



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105081719 A

(43) 申请公布日 2015. 11. 25

(21) 申请号 201510466848. 8

G01C 11/00(2006. 01)

(22) 申请日 2015. 07. 31

(71) 申请人 北京星航机电装备有限公司

地址 100074 北京市丰台区云岗东王佐北路  
9号

申请人 哈尔滨工业大学

(72) 发明人 戴勇波 齐乃明 刘延芳 张强

张丹丹 赵一鸣 马明阳

(74) 专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事

务所 23109

代理人 岳昕

(51) Int. Cl.

B23P 19/00(2006. 01)

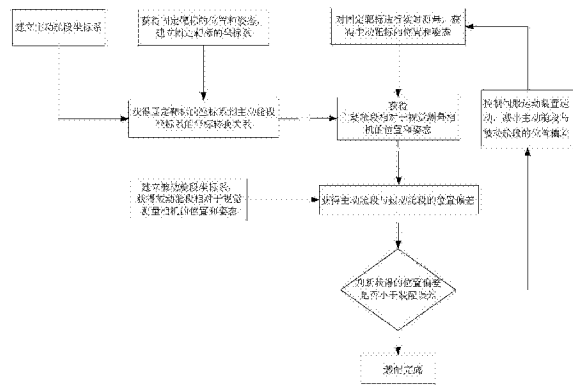
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

基于视觉测量的航天器舱段自动装配系统及其装配方法

(57) 摘要

基于视觉测量的航天器舱段自动装配系统及其装配方法,属于航天器装配领域。为了解决现有航天器大型舱段的对接和分离的稳定性与精度无法得到保证的问题。所述装配系统包括:移动靶标,标示主被动舱段位置和姿态;固定靶标,标示主动舱段在运动过程中位置和姿态;视觉测量相机,对移动靶标和固定靶标成像;控制器,根据成像,确定主被动舱段的位置和姿态,获得主被动舱段的位置偏差;伺服运动装置,控制主动舱段单运动,消除位置偏差。装配时采用视觉测量技术,通过移动靶标与固定靶标建立舱段对接端面的坐标系,并转舱段外表面;根据视觉的测量信息和对接的目标位置,采用误差反馈的闭环控制,完成装配。本发明用于航天器大型舱段的对接和分离。



1. 基于视觉测量的航天器舱段自动装配系统,其特征在於,所述装配系统包括移动靶标 (2)、固定靶标 (4)、视觉测量相机 (5)、控制器 (6) 和伺服运动装置 (7);

所述移动靶标 (2),用于标示主动舱段 (2) 和被动舱段 (1) 的位置和姿态,

固定靶标 (4),用于标示主动舱段 (2) 在运动过程中的位置和姿态;

视觉测量相机 (5),用于对移动靶标 (2) 和固定靶标 (4) 成像,获取图像;

控制器 (6),用于根据获取的图像,确定主动舱段 (2) 和被动舱段 (1) 的位置和姿态,进而获得主动舱段 (2) 与被动舱段 (1) 的位置偏差;

伺服运动装置 (7),用于根据获得的主动舱段 (2) 与被动舱段 (1) 的位置偏差,控制主动舱段 (2) 单运动,直至消除位置偏差。

2. 根据权利要求 1 所述的基于视觉测量的航天器舱段自动装配系统,其特征在於,

所述固定靶标 (4) 安装在主动舱段 (2) 在对接过程中视觉测量相机 (5) 无遮挡的位置,将测量基准从主动舱段 (2) 的对接面转移到舱外。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的基于视觉测量的航天器舱段自动装配系统,其特征在於,

所述移动靶标 (2) 上设置有标记点和触头,触头相对于标记点的位置通过标定精确已知;

所述固定靶标 (4) 上设置有标记点。

4. 权利要求 3 所述的基于视觉测量的航天器舱段自动装配系统的装配方法,其特征在於,所述方法包括如下步骤:

