

1 陈永强

题目（实际立项可以修改）：

模型-数据驱动仿真和人工智能

题目简介：

利用大规模计算的地震波数据和台站信息，结合人工智能技术，对地震灾害实施仿真和预测。

对学生的要求：

对人工智能和大数据分析以及自研软件有浓厚的兴趣。

2 杨剑影

题目（实际立项可以修改）：

- 1.主动流动新概念飞行控制方法;
- 2.信息对称与不对称情况下多弹拦截多机动目标的攻防动态博弈;
3. 基于深度强化学习的多移动机器人协同路径规划与动态避障;
4. 速度与加速度受限情况下的协同编队和多角度协同打击;
5. 多约束条件下临近空间自适应末端拦截制导律设计;
6. 基于性能优化的面向任务的自适应编队与切换.

题目简介：

- 1.主动流动新概念飞行控制方法:

利用基于主动流动的机翼环量控制和发动机矢量控制，实现完全无活动操纵面情况下的机动飞行控制。本项目研究一种新的飞行控制方法：彻底取消传统外置活动操纵面（舵面和扰流片等可动操纵面），基于机翼内外无需额外气源的气流循环重建，利用气流循环重构实现机翼的环量控制和发动机的矢量控制，通过循环重构流动与主流的非线性交互作用而实现气动力矢量和推力矢量的改变，完全利用主动流动控制实现飞行器自主控制。这一方法旨在突破传统飞行控制的局限性，扩大控制方法适应范围，充分利用耦合和非线性等传统控制极力避免的不利因素，化不利因素为有利因素，通过重构循环流动小扰动对主流有效的非线性干扰效应，实现基于完全主动流动的飞行控制。

- 2.信息对称与不对称情况下多弹拦截多机动目标的攻防动态博弈:

用动态微分博弈方法给出多个智能体围捕拦截多个机动目标的协同控制策略。动态博弈指的是双方考虑策略时需要考虑当自己采取某个策略对方会如何相应改编自己的策略，即策略具有随机应变特点。信息对称动态博弈，是指攻防双方基于相同的优化指标进行机动下的动态博弈，信息不对称动态博弈，指的是攻防双方基于各自不同的优化指标下进行动态博弈。本项目研究信息对称和信息不对称情况下攻防双方态势评估、目标分配、分组协同打击（拦截）的博弈策略和相应的动态博弈制导律设计。

3. 基于深度强化学习的多移动机器人协同路径规划与动态避障

本项目基于深度强化学习、多智能体一致性理论、分布式优化方法，研究多移动机器人协同路径规划与动态避障问题。通过强化学习使得多移动机器人能够自适应协同优化各自的运动轨迹，在存在动态障碍的环境中完成规定的任务。

4. 速度与加速度受限情况下的协同编队和多角度协同打击:

研究速度受限（速度固定，或速度只能在某一范围内变化，即改变速度大小的能力受限），法向加速度幅度和变化率受限（即改变速度方向的能力受限）情况下协同编队的有限时间收敛制导律，在形成规定的队形后对目标进行多角度协同打击。

5. 多约束条件下临近空间自适应末端拦截制导律设计:

本项目研究拦截临近空间机动目标的多约束条件下的末端自适应制导律。多约束包括拦截器

导引头的视场范围限制、拦截器的法向加速度幅度和变化率限制。自适应需要适应不同的高度和发射初始条件。还需要适应目标的未知有界的机动。项目通过对制导律及其参数的优化设计,实现视场限制、法向加速度受限条件下对临近空间加速度未知有界机动目标的自适应有效拦截。

6. 基于性能优化的面向任务的自适应编队与切换:

针对不同的任务,或任务的不同阶段,根据性能指标优化要求,自适应实现针对任务的各种最佳队形并在队形切换之间完成光滑过渡。例如:集结任务要求在规定的时间内在规定区域完成聚集,巡航段利用尾涡效应形成能量最优的人字形编队,一字形避障,以及到达目的地后形成最适合侦察覆盖的圆形编队。以及在各种队形之间快速切换。

对学生的要求:

无

3 王雪峰

题目 (实际立项可以修改):

1.双轮式机器人变构型控制; 2.腰肌康复训练机器人设计; 3.外骨骼机器人意图控制; 4.无接触人体运动三维重构; 5.建筑机器人虚拟现实遥操控; 6.手术机器人主控制手设计

题目简介:

1.双轮式机器人的单双轨变构型,实现双轨时的平衡车式静态稳定及单轨时的自行车式动态稳定状态和状态间切换; 2.为腰肌康复机器人设计可调控的等张力机构(机器人提供恒定阻力),并开发健康状态和训练记录 APP; 3.设计柔性外骨骼,通过力感知获得使用者意图并实现多模式辅助; 4.通过图像和无线电实现室内人体运动重构,并进行跌倒运动状态的检测和 APP 开发; 5.机器人臂带有钢结构装配末端执行器和摄像头,通过摄像头和机器人臂姿态感知,建立实时 VR 场景,并在 VR 中遥操控机器人臂的末端执行器; 6.手术机器人的遥操控,需要为术者设计特殊的操作主手(遥控器),这里将为多自由度柔性导管机器人设计适配的遥操控主手并实现远程操控。

对学生的要求:

不同课题对应于机械设计、力学、控制、算法等方向

4 陈正

题目 (实际立项可以修改):

- 1 火焰稳定机理与技术研究
- 2 混合燃料的层流火焰速度模型
- 3 固体颗粒燃烧特性研究

题目简介:

- 1 火焰稳定机理与技术研究:采用商业软件或者课题组已有的数值模拟程序,模拟钝体稳定火焰的机理,发展火焰稳定调控技术。要求具有一定的编程和数据处理能力。
- 2 混合燃料的层流火焰速度模型:采用商业软件或者课题组已有的数值模拟程序,模拟钝体稳定火焰的机理,发展火焰稳定调控技术。要求具有一定的编程和数据处理能力。
- 3 固体颗粒燃烧特性研究:采用商业软件或者课题组已有的数值模拟程序,模拟钝体稳定火焰的机理,发展火焰稳定调控技术。要求具有一定的编程和数据处理能力。

对学生的要求:

