



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 201867495 U

(45) 授权公告日 2011. 06. 15

(21) 申请号 201020614772. 1

G01S 17/66(2006. 01)

(22) 申请日 2010. 11. 19

G01C 15/00(2006. 01)

G02B 7/198(2006. 01)

(73) 专利权人 二重集团(德阳)重型装备股份有限公司

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

地址 618013 四川省德阳市珠江西路 460 号

专利权人 重庆大学

中国计量技术开发总公司

天津大学

(72) 发明人 黄勇 林超 牛维汉 曲新华
史苏存 段玲

(74) 专利代理机构 成都虹桥专利事务所 51124
代理人 王睿 刘世平

(51) Int. Cl.

G01S 17/02(2006. 01)

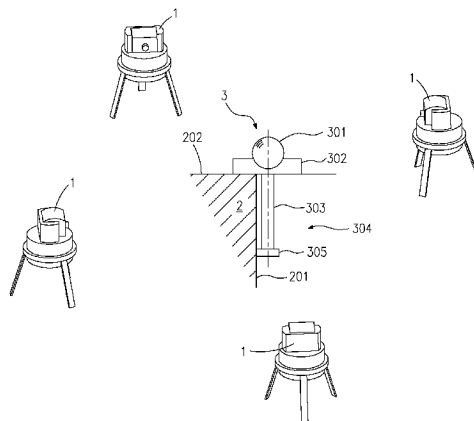
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 2 页

(54) 实用新型名称

用于对静态工件进行三维空间定位的装置及
专用手持活动式光学逆反射器

(57) 摘要

本实用新型公开了一种具有较高测量精度的用于对静态工件进行三维空间定位的装置以及专用手持活动式光学逆反射器。该装置为一多路激光干涉追踪系统,该多路激光干涉追踪系统由至少三台激光干涉追踪仪、与所述各台激光干涉追踪仪分别连接的数据处理系统,以及与所述至少三台激光干涉追踪仪配合使用从而对被测工件进行三维空间定位的手持活动式光学逆反射器组成;其中,所述的手持活动式光学逆反射器包括反射镜以及与所述反射镜联接并用于使该手持活动式光学逆反射器在被测工件的基准面上沿特定方向运动的定位结构。本装置由于不涉及角度测量,测量不确定度仅为 $5.5\mu\text{m}$,测量精度要大大高于激光跟踪测量,可完全满足大型工件的高精度三维工件定位要求。



1. 用于对静态工件进行三维空间定位的装置,该装置为一多路激光干涉追踪系统,其特征在于:该多路激光干涉追踪系统由至少三台激光干涉追踪仪(1)、与所述各台激光干涉追踪仪(1)分别连接的数据处理系统,以及与所述至少三台激光干涉追踪仪(1)配合使用从而对被测工件(2)进行三维空间定位的手持活动式光学逆反射器(3)组成;其中,所述的手持活动式光学逆反射器(3)包括反射镜(301)以及与所述反射镜(301)联接并用于使该手持活动式光学逆反射器(3)在被测工件(2)的基准面上沿特定方向运动的定位结构。

2. 如权利要求1所述的用于对静态工件进行三维空间定位的装置,其特征在于:当被测工件(2)的基准面为由一基准柱面(201)和一基准端面(202)相交所形成的台阶状结构时,所述手持活动式光学逆反射器(3)的定位结构采用以下设计,即:该定位结构包括用于与所述基准柱面(201)相接触的定位本体(304),以及设置在该定位本体(304)的上端并安装有所述反射镜(301)的定位座(302),使用时当所述定位本体(304)靠住该基准柱面(201)并沿该基准柱面(201)与所述基准端面(202)的交线运动时,所述定位座(302)的下端面与所述基准端面(202)保持紧贴状态。

3. 如权利要求2所述的用于对静态工件进行三维空间定位的装置,其特征在于:所述定位本体(304)包括上端安装有所述定位座(302)的支撑杆(303),以及设置在该支撑杆(303)下端的旋转体(305),该定位本体(304)通过所述的旋转体(305)与被测工件(2)的基准柱面(201)接触,并且该旋转体(305)与所述反射镜(301)同轴设置。

4. 如权利要求3所述的用于对静态工件进行三维空间定位的装置,其特征在于:所述旋转体(305)呈圆盘状。

5. 专用于上述装置的手持活动式光学逆反射器,其特征在于:该手持活动式光学逆反射器包括反射镜(301)以及与所述反射镜(301)联接并用于使该手持活动式光学逆反射器在被测工件(2)的基准面上沿特定方向运动的定位结构。

