

附件 1

京津冀环境综合治理国家科技重大专项 2027 年度 第一批公开竞争择优项目申报指南

京津冀环境综合治理国家科技重大专项（以下简称京津冀重大专项）力求突破京津冀生态环境关键科学问题和技术难题，研究开发区域系统治理理论方法、关键技术、重大装备和重要标准，形成京津冀全区域生态环境问题的系统解决方案与科技创新重大工程体系，科技支撑“人与自然和谐共生”的中国式现代化建设的先行区、示范区，为其他区域生态环境质量的持续改善和精准防控提供可借鉴的技术解决方案。

京津冀重大专项重点围绕天空地海一体化环境感知网、跨介质复合污染调控模拟器、空气质量改善和重点行业深度减排、水生态环境全面改善、美丽绿色生态样板城、区域生态安全与农业农村系统提质增效、跨介质系统治理、生态环境管理创新八个板块，拟设置 41 个项目和 1 个珍珠项目群，所有项目均通过公开竞争择优方式立项，拟安排中央财政经费约 11.22 亿元，资金支持方式包括前补助和事前立项事后补助。其他来源资金与中央财政资金比例按照各指南要求执行。对于通过答辩评审的项目，如中央财政资金预算被评审核减，在签订任务合同书时原承诺的其他来源资金总额不得

减少。项目承担单位须推动研究成果转化应用和支持专项数据共享。部分项目实行标志性成果总承单位负责制，项目申报团队需符合总承单位提出的技术和管理等要求。珍珠项目群按指南要求申报。

京津冀重大专项 2027 年度第一批项目指南如下：

板块一：天空地海一体化环境感知网

1.1 京津冀生态环境卫星定标验证与高光谱立体协同遥感监测关键技术研究与应用示范

研究内容：

围绕我国在轨生态环境卫星协同观测辐射一致性不足的核心技术瓶颈，针对生态环境卫星陆地探测载荷，发展构建溯源 SI 标准的自主像元尺度月球辐射模型和高光谱载荷对月定标技术，攻克月球-场地协同辐射定标技术，研究基于月球观测的载荷在轨评估与衰减监测技术，研究全链路综合在轨辐射定标方法；针对生态环境卫星大气超光谱探测载荷，研究温室气体探测载荷大动态范围地气均一标准源构建和辐射定标技术，研究基于在轨长时序辐照度信息的条带噪声校正技术，研究多星多载荷辐射一致性校正技术；研究可见红外高光谱载荷地形和大气耦合的非线性时变大气校正技术，发展大气-地形-角度耦合的光学方向反射归一化技术，建立多星多载荷时空无缝分析就绪数据高精度处理技术体系；攻克碳监测载荷数据产品掩日移动测量验证技术和点源烟羽多视角协同差分观测技术，研制星地协同碳监测载荷多

模态产品移动验证硬件系统，结合地基超光谱观测网络，研究污染气体遥感监测误差溯源和订正算法，研究时空连续、逐像元的自然生态遥感监测产品验证技术，构建逐像元不确定度量化评估体系；研发高光谱与合成孔径雷达（SAR）载荷协同的光谱-散射-水质反演模型，建立京津冀断面浓度-流量-通量估算一体化技术体系，集成全链路载荷定标验证关键技术，研发生态环境卫星高光谱立体协同定标系统平台，支持京津冀遥感监测基础数据产品质量提升和验证，开展京津冀美丽中国先行区建设遥感监测示范应用。

考核指标：

1. 场地定标与对月定标协同技术方法 1 套，自主像元尺度月球辐射模型 1 个，不确定度 $\leq 2\%$ ，对月定标数据集和定标系数更新 ≥ 10 次；对地观测高光谱载荷绝对辐射定标不确定度 $\leq 5\%$ ，在轨辐射响应衰变监测灵敏度 $\leq 0.5\%/年$ ，8 颗生态环境卫星综合在轨定标数据集 1 套，数据频次 ≥ 24 次/年，支持实时衰减补偿与系数自动更新；SAR 载荷绝对辐射定标误差 ≤ 1.5 dB；生态环境卫星对月与场地协同在轨辐射定标技术手册 1 项。

