2021年招生计划

三、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： 主带彗星砾石堆组构动能侵彻式原位物性触探研究

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

主带彗星是近年来才被发现的，轨道位于小行星带，在近日点会喷气的一类特殊小天体。我国拟率先对最具代表性的主带彗星 133P/Elst-Pizarro（简称133P）开展探测，以期获得其内部物质成分，破解其形成演化、喷气机理之谜，地球生命和水起源、太空资源调查等方面达到世界先进水平。由于 133P 的地基观测光谱数据的信噪比较差，且表面星壤中含有大量因太阳紫外线产生的有机物 “索林”，传统绕飞很难测量其内部物质组成及挥发分逸出特征，因此提出在探测器上搭载一枚动能侵彻式潜探仪。目前，课题组已申报我国首个小行星探测任务国际搭载项目。该项目将由哈尔滨工业大学牵头，联合国内外数十家合作团队研制动能侵彻器，用以完成次表层物性参量的原位勘查。该博士课题来源于上述国家搭载项目中的关键技术攻关，拟针对主带彗星次表层“含冰碎石堆”模拟样本开展侵彻式原位触探研究。首先，对星壤的机械物理特性进行研究，构建模拟星壤样本的可彻性评价体系，研制能够覆盖星壤侵彻特性的模拟星壤样本。其次，基于模拟星壤与侵彻机具间相互作用热力学模型，开展基于模拟星壤样本的侵彻机理实验验证；基于侵彻力载及可彻性评价体系建立可彻性辨识模型，开展多层模拟星壤可彻性在线辨识研究。最后，在侵彻热力耦合模型基础上，推演侵彻影响区的热流密度瞬态分布，开展模拟星壤的物性参量反演，完成对原位星壤全剖面触探式科学探测，验证面向对象的侵彻式物性勘查方法。具体如下：

1） 基于可彻性的星壤侵彻特性研究针对，提出基于气浮+振动/固结式的模拟小天体低重力的空间环境和含冰胶、结物理状态星壤制备方法，参考地面可彻性评价体系，提出了小天体砾石堆组构、的可彻性评价方法，并开展力学特性分析与测试。

2） 机具-模拟星壤热力耦合侵彻建模及验证、通过开展侵彻头垂直侵彻和侵彻体斜侵彻等典型物理过程热力耦合研究，分、析砾石组构的失效形式及流动情况，开展侵彻体与模拟星壤细观作用试验研究。

3） 基于侵彻力载特征的模拟星壤可彻性识开展不同可彻性侵彻对象的可彻性辨识研究，将侵彻动力参数监测状态作为输入，可彻性识别系统进行特征提取、模式识别，输出全剖面模拟星壤的可彻性。

4） 基于热特性的模拟星壤物性参数反演研借助侵彻体中空间分布的拾温状态传感器件记录生热及散热态温度随时间变化信息，结合多层可彻性辨识结果及侵彻机具-星壤力学模型，构建模拟星壤生热-产热模型，反演侵彻头接触区域的星壤物性参量。

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

本课题依托正在工程化评审阶段的小行星探测任务国际搭载项目“主带彗星次表层潜探器”研制国防科技重大专项和哈尔滨工业大学重大项目培育计划“小行星搭载项目竞标论证”经费支持。

2021年招生计划

三、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： 月球南极永久阴影区月壤水冰钻进取芯技术研究

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1961 年 Watson 提出月球永久阴影区有水的科学假说以来，人类通过返回样品分析以及地基雷达、星载探地雷达/中子谱仪/光谱仪等遥感探测方式，已初步探明在月球的极区存在水冰物质。截止目前，上述遥感探测数据分辨率还很低，探测数据还存在多解性和模糊性争议,人类仍无法确知水冰物质在月壤剖面中的真实分布情况。我国拟率先在 2024 年前后对月球极区展水冰原位探测，以期获得其内部水冰物质成分，破解其形成演化规律，在地球生命和水起源等方面达到世界先进水平。合作团队创造性提出在我国 CE-7 任务中飞跃器上搭载一款小型钻机用以对月球南极永久阴影区深层水冰物质开展钻进取芯技术研究。该拟定的博士课题是课题组 CE-5 月面钻取采样关键技术课题的技术延续，拟在前期无水干钻钻进取芯特性研究基础上， 针对新发现的月球南极永久阴影区 “月壤水冰” 物质开展深层钻进取芯技术研究。首先，构建月球南极极端低温、真空、低含水的月壤水冰物质生存环境，研制能够覆盖不同含水率等级的模拟月壤水冰模拟物； 其次，基于模拟星壤与侵彻机具间相互作用热力学模型，开展基于模拟月壤水冰样本的钻进取芯机理实验验证； 最后，在钻进取芯热力耦合模型基础上，推演钻进扰动影响区的热流密度瞬态分布，开展模拟月壤水冰的物性参量反演，完成对原位星壤全剖面钻进取芯科学探测，验证面向不同含水率的深层钻进取芯探测方法。具体如下：

1） 月壤水冰模拟物地面拟实制备研究
2） 模拟月壤水冰物质钻进力载建模及验证
3） 模拟月壤水冰物质钻进热载建模及验证
4） 基于热特性的模拟星壤物性参数反演研究

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

本课题依托航天科技集团第五研究院“CE-7 飞跃器永久阴影区原位探测”预先研究课题和航天科技集团第七研究院“月面资源触探信息采集工具”预先研究项目。