



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112556579 A

(43) 申请公布日 2021.03.26

(21) 申请号 202011566649.1

(22) 申请日 2020.12.25

(71) 申请人 深圳市中图仪器股份有限公司

地址 518000 广东省深圳市南山区西丽街
道学苑大道1001号南山智园B1栋2楼

(72) 发明人 张和君 冯福荣 陈源 廖学文
吴兴发 梁志明 张琥杰 章智伟

(74) 专利代理机构 深圳市科吉华烽知识产权事
务所(普通合伙) 44248

代理人 孙伟

(51) Int. Cl.

G01B 11/00 (2006.01)

G01C 15/00 (2006.01)

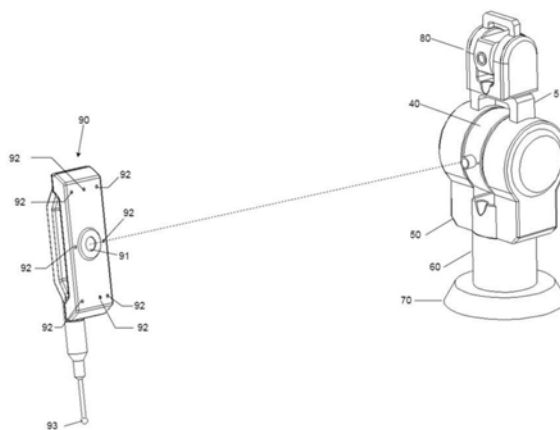
权利要求书2页 说明书11页 附图8页

(54) 发明名称

一种六自由度空间坐标位置和姿态测量装置

(57) 摘要

本发明提供了一种六自由度空间坐标位置和姿态测量装置,包括激光跟踪仪、姿态识别单元和光学姿态标靶;其中,所述激光跟踪仪实现对空间中移动的安装有所述光学姿态标靶的目标进行快速跟踪并对准光学姿态标靶上的后向反射器,通过回射光束得到激光跟踪仪到目标的距离,同时根据角度测量装置得到方位角和俯仰角信息,从而得到目标的三维位置坐标。本发明的有益效果是:提高了目标的空间三维位置和三轴姿态角度的测量精度,并且,改善了六自由度激光跟踪仪的跟踪性能以及可靠性。



1. 一种六自由度空间坐标位置和姿态测量装置,其特征在于:包括激光跟踪仪、姿态识别单元和光学姿态标靶;

其中,

所述激光跟踪仪实现对空间中移动的安装有所述光学姿态标靶的目标进行快速跟踪并对准光学姿态标靶上的后向反射器,通过回射光束得到激光跟踪仪到目标的距离,同时根据角度测量装置得到方位角和俯仰角信息,从而得到目标的三维位置坐标;

所述激光跟踪仪包括具有水平旋转轴的水平角跟踪测量单元、具有俯仰旋转轴的俯仰角跟踪测量单元和光学瞄准单元;

所述俯仰角跟踪测量单元固定在所述水平角跟踪测量单元上,并可以跟随水平角跟踪测量单元自由旋转;

所述光学瞄准单元固定在所述俯仰角跟踪测量单元的俯仰旋转轴上并跟随俯仰旋转轴自由旋转,所述光学瞄准单元和俯仰旋转轴又同时绕俯仰旋转轴的中心轴线旋转,以瞄准三维空间中测量体积内的任意目标点;

所述姿态识别单元安装在所述激光跟踪仪的水平角跟踪测量单元上,并可以跟随所述激光跟踪仪的水平角跟踪测量单元的水平旋转轴旋转;

所述姿态识别单元包括自动变焦变倍摄像模组和用于同步激光跟踪仪进行跟踪控制的旋转装置,所述自动变焦变倍摄像模组安装在所述旋转装置上;

所述自动变焦摄像模组可以实现自动对焦和自动变倍功能,使得目标在全量程测量范围可以实现相同成像视场大小;

所述姿态识别单元具有与所述激光跟踪仪实时通信的功能,可以根据激光跟踪仪的俯仰偏摆信息反馈姿态识别单元的旋转装置同步偏摆,而姿态识别单元得到的姿态信息实时传送至激光跟踪仪进行快速六自由度测量;

所述光学姿态标靶具有一个后向反射器和至少两个发光光源以及一个测头;

所述后向反射器用于与激光跟踪仪配合测量三维坐标信息;

所述发光光源的空间位置的布置用于确定发光光源与后向反射器的空间坐标关系,为目标姿态的测算提供约束依据。

2. 根据权利要求1所述的六自由度空间坐标位置和姿态测量装置,其特征在于:所述水平角跟踪测量单元上设置有读出水平旋转轴自由旋转的偏转角度的水平角编码器和监测激光跟踪仪的水平状态的电子水平仪装置,所述俯仰角跟踪测量单元上设置有读出俯仰旋转轴自由旋转的偏转角度的俯仰角编码器,所述光学瞄准单元上设置有测量到目标的距离的光学测距装置、快速跟踪运动中的目标的位置探测系统和快速粗略识别目标位置并结合位置探测系统进行精确目标跟踪控制的自动目标识别系统。

3. 根据权利要求2所述的六自由度空间坐标位置和姿态测量装置,其特征在于:所述六自由度空间坐标位置和姿态测量装置还包括支撑底座装置和顶部支架,所述水平角跟踪测量单元安装在所述支撑底座装置上,所述顶部支架安装所述俯仰角跟踪测量单元,所述姿态识别单元安装在所述顶部支架上。

4. 根据权利要求3所述的六自由度空间坐标位置和姿态测量装置,其特征在于:所述顶部支架与所述俯仰角跟踪测量单元为一体式成型,所述顶部支架上设有顶部支架通孔,所述顶部支架通孔与所述水平角跟踪测量单元的水平旋转轴同轴设置。

5. 根据权利要求3所述的六自由度空间坐标位置和姿态测量装置,其特征在于:所述支撑底座装置设有沿着重力方向自动校正系统水平状态的底座校正系统,所述支撑底座装置设有与激光跟踪仪主机系统无线通信的底座通信单元,所述支撑底座装置设有为激光跟踪仪备用供电的适配移动电源。

6. 根据权利要求2所述的六自由度空间坐标位置和姿态测量装置,其特征在于:所述光学测距装置包括绝对测距单元和干涉测距单元,所述绝对测距单元和干涉测距单元分别安装在所述俯仰角跟踪测量单元的两侧,所述绝对测距单元连接有第一保偏光纤,所述第一保偏光纤从绝对测距单元出发并穿过俯仰旋转轴将光束引导至所述光学瞄准单元,所述干涉测距单元连接有第二保偏光纤,所述第二保偏光纤从干涉测距单元出发并穿过俯仰旋转轴的另一端同样将光束引导至光学瞄准单元,所述第一保偏光纤、第二保偏光纤的光束通过 2×1 光纤波分复用器汇聚到同一光纤。

7. 根据权利要求1所述的六自由度空间坐标位置和姿态测量装置,其特征在于:所述俯仰角跟踪测量单元上设有一对异面垂直正交基准孔,分别为水平旋转轴基准孔和俯仰旋转轴基准孔,所述水平旋转轴与所述水平旋转轴基准孔为无间隙配合,所述俯仰旋转轴与所述俯仰旋转轴基准孔为无间隙配合。

8. 根据权利要求1所述的六自由度空间坐标位置和姿态测量装置,其特征在于:所述水平旋转轴上设有水平阻尼,所述水平阻尼设置在所述水平角跟踪测量单元的上下两侧,所述俯仰旋转轴上设有俯仰阻尼,所述俯仰阻尼设置在所述俯仰角跟踪测量单元的左右两侧。

9. 根据权利要求1所述的六自由度空间坐标位置和姿态测量装置,其特征在于:所述俯仰角跟踪测量单元的左右两侧设有水平旋转轴的偏载配重,所述光学瞄准单元上设有俯仰旋转轴的偏载配重和位置敏感探测器装置。

10. 根据权利要求1所述的六自由度空间坐标位置和姿态测量装置,其特征在于:所述光学瞄准单元的外部设置有第一外壳防护罩和第二外壳防护罩,所述第一外壳防护罩与所述第二外壳防护罩分别安装在所述光学瞄准单元的上下两侧,所述第一外壳防护罩和所述第二外壳防护罩与光学瞄准单元的安装采用以下任意一种安装结构;

第一种安装结构:所述第一外壳防护罩的一端与所述光学瞄准单元的一端固定连接,所述第一外壳防护罩的另一端与所述光学瞄准单元的另一端通过弹性机构连接;所述第二外壳防护罩的安装方式与所述第一外壳防护罩相同;

第二种安装结构:所述第一外壳防护罩的两端与所述光学瞄准单元的两端均通过弹性机构连接;所述第二外壳防护罩的安装方式与所述第一外壳防护罩相同。

一种六自由度空间坐标位置和姿态测量装置

技术领域

[0001] 本发明涉及测量装置,尤其涉及一种六自由度空间坐标位置和姿态测量装置。

背景技术

[0002] 激光跟踪仪是一种特殊类型的坐标测量设备,具有测量目标三维位置坐标的能力。其坐标测量基本原理是将一个合作目标(逆反射器)固定在被测点处,从干涉测距装置发出的测量光束到达目标逆反射镜上,然后被原路反射回来。当逆反射器移动时,控制系统发出信号自动调整光束方向,使光束始终对准逆反射器中心。返回的测量光束与参考光束进行干涉,得出到目标的距离量,激光跟踪仪的水平和俯仰角度编码器给出光束角度变化量,有了距离量和角度量就可计算出测量点的空间位置坐标。