2. 针对大气超光谱探测载荷，多星多载荷辐射一致性处理技术 1 套，软件著作权 1 项，同类型多载荷波段间辐射一致性不确定度 $\leq 5\%$ ，单载荷长期辐射稳定性不确定度 $\leq 1\%$ ，大视场条带结构抑制改善优于 50%。

3. 京津冀区域高质量高光谱基础数据产品集 1 套，产品

类型包括地形和角度归一化反射率产品，反射率产品数据结构应包括反射率数据层、逐像元观测几何信息层、逐像元不确定度信息层；复杂地表条件下地形大气耦合校正地表反射率不确定度 $\leq 10\%$ ，地形和角度归一化的地表反射率不确定度 $\leq 10\%$ ，时空无缝产品比例 $\geq 90\%$ 。

4. 星地协同碳监测载荷多模态产品移动验证硬件系统 1 套，国产化率不低于 95%，具备高频次移动测量能力，光谱测量范围 700~2000 nm，光谱分辨率 $\leq 0.5 \text{ cm}^{-1}$ ，光谱定标精度 $\leq 0.05 \text{ cm}^{-1}$ ，主要温室气体(CO_2 、 CH_4)排放量精度 $\geq 80\%$ ；污染气体反演精度 O_3 柱浓度 $\geq 98\%$ 、 NO_2 柱浓度 $\geq 85\%$ ；京津冀星地同步验证数据集 1 套，多时相像元尺度地面真值不确定度 $\leq 5\%$ ，自然生态遥感监测产品像元真值类型不少于 5 种，自然生态遥感监测产品真实性检验技术规范 1 项。

5. 国产卫星高光谱与 SAR 协同反演模型 1 套，入海河流河口及近岸海域氮、磷等主要污染物浓度定量反演精度优于 82%，平原地区二级及以上河流断面宽度自动识别误差小于 1 个像元；生态环境卫星高光谱立体协同定标软件系统 1 套，支持不少于 10 颗国产卫星在轨定标，软件著作权 1 项；京津冀美丽中国先行区建设遥感监测示范应用报告 ≥ 10 份，京津冀区域复杂地表条件下叶面积指数、植被覆盖度卫星反演精度 $\geq 90\%$ ，总初级生产力卫星反演精度 $\geq 85\%$ ，星地协同重点排放源 CO_2 排放量监测精度 $\geq 80\%$ 、 CH_4 排放量监测精度 $\geq 70\%$ ，高光谱立体协同遥感监测应用相关技术规范 2

项，以上涉及的技术文件（技术规范和应用报告等）被省级及以上生态环境管理部门采纳。

申报说明：

本项目实行总承包单位负责制，项目申报团队需符合总承包单位提出的技术和管理等要求。项目类型为应用示范研究类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 3:1，实施周期不超过 3 年。

1.2 京津冀海域海水水质无人移动平台智慧感知关键技术研究与示范

研究内容：

针对海洋生态环境监测受高海况高盐雾影响明显、海水采样和分析自动化程度低、船载走航分析能力覆盖不足、装备运控能力缺失、数据智能分析应用不够等问题，研究适航高海况、高耐波小型化海水智能“分层采样-预处理-保存”一体化装备，研发集成防泥沙与防生物附着滤网、具备自动反冲洗及自清洁功能的模块化取样装置，研制基于多传感器（倾角、加速度、压力）实时反馈的主动波浪补偿装置；研发《海水水质标准》（GB 3097）主要指标自动化智能分析装备，研究高浊度海水样品智能破乳技术、颗粒态+溶解态有机污染物自动预处理技术、海水阴离子表面活性剂高灵敏自动检测技术、有机污染物“富集-洗脱-浓缩-分析”联动控制技术；研发高海况下基于无人移动平台的高灵敏走航分

