



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108827870 A

(43)申请公布日 2018.11.16

(21)申请号 201810270396.X

(22)申请日 2018.03.29

(71)申请人 西北工业大学

地址 710072 陕西省西安市友谊西路127号

(72)发明人 佟瑞庭 权泽芬 刘更 万琦

韩冰 杨小辉

(74)专利代理机构 西北工业大学专利中心

61204

代理人 吕湘连

(51) Int. Cl.

G01N 19/02(2006.01)

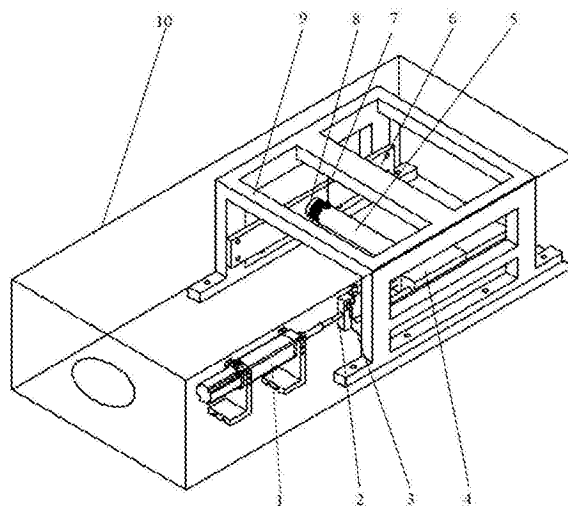
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

### (54)发明名称

一种可实现真空微重力环境模拟的摩擦试验装置及摩擦参数测试方法

### (57)摘要

本发明涉及一种可实现真空微重力环境模拟的摩擦试验装置,该试验台能同时模拟真空和微重力环境,在该环境下进行摩擦试验。整个装置放置在真空箱10中,通过悬吊法抵消摩擦试件8的重力,机电作动器1带动支撑套筒5作匀速运动,使得摩擦试件8与摩擦表面6发生相对运动,测量摩擦力之前,先用同等质量的盖螺母代替摩擦试件8测量运动过程中其他部件产生的阻力合力,再用总摩擦力减去阻力合力并求其平均值即为摩擦副的摩擦力,摩擦力与法向载荷的比值即为该条件下的摩擦系数。该装置可进行真空微重力环境下不同摩擦副、不同纹理表面、不同的相对运动速度以及不同载荷下的摩擦试验。本发明具有结构简单、不受时间限制、可更改性强、可靠性高和成本低等特点。



1. 一种可实现真空微重力环境模拟的摩擦试验装置,包括一个置于真空箱中的摩擦试验台,该装置通过悬吊法抵消摩擦试件重力作用,具体的,所述摩擦实验装置主要由机电作动器1、高精度拉压力传感器2、直线滑轨3、导轨滑块4、支撑套筒5、摩擦表面6、弹性吊绳7、摩擦试件8、机架9、真空箱10、垫片11、加载弹簧12和压力传感器13;整套装置放置在真空箱10中,机电作动器1将电机的旋转运动转换成直线运动输出,其输出端连接高精度拉压传感器2,高精度拉压传感器2与支撑套筒5的底座连接,支撑套筒5固定于直线滑轨3的导轨滑块4上,直线滑轨3安装于机架9上;弹性吊绳7上端固定于机架9,下端与支撑套筒5相连,用于抵消摩擦试件8的重力影响,支撑套筒5中装有加载弹簧12、垫片11和压力传感器13,加载弹簧12用于对摩擦试件8施加载荷,压力传感器13两端分别与摩擦试件8和垫片11相连接,用于测量摩擦试件8的法向载荷,摩擦试件8的一端与支撑套筒5为间隙配合,与摩擦试件8接触的摩擦表面6安装于机架9上;工作时,支撑套筒5在机电作动器1的驱动下沿直线滑轨3方向运动,从而使摩擦试件8在外载荷作用下与摩擦表面6发生相对运动。