[0003] 随着工业技术的不断发展,许多工业测量领域已经不满足与三维坐标的测量,对于更高维度的测量有着提出了更多的需求,比如在工业机器人或关节臂的校准,需要高精度的六自由度坐标测量装置。利用激光跟踪仪来进行六个自由度测量的方法已有多种,这些方法的共同点就是都是利用激光跟踪仪进行位置相关的三维坐标测量,而另外三个取向自由度的测量方法各有不同。其一,通过使用外置的一个或多个照相机测量光学姿态标靶中的光点的位置来确定三个取向自由度。采用的是激光跟踪仪与相机分离的方式,配合具有后向反射器和多个规律布置的发光点的光学姿态标靶,通过相机坐标系和跟踪仪坐标系的转换,即可测得目标的六自由度参数。由于相机和激光跟踪仪的分离布置,相机的固定指向导致靶标只能在有限的视场活动测量,工程实用性较差,同时分离式布置还会导致相机坐标系与激光跟踪仪坐标系的对准也会更加困难,坐标系转换精度低等;其二,将测斜仪与“漏斗式”后向反射镜结合使用,以确定三个方向自由度。在辅助测头上的后向反射器的中心处切出一个小孔,使得测量光束的小部分光通过小孔,大部分光原路反射回到跟踪仪系统进行空间位置测量。经过小孔的光会直接由位置探测器接收,可以直接得到目标的俯仰角和偏航角。同时利用辅助测头上的倾斜传感器可以得到目标的横摆角,从而得到目标的六自由度信息。这种方法需要在后向反射器中心位置切孔,使得后向反射器的性能大大劣化,可能引入较大的坐标测量误差。其三,后向反射器上的光点标记由固定在激光跟踪仪上的摄像机成像来确定三个方向的自由度。采用激光跟踪仪和相机直接结合的方式,将相机内置在光学瞄准头内,与光束同步偏转,可以降低系统体积,但将相机内置在光学旋转瞄准单元内,也大大增加光学旋转头内部结构的复杂性,对光学系统施加了热漂移的影响。

[0004] 尽管基于激光跟踪仪进行六自由度测量的方法有很多,但是每个方法或在成本控制或在灵活性或在测量范围上存在一些缺点。

[0005] 现有技术缺点如下:

[0006] 1、现有方法有采用空间摄影测量法对空间三维坐标进行测量,对设备场地要求较大,测量精度较低,并且无法测量目标的三轴姿态。

[0007] 2、现有方法有采用激光跟踪仪与相机的分离组合进行六自由度测量的方式,存在视场受限,坐标系对准困难,坐标转换精度低,工程实用性差等不足。

[0008] 3、现有方法有对姿态测量采用后向反射器中空的形式,会导致后向反射器的性能降低,返回光光束质量或偏振状态会有较大影响,对于激光跟踪仪系统的测距误差影响极大。

发明内容

[0009] 为了解决现有技术中的问题,本发明提供了一种六自由度空间坐标位置和姿态测量装置。

[0010] 本发明提供了一种六自由度空间坐标位置和姿态测量装置,包括激光跟踪仪、姿态识别单元和光学姿态标靶;

[0011] 其中,

[0012] 所述激光跟踪仪实现对空间中移动的安装有所述光学姿态标靶的目标进行快速跟踪并对准光学姿态标靶上的后向反射器,通过回射光束得到激光跟踪仪到目标的距离,同时根据角度测量装置得到方位角和俯仰角信息,从而得到目标的三维位置坐标;

[0013] 所述激光跟踪仪包括具有水平旋转轴的水平角跟踪测量单元、具有俯仰旋转轴的俯仰角跟踪测量单元和光学瞄准单元;

[0014] 所述俯仰角跟踪测量单元固定在所述水平角跟踪测量单元上,并可以跟随水平角跟踪测量单元自由旋转;

[0015] 所述光学瞄准单元固定在所述俯仰角跟踪测量单元的俯仰旋转轴上并跟随俯仰旋转轴自由旋转,所述光学瞄准单元和俯仰旋转轴又同时绕俯仰旋转轴的中心轴线旋转,以瞄准三维空间中测量体积内的任意目标点;

[0016] 所述姿态识别单元安装在所述激光跟踪仪的水平角跟踪测量单元上,并可以跟随所述激光跟踪仪的水平角跟踪测量单元的水平旋转轴旋转;

[0017] 所述姿态识别单元包括自动变焦变倍摄像模组和用于同步激光跟踪仪进行跟踪控制的旋转装置,所述自动变焦变倍摄像模组安装在所述旋转装置上;

[0018] 所述自动变焦摄像模组可以实现自动对焦和自动变倍功能,使得目标在全量程测量范围可以实现相同成像视场大小;

[0019] 所述姿态识别单元具有与所述激光跟踪仪实时通信的功能,可以根据激光跟踪仪的俯仰偏摆信息反馈姿态识别单元的旋转装置同步偏摆,而姿态识别单元得到的姿态信息实时传送至激光跟踪仪进行快速六自由度测量;

[0020] 所述光学姿态标靶具有一个后向反射器和至少两个发光光源以及一个测头;

[0021] 所述后向反射器用于与激光跟踪仪配合测量三维坐标信息;

[0022] 所述多个发光光源的空间位置规律分布,并由三坐标系统进行出厂标定后,可确定发光光源与后向反射器的空间坐标关系,为目标姿态的测算提供约束依据。所述测头可以是接触式或非接触式的,测头接触球的空间位置与后向反射器的空间坐标关系亦可标定确定,因此可以借助测头进行测量更多的位置,尤其在一些隐藏点或者较小空间位置点。

[0023] 作为本发明的进一步改进,所述光学测距装置采用光纤传输系统,可以进一步提高光束指向稳定性以及光束合束一致性和稳定性。

[0024] 作为本发明的进一步改进,所述激光跟踪仪还配置有固定底座,可以是重型三脚架或轻型三脚架或便携式底座,用于固定放置激光跟踪仪主机。

[0025] 作为本发明的进一步改进,所述水平角跟踪测量单元上设置有读出水平旋转轴自由旋转的偏转角度的水平角编码器和监测激光跟踪仪的水平状态的电子水平仪装置,所述俯仰角跟踪测量单元上设置有读出俯仰旋转轴自由旋转的偏转角度的俯仰角编码器,所述光学瞄准单元上设置有测量到目标的距离的光学测距装置、快速跟踪运动中的目标的位置探测系统和快速粗略识别目标位置并结合位置探测系统进行精确目标跟踪控制的自动目标识别系统。

[0026] 作为本发明的进一步改进,所述位置探测系统具有快速跟踪运动中的目标的功能,位置探测系统被设置在光学瞄准单元中,经过目标反射的光部分通过位置探测光学系统并最终由位置灵敏探测器(PSD)进行接收,根据接收光斑的质心与PSD零点的差异进行反馈跟踪控制。

[0027] 作为本发明的进一步改进,所述自动目标识别(ATR,Auto Target Recognition)系统,主要包括区别于测距光源波长的光源、摄远物镜和图像获取单元CMOS或CCD。ATR可以在一定视场范围内快速粗略识别目标位置,并结合位置探测系统进行精确目标跟踪控制。

[0028] 作为本发明的进一步改进,所述六自由度空间坐标位置和姿态测量装置还包括支撑底座装置和顶部支架,所述水平角跟踪测量单元安装在所述支撑底座装置上,所述顶部支架安装所述俯仰角跟踪测量单元,所述姿态识别单元安装在所述顶部支架上。

[0029] 作为本发明的进一步改进,所述顶部支架与所述俯仰角跟踪测量单元为一体式成型,所述顶部支架上设有顶部支架通孔,所述顶部支架通孔与所述水平角跟踪测量单元的水平旋转轴同轴设置。

[0030] 作为本发明的进一步改进,所述支撑底座装置设有沿着重力方向自动校正系统水平状态的底座校正系统,所述支撑底座装置设有与激光跟踪仪主机系统无线通信的底座通信单元,所述支撑底座装置设有为激光跟踪仪备用供电的适配移动电源。

[0031] 作为本发明的进一步改进,所述光学测距装置包括绝对测距单元和干涉测距单元,所述绝对测距单元和干涉测距单元分别安装在所述俯仰角跟踪测量单元的两侧。

[0032] 绝对测距单元和干涉测距单元分别安装在跟踪测头的两侧,既可以保证重力负载平衡,也可以保证维持测量系统的热负载平衡,提升系统的跟踪性能,减少热变形的精度损失。

[0033] 作为本发明的进一步改进,所述绝对测距单元连接有第一保偏光纤,所述第一保偏光纤从绝对测距单元出发并穿过俯仰旋转轴将光束引导至所述光学瞄准单元,所述干涉测距单元连接有第二保偏光纤,所述第二保偏光纤从干涉测距单元出发并穿过俯仰旋转轴的另一端同样将光束引导至光学瞄准单元。

[0034] 采用保偏光纤开关来对测量光路和参考光路进行差分测距,实现对系统电学元件或光学元件时变或温变引起的测距漂移的补偿或减小。

[0035] 作为本发明的进一步改进,所述第一保偏光纤、第二保偏光纤的光束通过 2×1 光纤波分复用器汇聚到同一光纤。

[0036] 采用光纤波分复用器进行绝对测距光束和干涉测距光束的合束,极大降低了合束难度,同时大大提高合束精度及合束稳定性。

[0037] 采用光纤传导的方式,解决了光源光束漂移带来的光束指向不稳定的问题。

[0038] 作为本发明的进一步改进,所述俯仰角跟踪测量单元上设有一对异面垂直正交基

准孔,分别为水平旋转轴基准孔和俯仰旋转轴基准孔,所述水平旋转轴与所述水平旋转轴基准孔为无间隙配合,所述俯仰旋转轴与所述俯仰旋转轴基准孔为无间隙配合。

[0039] 采用激光跟踪仪俯仰角跟踪测量单元上精密设计一对异面垂直正交基准孔,从结构上提供两正交轴的垂直正交约束,保证了两正交旋转轴安装后的垂直正交性,简化激光跟踪仪两正交轴的调校过程,有利于提高了激光跟踪仪的装配效率和降低了调校成本。

