

“地球观测与导航”重点专项 2021 年度项目申报指南建议 (征求意见稿)

国家重点研发计划启动实施“地球观测与导航”重点专项。本重点专项总体目标是：瞄准世界空天科技前沿领域，坚持“四个面向”提出的发展方向，重点构建自主可控、开放创新、链条完整、全球领先的地球观测与导航技术体系，提升地球观测与导航战略高技术的核心竞争力，服务国家重大战略、国民经济发展、社会进步和人民健康福祉的提升，为保障国家发展利益提供战略科技支撑。

根据本重点专项工作部署，现提出 2021 年度项目申报指南建议。2021 年度指南部署坚持问题导向、分步实施、重点突出的原则，拟围绕多圈层透视探测技术、空天地一体化综合试验验证与辐射基准、空天定量遥感和智能信息处理、全球和区域综合地球观测应用、先进导航定位授时、全时空信息理论与系统、高性能导航控制与时空服务、智能时空服务应用等 8 个方向，启动 12 个指南任务。

1. 多圈层透视探测技术

1.1 高分辨率极区冰冻圈主被动微波探测技术(共性关键技术类)

研究内容：面向冰川、积雪、冻土等极区冰冻圈多种环

境要素的探测需求，针对冰川快速变化监控及预测、冰基底物质分类及分辨、积雪覆盖及冻土变化等前沿科学问题，研究基于综合孔径体制的主被动微波高分辨探测系统技术，研究微波遥感电磁波可变介质中传输特性及敏感性差异，冰川微波成像分辨率与衰减特性，分布式主动穿冰雷达三维成像方法，电离层误差探测与补偿方法，研制三维成像穿冰雷达原理样机和高分辨率多波段综合孔径探测仪原理样机，开展机载校飞试验，为北极航道开发等重大应用提供保障。

考核指标：研制三维成像穿冰雷达原理样机和高分辨率多波段综合孔径探测仪原理样机，开发低频电磁回波综合处理与图像解译软件和多波段协同探测的数据处理软件；主动微波探测实现穿透深度 3-4km 极地冰层，水平空间分辨优于 100m，垂直分辨率优于 5m，具备探测冰下基岩和水系的能力；被动微波探测实现积雪探测厚度 0-2m，精度优于 15cm，次表层（20cm）土壤水分误差优于 $0.04\text{m}^3/\text{m}^3$ ，分辨率达到 5-40km，灵敏度优于 1K。

1.2 下一代碳卫星技术方案研究(共性关键技术类)

研究内容：面向我国 2030“碳达峰”、2060“碳中和”的国家战略，开展我国首颗碳卫星技术成果与效能分析。在此基础上，针对未来全球温室气体盘点目标，开展基于卫星监测的“自上而下”排放清单校核方案和系统技术研究，创建具有我国自主知识产权的基于卫星遥感的主要温室气体清单校核方法，开展试验验证；开展高时频、高精度、多要素、多尺度的下一代碳卫星总体方案与关键技术解决途径研究。

考核指标：多尺度碳通量计算模型具备国别清单校核能力，满足全球 $2^{\circ}\times 2^{\circ}$ 、中国 $1^{\circ}\times 1^{\circ}$ 、典型城市 $2\text{km}\times 2\text{km}$ 空间分辨率要求；不确定度全球小于 15%、中国小于 20%、典型城市小于 50%；针对重点行业点源和大中型城市开展天地一体化排放监测示范验证。有效载荷监测要素包括 CO_2 、 CH_4 、 CO 、 NO_2 、SIF 等，精度分别达到： XCO_2 精度优于 0.7ppm、 XCH_4 精度优于 5ppb、SIF 精度优于 $0.25 \text{ mw m}^{-2} \text{ nm}^{-1} \text{ sr}^{-1}$ ，重点排放地区 XCO 精度优于 10%、 NO_2 精度优于 $1.0\times 10^{15} \text{ molecules/cm}^2$ 。星座系统设计满足全球普查幅宽优于 240km、空间分辨率优于 $2\text{km}\times 2\text{km}$ 、热点地区空间分辨率优于 $0.5\text{km}\times 0.5\text{km}$ 的要求，时间分辨率优于 15 天。

1.3 基于收发同时的多波束 MIMO-SAR 系统技术(共性关键技术类)

研究内容：面向陆海高分宽幅遥感和大比例尺测绘等应用需求，突破传统合成孔径雷达（SAR）单波束收发分时的技术限制，研究收发同时多波束的多输入多输出（MIMO）SAR 系统技术；研究基于多维波形编码的收发高隔离度波束形成技术，研究基于射频光传输的大动态范围通道技术；研究多波束时频域分离和重构处理技术，研究海量数据压缩技术，设计星载 MIMO-SAR 技术方案、研制机载原理验证样机并完成飞行试验验证，为星载高分宽幅 SAR 遥感应用奠定基础。

