

六、预计招收博士生的课题研究方向和研究工作简介

1. 博士论文研究方向： 月球南极水冰物质超声钻探破碎机理及高效自适应潜入研究

选题类别： ☒ 基础性研究 ☒ 应用性研究 ☐ 工程技术攻关研究
☐ 新开辟的研究方向 ☒ 已有研究方向的继续 ☐ 其他

2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介

从上世纪60年代以来，人类针对月球、火星等地外天体是否存在水、水以何种形态存在、储藏丰度如何等科学问题开展了持续性探索，利用地基遥感、星载遥感、着陆就位探测等方式，已初步探明月球极区和火星地下均存在水冰物质。随着天体水科学问题研究的深入以及深空探测技术的发展，地外天体水冰物质的原位精准勘查已经成为深空探测领域的前沿和热点问题。但是目前国际上通常采用遥感的方式进行水冰物质的探测，这种方式容易受到探测远距离和非接触测量原理的制约，探测结果还比较粗略，无法精确获取含水冰星壤的综合物性及水冰物质在纵深剖面中的分布规律及其同位素特征等数据。而这些信息，恰恰是未来星球基地建设和水资源开发与原位利用的前提和依据，也是理解太阳系天体水的来源、早期地球及行星差异演化、生命起源演化等核心科学问题的关键证据。

为满足月壤水冰在纵深剖面分布特性精准勘查的科学需求，潜入式原位探测成为一种理想的探测方式。潜入式原位探测是指利用侵彻、钻进、掘进等原理在月壤中形成纵深观测剖面，获取潜入路径沿程特征位置处月壤水冰原位状态信息的探测方式。月壤剖面中具有颗粒物质堆积物、岩石、冰壤混合物、纯冰等随机组构形态，其可钻性与其矿物类别、含水率、温度等因素直接相关，这是非确知月壤剖面组构潜入作业的核心技术难点。月球水冰物质一般分布于月球南极永久阴影区的月表一定深度以下，这就要求潜入机具的功率、能耗必须要小，同时其质量和尺寸不能过大。所以目前国际上常用的常规钻探、高速飞行贯入和低速冲击贯入等方式均不能满足探测需求。

针对上述科学问题和探测难点，本课题以月球南极水冰潜入式探测为工程背景，针对月球南极水冰物质低功率、高效能探测的技术需求，紧密结合水冰物质的特殊性 & 超声波钻探的特点，提出面向月球南极水冰物质超声钻探破碎机理及自适应潜入的研究，具体开展以下研究：

- 1) 高等效性水冰模拟月壤制备方法研究
- 2) 水冰模拟月壤超声钻探冲击破碎机理研究
- 3) 超声钻探机具与水冰模拟月壤间的冲击能量传递特性研究
- 4) 欠数据下水冰模拟月壤特性反演模型研究
- 5) 基于水冰模拟月壤特性反演模型的高效自适应潜入机理研究
- 6) 水冰模拟月壤超声钻探高效自适应潜入特性试验研究

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

本课题依托于正在承担的宇航空间机构及控制研究中心“自潜式星壤水冰综合物性智能原位感测仪，战略预研”和航天科技集团第七研究院“月面资源触探信息采集工具，预研项目”

六、预计招收博士生的课题研究方向和研究工作简介

1. 博士论文研究方向： 星壤水冰综合物性传感融合及智能随钻感测方法研究

选题类别： ☒基础性研究 ☒应用性研究 ☐工程技术攻关研究
☐新开辟的研究方向 ☒已有研究方向的继续 ☐其他

2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介

从20世纪60年代末，美国前苏联等航天强国开启了一系列地外天体探测计划，并多次成功的实现了地外天体星壤探测任务。从地基遥感、星载遥感、着陆就位探测等方式得到了多层次的星壤信息，其主要目的就是探测星壤的组分结构以及理化性质，尤其是“水冰”物质的含量信息。作为生命的载体，水冰物质不仅可以满足未来建设星球基地、转化太空燃料等工程需求，同时也能揭示早期地球及行星差异演化、行星原始地质演化过程等重要科学信息。目前国际上通常采用传统传感器进行星表浅层独立的物性探测或单纯进行钻取等形式的采样，采样的钻取过程并未与物性探测传感器深入结合，往往导致采样过程规程不匹配、采集样品不具有足够的科学价值，同时物性探测过程无法深入天体剖面，导致探测信息单一、样本不充分、不具有科学普适性，同时无法形成多维度的分布式、纵深式物性信息网络。

随钻多源感测是星壤探测的新理念，其目的是将掘进作业功能与特种分布式传感阵列的设计相融合。在实现潜入作业的同时进行随钻的原位探测，通过对典型物性例如介电/电导/热学性质的多源多路信息融合，对星壤的理化性质进行推衍，利用地面标定完善的物性特性与其含水率及环境温度、孔隙率的特征关系，采用多源、互补式传感融合原理，实现星壤水冰物性参量的精准评估。并可进一步通过反演信息调整掘进潜入作业规程以及智能感测规程。最终实现高适应性智能潜入与行星剖面分布式、纵深式的星壤物性多维度信息网络。

本课题以地外天体星壤多物性传感融合及智能随钻感测方法研究为题，以解决极端低温环境常规传感器失效问题、满足随钻多源原位感测为应用目标，欲从传感材料、感测机理、本体设计、智能控制等层次深入开展研究，具体如下：

- 1）极端低温、强辐照、剧烈温差环境下，传感器元件结构本体与敏感材料的适应性技术。
- 2）地外天体极端环境下典型物性的感测方法及感测机理
- 3）基于Al2O3膜的湿度传感器及衍生技术
- 4）多源多路典型物性的传感信息融合技术
- 5）基于随钻典型物性耦合传感器反馈信息的智能感测技术

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

本课题依托于正在承担的宇航空间机构及控制研究中心“自潜式星壤水冰综合物性智能原位感测仪，战略预研”和航天科技集团第七研究院“月面资源触探信息采集工具，预研项目”