

1. 段慧玲

教师邮箱: hlduan@pku.edu.cn

题目(实际立项可以修改):

1. 晶粒尺寸效应对奥氏体不锈钢中马氏体相变影响的模拟和理论建模;
2. Taylor-Couette 流动中滑移边界不稳定模态分析及时空特征研究;
3. 多层级结构表面等效滑移边界研究;
4. 跨介质航行体入水实验相似准则与流固耦合数值模拟研究;

题目简介: 1. 马氏体相变是奥氏体不锈钢中重要的强化机制。实验研究表明,晶粒尺寸对马氏体相变有重要影响,影响来自于几个方面。例如,在不锈钢以及形状记忆合金中晶粒变小会抑制相变;同时由于更多的晶界形核点,细晶中初始的相变会比粗晶更快,但是后续细晶的抑制作用占主导。目前还缺乏相关的模拟和理论建模来解释晶粒尺寸效应的两种影响机制的作用。

2. Taylor-Couette (TC) 流动是指夹在两个旋转同心圆柱之间的粘性流动,是壁湍流和对流研究的典型系统之一。通过在内转子壁面设计多层级疏水结构,可研究流固滑移边界条件下 TC 流动及湍流减阻等学术前沿问题。在高流速下,强剪切效应和增强的对流输运效应将诱发气-液界面失稳,使得滑移边界呈现时空耦合特性,极大影响 TC 流动整体阻力和大尺度流动。目前,对于流动强剪切和对流输运共同作用下的界面不稳定性问题缺乏系统、定量的研究。本课题旨在描述 TC 系统中气-液界面在高流速下的变形、失稳的动力学过程,通过流体实验和不稳定性理论分析,研究上述界面不稳定模态的产生机制及其时空耦合特征。

3. 固体表面难以做到绝对光滑,一般具有不同尺度的粗糙结构。对粗糙表面上的流体进行准确的建模非常重要;但小尺度表面微结构与大尺度宏观流动之间的多尺度关联、流速较大时气-液界面会出现振动等强非线性过程,都给建模带来挑战。本课题拟从实验角度研究具有周期性或准周期性微结构表面的流动特征,基于多尺度均质化方法建立宏观等效滑移边界模型,并探究气-液界面振动对滑移边界、边界层的影响规律。

4. 跨介质航行体入水涉及复杂的非线性动力学问题,如强冲击、自由表面大变形等现象。这些高度非线性和强时变性导致数学建模与求解极为困难。为此,实验研究成为关键手段。但全尺度实验成本高昂且难以实现,通过缩比实验并满足相似准则,可以将实验结果有效推导至实际应用。本课题将通过量纲分析和相似准则,研究如何在缩比实验中保持力学相似性,掌握不同条件下跨介质航行体入水的力学相似条件。结合数值模拟,分析和验证相似准则,比较缩比实验与全尺寸情况的差异,进一步揭示跨介质航行体入水的流固耦合作用机理。

对学生的要求: 无

2. 宋洁

教师邮箱: jie.song@pku.edu.cn

题目(实际立项可以修改): 1. 基于证据链推断的极端降水演变预测

2. 全球粮食-能源-化肥价格传导与风险演化研究: 基于全球贸易数据
3. 大语言模型(LLM)驱动的多智能体系统(MAS) ;
4. 基于深度强化学习(DRL)的决策优化与算法博弈

题目简介:

1. 大语言模型 (LLM) 驱动的多智能体系统 (MAS) 是一种结合了自然语言处理能力和多智能体协作的先进系统。这种系统通过利用 LLM 的强大语言理解与生成能力, 赋予智能体更自然的交流方式和更高效的协作机制, 从而解决复杂的任务和问题。LLM 通过深度学习技术训练, 能够理解和生成自然语言文本。常见的 LLM 包括 GPT 等, 它们使用深度神经网络, 尤其是 Transformer 架构, 捕捉文本中的语义和上下文信息。MAS 由多个智能体组成, 这些智能体可以相互协作、竞争或独立行动, 以完成特定的任务。每个智能体具有自主性、感知能力、决策能力和行动能力。将 LLM 与 MAS 结合, 可以利用 LLM 的语言理解和生成能力, 增强 MAS 的智能决策和协作能力。该方向的代表作品包括斯坦福小镇、LLM 狼人杀等。选题同学可以根据自己感兴趣的领域细化题目内容, 例如, 自动驾驶、复杂社会模拟等。

参考文献:

[1] Park JS, O'Brien j, Cai C j, et al. Generative agents: Interactive simulacra of human behavior[C]//Proceedings of the 36th annual acm symposium on user interface software and technology. 2023: 1-22.

