



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116853515 A

(43) 申请公布日 2023. 10. 10

(21) 申请号 202310689545.7

(22) 申请日 2023.06.12

(71) 申请人 成都飞机工业(集团)有限责任公司
地址 610092 四川省成都市青羊区黄田坝
纬一路88号

(72) 发明人 李涛 潘登 成一博 王志乾
郑伟涛 杨阳 徐茂 邹震宇

(74) 专利代理机构 成都天嘉知识产权代理有限公司 51211
专利代理师 苏丹

(51) Int. Cl.
B64F 5/10 (2017.01)

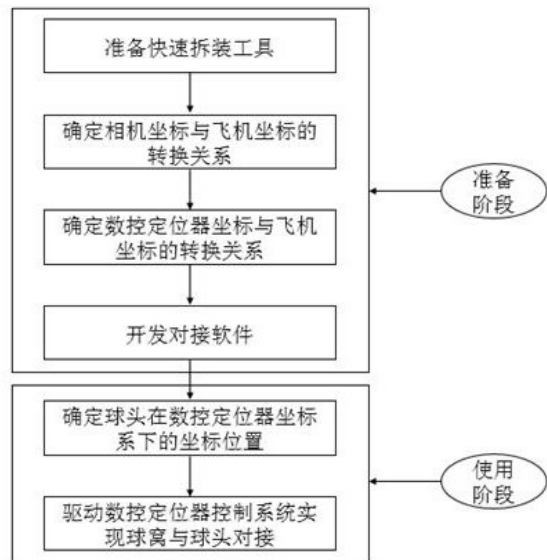
权利要求书3页 说明书12页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于3D相机的数控定位器球窝与球头自主对接方法

(57) 摘要

本发明涉及飞机数字化装配领域,具体涉及一种基于3D相机的数控定位器球窝与球头自主对接的方法,其主要包括准备阶段和使用阶段,准备阶段包括准备快速拆装工具、确定相机坐标与飞机坐标的转换关系、确定数控定位器坐标与飞机坐标的转换关系以及开发对接软件,使用阶段包括确定球头在数控定位器坐标系下的坐标位置以及驱动数控定位器控制系统实现球窝与球头对接。本申请避免了一系列重复性工作,提高了效率,对工装放置位置要求较低,降低了操作难度,提高了效率。只需要对开发的对接软件和数控定位器控制系统进行简单操作,即可实现球窝与球头自主对接,操作简单便捷。



1. 一种基于3D相机的数控定位器球窝与球头自主对接方法,其特征在于,步骤如下所示:包括准备阶段和使用阶段,所述准备阶段包括准备快速拆装工具、确定相机坐标与飞机坐标的转换关系、确定数控定位器坐标与飞机坐标的转换关系以及开发对接软件,所述使用阶段包括确定球头在数控定位器坐标系下的坐标位置以及驱动数控定位器控制系统实现球窝与球头对接。

2. 根据权利要求1所述的一种基于3D相机的数控定位器球窝与球头自主对接方法,其特征在于,所述准备快速拆装工具包括:

1). 准备1个3D相机,该3D相机具备对在其视野范围内的物体进行扫描,并形成点云数据的功能;

2). 将该3D相机与固定板装置连接成一个整体,确保两者不会有任何位移;

3). 在每组数控定位器上均安装一套完全相同的支架装置,确保每组支架装置与数控定位器不会发生任何位移。

3. 根据权利要求1所述的一种基于3D相机的数控定位器球窝与球头自主对接方法,其特征在于,所述确定相机坐标与飞机坐标的转换关系包括:

1). 使用激光跟踪仪以测量地面的建站基准建立坐标系,即飞机坐标系;

2). 将相机与固定板装置安装至第1组数控定位器支架装置上;

3). 将球头置于相机视野范围内的 P_{11} 位置处且固定不动;

4). 使用激光跟踪仪测量用反射镜测量球头表面多个位置,并结合测量软件计算出球头于 P_{11} 位置处在飞机坐标系下的位置坐标 $(X_{P_{11}}, Y_{P_{11}}, Z_{P_{11}})$;

5). 使用相机对 P_{11} 位置处的球头进行扫描,并通过点云数据进行处理,计算出球头于 P_{11} 位置处在相机坐标系下的位置坐标 $(X_{P_{11}'}, Y_{P_{11}'}, Z_{P_{11}'})$;

6). 在相机视野范围内移动球头位置,并按照3). -5). 操作步骤同样的方法,将球头置于相机视野范围内的N处位置,并计算出第1组数控定位器上球头于 P_{1N} 位置处在飞机坐标系下的位置坐标 $(X_{P_{1N}}, Y_{P_{1N}}, Z_{P_{1N}})$,以及在相机坐标系下的位置坐标 $(X_{P_{1N}'}, Y_{P_{1N}'}, Z_{P_{1N}'})$,其中N为球头在不同位置的编号;

7). 利用5). -6). 操作步骤所得到的数据,通过坐标转换可以得到第1组数控定位器上相机坐标与飞机坐标的位姿转换关系,如公式(1)

$$P_1 = R_1 P_1' + T_1 \quad \text{公式(1)}$$

8). 将相机与固定板装置拆下,并按照2). -7). 操作步骤同样的方法,通过坐标转换可以得到第i组数控定位器上相机坐标与飞机坐标的位姿转换关系,如公式(7)

$$P_i = R_i P_i' + T_i \quad \text{公式(7)}$$

其中,

i为数控定位器编号

P_i 为第i组数控定位器上球头在飞机坐标系下坐标;

P_i' 为第i组数控定位器上球头在相机坐标系下坐标;

R_i 为第i组数控定位器上 P_i 和 P_i' 位姿转换关系的旋转矩阵;

T_i 为第i组数控定位器上 P_i 和 P_i' 位姿转换关系的平移矩阵。

4. 根据权利要求3所述的一种基于3D相机的数控定位器球窝与球头自主对接方法,其

特征在于, P_1 与 P_1' 的位姿转换关系包括旋转矩阵 R_1 和平移矩阵 T_1 , 其计算过程如下:

① 基于上述测量计算结果, 即可得到球头球心位于飞机坐标系下的坐标矩阵 $P_1 = \{ (X_{P_{11}}, Y_{P_{11}}, Z_{P_{11}}), (X_{P_{12}}, Y_{P_{12}}, Z_{P_{12}}), \sim, (X_{P_{1N}}, Y_{P_{1N}}, Z_{P_{1N}}) \}$, 球心位于相机坐标系下的坐标矩阵 $P_1' = \{ (X_{P_{11}'}, Y_{P_{11}'}, Z_{P_{11}'}), (X_{P_{12}'}, Y_{P_{12}'}, Z_{P_{12}'}), (X_{P_{1N}'}, Y_{P_{1N}'}, Z_{P_{1N}'}) \}$;

② 求解旋转矩阵 R , 求解过程为:

对 P_1 与 P_1' 去中心化,

$$\tilde{P}_1 = P_1 - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_{1i} \quad \text{公式 (2)}$$

$$\tilde{P}_1' = P_1' - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_{1i}' \quad \text{公式 (3)}$$

构造矩阵 H ,

$$H = \tilde{P}_1 * \tilde{P}_1'^T \quad \text{公式 (4)}$$

对 H 进行奇异值分解, $[U, S, V] = \text{SVD}(H)$, 得到旋转矩阵:

$$R_1 = V U^T \quad \text{公式 (5)}$$

③ 求解平移矩阵, 求解公式为:

$$T_1 = -R * \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_{1i}' + \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_{1i} \quad \text{公式 (6)}$$

由推导公式可知, P_1 与 P_1' 所对应矩阵应至少包含三组坐标才可求出位姿转换关系中的旋转矩阵与平移矩阵;

