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： 面向在轨组装与维护的空间机器人运动规划研究

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

空间机器人在轨组装是一种高效的建造、维护大型空间设施的方法，美国NASA已计划在轨验证该项关键技术，本方向针对这一国际前沿核心问题开展研究，突破面向超大口径望远镜或大型桁架在轨装配的智能机器人系统及理论问题，其主要研究内容有：

(1) 具有灵巧末端操作机构的刚柔耦合在轨装配冗余/超冗余机器人设计及理论

空间望远镜在轨模块组装操作包括目标部件的拾取、搬运、安装、锁紧和分离等任务，需要开展多自由度轻型冗余/超冗余机械臂设计、具有机械和电气连接功能的大位姿容差灵巧末端操作机构设计，力觉/视觉传感器系统设计等。同时面向大型空间望远镜组装作业需求，具有较大长度轻型空间机器人关节和臂杆的柔性不可忽略，需开展刚柔耦合机器人构型设计，机构、传感、驱动和微处理器系统的集成一体化设计及理论研究。

(2) 柔性基座下刚柔耦合空间冗余/超冗余机械臂在轨运动控制研究

对于刚柔耦合空间机械臂首先要完成柔性行为的机理分析与建模，建立空间机械臂柔性行为的完备建模理论和激发机理分析方法；然后提出关联耦合下柔性行为演化动力学建模和计算方法；最后考虑在轨运动时，柔性基座下机械臂的运动特性分析、超冗余机械臂的运动学逆运算、柔性基座冗余机械臂基座扰动最小优化轨迹规划、基于模型预测的柔性基座机械臂振动抑制研究和大负载低基频柔性基座机械臂阻抗控制研究。

(3) 空间机器人在轨装配复杂环境感知与自主作业

在轨装配过程也是空间作业任务环境不断发生复杂变化的过程，空间机器人需要利用自身的传感系统能够对场景所发生的变化进行实时地动态感知，并通过学习实现局部智能控制，完成自主作业。需要对从不同传感器得到的测量数据进行融合处理和分析，建立有效的数学描述方法，充分利用异类信息在空间和时间上的互补性以及协同性，建立信息融合准则，发展快速信息融合算法对信息进行筛选和提取，提高预测与感知能力，增强自主作业效率。

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国防科技卓越青年科学基金“***机器人关键技术研究”500万，2019-2023，项目负责人
国家自然科学基金重大研究计划培育项目“动态非结构环境下超冗余机械臂自主运动规划研究”65万，2019-2021，项目负责人

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： 面向大型空间碎片清除的飞锚系统及侵彻与附着理论研究

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

空间碎片是人类空间活动的产物，高速的空间碎片撞击上航天器时会导致航天器失效或爆炸，主动清除空间碎片是解决Kessler效应的根本方法。本项目针对目前空间碎片主动清除首要问题，即大型非合作空间碎片的捕获清除开展研究。通过分析国内外现状，并结合青年基金项目基础，提出一种新式的飞锚内部抓捕方法完成对大型空间碎片的捕获和主动清除。这种方法可以避免由于碎片的章动等造成的非合作目标外部捕获点识别及抓捕的难题，可远距离重复柔性抓捕。通过开展飞锚对多层目标介质的侵彻理论、飞锚对目标介质可重复附着理论和飞锚系统及其地面试验平台的研究，解决具有进动、章动等复杂姿态运动规律的大型非合作失稳碎片的抓捕、基于多种金属和复合材料组合介质特性的飞锚垂直/斜侵彻以及多目标介质可重复侵彻及附着问题，突破飞锚系统设计和重复侵彻与附着关键技术。本研究对于保证航天器安全运行、可持续利用轨道空间和控制空间具有重要意义和应用价值。

(1) 飞锚对多层目标介质的少碎片侵彻理论研究

不同于本人前期针对单介质C类土壤小星体的垂直侵彻研究，大型空间碎片材料非单一介质，主要包括金属（铝合金等）、复合材料（碳纤维增强复合材料等）等，同时具有章动等复杂姿态运动导致无法实现理想垂直侵彻，本项目将对飞锚在多种大型空间碎片表面材料的垂直/斜侵彻理论进行研究，同时还要保证侵彻过程中没有或极少量的碎片扩散到太空中。

(2) 飞锚对目标介质可重复附着理论研究

不同于本人前期对C类小星体的一次性附着研究，本项目将对飞锚的附着理论和可重复附着进行研究，即侵彻到目标内部的飞锚机构能够变形提供额外的附着力，建立与大型空间碎片的可靠连接；在需重复附着时可恢复原型并与目标分离收回到发射单元内，准备下一次侵彻，重复多次完成对碎片的推离或捕获清除。

(3) 基于大型空间碎片清除的飞锚系统及其地面试验平台研究

基于飞锚侵彻与附着理论的研究结果，将开展飞锚捕获系统、拖拽系统、分离系统以及控制系统的总体设计与样机研制，并针对空间碎片捕获的关键问题建立地面试验验证平台，完成飞锚对多层介质垂直/斜侵彻，以及侵彻后附着力开展试验验证研究。

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家自然科学基金面上项目“面向大型空间碎片清除的飞锚系统及其可重复侵彻与附着理论研究”，60万，2018-2021，项目负责人

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： 智能机器人宇航员

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

机器人在耐受空间环境和长期作业方面比人类具有很大优势，除了可以协助航天员进行各种精细操作作业外，还需具备人机多模态智能交互、智能学习的能力，因此它是一个集机、电、控、智为一体的高度复杂与集成的系统。目前实验室正在开展智能机器人宇航员系统预先研究工作，拟在智能机器人宇航员的感知与模式识别、双臂手协调作业、自然语言理解等多模态智能交互与自主智能方向取得新的突破，研制出具备较高人工智能的机器人宇航员。

该方向属于人工智能交叉方向，按学校人工智能交叉方向培养方案执行，本人为交叉方向导师。

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

与计算机专业教师联合培养，人工智能交叉方向，国防科技卓越青年科学基金“***机器人关键技术研究”（500万，2019-2023）和国家重点实验室自主课题等方式支持。