2023年招生计划

## 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：** 核电站一回路设备智能检修机器人关键技术研究

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

核电站高核辐照环境下设备检测领域对自动化检测维修装备的安全性和可靠性要求极高，目前我国进行核反应堆蒸汽发生器的传热管检修，还都是依赖国外的进口检修装备，严重制约我国核电生产设备运行和检修维护技术的发展。因此本项目拟面向这一迫切需求，以蒸汽发生器传热管检修为应用背景，研究适用于核辐照环境下多规格蒸汽发生器传热管检修应用的通用新型自动化检修装备系统，结合需求分析、理论研究、仿真设计、系统集成、试验验证等多种技术手段，探索核电设备自动化检修系统装备的一体化集成设计理论与方法，搭建检修装备应用实验平台，完成实验验证和性能评价，为我国高端智能化的核电检修装备研制提供科学理论和关键技术支撑，对促进我国核电设备检修技术和相关领域的科学理论研究具有重要意义。

二、研究内容

1、核辐照环境下适用于多规格蒸汽发生器传热管检修应用的新型机器人机构系统综合

基于核反应堆蒸汽发生器传热管检测任务需求，研究设计一种可实现多规格型号蒸汽发生器传热管检修任务的新型机器人装备系统，以及用于检修机器人在蒸汽发生器传热管管板上快速移动和连接定位的新型脚趾机构，提出检修机器人在蒸汽发生器传热管管板上的快速便捷安装和拆卸方法，并进行机器人本体结构和辅助安装拆卸工具的详细设计研究。

2、机器人运动分析与管板作业运动规划研究

基于机器人本体结构形式，对其进行运动学动力学建模分析、步态规划和机构运动作业性能研究。建立典型移动管板环境工况，研究机器人在多规格参数管板上的移动作业规划方法，以及机器人在管板上快速安全移动检测作业的运动路径规划方法。

3、机器人远程实时作业与安全高效人机交互控制研究

结合机器人机构本体结构，研究设计面向机器人远程实时操作工作模式的控制驱动系统和信息感知系统，实现操作者对机器人的实时高效、精确安全运动控制。设计开发满足多机器人协同检测作业、多规格蒸汽发生器传热管性能检测，以及与涡流探伤软件进行实时信息交互的远程人机三维图形交互控制软件系统，研究多机器人在同一传热管管板上协同作业的多机安全避碰策略，实现操作者对检测装备的安全高效实时控制。

4、多规格蒸汽发生器管板检修机器人系统集成实验验证及可靠性试验

利用多型号核反应堆蒸汽发生器模拟体，建立多规格蒸汽发生器管板检修机器人系统的理论设计方法与关键技术验证实验平台，针对所提出的机构综合设计、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、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；

2、中广核研究院有限公司合作项目，“蒸汽发生器作业机械臂采购”，执行年限：2021年9月—2023年8月。项目经费：182万元；

3、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。

2023年招生计划

## 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：** 基于新型驱动的仿生软体跳跃机器人及多模式运动机器人研究

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

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由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。

二、主要研究内容

1）爆炸能量驱动单元设计与高效燃料微流控制方法研究；

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。

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；

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。

3）仿青蛙软体机器人运动分析与结构仿真优化；

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。

4）机器人精确姿态调控与高效爆发性运动控制方法研究；

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。

5）仿青蛙软体机器人原理样机研制与两栖运动实验研究。

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。

**3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况**

1、国家（军委科技委）国防科技创新特区项目，“XXXXXXXXX”，项目批准号：193-A14-231-01-01，执行年限：2020年6月—2022年6月。项目经费：100万元。