考核指标：突破收发同时的多波束 MIMO-SAR 系统关键技术，设计满足分辨率/幅宽 1m/300km 和 5m/1500km 指标

的星载 MIMO-SAR 技术方案；研制机载原理样机 1 套，实现在 X 波段分辨率/幅宽优于 0.2m/60km；同时收发波束数量 ≥ 4 个，信号同时收发隔离度优于 130dB，收发通道动态范围 ≥ 80 dB；不同波形隔离度优于 40dB，数据压缩率优于 10: 1，等效噪声系数优于 -22dB，模糊度优于 -20dB。开展行业应用示范 3 项，包括测绘行业应用示范 1 项，面积不小于 100km²，满足 1:5000 测图精度要求，水利行业应用示范 1 项，面积不小于 3000 km²，具有区分水陆分界面的能力，交通行业应用示范 1 项，监察面积不小于 3000km²，具有大范围陆域灾害监测、识别与评估技术能力。

1.4 航空重磁多参量组合观测关键技术(共性关键技术类)

研究内容：面向日益增长的地球探测、资源勘探等对重磁场观测与导航的应用需求；解决高精度重力、磁力仪器的自主可控问题，提升近地空间重磁场观测精度；重点突破航空重、磁探测器的关键芯片和器件的制备工艺，系统高精度重、磁测量与飞行平台干扰补偿以及高精度区域重磁场模型构建等关键技术；实现高性能重、磁探测器的完全国产化与航空重、磁多参量探测系统；在此基础上，构建近地空间高精度区域重磁场模型。

考核指标：航空磁全张量/总场梯度多参量观测系统 1 套，全张量磁梯度芯片噪声水平：优于 $50\text{fT/m}/\sqrt{\text{Hz}}$ (室内标定)；全张量磁梯度飞行噪声水平：飞行测试场景下优于 10pT/m (0.05-1Hz，有效值)；磁总场探测飞行噪声水平：飞行测试

场景下优于 4pT ($0.05\text{-}1\text{Hz}$, 有效值)。航空重力/地面量子绝对重力测量系统各 1 套, 航空重力测量精度: 飞行测试场景下优于 3mGal @半波长空间分辨率 5km (外符合); 飞行测试场景下飞行平台挠性误差磁补偿改善比 ≥ 2 ; 量子绝对重力仪测量重复频率 $\geq 4\text{Hz}$, 校准不确定度: 优于 $5\mu\text{Gal}$ (室内标定)。区域重磁场建模算法软件 1 套, 典型区域 (华北地区中等起伏地形条件区域) 大地水准面模型精度: 优于 2cm 。

2.空天地一体化综合试验验证与辐射基准

2.1 空间卫星平台的微波无线传能技术 (基础前沿类)

研究内容: 面向下一代卫星平台高效能源供给对轻质化、小型化及灵活性等方面的需求, 开展空间卫星平台微波无线传能创新体系方案研究, 突破空间小型化、集成化和低成本发射与接收天线一体化系统设计、面向多目标的发射天线多波束形成与管理、面向动目标的微波无线传能高精度指向测量与控制、高密度高功率系统热控、地面演示验证系统相似性等关键技术研究, 研制卫星平台微波无线传能地面演示验证装置。

考核指标: 空间卫星平台微波无线传能创新方案 1 套, 相较现有空间太阳能电池阵供电模式, 卫星平台供电功率相同的情况下, 供电装置收纳体积减小 50% , 质量减小 50% , 成本节约 70% 。卫星平台微波无线传能地面演示验证装置 1 套, 充电效率 (接收天线输出直流功率与发射天线输入直流功率之比) $\geq 20\%$; 同时充电目标数 ≥ 2 个; 充电距离 $\geq 100\text{m}$; 充电功率 $\geq 1\text{kW}$; 卫星平台所携带能量接收装置为可重复展/

收天线，展开口径 $\leq 5\text{m}$ 。

3.空天定量遥感和智能信息处理

3.1 大气海洋一体化参数反演与应用(共性关键技术类)

研究内容：聚焦大气和海洋参数独立反演过程中两者相互干扰造成误差放大的问题，建立自主的微波全极化大气海洋一体化快速辐射传输模型，突破多源载荷时空匹配、全极化海气耦合辐射传输模式开发、气象海洋卫星场景自适应同步反演，台风及其风暴潮一体化监测、同化和预报等关键技术，集成我国大气海洋关键参数一体化综合反演系统，开展产品验证，支撑业务化应用。