P_1 为第 1 组数控定位器上球头在飞机坐标系下坐标;

P_1' 为第 1 组数控定位器上球头在相机坐标系下坐标;

R_1 为第 1 组数控定位器上 P_1 和 P_1' 位姿转换关系的旋转矩阵;

T_1 为第 1 组数控定位器上 P_1 和 P_1' 位姿转换关系的平移矩阵。

5. 根据权利要求 3 所述的一种基于 3D 相机的数控定位器球窝与球头自主对接方法, 其特征在于, 确定数控定位器坐标与飞机坐标的转换关系包括:

1). 使用激光跟踪仪以测量地面的建站基准建立坐标系, 即飞机坐标系;

2). 在第 1 组数控定位器上安装激光跟踪仪测量用反射镜;

3). 控制数控定位器各运动轴回归至设备零点;

4). 在数控定位器的 X 轴和 Y 轴方向分布 M 个特征点位置, 在此过程中, 当数控定位器沿某一方向运动时, 其他运动轴均处于零位置; 记录下其在数控定位器坐标值, 计为 $Q_1' = \{ (X_{Q'_{11}}, Y_{Q'_{11}}, Z_{Q'_{11}}), (X_{Q'_{12}}, Y_{Q'_{12}}, Z_{Q'_{12}}), \sim, (X_{Q'_{1M}}, Y_{Q'_{1M}}, Z_{Q'_{1M}}) \}$, 并使用激光跟踪仪分别依次测量上述 M 个特征点在飞机坐标系的位置, 计为

$$Q_1 = \{ (X_{Q_{11}}, Y_{Q_{11}}, Z_{Q_{11}}), (X_{Q_{12}}, Y_{Q_{12}}, Z_{Q_{12}}), \sim, (X_{Q_{1M}}, Y_{Q_{1M}}, Z_{Q_{1M}}) \}$$

5). 根据公式 (1) 的推导过程, 可以得到第 1 组数控定位器坐标与飞机坐标的位姿转换关系, 如公式 (8)

$$Q_1' = R_1' Q_1 + T_1' \quad \text{公式 (8)}$$

其中,

Q_1' 为某位置点在数控定位器坐标系下坐标;

Q_1 为某位置点在飞机坐标系下坐标；

R_1' 为第1组数控定位器上 Q_1' 和 Q_1 位姿转换关系的旋转矩阵；

T_1' 为第1组数控定位器上 Q_1' 和 Q_1 位姿转换关系的平移矩阵；

R_1' 与 T_1' 的求解过程与公式(1)中 R_1 、 T_1 求解过程相同；

6).按照2).-5).操作步骤同样的方法,通过坐标转换可以得到第*i*组数控定位器坐标与飞机坐标的位姿转换关系,如公式(9)

$$Q_i' = R_i' Q_i + T_i' \quad \text{公式(9)}$$

*i*为数控定位器编号；

Q_i' 为某位置点在数控定位器坐标系下坐标；

Q_i 为某位置点在飞机坐标系下坐标；

R_i' 为第*i*组数控定位器上 Q_i' 和 Q_i 位姿转换关系的旋转矩阵；

T_i' 为第*i*组数控定位器上 Q_i' 和 Q_i 位姿转换关系的平移矩阵。

6.根据权利要求3所述的一种基于3D相机的数控定位器球窝与球头自主对接方法,其特征在于,开发对接软件包括:

采用C++语言开发对接软件,该软件能够实现以下功能:

1).控制相机功能模块,形成点云数据;

2).自动获取并处理点云数据,计算并输出球头在相机坐标系下的坐标;

3).自动获取球头在相机坐标系下的坐标,通过公式(7)的坐标转换关系计算并输出球头在飞机坐标系下的坐标;

4).自动获取球头在飞机坐标系下的坐标,通过公式(9)的坐标转换关系计算球头在数控定位器坐标系下的坐标,并将此坐标提供给数控定位器控制系统。

7.根据权利要求3所述的一种基于3D相机的数控定位器球窝与球头自主对接方法,其特征在于,使用阶段中确定球头在数控定位器坐标系下的坐标位置包括:

1).将已连接固定的飞机部件与工装置于调姿系统内,固定其位置;

2).将各组数控定位器移动至工装侧面大致的区域,只要确保相机视野范围能够覆盖球头区域即可,并固定各组数控定位器位置;

3).将相机与固定板装置安装至第1组数控定位器支架装置上;

4).启动对接软件,确定第1组数控定位器处球头在数控定位器坐标系下的坐标位置,并将此坐标提供给数控定位器控制系统;

5).拆下相机与固定板装置,并安装至下一组数控定位器支架装置上;

6).按照4).-5).操作步骤同样的方法,直至将所有球头坐标提供给数控定位器控制系统。

8.根据权利要求3所述的一种基于3D相机的数控定位器球窝与球头自主对接方法,其特征在于,使用阶段中驱动数控定位器控制系统实现球窝与球头对接包括:根据上述所有球头坐标,驱动数控定位器控制系统,使各组数控定位器球窝运动至对应球头坐标位置,从而实现球窝与球头的对接。

一种基于3D相机的数控定位器球窝与球头自主对接方法

技术领域

[0001] 本发明涉及飞机数字化装配领域,具体涉及一种基于3D相机的数控定位器球窝与球头自主对接的方法。

背景技术

[0002] 飞机数字化调姿系统是利用数控定位器对飞机部件进行姿态调整的装备。在数字化调姿工艺流程中,需利用激光跟踪仪测量球头坐标,从而驱动数控定位器并使其上的球窝移动至球头坐标位置,实现球窝与球头对接。此过程获取球头坐标的方法通常是利用激光跟踪仪测量用反射镜在球头表面上测量一系列点位(大约10个点),并通过激光跟踪仪配套的测量软件求出球头坐标。一般情况下,调姿系统至少包括2个飞机部件,每个飞机部件对应4个球头,此过程大约需要测量80个点,操作繁复,工作效率低。并且,由于飞机部件往往较大,被测球头位置比较分散,使用激光跟踪仪测量时往往会出现部件遮挡激光的情形,需要反复尝试移动激光跟踪仪位置,直到移动至激光跟踪仪发出的激光能够全面覆盖所有球头的合适位置处,此过程需要多人配合,效率非常低。此外,每架飞机进行调姿时,都会对工装放置的位置有严格要求,并且每次都需要预先检查激光跟踪仪位置,避免激光被部件遮挡,此过程对人员的操作要求较高,一定程度上降低了工作效率。因此,若能在飞机部件数字化调姿系统中实现球头自动测量,球窝与球头自主对接,可大大提高部件调姿效率,从而提高整个飞机部件的装配效率。

发明内容

[0003] 为解决上述问题,本发明提供了一种能提高飞机部件调姿效率的基于3D相机的数控定位器球窝与球头自主对接的方法。

[0004] 为了实现上述发明,提供的技术方案如下:

[0005] 一种基于3D相机的数控定位器球窝与球头自主对接方法,步骤如下所示:包括准备阶段和使用阶段,所述准备阶段包括准备快速拆装工具、确定相机坐标与飞机坐标的转换关系、确定数控定位器坐标与飞机坐标的转换关系以及开发对接软件,所述使用阶段包括确定球头在数控定位器坐标系下的坐标位置以及驱动数控定位器控制系统实现球窝与球头对接。

[0006] 进一步地,所述准备快速拆装工具包括:

[0007] 1).准备1个3D相机,该3D相机具备对在其视野范围内的物体进行扫描,并形成点云数据的功能;

[0008] 2).将该3D相机与固定板装置连接成一个整体,确保两者不会有任何位移;