无

5 李康康

题目（实际立项可以修改）：

1. 直接空气 CO₂ 捕集颠覆性技术；2；电化学 CO₂ 捕集联产制氢零碳技术

题目简介：

直接空气 CO₂ 捕集颠覆性技术旨在开发高性能、低能耗的捕集材料以及关键工艺，推动直接空气捕集技术的规模化和低成本工程应用；电化学 CO₂ 捕集联产制氢技术旨在应用新兴的电化学手段实现 CO₂ 的低能耗、低成本捕集，并通过联合产氢大幅度提升工艺的经济可行性和市场竞争力。

对学生的要求：

无

6 李国洋

题目（实际立项可以修改）：

膜/基系统表面波类旋子色散的理论研究

题目简介：

硬膜/软基系统在特定约束和载荷作用下可以产生丰富的表面形貌。这种周期性形貌产生的力学机制是自然界产生丰富形态的基本原理之一，也被广泛引用于工程设计。本项目关注该类系统的动力学性质。具体而言，通过应力调控该体系表面波可能出现类旋子的色散行为。本项目将研究材料耗散、应力等因素类旋子色散的影响，进而揭示该性质对表面热物性的影响。

对学生的要求：

无

7 沈在意

题目（实际立项可以修改）：

1. 临界转动频率下磁颗粒的集体行为研究；2. 微管道中滚动磁颗粒集群的动力学研究

题目简介：

在动态的外磁场操控下，磁颗粒运动引起的流动和磁颗粒组成的结构之间形成复杂的流固耦合，可以产生丰富的集体行为，因此在前沿基础研究领域和新型医疗应用领域都得到了广泛的关注。在基础研究方面，观察由微流体和活性磁颗粒构成的系统模型中发生的涌现行为，并探索背后的规则在多大程度上适用于另一个系统，有助于获取活性物质非平衡体系中的新物理规律。在工程应用方面，利用磁场控制微纳颗粒在人体生理环境内的运动，可以进行药物输送、生物标记等医学应用。对复杂环境中的微纳颗粒集群进行精确的操控，实现有效的医疗应用，需要面对复杂的流固耦合问题。在微纳尺度，通过实验观测流场是十分困难的，数值模拟可以提供详细的流场信息，这为我们获取微纳磁颗粒集体行为背后的物理机理提供了有效途径。本项目将使用基于格子玻尔兹曼法的复杂流体数值实验平台，通过大规模直接数值模拟微纳磁颗粒悬浮液（颗粒间磁相互作用以偶极子形式描述），关注流场和磁场共同作用下的颗粒集体行为，包括两个课题：1. 临界转动频率下磁颗粒的集体行为研究，阐明旋转磁场中微纳磁颗粒从同步到非同步区间的动力学以及形成的空间结构；2. 微管道中滚动磁颗粒集群的动力学研究，探索血流环境中微纳磁颗粒动态自组装结构的稳定性和机动性。

对学生的要求：

无

8 李国洋

题目（实际立项可以修改）：

基于超剪切表面波的超分辨结构缺陷检测方法研究

题目简介：

由于远场丢失了疏逝波信息，成像分辨率一般由波长决定。而利用近场倏逝波信息往往能有效提高成像分辨率。本项目探索在结构损伤检测中如何利用超剪切表面波——一种表面波泄露模式——实现超分辨。

对学生的要求：

无

9 李国洋

题目（实际立项可以修改）：

基于巩膜原位力学表征的眼球轴向生长力学模型研究

题目简介：

婴儿出生时为远视，眼球通过轴向生长逐渐将视网膜置于正确的位置以获得正常视力。动物研究表明，眼球轴向生长过程依赖于视觉激励。一般而言，远视类型的散焦将加速眼球轴向生长，近视则反之。另一方面，眼球的轴向生长过程中一般伴随着巩膜的重塑，导致巩膜变薄，改变巩膜在眼内压作用下的应力状态。而后者可能进一步促进眼球生长。在这个项目中，我们探究巩膜力学性质、视觉激励与眼球生长的力学模型，以期揭示眼球过度生长的奥秘。

对学生的要求：

无

10 张寅

题目（实际立项可以修改）：

位错动力学的机器学习建模

题目简介：

金属材料中位错是塑性变形的主要载体。本课题拟基于二维位错动力学与相场位错动力学的模拟结果，通过机器学习方法建立位错构型的演化方程，确立塑性变形的本构关系并运用到晶体塑性有限元中。

对学生的要求：

有基本编程能力，对机器学习感兴趣

11 张寅

题目（实际立项可以修改）：

锂电池阳极材料 LiCoO_2 的力学性质研究

题目简介：

本课题拟运用分子动力学与机器学习势函数 DeePMD 方法，探究锂电池里阳极材料 LiCoO_2 的力学性质，确定位错在此材料中的原子构型，并与高分辨透射电子显微镜的观测结果相互验证。

对学生的要求：

对分子动力学和机器学习感兴趣

12 陈帆

题目（实际立项可以修改）：

基于 LLM 语言模型算法的 AI for Science 领域大模型调研与初探

题目简介：

以 ChatGPT 为代表的语言大模型（Large Language Model, LLM）应用正在掀起一场前所未有的智能化科技浪潮，而科学领域的 AI for Science 被认为是这一轮科技革命的最终战场。本项目旨在通过对目前 LLM 中已经被成熟应用的 Transformer、Attention 等算法和技术的深入调研，结合燃烧反应流体计算的具体物理问题和应用场景，分析建立领域大模型的可行性，尝试设计一套模型构建的初步方案，为后续的研究工作打下坚实的基础。本课题拟招收 2-3 名学生协作完成，自行组队或单独报名皆可。

对学生的要求：

有一定编程基础，对科学计算、人工智能有浓厚兴趣，且自主探索意愿和能力强。

13 邓航

题目（实际立项可以修改）：

1. 深度学习在反应输运模型中的应用
2. 固废矿化的机理研究

题目简介：

1. 反应输运模型是研究流动、传质、反应等多个过程耦合的重要工具，在诸多科学和工程问题中广泛应用。但相关系统和过程中存在极强的非线性，从而对运算资源有极高的要求。深度学习的局部和替代使用，具有在保证模型精度的情况下降低运算需求的极大潜力。
2. 二氧化碳矿化封存是重要的负排放技术，是实现“碳中和”的关键途径。使用碱性固废进行矿化还对固废处置具有积极意义。研究不同固废矿化反应机理及控制因素，是技术路径设计、工程实现和经济可行性分析的前提。

