



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109900301 B

(45) 授权公告日 2022. 10. 25

(21) 申请号 201910260540.6

G06T 7/80 (2017.01)

(22) 申请日 2019.04.02

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 107883870 A, 2018.04.06

申请公布号 CN 109900301 A

EP 2096405 A1, 2009.09.02

(43) 申请公布日 2019.06.18

审查员 陈丹华

(73) 专利权人 哈尔滨工程大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区南  
通大街145号哈尔滨工程大学科技处  
知识产权办公室

(72) 发明人 蔡成涛 乔人杰

(74) 专利代理机构 北京东方盛凡知识产权代理

有限公司 11562

专利代理师 贾耀淇

(51) Int. Cl.

G01C 25/00 (2006.01)

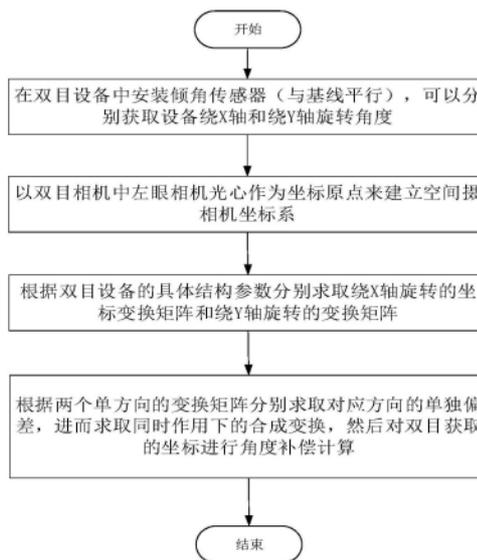
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

## (54) 发明名称

一种动态环境下双目立体定位角度补偿方法

## (57) 摘要

本发明公开了一种动态环境下双目立体定位角度补偿方法,包括以下步骤:在双目设备中安装倾角传感器,倾角传感器与基线平行,分别获取双目设备绕Y轴和绕X轴旋转角度  $\theta_1, \theta_2$ ;以双目设备中左眼相机光心作为坐标原点建立空间摄像机坐标系;根据双目设备的结构参数分别求取双目设备绕Y轴旋转  $\theta_1$  的坐标变换矩阵和绕X轴旋转  $\theta_2$  的坐标变换矩阵;根据S3中所述的两个坐标变换矩阵分别求取对应方向的单独偏差,进而求取合成变换矩阵,然后对双目设备获取的坐标进行角度补偿,得到补偿后的坐标。本发明解决了动态条件下双目获取物体空间信息有偏差的问题,提高了三维重建的精度。



1. 一种动态环境下双目立体定位角度补偿方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1: 在双目设备中安装倾角传感器,所述倾角传感器与基线平行,分别获取双目设备绕Y轴和绕X轴旋转角度 $\theta_1, \theta_2$ ;

S2: 以双目设备中左眼相机光心作为坐标原点建立空间摄相机坐标系;

S3: 根据双目设备的结构参数分别求取双目设备绕Y轴旋转 $\theta_1$ 的坐标变换矩阵和绕X轴旋转 $\theta_2$ 的坐标变换矩阵;

步骤S3所述的绕Y轴旋转 $\theta_1$ 的坐标变换矩阵和绕X轴旋转 $\theta_2$ 的坐标变换矩阵是旋转与平移矩阵的组合;绕X轴旋转 $\theta_2$ 的坐标变换矩阵为 ${}^C_B T$ ,  ${}^C_B T$ 为:

$${}^C_B T = \left[ \begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta_2 & \sin \theta_2 & h \sin \theta_2 \\ 0 & -\sin \theta_2 & \cos \theta_2 & -h(1 - \cos \theta_2) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right]$$

其中,坐标系原点距离设备机械旋转中心O的Y方向的距离为0,h为坐标系原点距离设备机械旋转中心O的Z方向的距离;

绕Y轴旋转 $\theta_1$ 的坐标变换矩阵为 ${}^C_A T$ ,  ${}^C_A T$ 为:

$${}^C_A T = \left[ \begin{array}{ccc|c} \cos \theta_1 & 0 & \sin \theta_1 & l(1 - \cos \theta_1) + h \sin \theta_1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin \theta_1 & 0 & \cos \theta_1 & l \sin \theta_1 - h(1 - \cos \theta_1) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right]$$