[0040] 作为本发明的进一步改进,所述水平旋转轴上设有水平阻尼,所述水平阻尼设置在所述水平角跟踪测量单元的上下两侧,所述俯仰旋转轴上设有俯仰阻尼,所述俯仰阻尼设置在所述俯仰角跟踪测量单元的左右两侧。

[0041] 水平和俯仰跟踪电机转轴的阻尼设计,为跟踪电机在高速的跟踪过程提供减震、缓冲作用,减少运动跟踪控制时的超调量,并且在进入测量状态时减少伺服噪声而快速稳定。

[0042] 作为本发明的进一步改进,所述俯仰角跟踪测量单元的左右两侧设有水平旋转轴的偏载配重,所述光学瞄准单元上设有俯仰旋转轴的偏载配重和位置敏感探测器装置。

[0043] 作为本发明的进一步改进,所述姿态识别单元的旋转装置包括姿态识别俯仰旋转轴,所述自动变焦变倍摄像模组固定在所述姿态识别俯仰旋转轴上,所述姿态识别俯仰旋转轴与所述俯仰角跟踪测量单元的俯仰旋转轴相平行。

[0044] 姿态识别单元与激光跟踪仪的光学瞄准单元进行机械组合设计,姿态识别单元系统自身具有单轴的俯仰跟踪功能,结合跟踪仪主机的水平跟踪,实现对任意方位光学姿靶标的跟踪。该设计避免姿态识别单元内部变焦变倍机械传动装置和电子处理系统对光学瞄准单元的振动干扰和热干扰,减少因此造成的姿态测量精度损失。

[0045] 作为本发明的进一步改进,自动变焦变倍摄像模组根据自动变焦光学系统的变焦凸轮曲线来设计补偿镜组和变倍镜组的运动轨迹,并结合传动装置和控制单元实现全量程范围视场的程控变焦变倍。

[0046] 采用设计变焦变倍光学系统的变焦凸轮曲线来设计补偿镜组和变倍镜组的运动轨迹,并结合传动装置和控制单元实现全量程范围的程控变焦变倍,使得在全量程范围内光学姿靶标在相机视场上的成像大小始终保持相同的较大比例,保证全量程范围内的姿态测量精度。

[0047] 作为本发明的进一步改进,所述光学瞄准单元的外部设置有第一外壳防护罩和第二外壳防护罩,所述第一外壳防护罩与所述第二外壳防护罩分别安装在所述光学瞄准单元的上下两侧,所述第一外壳防护罩和所述第二外壳防护罩与光学瞄准单元的安装采用以下任意一种安装结构:

[0048] 第一种安装结构:所述第一外壳防护罩的一端与所述光学瞄准单元的一端固定连接,所述第一外壳防护罩的另一端与所述光学瞄准单元的另一端通过弹性机构连接。所述第二外壳防护罩的安装方式与所述第一外壳防护罩相同;

[0049] 第二种安装结构:所述第一外壳防护罩的两端与所述光学瞄准单元的两端均通过弹性机构连接。所述第二外壳防护罩的安装方式与所述第一外壳防护罩相同。

[0050] 外壳锁紧方式采用可选弹性机构的方式,避免了由于锁壳应力带来的光束指向漂移的问题。

[0051] 本发明的有益效果是:提高了目标的空间三维位置和三轴姿态角度的测量精度,

并且,改善了六自由度激光跟踪仪的跟踪性能以及可靠性。

附图说明

[0052] 图1是本发明一种六自由度空间坐标位置和姿态测量装置的示意图。

[0053] 图2是本发明一种六自由度空间坐标位置和姿态测量装置的激光跟踪仪整机示意图。

[0054] 图3是本发明一种六自由度空间坐标位置和姿态测量装置的激光跟踪仪垂直正交轴系示意图。

[0055] 图4是本发明一种六自由度空间坐标位置和姿态测量装置的激光跟踪仪轴系阻尼和偏载示意图。

[0056] 图5是本发明一种六自由度空间坐标位置和姿态测量装置的激光跟踪仪的整体光路传输示意图。

[0057] 图6是本发明一种六自由度空间坐标位置和姿态测量装置的激光跟踪仪外壳安装示意图。

[0058] 图7是本发明一种六自由度空间坐标位置和姿态测量装置的姿态识别单元的示意图。

[0059] 图8是本发明一种六自由度空间坐标位置和姿态测量装置的系统坐标转换图。

[0060] 图9是本发明一种六自由度空间坐标位置和姿态测量装置的自动变焦相机装置的示意图。

[0061] 图10是本发明一种六自由度空间坐标位置和姿态测量装置的光学姿态标靶的示意图。

具体实施方式

[0062] 下面结合附图说明及具体实施方式对本发明作进一步说明。

[0063] 图1示出了本发明提供的基于激光跟踪仪的六自由度坐标测量装置的一种实施方式。所示激光跟踪仪包括水平角跟踪测量单元60,可以固定在支撑底座装置70(可选为重型三角架,轻型三脚架以及便携式固定底座等)。所示激光跟踪仪还包括具有顶部支架51的俯仰角跟踪测量单元50和光学瞄准单元40。姿态识别单元80被固定附接在激光跟踪仪顶部支架51上。光学姿态标靶90包括一个后向反射器91、多个发光二极管92和一个测头93。后向反射器用于反射由激光跟踪仪发射的激光束,配合激光跟踪仪完成三维位置坐标测量。光学姿态标靶90上还设置了多个发光二极管92,配合姿态识别单元80测量得到三维姿态信息。

[0064] 图2示出了根据本发明的激光跟踪仪的整机局部剖面。水平旋转轴44'以及水平角度测量装置(包括水平电机41'、轴承42'、水平角度编码器43'以及未示出的多读数头装置)安装在水平角跟踪测量单元60上。俯仰角跟踪测量单元50附接到水平角跟踪测量单元60上,尤其与水平角跟踪测量单元60上的水平旋转轴44'固定安装,因此俯仰角跟踪测量单元50可随水平旋转轴44'绕其中心轴线52旋转。俯仰旋转轴44'固定在俯仰角跟踪测量单元50上,且与水平旋转轴基本垂直。俯仰电机41、俯仰角度编码器43以及轴承42固定在俯仰旋转轴44上。光学瞄准单元40附接在俯仰旋转轴44与俯仰角跟踪测量单元50相连接,实现光学瞄准单元40随俯仰旋转轴44围绕其中心轴线53旋转。

[0065] 顶部支架51与俯仰角跟踪测量单元50一体式加工,保证结构稳定性,避免顶部支架51分离式衔接的螺钉锁紧引起的结构应力不均衡或应力长时间释放带来的光束漂移误差。另外,顶部支架51与水平旋转轴44'的中心轴线52相交点处设置一通孔(孔径大于光斑大小),实现激光束在垂直方向的测量,在俯仰电机41复位及光束合束装调时尤其需要垂直方向的测量。

[0066] 所示激光跟踪仪的角度测量装置被布置在俯仰旋转轴44和水平旋转轴44'上。所述角度测量装置可以直接测得激光跟踪仪目标测量的俯仰和水平方位角信息,是目标三维坐标测量的关键,其角度测量精度将直接决定激光跟踪仪的测量精度。

[0067] 绝对测距单元45和干涉测距单元46分别安装在俯仰角跟踪测量单元50的两侧,既可以保证重力负载平衡,有利于优化水平电机的跟踪性能;也可以保证维持测量系统的热负载平衡,减少因为电子元器件发热引起的跟踪测量头变形扭转、方位倾斜等精度损失。第一保偏光纤48从绝对测距单元45出发并穿过俯仰旋转轴44将光束引导至光学瞄准单元40,第二保偏光纤49从干涉测距单元46出发并穿过俯仰旋转轴44的另一端同样将光束引导至光学瞄准单元40,两路光波导系统通过 2×1 光纤波分复用器(图中未示出)汇聚到同一光纤,完成两束光的合束,采用光纤波导传输可以大大提高两束光的合束精度以及合束稳定性,同时也极大提高了光束输出指向稳定性,极大减少了空间传导光束的漂移误差。

[0068] 所示激光跟踪仪还包括电子水平仪装置47,所述电子水平仪装置47被固定安装在俯仰角跟踪测量单元50上,电子水平仪47可以实时读取仪器的水平状态,在正交的两个方向上的精度优选优于 $\pm 0.005\text{mrad}$,从而可以根据仪器水平状态实时校正系统坐标系,保证坐标测量精度。

[0069] 所示激光跟踪仪还包括固定底座70,用于紧固放置激光跟踪仪。所述固定底座70可以是重型三脚架、轻型三脚架以及便携式底座,图中示出的是便携式底座70。重型三脚架和轻型三脚架均可以通过调整支撑脚来调整仪器水平状态。便携式底座70可直接放置在地面或者固定稳定的平台上,其优选具有沿着重力方向自动校正系统水平状态的功能,便携式底座70具有与激光跟踪仪主机系统无线通信的功能,可以实时将电子水平仪47的水平信息反馈至便携式底座70的水平调校系统,实现仪器自校平功能。便携式底座70还配置适配移动电源,随时为激光跟踪仪供电,使激光跟踪仪更方便的应用于一些电力供应不便的场所等。

