



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109186859 B

(45)授权公告日 2020.09.18

(21)申请号 201811232905.6

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2018.10.23

G01M 1/12(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 李天润

申请公布号 CN 109186859 A

(43)申请公布日 2019.01.11

(73)专利权人 北京空间机电研究所

地址 100076 北京市丰台区南大红门路1号
9201信箱5分箱

(72)发明人 卢齐跃 吕智慧 贾贺 王永滨

高树义 王立武 王飞 刘涛

包进进 黎光宇

(74)专利代理机构 中国航天科技专利中心

11009

代理人 张晓飞

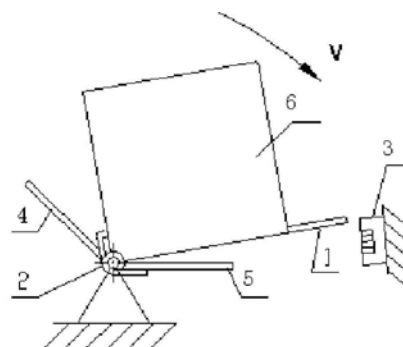
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

空间在轨物品质心测量装置及方法

(57)摘要

空间在轨物品质心测量装置及方法,装置包括:定轴转臂、扭转弹簧、测速仪;所述定轴转臂与所述待测物品固定连接,同时,所述定轴转臂与所述扭转弹簧的任意一个末端固定连接;所述测速仪用于测量所述定轴转臂的转速。利用物体质心与其定轴转动惯量的关系,通过上述装置的固有参数、物品质量以及测量获得的速度确定待测物品质心位置。本发明弥补了现有技术的空缺,提供了一种能够适用于空间微重力环境的物品质心测量手段。



1. 空间在轨物品质心测量装置,其特征在于,包括:定轴转臂(1)、扭转弹簧(2)、测速仪(3);

所述定轴转臂(1)与待测物品固定连接,同时,所述定轴转臂(1)与所述扭转弹簧(2)的任意一个末端固定连接;所述测速仪(3)用于测量所述定轴转臂(1)的转速。

2. 根据权利要求1所述的空间在轨物品质心测量装置,其特征在于,还包括始端限位板(4)、末端限位板(5);

所述始端限位板(4)与所述末端限位板(5)之间的夹角一定,用于限制所述定轴转臂(1)绕扭转弹簧(2)簧体中轴的转动角度。

3. 根据权利要求1或2所述的空间在轨物品质心测量装置,其特征在于,还包括装载箱(6);所述待测物品与所述装载箱(6)固定连接,所述装载箱(6)与所述定轴转臂(1)固定连接,且所述定轴转臂(1)的末端伸出所述装载箱(6)。

4. 一种利用如权利要求1所述的空间在轨物品质心测量装置测量物品质心的方法,其特征在于,包括步骤如下:

1) 以所述扭转弹簧(2)的簧体中轴作为转动轴,拨动所述定轴转臂(1)绕所述转动轴转动一定角度,然后释放定轴转臂(1),使定轴转臂(1)在扭转弹簧(2)的驱动下绕所述转动轴转动;

2) 使用所述测速仪(3)测量所述定轴转臂(1)的转速;

3) 根据步骤2)测量得到的所述定轴转臂(1)的转速,确定所述待测物品质心至所述转动轴的距离;

4) 以所述转动轴为轴线,以所述步骤3)确定的所述待测物品质心至所述转动轴的距离为半径,确定圆柱面,获得所述圆柱面与所述待测物品相贯而成的弧面;

5) 改变所述待测物品与所述定轴转臂(1)之间的相对方位,重复步骤1)~4),直至获得相交于一点的3个弧面;

6) 根据步骤5)所述获得的相交于一点的3个弧面对应的所述待测物品质心至所述转动轴的距离,确定所述待测物品的质心位置,完成质心测量工作。

5. 一种利用如权利要求2所述的空间在轨物品质心测量装置测量物品质心的方法,其特征在于,包括步骤如下:

1) 初始时刻,所述定轴转臂(1)贴靠在末端限位板(5)上;

