

# “十四五”国家重点研发计划“地球观测与导航” 重点专项 2022 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 分布式极化三维成像雷达系统技术(共性关键技术)

**研究内容：**面向陆表结构特征三维测量和应急减灾三维测绘的应用需求，开展分布式全极化三维成像雷达系统技术研究。研究基于压缩感知的分布式稀疏三维成像雷达总体技术；分布式卫星编队自主维持和快速重构技术；多星间高精度同步技术；极化三维建模、定标和检验技术；陆表、城市三维地形反演和建筑物立体重建应用等技术。研制系统仿真和成像软件及机载原理试验样机，完成机载验证试验，为星载分布式极化三维成像雷达在全球获取和处理陆表三维结构信息提供技术支撑。

**考核指标：**形成分布式全极化三维成像星载雷达系统方案，算法软件和系统仿真软件。主要指标：空间分辨率优于  $1\text{m}\times 1\text{m}\times 3\text{m}$ ，幅宽 $\geq 100\text{km}$ ，稀疏欠采样率 $\leq 5\%$ ；编队重构时间不大于 7 天，基线数量大于 3；基线测量精度优于  $2.5\text{mm}$ ；极化隔离度大于  $35\text{dB}$ ，支持 1: 10000 比例尺立体测绘，高程精度优于  $1\text{m}$ 。研制 X 频段机载原理样机 1 套，全极化模式下实现三维分辨率优于  $0.3\text{m}\times 0.3\text{m}\times 3\text{m}$ ，幅宽 $\geq 10\text{km}$ ，最大解叠掩能力 $\geq 5$  层，支持复杂地形 1:5000 立体测图要求，极化隔离度 $\geq 35\text{dB}$ 。开展行业应用示范 4 项，包括住房城乡

行业城市建筑群三维重建应用示范 1 项；陆地山区三维测绘应用示范 1 项；重点港口和大型目标三维重建各 2 项。

## 1.2 星载激光海洋高精度剖面探测技术(共性关键技术)

**研究内容：**面向大范围、高效率、高精度的海洋环境剖面探测需求，针对全球海洋初级生产力及浮游生物三维分布规律、海洋碳和能量循环等前沿科学问题，开展星载激光海洋高精度剖面探测技术研究，突破匹配大洋水最佳透过率波长的高功率激光器、大动态散射信号高灵敏光电探测、海洋剖面激光探测数据定标/反演/真实性检验等关键技术，研制海洋剖面激光探测原理样机，开展机载验证试验。

**考核指标：**海洋剖面激光探测机载原理样机 1 套，海洋剖面光学和生物数据反演软件 1 套，形成海洋剖面探测激光卫星的载荷技术方案（含总体指标论证）；激光在大洋水体的最大衰减长度（ $1/Kd$ ） $\geq 40m$ 、浅海水体的最大衰减长度（ $1/Kd$ ） $\geq 12.5m$ ，光电探测动态范围 5 个数量级、灵敏度 $\leq 100pW$ ；开展机载样机等效验证，星载激光海洋探测在太阳同步轨道（轨道高度 $\geq 400km$ ）情况下，大洋海水剖面测量最大深度 $\geq 100m$ 、垂直分辨率 $\leq 1m$ 、后向散射测量误差 $\leq 25\%$ 、叶绿素浓度测量误差 $\leq 35\%$ 、海洋颗粒物有机碳（POC）浓度测量误差 $\leq 35\%$ ，浅海水深测量能力不低于  $4/Kd$ 。

### 1.3 临近空间大气参量超光谱探测技术(共性关键技术)

**研究内容：**面向临近空间飞行器空间环境影响机制和临近空间标准大气模式等前沿科学问题，针对临近空间大气多要素、超分辨探测需求，研究全时相大气温度和湿度示踪物辐射机制与分布特征，提出水平宽幅均匀调制与廓线高分辨同时成像探测技术方案和关键技术解决途径，研究全链路模型构建与数据反演方法，研制临近空间大气参量超分辨探测仪样机；开展面向临近空间的机载或球载性能指标验证试验及反演方法优化研究；提出星载方案，完成在轨应用能力分析，为掌握飞行器空间环境和临近空间大气模式提供共性和关键技术储备。

**考核指标：**研发全链路仿真计算平台，实现全时相温度和湿度反演精度：温度优于 2K (@95km)、湿度优于 1ppm (@20km)。突破水平宽幅均匀调制与垂直廓线同时成像超光谱探测关键技术，研制原理样机 1 套，在 500km 轨道高度临边模式下，具备水平幅宽优于 100km、垂直幅宽优于 90km (温度要素 30~120km、湿度要素 10~100km)、廓线分辨率优于 2km (采样倍率优于 4)、光谱分辨率优于 0.03nm、样机集成光谱和辐射定标功能，光谱定标不确定度优于 0.003nm 和辐射定标不确定度优于 4%。开展面向临近空间的机载或球载样机主要性能指标验证试验和反演方法优化研究，与仿真计算平台比对湿度反演精度优于 1.5ppm@20km。提出星载系统方案，包含轨道参数、平台姿态及星上定标，完成在轨应用能力分析。

#### 1.4 阵列分孔径光学干涉高空间分辨计算成像关键技术 (青年科学家)

**研究内容：**参考国际先进高空间分辨率光学成像仪器的设计理念，研究阵列分孔径光学干涉高空间分辨计算成像系统的工作原理、米级基线分孔径光学干涉信息的获取方法，和空间频域欠采样高清图像重建方法，建立阵列分孔径光学干涉高空间分辨计算成像系统的设计与仿真分析方法；研究光学遥感卫星在轨工作配置需求，优化阵列孔径排布方案，和与之适应的图像质量提升算法，并开展米级基线物光分孔径相干测试验证，建立一种短周期米级基线光学干涉高空间分辨率计算成像方法，为地球静止轨道对地亚米级观测应用提供方法和关键技术基础。

**考核指标：**阵列分孔径光学干涉高空间分辨计算成像仿真系统和图像重建处理软件 1 套：具有阵列孔径布局功能，且孔径布局方案不小于 2 种，图像重建精度峰值信噪比不小于 15dB，地球静止轨道可见光对地观测分辨率优于 1m 的系统方案 1 套；空间频域物光分孔径相干可见度测量装置 1 套：基线不少于 2 条，基线长度不小于 1m，相干可见度测试误差不大于 50%。

#### 1.5 甚长波红外高光谱成像技术（基础前沿）

**研究内容：**面向南北极冰冻圈、高空云层、深空行星等

多种低温对象特性探测及其演变规律探索的需求，针对当前星载高光谱成像尚未覆盖低温目标辐射峰值波段的前沿科学问题，研究甚长波红外高光谱成像总体技术，论证甚长波红外高光谱成像指标体系；研究深低温超稳定精细光谱分光技术，建立低温光谱成像和甚长波精细分光方法；研究高灵敏度甚长波探测器技术，突破超低暗电流面阵甚长波红外探测的瓶颈；研究甚长波红外高光谱定标技术，形成甚长波红外高精度辐射和光谱定标方法；搭建甚长波红外高光谱成像原理实验装置；开展成像性能分析研究。

