

“十四五”国家重点研发计划“战略性矿产资源开发利用”

重点专项 2021 年度项目申报指南

(征求意见稿)

“战略性矿产资源开发利用”重点专项的总体目标围绕国家资源安全和重大战略需求,瞄准战略性矿产资源勘查开发利用的重大科学问题与技术难题,在矿产资源精细勘查、绿色开发、高值化利用、智能融合等方面取得理论突破,攻克一批重大核心共性关键技术与装备,形成若干战略性矿产资源开发利用示范基地,为构建高质量资源保障体系提供科技支撑,培养并形成一支高水平的研究队伍。

2021 年,本重点专项主要聚焦于战略性关键矿产资源,拟优先支持 18 个研究方向,同一指南方向下,原则上只支持 1 项(青年科学家项目除外),仅在申报项目评审结果相近、技术路线明显不同时,可同时支持 2 项,并建立动态调整机制,根据中期评估结果,再择优继续支持。

1. 战略性矿产勘探开发利用基础理论和共性/前沿技术

1.1 战略性矿产勘探开发利用前沿技术探索

研究内容: 战略性矿产成矿新理论;战略性矿产勘探新方法及新设备;战略性矿产分析新方法及新设备;战略性矿产矿物加工、二次资源绿色循环利用新理论、新方法、新装备;超净冶金、

微冶金、新型药剂、新型介质等颠覆性和前沿性创新技术；深部稀有金属矿产连续智能化开采理论与技术；战略金属提纯新理论、新方法、新功能等。

考核指标：形成原创理论 3-5 项，前沿技术原型 3-5 项，完成实验室小型试验，制备出样品或样机。

有关说明：该任务方向仅部署青年科学家项目。

1.2 战略性矿产岩矿分析测试技术和标准

研究内容：主要战略性矿产的岩矿分析测试技术和标准化；主要战略性矿产的岩矿标准物质库和质量监控系统；面向野外和现场的车载实验室及快速分析测试技术；针对复杂赋存状态元素和超低含量元素的高精度、高灵敏度、高空间分辨前沿分析测试技术。

考核指标：建立主要战略性矿产的岩矿分析测试技术标准体系、标准物质库和质量监控系统；研制出车载实验室，并开发现场快速分析测试技术，元素 ≥ 8 种，检测下限 2-30 $\mu\text{g/g}$ ；研发前沿分析测试技术，元素 ≥ 10 种，检测下限 ≤ 20 ng/g ，原位分析空间分辨率 ≤ 30 μm ；形成行业或团体标准征求意见稿 15-20 项，申报标准物质 15-20 种，申请软件著作权登记 3-5 项，申请发明专利 4-6 项。

1.3 战略性矿产选冶分析检测技术和标准

研究内容：战略性矿产选冶分析检测技术和标准；选冶过程与产品的标准样品和质量监控体系；关键选冶工艺过程的在线检

测技术；选冶产品的质量检测与预测技术；选冶过程痕量有害元素追踪检测方法。

考核指标：建立战略性矿产选冶分析检测技术标准、标准样品、质量监控和痕量有害元素追踪技术体系，形成行业或团体标准征求意见稿 15-20 项，申报国家标准样品（物质）15-20 项，申请软件著作权 3-5 项；研发选冶过程在线检测系统，元素检测下限 25 $\mu\text{g/g}$ ，单样检测时间 $\leq 5\text{min}$ ，元素 ≥ 5 种，开展应用示范 1-2 项；研发选冶产品质量预测和痕量有害元素追踪、高纯产品质量检测技术，预测精度平均相对误差 $\leq 8\%$ ，选冶过程痕量有害元素及高纯产品中痕量元素检测下限 $\leq 20\text{ng/g}$ ，申请发明专利 4-6 项。

1.4 战略性矿产选冶过程智能化关键共性技术

研究内容：战略性矿产选冶过程智能检测新机理、方法及虚拟孪生理论、技术与应用；智能可穿戴选冶过程数据感知元器件与产品；基于 5G 的选冶过程智能优化技术；选冶共性工业软件技术与产品。

考核指标：开发 10 种选冶在线检测智能装置、智能机器人、智能可穿戴装置；研究 15 个选冶过程共性工业数据模型，开发 5 项基于虚拟孪生的操作与决策优化技术，形成选冶过程虚拟孪生技术应用体系；研制 20 种选冶数字孪生装置及仪表，10 套嵌入式和共性智能优化工业软件；建设 1 个选冶过程智能优化远程服务云平台；申请发明专利 20 项，登记软件著作权 10 项。

