



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112666571 A

(43) 申请公布日 2021.04.16

(21) 申请号 202011540645.6

(22) 申请日 2020.12.23

(71) 申请人 华南理工大学

地址 510640 广东省广州市天河区五山路
381号

(72) 发明人 何振亚 方殷锴 张宪民 杨辅标

(74) 专利代理机构 广州市华学知识产权代理有
限公司 44245

代理人 李秋武

(51) Int. Cl.

G01S 17/66 (2006.01)

G01S 7/481 (2006.01)

G01C 15/00 (2006.01)

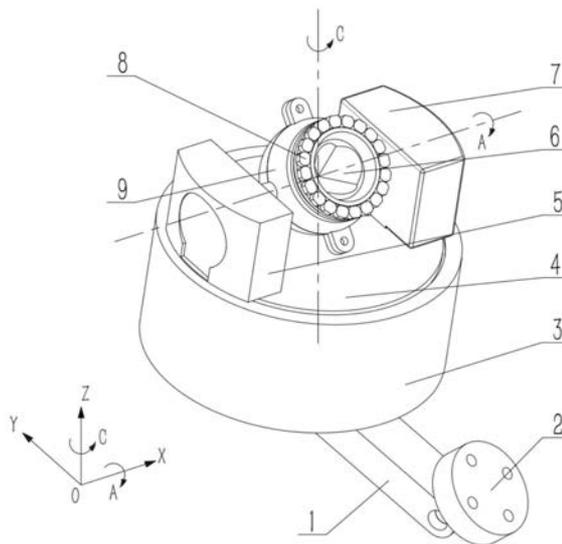
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

一种激光跟踪仪反射系统和反射方法

(57) 摘要

本发明涉及一种激光跟踪仪反射系统,包括用于连接外部设备的安装座、调姿装置、目标反射靶球和控制装置,目标反射靶球外缘固接有环形的光线检测装置,目标反射靶球在第一姿态时,激光入射点位于光线检测装置;在第二姿态时,激光入射点位于目标反射靶球,控制装置分别与光线检测装置和调姿装置连接,光线检测装置用于检测目标反射靶球在第一姿态时激光入射点数据并发送给控制装置,控制装置根据激光入射点数据控制调姿装置动作,使目标反射靶球从第一姿态调整为第二姿态。实现激光自动快速续接,避免发生断光现象,扩大了激光跟踪仪的有效测量区域。本发明还涉及一种激光跟踪仪反射方法。



1. 一种激光跟踪仪反射系统,其特征在於:包括用於连接外部设备的安装座、调姿装置、目标反射靶球和控制装置,调姿装置固接于安装座,调姿装置设于目标反射靶球一侧,目标反射靶球活动连接于安装座,目标反射靶球外缘固接有环形的光线检测装置,目标反射靶球至少具有第一姿态和第二姿态,在第一姿态时,激光入射点位于光线检测装置;在第二姿态时,激光入射点位于目标反射靶球,控制装置分别与光线检测装置和调姿装置连接,光线检测装置用於检测目标反射靶球在第一姿态时激光入射点数据并发送给控制装置,控制装置用於接收激光入射点数据并根据激光入射点数据控制调姿装置动作,调姿装置驱使目标反射靶球从第一姿态调整为第二姿态。

2. 按照权利要求1所述的一种激光跟踪仪反射系统,其特征在於:安装座上设有转台,转台转动连接于安装座,目标反射靶球铰接于转台,调姿装置包括第一电机与第二电机,第一电机固接于安装座,第一电机驱动转台在安装座上转动,第二电机固接于转台,第二电机驱动目标反射靶球在转台上转动。

3. 按照权利要求2所述的一种激光跟踪仪反射系统,其特征在於:安装座设有第一转轴,转台通过第一转轴与安装座连接,转台设有第二转轴,目标反射靶球通过第二转轴与转台连接,第一转轴垂直于第二转轴,目标反射靶球的球心位于第一转轴延长线与第二转轴的交点处。

4. 按照权利要求3所述的一种激光跟踪仪反射系统,其特征在於:转台设有第一支柱与第二支柱,第二电机固接于第一支柱,第二转轴两端分别连接于第一支柱与第二支柱,目标反射靶球位于第一支柱与第二支柱之间。

5. 按照权利要求4所述的一种激光跟踪仪反射系统,其特征在於:第二转轴固接有球座,球座设有凹槽,目标反射靶球设于凹槽内,球座与目标反射靶球固接。

6. 按照权利要求1所述的一种激光跟踪仪反射系统,其特征在於:光线检测装置包括电源与多个光敏电阻,多个光敏电阻与电源串联,多个光敏电阻依次紧密排列环绕于目标反射靶球外缘,每个光敏电阻均与控制装置连接。

7. 按照权利要求6所述的一种激光跟踪仪反射系统,其特征在於:多个光敏电阻依次分成第一光敏电阻组、第二光敏电阻组、第三光敏电阻组与第四光敏电阻组,电源包括第一电源与第二电源,第一光敏电阻组与第三光敏电阻组依次与第一电源串联,第二光敏电阻组与第四光敏电阻组依次与第二电源串联。

8. 一种按照权利要求1-7任一项所述的激光跟踪仪反射系统的激光跟踪仪反射方法,其特征在於:包括以下步骤,

获取目标反射靶球在第一姿态时的激光入射点数据;

根据目标反射靶球在第一姿态时的激光入射点数据,控制目标反射靶球从第一姿态调整为第二姿态;