其中,l为坐标系原点距离设备机械旋转中心O的X方向距离,坐标系原点距离设备机械旋转中心O的Y方向的距离为0,h为坐标系原点距离设备机械旋转中心O的Z方向的距离;

S4: 根据S3中两个坐标变换矩阵分别求取对应方向的单独偏差,进而求取合成变换矩阵,然后对双目设备获取的坐标进行角度补偿,得到补偿后的坐标;

步骤S4所述合成变换矩阵为 ${}^C_{AB} T$ ,  ${}^C_{AB} T = {}^C_A T + {}^C_B T - E$ ,进一步得到:

$${}^C_{AB} T = \left[ \begin{array}{ccc|c} \cos \theta_1 & 0 & \sin \theta_1 & l(1 - \cos \theta_1) + h \sin \theta_1 \\ 0 & \cos \theta_2 & \sin \theta_2 & h \sin \theta_2 \\ -\sin \theta_1 & -\sin \theta_2 & \cos \theta_1 + \cos \theta_2 - 1 & l \sin \theta_1 - h(1 - \cos \theta_1) - h(1 - \cos \theta_2) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right]$$

其中,E代表单位阵;

步骤S4所述补偿后的坐标为 ${}^C_P$ ,  ${}^C_P$ 为物体P在理想坐标系{C}下的坐标,  ${}^C_P$ 满足:

$${}^C_P = {}^C_{AB} T {}^{AB} P$$

其中, ${}^{AB} P$ 为物体P在坐标系{AB}下的坐标,{AB}是 $\theta_1, \theta_2$ 共同作用下的坐标系。

2. 根据权利要求1所述的一种动态环境下双目立体定位角度补偿方法,其特征在于:在步骤S1中,所述倾角传感器获取当前双目设备与水平基准面之间的X方向的夹角和Y方向的夹角。

3. 根据权利要求1所述的一种动态环境下双目立体定位角度补偿方法,其特征在于:步

骤S2所述的空间摄相机坐标系中,以左眼相机光轴作为Z轴,沿基线从左至右为X轴,符合左手定则确定Y轴。

## 一种动态环境下双目立体定位角度补偿方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于基于双目相机的立体空间定位技术领域,具体涉及一种动态环境下双目立体定位角度补偿计算方法。

### 背景技术

[0002] 双目相机是一种能够提供立体视觉信息的设备。基于双目相机获得的图像,通过双目视差原理,能够计算出双目相机所拍摄到的物体相对于相机的三维空间位置。

[0003] 双目相机经过双目立体标定,根据摄像头标定后获得的内参数据(焦距,成像远点,畸变系数)和双目相对位置关系(旋转矩阵和平移向量),分别对左右视图进行消除畸变和行对准,使左右视图的成像原点坐标一致,两摄像头光轴平行,左右图像平面共面,对极线行对齐。这样通过行像素差求取视差,通过三角测量求深度信息,确定空间三维坐标值。以上方法来测量待测目标的空间位置,是在保持设备与水平面严格平行的基础上,才能确定世界坐标系和相机坐标系的关系,得到需要的物体空间位置信息。然而在动态环境下,比如在船只,飞机等载体上配备双目设备时,一种简单高效的角度补偿算法显得至关重要。

[0004] 针对双目相机测距在一些动态环境下很难得到准确的物体空间信息,提出一种动态环境下双目立体定位角度补偿方法。该计算方法在双目设备中安装倾角传感器(与基线平行),可以分别获取设备绕Y轴和绕X轴旋转角度 $\theta_1, \theta_2$ 同时根据双目设备的具体结构参数分别求取绕Y轴旋转 $\theta_1$ 的坐标变换矩阵和绕X轴旋转 $\theta_2$ 的变换矩阵。最后根据两个单方向的变换矩阵分别求取对应方向的单独偏差,进而求取同时作用下的合成变换,然后对双目获取的坐标进行角度补偿计算,解决了动态条件下双目获取物体空间信息有偏差的问题,提高了三维重建的精度。

### 发明内容

[0005] 针对上述现有技术,本发明要解决的技术问题是提供一种能够解决动态条件下双目获取物体空间信息存在偏差的问题并提高三维重建精度的动态环境下双目立体定位角度补偿方法。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明提供一种动态环境下双目立体定位角度补偿方法,其特征在于,包括以下步骤:

[0007] S1:在双目设备中安装倾角传感器,所述倾角传感器与基线平行,分别获取双目设备绕Y轴和绕X轴旋转角度 $\theta_1, \theta_2$ ;

[0008] S2:以双目设备中左眼相机光心作为坐标原点建立空间摄像机坐标系;

[0009] S3:根据双目设备的结构参数分别求取双目设备绕Y轴旋转 $\theta_1$ 的坐标变换矩阵和绕X轴旋转 $\theta_2$ 的坐标变换矩阵;

[0010] S4:根据S3中所述的两个坐标变换矩阵分别求取对应方向的单独偏差,进而求取合成变换矩阵,然后对双目设备获取的坐标进行角度补偿,得到补偿后的坐标。

[0011] 本发明还包括:

[0012] 1、在步骤S1中,倾角传感器获取当前双目设备与水平基准面之间的X方向的夹角和Y方向的夹角。

[0013] 2、步骤S2中的空间摄像机坐标系中,以左眼相机光轴作为Z轴,沿基线从左至右为X轴,符合左手定则确定Y轴。

[0014] 3、步骤S3中的绕Y轴旋转 $\theta_1$ 的坐标变换矩阵和绕X轴旋转 $\theta_2$ 的坐标变换矩阵是旋转与平移矩阵的组合;绕X轴旋转 $\theta_2$ 的坐标变换矩阵为 ${}^C_B T$ ,  ${}^C_B T$ 为:

$$[0015] \quad {}^C_B T = \left[ \begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta_2 & \sin \theta_2 & h \sin \theta_2 \\ 0 & -\sin \theta_2 & \cos \theta_2 & -h(1 - \cos \theta_2) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right]$$

[0016] 其中,坐标系原点距离设备机械旋转中心O的Y方向的距离为0,h为坐标系原点距离设备机械旋转中心O的Z方向的距离;

[0017] 绕Y轴旋转 $\theta_1$ 的坐标变换矩阵为 ${}^C_A T$ ,  ${}^C_A T$ 为:

$$[0018] \quad {}^C_A T = \left[ \begin{array}{ccc|c} \cos \theta_1 & 0 & \sin \theta_1 & l(1 - \cos \theta_1) + h \sin \theta_1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin \theta_1 & 0 & \cos \theta_1 & l \sin \theta_1 - h(1 - \cos \theta_1) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right]$$

[0019] 其中,l为坐标系原点距离设备机械旋转中心O的X方向距离,坐标系原点距离设备机械旋转中心O的Y方向的距离为0,h为坐标系原点距离设备机械旋转中心O的Z方向的距离。

[0020] 4、步骤S4中的合成变换矩阵为 ${}^C_{AB} T$ ,  ${}^C_{AB} T = {}^C_A T + {}^C_B T - E$ ,进一步得到:

$$[0021] \quad {}^C_{AB} T = \left[ \begin{array}{ccc|c} \cos \theta_1 & 0 & \sin \theta_1 & l(1 - \cos \theta_1) + h \sin \theta_1 \\ 0 & \cos \theta_2 & \sin \theta_2 & h \sin \theta_2 \\ -\sin \theta_1 & -\sin \theta_2 & \cos \theta_1 + \cos \theta_2 - 1 & l \sin \theta_1 - h(1 - \cos \theta_1) - h(1 - \cos \theta_2) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right]$$

[0022] 其中,E代表单位阵;

[0023] 步骤S4中补偿后的坐标为 ${}^C_P$ , ${}^C_P$ 为物体P在理想坐标系{C}下的坐标, ${}^C_P$ 满足:

$$[0024] \quad {}^C_P = {}^C_{AB} T {}^{AB} P$$

[0025] 其中, ${}^{AB} P$ 为物体P在坐标系{AB}下的坐标,{AB}是 $\theta_1, \theta_2$ 共同作用下的坐标系。

[0026] 本发明有益效果:该方法基于双目立体空间定位原理以及三维坐标变换,针对动态环境下由于双目测量设备与水平面有一定夹角造成的定位偏差现象,进行一定的纠偏补偿,从而计算出更接近真实值的空间位置信息。该方法在双目立体定位的基础上,考虑基准面可能与水平面不一致,导致空间解算的时候出现较大的偏差,通过倾角传感器获取X,Y方向的偏转角度以及三维坐标系变换,解决了在动态环境下传统双目定位不准的难题。