2. 稀土和稀有金属勘探开发利用

2.1 中重稀土矿床成矿规律及勘查评价技术

研究内容：我国主要中重稀土矿带/区地质及矿化特征；中重稀土元素富集成矿过程及成矿机制；我国主要稀土成矿带中重稀土成矿潜力；典型矿集区中重稀土找矿勘查示范。

考核指标：查明中重稀土富集成矿过程及成矿地质条件，建立中重稀土矿床成矿模型；预测我国主要稀土成矿带中重稀土成矿潜力，建立离子吸附型重稀土矿床勘查评价技术；提供 3-4 个可供勘查的找矿新靶区，形成 2 个找矿勘查示范基地。

2.2 离子吸附型稀土矿绿色高效开发关键技术与装备

研究内容：离子吸附型稀土矿山渗漏通道综合勘查及无氨原位渗流控制技术；离子吸附型稀土矿绿色提浓抑杂浸取关键技术；稀土浸出液高效富集与杂质分离关键技术及大型连续可移动装备；离子吸附型稀土矿区生态修复技术以及提取全过程环境影响分析；离子吸附型稀土矿产资源绿色提取工程示范建设。

考核指标：形成离子吸附型稀土矿绿色高效开发技术 3-4 项，大型可移动装备处理浸出液能力达到 100m³/h 以上；稀土矿产品达到国家和行业标准，全流程不产生含放射性废渣和氨氮污染，离子相稀土回收率提高 10%以上；建立 1-2 个千吨级 REO/年离子型稀土矿工程示范，实现连续稳定运行，形成全套的工程技术体系；申请发明专利 10 件以上，形成标准及规范征求意见

稿 2 项以上。

2.3 白云鄂博稀土多金属矿绿色选冶及伴生资源高效利用

研究内容：稀土、铈、萤石等关键矿物赋存状态、分布规律及分离强化机制；多种伴生铈矿物的共存机制、物理强化分选机理以及高效非常规同步预富集技术；稀土、钙、钡、硅等杂质深度脱除与萤石精深提质强适应性新技术；稀土精矿高效分解、低温烟气治理技术与装备；稀土浸出液无铵沉淀转型及废水循环利用技术；白云鄂博稀土多金属矿产资源绿色开发工程示范建设。

考核指标：形成白云鄂博稀土多金属矿绿色选冶技术 3-4 项，研制装备 3-5 台套。稀土精矿 REO \geq 60%，回收率提高 5%；萤石精矿 CaF₂ 品位 \geq 95%；钽铌回收率达到 50%，精矿 Nb₂O₅ 品位 $>$ 5%；铁精矿 TFe 品位 \geq 65%，回收率达到 70%。稀土冶炼回收率大于 90%，氢氟酸和硅氟酸混酸浓度不低于 20%，化工材料循环率大于 50%，水循环率大于 85%；建立白云鄂博稀土多金属矿万吨级/年规模工程示范，申请发明专利 10 件以上，形成标准及规范征求意见稿 2 项以上。

2.4 稀土高质化基础材料制备与高丰度稀土元素平衡应用

研究内容：稀土分离提纯新理论、新方法和新技术；高丰度稀土元素基础物性及新应用；高纯及特殊物性稀土化合物材料制备关键技术与装备；高纯稀土金属短流程、规模化制备及应用技术；镧、铈、钇等高丰度稀土元素在铁、镁、铝基金属等方面规模化应用技术。

考核指标：形成高纯和特殊物性稀土制备、高丰度稀土元素平衡应用等技术 3-4 项；制备出 2-3 种 5N-6N 级高纯稀土氧化物和物性可控稀土化合物，制备出 2-3 种特殊需求的 4N-5N 级高纯稀土金属，单次提纯量达到 30kg 以上；开发出 3-5 种高丰度稀土元素的高值化产品并获得规模应用；建立 1-2 个工程示范，实现连续稳定运行；形成涵盖研究内容的技术专利、标准或规范体系，包括申请发明专利 10 件以上，形成标准及规范征求意见稿 2 项以上。

2.5 铍绿色冶炼与精深加工

研究内容：铍强化熔炼反应器内温度场分布规律、矿相解离机制，分离纯化过程杂质元素深度脱除机理等；铍溶液分离提纯萃取体系、工艺参数与反应器优化等技术；高温还原金属化工艺过程与渣型优化、杂质深度脱除、反应器结构设计等技术；铍铜、铍铝、氧化铍、铍陶瓷等产品绿色制造技术与装备，5N 级高纯金属铍电解精炼、真空熔炼等技术装备；全过程毒害元素智能管控技术与装备。

