

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： 空间站机器人研制及应用关键技术研究

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

背景及意义：  
对于未来空间望远镜来说，最深远和激动人心的科学目标是在银河系中寻找生命迹象。近些年来，人类已在太阳系外发现了大量的行星，预计在不久的将来，其中有显著比例的行星将会被发现适合于人类居住。未来的大型空间望远镜需具有这种观测能力，可以识别类地行星特征并通过光谱寻找出生命存在的证据。另一方面大型空间望远镜还可以完成天体物理学的观测、空间目标监视、空间态势感知和地面环境监测，这对于认识宇宙的结构和进化将起到关键作用。  
然而，虽然随着人类科技的发展及技术需求的增加，目前最大的2.4m哈勃望远镜（Hubble Space Telescope, HST）已不能满足科学研究的需要，因为光学系统的分辨能力与其光学口径成正比，“高分辨率”即意味着“大口径”，超大口径空间望远镜将成为光学工程界20年内的主要发展方向，但国际上仍未突破超大口径光学载荷的研制和运载问题。即使研制出超大口径空间望远镜，人类所具有的运载工具均不能满足超大口径空间光学载荷的运载需求，目前只能满足最大9.2m的可展开镜面结构望远镜。因此，国际上的相关研究机构提出“在轨组装空间望远镜”，将空间望远镜设计为模块化形式，其组部件模块通过一次或多次发射运载入轨，在运行轨道实施空间望远镜的安装、调整，从而获得具有超大口径，且能够在空间稳定运行的空间望远镜。在轨组装空间望远镜技术的出现可彻底突破运载工具的制约，使超大口径空间望远镜成为现实，这种可扩展能力具有传统空间光学载荷不能比拟的可维修性、保障性和经济性。

主要研究内容：

a. 基于柔性模块化关节及可伸缩臂杆的在轨可重构空间机械臂  
固定构型和固定自由度的空间机械臂及单个末端执行器构成的空间机械手已满足不了抓捕、更换、组装、维修等多种精细操作任务的需求。尤其针对太空望远镜的在轨组装而言，其组装工序多、工位变化多样，而且精度要求高。基于可伸缩臂杆及模块化柔性关节的可重构、可更换的机械臂，在轨重构成多种串并联混合及不同长度、不同自由度的机械臂，配备适宜的末端执行器，灵活扩展应用范围，实现“一臂多能”、“一/多臂多手”及“按需配置”，是扩展空间机械手任务覆盖能力的有效途径。

b. 空间机械臂的刚柔耦合动力学建模及柔性行为解析  
空间大型结构装配与维护对空间机械臂的工作空间及末端位置精度提出了更苛刻的要求。关节和臂杆的柔性导致空间机械臂在刚性运动过程中伴随有变形和振动，将对操作任务的执行精度产生重要影响。并且多元构成要素、运动耦合关联、平台运动、多臂在轨操作以及臂长变化使柔性行为的激发与演化过程异常复杂。柔性行为控制不仅要探索如何认识空间机械臂柔性行为的运动规律，建立刚柔耦合动力学模型，而且还要研究如何对柔性行为施加外部影响保证空间机械臂执行在轨操作任务时按期望要求实现。

c. 多臂装配操作下柔性行为控制的方法设计与协调优化  
空间望远镜的在轨模块组装中不可避免要多机器人协同操作，并且源于臂杆及关节柔性，不仅使得机器人运动规划困难，而且末端跟踪精度降低，影响在轨装配任务的完成。为确保任务精确完成，亟需针对不同操作任务需求及操作任务阶段，分析研究柔性行为机理，探究机械臂振动抑制策略，进而提出在轨多臂协调操作下的柔性行为的运动规划与跟踪控制方法，发展柔性接触下的阻抗控制方法，研究柔性振动下的补偿控制策略，探索多源干扰下的鲁棒干扰抑制控制手段，最后通过设计协调控制方法实现多机器人协同操作。

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921载人航天项目，有足够的经费支撑该课题的研究。