(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 113607066 A
(43)申请公布日 2021.11.05

(21)申请号 202110945683.8

(22)申请日 2021.08.16

(71)申请人 上海发那科机器人有限公司
地址 201906 上海市宝山区富联路1500号

(72)发明人 黄志伟 王财先 宁艺文 孙闻博 吴钰岫

(74)专利代理机构 上海申新律师事务所 31272
代理人 吴轶淳

(51)Int.Cl.
G01B 11/02(2006.01)

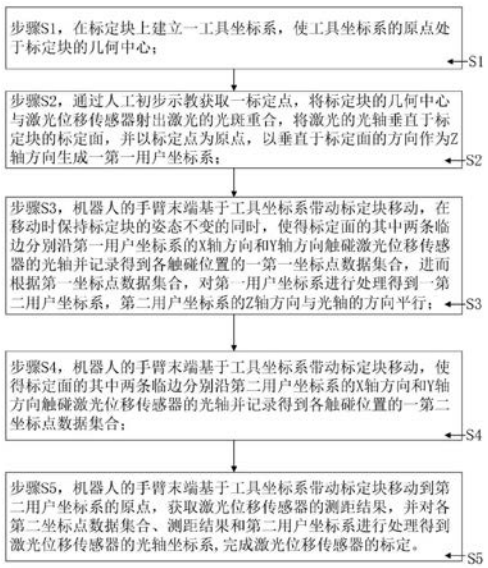
权利要求书3页 说明书9页 附图4页

(54)发明名称

一种激光位移传感器的光轴坐标系的标定方法

(57)摘要

本发明提供一种激光位移传感器的光轴坐标系的标定方法,包括:步骤S1,在标定块上建立工具坐标系;步骤S2,示教获取标定点生成第一用户坐标系;步骤S3,机器人带动标定块移动,使标定面的两条临边触碰光轴并记录得到第一坐标点数据集合以得到第二用户坐标系,第二用户坐标系的Z轴方向与光轴平行;步骤S4,机器人带动标定块移动,使标定面的两条临边触碰光轴并记录得到第二坐标点数据集合;步骤S5,机器人带动标定块移动到第二用户坐标系原点,获取测距结果,处理得到光轴坐标系,完成标定。有益效果是本方法能够标定安装于固定位置的激光位移传感器的光轴坐标系,减少人为示教点的数量,提高标定自动化程度,在标定过程中不断修正光轴坐标系。



CN 113607066 A

1.一种激光位移传感器的光轴坐标系的标定方法,其特征在于,预先配置一机器人和设置于固定位置的一激光位移传感器,所述机器人的手臂末端通过一安装接口连接一标定块,且所述标定块的标定面与所述安装接口的安装面平行;所述标定方法具体包括以下步骤:

步骤S1,在所述标定块上建立一工具坐标系,使所述工具坐标系的原点处于所述标定块的几何中心;

步骤S2,通过人工初步示教获取一标定点,将所述标定块的几何中心与所述激光位移传感器射出激光的光斑重合,将所述激光的光轴垂直于所述标定块的标定面,并以所述标定点为原点,以垂直于所述标定面的方向作为Z轴方向生成一第一用户坐标系;

步骤S3,所述机器人的手臂末端基于所述工具坐标系带动所述标定块移动,在移动时保持所述标定块的姿态不变的同时,使得所述标定面的其中两条临边分别沿所述第一用户坐标系的X轴方向和Y轴方向触碰所述激光位移传感器的光轴并记录得到各触碰位置的一第一坐标点数据集合,进而根据所述第一坐标点数据集合,对所述第一坐标系进行处理得到一第二用户坐标系,所述第二用户坐标系的Z轴方向与所述光轴的方向平行;

步骤S4,所述机器人的手臂末端基于所述工具坐标系带动所述标定块移动,使得所述标定面的其中两条临边分别沿所述第二用户坐标系的X轴方向和Y轴方向触碰所述激光位移传感器的光轴并记录得到各触碰位置的一第二坐标点数据集合;

步骤S5,所述机器人的手臂末端基于所述工具坐标系带动所述标定块移动到所述第二用户坐标系的原点,获取所述激光位移传感器的测距结果,并对各所述第二坐标点数据集合、所述测距结果和所述第二用户坐标系进行处理得到所述激光位移传感器的光轴坐标系,完成所述激光位移传感器的标定。

2.根据权利要求1所述的标定方法,其特征在于,所述步骤S3包括:

步骤S31,所述机器人的手臂末端基于所述工具坐标系带动所述标定块移动,使所述标定块上的所述标定面的其中两条临边分别沿所述第一用户坐标系的X轴方向和Y轴方向触碰所述光轴并记录第一触碰位置、第二触碰位置、第三触碰位置和第四触碰位置的坐标点数据加入所述第一坐标点数据集合;

步骤S32,根据所述第一坐标点数据集合处理得到所述光轴的空间向量,并根据所述空间向量处理得到所述光轴与所述第一用户坐标系的Y轴的第一夹角和所述光轴与所述第一用户坐标系的X轴的第二夹角;

步骤S33,根据所述第一夹角和所述第二夹角处理得到一旋转矩阵,并根据所述旋转矩阵和所述第一用户坐标系处理得到所述第二用户坐标系。

3.根据权利要求2所述的标定方法,其特征在于,所述步骤S31包括:

步骤S311,所述机器人的手臂末端基于所述工具坐标系带动所述标定块移动,使所述标定块上的所述标定面的其中一条边沿所述第一用户坐标系的X轴方向触碰所述光轴并记录对应的所述第一触碰位置的一第一坐标点数据加入所述第一坐标点数据集合,然后带动所述标定块沿所述第一用户坐标系的Z轴方向移动一预设距离后,使所述标定面的所述其中一条边沿所述第一用户坐标系的X轴方向触碰所述光轴并记录对应的所述第二触碰位置的一第二坐标点数据加入所述第一坐标点数据集合;

步骤S312,所述机器人的手臂末端基于所述工具坐标系带动所述标定块移动,使所述

标定块上的所述标定面的其中另一条临边沿所述第一用户坐标系的Y轴方向触碰所述光轴并记录对应的所述第三触碰位置的一第三坐标点数据加入所述第一坐标点数据集合，然后带动所述标定块沿所述第一用户坐标系的Z轴方向移动所述预设距离后，使所述标定面的所述其中另一条临边沿所述第一用户坐标系的Y轴方向触碰所述光轴并记录对应的所述第四触碰位置的一第四坐标点数据加入所述第一坐标点数据集合。

