

附件

# “工程科学与综合交叉”重点专项 2022 年度 第一批项目申报指南

(征求意见稿)

“工程科学与综合交叉”重点专项总体目标是：着眼强调前瞻性、原创性，在关系国家未来竞争力和长远发展的基础前沿领域，开展综合交叉的科学问题研究。把握科技发展前沿和产业发展趋势，在空间、极端制造、信息、可再生能源、海洋、医工、交通、材料等领域，开展前瞻性、原创性交叉研究；综合运用基础科学、技术科学和社会科学的工具和成果，凝练并解决重大工程应用领域中的共性和基础科学问题，带动相关领域持续发展。

2022 年度第一批指南围绕空间科学领域进行部署，拟支持 10 个项目，同时拟支持 7 个青年科学家项目。

指南方向 2 是青年科学家项目，支持青年科研人员承担国家科研任务。青年科学家项目不再下设课题。

## 1. 空间科学领域

### 1.1 太阳爆发活动的机理及相关性研究

**研究内容：**以我国太阳科学卫星（ASO-S 和 CHASE）的高能、紫外、可见光（含光谱）观测为核心，捕获第 25

太阳活动周太阳剧烈爆发等现象的多波段观测完整资料；研究太阳磁场、耀斑、日冕物质抛射(CME)、日珥等活动现象的形成机理、演化特征、彼此关联；重点探寻太阳磁场变化导致太阳爆发内在物理规律；深入探究高能粒子加速机制、太阳大气结构及动力学特征、磁重联过程及其在活动现象中的作用；建立自主的 CME 预警链路，支撑空间天气预报。

**考核指标：**构建自主的太阳空间观测和数据分析平台并开放共享；基于自主数据和自动识别与跟踪方法建立太阳活动现象分类事件库；揭示太阳爆发的发生与太阳磁场演化之间定量的物理关系，厘清不同爆发现象之间的关联；提升对太阳磁能释放所致各类大气动力学过程及物理本质的认知，为重大灾害性空间天气预警提供重要支撑。

## 1.2 月球重大地质事件的构造响应

**研究内容：**研究岩浆洋结晶晚期月壳应力状态和深部构造，南极-艾肯（SPA）盆地形成事件与三大地体格局确立；月球新构造活动与晚期演化等。分析月球大型撞击事件及其效应，查明撞击盆地、玄武岩和质量瘤三者之间关系，以及玄武岩泛滥与构造之间关系，揭示月球撞击通量变化规律。

**考核指标：**建立全月深部断裂数据库和深部断裂分类体系，形成统一的构造单元边界；精确约束 SPA 盆地形成时间。揭示全月晚期小型火山活动分布和年代学特征，建立更完善

的撞击坑退化机制评估体系和定年模型。

### 1.3 火星圈层过程

**研究内容：**依托我国火星“天问一号”探测任务，结合国际已有科学探测数据，研究火星内部壳幔结构、动力学过程，发展火震速度和重力密度反演方法，构建重-磁-震自洽的火星内部圈层模型，探讨火星核及发电机工作状态，研究火星岩浆过程、火幔物质组成、水-岩反应和浅表层效应，为认识火星演化提供内部物理学、磁场和地球化学等约束，并为我国未来火星的地球物理科学探测提供依据。

**考核指标：**给出火星典型地区浅表层地质结构及古环境解释；给出火星极区冰盖与非极区水冰分布；发展火震的地球物理研究方法；构建重-磁-震自洽的火星内部圈层模型；得出火星岩浆活动、磁场及内部过程浅层响应新认识。

### 1.4 暗物质间接探测及银河系宇宙线起源问题研究

**研究内容：**依托“悟空”号暗物质粒子探测卫星，以国际同类实验的最高能量分辨率和最强粒子鉴别能力高精度观测高能宇宙射线正负电子、核素和伽马射线；开展分数电荷、超铁核素等稀有事例的探测，发展新方法在数据中寻找反物质粒子；测量或高精度限制暗物质粒子的质量、湮灭截面等基本物理属性，研究宇宙射线起源、加速及传播等科学问题。

