

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	敖宏瑞	招生人数	1		
------	-----	------	---	--	--

2017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： 硬盘HAMR磁头/磁盘界面超薄气膜润滑失效机理及相关热力学研究 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：为了提高硬盘驱动器的磁存储容量，硬盘驱动器HAMR型磁头在很大程度上可实现降低磁头的飞行高度，但是由于该项技术比较新，在很多技术层面上需要深入研究，所以成为了研究热点。近年来关于HAMR磁头相关技术的研究主要集中在磁头的优化设计和磁头飞行时的静态与动态以及热力学特性。对于该类型磁头的优化设计，主要研究加热器与绝热元件的特性、磁头材料及磁头磁盘之间气体成分对磁头工作特性的影响。研究表明，磁头中加热器的数量越多，其飞行高度越低，热激励效率越高。随着硬盘驱动器磁头工作表面形状的多样化和复杂化，以及高磁存储容量的要求日益迫切，对该磁头/盘界面的研究也越来越突出。但是由于纳米级间隙下分子或原子间的作用对空气轴承和磁头飞行高度的影响机理非常复杂，接触面热效应对Load/Unload过程的影响规律尚不清楚。继续深入地从微纳米摩擦学及分子动力学角度对该接触面中纳米级超薄气膜的动力学、热力学和摩擦学特性进行有针对性的研究，可以为硬盘磁头设计与改进、硬磁存储密度的提高以及磁头工作稳定性的改善，提供有益的帮助。 主要内容：分析影响硬盘磁头/盘系统Load/Unload机制的摩擦学及动力学问题，基于纳米摩擦学和分子动力学的相关原理，研究在Load/Unload过程中影响磁头运动稳定性的相关因素及结构参数，分析磁头悬臂与其支承装置之间的摩擦学特性，提高硬盘在冲击环境下磁头读写动作的可靠性，并减少磁头与盘片之间的接触或冲击，提高基于Load/Unload机制的硬盘驱动器的使用寿命。主要包括： (1) 对磁头/盘界面间的超薄气体润滑膜的摩擦学特性进行研究，基于统计学和分子动力学的基本原理，从摩擦学和流变学的角度，研究超薄气膜的承载能力、接触区的压力分布、空气轴承的形成、表面失效机理，为Load/Unload机制下磁头工作稳定性的提高提供理论及实验依据；从理论上探讨磁头/盘界面超薄气膜润滑的本质和变化规律，分析薄膜润滑的时间效应和失效条件。 (2) 采用分子动力学方法，分析磁盘表面润滑剂与DLC层的相互作用，建立改进的分子动力学模型，根据磁头磁盘界面上的润滑膜分布特点，结合磁头/磁盘之间的空气轴承压力分布，基于改进的粗粒珠簧模型，建立用于研究磁头/磁盘之间润滑剂转移的模型；探索润滑剂转移模型中润滑剂转移和在磁盘上分布的测量方法；分析磁头空气轴承表面上各种几何参数及材料参数对磁头/磁盘之间润滑剂转移的影响；研究DLC层官能团的数量对润滑剂转移及其在磁盘上分布的影响；分析磁盘表面形貌，如DLC层粗糙度和磁盘表面凸起对磁盘表面润滑剂分布及润滑剂转移的影响。 (3) 研究磁盘表面润滑膜厚度、润滑剂种类、磁盘表面局部温度差、局部压力差、磁头/磁盘间隙、润滑剂分子碎片的重量及润滑剂分子的断裂位置对磁头/磁盘之间润滑剂转移的影响；研究在热-固-液多物理场下，磁盘表面润滑膜的摩擦学特性和力学特性，研究的厚度、润滑剂种类，磁盘表面局部温度差、局部压力差对磁盘表面润滑剂分布的影响。 主要技术关键点： 1) 考虑多因素耦合下的热-固-液多物理场下，磁头空气动力压力在磁头悬臂加载和卸载过程中的变化进行建模，基于纳米摩擦学的基本原理，分析界面超薄气膜内空气轴承的形成及失效机理； 2) 基于分子动力学原理，研究磁头、磁盘及超薄空气膜原子/分子之间的相互作用，对磁头工作稳定性的影响进行分析；对超薄气膜进行建模，描述其特性以揭示磁头/盘界面超薄气体润滑的本质，显示流体在纳米尺度间隙下的转移和挥发，建立有效的物理模型； 3) 对磁盘表面的形貌进行建模分析和实验观测，建立接触面磨损率模型，对薄膜润滑的摩擦因数进行分析，以实现降低盘片工作界面的破坏几率。
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况 选题依托国家自然科学基金项目“面向加载/卸载过程的硬盘TFC磁头/盘界面超薄气体润滑机理及相关热力学性能研究”（批准号：51275124）

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	白基成	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 微细型腔密集结构的电火花加工精度保障技术研究

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

随着科学研究和工业技术的快速发展，对具有高精度微细型腔密集结构零件以及微机电系统（MEMS）的需求日趋迫切，而微细型腔密集结构电火花加工精度的稳定性和可靠性是制约其实用化、产业化和应用范围的技术瓶颈。目前，国内外专家学者针对单个微细型腔加工技术的研究较多，大多专注于微细电极、微细小孔、微细型腔、微细零件的加工方法和加工极限，很少注重具有微细型腔密集结构零部件加工精度的研究，也就很难保证密集结构的微细型腔在尺寸、形状精度上的一致性。而密集结构的微细型腔尺寸、形状精度及其一致性，往往是影响其使用寿命和使用效果的关键，也是制约微细型腔密集结构零部件在各行各业中广泛应用的技术瓶颈。因此，本课题致力于研究微细型腔密集结构的电火花加工精度保障技术及工艺研究。

课题主要从以下方面进行研究：（1）微细旋转电极在线蠕动进给补偿精密气浮主轴装置及其控制系统的研制，包括微细旋转电极在线蠕动进给补偿技术的研究、微细旋转电极在线蠕动进给补偿微驱动装置与控制系统的研究、精密气浮主轴装置与控制系统的研究；（2）高精度微能脉冲电源与控制系统的研究，研制一种能量可控、加工范围广、多模式高精度微能脉冲电源，并对脉冲电源放电回路特性进行仿真分析；（3）研究集高精度快速定位的进给系统、微细电极端面形貌和微细型腔轮廓形状在线检测及微细电极在线制作和微细型腔加工等功能于一体的控制系统及其稳定性。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

本课题来源于国家自然科学基金《微细型腔密集结构的电火花加工精度保障技术研究》（项目编号51575137）和哈尔滨市应用技术研究项目（优秀学科带头人A类）《微细型腔电火花高精度加工技术及装备的研究》（项目编号2015RAXXJ027），经费充足。

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： 微细型腔密集结构的电火花加工精度保障技术研究

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

随着科学研究和工业技术的快速发展，对具有高精度微细型腔密集结构零件以及微机电系统（MEMS）的需求日趋迫切，而微细型腔密集结构电火花加工精度的稳定性和可靠性是制约其实用化、产业化和应用范围的技术瓶颈。目前，国内外专家学者针对单个微细型腔加工技术的研究较多，大多专注于微细电极、微细小孔、微细型腔、微细零件的加工方法和加工极限，很少注重具有微细型腔密集结构零部件加工精度的研究，也就很难保证密集结构的微细型腔在尺寸、形状精度上的一致性。而密集结构的微细型腔尺寸、形状精度及其一致性，往往是影响其使用寿命和使用效果的关键，也是制约微细型腔密集结构零部件在各行各业中广泛应用的技术瓶颈。因此，本课题致力于研究微细型腔密集结构的电火花加工精度保障技术及工艺研究。

课题主要从以下方面进行研究：（1）放电间隙特性与基于浮动阈值放电状态检测的自适应伺服进给调节系统的研究，包括放电间隙尺寸影响因素的分析与仿真研究、放电间隙尺寸控制技术的研究、非接触感知精密定位控制技术的研究；（2）工作液介电特性及流场分布对加工精度的影响研究，包括微细电火花加工间隙流场分布的仿真研究、工作液介电特性对微细工具电极制备精度的影响研究、工作液介电特性对微细型腔密集结构加工精度的影响研究；（3）微细工具电极高效、高精度制备控制技术的研 究，包括微细工具电极制备工艺路线的研究、主动供丝线电极磨削系统的研究、微细工具电极高效、高精度制备工艺试验的研究；（4）电极损耗预测及补偿技术研究，包括微细型腔密集结构电火花加工电极损耗的数学模型研究、微细型腔密集结构电火花加工电极损耗在线补偿技术研究；（5）微细型腔密集结构电火花加工工艺试验研究，包括研究微细群孔、微细阵列阶梯孔、微细阵列槽等典型的微细型腔密集结构零部件的微细型腔电火花加工工艺规律，并建立工艺数据库。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

本课题来源于国家自然科学基金《微细型腔密集结构的电火花加工精度保障技术研究》（项目编号51575137）和哈尔滨市应用技术与开发项目(优秀学科带头人A类)《微细型腔电火花高精度加工技术及装备的研究》（项目编号2015RAXXJ027），经费充足。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	白清顺	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 石墨烯力学行为及其自洁净特性研究

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

石墨烯由于具有良好的力学性能，在复合材料、应力应变传感器、高质量谐振器等方面具有广阔的应用前景。作为典型的脆性材料，本课题将研究石墨烯的力学特性，包括：拉伸力学特性、摩擦力学行为等，重点分析晶界对石墨烯力学特性的影响规律。同时，分析石墨烯的自洁净特性，结合所承担的国家自然科学基金重点项目，采用分子动力学方法、蒙特卡罗方法、有限元分析方法等理论分析手段，研究石墨烯与污染物的相互作用机理，探讨精密超精密加工零件表面洁净度的维持方法和超洁净表面的实现工艺。搭建洁净制造实验验证平台，验证表面污染物与加工零件洁净状态的相互作用关系。该研究是石墨烯在超洁净制造领域中的探索性研究课题，将进一步拓展石墨烯的应用领域，为解决机械制造中的洁净科学问题提供理论基础。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

该课题依托国家自然科学基金重点项目（51535003）

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： 微细铣削中的刀具损伤分析与抑制研究

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

微细铣削技术成为制造领域的前沿技术，在航空航天、武器装备、能源、生命科学和医疗等领域显示了重要的应用前景和战略意义。在微细铣削过程中，金刚石微刀具及被加工工件的脆塑转变，裂纹的萌生、启裂、扩展、传播与演化以及最后表现出来的损伤和解理，均与材料内部位错和局部的塑性行为息息相关。本课题将围绕微细切削工艺及超硬微小刀具技术开展研究。基于位错塑性理论，采用跨尺度仿真方法研究微细切削加工中的介观尺度效应，分析位错、裂纹、微观缺陷等对微刀具切削性能和被加工工件材料的影响规律，重点研究超硬微小刀具的损伤机理，探索微刀具的主要失效抑制技术。进行系列材料特性评价实验和微细加工实验，验证理论仿真的正确性。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

该课题依托国家自然科学基金项目（51575138）

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	包钢	招生人数	2		
------	----	------	---	--	--

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： 基于气动力平衡系统的电-气复合控制执行器的研究

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：
电动位置控制在机器人、自动生产线上得到了大量的应用。但对于重负载的情况，由于功率较大而使电动执行器体积过大、控制性能下降而使其应用受到了限制。气动力平衡系统具有成本低、力控制容易、结构简单等优点而得到广泛应用。将两者结合起来，利用气动力平衡系统完成对重负载的平衡控制，利用小功率电动执行器实现精确的位置控制，从而研制一种新型的电-气混合执行器，对于机器人、自动化生产线执行元件的小型化、控制精度及其他控制特性的提高，具有重要的意义。

研究内容：

1) 气动力平衡系统在快速受迫运动下平衡力控制的研究
气动力平衡系统在快速受迫运动下会产生附加力从而影响力平衡的精度。通过建立力平衡系统的数学模型研究其附加力产生的原因，并提出措施予以改善。

2) 电动、气动复合控制的耦合效应及其改进
电动、气动复合控制会产生耦合效应从而影响各自系统的控制性能。通过对其结构的改进消除这些耦合干扰的影响。

3) 电-气复合控制策略及控制方法的研究
为研究集成化的电-气复合执行器而将两部分控制合为一体，提出一个综合的控制方案和控制方法，实现对不同负载工况的自动适应。

4) 集成化电-气复合控制执行器参数的优化
针对控制性能、结构尺寸等进行参数优化，实现真正意义上的集成化、一体化的复合控制执行器。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国际合作项目

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： 气缸强约束弹性摩擦副超声减摩机理的研究

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：
气动执行器由于其摩擦力所占的比重过大而影响了其位置控制和速度控制的性能。多年来人们一直寻找减低其摩擦力的方法。利用超声波振动减少摩擦副间的摩擦力在轴承等刚性体间已得到了较充分的研究和应用。对于气动元件中由于有橡胶等弹性密封元件而构成的弹性摩擦副在超声振动下减小摩擦力的机理及其特性还不十分清楚，因此需要对此进行研究。

意义：
开发出具有低摩擦力的气动执行器，对于将气动这一清洁、安装方便的传动和控制方式应用到更多的领域具有重要的意义。多年来人们对减少气动执行器的摩擦力尝试了多种方案，但都有各自的局限和使用范围。利用超声振动来降低摩擦力是近年来的一个新的研究热点，将其用于气缸摩擦副的研究以开发出一种新型的低摩擦气缸，对于提高气动伺服系统的性能意义重大。

研究内容：
1) 不同超声振型在气缸摩擦副中的振动效果的研究
利用超声波在气缸上产生纵振、弯振、扭振等不同振型寻找一种在气缸摩擦副中最有效的超声振动方式。
2) 强约束弹性摩擦副超声减摩机理的研究
针对气缸摩擦副具有强约束、弹性压缩的特点，建立该摩擦副的解析模型及数字计算模型，研究弹性体变形量、接触力、表面粗糙度以及气压、结构等强约束对其建模特性的影响。
3) 开发基于超声减摩特性的低摩擦气缸
在前述超声减摩机理的研究基础上，开发出新型的低摩擦气缸

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国际合作项目

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	蔡鹤皋	招生人数	3		
------	-----	------	---	--	--

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： 便携式可变形飞行机器人设计及飞行控制方法研究

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

飞行机器人在许多领域得到越来越多的应用，从不可接近地区的仪器设备配置和效用的局部检查，到全球环境监测，以及包括搜索救援、安全、灾害监管、交通管制、土木工程等诸多领域的机器人应用。在这些所有的应用领域中，飞行机器人可以克服地面机器人移动的局限性，能够在一些险峻的地形上航行或者跨越不可避免的障碍物。随着新型航空传感器、传动装置、嵌入式控制和通信系统的发展以及机载零件的小型化，飞行机器人正在向小型化方向发展。该项目旨在研究一款重量轻、便携性好、具有良好的飞行可控性和以及适应多种飞行状况能力的可变形飞行机器人系统，可用于战场侦察、目标搜索、交通监控、森林防火检测等多种军用或者民用场合。

主要研究内容：

- 1) 飞行机器人总体设计，包括结构设计、动力系统设计以及发射装置设计等；
- 2) 飞行机器人动力学建模方法研究；
- 3) 飞行机器人姿态控制方法的研究；
- 4) 基于嵌入式系统的控制系统设计；
- 5) 飞行机器人硬件实验平台的研究。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

2017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： 刚-柔性机器人实现机理与操控方法研究 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 软体机器人能像生物体一样快速改变自身的形状、刚性与运动从而能更加安全、高效地与 人和环境进行交互，近5 年来软体机器人研究成为国际热点，2014 年发表在Nature 期刊上的软体机器人初步展示了对开放环境和非规划任务的优越适应能力，引起了广泛关注。但是现有软体机器人受限于内部压力和外部材料的强韧程度，在承载能力、移动速度、精确程度等关键性能上与刚性体机器人存在较大差距，严重制约了软体机器人的可操控性和实用性，这个问题的相关研究在国际上还是空白。 主要内容： 1) 研究一种刚柔体机器人，同时具有软体的柔韧性和刚体的塑性，并可在两者之间自由切换； 2) 采用可控流体作为机器人内部流动介质，在外部柔体皮囊中嵌入可控电路，通过电信号的改变，改变流体的聚集位置和物理特性，研究可控流体的流动和聚集，以及产生机器人结构的柔顺动作的方法； 3) 研究磁流体与塑性体间的转变从而实现机器人刚柔转换的方法，借助可控流体的动态变阻尼特性，保证机器人刚柔切换的快速性； 4) 探索一种能对软体机器人的刚度进行有效操控的技术途径，并从理论上解决机器人连续体建模、刚/柔性状态转换规律等问题。
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况 国家重点实验室自主课题，“刚-柔性机器人实现机理与操控方法研究”。

2017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： 准被动式康复外骨骼康复机理与控制系统研究

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

我国正步入老年化社会，老年人约有1.86亿。行动不便的老年人和帕金森综合症、小儿麻痹症等患者出现不同程度的上下肢运动障碍。现有国外移动式外骨骼机器人尚未或刚投入市场，固定式外骨骼机器人穿戴时间长，训练效益低，价格昂贵，医生负担繁重。国内处于研究阶段，国产康复设备产品结构简单，不能实现全面精确的康复训练和生活助理功能。课题目标是面向老人、病患运动困难人群，结合肢体运动原理，研究一种高能性的准被动式外骨骼康复机器人。

- 主要研究内容：
- 1) 人体生理特征建模及上下肢运动参数分析；
 - 2) 仿生理弹性的准被动式关节驱动技术；
 - 3) 准被动式高效运动助力控制方法；
 - 4) 外骨骼机器人实验研究与性能评价。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	陈明君	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 功能晶体超精密加工技术与光学性能评价

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

在超精密与微纳制造领域中，很多高精度与高表面质量的功能晶体零件在激光核聚变、强激光武器及深紫外光刻等尖端装备发挥着极其重要的作用。如在核聚变装置的强激光打靶过程中，非线性功能晶体零件的表面微观形貌、表层缺陷及变质层等会对元件本身造成强激光损伤，由此显著地导致其光学性能降低，当损伤区域继续生长时会造成晶体破坏，严重影响到终端光学组件的激光输出能流密度及其使用寿命，已成为激光核聚变能否实现点火而急需解决的重要科学问题。由于功能晶体零件表面微观形貌特征对其使用性能与使用寿命有着很大的影响，其表面完整性评价技术亦有别于其它高精度零件的评价方法。为此，美国劳伦斯利弗莫尔国家实验室（LLNL）已把功能晶体零件的表面完整性评价技术、微纳表层缺陷对强激光的损伤机制及其精密微修复技术（可有效提升功能晶体零件使用寿命）等作为其研究的一个重点方向，并且对其评价理论与关键技术重点保密。因此，如何进一步从光学性能角度揭示功能晶体零件微纳加工表层质量与使用性能和使用寿命间的映射机制；建立针对强激光光学系统用的功能晶体零件加工表面完整性评价体系；研究微缺陷的修复与控制等关键技术，全面提升光学元件的使用性能与使用寿命，由此提高我国光学零件的制造与表面完整性评价基础理论与关键技术水平，有着重要的科学意义与实用价值。

该博士论文的研究工作将开展激光核聚变用光学晶体的超精密加工技术与光学性能评价方面的研究工作，具体将研究功能晶体零件表面微缺陷在强激光作用下对激光损伤的影响机制，分析强激光作用下表面微缺陷尺度大小与光强调制特性间映射关系，开展光学零件微修复时的材料去除机制与表面质量控制技术研究，提出晶体光学零件微缺陷精密微修复的新工艺与新方法；同时，对晶体加工表面的各频谱特征信息进行表征，开展功能晶体光学零件微纳加工表层特征参数对强光调制性能的影响机制研究，给出晶体微纳加工表层各因素对激光损伤阈值的影响规律，获取晶体加工表面能否满足其激光损伤阈值要求的关键数据，建立相应的微纳加工表层质量完整性评价体系。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

该课题依托国家自然科学基金项目“KDP功能晶体表面微缺陷的修复机制及其对抗强激光损伤能力的影响研究（项目编号：51275113）”，课题经费来源充足。

2017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： 熔石英半球谐振子超精密磨抛加工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

现阶段，我国新一代卫星如通信卫星、“气象”卫星、“资源”探测卫星、“北斗”导航定位卫星，对高精度、高可靠性、长寿命惯性导航仪提出了迫切的应用需求。在各种高精度惯性导航仪中，半球谐振陀螺（Hemispherical Resonator Gyros，简称HRG）即是一种极具发展前景的新型高精度惯导级陀螺，它可在空间连续工作15~20年，耐高冲击（500g）等优点，尤其是其长寿命工作特点，非常适合在空间飞行器等长时间工作场合使用。另外，因半球谐振陀螺无需温度控制，可工作在-54℃~105℃范围内；工作启动时间快、抗电子干扰能力强；供电中断仍能工作达30min，并具有核穿越能力等特点；尤其是具有特有的关机抗辐射能力特点，即使在短时间关机后再开机，仍能继续指示出载体当前的惯性坐标。这对核辐射环境下装备系统的生存提供了新的技术保障。它是卫星制导、巡航导弹、洲际导弹等尖端武器装备的最优导航与精确定位惯性器件。因此，半球谐振陀螺是长寿命卫星和航天飞行器等尖端武器装备中最有应用前景的高性能惯性导航仪之一，更是空间任务（长寿命卫星与深空探测器等）的最佳选择，它与激光陀螺、光纤陀螺等被并称为现阶段及未来高精度惯性导航仪器的主宰。由于半球谐振陀螺所构建的星载惯性测量系统完全能满足卫星应用的各种严格要求，国内航天航空等许多用户单位对半球谐振陀螺的研制寄予了很大的希望，并提出了明确的型号需求。在广泛的需求背景下，迫切需要加快半球谐振陀螺技术的研究步伐，使之尽早应用到我国各种卫星、宇宙飞船中，以提高我国的科学研究实力。

目前仅美国和俄罗斯拥有半球谐振子薄壁复杂结构件的超精密磨抛加工的关键技术与装备，并只有美国在其长寿命卫星、飞船及战略巡航导航等尖端装备中得到实际应用。关于半球谐振子等硬脆材料薄壁复杂结构件的超精密加工技术与装备，美国、俄罗斯等发达国家长期对我国进行严密技术封锁。因此，我们必须加紧该类复杂结构件制造工艺与装备技术的攻关，研制出具有我国自主知识产权的硬脆材料薄壁复杂结构件超精密加工工艺技术装备。

为此，我国积极开展半球谐振子零件的超精加工专用设备、磨抛加工工艺、表面变质层控制及表面检测等相关关键技术等方面研究，力求尽快研究出具有自主知识产权的半球谐振陀螺仪，使半球谐振陀螺这种最先进的导航系统能真正用于我国尖端武器装备的精确制导与定位。因此，开展硬脆材料薄壁复杂结构件超精密加工技术与装备的研究，对突破国外技术壁垒，形成我国自主创新的新产品、新技术和新装备有着极其重要的战略意义与实用价值。

由于半球谐振子薄壁构件为熔石英硬脆材料，当磨削工具参数、加工工艺参数选择不当时，在超精密磨削过程中加工表面极易出现脆性凹坑及微小裂纹等表面缺陷，亦即处于脆性域磨削方式。零件加工表面质量不高会使其声学性能受到严重衰减，导致陀螺系统的导航与定位精度降低，限制其在长寿命卫星等航天航空尖端设备中的广泛应用。因此，该博士论文的研究工作将重点研究该硬脆材料的塑性域超精密磨抛加工机理，对磨抛工具参数、加工工艺参数进行优化选择，研究硬脆材料零件超光滑表面的形成规律，为纳米粗糙度的加工提供理论基础和参数依据；同时，针对该类薄壁复杂结构件的超精密磨抛工具的在位修整与制备、加工轨迹路径规划与干涉清根等关键技术问题进行深入研究，从而为该类核心器件的超精密加工提供关键技术支撑和理论依据。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

该课题主要依托国家863计划重点项目“半球谐振子硬脆薄壁复杂结构件超精密加工技术（项目编号：SS2015AA040402）”，课题经费来源充足。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	陈维山	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

2017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： 融合于执行机构的超声波致动器实现技术研究 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 随着电子元器件技术的飞速发展，空间伺服机构驱动与传动系统的失效和可靠性等因素已成为制约航天器服役寿命和可靠性的主要故障来源。我们国家在轨航天器数量正在爆炸式增长，解决上述技术瓶颈的需求日渐强烈。基于此背景，本项目提出并研究一种基于压电谐振换能的自致动航天伺服机构，目的是解决现役高速电磁驱动元件尺寸重量大，高速运动部件带来的润滑与传动机构失效以及可靠性等问题。主要研究内容包括：谐振式压电致动器与伺服机构支撑框架的融合实现方法；谐振式压电换能自致动伺服机构机电耦合效率的改善问题；空间温度场和真空环境对机电耦合性能的影响机制；谐振式压电致动摩擦耦合特性；谐振式压电换能自致动伺服机构电学模型；相关理论研究成果的实验验证等。本项目研究目标的实现，可为航天器伺服机构提供一种具有轻量紧凑、高能量密度、长寿命、高可靠性、高精度以及低成本等优点的新型致动技术。
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况 该选题基于在研的国家自然科学基金项目“基于压电谐振换能的自致动空间伺服机构的研究”，批准号：51375107

2017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： 开放服役于深海极端环境的谐振式压电驱动器形态创构及多场耦合研究		
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		
针对现代深海工程对机构驱动器的环境适应性和可靠性提出了更严苛的要求，而电机、液压等传统驱动器在极端深海环境应用中面临诸如密封、压力补偿及可靠性等工程难题的现状，提出了结构强壮耐压型的、无隔压室及动密封环节的、以开放全浸状态服役的深海谐振式压电驱动器研究方案。用数字仿真、实验及理论建模的研究方法进行驱动器形态创构、环境适应性、压力-温度-电场多场耦合、液固耦合能量辐射耗散及深海环境摩擦行为等科学问题的研究，探索并阐明深海环境边界下的驱动器构型-模态衍变规律、结构失效机制、变量化多场耦合下压电及驱动特性演化规律、能量辐射耗散机制等规律。建立多场耦合和摩擦力传递数学模型，探索构型初创策略及环境适应性设计方法，总结能量辐射耗散有效抑制手段，归纳出以环境适应范围、机械输出指标及总体效率等不同侧重点为设计指向的驱动器设计最优进化型流程策略，为谐振式压电驱动器应用于深海工程领域奠定理论及技术基础。 主要研究内容： (1) 深海谐振式压电驱动器形态创构 (2) 深海谐振式压电驱动器环境适应性 (3) 深海谐振式压电驱动器多场耦合下压电及驱动特性演化 (4) 深海谐振式压电驱动器振动能量辐射耗散 在驱动器开放式服役模式下，部分机械振动能经固液界面耦合后以水下声波形式辐射耗散。 (5) 高压温变液体边界下高频振动摩擦行为		
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况		
该选题基于在研的国家自然科学基金项目“开放服役于深海极端环境的谐振式压电驱动器形态创构及多场耦合研究”		

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	陈照波	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 航天器精密设备的微振动主动隔振方法研究

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

遥感卫星的分辨率决定对观测目标的细节呈现的清晰程度，人们所能获得的信息量也就越大。随着遥感卫星分辨率的提高，星上微振动对空间相机的影响越来越显著。卫星上的扰动源主要来自于姿态控制飞轮中的高速转子、太阳翼驱动机构中的步进电机以及高增益天线的扫描机构等，虽然量级非常小，但已经足以对高分辨率相机构成严重威胁，导致其图像发生抖动、模糊，无法达到预期的工作性能。

解决这一问题最直接的方法是针对振源或相机采取隔振措施，为相机创造一个“安静”的工作环境，在相机与卫星平台之间安装隔振装置，将飞轮、扫描机构等扰振源产生的振动与相机隔离开来是一种改善其工作环境的有效方法，能够降低相机的视线抖动量。在轨运行时，卫星结构振动的特点是量级非常小，加速度在mg量级，幅值在um量级，即通常所说的微振动，且扰动源频带较宽，传统的被动隔振已经无法满足低频带隔振要求。

针对以上课题的研究意义和目的，博士论文主要研究内容主要有以下几方面：

（1）从初步的耦合载荷分析开始，以最恶劣载荷情况为载荷条件，分析隔振系统的性能要求，考虑结构和器件的质量限制、所需能源的限制、所需位置空间的限制及电磁兼容等客观环境，完成隔振系统的设计，包括作动器选择、作动器布置方式、连接铰链等，并通过参数优化，得到整体方案的结构和参数。

（2）通过前期结构设计，确定采用作动器为压电陶瓷作动器，由于智能材料固有存在的迟滞特性会严重影响控制系统的精度和稳定性，会直接影响整个微振动抑制装置的隔振效果。因此研究压电作动器的控制模型和控制方法，建立能精准描述压电作动器迟滞特性的控制模型，为压电作动器闭环系统设计合理控制算法，以实现压电作动器输出位移和驱动电压关系的线性化。

（3）对于空间相机这种大质量负载，隔振平台的动力学分析尤为重要，建立微振动抑制装置在任务空间和关节空间下的动力学方程，在基座受到微小扰动及微重力等条件下，给出求解系统响应的求解方法。

（4）对微振动抑制装置的控制率进行研究，在控制方法选择上，要选择鲁棒性高的控制策略，运用两种控制方法进行复合控制，PID控制器对于谐波扰动具有较好的隔振性能，但对随机扰动的隔振性能有限，故基于加权函数法，设计多变量鲁棒H ∞ 控制器，提高对随机扰动的隔振性能。运用MATLAB软件的SIMULINK对并联平台进行仿真分析，从仿真分析上观察控制效果。

（5）由于系统建模及仿真过程中，对微振动主动抑制装置进行了简化处理，仿真结果只能作为参考，必须进行硬件在回路的实时控制实验进行微振动抑制装置的有效性验证。由于有效载荷重量过大，在地面进行隔振性能试验时需对有效载荷采取辅助悬吊措施，以抵消重力产生的过大变形，使隔振系统工作在于在轨状态相近的平衡位置。以有效载荷安装面微振动经主动抑制装置抑制后峰值衰减，即传递率作为隔振性能评价指标进行三组工况下的实验验证。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

依托科研项目：基于压电的微振动抑制装置研究

经费来源：中国空间技术研究院第501研究所

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： 星箭界面低频半主动减振技术研究

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

人造卫星是发射数量最多、用途最广、发展最快的航天器。目前，各类人造卫星已经在通讯、导航、环境监测、地质勘探、测绘和军事等领域发挥巨大作用，人造卫星发射数量约占航天器发射总数的90%以上。然而，在卫星的整个寿命周期内，其在发射过程中经受的振动环境最为恶劣。在火箭发射过程中，卫星要承受从星箭界面传递而来的复杂振动环境，包括低频振动环境和高频振动环境。其中，高频随机振动环境主要由噪声激励产生，而低频振动环境主要由发动机脉动推力和气体脉动压力激励而起，并沿箭体传递到星箭界面。恶劣的振动环境往往是造成卫星发射失败的主要原因。另一方面，随着航空航天业的发展和技术的不断进步，星载仪器设备的精密化对飞行器上动力学环境提出了更高的要求。

为了改善星箭界面的振动环境，基于并联机构构型研究设计星箭界面减振平台，并结合磁流变阻尼技术，通过半主动减振控制来降低星箭界面振动环境量级。提出适用于星箭界面减振平台的新型磁流变阻尼器，进行参数优化设计；基于振动理论和实验方法分别建立星箭界面减振平台和磁流变阻尼器的动力学模型，在对其复杂动力学特性进行分析的基础上完成结构参数的优化；研究星箭界面减振平台的被动减振特性，以及其与火箭和卫星的动力学耦合作用；针对减振平台多自由度并联构型特点以及磁流变阻尼器的强非线性动力学特性，提出合理的半主动控制策略，完成星箭界面减振平台半主动控制仿真分析，并结合实验研究验证模型及控制方法的正确性和有效性。

项目研究成果为改善星箭界面的振动环境，提升卫星发射的可靠性提供理论支撑及技术保障，对我国航天事业的发展具有十分重要的意义。

主要研究内容如下：

- （1）星箭界面减振平台本体结构设计及参数优化；
- （2） 适用于星箭界面减振平台的磁流变阻尼器的设计、动力特性分析及控制方法研究；
- （3）星箭界面减振平台的被动减振性能和星箭耦合特性分析；
- （4）基于磁流变阻尼器的星箭界面减振平台的半主动控制方法研究；
- （5）星箭界面减振平台被动和半主动减振控制实验研究；

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

依托科研项目：星箭界面低频减振平台原理样机研究

经费来源：中国航天科技集团公司第一研究院第一设计部

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	程凯	招生人数	2		
------	----	------	---	--	--

2017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： 基于虚拟样机技术的变焦眼镜超精密加工系统与加工工艺的关键技术研究 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 老视是人生进入中老年无法回避的生理现象。渐进多焦点镜片是一种矫正“老视”的新型镜片，在欧洲、日本、美国等国的老视人群中使用率已经相当高。而在我国渐进多焦点镜片的研发还处于起步阶段，老视人群中的使用率仅在0.2%左右，使用对象主要局限于高端人士。但庞大的人口及经济发展，预示着我国将是渐进多焦点镜片最具潜力的市场。此外，渐进多焦点镜片的设计与制造涉及光学、超精密加工工艺与装备等多学科交叉融合，是我国制造业转向高附加值制造、实现跨越式发展的很好机遇。 变焦镜片由于其屈光度自上而下渐变的特点，表面失去了回转对称性，是一个空间自由曲面，必须在超精密自由曲面数控机床上经过超精密车削或铣磨和抛光工序加工而成。采用这种加工方法，镜片性能不受模具精度和注射工艺的影响，不但加工精度高，而且灵活，能够满足不同配戴者的个性化要求。目前，变焦镜片在国内的推广应用滞后于国外发达国家，主要原因是：国内大多采用外渐进设计，存在一定的光学缺陷；渐进多焦点镜片由于本身的特点，受到加工与检测技术和专用设备等因素的制约；需要进行个性化定制，成本较高；等。因此，面对巨大的市场潜力和广阔的应用前景，急需开展超精密加工工艺与专用装备的关键技术研究，这对形成我国自主创新的新产品、新技术和新装备具有重要意义。 该课题的研究内容主要包括： (1) 超精密快速伺服刀具装置与控制系统 (2) 渐进多焦点光学镜片的金刚石车削刀具 (3) 变焦眼镜加工过程数字化集成仿真平台 (4) 刀具运动轨迹生成与切削加工路径规划 (5) 加工过程的工艺参数优化与实验
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况 该课题受到科技支撑计划与横向课题的资助。

2017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： 超声振动感知式智能刀具系统关键技术及其实验研究		
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		
高性能、高耐用度的先进刀具是开展精密与微纳制造的关键环节。目前，国内外在精密与微纳制造中所采用的刀具仍然是传统的刀具技术。现有的刀具技术不能够满足未来高速、高效、智能制造技术的要求，这种要求既体现在刀具性能上，也表现在刀具设计理念上。极端制造、特殊制造、智能制造是未来制造业发展的重要方向，因此作为制造中的重要环节——刀具，也将向超硬化、微小型化、智能化方向发展。为此，需要突破现有刀具被动使役加工的设计理念，强调刀具使役的主动性、精确性和智能化，开展新一代智能刀具技术的研究。新一代智能刀具应具备切削过程的自主深度感知功能，可以自主实现温度、振动、切削力、以及刀具的磨损和破损检测功能。通过全新的刀具设计和刀具制造技术实现下一代刀具技术革新，为实现高效稳定可控的超精密与智能制造奠定基础。 本课题针对超精密加工刀具实时监测和加工能力需求，提出了智能切削刀具系统，基本思想是刀具系统参与加工的同时具有实时检测切削力的能力，以实时监测刀具加工状态，并且可根据加工的需要进行振动辅助切削加工，并通过超声振动加工提高切削质量，延长刀具寿命，提高金刚石刀具的加工能力。 该课题的研究内容主要包括： （1）超声振动感知式智能切削刀具的工作原理 （2）超声振动感知式智能切削刀具的结构设计 （3）刀具振子的振动特性与参数设计 （4）超声振动感知式智能切削刀具的特性测试与切削实验		
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况		
该课题受到国家自然科学基金项目的资助。		

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	迟关心	招生人数	1		
------	-----	------	---	--	--

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： 闭式涡轮盘超声电火花加工关键技术研究

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

电火花成形加工由于靠放电去除材料，材料的可加工性与其力学性能无关，因而适合于加工多种难切削材料；加工时由于电极与工件不接触，故没有机械切削力，适宜加工低刚度工件及特殊复杂形状的零件。因为这些独特的优点，电火花成形加工成为目前国外加工带冠整体叶轮叶片型面的主流选择。我国运用数控电火花加工技术也已经成功地实现了该类型整体叶轮的叶片型面成形。但是电火花加工深盲孔(腔)时，电蚀产物不易及时顺畅排除，二次放电频繁，电极局部损耗增大，不但加工时间冗长，加工稳定性变差，且难以保证加工精度和降低成本，目前国内外加工带冠整体叶轮均不得不在上述条件下进行。为保证产品数量，各加工单位通过增加电火花加工设备，依靠频繁替换电极来弥补电极损耗所带来的精度损失，制造成本显而易见。

超声电火花加工在微小孔加工方面的研究已经成熟，但鉴于超声头体积和寿命，在电火花成型加工中应用研究几乎没有，将超声辅助电火花加工的作用应用于涡轮盘加工，尤其是微小通道闭式涡轮盘加工，提高加工效率有着重要的应用价值。通过研究不同模式超声振动的控制方法、振动规律，超声振动对电火花加工放电间隙的影响、放电状态的影响以及对蚀除产物排除规律的影响等，具有重要的理论意义。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

本项目依托“MEDM-150-4数控电火花微孔加工机床改造”项目和即将签订的“闭式涡轮盘超声电火花加工”国防项目。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	丛大成	招生人数	1		
------	-----	------	---	--	--

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： 万吨级多功能加载试验系统控制策略研究

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

为了研究建筑物在地震发生时复杂受力状态下的情况，科研人员常通过结构试验来观察和研究结构构件、材料在载荷作用下的各种力学性能。结构试验包括拟静力试验、拟动力试验以及振动试验等。通过结构试验不仅能验证结构形式是否合理以及力学分析是否正确，而且能够为建立新的分析模型和工程理论提供结构特性参数。另外，通过分析试验数据获得较为真实的结构特性参数成为获得结构抗震性能信息的重要手段[1]。由此可见，结构加载系统是结构试验的重要基础，研究结构加载系统对结构设计以及抗震理论的发展有着重大的理论和实践意义。

结构加载试件主要包括消能元件、隔振元件以及结构构件等。用于减振控制的消能元件如挫屈束制消能支撑及速度阻尼器等主要利用消能元件在地震中产生非弹性变形，将输入的能力转变为迟滞能，再转变为热能从而消散能量，达到减振的目的。用于隔振控制的隔振元件如橡胶支座主要利用其水平柔性形成的柔性隔离层吸收或散耗地震能量，阻止或减小地震能量向建筑物和构筑物上部结构传递，使整个建筑物和构筑物自振周期延长，从而减小建筑物和构筑物上部结构对地震的反应。但是这些元件一般均存在很大的尺寸效应，例如结构构件特别是由混凝土等复合材料制成的构件，其力学性能如缺陷的产生概率、能量传递路径等和其尺寸大小密切相关，隔振橡胶支座缩尺模型的刚度与原型也有很大差异[2~4]。因此，为了能真实、直观地反映所试验对象的现实数据，复现地震复杂环境下结构的真实受力及破坏情况，工程实际要求进行大尺寸或原型结构试验，这对城市基础设施及大型结构的设计、建设是极为必要的。然而，目前国内外加载试验系统受到自身最大加载能力的限制进行的多为缩尺模型试验，只能对比较单一的试件类型进行加载，且加载力维数也多为一个或两个自由度。

万吨级多功能加载试验系统具有六自由度加载能力，系统需要控制的作动器数量多达14条，远远多于其控制自由度的数量，属于超冗余并联驱动机构。冗余驱动形式虽然提高了系统的有效载荷，但是各套作动器之间如果控制不当，作动器之间将存在很大内力耦合，会严重影响控制加载效果，甚至导致系统无法正常工作。这种超冗余控制技术多用在振动台的控制上，目前世界上也仅有MTS公司具有成功的项目经验。另外，该系统还具有最大1.5m超长加载行程、万吨级的超大加载力以及能对多种类型试件加载的能力，这样系统内部本身会存在各种严重的非线性及耦合现象，其中主要包括：电液伺服阀流量非线性、液压弹簧及体积弹性模量的非线性及试件的非线性，各自由度间的运动学耦合及内力耦合。这些都会给加载系统的控制带来很大的难题和挑战。为此，针对该系统具有的特点和难点，提出有效可行的控制策略，实现系统的运动学解耦和内力解耦，克服系统存在的各种非线性因素对加载性能的影响，对于此类大型冗余驱动的加载系统具有至关重要的意义。

学位论文中将要研究的内容包括以下三个方面：

- (1) 基于运动学分析的位姿控制策略；
- (2) 基于动力学分析的内力耦合实时抑制策略；
- (3) 基于系统非线性分析的力/位移混合鲁棒自适应控制策略。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

本课题所依托的科研项目为：中建万吨级多功能试验系统液压与控制系统之二及反力墙、反力地板区域加载系统, CBQQ2575203015

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	邓宗全	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

2017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： 深空探测		
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： 对175706号（1996FG3）小行星进行伴飞和附着探测。由于最原始的小行星的周期不停变化，其上面包含着一些在地球岩石上观测不到的化学现象。同样，科学家还可以通过小行星的形成和演化--探测小行星形貌、表面组分、内部结构、空间风化层和临近空间环境，了解到早期太阳系的环境和数十亿年前演变成行星的那些原始“物质”的情况。如果能回收这些来自小行星的物质，则可为人类了解太阳系形成初期的情形提供珍贵线索。 主要内容： （1）小行星伴飞方法研究； （2）小行星着陆/附着方法研究； （3）小行星捕获方法研究； （4）小行星表面采样技术研究。		
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况		
自筹项目经费		

2017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： 火星探测		
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： 火星物理性质与地球相似，存在生命的可能性非常大，近年来许多科研机构开展了火星探测任务。火星土壤表层坚硬、里层松软，火星车在行驶中可能会出现地面坍塌导致车轮陷住的情况，勇气号就出现过此种情况。以往火星车的探测过程是基于与地球控制站的通信，由于地球与火星的距离十分遥远，每次下达指令后，都要经过很长的时间火星车才能接受到指令并展开下一步活动。本研究对象是一种小型飞行器，它可以在火星车周围较大的范围内飞行，拍摄远处环境照片并传给火星车，火星车通过分析图像确定感兴趣的区域和可能存在障碍的区域，从而确定前进方向和避开障碍。 目前国内对于火星表面飞行器的研究尚属空白，该项目研究对于我国未来深空探测具有极其重要的意义。		
主要研究内容： 1) 飞行器的工作方式及实现方案研究 火星表面空气十分稀薄，飞行条件比较恶劣。拟采用理论与实验相结合的方法，模拟火星的环境参数对火星飞行器的气动特性进行分析，探寻合理的飞行器工作方式。 2) 飞行器的结构研究 根据飞行方式和实现方案，设计有效的飞行器，其中包括如何保证飞行稳定性，防止飞行中的倾覆等方面的问题，涉及机构设计、运动学与动力学分析与仿真、飞行器运动控制及仿真等问题的研究。 3) 飞行器的模拟试验研究 研究所搭载载荷、火星重力环境、火星表面环境热环境和振动冲击等方面的模拟方法，构建或利用有效的模拟试验装置，测试分析所设计的飞行器各项性能，验证理论分析方法和结论的正确性。		
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况		
火星探测预研项目		

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	狄士春	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 电动汽车自动充电机械臂及其控制系统的研究

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

电动汽车作为新能源汽车将成为我国未来乘用车的主力车型，因此对充电设备的需求量是巨大的。另外，随着自动驾驶或自动泊车技术的日趋成熟和应用，要求充电设备也必须适应这种高度自动化和智能化的发展需求，并能提高用车体验和节省大量的人力及时间成本。因此电动汽车自动充电系统这应运而生，也必将成为国内外的一个重要研究热点和发展方向，因此该项目的提出和投入研究将有助于我国在新能源汽车的普及和大量应用，并抢占电动汽车领域核心关键技术的制高点。

自动充电系统的一个核心关键部件就是机器人，整个充电过程都由机器人进行自动识别和操控。主要研究内容为：（1）提出一种适应电动汽车充电系统的关节机械臂和直线运动机械臂相结合的机器人结构；（2）研究机械臂空间运动轨迹控制；（3）研究机械臂在充电拔插过程中的力控。

研究成果主要体现在：（1）发明专利；（2）国际高水平学术论文；（3）试验样机。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

课题依托上海国际汽车城有限公司的电动汽车自动充电系统，下一步上海国际汽车城有限公司在该方向的研究将于哈工大建立联合实验室，持续研发并推动该项目实现地良性发展。

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： 电动汽车自动充电车端充电连接机构及其空间位置识别的研究

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

电动汽车作为新能源汽车将成为我国未来乘用车的主力车型，因此对充电设备的需求量是巨大的。另外，随着自动驾驶或自动泊车技术的日趋成熟和应用，要求充电设备也必须适应这种高度自动化和智能化的发展需求，并能提高用车体验和节省大量的人力及时间成本。因此电动汽车自动充电系统这应运而生，也必将成为国内外的一个重要研究热点和发展方向，因此该项目的提出和投入研究将有助于我国在新能源汽车的普及和大量应用，并抢占电动汽车领域核心关键技术的制高点。

该项目的研究内容: (1) 提出多种车端充电接口机械结构方案；（2）优选一种结构方案进行设计；（3）提出多种车端充电接口空间位置自动识别方案；（4）重点研究一种优选识别方案。

研究成果主要体现在：（1）发明专利；（2）国际高水平学术论文；（3）试验样机。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

课题依托上海国际汽车城有限公司的电动汽车自动充电系统，下一步上海国际汽车城有限公司在该方向的研究将于哈工大建立联合实验室，持续研发并推动该项目实现地良性发展。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	丁亮	招生人数	2		
------	----	------	---	--	--

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： 复杂地形六足机器人设计及控制

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

六足机器人能够通过崎岖地形、冰雪路面、泥泞道路，并可以通过普车车辆难以通过的大角度斜坡，代表了未来野外移动构型的发展方向。复杂地形和高性能需求之间的耦合约束导致机器人的设计困难，涵盖地面力学、运动学、动力学等多个层次的模型比较复杂，多足着地时的冗余驱动为足力分配提出了挑战，复杂足地界面带来的扰动提出了综合考虑力与位置的柔顺控制需求。

主要研究内容包括：（1）高地形适应能力六足机器人设计方法；（2）基于地面力学的机器人系统建模；（3）复杂地形六足机器人足力分布优化研究；（4）复杂足地界面扰动下的机器人柔顺控制。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

经费来源于国家973项目。

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： 基于主被动柔顺的核电救灾机器人作业研究

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

核电站紧急救灾作业过程中，需要机器人完成开门、拧阀门等复杂作业任务，力、位置的耦合约束及作业环境的未知特性为机器人顺利完成任务带来了极大挑战，开展基于主被动柔顺的核电站救灾作业机器人研究具有重要的工程意义和理论价值。

主要研究内容包括：

（1）核救灾作业机器人被动柔顺作业机构设计；（2）核救灾作业机器人力学行为研究；（3）救灾作业环境建模与特征识别；（4）救灾作业机器人主动柔顺控制策略研究。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

经费来源于国家973课题“核事故救灾任务灵巧作业”。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	董惠娟	招生人数	1		
------	-----	------	---	--	--

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：

探索驻波声场对被悬浮物的作用规律，优化声场主动调制参数，实现其悬浮、传输、操控、及全方位监测

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

背景与意义：

超声驻波悬浮已经实现了固体颗粒（密度最大的物质铇22.56g/cm³）、液滴甚至30min以上活体生物的悬浮。在单细胞分析领域，已初步实现了海藻细胞、脂肪细胞的超声悬浮与全方位监控，因此，超声驻波悬浮技术由于其能保证生物活性、避免微量样品的容器吸附以及与容器材料的化学反应、避免容器壁对基于光学效应的分析检测信号形成的干扰、实现全方位监测、易于操控等特有的优良性能，为生物化学研究提供了强大的实验手段；

同时，超声驻波悬浮技术在高性能材料制备方面以其强大的优势独领风骚，首先，超声悬浮的液体无容器处理消除了材料熔体和器壁接触引发的异质形核，从而具备深过冷（物质在温度低于熔点而仍然不会发生凝固的现象称为深过冷）和远离热力学平衡态的快速凝固的特性（实验测定发现，在-24℃的过冷水中，冰枝晶的生长速率可达170 mm/s，整个水滴的凝固在瞬间完成），使材料熔体形成了亚稳态的、非晶态的、或固溶度扩展的微观组织结构。其次，材料晶体在生长过程中，由于晶核密度和溶液密度的不同，重力作用下，晶核沉落至容器壁，器壁不仅与晶核之间形成较大的内应力，而且也会阻碍晶面生长，产生缺陷，然而，该悬浮技术则可形成高质量单晶。因此，超声驻波悬浮技术具备的深过冷、过饱和、快速凝固、无容器特性使其以绝对优势应用于空间材料和高性能材料制备，化工领域的粉末冶制、生化领域的制药，为了提高材料微观组织及性能，超声驻波声场内的悬浮运动机理是制备的理论基础，也成为目前亟待解决的问题和本研究内容。总之，

① 为制备组织细化、成分均匀、超导性能优越的金属材料提供无容器实验方法；

② 将会为药物提供过饱和和无容器处理环境，促进药物活跃成分在细胞中更显著的溶解速度、更快的溶出、更高的生物利用度、药物非结晶形态以及结晶过程更清晰的观察，进一步推动我国生物材料和药物的发展。

主要研究内容：

①分析驻波声场、温度场、流体场、微重力场耦合效应对微量细胞生物相容性和药物液滴谐振状态的影响；

②建立了基于多物理场耦合效应的液滴振动模型；

③实现多生物微量活体细胞和液滴的悬浮稳定传输、精确定位

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

所依托的项目：微量活体细胞超声驻波悬浮运动机理研究

科研经费来源：机器人技术与系统国家重点实验室自主课题

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	董为	招生人数	2		
------	----	------	---	--	--

2017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： 超弹性记忆合金柔性关节建模与控制研究

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

本课题将在超弹性柔性关节的数学表达、特性分析与结构优化等方面开展全面的探索，同时对此类新型关节的应用所牵引出的一系列科学问题进行深入的研究。超弹性柔性机构在机构综合、尺度优化、数学建模、系统控制、振动抑制等方面均有其特殊性，涉及机械科学与精密工程的一系列基础科学问题。可以预见，超弹性柔性关节及此类新型结构的研究，是对精密柔顺传动创新研究的一次有力的尝试；是对传统精密机械驱动与传动的内涵和外延进一步的拓展；是为“跨尺度集成”等关键技术和工程瓶颈问题的解决提供基础理论支撑。超弹性柔顺机构的研究是新型精密驱动和传动机械的探索方向之一，也是高端精密装备的主要支撑技术，具有重要的理论研究意义和实际应用价值。由于具有大的运动范围，同时不损失柔顺机构“无间隙”的本质特征，完全符合大行程、高精度的技术需求。课题将重点研究超弹性柔性机构的数学建模、特性分析与结构优化，大行程柔顺机构的模型修正与绝对定位精度补偿，大行程柔顺并联机构的子空间多控制器设计以及大行程柔顺并联机构的主动抑振方法。超弹性柔性机构的设计、控制与应用是精密驱动和传动领域的前沿尝试，采用了新的设计思路和理念，且符合该领域“结构-传感-控制”一体化的研究趋势。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

