



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104200715 A

(43) 申请公布日 2014. 12. 10

(21) 申请号 201410491964. 0

(22) 申请日 2014. 09. 23

(71) 申请人 北京控制工程研究所

地址 100080 北京市海淀区北京 2729 信箱

(72) 发明人 杨保华 张笃周 陈维山 石磊

金明河 马杰 管乐鑫

(74) 专利代理机构 中国航天科技专利中心

11009

代理人 安丽

(51) Int. Cl.

G09B 9/08 (2006. 01)

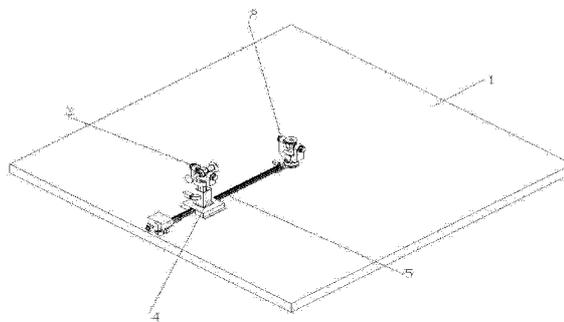
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种空间飞行器绕飞接近运动模拟器

(57) 摘要

本发明提供了一种空间飞行器绕飞接近运动模拟器,包括试验平台、目标飞行器运动模拟装置和追踪飞行器运动模拟装置,可实现对追踪飞行器与目标飞行器在轨绕飞接近过程中两飞行器各自绝对姿态运动和两飞行器之间相对位置运动的逼真模拟。该空间飞行器绕飞接近运动模拟器解决了现有的直线导轨式空间飞行器运动模拟器无法对追踪飞行器与目标飞行器在轨绕飞接近过程进行逼真模拟的不足,与气浮式空间飞行器运动模拟器相比具有准备操作简单、抗环境干扰能力强、模拟时间可控和模拟过程可精确复现等优点。



1. 一种空间飞行器绕飞接近运动模拟器,其特征在于包括:试验平台(1)、目标飞行器运动模拟装置和追踪飞行器运动模拟装置;其中目标飞行器运动模拟装置由第一三轴机械转台(2)实现;追踪飞行器运动模拟装置由第二三轴机械转台(3)、竖向位置运动模拟机构(4)和水平位置运动模拟机构(5)组成;

目标飞行器运动模拟装置的第一三轴机械转台(2)固定在试验平台(1)中部上表面,用于模拟追踪飞行器在轨对目标飞行器绕飞接近过程中目标飞行器俯仰、偏航和滚动三个姿态轴的绝对姿态运动;追踪飞行器运动模拟装置的第二三轴机械转台(3)安装在竖向位置运动模拟机构(4)上端,用于模拟追踪飞行器在轨对目标飞行器绕飞接近过程中追踪飞行器俯仰、偏航和滚动三个姿态轴的绝对姿态运动;竖向位置运动模拟机构(4)通过气浮基座安装在水平位置运动模拟机构(5)上,用于模拟追踪飞行器在轨对目标飞行器绕飞接近过程中两飞行器之间竖向的相对位置运动;水平位置运动模拟机构(5)的一端通过环形轴承安装在第一三轴机械转台(2)的底座上,另一端安装驱动小车,上表面通过纵向位置运动滑块安装竖向位置运动模拟机构的气浮基座,用于在试验平台(1)上模拟追踪飞行器在轨对目标飞行器绕飞接近过程中两飞行器之间纵向和横向的相对位置运动。

2. 根据权利要求1所述的一种空间飞行器绕飞接近运动模拟器,其特征在于:所述试验平台(1)为一块承载能力大于5T的宽大平台,上表面光滑平整无缝隙,与当地大地的水平度小于3",任意两点间的平整度小于10um。

3. 根据权利要求1所述的一种空间飞行器绕飞接近运动模拟器,其特征在于:所述第一三轴机械转台(2)和第二三轴机械转台(3)为立式结构。

4. 根据权利要求1所述的一种空间飞行器绕飞接近运动模拟器,其特征在于:所述第一三轴机械转台(2)包括转台底座(2-1)、偏航框架(2-2)、俯仰轴系伺服电机(2-3)、俯仰轴(2-4)、滚动轴系伺服电机(2-5)和滚动轴(2-6);

