

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： 轮腿复合仿生机器人跳跃理论与技术研究

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

轮腿复合仿生机器人轮式跳跃持续时间短、落地冲击力大、起跳和降落姿态不确定、以及跳跃过程中各关节运动控制耦合，是一个多输入多输出的非线性时变系统；本选题研究采用基于TMS-DIP模型简化实际机器人的跳跃过程。在起跳准备阶段，机器人控制自身起跳姿态并储存尽可能多的初始能量；在起跳和落地阶段，保证机器人在起跳和落地时姿态的平稳；在机器人跳跃的腾空阶段，控制机器人的手臂、腰部和腿部关节使机器人保持高效稳定跳跃姿态。机器人跳跃过程存在全身关节耦合，需要机器人各部分协调动作才能实现跳跃，其过程实际上是一个多输入多输出的非线性时变系统。针对该系统，本课题提出双质量弹簧阻尼倒立摆模型（TMS-DIP, Two-Mass Spring-Damp Inverted Pendulum），利用双质量弹簧阻尼倒立摆模型（TMS-DIP），建立数学模型将模型的控制参数映射到实际机器人的各个关节驱动器力控制和位置控制，实现机器人稳定爆发式起跳。由于机器人小腿连接着轮式驱动器，其质量不可忽略不计，所以本课题在原有的弹簧负载倒立摆模型（SLIP, Spring Load Inverted Pendulum）的基础上加上轮式驱动器质量和腿部阻尼，组成双质量弹簧阻尼倒立摆模型（TMS-DIP）。TMS-DIP模型可以更加直观模拟实际机器人跳跃过程，在预备起跳过程， $\theta$ 减小， $k$ 增大以便存储更大的初始能量；起跳阶段， $\theta$ 迅速增大，并实时调节 $\theta$ 的大小实现不同角度的跳跃；在腾空阶段，根据身体姿态实时调节 $\theta$ ，同时将 $k$ 和 $b$ 减小，有利于腿的伸缩，减少能量的耗散；在触地阶段则需要根据触地情况实时调节 $k$ 和 $b$ 进行落地缓冲与平稳着陆。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

依托军委科技委项目，经费500万元。

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： 仿人机器人变刚度跳跃机构设计与系统研制

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

对于高机动机器人，除了要求腿部具有较大灵活性，还要求有较高的能量利用率，需要匹配弹性元件实现能量的循环利用。以跟腱为代表的弹性储能元件在善跑的动物如猫科、犬科动物的腿部结构上都有较好的体现。目前在机器人上使用的弹性元件包括弹簧、气缸和内燃机驱动器等，采用弹簧储能机构的机器人具有机构简单、方便控制等优点，但能量利用率低，弹跳的高度有限；采用内燃机驱动的机器人高效节能，能够得到很高的跳跃高度，如波士顿动力的沙蚤机器人，沙蚤通过一个内燃机驱动器将燃气的化学能在很短时间内转换为机械能实现爆发式弹跳，但是这种方式很难实现高度控制，而且能量全部耗散掉不能够重复利用；采用气动原理的弹跳机器人效率高，但各个气动参数互相耦合，很难进行理论计算，并且需要配备复杂的气动单元和控制系统。结合本课题研制的机器人特点，在复杂环境需要实现高机动的运动能力，机器人需要爆发性很强的弹跳机构，从目前国内外研究情况来看，只有基于内燃机原理的弹性储能机构能够达到机器人快速跳跃和高弹跳的需求。但是基于内燃机原理的弹跳机构由于结构复杂，控制难度高需要经历若干代样机的不断改进和试验，使弹跳机构拥有更大的功率密度更小的结构。研制出小尺寸、高功率密度弹跳机构后，再与腿部液压缸做集成设计，考虑液压缸的可伸缩性，弹跳机构也为可伸缩，所以将液压缸与内燃机式弹跳机构并联设计，当机器人预备起跳时，收缩液压缸，同时压缩内燃机燃烧腔，起跳瞬间，液压缸突然伸长，内燃机点火引燃燃气，将燃料的化学能瞬间转化为机械能，实现跳跃力量的爆发。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

依托军委科技委项目，经费500万元。

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： 视觉引导下医疗机器人遥操作主从控制技术研究

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

单孔机器人手术中，医生在三维视觉引导下，以主从范式对手术执行系统中的手术执行臂实施遥操作完成手术操作。医生手部与主控端输入设备的力位交互，以及手术执行臂的遥操作算法，都是实现精准手术操作的关键。基于以上需求，本选题拟研究两个方向的关键性技术问题：遥操作主从运动控制技术和手术过程的工具头运动跟踪与手术流程管理技术。针对以上两个关键技术，拟在三个方面开展研究工作。遥操作下主从运动控制：建立手术执行臂的运动学和动力学模型，设计遥操作范式下的主从运动控制算法，植入手术执行臂奇异点邻域数值鲁棒性处理；研究与主刀医生操作手力位交互的协同控制算法、稳定裕度评估和反馈引导算法。手术视野跟踪和过程数据管理：基于双目视觉信息和器械-组织的匹配特征，测量、跟踪手术工具头的实时运动；并根据其运动数据，实现手术操作数据管理。单孔腹腔镜手术机器人遥操作控制台集成和软件系统研发：人遥操作控制台中术部立体视觉三维显示设备、系统状态显示设备和遥操作力位交互设备的集成；开展手术机器人全套软件的研发，包括主动端操作界面、从动端遥操作算法实现、电机伺服控制、主从通信、故障监测、应急处理预设流程控制等子系统。同时还研究医生手部与主控端输入设备的力位交互算法和手术执行臂的遥操作算法，在机器人手术过程中，实现主刀医生以主从范式对手术执行系统中的手术执行臂实施遥操作完成手术。研究手术工具头在手术视野中的运动跟踪算法和手术过程的数据管理，探索基于手术过程大数据的手术执行分析算法。完成包括上层用户交互和底层驱动控制在内的全套软件，实现遥操作、状态显示、主从通信、故障监测、应急处理等系统功能。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家数字医疗装备重点专项项目，经费600万元。