4.根据权利要求2所述的标定方法，其特征在于，所述步骤S31中，所述标定面的两条临边触碰到所述光轴时，所述激光位移传感器输出一检测信号，所述机器人根据所述检测信号停止移动并分别记录所述第一触碰位置、第二触碰位置、第三触碰位置和第四触碰位置的坐标点数据加入所述第一坐标点数据集合。

5.根据权利要求3所述的标定方法，其特征在于，所述步骤S32中，通过以下计算公式得到所述空间向量：

$$\overrightarrow{n}=\begin{bmatrix} P1.X-P2.X \\ P3.Y-P4.Y \\ P1.Z-P2.Z \end{bmatrix}$$

其中，

$\overrightarrow{n}$表示所述空间向量；

P1.X表示所述第一坐标点数据的X坐标值；

P2.X表示所述第二坐标点数据的X坐标值；

P3.Y表示所述第三坐标点数据的Y坐标值；

P4.Y表示所述第四坐标点数据的Y坐标值；

P1.Z表示所述第一坐标点数据的Z坐标值；

P2.Z表示所述第二坐标点数据的Z坐标值。

6.根据权利要求2所述的标定方法，其特征在于，所述步骤S32中，根据以下方程组处理得到所述第一夹角和所述第二夹角：

$P1.X-P2.X=\sin\beta\cos\gamma$

$P3.Y-P4.Y=-\sin\gamma$

$P1.Z-P2.Z=\cos\beta\cos\gamma$

其中，

β表示所述第一夹角；

γ表示所述第二夹角。

7.根据权利要求2所述的标定方法，其特征在于，所述步骤S3中，执行所述步骤S33之后还包括：

获取相邻两次重复执行所述步骤S31、步骤S32和步骤S33后得到的第一夹角和第二夹角，判断两个第一夹角的差值是否小于一第一阈值，且两个第二夹角的差值是否小于一第二阈值：

若是，则转向所述步骤S4；

若否，则返回所述步骤S31。

8.根据权利要求1所述的标定方法，其特征在于，所述第二坐标点数据集合中包括一第

五坐标点数据、一第六坐标点数据、一第七坐标点数据和一第八坐标点数据，所述第五坐标点数据和所述第六坐标点数据由所述标定面的其中一条边沿所述第二用户坐标系的X轴方向触碰所述光轴并记录得到，所述第七坐标点数据和所述第八坐标点数据由所述标定面的其中另一条临边沿所述第二用户坐标系的Y轴方向触碰所述光轴并记录得到，则所述步骤S5包括：

步骤S51，所述机器人的手臂末端基于所述工具坐标系带动所述标定块移动到所述第二用户坐标系的原点，获取所述激光位移传感器的测距结果并作为所述光轴原点与所述第二用户坐标系原点的Z坐标差值；

步骤S52，根据所述第五坐标点数据和所述第六坐标点数据的X坐标值得到所述光轴原点与所述第二用户坐标系原点的X坐标差值；

步骤S53，根据所述第七坐标点数据和所述第八坐标点数据的Y坐标值得到所述光轴原点与所述第二用户坐标系原点的Y坐标差值；

步骤S54，根据所述X坐标差值、Y坐标差值和Z坐标差值得到一偏移矩阵，根据所述偏移矩阵和所述第二用户坐标系处理得到所述激光位移传感器的光轴坐标系，完成所述光轴原点的标定。

9.根据权利要求8所述的标定方法，其特征在于，通过以下计算公式得到所述激光位移传感器的光轴坐标系：

$$M4 = M3 \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \Delta X \\ 0 & 1 & 0 & \Delta Y \\ 0 & 0 & 1 & \Delta Z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

其中，

M4表示所述激光位移传感器的光轴坐标系；

M3表示所述第二用户坐标系；

ΔX表示所述X坐标差值；

ΔY表示所述Y坐标差值；

ΔZ表示所述Z坐标差值。

10.根据权利要求8所述的标定方法，其特征在于，所述步骤S5中，执行所述步骤S54之后还包括：

判断所述X坐标差值是否小于一第三阈值，且所述Y坐标差值是否小于一第四阈值：

若是，完成对所述光轴原点的标定；

若否，将所述激光位移传感器的光轴坐标系作为所述第一用户坐标系，并返回所述步骤S4。

一种激光位移传感器的光轴坐标系的标定方法

技术领域

[0001] 本发明涉及坐标系标定技术领域，尤其涉及一种激光位移传感器的光轴坐标系的标定方法。

背景技术

[0002] 机器人的坐标系标定方法主要采用尖锐的标定用针，通过标定用针在目标物体的特征点处进行坐标系标定，然而在某些应用场合下需要使用激光位移传感器，在激光位移传感器的光轴上进行坐标系标定。

[0003] 目前只能做到机器人手持激光位移传感器时对光轴坐标系进行标定，无法对固定位置的激光传感器的光轴进行标定，且人为示教点过多会影响坐标系标定精度，在标定过程中要求标定板平面与机器人基座空间直角坐标保持平行。

发明内容

[0004] 针对现有技术中存在的问题，本发明提供一种激光位移传感器的光轴坐标系的标定方法，预先配置一机器人和设置于固定位置的一激光位移传感器，所述机器人的手臂末端通过一安装接口连接一标定块，且所述标定块的标定面与所述安装接口的安装面平行；所述标定方法具体包括以下步骤：

[0005] 步骤S1，在所述标定块上建立一工具坐标系，使所述工具坐标系的原点处于所述标定块的几何中心；

[0006] 步骤S2，通过人工初步示教获取一标定点，将所述标定块的几何中心与所述激光位移传感器射出激光的光斑重合，将所述激光的光轴垂直于所述标定块的标定面，并以所述标定点为原点，以垂直于所述标定面的方向作为Z轴方向生成一第一用户坐标系；

[0007] 步骤S3，所述机器人的手臂末端基于所述工具坐标系带动所述标定块移动，在移动时保持所述标定块的姿态不变的同时，使得所述标定面的其中两条临边分别沿所述第一用户坐标系的X轴方向和Y轴方向触碰所述激光位移传感器的光轴并记录得到各触碰位置的一第一坐标点数据集合，进而根据所述第一坐标点数据集合，对所述第一用户坐标系进行处理得到一第二用户坐标系，所述第二用户坐标系的Z轴方向与所述光轴的方向平行；

