

# 科学技术部文件

国科发资〔2023〕45号

## 科技部关于发布国家重点研发计划 “战略性矿产资源开发利用”等 重点专项2023年度项目 申报指南的通知

各省、自治区、直辖市及计划单列市科技厅（委、局），新疆生产建设兵团科技局，国务院各有关部门，各有关单位：

国家重点研发计划深入贯彻落实党的二十大精神，坚持“四个面向”总要求，持续推进“揭榜挂帅”、青年科学家项目等科技管理改革举措，着力提升科研投入绩效，加快实现高水平科技自立自强。根据《国家重点研发计划管理暂行办法》和组织管理相关要求，现将“战略性矿产资源开发利用”等重点专项2023年度项目申报指南予以公布，请根据指南要求组织项目申报工作。

有关事项通知如下。

## 一、项目组织申报工作流程

1. 申报单位根据指南方向的研究内容以项目形式组织申报，项目可下设课题。项目应整体申报，须覆盖相应指南方向的全部考核指标。项目设1名负责人，每个课题设1名负责人，项目负责人可担任其中1个课题的负责人。

2. 整合优势创新团队，并积极吸纳女性科研人员参与项目研发，聚焦指南任务，强化基础研究、共性关键技术研发和典型应用示范各项任务间的统筹衔接，集中力量，联合攻关。鼓励有能力的女性科研人员作为项目（课题）负责人领衔担纲承担任务。

3. 国家重点研发计划项目申报过程分为预申报、正式申报两个环节，具体工作流程如下。

——填写预申报书。项目申报单位根据指南相关申报要求，通过国家科技管理信息系统公共服务平台（<http://service.most.gov.cn>，以下简称“国科管系统”）填写并提交3000字左右的项目预申报书，详细说明申报项目的目标和指标，简要说明创新思路、技术路线和研究基础。从指南发布日到预申报书受理截止日不少于50天。

预申报书应包括相关协议和承诺。项目牵头申报单位应与所有参与单位签署联合申报协议，并明确协议签署时间；项目牵头申报单位、课题申报单位、项目负责人及课题负责人须签署诚信承诺书，项目牵头申报单位及所有参与单位要落实《关于进一步加强科研诚信建设的若干意见》《关于进一步弘扬科学家精神加

强作风和学风建设的意见》等要求，加强对申报材料审核把关，杜绝夸大不实，严禁弄虚作假。

预申报书须经相关单位推荐。各推荐单位加强对所推荐的项目申报材料审核把关，按时将推荐项目通过国科管系统统一报送。

专业机构受理预申报书并组织首轮评审。为确保合理的竞争度，对于非定向申报的单个指南方向，若申报团队数量不多于拟支持的项目数量，该指南方向不启动后续项目评审立项程序，择期重新研究发布指南。专业机构组织形式审查，并根据申报情况开展首轮评审工作。首轮评审不需要项目负责人进行答辩。根据专家的评审结果，遴选出3~4倍于拟立项数量的申报项目，进入答辩评审。对于未进入答辩评审的申报项目，及时将评审结果反馈项目申报单位和负责人。

——填写正式申报书。对于通过首轮评审和直接进入答辩评审的项目申请，通过国科管系统填写并提交项目正式申报书，正式申报书受理时间为30天。

专业机构受理正式申报书并组织答辩评审。专业机构对进入答辩评审的项目申报书进行形式审查，并组织答辩评审。申报项目的负责人通过网络视频进行报告答辩。根据专家评议情况择优立项。

## 二、组织申报的推荐单位

1. 国务院有关部门科技主管司局；
2. 各省、自治区、直辖市、计划单列市及新疆生产建设兵团科技主管部门；

3. 原工业部门转制成立的行业协会；
4. 纳入科技部试点范围并且评估结果为 A 类的产业技术创新战略联盟，以及纳入科技部、财政部开展的科技服务业创新发展行业试点联盟。
5. 港澳科研单位牵头申报的“大气与土壤、地下水污染综合治理”重点专项项目，分别由香港创新科技署、澳门科学技术发展基金按要求组织推荐。

各推荐单位应在本单位职能和业务范围内推荐，并对所推荐项目的真实性等负责。推荐单位名单在国科管系统上公开发布。

### 三、申报资格要求

1. 申报“战略性矿产资源开发利用”重点专项的项目牵头单位和参与单位应为中国大陆境内注册的科研院所、高等学校和企业等。申报“大气与土壤、地下水污染综合治理”重点专项的项目牵头单位和参与单位应为中国大陆境内注册的科研院所、高等学校和企业等（以下简称内地单位），或由内地与香港、内地与澳门科技合作委员会协商确定的港澳科研单位（名单见附件1）。项目牵头单位和参与单位应具有独立法人资格，注册时间为2022年6月30日前，有较强的科技研发能力和条件，运行管理规范。国家机关不得牵头或参与申报。

项目牵头申报单位、参与单位以及团队成员诚信状况良好，无在惩戒执行期内的科研严重失信行为记录和相关社会领域信用“黑名单”记录。

申报单位同一个项目只能通过单个推荐单位申报，不得多头申报和重复申报。

2. 项目（课题）负责人须具有高级职称或博士学位，1963年1月1日以后出生，每年用于项目的工作时间不得少于6个月。港澳申报人员应爱国爱港、爱国爱澳。

3. 项目（课题）负责人原则上应为该项目（课题）主体研究思路的提出者和实际主持研究的科技人员。中央和地方各级国家机关的公务人员及港澳特别行政区的公务人员（包括行使科技计划管理职能的其他人员）不得申报项目（课题）。

4. 参与重点专项实施方案或本年度项目指南编制的专家，原则上不能申报该重点专项项目（课题）。

5. 受聘于内地单位的外籍科学家及港、澳、台地区科学家可作为项目（课题）负责人，全职受聘人员须由内地聘用单位提供全职聘用的有效材料，非全职受聘人员须由双方单位同时提供聘用的有效材料，并作为项目预申报材料一并提交。

6. 申报项目受理后，原则上不能更改申报单位和负责人。

7. 项目申报查重要求详见附件2。各申报单位在正式提交项目申报书前，可利用国科管系统查询相关科研人员承担国家重点研发计划重点专项、科技创新2030—重大项目等在研项目情况，避免重复申报。

8. 具体申报要求详见各申报指南，有特殊规定的，从其规定。

#### 四、项目管理改革举措

1. 关于青年科学家项目。为给青年科研人员创造更多机会组织实施国家目标导向的重大研发任务，重点研发计划设立青年科学家项目。根据领域和专项特点，采取专设青年科学家项目或项目下专设青年科学家课题等多种方式。青年科学家项目不要求对指南内容全覆盖，不下设课题，原则上不再组织预算评估，鼓励青年科学家大胆探索更具创新性和颠覆性的新方法、新路径，更好服务于专项总体目标的实现。

2. 关于技术就绪度（TRL）管理。针对技术体系清晰、定量考核指标明确的相关任务方向，“十四五”重点研发计划探索实行技术就绪度管理。申报指南中将明确技术就绪度要求，并在后续的评审立项、考核评估中纳入技术就绪度指标，科学设定里程碑考核节点，严格把控项目实施进展和风险，确保成果高质量产出。

## 五、具体申报方式

1. 网上填报。请各申报单位按要求通过国科管系统进行网上填报。专业机构将以网上填报的申报书作为后续形式审查、项目评审的依据。申报材料中所需的附件材料，全部以电子扫描件上传。

项目申报单位网上填报预申报书的受理时间为：2023年5月15日8:00至6月15日16:00。进入答辩评审环节的申报项目，由申报单位按要求填报正式申报书，并通过国科管系统提交，具体时间和有关要求另行通知。

2. 组织推荐。请各推荐单位于2023年6月20日16:00前通过国科管系统逐项确认推荐项目，并将加盖推荐单位公章的推荐

函以电子扫描件上传。

3. 技术咨询电话及邮箱：

010-58882999 (中继线), program@istic.ac.cn

4. 业务咨询电话：

(1) “战略性矿产资源开发利用”重点专项咨询电话：

010-58884885

(2) “大气与土壤、地下水污染综合治理”重点专项咨询电话：010-58884865

附件：1. 内地与香港、内地与澳门科技合作委员会协商确定的港澳科研单位名单

2. 项目申报查重要求

3. “战略性矿产资源开发利用”重点专项 2023 年度项目申报指南

4. “大气与土壤、地下水污染综合治理”重点专项 2023 年度项目申报指南



## 附件 1

### 内地与香港、内地与澳门科技合作委员会 协商确定的港澳科研单位名单

(仅国家科技管理信息系统注册用户登录可见)

香港中文大学	香港职业训练局
香港城市大学	香港制衣业训练局
香港浸会大学	香港生物科技研究院
香港理工大学	澳门大学
香港科技大学	澳门科技大学
香港大学	澳门城市大学
岭南大学	澳门理工学院
香港教育大学	
香港公开大学	
香港树仁大学	
香港恒生大学	
香港应用科技研究院	
物流及供应链多元技术研发中心	
纳米及先进材料研发院	
香港纺织及成衣研发中心	
香港生产力促进局	

## 项目申报查重要求

1. 项目（课题）负责人限申报 1 个项目（课题）；国家重点研发计划、科技创新 2030—重大项目的在研项目负责人不得牵头或参与申报项目（课题），课题负责人可参与申报项目（课题）。

项目（课题）负责人、项目骨干的申报项目（课题）和国家重点研发计划、科技创新 2030—重大项目的在研项目（课题）总数不得超过 2 个。国家重点研发计划、科技创新 2030—重大项目的在研项目（课题）负责人和项目骨干不得因申报新项目而退出在研项目；退出项目研发团队后，在原项目执行期内原则上不得牵头或参与申报新的国家重点研发计划项目。

2. 涉及与“政府间国际科技创新合作”“战略性科技创新合作”2 个重点专项项目查重时，对于中央财政专项资金预算不超过 400 万元的“政府间国际科技创新合作”重点专项项目、中央财政专项资金预算不超过 400 万元的“战略性科技创新合作”重点专项港澳台项目，与国家重点研发计划其他重点专项项目（课题）互不限项，但其他重点专项项目的在研项目负责人不得参与申报此类不限项项目。

3. 与国家自然科学基金部分项目实施联合查重。对于国家重点研发计划项目的项目（课题）负责人，需与国家自然科学基金

重大项目（限项目负责人和课题负责人）、基础科学中心项目（限学术带头人和骨干成员）、国家重大科研仪器研制项目（限部门推荐项目的项目负责人和具有高级职称的主要参与者）实施联合限项，科研人员同期申报和在研的项目（课题）数原则上不得超过2项，但国家重点研发计划中的青年科学家项目、科技型中小企业项目、国际合作类项目3类项目不在与国家自然科学基金联合限项范围内。

4. 项目任务书执行期（包括延期后执行期）到2023年12月31日之前的在研项目（含任务或课题）不在限项范围内。

## 附件 3

# “战略性矿产资源开发利用”重点专项 2023 年度项目申报指南

(仅国家科技管理信息系统注册用户登录可见)

为落实“十四五”期间国家科技创新有关部署安排，国家重点研发计划启动实施“战略性矿产资源开发利用”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2023 年度项目申报指南。

“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。

2023 年，本重点专项主要对照实施方案中设计的任务开展查缺补漏工作，同时兼顾当前国际形势下国家对战略性矿产资源的新需求，拟优先支持 22 个研究方向，拟安排中央财政经费约 4.38 亿元，其中，拟部署 10 个青年科学家项目，拟安排国拨经费 2000 万元，每个项目 200 万元。指南各方向拟支持项目数原则为 1 项（有特殊说明的除外），若同一指南方向下采取不同技术路线，评

审结果相近，可以择优同时支持 2 项，根据中期评估结果择优再继续支持。除特殊要求外，每个项目下设课题数不超过 5 个，参与单位数不超过 10 个，项目实施周期为 3~5 年。

青年科学家项目要求由青年科学家作为项目负责人领衔担纲，覆盖指南中 1 项内容即可，项目实施周期为 3 年，项目不下设课题，参加单位原则上不超过 3 家，项目负责人年龄要求，男性应为 1985 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生，原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

## 1. 战略性矿产资源分布与成矿规律研究

### 1.1 战略性矿产资源大数据综合信息预测与找矿勘查示范(重大共性关键技术类)

研究内容：我国钴、镍、锂、铌、钽、锆、铍、铼、铟、锗、镓等小宗战略性矿产元素共伴生机制和禀赋规律；地质大数据找矿信息快速提取与数字矿床模型构建关键技术及预测评价系统；重要成矿区带战略性矿产资源潜力评价与找矿新区预测；重点矿集区深部隐伏矿三维立体靶区预测及找矿勘查示范。

考核指标：建立钴、镍、锂、铌、钽、锆、铍、铼、铟、锗、镓等小宗战略性矿产预测评价指标体系，形成 1~2 项新理论方法及 20 个勘查评价模型；研制自主可控的战略性矿产资源大数据智能预测评价系统（包括软件平台 1 套），同类产品市场用户超 60%，形成发明专利 5 项以上、软件著作权 10 项；定量评价我国 10~15 个重点成矿区带战略性矿产资源潜力，圈定 2000 米以浅最

小预测区数量不少于 1000 个(面积不超  $50\text{km}^2$ )并估算潜在资源量; 选择重要预测区开展勘查示范, 提供至少 10 个可供勘查的找矿新靶区(面积不超  $1\text{km}^2$ ), 形成 2~3 个找矿勘查示范基地。

关键词: 资源潜力评价, 大数据信息融合, 数字矿床模型, 综合信息预测系统, 成矿远景区划

## 1.2 重点含盐盆地钾盐成矿规律与勘查技术(典型应用示范类)

研究内容: 我国重点海、陆相含盐盆地固体/液体钾盐物质来源、成矿机制及成矿模式; 重要成钾区固体/液体钾盐矿层测井综合识别技术及地震智能识别反演技术; 典型矿集区钾盐识别勘查技术应用与增储示范。

考核指标: 查明我国重点海、陆相含盐盆地钾盐成矿过程及成钾地质条件, 建立 3~4 个钾盐成矿模式; 形成 2~3 套固体/液体钾盐矿层测井综合识别技术, 单层厚度识别分辨率达 0.3~0.5m; 形成 2~3 套固体/液体钾盐矿层地震智能识别反演技术, 单层厚度反演分辨率达 6~10m; 预测评价重要成钾区的成矿潜力, 提供 3~4 个可供勘查的找钾新靶区, 形成重点海、陆相大型钾盐找矿勘查示范基地各 1 个; 提交新增氯化钾(KCl)资源量 1~2 亿吨。

关键词: 含盐盆地, 钾盐矿层, 成矿机制, 井震识别反演技术, 增储示范

## 1.3 磷和硼矿床成矿机制与找矿预测(典型应用示范类)

研究内容: 关键地质历史时期磷的多圈层循环过程及大规模爆发成矿的关键控制因素; 我国盐湖型和火山-沉积型硼矿的物质

来源和富集机制，盐湖中液体硼矿的经济提取技术；优质磷矿和硼矿的特殊成矿机制，我国重要成矿区带磷矿（含伴生稀土资源）和硼矿的资源潜力、找矿预测与勘查示范。

考核指标：形成地球关键地质时期磷的圈层循环定量模型；建立沉积型和沉积—变质型磷矿床及碳酸盐型和硫酸盐型盐湖（沉积）硼矿的成矿与找矿模型，申请2项发明专利；形成1套液体硼矿提取技术方法， $B_2O_3$ 回收率 $>40\%$ ，产品的 $B_2O_3$ 品位 $>25\%$ ；提供5~6个磷矿和硼矿可供勘查的找矿新靶区，形成2~3个找矿勘查示范基地，新增优质磷矿（ $P_2O_5>30\%$ ）资源量1亿吨、控制级别硼矿（ $B_2O_3$ ）资源量100万吨。

关键词：磷和硼矿床，循环，物质来源，富集机制，找矿靶区

## 2. 战略性矿产勘查技术研究与增储示范

### 2.1 中国北方中、新生代盆地砂岩铀矿成矿预测与增储示范（典型应用示范类）

研究内容：我国主要中、新生代盆地内砂岩铀成矿动力学机制；盆地沉积建造、构造变形对铀成矿的制约；大规模盆地流体动力学过程与铀富集成矿规律；砂岩型铀矿床三维建模与三维探测技术；重要含铀盆地的找矿模型、成矿预测与增储示范。

考核指标：厘定不同时代、不同类型盆地内砂岩铀矿的成矿—勘查模型3~4个；形成砂岩型铀矿三维勘查与预测的关键技术2~3套；提供5~6处可供勘查的找矿新靶区；新增砂岩型铀矿资源量1万吨（品位 $\geq 0.01\%$ ，平米铀量 $\geq 1kg/m^2$ ）。

关键词：砂岩铀矿，中、新生代盆地，成矿预测，勘查增储

## 2.2 锡多金属矿床成矿规律及勘查评价方法（典型应用示范类）

研究内容：区域重大地质事件对锡多金属矿床成矿及金属组合的控制作用；重要锡多金属成矿区带成矿规律与金属富集机制；锡多金属矿床高效勘查方法和找矿模型；重点区带锡多金属矿床成矿潜力评价和找矿勘查示范。

考核指标：揭示（变）沉积岩容矿锡多金属矿床形成机制及关键控制因素；建立锡矿床、锡金矿床、锡钨矿床、锡钨金矿床和卡林型矿床的成矿—找矿模型4~5个；构建锡多金属矿床高效勘查方法组合2~3套；提供4~5个可供勘查的找矿新靶区，形成2~3个找矿勘查示范基地；新增锡矿资源量10万吨、金矿资源量50吨、钨矿资源量5万吨。

