



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108662987 B

(45) 授权公告日 2021.06.08

(21) 申请号 201810366473.1

(22) 申请日 2018.04.23

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 108662987 A

(43) 申请公布日 2018.10.16

(73) 专利权人 西南交通大学  
地址 610031 四川省成都市二环路北一段  
111号

(72) 发明人 王培俊 罗磊 康凯宁 黄琳秦  
李坪 徐浩 陈亚东

(74) 专利代理机构 成都点睛专利代理事务所  
(普通合伙) 51232  
代理人 敖欢 葛启函

(51) Int. Cl.

G01B 11/24 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 106204564 A, 2016.12.07

审查员 陆颖莹

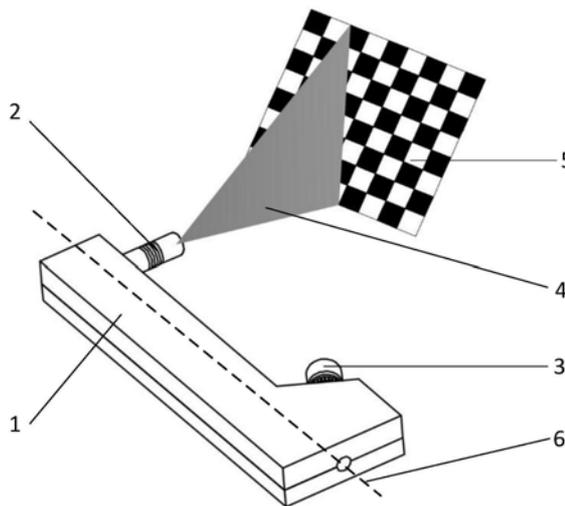
权利要求书2页 说明书4页 附图4页

(54) 发明名称

2D摄像式激光测量头的标定方法

(57) 摘要

本发明公开了一种2D摄像式激光测量头的标定方法,测量头包括封装外壳、线激光和CCD相机;线激光器用于发射激光平面,激光平面投射到待测物体,在待测物体表面生成一条用于表征轮廓的激光线条,标定板与线激光器发出的激光平面相交;CCD相机用于拍摄标定板的图像;本标定方法通过差分法提取线激光器投射到标定板上的激光光条,提取中心线,将中心线还原到摄像机坐标系下,拟合空间中多条中心线,计算激光平面在摄像机坐标系下的空间方程,进而计算激光平面与摄像机坐标系的空间位置关系;本发明可用于精确标定激光测量头的内部参数和激光平面位置;标定过程无需其他辅助设备,操作简单。



1. 一种2D摄像式激光测量头的标定方法,2D摄像式激光测量头用于获取待测物体的2D轮廓检测数据,其特征在于:2D摄像式激光测量头包括封装外壳(1)、封装外壳(1)内部的线激光器(2)和CCD相机(3);线激光器(2)用于发射激光平面(4),激光平面(4)投射到待测物体,在待测物体表面生成一条用于表征轮廓的激光线条,标定板(5)与线激光器(2)发出的激光平面(4)相交;CCD相机(3)用于拍摄标定板(5)的图像;本标定方法通过差分法提取线激光器投射到标定板上的激光光条,提取中心线,将中心线还原到摄像机坐标系下,拟合空间中多条中心线,计算激光平面在摄像机坐标系下的空间方程,进而计算激光平面与摄像机坐标系的空间位置关系,测量头的标定分为两个部分:相机内部参数标定和激光平面位置标定;

整个标定过程中,拍摄多个不同角度的标定背景图像和标定目标图像;标定背景图像和标定目标图像组成标定图像组;相机内部参数标定和激光平面位置标定分开标定,先标定相机内部参数,再标定激光平面位置;激光平面(4)与封装外壳轴线(6)垂直;

标定方法包括如下步骤:

(1) 固定2D摄像式激光测量头位置,将标定板(5)放置在CCD相机(3)能够清晰拍摄的视野范围内,并固定标定板(5);

(2) 打开线激光器(2),采集此时标定板图像为标定目标图像;

(3) 关闭线激光器(2),采集此时标定板图像为标定背景图像;

(4) 标定背景图像和标定目标图像组成图像组,当结束采集一个角度的图像组后,改变标定板位置,拍摄下一个角度的图像组;

(5) 标定所有标定背景图像,计算CCD相机内部参数矩阵;