[0008] 步骤S4，所述机器人的手臂末端基于所述工具坐标系带动所述标定块移动，使得所述标定面的其中两条临边分别沿所述第二用户坐标系的X轴方向和Y轴方向触碰所述激光位移传感器的光轴并记录得到各触碰位置的一第二坐标点数据集合；

[0009] 步骤S5，所述机器人的手臂末端基于所述工具坐标系带动所述标定块移动到所述第二用户坐标系的原点，获取所述激光位移传感器的测距结果，并对各所述第二坐标点数据集合、所述测距结果和所述第二用户坐标系进行处理得到所述激光位移传感器的光轴坐标系，完成所述激光位移传感器的标定。

[0010] 优选的，所述步骤S3包括：

[0011] 步骤S31，所述机器人的手臂末端基于所述工具坐标系带动所述标定块移动，使所

述标定块上的所述标定面的其中两条临边分别沿所述第一用户坐标系的X轴方向和Y轴方向触碰所述光轴并记录第一触碰位置、第二触碰位置、第三触碰位置和第四触碰位置的坐标加入所述第一坐标点数据集合；

[0012] 步骤S32，根据所述第一坐标点数据集合处理得到所述光轴的空间向量，并根据所述空间向量处理得到所述光轴与所述第一用户坐标系的Y轴的第一夹角和所述光轴与所述第一用户坐标系的X轴的第二夹角；

[0013] 步骤S33，根据所述第一夹角和所述第二夹角处理得到一旋转矩阵，并根据所述旋转矩阵和所述第一用户坐标系处理得到所述第二用户坐标系。

[0014] 优选的，所述步骤S31包括：

[0015] 步骤S311，所述机器人的手臂末端基于所述工具坐标系带动所述标定块移动，使所述标定块上的所述标定面的其中一条边沿所述第一用户坐标系的X轴方向触碰所述光轴并记录对应的所述第一触碰位置的一第一坐标点数据加入所述第一坐标点数据集合，然后带动所述标定块沿所述第一用户坐标系的Z轴方向移动一预设距离后，使所述标定面的所述其中一条边沿所述第一用户坐标系的X轴方向触碰所述光轴并记录对应的所述第二触碰位置的一第二坐标点数据加入所述第一坐标点数据集合；

[0016] 步骤S312，所述机器人的手臂末端基于所述工具坐标系带动所述标定块移动，使所述标定块上的所述标定面的其中另一条临边沿所述第一用户坐标系的Y轴方向触碰所述光轴并记录对应的所述第三触碰位置的一第三坐标点数据加入所述第一坐标点数据集合，然后带动所述标定块沿所述第一用户坐标系的Z轴方向移动所述预设距离后，使所述标定面的所述其中另一临条边沿所述第一用户坐标系的Y轴方向触碰所述光轴并记录对应的所述第四触碰位置的一第四坐标点数据加入所述第一坐标点数据集合。

[0017] 优选的，所述步骤S31中，所述标定面的两条临边触碰到所述光轴时，所述激光位移传感器输出一检测信号，所述机器人根据所述检测信号停止移动并分别记录所述第一触碰位置、第二触碰位置、第三触碰位置和第四触碰位置的坐标点数据加入所述第一坐标点数据集合。

[0018] 优选的，所述步骤S32中，通过以下计算公式得到所述空间向量：

[0019] $$\overrightarrow{n}=\begin{bmatrix} P1.X-P2.X \\ P3.Y-P4.Y \\ P1.Z-P2.Z \end{bmatrix}$$

[0020] 其中，

[0021] $\overrightarrow{n}$ 表示所述空间向量；

[0022] P1.X表示所述第一坐标点数据的X坐标值；

[0023] P2.X表示所述第二坐标点数据的X坐标值；

[0024] P3.Y表示所述第三坐标点数据的Y坐标值；

[0025] P4.Y表示所述第四坐标点数据的Y坐标值；

[0026] P1.Z表示所述第一坐标点数据的Z坐标值；

[0027] P2.Z表示所述第二坐标点数据的Z坐标值。

[0028] 优选的，所述步骤S32中，根据以下方程组处理得到所述第一夹角和所述第二夹

角：

[0029] P1.X-P2.X＝sinβcosγ

[0030] P3.Y-P4.Y＝-sinγ

[0031] P1.Z-P2.Z＝cosβcosγ

[0032] 其中，

[0033] β表示所述第一夹角；

[0034] γ表示所述第二夹角。

[0035] 优选的，所述步骤S3中，执行所述步骤S33之后还包括：

[0036] 获取相邻两次重复执行所述步骤S31、步骤S32和步骤S33后得到的第一夹角和第二夹角，判断两个第一夹角的差值是否小于一第一阈值，且两个第二夹角的差值是否小于一第二阈值：

[0037] 若是，则转向所述步骤S4；

[0038] 若否，则返回所述步骤S31。

[0039] 优选的，所述第二坐标点数据集合中包括一第五坐标点数据、一第六坐标点数据、一第七坐标点数据和一第八坐标点数据，所述第五坐标点数据和所述第六坐标点数据由所述标定面的其中一条边沿所述第二用户坐标系的X轴方向触碰所述光轴并记录得到，所述第七坐标点数据和所述第八坐标点数据由所述标定面的其中另一条临边沿所述第二用户坐标系的Y轴方向触碰所述光轴并记录得到，则所述步骤S5包括：

[0040] 步骤S51，所述机器人的手臂末端基于所述工具坐标系带动所述标定块移动到所述第二用户坐标系的原点，获取所述激光位移传感器的测距结果并作为所述光轴原点与所述第二用户坐标系原点的Z坐标差值；

[0041] 步骤S52，根据所述第五坐标点数据和所述第六坐标点数据的X坐标值得到所述光轴原点与所述第二用户坐标系原点的X坐标差值；

[0042] 步骤S53，根据所述第七坐标点数据和所述第八坐标点数据的Y坐标值得到所述光轴原点与所述第二用户坐标系原点的Y坐标差值；

[0043] 步骤S54，根据所述X坐标差值、Y坐标差值和Z坐标差值得到一偏移矩阵，根据所述偏移矩阵和所述第二用户坐标系处理得到所述激光位移传感器的光轴坐标系，完成所述光轴原点的标定。

[0044] 优选的，通过以下计算公式得到所述激光位移传感器的光轴坐标系：

[0045] $$M4 = M3 \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \Delta X \\ 0 & 1 & 0 & \Delta Y \\ 0 & 0 & 1 & \Delta Z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