步骤一、移动靶标 (2) 设置在被动舱段 (1) 对接端面上,利用视觉测量相机 (5) 获得被动舱段 (1) 对接端面的图像,获得对移动靶标 (2) 上标记点相对于视觉测量相机 (5) 的坐标,根据获得的坐标,建立被动舱段 (1) 坐标系,进而获得被动舱段 (1) 相对于视觉测量相机 (5) 的位置和姿态;

步骤二、移动靶标 (2) 设置在主动舱段 (2) 对接端面上,利用视觉测量相机 (5) 获得主动舱段 (2) 的图像,获得对被动靶标上标记点相对于视觉测量相机 (5) 的坐标,根据获得的坐标,建立主动舱段 (2) 坐标系;

步骤三、将固定靶标 (4) 固定在主动舱段 (2) 上,利用视觉测量相机 (5) 获得主动靶标上标记点相对于视觉测量相机 (5) 的坐标,获得固定靶标 (4) 的位置和姿态,建立固定靶标 (4) 的坐标系;结合步骤二建立的主动舱段 (2) 坐标系,获得固定靶标 (4) 的坐标系到主动舱段 (2) 坐标系的坐标转换关系;

步骤四、对固定靶标 (4) 进行实时测量,将测量结果通过步骤三获得的转换关系得到主动舱段 (2) 相对于视觉测量相机 (5) 的位置和姿态,并与步骤一中获得的被动舱段 (1) 相对于视觉测量相机 (5) 的位置和姿态进行比较,获得主动舱段 (2) 与被动舱段 (1) 的位置偏差;

步骤五:判断获得的位置偏差是否小于装配误差,若是,则装配完成,若否,则控制伺服运动装置 (7) 运动,减小主动舱段 (2) 与被动舱段 (1) 的位置偏差,转入步骤四。

5. 根据权利要求 4 所述的基于视觉测量的航天器舱段自动装配系统的装配方法,其特征在於,

所述移动靶标 (2) 设置在被动舱段 (1) 对接端面上,且在被动舱段 (1) 对接端面上分布三个标记点;

所述移动靶标 (2) 设置在主动舱段 (2) 对接端面上,且在主动舱段 (2) 对接端面上分布三个标记点;所述主动舱段 (2) 对接端面上分布三个标记点与在被动舱段 (1) 对接端面上分布三个标记点相对应。

## 基于视觉测量的航天器舱段自动装配系统及其装配方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于航天器装配领域。

### 背景技术

[0002] 现代飞机、火箭及导弹的部件数量繁多、外形复杂、结构轻薄易变形的特点使得其装配成为了一项难度大、设计多领域的复杂工程。装配工艺在很大程度上决定了飞机、火箭及导弹的最终质量、制造成本和生产周期

[0003] 目前,大部分航天器大型舱段的对接和分离为垂直状态的吊装方式,其安全与质量主要依靠工艺人员的工程经验和操作人员的个体技能水平,对接的稳定性与精度均无法得到保证。

[0004] 大尺寸空间测量装配技术在飞机、火箭及导弹的自动化生产过程中发挥了不可替代的重要作用。因此开展大尺寸空间测量装配技术的研究,对于提升航天器生产的技术水平,具有非常重大的意义和价值。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是为了解决现有航天器大型舱段的对接和分离的稳定性与精度无法得到保证的问题,本发明提供一种基于视觉测量的航天器舱段自动装配系统及其装配方法。

[0006] 本发明的基于视觉测量的航天器舱段自动装配系统,

[0007] 所述装配系统包括移动靶标、固定靶标、视觉测量相机、控制器和伺服运动装置;

[0008] 所述移动靶标,用于标示主动舱段和被动舱段的位置和姿态,

[0009] 固定靶标,用于标示主动舱段在运动过程中的位置和姿态;

[0010] 视觉测量相机,用于对移动靶标和固定靶标成像,获取图像;

