

**2020 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  
2020 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，2020 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

2020 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.地月多体动力学目标交会对接研究.....	1
2.非线性隔振方法及阻尼调控研究.....	2
3.电磁弹射微重力装置环境振动噪声传播机理及抑制方法研究.....	4
4.极高纯度半导体性碳纳米管电子墨水制备研究.....	6
5.基于图神经网络的植物表型分析方法研究.....	8
6.面向复杂月坑提取的光谱立体信息探测与对象分割研究.....	9

## 1. 课题名称：地月多体动力学目标交会对接研究

### 研究目标：

随着美国、欧空局等开始部署能够覆盖地月空间的月球空间站 (LOP-G)，地月空间已经成为下一阶段太空开发的重要领域。地月空间复杂的多体动力学环境使得现有的近地空间交会对接技术不再适用。本课题瞄准空间导航、制导与控制技术发展方向，针对交会对接重点关键问题进行研究，以对远距逆行目标交会为切入点，初步掌握地月空间交会对接基本原理，为我国的地月空间开发战略提供技术支撑。

### 研究内容：

#### 1)地月空间相对运动

基于地月三体动力学模型，建立相对运动模型，获得时间显式相对运动几何描述，进一步获得适用于交会对接的状态转移方程。

#### 2)最优目标交会研究

基于三体动力学相对运动模型，分别研究多脉冲最大推力加速度下的时间最优交会和燃料最优交会问题、给定燃料的时间最优交会和给定时间的燃料最优交会问题。

#### 3)目标交会任务设计

根据地月空间目标交会问题的特点，定义目标交会策略与 GNC 体系，定义各阶段目标与界面。

### 成果形式：

- 1) 研究报告 1 份；
- 2) 发表 SCI 或 EI 论文 2 篇，其中 SCI 论文至少 1 篇。

**进度要求：2 年。**

## 2. 课题名称：非线性隔振方法及阻尼调控研究

### 研究目标：

空间站包含运动部件动力装置和结构（热）应力变化等原因产生的周期性或非周期性激励使得飞行器产生整体或局部微幅、宽频影响有效载荷性能及空间站内部微重力环境的微振动。针对下一代空间微重力实验需求，研究基于非线性隔振技术的低频及宽频带隔振方法，研制新型非线性隔振器，设计一种针对实验装置的非线性阻尼实现方法，实现较宽频带隔振，为未来高精度实验设备研制提供技术支撑。

### 研究内容：

#### 1) 新型电磁非线性隔振器的设计与优化

研制一种新型电磁非线性隔振器；建立非线性理论分析模型；研究几何结构参数及永磁体参数对非线性恢复力及隔振器隔振特性的影响规律；建立相应的参数优化方法。

#### 2) 非线性阻尼设计方法及调控机理研究

基于新型阻尼机理，研究可实现宽频带隔振的非线性阻尼设计方法；建立阻尼的理论模型；研究结构参数及控制电路参数对阻尼特性的影响规律；建立非线性阻尼参数的优化方法。

#### 3) 基于新型非线性阻尼的准零刚度隔振器实验验证

研制电磁非线性隔振器原理样机及非线性阻尼器，开展相应的实验验证研究，为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) 电磁非线性隔振器的设计、建模、仿真
- (b) 非线性阻尼设计、建模、仿真
- (c) 基于新型非线性阻尼的非线性隔振器实验

2) 发表 SCI 论文 1~2 篇。

**进度要求：2 年。**

### 3. 课题名称：电磁弹射微重力装置环境振动噪声传播机理及抑制方法研究

#### 研究目标：

电磁弹射微重力装置的原理是在垂直导轨上通过直线电机带动载荷自由上抛与下落的过程，实现可控微重力环境和双倍微重力时间。实验舱体由于受到结构、轮轨、电机、空气阻力等环境的影响，随速度增大产生较大的振动噪声扰动；实验舱体内采用自由释放内舱的方式可以隔离振动，但内舱的振动也会受到声固耦合噪声的影响。本课题的目标是分析电磁弹射微重力装置的外舱结构、轮轨的振动噪声以及内外舱的声固耦合噪声的影响，分析传播机理，并在此基础上提出振动噪声的抑制方法，进行系统性的分析和研究。

#### 研究内容：

##### 1) 电磁发射微重力装置环境结构振动和噪声传播建模

分析电磁发射微重力装置系统，调研国内外现状，建立支撑结构、轮、电机、空气阻力对外舱的振动噪声的影响模型；建立外舱对内舱的声固耦合的影响模型。

##### 2) 不同气压和运动速度下的振动和噪声影响仿真评估

在建模的基础上，分析不同运动速度、不同气压(两种气压标准：低气压  $500\text{Pa}\pm 50\text{Pa}$  及一个标准大气压)、不同结构形式下的振动和噪声的仿真数据，给出分析和对比，给出环境影响的关键参数。

