(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 119079155 A
(43)申请公布日 2024.12.06

(21)申请号 202411146868.2

(22)申请日 2024.08.21

(71)申请人 上海航天控制技术研究所
地址 201109 上海市闵行区中春路1555号

(72)发明人 刘礼城 徐文涛 董晋芳 龚腾上 徐晨

(74)专利代理机构 中国航天科技专利中心 11009
专利代理师 马全亮

(51)Int.Cl.
B64G 7/00(2006.01)

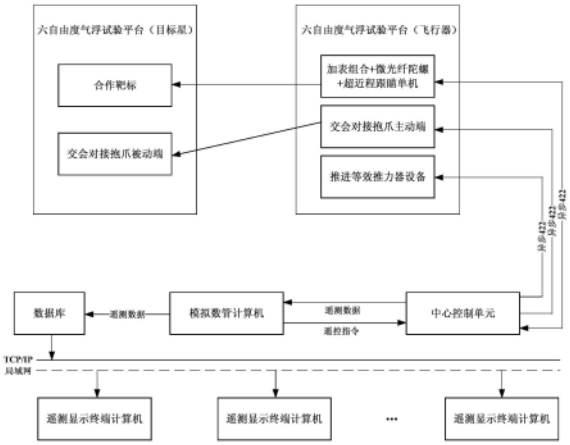
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

一种交会对接全物理闭环试验系统及方法

(57)摘要

一种交会对接全物理闭环试验系统及方法，包括星上产品和地面设备两大部分。星上包含：中心控制单元、交会对接抱爪、超近程跟瞄单机、合作靶标、加表组合和微光纤陀螺。地面包含：双六自由度气浮平台、推进等效推力器设备、模拟数管计算机、遥测显示终端计算机、数据库。本发明利用双六自由度气浮试验平台，模拟了太空交会对接的失重环境，对星上产品的功能性能进行有效性的验证。此外，将星上产品的数据通过气浮仿真环境接入GNC控制系统的闭环，对星上产品与GNC控制系统的匹配性及控制系统的性能及鲁棒性进行有效验证，可以验证交会对接抱爪是否依据星上逻辑时序，进行精确的张开和闭合。该试验系统和方法可用于交会对接任务的地面全物理闭环试验。



CN 119079155 A

1.一种交会对接全物理闭环试验系统,其特征在于包括:星上产品和地面设备;所述星上产品包括:中心控制单元、交会对接抱爪、超近程跟瞄单机、合作靶标、加表组合和微光纤陀螺;所述地面设备包括:两个六自由度气浮试验平台、推进等效推力器设备、模拟数管计算机、遥测显示终端计算机以及数据库;

两个六自由度气浮试验平台分别为飞行器气浮试验平台和目标星气浮试验平台,分别用于模拟太空交会对接失重环境下的飞行器及目标星;其中,飞行器气浮试验平台上安装有中心控制单元、交会对接抱爪主动端、超近程跟瞄单机、加表组合、微光纤陀螺和推进等效推力器设备;目标星气浮试验平台上安装有交会对接抱爪被动端和合作靶标;

交会对接抱爪包括交会对接主动端和被动端,其中交会对接抱爪主动端接收GNC的指令,进行张开和闭合,与交会对接抱爪被动端抱爪配合,完成飞行器与目标星的对接;

超近程跟瞄单机由远近场相机和交会雷达组成,与合作靶标配合,完成相对位置和相对姿态的测量,测量结果作为GNC相对导航解算的输入;

加表组合和微光纤陀螺分别用来对飞行器加速度及角速度进行测量,测量结果作为GNC控制的解算输入;

中心控制单元运行GNC软件,负责其他星上产品数据的采集、进行相对导航控制的计算,最终将得到的喷气脉宽发送给推进等效推力器设备执行;

推进等效推力器设备用于代替真实推力器,通过阀门的开关,执行GNC输出的喷气脉宽,将自身携带的氮气喷出,产生相应的控制力及控制力矩;