6. 如权利要求5所述的手持活动式光学逆反射器,其特征在于:当被测工件(2)的基准面为由一基准柱面(201)和一基准端面(202)相交所形成的台阶状结构时,所述手持活动式光学逆反射器(3)的定位结构采用以下设计,即:该定位结构包括用于与所述基准柱面(201)相接触的定位本体(304),以及设置在该定位本体(304)的上端并安装有所述反射镜(301)的定位座(302),使用时当所述定位本体(304)靠着该基准柱面(201)并沿该基准柱面(201)与所述基准端面(202)的交线运动时,所述定位座(302)的下端面与所述基准端面(202)保持紧贴状态。

7. 如权利要求6所述的手持活动式光学逆反射器,其特征在于:所述定位本体(304)包括上端安装有所述定位座(302)的支撑杆(303),以及设置在该支撑杆(303)下端的旋转体(305),该定位本体(304)通过所述的旋转体(305)与被测工件(2)的基准柱面(201)接触,并且该旋转体(305)与所述反射镜(301)同轴设置。

8. 如权利要求7所述的手持活动式光学逆反射器,其特征在于:所述旋转体(305)呈圆盘状。

用于对静态工件进行三维空间定位的装置及专用手持活动 式光学逆反射器

技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种用于对静态工件进行三维空间定位的激光跟踪测量设备以及专用的手持活动式光学逆反射器。

背景技术

[0002] 通常情况下,较小工件的检测都是直接在检测机床上完成的,因而确定这些工件与检测机床之间的相对位置也就完全依赖于检测机床自身所具有的工件定位功能而得以实现。特种装备制造时经常会面临大型甚至是特大型工件的检测问题。由于这类工件的体积庞大,往往没有与其相应规模的检测机床可用,因此就需要将这些工件直接放置在加工现场并在其附近设置检测设备。这时,确定检测设备与工件的相对位置就成为保证检测精度的关键。通常,要确定检测设备与工件的相对位置,需要采用诸如激光跟踪仪、室内定位系统 iGPS、光笔测量系统以及摄影测量系统大范围空间坐标测量仪器分别对检测设备与工件进行三维空间定位。下面以齿轮测量为例:

[0003] 为解决特大型齿轮的在位检测问题,公开号为 CN101551240A 的中国实用新型专利申请公开了一种基于激光跟踪技术的大型齿轮测量方法,其主要步骤为:1) 利用激光跟踪仪建立被测齿轮的端平面和基准轴线;2) 确定被测齿轮和三坐标测量单元的位置;3) 调整三坐标测量单元相对于被测齿轮的位置并对参数进行测量。该申请实质上采用的是一种将大范围空间全局测量与距离前端测量相结合的组合测量体制。具体是通过激光跟踪仪作为全局测量设备来实现大范围空间全局测量,通过三坐标测量单元作为前端测量设备来实现近距离前端测量,由于其步骤 2) 可以确定被测齿轮和三坐标测量单元的位置,也就实现了将全局测量和前端测量的结合。

[0004] 由于上述技术是利用激光跟踪仪分别对被测齿轮和三坐标测量单元进行三维空间定位,所以存在如下问题:激光跟踪仪采用的是角度传感和测长相结合的球坐标测量原理(可参考公开号为 CN101371160A 的实用新型专利公开文本中记载的激光跟踪仪及其测量原理),在长距离测量时受到角度测量精度的影响,随着距离增加,空间坐标测量精度明显下降。以精度最高的 Leica 最新型号激光跟踪仪 AT901-LR 为例,其测量 10m 处的空间点坐标时测距不确定度为 10 微米,角度不确定度 $\pm 10 \mu\text{m} + 5 \mu\text{m}/\text{m}$,则总的坐标点测量不确定度为 $\sqrt{10^2 + (10 + 5 \times 10)^2} = 60.83 \mu\text{m}$ 。而大型风力发电、大型锻压设备、大型冶金设备以及大型船舶传动装置所需齿轮大多是直径为 3000 ~ 10000mm、最小模数为 6mm、精度 6 级及以上的特大型高精度齿轮。如下表所示,GB/T10095.1-2001 中规定直径 3000 ~ 10000mm,模数大于 6mm 的 6 级精度的齿轮精度要求为:

[0005]

