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： 弱引力环境下小行星表面可重复超声波钻进锚固技术研究

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

1）选题背景及意义

小行星被称为太阳系的“活化石”，较为完整地保留了太阳系早期形成和演化历史的遗迹，对地球环境的演化、人类的生存产生着重大的影响。（1）小行星探测可探索太阳系的形成和地球生命起源等科学问题；（2）可研究小行星的轨道动力学特征，建立小行星预警防御体系；（3）可开发小行星蕴藏丰富的矿产资源，缓解地球的资源危机；（4）小行星在太空中数量众多，分布范围广，可作为人类深空探测“天然的跳板”，为人类建立空间设施以及星际航行转移系统提供大量基础材料。从20世纪90年代开始，美国、日本、欧盟等国家和地区多次发射航天器对小行星开展了飞越、伴飞、附着、采样返回等多种形式的探测。截至目前，我国已实施的对小行星的探索任务仅限于“嫦娥二号”探测器于2012年对小行星Toutatis开展的飞越探测，获得了清晰的小行星遥感图像。本课题拟研究小行星表面可重复超声波钻进锚固技术，为我国首次小行星附着采样探测任务的工程实施提供技术支撑。

2）主要研究内容

以我国首次小行星附着采样探测任务为背景，开展探测器在微引力小行星上实现可重复、长时间附着技术的研究。着重开展超声波钻的设计与分析、超声波钻对高低温空间环境的适应性、探测器的锚固适应性、附着过程中星壤物理特性在线反演等方面的研究工作，突破超声波钻进锚固的自主适应技术，实现探测器在小行星表面的长时间可靠锚固。

（1）超声波钻的设计与分析：在考虑小行星表面苛刻空间环境（高真空、高低温）的条件下，开展超声波钻的设计、分析及结构参数优化。构建覆盖小行星表面特性的岩石样本，利用冲击式超声波钻探器开展开钻性实验，形成基于超声波钻的可钻性评价方法体系。测定各级岩石样本的单轴抗压强度、萧氏回弹硬度，并通过回归分析建立与可钻性之间的对应关系。

（2）超声波钻的高低温适应性研究：研究真空、高低温环境对钻探器谐振特性及温升特性的影响规律，开展钻探器的环境耐受能力考核实验研究，获得钻探器在苛刻空间环境下的极限工作能力包络。在真空及高低温环境下，针对不同可钻性等级的岩石样本，开展不同钻压力条件下的超声波钻探器自谐振钻进实验研究，构建与温度、钻进深度、岩石可钻性强相关的钻进规程专家库。基于支持向量机建立真空高低温环境下的岩石可钻性辨识模型，与钻进规程专家库相结合，形成能够主动适应环境的闭环控制算法。

（3）探测器的锚固适应性研究：研究小行星表层物理特性，如表面材料的抗压强度、摩擦系数、粒径大小等对超声波钻附着机构锚固力的影响规律。研究小行星表面地形，如岩石凸起或地表凹陷等形貌特征对锚固稳定性的影响规律。开展探测器锚固机构的表层物理特性、形貌特性、不同钻进效果的适应性试验研究。

（4）附着过程中星壤物理特性在线反演：超声波钻探器既具有岩石高效钻进能力，又能利用钻进过程中的参数反馈对被钻对象进行科学探测。开展在钻进过程中基于自身状态监测信号融合的岩石物理力学参数反演研究以及岩土内层温度测定，实现在小行星表面附着过程中的钻探一体化。

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

1）小行星附着采样关键技术预先研究经费，中国空间技术研究院总体部
2）国家自然科学基金面上项目，面向小行星锚固的双能量流驱动超声波钻探器作动机理研究，项目批准号：51975139