### 附图说明

- [0027] 图1为动态环境下双目立体定位角度补偿计算方法流程图；  
 [0028] 图2为X方向,Y方向单独变换过程以及X,Y同时作用变换过程示意图；  
 [0029] 图3为求解 ${}^C_A T$ 简化原理图；  
 [0030] 图4为求解 ${}^C_B T$ 简化原理图；

### 具体实施方式

[0031] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0032] 本发明公开了一种动态环境下双目立体定位角度补偿方法,该方法包括以下步骤:

[0033] S1、在双目设备中安装倾角传感器(与基线平行),可以分别获取设备绕Y轴和绕X轴旋转角度 $\theta_1, \theta_2$ ;

[0034] S2、以双目相机中左眼相机光心作为坐标原点来建立空间摄影坐标系;

[0035] S3、根据双目设备的具体结构参数分别求取绕Y轴旋转 $\theta_1$ 的坐标变换矩阵和绕X轴旋转 $\theta_2$ 的变换矩阵;

[0036] S4、根据两个单方向的变换矩阵分别求取对应方向的单独偏差,进而求取同时作用下的合成变换,然后对双目获取的坐标进行角度补偿计算。

[0037] 在步骤S1中,倾角传感器的两个读数体现了当前双目设备与水平基准面之间的X方向,Y方向的夹角。

[0038] 在步骤S2中,左镜头光轴作为Z轴,沿基线从左至右为X轴,符合左手定则确定Y轴。

[0039] 在步骤S3中,考虑到具体的设备结构参数,角度补偿不单纯是旋转变换,还有一定的平移变换,所以两个方向的变换矩阵是旋转与平移矩阵的组合。

[0040] 在步骤S4中,将任意两个角度共同作用产生的空间定位偏差近似看作为两个方向独立作用的叠加,进而求出角度补偿后的空间坐标值。

[0041] 设备由于X,Y方向的倾斜导致的坐标偏差实际上是坐标系出现了平移和旋转。

[0042] 假设物体P在坐标系{M}, {N}的坐标分别为 ${}^M P, {}^N P$ ,  ${}^N_M T$ 代表坐标系{M}相对于{N}的转换矩阵,  ${}^N_M R$ 代表坐标系{M}相对于{N}的旋转矩阵,  ${}^N P_{MORG}$ 代表{M}的原点相对于{N}的位置满足

$$[0043] \quad \begin{bmatrix} {}^N P \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} {}^N_M R & | & {}^N P_{MORG} \\ \hline 0 & 0 & 0 & | & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} {}^M P \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

[0044] 因此就要求取绕X,Y轴旋转 $\theta_1, \theta_2$ 轴旋的变换矩阵 ${}^C_B T, {}^C_A T$

[0045] 如步骤S4所述,根据两个单方向的变换矩阵分别求取对应方向的单独偏差,通过叠加的方式近似计算同时作用下的合成变换矩阵,然后对双目获取的坐标进行角度补偿计算。算法流程如图1所示

[0046] 变换矩阵求取公式:

[0047] 
$${}^C T = {}^C T_A + {}^C T_B - E \quad (2)$$

[0048] 其中E代表单位阵；

[0049] 坐标补偿变换公式：

[0050] 
$${}^C P = {}^C T_{AB} P \quad (3)$$

[0051] 下面结合图2~图4进行具体说明。

[0052] 如图2所示,坐标系{C}是理想坐标系,{AB}是两个角度共同作用的结果,{A},{B}分别是绕Y轴,X轴旋转 $\theta_1, \theta_2$ 的结果,左相机的光心为坐标系原点,沿基线为X轴,光轴为Z轴,建立左手坐标系。坐标系原点距离设备机械旋转中心O的X方向距离为1,标系原点距离设备机械旋转中心O的Y方向的距离为0,标系原点距离设备机械旋转中心O的Z方向的距离为h。假设物体P在坐标系{A},{B},{C},{AB}的坐标分别为 ${}^A P, {}^B P, {}^C P, {}^{AB} P, {}^N T$ 代表坐标系{M}相对于{N}的转换矩阵, ${}^N R$ 代表坐标系{M}相对于{N}的旋转矩阵, ${}^M P_{NORG}$ 代表{M}的原点相对于{N}的位置,满足

[0053] 
$$\begin{bmatrix} {}^N P \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} {}^N R & | & {}^M P_{NORG} \\ 0 & 0 & 0 & | & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} {}^M P \\ 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