[0009] 3).在每组数控定位器上均安装一套完全相同的支架装置,确保每组支架装置与数控定位器不会发生任何位移。

[0010] 进一步地,所述确定相机坐标与飞机坐标的转换关系包括:

[0011] 1).使用激光跟踪仪以测量地面的建站基准建立坐标系,即飞机坐标系;

[0012] 2).将相机与固定板装置安装至第1组数控定位器支架装置上;

[0013] 3).将球头置于相机视野范围内的 P_{11} 位置处且固定不动;

[0014] 4).使用激光跟踪仪测量用反射镜测量球头表面多个位置,并结合测量软件计算出球头于 P_{11} 位置处在飞机坐标系下的位置坐标 $(X_{P_{11}}, Y_{P_{11}}, Z_{P_{11}})$;

[0015] 5).使用相机对 P_{11} 位置处的球头进行扫描,并通过点云数据进行处理,计算出球头于 P_{11} 位置处在相机坐标系下的位置坐标 $(X_{P_{11}'}, Y_{P_{11}'}, Z_{P_{11}'})$;

[0016] 6).在相机视野范围内移动球头位置,并按照3).-5).操作步骤同样的方法,将球头置于相机视野范围内的N处位置,并计算出第1组数控定位器上球头于 P_{1N} 位置处在飞机坐标系下的位置坐标 $(X_{P_{1N}}, Y_{P_{1N}}, Z_{P_{1N}})$,以及在相机坐标系下的位置坐标 $(X_{P_{1N}'}, Y_{P_{1N}'}, Z_{P_{1N}'})$,其中N为球头在不同位置的编号;

[0017] 7).利用5).-6).操作步骤所得到的数据,通过坐标转换可以得到第1组数控定位器上相机坐标与飞机坐标的位姿转换关系,如公式(1)

$$[0018] \quad P_1 = R_1 P_1' + T_1 \quad \text{公式(1)}$$

[0019] 再进一步地, P_1 与 P_1' 的位姿转换关系包括旋转矩阵 R_1 和平移矩阵 T_1 ,其计算过程如下:

[0020] ④基于上述测量计算结果,即可得到球头球心位于飞机坐标系下的坐标矩阵 $P_1 = \{ (X_{P_{11}}, Y_{P_{11}}, Z_{P_{11}}), (X_{P_{12}}, Y_{P_{12}}, Z_{P_{12}}), \dots, (X_{P_{1N}}, Y_{P_{1N}}, Z_{P_{1N}}) \}$,

[0021] 球心位于相机坐标系下的坐标矩阵 $P_1' = \{ (X_{P_{11}'}, Y_{P_{11}'}, Z_{P_{11}'}) , (X_{P_{12}'}, Y_{P_{12}'}, Z_{P_{12}'}) , (X_{P_{1N}'}, Y_{P_{1N}'}, Z_{P_{1N}'}) \}$;

[0023] ⑤求解旋转矩阵R,求解过程为:

[0024] 对 P_1 与 P_1' 去中心化,

$$[0025] \quad \tilde{P}_1 = P_1 - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_{1i} \quad \text{公式(2)}$$

$$[0026] \quad \tilde{P}_1' = P_1' - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_{1i}' \quad \text{公式(3)}$$

[0027] 构造矩阵H,

$$[0028] \quad H = \tilde{P}_1 * \tilde{P}_1'^T \quad \text{公式(4)}$$

[0029] 对H进行奇异值分解, $[U, S, V] = \text{SVD}(H)$,得到旋转矩阵:

$$[0030] \quad R_1 = V U^T \quad \text{公式(5)}$$

[0031] ⑥求解平移矩阵,求解公式为:

$$[0032] \quad T_1 = -R * \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_{1i}' + \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_{1i} \quad \text{公式(6)}$$

[0033] 由推导公式可知, P_1 与 P_1' 所对应矩阵应至少包含三组坐标才可求出位姿转换关系中的旋转矩阵与平移矩阵。

[0034] P_1 为第1组数控定位器上球头在飞机坐标系下坐标;

[0035] P_1' 为第1组数控定位器上球头在相机坐标系下坐标;

[0036] R_1 为第1组数控定位器上 P_1 和 P_1' 位姿转换关系的旋转矩阵;

[0037] T_1 为第1组数控定位器上 P_1 和 P_1' 位姿转换关系的平移矩阵;

[0038] 8).将相机与固定板装置拆下,并按照2).-7).操作步骤同样的方法,通过坐标转换可以得到第i组数控定位器上相机坐标与飞机坐标的位姿转换关系,如公式(7)

$$[0039] \quad P_i = R_i P_i' + T_i \quad \text{公式(7)}$$

[0040] 其中,

[0041] i为数控定位器编号

[0042] P_i 为第i组数控定位器上球头在飞机坐标系下坐标;

[0043] P_i' 为第i组数控定位器上球头在相机坐标系下坐标;

[0044] R_i 为第i组数控定位器上 P_i 和 P_i' 位姿转换关系的旋转矩阵;

[0045] T_i 为第i组数控定位器上 P_i 和 P_i' 位姿转换关系的平移矩阵。

[0046] 进一步地,确定数控定位器坐标与飞机坐标的转换关系包括:

[0047] 1).使用激光跟踪仪以测量地面的建站基准建立坐标系,即飞机坐标系(与上述提及的飞机坐标系一致);

[0048] 2).在第1组数控定位器上安装激光跟踪仪测量用反射镜;

[0049] 3).控制数控定位器各运动轴回归至设备零点;

[0050] 4).在数控定位器的X轴和Y轴方向分布M个特征点位置,在此过程中,当数控定位器沿某一方向运动时,其他运动轴均处于零位置;记录下其在数控定位器坐标值,计为 $Q_1' = \{(X_{Q'_{11}}, Y_{Q'_{11}}, Z_{Q'_{11}}), (X_{Q'_{12}}, Y_{Q'_{12}}, Z_{Q'_{12}}), \dots, (X_{Q'_{1M}}, Y_{Q'_{1M}}, Z_{Q'_{1M}})\}$,并使用激光跟踪仪分别依次测量上述M个特征点在飞机坐标系的位置,计为

$$[0051] \quad Q_1 = \{(X_{Q_{11}}, Y_{Q_{11}}, Z_{Q_{11}}), (X_{Q_{12}}, Y_{Q_{12}}, Z_{Q_{12}}), \dots, (X_{Q_{1M}}, Y_{Q_{1M}}, Z_{Q_{1M}})\}$$

[0051] 5).根据公式(1)的推导过程,可以得到第1组数控定位器坐标与飞机坐标的位姿转换关系,如公式(8)

$$[0052] \quad Q_1' = R_1' Q_1 + T_1' \quad \text{公式(8)}$$

[0053] 其中,

[0054] Q_1' 为某位置点在数控定位器坐标系下坐标;

[0055] Q_1 为某位置点在飞机坐标系下坐标;

[0056] R_1' 为第1组数控定位器上 Q_1' 和 Q_1 位姿转换关系的旋转矩阵;

[0057] T_1' 为第1组数控定位器上 Q_1' 和 Q_1 位姿转换关系的平移矩阵;

[0058] R_1' 与 T_1' 的求解过程与公式(1)中 R_1 、 T_1 求解过程相同。

[0059] 6).按照2).-5).操作步骤同样的方法,通过坐标转换可以得到第i组数控定位器坐标与飞机坐标的位姿转换关系,如公式(9)

$$[0060] \quad Q_i' = R_i' Q_i + T_i' \quad \text{公式(9)}$$

[0061] i为数控定位器编号;

[0062] Q_i' 为某位置点在数控定位器坐标系下坐标;

[0063] Q_i 为某位置点在飞机坐标系下坐标;

[0064] R_i' 为第i组数控定位器上 Q_i' 和 Q_i 位姿转换关系的旋转矩阵;