(6) 将标定目标图像与标定背景图像作差分,提取激光光条中心线,计算光条中心线与棋盘格特征点外矩形的特征交点 $A_i$ 和 $B_i$ ;

(7) 将特征交点还原到摄像机坐标系下,拟合多个角度的特征交点,计算激光平面的空间方程;根据空间方程,计算平面与坐标系之间的相互关系,求取变换矩阵H;

标定多张不同角度的标定背景图像,采用张正友标定法,获取相机的内部参数矩阵M。

2. 根据权利要求1所述的2D摄像式激光测量头的标定方法,其特征在于:所述步骤(6)进一步为:将标定目标图像与标定背景图像作差,获取仅含有激光光条图像;对提取的激光光条图像作畸变校正;阈值分割校正后的激光光条图像,并提取光条中心线,计算光条中心线与亚像素角点外矩形的特征交点 $A_i$ 和 $B_i$ ;通过矩阵运算,计算特征交点在摄像机坐标系下的坐标 $A_{ci}$ 和 $B_{ci}$ ;其中所述的特征交点 $A_i$ 、 $B_i$ 到摄像机坐标系下的特征交点 $A_{ci}$ 、 $B_{ci}$ 的关系式为:

$$s \begin{bmatrix} A_i \\ B_i \\ 1 \end{bmatrix} = M \begin{bmatrix} A_{ci} \\ B_{ci} \\ 1 \end{bmatrix}$$

其中,s为比例系数,M为内参矩阵。

3. 根据权利要求1所述的2D摄像式激光测量头的标定方法,其特征在于:所述步骤(7)进一步为:拟合多个特征交点为平面,此平面即为激光平面在摄像机坐标系下的空间位置;根据旋转矢量法,即可计算激光平面到摄像机坐标系的旋转矩阵R;激光平面到摄像机坐标系的平移矩阵为T,取值为激光平面上任意一点坐标。

4. 根据权利要求1所述的2D摄像式激光测量头的标定方法,其特征在于:步骤(7)中求取位置矩阵时,通过精确标定相机内部参数和激光平面位置,激光平面到图像坐标系的变换关系式为:

$$s \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = M \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & T_{11} \\ R_{21} & R_{22} & T_{12} \\ R_{31} & R_{32} & T_{13} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_w \\ y_w \\ 1 \end{bmatrix} = H \begin{bmatrix} x_w \\ y_w \\ 1 \end{bmatrix}$$

其中,H矩阵即为激光平面到图像平面的变换矩阵,s为比例系数,M为内参矩阵, $R_{ij}$ 为矩阵R的元素, $T_{ij}$ 为矩阵T的元素。

5. 根据权利要求1所述的2D摄像式激光测量头的标定方法,其特征在于:完成相机内部参数标定和激光平面位置标定后,在摄像机和线激光器相对位置不变情况下,外部环境发生改变,仅需重新标定内部参数。

## 2D摄像式激光测量头的标定方法

### 技术领域

[0001] 本发明设计轮廓测量领域,具体为2D摄像式激光测量头的标定方法。

### 背景技术

[0002] 一个物体的外观轮廓包含着外在多种基本信息,如:完整性、美观性等。测量一个物体轮廓信息,是获取轮廓尺寸常用方法。轮廓测量方法有多种,如:三坐标测量仪、机器视觉测量等。在机器视觉轮廓测量中,光切法是一种常用的轮廓测量方法。光切法通过投射激光线条到待检测物体表面,拍摄带光条的轮廓信息,通过图像处理获取外观轮廓。采用光切法测量轮廓,采用标定板接近激光平面的方式标定激光平面空间位置。由于难以保证激光平面与标定板平面绝对重合,因此,标定结果难以达到较高精度。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的是提供一种2D摄像式激光测量头的标定方法,适用于大多数摄像式激光测量头的内参与激光平面位置标定,提高标定精度。

[0004] 为了达到上述目的,本发明技术方案如下:

[0005] 一种2D摄像式激光测量头的标定方法,2D摄像式激光测量头用于获取待测物体的2D轮廓检测数据,其特征在于:2D摄像式激光测量头包括封装外壳、封装外壳内部的线激光器和CCD相机;线激光器用于发射激光平面,激光平面投射到待测物体,在待测物体表面生成一条用于表征轮廓的激光线条,标定板与线激光器发出的激光平面相交;CCD相机用于拍摄标定板的图像;本标定方法通过差分法提取线激光器投射到标定板上的激光光条,提取中心线,将中心线还原到摄像机坐标系下,拟合空间中多条中心线,计算激光平面在摄像机坐标系下的空间方程,进而计算激光平面与摄像机坐标系的空间位置关系,测量头的标定分为两个部分:相机内部参数标定和激光平面位置标定。