第一三轴转台的底座(2-1)内安装有用于驱动偏航框架(2-2)运动的偏航轴系伺服电机和测角元件;偏航框架(2-2)为U形框架,两耳端各开有用于安装俯仰轴系轴承、俯仰轴系伺服电机(2-3)和测角元件的安装孔;俯仰轴(2-4)为一字形轴,轴的两端安装于偏航框架(2-2)的安装孔内,中部开有用于安装滚动轴系轴承、滚动轴系伺服电机(2-5)和测角元件的安装孔;滚动轴(2-6)两端均设计有法兰盘,用于目标飞行器参试设备和配重砝码的装配。

5. 根据权利要求1所述的一种空间飞行器绕飞接近运动模拟器,其特征在于:所述竖向位置运动模拟机构(4)包括气浮基座(4-1)、气浮板(4-2)、竖向位置运动滑座(4-3)、竖向直线导轨(4-4)、齿条(4-5)、伺服电机(4-6)和直角减速机(4-7);

气浮基座(4-1)安装于水平位置运动模拟机构上;气浮板(4-2)位于气浮基座(4-1)底部,下表面布有数个喷气口,连接外部高压气源通过喷气口向下喷射高压空气,在气浮基座(4-1)和试验平台(1)之间形成空气静压膜,以减小摩擦力对气浮基座(4-1)在试验平台(1)上运动的影响;竖向位置运动滑座(4-3)通过竖向直线导轨(4-4)安装在气浮基座(4-1)内部,气浮基座(4-1)通过伺服电机(4-6)和直角减速机(4-7)驱动齿轮啮合安装在竖向位置运动滑座上的齿条(4-5),带动竖向位置运动滑座(4-3)沿竖向直线导轨(4-4)进行竖向位置运动。

6. 根据权利要求5所述的一种空间飞行器绕飞接近运动模拟器,其特征在于:所述第

二三轴机械转台 (3) 包括偏航轴系底座 (3-1)、偏航框架 (3-2)、俯仰轴系伺服电机 (3-3)、俯仰轴 (3-4)、滚动轴系伺服电机 (3-5) 和滚动轴 (3-6) ;

偏航轴系底座 (3-1) 安装在竖向位置运动模拟机构 (4) 的竖向位置运动滑座 (4-3) 上端, 内部安装有用于驱动偏航框架 (3-2) 运动的偏航轴系伺服电机和测角元件; 偏航框架 (3-2) 为 U 形框架, 两耳端各开有用于安装俯仰轴系轴承、俯仰轴系伺服电机 (3-3) 和测角元件的安装孔; 俯仰轴 (3-4) 为一字形轴, 轴的两端安装于偏航框架 (3-2) 的安装孔内, 中部开有用于安装滚动轴系轴承、滚动轴系伺服电机 (3-5) 和测角元件的安装孔; 滚动轴 (3-6) 两端设有法兰盘, 用于追踪飞行器参试设备和配重砝码的装配。

7. 根据权利要求 1 所述的一种空间飞行器绕飞接近运动模拟器, 其特征在于: 所述水平位置运动模拟机构 (5) 包括回转臂 (5-1)、纵向位置运动伺服电机 (5-5)、环形轴承 (5-6)、环形轴承设备负载座 (5-7)、驱动小车车体 (5-8)、回转臂末端设备负载座 (5-9)、驱动轮 (5-10)、从动轮 (5-11)、横向位置运动伺服电机 (5-12) 和减速机 (5-13); 回转臂 (5-1) 包括驱动皮带 (5-2)、纵向直线导轨 (5-3) 和纵向位置运动滑座 (5-4)。