[0065] T_i' 为第i组数控定位器上 Q_i' 和 Q_i 位姿转换关系的平移矩阵。

[0066] 进一步地,开发对接软件包括:

[0067] 采用C++语言开发对接软件,该软件能够实现以下功能:

- [0068] 1). 控制相机功能模块,形成点云数据;
- [0069] 2). 自动获取并处理点云数据,计算并输出球头在相机坐标系下的坐标;
- [0070] 3). 自动获取球头在相机坐标系下的坐标,通过公式(7)的坐标转换关系计算并输出球头在飞机坐标系下的坐标;
- [0071] 4). 自动获取球头在飞机坐标系下的坐标,通过公式(9)的坐标转换关系计算球头在数控定位器坐标系下的坐标,并将此坐标提供给数控定位器控制系统。
- [0072] 进一步地,使用阶段中确定球头在数控定位器坐标系下的坐标位置包括:
- [0073] 1). 将已连接固定的飞机部件与工装置于调姿系统内,固定其位置;
- [0074] 2). 将各组数控定位器移动至工装侧面大致的区域,只要确保相机视野范围能够覆盖球头区域即可,并固定各组数控定位器位置;
- [0075] 3). 将相机与固定板装置安装至第1组数控定位器支架装置上;
- [0076] 4). 启动对接软件,确定第1组数控定位器处球头在数控定位器坐标系下的坐标位置,并将此坐标提供给数控定位器控制系统;
- [0077] 5). 拆下相机与固定板装置,并安装至下一组数控定位器支架装置上;
- [0078] 6). 按照4).-5). 操作步骤同样的方法,直至将所有球头坐标提供给数控定位器控制系统。
- [0079] 进一步地,使用阶段中驱动数控定位器控制系统实现球窝与球头对接包括:
- [0080] 根据上述所有球头坐标,驱动数控定位器控制系统,使各组数控定位器球窝运动至对应球头坐标位置,从而实现球窝与球头的对接。
- [0081] 本发明的优点在于:
- [0082] 1、本申请只需要在准备阶段使用1次激光跟踪仪,在使用阶段通过3D相机取代了激光跟踪仪,不需要通过激光跟踪仪对各球头进行测量,并且不需要反复尝试移动激光跟踪仪位置,避免了一系列重复性工作,提高了效率。
- [0083] 2、每架飞机进行调姿时,对工装放置位置要求较低,并且不需要预先检查激光跟踪仪位置,降低了操作难度,提高了效率。
- [0084] 3、使用阶段可以通过快速拆装工具实现相机快速精确定位,并且只需要对开发的对接软件和数控定位器控制系统进行简单操作,即可实现球窝与球头自主对接,操作简单便捷,提高了效率。

附图说明

- [0085] 图1为本发明的流程图。
- [0086] 图2为某数控定位器位置处布局图。
- [0087] 图3为快速拆装工具结构示意图。
- [0088] 图4使用场景图。
- [0089] 附图中:1-数控定位器,1-1-球窝,2-固定板装置,2-1-底板,2-2-圆柱销,2-3-铁块安装螺钉,2-4-铁块,3-支架装置,3-1-支座,3-2-磁铁,3-3-磁铁安装螺钉,4-工装,4-1-球头,5-3D相机,6-地面建站基准,7-激光跟踪仪,8-3D相机视野范围,9-地面,10-相机坐标系,11-飞机坐标系,12-数控定位器坐标系,13-飞机部件。

具体实施方式

[0090] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是为了解释本发明而非对本发明的限定。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0091] 以下结合附图和实例来说明本发明的具体实施方法,本发明不限于该实施例。

[0092] 实施例1

[0093] 一种基于3D相机的数控定位器球窝与球头自主对接方法,步骤如下所示:包括准备阶段和使用阶段,所述准备阶段包括准备快速拆装工具、确定相机坐标与飞机坐标的转换关系、确定数控定位器坐标与飞机坐标的转换关系以及开发对接软件,所述使用阶段包括确定球头在数控定位器坐标系下的坐标位置以及驱动数控定位器控制系统实现球窝与球头对接。

[0094] 所述准备快速拆装工具包括:

[0095] 1).准备1个3D相机,该3D相机具备对在其视野范围内的物体进行扫描,并形成点云数据的功能;

[0096] 2).将该3D相机与固定板装置连接成一个整体,确保两者不会有任何位移;

[0097] 3).在每组数控定位器上均安装一套完全相同的支架装置,确保每组支架装置与数控定位器不会发生任何位移。

[0098] 进一步地,所述确定相机坐标与飞机坐标的转换关系包括:

[0099] 1).使用激光跟踪仪以测量地面的建站基准建立坐标系,即飞机坐标系;

[0100] 2).将相机与固定板装置安装至第1组数控定位器支架装置上;

[0101] 3).将球头置于相机视野范围内的 P_{11} 位置处且固定不动;

[0102] 4).使用激光跟踪仪测量用反射镜测量球头表面多个位置,并结合测量软件计算出球头于 P_{11} 位置处在飞机坐标系下的位置坐标 $(X_{P_{11}}, Y_{P_{11}}, Z_{P_{11}})$;

[0103] 5).使用相机对 P_{11} 位置处的球头进行扫描,并通过点云数据进行处理,计算出球头于 P_{11} 位置处在相机坐标系下的位置坐标 $(X_{P_{11}'}, Y_{P_{11}'}, Z_{P_{11}'})$;

[0104] 6).在相机视野范围内移动球头位置,并按照3).-5).操作步骤同样的方法,将球头置于相机视野范围内的N处位置,并计算出第1组数控定位器上球头于 P_{1N} 位置处在飞机坐标系下的位置坐标 $(X_{P_{1N}}, Y_{P_{1N}}, Z_{P_{1N}})$,以及在相机坐标系下的位置坐标 $(X_{P_{1N}'}, Y_{P_{1N}'}, Z_{P_{1N}'})$,其中N为球头在不同位置的编号;

[0105] 7).利用5).-6).操作步骤所得到的数据,通过坐标转换可以得到第1组数控定位器上相机坐标与飞机坐标的位姿转换关系,如公式(1)

[0106] $P_1 = R_1 P_1' + T_1$ 公式(1)

[0107] P_1 与 P_1' 的位姿转换关系包括旋转矩阵 R_1 和平移矩阵 T_1 ,其计算过程如下:

[0108] ⑦基于上述测量计算结果,即可得到球头球心位于飞机坐标系下的坐标矩阵 $P_1 = \{ (X_{P_{11}}, Y_{P_{11}}, Z_{P_{11}}), (X_{P_{12}}, Y_{P_{12}}, Z_{P_{12}}), \sim, (X_{P_{1N}}, Y_{P_{1N}}, Z_{P_{1N}}) \}$,球心位于相机坐标系下的坐标矩阵 $P_1' = \{ (X_{P_{11}'}, Y_{P_{11}'}, Z_{P_{11}'}), (X_{P_{12}'}, Y_{P_{12}'}, Z_{P_{12}'}), (X_{P_{1N}'}, Y_{P_{1N}'}, Z_{P_{1N}'}) \}$;

[0109] ⑧求解旋转矩阵R,求解过程为:

[0110] 对 P_1 与 P_1' 去中心化,

$$[0111] \quad \tilde{P}_1 = P_1 - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_{1i} \quad \text{公式 (2)}$$

$$[0112] \quad \tilde{P}_1' = P_1' - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_{1i}' \quad \text{公式 (3)}$$

[0113] 构造矩阵H,

$$[0114] \quad H = \tilde{P}_1 * \tilde{P}_1'^T \quad \text{公式 (4)}$$

[0115] 对H进行奇异值分解, $[U, S, V] = \text{SVD}(H)$, 得到旋转矩阵:

$$[0116] \quad R_1 = V U^T \quad \text{公式 (5)}$$

[0117] ⑨求解平移矩阵,求解公式为:

$$[0118] \quad T_1 = -R * \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_{1i}' + \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_{1i} \quad \text{公式 (6)}$$