该项目依托国家自然科学基金项目（2015年-2018年，80万元）和黑龙江省科学基金项目（2016年-2017年，10万元），总经费90万元。

2017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： 柔性穿戴式外骨骼机器人系统关键技术 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 未来助力系统中增强综合能力是首要问题，必须提高穿戴者的机动能力、协调操控能力和生存能力。本项目针对传统刚性穿戴式外骨骼助力系统存在的问题，提出了软体助力机动的系统概念，能够提高助力系统在战场环境的适应能力及巡防过程的持续作战能力，最大限度的提高助力系统穿戴的舒适性并能够有效地降低穿戴者的体能消耗。研制出轻便、软质高机动性的助力系统。 关键技术：1）软体助力系统构建技术，提出一整套的概念设计、力学建模、传感技术、人机交互和效能评估的软体助力装备研究体系，是此类系统技术攻关的基本保障。2）软体助力系统的力传递模型与载荷分配技术，软体助力系统全身布置钢缆或弹性筋驱动，使得力传递模型与载荷分配模型成为此类系统设计与综合的关键技术。3）软体传感技术研究，突破穿戴式软体传感器的关键技术，以便此类传感器能够集成到穿戴系统的织物内部。4）人机交互方法研究，轻质软体助力系统并不对人体运动产生任何阻碍，根据系统的传感器布置采用主、被动结合的力-位混合控制方法，实现软体助力系统与穿戴者的人机交互的“透明”体验。5）软体穿戴系统评估方法研究，对此类系统的助力效果评估需要结合人体生物学相关领域的评估手段进行研究。
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况 该项目依托国防基础科研项目（2015年-2017年），项目经费110万元。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	杜志江	招生人数	3		
------	-----	------	---	--	--

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： 面向脊柱手术机器人的安全监测与实时控制关键技术

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

针对脊柱微创外科手术对智能化手术装备的迫切需求，面向经皮椎弓根钉内固定术、经皮椎体后凸成形术和经皮椎板减压术等具有代表性的微创脊柱外科手术术式，开展模块化手术机器人系统及其相关临床试验的研究。机器人利用多种功能模块的配合实现不同的手术操作，突破手术机械臂与术中影像设备的集成技术，患者术前/术中影像匹配及三维重建技术，手术器械高精度动态跟踪技术，基于多模态信息的手术安全监控及预警技术，实现术前规划与术中影像的动态融合、手术过程连续可视化、操作力反馈、神经损伤预警、以及手术机械臂的半自主/自主操作。具体研究内容如下：新型模块化脊柱微创手术机械臂研制、3D手术规划及术前/术中影像融合技术研究、手术导航系统及手术器械高精度动态跟踪、基于多模态信息的手术安全监控与预警技术研究、系统集成及半自主/自主控制技术研究。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

项目来源于863计划“专科型微创手术及手术辅助机器人系统的研制”（2015年-2018年），总经费4190万元。

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： 放射环境下移动机器人设计与控制关键技术

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

针对失控放射源探测与处置的研究目标，论文包含四方面关键技术。集成设计技术旨在探讨放射源探测与处置机器人的软、硬件优化设计技术，依据应用目标设计优化机器人的机构形式，并开发相应的控制驱动系统，主要研究内容包括：机器人机械系统设计、机器人控制及通讯系统设计。定位操作技术是面向机器人对放射源的具体操作任务——探测与处置，主要包括放射源探测及定位技术、基于视觉的机器人自主操作技术。辐射防护技术是应对机器人所处的特殊操作环境——辐射环境，该技术的研究需要结合机器人的设计和各功能模块的防辐射要求，研究内容为：机器人耐辐射技术。导航辅助技术主要面向机器人的移动平台功能，作为操作臂、视觉系统等装置的承载平台需要满足任务的导航及避障功能。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

项目来源于环保部公益类课题“失控放射源探测与处置智能机器人技术研究”（2015年-2018年），总经费536万元。

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： 高性能少自由度机器人系统的优化设计与控制关键技术

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

IC叠装自动化生产线需要频繁的使用“插装”、“拾取”、“转移”、“定位”等高速、高精度但相对简单的少自由度运动，针对此特点，项目采用4自由度经济型机器人系统完成上述动作，重点研究在成本控制下的机器人系统多目标优化设计、振动抑制等问题。

叠装工艺要求机器人在频繁启停和高速状态运行下，末端执行器仍保持较高的定位精度；机械手的速度和加速度的提升要求是没有上限，越高的运行值越能缩短操作时间，提高生产率。依据常规运动学和静力学进行性能分析此类机器人往往不能满足技术要求。本项目以系统固有频率、自重/负载比和成本为优化目标，研究机器人关键部件及连接件等动刚度及模态与振动特性，配合机器人离散结构及连续体的动力学仿真计算，在保证力学性能前提下，采用参数、形状和拓扑优化的计算方法，实现多目标优化设计。在振动抑制方面，采用前馈振动抑制算法即输入整形算法，并改进输入整形方法在振动参数敏感性和振动延迟方面的问题。另外，针对多自由度机器人在工作空间内的振动抑制依赖空间的位姿问题，采用辨识技术给出全工作空间内的振动抑制策略。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

项目来源于广东省科技计划项目（2015年-2017年），总经费100万元。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	付宜利	招生人数	3		
------	-----	------	---	--	--

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： 液压驱动双足机器人行走稳定控制方法与实验研究

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

双足行走机器人研究追求的目标主要有三个：敏捷、稳定和高效。能同时兼顾三个目标很难，即便Boston Dynamics的系列机器人BigDog、LS3、Petman、ATLAS等，也被人指出能量效率太低的缺陷。然而行走效率最高的康奈尔双足机器人Ranger仍然只是个平面机器人。

由于双足机器人的动力学方程是一个非线性、耦合的微分方程。工程上，模型参数估计不准，求解非线性方程不利于实时计算。双足机器人的简化模型主要有倒立摆、弹簧倒立摆，简化模型可以简化计算，同时模拟人体行走的大部分基本特征。目前正在研究弹簧倒立摆模型的自稳定特性。弹簧倒立摆相比倒立摆模型具有柔顺性，其动力学特性很好的表达了人体行走的质心运动规律和地面反力（GRF，Ground Reaction Force），并且可以将人体行走和奔跑统一为一个简单的模型。但是，由于该模型与地面是点接触，还不能表达足在行走中的滚动特征以及地面反力中心的前移特征。现有的带足的人体行走模型带一个半圆形脚板。

拟进行的主要研究内容：

仿人的机器人行走模型研究：半圆形的足部模型还是偏于简单，不能满足静步态、静止站立等。为实现机器人可以在静动态之间切换、在控制上采用的静态模型和动态模型可能未必一致，但是需要机器人样机可以满足静态和动态模型的要求。因此研究带有仿人足的机器人行走模型，既可以实现静步态也可以实现动步态。

腿式机器人关节的虚拟模型解算算法：在行走中，人体的每条腿等效成无质量弹簧腿和弹簧阻尼腿是对人体运动分析得出的近似模型。因此，在控制机器人行走时，将机器人的每条腿等效成一个无质量弹簧虚拟腿或者弹簧阻尼虚拟腿。这个等效的虚拟腿是由实际腿的每个关节产生的力矩得到的综合效果，虚拟腿是一个定阻抗的无质量腿，折算到每个关节，换算成不同关节的变阻抗控制问题。在机器人行走过程中，为了调整虚拟腿的阻抗，需要实时解算各关节的阻抗。高动态行走的机器人需要快速解算关节阻抗，因此拟研究简便的阻抗解算算法。

关节变阻抗驱动研究：关节的变阻抗驱动可以通过结构上非线性传动实现，根据腿式机器人不同关节的非线性阻抗特征设计不同的非线性传动机构，并融入柔性元件，可以简化驱动的控制。拟研究液压和电机SEA，SEA属于inherent compliance中的fixed compliance properties，通过设计弹簧与四连杆传动机构串联，实现非线性传动特性。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

该选题所依托的科研项目为军口863项目 “XXXX反馈技术研究”。可用经费120万元。

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： 基于超声图像智能导航的前列腺肿瘤微创治疗技术研究

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

微创前列腺癌根治术由于具有创伤小、出血少、患者恢复快等优点，被广泛应用于临床。该手术难点在于前列腺位于人体躯干的最低处，周围密布血管网（静脉丛）及重要的神经（支配控尿和勃起），术中操作不慎极易造成术后阳痿、尿失禁等严重的并发症。拟研究基于超声图像导航的前列腺肿瘤微创精准根治方案，可准确识别病灶边界范围、跟踪手术器械运动位姿、实时提供包含微创器械轴线的超声图像信息，降低手术难度，解决难于精确辨认病灶边界问题，可精确地辨认膀胱颈与前列腺连接部、前列腺尖部和神经血管束，明显改善前列腺肿瘤的手术效果。具体研究内容：

(1) 超声成像机器人结构创成与控制技术

开展超声成像机器人构型设计，实现机器人夹持超声探头以高精度绕轴线旋转，获取各角度扫描图像；术中实现实时调整超声探头位置，保持对手术器械末端的跟踪。该超声成像机器人具有7个自由度，实现直肠超声探头插入、绕自身轴旋转、俯仰、偏航功能，机器人末端设计快联接口，实现直肠超声探头的可靠固定。各关节安装有位置传感器，采用位置全闭环控制实现直肠超声探头精确运动。机器人末端设计有低频振动机构，为超声弹性成像提供振动源。

(2) 被动式微创器械远心机构设计与优化技术

设计具有轻便性、紧凑性、灵活性、自平衡性、绕不动点运动、无电机驱动、3自由度被动远心机构。采用多目标优化方法，实现远心机构构型优化。设计远心机构关节位置反馈系统反馈手术器械位姿，设计三个运动关节的制动装置，实现危险状况下微创器械运动锁定。

(3) 微创器械超声图像配准方法

研究实用、高效的配准方法，不借助外部检测仪器，建立超声图像和手术器械的位置联系。通过被动式微创器械远心机构关节状态反馈获得手术器械末端位置，研究组织边界法，实现微创手术器械与超声图像位置配准。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

该选题所依托的科研项目为863项目 “腹胸腔微创手术机器人关键技术与示范应用”。可用经费300万元。

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： 拟人双臂机器人操作理论与方法研究

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

拟人双臂机器人是一种模拟人类上肢操作能力的先进机器人系统，此种机器人设计有拟人化的双臂，以及智能化的传感与控制系统，可以与人类协同作业，或独立完成作业任务，甚至可以实现对于人类宇航员来说高度危险的空间站外太空作业。拟人双臂机器人是在机器人学科学领域研究中刚刚起步的基础性课题，有着重要的学术研究价值和现实的应用需求。

目前，拟人双臂机器人研究刚刚开始，其与人类的双臂操作的灵活性和智能性相比还相去甚远，其在类人机构一体化设计、驱动与控制、传感与通讯以及操作理论与方法等方面需要开展大量的基础性研究工作。拟人双臂机器人的研究对促进仿生学、自动化、人工智能以及信息科学等领域的交叉融合发展具有重要意义，有助于促进双臂协调理论与技术的转化应用以及拟人操作机理的更深刻理解。特别面向极端环境下作业的双臂机器人所开展的基础理论与方法研究，对于扩展机器人技术在精准操作领域的进一步发展必将起到积极的推动作用。

拟进行的主要研究内容：

- 1、基于多传感器信息融合的智能感知-运动协调控制理论研究
 - 1) 建立一套多传感器信息处理的模型框架，提出对多传感器采集得到的冗余信息进行处理的算法，以及在若干传感器失效情形下的信息容错处理算法，以保证对信息处理的准确性与可靠性。
 - 2) 提出一个通用的面向操作任务的传感-运动协调决策控制结构，使得在具体操作任务下拟人双臂机器人系统能够对外界复杂的信息做出准确的判断并采取合理的运动决策完成指定任务，赋予机器人系统一定的智能性。
- 2、机器人拟人双臂运动操作的机理研究
 - 1) 运动规划方面：在解决冗余度双臂/手之间协调避碰、避障等灵活性以及容错等可靠性的基础之上，研究并揭示人臂/手运动的仿生操作运动机理，用于拟人双臂/手的运动学规划和控制。
 - 2) 任务规划方面：在拟人双臂/手任务空间里建立表达任务的通用模型以指导具体双臂/手操作任务的规划分解和分配，例如面向空间站典型任务的分解与分配。
 - 3) 研究探索运动规划和任务规划相结合的综合规划方法，建立由各个关节运动到执行任务的模型框架，研究任务——动作序列——关节角变化轨迹的自顶而下的设计方法。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

该选题所依托的科研项目为航天创新基金项目 “面向空间作业任务操作的宇航机器人双臂协调控制技术研究”。可用经费150万元。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	富宏亚	招生人数	1		
------	-----	------	---	--	--

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： 多核数控系统信息并行传递与任务实时调度策略研究

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

本课题以实现高速高精度数控加工为目标，以多核处理器为平台，研究多核多线程数控系统的实现方法及相关关键技术。通过研究基于多核处理器的数控系统软硬件结构特点及构建方法，制定多核数控系统并发任务实时调度策略，探索数控系统各任务模块的解耦机制与信息传递机制，引入实时数据库来解决任务间共享数据传输与存储的问题，提出多核间数据同步与保护措施，实现样条曲线并行插补及前瞻速度规划等关键性技术，建立多核多线程智能软数控系统体系架构及原型，并在此基础上开展实验研究，对系统进行验证与优化，最终形成一套相对完整的多核多线程数控系统实现理论与方法。主要研究内容包括：

（1）多核数控系统软硬件体系构架设计

①针对多核处理器特点，选用多核处理器平台，对数控系统硬件结构进行设计。

②探索多核多线程数控系统软件体系架构的设计与分析方法，采用并发与实时系统软件设计与分析的方法，对数控系统进行模块划分，确定各个功能模块之间的同步与通信关系，建立多核、多线程数控系统模型。

（2）多核数控系统并行实时内核与实时调度策略

①针对SMP多核处理器优化任务线程控制方式，分别针对硬实时任务和软实时任务制定任务调度策略，满足不同类型任务的调度需求。改变现有实时内核仅利用任务周期、任务优先级两种任务信息进行任务调度的现状，提出可以根据数控系统实时状态进行判断和决策的智能调度策略。

②探索数控系统实时任务可调度性分析理论，对调度器产生的调度方案进行可调度性评判与实时性能分析，并根据结果进一步优化实时任务调度策略。

③提出一种可行的数控系统模块解耦机制，对现有的串行数控系统进行并行化处理，并根据并行任务间的数据依赖关系，确定多任务间的数据同步与保护方案，实现模块级并行的数控系统。

（3）多核数控系统模块间信息传递机制

①建立多核多线程数控系统的行为模型及内部数据交换和传输策略，解决模块间信息传递问题。

②探索适合数控系统的模块间同步与通信方式。研究实时任务间共享资源的互斥访问机制，简化互斥操作的开发流程。研究非实时任务与实时任务通信机制，解决非实时智能优化算法与实时智能控制的动态交互问题。

（4）多核数控系统样条曲线插补及前瞻速度规划技术

①提出样条曲线并行插补算法，以实现高速高精为目的，针对样条曲线插补运算量大，运算时间长的问题，在保证插补精度的前提下，优化样条曲线插补算法，提高计算效率。

②突破数控系统任务的顺序相关性，以进一步提高数控系统程序执行效率；优化样条曲线前瞻速度规划算法与插补算法的关系，获得并行插补算法的柔性加减速特性。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家科技重大专项-重型数控机床关键共性技术创新能力平台

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	高栋	招生人数	2		
------	----	------	---	--	--

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：可移动多机器人现场协同加工超大构件关键技术的研究与加工装置系统的研制

- 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

针对国家重大基础设施和国防重大装备中超大构件制造瓶颈问题，提出多个可移动“加工机器人”现场协同加工“超大构件”的思路，利用精密大测距仪器（例如激光跟踪仪、激光干涉仪）在加工环境中建立空间坐标系。采用多个可移动“加工机器人”（多自由度智能加工头）加工的方式完成超大构件在此加工环境中的加工，加工过程中通过大尺寸高精度测量仪器测量可移动“加工机器人”的位置和姿态，确保超大构件大尺寸范围的拼接精度；采用加工误差实时在线测量与补偿的方式保证“加工机器人”的加工精度。同时建立超大加工空间优化分割与规划模型以及超大构件现场加工系统自寻位模型，实现超大构件加工质量预测与控制。攻克超大构件现场加工技术的有关理论和关键技术，研制一套可移动多机器人超大构件加工系统，并实现工程化应用和示范，为解决超大构件加工瓶颈问题提供理论支持和技术储备。

主要研究内容：

- 1) 超大构件加工环境空间坐标系的研究 超大构件加工环境空间坐标系是最底层的测量坐标系，加工过程中的测量活动都在此坐标系下进行，是保证超大构件加工精度的基础。
- 2) 超大构件多机器人现场加工系统自寻位理论与方法的研究 在传统机床自寻位过程中，机床坐标系通常保持固定，一次寻位就能完成工件加工。而在超大构件加工中，小机床沿工件移动，在不同加工空间小机床坐标系发生改变，加工系统在完成一个超大工件加工时需要进行多次寻位，这就要求对“一次加工，多次寻位”的自寻位理论与方法深入研究。
- 3) 超大加工空间分割与多机器人协同加工拼接技术的研究 超大构件加工空间大，将超大加工空间分割成一系列机器人加工行程能够实现的较小加工空间，由多机器人依次并行协同加工，最后形成超大构件表面。对超大加工空间分割及规划理论和多机器人协同加工技术进行深入研究，建立以加工精度和加工效率为优化目标的加工空间分割及规划模型。
- 4) 超大构件多机器人现场加工系统加工质量预测与控制方法的研究 由于超大构件通常是极大尺寸工业装备的核心部件，造价昂贵，所以在进行实际切削加工前，要对加工质量进行预测和评估，尽量减小加工误差。
- 5) 超大构件多机器人现场加工系统的研制与工程化应用技术研究 目前，各大公司推出的商用机器人还很少有针对机械加工用途的，即使有个别产品（如：K U K A工业机器人）针对机械加工用途，由于其刚度和精度都还较低，主要适用于低精度加工或非金属加工领域。所以需要研制具有高精度、高刚度和高速度的可移动机器人及多机器人现场加工系统。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

拟开展前沿方向预先研究，经费来源于横向科研结余。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	高海波	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 火星车轮地相互作用地面力学研究

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

我国火星探测项目已经正式立项，预计于2020年发射火星车。火星表面环境复杂，遍布导致陷车的沙地和崎岖的岩石，美国的火星车多次陷入沙土，勇气号火星车因陷车导致任务失败。火星与地球的往返通讯时延达数十分中，因此，需要火星车具有比月球车更强的自主运行能力，轮地相互作用地面力学可以揭示火星车的滑转、滑移、侧偏、自陷等重要现象，可以为火星车的研发提供重要的理论基础。

- 主要研究内容包括：
- (1) 火星车轮地相互作用力学试验研究；
 - (2) 火星车轮地作用力学建模；
 - (3) 基于轮地作用的星壤参数辨识；(4) 基于地面力学的火星车设计与控制。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

经费来源于国家自然科学基金、与中国空间技术研究院合作项目、国家重点实验室自主研究课题。

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： 宽频带恒张力系统设计分析与实验研究

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

微低重力模拟是空间机构地面测试中的重要问题。重力补偿的方法包括落塔法、失重飞行法、水浮法、斜面法、悬吊式重力补偿法等。悬吊式重力补偿法能够在长时间、大范围内实现微低重力模拟，已应用于玉兔号月球车、嫦娥号着陆器、空间机械臂等航天产品的地面测试、发射场测试中。悬吊式重力补偿系统主要包含恒拉力系统和位置跟随系统：恒拉力系统的作用是维持吊索张力大小恒定，使其不随补偿对象的竖直位移而改变；位置跟随系统搭载恒张力系统并跟随被吊对象在平面内的投影，保持吊索垂直。

恒力机构是恒拉力系统的被动组件，用于在电机响应滞后时，被动吸收残余的高频分量，维持吊索张力恒定。在恒力机构研究方面，德国LISEGA公司开发了一种主辅式恒力弹簧支吊架。一篇美国专利中提供了一种综合力量训练器，其中的恒力机构用于保证锻炼中的力恒定。清华大学航空宇航系设计的恒力机构采用弹簧和凸轮的组合得到恒定的扭矩，经卷筒可以获得恒定力，用于宇航员重力测量。台湾国立成功大学设计的用于关节康复的基于簧片变形的恒力机构。本实验室开发的弹簧拉锁式恒力机构，利用旁路张紧吊索的方式来实现吊索力恒定，由于机构内部有钢丝绳，因压线变形导致的等效摩擦较大，使得恒力曲线具有较大的回滞特性。恒力机构的回滞误差的大小，直接影响拉力系统在高频下的恒拉力误差。

快速恒拉力系统是重力补偿系统的关键子系统，主要的作用是对高频段的电机滞后进行补偿，实现更高精度的拉力控制，从而产生更好的拉力补偿效果。目前的航天器以及宇航员在上天之前都需要进行微低重力实验，测试空间机构在微低重力环境下的工作性能和航天员的活动情况，因此此课题顺应航天的发展趋势，以空间机器人及机构的地面主动重力补偿实验装置为研究对象，面向国际学术前沿，有助于空间机器人技术与应用的长期可持续发展。

(1) 快速恒力机构的动力学建模及性能分析
(2) 恒力系统对被测对象的运动状态干扰建模与分析
(3) 宽频带恒力系统的控制策略研究
(4) 系统频带、精度特性实验研究
(5) 在干扰冲量积分与收敛意义下的控制策略设计及对空间臂一阶振动的复现能力研究

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

宽频带恒张力系统设计分析与实验研究——来源于国家重点实验室自制仪器设备“空间机器人及机构的模块化地面主动重力补偿实验平台”，课题经费1000万元。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	古乐	招生人数	2		
------	----	------	---	--	--

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： 高速重载轴承固液复合润滑技术

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

航空轴承技术向着高速重载长寿命方向发展，轴承力载的增长集中反应为轴承界面力热状态逐步向界面材料、润滑剂的极限能力逼近，目前表面工程技术快速发展并体现出提高轴承界面工作能力的极大潜力。航空轴承普遍采用油润滑，轴承表面薄膜引入后对轴承润滑界面行为的影响规律研究，即固液复合润滑效应和相关机理的研究成为表面工程技术应用的先决条件，而轴承点、线接触的高应力弹性流体动压润滑状态下的固液复合润滑机理研究也是摩擦学润滑力学研究的前沿领域，兼备重大的理论与工程意义。

本选题的主要研究内容包括：A. 界面贫油和润滑缺失状态下高速重载轴承摩擦表界面状态演化规律；B. 表面合金化层设计和固体薄膜在高速重载滚动轴承摩擦界面状态演化中的作用机制； C. 固液复合润滑下界面润滑力学分析与验证； D. 轴承材料表面固体润滑薄膜在复合润滑状态下的摩擦-疲劳学机制研究。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

973课题、国家自然科学基金、中航工业创新基金

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： 仿生表面设计制备及摩擦学性能研究

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

随着结构优化与分析技术的快速发展，机械部件的功能劣化与损伤日益向表面汇集，先进表面工程技术对于拓展机械部件生命周期以及开展绿色制造意义重大，而生物体表面自然进化出具备优异增摩、减阻、自吸附/脱附能力的功能化表面，针对机械部件的润滑功能需求开展仿生表面设计、制备和摩擦学性能研究具备重要科学与工程价值。

本选题主要研究内容包括：A. 工况适应性功能梯度薄膜层制备、机械力学分析与摩擦磨损特性；B、表面聚合物分子刷制备及微纳界面力学特性研究；C、自适应仿生智能表面设计与调控机制研究。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

973课题、国家自然科学基金、中航工业创新基金

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	郭伟	招生人数	2		
------	----	------	---	--	--

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： 基于旋量理论的足式机器人协调运动控制与最优能量匹配

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

无论是类人形机器人，还是仿生四足机器人，其灵活稳定、非连续支撑的运动特点在复杂未知的非结构化作业环境中都体现出良好的环境适应能力，更得到了诸多理论和应用研究者的关注。2015年，由美国国防部先进项目研究局（DARPA）举办的机器人竞赛（DRC）更是对足式机器人的运动协调能力提出了前所未有的要求，并且大大加速了机器人全面应用化的步伐。面对足式机器人应用的加速与深入，运动控制的研究已经不仅仅局限在任务的完成，研究人员开始更多的关注机器人多刚体系统的协调控制问题与机器人本征动力学运行机制的优化匹配问题。足式机器人的多支链运动特性和时变拓扑结构赋予了机器人更为复杂的动力学特性，也带给开发者更为灵活的控制模式，但是如何更深入的理解足式机构的运动机制，完善现有足式机器人控制协调性的不足，仍是我们进一步探索的方向，本课题拟以足式机器人的本征动力学分析为切入点开展以下方面的研究：

- 1) 基于旋量理论的足式机器人完整动力学模型研究
通过对足式机器人与生物系统的对比分析，提取能够完整表征多种运动模式的最简机器人拓扑结构组合；运用旋量理论，分别建立各种拓扑结构下的足式机器人完整动力学模型，建立足-地单点接触情况下的足式机器人开链系统动力学方程；足-地多点接触情况下，建立考虑足-地接触力螺旋的足式机器人闭链系统动力学方程；足-地无接触情况下，建立具有非完整约束条件的足式机器人多刚体动力学方程。
- 2) 足式机器人系统能量流特性分析与评价参数研究
结合矩阵分析和旋量理论，对建立的足式机器人完整动力学方程进行特性分析，获取系统动力学特性；基于微分几何相关理论，分析在系统动力学方程约束下多关节驱动变量所构成的矢量场以及微分变量所构成的矢量流在运动空间的变化特点；融合动力学特性分析结果与矢量流变化特点，建立系统能量流概念，描述并表征运动过程中足式机器人系统各变量的变化情况，为控制方法优化及协调系统运动提供指导。
- 3) 基于能量流分析的足式机器人控制方法优化研究
对比生物运动分析，获取生物协调运动下的系统各参数的变化特点，结合能量流概念，建立协调运动下的能量流变化准则；以能量流变化准则为基础，建立足式机器人系统多目标优化函数，对现有机器人运动控制方法进行优化研究；分析优化控制下的足式机器人多支链系统内力协调特性、能量传递与重复利用特点、系统运动稳定性等动力学特性，完善机器人运动控制系统，实现机器人的协调运动与最优能量匹配。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家自然科学基金项目：基于SLIP模型的四足仿生机器人Galloping步态高速运动归约化控制方法研究，课题总经费 80万

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： 基于视觉与人类模仿、学习机理的机器人模仿、学习算法研究

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

科学家在人的相关脑区发现了“镜像神经元”。此神经元把人类几万年来文明进化的成果，压缩成具有内在化模仿机制的特定的文化编码（如同电脑里的内存“芯片”），储存于人的神经细胞里，让人在观察对象的行为动作时，可在瞬间辨认和领悟，不假思索地迅速理解，即“顿悟”。

镜像神经元的存在，使得每一个孩子天生就有个“顿悟机制”，一旦与外部事物接触，此机制就会自动“启动”。因此心理学家会说：孩子在七岁前实际上是一个观察者，他会本能地去模仿大人，模仿他所看到的一切。

研究人员认为，模仿是人类知识获取、智能形成的重要手段之一，也是人类智能发展的一种“捷径”，因此，基于人类模仿、学习机理，建立机器人模仿人类，学习人类处理问题的模仿与学习算法，将为人工智能研究提供新的思路和收到。

主要研究内容包括：

1. 基于“镜像神经元”机制的人类模仿、学习机理分析
包括：“镜像神经元”运行机制分析；人类模仿机理分析；基于模仿机理的学习机制分析。

2. 基于视觉的人类动作捕捉与特征提取、分类方法研究
包括：基于视觉的运动捕捉平台建立与标定；基于运动捕捉平台的人类运动捕捉及其特征提取方法研究；在此基础上，开展人类运动的分类方法研究。

3. 结合分类方法的机器人模仿、学习算法研究
包括：结合人类运动的分类、机器人自身运动学与动力学，开展符合机器人特征的模仿、学习算法研究。

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，国防973项目。经费100万以上

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	郭永丰	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： （1）长电极多自由度可控磁悬浮伺服驱动微细电火花铣削加工技术

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

”针对微细电火花加工中电极（主轴）伺服响应频率低、实时跟踪性差，放电间隙频繁空载短路，有效放电率低，电极短损耗快需频繁更换，加工微细电极耗时，在整个微细加工中占的时间长，加工效率低问题，提出一种基于多自由度可控磁悬浮伺服驱动的长电极微细电火花加工技术，利用磁悬浮驱动的快速响应特性，用细长电极丝作为微细电极，并使电极损耗一定长度后间歇补偿送进使其伸出长度一定、减少或省去微细电极的在线制作过程和减少电极更换，通过主轴磁悬浮多自由度控制和摇动实现不同孔径微细直孔、锥孔、阶梯孔、微型结构的电火花高速加工。对放电间隙流场进行分析，研究磁悬浮驱动的微细电火花加工放电机理和蚀除机理，进行工艺实验，研究磁悬浮系统、放电参数等对微细电火花加工的影响，研究磁悬浮驱动装置在微细电火花加工中的动态特性与放电参数及电极损耗等的关系，对控制系统进行优化，建立电蚀产物排出的物理模型，研究微小构件的电火花铣削工艺及具有倒锥结构的微小构件的加工工艺方法，电极损耗补偿和磁悬浮驱动轨迹补偿控制策略，优化控制系统，总结加工工艺规律，为微结构加工提供一种有效的加工手段，为其推广使用提供全面技术支持，提高我国微细电火花加工水平。

本选题的特点是基于磁悬浮驱动技术，提出基于磁悬浮驱动的微细电火花铣削加工技术，利用其磁悬浮主轴惯性小的特点实现加工放电间隙平稳快速调节，实现高速、高精度加工，并可实现X、Y、Z、 θ 、 ϕ 5个方向的运动，从而实现复杂微结构的加工。选题具有的产生创新点和特色为：

（1）提出基于磁悬浮驱动多轴可控的微细电火花加工装置的微结构铣削技术；

（2）提出一种磁悬浮驱动多轴可控的微细电火花铣削电极损耗补偿方法；

（3）提出一种磁悬浮驱动多轴可控的微细电火花铣削轨迹补偿控制策略；

（4）在磁悬浮驱动微细电火花加工放电机理和蚀除机理方面提出新的见解。

”

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；哈尔滨市科技创新基金

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： （2）绝缘陶瓷涂层钛合金电火花加工技术

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

“高性能的航空发动机涡轮叶片普遍采用绝缘陶瓷涂层以降低高温对钛合金材料性能的影响。针对绝缘陶瓷涂层钛合金材料使用传统的机械加工方式加工困难、加工质量差，目前的电火花加工机床以及电火花加工方法无法对其进行加工等问题，研究一种用旋转电极内充液与辅助电极相结合的方法来对其进行电火花小孔加工的技术。研究绝缘陶瓷钛合金材料小孔加工表面导电膜的形成和特性、电火花小孔加工放电机理和蚀除机理、电火花加工绝缘陶瓷涂层钛合金材料中导电膜及碳化钛生成的化学反应机理及两种材料交界面处的放电机理和材料的蚀除机理、影响其电火花小孔加工的因素，测试分析绝缘陶瓷涂层钛合金材料加工表面和成分。研制新型电火花加工脉冲电源和适用于两种材料交界面处的放电参数自动转换的控制系统。开展本项目的研究，将为航空发动机叶片冷却孔的高速、高精度加工提供一种有效的加工方法。

本选题提出一种浸液条件下旋转电极内冲液式辅助电极电火花小孔加工方法，加工过程采用电参数自适应控制技术。选题具有的产生创新点和特色为：

（1）提出针对绝缘陶瓷涂层钛合金材料放电参数自适应控制的电火花加工方法；

（2）提出一种针对绝缘陶瓷涂层钛合金材料控制放电参数自动转换的自适应控制技术；

（3）提出针对导电膜、碳化钛生成机理的化学角度研究方法，在电火花加工放电机理和蚀除机理方面提出新的见解。

”

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

黑龙江省自然科学基金；总装预研基金

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	韩俊伟	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 地震模拟振动台台阵的时域波形复现控制策略研究

- 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

地震模拟振动台试验是真正意义上的地震模拟试验，台面上可以真实地再现各种形式的地震波，结构在地震作用下的破坏机理。也可以直观的被了解，是目前研究结构抗震性能最直接也是较准确的试验方法。地震模拟振动台试验因此被广泛应用于研究结构的动力特性、设备抗震性能、检验结构抗震措施等方面，同时在原子能反应堆、海洋结构工程、水工结构、桥梁工程等领域也起着重大作用。对于大跨度细长型结构通过增大地震模拟振动台的规模显然是不科学的，因为增大振动台规模不仅投资巨大，另外由于相似比的原因，大型地震模拟振动台在有些方面还是不能满足要求。多台小型地震模拟振动台组成的振动台台阵系统可以进行多点输入振动，也可以进行反向或是差相位运动，更真实地模拟细长结构在地震作用下的振动。

地震模拟振动台台阵的控制，要求每个子系统（单个振动台）协调工作，并满足各个激振点对幅值和相位的要求，实现指定的地震波时域波形复现，完成一个大跨度结构试件的地震模拟振动实验。其中最关键的技术是保证每个振动台的同步控制。对于由八激振器六自由度地震模拟振动台组成的台阵，不仅每个振动台内部各个激振器之间存在耦合，而且振动台之间也存在耦合。因此，地震模拟振动台台阵系统的控制技术更为复杂，不仅有单个振动台控制存在的问题，而且还有一些台阵控制的问题。由于该领域的商业性较强，国外在地震模拟振动台台阵控制策略方面对中国实行封闭政策，并且出售给中国的振动台台阵及其控制器设备价格十分昂贵。而国内对于地震模拟振动台台阵的控制技术研究目前仍未空白，处于初始研究阶段。因此，分析地震模拟振动台台阵时域波形复现控制中存在的问题，研究针对其的控制补偿策略，打破国外在该领域的垄断，实现地震模拟振动台台阵的自主研制，提高自身的技术水平，具有很大的理论和应用价值。综上所述，本文以哈尔滨工业大学电液伺服仿真及试验系统研究所为北京工业大学承制的“地震模拟振动台台阵系统研制”项目为背景，重点研究地震模拟振动台阵的时域波形复现控制策略，实现地震模拟振动台台阵的国内完全自主研制。

主要研究内容包括以下几个方面：

- （1）地震模拟振动台台阵伺服系统建模仿真分析
- （2）台阵系统频响函数辨识、系统阻抗矩阵求解以及解耦算法的研究
- （3）台阵系统的振动控制策略研究
- （4）基于H ∞ 鲁棒控制的地震模拟振动台台阵时域波形复现控制算法研究
- （5）基于在线自适应控制的地震模拟振动台台阵的时域波形复现控制策略研究。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

本课题所依托的科研项目为：中建万吨级多功能试验系统液压与控制系统之一，CBQQ2575201015

2017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： 轴耦合道路模拟试验台的控制策略研究 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 由于汽车的使用条件非常复杂，汽车试验成为研发过程中不可或缺的环节。为了测试汽车可靠性，其方法主要有四类：实际道路试验、认证场试验、室内道路模拟试验、计算机仿真试验。目前，各种方法使用在不同的开发阶段，往往结合起来使用对车辆进行可靠性试验。其中，试验室内对整车及其零部件进行道路模拟试验比实际使用道路试验、认证场试验更节约成本和时间，而比计算机仿真试验更具有真实性。 室内道路模拟试验已成为汽车设计开发中的主要手段。其优势体现在：不受天气的影响，也不用考虑驾驶员疲劳以及与试验无关的部件的故障；实验室条件下进行测试不仅保证了特殊车辆和新型设计的保密性，而且能够连续不断的重复进行测试，还能够对测试条件进行控制以实现不同路况的加载；模拟比实际中更恶劣的环境条件以及去除对测试样本性能没有重要影响的数据进一步加快了测试进程，缩短了测试时间。 室内道路模拟关键设备之一是电液伺服道路模拟试验台，用于整车或零部件的可靠性试验，整车试验机有轮耦合和轴耦合两种方式。顾名思义，轮耦合方式就是液压作动器作用于轮胎，轴耦合就是直接作用于车轴。轮耦合试验台典型结构是用于轿车或轻卡的四立柱式。它将被试车辆的每个轮胎固定于一个垂直液压作动器的托盘上，通过液压作动器的运动对轮胎进行激励，从而复现车轮轴头的加速度。它常用于产品开发初期，通过早期试验而得到的资料可以发现并改进原设计较为明显的缺陷。 轴耦合试验台代表性的结构是MTS 329的串并联机构，采用连杆耦合技术和独立作动装置。多个作动器组成一个角直接对车轮轴头进行多个自由度加载，能够复现车轮轴头处六维力。相比轮耦合只有垂直方向的载荷，多自由度轴耦合方式能更准确可靠的模拟车身及悬挂系统的振动状况，进一步发现分析整车及零部件的某些缺陷。 相比轮耦合试验台，轴耦合试验台中不仅各个角之间存在耦合，而且单个角多个作动器之间也存在耦合，所有通道间的高度耦合特性加大了控制难度，使得通道间的解耦尤为关键。轴耦合试验台本身和试件的高度非线性以及进入正式试验前如何最大程度的减小对试件的疲劳损伤评价的影响都需要进一步研究。 本文旨在研究轴耦合道路模拟试验台研制过程中关键问题，对实现轴耦合试验台的自主研发具有重要意义。 主要研究内容： (1) 轴耦合道路模拟试验台运动学、动力学建模仿真分析 (2) 轴耦合道路模拟试验台频响函数辨识及解耦算法的研究 (3) 轴耦合道路模拟试验台非方迭代算法研究 (4) 基于神经网络模糊自适应控制的道路模拟试验时域波形复现控制算法研究
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况 本课题所依托的科研项目为：中建万吨级多功能试验系统液压及控制系统之二及反力墙、反力地板区域加载系统, CBQQ2575203015

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	韩振宇	招生人数	1		
------	-----	------	---	--	--

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： 自动铺放成型缺陷的多尺度分析与设计

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

纤维铺放的预浸料带状结构具有以下特点：单层预浸带厚度约100~200 μ m，属于细观范畴，而其长宽都在1mm以上，属于宏观范畴。纤维铺放成型过程中有多种微缺陷，如微孔隙的形成、微裂纹萌生及扩展、纤维/基体界面结合力差等。由于纤维铺放结构及缺陷特性的多尺度效应，仅依靠宏观失效分析、有限元模拟、实验分析等宏观方法无法探明纤维铺放时细观及微观尺度的缺陷演变规律，因此，无法设计基于小尺度力学模型的铺放工艺。针对以上问题，本课题旨在通过多尺度分析方法来阐明纤维铺放成型常见缺陷形成及扩展的原因，并获得自动铺放成型缺陷多尺度分析及其工艺设计方法。

主要研究内容包括：

（1）提出纤维铺放缺陷的多尺度表征方法，实现宏细观-微观的跨尺度分析；

（2）纤维铺放多尺度应力波传递与损伤的关系模型；

（3）纤维铺放工艺的多尺度度协同设计理论与方法。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

课题来源于国家数控专项课题“航空复合材料构件自动铺丝头设备开发”

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	郝明晖	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 高压高速圆弧齿轮泵的研制

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

背景及意义：
航空航天系统中液体的输送和增压是靠液压泵来实现的，其中应用最广泛的是柱塞泵和齿轮泵。柱塞泵由于高压，大流量而被广泛使用，但是由于往复运动容易卡死，所以稳定性低。相比于柱塞泵，齿轮泵加工方便、结构简单、重量轻、对油液污染不敏感、体积小且有自吸能力强等特性，更加适合航空航天系统，所以齿轮泵来替代柱塞泵将成为航空航天液压系统发展的一个趋势。但是，噪声大、有困油现象、流量脉动大、径向液压力不平衡和轴承寿命短等缺点制约着齿轮泵高压高速化的发展。在国内外学者的研究下，通过设计新齿形，开设卸荷槽，增加储能槽等方法使得齿轮泵的这些缺点得到了很大的改善，但是还是存在着一些问题，比如卸荷槽设计不当，反而会使出口的压力脉动加大，容易产生气穴等问题，而且使齿轮泵结构复杂，给加工制造都带来一定的困难。虽然近年来齿轮泵的压力和转速有所提高，但是由于以上原因，齿轮泵压力一般保持在0~40MPa之间，转速在0~8000r/min之间，转子直径在30mm以上，压力和流量仍然普遍低于柱塞泵。基于以上原因，设计齿轮泵转子时采用了圆弧齿形，这种齿形在工作过程中保证只有一对齿进行啮合，不仅从理论上消除了困油现象，而且极大地降低了流量脉动，使得齿轮泵高速高压化成为可能。

但是齿轮泵压力的增加将会带来以下的问题：轴承寿命大大缩短；泵泄漏加剧，容积效率下降。压力增加将造成液压油粘度降低，温度升高，造成系统失稳，泄漏加剧。目前国内外学者针对以上问题所进行的研究是：对齿轮泵的径向间隙进行补偿；减小齿轮泵的径向液压力，如优化齿轮参数，缩小排液口尺寸等；提高轴承承载能力，如采用复合材料滑动轴承代替滚针轴承等，但这些方法都没有从根本上解决问题。特别是小尺寸的齿轮泵在高压的条件下关于泄漏问题研究，使用传统的方法研究将会在成极大误差，严重偏离实际情况。所以，重新建立高压小尺寸齿轮泵的泄漏模型有着非常重要的实际意义。

齿轮泵转速提高将带来油膜破裂，产生激振，从而导致整个系统失稳，转子造成损害。国内外学者通过建立Jeffcot模型，Capone短圆柱瓦轴承等模型考虑非线性油膜力，非线性密封力，非线性啮合力等因素对转子失稳的影响，提出了一些增加稳定性的方法。但是，有关于齿轮泵转子研究却很少提及，其原因不仅是受转速过低的限制，还是由于齿轮泵转子受到各种非线性力的影响同时，还要受到腔体中液压油产生的液压力，温度变化，由压力增大而引起粘度变化的影响，所以很难使用单一模型进行描述。因此，建立高速状态下合适的模型，是研究齿轮泵高速化所必须要解决的一个问题。由此可以看出，内泄和稳定性问题是齿轮泵高压高速化过程中非常重要的两个问题，具有重要的科学意义和工程应用价值。

主要研究内容：

(1) 齿轮泵端面泄漏问题的研究
针对齿轮泵小型化后，双平行板模型已经不再适用情况下，采用MB接触壁面模型，考虑压力作为时间的函数，建立完整端面齿形泄漏模型，对端面泄漏进行准确的预测。

(2) 齿轮泵径向泄漏问题的研究
考虑齿顶圆和泵体内壁之间的间隙泄漏，区别于传统渐开线齿轮齿顶圆与泵体内壁等效为两平行板的模型，建立新的齿顶圆与泵体泄漏模型，同时研究间隙径向压力变化情况。

(3) 齿轮泵稳定性的研究
通过转子动力学，分析性油膜力，密封力，齿轮间啮合力对转子稳定性的影响，以及流固耦合作用对系统的影响，建立泵的转子动力学模型。

(4) 静压滑动轴承的研究
通过研究径向滑动轴承开槽宽度和深度，以及进油口的大小和角度，研究轴承内油的压力和温度，建立压力，转速和温度之间的关系，以温度为目标函数，求的最佳的结构。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

上海航天有线电厂有限公司

2017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： 行星滚柱丝杠设计和研究

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

背景及意义
行星滚柱丝杠是行星螺旋传动机构中最典型的产品之一，由于其具有大推力、高精度、高频响、高效率、长寿命等突出优点，被广泛应用于航空航天、武器装备等军事领域和数控机床、工程机械等民用领域，将逐步取代滚珠丝杠成为直线伺服系统的首选零部件。与传统的滚动功能部件滚珠丝杠相比，其具有以下优点：
(1) 滚柱丝杠接触半径更大，按赫兹接触理论，其承载能力更大；当所有滚柱同时参与啮合时，接触点更多，如图1所示。所以与滚珠丝杠相比，在相同丝杠直径下承载能力提高6倍、相同负载下比滚珠丝杠节省1/3空间、寿命提高14倍、工作环境温度范围提高2倍，提升了刚度和抗冲击能力。当滚柱丝杠直径为120mm时，其推力可达120t。
(2) 滚柱丝杠用滚柱的滚动摩擦代替滑动摩擦，与滚珠丝杠传动效率相当，润滑良好的情况下效率可达90 %以上。
(3) 滚柱相对于螺母没有轴向运动，能够提供更高旋转速度和加速度，转速可达16000r/min，直线速度2m/s，加速度3g珠丝杠很难达到上述指标。
(4) 行星滚柱丝杠的导程与滚柱丝杠的节距成函数关系，导程可以小于0.5，而且导程可以设计为整数或小数，不需要减速齿轮来配比。
(5) 采用行星机构控制滚柱运动，不需要滚动件循环装置，且高速运转时产生的振动噪声较小。
(6) 可在恶劣环境下使用，滚动柱两端的直齿与安装在螺母内的内齿圈啮合，可以保证整个丝杠副的正常运转。
(7) 拆卸方便，拆卸时可不拆下滚柱，直接将螺母旋出。

研究内容：
针对行星滚柱丝杠螺母螺旋型面的高效加工问题，研究内螺纹旋风硬铣削与浅磨削相结合的加工工艺。针对行星滚柱丝杠螺母与滚柱的接触特点，研究基于特殊螺纹型面量规设计的内螺纹测量方法。具体研究内容如下：
(1) 研究行星滚柱丝杠螺母内螺纹旋风铣高速切削成型理论
由于行星滚柱丝杠螺母的螺纹牙型与标准螺纹的牙型区别较大，所以需要根据其结构特点对旋风铣的刀具进行设计，计算刀具的关键尺寸参数。对螺纹旋风铣高速切削成型理论进行研究，对其切削机理、切削力以及相关动态特性进行研究，并对加工工艺参数进行优化设计。
旋风硬铣削加工技术，切削屑薄，95%的热量被切削屑带走，能够减小工件的径向和轴向变形。高速加工振动频率高、振动幅度小，可以提高表面加工精度高。但其精度只能达到P5级，采用后期磨削对螺母内螺纹进行加工进一步提高加工精度。
(2) 研究行星滚柱丝杠螺母内螺纹浅磨削成型理论
由于行星滚柱丝杠具有结构紧凑的特点，其螺母的长径比较大，因此需要对螺母的内螺纹磨削刀具进行设计，计算刀具的关键尺寸参数。根据浅磨削成型理论的特对磨削加工工艺进行研究，主要对磨削加工产生的热变形引起的加工误差进行研究，以及加工过程中磨削力变形引起的加工误差进行研究，并对产生的误差进行补偿，提高螺母螺纹的加工精度。对浅磨削表面质量及磨削产生热量对内螺纹型面金相组织影响机理进行研究，进而实现对加工工艺的优化设计。
(3) 研究行星滚柱丝杠螺母内螺纹精确测量方法
行星滚柱丝杠中滚柱的螺纹牙型为凸弧形，而螺母的内螺纹为三角形，因此滚柱与螺母的接触为点接触。传统的内螺纹检测方法仅能实现对螺纹的牙型角、导程和螺距等参数的测量，不能反映滚柱与螺母的啮合状态。因此，首先依据交叉螺纹啮合原理建立滚柱与螺母的螺纹型面接触模型，求解螺纹实际接触点位置。根据计算结果设计凸弧形型面的螺纹通、止规，实现行星滚柱丝杠的螺母内螺纹精确测量。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

北京自动化控制设备研究所, 上海航天有线电厂有限公司

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	郝双晖	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

2017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： 永磁同步直线电机驱动系统的控制精度优化研究 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 背景及意义： 随着科学技术的不断发展，极大地推动航母弹射器的技术革命与改造。要在航空母舰上实现对大质量舰载机的弹射，现役的蒸汽弹射装置已难以满足要求。而电磁弹射装置相对蒸汽弹射装置具推力密度高、质量小、体积小、效率高，维修费用低，控制精度高等优点，已成为最近几年各国军事研究的热点。 航母弹射器是实现舰载机在飞行甲板有限长度内安全起飞的离舰设备。随着舰载机重量的不断提升和对总体作战能力要求的提高，垂直起降和滑跃起降等只适用于中小型航母上搭载的舰载机的起飞方式，在现代航母发展中已经不占有优势，各国都在积极研制适用于大型航母和全型号舰载机的航母弹射器。迄今为止，世界各国曾研究发展过弹簧式弹射装置、液压式弹射装置、火箭式弹射装置、电动式弹射装置、蒸汽式弹射装置、燃气式弹射装置、电磁式弹射装置等；其中蒸汽弹射装置是目前唯一被现役航母所使用的弹射装置，而且蒸汽弹射系统的关键技术只有美国垄断掌握。 随着电力电子技术、电磁技术和自动控制技术的不断发展，人们提出电磁弹射系统(Electromagnetic Aircraft Launcher, EMALS)的概念。电磁弹射系统与传统的蒸汽弹射系统相比具有明显的优势，由于其能量和功率密度远高于蒸汽弹射器，电磁弹射器预期容积约为现在使用的蒸汽弹射器容积的一半，这将节省大量的舰体空间，使舰船设计师能更有效地布置舰的舱室。而在能量效率方面，EMALS的效率大约是蒸汽弹射器的10倍，这样一来，要求航母电站提供的弹射飞机的能量减少了，降低了供电站的负荷。对于可控性方面，由于计算机控制系统的优势，用闭环控制整个舰载机弹射过程，减少弹射应力，降低了瞬时冲击载荷，并对弹射性能进行更加严密的控制。因此电磁弹射成为航母弹射的一个重要发展方向。 电磁弹射技术是随着电磁发射技术的出现而发展起来的，现在电磁发射技术在全世界范围内都处于实验研究阶段，电磁弹射技术虽起步稍晚，但由于其潜在的应用前景，该项技术的研究还是备受重视。日本、英国、荷兰、美国从二十世纪七八十年代就开始研究电磁发射技术。而美国已经举行了五次有关电磁发射的国际学术会议，与会的人数、论文的质量和数量每届都有增长和提高。并且美国计划2013年在CVNX21航母上安装电磁弹射装置，以进一步提高航母的作战能力。 我国进行电磁发射技术的研究工作起步较晚，从二十世纪80年代末开始开展这方面的初始实验研究工作，并取得了一系列的研究成果，中国电工技术学会电磁发射技术专委会于2002年8月成立，由专委会举办的首届电磁发射国际学术会议也于2004年8月在大连召开，由此可以看出我国对电磁弹射技术的重视程度与日俱增。电磁弹射技术无论是在军事领域的航母舰载飞机弹射，还是在民用领域的电磁列车，油田抽油设备等方面，以加速大载荷为特征的电磁弹射技术拥有广阔的应用空间，在工业技术领域一些行程较短、以直线运动为主的驱动或传动环节上也可能会大有作为。 研究内容： (1) 根据电磁弹射技术要求，对电磁弹射驱动系统整体结构进行研究，分析不同结构类型的永磁直线同步电机，提出低速段采用齿槽永磁直线同步电机和高速段采用无齿槽永磁直线同步电机，电磁弹射驱动系统结构采用模块化设计方案。采用有限元方法，分析永磁直线同步电机结构参数对电磁推力及推力波动的影响，实现永磁直线同步电机结构参数的优化设计。 (2) 基于霍尔效应原理，采用一种新型三相六元件信号拾取方案，利用差分原理消除机械误差和零点漂移，为提高原始电压信号，对磁栅位移传感器信号发生结构进行磁场分析，确定磁头和查表列和编码列磁钢的最佳间隙，并基于查表原理和编码原理设计绝对式磁栅位移传感器。
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况 XXX-随动系统电机控制器技术研究