[0011] 控制器,用于根据获取的图像,确定主动舱段和被动舱段的位置和姿态,进而获得主动舱段与被动舱段的位置偏差;

[0012] 伺服运动装置,用于根据获得的主动舱段与被动舱段的位置偏差,控制主动舱段单运动,直至消除位置偏差。

[0013] 所述固定靶标安装在主动舱段在对接过程中视觉测量相机无遮挡的位置,将测量基准从主动舱段的对接面转移到舱外。

[0014] 所述移动靶标上设置有标记点和触头,触头相对于标记点的位置通过标定精确已知;

[0015] 所述固定靶标上设置有标记点。

[0016] 步骤一、移动靶标设置在被动舱段对接端面上,利用视觉测量相机获得被动舱段对接端面的图像,获得对移动靶标上标记点相对于视觉测量相机的坐标,根据获得的坐标,建立被动舱段坐标系,进而获得被动舱段相对于视觉测量相机的位置和姿态;

[0017] 步骤二、移动靶标设置在主动舱段对接端面上,利用视觉测量相机获得主动舱段

的图像,获得对被动靶标上标记点相对于视觉测量相机的坐标,根据获得的坐标,建立主动舱段坐标系;

[0018] 步骤三、将固定靶标固定在主动舱段上,利用视觉测量相机获得主动靶标上标记点相对于视觉测量相机的坐标,获得固定靶标的位置和姿态,建立固定靶标的坐标系;结合步骤二建立的主动舱段坐标系,获得固定靶标的坐标系到主动舱段坐标系的坐标转换关系;

[0019] 步骤四、对固定靶标进行实时测量,将测量结果通过步骤三获得的转换关系得到主动舱段相对于视觉测量相机的位置和姿态,并与步骤一中获得的被动舱段相对于视觉测量相机的位置和姿态进行比较,获得主动舱段与被动舱段的位置偏差;

[0020] 步骤五:判断获得的位置偏差是否小于装配误差,若是,则装配完成,若否,则控制伺服运动装置运动,减小主动舱段与被动舱段的位置偏差,转入步骤四。

[0021] 所述移动靶标设置在被动舱段对接端面上,且在被动舱段对接端面上分布三个标记点;

[0022] 所述移动靶标设置在主动舱段对接端面上,且在主动舱段对接端面上分布三个标记点;所述主动舱段对接端面上分布三个标记点与在被动舱段对接端面上分布三个标记点相对应。

[0023] 本发明的有益效果在于,本发明提供一种通过视觉测量、闭环控制完成航天器舱段对接装配的自动化系统。针对航天器舱段对接装配的高精度要求,本发明测量中采用视觉测量技术,通过移动靶标 2 和与舱段固定的靶标建立舱段对接端面的坐标系,并转舱段外表面,从而避免对接过程中对界面被遮挡后无法完成对舱段位置姿态进行测量的情况。根据视觉的测量信息和对接的目标位置,采用误差反馈的闭环控制,实现实时连续的自动化高精度对接,保证了精度和稳定性。

## 附图说明

[0024] 图 1 为具体实施方式一所述的基于视觉测量的航天器舱段自动装配系统的原理示意图,其中视觉测量相机 5 的坐标系为  $X_0Y_0Z_0$

[0025] 图 2 为具体实施方式二所述的基于视觉测量的航天器舱段自动装配系统的装配方法的原理示意图。

## 具体实施方式

[0026] 具体实施方式一:结合图 1 说明本实施方式,本实施方式所述的基于视觉测量的航天器舱段自动装配系统,所述装配系统包括移动靶标 2、固定靶标 4、视觉测量相机 5、控制器 6 和伺服运动装置 7;

[0027] 所述移动靶标 2,用于标示主动舱段 2 和被动舱段 1 的位置和姿态,

[0028] 固定靶标 4,用于标示主动舱段 2 在运动过程中的位置和姿态;

[0029] 视觉测量相机 5,用于对移动靶标 2 和固定靶标 4 成像,获取图像;

