

附件 1

“地球观测与导航”重点专项 2023年度项目申报指南 (征求意见稿)

1. 多圈层透视探测技术

1.1 多波束星载高分宽幅 SAR 系统技术 (共性关键技术类)

研究内容：面向国土资源、应急减灾、水利和交通等对高分辨率、大幅宽遥感图像的迫切需求，开展新一代数字多波束星载高分超大宽幅 SAR 系统技术研究。突破高分超大宽幅星载 SAR 体制设计及系统实现、数字多波束收发、空时频波形编码与处理、星上数字多波束形成高速数据预处理及海量数据压缩、多波束成像处理及定标等关键技术，研制高分超大宽幅星载 SAR 原理样机，开展机载飞行试验和应用验证，配合领域部署，参加透视地球综合试验，为星载高分超大宽幅 SAR 系统实现与遥感应用提供共性关键技术储备。

考核指标：形成高分超大宽幅星载 SAR 技术方案、原理样机和数据处理软件等。主要指标：轨道高度 $\geq 500\text{km}$ ；工作波段：X 波段；分辨率幅宽：0.5m 分辨率/100km 幅宽、1m 分辨率/300km 幅宽和 5m 分辨率/1500km 幅宽；噪声等效后向散射系数：优于-21dB；距离/方位模糊度：优于-

22dB。研制机载原理样机 1 套（可与星载原理样机共用部分设备），利用试验数据开展包括国土资源、应急减灾、水利和交通行业的示范应用。

关键词：多波束，星载 SAR，高分超大幅宽

1.2 基于地空电磁的地下内部结构探测技术（共性关键技术类）

研究内容：针对地下内部结构电磁探测技术存在的近地表精细探测与大深度探测难题，开展 100m 以浅近地表地下空间和 10km 级深部地下空间探测方法与关键技术研究，突破近地表高分辨率电磁探测与大深度地球内部结构电磁探测瓶颈，配合领域部署，参加透视地球综合试验。研究无人机阵列式近地表快速扫描电磁探测技术，以及多源电磁信号反演与解释方法，实现近地表地下空间地电信息三维成像与解释；突破低频高灵敏度矢量磁场传感器技术，研究地面天然源深部结构电磁探测与三维地电参数动态变化监测技术；优选典型深部地质结构示范区，开展示范区探测结果深钻验证，为深部地下资源探测、地质结构勘察与地质灾害预警提供技术支撑。

考核指标：研制地空电磁无人机阵列式近地表电磁探测系统与地面天然源深部结构电磁探测系统工程样机，研发地空电磁数据处理与三维地下空间成像解释软件。无人机近地表空间电磁探测深度不小于 100m；20m 以内垂直分辨率优于 1.5m，20~100m 以内垂直分辨率优于深度的 10%；

载荷重量不大于 15kg，功率不大于 400W；三分量磁传感器谐振频率大于 100kHz，噪声水平优于 1nT/s。地面天然源电磁探测深度大于 10km，垂直分辨率优于深度的 10%，观测频率范围 DC~1kHz，磁传感器噪声水平优于 $400\text{pT}/\sqrt{\text{Hz}}@0.0001\text{Hz}$ 和 $0.07\text{pT}/\sqrt{\text{Hz}}@1\text{Hz}$ ，磁传感器重量不大于 12kg，功耗小于 120mW，关键部件国产化，整机国产化率大于 90%。深部示范区实钻井验证，完成探测结果与实际钻井测量数据比对研究，典型近地表空间地下结构的验证深度不小于 100m，典型矿产区或地质构造实际钻井测量数据的比对深度不低于 2km，典型油气藏区实际钻井测量数据的比对深度不低于 6km。

关键词：地空电磁，地下内部结构探测，深钻验证

1.3 星载大气红外激光掩星探测技术（共性关键技术类）

研究内容：面向气候变化研究对全球大气中主要气体成分垂直分布廓线的探测需求，研究大气红外激光掩星探测技术，论证 LEO 卫星间掩星探测技术体制及高分辨率垂直探测指标体系；研究微弱红外信号的快速探测技术，突破雪崩放大高增益探测器瓶颈；研究极高光谱分辨率高稳定光源技术，实现短波红外精细光谱探测；研究多种重要大气成分与要素在垂直结构上的同步观测数据反演和校正技术，获取大气成分垂直结构及风速的时空分布和变化规律；研制大气红外掩星探测原理样机，配合领域部署，参加透视地球综合试验。

考核指标：研制大气红外掩星探测原理样机，为星载多种大气成分（H₂O、CO₂、CH₄、N₂O、O₃和CO）垂直结构及风速的探测提供新的技术手段，探测光源频率的时间稳定性优于 $2 \times 10^{-8}/20s$ ，线性雪崩增益大于 500，探测信噪比 ≥ 500 。建立反演和校正算法，大气垂直结构分层不少于 20 层，底层大气内 CO₂ 成分不确定度优于 3%，层间反演相对误差小于 0.3%，视场风速精度优于 7m/s（@海拔高度 7km）。

关键词：红外掩星，垂直结构探测，大气成分，高灵敏度

1.4 天空地协同极区电离层透视观测方案研究（青年科学家项目）

研究内容：提出极区电离层天空地透视观测方案，研究极区高效探测轨道模型、电离层分层特性与电波传播特性的系统测量方法、电离层建模与预报方法。为了实现极区通信与导航能力提高的目标，突破光学和无线电等电离层多手段、多要素协同探测技术，突破中长期和短期协同的电离层建模与预报技术，突破短波远距离通信中电离层多模多径传播条件下的电离层高精度探测技术。构建极区电离层透视观测动态仿真技术系统，开展观测效能仿真与电离层建模。