模拟数管计算机将地面上注的遥控指令发送至中心控制单元执行,同时对中心控制单元中GNC软件发送的遥测数据进行解包,并将解包后的遥测数据发送至数据库进行保存;

遥测显示终端计算机从数据库中读取数据,实时显示及事后回放遥测数据,对整个全物理闭环测试系统的状态进行监测。

2.根据权利要求1所述的一种交会对接全物理闭环试验系统,其特征在于:所述交会对接抱爪主动端、超近程跟瞄单机、加表组合和微光纤陀螺均按照真实布局关系安装在模拟飞行器的飞行器气浮试验平台上,飞行器气浮试验平台按照飞行器真实质量和惯量进行设置,确保全物理闭环试验状态与实际一致。

3.根据权利要求1所述的一种交会对接全物理闭环试验系统,其特征在于:所述交会对接抱爪被动端、合作靶标按照真实布局关系安装在模拟目标星的目标星气浮试验平台上,推进等效推力器设备按照飞行器推力器布局安装在模拟飞行器的飞行器气浮试验平台上。

4.一种基于权利要求1所述的交会对接全物理闭环试验系统实现的交会对接全物理闭环试验方法,其特征在于包括:

S1、搭建全物理闭环试验系统;

S2、星上产品及地面设备上电运行;

S3、产品测量数据接入全物理闭环试验系统:中心控制单元接收单机输出的数据,进行相对导航及控制的计算,将输出的喷气脉宽发送给推进等效推力器设备执行,驱动模拟飞行器的气浮试验平台位置和姿态的运动,完成交会对接任务;

S4、通过遥测显示终端计算机对中心控制单元GNC软件输出的飞行器轨道、姿态及喷气数据遥测值进行判读,对交会对接全物理闭环试验进行评价。

5.根据权利要求4所述的交会对接全物理闭环试验方法,其特征在于:搭建全物理闭环

试验系统时,

交会对接抱爪主动端、超近程跟瞄单机、加表组合、微光纤陀螺及推进等效推力器设备按照真实布局关系安装在飞行器气浮试验平台上;连接交会对接抱爪主动端、超近程跟瞄单机、加表组合和微光纤陀螺与中心控制单元之间的异步422线缆;将交会对接抱爪被动端、合作靶标按照真实布局关系安装在目标星气浮试验平台上;飞行器气浮试验平台按照飞行器真实质量和惯量来设置,确保全物理闭环试验状态与实际一致;目标星气浮试验平台静止不动,移动飞行器气浮试验平台至初始位置。

6.根据权利要求4所述的交会对接全物理闭环试验方法,其特征在于:所述星上产品及地面设备上电运行,具体为:

运行数据库、遥测显示终端计算机和模拟数管计算机的相应程序,使得遥测显示终端计算机获取数据库的数据,并进行显示;

中心控制单元上电,GNC软件初始化运行;超近程跟瞄单机和合作靶标上电,超近程跟瞄单机输出相对位置和相对姿态测量值;加表组合和微光纤陀螺上电,测量飞行器的加速度和角速度;交会对接主动端抱爪上电,准备接收GNC发送的闭合指令并执行;推进等效推力器设备上电,准备接收并执行GNC发送的喷气脉宽。

7.根据权利要求4所述的交会对接全物理闭环试验方法,其特征在于:所述产品测量数据接入全物理闭环试验系统,具体为:

中心控制单元接收超近程跟瞄单机、加表组合和微光纤陀螺的数据,进行相对导航和控制的计算,将得到的喷气脉宽发送给推进等效推力器设备;推进等效推力器设备通过阀门的开关,执行GNC输出的喷气脉宽,将自身携带的氮气喷出,产生相应的控制力及控制力矩,通过飞行器气浮试验平台位置和姿态的运动,实现对飞行器与目标星相对位置和相对姿态进行控制;当相对位置、速度、角度和角速度满足交会对接条件后,GNC发送交会对接抱爪主动端闭合指令,交会对接抱爪主动端与交会对接抱爪被动端锁紧连接,完成交会对接任务。

