



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105551366 B

(45)授权公告日 2018.08.07

(21)申请号 201510945804.3

审查员 路丽芳

(22)申请日 2015.12.16

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105551366 A

(43)申请公布日 2016.05.04

(73)专利权人 北京精密机电控制设备研究所

地址 100076 北京市丰台区南大红门路1号

专利权人 中国运载火箭技术研究院

(72)发明人 王燕波 范庆麟 刘嘉宇 许剑

杨涛

(74)专利代理机构 中国航天科技专利中心

11009

代理人 臧春喜

(51)Int.Cl.

G09B 25/02(2006.01)

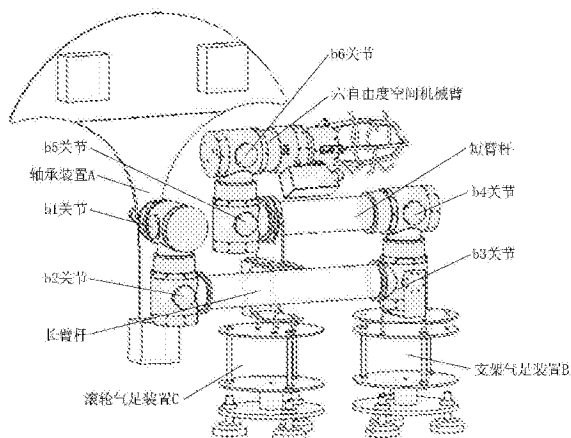
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

六自由度空间机械臂地面微重力等效实验装置及实验方法

(57)摘要

六自由度空间机械臂地面微重力等效实验装置及实验方法,其中等效实验装置包括轴承装置A、支架气足装置B和滚轮气足装置C,轴承装置A实现机械臂b1关节的模拟微重力环境等效运动。滚轮气足装置C支持被支撑臂杆在平面上3个自由度的模拟微重力环境下运动和1个自由度的臂杆滚转运动。支架气足装置B支持被支撑关节在平面上3个自由度的模拟微重力环境下运动。利用等效实验装置进行试验,通过检测空间机械臂各个关节的运动状态以及卫星载荷安装板上传感器和设备的信息实现在地面有效模拟空间机械臂在失重环境下的工作状态,解决了传统的空间机械臂地面模拟实验装置干扰力大或自由度少的问题,并可模拟在运动过程中对其它卫星载荷和设备的影响。



1. 六自由度空间机械臂地面微重力等效实验装置,其特征在于:包括轴承装置A、支架气足装置B和滚轮气足装置C;

所述轴承装置A,包括轴承组件(1)、模拟卫星载荷安装板(2)和配重块(3),轴承组件包括轴承座(11)、位于轴承座上的轴承(12)和转轴(13),转轴(13)套在轴承(12)里,模拟卫星载荷安装板(2)安装在转轴(13)上,配重块(3)安装在模拟卫星载荷安装板(2)上,用于使轴承装置A的重心位于所述转轴(13)中心;所述模拟卫星载荷安装板(2)用于安装与空间机械臂运动相关的传感器和卫星设备;

支架气足装置B,包括支架(4)和第一气足装置(5),支架(4)安装在第一气足装置(5)上,用于固定空间机械臂b3关节;

滚轮气足装置C,包括滚轮组件(6)和第二气足装置(7),滚轮组件(6)安装在第二气足装置(7)上,用于与空间机械臂臂杆连接,以实现空间机械臂臂杆的无摩擦滚转运动;

所述第一气足装置(5)和第二气足装置(7)结构相同,均用于实现平面内3个自由度的无摩擦运动,且高度可调节。

2. 根据权利要求1所述的六自由度空间机械臂地面微重力等效实验装置,其特征在于:所述第一气足装置(5)和第二气足装置(7)均包括平面气足组件(8)、压力传感器(9)、支杆组件(10)和弹簧组件(11);平面气足组件(8)包括平面气足安装板(81)和均布在所述平面气足安装板(81)上的三个平面气足(82);支杆组件(10)包括上支杆安装板(101)、下支杆安装板(102)以及均布在上支杆安装板(101)和下支杆安装板(102)之间的三根可调节高度的支杆(103),压力传感器(9)安装在平面气足安装板(81)和下支杆安装板(102)之间;弹簧组件(11)安装在上支杆安装板(101)上,能够对第一气足装置(5)和第二气足装置(7)的高度进行微调,以实现第一气足装置(5)和第二气足装置(7)对空间机械臂的支撑。

3. 根据权利要求2所述的六自由度空间机械臂地面微重力等效实验装置,其特征在于:所述弹簧组件(11)包括弹簧上安装板(111)、弹簧下安装板(112)、四个直线导轨(113)、四个直线轴承(114)和四个弹簧(115),四个直线导轨(113)均布在弹簧上安装板(111)上,每个直线导轨(113)上套有一个弹簧(115),且每个直线导轨(113)套在一个直线轴承(114)中,四个直线轴承(114)安装在弹簧下安装板(112)上;所述弹簧组件(11)通过弹簧下安装板(112)安装在上支杆安装板(101)上。

4. 根据权利要求1所述的六自由度空间机械臂地面微重力等效实验装置,其特征在于:所述支架(4)为U型片状结构,用于固定空间机械臂b3关节。

5. 根据权利要求1所述的六自由度空间机械臂地面微重力等效实验装置,其特征在于:所述滚轮组件(6)包括滚轮支架(61)、滚轮安装板(62)、滚轮(63)和卡环(64);

所述滚轮支架(61)为安装在第二气足装置(7)上的C型框架,其开口直径大于空间机械臂长臂杆的直径;滚轮安装板(62)垂直安装在滚轮支架(61)上,滚轮安装板(62)上端加工成与卡环直径相匹配的半圆形圆弧,且在所述半圆形圆弧上安装有滚轮(63),在卡环(64)与所述半圆形圆弧相接触的外圆周上加工有导轨凹形槽,当卡环(64)安装在滚轮安装板(62)上时,所述滚轮位于所述导轨凹形槽中。