考核指标：构建极区电离层立体测量和高精度预报模型 1 套。实现电离层辉光、极光的大视场、高分辨率和大动

态范围光学探测：视场范围大于 65° （水平方向） $\times 12^{\circ}$ （垂直方向），空间分辨率优于 5km ，动态范围覆盖 $10\sim 20000$ 瑞利。具备峰值高度电子密度原位探测能力，精度优于 5% 。具备无线电掩星电离层探测能力，精度优于 10% 。模型预报能力满足：提前量优于 12 小时，水平分辨率优于 $1^{\circ}\times 1^{\circ}$ （经纬度），预报时间分辨率优于 30 分钟。构建典型电离层观测模型，完成观测能力及算法验证实验，完成电离层透视观测系统方案，实现载荷配置和优选。

关键词：天空地协同观测，受控漂移轨道，电离层预报模型，电离层多光谱探测

1.5 遥感卫星大型天线在轨型面精度在线测量技术（青年科学家项目）

研究内容：针对遥感卫星大尺寸天线型面高精度在轨测量的迫切需求，开展大型天线结构型面精度的大尺度跨度（测量范围与测量精度跨 $5\sim 7$ 数量级）、全场同步、全天时在线测量技术研究。研究基于新型传感方式的高分辨、高精度全场形变与振动感测机制和位移提取方法；揭示复杂环境与工况下测量误差的产生机理和补偿校正方法；研制低功耗、轻量化、小型化测量系统，开发配套的在线测量可视化软件。

考核指标：突破大型天线在轨型面精度全天时在线测量新技术，研制低功耗、轻量化、小型化测量系统样机（功耗 $\leq 50\text{W}$ ，重量 $\leq 1.5\text{kg}$ ），实现高精度、大尺度、全场同

步型面形变与振动测量。被测结构尺寸 $\geq 60\text{m}\times 10\text{m}$ ，形变和振动量程范围 $0.02\text{mm}\sim 100\text{mm}$ ，测量精度优于 $0.02\text{mm}+0.02\text{mm}/5\text{m}$ ，响应频率 $\text{DC}\sim 1000\text{Hz}$ ；测量方式为全场同步测量，被测结构完成一次测量的时间小于 2ms ；完成大型模拟结构（ $\geq 60\text{m}\times 10\text{m}$ ）四角 $1\text{m}\times 1\text{m}$ 区域型面精度同步测量的地面试验验证与在轨适应性评估。

关键词：大型天线，型面精度，在轨测量，全天时在线

2. 空天地一体化综合验证与质量追溯

2.1 空间辐射测量基准卫星数据接收处理与应用技术研究（共性关键技术类）

研究内容：研究星间时空匹配和传递基准目标全球分布特征，提出空间辐射测量基准卫星的在轨工作模态，构建多场景、多模态任务规划方法，实现辐射测量基准卫星的高效星地调度；研究国外站与国内站资源动态配置、全球卫星数据高效传输与智能汇集技术，构建星地一体化的智慧服务云平台，实现数据的高效接收、处理与服务；研究卫星平台复杂姿态和环境条件下的高精度地理定位、全链条高精度辐射和光谱定标技术，生产空间辐射测量卫星观测基准产品并进行精度评估；研发基于自然稳定目标的辐射基准传递方法和模型，针对发射的空间辐射基准卫星开展辐射基准传递应用。

考核指标：建成空间辐射测量基准卫星全流程地面原

型系统（任务规划、接收汇集、数据处理和应用服务）1套，针对发射的空间辐射基准卫星实现基准传递应用；国内数据获取时效优于30分钟，国外数据获取时效优于2小时；反射波段传递不确定度优于0.9%；红外波段传递不确定度优于0.1K；随动空间定位精度优于1个像元。

关键词：空间辐射测量基准卫星，任务规划，辐射传递，空间辐射测量基准产品

2.2 地球红外辐射测量基准载荷工程技术（共性关键技术类）

研究内容：围绕解决多源红外遥感数据难以溯源共同基准的科学问题，开展星上最优溯源链路的地球红外辐射测量基准载荷工程化技术攻关，突破杂散免疫光学表面材料、大尺寸多温区结构温度关联化控制、溯源结构轻量化集成、干涉仪颤振隔离结构、快速溯源流程设计、空间中长波红外高灵敏探测器、器件响应非线性补偿和低温集成低功耗前置放大等关键技术，研制满足真空低温环境工作的红外超高光谱辐射测量基准载荷工程样机，构建基于交叉定标时空参数的红外辐射溯源不确定度评价模型，完成精度验证。

考核指标：研制红外超高光谱辐射测量基准载荷样机1套，开发地球红外辐射光谱干涉调制算法和数据处理软件，核心组件实现自主化设计。工作谱段覆盖 $600\text{cm}^{-1}\sim 2700\text{cm}^{-1}$ ，光谱分辨率优于 0.5cm^{-1} ，空间分辨率15km，探测器探测率

优于 $1 \times 10^{12} \text{cmHz}^{1/2} \text{W}^{-1}$ (中波光伏)@ $4 \mu\text{m}$ 、 $1 \times 10^{11} \text{cmHz}^{1/2} \text{W}^{-1}$ (甚长波光导)@ $17 \mu\text{m}$ ；系统响应非线性校正优于 0.1%、绝对定标不确定度优于 0.08K。

关键词：红外辐射测量，基准载荷，溯源，高灵敏度，工程样机

2.3 天基主动微波定标网关键技术（共性关键技术类）

研究内容：针对空天地一体化多源主动微波传感器（合成孔径雷达、散射计、高度计等）的统一基准和精确定标需求，面向超大幅宽、极地海洋观测、高轨观测、微纳卫星应急观测等新体制探测载荷，在传统陆地和海洋定标场网技术基础上，开展天基定标关键技术研究，突破多源主动微波传感器统一辐射基准源技术、天基微波定标一体化设计及验证技术、微纳定标卫星组网与效能分析技术、基于微纳卫星的定标载荷设计技术，形成多源主动微波传感器相对和绝对辐射定标方法和处理技术，研制多波段无源和多功能有源微纳定标载荷原理样机，提升多源主动微波传感器定标技术能力，提升微波遥感数据质量和综合应用效能。

