(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 108917604 A
(43)申请公布日 2018.11.30

(21)申请号 201810765649.0

(22)申请日 2018.07.12

(71)申请人 上海航天设备制造总厂有限公司
地址 200245 上海市闵行区华宁路100号

(72)发明人 袁定新 雷斯聪 钱晨 朱忠良 赵维刚 熊艳艳

(74)专利代理机构 上海航天局专利中心 31107
代理人 余岢

(51)Int.Cl.
G01B 11/00(2006.01)

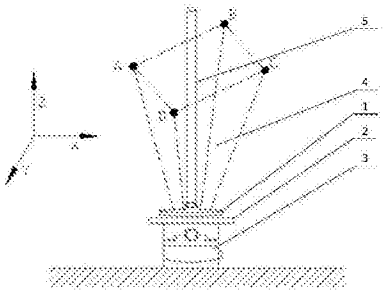
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

一种法向测量装置及其标定方法

(57)摘要

本发明实施例提供了一种法向测量装置，包括：校平圆盘、角度位移台、标准量块以及激光测距传感器组件，其中：所述角度位移台位于待标定系统的工作台；所述校平圆盘安装至加工工具主轴，并下移至所述角度位移台上平面，通过调整所述角度位移台的角度对校平圆盘进行调平；所述角度位移台与所述校平圆盘间设置有标准量块；所述激光测距传感器组件包括四个激光测距传感器，分别向所述角度位移台发射激光，和向所述角度位移台上的标准量块发射激光，获取激光测距传感器的数值差与标准量块的高度；根据激光测距传感器的数值差与标准量块的高度计算出其射出的激光与所述角度位移台的上平面的夹角，用于对待标定系统进行标定。



CN 108917604 A

1.一种法向测量装置，其特征在于，包括：校平圆盘、角度位移台、标准量块以及激光测距传感器组件，其中：

所述角度位移台位于待标定系统的工作台；

所述校平圆盘安装至加工工具主轴，并下移至所述角度位移台上平面，通过调整所述角度位移台的角度对校平圆盘进行调平；

所述角度位移台与所述校平圆盘间设置有标准量块；

所述激光测距传感器组件包括四个激光测距传感器，分别向所述角度位移台发射激光，和向所述角度位移台上的标准量块发射激光，获取激光测距传感器的数值差与标准量块的高度；

根据激光测距传感器的数值差与标准量块的高度计算出其射出的激光与所述角度位移台的上平面的夹角，用于对待标定系统进行标定。

2.一种法向测量装置的标定方法，其特征在于：包括步骤：

步骤1：对手动角度位移台进行调平以及建立笛卡尔坐标系；所述角度位移台位于待标定系统的工作台；

步骤2：测量并计算激光测距传感器射出的激光与所述角度位移台的上平面的夹角以及该激光测距传感器相对于加工工具主轴的位置坐标；所述激光测距传感器组件包括四个激光测距传感器，位于所述待标定系统上方，用于向所述角度位移台发射激光，获取激光与所述角度位移台的上平面的夹角；

步骤3：测量并计算激光测距传感器射出的激光在第一平面和第二平面投影的直线方程，所述第一平面与第二平面均垂直于所述角度位移台的上平面，并且第一平面与第二平面相互垂直且经过所述加工工具主轴；

步骤4：获取激光测距传感器的测量数值，即激光测距传感器到所述角度位移台的上平面的距离：

步骤5：根据标定出的激光与所述角度位移台的上平面的夹角、激光测距传感器相对于加工工具主轴的位置坐标、第一平面上投影的直线方程、第二平面上投影的直线方程以及激光测距传感器的测量数值计算出测量点的空间坐标值；根据任意三个测量点的空间坐标值计算出测量平面的法向与所述加工工具主轴的空间夹角，完成标定。

3.如权利要求2所述的标定方法，其特征在于：所述步骤1包括：

所述校平圆盘安装至加工工具主轴，并下移至所述角度位移台上平面，调整所述角度位移台的角度，使所述角度位移台的上平面与所述校平圆盘的底面平行，完成调平；

以所述角度位移台的上平面为XOY平面建立笛卡尔坐标系O-XYZ，其中原点O为加工工具主轴延长线与所述角度位移台上平面的交点，Z轴为加工工具主轴向上方向，X轴、Y轴分别平行于所述角度位移台的X轴、Y轴。