[0006] 作为优选方式,整个标定过程中,拍摄多个不同角度的标定背景图像和标定目标图像;标定背景图像和标定目标图像组成标定图像组。

[0007] 作为优选方式,相机内部参数标定和激光平面位置标定分开标定,先标定相机内部参数,再标定激光平面位置。

[0008] 作为优选方式,激光平面与封装外壳轴线垂直。

[0009] 作为优选方式,所述方法进一步包括如下步骤:

[0010] (1) 固定2D摄像式激光测量头位置,将标定板放置在CCD相机能够清晰拍摄的视野范围内,并固定标定板;

[0011] (2) 打开线激光器,采集此时标定板图像为标定目标图像;

[0012] (3) 关闭线激光器,采集此时标定板图像为标定背景图像;

[0013] (4) 标定背景图像和标定目标图像组成图像组,当结束采集一个角度的图像组后,改变标定板位置,拍摄下一个角度的图像组;

[0014] (5) 标定所有标定背景图像,计算CCD相机内部参数矩阵;

[0015] (6) 将标定目标图像与标定背景图像作差分,提取激光光条中心线,计算光条中心线与棋盘格特征点外矩形的特征交点 $A_i$ 和 $B_i$ ;

[0016] (7) 将特征交点还原到摄像机坐标系下,拟合多个角度的特征交点,计算激光平面的空间方程;根据空间平面方程,计算平面与坐标系之间的相互关系,求取变换矩阵H。

[0017] 作为优选方式,标定多张不同角度的标定背景图像,采用张正友标定法,获取相机的内部参数矩阵M。

[0018] 作为优选方式,所述步骤(6)进一步为:将标定目标图像与标定背景图像作差,获取仅含有激光光条图像;对提取的激光光条图像作畸变校正;阈值分割校正后的激光光条图像,并提取光条中心线,计算光条中心线与亚像素角点外矩形的特征交点 $A_i$ 和 $B_i$ ;通过矩阵运算,计算特征交点在摄像机坐标系下的坐标 $A_{ci}$ 和 $B_{ci}$ ;其中所述的特征交点 $A_i$ 、 $B_i$ 到摄像机坐标系下的特征交点 $A_{ci}$ 、 $B_{ci}$ 的关系式为:

$$[0019] \quad s \begin{bmatrix} A_i \\ B_i \\ 1 \end{bmatrix} = M \begin{bmatrix} A_{ci} \\ B_{ci} \\ 1 \end{bmatrix}$$

[0020] 其中,s为比例系数,M为内参矩阵。

[0021] 作为优选方式,所述步骤(7)进一步为:拟合多个特征交点为平面,此平面即为激光平面在摄像机坐标系下的空间位置;根据旋转矢量法,即可计算激光平面到摄像机坐标系的旋转矩阵R;激光平面到摄像机坐标系的平移矩阵为T,取值为激光平面上任意一点坐标。

[0022] 作为优选方式,步骤(7)中求取位置矩阵时,通过精确标定相机内部参数和激光平面位置,激光平面到图像坐标系的变换关系式为:

$$[0023] \quad s \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = M \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & T_{11} \\ R_{21} & R_{22} & T_{12} \\ R_{31} & R_{32} & T_{13} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_w \\ y_w \\ 1 \end{bmatrix} = H \begin{bmatrix} x_w \\ y_w \\ 1 \end{bmatrix}$$

[0024] 其中,H矩阵即为激光平面到图像平面的变换矩阵,s为比例系数,M为内参矩阵, $R_{ij}$ 为矩阵R的元素, $T_{ij}$ 为矩阵T的元素。

[0025] 作为优选方式,完成相机内部参数标定和激光平面位置标定后,在摄像机和线激光器相对位置不变情况下,外部环境发生改变,仅需重新标定内部参数。

[0026] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:1:本发明可用于精确标定激光测量头的内部参数和激光平面位置;2:通过拟合多个标定平面的激光光条,获取高精度的激光平面空间位置;3:若相机与线激光器的位置未发生变化,激光平面位置标定后无需再标定;4:标定过程无需其他辅助设备,操作简单。