考核指标：建立自主海气耦合快速矢量辐射传输模式与伴随模式，模式计算误差平均减小 10%；海上大气温度/湿度廓线、降雨反演相对误差减小 15-30%，海面风速、海表温度、有效波高、海面水汽含量反演误差减小 10-20%；建立国产气象、海洋卫星新型微波载荷大气海洋参数一体化反演系统，实现台风与风暴潮监测预报的业务应用。

3.2 复杂自然场景高分辨率遥感智能处理技术（共性关键技术类）

研究内容：针对我国地形地貌多样、气象条件复杂、地表结构细碎等复杂场景下的遥感大数据智能处理与空间认知的应用瓶颈,开展复杂地表空间的遥感数据表征理论与要素智能提取技术攻关，构建“数据-模型-知识”驱动的高分遥感视觉感知、探测机理耦合的复杂地表遥感知模型，重点突破星空地多传感器多模态数据时空融合、地表要素分层解

构与图谱特征智能提取、典型要素智能解译与真实性验证等关键技术，研发遥感智能解译系统与精准应用平台，开展行业典型示范应用。

考核指标：建立面向复杂自然场景的遥感认知理论与智能提取方法，提取方法适应 5 种以上复杂场景；时空数据融合至少包含光学、SAR、LiDAR、众包地理信息等 5 种以上类型数据，支持 5 个以上尺度的空间分辨率数据，融合精度达到像元级；智能提取技术支持我国主要高分辨率卫星数据产品，典型要素提取具备并行化计算能力；建设用地、水体、耕地、森林、草地、裸地、矿产开发地、盐碱地、石漠及荒漠化地等典型地表要素数据产品在分辨率优于 5m 时，识别总体精度不低于 90%；研发自主知识产权的遥感智能解译平台 1 套，支持深度学习、迁移学习、强化学习等多种智能计算，算法与工具集种类不少于 20 种；典型行业示范与验证适应 5 种以上复杂场景，示范区域不少于 5 万 km²。

4.全球和区域地球观测综合应用

4.1 多尺度流域水资源和水利设施遥感监测应用示范

（应用示范类）

研究内容：面向中小流域，构建空天地一体化综合观测真实性检验基地及流域数字孪生。突破多源遥感与地面涉水要素综合观测数据同化融合关键技术，形成水循环核心要素同化方法和开放成果集；在北方完整灌区，进行灌溉水和退水的遥感反演和对比验证，解析作物耗水、灌溉水有效利用系数等变量的时空分布；针对工程全生命周期监管能力提升

急需，开展大型水利工程施工季进度遥感监督和跟踪、投运工程的风险源定位、识别及月动态监测方法指标研究；在北方水资源过载流域分析多时间尺度地下水蓄变过程，探究地下水多年累计开采量和年内季相开采节律；开展流域水文基准点沉降形变跟踪；结合干涸河道治理和生态补水监测，评估并提出流域水资源利用优化方式。

考核指标：针对蓄满和超渗产流不同类型中小流域（不少于6个），搭建空天地一体化涉水要素1公里格网、小时级更新的流域数字孪生系统；建立多源数据融合和再分析模型，开放式提交时空连续序列日分辨率水文及涉水要素参数集，提供真实性检验；构建含田间尺度耕作层土壤水、作物耗水、灌溉水有效利用系数的灌区动态监测系统并交付实际运用，灌溉水遥感反演与实地观测误差小于15%；提出监管或跟踪要素指标方法，构建业务化动态监测系统及10个以上在建、5个以上在用大型水利工程典型实例。海河流域近20年年际和近5年季相蓄变数据分析数据集，与国家地下水观测实测结果误差小于20%；提交流域水文基准点近5年系列地面形变厘米级结果；评估近10年河道占用、跨流域调水对水资源超载区生态影响。

5.先进定位导航授时关键技术

5.1 单片光机电融合式导航微系统（基础前沿类）

研究内容：聚面向无人系统智能导航、物联网时空服务等重大应用对微型化、高性能导航系统的迫切要求，针对传统单源导航微系统在卫星导航拒止条件下定位精度有限和

抗干扰能力差等基础科学问题，研究基于惯性器件与光电探测的单片融合式综合导航微系统，开展基于 MEMS 微结构多维调制的光电测量机理、多维惯性信息感知技术的研究；研究微机械惯性器件与光电敏感器件的单片加工技术，建立光电信息与惯性测量的智能融合与误差补偿机制；研制芯片级光机电融合式综合导航微系统原理样机。

