工程科学学院本科生工程创新科学实践团队项目介绍

<table>
<tr><td rowspan="2">项目
基本情况</td><td>项目名称</td><td>基于热管的芯片冷却装置设计及制作</td></tr>
<tr><td>所属实验室</td><td>先进热管理技术实验室</td></tr>
<tr><td>项目负责人</td><td colspan="2">李骥</td></tr>
<tr><td>负责人简介</td><td colspan="2">李骥，中国科学院大学长聘教授，中国高等教育学会工程热物理分会理事，中国热管专业委员会委员，中国空间中心流体物理组专家组成员，中国制冷学会数据中心液冷专业委员会委员，中国电子学会绿色计算机技术标准化工作委员会成员，工信部热管理工作委员会理事，曾担任上市企业顾问。相关研究在国内外核心期刊和会议共发表论文约 100 余篇，被他人索引约 4000 多次，授权专利多项。</td></tr>
<tr><td>项目简介
（500 字以内）</td><td colspan="2">大功率半导体芯片在运行时会产生大量热量，若散热不及时，芯片温度升高会导致性能下降、运算速度变慢，甚至出现故障。有效冷却能确保芯片在设计温度范围内稳定工作，维持其高性能和可靠性，尤其在数据中心、人工智能计算、高性能计算等领域，对算力的持续输出至关重要。大功率芯片在极小的面积内产生大量热量，单位面积功率密度极高（如每平方厘米数百瓦甚至更高）。传统散热方式难以满足需求，需要开发新型散热材料和技术，如高导热复合材料、两相流冷却等。
对于高功率芯片，液体冷却（如浸没式冷却、微通道冷却）是有效手段，但液体冷却系统涉及复杂的流体循环、密封、防腐蚀等问题。此外，液体与芯片的兼容性、冷却液的选择和管理也是技术难点。而热管作为被动式两相流冷却技术，利用热管内部工作介质的相变实现高效热传导，能够克服上述液体冷却的弊病。基于热管的芯片冷却技术的优点：（1）热管内部依靠工质的汽液相变传热，热阻极小，导热能力远超普通金属材料，能快速将芯片热量传递至散热端，有效降低芯片温度；（2）热管内蒸汽处于饱和状态，温降极小，可使芯片表面温度分布更均匀，减少局部过热风险，提高芯片稳定性；（3）与其它液冷等技术相比，热管为封闭系统，无冷却液泄漏隐患，安全性更高；（4）无需外部动力驱动，无运动部件，减少了故障点和维护成本，长期运行可靠性高。但目前热管冷却技术存在热流密度小于 500W/cm2，可承载极限热负载小于 1000W 的技术瓶颈，还需从结构、材料及冷却布置方式等方面深入探索，结合试验及数值仿真，实现技术突破。</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="2">项目
基本情况</td><td>项目名称</td><td>旋转磁场驱动液态金属流动研究（模拟）
磁流体力学湍流研究（实验）</td></tr>
<tr><td>所属实验室</td><td>磁流体力学实验室</td></tr>
<tr><td>项目负责人</td><td colspan="2">倪明玖</td></tr>
<tr><td>负责人简介</td><td colspan="2">倪明玖，中国科学院大学讲席教授。西安交通大学工学博士，1999-2007 年间在京都大学和 UCLA 学习工作。围绕磁约束托卡马克聚变堆关键部件的研发及电磁冶金材料的研制,长期开展液态金属流体力学研究，主要研究方向：磁流体力学（MHD）、两相流、MHD 湍流、核聚变工程、电磁冶金等。是国务院学位委员会力学学科评议组委员，中国力学学会常务理事，流体力学专业委员会副主任委员，大科学装置 CRAFT 科技委员会委员，FED 中国区副主编等。先后主持科技部磁约束聚变堆重点研发计划项目，基金委重大仪器专项（自由申请类）项目、杰出青年基金项目、重点基金项目等，曾获中国力学学会自然科学一等奖。</td></tr>
<tr><td colspan="3">旋转磁场驱动液态金属流动研究（模拟）</td></tr>
<tr><td>项目简介
（500 字以内）</td><td colspan="2">研究背景与现状
电磁驱动流动在非接触操作的磁流体动力学（MHD）调控领域应用广泛，典型场景包括液体通道嵌入载体流体的流动控制、液滴微流体系统的精准调控以及工业生产中的电磁搅拌等关键技术环节。目前，这类电磁驱动流动的主流实现方式，多通过电极向体系内注入电流，并配合施加静磁场来完成，相关理论与实验研究已较为成熟且成果丰富。
然而，在非注入式电磁调控方法的研究中，存在明显的待探索空间。其中，利用动磁场实现调控的思路具有独特优势--当磁场发生时间变化时，会在液态金属内部感应产生涡流，涡流与磁场相互作用可实现对液态金属的驱动。但当前关于动磁场下液态金属流动的模拟与实验研究仍较为薄弱：一方面，针对液态金属与不同磁化率介质相互作用的数值模拟计算体系尚未完全统一建立；另一方面，实验层面关于动磁场驱动液态金属流动的动力学特性研究也相对空白，亟待进一步补充与完善。