项目	分度圆直径 3m	分度圆直径 10m
单齿距极限偏差 $\pm f_{pt}$	$\geq 18 \mu\text{m}$	$\geq 27 \mu\text{m}$
齿距累积总公差 F_p	$\geq 113 \mu\text{m}$	$\geq 182 \mu\text{m}$

齿廓总公差 F_a	$\geq 31 \mu m$	$\geq 47 \mu m$
齿廓形状公差 f_{fa}	$\geq 24 \mu m$	$\geq 36 \mu m$
齿廓倾斜极限偏差 $\pm f_{f\alpha}$	$\geq 20 \mu m$	$\geq 29 \mu m$
螺旋线总公差 F_β (齿宽 40mm 以上)	$\geq 21 \mu m$	$\geq 29 \mu m$
螺旋线形状公差 $f_{f\beta}$ (齿宽 40mm 以上)	$\geq 15 \mu m$	$\geq 20 \mu m$
螺旋线倾斜极限偏差 $\pm f_{H\beta}$ (齿宽 40mm 以上)	$\geq 15 \mu m$	$\geq 20 \mu m$
径向跳动公差 F_r	$\geq 90 \mu m$	$\geq 144 \mu m$

[0006] 可见,使用激光跟踪仪进行大范围空间坐标测量的精度还不能满足这类齿轮的测量要求。

[0007] 通过上面齿轮测量的例子可以发现,当使用激光跟踪仪对处于静止状态下的工件(比如上面所述的被测齿轮)进行三维空间定位时,如果该工件的尺寸过于庞大导致激光跟踪仪必须作长距离跟踪,则激光跟踪仪的测量精度将显著的下降。面对此种情况,就需要寻找一种能够代替激光跟踪仪来对被测工件进行三维空间定位的装置。

实用新型内容

[0008] 本实用新型所要解决的技术问题是提供一种具有较高测量精度的用于对静态工件进行三维空间定位的装置。

[0009] 为解决上述技术问题,该装置为一多路激光干涉追踪系统,该多路激光干涉追踪系统由至少三台激光干涉追踪仪、与所述各台激光干涉追踪仪分别连接的数据处理系统,以及与所述至少三台激光干涉追踪仪配合使用从而对被测工件进行三维空间定位的手持活动式光学逆反射器组成;其中,所述的手持活动式光学逆反射器包括反射镜以及与所述反射镜联接并用于使该手持活动式光学逆反射器在被测工件的基准面上沿特定方向运动的定位结构。

[0010] 多路激光干涉追踪系统的测量原理是已有技术,具体可参见“多路法激光跟踪干涉测量系统的研究,张国雄等,天津大学学报,2003年,第36卷,第1期”中的介绍。但是,就目前的多路激光干涉追踪系统而言,其中所使用的光学逆反射器均为固定式光学逆反射器,即在使用时必须通过联接件将其刚性固定到被测物上并随着被测物一起运动。比如授权公告号为CN1078703C的实用新型专利所公开的一种目标空间位置及姿态激光跟踪测量系统中所公开的目标反射镜组合。基于上述原因,现有的多路激光干涉追踪系统只能用于对活动物体 的跟踪测量,比如对机床主轴运动轨迹的校验等等,因而不可能直接用于对处于静止状态下的工件进行测量。对于本实用新型而言,为了实现将多路激光干涉追踪技术在静态工件测量上的应用,本实用新型的技术方案中还包含了一种手持活动式光学逆反射器。该光学逆反射器由测量者手持进行操作,其结构包括反射镜以及与所述反射镜联接并用于使该手持活动式光学逆反射器在被测工件的基准面上沿特定方向运动的定位结构。由于手持活动式光学逆反射器的出现,能够克服现有多路激光干涉追踪系统不能用于对静态工件进行空间三维定位的技术困难。因此,本实用新型相比现有技术具有明显的实质性特点。

[0011] 由于多路激光干涉追踪系统利用的是基于测长多边形的空间坐标测量方式,测量时采用三个以上的激光干涉追踪仪同时从不同空间位置跟踪并测量被测点相对于激光干涉追踪仪的距离,由距离多边形约束解算被测点空间坐标。这种测量方法不涉及角度测量,因此具有很高的精度。比如同样 10m 处空间点,以三路激光追踪测长技术分别测量 X、

