

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

水黽、仿蛇蜥蜴、飞鱼等水生生物经过长期的自然选择进化出了非凡的水环境运动能力，演化出了独特合理的身体结构和行为方式，能够在水面自由漂浮、滑行、奔跑、跳跃与低空滑翔，对水面环境具有很高的适应性、机动能力，近年来吸引了国内外越来越多的学者开展相关研究。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。但是，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，目前许多仿生水面机器人样机仍停留在实验室研究阶段，开展多种运动模式的水面运动机器人研究，探索实用化应用，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，而且对于推动多门学科交叉融合具有重要的应用价值和科学意义。基于水生生物运动机理，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理论，以及面向环境应用研究。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，以水面运动机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，开展多因素影响下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

空间综合辐照环境原位/半原位测试系统（北京航天益森风洞工程技术有限公司）
纳米高速粉尘试验台系统（上海裕达实业有限公司）
真空低温辐照*****台（北京卫星环境工程研究所）

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： 大变形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

受自然界软体生物启发，软体机器人因柔顺性好、变形能力强, 适于易碎/脆物体抓取与操作、非结构化受限环境中运动灵活，在助老助残、医疗康复、微创手术、太空操作、复杂环境搜索与探测等方面具有广阔的应用前景，成为近年来机器人领域研究热门方向之一。然而，高柔顺性意味着软体机器人刚度不足，在承载力、稳定性、操作精度等方面存在问题，如何兼顾软体机器人的高柔性 with 刚度，变刚度方法成为软体机器人发展应用面临的关键技术。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）分析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）分析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

空间综合辐照环境原位/半原位测试系统（北京航天益森风洞工程技术有限公司）
纳米高速粉尘试验台系统（上海裕达实业有限公司）
真空低温辐照*****台（北京卫星环境工程研究所）

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： 深空长期蛰伏环境对活动组件的跨层级作用机制及多因子加速试验方法

- 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

木星系探测是未来我国深空探测的重点之一，与其他深空探测任务相比，木星系探测难点表现为磁场强度大、辐射带能量高，具有超高真空度和深冷环境，木星系探测器需要经过长时间在轨飞行，活动组件长期承受空间高真空、深冷、宇宙射线高能粒子辐射等综合环境效应作用，极易产生故障，长期在轨蛰伏后能否正常工作是事关任务成败的关键，这是我国深空探测器机构高可靠应用从未面临过的最新挑战。目前，深空探测机构的设计仍以地面传统机构的设计方法为基础，存在设计裕度过大、研制周期长、成本高和故障率高等问题。将空间环境因素对探测器机构的影响融入机构设计中，是有效分析空间环境下机构特性，实现精准设计的发展趋势，空间环境效应对活动组件机构的影响实质是空间多因素综合作用的结果，从材料、界面物理性质变化开始，通过机构空间、力学传递形成耦合效应。本课题组长期从事极端环境机器人及装备设计、空间综合环境模拟与集成、材料及界面空间环境效应仿真、航天器环境和寿命试验研究，在材料/界面多因素空间环境效应机理、空间极端环境机构跨层级动力学建模分析、探测器活动组件空间环境试验和寿命预测方面积累了丰富的研究基础，基于前期研究基础，本课题拟开展

（1）从材料、界面物理本质变化出发，建立主要因素的核心对象微观模型和模型间尺度关联，揭示深空粒子辐射等环境对材料、界面微观多因素多尺度时空演变机理。

（2）基于多尺度仿真获得材料、界面宏观物理性质变化规律，建立机构运动学、动力学关键特性耦合参数模型，构建环境效应从材料性质、界面特性到单机性能的跨层级传递机制。

（3）建立多失效耦合寿命预测模型，采用机器学习方法，构建综合环境因素与活动组件在轨蛰伏寿命预测映射关系，进而建立多环境因素耦合寿命特征量。

（4）面向木星系探测环境，开展综合环境耦合因素条件下活动组件机构蛰伏后性能跨层级传递机制试验研究。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

空间综合辐照环境原位/半原位测试系统（北京航天益森风洞工程技术有限公司）
纳米高速粉尘试验台系统（上海裕达实业有限公司）
真空低温辐照*****台（北京卫星环境工程研究所）