**考核指标：**高精度测量 20GeV-10TeV 能段的正负电子能

谱，以较高置信度发现能谱新结构；精确测量能量直至数百 TeV 的系列核素能谱，得到其能谱结构随核素种类的变化规律；获得 0.02~10TeV/n 宇宙线 B/C 流量比结果；对空间分数电荷予以强限制，获得超铁元素丰度比,鉴别出反粒子事例。

## 1.5 利用巡天空间望远镜 (CSST) 开展星系演化及宇宙学研究

**研究内容：**针对星系演化和宇宙学领域重大问题，使用模拟仿真、现有观测、CSST 测试和早期观测数据开展研究。构建完备的星系与类星体大样本，精细刻画星系结构与形态，测量星系物理性质的演化和受环境的影响，理解宇宙再电离过程与机制，研究超大质量黑洞与寄主星系的相互作用及共同演化。利用引力透镜效应和星系成团性限制暗能量状态方程，测量宇宙大尺度结构增长历史，测绘暗物质分布，对星系团质量进行自校准，给出对宇宙学模型的限制。

**考核指标：**获取至少 1000 平方度多色成像与无缝光谱数据，给出 M87 等星系中心黑洞喷流、外流三色同步高精度图像、多波段能谱、积分光谱和动力学特征，从中构建星系与类星体完备大样本，精细刻画星系结构与形态，准确测量星系形成与演化的关键参数，精确测绘 1000 平方度暗物质分布，对宇宙学模型限制精度优于现有结果。

## 1.6 空间微重力流体物理与热物理研究

**研究内容：**开展微重力流体界面流动研究，揭示直至混沌的全区域界面流动非线性多重转捩机理；开展多相热流体动力学与传热规律研究，揭示相变界面非平衡效应及能量传递机理、重力标度规律，建立空间先进流体管理技术方案；开展微重力复杂流体（软物质）研究，揭示胶体、功能流体及颗粒物质等体系的结构演变与非平衡动力学规律，以及非牛顿流体微观结构、流变特征、宏观流动性能等。

**考核指标：**给出空间热对流直至混沌的多级分岔新规律和临界转捩图谱；建立多相流动、传热及相间传递等新理论模型；给出微重力下胶体聚集动力学基本规律及其与重力环境下的差异；实现活性粒子运动规律和功能调控；构建非牛顿流体新型物理模型。

## 1.7 先进空间设施的损伤机理

针对空间设施轻量化及其安全服役需求，精准建立典型轨道区域环境参数时空演化量化模型，突破轻量化材料、磁/深紫外探测器关键材料、光电能源功能器件及典型系统空间多因素环境效应高通量试验与原位表征技术，阐明其在空间综合/极端环境下的损伤行为与机制，建立空间综合/极端环境效应等效模型及等效-试验加速方法。

## 1.8 基于多源信息感知的临近空间时空演化机理研究

**研究内容：**基于临近空间环境多源感知信息，研究太阳爆发活动影响临近空间环境的物理和化学过程；研究大气波动包括重力波、潮汐波和行星波等对临近空间动量能量交换和大气环流的影响；研究中高层大气和电离层-磁层等多圈层耦合过程，及其影响临近空间环境的机理；研究临近空间重点区域大气要素的演化特征，评估典型飞行器工作特性受大气扰动的影响；聚焦中高层大气若干重要科学问题，建立临近空间环境耦合模式。

**考核指标：**建立临近空间环境要素观测数据集，提出基于多源信息反演临近空间大气要素的算法；建立大气环境参量影响典型飞行器飞行特性的评估方案；揭示临近空间多圈层耦合的重要物理过程和关键机制；发展临近空间环境模式，包括中高层大气耦合模式，金属层、痕量成分和光化学辐射传输模式，电离层-磁层耦合模式。

## 1.9 太阳极区和抵近探测中的科学问题

**研究内容：**面向未来脱离黄道面的太阳极轨探测、近距离触摸太阳的抵近探测，研究太阳极区磁场和速度场遥感探测、日冕结构和磁重联电流片原位探测、太阳内部结构反演、太阳周演化规律等核心科学问题。研究科学目标对系统、轨道、运载、航天器平台以及载荷的需求和约束；研究海量数