2. 基于如权利要求1所述装置进行摩擦参数测试的方法,包括如下步骤:

步骤一:在测量摩擦试件8与摩擦表面6的摩擦力前,先测量弹性吊绳7与直线滑轨3产生的阻力合力,具体过程如下:不安装摩擦试件8,用与摩擦试件8质量相等的盖螺母,和支撑套筒5的外螺纹旋合,控制机电作动器1以位移模式匀速运动,记录一组高精度拉压传感器2的示数 $F_1$ ,即为弹性绳6与直线滑轨3产生的阻力合力;

步骤二:卸下盖螺母,在支撑套筒5中安装摩擦试件8,采用与步骤一相同的控制模式,得到一组高精度拉压传感器2的示数 $F_2$ ;

步骤三:步骤二获得的示数值 $F_2$ 减去对应的步骤一所得的阻力合力 $F_1$ 并求其平均值,即得到摩擦试件8与摩擦表面6的摩擦力;同时压力传感器13的示数即为法向载荷的大小,摩擦力与法向载荷的比值即为该条件下的摩擦系数。

## 一种可实现真空微重力环境模拟的摩擦试验装置及摩擦参数测试方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于机械工程技术领域,具体涉及一种可实现真空微重力环境模拟的摩擦试验装置及基于此装置的摩擦参数测试方法,应用于不同表面摩擦系数的检测。

### 背景技术

[0002] NASA的研究表明,相当比例的空间机械部件的失效与空间摩擦有关,降低空间机构相对运动表面的摩擦力对确保航天器的正常运行和延寿具有重要意义。航天器在太空中处于真空微重力环境,其摩擦状况与地面环境存在较大的差异,因而需要在地面模拟真空微重力环境进行不同摩擦副、不同表面状况、不同的相对运动速度以及不同载荷下的摩擦试验,为空间摩擦问题提供一定的理论依据,以减少由于空间摩擦导致的航天器故障。

[0003] 查阅文献发现常用的空间微重力环境地面模拟方法有:落塔法、抛物飞行法、悬吊法、水浮法和气浮法,由于落塔法和抛物飞行法的造价昂贵且系统复杂,水浮法易受水的阻力和紊流的影响且试件需要做专门的防水处理,以及气浮法对摩擦状况影响较大等不足,本发明采用悬吊法来模拟微重力环境,主要通过弹性吊绳的垂直拉力来平衡摩擦试件的重力,该方法有结构简单、操作方便以及成本低等优点。

[0004] 经文献检索发现,专利号为201310415789.2的专利“一种空间微重力环境地面模拟试验装置”,采用电机来实时调整吊绳的张力来进行重力补偿,以实现微重力模拟,但是该装置不能进行该环境下的摩擦试验。此外,现已有很多系统进行微重力环境的模拟,而目前尚无该环境下的摩擦试验装置。

### 发明内容

[0005] 本发明目的在于提供一种可实现真空微重力环境模拟的摩擦试验装置,该装置能够同时模拟真空和微重力环境,并能在该环境下进行摩擦试验,能够进行不同载荷、不同相对运动速度、不同摩擦副材料以及不同纹理表面的摩擦试验。