4.如权利要求3所述的标定方法，其特征在于：所述第一平面为平面YOZ，第二平面为平面XOZ。

5.如权利要求3所述的标定方法，其特征在于：所述步骤2包括：

移除所述校平圆盘，测量激光测距传感器到XOY平面的距离，获取初始位置值，在所述角度位移台上平面放置标准量块，获取激光测距传感器的数值，利用激光测距传感器的数值差与标准量块的高度计算出射出的激光与XOY平面的夹角以及射出点的Z坐标。

6.如权利要求5所述的标定方法，其特征在于：所述步骤3包括：

将所述角度位移台绕X轴转动两组角度，并分别测量转动两组角度之后，激光测距传感器到所述角度位移台上平面的距离，通过空间直线投影关系计算出激光测距传感器所射出的激光在平面YOZ上投影的直线方程。

7.如权利要求5所述的标定方法，其特征在于：所述步骤3包括：

将所述角度位移台绕Y轴转动两组角度，并分别测量转动两组角度之后，激光测距传感器到所述角度位移台上平面的距离，通过空间直线投影关系计算出激光测距传感器所射出的激光在平面XOZ上投影的直线方程。

一种法向测量装置及其标定方法

技术领域

[0001] 本发明涉及到一种法向测量装置的标定方法，具体涉及到一种基于激光测距传感器的法向测量装置的标定方法。

背景技术

[0002] 目前，在运载火箭、飞机等大型设备的制造领域，柔性制造技术的应用已经成为国内外数字化制造的主流发展趋势。在利用机器人以及专用末端执行器进行结构曲面柔性自动化制孔时，法向测量装置常用于制孔法向的测量，保证制孔轴线与曲面法向夹角达到精度要求。一般情况下，法向测量装置由4组激光测距传感器与末端执行器前端的压脚组成，在安装激光位移传感器时，以向末端执行器主轴倾斜的方式安装，此时四个测量点均匀分布在制孔位置附近较小的局部范围内，提高了制孔部位局部平面拟合的精度。由于压脚的加工误差和激光位移传感器的安装误差，依靠三维设计模型确定的激光测距传感器的位置和激光方向存在偏差。因此需要对基于激光测距传感器的法向测量装置进行标定，现有标定方法大都采用定点和平面模板的标定方法，这两种方法虽然能满足标定精度的要求，但标定过程较为繁琐，而且需要复杂的标定对象或者精密的辅助测量设备，标定成本高。

发明内容

[0003] 本发明的目的是提供一种基于激光测距传感器的法向测量装置的标定方法；本发明解决的现有基于激光测距传感器的法向测量装置的标定方法繁琐，精度差，标定成本高等问题。

[0004] 本发明一个实施例提供了一种法向测量装置，其特征在于，包括：校平圆盘、角度位移台、标准量块以及激光测距传感器组件，其中：

[0005] 所述角度位移台位于待标定系统的工作台；

[0006] 所述校平圆盘安装至加工工具主轴，并下移至所述角度位移台上平面，通过调整所述角度位移台的角度对校平圆盘进行调平；

[0007] 所述角度位移台与所述校平圆盘间设置有标准量块；

[0008] 所述激光测距传感器组件包括四个激光测距传感器，分别向所述角度位移台发射激光，和向所述角度位移台上的标准量块发射激光，获取激光测距传感器的数值差与标准量块的高度；

[0009] 根据激光测距传感器的数值差与标准量块的高度计算出其射出的激光与所述角度位移台的上平面的夹角，用于对待标定系统进行标定。

[0010] 本发明另一个实施例还提供了一种法向测量装置的标定方法，其特征在于：包括步骤：

[0011] 步骤1：对手动角度位移台进行调平以及建立笛卡尔坐标系；所述角度位移台位于待标定系统的工作台；

[0012] 步骤2：测量并计算激光测距传感器射出的激光与所述角度位移台的上平面的夹

角以及该激光测距传感器相对于加工工具主轴的位置坐标;所述激光测距传感器组件包括四个激光测距传感器,位于所述待标定系统上方,用于向所述角度位移台发射激光,获取激光与所述角度位移台的上平面的夹角;