6. 利用权利要求1所述的六自由度空间机械臂地面微重力等效实验装置的实验方法,其特征在于包括如下步骤:

步骤一:将空间机械臂b1关节的转动输出端与轴承装置A的轴承(12)连接,将轴承装置

A的轴承座(11)固定于支撑架上,在模拟卫星载荷安装板(2)上安装与空间机械臂运动相关的传感器和卫星设备;将空间机械臂b3关节的壳体固定于支架气足装置B的支架(4)上,将空间机械臂短臂杆末端套入安装于滚轮气足装置C的滚轮组件(6)上,且滚轮气足装置C的位置靠近空间机械臂b5关节和b6关节;

步骤二:调节轴承装置A配重块的配置,使轴承装置A的重心位于轴承(12)上转轴(13)中心;

步骤三:调节第一气足装置5和第二气足装置7的高度,使支架气足装置B和滚轮气足装置C对地面压力相同,且使用水平仪测量空间机械臂长臂杆和短臂杆保持水平;

步骤四:通过空间机械臂控制系统为空间机械臂发送指令,使空间机械臂各关节运动,实现空间机械臂在地面微重力环境下全部六个自由度的地面微重力等效实验;

步骤五:采集空间机械臂各个关节的运动状态,与发送的指令进行对比,从而判断空间机械臂各个关节在地面微重力环境下工作是否正常,如果正常,进入步骤六,否则记录运动状态与发送的指令不一致的关节,空间机械臂在地面微重力环境下全部六个自由度的地面微重力等效实验结束;

步骤六:采集安装在模拟卫星载荷安装板上的传感器和卫星设备的信息,并判断所述传感器和卫星设备的工作是否正常,如果不正常,记录不正常的信息,空间机械臂在地面微重力环境下全部六个自由度的地面微重力等效实验结束;否则,空间机械臂在地面微重力环境下全部六个自由度等效运动正常,地面微重力等效实验结束。

## 六自由度空间机械臂地面微重力等效实验装置及实验方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种空间机械臂地面微重力等效实验装置及实验方法,尤其涉及一种为在空间失重环境下工作的六自由度空间机械臂在地面进行全部六自由度运动学模拟实验的空间机械臂地面微重力运动学等效实验装置及实验方法,属于空间机械臂地面实验领域。

### 背景技术

[0002] 在对空间机械臂的运动学和动力学进行研究的过程中,需要在地面有效的模拟出空间机械臂在空间中失重环境下的工作状态。

[0003] 目前对空间机械臂的地面模拟实验主要使用两种装置:吊丝装置和平面气浮装置。吊丝装置可以实现多个自由度的运动,但是干扰力很大;平面气浮装置可以实现X、Y两个方向干扰力极小的平动,但是因其仅能实现在平面内的无摩擦运动,因此对于多自由度耦合的空间机械臂,平面气浮装置仅可支持空间机械臂2-3个自由度的运动,无法同时实现全部自由度的耦合联动,往往需要多套不同的气浮装置通过不同的安装方式才能逐次实现对全部自由度的模拟,且上述两种方法均无法验证空间机械臂在运动过程中对其它卫星载荷和设备的影响,因此试验的等效性不足。

### 发明内容

[0004] 本发明的技术解决问题是:克服现有技术的不足,提供六自由度空间机械臂地面微重力等效实验装置及实验方法,解决了传统的空间机械臂地面模拟实验装置干扰力较大或自由度较少的问题,并可模拟在运动过程中对其它卫星载荷和设备的影响,极大的提高了空间机械臂在地面进行微重力环境等效模拟实验的实验覆盖性和试验效果。

[0005] 本发明的技术解决方案是:六自由度空间机械臂地面微重力等效实验装置,包括轴承装置A、支架气足装置B和滚轮气足装置C;

[0006] 所述轴承装置A,包括轴承组件、模拟卫星载荷安装板和配重块,轴承组件包括轴承座、位于轴承座上的轴承和转轴,转轴套在轴承里,模拟卫星载荷安装板安装在转轴上,配重块安装在模拟卫星载荷安装板上,用于使轴承装置A的重心位于所述转轴中心;所述模拟卫星载荷安装板用于安装与空间机械臂运动相关的传感器和卫星设备;

[0007] 支架气足装置B,包括支架和第一气足装置,支架安装在第一气足装置上,用于固定空间机械臂b3关节;

[0008] 滚轮气足装置C,包括滚轮组件和第二气足装置,滚轮组件安装在第二气足装置上,用于与空间机械臂臂杆连接,以实现空间机械臂臂杆的无摩擦滚转运动;

[0009] 所述第一气足装置和第二气足装置结构相同,均用于实现平面内三个自由度的无摩擦运动,且高度可调节。

[0010] 所述第一气足装置和第二气足装置均包括平面气足组件、压力传感器、支杆组件和弹簧组件;平面气足组件包括平面气足安装板和均布在所述平面气足安装板上的三个平

面气足；支杆组件包括上支杆安装板、下支杆安装板以及均布在上支杆安装板和下支杆安装板之间的三根可调节高度的支杆，压力传感器安装在平面气足安装板和下支杆安装板之间；弹簧组件安装在上支杆安装板上，能够对第一气足装置和第二气足装置的高度进行微调，以实现第一气足装置和第二气足装置对空间机械臂的支撑。

