

2025年招生计划
<div>1. 博士论文研究方向： 基于燃爆驱动的仿生跳跃机器人及多模式运动机器人研究</div> <div>选题类别： <input checked="" type="checkbox"/> 基础性研究 <input type="checkbox"/> 应用性研究 <input type="checkbox"/> 工程技术攻关研究</div> <div><input type="checkbox"/> 新开辟的研究方向 <input type="checkbox"/> 已有研究方向的继续 <input type="checkbox"/> 其他</div>
<div>2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介</div> <p>软体机器人因其基体材料的柔顺性和依从性，已经成为新的研究热点。近年来随着化学燃料爆炸驱动技术的发展，研制小型、甚至接近于生物尺寸大小的软体仿生机器人已经变得可行。目前多个国外科研机构已经对此展开深入的研究，2014年瑞士联邦理工学院研究的硅胶燃爆驱动柔性泵，由甲烷与空气燃爆反应，使腔体变形产生压力使液体通过泵体。2015年哈佛大学发表于《Science》的弹跳软体机器人，由丁烷和氧气反应产生动力驱动机器人跳跃。2016年哈佛大学发表于《Science》的软体章鱼机器人，采用复杂的微流控制逻辑控制通过氧化氢分解产生的氧气驱动机器人运动。2015年康奈尔大学研究的水下游动软体机器人，由氢气与氧气燃爆反应来驱动机器人运动。青蛙是典型的两栖生物，目前对仿青蛙两栖机器人的研究均是通过机械刚性结构来构建样机，再用电机或气动肌肉等驱动单元来实现陆地跳跃或水下游动，存在机构本体尺寸大、结构非独立，无法有效模拟青蛙生物外型的缺点。本课题将基于微流控制的化学爆炸驱动技术，采用软体材料研制新型仿青蛙软体机器人，从多关节式软体运动机构的制备工艺、基体构型、微流网络、控制策略、机理分析等方面，对仿青蛙软体机器人技术进行深入的研究，为我国软体仿生机器人技术的研究和发展提供理论基础和技术储备。</p> <p>二、主要研究内容</p> <p>1) 爆炸能量驱动单元设计与高效燃料微流控制方法研究；</p> <p>设计基于爆炸能量驱动的高效小型驱动单元，针对爆炸驱动功能所需要的爆炸燃料储存室、燃料反应室、能量驱动器单元以及高效燃料微流控制方法进行深入研究，设计与爆炸驱动相适应的青蛙内部爆炸系统与驱动结构。</p> <p>2) 基于刚、柔、软材料一体的仿青蛙机器人仿生结构建模与制备方法研究；</p> <p>深入研究青蛙的生物肌骨骼结构，进行生物青蛙的仿生结构建模，在此基础上结合3D打印技术，软光刻技术等，研究软体仿青蛙机器人的仿生结构制备方法，进行软体仿青蛙机器人的本体结构研制。</p> <p>3) 仿青蛙软体机器人运动分析与结构仿真优化；</p> <p>研究仿青蛙软体机器人的运动分析和结构仿真方法，建立机器人与环境接触的动力学模型。针对青蛙的结构与爆炸驱动方式，进行跳跃和水中游动功能的仿真，建立青蛙机器人在跳越和游动时的运动学和动力学模型。</p> <p>4) 机器人精确姿态调控与高效爆发性运动控制方法研究；</p> <p>针对仿青蛙机器人机构运动对精确姿态调整和爆发性推进的功能需求，研究爆炸高压气体定量稳定可控输出的燃料供给控制方法，以及仿青蛙机器人关节精密伺服控制策略，实现对机器人姿态的精确调整与爆发性推进的稳定运动控制。</p> <p>5) 仿青蛙软体机器人原理样机研制与两栖运动实验研究。</p> <p>设计基于爆炸能量驱动的仿青蛙软体机器人原理样机，搭建实验平台，进行仿青蛙机器人两栖运动实验研究，验证论文在爆炸能量驱动系统设计、青蛙结构物理特性和肌骨骼系统作用机理分析、肌骨骼系统建模与结构设计、复杂环境下机器人与环境的接触作用动力学建模以及青蛙两栖运动控制策略等方面所取得的理论研究成果</p>
<div>3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况</div> <p>1、中核武汉核动力运行研究所合作项目，“检测机器人及控制系统”，执行年限：2021年12月—2024年6月。项目经费：219.75万元；</p> <p>2、国家自然科学基金项目，“模块化变形机器人基础理论与应用”，，执行年限：2021年01月—2025年12月。项目经费：40万元；</p>