驱动皮带 (5-2) 和纵向位置运动滑座 (5-4) 安装于纵向直线导轨 (5-3) 上; 驱动皮带 (5-2) 由纵向位置运动伺服电机 (5-5) 驱动, 用于带动固定安装在纵向位置运动滑座 (5-4) 上的竖向位置运动模拟机构 (4) 沿纵向直线导轨 (5-3) 做纵向位置运动; 环形轴承 (5-6) 的内环轴承安装在第一三轴机械转台底座 (2-1) 上, 外环轴承通过环形轴承设备负载座 (5-7) 与纵向直线导轨 (5-3) 固定连接; 驱动小车车体 (5-8) 固定安装在回转臂末端设备负载座 (5-9) 上; 驱动小车车体 (5-8) 下部装有一个驱动轮 (5-10) 和两个从动轮 (5-11); 驱动轮 (5-10) 由横向位置运动伺服电机 (5-12) 经减速机 (5-13) 驱动, 用于带动固定安装在纵向位置运动滑座 (5-4) 上的竖向位置运动模拟机构 (4) 围绕第一三轴机械转台底座 (2-1) 中心进行横向位置运动。

8. 根据权利要求 7 所述的一种空间飞行器绕飞接近运动模拟器, 其特征在于: 所述驱动轮 (5-10) 和从动轮 (5-11) 采用橡胶类非金属材料制成。

一种空间飞行器绕飞接近运动模拟器

技术领域

[0001] 本发明设计一种空间飞行器绕飞接近运动模拟器,属于航天技术地面物理仿真试验领域。

背景技术

[0002] 在航天技术地面物理仿真试验领域,国内外航天机构研制了多种运动模拟器用于对空间飞行器在轨的姿态运动和位置运动进行模拟。现有的空间飞行器运动模拟器按照模拟途径的不同可分为两大类,一类为直线导轨式空间飞行器运动模拟器,如美国利用工业机器人和直线导轨研制的 SUMO 运动模拟器和我国利用机械转台和直线导轨研制的九自由度运动模拟器;另一类为气浮式空间飞行器运动模拟器,如美国利用气浮平台和机械传动机构研制的 FRL 运动模拟器和美国利用多自由度气浮台研制的 FCT 运动模拟器。

[0003] 直线导轨式空间飞行器运动模拟器利用伺服电机的实时驱动控制运动模拟器的姿态模拟运动和位置模拟运动,可实现对追踪飞行器与目标飞行器在轨直线接近过程中两飞行器各自绝对姿态运动和两飞行器之间相对位置运动的逼真模拟。此类空间飞行器运动模拟器受到直线导轨机械结构的限制,无法实现对追踪飞行器与目标飞行器在轨绕飞接近过程中两飞行器之间横向相对位置运动的逼真模拟。气浮式空间飞行器运动模拟器携带有内装高压气体的储气瓶,利用喷气驱动或喷气与伺服电机的混合驱动实现运动模拟器在光滑平整试验场地表面上的姿态模拟运动和位置模拟运动,可实现对追踪飞行器在轨与目标飞行器直线接近过程和绕飞接近过程中两飞行器各自绝对姿态运动和绝对位置运动的逼真模拟。此类空间飞行器运动模拟器在实际应用过程中存在准备操作繁琐、模拟过程易受环境干扰、模拟时间较短和模拟过程不能精确复现等不足。

发明内容

[0004] 本发明的技术解决问题是:提供了一种空间飞行器绕飞接近运动模拟器,解决了现有的直线导轨式空间飞行器运动模拟器无法逼真模拟追踪飞行器与目标飞行器在轨绕飞接近过程中两飞行器之间横向相对位置运动的不足,与气浮式空间飞行器运动模拟器相比具有准备操作简单、抗环境干扰能力强、模拟时间可控和模拟过程可精确复现等优点。

[0005] 本发明技术方案:

[0006] 一种空间飞行器绕飞接近运动模拟器包括:试验平台、目标飞行器运动模拟装置和追踪飞行器运动模拟装置;其中目标飞行器运动模拟装置由第一三轴机械转台实现;追踪飞行器运动模拟装置由第二三轴机械转台、竖向位置运动模拟机构和水平位置运动模拟机构组成。