[0046] 其中，

[0047] M4表示所述激光位移传感器的光轴坐标系；

[0048] M3表示所述第二用户坐标系；

[0049] ΔX表示所述X坐标差值；

[0050] ΔY表示所述Y坐标差值；

[0051] ΔZ表示所述Z坐标差值。

[0052] 优选的，所述步骤S5中，执行所述步骤S54之后还包括：

[0053] 判断所述X坐标差值是否小于一第三阈值，且所述Y坐标差值是否小于一第四阈值：

[0054] 若是，完成对所述光轴原点的标定；

[0055] 若否，将所述激光位移传感器的光轴坐标系作为所述第一用户坐标系，并返回所述步骤S4。

[0056] 上述技术方案具有如下优点或有益效果：本方法能够标定安装于固定位置的激光位移传感器的光轴坐标系，减少人为示教点的数量，提高标定自动化程度，在标定过程中不断修正光轴坐标系。

附图说明

[0057] 图1为本发明的较佳的实施例中，本方法的步骤流程图；

[0058] 图2为本发明的较佳的实施例中，标定块的安装示意图；

[0059] 图3为本发明的较佳的实施例中，步骤S3的具体流程图；

[0060] 图4为本发明的较佳的实施例中，步骤S3中的标定块触碰光轴示意图；

[0061] 图5为本发明的较佳的实施例中，步骤S31的具体流程图；

[0062] 图6为本发明的较佳的实施例中，步骤S5的具体流程图；

[0063] 图7为本发明的较佳的实施例中，第二坐标系原点和光轴原点示意图。

具体实施方式

[0064] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。本发明并不限定于该实施方式，只要符合本发明的主旨，则其他实施方式也可以属于本发明的范畴。

[0065] 本发明的较佳的实施例中，基于现有技术中存在的上述问题，现提供一种激光位移传感器的光轴坐标系的标定方法，预先配置一机器人和设置于固定位置的一激光位移传感器，机器人的手臂末端通过一安装接口1连接一标定块2，且标定块2的标定面与安装接口1的安装面平行；如图1、2所示，标定方法具体包括以下步骤：

[0066] 步骤S1，在标定块2上建立一工具坐标系，使工具坐标系的原点处于标定块2的几何中心；

[0067] 步骤S2，通过人工初步示教获取一标定点，将标定块的几何中心与激光位移传感器射出激光的光斑重合，将激光的光轴垂直于标定块的标定面，并以标定点为原点，以垂直于标定面的方向作为Z轴方向生成一第一用户坐标系；

[0068] 步骤S3，机器人的手臂末端基于工具坐标系带动标定块2移动，在移动时保持标定块2的姿态不变的同时，使得标定面的其中两条临边分别沿第一用户坐标系的X轴方向和Y轴方向触碰激光位移传感器的光轴并记录得到各触碰位置的一第一坐标点数据集合，进而根据第一坐标点数据集合，对第一用户坐标系进行处理得到一第二用户坐标系，第二用户坐标系的Z轴方向与光轴的方向平行；

[0069] 步骤S4，机器人的手臂末端基于工具坐标系带动标定块2移动，使得标定面的其中两条临边分别沿第二用户坐标系的X轴方向和Y轴方向触碰激光位移传感器的光轴并记录得到各触碰位置的一第二坐标点数据集合；

[0070] 步骤S5,机器人的手臂末端基于工具坐标系带动标定块2移动到第二用户坐标系的原点,获取激光位移传感器的测距结果,并对各第二坐标点数据集合、测距结果和第二用户坐标系进行处理得到激光位移传感器的光轴坐标系,完成激光位移传感器的标定。

[0071] 具体地,本实施例中,在执行步骤S1之前,机器人已经经过绝对精度标定,机器人数模已经与机器人本体吻合,该激光位移传感器具备判断是否入光并输出的功能,例如,当被测点进入激光位移传感器的检测范围内时会输出检测信号,当被测点在有效检测范围外时不会输出检测信号,保证机器人在激光位移传感器输出检测信号后能够接收到该检测信号并立即跳转程序。

[0072] 优选的,机器人手持的标定块2需要满足如下条件:

[0073] 重量轻、形状为矩形、尺寸适中;

[0074] 可以容易计算出整个标定块2以及安装接口1的重心位置、重量、重心位置决定的转动惯量输入到机器人的系统当中;

[0075] 标定面需要与机器人的安装面平行,从而确保标定面能够尽可能与机器人默认工具坐标系的XOY面平行;

[0076] 标定面的平面度越高越好。

[0077] 具体地,本实施例中,步骤S2中,需要人为在标定块2的大致中心位置示教一个点,基于该点自动生成其它标定点位,使得标定块2的表面大致与激光光轴方向垂直,激光的光斑大致处于标定块2的几何中心,并且标定面处于激光有效检测距离内,该点作为第一用户坐标系的原点,要求人为示教的原因是为了让人来告诉机器人传感器的大体位置,机器人以此能够判断位移传感器的精确位置。

[0078] 具体地,本实施例中,执行步骤S3之前,机器人需要将默认工具坐标系转换为建立的工具坐标系,将默认用户坐标系转换为第一用户坐标系。

[0079] 本发明的较佳的实施例中,如图3、4所示,步骤S3包括:

[0080] 步骤S31,机器人的手臂末端基于工具坐标系带动标定块2移动,使标定块2上的标定面的其中两条临边分别沿第一用户坐标系的X轴方向和Y轴方向触碰光轴并记录第一触碰位置、第二触碰位置、第三触碰位置和第四触碰位置的坐标点数据加入第一坐标点数据集合;

[0081] 步骤S32,根据第一坐标点数据集合处理得到光轴的空间向量,并根据空间向量处理得到光轴与第一用户坐标系的Y轴的第一夹角和光轴与第一用户坐标系的X轴的第二夹角;

[0082] 步骤S33,根据第一夹角和第二夹角处理得到一旋转矩阵,并根据旋转矩阵和第一用户坐标系处理得到第二用户坐标系。

[0083] 具体地,本实施例中,保持标定块的姿态不变,机器人可以先带动标定面的长边沿第一用户坐标系的X轴方向触碰光轴,然后带动标定面的短边沿第一用户坐标系的Y轴方向触碰光轴。

[0084] 具体地,本实施例中,通过以下计算公式得到旋转矩阵:

[0085] $$M2=\begin{bmatrix}\cos\beta\cos\alpha & \sin\gamma\sin\beta\cos\alpha-\cos\gamma\sin\alpha & \cos\gamma\sin\beta\cos\alpha+\sin\alpha\sin\gamma\\ \cos\beta\sin\alpha & \sin\gamma\sin\beta\sin\alpha+\cos\gamma\cos\alpha & \cos\gamma\sin\beta\sin\alpha-\sin\gamma\cos\alpha\\ -\sin\beta & \sin\gamma\cos\beta & \cos\gamma\cos\beta\end{bmatrix}$$

[0086] 其中，

[0087] M2表示旋转矩阵；

[0088] α表示光轴与第一用户坐标系沿Z轴的夹角；

[0089] β表示第一夹角；

[0090] γ表示第二夹角。

[0091] 优选的，设光轴坐标系沿Z轴方向的旋转角度为0°，即α为0，旋转矩阵化简如下：

[0092] $$M2=\begin{bmatrix}\cos\beta & \sin\gamma\sin\beta & \cos\gamma\sin\beta\\ 0 & \cos\gamma & -\sin\gamma\\ -\sin\beta & \sin\gamma\cos\beta & \cos\beta\cos\gamma\end{bmatrix}$$

[0093] 具体地，本实施例中，通过以下计算公式得到所述第二用户坐标系：

[0094] M3＝M1×M2

[0095] 其中，

[0096] M3表示第二用户坐标系；

[0097] M1表示第一用户坐标系；

[0098] M2表示旋转矩阵。

[0099] 本发明的较佳的实施例中，如图5所示，步骤S31包括：

[0100] 步骤S311，机器人的手臂末端基于工具坐标系带动标定块2移动，使标定块2上的标定面的其中一条边沿第一用户坐标系的X轴方向触碰光轴并记录对应的第一触碰位置的一第一坐标点数据加入第一坐标点数据集合，然后带动标定块2沿第一用户坐标系的Z轴方向移动一预设距离后，使标定面的其中一条边沿第一用户坐标系的X轴方向触碰光轴并记录对应的第二触碰位置的一第二坐标点数据加入第一坐标点数据集合；

[0101] 步骤S312，机器人的手臂末端基于工具坐标系带动标定块2移动，使标定块2上的标定面的其中另一条临边沿第一用户坐标系的Y轴方向触碰光轴并记录对应的第三触碰位置的一第三坐标点数据加入第一坐标点数据集合，然后带动标定块2沿第一用户坐标系的Z轴方向移动预设距离后，使标定面的其中另一条临边沿第一用户坐标系的Y轴方向触碰光轴并记录对应的第四触碰位置的一第四坐标点数据加入第一坐标点数据集合。

[0102] 本发明的较佳的实施例中，步骤S31中，标定面的两条临边触碰到光轴时，激光位移传感器输出一检测信号，机器人根据检测信号停止移动并分别记录第一触碰位置、第二触碰位置、第三触碰位置和第四触碰位置的坐标点数据加入第一坐标点数据集合。

[0103] 本发明的较佳的实施例中，步骤S32中，通过以下计算公式得到空间向量：

[0104] $$\overrightarrow{n}=\begin{bmatrix}P1.X-P2.X\\ P3.Y-P4.Y\\ P1.Z-P2.Z\end{bmatrix}$$

[0105] 其中，

[0106] $\overrightarrow{n}$表示空间向量；

[0107] P1.X表示第一坐标点数据的X坐标值；

[0108] P2.X表示第二坐标点数据的X坐标值；

[0109] P3.Y表示第三坐标点数据的Y坐标值；

[0110] P4.Y表示第四坐标点数据的Y坐标值；

[0111] P1.Z表示第一坐标点数据的Z坐标值；

[0112] P2.Z表示第二坐标点数据的Z坐标值。

[0113] 本发明的较佳的实施例中，步骤S32中，根据以下方程组处理得到第一夹角和第二夹角：

[0114] $P1.X-P2.X=\sin\beta\cos\gamma$

[0115] $P3.Y-P4.Y=-\sin\gamma$

[0116] $P1.Z-P2.Z=\cos\beta\cos\gamma$

[0117] 其中，

[0118] β表示第一夹角；

[0119] γ表示第二夹角。

[0120] 本发明的较佳的实施例中，步骤S3中，执行步骤S33之后还包括：

[0121] 获取相邻两次重复执行所述步骤S31、步骤S32和步骤S33后得到的第一夹角和第二夹角，判断两个第一夹角的差值是否小于一第一阈值，且两个第二夹角的差值是否小于一第二阈值：

[0122] 若是，则转向步骤S4；

[0123] 若否，则返回步骤S31。

[0124] 具体地，本实施例中，第一次对比时，先获取第一用户坐标系与光轴的第一夹角和第二夹角，然后基于第二用户坐标系使标定面的两条边分别沿第二用户坐标系的X轴方向和Y轴方向触碰光轴，得到光轴新的空间向量以及对应的第一夹角和第二夹角，分别对第一夹角的差值和第二夹角的差值进行对比判断，从第二次对比开始，将第二用户坐标系与光轴的第一夹角和第二夹角和下一个触碰得到的光轴新的空间向量以及对应的第一夹角和第二夹角进行比较，不断更新第二用户坐标系。

[0125] 优选的，第一阈值可以等于第二阈值。

[0126] 本发明的较佳的实施例中，第二坐标点数据集合中包括一第五坐标点数据、一第六坐标点数据、一第七坐标点数据和一第八坐标点数据，第五坐标点数据和第六坐标点数据由标定面的其中一条边分别沿第二用户坐标系的X轴方向触碰光轴并记录得到，第七坐标点数据和第八坐标点数据由标定面的其中另一条临边分别沿第二用户坐标系的Y轴方向触碰光轴并记录得到，如图6、7所示，则步骤S5包括：

[0127] 步骤S51，机器人的手臂末端基于工具坐标系带动标定块移动到第二用户坐标系的原点3，获取激光位移传感器的测距结果并作为光轴原点4与第二用户坐标系原点3的Z坐标差值；

[0128] 步骤S52，根据第五坐标点数据和第六坐标点数据的X坐标值得到光轴原点4与第二用户坐标系原点3的X坐标差值；

[0129] 步骤S53，根据第七坐标点数据和第八坐标点数据的Y坐标值得到光轴原点4与第二用户坐标系原点3的Y坐标差值；

[0130] 步骤S54，根据X坐标差值、Y坐标差值和Z坐标差值得到一偏移矩阵，根据偏移矩阵和第二用户坐标系处理得到激光位移传感器的光轴坐标系，完成光轴原点4的标定。