关键词：锡多金属矿床，成矿规律，找矿模型，勘查示范

## 2.3 滨海地区金矿勘查评价技术与增储示范（典型应用示范类）

研究内容：我国重要滨海金矿省矿床发育规律；滨海地区金矿资源潜力评价方法及潜力评价；滨海地区金矿有效勘查技术方法组合；找矿靶区预测与增储示范。

考核指标：构建滨海地区区域三维地质模型1套，比例尺不小于1:50000；形成1套3000m深度的浅海金矿综合地球物理精细探测技术，垂向分辨率优于探测深度的10%，研发1套多要素约束的三维地球物理反演技术，圈定可供进一步勘查靶区2处；建设滨海地区金矿勘查示范工程1处，新增金资源量100吨；申

请发明专利 3 件以上;完成滨海地区金矿勘查评价技术要求 1 套。

关键词: 滨海金矿, 三维地质模型, 综合反演, 资源潜力评价, 勘查增储

#### **2.4 航空冷原子绝对重力勘探技术与装备 (重大共性关键技术类)**

研究内容: 冷原子干涉仪与动态载体的解耦技术, 动态振动补偿与干涉条纹精准还原技术, 多元数据融合技术及动态绝对重力数据快速实时提取技术; 重力数据信号提取与处理软件; 基于冷原子干涉的航空绝对重力勘探装备与勘查应用示范。

考核指标: 验证性低速运动载体 (实验科考船) 重力测量分辨率不低于  $0.5\text{mGal}@3\text{km}$ , 低速运动载体交叉点内符合精度优于  $1.0\text{mGal}$ ; 机载 (固定翼实验飞机) 重力测量分辨率不低于  $1.0\text{mGal}@6\text{km}$ , 机载交叉点内符合精度优于  $2.0\text{mGal}$ ; 探头体积小于等于  $0.3\text{m}^3$ , 重量小于等于  $120\text{kg}$ ; 控制柜体积小于等于  $0.4\text{m}^3$ 、重量小于等于  $100\text{kg}$ ; 总功耗小于等于 1 千瓦; 形成航空冷原子绝对重力勘探设备工程样机, 航空高精度绝对重力测量空间分辨率达  $8\text{km}$ 。

关键词: 航空, 绝对重力, 原子干涉仪, 工程样机

#### **2.5 混场源多参数航空电磁勘探技术与装备 (重大共性关键技术类)**

研究内容: 地面电性源、吊舱磁性源大功率发射技术; 半航空磁激发极化探测技术; 航空运动噪声深度压制技术; 非屏蔽

SERF 原子磁测量技术；融合半航空磁极化、天然与可控源倾子、航空与半航空瞬变电磁、航空磁场的多参数数据处理技术与反演软件，基于无人/有人直升机平台的航空电磁勘探装备；找矿勘查应用示范。

考核指标：混场源多参数航空电磁勘探装备工程样机 1 套；地面电性源峰值发射功率达 300kW；磁极化率最低工作频率达 3.125Hz；非屏蔽 SERF 原子磁场测量噪声水平优于  $30fT/\sqrt{Hz@5Hz}$ ；倾子测量偏差小于 0.5%；吊舱磁性源具有双脉冲发射能力，峰值磁矩达到 150 万 Am<sup>2</sup> 以上；反演软件可实现混场源联合约束反演功能，单架次处理时间小于 1.5 小时；直升机航空电磁系统的最大载荷不超过 700kg，吊舱直径不低于 30m，最大发射电流不低于 450A，最大滞空时间不低于 2 小时；系统的工作温度范围-20°C~45°C；单次飞行探测 1000 米深度地质体的分辨率达 50~80 米；找矿勘查应用示范区 1~2 处。

关键词：电磁，航空混场源，半航空磁极化率，多参数，装备

### 3. 战略性矿产智能绿色开采技术及装备

#### 3.1 金属矿深部规模化安全高效连续智能开采技术与装备(典型应用示范类)

研究内容：高应力下金属矿大盘区无矿柱连续化开采技术与装备，高应力下金属矿规模化智能凿岩爆破技术与装备，高应力下金属矿规模化低放热高强充填体的成型技术与装备，金属矿规模化开采诱发强动力灾害智能监测预警与主动控制技术，金属矿

超深规模化智能通风降温技术与装备。

考核指标：形成金属矿深部规模化安全高效连续开采技术，建立千米以深 500 万 t/a 高效开采典型示范金属矿山；坚硬矿岩预裂高效凿岩装备 1 台（套），凿岩效率提高  $\geq 20\%$ ；井下连续运搬设备 1 台（套），盘区运搬能力提升 1 倍，吨矿运搬能耗降低 20%；回采巷道爆破振速 20cm/s，炸药单耗降低 10%，大块率 4%；充填装备系统的规模化充填料浆输送能耗降低 30%，充填成本降低 30% 且充填体强度提高 50%；强爆触发型岩爆预警准确率与发生频次降低均 80%；深地下智能制冷装备 1 台（套），制冷量 5kW，智能通风制冷系统能耗降低 25%；申请发明专利 10 项，形成标准规范征求意见稿 2 项。

有关说明：配套经费与中央财政经费比例不低于 3:1

关键词：连续高效开采，充填体成型，主动防控，通风降温，智能技术与装备

### 3.2 超大规模金属露天矿低碳开采技术与连续运输装备（典型应用示范类）

研究内容：高寒高海拔地区大型露天矿山大坡度连续运输技术及装备；高寒高海拔地区大型露天矿移动破碎连续运输工艺及配套装置系统；大型露天矿集约化块段式高强度低碳开采设计理论与工程技术；大坡度连续运输与采剥作业链高效协同智能管控技术；大规模清洁爆破技术。

考核指标：开发出倾角不低于 40 度的大倾角连续化运输装

备样机及配套装置，运输能力每小时 500~3000 吨；运输成本降低 20% 以上；回采率 97% 以上，贫化率小于 3%，生产剥采比降低 20% 以上；矿山穿孔、铲装设备作业效率提高 30% 以上，采矿能耗降低 50% 以上；爆破尘毒降低 70% 以上，爆破大块率降低 50%；示范矿山露天开采产量增产 20% 以上，建成亿吨级金属露天矿智能连续采剥示范工程 1~2 项；申请发明专利 10 件以上，形成标准及规范征求意见稿 1 项。

有关说明：配套经费与中央财政经费比例不低于 3:1

关键词：高寒高海拔，大坡度运输，高强度开采，智能调控，亿吨级

### 3.3 地下金属矿破碎矿体安全高效开采技术与智能装备（典型应用示范类）

研究内容：针对地下金属矿破碎矿体开采产能效率低、安全性差难题，研发金属矿破碎矿体大跨度中深孔高效采矿技术；研发破碎矿体中深孔爆破边界与块度精准控制技术；研发破碎矿体采场顶板围岩破裂变形光热波一体化智能监测技术与装备；研发强爆破扰动下破碎矿体采场充填止裂与采场顶板支护主动控制技术；研发中深孔切割、凿岩、大型铲运智能技术和装备。

考核指标：建立地下金属矿破碎矿体安全高效开采技术与示范矿山 2 座，采场生产能力提高 2 倍，采场高度 15m、跨度 10m；采场边界超欠挖率降低 60%；光热波一体化智能监测设备采场顶板围岩表面裂隙分辨率  $\leq 5\text{mm}$  和内部破裂定位精度  $\leq 1\text{m}$ ，控制

采场顶板变形量 $\leq 25\text{mm}$ ；智能切割井钻机一次成井直径800mm和深度65m，自主作业与纠偏，偏斜率 $\leq 1\%$ ，中深孔智能凿岩设备自动布孔定位误差 $\leq 50\text{mm}$ ；智能接卸钻杆时间 $\leq 100\text{s}$ ，远程可视化遥控时延 $\leq 60\text{ms}$ ；4m<sup>3</sup>以上大型新能源地下智能铲运装备，连续工作时间5h，装备支持远程遥控、自主行驶、自主铲装、自动称重、碰撞检测、系统自诊断、任务规划、任务统计等无人作业功能，作业效率较传统柴油及拖曳电缆式提高10%以上，自动称重误差 $\leq 3\%$ ，自主行驶速度10km/h；申请发明专利10项。

有关说明：配套经费与中央财政经费比例不低于3:1

关键词：地下金属矿，破碎矿体，安全高效，中深孔开采，智能装备

### 3.4 煤矿超高与超长工作面高效综采关键技术及装备（典型应用示范类）

研究内容：开发10m超大采高和中厚煤层450m超长工作面大中心距轻量化快速移动液压支架，大功率高速自主截割采煤机，大运量超长刮板输送机；研究煤矿超大采高与超长工作面开采覆岩破断机理、超高煤壁稳定性及时空演化规律；研究超大开采空间强矿压区域卸压岩层控制理论、技术和装备；研发多重动载作用下大型开采装备群一体化智能协同作业工艺、技术和控制系统；建成煤矿超高与超长工作面高效综采工程示范。

考核指标：开发10m超大采高和450m超长工作面液压支架、采煤机、刮板输送机综采工作面成套装备各1套，移架速度 $\leq 10\text{s/}$

架，轻量化替代结构件减重 $\geq 20\%$ ，采煤机重载截割速度 $\geq 15\text{m/min}$ ，刮板输送机链速 $\geq 1.8\text{m/s}$ ，液压支架试验寿命 $\geq 60000$ 次，工作面成套装备开机率 $\geq 80\%$ ；研发超高、超长工作面快速推进工艺，提出超大开采空间围岩控制理论；研发超大开采空间强矿压区域压裂控压技术，顶板岩层单孔压裂控压、卸压范围 $\geq 500\text{m}\times 100\text{m}$ ；研发工作面装备群智能化协同作业系统1套，工作面直线度测量误差 $\leq 5\%$ ，人工干预率 $\leq 10\%$ ，端头及超前支护减人 $\geq 50\%$ ；建成采高不小于10m综采工作面工程示范1项，产能 $\geq 18\text{Mt}$ ；建成工作面长度不小于450m超长工作面工程示范1项，产能 $\geq 10\text{Mt}$ ；申请国家发明专利30项以上。

有关说明：由企业牵头申报，配套经费与中央财政经费比例不低于3:1

关键词：煤炭开发，超大采高，超长工作面，岩层控制，工程示范

### 3.5 复杂条件煤矿巷道快速智能掘进关键技术与装备（典型应用示范类）

研究内容：研究复杂条件煤矿巷道掘进工作面围岩与环境智能感知、空顶自稳智能判别方法；研究快速智能掘进煤矿巷道围岩时效控制理论，开发钻锚一体化巷道快速锚固材料及技术；研发掘支锚运多工序并行协同作业快速智能掘进装备；开发快速智能掘进矿压实时监测系统及运维大数据平台；建成复杂条件煤矿巷道快速智能掘进示范工程。

考核指标：提出煤矿掘进工作面围岩稳定性判别方法及巷道快速智能掘进时效控制理论；提出2种巷道快速智能掘进模式，开发4项以上巷道快速智能掘进关键技术；研制掘护锚一体化集中协同、掘支锚运分区并行协同的快速智能掘进装备2套，掘进工作面自动化使用率超70%，实现智能多机协同控制，掘进功效提升30%以上；开发3种以上巷道快速锚固新产品，支护施工时间减少50%；开发1套掘支锚运协同作业实时监测管控系统；建成2个典型巷道快速智能掘进示范工程，综合成巷速度达到700m/月，作业人员减少30%。

有关说明：配套经费与中央财政经费比例不低于3:1

关键词：复杂条件，煤矿巷道，智能感知，智能掘进，快速支护

#### 4. 战略性关键矿产绿色选冶技术

##### 4.1 炼焦煤精深分选关键技术与装备（典型应用示范类）

研究内容：研究难选炼焦煤煤岩力学特性及选择性解离技术；开发重选中煤及细粒煤精细旋流分选技术与装备；开发微细粒煤泥深度浮选分离过程强化技术与装备；研究煤泥水净化与高效循环利用技术；开发炼焦煤精深分选关键工艺环节精准控制技术，建成细尺度炼焦煤精深分选示范工程。

考核指标：形成细尺度炼焦煤精深分选关键技术4~6项；研制细粒煤精细旋流分选装备1套，分选不完善度低于0.2；研制微细粒煤泥深度浮选分离过程强化装备1套，有效浮选回收粒度下限

突破 10 微米；建立循环煤泥水水质平衡调控系统，循环煤泥水浓度不超过 0.25g/L；建成 20 万 t/a 炼焦煤精深分选示范工程，从难选炼焦煤中释放精煤产率不低于 20%；申请发明专利 10 件以上。

有关说明：配套经费与中央财政经费比例不低于 2:1

关键词：炼焦煤，煤岩解离，旋流分选，浮选，煤泥水

#### 4.2 低品位铀金多金属矿高效富集与分离提取技术（典型应用示范类）

研究内容：针对大规模低品位铀金多金属矿资源可经济回收难度大、资源利用率低、辐射环境影响范围大等问题，研究低品位铀锆铍稀土等多金属矿高效一体化综合利用技术；短流程铀精制技术与装备，辐射防护精准调控技术；低品位金资源短流程低毒绿色提取技术，低品位多金属金精矿高效熔炼与贵金属捕集技术；构建低品位铀金资源开发利用集成技术体系，支撑工程示范。

考核指标：形成低品位铀金多金属资源高效破解富集与分离技术 4~6 项，铀、稀土与铍、锆铌选矿富集比分别达到 8 倍、25 倍和 12 倍以上，铀、锆、铍、稀土水冶回收率大于 85%，选冶综合回收率提高 10%、达到 55% 以上；建立天然铀短流程精制技术体系， $UF_6$  产品达到核纯级，硝酸消耗减少 1.7t/tU，废水减排 80%，成本降低 40%；构建铀多金属回收与辐射环保一体化集成技术体系，能耗降低 20%，成本降低 15%，职业照射个人有效剂量降低 30%，固废与废水利用率分别达到 50% 和 90%；形成低品位金资源协同调控高效提取技术，与现有提金工艺相比金回收率

提高 2%；研发低毒提金药剂不少于 2 种，CN 消耗量降低 80%，完成万吨级原位低毒浸金工业试验；研制低品位多金属金精矿高效熔炼核心技术与装备，铜回收率不低于 85%，金回收率不低于 98%，完成工业试验验证，与现有黄金冶炼工艺相比，金直收率提高 10% 以上，回收率提高 5% 以上，能耗降低 30%，成本降低 15%。建成 10 万吨/年铀多金属矿综合利用工程示范和千万吨级金矿石/年低毒绿色提取示范工程各 1 座，稳定运行不少于 3 个月。

有关说明：配套经费与中央财政经费比例不低于 2:1

关键词：低品位铀多金属矿，低品位金多金属矿，辐射环保，低毒药剂，熔炼

#### 4.3 铜冶炼过程稀有稀散金属分离富集与纯化技术（典型应用示范类）

研究内容：铜冶炼过程钼硒碲铼分布规律与定向富集、分离和提纯调控机制；钼硒碲铼高效选择性富集与短流程分离技术；高纯钼硒碲产品制备技术；真空还原制备 5N 级高纯铼粒技术；高温高真空熔炼炉及其核心零部件研制；6N 级硒、7N 级碲和 5N 级金属铼吨级规模工程示范。

考核指标：形成钼硒碲铼高效富集及分离纯化技术 3-5 项；铜冶炼过程钼回收率  $\geq 80\%$ 、硒回收率  $\geq 97\%$ 、碲回收率  $\geq 90\%$ 、铼回收率  $\geq 80\%$ ；制备 5N 级高纯钼、6N 高纯硒、7N 高纯碲、5N 级高纯铼四种产品；建立吨级以上硒碲铼生产线 3 条，形成发明专利 10~15 项。

有关说明：配套经费与中央财政经费比例不低于 2:1

关键词：铜冶炼，稀有稀散，钼硒碲铼，精准分离，高纯化

#### 4.4 超大型及强化冶金特种设备研制及应用（重大共性关键技术）

研究内容：针对有色金属冶炼过程沸腾焙烧炉、熔池熔炼炉、中高频熔炼炉、等离子炉等核心装备，重点攻克：超大型冶炼装备尺寸放大规律及冷态模拟；单体  $180\text{m}^2$  以上沸腾焙烧炉及其核心零部件研制；单系列 30 万吨铜/年以上规模熔池熔炼炉及氧枪、水套核心部件；大功率中高频熔炼炉及单体大功率感应体研制；超高温等离子炉及其等离子枪研制等。

考核指标：研制出 4~5 种超大型及特种冶金装备，单台沸腾焙烧炉面积达到  $180\text{m}^2$  以上，锌产能达到 20 万吨/a，单台铜熔池熔炼炉处理规模达到 30 万吨铜/a 以上，床能率达到  $70\text{t}/\text{m}^2\text{d}$ ，中高频熔炼炉单台处理能力达到万吨级以上，等离子炉熔炼温度达到  $2800^\circ\text{C}$  以上，处理能力达到万吨级；建立 2~3 座工程示范。

有关说明：配套经费与中央财政经费比例不低于 2:1

关键词：超大型冶炼装备，特种冶金装备，尺寸放大规律，冷态模拟

### 5. 战略性矿产高质化利用技术

#### 5.1 锆铪高效提取分离与高端产品制备技术及工程示范（典型应用示范类）

研究内容：全球主要产地锆英砂的晶体化学特征；锆英砂强

化碱熔反应矿相解离与氧氯化锆结晶过程调控机制；锆铪高效定向分离体系开发；萃取工艺参数与装备集成优化；开发高纯锆铪金属、有机锆铪化合物等高值化产品；废酸安全处置与废硅渣资源化及全过程绿色评价。

考核指标：形成强化碱熔、萃取分离提纯、熔盐萃取精馏等绿色冶炼分离技术 2~3 项；研制高效连续萃取、电解精炼核心装备 2~3 台（套）；锆英砂到氧氯化锆工艺段锆回收率大于 95%，氧氯化锆产品中 Fe、Si、Na 等主要杂质总量小于 50ppm；锆铪分离工艺锆中铪含量小于 100ppm，铪中锆小于 0.5%；研制出 5N~6N 级锆铪金属、有机锆铪等产品 3~5 种；建成 5 万吨级氧氯化锆生产及配套废硅渣资源化示范线 1 项、10 吨级（氧化铪）锆铪分离示范线 1 项。

