



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103115612 B

(45) 授权公告日 2015. 11. 25

(21) 申请号 201310028145. 8

(22) 申请日 2013. 01. 25

(73) 专利权人 爱佩仪中测(成都)精密仪器有限公司

地址 610101 四川省成都市龙泉驿区成都经济开发区南一路 333 号

(72) 发明人 卡姆·刘

(74) 专利代理机构 成都宏顺专利代理事务所(普通合伙) 51227

代理人 王睿

(51) Int. Cl.

G01C 11/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101021564 A, 2007. 08. 22, 全文.

CN 102803990 A, 2012. 11. 28, 全文.

CN 202583889 U, 2012. 12. 05, 第 2-3 页、附图 3.

DE 102004039760 A1, 2006. 03. 09, 全文.  
EP 1091186 A2, 2001. 04. 11, 说明书第 0015-0032 段、附图 3-6.

黄风山等. 激光跟踪测距三维坐标视觉测量系统建模. 《光电子 & #8226; 激光》. 2007, 第 18 卷(第 11 期),

审查员 秦玉珍

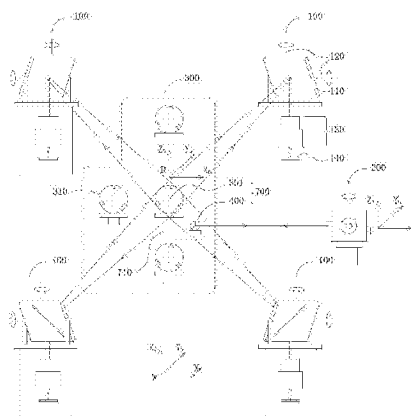
权利要求书3页 说明书9页 附图5页

(54) 发明名称

结合激光跟踪技术的数字摄影测量系统及复合式被测目标

(57) 摘要

本发明公开了一种可有效改善因空气扰动对数字摄影测量准确度带来不利影响的结合激光跟踪技术的数字摄影测量系统及复合式被测目标。该系统使用了至少一台分别与各数字摄影测量仪标定了相对位置的激光跟踪仪, 由该激光跟踪仪所跟踪的反射器固定在被测目标点阵中并与其中的至少一个被测目标物建立有确定的相对位置; 并且, 由与反射器建立有确定相对位置的被测目标物所标记的目标点即为数字摄影测量该被测目标点阵中各目标点的基准点, 该数字摄影测量系统所得各目标点的坐标值均以基准点与激光跟踪仪之间的相对位置确定。复合式被测目标包括支撑本体和同时安装在支撑本体上的被测目标物和反射器, 被测目标物和反射器之间建立有确定的相对位置。



1. 结合激光跟踪技术的数字摄影测量系统,包括:

被测目标点阵(300),所述被测目标点阵(300)由多个分别经被测目标物(310)标记的目标点组成,且这些被测目标物(310)根据待测定物的形状进行布置;

数字摄影测量仪(100),所述数字摄影测量仪(100)的数量为至少两台,并能同时观测所述被测目标点阵(300)中所有的目标点;

其特征在于,

该系统使用了至少一台分别与所述各数字摄影测量仪(100)标定了相对位置的激光跟踪仪(200),由该激光跟踪仪(200)所跟踪的反射器(400)固定在所述被测目标点阵(300)中并与其中的至少一个被测目标物(310)建立有确定的相对位置;并且

由所述这至少一个与反射器(400)建立有确定相对位置的被测目标物(310)所标记的目标点即为数字摄影测量该被测目标点阵(300)中各目标点的基准点(301),该数字摄影测量系统所得各目标点的坐标值均以基准点(301)与激光跟踪仪(200)之间的相对位置确定;

所述被测目标点阵(300)中各目标点的坐标值按以下方式确定:

首先,标定激光跟踪仪(200)在测量坐标系下的坐标值;其次

通过激光跟踪仪(200)标定反射器(400),并根据该反射器(400)与相应基准点(301)之间的相对位置换算得到所述基准点(301)相对激光跟踪仪(200)的坐标值;其次

以基准点(301)为坐标原点建立基准坐标系,通过数字摄影测量所述被测目标点阵(300)中各目标点在该基准坐标系下的坐标值;其次

将所述各目标点在基准坐标系下的坐标值换算为各目标点在测量坐标系下的坐标值。

2. 如权利要求1所述的结合激光跟踪技术的数字摄影测量系统,其特征在于:所述被测目标点阵(300)中设有1至3个基准点(301)。

3. 如权利要求1或2所述的结合激光跟踪技术的数字摄影测量系统,其特征在于:该数字摄影测量系统还使用了若干组参考点,每组参考点均由至少三个分别经参考目标物(500)所标记的参考点组成;并且

每台数字摄影测量仪(100)在其特定观测方位上均能够观测到至少一组参考点,且每台数字摄影测量仪(100)在其特定观测方位上所能观测到的至少一组参考点中的任意两个参考点之间的基准距离是已知的;并且

每台数字摄影测量仪(100)在其特定观测方位上通过对其变焦镜头(130)进行焦距矫正以使该数字摄影测量仪(100)测量到的所述至少一组参考点中任意两个参考点之间的实测距离趋近于这两个参考点之间的已知基准距离。

4. 结合激光跟踪技术的数字摄影测量系统,包括:

被测目标群(600),所述被测目标群(600)划分为至少两处被测目标点阵(300),每处被测目标点阵(300)均由多个分别经被测目标物(310)标记的目标点组成,且这些被测目标物(310)根据待测定物的形状进行布置;

数字摄影测量仪(100),所述数字摄影测量仪(100)具有使该数字摄影测量仪(100)得以观测到所述被测目标群(600)内至少两处被测目标点阵(300)中所有目标点的二维旋转伺服系统(120),该二维旋转伺服系统(120)具有测量水平转角和俯仰转角的角度传感器,并且

任意一处被测目标点阵 (300) 中所有的目标点均能被至少两台所述的数字摄影测量仪 (100) 所同时观测;

其特征在于,

该数字摄影测量系统使用了一定数量且分别与所述各数字摄影测量仪 (100) 标定了相对位置的激光跟踪仪 (200), 每一处被测目标点阵 (300) 中均固定有与该被测目标点阵 (300) 中的至少一个被测目标物 (310) 建立有确定相对位置的反射器 (400), 且每一个反射器 (400) 均能被至少一台激光跟踪仪 (200) 所跟踪; 并且

在每一处被测目标点阵 (300) 中, 由与固定在该被测目标点阵 (300) 中的反射器 (400) 建立有确定相对位置的被测目标物 (310) 所标记的目标点即为数字摄影测量该被测目标点阵 (300) 中各目标点的基准点 (301), 该数字摄影测量系统所得的所述各目标点的坐标值均以该基准点 (301) 与对应激光跟踪仪 (200) 之间的相对位置确定。

5. 如权利要求 4 所述的结合激光跟踪技术的数字摄影测量系统, 其特征在于: 所述各被测目标点阵 (300) 中各目标点的坐标值按以下方式确定:

