

四、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： 空间可重构机器人

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

空间重构机器人精准灵巧操作是指机器人能够根据环境任务的变化自己改变构型，进行机器人硬件和软件重构，并能克服变构和操作过程中柔性变形、振动以及其他不确定性干扰等影响，以分别或同时满足操作距离、载荷能力、作业精度、运动灵巧性等方面的要求，实现对目标的精准操作，克服克服传统空间机器人构型固定、功能单一，难以同时满足远距离工作范围、多类型操作任务和高精度作业等需求，在时间、空间分配，以及能量、信息、功能的综合利用上具有巨大优势。

空间重构机器人用于在轨操控首先面临着基座、机器人及载荷之间耦合动力学激发的柔性行为。空间自重构机器人采用体积小、质轻、传动比范围大、承载力大的谐波减速装置以及轻质材料臂杆作为模块化分支机器人的理想配置，导致机器人柔性较大、结构刚度小、固有频率低、易受扰动，特别是在变构形及执行任务的过程中，关节的摩擦阻尼、系统的质量和惯量发生变化；同时空间的大温差环境使轻质臂杆柔性模态空间分布以及关节刚度系数产生变化，这些因素导致基座-机器人-载荷之间耦合特性更加复杂，易激发起柔性振动行为。因此，空间自重构机器人设计要求和空间环境特点使其在空间操控过程中易产生复杂的变形与振动，无法满足空间在轨攻防任务的稳定、精确、安全、快速要求，需要建立“基座-机器人-载荷”的复合变体系统动力学模型并对系统柔性行为进行准确表征。

空间重构机器人的任务适应性是指适应不同在轨操作任务和空间环境变化的能力。如机器人利用多个分支和母体模块重构成多分支臂手构型模式，通过多个分支之臂手间的协调操作完成对目标分离对接、拆卸组装、模块更换、剪切贴附等攻防作业；机器人也可重构成多分支手足构型，通过攀爬或步行移动等方式到达远端开展精细作业任务；机器人也可通过多个分支串联重构成超冗余长臂构型实现狭窄空间通过并对目标进行操作。然而，机器人每次改变构型均对原来构型的拓扑结构，运动学、动力学关系及相应的参数放生了改变，因此机器人如何快速智能优化构型成为提高空间机器人对于不同在轨操作任务的适应能力的的关键问题。

空间重构机器人的灵巧操作控制是指采用系统综合分析先进控制设计相结合的方法，解决基座-机器人-载荷耦合动力学柔性行为对空间机器人操作带来的复杂性问题，构建“任务-结构-构型”相容的控制方法，实现空间作业任务的稳定、精确、快速、灵巧执行。机器人在执行任务过程中产生的柔性振动主要表现在：（1）柔性振动与刚性运动相互耦合，且与卫星平台干扰、多分支在轨协同操作以及载荷相互影响，导致柔性行为的激发与演化过程呈现出复杂的动力学特性；（2）柔性振动本身的无穷维模态、时变和非线性等特点导致信息的不完全观测，外部环境干扰和传感器本身精度导致信息的不精确观测，这使得空间机器人柔性行为信息具有欠观测特性；（3）柔性振动使空间机器人执行在轨任务时的控制方法设计更加困难，包括形变振动导致系统失稳，柔柔耦合和刚柔耦合导致跟踪精度降低，使空间机器人无法精准完成操作任务。因此需开展空间自重构机器人灵巧操作机理及精准鲁棒控制策略研究，实现机器人在轨稳定、精确、快速、灵巧的操作。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家部委项目

2024年招生计划		
四、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： 人形机器人		
选题类别： <input type="checkbox"/> 基础性研究 <input checked="" type="checkbox"/> 应用性研究 <input type="checkbox"/> 工程技术攻关研究 <input type="checkbox"/> 新开辟的研究方向 <input type="checkbox"/> 已有研究方向的继续 <input type="checkbox"/> 其他		
2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介		
<p>人形机器人是世界创新高地的标志性成果，大国博弈和国家安全的必争之地；制造产业基础再造的抓手，未来产业发展的引擎；人工智能技术集大成的载体、多学科交叉研究的平台。人形机器人研究备受全球发达国家的关注，是我国亟需自主可控的重要战略领域，是前瞻性未来产业，在智能制造、军事国防、深空探测、仓储运输、康复养老、教育娱乐等领域都有广泛的应用前景。</p> <p>瞄准国家《“十四五”机器人产业发展规划》中人形机器人的重大战略需求，集合我校机械、电子、材料、计算机、控制、能源等多门学科专业，开展人形机器人技术攻关，解决人形机器人的关键科学问题与“卡脖子”技术难题，为人形机器人在智能制造、军事国防、深空探测、仓储运输、康复养老、教育娱乐等领域应用提供技术和产品支持，研制“走的稳、跑的快、操作巧”等具有哈工大特色的人形机器人，带动学校相关学科快速发展，建立国际顶尖的人形机器人研究机构和世界一流的科研队伍，使我校人形机器人技术达到国内领先、国际先进水平。</p> <p>面向人形机器人技术的重大需求，发展仿生运动结构机构设计、高爆发力与柔顺驱动、复杂场景智能感知与导航规划、全身协同运动、仿人灵巧操作、高适应动态平衡控制、高功率密度电池以及自主学习和智能发育等设计理论，阐明仿人结构设计及运动机理，构建功能/结构/材料一体化设计、仿人全身行为控制以及智能人机交互方法，研制高功率密度电机、高性能电机伺服驱动器、轻量化高扭矩一体化关节、多自由度灵巧手、高功率密度机载液压动力源、旋转直驱伺服阀等核心部组件，开展具有感知精准、响应快速、运动稳定、动力强劲、操作灵巧特征的人形机器人系统制备及搬运重物、操作工具、人机协同、稳定行走等典型作业任务验证研究。</p>		
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况		
培育项目		