

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： 大尺度滑跳复合运动仿水龟机器人机构优化与稳定性运动控制研究

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

生物水龟是一种水生昆虫，能够在水面高效灵活地滑行、跳跃，其能耗低、效率高，对水面破坏小，噪声低，近年来吸引了国内外越来越多的学者开展仿生水龟机器人相关技术研究。仿生水龟机器人具有体积小、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，无论在民用还是军用上，均具有广阔的应用前景。

目前国内外研制出来的仿生水龟机器人根据模拟水龟的运动方式的不同，可以分为滑行、跳跃两种。机器人研究集中在两个方面：一类研究侧重于模拟水龟的驱动机理，依靠表面张力驱动实现机器人在水面滑行或者跳跃，大部分机器人相对简陋，仅为滑行、跳跃驱动原理验证样机，并且，此类机器人尺度小、质量轻，受限于目前微型化技术水平，水面负载能力不足，难以面向应用实现功能化；另外一类研究侧重于驱动机构模拟水龟划水的动作，采用表面张力与浮力驱动机器人在水面滑行、跳跃。虽然借助大体积的支撑腿能获得充足的浮力，然而驱动机构只是简单模仿水龟划水动作，运动方式单一，仅能实现水面滑行或者跳跃，并且水面滑行、跳跃运动性能不足，稳定性差。机器人的水面运动性能不仅与生物水龟相去甚远，而且与船体等传统水面运动装置相比，并没有发挥出仿生水龟机器人在快速、高效水面运动能力等方面具有的优势。由此可见，与水龟运动相比，设计兼具滑行与跳跃多种运动模式，以实现机器人的灵活、机动水面运动是仿生水龟机器人水面应用发展的必然趋势。

前期已经研制多款仿生水龟滑行、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。基于水龟生物机理，提出研究一种仿水龟水面滑跳复合运动机器人，开展机器人-水相互作用以及水面运动动力学相关基础理论与实验研究。

仿生水龟机器人研究是一个综合仿生学、材料科学、流体力学、机械工程等学科交叉的前沿课题，开展新型水面滑跳复合运动机器人及其水面运动动力学的研究，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。具体研究包括：

（1）综合考虑腿表材料疏水性、旋涡等因素影响，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，建立水面滑跳复合运动机器人与水之间相互作用计算模型；

（2）建立机器人滑行、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）提出基于水龟水面运动机理的机械效率最大化驱动机构优化设计方法，研制出具有滑跳复合运动模式的仿水龟水面运动机器人样机；

（4）多尺度滑跳复合运动仿水龟机器人运动性能研究；

（5）滑跳复合运动机器人多传感器集成定位规划、稳定性控制以及无线通讯。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

仿水龟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）

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： 基于气/线混合驱动大变形刚度可控软体机械臂研究

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。

目前国际上许多学者对于软体机器人的研究已经开始，并取得了初步进展，其研究主要集中在基于生物仿生原理的软体驱动结构的设计与制备上，并对其运动建模以及控制方法开展研究。软体机器人是仿生机器人研究的延续，其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、毛虫、海葵、象鼻、章鱼触手、人手等器官都是软体机器人的仿照对象。其中，模仿象鼻、章鱼触手等结构的机械臂式软体机器人，因为其能够适应复杂狭窄的环境，并且进行柔顺、安全的目标抓持与操作任务，成为软体机器人目前热门研究方向之一。对软体机械臂的研究已经取得了一定的成果，但是，利用软体主被动柔顺性，变形适应环境或者抓持目标，需要机器人具有高度的柔性及运动能力，同时具备稳定可控的身形及一定输出力矩。许多学者展开了大变形、变刚度驱动机构的研究。大多数机构只是基于象鼻、章鱼触手等生物的结构外形以及运动形式，实现大变形运动或者具备一定刚度，并且其刚度与变形相关，不能如同象鼻或者章鱼一样，可以根据环境、抓持目标动态调整自身变形及其刚度。为此，围绕着这个目标，开展一种基于气/线混合混合驱动，刚柔耦合大变形可变刚度软体机械臂的研究。具体内容包括：

（1）基于气/线串联混合驱动软体变形机构研究，实现机械臂灵活的全向弯曲大变形致动功能，软体机械臂变刚度机构设计，实现机械臂各关节的独立变刚度功能；

（2）基于软体机械臂变形、刚柔耦合特点研究软体机械臂运动学、动力学模型，建立刚度参数化的机械臂多因素耦合动力学模型，研究软体机械臂大变形致动与变刚度机制；

（3）综合可变刚度软体机械臂结构、材料、驱动、形变等强耦合、非线性因素的影响，从刚度适应性角度出发，研究面向复杂非结构化环境的软体机械臂刚度最优匹配运动控制方法。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

仿生眼运动机构及控制（国家863）
爬行定位装置控制系统软件升级（横向）