[0030] 控制器 6,用于根据获取的图像,确定主动舱段 2 和被动舱段 1 的位置和姿态,进而获得主动舱段 2 与被动舱段 1 的位置偏差;

[0031] 伺服运动装置 7,用于根据获得的主动舱段 2 与被动舱段 1 的位置偏差,控制主动

舱段 2 单运动,直至消除位置偏差。

[0032] 所述固定靶标 4 安装在主动舱段 2 在对接过程中视觉测量相机 5 无遮挡的位置,将测量基准从主动舱段 2 的对接面转移到舱外。避免对接过程中由于遮挡造成无法测量,同时不需要人工辅助依次测量标记点,实现视觉测量相机 5 自动测量固定靶标 4 获得主动舱段 2 的位置和姿态,简化操作提高效率。

[0033] 所述视觉测量相机 5 与地面相对固定,包括相机和镜头,通过对所述靶标成像,将图像传输给所述控制器 6 后,通过算法提取靶标上的标记点在像平面上的坐标,进一步解算靶标相对于视觉测量相机 5 的位置和姿态;

[0034] 所述移动靶标 2 上安装一系列标记点和一个触头,触头相对于标记点的位置通过标定精确已知,通过所述视觉测量相机 5 对移动靶标 2 成像,根据移动靶标 2 上标记点在所述视觉测量相机 5 像平面的位置经过所述处理器解算得到移动靶标 2 相对于所述相机的位置和姿态,进一步根据触头相对于标记点的位置关系得到标记点相对于所述视觉测量相机 5 的位置;

[0035] 所述固定靶标 4 与主动舱段 2 固定,上面安装一系列标记点,通过所述视觉测量相机 5 对固定靶标 4 成像,并进一步通过所述控制器 6 提取标记点相对于像平面的位置,进而解算所述主动舱段 2 的位置和姿态;

[0036] 所述伺服运动装置 7 其上安装主动舱段 2,完成主动舱段 2 位置和姿态的伺服运动控制,可以采用并联机构或者串联机构,实现主动舱段 2 三个平移自由度和三个转动自由度的位置控制

[0037] 所述控制器 6 根据视觉测量相机 5 对移动靶标 2 和固定靶标 4 的成像计算靶标的位置和姿态,并根据控制算法控制伺服运动装置 7 实现主动舱段 2 向被动舱段 1 的靠近和对接;

[0038] 所述被动舱段 1 对接端面上分布 3 个标记点,标记点可以且不限于销孔、销钉、工艺孔等,标记点用于建立被动舱段 1 的体坐标系;

[0039] 所述主动舱段 2 对接端面上与被动舱段 1 相对应分布 3 个标记点,标记点可以且不限于销孔、销钉、工艺孔等,标记点用于建立主动舱段 2 的体坐标系;所述主动舱段 2 外表面提供安装固定靶标 4 接口,安装所述固定靶标 4。

[0040] 具体实施方式二:结合图 2 说明本实施方式,本实施方式是具体实施方式一所述的基于视觉测量的航天器舱段自动装配系统的装配方法,

[0041] 所述方法包括如下步骤:

[0042] 步骤一、移动靶标 2 设置在被动舱段 1 对接端面上,利用视觉测量相机 5 获得被动舱段 1 对接端面的图像,获得对移动靶标 2 上标记点相对于视觉测量相机 5 的坐标,根据获得的坐标,建立被动舱段 1 坐标系,进而获得被动舱段 1 相对于视觉测量相机 5 的位置和姿态;

[0043] 所述移动靶标 2 设置在被动舱段 1 对接端面上,且在被动舱段 1 对接端面上分布三个标记点;

[0044] 将被动舱段 1 对接端面上的标记点依次编号 1、2、3;将移动靶标 2 触头依次放置在被动舱段 1 对接端面的标记点 1、2、3 处,通过视觉测量相机 5 对移动靶标 2 成像,通过控制器 6 解算得到标记点 1、2、3 相对于视觉测量相机 5 的坐标  $(x_1, y_1, z_1)$ 、 $(x_2, y_2, z_2)$  和