其中,目标反射靶球至少具有第一姿态和第二姿态,在第一姿态时,激光入射点位于光线检测装置;在第二姿态时,激光入射点位于目标反射靶球。

9. 按照权利要求8所述的一种激光跟踪仪反射方法,其特征在於:根据激光入射点数据判断激光入射点的位置,包括以下步骤,

将多个光敏电阻依次紧密排列环绕于目标反射靶球外缘;

将多个光敏电阻分成多个光敏电阻组,每个光敏电阻组分别与电源串联;

分别测出每个光敏电阻组在有激光照射下的最大电压值和最小电压值之间的电压区间；

检测激光入射点的实际电压值；

当实际电压值与在有激光照射下的最大电压值和最小电压值之间的电压区间对应，判定激光入射点位于与所述电压区间对应的光敏电阻组。

10. 按照权利要求9所述的一种激光跟踪仪反射方法，其特征在于：控制目标反射靶球从第一姿态调整为第二姿态包括以下步骤，

S1, 利用第一电机驱动目标反射靶球绕第一转轴转动第一步距角，利用第二电机驱动目标反射靶球绕第二转轴转动第二步距角；其中，第一转轴和第二转轴均通过目标反射靶球的球心且第一转轴垂直于第二转轴；

S2, 判断激光入射点的实际电压值是否位于在有激光照射下的最大电压值和最小电压值之间的电压区间，如果是则重复S1，如果否则第一电机和第二电机停止运转。

一种激光跟踪仪反射系统和反射方法

技术领域

[0001] 本发明涉及精密测量技术领域，特别是涉及一种激光跟踪仪反射系统和反射方法。

背景技术

[0002] 激光跟踪测量系统是一种高精度测量仪器，可对空间运动目标进行跟踪测量。它属于非接触式测量，具有全自动跟踪，不需要人员瞄准的优点。

[0003] 激光跟踪测量系统主要包括激光跟踪仪、控制器、计算机、目标反射靶球。激光跟踪仪在测量过程中，要确保激光跟踪仪发射的激光能够入射进目标反射靶球，激光经目标反射靶球反射后按原路返回激光跟踪仪，否则将会出现断光现象。例如，当测量机器人定位精度时，目标反射靶球安装在机器人末端执行器跟随机器人运动。在测量过程中，随着机器人运动，目标反射靶球的姿态也会改变。当其姿态改变量超过一定的角度范围时，会使得激光的入射光无法落在目标反射靶球的反射镜，此时如果不能快速调整、使入射光重新打到目标反射靶球的话，就将会出现断光现象，导致本次测量终止。因此，激光跟踪仪的一次搭建，很难实现机器人整个工作空间的测量。

发明内容

[0004] 针对现有技术中存在的技术问题，本发明的目的之一是：提供一种激光跟踪仪反射系统，能够在测量过程中当激光偏离目标反射靶球时自动快速续接，避免发生断光现象，扩大了激光跟踪仪的有效测量区域。

[0005] 针对现有技术中存在的技术问题，本发明的目的之二是：提供一种激光跟踪仪反射方法，能够在测量过程中当激光偏离目标反射靶球时自动快速续接。

[0006] 为了达到上述目的，本发明采用如下技术方案：

[0007] 一种激光跟踪仪反射系统，包括用于连接外部设备的安装座、调姿装置、目标反射靶球和控制装置，调姿装置固接于安装座，调姿装置设于目标反射靶球一侧，目标反射靶球活动连接于安装座，目标反射靶球外缘固接有环形的光线检测装置，目标反射靶球至少具有第一姿态和第二姿态，在第一姿态时，激光入射点位于光线检测装置；在第二姿态时，激光入射点位于目标反射靶球，控制装置分别与光线检测装置和调姿装置连接，光线检测装置用于检测目标反射靶球在第一姿态时激光入射点数据并发送给控制装置，控制装置用于接收激光入射点数据并根据激光入射点数据控制调姿装置动作，调姿装置驱使目标反射靶球从第一姿态调整为第二姿态。

[0008] 进一步，安装座上设有转台，转台转动连接于安装座，目标反射靶球铰接于转台，调姿装置包括第一电机与第二电机，第一电机固接于安装座，第一电机驱动转台在安装座上转动，第二电机固接于转台，第二电机驱动目标反射靶球在转台上转动。

[0009] 进一步，安装座设有第一转轴，转台通过第一转轴与安装座连接，转台设有第二转轴，目标反射靶球通过第二转轴与转台连接，第一转轴垂直于第二转轴，目标反射靶球的球

心位于第一转轴延长线与第二转轴的交点处。

[0010] 进一步,转台设有第一支柱与第二支柱,第二电机固接于第一支柱,第二转轴两端分别连接于第一支柱与第二支柱,目标反射靶球位于第一支柱与第二支柱之间。

[0011] 进一步,第二转轴固接有球座,球座设有凹槽,目标反射靶球设于凹槽内,球座与目标反射靶球固接。

[0012] 进一步,光线检测装置包括电源与多个光敏电阻,多个光敏电阻与电源串联,多个光敏电阻依次紧密排列环绕于目标反射靶球外缘,每个光敏电阻均与控制装置连接。

[0013] 进一步,多个光敏电阻依次分成第一光敏电阻组、第二光敏电阻组、第三光敏电阻组与第四光敏电阻组,电源包括第一电源与第二电源,第一光敏电阻组与第三光敏电阻组依次与第一电源串联,第二光敏电阻组与第四光敏电阻组依次与第二电源串联。

[0014] 一种激光跟踪仪反射方法:包括以下步骤,

[0015] 获取目标反射靶球在第一姿态时的激光入射点数据;

