



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114324332 B

(45) 授权公告日 2022. 09. 09

(21) 申请号 202111611459.1

审查员 李凤娇

(22) 申请日 2021.12.27

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 114324332 A

(43) 申请公布日 2022.04.12

(73) 专利权人 中国科学院力学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

(72) 发明人 刘秋生 解京昌 朱志强 林海

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理

事务所(普通合伙) 11390

专利代理师 焦海峰

(51) Int. Cl.

G01N 21/84 (2006.01)

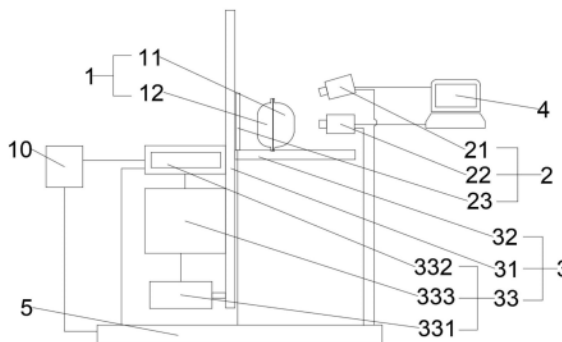
权利要求书3页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

一种微重力-变力环境中的空间流体管理试验装置

(57) 摘要

本发明公开了一种微重力-变力环境中的空间流体管理试验装置,包括变推力电推进机构、模拟试验贮箱、光学观测机构和数据终端,模拟试验贮箱与变推力电推进机构连接并在变推力电推进机构的带动下运动,光学观测机构设置在模拟试验贮箱的一侧且用于观测记录模拟试验贮箱的运动过程,数据终端与光学观测机构信号连接且用于采集并保存光学观测机构观测记录的信息。本发明通过光学观测机构和数据终端对在变推力电推进机构结合微重力实验设备营造的特殊组合力学试验环境中进行试验运动的模拟试验贮箱的试验运动过程进行观测记录并保存,以便后续对空间在轨推进剂流体的模拟运动过程进行研究处理。



1. 一种微重力-变力环境中的空间流体管理试验装置,其特征在于,包括设置在落舱内的变推力电推进机构(3)、模拟试验贮箱(1)、光学观测机构(2)和数据终端(4),所述模拟试验贮箱(1)在所述落舱内自由下落,

所述变推力电推进机构(3)用于给自由下落的所述模拟试验贮箱(1)提供变加速运动条件,使所述模拟试验贮箱(1)具有沿下落方向的加速度,所述光学观测机构(2)设置在所述模拟试验贮箱(1)的一侧且用于观测记录所述模拟试验贮箱(1)的运动过程,所述数据终端(4)与所述光学观测机构(2)信号连接且用于采集并保存所述光学观测机构(2)观测记录的信息;

还包括外部控制机构(5),所述外部控制机构(5)包括供电电源和外部触发单元,所述供电电源与所述光学观测机构(2)、所述数据终端(4)、所述变推力电推进机构(3)及所述外部触发单元连接,并为所述光学观测机构(2)、所述数据终端(4)、所述变推力电推进机构(3)及所述外部触发单元进行配电管理;

所述光学观测机构(2)及所述数据终端(4)与所述外部触发单元信号连接,所述外部触发单元被触发则表明所述模拟试验贮箱(1)进入模拟试验状态,且所述外部触发单元经外部触发信号触发后,向所述光学观测机构(2)和所述数据终端(4)发送控制指令,以调控所述光学观测机构(2)观测记录所述模拟试验贮箱(1)的运动过程,并同时调控所述数据终端(4)采集并保存所述光学观测机构(2)观测的信息;

所述变推力电推进机构(3)包括直线导轨(31)、载物台(32)和电机驱动单元(33),所述载物台(32)滑动安装在所述直线导轨(31)的一侧,所述电机驱动单元(33)连接在所述直线导轨(31)的另一侧;

所述模拟试验贮箱(1)设置在所述载物台(32)上且跟随所述载物台(32)移动,所述电机驱动单元(33)驱动所述载物台(32)沿所述直线导轨(31)变速移动,从而使所述模拟试验贮箱(1)变速运动;

在所述载物台(32)上设置有限位结构(6),在所述直线导轨(31)上设置有限位直道(301),所述限位结构(6)连接在所述限位直道(301)内以对所述载物台(32)进行限位,以使所述载物台(32)与所述直线导轨(31)保持相对静止;

所述限位结构(6)包括水平连接块(61)、限位槽块(62)和对接柱(63),在所述载物台(32)设置有安装槽(320),所述水平连接块(61)设置在所述安装槽(320)内,所述限位槽块(62)和所述对接柱(63)连接在所述水平连接块(61)上,且所述对接柱(63)设置在两侧所述限位槽块(62)之间,所述限位槽块(62)卡接在所述直线导轨(31)上;

所述限位直道(301)上直线排布有多个网格槽(310);

所述载物台(32)靠近所述直线导轨(31)的端部挖空段用以设置安装槽(320),所述安装槽(320)两侧的侧板连接到所述直线导轨(31)上,用以对接所述直线导轨(31)上为所述载物台(32)设置的滑道,而所述限位直道(301)设置在所述载物台(32)位于所述直线导轨(31)上的两边滑道之间,所述对接柱(63)插入所述网格槽(310)内,实现限位;