2) 以所述扭转弹簧(2)的簧体中轴为转动轴,拨动所述定轴转臂(1)绕所述转动轴转动一定角度,使所述定轴转臂(1)贴靠在所述始端限位板(4)上;

3) 释放定轴转臂(1),使定轴转臂(1)在扭转弹簧(2)的驱动下绕所述转动轴转动,直至所述定轴转臂(1)再次贴靠在末端限位板(5)上;

4) 使用所述测速仪(3)测量所述定轴转臂(1)的转速;

5) 根据步骤4)测量得到的所述定轴转臂(1)的转速,确定所述待测物品质心至所述转动轴的距离;

6) 以所述转动轴为轴线,以所述步骤5)确定的所述待测物品质心至所述转动轴的距离为半径,确定圆柱面,获得所述圆柱面与所述待测物品相贯而成的弧面;

7) 改变所述待测物品与所述定轴转臂(1)之间的相对方位,重复步骤1)~6),直至获得相交于一点的3个弧面;

8) 根据步骤7) 所述获得的相交于一点的3个弧面对应的所述待测物品质心至所述转动轴的距离, 确定所述待测物品的质心位置, 完成质心测量工作。

6. 根据权利要求4或5所述的测量物品质心的方法, 其特征在于, 所述确定所述待测物品质心至所述转动轴的距离 r 的方法, 具体为:

$$r = \left(\frac{\theta \sqrt{(m_0 + m) T'}}{2\pi n} - m_0 r_0 \right) / m ,$$

其中, m_0 为所述定轴转臂(1)的质量, m 为所述待测物品的质量, T' 为所述扭转弹簧(2)的扭转刚度, r_0 为所述定轴转臂(1)质心到所述转动轴的距离, θ 为所述定轴转臂(1)绕所述转动轴转动的一定角度, n 为所述定轴转臂(1)的转速。

空间在轨物品质心测量装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及空间在轨物品质心测量装置及方法,尤其是在运行于空间轨道上的航天器内、处于微重力环境中的物品的质心测量方法。

背景技术

[0002] 按照所依据原理分类,现有的质心测量方法主要有悬挂法、平行轨滚动法,天平法、三点法、四点法,扭振转台测转动惯量法,以及通过一定的简化和计算获得物体质心位置的理论分析法等。除理论分析法外,现有的物品质心测量方法均基于地面重力场设计实施,大多通过测量物品的重心获得物品的质心;理论分析法对被测物体条件限制较严苛,不具广泛适用性。而运行于空间轨道上的空间站等航天器处于微重力环境,无测量可利用的重力场,现有的物品质心测量方法无法在这样的环境内有效发挥作用。目前我国已有微重力环境下的空间物品质量测量装置,并已在空间实验室配置应用,但没有微重力环境下的空间物品质心测量装置,随着我国航天事业的发展,这类装置的缺失,已经不能满足空间技术、空间科学试验、空间制造等领域日益增长的需求。

发明内容

[0003] 本发明的技术解决问题是:克服现有技术的不足,弥补现有技术的空缺,利用被测物品的固有质量分布实现质心测量,提供了一种能够适用于空间微重力环境的物品质心测量装置及方法。

[0004] 本发明的技术方案是:

[0005] 空间在轨物品质心测量装置,包括:定轴转臂、扭转弹簧、测速仪、始端限位板、末端限位板;

[0006] 所述定轴转臂与所述待测物品固定连接,同时,所述定轴转臂与所述扭转弹簧的任意一个末端固定连接;所述测速仪用于测量所述定轴转臂的转速。

[0007] 所述始端限位板与所述末端限位板之间的夹角一定,用于限制所述定轴转臂绕扭转弹簧簧体中轴的转动角度。

[0008] 还包括装载箱;所述待测物品与所述装载箱固定连接,所述装载箱与所述定轴转臂固定连接,且所述定轴转臂的末端伸出所述装载箱。

[0009] 利用上述的空间在轨物品质心测量装置测量物品质心的方法,包括步骤如下:

[0010] 1) 以所述扭转弹簧的簧体中轴作为转动轴,拨动所述定轴转臂绕所述转动轴转动一定角度,然后释放定轴转臂,使定轴转臂在扭转弹簧的驱动下绕所述转动轴转动;

[0011] 2) 使用所述测速仪测量所述定轴转臂的转速;

[0012] 3) 根据步骤2) 测量得到的所述定轴转臂的转速,确定所述待测物品质心至所述转动轴的距离;

[0013] 4) 以所述转动轴为轴线,以所述步骤3) 确定的所述待测物品质心至所述转动轴的距离为半径,确定圆柱面,获得所述圆柱面与所述待测物品相贯而成的弧面;

[0014] 5) 改变所述待测物品与所述定轴转臂之间的相对方位,重复步骤1)~4),直至获得相交于一点的3个弧面;

[0015] 6) 根据步骤5)所述获得的相交于一点的3个弧面对应的所述待测物品质心至所述转动轴的距离,确定所述待测物品的质心位置,完成质心测量工作。

[0016] 利用上述的空间在轨物品质心测量装置测量物品质心的方法,包括步骤如下:

[0017] 1) 初始时刻,所述定轴转臂贴靠在末端限位板上;

[0018] 2) 以所述扭转弹簧的簧体中轴为转动轴,拨动所述定轴转臂绕所述转动轴转动一定角度,使所述定轴转臂贴靠在所述始端限位板上;

[0019] 3) 释放定轴转臂,使定轴转臂在扭转弹簧的驱动下绕所述转动轴转动,直至所述定轴转臂再次贴靠在末端限位板上;

[0020] 4) 使用所述测速仪测量所述定轴转臂的转速;

[0021] 5) 根据步骤4)测量得到的所述定轴转臂的转速,确定所述待测物品质心至所述转动轴的距离;

[0022] 6) 以所述转动轴为轴线,以所述步骤5)确定的所述待测物品质心至所述转动轴的距离为半径,确定圆柱面,获得所述圆柱面与所述待测物品相贯而成的弧面;

[0023] 7) 改变所述待测物品与所述定轴转臂之间的相对方位,重复步骤1)~6),直至获得相交于一点的3个弧面;

[0024] 8) 根据步骤7)所述获得的相交于一点的3个弧面对应的所述待测物品质心至所述转动轴的距离,确定所述待测物品的质心位置,完成质心测量工作。

[0025] 所述确定所述待测物品质心至所述转动轴的距离 r 的方法,具体为:

$$[0026] \quad r = \left(\frac{\theta \sqrt{(m_0 + m)T'}}{2\pi n} - m_0 r_0 \right) / m,$$

[0027] 其中, m_0 为所述定轴转臂的质量, m 为所述待测物品的质量, T' 为所述扭转弹簧的扭转刚度, r_0 为所述定轴转臂质心到所述转动轴的距离, θ 为所述定轴转臂绕所述转动轴转动的一定角度, n 为所述定轴转臂的转速。

[0028] 本发明与现有技术相比的优点在于:

[0029] 1) 本发明避免了现有质心测量环境对重力场的依赖,利用被测物品的固有质量分布实现质心测量,实现了在轨道空间微重力环境下对物品质心的测量。

[0030] 2) 本发明使用物品装载箱固定装载被测物品,能够保证在空间微重力环境下对被测物品的有效固定。

[0031] 3) 本发明利用被测物品的固有质量分布实现质心测量,在重力环境中将装置转轴垂直于水平面放置即可使用,具备在重力环境、微重力和无重力环境中使用的通用性。

附图说明

[0032] 图1为本发明方法流程图;

[0033] 图2为本发明装置示意图;

[0034] 图3为本发明实施例待测物品示意图;

[0035] 图4为本发明方法测量过程示意图。

具体实施方式

[0036] 本发明空间在轨物品质心测量装置,如图2所示,包括:定轴转臂1、扭转弹簧2、测速仪3;所述定轴转臂1与所述待测物品固定连接,同时,所述定轴转臂1与所述扭转弹簧2的任意一个末端固定连接;所述测速仪3用于测量所述定轴转臂1的转速。扭转弹簧2对定轴转臂1的转动提供限制力矩。