[0013] 步骤3:测量并计算激光测距传感器射出的激光在第一平面和第二平面投影的直线方程,所述第一平面与第二平面均垂直于所述角度位移台的上平面,并且第一平面与第二平面相互垂直且经过所述加工工具主轴;

[0014] 步骤4:获取激光测距传感器的测量数值,即激光测距传感器到所述角度位移台的上平面的距离:

[0015] 步骤5:根据标定出的激光与所述角度位移台的上平面的夹角、激光测距传感器相对于加工工具主轴的位置坐标、第一平面上投影的直线方程、第二平面上投影的直线方程以及激光测距传感器的测量数值计算出测量点的空间坐标值;根据任意三个测量点的空间坐标值计算出测量平面的法向与所述加工工具主轴的空间夹角,完成标定。

[0016] 优选地,所述步骤1包括:

[0017] 所述校平圆盘安装至加工工具主轴,并下移至所述角度位移台上平面,调整所述角度位移台的角度,使所述角度位移台的上平面与所述校平圆盘的底面平行,完成调平;

[0018] 以所述角度位移台的上平面为XOY平面建立笛卡尔坐标系O-XYZ,其中原点O为加工工具主轴延长线与所述角度位移台上平面的交点,Z轴为加工工具主轴向上方向,X轴、Y轴分别平行于所述角度位移台的X轴、Y轴。

[0019] 优选地,所述第一平面为平面YOZ,第二平面为平面XOZ。

[0020] 优选地,所述步骤2包括:

[0021] 移除所述校平圆盘,测量激光测距传感器到XOY平面的距离,获取初始位置值,在所述角度位移台上平面放置标准量块,获取激光测距传感器的数值,利用激光测距传感器的数值差与标准量块的高度计算出射出的激光与XOY平面的夹角以及射出点的Z坐标。

[0022] 优选地,所述步骤3包括:

[0023] 将所述角度位移台绕X轴转动两组角度,并分别测量转动两组角度之后,激光测距传感器到所述角度位移台上平面的距离,通过空间直线投影关系计算出激光测距传感器所射出的激光在平面YOZ上投影的直线方程。

[0024] 优选地,所述步骤3包括:

[0025] 将所述角度位移台绕Y轴转动两组角度,并分别测量转动两组角度之后,激光测距传感器到所述角度位移台上平面的距离,通过空间直线投影关系计算出激光测距传感器所射出的激光在平面XOZ上投影的直线方程。

[0026] 本发明具备如下技术效果:标定所需工装结构简单,标定过程简单、快速、成本低。

附图说明

[0027] 图1是对基于激光测距传感器的法向测量装置进行标定的几何模型示意图;

[0028] 图2是激光测距传感器A射出的激光在平面YOZ上的投影与二维手动角度位移台上平面在平面YOZ上的投影之间的关系示意图;

[0029] 图3是激光测距传感器A射出的激光在平面XOZ上的投影与二维手动角度位移台上平面在平面XOZ上的投影之间的关系示意图。

具体实施方式

[0030] 下文中，结合附图和实施例对本发明的标定方法进行清楚、完整地描述。

[0031] 如图1所示，为本发明一种实施例提供的一种法向测量装置，包括：校平圆盘1、角度位移台3、标准量块2以及激光测距传感器组件，其中：所述角度位移台位于待标定系统的工作台；所述校平圆盘安装至加工工具主轴5，并下移至所述角度位移台上平面，通过调整所述角度位移台的角度对校平圆盘进行调平；所述角度位移台与所述校平圆盘间设置有标准量块；所述激光测距传感器组件包括四个激光测距传感器，分别向所述角度位移台发射激光，和向所述角度位移台上的标准量块发射激光，获取激光测距传感器的数值差与标准量块的高度；根据激光测距传感器的数值差与标准量块的高度计算出其射出的激光与所述角度位移台的上平面的夹角，用于对待标定系统进行标定。

[0032] 本发明实施例还提供了一种对安装于机器人末端执行器前端的基于激光测距传感器的法向测量装置4进行标定的方法，使用的装置包括校平圆盘1、标准量块2、二维手动角度位移台3。该方法首先将校平圆盘1安装至末端执行器主轴5，对二维手动角度位移台3上平面进行调平，并在二维手动角度位移台上平面建立笛卡尔坐标系O-XYZ6，测量并计算出各组激光测距传感器所射出的激光与平面XOY的夹角，然后将二维手动角度位移台3分别绕X轴、Y轴转动一定的角度，并测量转动一定角度之后，激光测距传感器到二维手动角度位移台3上平面的距离，通过空间直线投影关系，计算出激光测距传感器所射出的激光在平面YOZ、XOZ上的投影的直线方程，从而完成对法向测量装置4的标定。