所述载物台(32)移动时,所述限位结构(6)不需要工作,所述限位结构(6)保持收缩在所述载物台(32)的所述安装槽(320)内,所述限位结构(6)工作时,两侧所述限位槽块(62)抵接在所述直线导轨(31)两侧,中间的所述对接柱(63)卡接进所述限位直道(301)内,以保持所述载物台(32)与所述直线导轨(31)相对静止。

2. 根据权利要求1所述的一种微重力-变力环境中的空间流体管理试验装置,其特征在于,所述外部触发单元包括计时模块、和PLC控制器,所述计时模块与所述PLC控制器电性连接;

在所述PLC控制器中预先设置有用于表示所述模拟试验贮箱(1)达到微重力试验状态的预设时间,所述计时模块用于统计所述模拟试验贮箱(1)运动时间,且当所述计时模块统计的运动时间达到所述预设时间时,所述计时模块形成所述外部触发信号并向所述PLC控制器发送所述外部触发信号,所述PLC控制器接收所述外部触发信号后形成控制指令,并同时向所述光学观测机构(2)和所述数据终端(4)发送所述控制指令以调控所述光学观测机构(2)和所述数据终端(4)开始工作。

3. 根据权利要求1所述的一种微重力-变力环境中的空间流体管理试验装置,其特征在于,在所述载物台(32)上设置有缓冲斜杆(7),在所述缓冲斜杆(7)端部设置有橡胶垫圈(9),所述缓冲斜杆(7)的一端连接在所述载物台(32)的侧部,所述缓冲斜杆(7)的另一端滑动安装在所述直线导轨(31)的侧部。

4. 根据权利要求2所述的一种微重力-变力环境中的空间流体管理试验装置,其特征在于,所述电机驱动单元(33)包括与所述PLC控制器电性连接的伺服电机(331),所述伺服电机(331)与所述直线导轨(31)连接,所述PLC控制器发送控制指令至所述伺服电机(331),所述伺服电机(331)按照所述控制指令带动所述载物台(32)变速移动;

在所述限位结构(6)上连接有微型驱动件(8),所述微型驱动件(8)安装在所述安装槽(320)内,所述PLC控制器与所述微型驱动件(8)连接,所述PLC控制器发送动作指令至所述微型驱动件(8),所述微型驱动件(8)驱动所述水平连接块(61)移动,以使所述限位槽块(62)和所述对接柱(63)向所述安装槽(320)内部方向移动或向靠近所述直线导轨(31)方向移动。

5. 根据权利要求1所述的一种微重力-变力环境中的空间流体管理试验装置,其特征在于,所述光学观测机构(2)包括第一相机(21)、第二相机(22)和背景光源(23);

所述第一相机(21)安装在所述模拟试验贮箱(1)的一侧,且所述第一相机(21)用于正面拍摄记录所述模拟试验贮箱(1),所述第二相机(22)与所述第一相机(21)安装在所述模拟试验贮箱(1)的同侧,且所述第二相机(22)用于俯视拍摄记录所述模拟试验贮箱(1);

所述背景光源(23)与所述第一相机(21)位于所述直线导轨(31)的同侧,且所述背景光源(23)与所述第一相机(21)位于所述模拟试验贮箱(1)的两侧,所述背景光源(23)用于给所述第一相机(21)和第二相机(22)提供背景光以得到清晰的观测图像。

6. 根据权利要求5所述的一种微重力-变力环境中的空间流体管理试验装置,其特征在于,所述数据终端(4)包括数据采集传输单元和数据存储单元,所述数据采集传输单元与所述第一相机(21)和所述第二相机(22)连接,且所述数据采集传输单元用于采集所述第一相机(21)和所述第二相机(22)的拍摄数据并将采集的所述拍摄数据传输至所述数据存储单元,所述数据存储单元用于存储接收的所述拍摄数据。

7. 根据权利要求1所述的一种微重力-变力环境中的空间流体管理试验装置,其特征在于,所述模拟试验贮箱(1)包括第一箱体(11)和第二箱体(12),所述第一箱体(11)和所述第二箱体(12)通过法兰连接固定,且所述第一箱体(11)和所述第二箱体(12)尺寸不同;

其中,所述第一箱体(11)与所述第二箱体(12)连接固定后使所述模拟试验贮箱(1)整

体为无色透明的柱状密封罐体,且所述模拟试验贮箱(1)的壁厚不超过两毫米。

## 一种微重力-变力环境中的空间流体管理试验装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及推进剂模拟试验技术领域,具体涉及一种微重力-变力环境中的空间流体管理试验装置。

### 背景技术

[0002] 根据航天器飞行过程中所受过载的情况,贮箱中流体的运动可分为失重、微重、低重、常重和超重数种工况,目前低重环境下充液贮箱小幅线性晃动的动力学特性研究比较成熟,其理论模型广泛应用于航天器的工程设计。

[0003] 但随着航天器的发展,高定位精度航天器贮箱内的液体晃动面临新问题,航天器具有较高的定位精度,在姿态机动稳定过程中,使得航天器贮箱面临微重力环境,贮箱内推进剂的表面张力影响开始显现,可能导致贮箱内推进剂的晃动呈现复杂运动学特性,对航天器的高精度姿态控制产生影响。

[0004] 尤其是在变加速度的情况下,如何进一步优化推进剂管理,研究推进剂设计间歇沉底的相关影响因素和规律已经成为目前面临的问题。因此,亟需一种在微重力-变加速情况下模拟研究推进剂管理的试验装置。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种微重力-变力环境中的空间流体管理试验装置,以解决现有技术中在微重力变加速情况下研究推进剂管理的技术问题。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明具体提供下述技术方案:

[0007] 一种落塔微-变重力环境的高精度变推力空间流体管理地基模拟试验装置,包括设置在落舱内的变推力电推进机构、模拟试验贮箱、光学观测机构和数据终端,所述模拟试验贮箱在所述落舱内自由下落;

[0008] 所述变推力电推进机构用于给自由下落的所述模拟试验贮箱通过变加速运动条件,施加沿下落方向的加速度,所述光学观测机构设置与所述模拟试验贮箱的一侧且用于观测记录所述模拟试验贮箱的运动过程,所述数据终端与所述光学观测机构信号连接且用于采集并保存所述光学观测机构观测记录的信息。

[0009] 作为本发明的一种优选方案,还包括外部控制机构,所述外部控制机构包括供电电源和外部触发单元,所述外部供电电源与所述光学观测机构、所述数据终端、所述变推力电推进机构及所述外部触发单元连接,并为所述光学观测机构、所述数据终端、所述变推力电推进机构及所述外部触发单元进行配电管理;

[0010] 所述光学观测机构及所述数据终端与所述外部触发单元信号连接,所述外部触发单元被触发则表明所述模拟试验贮箱进入模拟试验状态,且所述外部触发单元经外部触发信号触发后,向所述光学观测机构和所述数据终端发送控制指令,以调控所述光学观测机构观测记录所述模拟试验贮箱的运动过程,并同时调控所述数据终端采集并保存所述光学观测机构观测的信息。

[0011] 作为本发明的一种优选方案,所述外部触发单元包括计时模块、和PLC控制器,所述计时模块与所述PLC控制器电性连接;

[0012] 在所述PLC控制器中预先设置有用于表示所述模拟试验贮箱达到微重力试验状态的预设时间,所述计时模块用于统计所述模拟试验贮箱运动时间,且当所述计时模块统计的运动时间达到所述预设时间时,所述计时模块形成所述外部触发信号并向所述PLC控制器发送所述外部触发信号,所述PLC控制器接收所述外部触发信号后形成控制指令,并同时向所述光学观测机构和所述数据终端发送所述控制指令以调控所述光学观测机构和所述数据终端开始工作。

[0013] 作为本发明的一种优选方案,所述变推力电推进机构包括直线导轨、载物台和电机驱动单元,所述载物台滑动安装在所述直线导轨的一侧,所述电机驱动单元连接在所述直线导轨的另一侧;

[0014] 所述模拟试验贮箱设置在所述载物台上且跟随所述载物台移动,所述电机驱动单元驱动所述载物台沿所述直线导轨变速移动,从而使所述模拟试验贮箱变速运动;

[0015] 在所述载物台上设置有限位结构,在所述直线导轨上设置有限位直道,所述限位结构连接在所述限位直道内以对所述载物台进行限位,以使所述载物台与所述直线导轨保持相对静止。

[0016] 作为本发明的一种优选方案,所述限位结构包括水平连接块、限位槽块和对接柱,在所述载物台设置有安装槽,所述水平连接块设置在所述安装槽内,所述限位槽块和所述对接柱连接在所述水平连接块上,且所述对接柱设置在两侧所述限位槽块之间,在所述直线导轨上设置有限位直道,所述对接柱安装在所述限位直道内,所述限位槽块卡接在所述直线导轨上;

[0017] 其中,所述限位直道设置在所述载物台在所述直线导轨上的滑道之间,所述限位直道上直线排布有多个网格槽,所述对接柱贯穿安装在所述网格槽内。

[0018] 作为本发明的一种优选方案,在所述载物台上设置有缓冲斜杆,在所述缓冲斜杆端部设置有橡胶垫圈,所述缓冲斜杆的一端连接在所述载物台的侧部,所述缓冲斜杆的另一端滑动安装在所述直线导轨的侧部。

[0019] 作为本发明的一种优选方案,所述电机驱动单元包括控制器和与所述控制器电性连接的伺服电机,所述伺服电机与所述载物台连接,所述控制器发送控制指令至所述伺服驱动该电机,所述伺服电机按照所述控制指令带动所述载物台变速移动;

[0020] 在所述限位结构上连接有微型驱动件,所述微型驱动件安装在所述安装槽内,所述控制器与所述微型驱动件连接,所述控制器发送动作指令至所述微型驱动件,所述微型驱动件驱动所述水平连接块移动,以使所述限位槽块和所述对接柱向所述安装槽内部方向移动或向靠近所述直线导轨方向移动。

[0021] 作为本发明的一种优选方案,所述光学观测机构包括第一相机、第二相机和背景光源;

[0022] 所述第一相机安装在所述模拟试验贮箱的一侧,且所述第一相机用于正面拍摄记录所述模拟试验贮箱,所述第二相机与所述第一相机安装在所述模拟试验贮箱的同侧,且所述第二相机用于俯视拍摄记录所述模拟试验贮箱;

[0023] 所述背景光源与所述第一相机位于所述直线导轨的同侧,且所述背景光源与所述

第一相机位于所述模拟试验贮箱的两侧,所述背景光源用于给所述第一相机和第二相机提供背景光以得到清晰的观测图像。

[0024] 作为本发明的一种优选方案,所述数据终端包括数据采集传输单元和数据存储单元,所述数据采集传输单元与所述第一相机和所述第二相机连接,且所述数据采集传输单元用于采集所述第一相机和所述第二相机的拍摄数据并将采集的所述拍摄数据传输至所述数据存储单元,所述数据存储单元用于存储接收的所述拍摄数据。