[0131] 具体地，本实施例中，步骤S4中，机器人的手臂末端基于工具坐标系带动标定块2

移动，使标定块2上的标定面的其中一条边沿第二用户坐标系的X轴方向触碰光轴并记录对应的第五触碰位置的一第五坐标点数据加入第二坐标点数据集合，然后机器人的手臂末端带动标定块2沿着第二用户坐标系的Z轴方向旋转180°再触碰光轴并记录对应的第六触碰位置的一第六坐标点数据加入第二坐标点数据集合。

[0132] 具体地，本实施例中，步骤S4中，机器人的手臂末端基于工具坐标系带动标定块2移动，使标定块2上的标定面的其中一条临边沿第二用户坐标系的Y轴方向触碰光轴并记录对应的第七触碰位置的一第七坐标点数据加入第二坐标点数据集合，然后机器人的手臂末端带动标定块2沿着第二用户坐标系的Z轴方向旋转180°再触碰光轴并记录对应的第八触碰位置的一第八坐标点数据加入第二坐标点数据集合。

[0133] 优选的，通过以下计算公式得到X坐标差值：

[0134] ΔX＝P5.X-P6.X

[0135] 其中，

[0136] ΔX表示X坐标差值；

[0137] P5.X表示第五坐标点数据的X坐标值；

[0138] P6.X表示第六坐标点数据的X坐标值。

[0139] 优选的，通过以下计算公式得到Y坐标差值：

[0140] ΔY＝P7.Y-P8.Y

[0141] 其中，

[0142] ΔY表示Y坐标差值；

[0143] P7.Y表示第七坐标点数据的Y坐标值；

[0144] P8.Y表示第八坐标点数据的Y坐标值。

[0145] 本发明的较佳的实施例中，通过以下计算公式得到激光位移传感器的光轴坐标系：

[0146] $$M4=M3\times\begin{bmatrix}1&0&0&\Delta X\\0&1&0&\Delta Y\\0&0&1&\Delta Z\\0&0&0&1\end{bmatrix}$$

[0147] 其中，

[0148] M4表示激光位移传感器的光轴坐标系；

[0149] M3表示第二用户坐标系；

[0150] ΔX表示X坐标差值；

[0151] ΔY表示Y坐标差值；

[0152] ΔZ表示Z坐标差值。

[0153] 本发明的较佳的实施例中，步骤S5中，执行步骤S54之后还包括：

[0154] 判断X坐标差值是否小于一第三阈值，且Y坐标差值是否小于一第四阈值：

[0155] 若是，完成对光轴原点4的标定；

[0156] 若否，将激光位移传感器的光轴坐标系作为第一用户坐标系，并返回步骤S31。

[0157] 具体地，本实施例中，返回步骤S31时，将激光位移传感器的光轴坐标系作为第一用户坐标系，此时，已经完成光轴坐标系Z轴方向的标定，只是对光轴原点4进行调整并标

定。

[0158] 优选的，第三阈值可以等于第四阈值。

[0159] 以上所述仅为本发明较佳的实施例，并非因此限制本发明的实施方式及保护范围，对于本领域技术人员而言，应当能够意识到凡运用本说明书及图示内容所作出的等同替换和显而易见的变化所得到的方案，均应当包含在本发明的保护范围内。