考核指标：覆盖波段 X、Ku、Ka；多源主动微波传感器统一基准源 RCS 量值溯源合成标准不确定度优于 0.3dB，量程 5~30dBm²；微纳定标卫星组网效能方面，服务主动微波传感器类型不少于 3 类（合成孔径雷达、散射计、高度计），服务传感器数量不少于 10 个；最大标定幅宽大于

500km (星载); 微纳定标卫星载荷方面, 无源载荷具有多波段无源转发功能, RCS 范围 5~30dBm², 标称 RCS 精度优于 0.3dB, 体积小于 0.5m×0.5m×0.5m, 载荷重量小于 20kg; 有源载荷具有可调转发和接收记录功能, RCS 可调范围 5~30dBm², 调节步长 5dB, 接收增益稳定度 0.2dB, 标称 RCS 精度优于 0.3dB, 体积小于 0.5m×0.5m×0.5m, 载荷重量小于 50kg。主动微波传感器相对辐射定标精度 0.5dB, 绝对辐射定标精度 1dB。

关键词: 主动微波定标, 天基定标, 多源微波传感器, 太空定标场, 微纳定标卫星

2.4 空间微波辐射基准关键技术研究 (共性关键技术类)

研究内容: 面向全球气候变化研究和微小卫星组网观测应用对空间微波辐射基准的重大科学和应用需求, 针对空间微波辐射探测资料在高精度、高稳定性、高一致性方面存在的观测能力不足和缺乏基准溯源链的问题, 开展毫米波亚毫米波低温冷光学技术、毫米波亚毫米波高灵敏高稳定接收机技术、超高发射率微波定标黑体技术、微波基准辐射计高精度定标技术、全链路微波空间辐射基准传递框架与辐射基准溯源技术、星-地/星-星微波辐射基准传递一体化验证技术、天基微波辐射传递和误差评估模型等研究。

考核指标: 研制微波基准辐射计样机 2 台, 频率 10~89GHz, 89~183GHz, 通道数≥20, 系统灵敏度优于 0.05K, 长期稳定性优于 0.1K/周, 定标精度优于 0.15K。完

成空间辐射基准溯源传递一体化验证，实现不少于 5 种场景下的全链路系统物理级微波基准传递，建立误差传递仿真模型，绝对溯源误差小于微波基准辐射计定标误差的 20%。建立空间辐射基准溯源评价体系。

关键词：被动微波，辐射基准，基准溯源，空间传递，天基定标

2.5 复杂环境无人机全时全域组网观测技术与综合验证 (共性关键技术类)

研究内容：针对复杂环境下遥感无人机作业适应性差、机上实时处理能力弱、人工操控无人机遥感效率低、难以全域快速观测等问题，开展典型复杂环境高适应性遥感无人机全时智能化遥感作业、多机多任务协同遥感、航路网规划与风险评估、空地一体观测等研究；突破遥感无人机平台与主被动遥感载荷快速适配、遥感信息机上智能实时处理、多机协同智能观测与快速处理等关键技术；实现复杂环境下无人机的全域遥感作业和多机协同、机上实时遥感目标智能识别和实时自主规划、遥感观测实时成图、三维复杂环境下的遥感无人机管控和遥感产品汇聚，构建遥感无人机全时全域智能观测技术体系；面向应急管理和交通运输等领域的重大需求进行综合验证。

考核指标：研发集成复杂场景快速起降智能化无人机遥感平台，研发集成机载遥感数据实时处理硬件模块，模块重量小于 100g，平台支持 RGB、视频、多光谱、高光谱、

激光雷达、红外、倾斜 7 类（含）以上主被动遥感载荷快速换装，形成适应复杂环境全时全域无人机集群协同遥感系统，系统展开时间小于 10 分钟。具备高落差山区实时感知仿地飞行智能遥感作业、360° 全域遥感目标探测能力，探测距离不小于 100m，三维地形实时重建距离不小于 50m，满足原生复杂地理环境和城市低空等遥感观测需求。机上智能实时识别道路、桥隧、车辆、建筑物、水体、植被等遥感目标准确率大于 90%，具备定制三维目标识别和基于目标识别的实时自主规划能力，具有预规划模式和目标甄别模式的自主切换功能，遥感图像实时拼接延时小于 1 秒，可 24 小时连续协同遥感作业，满足应急救援和道路交通监测需求。针对典型复杂环境，样本区或综合验证区数量不少于 50 个。成果在相关部委示范应用，发布国际标准不少于 1 项。

关键词：遥感无人机，复杂环境，智能遥感观测，全时全域，实时处理

2.6 空天地一体化遥感数据综合检验与质量追溯技术（共性关键技术类）

研究内容：面向空天遥感定量应用及产品质量追溯与控制的需求，基于当前遥感定标与真实性检验场网多种类型的观测数据资源，突破陆表复杂场景亚像元尺度真值获取、大气海洋时变参量空间匹配、真实性检验方法不确定性分析与质量追溯等关键技术；建立无人值守远程控制的

可移动方舱式遥感产品检验示范站，形成遥感产品机动检验能力；集成多尺度嵌套、多手段协同的天-临-空-地-海综合测试技术系统，具备长时驻空原位观测能力；构建兼容我国主流定标与真实性检验场网数据的开放式遥感产品综合检验平台，针对地球观测与导航领域相关典型产品开展应用验证示范。

考核指标：具备不少于 15 种陆地、大气、海洋核心参数真值获取能力，与传统的直接使用原位观测数据相比其不确定度平均减少 20%；集成无人值守远程控制、具备自动路径规划功能的可换装无人机与多种移动观测设备的可移动方舱式遥感产品检验示范站，其公里尺度数据采集时间同步性优于 1 小时；提出真实性检验全流程不确定度分析方法，并针对 8 种以上的典型产品完成可信度分析方法验证；天-临-空-地-海综合测试技术系统至少涵盖定标与真实性检验站点、无人机、无人船、高架塔、中高空浮空器等观测手段，其中定标与真实性检验站点数量不少于 40 个，综合测试技术系统平台高度至少涵盖 0~30km，连续驻空原位观测时间最长 24 小时；开放式遥感产品综合检验平台可兼容我国主流定标与真实性检验场网数据，具备不少于 8 种遥感产品综合验证与质量追溯能力，形成可指导产品业务化应用的标准规范不少于 3 项。

