2022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： 可变刚度仿生软体机器人研究

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

近年来，随着新材料与加工制造技术的发展，软体机器人技术已成为机器人技术领域的研究热点。软体机器人技术涉及仿生学，软物质科学和机器人学等学科，与传统的刚性机器人相比，具有多方面优势：在理论上具有无限个自由度，不需要复杂的机构，易实现多功能性；能够通过变形更好地适应未知或复杂非结构化作业环境；与作业对象之间为柔性接触，能够操作形状复杂各异的物体，对自身与操作对象的损伤很小等，在物理辅助医疗康复，微创手术，复杂环境搜索与探测等方面具有广阔的应用前景。 目前，软体机器人技术处于起步阶段，在柔性材料、机器人建模与仿真、传感与控制、多学科交叉应用等方面存在众多问题。软体机器人的设计灵感主要来源于模仿自然界的软体生物，例如：蚯蚓、蠕虫、象鼻、章鱼触手、人手等器官，并取得了初步进展。近年来，应用软材料设计制备的软体机器人引起了国内外研究学者的广泛关注和研究，这从本质上改善了以往刚性机器人的灵活运动、交互安全和环境适应等性能，成为机器人领域目前热门研究方向之一。但是，利用软体机器人灵活适应环境或者操作目标，需要软体机器人具有高度柔性和运动能力，同时具备稳定可控的变形及一定刚度。大多数软体机器人不能如同实际生物一样，主动适应环境、 操作目标动态调整自身变形和刚度。围绕着这个目标，开展软体机器人大变形与可变刚度结构与驱动研究，具 体研究内容包括： （1）开展软体仿生结构优化设计，分析仿生生物结构与驱动机理，设计具备生物特征仿生软体机构，并研究其 变形与刚度的驱动规律； （2）针对所研究软体结构，结合结构、材料、驱动等刚柔耦合并存特点，研究软体机器人运动学、动力学建模 方法； （3）借鉴生物本体感知优势功能，基于导电柔性聚合物低模量与压阻效应，结合软体致动器，研究结构-感知一体化仿生设计方法；(4) 借鉴生物刚度动态调节机制，基于导电热塑性聚合物模量宽范围可调特性，研究软体机器人柔顺大变形与刚度动态匹配方法。

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

大变形刚度可控软体机械臂仿生结构设计与变形理论研究（国家重点实验室自主课题）； 真空低温辐照******台（北京卫星环境工程研究所）

2022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： 水面仿生运动机器人研究

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

水生昆虫是一类能够在水面自由漂浮、滑行、奔跑、跳跃与低空滑翔的微型生物，经过长期的进化，逐渐演化出了独特合理的身体结构和行为方式，对水面环境具有很高的适应性，近年来吸引了国内外越来越多的学者开展相关仿生水面运动机器人的研究。仿生水面机器人具有体积小、重量轻、低噪音、低成本、易于实现群控化等特点，可用于执行水质监测、水面侦查、水上搜索与救援等任务，具有广阔的应用前景。 目前国内外已经研制出来多款仿生水面运动机器人样机，包括仿水黾水面滑行机器人、跳跃机器人，仿蛇蜥蜴 水面奔跑机器人等。受限于水-空气流体力学的复杂性以及现有理论的匮乏，机器人尽管已经能够模仿水生昆虫 的运动动作，但效率低下，运动性能与仿生原型之间仍存在较大差距。当前的仿生水面机器人样机仍停留在实 验室研究阶段，对机器人功能化应用的研究未见相关报道。模拟水生昆虫水面运动机理，开展灵活、机动、高 效、兼具多种运动模式的水面运动机器人研究，探索机器人应用，是仿生水面机器人发展的必然趋势。 仿生水面机器人研究是一个综合仿生学、材料科学、流体力学、机械工程等学科的交叉前沿课题。相关研究的 开展不仅对于提高仿生机器人水面运动性能、稳定性具有重要意义，为在非结构化水面环境中实际应用奠定理 论基础，而且为推动多门学科共同发展做出相应贡献，具有重要的应用价值和科学意义。本课题组围绕仿水黾 机器人已经连续多年开展相关研究，目前已经研制多款水面滑行、跳跃机器人（包括世界上第一款水面跳跃机 器人以及可以连续跳跃机器人、采用表面张力驱动的仿圆弧驱动轨迹水面滑行机器人等），在机器人设计及分 析方面积累了许多经验。基于水生昆虫运动机理，开展高性能仿生水面运动机器人以及相关水面运动动力学相 关基础理论与并面向应用环境影响实验研究。具体研究包括： （1）基于流体力学理论与计算流体力学（CFD）数值方法，分析机器人水面运动与水之间相互作用机理，建立 机器人水面运动与水之间相互作用计算模型； （2）基于生物机理，建立机器人水面滑行、奔跑、跳跃水动力学模型，揭示机器人结构参数、划水动作、水面 波动等因素对其水面运动性及稳定性的影响规律； （3）考虑水面非结构化环境，以水面运动械效率最大化为原则开展驱动机构优化设计方法研究，研制出具有多 种运动模式的多模态水面运动机器人样机； （4）分析水面环境因素，开展多因素机器人水面运动稳定性控制研究； （5）开展仿生水面运动机器人应用研究：包括单机器人传感器集成以及多机器人移动组网，开展仿生水面机器 人的功能化应用。

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

仿水黾水面滑跳复合运动机器人及其水动力学研究（国家自然科学基金）
纳米高速粉尘试验台系统(上海裕达实业有限公司)。