首先, 标定激光跟踪仪 (200) 在测量坐标系下的坐标值; 其次

通过激光跟踪仪 (200) 标定相应反射器 (400), 并根据该反射器 (400) 与相应基准点 (301) 之间的相对位置换算得到所述基准点 (301) 相对激光跟踪仪 (200) 的坐标值; 其次

以基准点 (301) 为坐标原点建立基准坐标系, 通过数字摄影测量相应被测目标点阵 (300) 中各目标点在该基准坐标系下的坐标值; 其次

将所述各目标点在基准坐标系下的坐标值换算为各目标点在测量坐标系下的坐标值。

6. 如权利要求 4 所述的结合激光跟踪技术的数字摄影测量系统, 其特征在于: 所述各被测目标点阵 (300) 中设有 1 至 3 个基准点 (301)。

7. 如权利要求 4 所述的结合激光跟踪技术的数字摄影测量系统, 其特征在于: 若所述任意一台数字摄影测量仪 (100) 中的感光元件 (140) 对该数字摄影测量仪 (100) 转动角度的分辨精度高于二维旋转伺服系统 (120) 中的角度传感器对该转动角度的分辨精度, 则

该数字摄影测量系统还使用有经固定目标物 (800) 标记的固定点; 并使

所述数字摄影测量仪 (100) 在观测该固定目标物 (800) 的同时由二维旋转伺服系统 (120) 驱动分别沿水平方向和竖直方向转动一定角度, 若设

二维旋转伺服系统 (120) 的角度传感器检测到的该水平转角为  $\alpha_1$  度、竖直转角为  $\beta_1$  度, 而通过感光元件 (140) 检测到的该水平转角为  $\alpha_2$  度、竖直转角为  $\beta_2$  度, 则将

对所述角度传感器测量信号的补偿量确定为: 水平转角的角度补偿量为  $(\alpha_2 - \alpha_1)$  度, 竖直转角的角度补偿量为  $(\beta_2 - \beta_1)$  度。

8. 如权利要求 4、5、6 或 7 所述的结合激光跟踪技术的数字摄影测量系统, 其特征在于: 该数字摄影测量系统还使用了若干组参考点, 每组参考点均由至少三个分别经参考目标物 (500) 所标记的参考点组成; 并且

每台数字摄影测量仪 (100) 在其特定观测方位上均能够观测到至少一组参考点, 且每台数字摄影测量仪 (100) 在其特定观测方位上所能观测到的至少一组参考点中的任意两个参考点之间的基准距离是已知的; 并且

每台数字摄影测量仪 (100) 在其特定观测方位上通过对其变焦镜头 (130) 进行焦距矫正以使该数字摄影测量仪 (100) 测量到的所述至少一组参考点中任意两个参考点之间的

实测距离趋近于这两个参考点之间的已知基准距离。

## 结合激光跟踪技术的数字摄影测量系统及复合式被测目标

### 技术领域

[0001] 本发明涉及数字摄影测量技术,尤其涉及结合激光跟踪技术的数字摄影测量系统及复合式被测目标。

### 背景技术

[0002] 近年来,数字摄影测量技术因其测量速度快等特点,在非地形测量和工业测量中得到了广泛的应用。然而,在大尺度、远距离的测量场合,空气扰动带给摄影测量准确度的不利影响始终未能很好地克服。具体而言,当被测目标点阵(即由多个分别经被测目标物标记的目标点组成,且这些被测目标物根据待测定物的形状进行布置)的范围较宽且距离数字摄影测量仪较远时,测量环境中的空气扰动就会造成被测目标点阵中的各目标点的测量坐标值整体偏移这些目标点的实际坐标值,而目前通常采取长时间多次测量以求解各目标点坐标的平均值的方式来减小空气扰动带来的测量误差,但这种方式降低了数字摄影测量的工作效率,不适用于要求快速测量的场合。

[0003] 授权公告号为 CN101694370B 的发明专利(下称参考文献)提供了一种大尺寸工业摄影测量系统的空间误差场获取方法,该方法使用了一种基准装置,并先后通过摄影测量系统和激光跟踪仪对该基准装置中多个相同的目标点进行测量,从而得到的空间测量场和空间基准场,并由此获得摄影测量系统的空间误差场,最后再根据由空间误差场建立的空间误差场模型对摄影测量系统进行误差补偿。根据其说明书的记载,该参考文献实际上是利用激光跟踪仪较高的测量精度来帮助确定摄影测量系统的像面、基线等误差,这些误差主要与测量环境的照明条件、摄影测量系统的现场测量方案和测量布局的因素有关,但并不涉及空气扰动的因素。并且,空气扰动对摄影测量准确度的影响是在对待测定物(如大型设备、工件等)进行实际测量时才会考虑,对基准装置的测量并不能准确反映实际测量时的空气扰动情况。

### 发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是提供一种可有效改善因空气扰动对数字摄影测量准确度带来不利影响的结合激光跟踪技术的数字摄影测量系统及复合式被测目标。

[0005] 本发明的一种结合激光跟踪技术的数字摄影测量系统,包括:被测目标点阵,所述被测目标点阵由多个分别经被测目标物标记的目标点组成,且这些被测目标物根据待测定物的形状进行布置;数字摄影测量仪,所述数字摄影测量仪的数量为至少两台,并能同时观测所述被测目标点阵中所有的目标点;该系统使用了至少一台分别与所述各数字摄影测量仪标定了相对位置的激光跟踪仪,由该激光跟踪仪所跟踪的反射器固定在被测目标点阵中并与其中的至少一个被测目标物建立有确定的相对位置;并且,由这至少一个与反射器建立有确定相对位置的被测目标物所标记的目标点即为数字摄影测量该被测目标点阵中各目标点的基准点,该数字摄影测量系统所得各目标点的坐标值均以基准点与激光跟踪仪之间的相对位置确定。

[0006] 本发明的测量系统与参考文献的主要区别在于：第一，本发明实际是对待测定物进行测量，而参考文献是对其专用基准装置进行测量。其中，“待测定物”的含义是指，通过测量能够了解其几何情况，并根据所了解的几何情况能够对其使用进行评价的物体。然而，参考文献并不对基准装置的使用进行评价，采用该基准装置只是为了获得摄影测量系统本身的测量误差。因此，所述待测定物与基准装置是不同的概念。第二，本发明将被测目标点阵中的至少一个目标点作为数字摄影测量该被测目标点阵中各目标点的基准点，该数字摄影测量系统所得各目标点的坐标值均以基准点与激光跟踪仪之间的相对位置确定。这样设定的原因在于，实际测量环境中的空气扰动会造成被测目标点阵中的各目标点的测量坐标值整体偏移这些目标点的实际坐标值，因此，对于空气扰动的影响，只要控制最少一个目标点（基准点）的坐标偏移，就能对其他目标点的坐标偏移进行约束。