2017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： 小型高频高可靠伺服系统研究

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

背景及意义：
在航空航天方面，对小型高速伺服系统的需求越来越高。其需求方面主要可以分为两个方向：以导弹舵机等为例的高速伺服和以导弹导引头为例的小型大扭矩电机。而要实现电机小型化同时扭矩输出足够，就要提高电机的磁极对数。由电机的频率公式 $f = \frac{PN}{60}$ （P为极对数，N为转速）可以看出，无论是提高电机转速还是提高电机磁极对数，都会提高电机的运行频率。而要对高频电机进行精确控制，就需要提高伺服系统的控制频率。交流电机的控制基础是将三相交流电经Clarke变换转换至 $\alpha - \beta$ 固定坐标系，再由固定坐标系经Park变换转换至d-q旋转坐标系。其中Park变换需要由位置传感器反馈回的角度值。在低频控制系统中，编码器的误差可以通过滤波等方式进行控制，但高频控制系统中，软件上对编码器的纠正无法跟随上电机轴角度值的变化，会导致带有误差的角度值进入控制系统，进而使系统输出出现较大偏差。鉴于此，提高编码器本身的精度就成了一个重要的问题。
目前在高精度领域，光电编码器已得到广泛应用，但其体积大，码盘易受污染，不适用于航空航天等领域。而一般的磁电编码器虽然体积小、抗污染，且依靠目前的高性能CPU进行角度解算能够满足高频率控制的要求，但精度远不如光电编码器。国外目前虽已有高精度的磁电编码器系统，但对我国实施技术封锁，因此自主研制高精度磁电编码器是一个具有现实意义的科学问题。
另一方面，任何在伺服系统中的位移传感器都必然带有通讯和解码运算电路及其所需的电缆，考虑到航空航天所需的伺服系统需经常运行于恶劣工况环境，电路及电缆会非常容易受到类似于高温、潮湿、强电磁干扰等环境因素的影响，有可能会破坏传感器的正常运行，进而导致系统崩溃。为解决这一问题，目前在国内外，对伺服电机的无传感器控制的研究都成为了研究热点，但目前仍没有在伺服系统全运行阶段都表现良好的无传感器控制方法。
从上文可以看出，如何在保证磁电编码器体积小、抗污染、高频率等优势的前提下提高其精度进而提高整个伺服系统的控制精度和控制频率，同时通过优化电机结构，并结合有传感器控制及无传感器控制使其优势互补，提高伺服系统的容错率和可靠性，是具有重要科学意义及工程应用价值的。
研究内容：
（1） 拟设计单对极磁电编码器与多对极磁钢组合式高精度编码器，即在单对极编码器的基础上增设了一个多对极磁场信号源即多对极磁钢。当组合式编码器工作时，单对极磁钢旋转360°机械角度使相对应的霍尔元件产生一个完整的正弦信号。多对极磁钢每一对磁极都会在对应的机械角度范围内令相对应的霍尔元件产生一个完整的正弦信号，通过对霍尔信号进行反正切计算，可将该信号解算为0-360°的角度值，即相当于将磁钢旋转0-120°的机械角度扩大到了0-360°范围。综合单对极和多对极磁钢对应的霍尔元件信号，通过信号解算，实现电机轴角位置的精确反馈。
（2） 建立永磁同步电机模型，并设计状态观测器；基于状态观测器设计无传感器算法，通过测定电机运转时的定子电流和定子电压来计算当前电机轴位置并将其反馈回伺服控制系统中；同时设计算法实现有传感器控制和无传感器控制的平滑转换，最终实现在传感器可用时使用传感器控制，传感器出现失灵时自动切换到无传感器控制保证系统继续运行的高可靠性伺服系统

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

上海航天有线电厂有限公司

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	何广华	招生人数	1		
------	-----	------	---	--	--

2017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： “海上隐形衣” 及其对波漂移力低减效果的研究 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 1) 选题背景及意义 鉴于陆上和浅海区域的油气资源正在逐渐枯竭，深远海油气资源的开发和利用将是缓解国家当前严峻的能源安全形势的必然趋势。深海油气资源的开发所面临的更加恶劣的海洋环境条件，对海洋工程结构的设计强度和安全作业提出了更高的要求。随着人类的活动全面进入海洋时代，浮式海洋工程结构物被广泛用于像油气开发等海洋资源和海洋空间利用上。降低海上建筑物的造价和提高生产作业的安全成为迫切需要解决的工程实际问题。 波浪荷载是海上建筑物所受的最主要荷载之一。各类海洋工程结构物事故频发和海上建筑物的造价升高，大都是由于大幅波浪等恶劣海洋环境引起的。目前人们主要着眼于：通过改变海上建筑物的水动力特性，提高结构强度和安全系数来确保海上建筑物的安全。但是，海上建筑物仍然置身于恶劣海洋环境中这一事实并没有改变。如何从根本上降低对海上建筑物结构强度的要求呢？本项目提出了一个全新的理念——通过在海上建筑物周围架设“海上防护衣” (cloaking)，来给海上建筑物提供一个低波漂移力或零波漂移力的“平静港湾”，从而从根本上实现这一目标。 综上，本课题拟研究一种全新的防护技术方法——多浮体之间的波浪相互干涉效应和群遮效应，来实现对海上建筑物的隐形防护。利用该技术方法可以在降低海上建筑物的成本和缩短生产作业周期的同时，实现海洋开发利用的节能、节材、和绿色环保。这一新方法也可用来解决海洋工程装备和海上建筑物行业的一个共通的关键难题——大波浪荷载引起的结构破坏和造价推高。 2) 研究内容简介 正如光波一样，当光绕过物体，就能实现对物体的隐形；水波作为一种波，具有波的一些特性。“海上防护衣”是利用水波在外围浮体群之间（隐形衣）的相互干涉所引起的一种群遮效应，来实现在某一特定频率入射波达到完美零波漂移力的作用。通过调整隐形域的大小，可实现对隐形波频段的控制，从而可以使之适用于不同海域的海况。 本课题拟研发一套海洋工程防护装备——“海上防护衣”。该课题研究以数值模拟为主，以物理模型试验为辅。首先从理论上证实并确认：波浪相互干涉引起的群遮效应对结构物具有较好的防护作用；并同时开展相应的物理模型试验并与理论研究与进行相互验证。拟基于波浪相互干涉理论，采用高阶边界元数值方法进行求解；建立精确的浮体群相互干涉作用的三维分析求解方法；开发各影响参数对隐形效果的影响规律的数值分析模型。
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况 1) 2016. 01-2018. 12，国家自然科学基金青年基金：“海上隐形衣” 及其对波漂移力低减效果的研究（11502059），24万元，主持。 2) 2016. 01-2019. 12，国家自然科学基金面上项目：舰船破浪中的强非线性砰击与颤振响应的耦合分析（51579058），75. 04万元，主持。 3) 2015. 01-2016. 12，威海市科技发展计划项目：“海上隐形衣” 的研究与开发(2014DXGJ10)，7万元，主持。 4) 2015. 06-2017. 05，大连理工大学海岸和近海工程国家重点实验室开放基金：海上结构物的Cloaking隐形防护技法研究（LP1513），4万元，主持。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	侯珍秀	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 航天机电一体化技术

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

1. 意义

针对某一领域的非标装置进行设计。本装置用于国防第一线，具有重要的现实意义。

2. 研究内容

首先，要对此领域的非标装置进行设计，在此基础上要对此装置进行运动学、动力学、优化设计及各种试验研究。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

海量轻小目标快速连续精确释放装置研究200/200

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： 建立聚碳酸酯板材高、中温屈服准则和本构模型

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

聚碳酸酯（Polycarbonate，缩写为PC）是一种综合性能优异的热塑性材料，其力学性能与一般金属十分相似，其透光率一般高达90%左右，和玻璃的透光率相同，故被誉为“透明金属”，同时，还拥有“热塑性之冠”的美称。

根据发达国家数据统计，PC在电子、电气、汽车制造业中使用比例高达40%~50%，而目前中国在该领域的使用比例只有10%左右，故未来中国这些领域对聚碳酸酯的需求量将更加巨大。据专家统计，未来10年内新型的PC汽车车窗将形成50-60亿美元的市场。

此外，在航空航天、保安及国防军工等领域中，PC制品的应用也越来越多，如我国歼-10、歼-11战斗机的PC前风挡玻璃及其活动舱盖、美国F-16、22战斗机的气泡式整体座舱盖。据统计，仅一架波音飞机上所用的聚碳酸酯部件就达2500个，单机消耗聚碳酸酯约2吨。

目前，我国汽车行业还没有开始进行用PC材质的车窗和车壳体来代替传统材料的开发研究工作。

对于此类厚壁大尺寸复杂形面PC制品多采用热成形方法加工，但废品率较高。我国2011年1月试飞的歼-20的气泡式整体座舱盖在废品率居高不下的情况下，其外形也只有90%与F-22相似。外形误差不但极大地降低了飞机的空气动力学性能，同时还会影响座舱盖的技术指标（如透光率、应力、应变、银纹等）。这些都会使飞机的整体性能显著下降并降低其使用可靠性。

造成这些现象的原因从宏观上来看，是由于聚碳酸酯材料在玻璃态温度附近的应力状态（包括屈服应力）呈现出很强的应变速率强化与应变强化共同依存的特点，及其结构对温度、保温时间、升温速度、受力状态（单向、双向或三向受力）等工艺参数极为敏感的结果。

不同加工工艺参数的组合既影响着制品的成形性能，同时又影响着其使用性能。因此，进行不同被加工PC制品热成形过程中各参数最优组合、成形机理、高温本构模型以及不同工艺参数组合对其质量影响规律进行数值模拟等内容的研究，可以快速、准确地预测毛坯形状和各工艺参数对制品质量的影响规律，并为模具设计提供重要的参考依据。

这样既能大大缩短实验时间，减少人力、物力、财力，又能科学、准确、快速地提高产品市场竞争力，对促进我国汽车、飞机上PC制件设计能力的提高具有重要意义。

2主要研究内容

当加工结构不同或厚度不同的PC板材制品时，各项工艺参数（温度、保温时间、受力状态、保压时间等）都必须跟着改变，因为任一个参数的改变，都相当于几个其他工艺参数同时发生变化（这也是高分子材料加工的共有难点）。

因此，针对厚壁大尺寸复杂形面PC制品热成形设计中的多学科、多参数、多约束的复杂系统优化中遇到的问题进行分析，采用试验研究、机理分析、高温本构模型建立以及不同工艺参数组合对其质量影响规律的数值模拟等研究内容相并行的研究方法，得出PC材料在热成形过程的成形机理及通过高温薄壁管复合加载实验和拉伸实验，获得双拉应力、单应力状态下该材料的热力参数，建立能反映PC材料在温度、应变速率、应变变量及应力不同组合下的高温屈服准则和本构模型。

作为应用实例，拟利用该模型对飞机PC前挡风玻璃热成形过程进行实验与数值模拟对比研究。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

（1）聚碳酸酯（PC）大尺寸复杂形面制件热成形及其机理的研究
国家自然科学基金 29/29

（2）聚碳酸酯（PC）大尺寸复杂形面热真空成形关键技术及其机理研究
省自然科学基金重点 20/20

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	黄文涛	招生人数	1		
------	-----	------	---	--	--

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： 滚动轴承局部缺陷及其扩展的激励机理与特征提取方法研究

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

滚动轴承作为重大装备和主机产品的关键基础件，广泛用于航空航天、轨道交通、风电设备、海洋工程等领域，滚动轴承局部缺陷及其扩展的激励机理与特征提取研究已经成为机械故障诊断领域的基础性关键问题，引起国内外学者广泛关注。本项目提出滚动轴承多参数复合函数缺陷形貌表征模型，构建滚动轴承局部缺陷振动的多变量激励函数，研究轴承间隙、滚动体滑动、载荷和转速等对缺陷诱发的振动响应特性的影响规律，研究时变位移激励和时变接触刚度激励耦合的滚动轴承局部缺陷及其扩展的动力学模型，揭示滚动轴承局部缺陷及其扩展的形貌特征演变的动态激励机理。研究基于多共振成分可调小波基函数、多品质因子构造、多参数全局优化方法相结合的共振稀疏分解特征提取方法，实现滚动轴承动态响应信号微弱耦合特征信息的有效提取，并进行实验研究与工程应用。为滚动轴承的故障诊断和状态监测提供基础理论和关键技术，具有重要的学术研究和工程应用价值。本研究方向的主要内容包括：

（1）滚动轴承局部缺陷及其扩展的轮廓形貌特征的振动响应激励机理

a) 研究滚动体与典型局部缺陷（裂纹、点蚀、凹坑、剥落）及其扩展缺陷的不同接触模式，并结合缺陷边缘形貌特征在轴承运转过程的动态演化，研究基于多参数复合函数的局部缺陷及其扩展表面轮廓形貌的表征模型。

b) 研究不同形状、尺寸的局部缺陷及其扩展的激励振动响应的波形特征，建立滚动轴承局部缺陷激励振动的多变量激励函数，揭示滚动轴承局部缺陷及其扩展的振动响应激励机理。

（2）滚动轴承局部缺陷及其扩展的耦合激励动力学模型

a) 根据滚动体与局部缺陷边缘之间的接触轨迹、相位及尺寸比值关系，建立时变位移激励和时变接触刚度激励耦合的滚动轴承局部缺陷动力学模型。

b) 研究轴承间隙、滚动体滑动、载荷（径向和轴向）和转速等因素对缺陷诱发的振动响应特性的影响规律，探求影响缺陷激励振动信号幅值预测精度的关键因素。

c) 根据滚动体在进入、离开扩展缺陷边缘时的不同接触模式和路径变化情况，建立扩展缺陷诱发的激励响应动力学模型，揭示滚动轴承扩展缺陷形貌特征演变的动态激励机理。

（3）缺陷激励振动信号分离与多共振成分可调小波基函数的构建

a) 滚动轴承实际工作中恶劣运行环境的影响将使局部缺陷及其扩展缺陷的振动信号混杂较强的背景噪声，需要研究信号共振稀疏分解方法与消噪技术、信号增强技术相结合，实现从低信噪比的振动耦合信号中有效分离微弱冲击故障信号分量。

b) 针对现有信号共振稀疏分解方法只能对两个共振成分进行分解的局限，研究具有不同品质因子的小波基函数构造方法，自适应构造与缺陷激励振动信号分量特征相匹配的多共振成分可调小波基函数。

（4）振动信号分量的多品质因子构造与多参数全局优化共振稀疏分解方法

a) 依据多共振可调小波基函数与滚动轴承局部缺陷振动信号不同信号分量的对应关系，针对滚动轴承不同缺陷类型激励产生的信号分量特征，构建不同的品质因子对信号分量的核心特征参数进行刻画，实现对耦合故障振动信号的有效分离。

b) 在确定多品质因子的基础上，建立共振稀疏分解参数与缺陷激励振动信号特征之间的对应关系，建立共振稀疏分解多分量目标函数表达式，研究共振稀疏分解目标函数的多参数全局优化方法，以实现滚动轴承缺陷激励信号的微弱耦合特征的有效提取。

（5）滚动轴承局部缺陷及其扩展缺陷的实验研究和工程应用

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家自然科学基金项目（51175102），中央高校基本科研业务费专项资金资助（项目资助编号：HIT.NSRIF.201638）

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	姜洪源	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

2017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： 苛刻环境下金属橡胶构件可靠性研究 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 选题背景目的意义： 金属橡胶作为一种弹性多孔材料，主要为了满足国防用空间飞行器上的特殊需要，解决高低温、大温差、高压、高真空及剧烈振动等环境下的密封、减振、过滤等疑难问题而提出的。由于金属橡胶产品是以金属丝为原材料，不含有任何普通橡胶，但却具有橡胶一样的弹性和多孔性，因此具有耐高低温、大温差、耐腐蚀、不老化、使用和储存寿命长等特点，在航空航天和国防武器装备等特种环境下表现出的优良性能是其它材料产品所无法比拟的。由金属橡胶制成的结构件在苛刻条件（高低温、大温差、超高真空）下仍然具有十分优良的性能，是传统橡胶件的最佳替代品，我国空军武器装备、导弹和航天器对金属橡胶构件有十分迫切的需求。 课题的研究目标是以前期研究成果和技术储备为基础，以满足某型号的具体应用为背景，以利用金属橡胶构件解决我国苛刻环境下存在的瓶颈问题为目的。课题的研究成果为金属橡胶构件的设计及工程应用提供参考，而且将为金属橡胶在国防武器装备中的应用提供技术支持，进一步提高国防武器装备的可靠性。 研究内容 1. 金属橡胶构件的疲劳寿命研究 以某型号用金属橡胶隔振器为研究对象，开展随机振动环境下金属橡胶隔振器寿命预测及其相关实验研究，分析金属丝直径、相对密度以及预变形量对金属橡胶疲劳寿命的影响，建立各主要影响因素的相互关系，探索金属橡胶隔振器主要失效形式，建立寿命预测计算式。通过研究，对金属橡胶构件形成一系列的理论研究结果，为金属橡胶构件的实际应用，奠定坚实的理论基础。 2. 苛刻环境下金属橡胶构件的实验研究及性能分析 针对某型号的具体需求，课题研究中拟对开发研制的样件进行苛刻环境系统实验研究，验证理论研究和结构设计的正确性，掌握其刚度和阻尼系数的一般规律，研究其本构方程，为工程应用提供依据。 3. 金属橡胶构件失效模式及可靠性研究 分析确定金属橡胶构件高、低温 / 大温差等工况下不同应力条件可能出现的主要失效模式，研究其本构关系，建立相应的计算模型和设计准则；推导出满足不同工作环境温度要求的金属橡胶构件寿命计算式，建立基于工作环境温度的金属橡胶构件可靠度模型、可靠度函数及失效率估计方法，提出基于非线性灰色系统理论预测材料预知寿命方法；推导环境因子加速寿命公式，为工程应用提供依据。 4. 金属橡胶构件复杂工况下性能评价指标体系和评价方法的研究。 通过对构件失效模式和机理的分析研究，确定反映失效机理的性能参数，建立各主要参数之间的内在联系，制定复杂工况下性能评价指标体系。针对构件不同用途，确定各性能评价指标对使用寿命影响权重；采用指数寿命可靠性评估法和回归分析评估法，制定相应判据，建立基于主要评价指标的评价方法。
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况 空军装备预研项目：XXXX金属橡胶密封件结构设计与可靠性研究

2017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： 基于诱导电荷电渗进行机器磨损监测的微流控研究 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 1. 研究背景与意义 随着微纳米加工技术的快速发展，在微纳尺度范围内进行流体研究的需求日益迫切，它能帮助人类从更小尺度的研究对象出发，深度剖析流体运动中的基本规律。溶液中微纳米颗粒的精确操纵便是微流控研究中的一项核心内容，它不能依托传统宏观操作来实现，所以极具挑战性。目前，多种方法可用于微纳米粒子的操控研究，其中基于电场机制的颗粒控制技术是一种非常有效的手段。诱导电荷电渗技术是基于电场机制操纵颗粒的最新技术（2015年申请人最先提出），它可以对颗粒产生无接触式的精确操作，因此不会破坏颗粒本身的基本性质。以诱导电荷电渗为基础，通过监测机器运行时润滑油中的微纳米磨损脱落的规律，进而实时反映机器的健康状态具有重要的应用价值。 2. 主要研究内容 (a) 交流电场与导体微纳米粒子诱导偶极矩的相互作用机理研究 揭示交流电场操纵导体微纳米粒子的内部机理，明确交流电场与导体粒子诱导偶极矩之间的相互作用关系，为此拟对如下内容进行详细研究：揭示导体微纳米粒子与溶液界面区双电层的极化机理及其充电规律；设置相应的边界条件，求解PNP方程，获得导体微纳米粒子的诱导偶极矩；揭示导体微纳米粒子表面诱导偶极矩与电场之间的相互作用机理；掌握导体微纳米粒子表面诱导电荷电渗的形成机理及分布规律；研究材料性质、表面粗糙度、壁面摩擦力、交流电渗等因素对导体粒子运动的主要影响；推导诱导电荷电渗和诱导电荷电泳的运动速度公式。 (b) 诱导电荷电渗进行多尺度微纳米颗粒聚集的基础试验研究 为验证理论研究的正确性，搭建诱导电荷电渗试验用微流控芯片平台，开展相关试验研究，通过对不同尺度颗粒在诱导电荷电渗作用下的运动规律分析，提出该平台所适用的操作对象尺度范围及最佳试验条件，为后续应用研究奠定基础。 (c) 诱导电荷电渗进行颗粒提纯的优化设计研究 颗粒的快速聚集及提纯是对其含量进行监测的首要条件，以上述理论及基础试验研究为依据，设计流动式颗粒快速提纯微流控芯片，并对结构的提纯效果、提纯效率等参数进行优化设计，为应用研究提供技术支持。 (d) 基于诱导电荷电渗进行机器磨损监测的微流控芯片研究 选取多款超精密仪器的润滑系统为研究对象，通过定时对其润滑油中的磨损微纳米颗粒进行连续性提纯分析，反映机器的运行健康状态，为大型贵重仪器的日常维护提供保证，同时降低仪器的失效风险，提高运行安全性。
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况 国家自然科学基金面上项目：基于交流电热的低浓度抗体快速检测机理及实验研究

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	姜洪洲	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 水生动物高效游动机理研究

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

人们对水生动物游动效率的关注，最早可以追溯到上世纪三十年代英国生物学家Gray 提出的海豚游动效率的悖论，也称格雷谜题或格雷疑题：海豚在稳定游动时肌肉所消耗的能量仅仅是以相同速度拖动刚体海豚模型所需能量的七分之一。Gray认为活海豚必然存在着很重要的减阻机制有待揭示。多年来学者们从边界层流动控制、鱼体表面粘液的减阻作用、鱼体表皮的柔顺减阻作用等方面进行减阻机理研究，但仍无法解开格雷谜题。一些科学家，如Fish等，发现Gray的计算存在缺陷，因此认为格雷谜题并不存在。另一些科学家则宣称解开了格雷谜题。据科学日报报道，Wei采用PIV设备重新测量了海豚的肌肉力量，发现海豚确实能够产生足够的力克服游动阻力。对格雷谜题的探索促使仿生机器鱼的研究迅速发展。然而，格雷谜题仍然悬而未决。正如Nagai所说，只有当我们制造出与鱼类具有同样游动能力的机器鱼时才能彻底解决格雷谜题。

几十年来，科学家在格雷谜题的引领下，对水生动物的高效游动机理进行了孜孜不倦的探索。回顾科学发展史，许多学科都是在突破各种谜题和悖论的过程中逐渐发展完善起来的。本研究试图突破“外部减阻”的传统视角，从“内部减阻”这一新的角度重新审视问题。水生动物的“内部减阻”机制是否源于“共振利用”与“振动模式优化”，则是本研究要着手解决的核心科学问题。因此，为了揭示水生动物“内部减阻”机制，必须通过本项研究解决以下几个关键科学问题：（1）柔性鱼体刚度分布优化：根据Lighthill大摆幅细长体理论可知，鱼体的水动力学效率主要取决于柔性鱼体的鱼体波参数，如鱼体波包络线、波速和尾部末端的最大攻角等。如果把柔性鱼体当做流体环境下的弹性梁来看待，则鱼体波参数完全取决于鱼体的刚度和阻尼分布。因此，必然存在某种刚度与阻尼分布，对应最优的振动模式，使得此种条件下的柔性鱼体所获得水动力学效率最佳。（2）柔性鱼体静液压力骨骼变刚度机理：虽然理论上和生物观测证据显示，鱼类通过静液压力原理实现身体刚度调整，但我们仍需在理论与实验方面开展大量的工作。

主要研究内容包括：（1）基于静液压力骨骼的柔性鱼体变刚度机理。结合流体力学与弹性梁理论，建立柔性仿生机器鱼的静水游动模型，分析柔性鱼体中后部局部刚度变化对柔性鱼体模态频率和游动特性的影响；建立包含静液压力容腔的变刚度柔性机器鱼静水游动模型，获得容腔压力变化与柔性鱼体模态频率和游动特性之间的定量关系，揭示气液压力调节变刚度机理；以运输效率为优化目标，对基于静液压力原理的变刚度柔性仿生机器鱼的主要设计参数（如容腔形状、大小和位置）进行优化设计；研制基于气液压力调节的柔性仿生鱼体原型，测试不同压力下游动特性与驱动频率的关系，对变刚度原理进行实验验证。（2）柔性鱼体刚度分布优化设计与实验。以最低能耗（单位能量运输单位质量所产生的最大运输距离）或最大游动步长（每个摆动周期最大游动距离）为优化目标，对柔性鱼体的外形、整体或局部身体刚度与阻尼、驱动位置等进行仿真优化；建立包含静液压力容腔阵列的柔性机器鱼静水游动模型，分析容腔阵列数量、各个容腔压力变化与柔性鱼体刚度之间的关系，得到对应于刚度优化分布的容腔阵列压力分布；研制几种具有不同容腔阵列数的柔性仿生鱼原型，按照刚度优化分布原则设置容腔压力，测试驱动频率与游动特性之间的定量关系，验证刚度分布优化设计的效果。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

本课题依托国家自然科学基金面上项目：基于超冗余串并联机构的变刚度仿生摆动推进装置机理及其关键技术研究（51275127）

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： 基于动量反作用推进原理的仿生机器鱼自激谐振控制研究

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

麻省理工大学的Alvarado博士采用粘弹性材料研制了一种柔性仿生机器鱼，通过在鱼体的特定位置布置驱动器形成正弦激励，激起柔性鱼体的振动模态，从而利用该振动模态产生摆动推进。这种基于连续柔性体的机器鱼，游动自然平滑，结构简单可靠。尤其是，当驱动器驱动频率与鱼体身体的自然频率接近时，此种机器鱼游动速度能够达到最大，效率达到最高，因此得到学界广泛关注。

然而，该种机器鱼存在以下问题需要解决：（1）摆动驱动器的机械效率不高。Alvarado研制的柔性机器鱼采用电机带动柔索驱动，电机机械传递效率仍然极低，最大只能达到0.55%。为了摆脱驱动功率的限制，急需寻找一种新的高效的摆动驱动方式。（2）摆动驱动频率与柔性鱼体的固有频率匹配不佳。如果保持驱动力矩不变，柔性仿生机器鱼的游动速度与效率只有在固有频率处才会达到最大值。因此，如果驱动频率与鱼体固有频率不匹配，则无法发挥柔性仿生机器鱼的最大游动能力。这就要求驱动器要有较高的频率分辨率。考虑到柔性鱼体的非线性特性，即随着鱼尾摆动幅度的增加，鱼体的模态频率和模态阻尼比也会随之改变。另外，对于变刚度柔性仿生机器鱼来说，刚度变化必然导致鱼体固有频率也发生相应变化，这就要求摆动驱动器的驱动频率能够自动与鱼体固有频率匹配，从而使得游动能力达到最佳状态。

为了解决以上两个问题本课题提出以下方案：（1）采用动量反作用原理（动量交换执行机构，包括对称双偏心轮和陀螺力矩器）代替传统的电机柔索牵引驱动实现柔性鱼体的摆动驱动，试图探索一种柔性鱼体新的高效驱动方式；（2）利用非线性振动系统的自同步原理，实现驱动频率与谐振频率的精确匹配。自激振动有别于保守系统中的自然振动、受周期性信号驱动的强迫振动以及参数振动，是动态系统在不受任何外部交替信号影响下自发产生的持续的周期性运动。它广泛存在于自然界和工程领域，如心脏跳动、柔性结构的涡街谐振、蒸汽机、气动凿岩机等。柔性鱼体与流体环境组成了复杂的非线性振动系统，本研究拟在基于动量反作用原理的摆动推进装置的基础上开展柔性鱼体自激振动研究，希望不借助任何传感器反馈机制形成自激振动。考虑到柔性仿生机器鱼本身也是非线性振动系统，我们有理由相信可以借助自同步振动机的“频率俘获原理”实现柔性仿生机器鱼的驱动频率与鱼体自振频率的精确匹配。

课题主要研究内容：分别针对两种动量交换执行机构，包括对称双偏心轮和陀螺力矩器，建立基于动量反作用原理的柔性仿生机器鱼游动模型，游动模式包括鳗鲡科、鲛科和鲈科，分析动量交换执行机构的主要参数如驱动扭矩（由飞轮质量、转动惯量、偏心距和转速决定）、驱动位置与柔性鱼体游动模式和性能之间的关系；本研究中对称双偏心轮伺服电机的控制模式为速度控制模式；进行基于动量反作用原理的柔性仿生机器鱼的优化设计；研制基于动量反作用原理的柔性仿生机器鱼原型进行游动性能原理验证，并测试动量交换执行机构的效率，并与电机柔索驱动方式进行比较，考察该驱动方式的节能效果。在对称双偏心轮驱动的柔性仿生鱼的游动模型基础上，分析并确定其产生自激振动的频率捕获条件和稳定运行条件；本研究中对称双偏心轮伺服电机的控制模式为力矩控制模式；研制自激振动驱动的柔性仿生机器鱼原型，验证其驱动频率与模态频率的自动匹配原理。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

本课题依托国家自然科学基金面上项目：基于超冗余串并联机构的变刚度仿生摆动推进装置机理及其关键技术研究（51275127）

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	姜继海	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 液压传动基础理论及应用研究-变量斜轴柱塞泵基础性研究

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

轴向柱塞泵具有压力大、流量大等特点，随所用工作介质的不同其粘度变化很大，所以泄漏是影响轴向柱塞泵特性的主要因素。泄漏会引起液压系统容积效率急剧下降，达不到所需要的工作压力，使液压系统无法正常工作，造成严重后果。为减少泄漏，必须采取有效措施。

课题以液轴向柱塞泵为研究对象，主要研究现有配对摩擦副之间密封装置的密封机理及影响密封性能的主要因素，以寻求更为合理的密封结构及结构尺寸等技术参数。主要研究内容包括：

(1) 分析轴向柱塞泵特有的运动学规律和动力学特性，以及相关密封装置的密封机理；

(2) 进行轴向柱塞泵的泄漏分析，对零件的加工精度、装配精度、污染因素、磨损因素等方面进行详尽的分析研究，从而找出产生泄漏的根本原因；

(3) 对轴向柱塞泵的关键摩擦副的密封结构与润滑系统进行设计探讨，完成柱塞副的密封结构设计，包括密封方案和密封件的选取；

(4) 针对轴向柱塞泵的柱塞副提出了新的配合偶件材料，有效降低柱塞副的磨损，提高柱塞副密封可靠性和寿命；

(5) 对密封结构进行改进和优化设计，并通过试验验证新结构的密封性能。

参考文献

[1] 姜继海. 液压传动[M]. 哈尔滨：哈尔滨工业出版社，2007.

[2] 桂兴春. 收割机制动器密封能的仿真与实验研究[D]. 哈尔滨：哈尔滨工程大学，2010.

[3] 王彬, 周华, 叶志锋. 燃油柱塞泵配流机构泄漏模型[J]. 南京航空航天大学学报, 2011(4)：172-177.

[4] 王彬, 周华, 叶志锋. 柱塞泵分油盘密封区流场数值分析[J]. 机床与液压, 2011(8)：9-12.

[5] 杨俭, 方宇, 尧辉明. 柱塞密封流体动力学特性研究[J]. 密封与润滑, 2008(9)：10-12.

[6] 黄米梅. 液压气动密封与泄漏防治[M]. 北京：机械工业出版社，2003.

[7] 刘谦. 斜轴式海水柱塞泵的研制及可靠性分析[D]. 武汉：华中科技大学，2009.

[8] 胡志威. 全水润滑斜轴式海水柱塞泵可靠性研究[D]. 武汉：华中科技大学，2011.

[9] 夏熹微. 径向柱塞水泵润滑及密封结构的分析与研究[D]. 武汉：武汉理工大学，2012.

[10] 张良. 微型超高压单柱塞泵密封和气穴特性研究[D]. 杭州：浙江大学，2011.

[11] 刘少杰. ACF-70B型压裂车柱塞泵柱塞室密封系统的改进[J]. 机械研究与应用, 2008(2)：58-59.

[12] 寿涛. 柱塞式无泄漏数显计量泵的试验研究[D]. 杭州：浙江工业大学，2007.

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（项目编号：51275123），高速高压轴向柱塞泵的多场耦合理论研究，经费额度：84万元；
国家科技支撑计划项目（项目编号：2014BAF08B06），50吨及以上挖掘机成套液压系统研制和应用示范；经费额度：102万元

2017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： 液压传动基础理论及应用研究

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

锥阀是可移动的锥形阀芯对流体流过截面进行控制的阀，是液压系统中重要元件之一，广泛应用于单向阀、溢流阀、减压阀等各种液压阀中。锥阀在工作过程中，流体在其中的流动情况是十分复杂的，当流体流经锥阀阀口时，其动量、方向、流速都在改变，必然影响到其内部压力的变化，引起气穴现象的发生，影响到阀的稳定性进而影响到工作装置的稳定性。为提高锥阀性能，增强其稳定性，对锥阀进行深入研究是十分必要的。

课题以液压锥阀为研究对象，主要研究锥阀流道内流体的流动形态，寻求优化锥阀流道结构，降低气穴产生强度，同时研究锥阀内气穴气泡发光机理。主要研究内容包括：

(1) 分析阀流道流场形态，优化阀流道结构，降低阀流道内的局部压降情况，为抑制锥阀气穴提供必要的理论参考；

(2) 选定合理的参数与目标函数，以降低锥阀阀口气穴强度为目标对锥阀阀芯结构进行优化设计；

(3) 研究气穴产生后阀流道内流体的温度变化，找出气穴对流体温度影响的数学表达式，为气穴热力学效应的研究提供理论支持；

(4) 在气穴现象生成的气泡初生、发展、溃灭的整个过程中，最为复杂及神秘的物理现象是气泡的发光现象，研究锥阀气穴气泡发光机理，找出气泡在锥阀中发光条件，并研究发光现象对锥阀性能的影响。

参考文献

- [1] 张婧，王基生，张俊俊，等. 基于ADINA的液压锥阀流场解析[J]. 西南科技大学学报，2014，29(1):70-73.
- [2] 付文智，李明哲，李东平，等. 液压锥阀的数值模拟[J]. 机床与液压，2004，(2):44-46.
- [3] 王京涛，吴张永，岑顺锋，等. 基于ANSYS的液压锥阀流场分析及结构优化[J]. 机床与液压，2011，39(13):128-130.
- [4] 郑淑娟，权龙，陈青. 阀芯运动过程液压锥阀流场的CFD计算与分析[J]. 农业机械学报，2007，38(1):168-172.
- [5] 杨国来，司国雷，张世毅，等. 用ANSYS对海、淡水液压锥阀的流场解析[J]. 液压与气动，2004，(12):23-24.
- [6] 朱碧海，刘银水，李壮云，等. 水压节流阀口流量特性的实验研究及水压节流阀的研制[J]. 机床与液压，2004，(5):63-65.
- [7] 王新华，王思民，温燕杰，等. 水压比例节流阀的稳态特性仿真分析[J]. 机床与液压，2009，37(10):86-89.
- [8] Zhang J., Kong X D, Zhang Y F. Research on the Factors that Affect the Throttling Mouth Flow Coefficient of Spool Valve[C]. Proceedings of the 2011 International Conference on Fluid Power and Mechatronics, Beijing, 2011.
- [9] Zhu B H, Zhang T H, Huang Y. Experimental Investigations of Cavitation Effects on Flow Characteristics of Small Orifices and Valves in Water Hydraulics [J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2002, 15(4):380-384.
- [10] 王国玉，曹树良，井小萩利明. 剪切层区域旋涡空化的发生机理[J]. 清华大学学报(自然科学版)，2001，41(10):62-64.
- [11] 周定伟，刘登瀛. 液体空化对沸腾传热影响的实验及机理研究[J]. 西安交通大学学报，2002，36(5):491-494.
- [12] 应崇福，宇安. 声空化气泡内部的高温和高压分布[J]. 中国科学(A辑)，2002，32(4):305-313.
- [13] Zhou D W, Liu D Y, Hu X G, et al. Effect of Acoustic Cavitation on Boiling Heat Transfer[J]. Experimental Thermal and Fluid Science, 2002, 26(8):931-938.
- [14] Margulis M A, Margulis I M. Luminescence Mechanism of Acoustic and Laser-induced Cavitation[J]. Acoustical Physics, 2006, 52(3):283-292.

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（项目编号：51275123），高速高压轴向柱塞泵的多场耦合理论研究，经费额度：84万元；
国家科技支撑计划项目（项目编号：2014BAF08B06），50吨及以上挖掘机成套液压系统研制和应用示范；经费
额度：102万元

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	姜力	招生人数	2		
------	----	------	---	--	--

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： 智能假肢的生机双链协同控制研究

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

智能假肢是典型的生机电一体化系统。作为生机电一体化系统的核心组成单元，生机接口实现生物体与机电装置的物理集成和功能集成，决定了生机电一体化系统的整体性能。从国内外研究情况来看，具有双向信息通讯能力的生机接口成为发展趋势，即生物体神经系统控制机电装置，同时机电装置的工作状态能够反馈给神经系统。因此，基于假肢内部传感器的自主控制与基于双向生机接口的生物控制形成了生机电一体化的双闭环系统，如何实现人体与假肢的自然交互和共融成为主要问题，是智能假肢走向实际应用的关键所在，具有重要的理论价值和科学意义。

主要研究内容包括：（1）双向生机接口中感知通道和控制通道的集成化设计；（2）基于多传感信息融合的假肢自主控制方法研究；（3）双闭环系统中生机双链的协同控制方法研究。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

该选题依托于国家973计划课题“操作感知一体化灵巧假肢设计制造与性能评估”。

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： 多机械臂/手系统的自主灵巧操作研究

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

具有仿人机械臂/多指灵巧手配置的多机器人系统是机器人仿人化和智能化的代表，在制造业、医疗康复、社会服务和特种环境应用等领域具有重要需求。美国把仿人化灵巧操作能力列为未来机器人用于制造业和服务业必须具备的能力之一，并且把末端执行器视为提升灵巧作业能力的关键。多自由度机械臂和多指灵巧手虽然研究历史较长，但是在工业、医疗和服务领域的应用很少，主要原因是多臂/手系统的自主式协同控制水平仍难以满足实际应用要求。本论文将开展多机械臂/手的自主式协同操作方法研究，以提升未来机器人在非结构环境中的精细作业能力。

主要研究内容包括：（1）基于触觉/力/位信息融合的未知对象几何/物理特性自动识别方法；（2）基于智能学习的盲环境下物体模型重构和自主行为规划方法；（3）多机械臂/手系统的多级运动协同和精准操作方法。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

该选题依托于国家973计划课题“操作感知一体化灵巧假肢设计制造与性能评估”。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	姜生元	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 双向解耦的回转冲击式超声波钻探器作动机理研究

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

在月球、火星以及其他外星体的探测任务中，钻探是获取地外天体土壤和岩石样本的有效方式。上世纪中叶，前苏联的Luna系列探测器采用月面无人钻探采样技术，实现了月球表层土壤的采样返回。美国好奇号漫游车成功着陆火星，并利用机械臂末端的钻探装置在不同地理位置先后三次钻取火星表面岩石样品，并开展了原位检测与分析。从前苏联的Luna系列到美国的好奇号，人类不断探索外星体极端环境下的钻探技术，寻求更便捷、更有效的采样方式。

美国喷气与推进实验室Jet Propulsion Laboratory（JPL）提出了基于压电驱动原理的冲击式超声波钻探器USDC（Ultrasonic/Sonic Driller/Corer）。利用压电换能器的一端产生纵向振动（几十千赫兹），通过自由质量驱动钻具高频振动（几百~几千赫兹），以达到破碎岩石的目的。与电磁电机驱动的传统钻探器相比，超声波钻探器具有结构简单、体积小、能耗低、所需钻压力小、无需润滑等特点。由于压电陶瓷耐温范围较宽（如锆钛酸铅陶瓷可耐受-140℃的低温及386℃的高温），超声波钻探器能够适应较宽的温度范围。因此，超声波钻探器可搭载在微小型着陆器或漫游车上，开展岩石的就位探测与分析。

由于仅有纵向冲击运动，随钻进深度的增大，冲击式超声波钻探器面临排屑困难的问题。本项目拟提出一种同时利用压电换能器两端振动，分别实现回转与冲击运动的超声波钻探器。该回转冲击式超声波钻探器既具有冲击式超声波钻探器的传统优势，又可依靠回转运动进行排屑，可为火星、小行星等地外天体岩石采样提供一种可行的技术参考。具体的研究内容如下：

- 1）回转冲击的振动能量匹配及传递特性研究
- 2）钻具与岩石高频冲击作用力学特性研究
- 3）回转冲击钻进主动环境适应控制策略研究
- 4）苛刻空间环境下的超声波钻探实验研究

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-基于可钻性在线辨识的星球钻取采样自主适应研究（No. 61403106）

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： 冲击式潜入器侵彻潜入力学行为及月壤剖面梯度挤密效应研究

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

从1996年至今，俄罗斯、欧空局、美国、日本等国家针对火星、木卫二、彗星、月球等地外天体星壤剖面开展了潜入式探测预先研究，拟利用飞行式弹道侵彻、接力式掘进、冲击式贯入等手段潜入到星壤剖面一定深度，实现星壤及其剖面特性参数的科学探测。相比于传统的钻进式探测方式，潜入式探测方式的潜入深度不受探测器构型尺度制约，潜入功率需求小；系统组成简单，潜入器质量小；可长期在轨工作，有效生命周期长。潜入式探测已经成为地外天体着陆地质勘查的新手段。潜入式探测的功能本质是通过月壤进行侵彻挤密或接力式运移实现潜入器的下潜动作，通过采集下潜过程中的负载反馈参数和运动参量，可实现月壤物理力学参数的科学探测；通过采集科学脐缆传感阵列的温度信息，可实现星表热流或星壤导热特性的推测与反演。针对如何潜得更深、如何获取更多探测数据等工程任务需求，轻小型/低功耗/高效能潜入器的新方案探索、潜入器与星壤剖面相互作用机理、潜入过程中科学探测方法等关键技术已成为近期的国际研究热点。

针对上述科学问题和国际发展趋势，本研究团队在承担我国探月工程三期“采样返回”基础研究和关键技术攻关任务的过程中，从2009年开始，并行开展了月壤剖面潜入式探测的预先研究探索，确立了冲击式潜入器这一研究方向。利用月壤剖面侵彻挤密的潜入原理，以冲击式潜入器的机构实现方案为研究主线，借鉴土工桩体理论和军工领域的弹体侵彻技术，将冲击力学、颗粒物质力学和离散元仿真等技术手段引入到冲击式潜入器的设计研究过程，研制了功能验证型原理样机，验证了月壤剖面冲击式潜入的可行性。传统的桩体力学已经建立了土壤的准静态失效模型，为地外天体冲击式潜入器的设计提供了理论参考，但以下差异需要密切关注：1) 月壤和土壤的本构差异较大，侵彻挤密机制不同。超高真空环境下的月壤为固体、气体两相体系，侵彻挤密过程中的液体相运移机制不再适用；2) 潜入器和桩体的功能目标不同，土体失效和相互作用力学模型不应等同。潜入器在较低的资源需求和较小的功耗代价下追求极限潜入能力，建筑桩体追求的是获得最大承载能力。

本研究课题以月壤剖面的冲击式潜入探测为工程背景，紧密结合月壤本构的特殊性，针对月壤剖面潜入器的优化设计和潜入能力拓展技术需求，以潜入器侵彻潜入过程中月壤剖面孔隙率的梯度型挤密效应及其挤密区月壤剖面的应力/应变扩散规律为科学问题，具体开展以下研究：

- 1) 月壤剖面特性及其梯度挤密效应影响因素研究
- 2) 侵彻体对月壤体冲击潜入作用力学模型研究
- 3) 冲击锤与侵彻体间的冲击传递特性研究
- 4) 基于梯度挤密效应的月壤颗粒流动特性可视化仿真研究
- 5) 冲击动力传递及侵彻体潜入特性实验研究

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

本课题依托于目前正在承担的国家自然科学基金项目“蠕动式掘进器潜入特性及原位月壤力学参数辨识方法研究51575122”和国家国际科技合作专项“月球采样取心钻具关键技术的联合研发, 2014DFR50250”

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	焦映厚	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

2017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：

- 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

以超超临界汽轮发电机组转子-轴承-密封系统为对象，应用转子动力学、非线性动力学、振荡流体力学和流体动力润滑理论等多学科理论与方法，综合考虑轴系密封结构各参数之间耦合关系和密封结构的类型，分析各种迷宫密封结构参数对密封腔内流场、速度和压力场分布影响规律；建立超超临界汽轮发电机组转子-轴承-密封系统的汽流激振力的表征方法、汽封力模型及轴系非线性动力学模型，分析密封结构型式和参数对轴系稳定性等动力学特性的影响规律；根据实验测试数据和理论分析，揭示汽流激振的非线性动力学演变规律及机理；研究多源耦合激励下超超临界汽轮发电机组轴系的非线性稳定性、失稳特征和模式、分岔规律和动力学响应等动态特性；揭示轴系产生汽流激振的机理及抑制措施，给出轴系密封结构的关键设计参数的选取准则，突破轴系密封动力学设计的关键技术难题，为我国超超临界汽轮发电机组的动力学设计提供可靠的理论基础和技术支撑。

（1）超超临界汽轮机转子-密封系统非线性密封力模型的建立及特性分析

- 1）基于三维振荡流体力学，提出新的迷宫密封结构的非线性密封力模型；
- 2）分析总体密封结构型式、节流间隙形状、间隙尺寸、涡流空腔形状、空腔尺寸、密封齿数、密封齿倾斜角度大小、介质特性、温度和压力条件、介质特性、偏心度等参数对轴系稳定性的影响规律；
- 3）研究迷宫密封与复杂非线性转子系统耦合后的系统稳定性计算方法及稳定性判据；
- 4）分析对比密封参数对其动力特性的影响变化规律；
- 5）对现有迷宫密封泄漏量计算方法进行分析，在实际工况参数下建立多齿数、非稳定和临界状态下迷宫密封流场的高精度计算方法。

（2）超超临界汽轮发电机组轴系新型密封系统的设计与分析

- 1）分析超超临界汽轮发电机组轴系密封结构的类型，设计其新型迷宫密封系统；
- 2）分析各种迷宫密封结构参数，如齿数、齿腔、间隙等，对密封腔内流场的分布影响规律；
- 3）分析密封不同部位（如转轴表面、齿尖间隙、齿腔内部等）的速度和压力场分布情况；
- 4）计算分析迷宫密封的不同结构、不同密封齿参数对其动特性的影响，优化新型迷宫密封结构的动力学特性，改进设计新型迷宫密封系统。

（3）超超临界汽轮机转子-密封系统汽流激振的非线性动力学演变规律及机理研究

- 1）建立超超临界汽轮机组轴系汽流激振力的表征方法及非线性动力学模型；
- 2）分析密封结构型式、可变几何参数（如间隙、齿高、齿距等）和转子结构形式对汽流激振的影响规律；
- 3）计算和分析发生汽流激振响应的非线性动力学特性；
- 4）根据实验测试数据和理论分析，揭示汽流激振的非线性动力学演变规律及机理，提出汽流激振的控制方法及抑制策略。

（4）超超临界汽轮发电机组转子-轴承-密封系统的非线性动力学建模及求解方法

- 1）建立超超临界汽轮发电机组轴系转子-轴承-密封系统的非线性动力学模型；
- 2）研究在非线性的油膜力和密封力耦合激励下超超临界汽轮发电机组轴系的动力学模型降维及求解方法；
- 3）研究在非线性的油膜力和密封力耦合激励下超超临界汽轮发电机组轴系的非线性稳定性、失稳特征和模式、分岔规律和动力学响应等动态特性；
- 4）提出超超临界汽轮发电机组轴系转子-轴承-密封系统的非线性动力学设计准则及故障控制策略。

（5）超超临界汽轮机转子-密封系统密封动力学特性的模拟实验研究

- 1）实验测试分析系统密封结构齿腔平均压力和脉动压力周向分布规律；
- 2）实验测试分析系统密封结构参数变化对流场分布和泄漏量影响规律；
- 3）实验测试分析系统密封结构参数变化对临界转速和密封效率的影响规律；
- 4）实验测试分析几种典型密封结构的刚度和阻尼动力系数。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家自然科学基金面上项目，超超临界汽轮发电机组密封系统失稳模式及非线性动力学演变规律的研究，研究经费：82万元。

2017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：

- 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

以重型燃气轮机组轴系转子-轴承系统为主要研究对象，应用转子动力学、非线性动力学、热力学、流体和固体力学等多学科理论与方法，综合考虑轴系的高维、非线性和强耦合的动力学特点，建立重型燃气轮机轴系非线性耦合动力学模型，对其动力学模型进行工程等效约化处理，求解燃气轮机轴系临界转速、不平衡响应、稳定性；分析结构、轴承、密封、通流和连接介面特性等关键设计和运行参数变化对轴系非线性稳定性、稳定裕度及失稳模式的灵敏性影响规律；开发重型燃气轮机拉杆转子轴系模拟实验台，实验验证燃气轮机轴系的动力学特性；采用优化设计理论和方法，以轴系稳定裕度为目标函数对其进行优化设计研究，给出机组轴系的设计和运行参数的选取准则，形成燃气轮机轴系动力学设计准则。开发重型燃气轮机轴系动力学设计软件，解决重型燃气轮机组轴系动力学设计关键技术问题。为重型燃气轮机组迈入数字化设计、保证机组的安全可靠运行提供技术支撑。

（1）重型燃气轮机轴系非线性耦合动力学建模及求解方法

- 1）典型燃气轮机组轴系微小间隙（级间和叶顶气固耦合不均匀密封、界面接触摩擦等）非线性耦合模型及表征方法；
- 2）重型燃气轮机轴系非线性耦合动力学关键设计与运行参数分析；
- 3）重型燃气轮机整个拉杆转子轴系非线性耦合综合动力学建模理论与方法；
- 4）燃气轮机轴系动力学模型工程等效约化、动力学降维及求解方法。

（2）重型燃气轮机轴系非线性耦合动力学特性分析

- 1）在建立燃气轮机整个拉杆转子轴系动力学模型的基础上，对其动力学模型进行工程等效约化处理，求解其轴系临界转速、不平衡响应、模态振型、失稳转速等动力学特性；
- 2）分析轴承、密封、支承布置和拉杆分布方式等关键设计参数对轴系临界转速及失稳转速的动力学特性影响规律；
- 3）分析不平衡量大小与位置、气动压力脉动、不同支承布置等对不平衡响应的动力学特性影响规律；
- 4）重型燃气轮机轴系线性及非线性耦合动力学设计（包括轴系临界转速、不平衡响应和稳定性等）。

（3）重型燃气轮机轴系非线性稳定性优化及设计准则

- 1）分析结构、轴承、密封、通流和连接介面特性等关键设计和运行参数变化对轴系非线性稳定性、稳定裕度及失稳模式的灵敏性影响规律；
- 2）确定重型燃气轮机轴系稳定性优化设计的设计变量和约束条件，建立其轴系非线性稳定性优化设计数学模型；
- 3）应用全局映射的现代优化算法，找出最优参数解集，优化影响轴系动力学特性的关键设计和运行参数；
- 4）确定影响轴系动力学特性的关键设计和运行参数，给出重型燃气轮机轴系线性及非线性动力学设计准则。

（4）重型燃气轮机轴系动力学特性模拟实验研究

- 1）建立重型燃气轮机拉杆转子系统模拟实验台，实验揭示拉杆松紧程度、拉杆紧力不对称、拉杆数量、摩擦传扭面不均、传扭面粗糙度和端面不均匀等参数变化与动力学特性之间的内在规律；
- 2）实验测试轴承参数变化对重型燃气轮机拉杆转子模拟实验系统的动态性能的影响规律；
- 3）实验测试轴系的密封动力学特性，实验测试密封结构齿腔平均压力和脉动压力周向分布规律；
- 4）实验测试密封结构参数变化对流场分布、泄漏量、临界转速和密封效率的影响规律等。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

2016年申报国家自然科学基金面上项目：重型燃气轮机轴系非线性耦合动力学特性及设计准则，申报研究经费：88.4万元

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	金弘哲	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 机器人操作臂智能随动控制方法研究