有关说明：配套经费与中央财政经费比例不低于 2:1

关键词：锆铪，强化碱熔，萃取分离，高纯产品

## 5.2 低品位共伴生铷铯超常富集与高质利用技术（典型应用示范类）

研究内容：铷铯等关键元素赋存状态、嵌布特征、选冶过程分配规律及分离强化机制；铷铯与钽铌等矿物物理、化学强化分选机理以及高效富集技术；铷铯强化溶出与杂质深度脱除技术；铷铯等多元溶液萃取分离体系与反应器研制；高纯铷铯及其化合物制备关键技术、装备及工程示范。

考核指标：形成低品位共伴生铷铯矿高效选冶与提纯技术

3~4 项, 钇铯选矿回收率达到 80% 以上, 冶炼回收率达到 90% 以上, 与现有工艺相比选治总回收率提高 10%, 生产成本降低 25%; 研制铷铯分离富集、萃取反应器等核心装备 2~3 台(套), 分离效率提高 15%~20%; 研制出适用于压电材料、生物医药用铷铯高纯金属及其化合物等深加工产品 3~4 种, 纯度达到 5N 级以上; 建成千吨级每天低品位共伴生铷铯矿石选矿工程示范和百吨级铷铯分离提纯工程示范。

关键词: 钇铯, 超常富集, 分离提纯, 高质利用, 高纯产品

### 5.3 钇钛磁铁矿中钒钛高效回收与高值利用技术(典型应用示范类)

研究内容: 研制高铁高镁钛铁矿强化分离富集技术与药剂; 开发钛磁铁精矿选择性超细磨矿—铁钛分离技术; 研发微细粒钛铁矿高效矿化及精细分离过程选矿技术与装备; 开发钒渣无氨清洁提钒及高纯氧化钒制备技术; 形成储能电池用钒基正极材料及高浓度全钒电解液制备技术; 建成钛磁铁精矿铁钛分离、微细粒级钛铁矿高效回收、高纯氧化钒制备等工程示范。

考核指标: 开发高铁高镁钛铁矿专属的浮选药剂 3 种以上; 开发钛磁铁矿选择性超细磨矿与铁钛分离技术 1~2 项, 通过超细磨矿从钛磁铁矿精矿中释放钛铁矿 10% 以上, 钛磁铁精矿全  $Fe > 58\%$ , 建成 50 万吨级钛磁铁精矿超细铁钛分离工程示范; 研发超细粒级钛铁矿高效回收技术 1~2 项、装备 1~2 套, 钛精矿  $TiO_2$  品位  $\geq 47\%$ , S 品位  $\leq 0.2\%$ , 浮选作业回收率  $\geq 60\%$ , 建成 50 万

吨级微细粒级钛铁矿高效回收工程示范；开发钒渣无盐无氨短流程清洁提钒及高纯氧化钒制备技术1~2项，钒回收率 $\geq 90\%$ ，提钒尾渣中 $V_2O_5 \leq 1.0\%$ 、 $Na_2O \leq 0.5\%$ ，高纯氧化钒产品纯度 $\geq 99.9\%$ ，建成千吨级高纯氧化钒工程示范；开发储能电池用钒基正极材料及高浓度钒电解液制备技术1~2项，钒基正极材料比容量 $\geq 450mAh/g$ 、2000次循环容量保持率 $\geq 90\%$ ，全钒电解液V浓度 $\geq 2.0mol/L$ 。开发低温快速短流程氮化钒制备技术，制备温度 $\leq 1200^{\circ}C$ ，时间 $\leq 2h$ 。申请发明专利10件以上。

有关说明：配套经费与中央财政经费比例不低于2:1

关键词：钒钛磁铁矿，超细磨矿，微细粒钛分选，无氨提钒，高纯氧化钒

## 6. 前沿探索与集成与示范

### 6.1 战略性矿产勘查基础研究与前沿技术探索（基础研究类）

研究内容：针对铌钽、钒钛、铍、锂、萤石等矿产资源成矿理论及勘查研究中存在的问题，开展铌钽超常富集成矿动力学机制、钒钛资源富集机制和高效利用、碰撞造山带深熔作用与铍富集机制、花岗岩型锂矿成矿机制与勘查技术、岩浆热液系统伴生萤石成矿机理及勘查标识体系等基础研究与前沿技术探索，形成原创理论和新方法。

考核指标：战略性矿产成矿新理论，战略性矿产勘探新方法等。

有关说明：该任务方向仅部署青年科学家项目，支持不超过5项。

## 6.2 战略性矿产选冶基础研究与前沿技术探索（基础研究类）

研究内容：针对选冶过程新理论、新方法、新设备，开展战略性矿产资源基因选矿、选矿过程界面演变规律、新型药剂分子设计、相似金属分离提取理论、原生与再生资源协同冶炼方法、核心装备放大规律等基础研究与前沿技术探索，形成原创理论和新技术。

考核指标：战略性矿产资源选冶的新理论、新方法、新装备、新应用等。

有关说明：该任务方向仅部署青年科学家项目，支持不超过5项。

# “战略性矿产资源开发利用”重点专项 2023 年度 项目申报指南形式审查条件要求

申报项目须符合以下形式审查条件要求。

## 1. 推荐程序和填写要求

- (1) 由指南规定的推荐单位在规定时间内出具推荐函。
- (2) 申报单位同一项目须通过单个推荐单位申报, 不得多头申报和重复申报。
- (3) 项目申报书(包括预申报书和正式申报书, 下同)内容与申报的指南方向相符。
- (4) 项目申报书及附件按格式要求填写完整。

## 2. 申报人应具备的资格条件

- (1) 项目(课题)负责人应为 1963 年 1 月 1 日以后出生, 具有高级职称或博士学位。
- (2) 青年科学家项目负责人应具有高级职称或博士学位, 男性应为 38 周岁以下(1985 年 1 月 1 日以后出生), 女性应为 40 周岁以下(1983 年 1 月 1 日以后出生)。原则上团队其他参与人员年龄要求同上。
- (3) 受聘于内地单位的外籍科学家及港、澳、台地区科学家可作为项目(课题)负责人, 全职受聘人员须由内地聘用单位提供全职聘用的有效材料, 非全职受聘人员须由双方单位同时提供

聘用的有效材料，并作为项目预申报材料一并提交。

(4) 参与重点专项实施方案或本年度项目指南编制的专家，原则上不能申报该重点专项项目（课题）。

(5) 诚信状况良好，无在惩戒执行期内的科研严重失信行为记录和相关社会领域信用“黑名单”记录。

(6) 中央和地方各级国家机关的公务人员（包括行使科技计划管理职能的其他人员）不得申报项目（课题）。

(7) 项目申报人员满足申报查重要求。

### 3. 申报单位应具备的资格条件

(1) 在中国大陆境内登记注册的科研院所、高等学校和企业等法人单位。国家机关不得作为申报单位进行申报。

(2) 注册时间在 2022 年 6 月 30 日前。

(3) 诚信状况良好，无在惩戒执行期内的科研严重失信行为记录和相关社会领域信用“黑名单”记录。

### 4. 本重点专项指南规定的其他形式审查条件要求

青年科学家项目不再下设课题，项目参与单位总数不超过 3 家。

本专项形式审查责任人：秦媛

## 附件 4

### “大气与土壤、地下水污染综合治理”

### 重点专项 2023 年度项目申报指南

(仅国家科技管理信息系统注册用户登录可见)

本专项面向持续改善我国生态环境和建设“美丽中国”的重大需求，瞄准大气  $PM_{2.5}$  与臭氧 ( $O_3$ ) 污染和土壤—地下水复合污染的科技前沿，聚焦精准治污、科学治污和依法治污，阐明多污染物多尺度跨介质的污染成因，创新大气与土壤、地下水污染防治核心技术与装备，构建多学科跨行业精细化治理技术体系和产业化新模式，创建  $PM_{2.5}$  与臭氧 ( $O_3$ ) 双降及碳达峰示范区和污染场地土壤与地下水协同治理示范区，支撑“十四五”期间大气、土壤污染防治两大行动计划，为基本消除重污染天气、实现大气  $PM_{2.5}$  与臭氧 ( $O_3$ ) 协同控制和全面提升土壤与地下水安全利用水平提供关键科技支撑。

专项拟解决两个基础科学问题：大气二次污染和区域土壤—地下水多介质污染的形成机理及气水土污染的相互影响，提出区域污染防治的路线图和技术途径；突破五大核心防治技术：多要素立体监测预警、污染源实时智能监管、大气污染全流程高效协同治理、土壤复合污染绿色修复、“能源—环境—健康—气候”综合调控等共性技术，构建多学科跨行业精细化治理技术体系；建

立三大类集成示范区：PM<sub>2.5</sub>与O<sub>3</sub>双降及碳达峰示范区、污染场地土壤与地下水协同治理示范区、大气与土壤—地下水污染协同综合治理示范区，形成气候友善型区域多污染物跨行业高效治理的“中国模式”。

本专项执行期为2022—2026年，按照分步实施、重点突出原则，2023年指南拟在监测监管技术、成因机理研究、治理修复技术、决策支撑技术和典型区域实践等5个方面部署57个研究任务，拟安排国拨经费9.9亿元，其中，拟部署16个青年科学家项目，拟安排国拨经费4800万元，每个项目300万元。

本专项指南（青年科学家项目除外）要求以项目为单元整体组织申报，需覆盖所申报指南方向二级标题（例如1.1）下的所有研究内容和考核指标，项目实施周期为3~4年。企业作为项目牵头申报单位，其他经费（包括地方财政经费、单位出资及社会渠道资金等）与中央财政经费比例不低于2:1。治理修复类项目（3.治理修复技术），其他经费（同上）与中央财政经费比例不低于1:1。区域示范类项目（5.典型区域实践），其他经费（同上）与中央财政经费比例不低于3:1。指南各方向拟支持项目数原则为1项（有特殊说明的除外），若同一指南方向下采取不同技术路线，评审结果相近，可以择优同时支持2项，根据中期评估结果择优再继续支持。除特殊要求外，每个项目下设课题数不超过5个，参与单位数不超过10个。

青年科学家项目要求由青年科学家作为项目负责人领衔担

纲，覆盖指南中 1 项内容即可，项目实施周期为 3 年，项目不下设课题，参加单位原则上不超过 3 家，项目负责人年龄要求，男性应为 1985 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生，原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

所有参加项目研究任务的单位和人员，须严格遵守《国务院办公厅关于印发科学数据管理办法的通知》（国办发〔2018〕17 号）和有关文件要求，做好科研活动原始数据及其衍生数据的规范管理。

本专项 2023 年度项目申报指南如下。

## 1. 监测监管技术

### 1.1 机载多污染物与云水化学高灵敏探测技术（重大共性关键技术类）

研究内容：针对高空（对流层）大气活性污染物和云水污染过程，突破亚硝酸（HONO）、甲醛（HCHO）、挥发性有机物（VOCs）、颗粒相和云水化学组分机载原位测量技术，研发离线颗粒物和挥发性有机物和云水多通道采集技术及与之相配套的地面高化学分辨率分析方法；建立适航的大气颗粒物和云滴粒径分布快速在线测量技术，建立区域甲醛等污染性气体高时空分辨机载遥感技术系统；构建污染源排放—传输—转化的航测飞行系统化方案与定量运算技术方法，集成现有航测技术，构建多污染物与云水综合观测技术体系和机载软硬件集成平台；在重点区域开展技术应用与示范，形成对流层大气与云物理化学航测技术体系。

考核指标：机载测量技术和集成平台可适应 0.7~1.0 大气压和航速 150~400km/h， 并有效支撑区域污染—云水相互作用机制研究。主要大气活性含氮含碳组分机载原位测量时间分辨率达到秒级， 测量精度  $\leq 10\%$ ， HONO 和 HCHO 检测限  $< 10\text{ppt}$ 、 VOCs 检测化学成分 100 种以上、 主要成分检测限  $< 100\text{ppt}$ ， 颗粒水溶性离子检测限  $< 0.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。离线颗粒物与云水采集自动切换通道  $> 5$ ； VOCs 采集自动切换通道  $> 10$ ， 采样时间  $\leq 30$  秒； 气溶胶粒径测量范围  $10\text{nm}-10\mu\text{m}$ ， 粒径通道数  $> 30$  个， 数浓度检测限  $\leq 5 \times 10^3$  个/ $\text{cm}^3$ ； 气溶胶全粒径谱测量时间分辨率  $\leq 1$  秒； 云滴粒径测量范围  $3\text{~}50\mu\text{m}$ ； 云水采样量、 频次和云中有机和无机组分实现层云分层原位同步在线测量； 机载遥感甲醛及含氮化合物观测， 地面分辨率  $\leq 10$  米， 测量精度  $\leq 10\%$ 。测量典型区域不少于 3 个， 飞行航次不少于 15 次， 形成技术规范。

关键词：机载高灵敏探测，活性污染物，云微物理与化学

## 1.2 长寿命大气污染物监测关键技术与装备（重大共性关键技术类）

研究内容：针对长寿命大气污染物定点溯源和时空立体分布监测要求，建立适于不同环境条件监测需求的质控技术体系；攻克长寿命污染物高灵敏检测技术和粒子相实时进样在线监测关键技术，研制长寿命污染物气/粒两相分布实时在线监测设备；突破长寿命污染物大气廓线和柱浓度地基遥感装备和反演算法，研发空间分布快速监测和污染溯源系统装备；选择重点区域、典型场

景开展不同环境条件监测工程应用示范，形成具有自主知识产权的长寿命大气污染物高精度监测技术体系。

考核指标：长寿命有机污染物（多环芳烃 PAHs，邻苯二甲酸酯 PAEs，多氯联苯 PCBs 等）气相检测限  $\leq 1\text{pptv}$ ，粒子相检测限  $\leq 1\text{ng/m}^3$ ，最快响应时间  $\leq 1\text{s}$ ，可检测的最大分子量 510amu，走航快测装备对气相长寿命有机物检测限  $\leq 10\text{pptv}$ ；整层大气廓线垂直分辨率  $\leq 1\text{km}$ ，廓线遥感组分包括一氧化碳(CO)、乙烷( $\text{C}_2\text{H}_6$ )、氰化氢(HCN)、氟利昂-11( $\text{CCl}_3\text{F}$ )、氟利昂-22( $\text{CCl}_2\text{F}_2$ )、氟利昂-12( $\text{CCl}_2\text{F}_2$ )、六氟化硫( $\text{SF}_6$ )和羰基硫(OCS)等，测量精度 5%；在不少于 3 类典型环境（背景大气、城市环境、典型农业源等）开展不少于 6 个月的应用示范。核心技术自主可控，并形成相应的技术规范。

关键词：长寿命大气污染气体，实时立体监测，廓线遥感

### 1.3 化学气候综合站关键监测技术与装备（重大共性关键技术类）

研究内容：针对化学气候站大气组分高精度通量和垂直廓线等在线监测需求，重点突破影响气候的大气化学组分( $\text{CO}_2$ 、 $\text{N}_2\text{O}$ 、 $\text{CH}_4$ )、活性污染物(HCHO 和 HONO 等)和水汽高分辨率垂直廓线的固定和流动探测技术，以及  $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{N}_2\text{O}$ 、 $\text{O}_3$ 、HCHO、HONO、三维风速(湍流)等高频地气交换通量(包括排放和沉降通量)测量以及光解速率和雾滴谱快速测量技术；形成自主可控的高精度化学气候站多参数综合探测技术系统，选择

典型区域开展技术应用示范。

考核指标：CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O/CH<sub>4</sub>/N<sub>2</sub>O 通量探测频率  $\geq 50\text{Hz}$ ，10Hz 下检测限 CO<sub>2</sub>  $\leq 0.1\text{ppm}$ 、H<sub>2</sub>O  $\leq 4\text{ppm}$ ，CH<sub>4</sub>  $\leq 5\text{ppb}$ ，N<sub>2</sub>O  $\leq 0.1\text{ppb}$ 。HCHO 和 HONO 垂直分辨率  $\leq 100\text{m}$ ，时间分辨率  $\leq 10\text{min}$ ，HCHO 检测限  $\leq 200\text{ppt}$ ，HONO 检测限  $\leq 15\text{ppt}$ 。CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O/CH<sub>4</sub>/N<sub>2</sub>O 廓线反演误差  $\leq 7\%$ ，时间分辨率  $\leq 2\text{min}$ 。臭氧、NO<sub>2</sub>、HCHO、HONO、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 光解速率探测反演误差  $\leq 10\%$ ，时间分辨率  $\leq 0.1\text{秒}$ ，检测限达到  $10^{-8}/\text{s}$ 。超声风速测量频率达 100Hz，实现自主可控；雾滴谱粒径测量范围  $2\sim 50\mu\text{m}$ ，粒径通道数  $\geq 30$ ，时间分辨率  $\leq 0.1\text{秒}$ 。集成高精度化学气候站多参数综合探测技术系统，实现影响气候变化的气态化学组分和颗粒化学组份种类在线测量覆盖 95% 以上，地气交换通量测量准确度  $\geq 85\%$ 。核心技术自主可控，并形成相应的技术规范。

关键词：高频通量，廓线监测，化学气候站综合探测技术

#### 1.4 移动源超低排放实时监测监管技术与质控体系（重大共性关键技术类）

研究内容：针对新标准下重型车、非道路移动机械、船舶、飞机等移动源超低排放污染及碳排放在线监测及质控体系的需求，开展移动污染源超低排放高温原位传感、在线监测、高灵敏遥测等关键技术研发。其中包括：开发柴油车高温原位颗粒物、二氧化碳传感器；研发移动源排放污染气体及颗粒物便携式高精度快速在线监测设备，构建交通环境识别高排放车的技术体系；