[2] Xu Y, Wang S, Li P, et al. Exploring large language models for communication games: An empirical Study on werewolf[J]. Arxiv preprint arXiv:2309.04658, 2023.

[3] Yan Z, Xu Y. Real-Time Optimal Power Flow With Linguistic Stipulations: Integrating GPT-Agent and Deep Reinforcement Learning[J]. IEEE Transactions on Power Systems: A Publication of the Power Engineering Society, 2024, 39(2 Pt. 2):4747-4750.

[4] S. Wang, Y. Zhu, Z. Li, Y. Wang, L. Li and Z. He, "ChatGPT as Your Vehicle Co-Pilot: An Initial Attempt," in IEEE Transactions on Intelligent Vehicles, vol. 8, no. 12, pp. 4706-4721, Dec. 2023, doi: 10.1109/TIV.2023.3325300.

2. 基于深度强化学习 (DRL) 的决策优化与算法博弈是当前智能系统研究中的一个重要领域。在许多应用场景, 决策者面临的复杂环境蕴含着多方的策略性互动。DRL 结合了深度学习的表征能力与强化学习的决策能力, 使得智能体能够在复杂的动态环境中学习并优化决策策略, 适用于多智能体系统 (MAS), 其中多个智能体进行竞争博弈或合作博弈。通过对环境的反馈进行训练, DRL 能够帮助智能体实现自适应决策, 从而在不确定性和动态变化中寻找最佳策略。该研究方向涵盖了纳什均衡、最优控制等经典博弈理论的应用, 致力于在多智能体环境中探索如何通过 DRL 提升决策效率, 并为深入理解智能体行为提供新的视角。选题同学可根据个人兴趣, 聚焦于经典博弈环境的 DRL 学习或 DRL 指导的博弈机制设计等方向。

参考文献:

[1] Calvano E, Calzolari G, Denicolò V, et al. Artificial Intelligence, Algorithmic Pricing, and Collusion[J]. American Economic Review, 2020, 110(10):3267-3297.

[2] Pan, Chenglu et al. Towards Fair Graph Federated Learning via Incentive Mechanisms. ArXiv abs/2312.13306 (2023): n. pag.

[3]Yang Y, Wang J. An overview of multi-agent reinforcement learning from game theoretical perspective[J]. arXiv preprint arXiv:2011.00583, 2020.

3. 随着气候变化与人类活动的影响,全球极端降水呈现频次增多、旱涝演变日益迅速的特点。但是当前对于极端降水的预测和归因分析主要基于可采集的气象站点数据。对于气象站点布局稀疏或者受灾害影响导致气象站被冲毁的区域,无法掌握确切的降水数据。为了更加科学全面的掌握极端降水演化规律,将结合大气机理模型、统计推断方法、机器学习,对无法观测的地区的降水情况进行推断和验证,从而更好的支撑极端降水气候演化的归因研究。

5. 近年我国粮食安全已经由总量安全向流通各环节的供需平衡转变。在流通环节中,受到全球化的影响,粮食在大宗商品贸易中具备了金融化的属性。在俄乌战争、疫情等事件下,受到全球能源价格、主要粮食出口国政策的影响,农资(化肥为主)、粮食价格出现了大幅波动,进而导致了国内粮食生产商的被动响应和效益受损。如何识别异常价格波动、构建价格与风险传导模型、推演价格-贸易量演变走势,成为学术界、企业、政府部门关注的共同难题。面向这一问题,将结合贸易网络特性、农业经济学的价格-风险传导理论、数据-机理融合的因果推断方法,开展研究。

对学生的要求: 1. 具有一定的 python 编程能力,具有一定的统计学基础,对问题背景知识有一定了解. 有一定的代码能力

2. 建议具有博弈论/信息经济学相关知识; 具备强化学习及深度强化学习的基础知识

3. 陈帜

教师邮箱: chenzhi@pku.edu.cn

题目(实际立项可以修改): 基于计算机视觉模型的燃烧流体物理场重构和生成

题目简介: 本课题拟采用 GAN、diffusion、vision transformer 等技术,选取 HuggingFace 中已开源的底座模型,加入燃烧流体物理场数据进行微调训练,获得具备超分辨率重构和生成复杂物理场的模型