## 附图说明

[0027] 图1为获取标定目标图像示意图;

[0028] 图2为标定图像采集流程图;

[0029] 图3为标定目标图像特征交点示意图;

[0030] 图4为标定计算流程图;

[0031] 1为封装外壳;2为线激光器;3为CCD相机;4为激光平面;5为标定板,6为封装外壳

轴线。

### 具体实施方式

[0032] 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。

[0033] 一种2D摄像式激光测量头的标定方法,2D摄像式激光测量头用于获取待测物体的2D轮廓检测数据,如图1所示,2D摄像式激光测量头包括封装外壳1、固定封装在外壳1内部的线激光2和CCD相机3;激光平面4与封装外壳轴线6垂直,以便进行轮廓测量,线激光器2用于发射激光平面4,激光平面4投射到待测物体,在待测物体表面生成一条用于表征轮廓的激光线条,标定板5与线激光器2发出的激光平面4相交;CCD相机3用于拍摄标定板5的图像;2D摄像式激光测量头在检测前,需要进行标定;本标定方法通过差分法提取线激光器投射到标定板上的激光光条,提取中心线,将中心线还原到摄像机坐标系下,拟合空间中多条中心线,计算激光平面在摄像机坐标系下的空间方程,进而计算激光平面与摄像机坐标系的空间位置关系,测量头的标定分为两个部分:相机内部参数标定和激光平面位置标定。

[0034] 整个标定过程中,拍摄多个不同角度的标定背景图像和标定目标图像;标定背景图像和标定目标图像组成标定图像组。

[0035] 相机内部参数标定和激光平面位置标定分开标定,先标定相机内部参数,再标定激光平面位置。

[0036] 如图2所示,2D摄像式激光测量头的标定方法,图像采集的步骤为:

[0037] (1) 固定2D摄像式激光测量头位置,将标定板5放置在CCD相机3能够清晰拍摄的视野范围内,并固定标定板5;

[0038] (2) 打开线激光器2,采集此时标定板图像为标定目标图像;

[0039] (3) 关闭线激光器2,采集此时标定板图像为标定背景图像;

[0040] (4) 标定背景图像和标定目标图像组成图像组,当结束采集一个角度的图像组后,改变标定板位置,拍摄下一个角度的图像组;

[0041] 如图4所示,2D摄像式激光测量头的标定方法,标定算法的步骤为:

[0042] (1) 标定所有标定背景图像,计算CCD相机内部参数矩阵;

[0043] (2) 将标定目标图像与标定背景图像作差分,提取激光光条中心线,计算光条中心线与棋盘格特征点外矩形的特征交点 $A_i$ 和 $B_i$ ;

[0044] (3) 将特征交点还原到摄像机坐标系下,拟合多个角度的特征交点,计算激光平面的空间方程;根据空间平面方程,计算平面与坐标系之间的相互关系,求取变换矩阵H。

[0045] 标定多张不同角度的标定背景图像,采用张正友标定法,获取相机的内部参数矩阵M。

[0046] 如图3所示,所述标定算法步骤(2)进一步为:将标定目标图像与标定背景图像作差,获取仅含有激光光条图像;对提取的激光光条图像作畸变校正;阈值分割校正后的激光光条图像,并提取光条中心线,计算光条中心线与亚像素角点外矩形的特征交点 $A_i$ 和 $B_i$ ;通过矩阵运算,计算特征交点在摄像机坐标系下的坐标 $A_{ci}$ 和 $B_{ci}$ ;其中所述的特征交点 $A_i$ 、 $B_i$ 到

摄像机坐标系下的特征交点 $A_{ci}$ 、 $B_{ci}$ 的关系式为：

$$[0047] \quad s \begin{bmatrix} A_i \\ B_i \\ 1 \end{bmatrix} = M \begin{bmatrix} A_{ci} \\ B_{ci} \\ 1 \end{bmatrix}$$

[0048] 其中， $s$ 为比例系数， $M$ 为内参矩阵。

[0049] 所述标定算法步骤(3)进一步为：拟合多个特征交点为平面，此平面即为激光平面在摄像机坐标系下的空间位置；根据旋转矢量法，即可计算激光平面到摄像机坐标系的旋转矩阵 $R$ ；激光平面到摄像机坐标系的平移矩阵为 $T$ ，取值为激光平面上任意一点坐标。

