(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 112977898 A
(43)申请公布日 2021.06.18

(21)申请号 202110333490.7

(22)申请日 2021.03.29

(71)申请人 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 康琦

(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
代理人 胡剑辉

(51)Int.Cl.
B64G 7/00(2006.01)
G09B 9/00(2006.01)

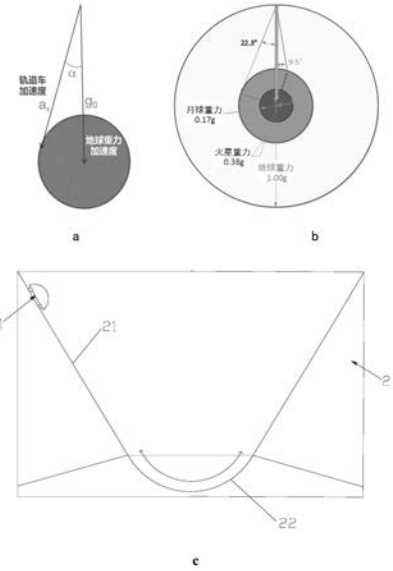
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54)发明名称

一种地基周期性倾斜轨道低重力环境模拟设施

(57)摘要

本发明提供一种地基周期性倾斜轨道低重力环境模拟设施,包括,模拟器,用于模拟安置在火星表面或月球表面的低重力实验舱;运行轨道,用于供模拟器滑行,包括两个倾斜斜面和一个内弧形段,两个倾斜斜面上部向外,底部向内且与内弧形段相切连接。本发明能够对月球、火星等低重力进行长时周期性模拟,用于开展地基长时间低重力(包括月球重力、火星重力等)科学实验和环境模拟试验,满足微重力科学及空间生命科学等领域的前沿科学探索需求,满足星际宇航(多重力环境)、月球及火星探测(约1g/6、1g/3重力环境)条件下我国深空探测器的研发、测试需求,为国家深空探测重大工程提供关键实验和试验平台支撑。



CN 112977898 A

1.一种地基周期性倾斜轨道低重力环境模拟设施,其特征在于,包括,

模拟器,用于模拟安置在火星表面或月球表面的低重力实验舱;

运行轨道,用于供模拟器滑行,包括两个倾斜斜面和一个内弧形段,两个倾斜斜面上部向外,底部向内且与内弧形段相切连接。

2.根据权利要求1所述的地基周期性倾斜轨道低重力环境模拟设施,其特征在于,

当地重力加速度矢量减去所述模拟器在所述倾斜斜面惯性运动过程中的惯性加速度矢量后的量值,等于待模拟环境的重力加速度值。

3.根据权利要求2所述的地基周期性倾斜轨道低重力环境模拟设施,其特征在于,

所述模拟器在所述倾斜斜面上惯性运动过程中产生与倾斜斜面垂向的残余加速度,亦即待模拟环境的重力加速度方向。

4.根据权利要求3所述的地基周期性倾斜轨道低重力环境模拟设施,其特征在于,

所述倾斜斜面的倾斜角度与待模拟的不同重力水平环境对应。

5.根据权利要求1所述的地基周期性倾斜轨道低重力环境模拟设施,其特征在于,

所述倾斜斜面的长度根据模拟要求的低重力时间确定,所述倾斜斜面越长则获得的低重力时间越长,反之则越短。

6.根据权利要求1所述的地基周期性倾斜轨道低重力环境模拟设施,其特征在于,

还包括减阻与动力补偿设备,减阻与动力补偿设备通过消除实验场所环境对所述模拟器移动的影响,以使所述模拟器初始从所述倾斜斜面高处释放之后能够在两个所述倾斜斜面之间实现周期性往复运动。