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

机器人操作臂有很高的操作精度，但由于缺乏自主性，只能根据操作者已制定的规划来完成指定的任务，而某些领域要求人和机器人相互协调、共同完成任务。例如，可穿戴式外骨骼机器人、在自动化装配车间和物流搬运现场中人和机器人的协同操作等。目前，机器人操作臂技术已经向人机和谐共存为基础的智能方向迈进。这一思想融合了人的智能（经验、学习、判断、分析、识别等方面的自主能力）和机器人操作臂的执行能力，从而使自身缺陷引起的不利影响降为最低。但此领域的研究还处于发展阶段，主要是因为如下的共性问题尚未解决：1）从系统理论角度来讲，操作者是主动系统，机器人操作臂是被动系统，而它们之间存在高度不确定的相互干涉；2）主动系统的动力学模型在实际中是很难建立，而被动系统却被要求对主动系统的动态行为进行识别，据此，消除主动系统与被动系统之间的相互干涉，使被动系统的运动参量向主动系统的运动参量收敛，最终达到主动系统的期望值。虽然各种解决方法已被提出，例如，基于被动系统精确动力学建模为基础的灵敏度方大控制、基于力反馈的直接力控制以及基于肌电信号的控制等，但由于检测系统的低可信度、不确定扰动（建模误差带来的扰动和外界施加的载荷扰动）等因素，整体系统的稳定性、控制器抗干扰能力以及被动系统的动态响应还有待于进一步改善。另外一方面，针对人机混合系统的动力学建模技术还不成熟，很难建立一种控制体系，使其能够在理论上支撑控制算法的合法性，包括稳定性证明在内。这也是智能控制理论和信息融合技术在此领域中的发展较为缓慢的原因。

本研究将以机器人操作臂随动控制的鲁棒性能改善和主被动系统之间的干涉影响最小化为目标，研究主动系统行为估计方法及其相关的检测技术，探索一种简易实用型智能随动控制方法，使其能够从行为检测装置的输出信号中准确估计外界扰动并对其进行补偿。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

- 1) 国家自然科学基金面上项目（61473102）
- 2) 国家自然科学基金面上项目（61273316）
- 3) 国家科技支撑计划（2015BAK06B01）
- 4) 科技部国家磁约束核聚变能发展研究专项（2012GB102004）

2017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： 机器人操作臂先进控制方法与技术

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

在机器人操作臂控制领域中，传统的智能控制策略，如自适应控制、模糊神经网络控制等，由于其复杂的算法结构和大负荷运算量，对控制体系结构建立和处理器实时性提出了很高的要求。另外一方面，在高加速或重载荷工作条件下，关节柔性和执行器动力学是不可忽略的因素，由此引发的扰动直接影响控制性能。这表明，以传统刚体动力学为基础的机器人控制器设计思想受使用条件的制约。当下的研究正逐渐地朝着以机器人操作臂详细建模和人机和谐共存为基础的智能化控制过渡，而协调系统固有复杂度与控制算法在工程中的简易度要求之间的矛盾是核心，也是实际应用的关键。为此本项目拟开展以下研究：本体动力学、关节弹性力学、执行器机电动力学高度耦合组成的非线性欠驱动机器人操作臂系统的动态解耦策略研究；简易实用型智能控制算法研究；非干涉型机器人操作臂控制器设计方法研究。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

- 1) 国家自然科学基金面上项目（61473102）
- 2) 国家自然科学基金面上项目（61273316）
- 3) 国家科技支撑计划（2015BAK06B01）
- 4) 科技部国家磁约束核聚变能发展研究专项（2012GB102004）

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	金明河	招生人数	1		
------	-----	------	---	--	--

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： 舱外仿人机器人灵巧手的新型传感技术、精细操作技术研究

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

面向外太空的舱外机器人宇航员的研究中，很关键的问题是解决舱外环境中仿人灵巧手的安全防护问题、传感问题、精细操作问题等，其中舱外灵巧手传感器与地面机器人在工作环境方面存在极大的差别，导致地面广泛应用的传感技术难于应用于舱外仿人灵巧手系统中，需要进行深入的研究，解决其可靠感知、准确处理信号，实现舱外环境中的精细操作问题。

主要研究内容包括：舱外仿人灵巧手的外力/内力感知技术；舱外仿人灵巧手的触觉及压力传感技术；基于力/触觉/压力传感的舱外灵巧手精细操作方法研究。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

该项目的经费来源于XXXX抓捕目标试验及载人航天预研课题。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	兰朋	招生人数	2		
------	----	------	---	--	--

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ANCF的大变形板梁构件接触动力学分析方法的研究

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

工程中输电电缆断线跑线和起重设备中钢丝绳的缠绕释放等均为缆索的接触动力学问题，考虑钢板弹簧的相互作用以及轮胎与地面接触的重型车辆的动力学仿真也包含板壳的接触动力学问题，两者都可归为大变形弹性体的接触动力学问题。基于绝对节点坐标的有限元分析方法(Absolute Nodal Coordinate Formulation。ANCF)特别适合描述大变形运动构件的动力学建模，在经过了近二十年的发展后，ANCF方法已经形成了较为完善的理论体系，完备的单元库，以及行之有效的求解方法。目前已经有了三维缆索单元，全参数梁单元，三维薄板单元，全参数板单元，混合节点薄板单元，四面体单元和实体单元等。进两年有理形ANCF单元的引入，使得ANCF能够准确描述圆、圆锥等工程中广泛使用的几何构型，进一步提高了ANCF方法的建模效率和仿真精度。目前采用ANCF方法解决工程中的接触、碰撞、刚柔耦合等复杂动力学问题已经成为工程力学和机械动力学的研究热点。课题组前期开展了车辆钢板弹簧的接触问题的初步研究，目前正与中国电科院合作《输电线路自立格构式跨越架设计及施工技术研究》项目深入研究输电电缆断线、跑线以及线缆碰撞的动力学仿真，本研究即为前期研究的继续和目前开展的项目的基础理论部分，很有意义和工程应用价值。

本研究的主要内容：1)对现有ANCF单元进行合理的拓展，在保持传统绝对坐标有限元法(Absolute Nodal Coordinate Formulation。ANCF)常质量阵、零科氏和离心惯性力等适合于大变形运动体动力学分析的优点的同时适合描述单元接触描述；2)基于ANCF单元建立梁/梁接触和梁/面接触的数学模型；3)研究梁/梁接触和梁/面接触动力学方程的高效解法和实验方法。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

- 1) 国家科技重大专项：北极束靶耦合检测单元维护平台；
- 2) 国家自然科学基金：基于有理有限元的柔性多体系统动力学分析方法的研究（面上项目：11172076）

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： 基于分片的ANCF单元的计算机辅助分析（CAA）和辅助设计CAD的整合技术

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

基于绝对结点坐标的有限元分析方法(Absolute Nodal Coordinates Formulation, ANCF)经过了十多年的发展目前已经日趋完善, 根据最近的研究, ANCF有限元的描述方法与NURBS方法是完全兼容的, ANCF描述和NURBS描述之间可以建立精确的线性转换关系, 因此建立ANCF与NURBS之间的关系被认为是实现CAD与CAA整合的一种可行方法。现有的研究成果建立了单个ANCF单元与Bezier几何体之间的转化关系, 用一个ANCF单元可以精确表示一个Bezier几何体; 通过建立有理的ANCF单元, 同样可以用有理的ANCF单元精确表示有理的Bezier几何体: 一个B样条几何体可以看成是一组Bezier几何体通过一定的连续性条件组合而成, 因此, 在对B样条几何体进行建模时, 需要将连续性要求以约束方程的形式考虑进去。对一组ANCF单元进行组装得到该B样条几何体的有限元模型, 这个过程相对复杂、低效。本研究将构建一种带有中间结点的ANCF单元和有理ANCF单元, 单元形函数采用与B样条/NURBS基函数相似的分片连续函数, 以保证形函数的次数不增加, 同时满足各中间结点上的特定连续性。如此我们就可以实现只用一个单元表示整个B样条和NURBS几何体, 从而有效的提高分析效率。不同于B样条和NURBS的控制点不经过几何体, ANCF节点坐标全部经过所定义的几何, 因此采用分片的ANCF描述的几何体时较B样条和NURBS描述更直观方便, 所以这种ANCF描述将具有作为描述复杂几何体的一种方法而被引入CAD系统的前景, 为促进CAD与CAA的整合提供一种更加有效的途径, 极具工程价值和意义。

研究的主要内容: 1) 在不增加单元形函数次数的情况下, 通过增加中间结点的方式实现对传统ANCF单元进行扩展, 得到分片的插值函数表达式, 保证增加中间结点并不增加单元形函数的次数, 使其与B样条图形具有完全的对对应关系, 实现用一个ANCF单元表示一个B样条几何图形的目标; 2) 构建有理的分片ANCF单元; 3) 建立新单元与B样条和NURBS几何体之间的转化关系, 为CAD和CAA系统的整合提供高效可行的途径。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

- 1) 国家科技重大专项: 北极束靶耦合检测单元维护平台;
- 2) 国家自然科学基金: 基于有理有限元的柔性多体系统动力学分析方法的研究 (面上项目: 11172076)

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	李建广	招生人数	1		
------	-----	------	---	--	--

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： SiCp/Al复合材料切削数据获取及其切削数据库研究

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

背景及意义：
切削加工工件材料去除的主要方式，保证工件的形状、形位精度满足设计要求，切削数据对制造企业的资源合理利用、提高经济效益有着极为重要的影响。随着制造技术的快速发展和新材料的不断出现与广泛应用，切削数据信息量越来越庞大，借助数据库技术可对切削数据进行有效的管理和充分的利用，切削数据库在切削加工中的作用也越来越重要。
金属基复合材料具有高比强度、高比模量、低热膨胀系数等特点，物理性能和力学性能优异，在航空航天、军事领域及汽车、电子仪表等行业显示出了巨大的应用潜力。以碳化硅颗粒增强铝基复合材料（以下缩写为SiCp/Al）为典型代表的颗粒增强复合材料被公认是最有竞争力的金属基复合材料品种之一，是21世纪新材料应用开发的重要方向。
SiCp/Al在多个领域复杂关键零件中的应用及其潜在的应用，突显了SiCp/Al材料零件的成形问题。虽然利用净成型或精密铸造等技术制造SiCp/Al零件可以减少加工去除量，但为了得到所要求的尺寸精度、形位精度和表面粗糙度，仍需进一步的加工。目前，切削加工是SiCp/Al材料去除的主要方法。由于复合材料增强相的存在使得刀具磨损加剧、质量保证困难，迫切需要有关SiCp/Al切削数据支持。
但有关SiCp/Al切削加工的研究工作主要针对不同体分的SiCp/Al通过实验展开，通过探索SiCp/Al的加工机理，为高效高质量的SiCp/Al加工提供了支持。然而这些研究工作主要由众多的科研院所和高校完成，其研究成果针对性强、数据分散且不完整，难以共享和直接应用；而且针对不同应用的SiCp/Al体分变化较大，有效的加工工艺也不同，难以通过有限的实验推荐优化的加工条件和切削参数。因此面向智能制造的发展需求，基于有限SiCp/Al切削数据智能地推荐优化的SiCp/Al加工工艺参数具有现实的需求。

拟定的研究内容：
拟将围绕面向智能制造的SiCp/Al切削数据库建立中的三个层面切削数据的获取展开研究，研究内容包括以下几个方面：
(1) SiCp/Al基础切削数据获取方法研究 SiCp/Al的可加工性与研究结果因研究条件和工艺方法的不同而有很大的差异，根据对SiCp/Al可加工性影响因素和因之影响的加工过程参数的分析建立SiCp/Al切削数据模型，通过研究确定有效的基础数据采集方法，通过切削实验积累基础切削数据。
(2) 基于仿真的SiCp/Al表面形貌形成与刀具磨损机制研究 刀具寿命和表面粗糙度值是评价SiCp/Al切削数据的关键指标，也是重要的过程参数。本研究内容通过建立3D SiCp/Al模型，利用仿真方法分析SiCp/Al的材料去除过程和表面形貌的形成，并利用统计分析法建立材料对表面粗糙度和刀具磨损的材料影响模型。
(3) 基于建模和仿真的预测切削数据获取及其评价方法的研究 由于SiCp/Al是指一类材料，其增强相的含量及其粒径因应用要求而变化，通过切削实验覆盖所有的SiCp/Al而获得切削数据是不现实的，而通过简单的预测模型所获得的数据也是不可靠的。根据SiCp/Al材料智能地选取恰当的基础切削数据和材料影响模型以建立过程参数预测模型，实现切削数据的扩展，并为SiCp/Al切削数据优化提供模型支持。
(4) SiCp/Al优化切削数据获取方法研究 切削数据库中的数据是在给定条件下切削未经优化的数据，是真实切削工艺参数和过程参数数据的规范化记录。在实际生产中，工艺参数的确定往往需要考虑是否满足若干方面的要求，即需要对工艺参数进行优化。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

正在申请相关的项目，申请经费80万元，如获批则经费可保证。如未获批，自筹研究经费和科研补贴，有其他项目经费支持，研究经费可保证。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	李隆球	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

2017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： 基于声学超材料的声波主动调控技术 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 一、选题背景及意义 超材料是21世纪新兴发展方向之一，被誉为“六大颠覆性基础研究领域”、“十大关键领域”、“年度十大科学突破”等。通过在材料关键物理尺寸上的结构有序设计，可以突破某些表观自然规律的限制，获得超出自然界原有普通物理特性的超常材料。其重要意义不仅体现在几类主要的人工材料上，最主要的是它提供了一种全新的思维方法——人们可以在不违背物理学基本规律的前提下，获得与自然界中的物质具有迥然不同的超常物理性质的“新物质”。 声学超材料是超材料在声学领域的一个分支，也是理论声学领域近几年的发展热点。声学超材料指一些具有天然材料所不具备的超常声学性质的工程设计材料。典型的声学超材料通常是针对特定的声学应用来设计特定的结构从而达到期望的特性，在减振、降噪、声隐身等方面具有广阔的应用前景。目前对声学超材料的研究，主要包括负质量密度/负体积模量结构、声隐身衣/斗篷、主动型声学超材料等。其中，主动型声学超材料具有参数实时可调、工作频带宽、功能多样化等优点，具有广阔的应用前景。 本课题旨在研究复合结构超常声学参数的形成、控制方法，探索采用结构设计与材料研究相结合的方法，以功能需求为导向，阐明功能调控主动可变式复合结构的设计方法，并揭示其声波调控机理与控制方法。 二、主要研究内容简介 对国内外现有主动型声学超材料设计理论和方法，进行系统地研究，分析各种设计方法理论上能够实现的 最大有效作用频段及现有制造技术手段实现结构精细加工的可能性。综合各种设计方法的优缺点，针对军事、民用领域常用声波频段，同时充分考虑特殊微结构加工制备的难度，提出一种新型的、具有实际应用价值及加工可行性的主动型声学超材料微结构单元模型。 结合复合材料、理论声学、细观力学等多学科理论，对声学超材料微结构单元的声学特性进行理论分析，阐明复合结构超常声学参数形成机理和控制方法；利用仿真软件，对声波在超材料整体结构中的传播过程进行仿真模拟，探索其声波传输特性与影响规律；分析微结构单元超常声学参数对其声波传输特性的影响规律，针对典型声学应用（隔声、吸声），探索微结构单元等结构的设计方法，实现对声波的“按需调控”。 结合微结构声波传输规律以及压电材料声学特性，探索利用压电效应对微结构声波阻抗、能量耗散等特征参数实现主动可调的方法，研究功能调控主动可变式智能微结构以实现表面声阻抗、结构耗能量、声学带隙的按需主动调节；研究主动调控智能微结构的声波反射、透射、声压损失变化规律，探索压电材料几何、材料、电学等参数对声波传输的影响规律，揭示主动调控智能微结构的声波传输机理与调控方法；研究入射声波实时检测技术，探索响应快、稳定性好、准确性高的反馈控制方法和体积小、集成度高的控制装置。为超材料智能微结构的声波主动调控技术提供科学依据和理论支持。 利用微纳制造技术、精密/超精密加工等先进的制造方法制备超材料智能微结构样品，并配以系统的实验设计模拟特定的环境，利用先进的实验观测手段，对超材料智能微结构的性能进行实验研究，并对实验结果进行分析，提出相应优化改进措施。
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况 哈尔滨工业大学青年拔尖人才计划项目（100万元）可提供经费支持，并正在申请国家基金支持。

2017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： 宏微跨尺度增材制造机理及调控技术 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 一、选题背景及意义 在微纳机电系统、新材料（超材料、功能梯度材料等）、微流控器件等新兴研究领域，传统制造技术如光学光刻、电子束光刻、纳米压印等只能实现2维或2.5维加工制造，无论在结构复杂性、材料多样性、生产效率、加工成本等方面都难以满足跨尺度复杂三维结构制造的实际需求。增材制造（Additive Manufacturing, AM）技术是近年来快速发展的先进制造技术，被广泛应用于新品开发、单件小批量制造、复杂结构制造等领域，被誉为“改变世界的技术”、“第三次工业革命的重大标志”。增材制造技术在复杂三维结构、高深宽比结构和复合（多材料）材料结构制造方面具有极高的潜能和突出优势，且具备成本低、效率高、材料种类多、直接成形等优点，在微纳机电系统、超材料等领域具有重要的应用前景。 本研究面向微纳机电系统、超材料、微流控器件等新兴技术的制造需求，对宏微跨尺度增材制造机理及其调控技术进行研究，解决现有增材制造方法在制造尺寸与制造精度间的矛盾，为宏微跨尺度增材制造技术提供基本理论支撑，为大尺度复杂微纳制造提供重要技术支持，对微纳机电系统、复杂结构超材料等关键技术的发展具有重要价值。 二、主要研究内容简介 本研究以机械电子技术为基础，结合近代物理学、化学、热学等学科，对宏微跨尺度增材制造原理及其调控技术进行深入研究，具体包括以下内容： （1）宏微跨尺度增材制造机理研究。对现有增材制造技术及传统跨尺度制造方法如光刻、纳米压印等进行系统研究与分析，深入研究增材制造过程中不同材料成型机理及成型过程，探究适用于宏微跨尺度增材制造的基本原理与方法，提出宏微跨尺度增材制造方案。 （2）增材制造材料成型过程研究。深入研究增材制造材料成型的物理、化学过程，结合分子动力学仿真、有限元分析及实验研究，揭示增材制造材料成型过程中复杂结构宏观尺度力学特性与微观尺度表/界面行为特性，揭示材料组分、结构构型、激光能量密度、环境振动噪声、温度、压强等因素对成型过程的影响规律，探究材料成型过程精度保持方法与速度提升机理。 （3）增材制造过程多物理场调控研究。以增材制造材料成型过程研究为基础，结合仿真分析与实验研究，探究声场、电场、热场等对宏微跨尺度增材制造过程的影响规律，探究人为调控下多物理场对零件宏观尺度力学性能及微观尺度表/界面行为特性的影响规律，研究增材制造过程多物理场调控方案，实现高速、高精度的跨尺度增材制造。 （4）宏微跨尺度增材制造应用研究。以微纳机电系统、超材料、微流控等领域跨尺度制造需求为指导，对宏微跨尺度增材制造方案进行适应性调整与优化，结合具体零部件制造及其测试试验，探究跨尺度增材制造技术在相关领域的实际应用效果，并以此为依据对制造工艺进行进一步调整与优化，满足相关领域实际生产、研究需求。
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况 哈尔滨工业大学青年拔尖人才计划项目（100万元）可提供经费支持，并正在申请国家基金支持。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	李满天	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 基于视觉的多机器人协同作业智能控制算法研究

- 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

多机器人系统在功能、结构和应对复杂、未知、危险环境和任务等方面明显优于单智能机器人，但同时由于其复杂性、动态性、时变性及耦合性的增加也给设计和分析带来一些问题，因此多机器人的相互协调和协作显得至关重要。

主要研究内容：

1. 基于视觉与局部网络的作业对象的协同认知研究
包括：结合网络协议的多机器人互联互通；视觉信息的特征提取与识别；基于不同视场图像的作业对象重构与认知。

2. 基于作业对象重构与认知的多机器人任务规划与分配方法研究
包括：机器人特征库（包括运动学与动力学参数）建立；结合作业对象重构与认知和机器人特征库的多机器人任务规划与分配方法。

3. 结合任务与机器人自身特性的智能自编程与运动控制算法研究
包括：结合机器人特征库与任务特性的机器人自主编程方法；符合机器人特征库的机器人动态作业智能运动控制方法研究。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

骨骼-肌肉结构柔性关节仿生四足机器人高速奔跑神经机制与运动能量分布研究，国家自然科学基金

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： 基于视觉与语音的人类语义定义与提取方法研究

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

肢体语言（又称身体语言），是指通过头、眼、颈、手、肘、臂、身、胯、足等人体部位的协调活动来传达人物的思想，形象地借以表情达意的一种沟通方式。实验发现，一个人要向外界传达完整的信息，单纯的语言成分只占7%，声调占38%，另外55%的信息都需要由非语言的体态语言来传达，而且因为肢体语言通常是一个人下意识的举动，所以它很少具有欺骗性。

广义言之，肢体语言也包括前述之面部表情在内；狭义言之，肢体语言只包括身体与四肢所表达的意义。谈到由肢体表达情绪时，我们自然会想到很多惯用动作的含义。诸如鼓掌表示兴奋，顿足代表生气，搓手表示焦虑，垂头代表沮丧，摊手表示无奈，捶胸代表痛苦。当事人以此等肢体活动表达情绪，别人也可由之辨识出当事人用其肢体所表达的心境。

主要研究内容包括：

1. 基于语音的声源定位方法研究
2. 基于视觉的面部表情与肢体动作提取方法研究
3. 结合面部表情与肢体动作的人类语义定义方法研究

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

XXX仿生设计理论与方法研究，973

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	李瑞峰	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 机器人手臂类人化认知操作机理及交互控制研究

- 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

面向下一代的机器人技术引起了越来越多的研究机构和公司的重视，其市场前景也被诸多国内外学者，公司及相关商业预测机构所看好。下一代机器人一般应具有以下特征：低成本，人机共享工作空间，安全性好，高柔顺性，能够实现类人化认知操作，人机交互简单、直接多样，不依赖用户的知识背景，可以实现直觉，自然控制，自适应性强，技术集成度，融合度高， 模块化，系统通用性强。这些特征将有助于突破传统机器人发展的瓶颈，对构建智慧家庭，智慧工厂，智慧农业以及在教育，医疗，休闲娱乐都具有重要意义。

以机器人认知操作及交互控制为研究对象，通过对人的运动神经控制机理的数学建模研究与现代控制技术理论相结合，及人-人协作机制的建模研究，探索具有柔顺性、安全性、自适应性和普适性的机器人类人化认知操作及交互控制方法和技术。在此基础上，构建机器人阻抗认知及优化学习算法和相应的柔顺性、安全性人机交互策略，并探讨基于人-人协作机制的探讨人-机共融和协作机制，实现人与机器人认知操作的闭环交互控制，提高人-机器人在未知环境下，完成复杂任务的效率和质量及提升机器人手臂的自主作业能力，推动机器人的全面普及和应用。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

研究选题依托国家重点实验室自主课题，基于柔性协调控制的人机协作机器人技术研（SKLRS201609B2016-2017，研究经费20万）

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： 新一代轻型人机协作机器人研究

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

随着技术的进步和工业制造业的需求, 新一代工业机器人会向以下方面发展：1) 人机交互： 为了达到更好的应用性和灵活性，下一代的机器人需要能够与人肩并肩，共同作业；2) 安全性： 在与人肩并肩共同工作的同时，人员的安全需要得到百分百的保障，所以机器人需要有足够的探测器与算法去防止可能对它周围人员造成的伤害；3) 轻型化： 很多小型产品、部件的操作并不适合于大型的传统工业机器人，很多当前由人工生产的岗位都可以由更轻型、更灵活的机器人来替代；
主要开展1) 人机协作机器人臂的优化设计，2) 人机协作机器人的控制策略及动态运动控制算法，3) 基于视觉的人机交互控制。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

研究选题自福建（泉州）哈工大工程技术研究院合作项目，课题经费300万

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	李松晶	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

2017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： 伺服阀自激振荡抑制研究 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 伺服阀作为电液伺服系统的关键元件，其性能对整个电液伺服系统的运行稳定性和可靠性起到至关重要的影响。在工作过程中，有时伺服阀力矩马达衔铁组件会产生一种偶发的高频振动，称为自激振荡，同时伴随出现一种几千赫兹单一频率的噪声（又称啸叫）。自激振荡出现时，伺服阀工作不稳定，严重时弹簧管破裂失效，从而导致整个电液伺服系统无法正常工作，甚至引起灾难事故的发生。在伺服阀生产过程中，有时可以通过改变力矩马达的磁回路参数或调整喷嘴与档板的间距来消除自激振荡，但有时即使改变上述参数也无法消除自激振荡，此时伺服阀将成为废品，不能投放到市场，也无法应用到电液伺服系统中。目前伺服阀生产厂家多采用试验筛选或限定伺服阀工作范围(例如限定伺服阀的最高工作压力)的方式来减小伺服阀产品发生自激振荡的几率，但这些措施都会使伺服阀成本增加，应用范围变窄。因此，研究伺服阀自激振荡机理，建立伺服阀自激振荡预测数学模型，在伺服阀设计和生产阶段预测自激振荡，在工作过程中实现自激振荡的控制，对于提高伺服阀工作稳定性，降低伺服阀的制造成本，从而提高电液伺服系统的整体性能是十分关键和必要的。 只有建立伺服阀多场耦合分布参数数学模型，才能体现伺服阀内部各物理场的分布参数特性和相互之间的耦合特性，从而在设计和生产阶段预测和消除自激振荡，提高伺服阀成品率，拓宽伺服阀应用范围。对于某些参数无法进行调整的定型产品或在设计阶段调整后仍无法完全消除自激振荡的伺服阀，如果能够采用合适的控制方法在伺服阀工作中控制自激振荡的发生则会大大提高伺服阀的可靠性，起到双重保险的作用，这对于航空航天和军工国防等应用领域是至关重要的。设计控制器，在工作中实现自激振荡的控制，才能进一步提高伺服阀工作稳定性和可靠性，从而提高电液伺服系统的整体性能，减少灾难事故的发生。 研究内容主要包括： 1电液伺服阀多场耦合稳定性机理研究 包括基于剪切层振荡的伺服阀前置级流场流动特性研究、多场耦合前置级流场稳定性研究、伺服阀力矩马达衔铁组件多场耦合动力学特性研究、伺服阀机电液多场耦合数学模型和稳定性分析。建立基于剪切层振荡的伺服阀前置级流场瞬态数学模型，仿真分析和试验测试与衔铁组件振动耦合的前置级流场流动特性。研究电磁场和流场耦合作用下伺服阀力矩马达衔铁组件动力学数学模型，研究力矩马达衔铁组件各阶振型阻尼比辨识方法，对电磁场、流场耦合作用下力矩马达衔铁组件阻尼比进行参数辨识。建立机电液多场耦合作用的力矩马达衔铁组件多自由度分布参数动力学数学模型，研究基于流场稳定性和力矩马达衔铁组件结构动力学稳定性的伺服阀整体机电液耦合非线性数学模型，对伺服阀的多场耦合动力学稳定性进行仿真及试验研究。 2电液伺服阀自激噪声机理及磁流体抑制伺服阀自激噪声方法研究 研究电液伺服阀自激噪声机理及内部和外部抑制方法，通过结构参数优化对伺服阀机电液耦合特性的影响机理以及施加阻尼增加伺服阀稳定性的机理进行研究。建立施加阻尼的伺服阀机电液耦合动力学数学模型以及磁流体的挤压工作模式数学模型和阻尼特性数学模型，仿真分析磁流体挤压工作模式和作用于伺服阀力矩马达衔铁组件的阻尼特性，试验研究磁流体工作特性及工作参数，研究添加磁流体的伺服阀力矩马达衔铁组件动力学稳定性以及添加磁流体的伺服阀机电液多场耦合稳定性。
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

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： 微流控气压驱动控制及快速检测平台研究

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

微流控技术是指在至少有一维为微米甚至纳米尺度的低维通道结构中控制体积为皮升至纳升的流体进行流动并传质、传热的技术，可广泛应用于生化分析、免疫分析、微创外科手术、环境监测等众多领域。以微流控技术为核心的疾病即时诊断技术正逐渐成为控制传染疾病蔓延以及野外和偏远地区疾病诊断等最为有效和快捷的方式之一，被认为有望在疾病即时诊断和环境监测等涉及生物化学反应领域带来技术进步和革命，已被列为21世纪最为重要的前沿技术之一。然而除芯片外，由于微流控系统的组成元件仍然使用常规尺寸气动元件，使得微流控系统体积庞大，结构复杂，难以与微流控芯片本身集成为一个完整的系统，成为气动微流控芯片进一步高度集成化的最大障碍，使得微流控芯片很难达到便于携带的最终目标。因此，本研究目的在于通过微器件和系统的研发并与智能控制和通讯技术相结合，实现微流控系统的小型化、集成化、智能化和便携化，从而满足野外、战场、缺少医疗设施的偏远地区以及家庭的远程智能生物医学及时检测和给药的需要。

随着微流控技术的发展和在生物医学检测、微全化学分析系统、微流量注射等领域越来越广泛的应用，对微小流量控制系统提出了越来越高的技术要求。为提高微小流量控制系统的流量输出平稳性和流量控制精度，实现微流量控制系统的小型化和集成化，本课题研究气压式微小流量控制系统。所设计气压式微小流量控制系统通过采用压缩空气源和气压控制微阀的控制方式，克服了蠕动泵式微小流量控制系统输出流量存在脉动的缺点和注射泵式体积过大不易集成的劣势，同时与微小压力传感器或微小流量传感器相结合，能够实现微小流量的闭环实时控制，从而提高微小流量的控制精度。

开展快速检测微流控芯片设计及制备研究。微流控芯片的关键技术是利用感光干膜进行快速、低成本的微流控芯片制备工艺，主要包括PDMS玻璃杂交微流控芯片、PDMS微流控芯片、带检测电极的微流控芯片、PS微流控芯片等，可快速制备多种用途的微流控芯片。

开展气压驱动模块和智能控制器及控制算法研究。为了解决常规气动微流控芯片气压驱动模块体积大，封装难，成本高、难以实现网络化、智能化等问题，研发的微流体气压驱动模块及控制器如图2所示，其核心技术是采用微型步进电机的气压控制微阀，实现微小流量液体的精确控制，为微流控系统提供满足一定压力、流量等指标要求的微小流量。微型压力传感器实时检测出口处的气体压力值并将其输出给经滤波电路模块，对此压力信号进行去除噪声处理，以获得稳定准确的压力信号，并将其送入微控制器，在微控制器中具有稳定可靠、高控制精度的控制程序，通过程序的自动运行，当微型压力传感器采集的压力信号与所设定的压力值不同时，即存在偏差，微控制器输出一定的控制信号给驱动器，通过功率放大电路将微弱的小功率控制信号进行功率放大，进而驱动多个微型步进电机协调动作，进一步驱动和控制封装在微流控芯片上的微阀驱动器，通过微阀驱动器的动作改变在其下层的微流道的过流开口面积，并通过多个微阀驱动器的协调动作，实现对双T串联型微流控芯片上的微流道中气体压力和流量的稳定、精确的调节和控制。

开展基于物联网的通讯模块设计，包括WIFI、GPRS等模块，在微控制器的作用下，可与任意安装了相应应用程序的智能移动设备进行实时监测和控制，可方便地实现无线、远程和网络化控制。并且，预留了通用计算机和采集控制卡的接口，方便使用有线的方式，搭建计算机控制系统，进行二次开发，以满足不同的应用需求。

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

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	李哲	招生人数	1		
------	----	------	---	--	--

2017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： 1、仿生机器人 2、流体传动及控制

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

课题一：双阀控伺服气缸可用能活塞定位理论和方法研究

(1) 课题背景及研究的目的和意义

气压动力系统是广泛应用于国民经济各领域生产制造系统的三大动力源之一。由于气体低刚度所产生的强时变性和强非线性，使伺服气缸活塞的快速精确定位成为国内外各大气动研究机构倾尽全力仍未解决的世界性难题，极大的限制了气动系统快速灵活特性的发挥和应用领域的扩展。气动系统活塞定位的难题来源于被普遍认可和广泛采用的伺服液压缸活塞定位机理和控制方法，但由于气体的可压缩性，精确控制气体流量和负载力并不能唯一的确定气缸活塞的位移和速度，流量为零而负载力不为零使活塞加速运动，流量和负载力都为零但负载动能不为零使活塞在力平衡点附近产生震荡。因此，突破传统伺服气缸活塞定位机理和控制方法的范畴，从一个全新的视角观察和分析活塞的定位过程，寻找一个与上述四个物理量关系密切又便于控制的物理量，使用简单的控制算法，通过控制该物理量的变化规律间接实现气缸活塞的精确定位成为提高气动伺服系统定位精度的最佳途径。气体可用能具备了活塞精确定位所要求的所有要素，将伺服气缸精确定位的难题凝练为可用能分析的科学问题，研究双阀控伺服气缸可用能活塞定位理论和方法，从原理上解决活塞快速精确定位的难题，对于气动系统理论创新和应用领域的扩展具有非常重大的理论意义和工程价值。

(2) 主要研究内容

- ①伺服气缸孤立系统可用能活塞定位机理和方法
- ②双阀控伺服气缸活塞定位过程参数优化的数学模型
- ③伺服气缸O形圈粘弹摩擦特性
- ④可用能控制活塞定位过程联合仿真与实验

课题二：单足机器人自平衡稳定跳跃动态特性研究

(1) 课题背景及研究的目的和意义

跳跃运动着地点的离散性和发力的爆发性使其具有很强的越障和地形适应能力，将动物跳跃运动模式与机器人学结合起来的仿生跳跃机器人成为近年机器人领域的研究热点。单足机器人在仿生跳跃机器人研究中发挥着先导和基础的重要作用，单腿起跳和单足支撑是跳跃机器人必须能够完成的高难度动作，单腿起跳对跳跃动力性能具有最高的要求，单足支撑的动态平衡控制难度最大，两者综合所建立的仿生跳跃模型对跳跃机器人的其他跳跃形式普遍有效。目前单足机器人存在的主要问题是动力系统缺陷，气动系统具有天然的强大爆发力，但可控性差的世界性难题使其无法单独应用于跳跃机器人，可控性强的电机和液压动力系统借助多种弹性元件仍不能提供足够的可控爆发力。同时，跳跃动力不足也制约了仿生跳跃模型、动态稳定性分析和动态平衡控制方法的研究与发展，使其长期停留在SLIP模型的水平上。双阀控伺服气缸可用能活塞定位理论和方法的研究成果使气动系统具备了作为仿生跳跃机器人唯一动力源的条件。因此，提出并设计全气动单足跳跃机器人，提出考虑弹跳腿质量的PSLIP仿生跳跃模型，研究单足机器人由落地碰撞、触地相、离地冲击和腾空相组成的全跳跃周期动态特性，对于研究可实际应用的仿生跳跃机器人具有重大的理论意义和实际价值。

(2) 主要研究内容

- ①建立PSLIP全跳跃周期非线性多体动力学模型
- ②研究PSLIP模型动态稳定性和全局运动稳定性准则
- ③PSLIP模型矢平面跳跃联合仿真和动态平衡控制方法研究
- ④全气动单足机器人三维跳跃联合仿真与实验

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

- 1、山东省技术开发（合作）项目
- 2、上海昭程整流子有限公司委托项目

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	林琳	招生人数	2		
------	----	------	---	--	--

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： 基于自学习技术的飞机生产技术保障智能决策方法研究

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

研究背景：研发的方法和系统为沈飞或其他飞机生产现场提供技术保障的技术人员。
（1）采用自学习方法，从对各类飞机制造现场问题快速准确获取历史相似解决方案的关键业务流程和处理方法；
（2）采用自学习方法建立标准化可执行计算案例库和推理系统，辅助技术人员对现场拟定解决方案进行快速校核、验证，辅助决策；
（3）采用自学习方法建立基于案例的故障诊断系统。基于故障查询建立故障诊断模型库；建立基于性能参数的故障诊断学习机制；基于上述技术和系统辅助技术人员快速进行故障排除和定位。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

沈阳飞机设计研究所十三五项目

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： 基于自学习技术的装调工艺知识挖掘方法研究

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

本课题主要研究在特定技术成熟度和制造成熟度下，*****装调工艺知识挖掘与装调方案设计的理论与方法。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

总装十三五预研项目

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	刘宏	招生人数	3		
------	----	------	---	--	--

2017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： 空间翻滚目标捕获及应用研究		
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		
未来空间在轨维护任务不仅针对合作目标进行操作，而且在大多数情况下将针对非合作目标进行维护操作，尤其当目标具有一定的残余速度及角速度时，如何对此类翻滚目标进行捕获是维护任务成败的关键。在此任务过程中，空间机械臂具有广阔的应用前景。空间机械臂需要具有空间环境下对在轨航天器进行捕获和对接等精细操作的能力，并具有一定的灵活性和可靠性。 课题的研究内容包括： 1）建立典型的柔性多机械臂动力学模型及数值仿真算法； 2）研究多机械臂捕获与操作目标过程中的规划问题；研究机械臂运动对基座扰动力矩最小的路径规划方法以及抓捕碰撞力最优的机械臂路径规划方法； 3）研究多机械臂协调操作中的柔顺控制方法。		
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况		
本博士论文选题依托于某863重点课题，有充足的科研经费支撑博士生完成博士论文。		

2017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： 空间仿生超冗余机器人研制及性能优化研究		
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		
未来空间机器人的发展将不再仅仅局限于传统机械臂形式的关节型机器人结构，某些新型的仿生机器人也会有其一席之地。随着科技的发展，某些新思想、新材料、新工艺将为机器人的发展提供技术支持。 课题的研究内容主要包括： (1) 研制具有高度灵活性的仿生机器人结构； (2) 研究新型机器人的动力学特性及运动控制、柔顺控制策略； (3) 研究新型机器人操作过程中的任务规划方法。 (4) 搭建该新型机器人的软硬件平台，实现对简单操作任务的的地面验证。		
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况		
本博士论文选题依托于某863重点课题，有充足的科研经费支撑博士生完成博士论文。		

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： 空间多机械臂协调及精细操作研究

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

复杂的空间维护任务要求空间机器人具备类似人类操作的作业能力，机械臂操作过程中需要具有多臂协调及精细操作的能力。在此过程中，碰撞和接触特性将会大大影响空间机械臂的性能及操作精度。课题的研究内容主要以空间机器人在轨维护为应用背景，探求具有结构柔性的多个空间机械臂建模及控制方法。

(1) 针对具有冗余自由度的柔性空间机器人，重点研究不同的优化策略，实现柔性机器人在相应优化指标下的振动抑制控制。

(2) 针对机器人操作过程中的接触问题，重点研究机器人末端操作器与被操作物体间的柔顺控制方法。

(3) 搭建适用于空间机器人的试验平台，实现对空间机器人在轨维护作业的地面仿真验证。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

本博士论文选题依托于某863重点课题，有充足的科研经费支撑博士生完成博士论文。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	刘军考	招生人数	1		
------	-----	------	---	--	--

2017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： 压电微喷理论与技术

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

选题背景及意义：

国家的综合国力与航天技术息息相关，因此近年来各国都投入大量的人力物力发展航天技术。我国的天宫一号、神州系列飞船、北斗导航卫星等的成功发射，表明我国的航天技术迈入了一个新阶段。但随着航天技术的发展，航天器在轨使用寿命问题显得尤为突出。由于航天器研制周期长、研制和发射成本高，因此提高航天器在轨使用寿命成为一个重要的研究课题。随着电子技术的发展，电子器件的使用寿命大大提高，特别是经过环境筛选的器件的可靠性大大提高。目前，决定航天器寿命的通常是航天器内部的机械部件，特别是一些伺服机构中的运动部件。其中一个主要的机械部件失效原因是因为磨损造成的摩擦损坏，而磨损的原因主要是由于轴承的润滑不及时、不充分所导致的。针对航天器运动部件在轨补充润滑油困难这一航天领域的世界性难题，进行种基于压电智能机构思想的航天器微冗余按需主动油润滑技术的研究，并将该技术应用于如控制力矩陀螺等部件中，为航天器提供一种具有长期性、持续性、按需性、微量性、微冗余性、洁净性、轻量性及紧凑性等优点于一体的在轨主动补充润滑实现途径，对延长航天器的在轨运行寿命和提高其可靠性具有重要的实用价值。

主要研究内容：

1. 脉动声压作用下航天润滑油微喷装置流固耦合特性的研究：研究脉动声场产生的脉动声压经润滑油传播后，在微小喷孔处形成瞬时高压和负压，理论分析整个过程的流固耦合特性，最终使润滑油以一定速度的微滴形式喷出，为润滑油腔和微喷嘴的构型及激励参数设计提供理论依据。

2. 脉动声压作用下航天润滑油微喷装置润滑油雾化特性的研究：研究机械振动波在航天润滑油中产生的空化现象，利用空穴爆炸将空穴周围的润滑油粉碎成微米级的微粒，在微喷孔处产生油雾，并喷洒到待润滑部位。本部分研究内容的重点将主要集中在脉动声场特征和功率谱密度等参数对航天润滑油雾化过程的影响规律方面。

3. 航天润滑油微喷装置与运动机构零部件融合实现的研究：在上述研究内容取得原理性突破的基础上，研究一种将压电脉动声场供油系统融入运动部件结构中的功能融合设计与实现方法，同时研究声场供油系统耦合至轴承的残余微振动是否产生希望的动力润滑效应。

4. 航天润滑油微喷与雾化供油润滑的实验研究：研制滴状微喷与雾状微喷补充润滑的实验研究系统，对比研究这两种补充润滑方式的润滑效果。最终将效果好的微喷装置融合实现于控制力矩陀螺的高速飞轮轴系中。通过理论分析与实验，研究确定出润滑油补充量与脉动声场强度、激励频率、流体粘度、流体密度以及温度等参数间的影响规律。

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: 航天器脉动声压供油补充润滑的理论与实验研究

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	刘俊岩	招生人数	1		
------	-----	------	---	--	--

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： 光热效应非线性特性与超分辨光热检测技术

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

基于热波信号分析的光热辐射与红外热波成像检测技术已在航空航天新型材料与复合材料的无损检测、半导体材料与器件的光电诊断及生物医学/生物工程检测等得到应用。通过分析热波传递过程、提取热波信号时频域特征及建立热波特征与内部特性之间的关系进行材料内部缺陷及生物组织病变的无损检测与评价。目前红外热波成像检测技术主要采用二维（2D）成像检测实现对材料内部缺陷及生物组织病变的判定，而难于进行高分辨率可靠检测和准确获得材料内部结构及生物组织的详细信息。深入研究不同介质材料与生物组织的光热效应机制与热波传递、光热效应非线性特性与超分辨光热检测方法和技术。为实现材料内部结构与生物组织的微观检测奠定基础，也有望为探测与成像研究领域增添新的学科增长点和研究方向，具有重要科学意义和实际应用价值。

光作用不同介质材料或生物组织的光热效应非线性特性能够使微/纳尺度目标的热信号放大，并突破光衍射极限。如何利用能量相关的光热效应非线性特性实现超分辨检测是光热微观检测的物理基础。主要研究内容：（1）能量相关的光热效应非线性特性理论分析；（2）脉冲压缩调频共聚焦光热显微检测系统研制；（3）微/纳尺度的超分辨光热检测工艺试验。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

本项目主要依托国家自然科学基金项目，开展不同介质材料的光热效应非线性特性与超分辨光热检测技术研究。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	刘荣强	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

2017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： 大型轻量化空间展开机构设计与驱动控制

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

随着人类太空事业的发展，对大型空间探测结构的需求越来越迫切。如大口径空间天线，需求口径超过百米；大跨度空间支撑臂，需求跨度超过百米；大面积太阳能电池板，需求面积上千平方米；大容积空间工作舱，需求容积达到数千立方米等。如此巨大的结构尺寸要求与运载火箭有限的容积舱之间形成矛盾。超大尺寸、高收拢率、轻量化的新型可展开结构的研究成为航天器技术领域的重要挑战。

目前应用的大型可展开结构代表性的有大型空间伸展臂、大型柔性太阳翼展开机构、大口径空间可展开天线等，这些可展开结构均采用桁架式机构形式，即构件与构件之间需要通过铰链连接。大量的机械铰链不仅增加了整体质量，同时由于铰链内部的摩擦，不可避免的加大了对驱动系统的能耗要求，且在空间环境下铰链的润滑失效也将降低展开结构的可靠性，因而限制了可展开结构的大型化。目前有文献报道的商用卫星空间可展开天线最大口径为20m，而随着空间观测精度要求的提高和通信距离的增大，在地球同步轨道上需要应用的可展开天线口径将达上百米，现有的桁架式空间可展开天线结构最轻可做到面密度为0.5Kg/m²，因此100m口径的天线重量将达到3吨以上，天线重量甚至超过了卫星星体重量，收拢体积远超出火箭整流罩的有效容积。因此现有的桁架式可展开结构无法满足未来空间探测对超大口径天线的要求。

张拉式可展开结构是近年来出现的一种新型可展开结构，它是从应用于大型建筑穹顶的张拉整体结构发展出来的。张拉式可展开结构由刚性构件和柔性索组成，刚性构件之间通过柔性索相连，一般不需要机械铰链连接。在张拉式结构中所有构件均为二力构件，刚性构件为受压构件，柔性索为受拉构件，整个系统为自应力和自平衡系统。通过改变柔性索的长度，可实现结构形状的变化，即实现结构的展开与收拢。因此张拉式可展开结构具有以下特点：(1)质量轻，刚性构件数量少于桁架结构，无铰链；(2)展开无卡死，不存在铰链润滑失效卡死问题；(3)收拢体积小，刚性构件数量少；(4)抗干扰力强，具有抗冲击和吸振功能。

目前国际上在张拉式可展开结构方面尚未形成完整的理论体系，需要创新设计出大量具有实用价值的新型张拉式可展开结构，需要建立张拉式可展开系统体系结构，阐明张拉式可展开系统设计方法，突破构型设计、系统扩展、动力学与稳定性分析、展开驱动与控制等关键技术。我国正处于从航天大国迈向航天强国的发展道路上，随着我国载人航天、深空探测、天基观测、空间攻防等航天计划的实施，需要应用各种超大型航天器可展开结构，如超大型空间天线、大面积太阳能电池板、大容积太空舱、大型支撑臂等。张拉式可展开结构为航天器结构的超大型化提供了解决方案，通过构型创新和结构优化设计可望使平均面密度降低到0.2Kg/m²甚至更低，在未来超大口径空间天线、超大空间结构体方面具有十分重要的应用前景。开展本课题研究具有重要的理论意义和实用价值，将为我国重大航天工程提供理论基础和技术支撑，对于提升我国航天器技术水平意义十分重大。

主要研究内容：

1. 大型空间展开机构的构型设计方法研究
2. 含大量张力索的展开机构动力学建模与运动仿真
3. 展开机构多点分布式驱动与展开协调性控制
4. 空间展开机构多构态综合设计方法
5. 空间展开机构样机研制与实验研究

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

1. 国家自然科学基金面上项目，51575119，空间大型索肋刚化式折展天线机构及其动力学行为研究，2016.1-2019.12。
2. 折叠展开式轻质太阳能聚集器技术研究，国防基础科研子课题，2013/11-2017/11。

2017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： 轨道交通碰撞吸能结构创新设计与冲击动力学分析

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

作为最具可持续性的交通运输模式，轨道交通是国民经济大动脉、大众化交通工具和现代城市运行的骨架,是国家关键基础设施和重要基础产业，对我国经济社会发展、民生改善和国家安全起着不可替代的全局性支撑作用。我国正在通过实施“新型城镇化”、“区域经济一体化”、“一带一路”、“制造强国”和“走出去”战略，构建现代综合交通运输体系，到2020年，我国要具备交付运营时速400公里及以上高速列车及相关系统，时速120公里以上联合运输、时速160公里以上快捷货运和时速250公里以上高速货运成套装备，满足泛欧亚铁路互联互通要求，因技术原因导致的运营安全事故率降低50%以上。因此发展轨道交通碰撞吸能技术已刻不容缓，轨道交通系统安全保障已被列入国家十三五科技计划重点专项。

研究内容

- 1. 高速铁路装备新型耐碰撞吸能结构设计与制备技术
- 2. 高速碰撞冲击动力学系统建模与吸能过程仿真
- 3. 高速列车撞击力传递路径及碰撞能量管理分配方法
- 4. 轨道车辆本构安全实体试验与评估技术。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

自筹

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	刘延杰	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

2017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： 电石炉前作业机器人自动烧眼关键技术研究 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 我国是世界上最大的电石生产国和消费国，电石生产中的出炉工序人员极为密集，存在工人劳动强度大、工作条件恶劣（高温、粉尘等）、安全隐患大等问题。烧眼是出炉操作的第一步，也是整个出炉作业耗时最多的环节（约占40%）。由于缺乏直接的炉眼电石固液状态检测手段，现有电石炉前作业机器人仍需凭借工人经验判断进行辅助烧眼，烧眼效率并未得到显著提高。本选题拟开展电石炉前作业机器人自动烧眼关键技术研究，即从研究碳棒-电石电弧灼烧机理、电石固液转化过程导电特性变化规律等基础问题入手，研究炉眼电石固液状态实时在线检测以及机器人自动高效烧眼方法。课题研究成果对提升我国电石出炉自动化水平、提高出炉效率、实现安全生产具有重要意义，也将为其他采用高温电弧炉进行冶炼的应用提供理论及关键技术参考。 主要研究内容包括： （1）碳棒-电石电弧灼烧机理及电石固液转化过程导电特性分析 将电弧烧穿器电极简化为碳棒模型，建立基于碳棒-电石高压电弧放电模型及电弧热传导模型，探索电石熔融过程中电极形状尺寸、电极材质、电流、电压、电弧弧长、电石温度、电石电阻、电石状态之间的关系及变化规律，研究电石固液状态转化过程中导电特性（如电阻）变化规律。 （2）基于电弧烧穿器的炉眼电石固液状态检测方法研究 根据烧炉眼的实际应用需求，建立基于电弧烧穿器-炉眼电石的烧眼系统模型，并结合碳棒-电石电弧模型以及电石固液转变过程导电特性参数变化规律，研究基于电弧烧穿器的炉眼电石固液状态实时在线检测方法。 （3）电石炉前作业机器人高效烧眼算法研究 分析炉眼特征并建立参数化模型，结合烧眼工艺特点，建立炉眼电石最优软化形态标准；结合炉眼温度分布情况，研究烧眼的最优路径；结合机器人运动控制，研究针对不规则形态炉眼的高效烧眼算法。
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况 该选题研究经费来源于国家“863”项目“经济型搬运机器人开发及产业化应用研究”。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	刘英想	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

2017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： 多自由度压电驱动激励与控制方法研究

- 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：
压电驱动器是一种利用压电材料的逆压电效应将电能转化为机械能的新型驱动器，与传统的电磁驱动方式相比，具有低速大转矩（推力）、力矩密度高、设计灵活、结构紧凑、定位精度高、响应速度快、断电自锁、无电磁干扰且不受电磁干扰以及可不使用轴承和润滑等优点，在机器人关节驱动、精密仪器仪表、超精密加工、航空航天以及生命科学等领域均具有广泛的应用前景。此外，压电驱动相对于电磁驱动另一突出优势在于其更易于实现多自由度致动。按照工作模式划分，压电驱动可以划分为超声马达和压电叠堆两个大类。压电马达虽然实现了快速、大行程输出，但其定位精度停留在微米量级难于突破；压电叠堆实现了纳米级定位，但又存在行程受限的弊端。因此，本项目的核心工作就是要采用压电驱动器来实现大尺度、快速、高精度的多自由度（主要是两自由度和三自由度两种）直线致动，充分发挥压电驱动的技术优势，进一步解决强载、大行程和高精度之间的矛盾，在保留纳米级定位能力的同时，实现大推力、大行程驱动与定位。相关技术在超精密加工、武器装备、航空航天、生命科学、精密仪器等领域都具有广泛的应用和发展前景，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) 多自由度精密压电驱动器基本构型规划研究：分别研究两自由度和三自由度直线压电驱动器致动机理、模态组合方法，进而确定压电驱动器基本构型。
(2) 压电驱动器多工作模式下的激励方法研究：研究共振工作模式下换能器纵振、弯振、扭振的激励方法以及非共振工作模式下激励信号对驱动足输出特性的影响规律，进而建立多工作模式下多组压电元件的协调激励与控制方法。
(3) 压电驱动器机电耦合环节与摩擦耦合环节的能量转换机制研究：重点研究模态复合性压电驱动器中多个振动模态间的振动耦合问题，建立振动耦合工况下压电元件机电耦合模型以及驱动足与动子接触区域摩擦耦合模型，研究共振工作模式下接触面间的磨损机理，测试适用于高振速、大振幅摩擦耦合驱动的新型摩擦材料。
(4) 压电驱动器热耦合特性及输出补偿控制方法研究：重点研究压电驱动器机电耦合环节与摩擦耦合环节的热耦合特性以及由热耦合引发的温升对压电驱动器振动特性的影响规律，进一步建立面向内部温升以及外部温度场变化的输出补偿控制方法以及面向压电元件自身迟滞、非线性、蠕动等因素的输出补偿控制方法。
(5) 多自由度精密压电驱动器实验研究：研制驱动器物理样机，搭建两自由度和三自由度实验平台，完成各项实验测试工作；通过实验结果，检验本项目所提出理论与方法的正确性与有效性。