关键词：空天地一体化，陆表复杂场景，大气海洋时变参量，产品质量追溯，可移动方舱式

3. 空天定量遥感和智能信息处理

3.1 云微物理参数和降雨廓线遥感反演算法研究（青年科学家项目）

研究内容：基于光学多角度偏振、被动微波、云雷达以及我国首颗降水测量卫星双频雷达等多源卫星资料，研究云微物理模型，构建不同类型云微物理特性参数（粒子有效半径和云水含量）廓线库和廓线反演技术，发展云生命史诊断技术；构建降雨的遥感探测方法，揭示云廓线结构对降雨的影响，提高云降雨的主被动卫星联合反演水平。为下一代风云卫星云微物理特性参数廓线观测载荷的指标设计提供理论和技术支撑。

考核指标：建立层云与对流云高度（1~12km）、几何厚度（0.3~10km）、光学厚度（5~120）、粒子有效半径（1~80 μm ）可变的微物理参数模型各1套，生成不同类型云粒子有效半径和云水含量廓线库，每种类型廓线库记录>1000条；云微物理参数廓线垂直采样分辨率优于300m，形成针对光学多角度偏振、被动微波、云雷达、降水雷达卫星资料云微物理廓线反演敏感性分析模型。层云粒子有效半径和云水含量廓线误差与地基云雷达数据相比偏差分别低于7 μm 和0.5 gm^{-3} ，对流云廓线的偏差均低于40%，降水识别率与地面雨量计等观测数据相比优于70%，提出下一代风云卫星云粒子有效半径廓线观测载荷的波段设置和中心波长配置建议方案。

关键词：廓线遥感反演，云微物理特性，降水，微波

成像仪，多角度偏振

3.2 中高层大气卫星探测技术研究（青年科学家项目）

研究内容：针对气候变化研究缺少中高层大气观测数据的问题，以 50~500km 高度区间特性层中性风场、大气密度、大气温度探测为目标，突破平流层—中间层—热层全链路仿真，稀薄大气辐射传输计算等关键技术，提出针对中高层大气探测的卫星轨道设计、载荷配置方案以及工程与科学指标，支撑中高层大气探测卫星计划的推进。

考核指标：建立中高层大气卫星探测仿真系统，提出载荷技术指标，完成卫星轨道设计，完成中高层大气探测卫星需求分析和中高层大气探测卫星总体设计方案。仿真系统覆盖高度不少于 50~500km，水平分辨率不低于 $2.5^{\circ}\times 2.5^{\circ}$ ，仿真要素至少包括大气密度、温度和风速；90km 附近大气密度探测相对误差小于 10%，温度探测精度优于 3K，风速误差小于 5m/s。

关键词：中高层大气，全链路仿真，需求分析，探测精度

4. 全球和区域地球观测应用示范

4.1 重点项目安全综合遥感监测关键技术及应用示范（应用示范类）

研究内容：针对区域重点项目安全风险等重大问题，融合对地观测、自主可控的卫星通信网、北斗定位手段，

构建面向项目安全的包含资源环境、社会经济、政治发展态势等信息的地理信息复合层次模型，研究面向重点项目规划、评估、监测、预警、资产保障、人员救助等多目标的遥感监测评估指标体系和算法，突破精准感知、泛在分析和国情舆情等信息融合的全局协同分析技术，研制自主遥感监测信息采集与分发系统，构建重点项目安全监测时空大数据业务平台，实现项目资产及运营状况综合监管和安全风险监测评估；开展面向多类型重点项目的多目标动态监测监管、长效预警、应急处置等综合应用示范，实现风险预警和安全撤离。

考核指标：项目安全多源信息复合空间对象层次模型 1 套，支持对地观测、导航定位、资源环境、社会经济、工程建设运营状况等不少于 5 类泛在信息融合；示范区自主大容量遥感监测信息采集分发系统 1 套，无地面网络条件下 GB 级时空数据分发速率达到分钟级；时空大数据业务平台 1 套，海量多源异构数据的全局协同分析效率达到分钟级；针对自然灾害与突发事件、资产与人员安全、环境影响与社会潜在风险等，支持应急情况下小时级的遥感数据、动态信息获取、信息互联和应急处置；境外项目注册、日常运营监管、投资效益评估、生态环境影响、潜在风险预判、应急状况处置等综合研判产品不少于 5 类；安全风险预警判对率优于 80%，撤离路径方案生成小于 10 分钟，安全有效率高于 80%。规模以上单项工程实施遥感年度评估不少于 1 次/年，监测精度达到米级，评估专题至少应涵盖经济、安

全、卫生等方面；重点项目综合应用示范涵盖能源、交通、矿产、建筑、园区等不少于 5 类，项目数量不少于 10 个；成果直接服务于当前境外已购、在建、运营项目，满足国家发展改革委等行政主管部门的监管需求。研究成果在国家相关部委开展业务化推广应用，并得到部级盖章认证。

关键词：境外重点项目安全，复合空间对象模型，综合监测评估，综合应用示范

4.2 全球粮食和病虫害监测与预警（应用示范类）

研究内容：面向全球粮食安全与可持续发展需求，研究全球主要农作物面积、农情参数及长势等高分辨率高精度遥感定量解析理论与方法；构建遥感农情参数与温度、水分等环境关键参数驱动的全球农作物生长过程长势动态监测与产量预测技术体系；突破全球主要农作物重大病虫害孕灾环境监测、前哨预警关键技术瓶颈；构建涵盖全球粮食安全关键影响因素的动态风险评估与监测预警系统，提升全球粮食安全遥感监测与预警精度；开展面向国际和国内粮食安全相关组织和机构应用需求的空间信息产品生产与综合应用示范，支撑全球零饥饿目标监测与评估，实现全球粮食安全与环境可持续发展的双赢。