Y、Z 轴,单台测距精度为 $0.2\mu\text{m}+0.3\mu\text{m}/\text{m}$,由其建立三个激光干涉测长解算坐标测量不确定度为 $\sqrt{(3.2)^2+(3.2)^2+(3.2)^2}=5.5\mu\text{m}$ 。可见,对于空间点坐标测量,由于激光跟踪仪角度测量误差的放大,导致测量不确定度较大,即使使用精度最高的 Leica 最新型号激光跟踪仪 AT901-LR 的测量不确定度仍为 $60.83\mu\text{m}$,即测量系统的不确定度已经超过直径 $3000\sim 10000\text{mm}$,模数大于 6mm 的六级精度等级齿轮单齿距极限偏差、齿廓总公差、齿廓形状公差、齿廓倾斜极限偏差、螺旋线总公差、螺旋线形状公差、螺旋线倾斜极限偏差多项精度要求;而改由多路激光干涉测长系统测量,由于不涉及角度测量,测量不确定度为 $5.5\mu\text{m}$,测量精度要大大高于激光跟踪测量,可完全满足测量要求。因此,本实用新型相比现有技术还具有显著的进步。

[0012] 多路激光干涉追踪系统最少需要三台激光干涉追踪仪,理论上激光干涉追踪仪越多精度越高。但采用过多的激光干涉追踪仪,不仅昂贵,而且布局配置等也更复杂,要求更高,且精度提高有限。因此作为一种优选的配置形式,所述多路激光干涉追踪系统采用四台激光干涉追踪仪,这四台激光干涉追踪仪分别设置在靠近由这四台激光干涉追踪仪所构成的测量区间的四个边角的位置,该被测工件均位于所述的测量区间的内侧。根据多路激光干涉追踪技术的特点,上述这种布置方式有利于利用冗余数据完成自标定各激光干涉追踪仪的自身坐标。

[0013] 作为手持活动式光学逆反射器中的定位结构的一种具体方式,当被测工件的基准面为由一基准柱面和一基准端面相交所形成的台阶状结构时,所述手持活动式光学逆反射器的定位结构采用以下设计,即:该定位结构包括用于与所述基准柱面相接触的定位本体,以及设置在该定位本体的上端并安装有所述反射镜的定位座,使用时当所述定位本体靠住该基准柱面并沿该基准柱面与所述基准端面的交线运动时,所述定位座的下端面与所述基准端面保持紧贴状态。众多的工件都具有由一基准柱面和一基准端面相交形成的台阶状结构的基准面,比如齿轮、大型圆筒件、大型圆柱件等等。在定位本体靠住被测工件的基准柱面并沿该基准柱面与基准端面的交线运动时,通过前述的至少三台激光干涉追踪仪对手持活动式光学逆反射器上的反射镜进行激光跟踪,可同时建立被测工件基准柱面的中心轴线以及被测工件的基准端面。只要将所述基准柱面的中心轴线与被测工件的基准端面的交点定义为被测工件坐标系的坐标中心点,这样就完成了被测工件的空间三维定位。可见,上述定位结构的优点在于通过其运动可同时建立被测工件基准柱面的中心轴线以及被测工件的基准端面,因此测量效率较高。

[0014] 当然,对定位本体的结构设计因考虑尽量减小测量误差。因此本实用新型还对上述定位本体进行了如下的具体设计。即,所述定位本体包括上端安装有所述定位座的支撑杆,以及设置在该支撑杆下端的旋转体,该定位本体通过所述的旋转体与被测工件的基准柱面接触,并且该旋转体与所述反射镜同轴设置。该设计的优点在于:1) 通过设置旋转体可减小定位本体与被测工件的之间的接触面积,这样就可以避免由于定位本体与被测工件之间的接触面积过大而产生的因定位本体的制造误差造成对测量结果的显著影响;2) 由于旋转体与所述反射镜同轴设置,因此即便定位本体在移动过程中发生了自转,也不会导致反射镜的中心点偏离其预订的运行轨迹,对至少三台激光干涉追踪仪的激光跟踪测距不会产生影响。

[0015] 本实用新型还提供了专用于上述系统的手持活动式光学逆反射器,该手持活动式

光学逆反射器包括反射镜以及与所述反射镜联接并用于使该手持活动式光学逆反射器在被测工件的基准面上沿特定方向运动的定位结构。

[0016] 作为手持活动式光学逆反射器中的定位结构的一种具体方式,当被测工件的基准面为由一基准柱面和一基准端面相交所形成的台阶状结构时,所述手持活动式光学逆反射器的定位结构采用以下设计,即:该定位结构包括用于与所述基准柱面相接触的定位本体,以及设置在该定位本体的上端并安装有所述反射镜的定位座,使用时当所述定位本体靠着该基准柱面并沿该基准柱面与所述基准端面的交线运动时,所述定位座的下端面与所述基准端面保持紧贴状态。