[0070] 激光跟踪仪的轴系正交性对于系统误差影响很大,这就要求在轴系装配或加工的时候要严格控制轴系正交精度。图3示出的激光跟踪仪轴系包含俯仰旋转轴44、水平旋转轴44'。俯仰旋转轴44和水平旋转轴44'的各自旋转精度以及两轴系的垂直正交异面性,直接决定了激光跟踪仪的测量精度能够达到什么程度。水平旋转轴44'直接被设置在水平角跟踪测量单元60上,单独测量旋转精度并进行角度校准;俯仰旋转轴44单独装配完成后测量旋转精度同时进行角度校准,并最终设置在俯仰角跟踪测量单元50上,和水平旋转轴44'、俯仰角跟踪测量单元50结为一体。为了保证两轴系的垂直正交异面性,要求俯仰角跟踪测量单元50上精密设计一对异面垂直正交基准孔,垂直正交异面量越小越好(优于 $10\mu\text{m}$),俯仰旋转轴44与A孔同轴安装,水平旋转轴44'与B孔同轴安装,基准孔A与基准孔B要求一次装夹加工保证尺寸公差、形位公差、光洁度等;严格的检验合格后,进行超精密无尘组装,俯仰旋转轴44与A孔同轴间隙小甚至无间隙配合,水平旋转轴44'与B孔同轴无间隙配合,装配完

成后借助光学系统检测两轴系的垂直正交异面性。这种在同一个工件上加工一对异面垂直正交基准孔的方式,可以为两正交旋转轴的安装提供一个精准的垂直正交约束,从结构上保证了两正交旋转轴的异面垂直正交性。简化了激光跟踪仪水平旋转轴44'和俯仰旋转轴44的异面垂直正交调校过程,提高了激光跟踪仪的装配效率和降低了调校成本。

[0071] 图4以部分剖面的形式示出了激光跟踪仪的具体结构实施方式。所示激光跟踪仪配置合理的阻尼装置,轴系的阻尼、偏载直接影响激光跟踪仪的运动平稳性,对系统的稳定性和测量精度有较大影响,分别对激光跟踪仪的两轴系进行合理的阻尼设计和准确的配重,有利于改善激光跟踪仪的运动平稳性和系统可靠性,也有利于系统测量精度的保证。图4示出了激光跟踪仪阻尼装置的简单实施方式。俯仰旋转轴44的阻尼61被设置在俯仰角跟踪测量单元50的左右两侧,并与俯仰旋转轴44相关。水平旋转轴44'的阻尼62被设置在水平角跟踪测量单元60的上下两侧,并与水平旋转轴44'相关。阻尼的具体实施方式可以是阻尼环、阻尼油、轴承加载方式。旋转装置的偏载对称稳定性会影响阻尼效果,有必要对旋转装置的进行精确配重。俯仰旋转轴44的偏载配重63、63'被设置在光学瞄准单元40上,并进行精确配重计算和实施,保证光学瞄准单元40在任意角度都能稳定定位,而不会偏向一边。水平旋转轴44'的偏载配重64、64'则被设置在俯仰角跟踪测量单元50的左右两侧上。

[0072] 图5示出了激光跟踪仪光学测量系统的整体光路传输系统。绝对测距装置(ADM)45用于确定到目标的绝对距离。绝对测距装置45中的准直光源(可选为激光二极管(LD)或超辐射发光二极管(SLED))1发出准直光束到偏振分束器2后分成两束,反射光束进入光电探测器3,用于监测光源输出稳定性并反馈控制,保证光源输出功率稳定性。透射光束进入第二个偏振分束器2'后进一步起偏,线偏振光穿过光轴与偏振分束器2'成45°放置的电光调制器4后,通过光纤耦合组件5将调制光束耦合进入保偏光纤,并传输至保偏光纤开关(可选为机械式光纤开关、MEMS光纤开关等)6,可实现光路在测量光路径和参考光路径之间来回切换。当开关在6b时,光束在参考光路径传播,经过一段光纤补偿线7(用于平衡参考光束和测量光束经过的光纤长度)后由光纤准直器8输出,参考光来回经过1/4波片9、逆反射镜10后原路返回穿过电光调制器,实现两个正交分量的相位调制,最后在偏振分束器2'处进行偏振干涉,由光电探测器3'接收干涉光信号,并由处理器解算出参考光路径的距离 L_r 。而当开关在6a时,光束在测量光路径传播到波分复用器21。波分复用器21可以将两种不同波长的光源耦合至一个通道输出,这里实现绝对测距测量光束和相对测距测量光束的合束耦合。光束由光纤准直器22输出后经过1/4波片转换为圆偏振光,圆偏振光在大气中传输抗干扰能力大大优于线偏振光。输出光束经过光束扩束器24,可以实现光斑增大,同时进一步压缩光束发散角,以获得更大的测量范围。扩束光束通过光学窗口29后,经过一段测量距离(几米至几十米,甚至一百几十米)后由逆反射镜30反射而回,最终在偏振分束器2'处进行偏振干涉,由光电探测器3'接收光信号,并由处理器解算出测量光路径的距离 L_m 。通过将测量光距离 L_m 和参考光距离 L_r 进行差分,即可得到同一时刻同一环境的精准稳定的距离值。差分处理的优势是可以补偿系统光学元件或电学元件的温变或时变引起的漂移误差,尤其光纤光程随温度的变化。

[0073] 干涉测距装置(IFM)46采用拍频干涉的方式实现到目标的距离高速测量。激光源11(优选为氦氖激光器,因为其大的相干长度及优秀的光束单色性和指向性)发出激光经过消偏振分束器12后,部分光经光电探测器13反射用于激光频率稳定控制。大部分光透射经

过偏振相关光隔离器14后由光纤耦合组件15耦合进入保偏光纤,保偏光纤分束器16将偏振光分成正交的两束,一束作为基准光(频率为 f_1)经过一段光纤补偿线18(用于平衡基准光束和测量光束经过的光纤长度)后进入光电探测器19。另一束作为测量光经过声光调制器17后实现光频率的固定偏移(一般为几MHz到20MHz的范围),此时光的频率变为 (f_1+f_a) , f_a 为声光调制器引入的频移量),经过频移后的测量光经过光纤偏振分束器20后到达波分复用器21,与绝对测距测量光束合束为一路光输出,输出光束经过1/4波片23、扩束器24、光学窗口29并在空间中传输一段距离后原路返回再次经过1/4波片23,此时光束偏振态旋转 90° ,再次经过光纤偏振分束器20后从另一端口输出至光电探测器19,根据多普勒频移,此时光的频率变为 $(f_1+f_a+\Delta f)$ 。基准光与测量光在光电探测器19处进行拍频,即可差分消除掉光频 f_1 ,剩下已知固定频偏 f_a 和距离相关的 Δf ,通过处理器解算即可得到最终的距离信息。

[0074] 绝对测距装置45和干涉测距装置46被集成为单独的单元模块,并被设置在水平旋转装置50的两侧。绝对测距装置45和干涉测距装置46分别用保偏光纤波导从第一旋转轴44两端轴孔引导至光学瞄准单元40上,并由波长相关的 2×1 光纤波分复用器合成一束,并从光纤准直器22输出。光纤准直器22可选为焦距2mm左右的Glen或Clen聚焦透镜,使得输出光束具有一定准直性,输出光束再次经过准直扩束器24,扩大输出光束的光斑尺寸,同时同比例压缩光束发散角,优选控制全角发散角在 0.1mrad 以内,使得光束能够传输到几十米到一百几十米甚至更远的距离。

[0075] 位置敏感探测器(PSD)装置25被设置在光学瞄准单元40上,位置敏感探测器装置25主要包括聚集透镜、光学滤光片和PSD,可以接收经分束器27反射的测量光束,由PSD接收到光斑并根据光斑质心位置与PSD标定零点的偏差来判断光束偏离目标靶心的位置,并反馈到运动控制系统,指示旋转单元跟踪定位到目标靶心位置,即使光斑在PSD上检测到的质心位置与标定零点重合。根据光学系统的设置,注定PSD装置的视场角会非常小,因此不能做到大视场的快速跟踪,只能在后向反射器的有效通光区域(光束入射到该区域的反射光束能够回到PSD上进行检测)范围内进行跟踪,这限制了其应用,使得跟踪功能实用和适用性及便利性降低。需要增加大视场目标搜索功能,使得能够快速捕捉到目标并实现跟踪。

[0076] 因此,所示激光跟踪仪还应包括自动目标识别(ATR)装置26。自动目标识别(ATR)系装置26同样被设置在光学瞄准单元40上,由一个摄远物镜和CMOS组成,具有低精度、大视场,可以实现快速目标捕获和粗略跟踪,辅助PSD快速跟踪控制。用于照明目标的光源31发射区别于测距系统光源波长的发散光束,经由目标反射后在分束器28处全反射进入ATR装置26,通过摄远物镜即可在CMOS上实现大范围目标成像,从而捕获到目标并反馈至控制系统,控制激光束粗略跟踪至目标中心附近,再结合位置探测系统即可实现快速跟踪。采用摄远物镜的优势之一是能大幅度缩小结构尺寸,其次是能够实现远距离成像。

[0077] 光学瞄准单元40内部只设置了ADM45和IFM46装置的合束单元以及PSD和ATR的光学装置,大大节省了空间,使得光学瞄准单元40的尺寸可以做到非常小巧,有利于激光跟踪仪整机的结构优化和仪器小型化设计。同时,将ADM45和IFM46装置分别放置在俯仰角跟踪测量单元50的两侧,并通过光纤的方式引导至光学瞄准单元40,这样的设置可以使得两路光的光学装置不会彼此干扰(比如在安装或锁紧时会对另一束光产生漂移影响),有利于提高光束稳定性。另外,这样的设置还简化了合束难度,只需要对合束光束进行轴系对准装调

