

# 低温科学与技术全国重点实验室

## 2025 年开放课题申请指南

为进一步落实国家创新驱动发展战略，提升低温科学与技术全国重点实验室（以下简称“实验室”）的自主创新能力，充分发挥全国重点实验室作为国家公共研究平台的作用，促进科研合作和学术交流，按照“开放、流动、联合、竞争”的全国重点实验室运行机制，现发布实验室 2025 年度开放课题申请指南。

### 一. 选题范围

面向国家对低温科学与技术领域的重大需求及学科前沿发展趋势，聚焦实验室“低温共性基础、低温关键技术、低温前沿交叉”三大重点方向，针对复杂条件低温流体物性与传热传质、低温功能材料性能调控、先进低温制冷方法与技术等研究方向，开展新理论、新方法、新技术的探索性及创新性研究，为推动低温科学与技术的发展提供理论方法支撑。本年度开放课题设立重点课题和自由探索两类课题，课题应聚焦实验室的重点方向，其中自由探索课题不设置具体指南，**重点课题**指南如下：

#### 1. 低压区氦-3 热力学状态方程性能评估及性能提升研究

氦-3 是实现 mK 级制冷的关键工质，其工况压力常低于 1kPa 甚至达 Pa 级。从热力学或分子动力学等理论出发，提出适合强量子流体氦-3 的低压和低温区热力学状态性质表征方法，完善其热力学状态方程，提升 1kPa 以下的热力学性质预测精度。

## **2. 液氢管内沸腾传热特性研究**

面向氢能航空、液氢储运和利用等氢能领域中液氢沸腾汽化需求，建立液氢流动沸腾的热质流多场耦合三维数值模型，完善液氢管内流动沸腾的两相流型预报图，揭示液氢管内流动沸腾传热机理；开展液氢汽化器相变动力学特性数值仿真，获取影响相变过程关键影响因素。

## **3. 甲烷推进剂再生冷却的超临界流动传热机制研究**

聚焦液氧甲烷航天动力装置再生冷却性能优化问题，开展甲烷推进剂微小通道内超临界流动传热实验及仿真研究，揭示典型工况下甲烷再生冷却性能的主控因素及演化规律，探索相似准则数的动态响应特性，完善超临界甲烷传热与压降的关联式，为再生冷却推力室结构设计及组合冷却新技术研发提供基础支撑。

## **4. 液态金属低温超导电子学探索与性能提升研究**

低温超导材料在众多领域意义重大，液态金属独特的结构和性质为其研究带来新启发。基于多元组分选择及表面自氧化等，系统开展液态金属低温超导电子学探索和性能提升研究，并揭示相关机理，旨在提供新的功能和应用。

## **5. 低温下的声子输运性质探索与材料导热性能提升研究**

航天红外探测器等在低温下工作的高性能电子器件，在温度波动时会产生噪声而造成性能骤降，因而需要高导热材料以保证其温度稳定性。材料的导热性质与其声子输运性质密切相关。面向低温高性能电子器件的温度均匀性问题，结合低维材料的尺寸效应，系统开展低

维材料在低温下声子输运性质的研究，揭示材料导热机理，探索提升低温下材料导热性能的路径。

## **6. 基于深冷处理的空间载荷增材构件残余应力精确检测和精准调控**

增材制造件广泛应用于空间卫星，残余应力是制约精度和稳定性的共性问题，基于中子衍射开展增材构件三维残余应力表征，揭示深冷处理过程中的残余应力演化机理，探索残余应力分布及演化规律，发展深冷处理调控工艺方法，通过参数优化实现增材构件残余应力的精准调控。

## **7. CHSN01 低温钢大锻件低温变形机制研究**

针对下一代磁约束核聚变大型高场超导磁体用 CHSN01 低温钢锻件，开展低温拉伸、断裂力学和疲劳裂纹实验研究，获得上述低温力学基础数据，掌握材料室温及低温变形和断裂机理。

## **8. 空间 4K 制冷机节流单元振动机理及抑制方法研究**

面向 DRO 基准星空间光钟对空间 4K 制冷机微振动优于 E-6g 的苛刻要求，从热力学、动力学、流体力学的基本原理出发，分析 4K 制冷机节流单元流-固-热耦合振动输出机理，提出空间 4K 制冷机节流单元宽频段 (0.01-260Hz) 振动抑制方法，指导小型化、低功耗节流制冷机微振动抑制。

## **9. 基于 Yb<sup>3+</sup>:YAG 晶体的深度激光制冷与辐射平衡机制研究**

为发展低温光学制冷器以及探索解决高功率激光器中热沉积的难题，开展基于 Yb<sup>3+</sup>:YAG 晶体的激光制冷和辐射平衡激光动力学过程

的研究, 实现 Yb<sup>3+</sup>:YAG 晶体的深度激光冷却, 建立基于 Yb<sup>3+</sup>:YAG 晶体增益介质的辐射平衡激光理论模型, 优化辐射平衡激光运行条件。

此外, 实验室同时也鼓励低温科学与技术领域的自由探索研究, **自由探索课题**重点支持研究领域包括不限于以下三个方面: 1. 低温基础理论研究: 低温复杂系统能质传输机制与转换规律、低温材料、低温物性、低温计量等; 2. 低温关键技术研究: 各温区下的大冷量、极低温、长寿命等低温制冷技术; 3. 低温前沿交叉研究: 低温生物医学、新型制冷方式等。

## 二. 资助对象

开放基金拟支持实验室建设单位以外的科研人员, 具有博士学位或中级及以上专业技术职称的研究人员均可依据指南申报。开放基金执行周期为 1~2 年, 支持力度为 5~20 万元/项, 其中**重点课题**每项资助 20 万元, 执行周期 2 年; **自由探索课题**每项资助 5-15 万元, 执行周期 1 年。

## 三. 申请程序

申请人须在 2025 年 9 月 20 日前提交电子版建议书发送至邮箱 cryo@mail.ipc.ac.cn (文件命名为“工作单位-姓名-开放基金-基金名称”)。重点实验室将组织形式审查和专家评审, 择优支持。

#### **四.开放基金管理**

(1) 批准立项的开放基金须签订《低温科学与技术全国重点实验室基金任务书》，负责人不得擅自更改任务书内容，任务书是基金验收的主要依据；

(2) 开放基金需要提交年度报告和验收总结报告，通过验收后进行归档；

(3) 全国重点实验室基金按纵向项目管理，需接受上级主管部门监督及审计工作；

(4) 重点实验室将组织领域专家对基金完成情况进行评审打分，择优进行滚动支持；

(5) 基金负责人每年 12 月上报年度进展报告，重点实验室组织基金进展和执行情况评估，发现研究进度存在重大偏差或实施方案存在重大风险时，将根据情况调整、中止或撤销资助；

(6) 配合主管部门提交相关成果。

#### **五.成果管理**

由重点实验室基金资助产出的论文、专著、成果鉴定和各类奖励等，应明确标注“低温科学与技术全国重点实验室开放基金资助”和相应基金编号，或“This work is supported by the Key Research Program of the State Key Laboratory of Cryogenic Science and Technology”。