**考核指标：**搭建适用于低温对象特性探测的甚长波红外高光谱成像原理实验装置 1 台，工作于低温 100K 以下，探元分辨率 $\leq 0.5\text{mrad}$ ，视场 $\geq 9^\circ$ ；提出 1 种甚长波红外高光谱成像总体技术方案，探测谱段范围覆盖 12~16 $\mu\text{m}$ ，光谱分辨率 $\leq 5\%$ 波长；光谱混叠 $\leq 10\%$ ，光谱弯曲 $\leq 0.3\Delta\lambda$ ，光谱畸变 $\leq 0.3$ 个像元；光谱定标精度 $\leq 0.2\Delta\lambda$ ，波段覆盖范围绝对辐射定标精度 $\leq 0.3\sim 1.0\text{K}$ ；暗电流 $\leq 5\text{pA}$ ，探测灵敏度 $\leq 1\text{K}$ ，规模不小于 320 像元 $\times$ 32 像元。

## 1.6 月基对地全球尺度透视观测方案研究（青年科学家）

**研究内容：**提出地球信息透视观测系统方案，研究全球尺度下森林植被、冰川、冻土等典型地物目标的月基透视观测关键技术，突破月球公转、天平动、地球不规则旋转条件下的月基超远距离大幅宽雷达成像技术，突破超远距离透视

观测三维基线构型技术，突破月基传感器对地观测高精度时空定位技术，突破全球尺度下月基透视观测模拟中时空基准一致性、星球尺度表征及变换等关键技术，构建月基对地透视观测动态仿真技术系统，开展仿真和地面实验验证。

**考核指标：**构建月基雷达成像理论和超远距离透视观测三维基线构型理论并完成技术仿真，满足透视观测成像幅宽3500~4500km、空间分辨率优于100m；建立模拟系统1套，实现典型地物透视月基观测仿真不少于3类，完成观测能力及算法验证实验；完成地球信息透视观测系统方案，实现不少于3种不同波段的载荷配置和优选。

### 1.7 高空间分辨率遥感影像大气校正及检验技术（青年科学家）

**研究内容：**针对光学至微波谱段高分辨率对地成像遥感受大气影响模糊化的问题，研发新型大气参数同步测量载荷，以及配套的考虑大气和地表参数非均一性的新型光学至微波全谱段大气校正算法。突破云和大气气溶胶的空间覆盖性参数测量、全谱段大气组分参数建模、地表临近辐射效应、云阴影和云临近辐射效应等高精度测量及校正方法，并通过机载飞行验证。

**考核指标：**大气校正的波段覆盖可见近红外、短波红外、中波红外、热红外和微波光谱范围。大气校正关键参数包括气溶胶、水汽和云的空间分布。其中，气溶胶光学厚度反演

误差小于(15%+0.05)，柱水汽含量反演误差小于(15%+0.05g/cm<sup>2</sup>)，薄卷云识别和云下阴影误判率小于15%，典型环境下地表反射率平均反演误差小于0.05（大气光学厚度小于2），研制全谱段同步大气校正仪原理样机，完成航空飞行实验，并在植被、裸土、湿地等10种以上典型站点开展验证。

### 1.8 光学/雷达共时相成像与探测技术（基础前沿）

**研究内容：**面向光电多传感共时相高分辨对地观测应用需求，开展光学/雷达共时相成像与探测技术研究。研究光学/雷达共孔径载荷系统方案，突破高效率分光分频关键技术；开展共时相条件下光学与微波雷达成像机理研究，构建多源数据融合处理模型，研究可见光、SAR图像信号级配准方法，实现多源数据高精度成像、融合与检测；突破高能效可重构计算微系统架构技术，实现原始数据在线实时处理与应用；研制光学/雷达复合成像探测原理验证系统，并完成航空平台演示验证，并基于此提出天基光学/雷达共时相系统总体技术方案。

**考核指标：**研制机载光学/雷达共时相成像与探测原理验证系统1套，光学/SAR成像分辨率优于0.2m，幅宽≥250m，作用距离≥20km，分光分频元件可见光波段反射率优于95%，Ka波段透过率优于90%；研制实时处理微系统1套，自主可控，重量≤300g，功耗≤15W，运算能力1.2TFLOPS，具备

光学/雷达同步成像、融合、检测实时处理能力；研制共时相成像与探测嵌入式实时处理软件 1 套，光学/SAR 数据信号级配准精度优于 1 个像元，目标检测包含车、船、飞机等至少 3 类典型目标，检测率 $\geq 90\%$ ；天基系统总体方案设计指标：分辨率优于 0.1m，幅宽 $\geq 10\text{km}$ ，作用距离 $\geq 500\text{km}$ 。

### 1.9 电磁涡旋波雷达海上长时间高分辨率监测技术（基础前沿）

**研究内容：**针对海上长时间驻留监测中传统实孔径雷达分辨率受限、多普勒信息单一、缺乏目标三维重构能力的问题，利用多模态电磁涡旋波在超分辨率成像、目标三维重构以及旋转多普勒提取方面的独特优势，实现基于空中悬停或者慢速平台长时间、高分辨率监测，获取海上目标涡旋维度新观测量，提升目标判别能力。探索电磁涡旋波拓扑荷数对目标探测的影响机理，建立模态数与目标散射特性表征关系；研究电磁涡旋波新体制雷达系统方案，突破高聚合多模态电磁涡旋波同时产生技术、电磁涡旋波超分辨成像与目标三维重构技术、目标微多普勒特征提取与涡旋角速度测量等关键技术；完成电磁涡旋波雷达目标的雷达散射截面积量化仿真与测量；研制机载原理样机，开展海面机载飞行试验。

**考核指标：**X 频段电磁涡旋波生成模态数 $\geq 15$ ；距离分辨率优于 0.5m，方位分辨率至少 2 倍优于传统平面波分辨率（基于空中悬停或慢速运动平台）；目标涡旋角速度估计精

度误差 $\leq 10\%$ ；研制同时多模态电磁涡旋雷达机载原理样机一套，完成南海机载校飞应用示范。

### 1.10 星间激光通信测量一体化技术（共性关键技术）

**研究内容：**针对国产遥感卫星典型要素提取对高速通信、精密测量和高精度时频同步应用需求，开展一对多星间激光通信测量时频传递技术研究。研制一对多星间激光链路多收多发特种天线；研究多信标光复合接收和快速捕获跟踪技术；研究高性能窄带滤光和激光合束技术；研究噪声门限下弱信号检测技术，实现高灵敏度远距离激光测距测速功能；开展新型时钟同步体系研究，突破高精度远距离激光时频传递技术。创建具有我国自主知识产权的一对多星间激光高速通信、精密测量和高精度时频传递一体化原理样机。