考核指标：研制全球小麦、水稻、玉米、大豆等主要农作物面积、长势等农情参数高分辨率高精度定量遥感产品，核心参数不少于 5 种、空间分辨率不低于 10m、产品精度 85% 以上；形成综合考虑农情与环境参数的农作物生

长过程动态监测技术体系 1 套，在全球主要农作物关键生育期实现 7~10 天的时序动态高精度监测。突破全球主要农作物重大病虫害孕灾环境高精度遥感动态监测、前哨预警与风险评估技术，构建全球重大病虫害波谱数据库，建成全球主要农作物重大病虫害遥感监测预警系统，实现重大病虫害生物入侵提前 10 天前哨预警；建成全球粮食安全关键影响因素动态风险评估与监测预警系统，实现典型国家粮食主产区分辨率不低于 10m、时效性提前 45 天产量预测，主要农作物产量的区域预测精度 90% 以上。研究成果在小麦、水稻、玉米、大豆等农作物全球主产国家和地区开展应用，为联合国粮食及农业组织（FAO）等国际组织提供相关科技支撑，发布监测与预警报告 5 份；撰写全球及区域粮食安全监测预警咨询报告并被中央及国家部委有关部门采纳不少于 10 项。研究成果在国家相关部委开展业务化推广应用，并得到部级盖章认证。

关键词：全球，粮食安全，产量，病虫害，高精度

5. 先进定位导航授时关键技术

5.1 全球导航定位智能微系统关键技术（基础研究类）

研究内容：面向微型无人系统等对全球导航定位的迫切需求，开展非无线电信号的全球性高精度定位导航智能微系统研究。研制光电子、MEMS、微电子器件等三维异构集成导航微系统；重点突破大视场、高精度共融性测量，微纳光学全景感知，微光机电多维动态调制成像等关键技

术；研究全球语义地图、天文惯性、卫星光学探测等多源信息融合全球性智能导航定位，以及荒漠/丛林等非结构化场景下长时间、长距离、无回环的相对导航定位方法，并开展应用验证。

考核指标：全球导航定位微系统样机质量小于 50g，数据更新率优于 100Hz，微系统测量视场不小于 $360^{\circ}\times 160^{\circ}$ ，姿态测量精度优于 1s (1σ)，MEMS 光学动态调制下太阳、恒星与空间目标定心精度优于 0.005 像素 (1σ)，全天时全球性导航定位精度优于 100m (1σ)，荒漠/丛林等场景下 100km 区域的定位精度优于 100m (1σ)。

关键词：全球导航定位微系统，光机电三维异构集成，动态调制成像

5.2 高精度微小型光学陀螺惯导系统及应用验证（基础研究类）

研究内容：瞄准微小型低成本高精度惯导系统的迫切需求，开展硅基等高精度微小型光学陀螺惯性导航系统研究，突破光学陀螺非互易误差限制及信号放大、多种光学器件的硅基单片集成技术，微小型光学陀螺 IMU 精密结构设计及系统集成、标定补偿、惯导系统联调、导航算法编排等技术。研制微小型高精度光学陀螺惯导系统，开展在无人机上的应用验证。

考核指标：毫米级光学陀螺敏感单元芯片角度随机游走优于 $0.1^{\circ}/h^{1/2}$ ，三轴陀螺体积小于 80cm^3 ；高精度微小型

光学惯导系统 1 套，实现在中小型诱饵无人机上的应用验证，航向精度优于 $0.05^\circ/h$ ，水平姿态优于 $0.01^\circ/h$ 。

关键词：高精度微小型光学陀螺，非互易，硅基微惯导系统

5.3 高精度低成本卫星时频系统关键技术（基础研究类）

研究内容：面向低轨互联网空间基础设施建设等对卫星高精度时间同步和自主守时的重大需求，开展高性能、小型化、低成本的星载北斗/GNSS 时频系统研究。重点突破星地协同北斗亚纳秒时频传递、星载时钟精准驾驭和调控、卫星时频系统集成与抗辐照等关键技术；开发星载北斗/GNSS 接收、精密定位与授时一体化模块，研制高性能、低成本的星载时频系统，提升卫星时频系统精度和长期自主保持能力。

考核指标：研制卫星精密时频系统工程样机 1 套，包括兼容北斗/GNSS 的星载接收模块、精密时频比对与驾驭模块、以及高性能微小型原子钟等。工程样机体积小于 1L，支持 BD3、GPS、Galileo 等多频信号接收；抗辐照能力优于 100 Krad (Si) ，功耗小于 15W；频率准确度优于 $5E-13$ ，秒频率稳定度优于 $3E-13$ ，万秒频率稳定度优于 $2E-14$ ，天漂移率优于 $5E-14$ ，星载时频系统与国家标准时频系统时间偏差小于 5ns。

关键词：卫星精密时频系统，亚纳秒时频传递，时频控制及精密定位一体化，低成本，长期自主维持

5.4 体内微空间精准定位关键技术研究（青年科学家项目）

研究内容：面向现代医疗对体内微空间胶囊机器人的高精度实时定位定姿需求，研究可支持用户自由行走的可穿戴的体内外一体化胶囊机器人定位系统，重点突破基于可穿戴平台的声波、磁场、惯导、视觉的高效率、低功耗、高可靠的多源融合定位，及非结构化消化道三维模型构建理论与方法，开发面向临床应用的高仿真实物研究平台，研制非结构化场景实时三维重建系统，并在动物实验中进行验证。

考核指标：研制无外部控制磁场的可穿戴胶囊机器人定位硬件系统 1 套，支持 3 种以上定位源，实现采样率不低于 20Hz，连续工作时间不少于 12h；建立消化道定位定姿高精度参考平台，参考平台定位精度优于 0.8mm，定姿精度优于 0.1°；研发可穿戴胶囊机器人定位和消化道建模系统及实物仿真平台，支持 5 种以上人体运动模式识别，且在 5 种以上人体运动模式下，定位精度优于 8mm，姿态精度优于 1°，可用性优于 99.9%，三维模型精度优于 1.5cm。