[0017] 对上述定位本体的具体设计为:所述定位本体包括上端安装有所述定位座的支撑杆,以及设置在该支撑杆下端的旋转体,该定位本体通过所述的旋转体与被测工件的基准柱面接触,并且该旋转体与所述反射镜同轴设置。

[0018] 作为该具体设计的进一步改进,所述旋转体呈圆盘状。

[0019] 本实用新型的有益效果是:本装置由于不涉及角度测量,测量不确定度仅为 $5.5\mu\text{m}$,测量精度要大大高于激光跟踪测量,可完全满足大型工件的高精度三维工件定位要求。

附图说明

[0020] 图1为本申请用于对静态工件进行三维空间定位的装置的工作状态图。

[0021] 图2~图7分别本申请中各种手持活动式光学逆反射器的使用状态图。

[0022] 图中标记为:激光干涉追踪仪1、被测工件2(基准柱面201、基准端面202)、手持活动式光学逆反射器3(反射镜301、定位座302、支撑杆303、定位本体304、旋转体305、旋转体306)。

具体实施方式

[0023] 下面结合附图和实施例对本实用新型做进一步的说明。

[0024] 如图1所示的用于对静态工件进行三维空间定位的装置,该装置为一多路激光干涉追踪系统,该多路激光干涉追踪系统由至少三台激光干涉追踪仪1、与所述各台激光干涉追踪仪1分别连接的数据处理系统,以及与所述至少三台激光干涉追踪仪1配合使用从而对被测工件2进行三维空间定位的手持活动式光学逆反射器3组成;其中,所述的手持活动式光学逆反射器3包括反射镜301以及与所述反射镜301联接并用于使该手持活动式光学逆反射器3在被测工件2的基准面上沿特定方向运动的定位结构。反射镜3最好采用“猫眼”反射镜,但也可以采用角隅棱镜、角锥棱镜或平面反射镜等。

[0025] 虽然所述的数据处理系统在图1中并未示出,但其在多路激光干涉追踪系统中的作用显然的已知的。多路激光干涉追踪系统的测量原理也是已有技术。但是,已有技术中的多路激光干涉追踪系统局限能只能对活动物体的跟踪测量,原因在本说明书的前面部分已经进行过说明。本实用新型通过提供一种新颖的手持活动式光学逆反射器3实现将多路激光干涉追踪技术在静态工件测量上的应用,克服了现有多路激光干涉追踪系统不能用于对静态工件进行空间三维定位的技术困难,因此本实用新型具有突出的实质性特点。

[0026] 众多的工件都具有由一基准柱面和一基准端面相交形成的台阶状结构的基准面,

比如齿轮、大型圆筒件、大型圆柱件等等。为了对这类工件进行三维工件定位,当被测工件 2 的基准面为由一基准柱面 201 和一基准端面 202 相交所形成的台阶状结构时,所述手持活动式光学逆反射器 3 的定位结构采用以下设计,即:该定位结构包括用于与所述基准柱面 201 相接触的定位本体 304,以及设置在该定位本体 304 的上端并安装有所述反射镜 301 的定位座 302,使用时当所述定位本体 304 靠住该基准柱面 201 并沿该基准柱面 201 与所述基准端面 202 的交线运动时,所述定位座 302 的下端面与所述基准端面 202 保持紧贴状态。

[0027] 其中,在定位本体 304 靠住被测工件 2 的基准柱面 201 并沿该基准柱面 201 与基准端面 202 的交线运动时,通过前述的至少三台激光干涉追踪仪 1 对手持活动式光学逆反射器 3 上的反射镜 3 进行激光跟踪,可同时建立被测工件 2 基准柱面 201 的中心轴线以及被测工件 2 的基准端面 202。只要将所述基准柱面 201 的中心轴线与被测工件 2 的基准端面 202 的交点 定义为被测工件坐标系的坐标中心点,这样就完成了被测工件 2 的空间三维定位。可见,上述定位结构的优点在于通过其运动可同时建立被测工件基准柱面的中心轴线以及被测工件的基准端面,因此测量效率较高。

