



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110287575 A

(43)申请公布日 2019.09.27

(21)申请号 201910535855.7

(22)申请日 2019.06.20

(71)申请人 中国科学院沈阳自动化研究所
地址 110016 辽宁省沈阳市沈河区南塔街
114号

(72)发明人 骆海涛 李玉新 富佳 武廷课

(74)专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限公司 21002

代理人 李巨智

(51) Int. Cl.

G06F 17/50(2006.01)

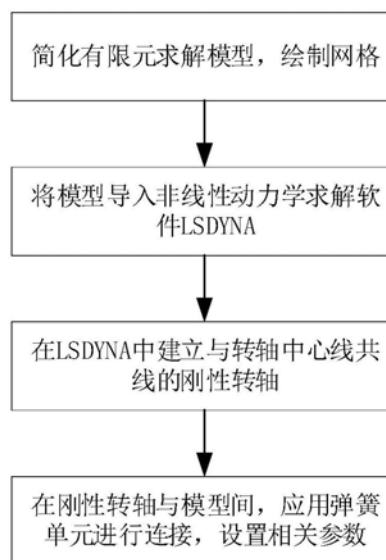
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54)发明名称

一种空间采样回转机构的扭矩有限元仿真方法

(57)摘要

本发明涉及一种空间采样回转机构的扭矩有限元仿真方法,建立采样器的初始模型,并将初始模型导入HYPERMESH进行网格划分,并设置刚性构件和柔性构件;在LSDYNA中,根据DEM离散元方法建立土壤模型;在采样器初始模型的基轴转轴质心位置建立刚性转轴,使刚性转轴与基轴同轴线;在LSDYNA中,采用同轴线的弹簧阻尼单元连接刚性转轴与基轴,设置弹簧阻尼单元的弹簧属性和扭转属性,设置工况参数,计算得出仿真结果。本发明可实现对对称回转机构采样的优化设计,针对微重力环境中空间采样机构进行过程仿真,提高了机械的可靠性,确保了任务的完成,给空间采样机构的设计提供了重要参考。



1. 一种空间采样回转机构的扭矩有限元仿真方法,其特征在于:

步骤1:建立采样器的初始模型,并将初始模型导入HYPERMESH进行网格划分,并设置刚性构件和柔性构件;

步骤2:在LSDYNA中,根据DEM离散元方法建立土壤模型;

步骤3:在采样器初始模型的基轴转轴质心位置建立刚性转轴,使刚性转轴与基轴同轴线;

步骤4:在LSDYNA中,采用同轴线的弹簧阻尼单元连接刚性转轴与基轴,设置弹簧阻尼单元的弹簧属性和扭转属性,设置工况参数,计算得出仿真结果。

2. 根据权利要求1所述的空间采样回转机构的扭矩有限元仿真方法,其特征在于:所述采样器的初始模型为对称回转机构,包括基轴和毛刷,基轴为两根,在基轴外表面上均布圆柱体毛刷,且两根基轴之间的毛刷交错排布。

3. 根据权利要求1所述的空间采样回转机构的扭矩有限元仿真方法,其特征在于:所述土壤模型为根据月壤的材料参数建立,粒子大小范围为4~25mm。

4. 根据权利要求1所述的空间采样回转机构的扭矩有限元仿真方法,其特征在于:所述刚性转轴采用壳单元建立,刚性转轴的直径小于基轴直径,位移与基轴同步,转速为预设采样转速。

5. 根据权利要求1所述的空间采样回转机构的扭矩有限元仿真方法,其特征在于:所述刚性构件为基轴。

6. 根据权利要求1所述的空间采样回转机构的扭矩有限元仿真方法,其特征在于:所述柔性构件为毛刷。

7. 根据权利要求1所述的空间采样回转机构的扭矩有限元仿真方法,其特征在于:所述工况参数包括:下降速度,刚性转轴的转速,重力加速度,材料属性,厚度属性。

一种空间采样回转机构的扭矩有限元仿真方法

技术领域

[0001] 本发明涉及深空探测仿真分析技术领域,具体地说是一种空间采样回转机构的扭矩有限元仿真方法。

背景技术

[0002] 深空探测是研究行星演化和形成规律的重要手段。为了了解太阳系的起源与演变过程,小行星的样本是蕴藏这些信息的重要载体。小行星是46亿年前太阳系初期形成的行星体,内部蕴含了大量太阳系早期形成和演化的信息,同时小行星含有丰富的贵金属及稀有元素,具有巨大的利用价值。

