

2019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： 基于人工肌肉驱动的超轻质软体仿生机器人

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

选题背景及意义。相对刚性机器人，软体机器人在环境力交互、主动变形适应、连续柔顺变形等方面具有优势，因此，在复杂环境作业、人机共融、生物体行为模拟等方面可以与刚性机器人形成互补。此外，目前电机驱动的仿生机器人的动态性能与生物相比，差距依然很大，超轻质仿生机器人的研究有助于借鉴生物的力学特性，发展出动态性能优于刚性机器人的新一代仿生机器人。该生将基于介电弹性体（Dielectric Elastomer, DE）驱动的DEMES关节展开研究。

主要研究内容：

1) DEMES关节的系统模型构建及特殊共振现象分析

建立DEMES关节的静力学模型，描述其初始变形角、关节转矩与相关参数之间的关系。在此基础上建立DEMES关节的等效动力学模型，描述关节在交变电场下的位移响应。分析关节的转动惯量、关节刚度、加载电压等参数对关节振幅和频率跟踪能力的影响。以关节初始变形角和初始输出转矩为指标，结合静力学和动力学分析结果建立DEMES关节的相关设计理论。分析DEMES特殊共振现象产生的原因及条件，将这种特殊共振现象用于超轻质仿生机器人，利用其产生条件来指导仿生机器人的设计。

2) 软体仿生机器人系统模型及能量转化、耗散过程分析。

结合相关动物的运动原理，设计仿生机器人结构。在多柔体动力学分析的基础上，提出各关节振幅及频率跟踪能力的要求；结合DEMES关节的系统模型建立仿生机器人的动力学模型，利用模型并依据振幅及频率跟踪能力的要求设计仿生机器人关节的各尺寸参数。分析仿生机器人运动过程中Maxwell应力做功、DE漏电流、DE及基板振动阻尼能量损耗，提出减小能量损耗的方法。在理论上计算这种基于DE驱动的仿生机器人的功率密度和能量转化效率。

3) 仿生机器人关节角度的自检测方法与前-反馈复合控制。

DE在变形过程中电容将发生变化，可通过检测电容值来计算DE薄膜的形变量，进而计算出DEMES关节位移，这种自检测方法无需附加额外的传感器，可减轻关节的重量。虽然DE的频率跟踪能力可以达到30Hz以上，但相对于机械刚性传动，DE的电致应变过程仍然显示出明显的滞后性；此外，DE的充放电时间也导致了电场的滞后。为解决这一问题，本项目将建立基于动力学模型的前馈通道和基于电容、电压检测的反馈通道，采用前馈-反馈复合控制的思想完成仿生机器人关节转角的闭环控制。

4) 相关实验研究

制造DEMES关节，验证DEMES关节的静力学模型和等效动力学模型；验证基于电容的仿生机器人关节角度自检测方法与前-反馈复合闭环控制算法，利用实验结果对上述模型和控制算法进行修正。探索基于不同DE材料驱动的仿生机器人制造工艺，制造机器人样机，完成基于DE驱动的仿生机器人运动，根据实验结果对仿生机器人结构参数进行优化；研究测量仿生机器人系统能量转化效率的方案，测量其功率密度和能量转化效率并与理论结果比较；测试其有效负荷能力。对这种DE驱动的仿生机器人的有效负荷能力和能量转化效率给出综合评价。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

威海市机器人与智能装备产业公共创新服务平台，2015ZD01，威海市重大专项

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： 基于矢量推进的高机动性水下机器人

- 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

选题背景及意义。随着人类的脚步不断深入海洋世界，水下机器人在人类探索水下世界的过程中得到了特殊的应用。其中缆控水下机器人（ROV）以其突出的优势日益引起人们的关注，在传统的军事、科考等领域和现代的水产渔业、水下搜救、水下测绘、休闲娱乐等行业都能看到它们的身影。而具有高机动性是ROV安全航行并充分发挥其性能的保障。

主要研究内容：

- 1）根据ROV的性能参数指标，基于流体力学对ROV的艇体形状进行详细设计，确定ROV基本外形以及各外部构件的结构形式及关键尺寸。
- 2）利用并联机构调整螺旋桨轴线方向，实现矢量推进。结合行波阻力分析、艇体周围涡量场分析设计螺旋桨轴线变换角度范围；基于流体力学和机械动力学建立ROV的动力学方程。利用计算流体力学软件FLUENT仿真模拟ROV的定常与非定常运动，求解相应的水动力系数。联合机械动力学分析、流场分析和仿真分析，建立可用的ROV系统动力学模型。
- 3）基于动力学模型分析结果，选择适合的并联机构构型作为螺旋桨的矢量推进机构，优化机构参数，对相关构件的截面进行减阻设计。在此基础上，进一步结合动力学分析结果对螺旋桨轴线变化速度进行优化，为ROV的优化控制提供基础。
- 4）搭建相关实验及测试平台。测试ROV行进及转向过程中的流场及涡量场，测试行进速度及转向角速度，验证动力学模型及流场模型。研究高机动性控制方法，实现ROV升降、前进、倒退、转向等动作的灵活控制。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

便携式高机动性水下机器人研发, 2016GGX10111，山东省重大专项