研制船舶和飞机排放污染气体高灵敏度跟踪遥测成像设备和算法；构建监测设备的标定与质控技术体系，在重点城市、大型立交桥、港口、机场开展应用示范。

考核指标：高温环境下传感器峰值耐温不低于 800°C，原位颗粒物和 CO<sub>2</sub> 检测限分别  $\leq 1\text{mg}/\text{m}^3$ 、50ppm，误差范围  $\pm 6\%$ ，NH<sub>3</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> 检测限分别  $\leq 0.1\text{ppm}$ 、1ppm、0.3ppm、10ppm 和 1ppm，误差范围  $\pm 2\%$ ，颗粒物采样数浓度（PN）和 NO 检测限分别  $\leq 1 \times 10^{14}\#//\text{kg}$  和 2g/kg；PN 实时监测浓度测量范围  $3 \times 10^3 \sim 1 \times 10^7 \#//\text{cm}^3$ 。污染气体自动跟踪遥测距离不少于 3000 米，NH<sub>3</sub>、NO<sub>x</sub>、CO<sub>2</sub> 等光程积分浓度（PIC）检测限 10ppm·m；醛类、苯系物等 VOCs 排放靶向遥测识别检测限 0.1ppb。以上在线监测设备时间分辨率  $\leq 1\text{s}$ 。完成包括高海拔、极端温度等不同环境条件下监测设备性能测试评价；开展不少于 4 类移动源（重型车、非道路移动机械、船舶、飞机等）排放监测应用示范；形成在线测量技术规范与质控方案，建立可溯源至国家计量标准的 PN 分析仪校准技术与平台，形成至少 2 项国家测量标准或计量规范（征求意见稿）。

关键词：移动污染源，高温原位传感，排放智能监测

### 1.5 大气多污染物目标观测技术与集群走航探测系统（重大共性关键技术类）

研究内容：突破大气多污染物目标观测和质控技术，探索建立大气污染精准调控为对象的目标观测技术框架；突破多污染物

目标观测适应不同移动载体速度走航技术, 针对激光雷达、VOCs 和气溶胶质谱、在线组份分析设备, 活性污染物、OH 和 NO<sub>3</sub> 自由基等观测设备, 研制相应的适合高速交通网高精度立体探测设备和移动观测系统; 研究立体走航集群探测与模式数据动态融合、基于预报走航、数据智能分析和效果评估等预报指挥技术, 形成支撑大气多污染物目标观测的集群探测系统; 选择典型地区, 构建集群立体走航探测指挥平台, 针对千公里尺度大气污染输送过程, 开展集群走航系统质控、适应性试验和目标观测技术验证。

考核指标: 适合高速公(铁)路网的大气多组分(细颗粒物、臭氧及其前体物)及气象要素的高精度探测技术, 探测时间分辨率≤5分钟, 工作环境适应-30°C~45°C, 水平分辨率≤100米, 垂直空间分辨率≤15米, 单目标污染物时间分辨率≤1分钟。系统实现跨平台组网和观测数据融合, 至少包括SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、O<sub>3</sub>、NH<sub>3</sub>、苯、甲苯、VOCs、活性污染物、OH 和 NO<sub>3</sub>自由基等大气污染多要素目标观测的技术体系和数据融合方法, 时间分辨率≤5分钟; 目标观测技术支撑自主空气质量模式组分预报准确率提高20%以上; 集群立体走航指挥平台至少指挥25辆以上走航车, 并可协同指挥走航船、火车或无人机群, 实现支撑烟羽追踪的科学与污染过程的精细调控, 满足评判NO<sub>x</sub>/VOCs控制方案减排效果需求。

关键词: 智能走航探测, 区域尺度, 目标观测方法体系

## 1.6 多尺度近实时排放清单技术及数据产品研发(重大共性关键技术类)

研究内容：突破基于立体移动和定位观测平台的排放通量探测和网格化排放反演技术，研发近实时源汇一体化反演技术及数据产品；研发融合在线监测、交通流量、船舶定位（AIS）轨迹、卫星遥感等多源大数据的自然源（沙尘、海盐和植被排放等）和人为污染源排放实时追踪、质控、多元校验技术、自然与人为活动水平短临预测技术，实现各类源排放准实时表征和未来14天的短临预估；研发排放多时间尺度无缝表征算法，构建近实时排放清单在线技术平台，研发适用于大气环境形势分析、不同时空尺度大气污染溯源、空气质量短中期预测等场景的排放清单近实时动态数据产品，并在国家到城市层面开展应用示范。

考核指标：近实时网格化排放通量空间分辨率达百米—千米级，误差<30%；全国尺度多污染物近实时源汇反演数据集，时间分辨率≤1周，空间分辨率≤3km；针对不同类型源的排放近实时表征技术，总数不小于5项；近实时动态排放清单和未来14天逐时预估清单数据产品，包括各类人为源和自然源（沙尘、海盐、植被排放等），包含SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、VOCs、NH<sub>3</sub>、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>等主要污染物和汞、砷、铅等重金属，VOCs和颗粒物化学组分（含汞、砷、铅等重金属）满足主流空气质量预报模式需求，时间尺度实现年—月—日—小时无缝衔接，覆盖时段不小于3年，空间尺度实现全国—区域—城市—园区4层嵌套，分辨率全国≤3km、城市≤1km，并可根据自适应网格动态调整空间分辨率；数据产品在国家平台和不少于4个区域/城市工作实践中得到应

用。

关键词：排放通量探测，一体化反演，近实时排放清单产品

### 1.7 多尺度自适应环境大气动力学模式与再分析数据集（重大共性关键技术类）

研究内容：研究自适应网格模式中大气复合污染关键理化过程的表征新方法，突破喷涌式及扩散式动态排序算法等虚拟补位技术和保形守恒耦合技术，构建适用于高分辨率模拟的尺度自适应参数化方案；突破基于大数据驱动的人工智能建模技术及排放、气象与化学过程精细实时解耦技术，构建依据不同污染状况自适应网格调整和嵌套高效算法，研制新一代多尺度自适应环境大气动力学模式；研发天空地多元数据质控与近实时迭代自适应网格模式再分析技术，形成高精度自适应多污染物多组分再分析数据集；选择典型区域开展业务化应用示范。

考核指标：研制新一代多尺度、自适应环境大气动力学模式，实现人工智能、理化机制数值方案、多尺度集成技术的有效融合，确保安全可控。自适应网格模式实现从区域、城市、街区、园区的自适应模拟，分辨率为全球达 100 公里、区域达 1 公里，街区、园区达 100 米级，支撑城市—园区尺度空气质量小时—日变化的智能精准业务预报和调控需求，大气细颗粒物和臭氧城市预报准确率达 80%、园区预报准确率达 70%。形成新一代可支持个体暴露评估的多组分多污染物再分析数据集，再分析资料全国空间分辨率  $\leq 3\text{km}$ 、中东部地区  $\leq 1\text{km}$ ，时间分辨率为小时，覆盖时间

不少于5年，数据集要素包括二氧化硫、二氧化氮、一氧化碳、大气细颗粒物、可吸入颗粒物、臭氧、硫酸盐、硝酸盐、铵盐、黑碳和有机气溶胶。

关键词：多尺度环境大气预测，自适应网格预报模式，再分析数据集

### 1.8 环境大气大数据耦合同化技术及智能感知共享平台（重大共性关键技术类）

研究内容：围绕精准治污环境大数据集成分析与应用需求，突破多环境要素大数据质控、自洽和融合技术，建立多因子约束下颗粒物组分平衡同化方法，发展卫星、雷达和地面观测数据集合卡尔曼滤波和四维变分耦合同化与垂直反演技术，构建常规污染物监测网数据、组分观测网数据以及光化学监测网数据与高分辨率模拟数据的准实时质量控制和同化综合分析系统；研发环境监测和模拟大数据的快速融合、大数据人工智能挖掘、自动感知分析和无碍共享技术，支撑建立国家环境大气智能感知共享平台，快速感知大气污染事件、重污染过程、来源成因并提出调控建议，形成支撑我国大气污染精细化治理的综合同化数据集，选择国家业务单位开展技术验证和平台示范应用。

考核指标：形成我国关键大气污染物天空地多元观测数据、全空间同化融合的耦合同化分析技术，具备常规污染物、气溶胶组分、大气挥发性有机物等关键大气污染物浓度的准实时分析能力，数据空间分辨率 $\leq 100$ 米，时间分辨率 $\leq 1$ 小时，数据融合

的时滞性不超过 30 分钟；建成国家环境大气智能感知共享平台，对大气污染事件快速感知准确率超 90%，针对重污染生消过程，智能给出气象、排放、化学过程影响、来源成因和调控建议，更新频率 $<3$  小时；省、市和科研共享单位超过 100 个，并在不少于 20 个业务单位示范应用。

关键词：四维数据重构，智能感知技术，数据共享机制

### 1.9 场地污染土壤高保真采样技术及装备（重大共性关键技术类）

研究内容：针对污染场地水文地质条件复杂、空间异质性强，采样过程扰动大、样品易污染损失等关键难题，基于场地污染物时空分布特征和赋存形态，研究建立多尺度、多污染物、动态化的场地土壤采样布点优化方法；研发高压力条件下的污染土壤样品低扰动采集技术，开发土壤高保真采样成套设备，实现土壤样品空间位置精准还原与土体结构精准保存；选取典型污染场地开展应用示范。

考核指标：形成全过程质控的典型污染场地土壤调查布点动态优化方法，开发动态布点辅助决策智能化手持终端，调查控制精度保持不变的前提下，样点采集数量降低 $>30\%$ ；开发场地土壤原位性状高保真采样设备，样品空间位置精度达到 1cm，土壤样品压缩率 $<3\%$ ，样品交叉污染率 $<5\%$ ，VOCs 采样损失率 $<5\%$ ；集成开发移动式高保真采样技术平台，采样器抗压和保压能力 $>8\text{Mpa}$ ；选择不少于 3 个典型污染场地开展样品采集优化、高

保真取样技术及设备应用验证示范, 编写相应的行业技术规范(征求意见稿)。

关键词: 空间异质性, 采样布点优化, 高保真采样技术

有关说明: 本指南方向由企业作为项目牵头申报单位, 其他经费(包括地方财政经费、单位出资及社会渠道资金等)与中央财政经费比例不低于2:1。

### **1.10 土壤与地下水重非水相液体(DNAPLs)精细刻画关键技术(重大共性关键技术类)**

研究内容: 针对化工、石油等重点行业场地土壤—地下水 DNAPLs 污染物赋存与迁移过程复杂、精细刻画困难等关键问题, 研发场地 DNAPLs 污染物多介质多界面时空分布的精细刻画技术; 构建土壤—地下水 DNAPLs 污染物迁移扩散多场耦合数值模型; 自主研发土壤—地下水 DNAPLs 精细刻画三维可视化软件系统; 开展实际污染场地应用示范。

考核指标: 研发土壤—地下水 DNAPLs 的多介质界面迁移转化原位表征与精细刻画技术, 空间分辨率达到分米级; 阐明土壤—地下水系统中 DNAPLs 的固—液—气多相分配与跨介质界面迁移转化机制; 构建土壤—地下水 DNAPLs 迁移扩散多场耦合数值模型, 精准模拟预测场地 DNAPLs 的传输扩散通量, 模拟误差<30%; 研发土壤—地下水 DNAPLs 污染物精细刻画三维可视化软件系统, 实现场地土壤—地下水 DNAPLs 污染源区分布、污染羽边界和分层污染物浓度的三维动态可视化精细刻画, 选取

典型污染场地开展应用示范验证, 污染羽边界刻画精度 $<1$ 米, 并编制相应的行业技术规范或指南(征求意见稿)。

关键词: DNAPLs, 时空演变, 三维可视化软件

## 2. 成因机制研究

### 2.1 大气氧化性演变规律与大气自净能力驱动机制(基础研究类)

研究内容: 围绕大气氧化性的科学内涵和量化表征, 选择典型季节和区域, 开展氢氧自由基(OH)、过氧自由基(HO<sub>2</sub>、RO<sub>2</sub>)、含氮自由基(NO<sub>3</sub>)和卤素自由基(Cl等)及前体物的精细化闭合观测, 在分子水平上厘清日间和夜间大气自由基的来源与转化机制; 阐明近地面、边界层和对流层大气自净能力的驱动机制, 量化城市和区域大气氧化性的构成(气相和多相)、强度和关键来源; 解析我国重点区域大气氧化性和大气自净能力的演变规律, 提出以大气氧化性调控和自净能力提升为核心的二次污染与气候变化协同应对的化学原理。

考核指标: 在典型区域完成2~3个不同代表性站点的大气氧化性闭环观测实验, 获得春夏秋冬等4个典型季节各1个月以上连续在线观测数据, 主要自由基(OH、HO<sub>2</sub>、RO<sub>2</sub>、NO<sub>3</sub>和Cl等)和活性前体物测量误差 $<15\%$ ; 建立大气复合污染条件下大气氧化性的理论模型和表征方法, 典型大气自由基浓度和主要通道氧化速率等的模拟准确度提升50%; 定量解析春夏秋冬对流层和5类下垫面边界层大气及10个污染过程的大气氧化性构成和

主控因子，提出针对臭氧、PM<sub>2.5</sub> 和甲烷等短寿命温室气体协同的大气氧化性调控原理和技术方案。

关键词：大气自由基，大气氧化性，大气自净能力

## 2.2 大气活性含碳成分来源、转化及环境效应（基础研究类）

研究内容：研发 PM<sub>2.5</sub> 和臭氧污染相关的大气有机物活性含碳成分及其反应性和挥发性测量的新方法，开展大气有机物活性含碳成分和含碳颗粒物化学行为的闭环观测实验；研究实验室和外场条件下关键大气有机碳成分转化机制，阐明多相化学对自由基和有机颗粒物生成的影响；研究地气交换过程和交换通量对大气活性含碳物种的影响，量化天然源和人为源的不同贡献；建立有机碳大气化学机制及模式参数化方案，定量评估大气活性有机碳及其转化过程对 PM<sub>2.5</sub> 和臭氧生成的关键影响因子及辐射效应，提出基于大气化学活性的减排策略和技术方案。

考核指标：建立与 PM<sub>2.5</sub> 和臭氧污染相关的大气有机物反应性、挥发性及近全组份成分测量新方法，完成典型区域大气含碳物种及相关污染物科研观测实验（含综合站点 3 个以上、通量站点 2 个以上，以及区域站点），获得春夏秋冬各 1 个月以上在线观测数据，主要成分浓度测量误差 < 10%，通量测量误差 < 30%；厘清含大气碳物种气相化学和多相化学转化机制，形成我国大气复合污染条件下有机碳大气化学机制参数化方案，含碳物种浓度模拟准确度提升 50%；量化评估 10 个以上污染过程大气含碳物种及源排放对典型区域和主要代表性城市 PM<sub>2.5</sub> 和臭氧污染生成

的贡献、气候效应及控制途径，提出基于大气化学活性的含碳污染物种优控物种清单和减排策略。

关键词：大气有机碳，化学反应机制，反应性和挥发性测量

### 2.3 大气边界层动力学与污染过程生消相互影响机制（基础研究类）

研究内容：针对区域污染过程和复杂地形，开展大气边界层理化过程综合观测试验，研究边界层内气象（热力、动力和大气辐射等）和污染过程相互作用机制，以及区域边界层上层和自由对流层交换过程，阐明重点区域和典型城市大气边界层动力学、热力学过程及理化结构和演变规律；开展特大城市  $PM_{2.5}$  组分和臭氧前体物通量观测试验，发展非均匀下垫面湍流和污染物垂直交换测量新方法和参数化新方案；自主研制新型大气边界层动力学模式，量化不同尺度垂直交换与区域传输对地面  $PM_{2.5}$  和  $O_3$  污染生消过程的影响；选择典型污染过程，模拟揭示边界层动力学影响污染生消过程的机制，提出相对应的  $PM_{2.5}$  与  $O_3$  污染协同垂直调控方法。

考核指标：构建适用于特大城市和复杂地形的大气边界层动力学模式，实现自主可控，水平分辨率<100米，垂直分辨率<20米，可合理表征边界层理化结构特征及日变化，并对自主空气质量预报模式的细颗粒物关键化学组份和  $O_3$  垂直廓线模拟能力提升20%；阐明大气污染物，特别是  $PM_{2.5}$  和  $O_3$  的垂直耦合机制，提出评估垂直交换对地面污染过程影响的技术方法。大气边界层

理化综合观测试验站点不少于 3 类，包括特大城市、边界层顶和典型区域；特大城市通量观测试验至少包括春夏秋冬各 1 个月，测量的颗粒物化学组份不少于 5 种，挥发性有机物不少于 10 种，通量测量误差  $< 30\%$ ；量化大气污染物在区域输送过程中大气边界层动力、气象和化学影响贡献，揭示不少于 8 次典型区域输送污染过程的垂直传输机制，提出至少 1 个特大城市和 1 个区域  $PM_{2.5}$  与  $O_3$  污染协同垂直调控原理。

关键词：大气边界层，热力学，垂直交换机制

## 2.4 工业集聚区场地复合污染精准源解析技术体系（基础研究类）

研究内容：针对工业集聚区企业生产历史复杂、土壤—地下水污染物种类繁多、源汇关系不明等问题，开发工业集聚区生产布局演进与场地高风险污染区智能辅助识别系统；研究非靶向分析、同位素分析等污染解析技术，建立工业集聚区场地特征污染物高精度指纹图谱库；探究土壤—地下水反应界面污染交互、迁移、衰减与稳定同位素分馏的耦合机制，研发复合污染高精度溯源、多源叠加污染精准时空解析及污染源贡献率解析技术；构建高精度源解析数据库和可视化移动监管平台。

考核指标：选择长三角、京津冀、粤港澳大湾区等重点区域，建立工业集聚区场地污染高风险区域智能辅助识别系统，空间解析分辨率  $< 1$  米；创建我国典型工业集聚区场地特征污染物高精度指纹图谱库，污染物种类不少于 200 种；突破工业集聚区场地多

源复合污染高精度溯源、长时间污染精准时空解析及污染源贡献率解析技术，溯源与污染时空解析准确率 $>90\%$ ；建立工业集聚区复合污染高精度溯源可视化移动监管平台；在不少于3个工业集聚区（面积 $\geq 5\text{km}^2$ ）开展应用示范，并形成相应的行业技术规范（征求意见稿）。