对学生的要求: 具备较好的流体力学基础,熟悉 pytorch 等机器学习框架,有 LLM/CV 经验者优先

4. 段志生

教师邮箱: duanzs@pku.edu.cn

题目(实际立项可以修改): 面向低轨异构星群的自主任务分配方法研究

题目简介: 随着 SpaceX 公司星链卫星的不断发射入轨,低轨巨型星座已经从概念走向现实。由于低轨卫星距离地面高度更低,在执行通信、遥感、导航增强等多种任务时,具有更大的成本与技术优势。然而低轨卫星实现广域覆盖时,卫星数量势必需求更大,给传统的中心式运营管理方法带来较大压力。在动态组网、信息交互、自主决策、智能规划等一系列技术手段加持下,全面提升卫星自主智能化水平,则是未来技术发展的趋势。本课题讨论大规模低轨异构星群的复杂任务分配问题,在轨道动力学约束、资源种类约束、任务实时性约束、能源约束等多种约束条件下,以分布式自主决策框架下,探索解决工程技术问题的新思路、

新方法，为相关问题提供理论与方法基础。

对学生的要求： 具有较好的数学、力学以及计算机编程基础，绩点 3.6 以上。

5. 吕鹏宇

教师邮箱： lvpy@pku.edu.cn

题目（实际立项可以修改）： 仿生水面机器人结构设计及运动性能研究

题目简介： 水面机器人可应用于水面环境监测与清洁、近海工业和海洋勘探等领域。目前水面机器人存在运动机动性差、功能单一等问题。水龟、弹尾虫等水生昆虫依靠其独特的自身结构可以实现几百倍体长/秒的水面快速运动，具有优异的运动性能。本研究将揭示昆虫水面运动机理，设计仿生水面机器人，实现水面快速推进以及灵活转向等运动性能。

对学生的要求： 无

6. 彭雨燊

教师邮箱： yucan.peng@pku.edu.cn

题目（实际立项可以修改）： 1. 面向建筑节能的光热调控低发射率涂料；2. 具有动态响应热辐射性质的新型织物；3. 新型热沉的表面微结构设计及散热机制研究

题目简介： 本课题组主要从事光热调控与能源方向的研究，聚焦于用新材料设计与制备解决实际问题，以上题目为目前实验室正在进行研究的几个大方向，欢迎感兴趣的同学加入！

对学生的要求： 有强烈的好奇心和求知欲，愿意钻研，善于沟通

7. 宋保方

教师邮箱： baofang.song@pku.edu.cn

题目（实际立项可以修改）： 1. 管道层流—湍流界面的预解分析
2. 槽道流中速度条带快速增长机制研究

题目简介： 1. 管道中层流—湍流界面处得湍流生成机制仍不清晰，本可以拟从线性系统的激励响应角度分析该问题，拟通过预解分析方法

2. 结合渐进分析研究槽道流动中速度条带实现快速增长的一种可能的物理机制

对学生的要求： 无

8. 孙铭阳

教师邮箱： smy@pku.edu.cn

题目（实际立项可以修改）： 1. 面向电力系统场景深度强化学习模型的能耗分析和优化研究；2. 面向低碳电力系统的大语言模型辅助暂态过程建模研究；

题目简介： 1. 随着深度学习技术的广泛应用，特别是在电力系统复杂领域，所需的计算资源和能耗不断增加，如何优化模型的能源效率已成为重要的研究课题。在电力系统中，深度强化学习算法被用于优化调度、负载平衡等任务，但其计算开销和能耗问题未得到充分解决。为了应对这一挑战，本研究旨在分析电力系统中使用的深度强化学习算法的能耗表现，揭示其不同场景下的能源消耗特征，并探索能够有效减少能耗的优化策略； 2. 在电力系统领域，随着可再生能源接入、电力电子设备应用的增加和负荷特性日益复杂，电力系统的动态过程变得更加难以预测和控制。这种复杂性对传统的物理建模方法提出了新的挑战。传

统的电力系统模型主要基于物理定律（如电磁学和动力学），通过系统状态方程描述发电机、变压器、线路和负荷等的行为。然而，随着大规模风能、太阳能等可再生能源接入，系统的随机性和不确定性显著增加，使得系统的动态特性更加复杂且难以用传统的解析方法准确描述。此外，随着电力电子设备（如逆变器）的广泛应用，系统的非线性特性增强，传统的线性化建模方法难以充分捕捉系统动态过程的本质。

随着传感器技术和智能电网的不断发展，电力系统的动态数据来源越来越丰富，包括智能电表、同步相量测量单元（PMU）、继电保护装置等。这些数据可以反映系统的电压、电流、频率等参数在时间上的变化，提供了研究电力系统动态过程的宝贵资源。然而，这些数据通常具有高维、异质性、噪声和缺失值等问题，传统的统计和机器学习方法难以直接处理这些数据来建立精确的机理模型。因此，需要一种能够从复杂数据中自动提取系统机理的建模方法。大语言模型（如 GPT 系列）具有处理大规模文本数据和生成复杂推理的能力，并能够整合多源异构数据。它们可以从电力系统的运行数据和已有文献知识中提取特征，帮助自动建立与调整系统模型。这种方法可以大幅降低对人工先验知识的依赖，并提高模型的适应性。因此本课题研究基于大语言模型的低碳电力系统暂态过程建模。通过低碳电力系统运行特点，构建精确的动态仿真模型。该研究将深入挖掘低碳电力系统内部的非线性机理和多层次关联关系，为低碳电力系统暂态稳定与紧急控制提供精确的数据支持和理论依据。