[0037] 利用上述装置测量物品质心的方法,包括步骤如下:

[0038] 1) 以所述扭转弹簧2的簧体中轴作为转动轴,拨动所述定轴转臂1绕所述转动轴转动一定角度,然后释放定轴转臂1,使定轴转臂1在扭转弹簧2的驱动下绕所述转动轴转动;

[0039] 2) 使用所述测速仪3测量所述定轴转臂1的转速;

[0040] 3) 根据步骤2) 测量得到的所述定轴转臂1的转速,确定所述待测物品质心至所述转动轴的距离;

[0041] 4) 以所述转动轴为轴线,以所述步骤3) 确定的所述待测物品质心至所述转动轴的距离为半径,确定圆柱面,获得所述圆柱面与所述待测物品相贯而成的弧面;

[0042] 5) 改变所述待测物品与所述定轴转臂1之间的相对方位,重复步骤1) ~4),直至获得相交于一点的3个弧面;

[0043] 6) 根据步骤5) 所述获得的相交于一点的3个弧面对应的所述待测物品质心至所述转动轴的距离,确定所述待测物品的质心位置,完成质心测量工作。

[0044] 优选的,本发明装置还包括始端限位板4、末端限位板5、装载箱6;

[0045] 所述始端限位板4与所述末端限位板5相交的直线与所述扭转弹簧2的簧体中轴共线;所述始端限位板4与所述末端限位板5之间的夹角一定,用于限制所述定轴转臂1绕扭转弹簧2簧体中轴的转动角度。定轴转臂1的转轴、始端限位板4、末端限位板5和测速仪3之间的位置是相对固定的,自然状态下在扭转弹簧2力矩的作用下定轴转臂1处于受末端限位板5限位状态。装载箱6和定轴转臂1偏离末端限位板5的限位位置时,会在扭转弹簧2恢复力矩的作用下向末端限位板5方向加速转动,直至定轴转臂1复位至末端限位板5限位位置。定轴转臂1复位运动过程中转过一定的角度 θ ,测速仪3可测量获取定轴转臂1运动端在通过时刻的运动速度 v 。

[0046] 所述待测物品与所述装载箱6固定连接,所述装载箱6与所述定轴转臂1固定连接,且所述定轴转臂1的末端伸出所述装载箱6。

[0047] 利用上述装置测量物品质心的方法,如图1所示,包括步骤如下:

[0048] 1) 初始时刻,所述定轴转臂1贴靠在末端限位板5上;

[0049] 2) 以所述扭转弹簧2的簧体中轴为转动轴,拨动所述定轴转臂1绕所述转动轴转动一定角度,使所述定轴转臂1贴靠在所述始端限位板4上;

[0050] 3) 释放定轴转臂1,使定轴转臂1在扭转弹簧2的驱动下绕所述转动轴转动,直至所述定轴转臂1再次贴靠在末端限位板5上;

[0051] 4) 使用所述测速仪3测量所述定轴转臂1的转速;

[0052] 5) 根据步骤4) 测量得到的所述定轴转臂1的转速,确定所述待测物品质心至所述转动轴的距离;

[0053] 6) 以所述转动轴为轴线,以所述步骤5) 确定的所述待测物品质心至所述转动轴的距离为半径,确定圆柱面,获得所述圆柱面与所述待测物品相贯而成的弧面;

[0054] 7) 改变所述待测物品与所述定轴转臂1之间的相对方位,重复步骤1)~6),直至获得相交于一点的3个弧面;

[0055] 8) 根据步骤7)所述获得的相交于一点的3个弧面对应的所述待测物品质心至所述转动轴的距离,确定所述待测物品的质心位置,完成质心测量工作。

[0056] 通过多元系统质心位置关系、定轴转动系统运动方程、定轴转动刚体动力学方程、扭转弹簧恢复力矩公式、系统转动惯量公式即可确定所述待测物品质心至所述转动轴的距离 r ,具体为:

$$[0057] \quad r = \left(\frac{\theta \sqrt{(m_0 + m)T'}}{2\pi n} - m_0 r_0 \right) / m,$$