[0016] 根据目标反射靶球在第一姿态时的激光入射点数据,控制目标反射靶球从第一姿态调整为第二姿态;

[0017] 其中,目标反射靶球至少具有第一姿态和第二姿态,在第一姿态时,激光入射点位于光线检测装置;在第二姿态时,激光入射点位于目标反射靶球。

[0018] 进一步,根据激光入射点数据判断激光入射点的位置,包括以下步骤,

[0019] 将多个光敏电阻依次紧密排列环绕于目标反射靶球外缘;

[0020] 将多个光敏电阻分成多个光敏电阻组,每个光敏电阻组分别与电源串联;

[0021] 分别测出每个光敏电阻组在有激光照射下的最大电压值和最小电压值之间的电压区间;

[0022] 检测激光入射点的实际电压值;

[0023] 当实际电压值与在有激光照射下的最大电压值和最小电压值之间的电压区间对应,判定激光入射点位于与所述电压区间对应的光敏电阻组。

[0024] 进一步,控制目标反射靶球从第一姿态调整为第二姿态包括以下步骤,

[0025] S1,利用第一电机驱动目标反射靶球绕第一转轴转动第一步距角,利用第二电机驱动目标反射靶球绕第二转轴转动第二步距角;其中,第一转轴和第二转轴均通过目标反射靶球的球心且第一转轴垂直于第二转轴;

[0026] S2,判断激光入射点的实际电压值是否位于在有激光照射下的最大电压值和最小电压值之间的电压区间,如果是则重复S1,如果否则第一电机和第二电机停止运转。

[0027] 总的说来,本发明具有如下优点:

[0028] 控制装置根据接收到的激光入射点数据控制调姿装置相应动作,调姿装置驱动目标反射靶球相应改变目标反射靶球姿态,以使激光重新入射在目标反射靶球上,从而实现在测量过程中当激光偏离目标反射靶球时自动快速续接,避免发生断光现象,扩大了激光跟踪仪的有效测量区域,为实现机器人工作空间的精度测量提供有效的测量工具,同时对激光跟踪测量系统的发展具有重要意义。

附图说明

[0029] 图1为本发明实施例的激光跟踪仪反射系统的立体结构示意图。

- [0030] 图2为激光入射于两个互相垂直的反射镜的示意图。
- [0031] 图3为光敏电阻排布与区域划分示意图。
- [0032] 图4为光线检测装置的电路示意图。
- [0033] 图5为激光跟踪仪反射系统应用于机械臂的示意图。
- [0034] 图6为图5虚线框中目标反射靶球调姿前的局部放大示意图。
- [0035] 图7为图5虚线框中目标反射靶球调姿后的局部放大示意图。
- [0036] 附图标记说明：
- [0037] 100-激光跟踪仪反射系统；1-连杆机构；2-安装转接板；3-安装座；4-转台；5-第一支柱；6-目标反射靶球；7-第二支柱；8-光敏电阻；9-球座；10-计算机；11-控制器；12-激光跟踪仪；13-机械臂。

具体实施方式

- [0038] 下面来对本发明做进一步详细的说明。
- [0039] 如图1所示，一种激光跟踪仪反射系统100，包括用于连接外部设备的安装座3、调姿装置、目标反射靶球6和控制装置，调姿装置固接于安装座3，调姿装置设于目标反射靶球6一侧，目标反射靶球6活动连接于安装座3，目标反射靶球6外缘固接有环形的光线检测装置，目标反射靶球6至少具有第一姿态和第二姿态，在第一姿态时，激光入射点位于光线检测装置；在第二姿态时，激光入射点位于目标反射靶球6，控制装置分别与光线检测装置和调姿装置连接，光线检测装置用于检测目标反射靶球6在第一姿态时激光入射点数据并发送给控制装置，控制装置用于接收激光入射点数据并根据激光入射点数据控制调姿装置动作，调姿装置驱使目标反射靶球6从第一姿态调整为第二姿态。
- [0040] 具体地，环形的光线检测装置连接于目标反射靶球6外缘，无论激光在目标反射靶球6上沿哪个方向偏离，设于目标反射靶球6外缘的光线检测装置均能够检测到激光即将偏离目标反射靶球6，有利于在激光即将偏离目标反射靶球6时，迅速调整目标反射靶球6姿态以实现快速的断光续接。
- [0041] 当目标反射靶球6在第一姿态时，即激光射在光线检测装置上时，光线检测装置能够检测到激光入射点数据并将激光入射点数据发送到控制装置，控制装置根据接收到的激光入射点数据控制调姿装置相应动作，调姿装置驱动目标反射靶球6相应改变目标反射靶球6姿态，从第一姿态调整为第二姿态，以使激光重新入射在目标反射靶球6上，从而实现在测量过程中当激光偏离目标反射靶球6时自动快速续接，避免发生断光现象，扩大了激光跟踪仪12的有效测量区域，为实现机器人工作空间的精度测量提供有效的测量工具，同时对激光跟踪测量系统的发展具有重要意义。
- [0042] 安装座3上设有转台4，转台4转动连接于安装座3，目标反射靶球6铰接于转台4，调姿装置包括第一电机与第二电机，第一电机固接于安装座3，第一电机驱动转台4在安装座3上转动，第二电机固接于转台4，第二电机驱动目标反射靶球6在转台4上转动。
- [0043] 具体地，第一电机驱动转台4在安装座3上转动，可以在水平方向上调节目标反射靶球6的角度，第二电机驱动目标反射靶球6在转台4上转动，可以在竖直方向上调节目标反射靶球6的角度。通过以上调节，可以调整目标反射靶球6的姿态，以迎合激光的入射方向，使得激光入射点从原来位于光线检测装置重新回到目标反射靶球6上。