对学生的要求：

1. 较强的编程能力
2. 较强的动手能力

14 赵耀民

题目（实际立项可以修改）：

结合机器学习和流动物理的流场自动分区方法研究

题目简介：

复杂流场中往往存在多种具有显著差异的分区，例如边界层流动常包含层流区、转捩区和充分发展湍流区等。如何根据流动特征准确地将流场自动分为不同区域，是进一步进行流动建模的重要前提。现有方法在面对边界层转捩、流动分离等复杂现象时往往存在较大不确定性。机器学习算法近年来在多种分类问题中得到了广泛应用，在流场分类问题中也有较大应用潜力。本项目计划结合机器学习算法和流动物理信息，发展一种有较强泛化能力的自动流场分区方法，为进一步流动建模打下良好基础。

对学生的要求：

无

15 易新

题目（实际立项可以修改）：

弹性细长杆失稳动力学

题目简介：

闭口或开口欧拉线的动态大变形行为

对学生的要求：

具有较强数理基础

16 赵皓

题目（实际立项可以修改）：

1.面向空天发动机的超临界燃烧计算；2.超临界反应动力学实验

题目简介：

SpaceX 近期发射的星舰火箭发动机中，利用了 300-700 大气压的液态甲烷超临界燃烧技术。发动机超临界燃烧具有高热力学效率、低污染物排放的特性，是研发先进内燃机、燃气轮机的推动性技术，尤其在空天、海运领域具有重大应用价值。然而，区别与传统低压燃烧，超临界燃烧存在特殊的热物性、动力学特性，存在显著的非理想气体效应。该项目从超临界反应流理论计算和反应动力学实验两个方面研究超临界流体的燃烧仿真特性与高压氧化实验特性。

成果预期：燃烧领域高水平论文，提供航空、航天应用单位技术解决方案

1-2 人

对学生的要求：

无

17 赵皓

题目（实际立项可以修改）：

1. 等离子体催化合成氨仿真与调控；2. 等离子体催化合成生物甲醇仿真与调控

题目简介：

传统化工产品合成存在着合成速率缓慢、高压设备昂贵、能量消耗巨大等问题，等离子体催化合成技术是利用新型非平衡态方法合成化工产品的低碳/零碳技术，利用高压放电激发惰性分子，降低化学反应能垒，实现常压、低温、高效、分布式的物质合成。该项目面向低碳零碳重大需求，从仿真与等离子体实验两方面发展等离子体催化技术。

成果预期：中科院一区能源领域高水平期刊论文

2 人

对学生的要求：

无

18 赵皓

题目（实际立项可以修改）：

锂离子电池电解液氧化实验与组分诊断

题目简介：

高镍低钴锂离子电池由于较高的能量密度与可循环性受到广泛关注，但同时存在更高的热不稳定性与易失火特性。该项目研究锂离子电池电解液热分解以及与电极材料相互作用，通过原位测量锂电池热失控过程组分与温压特性，研究揭示并发展锂离子电池热失控化学反应机理，提供防火指引。

对学生的要求：无

19 周利锋

题目（实际立项可以修改）：

1. 核酸纳米机器人的计算机辅助设计与分析; 2. 基于协作机器人的核酸纳米机器制造与实验。

题目简介：

采用核酸分子(DNA 与 RNA)为原材料设计与制造复杂纳米机器是机械科学的前沿研究领域。经过多年的发展,核酸纳米机器的设计、分析与制造已经形成了一系列的方法和技术,但是目前的设计与分析软件依然难以满足工程实验的需要,急需开发简单、易用且低门槛的软件工具。此外,为进一步减少核酸纳米机器制造与测试时间,降低人为操作的失误率,提高效率,将充分利用协作机器人与人工智能技术,高效快速的完成核酸纳米机器的制造与实验测试。

对学生的要求：

数据结构与算法, 机器人学概论

20 黄天云

题目（实际立项可以修改）：

智能微型机器人的设计与驱控-面向大创/电子设计大赛/产业实际需求

题目简介：

课题来源于具体应用需求,面向受限空间及复杂环境,涉及机器人微型化、集成化、智能化,包括运动机构设计、电路设计、驱控算法、无线供能及通信等。

对学生的要求：无

21 国萌

题目（实际立项可以修改）：

多智能体对多未知物品的协同推运问题

题目简介：

多智能体系统可以通过协同大幅提高效率,本课题聚焦多物品的推运问题,这些物品未知形状、未知重量、未知材质,随机出现在有障碍物的环境中。多个智能体小车负责将这些物品推运到指定的位置。该课题涉及物理、控制、规划、多智能体协作等多个领域的核心问题,需要较强的物理分析能力。智能小车需要通过力度感知来辨别物体类型,设计协同推运策略。另外,当环境中有多物品时,多智能体需要高效地分配推运任务,最短时间内完成任务。首先设计力感控制器,优化不同数量智能车对不同物品,在不同环境下的推送力量和方向。其次,对多智能体和多未知物品的推运问题进行建模,提炼多智能体调度问题,设计高效的混合搜索算法。最后引入深度学习方法,完成从力反馈等特征信息到控制输入的闭环。最后,将两种方法结合,设计数据和模型混合驱动的规划算法。该课程涉及力控制器设计、搜索规划算法设计,以及深度强化学习、搜索经验学习。

核心内容：

- * 搭建高精度、基于物理模型的仿真系统。
- * 对多智能车推运不同物品进行力分析、物理建模。
- * 估计不同数量智能车对不同推运任务的成功率和效率。
- * 对多智能体的调度问题进行建模,设计任务分配算法,优化整体物品推运效率。
- * 搭建强化学习算法框架,完成数据采集和策略学习。
- * 就成功率和性能,分析两种方法的优劣。
- * 设计搜索经验学习算法,结合两种算法的优势,评估性能。

对学生的要求：无

22 杨林

题目（实际立项可以修改）：

1. 超高温储热技术的经济低碳运行：建模、优化与分析；
2. 超高温下陶瓷复合材料的导热机制研究；
3. 探究非均匀应力对砷化硼热导率的影响；
4. 利用非均匀应力提升锗化硅热电品质因数；
5. 碳纳米管中受限水分子的反常热学特性研究。