$(x_3, y_3, z_3)$  ;以三个标记点的几何中心  $(x_0, y_0, z_0)$  为原点,以三个标记点所在平面的法线为  $x$  轴,以原点与标记点 1 的连线为  $y$  轴,通过右手定则确定  $z$  轴,从而建立被动舱段 1 坐标系  $X_1Y_1Z_1$ ,进一步解算得到被动舱段 1 坐标系相对于视觉测量相机 5 的姿态。

[0045] 步骤二、移动靶标 2 设置在主动舱段 2 对接端面上,利用视觉测量相机 5 获得主动舱段 2 的图像,获得对被动靶标上标记点相对于视觉测量相机 5 的坐标,根据获得的坐标,建立主动舱段 2 坐标系;

[0046] 所述移动靶标 2 设置在主动舱段 2 对接端面上,且在主动舱段 2 对接端面上分布三个标记点;所述主动舱段 2 对接端面上分布三个标记点与在被动舱段 1 对接端面上分布三个标记点相对应。主动舱段 2 坐标系为  $X_2Y_2Z_2$ ,主动舱段 2 坐标系的原点与被动舱段 1 坐标系  $X_1Y_1Z_1$  相对应;

[0047] 步骤三、将固定靶标 4 固定在主动舱段 2 上,利用视觉测量相机 5 获得主动靶标上标记点相对于视觉测量相机 5 的坐标,获得固定靶标 4 的位置和姿态,建立固定靶标 4 的坐标系;结合步骤二建立的主动舱段 2 坐标系,获得固定靶标 4 的坐标系到主动舱段 2 坐标系的坐标转换关系;

[0048] 步骤四、对固定靶标 4 进行实时测量,将测量结果通过步骤三获得的转换关系得到主动舱段 2 相对于视觉测量相机 5 的位置和姿态,并与步骤一中获得的被动舱段 1 相对于视觉测量相机 5 的位置和姿态进行比较,获得主动舱段 2 与被动舱段 1 的位置偏差;

[0049] 步骤五:判断获得的位置偏差是否小于装配误差,若是,则装配完成,若否,则控制伺服运动装置 7 运动,减小主动舱段 2 与被动舱段 1 的位置偏差,转入步骤四。

[0050] 本实施方式中,通过视觉测量相机 5 在初始时对固定靶标 4 成像,测量算法输出固定靶标 4 的位置和姿态,并根据初始时利用移动靶标 2 建立的主动舱段 2 的坐标系,解算得到固定靶标 4 到主动舱段的坐标转化关系,从而把测量基准转移到固定靶标 4 处,使得在以后主动舱段 2 运动过程中不需要再利用移动靶标 2 测量主动舱段 2 对接面的标记点。

