

三、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： 动态非结构环境下超冗余机械臂自主运动规划研究

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

超冗余机械臂具有良好的环境适应性及相容性，在空间探测、军事侦察和抢险救灾等复杂环境中有着非常广阔的应用前景。但是，随着自由度数量的增加，传统求解机械臂逆运动学和路径规划的方法不适合应用在超冗余机械臂上。本项目针对目前超冗余机械臂逆运动学求解和自主路径规划两个科学问题开展研究。本研究对于提高超冗余机械臂在操作方面的效率和安全性、有效地利用运动的灵活度等方面具有重要意义和应用价值。

(1) 超冗余机械臂逆运动学求解方法研究

由于超冗余机械臂的逆运动学解空间巨大，因此我们不可能遍历它所有可能的逆运动学解，那么只能通过一些策略或者评估函数，根据这些策略能够大量减少搜索空间，再根据评估函数确定一个符合要求的解（不干涉要求、误差要求等）。同时，计算逆运动学的解所需的时间必需在系统所规定的范围内。在此基础上，以关节的运动约束、机械臂的运动方式约束、障碍物对机械臂运动的约束等诸多因素作为约束条件，多次评估当前所有搜索样本，同时，获得尽可能准确的评估结果。同时，对机械臂局部工作空间进行局部特征分析，避免产生太多的无效样本，分散搜索的注意力，也能节省CPU 的资源，同时在评估时，会增加所有随机样本的评估值，获得更加优化的逆运动学解。

(2) 动态非结构环境中机械臂避障方法研究

从基于随机搜索方法可以看出，每个随机样本的评估，至少需要执行一次碰撞检测。虽然这种碰撞检测都属于检测处于静止状态的物体之间是否发生干涉，但是由于多次评估求解方法的特点，实际上也是用于检测相对位置随时间变化的物体之间是否碰撞。同时，碰撞检测方法的时效性和完整性决定着基于蒙特卡洛法的可行性和计算效率，这种方法对实时性要求较高，还要求有较高检测精度。在此基础上，研究超冗余机械臂在动态非结构环境中的避障方法，保证超冗余机械臂运行过程中不与任何运动障碍物发生碰撞，同时减少碰撞检测方法的计算时间，满足控制系统实时性要求。

(3) 超冗余机械臂自主作业能力研究

自主作业能力是以计算建模为手段，并通过软硬件协同实现的超冗余机械臂的自动规划，提高超冗余机械臂的智能化水平，具有自主作业能力。依据机械臂路径规划问题的实际背景，找出理想最优方案对应的效果评价标准。同时，依据决策问题中各方案的效果评价标准与理想最优方案的效果评价标准之间关联度系数，来确定问题的方案优劣排序及最优方案。以此为基础，同时以外界物理设备获取各种机械臂运动装置和运行环境等信息为参考标准，建立超冗余机械臂的自主作业计算模型，实现基于系统知识库的推理和决策过程，完成机械臂在复杂环境下的自主运行，自主避障，保证自主作业模型的覆盖度、精确度和置信度等。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家自然科学基金重大研究计划培育项目“动态非结构环境下超冗余机械臂自主运动规划研究”，2019.01-2021.12，本人为项目负责人。

2020年招生计划

三、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： 飞锚系统及其可重复侵彻与附着理论研究

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

空间碎片是人类空间活动的产物，高速的空间碎片撞击上航天器时会导致航天器失效或爆炸，主动清除空间碎片是解决Kessler效应的根本方法。本项目针对目前空间碎片主动清除首要问题，即大型非合作空间碎片的捕获清除开展研究。拟提出一种新式的飞锚内部抓捕方法完成对大型空间碎片的捕获和主动清除。这种方法可以避免由于碎片的章动等造成的非合作目标外部捕获点识别及抓捕的难题，可远距离重复柔性抓捕。通过开展飞锚对多层目标介质的侵彻理论、飞锚对目标介质可重复附着理论和飞锚系统及其地面试验平台的研究，解决具有进动、章动等复杂姿态运动规律的大型非合作失稳碎片的抓捕、基于多种金属和复合材料组合介质特性的飞锚垂直/斜侵彻以及多目标介质可重复侵彻及附着问题，突破飞锚系统设计和重复侵彻与附着关键技术。本研究对于保证航天器安全运行、可持续利用轨道空间和控制空间具有重要意义和应用价值。

(1) 飞锚对多层目标介质的少碎片侵彻理论研究

不同于针对单介质C类土壤小星体的垂直侵彻研究，大型空间碎片材料非单一介质，主要包括金属（铝合金等）、复合材料（碳纤维增强复合材料等）等，同时具有章动等复杂姿态运动导致无法实现理想垂直侵彻，本项目将对飞锚在多种大型空间碎片表面材料的垂直/斜侵彻理论进行研究，同时还要保证侵彻过程中没有或极少量的碎片扩散到太空中。

(2) 飞锚对目标介质可重复附着理论研究

不同对C类小星体的一次性附着研究，本项目将对飞锚的附着理论和可重复附着进行研究，即侵彻到目标内部的飞锚机构能够变形提供额外的附着力，建立与大型空间碎片的可靠连接；在需重复附着时可恢复原型并与目标分离收回到发射单元内，准备下一次侵彻，重复多次完成对碎片的推离或捕获清除。

(3) 基于大型空间碎片清除的飞锚系统及其地面试验平台研究

基于飞锚侵彻与附着理论的研究结果，将开展飞锚捕获系统、拖拽系统、分离系统以及控制系统的总体设计与样机研制，并针对空间碎片捕获的关键问题建立地面试验验证平台，完成飞锚对多层介质垂直/斜侵彻，以及侵彻后附着力开展试验验证研究。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家自然科学基金面上项目“面向大型空间碎片清除的飞锚系统及其可重复侵彻与附着理论研究”，2018.01-2021.12，本人为项目负责人。

四、招生计划申报导师确认

表中所填内容经本人确认属实。

导师签字: _____ 年 月 日

五、所在单位党支部意见:

党支部书记签字: _____ 年 月 日

六、所在院（系）党委（党总支）意见：

☐ 同意申报 ☐ 不同意申报

党委（党总支）书记签字：_____ 年 月 日

七、院（系）意见

☐ 同意招生计划，且建议给予 个博士生招生名额

☐ 不同意招生计划

其他需要特殊说明事项:

院长（系主任）签字：_____ 年 月 日

八、研究生院审核备案意见

负责人签字（盖章）： 年 月 日