[0011] 所述弹簧组件包括弹簧上安装板、弹簧下安装板、四个直线导轨、四个直线轴承和四个弹簧，四个直线导轨均布在弹簧上安装板上，每个直线导轨上套有一个弹簧，且每个直线导轨套在一个直线轴承中，四个直线轴承安装在弹簧下安装板上；所述弹簧组件通过弹簧下安装板安装在上支杆安装板上。

[0012] 所述支架为U型片状结构，用于固定空间机械臂3关节。

[0013] 所述滚轮组件包括滚轮支架、滚轮安装板、滚轮和卡环；

[0014] 所述滚轮支架为安装在第二气足装置上的C型框架，其开口直径大于空间机械臂长臂杆的直径；滚轮安装板垂直安装在滚轮支架上，滚轮安装板上端加工成与卡环直径相匹配的半圆形圆弧，且在所述半圆形圆弧上安装有滚轮，在卡环与所述半圆形圆弧相接触的外圆周上加工有导轨凹形槽，当卡环安装在滚轮安装板上时，所述滚轮位于所述导轨凹形槽中。

[0015] 利用所述的六自由度空间机械臂地面微重力等效实验装置的实验方法，包括如下步骤：

[0016] 步骤一：将空间机械臂b1关节的转动输出端与轴承装置A的轴承连接，将轴承装置A的轴承座固定于支撑架上，在模拟卫星载荷安装板上安装与空间机械臂运动相关的传感器和卫星设备；将空间机械臂b3关节的壳体固定于支架气足装置B的支架上，将空间机械臂短臂杆末端套入安装于滚轮气足装置C的滚轮组件上，且滚轮气足装置C的位置靠近空间机械臂b5关节和b6关节；

[0017] 步骤二：调节轴承装置A配重块的配置，使轴承装置A的重心位于轴承上转轴中心；

[0018] 步骤三：调节第一气足装置5和第二气足装置7的高度，使支架气足装置B和滚轮气足装置C对地面压力相同，且使用水平仪测量空间机械臂长臂杆和短臂杆保持水平；

[0019] 步骤四：通过空间机械臂控制系统为空间机械臂发送指令，使空间机械臂各关节运动，实现空间机械臂在地面微重力环境下全部六个自由度的地面微重力等效实验；

[0020] 步骤五：采集空间机械臂各个关节的运动状态，与发送的指令进行对比，从而判断空间机械臂各个关节在地面微重力环境下工作是否正常，如果正常，进入步骤六，否则记录运动状态与发送的指令不一致的关节，空间机械臂在地面微重力环境下全部六个自由度的地面微重力等效实验结束；

[0021] 步骤六：采集安装在模拟卫星载荷安装板上的传感器和卫星设备的信息，并判断所述传感器和卫星设备的工作是否正常，如果不正常，记录不正常的信息，空间机械臂在地面微重力环境下全部六个自由度的地面微重力等效实验结束；否则，空间机械臂在地面微重力环境下全部六个自由度等效运动正常，地面微重力等效实验结束。

[0022] 本发明与现有技术相比的优点在于：

[0023] (1) 本发明通过轴承装置A用于模拟卫星载荷安装板绕轴承组件的相对转动实现机械臂b1关节的模拟微重力环境等效运动，滚轮气足装置C用于模拟空间机械臂的被支撑臂杆在平面上三个自由度的模拟微重力环境下运动和1个自由度的臂杆滚转运动，支架气

足装置B用于模拟空间机械臂的被支撑关节在平面上三个自由度的模拟微重力环境下运动,因此,本发明通过轴承装置A、气足装置B和滚轮气足装置C的组合作用,解决了在地面等效模拟实验中实现空间机械臂全部六个自由度多轴耦合联动的问题,实现了为失重工作环境下设计的空间机械臂在地面重力环境下进行全部六个自由度的地面微重力运动学等效试验。

[0024] (2) 本发明轴承装置A中的轴承通过转轴为空间机械臂b1关节提供无摩擦转动,第一气足装置和第二气足装置中的平面气足为机械臂提供平面内的无摩擦支撑,滚轮气足装置C中的滚轮组件为机械臂臂杆提供无摩擦滚转轨道,从而使空间机械臂在地面微重力运动学等效试验过程中全部六个自由度均保持了极低的干扰力水平,提高了微重力环境模拟实验的等效性。

[0025] (3) 本发明通过轴承装置A模拟卫星载荷安装板绕轴承组件的相对转动,实现了空间机械臂的运动相关的各种传感器、卫星设备相对空间机械臂的模拟运动,解决了空间机械臂在运动过程中对其它卫星载荷和设备的影响的地面模拟实验验证问题。

[0026] (4) 本发明第一气足装置和第二气足装置中的弹簧组件能够对高度进行微调,使实验装置具备一定的自适应和自调节能力,降低了空间机械臂微重力等效实验装置在使用时对安装精度的要求,提高了装置的安全性和可靠性。

[0027] (5) 本发明第一气足装置和第二气足装置中的支杆组件可以通过支杆调节机械臂微重力等效实验装置的高度,从而可灵活适应不同空间机械臂的安装要求。

[0028] (6) 本发明第一气足装置和第二气足装置中设置有压力传感器,通过压力传感器实时监控第一气足装置和第二气足装置的支撑效果,当机械臂微重力等效实验装置因故障、平面气足组件与水平面之间距离改变或其它原因使其对空间机械臂失去支撑作用或机械臂因故障原因受到向下的外力时,压力传感器检测的压力值降低或增大,压力传感器通过报警提示操作人员,提高了装置的安全性和可靠性。

[0029] (7) 本发明滚轮组件通过在滚轮安装板上端加工半圆形圆弧,且在半圆形圆弧上安装滚轮实现机械臂臂杆的无摩擦滚转运动的等效模拟,提高了微重力环境模拟实验的等效性;同时滚轮支架的C型开口直径大于空间机械臂长臂杆的直径,保证了安装等效实验装置时与b3关节固定的滚轮气足装置不会触碰到机械臂的长臂杆,保证了实验过程中不会相互干扰,提高了微重力环境模拟实验的可靠性。