[0006] 本发明的技术方案是:一种可实现真空微重力环境模拟的摩擦试验装置,包括一个置于真空箱中的摩擦试验台,该装置通过悬吊法抵消摩擦试件重力作用,具体的,所述摩擦实验装置主要由机电作动器1、高精度拉压力传感器2、直线滑轨3、导轨滑块4、支撑套筒5、摩擦表面6、弹性吊绳7、摩擦试件8、机架9、真空箱10、垫片11、加载弹簧12和压力传感器13;整套装置放置在真空箱10中,机电作动器1将电机的旋转运动转换成直线运动输出,其输出端连接高精度拉压传感器2,高精度拉压传感器2与支撑套筒5的底座连接,支撑套筒5固定于直线滑轨3的导轨滑块4上,直线滑轨3安装于机架9上;弹性吊绳7上端固定于机架9,下端与支撑套筒5相连,用于抵消摩擦试件8的重力影响,支撑套筒5中装有加载弹簧12、垫片11和压力传感器13,加载弹簧12用于对摩擦试件8施加载荷,压力传感器13两端分别与摩擦试件8和垫片11相连接,用于测量摩擦试件8的法向载荷,摩擦试件8的一端与支撑套筒5为间隙配合,与摩擦试件8接触的摩擦表面6安装于机架9上。工作时,支撑套筒5在机电作动

器1的驱动下沿直线滑轨3方向运动,从而使摩擦试件8在外载荷作用下与摩擦表面6发生相对运动。

[0007] 基于上述装置进行摩擦参数测试的方法,包括如下步骤:

[0008] 步骤一:在测量摩擦试件8与摩擦表面6的摩擦力前,先测量弹性吊绳7与直线滑轨3产生的阻力合力,具体过程如下:不安装摩擦试件8,用与摩擦试件8质量相等的盖螺母,和支撑套筒5的外螺纹旋合,控制机电作动器1以位移模式匀速运动,记录一组高精度拉压传感器2的示数 $F_1$ ,即为弹性绳6与直线滑轨3产生的阻力合力;

[0009] 步骤二:卸下盖螺母,在支撑套筒5中安装摩擦试件8,采用与步骤一相同的控制模式,得到一组高精度拉压传感器2的示数 $F_2$ ;

[0010] 步骤三:步骤二获得的示数值 $F_2$ 减去对应的步骤一所得的阻力合力 $F_1$ 并求其平均值,即得到摩擦试件8与摩擦表面6的摩擦力;同时压力传感器13的示数即为法向载荷的大小,摩擦力与法向载荷的比值即为该条件下的摩擦系数。

[0011] 此外,还可以通过更换加载弹簧12来改变法向载荷,通过调整机电作动器1的运行速度,更改不同的摩擦副材料或不同的摩擦纹理表面来研究法向载荷、相对运动速度、摩擦副材料以及摩擦表面状况对摩擦系数的影响。

[0012] 本发明具有结构简单、不受时间限制、可更改性强、可靠性高和成本低等特点。

## 附图说明

[0013] 图1是本发明所述的可实现真空微重力环境模拟的摩擦试验装置的轴测图

[0014] 图2是本发明所述的除真空箱之外的其他零部件的轴测图

[0015] 图3是本发明所述的除真空箱和机架之外的其他零部件的轴测图

[0016] 图4是摩擦试件、支撑套筒及支撑套筒内部零件的剖面图

[0017] 其中:1-机电作动器;2-高精度拉压力传感器;3-直线滑轨;4-导轨滑块;5-支撑套筒;6-摩擦表面;7-弹性吊绳;8-摩擦试件;9-机架;10-真空箱;11-垫片;12-加载弹簧;13-压力传感器。

## 具体实施方式

[0018] 下面结合附图对本发明作详细的描述:

[0019] 一种可实现真空微重力环境模拟的摩擦试验装置,该摩擦试验台置于真空箱10中,并通过悬吊法抵消摩擦试件重力作用。其特征在于:试验台主要包括机电作动器1、高精度拉压力传感器2、直线滑轨3、导轨滑块4、支撑套筒5、摩擦表面6、弹性吊绳7、摩擦试件8、机架9、真空箱10、垫片11、加载弹簧12和压力传感器13构成。整套装置放置在真空箱10中,机电作动器1与高精度拉压传感器2连接,高精度拉压传感器2与支撑套筒5的底座连接,支撑套筒5固定于直线滑轨3的导轨滑块4上,弹性吊绳7上端固定于机架9上,下端与支撑套筒5连接,支撑套筒5中装有加载弹簧12、垫片11和压力传感器13,压力传感器13两端分别与摩擦试件8和垫片11相连,摩擦试件8的一端与支撑套筒5为间隙配合,摩擦表面6和直线滑轨3均安装于机架9上,此外支撑套筒5与摩擦试件8配合的端部加工有外螺纹。