考核指标：实现光电测量视场角大于 120° ，精度优于 $2''$ (3σ)，惯性陀螺零偏稳定性 $0.3^\circ/\text{h}$ (3σ)，光机电系统质量小于 50g ，实现光电、惯性信息智能融合，消除传统惯性导航漂移，实现 24 小时导航位置偏差优于 200m (3σ)。

5.2 远程精准时间传递与计量一体化网络关键技术（基础前沿类）

研究内容：聚面向国家对时间精准计量和溯源的需求，针对计量基准时间量值的精准远程传递和校准的难题，突破高精度时间保持、远程低不确定度的时间频率信号计量、无参考接收机的北斗时间传递链路校准、实时性和精确性平衡的振荡器的驯服控制及基于精准时间源的精密测试与标校等关键技术。研制扁平化精准时间计量体系示范系统、精准远程时间溯源节点设备，及基于北斗的时间频率实时比对服务平台和时间频率精密传递比对数据后处理平台。

考核指标：构建一套溯源至国家时间频率计量基准的扁平化精准时间传递与计量一体化网络示范系统，节点数不少于 10 个。精准时间溯源方面，参考节点距离基准源 100km ，时间偏差绝对值优于 0.5ns (2σ)，1 天的时间稳定度优于 30ps 。

频率稳定度优于 $7E-16$ ；分布式节点距离基准源不少于 1000km，时间偏差绝对值优于 $2ns$ (2σ)，1 天的时间稳定度优于 $0.3ns$ 、频率稳定度优于 $1E-14$ ；时间传递链路校准方面，绝对校准和差分校准，合成标准不确定度不大于 $1ns$ ；时间计量方面：1 天采样时间的附加时间稳定度优于 $0.3ns$ ，合成标准不确定度不大于 $1ns$ 。申请发明专利不少于 10 项，申报国家/行业标准不少于 2 项。

5.3 地下大空间高精度定位导航与控制技术（共性关键技术类）

研究内容：聚面向日益增长的地下空间高精度定位导航应用需求，针对当前 WiFi、Zigbee、UWB 等技术无法实现地下大空间内人员及无人驾驶装备的精确定位导航问题，突破地下大空间复杂电磁环境下信号传输模型、数字孪生地图、规模可伸缩自主定位导航授时（PNT）系统组网、高精度定位等关键技术；研制地下大空间范围内轨道车辆、设备等的无人驾驶精确定位控制系统；开展地下大空间复杂电磁环境下自主 PNT 系统及导航控制应用验证。

考核指标：研制地下 PNT 系统一套，定位节点容量不低于 1000 个；支持对轨道车辆、装备等的无人自动控制；定位频率不低于 $1Hz$ ；地下三维定位精度 (1σ)：静态优于 $0.3m$ 、动态（速度不低于 $25km/h$ ）优于 $1.5m$ ；单基站定位容量不小于 30 个；网络同时定位总容量不少于 2000 个；网络连续覆盖路线长度不小于 $30km$ ；实地部署地下典型应用验证系统不少于两个，其中深度不小于 $300m$ 、路线长度不小于 $20km$ 。

6. 全时空信息理论与系统

6.1 地理空间智能核心技术与软件系统（共性关键技术类）

研究内容：聚面向国民经济建设、人民生命健康保障和国家重大战略实施对全时空大数据深度融合与精准分析的迫切需求，针对地理空间离散几何化抽象难以表达复杂语义关系、地理空间分析智能化水平不足等瓶颈，研究基于几何代数学的全时空对象建模方法，建立全时空对象化表达与对象空间建模的理论体系；研究知识驱动的时空大数据智能计算方法，构建对象内嵌的地理空间智能算法库，建立面向复杂场景动态演化的学习和模拟模型；研制集成大数据引擎、知识引擎、时空分析引擎、智能计算引擎和全息可视化引擎的多模态协同的引擎中台；设计规模可伸缩、模块易插入的云原生集成环境，研制以数据-知识-模式三元组构成为基础、全时空对象化表达与智能计算为核心、具有自主知识产权、世界领先的地理空间智能基础平台软件和应用基础软件，实现地理空间智能理论方法与技术的根本性突破；在自然资源管理、数字农业和全球综合环境信息智能保障等领域开展应用示范。

考核指标：研制地理空间智能软件一套，包括基础平台软件和不少于 3 个典型领域的行业应用套件，核心中台技术模块不少于 20 个；可管理 PB 级时空大数据和亿级时空知识元组，查询响应时间为秒级，支持超过 100 万用户并发访问；研发 100 个以上集成人工智能的空间分析算法，其中融合认

知与感知的智能诊断性和预测性算法不少于 50 个；项目关键技术成果申请发明专利不少于 10 项；申报国家/行业标准不少于 2 项。应用示范验证系统需在省市及以上相关部门业务运行。