[0058] 其中, m_0 为所述定轴转臂1的质量, m 为所述待测物品的质量, T' 为所述扭转弹簧2的扭转刚度, r_0 为所述定轴转臂1质心到所述转动轴的距离, θ 为所述定轴转臂1绕所述转动轴转动的一定角度, n 为所述定轴转臂1的转速。上述各参数中 m_0 、 θ 、 T' 、 l 、 r_0 是空间在轨物品质心测量装置的固有参数, v 是利用空间在轨物品质心测量方法测量获取的参数。适当调整物品在装载箱内的固定装载方位进行多次测量,即可获取被测物品的三维质心坐标。

[0059] 实施例1:

[0060] 空间在轨物品质心测量装置的固有参数,具体为:定轴转臂1在始端限位板4和末端限位板5之间的转动角度为 $\theta = 0.5 \text{ rad}$,扭转弹簧2的扭转刚度 $T' = 1.6 \text{ Nm}$,定轴转臂1长度 $l = 0.4 \text{ m}$,装载箱6和定轴转臂1的质量之和 $m_0 = 1 \text{ kg}$,装载箱6空箱和定轴转臂1系统的质心到定轴转臂1的转轴的距离 $r_0 = 0.18 \text{ m}$ 。

[0061] 某长方体待测质心物品 $ABCD A' B' C' D'$ 如图3所示,其质量 $m = 2 \text{ kg}$, AB 边长 0.35 m 。

[0062] 测量该物品质心时,先将物品的 AA' 边贴装载箱6内的固定转轴线固定于装载箱6内,拨动定轴转臂1至贴靠始端限位板4限位位置,如图4所示,之后释放定轴转臂1,装载箱6和定轴转臂1会向末端限位板5方向加速转动,直至定轴转臂1复位至末端限位板5限位位置。定轴转臂1复位运动过程中转过角度 θ 后通过测速仪3,测速仪3测量获取定轴转臂1运动端在通过时刻的运动速度 $v = 0.6 \text{ m/s}$ 。通过前述一维质心坐标函数可算得 $r = 0.275 \text{ m}$,即该物品质心距 AA' 边的距离 $r_1 = 0.275 \text{ m}$ 。

[0063] 再将物品的 BB' 边贴装载箱6内的固定转轴线固定于装载箱6内,重复测量过程,测速仪3测量获取定轴转臂1运动端在通过时刻的运动速度 $v = 0.8 \text{ m/s}$ 。确定所述待测物品质心至所述转动轴的距离为 $r = 0.184 \text{ m}$,即该物品质心距 BB' 边的距离 $r_2 = 0.184 \text{ m}$ 。

[0064] 最后将物品的 AB 边贴装载箱6内的固定转轴线固定于装载箱6内,如前操作,测速仪3测量获取定轴转臂1运动端在通过时刻的运动速度 $v = 0.7 \text{ m/s}$ 。确定该物品质心距 AB 边的距离 $r_3 = 0.223 \text{ m}$ 。

[0065] 则在图中以 A 为原点, AB 为 x 轴, AD 为 y 轴, AA' 为 z 轴的坐标系中,物品质心坐标 (x, y, z) 满足方程:

$$[0066] \quad \begin{cases} x^2 + y^2 = r_1^2 \\ (a-x)^2 + y^2 = r_2^2 \\ y^2 + z^2 = r_3^2 \end{cases},$$

- [0067] 其中, $a=0.35$ 。
- [0068] 带入数据解得该物品的三维质心坐标 (x,y,z) 具体为: $(0.235,0.143,0.171)$ 。
- [0069] 本发明说明书中未作详细描述的内容属本领域技术人员的公知技术。