8.根据权利要求4所述的交会对接全物理闭环试验方法,其特征在于:所述对交会对接全物理闭环试验进行评价,具体为:评价包括相对姿态控制控制精度、相对轨道控制精度及确定燃料消耗量。

9.根据权利要求8所述的交会对接全物理闭环试验方法,其特征在于:中心控制单元GNC软件输出的控制姿态角和控制姿态角速度用来评价相对姿态的控制精度,输出的编队位置速度与相对导航的位置速度差值用来评价相对轨道控制的精度;通过遥测数据中的相应参数确定燃料消耗量。

一种交会对接全物理闭环试验系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种交会对接全物理闭环试验系统及方法,具体在双六自由度气浮平台模拟太空失重环境下的交会对接全物理闭环试验方法。

背景技术

[0002] 空间交会对接任务需要飞行器完成与目标星的零距离逼近停靠,交会对接末端需要进行相对姿态和相对轨道的控制,尤其针对采用交会对接主被动端抱爪这种对接机制的飞行器,其抱爪容差相比于机械臂机制的飞行器要小很多,对飞行器提出了高精度、高稳定度的相对姿态和相对轨道的控制需求。在GNC方案设计上,需要在高精度、高稳定度的控制与整个系统的鲁棒性之间进行权衡。为了交会对接任务的安全,需要对GNC软件进行充分的考验验证。

[0003] 相比于加表组合和微光纤陀螺等成熟的惯性测量产品,超近程跟瞄单机需要完成高精度、高动态的相对位置和相对姿态测量,产品研制难度较大,地面需要对产品的功能性能进行试验验证,同时需要将产品测量数据接入GNC控制系统的闭环,对超近程跟瞄单机与GNC控制系统的匹配性进行地面验证。GNC的半物理闭环仿真系统无法将超近程跟瞄单机针对真实合作靶标的测量数据引入闭环,通常只能通过单机的地测接口进行动力学数据转发或者通过接目标电模拟器的方式进行半物理闭环。同时由于半物理闭环仿真系统是通过动力学来驱动,质量、惯量、喷气模拟的准确度及GNC控制策略的可靠度也亟待进一步验证。

发明内容

[0004] 本发明的技术解决问题是:针对目前技术的不足,提供了一种交会对接全物理闭环试验系统及方法,采用双六自由度气浮平台模拟太空失重环境,将真实产品的实际测量数据引入GNC控制系统的闭环,解决了现有GNC半物理仿真系统无法对产品的功能性能进行全面验证的问题。通过准确的质量、惯量及喷气的模拟,达到对GNC软件控制策略的充分验证。

[0005] 本发明采用的技术解决方案是:

[0006] 一方面,本发明提出了一种交会对接全物理闭环试验系统,包括:星上产品和地面设备;所述星上产品包括:中心控制单元、交会对接抱爪、超近程跟瞄单机、合作靶标、加表组合和微光纤陀螺;所述地面设备包括:两个六自由度气浮试验平台、推进等效推力器设备、模拟数管计算机、遥测显示终端计算机以及数据库;

[0007] 两个六自由度气浮试验平台分别为飞行器气浮试验平台和目标星气浮试验平台,分别用于模拟太空交会对接失重环境下的飞行器及目标星;其中,飞行器气浮试验平台上安装有中心控制单元、交会对接抱爪主动端、超近程跟瞄单机、加表组合、微光纤陀螺和推进等效推力器设备;目标星气浮试验平台上安装有交会对接抱爪被动端和合作靶标;

[0008] 交会对接抱爪包括交会对接主动端和被动端,其中交会对接抱爪主动端接收GNC的指令,进行张开和闭合,与交会对接抱爪被动端抱爪配合,完成飞行器与目标星的对接;

[0009] 超近程跟瞄单机由远近场相机和交会雷达组成,与合作靶标配合,完成相对位置和相对姿态的测量,测量结果作为GNC相对导航解算的输入;