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：基于双模式叠加的跨尺度压电驱动技术的研究（项目批准号：51475112，总经费84万元）；全国优秀博士学位论文作者专项资金资助项目：超精密直线平台用压电驱动机理及关键技术研究（项目批准号201428，总经费70万元）

2017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： 步进蠕动式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：
超精密加工、微纳制造和微电子制造等领域的发展极大程度上取决于运动系统的行程、响应速度以及定位精度，对部分技术指标的要求甚至已经超过了目前技术条件下所能达到的极限值。目前成熟的精密驱动技术主要以电磁驱动为基础，但其定位精度一般只能达到亚微米级，难于实现进一步提高；此外，体积大、发热、电磁干扰等缺点也限制了其进一步在上述领域的进一步应用。因此，精密驱动技术已成为上述领域中最为基础和亟待攻克的关键技术，大行程、高精度驱动与定位技术是现代精密驱动技术领域中的重要研究方向。

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100 μm以下，很难实现mm级以上的大行程输出。

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，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) 面向精密压电驱动的仿生蠕动模式研究：从仿生步进运动学出发，以适合微米尺度小步距为出发点，研究适用于压电驱动的仿生蠕动工作模式，建立步进蠕动工作模式下多驱动足最佳动作时序。

(2) 仿生蠕动式精密压电驱动器构型规划研究：规划适用于所建立的仿生步进蠕动工作模式的多驱动足式精密压电驱动器基本构型。

(3) 面向步进蠕动模式的压电元件激励方法研究：建立激励信号幅值、相位差、频率对蠕动步距、速度和推力的影响关系，探究压电元件的极化排布方式与设置方式对蠕动步距的影响关系，在保证定位精度和分辨力的前提下，实现压电驱动器输出速度和效率的有效提升。

(4) 仿生蠕动式精密压电驱动的实验研究：研制相应压电驱动器原型样机，进行阻抗特性测试、振动特性测试，进一步搭建测试平台，测试驱动器的蠕动步距、分辨力、响应速度、步进速度以及推力等参数。通过实验结果，检验本项目所提出理论与方法的正确性与有效性。

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：基于双模式叠加的跨尺度压电驱动技术的研究（项目批准号：51475112，总经费84万元）；全国优秀博士学位论文作者专项资金资助项目：超精密直线平台用压电驱动机理及关键技术研究（项目批准号201428，总经费70万元）

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	刘宇	招生人数	1		
------	----	------	---	--	--

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： 惯性参数测试系统研究

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

一般地，建立系统动力学方程时，需要系统的质量、质心位置、绕转动轴的惯性矩以及惯性积等参数，其中惯性矩和惯性积构成刚体相对于某坐标系的惯性矩阵。上述系统参数被称为惯性参数，是系统固有的物理量，其决定了系统的动力学响应与行为。惯性参数是复杂系统（如车辆、飞机、航天器以及机器人等）动力学分析的前提条件。

惯性参数对整车动力学响应、悬置系统设计及汽车减振有着极其重要的影响。如惯性矩以及惯性积影响地面车辆的舒适性和可控性；动力总成悬置系统设计时，需输入动力总成质量、质心及其他惯性参数；整车质心配置对汽车的振动影响很大。

惯性参数对飞机设计同样发挥重要的作用，是设计过程中不可缺少的输入条件。如倾转旋翼飞机和直升机飞行模式的动力学模型均比较复杂，受气弹不稳定性影响很大，需借助机翼等结构的惯性参数建立动力学模型。此外，惯性参数对飞机载荷配置、稳定飞行特性以及飞机的自动控制影响重大。随着科技水平的提升，对民用飞机及战斗机的自动化程度提出了愈发严格的要求，因此，需要设计师们提供越来越精确的飞机惯性参数。

对于太空航天器，无论是发射阶段还是在轨运行阶段，其惯性参数都是进行动力学模拟必不可少的参数，只有以较高精度测量出其惯性参数，才能保证仿真结果与真实情况一致，进而获得良好的运行效果。在空间机器人领域，处于自由漂浮状态的空间机器人运动学离不开惯性参数，是运动学规划的前提条件。

考虑到测试时间以及测试成本，惯性参数的可接受误差需要根据不同的情况具体分析。目前已经证实对于航空航天载具以及地面车辆，较小的惯性参数误差将在计算动力学响应中产生不可忽略的误差。对于航空航天载具，主惯性轴以及惯性张量对飞行控制性能是极其重要的。

然而，系统的惯性参数通常是通过三维CAD模型来估计的，该估计易于产生较大的误差。其中误差来源主要包括机械的几何误差、材料缺陷以及密度的不确定（如元器件）等。一般而言，对于一个具有成千上万零件的复杂系统，采用这种方法惯性参数的估计误差将超过实际值的10%甚至更多，这会对复杂系统的控制造成严重的负面影响，进而降低系统性能，影响该系统的使用寿命。

解决惯性参数精度不足问题的最终途径是通过测量获得高精度的动力学参数。因此，刚体惯性参数测量设备的研制具有非常重要的研究价值。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

本项目将依托空间站机械臂项目。空间站机械臂作为国家重点研制的标志性项目，在研制过程中需要解决机械臂各个部件的惯性参数测量问题，本项目将为机械臂的动力学参数测试提供服务。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	刘云辉	招生人数	3		
------	-----	------	---	--	--

2017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： 超高速图像感知技术以及超高清大面阵图像感知技术		
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		
航空航天工业发展领域大数据图像感知技术发展方向主要为高速化和大面阵，也就是超高速图像感知技术以及超高清大面阵图像感知技术。 超高速图像感知技术及装备主要是指其拍摄频率在每秒一万帧以上，以超高速图像传感器系统为核心的超高速相机广泛应用在航空航天领域， 例如超音速飞机等高速飞行器的设计中需要采用风洞测试来对机体进行流体力学分析从而得出最佳的设计方案， 而超高速图像传感器技术是风洞流场试验的关键技术，决定了风洞试验的速度上限。 超高速图像传感器技术还是飞机发动机尾焰观测实验中的关键设备， 这类尖端科技应用领域对于高速图像传感器的技术指标要求往往在每秒两万帧（ 100万像素） 以上，但我国市场上最好的产品性能也只是达到每秒一万帧（ 100万像素）。 同时，我们所要研发的超高清图像传感器装备则主要指的是其像素数大于1亿像素， 这类超高清、 高分辨率相机目前主要应用于卫星遥感图像、 航拍测绘图像获取以及相应的城市规划、环境监测等领域。 目前我国自主研发的高清摄像机还无法达到这样的技术指标， 相对于国外发达国家还有一定的差距。 当前我国的超高速、 超高清图像传感器装备主要依赖于进口， 而高尖端的图像感知装备更是无处寻觅， 造成这一局面的原因主要一方面源于我国的相关机构或者企业还未能掌握可应用于航空航天领域的高尖端图像感知装备的相关技术， 我国自主研发的高速相机最高的摄像速度只能到达每秒几千帧左右（ 100万像素） ， 而高清高分辨率相机往往只能达到千万级像素。 另一方面， 由于超高速、 超高清图像传感器在航空航天等国防领域的广阔应用前景， 欧美等拥有超高速、 超高清图像传感器先进技术的国家对于我国也实行了相关产品的出口限制。		
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况		
千人计划经费		

2017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： 机器视觉触觉听觉等信感技术，以及机器人语言 and 智能控制

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

机器人学的研究推动了许多人工智能思想的发展，有一些技术可在人工智能研究中用来建立世界状态的模型和描述世界状态变化的过程。关于机器人动作规划生成和规划监督执行等问题的研究，推动了规划方法的发展。此外由于机器人是一个综合性的课题，除机械手和步行机构外，还要研究机器视觉触觉听觉等信感技术，以及机器人语言 and 智能控制软件等。可以看出这是一个设计精密机械信息传感技术人工智能方法智能控制以及生物工程等学科的综合技术。这一课题研究有利于促进各学科的相互结合，并大大推动人工智能技术的发展。围绕机器人学的基础理论和关键技术，主要开展视觉反馈与机器人运动控制融合领域的研究。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

千人计划经费

2017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： 基于嵌入式视觉导航的智能移动机器人

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

在工业生产和科学研究等领域，机器视觉已经逐步代替人眼来进行自动化的测量与检测，工业相机的存在，弥补了人力受环境因素的影响，使得我们不管在多么恶劣的环境下，都能获取清晰的图像。而对于高清图像的处理，采用一般的处理器已不能满足图像处理实时性的要求。为了解决这一难题，博士期间将针对无人机以及移动机器人的特殊工作环境，研制环境适应能力强、安全性好的视觉定位系统，解决嵌入式数字图像处理技术的机器人导航与定位问题，为工业与军事定位应用提供理论支撑。经过一年基础理论的学习，在与导师讨论后课题方向初步确定为“基于嵌入式数字图像处理技术的机器人导航与定位系统”，它主要研究移动机器人FPGA+ARM嵌入式系统的搭建、移动机器人导航、移动机器人的视觉定位以及移动机器人的运动控制策略等研究。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

千人计划经费

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	路勇	招生人数	2		
------	----	------	---	--	--

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： 空间碎片主动清除技术

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

随着国内外航天发射任务逐年增多，太空中遗留了诸如火箭上面级、失效卫星、航天任务抛弃物、航天器解体或相互之间碰撞后产生的衍生物等大量空间碎片，这些空间碎片的日益增多对人类航天事业的发展构成了巨大威胁。由此，对空间碎片主动清除(Active Debris Removal, ADR)已成为当前航天领域的研究热点。在碎片主动清除研究上，各航天国家一致倾向于“捕获+离轨”式清除方案。其工作过程是：碎片清除器首先依靠跟踪定位系统逐渐逼近失去姿控能力的目标碎片（非合作目标），进行捕获，然后依靠轨道转移系统将目标拖入大气层烧毁，或降低其轨道，待其日后自行衰减。清除器主要包括捕获系统、轨道转移系统、以及其他辅助系统（如导航系统、通信系统等）。本研究将主要着眼于非合作目标的捕获技术，围绕其开展捕获方法的提出、捕获机理的论证、空间模拟实验环境搭建及理论验证等方面研究工作。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

该研究目前尚无专项经费资助，研究经费将从导师其他经费中予以支出。主要的经费来源为航天五院511所的横向科研项目。

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： 采用测力刀柄的切削加工过程检测监控技术研究

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

在全球制造业竞争日益剧烈的背景下，提高生产效率和产品质量成为企业的重要追求目标，机械加工的高速、高效和高可靠性是提高企业生产效率和质量的重要手段。在这种形势下，切削加工过程的监测技术越来越受到人们的关注，并成为实现机械制造过程自动化、少人化或无人化，提高产品质量和生产效率的重要技术保证。另一方面，随着科技的进步，加工系统的自动化程度和复杂性越来越高，切削加工过程已经很难再依赖人工来进行监控，而必须发展出具有智能化的监控系统。

本研究拟采用课题组先期研制的一种多参数传感器集成刀柄，进一步开展切削加工过程中在线状态检测及监控方面的研究工作。拟主要围绕切削过程信号处理与特征分析方法、基于多传感器融合的刀具磨损状态监测策略、切削加工过程工件表面粗糙度智能化监测策略、基于多参数传感器的切削加工过程状态智能监测系统的实用化等方面深入开展研究

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

经费来自于待结题的2013年度863资助项目“面向切削过程监控的微纳多参数传感器与系统”的结余费用。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	孟庆虎	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

2017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： 云机器人理论与技术研究

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

在Humanoids 2010 会议上，卡耐基梅隆大学的James Kuffner教授提出了“云机器人”的概念，引起了广泛的讨论。Humanoids 2010 会议上很多专家对云机器人比较看好，云机器人将成为机器人学的下一个跨越式发展目标。云机器人是云计算与机器人学的结合。就像其它网络终端一样，机器人本身不需要存储所有资料信息，或具备超强的计算能力，只是在需要的时候可以连接相关服务器并获得所需信息。

拟开展云机器人(cloud robotics)基础理论与技术研究，研究云机器人平台的网络通讯协议及其物理模块，实现网络环境下多机器人与云服务器间数据通讯，研究成果将为云机器人系统研究以及平台构建提供基础通讯支持。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

中组部“千人计划”教授项目经费；国家“863”项目、国家自然科学基金项目经费；

2017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： 智能机器人的实时认知与交互系统

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

选题背景和意义：
 新型单工位代工机器人的设计、交互与认知的研究课题是目前国际机器人界关注的热点问题，同时也是阻碍以与人共处同工为特点的新型代工机器人发展的瓶颈问题和关键技术。

主要研究内容为：
 （1）新型单工位代工机器人的柔性传动机构中的传感与认知模块的设计与研制；
 （2）多传感器，包括光学视觉、力学触觉、红外和激光测距等传感单元的信息融合与决策的设计与实现；
 （3）基于智能传感融合信息与认知的人机交互相融控制系统的设计与实现。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

中组部“千人计划”教授项目经费；国家“863”项目、国家自然科学基金经费；

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	彭高亮	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 面向复杂非结构化环境的四足机器人仿生机构设计与优化

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

(1) 选题背景及意义

国际上近几年掀起了一股研究四足仿生机器人的热潮。为了填补我国高机动、大负载四足移动机器人平台的研究空白，缩小与国外在四足机器人研究领域的差距，在“十二五”863 计划主题项目的支持下，我国的四足仿生机器人技术取得突破性进展，在理论研究和工程实现上，都发生了质的飞跃，大大缩短了与真正的四足机器人实用化这一目标之间的距离。但由于研究时间相对较短，我国的四足机器人与国外的相比，在系统可靠性、自身状态感知和环境感知能力、动力源优化和续航能力等方面还存在较大的差距，尚存在一些需要深入研究解决的问题。

为了提高我国四足机器人对山区、林地等崎岖地形的适应能力和复杂环境下的机动能力，需要进一步解决轻型机构及寿命、关节驱动力分配及优化、冲击作用下的系统稳定控制、自然环境感知与自主跟踪和导航等工程问题。

本课题面向山区、林地等崎岖地形和复杂环境下的军事与民用应用对高机动性、高负载能力四足仿生移动机器人平台的技术需求，重点突破形态和功能仿生的高性能四足机器人机构工程化设计技术。

(2) 研究内容

1) 四足机器人结构和运动仿生机理研究与优化

开展四足机器人结构仿生、运动仿生和控制仿生研究，优化四足仿生机器人的结构参数、运动学参数、动力学参数和传感器配置，为机器人柔顺控制和稳定运动控制建立仿生机理研究基础。

2) 仿生腿机构轻量化和顺应性设计研究

优化仿生腿的拓扑结构，设计轻质、高强度的仿生腿，使机构具有足够刚性；改进传动设计，提高机器人的关节运动速度；设计出一种运动灵活、适应复杂地形环境、具有被动缓冲和主动柔顺功能的四足机器人仿生机构；研究仿生缓冲机构和智能结构，设计高效储能和释放机构，使机器人具有足够的柔性以顺应突变冲击和对不同地形的适应性，提高机器人的稳定性、速度和效率。

3) 四足仿生机器人动态特性设计与优化

以四足仿生机器人虚拟样机、系统仿真模型和第一期样机实验为基础，分析机械结构在各种步态条件下的运动学和动力学特性，优化机器人的结构参数。建立仿生机构的动力学模型，分析惯性力、地面接触力和干扰力对机器人机械结构和运动稳定性影响的定性定量关系，优化机器人的结构配置和质心分布，同时还可以验证柔顺控制、稳定运动控制与环境适应性方法的有效性。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家863计划项目“四足仿生机器人”下设课题“面向野外环境的四足仿生机器人实用技术研发”，课题经费为83万元。

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： 大型车载雷达天线自动对接与智能架设技术

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

(1) 选题背景及意义

随着当今我国国防工业建设的飞速发展，不仅对大型车载雷达的需求量不断增加，而且对其机动性、安全、高效、长寿命与经济性等要求的不断提高，对雷达天线架设过程中的定位、夹紧和安装技术提出了更高的要求。要求天线质量可靠，组装成本低，精度及效率更高，展开及架设过程更加自动。然而，目前我国大型车载雷达天线仍然沿用传统人工架设方法，采用起重设备进行现场吊装，安装效率低、精度和质量难以保证，已不能满足现代雷达高机动、高精度、高作战效能等要求。

此外，目前需要解决大型雷达天线阵面在不同仰角姿态下的精度保持问题。通常大型天线在温度、自重等载荷作用下会发生变形，导致电性能的下降。因此要求天线在不同仰角的时候始终保持阵面精度，小口径阵面容易实现，而大口径天线阵面的保型是工程上的难点。

本课题立足于国家对高精度电子装备的重大需求，以大型车载雷达天线为研究对象，研究大型车载雷达天线的战场自动对接技术，以及大型阵面的主动精度控制技术，为我国新型雷达装备研制水平的提升和可持续发展提供强有力的技术支撑。

(2) 研究内容

1) 大型车载雷达天线自动对接技术

自动对接技术已经在空间飞船对接、飞机自动装配领域成功应用，综合采用数字化测量、信息化管理、数控自动定位和自动连接等技术，实现了大部件全自动装配对接，取得了巨大的经济和社会效益。研究以数字测量和精确定位锁紧为核心的雷达天线自动对接技术，满足高低温、雨雾、风载、电磁条件等恶劣的作业环境要求。并解决在室外、车载条件下大型天线的精确空间位姿快速、可重复精确调节问题。研究具有空间六自由度精确调节功能的系统，实现大型天线阵面的高精度、高可靠性和快速空间位姿调节。

2) 大型雷达天线阵面机电耦合设计

高精度电子装备是机电结合的系统，其电性能的成功实现不仅依赖于机械、电磁、热学等学科的设计与制造水平，更取决于不同学科之间的交叉与融合。单纯从机械结构上保证大型天线阵面的高精度，往往超出机械结构的设计与制造能力；结构与电磁性能密不可分，必须寻求电与结构性能全优的机电综合优化设计。研究大型雷达天线的机电耦合问题，找出影响天线电性能的主要结构因素，在保证雷达综合电性能的基础上，有效降低对结构设计与加工精度的要求。

3) 大型雷达天线阵面精度自动补偿技术

研究机械结构(设计与制造)因素对电子装备性能的影响机理。针对电子装备设计与制造中多工况和多因素对电性能的影响机理，探究机械结构设计和制造工艺参数对电性能的影响规律，挖掘设计、制造因素与电性能之间的定性或定量关系。通过自动测量与主动变形补偿技术，对可展开大型雷达天线各个工作方位角，以及风载等不确定因素下进行自动面修正，保证天线阵面的精度要求。

4) 大型车载雷达天线自动对接系统的设计与应用

快响应、高指向精度已经成为目前雷达装备的主要性能指标之一。对雷达装备的机动性与反应速度的要求越来越高，而且要求具有足够的阵面精度。为了满足大天线阵面方便运输、快速展开/回收的实际功能要求，本课题拟研制一套车载雷达自动对接系统，对所研究的天线自动技术、机电耦合设计、阵面自动补偿进行验证和应用。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

中国电子科技集团公司第三十八研究所课题“XXX天线阵面自动展开系统研制”和“XXX雷达天线自动对接运输平台研制”，两个课题总经费为515.4万元。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	曲建俊	招生人数	1		
------	-----	------	---	--	--

2017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： 超声电机摩擦驱动特性研究

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：
超声电机是一种新型驱动器，具有结构简单、低速大扭矩、响应速度快、静态保持力矩大、无电磁干扰等特点，在航空航天、机器人、光学仪器等领域有着广阔的应用前景。特别是在研制轻小型驱动系统方面具有明显的应用优势。国外将压电陶瓷驱动技术作为精密驱动应用于航空航天领域已经有一些报道。国内基于压电陶瓷材料的驱动控制技术经历近年的快速发展，已经成为微驱动、微定位领域研究的重点和热点，取得了大量理论和技术成果，并在众多领域得到广泛应用。但对其在空间环境下的应用技术刚刚起步，在工作特性、环境适应性等方面距离空间环境下高精密驱动应用还存在一定差距。因此进行基于真空环境下轻小型超声驱动系统的研究具有十分重要的意义。

主要研究内容简介：

1) 超声电机轻量化结构设计；

2) 超声电机的高精度研究；

3) 超声电机的快速响应控制研究。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

该课题来源于XXXX预研项目“XXXXXXXX驱动系统研究”

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	荣伟彬	招生人数	1		
------	-----	------	---	--	--

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： 可控液滴催化生长与刻蚀纳米加工技术的研究

- 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

- 1) 选题背景及意义：
- 纳米液滴催化生长刻蚀是一种重要的纳米制造方法，通过该方法可以生长纳米线和刻蚀纳米级的沟道。该方法只能制造简单的一维结构（纳米线、纳米沟道），目前难以制造复杂的纳米结构，为了克服该方法的不足制造出复杂的纳米结构，本研究将“液滴操纵”和“纳米催化液滴刻蚀生长”相结合，提出一种可控液滴催化生长与刻蚀纳米加工方法，相比于传统纳米液滴催化生长刻蚀、以光刻为主的纳米加工等方法，该方法具有可制造复杂的纳米结构、加工工艺过程简单、成本低和高加工分辨率的特点，将对纳米科技和半导体工业的发展具有重要意义。
- 2) 主要研究内容：
- （1）可控液滴催化生长与刻蚀纳米加工机理的研究
- 在对液滴催化生长（VLS生长硅线）和液滴辅助刻蚀（液滴催化刻蚀石墨烯）机理分析的基础上，建立探针针尖、纳米催化液滴和基底之间力学模型，通过仿真研究温度、液滴大小、针尖到基底距离等参数对加工质量、效率等的影响，为可控液滴催化生长与刻蚀纳米加工方法的实验研究提供理论基础。
- （2）可控液滴催化生长与刻蚀纳米加工的工艺研究
- 在可控液滴催化生长与刻蚀纳米加工方法机理的研究的基础上，构建实验装置，获得温度、液滴大小、针尖到基底距离等参数对可控液滴催化生长与刻蚀加工的影响规律。
- （3）可控液滴催化生长与刻蚀纳米加工实验平台的构建
- 在对可控液滴催化生长与刻蚀纳米加工方法机理、规律研究的基础上，搭建一套高效率、高加工质量的可控液滴催化生长与刻蚀纳米加工实验系统，为可控液滴催化生长与刻蚀纳米加工的最终应用奠定基础。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

机器人技术与系统国家重点实验室自主课题(SKLR201602C)

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	宋宝玉	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 行星滚柱丝杠副设计及其动态特性分析

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

行星滚柱丝杠副是将丝杠的旋转运动通过多个螺旋滚柱单元的行星运动，转化成螺母的直线运动，螺纹牙滚柱作为传力单元，啮合接触点多，是高技术含量和高性能的传动装置。随着飞行器和武器装备的全电化发展以及石油、化工、机床等需要大推力、高精度、高频响、高效率、长寿命的机械装置作为机电做动系统的执行机构，取代易污染、维护成本高、系统复杂的传动液压做动系统以及内、外螺纹加工工艺的提高，以及制造设备和材料技术的发展，行星滚柱丝杠的到了广泛关注。相比于国内应用广泛的滚珠丝杠相比，行星滚柱丝杠具有以下优点：

- (1) 滚柱与丝杠接触半径更大，依据 Hertz接触理论，所有滚柱同时参与啮合，接触点多，比滚珠丝杠在相同丝杠直径下承载能力提高 6 倍、相同负载下比滚珠丝杠节省 1/3 空间、寿命提高 14 倍、工作环境温度范围提高 2 倍、提升了刚度和抗冲击能力。当滚柱丝杠直径为 120 mm 时，其推力可达 120 t。
- (2) 滚柱丝杠用滚动摩擦代替滑动摩擦，与滚珠丝杠传动效率相当，润滑良好的情况下效率可达90%。
- (3) 滚柱相对于螺母没有轴向运动，因此具有加速、旋转和减速的能力，转速可达16000r/min，直线速度 2 m/s，加速度3g，而滚珠丝杠很难达到上述指标。
- (4) 行星滚柱丝杠的导程与滚柱丝杠的节距成函数关系，导程可以小于0.5，而且导程可以设计为整数和小数可以，不需要减速齿轮来配比。
- (5) 采用行星机构控制滚柱运动，不需要滚动件循环装置，且高速运转时产生的振动噪声较小。
- (6) 可在恶劣环境下使用。滚柱两端的直齿与安装在螺母内的内齿圈啮合，容易保证正常运转。
- (7) 拆卸方便，拆卸时可不拆下滚柱，直接将螺母旋出。

PRS有上述优点，随着我国大型、重载数控机床和大型装备的发展，国防现代化向纵深和高端发展，对 PRS 的需求将呈上升的趋势，行星滚柱丝杠将会的到广泛应用。但其数学理论模型及产品结构复杂。目前国内对行星滚柱丝杠的理论研究处于起步阶段，没有相关成熟产品，国外产品价格高而且在军工、航天航空等领域进行产品封锁。为此，本课题将对行星滚柱丝杠副进行设计，并对其动态特性进行分析。

主要研究内容：

- (1) 行星滚柱丝杠副结构设计：基于传动螺纹啮合原理建立行星滚柱丝杠运动关系模型，分析螺距、螺纹中径和螺纹头数等关键结构参数对丝杠副输出行程的影响；建立行星滚柱丝杠副接触力学模型，分析结构参数对行星滚柱丝杠副承载能力、静刚度等静态特性的影响。
- (2) 行星滚柱丝杠副动态特性分析：建立行星滚柱丝杠副动力学模型，分析结构参数、转矩和转速对丝杠副动刚度、摩擦力矩、传动效率及振动特性的影响。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

该课题为上海航天有线电厂有限公司、北京自动化控制设备研究所预研项目。

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： 低速斜齿轮故障诊断及故障识别方法研究

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

齿轮传动由于具有恒功率输出、承载能力大、效率高、寿命长和结构紧凑等优点，使其成为了机械设备中不可缺少的连接和传递动力的通用零部件，被广泛地应用于金属切削机床、航空航天、电力系统、农业机械、运输机械和冶金机械等现代化工业设备中。由于齿轮传动系统的结构复杂，工作环境恶劣，通常在高速、重载等苛刻工况条件下运转，齿轮及齿轮箱容易受到损害和出现故障。依据数据统计，传动机械中80%的故障是由齿轮引起的，而旋转机械中齿轮故障占其总故障率的10%左右。齿轮系统在生产及生活中是必不可少的，其故障会造成严重设备事故和重大经济损失。因此齿轮传动系统的可靠性和安全性不容忽视，开展齿轮故障诊断技术研究，进而实现齿轮箱的维修保障工作由事后维修、定期维修到视情维修的根本转变，减少不必要的损失，避免重大安全生产事故的发生，具有重要的经济与社会意义。低速重载斜齿轮是大型机械装备普遍采用的一种齿轮动形式。由于长期在较大载荷下工作，对斜齿轮运行状态的监测不容忽视，但是其特殊的结构形式和工况条件使针对低速斜齿轮的故障诊断技术同样具有一定的特殊性。为此，本课题将针对低速斜齿轮这一齿轮传动形式，开展故障诊断方法研究。

主要研究内容：

(1) 低速斜齿轮全寿命过程故障诊断试验研究

通过模拟斜齿轮的故障形式，分别在平稳转速和非平稳转速条件下对全寿命过程的低速斜齿轮进行故障诊断试验研究；并对低速斜齿轮故障振动信号的特点进行了定性分析。

(2) 基于局部时间尺度分解的自适应时频分析方法研究

研究一种新的自适应时频分析方法——基于局部时间尺度分解的时频分析方法，该方法适合处理非线性、非平稳、多分量的斜齿轮故障振动信号信号；分别从端点效应的抑制方法、基线信号的平滑处理以及单一模式分量的瞬时幅值和瞬时频率求解方法三个方面对局部时间尺度分解方法进行改进；通过仿真和试验对该方法的分解能力及其对噪声的鲁棒性进行分析，将局部时间尺度分解方法与包络解调分析相结合用于斜齿轮故障特征提取，通过低速斜齿轮故障诊断试验对其有效性进行验证，并给出该方法的适用范围。

(3) 稳态运行低速斜齿轮早期故障特征提取方法研究

为提高局部时间尺度分解方法对噪声干扰的抑制能力，提出基于噪声辅助分析的局部时间尺度分解方法；在给出随机噪声分量判定依据的基础上，提出基于噪声辅助分析的局部时间尺度分解降噪预处理方法；提出基于振动信号局部能量放大的故障特征提取方法，并将这两种方法相结合，用于稳态运行低速斜齿轮早期故障特征提取。

(4) 非平稳转速低速斜齿轮故障特征提取方法研究

研究基于角度域采样的低速非平稳运转斜齿轮早期故障特征提取方法。将时域同步平均算法引入到角度域内，提出角度域同步平均降噪方法；将该方法与阶次分析相结合用于提取非平稳转速斜齿轮故障特征；提出基于局部时间尺度分解和阶次解调相结合的故障特征提取方法，并通过试验研究给出该方法的适用范围；提出了基于角度域振动信号有效值分布的故障轮齿定位诊断方法，通过该方法确定发生局部故障的轮齿的具体位置。

(5) 低速斜齿轮全寿命过程故障模式识别方法研究

建立基于过程支持向量机的斜齿轮全寿命故障模式识别方法；针对平稳转速和非平稳转速两种工况条件，提出斜齿轮故障特征信号转化为时变变函数的特征量的提取方法；分别在平稳转速和非平稳转速条件下，对斜齿轮全寿命过程故障模式识别进行试验研究，验证该方法的有效性。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

该课题为东安发动机有限公司预研项目，目前自筹经费。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	孙立宁	招生人数	1		
------	-----	------	---	--	--

2017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： 典型构件纳米操作关键技术的研究 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 1) 选题背景及意义 在纳米尺度下(小于100nm)进行观测与操控的纳米操作技术是微纳制造技术领域中的重要研究方向，是微纳材料与结构及器件特性测试、微结构的加工和装配的重要手段。由于操作对象是纳米尺度，传统的光学显微镜已经不再适用，扫描电子显微镜（SEM）具有分辨率高，观测能力强、充足的真空室空间、可集成多种定位装置和检测装置等特点，是一种理想的纳米操作观测工具，开展基于SEM的微纳米操作技术的研究是目前纳米操作的研究热点之一，如何实现纳米器件的三维稳定操作与装配是目前需要解决的关键问题。 2) 主要研究内容 面向原型纳米器件制造作业领域，在已有研究基础上，研究双探针操作方法与操作策略，提出纳米构件(纳米线、纳米管、纳米梁)拾取、释放、互连的三维操作方法。采用MEMS工艺，研究微型化集成化的多自由度硅基纳米微定位机构、多维微力传感器与微操作工具，构建小型化纳米操作系统。结合显微视觉及主从遥操作技术，研究微纳操作的宏观操作策略与操作方法，在二维操作的基础上，实现纳米器件的三维稳定操作、组装与测试。
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况 国家自然科学基金重大计划重点项目：纳米结构与器件跨尺度三维操纵与互连的基础研究(编号：90923041)。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	孙涛	招生人数	2		
------	----	------	---	--	--

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： 超精密外圆磨削设备设计制造的基础理论研究

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

超精密加工装备是先进制造领域的工作母机，超精密加工装备制造技术是我国建设创新型社会发展基础的重要研究领域之一。超精密磨削技术应用广、难度大、技术密集、精度要求高，特别是超精密外圆磨削设备是高精度轴系等部件的重要加工制造手段。目前我国气浮轴承的主轴制造工艺过程是经过精密设备的磨削、渗氮、再修磨、再表面处理、检测等工艺之后，还需要大量的手动研磨和反复检测才能达到所需精度，这与国外高精度低成本自动化批量磨削制造有较大差距。目前我国存在的主要问题在于超精密外圆磨削设备的制造精度、精密磨削工艺等基础理论问题没能很好解决，利用高精度外圆磨削设备进行的加工制造工艺尚有差距。为此，针对这一研究方向与目的背景开展关键制造理论与技术研究，对提高我国精密装备自主制造具有一定意义。主要内容包包括，精密外圆磨床的静动态结构设计与优化技术、机床热特性与力特性分析技术、多轴控制技术、双曲面变截面外圆零件精密磨削加工工艺技术、检测评价技术等。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

经费来源于工程物理研究院协作课题与国家科技重大专项。

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： 动压马达边界润滑成膜机理及成膜过程仿真

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

为了大跨度提高动压气浮轴承的运行寿命，改善陀螺轴承高速运行表面的微观模态，提升工作可靠性和运行稳定性，基于边界润滑理论，拟进行边界润滑膜成膜过程的理论研究，拟建立边界润滑膜形成的几何模型和物理模型；通过建立的启停与高速运行状态下动压气浮轴承表面的微观状态模型，拟揭示边界润滑膜的作用机理，建立长寿命条件下的边界润滑膜机械物理模型；通过研究边界润滑膜的微纳米几何形状特性检测和微纳米机械物理参数检测机制，拟建立其几何尺度与精度的检测表征体系，为陀螺仪表的智能化制造提供基础的、可靠的表面机械物理参数优化数据；同时进行摩擦、力矩测试等实验研究，修正和优化微观几何与物理模型，并进一步指导边界润滑膜的涂膜工艺，为后续工程化应用提供理论指导与成熟测试工艺。

本论文一方面将从物理化学、机械润滑等角度开展理论研究：进行边界润滑膜在陀螺轴承基体材料上形成过程的理论与仿真研究，建立边界润滑膜形成的几何静态模型，为边界润滑膜涂膜工艺及边界润滑膜微纳米性能检测提供理论指导；同时进行动压马达气浮轴系启停过程和运行状态下动态力矩、热特性与摩擦磨损特性研究。另一方面，进行边界润滑膜的微纳米特性检测技术研究，建立边界润滑膜涂膜过程几何状态静态模型；进行边界润滑膜的微纳米机械物理参数检测技术研究，建立长寿命条件下的边界润滑膜机械物理模型，为陀螺仪表的智能化制造提供基础的、可靠的表面机械物理参数优化数据。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

课题经费来源于国家自然科学基金重点基金课题。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	孙雅洲	招生人数	1		
------	-----	------	---	--	--

2017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： 超精密加工装备多尺度多场耦合设计理论 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 超精密加工装备对高技术的发展起重要的支撑作用，同时也是《国家中长期科学和技术发展规划纲要》中制定的“高档数控机床与基础制造装备”重大专项支持的前沿领域，是重大专项“高分辨率对地观测系统”“载人航天与探月工程”等工程实施的技术基础。我国的超精密机床研究尚处于实验室阶段，汽车、家电、数码相机和激光系统中的光学元件和模具大量依赖国外进口。由于超精密加工装备涉及到机械动力学、热力学、流体力学、控制理论与测量技术等多场耦合和多学科交叉问题，因此传统加工装备设计理论与方法并不能指导完成超精密加工装备的设计。 本课题以光学元件及其模具的高效超精密加工为背景，以实现纳米加工精度为目标，开展基于多尺度多场耦合分析的超精密加工装备设计理论研究。主要研究内容包括超精密加工装备多场耦合建模、原型实验系统建立、动力学行为验证，基于虚拟样机技术的超精密加工装备数字化仿真平台建立等。
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况 课题研究经费来源于国际科技合作专项项目。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	唐德威	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 深空探测

- 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：
开展以月球和火星为重点目标的深空探测是我国航天中长期规划的重要任务。随着我国“嫦娥”探月工程的顺利开展，火星探测工程规划已开始启动，火星探测活动必将成为未来深空探测的热点，开启一个全新的领域。在火星着陆探测过程中，着陆器的软着陆及探测车释放是其中的关键环节。基于火星的环境特点，结合各种着陆方式的优点，开展具有中国特色的软着陆方式及探测车释放技术研究，将为我国的火星着陆探测提高理论和技术支持，是急需开展的课题方向。

主要研究内容：
1、火星着陆装置着陆方式及实现方案研究：分析现有的着陆方式的优缺点，探讨新型着陆方式的可行性及其实现方案；涉及火星环境、热力学和空气动力学的影响分析。
2、着陆缓冲装置的研究：根据着陆方式和实现方案，设计和分析有效的着陆缓冲装置，其中包括有效缓冲着陆瞬间的着陆载荷；能够收拢、体装、展开与锁定；保证着陆过程的稳定性，防止着陆器倾覆等方面的问题，涉及机构设计、运动学与动力学分析与仿真、着陆器运动控制及仿真等问题的研究。
3、着陆缓冲的模拟试验研究：研究所搭载载荷、火星重力环境、火星表面环境热环境和振动冲击等方面的模拟方法，构建或利用有效的模拟试验装置，测试分析所设计的着陆缓冲装置的各项性能，验证理论分析方法和结论的正确性。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

火星探测预研项目

2017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： 火星探测

- 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：
随着深空探测的不断深入，对火星的探测研究逐渐成为各国行星探测的重点。在分析了国内外研究现状的基础上，针对火星车等大型探测装置存在移动范围小、发射相对困难、技术难度高的问题，特别是在崎岖地形的越障能力表现不佳，无法完成大范围远距离的探测任务。拟设计一种微型探测机器人，质量轻，体积小，可实现低重力环境大范围移动。在携带简单探测装置的情况下，可完成火星地貌、地质等基本环境信息的采集工作。一方面可以获取第一手的环境数据，提高行星探测的效率。其次，为我国后期大型火星车登陆探测提供一定支持。

主要研究内容

- 1) 微型火星探测机器人的工作方式及实现方案研究
拟采用理论与实验相结合的方法，模拟火星的环境参数对微型火星探测机器人的运动与动力特性进行分析，探寻合理的机器人行走与工作工作方式。
- 2) 微型火星探测机器人的结构研究
根据探测机器人的工作方式和实现方案，设计合理的机器人结构形式，其中包括如何保证行走稳定性，防止倾倒等问题，涉及机构设计、运动学与动力学分析与仿真、飞行器运动控制及仿真等问题的研究。
- 3) 微型火星探测机器人的模拟试验研究
研究所搭载载荷、火星重力环境、火星表面环境热环境和振动冲击等方面的模拟方法，构建或利用有效的模拟试验装置，测试分析所设计的飞行器各项性能，验证理论分析方法和结论的正确性。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

火星探测预研项目

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	陶建国	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 核电站水池水下推力附着机器人系统设计及其运动控制研究

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

1) 选题背景及意义

随着我国社会经济的不断发展，工业化所带来的环境污染和能源危机问题，促使人们更重视新能源的探索。核能作为一种清洁的新兴能源，逐步得到了的重视和发展。我国也制定了《国家核电中长期发展规划(2005-2020年)》这一宏大的核电发展蓝图，计划在2020年总装机容量达到4000万千瓦时，跃居世界第四位。但日本福岛核电站发生的核泄漏事故造成了巨大经济损失和社会影响，对事故处理和应对的不力导致日本的国家形象和企业信用严重受损。这一事件引起了世界各国对核电站安全与应急救援的高度关注和重视。

乏燃料池和换料水池作为核电站的重要组成部分，如果出现泄露将造成严重的核事故，而对于这两种水池的泄露检测及施救则是世界性的难题。目前我国正在运行和在建的核电站已达十几座，运行和在建的核电机组已达四十多个。一旦发生池底或侧壁泄漏，需要抽干水池内的水，采用人工补漏作业，这会影响核电站正常运行和安全，耗时长、损失大，且强辐射环境也对作业工人的健康造成危害。此外，为及时发现泄漏，核电站水池需要经常巡查，恶劣环境对作业工人的健康产生很大影响，而且作业效率低下。因此，核电站水下机器人研究可以把人从恶劣、有害的工作环境中解放出来，具有巨大的经济效益、社会效益和广阔的应用前景。

目前，国内外的海洋深潜ROV机器人技术已达到较高水平，但由于核电站水池的环境特殊性，国外也仅仅研制出能够进行池壁检查的水下机器人，至今还没有能够完全适应核电站水池修复等作业要求的机器人。我国在这方面的研究刚刚开展，因此，系统开展核电站水下机器人技术及其科学问题研究，对于拓展我国流体-固体耦合系统动力学的内涵与外延，提升水下机器人技术及应用水平具有十分重要的意义。

- 2) 主要研究内容
- (1) 基于水动力特性的水下推力附着机器人本体设计方法
 - (2) 考虑脐带线缆影响的水下机器人运动控制策略
 - (3) 考虑脐带线缆扰动及近岸效应影响的水下机器人鲁棒控制器
 - (4) 水下机器人样机系统研制及运动控制试验研究

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

该选题依托在研的国家973项目课题——“核事故救灾任务灵巧作业”

2017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： 火星探测车悬吊着陆与释放技术研究 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 1) 选题背景及意义 开展以月球和火星为重点目标的深空探测是我国航天中长期规划的重要任务。随着我国“嫦娥”探月工程的顺利开展，火星探测工程规划已开始启动，火星探测活动必将成为未来深空探测的热点，开启一个全新的领域。 在火星着陆探测过程中，着陆器的软着陆及探测车释放是其中的关键环节。基于火星的环境特点，结合各种着陆方式的优点，开展具有中国特色的软着陆方式及探测车释放技术研究，将为我国的火星着陆探测提高理论和技术支持，是急需开展的课题方向。 2) 主要研究内容： (1) 火星着陆装置着陆方式及实现方案研究：分析现有的着陆方式的优缺点，探讨新型着陆方式的可行性及其实现方案；涉及火星环境、热力学和空气动力学的影响分析。 (2) 着陆缓冲装置的研究：根据着陆方式和实现方案，设计和分析有效的着陆缓冲装置，其中包括有效缓冲着陆瞬间的着陆载荷；能够收拢、体装、展开与锁定；保证着陆过程的稳定性，防止着陆器倾覆等方面的问题，涉及构型综合、机构设计、运动学与动力学分析与仿真、着陆器运动控制及仿真等问题的研究。 (3) 着陆缓冲装置与探测车的接口与释放研究：基于着陆器的物理约束和几何约束，研究探测车的折展方式、结构实现、锁定接口和释放方式，涉及探测车的可折展构型综合、机构设计、运动学与动力学分析与仿真、释放稳定性等问题的研究。 (4) 着陆缓冲与探测车释放的模拟试验研究：研究所搭载载荷、火星重力环境、火星表面环境热环境和振动冲击等方面的模拟方法，构建或利用有效的模拟试验装置，测试分析所设计的着陆缓冲装置的各项性能，验证理论分析方法和结论的正确性。
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况 该选题依托国家探月工程三期预先研究项目及后续的技改设备项目经费支持。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	王波	招生人数	2		
------	----	------	---	--	--

2017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： 等离子体润滑技术基础研究

- 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

本课题组在等离子体加工实验过程中，发现等离子体放电对微孔气体射流有非常明显的流场调控作用。该现象可能对小孔节流特性有明显的改善作用，从而可以有效抑制气体静压轴承中普遍存在的喘振和微振现象，使得气体静压轴承的回转精度达到纳米级，将极大地拓展其在超精密加工和超精密测量中的应用。该研究方向属于原创性研究。

主要研究内容包括：

1、等离子体放电对微射流流场的调控机理；

2、低温等离子体介质对轴承静压特性的影响；

3、等离子体润滑实验装置设计

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

- 1、04重大专项课题 非接触式大气等离子体加工工艺与装备研究；
- 2、其他企业横向课题

2017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： 新一代光电显示系统中的超大尺寸微结构透镜超精密加工关键技术研究

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

超短距激光投影电视被看做第四代电视技术，是我国电视行业实现弯道超车的历史性机遇。目前，激光电视屏幕（100吋以上）所需的光学微结构透镜几乎全部依赖进口。为了打破国外技术垄断，助力我国产业升级，本课题组拟开展新一代光电显示系统中的超大尺寸微结构透镜超精密加工关键技术研究，重点突破大型重载超精密加工机床构型优化，关键部件高刚度设计、模具表面涂层制备、金刚石加工工具制备、微结构加工质量检测、创新性微切削工艺及工艺过程监控等关键技术，研制出微纳米压印模具超精密加工机床及相关配套工艺装备，加工出幅面>4. 0m，可加工微结构精度≤1 μ m，粗糙度Ra≤10nm的微结构光学模具产品。

主要研究内容包括：
(1) 流体润滑系统刚度的多场调控技术；
(2) 超大直径平板类零件加工时的谐振抑制技术；
(3) 大尺寸微结构模具表面质量在位评价技术；
(4) 基于反射光谱分析的刀具状态的实时监控；
(5) 机床加工过程中的热补偿技术；

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

- 1、04重大专项课题 高精度惯性器件微制造装备
- 2、企业横向课题

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	王大方	招生人数	1		
------	-----	------	---	--	--

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： 新能源车车辆用三电平逆变器输出畸变机理及谐波治理补偿研究

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

输出畸变问题是电压源型逆变器的共性问题，影响了其相关应用的整体性能。中点钳位 (NPC) 三电平逆变器是目前非常有实际应用潜力的逆变器拓扑结构，也存在输出畸变问题，本选题将从提高新能源车电驱动系统性能角度，结合实验和仿真对NPC三电平逆变器的输出畸变问题进行理论研究。

电机调速场合是电压源型逆变器应用的前沿阵地，虽然目前对交流无刷电机（交流感应和永磁同步电机等）的控制理论日趋成熟，但交流无刷电机在实际应用中的整体性能仍处较低水平，控制算法在建立过程中对逆变器的特性进行理想化，因而往往不能直接在实际系统中得到预期的效果。造成这种障碍的基础性问题是逆变器的波形输出畸变，输出畸变问题是电压源型逆变器的主要共性问题，其不但对输出质量造成极大影响，也限制先进控制算法的优越性。随着电压源型逆变器的应用日渐广泛，输出畸变问题宏观上所造成的能量损失、性能损失日益受到关注，尤其是在某些高性能场合，所以对输出畸变进行有效补偿成为提高性能的必须手段。本选题将从理论角度对NPC三电平逆变器-电机的复杂系统进行分析，以提高三电平逆变器输出电压、电流波形质量为目的，量化各影响因素，对功率器件进行符合实际情况的数学建模，理清相互作用关系，对上述现象进行解释，设计着眼于谐波改善的波形畸变补偿方法。主要研究内容为：

从理论角度分析输出畸变问题的数学表征，通过量化畸变的影响、枚举畸变的开环和闭环因素、建立逆变器小信号等效模型等工作，解释逆变器中固有的电流过零畸变现象、边沿畸变现象，期望得到逆变器畸变机理的一般结论；利用得到的理论分析结果，以提高系统谐波质量为目的，采用软硬件相结合的策略，对逆变器进行闭环反馈补偿，使其工作特性趋于理想，改善NPC三电平逆变器的输出质量，提高电驱动系统的整体性能。预期研究成果将对高性能电机控制算法和逆变器设计等方面提供有价值的参考，对逆变器在其他领域的应用也有一定借鉴作用。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

该选题科研经费来源于国家国际科技合作专项 (2014DFB70120)

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	王广林	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 一次性机械设计和制造理论与技术研究

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

该方向为我们研究团队独立首次提出，其提出的背景来源于某型号箭用舵机减速器以及某型号鱼雷的设计过程中遇到的问题，该方向具有明确的研究目标和应用背景。在国家自然科学基金的支持下，我们研究团队提出了一次性机械设计理论的基本概念，包括一次性机械零件和疲劳弹性失效寿命的概念，并在较高水平的国内和国际期刊上发表了相关研究成果。下一步，准备安排博士生进一步深入研究一次性机械设计理论的相关内容，并在此基础上，研究一次性机械在制造技术方面与常规机械的区别及其自身应该具备的特点。

3

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

一次性机械设计理念及典型零件一次性机械设计方法研究，国家自然科学基金，20万元。

2017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：

伺服执行机构的电动加载控制及试验技术的研究与航天航空精密零件加工检测一体化技术研究

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

1，以舵机为代表的伺服执行机构的研制过程需要对其进行负载加载试验，该类加载以往主要采用弹性力机械加载或重力加载，难以模拟实际工况的负载变化情况，近年来，随着对试验技术和系统性能要求的提高，已经发展为液压控制加载和电动控制加载。电动加载方式有诸多优点，比如可以通过计算机控制技术达到变负载和模拟部分实际工况的效果。但其理论和技术均不够成熟，如加载系统执行部件的惯性影响和系统加载响应速度的矛盾一直没有解决，加载力（或力矩）的实时精确控制等方向还没有探索清楚，我们研究团队已经在此方向进行了一些研究，突破了一些技术障碍，提出了预知被测对象运动规律主动加载控制方法，形成了新的研究方向，下一步准备安排博士研究生从电动控制模型及算法，控制系统惯性等效折算以及随机加载控制和被主动一体化加载控制方向进行深入研究，继续保持我校在该领域研究的领先地位。

2，二十余年来，在该方向结合伺服阀和挠性陀螺等航天航空精密元件，零部件的加工和检测问题，开展了一系列研究，先后取得了多项省部级研究成果，并均得到推广应用，同时提出了一批创新性的技术突破和理论成果，在国内一直保持领先地位，是本研究团队的传统的具有特色的优势研究方向。因此，有必要持续进行研究并实现更好的研究成果。此次招收博士生拟结合航天重大工艺项目和国防基础研究项目，开展伺服阀阀孔形状精度非接触现场检测技术和在线修正加工技术的研究，解决电液伺服机构滑阀卡滞故障隐患问题，保持和发扬我校在该研究方向的领先地位。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

- 1，舵机电动加载控制试验系统研制，国防专项子项, 190万元。
- 2，三余度伺服阀研制关键技术研究，国防基础科研子项，200万元。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	王洪祥	招生人数	3		
------	-----	------	---	--	--

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： 光学元件亚表面加工缺陷形成机理与控制技术研究

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

1、选题背景及意义

在激光核聚变高技术需求牵引下，美国、法国、俄罗斯、日本和中国等国家先后建造了20多台大型激光装置，美国和法国分别建造了国家点火装置（NIF）和兆焦激光器，俄国建造Iskra-6激光装置的计划已经开始实施，日本的GekkoXII激光装置已经建成。为了开展更深层次的惯性约束聚变物理研究，我国制定了研制神光-III激光装置的规划。上述激光装置中使用了大量的熔石英元件，如美国国家点火装置（NIF）主系统中包括192束独立激光束，共使用7000多件大口径光学元件，其中熔石英元件共1920件，占光学元件总数的26%。这些熔石英光学元件除了对加工表面形貌有严格的要求外，其亚表面损伤情况也越来越受到人们的广泛关注。因此，熔石英元件超精密加工表面质量控制的问题已经成为惯性约束聚变研究中重点关注的问题。

光学零件的加工质量直接影响着零件的使用性能，在强激光系统中低频段面形误差将导致光斑中心亮度降低，影响光束的聚焦性质，但不会引起中央亮斑的展宽。中频段的波纹度将使中央亮斑的亮度降低，这也是引起非线性自聚焦的重要原因，对激光系统的安全运行危害很大。高频段的粗糙度并不影响光束质量，但会降低中央亮斑的亮度，影响薄膜的损伤阈值和增加散射损耗。亚表面损伤除了通过降低光学元件的长期稳定性和镀膜质量间接影响光学元件的面形精度外，还直接降低光学元件的使用寿命、成像质量和激光损伤阈值等重要性能指标。

光学元件的激光损伤阈值不仅与光学薄膜和材料缺陷有关，制造过程引入的亚表面损伤同样对其产生重要影响，并且很可能是导致元件激光破坏的根源所在。另外，光学元件亚表面划痕、裂纹对激光电磁场调制引发的热效应、自聚焦与再沉积层的杂质对激光光子能量的吸收是造成光学元件激光损伤主要原因。因此，对于在ICF固体激光驱动器中使用光学元件加工质量的评价不应仅限于表面几何形状和表面缺陷等表面特征，还应该包括亚表面损伤情况，并且超精密加工中要对其进行严格控制，使其具有很好的表面完整性。