[0007] 目标飞行器运动模拟装置的第一三轴机械转台固定在试验平台中部上表面,用于模拟追踪飞行器在轨对目标飞行器绕飞接近过程中目标飞行器俯仰、偏航和滚动三个姿态轴的绝对姿态运动;追踪飞行器运动模拟装置的第二三轴机械转台安装在竖向位置运动模拟机构上端,用于模拟追踪飞行器在轨对目标飞行器绕飞接近过程中追踪飞行器俯仰、偏

航和滚动三个姿态轴的绝对姿态运动；竖向位置运动模拟机构通过气浮基座安装在水平位置运动模拟机构上，用于模拟追踪飞行器在轨对目标飞行器绕飞接近过程中两飞行器之间竖向的相对位置运动；水平位置运动模拟机构的一端通过环形轴承安装在第一三轴机械转台的底座上，另一端安装驱动小车，上表面通过纵向位置运动滑块安装竖向位置运动模拟机构的气浮基座，用于在试验平台上模拟追踪飞行器在轨对目标飞行器绕飞接近过程中两飞行器之间纵向和横向的相对位置运动。

[0008] 所述试验平台为一块承载能力大于 5T 的宽大平台，上表面光滑平整无缝隙，与当地大地的水平度小于 3"，任意两点间的平整度小于 10um。

[0009] 所述第一三轴机械转台和第二三轴机械转台为立式结构。

[0010] 所述第一三轴机械转台包括转台底座、偏航框架、俯仰轴系伺服电机、俯仰轴、滚动轴系伺服电机和滚动轴；

[0011] 第一三轴转台的底座内安装有用于驱动偏航框架运动的偏航轴系伺服电机和测角元件；偏航框架为 U 形框架，两耳端各开有用于安装俯仰轴系轴承、俯仰轴系伺服电机和测角元件的安装孔；俯仰轴为一字形轴，轴的两端安装于偏航框架的安装孔内，中部开有用于安装滚动轴系轴承、滚动轴系伺服电机和测角元件的安装孔；滚动轴两端均设计有法兰盘，用于目标飞行器参试设备和配重砝码的装配。

[0012] 所述竖向位置运动模拟机构包括气浮基座、气浮板、竖向位置运动滑座、竖向直线导轨、齿条、伺服电机和直角减速机；

[0013] 气浮基座安装于水平位置运动模拟机构上；气浮板位于气浮基座底部，下表面布有数个喷气口，连接外部高压气源通过喷气口向下喷射高压空气，在气浮基座和试验平台之间形成空气静压膜，以减小摩擦力对气浮基座在试验平台上运动的影响；竖向位置运动滑座通过竖向直线导轨安装在气浮基座内部，气浮基座通过伺服电机和直角减速机驱动齿轮啮合安装在竖向位置运动滑座上的齿条，带动竖向位置运动滑座沿竖向直线导轨进行竖向位置运动。

[0014] 所述第二三轴机械转台包括偏航轴系底座、偏航框架、俯仰轴系伺服电机、俯仰轴、滚动轴系伺服电机和滚动轴；

[0015] 偏航轴系底座安装在竖向位置运动模拟机构的竖向位置运动滑座上端，内部安装有用于驱动偏航框架运动的偏航轴系伺服电机和测角元件；偏航框架为 U 形框架，两耳端各开有用于安装俯仰轴系轴承、俯仰轴系伺服电机和测角元件的安装孔；俯仰轴为一字形轴，轴的两端安装于偏航框架的安装孔内，中部开有用于安装滚动轴系轴承、滚动轴系伺服电机和测角元件的安装孔；滚动轴两端设有法兰盘，用于追踪飞行器参试设备和配重砝码的装配。

[0016] 所述水平位置运动模拟机构包括回转臂、纵向位置运动伺服电机、环形轴承、环形轴承设备负载座、驱动小车车体、回转臂末端设备负载座、驱动轮、从动轮、横向位置运动伺服电机和减速机；回转臂包括驱动皮带、纵向直线导轨和纵向位置运动滑座。