核心研究内容与实验方案
本研究聚焦于动磁场驱动液态金属流动的关键特性，以单对旋转永磁铁为驱动源，设计具体实验方案如下，实验装置示意图如图一、图二所示：
实验装置搭建：以亚克力材质制作的圆盘作为液态金属的承载容器，圆盘的上下两侧，沿圆盘对称轴线位置分别设置一块条形永磁铁，两块永磁铁以圆盘中心圆柱轴心为旋转轴实现同步旋转。</td></tr>
</table>

流动特性观测与测量：采用超声多普勒测速（UDV）技术对液态金属的流动速度进行测量，初步设定的测速位置如图示（具体测量位置可根据前期实验结果进行动态调整与优化，以确保测量数据的准确性与代表性），通过对速度数据的分析，揭示动磁场参数（如旋转速度、磁场强度）与液态金属流动动力学特性（如流速分布、流动形态）之间的关联规律。

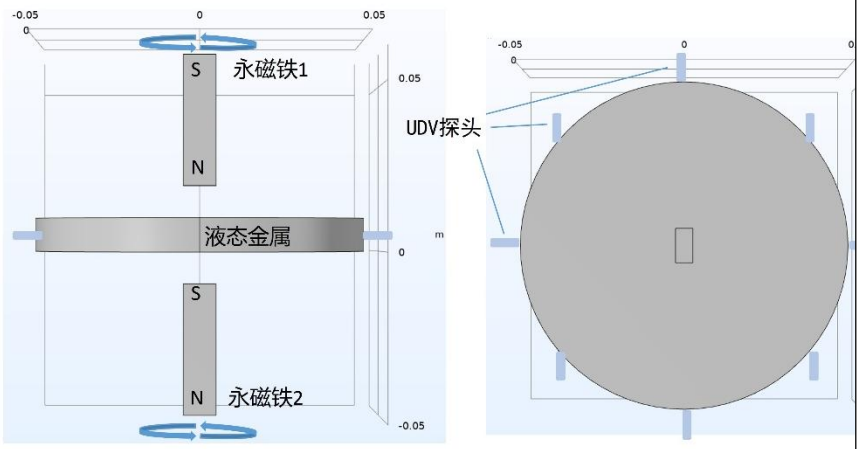

图 1 单对旋转永磁铁流动研究

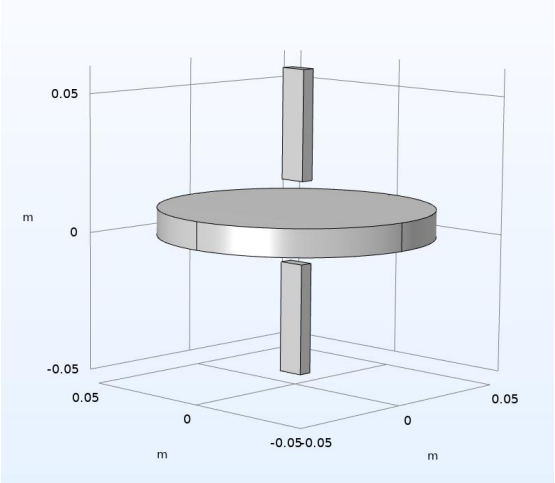

图 2 模型三维示意图

磁流体力学湍流研究（实验）

项目简介（500 字以内）

磁流体湍流是实验室实现（准）二维湍流的最佳手段之一，具备丰富的基础研究内涵和工业应用价值，因流场测量技术瓶颈，文献报道非常有限，相关研究很不充分。

本项目围绕液态金属磁流体力学湍流实验与理论研究，基于自研流场测量技术开展磁流体管道湍流实验，分析能量输运与耗散规律，拟建立能谱标度律模型。

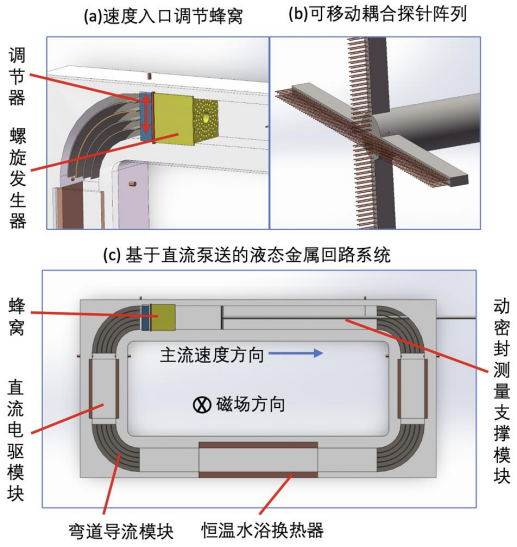

图. 本项目实验设计示意.(a)速度入口调节（b）耦合探针阵列（c）基于直流泵送的液态金属回路实验段

本项目拟采用的流场测量技术基于超声原理和电势探针原理自主研发，获得国家发明专利十余项，发表论文三十余篇，已具备丰富研发基础和实践经验。相关技术在先进和工业技术、电磁冶金、石油开采等领域具备广泛应用前景。

本项目拟开展工作如下：

1. 根据上述设计示意图，学习和实现详细工程设计、搭建磁流体管道湍流实验台。
2. 学习和掌握磁流体湍流流场实验测量方法。
3. 学习和掌握基于 matlab/python 编程的数据分析方法。
4. 学术能量输运与耗散特性分析方法。

