘形成边缘直线,通过各所述边缘直线可求出拟合的亚像素边缘的交点。

[0025] 较佳的,所述边缘直线的表达式为:

$$[0026] y'_m = a_m x'_m + b_m$$

[0027] 其中, a_m 为第 m 条边缘直线的斜率; b_m 为第 m 条边缘直线的截距, (x'_m, y'_m) 为第 m 条边缘直线上的点坐标;

[0028] 第 m 条边缘直线的斜率 a_m 的表达式为:

$$[0029] a_m = \frac{n_m \sum x'_i y'_i - \sum x'_i \sum y'_i}{n_m \sum (x'_i)^2 - \sum x'_i \sum x'_i}$$

[0030] 第m条边缘直线的截距 b_m 的表达式为:

$$[0031] \quad b_m = \frac{n_m \sum (x'_i)^2 \sum y'_i - \sum x'_i \sum x'_i y'_i}{n_m \sum (x'_i)^2 - \sum x'_i \sum x'_i}$$

[0032] 其中, (x'_i, y'_i) 表示第m个亚像素边缘中的第i个亚像素边缘点的坐标, n_m 为第m个亚像素边缘中亚像素边缘点的个数。

[0033] 较佳的, 在所述步骤S4中, 根据极几何原理来完成左右图像中的角点精确立体匹配, 从而获得跑偏板坯上边缘两角点的三维坐标信息。

[0034] 较佳的, 在所述步骤S5中, 根据所述跑偏板坯上边缘两角点的三维坐标信息和所述跑偏板坯的板坯厚度, 得到所述跑偏板坯下边缘两角点的三维坐标信息, 从而获得毛刺的精确位置。

[0035] 与现有技术比较本发明的有益效果在于: 1, 本发明采用无接触定位方法, 无论板坯跑偏多少, 总能进行自适应定位, 具有良好的鲁棒性; 2, 本发明避免机械定位方法的定时矫正和机械定位故障, 无需在生产线上布置机械定位装置, 减少故障发生率; 3, 双目视觉系统成本低, 结构简单, 占用空间小; 4, 毛刺粘结在跑偏板坯底部, 与板坯色度相差无几, 直接对毛刺定位难度很大, 采用板坯上角点精确定位后向下偏移, 可大大提高毛刺定位的精确度。

附图说明

[0036] 图1为所述双目视觉系统的结构示意图;

[0037] 图2为本发明所述跑偏板坯毛刺的定位方法的流程图。

[0038] 图中数字表示:

[0039] 1-光源; 2-双目摄像头; 3-悬臂机架; 4-工控机; 5-控制柜; 6-清理机器人; 7-跑偏板坯。

具体实施方式

[0040] 以下结合附图, 对本发明上述的和另外的技术特征和优点作更详细的说明。

[0041] 实施例一

[0042] 本发明所述跑偏板坯毛刺的定位方法采用双目视觉系统, 如图1所示, 图1为所述双目视觉系统的结构示意图; 所述双目视觉系统包括光源1、双目摄像头2、悬臂机架3、工控机4、控制柜5、清理机器人6。

[0043] 所述双目摄像头2固定在所述悬臂机架3上, 所述悬臂机架3可上下移动调节高度, 在所述悬臂机架3上设置有等距离的小孔, 以便调节所述双目摄像头2之间的距离。所述双目摄像头2布置在对应所述跑偏板坯7行进方向的左上方。所述双目摄像头2与所述工控机4连接, 所述工控机4通过所述控制柜5与所述清理机器人6连接。所述工控机4通过所述双目摄像头2对所述跑偏板坯7的位置信息进行捕捉, 并根据所述位置信息基于本发明所述跑偏板坯毛刺的定位方法进行定位计算, 在定位计算完成后去毛刺具体操作由所述控制柜5控制所述清理机器人6对对应位置上的毛刺进行清理操作。

[0044] 具体的, 当所述跑偏板坯7行进到所述清理机器人6工位时处于跑偏状态, 已标定完成的所述双目摄像头2开始启动拍照, 所述双目摄像头2接口为USB, 可直接将左右图像采

集到所述工控机4并进行图像处理与所述定位方法的定位计算,获得板坯角点A和板坯角点B的三维坐标,在Z轴方向减去所述跑偏板坯7厚度后得到板坯角点C和板坯角点D的三维坐标信息,将板坯角点C和板坯角点D的三维坐标信息以ModbusTCP协议传送到所述控制柜5,从而驱动所述清理机器人6去除所述跑偏板坯7底部CD线段以下的毛刺,精度高,速度快,去除毛刺效果极好。

[0045] 实施例二

[0046] 如图2所示,图2为本发明所述跑偏板坯毛刺的定位方法的流程图。本发明所述跑偏板坯毛刺的定位方法具体包括如下步骤:

[0047] S1,采用张正友标定法进行所述双目摄像头2内外参数标定和OpenCV编程进行校正;