[0028] 此外,所述定位本体 304 包括上端安装有所述定位座 302 的支撑杆 303,以及设置在该支撑杆 303 下端的旋转体 305,该定位本体 304 通过所述的旋转体 305 与被测工件 2 的基准柱面 201 接触,并且该旋转体 305 与所述反射镜 301 同轴设置。

[0029] 实施例 1

[0030] 如图 4 所示,所述定位本体 304 为一个上端安装有所述定位座 302 并与所述反射镜 301 同轴设置长圆柱结构。使用时该长圆柱结构的外圆柱面与被测工件 2 的基准柱面 201 相切从而进行径向定位。由于该长圆柱结构的外圆柱面与被测工件 2 的中心孔 17 的基准柱面 201 之间的切线多数情况下为一直线,因此其直线度误差将对测量结果产生一定影响。

[0031] 实施例 2

[0032] 如图 5 所示,所述定位本体 304 包括上端安装有所述定位座 302 的支撑杆 303,以及设置在该支撑杆 303 下端的旋转体 305,该定位本体 304 通过所述的旋转体 305 与被测工件 2 的基准柱面 201 接触,并且该旋转体 305 与所述反射镜 3 同轴设置;其中,该旋转体 305 为球形。测量时旋转体 305 与被测工件 2 的基准柱面 201 接触,因此该接触点有可能位于所述基准柱面 201 表面粗糙度的轮廓峰值或者轮廓谷值处,因此被测工件 2 的基准柱面 201 的表面粗糙度将对测量结果产生一定影响。旋转体 305、支撑杆 303 以及反射镜 3 最好同轴设置。

[0033] 实施例 3

[0034] 如图 2 所示,所述定位本体 304 包括上端安装有所述定位座 302 的支撑杆 303,以及设置在该支撑杆 303 下端的旋转体 305,该定位本体 304 通过所述的旋转体 305 与被测工件 2 的基准柱面 201 接触,并且该旋转体 305 与所述反射镜 301 同轴设置;其中,该旋转体 305 呈圆盘状。这样,旋转体 305 与被测工件 2 的基准柱面 201 之间为且接触面积较小的面接触,既可以避免实施例 1 中直线度误差对测量结果产生的影响,又可以避免实施例 2 中接触面粗糙度对测量结果产生的影响。

[0035] 实施例 4

[0036] 上述实施例 1 ~ 3 均针对被测工件 2 的基准柱面 201 为竖直设置从而与被测工件

2 的基准端面 202 垂直的情况。当被测工件 2 的基准柱面 201 与基准端面 202 之间为小于 90 度夹角时,可采取图 6 所示的手持活动式光学逆反射器 3。如图 6 所示,支撑杆 303 上串联了两个与所述反射镜 301 同轴设置的球状旋转体 11 和球状旋转体 305、306,且下端的旋转体 305 直径大于上面的旋转体 306。这样,可根据基准柱面 201 与基准端面 202 之间夹角的大小,选择 由旋转体 305 或旋转体 306 与被测工件 3 的基准柱面 201 接触。但是,该手持活动式光学逆反射器 3 同样存在因接触面粗糙度对测量结果产生影响的问题;并且,在对同一基准柱面 201 与基准端面 202 进行多次测量时,也可能出现一次由旋转体 305 与被测工件 2 的基准柱面 201 接触,而另一次又由旋转体 306 与被测工件 2 的基准柱面 201 接触的问题,造成测量误差。

[0037] 实施例 5

[0038] 如图 7,该手持活动式光学逆反射器 3 在实施例 4 的基础上将旋转体 305 和旋转体 306 改为圆盘状,可避免接触面粗糙度对测量结果产生的影响。但是同样存在对同一同一基准柱面 201 与基准端面 202 进行多次测量时,可能出现一次由旋转体 305 与被测工件 2 的基准柱面 201 接触,而另一次又由旋转体 306 与被测工件 2 的基准柱面 201 接触的问题,造成测量误差的问题。

[0039] 实施例 6

[0040] 为了克服实施例 4 和实施例 5 的问题,实施例 6 采用了与实施例 3 相同结构但支撑杆 303 的长度尺寸有所增长的手持活动式光学逆反射器 3 来测量所述基准柱面 201 与基准端面 202 之间为小于 90 度夹角时的被测工件 2。对于基准柱面 201 与基准端面 202 之间的夹角大小不同问题,可以做一系列尺寸不同但结构如实施例 3 所说的手持活动式光学逆反射器 3,可满足基准柱面 201 与基准端面 202 之间的多种夹角大小的要求。