**考核指标：**一对多星间激光高速通信、精密测量和高精度时频传递一体化原理样机，满足以下功能及指标：距离 $\geq 1000\text{km}$ ，速率 $5\sim 10\text{Gbps}$ ，测距精度 $\leq 2\text{cm(RMS)}$ ，测速精度 $\leq 2\text{cm/s(RMS)}$ ，秒脉冲时间同步精度 $\leq 20\text{ps(RMS)}$ ，频率同步精度 $\leq 1\text{E-}14@1\text{s}$ 。开展实验室条件下1对多( $\geq 2$ )原理架构样机的等效原理演示验证试验。

### 1.11 航空协同透视探测技术系统（共性关键技术）

**研究内容：**针对透视地球探测载荷包括磁、重力、新体

制 SAR、新型红外及光谱等技术验证需求，在现有有人机和无人机航空平台能力基础上，开展多种类新型探测载荷需求的多航空平台组网协同飞控与通信技术、航空组网协同透视探测实时指控作业技术、航空组网协同透视探测系统集成技术研究；面向岩石圈、水圈、大气圈、生物圈等三维透视观测典型应用需求，开展多航空平台多种类新型载荷协同探测应用技术研究。构建航空透视地球探测技术系统，对适配新型探测载荷的航空组网协同透视探测技术进行验证，并对其应用能力进行验证。

**考核指标：**系统具备面向大气、海洋、陆表及固体地球表层的透视探测能力，固体地球表层探测深度不少于 100 米、三维分辨率优于 10 米，海洋浅层目标立体探测定位精度优于 100 米，二氧化碳和甲烷气体垂直分布浓度探测误差不大于 1.5%，陆表植被覆盖区探测三维分辨率优于 0.5 米，山地冰川探测深度不小于 200m、垂直分辨率优于 0.5m。航空平台具备新型探测载荷集成技术能力，有人机平台具备同时集成 5 种载荷并开展协同作业能力，无人机平台具备分别集成 3 种分布式、阵列化载荷技术能力，多机交轨基线保持精度优于 3m、顺轨基线保持精度优于 10m，典型应用场景下飞行作业高度 100m~7km、作业半径不小于 300km、通信总带宽不低于 8Mbps。支持不少于 4 种典型应用场景的验证。

## 2. 空天地一体化综合验证与质量追溯

### 2.1 支持在轨组装的大型多任务高轨卫星平台技术（基础前沿）

**研究内容：**面向高轨大型多载荷综合承载需求，突破大型在轨可组装平台机、热、控制等多功能动态重构及验证技术，复杂柔性可组装系统动力学与微振动控制技术，大型高精高稳空间组合体共基准精密测量与控制技术，柔性低功耗高效热控等关键技术，研制地面试验验证系统并开展地面综合验证，解决多组装模块、多载荷间由于组装误差和热变形导致的几何基准一致性不足问题，支撑天基多圈层地球透视观测等任务发展。

**考核指标：**基于该平台的整星在轨设计重量 $\geq 10\text{t}$ ，可扩展至  $20\text{t}$ ；搭建多模块大型可组装平台半物理仿真试验系统，模块数量 $\geq 2$ ，开展制导、导航与控制系统和模态、热控及稳定性等地面综合试验验证，姿态稳定度优于  $1\times 10^{-5}\text{ }^\circ/\text{s}$ ，姿态指向精度优于  $5\times 10^{-4}\text{ }^\circ$ ，消声实验室环境下微振动响应低于  $0.1\text{mg}$ ，模态频率预示精度优于  $10\%$ ；研制多基准精密测量系统样机，多基准相对指向热变形偏差小于  $5$  角秒，地面实验室环境测量精度优于  $1$  角秒；研制柔性低功耗热控试验样机，具备分布式控温能力，散热能力在轨调控幅度大于  $60\%$ ，热控补偿电功率相比传统电加热补偿措施节省  $80\%$  以上。

## 2.2 面向集群/巨型星座应用的卫星平台技术（基础前沿）

**研究内容：**面向集群卫星星座应用需求，围绕卫星批量化生产、智能化应用等所面临的核心技术难点，打破当前宇航以载荷为核心、围绕任务深度定制、以地面管理应用为主的研产与服务模式，开展面向集群星座的标准化、模块化、智能化卫星系统技术研究，突破卫星通用化/开放式平台架构、星座级星地协同自主导航与轨道控制、星座级星地协同对地观测态势感知、集群智能协同资源管控与边缘计算、空间网络化操作系统、基于智能星群的“云-边-端”协同服务等关键技术。完成智能卫星系统总体设计、空间智能信息处理样机研制和地面仿真试验，促进通用化、标准化、模块化卫星系统设计研发，大幅提升卫星的快速制造能力和应用效能，支撑基于集群/巨型星座的空间云脑体系构建。

**考核指标：**研究面向集群/巨型星座应用的智能卫星系统技术，解决卫星星座规模化生产、网络化管理和智能化应用难题，利用通用开放的卫星架构和智能自主的管理应用技术，实现星座的高效率建设和多领域应用。卫星平台载重比大于60%，支持载荷长期平均功率不小于500W，短期峰值功率不小于4000W（占空比10%）；支持卫星数量 $\geq 1000$ 、载荷功能（遥感、通信、导航） $\geq 3$ 、遥感载荷种类 $\geq 3$ 、应用场景 $\geq 3$ 的即时任务协同和应用；具备支撑星地协同规划与操控、对地态势感知与边缘计算等能力；具备支撑星地“云-边-端”协同服务的能力；典型应用场景下全局服务响应时间小于10分钟。

## 2.3 空间辐射测量基准卫星平台系统技术（共性关键技术）

**研究内容：**面向高精度可溯源的空间辐射测量基准传递要求，开展空间辐射测量基准指标评价体系研究，提出空间辐射测量基准传递定量化指标体系总体分配与构建方法；针对现有卫星平台定量化服务保障能力的不足，开展空间辐射测量基准卫星平台系统技术研究，突破面向平台与载荷一体化测量与保障、基准传递过程平台高精高稳控制、目标自动寻优与识别等关键技术，支撑实现空间辐射测量基准溯源；开展空间辐射测量基准卫星方案研究，完成卫星总体方案设计、卫星平台系统半实物仿真样机研制与地面试验验证。