<table>
<tr><td rowspan="2">项目
基本情况</td><td>项目名称</td><td>深海重大装备关键材料力学行为与服役性能</td></tr>
<tr><td>所属实验室</td><td>LNM 全重</td></tr>
<tr><td>项目负责人</td><td colspan="2">孙成奇</td></tr>
<tr><td>负责人简介</td><td colspan="2">孙成奇，博士，中国科学院力学研究所研究员，博士生导师；中国材料研究学会疲劳分会理事，中国航空疲劳与结构完整性委员会专家委员，Engineering Fracture Mechanics 编委等，主要研究领域为材料和结构的疲劳与断裂。已发表 SCI 论文 80 多篇，主持国家科技重大专项项目、国家自然科学基金项目等 10 多项，获中国造船工程学会科技进步特等奖、中国铁道学会科学技术一等奖等 4 项。</td></tr>
<tr><td>项目简介
（500 字以内）</td><td colspan="2">深海关键技术开发不仅是维护国家安全的战略性高技术，也是深海科学研究和资源开发的一个重要组成部分。深海装备的大潜深、高可靠性对深海服役环境下材料/结构的安全提出了更高的要求。比如，深海耐压结构用的钛合金，由于其塑性相对较差，加工成型过程中更容易形成局部缺陷，在长期服役过程中可能会由于应力腐蚀导致大型构件的局部发生裂纹萌生与扩张；长期服役于深海条件下，高静水压力带来的高应力会诱导钛合金的蠕变行为，等等。这些因素都会威胁到重大装备的服役安全，影响其服役寿命。
因此，需要深入了解深海重大装备关键材料力学行为与服役性能。本项目将通过试验研究、理论分析、计算模拟等多种手段，了解深海重大装备关键材料的力学行为以及疲劳、蠕变、应力腐蚀等使役性能测试、表征与评价方法。</td></tr>
<tr><td>项目
基本情况</td><td>项目名称</td><td>新概念跨域飞行器设计原理研究与关键技术验证</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td>所属实验室</td><td>力学研究所流固耦合系统力学重点实验室</td></tr>
<tr><td>项目负责人</td><td colspan="2">王一伟</td></tr>
<tr><td>负责人简介</td><td colspan="2">中国科学院力学研究所研究员，博士生导师，主要从事跨介质高速水动力学研究与新概念飞行器研制，已主持国家自然基金青年项目（A、B 类）和重大项目课题等任务，成果应用于跨介质领域重大工程型号与新质装备研制。</td></tr>
<tr><td>项目简介（500 字以内）</td><td colspan="2">跨域装备是新质新域能力的典型代表。以水空跨域为例，跨介质三栖航飞器可以实现水下、水面、空中运行和快速多次自由模态切换，能够关联空中与水下的探测、通讯、控制等重要功能，融合水下长航时/航程与空中快速机动装备特点，针对水下目标探测与跟踪、近岸目标观察与信息获取、极端条件海气边界层复合观测、海上救助打捞与应急保障等重大需求，均有望实现创新的应用场景与能力手段。
本项目将以跨域新概念飞行器平台研制为牵引，由学生组队通过充分调研进行自主选题，针对例如水空一体化外形总体设计、水空多介质动力系统、仿生变体机构与方法、跨域智能自主控制、多物理场复合探测、集群任务规划等方向，开展新原理探索和关键技术攻关研究，并在相关专业技术团队的协助下开展原理样机验证。</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="2">项目