对学生的要求：熟悉 Python，对人工智能、大数据、能源系统研究感兴趣

9. 孙志勇

教师邮箱：zhiyong.sun@pku.edu.cn

题目（实际立项可以修改）：1. 基于 Koopman 算子的机器人学习与控制；2. 安全控制：分布式障碍函数及在多机器人安全运动规划中的应用；3. 运用大语言模型（LLM）辅助机器人运动规划

题目简介：1. 可见如下综述论文：Koopman Operators in Robot Learning <https://arxiv.org/abs/2408.04200>；2. 见 Magnus Egerstedt: Robot Ecology: Constraint-Based Design for Long-Duration Autonomy, Princeton University Press 2022；3. Many recent works have demonstrated that pre-trained large language models (LLMs) can be effective task planners for a variety of single-robot tasks. Recent attempts on multi-robot planning with temporal logic specifications via ChatGPT have revealed the challenges and promising potential applications of LLMs in assisting robot planning.

See recent papers:

- [1] MIT paper: Chen, Y., Arkin, J., Zhang, Y., Roy, N., & Fan, C. (2024, May). Scalable multi-robot collaboration with large language models: Centralized or decentralized systems?. In 2024 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA) (pp. 4311-4317). IEEE.
- [2] Survey paper: Guo, T., Chen, X., Wang, Y., Chang, R., Pei, S., Chawla, N. V., ... & Zhang, X. (2024). Large language model based multi-agents: A survey of progress and challenges. arXiv preprint arXiv:2402.01680.
- [3] TU/e paper: van de Laar, T., Zhang, Z., Qi, S., Haesaert, S., & Sun,

Z. (2024). VernaCopter: Disambiguated Natural-Language-Driven Robot via Formal Specifications. arXiv preprint arXiv:2409.09536.

对学生的要求: 1. 数理基础, 编程能力 (Matlab 或 Python)。有机器人背景 (运动建模与规划) 等优先; 2. 数理基础, 机器人运动规划, 编程 (Matlab 或 Python); 3. 编程 (Matlab or Python)。对大语言模型及其应用感兴趣。有自主机器人建模及运动规划背景者优先。

10. 喻俊志

教师邮箱: yujunzhi@pku.edu.cn

题目 (实际立项可以修改): 可调幅连续驱动仿鱼摆尾推进机构的优化设计

题目简介: 在机器人技术领域, 模仿自然界生物的运动机制以提高机械系统的效率和适应性已成为一种趋势。本文针对仿生推进结构设计开展研究, 以鱼类摆尾的游动方式为灵感, 旨在为水下航行器提供一种高效、灵活的推进方式。

对学生的要求: 无

11. 张玺

教师邮箱: xi.zhang@pku.edu.cn

题目 (实际立项可以修改): 基于机器学习方法的道路快速缺陷识别

题目简介: 面向公路智能巡查需求, 通过流数据和定位信息自适应识别公路缺陷形状和位置。

对学生的要求: 有 python 编程经验, 对统计学习如 Yolo 系列模型有基本认知和研发兴趣。

12. 张璇

教师邮箱: xuan.zhang@pku.edu.cn

题目 (实际立项可以修改): 纳米陶瓷复合材料的增韧机制研究

题目简介: 通过原子尺度模拟, 研究纳米陶瓷颗粒增强的碳纤维材料的强韧性能, 提出强韧协同的最优复合材料设计。

对学生的要求: 无

13. 宋坤 (未来技术学院)

教师邮箱: kun.song@pku.edu.cn

题目 (实际立项可以修改): 1. 多束扫描电子显微镜图像质量监控闭环控制算法开发; 2. 多束电镜切片制备系统 Gauss-EM 切片高保真顺序算法开发;