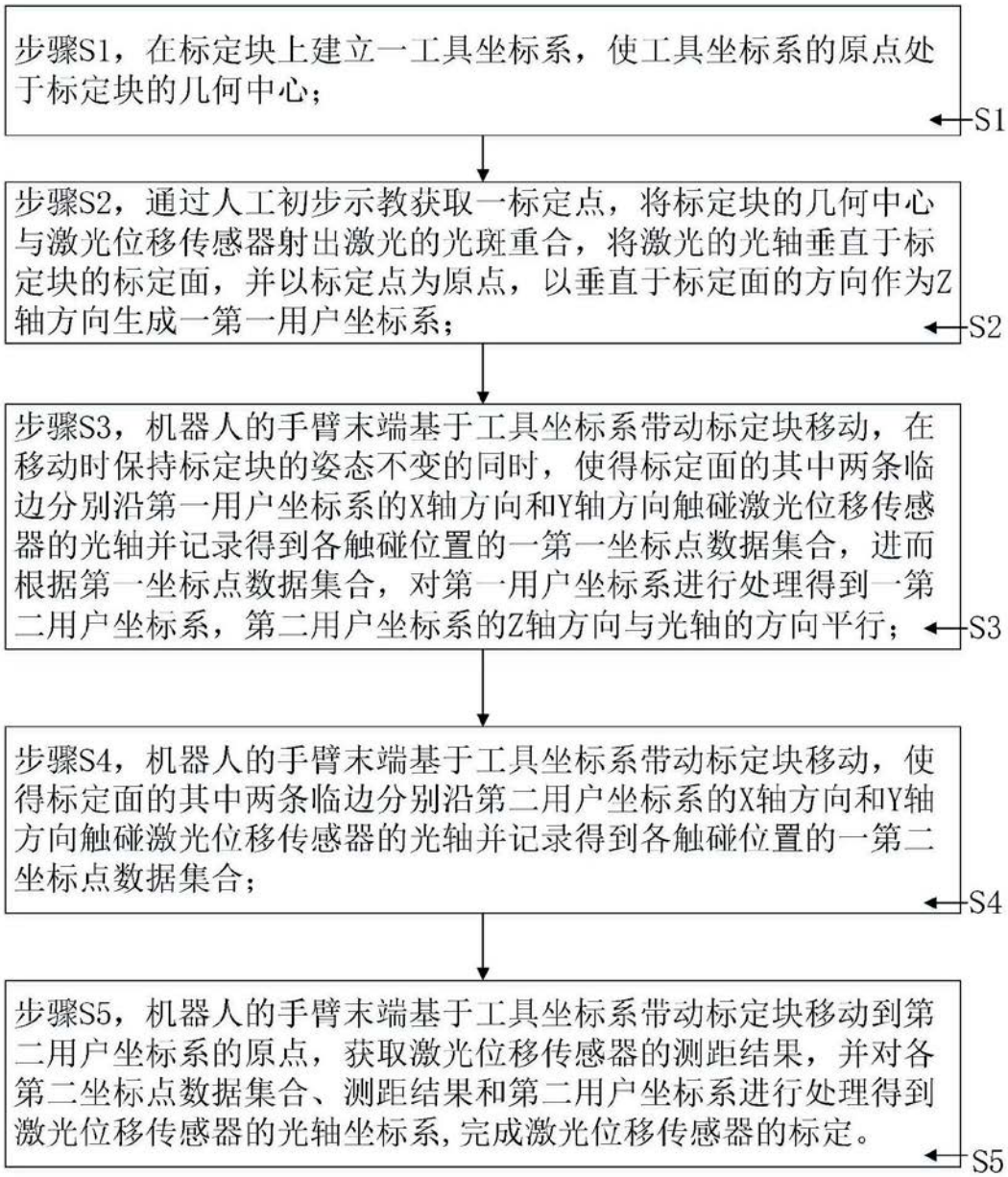

步骤S1，在标定块上建立一工具坐标系，使工具坐标系的原点处于标定块的几何中心；
S1
步骤S2，通过人工初步示教获取一标定点，将标定块的几何中心与激光位移传感器射出激光的光斑重合，将激光的光轴垂直于标定块的标定面，并以标定点为原点，以垂直于标定面的方向作为Z轴方向生成一第一用户坐标系；
S2
步骤S3，机器人的手臂末端基于工具坐标系带动标定块移动，在移动时保持标定块的姿态不变的同时，使得标定面的其中两条临边分别沿第一用户坐标系的X轴方向和Y轴方向触碰激光位移传感器的光轴并记录得到各触碰位置的一第一坐标点数据集合，进而根据第一坐标点数据集合，对第一用户坐标系进行处理得到一第二用户坐标系，第二用户坐标系的Z轴方向与光轴的方向平行；
S3
步骤S4，机器人的手臂末端基于工具坐标系带动标定块移动，使得标定面的其中两条临边分别沿第二用户坐标系的X轴方向和Y轴方向触碰激光位移传感器的光轴并记录得到各触碰位置的一第二坐标点数据集合；
S4
步骤S5，机器人的手臂末端基于工具坐标系带动标定块移动到第二用户坐标系的原点，获取激光位移传感器的测距结果，并对各第二坐标点数据集合、测距结果和第二用户坐标系进行处理得到激光位移传感器的光轴坐标系，完成激光位移传感器的标定。
S5

图1

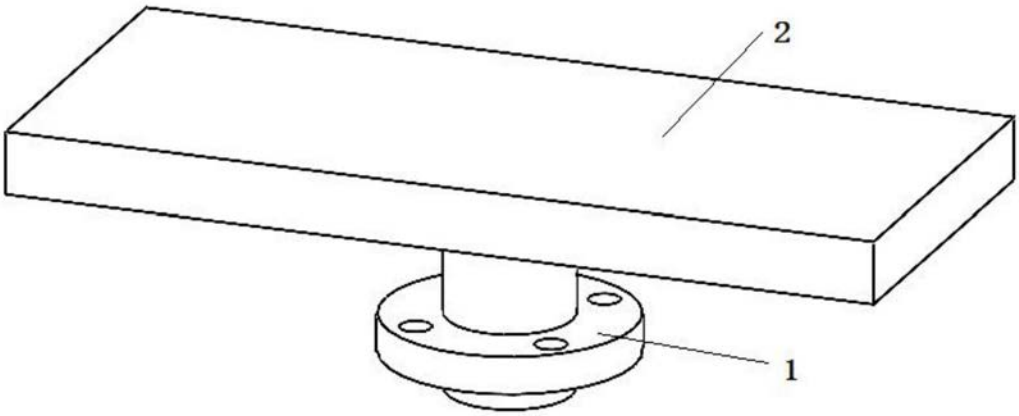

2
1

图2

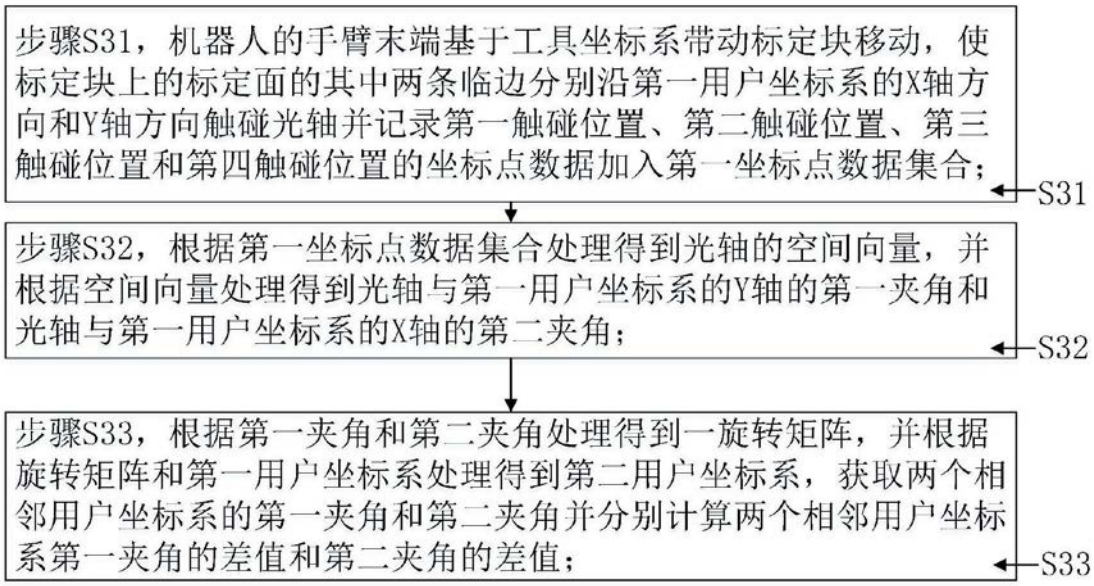

步骤S31，机器人的手臂末端基于工具坐标系带动标定块移动，使标定块上的标定面的其中两条临边分别沿第一用户坐标系的X轴方向和Y轴方向触碰光轴并记录第一触碰位置、第二触碰位置、第三触碰位置和第四触碰位置的坐标点数据加入第一坐标点数据集合；
S31
步骤S32，根据第一坐标点数据集合处理得到光轴的空间向量，并根据空间向量处理得到光轴与第一用户坐标系的Y轴的第一夹角和光轴与第一用户坐标系的X轴的第二夹角；
S32
步骤S33，根据第一夹角和第二夹角处理得到一旋转矩阵，并根据旋转矩阵和第一用户坐标系处理得到第二用户坐标系，获取两个相邻用户坐标系的第一夹角和第二夹角并分别计算两个相邻用户坐标系第一夹角的差值和第二夹角的差值；
S33

