

月球样品解封操作台

吴启鹏,付朝晖,王春勇,李昊璘,王 璘,刘轶鑫
(兰州空间技术物理研究所,兰州 730000)

2020年12月17日,嫦娥五号顺利返回,带回了无人采集的月球样品。月球样品非常珍稀,其价值无法估量。有研究表明,月球样品对地球大气环境中的水和氧等特别敏感,一旦暴露于地球大气,将与之发生物理或化学反应,使样品失去原有的特性。如何保证在无污染的条件下实现月球样品密封封装装置的解封,使样品的分析结果能反映原始的状况是探月工程三期嫦娥五号任务的关键问题之一,也是亟待解决的工程问题。因此,必须开展月球样品解封装置的研制工作。

针对复杂的月球样品密封封装装置的解封、苛刻的月球样品处理环境及防污染要求,研制了月球样品解封操作台,如图1所示。该装置主要由真空解封舱、样品处理舱和过渡舱组成,在真空解封舱内高真空环境下利用真空解封机构将月球样品密封封装装置自动解封,随后充入高纯氮气,打开真空解封舱和样品处理舱之间的舱门,利用真空传送机构将解封后的月球样品密封封装装置传送至样品处理舱,在高纯氮气环境样品处理舱内进行月球样品的取出、分样、处理和存储等。

利用高真空和高纯氮气环境交替方式使月球样品在整个解封及处理过程中始终处于高真空或高纯氮气环境中,解决了月球样品解封和防污染的难题。研制的月球样品解封操作台,完成了嫦娥五号月球样品密封封装装置的解封、样品处理和存储等工作,功能和性能正常。月球样品解封操作台是国内首台用于解封月球样品的装置,为后续地外天体样品的解封任务奠定了基础。



图1 月球样品解封操作台

关键词:月球样品;解封;防污染;高真空;高纯氮气环境;存储

Key words: lunar sample; unseal; anti-pollution; high vacuum; high purity nitrogen environment; storage

中图分类号: V476.3

文献标志码: A

文章编号: 1006-7086(2021)01-0101-01

DOI: 10.3969/j.issn.1006-7086.2021.01.016

月尘测量:从嫦娥三号到嫦娥五号

王 鹞^{1,3},孔风连¹,庄建宏^{1,3},王永军^{1,2},颜则东¹,苗育君¹,周 震¹,柳 青^{1,3}

(1. 兰州空间技术物理研究所;2. 真空技术与物理重点实验室;
3. 空间材料行为及评价重点实验室,兰州 730000)

月尘是月球表面最重要的空间环境因素。月尘容易在太阳辐照、空间带电粒子和碰撞摩擦的作用下带上电荷,并在电场的作用下悬浮和迁移。月尘对探测器敏感表面和宇航员健康安全存在潜在危害,关系着科学探测目标的实现和任务的成败。探测月尘,一方面要获得月尘累积量的时空分布,另一方面要探测它的带电特性,从而全面了解月尘的运动迁移机制,同时也为后续探月任务的月尘防护提供输入。中国在嫦娥三号任务中,对着陆激起的和自然环境下的月尘累积量进行了测量。研究人员通过两次月食前后的月尘累积量对比,并未发现明显的累积量“晨昏线”增强现象(Li D. et al, GRL, 2020),向着最终揭示月球的“地平线”发光现象的成因迈出了重要的一步。

在嫦娥五号任务中,兰州空间技术物理研究所研制了一种月尘带电分布测量仪,如图1所示。该测量仪由两套相同的测量探头组成,每套探头又分别由一组阻滞势分析仪和一台石英晶体微质量天平组成,如图2所示(Zhuang J. et al, SNA, 2021)。其中一个探头栅网工作时不加电压,为参考探头;另一个可以施加扫描电压,为测量探头。测量探头栅网施加一定电压时,只有荷质比满足一定条件的月尘颗粒才能通过。对于参考探头,月尘颗粒无论是否带电,都可以无阻碍地通过。栅网的下方是一个涂有黏性薄膜的石英晶体微量天平。当石英晶体电极表面附着一定质量后,其振动频率会发生改变,通过测量频率的改变量即可获得附着的月尘颗粒的质量。黏性薄膜的作用是增加颗粒与晶体的结合力,使其和晶体可以发生同频共振。地面试验表明,其质量灵敏度达到了纳克级。实际测量时,通过设置不同的“门槛”(扫描电压),再根据相应电压下两个探头沉积的质量差,得到不同荷质比月尘所占的质量分数。