[0010] 加表组合和微光纤陀螺分别用来对飞行器加速度及角速度进行测量,测量结果作为GNC控制的解算输入;

[0011] 中心控制单元运行GNC软件,负责其他星上产品数据的采集、进行相对导航控制的计算,最终将得到的喷气脉宽发送给推进等效推力器设备执行;

[0012] 推进等效推力器设备用于代替真实推力器,通过阀门的开关,执行GNC输出的喷气脉宽,将自身携带的氮气喷出,产生相应的控制力及控制力矩;

[0013] 模拟数管计算机将地面上注的遥控指令发送至中心控制单元执行,同时对中心控制单元中GNC软件发送的遥测数据进行解包,并将解包后的遥测数据发送至数据库进行保存;

[0014] 遥测显示终端计算机从数据库中读取数据,实时显示及事后回放遥测数据,对整个全物理闭环测试系统的状态进行监测。

[0015] 进一步的,所述交会对接抱爪主动端、超近程跟瞄单机、加表组合和微光纤陀螺均按照真实布局关系安装在模拟飞行器的飞行器气浮试验平台上,飞行器气浮试验平台按照飞行器真实质量和惯量进行设置,确保全物理闭环试验状态与实际一致。

[0016] 进一步的,所述交会对接抱爪被动端、合作靶标按照真实布局关系安装在模拟目标星的目标星气浮试验平台上,推进等效推力器设备按照飞行器推力器布局安装在模拟飞行器的飞行器气浮试验平台上。

[0017] 第二方面,本发明还提出一种交会对接全物理闭环试验方法,包括如下步骤:

[0018] S1、搭建全物理闭环试验系统;

[0019] S2、星上产品及地面设备上电运行;

[0020] S3、产品测量数据接入全物理闭环试验系统:中心控制单元接收单机输出的数据,进行相对导航及控制的计算,将输出的喷气脉宽发送给推进等效推力器设备执行,驱动模拟飞行器的气浮试验平台位置和姿态的运动,完成交会对接任务;

[0021] S4、通过遥测显示终端计算机对中心控制单元GNC软件输出的飞行器轨道、姿态及喷气数据遥测值进行判读,对交会对接全物理闭环试验进行评价。

[0022] 进一步的,搭建全物理闭环试验系统时,

[0023] 交会对接抱爪主动端、超近程跟瞄单机、加表组合、微光纤陀螺及推进等效推力器设备按照真实布局关系安装在飞行器气浮试验平台上;连接交会对接抱爪主动端、超近程跟瞄单机、加表组合和微光纤陀螺与中心控制单元之间的异步422线缆;将交会对接抱爪被动端、合作靶标按照真实布局关系安装在目标星气浮试验平台上;飞行器气浮试验平台按照飞行器真实质量和惯量来设置,确保全物理闭环试验状态与实际一致;目标星气浮试验平台静止不动,移动飞行器气浮试验平台至初始位置。

[0024] 进一步的,所述星上产品及地面设备上电运行,具体为:

[0025] 运行数据库、遥测显示终端计算机和模拟数管计算机的相应程序,使得遥测显示终端计算机获取数据库的数据,并进行显示;

[0026] 中心控制单元上电,GNC软件初始化运行;超近程跟瞄单机和合作靶标上电,超近程跟瞄单机输出相对位置和相对姿态测量值;加表组合和微光纤陀螺上电,测量飞行器的

加速度和角速度;交会对接主动端抱爪上电,准备接收GNC发送的闭合指令并执行;推进等效推力器设备上电,准备接收并执行GNC发送的喷气脉宽。

[0027] 进一步的,所述产品测量数据接入全物理闭环试验系统,具体为:

[0028] 中心控制单元接收超近程跟瞄单机、加表组合和微光纤陀螺的数据,进行相对导航和控制的计算,将得到的喷气脉宽发送给推进等效推力器设备;推进等效推力器设备通过阀门的开关,执行GNC输出的喷气脉宽,将自身携带的氮气喷出,产生相应的控制力及控制力矩,通过飞行器气浮试验平台位置和姿态的运动,实现对飞行器与目标星相对位置和相对姿态进行控制;当相对位置、速度、角度和角速度满足交会对接条件后,GNC发送交会对接抱爪主动端闭合指令,交会对接抱爪主动端与交会对接抱爪被动端锁紧连接,完成交会对接任务。

[0029] 进一步的,所述对交会对接全物理闭环试验进行评价,具体为:评价包括相对姿态控制控制精度、相对轨道控制精度及确定燃料消耗量。

[0030] 中心控制单元GNC软件输出的控制姿态角和控制姿态角速度用来评价相对姿态的控制精度,输出的编队位置速度与相对导航的位置速度差值用来评价相对轨道控制的精度;通过遥测数据中的相应参数确定燃料消耗量。

[0031] 本发明与现有技术相比的有益效果是:

[0032] (1)本发明利用双六自由度气浮平台,对太空交会对接的失重环境进行了模拟,使得地面试验更接近于真实在轨情况。

[0033] (2)本发明利用真实超近程跟瞄单机对真实合作靶标产品进行相对位置和相对姿态的测量,对单机产品的功能性能进行了充分的验证,并将超近程跟瞄单机的实际测量数据引入全物理闭环试验系统,充分验证了超近程跟瞄单机与GNC软件的匹配性。

[0034] (3)本发明通过推进等效推力器设备实现对六自由度气浮平台相对位置和相对姿态的驱动控制,结合星上产品测量及GNC软件控制策略的计算,实现了交会对接全物理的闭环试验。通过准确的质量、惯量及喷气的模拟,达到对GNC软件的充分验证。

[0035] (4)本发明可应用于交会对接全物理闭环试验,试验系统简单、试验方法流程清晰,易于实践且可以进行性能的定量评估,具有一定的推广价值。

附图说明

[0036] 图1为本发明的交会对接全物理闭环试验系统示意图;

[0037] 图2为本发明的交会对接全物理闭环试验方法流程图。

具体实施方式

[0038] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,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。

[0039] 本发明提供了一种交会对接全物理闭环试验系统,解决了现有半物理仿真系统无法将产品实际测量数据引入闭环控制,且质量、惯量及喷气模拟不够准确的问题。

[0040] 具体的,如图1所示,本发明提出的一种交会对接全物理闭环试验系统,星上产品

和地面设备两大部分。

[0041] 星上产品包含:中心控制单元、交会对接抱爪、超近程跟瞄单机、合作靶标、加表组合和微光纤陀螺。中心控制单元运行GNC软件,负责其他星上产品数据的采集、进行相对导航控制的计算,最终将得到的喷气脉宽发送给推进等效推力器设备执行;

[0042] 交会对接抱爪包括交会对接主动端抱爪和被动端抱爪,其中主动端抱爪接收GNC的指令,进行张开和闭合,与被动端抱爪配合,完成飞行器与目标星的对接;

[0043] 超近程跟瞄单机由远近场相机和交会雷达组成,与合作靶标配合,完成相对位置和相对姿态的测量,测量结果做为GNC相对导航解算的输入;

[0044] 加表组合和微光纤陀螺分别用来对飞行器加速度及角速度进行测量,测量结果做为GNC控制的解算输入。

[0045] 地面设备包含:双六自由度的气浮试验平台、推进等效推力器设备、模拟数管计算机、遥测显示终端计算机、数据库及电源。

[0046] 双六自由度的气浮试验平台创造了太空交会对接的失重环境,分别用来进行飞行器及目标星的模拟,其中模拟飞行器的气浮试验平台安装有中心控制单元、交会对接主动端抱爪、超近程跟瞄单机、加表组合、微光纤陀螺和推进等效推力器设备。模拟目标星的气浮试验平台安装有交会对接被动端抱爪和合作靶标;