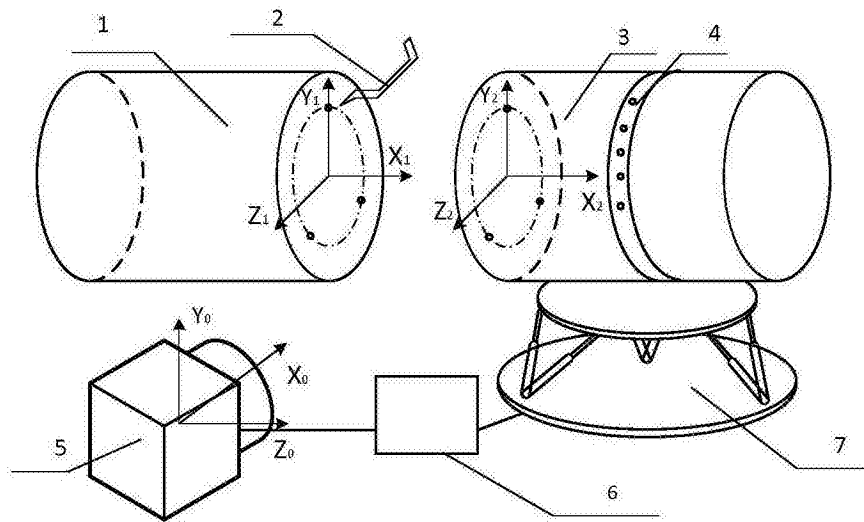


图 1

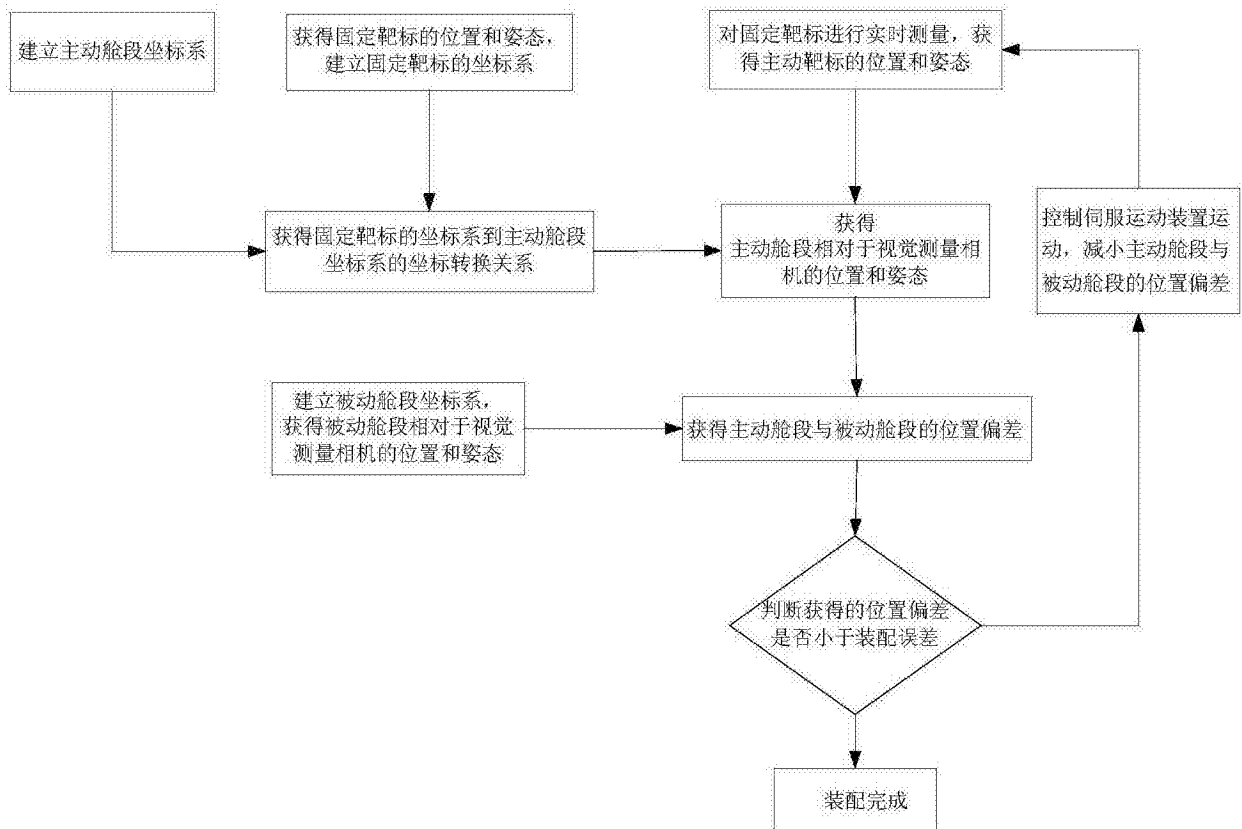


图 2