[0054] 那么

[0055] 
$$\begin{aligned} {}^C P &= {}^C T_A {}^A P \\ {}^C P &= {}^C T_B {}^B P \end{aligned} \quad (5)$$

[0056] 下面求解 ${}^C T$ :求解过程可以简化为如图3所示,其中KG所在粗线部分为未补偿的原始位置,经过旋转 $\theta_1$ 补偿后为LJ所在粗线部分。

[0057]  ${}^C T$ 是过O绕Y轴旋转 $\theta_1$ 的变换矩阵,所以可以得到

[0058] 
$${}^C R = \begin{bmatrix} \cos \theta_1 & 0 & \sin \theta_1 \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta_1 & 0 & \cos \theta_1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

[0059] 根据设备的机械结构参数可以得到

[0060] 
$$\begin{aligned} OG &= OJ = h \\ LJ &= KG = l \end{aligned} \quad (7)$$

[0061] 通过几何关系可以得到

[0062]  $AB = GH = h(1 - \cos \theta_1) \quad (8)$

[0063]  $AI = AG - IG = l \cos \theta_1 - h \sin \theta_1$

[0064] 所以

[0065]  $BK = AK - AB = l \sin \theta_1 - h(1 - \cos \theta_1) \quad (9)$

[0066]  $LB = LJ - BJ = l(1 - \cos \theta_1) + h \sin \theta_1$

[0067] 因此

[0068]  ${}^A P_{CORG} = [l(1 - \cos \theta_1) + h \sin \theta_1 \quad 0 \quad l \sin \theta_1 - h(1 - \cos \theta_1)]^T \quad (10)$

$$[0069] \quad {}^c_A T = \left[ \begin{array}{ccc|c} \cos \theta_1 & 0 & \sin \theta_1 & l(1 - \cos \theta_1) + h \sin \theta_1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin \theta_1 & 0 & \cos \theta_1 & l \sin \theta_1 - h(1 - \cos \theta_1) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right] \quad (11)$$

[0070] 下面求解 ${}^c_B T$ :求解过程可以简化为如图4所示,其中OL所在粗线部分为未补偿的原始位置,经过旋转 $\theta_2$ 补偿后为OK所在粗线部分。

[0071]  ${}^c_B T$ 是过O绕X轴旋转 $\theta_2$ 的变换矩阵,所以可以得到

$$[0072] \quad {}^c_B R = \left[ \begin{array}{ccc} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta_2 & \sin \theta_2 \\ 0 & -\sin \theta_2 & \cos \theta_2 \end{array} \right] \quad (12)$$

[0073] 根据设备的机械结构参数可以得到

$$[0074] \quad OK = OL = h \quad (13)$$

[0075] 通过几何关系可以得到

$$[0076] \quad LG = h \sin \theta_2 \quad (14)$$

$$[0077] \quad GK = OK - KG = h(1 - \cos \theta_2)$$

[0078] 因此

$$[0079] \quad {}^b P_{\text{CORG}} = [0 \quad h \sin \theta_2 \quad -h(1 - \cos \theta_2)]^T \quad (15)$$

$$[0080] \quad {}^c_B T = \left[ \begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta_2 & \sin \theta_2 & h \sin \theta_2 \\ 0 & -\sin \theta_2 & \cos \theta_2 & -h(1 - \cos \theta_2) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right] \quad (16)$$

[0081] 将任意两个角度共同作用产生的空间定位偏差近似看作为两个方向独立作用的叠加,进而求出角度补偿后的空间坐标值,因此变换矩阵 ${}^c_{AB} T$ 可以由下式获得:

$$[0082] \quad {}^c_{AB} T = {}^c_A T + {}^c_B T - E \quad (17)$$

[0083] 即

$$[0084] \quad {}^c_{AB} T = \left[ \begin{array}{ccc|c} {}^c_A R + {}^c_B R - E & {}^c P_{AORG} + {}^c P_{BORG} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right] \quad (18)$$

[0085] 因此:

$$[0086] \quad {}^c_{AB} T = \left[ \begin{array}{ccc|c} \cos \theta_1 & 0 & \sin \theta_1 & l(1 - \cos \theta_1) + h \sin \theta_1 \\ 0 & \cos \theta_2 & \sin \theta_2 & h \sin \theta_2 \\ -\sin \theta_1 & -\sin \theta_2 & \cos \theta_1 + \cos \theta_2 - 1 & l \sin \theta_1 - h(1 - \cos \theta_1) - h(1 - \cos \theta_2) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right] \quad (19)$$