[0030] (8) 本发明中支架设计为U型片状结构,与机械臂b3关节侧面连接,无需机械臂为实验装置专门设计机械接口,使等效实验装置可适应不同空间机械臂的实验要求,极大增加了等效实验装置的通用性。

## 附图说明

[0031] 图1为六自由度空间机械臂地面微重力运动学等效实验装置示意图,其中(a)为主视图,(b)为立体图;

[0032] 图2为轴承装置A示意图;

[0033] 图3为支架气足装置B示意图;

[0034] 图4为滚轮气足装置C示意图;

[0035] 图5为弹簧组件示意图;

[0036] 图6为滚轮组件示意图。

### 具体实施方式

[0037] 如图1所示,将空间机械臂的各个关节标记为b1关节、b2关节、b3关节、b4关节、b5关节和b6关节,传统吊丝装置可以实现多个自由度的运动,但是干扰力很大;平面气浮装置干扰力小,但仅支持空间机械臂b2关节和b3关节2个自由度的运动。其中(a)为主视图,(b)为立体图。

[0038] 本发明提出了六自由度空间机械臂地面微重力等效实验装置,包括轴承装置A、支架气足装置B和滚轮气足装置C;

[0039] 如图2所示,轴承装置A,包括轴承组件1、模拟卫星载荷安装板2和配重块3,轴承组件包括轴承座11、位于轴承座上的轴承12和转轴13,转轴13套在轴承12里,模拟卫星载荷安装板2安装在转轴13上,配重块3安装在模拟卫星载荷安装板2上,用于使轴承装置A的重心位于所述转轴13中心,避免载荷安装板的重力造成干扰。轴承座11支撑了整个轴承装置和空间机械臂b1关节的重量。模拟卫星载荷安装板2是空间机械臂在卫星上的安装面的模拟件,拥有与真实产品一致的接口和特性,可以支持与空间机械臂的运动相关的各种传感器、卫星设备的安装。图2中表示的轴承12安装在轴承座11里面。模拟卫星载荷安装板2可以是图1中示出的扇形结构,也可以是其他结构。

[0040] 如图3所示,支架气足装置B包括支架4和第一气足装置5,支架4安装在第一气足装置5上,为U型片状结构,用于固定空间机械臂3关节。

[0041] 如图4所示,滚轮气足装置C包括滚轮组件6和第二气足装置7,滚轮组件6安装在第二气足装置7上,用于与空间机械臂臂杆连接,以实现空间机械臂臂杆的无摩擦滚转运动。

[0042] 如图3或图4所示,第一气足装置5和第二气足装置7结构相同,均用于实现平面内3个自由度的无摩擦运动,且高度可调节。第一气足装置5和第二气足装置7均包括平面气足组件、压力传感器9、支杆组件和弹簧组件11。

[0043] 平面气足组件包括平面气足安装板81和均布在所述平面气足安装板81上的三个平面气足82。三个平面气足82的下表面放置在高精度水平面上,三个平面气足82通过向下喷射高压气体,使三个平面气足82的下表面与高精度水平面之间形成微小的气膜,从而使三个平面气足82在高精度水平面上悬浮运动,从而消除了平面气足在高精度水平面上运动的摩擦力,从而可提供在平面内3个自由度的近似无摩擦运动。三个平面气足在安装板上均匀布置,从而为实验装置提供稳定的支撑。

[0044] 支杆组件包括上支杆安装板101、下支杆安装板102以及均布在上支杆安装板101和下支杆安装板102之间的三根可调节高度的支杆103。可以通过调节支杆103的长度调节机械臂微重力等效实验装置的高度,从而可灵活适应不同空间机械臂的安装要求。

[0045] 压力传感器9安装在平面气足安装板81和下支杆安装板102之间。压力传感器9可检测两个板之间的压力,当机械臂微重力等效实验装置因故障、平面气足组件与水平面之间距离改变或其它原因使其对空间机械臂失去支撑作用,重心未充分落在此装置上,必然造成力传感器检测的压力值减少,此时,控制系统采集力传感器信号,并报警提示并需要排除故障;当机械臂因故障原因受到向下的外力,使得机械臂不再处于水平状态,从而导致力传感器压力值过大,同样会报警提示并需要排除故障。

[0046] 如图5所示,弹簧组件11包括弹簧上安装板111、弹簧下安装板112、四个直线导轨113、四个弹簧115和四个直线轴承114,弹簧组件11通过弹簧下安装板112安装在上支杆安装板101上,四个直线导轨113均布在弹簧上安装板111上,每个直线导轨113上套有一个弹簧115,且每个直线导轨113套在一个直线轴承114中,四个直线轴承114安装在弹簧下安装板112上,弹簧上安装板111用于安装支架4或滚轮组件6。直线轴承114、直线导轨113用于导向,使得该装置一直处于水平状态,不倾覆;弹簧115提供足够的预紧弹力支撑该装置。弹簧组件11能够对第一气足装置5或第二气足装置7的高度进行微调,以实现第一气足装置5和第二气足装置7对空间机械臂的支撑,使机械臂在运动中在上下合理位置范围内微弱运动,且保证其永远处于水平状态,使重力均匀的落在该装置上,具备一定的自适应和自调节能力,降低了空间机械臂微重力等效实验装置在使用时对安装精度的要求,提高了装置的安全性和可靠性。