[0033] 该法向测量装置的标定方法可以包括如下步骤：

[0034] 步骤1：对手动角度位移台进行调平以及建立笛卡尔坐标系；所述角度位移台位于待标定系统的工作台；

[0035] 步骤2：测量并计算激光测距传感器射出的激光与所述角度位移台的上平面的夹角以及该激光测距传感器相对于加工工具主轴的位置坐标；所述激光测距传感器组件包括四个激光测距传感器，位于所述待标定系统上方，用于向所述角度位移台发射激光，获取激光与所述角度位移台的上平面的夹角；

[0036] 步骤3：测量并计算激光测距传感器射出的激光在第一平面和第二平面投影的直线方程，所述第一平面与第二平面均垂直于所述角度位移台的上平面，并且第一平面与第二平面相互垂直且经过所述加工工具主轴；

[0037] 步骤4：获取激光测距传感器的测量数值，即激光测距传感器到所述角度位移台的上平面的距离：

[0038] 步骤5：根据标定出的激光与所述角度位移台的上平面的夹角、激光测距传感器相对于加工工具主轴的位置坐标、第一平面上投影的直线方程、第二平面上投影的直线方程以及激光测距传感器的测量数值计算出测量点的空间坐标值；根据任意三个测量点的空间坐标值计算出测量平面的法向与所述加工工具主轴的空间夹角，完成标定。

[0039] 在本发明的一个实施例中，所述步骤1包括：

[0040] 所述校平圆盘安装至加工工具主轴，并下移至所述角度位移台上平面，调整所述角度位移台的角度，使所述角度位移台的上平面与所述校平圆盘的底面平行，完成调平；

[0041] 以所述角度位移台的上平面为XOY平面建立笛卡尔坐标系O-XYZ，其中原点O为加

工工具主轴延长线与所述角度位移台上平面的交点，Z轴为加工工具主轴向上方向，X轴、Y轴分别平行于所述角度位移台的X轴、Y轴。

[0042] 在本发明的一个实施例中，所述第一平面为平面YOZ，第二平面为平面XOZ。

[0043] 在本发明的一个实施例中，所述步骤2包括：

[0044] 移除所述校平圆盘，测量激光测距传感器到XOY平面的距离，获取初始位置值，在所述角度位移台上平面放置标准量块，获取激光测距传感器的数值，利用激光测距传感器的数值差与标准量块的高度计算出射出的激光与XOY平面的夹角以及射出点的Z坐标。

[0045] 在本发明的一个实施例中，所述步骤3包括：

[0046] 将所述角度位移台绕X轴转动两组角度，并分别测量转动两组角度之后，激光测距传感器到所述角度位移台上平面的距离，通过空间直线投影关系计算出激光测距传感器所射出的激光在平面YOZ上投影的直线方程。

[0047] 在本发明的一个实施例中，所述步骤3包括：

[0048] 将所述角度位移台绕Y轴转动两组角度，并分别测量转动两组角度之后，激光测距传感器到所述角度位移台上平面的距离，通过空间直线投影关系计算出激光测距传感器所射出的激光在平面XOZ上投影的直线方程。

[0049] 下面，通过具体实施例，说明本发明的测量装置的标定方法。例如，该标定方法可应用于对工件制孔时的制孔执行器的标定。例如，该方法包括如下步骤：

[0050] 步骤1：对二维手动角度位移台进行调平，建立笛卡尔坐标系。将校平圆盘安装至制孔执行器主轴，使校平圆盘工装下移至二维手动角度位移台上平面附近，调整二维手动角度位移台的角度，使得其上平面与校平圆盘工装底面平行，完成调平，以二维手动角度位移台上平面为XOY平面建立笛卡尔坐标系O-XYZ，其中原点O为主轴延长线与二维手动角度位移台上平面的交点，Z轴为主轴向上方向，X轴、Y轴分别平行于二维手动角度位移台的X轴、Y轴；