关键词：体内微空间，胶囊机器人，精准定位

6. 全时空信息理论与系统

6.1 全球战略物资海运时空标识与贸易实时分析（应用示范类）

研究内容：面向我国战略物资安全保障重大需求，针

对目前贸易统计数据时空粒度低，无法实时精准获取全球物资流动与贸易状态的瓶颈，突破全球范围内战略物资海洋运输时空标识与运输行为可信推断、海洋运输网络结构稳健性评估与扰动因子识别、海洋运输关键通道预警与风险防控、战略物资供应链实时监测与安全评估等关键技术；研发全球海运大数据实时采集与处理计算平台；构建基于多源海运大数据反演全球战略物资贸易态势的科学数据集与关键阈值；研发全球战略物资供应链及贸易分析平台，实现国家间、地区间和港口间战略物资贸易的态势监测与风险预警，量化重大事件对全球战略物资供应链的影响及传导过程，为全球战略物资贸易、海洋运输安全等提供宏观决策支撑，促进地理信息系统面向国家经济安全领域的关键技术研发及应用推广。

考核指标：全球战略物资海运标识空间分辨率达港口级，时间分辨率达岸基平均 1 分钟，星基平均 30 分钟，实现不少于 5 种以上战略物资的全球海洋运输实时跟踪；海运大数据实时采集与处理计算平台支持商船 AIS 数据、船名库信息、海洋与港口腹地基础地理信息与专题信息、关键港口高分遥感影像等数据类型；海运大数据反演国家间战略物资贸易关系的数据集核心参数不少于 20 个，形成全球战略物资贸易动态评估指数，数据集和指数实现每日更新；全球战略物资供应链及贸易分析平台支持行业用户并发访问，实现秒级查询响应；战略物资海运网络结构稳健性动态评估到月级；实现不少于 3000 个全球海运港口影响力指

数计算；撰写咨询建议被国家有关部门采纳不少于 10 项。研究成果在国家有关部门和航运企业开展应用示范。

关键词：全球战略物资，海洋运输，轨迹数据挖掘，时空标识，贸易实时分析

6.2 区域经济态势时空动态感知技术及应用（应用示范类）

研究内容：聚焦国民经济安全的重大战略需求，针对传统经济统计数据时空分辨率低的不足，突破基于互联网大数据的精细时空尺度区域经济态势多维度动态感知技术，构建新型区域经济态势监测时空增强指标体系，与现有经济统计数据形成有效互补；研发具有可解释性的地理空间智能分析技术，揭示指标的分布格局、关联关系及空间效应，实现区域经济态势的智能预测；开发区域经济态势多尺度感知、预测与应用平台，开展经济指标测算与评估、经济态势预测与安全预警、不同发展路径和政策下的情景模拟等示范应用，为重点行业部门及地方政府决策提供科技支撑，促进地理信息系统面向国民经济主战场的关键技术研发及应用推广。

考核指标：支持不少于 10 类社会感知和对地观测大数据，构建不少于 10 项时空可感知新型经济指标和对应的数据采集处理技术方法体系；统计类指标空间分辨率优于县级，空间分布类指标空间分辨率优于 1km，时间分辨率优于一周，感知大数据稀疏重构精度优于 90%；构建新型

经济指标评估预测模型，实现多时空尺度的区域经济态势预测，GDP 实际增长率、CPI 变化率、失业率预测误差低于 1 个百分点，固定资产投资、社会消费品零售总额预测误差低于 2 个百分点；实现提前 60 天的即时精准预测，关键经济指标实现三年长期滚动预测；研发网格化经济态势动态感知与分析平台，服务于不同政府部门的国民经济发展决策。撰写咨询报告被国家有关部门采纳不少于 10 项。研究成果在国家有关部门、地方政府或企业开展应用示范。

关键词：区域经济态势，精细时空尺度，时空大数据挖掘和智能分析，经济指标感知和预测，经济安全预警

6.3 道路交通污染精细时空尺度监测评估技术及应用 (青年科学家项目)

研究内容：针对道路交通污染精细时空尺度实时监测与评估技术缺乏，难以实现道路交通污染排放集约化管理与控制的突出问题，从轨迹数据挖掘与流数据分析的视角，研究道路交通污染排放多尺度表征方法，突破基于“车联网+”的道路交通污染源群智感知技术、路网交通流量车型比细粒度推算技术、交通污染排放模型标定与参数采集技术，实现基于多源大数据的高分辨率道路交通污染实时计算，建立多尺度多时相的道路交通污染排放数据集并开展地面验证；研究交通污染排放贡献结构时空分解方法，发展交通污染排放归属地推断技术，建立交通污染排放流时空交互模型，定量解析排放贡献时空交互格局与区域差异

性；研究道路交通污染控制政策的公共健康影响评估技术，发展空气污染物浓度动态模拟方法，建立耦合交通流-机动车排放-污染物浓度的多重非线性响应数值模型，系统评估中国道路交通污染控制政策对机动车污染物排放、环境空气质量 and 人群健康的影响。

考核指标：交通污染排放估算到道路路段级、分钟级，交通污染排放实时估算精度优于 80%；交通排放机动车车型比例推算精度优于 75%；交通污染排放 OD 流到县级区域，支持逐日更新；交通污染排放流时空交互模型预测精度优于 80%；建立涵盖不少于 5 种主要大气污染物和温室气体的实验区路网交通排放数据集；空气污染物浓度模拟精度优于 80%；排放政策情景模拟支持多种交通管理和车辆控制政策的组合；支持不少于 1000km 城市/城际干道和不少于 3 个典型区域的实验验证。

关键词：道路交通污染，车联网，精细尺度监测，情景模拟

7. 高性能导航控制与时空服务技术

7.1 海洋弹性 PNT 远程通导一体化关键技术及系统研发（共性关键技术类）

研究内容：面向深海水下导航定位的重大需求，开展海洋远程通导一体化弹性定位、导航、授时（PNT）系统研究，重点突破水下远程通导一体化系统架构设计、深海/极地声场环境建模与精化、深海远程水声定位、水下航行器/