[0007] 从上述区别可知，本发明的数字摄影测量系统能够根据实测环境中的空气扰动情况对各目标点的数字摄影测量进行实时地调整，从而有效改善因空气扰动对数字摄影测量准确度带来不利影响。

[0008] 进一步的，本发明上述数字摄影测量系统对所述被测目标点阵中各目标点的坐标值最好按以下方式确定：首先，标定激光跟踪仪在测量坐标系下的坐标值；其次，通过激光跟踪仪标定反射器，并根据该反射器与相应基准点之间的相对位置换算得到所述基准点相对激光跟踪仪的坐标值；其次，以基准点为坐标原点建立基准坐标系，通过数字摄影测量所述被测目标点阵中各目标点在该基准坐标系下的坐标值；其次，将所述各目标点在基准坐标系下的坐标值换算为各目标点在测量坐标系下的坐标值。

[0009] 由此，通过各台数字摄影测量仪只测量所述被测目标点阵中各目标点对于基准点的相对坐标，从而可减小数字摄影测量误差。

[0010] 进一步的，本发明上述数字摄影测量系统中所述被测目标点阵中最好设有 1 至 3 个基准点。

[0011] 进一步的，本发明上述数字摄影测量系统还使用了若干组参考点，每组参考点均由至少三个分别经参考目标物所标记的参考点组成；并且，每台数字摄影测量仪在其特定观测方位上均能够观测到至少一组参考点，且每台数字摄影测量仪在其特定观测方位上所能观测到的至少一组参考点中的任意两个参考点之间的基准距离是已知的；并且，每台数字摄影测量仪在其特定观测方位上通过对其变焦镜头进行焦距矫正以使该数字摄影测量仪测量到的所述至少一组参考点中任意两个参考点之间的实测距离趋近于这两个参考点之间的已知基准距离。

[0012] 本发明的另一种结合激光跟踪技术的数字摄影测量系统，包括：被测目标群，所述被测目标群划分为至少两处被测目标点阵，每处被测目标点阵均由多个分别经被测目标物标记的目标点组成，且这些被测目标物根据待测定物的形状进行布置；数字摄影测量仪，所述数字摄影测量仪具有使该数字摄影测量仪得以观测到所述被测目标群内至少两处被测目标点阵中所有目标点的二维旋转伺服系统，该二维旋转伺服系统具有测量水平转角和俯仰转角的角速度传感器，并且，任意一处被测目标点阵中所有的目标点均能被至少两台所述的数字摄影测量仪所同时观测；该数字摄影测量系统使用了一定数量且分别与所述各数字摄影测量仪标定了相对位置的激光跟踪仪，每一处被测目标点阵中均固定有与该被测目标点阵中的至少一个被测目标物建立有确定相对位置的反射器，且每一个反射器均能被至少

一台激光跟踪仪所跟踪；并且，在每一处被测目标点阵中，由与固定在该被测目标点阵中的反射器建立有确定相对位置的可测目标物所标记的目标点即为数字摄影测量该被测目标点阵中各目标点的基准点，该数字摄影测量系统所得的所述各目标点的坐标值均以该基准点与对应激光跟踪仪之间的相对位置确定。

[0013] 本发明上述第二种数字摄影测量系统相比于第一种数字摄影测量系统主要区别在于增加了使数字摄影测量仪进行水平旋转和俯仰旋转的二维旋转伺服系统，并且二维旋转伺服系统中具有测量水平转角和俯仰转角的角度传感器，这样，就能够提高数字摄影测量仪的观测范围，使数字摄影测量系统能够对大尺度的被测目标群进行测量。

[0014] 进一步的，本发明上述第二种数字摄影测量系统对所述各被测目标点阵中各目标点的坐标值最好按以下方式确定：首先，标定激光跟踪仪在测量坐标系下的坐标值；其次，通过激光跟踪仪标定相应反射器，并根据该反射器与相应基准点之间的相对位置换算得到所述基准点相对激光跟踪仪的坐标值；其次，以基准点为坐标原点建立基准坐标系，通过数字摄影测量相应被测目标点阵中各目标点在该基准坐标系下的坐标值；其次，将所述各目标点在基准坐标系下的坐标值换算为各目标点在测量坐标系下的坐标值。

[0015] 进一步的，本发明上述第二种数字摄影测量系统中各被测目标点阵中设有 1 至 3 个基准点。

[0016] 进一步的，本发明上述第二种数字摄影测量系统中，若任意一台数字摄影测量仪中的感光元件对该数字摄影测量仪转动角度的分辨精度高于二维旋转伺服系统中的角度传感器对该转动角度的分辨精度，则，该数字摄影测量系统还使用有经固定目标物标记的固定点；并使所述数字摄影测量仪在观测该固定目标物的同时由二维旋转伺服系统驱动分别沿水平方向和竖直方向转动一定角度，若设二维旋转伺服系统的角度传感器检测到的该水平转角为  $\alpha_1$  度、竖直转角为  $\beta_1$  度，而通过感光元件检测到的该水平转角为  $\alpha_2$  度、竖直转角为  $\beta_2$  度，则将对所述角度传感器测量信号的补偿量确定为：水平转角的角度补偿量为  $(\alpha_2 - \alpha_1)$  度，竖直转角的角度补偿量为  $(\beta_2 - \beta_1)$  度。

[0017] 进一步的，本发明上述第二种数字摄影测量系统还使用了若干组参考点，每组参考点均由至少三个分别经参考目标物所标记的参考点组成；并且，每台数字摄影测量仪在其特定观测方位上均能够观测到至少一组参考点，且每台数字摄影测量仪在其特定观测方位上所能观测到的至少一组参考点中的任意两个参考点之间的基准距离是已知的；并且，每台数字摄影测量仪在其特定观测方位上通过对其变焦镜头进行焦距校正以使该数字摄影测量仪测量到的所述至少一组参考点中任意两个参考点之间的实测距离趋近于这两个参考点之间的已知基准距离。

[0018] 本发明提供的用于上述数字摄影测量系统的复合式被测目标，包括支撑本体和同时安装在所述支撑本体上的被测目标物和反射器，所述反射器与被测目标物间隔开一定距离以使反射器不会妨碍数字摄影测量系统对所述被测目标物的观测，且所述被测目标物和反射器之间建立有确定的相对位置。

[0019] 下面结合附图和具体实施方式对本发明做进一步的说明。本发明附加的方面和优点将在下面的描述中部分给出，部分将从下面的描述中变得明显，或通过本发明的实践了解到。

## 附图说明

- [0020] 图 1 为本发明实施例的数字摄影测量系统的组成示意图。
- [0021] 图 2 为本发明实施例的数字摄影测量系统的平面布置示意图。
- [0022] 图 3 为本发明通过感光元件对数字摄影测量仪的转动角度进行分辨的原理图。
- [0023] 图 4 为数字摄影测量仪中角度传感器测量误差对数字摄影测量误差的影响示意图。
- [0024] 图 5 为数字摄影测量仪中变焦镜头的焦距误差对数字摄影测量误差的影响示意图。
- [0025] 图 6 为本发明具体实施方式所使用的一种数字摄影测量仪的具体结构示意图。
- [0026] 图 7 为本发明具体实施方式所使用的一种数字摄影测量仪的工作原理图。