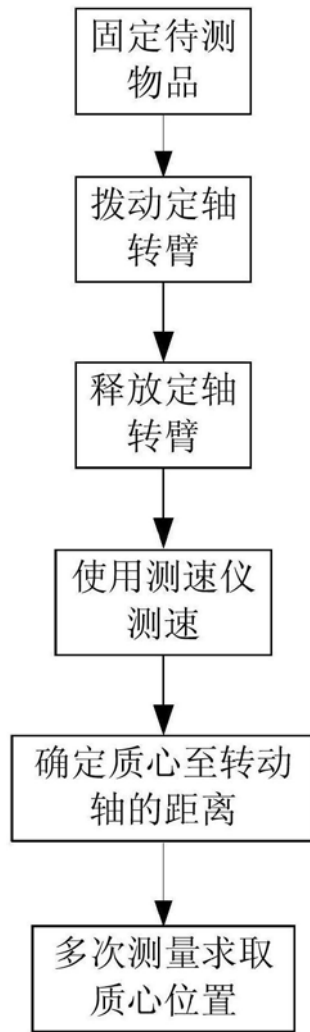


图1

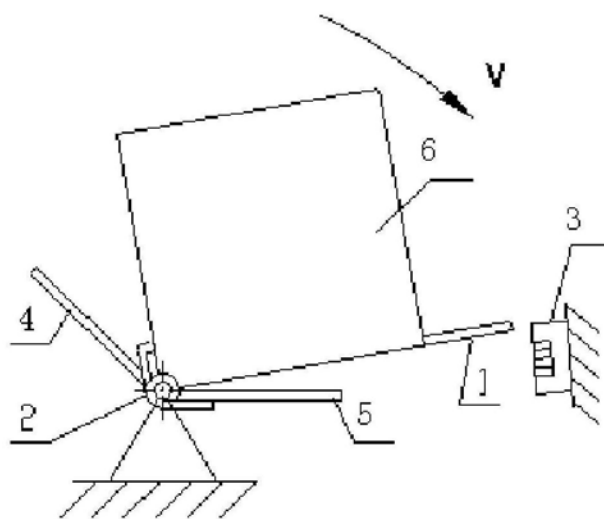


图2

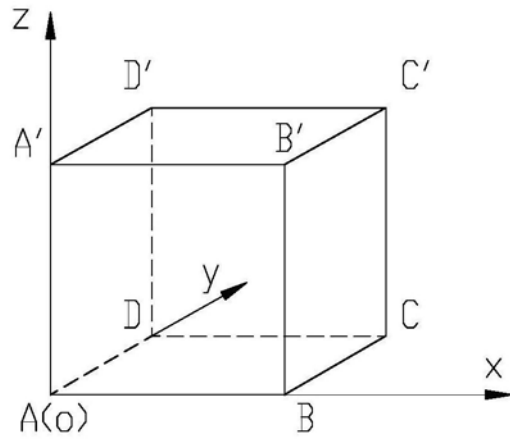


图3

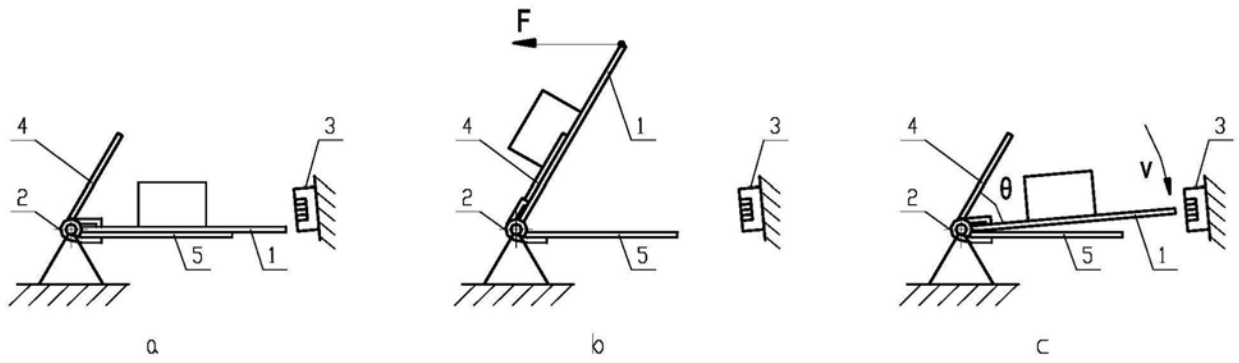


图4