2025年招生计划

1. 博士论文研究方向：核电站一回路机器人检修系统关键技术研究

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

一、选题背景与研究意义

核安全是核电发展的生命线，也是国家安全的重要组成。核反应堆、蒸汽发生器、稳压器、主泵等核心主装备是保证核电站安全运行的第一和第二道屏障，开展定期检修是保障核电机组安全稳定运行的必要手段。现阶段国内外核电设备检修机器人系统还主要通过后方人员远程手动操控的方式进行检修作业控制，针对复杂作业环境、检修任务和突发异常情况，缺乏环境精准感知、自主智能决策和安全高效控制的能力，导致机器人检修系统装备在使用中频繁出现异常故障，严重影响后续检修工序和检修工期。具体来说主要体现在以下三个方面：①缺乏对复杂非结构化检修作业环境的精准感知与快速重构能力；②缺乏在多约束受限环境中进行高效、全域作业的实时动态运动规划能力；③缺乏针对多规格主设备执行复杂检修工艺的灵巧柔顺安全作业能力，导致核电检修机器人在任务适应性、作业效率性以及作业安全性方面还有很大的提升空间。因此通过深入研究复杂核环境精准感知与快速重构方法，提出极端环境下机器人安全高效作业运动规划方法，实现人机复杂技能传递与机器人智能柔顺作业控制，对提升核电检修机器人复杂环境感知重构能力、安全高效运动规划能力、智能柔顺作业能力，具有重要意义。

二、研究内容

（1）复杂核环境下检修机器人环境识别与精确建模技术研究

基于焊缝渗透检测工艺作业需求，研究如何识别核电站一回路设备检修机器人作业环境以及如何精确快速重建作业环境的三维模型问题，拟提出一种基于多传感器融合与主从标定相结合的核电站作业环境识别方法以及一种基于三维点云的精确快速模型重建方法，并开展机器人检修作业环境识别与精确建模重构的实验研究。

（2）复杂环境下机器人高效自主作业轨迹规划技术研究

针对核电站作业环境复杂的问题，研究如何实现检修机器人的高效自主作业轨迹规划。考虑机器人的作业环境约束和机器人运动学/动力学模型，分析机器人运动作业性能，拟提出一种基于关节最大转矩利用率-时间最优的高效移动作业轨迹规划方法，并开展复杂环境下机器人高效自主作业轨迹规划的仿真与实验研究。

（3）人-机器人远程实时主从映射遥操作控制技术研究

考虑高辐射作业环境下机器人操作者安全性问题，研究一种基于主从映射的远程实时遥操作人机交互控制技术。基于力反馈外环和位置反馈内环的双环反馈通道，拟设计一种面向机器人远程实时操作工作模式的交互控制系统和运动、力信息感知系统，建立人机主从端工作空间映射关系，实现操作者对机器人的实时高效、精确安全运动控制。

（4）面向核反应堆一回路设谡检修的机器人柔顺作业控制技术研究

基于一回路设备检测工艺作业流程，研究机器人的柔顺作业控制技术。建立机器人笛卡尔空间动力学模型以及环境接触动力学模型，拟提出一种基于力/位置混合的阻抗控制策略，实现机器人的安全柔顺作业。

（5）核电站检修机器人系统集成实验验证及可靠性试验

利用核电站一回路设备模拟体，建立检修机器人系统的自主规划理论、协同控制方法以及关键技术验证实验平台，针对所提出的机器人系统集成、理论方法和关键技术，开展全面、系统的实验测试研究，验证理论方法和关键技术研究成果的有效性，并对机器人的作业性能进行性能和可靠性综合评估。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

1、国家重点研发计划“智能机器人”专项项目，““华龙一号”核电站一回路机器人检修系统共性关键技术研究”，项目批准号：2022YFB4701101，执行年限：2022年11月—2025年10月。项目经费：170万元；

2、依托国家自然科学基金重点项目，“面向核反应堆多规格蒸发器传热管检修应用的机器人系统关键技术”，项目批准号：U2013214，执行年限：2021年1月—2024年12月。项目经费：302.4万元；