[0048] S2,使用Canny算子对所述跑偏板坯7进行像素级边缘提取与Zernike矩获得跑偏板坯亚像素边缘点坐标;

[0049] 具体的,亚像素边缘点坐标公式为:

$$[0050] \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + l \begin{bmatrix} \cos(\phi) \\ \sin(\phi) \end{bmatrix}$$

[0051] 其中,(x,y)为像素级边缘点坐标,(x',y')为像素级边缘点到真实边缘的垂足坐标(即边缘的亚像素点),l为像素级边缘点(x,y)到真实边缘的垂直距离, ϕ 为点(x,y)与点(x',y')连线与水平面的夹角。

[0052] 进一步的,点(x,y)与点(x',y')连线与水平面的夹角 ϕ 的计算公式为:

$$[0053] \phi = \tan^{-1} \left(\frac{\text{Im}(Z_{1,1})}{\text{Re}(Z_{1,1})} \right)$$

[0054] 其中,Re($Z_{1,1}$)为Zernike矩的实部,Im($Z_{1,1}$)为Zernike矩的虚部。

[0055] 像素级边缘点(x,y)到真实边缘的垂直距离l的计算公式为:

$$[0056] l = \frac{Z_{2,0}}{Z_{1,1} \exp(-j\phi)}$$

[0057] 其中, ϕ 为点(x,y)与点(x',y')连线与水平面的夹角, $Z_{2,0}$ 为2阶0次Zernike矩, $Z_{1,1}$ 为1阶1次Zernike矩,j为虚数单位。

[0058] S3,通过K-means算法原理对亚像素点进行聚类 and 线性最小二乘法拟合;

[0059] 具体的,为了提高聚类的速度,提出聚类加速策略:使用LSD直线检测算法对Canny算法处理后的图像进行直线段检测,以获得的边缘信息作为K-means算法输入的质心,避免了原算法需要多次迭代的问题,从而加速聚类的过程。同时,以检测的边缘信息作为输入,也解决了K-means算法需要事先指定k值的问题。

[0060] 若干亚像素边缘点作为一个点簇,形成亚像素边缘,利用线性最小二乘拟合各亚像素边缘形成边缘直线,通过各所述边缘直线可求出拟合的亚像素边缘的交点。

[0061] 所述边缘直线的表达式为:

$$[0062] y'_m = a_m x'_m + b_m$$

[0063] 其中, a_m 为第m条边缘直线的斜率; b_m 为第m条边缘直线的截距,(x'_m, y'_m)为第m条边缘直线上的点坐标。

[0064] 进一步的,第m条边缘直线的斜率 a_m 的表达式为:

$$[0065] \quad a_m = \frac{n_m \sum x'_i y'_i - \sum x'_i \sum y'_i}{n_m \sum (x'_i)^2 - \sum x'_i \sum x'_i}$$

[0066] 第m条边缘直线的截距 b_m 的表达式为:

$$[0067] \quad b_m = \frac{n_m \sum (x'_i)^2 \sum y'_i - \sum x'_i \sum x'_i y'_i}{n_m \sum (x'_i)^2 - \sum x'_i \sum x'_i}$$

[0068] 其中, (x'_i, y'_i) 表示第m个亚像素边缘中的第i个亚像素边缘点的坐标, n_m 为第m个亚像素边缘中亚像素边缘点的个数。

[0069] S4, 根据极几何原理来完成左右图像中的角点精确立体匹配, 从而获得所述跑偏板坯7上板坯角点A和板坯角点B的三维坐标信息; 左右图像为双目摄像头2上两摄像头分别捕捉到的两个图像, 考虑到左图像中的部分边缘交点一定能在右图像的边缘交点中找到与之匹配的, 理想情况下两视图中基本矩阵反映着左右图像坐标点之间的对应关系式为:

$$[0070] \quad \mathbf{X}_r^T \mathbf{F} \mathbf{X}_l = 0$$

[0071] X_l 与 X_r 分别是目标点在左右图像坐标系中的齐次坐标, 通过设置阈值d,

[0072] 通过匹配公式:

$$[0073] \quad \|\mathbf{X}_r^T \mathbf{F} \mathbf{X}_l\| < d$$

[0074] 匹配左右图像中的边缘交点, 从而获得边缘交点的视差值。根据双目系统的标定结果, 即可完成板坯上边缘两角点的定位。

[0075] S5, 依据板坯厚度尺寸, 板坯角点A和板坯角点B的三维坐标信息中Z轴方向减去所述跑偏板坯7的板坯厚度, 可得到板坯角点C和板坯角点D的三维坐标信息, 即毛刺的精确位置: 在线段CD以下。

[0076] 在步骤S1中, 采用张正友标定法并利用OPENCV库完成双目相机的标定。双目相机标定是为了确定相机内参数(焦距、扭曲因子、主点位置等), 以及左右相机之间的相对位置, 即确定相机的外参数, 标定完成后就能确定相机坐标系、图像坐标系和像素坐标系之间的关系。