[0017] 驱动皮带和纵向位置运动滑座安装于纵向直线导轨上；驱动皮带由纵向位置运动伺服电机驱动，用于带动固定安装在纵向位置运动滑座上的竖向位置运动模拟机构沿纵向直线导轨做纵向位置运动；环形轴承的内环轴承安装在第一三轴机械转台底座上，外环轴承通过环形轴承设备负载座与纵向直线导轨固定连接；驱动小车车体固定安装在回转臂末

端设备负载座上;驱动小车车体下部装有一个驱动轮和两个从动轮;驱动轮由横向位置运动伺服电机经减速机驱动,用于带动固定安装在纵向位置运动滑座上的竖向位置运动模拟机构围绕第一三轴机械转台底座中心进行横向位置运动。

[0018] 所述驱动轮和从动轮采用橡胶类非金属材料制成。

[0019] 本发明与现有技术相比取得的技术效果在于:

[0020] (1) 本发明提供一种空间飞行器绕飞接近运动模拟器实现了对追踪飞行器与目标飞行器在轨绕飞接近过程中两飞行器各自绝对姿态运动和两飞行器之间相对位置运动的逼真模拟。

[0021] (2) 本发明提供一种空间飞行器绕飞接近运动模拟器通过环形轴承和驱动小车实现了水平位置运动模拟机构围绕第一三轴机械转台底座中心的旋转运动,解决了现有的直线导轨式空间飞行器运动模拟器无法逼真模拟追踪飞行器与目标飞行器在轨绕飞接近过程中两飞行器之间横向相对位置运动的不足。

[0022] (3) 本发明提供一种空间飞行器绕飞接近运动模拟器通过伺服电机的实时驱动控制运动模拟器的姿态模拟运动和位置模拟运动,与采用喷气驱动的气浮式空间飞行器运动模拟器相比具有准备操作简单、抗环境干扰能力强、模拟时间可控和模拟过程可精确复现等优点。

[0023] (4) 本发明提供一种空间飞行器绕飞接近运动模拟器通过气浮基座下表面分布的喷气口向下喷射高压空气,在气浮基座和试验平台之间形成空气静压膜,解决了竖向位置运动模拟机构的重力对水平位置运动模拟机构运动产生的扰动影响。

附图说明

[0024] 图 1 为本发明空间飞行器绕飞接近运动模拟器的结构示意图;

[0025] 图 2 为本发明目标飞行器运动模拟装置三轴立式转台结构示意图;

[0026] 图 3 为本发明追踪飞行器运动模拟装置三轴立式转台和竖向位置运动模拟机构结构示意图;

[0027] 图 4 为本发明追踪飞行器运动模拟装置水平位置运动模拟机构环形轴承结构示意图;

[0028] 图 5 为本发明追踪飞行器运动模拟装置水平位置运动模拟机构驱动小车结构示意图;

[0029] 图 6 为本发明追踪飞行器运动模拟装置水平位置运动模拟机构回转臂结构示意图。

具体实施方式

[0030] 下面结合附图对本发明的结构组成做一进一步的解释和说明。

[0031] 如图 1 所示,一种空间飞行器绕飞接近运动模拟器,包括试验平台 1、目标飞行器运动模拟装置和追踪飞行器运动模拟装置;其中目标飞行器运动模拟装置由第一三轴机械转台 2 实现;追踪飞行器运动模拟装置由第二三轴机械转台 3、竖向位置运动模拟机构 4 和水平位置运动模拟机构 5 组成。

[0032] 目标飞行器运动模拟装置的第一三轴机械转台 2 固定在试验平台 1 中部上表面,

用于模拟追踪飞行器在轨对目标飞行器绕飞接近过程中目标飞行器俯仰、偏航和滚动三个姿态轴的绝对姿态运动；追踪飞行器运动模拟装置的第二三轴机械转台 3 安装在竖向位置运动模拟机构 4 上端，用于模拟追踪飞行器在轨对目标飞行器绕飞接近过程中追踪飞行器俯仰、偏航和滚动三个姿态轴的绝对姿态运动；竖向位置运动模拟机构 4 通过气浮基座安装在水平位置运动模拟机构 5 上，用于模拟追踪飞行器在轨对目标飞行器绕飞接近过程中两飞行器之间竖向的相对位置运动；水平位置运动模拟机构 5 一端通过环形轴承安装在第一三轴机械转台 2 的底座上，另一端安装驱动小车，上表面通过纵向位置运动滑块安装竖向位置运动模拟机构的气浮基座，用于在试验平台 1 上模拟追踪飞行器在轨对目标飞行器绕飞接近过程中两飞行器之间纵向和横向的相对位置运动。