[0003] 行星表面基本都是微重力环境,在小行星表面实行长期采样无法实现,采样过程所产生的反作用力可能会将采样机器推离小行星,这一特征使得合理的设计,优化机械结构是任务成功的必要保证。另外,小行星距地球遥远,且目前的技术水平限制了探测器所带燃料的质量,所以取样系统还应轻型化和小型化。

[0004] 空间中的机械器件能否正常运行是空间任务成功的关键所在。由于将器件带上空间的成本巨大,而且对其重量的控制也相对严格,所以在设计时,合理的型号选择显得十分重要。电机是机器的重要动力来源,电机型号的选择对于空间探测任务至关重要。由于无重力的太空实验环境难以在地球模拟,空间中的运动预测主要通过运动仿真的方法进行验证。现阶段的扭矩仿真多为线性动力学方法,求解过程简化,对于结果的精度有所影响。扭矩的非线性动力学仿真方法能够提供更可靠设计建议。

发明内容

[0005] 针对现有技术的不足,本发明提供一种空间采样回转机构的扭矩有限元仿真方法,用于预测在微重力的太空环境中回转机构的扭矩,作为空间装备设计的重要设计指标与优化目标。

[0006] 本发明为实现上述目的所采用的技术方案是:

[0007] 一种空间采样回转机构的扭矩有限元仿真方法,

[0008] 步骤1:建立采样器的初始模型,并将初始模型导入HYPERMESH进行网格划分,并设置刚性构件和柔性构件;

[0009] 步骤2:在LSDYNA中,根据DEM离散元方法建立土壤模型;

[0010] 步骤3:在采样器初始模型的基轴转轴质心位置建立刚性转轴,使刚性转轴与基轴同轴线;

[0011] 步骤4:在LSDYNA中,采用同轴线的弹簧阻尼单元连接刚性转轴与基轴,设置弹簧阻尼单元的弹簧属性和扭转属性,设置工况参数,计算得出仿真结果。

[0012] 所述采样器的初始模型为对称回转机构,包括基轴和毛刷,基轴为两根,在基轴外表面上均布圆柱体毛刷,且两根基轴之间的毛刷交错排布。

[0013] 所述土壤模型为根据月壤的材料参数建立,粒子大小范围为4~25mm。

[0014] 所述刚性转轴采用壳单元建立,刚性转轴的直径小于基轴直径,位移与基轴同步,转速为预设采样转速。

[0015] 所述刚性构件为基轴。

[0016] 所述柔性构件为毛刷。

[0017] 所述工况参数包括:下降速度,刚性转轴的转速,重力加速度,材料属性,厚度属性。

[0018] 本发明具有以下有益效果及优点:

[0019] 1.本发明提出了一种针对空间采样机构的非线性动力学扭矩仿真方法,给空间采样机构的设计提供了重要参考。

[0020] 2.本发明所提的方法可实现对对称回转机构采样的优化设计。

[0021] 3.本发明针对微重力环境中空间采样机构进行过程仿真,提高了机械的可靠性,确保了任务的完成。

附图说明

[0022] 图1是本发明的方法流程图;

[0023] 图2是空间采样回转机构的简化三维几何模型的等轴侧结构示意图;

[0024] 图3是空间采样回转机构的有限元模型;

[0025] 图4是空间采样回转机构的弹簧单元连接形式示意图;

[0026] 其中,1为采样区三维模型、2为回转基轴、3为采样毛刷、4为土壤离散元节点、5为刚性转轴、6为弹簧单元。

具体实施方式

[0027] 下面结合附图及实施例对本发明做进一步的详细说明。

[0028] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图对本发明的具体实施方式做详细的说明。在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明。但本发明能够以很多不同于在此描述的方式来实施,本领域技术人员可以在不违背发明内涵的情况下做类似改进,因此本发明不受下面公开的具体实施的限制。

[0029] 除非另有定义,本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本发明的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。本文中在发明的说明书中所使用的术语只是为了描述具体的实施例的目的,不是旨在于限制本发明。

[0030] 如图1所示为本发明的方法流程图。

[0031] 方法包括以下步骤:

[0032] 1)将初始模型导入HYPERMESH进行网格划分与初始设置,建立有效的土壤模型,合理设置刚性构件。

[0033] 2)在采样回转机构的回转轴线质心处建立一刚性转轴,约束其位移与转速。

[0034] 3)应用弹簧阻尼单元将刚性转轴与回转零件连接,给弹簧单元赋予相应的section与材料,最后在LSDYNA中进行仿真求解。

[0035] 所述土壤模型采用DEM离散元方法,建立土壤模型,采用无反射边界条件与微重力设置模拟太空环境。将回转机构的转轴设置为刚性体,与其相连的采样刷毛设置为柔性体。

[0036] 定义的约束,对回转零件与刚性转轴施加相同的位移约束,只对刚性转轴施加转动约束。

[0037] 弹簧阻尼单元特性为弹簧特性,弹簧只有扭转特性,其材料特性设置为线性,其大小可以带动回转基轴,并且基轴转速波动较小。

[0038] 如图2所示为本发明的空间采样回转机构的简化三维几何模型的等轴侧结构示意图。

[0039] 图中1为采样区三维模型、2为回转基轴、3为采样毛刷。

[0040] 图3是空间采样回转机构的有限元模型。

[0041] 在本实例中模拟土壤材料为月壤,重力环境为1/6g,利用LSDYNA软件模拟月球采样机构的运动过程与扭矩求解。

[0042] 对采样回转机构进行模型简化,将采样毛刷3与回转基轴2均简化为壳网格,划分网格。其中回转基轴2设置为刚性体,采样毛刷3设置为柔性体,采用关键字*CONSTRAINED_EXTRA_NODES_SET进行连接。4为土壤离散元节点。

[0043] 对于采样区土壤模型的建立采用DEM离散元模型,DEM模型的粒子大小可设置为4到25mm,本实例采用统一直径大小为4mm的粒子。材料应用LSDYNA内置的土壤材料模型*MAT_SOLD_AND_FOAM,设置材料参数包括密度、剪切模量等,应用关键字*CONTROL_DISCRETE_ELEMENT定义粒子间的刚度系数、摩擦系数、阻尼系数等,以上参数可通过指导手册查询和仪器测量等途径获得。对于土壤模型的边界条件采用无反射边界条件,此方法可以模拟土壤的无限域的分析情况。

[0044] 如图4所示为空间采样回转机构的弹簧单元连接形式示意图。

[0045] 其中5为刚性转轴、6为弹簧单元。在回转基轴的质心位置建立一刚性转轴5,使回转基轴2轴线与刚性转轴5的回转轴线共线。对于约束的施加,应用*BOUNDARY_PRESCRIBED_MOTION_RIGID关键字对回转基轴2与建立的刚性转轴5施加相同的位移约束,只对刚建立的刚性转轴施加回转约束。

[0046] 在刚性转轴5与回转基轴2间采用弹簧单元6进行连接,刚性转轴5的转动通过弹簧单元5传递给回转基轴2,弹簧单元6的力矩即为采样过程的力矩需求。最后设置弹簧单元的相关输出选项,在LSDYNA中进行仿真求解。