[0020] 所述的机电作动器1将电机的旋转运动转换成直线运动,支撑套筒5在机电作动器1的驱动下运动,使摩擦试件8在外载荷作用下与摩擦表面6发生相对运动。

[0021] 所述的高精度拉压传感器2用于测量相对运动方向的切向摩擦力。

[0022] 所述的弹性吊绳7连接着支撑套筒5,用于平衡支撑套筒5及其内部的加载弹簧12、垫片11、压力传感器13以及支撑套筒端部的摩擦试件8的重力,以模拟微重力环境。

[0023] 所述的压力传感器13用于测量加载弹簧12施加给摩擦试件8的法向力。

[0024] 本发明的过程如下:试验测量摩擦试件8与摩擦表面6的摩擦力前,先测量弹性吊绳7与直线滑轨3产生的阻力合力。不安装摩擦试件8,采用与摩擦试件8质量相等的盖螺母和支撑套筒5外螺纹旋合,控制机电作动器1以位移模式匀速运动,高精度拉压传感器2的示数即为弹性吊绳6与直线滑轨3产生的阻力合力。卸下盖螺母,在支撑套筒5端部安装摩擦试件8,采用相同的控制模式得到高精度拉压传感器2的示数,此时获得的示数减去前面所得的阻力合力,即为摩擦试件8与摩擦表面6的摩擦力。机电作动器1虽然以匀速模式运动,但运动过程中弹簧吊绳7会发生倾斜,因而摩擦试件8与摩擦表面6相对运动以及安装盖螺母得到的各阻力合力的传感器示数都是随时间实时变化的,两者相减并求其平均值即可得到摩擦副的摩擦力。压力传感器13的示数即为摩擦试件8的法向载荷,摩擦力与法向载荷的比值即为该摩擦副在真空微重力环境中的摩擦系数。

[0025] 此外,还可以通过更换加载弹簧12来改变法向载荷,通过调整机电作动器1的运行速度、更改不同的摩擦副材料或不同的纹理表面等方式来研究法向载荷、相对运动速度、摩擦副材料以及纹理表面、各种不同因素对摩擦系数的影响。