##### 3) 提出降低振动和噪声的方案

针对以上分析，提出降低振动和噪声的措施，例如结构方案的改进优化，增加减振、隔振措施等，给出理论预期隔振效果。

**成果形式：**

- 1) 研究报告 1 项（包含以上内容完整的分析方法和分析数据）；
- 2) 发表 SCI 论文 1 篇，或 EI 论文 2 篇。

**进度要求：**2 年。

#### 4. 课题名称：极高纯度半导体性碳纳米管电子墨水制备研究

##### 研究目标：

印刷电子技术是有可能实现在轨制造的新兴电子电路制造技术，具有设备轻巧、工艺简单、节省材料、副产物少等优势，应用潜力巨大。印刷电子墨水是电子电路空间在轨印刷制造的材料基础，可分为半导体性墨水、介电墨水和导电墨水。半导体性墨水作为晶体管器件的沟道材料，对电路的性能有着至关重要的影响。

碳纳米管（CNTs）具有的本征载流子迁移率高、寄生电容小、力学强度高、热导率高、耐辐照等优异性能，并且兼容印刷电子工艺，是作为半导体性电子墨水的理想材料。针对空间在轨电子电路印刷制造的应用需求，开展基于碳纳米管的半导体性电子墨水的研究，突破碳管电子墨水半导体纯度、浓度、均匀性的调控方法，实现高纯度半导体性碳管墨水的制备，为电子电路在轨印刷制造技术的发展奠定基础。

##### 研究内容：

##### 1) 高纯度半导体性碳纳米管墨水的制备

研究纯度>99.999%半导体性碳纳米管墨水的制备方法，实现对碳纳米管墨水中碳管半导体纯度和浓度的控制。

##### 2) 碳管墨水的纯化

基于纯度>99.999%的半导体性碳管墨水，研究其纯化方法，去除墨水中残存的过量聚合物，实现聚合物和碳纳米管质量比 1:1。

**成果形式：**

- 1) 研究报告 1 份；
- 2) 极高纯度半导体性碳管墨水 60mL，聚合物和碳纳米管质量比 1:1；
- 3) 发表 SCI 论文至少 1 篇。

**进度要求：**1 年。

## 5. 课题名称：基于图神经网络的植物表型分析方法研究

### 研究目标：

针对科学家在实验数据自动定量分析方面的迫切需求，本课题研究基于图神经网络的植物表型自动分析方法，设计并构建融合深度学习的图神经网络，结合图神经网络的通用性和深度学习的强大特征表示能力，提升本项目方法对不同类型植物实验的适应性，实现对多类植物实验场景的自动精细解译，并基于场景解译结果，计算植物目标的表征量（如叶长、叶高宽、吐水等）。

### 研究内容：

#### 1) 研究融合深度学习的图神经网络

研究图网络结构的学习方法、图节点及边的表示模型、节点及边信息的更新策略，并研究图神经网络与深度学习的融合方法，实现对多类植物实验场景的表示和建模。针对新植物实验类型的加入，研究图神经网络的更新和扩展方法。

#### 2) 研究基于图神经网络的推理方法

基于图神经网络，研究结合局部信息和全局信息的推理方法，实现对植物实验场景的自动精细解译，并基于场景解译结果，计算植物目标的表型量（如叶长、叶高宽、吐水等）。

**成果形式：**研究报告（包含相关算法程序）；SCI 三区及以上论文至少 2 篇。

**进度要求：**2 年。

## 6. 课题名称：面向复杂月坑提取的光谱立体信息探测与对象分割研究

### 研究目标：

面向月球探测中复杂月坑分布探测问题，研究高光谱-Lidar 联合的光谱立体信息探测与对象分割方法，获取精确的月坑地形与地质分布，为月表年代学分析、侵蚀过程、航天器着落的导航与控制提供必要信息。

### 研究内容：

#### 1) 复杂月表光谱立体信息探测

针对现有月表探测所面临的手段单一问题，构建高光谱-Lidar 共平台立体探测手段和光谱-高程耦合信息数据融合方案，实现对月表地质地形的多源复合信息探测与表达。

#### 2) 复杂月坑光谱立体对象多尺度分割研究

研究高光谱-Lidar 立体异构数据多尺度分割算法，结合光谱-高程多维耦合特性，对层叠月坑、相连月坑等复杂月表图像进行多尺度对象分割与提取，获得完整的月表月坑分布。

### 成果形式：

- 1) 课题研究报告；
- 2) 月坑光谱立体分割相关算法程序；
- 3) 发表 SCI 论文至少 2 篇。

进度要求：2 年。