[0050] 标定算法步骤(3)中求取位置矩阵时，通过精确标定相机内部参数和激光平面位置，激光平面到图像坐标系的变换关系式为：

$$[0051] \quad s \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = M \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & T_{11} \\ R_{21} & R_{22} & T_{12} \\ R_{31} & R_{32} & T_{13} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_w \\ y_w \\ 1 \end{bmatrix} = H \begin{bmatrix} x_w \\ y_w \\ 1 \end{bmatrix}$$

[0052] 其中， $H$ 矩阵即为激光平面到图像平面的变换矩阵， $s$ 为比例系数， $M$ 为内参矩阵， $R_{ij}$ 为矩阵 $R$ 的元素， $T_{ij}$ 为矩阵 $T$ 的元素。

[0053] 完成相机内部参数标定和激光平面位置标定后，在摄像机和线激光器相对位置不变情况下，外部环境发生改变，仅需重新标定内部参数。

[0054] 上述实施例仅例示性说明本发明的原理及其功效，而非用于限制本发明。任何熟悉此技术的人士皆可在不违背本发明的精神及范畴下，对上述实施例进行修饰或改变。因此，凡所属技术领域中具有通常知识者在未脱离本发明所揭示的精神与技术思想下所完成的一切等效修饰或改变，仍应由本发明的权利要求所涵盖。

