2021年招生计划

六、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： 绳驱动连续型柔性机械臂的运动规划与控制

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

选题背景及意义：

随着经济的发展和社会的进步，机器人的应用领域不断拓展，应用环境也愈发复杂。以工业机器人为代表的传统刚性机械臂在结构化的工作环境下的程序化操作得到了广泛应用，但刚性机械臂在非结构环境（例如废墟、复杂管道等）下的局限性正日益显露。为了解决传统刚性机器人在复杂环境下操作所面临的问题，许多研究人员将目光投向了具有更多运动自由度且弯曲特性更好的连续型机器人上。

连续型机器人受自然界中象鼻等生物体结构启发，一般由弹性物体作为支撑，通过将许多模块化关节串联组成。或者直接用完整无间断的弹性材料作为机械臂本体，因而具有超高冗余度甚至理论上无限多自由度。这种结构形式使得连续型机器人具有良好的运动灵活性和柔顺性，因而特别适合于狭小空间下的避障作业。连续型机器人的灵活性、柔顺性使得其在非结构复杂环境中具有广阔的应用前景。

研究内容：

（1）绳驱动连续型机器人设计

连续型机器人本质上是一种欠驱动机器人，其具有无限多自由度的弯曲变形，仅能依靠有限多驱动源驱动，因此为了实现连续可控的弯曲变形，需要通过设计合适的机械结构和驱动方式对空间弯曲进行约束。

（2）绳驱动连续型机器人运动学分析

绳驱动连续型机器人存在多层运动学映射关系：驱动空间，关节空间，笛卡尔空间。这类机器人往往自由度较多，逆运动学求解需要考虑冗余度问题。

（3）绳驱动连续型机器人动力学建模

绳驱动连续型机器人动力学可以分为以下部分，包括对绳索的建模，绳索与臂杆接触摩擦建模，弹性体的建模，绳索驱动空间到关节力矩的映射以及多体系统动力学建模。最终建立一种可任意配置绳索数量、绳孔位置、臂杆段数的通用绳驱动连续型机器人动力学模型。

（4）绳驱动连续型机器人柔顺控制

绳驱动连续型机器人具有内在柔顺性，在动力学建模的基础上，在绳索根部安装拉力传感器，通过对系统参数进行辨识，对绳驱动连续型机器人进行重力补偿、碰撞检测等柔顺控制研究。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

本课题来源于柔性机械臂规划与控制技术的研究和与中国船舶工业系统签订的柔性充电机器人项目

2021年招生计划

六、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： 空间机器人鲁棒智能控制技术的研究

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

选题背景及意义：

由于外太空环境具有微重力、高真空、强辐射的性质以及空间碎片逐年增多，依靠宇航员进行空间作业的方式成本高、风险大，空间机器人将代替宇航员在未来的太空探索中扮演越来越重要的角色。

空间机器人所处特殊的太空环境，使基座与空间机械臂之间具有强耦合性；并且环境中的气动力矩、太阳光压、动力力矩、重力梯度力矩等因素会对系统造成不确定扰动。此外空间机器人系统自身的动力学特性是机械电气、计算机、航天器轨道等互相作用的产物，将受到系统燃料的消耗、关节摩擦、装配误差、太阳帆板等展开机构的影响。这些因素使得空间机器人相关的建模、规划和控制与地面机器人相比存在很大差异；为保证空间机器人入轨后成功完成在轨组装、修理和保障等任务，需要在地面模拟出空间环境、对相应控制算法进行充分的验证。

将空间机器人视为刚体的物理建模方法，不免要求相应的控制算法具备较强的鲁棒性以保证系统安全，从而失去了执行复杂任务的能力。提高空间机器人的智能化水平是重要的发展方向，对未来开展空间任务具有重要的实际意义。

主要研究内容：

1. 空间机器人智能学习过程的稳定性与学习速率分析

当前强化学习算法普遍存在学习过程不稳定、学习速率低、需要与环境进行大量交互的问题。为分析空间机器人智能学习过程不稳定的原因，拟采用经济学中的代谢增长理论对该现象进行研究，从而改进现有强化学习算法，提高学习的稳定性与学习速率。

2. 空间机器人多任务学习与策略融合问题研究

在智能体学习过程中，多任务学习比单一任务学习更容易。智能体可以从多任务中学习出不同任务间所具有的共同特性，当智能体面对新任务时便可利用这部分知识，从而加快学习进程。因此拟将多任务学习问题建模为多目标优化问题，研究强化学习的泛化性；并在最大熵机制下，研究不同策略的融合问题。

3. 空间机器人仿真到实物的迁移问题研究

强化学习算法需要与环境进行大量交互，使其应用在实际物理系统时存在困难；虽然可以在仿真环境中对空间机器人智能体进行训练，但仿真环境与真实环境存在不小差异，为此需要研究如何将仿真环境得到的控制策略不经微调或者经简单调整便能应用在真实物理系统中。

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

本项目经费来自载人航天预先研究项目，对空间机器人的人机结合智能控制技术开展深入的研究。