题目简介：

1. 超高温储热技术的经济低碳运行：建模、优化与分析

目前，低成本且可大规模部署的能量储存技术的缺乏，是实现零碳排放能源供应和工业脱碳的一大障碍。热能储存 (TES) 是最近快速发展的一种长时间大规模能量储存的技术。超高温 TES 技术 (UHT-TES; 1000 °C 至 2500 °C) 具有高能量密度、回程效率 (预计超过 50%) 和直接为高温工业应用 (例如, 需要 ~ 1400 °C 至 1800 °C 的水泥生产, 铸铁, 玻璃制造等) 提供工业用热等独特优点。我们的初步研究表明, 性能可调节的复合陶瓷材料是一个优越的热能储存介质, 其具有良好的热/电/力学性能, 并能在 1500°C 或更高的温度形式灵活地以热能和电能作为能量输出满足不同用户需求。在这个项目中, 我们将对该技术进行经济技术建模, 从而对系统的运行模式、性能和成本进行优化和分析, 以确定影响能量存储和释放过程的操作细节和系统可行性的关键因素。

2. 超高温下陶瓷复合材料的导热机制研究

高温过程 (>1500°C) 广泛应用于各种现有和新兴的工业和航空航天应用, 热障涂层和超高温储热等技术成功应用, 也突显了高温材料热性质的重要性。在这些应用中, 高温材料的热性质对控制热能起着重要作用。在过去的二十年中, 室温和低温下的热传输过程取得了巨大的进展, 特别是在理解微观和纳米尺度的基本热传输特性方面。然而, 在高温下的热传输过程的理解仍然处于起步阶段。这是由于高温下存在一些独特的特征, 例如占主导地位的 Umklapp 散射效应, 可以使晶体材料具有类似无定形材料的热性质, 以及高温下重要的辐射贡献。最近研究发现的陶瓷基石墨烯复合材料为超高温储热技术提供了一个理想的储热材料, 本项目将系统探究超高温下该复合材料的导热机制, 具体聚焦于以下几个方面: (1) 高温下三声子散射以及四声子散射对材料导热贡献; (2) 超高温下热辐射 (也即光子) 对热流运输的贡献; (3) 复合材料界面处, 由于超高温导致部分熔化现象对界面导热特性的影响, 以及探究在此极端环境下 Bruggeman 模型对预测复合材料热导率的适用性。

3. 探究非均匀应力对砷化硼热导率的影响

硅是目前应用最广泛的半导体材料, 然而硅作为半导体有两项不足。第一, 硅不太善于传导热量, 导致芯片温度总是过热, 散热问题已经成为制约芯片性能的重要因素。第二, 硅有较好的电子迁移率, 但不具备足够好的空穴迁移率, 后者对半导体性能也很重要。材料中带负电的电子离开后, 留下的带正电的空位, 被称作“空穴”。电子迁移率和空穴迁移率统称为双极性迁移率。早先实验已证实, 立方砷化硼热导率约是硅的 10 倍, 以及具备更高的双极性迁移率, 有潜力成为比硅更优良的半导体材料, 并运用于下一代先进半导体器件中。

对于集成至半导体器件中的砷化硼薄膜, 由于不同材料薄膜之间的晶格失配, 通常会在薄膜内部产生应力集中。尽管最近实验探究了均匀应力对砷化硼热导率的影响, 然而实际器件中的应力通常非均匀分布, 探究应力梯度对砷化硼导热特性的影响对器件精确热管理至关重要。本项目将基于分子动力学 (MD) 模拟, 聚焦于探究非均匀应力对砷化硼热导率的影响, 揭示应力梯度对声子能带结构的影响, 建立应力梯度对三声子与四声子散射强度的作用模型。

4. 利用非均匀应力提升锗化硅热电品质因数

力学应变工程可调节能量载体的传输特性，目前这已常被用来提高电子器件中载流子的迁移率，从而提高导电特性 (σ)。另一方面，我们的初步研究表明，非均匀应力将改变声子能带结构，从而增强了声子-声子散射强度，降低了晶格热导率 (κ)。因此，力学应变工程将提高材料热电品质因素， $ZT=(S^2\sigma T)/\kappa$ (S 是塞贝克系数， T 是温度)，为实现高性能的热电材料提供了一个全新机制。基于分子动力学 (MD) 模拟，本项目将选择广泛为航空航天供电的锗化硅热电材料作为研究体系，系统研究非均匀应力对其电子及声子能带结构的影响，从而揭示其对导热及导电特性的作用规律，为提高材料的热电品质因数提供指导方案。

5. 碳纳米管中受限水分子的反常热学特性研究

由于纳米尺度约束效应，碳纳米管 (CNT) 内受限水分子表现出不寻常的相变行为。具体来说，容器壁分子间势能可以对流体施加等效的压力加减，从而改变相变边界。在临界受限尺度 (约为 2.5 纳米) 以下，由连续体热力学和吉布斯-汤姆森效应描述的水的冰点降低理论失效，前期实验研究表明受限域下 (~1 nm) 水的冰点将升高至 ~100°C¹。在本项目中，我们将用不同直径的 CNT 填充水，并使用拉曼光谱和最先进的 4D-EELS 技术表征该多相系统的晶格振动性质。此外，将测量每个充满水的 CNT 的温度依赖热导率，以揭示纳米受限对水分子运输的作用规律，并进一步阐明相变对热传输的影响。

对学生的要求：

无

23 谢金翰

题目 (实际立项可以修改)：

1. 磁旋不稳定性的饱和机制
2. 海洋中重力波对温盐台阶的影响
3. 倾斜热对流的振幅方程
4. 边界对二维湍流能量跨尺度传输的影响
5. 从湍流角度探索足球动力学

题目简介：

1. 磁旋不稳定性的饱和机制

吸积盘在向内塌缩的过程中必然伴随着角动量的向外输运，而现有的输运机制并不足以提供足够大的角动量输运强度。磁旋不稳定性 (magnetorotational instability)，及其所导致的湍流混合，被视作一个可能的提供角动量输运的机制。本项目将基于研究模态相互作用在极限参数情况下研究磁旋不稳定性的发展和饱和，探索新的非线性饱和机制。

2. 海洋中重力波对温盐台阶的影响

项目说明：海洋的密度主要由温度和盐度决定。当流体密度稳定分层时，温度和盐度的扩散率的差异也可以导致不稳定性的存在，进而引起流动。另一个有趣的现象是此不稳定性会导致平均温度和盐度在重力方向呈现台阶状的结构，其中均匀的和突变的盐度和温度层交替存在。目前为止，此温盐台阶结构的形成机制尚未有令人满意的解释。本项目提出一个假设：重力波对形成温盐台阶起到关键作用。因此，本项目将研究平均模态、不稳定模态和重力波模态的相互作用，探索不稳定性的饱和机制，侧重于考察在饱和机制中重力波的作用。