据星上处理及高速传输，航天器低成本部署与长周期自主管控，近太阳热防护等与实现探测计划密切相关的关键技术中的科学问题。

**考核指标：**给出日冕结构的特性和演化图像；给出太阳爆发过程中的多尺度结构演化特征；突破极区磁场、速度场的低噪声成像探测方法；提出满足科学目标且工程可实现的航天器轨道部署方案和载荷配置方案；在星上数据处理及传输，近太阳热防护等方面取得原理性、方法性突破。

### **1.10 智能卫星大脑的工作原理与应用研究**

聚焦空间环境的局域与全域变化过程，探索以类脑智能方式构建覆盖探测、认知、传输、处理、研究与应用全链条的新型天地一体化空间系统体系架构，发展星上智能探测认知、类脑神经网络连接传输、电磁频谱协同自治、物理空间与数字空间相互融合的处理、分析、预报与应用等新机理、新方法和新技术。

## **2. 青年科学家项目**

### **2.1 月球晚期地质活动及演化历史研究**

基于嫦娥工程任务的返回样品及月球遥感探测获取的数据，开展详细的月球样品光谱学、岩石与矿物学、地球化学研究，约束月球晚期地质活动的机制及产物特性；建立和优化月表矿物和元素反演模型；评估月球晚期撞击通量，开

展月球晚期火山作用的年代学及喷发规模研究，完善月球晚期演化模型。

## **2.2 火星宜居环境指示性矿物的遥感探测**

综合利用已有火星环绕器和巡视器遥感数据，获得含水矿物空间分布、含量及形成过程，研究含水矿物类别及其与地质地貌特征的耦合关系，理解成矿条件，揭示含水矿物对火星地质过程和早期水环境的指示作用，进而约束火星宜居性环境的演化。为我国未来火星样品采样点的选择提供重要支撑。

## **2.3 利用 CSST 探究近邻宇宙的集成与演化历史**

利用我国巡天空间望远镜（CSST）的高空间分辨率、大视场和多波段深度测光数据，对 5Mpc 范围内的近邻（矮）星系、星团和星流等结构的恒星单体进行解析证认，精确测定其距离、金属丰度、年龄等性质，揭示近邻宇宙的集成和演化历史；搜寻星系际流浪恒星、流浪黑洞等特殊天体，研究近邻宇宙动力学演化、探索星系际的星族构成和分布。

## **2.4 宇宙黑暗时代与黎明的空间超长波观测研究**

开展超长波干涉成像与整体谱高精度测量研究。重点进行绕月轨道卫星阵列的数据处理和成像方法优化、观测模拟分析，高动态范围的数据处理，21cm 信号和前景的分离等方面研究，为探测宇宙黑暗时代与黎明时期的中性氢 21cm

信号、揭示宇宙结构起源奠定基础。

## **2.5 中纬度电离层动力学过程和纬度耦合研究**

基于我国高频相干散射雷达网及相关电离层监测设备的观测数据，研究中纬度电离层不规则体的分布特征、发展过程、运动规律以及物理机制以及电离层扰动从极区向中低纬的传播和演化特性，探索太阳爆发对全球电离层环境的影响途径和效应。

## **2.6 微重力下弱强度湍流燃烧研究**

依托我国载人空间站开展的弱强度湍流燃烧实验，通过数据分析、比对实验和模型构建，阐明弱湍流火焰的着火、熄火和火焰结构演变规律，揭示弱强度湍流燃烧过程中流动与燃烧的相互作用机制，完善湍流燃烧理论，建立反映湍流燃烧过程的定量预测新模型。

## **2.7 微重力环境下小行星形成过程研究**

依托我国载人空间站开展微重力环境下小行星形成过程的无容器模拟实验。重点研究原始球粒陨石的熔融、分异和结晶及原始球粒陨石中球状颗粒的形成过程，以及重力对相分离、元素和同位素分配行为的影响，开展利用小行星的形成过程研究太阳系早期演化动力学等基础理论研究。