关键词：工业集聚区，高精度溯源，可视化移动监管

## 2.5 场地非均质含水层污染物时空演化的高精度表征（基础研究类）

研究内容：针对场地非均质含水层氧化还原容量影响氯代烃、变价重金属、酞酸酯等污染物转化降解与衰减的问题，研发不同尺度含水层结构非均质性的刻画模拟与成像技术；研发非均质含水层氧化还原容量的表征方法与设备；研究氧化还原容量的空间分布规律与污染物迁移转化的关系及其对人为扰动的响应机制，探讨含水层结构非均质性和地球化学非均质性对污染物化学/生物修复与强化自然衰减等制约机制与主控因子；开展实际场地应用示范。

考核指标：开发场地不同尺度含水层地质结构非均质性的精细刻画与成像技术，空间分辨率达到厘米级；开发含水层非均质介质氧化还原容量的现场快速分析和离场精确分析设备各1套，现场快速分析测试精度达到 $\text{mmol e}^-/\text{kg}$ ，离场精确分析设备精度达到 $\mu\text{mol e}^-/\text{kg}$ 级；阐明污染物氧化还原转化与场地氧化还原容量的关系，建立污染物降解与含水层非均质性的定量关系模型，

模型识别和检验误差 $<30\%$ ; 选择不少于2处典型污染场地开展应用示范。

关键词：含水层非均质性，氧化还原容量，高精度表征

## 2.6 重点行业场地新污染物的环境风险（基础研究类）

研究内容：针对化学农药制造、原料药制造、染料制造、有机氟化工等行业场地土壤—地下水中新污染物环境风险问题，筛选识别场地土壤—地下水未知新污染物，探讨未知和高关注新污染物的种类及其浓度水平，解析场地土壤—地下水中新污染物的空间分布特征；建立场地土壤—地下水耦合“污染源—迁移途径—敏感受体”的环境风险指标体系；研发场地新污染物环境风险量化表征方法，提出场地土壤—地下水新污染物的风险阈值。

考核指标：制定化学农药制造、原料药制造、染料制造、有机氟化工等3类10种以上重点行业场地未知和高关注新污染物及其浓度水平清单；建立土壤—地下水耦合的新污染物环境风险指标体系；形成土壤—地下水新污染物暴露量、环境风险量化评估软件，制订相应的行业技术规范（征求意见稿），提出土壤—地下水中新3类10种以上未定标新污染物的环境风险阈值。

关键词：新污染物，敏感受体，风险阈值

## 2.7 土—水相互作用对场地土壤污染风险与修复长效性的影响机制（基础研究类）

研究内容：针对区域降水、地表径流等过程对场地土壤污染风险的影响，研究土—水相互作用下场地土壤重金属和有机污染

物的空间分布与迁移转化规律；研究土—水相互作用对污染物生物有效性和迁移扩散的影响机制，建立场地及周边土壤—地下水—地表水污染演化与风险评价模型；研究土—水相互作用下场地土壤功能微生物群落演替以及污染物生物转化与场地土壤自净的驱动机制；研究土—水相互作用对场地土壤污染阻控与修复长效性的影响。

考核指标：阐明土—水相互作用下污染物时空分布与动态演化机制，建立污染物时空演化模型，实际场地模型验证误差 $<30\%$ ；筛选场地土壤污染风险评价敏感生物受体不少于2类，建立土—水相互作用下污染物跨介质风险评估模型；探明土—水相互作用对场地土壤微生物种群演替及场地自净的影响规律；构建土—水相互作用下污染阻控与土壤修复的长效性预测模型，选择2个以上污染场地开展模型验证，模型识别和检验误差 $<30\%$ 。

关键词：土—水相互作用，污染风险，修复长效性

## 2.8 场地新污染物跨界面迁移转化与归趋（基础研究类）

研究内容：针对精细化工等重点行业场地中全氟化合物等新污染物跨界面迁移转化与归趋的关键问题，建立场地新污染物迁移转化过程解析的稳定同位素示踪技术；厘清场地新污染物赋存形态、多相分配过程及主控因子；研究新污染物在土—水—气—生多介质界面的迁移过程，探讨物理—化学—生物过程耦合的场地新污染物转化机制及影响因素；建立场地新污染物跨界面迁移、转化与归趋模型，并开展示范验证。

考核指标：建立场地全氟化合物等3类10种以上新污染物的稳定同位素示踪技术；精准刻画土壤—地下水新污染物多相分配行为，选择实际场地验证，污染物浓度误差 $<30\%$ ；明晰新污染物跨介质迁移机制与多过程耦合的新污染物转化动力学；建立场地新型污染物跨界面迁移转化归趋模型，选择典型场地（面积 $>1$ 公顷）开展示范验证，污染物浓度模拟误差 $<30\%$ 。

关键词：新污染物，同位素示踪，跨界面传输

## 2.9 典型区域土壤—地下水系统多场耦合水质演化与污染机制（基础研究类）

研究内容：基于我国地下水类型多样、土壤—地下水污染模式多元等特点，分别在干旱内陆盆地、半干旱高原草原区、半湿润平原区、潮湿丘陵山区等典型区域选择代表性地区，研究土壤—地下水系统中具有强迁移性能的重金属、有机污染物、氮素等多介质多界面迁移和衰减过程；探讨介质场—动力场—化学场—生物场等污染物迁移转化的多场耦合机制及调控原理；研发典型污染物迁移路径示踪、衰减过程监测和时空分布数字化模拟技术，揭示不同典型区土壤—地下水污染的时空演化规律。

考核指标：识别出4类以上典型区土壤—地下水污染的主控因子，探明地下水水质时空演化规律；阐明污染物迁移转化过程中介质场—动力场—化学场—生物场多场耦合机制与调控原理，建立多场耦合的污染物迁移转化模型，地下水水位与污染物浓度的模拟误差 $<20\%$ ；开发六价铬、有机烃类、氮素3类典型污染物

迁移路径示踪（示踪剂 5 种以上）、衰减过程监测（监测指标 5 项以上）与时空分布模拟技术，选择 4 类以上典型区开展示范性验证，实现污染物迁移路径与污染源精准识别，空间分辨率达米级。

关键词：强迁移性污染物，多场耦合，迁移路径

### 3. 治理修复技术

#### 3.1 钢铁行业多污染物低能耗高效协同治理技术及装备（重大共性关键技术类）

研究内容：针对我国钢铁行业大气污染物和碳排放总量大、现有超低排放系统能耗高及“双碳”背景下短流程电炉烟气净化需求迫切的现状，研发烧结烟气污染减量耦合能质增效技术，优化提升多污染物总量削减及节能降碳效率；研发球团烟气嵌入式节能环保技术，显著降低球团工序运行能耗；突破羰基硫水解催化剂关键材料，研发高炉煤气深度净化技术；研发短流程电炉烟气减污降碳技术；形成全面覆盖钢铁行业长、短生产流程下的多污染物低能耗高效协同治理技术与装备，并在国家大气污染防治重点区域内开展工程应用示范。

考核指标：在钢铁行业长、短流程生产所涉及的烧结/球团/高炉和电炉等主要工序、主流生产规模设备（360m<sup>2</sup> 及以上烧结机、200 万吨/年及以上球团、2000m<sup>3</sup> 及以上高炉、60 吨及以上电炉）建立应用示范工程 4 套以上，连续稳定运行 2000h，净化后烟气污染物排放浓度比现有国家超低排放限值降低 50% 以上，烧结工序固体燃料消耗量降低 15% 以上，烧结吨矿烟气量削减

35%以上，球团嵌入式脱硝运行能耗较现有脱硝工艺降低40%以上，高炉煤气总硫（含有机硫和无机硫）浓度 $\leq 30\text{mg}/\text{m}^3$ ，电炉烟气二噁英在现有国家排放限值基础上降低80%以上，电炉烟气净化系统能耗降低15%以上。

关键词：钢铁烟气能质增效，羰基硫水解催化剂，电炉烟气减污降碳

有关说明：本指南方向由企业作为项目牵头申报单位，其他经费（包括地方财政经费、单位出资及社会渠道资金等）与中央财政经费比例不低于2:1。

### 3.2 有色冶金难处理烟气低能耗高效治理技术及示范（重大共性关键技术类）

研究内容：针对有色冶金（含再生有色金属冶炼）高尘、高湿、高硫等复杂环境难处理烟气及无组织排放问题，重点研发高碱尘高湿烟气余热利用耦合NO<sub>x</sub>低温处理、大气量低浓度气态氟化物高效分解与同步脱除、高硫高尘烟气多重金属梯级脱除与回收、高尘多污染物含能废气资源化利用、无组织排放低能耗治理等核心技术与装备，构建有色金属难处理烟气低能耗短流程深度净化方法，形成创新工艺及成套装备，并在国家大气污染防治重点区域开展工程应用示范。

考核指标：建立主流冶炼工艺应用示范工程4项以上，单项工程处理能力 $\geq 80000\text{m}^3/\text{h}$ ，连续稳定运行2000h，冶炼烟气中颗粒物、二氧化硫、氮氧化物排放浓度分别 $\leq 10\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $35\text{mg}/\text{m}^3$ 、

50mg/m<sup>3</sup>，其他烟气污染物排放浓度比国家标准特别排放限值降低20%以上，CO烟气产品粉尘浓度<1mg/m<sup>3</sup>，杂质气体浓度<1mg/m<sup>3</sup>，符合化工原料气要求；吨金属生产无组织排放比例降低20%；烟气污染治理系统运行能耗整体下降20%以上。

关键词：有色冶金，短流程低能耗治理，梯级回收

有关说明：本指南方向由企业作为项目牵头申报单位，其他经费（包括地方财政经费、单位出资及社会渠道资金等）与中央财政经费比例不低于2:1。

### 3.3 建材行业烟气多污染物短流程高效协同治理技术及示范（重大共性关键技术类）

研究内容：围绕水泥、玻璃、砖瓦等建材行业烟气常规污染物与非常规污染物短流程高效协同治理及温室气体减排的需求，突破颗粒物与气态污染物协同一体化控制技术瓶颈，研发高温滤料及中低温合成纤维负载催化组分的一体化复合材料和制备技术；研究多场耦合协同净化烟气中重金属、三氧化硫、卤化物及有机物等技术与装备；研究基于燃料替代、工艺节能优化等的烟气污染物与温室气体的源头减排技术，开发协同处置固废等水泥与砖瓦炉窑的烟气多污染物深度治理成套技术与装备；在国家大气污染防治重点区域内开展多污染物一体化净化及协同处置固危废深度治理示范工程。

考核指标：形成建材行业烟气中颗粒物与气态污染物一体化控制技术产品及装备，多场耦合协同净化烟气中重金属、三氧化

硫、卤化物及有机物等技术与装备。在水泥、玻璃、陶瓷、砖瓦等建材行业主流生产规模设施上建成烟气多污染物短流程高效协同治理技术示范工程 4 项以上，连续稳定运行 2000h，烟气中颗粒物、二氧化硫、氮氧化物的排放浓度分别  $\leq 5\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $40\text{mg}/\text{m}^3$ ；水泥及砖瓦协同处置固危废等替代燃料后烟气中 VOCs 浓度  $\leq 10\text{mg}/\text{m}^3$ ，二噁英类浓度  $\leq 0.1\text{ng}/\text{m}^3$ ，重金属铅和镉浓度均  $\leq 0.1\text{mg}/\text{m}^3$ ，汞浓度  $\leq 0.03\text{mg}/\text{m}^3$ ；玻璃炉窑烟气中氯化氢与氟化物浓度分别  $\leq 10\text{mg}/\text{m}^3$  和  $3\text{mg}/\text{m}^3$ ，重金属铅和砷浓度均  $\leq 0.1\text{mg}/\text{m}^3$ ；燃料替代与工艺节能优化协同实现煤炭消耗量和碳排放量均下降 20% 以上；形成建材行业减污降碳技术指南或规范(征求意见稿)。

**关键词：**建材污染一体化控制，多场耦合协同净化，燃料优化与节能降碳

**有关说明：**本指南方向由企业作为项目牵头申报单位，其他经费（包括地方财政经费、单位出资及社会渠道资金等）与中央财政经费比例不低于 2:1。

### 3.4 化工园区减污降碳协同治理与技术集成示范（重大共性关键技术类）

**研究内容：**针对化工园区大气污染源种类多、排放呈间歇性或无组织、废气成分复杂、治理难度大等问题，研究园区物质流和能量流对大气污染物排放的影响，耦合园区生产工艺链、污染控制链和监测监管链，构建针对园区减污降碳协同治理的整体解

解决方案。重点研发生产工序的污染物源头减量、多污染物高效协同净化、污染物高效回收与资源化利用、全流程智能优化控制与能源梯级利用等耦合技术，形成挥发性有机物、卤化物、氨等污染物高效低能耗协同治理技术与装备，集成开发复杂组分污染物和温室气体排放高精度监测监管与精细治理的园区减污降碳协同治理支撑技术系统及智能管控平台，并开展工程应用示范。

考核指标：在 2 个及以上典型化工园区实现示范，减污降碳协同治理的示范工程处理规模要代表并覆盖国家典型化工园区，挥发性有机物、卤化物、氨等污染物排放浓度比现有国家排放标准限值降低 50%以上，并满足下一阶段最新国家标准，污染物治理系统整体运行能耗降低 20%以上，并建立园区减污降碳协同治理智能管控平台，园区单位 GDP 产值的污染物排放强度下降 30%以上、碳排放下降 20%以上；编制园区废气治理技术标准或指南（征求意见稿）2 项以上。

关键词：化工园区，多污染物高效协同净化，减污降碳协同治理

有关说明：本指南方向由企业作为项目牵头申报单位，其他经费（包括地方财政经费、单位出资及社会渠道资金等）与中央财政经费比例不低于 2:1。

### 3.5 近零排放高效能柴油车控制技术及示范应用（重大共性关键技术类）

研究内容：研发面向未来柴油车近零排放控制技术体系，重

点突破发动机与后处理系统一体化控制、热管理与排温控制、密偶催化剂（CCC）、电加热催化剂（EHC）、远程在线数据评价方法等关键技术，形成长寿命集成式后处理装备，实现自主可控的高效能柴油车近零排放后处理技术的示范应用，同步开展国 VIb 后处理技术的规模化应用。

考核指标：满足未来温室气体排放法规限值的前提下，近零控制技术使柴油车主要污染物排放在国 VI 限值的基础上降低 50% 以上；规模化应用的后处理装备实现 20 万台满足国 VIb 标准的整车应用。

关键词：柴油车，近零排放，高效能、长寿命集成式后处理装备

### 3.6 船舶尾气超低排放控制及监测技术研究与示范应用（重大共性关键技术类）

研究内容：针对船舶大气污染物与温室气体协同减排的需求，开展海船与河船本地化排放因子及全化学成分谱、船舶燃料全生命周期温室气体排放核算方法、船舶超低排放策略与管控方案及技术路线研究；研究低能耗船舶 CO<sub>2</sub> 捕捉存储、颗粒物（PM）高效捕集、高效甲烷逃逸治理等关键技术与装备；面向新型燃料动力船舶污染控制需求，开展甲醇动力船未燃碳氢化合物（HC）排放净化的关键技术研究和氨动力船 NH<sub>3</sub> 逃逸净化关键技术研究，形成未来新型燃料动力船舶排放控制技术储备；面向船舶排放监管能力提升需求，开展船舶高分辨率立体监测与智能精准管控技

术及装备研究，开发船舶排放监测监管平台；开展船舶超尾气低排放控制及监测监管系统样机研制，并在沿海及内河典型水域完成工程示范，为实船工程化应用及推广提供支撑。

考核指标：建立船舶尾气污染物全化学成分谱与排放因子模型；形成国内船舶超低排放控制及监测技术方案与路线，提出国际海运船舶近零排放强制性全球机制应对方案；形成船舶 CO<sub>2</sub> 捕捉存储系统样机，处理风量  $\geq 20000\text{m}^3/\text{h}$ ，捕捉能耗  $\leq 2.5\text{GJ/tCO}_2$ ，CO<sub>2</sub> 综合捕集率  $\geq 80\%$ ；形成 CH<sub>4</sub> 逃逸治理系统样机，CH<sub>4</sub> 转化率  $\geq 90\%$ ，甲烷排放  $\leq 1\text{g/kW h}$ ；形成 PM 捕集系统样机，PM 捕集率  $\geq 90\%$ ，排放值  $\leq 0.1\text{g/kW h}$ ；形成甲醇燃料发动机非常规碳氢脱除治理系统样机，脱除效率  $\geq 90\%$ ，甲醛排放量  $\leq 0.05\text{g/kW h}$ ，总 HC 排放量  $\leq 5\text{g/kW h}$ ；形成氨燃料发动机 NO<sub>x</sub> 及氨逃逸治理系统样机，NO<sub>x</sub> 排放满足 TIER III 要求，NH<sub>3</sub> 逃逸率  $\leq 30\text{ppm}$ ；建立联动排放控制装备的船舶排放监测监管分析系统，监测误差  $\leq 5\%$ ；在典型船舶上（覆盖海船和河船）完成上述系统样机的实船示范。

有关说明：本指南方向要求其他经费（包括地方财政经费、单位出资及社会渠道资金等）与中央财政经费比例不低于 3:1。

关键词：船舶，超低排放，新型污染物，智能精准管控

### 3.7 非点源多介质氨、氮等污染综合治理技术（重大共性关键技术类）

研究内容：研究氨与氮（包括但不限于 NO、HONO）在气

—土—生多介质中的迁移转化及其与  $PM_{2.5}$  与  $O_3$  动态污染机制；创新种植业氨与氮氧化物全过程多介质深度协同减排的绿色低碳新产品、新技术与新模式；创制养殖业全链条氨源头深度减排与回收技术装备，构建密闭与开放式养殖场气液固废弃物氨与氮氧化物协同减排增值技术模式；创建区域水—土—气—生氨、氮协同减排与  $PM_{2.5}$  和  $O_3$  的复合效应动态评估技术平台，提出区域氨、氮全域协同低碳精准减排方案与技术途径；集成经济可行的区域绿色低碳协同减排模式，在典型区域开展种养一体化的氨与氮氧化物协同减排与绿色工程应用示范。