[0119] 由推导公式可知, P_1 与 P_1' 所对应矩阵应至少包含三组坐标才可求出位姿转换关系中的旋转矩阵与平移矩阵。

[0120] P_1 为第1组数控定位器上球头在飞机坐标系下坐标;

[0121] P_1' 为第1组数控定位器上球头在相机坐标系下坐标;

[0122] R_1 为第1组数控定位器上 P_1 和 P_1' 位姿转换关系的旋转矩阵;

[0123] T_1 为第1组数控定位器上 P_1 和 P_1' 位姿转换关系的平移矩阵;

[0124] 8).将相机与固定板装置拆下,并按照2).-7).操作步骤同样的方法,通过坐标转换可以得到第i组数控定位器上相机坐标与飞机坐标的位姿转换关系,如公式(7)

$$[0125] \quad P_i = R_i P_i' + T_i \quad \text{公式 (7)}$$

[0126] 其中,

[0127] i为数控定位器编号

[0128] P_i 为第i组数控定位器上球头在飞机坐标系下坐标;

[0129] P_i' 为第i组数控定位器上球头在相机坐标系下坐标;

[0130] R_i 为第i组数控定位器上 P_i 和 P_i' 位姿转换关系的旋转矩阵;

[0131] T_i 为第i组数控定位器上 P_i 和 P_i' 位姿转换关系的平移矩阵。

[0132] 确定数控定位器坐标与飞机坐标的转换关系包括:

[0133] 1).使用激光跟踪仪以测量地面的建站基准建立坐标系,即飞机坐标系(与上述提及的飞机坐标系一致);

[0134] 2).在第1组数控定位器上安装激光跟踪仪测量用反射镜;

[0135] 3).控制数控定位器各运动轴回归至设备零点;

[0136] 4).在数控定位器的X轴和Y轴方向分布M个特征点位置,在此过程中,当数控定位器沿某一方向运动时,其他运动轴均处于零位置;记录下其在数控定位器坐标值,计为 $Q_1' = \{(X_{Q'_{11}}, Y_{Q'_{11}}, Z_{Q'_{11}}), (X_{Q'_{12}}, Y_{Q'_{12}}, Z_{Q'_{12}}), \dots, (X_{Q'_{1M}}, Y_{Q'_{1M}}, Z_{Q'_{1M}})\}$,并使用激光跟踪仪分别依次测量上述M个特征点在飞机坐标系的位置,计为

$$Q_1 = \{(X_{Q_{11}}, Y_{Q_{11}}, Z_{Q_{11}}), (X_{Q_{12}}, Y_{Q_{12}}, Z_{Q_{12}}), \dots, (X_{Q_{1M}}, Y_{Q_{1M}}, Z_{Q_{1M}})\}$$

[0137] 5).根据公式(1)的推导过程,可以得到第1组数控定位器坐标与飞机坐标的位姿

转换关系,如公式(8)

$$[0138] \quad Q_1' = R_1' Q_1 + T_1' \quad \text{公式(8)}$$

[0139] 其中,

[0140] Q_1' 为某位置点在数控定位器坐标系下坐标;

[0141] Q_1 为某位置点在飞机坐标系下坐标;

[0142] R_1' 为第1组数控定位器上 Q_1' 和 Q_1 位姿转换关系的旋转矩阵;

[0143] T_1' 为第1组数控定位器上 Q_1' 和 Q_1 位姿转换关系的平移矩阵;

[0144] R_1' 与 T_1' 的求解过程与公式(1)中 R_1 、 T_1 求解过程相同。

[0145] 6).按照2).-5).操作步骤同样的方法,通过坐标转换可以得到第i组数控定位器坐标与飞机坐标的位姿转换关系,如公式(9)

$$[0146] \quad Q_i' = R_i' Q_i + T_i' \quad \text{公式(9)}$$

[0147] i为数控定位器编号;

[0148] Q_i' 为某位置点在数控定位器坐标系下坐标;

[0149] Q_i 为某位置点在飞机坐标系下坐标;

[0150] R_i' 为第i组数控定位器上 Q_i' 和 Q_i 位姿转换关系的旋转矩阵;

[0151] T_i' 为第i组数控定位器上 Q_i' 和 Q_i 位姿转换关系的平移矩阵。

[0152] 进一步地,开发对接软件包括:

[0153] 采用C++语言开发对接软件,该软件能够实现以下功能:

[0154] 1).控制相机功能模块,形成点云数据;

[0155] 2).自动获取并处理点云数据,计算并输出球头在相机坐标系下的坐标;

[0156] 3).自动获取球头在相机坐标系下的坐标,通过公式(7)的坐标转换关系计算并输出球头在飞机坐标系下的坐标;

[0157] 4).自动获取球头在飞机坐标系下的坐标,通过公式(9)的坐标转换关系计算球头在数控定位器坐标系下的坐标,并将此坐标提供给数控定位器控制系统。

[0158] 对于实现上述功能的软件,在本领域技术人员在知晓功能需求后,能够通过现有技术实现软件的开发。

[0159] 使用阶段中确定球头在数控定位器坐标系下的坐标位置包括:

[0160] 1).将已连接固定的飞机部件与工装置于调姿系统内,固定其位置;

[0161] 2).将各组数控定位器移动至工装侧面大致的区域,只要确保相机视野范围能够覆盖球头区域即可,并固定各组数控定位器位置;

[0162] 3).将相机与固定板装置安装至第1组数控定位器支架装置上;

[0163] 4).启动对接软件,确定第1组数控定位器处球头在数控定位器坐标系下的坐标位置,并将此坐标提供给数控定位器控制系统;

[0164] 5).拆下相机与固定板装置,并安装至下一组数控定位器支架装置上;

[0165] 6).按照4).-5).操作步骤同样的方法,直至将所有球头坐标提供给数控定位器控制系统。

[0166] 使用阶段中驱动数控定位器控制系统实现球窝与球头对接包括:

[0167] 根据上述所有球头坐标,驱动数控定位器控制系统,使各组数控定位器球窝运动至对应球头坐标位置,从而实现球窝与球头的对接。

[0168] 实施例2

[0169] 一种工业相机的快速安装装置包括相机安装板、安装支座和磁铁、菱形定位销,相机安装板上设有菱形定位销孔及磁铁安装槽,安装时将相机安装板、菱形定位销、安装磁铁与相机连接形成相机安装板组件,相机安装支座与测量平台连接组成安装支座组件,相机安装组件能通过菱形销快速安装到安装支座中,实现相机的快速安装定位,能够有效提高工业相机的使用范围。

[0170] 在一个包含4组数控定位器的飞机部件数字化调姿系统中实施此方法。本方法包括准备阶段和使用阶段。其中,准备阶段包括准备快速拆装工具、确定相机坐标与飞机坐标的转换关系、确定数控定位器坐标与飞机坐标的转换关系以及开发对接软件,使用阶段包括确定球头在数控定位器坐标系下的坐标位置以及驱动数控定位器控制系统实现球窝与球头对接。上述各步骤间的转换流程参见图1。

[0171] 准备阶段步骤如下:

[0172] 1) 准备快速拆装工具

[0173] (1) 准备1个3D相机,该相机具备对在其视野范围内的物体进行扫描,并形成点云数据的功能。

[0174] (2) 准备1套固定板装置,并对其进行组装。在底板上安装两个圆柱销,使用螺钉将铁块连接固定在底板上。其中,铁块是一系列不同规格的同直径不等厚的圆柱形铁块。