项目任务：推导平均模态、不稳定模态和重力波模态的相互作用的方程，并对此方程进行研究，考察温盐台阶是否形成以及重力波的效应。

项目预期：获得平均模态、不稳定模态和重力波模态的相互作用的方程，并通过它理解重力波对温盐台阶形成的重要性。

3. 倾斜热对流的振幅方程

项目说明: 热对流是自然和工业流体中的一个典型流动系统。其产生原因是温度影响流体微元密度, 进而在浮力作用下驱动流体。在通常的设置中, 重力的方向和温度梯度平行。本项目研究当系统向一个方向倾斜时, 重力的方向和温度梯度不平行带来的对称破缺所导致的流动结构改变。可以想象用一个锅底并不水平的锅来烧水, 或者是太阳晒在一座山坡上对上方流体的影响。本项目将在小倾角的情况下推导对流卷的振幅方程, 进而研究振幅方程的告诉我们的流动结构和机制。

项目任务: 推导小倾角的情况下推导对流卷的振幅方程, 并对此方程进行研究, 与已有实验现象做对比。

项目预期: 获得小倾角的情况下推导对流卷的振幅方程, 并通过它理解倾斜对热对流的影响。

4.边界对二维湍流能量跨尺度传输的影响

项目说明: 二维湍流作为一个简化模型被广泛地用来理解很多自然湍流, 例如大气和海洋。在湍流系统中, 由于存在不同尺度的运动, 能量跨尺度传输是一个十分重要基本问题。经典的二维湍流理论并没有充分地解释边界对于二维湍流能量传输的影响, 而边界对大气和海洋的流动来说十分重要。因此本项目研究边界对二维湍流能量跨尺度传输的影响。我们将首先理论上推导包含边界效应的二维湍流能量跨尺度传输的方程, 获得此效应与可测量量, 例如速度, 之间的关系, 进而通过数值模拟验证我们的理论, 并提出定量地获得实际流体中边界对能量跨尺度传输影响的方法。

项目任务: 推导包含边界效应的二维湍流能量跨尺度传输的方程, 进行二维湍流数值模拟, 提出定量地获得实际流体中边界对能量跨尺度传输影响的方法。

项目预期: 获得在包含边界效应的二维湍流能量跨尺度传输的方程, 理解边界效应在湍流能量跨尺度传输中的影响。

5.从湍流角度探索足球动力学

湍流或可由拟序结构和随机过程组成, 以至于受流体驱动的粒子展现出丰富的动力学, 反过来, 通过分析粒子运动我们可以理解流体行为。相似的, 足球运动由球员们的有组织行为(战术)和随机事件影响, 这样足球(作为一个球)有着丰富的行为。因此, 我们计划从统计和确定性两个角度应用一些湍流研究的技术和知识分析和理解足球这项运动。从统计角度, 我们可以分析足球和球员运动轨迹的统计量, 获得统计规律, 构建统计模型。一些相关的问题是足球更像二维还是三维湍流, 间歇性如何, 是否存在尺度空间的自相似性, 能否获得一些守恒量的信息? 从确定性的角度, 我们计划寻找相干结构, 反推足球运动的基本动力学, 进而研究基于相干结构制定的战术如何改变足球动力学。

对学生的要求:

无

24 朱驰

题目(实际立项可以修改):

1. 心脏瓣膜压力梯度降维模型开发;
2. 动脉流固耦合计算模拟研究;
3. 三维血流动力学计算模拟加速算法;
4. 微/无重力下血流动力学研究;
5. 呼吸系统颗粒沉降研究;
6. 低雷诺数下高效浸没边界方法研究.

题目简介：

题目：心脏瓣膜压力梯度降维模型开发

题目简介：主动脉瓣是控制全身血液的最重要开关。评估血流能否顺畅通过主动脉瓣的一个重要参数就是跨瓣膜压力梯度。目前临床上主要通过手术置入压力传感器测量，这一方法具有侵入性，对病人有一定危险。本研究将基于流体控制方程开发降维模型，该模型将通过无创测量的生理参数（如血压、收缩期长度等）计算跨瓣膜压力，并与三维流固耦合计算模拟结果对比以检验其精度。

拟接受学生人数：1

对学生的要求：无

=====

题目：动脉流固耦合计算模拟研究

题目简介：动脉作为将富氧血液输送到全身的主要通道，必须承受高流速、高压强的复杂流动环境。现有研究通常忽略流固耦合作用，将血管当作固定壁面。这一简化大大限制了计算模拟在复杂心血管疾病（如动脉斑块、憩室、夹层）研究中的应用。本研究将利用本实验室自有软件，研究流固耦合力学作用对于儿童动脉憩室的诊断和治疗的影响。

拟接受学生人数：1

对学生的要求：无

=====

题目：三维血流动力学计算模拟加速算法

题目简介：三维血流动力学计算模拟已成为心血管疾病研究、诊断中不可或缺的一种手段。限制三维计算模拟更广泛应用的瓶颈之一就是较低的计算效率。本项目的研究目标是通过三维-零维模型的耦合使得血流尽快达到符合生理状况的周期性状态，进而提高三维问题计算效率。

拟接受学生人数：1

对学生的要求：无

=====

题目：微/无重力下血流动力学研究

题目简介：人类成为多行星物种的一大挑战是适应微重力或无重力环境下心血管系统功能的改变。在微重力或无重力环境下，心血管系统将经历一系列复杂的改变，包括全身血流量的重新分配、心脏形状改变等。在本研究中，我们将利用本实验室自有软件，通过计算模拟探索微重力或无重力环境对于血流动力学参数（如压力、壁面切应力）的影响，探索长时间太空旅行对于心血管健康的影响。

拟接受学生人数：1

对学生的要求：无

=====

题目：呼吸系统中的颗粒沉降研究

题目简介：研究呼吸系统中的颗粒沉降具有广泛的应用场景，包括病毒传播、空气污染、给药过程、花粉过敏等等。本研究中，我们将利用本实验室自有软件，结合真实人体结构通过计算模拟探究不同大小颗粒在人体呼吸系统中的运动过程，分析在不同部位的沉降。