考核指标：发布氨、氮（包括但不限于  $NO$ 、 $HONO$ ）等跨介质迁移转化特征及其与  $PM_{2.5}$  与  $O_3$  动态污染关系蓝皮书；研制新一代氨氮与氮氧化物污染协同治理的新产品、新装备 4~6 套，治理运行成本降低 30% 以上，形成种植业全过程和畜禽养殖场低成本氨氮减排增值模式，氨氮非点源多介质污染全过程控制效率提升 50%；建成区域氨氮减排与  $PM_{2.5}$  和  $O_3$  复合响应动态评估模型与平台，水平分辨率  $\leq 3km$ ，时间分辨率  $\leq 1$  小时，水—土—气—生氨、氮协同减排量核算准确率  $\geq 90\%$ ；种植业示范工程面积 1 万亩以上，示范养殖规模 10 万只以上，实现种养示范工程氨减排 40% 以上，氮氧化物减排 30% 以上，减排技术节能 20%，成本减少 20% 以上；形成氨与氮氧化物协同减排技术行业标准或指南 5 项。

关键词：非点源污染，精准减氨氮，种养一体化

### 3.8 含杂原子 VOCs 废气高效净化技术与应用（重大共性关

## 关键技术类)

研究内容：针对重点行业含杂原子 VOCs 废气的高效安全控制治理，研究含杂原子 VOCs 控制过程、反应中间物种与副产物生成机制，揭示不同类型污染物协同消除反应机理，研制含杂原子 VOCs 高效净化材料，开发含杂原子 VOCs 高效回收与安全治理技术工艺，研究净化过程协同与强化，形成系列含杂原子 VOCs 高效回收与安全治理关键技术与装备，在重点区域开展工程应用示范。

考核指标：研制出含杂原子 VOCs 高效催化净化材料 3~4 种，含氯 VOCs 催化材料 50% 污染物转化的最低反应温度 (T<sub>50</sub>) ≤ 300°C，净化效率 ≥ 99%，选择性 ≥ 95%；含氮 VOCs 催化材料 T<sub>50</sub> ≤ 280°C，净化效率 ≥ 99%，选择性 ≥ 97%；苯酚等难处理含氧 VOCs 催化材料 T<sub>50</sub> ≤ 300°C，净化效率 ≥ 99%，选择性 ≥ 98%；研制出含杂原子 VOCs 高效生物净化材料 3~4 种，含氯、硫、氮杂原子 VOCs 净化效率 ≥ 95%；开发出含杂原子 VOCs 高效吸附材料 2~3 种，动态吸附量 ≥ 10%，再生率 ≥ 90%，再生蒸汽消耗量 < 2t 蒸汽/t 溶剂，比表面积 ≥ 1100 m<sup>2</sup>/g，吸附量 ≥ 15%；开发出含杂原子 VOCs 高效回收与安全治理技术工艺，形成自主可控的材料与设备，在典型地区重点行业建成示范工程 3~4 项，单项工程气量规模不小于 10000m<sup>3</sup>/h，净化效率 ≥ 98%，实现杂原子 VOCs 的高效去除和毒副产物的有效控制，排放浓度比国家标准限值降低 50%；制定国家（行业）相关含杂原子 VOCs 控制治理技术导

则或指南不少于 2 项。

关键词：含杂原子 VOCs，高效净化材料，高效回收与安全治理

### 3.9 重金属复合污染土壤长效成矿化材料与制备技术（重大共性关键技术类）

研究内容：针对典型场地重金属复合污染土壤防治需求，研究低碳、高效、长效、安全的多金属同步固定超稳成矿化修复材料，探明成矿化材料结构特征与重金属稳定化性能的构效关系，阐明超稳成矿化材料同步稳定多金属的关键作用机制；研发超稳成矿化材料生产及结构调控工艺和装备，形成绿色、低成本、规模化制备技术，建立修复材料成套生产装备和规模化生产线；研究超稳成矿化材料性能评价技术指标，形成超稳成矿化材料产品标准和环境安全性综合评估方法；选择典型的多金属复合污染场地，开展超稳成矿化材料现场高效工程应用示范并建立工程应用技术体系。

考核指标：研制快速反应（<7 天）、抗酸性强（pH<4）的超稳成矿化材料，实现镉砷铅多金属同步稳定化，镉稳定化率>95%，砷铅等重金属稳定化率>70%，长效稳定性>3 年；建立超稳成矿化材料的制备技术、成套装备和规模化生产线，年生产能力>10000 吨，生产成本降低 30%以上；开发多金属污染土壤超稳成矿化材料现场应用技术不少于 2 项，形成超稳成矿化材料工程应用技术指南（征求意见稿）不少于 2 项；建立超稳成矿化材料

性能评价指标体系与环境安全性评估方法,编制产品质量标准(征求意见稿);选择典型场地重金属复合污染土壤,开展超稳成矿化材料规模化应用示范,污染土壤处置量>2万m<sup>3</sup>,修复后土壤浸出液镉砷铅等重金属含量达到《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III类标准。

关键词: 多金属同步稳定,长效成矿化材料,规模化生产线

有关说明: 本指南方向由企业作为项目牵头申报单位,其他经费(包括地方财政经费、单位出资及社会渠道资金等)与中央财政经费比例不低于2:1。

### **3.10 在产医药化工园区土壤—地下水污染风险防控与原位协同修复(重大共性关键技术类)**

研究内容:研发典型在产园区土壤—地下水系统中特征污染物及新污染物精准识别与刻画技术;研究医药化工在产园区土壤—地下水系统特征污染物的源输入与跨介质迁移转化数值模拟与风险预警技术;研发不同区域、不同类型在产园区土壤—地下水污染分区分类分级评价方法,探索在产园区边生产一边管控一边修复的场地污染防治模式;基于安全运营和敏感受体保护,研发场地污染长效阻控与高效修复技术、材料与装备,构建在产工业园区土壤—地下水污染原位协同防治技术体系;选择典型园区开展工程应用示范。

考核指标:特征污染物及新污染物时空分布刻画技术精度比现有水平提高50%;创建园区土壤—地下水多介质污染三维可视

化数值模拟与风险预警平台，连续运行 $\geq 1$ 年，实时模拟与预警误差 $<20\%$ ；建立在产园区土壤—地下水污染分区分类分级评价指标体系与多介质多技术原位协同防治体系；研发适用于在产园区操作空间受限场景的低扰动修复与安全阻控技术6种，研制绿色低碳修复材料4种，开发原位专用修复装备，材料与装备价格不高于同类产品，同等费用下治理效率提高 $>20\%$ ，次生污染物产生量降低 $>80\%$ ；选择不少于2类在产化工园区开展工程应用示范（单个面积 $>10\text{km}^2$ ），相同运行条件下治理成本较现有技术降低30%，编制相应的技术指南或规范（征求意见稿）不少于2项。

关键词：医药化工在产园区，特征污染物与新污染物，原位协同防治

有关说明：本指南方向由企业作为项目牵头申报单位，其他经费（包括地方财政经费、单位出资及社会渠道资金等）与中央财政经费比例不低于2:1。

### 3.11 盾构土处理处置与安全利用技术(重大共性关键技术类)

研究内容：针对我国城市建设中盾构土量大、污染状况与环境影响不明、处理处置及安全利用技术缺乏的问题，研究不同来源盾构土物相组成、理化特性、污染特征、污染途径及其环境风险，探讨盾构施工药剂种类及使用工艺、盾构土黏土矿物组成对盾构土污染及安全风险的影响机制；研选环境友好、经济适宜的新型盾构药剂配方，研究盾构土性能改良及污染物固定削减功能材料；研发盾构土处理处置及安全利用技术和一体化装备，研究

盾构土产品安全与质量综合评估方法；选择不同地质条件下典型施工场景产生的盾构土，开展技术集成和工程应用示范。

考核指标：明确典型盾构土污染特征、污染途径、环境风险及主要影响因子；研选开发新型盾构药剂配方不少于3种，毒害物质残留浓度降低 $>50\%$ ，提出盾构药剂行业标准（征求意见稿）；研制盾构土性能改良及污染物固定削减功能材料，毒害物质释放率降低 $>70\%$ ，形成适用于不同特性盾构土预处理、固化处置、无害化处理技术和成套装备，设备处理能力 $>100\text{m}^3/\text{小时}$ ；建立盾构土安全利用评估方法，选择不少于2类不同地质条件的盾构土开展技术集成和示范应用，实现盾构土安全利用，形成盾构土安全利用相应的行业技术规范（征求意见稿）。

关键词：盾构土，盾构药剂，环境风险，一体化处置技术

### 3.12 复杂地质条件固废填埋场地下水复合污染长效阻控技术及装备（重大共性关键技术类）

研究内容：针对存在基岩断裂带、溶洞等渗漏通道的复杂地质填埋场，开发地下深层基岩断裂带渗透通道的探测技术，明晰污染物传输机制；研发深层基岩断裂带等渗漏通道长效阻隔材料及施工装备，构建阻隔墙围封、竖井渗流调控及可渗透反应格栅修复相结合的阻隔管控技术体系；研制深层渗漏通道的高压注浆工艺与装备，形成复杂地质条件下固废填埋场地下水污染风险管控技术与装备，并开展示范性应用。

考核指标：开发深层基岩断裂带等渗漏通道精准探测技术，

定位精度 $<2\text{m}$ ；研发地下深层渗漏通道阻断材料2种以上，防渗性能比现有技术提升10倍以上；阻隔管控技术及装备在2个以上典型填埋场进行示范性应用与验证，污染物迁移扩散通量降低 $>90\%$ ，技术应用成本降低 $>30\%$ ，形成复杂地质填埋场地下水复合污染阻隔管控技术与装备，编制技术标准或指南不少于2项。

关键词：基岩断裂带，固废填埋场，复合污染，长效阻隔

### 3.13 地下水复合污染原位高效反应带修复技术（重大共性关键技术类）

研究内容：针对化工园区、工业集聚区等地下水复合污染有效防控需求，研究非均质地下水系统中典型复合污染物分布特征和迁移转化机制，开展地下水复合污染过程精细刻画和数值模拟预测预警技术研究；研制基于物化—生物协同的地下水复合污染原位高效修复和长效风险管控新材料；研发基于新材料的地下水复合污染原位高效反应带绿色高效修复和低碳长效风险管控技术体系；建立复合污染地下水绿色高效修复与低碳长效风险管控效果评估方法；选择典型区域开展示范应用。

考核指标：创建区域地下水复合污染三维可视化数值模型与风险预警平台，模型识别与检验误差 $<20\%$ ，污染羽边界预测误差 $<1\text{米}$ ；研制原位绿色高效修复材料与长效风险管控材料不少于5种，建立年产量不低于10000吨的材料生产线，材料生产成本较同类产品降低30%；开发适用于不同情景、不同深度地下水复合污染的反应带修复与风险管控技术不少于3项；选择典型区开展

地下水复合污染原位修复与风险管控示范应用，材料一次使用稳定有效运行2年以上，修复反应带污染物总量与风险管控带特征污染物扩散通量均下降90%以上，二次污染物下降80%以上，地下水污染风险管控达标，技术应用成本较现有技术降低30%。

关键词：地下水复合污染，反应带，长效风险管控

### 3.14 污染场地土壤功能重构与持续利用新技术（重大共性关键技术类）

研究内容：针对污染场地再开发利用与建设用地复垦农用中亟需解决的土壤功能重构关键问题，研究基于土壤生态—生产功能重构的污染物转化去除机制；研发绿色低碳的污染土壤生态—生产功能重构与持续利用技术；研究污染土壤持续利用的经济性与安全性及其评价指标体系，开展功能重构后土壤持续利用跟踪监测评估；开发可行性评估—土壤功能重构—安全利用—跟踪评估的污染土壤持续利用全过程监管技术与方案，开展示范应用。

考核指标：明确基于生态—生产功能重构的3类以上不同类型土壤污染物转化去除的工艺技术条件；开发绿色低碳的污染土壤功能重构与持续利用技术不少于2项；建立基于经济性与安全性的污染土壤“修复与生态—生产功能恢复并行”技术方案，并开展示范应用，其中污染场地再利用土壤示范面积 $>1\text{hm}^2$ ，达到《绿化种植土壤》行业标准，建设用地复垦农用污染土壤示范处理量 $>10000\text{m}^3$ ，达到农用地土壤污染风险管控国家标准；形成污染土壤处理处置及持续利用监管模式，制定相应的行业技术规范

(征求意见稿)。

关键词：场地污染土壤，生态—生产功能重构，安全利用规范

#### 4. 决策支撑技术

##### 4.1 环境大气生物气溶胶暴露特征和健康风险防控（重大共性关键技术类）

研究内容：针对生物气溶胶暴露的健康风险，建立生物气溶胶及分类测量的关键技术和集成技术体系，研究典型城市和区域背景大气生物气溶胶（细菌、真菌、病毒、原虫等）污染状况及粒径分布、时空变化特征、传输扩散规律及关键影响因素，重点研究生物气溶胶组成结构、生物活性及主要来源；研发单个生物气溶胶粒子捕获体系，研究大气污染及大气自由基对生物气溶胶浓度与活性的影响与机制，探索生物气溶胶对大气化学和云雾过程的影响；定量评估生物气溶胶主要致病成分（如鲍曼不动杆菌、曲霉属过敏原等）的人群暴露健康风险；研发综合测量集成平台，开展室外特定情景下有害生物气溶胶成分预警技术示范，提出生物气溶胶健康风险防控的技术规范和对策建议。

考核指标：自主研制的单个生物气溶胶捕获与活性识别样机不少于2套，捕获粒径 $\geq 1$ 微米，颗粒活性识别率 $\geq 90\%$ ；建成大气生物气溶胶及主要活性成分测量集成技术平台，在至少2个典型城市和区域背景地区示范观测，示范时长 $>1$ 年，生物气溶胶（细菌、真菌、病毒）测量的时间分辨率 $\leq 1$ 小时，病原微生物（如鲍曼不动杆菌）和致病成分（如曲霉属过敏原）测量

的时间分辨率≤12小时；提交支撑健康评估的集成数据库，数据不少于20000条，包括典型城市和区域背景四季大气生物气溶胶浓度、主要活性成分（如马赛菌、鲍曼不动杆菌、枯草芽孢杆菌等）及结构，时间分辨率到小时；发布影响生物气溶胶活性的关键大气污染物控制途径蓝皮书，形成大气和室外特定情景生物气溶胶健康风险评估技术方法指南（征求意见稿）不少于2项，提出得到省部级以上采纳的生物气溶胶风险防控对策建议2~3份。

关键词：生物气溶胶，健康风险，生物风险防控

#### 4.2 大气污染致病的全链条追因及疾病负担评价研究（基础研究类）

研究内容：针对与大气污染有密切关系的主要典型高发疾病（如呼吸系统、心脑血管疾病等），研究“外部来源—人体暴露—疾病发生”全链条影响机制，量化大气污染与主要疾病发生的因果关系；开展疾病人群和健康人群环境外暴露和人体内暴露的比较研究和模型解析，辨识诱导重大疾病的关键污染因素及其人体暴露途径，追踪其外部排放来源和大气环境过程，并结合健康大数据构建可视化技术集成平台；开展典型区域高发疾病的疾病负担评价研究，评估不同污染物暴露因素对主要疾病发生的贡献，提出相应的健康风险消减对策和政策建议。

考核指标：建立大气污染有关的典型疾病（如呼吸系统、心脑血管疾病等）的疾病负担评价模型，评估100种以上暴露因素

(包含大气污染)对主要疾病发生的贡献,其中新污染物不少于5种,准确率达90%;针对2种以上典型高发疾病(包括呼吸系统、心脑血管疾病等),辨识出与大气污染相关的关键致病因子,形成“污染排放—人体暴露—毒性机制—人群健康危害”的全链条证据,构建闭环研究的新范式;形成大气污染健康风险和相关疾病防控的技术方法,提出得到省部级以上采纳的对策建议2~3份,并在典型区域应用示范。

关键词: 疾病负担, 健康风险, 全链条追因, 暴露途径

#### 4.3 典型场景室内空气与餐饮油烟污染控制支撑技术及应用 (重大共性关键技术类)

研究内容: 针对医院、幼儿和老年人园所、地铁站台和地下停车场等场景,研发应对多污染物的短流程高效节能净化和智能调控技术;重点突破电激发活性自由基氧化挥发性有机物、NO<sub>x</sub>和异味等特征污染控制、湿度与霉菌耦合调控、O<sub>3</sub>和CO<sub>2</sub>自适应平衡、气体储换热节能、动态跟踪调控等关键技术,形成典型场景室内空气品质调控技术体系并实现示范应用。针对多层居民楼和商用/餐饮一体化建筑等场景,研发高效低噪的油烟多污染物分离净化耦合技术,重点突破多点收集集中治理、排烟降噪和阻力均衡、非甲烷总烃控制、远程智能监控等关键技术,形成典型场景餐饮油烟清洁排放支撑技术体系并实现示范应用。

考核指标: 建设典型场景室内空气质量调控示范工程20个以上,实现室内主要污染物浓度比《室内空气质量标准》(GB/T

18883-2022) 限值低 40%以上, 能耗降低 40%以上。建设涵盖住户 3000 家以上、商用/餐饮一体化场所 10 家以上餐饮油烟清洁排放示范工程, 实现主要污染物排放浓度比北京市《餐饮业大气污染物排放标准》(DB 11/1488-2018) 限值低 50%以上; 净化作业时声压级室内、外噪声分别低于 62 分贝和 70 分贝、振动低于 1mm/s, 成本降低 20%; 所有示范工程连续稳定运行 6 个月以上; 形成技术标准(征求意见稿) 2~3 项。