[0047] 如图6所示,滚轮组件6包括滚轮支架61、滚轮安装板62、滚轮63和卡环64。滚轮支架61为安装在第二气足装置7上的C型框架,开口直径大于空间机械臂长臂杆的直径,保证实验时该框架的形状刚好让开长臂杆的位置,滚轮安装板62垂直安装在滚轮支架61上,滚轮安装板62上端加工成与卡环直径相匹配的半圆形圆弧,且在所述半圆形圆弧上安装有多个滚轮,形成一个滚动轨道,在卡环64与所述半圆形圆弧相接触的外圆周上加工有导轨凹形槽,当卡环64安装在滚轮安装板62上时,滚轮位于导轨凹形槽中。实际实验时,被支撑的空间机械臂臂杆套在卡环中,当机械臂臂杆沿臂杆轴向滚转运动时,臂杆在滚轮上旋转,因为滚动摩擦及其微小,可认为近乎认为无摩擦运动。当机械臂臂杆在水平面内移动时,因导轨凹形槽与滚轮组的配合作用会带动滚轮安装板随臂杆运动,因气浮支撑装置在水平面内的运动无摩擦作用,因此整个装置在支持臂杆近似无摩擦滚转运动的同时,可随臂杆在水平面内无摩擦运动。

[0048] 本发明等效实验装置中,轴承组件的轴承连接模拟卫星载荷安装板和空间机械臂b1关节,使模拟卫星载荷安装板可以随空间机械臂b1关节转动输出端一同相对轴承座运动,通过模拟卫星载荷安装板绕轴承组件的相对转动实现机械臂b1关节的模拟微重力环境等效运动。滚轮气足装置C支持空间机械臂的被支撑臂杆在平面上三个自由度的模拟微重力环境下运动和1个自由度的臂杆滚转运动。支架气足装置B支持空间机械臂的被支撑关节在平面上三个自由度的模拟微重力环境下运动。

[0049] 利用六自由度空间机械臂地面微重力运动学等效实验装置的实验方法,包括如下步骤:

[0050] 步骤一:将空间机械臂b1关节的转动输出端与轴承装置A的轴承12连接,将轴承装置A的轴承座11固定于支撑架上,在模拟卫星载荷安装板2上安装与空间机械臂运动相关的传感器和卫星设备;将空间机械臂b3关节的壳体固定于支架气足装置B的支架4上,将空间机械臂短臂杆末端套入安装于滚轮气足装置C的滚轮组件6上,且滚轮气足装置C的位置靠近空间机械臂b5关节和b6关节。

[0051] 步骤二:调节轴承装置A配重块的配置,使轴承装置A的重心位于轴承12上转轴13中心。

[0052] 步骤三:调节第一气足装置5和第二气足装置7中支杆的高度,使第一气足装置5和第二气足装置7中压力传感器示数相同且空间机械臂长臂杆和短臂杆保持水平。



[0053] 步骤四:通过空间机械臂控制系统为空间机械臂发送指令,使空间机械臂各关节运动,实现空间机械臂在地面微重力环境下全部六个自由度的地面微重力等效实验。

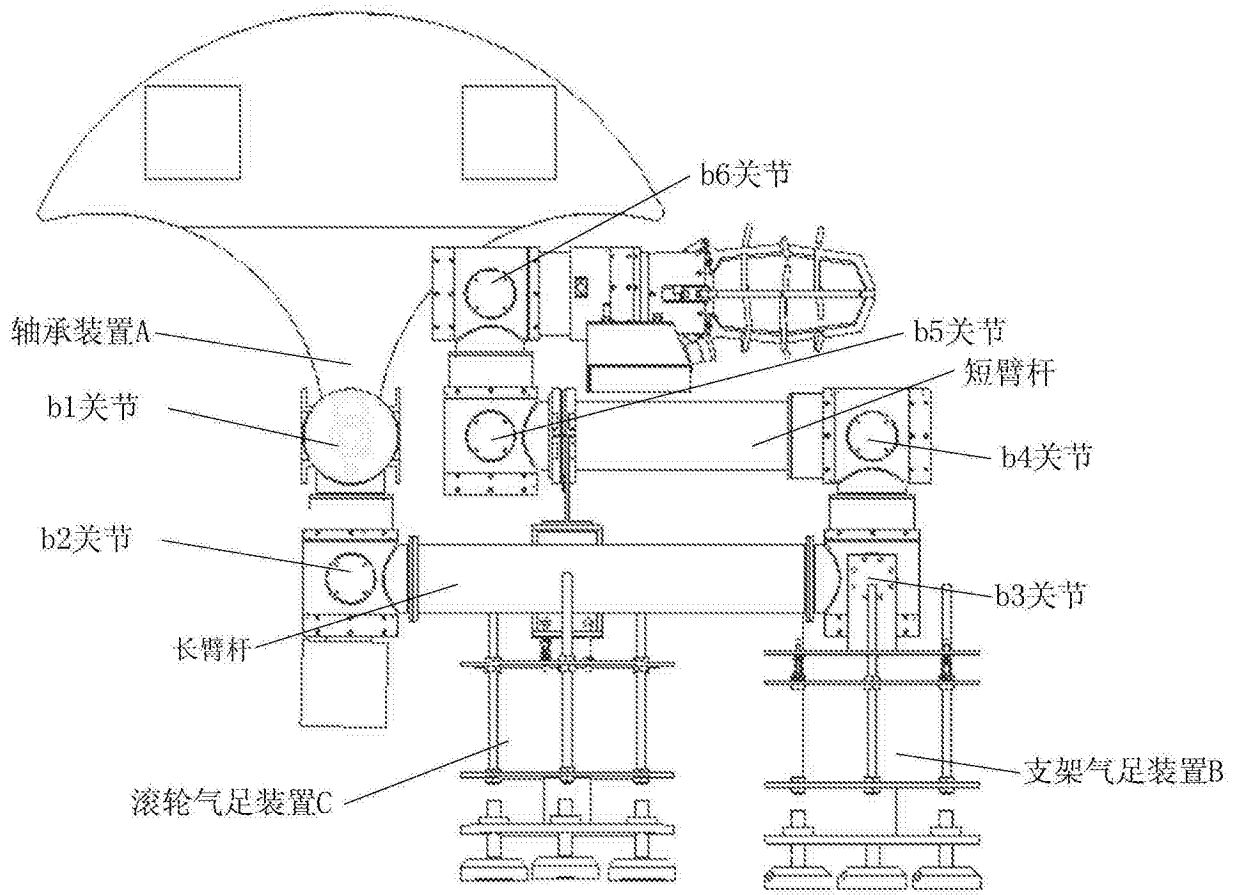
[0054] 当机械臂b1关节运动时,带动轴承装置的模拟卫星载荷安装板相对b1关节壳体反向相对运动,从而模拟了卫星载荷安装板上安装的全部传感器和卫星设备相对于机械臂的运动状态;当机械臂b2关节运动时,带动机械臂长臂杆和短臂杆一同摆动,位于b3关节下方的支架气足装置B和位于短臂杆的滚轮气足装置C将为机械臂提供平面内的无摩擦支撑;当机械臂b3关节运动时,带动短臂杆摆动,滚轮气足装置C将为机械臂提供平面内的无摩擦支撑;当机械臂b4关节运动时,将带动短臂杆在滚轮气足装置C的支撑下沿轴向滚转;b5关节和b6关节因无臂杆造成的长悬臂结构,且b5关节的安装位置十分靠近滚轮气足装置C,因此当滚轮气足装置C为短臂杆提供有效支撑后,b5关节和b6关节可以直接克服重力自由运动。