## 具体实施方式

[0027] 本发明的第一种数字摄影测量系统如图 1 所示,包括:被测目标点阵 300,所述被测目标点阵 300 由多个分别经被测目标物 310 标记的目标点组成,且这些被测目标物 310 根据待测定物的形状进行布置;数字摄影测量仪 100,所述数字摄影测量仪 100 的数量为四台,并能同时观测所述被测目标点阵 300 中所有的目标点;此外,该系统使用了一台分别与所述各数字摄影测量仪 100 标定了相对位置的激光跟踪仪 200,由该激光跟踪仪 200 所跟踪的反射器 400 固定在所述被测目标点阵 300 中并与其中的一个被测目标物 310 建立有确定的相对位置;由这个与反射器 400 建立有确定相对位置的被测目标物 310 所标记的目标点为数字摄影测量该被测目标点阵 300 中各目标点的基准点 301,该数字摄影测量系统所得各目标点的坐标值均以基准点 301 与激光跟踪仪 200 之间的相对位置确定。

[0028] 图 1 所示的数字摄影测量系统包括了三个坐标系,第一个是测量坐标系  $W(X_w, Y_w, Z_w)$ ,该数字摄影测量系统最终所要得到的即是被测目标点阵 300 中各目标点在该测量坐标系  $W(X_w, Y_w, Z_w)$  下的坐标值,当激光跟踪仪 200 分别与图中的四台数字摄影测量仪 100 标定了相对位置后,该激光跟踪仪 200 以及四台数字摄影测量仪 100 在测量坐标系  $W(X_w, Y_w, Z_w)$  的机械坐标原点即被确定。第二个是激光跟踪仪 200 的机械坐标系  $U(X_u, Y_u, Z_u)$ ,当激光跟踪仪 200 标定反射器 400 后,由于反射器 400 与基准点 301 建立有确定的相对位置,因此该基准点 301 在所述机械坐标系  $U(X_u, Y_u, Z_u)$  下的坐标值即被确定。第三个是基准坐标系  $D(X_d, Y_d, Z_d)$ ,该基准坐标系  $D(X_d, Y_d, Z_d)$  是以基准点 301 为坐标原点建立。以往,由于空气扰动的影响,仅由上述四台数字摄影测量仪 100 所测量到的被测目标点阵 300 中各目标点在测量坐标系  $W(X_w, Y_w, Z_w)$  下的坐标值整体发生了偏移。

[0029] 为了消除空气扰动的影响,图 1 所示的数字摄影测量系统可以通过将所述基准点 301 在机械坐标系  $U(X_u, Y_u, Z_u)$  下的坐标值以及激光跟踪仪 200 在测量坐标系  $W(X_w, Y_w, Z_w)$  下的坐标值进行换算从而得到该基准点 301 在测量坐标系  $W(X_w, Y_w, Z_w)$  下的坐标值;之后,再通过将激光跟踪仪 200 测量下的该基准点 301 在测量坐标系  $W(X_w, Y_w, Z_w)$  下的坐标值与四台数字摄影测量仪 100 测量下的该基准点 301 在测量坐标系  $W(X_w, Y_w, Z_w)$  下的坐标值进行对比,然后,将对四台数字摄影测量仪 100 测量下的各目标点在测量坐标系  $W(X_w, Y_w, Z_w)$  下的坐标值整体进行偏移从而使激光跟踪仪 200 测量下的该基准点 301 在测量坐标系  $W(X_w, Y_w, Z_w)$  下的坐标值与四台数字摄影测量仪 100 测量下的该基准点 301 在测量坐标系



$W (X_w, Y_w, Z_w)$  下的坐标值相互吻合。这样,就使得该数字摄影测量系统所测得的各目标点的坐标值均通过了基准点 301 与激光跟踪仪 200 之间的相对位置来确定,由于激光跟踪仪 200 的测量不受空气扰动的影响,因此,本发明的数字摄影测量系统实际上就克服了空气扰动问题。

[0030] 然而,由于本发明的上述数字摄影测量系统仍然要通过四台数字摄影测量仪 100 测量被测目标点阵 300 中各目标点在测量坐标系  $W (X_w, Y_w, Z_w)$  下的坐标值,因此还存在各台数字摄影测量仪 100 在测量坐标系  $W (X_w, Y_w, Z_w)$  中标定精度等问题。因此,本发明建议将被测目标点阵 300 中各目标点的坐标值按以下方式确定:首先,标定激光跟踪仪 200 在测量坐标系  $W (X_w, Y_w, Z_w)$  下的坐标值;其次,通过激光跟踪仪 200 标定反射器 400,并根据该反射器 400 与相应基准点 301 之间的相对位置换算得到该基准点 301 在所述机械坐标系  $U (X_u, Y_u, Z_u)$  下的坐标值;其次,通过数字摄影测量所述被测目标点阵 300 中各目标点在基准坐标系  $D (X_d, Y_d, Z_d)$  下的坐标值;其次,将所述各目标点在基准坐标系  $D (X_d, Y_d, Z_d)$  下的坐标值换算为各目标点在测量坐标系  $W (X_w, Y_w, Z_w)$  下的坐标值。显然,这种方式将进一步提高数字摄影测量系统的测量精度。当然,由于该方式仍基于坐标融合,因此,所述激光跟踪仪 200 实际上仍视为与各台数字摄影测量仪 100 标定了相对位置。可见,本发明的术语“标定”实际是指存在相对位置关系的意思。

[0031] 为了便于在反射器 400 与对应被测目标物 310 之间建立确定的相对位置,本发明的上述数字摄影测量系统还使用了一复合式被测目标 700。具体如图 1 所示,该复合式被测目标 700 包括支撑本体 710 和同时安装在所述支撑本体 710 上的被测目标物 310 和反射器 400,所述反射器 400 与被测目标物 310 间隔开一定距离以使反射器 400 不会妨碍数字摄影测量系统对所述被测目标物 310 的观测,且所述被测目标物 310 和反射器 400 之间建立有确定的相对位置。具体的,为了较好的避免反射器 400 妨碍数字摄影测量系统对所述被测目标物 310 的观测,该反射器 400 最好固定在对应被测目标物 310 的下方。