**考核指标：**面向基准星可溯源国际单位制（SI）的在轨绝对辐射定标和高精度基准传递任务需求，建立空间辐射测量基准误差传递数学模型，实现基准传递不确定度优于 1%；研发空间辐射测量基准平台系统半实物仿真样机，实现振动隔离传递率低于 0.1%（0.1~100Hz），结构基准变形小于 5"，平台姿态动态跟踪能力优于 0.0005°/s（@角速度不小于 2°/s）；高稳定度热环境边界稳定优于 0.01K、均匀性优于 0.05K；场景识别准确度优于 90%，遥感数据星上平均传输延迟小于 30 分钟。

## 2.4 临近空间光学辐射计量基准传递一体化验证技术 (共性关键技术)

**研究内容：**利用临近空间逼近天基观测条件并具备向卫星传递辐射量值的定点驻留优势，针对临近空间复杂物理环境下辐射基准稳定测量及向各类卫星载荷高精度传递等问题，突破高稳定光学辐射计量基准源及参考载荷、临-星观测要素高精度匹配传递与环境补偿、多星多载荷辐射量值溯源等关键技术，研制包含太阳分光辐射计、通道辐亮度计、对地观测参考光谱仪及标准光源等的临近空间辐射测量基准系统，构建临近空间高稳定光学辐射计量基准传递技术体系，开展星-临-地光学辐射计量基准传递一体化验证试验，实现临近空间环境下光学载荷辐射量值溯源及多颗光学卫星载荷观测数据辐射质量评价。

**考核指标：**临近空间太阳光谱辐照度测量的合成标准不确定度 $\leq 1.0\%$  (@380nm-2500nm)；临近空间通道辐亮度测量的合成标准不确定度 $\leq 0.5\%$ ；临近空间对地观测参考光谱仪测量的合成标准不确定度 $\leq 1.5\%$ ；临近空间标准光源稳定性 $\leq 1\%$ 。临近空间光学辐射计量基准传递一体化验证试验飞行高度不低于 30km，对不少于 10 颗光学卫星开展辐射基准传递示范，临近空间光学载荷辐射定标的合成标准不确定度 $\leq 2\%$ ，卫星光学载荷辐射定标的合成标准不确定度 $\leq 3\%$ 。

## 2.5 太阳绝对光谱辐照度测量基准载荷工程技术（共性关键技术）

**研究内容：**针对全球气候变化的长期高精度监测要求，开展星上校准的太阳绝对光谱辐照度测量基准载荷工程技术攻关，突破高通量辐射基准源轻量化集成、辐射观测与校准模式的大动态范围非线性校正、多源宽谱段杂散光的深度抑制、光子级绝对辐射测量光路的精准装校、微弱光电流的高信噪比检测、关键组部件抗辐照等关键技术，实现太阳绝对光谱辐照度溯源至普朗克常数，研制基准载荷工程样机，开展系统级空间环境适应性试验和精度验证。

**考核指标：**研制星上校准的太阳绝对光谱辐照度测量基准载荷工程样机一套，开发太阳绝对光谱辐照度反演算法和数据处理软件。工作谱段 380nm~2500nm，光谱分辨率优于 3nm（380nm~1000nm）和 8nm（1000nm~2500nm），光谱定标不确定度优于 0.2nm；辐射基准源不确定度优于 0.2%；系统响应非线性 $\leq 10^{-3}$ （光通量动态范围 10pW~10 $\mu$ W）；相关光子量值传递偏振敏感性小于 0.1%；辐射观测与校准模式测量信噪比 $\geq 500$ ；杂散光 $\leq 10^{-6}$ ；绝对光谱辐照度测量不确定度优于 0.3%，绝对辐射测量的长期重复性优于 0.15%；质量 $\leq 110$ kg，平均功耗 $\leq 200$ W。

## 2.6 地球绝对光谱辐亮度测量基准载荷工程技术（共性关键技术）

**研究内容：**面向气候变化、辐射收支等领域高精度及长期稳定的遥感需求，研究基于空间低温辐射基准源的太阳反射谱段地球反射光谱辐射测量技术，重点突破空间绝对辐射功率测量溯源、空间深低温高稳定热环境建立、空间高可靠长寿命脉冲管制冷、空间光谱辐射遥感偏振及杂散光控制、在轨溯源的太阳总辐照度高精度测量、星上高精度辐射量值传递、基准载荷一体化与轻量化集成设计、发射前辐射定标及环境模拟等关键技术，研制溯源至空间低温辐射基准源的地球光谱辐亮度测量基准载荷工程样机，开展在轨环境模拟及验证。

**考核指标：**研制地球光谱辐亮度测量基准载荷工程样机一套。空间低温辐射基准源温度稳定度  $0.1\text{mK}@20\text{K}$ ，空间深低温脉冲管制冷机冷量优于  $450\text{mW}@20\text{K}$ ，光功率测量不确定度  $0.03\%$ ；地球反射辐亮度测量：光谱范围  $400\text{nm}\sim 2300\text{nm}$ ，光谱分辨率  $10\text{nm}$ ，光谱定标精度优于  $0.5\text{nm}$ ，信噪比 300，偏振灵敏度  $1\%$ ，幅宽  $60\text{km}$ ，像元空间分辨率  $400\text{m}$ （ $609\text{km}$ ），测量不确定度  $0.8\%$ （ $450\text{nm}\sim 800\text{nm}$ ）；同时具备太阳总辐照度观测能力，太阳总辐照度测量不确定度  $0.05\%$ ，光谱范围  $0.2\mu\text{m}\sim 35\mu\text{m}$ ，探测信噪比大于 3000。

### 3. 空天定量遥感与智能信息处理

#### 3.1 陆表土壤-植被-冰雪关键参量三维定量反演（共性关键技术）

**研究内容：**面向土壤-植被-冰雪参量三维遥感探测的迫切需求，发展复杂地表主被动遥感建模理论，研发光学、热红外和微波等全谱段遥感辐散射机理模型；研究多角度多光谱相机、多波段激光雷达、三维成像雷达等新型载荷数据的高精度协同处理技术，突破植被三维结构类型、分层叶面积指数、生物量、土壤分层温湿度、土壤质地、土壤有机质含量、冰雪厚度、雪水当量等参数高精度反演与真实性检验技术；集成研发基于多源国产卫星的植被-土壤-冰雪关键参量三维定量遥感反演系统，开展典型示范区生态系统质量、耕地质量调查、流域水资源监测等应用示范研究。

**考核指标：**植被、土壤、冰雪主被动遥感辐散射机理模型覆盖光学、热红外和微波主要波段，光学谱段反射率模型精度优于 85%，红外和微波亮温模型误差小于 1K，微波后向散射模型误差小于 2dB；林-灌-草三维植被结构类型识别精度优于 85%，林-灌-草分层植被叶面积指数反演平均精度优于 80%，生物量反演精度优于 85%；叶片层温度反演误差小于 1.5K、土壤分层温度反演误差小于 2K、叶片层含水量反演误差小于 0.2kg/m<sup>2</sup>、土壤分层湿度反演误差小于 0.05m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>，土壤质地和耕地有机质含量反演精度优于 80%；雪深反演误差小于 15cm、雪水当量反演误差小于 30mm。在省级尺度或流域尺度开展典型应用示范，形成典型示范区植

