2021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： 上肢康复外骨骼机器人技术及应用

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

人体上肢运动异常时，对日常生活会产生严重的不良影响。在年老人群、高强度运动损伤人群和病变人群中，上肢的运动异常问题尤为突出，需要采取合适的外部辅助方法帮助患者恢复或者提高上肢的运动能力。因此如何更好地帮助患者进行康复训练及生活辅助显得非常重要和迫切。康复训练机器人是一种人机交互设备，必须具备必要的仿生特点。因此，设计的康复训练机器人需要考虑肌肉的物理特性、阻抗特性和协同运动特性等，保证在使用上更加直观有效，同时提高操作人员的敏捷性和舒适性。

上肢康复外骨骼机器人主要研究内容包括：

1.建立非线性输出力作用下的康复外骨骼机器人的主被动力柔顺模型。研究基于sEMG的肘部力辨识与力控输出，建立联合仿生平台模拟其作用规律，建立主被动模式中力耦合对外骨骼实时助力的作用规律和映射模型

2.基于传感器信息融合的肘部力控意图辨识研究。采用传感器信息（sEMG表面肌电信号、力传感器、角度计、惯导元件等），融合辨识肘部力输出表达的运动意图和运动能力。充分考虑患者运动意图在控制回路中的主导作用，基于外骨骼输出力动态分配策略和传感器融合信息对人的意图预判，研究人-机器人-环境的协同柔顺助力控制方法，实现高可靠、高响应和高精度随动控制。

3.外骨骼的变阻抗力柔顺控制策略研究。研究肘部力输出能力的分类识别，表征针对不同分类特征的力柔顺状态，提出匹配于分类特征的外骨骼输出力动态分配策略。根据肘部肌肉力实时状态及相应地外骨骼输出力动态分配，设置递进式康复阶段，即被动康复阶段、基于EMG信号变阻抗柔顺康复阶段和固定阻抗参数的进阶粘阻康复阶段，提供与患者肘部运动能力相匹配的多模式（速度、角度、输出力、能量最优）柔顺输出控制。

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

1.微创全膝关节置换手术机器人技术与系统（项目编号：2017YFB1303000），国家重点研发计划项目资助

2.机器人技术与系统国家重点实验室（哈尔滨工业大学）自主研究课题（SKLRS202001A02）资助

2021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： 手术机械臂的基础研究

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

医疗机器人产业在蓬勃发展的同时，也面临诸多巨大挑战，其中之一就是人和机器人如何更好的共融与协作。人们期望机器人可以在这一领域代替人类完成更多的复杂任务，而面对复杂的作业任务和多变的工作环境，有效的解决方案就是实现人和机器人的融合，通过人-机器人的紧密协作提高效率和安全。正在开展的微创全膝关节置换手术操作复杂度高，技巧性强，动态及不确定性明显，面向这一应用需求，研制手术机械臂的工作空间运动定位技术和力/位精度特性，解决人机交互下的灵活运动与复杂对象操作能力的仿生构型、柔性驱动、力反馈控制等问题是这一领域中的重点内容。

需要开展的主要研究内容如下：

1.手术机械臂的灵巧机构设计：在已有机械臂研究工作基础上，分析人机协作过程中机械臂的末端柔顺特性与关节柔顺特性的映射关系，结合现代结构设计原理，分析设计高顺应性机械臂柔性驱动关节.在此基础上，基于关节柔顺-连续可调节方法，研究适用于全向移动和高维空间灵活操作的灵巧操作机械臂；

2.机械臂刚柔耦合动力学建模：考虑关节可变柔性、非线性弹性变形、不确定摩擦力矩等影响，建立手术操作机械臂的多体刚柔耦合系统动力学模型。

3.人-机械臂-环境交互动力学：考虑机械臂的常规力场合高维虚拟外力场，基于触感力、虚拟斥力和任务角色切换特性，建立人、机械臂、环境组成的多元交互动力学模型，研究三者在空间、运动、力传递等多维度相互耦合作用的力学规律。

3.该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

1.微创全膝关节置换手术机器人技术与系统（项目编号：2017YFB1303000），国家重点研发计划项目资助

2.机器人技术与系统国家重点实验室（哈尔滨工业大学）自主研究课题（SKLRS202001A02）资助