图3

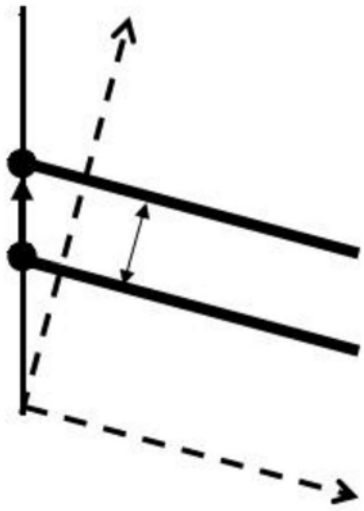


图4

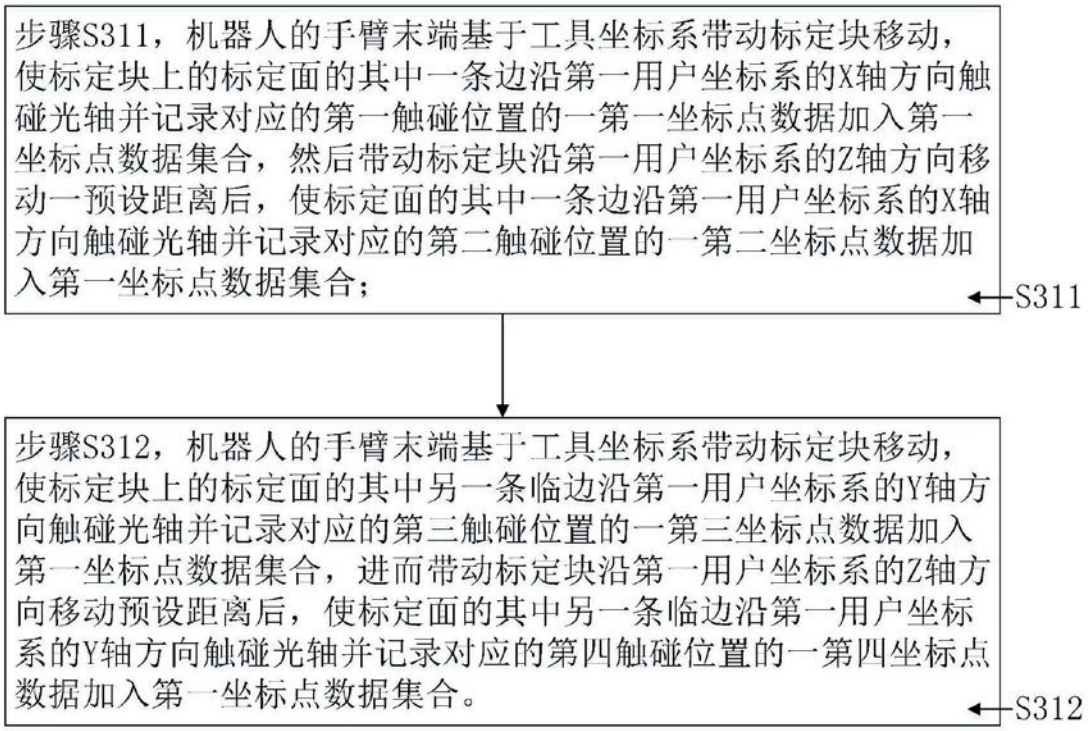

步骤S311，机器人的手臂末端基于工具坐标系带动标定块移动，使标定块上的标定面的其中一条边沿第一用户坐标系的X轴方向触碰光轴并记录对应的第一触碰位置的一第一坐标点数据加入第一坐标点数据集合，然后带动标定块沿第一用户坐标系的Z轴方向移动一预设距离后，使标定面的其中一条边沿第一用户坐标系的X轴方向触碰光轴并记录对应的第二触碰位置的一第二坐标点数据加入第一坐标点数据集合；
S311
步骤S312，机器人的手臂末端基于工具坐标系带动标定块移动，使标定块上的标定面的其中另一条临边沿第一用户坐标系的Y轴方向触碰光轴并记录对应的第三触碰位置的一第三坐标点数据加入第一坐标点数据集合，进而带动标定块沿第一用户坐标系的Z轴方向移动预设距离后，使标定面的其中另一条临边沿第一用户坐标系的Y轴方向触碰光轴并记录对应的第四触碰位置的一第四坐标点数据加入第一坐标点数据集合。
S312

图5

步骤S51，机器人的手臂末端基于工具坐标系带动标定块移动到第二用户坐标系的原点，获取激光位移传感器的测距结果并作为光轴原点与第二用户坐标系原点的Z坐标差值；

S51

步骤S52，根据第五坐标点数据和第六坐标点数据的X坐标值得到光轴原点与第二用户坐标系原点的X坐标差值；

S52

步骤S53，根据第五坐标点数据和第六坐标点数据的Y坐标值得到光轴原点与第二用户坐标系原点的Y坐标差值；

S53

步骤S54，根据X坐标差值、Y坐标差值和Z坐标差值得到一偏移矩阵，根据偏移矩阵和第二用户坐标系处理得到激光位移传感器的光轴坐标系，完成光轴的原点的标定。

S54

图6

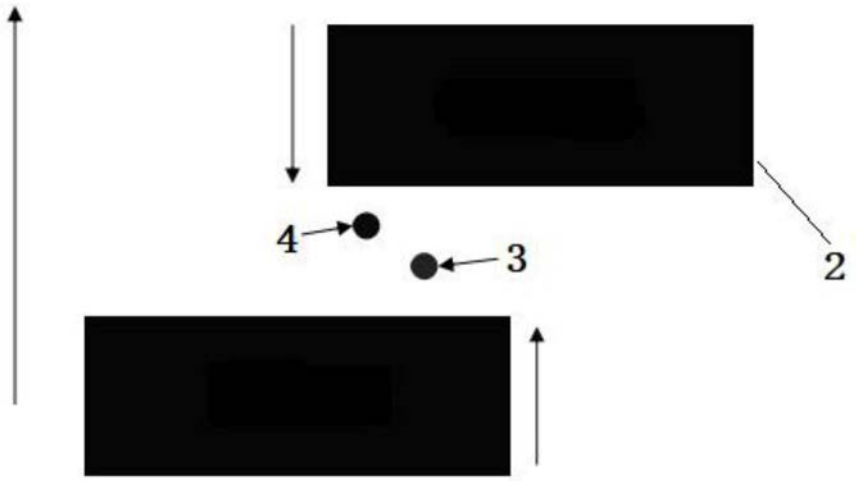


图7