[0044] 安装座3设有第一转轴,转台4通过第一转轴与安装座3连接,转台4设有第二转轴,目标反射靶球6通过第二转轴与转台4连接,第一转轴垂直于第二转轴,目标反射靶球6的球心位于第一转轴延长线与第二转轴的交点处。

[0045] 采用这种结构后,第一转轴和第二转轴两条直线的交点与目标反射靶球6的球心重合,可以在目标反射靶球6的球心位置不变的情况下,不需要位移目标反射靶球6,只需改变目标反射靶球6的姿态,即可实现使激光入射点从原来位于光线检测装置转变为在目标反射靶球6上的目的,减少了目标反射靶球6的运动时间,断光续接过程更迅速。

[0046] 转台4设有第一支柱5与第二支柱7,第二电机固接于第一支柱5,第二转轴两端分别连接于第一支柱5与第二支柱7,目标反射靶球6位于第一支柱5与第二支柱7之间。

[0047] 将目标反射靶球6设于第一支柱5与第二支柱7之间,第一支柱5与第二支柱7能够有效保护目标反射靶球6,使目标反射靶球6不容易受损。

[0048] 第二转轴固接有球座9,球座9设有凹槽,目标反射靶球6设于凹槽内,球座9与目标反射靶球6固接。

[0049] 将目标反射靶球6设于球座9凹槽内,球座9能够为目标反射靶球6提供更大范围的保护,有效保护目标反射靶球6的安全。

[0050] 本实施例中,反射系统通过安装转接板2固定安装在被测对象上,如机器人末端执行器。

[0051] 连杆机构1两端分别连接安装座3与安装转接板2,用于调整目标反射靶球6的安装。

[0052] 安装座3是目标反射靶球6的基座,内置有第一电机。

[0053] 转台4,被第一电机带动,绕C轴旋转。

[0054] 第一支柱5与第二支柱7支撑球座9,内置有第二电机。

[0055] 球座9,作为壳体保护目标反射靶球6的反射镜,被第二电机带动绕A轴旋转。

[0056] 光敏电阻8组,具有光线检测功能,用于判断激光入射点位置。

[0057] 光线检测装置包括电源与多个光敏电阻8,多个光敏电阻8与电源串联,多个光敏电阻8依次紧密排列环绕于目标反射靶球6外缘,每个光敏电阻8均与控制装置连接。

[0058] 根据光敏电阻8在受光条件下阻值会变化,并且光照越强阻值越小的特性,将光敏电阻8连入电路中,将不方便测量的电阻阻值转化为容易测量的电平信号,从而更容易分辨出投射于光敏电阻8上的是激光还是自然光。

[0059] 通过比较自然光与激光照射条件下光敏电阻8的电平值高低便可分辨出激光的入射点所在位置,并将该激光入射点数据传递给控制装置,以使控制装置指令调姿装置相应动作。

[0060] 在对光敏电阻8进行排布时应注意各个光敏电阻8之间的缝隙应尽可能小,以保证对激光的及时响应。

[0061] 多个光敏电阻8依次分成第一光敏电阻8组、第二光敏电阻8组、第三光敏电阻8组与第四光敏电阻8组,电源包括第一电源与第二电源,第一光敏电阻8组与第三光敏电阻8组依次与第一电源串联,第二光敏电阻8组与第四光敏电阻8组依次与第二电源串联。

[0062] 具体地,如图3所示,光线检测装置平均分为4段区域,多个光敏电阻8平均分成4个光敏电阻8组,4个光敏电阻8组分别位于4段区域。

[0063] 每个光敏电阻8组对射入该区域的激光进行检测,通过比较自然光与激光照射条件下,两区域连接点处的电平值高低可分辨出激光的入射点所在区域,并将该激光入射点数据传递给控制装置,以使控制装置控制调姿装置相应动作。

[0064] 一种激光跟踪仪反射方法:包括以下步骤,

[0065] 获取目标反射靶球6在第一姿态时的激光入射点数据;

[0066] 根据目标反射靶球6在第一姿态时的激光入射点数据,控制目标反射靶球6从第一姿态调整为第二姿态;

[0067] 其中,目标反射靶球6至少具有第一姿态和第二姿态,在第一姿态时,激光入射点位于光线检测装置;在第二姿态时,激光入射点位于目标反射靶球6。

[0068] 获取激光入射点数据后,根据激光入射点数据能够计算出激光入射点所在光线检测装置的位置。根据激光入射点所在位置,控制目标反射靶球6相应改变姿态,从第一姿态调整为第二姿态,使激光重新入射在目标反射靶球6上,从而实现在测量过程中当激光偏离目标反射靶球6时自动快速续接。

[0069] 根据激光入射点数据判断激光入射点的位置,包括以下步骤,

[0070] 将多个光敏电阻8依次紧密排列环绕于目标反射靶球6外缘;

[0071] 将多个光敏电阻8分成多个光敏电阻8组,每个光敏电阻8组分别与电源串联;

[0072] 分别测出每个光敏电阻8组在有激光照射下的最大电压值和最小电压值之间的电压区间;

[0073] 检测激光入射点的实际电压值;

[0074] 当实际电压值与在有激光照射下的最大电压值和最小电压值之间的电压区间对应,判定激光入射点位于与上述电压区间对应的光敏电阻8组。

[0075] 具体地,如图3所示,将多个光敏电阻8以目标反射靶球6的反射镜边缘为轮廓进行环形排列,共分为4个区域,分别设为区域a、区域b、区域c和区域d。光线入射时,根据区域内电信号的变化判断光线的方向,电信号的变化利用光敏电阻8在光照条件下电阻变小的特性实现检测。将每个区域的光敏电阻8分别串联合适的电阻并接入电源电路中,完成光信号对电信号的转换。将光敏电阻8组从区域a开始编号,并分别测出自然光与激光照射条件下的阻值。