[0025] 作为本发明的一种优选方案,所述模拟试验贮箱包括第一箱体和第二箱体,所述第一箱体和所述第二箱体通过法兰连接固定,且所述第一箱体和所述第二箱体尺寸不同;

[0026] 其中,所述第一箱体与所述第二箱体连接固定后使所述模拟试验贮箱整体为无色透明的柱状密封罐体,且所述模拟试验贮箱的壁厚不超过两毫米。

[0027] 本发明与现有技术相比较具有如下有益效果:

[0028] 本发明通过设置变推力电推进机构,并结合微重力实验设备营造出特殊的组合力学试验环境,设置的模拟试验贮箱用于贮存预定推进剂并在营造的试验环境中按照设定的行程和运动参数进行模拟运动,并通过设置的光学观测机构对模拟试验贮箱的运动过程进行观测记录,并由设置的数据终端对观测记录的信息进行采集传输和保存,以便后续对空间在轨推进剂流体的模拟运动过程进行研究处理。从而能够实现空间在轨推进剂流体间歇沉底设计等重定位过程相关影响因素和特殊规律的地基模拟试验研究。

## 附图说明

[0029] 为了更清楚地说明本发明的实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍。显而易见地,下面描述中的附图仅仅是示例性的,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据提供的附图引伸获得其它的实施附图。

[0030] 图1为本发明实施例提供的模拟装置整体结构示意图;

[0031] 图2为本发明实施例提供的限位结构的连接示意图;

[0032] 图3为本发明实施例提供的触发信号触发控制器时控制器的控制系统图(箭头表示信号传输路径);

[0033] 图4为本发明实施例提供的试验过程中光学观测机构和数据终端对模拟试验贮箱的运动过程进行观测记录时的数据信息的传输过程图;

[0034] 图中的标号分别表示如下:

[0035] 1-模拟试验贮箱;2-光学观测机构;3-变推力电推进机构;4-数据终端;

[0036] 5-外部控制机构;6-限位结构;7-缓冲斜杆;8-微型驱动件;9-橡胶垫圈;10-逆变器;

[0037] 11-第一箱体;12-第二箱体;21-第一相机;22-第二相机;23-背景光源;

[0038] 31-直线导轨;32-载物台;33-电机驱动单元;41-数据采集传输单元;42-数据存储单元;61-水平连接块;62-限位槽块;63-对接柱;

[0039] 301-限位直道;310-网格槽;320-安装槽;331-伺服电机;332-人机交互界面;333-电机驱动器;521-计时模块;522-PLC控制器。

## 具体实施方式

[0040] 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,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。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。

[0041] 如图1所示,本发明提供了一种微重力-变力环境中的空间流体管理试验装置,包括设置在落舱内的变推力电推进机构3、模拟试验贮箱1、光学观测机构2和数据终端4,模拟试验贮箱1在落舱内自由下落。

[0042] 变推力电推进机构3用于给自由下落的模拟试验贮箱1通过变加速运动条件(主要是施加沿下落方向的加速度),光学观测机构2设置在模拟试验贮箱1的一侧且用于观测记录模拟试验贮箱1的运动过程,数据终端4与光学观测机构2信号连接且用于采集并保存光学观测机构2观测记录的信息。

[0043] 本发明主要通过变推力电推进机构3在微重力实验设备(如3.5秒自由下落时间落塔)中通过营造微重力、低重力和变重力的特殊组合力学试验环境,并将装入预定内推剂的模拟试验贮箱1放置在创造的力学试验环境中进行实验,通过光学观测机构2和数据终端4对实验过程及实验运动数据进行记录保存,以便于后续通过图片和运动数据研究流体的运动过程,从而实现空间在轨推进剂流体间歇沉底设计等重定位过程相关影响因素和特殊规律的地基模拟试验研究。

[0044] 需要强调的是模拟试验贮箱1是研究对象-流体的载体,拍摄照片主要是为了清晰观测到关键时间点时模拟试验贮箱1内流体的变化规律。

[0045] 模拟试验贮箱1是试验开展的核心,本发明实施方式中,模拟试验贮箱1采用缩比模型,并能贮存不同填充比的实验工质。在试验前,在常重力环境中,在模拟试验贮箱1内装入预设填充比的试验工质,再将模拟试验贮箱1放入落塔中,以备试验。

[0046] 为了便于控制和调整试验过程,本发明中的试验装置还包括外部控制机构5,外部控制机构5用于控制试验过程和给试验装置供电。

[0047] 外部控制机构5包括供电电源和外部触发单元,外部供电电源与光学观测机构2、数据终端4、变推力电推进机构3及外部触发单元连接,并为光学观测机构2、数据终端4、变推力电推进机构3及外部触发单元进行配电管理。

[0048] 光学观测机构2及数据终端4与外部触发单元信号连接,外部触发单元被触发则表明模拟试验贮箱1进入模拟试验状态,且外部触发单元经外部触发信号触发后,向光学观测机构2和数据终端4发送控制指令,以调控光学观测机构2观测记录模拟试验贮箱1的运动过程,并同时调控数据终端4采集并保存光学观测机构2观测的信息。

[0049] 本实施例中,供电电源包括多组电池组,电池组可实现12VDC和24VDC直流供电,多组电池组电性连接逆变器10,逆变器10与变推力电推进机构3连接,逆变器10将电池组的直流电转换成220V交流电并给变推力电推进机构3供电。

