

2021 年太空应用重点实验室 开放基金课题部署建议及指南

**中科院太空应用重点实验室
2021 年 7 月**

太空应用重点实验室开放基金课题部署建议

一、申请人基本条件

申请人须是依托单位（中科院空间应用工程与技术中心）以外的国内外科研人员，具有博士学位或高级技术职称。

二、申请程序

（一）根据实验室定位和研究方向，2021 年度拟设立 5~8 项开放研究课题，每个课题资助经费 5~10 万元人民币，资助期限 1~2 年；

（二）申请者根据基金申请指南中的研究方向填写《中国科学院太空应用重点实验室开放基金课题申请书》，经所在单位同意并签字盖章后，向本实验室提出申请；

（三）申请者提出的申请课题，由实验室组织专家对申请书进行评审；

（四）通过评审后的课题在批准后一个月内，实验室通知申请人办理有关手续并启动研究工作。

三、申报受理时间与要求

2021 年度开放基金课题于 7 月底发布开放基金课题指南，申请书受理截止日期为 8 月 31 日，课题研发周期从 10 月起，期限 1~2 年。

目 录

1、地月空间目标飞越制导与成像方法研究.....	2
2、基于星地协作计算的时序关联任务调度技术研究.....	4
3、空间里德堡原子高灵敏微波测量技术的应用研究.....	5
4、基于动压悬浮原理的空间自平衡转子式热控泵的内部流体动力学研究.....	6
5、复杂场景下异构图像配准与重建方法研究.....	8
6、基于深度学习的影像弱小目标智能检测技术研究.....	9

1、课题名称：地月空间目标飞越制导与成像方法研究

研究目标：

面向地月空间开发利用与空间碎片主动清除技术领域，提出目标飞越系统概念，并对相关制导技术进行方法研究、论证与设计。

针对地月空间目标飞越过程中近距离阶段的制导与成像等问题，根据飞越过程相对运动特征，构建约束与指标体系，进一步对制导与成像方案进行系统性研究与设计，突破轨道约束下目标探测制导总体方法、空间高速运动目标雷达成像方法、目标识别与定位跟踪等关键技术，为地月空间目标飞越任务提供有力支撑。

研究内容：

1) 地月空间飞行目标飞越制导约束与指标构建

设计地月空间目标飞越轨道，根据飞越过程状态制定制导系统的约束与技术指标要求。

2) 轨道约束下目标探测制导方法研究

在空间高速飞越过程中对关键目标的准确检测识别和高精度定位跟踪需要在飞越轨道的不同阶段综合利用雷达主动寻的、综合孔径雷达成像（SAR）等多种模式的各类探测信息。上述各种模式对目标信息获取性能与平台姿态和轨道有密切的耦合关系，需要根据实际轨道信息进行目标探测制导方法研究，以实现探测制导跟踪目标的同时满足体积、质量等约束。

3) 高速运动目标雷达成像方法研究

任务对天基监视系统提出广空域范围、远距离的要求，以及超高速相对速度与自旋等因素，对雷达成像技术要求很高。综合考虑观测几何限制条件、观测时间约束、相对运动等信息，设计雷达成像方案，通过精确平动补偿和相位补偿，对成像算法中二次距离压缩、距离徙动校正和方位聚焦等问题进行研究，形成超高速运动空间目标快速高分辨率成像算法。

4) 空间高速目标识别与跟踪技术研究

在高速运动过程中对目标的准确检测识别和高精度定位跟踪是任务的关键技术。考虑到空间平台雷达对空间目标的观测过程，因相对角速度大，在某些观测几何条件下即便在相对较短的驻留时间内，仍旧可获得目标大角域姿态变化的回波，若能综合利用目标大角度姿态变化下的回波，获取更多的目标信息，将对目标特征提取和识别非常有利，需要开展 SAR 图像目标识别技术和主动寻的跟踪技术研究，实现目标的准确识别和高精度跟踪。

成果形式：

- 1) 研究报告；
- 2) 地月空间目标飞越制导与成像方法研究报告；
- 3) 空间高速运动目标识别与定位跟踪技术研究报告；
- 4) 发表 SCI/EI 论文至少 2 篇。