被、土壤、冰雪关键参量产品集，示范区不少于 5 个，每个示范区面积大于 10 万平方公里。

### **3.2 多模态遥感大数据智能融合分析与精准推测（共性关键技术）**

**研究内容：**针对全天候、全天时高分辨率遥感对地监测的重大应用需求和跨模态、跨区域、跨时相遥感大数据融合处理的技术瓶颈，开展空-天-地-人协同的智能化融合与精准推测理论与技术攻关。基于新一代人工智能技术，重点突破领域知识与遥感大数据相耦合的时空谱一体化融合机理、任务驱动的多模态遥感大数据智能语义分析理论、跨时相模态缺失条件下地表参量变化精准推测、地面通信阻断条件下遥感大数据在线实时处理与传输等关键技术，研发自主学习的遥感大数据实时处理与传输软硬件平台，在长江经济带等国家重大战略区域开展全天候、全天时对地监测与决策推测典型示范应用。

**考核指标：**构建空-天-地-人遥感大数据智能化融合与精准推测理论体系，提出的融合方法可以精准融合可见光、高光谱、红外、雷达、微光等 5 种以上数据源，研制不少于 2 种模态的同光路无视差遥感数据采集、融合原理样机；智能语义分析方法具备将遥感数据转换为场景语义知识的理解能力，精度优于 80%；具备自主学习和知识推理能力，跨区域、跨时相遥感数据模态缺失条件下，全天候、全天时融合

地物变化监测与推测精度优于 80%；支持无人机等计算资源受限空地无人自主遥感平台在线实时处理与传输，处理速度 2Gbps 以上，在无人机端完成飞行试验验证，地面通信阻断条件下达到分钟级响应时间；研发遥感大数据智能融合分析与精准推测软硬件一体化系统 1 套，在长江经济带等国家重大战略区域开展不少于 3 种典型示范应用，示范区面积不小于 30 万平方公里。

#### 4.全球和区域地球观测应用示范

##### 4.1 高标准农田天空地一体化智慧监管技术与应用（典型应用示范）

**研究内容：**针对高标准农田“精准—智能—动态”监测监管技术缺乏、难以支撑“良田粮用”的突出问题，研究卫星遥感、航空遥感与地面传感网一体化的农田多要素精准感知技术；研发农田基础设施智能识别技术，针对新建或改造提升高标准农田全过程构建智能监测与巡查方法；研究复杂环境下高标准农田土壤参数高精度反演模型，建立天空地一体化的农田耕地质量监测评价方法；研究作物类型、复种、轮作等农田利用动态监测技术，建立高标准农田粮食产能评估技术；研发高标准农田智慧监测监管与决策预警系统，并开展示范应用，服务高标准农田“建设好、管护好和利用好”的目标。

**考核指标：**适合地块破碎、多云多雨、种植混杂等复

杂场景的天空地一体化感知装备集成、智能管控与数据一站式处理等关键技术 3 项以上，农田信息车载移动采集系统 1 套；农田地块、灌溉、道路、防护林等重要设施智能识别技术不少于 4 项，米级分辨率识别精度优于 90%，设施项动态变化智能巡查响应时间不超过 4 天；高标准农田耕地质量核心参数高精度反演模型 3 个以上，耕地质量监测与提升评估技术方法 1 套，其中：土壤水分反演精度优于  $0.04\text{m}^3/\text{m}^3$ ；晴空土壤温度反演精度优于 1K，云下土壤温度反演精度优于 3K；土壤有机质估算模型精度优于 85%；粮棉油等作物类型、复种模式、轮作方式等农田利用动态监测技术不少于 3 项且地块尺度监测精度优于 90%，粮食产能测算模型精度达到 95%；以国产高分卫星为主要数据源、具有自主知识产权的高标准农田智慧监测监管与决策预警系统 1 个，被国家行业主管部门认可并业务应用，管控高标准农田面积不低于 8 亿亩，在不少于 4 个粮食主产区进行示范应用。

#### **4.2 复杂陆地海洋环境重点区域遥感精准监测和安全预警（典型应用示范）**

**研究内容：**面向复杂陆地海洋环境重点区域态势感知的国家需求，针对重点区域自然环境迥异、地缘格局复杂、难以抵达观察等严峻挑战，研究复杂陆地海洋环境重点区域异常动态遥感监测、态势分级研判、互联互通分析、安全情势推演、空间管控优化等安全预警智能技术方法；突

破复杂陆地场景下 SAR 影像地表沉降监测、自然与人为地表沉降判别、未知地下空间开发利用探测等关键技术；突破复杂海洋环境下难以抵近海域的浅海水下三维地形反演、海底底质分类等关键技术；研发复杂陆地海洋环境重点区域遥感精准监测和安全预警平台，形成协同观测、分析研判、预测预警等遥感应用技术系统；开展重点区域常态与任务驱动兼备的监测和安全预警等应用示范，服务中国边海区域救援、共同开发、周边命运共同体构建等。

**考核指标：**遥感监测异常种类不少于 10 类、监测准确率优于 90%，态势分级和安全情势推演准确率优于 80%，互联互通要素不少于 5 类、准确度优于 95%，空间管控效能提升 20%以上；复杂陆地环境下干涉困难区地表沉降星载 InSAR 监测精度优于 5mm，地下空间开发引起的地表沉降判别准确率不低于 70%；复杂海洋环境下难以抵近海域水下三维地形卫星遥感反演，20m 以浅水深反演大区域均方根误差 <2m、30m 以浅水深反演大区域均方根误差 <3m；海底底质分类精度不低于 75%；复杂陆地海洋环境重点区域遥感精准监测和安全预警平台，包括动态监测、态势分级、互联互通、情势推演、空间管控等子系统 5 个以上，异常动态的卫星监测频率不低于 1 次/天，通过外交部门认定并投入业务运行；复杂陆地海洋环境重点区域安全预警应用示范不少于 3 个，陆地不少于 300km、海洋监测区面积不少于 70 万 km<sup>2</sup>，提交国家采纳的咨询报告不少于 3 份。

### 4.3 超大城市绿色发展监测与诊断优化应用示范（典型应用示范）

**研究内容：**面向生态文明建设需求，针对我国超大城市绿色健康发展中的监测诊断优化科学问题，突破移动碳源精准刻画、碳排定量计算、植被生命体仿真、三维绿量精细建模、生态产品要素遥感估算等关键技术，构建星-空-地对地观测与城市运行大数据融合的城市绿色发展评估指标体系，建立城市绿色发展诊断指标量化计算模型，开展生态系统生态总值核算。研发城市空间环境绿色发展智能分析平台，并选择典型超大城市开展碳汇能力定量计算、动态源碳排放精准刻画、生态系统生产总值核算、国土空间优化等绿色发展的先行示范智慧化应用。