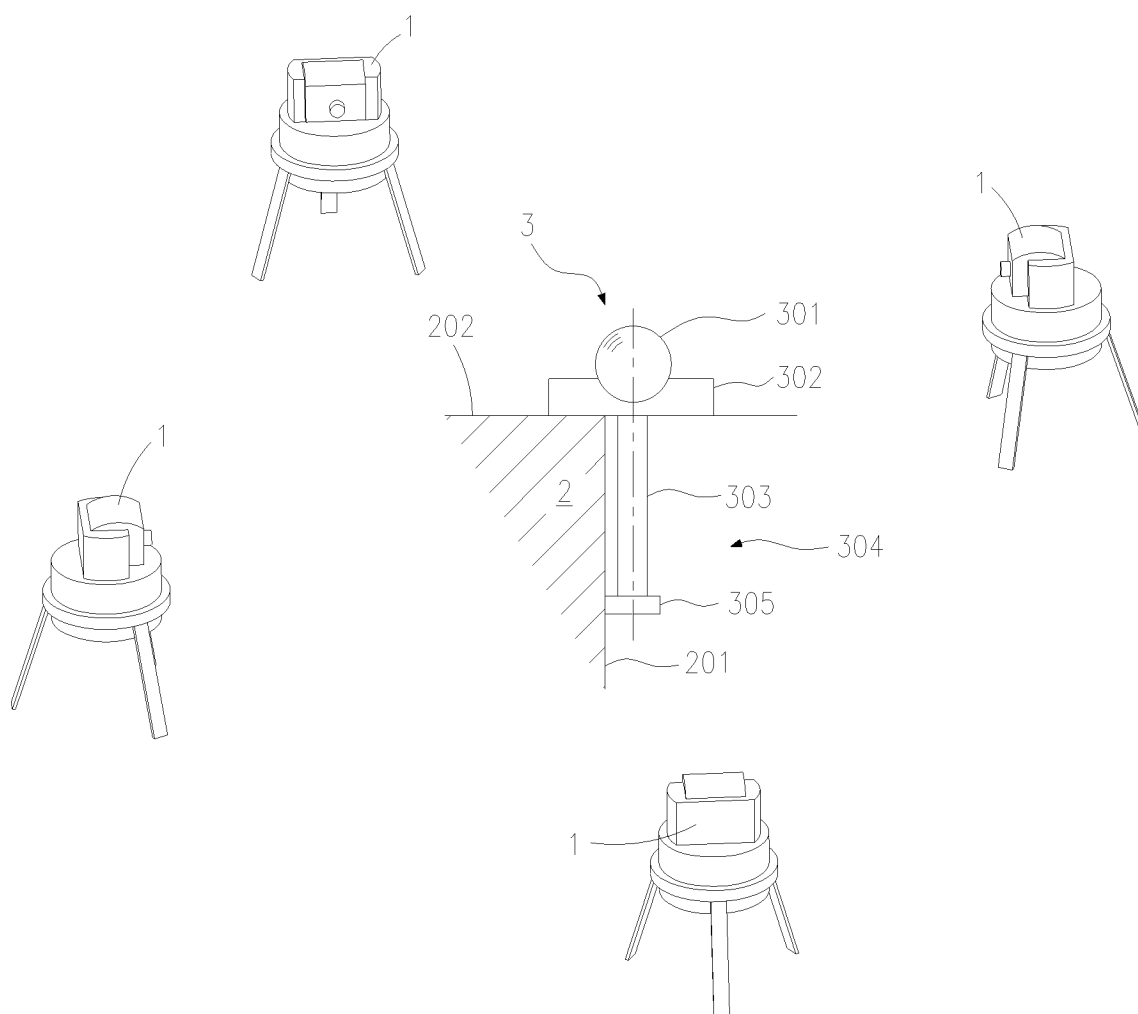


图 1

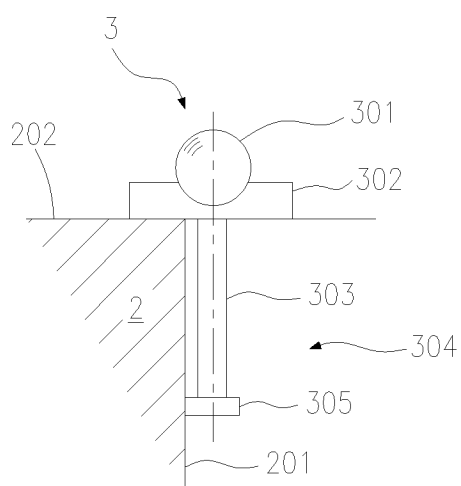


图 2

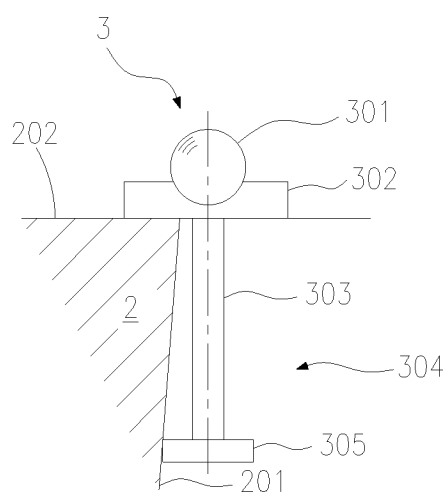


图 3

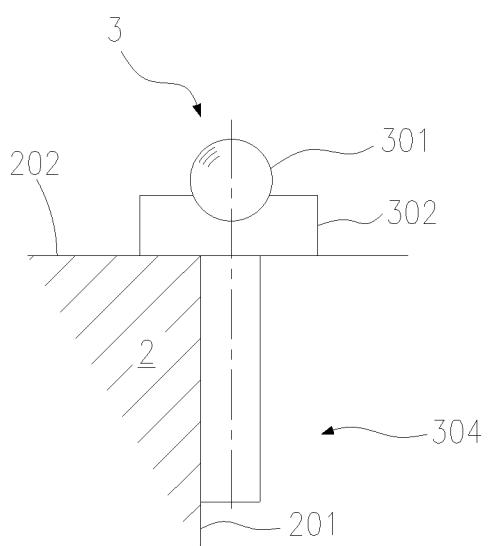