[0051] 步骤2：测量并计算出传感器射出的激光与XOY平面的夹角。移除校平圆盘工装，测量激光测距传感器到二维手动角度位移台上平面的距离，获取初始位置值，在二维手动角度位移台上平面放置标准量块，测量此时激光测距传感器的值，利用传感器的数值差与标准量块的高度可计算出其射出的激光与XOY平面的夹角。

[0052] 在本发明的实施例中，上述步骤具体包括：

[0053] 移除校平圆盘工装，测量四组激光测距传感器到二维手动角度位移台上平面的距离，获取初始位置值L_{01}、L_{02}、L_{03}、L_{04}，在二维手动角度位移台上平面放置标准量块，标准量块的高度为△H，测量此时激光测距传感器的值l_{01}、l_{02}、l_{03}、l_{04}，计算出出传感器射出的激光与XOY平面的夹角

[0054] $$\alpha_1 = \arcsin\left(\frac{\Delta H}{l_{01} - L_{01}}\right)$$

[0055] $$\alpha_2 = \arcsin\left(\frac{\Delta H}{l_{02} - L_{02}}\right)$$

[0056] $$\alpha_3 = \arcsin\left(\frac{\Delta H}{l_{03} - L_{03}}\right)$$

[0057] $$\alpha_4 = \arcsin(\frac{\Delta H}{l_{04} - L_{04}})$$

[0058] 步骤3：测量并计算传感器所射出的激光在平面YOZ上投影的直线方程。将二维手动角度位移台绕X轴转动两组角度，并分别测量转动两组角度之后，激光测距传感器到二维手动角度位移台上平面的距离，通过空间直线投影关系计算出传感器所射出的激光在平面YOZ上投影的直线方程。

[0059] 步骤4：测量并计算传感器所射出的激光在平面XOZ上投影的直线方程。将二维手动角度位移台绕Y轴转动两组角度，并分别测量转动两组角度之后，激光测距传感器到二维手动角度位移台上平面的距离，通过空间直线投影关系计算出激光测距传感器所射出的激光在平面XOZ上的投影的直线方程。

[0060] 在本发明的实施例中，上述两个步骤具体包括：

[0061] 通过测得的距离信息，计算传感器所射出的激光在平面YOZ上的投影；将二维手动角度位移台绕X轴转动角度θ_1，记录此时传感器的数值L_{11}、L_{12}、L_{13}、L_{14}，绕X轴转动角度θ_2，记录此时传感器的数值L_{21}、L_{22}、L_{23}、L_{24}，将二维手动角度位移台绕Y轴转动角度θ_3，记录此时传感器的数值L_{31}、L_{32}、L_{33}、L_{34}，绕Y轴转动角度θ_4，记录此时传感器的数值L_{41}、L_{42}、L_{43}、L_{44}；

[0062] 计算绕X轴转动角度θ_1时，传感器所射出的激光与位移台上平面交点的Z向坐标：

[0063] $Z_{01} = (L_{01} - L_{11}) \cdot \sin(\alpha_1)$

[0064] $Z_{02} = (L_{02} - L_{12}) \cdot \sin(\alpha_2)$

[0065] $Z_{03} = (L_{03} - L_{13}) \cdot \sin(\alpha_3)$

[0066] $Z_{04} = (L_{04} - L_{14}) \cdot \sin(\alpha_4)$

[0067] 同理计算出绕X轴转动角度θ_2时，交点的Z向坐标Z_{11}、Z_{12}、Z_{13}、Z_{14}；

[0068] 参见图2。以传感器A为例，Q_1为二维手动角度位移台的回转原点，直线l1、l2分别为二维手动角度位移台上平面绕X轴旋转角度θ1、θ2后，在平面XOZ上的投影，而A_1则表示传感器A所射出的激光在平面YOZ上的投影，N1，N2分别表示直线l1、l2与直线A_1的交点，R_1表示二维手动角度位移台的回转半径，由空间直线投影关系可知l1、l2的直线方程分别为：

[0069] 直线l_1的直线方程为：$$z = \tan(\theta_1) \cdot x + R_0(1 - \frac{1}{\cos(\theta_1)})$$

[0070] 直线l_2的直线方程为：$$z = \tan(\theta_2) \cdot x + R_0(1 - \frac{1}{\cos(\theta_2)})$$