题目简介: 1. 电镜连接组学中, 多束扫描电子显微镜是目前世界上速度最快、扫描面积最大的显微镜, 每天可完成数百张扫描电镜图的收集, 产生近 20TB 的数据。因此, 多束电镜扫描无法像传统电镜一样通过人工来检查图像的扫描质量。本课题组已有的工作完成了基于稀疏采样的多束电镜扫描的图像质量监控。目前已有的工作是通过监控算法+人工重新扫描来进行的。然而人工重新扫描会降低扫描电镜的使用效率、使得扫描周期延长 (人工操作、等待等)。因此, 该毕业设计课题的目标是 (a) 进一步提高质量监控算法, 避免假阴性; (b) 进一步将监控算法与电镜扫描结合, 形成一个闭环控制, 实现自动化的重扫描不良区域, 降低人工参与导致的通量下降。2. 多束电镜切片制备传统方法 ATUM 使用导电传送带来收集纳米级超薄切片。这导致在多束电镜下出现大量的导电带相关的成像

artifacts。现有新技术 Gauss-EM 不适用导电传送带，而是将切片直接收集在硅晶圆片上。由于硅晶圆片的表面平滑度远超过导电传送带，这可以避免各种 artifacts。但是该技术的应用会使得切片在硅片上呈一定的随机排列，丢失了顺序信息。已有方法通过对电镜数据进行 SIFT 特征提取然后进行顺序重排。然而这个方法会消耗很多计算资源（尤其是对大型数据集），而且有可能存在错误排列的问题。为此，该毕业设计课题旨在通过摄像的方式监控切片过程，编写算法来保留切片顺序信息，为多束电镜提供高效工具。

对学生的要求：有编程基础，对大脑研究感兴趣

14. 吕世贤（材料科学与工程学院）

教师邮箱：lvshixian@pku.edu.cn

题目（实际立项可以修改）：先进疫苗载体材料

题目简介：针对恶性肿瘤等重大疾病，开发新型疫苗递送系统，具有高效的递送效率、免疫激活能力，实现高效的细胞免疫效应，为重大疾病防治提供安全高效的疗法。

对学生的要求：无

15. 邵元龙（材料科学与工程学院）

教师邮箱：shaoyuanlong@pku.edu.cn

题目（实际立项可以修改）：1. 高强高导热碳纳米管纤维制备及力热性能研究
2. 纤维电池一体化组装设计及可穿戴应用
3. 高强高韧生物质再生纤维湿法纺丝机制研究
4. 高导热石墨烯泡沫薄膜制备及芯片热界面应用研究

题目简介：本团队整体研究方向聚焦于碳纳米管及生物质材料纤维材料制备方法研究，聚焦纤维制备的纺丝物理化学过程，探索各种纤维材料在热管理以及热防护方面的应用。

对学生的要求：无

16. 傅晓阳（材料科学与工程学院）

教师邮箱：fuxy@pku.edu.cn

题目（实际立项可以修改）：Pt 基催化剂的制备与乙二醇电催化氧化升级

题目简介：乙二醇的电催化氧化升级制备乙醇酸，为废弃 PET 的高值转化和乙醇酸的绿色制备提供了潜在的新路线。研究将涉及 Pt 基电催化剂的合成、表征与电催化性能，并探索构效关系，最终实现乙二醇选择性电催化氧化制备高值乙醇酸产物，并与析氢反应相耦合，替代传统电解水中阳极的析氧反应，进一步实现节能制氢。

对学生的要求：具有纳米化学的基础，对纳米合成与电催化领域感兴趣

16. 李长辉（未来技术学院）

教师邮箱：chli@pku.edu.cn

题目（实际立项可以修改）：1. 超声面阵系统的空间精确校准方法研究； 2. 有壳卵生动物胚胎发育的光声成像研究

题目简介：1. 超声面阵系统的空间精确校准方法研究：

随着技术发展，基于二维面阵的三维光声或超声成像得到了巨大发展，他们都依赖于二维面阵系统，然而随着阵元的增多，分布面积的多样性，如何精准地确定每一个阵元的三维空间位置对成像结果非常重要。本课题针对这个巨大需求，要求学生研究一个快速可行的三维精确定位方法，对空间中多个超声换能器定位精度误差要小于四分之一波长。

2. 有壳卵生动物胚胎发育的光声成像研究：

卵生动物发育是研究复杂生物组织生长发育的重要对象。其中鸟类和爬行动物的卵带有硬化且不透明且的蛋壳，这导致常用的光学和超声成像技术往往需要对蛋壳进行破坏才能更准确研究胚胎发育。现有的无创研究方法需要 CT、MRI 等大型设备难以普及。本课题希望利用先进的光声成像技术，利用能深入蛋壳内部的散射光子让胚胎从蛋壳内部产生向外传播的超声信号，从而为无创卵生动物胚胎发育发展新的影像技术。

对学生的要求：有 python 编程经验，对统计学习如 Yolo 系列模型有基本认知和研发兴趣。