即可,而不用按传统的空间两束光与轴系对准时的单独调整和比对调整,大大提高了激光跟踪仪的装调效率。

[0078] 另外,在激光跟踪仪整机完成光路装调以及轴系对准后,最后需要在俯仰角跟踪测量单元50和光学瞄准单元40加盖外壳防护罩,图6示出了外壳安装的实施方式。外壳螺钉的锁紧时带来的应力,会对光束指向产生微小的角度变化,导致光路漂移,使得光束指向偏离轴系。光学瞄准单元40的上下设置外壳防护罩100、100',所述外壳防护罩100、100'安装到光学瞄准单元40时,如果四个锁钉方式均采用紧固的方式,那么会使得光学瞄准单元会有较大的拉扯力,导致结构微变形,尤其是导致那些以结构件锁定方式固定在光学瞄准单元上的光学元件产生微形变,从而导致光束指向的漂移,同时这种漂移量会随温度变化引起的结构变形量变化而不断变化,这样的实施方式会引起激光跟踪仪的光束指向存在较大的漂移误差,从而导致测量精度的下降,甚至影响仪器的测量功能。因此有必要采取措施消除锁壳带来的结构形变,将外壳防护罩的锁紧螺钉须设计成消应力的弹性机构101是可选且不局限的一种具体实施方式。采用外壳防护罩100、100'一端紧固102,另一端弹性机构101过渡的固定方式,或者同时采用两端弹性机构101过渡的固定方式,见图6中的(a)。俯仰角跟踪测量单元50的外壳防护罩105、105'的锁定方式对于光束指向的影响相对较小,其主要是在外壳锁紧的时候的拉扯力会影响到俯仰旋转轴44的微形变,间接影响光束指向,但相对来说影响较小,这里外壳锁定103、104可选的采用弹性机构的过渡固定方式或直接紧固的方式,最大化保证系统结构的稳定性,见图6中的(b)。

[0079] 图7示出了根据本发明的姿态识别单元80,其被固定在俯仰角跟踪测量单元50的支架51上。所述姿态测量相机系统80包括一个自动变焦相机装置81、第二俯仰旋转轴44''、第二俯仰角度测量装置(包括第二俯仰电机41''、轴承42''和第二俯仰角度编码器43'')和第二电子水平仪装置(图中未示出)以及用于固定在激光跟踪仪顶部支架的底座83。自动变焦相机装置81以附接的方式固定在第二俯仰旋转轴44''上,可以随第二俯仰旋转轴44''围绕其中心轴线53'进行俯仰旋转。第二俯仰旋转轴44''固定在主体82上,由于只需要控制一个轴,因此可以通过激光跟踪仪校定后的轴系来判断姿态测量相机系统80的第二俯仰旋转轴44''与机关跟踪仪水平旋转轴44'的垂直正交性,并且可以通过后加工的方式进一步保证第二俯仰旋转轴44''与激光跟踪仪的俯仰旋转轴44平行。第二俯仰角度测量装置布置在第二俯仰旋转轴44''上,通过角度校准保证旋转精度和角度精度。所述姿态识别单元80通过底座83与激光跟踪仪顶部支架51紧固的方式与激光跟踪仪固定连接在一起。通过调校保证所述姿态识别单元80的第二俯仰旋转轴44''与激光跟踪仪的俯仰旋转轴44平行,并标定出所述姿态识别单元80与激光跟踪仪之间的坐标关系,从而实现激光跟踪仪坐标系与所述姿态识别单元80的坐标系对准或转换,进而将所述姿态识别单元80测得的目标姿态信息转换到激光跟踪仪坐标系上,最终得到精确的目标六自由度信息。

[0080] 图8示出了六自由度激光跟踪测量系统的坐标系转换关系。首先,由于激光跟踪仪的两个回转轴(水平轴和俯仰轴)在安装或制作中不可避免会存在一定的异面及非正交现象,因此在建立基准坐标系的时候不能够直接根据两轴来定义。通过严格的校准和标定方法,可以得到激光跟踪仪的两个回转轴的准确的异面量和非正交量,分别以两个回转轴作为Z轴来建立基准坐标系($O_b-X_bY_bZ_b$)和回转轴坐标系($O_1X_1Y_1Z_1$),再利用标定得到的两回转轴的异面量和非正交量,通过公式(1)坐标转换关系,将回转轴坐标系转换到基准坐标系,

从而建立准确的激光跟踪仪测量坐标系。

$$[0081] \quad {}^b A_1 = T_{z,d} R_{z,0} T_{x,a} R_{x,\alpha} \quad (1)$$

[0082] 姿态识别单元80测量得到的目标姿态信息不能直接用于表示目标的真实姿态信息,还应该需要一个统一的坐标系进行统一表示,因此,需要将姿态单元坐标系以及靶标坐标系按上述坐标转换方式转换到激光跟踪仪测量坐标系中,总的坐标转换关系如公式(2)所示,使得六自由度激光跟踪测量系统均有统一的坐标基准进行目标的六自由度坐标表示,从而最终得到准确的六自由度位置和姿态坐标信息。

$$[0083] \quad {}^b T_r = {}^b A_1^{-1} A_m A_r \quad (2)$$

[0084] 所述姿态识别单元80与激光跟踪仪能够实现无线高速通信,根据激光跟踪仪的跟踪状态确定俯仰旋转轴44的角度信息,并无间隙同步反馈至第二俯仰旋转轴44”,使其与激光跟踪仪的俯仰旋转轴44同步旋转,保证姿态相机能够随时捕获目标的图像,同时将结算得到的目标姿态坐标实时传送至激光跟踪仪系统,快速得到六自由度测量数据。

[0085] 所述姿态识别单元80与激光跟踪仪分离附接方式的设计,首先可以便于系统的模块化设计,大大便利了激光跟踪仪的整机结构优化。其次,所述姿态识别单元80内部相机测量系统包含多个电机传动装置,若是将其与激光跟踪仪一体化设计并安装至光学瞄准单元40上的话,将会引入较大的机械振动,并增加电子处理系统热量,对于旋转轴的角度定位准确度和稳定性不利,同时光路传输系统布置在光学瞄准单元40上,引入的振动干扰会导致光束的漂移误差,进而影响到系统的距离测量精度。因此,将所述姿态识别单元80与激光跟踪仪系统机械组合设计是有利于改善系统的六自由度测量精度。

[0086] 图9示出了所述姿态识别单元80的自动变焦相机装置81的一种具体实施方式。所述自动变焦相机装置81主要包括光学系统、传动装置88以及控制和处理单元。自动变焦光学系统采用机械补偿变焦方式,可以实现精准聚焦和变倍,其主要包括前固定镜组83、变倍镜组84、补偿镜组85和后固定镜组86以及CMOS相机87。根据设计好的自动变焦光学系统的变焦凸轮曲线来设计补偿镜组和变倍镜组的运动轨迹,并结合传动装置88和控制单元实现全量程范围视场的程控变焦变倍。考虑到姿态识别单元80不宜无限大尺寸设计,设计中需要考虑姿态识别单元80的整体尺寸尽量小以及整体重量尽量轻便,结合激光跟踪仪光学瞄准单元40的尺寸,姿态识别单元80的整体长度不宜大于200mm。在姿态测量时,主控处理系统根据姿态靶标的距离信息,程序控制变焦变倍镜组,使得全量程范围内光学姿态靶标在相机视场上的成像大小始终保持相同的较大比例(比如80%的成像/视场占比),保证全量程范围内的图像识别精度都一致,不会因为距离越远、成像越小而识别精度下降,从而保证姿态测量精度。

[0087] 姿态识别单元80与六自由度光学姿态标靶90配合使用。图10示出了目标姿态测量系统的光学姿态标靶90。光学姿态标靶90包括一个逆反射器91、多个围绕逆反射器91规律布置的发光二极管单元92以及可更换的接触式测量探针93。逆反射器91用于将测量激光束返回,发光二极管单元92为姿态识别单元80提供照明,围绕逆反射器91布置的多个发光二极管单元92的相对逆反射器的空间位置是固定的,可由坐标测量系统标定得到。姿态测量相机系统80对手持式光学姿态标靶90上的发光二极管92进行测量,根据发光二极管92和逆反射器91中心的空间关系,可以解算得到逆反射器92的姿态参数。

[0088] 与现有技术相比,本发明具有以下优点:

[0089] 1、在整体结构上的重力负载均衡设计,减少跟踪电机的不平衡负载,提升跟踪电机的快速跟踪响应时间;在整体结构上的热负载均衡设计,避免长时间测量过程中的热不平衡导致的结构变形、扭曲,减少设备测量坐标系在空间上的扭转,减少热变形导致的精度损失。

[0090] 2、解决由于电学元件或光学元件时变或温变引起的漂移误差。采用光纤开关将光路分成参考光路和测量光路,并对参考光路和测量光路进行差分测距,实现对系统电学元件或光学元件时变或温变引起的测距漂移的补偿或减小。

[0091] 3、解决空间光路合束装调困难及稳定性差和合束精度低的问题。

[0092] 4、采用光纤传导的方式,避免了光源光束漂移导致光束指向不稳定的问题。

[0093] 5、避免了姿态识别单元内置在激光跟踪仪的传动装置振动干扰问题,改善了激光跟踪仪的测量精度。

[0094] 6、采用激光跟踪仪俯仰角跟踪测量单元上精密设计一对异面垂直正交基准孔,从结构上提供两正交轴的垂直正交约束,保证了两正交旋转轴安装后的垂直正交性,简化激光跟踪仪两正交轴的异面垂直正交调校过程,提高了激光跟踪仪的装配效率和降低了调校成本。