7.根据权利要求6所述的地基周期性倾斜轨道低重力环境模拟设施,其特征在于,

所述减阻与动力补偿设备的补偿方式包括降低大气阻力的抽真空方式、无摩擦的悬浮方式或抵消所述模拟器移动过程中阻力的直接动力补偿方式。

8.根据权利要求1所述的地基周期性倾斜轨道低重力环境模拟设施,其特征在于,

所述模拟器在内弧形段运动为超重过程,实现所述模拟器在两个所述倾斜斜面之间的低重力过度,所述内弧形段的半径越大则过载越小,反之则过载越大。

9.根据权利要求1所述的地基周期性倾斜轨道低重力环境模拟设施,其特征在于,

所述模拟器在所述倾斜斜面上通过轨道或磁悬浮方式配合移动。

一种地基周期性倾斜轨道低重力环境模拟设施

技术领域

[0001] 本发明涉及太空环境模拟领域，特别涉及一种通过斜面滑行来实现地基周期性倾斜轨道低重力环境模拟设施。

背景技术

[0002] 随着我国航天技术的迅猛发展，近地轨道的载人航天飞行与空间站建设、探月工程的基本实现和火星等其他深空探测项目的逐步开展，对地基长时各种类型的科学实验和空间应用技术验证试验提出了迫切需求。如航天科技集团在位于河北省怀来县建设了“地外天体着陆综合试验场”，搭建了80米高度的大型火星重力模拟设施，通过对模拟器绳索悬挂，模拟飞行器火星着落过程。

[0003] 绳索悬挂结构模拟火星重力实现的基本原理是利用绳系的合拉力直接在地球重力方向抵消部分重力作用，使模拟器以加速度a(a＝g_0+g_{Mars}，约6.09m/s^2)垂直下落，在模拟器中形成大小等于3.72m/s^2的残余加速度(g_0-a＝9.81-6.09＝3.72m/s^2)，模拟火星表面的重力加速度g_{Mars}(3.72m/s^2)，如图1所示，其中，a为模拟器受力分析图，b为模拟器残余加速度矢量。

[0004] 该方式虽然能够实现模拟效果，但使用绳系提拉模拟器需要稳定的拉力及较大的动力，同时也带来控制及扰动问题，由此造成能源的消耗以及低重力水平噪声的波动。此外，这类装置只能在下降过程实现火星重力模拟，上升过程完全是超重状态。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种通过斜面滑行来实现地基周期性低重力环境模拟。

[0006] 具体地，本发明提供一种地基周期性倾斜轨道低重力环境模拟设施，包括，

[0007] 模拟器，用于模拟安置在火星表面或月球表面的低重力实验舱；

[0008] 运行轨道，用于供模拟器滑行，包括两个倾斜斜面和一个内弧形段，两个倾斜斜面上部向外，底部向内且与内弧形段相切连接。

[0009] 本发明能够对月球、火星等低重力进行长时周期性模拟，用于开展地基长时间低重力(包括月球重力、火星重力等)科学实验和环境模拟试验，满足微重力科学及空间生命科学等领域的前沿科学探索需求，满足星际宇航(多重力环境)、月球及火星探测(约1g/6、1g/3重力环境)条件下我国深空探测器的研发、测试需求，为国家深空探测重大工程提供关键实验和试验平台支撑。

附图说明

[0010] 图1是现有技术中绳系结构的火星重力模拟示意图，其中，a为模拟器受力分析图，b为模拟器残余加速度矢量；

[0011] 图2是本发明一个实施方式的斜面结构火星重力模拟原理图，其中，a为模拟器受力分析图，b为模拟器残余加速度矢量；

[0012] 图3是本发明一个实施方式的低重力模拟设施结构示意图，其中，a为残余加速度矢量与斜面角度的关系，b为月球、火星、地球重力加速度关系，c为模拟器在重力模拟轨道上的滑行状态示意图。