[0055] 步骤五:采集空间机械臂各个关节的运动状态,与发送的指令进行对比,从而判断空间机械臂各个关节在地面微重力环境下工作是否正常,如果正常,进入步骤六,否则记录运动状态与发送的指令不一致的关节,空间机械臂在地面微重力环境下全部六个自由度的地面微重力等效实验结束;

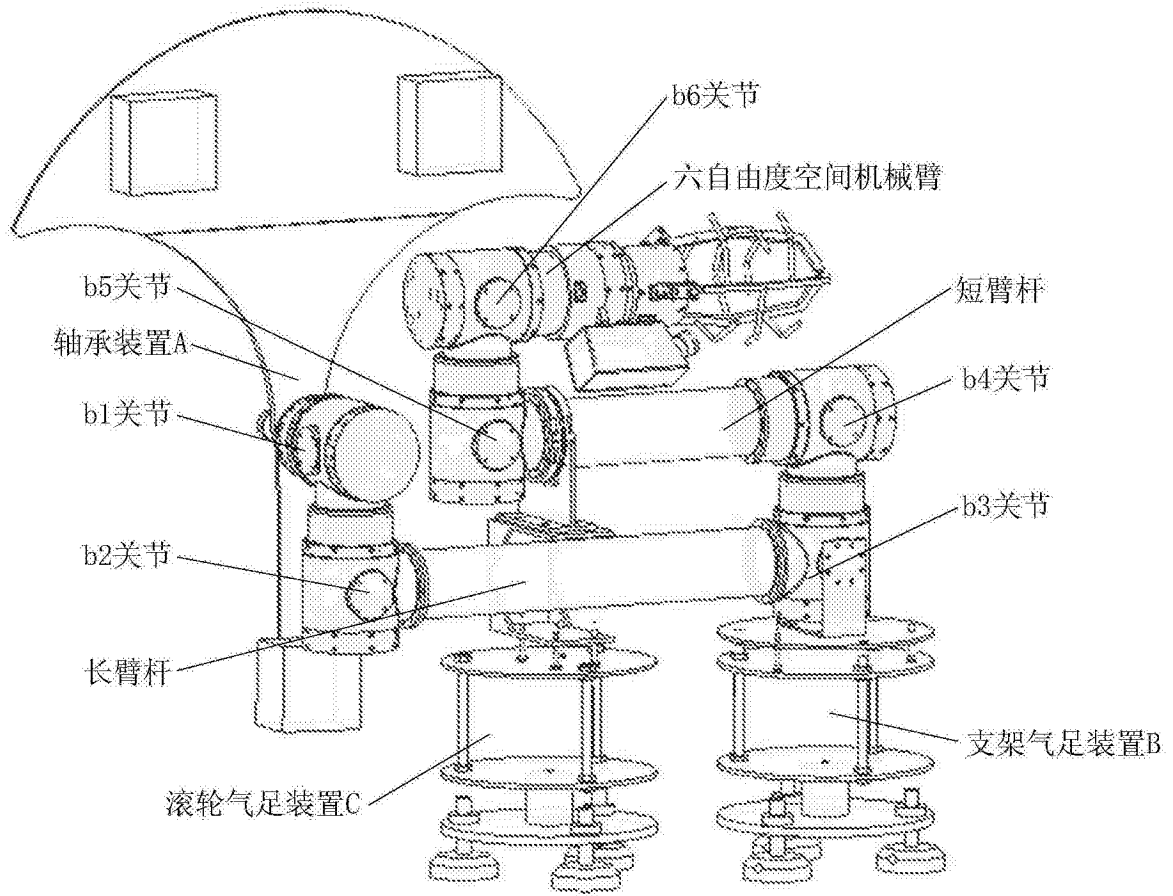
[0056] 步骤六:采集安装在模拟卫星载荷安装板上的传感器和卫星设备的信息,并判断所述传感器和卫星设备的工作是否正常,如果不正常,记录不正常的信息,说明空间机械臂实际运行过程中会对传感器和卫星设备造成影响,空间机械臂在地面微重力环境下全部六个自由度的地面微重力等效实验结束;否则,空间机械臂在地面微重力环境下全部六个自由度等效运动正常,地面微重力等效实验结束。