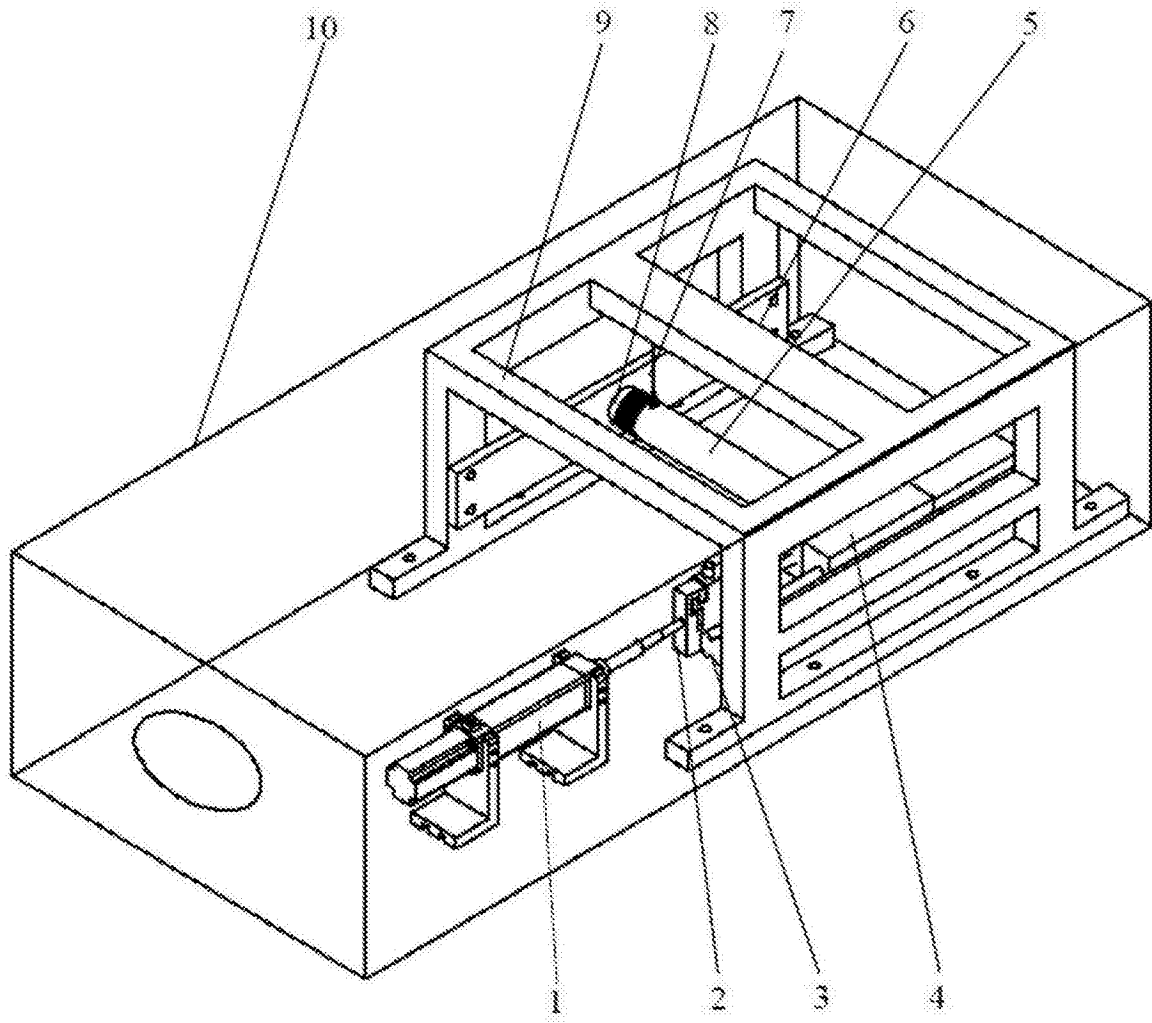


图1

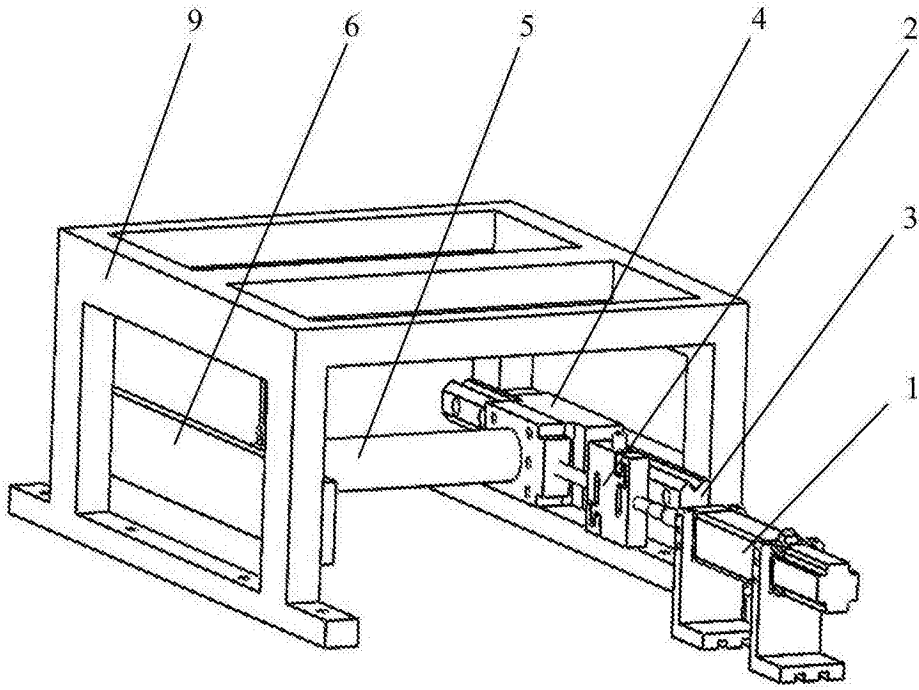


图2