[0087] 所以任意姿态的设备的补偿坐标可以通过下式计算:

$$[0088] \quad {}^C P = {}^C T_{AB} P \quad (20)$$

[0089] 事实上这种计算是一种实际情况的近似估计,并不是严格计算,因为它忽略了两个方向的耦合关系,但误差在可接受范围内。当然,当 $\theta_1, \theta_2$ 其中有一个为零的时候,这种计算是严格计算。

[0090] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

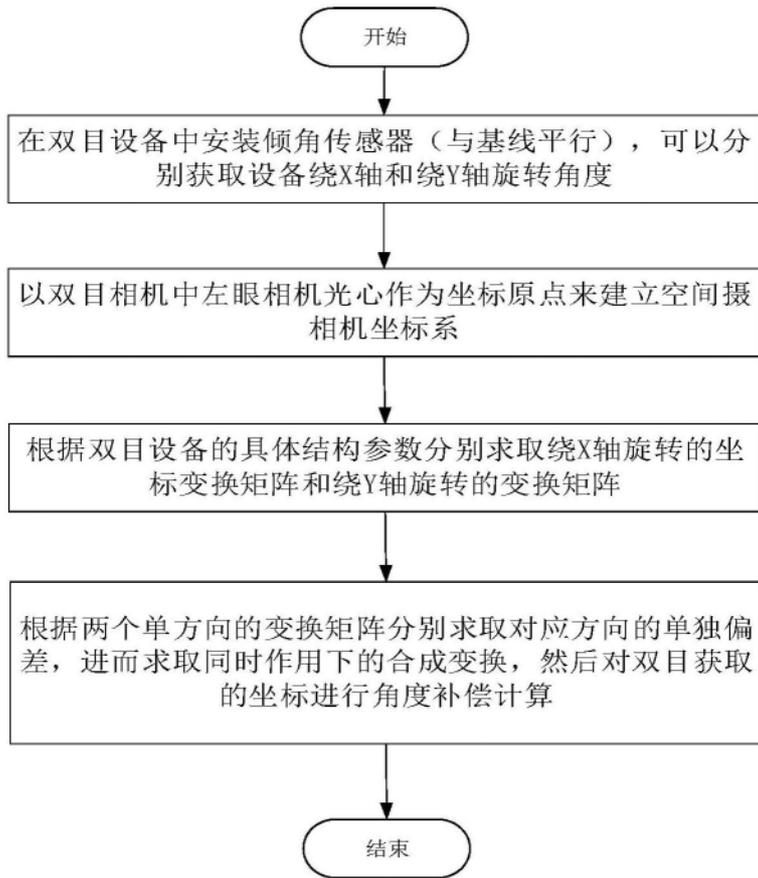


图1

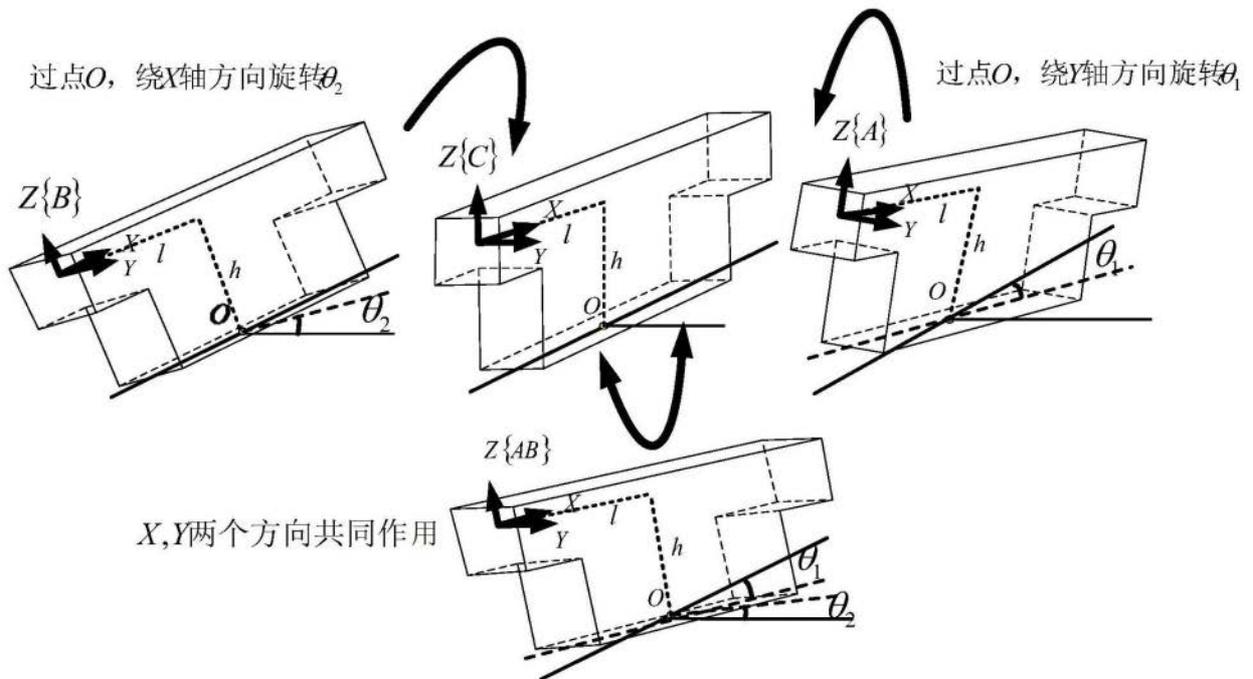


图2

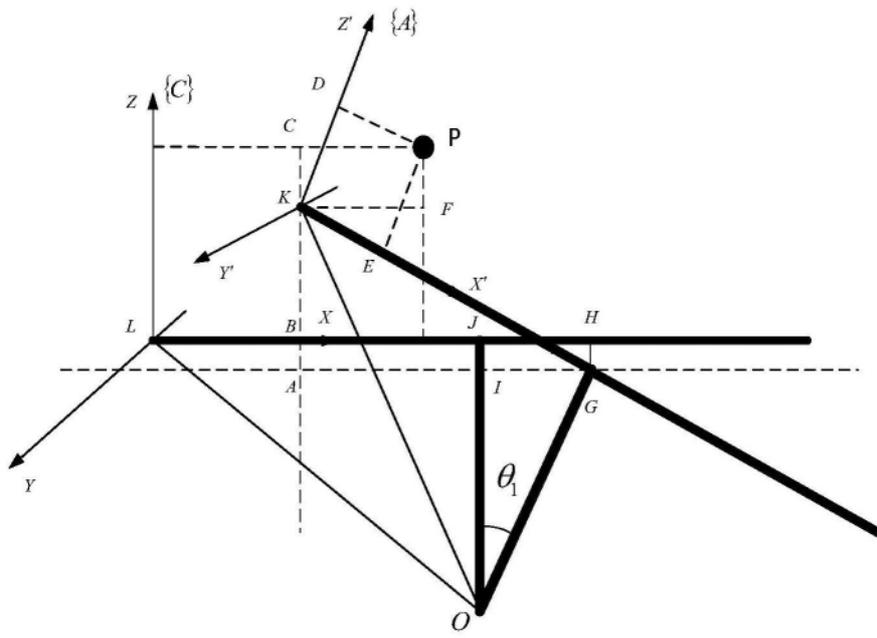


图3

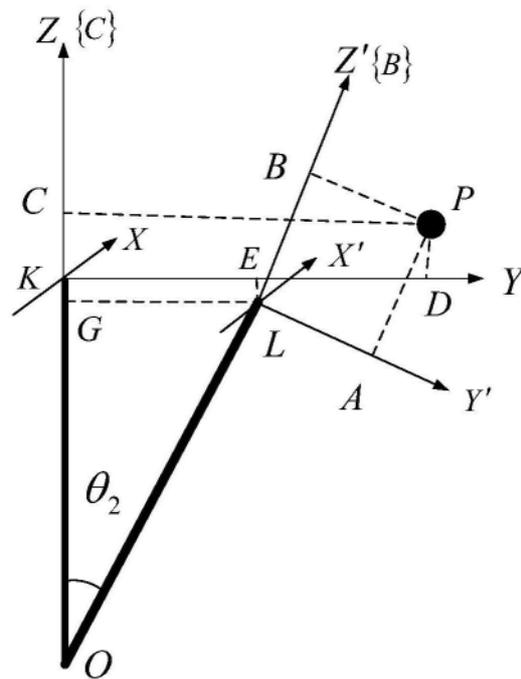


图4