[0033] 试验平台

[0034] 试验平台 1 为一块承载能力大于 5T 的宽大平台，上表面光滑平整无缝隙，与当地大地的水平度小于 3"，任意两点间的平整度小于 10um。

[0035] 第一三轴机械转台

[0036] 如图 2、4 所示，第一三轴机械转台 2 包括转台底座 2-1、偏航框架 2-2、俯仰轴系伺服电机 2-3、俯仰轴 2-4、滚动轴系伺服电机 2-5 和滚动轴 2-6；第一三轴机械转台 2 为立式结构。

[0037] 第一三轴转台的底座 2-1 内安装有用于驱动偏航框架 2-2 运动的偏航轴系伺服电机和测角元件；偏航框架 2-2 为 U 形框架，两耳端各开有用于安装俯仰轴系轴承、俯仰轴系伺服电机 2-3 和测角元件的安装孔；俯仰轴 2-4 为一字形轴，轴的两端安装于偏航框架 2-2 的安装孔内，中部开有用于安装滚动轴系轴承、滚动轴系伺服电机 2-5 和测角元件的安装孔；滚动轴 2-6 两端均设计有法兰盘，用于目标飞行器参试设备和配重砝码的装配。

[0038] 竖向位置运动模拟机构

[0039] 如图 3 所示，竖向位置运动模拟机构 4 包括气浮基座 4-1、气浮板 4-2、竖向位置运动滑座 4-3、竖向直线导轨 4-4、齿条 4-5、伺服电机 4-6 和直角减速机 4-7；

[0040] 气浮基座 4-1 安装于水平位置运动模拟机构上；气浮板 4-2 位于气浮基座 4-1 底部，下表面布有数个喷气口，连接外部高压气源通过喷气口向下喷射高压空气，在气浮基座 4-1 和试验平台 1 之间形成空气静压膜，以减小摩擦力对气浮基座 4-1 在试验平台 1 上运动的影响；竖向位置运动滑座 4-3 通过竖向直线导轨 4-4 安装在气浮基座 4-1 内部，气浮基座 4-1 通过伺服电机 4-6 和直角减速机 4-7 驱动齿轮啮合安装在竖向位置运动滑座上的齿条 4-5，带动竖向位置运动滑座 4-3 沿竖向直线导轨 4-4 进行竖向位置运动。

[0041] 第二三轴机械转台

[0042] 如图 3 所示，第二三轴机械转台 3 包括偏航轴系底座 3-1、偏航框架 3-2、俯仰轴系伺服电机 3-3、俯仰轴 3-4、滚动轴系伺服电机 3-5 和滚动轴 3-6；第二三轴机械转台 3 为立式结构。

[0043] 偏航轴系底座 3-1 安装在竖向位置运动模拟机构的竖向位置运动滑座 4-3 上端，内部安装有用于驱动偏航框架 3-2 运动的偏航轴系伺服电机和测角元件；偏航框架 3-2 为 U 形框架，两耳端各开有用于安装俯仰轴系轴承、俯仰轴系伺服电机 3-3 和测角元件的安装孔；俯仰轴 3-4 为一字形轴，轴的两端安装于偏航框架 3-2 的安装孔内，中部开有用于安装滚动轴系轴承、滚动轴系伺服电机 3-5 和测角元件的安装孔；滚动轴 3-6 两端设有法兰盘，