具体实施方式

[0013] 以下通过具体实施例和附图对本方案的具体结构和实施过程进行详细说明。

[0014] 如图2、3所示，在本发明的一个实施方式中，公开一种地基周期性倾斜轨道低重力环境模拟设施，包括，模拟器1和运行轨道2。

[0015] 该模拟器1用于模拟星球表面实验舱，如定位在星球表面的探测器、科考站或基地等。

[0016] 该运行轨道2用于提供模拟器1滑行的坡道，包括两个相对设置用于模拟不同重力的倾斜斜面(或称轨道)21，两个倾斜斜面21的顶部向外倾斜，底部通过与倾斜斜面21无缝过度的内弧形段22连接。这里模拟不同重力环境是指通过倾斜斜面21的角度，来使模拟器1的残余加速度(垂直轨道面)与待模拟的环境重力加速度相同，如模拟月球重力环境，就需要模拟器1在倾斜斜面21上产生的垂直方向的残余加速度与月球的重力相同，同理，模拟火星时就需要使模拟器1在倾斜斜面21上垂直方向上的残余加速度与火星上的重力环境相同。

[0017] 模拟器1沿斜面倾斜21运动，由重力在倾斜斜面21的分量提供模拟器1在倾斜斜面21方向的惯性加速度(自由下滑过程)或惯性减速度(惯性上滑过程)，重力加速度g_0与惯性加速度a的矢量差大小等于待模拟重力环境(如火星表面)的重力加速度g_{Mars}，方向与斜面垂直。其中图2中a为模拟器受力分析图，b为模拟器残余加速度矢量。

[0018] 如图3所示，其中：a为残余加速度矢量与斜面角度的关系，b为月球、火星、地球重力加速度关系，c为模拟器在重力模拟轨道上的滑行状态示意图。由于本方案采用的是一个类似扩口形状的U形，因此，模拟器1由一侧的倾斜斜面21下滑时，势能转变为动能，加速运动到内弧形段22底部，速度达到极大值；之后从内弧段底部会继续向另一侧的倾斜斜面21减速上行，动能转变为势能，在最高点速度变为零。模拟器1在两个倾斜斜面21之间是往复运动，当其在单边斜面部分惯性上滑过程，及自由下滑过程中残余加速度始终保持待模拟重力环境的加速度量值并保持方向不变，从而模拟器1在一次惯性上滑和自由下滑过程中形成残余加速度矢量保持不变，也就是模拟器1实现无间断的折返，亦即其环境表面重力模拟时间是自由下滑过程的2倍。

[0019] 内弧形段22是两个倾斜斜面21的过度段，其半径也可以选不同的大小，在内弧形段22内是超重过程，内弧形段22的半径小，两次低重力过度的时间短，但过载大；内弧形段22的半径大，两次低重力过度的时间长，但过载小。内弧形段22的长度、角度与内弧形段22的半径、轨道的角度相关，设计时需要保证内弧形段22的两边分别与两个倾斜斜面21相切。

[0020] 具体倾斜斜面21的长度可根据模拟实验要求的低重力时间确定，倾斜斜面21越长则模拟器1获得的低重力时间越长，反之则越短。

[0021] 此外，在实验模拟时，需要考虑外界环境对模拟器1滑行的影响，如模拟器1与倾斜斜面21的摩擦力，与空气的阻力等，当外界影响因素存在时，模拟器1从轨道高处释放后，在两个倾斜斜面21上经过几次往复后会逐渐停止，影响模拟效果。所以可通过减阻与动力补

偿设备来消除实验场所环境对模拟器1移动的影响，以使模拟器1在一次释放之后能够在两个倾斜斜面21之间实现不间断的周期性往复运动。

[0022] 减阻与动力补偿设备的具体补偿方式可以包括对整个实验场所进行抽真空方式；或是模拟器1采用无摩擦的悬浮方式进行运动，这里的悬浮可以是磁悬浮，气悬浮一类移动方式；还可以是在模拟器1上安装相应的能够抵消移动过程中阻力的动力补偿方式，如利用发动机提供相应抵消摩擦力的动力。