拟接受学生人数：1

对学生的要求：无

=====

题目：低雷诺数下高效浸没边界方法研究

题目简介：低雷诺数下的存在很多有趣的流固耦合现象，比如微流体中的颗粒变形、细菌集群运动等。浸没边界方法是研究这些现象的主要计算工具之一。本研究将针对现有方法计算效率低下的问题，通过算法和线性求解器创新，发展基于浸没边界方法的高效低雷诺数流固耦合计算工具。

拟接受学生人数：1

对学生的要求：无

对学生的要求：无

25 宋保方

题目（实际立项可以修改）：

圆管流动的线性最不稳定模态研究

题目简介：

圆管流动的线性稳定性是流动稳定性的一个经典问题，虽然研究已表明该流动在任意雷诺数下都是线性稳定的，但其线性最不稳定模态及其特征并没有得到研究。本课题拟利用特征值的数值计算，分析最不稳定模态的波数和流动结构及其随雷诺数的变化规律等问题，并尝试通过线性算子的扰动分析探讨最不稳定模态在高雷诺数下的渐近行为。

对学生的要求：无

26 刘畅

题目（实际立项可以修改）：

实时定位与建图研究

题目简介：

实时定位与建图(simultaneous localization and mapping, 简称为 SLAM)是智能机器人的重要功能之一，帮助机器人感知周围环境和自身状态。通过本研究，学生可掌握智能机器人 SLAM 基本技术、了解前沿进展、取得有原创性的成果。

对学生的要求：无

27 何冠楠

题目（实际立项可以修改）：

1. 低碳能源系统建模与智能优化;
2. 基于深度学习的数据要素价值计算;
3. 基于 AIGC 的数字化转型战略咨询研究

题目简介:

1. 低碳能源系统建模与智能优化: 能源系统脱碳是我国双碳战略中的关键的任务。未来高比例可再生能源的不确定性和波动性需要多种储能配合实现多时空尺度的能源供需平衡。由于存在多时空尺度的不确定性, 需要以锂电池为代表的短时电化学储能和以氢能氨能等为代表的长时跨季储能的灵活协调与配置优化, 来保证能源系统的经济绿色安全运行。氢能作为能源使用在船舶上应用已久, 通过电解水以及合成氨反应生产得到的绿氨既可以完全实现零碳的能源生产, 也可以在能源系统中作为能源载体实现长时间的能源存储。本项目将研究如下方向:

1) 氨能在低碳能源系统中的生产、存储、运输、消费建模、技术路线分析、经济性分析; 2) 基于机器学习的大规模能源系统优化模型加速求解方法, 例如聚类、强化学习等; 3) 基于物理的机器学习在电化学储能模拟中的应用。(每位同学择一即可)

2. 基于深度学习的数据要素价值计算: 数据已经成为劳动、资本、技术、土地之外的新型生产要素。数据要素在企业 and 产业间的流通和交易, 有助于促进数字经济的发展。数据流通和交易依赖于数据的精确定价, 而传统的基于 Shapley 值等方法的数据价值计算比较缓慢。本项目将研究如何基于数据集的一般特征, 设计适应不同数据应用任务(预测、分类、优化等)的数据价值计算方法, 利用深度学习方法加速数据价值计算。

3. 基于 AIGC 的数字化转型战略咨询研究: 数字中国明确提出并强调要“加快数字化发展, 建设数字中国”, 数字化转型已经成为众多企业所面临的一道必答题。目前人工智能技术已广泛应用于生产制造、产品推荐、个性服务等业务场景的数字化转型, 而成功的数字化转型离不开清晰的路径规划, 数字化转型咨询服务市场将存在广阔前景。近期以 GPT 为代表的 AIGC 技术在学界和业界都受到了广泛关注, 而数字化转型成功案例的不断累积也为转型咨询环节自身的数字化建设提供了数据基础。本项目拟结合数字化转型案例与实践, 研究 AIGC 在数字化转型咨询中的应用场景与机制, 包含但不限于以下内容: 1) 案例报告和白皮书自动生成: 使用 AIGC 技术根据咨询项目的原始数据和内容自动生成案例报告、成功故事和白皮书, 提高内容生产效率, 并保持一致的质量和格式; 2) 自动生成调研报告: 利用 AIGC 技术分析海量市场资料和评论数据, 自动生成调研报告和市场概览, 为咨询项目提供及时的市场情报支持; 3) 智能评估、诊断及决策: 利用 AIGC 技术结合企业内外部数据与成熟的数字化程度评估体系构建模型帮助企业快速完成评估诊断、为企业未来发展规划提供情报支持和决策参考。

对学生的要求:

1. 学习态度认真负责, 对科研抱有一定兴趣; 2. 至少掌握一门编程语言 (Python、Julia)

28 程承旗

题目 (实际立项可以修改):

基于星地时空网格的多星多波束智能调度研究

题目简介:

大规模卫星星座的卫星/波束资源存在“供需不匹配、供需不均衡”的技术瓶颈, 卫星资源调度面临星地拓扑高时变、动态规划计算复杂等挑战, 我们将地球剖分时空网格引入卫星资源管控, 构建卫星资源覆盖性能时空网格态势图, 基于此发展多星多波束调度方法和智能协同方法, 进一步提升大型星座系统的管控调度智能化水平。

对学生的要求:

对星网、星链感兴趣, 对信息化有热情

29 张飞天

题目（实际立项可以修改）：

机器人感知与控制

题目简介：

共设立 3 个子课题，任选其中之一。子课题详情如下：

1. OpenAUV: 基于开源水下机器人平台 BlueROV，研究机器人感知与控制算法，赋予机器人自主运行与智能决策能力。
2. 空中侦查机器人: 基于四旋翼飞行器，研究目标检测与跟踪算法，完成固定场景下的目标识别与飞行控制。
3. 人工肌肉驱动软体机器人: 基于人工肌肉驱动器，设计 RL 控制算法，完成软体机器人驱动。

对学生的要求：

对科研感兴趣，有时间，认真对待；具有单片机、传感器、驱动器等机器人系统开发动手实践经验，或愿意花时间主动学习相关知识

30 周超

题目（实际立项可以修改）：

航空发动机热端部件的数字化建模

题目简介：

对航空发动机中的涡轮叶片等传热特性进行数字化建模，对航空发动机中高温的叶片传热和冷却特性进行分析。低年级的同学要补充学习一些传热方面的知识，以及具备程序编写的能力。