[0047] 推进等效推力器设备用来代替真实推力器的功能,通过阀门的开关,执行GNC输出的喷气脉宽,将自身携带的氮气喷出,产生相应的控制力及控制力矩;

[0048] 模拟数管计算机将地面上注的指令发送至中心控制单元执行,同时对中心控制单元中GNC软件发送的遥测数据进行解包,并将解包后的遥测数据发送至数据库进行保存;

[0049] 遥测显示终端计算机从数据库中读取数据,实时显示及事后回放遥测数据,对整个全物理闭环测试系统的状态进行监测;

[0050] 电源用来对星上产品及地面设备进行供电,保证产品及设备正常运行。

[0051] 进一步地,所述星上产品均按照真实布局关系安装在模拟飞行器的气浮试验平台上,气浮试验平台按照飞行器真实质量和惯量来设置,确保全物理闭环试验状态与实际一致。

[0052] 进一步地,推进等效推力器设备按照真实布局关系安装在模拟飞行器的气浮试验平台上,用来代替真实推力器的功能,通过阀门的开关,将自身携带的氮气喷出,产生相应的控制力及控制力矩。

[0053] 本发明还提出一种交会对接全物理闭环试验方法,流程图如附图2所示,具体步骤如下所示:

[0054] S1、全物理闭环试验系统搭建

[0055] 模拟目标星的气浮试验平台静止不动,移动模拟飞行器的气浮试验平台至初始位置。交会对接主动端抱爪、超近程跟瞄单机、加表组合、微光纤陀螺及推进等效推力器设备按照真实布局关系安装在模拟飞行器的气浮试验平台上。连接交会对接主动端抱爪、超近程跟瞄单机、加表组合和微光纤陀螺与中心控制单元之间的异步422线缆。将交会对接被动端抱爪、合作靶标按照真实布局关系安装在模拟目标星的气浮试验平台上。气浮试验平台按照飞行器真实质量和惯量来设置,确保全物理闭环试验状态与实际一致。

[0056] 此外通过电源对所有单机产品及地面设备进行供电。

[0057] S2、星上产品及地面设备的运行

[0058] 运行数据库、遥测显示终端计算机和模拟数管计算机的相应程序,使得遥测显示终端计算机可以获取数据库的数据,并进行显示。

[0059] 中心控制单元上电,GNC软件初始化运行;超近程跟瞄单机和合作靶标上电,超近程跟瞄单机输出相对位置和相对姿态测量值;加表组合和微光纤陀螺上电,测量飞行器的加速度和角速度;交会对接主动端抱爪上电,随时具备接收GNC发送的闭合指令并执行的功能;推进等效推力器设备上电,具备接收并执行GNC发送的喷气脉宽的功能。

[0060] S3、产品测量数据接入全物理闭环试验系统

[0061] 主要包含:星上产品的测量输出、依据测量输出计算喷气脉宽、推进等效推力器设备执行喷气脉宽、末端交会对接抱爪的闭合缩紧。

[0062] 中心控制单元接收超近程跟瞄单机、加表组合和微光纤陀螺的数据,进行相对导航和控制的计算,将得到的喷气脉宽发送给推进等效推力器设备。推进等效推力器设备通过阀门的开关,执行GNC输出的喷气脉宽,将自身携带的氮气喷出,产生相应的控制力及控制力矩,通过模拟飞行器的气浮试验平台位置和姿态的运动,实现对飞行器与目标星相对位置和相对姿态进行控制。当相对位置、速度、角度和角速度满足交会对接条件后,GNC发送交会对接主动端抱爪闭合指令,交会对接主动端抱爪与被动端抱爪锁紧连接,完成交会对接任务。

[0063] S4、交会对接全物理闭环试验方法的性能评估

[0064] 通过遥测显示终端计算机对中心控制单元GNC软件输出的飞行器轨道、姿态及喷气数据遥测值进行判读,对交会对接全物理闭环试验进行评价。评估主要包括相对姿态控制控制精度、相对轨道控制精度及燃料消耗。