进度要求：2 年。

2、课题名称：基于星地协作计算的时序关联任务调度技术研究

研究目标：

面向未来天地协同及地月协同处理的载荷应用场景，本课题研究空间计算资源辅助作业的协同计算框架及任务调度技术。设计适应天地协同处理模式的卫星边缘计算架构，研究时序关联任务的协同处理流程与资源分配策略，实现对天基载荷服务的时延、能耗等性能的优化。

研究内容：

1) 适应天地协同的卫星边缘计算框架研究

分析空间计算、存储、网络资源特性及目标任务特征，结合卫星星座构型，设计适应天地协同的卫星边缘计算框架，支持载荷计算密集型任务及关联时序任务的天地协同处理。

2) 时序关联任务的协同调度技术研究

分析时序关联任务对星地或跨星协同处理的需求，设计满足时序关联任务的星地或跨星计算协作方案，针对任务的处理时延与计算能耗约束，根据星地计算资源的不同特征，建立关联任务的协同调度与资源分配模型，提出至少两种任务调度算法。

成果形式：

- 1) 研究报告（包含相关算法程序）；
- 2) SCI 论文至少 2 篇。

进度要求：2 年。

3、课题名称：空间里德堡原子高灵敏微波测量技术的应用研究

研究目标

里德堡原子具有极大的微波跃迁偶极矩，可用于微波电场的免校准宽频带高灵敏探测以及超远距离微弱信号的实时通信。针对空间应用对小型化和高灵敏微波接收装置的应用需求，开展基于里德堡原子的高灵敏新型空间载荷微波测量技术的研究，实现基于里德堡原子的微波场高灵敏探测，最小测量值优于 $10\mu\text{V}/\text{cm}$ ；给出深空微波测量装置小型化方案。

研究内容：

1) 高灵敏里德堡原子在空间微波测距和通信中的应用论证

基于里德堡原子的微波测量提供了一种新型的微波探测技术，在国防和天文及气象等相关领域具有重要应用价值。调研里德堡原子微波传感在国内外空间科学领域的应用需求，分析高灵敏里德堡原子在空间微弱电场测量中的应用优势，提出在深空微波测距和通信方面的具体应用和实施方案。

2) 高灵敏里德堡原子微波测量技术的研究

通过全光学 EIT 的探测方法，研究里德堡原子对微弱微波场的响应特性，实现可溯源微波场强的测量，最小测量值优于 $10\mu\text{V}/\text{cm}$ 。分析系统噪声对探测灵敏度的影响以及给出提高信噪比方案，研究原子样品池形状对微弱场测量的影响，以及外界环境波动对测量结果的影响。给出适用于空间微波测量的小型化的设计方案。

成果形式：

- 1) 研究报告 1 份；
- 2) 通讯视频演示资料一份；
- 3) 发表 SCI 论文 2 篇。

进度要求： 2 年。

4、课题名称：基于动压悬浮原理的空间自平衡转子式热控泵的内部流体动力学研究

研究目标：

为解决传统热控循环泵中刚性接触式转子由于机械磨损带来的寿命及噪声问题，突破空间高速循环泵长寿命、低噪声的关键技术，采用基于动压悬浮原理的自平衡转子，并通过数值模拟与模型实验揭示转子在热控泵内的动力学特性及非定常流动特性，进而为研制新型的自平衡转子式热控泵提供理论支撑，从而在提高热控泵运转寿命、稳定性及降低运行噪声等方面起到关键作用，为未来空间长寿命流体回路热控系统提供先导技术。

研究内容：

1) 动压悬浮自平衡转子动力学特性研究

基于动压悬浮原理的自平衡转子，建立自平衡转子的运行图谱，并建立与动压悬浮自平衡转子运动相匹配的动力学数学模型，研究自平衡转子的几何及动力学关键参数对自平衡转子轴向力与径向力的影响规律。

2) 自平衡转子热控泵内部流动特性分析

建立新型热控泵内流场数值模型，研究典型运行条件下自平衡转子运动对水力性能的影响规律；基于非定常数值模拟，研究自平衡热控泵的流场特性（典型流动结构、涡流发展特征等）；基于能量平衡方程，分析热控泵主要流动部件中的流动损失，建立关键结构参数与运行参数对泵内流特性的影响规律。