编队通信组网与协同导航定位等关键技术，研制体积小、功耗低、耐压高、网络化、通导一体的海洋弹性 PNT 基站和终端装备，构建海洋弹性 PNT 与通信融合测试场，开展海试与示范应用。

考核指标：构建海洋远程通导一体化测试验证系统，水深 5000m，水下通导一体基站网络节点不少于 5 个，覆盖范围不小于 $100\times 100\text{km}^2$ ；水下基站连续工作时间不少于 3 年；水下终端在 $50\times 50\text{km}^2$ 内导航精度优于 10m， $100\times 100\text{km}^2$ 内导航精度优于 30m，水下时间同步精度优于 1 ms，近程 ($<10\text{km}$) 通信速率不低于 1000bit/s，远程 ($<50\text{km}$) 通信速率不低于 16bit/s，误码率不高于 10^{-4} ；水下定位单元功耗小于 1W，最大工作水深不小于 5000m。

关键词：深海水下定位导航授时，通导一体化，远程，弹性

7.2 高可信航空导航网络技术与验证（共性关键技术类）

研究内容：针对航空无线电导航信号频繁受扰导致的航空安全隐患和效率降级问题，设计星基导航及其增强系统与陆基导航系统协同运行的航空导航网络体系架构，突破测距仪（DME）与移动通信基站共址兼容、复杂机场环境仪表着陆系统（ILS）抗多径干扰等技术，研究星基导航、惯性导航、DME、甚高频全向信标（VOR）、ILS、L 波段数字航空通信系统（LDACS）等飞行全阶段航空泛源弹性综合导航技术，研究机载导航引导与空基完好性监测信息

的空地实时共享与智能融合处理技术，攻克国际民航组织（ICAO）定义的典型航空导航系统干扰和欺骗类型的监测与防御技术；研制新型机载多模式导航接收机，构建航空导航网络测试验证平台；在典型运行环境基于国产民机开展航空导航网络基于性能导航（PBN）运行性能的测试验证。

考核指标：研制新型机载多模式导航接收机原理样机 2 套、与移动通信基站共址的 DME 设备原型样机 4 套、航空导航无线电干扰监测系统 1 套；高可信航空导航网络测试验证平台 1 套；DME 工作波道数不少于 252 个、天线增益不低于 8dB；与国际民航组织附件 10 卷 I 的标准和建议措施（SARPs）指标相比，ILS 航道结构提高 20%；LDACS 发射模块输出端口处杂散发射功率不大于 -36dBm；卫星导航机载接收模块 10 度仰角的最小增益不低于 -4.0dBic、输出电压驻波比不大于 2；系统服务覆盖范围内航空导航自主完好性告警时间小于 2s、可用性优于 99.98%；设备指标满足 SARPs 以及航空无线电技术委员会（RTCA）DO-292、DO-235B、DO-229E、DO-253D 等标准相关要求，编制与航空导航网络运行相关的国际民航工业标准草案 1 项。

关键词：航空导航、陆基导航、干扰监测

8. 智能时空网应用

8.1 面向智慧公路的高可信高精度定位与时空服务技术与应用示范（应用示范类）

研究内容：针对智慧公路运行监管与车路协同服务的

迫切需求，面向多层级跨线特大桥和特长隧道等复杂环境，研究北斗、雷达、5G、惯导等多源融合定位技术；攻关可信合法区域地图在公路运行环境下路侧分发策略及关键技术，研究位置信息加密编码技术，实现车辆实时位置的可信可控交互共享；基于交通运输行业国产密钥和编码技术算法，研发具备北斗高精度定位服务能力的车路协同交互核心装备；攻克智慧公路数字孪生系统组分语义化建模、快速融合计算与动静态实时映射等关键技术，研发具备北斗时空服务能力的实体与数字公路两个体系；构建基于高可信高精度定位的智慧公路时空服务平台，选取京津冀、长三角、粤港澳大湾区等区域国省干线公路，开展大规模终端时空精细化服务应用示范，并研究相关技术标准规范。

考核指标：在特长隧道、多层级跨线特大桥等特殊场景，系统定位精度水平优于 1m，高程优于 2m，可用性不低于 99%；在车路协同场景，系统定位精度水平优于 20cm，高程优于 40cm，可用性不低于 99.9%；精密定位服务实时计算及精准时间同步精度优于 20ns，地图路侧分发延时小于 20ms；位置信息加密编码支持国密二级以上；车载设备的精度及容错率满足车道级服务要求，路侧设备具备车辆安全预警服务不少于 4 种，群体风险辨识精度优于 95%；建成实体与数字公路两个体系，具备融合解析、快速计算、自动生成等不少于 3 种功能，形成数字孪生公路的语义体系及标准规范；构建智慧公路时空服务平台，示范里程不少于 1000km，覆盖不少于 2000 台路侧设备和不少于 5000 辆

营运车辆，车辆配置多类型终端，实现浮动轨迹交通环境与运行态势推演、营运车辆精准监管与车路协同服务等不少于 5 种高可信高精度定位与时空服务功能；形成国家或行业技术标准草案 5 项。

关键词：智慧公路监管，高可信高精度定位与时空服务，营运车辆智能安全预警

8.2 面向海洋重大工程的精密定位关键技术及应用示范（应用示范类）

研究内容：面向远岸大水深海洋重大工程建设少人化、无人化、智能化作业需求，开展复杂海洋工程环境高精度定位技术研究。研究海洋远岸北斗动态高精度定位技术；研究海洋工程环境超短声脉冲高精度水声定位技术；研究海洋工程环境不利水体下高精度光学定位技术；研究复杂工程环境多源融合高精度水下机器人定位技术；研发海洋重大工程精密定位成套装备，形成远岸大水深海洋工程定位技术标准和规范，在海底沉管隧道等国家重大海洋工程中开展应用示范。

