

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： 面向复杂非结构化环境的四足机器人仿生机构设计与优化

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

国际上近几年掀起了一股研究四足仿生机器人的热潮。为了填补我国高机动、大负载四足移动机器人平台的研究空白，缩小与国外在四足机器人研究领域的差距，在“十二五”863 计划主题项目的支持下，我国的四足仿生机器人技术取得突破性进展，在理论研究和工程实现上，都发生了质的飞跃，大大缩短了与真正的四足机器人实用化这一目标之间的距离。但由于研究时间相对较短，我国的四足机器人与国外的相比，在系统可靠性、自身状态感知和环境感知能力、动力源优化和续航能力等方面还存在较大的差距，尚存在一些需要深入研究解决的问题。

为了提高我国四足机器人对山区、林地等崎岖地形的适应能力和复杂环境下的机动能力，需要进一步解决轻型机构及寿命、关节驱动力分配及优化、冲击作用下的系统稳定控制、自然环境感知与自主跟踪和导航等工程问题。本课题面向山区、林地等崎岖地形和复杂环境下的军事与民用应用对高机动性、高负载能力四足仿生移动机器人平台的技术需求，重点突破形态和功能仿生的高性能四足机器人机构工程化设计技术。

(2) 研究内容

1) 四足机器人结构和运动仿生机理研究与优化

开展四足机器人结构仿生、运动仿生和控制仿生研究，优化四足仿生机器人的结构参数、运动学参数、动力学参数和传感器配置，为机器人柔顺控制和稳定运动控制建立仿生机理研究基础。

2) 仿生腿机构轻量化和顺应性设计研究

优化仿生腿的拓扑结构，设计轻质、高强度的仿生腿，使机构具有足够刚性；改进传动设计，提高机器人的关节运动速度；设计出一种运动灵活、适应复杂地形环境、具有被动缓冲和主动柔顺功能的四足机器人仿生机构；研究仿生缓冲机构和智能结构，设计高效储能和释放机构，使机器人具有足够的柔性以顺应突变冲击和对不同地形的适应性，提高机器人的稳定性、速度和效率。

3) 四足仿生机器人动态特性设计与优化

以四足仿生机器人虚拟样机、系统仿真模型和第一期样机实验为基础，分析机械结构在各种步态条件下的运动学和动力学特性，优化机器人的结构参数。建立仿生机构的动力学模型，分析惯性力、地面接触力和干扰力对机器人机械结构和运动稳定性影响的定性定量关系，优化机器人的结构配置和质心分布，同时还可以验证柔顺控制、稳定运动控制与环境适应性方法的有效性。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家863计划项目“四足仿生机器人”下设课题“面向野外环境的四足仿生机器人实用技术研发”，课题经费为83万元。

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： 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

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

随着反隐形飞机、反导防御等武器装备发展需求的牵引，车载雷达越来越呈现阵面大型化、单元密集化和高机动性的发展趋势，然而分块天线阵地组装操作制约了雷达综合作战性能。本项目通过复杂机构学、数字化测量和智能控制等多学科的交叉与综合，研究并解决大型车载雷达天线的自动对接理论和关键技术。围绕复杂环境下的大型天线精确调姿定位和大尺度空间测量两个核心科学问题，系统地研究复杂服役环境下的调姿定位、大尺寸测量、机构优化与柔顺控制等问题，项目主要研究内容如下：

(1) 大行程重载空间调姿机构构型及建模

六自由度精确调姿机构是实现大型雷达天线自动对接的基础，需要满足重载、大行程和高可靠等要求，同时考虑车载安装和运输需要，初始状态下要求结构紧凑，且能满足复杂服役环境下长周期服役要求。针对雷达天线尺寸大、重量大、对接操作空间大、工况复杂等特点，在串并联混合机构的基础上增加柔性环节，提出一种刚柔耦合串并联调姿机构构型，实现重载天线对接过程中的重力补偿与柔顺控制。在构型的基础上对机构的几何要素和力学特性进行描述，建立机构的运动学和动力学模型以及误差模型，为进一步的性能研究、尺度综合以及对接运动协同控制奠定基础。

(2) 复杂服役环境下大尺寸天线位姿测量方法

为了满足实际使用中的精度要求和应对复杂工况，面向大型车载雷达天线自动对接的高精度数字化测量系统需要具有高精度、高可靠性、以及低成本的特点。高精度是指能精确测量移动天线阵面和固定天线阵面的位姿偏差；高可靠性是指能够适应室外高低温、光照、雨雾等环境条件；低成本是指具有很好的经济性。提出一种逐步调精组合式大空间六自由度位姿偏差测量技术，研究大偏差自动扫描与快速粗调，近距离小偏差精调的组合式测量理论与方法，实现大型雷达天线对接过程中的自动跟踪测量与瞄准。本测量方法充分利用了激光传感器测量误差与测量距离成正比的特点，用低成本传感器很好的解决了大尺寸测量距离要求大与测量精度需求高的矛盾。

(3) 面向长期服役的对接机构性能优化及调姿策略

复杂服役条件下实现大型雷达天线的自动对接，取决于调姿机构和测量系统的综合定位精度和性能保持，但是雷达装备需要长时间服役，进行多次重复对接，面临各种复杂作业条件。如何降低精确对接任务对机构和测量系统精度的要求，且保证系统能在一次标定后长期重复可靠使用，是本项目解决的关键核心问题。针对大尺寸雷达天线对接过程中对刚度及可靠性等方面严苛的需求，提出对接机构性能的评价体系和优化准则。重点分析由于采用串并混合机构方案，测量与定位相互耦合所带来的影响定位精度的因素和作用规律，采用人工智能算法进行优化问题的求解。并研究一种分步调姿和逐级求精式测量定位策略，实现相对位姿测量和分步式调姿，满足特殊服役要求。

(4) 大型天线自动对接高可靠柔顺控制策略

精确调姿定位是实现大型天线自动对接的关键环节，系统载体本身具有大尺寸、柔性、重载等特点，并且对接过程中受到载体位姿、风力等外部干扰条件作用。如何实现不确定任务及复杂环境下大型天线的精确对接，并实现各种干扰下的机构平稳运动是一项关键问题。

为了实现复杂服役环境下的高可靠柔性对接，使对接过程更加平稳，采用柔顺控制策略来处理对接过程中的接触和组装定位问题。提出一种基于空气弹簧的重力补偿与位姿调控技术，研究基于位移传感与压力传感融合的双闭环空气弹簧控制策略，实现重载天线的“浮动”，为柔顺对接提供基础。提出一种基于自适应-模糊控制算法的柔顺控制策略，实现不同任务和初始位姿偏差不准确条件下对环境的完全适应性。提出一种改进的接触力前馈补偿控制方法，实现自动对接运动系统快速抑振和稳定对接。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

机器人技术与系统国家重点实验室自主研究课题“面向复杂服役环境的大型雷达天线自动对接技术研究”，北京无线电测量研究所预研课题“大型雷达天线自动对接系统研究”，两个课题总经费为340万元。