因此，如何无损、快速、低成本检测和控制加工过程引入的亚表面损伤，实现光学元件亚表面损伤无损检测和超微损伤加工，提高加工效率、降低生产成本和生产周期成为光学制造领域急需解决的关键问题。本课题将以熔石英材料为研究对象，开展熔石英元件亚表面加工缺陷形成机理与控制技术研究，本项研究工作对控制和改进熔石英元件加工方法，最大限度发挥机械加工设备的潜能，提高军工产品质量和性能都具有极为重要的意义。

2、主要研究内容

基于宏观压痕断裂力学理论、微观分子化学键的断裂机制对加工过程中各类裂纹成核机制进行定量分析，研究熔石英材料亚表面加工缺陷形成机理。建立加工表面及亚表面缺陷综合评价体系。基于有限元分析方法模拟磨粒与工件之间的相互作用过程，研究亚表层划痕和微裂纹的形成、扩展过程，定量分析残余应力与亚表层裂纹之间的对应关系，寻找抑制和减小亚表层裂纹扩展有效方法。建立加工表面粗糙度、亚表面裂纹深度与加工工艺参数之间关系预测模型，通过合理选择工艺参数和优化工艺流程达到有效控制加工表面质量的目的。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

选题依托国家自然科学基金委员会与中国工程物理研究院联合基金项目：熔石英元件亚表面加工缺陷形成机理与控制技术研究。项目号：U1230110。经费：54万。

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： 熔石英光学元件动态刻蚀复合工艺基础研究

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

1、选题背景及意义

熔石英是SiO₂的一种非晶体形态，具有非常理想的光学性能如热膨胀系数接近于零、抗热冲击、化学惰性、较低的介电常数以及良好的紫外透过率，这些元件广泛应用于基频和三倍频（3ω）波段。但在光学元件切割、研磨、抛光、清洗过程中，不可避免地会在材料表面/亚表面区域产生各种缺陷和杂质，这些扩展到表面以下深度几微米甚至几百微米的缺陷和杂质大大降低了高功率固体激光装置的负载能力，而高负载能力是激光装置高通量、低成本稳定运行的重要保证。

光学元件的亚表面缺陷除了通过降低光学元件的长期稳定性和镀膜质量间接影响光学元件的面形精度外，还直接降低光学元件的使用寿命、成像质量和激光损伤阈值等重要性能指标。另外，光学元件表面划痕、裂纹对激光电磁场调制引发的热效应、自聚焦与再沉积层的杂质对激光光子能量的吸收是造成光学元件激光损伤主要原因。因此，在过去几十年中，国内外专家将注意力集中在光学元件的激光诱导损伤上，研究发现大能带间隙透明的绝缘体在纳秒脉冲激光辐照下的材料损坏，通常与涂层和基片结合的界面或者基片中的纳米尺寸缺陷和杂质密切相关，这些缺陷和杂质既有可能来自于抛光和清洗工序，也可能是来自于沉积技术以及包含在涂层中材料的污染物，吸收性的纳米尺寸杂质和亚表面缺陷是造成光学元件激光诱导损伤的主要原因。为此，人们一直试图通过改善抛光及后续清洗处理工艺来减小激光损伤的产生密度，以提高激光系统中熔石英元件的抗激光损伤能力。

为提高熔石英光学元件的初始损伤阈值，在冷加工结束之后上架运行之前这个阶段，国内外往往采取很多前期预处理方式来提高光学元件的抗激光损伤能力，主要的预处理方式包括：化学刻蚀处理、紫外和CO₂激光预处理以及离子束抛光等。化学刻蚀虽然能够在一定程度上去除杂质和亚表层缺陷，钝化划痕，但是还会残存少量杂质无法彻底去除，反应生成的化合物易沉积在工件表面，将会增大表面粗糙度，导致激光损伤阈值的下降。激光处理能有效地暴露缺陷，消除裂纹、空洞等，可以在一定程度上提高光学元件的激光损伤阈值，但是被激光辐照的区域存在很大的残余应力，不可避免地会引入残余应力和波前畸变等负面效应。磁流变抛光会引入大量Fe离子杂质，这对提高光学元件的损伤阈值是极其不利的。因此，如何去除抛光过程中引入的杂质及亚表层损伤，优选抛光后续处理清洗工艺参数，并形成科学的后续处理工艺指导规范，成为我国光学制造领域亟待解决的关键问题。

2、主要研究内容

定量分析清洗工序中反应生成物从边界层上的扩散质量转移机制及反应生成物从腐蚀表面的质量转移率，提出能够对表面缺陷动态刻蚀过程进行恰当描述的几何酸蚀模型。研究高频振动效应对反应生成物再沉积的抑制作用和杂质的微观去除机理，以及动态刻蚀对光学元件表面/亚表面缺陷去除、钝化和修复作用机制的影响。以提高熔石英光学元件激光损伤阈值为目标，综合考虑相关因素的影响，编写优化设计程序进行多目标优化，在保证加工效率的前提下实现刻蚀工艺参数优选，得到缓冲氧化物蚀刻剂成分、浓度、腐蚀时间以及搅拌振动频率等最佳参数组合，达到清洗前控制和预测光学元件激光损伤阈值的目的，并形成科学的后续处理工艺指导规范。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

选题依托中国工程物理研究院超精密加工技术重点实验室开放基金项目：熔石英光学元件动态刻蚀复合工艺基础研究。项目编号：KF14007。经费：30万。

2017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： 难加工硬脆材料旋转超声加工机理及刀具磨损智能监测技术研究 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 1、选题背景及意义 核聚变是指质量较小的氘或氚气体在超高温高压条件下发生原子核聚变反应生成质量较大的原子，同时释放出大量的能量。核聚变反应需要将高密度的等离子体加热到足够高的温度，并维持原子核融合所需要的时间。为了达到核聚变反应所需要的苛刻条件，国内外科学家倾注了大量的心血，到目前为止尽管人们在核聚变理论与实验研究方面已经取得了长足的进步。 可控核聚变反应主要有磁约束核聚变（MCF）和惯性约束核聚变（ICF）两种，其中惯性约束核聚变是以激光或离子束作为驱动源，均匀地照射填充有氘氚燃料的微球状靶丸表面，在球壳表面形成高温高压的等离子体，通过烧蚀主燃料层形成高密度热斑，达到热核反应所需的条件，最终实现点火。在激光核聚变中，间接驱动靶主要由黑腔和球状靶丸两部分组成不同类型的驱动器对应不同种类的微靶（即黑腔），因此，黑腔的制备质量已成为制约点火能否成功的关键因素。而黑腔制备质量主要取决于靶芯轴的加工精度，由于黑腔为结构尺寸较小、形状复杂、精度要求高的三维微结构，这势必对与之相配的靶芯轴加工提出了严峻的挑战[3]。 旋转超声加工（RUM）是一种集传统超声加工与磨削加工为一体的复合加工技术，在钻削、铣削和磨削等领域得到广泛应用，具有切削力小、刀具磨损小和加工稳定性好等优点。旋转超声加工是将金刚石刀具的优良切削性能与刀具的超声振动有机地结合在一起，利用微型刀具对硬脆材料进行加工，是硬脆材料（陶瓷、硅、石英、玻璃）微结构件高效加工普遍采用的一种切实可行的方法。然而在微切削过程中，磨粒-工件之间较大的挤压力势必会导致亚表层裂纹扩展深度的增加，从而削弱了脆性材料微结构件的承载能力，容易导致工件的脆性断裂。另外，加工中参与切削的砂轮磨粒数目较少，单个磨粒所承受的载荷较大，不可避免地会引起刀具的磨损，砂轮的磨损将会造成零件加工精度的降低和几何形状的改变，甚至使零件直接报废。 现阶段我国对硬脆材料微结构件旋转超声加工关键技术的研究与国外相比仍存在一定差距，特别是在旋转超声加工材料去除机理、材料惯性效应和亚表层损伤影响等方面的研究工作尚处于起步阶段，对材料边缘破损的抑制技术、刀具磨损在线智能监测技术等方面的研究还缺乏共性技术的支持，最终导致微结构件的加工质量难以保证，刀具磨损严重，产品一次性合格率低。因此，提高加工效率，降低生产成本，提高零件加工精度和刀具使用寿命，成为我国一些军工企业亟待解决的关键问题。本课题以BK7玻璃材料微结构件为研究对象，开展硬脆材料旋转超声加工机理和刀具磨损智能监测等方面的研究工作，这对提高军工产品质量和性能都具有极其重要的意义。 2、主要研究内容 对旋转超声加工表面损伤特征进行分析，研究初始裂纹成核的原因以及材料粉末化层形成机理，分析磨粒的惯性力、材料的惯性效应（高应变率和低动态断裂韧性）对旋转超声加工表面形成过程的影响。研究旋转超声加工中单个磨粒的动力学特性和材料去除机理。用无量纲的超声强度特征参数表征高频振动效应的强弱，并将超声振动效应与加工工艺参数有机的结合起来，实现对硬脆材料旋转超声加工中高频振动效应的定量表征。 利用不同类型的传感器检测BK7玻璃材料旋转超声加工中产生变化的相关物理信息，监测旋转超声加工中刀具磨损状态的变化情况，研究各种信号与刀具磨损状态的相关性。提取出不同阶段刀具磨损早期征兆特征，并对提取的相关信号特征参数进行辨识以判别刀具磨损状态。从多种物理现象、不同尺度和多个层次来监测刀具磨损状态，最终开发出基于多物理域信息融合的刀具磨损智能监测系统。
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况 选题依托国家自然科学基金项目：硬脆材料旋转超声加工高频振动效应及刀具磨损智能监测系统研究。项目编号：51475106。经费：80万。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	王黎钦	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

2017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： 极端温度环境下摩擦副界面的微观接触行为研究

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

航空宇航工程领域有高温、低温或者高低温突变的极端温度条件，材料在这种急剧变化的环境下会发生性质变化，还会和转速、载荷等工况条件发生耦合，在此背景下摩擦副表面的工作性能会出现新的失效模式和摩擦学行为，揭示其行为规律对发展新的技术有重要意义。

该课题需要从认识摩擦副表界面的苛刻温度、工况、微观形貌入手，考虑材料性能变化，表征摩擦副接触界面的力热行为与损伤模式和机理。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

- 1、国家重点基础研究计划973课题；
- 2、型号基础预研

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： 表面改性 with 润滑剂流变特性的复合效应研究

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

自润滑涂层或者强化层等表面工程技术已经在航空宇航摩擦学领域应用，用以大幅度提高典型摩擦副（如轴承、齿轮等高副接触基础部件）在苛刻环境（如高温、低温、真空、颗粒污染等）和苛刻工况（如高速、重载等）条件下的工作性能（如精度、寿命、可靠性等）。

本课题通过理论和试验研究，重点揭示典型环境和工况条件下，表面涂层或者强化层的物理性质、力学性质、润滑性质、热学性质等对润滑剂的流变行为的影响规律和机理，为润滑设计和预测提供理论支持。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

- 1、国家重点基础研究计划973课题；
- 2、企业合作项目

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	王树国	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 柔性外骨骼机器人研究

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

人体外骨骼可穿戴机器人是一类通过精密机械装置协助人体完成动作的装置（同步、加强、模仿），它结合了外骨骼仿生技术和信息控制技术，涉及生物运动学、机器人学、信息科学、人工智能等跨科学知识。由于外骨骼机器人在单兵作战、抢险救灾、探测越野、康复医疗、家庭护理等领域均具有广阔的应用前景，故已成为国际机器人领域的前沿方向和研究热点，吸引了各国政府、科技与企业界的关注，并投入了大量的科研经费。虽然刚性外骨骼拥有提升行动不便者生活水平的能力，但笨重、僵硬、穿戴舒适性差。具体体现在：1）若刚性杆件的关节与肢体生物关节不匹配，将会阻碍肢体关节运动；2）外骨骼需设有笨重的自调整机构。此外，刚性外骨骼还具有惯性大、新陈代谢消耗大等不足。

针对上述问题，一种新的外骨骼，柔性外骨骼，开始走入人们的视野。美国哈佛大学Wyss（韦斯）生物启发工程研究所Conor Walsh教授研发出了一款新型柔性织物外骨骼（柔性护甲，Soft Exosuit）。目前的柔性外骨骼样机是将大量织带缠绕在人体腰部及腿部，内置低功率微处理器和柔性应变传感器，类似智能服的“大脑”和“神经系统”。传感器持续监控多种数据信号，包括服装的拉伸程度和穿戴者的位置等。此外，腰部还会置入马达，用于提供力量和机动性。其被证实能降低穿戴者工作强度和受伤几率，比刚性外骨骼更具实用性。DAPRA拨专款给哈佛大学Wyss研究所，让其继续进行柔性织物外骨骼的研发工作，为美军单兵研发外骨骼机器人，以增强士兵的肌肉力量和灵活性，减少军事人员的肌肉损伤。柔性外骨骼技术对于人类能力的增强将是一个伟大的飞跃。

拟开展的主要研究内容：

（1）基于人体解剖学的柔性结构材料设计与研究 研究结合人体解剖结构、神经肌肉控制机理和非常规材料的特殊性能分析，设计一种更接近于“外肌肉（exomuscles）”和“外肌腱（exotendons）”的结构材料，从而模仿人体实际生物运动机制；并研究材料的刚度可变性及其刚度状态转换的条件，使其在必要时变硬，在运动时变软，实现柔顺性控制。

（2）类人化结构设计研究

基于人体上/下肢结构特点和运动机理，从生物机械学的角度建立人体上/下肢模型，并分析其运动学、动力学特性；然后据此进行合理的拟人化设计，使与人体肌肉相互配合，提高肌肉力量和灵活性的同时，以减少肌肉损伤。克服当前普遍存在的外骨骼关节转动中心与人体关节转动中心不一致问题，实现与人体上/下肢基本一致的运动，最大化提高穿戴舒适性，研制出可长久穿戴的外骨骼机器人。

（3）肢体运动趋势预测机制构建

制定有效的肢体运动趋势预测机制是实现人-机系统协调控制应给予研究的重要问题。本研究将基于柔性外骨骼机器人与穿戴者之间具有强关联性、信息交互的实时性和多样性等特点，通过穿戴型多传感器系统采集人体的运动状态信息，分析人体的运动特征等，并以此为基础研究人体运动趋势的预测机制，以提高外骨骼控制中的快速响应性。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

该选题依托的科研项目为863项目“胸腔腔微创手术机器人关键技术”，可用经费300万。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	王武义	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

2017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： 大功率超声波作用下的重油轻质化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 一、选题背景及意义 随着世界范围内的石油持续开采，轻质原油产量日益减少，重质原油（简称“重油”）产量不断攀升。据统计，重油储量是轻质原油的三倍，但重油以长链饱和烃、芳香烃为主，因此其炼化加工难度大，汽油、柴油等轻质成品油产量低。世界经济的发展对成品油需求量日益增加，但原油产量却保持不变甚至逐年减少，为保证成品油足额供应，如何提高重油炼化过程中的轻质化率（汽油、柴油等轻质成品油的产率）已经成为世界石化能源行业亟需解决的难题。 目前常用的重油轻质化加工方法包括催化裂化、延迟焦化、加氢裂化和蒸馏分离，上述方法存在重油轻质化率较低、成本高、投资大等缺点。随着功率超声技术的迅速发展，室内实验表明，大功率超声波在重油中产生的空化效应能够使重油中的沥青质向胶质部分转化，经超声处理的轻质油产量能够显著提高。但该领域研究仅停留在实验室探索阶段，本课题拟通过理论分析、声场仿真、分子动力学仿真、室内实验、现场试验等手段对大功率超声波场作用下的重油轻质化机理及关键技术进行深入研究。 二、主要研究内容简介 (1) 大功率超声波在重油中的传输特性研究 大功率超声波在重油中的传输特性具有强烈的非线性，难以用经典的声学理论进行描述。本课题将利用多物理场分析平台COMSOL对大功率超声波在重油中的传输特性进行建模和仿真分析，揭示大功率超声波在重油中的衰减、吸收规律，同时建立空化声场的测试平台和评价方法。 (2) 大功率超声波作用下的重油裂解分子动力学仿真研究 利用分子动力学分析软件Lammps建立超声波作用下胶质、沥青质等重油组分裂解的分子动力学模型，揭示大功率超声波重油轻质化的作用机理，揭示超声波场强度、频率等参数对重油裂解的影响规律，获得重油组分裂解所需的门限声能量；利用气相色谱仪（3）重油轻质化超声波反应器研制与参数优化研究 在研究大功率超声波在重油中的传输特性和重油轻质化机理的基础上，对重油轻质化超声波反应器的声场进行设计和优化，并研制重油轻质化超声波反应器。通过对不同品质的重油开展室内实验和现场试验研究，提出重油轻质化超声波反应器中换能器布局、声场强度、声场频率的设计优化准则。
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况 其他在研科研项目（经费300万元）可提供经费支持，并正在申请国家基金支持。

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： 宏微跨尺度增材制造机理及调控技术

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

一、选题背景及意义

在微纳机电系统、新材料（超材料、功能梯度材料等）、微流控器件等新兴研究领域，传统制造技术如光学光刻、电子束光刻、纳米压印等只能实现2维或2.5维加工制造，无论在结构复杂性、材料多样性、生产效率、加工成本等方面都难以满足跨尺度复杂三维结构制造的实际需求。增材制造（Additive Manufacturing, AM）技术是近年来快速发展的先进制造技术，被广泛应用于新品开发、单件小批量制造、复杂结构制造等领域，被誉为“改变世界的技术”、“第三次工业革命的重大标志”。增材制造技术在复杂三维结构、高深宽比结构和复合（多材料）材料结构制造方面具有极高的潜能和突出优势，且具备成本低、效率高、材料种类多、直接成形等优点，在微纳机电系统、超材料等领域具有重要的应用前景。

本研究面向微纳机电系统、超材料、微流控器件等新兴技术的制造需求，对宏微跨尺度增材制造机理及其调控技术进行研究，解决现有增材制造方法在制造尺寸与制造精度间的矛盾，为宏微跨尺度增材制造技术提供基本理论支撑，为大尺度复杂微纳制造提供重要技术支持，对微纳机电系统、复杂结构超材料等关键技术的发展具有重要价值。

二、主要研究内容简介

本研究以机械电子技术为基础，结合近代物理学、化学、热学等学科，对宏微跨尺度增材制造原理及其调控技术进行深入研究，具体包括以下内容：

（1）宏微跨尺度增材制造机理研究。对现有增材制造技术及传统跨尺度制造方法如光刻、纳米压印等进行系统研究与分析，深入研究增材制造过程中不同材料成型机理及成型过程，探究适用于宏微跨尺度增材制造的基本原理与方法，提出宏微跨尺度增材制造方案。

（2）增材制造材料成型过程研究。深入研究增材制造材料成型的物理、化学过程，结合分子动力学仿真、有限元分析及实验研究，揭示增材制造材料成型过程中复杂结构宏观尺度力学特性与微观尺度表/界面行为特性，揭示材料组分、结构构型、激光能量密度、环境振动噪声、温度、压强等因素对成型过程的影响规律，探究材料成型过程精度保持方法与速度提升机理。

（3）增材制造过程多物理场调控研究。以增材制造材料成型过程研究为基础，结合仿真分析与实验研究，探究声场、电场、热场等对宏微跨尺度增材制造过程的影响规律，探究人为调控下多物理场对零件宏观尺度力学性能及微观尺度表/界面行为特性的影响规律，研究增材制造过程多物理场调控方案，实现高速、高精度的跨尺度增材制造。

（4）宏微跨尺度增材制造应用研究。以微纳机电系统、超材料、微流控等领域跨尺度制造需求为指导，对宏微跨尺度增材制造方案进行适应性调整与优化，结合具体零部件制造及其测试试验，探究跨尺度增材制造技术在相关领域的实际应用效果，并以此为依据对制造工艺进行进一步调整与优化，满足相关领域实际生产、研究需求。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

其他在研科研项目（经费300万元）可提供经费支持，并正在申请国家基金支持。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	王扬	招生人数	2		
------	----	------	---	--	--

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： 脆性材料的聚焦热源诱导热裂切割技术

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

工程陶瓷、高性能玻璃等脆性材料以其优良的物理、机械性能在航空航天、机械、汽车、轻工、石油化工等工业领域得到广泛应用。由于工程陶瓷硬度高、脆性大，是一种典型的难加工材料，工程陶瓷零件的加工技术是制约其在各工业领域应用的关键因素之一。针对陶瓷零件加工技术是制约其在航空航天、机械、汽车、轻工、化工等工业领域中应用的瓶颈问题，探讨基于体加热热裂法微波切割陶瓷材料的加工机理和工艺方法，研究该技术中的基础理论和关键技术问题，为陶瓷材料微波切割加工技术的工程应用提供理论和技术支持。聚焦热源如微波与导体材料作用时绝大部分被反射，而与陶瓷等绝缘体材料作用时，大部分微波透过，小部分反射，还有一部分被材料所吸收，其透射、反射与吸收的现象与YAG激光与玻璃作用的现象相类似，如果选择微波发生器的功率比较合适，陶瓷材料所吸收的微波达到体加热的效果，并产生使陶瓷开裂的内应力，实现体加热热裂法陶瓷的切割。针对研发工程陶瓷零件先进加工制造技术的迫切需求，利用微波束优良的加热特性，结合体加热热裂法切割加工的工作原理，实现工程陶瓷高质量、高效率切割具有重要的理论和实际应用。

主要研究内容：

1) 微波束聚焦波导的设计与性能仿真研究

采用锥形波导是实现微波能流密度聚焦的重要方法，将微波束在传输波导出口以聚焦高能束流形式发射到工件表面，分析和研究光波在锥形波导内部传输特性和电磁场的分布规律。

2) 微波与陶瓷材料作用生热规律研究

从微观角度微波与材料作用产生热量与激光与材料作用生热的原理不同。材料吸收微波生热除与微波的参数有关外，还与材料的相对介电常数和介质的损耗系数有关，陶瓷材料的种类与密度不同其介电常数和介质损耗系数也有差异，所产生的热量也不同。另外，陶瓷材料的表面状态对吸收微波也有一定的影响。因此需要开展陶瓷材料内部和外部状态对微波吸收影响规律的研究。

3) 热影响区应力场对微裂纹生成与扩展影响规律的研究

微裂纹的生成与沿激光运动轨迹方向的扩展是实现热裂法切割加工的基础，热影响区温度场与应力场和材料力学特性是影响微裂纹的生成与扩展的直接原因。激光对陶瓷加热过程中，所产生的热量是由材料表面向材料内部传导，而微波对陶瓷加热是在微波束照射位置材料内部的整体加热。因此，激光和微波加热的升温过程不同，会导致材料表面和内部微裂纹的生成与扩展规律存在差异。

4) 微波切割技术的工艺实验研究

微波参数、陶瓷材料性能、工件的形状尺寸和工艺方法是影响切割质量和效率的关键因素，因此进行工艺试验获取工艺参数对切割效果的影响规律。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家自然科学基金项目。

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： 高温合金大结构件光电加热软化高效切削技术研究

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

随着航空航天及高端武器装备快速发展的需求，机械产品高性能、多功能、高质量要求十分强烈，产品结构要求也更加紧凑，零件尺寸向极端化发展，具有优异特性的耐高温材料在这些领域中使用得越来越多。镍基高温合金由于其优良的高温强度、热稳定性及抗热疲劳性，是高温合金中应用最广、高温强度最高的一类合金，主要用于制造航空发动机和火箭发动机、核反应堆、能源转换设备上的高温零部件。但是该材料特有的优异特性给切削加工带来了一系列工艺技术难题：如切削力大、刀具磨损剧烈、加工硬化倾向大等，导致此类材料加工效率低、加工成本高，同时表面质量和精度难以保证，已严重制约了高温合金零件在上述领域中的应用。

光电加热软化高效切削技术是解决高温合金等难加工材料加工困难的有效方法，利用热源在切削点前方加热使材料软化导致切削性能改变，然后切削以达到提高加工效率和加工质量、降低加工成本的目的。深入开展高温合金的加热软化高效切削技术的研究，可以有效解决航空航天领域及武器装备用高温合金难加工的技术问题，同时提高加工精度和加工效率、降低加工成本，对于提升发动机的关键部件制造能力、促进科技创新等具有重要的现实和长远意义。

主要研究内容：

（1）建立光电复合加热作用下的切削温度场预测模型以及高温合金的本构模型和切削过程仿真模型

光电加热软化切削是个多场耦合的加工过程，涉及到激光与材料、电场与材料、刀具与工件之间的相互作用，而温度是影响切削过程的关键因素之一。选取镍基高温合金材料为研究对象，研究光电加热软化切削机理；

（2）高温合金光电加热软化切削机理、工艺规律及切削特性研究

影响高温合金光电加热软化切削效果的参数较多，选择合理的参数是能否高效加工出精度高、表面质量好的工件的重要因素，包括激光参数、激光能量、激光光斑大小、电流大小、供电时间、进给量、切削速度、背吃刀量等，因此通过理论仿真结合实验的研究方法，进行工艺技术的研究；

（3）高温合金大结构件的光电加热软化切削轨迹规划和工艺参数优化

以上述理论模型和切削试验的数据为依据，在保证加工精度的前提下，分别以加工效率与加工质量为优化目标，优化工艺参数，找到最优加工工艺参数；

（4）针对镍基高温合金大结构件进行高效精密加工试验研究

光电加热软化切削需要将激光系统、加电系统与刀具切削系统等进行系统集成，同时要针对镍基高温合金大结构件进行工艺试验。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

自选课题。企业横向课题。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	王振龙	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

2017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： 基于二维纳米材料的柔性多维力传感器结构与特征信息提取研究

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

柔性多维触觉（力）传感器是智能机器人感知外界对象性质及特征的重要媒介，是现代智能机器人发展中的关键技术之一。我校在机器人灵巧手方面的研究居国内外领先水平，本项研究试图为灵巧手配置触觉手套，使其在先进性与实用性方面更进一步。拟在此方向上招收博士生1-2名，重点研究：基于石墨烯、二硫化钼等二维材料优异的电学和机械性能，开发出新型柔性压阻敏感材料；通过传感器触头新型结构的设计，综合应用压阻和压容检测原理，开发出柔性高灵敏度多维力传感器；研究电极布置方式与传感器电信号输出之间的关系；探索多维力在各个传感器中的耦合规律，研究传感器特征信息的提取策略与算法，实现多维力信息的解耦。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

基于二维材料的柔性多维力传感器结构与特征信息提取研究，机器人技术与系统国家重点实验室自主课题，20万元；***微纳制造技术，国防基础科研，80万元；***微制造，总装支撑项目，50万元。

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： ZrB2-SiC超高温陶瓷材料微细电火花加工技术研究

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

微细电火花加工加工技术与装备是本课题组多年来形成的特色研究方向，在国内外具有相当的影响力，有必要进行持续研究并实现更好的研究成果。ZrB2-SiC超高温陶瓷材料在航空航天领域的应用日趋广泛，但对其加工技术及其加工过程控制技术的研究则尚未深入和系统，可以说高效加工技术是制约其进一步发展的瓶颈之一。拟在此方向上招收博士生1-2名，重点研究：ZrB2-SiC超高温陶瓷材料的电火花加工方法及机理、加工电源及控制系统、电极损耗及其控制策略、微小孔及三维结构的加工等。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

金属-陶瓷功能梯度材料的自诱导电火花加工方法及其控制策略研究（51275112），国家自然科学基金，80万元。微纳惯性器件运动界面纳米效应基础问题研究（2012CB934100），国家973，100万元。国家数控机床重大专项，航天复杂零部件超精密微细电火花加工装备与技术（2014ZX04001111），26万。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	吴冬梅	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 新型柔性针驱动传感集成与针组织复合操控技术研究

- 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

由于柔性针在“非直线”穿刺手术方面的独有特性，受到了国内外学者的广泛关注，但是，目前基于柔性针的机器人辅助穿刺手术系统在针体轴向转动精度、穿刺路径实时监测、柔性针操控方式等方面仍然存在诸多理论瓶颈问题：1、针体轴向转动精度，柔性针尖斜角的改变普遍采用由针尾输入轴向转动的方式实现，针体的弹性和针-组织间的摩擦使得针体轴向转动精度较低，进而导致穿刺轨迹偏离预期。寻求新型的驱动方式，在柔性针几何尺寸的约束下形成针尖的直接驱动的创新设计，能够有效的避免针体传动的误差，从而提高穿刺手术的精度。2、穿刺路径实时监测，采用医学影像设备对柔性穿刺针进行实时监测，辨识精度不易保证且不易于机器人辅助穿刺手术系统的集成，从工学的角度出发，尝试利用有效的传感与辨识技术，对柔性针体穿刺路径进行实时的监测，能够直接获得穿刺针的位置及轨迹的反馈信息，从而能够保证穿刺手术的准确性和安全性。3、柔性针操控方式，单纯的“针”操控在实际穿刺手术过程中，显现出各种弊端如：柔性针路径曲率过大或柔性针尖反复的轴向转动，都会造成组织的损伤。尝试采用“针”操控和“组织”操控的复合操控模式，利用外部设备对组织施加“推”和“挤”的动作，将靶点暴露在相对简单的穿刺路径上，再进行“针”操控的穿刺动作，能够有效降低对组织的损伤。创新性的针-组织复合操控方式在保证穿刺手术的顺利实施的同时，最大限度的降低了手术的伤害。

针对基于柔性针的机器人辅助穿刺手术研究的基础理论与技术瓶颈，课题将重点研究柔性穿刺针基于压电驱动的机电系统创成；组织扰动下柔性针驱动运动规律；不借助外部医学影像（超声、核磁等）的柔性穿刺针传感与辨识技术；基于针-组织复合操控的穿刺模型建立等问题。柔性针机器人辅助穿刺手术系统的研究是机器人辅助手术研究领域的重要探索方向之一，也是临床医学高精度自动化装备的主要支撑技术，具有十分重要的理论研究意义和实际应用价值，符合临床上涉及复杂解剖结构的穿刺手术实际需求。柔性针机器人辅助穿刺手术系统的驱动、传感与控制是精密机器人辅助手术领域的前沿尝试，采用了新的设计思路 and 理念，也符合该领域“结构-传感-控制”一体化的研究趋势。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家自然科学基金资助2014年-2016年（26万）， 机器人技术与系统国家重点实验室自主课题2015年-2017年（20万）。

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： 基于局部不变特征的机器人目标识别方法研究

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

随着机器人技术的进步，机器人的智能化问题已然成为当前机器人领域的研究重点之一。具有目标识别能力是机器人智能化的一个重要表现形式，机器人只有在准确感知目标物体存在的情况下，才能成功完成各种特定任务。因此，机器人能够准确识别目标是机器人实现感知外部环境以及完成各种操控任务的基础，对机器人的目标识别方法进行研究是机器人实现感知外部环境以及完成各种操控任务的关键。

目标的检测、特征提取与匹配是目标识别中的关键技术。边缘存在于目标与背景、目标与目标、区域与区域、基元与基元之间，包含了丰富的信息（如方向、阶跃性质、形状等），能够勾画出目标物体轮廓，是图像最基本的特征之一。精确的检测出目标的边缘有利于提高目标识别效果。图像的局部特征不仅包含有丰富的图像信息，而且无需预先对图像分割，具有在多种图像变换下的不变性、低冗余性和独特性等优点。在复杂环境背景下，检测并提取不受平移、旋转、尺度、视角、光照变化以及模糊等因素影响的局部特征，不仅可以很大程度上地摒弃全局特征容易受到背景杂乱及目标遮挡等影响的缺点，而且局部不变特征在稳定性、可重复性和独特性方面具有较大的优势，有利于提高目标识别效率。基于特征的图像匹配主要是根据所提取出的特征，生成相应的特征描述子，用某种匹配准则对特征描述子的相似性进行比较，实现特征的匹配，匹配的精度决定着目标识别效果的准确程度。

为了使机器人像人类一样，能够从复杂场景中准确识别目标物体，本课题基于图像的局部不变特征，从尺度空间的角度出发，对目标检测以及特征的提取与匹配展开方法研究。通过构建尺度空间，对图像的边缘进行尺度空间下的多尺度分解，以达到高效准确检测目标边缘的目的，为目标的准确识别奠定基础；采用机器学习的方法提取稳定的特征来表示物体信息，实现特征的高效稳定提取，提高机器人在复杂背景环境下的目标识别效率；根据所提取的特征展开特征匹配策略的研究，旨在提高特征匹配的精度，完成目标的准确识别；建立机器人视觉实验平台，验证目标识别方法的有效性，使机器人能够准确识别目标物体，为提高机器人的感知能力提供理论支撑，对机器人实现准确抓取、追踪物体具有重要理论指导意义。

主要研究内容包括：

（1）基于高斯尺度空间的多尺度边缘检测方法研究

利用二维高斯函数对待处理图像进行卷积操作，构建一个高斯尺度空间，在所构建的高斯尺度空间下对图像的边缘进行不同尺度的方向分解和尺度分解，最终实现边缘的准确检测，为目标的准确识别奠定基础。

（2）基于卷积神经网络的局部不变特征提取方法研究

以准确检测到边缘的目标图像为基础，利用卷积神经网络的稀疏连接和权值共享特性，提出新的邻域划分方法来降低特征点的维度，最终实现局部不变特征的高效提取，为后续的图像高精度立体匹配提供基础。

（3）基于局部不变特征的图像立体匹配策略研究

以所提取的局部特征为基础，建立配对子集合，在配对过程中提出一种新的匹配策略，完成特征点的筛选配对，旨在提高图像匹配的速度，最终实现图像的高效匹配，完成目标的准确识别。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

军口863

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	吴伟国	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

2017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： 机器人用新型短筒柔轮谐波传动啮合理论与实验

- 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

1) 选题背景及意义：目前，我国处于机器人换人的工业背景时代，而作为工业机器人技术关键元部件的谐波齿轮传动虽然在日本、美国、德国等发达国家已技术成熟并广泛应用于机器人和其它如航空航天、汽车等技术领域，但是，我国在该项产品技术上还有不小的差距，即使是国际上性能最高的谐波齿轮传动代表性产品HarmonicDriver精度可达1分，但在寿命上为10000小时，这还不足以满足未来仿人仿生机器人的需要，而且谐波齿轮减速器以其特有的大减速比和无与可比轻量化特点在仿生仿人机器人、工业机器人上都有不可替代的一面。然而，目前谐波齿轮传动机构原理虽早已定型，但在寿命、新型的高刚度高精度啮合传动上仍有理论和技术研究的空间。本课题组在新型齿设计及加工工艺上已取得较大的进展和两项发明专利授权，实验研究结果表明可较现有的产品提高传动刚度39%~72%，精度达到6~3分，但从啮合理论上尚未完全解决；目前，仍需在该新齿啮合理论与优化设计、实验研究等方面进一步研究，可望在高刚度和较高精度下进一步提高传动精度和寿命。因此，选题具有重要的理论意义与实用价值。

2) 主要研究内容梗概大致如下：

（1）新齿啮合传动啮合理论的研究；

（2）新齿啮合传动优化设计模型建立与多物理场分析：在（1）中啮合理论研究基础上，进一步应用弹性力学理论和强度、刚度准则建立新齿啮合优化设计数学模型；并借助于有限元分析手段进行多物理场计算与分析；

（3）利用计算与分析得到的啮合参数设计研制新齿啮合谐波齿轮传动的原型样机和性能测试试验台；

（4）试验研究：进行原型样机性能测试试验以及结果分析，进一步改进设计再试制再试验；现有同类产品对比试验及结果分析。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

研究条件与经费：

1) 本研究室在新型谐波齿轮传动研究方面已取得了一定的创新性成果，包括：部分理论、新设计、新工艺与原型样机和传动刚度（含精度测试）测试装置；

2) 现有经费来源：项目号MH20160100，37.8万元。研究经费和科研津贴充足；

3) 目前并已将两项发明专利技术转让于某企业，并在洽谈下一步研发合作项目。

2017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： 仿人机器人人工情感理论与智能控制技术

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

1) 选题背景及意义：目前仿人全身机器人在国际上已成研发平台下的应用基础研究态势，软硬件平台系统的集成成为人工情感理论与智能控制技术的进一步深入研究提供了重要条件。日本、美国、韩国、法国等国先后研制出了仿人机器人平台并进行了应用基础研究，我国哈工大、北京理工大学、清华大学、国防科技大学也先后研发出仿人机器人。详细可见本人在《哈尔滨工业大学学报（自然科学版）》2015年第7期1-19页发表的一篇综述长文（封面文章）“面向操作与人工智能的仿人机器人研究进展”（下载论文网址：http://hit.alljournals.cn/hitxb_cn/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20150701&flag=1）。有关仿人机器人研究的下一阶段将进入为未来仿人机器人与人类共存社会而提供人工情感与非结构化环境下的智能运动控制理论与技术基础。目前，单靠基于模型的控制技术还不能突破面向不确定、未知环境下的控制目标；有关人工情感在仿人全身机器人上理论与技术研究还很有限，涉及到机器人对人类情感学习模型建立以及情感理解和再现缺乏智能化。因此，本选题对于进一步丰富和发展仿人全身机器人与人类共存所需的理论与技术具有重要的意义。

2) 主要研究内容梗概大致如下：

（1）全面深入分析面向与人共存的仿人机器人的所具备的能力与性能，对本研究室已有的、自主研发的具有多感知机能与表情智能的集成化仿人全身机器人“GOROBOT-III型”系统进行技术升级；

（2）在本研究室已提出并研究的基于有限状态机理论的人工情感模型与实验研究成果基础上，研究人工情感的智能化模型建立理论以及情感计算问题；

（3）仿人全身机器人系统人工情感能力的评价与分析、及其智能控制技术研究；

（4）仿人全身机器人行为与人工情感实验设计、实验研究。

以上四项主要研究内容中全身行为与人工情感范畴包括：

（1）面部表情及器官行为与外界刺激响应的深度学习；

（2）人-机交互的语音、口形以及肢体行为的协调理论；

（3）服务于独处个人的基本行为学习训练与实验。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

所具备的研究条件及经费来源：

1) 可利用已完成的“十一五”国家863计划资助课题中研制出的具有多感知机能及表情智能的70自由度集成化仿人全身机器人“GOROBOT-III型”系统软硬件；

2) 本研究室专用的美国原产“PS三维运动捕捉系统”可用来获取人类运动（包括面部）行为数据并作为机器人学习的原始数据；其它嗅觉、视觉、力觉等传感器在机器人系统上已被集成；

3) 经费来源：项目号MH20160101，50万元。研究经费和科研津贴充足。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	谢晖	招生人数	2		
------	----	------	---	--	--

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： 纳米机器人多通道应激调控下细胞应答力学特性宽频域实时表征

- 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

细胞力学（Cell mechanics）是生物力学（Biomechanics）研究的一个前沿领域。它涉及细胞在力学载荷（准静态或动态）作用下细胞膜变形、细胞骨架形态变化，以及细胞粘弹性、粘附力等力学性能的研究，以及力学因素对细胞生长、发育、成熟、增殖、衰老和死亡等的影响及其机制研究。细胞力学研究可追溯到19世纪中叶，150多年来，出现了诸多研究细胞力学的方法和解释相关现象的理论，尤其近年来随着细胞和分子生物学研究的进步，以及原子力显微镜（AFM）的出现，细胞力学的研究得到了长足的发展。研究表明，细胞力学特性与诸多生物学过程密切相关，通过测试与分析细胞膜杨氏模量的变化，便可推知或者评价细胞的生理病理过程。同时，外界刺激将导致细胞力学特性改变，对细胞生理功能的调控起着十分重要的作用。因此，细胞力学特性是描述细胞生物学过程的最直观、最易量化评价的参数之一。细胞具有典型粘弹性特性，如何实现细胞粘弹性特性宽频域动态测试，是目前细胞力学研究的难题。另外，如何获得细胞力学特性变化与外界刺激关系的定量描述，是实现细胞应激反应的有效调控、建立基于细胞力学特性参数的细胞凋亡评价标准的前提。这些研究将为现代纳米医学的理论、诊断和治疗提供重要的理论和技术支撑，有着重要的研究意义。

纳米机器人作为一个微纳米操纵和测试的多功能平台，有利于集成以上方法或技术，并使之机器人化。因此，其在生物细胞/分子操纵与测试，以及纳米医学的诊断、靶向给药等方面得到了广泛的研究和应用。如何实现生物细胞的精密操控、多维生物信息获取与多特征参数表征，是纳米机器人细胞操作和测试的关键和难点。研究以细胞纳米力学为研究对象，重点研究细胞粘弹性力学特性宽频域内局部连续测试与全局力学特性分布图扫描构建的原理和方法；并构建多探针纳米机器人系统，以乳腺癌细胞为研究对象，研究多通道、多信息耦合的细胞原位刺激与调控的方法，以及应激状态下乳腺癌细胞力学特性实时表征方法，建立乳腺癌细胞凋亡过程与其动态粘弹性力学特性的定量关系，以及基于粘弹性特性的凋亡评价标准。该方向研究的主要内容：

- 1）受迫振动探针－液体－细胞系统动力学建模分析
- 2）液体环境中AFM探针宽频域、低噪声及振幅可控的受迫激振方法
- 3）宽频域细胞纳米力学局部扫频测试及全局二维力学特性分布图变参数扫描方法
- 4）纳米机器人多通道细胞应激调控及其力学特性实时表征方法
- 5）应激调控下乳腺癌细胞力学特性表征及其凋亡评价的实验研究

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

自然科学基金“纳米机器人多通道应激调控下细胞应答力学特性宽频域实时表征”（61573121）

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： 纳米机器人技术在纳米制造中的基础理论和应用研究

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

随着纳米科技的发展，人类对自然界的探索和认识延伸到了纳米以及原子尺度。一方面，新的纳米结构、纳米材料及其卓越性能不断被人们发现和认识，纳米制造显示了在高性能器件制造中广阔的应用前景，如：太阳能电池和氢燃料电池制造、光子光通讯信息器件及装备制造、微纳电子制造、新材料制备、生物制造和仿生制造、先进科学仪器关键器件制造等，对制造业的发展、技术创新产生重大影响和革命性的推进。另一方面，科学家对生命奥秘的探索已经分子水平，诸如生物聚合体、超大生物分子以及细胞器内的DNA分子结构动态变化过程，以及分子之间的动、静态交互作用，对生物纳米工程、新型药物开发与治疗技术等研究领域研究将产生重大影响和推进作用。

针对这一系列须开拓的未知或须更深层次探索的研究和应用领域，开发新型创新性的科学仪器设备，是发现新现象、揭示新规律、验证新原理、获取新数据的必要手段，对于促进科学发展和开拓研究领域具有重要的推进作用。本研究方向以纳米加工与制造、纳米材料科学、生物纳米工程等当今热门研究领域或方向为应用对象，面向科学基础研究，强调原创性和自主研制，研久以扫描原子力显微镜核心的模块化多执行末端的多功能大型纳米科学仪器系统。通过核心技术的突破，在原创性研制的多探针扫描探针显微镜（Multi-probe SPM）本体基础上实现功能扩展，开发适合气、液和真空环境超高速扫描成像技术、触觉；力觉人机交接口、原子级扫描成像技术，以及高精度环境控制系统，研制通用接口并以此集成近场光学成像、拉曼共焦成像、光与磁纳米镊子等功能模块。通过系统模块重构，针对科学研究，基于该系统可主要实现主要的研究内容如下：

- 1) 复杂纳米器件与结构的三维操作、组装、互连与测试；
- 2) 纳米材料与纳米结构的多物理量并行/耦合表征与测试；
- 3) 纳米制造过程的多变量、多方位的原位监测与控制。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

哈工大科研跃升计划“微纳机器人”（HIT. BRETIV. 201309）

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	谢涛	招生人数	2		
------	----	------	---	--	--

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： 水流激励振动俘能技术

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

将环境中广泛存在的振动能俘获并转换成电能为微电子产品供能是当前研究的热点。常见的振动俘能方式主要有：压电式、电磁式和静电式。压电和电磁俘能装置均具有结构简单、容易加工、无需外部电源的特点，而静电式需要提供外部电源。因此，压电和电磁式俘能系统更适合作为微电子产品的电源。研究适用于不同环境激励条件的新型振动俘能器对提高环境振动能的采集与利用、为新能源提供解决方案以及实现节能环保具有重要的意义。

本方向的研究成果将为低耗能电子产品提供一种新的供能方式，可广泛应用于导弹引信、海啸预警、森林防火、桥梁安全、石油输油管道、交通运输等重要领域安全检测装置的自供能系统，同时也可为无线网络、嵌入式系统和MEMS 等低耗能产品实现无线供能，具有良好的应用前景。

研究内容：

（1）流激振动型压电俘能方法及其流-固-电耦合机制研究

流激振动型压电俘能器构型规划。基于涡激振动和尾流激振设计压电俘能器。

压电俘能的流-固-电耦合数学建模及其求解算法。基于流激振动型压电俘能器，建立流-固-电耦合模型，分析不同流场强度、构型参数对俘能器的振动和俘能影响规律。

流-固-电的多物理场仿真分析。耦合Fluent（CFX?）、Ansys structure和相关压电APDL命令流，建立流-固-电多物理场耦合仿真系统，仿真分析在不同流场强度、结构参数下涡激振动型压电俘能器的振动响应及能量输出。

（2）涡激振动和尾流激振复合模式下的压电俘能器阵列俘能研究

为了充分利用尾流场动能，追求更高的能量转化效率。根据流场分布，设计阵列方案。分析得到俘能器的振动响应和流场分析结果，优化设计方案，提高系统的能量输出能力：

压电俘能器阵列俘能的方案设计。基于研究内容(1)和(2)提出的压电振子构型及振动特性，根据流场分布，并以单位面积能量输出最大为原则，设计压电振子阵列方案（并行、串行、及相互间的交错排列）。

流-固-电多物理场耦合仿真系统的仿真分析及阵列方案优化。基于上述阵列式方案，在多物理场仿真系统中进行仿真分析，得到每个压电振子的振动特性和能量输出大小，并根据阵列式压电振子产生的尾流变化，优化阵列方案，充分利用流体尾流动能，以达到总能量输出最大。

（3）涡激振动和尾流激振复合模式下的压电阵列俘能系统的能量回收电路设计与优化。

设计外部高效的能量回收电路，根据阵列式压电俘能振子的能量输出特性，进行外接电路优化设计，以获得最佳的能量输出。

面向多振子的高效能量回收系统实现方法。设计自适应电路，实现多压电振子同步电荷存储，有效的提高压电阵列俘能系统的能量回收效率。

压电振子阵列联合发电的能量转换及提取方案。研究输出电压/功率与压电振子阵列方式的相互关系，确定最优的多压电振子、宽频能量提取方案。

（4）实验研究

设计并加工实验样机，搭建水流激励实验平台，进行尾流激振型俘能器、涡激振动型俘能器及复合模式下压电俘能器阵列的俘能系统实验研究，具体工作内容如下：

单一流激振动型压电俘能器的实验研究。设计并加工实验样机，进行单一流激振动型压电俘能器的俘能实验研究，探索俘能器随流场强度，振子构型，外接电阻等参数对俘能器的俘能性能的影响规律。

涡激振动和尾流激振复合模式下的压电俘能器阵列俘能系统实验研究。加工多个实验样机，进行阵列式压电俘能系统实验研究，得到阵列式排列下的流场分布，优化阵列方案。设计高效的自适应能量回收电路，根据压电俘能器的能量输出特性，优化能量提取方案，以获得系统最佳的能量输出。

揭示涡激振动和尾流激振复合流激振动模式下的压电俘能机制。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

本人的横向课题经费充足，暂时用横向课题经费来自筹支持该博士课题。
正在积极争取拿到国家自然科学基金项目予以支持。

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： 空气动力振动俘能理论与技术

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

翼型飞行器如微型无人机等，在军品和民品都有广泛的应用。微型飞行器具有体积小、重量轻、机动性好、隐蔽性好等特点可以在狭窄拥挤的环境飞行，在秘密侦查方面具有举足轻重的地位。目前有30 多个国家及各大研究机构正在努力研制各种新型的军用及民用微型飞行器。以美国所掌握的相关技术处于总体领先水平。按照总体结构布局方案不同可以将微型飞行器大体分为三大种类：固定翼式微型飞行器；旋翼式微型飞行器；扑翼式微型飞行器。然而，当前微型飞行器共同面临的瓶颈是动力系统和能源问题，这些问题若得不到解决，微型飞行器的发展则受到很大的限制。而解决供能问题有两个方面，增加供能和减少能耗。因此，寻求有限载荷实现持续供能方式已成为微型飞行器动力源研究的热点。飞行器飞行时，高雷诺数的空气流动使具有一定弹性的机翼产生振动，增加能耗。若是能将振动能转化成电能，经过可充电电池存储，可为微型飞行器持续稳定地提供能源。

利用压电俘能技术将气动弹性振动转化为电能为微型飞行器供电的研究为新兴课题。前期调研发现，美国正在大力开展这方面的研究，将MFC压电材料作为俘能介质转化微型无人机的机翼振动产生电能。然而，国内没有此研究的报道。本课题组在该方向进行了一些预研工作，取得了一些初步成果，但还有很远的路要走，还有许多有意义的事情需要做。

研究内容：

(1) 飞行器机翼空气弹性非线性振动特性及作用机理计算研究

建立气动弹性计算方法、研究非线性气动弹性问题机理，引入并耦合CFD和CSD方法，推导气动弹性方程组，由此建立起完备的非线性分析方案。采用流体和结构的较精确形式控制方程，计算基于CFD/CSD的气动弹性，通过FVM和FEM进行相应域的离散和求解，实现两场耦合，用于研究多种非线性因素共存的气动弹性问题。改进基于CFD/CSD的高精度气动弹性分析方法。使用CFD的非定常气动力降阶模型技术，建立高效率的气动弹性分析方程，用于气动弹性非线性振动的计算研究。

(2) 气动弹性非线性振动的压电-电磁复合非线性俘能系统机电耦合作用及输出特性数学建模

设计复合非线性俘能器构型，以气动弹性振动为基础，利用非线性振动力学、压电学、电磁学和材料力学等相关理论，推导压电-电磁复合非线性俘能振子在不同激励条件下机电耦合模型及输出特性模型；利用势能函数区分单稳态和双稳态，计算不同振动模态的阈值，分析结构参数、激励形式、初始条件对机电耦合过程和非线性的影响规律，探索其对俘能振子动力学响应、输出功率、频带宽度的影响规律，考察复合系统的发电性能，并与线性俘能器进行对比；设计适用于复合非线性俘能器的俘能电路，建立整个压电-电磁复合俘能/储能系统的输出特性数学模型，分析俘能电路的主要电学参数对复合非线性俘能器发电性能的影响规律。

(3) 气动弹性非线性振动的压电-电磁俘能器的多物理场耦合模拟仿真与实验研究

从多物理场耦合的角度，对压电-电磁复合非线性俘能器的空气弹性振动俘能和储能过程进行模拟（以克服每次需要实物测试的弊端），主要的工作有：建立基于空气弹性非线性振动的压电-电磁复合俘能系统机电耦合作用分析参数化模型；分析压电-电磁复合非线性俘能振子不同构型对其非线性、稳态响应、输出功率的影响特点；获得俘能电路和负载对发电性能的影响特征；揭示气动弹性非线性振动情况下对复合俘能系统的动力学响应和发电性能的影响规律；研制基于气动弹性非线性振动的压电-电磁复合俘能器，设计并制作俘能、储能电路，针对飞行器机翼空气弹性非线性振动环境进行振动俘能实验。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

本人的横向课题经费充足，用横向课题经费来自筹支持该博士课题。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	谢宗武	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 机器人在轨维护系统多臂协同柔性精细操作控制

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

空间轨道航天器，特别是GEO轨道的航天器，对其在轨维护、维修及局部升级，有着重大的经济效益和社会、战略意义，目前该领域是各航天大国研究的热点。
研究内容主要包括以下几个方面：
1) 变阻抗的冗余机械臂柔顺控制，使机械臂具备刚性/柔顺操作能力，以满足不同的任务需求。
2) 非合作目标典型特征的视觉辨识方法，为机械臂对目标的抓捕和操作提供快速、准确的姿态和位置信息。
3) 多冗余柔顺臂系统协调操作控制，在避免相互碰撞的前提下协调控制多臂系统，安全、可靠、高效的实现指定任务。
4) 在地面实现六自由度重力补偿系统，演示多自由度冗余机械臂对非合作目标的操控任务。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