[0076] 如图4所示,将光敏电阻8组接入电源后,设各区域的光敏电阻8组在自然光照射下的阻值为R,即在自然光照射下,区域a的阻值为 R_a ,区域c的阻值为 R_c ;设各区域的光敏电阻8组在激光照射条件下的阻值为 R' ,即在激光照射下,区域a的阻值为 R'_a ,区域c的阻值为 R'_c 。则可得到以下公式,

$$[0077] \quad U_{ac} = \frac{R_c}{R_a + R_c} U;$$

$$[0078] \quad U_{a'c} = \frac{R_c}{R'_a + R_c} U;$$

$$[0079] \quad U_{ac'} = \frac{R'_c}{R_a + R'_c} U;$$

[0080] 其中, U_{ac} 表示在自然光照射下测量点M的电压值, $U_{a'c}$ 表示当激光射入区域a时测量点M的电压值, $U_{ac'}$ 表示当激光射入区域c时测量点M的电压值,U表示接入电源的电压值。

[0081] 同理可求出测量点N的电压值,求出的理论电压值如表1所示。

[0082] 表1,测量点M、N的理论电压值

测量点	激光入射区域	理论电压值
M	无	U_M
	区域a	$U_{a1} - U_{a2}$
	区域c	$U_{c1} - U_{c2}$
N	无	U_N
	区域b	$U_{b1} - U_{b2}$
	区域d	$U_{d1} - U_{d2}$

[0084] 其中, U_M 表示在自然光照射下测量点M的电压值, U_{a1} 表示当激光射入区域a时测量点M的最低电压值, U_{a2} 表示当激光射入区域a时测量点M的最高电压值。 U_{c1} 表示当激光射入区域c时测量点M的最低电压值, U_{c2} 表示当激光射入区域c时测量点M的最高电压值。

[0085] 测量点M的电压若在 U_{a1} 到 U_{a2} 之间,则表示区域a接收到激光照射,若在 U_{c1} 到 U_{c2} 之间,则表示区域c接收到激光照射,若为 U_M ,则表示区域a、c均未接收到激光照射。

[0086] 同理, U_N 表示在自然光照射下测量点N的电压值。 U_{b1} 表示当激光射入区域b时测量点N的最低电压值, U_{b2} 表示当激光射入区域b时测量点N的最高电压值。 U_{d1} 表示当激光射入区域d时测量点N的最低电压值, U_{d2} 表示当激光射入区域d时测量点N的最高电压值。

[0087] 若测量点N的电压为 U_N ,则表示区域b、d未接收到激光照射,若在 U_{b1} 与 U_{b2} 之间,则区域b接收到激光,若在 U_{d1} 与 U_{d2} 之间,则区域d接收到激光。根据这种方法便判定激光入射到哪个区域。

[0088] 控制目标反射靶球6从第一姿态调整为第二姿态包括以下步骤,

[0089] S1,利用第一电机驱动目标反射靶球6绕第一转轴转动第一步距角,利用第二电机驱动目标反射靶球6绕第二转轴转动第二步距角;其中,第一转轴和第二转轴均通过目标反射靶球的球心且第一转轴垂直于第二转轴;

[0090] S2,判断激光入射点的实际电压值是否位于在有激光照射下的最大电压值和最小电压值之间的电压区间,如果是则重复S1,如果否则第一电机和第二电机停止运转。

[0091] 根据接收到的激光入射点数据,可以通过现有技术的方法来调整目标反射靶球6的姿态。本发明实施例采用以下方法来实现。

[0092] 目标反射靶球6是一个球形嵌入式空心角反射镜(SMR),由三个互相垂直的平面反射镜组合而成。首先通过图2来间接验证SMR的测量原理。

[0093] 如图2所示,假设 SO_1 为入射光线, O_2E 为反射光线,入射角分别为 α 和 β 。设 $l_1 = SO_1 = GE = RH$, $l_2 = O_1O_2$, $l_3 = O_2G$, $l = OO_1$,则有

[0094] 激光跟踪仪12测量值 $l_{\text{测}}$:

$$[0095] \quad l_{\text{测}} = \frac{1}{2}(SO_1 + O_1O_2 + O_2E) = \frac{1}{2}(SO_1 + O_1O_2 + O_2G + GE) = \frac{1}{2}(2l_1 + l_2 + l_3); \quad (1)$$

[0096] 用户所需测量的距离为 $l'_{\text{测}}$:

$$[0097] \quad l'_{\text{测}} = RO = OH + RH = OO_1 \cdot \cos\beta + RH = l\cos\beta + l_1; \quad (2)$$

[0098] 式(1)减式(2)得到,

$$\begin{aligned} [0099] \quad l_{\text{测}} - l'_{\text{测}} &= \frac{1}{2}(2l_1 + l_2 + l_3) - (l\cos\beta + l_1) \\ &= \frac{l_2 + l_3}{2} - l\cos\beta \\ &= \frac{1}{2}\left(\frac{l}{\cos\beta} + \frac{l}{\cos\beta}\cos 2\beta\right) - l\cos\beta \\ &= \frac{l}{2}(1 + \cos 2\beta - 2\cos^2\beta) \cdot \frac{1}{\cos\beta} \\ &= \frac{l}{2}[1 + (2\cos^2\beta - 1) - 2\cos^2\beta] \cdot \frac{1}{\cos\beta} \\ &= \frac{l}{2} \times 0 \times \frac{1}{\cos\beta} \\ &= 0; \end{aligned}$$