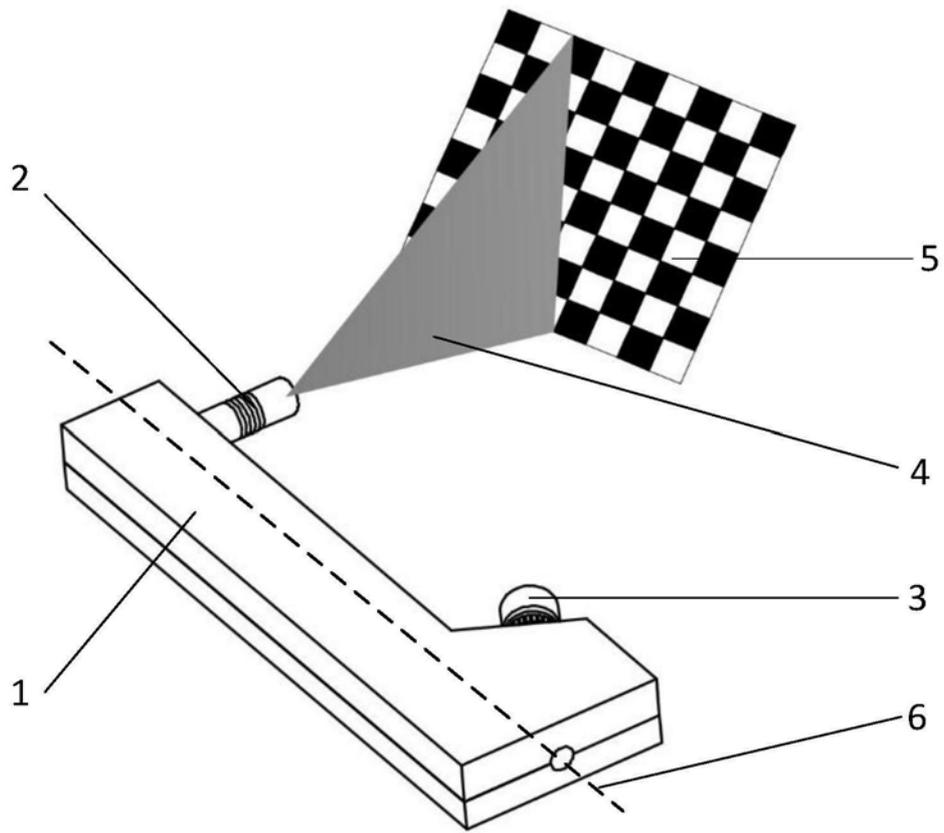


图1

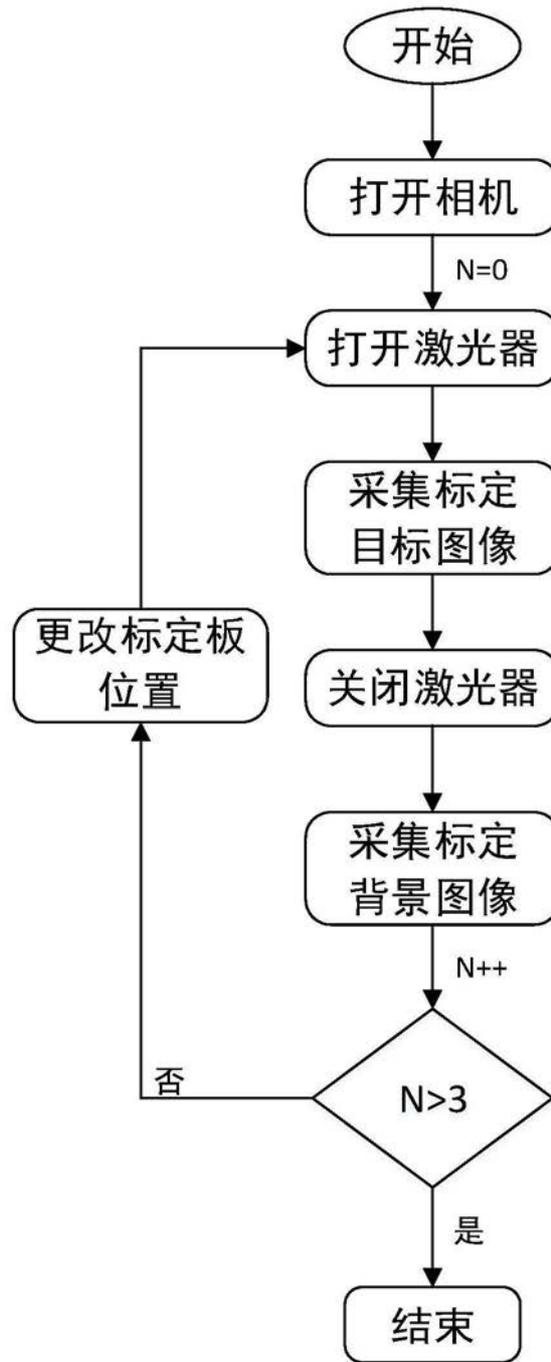


图2