[0050] 其中,外部触发单元包括计时模块和PLC控制器,计时模块与PLC控制器电性连接,再配合多路继电器以实现试验进程中实验装置内部部件的时序控制。当模拟试验贮箱1自由下落进入微重力状态时,外部输入信号触发并将信号传递给PLC控制器。

[0051] 在本发明实施方式中提供了一种判定微重力状态的方式:即通过时间设定模拟试



验贮箱1是否处于微重力状态。

[0052] 例如,通过优先次实验得到模拟试验贮箱1自由下落 $t$ 秒后可进入微重力状态,则可在PLC控制器上设定 $T$ 秒,整个设备气动 $t$ 秒后,外部输入信号就将信号传递给PLC控制器。

[0053] 因此,具体提供以下实施方式实现上述过程:

[0054] 在PLC控制器中预先设置有用于表示模拟试验贮箱1达到微重力试验状态的预设时间,计时模块用于统计模拟试验贮箱1运动时间,且当计时模块统计的运动时间达到预设时间时,计时模块形成外部触发信号并向PLC控制器发送外部触发信号,PLC控制器接收外部触发信号后形成控制指令,并同时向光学观测机构2和数据终端4发送控制指令以调控光学观测机构2和数据终端4开始工作。

[0055] 本发明主要通过变推力电推进机构3在微重力实验设备(如3.5秒自由下落时间落塔)中通过营造微重力、低重力和变重力的特殊组合力学试验环境。

[0056] 本发明中需要对模拟试验贮箱1提供微重力变速运动条件,原理方式为:变推力电推进机构3对在落舱在自由下落的模拟试验贮箱1施加沿运动方向的加速度。模拟试验贮箱1内装入内推剂后,被装入落舱内,为其提供变速运动条件的变推力电推进机构3、和对模拟试验贮箱1进行观测记录的光学观测机构2也放入落舱中固定。

[0057] 变推力电推进机构3包括直线导轨31、载物台32和电机驱动单元33,载物台32滑动安装在直线导轨31的一侧,电机驱动单元33连接在直线导轨31的另一侧;模拟试验贮箱1设置在载物台32上且跟随载物台32移动,电机驱动单元33驱动载物台32沿直线导轨31变速移动,从而使模拟试验贮箱1变速运动。

[0058] 载物台带动试验模拟贮箱在竖直方向的变速试验过程包括多个变速运动阶段,因自身重力影响,每次变速或停止时,载物台很难即可停止,容易造成上一运动阶段对下一运动阶段运动时间的挤占,会出现运动阶段延长并且时间顺延的情况,尤其会造成试验贮箱运动到滑轨两端端部时的观测结果出现较严重偏差。

[0059] 为此,本实施方式在载物台32上设置有限位结构6,在直线导轨31上设置有限位直道301,限位结构6连接在限位直道301内以对载物台32进行限位,以使载物台32与直线导轨31保持相对静止。

[0060] 本发明实施例通过在载物台32上设置限位结构6,在每次变速或停止运动时,限位结构6及时将载物台32限位固定连接在直线导轨31上,快速使载物台32与直线导轨31保持相对静止,降低因惯性运动对变速运动阶段分配造成的影响,减小试验偏差。

[0061] 具体地,如图2中所示,限位结构6包括水平连接块61、限位槽块62和对接柱63,在载物台32设置有安装槽320,水平连接块61设置在安装槽320内,限位槽块62和对接柱63连接在水平连接块61上,且对接柱63设置在两侧限位槽块62之间,在直线导轨31上设置有限位直道301,对接柱63安装在限位直道301内,限位槽块62卡接在直线导轨31上。

[0062] 载物台32移动时,限位结构6不需要工作,限位结构6保持收缩在载物台的安装槽320内,限位结构工作时,两侧限位槽块62抵接在直线导轨31两侧,中间的对接柱63卡接进限位直道301内,以保持载物台32与直线导轨31相对静止。

[0063] 其中,限位直道301设置在载物台32在直线导轨31上的滑道之间,限位直道301上直线排布有多个网格槽310,对接柱63贯穿安装在网格槽310内。载物台32靠近直线导轨31的端部挖空段用以设置安装槽320,而安装槽320两侧的侧板连接到直线导轨31上,用以对

接直线导轨31上为载物台32设置的滑道,而限位直道301设置在载物台32位于直线导轨31上的两边滑道之间。这样,两侧限位槽块62抵接在边滑道上,对接柱63插入网格槽310内,实现限位,让载物台32迅速停止。

[0064] 进一步地,在载物台32上设置斜向缓冲杆和缓冲垫对载物台32进行缓冲,避免因限位影响模拟试验贮箱内流体的正常试验状态。

[0065] 具体地,在载物台32上设置有缓冲斜杆7,在缓冲斜杆7端部设置有橡胶垫圈9,缓冲斜杆7的一端连接在载物台32的侧部,缓冲斜杆7的另一端滑动安装在直线导轨31的侧部。斜向设置的缓冲斜杆7、载物台32与直线导轨31之间形成三角结构,在载物台32因惯性具有向下移动趋势时,缓冲斜杆7缓冲承担此惯性力并将其传导给直线导轨31,减小对试验贮箱内流体状态的影响。橡胶垫圈9用于减轻缓冲斜杆7与载物台32及直线导轨31之间的相互作用力。

[0066] 限位结构6可以采用机械传动的形式,也可以采用电控的形式,但为了使限位结构6能够及时应对载物台32的状态变化,本实施例优先采用电控形式,主要动作过程简述如下:

[0067] 在限位结构6上连接有微型驱动件8,微型驱动件8安装在安装槽320内,PLC控制器与微型驱动件8电性连接。

[0068] 在载物台保持运动状态时,微型驱动件8不工作,限位结构6保持收缩在安装槽320内。

[0069] 在载物台32变速间隙需要停顿时,PLC控制器发送动作指令至微型驱动件8,微型驱动件8开启工作并驱动水平连接块61、限位槽块62和对接柱63向靠近直线导轨31方向移动,使限位槽块62抵接直线导轨31,对接柱63插入网格槽310内,从而将载物台32加固连接在直线导轨31上。

[0070] 在载物台32开启新的一段变速运动时,PLC控制器发送动作指令至微型驱动件8,微型驱动件8驱动水平连接块61向安装槽320内部方向移动,再次保持收缩在安装槽320内,避免影响载物台32运动。

[0071] 本实施方式中,微型驱动件8采用微型电机,在微型电机7的输出轴上连接一根传动杆,微型驱动件8通过传动杆驱动水平连接块61移动。例如,微型驱动件8的传动轴长轴方向水平连接块61的移动方向垂直,就可以采用L形传动杆对传动轴的传动力进行改向,以便适配驱动水平连接块61。又如,传动杆可以设置为伸缩形式,以便适应限位结构6水平移动时与安装槽320之间的距离变化。

[0072] 电机驱动单元33包括与PLC控制器电性连接的伺服电机331,还包括人机交互界面332和电机驱动器333,人机交互界面332和伺服电机331与电机驱动器333连接,人机交互界面332和电机驱动器333与PLC控制器连接,伺服电机331与直线导轨31连接,PLC控制器发送控制指令至伺服电机331,伺服电机331按照控制指令带动载物台32变速移动。

[0073] 其中,可视化的人机交互界面332用于实验前设置伺服电机331的运行行程和运动参数,工作人员可通过可视化的人机交互界面332接口手动控制参数的设定,并保持变推力电推进机构3的上电待机状态,此为现有技术,本实施例中不再赘述。电机驱动器333用于在试验过程中驱动伺服电机331运动,伺服电机331用于驱动载物台32和模拟试验贮箱1完成试验所需的运动。

[0074] 结合图3中所示,在试验过程中,PLC控制器按照在可视化的人机交互界面332内设置的运行行程和运动参数控制电机驱动器333输出动作,从而调控伺服电机331驱动模拟试验贮箱1运动,例如,计时模块达到预设时间,触发PLC控制器按照时序通过电机驱动器333控制伺服电机331进行设定的直线加速运动,进而驱动模拟试验贮箱1完成试验所需的运动。

[0075] 并且,逆变器10将电池组直流电转换成交流电后给电机驱动器333和伺服电机331供电,使得发明装置不需要额外通入交流电源,只需要准备一定的电池组即可。

[0076] 模拟试验贮箱1的试验过程主要通过光学观测机构2观测记录,并通过数据终端4采集并保存信息。

[0077] 光学观测机构2包括第一相机21、第二相机22和背景光源23,第一相机21安装在模拟试验贮箱1的一侧,且第一相机21用于正面拍摄记录模拟试验贮箱1,第二相机22与第一相机21安装在模拟试验贮箱1的同侧,且第二相机22用于俯视拍摄记录模拟试验贮箱1。通过设置两个相机,实现多角度观测,清晰反映模拟试验贮箱1内汽/液形位变化和变推力重定位过程。

[0078] 其中,背景光源23与第一相机21位于直线导轨31的同侧,且背景光源23与第一相机21位于模拟试验贮箱1的两侧,背景光源23用于给第一相机21和第二相机22提供背景光以得到清晰的观测图像。

[0079] 此外,光学观测机构2还包括监控相机,监控相机也设置在落舱内并用于监测实验进程中本实验装置内各部件的实时状态。

[0080] 本实施方式中,第一相机21采用高速数字CCD,高速数字CCD设有短焦镜头。具体地,高速数字CCD采用加拿大DALSA公司的CR-GM00-H1020,分辨率为1024\*768\*8bit,像素尺寸为 $7.4\mu\text{m}\times 7.4\mu\text{m}$ ,采集速率最大至117fps,外形尺寸为 $29\times 44\times 67\text{mm}^3$ ,重量小于125g,功耗小于4W,利用千兆网口传输,利用此高速数字CCD,可将施加推力后储液罐内液体的重定位过程时间分辨尺度精确到0.01s量级;第二相机22采用模拟CCD,模拟CCD分辨率为720\*576\*8bit,帧频为25fps。

[0081] 背景光源23选用白色发光片,并且白色发光片的尺寸远大于模拟试验贮箱1的尺寸,使得模拟试验贮箱1的投影完全投射在白色发光片上,从而提供光强均匀的背景光,以便CCD相机拍摄到清晰显示气液两相的分界面的图片。

[0082] 数据终端4包括数据采集传输单元和数据存储单元,数据采集传输单元与第一相机21和第二相机22连接,且数据采集传输单元用于采集第一相机21和第二相机22的拍摄数据并将采集的拍摄数据传输至数据存储单元,数据存储单元用于存储接收的拍摄数据。

[0083] 本实施例中,数据终端4具体选用笔记本电脑,实际使用过程中,笔记本电脑应选取轻便且隔振的型号。常规笔记本电脑均具有数据存储功能,固数据存储单元本实施例中不做赘述。数据采集传输单元包括采集软件和传输线缆,用于采集CCD相机的拍摄数据并将拍摄数据传输到数据终端,采集软件可设置采集帧率和采集帧数。