[0032] 在本发明的第一种数字摄影测量系统的基础上,本发明还提供了第二种数字摄影测量系统。所述的第二种数字摄影测量系统的测量范围可以比第一种数字摄影测量系统的测量范围更宽。如图 1、2 所示,所述第二种数字摄影测量系统包括:被测目标群 600,所述被测目标群 600 划分为至少两处被测目标点阵 300,每处被测目标点阵 300 均由多个分别经被测目标物 310 标记的目标点组成,且这些被测目标物 310 根据待测定物的形状进行布置;数字摄影测量仪 100,所述数字摄影测量仪 100 具有使该数字摄影测量仪 100 得以观测到所述被测目标群 600 内至少两处被测目标点阵 300 中所有目标点的二维旋转伺服系统 120,该二维旋转伺服系统 120 具有测量水平转角和俯仰转角的角度传感器,并且,任意一处被测目标点阵 300 中所有的目标点均能被至少两台所述的数字摄影测量仪 100 所同时观测;该数字摄影测量系统还使用了一定数量且分别与所述各数字摄影测量仪 100 标定了相对位置的激光跟踪仪 200,每一处被测目标点阵 300 中均固定有与该被测目标点阵 300 中的至少一个被测目标物 310 建立有确定相对位置的反射器 400,且每一个反射器 400 均能被至少一台激光跟踪仪 200 所跟踪;并且,在每一处被测目标点阵 300 中,由与固定在该被测目标点阵 300 中的反射器 400 建立有确定相对位置的被测目标物 310 所标记的目标点即为数字摄影测量该被测目标点阵 300 中各目标点的基准点 301,该数字摄影测量系统所得的所述各目标点的坐标值均以该基准点 301 与对应激光跟踪仪 200 之间的相对位置确定。

[0033] 本发明的第二种数字摄影测量系统的具体示例如图 2 所示:被测目标群 600 划分为四处被测目标点阵 300(图 2 中每一处被测目标点阵 300 的范围均使用了一个的矩形虚线框表示),按照图 2 的顺时针方向将这四处被测目标点阵 300 依次命名为第一被测目标点阵 300A、第二被测目标点阵 300B、第三被测目标点阵 300C、第四被测目标点阵 300D,在所述这四处被测目标点阵 300 中的被测目标物 310 均呈矩形阵列,且相邻被测目标物 310 之间的间隔距离相等;此外,所述这四处被测目标点阵 300 中均设有一部前述的复合式被测目标 700。在被测目标群 600 的四周共布置有八台数字摄影测量仪 100,同样以顺时针方向依次命名为第一数字摄影测量仪 100A、第二数字摄影测量仪 100B、第三数字摄影测量仪 100C、第四数字摄影测量仪 100D、第五数字摄影测量仪 100E、第六数字摄影测量仪 100F、第七数字摄影测量仪 100G 和第八数字摄影测量仪 100H;每台数字摄影测量仪 100 的测量范围 101 覆盖除距离该数字摄影测量仪 100 最近的两行或两列的被测目标物 310 外被测目标群 600 中其他所有的被测目标物 310,例如,图 2 中,第一数字摄影测量仪 100A 的测量范围 101 覆盖除 B1-B2 两列被测目标物 310 外被测目标群 600 中其他所有的被测目标物 310,第二数字摄影测量仪 100B 的测量范围 101 覆盖除 B1-B2 两列列端处的几个被测目标物 310 外被测目标群 600 中其他所有的被测目标物 310,第三数字摄影测量仪 100C 的测量范围 101 覆盖除 A1-A2 两行被测目标物 310 外被测目标群 600 中其他所有的被测目标物 310,其他数字摄影测量仪 100 的测量范围 101 以此类推。在被测目标群 600 的外围还布置有两台激光跟踪仪 200,分别命名为第一激光跟踪仪 200A 和第二激光跟踪仪 200B,第一激光跟踪仪 200A 的测量范围 201 覆盖第一被测目标点阵 300A 和第四被测目标点阵 300D 中的复合式被测目标 700,第二激光跟踪仪 200B 的测量范围 201 覆盖第二被测目标点阵 300B 和第三被测目标点阵 300C 中的复合式被测目标 700。

[0034] 下面以第一被测目标点阵 300A 和第二被测目标点阵 300B 的测量对本发明的第二种数字摄影测量系统的工作方式进行说明。首先,八台数字摄影测量仪 100 分别对准第一被测目标点阵 300A,此时,第一数字摄影测量仪 100A、第二数字摄影测量仪 100B、第六数字摄影测量仪 100F、第七数字摄影测量仪 100G 和第八数字摄影测量仪 100H 的观测范围的交集将覆盖第一数字摄影测量仪 100A 中所有的目标点;由与上述这些数字摄影测量仪分别标定了相对位置的第一激光跟踪仪 200A 对第一被测目标点阵 300A 中的复合式被测目标 700 上的基准点 301 进行标定;通过第一数字摄影测量仪 100A、第二数字摄影测量仪 100B、第六数字摄影测量仪 100F、第七数字摄影测量仪 100G 和第八数字摄影测量仪 100H 测量出第一被测目标点阵 300A 中所有目标点相对基准点 301 的坐标,最后再通过换算得到第一被测目标点阵 300A 中所有目标点在测量坐标系下的坐标值。

[0035] 此后,八台数字摄影测量仪 100 分别在各自的二维旋转伺服系统 120 的驱动下继续向第二被测目标点阵 300B 转动,此时,第一数字摄影测量仪 100A、第二数字摄影测量仪 100B、第三数字摄影测量仪 100C、第四数字摄影测量仪 100D 和第八数字摄影测量仪 100H 的观测范围的交集将覆盖第二被测目标点阵 300B 中所有的目标点;由与上述这些数字摄影测量仪分别标定了相对位置的第二激光跟踪仪 200B 对第二被测目标点阵 300B 中的复合式被测目标 700 上的基准点 301 进行标定;通过第一数字摄影测量仪 100A、第二数字摄影测量仪 100B、第三数字摄影测量仪 100C、第四数字摄影测量仪 100D 和第八数字摄影测量仪 100H 测量出第二被测目标点阵 300B 中所有目标点相对基准点 301 的坐标,最后再通过换算

得到第二被测目标点阵 300B 中所有目标点在测量坐标系下的坐标值。

[0036] 由于每台数字摄影测量仪 100 中的二维旋转伺服系统 120 均具有测量水平转角和俯仰转角的角度传感器,因此,只要通过角度传感器测出各台数字摄影测量仪 100 的水平转角  $\alpha$  和竖直转角为  $\beta$ ,就能够计算出该数字摄影测量仪 100 旋转后在测量坐标系下的更新位置,从而将数字摄影测量仪 100 转动前测量到的各目标点的坐标值与数字摄影测量仪 100 转动后测量到的各目标点的坐标值统一起来。根据水平转角  $\alpha$  和竖直转角为  $\beta$  进行坐标值的换算属于本领域常规技术手段,在激光跟踪技术、全站仪技术中均有使用,本发明对此不再进行赘述。

[0037] 本发明还的第二种数字摄影测量系统使用了二维旋转伺服系统 120,由此带来了角度传感器测量误差的问题。如图 4 所示,当旋转后的数字摄影测量仪 100 对某一被测目标点阵中的三个目标点 P1、P2、P3 进行观测时,如果该数字摄影测量仪 100 中的角度传感器对之前的水平转角  $\alpha$  和竖直转角为  $\beta$  的测量角度有误,就会使数字摄影测量仪 100 得到的图像矢量 V1、V2、V3 (V1、V2、V3 分别对应 P1、P2、P3) 整体偏移,且偏移矢量一致。解决角度传感器测量误差的通常方法是利用精度更高的测角装置进行误差补偿。

