

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：多移动方式仿生机器人与非连续介质移动技术之“仿猿移动机器人大阻尼欠驱动灵巧移动机构学与控制技术”

- 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

2.1 博士论文的选题背景及意义

从1974年FLEAGLE J. 研究趾猴摆荡运动动力学到1996年日本名古屋大学福田敏男教授（FUKUDA Toshio）等人成功实现猴子摆荡抓杆运动控制，标志着从灵长类生物的摆荡运动生物学研究开始走向其仿生控制及仿生机器人学研究。此后，以“运动仿生”研究非线性控制、非完整约束系统及其智能控制为科学目标的Brachiation机器人的研究成为热点。仿猿双臂手机机器人与支撑其整体的杆构成了具有二阶非完整约束且运动不可积的欠驱动系统，很难求得一条摆荡运动轨迹作为有效的前馈。目前所提出的摆荡抓杆运动控制主要方法可以分为：（1）非基于模型的智能学习控制方法；（2）最优控制方法；（3）模型简化方法；（4）分级控制法等等。2013年哈工大机械设计系“仿生仿人机器人及其智能运动控制研究室”（本研究室）首次提出了大阻尼非完整约束欠驱动的概念，提出了欠驱动机器人操作臂可靠抓握目标杆运动控制策略，创新设计了基于大阻尼欠驱动原理的新型手爪，在国际上自行研制出首台有退转反馈机制的大阻尼欠驱动的仿猿双臂手机机器人，并成功进行了抓握目标杆大阻尼欠驱动控制实验并对实验结果的大阻尼欠驱动进行了阻尼特性分析以及可靠性评价，实验验证了大阻尼欠驱动控制方法的可靠性，为大阻尼欠驱动控制理论、可靠性评价以及仿猿抓杆移动机器人的实用化提供了理论与技术依据。由于目前相关研究大多为实验室环境下对支撑杆和目标杆断面形状“规范化”“简单化”条件下研究这种机器人机构以及摆荡抓握目标杆运动控制问题，而与实际物理环境和条件差别较大，研究结果存在着对不同环境和条件参数的适应性（鲁棒性）和有效性的问题。此外，更重要的是：人类的手、类人猿、猴子等动物的手在支撑摆荡过程中以及抓握目标杆、连续移动过程中物理行为都有着尚未被引起足够的重视和值得研究的科学问题。而从仿生学的角度，博士生指导教师吴伟国教授首次提出：如何从人手、类人猿和猴子等动物的手对抓握不同目标杆物体的适应性和鲁棒性以及手指、手掌与手腕运动的协调配合机制等仿生研究非连续介质下仿猿仿人摆荡移动机构学和智能学习运动控制问题。这一问题的研究很有可能促使目前陷于实验室研究的非连续介质移动机器人逐渐走向实用化，针对该问题的研究具有深远的科学意义和重要技术研究价值。

2.2 主要研究内容简介

研究人手、类人猿以及猴子手在支撑、摆荡和抓握过程中的行为；研究其仿生机构学与设计科学问题，相应地，在本研究室已有仿猿双臂手及其大阻尼欠驱动控制理论与技术研究成果基础上，设计、研发新型摆荡抓杆仿猿灵巧手；研究仿猿灵巧手抓握行为与大阻尼欠驱动控制科学与技术问题；最后是仿生灵巧抓握与控制实验研究。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

该选题依托于：
1) 已完成的“国家863计划”重点课题子课题（子课题项目号：2012AA041601）结余经费约6万元；
2) 专利转化获得的横向课题经费：“刚轮轮齿有倾角的短筒柔轮谐波减速器及其传动刚度测试装置”技术（发明专利转让），项目号：MH20160100，37.8万元。
该选题所需总经费约10~12万元。可用研究经费充足。

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：有表情及多感知的仿人全身机器人与人工情感之“仿人全身机器人高性能驱动控制和智能训练学习技术”

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

2.1 博士论文的选题背景及意义

自1996年日本本田技研（HONDA R&D）发布研制成功P2型仿人机器人以后，仿人机器人、表情 机器人、多指手、双足步行机器人等在机构原理、控制理论与技术、系统集成以及实验研究方面取得了快速发展。如果说20世纪60年代末早稻田大学加藤一郎教授研制首台双足步行机引领了仿人步行机器人研究第一轮世界潮流，那么，受日本本田技研1996-2005年相继成功研制仿人机器人P2、P3、ASIMO的影响和鼓舞，20世纪末、21世纪初掀起了新一轮仿人机器人研发国际热潮。美国、中国、韩国、德国、法国、意大利等国相继研制出了仿人机器人，并在稳定步行速度、集成化程度上有大幅提高。

仿人机器人研究发展到今天，已经从20世纪的基础研究向21世纪的应用基础、应用研究迈进，已从诸如有感知能力/表情/人工情感的仿人头、多指手、稳定快速步行乃至跑步的仿人双足步行机等部分研究进入集成化整体仿人设计研发仿人机器人及应用基础研究平台的发展阶段，其间涵盖了各种驱动原理、不同集成化程度及性能指标的相关研究，涉及的领域越来越宽，从机械、电子、自动控制、计算机与人工智能到生物学、心理学、神经科学、行为科学乃至社会科学，呈现出史无前例的多学科交叉态势。

目前，国际上电动机加减速器驱动一类仿人机器人受伺服电动机驱动性能较微小型泵及液压驱动的同比差距巨大的限制而走入低谷，2015-2017年波士顿动力公司相继公开了自主研发的液压驱动仿人机器人Atlas的野外稳定步行、弹跳后空翻、室外草地跑步等视频，标志着液压驱动的机-电-液混合控制的仿人双足稳定步行、跑步技术已经日臻成熟，相比之下，伺服电动机加减速器驱动的仿人机器人技术已经在驱动源部件上出现了相当长一段时期内难以解决的瓶颈技术。然而，由于波士顿动力公司的液压驱动仿人机器人在噪声和精细操作与控制方面仍然是与人类共存共生的实用化障碍，如果伺服电动机加减速器驱动的仿人机器人能够解决驱动能力与液压驱动相差巨大的瓶颈问题，与人类共存共生的仿人机器人仍然是以电驱动的类型为主流。目前，国际上在大幅提高电驱动能力的技术上尚束手无策！本选题针对这一瓶颈技术问题，拟从综合研究目前高性能电动机、减速器驱动能力以及仿人步行、跑步能耗以及系统优化设计、新型驱动与控制机构等角度研究高性能高效驱动与控制问题，选题具有重要的学术研究意义与实际意义。

2.2 主要研究内容简介

利用运动捕捉系统研究人、仿人行走的能量消耗以及高效机制问题；新型高性能高效驱动与控制机构学研究；仿人机器人自稳定性智能训练学习理论与技术；实验设计与实验研究。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

该选题依托于：

1) 专利转化获得的横向课题经费：“一种用于短筒柔轮谐波减速器的刚轮与柔轮及其加工工艺”技术（发明专利转让），MH20160101，54万元。

2) 利用已完成的国家863计划目标导向课题研究中取得软硬件技术成果，作为已具备的部分支撑条件。该选题所需总经费约20~25万元。可用研究经费充足。