[0175] (3) 准备4套完全相同的支架装置,并对其进行组装。每套装置均需使用螺钉将磁铁连接固定在支座上。

[0176] (4) 将组装好的固定板装置和支架装置通过圆柱销和销孔对接在一起后,将固定板装置与支架装置分离,根据两者分离时操作的便捷程度以及自然状态下两者不会发生任何位移两个条件来更换铁块规格,直至找到满足条件的铁块为止。

[0177] (5) 将相机与固定板装置连接成一个整体,确保两者不会有任何位移。

[0178] (6) 在每组数控定位器上分别安装一套支架装置,且确保各套支架装置与数控定位器不会发生任何位移。

[0179] 2) 确定相机坐标与飞机坐标的转换关系

[0180] (1) 使用激光跟踪仪以测量地面的建站基准建立坐标系,即飞机坐标系。

[0181] (2) 将相机与固定板装置安装至第1组数控定位器支架装置上。

[0182] (3) 将球头置于相机视野范围内的 P_{11} 位置处且固定不动。

[0183] (4) 使用激光跟踪仪测量用反射镜测量球头表面10个点位,并结合测量软件计算出球头于 P_{11} 位置处在飞机坐标系下的位置坐标 $(X_{P_{11}}, Y_{P_{11}}, Z_{P_{11}})$ 。

[0184] (5) 使用相机对 P_{11} 位置处的球头进行扫描,并对点云数据进行处理,计算出球头于 P_{11} 位置处在相机坐标系下的位置坐标 $(X_{P_{11}}', Y_{P_{11}}', Z_{P_{11}}')$ 。

[0185] (6) 在相机视野范围内移动球头位置,并按照(3)~(5)操作步骤同样的方法,将球头置于相机视野范围内的4处位置,并计算出第1组数控定位器上球头于4处位置在飞机坐标系下的位置坐标和在相机坐标系下的位置坐标,如表1所示。

[0186] 表1 1号数控定位器球头于4处位置在飞机坐标系和相机坐标系下的坐标

[0187]	数控定位器编号	球头位置	飞机坐标系下坐标			相机坐标系下坐标		
	1	P_{11}	$X_{P_{11}}$	$Y_{P_{11}}$	$Z_{P_{11}}$	$X_{P_{11}'}$	$Y_{P_{11}'}$	$Z_{P_{11}'}$
	1	P_{12}	$X_{P_{12}}$	$Y_{P_{12}}$	$Z_{P_{12}}$	$X_{P_{12}'}$	$Y_{P_{12}'}$	$Z_{P_{12}'}$
[0188]	1	P_{13}	$X_{P_{13}}$	$Y_{P_{13}}$	$Z_{P_{13}}$	$X_{P_{13}'}$	$Y_{P_{13}'}$	$Z_{P_{13}'}$
	1	P_{14}	$X_{P_{14}}$	$Y_{P_{14}}$	$Z_{P_{14}}$	$X_{P_{14}'}$	$Y_{P_{14}'}$	$Z_{P_{14}'}$

[0189] (7) 利用表1数据,通过坐标转换可以得到第1组数控定位器上相机坐标与飞机坐标的位姿转换关系,如公式(1)

[0190] $P_1 = R_1 P_1' + T_1$ 公式(1)

[0191] 其中,

[0192] P_1 为第1组数控定位器上球头在飞机坐标系下坐标

[0193] P_1' 为第1组数控定位器上球头在相机坐标系下坐标

[0194] R_1 为第1组数控定位器上 P_1 和 P_1' 位姿转换关系的旋转矩阵

[0195] T_1 为第1组数控定位器上 P_1 和 P_1' 位姿转换关系的平移矩阵

[0196] (8) 将相机与固定板装置拆下,并按照(2)~(7)操作步骤同样的方法,通过坐标转换可以得到第*i*组数控定位器上相机坐标与飞机坐标的位姿转换关系,如公式(2)

[0197] $P_i = R_i P_i' + T_i$ 公式(2)

[0198] 其中,

[0199] *i*为数控定位器编号

[0200] P_i 为第*i*组数控定位器上球头在飞机坐标系下坐标

[0201] P_i' 为第*i*组数控定位器上球头在相机坐标系下坐标

[0202] R_i 为第*i*组数控定位器上 P_i 和 P_i' 位姿转换关系的旋转矩阵

[0203] T_i 为第*i*组数控定位器上 P_i 和 P_i' 位姿转换关系的平移矩阵

[0204] 3) 确定数控定位器坐标与飞机坐标的转换关系

[0205] (1) 使用激光跟踪仪以测量地面的建站基准建立坐标系,即为飞机坐标系(与上述提及的飞机坐标系一致)。

[0206] (2) 在第1组数控定位器上安装激光跟踪仪测量用反射镜。

[0207] (3) 控制该数控定位器各运动轴回归至设备零点。

[0208] (4) 在该数控定位器的X轴方向均匀分布4个特征点位置(U_{11}' , U_{12}' , U_{13}' , U_{14}'),使数控定位器依次运动至各位置,并使用激光跟踪仪测量数控定位器上的反射镜位置,并记录下4个特征点的坐标(U_{11} , U_{12} , U_{13} , U_{14});在数控定位器的Y轴方向均匀分布4个特征点位置(V_{11}' , V_{12}' , V_{13}' , V_{14}'),使数控定位器依次运动至各位置,并使用激光跟踪仪测量数控定位器上的反射镜位置,并记录下4个特征点的坐标(v_{11} , V_{12} , V_{13} , V_{14});在此过程中,当数控定位

器沿某一方向运动时,其他运动轴均处于零位置。记录各位置特征点坐标如表2所示。

[0209] 表2 1号数控定位器特征点于不同位置在数控定位器坐标系和飞机坐标系下的坐标

[0210]

数控定位器编号	特征点位置	数控定位器坐标系下坐标			飞机坐标系下坐标		
		$X_{U_{ij}}$	$Y_{U_{ij}}$	$Z_{U_{ij}}$	$X_{U_{ij}}$	$Y_{U_{ij}}$	$Z_{U_{ij}}$
1	U_{11}	$X_{U_{11}}$	$Y_{U_{11}}$	$Z_{U_{11}}$	$X_{U_{11}}$	$Y_{U_{11}}$	$Z_{U_{11}}$
1	U_{12}	$X_{U_{12}}$	$Y_{U_{12}}$	$Z_{U_{12}}$	$X_{U_{12}}$	$Y_{U_{12}}$	$Z_{U_{12}}$
1	U_{13}	$X_{U_{13}}$	$Y_{U_{13}}$	$Z_{U_{13}}$	$X_{U_{13}}$	$Y_{U_{13}}$	$Z_{U_{13}}$
1	U_{14}	$X_{U_{14}}$	$Y_{U_{14}}$	$Z_{U_{14}}$	$X_{U_{14}}$	$Y_{U_{14}}$	$Z_{U_{14}}$
1	V_{11}	$X_{V_{11}}$	$Y_{V_{11}}$	$Z_{V_{11}}$	$X_{V_{11}}$	$Y_{V_{11}}$	$Z_{V_{11}}$
1	V_{12}	$X_{V_{12}}$	$Y_{V_{12}}$	$Z_{V_{12}}$	$X_{V_{12}}$	$Y_{V_{12}}$	$Z_{V_{12}}$
1	V_{13}	$X_{V_{13}}$	$Y_{V_{13}}$	$Z_{V_{13}}$	$X_{V_{13}}$	$Y_{V_{13}}$	$Z_{V_{13}}$
1	V_{14}	$X_{V_{14}}$	$Y_{V_{14}}$	$Z_{V_{14}}$	$X_{V_{14}}$	$Y_{V_{14}}$	$Z_{V_{14}}$