载人航天，国家863

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： 空间机械臂接触控制及柔性捕获技术研究

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

以我国空间站机械臂为主要应用背景，空间机械臂具有对在轨航天器进行捕获和对接等精细操作的能力，主要体现在空间机械臂将完成载荷的搬运、航天器的转位及对宇航员操作的辅助，有着重大的经济效益和社会、战略意义，目前该领域是各航天大国研究的热点。

研究内容主要包括以下几个方面：

1）空间多柔性体机器人的动力学建模及虚拟现实仿真环境搭建；

2）多刚体（或铰接型多刚体）系统碰撞检测算法及图形可视化仿真研究；

3）接触模型的建立，主要包括点接触模型、体接触模型等；载荷捕获及操作过程中接触动力学的算法开发；

4）考虑结构柔性的多柔性体机器人笛卡尔空间柔顺控制策略。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

载人航天，国家863

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	闫纪红	招生人数	1		
------	-----	------	---	--	--

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： 面向可持续制造的机械加工过程环境性能评价方法研究

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

(1) 选题背景及意义

目前，机械制造企业能源利用效率低下的问题十分严重，能源消费所导致的污染也十分严重，促使机械制造企业减少能耗、提高能源利用效率具有重大意义。本研究的目的是建立数控加工过程的能耗模型，并结合仿真技术预测切削过程的能量消耗，提出一种有效的加工过程环境性能评价方法，为面向可持续制造的加工过程多目标优化提供技术及理论支撑。

(2) 主要研究内容

- 1) 数控机床能耗监测系统的搭建。针对现有数控加工中心，以铣削过程的功率监测为主建立切削实验平台为数控加工过程能耗建模提供实验技术支撑。
- 2) 建立数控机床加工过程能耗模型。针对小型数控加工中心，分析加工过程中产生能耗包含的影响因素，研究切削液、工件材料以及切削参数与加工过程切削功率之间的关系，进而建立切削条件与切削功率、切削能耗之间的关系。
- 3) 通过加工过程机床部件的传热效率计算，对数控机床加工过程环境影响进行评价

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家自然科学基金中美合作项目，面向环境可持续性的数字化制造装备设计、制造与运行的基础理论研究，#5141101303，201501-201812，哈工大团队负责人，103.3万

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	闫继宏	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 软体微创手术机器人研究

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

近年来，随着新材料与加工制造技术的发展，软体机器人技术已成为机器人技术领域的研究热点。软体机器人技术涉及仿生学，软物质科学和机器人学等学科，与传统的刚性机器人相比，具有多方面优势：在理论上具有无限个自由度，不需要复杂的机构，易实现多功能性；能够通过变形更好地适应未知或复杂非结构化作业环境；与作业对象之间为柔性接触，能够操作形状复杂各异的物体，对自身与操作对象的损伤很小等，在物理辅助医疗康复，微创手术，复杂环境搜索与探测等方面具有广阔的应用前景。目前，软体机器人技术处于起步阶段，在柔性材料、机器人建模与仿真、传感与控制、多学科交叉应用等方面存在众多问题。国内外学者在口咽癌的微创手术治疗方法方面已经展开了积极的探索研究。本次课题旨在探讨软体机器人技术涉及的一些基本科学问题，探索相应的技术解决方法，为未来软体机器人的研制与在医疗上的应用奠定一定基础。

（1）受自然界象鼻生物学机理启发，引入可变刚度软体机器人技术理念，基于充气/线驱动式软体变形原理，研究适用医院微创手术需求的软体机器人，具有柔性全方位灵活变形能力，适应手术过程中入路、观察、病灶切除不同阶段对于机器人刚度的需求。

（2）分析智能材料特性，研究软体机器人动力学及运动学仿真方法；

（3）以提高手术操作性为目的，综合可变刚度软体机器人结构、材料、驱动、形变等强耦合、非线性因素的影响，研究软体机器人变刚度交互控制方法。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

“充气/液式软体变形模块与软体机器人”，国家重点实验室自主课题；
“仿生眼运动机构及控制”，国家863计划

2017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： 仿水龟机器人技术研究

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

仿生水龟机器人的研究被誉为“对微型机器人研究的极限挑战”，是一个综合仿生学、微机电系统、纳米材料以及界面流体力学等学科的交叉前沿课题，随着水龟水上漂浮、运动机理的揭开，已经成为微型仿生机器人领域的一个热点。仿生水龟机器人研究将极大地推动微型机器人的机构创新理论、界面流体力学、超疏水材料的制备与应用、固液气表面物理化学等相关领域基础科学的研究进展。未来仿生水龟机器人具有体积小、重量轻、低耗能、噪音小等特点，能够用于水质监测、水上侦查、水上救援等领域，在民用和军事上具有非常广阔的应用前景。

各国学者们纷纷利用表面张力或者浮力研制出各具特点的仿生水龟机器人实验样机，但是机动性、稳定性较差，没有完全模仿水龟的运动，只是在疏水性及划水动作上模仿水龟，未能在滑行运动机理上实现对水龟的仿生。生物实验研究表明水龟腿表面的微纳米刚毛结构在水龟的漂浮、运动中起重要作用，从微观分析入手，采用分子动力学模拟方法深入分析水龟的运动机理，综合材料微纳结构与水-空气界面间的微观作用机理影响，对于实现机器人在运动机理上的仿生，进而提高机器人水面行走负载能力，运动性能以及稳定性具有重要意义。

（1）借鉴生物水龟宏观疏水性及微观浸润变化规律，采用分子动力学平衡态、非平衡状态分子动力学模拟方法，研究仿生水龟机器人划水运动疏水性材料与水-空气界面之间的微观作用机理以及疏水性材料微观结构、划水速度对材料浸润状态的影响规律。

（2）研究材料疏水性失效条件，进而结合计算流体力学数值模拟方法研究涵盖材料微观结构影响的驱动腿水动力学建模方法。

（3）基于CFD分析水-空气界面流体力学的方法，研究支撑腿在水波环境中能够提供的最大支撑力以及浮沉条件，进而研究水面纹波干扰对机器人负载能力及稳定性的影响规律。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

“仿生水龟机器人水面行走动力学研究”，国家自然科学基金；
“ 超大船体分段自动涂装机器人设备研制 ”，国家科技支撑计划

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	闫永达	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 微探针纳米机械加工技术及应用

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

目前，采用原子力显微镜加工微纳结构是微纳米加工技术研究的热点之一。尤其是基于AFM的纳米机械刻划技术已经被应用到纳米加工领域，显示了其非凡的加工能力。如何将其与现有加工技术结合，制备出纳米尺度结构，并在纳米电子、纳米流控、纳米传感器等方面开展应用是其目前发展的一个重要趋势。

因此，本课题在课题组原有研究基础上，采用基于AFM的纳米机械加工技术制备纳米结构，例如纳米线、纳米沟槽等结构，结合光刻加工、图形转印等传统微制造技术，制备微纳结合的复杂结构，并检测纳米结构的电学特性，探索在纳米传感器等方面的实际应用。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

中组部青年拔尖人才计划、国家自然科学基金委优秀青年基金项目

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： 采用压阻式探针的大尺度微结构表面检测技术基础研究

- 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

微结构表面在微光学、电子学等领域有着十分广泛的应用。微结构表面上的典型结构尺度在数个微米至数十微米之间，表面尺度在数毫米以上。采用普通的光学干涉方法很难精确测量此类表面；SEM测量仅能够提供三维形貌图形，而不能获得实空间的三维坐标值；常用的接触式测量方法中触针的半径过大以及接触力过大，而不适合测量如此微小的特征结构。同时，上述三种方法都很难实现在位测量。因此，研究大尺度微结构表面的高精度测量技术具有十分重要的理论意义和工程实用价值。

本课题拟开展采用压阻式阵列探针的方式进行大尺度微结构表面检测技术基础研究。主要研究内容如下：分析采用压阻式探针进行测量的原理，研究阵列式压阻式探针带来的多个探针固定、对准、测量图形的拼接、测量结果的评价方法以及测量过程中探针的磨损、测量模式等因素对测量结果精度的影响规律；研制采用阵列压阻探针的新型测量头，并搭建基于高精度位移平台的测量实验平台； 针对典型大范围微结构表面结构进行测量实验，分析本测量方法的测量精度、测量效率等因素对测量结果的影响；通过与超精密机床连用，初步探讨本课题开发的高精度测量头的在位测量能力。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

中组部青年拔尖人才计划、电化学微纳加工：仪器平台、理论和应用研究

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	杨炽夫	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

2017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： 基于物理刺激的神经可塑上肢康复外骨骼机器人技术 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 中风、脑瘫、脑颅损伤、脊髓损伤所致的瘫痪人群在世界各国普遍存在，这些患者无法有效控制四肢，甚至无法谈话交流，但大脑意志清醒。针对某医院去年一年收治情况调查显示，共收治41 例重度瘫痪患者，其中脑卒中后遗症20 例，交通伤15 例，击打伤4 例，跌落伤1 例，其他伤1 例。中国脑卒中发病率约2%、脑瘫患儿的发病率1. 8‰~4‰~4‰、脑颅损伤约783/10万、脊髓损伤20/100万，患者因遗留不同程度的功能障碍而无法恢复上肢控制技能。由于中国人口基数庞大，因此该类患者绝对值相当大。脑血管病是影响人群死亡率最高的疾病之一，从全球情况分析也不例外，据 WHO 在对 57 个国家的调查，脑血管病被列为死亡原因前三位的占 40 个国家。2004年WHO 采用伤残损失调整寿命年报告脑卒中是全球第六大疾病负担，而在西太平洋地区则是第一大疾病负担，并预测到2030 年世界范围内脑卒中的疾病负担将上升至第四位。最近研究显示各个国家的脑卒中发病率亦表明发展中国家与发达国家差别较大，如莫桑比克的病死率高49. 60%，巴西的约恩维利和玛塔也较高，分别为19. 10%和18. 5%，而丹麦和法国分别为6. 8%和10%，瑞典马尔默为6. 8%，发达国家的病死率较低。脑卒中已经成为全世界面临的重大问题，对发展中国家是一个巨大的挑战。世界卒中组织决定每年10 月29日为世界卒中日，号召在世界范围内迅速发起行动防治脑卒中。我国情况是：1987、1988、1991 年城市主要死因分析表示，脑血管病为第二个主要死因，近年来死因顺序仍然没有改变。若以小样本调查结果进行扩大计算，估计在我国每年有 120-150 万人新患急性脑血管病，其中半数残留严重后遗症，影响生活质量，若以新老脑卒中累计来推测，每年死于脑血管病的病例数可能高达 80 万-100 万。这样一个估计数字在整个中国的人口基数中仅占据千分之一，但它对社会和家庭的经济负担以及老年人的生活质量的影响是极其严重的。随着医学科学的发展、重症监护技术和综合抢救技术的提高, 脑卒中病人死亡率显著下降, 但致残率反呈增加趋势, 重度致残者占40%以上。较高的致残率严重影响了病人的生活质量, 给个人、家庭和社会带来沉重负担。通常脑卒中患者残留的后遗症各种各样, 包括偏瘫、语言不利、神志障碍、面瘫、大小便失禁等。在美国每年大约有六百万脑卒中幸存者, 其中的二百万病人在中风后存在长期的运动障碍。我国脑卒中患者中, 重度失能比例达到60%。重度失能患者无法自主控制四肢活动, 因此其生活照料和康复治疗面临的困难较大, 且周期漫长, 常常对患者本人、家庭造成心成本的极大浪费。医学研究证明, 以神经可塑性原理为基础的重复运动康复训练和张力康复训练是一种有效的康复手段, 可以使患者四肢机能恢复到最佳状态, 通过功能性渐进康复训练, 可最终帮助患者重新掌握肢体的控制权。机器人技术的固有属性又决定了神经可塑康复机理的精确实现是可行的, 因此, 基于物理刺激的神经康复上肢外骨骼机器人的研究具有十分重要的理论意义和实际工程价值。 结合脑机接口、外骨骼机器人技术、神经可塑康复原理、人机共融技术、虚拟现实技术、力控伺服技术、串并联驱动技术等, 研究模仿人脑深度推理机制, 完成对图像等多源数据的自主学习及深度挖掘, 研发脑机接口为基础的针对瘫痪上肢失能人群的康复系统, 开发可穿戴外骨骼康复及辅助机器人设备, 基于云平台存储的历史数据分析患者病情, 对瘫痪人群各种后遗症症状的康复以及自我护理意义深远。 研发脑机接口为基础的针对瘫痪上肢失能人群的康复系统, 开发智能可穿戴上肢康复及辅助机器人设备, 用于瘫痪患者上肢的被动康复训练、主动康复训练和阻力康复训练, 以达到神经重塑的最佳效果, 使患者能够最大程度恢复机能, 是本课题的主要研究内容。
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况 该选题依托国家自然科学基金和横向课题, 研究经费: 300万;

2017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： 基于行走助力的意识控制可穿戴外骨骼机器人技术

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

钢铁侠智能装甲、阿凡达AMP系统等通过科幻的方式很好诠释了外骨骼机器人技术的未来走向。如何将克服人体机能局限，提高人体的快速性、敏捷性、力量、耐力和负载能力，将钢铁侠智能铠甲、阿凡达AMP装甲由科幻变为现实，这是全世界从事外骨骼机器人技术研究的学者们梦想实现的终极目标。外骨骼机器人技术不仅属于国际机器人领域前沿性热点研究话题，也是我国战略技术储备的重点研究方向之一，本课题主要倾向与可穿戴外骨骼机器人技术在医学细分领域的具体应用研究。

本课题的研究主要集中于意识控制下肢助力外骨骼机器人技术及其医学应用研究。课题拟结合生物力学、人体工程学、多传感器综合技术、感知和预测技术、力控伺服技术、人机共融技术、脑机接口技术、人工智能及机器人技术等，研究模仿人脑深度推理机制，完成对多源数据信息的自主学习及深度挖掘，研发脑机接口为基础的针对下肢完全失能人群的助力行走系统，开发智能可穿戴下肢助力外骨骼机器人系统，并展开助力行走的科学评定的研究工作。课题研究需解决关键科学技术：1）外骨骼概念化设计与优化；2）多传感综合技术；2）感知和预测技术；3）主/被动力控伺服技术；4）人机共融技术；5）脑机接口技术等。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

该选题依托国家自然科学基金和横向课题，研究经费：60万；

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	杨立军	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 激光引致探针近场效应纳制造技术基础研究

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

纳制造技术是纳米科技发展的重要手段之一，本课题将激光与微纳探针结合起来，把激光环照在探针表面会在探针尖端形成新的光电磁热等效集成的多场近场效应，利用激光与微纳探针相互作用的多场耦合效应进行微纳制造（操作、加工、连接、检测等）。结合自上而下和自下而上的两种纳米制造实现手段，形成新型纳米结构、器件或系统。应用光学、量子力学、微观力学、电磁学、材料科学、化学和微纳米科学等基础理论，探求探针与样品间激光增强效应对样品表面物质结构和性能的作用机理与转换规律；研究面向纳米加工、纳米操作、定位纳米装配、纳米互连的激光引致微纳探针多场耦合不同效应的调控策略和实现方法，探索激光参数、微纳探针参数以及激光与微纳探针相互作用位置对多场耦合近场效应的影响规律，建立集纳加工、纳操作、纳装配、纳互连及测试功能于一体的激光与微纳探针耦合纳制造的工艺与装备原理，进行试验验证。为纳米制造技术领域提供新的制造技术基础。

主要研究内容：

1) 激光环照探针形成的近场效应解析模型

通过研究探针与样品近场空间内的光场、温度场、电磁场以及力场的变化情况，建立激光环照探针的数学解析模型，探求应用于纳加工、纳操作、定位纳装配、纳米互连、性能测试的不同多场耦合效应，探索面向不同制造工艺的激光与微纳探针的多场耦合不同近场效应；

2) 激光引致探针的耦合近场效应调控策略

研究激光参数（波长、频率、能量）、微纳探针参数（形状、结构尺寸）以及激光与微纳探针相互作用位置对多场耦合效应的影响规律，探索在同一平台内激光与微纳探针多场耦合不同效应的应用调控策略和实现方法；

3) 耦合多场作用下的物质结构性能转变和迁移机制

研究探针与样品间激光增强效应对样品及纳米粒子表面物质结构和性能的作用机理；探索样品在激光增强效应下的物质结构和性能的转换规律，探求在激光增强效应下的样品材料可加工机理、纳米粒子受力情况和搬移规律、纳米粒子定位装配纳米结构的搬移释放规律，纳米粒子融化重凝互连过程，为激光与微纳探针相复合的纳制造技术奠定理论基础；

4) 激光引致探针近场效应纳制造试验研究

针对纳米加工、纳米操作、纳米装配、纳米互连之一的纳米制造过程进行试验验证，并对形成的纳米结构进行性能测试。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家自然科学基金课题。

2017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： 飞秒激光与微细射流复合微纳制造技术基础研究

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

现代航空、航海技术的发展牵引着航空发动机、大型燃气轮机的不断更新,大推重比和高功重比的发动机意味着更高的涡前温度,因此发动机热端部件普遍采用了高温合金、钛合金或者表面覆盖陶瓷涂层的合金作为叶片材料,同时采用小孔气膜冷却式涡轮叶片进行强制冷却,小孔要求具有较高的表面质量、较小的表面重铸层,本课题针对微孔阵列孔的高效精密加工难题,提出了飞秒激光与喷射射流复合微纳加工大长径比金属微纳结构的新思路,攻克飞秒激光光路调制技术、飞秒激光与微纳射流复合微纳加工工艺技术、以及飞秒激光光路轴线和微细射流轴线同轴调控、飞秒激光与微细射流和工艺装备系统集成等关键技术,实现叶片气膜冷却孔等大长径比金属微纳结构的加工,为高端航空、航海发动机研制提供技术储备,通过项目研究可进一步推广应用到汽车、电子、医疗和仪表行业的微细小孔及槽缝的加工,为微孔加工提供新的制造技术理论和技术支撑。通过此项技术的研究,找到提高激光加工表面质量和精度控制的有效途径。

主要研究内容:

1) 飞秒激光光路系统调控技术

针对飞秒激光复合微纳射流复合加工需要研究飞秒激光光路调整技术、飞秒激光光轴与喷孔轴线一致的调控技术、基于CCD技术的微孔轴线检测与调控技术等。

2) 大长径比金属微纳结构飞秒激光复合射流加工工艺技术

研究针对大长径比金属微纳结构的飞秒激光加工工艺,研究脉冲参数对加工效果的影响规律,研究工艺参数对微纳结构表面的加工规律。

3) 飞秒激光与微细射流系统集成技术

针对装备研制研究飞秒激光、喷射射流系统、微纳操作工作台等的系统集成技术,突破激光功率、射流液束、微纳工作台的协调控制,实现系统的整体集成。

4) 飞秒激光脉冲序列复合喷射射流微纳加工工艺试验

在工艺、系统集成、关键部件突破的基础上,研制飞秒激光复合喷射射流微纳加工装备,形成工艺试验验证。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家863计划课题。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	杨晓冬	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

2017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：微细电火花加工仿真及蚀除机理研究 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： 电火花加工是应用最广泛的特种加工方法之一，它通过工具电极和工件之间火花放电产生的局部瞬时高温来蚀除工件材料，具有加工过程不受材料硬度限制、无宏观作用力等诸多优点。电火花加工自从被发明以来，在仅半个多世纪的时间里就获得了迅速的发展，电火花加工的新工艺和新方法不断涌现，已经成为制造领域一种极其重要的加工手段，被广泛地应用于航空、宇航、模具制造等，并在微细化和精密化等加工领域发挥着不可替代的作用。但是由于电火花加工本身具有复杂性和随机性，而且放电蚀除过程是在极短的时间内和极微小的空间内发生的，这导致了无论是用实验观测的手段还是用理论分析的方法对电火花加工的微观物理过程进行研究都是极其困难的，因此至今电火花加工的放电蚀除机理仍未能被明确地解释。总的看来，电火花加工基础理论的研究相对滞后，电火花加工过程的本质和微观属性的信息仍很缺乏，基础理论研究的滞后已经成为了进一步改善放电状态、提高放电稳定性、提高电火花加工效率、减小电极损耗或改善放电表面特性等的瓶颈，该状况制约了电火花加工技术的进一步发展。 由于放电现象发生在极短的时间内，并且发生在极微小的尺寸空间内，要解释电火花加工的放电蚀除机理和极间现象，仅利用实验观测的手段是非常困难的，而不得不借助于理论仿真手段。利用计算机仿真技术来揭示电火花加工过程中的一系列物理现象和本质，对于发现电极材料的蚀除规律，提高电火花加工的效率 and 探寻新的加工工艺等方面具有很重要的意义。随着计算机技术和计算数学算法的迅速发展，使得计算机模拟仿真技术在工业中的应用越来越广泛，也给电火花加工基础理论的研究带来了新方法和新思路。 分子动力学（Molecular Dynamics, MD）是从原子的水平描述微观世界和研究微观物理现象的有效工具。分子动力学方法是一种计算机模拟实验方法，是研究纳米尺度物理现象的重要物理手段。它不仅能从微观角度解释材料的一些物理现象，而且还能像做实验一样进行各种现象的观察，它不仅可以得到原子的运动轨迹，还可以观察到原子运动过程中各种微观细节，对于电火花加工的蚀除过程来说，它的优势还在于能从原子的水平同时分析材料的热行为和机械行为。 本研究拟应用分子动力学对微纳尺度下电火花加工放电蚀除过程进行建模，对单脉冲条件下的放电凹坑和连续放电条件下的放电加工过程和放电加工表面特性进行三维模拟研究，实现放电蚀除过程及极间现象的可视化，明确放电过程中的极间微观属性和本质，揭示材料的放电蚀除机理及其规律，揭示放电加工表面特性的微观成因。本研究致力于从微观角度提出有利于放电稳定、可提高放电蚀除效率、减少电极损耗或可进行表面改性等的基础理论依据，以对实际电火花加工提供理论指导，并对促进具有突破性的电火花加工新工艺方法的出现具有非常重要的意义。并且，精密加工及微细加工的未来重要发展方向之一是在分子、原子和量子水平上寻求与加工技术的接点，将分子动力学引入到电火花加工基础理论的研究领域，从微观角度构建微纳尺度下电火花加工放电蚀除理论体系，势必会为这一领域注入新的活力，其研究成果非常值得期待。 主要研究内容如下： (1) 电火花加工分子动力学建模方法研究 (2) 不同电极-工件材料和放电介质条件下的放电蚀除仿真研究 (3) 电火花加工放电蚀除机理研究 (4) 纳米放电加工方法研究
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，51575136 黑龙江省自然科学基金重点项目，ZD2015009

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： 基于分割电极的电容耦合多点放电高速电火花加工新方法研究

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：

电火花加工是应用最广泛的特种加工方法之一，具有非接触式加工、加工过程不受材料硬度限制、能加工的材料广泛、能进行复杂表面或型腔的加工等诸多优点，特别适用于机械切削加工难以胜任的高硬度、高强度、高熔点、高韧性、高脆性等特殊材料、特殊结构以及复杂形状零部件的加工。电火花加工自从被发明以来，在仅半个多世纪的时间里就获得了迅速的发展，电火花加工的新工艺和新方法不断涌现，已经成为制造领域一种极其重要的加工手段，被广泛地应用于模具制造、航空、宇航、汽车和医疗器械加工等，并在精密加工领域发挥着不可替代的重要作用。

但是众所周知，与电化学加工和铣削加工等加工方法相比，电火花加工的最大缺点之一是加工效率低、加工速度慢。较低的加工速度在很大程度上制约了电火花加工的进一步应用，近年来，航空、国防和精密加工技术的高速发展，对电火花加工提出了新的和更高的要求。在未来电火花加工技术的发展中，加工速度已成为亟需解决的重要瓶颈问题，可大幅度提高加工速度的革新性技术受到非常的期待。

电火花加工须使用脉冲电源，放电间断性发生，电火花加工通常都是逐点放电蚀除，一个脉冲周期内只产生一个放电通道，形成一个放电凹坑，因此蚀除过程在时间上是非连续的，这是导致电火花加工速度低的根本原因之一。通常的做法是提高电火花加工在时间上的连续性，但仅仅从时间角度考虑缩短相邻两次放电蚀除的间隔时间来提高放电蚀除的连续性是有局限的，因为过短的放电停歇时间会导致放电集中、加工不稳定。而若换个角度，转而从放电点的分布空间上考虑，电火花加工速度仍还有很大的提升空间。如果能在一个脉冲周期内在空间上实现多点放电，则有望使电火花加工速度提高数倍，甚至更高。

本研究提出基于分割电极的电容耦合多点放电高速电火花加工新方法，该方法使用多个相互绝缘的分割电极，利用电容耦合形成多个并行放电回路，实现单脉冲周期内多点放电，从而可大幅度提高加工速度。本项目提出的方法及其相关理论和技术的研究是电火花加工领域的一项创新研究，随着分割电极数量的增加，理论上可将电火花加工速度提高数倍以上。若将该方法与其他先进电火花加工技术的研究成果进行有效结合，则会更进一步提高电火花加工能力。本项目的研究对于突破电火花加工加工速度较低这一瓶颈问题，促进电火花加工技术的应用具有非常重要的理论意义和应用价值。

主要研究内容：

(1) 电容耦合多点放电加工方法的建模与仿真研究
(2) 分割电极及其装夹方法的研究与设计
(3) 多点放电分布和极间放电现象的实验研究
(4) 多点放电状态评价方法及放电间隙伺服控制技术研究
(5) 多点放电加工特性、工艺规律及其应用研究

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，51575136
黑龙江省自然科学基金重点项目，ZD2015009

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	姚玉峰	招生人数	1		
------	-----	------	---	--	--

2017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： 化学发光免疫复合物变磁分离机理及方法研究

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

20 世纪后期，科技在经历了学科深度细分之后又迎来了彼此间大跨度的交叉和融合。化学发光免疫检测技术便是在“医工交叉”大背景下诞生的一种新技术，它融合了免疫生物学、有机化学、纳米材料、流体力学、磁学、光电子、机械工程等诸多学科，是当前体外诊断领域最先进的免疫检测技术之一。

化学发光免疫检测过程中使用的检测载体是一种由“磁性颗粒（表面包被了抗体或抗原）——待测物——发光标记物”结合而成的免疫复合物，通过化学反应发光来检测发光标记物含量，进而得到待测物的含量。为保证全部待测物均能与发光标记物结合，反应中需要加入过量的发光标记物，因此反应结束后必然存在未能与待测物结合的剩余标记物。将免疫复合物从二者混合物中高纯度无损分离是至关重要的环节。传统的定磁分离方法在某些检测中由于磁性颗粒聚集而引起剩余标记物的残留，严重影响检测结果，甚至出现假阳性，导致误诊。因此，如何实现免疫复合物的快速高纯度无损分离，对分离方法和分离过程中的参数控制提出了严格的要求。临床实践调查发现，现有的分离方法在分离速度和稳定性方面尚不够理想，因此有必要深入分析免疫复合物在磁流场中的运动规律，探索新的免疫复合物分离方法。

本课题的主要研究内容如下：

- 1) 磁、流场作用下免疫复合物微观动力学建模。本课题将建立免疫复合物颗粒在磁场、流场中的微观动力学模型：求解颗粒所受的磁场力、流体黏性力、重力及流体浮力；分析铁氧体颗粒结合抗原抗体后运动性能的变化，建立包含修正项的颗粒运动微分方程。分析磁感应强度、磁感应强度梯度、流体黏度、流体密度、颗粒尺寸等参数对颗粒运动的影响，为磁场的设计和控制提供理论依据。
- 2) 交变磁场对免疫复合物振动状态、团聚性及结合性的影响规律研究。课题将研究电磁场参数对不同粒径复合物颗粒振动状态及振动参数的影响规律，建立系统参数与复合物振动响应之间的关系；分析颗粒无法集结成团的临界条件。求解磁珠与待测物、待测物与标记物之间的结合力，分析振动对免疫复合物结合性的影响，进而得到最佳的磁场参数。实现免疫复合物的动态磁约束，即在保持微振状态的同时吸附于反应器皿内壁。
- 3) 变磁分离过程参数优化、磁分离系统构建及相关实验研究。本课题将研究适于变磁分离系统的各阶段的最佳时长及最佳磁场参数，以期获得最快的分离速度。根据前述研究结果确定生磁系统的相关参数，完成磁场空间分布及变化曲线测定、复合物颗粒振动状态测定、动态磁约束测定。对相关模型进行验证和完善。构建变磁分离系统，完成变磁分离实验，通过光检结果对比验证变磁分离方法。完成乙肝、肿瘤标志物等项目的多类型人群样本测试，对变磁分离方法的普适性进行验证。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

课题依托于威海市创新平台建设项目“机器人与智能装备产业公共创新服务平台”，以及山东省自主创新专项“240测速/小时全自动化学发光免疫分析仪及配套试剂的研发及产业化”的后续延伸。其中前一个课题目前到账1000万元，经费充足，后一个项目，合作单位提供的协作经费账面仍有150万元，可以支撑该课题的开展。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	于红英	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 并联机构及变胞机构的分析、综合方法及应用研究

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

机构学是一门古老的学科，它是机械工程和仪器工程的重要组成部分，为机械工程和仪器工程的发展奠定了理论基础。随着对现代机构学的深入研究和机器人产业的不断发展，机构学研究得到了足够的重视，同时也取得了很大的进步。机构学这门古老而又实用的学科正在逐渐走向成熟，并重新焕发生机和活力。当现代机构学与数学理论深度融合时，机构学将被赋予新的内涵和意义。螺旋理论、李群李代数、微分几何和图论等各种高深的数学理论在现代机构学中被灵活的应用，这在一定程度上促进了机构学的发展，先进的数学理论在机构的结构学、运动学、动力学等各个研究方向上都起着相当重要的作用。

从上世纪末至今，有越来越多的古老机构被挖掘出新的应用同时又有许多新颖的机构被发现，其中最为典型的机构要属并联机构和变胞机构。并联机构是动平台和定平台通过至少两个独立的运动链相连接，机构具有两个或两个以上自由度，且以并联方式驱动的一种闭环机构。变胞机构是一种在连续运动过程中构件数目可变、拓扑结构可变和自由度也可变且能根据不同环境和工作任务改变约束特征的新型机构。本方向主要针对并联机构及变胞机构的分析、综合及应用问题进行研究。

1) 变胞机构的结构描述方法研究
2) 对并联机构支链的构型方法进行研究
3) 运用无约束支链进行并联机构综合方法研究
4) 利用无约束支链进行变胞并联机构综合方法研究
5) 变胞机构的应用研究

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

本课题为基础研究课题，经费由横向课题支撑

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： 非装配式运动副

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

研究具有非装配式运动副机构，以其替代传统的非周转运动副机构，该机构与传统运动副机构相比具有更为优越的性能。非装配式运动副机构的优点表现如下：1) 不需要进行装配，没有装配产生的误差，提高了机构的运动精度，减少了装配成本；2) 不存在运动副元素，避免了对运动副元素进行高精度加工的要求，降低了加工成本；3) 没有运动副元素间的运动间隙，避免了传统运动副机构中运动副自身的间隙对机构运动精度与传动精度的影响；4) 无需考虑润滑与密封的问题，更适合一些特殊工作环境的要求；5) 消除了运动副元素间的摩擦与磨损，可提高机构的效率。可见，非装配式运动副对微型机械与大型机械具有更为重要的意义，本课题将对这种运动副进行基础理论与应用研究。主要研究内容如下：

1) 对非装配式、非周转运动副机构的组成材料的性能进行理论研究与实验测试，研究不同工作条件下，组成非装配式运动副机构的最优材料的选取原则；

2) 研究非装配式运动副机构的拓朴构型，使用优质铝合金材料或复合材料及动态优化方法分析非装配式运动副机构应该具有的最佳的柔度与刚度；

3) 研究给出在保证非装配式运动副机构工作要求的柔度同时，如何来保证该运动副机构的刚度与重量的比值尽可能大的设计准则；

4) 利用有限元的方法研究非装配式运动副机构的合理（或最佳）结构参数组合，使这种新型的运动副机构既不需要进行装配，又要运动灵活，还能保证具有足够的抗疲劳强度，以此来保证这种非装配式运动副机构的工作寿命；

5) 建立非装配式运动副机构的运动学与动力学数学模型，通过仿真分析对这种运动副机构的运动学与动力学性能进行分析；

6) 研究对非装配式运动副机构进行阻尼处理的方法，给出为减小振动所加阻尼方式及位置的合理方案；

7) 用以上研究内容为基础，选一四杆机构为应用实例，设计制造出一种非装配式、非周转运动副机构，用这种新型的运动副机构来替代传统的四杆机构，对该机构进行运动学与动力学实验研究，并对该机构进行疲劳实验与寿命实验研究。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

课题经费由横向课题支撑

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	岳洪浩	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 高声速导弹主动扰流控制技术

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

(1) 背景及意义

高声速飞行器设计的重要发展趋势是轻量化、紧凑化、高精度和快速响应。然而，传统的空气舵、燃气舵等飞行控制执行系统由于附加质量大、响应速度慢等因素已经很难满足高超声速导弹在高空、高速以及目标大机动情况下的精确拦截需求。因此，如何有效地缩短姿态反应时间、快速有效的摧毁来袭目标成为未来导弹结构设计与控制面临的重要问题。基于飞行包络中弹体姿态及其飞行动力学特性分析，人们发现可以通过改变弹体表面结构可以实现弹体周围空气流场的显著改变，进而实现对弹体的主动扰流，以替代传统方法实现导弹的快速、精确控制。近年来，美、加等国先后开展的主动扰流控制技术为提升导弹整体设计和控制精度提供了新的解决方案，我国在该领域研究刚刚开始，迫切需要通过深入研究和攻关以缩小与国外的技术差距。

主动扰流控制技术是指在导弹弹体上设计微型扰流快，通过调节扰流块在弹体表面突出高度来主动控制导弹周围的空气流动特性，实现导弹飞行的主动控制。采用主动扰流控制技术的新一代超高声速飞行器将具有结构简单、质量轻、响应快、精度高等特点，能够有效的减轻燃料消耗，同时有效避免传统导弹飞行控制可能发生的弹翼颤振等问题。此外，主动扰流控制中将使用智能材料作动器，控制响应时间在毫秒量级，结合微型扰流块推出机构，实现导弹的快速、有效跟踪目标。该项技术将丰富大气层内超高声速飞行器的飞行控制手段，为未来新型号导弹研制提供一种响应快速、调整精密、结构刚度高且布局紧凑的飞行控制系统解决方案。

本项目以高超声速导弹主动扰流控制方法研究和关键技术攻关为目标，重点开展超高声速弹体主动扰流控制方法、侧向主动控制力特性分析、飞行姿态特性及动力学仿真、主动扰流控制执行机构设计、主动扰流控制仿真与试验验证等研究工作，系统完成主动扰流控制系统设计、仿真分析与地面原理验证，研制出可用于风洞试验的缩比原理样机，使其飞行姿态控制精度达到国际同类研究水平。项目研究取得的主动扰流控制成果可推广应用到其它利用空气舵实施飞行姿态控制的新一代导弹系统设计中，实现弹体结构紧凑、轻量化的同时提高控制响应速度和飞行机动性。

(2) 主要研究内容

- a) 主动扰流控制弹体侧向力特性研究：基于弹体前端锥面矩形扰流块结构，利用空气动力学理论，建立在超高声速情况下空气流体作用在矩形扰流上导弹的侧向力模型；通过有限元方法，对超高声速空气流体作用在有矩形扰流块的导弹侧向力模型进行修正。
- b) 主动扰流控制飞行姿态特性研究：利用导弹飞行运动方程结合推导出超高声速导弹主动扰流侧向力模型，建立导弹弹体在超高速情况下的飞行姿态模型；矩形扰流块的存在导致弹体周围的空气流发生了畸变，采用有限元（CFD）的方法，模拟弹体周围气流变化规律；研究弹体周围超高声速空气流扰动，影响导弹飞行的稳定性和可控性，开展导弹超高声速飞行精度研究。
- c) 主动扰流控制执行机构设计与分析：超高声速飞行导弹矩形扰流块构型设计及优化；超高声速扰流块相对导弹弹体表面高度变化执行机构设计，以及该执行机构动态特性分析。
- d) 主动扰流控制仿真分析与试验研究：在分析各输入参数（矩形扰流块高度、宽度、相位和个数等）对导弹超高声速飞行侧向力和飞行姿态影响下，利用有限元仿真（CFD）方法，在超高声速条件下，计算输入参数和飞行侧向力及飞行姿态影响关系；研制缩比样机，开展超高声速风洞试验环境，验证建立的模型及仿真计算的正确性。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

无依托科研项目，经费自筹。

2017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： 空间磁浮隔振多自由度作动器设计方法及其动态特性研究

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

(1) 背景及意义

航天器运行过程中会受到冷热交替、内部零部件运转等产生的一系列低频段(0.1-100Hz)小幅值、持续空间微振动，这对于微重力科学试验、重力梯度测量精度等都有非常不利的影响。与被动隔振技术相比，主动隔振技术可以有效地对低频、小幅值振动进行很好地隔离，而其中磁悬浮式可非接触地从物理上对空间微振动进行隔离且有效率高、响应速度快、能量密度高等显著优点，代表了未来空间微振动隔离的发展方向。空间未来大型空间望远镜、空间薄膜天线及长达几十公里的太阳能电站桁架结构等对空间微振动特别敏感，若仍使用适合于空间中小型载荷振动隔离的Stewart平台或磁悬浮隔离系统，势必带来附加质量/体积大、能耗高及设计困难等严重问题，可行的办法是对空间大型有效载荷在多个位置点安装磁悬浮作动器从而进行分布式振动隔离与抑制。由于载荷平台对每个位置点的扰动输入具有多自由度耦合的特点，因此要求每个磁悬浮作动器本身拥有多自由度的特性，从而对来自不同方向的扰动输入进行有效隔离。空间磁悬浮作动器的体积、质量、能耗都有着严格的限制，且因处于空间微重力和真空环境，其动态作用特性及热传递规律与地面环境明显不同。目前空间磁悬浮作动器普遍具有1个自由度，通过不同数量作动器在系统中的布局优化来形成隔振系统。本项目所研究的多自由度作动器与单自由度作动器的区别犹如多轴加速度传感器和单轴加速度传感器之间的区别，其在质量、体积、能耗等方面相比单自由度传感器具有明显的优势。多自由度磁悬浮作动器并不是单自由度作动器的简单叠加和组合，它有着与单自由度作动器不同的设计方法、作用原理与构型创新设计。因此，针对空间大型载荷或航天器的微振动隔离，开展多自由度磁悬浮作动器设计方法、作用机理、非线性动力学建模与分析及试验研究，实现作动器自由度多维化、小型紧凑化、轻量化，取得的研究成果对于我国航天技术和装置的发展都具有极其重要的推动作用。

(2) 主要研究内容

a) 多自由度磁悬浮作动器作用机理及设计方法研究：分析磁悬浮作动器永磁体与线圈自身构型及布置模式，深入研究实现不同自由度功能情况下线圈与永磁体之间的相互作用机理；考虑空间应用环境及边界约束条件，提出从作动器不同自由度需求转化到功能结构化的一般设计方法，构建针对不同自由度作动器的构型图谱库。

b) 多场耦合作用下作动器非线性动力学模型研究：针对作动器在空间环境下力-电-磁-热多场耦合的特点，考虑各种非线性因素及永磁体末端效应、边缘效应、漏磁效应等，建立永磁体在空间任意一点精确的磁力线分布及与线圈相互作用数学描述模型。建立作动器的动能、势能和能量耗散函数，采用拉格朗日法建立作动器的非线性耦合动力学模型。

c) 基于卡尔曼滤波的作动器刚度/阻尼辨识方法研究：基于永磁体磁场分布模型及非线性动力学模型，建立多自由度作动器的刚度和阻尼函数并进行归一化处理，然后将刚度函数和阻尼函数进行泰勒多项式展开。对作动器进行刚度和阻尼试验并基于卡尔曼滤波提取特征信号，基于支持向量机对刚度和阻尼多项式进行辨识训练并得到辨识结果，进一步修正建立的刚度和阻尼函数。

d) 空间环境模拟试验技术及作动器试验验证：开展针对多自由度作动器地面重力补偿方法、试验规划、功能与性能验证试验研究。搭建作动器测试试验平台，对多自由作动器输出的位移/力矩幅值和精度、响应速度、作动器刚度和阻尼等方面进行测试，验证多自由度作动器设计方法的合理性及动力学模型的准确性。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

依托国家自然科学基金面上课题：空间微振动多维磁浮隔振系统设计方法及动态特性研究, 51475117，经费83万。

哈尔滨工业大学 2017 年

机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	臧希喆	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 双足机器人动态步行的混沌现象及运动特性研究

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

传统主动双足步行机器人具有步行稳定、步态多样性等优点，然而这种机器人采用的是基于ZMP（零力矩点）的轨迹规划控制方法，需要时刻计算各关节轨迹并跟踪目标轨迹。这种方法是基于静态平衡的控制方法，它可以时刻保持机器人的静态平衡，但是计算量大，需要消耗大量的能量，且需要高速步行时，保持静态平衡很难实现。因此，基于动态平衡的双足步行过程成为近年研究的热点：只要保证机器人不摔倒，或机器人在摔倒前，摆动腿能够及时的与地面接触即可，这就是动态平衡的一种表现形式。它不需要跟踪关节轨迹，可以以欠驱动或柔性关节的形式来进行驱动，因此能耗低且步态自然。基于动态平衡控制的机器人步行过程由于或多或少含有某些非控制环节，因此可能会出现混沌步态，它是非线性系统在一定条件下展现分岔、周期运动与非周期运动相互纠缠，并通向某种非周期有序运动的现象。混沌步态最终会导致机器人出现不稳定步态并摔倒，因此应对其深入研究，揭示混沌步态的运行机理并研究相应的控制方法对其加以抑制。

主要研究内容包括：双足机器人动态步行机理、双足机器人步行过程混合动力学建模、欠驱动控制方法、混沌机理及混沌步态抑制控制方法研究。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家重点实验室自主课题“双足机器人被动步行的混沌步态及混沌抑制研究”

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： 双足步行机器人复杂地形步行稳定性及阻抗控制研究

- 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

双足步行机器人在特殊路面（如有障碍路面、阶梯式路面等）的通过性方面与轮式机器人相比具有先天优势，这是由于其腿部较长且可以通过调节腿部弯曲程度、步长等参数来适应不同高度的路面来提高其通过性。但与轮式机器人相比，其稳定性存在较大差距。因此如何提高双足步行机器人在不平整路面的步行稳定性是近年双足步行机器人领域的研究热点与难点。传统方法是先对不平整路面环境进行建模，再基于该路面模型对机器人步行过程加以控制来提高稳定性，然而这种方法对建模准确度要求较高，且需要事先了解路面环境，因此适应性较差。因此研究不需要事先了解路面环境的反馈控制，能够有较好的适应性，对于双足步行机器人的实用化有很大的帮助。对双足步行机器人进行精确建模，规划其步行路径，并研究基于混合零动态（HZD）与零力矩点（ZMP）相结合的动态步行过程控制策略，以提高双足机器人在不平整路面的步行稳定性。

主要研究内容包括：双足步行机器人动态步行过程建模、不平整路面路径规划、基于混合零动态（HZD）与零力矩点（ZMP）相结合的控制策略及阻抗控制方法研究。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家重点实验室自主课题“双足机器人被动步行的混沌步态及混沌抑制研究”

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	翟文杰	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 单晶碳化硅超声-电化学机械研抛的复合增效技术与机理

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

单晶碳化硅被认为是第三代半导体材料，碳化硅晶体具有禁带宽度大、热导率高、电子饱和漂移速率大、临界击穿电场高、介电常数低、化学稳定性好等特点，在高频、大功率、耐高温、抗辐照半导体器件及紫外探测器和短波发光二极管等方面具有广泛的应用前景。同时，单晶碳化硅也是制造大尺寸、超高亮度白光和蓝光发光二极管（LED）和激光二极管（LD）的理想衬底材料。随着机电、信息行业的迅速发展，其相关器件所应用的SiC衬底表面的加工精度和表面质量需要达到亚纳米制造精度和无亚表层缺陷的超高表面光滑制造要求。但是，由于碳化硅硬度高、脆性大、对缺陷敏感、抗冲击性较差且具有极强的化学惰性，传统的加工方法不能满足理想碳化硅衬底所要求的表面粗糙度。而目前工业生产所采用的几种典型加工方法（固结磨粒研磨、磁流变抛光、化学机械平坦化等）或能达到原子级平整，但普遍存在材料去除率低、加工成本较高等问题。近年来，作为声化学（sonochemistry）和电化学相结合的前沿学科——超声电化学（sonoelectrochemistry）发展极为迅速，研究十分活跃。其作用机制主要是结合超声空化产生的机械效应、化学效应和电化学反应进行加工。。

单晶碳化硅超声-电化学抛光，即结合超声加工与电化学机械平坦化两种特种加工方法，利用自主设计超声-电化学抛光试验机，在不同工况条件下对碳化硅晶体试件实施一系列的实验，研究其抛光规律，通过协调碳化硅化学溶解与机械去除的关系提高碳化硅衬底的加工质量和效率。主要内容：

（1）SiC晶体的超声化学抛光规律研究
分别在有、无超声振动条件下用钌（Ru）研抛盘对SiC晶体进行ECMP，观察其抛光效果。通过对比分析研究超声振动对SiC晶体抛光过程的影响规律。

（2）SiC晶体的电化学抛光规律研究
分别在有、无外加阳极电流作用下用钌（Ru）研抛盘对SiC晶体进行超声振动辅助研抛，观察其抛光效果。通过对比分析研究外加电场对SiC晶体抛光过程的影响规律。

（3）SiC晶体的催化辅助抛光规律研究
分别以钌（Ru）研抛盘、铸铁研抛盘和普通抛光垫对SiC晶体进行超声振动辅助-ECMP抛光实验，通过对比分析研究不同载荷、速度和研抛电解质下的钌（Ru）金属盘/SiC的摩擦化学抛光和催化作用规律。

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：单晶碳化硅电化学机械平坦化的复合增效技术与摩擦磨损机理, 51475119

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： 碳化硅电化学机械研抛的AFM实验及分子动力学仿真

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

课题背景及研究意义同上。

主要研究内容：

基于原子力显微镜和表面微观检测手段进行单晶SiC的电化学机械研抛（ECMP）模拟实验，系统研究SiC研抛过程中摩擦化学、电化学各因素对SiC摩擦磨损及表面/亚表面质量的影响规律和复合增效机理，获得以SiC磨损率为目标的多参量优化模型；结合化学反应动力学和密度泛函理论以及分子动力学仿真技术，模拟不同晶面SiC的各向异性腐蚀以及摩擦电化学反应条件下SiC表面氧化物的微纳加工去除过程，进一步揭示SiC-ECMP的摩擦磨损机理；提出SiC-ECMP的工艺优化措施保证获得无损伤亚纳米光滑表面的基础上使材料去除率较传统工艺提高一个量级以上。项目研究对于丰富纳米摩擦学和摩擦电化学理论以及提高SiC超精密加工水平具有重要的科学价值和实际意义。

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：单晶碳化硅电化学机械平坦化的复合增效技术与摩擦磨损机理, 51475119

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	张飞虎	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 硬脆性晶体材料超精密加工机理及表面损伤形成机制

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

硬脆材料超精密加工机理及表面损伤形成机制的研究是硬脆性材料超精密加工的共性基础科学问题。研究单晶碳化硅、蓝宝石等晶体材料的超精密加工机理及表面损伤形成机制对实现工程陶瓷等硬脆材料的超精密加工具有重要的理论意义和应用价值。本方向研究拟以单晶碳化硅和单晶氧化铝等材料为主要研究对象，通过数值模拟和实验研究，探索高应变率条件下硬脆单晶材料的力学响应特性及损伤机制、脆性去除微裂纹形成与扩展机制及应变率对表面/亚表面损伤特征的影响规律。最后通过磨削实验研究表面损伤累积演变机制，建立磨削亚表面裂纹深度预测模型并提出抑制措施。研究成果可应用于工程陶瓷等材料加工去除及损伤机制的研究，为硬脆材料高效精密和超精密加工提供理论依据。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

该选题所依托的科研项目包括973课题、自然科学基金项目等。

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： 超精密机床动态特性分析及对纳米加工表面形成机制影响

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

超精密机床动态特性对加工精度和表面形貌有非常重要的影响，是提高超精密加工设备性能的关键技术途径。本方向以新一代高性能超精密加工设备的研制为目标，通过建立静压主轴非线性动力学模型、主轴系统热-机械模型，结合主轴转子运动轨迹及热效应的高精度在线动态测量与分析，从理论和实验两方面综合研究静压主轴在超精密加工过程中的动态特性，并通过仿真与加工试验的对比分析揭示超精密加工表面微观形貌的形成机制及影响规律，为新一代超精密加工设备的研制提供理论依据，对提高我国超精密制造装备的研制水平具有重要的理论意义与工程实用价值。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

本选题所依托的科研项目包括国家自然科学基金项目等。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	张广玉	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 基于声学超材料的声波主动调控技术

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

一、选题背景及意义

超材料是21世纪新兴发展方向之一，被誉为“六大颠覆性基础研究领域”、“十大关键领域”、“年度十大科学突破”等。通过在材料关键物理尺寸上的结构有序设计，可以突破某些表现自然规律的限制，获得超出自然界原有普通物理特性的超常材料。其重要意义不仅体现在几类主要的人工材料上，最主要的是它提供了一种全新的思维方法——人们可以在不违背物理学基本规律的前提下，获得与自然界中的物质具有迥然不同的超常物理性质的“新物质”。

声学超材料是超材料在声学领域的一个分支，也是理论声学领域近几年的发展热点。声学超材料指一些具有天然材料所不具备的超常声学性质的工程设计材料。典型的声学超材料通常是针对特定的声学应用来设计特定的结构从而达到期望的特性，在减振、降噪、声隐身等方面具有广阔的应用前景。目前对声学超材料的研究，主要包括负质量密度/负体积模量结构、声隐身衣/斗篷、主动型声学超材料等。其中，主动型声学超材料具有参数实时可调、工作频带宽、功能多样化等优点，具有广阔的应用前景。

本课题旨在研究复合结构超常声学参数的形成、控制方法，探索采用结构设计与材料研究相结合的方法，以功能需求为导向，阐明功能调控主动可变式复合结构的设计方法，并揭示其声波调控机理与控制方法。

二、 主要研究内容简介

对国内外现有主动型声学超材料设计理论和方法，进行系统地研究，分析各种设计方法理论上能够实现的最大有效作用频段及现有制造技术手段实现结构精细加工的可能性。综合各种设计方法的优缺点，针对军事、民用领域常用声波频段，同时充分考虑特殊微结构加工制备的难度，提出一种新型的、具有实际应用价值及加工可行性的主动型声学超材料微结构单元模型。

结合复合材料、理论声学、细观力学等多学科理论，对声学超材料微结构单元的声学特性进行理论分析，阐明复合结构超常声学参数形成机理和控制方法；利用仿真软件，对声波在超材料整体结构中的传播过程进行仿真模拟，探索其声波传输特性与影响规律；分析微结构单元超常声学参数对其声波传输特性的影响规律，针对典型声学应用（隔声、吸声），探索微结构单元等结构的设计方法，实现对声波的“按需调控”。

结合微结构声波传输规律以及压电材料声学特性，探索利用压电效应对微结构声波阻抗、能量耗散等特征参数实现主动可调的方法，研究功能调控主动可变式智能微结构以实现表面声阻抗、结构耗能量、声学带隙的按需主动调节；研究主动调控智能微结构的声波反射、透射、声压损失变化规律，探索压电材料几何、材料、电学等参数对声波传输的影响规律，揭示主动调控智能微结构的声波传输机理与调控方法；研究入射声波实时检测技术，探索响应快、稳定性好、准确性高的反馈控制方法和体积小、集成度高的控制装置。为超材料智能微结构的声波主动调控技术提供科学依据和理论支持。