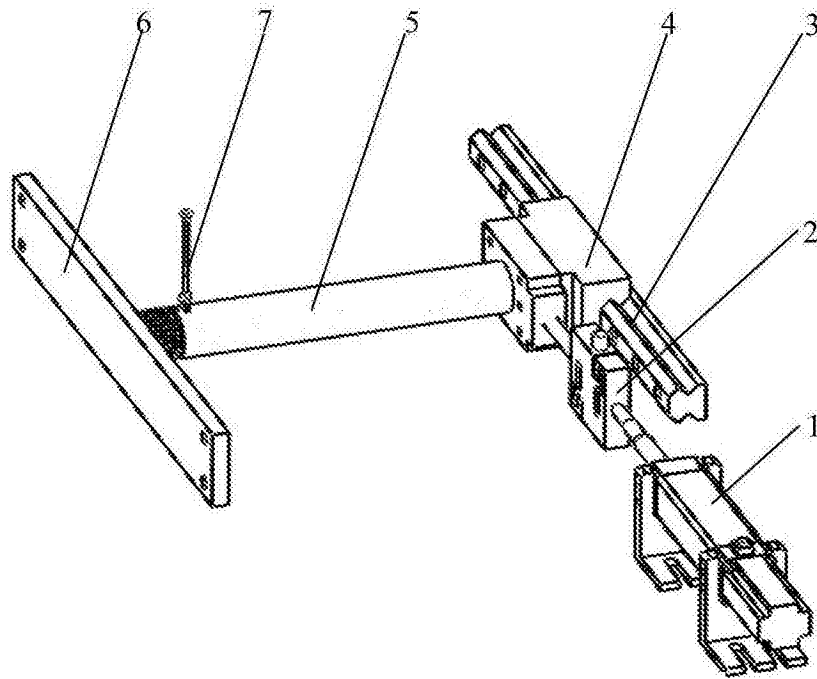


图3

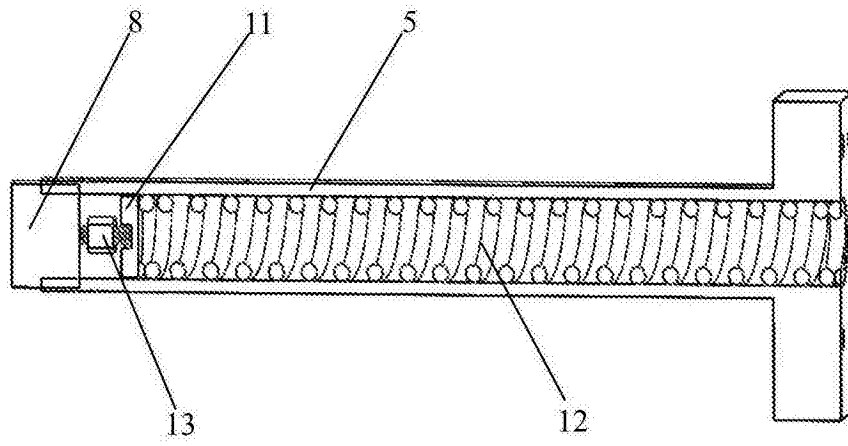


图4