[0065] 相对姿态控制与相对轨道控制算法运行在中心控制单元的GNC软件中,分别利用目标姿态确定与相对导航算法的结果作为输入,其中相对姿态控制算法输出的控制姿态角和控制姿态角速度可以用来评价相对姿态控制的精度;相对轨道控制算法输出编队位置速度,其与相对导航输出位置速度差值可以用来评价相对轨道控制的精度。此外,通过遥测数据对燃料的消耗量进行评价,即通过遥测数据中的相应参数确定燃料消耗量,通过该燃料消耗量去判断所模拟的交会对接过程的燃料消耗是否符合设计要求。

[0066] 上述姿态、轨道及燃料消耗状态,均可以通过遥测显示终端计算机进行数值及曲线的实时显示,使得对交会对接全物理闭环试验方法性能的评估更加直观。如果事后需进一步排查问题,可以利用遥测显示终端计算机对数据库的数据进行回放分析。

[0067] 综上所述,本发明提供的一种交会对接全物理闭环试验系统及方法,利用双六自由度气浮平台,对太空交会对接的失重环境进行了模拟,使得地面试验更接近于真实在轨情况。将产品的实际测量数据引入控制系统闭环,通过准确的质量、惯量及喷气的模拟,达到对GNC软件的充分验证,实现了交会对接全物理的闭环试验。本发明可应用于交会对接地面闭环试验,试验系统简单、试验方法流程清晰,易于实践且可以进行性能的定量评估,具有一定的推广价值。

[0068] 尽管本发明的内容已经通过上述优选实施例作了详细介绍,但应当认识到上述的描述不应被认为是对本发明的限制。在本领域技术人员阅读了上述内容后,对于本发明的多种修改和替代都将是显而易见的。因此,本发明的保护范围应由所附的权利要求来限定。