图1 嫦娥五号月尘带电测量仪实物照片

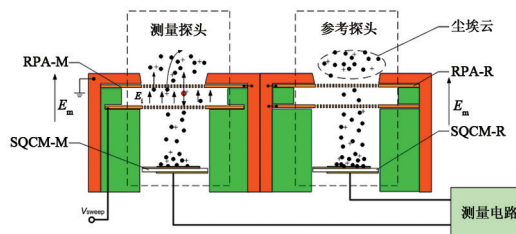


图2 嫦娥五号月尘带电测量仪原理图

日前,嫦娥五号月尘带电测量仪已全面完成月面测量工作。首次获取的月尘带电原位探测数据,可以为后续载人探月任务的月尘防护提供依据,同时,为揭示月尘的充放电机制和运动规律打下基础,取得重要的科学发现。后续我国还将开展月球极区的月尘探测。

关键词:月尘;带电测量仪;石英晶体微量天平;荷质比;嫦娥三号;嫦娥五号

Key words: lunar dust; charge measuring sensor; quartz crystal microbalance; charge-to-mass ratio; Chang' E-3; Chang' E-5

中图分类号: V476.3

文献标志码: A

文章编号: 1006-7086(2021)01-0101-01

DOI: 10.3969/j.issn.1006-7086.2021.01.017

无损探伤仪——为着陆器作体检

王 鹂^{1,3}, 郑阔海⁴, 李存惠^{1,2}, 文 轩¹, 苗育君¹, 柳 青^{1,3}, 银 鸿¹, 周 震¹

(1. 兰州空间技术物理研究所; 2. 真空技术与物理重点实验室;

3. 空间材料行为及评价重点实验室, 兰州 730000;

4. 江苏多维科技有限公司, 江苏 张家港 315000)

航天在轨无损检测与评价技术水平的高低在很大程度上反映了一个国家航天技术的发展水平。为了对嫦娥五号着陆器在着陆过程中的结构健康状况进行检测,保障探月任务及科学实验的顺利进行,兰州空间技术物理研究所研制了着陆器无损探伤仪,实物如图1所示,在国际上首次利用脉冲电涡流无损检测方法开展着陆器着陆过程关键部件的无损检测,为地面环境模拟实验提供验证,并为后续登月设计提供方案支持。

着陆器无损探伤仪利用激励线圈产生脉冲磁场,被测材料将会感生出呈涡旋状的感应电流,如图2所示,一旦金属被测材料结构出现损伤,流电路径将在不连续处发生畸变,从而引起被测部件表面磁场的变化,利用阵列化TMR磁传感器可实现对缺陷的测量。探头的工作分为在轨测量和地面数据处理应用两个阶段。在轨测量主要是对着陆过程中着陆器受冲击损伤状况的测量。地面数据处理主要是对在轨测量数据进行反演,利用地面标定实验结果对测量数据进行定量或定性分析,获得着陆器支撑结构连接部位的健康状况。

针对航天产品的特殊需求与特点,开发了小体积、轻重量、低功耗的TMR磁传感器;针对探头对微小缺陷检测的要求,设计了阵列化布局的传感器结构;通过矩形线圈的设计实现了对被测材料的均匀激励,避免了边缘效应,提升了边缘缺陷的检出能力;通过激励线圈与TMR传感器的集成设计,保证了涡流分布的连续性及在一定深度处保持足够强度,避免了深层缺陷的漏检,确保了嫦娥五号着陆器在着陆过程中的结构健康状况检测任务的顺利开展。

该技术首次实现了我国空间在轨原位无损检测,可为载人探月及后续深空探测保驾护航。

关键词:嫦娥五号;空间无损检测;脉冲涡流;TMR隧道磁电阻传感

Key words: Chang' E-5; space non-destructive testing; pulse eddy current; TMR sensor

中图分类号: V476.3

文献标志码: A

文章编号: 1006-7086(2021)01-0102-01

DOI: 10.3969/j.issn.1006-7086.2021.01.018

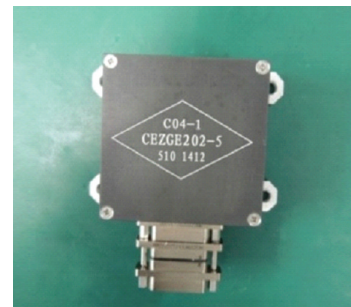


图1 嫦娥五号着陆器无损探伤仪实物图

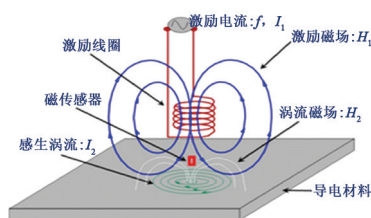


图2 电涡流检测原理图