[0023] 为方便模拟器1在倾斜斜面21上移动，该模拟器1在倾斜斜面21上可通过轨道或悬浮方式配合移动。

[0024] 具体的，本实施方式中的重力模拟轨道使模拟器1在倾斜斜面21上产生的斜面垂向残余加速度与火星表面的重力加速度一致；即倾斜斜面21向外倾斜的斜角为67.7°，利用倾斜斜面21的支撑和约束，使模拟器1仅仅在倾斜斜面21方向运动形成惯性加速度a(a＝g_0-g_{Mars})，从而在垂直斜面上形成大小等于3.72m/s^2的残余加速度，实现模拟火星表面的重力加速度g_{Mars}(3.72m/s^2)。

[0025] 而且通过底部内弧形段22的过度，则可以实现模拟器12在两个倾斜斜面21之间的周期性运行，在理想状态下，模拟器1运动过程中动能、势能周期转换，首次从高处释放后，运行过程中无需再提供动力。

[0026] 本实施方式能够对月球、火星等低重力进行长时周期性模拟，用于开展地基长时间低重力(包括月球重力、火星重力等)科学实验和环境模拟试验，满足微重力科学及空间生命科学等领域的前沿科学探索需求，满足星际宇航(多重力环境)、月球及火星探测(约1g/6、1g/3重力环境)条件下我国深空探测器的研发、测试需求，为国家深空探测重大工程提供关键实验和试验平台支撑。

[0027] 至此，本领域技术人员应认识到，虽然本文已详尽示出和描述了本发明的多个示例性实施例，但是，在不脱离本发明精神和范围的情况下，仍可根据本发明公开的内容直接确定或推导出符合本发明原理的许多其他变型或修改。因此，本发明的范围应被理解和认定为覆盖了所有这些其他变型或修改。