[0095] 7、采用阻尼控制和配重优化,改善了激光跟踪仪旋转轴运动平稳性。

[0096] 8、避免了由于锁壳应力带来的光束指向漂移的问题。

[0097] 以上内容是结合具体的优选实施方式对本发明所作的进一步详细说明,不能认定本发明的具体实施只局限于这些说明。对于本发明所属技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干简单推演或替换,都应当视为属于本发明的保护范围。

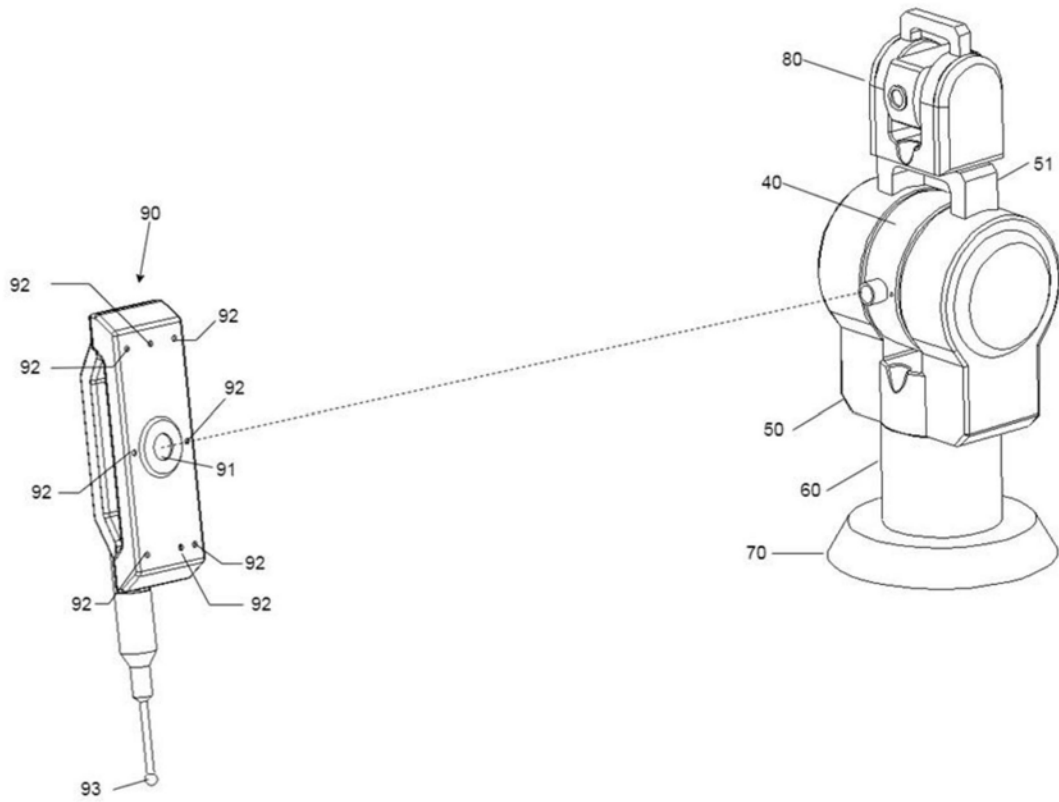


图1

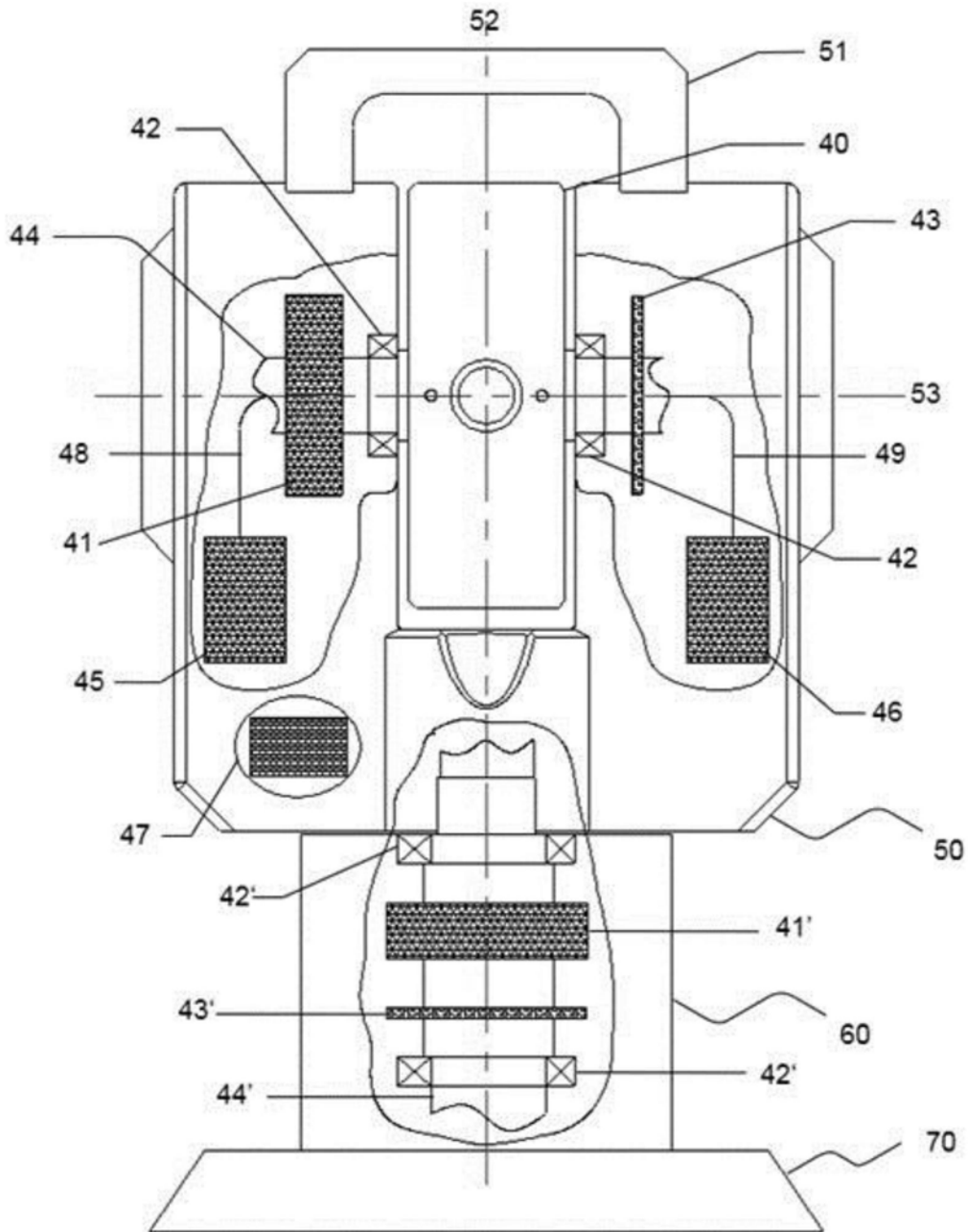


图2

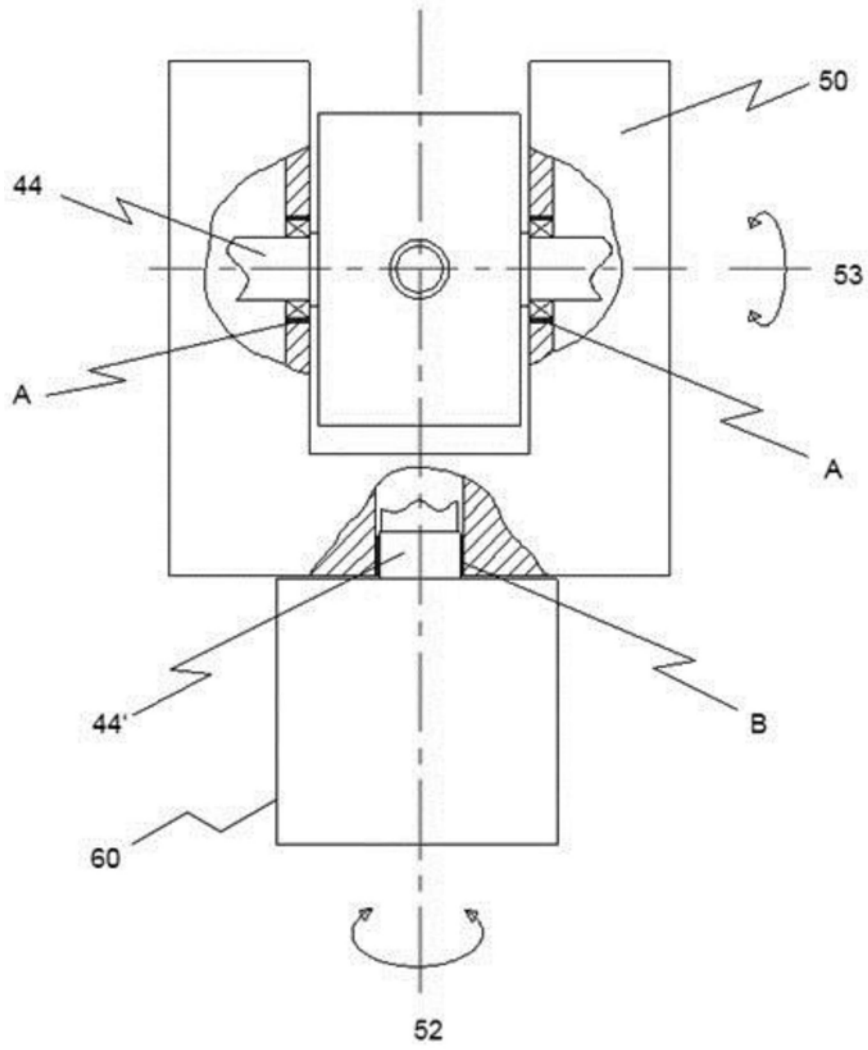


图3

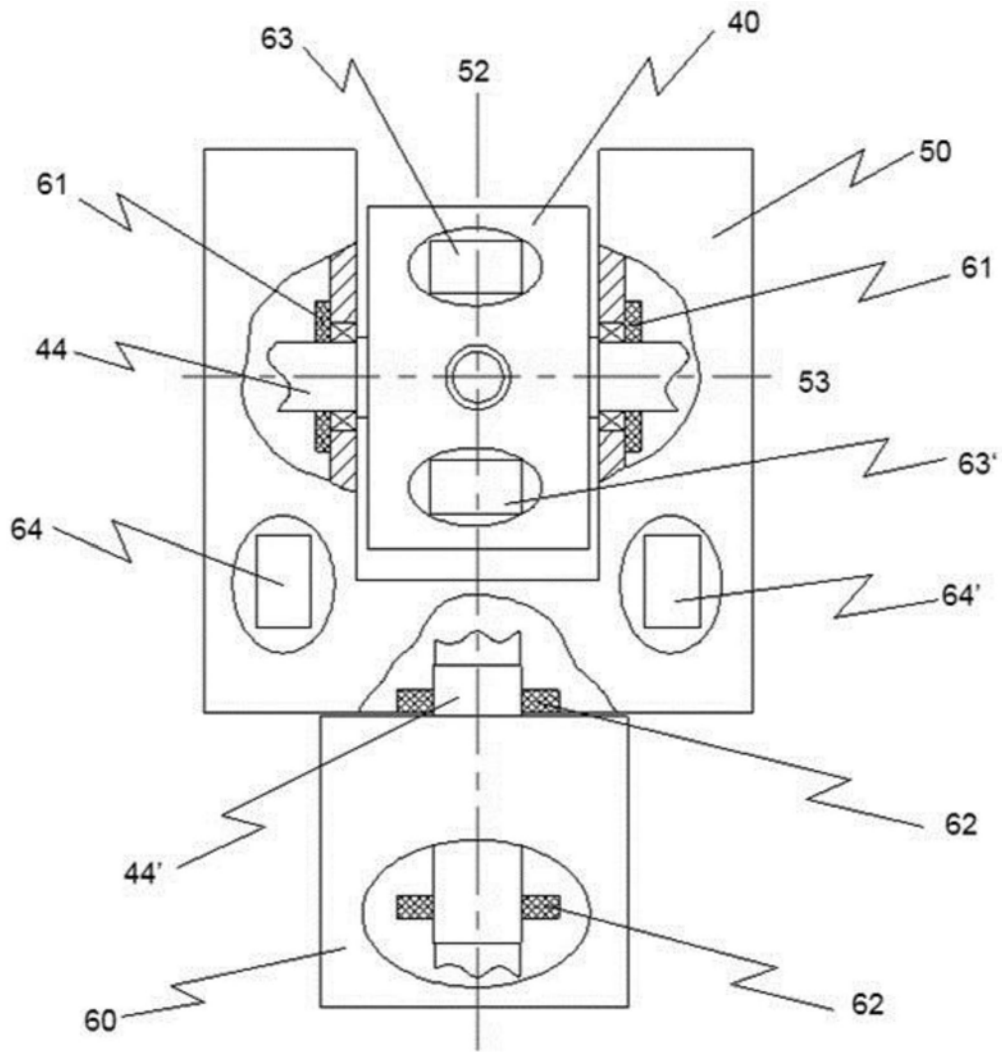


图4

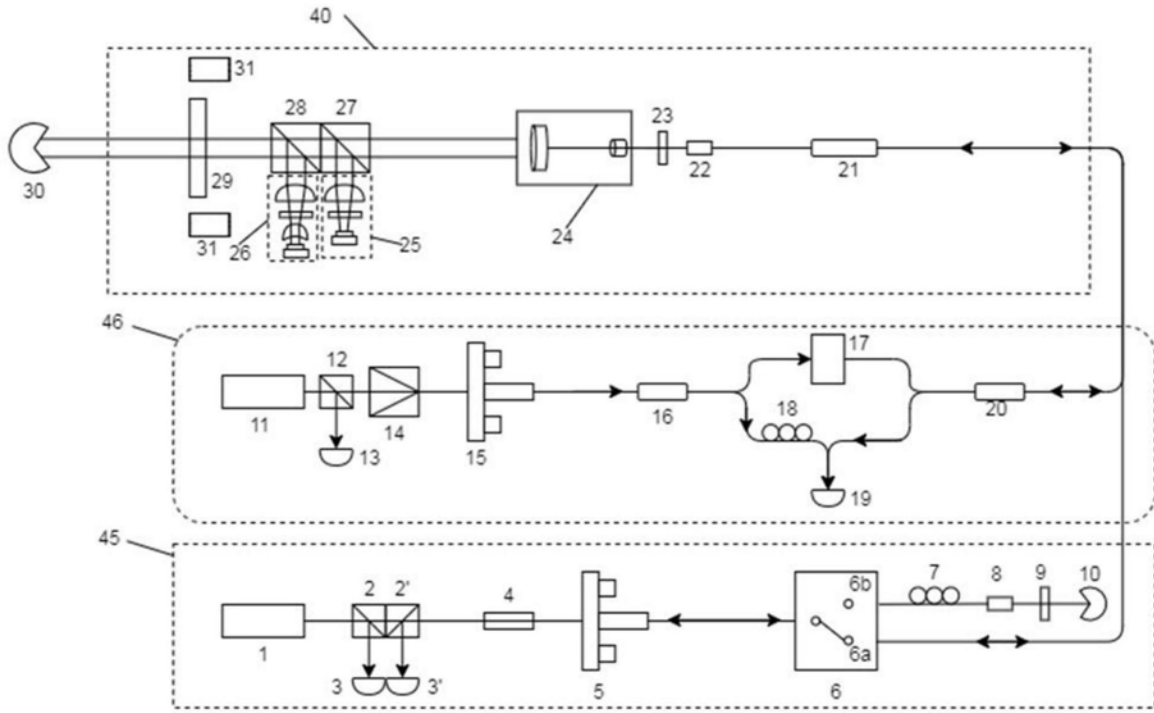


图5