考核指标：编制重大海洋工程建设定位技术规范 and 标准建议稿；研制海洋工程建设精密定位系统 1 套；北斗海洋动态定位精度 1cm，海洋工程环境水声定位精度达到斜距千分之一，海洋工程环境水下合作靶标光学定位精度 2mm，北斗水上水下多源融合水下机器人定位精度 10cm，沉管隧

道管节安装对接定位精度 2cm/100m，适应水深不小于 100m。

关键词：远岸海洋工程，北斗动态定位，水下高精度定位，沉管隧道安装

8.3 面向群组列车运行控制的高安全高精度定位技术及应用示范（应用示范类）

研究内容：瞄准我国重载铁路以加密提效方式降低运输安全风险、突破运输瓶颈、打破当前运能极限的发展必然趋势，面向以高效率、高安全、低成本的群组化列车运行控制系统实现小间隔、高密度、大运能的列车运行控制系统发展需求，进一步实现区间列车短距离紧追踪、站内小间隔高效接发车的群组列车协同控制功能。开展满足群组化列车 SIL4 级绝对时间、相对速度、动态位置控制要求的高安全高精度群组列车协同定位、测速、授时方法及“车-路-环”感知信息时空同步方法研究，重点突破群组列车协同编解组、区间紧追踪运行的多源（包括：北斗、速度传感器、信号应答器、激光、数字轨道信息等）时空信息融合方法、融合北斗多源时空基准的“车-路-环”动态多维感知技术及安全完整度评估技术；研制高可靠、高效率、低成本群组化列控协同定位、测速、授时关键装备，为重载群组化列车高安全、高可靠、高精度、短距离、紧追踪的运行控制模式提供保障，并在重载铁路线开展应用示范。

考核指标：研制群组化列控系统协同定位、测速、授

时关键装备，设备平均无故障工作时间 MTBF 不低于 10^5 h；装配群组化列控系统协同定位设备满足 SIL4 级要求，时空信息安全完整度评估失效的可容忍危险概率 THR 小于 10^{-8} /h，设备发生完好性风险时，故障检出时间不大于 1 s；群组化列控自主设备定位误差优于 2%；建立不小于 30 km 的示范区，典型列车群组应用场景不少于 2 个，列车区间运行速度不低于 60 km/h，最短追踪距离不大于 1.5 km；形成国家/行业/企业相关标准建议稿不少于 4 项。

关键词：协同定位，高安全，群组化列车协同运行控制

9. 下一代全球碳监测卫星与应用示范

9.1 下一代碳卫星及全球碳盘点遥感科学产品与应用 (共性关键技术类)

研究内容：面向全球碳盘点的重大需求，开展下一代碳卫星温室气体、 NO_2 、SIF、气溶胶等高精度遥感反演，以及陆地生态系统碳源汇反演、污碳遥感协同同化及大数据驱动的化石燃料与工业活动碳排放估算、立体协同卫星观测的陆地生态系统碳库反演、土地利用变化碳排放遥感核算等关键技术研究；建立支撑全球碳盘点的陆气协同遥感监测方法体系，研发全球温室气体浓度、化石燃料与工业活动碳排放、陆地生态系统碳通量、全球森林碳储量与表层土壤有机碳库、土地利用变化碳排放等科学数据产品，开展点源、城市和区域尺度的示范应用，建立基于卫星遥

感的全球碳盘点支撑能力，为全球碳盘点和我国“双碳”战略目标实现提供科学数据。

考核指标：建立具有自主知识产权的全球碳盘点遥感估算模型与方法体系，形成时效性优于半年的全球碳盘点产品生产能力。研发下一代碳卫星科学产品反演系统，XCO₂精度优于 1ppm、XCH₄精度优于 8ppb、气溶胶光学厚度反演误差小于 0.05+AOD×15%、NO₂精度优于 1.3×10¹⁵ molecules/cm²、SIF精度优于 0.3mw·m⁻²·nm⁻¹·sr⁻¹。研发支撑全球碳盘点的多尺度、长时序科学数据产品，其中陆地生态系统碳库产品分辨率 500m、误差小于 30%，全球土地利用变化碳排放产品分辨率 30m、不确定性小于 30%，陆地生态系统碳源汇产品分辨率 500m、误差小于 25%；化石燃料与工业活动碳排放遥感产品分辨率优于 0.25°、不确定性小于 15%。完成反演、同化及全球碳盘点遥感估算模型的软件产品化，集成于地面应用系统，形成共享服务能力。

关键词：碳盘点，碳循环，土地利用，同化反演，卫星遥感

9.2 下一代碳卫星数据接收、处理与云服务技术（共性关键技术类）

研究内容：针对下一代全球碳监测卫星的业务化运行特点，突破中/中低轨道复杂工作模式下全球数据高时效传输、存储与处理、数据质量监测与检验、星地一体化快速响应与智能高效调度控制、高精度光谱和辐射定标、多模

式观测与定标规划导引等技术。突破资料重处理关键技术，提供高精度碳卫星历史数据服务。研发碳卫星数据与产品管理和服务系统，建设存算一体化的下一代碳卫星科学数据分析支撑环境，提供数据与产品服务业务化运行云平台。完成地面系统运控及应用系统研制，实现业务化在线运行。

考核指标：实现碳卫星全球数据的接收、处理与分发服务。中国及周边区域数据从观测到下传至地面的星地传输时效优于 40 分钟，其它区域数据从观测到下传至地面的时效小于 8 小时；接收成功率优于 99%；数据接收完毕后，一级数据服务年平均时效优于 1 小时；全年不间断业务运行成功率优于 98%；光谱定标精度优于光谱分辨率的 1/10、辐射定标不确定度优于 4%、长期稳定性优于 0.5%，定位精度优于 1.5 个像元；数据和科学计算服务支持 1000 个以上用户的并发访问。支撑卫星全寿命期内运行和业务化数据接收、处理与服务，提供高精度全周期碳卫星历史数据的共享与服务。

关键词：高时效传输，星地一体化调度，存算一体化，大数据分析，高并发服务，云平台