[0077] 在步骤S4中, 根据极几何原理来完成左右图像中的角点精确立体匹配, 从而获得跑偏板坯上边缘两角点的三维坐标信息。

[0078] 在步骤S5中, 依据跑偏板坯厚度尺寸, 跑偏板坯上边缘两角点的三维坐标信息中Z轴方向减去跑偏板坯厚度, 可得到跑偏板坯毛刺的精确位置。

[0079] 以上所述仅为本发明的较佳实施例, 对本发明而言仅仅是说明性的, 而非限制性的。本专业技术人员理解, 在本发明权利要求所限定的精神和范围内可对其进行许多改变, 修改, 甚至等效, 但都将落入本发明的保护范围内。

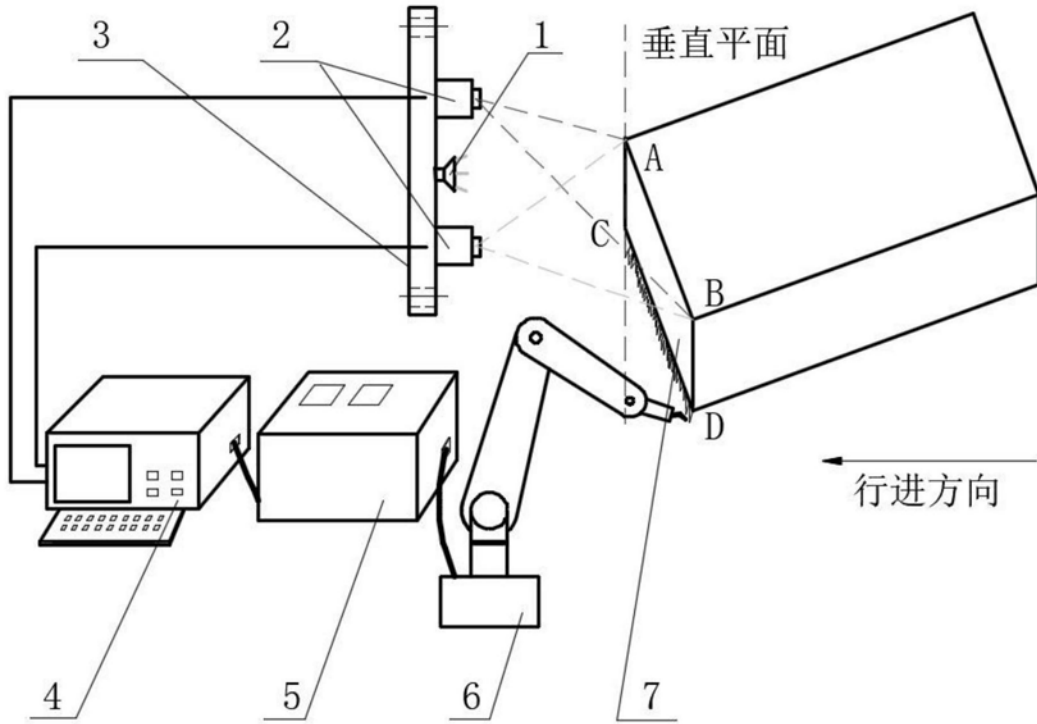


图1

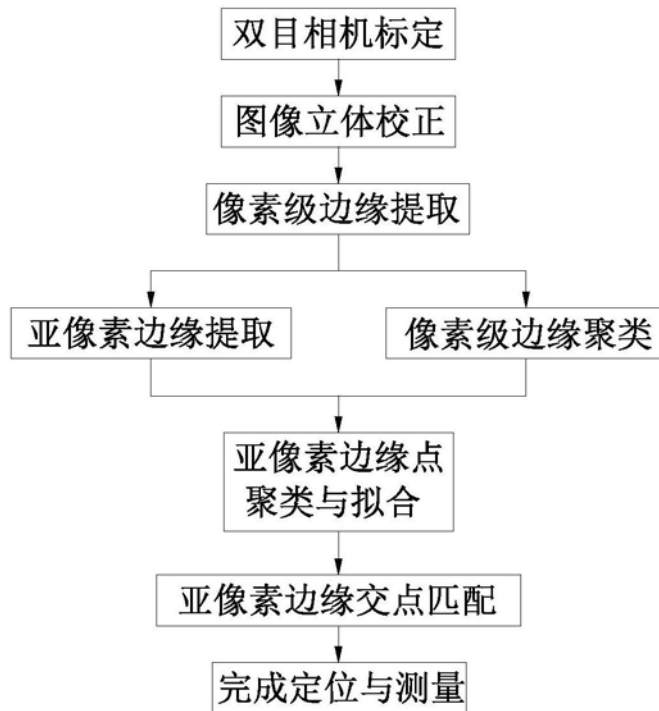


图2