

1. 博士论文研究方向： 自重构机器人系统研制及其运动规划的研究

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

本课题来源于国家部委重点项目“xxxxxxxxxxxx技术”，将研制一套自重构机器人系统，用于在太空中搭建和维护各种试验平台，完成载荷照料任务。

根据项目需求，本课题将研制一套以自重构机器人为核心的空间机器人服务系统，并根据任务场景搭建各种试验平台，完成各种工作任务。

目前，针对空间机器人的轨迹跟踪算法，国内外研究都提出了多种不同的控制方法和技术，适用于不同的空间机械臂轨迹跟踪问题。在计算机能力提高的现状下，优化控制理论也被逐步应用于机械臂的轨迹跟踪控制，但是在空间机械臂上的研究较少，基于优化算法的空间机械臂控制是一个重要的发展方向。模型的准确性对于机械臂的控制十分重要，所以要尽可能的提高模型辨识的精度，其次，空间模块是多种多样的，其负载参数往往未知，所以研究负载惯性参数的高效在线辨识方法十分重要。

目前，针对空间在轨爬行的机器人系统，大多数的研究是基于末端执行器抓握空间桁架的方式实现的，这些方式往往实现比较复杂，对控制的要求比较高，鲁棒性低。本课题使用快换接口和工具实现空间机器人在轨爬行的方法更加可靠。针对机器人的步态规划、步态控制等研究多集中于足式机器人上，与足式机器人受到地面重力的影响不同，空间机器人的步态控制与平衡控制更加简单。虽然如此，但是空间机器人的在轨爬行步态与平衡控制研究依旧可以参考地面足式机器人的控制方法。

本课题主要研究内容如下：

（1）自重构机器人的系统构型设计。进行总体任务分析，确定完成工作所需要的机械臂数量，以及每条机械臂的自由度配置，综合考虑工作空间和灵巧操作能力，将多条机械臂合理布局，构成自重构空间机器人系统；

（2）轨迹跟踪控制的效果直接影响在轨装配的效率与准确性，因此需要研究单分支机械臂有无负载情况的高精度轨迹跟踪控制方法。建立单分支机械臂动力学模型，并进行机械臂参数辨识及其负载在线辨识，研究基于模型的高精度轨迹跟踪控制算法。在操作大型空间设施模块时，末端负载会对机械臂的控制产生直接的影响，研究末端负载下，机械臂动力学控制系统的参数调整方法，提高控制方法的性能。动力学参数的准确性会直接影响基于模型的控制效果，将研究系统误差补偿方法。

（3）在抓取空间设施的模块后，自重构机器人需要将其搬运到指定位置，并装配到大型空间设施系统中。自重构机器人搬运模块爬行的步态是自重构机器人搬运负载爬行控制的基础，拟基于稳定性、动态性能、平滑性、能耗、负载提升等方面研究自重构机器人在轨爬行步态规划，提高自重构机器人在整个搬运爬行过程中的平稳性。

（4）自重构机器人地面试验系统研制及试验验证，以验证系统设计及理论研究的有效性。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

本课题经费来源于国家部委重点项目“xxxxxxxxxxxx技术”，项目研制周期为2024年4月~2026年3月，总经费3200万元，本人作为负责人，经费充足，能够支持课题研究工作。