**考核指标：**通过国家或行业立项的城市绿色发展质量指标体系标准规范 1 项；生态系统精细化分类技术 1 套，达到三级分类，总体精度优于 90%；城市生态系统生产总值核算成果空间分辨率达到亚米级尺度；支持 30 种以上典型城市植被生长模型的城市自然生命体仿生建模；城市级三维绿量动态计算的总体精度优于 90%；城市碳汇量估测精度优于 90%；城市级碳排放时空动态计算模型 1 套，碳排放量估测精度优于 85%，空间分辨率优于 500m，其中重点区域优于 30m，移动碳源计算达建筑及道路级，时间分辨率优于 1 周；城市空间环境绿色发展智能分析平台 1 套，可支持碳汇能力定量计算、动态源碳排放精准刻画、生态系统生产总值核算、

国土空间优化等不少于 4 类城市绿色发展应用场景；开展典型超大型城市应用示范，时效 1 年以上。

## 5. 先进定位导航授时关键技术

### 5.1 组件化弹性集成导航与控制关键技术及应用验证 (基础前沿)

**研究内容：**瞄准卫星信号拒止、电磁干扰和空间变化等复杂环境下难以连续可靠提供定位、导航与授时（PNT）服务的关键技术瓶颈，在国家弹性 PNT 框架的基础上，开展组件化灵巧重构的智能 PNT 服务终端技术系统研究，突破组件化 PNT 灵巧重构、智能信息融合、协同导航与智能控制等关键技术研究，实现复杂环境下组件化 PNT 灵巧智能重构并提供连续、可靠的定位导航与控制服务，研究相关标准协议，研制组件化弹性 PNT 平台样机，搭建无人机编组等小型机动载体的实验验证系统。

**考核指标：**制定组件平台的弹性 PNT 协同导航控制协议标准；组件平台具备弹性扩展能力，平台系统时间同步精度优于 10ns，支持不少于 5 种 PNT 源传感器符合可用性准则的智能重构；系统重构初始化时间优于 10ms、连续性优于  $10^{-7}/h$ 、可用性优于 99.99%；系统定位导航精度：无 GNSS、UWB 等无线电定位信号条件下优于 1m，有 GNSS、UWB 等无线电定位信号条件下优于 0.2m；研制组件化弹性集成导航与控制系统样机；申请发明专利不少于 4 项。

## 5.2 面向物联网/穿戴设备的高性能超低功耗导航定位芯片技术攻关和应用（共性关键技术）

**研究内容：**面向物联网/穿戴设备应用中高性能低功耗导航定位芯片的迫切需求，研制超低功耗、高性能、高精度可信导航定位系统级芯片（SoC），满足移动物联网高复杂、多样化、广域全球应用场景下的低功耗、高性能、可信导航应用需求。研究芯片双核架构设计技术，优化芯片各单元 SoC 集成设计，提升性能减小面积；研究抗干扰的宽带射频架构，实现高效能多系统全频组合定位；研究嵌入式星基增强、地基增强、北斗卫星导航系统（BDS）精密单点定位（PPP）、惯导融合技术，实现片上高精度集成定位能力；研究电源管理优化设计、电路模式控制等低功耗设计技术，实现芯片超低功耗性能；研究片上安全算法加密技术，实现位置信息“信源级”加密可信导航；研制高性能超低功耗导航定位 SoC 芯片，并在移动物联网/穿戴设备领域开展应用验证。

**考核指标：**研制高性能超低功耗导航定位 SoC 芯片：支持 BDS、全球定位系统（GPS）、伽利略卫星导航系统（Galileo）等多星座多频点组合定位；支持星基增强系统（SBAS）、广域增强系统（WAAS）、欧洲地球静止导航重叠服务（EGNOS）等星基增强；支持 BDS 的 PPP 定位；支持微机电系统（MEMS）芯片级深耦合组合导航；硬件加密符合国密标准；捕获灵敏度：优于-150dBm；跟踪灵敏度：优于-165dBm；双频工作功耗不大于 20mW；封装面积不大于  $3 \times 3 \text{mm}^2$ ；支持使用装

备：穿戴、平板、手机、共享单车等；实现不少于 30 万片的应用验证。

### 5.3 E-19 量级光钟及守时应用关键技术（基础前沿）

**研究内容：**瞄准下一代地面原子钟技术及建设综合 PNT 体系的战略需求,开展 E-19 量级高精度光钟核心技术及应用研究。重点突破激光深度冷却、光钟频移抑制与评估、高精度光频标稳频降噪与电/磁场调控、光钟精密测量及驾驭微波守时等关键技术，研制集成化原理样机，开展守时示范应用研究。

**考核指标：**研制高精度基准光钟原理样机一台，系统频移不确定度优于  $8E-19$ ，稳定度优于  $2E-15/\sqrt{\tau}$ ；研制光钟驾驭微波守时系统样机 1 套，守时系统的准确度优于  $5E-16$ 、月稳定度优于  $5E-16$ 、时间保持精度优于 800 ps/月。

## 6. 全时空信息理论与系统

### 6.1 复杂空间场景数字孪生关键技术与应用（共性关键技术类）

**研究内容：**面向智慧城市与新型基础设施建设等对不同领域多模态时空信息数字孪生建模的重大需求，突破复杂空间场景多无人系统任务自主规划与场景要素信息协同获取、跨域时空信息自动融合与智能提取、复杂空间场景要素全生

命周期多尺度孪生表达与操作、复杂空间场景态势辨识与虚实互馈等关键技术，研制自主可控的复杂空间场景多无人系统信息协同获取装备和数字孪生平台，在相关领域开展关键技术应用验证。

**考核指标：**多无人系统支持自主协同获取地表、低空、室内、地下等不同空间场景要素信息，支持同步获取高分影像、视频、点云、环境参数等多模态空间信息，几何精度达厘米级，时效性较单一系统获取方式提升 80%；多无人系统云端载荷任务管理类别不少于 5 种；支持基于点云、视频、可见光与近红外成像、穿透成像、传感网数据流等不少于 10 种不同类型时空数据的复杂空间场景实时重构与增强，场景要素状态识别准确度不低于 90%；数字孪生平台支撑地上下要素精细化管理与虚实互馈，结构~功能一致性对应优于 85%；研发三维场景时空插值重构、三维场景时空分布异常检测等数字孪生场景时空模型算法不少于 10 个，支撑重大任务或事件过程和耦合关系的高保真分析；关键技术成果申请发明专利不少于 10 项；在重点城市或区域开展生命线预警、重大基础设施建设运维等关键技术应用验证，动态信息交互反馈联动响应达秒级，反馈结果准确度优于 95%。