[0100] 即 $l_{\text{测}} = l'_{\text{测}}$,也就是说,可以通过测量 $l_{\text{测}}$ 来获得用户所需测量的距离 $l'_{\text{测}}$;另一方面,当O点位置不变时,反射镜绕O点旋转,即入射角 α 和 β 变化,也不影响测量值 $l_{\text{测}}$ 。

[0101] 同理,在SMR的球心不变的情况下,改变其姿态,不影响测量结果。因此,本发明通过自适应调整目标反射靶球6的姿态,解决在测量过程中因激光未射入反射镜而出现断光的问题是可行的。

[0102] 然后,光线检测模块的输出信号,即点M、N的电压,通过I/O口输入单片机,进行数字化处理,转换成单片机能够识别的数字信号。通过比较激光照射状态与自然光照射下光线检测模块输出的数字信号范围,选取一个合适的中间值作为阈值,用于分辨两种光照状态。根据实验测得的激光射入不同区域时测量点M、N的电压值,可以设定阈值用来判断区域a与区域c、区域b与区域d。

[0103] 目标反射靶球6的运动控制原理:通过控制模块控制减速步进电机的运动。具体为通过单片机输出频率与脉冲数对减速步进电机的转速和转角进行精密控制。根据光敏电阻8的排布,将两个相对区域(区域a与区域c、区域b和区域d)的电压M、N值接入控制模块;由第一电机和第二电机分别控制第一转轴C轴和第二转轴A轴的转动。当区域a或c检测到激光时,控制第一电机正转或反转一个第一步距角 $\Delta\theta_1$;当区域b或d检测到激光时,控制第二电机正转或反转一个第二步距角 $\Delta\theta_2$ 。然后,光线检测模块实时反馈信号,若反馈信号显示激光仍照射在光敏电阻8组的某个区域,重复上述步骤直至激光入射靶球反射镜。由于第一转轴C轴和第二转轴A轴的交点与目标反射靶球6的球心重合,因此可在目标反射靶球6的球心位置不变的情况下只改变其姿态,从而满足对目标点的精密测量。

[0104] 对减速步进电机转速、方向以及转角则通过给定脉冲序列实现。对四相步进电机来说,驱动电机正常稳定转动需要按照一定周期给线圈通电,不断带动转子的转动。一般来

说,驱动的主要方式有四相四拍和四相八拍。四拍指通电顺序为A-B-C-D,八拍指通电顺序为A-AB-B-BC-C-CD-D-DA,两者之间的区别在于每一拍转子转过的角度相差一倍,因此四拍运行时每一拍转角称为整步,八拍运行时每一拍转角称为半步,每一拍转子转过的角度称为步距角,步距角的计算公式如下:

$$[0105] \quad \Delta \theta = 360^\circ / (z \times n);$$

[0106] 其中, $\Delta \theta$ 表示步距角, z 表示转子齿数, n 表示运行拍数。

[0107] 如图5所示,以机械臂13末端的精度测量为例进行说明,控制器11分别与计算机10和激光跟踪仪12连接。当测量机械臂13的运动精度时,假设机械臂13末端执行器的位置由 P_1 运动到 P_2 ,此时激光未能入射目标反射靶球6。由图6可见,在 P_2 位置时,激光无法入射目标反射靶球6的反射镜。在这种情况下,激光跟踪仪反射系统100通过光线检测模块检测到激光即将发生断光,此时控制器11控制调姿装置做出相应的运动,使目标反射靶球6姿态跟随激光入射方向运动。

[0108] 假设激光入射到区域a,此时系统检测到的电压在 U_{a1} 到 U_{a2} 之间,该电压值在程序中模数转换后与阈值进行比较,满足对应条件,控制A轴和C轴分别运动,如图7所示,球座9随之转动使得目标反射靶球6的反射镜朝向激光入射方向,确保了激光的正常入射,避免测量时出现断光现象,从而扩大激光跟踪仪12的有效测量区域。

[0109] 上述实施例为本发明较佳的实施方式,但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制,其他的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化,均应为等效的置换方式,都包含在本发明的保护范围之内。