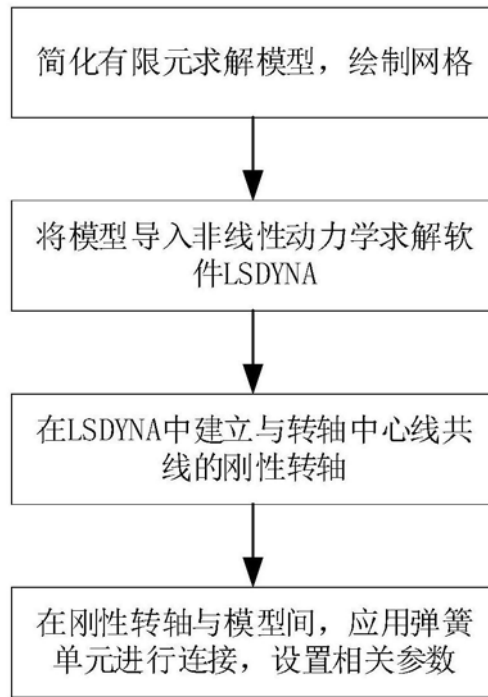


图1

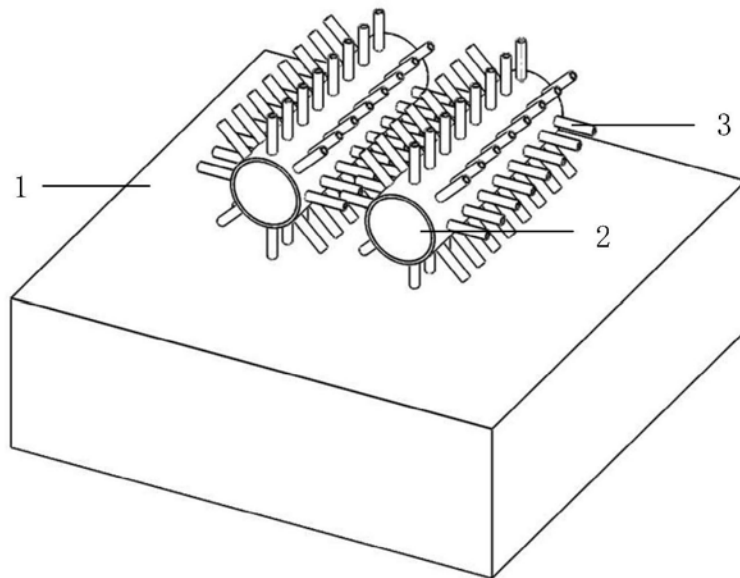


图2

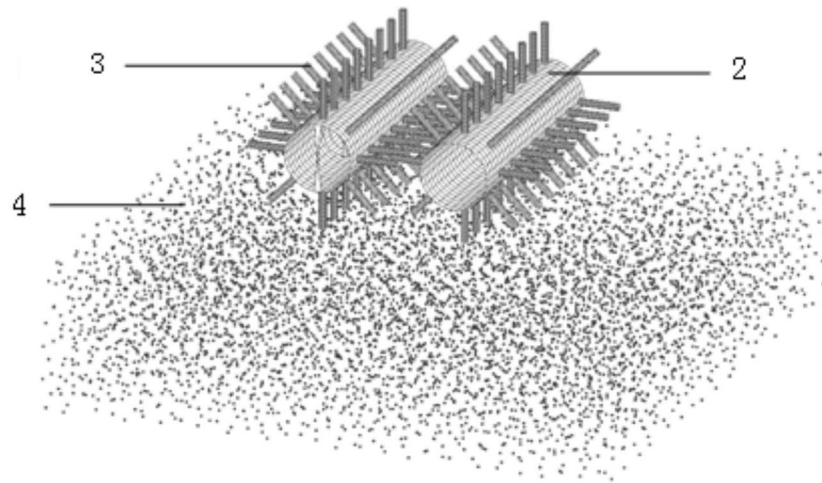


图3

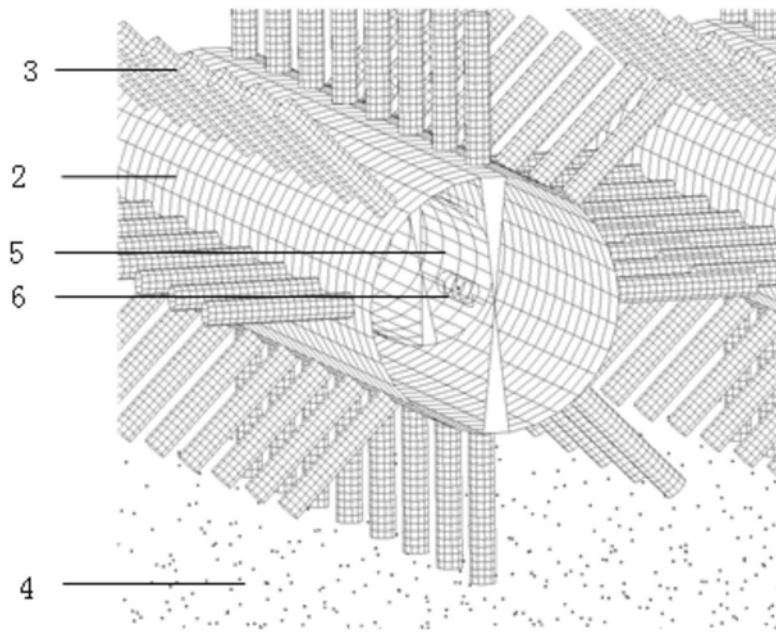


图4