对学生的要求：

无

31 梅文俊

题目（实际立项可以修改）：

基于量子漫步的复杂网络匿名节点辨识理论与技术

题目简介：

试想以下场景：某国警方发现了一个宣扬极端主义的网络平台，并截获了成员之间在该平台上相互连接的网络。但由于该网络平台的用户信息高度保密，无法获知极端组织成员的具体身份信息。这个问题也许可以借助网络科学的思维来解决：从直觉上讲，同一群人在不同的社交平台上应该会有较为相似的相互连接结构。那么，给定一个节点身份未知的网络（如上述网络平台），是否能在一个更大的、节点身份信息已知的网络平台上（如微信、FaceBook）找出一个子图，和该未知网络的结构最为接近？并且可以进一步将前者中的未知节点和已知网络子图中的节点一一对号入座，进而辨识出未知节点的身份信息？

量子漫步 (Quantum walk) 算法在解决两个网络的“图同构”判定问题上展现出非常优越的性能。基于量子漫步来解决上述问题可能是一个行之有效的思路。本课题将对量子漫步算法进行进一步的拓展，并探讨其在图像识别、古文字破译等跨学科问题中的可能应用。

对学生的要求：

具有较好的线性代数、高等代数基础。

32 王圣凯

题目（实际立项可以修改）：

1. 流体力学相关的数字图像处理问题 2. 基于激光散射的流动显示 3. 变折射率流场中的光束传播模拟与实验

题目简介：

围绕实验流体力学中有趣的成像问题展开，研究光学流动显示的物理机制、高质量成像方法、数字图像处理技术

对学生的要求：

对实验科学感兴趣；尤其欢迎爱好摄影的同学参与

33 唐少强

题目（实际立项可以修改）：

动态模式分解在力学问题中的应用

题目简介：

动态模式分解（dynamic mode decomposition, 简称 DMD）是一种用于分析和建模动态系统的数据驱动方法。通过 DMD，我们可以在完全不了解系统的具体演化的规则的情况下，仅利用系统的时间序列数据与预先设定的观测函数组来近似出 Koopman 算子的特征值与特征函数，进而通过 Koopman 算子理解系统的动态行为和预测未来的演变。

对学生的要求：

无

34 毛晟

题目（实际立项可以修改）：

AI 辅助偏微分方程快速求解方法

题目简介：

需要：2-3 人

本项目着眼于三维含时偏微分方程的快速求解，主要借助机器学习求解 PDE 的最新方法，如 FNO, DeepONet 等，着眼于：1. 相对简单的几何+复杂非线性方程，例如 Allen-Cahn 演化问题的快速求解方法；2. 复杂几何+相对简单的方程，例如 Helmholtz 方程的正反问题快速求解；3. 复杂几何+复杂非线性，例如多场耦合情况下，材料的断裂。

对学生的要求：

技能点主要涵盖：1. 熟悉 python 编程 2. 各类机器学习包的使用 3. 对偏微分方程有一定的了解 4. 最最重要的是，对未知事物的好奇心。

35 陈光

题目及简介（题目实际立项可以修改）：

【4D 打印技术】

4D 打印技术是指由 3D 技术打印出来的结构能够在外界激励下发生形状或者结构的改变，直接将材料与结构的变形设计内置到物料当中，简化了从设计理念到实物的造物过程，让物体能自动组装构型,实现了产品设计、制造和装配的一体化融合。本项目将带领同学搭建 3D 打印平台，通过理论与实验相结合的方法，探究 3D 打印的流动-成型过程对智能材料微观结构和宏观特性的影响，继而实现 4D 打印智能材料的参数化和个性化设计。预期设计 1-2 种可以感知-驱动-变形的多功能智能材料和器件。

【带电软物质溶胀机理与应用】

带电软物质在自然界和生产活动中是无处不在的。许多软物质体系在水中皆因电离而产生复杂的静电相互作用，同时被赋予特殊的功能。从生活常识中我们知道，萝卜等蔬菜在大量的盐和醋酸的作用下会析出水分，从脆生生的状态变得干瘪柔软，这其实就是植物纤维分子网络中的带电官能团被盐离子静电屏蔽产生的溶胀-塌缩行为。同样，智能材料和柔性电子课题中常用的水凝胶材料就具有响应型溶胀-塌缩行为，而且其随盐度或酸碱度变换产生的溶胀-塌缩比例可高达数十倍。该项目将重点探究盐和 pH 值对水凝胶溶胀性的影响，预期可利用水凝胶的机敏特定设计一些有趣的感知-驱动-变形机构。

【基于离子导电材料的大应变传感器】

柔性电子和软体机器人的研发离不开新型软物质材料的研发。与拉伸性较差的金属导体不同，导电凝胶可承受反复的弯折和拉伸同时保持较高的稳定性，逐渐成为电子皮肤和机器人触觉传感器的新宠。然而导电凝胶在弯曲和拉伸的过程中，其微观结构也随之悄然改变，因此其离子导电率并非是一个常数。本项目将探究导电凝胶的微观结构、导电特性与形变的内在关系，完善导电凝胶的理论模型，为导电凝胶在电子皮肤和机器人触觉传感器的应用提出可靠的设计方案。

36 喻俊志

题目（实际立项可以修改）：

仿生四足 SLAM 研究

题目简介：

1. 基于小米 Cyber Dog 四足机器人，利用其搭载的高清摄像头与激光雷达获取多模态环境感知数据，并通过数据融合方法对障碍物实现辨识与定位，最终实现避障运动。

高速仿生机器鱼系统

2. 以高速生物鱼类为仿生对象，通过整合模仿其爆发式水下推进方式及柔性驱动结构等生物学特性，研发刚柔耦合的高速仿生机器鱼系统，并探索其高速柔性推进机制，以开展运动性能优化研究，最终实现仿生系统的水下的高速、高机动运动，完成样机实验验证。