## **6.2 群智协同时空知识图谱与知识服务(共性关键技术)**

**研究内容：**在群智感知信息爆发式增长背景下，针对自然资源管理、生态环境监测、地质灾害预防、智慧城市治理

和新型基础设施建设等领域智能决策的迫切需求，以大规模时空知识图谱自动化构建与知识服务为目标，突破多模态、多类型群智感知数据蕴含时空信息质量评估、群智感知数据蕴含时空信息抽取与融合、群智感知时空知识图谱协同构建与更新、时空知识元组检索与计算推理等关键技术，研发时空知识图谱管理系统以及支持大规模并发访问的时空知识应用服务支撑平台，构建形成大规模时空知识图谱，开展典型行业应用验证。

**考核指标：**群智协同时空知识图谱涉及数据类型不少于 5 种；群智感知时空信息质量评估包含相关性、时效性和可靠性等指标，支持阈值设置和信息自动筛选，评估结果支持时空知识图谱实时更新；基于时空知识图谱的知识对齐融合算法 5 个以上，知识计算与推理算法 10 个以上；构建不少于 1000 万三元组的群智感知时空知识图谱，三元组置信度优于 90%；形成群智感知时空知识图谱管理及应用服务支撑平台软件，支持不少于 100 万用户并发访问的时空知识图谱查询和计算引擎，实现秒级查询响应，查全率优于 80%，查准率优于 90%；时空知识图谱支持实时更新，更新效率不低于 10 万三元组/分钟，新增知识准确率优于 90%；项目成果申请发明专利不少于 4 项；形成行业标准草案不少于 2 项；在 1~2 个相关行业部门开展关键技术应用验证。

## 7. 高性能导航控制与时空服务技术

### 7.1 运输航空可视导航技术与验证（共性关键技术）

**研究内容：**研究运输航空飞机的合成视景、增强视景和组合视景引导技术；突破基于视觉的终端区复杂环境目标检测、识别与跟踪技术；攻克视觉、卫星导航、惯性导航等机载多传感器融合定位与完好性监测技术；研制具备在线感知、计算、通信能力的多传感器机载集成与处理终端；研制基于电子飞行包（EFB）的滑行引导系统和场面态势感知系统；在国产客机开展机载可视导航设备适航研究及系统集成测试验证。

**考核指标：**研制机载多传感器融合与处理设备，可采集的飞行状态传感器数据种类不少于 10 种，具备不少于 6 路的高清视频图像的实时目标检测与跟踪处理能力；研制多传感器融合定位系统，全飞行阶段导航定位精度优于 3 米，完好性、连续性以及可用性性能在航路阶段满足所需导航性能 2（RNP 2）、进近阶段满足 RNP 0.3 的运行需求；研制符合航空无线电技术委员会（RTCA）DO-315B 和 RTCA DO-341 标准的基于平视显示器（HUD）的合成视景、增强视景和组合视景引导系统；研制符合国际民航组织（ICAO）DOC 9830 相关要求的基于 EFB 的机载滑行引导系统，具备低能见度下的场面运行能力和场面态势感知能力；进近和地面滑行阶段内对跑道、飞机、车辆等关键对象的正确识别比率不低于 98%，验证核心算法的真实数据集不少于 50000 帧；在不少于 2 架国产客机开展集成验证；可视导航相关的行业标准提

案 1 项。

## 7.2 广域交通可信导航信号与时空服务系统关键技术 (共性关键技术)

**研究内容：**面向智慧交通管理和里程费改革对可信导航服务的需求，针对卫星导航脆弱性问题，开展广域交通可信导航理论与方法研究，构建泛在互联、深度融合、安全可信、智能可控的高精度导航能力增强服务，突破“人-车-路-场-环境”导航信号与数据时空波动补偿、抗欺骗、完好性、可追溯性等关键技术；突破跨载体测量信息融合的协同导航技术，研发高精泛源时空感知网络，构建融合数字孪生交通全息地图的路侧单元系统，为可信导航增强服务提供交通基础设施；突破多传感器自适应集成、车路动态信息融合处理、基于位置的收费执法风险防控等关键技术，研制具有移动支付功能的通导一体化车载终端，支持车辆在复杂环境下连续可信的导航定位服务，实现省级规模化应用；研发广域交通时空大数据综合服务平台，实现可信导航信号赋能的智能管控、全域覆盖、交换共享，以省级区域为应用场景，开展里程费改革、北斗一键救援等应用示范。

**考核指标：**完成复杂环境下的高精度可信导航增强服务，实现完好性风险优于  $10^{-6}/h$ ，连续性优于  $10^{-4}/h$ ，可用性优于 99.9%；研制北斗移动支付通导一体化终端，具备安全自动报警及主动安全防控等能力，对载体关键运动变化的识别及

响应时间优于 0.05s，预警及风险防控精度不低于 95%；位置与数据的鉴权可用性大于 95%；终端输出信号的水平定位精度优于 0.3m (3 $\sigma$ )；突破泛源时空网络与交通应用深度融合的关键技术不少于 5 类；交通知识图谱覆盖率大于 90%，推理准确率大于 95%；覆盖至少 50 个交通要素行为，生成 500 个交通场景，具备 5000 个以上场景生成能力，测试能力达到 5 万公里/天；广域交通时空大数据综合服务平台提供至少 3 个典型交通场景服务，实现不少于 3 万平方公里可信导航增强服务全覆盖，完成 10 万车辆的技术验证，支持 100 万用户的并发访问。

### 7.3 航路导航与通信监视一体化技术及应用（共性关键技术）

**研究内容：**瞄准高集成度、高完好性、高可扩展性的民航航路导航与通信监视一体化服务的战略亟需，设计民航陆基导航频段的导航、通信、监视一体化体系架构与电磁兼容技术体制，突破多元陆基融合的备份定位导航授时（APNT）与自主完好性监测技术、机-机与机-地间的动态组网技术、空地信息传输的安全认证与完整性保护技术，研制陆基导航频段的导航与通信监视一体化地面和机载硬件平台，开展电磁兼容和导航性能的综合评估，利用国产飞机搭建测试验证平台进行导航与通信监视一体化应用的演示验证。

**考核指标：**陆基导航频段的导航与通信监视一体化机载

设备原理样机和地面站原型系统各 2 套；导航的功能和性能满足国际民航组织（ICAO）附件 10 卷 I 的标准和建议措施（SARPs）相关要求，陆基导航频段范围：960~1215 MHz，运行性能不低于所需导航性能 2（RNP 2）；通信的功能和性能满足 ICAO 的航路宽带通信相关文件和规范，航路阶段数据链通信速率不低于 2 Mbps；信息安全传输所需的安全认证、密钥协商和安全会话建链的平均报文长度不大于 1024 字节，信息完整性保护安全报文平均开销不大于 10%；形成中国民航标准草案 1 项。