[0057] 本发明解决了传统的空间机械臂地面模拟实验装置干扰力较大或自由度较少的问题,解决了在地面等效模拟实验中实现空间机械臂全部六个自由度多轴耦合联动的问题,并可模拟在运动过程中对其它卫星载荷和设备的影响,实现了在地面微重力模拟环境下进行空间机械臂多轴联动测试、模拟飞行运动测试和运动过程中对其它设备的干扰和干涉测试,同时保持了极低的干扰力水平,极大的提高了空间机械臂在地面进行微重力环境等效模拟实验的实验效果,对空间机械臂的设计和失重环境下空间机械臂控制算法的研究有很大意义。

[0058] 本发明说明书中未详细描述的内容属于本领域专业技术人员的公知技术。



(a)



(b)

图1

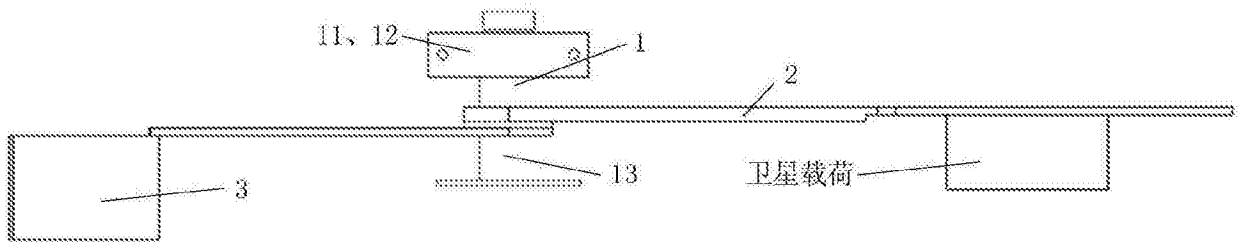


图2

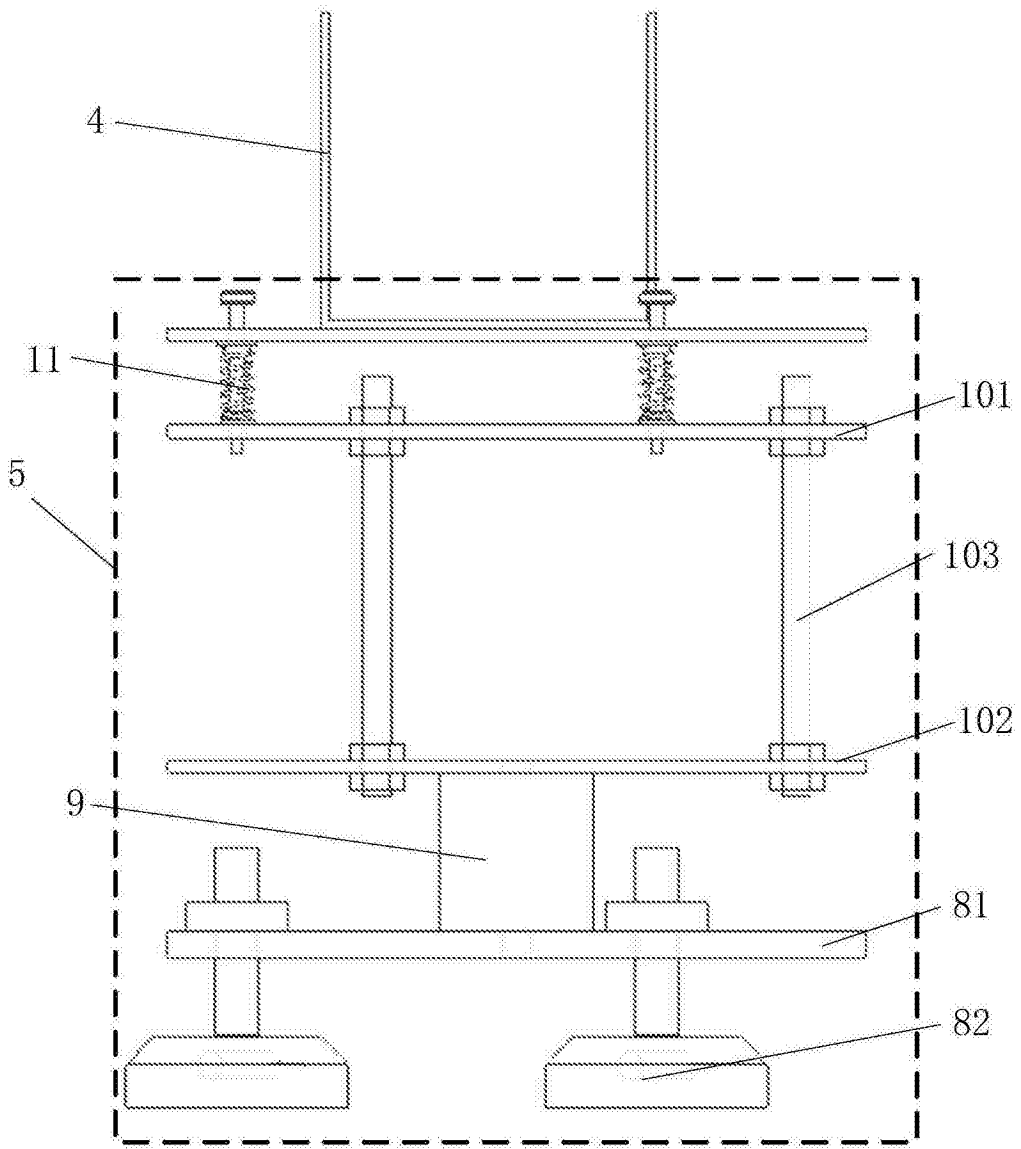


图3

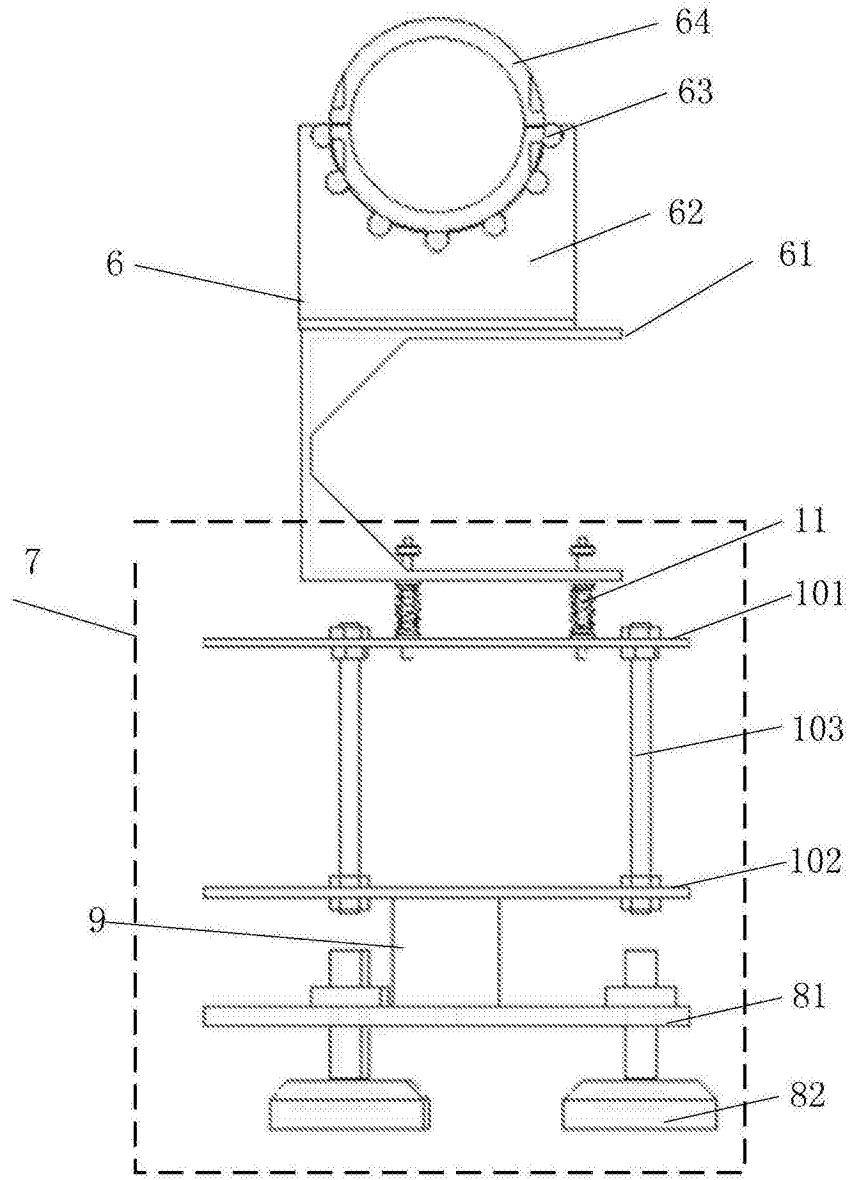


图4

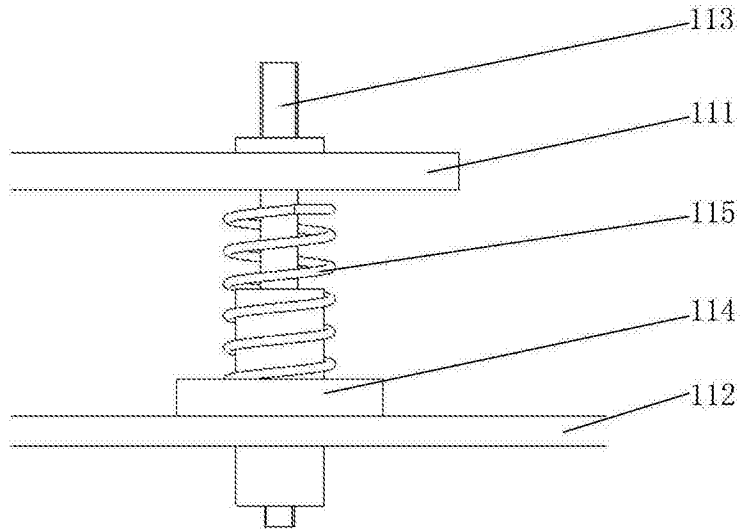


图5

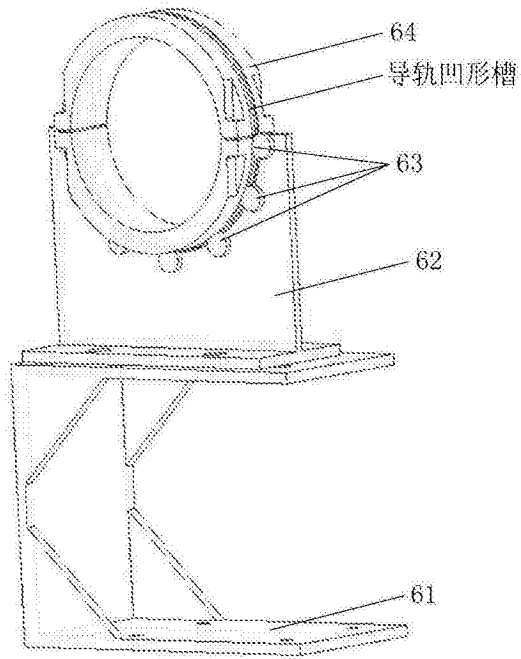


图6