利用微纳制造技术、精密/超精密加工等先进的制造方法制备超材料智能微结构样品，并配以系统的实验设计模拟特定的环境，利用先进的实验观测手段，对超材料智能微结构的性能进行实验研究，并对实验结果进行分析，提出相应优化改进措施。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

其他在研科研项目（经费415万元）可提供经费支持，并正在申请国家基金支持。

2017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： HAMR磁头/磁盘界面多工况耦合传热机制与热损伤机理

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

一、选题背景及意义

信息存储技术作为大数据时代的关键技术之一，正向着数字化、网络化及海量化等方向发展。作为信息存储技术核心载体之一的磁盘是一类非常精密的微机电系统，磁盘磁头的设计、制造属于超精密和微纳米范畴。为满足大数据时代对磁存储超大容量与快速读写的发展需求，需不断增大磁存储密度，从而要求不断降低磁头的飞行高度和减小磁记录颗粒尺寸。目前，磁头的飞行高度已降到了1-2 nm，接近极限飞行高度，极易发生碰撞。此外，磁记录颗粒尺寸减小到一定尺寸，由于超顺磁极限的存在，将使得磁存储变得极不稳定。因此，探索新的磁存储方法，降低单个磁介质颗粒尺寸，克服超顺磁极限，提高存储密度，显得尤为重要。

热辅助磁存储技术（Heat Assisted Magnetic Recording, HAMR）是为了克服磁介质颗粒减小到一定程度后，因超顺磁极限的存在对磁存储密度进一步增大的限制，可将磁记录的面存储密度进一步提高。采用HAMR技术可以进一步降低磁存储颗粒尺寸，提高磁存储密度，将成为下一代磁存储发展的主流方向之一。

二、主要研究内容简介

通过微/纳米力学性能、表面形貌和磁性能检测实验，研究HAMR磁头磁盘与普通磁头磁盘的表面形貌、各层厚度、主要力学和热学性能的差异程度，以及HAMR磁头激光加热能量转换器的类型与几何参数等指标，分析HAMR工作过程中热、力学响应与变化规律。

通过广泛调研、了解和系统的归纳分析，确定可应用于HAMR磁盘的润滑剂与硬碳保护层种类、材料特性等主要参数，对润滑剂和硬碳保护层（DLC）常规加热过程进行分子动力学模拟与实验研究，得出高温下润滑剂解吸、降解与氧化的产生机理、影响因素与影响规律，以及对DLC涂层微观分子结构改变的影响规律与控制方法。并对TFC磁头与HAMR盘面加热过程进行理论模拟与仿真，研究加热时DLC硬碳保护层、磁记录层、基体层等各层厚度参数及弹性模量、屈服强度等材料特性参数对磁盘温升与应力分布的影响规律及控制方法，为后续研究其损伤机理提供基础依据。

运用有限元、流体力学等理论对HAMR热控飞高磁头飞行状态进行理论建模，在传统的热控飞高磁头的基础上，仿真模拟HAMR中热引入对磁头飞高热凸起的影响规律，并研究高温对气浮轴承的影响，综合求解雷诺方程、热传导与近场热辐射方程，研究纳米间隙下磁头的飞行姿态和飞高变化规律与调控方法。

结合润滑层、硬碳保护层（DLC）及磁记录层热损伤机理，研究各层几何参数、材料参数、激光加热参数与光转换器参数等对磁头/盘界面热损伤的影响规律，对各主要参数进行无量纲化，并建立主要参数对热损伤规律的数学模型，对各设计参数的取值范围进行优选；试验验证理论模型与数学模型的准确性，建立激光加热参数、能量转换器参数、盘面几何参数及材料参数优化评价体系。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

其他在研科研项目（经费415万元）可提供经费支持，并正在申请国家基金支持。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	赵杰	招生人数	3		
------	----	------	---	--	--

2017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： 安全性机械臂设计及控制方法研究 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 传统的工业自动化现场中，为了保证作业工人的人身安全，工业机械臂通常工作在隔离的工作间内，即机械臂和工人是分开工作的。然而，为了满足工业柔性、灵活制造的要求，尤其是电子消费品行业装配等工艺需求，工业自动化生产需要一种新的工作模式——人机协作，即人类和机器人可以和谐共处，工作在同一个空间，共同完成某项任务。若要实现这个目标，首先考虑的是要保证操作工人的人身安全，尤其是机器人在工作时与人类发生接触、碰撞时，保证人类的安全。纵观当今几大工业机器人生产厂商，多采用先进的传感器、复杂的控制策略实现安全的人机协作。不仅极大地增加了生产成本，同时采用控制策略的可靠性深受人们怀疑。因此，设计一款从机械本体上保证人类的安全的机械臂才是真正可靠的研究方案。 主要研究内容： 1) 机械臂和人类身体碰撞的物理模型及碰撞伤害指数数学模型的建立； 2) 本质安全性机械臂的设计及制造； 3) 安全性机械臂控制方法研究； 4) 机械臂安全性效果的实验验证。
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

2017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： 智能人机协作双臂机器人的研究 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 随着机器人技术在工业应用领域的大力推广，生产效率、产品质量不断提高。传统意义上，机器人是一种高集成度的机电一体化产品。近年来，人工智能、计算机技术等交叉学科又显著地推动机器人技术朝着智能化、柔性化的方向发展，使机器人与人的关系越来越紧密。在生产领域，工人与机器人的协作分工已变成切实可行，这也使人机协作成为未来重要的研究和发展方向。人机协作（Human-Robot Collaboration, HRC）是指机器人与人共享工作区域、协同合作完成一项任务，发挥人逻辑思维和应变能力强的特点，以人作为主体来主导复杂任务，机器人作为客体负责完成简单、高精度、重复性和危险性的任务，从而实现优势互补，大幅拓展作业能力、显著提高工作效率。 当前工业机器人的应用多是以单操作臂为主，只适应于特定的产品和工作环境，并且依赖于所提供的专用设备和工装夹具。一般地，单臂机器人只适合于刚性工件的操作并受制于环境。随着现代工业的发展和科学技术的进步，对于许多任务而言，单臂操作往往是不够的。因此，本课题拟以轻量、冗余、双臂机器人为研究对象，致力于面向人机协作模式的柔顺控制、智能控制等核心技术的进行充分研究。 主要研究内容： 1) 安全人机协作的感知与控制技术； 2) 主被动柔顺机构及控制技术相关研究； 3) 轻量、冗余双臂机器人的避障与协同控制； 4) 面向下一代的智能示教编程技术。
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

2017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： 面向病理性震颤的抑震机理与方法的研究 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 震颤是指一种不自主的，有节律性的、近似正弦往复摆动的肢体运动，影响着人体进行精细动作、书写绘画和餐饮，严重时会对患者的日常生活、工作、社会活动等带来诸多的不便。我国有众多的震颤患者，有数据显示，到2005年，我国仅帕金森症患者就超过了200万人，震颤，尤其是病理性震颤，给患者的生活带来了极大的不便，不少患者的生活不能自理，有很多患者因此而失去了生活的信心。又因药物和手术治疗无法完全治愈震颤，而机器人技术的发展以及在医疗和保健领域中得到广泛的应用，使抑制人体病理性震颤的助残机器人作为目前医学上缺少完全治愈震颤方法的现状提供了一种有效的解决途径，这对于提高患者的生活能力和促进整个社会的发展进步具有重要的意义。本课题目标是统计分析建立面向病理性震颤抑制的生物机械模型，探索有效的抑制震颤的技术途径与控制方法。 主要研究内容： 1) 基于肌电信号的意向运动与非意向运动的辨识； 2) 病理性人体上肢震颤的生物机械模型的建立； 3) 主被动相结合的变阻尼抑震控制方法研究； 4) 病理性振颤系统性能评价与综合实验研究。
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	赵京东	招生人数	3		
------	-----	------	---	--	--

2017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： 生物机电一体化系统及理论：具有本体感灵巧假手的双向闭环交互控制方法 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 人手是自然界最灵巧的工具，具有复杂的结构和生物特性，很难通过现有的机电系统集成进行复制和控制，因此，大部分商业假手通常只有一个简单的张合运动，并不能满足灵活操作需求。另一方面，大部分残疾人在日常生活中并非经常使用假手，主要原因除了假手运动功能匮乏外，更重要的是其运动控制的非感官性，没有本体感。灵巧假手控制方法的研究是康复领域的前沿方向，凝聚了生物机电一体化（Bio-Mechatronics）新兴学科的主要科学问题，其理论及技术已逐渐成为研究热点。作为典型的生机电系统，完美假肢在2010年被《Live Science》列为引领未来的十大创新技术之一。在灵巧假手的控制方法研究中，如何重建人体对假手的神经控制以及感觉反馈通路是生机电一体化的重要体现。探明人体运动意图在肌电信号中的表征形式，实现实时、准确的肌电信息解码方法，一直是智能假肢控制研究中的科学挑战。另外，本体感的重塑也越来越受到关注，如在假手系统中嵌入“力”、“触”等感知能力，实现假手同外部交互的神经反馈，使得假手控制从简单的“单向开环”控制模式转化为“双向闭环”控制模式。 课题将深入研究灵巧假肢的双向闭环交互控制方法，包括本体感系统设计及反馈方法、具有外界电干扰情况下实时肌电信号自适应分析方法、以及人在闭环的智能假肢双向交互方法，研究有助于促进人工感知、人机交互以及生机电集成新原理的发现，拓展机械电子学科的内涵，并对发展生物体与机电装备功能的双向延伸和双向调控原理有一定的推动作用。重点研究内容如下： 1）多运动模式肌电信息连续自适应鲁棒解码 针对假手灵巧运动模式肌电信息的复杂特性，研究手指运动肌电信息在时域、频域、空间域的联合特征表现，多维肌电信号特征识别方法、敏感特征及其与手指运动的关联特性和映射模型。重点开展电刺激反馈噪声及长期使用生理变化对肌电解码特性影响机制的研究，并在此基础上构造具有自适应学习功能的鲁棒运动解码方法。 2）基于三维触觉反馈与电刺激的残疾人本体感功能重塑 采用三维感知单元阵列信息及非植入式电刺激感觉反馈重塑人体的感知和神经反馈功能，研究假手手指感知信息与人体运动信息的神经传入和编码模型，通过在残存肢体处建立新的反馈刺激诱发模式实现神经反馈，重塑人体本体感。解决包括感知系统的最小信息需求、触觉信号编码、电刺激模式的优化设计、触觉感知的灵敏度与准确度、分布式电刺激感知单元的信号解耦与处理等问题。
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况 课题依托国家自然科学基金项目及973项目，经费国拨。

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：

多臂操作下柔性行为控制的方法设计与协调优化；面向大型空间碎片清除的飞锚系统及侵彻与附着理论研究

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

空间多机械臂柔性行为造成控制器设计困难，具体体现在：空间机械臂的多要素关联耦合造成操作过程中机械臂运动规划的困难以及跟踪精度的降低，影响操作任务的完成；柔性接触是空间机械臂完成操作时不可避免的，精细化操作中的柔性接触给柔顺控制器设计带来了挑战；柔性行为的变形和振动会造成系统失稳，影响执行机构末端位置和姿态精度。因此，为了保证多臂操作任务的精确完成，亟需针对不同操作任务需求及操作任务阶段，提出自由漂浮下柔性行为的运动规划与跟踪控制方法，发展柔性接触下的柔顺控制方法，研究柔性振动下的补偿控制策略，探索多源干扰下的鲁棒干扰抑制控制手段，最后，通过设计协调控制方法实现自由漂浮下多臂优化操作。具体内容包括：

- (1) 自由漂浮下柔性行为的运动规划与跟踪控制；
- (2) 自由漂浮下多臂柔性行为的协调控制。

空间碎片是人类空间活动的产物，高速的空间碎片撞击上航天器时会导致航天器失效或爆炸，主动清除空间碎片是解决Kessler效应的根本方法。针对目前空间碎片主动清除首要问题，即大型非合作空间碎片的捕获清除开展研究。通过分析国内外现状，并结合国家自然科学基金项目基础，提出采新式的飞锚捕获方法完成大型空间碎片的主动清除。该方法不需要预先选择抓取点，适用于不同类型大型碎片，可远距离重复柔性抓捕。通过开展飞锚对多层目标介质的侵彻理论、飞锚对目标介质可重复附着理论和飞锚系统及其地面试验平台的研究，解决空间具有进动、章动等复杂姿态运动规律的大型非合作失稳碎片的抓捕、基于多种金属和非金属组合介质特性的飞锚垂直/斜侵彻以及多层目标介质侵彻后的可重复附着问题，突破飞锚系统设计和飞锚重复侵彻与附着关键技术。本研究对于保证航天器安全运行、可持续利用轨道空间和控制空间具有重要意义和应用价值。具体内容包括：

- (1) 飞锚对多层目标介质的少碎片侵彻理论研究；
- (2) 飞锚对目标介质可重复附着理论研究；
- (3) 基于大型空间碎片清除的飞锚系统及其地面试验平台研究。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

课题依托国家863及973项目，经费国拨。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	赵清亮	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

2017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： 基于子孔径带轮抛光的多轴联动超精密抛光机床研制与工艺技术

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

选题背景及意义：

我国目前对于复杂表面超硬脆光学元件（比如蓝宝石和透明陶瓷保形元件、碳化硅和低膨胀玻璃反射镜）的加工，还主要以精密磨削+抛光的方式实现。受限于精密磨削去除效率低且无法达到高面形精度以及传统抛光去除效率低且易破坏面形精度的问题，上述元件的制造依然存在效率过低、精度提高困难等难题，难以满足我国高超声速飞行器制导和成像系统以及高分辨空间相机对于上述元件的高精度、低成本和快速装备需求。

因此，针对上述问题，本项目提出以基于子孔径带轮抛光的多轴联动超精密抛光机床作为确定性抛光平台实现超精密磨削后的高效率高精度抛光；以可实现透明元件壁厚测量的非接触光学超精密测量技术对超精密抛光后复杂表面元件进行高精度测量以实现闭环制造链的过程控制。对上述加工和测量过程进行有效整合以集成快速制造链，实现超硬脆复杂表面光学元件的高精度高效率制造。

本项目从研制出新型超精密加工设备到推出高精度高效率的确定性加工工艺，并对不同过程进行集成从而推出面向于复杂表面超硬脆光学元件的快速制造链，具有技术跨代特征。

研究内容：

保形元件在经过超精密磨削加工后还需进行抛光加工以提高内外表面的光洁度和面形精度。也是因为元件的复杂表面几何特征，必须要设计并研制出专用的子孔径超精密抛光机床以满足元件的高精度确定性高效率抛光要求，其研究内容有：

- （1）基于抛光带轮的子孔径抛光新技术以进一步提升保形光学元件，尤其是保形头罩的内外表面面形精度；
- （2）针对于不同材料和复杂面形元件的抛光带轮设计与研制；
- （3）保形元件面形误差的在位测量系统；
- （4）材料稳定性去除率的在位测量与算法确定；
- （5）面向于磨削后复杂保形表面的确定性、高精度高效率子孔径超精密抛光工艺技术。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

本项目依托于国防技术推广与应用项目：“保形头罩*****”

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： 基于极硬刀具（ntD）的硬脆复杂表面光学元件超精密协同切削加工技术

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

选题背景和意义：

目前，国际上对于透明陶瓷如镁铝尖晶石保形头罩的加工还主要以超精密磨削加抛光的方式实现的，因材料硬度高会导致砂轮磨损进而影响到加工精度的提高及周期较长等问题。而对于大口径单晶硅和硫化锌等红外材料非球面透镜的加工也是采用高精度铣磨加工的方式实现，要想以该方法实现上述材料的衍射结构表面加工更是困难重重。采用超精密磨削加抛光方法加工尖晶石保形头罩以及大口径红外非球面透镜以美国的OptiPro公司和Optimax公司为代表。受制于单晶金刚石的局限性，对上述红外光学元件进行切削加工会带来刀具的严重磨损，因此当面对大口径的单晶硅和多光谱硫化锌红外透镜及衍射透镜的加工时则无能为力。应用单晶金刚石刀具切削镁铝尖晶石保形头罩及内表面衍射结构则更不可行，因此人们一直在寻求比单晶金刚石更硬的刀具材料来代替其对上述材料进行不同面形红外光学元件的加工。日本住友公司曾有报道研制出纳米晶金刚石刀具对难加工材料进行切削，但是对于我国则实行严格禁运措施。

在我国燕山大学的亚稳态材料国家重点实验室，田永君教授所率领的课题组已经成功研制出硬度高于天然单晶金刚石两倍的纳米孪晶金刚石材料，所获成果已经发表于Nature杂志并引起世界关注。以此材料作为刀具材料，将有望取代天然金刚石实现对透明陶瓷、单晶硅等红外材料大口径光学元件的长距离切削，解决长期困扰业界的大口径硬脆红外材料只能磨抛不能切削的难题，同时也为我国光学设计人员提供更为宽广的设计自由度。

研究内容：

1. 纳米孪晶金刚石刀具的飞秒激光和聚焦离子束制备技术；2. 多种类型硬脆材料表面层的皮秒激光软化机理与技术实现；3. 面向于不同复杂表面面形类型的超声振动辅助超精密切削技术；4. 基于ntD刀具的皮秒激光与超声振动一体化协同加工技术；5. 针对于不同类型硬脆红外光学元件的协同超精密切削加工工艺。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

本项目研究经费来源于自然科学基金项目

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	赵学增	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

2017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： 使用AFM测量纳米尺度几何量和机械量的不确定度分析 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 近年来，随着基于微纳米技术的微纳流体系统的发展，使其在机械、生物、化学、医学以及生物医学等领域取得了引人瞩目的业绩。微纳米尺度下流体阻力的控制成为制约微纳流体系统发展的关键因素之一，因此，对微纳米尺度下流体阻力的形成机理和影响因素的研究具有重要的理论意义和使用价值。原子力显微镜（AFM）已经被证实是当前科技水平下，对表面和相互作用界面进行特性研究最为先进的实验仪器。它可以用来获得在固液相互作用界面上产生现象的直接或间接信息，同时可以提供精确到纳米尺度的相互作用表面的特性和相关现象的信息，因而原子力显微镜（AFM）被视为测量微纳尺度下流体阻力及其相关因素的重要工具。近些年来，针对微纳尺度下固液界面液体流动阻力的研究逐渐成为该领域的研究热点，但对于在微纳尺度下影响流体阻力的相关因素的形成机理以及对流体阻力的影响程度尚存在较大争议，相关理论研究有待发展；多种影响因素对微纳尺度下流体的耦合影响也有待深入研究。同时，对微流道内液体流动阻力仍缺乏有效控制手段。因此，揭示微纳米尺度下流体阻力的形成机理、分析其影响因素、探索其控制途径对于微纳流体系统的发展具有重要意义。本课题拟采用实验研究与理论分析相结合的技术线路，对AFM测量不确定度进行研究，建立AFM测量纳米尺度几何量和机械量不确定度模型。探索的不确定度的影响因素，找出有效减小测量不确定度的途径。
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况 1. 空间磁场及其与电场耦合对微纳尺度下边界滑移和流体阻力影响规律的研究，国家自然科学基金青年基金，51505108 2. 微纳尺度下固液界面流体阻力多因素耦合影响机理及规律的研究，国家自然科学基金，51475118

2017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： 基于AFM的表面润湿性研究及其在油水分离中的应用

- 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

随着工业和海洋石油开采的迅速发展，海上溢油事故频发。海上泄油事故会导致大量原油覆盖一片海域，从而对环境造成深远的影响；同时，日常用油随意的排放也使内陆近海水面油污染日趋严重。据调查研究表明，全世界范围内每年有上亿立方米的油进入到水体中形成含油废水。如果不对这些含油废水进行适当处理，人类的生存环境将会受到极大威胁。同时，在石油化工领域，随着某一地区开采时间的延长，采出原油的含水率逐渐增加，能否高效地将原油提取出来直接关系到开采石油的质量。因此，如何有效地从水中收集和清除油类及有机污染物已经成为世界级的挑战，并引起广泛的关注。目前，工业上所采用的油水分离方法包括重力沉降法、受控燃烧法、化学分散法和生物氧化法等，这些方法在实际应用中普遍存在效率低下、能耗高，甚至会产生二次污染等问题。因此，找到一种高效可靠的油水分离方式对工业生产和环境控制都具有极其重要的意义。极端润湿性表面（与液体的接触角小于 0° 或大于 150° 的表面）作为一种特殊功能性表面，凭借其自身具有的特殊“选择性”已逐渐被应用于防雾、防油和自洁等领域，同时，利用极端润湿性表面制备出的超疏水-超亲油或超亲水-超疏油表面在油水分离方面具有极大的应用前景。然而，目前人们对表面微观结构影响表面润湿性的规律及其机制的了解仍比较有限，对用于油水分离的极端润湿性表面制备方法的研究尚处于探索阶段，现有制备方法在稳定性、可靠性等方面的研究较少，这直接阻碍了极端润湿性表面在油水分离领域的应用。因此，探索影响表面润湿性的相关因素及其作用机制，找到高效、稳定、可靠并且适用于产业化的极端润湿性表面制备方法具有极其重要的意义。本课题拟采用实验研究与理论分析相结合的方式，探索表面微观结构对润湿性及其机制的相关影响；探讨应用于油水分离领域的极端润湿性表面的制备方法；通过控制或构造微观结构探索具有相当应用前景的、可靠、稳定的极端润湿性表面。为极端润湿性表面在油水分离领域的产业化应用找到突破方向。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

1. 空间磁场及其与电场耦合对微纳尺度下边界滑移和流体阻力影响规律的研究，国家自然科学基金青年基金，51505108
2. 微纳尺度下固液界面流体阻力多因素耦合影响机理及规律的研究，国家自然科学基金，51475118

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	钟诗胜	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 非计划因素扰动下的航空发动机机队中长期送修计划动态优化理论与方法

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

结构复杂和工况恶劣，造成航空发动机的故障发生具有极大的随机性，加之机队调度存在的非计划性，使得发动机的维修决策经常受到许多非计划因素的扰动，进而使得航空发动机机队维修决策变成一个典型的NP难的大规模组合优化问题。目前采用的中长期计划制定方法对非计划扰动因素对发动机送修的影响考虑不够，对中长期送修计划优化和备发量预测的支持不足。

为此，拟安排一个博士生在这方面进行研究，总体思想是，在基于平均送修间隔的机队中长期送修计划基础上，进一步考虑实际中FOD (Foreign Object Damage, 即外来物损伤)、AD (Air Defence, 即空防) 等非计划送修扰动因素对中长期计划的影响，把每一次非计划送修作为触发中长期计划动态优化的时间点，综合当前时间点的最新信息，提出模型参数更新和新的中长期送修计划的求解策略，统计非计划送修历史数据，建立非计划送修的时间分布模型，实现考虑非计划送修随机因素的中长期送修计划的优化。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

该选题为国家自然科学基金重点项目“航空发动机机队维修决策优化方法与关键技术（U1533202）”（2016.01-2019.12）的一项研究内容。

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： 吸气火箭协同式发动机设计仿真关键技术与系统研发

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

吸气火箭协同式发动机由多个循环组成，结构组成复杂，且涉及多工质（空气、氢气、氦气、氧气）、多学科（燃烧、热交换、气动以及机械、液压控制等）领域，需要设计、分析的参数变量相比传统发动机成倍增加，急需具有多学科建模能力的面向对象的设计仿真手段来开展组合发动机工作工程的仿真研究，确定预冷器等关键技术参数，进而继续开展关键技术攻关。

为此，拟安排一个博士生结合航天院所的迫切需求进行吸气火箭协同式发动机智能设计与仿真关键技术的研究，重点进行知识重用、基于流程的知识推送、设计方案评价、再设计等关键技术研究，并在理论研究基础上研发吸气火箭协同式发动设计仿真支持系统，为吸气火箭协同式发动的研发提供技术与系统支持。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

该选题为装发十三五预研课题指南中的规划选题。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	周明	招生人数	2		
------	----	------	---	--	--

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： 难加工材料高效精密加工技术

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

针对国防和民用领域对光学玻璃、工程陶瓷、复合材料等硬脆难加工材料的高效精密加工需求，开展难加工材料高效精密加工材料去除机理、加工表面创成与亚表面损伤形成机制及控制、高效精密加工新工艺新方法和专用装备的研究，为实现难加工材料的高效低损伤精密加工提供理论基础与工艺技术支撑。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家自然科学基金项目“光学玻璃高效低损伤超声振动辅助精密铣磨加工技术基础”，经费80万，2014.01-2017.12

2017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： 超精密切削加工技术

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

针对黑色金属、钛合金等难加工材料金刚石超精密切削时刀具磨损严重、加工质量难以保证等难题，研究金刚石超精密切削中的刀具工件界面科学问题，揭示热-力耦合作用下金刚石刀具磨损机制，研究黑色金属等难加工材料超精密切削新工艺方法及专用装备，探索减少刀具磨损、提高切削表面质量的方法与途径，为实现该类材料的超精密切削加工提供理论与技术支撑。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

已结题横向项目的结余经费。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	朱延河	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 面向城市重特大火灾的消防抢险助力外骨骼机器人

- 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

研制一类用于城市重特大火灾救援的新型助力外骨骼机器人，在负重行进、楼梯攀爬、障碍破拆、火源扑救、人员抢救等不同抢险救灾场合发挥高效能的人体助力作用，大幅度减轻救援人员的体力消耗，提高抢险工作效率，增加连续作业时间。通过人机工效学分析、拟人化构型设计、关节弹性驱动技术、人体运动智能识别等多种机器人前沿理论与技术融合，结合系统耐环境性能加固、消防设备适配接口、系统轻型化等实用技术，满足消防救援复杂作业对于外骨骼机器人的安全性、灵活性、易用性等方面的要求。

- 主要研究内容：
- 1) 面向消防抢险的可穿戴外骨骼机器人构型与结构设计

2) 外骨骼机器人关节柔性驱动单元及控制技术

3) 消防员救援作业运动意图辨识及随动控制方法

4) 消防救援辅助外骨骼系统集成及性能评价

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家863计划重点项目：面向地震应急搜救机器人研究开发与应用（2012AA041505），744万元。

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： 模块化机器人自组织功能进化与行为涌现

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

模块化自重构机器人是区别于传统固定构型机器人的新型机器人，由具有一定运动和感知能力的基本模块组成，通过模块间的相互连接和断开改变机器人的构型，从而适应环境和完成任务。由于机器人工作环境的复杂性不断增加，为模块化自重构机器人运动规划与控制的带来了难度。模块化自重构机器人模块具有可换性，构型多变，可产生多种步态，为适应环境提供了有利条件。本课题目标是面向复杂环境和任务出发，结合模块化机器人现有的基本运动行为，研究机器人为了适应复杂环境和完成任务的高层复合行为控制与进化理论。

主要研究内容：

- 1) 机器人形态与环境的关系及建模；
- 2) 模块化机器人行为高层编码；
- 3) 模块化机器人行为进化方法；
- 4) 面向复杂环境的模块化机器人自组织高层控制理论。

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：“环境与任务诱导的模块化机器人协进化理论与控制基础”（NSFC-60273316），80万元。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	宗文俊	招生人数	2		
------	-----	------	---	--	--

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： 难加工复合材料的精密加工基础理论与工艺

- 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

高体分SiCp/Al复合材料具有高的比强度、比模量、热导率和耐磨性，低的热膨胀系数，已广泛应用于我国航空航天、光学精密仪器、电子、先进武器等技术领域。由于SiC颗粒增强相和Al合金基体相截然不同的力学特性，使其加工较单纯的金属材料更为困难，加工机理也更为复杂。目前，高体分SiC颗粒增强铝合金复合材料零件正面临加工尺寸精度不易控制、刀具磨损严重等关键技术难题，在一定程度上制约了我国上述技术领域的更好更快发展。

另一方面，国内超硬金刚石材料合成技术的飞速发展，为高性能刀具的制备提供了潜在的选择手段。若能在现有金刚石硬度的基础上，人工合成出数倍于现有金刚石硬度的超硬材料，并用于复合材料的加工，则精密车削加工出高精度的高体分SiC颗粒增强铝合金零件亦可能出现突破性进展。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

- 1) 国家自然科学基金结余经费
- 2) 校基础研究杰出人才培养计划项目

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： 超精密切削加工基础理论与工艺

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

我国激光核聚变装置对用于频率转换的KDP/DKDP晶体元件提出了很高的加工精度指标，十二五发展计划要求加工表面粗糙度达到RMS 1 . 5nm。截止目前，这种晶体元件只能采用飞切方式进行精密加工，切削加工后的表面质量与金刚石刀具刃口参数直接相关。成都精密光学工程研究中心通过引进国外设备、与国内优势单位合作开发设备以及大量针对性工艺研究，从无到有建立起我国的KDP晶体元件超精密加工体系，加工后的KDP晶体元件在不同空间频率段均基本满足指标要求，但由于KDP晶体材料的软脆性，切削表面的划痕和麻点等微观缺陷目前存在机理不明和控制手段缺乏等困难。

目前超精密加工中的金刚石刀具技术指标、刀具微观几何形貌与脆性材料去除机制以及脆性材料微缺陷创成机制等方面在国内外均没有深入系统的报道，这成为制约如何提高KDP晶体飞切加工表面微缺陷控制水平的理论障碍。突破以上理论问题涉及到对两种各向异性晶体的本构建模和断裂机制分析，这是我国目前尚未解决的技术难题。因此，探索KDP晶体切削加工中的微缺陷创成理论与相关抑制措施，可为进一步降低KDP晶体加工表面粗糙度奠定理论基础和提供技术支撑，具有重要的理论意义和实用价值。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

- 1) 国家自然科学基金结余经费
- 2) 校基础研究杰出人才培养计划项目

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	陈家轩	招生人数	1		
------	-----	------	---	--	--

V 2016年度招生计划

V-1	博士论文研究方向: 1.超精密加工与超洁净制造技术; 2.非标精密装备及橡塑技术
-----	--

选题类别: ☒ 基础性研究 ☐ 应用性研究 ☐ 工程技术攻关研究 其他: _____

☒ 新开辟的研究方向
 ☐ 已有研究方向的继续

V-2 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介

1、超精密加工与超洁净制造技术

高精度制造是制造科学与工程永恒追求之一。超精密加工和超洁净制造技术是为了满足核能、大规模集成电路、激光和航天等尖端技术的需要而发展起来的跨学科综合制造技术，将是未来制造业的基石并引领制造业的发展方向。如在惯性约束激光核聚变的大口径精密光学元件及其它精密零件的制造过程中，不仅对工件表面形位精度要求高，且对洁净的要求亦非常高。而获得和维持表面的高洁净状态是一个复杂的系统工程，必须从系统的角度，综合各方面因素，提炼科学问题加以研究，才能满足未来科学技术发展的需要。超精密加工和超洁净制造技术的研究对满足航天、电子、核聚变等领域的迫切需求具有重要的理论意义和现实应用价值。

总体研究内容为：基于微观视角，从原子层面研究超精密加工去除机理，分析和表征不同加工方式和工艺参数对被加工工件亚表面缺陷的组织结构的形成和演化影响规律；在此基础上，研究加工后的工件表面、亚表面的组织结构对无机及有机污染物的作用机制，进而寻找出可行、便捷的污染物的去除方法，为超精密和超洁净制造提供理论基础和技术支持。拟解决的关键科学问题拟如下：

(1) 介质环境、加工过程对材料表面完整性、亚表面组织结构演化及污染物在其表面、亚的粘附、扩散机理影响；

(2) 极端条件下污染物对精密表面、亚质量的影响内在规律;

(3) 不同加工工艺条件下工件表面典型频谱特征对污染物在表面、亚的粘附、扩散和去除机理影响;

(4) 温度场、磁场、超声等多物理场耦合作用对对精密表面、亚污染物去除机理影响。

2、非标精密装备及橡塑技术

激光惯性约束核聚变神光-III装置靶场光电系统是典型的非标精密装备系统，是集极端条件的精密驱动、高精度位置跟踪、检测及控制技术与一体的精密非标装备在重大科学工程中的典型应用。惯性约束激光核聚变装置中的终端光学组件和反射镜架等非标精密装置其要求控制的时间、空间位置精度和能量大小一致性，是高精密、高集成度、非标精密装备。国家重大科学工程如神光-III主机装置，其涉及相关技术装备国外对我国也是严格技术封锁和禁运的，成功开发出高精度、高可靠的靶场机电系统对于激光惯性聚变实现路线的实施和完成具有重要意义。此外，航空轮胎是飞机中至关重要的安全部件之一，其开发和研制也在国家重点科学工程大运飞机项目中立项。航空轮胎的钢丝圈需承受瞬态大冲击载荷，其钢丝圈承受轮胎载荷的70%，轮胎破损的1/4与轮胎的子口问题-钢丝圈问题。目前，我国航空轮胎的使用架次仅为30-50次，国外航空轮胎使用架次达几百次，国外新型圆形截面钢丝圈是航空子午胎关键部件，其能改善和优化轮胎胎圈承载分布提升轮胎抗冲击载荷能力和寿命，保障人机安全。相关最新的技术和装备对我国是技术封锁的。为打破国外技术封锁，有必要开展相关技术装备的开发与研究，为我国军事技术和装备的提升提供保障。在精密装备与橡塑技术方面拟解决的高精度机械装备关键技术以及应用基础研究如下：

(1) 变速下的高精度运动与控制技术;

(2) 高速、高稳定、低变形夹持技术;

(3) 精密张力控制技术;

(4) 高弹性材料缠绕精确的轨迹规划技术;

(5) 高弹性材料的结构优化及与粘弹性材料的相容性技术。

V-3 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况	
选题依托于国家自然科学基金重点基金项目 (5002847 万)	神光 III 主振性能提升项目 (115 万和 160 万)
周书江	

选题依托于国家自然科学基金重点项目（50/34/万）、神光-III主机性能提升-项目（115万和169万）、黑龙江省自然科学基金项目（10万），哈尔滨市杰出青年基金项目（45万）和黑龙江省留学择优资助重点项目（10万），且受到国家重大科学工程惯性约束核聚变项目和航空子午胎项目的持续牵引、支持和投入，为本项目提供了充足资金支持和切实的应用对象，为本项目的顺利开展和实施提供强有力的保障。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	单小彪	招生人数	1		
------	-----	------	---	--	--

V 2016年度招生计划

V-1 博士论文研究方向: 超声波振动拉丝技术

选题类别: ☒ 基础性研究 ☒ 应用性研究 ☐ 工程技术攻关研究 其他: 无

☐新开辟的研究方向 ☒已有研究方向的继续

V-2 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介

本课题的选题来自于2015年获得的国家自然科学基金面上项目：面向钛及钛合金的复合模态超声波振动拉丝技术及机理研究（No. 51575130）。

当前，拉拔生产钛及钛合金丝的工艺存在拉拔前需要氧化退火、涂层和烘干处理、对润滑剂要求高、易断丝、拉丝模寿命短、生产效率低以及产品表面粗糙等诸多缺陷，国内外尚无有效的解决办法。因此，需要开发一种简单、高效率、低能耗的工艺技术来改善这种现状。钛及钛合金被誉为“太空金属”、“海洋金属”和“二十一世纪金属”，是美国、俄罗斯、日本等国重要的战略金属材料。现代航空航天、石油化工、医疗器械、船舶海洋、核工业以及汽车等领域对钛及钛合金丝的需求量日益加大，故发展钛及钛合金丝生产工业对国防和国民经济具有重大的战略意义。本课题的研究成果在国防和民用工业应用前景广阔，具有很大的经济效益和社会效益。

拟对如下内容进行研究：

(1) 复合模态的超声波振动系统的构型规划

对超声波振动系统的构型及其驱动模式进行规划,实现纵向振动、弯曲振动、径向振动、扭转振动模式及其相互耦合的多种复合模态超声波振动场;构建复合超声波振子的3D模型,进行模态分析、谐响应分析及瞬态分析,探索不同超声波振子的本体材料、变截面形状、过渡曲面类型、传振级数、PZT数量、驱动功率以及多个振子之间的耦合角度对拉丝模接触区质点运动轨迹的影响规律。

(2) 复合模态超声波振动拉丝过程的数学建模及分析

建立金属流动速度场分区、等效应力、等效应变速率分布、平均有效应变以及摩擦损耗的数学模型,分析超声波振动对丝材内部应力应变的作用机制及规律;建立复合模态超声波振动场下接触区的接触应力与非局部摩擦应力的数学模型,分析复合超声波振动场对丝材-模具接触区域的表面摩擦机制。

(3) 复合模态超声波振动场中钛及钛合金丝表面的弹-塑性接触分析

研究丝材与拉丝模之间的接触问题,对复合模态超声波振动场作用下的丝材发生弹-塑性变形的特征和规律进行研究;分析钛及钛合金丝表面接触区、滑移区及粘着区的特征,获得弹性变形、塑性变形、接触应力与应变、摩擦应力、亚表面残余应力以及亚表面残余应变的分布规律;探索钛及钛合金丝原材料的表面粗糙度Ra、超声波振子的数量、拉拔速度、截面减缩率、多振子耦合方式及耦合角度等因素对弹-塑性接触变形过程的影响规律。

(4) 复合模态超声波振动拉丝实验及其作用机理分析

研制针对钛及钛合金丝的复合模态超声波振动拉丝系统样机；搭建复合模态超声波振动拉丝实验平台；对上述所建立的数学模型和仿真结果进行实验验证；结合物理学、材料力学、金属学和塑性加工技术，从能量转换的角度，分析超声波振动场对丝材的作用；揭示复合超声场对具有密排六方特殊晶体结构的钛及钛合金丝的晶格位错、滑移、畸变、孪生等塑性变形以及再结晶硬化的作用规律和机理。

V-3 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

该选题所依托的项目及其经费来源为：国家自然科学基金面上项目（No. 51575130），面向钛及钛合金的复合模态超声波振动拉丝技术及机理研究，63万元，201601-201912

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	樊继壮	招生人数	1		
------	-----	------	---	--	--

V 2016年度招生计划

V-1	博士论文研究方向: <u>面向复杂环境应用的仿青蛙两栖机器人肌骨骼系统作用机理研究</u>
-----	---

选题类别： ☒ 基础性研究 ☐ 应用性研究 ☐ 工程技术攻关研究 其他：_____

☐ 新开辟的研究方向 ☒ 已有研究方向的继续

V-2 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介

一、课题背景及意义

青蛙集优异的陆地跳跃能力和灵活的水下游动功能于一身，许多国内外学者对其展开了深入的研究，并取得了丰硕的研究成果，研制出了多种仿青蛙跳跃机器人和仿青蛙游动机器人原理样机。但青蛙的主要特点是兼具优异的陆地跳跃和水下游动能力，而如果单论陆地跳跃和水下游动性能，青蛙与其他许多生物相比都不是最优的，因此研制兼具陆地跳跃和水下游动能力的仿青蛙机器人更具实用价值，也是进行仿青蛙研究的目标所在，但截止到目前，兼具两栖运动能力的仿青蛙机器人国内外还未见文献报道。另外目前所研制的仿青蛙机器人在复杂环境下的样机实验还存在许多关键问题需待解决，总结其原因主要有以下几点：

1、目前对青蛙的仿生研究还主要集中在理想环境模型下的跳跃和游动机理研究层面,对其内在的生物结构物理特性和肌骨骼驱动方式的研究还较少;

2、没有建立精确的青蛙生物肌骨骼动态结构模型和结构等效简化模型；

3、没有对青蛙脚蹼机构的作用机理和仿生结构展开深入研究;

4、高效可控柔性材料以及高功率密度比、小型化驱动元件技术在仿青蛙两栖机器人研制中的应用程度低。

综上所述,研制可在复杂环境下应用,兼具陆地跳跃和水下游动能力的仿青蛙两栖机器人具有重要的实用价值和研究意义。

二、研究内容

1、青蛙结构物理特性和肌骨骼系统作用机理研究。研究青蛙骨骼系统在各种复杂两栖环境下的运动机理，分析各骨骼关节位移、速度以及加速度的变化过程，并借助仿真计算方法研究青蛙两栖运动方式和效率的对应关系。对青蛙生理特性进行解剖研究，运用生物肌电信号检测、肌肉力学特性检测等工程手段测试青蛙各关节肌肉的结构和力学性能。

2、仿青蛙两栖机器人肌骨骼系统建模与等效结构设计。针对青蛙生物结构和肌骨骼系统的复杂性，进行仿青蛙两栖机器人肌骨骼系统建模研究，建立精确完备的青蛙肌骨骼系统结构模型；

3、仿青蛙机器人与复杂环境接触作用统一动力学建模。针对陆地与两栖过渡环境中存在的沼泽、滩涂、沙滩等地形，分析仿青蛙机器人与环境接触的动力学作用，以及脚蹼在过渡环境中的运动模式，及其几何形态参数对过渡环境介质力学参数的影响规律；。

4、复杂环境下青蛙两栖运动控制策略研究。针对机器人机构运动对精确姿态调整和爆发性推进的功能需求，研究爆炸高压气体定量稳定可控输出的燃料供给控制方法，以及仿青蛙机器人关节精密伺服控制策略，实现对机器人姿态的精确调整与爆发性推进的稳定控制；

5、仿青蛙两栖机器人样机研制与实验研究。验证在青蛙结构物理特性和肌骨骼系统作用机理分析、肌骨骼系统建模与结构设计等方面所取得的理论研究成果。

V-3 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

研究经费来源:

1) 国家自然科学基金 (51005052)

2) 科技部国家磁约束核聚变能发展研究专项 (2012GB102004)

3) 对接与样品转移机构整机特性测试台 (2560019513)

4) 国家“863”计划项目 (2015BAF09B02)

5) 国家“863”计划项目 (2012AA041505)

6) 国家自然科学基金面上项目 (61473102)

7) 国家自然科学基金 (51675124)

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	郭宏伟	招生人数	1		
------	-----	------	---	--	--

一、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：空间大型智能结构体创新设计与在轨驱动控制方法研究

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

随着我国对载人飞船、空间站、月球和火星探测、对地观测、空间科学研究等重大航天工程的陆续启动与实施，对可实现空间大范围在轨操控任务、在轨变构型的宇航空间机构的需求越来越迫切，在这方面欧美等航天大国已有相关研究计划，而我国才刚刚起步，亟待开展前瞻性和创新性科学研究。本课题以实现空间结构体的在轨变型、可重构为目标，完成空间在轨捕获、空间攻防、太空垃圾清理等操控与作业任务为研究背景，通过对结构体单元的变构型设计、构型综合与可重构设计、智能驱动与形状自适应控制、动力学特性、结构设计与优化、地面试验样机与测试方面的研究工作，在空间大尺度智能结构体的创新设计理论与在轨驱动与控制方法方面进行突破与创新，提升我国宇航空间机构设计领域的自主创新能力，为其航天工程应用提供理论和技术支撑。

主要研究内容：

- （1）空间大型结构体构型设计与模块化重构方法研究；
- （2）基于智能材料的驱动器设计与空间大型结构体分布式驱动方法；
- （3）空间环境下大尺度复杂结构体多场耦合动力学建模与分析；
- （4）空间大型智能结构体在轨控制与操作方法；
- （5）空间可变构型智能结构体样机平台的构建与试验验证。

3.选题所依托的科研项目或研究经费来源情况：

该选题依托“空间大尺度可变构型智能结构体创新设计与在轨操控方法研究”国家自然科学基金项目、以及其它相关国防基础预研、军口 863 项目等，研究经费充足。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	卢礼华	招生人数	1		
------	-----	------	---	--	--

一、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： 超精密飞刀铣削机床动态误差的形成机理及优化设计研究

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： KDP 和 DKDP 晶体是惯性约束聚变激光驱动器中的核心元件，其超精密飞刀铣削装备与工艺是国内外该领域研究的热点。但是大尺寸 KDP 晶体飞刀铣削机床设计中的流体、温度和结构的耦合建模研究很少，多场耦合作用下静压主轴动态特性及其对晶体表面形貌的影响规律尚不清晰，面向动态误差的结构优化设计研究很少。在该方向进一步深入研究，对于发展超精密机床的动态设计方法和理论具有重要的理论意义和实用价值。

主要研究内容：（1）**超精密飞刀切削主轴的空气动力学分析：** 飞刀主轴高速旋转加工过程的空气动力学建模技术；飞刀断续铣削状态下机床主轴与溜板流固耦合动态响应建模；飞刀切削工况下刀尖位置周期性误差的空气动力学机理分析。（2）**超精密飞刀切削刀尖动态误差形成机理研究：** 空气动力学与断续切削力耦合作用下飞刀切削的刀尖动态误差分析；考虑主轴动态特性下大刀盘超精密切削加工表面形貌形成机制及误差形成规律与原因分析。（3）**超精密飞刀切削刀尖热误差形成机理研究：** 环境温度扰动与超精密飞刀铣削主轴系统温度场的交互影响与平衡规律；超精密飞刀铣削主轴系统的刀尖热误差形成机理及热平衡时间研究；主轴热特性下超精密切削加工表面形貌形成机制及误差形成规律。（4）**基于热误差和动态误差的超精密机床优化设计：** 加工工艺参数与加工精度和波纹度的映射关系及其实验研究；基于热位移分解和消去方法的超精密机床整体结构优化设计；面向动态误差控制的刀盘结构优化设计。

3. 选题所依托的科研项目或研究经费来源情况：

1) 科技部国际合作专项，超精密机床高刚度纳米驱动系统的联合研发(2015DFA70630)，1131万元(国拨331万元)，负责人卢礼华。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	杨庆俊	招生人数	1		
------	-----	------	---	--	--

V 2016年度招生计划
V-1 博士论文研究方向： <u>足式机器人高效液压控制技术研究</u>
选题类别： ☐ 基础性研究 ☒ 应用性研究 ☐ 工程技术攻关研究 其他： <u>无</u>
☐ 新开辟的研究方向 ☐ 已有研究方向的继续
V-2 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介
液压控制系统在机器人中有重要的应用，其中以足式行走机器人为代表。目前国际国内都已经都较多的足式机器人样机出现，对行走步态、平衡性、控制特性都有较好的成果。制约其应用的有两大关键问题：效率与噪声。其中效率的高低决定了机器人的续航里程和实用性，是制约其应用的最主要因素。本课题即选择提高效率作为研究内容。 主要研究内容： 1) 建立液压驱动四足机器人的仿真软件包 利用Adams、Amesim和Matlab联合仿真环境，建立液压驱动四足机器人的仿真软件。其中Adams主要用于四足机器人的机构动力学分析与仿真，Amesim软件用于液压系统的分析与仿真，Matlab用于控制策略的分析与仿真。 2) 基于供油压力调节的液压伺服系统高效率控制策略研究 (1) 分析四足机器人行走动力学，以及各关节液压缸所需工作压力。 (2) 伺服油源控制策略研发 (3) 比例阀控油源控制策略研发 (4) 变压力油源条件下关节驱动控制策略研究 3) 基于独立节流控制的液压伺服系统高效率控制策略研究 (1) 不同模式控制策略研究 研究不同工作模式下控制策略对控制性能的影响，针对不同模式，研发选择适当的控制策略。 (2) 模式切换律研究 行走过程中，各关节液压缸在什么点进行切换，切换为何种工作模式，使驱动能量减少，回收能量增大。 (3) 模式切换过程的扰动与消除 不同模式间切换时，由于模式间控制算法差异，可能产生控制量的跳变，对系统形成扰动，影响系统的平稳性。研究切换时控制量的平滑迅速的过度，减小切换过程对系统的影响。 (4) 液压缸腔室高低压切换的能量损耗及切换控制律的修正 4) 样机研制与实验 研制单腿样机，进行实验验证。
V-3 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况
课题依托本人负责的兵器集团高等院校协同创新合作专项《足式机器人高效液压伺服系统关键技术及应用研究》，所需经费由该项目提供。学校支配的项目金额为46.8。中国北方车辆研究所负责提供实验场地和实验条件。 。

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	张勇	招生人数	1		
------	----	------	---	--	--

V 2016年度招生计划

V-1 博士论文研究方向：高完整性超精密器件制造技术

选题类别: ☒ 基础性研究 ☐ 应用性研究 ☐ 工程技术攻关研究 其他: _____

☐新开辟的研究方向 ☒已有研究方向的继续

V-2	博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介
-----	-----------------------

大口径KDP晶体等高功率光学元器件作为频率转换元件和开关元件，是惯性约束激光可控核聚变装置的关键元件，在神光-III装置等国家重大专项工程中需大量使用。但是KDP晶体具有质软、易潮解、脆性高、对温度变化敏感、易开裂等特点，其加工难度远远超过常规的光学加工，被国际光学界公认为“最难加工的激光光学元件”。与此同时，随着大功率固体激光技术的发展，对KDP/DKDP晶体坯片口径的要求已由原先330 mm×330 mm扩展到430 mm×430 mm，同时对元件的面形、透射波前、表面粗糙度、激光调制、表面瑕疵等提出了十分严格的要求。但是，由于KDP晶体加工与生长水平的限制，KDP晶体器件实际的激光损伤阈值还远低于材料本身晶体结构所能达到的理论阈值，这大大影响到KDP晶体器件的使用性能。研究表明，造成KDP晶体器件实际激光损伤阈值远低于其理论阈值与其加工和生长过程中产生的大量表面或亚表面缺陷或损伤（如位错、纳米级微裂纹以及相变、杂质浓度与偏析等）密切相关。其中KDP晶体超精密加工导致的亚表面损伤是影响KDP晶体器件激光损伤阈值的关键因素之一。如何降低KDP晶体加工过程中导致的亚表面损伤是提高KDP晶体器件加工表面质量进而提高其使用性能的关键。截止到目前，我们初步厘清了KDP晶体超精密加工亚表面损伤层晶体结构的演变过程，但是，加工过程造成的不同程度亚表面损伤究竟如何影响KDP晶体的使用性能等方面的基础性理论研究十分缺乏，这已严重地影响和制约KDP晶体加工质量和KDP晶体器件使用性能的进一步提高。

本课题将针对KDP晶体加工表面/亚表面损伤形式及其对激光损伤阈值的影响机制进行研究,通过研究建立起不同亚表面损伤层对KDP晶体激光损伤阈值的影响模型,从而定量地描述不同亚表面损伤层对KDP晶体激光损伤阈值的影响规律,为进一步提高KDP晶体器件的使用性能提供基础理论支撑,与此同时,为实现高使用性能KDP晶体器件的加工工艺提供技术指导。

V-3 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家自然科学基金项目“KDP晶体超精密加工亚表面损伤形成机理及低/无亚表面损伤加工技术基础研究”（51375122）

哈尔滨工业大学 2017 年
机电工程学院博士生指导教师招生计划

导师姓名	赵建文	招生人数	1		
------	-----	------	---	--	--

一、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： 基于介电弹性体的超轻质软体机械臂大变形致动机理研究

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

背景及意义：

随着机器人应用领域的不断拓宽，机器人正在向智能化、柔性化、轻量化发展。智能化赋予机器人更强的自主作业能力，柔性化使机器人具有更好的环境适应性，轻量化则使机器人能耗更小。在医疗领域，传统的刚性机器人已不能满足腹腔微创手术及肠道手术的要求；在工业领域，大型设备的内部检修使用刚性机器人也难以完成。而柔性软体机器人在上述领域有望克服刚性机器人的不足，利用其自身可产生连续大变形的优势，适应狭小缝隙空间等复杂环境。柔性软体结构还可以利用自身的被动变形天然地适应负载的变化，在抓取、挤压等需要力控制的场合具有先天的适应能力。

另一方面，机器人的轻量化在某些领域也具有重要意义。如移动作业方面，如果机械臂实现轻量化，可以大幅提高移动载体所携带的机械臂长度，实现超大空间作业而移动载体不至于倾覆。

如果同时实现机器人的柔性化和轻量化，无疑会进一步拓宽其应用领域。

研究内容：

- 1) 电场作用下软体机械臂结构体及等效机构的力学特性分析
- 2) 软体机械臂的机电耦合特性分析及系统动力学模型构建
- 3) 软体机械臂的制备工艺及相关实验研究

3.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：

基于介电弹性体驱动的 MRI 相容操作手系统模型及控制方法研究，51205076