#### 7.4 面向复杂环境作业厂区的高性能导航控制及时空服务（共性关键技术）

**研究内容：**研究智能工厂（炼化厂区装置区）复杂物理环境的高精度定位、导航与授时（PNT）区域自主服务系统，研制面向厂区作业人员、作业设备、产品物资等的 PNT 和监控技术与装备。重点突破复杂物理环境下可信连续自主的区域 PNT 系统架构技术、穿戴式高精度自主定位等关键技术；研究作业设备导航与控制、产品物资定位跟踪、结合三维 GIS 的协同定位与监控技术。构建复杂物理环境下区域自主 PNT 系统，开展人员、设备、物资等的定位导航监控应用示范。

**考核指标：**实地部署区域自主 PNT 服务系统至少一套，终端节点容量不低于 30000 个；人员的实时动态定位精度优

于 1m, 闭合误差优于 0.5%, 定位频率不低于 1 Hz; 作业设备的实时动态定位精度优于 0.2m, 定位频率不低于 10 Hz, 响应时延优于 0.1s, 安全风险概率优于  $10^{-7}/h$ ; 支持露天、管道、室内等环境下产品物资的定位, 精度优于 1m; 在炼化、油库、油气田等典型区域形成不少于 3 个典型应用验证系统, 终端不少于 100 个; 申报发明专利 6 项以上, 制定行业标准 1 部。

## 8. 智能时空网及应用

### 8.1 高可信时空网关键技术及大众规模化应用（共性关键技术）

**研究内容：**研究高可信时空网体系架构，搭建面向千亿级服务能力的中国时空服务平台，建立面向海量大众用户多场景差异化需求条件下的高精度时空信息服务体系，实现用户透明服务能力，包括位置即服务（PaaS）、时间即服务（TaaS）和导航即服务（NaaS），推动时空网关键技术进入移动通信国际标准；整合海量通信基站和定位参考站资源，突破卫星、定位参考站、通信等基础设施数据增强技术；面向高精度、高可靠、高并发、高可用的综合时空服务需求，融合北斗高精度时间传递与定位、新一代移动通信、大数据及机器学习等技术，构建全空域、全时域的智能感知与信息处理系统，实现多源全空域全时域的定位与授时服务；研究基于地理信息保密处理和国产商用密码的高精度时空信息保护技术，构

建安全保护技术体系；面向移动互联网和物联网用户的高精度时空感知信息服务需求，研制终端原型样机，开展重大应用示范。

**考核指标：**构建时空网综合服务平台，支持每天 1000 亿次 PNT 服务能力；小型化终端首次定位时间小于 5s；告警时间延迟小于 6s，支持利用通信基站提供高精度定位服务，支持定位节点不少于 2000 个、定位频率不小于 1Hz、并发计算量不少于 100 万；支持差异化定位导航需求；打造 5G 定位园区，部署支持定位的 5G 基站 100 套以上，研发小型化终端原型样机，定位精度优于 0.1m，开展园区室内定位典型应用；高精度数据安全处理能力损耗低于 5%，支持不少于 100 万个终端密钥并发申请；时空网服务可用性不低于 99.95%；支持高可信时空网与移动互联网融合的应用推广不少于 1000 万个终端；覆盖室内外的高可信时空网应用示范不少于 10 项；移动通信行业标准草案不少于 3 篇，关键知识产权不少于 10 项。

## 9：下一代全球碳监测卫星与应用示范

### 9.1 面向碳盘点的下一代全球碳监测科学实验卫星（共性关键技术）

**研究内容：**面向“双碳”国家战略，针对全球碳盘点目标，为实现全球主要经济体温室气体高时效、高精度、高稳定、多要素综合监测与清单校核，开展卫星总体技术研究，突破

中/中低轨道与任务模式优化设计、在轨灵活观测定标等技术；开展卫星载荷技术研究，突破大像元尺寸低噪声红外探测器、短波红外皮米精度光谱定标等关键技术，研制超大幅宽高精度温室气体监测仪、二氧化氮监测仪、云与气溶胶监测仪等工程样机；开展卫星平台技术研究，突破高载荷承载比平台以及复杂空间环境防护等技术。按照科学实验需求与规范，完成系统集成、地面试验，结合相关计划开展在轨技术验证与应用示范，形成全球高时效、高精度、高稳定碳监测数据获取能力，支撑全球碳盘点。

**考核指标：**观测精度 XCO<sub>2</sub> 优于 1ppm、XCH<sub>4</sub> 优于 10ppb、SIF 优于 0.4 mw m<sup>-2</sup> nm<sup>-1</sup> sr<sup>-1</sup>、NO<sub>2</sub> 优于 1.5×10<sup>15</sup> molecules/cm<sup>2</sup>、气溶胶光学厚度优于±(0.05+AOD×15%)；全球主要经济体国家覆盖优于 1 天 1 次；具备全球、区域、热点观测模式，空间分辨率不低于全球 2km、区域 1km，热点 0.5km；卫星载荷承载比优于 45%，整星质量不大于 1.5 吨。支撑实现全球、中国、典型城市碳排放清单校核能力。

## 9.2 全球碳盘点卫星遥感监测方法与科学数据产品（共性关键技术）

**研究内容：**面向全球碳盘点的重大需求，开展多模式主被动卫星立体协同观测的陆地生态系统碳库反演、“自下而上”和“自上而下”策略相结合的陆地生态系统碳源汇监测、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、土地利用与土地覆盖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，实现碳循环过程与遥感信息的高度耦合，大幅降低人类活动碳排放和生态系统碳源汇估算的不确定性，研发全球人为源碳排放、土地利用与土地覆盖变化碳排放、陆地生态系统净碳通量、全球森林碳储量与表层土壤有机碳库等科学数据产品，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的遥感估算模型与方法体系，形成时效性优于 1 年的全球碳盘点支撑能力。研发支撑全球碳盘点的多尺度科学数据产品，其中陆地生态系统碳库产品分辨率 500m、误差小于 20%（森林植被碳储量）或 30%（表层土壤有机碳库），时间范围 2000~2024 年；全球土地覆盖动态遥感产品分辨率 30m、类型 30 种以上、误差小于 20%，土地利用与土地覆盖变化碳排放产品不确定性小于 30%，时间范围 2000~2024 年；结合“自下而上”和“自上而下”两类方法生成的多尺度陆地生态系统碳源汇产品分辨率 500m~5km、误差小于 25%、时间范围 2000~2024 年；结合“自下而上”卫星反演和大数据估算两类方法生成的多尺度化石燃料与工业活动碳排放遥感产品分辨率 0.05°~0.25°、误差小于 15%、时间范围 2010~2024 年。