[0071] 而M1、M2的Z向坐标分别为Z_{01}、Z_{11}，将上述Z值分别代入直线l1、直线l2，可计算出出M1、M2的坐标分别为(X_{01}, Z_{01})、(X_{11}, Z_{11})，由此可求解出A_1的直线方程为：

[0072] $$z = \frac{Z_{01} - Z_{11}}{X_{01} - X_{11}} \cdot x - X_{01} \cdot \frac{Z_{01} - Z_{11}}{X_{01} - X_{11}} + Z_{01}$$

[0073] 参见图3。同理可求出传感器A所射出的激光在平面YOZ上的投影直线A_2的直线方程，由此完成对基于激光测距传感器的法向测量装置的标定。

[0074] 对四个激光测距传感器完成以上四个步骤即完成了法向测量装置的标定。

[0075] 法向测量装置工作时，根据标定出的激光与XOY平面的夹角、射出点的Z坐标、YOZ上投影方程、XOZ上投影方程以及激光测距传感器的测量数值便可准确计算出测量点的空间坐标值。根据任意三个测量点的坐标值可计算出测量平面的法向与Z轴(即制孔执行器主

轴)的空间夹角。

[0076] 本发明虽然已经以较佳实施例公开如上,但其并非对本发明做任何形式上的限制,任何本领域技术人员在不脱离本发明的精神和范围内,都可以利用上述揭示的方法和技术内容对本发明技术方案做出可能的变动和修改,因此,凡是未脱离本发明技术方案的内容,依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化及修饰,均属于本发明技术方案的保护范围。

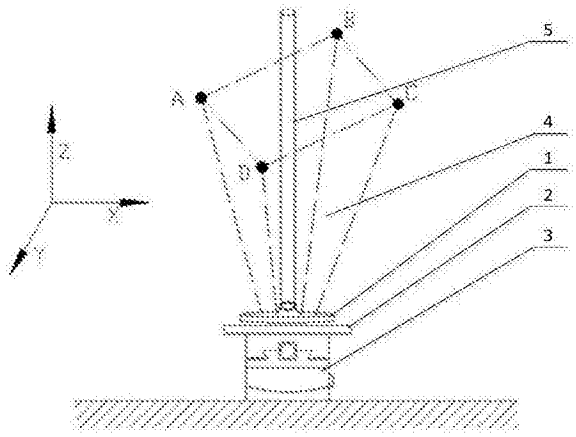

Z
X
Y
A
B
C
D
5
4
1
2
3

图1

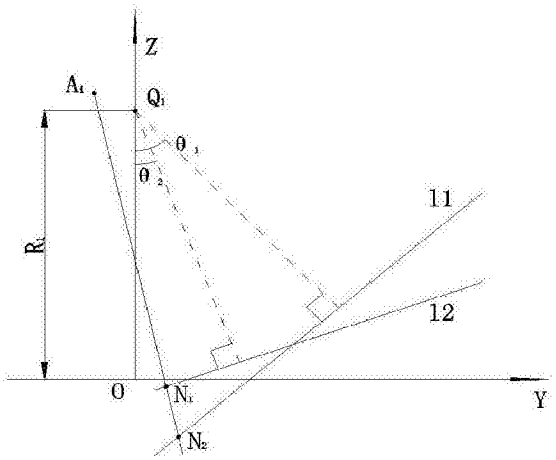

Z
A1
Q1
θ1
θ2
R1
11
12
O
N1
N2
Y

图2

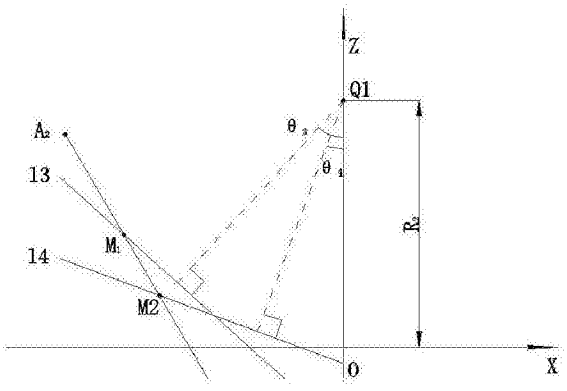

Z
Q1
A2
θ3
θ4
13
14
M1
M2
R2
O
X

图3