[0038] 本发明建议对角度传感器的测量误差采取的补偿方法为:若所述任意一台数字摄影测量仪 100 中的感光元件 140 对该数字摄影测量仪 100 转动角度的分辨精度高于二维旋转伺服系统 120 中的角度传感器对该转动角度的分辨精度,则,该数字摄影测量系统还使用有经固定目标物 800 标记的固定点;并使所述数字摄影测量仪 100 在观测该固定目标物 800 的同时由二维旋转伺服系统 120 驱动分别沿水平方向和竖直方向转动一定角度,若设二维旋转伺服系统 120 的角度传感器检测到的该水平转角为  $\alpha_1$  度、竖直转角为  $\beta_1$  度,而通过感光元件 140 检测到的该水平转角为  $\alpha_2$  度、竖直转角为  $\beta_2$  度,则将对所述角度传感器测量信号的补偿量确定为:水平转角的角度补偿量为  $(\alpha_2 - \alpha_1)$  度,竖直转角的角度补偿量为  $(\beta_2 - \beta_1)$  度。

[0039] 上述建议的补偿方法基于图 3 所示的原理。图 3 中,当数字摄影测量仪在二维旋转伺服系统的驱动下分别沿水平和竖直方向旋转一定角度时,固定目标物在感光元件 140 (例如 CCD 传感器、CMOS 器件等)上的成像 800' 将沿图 3 中箭头所示的方向横向移动像素 X 且纵向移动像素 Y,显然,像素 X 对应数字摄影测量仪的水平转角  $\alpha$ ,像素 Y 则对应数字摄影测量仪的竖直转角  $\beta$ 。如果感光元件 140 具有足够高的分辨率,则感光元件 140 上每一个像素的尺寸将很小,例如可达到 5 $\mu\text{m}$ ,同时,目前的算法水平又可以将成像 800' 的中心位置精确到十分之一像素,即 0.5 $\mu\text{m}$ ,则相对于 100mm 的镜头焦距,该感光元件 140 对数字摄影测量仪转动角度的分辨精度达到一个角秒 (1/3600 度),远高于现有的角度传感器对转动角度的分辨精度。这时,通过感光元件 140 对数字摄影测量仪转动角度的测量值对角度传感器的测量误差进行补偿,从而降低角度传感器的测量误差。将图 3 中的像素 X 和像素 Y 换算为水平转角  $\alpha$  和竖直转角  $\beta$  的具体计算方法同样属于本领域常规技术手段,例如,在激光跟踪仪中就采用了将 CCD (或 PSD) 上检测到的位移信号转变为二维码盘的转角控制信号的技术。

[0040] 在本发明的第二种数字摄影测量系统中所使用的数字摄影测量仪 100 的具体结构如图 1 所示。它包括一个具有一定深度的机座,在该机座的上端经二维旋转伺服系统 120 安装有反光镜 110,机座内由上至下安装有镜头 130 和感光元件 140,当所述反光镜 110 在

二维旋转伺服系统 120 的驱动下运动至一定方位时,指向该反光镜 110 的外界光线可在该反光镜 110 的反射下通过镜头 130 被感光元件 140 所接收。然而,除上述结构的数字摄影测量仪 100 以外,本发明的第二种数字摄影测量系统中所使用的数字摄影测量仪 100 也可以采用与“摄影全站仪”类似的结构(关于“摄影全站仪”,可参考“论摄影测量和工程测量的结合,张祖勋,地理空间信息,第 02 卷第 6 期,2004 年 12 月”)。

[0041] 下面对图 1 所示的数字摄影测量仪 100 的结构、其工作原理以及优点作具体说明。如图 6 所示,数字摄影测量仪 100 中的二维旋转伺服系统 120 包括水平码盘 121 和俯仰码盘 122,所述反光镜 110 安装在俯仰码盘 122 的俯仰转轴 EL 上并能够由电机驱动绕该俯仰转轴 EL 旋转,所述俯仰转轴 EL 又通过支架安装在水平码盘 121 上并能够由电机驱动绕水平转轴 AZ 旋转。由此,就使得该反光镜 110 既能够绕俯仰转轴 EL 旋转,又能够绕水平转轴 AZ 旋转,即实现反光镜 110 水平旋转和俯仰旋转的二维旋转功能。由于指向该反光镜 110 的外界光线可在该反光镜 110 的反射下通过镜头 130 被感光元件 140 所接收,从而实现摄影测量功能。对于图 1、6 所示的数字摄影测量仪 100,由于其将镜头 130 和感光元件 140 一并固定在机座内,起到对镜头 130 和感光元件 140 的保护作用;二维旋转伺服系统 120 仅用于驱动反光镜 110,极大的简化了数字摄影测量仪 100 的结构和体积。

[0042] 关于对数字摄影测量仪 100 的工作原理,如图 7 所示,先以数字摄影测量仪 100 的机座上某一基准点为坐标原点建立数字摄影测量仪 100 的基准坐标系  $F_0(X, Y, Z)$ ,设由镜头 130 和感光元件 140 所组成的相机的坐标系为  $F_5(X, Y, Z)$ ,则在数字摄影测量仪 100 的设计和安装过程中,相机坐标系  $F_5(X, Y, Z)$  与基准坐标系  $F_0(X, Y, Z)$  之间的相对位置就可以标定出来。测量时,反光镜 110 的镜面分别绕水平转轴 AZ 和俯仰转轴 EL 旋转到一定的方位上,这时,反光镜 110 的镜面在基准坐标系  $F_0(X, Y, Z)$  中的方位根据所检测到的水平转角和俯仰转角计算得到。从相机坐标系  $F_5(X, Y, Z)$  发出指向位于反光镜 110 上的被测目标点的矢量  $V$ ,该矢量  $V$  在基准坐标系  $F_0(X, Y, Z)$  中的起点和方向根据相机坐标系  $F_5(X, Y, Z)$  与基准坐标系  $F_0(X, Y, Z)$  之间的相对位置以及相机本身的测量数据求得,然后将该矢量  $V$  通过反光镜 110 的镜面进行镜像后可得到镜像矢量  $V'$ ,该镜像矢量  $V'$  在基准坐标系  $F_0(X, Y, Z)$  中的起点和方向,即为数字摄影测量仪 100 对外界被测目标点(通过被测目标物 310 所标记)的测量值。