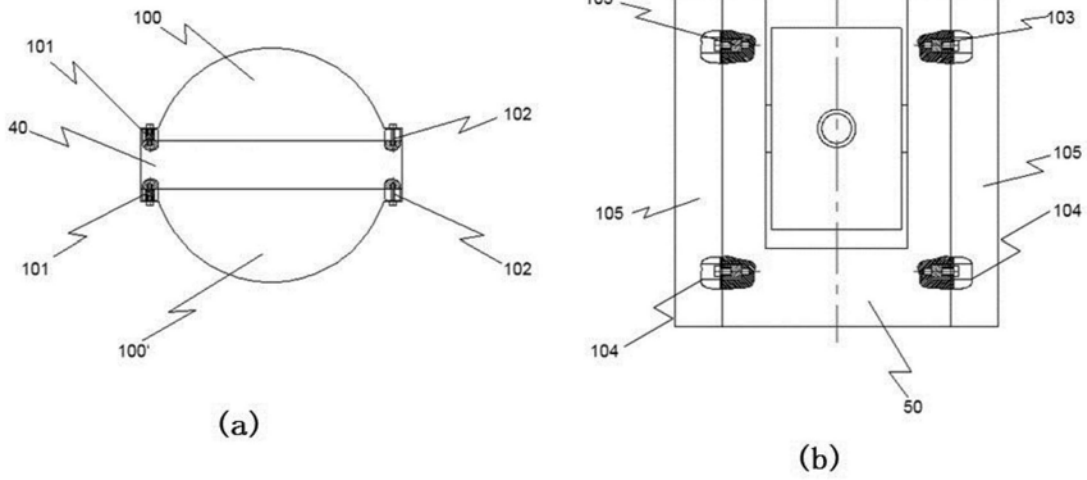


图6

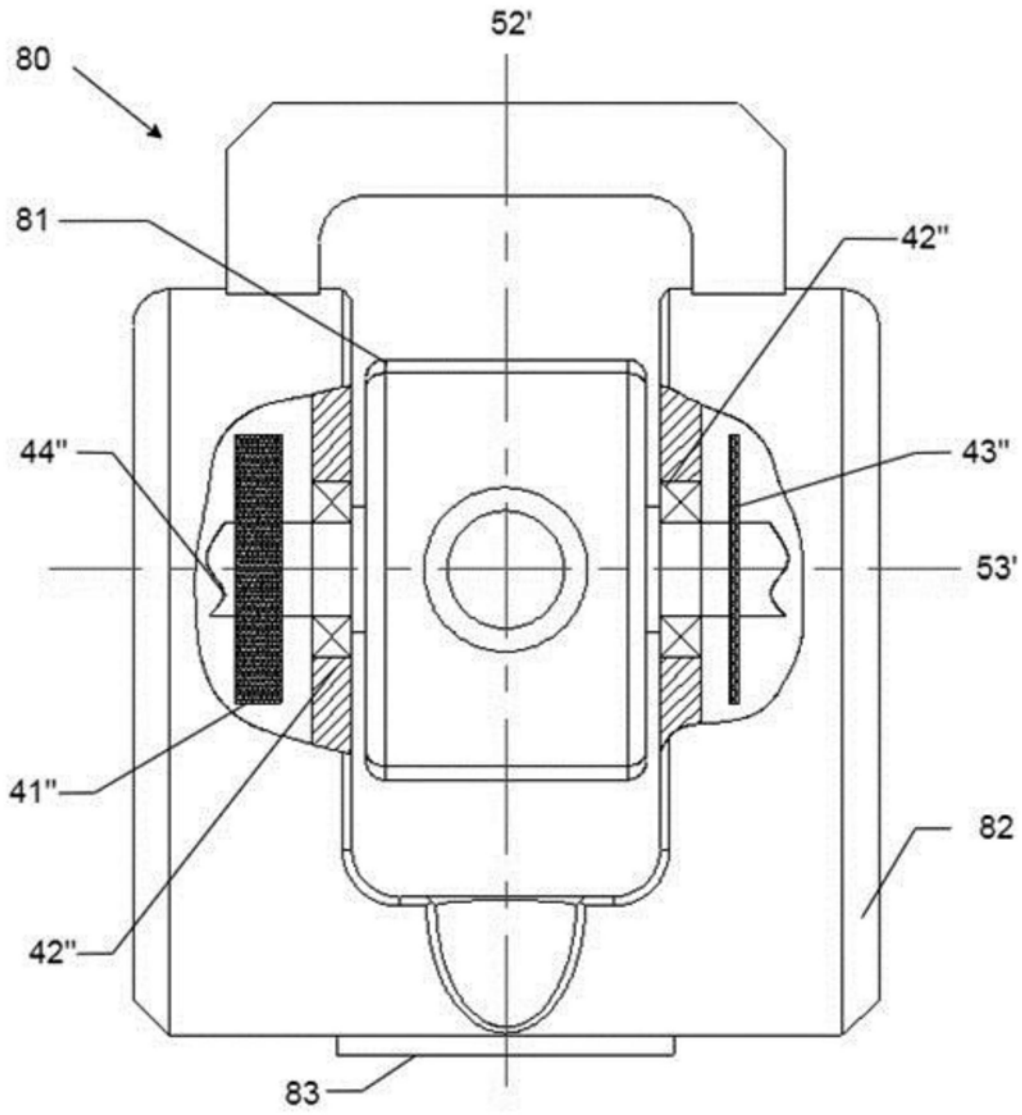


图7

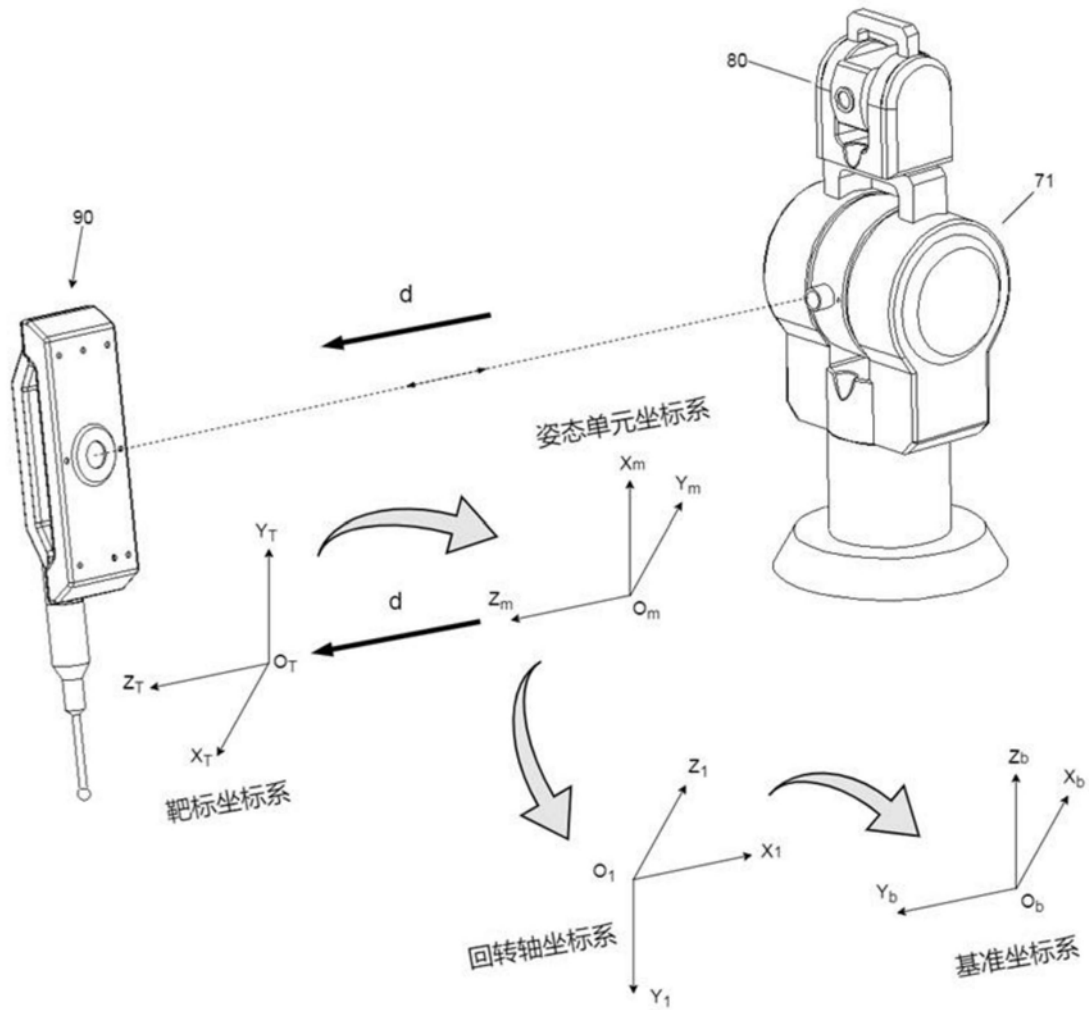


图8

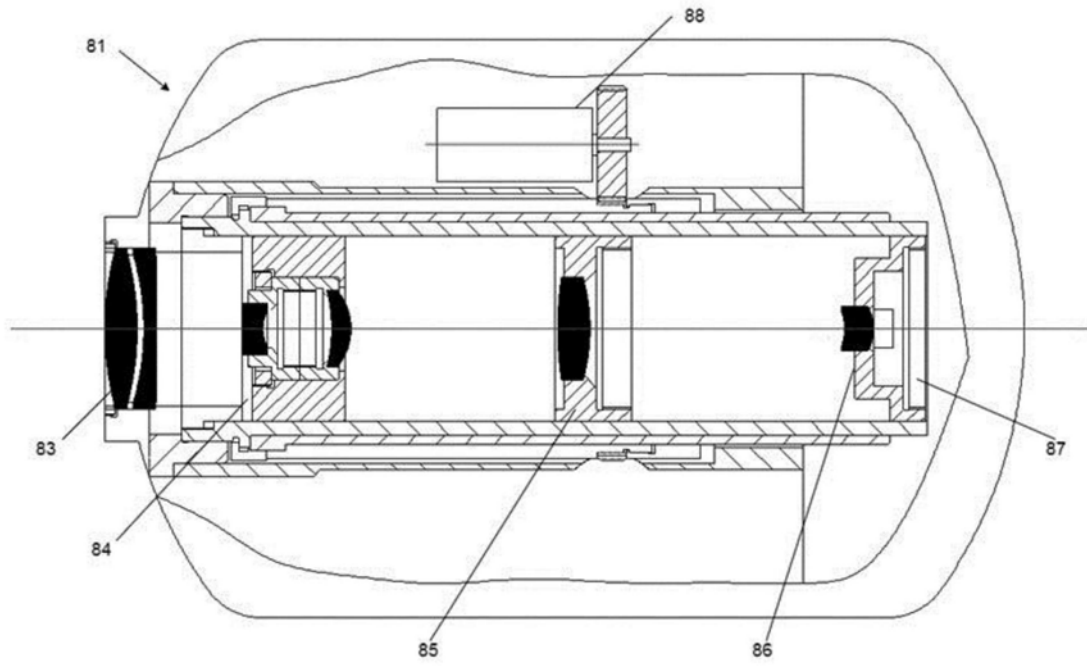


图9

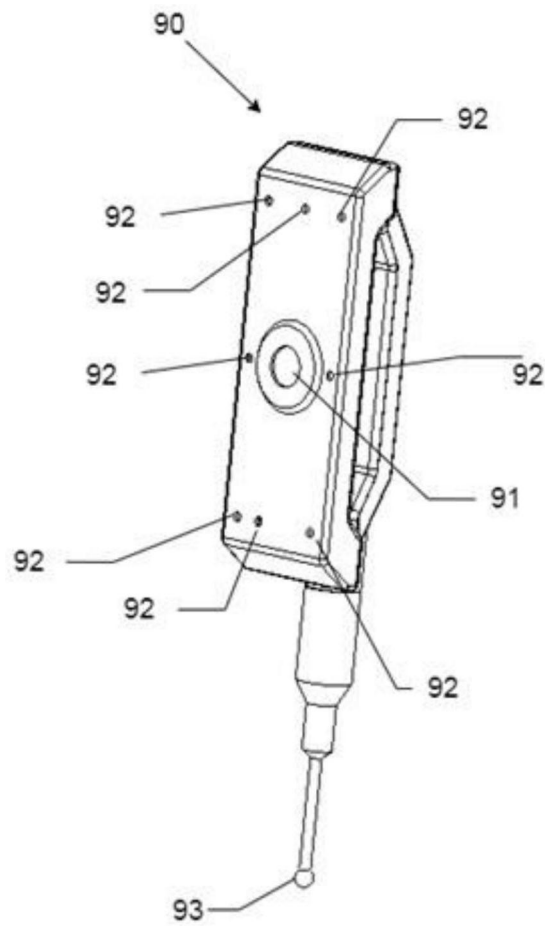


图10