关键词: 室内空气, 餐饮油烟, 短流程净化, 高效智能调控

#### 4.4 多目标多污染物智慧协同调控模型系统与应用(基础研究类)

研究内容: 针对高质量发展、环境健康和生态保护等多目标管理与协同调控需求, 研发包含常规大气污染物、温室气体与有毒有害物质的多污染物治理措施及成本效益评价技术, 开展典型案例研究, 构建本土化多污染物全链条分工序治理措施数据库; 研发人为源多污染物排放高时空分辨率预测技术, 量化不同时空尺度下结构调整、过程管控、末端治理等全链条的减排潜力; 厘清人为与自然因素在多污染物跨介质迁移中的作用机制, 突破高质量发展和减污降碳协同多目标约束下多污染物跨区域协同减排路径优化技术和减排分配技术, 构建多因素驱动下人为减排与空气质量、大气沉降、人体健康复杂效应动态响应模型; 集成构建基于大数据与人工智能的多目标综合智能调控技术, 形成新一代能源—产业—污染—健康—气候耦合评估模型, 选择典型区域和

重点城市开展应用示范，提出多目标多污染物协同调控策略。

考核指标：建立本土化全链条治理技术数据库，涵盖常规大气污染物、温室气体（CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O 等）和有毒有害物质（汞、铅、铬等重金属及多环芳烃）等多污染物，覆盖源头—过程—末端一分工序治理等全链条，包括技术重点、适用条件、治理成本、减排效果等技术参数，数据不少于 3000 条；形成人为源多污染物排放高时空分辨率预测技术，具备中长期全国和分城市多污染物排放和减排预测功能，提供每 5 年间隔的评估报告；构建多因子驱动下人为减排与多环境效应的动态响应模型，具备近实时定量评估功能，系统响应时间在小时级，不确定度<20%；构建能源—产业—污染—健康—气候耦合评估模型，具备城市级分领域多污染物减排措施成本效益分析能力，以及多部门跨省级调控措施成本及多维度环境效益评估功能，实现大气环境浓度、大气沉降、人体暴露、生态影响等环境目标下的协同减排路径优化，智能调控效率提升 50%，社会成本降低 20% 以上，在国家和重点区域实现业务化应用示范。

关键词：多目标多污染物协同，智慧调控，跨介质模拟

#### 4.5 大气污染与气候变化应对的协同机制与关键支撑技术(基础研究类)

研究内容：针对大气污染与气候变化应对的同源性、异质性特征和多目标多维度协同治理优化技术需求，研究以城市为单元的 PM<sub>2.5</sub>、O<sub>3</sub>、温室气体多要素协同空间解耦聚类与区划技术，

研究分区域分阶段大气污染防治与气候变化应对协同目标分解理论与技术方法；应用大气化学机理模型引导的机器学习建模方法，突破减污降碳时空—行业近实时溯源与产业链追踪技术，构建基于成本效益的多维高精度减污降碳路径优化模型；研究低排放路径下天气条件与空气质量的动态响应关系，集成构建融合大气污染调控和气候变化应对的高精度协同路径模拟优化系统，提出时空差异化的产业演化版图及减污降碳技术路线图；研究碳达峰碳中和目标约束下，大气污染物排放时空格局变化，评估减污降碳协同技术应用潜力，提出减污降碳协同增效融合管理工具包。

考核指标：提出覆盖全国、以城市为单元的减污降碳一体化空间区划方案，并被国家有关部门采纳；多维高精度减污降碳路径优化模型预测时段覆盖2025—2060年，空间精度达到3公里、单次模拟响应速度达到小时级，涵盖电力、钢铁、水泥、石化、铝冶炼、机动车、非道路移动源等10个以上重点行业，可追踪100条以上主要产业链，定量评估5类以上碳污多要素协同低排放路径的大气环境协同效应；提出“十五五”和“十六五”我国推进空气质量改善与碳达峰碳中和的协同技术路线图，包括协同目标、核心任务、重大举措，发布蓝皮书并被国家有关部门采纳；提出减污降碳协同增效融合管理工具包，涵盖大气污染和气候变化协同应对的相关法规标准制度、市场化价格调控机制、评估考核方法及监管对策，并被国家有关部门采纳。

关键词：协同区划，多维反馈机制，产业链追踪，路径优化

## 4.6 土壤与地下水多要素协同作用的环境基准制定方法（基础研究类）

研究内容：针对土壤—地下水复合污染、环境基准体系缺失的问题，研究我国土壤—地下水多要素协同作用的敏感感受体筛选和保护水平确定方法，构建多要素影响的环境基准制定技术框架；研究多要素协同作用下敏感感受体的暴露特征和暴露量预测方法，解析敏感感受体的剂量—效应关系；研发多要素协同的土壤和地下水环境基准制定方法，建立我国关键本土物种数据的基准基础数据共享平台；选择典型跨介质特征污染物，制定土壤—地下水多要素协同作用的污染物环境基准。

考核指标：形成多要素协同土壤与地下水健康和生态基准制定技术框架，提出框架的关键模块和技术方法要点，制定土壤与地下水敏感感受体筛选和环境基准制定方法2套；构建多要素协同污染物暴露量预测、敏感感受体剂量—效应关系量化模型，预测误差 $<20\%$ ；建立本土化暴露系列特征参数的数据库，形成基准基础数据共享平台；制订不少于4类特征污染物基准值，选择典型土壤类型开展验证；制定相应的行业技术指南或规范（征求意见稿）。

关键词：多要素协同，敏感感受体，环境基准

## 4.7 典型区域地下水污染全过程防控与管理技术（重大共性关键技术类）

研究内容：围绕复杂地质条件和产业分布区地下水污染防治

需求，解析多源、复杂地层结构地下水污染源—汇关系；研究风险源指标筛查方法，研发分类分级地下水污染风险源管控技术；研究复杂区域地下水污染时空分异性，构建污染风险重点防控区划分适宜方法；研发区域地下水污染全过程、信息化监管技术，研究污染风险控源—阻断—整治全过程防控技术，开发地下水污染风险长效防控管理模式，开展示范与应用。

考核指标：建立区域地下水污染风险源评价指标与管控技术，风险源识别率 $>90\%$ ；建立区域地下水污染源—流—汇全过程、数字化监管技术平台，实现污染风险动态实时可视化监控；形成复杂区域地下水污染风险重点防控区划分方法，精准界定防控区范围，空间分辨率 $<300m$ ；建立污染风险控源—阻断—整治全过程防控技术体系，选择不少于3类地下水污染防治试验区开展示范应用，示范区规模为地市级，风险源管控率 $\geq 90\%$ ，地下水污染负荷降低 $>90\%$ ，地下水安全利用率 $\geq 90\%$ ；编制相应的行业技术标准或规范（征求意见稿）。

关键词：区域地下水污染，指标筛查，防控区划

#### 4.8 新改扩建工矿用地污染防控与信息化监管技术（重大共性关键技术类）

研究内容：针对冶炼、焦化、化工、油气开采等新改扩建用地污染防控重大需求，研究特征污染物长期潜在扩散风险评估方法；研发重点设施设备渗漏监测与预防技术，开发稳定可靠的传感监测、数据采集、智能分析与预警系统，研发地下管网渗漏在

线监测设备；研发污染动态诊断与智能监管技术，形成污染防控与监管技术体系；选择典型新改扩建工矿用地，开展污染防控与监管技术示范应用。

考核指标：形成长期潜在扩散风险评估成套指标方法，实现全过程新改扩建工矿用地安全评估；新改扩建工矿用地渗漏检测精度达到厘米级，响应时间 $<1$ 小时，防漏检测率 $>90\%$ ；建立传感检测、数据采集、动态预警与智能监控信息化平台；选择3类重点监管行业新改扩建工矿场地开展示范性应用，实现实时可视化污染动态与预警表达，连续运行 $\geq 6$ 个月；形成新改扩建工矿用地污染防控与监管技术方案，被县区级以上政府采纳或应用，编制相应的行业技术规范（征求意见稿）。

关键词：新改扩建工矿用地，渗漏监测，风险监管

有关说明：本指南方向由企业作为项目牵头申报单位，其他经费（包括地方财政经费、单位出资及社会渠道资金等）与中央财政经费比例不低于2:1。

#### 4.9 高渗地层污染扩散通量与风险管控技术体系（重大共性关键技术类）

研究内容：针对高渗透、非均质地层地下水污染长距离、大面积快速扩散风险和危害，研究地层结构、流态、污染扩展的内在关系，识别污染扩散机制与优势流通道；研究地下水污染羽流长距离扩散驱动力与限制性因素，建立污染物扩散通量评估与风险表征模型；研究污染扩散风险监测与预警技术，研发控源—截

获—净化协同的污染风险管控技术体系，提出高效、低成本的污染风险长效管控技术方案。

考核指标：探明地下水污染扩散动力学机制，高精度刻画地下水污染扩散优势通道，精度达到厘米级；建立大尺度污染物迁移扩散通量评估模型，时间步长 $<12$ 小时，预测误差 $<20\%$ ；建立污染风险全过程多维度监测与预警响应平台，形成控源—截获—净化协同的污染风险管控技术体系，在3个不同水文地质条件区开展示范应用，连续运行时间 $\geq 6$ 个月，监测预警特征指标不低于10项，响应时间 $<24$ 小时，污染物扩散通量降低90%，形成污染风险长效管控技术方案。编制相应的行业技术标准或规范（征求意见稿），形成相关政策或技术文件，被有关政府采纳或应用。

关键词：非均质地层，污染扩散机制，长效管控

#### 4.10 海陆交互带地下水污染诊断与风险管控技术体系（重大共性关键技术类）

研究内容：针对我国海岸带海陆物量交换频繁，污染时空演化复杂问题，解析海陆交互带跨介质、多界面污染成因与主控因素，研究海陆污染交互作用，揭示海陆交互带物量交换量化关系；探究海陆交互带污染界面时空演化与驱动机制，研究海陆交互带地下水污染物溯源技术，研究建立海陆交互作用带地下水污染风险预警系统；研发污染源识别—过程模拟—风险预警的全链条技术体系，形成海陆交互带地下水污染防控技术方案。

考核指标：厘清海陆交互带物量交换与演化路径，形成海陆

交互带地下水污染负荷评估模型，误差范围 $<10\%$ ；建立海陆交互带地下水污染界面时空演化预测模型，界面刻画精度达米级；构建海陆交互带地下水污染风险预警模型体系，预警特征指标不少于5项，响应时间 $<24$ 小时，准确率 $>90\%$ ；选择不少于3个典型区域开展应用示范，形成的污染物优先防控清单和风险管控方案被政府采纳。

关键词：海陆交互带，地下水污染，诊断预警

#### 4.11 高地质背景土壤污染风险管控与安全利用技术及应用 (重大共性关键技术类)

研究内容：针对砷、镉、汞、铬等元素地质高背景区土壤重金属赋存形态分布变化复杂、污染风险防控与安全利用技术体系缺失等问题，研究高地质背景叠加工业活动的土壤重金属赋存形态及空间分布，分析土壤污染风险成因，研究地质高背景区土壤污染风险评估技术；研发污染风险管控与绿色修复成套技术及修复效能的全流程评估方法；研究地质高背景区土壤污染安全利用与风险管控技术，并开展示范应用。

考核指标：明确高地质背景区土壤重金属赋存形态、污染风险的空间分布与垂向变化规律，创建污染风险评估指标与技术，构建出污染风险水平空间分区方法，单元尺度不超过 $0.1\text{km}\times 0.1\text{km}$ ；形成污染风险管控与绿色修复成套技术，能效比传统技术提高30%以上；创建“风险管控—绿色修复—安全利用”技术体系与风险防控模式，选择不少于3个典型区域开展示范应

用，总示范面积 $\geq 5\text{km}^2$ ，污染风险降低 $>90\%$ ，土壤安全利用率 $>95\%$ ；编制相应的行业技术标准或规范（征求意见稿）。

关键词：地质高背景土壤，风险评估，长期风险管理

## 5. 典型区域实践

### 5.1 京津冀及周边地区 $\text{PM}_{2.5}$ 与 $\text{O}_3$ 协同治理技术集成示范（典型应用示范类）

研究内容：以京津冀鲁豫区域  $\text{PM}_{2.5}$  与  $\text{O}_3$  协同防控、基本消除重污染天气和扭转  $\text{O}_3$  增长态势为重点，建立完善 VOCs 多组分和 NOx、NH<sub>3</sub> 等主要前体物的动态精细化排放管控清单，综合运用外场立体观测、实验室模拟和数值模拟等手段，厘清大气强氧化性条件下硝酸盐和  $\text{O}_3$  的相互作用机制，科学研判区域大气复合污染的时空演变规律、来源成因和跨界传输影响；开展重点行业和领域 VOCs、NOx 和 NH<sub>3</sub> 治理技术评估，构建多源多污染物协同控制技术库和重点行业绩效分级措施库，提出结构调整、过程调控和综合减排相结合的精细化管控技术体系；开展跨地域、跨部门利益冲突导致大气污染防治“责权利”不对等的情景分析研究，建立污染物减排主体责任与环境改善收益的评估方法，开发“线上+线下”、多源数据融合的污染源超标排放、在线监测数据异常、重污染天气应急减排措施落实等智能监管执法技术，研究区域—省市—区县—乡镇多级联动的大气污染联防联控优化途径；构建京津冀及周边地区  $\text{PM}_{2.5}$  和  $\text{O}_3$  浓度双降和基本消除重污染天气目标约束下的协同防控精细化管治技术方案，并在京津冀

鲁豫五省市同步开展应用示范。

考核指标:建设3条区域大气污染传输通道的立体观测体系,污染物包括VOCs、NOx、NH<sub>3</sub>及关键自由基等,主要技术手段实现业务化运行;形成动态VOCs多组分和NOx、NH<sub>3</sub>等主要污染物精细化排放管控清单1套,以区县为单元、空间分辨率为1千米、时间分辨率为1天、城市间大气污染跨界传输的定量表征准确率不低于70%;提出可推广应用的不少于5个重点行业和领域VOCs、NOx、NH<sub>3</sub>协同治理技术方案,措施精确到园区和排放口;建立在线监测数据异常识别、排放高值溯源等智能监管执法技术不少于5套;提出京津冀及周边地区“十四五”期间基本消除重污染天气、扭转O<sub>3</sub>增长态势的协同管控路径和联合减排政策建议3~5份,破解大气污染治理“责权利”不对等的创新机制建议1~2份,被京津冀鲁豫五省市政府采纳应用。

关键词:京津冀及周边地区,PM<sub>2.5</sub>和O<sub>3</sub>协同控制,重污染天气基本消除,精细化管控技术示范

## 5.2 粤港澳大湾区二次污染与气候变化协同应对的综合防控技术示范与实践(典型应用示范类)

研究内容:针对粤港澳大湾区协同应对二次污染与气候变化的技术与管理需求,通过开展粤港澳三地综合同步观测和模拟,研究粤港澳大湾区跨境、跨区域、跨城市的二次污染形成、传输与演变机制及其对气候变化的响应;研发工业源等重要污染源近实时排放表征技术,构建涵盖粤港澳三地的大气组分、温室气体

和有毒有害物质动态排放清单；建立新一代基于统一质控的大湾区光化学、PM<sub>2.5</sub>组分和温室气体立体监测网络，构建粤港澳大湾区空气质量健康指数（AQHI），研发基于空气质量预报系统的大湾区健康风险预测与评估平台；研究大湾区多污染物在环境—经济—能源—健康系统中的传输途径和耦合关系，开展“双碳”目标下粤港澳大湾区实现WHO-III空气质量目标的路线图研究，提出基于四大结构调整与末端控制相融合的大湾区一体化大气污染物与温室气体联合减排科学方案和跨境协同实施路径；构建粤港澳大湾区二次污染与气候变化协同应对综合防控和高密度城市空气质量精细化管治技术体系，并在粤港澳三地同步开展应用示范。

考核指标：构建统一标准的粤港澳大湾区二次污染与温室气体监测网络、动态源排放清单、人群和个体健康预警和多污染物协同调控平台，天空地数据融合和同化的分辨率达到1km和1小时，形成粤港澳大湾区综合同步观测数据集，包括冬夏等典型季节各1个月以上在线观测数据，近实时网格化排放通量空间分辨率达百米级、误差小于30%，实现7天区域臭氧污染预报准确率由60%提升到80%；提出与“美丽湾区”目标相适应的环境空气质量标准（征求意见稿）和粤港澳大湾区空气质量健康指数预报技术指南（征求意见稿）；构建四大结构调整、大气污染物和温室气体协同减排相结合的大湾区一体化联合减排科学方案和跨境协同实施路线图，并被粤港澳三地政府采纳应用。

有关说明：要求具有独立法人资格的香港和澳门研究机构承

担或参与此项目。

关键词：二次污染，气候变化，协同应对，粤港澳大湾区

### 5.3 四川盆地多介质跨圈层大气污染与气候变化协同控制技术与应用示范（典型应用示范类）

研究内容：针对成渝地区高质量发展和环境空气质量深度改善的技术需求，研究盆地复杂地形和气候变化条件下区域边界层气象演变规律、大气臭氧与 PM<sub>2.5</sub> 及前体物变化特征、主要污染物多介质（大气、农田、山地）相互作用，揭示影响大气污染变化的关键驱动因子；开展不同气象条件下区域二次污染形成机制的定量化研究，构建二次污染及其前体物的非线性关系，定量评估二次污染局地生成与区域传输、前体物人为源与天然源排放的贡献；构建基于多污染物跨介质相互作用的二次污染监测预警与协同控制业务化决策支持平台，实现二次污染快速精细解析与会商诊断，推动区域二次污染物前体物控制决策方案应用示范；研究成渝地区绿色低碳发展途径，提出能源结构、产业结构、交通结构和土地结构优化情景下气候协同的空气质量达标路线与深度改善战略，制定大幅减排 NO<sub>x</sub> 和 VOCs 的区域和城市技术方案。

考核指标：阐明四川盆地复杂地形下二次污染物耦合形成机制，多技术定量典型污染事件二次污染与前体物非线性关系的一致性达到 90%；建成基于多污染物跨介质相互作用的二次污染物立体监测预警与决策支撑业务化平台，复杂地形表征垂直分辨率 ≤ 50 米，跨大气、土壤和地下水的典型污染物超过 10 个