[0043] 为使本发明的数字摄影测量系统在测量远距离目标点和测量近距离目标点时有接近的测量精度,本发明具体实施方式中的第一种数字摄影测量系统中的数字摄影测量仪 100 和第二种数字摄影测量系统中的数字摄影测量仪 100 最好使用变焦镜头 130。如图 5 所示,当数字摄影测量仪 100 对某一被测目标点阵中的三个目标点  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$  进行观测时,这三个目标点  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$  两两连线形成一个空间三角形,如果该数字摄影测量仪 100 的变焦镜头 130 的焦距存在误差,那么该数字摄影测量仪 100 得到的图像矢量  $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$  的终点的两两连线所形成的空间三角形(如图 5 中虚线所示)的大小将相对于由目标点  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$  两两连线形成一个空间三角形的大小进行等比例缩放。

[0044] 以本发明的第二种数字摄影测量系统为例,说明本发明解决变焦镜头焦距误差的方式。如图 2 所示,本发明的第二种数字摄影测量系统还使用了若干组参考点,每组参考点均由至少三个分别经参考目标物 500 所标记的参考点组成;并且,每台数字摄影测量仪 100 在其特定观测方位上均能够观测到至少一组参考点,且每台数字摄影测量仪 100 在其特定

观测方位上所能观测到的至少一组参考点中的任意两个参考点之间的基准距离是已知的；并且，每台数字摄影测量仪 100 在其特定观测方位上通过对其变焦镜头 130 进行焦距矫正以使该数字摄影测量仪 100 测量到的所述至少一组参考点中任意两个参考点之间的实测距离趋近于这两个参考点之间的已知基准距离。

[0045] 图 2 中，仅为了便于说明本发明的技术方案而只在第一被测目标点阵 300A 中布置了三个参考目标物 500；显然，为了对各台数字摄影测量仪 100 的变焦镜头进行焦距矫正，还应该其他的被测目标点阵 300 布置至少三个参考目标物 500，以使每一台数字摄影测量仪 100 均能够观测到至少一组参考点。

[0046] 下面以第一数字摄影测量仪 100A 进行说明。在第一被测目标点阵 300A 中布置的三个参考目标物 500 所标记的参考点构成一空间三角形(如虚线所示)，首先通过激光跟踪仪标定这三个参考点以及第一数字摄影测量仪 100A，这样，就可确定出这三个参考点在第一数字摄影测量仪 100A 观测下的基准坐标值，当第一数字摄影测量仪 100A 在某一角度下观测这三个参考点时，这三个参考点中任意两个参考点之间的基准距离的也可以通过计算得到；然后，将第一数字摄影测量仪 100A 转动到上面设定好的观测角度下，并通过对其变焦镜头的焦距进行调整以使从该第一数字摄影测量仪 100A 测量到的这三个参考点中的任意两个参考点之间的实测距离趋于上述基准距离，从而就完成了变焦镜头的焦距矫正。

[0047] 当然，上述使用的参考目标物 500 也可以由被测目标点阵 300 中的被测目标物 310 来兼作。因为，通常会依据设定好的间隔距离来安放被测目标物 310，换言之，被测目标物 310 之间的间隔距离在其安装时就已经确定好了；同时，被测目标点阵 300 中又有与激光跟踪仪建立了相对位置的至少一个被测目标物 310，且该激光跟踪仪也与数字摄影测量仪建立了相对位置，因此，该数字摄影测量仪在其特定观测方位上所能观测到的三个被测目标物 310 中的任意两个之间的基准距离也可通过计算得到。