刚柔耦合一体化高机动仿生机器蝠鲼

3. 以前口蝠鲼为仿生对象，研制开发刚柔耦合一体化高机动仿生机器蝠鲼，并探索新型全自由度姿态调节机制，最终实现复杂水下场景中的机动穿行。

水下机器人-作业手系统动态目标抓取控制策略

4. 基于水下机器人作业平台，研究视觉动态目标高速检测方法，并探究水下机器人-作业手系统动态目标抓取控制策略，最终实现高效精准的水下动态目标抓取。

要求：对机器人研究感兴趣，具有单片机、传感器、驱动器等机器人系统开发动手实践经验，或愿意花时间主动学习相关知识。

37 陈帆

题目（实际立项可以修改）：

深度学习与计算图形学增强的多物理流场重构与渲染

题目简介：

人工智能生成内容（AI Generated Content）技术，特别是包含文字、图片、视频等多模态输入输出的新一代算法即将对各行各业带来革命性的冲击。在航空航天工程应用场景中，涉及湍流、燃烧以及激波等复杂过程的建模和可视化十分重要，但仍然面临诸多挑战。深度学习结合计算机图形学建模方法近来被广泛关注，有望在这个领域取得突破。本项目旨在通过对实验或模拟获得的低分辨、高噪、或存在不规则缺失的数据进行重构，用较小的输入数据完成一定效果的流场预测和可视化渲染。本课题拟招收 1-2 名学生，组队或单独报名皆可。

对学生的要求：

有一定编程基础，对科学计算、人工智能、图形渲染有浓厚兴趣，且自主探索意愿和能力强。

38 吕本帅

题目（实际立项可以修改）：

1. 基于人工智能的湍流模型研究

题目简介：湍流常被称作经典物理中的最后一个难题，其在高雷诺数下显示出极宽范围的空间和时间尺度，因此需要庞大的自由度去描述。常用的模拟方法是对湍流进行统计建模，实现低自由度下对流动整体性质的把握。传统湍流模型均为经验模型，其准确性限制了流动模拟的精度。本课题将基于高精度的大规模湍流模拟数据库，利用机器学习的方法，建立湍流模型，并比较与传统湍流模型的优劣。

对学生的要求：本课题以数值计算为主，需修读过高数以及流体力学或计算流体力学等课程。

2. 小型无人机的噪声辐射研究

题目简介：近些年小型无人机技术发展迅速，在摄影、测控、文娱以及小型物流行业得到了广泛的应用。但无人机工作时的噪声问题十分突出，已成为亟需重点解决的问题。无人机噪声主要由旋转的螺旋桨产生。本课题将通过实验测量小型无人机在不同飞行速度、不同飞行姿态时产生的噪声特性，并对可能得降噪措施进行探索。

对学生的要求：本课题以实验为主，需修读过流体力学以及大学物理实验等课程。

3. 火箭的反馈循环射流冲击平板的噪声问题

题目简介：火箭是航天中最重要的运载工具，是实现太空探索的关键战略技术。国内外竞相发展新型更强大的火箭，例如我国的长征五号、长征九号以及美国的猎鹰九号以及星舰系列。为实现高的补充，这些现代火箭无不使用了高温高速的强大射流产生推力。在火箭起飞阶段，高速射流不可避免的出现冲击地面的现象，造成声学与流动耦合共振的现象，对火箭结构强度与飞行稳定性产生挑战。本项目通过数值模拟与实验，研究高速射流冲击平板产生共振现象的机理、建模与控制，为现代火箭稳定可靠的起飞提供理论的指导。

对学生的要求：修过本科生大学数学与大学物理，修过或即将修读流体力学，对动手实验感兴趣。

4. 基于机器学习的心脏杂音辅助诊断研究

题目简介：心血管疾病是人类健康的头号杀手，例如仅截止心脏房颤患者就有 6000 万例。心脏在跳动过程中会产生身体组织的振动，并形成具有一定特征的声学信号，听诊器便是早期诊

断的重要工具。本项目将深度结合机器学习的快速发展，并将其应用在心脏声学信号的分析中，发展新的心脏疾病辅助诊断算法，支撑非侵入式可连续工作的健康监测系统的开发。

对学生的要求：修过本科生大学数学与大学物理，修过或即将修读流体力学，对计算机编程、大数据处理等感兴趣。

5. 声波净化空气机理与规律研究

题目简介：近些年来，不规律的工业发展带来了严重的空气质量问题，严重危害人们的健康。因此，发展经济、高效且便携的空气净化技术具有极其重要意义。本项目利用声波的非接触式与大传播范围等特点，探索利用声波进行净化空气的可能性，项目将综合理论与实验的方法，对声波与颗粒相互作用的机理与规律开展创新性探索，该项目具有高度的新颖与趣味性。

对学生的要求：修过本科生大学数学与大学物理，修过或即将修读流体力学，对动手实验感兴趣。

6. 基于声波的靶向颗粒运输研究

题目简介：声波是一种机械波，包含动量与能量的特性，且具有非侵入式的传播特性。利用声波的动量特性，研究声波与颗粒之间相互运动的规律、机理与模型，探索利用声波非侵入式靶向运输药物的技术实现。该项目与北京大学第三医院合作，具有重要的医学应用前景，且具有高度的探索与趣味性。

对学生的要求：修过本科生大学数学与大学物理，修过或即将修读流体力学，对动手实验感兴趣。

7. 声波对边界层流动影响的数值研究

题目简介：当流体流过无滑移的壁面时，会在壁面上方形成一层薄薄的流动区域，该区域内流动速度快速从壁面的 0 速到增长到自由流动的速度，因此存在较大的剪切。边界层的存在是壁面摩擦阻力以及传热的存在根本原因。本项目拟利用数值模拟方法，通过在边界层内施加声波扰动，探究不同频率与相位的声波对边界层流动性质的影响，如边界层内脉动速度、雷诺应力、壁面摩擦阻力以及传热的变化。本项目主要通过课题组成熟的高精度有限差分高性能计算程序在天河 II 等超算平台上实现。

对学生的要求：修过本科生大学数学与大学物理，修过或即将修读流体力学，对计算机编程、大数据处理等感兴趣。

8. 热声制冷的机理与技术研究

题目简介：传统冰箱吸热的利用的传热工质的相变，例如氟利昂的汽化。传统工质的通常实现的传热效率受到一定的限制，且因为压缩机等活动部件的需要容易带来器件磨损等问题。相比传统方法，利用声波也可以实现制冷，由此实现的装置叫做热声制冷装置。该装置利用原理是声波的机械波特性，声波的传播通常伴随着温度的变化。热声制冷装置通常无需活动部件，且可以实现更高的效率。本项目将通过理论建模与模型实验，研究热声制冷装置的原理与实现，是对本科所学数理基础、力学以及热力学等知识的综合应用。

对学生的要求：修过本科生大学数学与大学物理，修过工程热力学，对简单的理论建模以及动手实验感兴趣。