用于追踪飞行器参试设备和配重砝码的装配。

[0044] 水平位置运动模拟机构

[0045] 如图 4、5、6 所示,水平位置运动模拟机构 5 包括回转臂 5-1、纵向位置运动伺服电机 5-5、环形轴承 5-6、环形轴承设备负载座 5-7、驱动小车车体 5-8、回转臂末端设备负载座 5-9、驱动轮 5-10、从动轮 5-11、横向位置运动伺服电机 5-12 和减速机 5-13 ;回转臂 5-1 包括驱动皮带 5-2、纵向直线导轨 5-3 和纵向位置运动滑座 5-4。

[0046] 驱动皮带 5-2 和纵向位置运动滑座 5-4 安装于纵向直线导轨 5-3 上 ;驱动皮带 5-2 由纵向位置运动伺服电机 5-5 驱动,用于带动固定安装在纵向位置运动滑座 5-4 上的竖向位置运动模拟机构 4 沿纵向直线导轨 5-3 做纵向位置运动 ;环形轴承 5-6 的内环轴承安装在第一三轴机械转台底座 2-1 上,外环轴承通过环形轴承设备负载座 5-7 与纵向直线导轨 5-3 固定连接 ;驱动小车车体 5-8 固定安装在回转臂末端设备负载座 5-9 上 ;驱动小车车体 5-8 下部装有一个驱动轮 5-10 和两个从动轮 5-11 ;驱动轮 5-10 由横向位置运动伺服电机 5-12 经减速机 5-13 驱动,用于带动固定安装在纵向位置运动滑座上的竖向位置运动模拟机构围绕第一三轴机械转台底座 2-1 中心进行横向位置运动。