[0084] 在进入微重力环境前,数据采集传输单元进行采集帧率和采集帧数设置,并保持数据采集传输单元的上电和等待外触发信号状态;通过外部控制机构5开启第一相机21、第二相机22和背景光源23,并控制变推力电推进机构3的各部件确定在初始位置并保持上电状态。

[0085] 进入微重力环境和运动过程中时,外触发信号触发两台相机工作,采集软件开始控制相机拍摄模拟试验贮箱1内推进剂的流动过程的图片,并通过千兆网线缆采集拍摄图片存储在笔记本电脑的内存中,以便于后续通过图片研究流体的运动过程,运动过程中信息的拍摄采集传输过程如图4中所示。

[0086] 根据以上运动中拍摄模拟试验贮箱1的运动过程并研究流体运动的思想,在本实施方式中,对模拟试验贮箱1进行限定,以得到尽可能清晰准确的实验图片和数据结果。

[0087] 具体地,模拟试验贮箱1包括半圆形的第一箱体11和半圆形的第二箱体12,第一箱体11和第二箱体12通过法兰连接固定,且法兰偏心设计,且第一箱体11和第二箱体12尺寸不同,便于准确捕捉模型贮箱最大轮廓处的气液界面变化。

[0088] 进一步地,第一箱体11与第二箱体12优先选用无色透明的有机玻璃材质,且连接固定后使模拟试验贮箱1整体为无色透明的柱状密封罐体,便于清晰显示液气位形变化。

[0089] 更进一步地,模拟试验贮箱1的壁厚不超过两毫米,以最大限度减小光学折射带来的视觉误差。

[0090] 需要说明的是,在本文中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。

[0091] 以上实施例仅为本申请的示例性实施例,不用于限制本申请,本申请的保护范围由权利要求书限定。本领域技术人员可以在本申请的实质和保护范围内,对本申请做出各种修改或等同替换,这种修改或等同替换也应视为落在本申请的保护范围内。