基本情况</td><td>项目名称</td><td>基于 AI 的肾脏超声图像囊性肿瘤识别系统构建与优化</td></tr>
<tr><td>所属实验室</td><td>智能信息处理实验室</td></tr>
<tr><td>项目负责人</td><td colspan="2">薛健</td></tr>
<tr><td>负责人简介</td><td colspan="2">现任中国科学院大学工程科学学院教授，博士生导师。主要研究方向包括数字图像处理、计算机图形学、科学计算可视化等，长期从事图像分析处理和科学计算可视化方面的研究工作，主持或参与国家自然科学基金、国家重点研发计划、北京市自然科学基金等各级各类科研项目十余项，相关研究成果在领域内顶级期刊 IEEE TIP、IEEE TNNLS、IEEE TMM 以及 AAAI、ACM MM、ICCV 等国际知名学术会议发表论文 50 余篇，取得发明专利多项，面向断层图像的分析处理和可视化方法被成功应用于医疗企业便携式 4D 超声仪器和工业超声显微镜设备中，获得了良好的应用效果。</td></tr>
<tr><td>项目简介
（500 字以内）</td><td colspan="2">随着 AI 技术的快速发展，其在医学领域的应用日益广泛，特别是医学图像分析和处理，能够显著提升诊断效率和准确性。本项目隶属于智能信息处理实验室“AI 辅助医学图像识别方法研究与改进”选题，聚焦于肾脏超声图像的囊性肿瘤良恶性识别这一基础且实用的方向。肾脏囊性病变在临床诊疗中十分常见，涵盖良性囊肿与潜在恶性囊性肿瘤，其早期诊断对患者预后至关重要。传统诊断依赖医生经验，容易受主观因素影响，而 AI 可以通过深度学习模型自动分析图像特征，实现辅助诊断。本项目旨在让本科生通过参与实际 AI 应用实践，学习 AI 基础知识，激发学生对医工交叉领域的科研兴趣，并培养团队协作能力。
项目主要包括如下几个阶段：
1）数据预处理：基于肾脏超声图像，学习医学图像的基本特性、超声图像中常见的噪声与伪影类型，并就常用的预处理技术进行实践。
2）模型构建与训练：使用预训练的卷积神经网络作为基础，构建简单分类模型，识别良、恶性肿瘤图像。
3）性能评估与优化：通过准确率、召回率等指标评估模型，尝试简单优化方法，如数据增强或超参数调整，包括对模型本身进行改进。
4）应用扩展：尝试模型部署和交互集成，实现一个从图像获取到自动分类的全过程应用软件原型。</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="2">项目
基本情况</td><td>项目名称</td><td>人工智能驱动的湍流研究及工程应用</td></tr>
<tr><td>所属实验室</td><td>超常环境非线性力学全国重点实验室</td></tr>
<tr><td>项目负责人</td><td colspan="2">杨晓雷</td></tr>
<tr><td>负责人简介</td><td colspan="2">杨晓雷，中国科学院力学研究所研究员，博士生导师。在浸没边界方法基函数、分离湍流大涡模拟近壁模型、风力机空气动力学模型、湍流尾迹演化机制和相似准则方面的研究成果被国际同行采用与证实。在《J. Fluid Mech.》和《Renew. Energy》等期刊发表论文 80 余篇。曾获国家海外青年人才计划择优资助。2023-2025 年连续入选斯坦福大学和爱思唯尔联合发布的全球前 2%顶尖科学家榜单。现任《力学学报》编委、欧洲风能学会旗舰期刊《Wind Energy Sci.》副主编、气象学经典期刊《Bound.-Layer Meteorol.》编委。</td></tr>