析装备，研究多谱析抗浊色干扰的准确滴定检测技术，构建适应复杂环境扰动的高稳定电感耦合等离子体质谱检测技术、石油类荧光检测技术；研究异构协同感知弹性组网技术，研制海洋无人采测物联网通讯协议，研发海水水质监测全流程的多智能体运控系统，构建多约束自适应智能任务生成与动态协同派发技术、端边云协同的动态重规划与智能调度技术；构建京津冀海域多介质融合高质量数据集，研究涵盖数据治理、自动审核、海水水质污染问题主动发现等技术的数据智能分析工具箱，在京津冀海域开展无人采测、智能分析示范应用，形成可复制、可推广的海洋生态环境数智化监测新模式。

考核指标：

1. 海水“智能分层采样-预处理-保存”一体化装备 1 套，体积 $\leq 5 \text{ m}^3$ ，适航 4 级海况采样，整机工作功耗 $\leq 1 \text{ kW}$ ，单日连续免运维运行时间 $\geq 12 \text{ h}$ ，数据存储 $\geq 1 \text{ TB/d}$ ，国产化率 100%；水深 0~50 m 内，采样层次自适应设置、样品采集、预处理及分装技术符合 HJ 442.3 要求；单层采样+预处理时间 $\leq 18 \text{ min}$ ，覆盖 GB 3097 中除感官指标、微生物和放射性核素外的其余全部指标，每日预处理样品量 ≥ 400 个；具备 0~4°C 时保存时长 $\geq 24 \text{ h}$ 、-18~-20°C 时保存时长 $\geq 72 \text{ h}$ ；过滤器单航次换膜 ≥ 30 个点位；预处理核心单元盐雾试验 $\geq 500 \text{ h}$ ，无锈蚀；4 级海况无人移动平台多传感器实时反馈主动波浪补偿装置 1 套，姿态抑制横摇 $\pm 15^\circ$ 、纵摇 $\pm 5^\circ$ 。

2. GB 3097 中除水温、pH、溶解氧、感官指标、微生物和放射性核素外的其余全部指标自动化分析装备 1 套，稳定运行时间 ≥ 1 周，单日单指标分析样品通量 ≥ 100 个，国产化率 $\geq 98\%$ ，指标检出限： p,p' -DDT， o,p' -DDT， p,p' -DDE， p,p' -DDD 均 ≤ 2 ng/L，苯并（a）芘 ≤ 1 ng/L，其余指标均低于 GB 3097 中第一类海水水质标准值的 1/10；浊度 500 NTU 时，自动液液萃取加标回收率满足 85%~115%；单样品颗粒态+溶解态有机污染物自动预处理时间 ≤ 2 h，加标回收率 80%~120%，实验室内相对标准偏差 $\leq 20\%$ ；阴离子表面活性剂荧光检测水样和有机溶剂用量较分光光度法减少 90% 以上。

3. 基于无人移动平台的海水高灵敏走航自动监测装备 1 套，航速 10 节时，pH、溶解氧监测频率 1 次/min，化学需氧量、无机氮、活性磷酸盐、石油类、铜、铅、镉、汞等采样和分析频率均为 1 次/5 min，国产化率 $\geq 95\%$ ，横摇 $\pm 15^\circ$ 、纵摇 $\pm 5^\circ$ 、颠簸冲击加速度 1 g 下连续海上无故障运行时间 ≥ 72 h；化学需氧量检出限 ≤ 0.2 mg/L，盐度 5~35 时电感耦合等离子体质谱法铜、铅、镉等检出限均 ≤ 0.1 $\mu\text{g/L}$ ，汞检出限 ≤ 0.01 $\mu\text{g/L}$ ，铜、铅、镉测定相对标准偏差 $\leq 15\%$ ，相对误差 $\pm 15\%$ ，荧光法石油类检出限 ≤ 0.001 mg/L；浊度 500 NTU 时，化学需氧量平行双样消耗硫代硫酸钠溶液体积偏差 ≤ 0.1 mL，石油类加标回收率 85%~115%。