考核指标：形成强化熔炼、萃取分离提纯等绿色冶炼技术 2-3 项；研制电解精炼、真空熔炼等核心装备 2-3 台套；铍回收率大于 85%，污染物排放减少 50%；研制出铍化合物、铍合金、5N 级高纯铍等产品 3-5 种；形成覆盖研究内容的技术专利 5-8 件以上。

3. 战略新兴产业关键金属勘探开发与精深加工

3.1 钴-镍成矿规律与高效勘查技术

研究内容：沉积岩及变沉积岩容矿钴发育特征及成矿潜力；红土型钴-镍发育特征及成矿潜力；铜镍硫化物矿床中钴的赋存状态、富集成矿机制及成矿潜力；各种类型钴矿床的成矿模型及高效勘查技术方法；重点成矿区带成矿预测和勘查示范。

考核指标：建立 4 种类型钴矿床成矿模型；定量评估我国主要钴-镍矿带的成矿潜力；建立不同矿床类型找矿勘查技术体系；预测 4-5 个找矿新靶区，形成 2 个找矿勘查示范基地。

3.2 我国西部伟晶岩型锂等稀有金属成矿规律与勘查技术

研究内容：我国西部伟晶岩型锂等稀有金属资源地质背景及矿化特征；我国西部伟晶岩型锂等稀有金属资源时空分布特征及成矿规律；含矿及无矿岩体快速评价技术和伟晶岩型锂等稀有金属资源勘查方法体系；我国西部主要伟晶岩型锂等稀有金属矿带成矿潜力；我国西部主要锂等稀有金属成矿区带找矿预测及勘查示范。

考核指标：建立伟晶岩型锂等稀有金属成矿模型；定量评价我国西部主要伟晶岩型锂矿带的成矿潜力；建立伟晶岩型锂等稀有金属勘查技术方法体系；形成 2 个以上找矿勘查示范基地。

3.3 镍钴钨清洁提取与高效利用关键技术

研究内容：红土镍矿强化浸出过程优化、反应器结垢机理与抑制、杂质梯级分离等技术；镍钴中间品低成本精炼与短流程制

备前驱体等技术；含硫铁渣钙/铁分离、低温预处理与高效分离富集技术与装备；红土镍矿非常规介质温和浸出、微气泡强化氧化除杂、介质循环、镍基新材料短流程制备等技术与装备；伴生钪走向分配规律、超常富集与分离提纯等。

考核指标：形成红土镍矿强化浸出、短流程制备前驱体、铁渣高效利用等技术 4-5 项；研制耐高温高压超大型反应器、非常规介质反应器等装备 2-3 套；镍钴综合回收率达到 90%，铁回收率 > 85%，铁精粉品位 > 65%，酸耗降低 10%，生产成本降低 10%；形成年处理能力 300 万吨红土镍矿强化浸出及三万吨以上镍钴前驱体制备工程示范各 1 个；建立千吨级氯盐体系温和提取工业试验和吨级钪分离提取扩大试验线；形成覆盖研究内容的技术专利 20 件以上。

3.4 稀散金属镓-锗-铟高效富集及分离纯化

研究内容：稀散金属晶格嵌布特征与赋存状态，铅锌等冶金过程分配规律与精准分离强化调控机制、高纯金属与前驱体制备方法；镓锗与主金属高效选择性分离富集，高富集比镓锗物料强化溶出与杂质深度脱除、多元溶液分离提纯等技术装备；铟与主金属短流程分离、铟粗产品制备等技术；高纯镓、二氧化锗、铟靶材前驱体等产品制备技术与装备。

考核指标：形成稀散金属分离提纯和高纯金属制备等 3-5 项新技术，研制分离提纯装备和专属药剂 2-3 种；研制 6N 级高纯镓、二氧化锗和靶材前驱体等高质原材料 3-4 种；镓锗铟综

合回收率提高 5-10%，建立具有年产 20t 镓锗和 50t 铟生产能力的示范工程，建立吨级高纯产品生产线；形成覆盖研究内容的技术专利 10-15 项。

3.5 特殊环境下硬岩型锂矿开发与高质化利用

研究内容：伟晶岩锂矿嵌布特征、粒度分布规律及智能预抛废技术与设备；耐低温锂辉石浮选药剂，多力场锂铍钽铀共富集选别技术与装备；锂精矿低温转化、强化溶出、分离提取技术与装备；锂精矿直接浸出短流程制备碳酸锂技术与装备；电池级氢氧化锂、高纯金属锂等深加工产品制备技术。