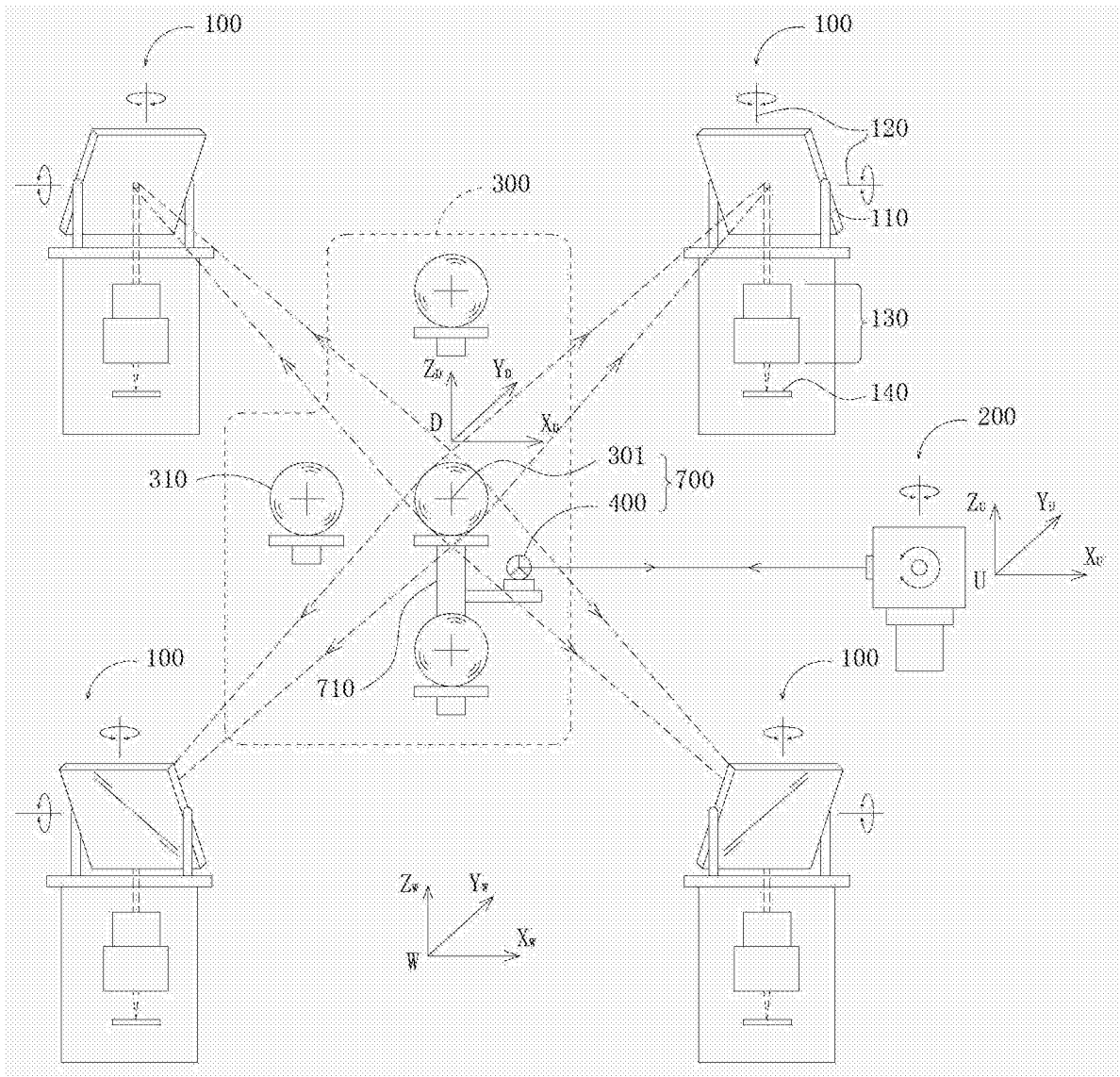


图 1



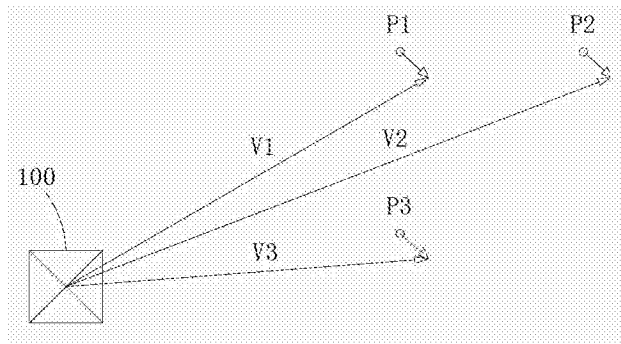


图 4

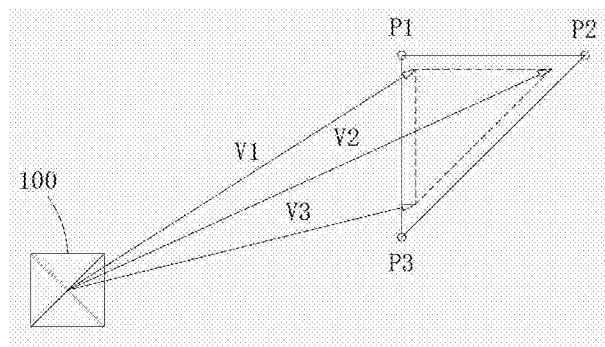


图 5



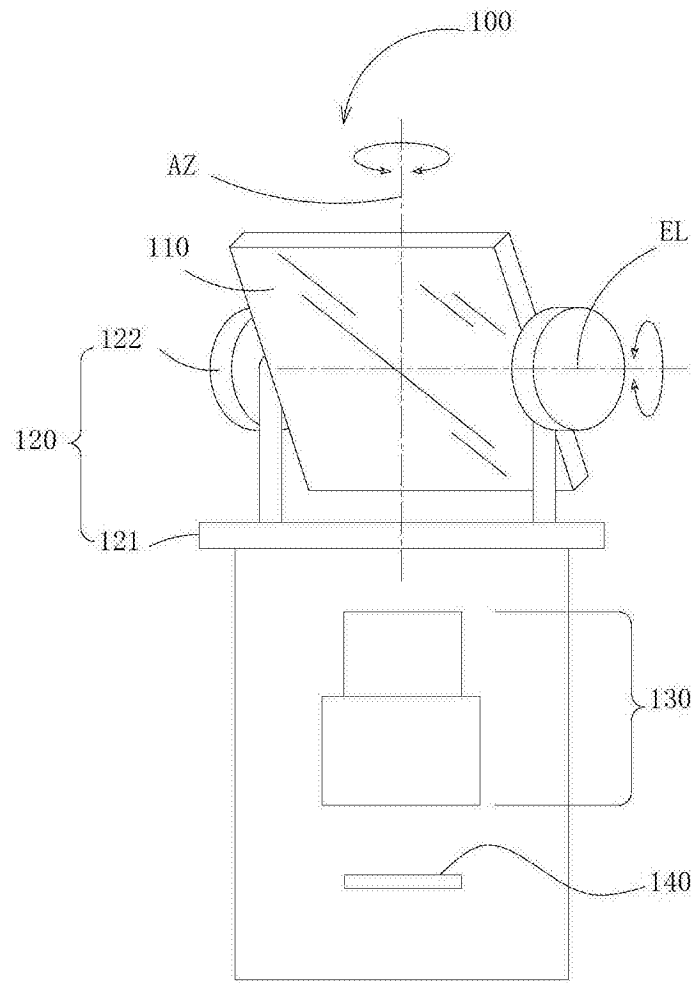


图 6

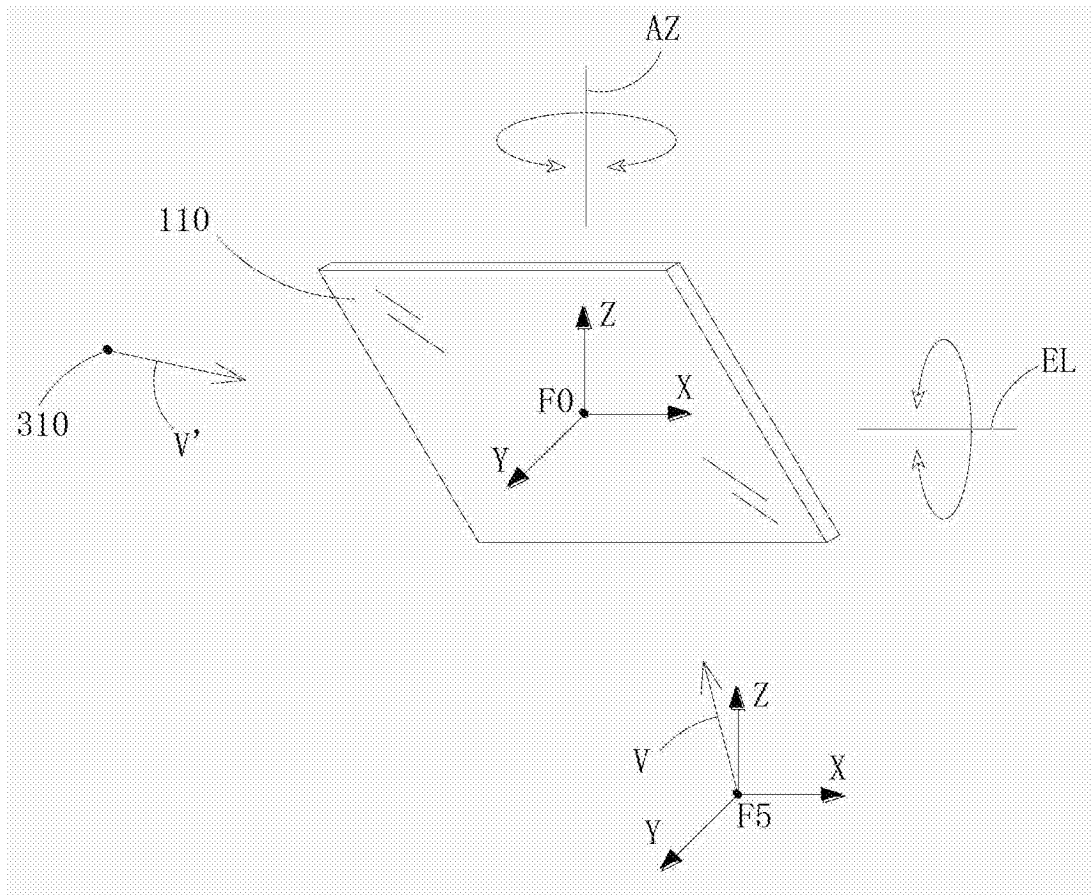


图 7