4. 海洋异构协同感知智能运控技术 1 套，依托国控网点

位纳入 ≥ 3 种无人装备（采样一体化设备、自动分析装备、走航监测设备等）；自适应通讯协议1套，适配无人装备品牌 ≥ 12 个；多智能体运控系统1套，覆盖监测业务全流程，含点位布设、防篡改、突发污染识别等智能体 ≥ 10 个，意图识别与任务成功率 $\geq 95\%$ ，支持 ≥ 20 个装备协同，国产化率 $\geq 95\%$ ，稳定运行 ≥ 6 个月；多约束自适应智能任务生成派发技术1套，在续航、装载能力约束下任务准确率 $\geq 95\%$ ，批量派发 ≤ 8 s；端边云协同动态重规划调度技术1套，装备失效后重规划 ≤ 10 s，重调度成功率 $\geq 95\%$ ，相关成果被省级及以上生态环境管理部门采纳。

5. 海洋多介质融合数据集构建技术1套，实现规范性审核标注，京津冀海域2010~2029年海水、沉积物、生物等 ≥ 3 种介质数据，其中水质含GB 3097指标 ≥ 25 项，其他指标（现场水文气象、质控等） ≥ 15 项，实测数据 ≥ 1000 万个，融合海洋调查等数据，渤海入海排污口 ≥ 2.8 万个（含位置、名称、责任主体等）；数据智能分析工具箱1套，含数据治理、污染高值区识别等，语义映射准确率 $\geq 95\%$ ，自动审核准确率 $\geq 95\%$ ，问题识别响应 ≤ 1 h；海洋无人采测示范应用1项，与国家海洋生态环境监督管理系统对接，京津冀海域 ≥ 40 个国控点位验证，连续运行 ≥ 15 日/月，示范运行 ≥ 6 个月（覆盖两个季节）。

申报说明：

本项目实行总承包单位负责制，项目申报团队需符合总承

单位提出的技术和管理等要求。项目类型为应用示范研究类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 3:1，实施周期不超过 3 年。

板块二：跨介质复合污染调控模拟器

2.1 京津冀地下水中多污染物的物理化学作用与数值模拟

研究内容：

针对京津冀典型地质类型中土壤-地下水系统多界面、多污染物复杂迁移转化过程高精度刻画和精准模拟需求，开展微观、中观、宏观场地多尺度单一类型污染物和典型复合多污染物（氨氮-硝酸盐-重金属，氨氮-硝酸盐-有机物，有机物-重金属）物理-化学作用下迁移转化的室内实验及野外监测，研发非靶向高通量识别技术和多同位素示踪技术，发展交互作用网络的可解释方法，实现多污染物迁移转化网络与界面通量的定量表征、多污染物迁移转化主控因素识别和物理-化学作用机制解析，建立京津冀土壤-地下水中典型多污染物迁移转化关键参数数据库；突破反常扩散下分数阶对流-弥散方程高效求解瓶颈，研发融合物理信息神经网络的非饱和-饱和跨界面分数阶对流-弥散耦合高效模拟技术，开发非饱和-饱和地下水跨界面溶质通量对流-弥散耦合模拟模块；发展复杂反应网络热力学参数库自适应更新技术，开发多污染物跨界面迁移转化的物理-化学耦合模拟模块；发

展地质结构、对流-弥散与物理-化学模拟模块的耦合技术，构建多源数据管理、图形化建模与多情景预测预警的全链条软件集成体系，形成场地地下水流与多污染物迁移转化一体化模拟软件，选择京津冀典型复合污染场地开展模拟验证。

考核指标:

1. 基于分子网络与机器学习的智能结构注释的非靶向高通量筛查方法 1 套，实现 30 种以上溶解相有机污染物及转化产物的有效注释，且转化产物结构鉴定置信度达到 Level 2；高通量识别与多同位素示踪耦合技术体系 1 套，实现不少于 3 类复合多污染物（氨氮-硝酸盐-重金属，氨氮-硝酸盐-有机物，有机物-重金属）迁移转化网络与界面通量的定量表征，多污染物在非饱和-饱和地下水等界面上通量反演的平均拟合优度 $R^2 \geq 0.75$ ；融合交互作用网络的可解释方法 1 项，实现多污染物迁移转化主控因素识别和物理-化学作用机制解析，建立京津冀地区地下水中 60 种以上污染物迁移转化主控参数数据库。