考核指标：形成多金属锂矿高效选矿技术与装备 3-4 项，锂选矿回收率达到 80%以上，锂精矿中 Li₂O 品位不低于 5.5%，钽铀的回收率达到 50%；研制新型锂辉石浮选耐低温药剂 1-2 种，药剂凝固点 ≤0℃，浮选过程药剂用量降低 10%，形成新型药剂全生命周期评价方法；形成锂精矿低温转化、短流程直接浸出等分离提取技术 3-4 项，锂回收率大于 90%，成本降低 15%以上；研制出电池级氢氧化锂、高纯金属锂等深加工产品 2-3 种，产品质量满足锂电正极材料要求；建成 5000t/d 锂矿石选矿示范工程和万吨级锂分离提取示范工程，实现稳定运行。

4. 非金属和煤系战略性矿产勘探开发与分离回收

4.1 煤系战略性金属矿产资源赋存规律与精细勘探技术

研究内容：煤系铀、镓、锗、钒、锆、锂、铟、铯等战略性

金属矿产资源时空分布规律、耦合成藏规律、赋存特征及找矿模型；主要煤系战略性金属矿产资源综合地球物理与地球化学精细勘查方法与技术；隐伏地质构造超前精准探测和全生命周期智慧地质监测技术；主要煤系战略性金属矿产资源潜力与资源量。

考核指标：查明煤系主要战略性金属矿产资源成矿规律、赋存状态，建立找矿模型；开发含煤岩系多矿产储层地质构造、水文地质条件高分辨率精细勘查技术，形成煤系主要战略性矿产资源综合地球物理与地球化学精细勘查方法技术体系，建成1处综合勘查示范工程；建立地下地质条件精准超前探测与智慧感知的方法技术体系，开发远距离超前探测装备和全生命周期智能感知与监控系统各1套；评价我国煤系战略性金属矿产的资源潜力。

4.2 煤与伴生战略性金属矿产协调开采理论与技术

研究内容：煤与伴生战略性金属矿产全生命周期采矿规划理论及协调开采方法；煤与伴生战略性金属矿产协调开采的开拓延伸与地下空间安全服役技术；煤与伴生战略性金属矿产协调开采的多相多物理场演化与围岩活动叠加影响规律；伴生战略性金属矿产协调开采隔水层稳定性与含矿含水层水位控制技术；协调开采过程中污染物迁移规律与控制技术。

考核指标：构建煤与伴生战略性金属矿产协调开采的理论体系和规划方法；形成煤与伴生战略性金属矿产协调开采的成套方法与模式，实现3种以上主要伴生战略性矿产的协调开采；煤与伴生战略性金属矿产协调开采的地下空间开挖效率提高30%以上；

煤系各矿产的开采活动不影响彼此的正常开采，含矿含水层水位变化小于 10%；研发出污染物迁移控制关键技术，使污染物含量低于国家标准，煤矿氡浓度低于 1000Bq/m³；建立煤与伴生战略性金属矿产协调开采示范工程 1 处，典型伴生战略性矿产采出率达 30%以上。

4.3 煤系战略性金属矿产协同分离回收理论与技术

研究内容：煤系战略性金属矿产与主成矿元素共伴生相关关系及洗选迁移规律；煤炭燃烧和气化过程战略性金属的矿相重构及诱导活化；煤系战略性金属或原生矿物与载体矿物预富集技术；煤系战略性金属元素选择性强化分离理论与技术；废液废渣资源化和高值化利用技术；煤系战略性金属的协同分离回收技术与装备。

考核指标：揭示煤系战略性金属多尺度赋存机制和分异富集机理；研发 2~3 项煤系战略性金属高效活化、预富集成套技术与装备；研发煤系共伴生关键稀散金属选择性强化分离技术，并开发 4~5 种高效分离新药剂；建立 2 个处理能力 2 万吨/年以上的煤系战略性金属协同回收示范工程，主要煤系战略性矿产镓、锗、锂、铟、铯等资源综合回收率达到 55%以上。

4.4 晶质石墨提纯与精深加工技术

研究内容：晶质石墨鳞片保护与杂质迁移过程机制，晶质石墨超大鳞片、大鳞片和超细鳞片采选协同保护和短流程分选技术与装备；多场耦合提纯技术与装备；长循环低成本天然石墨负极

材料技术；氟化石墨制备技术。

考核指标：揭示晶质石墨鳞片保护和高质石墨加工机理；形成天然晶质石墨鳞片保护与提纯技术与装备 4-6 项，特大石墨鳞片回收率达到 92%，精矿 96%，高质石墨精矿固定碳 99.99%；球型石墨球形化率提高 10%以上，建成鳞片保护绿色选矿示范线 2-3 条、球型石墨示范工程 5 万吨级；研制出 6N 核级高纯石墨，建成万吨级硅氧石墨负极材料示范工程；形成覆盖研究内容的技术专利 15-20 项。