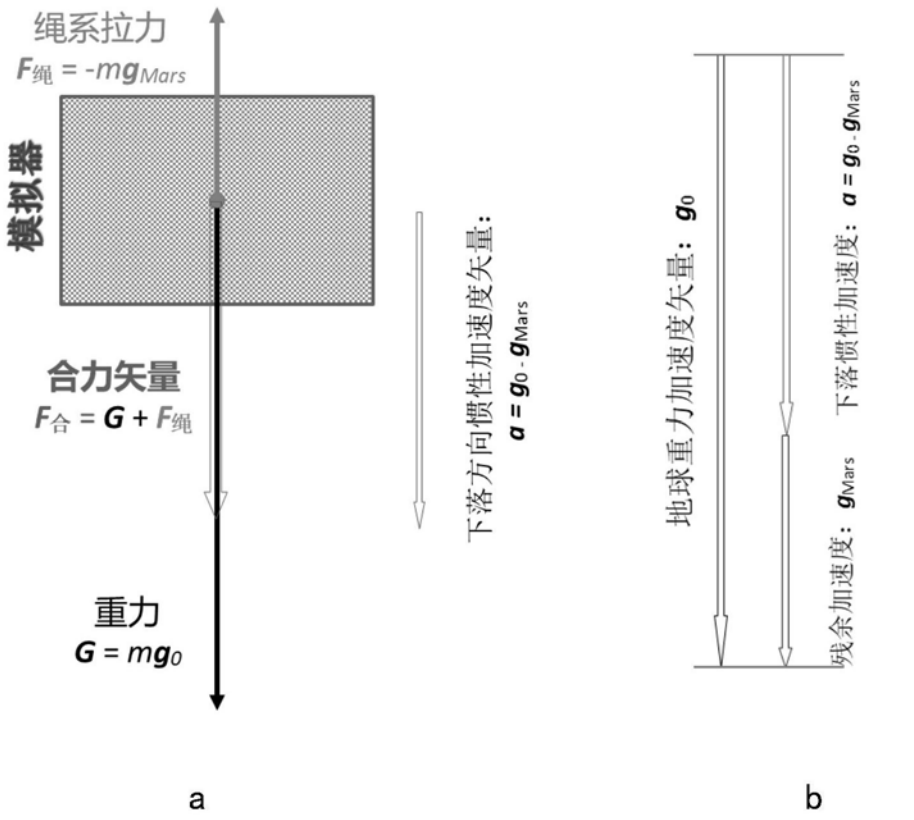

绳系拉力
$F_{绳} = -mg_{Mars}$
模拟器
合力矢量
$F_{合} = G + F_{绳}$
重力
$G = mg_0$
下落方向惯性加速度矢量：
$a = g_0 - g_{Mars}$
地球重力加速度矢量：g_0
下落惯性加速度：$a = g_0 - g_{Mars}$
残余加速度：g_{Mars}
a
b

图1

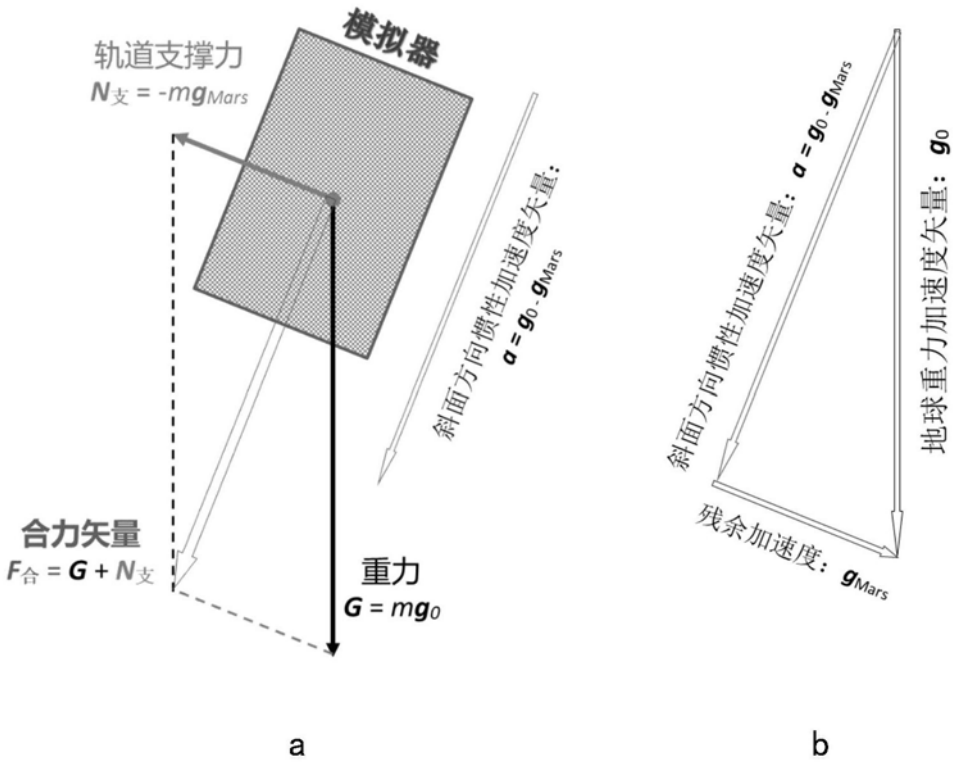
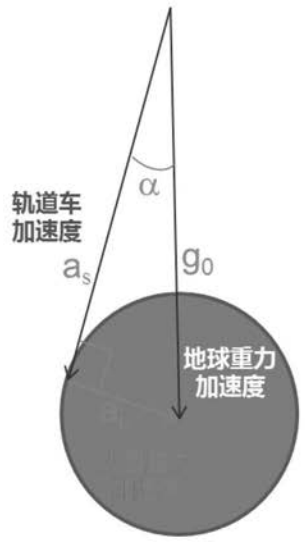
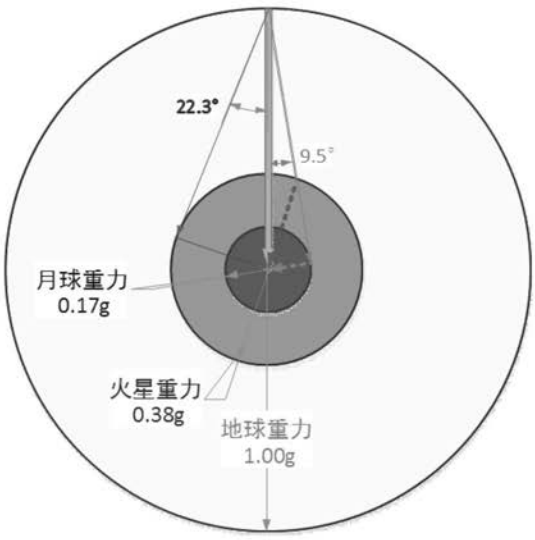