3) 动压悬浮原理的自平衡转子流动特性的实验研究

基于内流分析结果，搭建自平衡转子的实验评价系统，并开展转子转速、几何参数、工质特性等因素对转子运动规律影响的实验研究；采用混合式机器学习方法，建立热控泵叶片翼型的参数自动寻优平台；

通过实验验证自平衡转子热控泵的水力性能与动态特征，研究不同叶片参数下的水力输出特性，为未来的空间应用提供技术支撑。

成果形式：

1) 研究报告 1 篇，至少包含以下内容：

(a) 三维流场内自平衡转子动力学模型仿真，动力学特性研究；

(b) 基于动压悬浮原理的自平衡转子式热控泵内流动特性研究；

(c) 基于混合式机器学习的自平衡转子热控泵转子及叶片参数优化及实验研究；

2) 发表 SCI 论文 1~2 篇。

进度要求：2 年。

5、课题名称：复杂场景下异构图像配准与重建方法研究

研究目标：

针对异构情况（不同时间、不同传感器、不同视角以及不同拍摄条件）下，获取的同一个复杂场景的两幅或多幅可见光图像，本课题研究融合参数与非参数模型的多视几何深度学习配准方法，以及基于弱监督学习网络架构的稠密深度重建方法，克服复杂场景下异构图像在尺度、光照、旋转、视点差异、重复纹理、弱纹理等方面的影响，实现复杂场景的稠密深度重建。

研究内容：

1) 融合参数与非参数模型的多视几何深度学习配准方法研究

充分考虑将参数模型与非参数模型以及基于学习的方法进行融合，首先基于参数模型计算粗略匹配结果，而后利用多视几何深度学习获取非参数模型，通过非参数模型对粗略匹配结果进行进一步的优化调整，从而克服异构图像在尺度、光照、旋转、视点差异的影响，以获得精确的配准结果。

2) 基于弱监督学习网络架构的稠密深度重建方法研究

研究稀疏配准数据驱动的弱监督学习网络架构，实现场景稠密深度重建，通过上述准确的稀疏配准数据约束克服复杂场景动态对象伪影、重复纹理、弱纹理等方面的影响，以提供静态场景和动态对象的准确深度估计。

成果形式：

- 1) 研究报告；
- 2) 算法程序与技术文档；
- 3) SCI 三区及以上论文 2 篇。

进度要求：2 年。

6、课题名称：基于深度学习的影像弱小目标智能检测技术研究

研究目标：

遥感影像弱小目标智能检测技术在服务国家重大需求的军民领域具有十分重要的应用价值。基于航空航天平台的遥感影像具有探测距离远、图像幅面大、背景复杂等特点，使得深度学习在遥感影像弱小目标智能检测中面临着诸多难点问题。因此，亟需研究遥感影像弱小目标检测技术，为相关领域的应用提供理论基础和技术支撑。

研究内容：

1) 面向弱小目标特征提取的自感知神经网络设计

针对经典的深度学习模型难以适用于弱小目标特征提取这一难点问题，研究如何设计面向弱小目标特征提取的自感知神经网络，将弱小目标的重要信息在降采样阶段最大程度的保留，并在上采样阶段最大程度的恢复，以达到弱小目标特征保持这一目的。

2) 基于自感知神经网络的遥感影像弱小目标检测

在研究内容一的基础上，针对遥感影像弱小目标检测面临的图像幅面大、背景复杂等难点，研究如何建立快速的深度学习弱小目标检测框架，用于弱小目标区域的快速定位和前景信息增强，进而实现遥感影像弱小目标的高效检测。

3) 遥感影像弱小目标检测数据集建立

针对当前弱小目标检测领域实测数据样本匮乏的情况，面向真实应用场景，通过数据加工和外场实地拍摄，研究如何构建卫星影像弱小目标、无人机航拍影像弱小目标数据集，为本项目提出的弱小目标检测关键技术的验证提供数据基础。

成果形式：

- 1) 课题研究报告；
- 2) 弱小目标检测算法程序；
- 3) 发表 SCI 论文至少 2 篇。

研究进度：2 年。