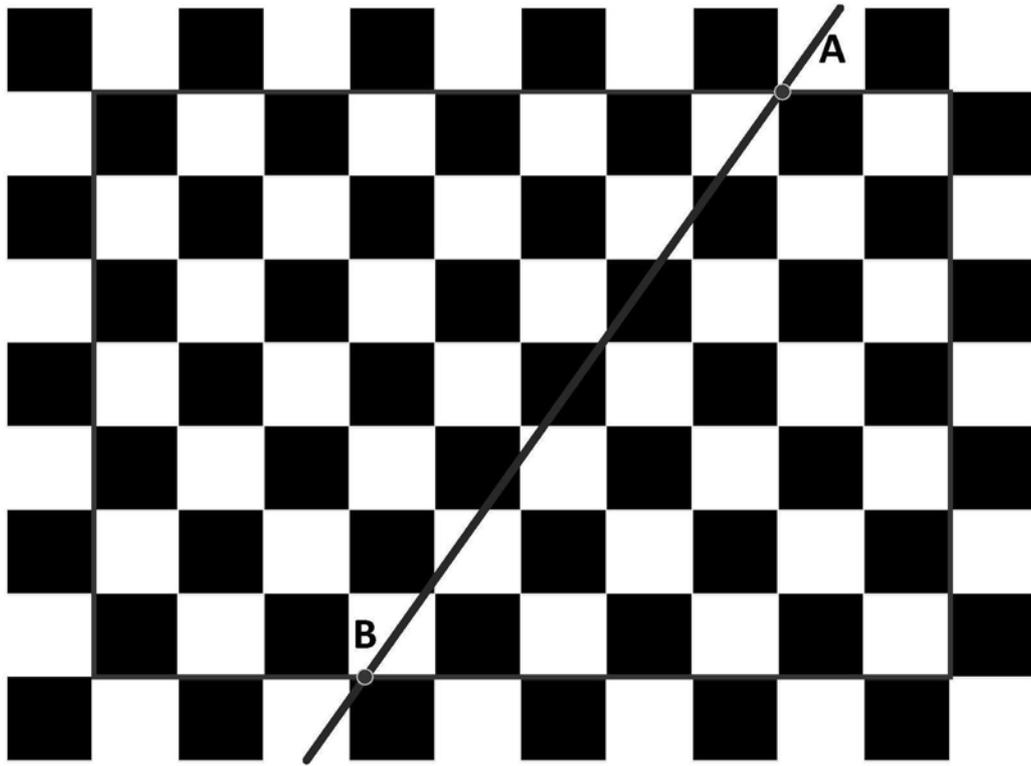


图3

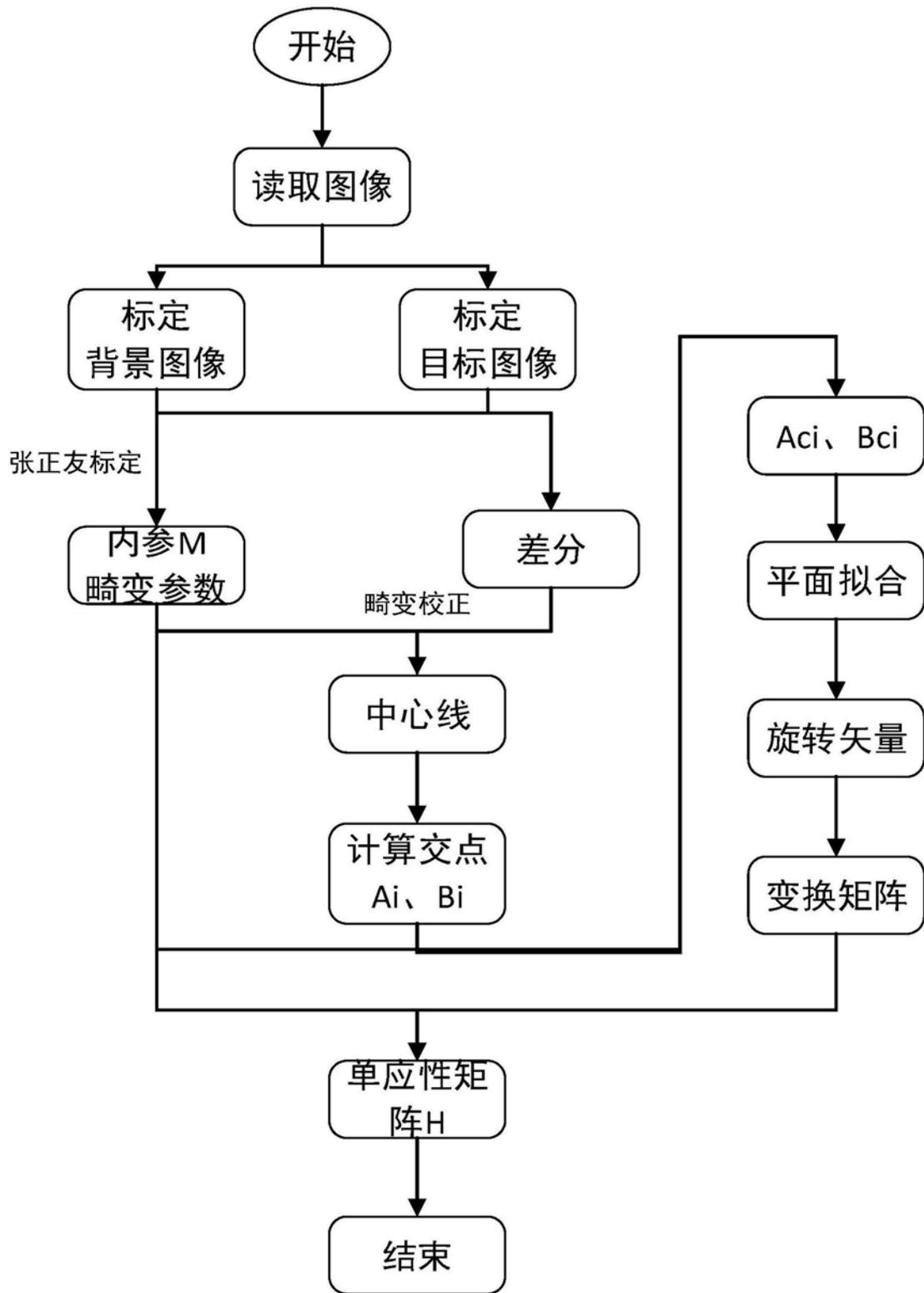


图4