模拟器
轨道支撑力
$N_{支} = -mg_{Mars}$
斜面方向惯性加速度矢量：
$a = g_0 - g_{Mars}$
合力矢量
$F_{合} = G + N_{支}$
重力
$G = mg_0$
斜面方向惯性加速度矢量：$a = g_0 - g_{Mars}$
地球重力加速度矢量：g_0
残余加速度：g_{Mars}
a
b

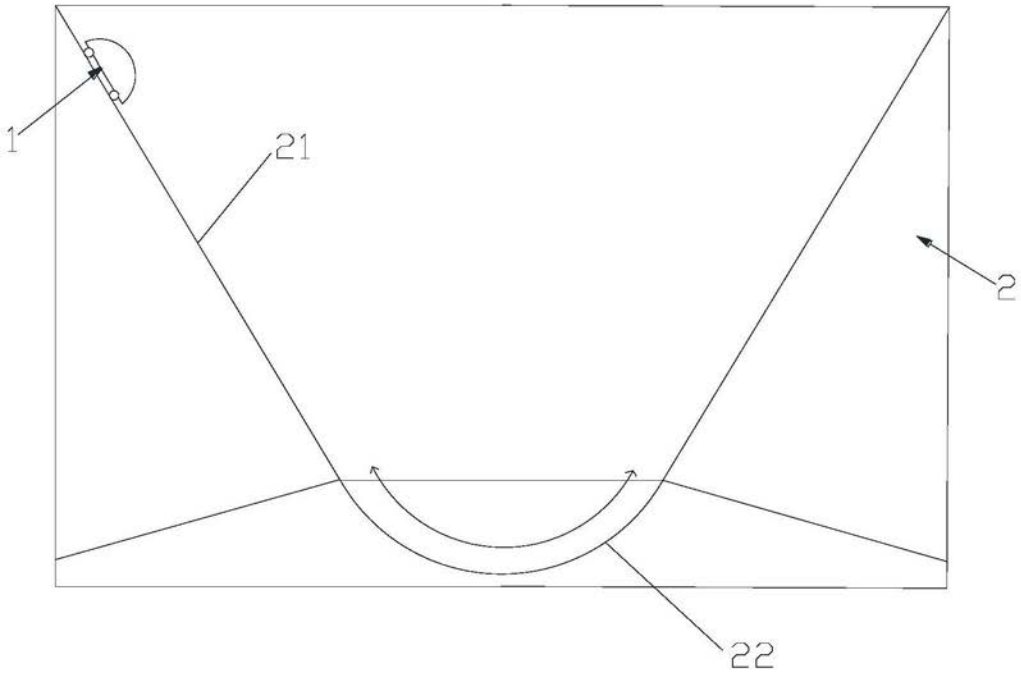
图2


轨道车
加速度
α
a_s
g_0
地球重力
加速度

a


22.3°
9.5°
月球重力
0.17g
火星重力
0.38g
地球重力
1.00g

b


1
21
2
22

c

图3