

2023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： 月轨舱低冲击可重复捕获对接机构关键技术研究

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

以空间站为例的大型航天器在对接过程会产生很大或比较大的冲击力，这对于在空间微重力环境下航天器对接的可靠性及对接结构的安全性存在很大的隐患，且对在对接过程的姿轨控提出很高的要求。同时，我国天宫一号与神舟飞船交会对接所用的同构一体式对接机构采用两组钢丝绳实现多点处锁紧力的加载，不仅存在对接机构复杂、钢丝绳长时间使用蠕变导致锁紧力下降及寿命降低等问题，而且对接机构整体的尺寸及重量都很大，无法满足我国未来航天器尤其是月轨舱段要求对接过程低冲击、高可靠、长寿命及对接机构简单化、轻量化等要求。面向我国未来月轨舱段对接对于多功能一体化接口可重复捕获对接国家重大任务需求，在与航天五院相关部门前期多次论证的基础上，特规划面向月轨舱低冲击可重复捕获对接机构关键技术研究博士课题，主要研究内容简介如下：

1) 月轨舱对接机构构型设计与优化

利用足腿结构仿生学特点，借鉴足腿结构弹跳过程躯体稳定性原理，得到仿生足腿结构各关节协同运动约束条件，以此建立单足腿结构驱动运动学、动力学单元模型；建立对接机构主、被动端位姿参数化模型，得到主动端串并联机构关节输入-位姿输出的精确运动学模型方程，分析推导出主动端对接位姿包络空间，开展足腿结构参数及布局对包络空间的影响分析，提出约束条件，优化结构参数及布局。

2) 月轨舱对接机构捕获缓冲动力学分析

根据初始条件与边界条件，建立主动、被动端航天器对接过程动力学模型，推导动力学方程；开展对接机构捕获碰撞动力学分析，揭示捕获区域边界非线性接触力关系，得到主、被动端碰撞前后的运动变化关系，识别出影响捕获的关键机构、位姿参数；开展对接捕获碰撞过程所引起的相对位姿姿态变化对可靠捕获的影响分析；开展包含驱动力、阻尼、接触力等参数耦合系统的动力学特性研究，进行关节驱动力与对接接触力的相互影响分析。

3) 月轨舱对接机构主动伺服缓冲控制策略研究

根据对接过程运动边界约束条件，结合动力学模型，建立对接机构主动端空间可达点位姿 “缓冲能量密度”分布；开展对接系统传感检测布局研究，识别关键检测参数，开展传感布局对系统控制影响分析，提出优化方法，进行布局优化；提出一种“柔顺-导引”伺服缓冲控制策略，在对接缓冲过程中，机构运动采用柔顺控制方法，并结合“缓冲能量密度”空间分布状态，增加主动“引导”力，促使位姿点趋向缓冲能量高密度区域方向运动，并分析控制方法的优越性。

4) 月轨舱对接机构地面模拟试验研究

搭建对接机构地面试验系统，模拟在轨对接微重力环境，可实现主被动端不同相对位姿调整，并使用各种视觉、图像分析、传感数据采集与处理等试验支持设备；开展对接机构几种典型姿态的对接捕获试验，验证对接机构捕获碰撞分析的正确性及捕获前姿态调整的有效性；开展对接缓冲过程模拟试验，验证所建立动力学模型、“柔顺-导引”伺服控制策略等理论的正确性。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

本课题依托航天一院型号项目“XXX装置研制”，项目经费880万，研究期限为三年。