[0211] (5)通过坐标转换可以得到第1组数控定位器坐标与飞机坐标的位姿转换关系,如公式(3)

[0212] $Q_1' = R_1' Q_1 + T_1'$ 公式(3)

[0213] 其中,

[0214] Q_1' 为某位置点在第1组数控定位器坐标系下坐标

[0215] Q_1 为某位置点在飞机坐标系下坐标

[0216] R_1' 为第1组数控定位器上 Q_1' 和 Q_1 位姿转换关系的旋转矩阵

[0217] T_1' 为第1组数控定位器上 Q_1' 和 Q_1 位姿转换关系的平移矩阵

[0218] (6)按照(2)~(5)操作步骤同样的方法,通过坐标转换可以得到第i组数控定位器坐标与飞机坐标的位姿转换关系,如公式(4)

[0219] $Q_i' = R_i' Q_i + T_i'$ 公式(4)

[0220] 其中,

[0221] i为数控定位器编号

[0222] Q_i' 为某位置点在第i组数控定位器坐标系下坐标

[0223] Q_i 为某位置点在飞机坐标系下坐标

[0224] R_i' 为第i组数控定位器上 Q_i' 和 Q_i 位姿转换关系的旋转矩阵

[0225] T_i' 为第i组数控定位器上 Q_i' 和 Q_i 位姿转换关系的平移矩阵

[0226] 4)开发对接软件

- [0227] 采用C++语言开发对接软件。
- [0228] (1)采用C++语言编写相机控制功能模块；
- [0229] (2)运用PCL库开发基于3D相机的点云特征识别算法,作为相机点云处理的核心功能。
- [0230] (3)开发坐标转换算法,实现点位的相机坐标系、飞机坐标系和数控定位器坐标系转换功能。
- [0231] (4)开发用户图形界面,提供球头点位提取按钮、数控定位器控制系统配置接口等控件。
- [0232] 使用阶段步骤如下：
- [0233] 1) 确定球头在数控定位器坐标系下的坐标位置
- [0234] (1)将已连接固定的飞机部件与工装置于调姿系统内,固定其位置。
- [0235] (2)将4组数控定位器移动至工装侧面大致的区域,只要确保相机视野范围能够覆盖球头区域即可,并固定各组数控定位器位置。
- [0236] (3)将相机与固定板装置安装至第1组数控定位器支架装置上。
- [0237] (4)启动对接软件,确定第1组数控定位器处球头在数控定位器坐标系下的坐标位置,并将此坐标提供给数控定位器控制系统。
- [0238] (5)拆下相机与固定板装置,并安装至下一组数控定位器支架装置上。
- [0239] (6)按照(4)~(5)操作步骤同样的方法,直至将4个球头坐标提供给数控定位器控制系统。
- [0240] 2) 驱动数控定位器控制系统实现球窝与球头对接
- [0241] 根据上述4个球头坐标,驱动数控定位器控制系统,使4组数控定位器球窝运动至对应球头坐标位置,从而实现球窝与球头的对接。
- [0242] 本实施例中所述的相机视野范围是指相机工作状态下能够识别的空间区域范围。
- [0243] 本实施例中所述的球窝和球头直径相同。
- [0244] 本实施例中所述的不同状态下的球头坐标均为球头球心坐标。
- [0245] 本实施例中所述激光跟踪仪配套的测量软件为Spatial Analyzer测量软件。
- [0246] 本实施例中所述的球窝属于数控定位器的一部分,并且每个球窝在对应的数控定位器坐标系下的位置坐标均为定值。
- [0247] 本实施例中所述的球头属于工装中的一部分,并且每个球头相对工装的位置为固定值。
- [0248] 本实施例中所述的数控定位器控制系统为现有已成熟的系统,在已知某点在该系统下的坐标位置后,可驱动数控定位器移动至该位置处。
- [0249] 如图2所示,数控定位器可以按照控制程序沿着其XYZ三个方向移动,球窝属于数控定位器的一部分,并且每个球窝在对应的数控定位器坐标系下的位置坐标均为定值;工装顶部与飞机部件连接紧固在一起,底部设置有球头,球头属于工装中的一部分,并且每个球头相对工装的位置为固定值。
- [0250] 如图3所示,固定板装置外廓为立方体,可选用铝合金材料,设置有两个圆柱销孔,一个铁块安装螺钉过孔以及一个铁块安装圆柱凹槽,顶部能够与3D相机连接紧固。支架装置外廓为立方体,可选用铝合金材料,设置有两个圆柱销孔,一个磁铁安装螺钉过孔和一个

磁铁安装圆柱凹槽。圆柱销与支架装置圆柱销孔为过盈配合,与固定板装置圆柱销孔为间隙配合。磁铁为中间带有过孔的圆柱体,能够放置在支架装置凹槽中,铁块为一系列不同厚度规格的中间含有过孔的圆柱体,能够放置在支架装置凹槽中。

[0251] 图3装置使用前需要进行组装,圆柱销装到支架装置中,使用磁铁安装螺钉将磁铁安装到支架装置圆柱凹槽中;选择一种铁块,并使用铁块安装螺钉将其安装到固定板装置上,通过圆柱销将固定板装置与支架装置连接,使其配合面贴合,用手拆开固定板装置与支架装置,若拆卸不方便,则更换其他厚度规格的铁块,直至拆卸方便。

[0252] 铁块安装螺钉用于将铁块固紧在固定板装置上,磁铁安装螺钉用于将磁铁固紧在支座上,地面建站基准是利用一系列的带有靶标孔的靶标座,并使靶标座按照一定的位置布置在地面上,使用该系列靶标座的靶标孔可以建立地面建站基,3D相机视野范围是3D相机工作状态下能够识别的物理范围。