[0069] 本发明未详细说明部分属本领域技术人员公知常识。

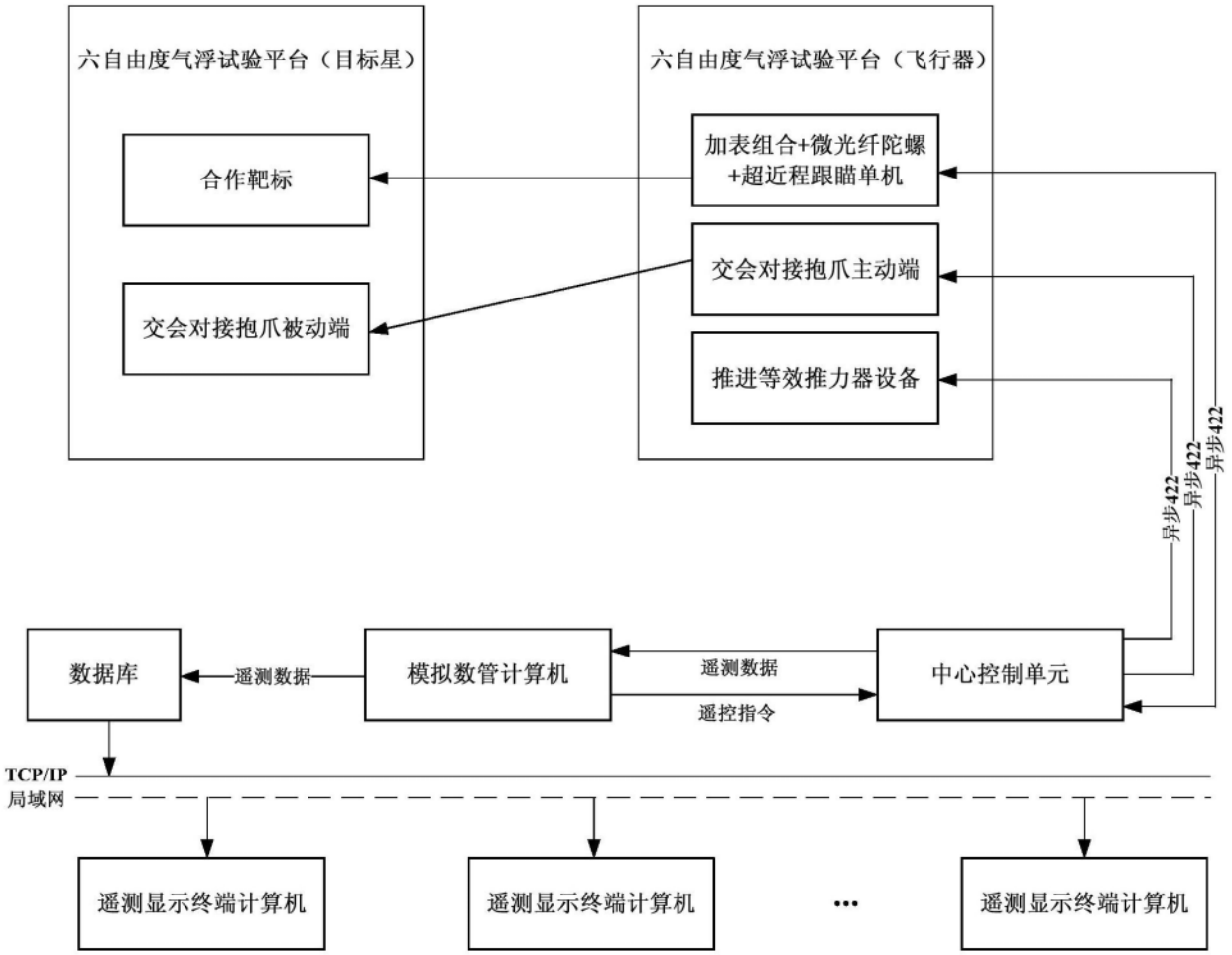

六自由度气浮试验平台（目标星）
合作靶标
交会对接抱爪被动端
六自由度气浮试验平台（飞行器）
加表组合+微光纤陀螺
+超近程跟瞄单机
交会对接抱爪主动端
推进等效推力器设备
异步422
异步422
异步422
数据库
遥测数据
模拟数管计算机
遥测数据
遥控指令
中心控制单元
TCP/IP
局域网
遥测显示终端计算机
遥测显示终端计算机
...
遥测显示终端计算机

图1

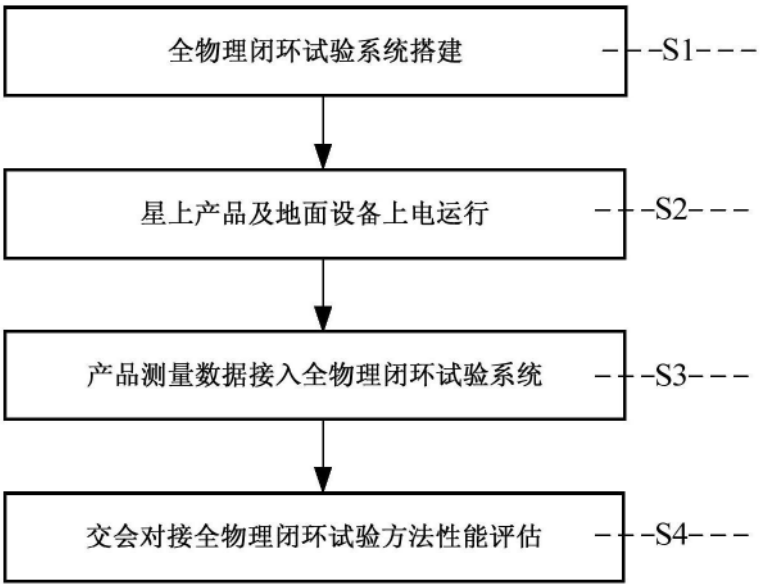

全物理闭环试验系统搭建
S1
星上产品及地面设备上电运行
S2
产品测量数据接入全物理闭环试验系统
S3
交会对接全物理闭环试验方法性能评估
S4

图2