<tr><td>项目简介
（500 字以内）</td><td colspan="2">湍流是经典物理的未解难题，是《Science》125 前沿科学问题，是航空航天、能源环境等国家战略需求的关键问题。人工智能为湍流研究提供了新途径，但纯数据驱动的模型常存在可解释性差、泛化能力弱等问题。本项目旨在融合机器学习与流动物理，开展湍流建模与预测的基础和应用研究。可选择研究方向包括：
（1）湍流的大涡模拟近壁建模。大涡模拟有望成为下一代工业仿真的核心工具，而近壁建模可显著降低计算量，是实现该目标的有效途径。本方向将结合壁湍流物理与机器学习，发展具有普适性的大涡模拟壁模型。
（2）基于降阶模型的湍流尾迹预测与识别。湍流尾迹是新一代风电技术和潜航器非声识别的关键挑战，其时空演化的精准预测至关重要。本研究将基于已有数据，运用扩散模型等机器学习方法，构建尾迹拟序结构的快速预测模型与特征识别方法。
（3）阵风条件下的飞行器气动特性预测。阵风严重影响起降阶段的飞行稳定与安全。本方向将研究不同阵风条件下的气动特性，发展基于机器学习的气动快速预测模型。
本研究将助力团队成员掌握前沿机器学习技术，最终形成一套物理机理与数据驱动相融合的湍流模拟或快速预测模型，完成典型工程场景应用验证，并以此为基础撰写高水平学术论文。</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="2">项目
基本情况</td><td>项目名称</td><td>基于生成式模型的高超声速乘波体设计与优化研究</td></tr>
<tr><td>所属实验室</td><td>空天飞行高温气动全国重点实验室</td></tr>
<tr><td>项目负责人</td><td colspan="2">张陈安</td></tr>
<tr><td>负责人简介</td><td colspan="2">中国科学院力学研究所研究员，博士生导师，空天飞行高温气动全国重点实验室副主任。兼任国家某重大专项气动领域专家组成员、宇航学会无人飞行器分会委员。长期从事高超声速飞行器设计、非定常空气动力学、气动弹性力学和人工智能应用研究。承担和参与新一代人工智能国家科技重大专项、中国科学院战略性先导科技专项等重大科研项目，抓总“鸣镝”宽域飞行器气动布局设计，成果获2024年度中国科学院杰出成就奖。</td></tr>
<tr><td>项目简介
（500字以内）</td><td colspan="2">高超声速飞行器是当前世界航空航天强国抢占制高点的重点方向，而乘波体的高升阻比优势使其在该类飞行器设计中极具应用价值。本项目针对乘波体设计与优化问题，旨在创新性地利用人工智能技术，构建一套智能化的乘波体设计与优化框架。研究内容主要包括：首先，开发参数化乘波体生成程序并运用计算流体力学（CFD）技术对生成外形的“乘波”特性进行验证；其次，建立高效的气动力模型以实现优化中气动性能的快速评估；项目核心是结合去噪概率扩散模型（DDPM）等生成式模型与遗传算法，创建“智能生成-快速评估-高效优化”的一体化优化框架，以自主探索高性能最优构型；最终，通过特征工程与SHAP值分析等可解释AI技术，深入解读优化结果，揭示设计变量与气动性能的映射关系，提炼高超声速乘波体设计准则。
本项目旨在突破传统设计瓶颈，为高超声速气动布局设计提供全新的智能化解决方案和理论支撑，对推动AI赋能先进飞行器设计具有重要价值。</td></tr>
</table>