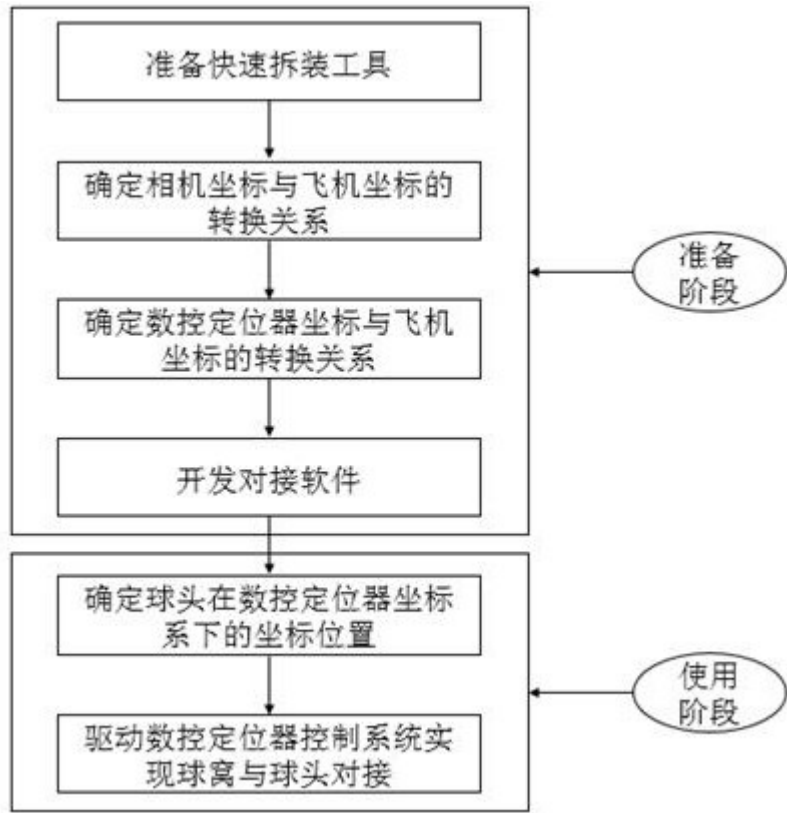


图1

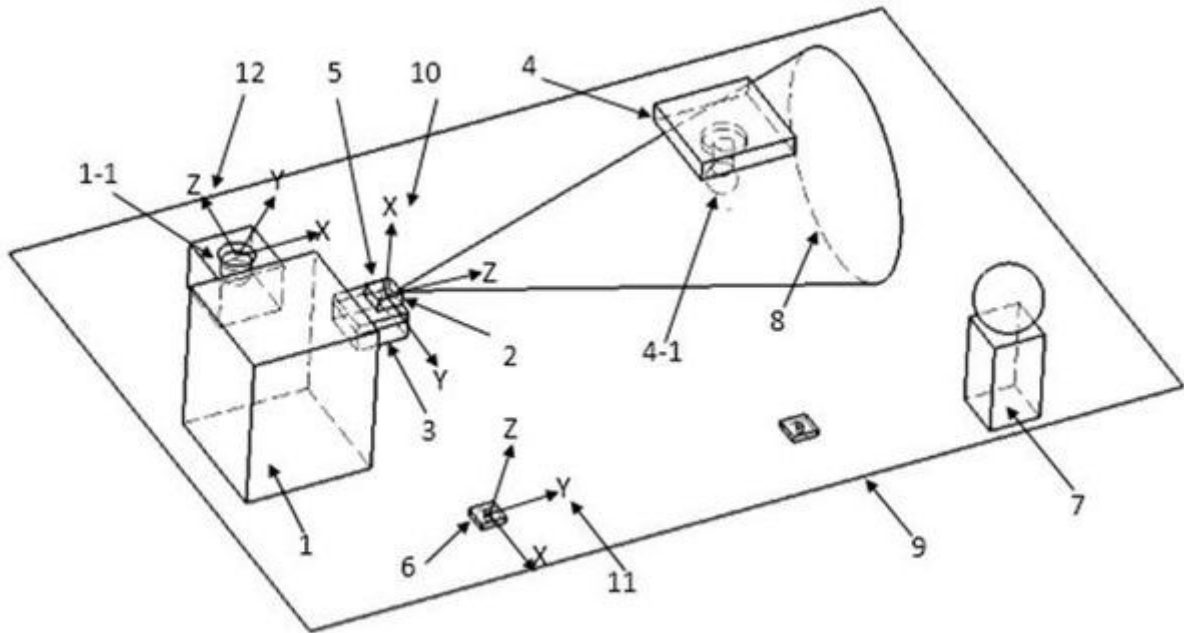


图2

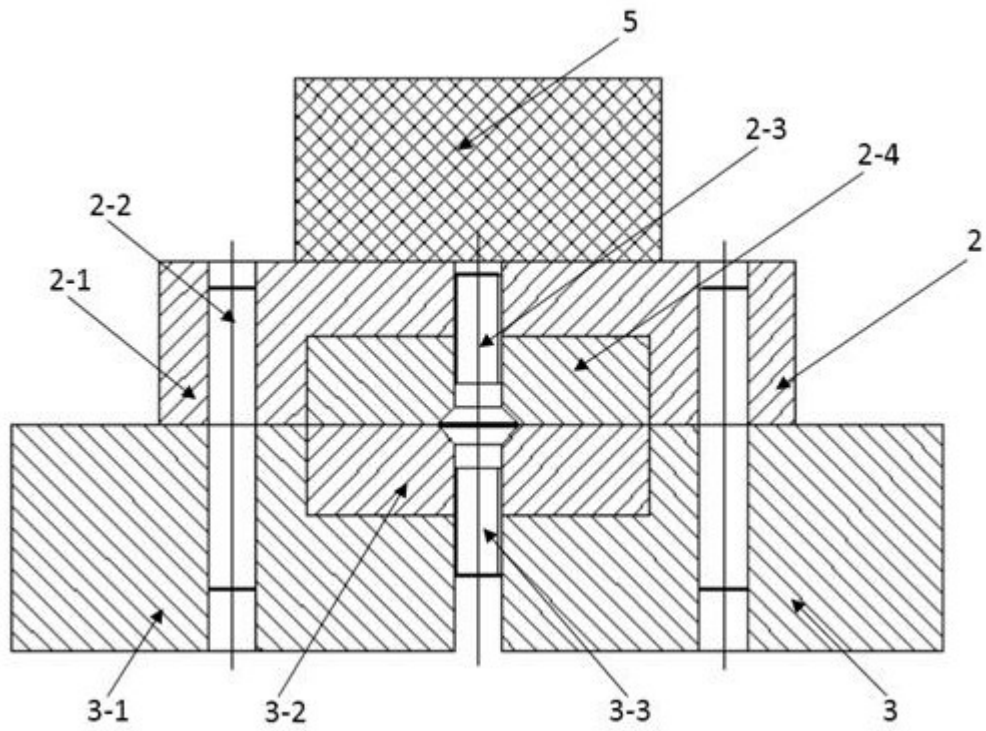


图3

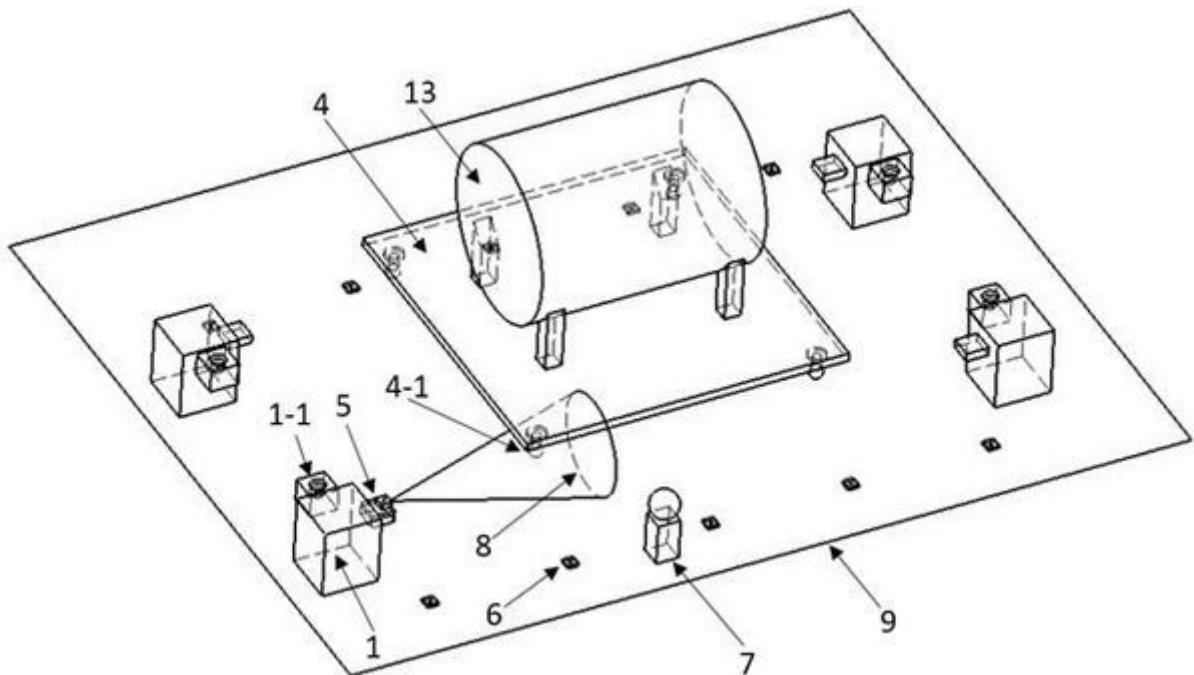


图4