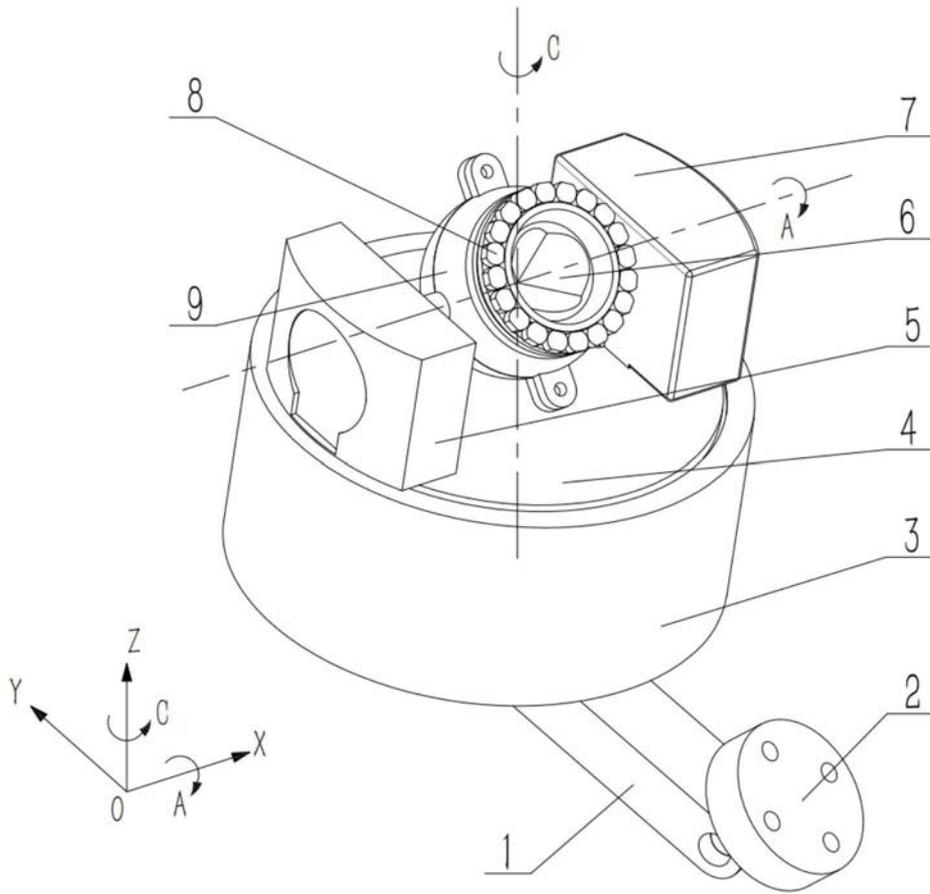


图1

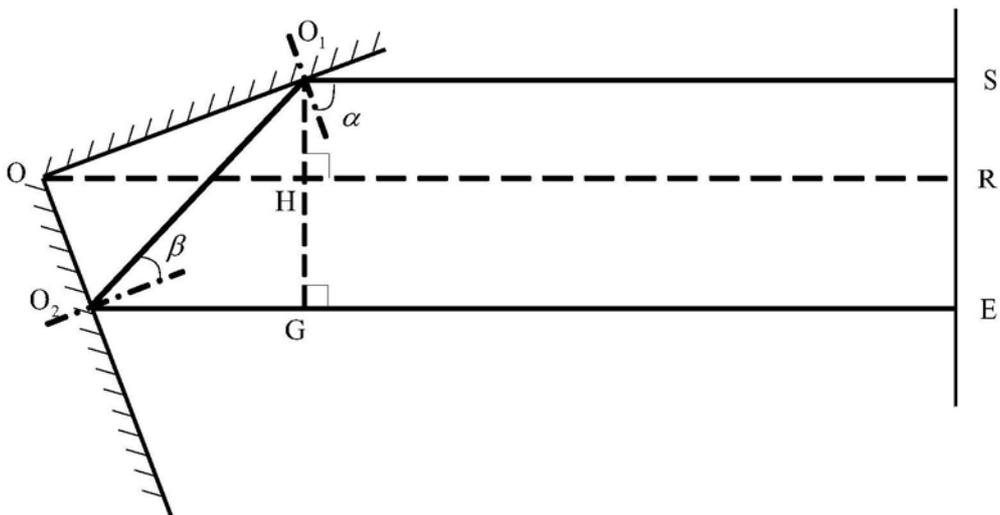


图2

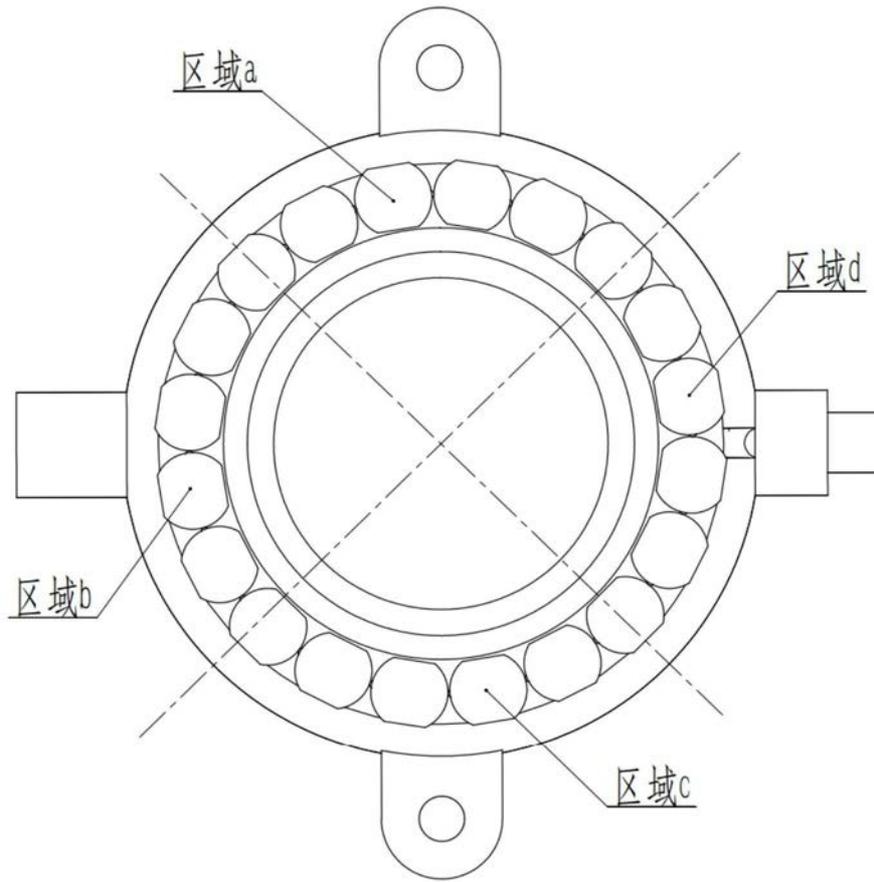


图3

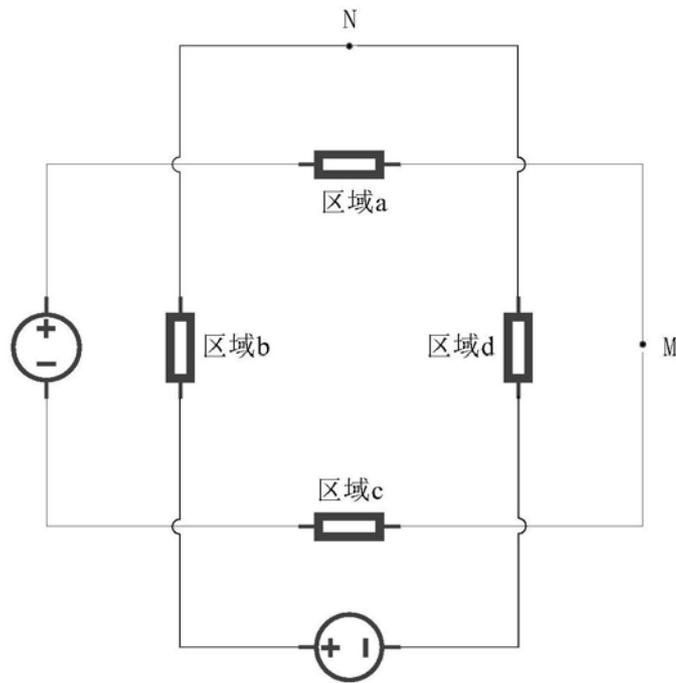