[0047] 驱动轮 5-10 和从动轮 5-11 采用橡胶类非金属材料制成。

[0048] 本发明未公开部分均为本领域技术人员所熟知的公知常识。

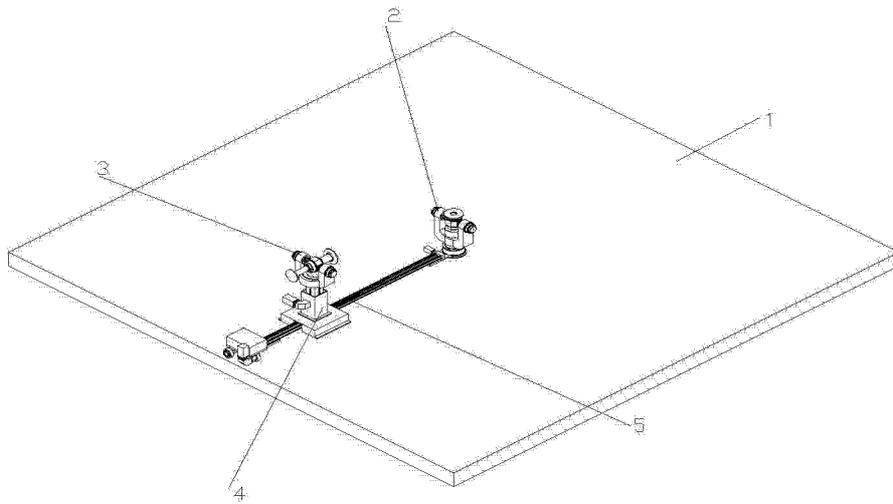


图 1

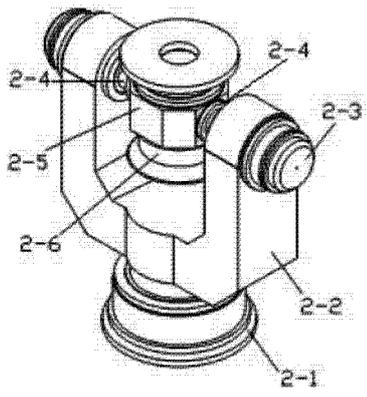


图 2

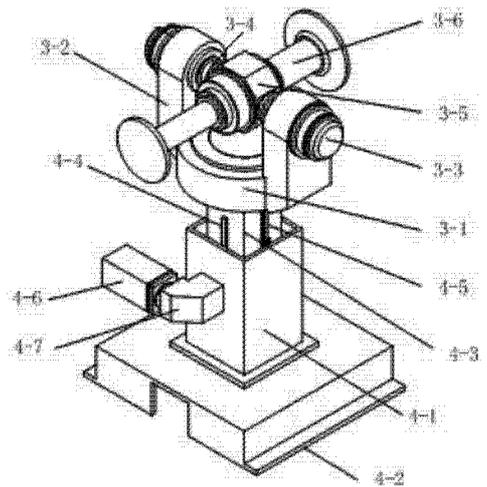


图 3

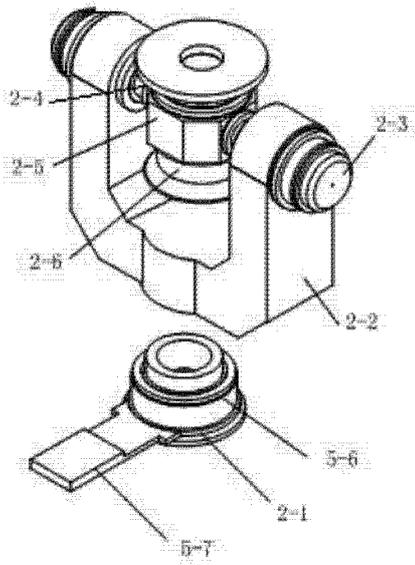


图 4

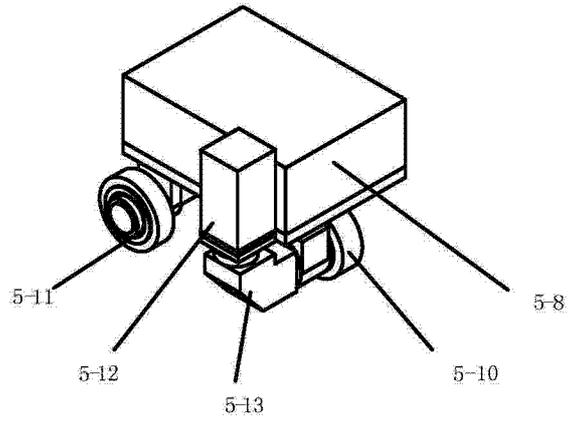


图 5

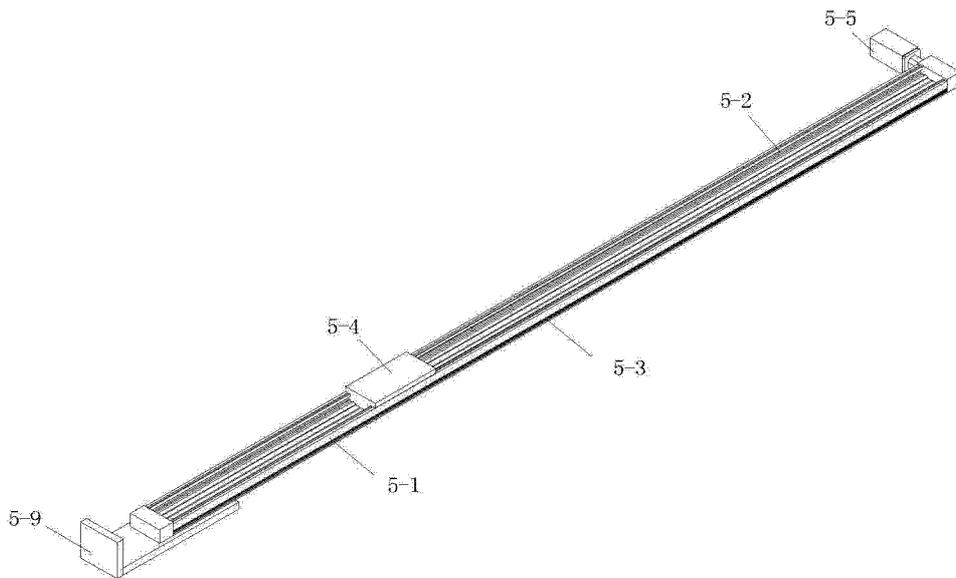


图 6