2021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： 大型野外作业机器人的人机协作策略及精准控制方法研究

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

地面武器装备不断朝着大型精密、机动集成的趋势发展，对配套的辅助作业提出了更高的要求。传统的人力操作或者工程机械辅助作业的工作模式难以满足现代高效能、高质量的实用需求，在此背景下，野外作业机器人有望成为一种高效解决方案。但面对动态工作环境和复杂工作任务，实现大型 野外作业机器人的灵巧精准操作，是机器人行业的难点问题，更是制约我国国防发展的技术瓶颈。

本项目结合野外作业实用化需求，将协作机器人技术拓展到复杂野外作业环境中，开展大型野外作业机器人的人机协作策略及精准控制方法研究，围绕“面向复杂环境的大型机器人重载荷与高精度兼容设计方法”和“适应复杂任务的人机混合系统友好交互与可靠协作机制”两个关键科学问题，重点研究复杂野外作业场景中的机器人机构创成——本体设计及建模分析、操作者意图解析——基于交互力信号的操作者意图识别、人机系统控制规划——协作环境下人机混合系统协调控制及安全规划，以及大型野外作业机器人系统集成测试与试验验证等方面的基础理论与关键技术，实现大型野外作业机器人的高质量人机协同作业，探索一种大尺度重载型协作机器人实用化的新思路和新方法。

（1）宏微协同的混联机器人本体设计及建模分析

针对野外作业末端载荷重、作业空间大、姿态灵活、定位精度高等特性，提出一种位姿解耦的串并混联机器人构型，同时在底部和末端分别增加助力平衡机构和位置微调机构，实现负载的重力补偿和粗精两级调节。考虑构件尺寸与受载变形等误差来源，建立机器人误差传递映射模型和刚柔耦合动力学模型，为进一步的尺度综合、运动规划和人机协同控制提供指导。

（2）基于交互力信号的操作者意图识别研究

将操作者意图表征为机器人末端运行速度，通过运动意图解码实现机器人轨迹的方向判断和距离控制。针对不同场景的野外作业需求，采集人机系统在不同作业需求下的接触力信息与机器人运动信息，构建交互力数据集。分析数据集的共性与特征，利用人工智能算法开展运动意图离线数据学习和在线实时估计。建立完善的保护响应机制，对意图的误判、漏判以及操作者的误操作等进行有效的安全保护并采取合理的补救措施。

（3）协作环境下人机系统协调控制及安全规划

考虑不同作业任务及不同工况下机器人载荷变化，在助力平衡机构的基础上，研究负载自适应零力控制策略，从控制上精确补偿系统重力及摩擦力，使系统达到随动平衡的效果。结合作业任务特性，研究人机运动映射模糊控制策略，实现不同尺度、不同精度、以人为主的人机协同精准操作。考虑协作环境中的动态障碍，研究机器人两种运动模式下的动态自主避障运动规划，保障作业全过程的人机安全。

（4）大型野外作业机器人系统集成测试与试验验证

在上述关键技术研究基础上，开展大型野外作业机器人系统集成测试与试验验证。研制大型机器人原理样机，开发控制系统，搭建野外作业机器人试验平台，开展功能测试，针对建立的模型和算法进行修改与完善。依托陆军某型综合抢救抢修车，结合不同作业任务进行初步应用验证。

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家自然科学基金项目“面向复杂服役环境的大型雷达天线自动对接方法与关键技术研究”，经费60万；国防研究项目，经费290万。

2021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： 大型车载雷达可展开天线创新设计及变形预测研究

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

地面武器装备不断朝着大型精密、机动集成的趋势发展，对配套的辅助作业提出了更高的要求。传统的人力操作或者工程机械辅助作业的工作模式难以满足现代高效能、高质量的实用需求，在此背景下，野外作业机器人有望成为一种高效解决方案。但面对动态工作环境和复杂工作任务，实现大型 野外作业机器人的灵巧精准操作，是机器人行业的难点问题，更是制约我国国防发展的技术瓶颈。

本项目针对大型车载雷达高机动性能需求，开展面向复杂服役条件的大型车载可展雷达基础理论及关键技术研究，围绕“大折展比天线结构设计优化”和“环境载荷作用下天线阵面精度保证”两个核心科学问题，将大型空间可展开天线技术应用拓展到地面复杂探测环境中，提出一种大尺寸桁架式可展开雷达天线构型及阵面变形预测方法，并建立阵面误差在线监测体系，系统地解决机构展开过程动态响应分析、多场耦合下结构变形预测、阵面误差测量等关键技术问题，形成一套大型雷达可展天线设计的新理论和新方法。

本项目以高机动米波雷达为研究对象，开展复杂地面服役环境下的大型雷达可展天线基础理论及关键技术研究，项目主要研究内容如下：

（1）大折展比天线机构创新设计及优化方法研究

大型化、高机动性的雷达系统是当前地面军用雷达的重要发展趋势，现有雷达构型及架设方法难以同时满足高机动运输与大尺寸阵面的需求，研究具备质量轻、大口径、高折展比特性的天线结构，是实现雷达快速架设的基础；借助空间可展天线技术与多目标协同优化方法，重点研究雷达天线构型设计和优化设计理论。

（2）大型天线展开过程动态特性分析与驱动参数匹配

天线的顺利展开是雷达系统稳定可靠工作的基本前提，必须通过预先的仿真分析对天线展开过程中可能遇到的各种问题进行分析预测，有针对性地对结构和驱动系统进行调整；针对大型展开机构展开过程刚柔耦合特性，研究面向复杂刚柔多体系的动力学建模与分析方法。

多场耦合作用下雷达天线形面误差分析与预测

天线展开阵面精度是雷达结构的一个重要设计指标，随着阵面尺寸的增大、雷达电子设备热耗不断提高，大型网状天线的阵面精度设计与保持是个难题。天线展开形面精度主要由机构的制造精度、定位精度，以及重力变形、热效应、外加载荷干扰等影响，考虑在重力场、热场以及风载等综合影响下，开展天线误差变形预测研究。

（4）天线阵面误差在线测量与变形重构

天线工作状态下不可避免地存在环境扰动与随机误差，此类误差导致的结构变形难以通过理论分析或数值模拟等手段获得，因此，研究通过在线测量技术来实现阵面变形监测的方法。

（5）实验研究

在上述关键技术研究和已有雷达可展天线试验系统的基础上，建立大折展比雷达天线自动架设系统平台，对大型天线自动展开架设进行试验，验证本项目提出的大折展比自动展开机构、在线测量方法及位移重构算法等理论与方法的正确性。

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国防研究项目“新型高机动雷达可展开天线系统研究”，经费140万。