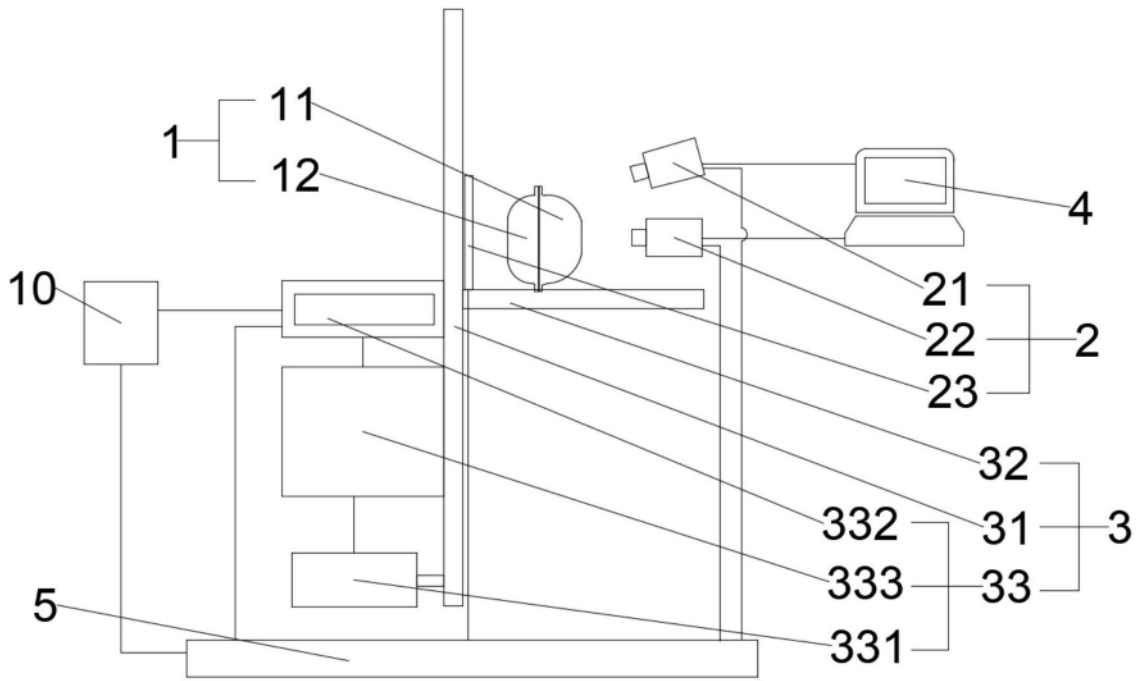


图1

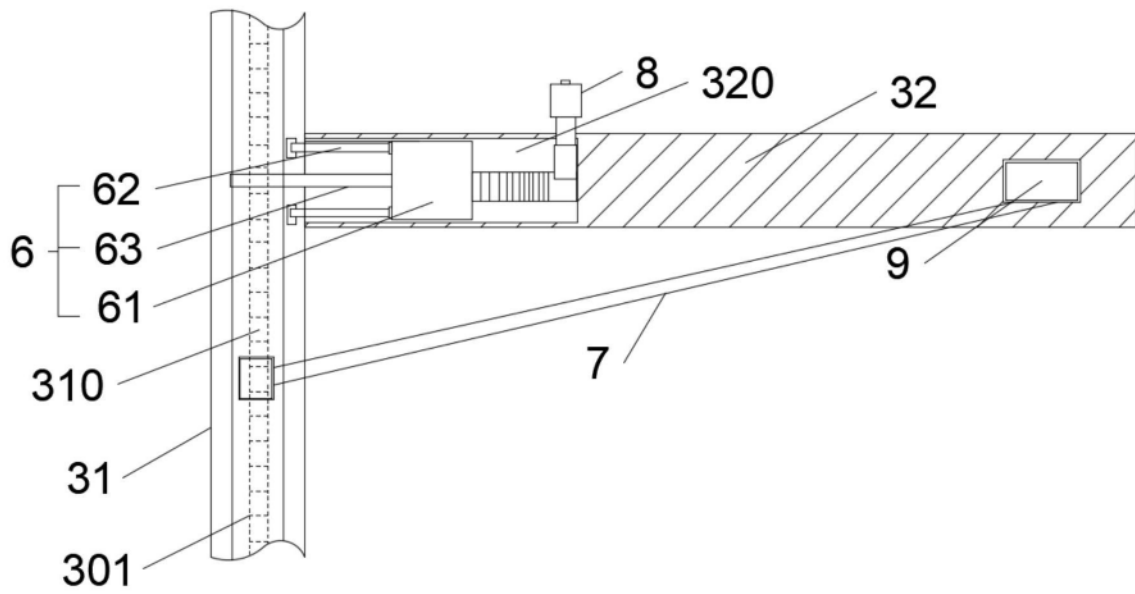


图2

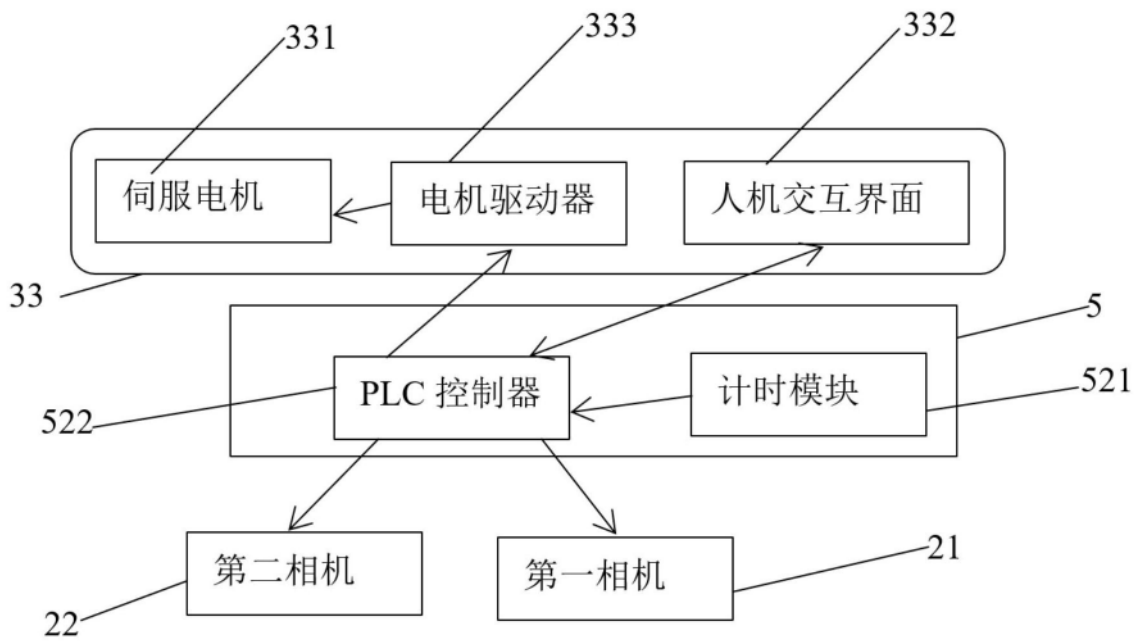


图3

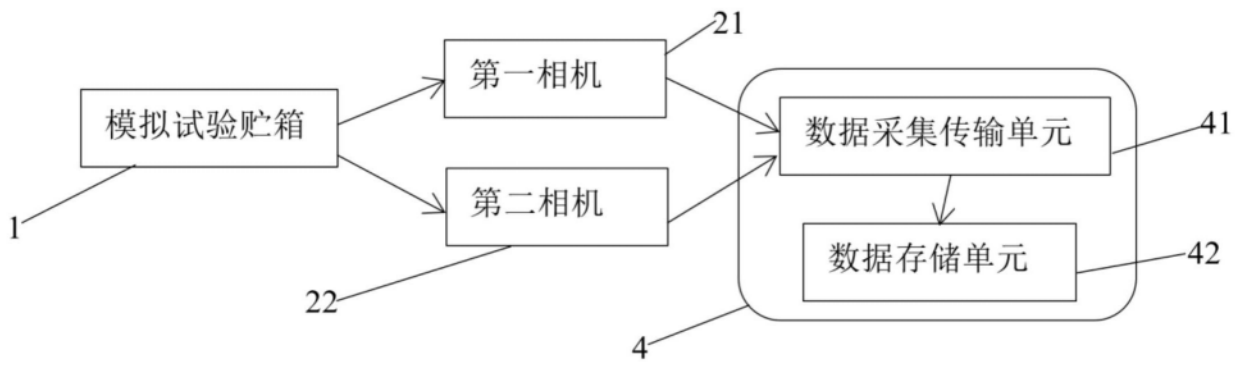


图4