2022年招生计划

三、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： 多自由度大尺度微纳操控关键技术研究

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

选题背景及意义：
多自由度精密操控技术一直以来都是机器人、精密制造、光学仪器和生命科学等领域的核心与关键技术之一，其主要技术指标涵盖运动类型、自由度数、行程、定位精度、分辨力、响应速度和出力等多个方面。传统的多自由度机械臂和多自由度并联机器人受精度制约难于实现微纳尺度的精密操控；目前成熟的多自由度精密操控技术以压电驱动为主，最具有代表性的是德国PI公司已经研制出多款多自由度压电操控平台，成功实现了纳米级的多自由度操控。但是，现有多自由度精密压电操控平台大部分采用单自由度压电驱动器直接叠加的方式，存在结构较复杂、惯量较大、导线随动等不足；此外，基于压电叠堆和并联机构结合的多自由度精密操控平台则存在行程较小、成本高、控制复杂等不足。因此，新型的多自由度大尺度微纳操控技术具有极强的发展需求，在精密制造、光学仪器、生命科学和精密仪器等领域具有广泛的应用前景，具有重要的科学意义和突出的应用价值。

主要研究内容简介：
1. 直线、旋转纳米级分辨力大行程压电致动机理与高效激励方法；
2. 直线型、旋转型及直线旋转复合型多自由度压电致动方式规划；
3. 面向多工作模式融合与多自由度协调驱动的高效控制方法；
4. 多自由度微纳操控机器人样机研制与特性测试研究；
5. 多自由度微纳操控机器人应用试验（微纳制造、精细3D打印和细胞操控等领域）。

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家自然科学基金联合基金重点项目：多自由度大行程微纳操控机器人关键技术研究（项目批准号：U1913215，总经费250万元）和国家自然科学基金优秀青年科学基金：压电驱动理论与技术（项目批准号：51622502，总经费130万元）

2022年招生计划

三、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： 大尺度精密压电驱动机理及关键技术研究

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

选题背景及意义：
压电驱动作为一种新型的驱动方式伴随着压电陶瓷、磁致伸缩等功能材料的出现和不断完善得到了飞速的发展，是近年来精密特种驱动器领域研究的热点之一。按照驱动工作模式，压电驱动器可以分为共振式和非共振式两种。其中，共振式压电驱动器具有结构简单、设计灵活、低速大力矩/推力、功率密度高、定位精度高、响应速度快、断电自锁、无电磁干扰、易于实现直线和多自由度驱动等突出优点，但是其定位精度一般在微米或者亚微米级，难于实现进一步提高。非共振式压电驱动器以压电陶瓷叠堆驱动器件为主，单独的压电陶瓷叠堆具有纳米级分辨力、响应快、无噪声、不发热、无电磁干扰等特点；但其行程一般在100μm以下，很难实现mm级以上的大行程输出；此外，尺蠖式压电驱动器虽然实现了高精度的大行程输出，但是其出力较小、速度较低；而惯性式压电驱动则存在明显的回退现象。
可见，压电驱动虽然实现了纳米级定位，解决了精密驱动技术领域对定位精度与分辨力的需求，但是其行程较小，或者出力较低，还无法满足超精密加工领域的实际需求。因此，本选题的核心研究目的是要通过多驱动足交替步进蠕动来实现大尺度的精密压电微驱动，解决现有技术难于兼顾纳米级精密驱动和大尺度行程输出的难题，在保留纳米级定位能力的同时，实现大推力、大行程输出，相关研究是现代精密驱动技术领域中的核心研究方向。本课题的提出具有重要的理论意义，有利于拓展压电驱动技术的应用领域，并推进精密驱动技术的快速发展。精密压电驱动技术在超精密加工、微纳制造、微电子制造以及生命科学等领域具有广泛的应用和发展前景，可为这些领域的发展做出十分积极的贡献，具有重要的科学意义和应用价值。

主要研究内容简介：
1. 面向大尺度精密压电驱动的致动模式研究；
2. 足式精密压电驱动器构型规划研究；
3. 面向步进致动模式的压电元件激励方法研究；
4. 面向精密压电驱动的输出补偿控制方法研究；
5. 精密压电驱动的实验研究。

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家自然科学基金联合基金重点项目：多自由度大行程微纳操控机器人关键技术研究（项目批准号：U1913215，总经费250万元）和国家自然科学基金优秀青年科学基金：压电驱动理论与技术（项目批准号：51622502，总经费130万元）

2022年招生计划

三、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： 柔性人工肌肉大变形致动与多功能复合机制研究

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

选题背景及意义：
随着机器人在工业生产、医疗康复、国防军事等领域使用密度的不断提升，其作业环境趋于复杂化和多样化，机器人与人、机器人与作业环境以及多个机器人之间的频繁交互成为了该领域的核心发展趋势，要求机器人在行为过程中确保人-机-环境的安全，这对机器人的柔顺性提出了极高的要求。柔性人工肌肉驱动器具有结构简单、重量轻、柔顺性好的突出优势，非常适合用于机器人柔性驱动技术领域。聚合物纤维卷绕型柔性人工肌肉（TCP）是一种于2014年首次被提出的新型人工肌肉，具有驱动行程长、功率密度高、使用寿命长、输出线性度好、迟滞特性弱、易于制备、成本低廉等特点，同时柔顺度高，易于布置，非常适合应用于机器人的柔性驱动。尽管目前卷绕型人工肌肉的相关研究正在快速开展，但尚存在致动机制不明确、精确控制方法欠缺、功能单一、制备方法不完善等基础问题。本课题相关研究工作对于提升柔性人工肌肉驱动性能并实现其成功应用有重要理论意义，将为人工肌肉在柔性驱动技术领域的广泛应用提供基础理论支撑，进而推进机器人向人-机-环境共融的发展，并为柔性机器人提供一种极具价值的新型驱动方式，具有重要的科学意义和突出的实用价值。

主要研究内容简介：
1. 人工肌肉的温度-应力-变形数学模型研究；
2. 人工肌肉工作温度与输出位移自传感功能实现方法；
3. 柔性人工肌肉变刚度的实现及控制策略；
4. 多种纤维复合卷绕型人工肌肉的制备工艺；
5. 柔性人工肌肉的精确位置控制方法；
6. 柔性人工肌肉的实验研究及其在柔性机器人领域的应用试验。

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家自然科学基金“共融机器人基础理论与关键技术研究”重大研究计划项目：纤维卷绕型柔性人工肌肉大变形致动与多功能复合机制研究（项目批准号：91748108，直接经费：63万元）。