图 4

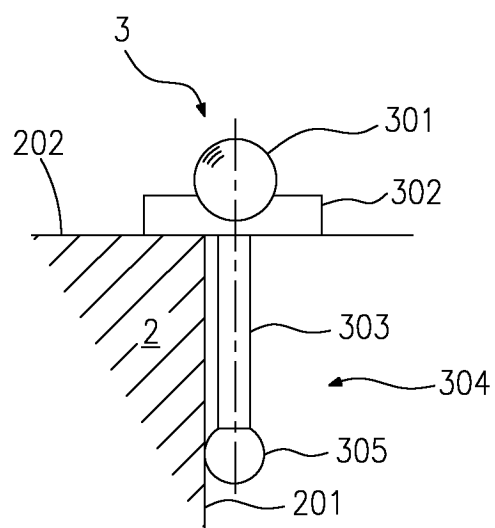


图 5

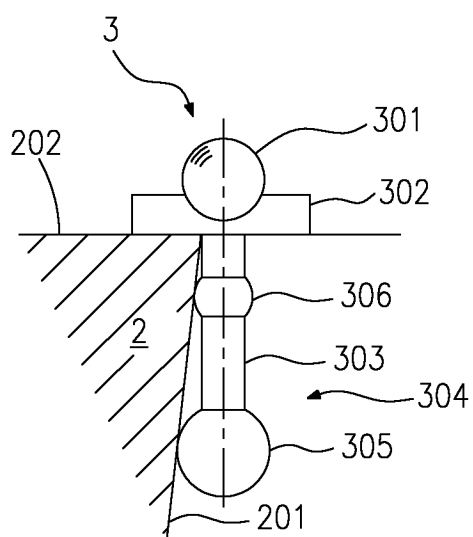


图 6

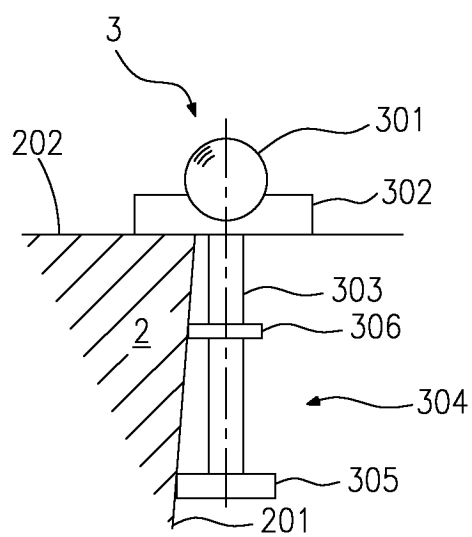


图 7