图4

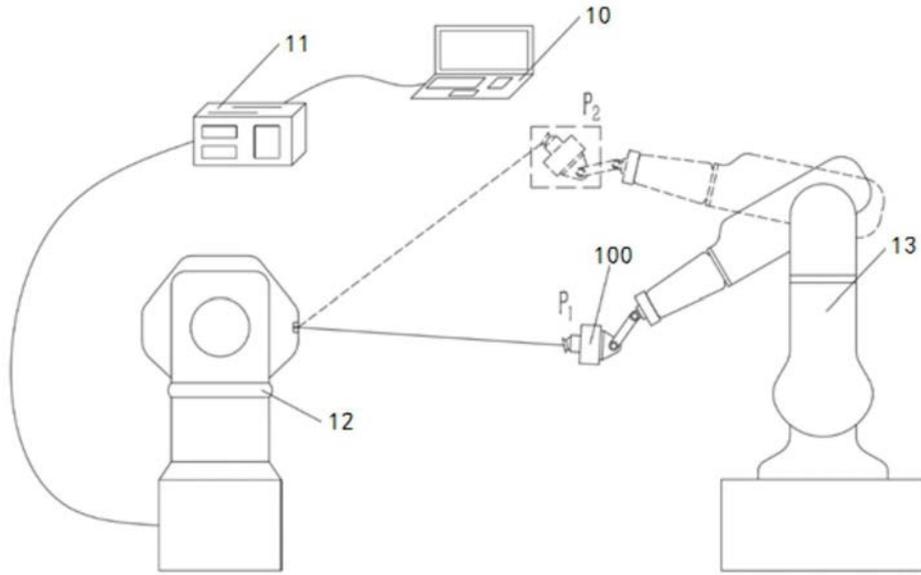


图5

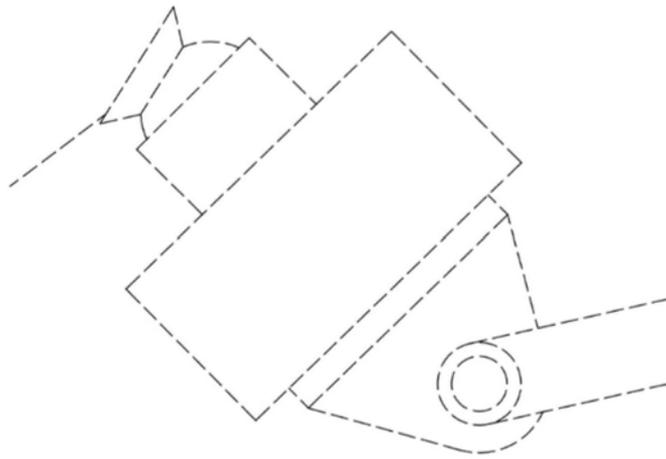


图6

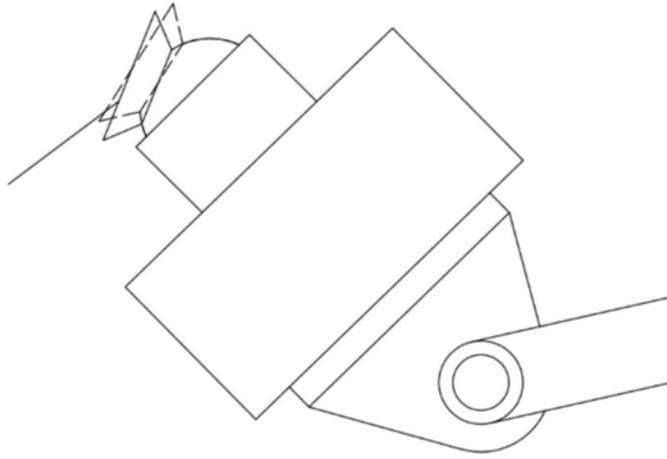


图7