

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： 双臂机器人协调控制与智能化操作方法研究

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

选题背景与意义：
空间环境中，航天设备以及空间飞行器一旦发生故障，经济损失大且后果严重，只有发展在轨维护(On-orbit services)技术才可以有效地解决这一问题。派遣人类宇航员去执行舱外在轨维护任务危险而且代价高昂，用机器人代替宇航员已经成为必然的发展趋势。在轨维护任务也从捕获航天器等简单单一任务向更为复杂多样化任务方向发展，如执行双手开关舱门、插拔ORU替换类任务、拧螺母等维修类任务以及工具操作类任务等。此外，随着人类对空间探索 and 开发力度加大，越来越需要建造大型空间设施，如大型空间站，大型空间望远镜等。可是任何航天运载工具的运输能力都是有限的，因此对于空间大型基础设施建设有必要实施在轨装配。对比大型单臂空间机器人系统，应用拟人化的双臂机器人系统去执行这类复杂多样化作业任务优势明显且必要。双臂空间机器人执行在轨维护任务通常包括目标跟踪、目标捕获、目标操作三个阶段。本课题将聚焦于双臂机器人执行在轨维护任务时存在非完整、非合作以及不确定性等任务特点，产生的尚未解决的问题，例如：仅解决运动学奇异性的常规视觉伺服控制方法只适用于完整性机器人系统，那么对于基座引起的非完整系统动力学奇异的视觉伺服控制方法应该如何改变呢？另外，在非合作空间目标捕获过程中，柔顺控制在捕获阶段如何抑制碰撞冲击力，实现可靠捕获与组合体稳定？再如目标操作阶段，具有不确定性和多样化的要求，并不是地面机器人结构化环境下固定任务的重复，仅仅依靠传统的基于外部传感器的控制技术能否实现？这些问题的解决将有效提高双臂机器人执行在轨维护任务的可行性、可靠性和协调性，对该问题中蕴育的科学问题讨论也将对空间机器人技术和相关领域的发展产生积极作用。尤其面对我国航天“三步走”战略、“空间飞行器在轨服务与维护系统”已被列为“十三五”中国国家战略的百大工程项目背景，及早进行相关方面的研究显得尤为重要和迫切。

主要研究内容：
为实现双臂空间机器人舱外执行在轨维护任务中涉及的自主跟踪、稳定捕获与协调操作任务，其基于外部传感器以及智能学习的控制技术是重要的基础和迫切解决的关键理论与技术问题。针对空间目标的自主跟踪问题，提出了基于增广视觉雅可比矩阵的轨迹跟踪方法，并解决抓取点运动轨迹预测问题；在目标稳定捕获方面，提出一种基于闭环-锁定策略的视觉/力混合控制方法，实现空间目标动态捕获和组合体稳定；在协调操作方面，采用深度强化学习的方法，解决双臂协调操作的智能化问题；设计一种可变构型多用途灵巧夹持器，使其适应多种典型操作任务；最后搭建混合地面系统来开展地面实验验证研究。课题主要研究内容包括：

(1) 基于增广视觉雅可比的双臂机器人未知轨迹跟踪控制
(2) 双臂机器人柔顺捕获与组合体稳定控制
(3) 基于深度强化学习的双臂机器人智能化操作方法
(4) 基于多传感器信息的空间双臂机器人实验平台搭建

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

来源于国家自然科学基金（面上项目）、航天创新基金项目、机器人国家重点实验室项目。

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： 液压驱动轮腿复合机器人快速运动稳定控制方法研究

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. 论文选题背景及意义：
传统的足式机器人能够适应复杂多变的地形和地面情况，并且能够跨越障碍物和沟壑，但是在平地上轮式运动显然具有更低的能耗。波士顿动力Handle机器人为我们展示了轮、腿结合机器人超强的运动稳定性（包括快速加速和制动、运动过程中转弯和原地的高速转弯、单轮过斜坡等动作）。同时，液压机器人技术可以大幅度提高肢体反应速度、稳定性和快速反应能力，因此，研制液压式轮-腿机器人对我国军事、民用以及整体机器人技术水平提高都具有重要意义。

2. 主要研究内容简介：
1) 机器人液压系统力伺服和位置伺服算法研究，提高液压机器人的伺服精度。
2) 平衡控制与抗扰动研究：
研究机器人快速运动时动态稳定控制、稳定性判据、失稳等问题，进行快速运动控制核心理论控制方法研究。研究基于力控制和全身动态协调在外力作用下的控制问题。
3) 感知伺服运动规划：
对周围非结构环境进行三维建模，通过环境感知，研究鲁棒的机器人优化控制与运动规划方法。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

军委科技为项目，经费500万元。