(包括典型碳、氮、硫同位素)，天空地数据融合和同化的分辨率达到1km和1小时，7天区域臭氧污染预报准确率由50%提升到80%，实现二次污染防控方案优化和效果的快速评估；提出成渝地区二次污染物调控原理与协同控制技术方案，以及气候协同的空气质量根本改善战略与绿色低碳发展路径，并被省级人民政府采纳应用。

关键词：复杂地形，气候变化，二次污染，协同应对

#### 5.4长三角PM<sub>2.5</sub>与臭氧全面达标技术及协同降碳策略集成示范（典型应用示范类）

研究内容：围绕长三角区域空气质量全面达标与减污降碳等紧迫需求，研发适合长三角湖陆交错等复杂下垫面、量化减污降碳协同的天空地一体化集成探测技术，阐明区域大气污染物及温室气体传输规律，揭示区域边界层理化结构对人为排放和气象要素响应机制，突破污染过程全面达标精细化管控技术；解析区域能源、环境、健康、生态的相互作用机制，构建长三角PM<sub>2.5</sub>和臭氧污染全面达标技术以及考虑减碳策略的协同调控决策平台，实现大气污染物和温室气体实时动态源汇监测与监管、污染过程达标削峰降级、应急措施制定及评估；创新区域一体化协作机制，开展四大结构调整和重点行业深度治理减排潜力评估，提出空气质量全面达标及碳达峰约束下协同减排技术方案；开展重点区域和典型行业应用示范，支撑2030年区域空气质量全面达标，推进协同应对气候变化。

考核指标：构建可应用于复杂城市群区域二次污染特征及演化过程精细化表征的天—空—地一体化综合探测和融合平台，探测范围覆盖整个长三角，垂直高度 10km，天空地数据模式同化和融合水平精度分辨率 100 米，时间分辨率 10 分钟，相对误差  $\leq 10\%$ ；提出长三角  $PM_{2.5}$  与  $O_3$  全面达标与协同减排的技术方案与路径，构建区域空气质量及碳减排协同调控业务化决策技术及平台；建立可实现未来 7~14 天长三角区域二次污染过程防控的防控方案优化与效果快速评估系统，防控措施对象精准到乡镇和企业，时间尺度达到小时，投入业务化应用；形成成熟可推广应用的结构调整与重点行业深度治理关键技术案例库和减排潜力数据库，提出区域产业、能源、交通运输结构调整路径与技术方案；提出区域空气质量全面达标及碳减排技术方案及区域一体化协作机制深化建议，被长三角省级政府管理部门采纳。

关键词： $PM_{2.5}$ — $O_3$ — $CO_2$  协同控制，立体集成探测与数据融合，智能模拟与监管技术

## 5.5 汾渭平原复杂山地污染传输机制与协同治理技术示范(典型应用示范类)

研究内容：基于汾渭平原复杂山地的地形特征、气象因素及能源产业布局特征，构建天—空—地相结合的立体综合观测体系，开展无人机监测、边界层一对流层垂直探测与遥感反演监测，研究汾渭平原复杂地形和边界层特征下  $PM_{2.5}$  和  $O_3$  复合污染成因，量化评估峡谷地区重污染天气  $PM_{2.5}$  和  $O_3$  传输规律与影响；研究

区域钢铁、焦化、煤化工、民用燃烧源等重点行业多污染物近实时排放表征技术，完善区域动态更新的高时空分辨率大气污染与温室气体融合排放清单，构建区域重点行业 NO<sub>x</sub>、VOCs、温室气体协同治理技术和管控措施减排效果定量评估技术方法；研究改善区域空气质量与应对气候变化多目标约束下基本消除重污染天气技术途径，集成并进一步提升“监测预报—成因溯源—会商决策—治理监管—跟踪评估”的区域大气污染联防联控技术体系；集成清洁能源与用能方式绿色改造技术，制定城市减污降碳路径优化方案，在西安、太原等典型城市开展应用示范。

考核指标：构建汾渭平原城市及区域 PM<sub>2.5</sub> 和 O<sub>3</sub> 观测与污染传输数据集，空间分辨率达到 3km，时间分辨率 1 小时，时间跨度  $\geq 3$  年；形成高时空分辨率污染源管控排放清单，以区县为单元、时间分辨率 1 天、工业源排放落实到关键工序；构建汾渭平原钢铁、焦化、煤化工等重点行业及民用燃烧源的多污染物协同治理技术和应急管控方案库，包含源头—工艺过程—末端工序治理技术措施、应急管控技术措施—优化方案—管理政策等，数据在 200 条以上；提出复杂山地城市群大气污染联防联控机制优化建议及基本消除重污染天气综合解决方案，“十四五”期间区域 PM<sub>2.5</sub> 和 O<sub>3</sub> 污染协同防控综合解决方案，以及中长期区域减污降碳协同路径方案；西安和太原等典型城市基本消除重污染天气和减污降碳路径优化方案各 1 套，研究成果被汾渭平原所在省市政府采用。

关键词：汾渭平原，复杂地形—气象—污染影响机制，重点行业治理与管控，区域联防联控机制

## 5.6 长三角精细化工园区场地复合污染协同修复技术集成及示范（典型应用示范类）

研究内容：针对长三角精细化工园区连片污染场地分布广、土壤—地下水复合污染严重、交互过程复杂、单一技术难以解决等难题，筛查确定优先控制污染物清单；研究特征污染物在浅埋复杂流场中的环境行为、污染通量、时空分布和交互作用；厘清多种赋存形态的典型污染物与环境介质的界面作用机制，提出并建立分区分类分级的风险评估方法；研究经济高效的新型绿色修复技术体系；建立长效稳定的多介质协同整治与多技术集成的低碳治理模式，开展技术应用示范。

考核指标：构建长三角化学原料、原药制造等综合精细化工园区土壤—地下水优先控制污染物清单，覆盖园区 90%以上的高风险特征污染物；探明长三角浅埋复杂流场中特征污染物的环境行为、交互作用和时空演化规律，构建污染物多介质迁移转化模型，模拟误差 $<20\%$ ；编制化工园区土壤—地下水污染分区分类分级风险评估的行业技术规范（征求意见稿）；形成土壤—地下水污染综合防治技术体系，研选不少于 6 种经济高效的绿色修复材料，修复效率提高 $>30\%$ ，修复成本降低 $>30\%$ ；创建精细化工园区多点连片污染场地土壤—地下水协同治理新模式，开展应用示范面积 $>5\text{km}^2$ ，连续运行不少于 1 年，修复后

土壤—地下水污染风险管控达标，治理的总体能耗及碳排放当量降低 30%。

关键词：长三角精细化工园区，多介质协同治理，多技术协同修复

## 5.7 珠三角典型产业集群区土壤与地下水协同修复技术及示范（典型应用示范类）

研究内容：针对珠三角电镀、制革、陶瓷等典型村镇级产业集群区土壤—地下水污染协同治理及周边污染敏感区域综合防控需求，研究集群区复合污染来源、形成机制与多介质跨界面交互作用，研发特征污染物高精度准确识别与风险筛查技术，形成优先控制污染物管控清单；研发快速响应、高灵敏度实时在线监测技术及装备，建立土壤—地下水复合污染智能监控与预警网络；研选绿色高效的场地污染防治—控—治技术，构建集群区及周边敏感用地土壤—地下水污染综合防控和安全利用新模式，开展区域性应用示范。

考核指标：在珠三角典型村镇级产业集聚区选择 2 个以上典型产业，构建产业多次迭代的集群区场地及周边敏感用地优先管控污染物清单，涵盖 90% 以上的高风险特征污染物；建立覆盖集群区及周边敏感用地的土壤—地下水污染智能化实时监控与预警平台；构建场地多介质复合污染防治—控—治技术模式 6 种以上，形成集群区及周边敏感用地的土壤—地下水污染防治技术体系与综合解决方案，选择至少 2 个典型产业集群区开展应用示范，单

个面积  $> 5\text{km}^2$ ，且辐射周边敏感用地面积  $> 10\text{km}^2$ ，土壤—地下水环境质量达管控标准，污染地块安全利用率  $> 95\%$ ，制定相应的行业技术规范或标准（征求意见稿）。

关键词：珠三角产业集群区，周边敏感用地，区域综合防控

## 5.8 特大城市群工业集聚区大气—土壤—地下水污染综合防控关键技术及示范（典型应用示范类）

研究内容：针对长江中游等特大城市群工业集聚区大气—土壤—地下水污染综合防控需求，研发区域跨介质原位在线监测装置与立体动态探测技术，阐明区域碳氮硫等关键元素、VOCs 等特征污染物的时空分布规律；开发关键元素与特征污染物跨介质三维追踪溯源技术，提出优控污染源筛查方法和源汇关系；识别多介质界面结构和生物地球化学循环界面过程，建立区域特征污染物跨介质传输模型；集成区域多介质污染控制的材料、技术和设备，研发区域特征污染物多介质传输阻断技术，并开展综合管控示范。

考核指标：建成覆盖典型工业集聚区的特大城市群多介质特征污染物监测网，稳定运行 1 年以上，形成特征污染物气—土—水多介质传输的系统数据集，空间分辨率  $\leq 3\text{km}$ ；开发污染物跨介质三维追踪溯源与交换通量计算软件，形成优控污染源筛查技术指南与污染源清单；建立的区域特征污染物跨介质传输模型参数可实时校正，比例尺精度不低于 1:50000，浓度预测误差  $< 20\%$ ；形成区域特征污染物跨介质传输阻断技术方案，污染物跨介质传

削减率达到 90% 以上，综合管控示范区面积  $\geq 100\text{km}^2$ ，实现污染地块安全利用、地下水质量达到 III 类水质标准、空气质量优良率显著提高，编制特大城市群工业集聚区多介质复合污染综合防控的行业技术标准（征求意见稿）。

关键词：特大城市群工业集聚区，大气—土壤—地下水污染，多介质污染物跨界面传输

### 5.9 西北煤—电集聚区土壤与地下水污染综合防治关键技术及示范（典型应用示范类）

研究内容：针对黄河中上游等大型煤炭聚集区缺乏土壤与地下水污染多污染源协同管控的关键技术，建立大型煤—电集聚区典型流域土壤—地下水污染的监测网和信息系统，揭示不同煤炭开采区土壤—地下水特征污染物三维动态分布规律；研发煤炭开发利用过程中特征污染物的溯源技术，建立优控污染源清单；识别采煤活动引起的含水介质结构时空变化特征，建立多场耦合影响下特征污染物的释放、迁移与转化过程；开发阻控污染物跨介质传输的关键技术，形成土壤—地下水污染多源—多区—多深度协同防控技术体系，并开展工程示范。

考核指标：建成大型煤—电集聚区典型流域土壤—地下水污染多水平动态监测网和信息系统，稳定运行 1 年以上，形成特征污染物三维动态变化的数据集，空间分辨率  $\leq 500\text{m}$ ；开发污染物迁移多场耦合模拟软件，实际场地模型验证误差  $<30\%$ ；形成污染阻控技术  $\geq 3$  种，阻控率  $>90\%$ ；形成土壤—地下水污染协同

防控技术方案，编制煤电集聚区土壤—地下水污染多源—多区—多深度协同防控行业技术标准（征求意见稿）；建成示范工程不少于2处且均稳定运行2年以上，管控辐射范围不少于100km<sup>2</sup>，实现污染土壤安全利用、地下水质量达到III类标准。

关键词：煤—电集聚区，土壤—地下水污染，协同防控

### 5.10 北方喀斯特废弃煤矿区地下水污染防控与安全利用关键技术及示范（典型应用示范类）

研究内容：针对我国北方喀斯特地区废弃煤矿酸性矿坑水的分布规律不清、污染防控效果不佳等问题，研发矿坑水空间分布高精度探测技术，揭示废弃煤矿区矿坑水分布边界；开发多场耦合影响下废弃煤矿区地下水水质演化模拟技术，揭示矿坑水形成条件和关键水文—生物地球化学过程；研发矿坑水中硫酸盐、铁锰和多环芳烃等特征污染物原位削减材料与关键技术，实现地下水污染负荷减量；形成北方喀斯特废弃矿区矿坑水污染防控与资源化利用技术体系，并开展工程示范。

考核指标：矿坑水分布的探测深度≥500m，空间分辨率≤5m，并经钻探验证；开发地下水水质演化模拟软件，实际场地模型验证误差<30%；研发矿坑水中硫酸盐、铁锰和多环芳烃等特征污染物原位削减材料与技术不少于3种，削减率>90%；建立3个以上示范工程且稳定运行1年以上，单个示范工程范围>10km<sup>2</sup>，可供资源化利用的矿坑水水质达到地下水环境质量标准III类以上；编制北方喀斯特废弃矿区地下水污染防控与安全利用

的行业技术标准（征求意见稿）。

关键词：北方喀斯特，废弃煤矿区，矿坑水

## 6. “青年珍珠链”项目（青年科学家项目）

### 6.1 大气复合污染追因与治理前沿技术（基础研究类）

研究内容：针对大气污染协同控制原理与精细化治理技术体系中原创性理论创新比重小、核心瓶颈技术突破慢等问题，以多污染物多介质交互作用为主线，研究多污染物跨介质不同环境问题相互关联和深度融合的核心科学问题，突破高精监测预警技术和尖端治理技术瓶颈，探索多污染跨介质综合治理的新思路。

高精度在线探测技术：生物气溶胶多组分高灵敏度监测技术、臭氧及前体物无盲区同步垂直探测技术、云雾精准采样与理化性质在线测量技术。

来源成因核心原理：硫转化机制与钙—镁—锶等低含量同位素示踪技术、VOCs 液相与固相氧化机制及分子识别技术、城市残留层化学机制及影响量化评估、污染物跨介质溯源模拟技术。

前沿治理技术：废气降碳减污协同治理的新材料和新工艺、低能耗废气治理的新技术、废气污染物资源化增值利用新方法。

考核指标：聚焦关键科学难题，实现技术突破，技术原理独特，突出自主原创性研发，在大气污染高精监测预警技术、来源成因核心原理、跨介质迁移扩散溯源模型、尖端治理技术前沿等方面取得原创性的基础理论和技术创新引领。

拟资助项目数：不超过 10 项，其中高精度在线探测技术 3 项、来源成因核心原理 4 项、前沿治理技术 3 项。

## 6.2 地下水新污染物分析传感技术及核心器件（重大共性关键技术类）

研究内容：针对地下水卤代化合物等新污染物原位监测的需求，创新地下水新污染物原位传感检测方法，研发地下水新污染物高选择性、高灵敏度、高准确度的传感器件，开发集成传感信号处理和数据传输的小型监测设备，在重点行业污染场地开展现场在线检测验证。

考核指标：创新地下水卤代化合物等新污染物原位监测传感器件和设备，其中卤代烃类新污染物检出限达到地下水 III 类标准。

拟资助项目数：不超过 3 项。

## 6.3 土壤—地下水系统中微塑料形成机制与污染风险（基础研究类）

研究内容：针对历史不规范填埋场或塑料加工场地中微塑料来源、形成及风险机制不明等问题，研究土壤—地下水系统中微塑料成分、粒径、形态等污染特征，探明场地土壤微塑料的形成机制与跨介质迁移特征，研究土壤—地下水系统中微塑料的全过程暴露途径，识别敏感生物受体，明确微塑料的尺度—剂量—效应关系，评估微塑料的潜在环境风险。

考核指标：建立适用于场地土壤体系的微塑料分离技术和分

析方法，阐明微塑料形成机制；建立微塑料在土壤—地下水中跨介质迁移转化模型，预测误差 $<30\%$ ；建立土壤—地下水中微塑料健康风险评估技术模型。

拟资助项目数：不超过3项。

# “大气与土壤、地下水污染综合治理”重点专项

## 2023 年度项目申报指南形式审查条件要求

申报项目须符合以下形式审查条件要求。

### 1. 推荐程序和填写要求

- (1) 由指南规定的推荐单位在规定时间内出具推荐函。
- (2) 申报单位同一项目须通过单个推荐单位申报, 不得多头申报和重复申报。
- (3) 项目申报书(包括预申报书和正式申报书, 下同)内容与申报的指南方向相符。
- (4) 项目申报书及附件按格式要求填写完整。

### 2. 申报人应具备的资格条件

- (1) 项目(课题)负责人应为 1963 年 1 月 1 日以后出生, 具有高级职称或博士学位。
- (2) 青年科学家项目负责人应具有高级职称或博士学位, 男性应为 38 周岁以下(1985 年 1 月 1 日以后出生), 女性应为 40 周岁以下(1983 年 1 月 1 日以后出生)。原则上团队其他参与人员年龄要求同上。
- (3) 受聘于内地单位的外籍科学家及港、澳、台地区科学家可作为项目(课题)负责人, 全职受聘人员须由内地聘用单位提供全职聘用的有效材料, 非全职受聘人员须由双方单位同时提供

聘用的有效材料，并作为项目预申报材料一并提交。

(4) 参与重点专项实施方案或本年度项目指南编制的专家，原则上不能申报该重点专项项目（课题）。

(5) 诚信状况良好，无在惩戒执行期内的科研严重失信行为记录和相关社会领域信用“黑名单”记录。

(6) 中央和地方各级国家机关及港澳特别行政区的公务人员（包括行使科技计划管理职能的其他人员）不得申报项目（课题）。

(7) 项目申报人员满足申报查重要求。

### 3. 申报单位应具备的资格条件

(1) 中国大陆境内登记注册的科研院所、高等学校和企业等法人单位，或由内地与香港、内地与澳门科技合作委员会协商确定的港澳科研单位。国家机关不得作为申报单位进行申报。

(2) 内地单位注册时间在 2022 年 6 月 30 日前。

(3) 诚信状况良好，无在惩戒执行期内的科研严重失信行为记录和相关社会领域信用“黑名单”记录。

### 4. 本重点专项指南规定的其他形式审查条件要求

青年科学家项目不再下设课题，项目参与单位总数不超过 3 家。

本专项形式审查责任人：王兰英

---

抄送：中国 21 世纪议程管理中心。

---

科学技术部办公厅

---

2023 年 4 月 24 日印发