2. 融合 FADE-PINN 等人工智能算法的非饱和-饱和跨界面分数阶对流-弥散耦合高效数值求解技术 1 套，人工智能算法加速相比经典数值方法计算效率提升 ≥ 5 倍，对污染羽流“早期突破”和“拖尾效应”的浓度分布预测与室内/野外实测数据的误差 $\leq 15\%$ ；包气带-地下水跨界面溶质通量对流-弥散耦合模拟模块 1 套，实现对强非均质场地（渗透系数变异系数 ≥ 1.0 ）及动态水位波动（变幅 $\geq 2 \text{ m/a}$ ）条件

下包气带-地下水界面污染物通量计算准确率>70%。

3. 基于 HydroAdapt 的复杂反应网络热力学参数库自适应更新技术 1 套，参数标准化存储与元素/电荷守恒校验通过率 100%，形成可被主流反应运移模拟程序和项目自主开发的一体化软件直接调用的标准化 PyAPI/RestAPI 接口；基于机器学习和自适应时间步长加速算法的多组分反应性溶质运移的物理-化学耦合模拟技术 1 套，相比传统顺序迭代耦合方法整体计算效率提升 ≥ 5 倍，支持基于监测数据同化的模型关键参数的自适应更新；多污染物跨界面迁移转化的物理-化学耦合模拟模块 1 套，支撑多介质多污染物迁移转化过程模拟，可进行 60 种以上多污染物的环境污染演化过程模拟调控、反应类型 ≥ 6 类（包括酸碱、络合、氧化还原、沉淀溶解、离子交换、表面络合），多参数、多反应模拟误差 $< 10\%$ 。

4. 基于稀疏水文地质监测数据的含水层非均质岩性结构及渗透率空间分布高精度建模技术 1 套，开发场地非均质地质结构模拟模块 1 套；含水层非均质结构识别对数据量的需求降低 50%以上，标志层识别的分辨率达到亚米级精度；

“地质结构、对流-弥散与物理-化学”模块化集成与耦合接口技术 1 套，明确模块接口设计、输入输出规范，形成技术白皮书；面向京津冀场地地下水流和多污染物迁移转化一体化模拟软件 1 套，土壤与地下水中多污染物传输与转化过程模拟技术自主知识产权 90%以上，可嵌入京津冀环境模拟器：

软件提供基于地图底层的节点连线式图形化建模界面，支持 ≥ 60 种污染物、 ≥ 6 类反应网络拖拽式创建，支持批量运行情景模拟，满足参数反演、敏感性分析、预测预警等典型应用需求，发布软件用户手册或技术白皮书，提供不少于 5 个典型污染场景（重金属、氨氮/硝酸盐、有机物及复合污染物）下地下水多污染物反应运移过程的模拟算例，选择至少 2 个京津冀典型复合污染场地开展模拟验证，多污染物传输与转化模拟精度不低于 90%。

申报说明：

本项目实行总承单位负责制，项目申报团队需符合总承单位提出的技术和管理要求。项目类型为重大共性关键技术类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 1:1，实施周期不超过 3 年。

2.2 京津冀地区活性氮水-土-气跨介质耦合模拟技术

研究内容：

针对京津冀活性氮跨介质迁移转化过程刻画不足的问题，研发活性氮水-土-气跨介质耦合模拟技术。构建流域与区域活性氮生物地球化学过程模型，建立涵盖 NH_3 、 NO 、 N_2O 、 HONO 产排过程的协同模拟框架，刻画复杂地形下水力驱动的活性氮三维迁移转化过程，实现水-土-气界面的氮交换模拟，支撑活性氮跨介质模型构建和典型场景跨介质迁移转化与动态平衡的高精度模拟；研发陆面过程模型中的动

态林龄、速生林生态特性、农田及草地等京津冀典型生态管理过程表征模块，建立其通过影响植被生长及局地水热条件调控陆气界面活性氮通量的模型表达，研发包含植被约束的陆气亚小时级双向耦合技术，实现陆气界面联动下的区域活性氮源汇格局动态模拟；研发基于 AI 的蒸散发、土壤水分与地表水迁移模块，制定 AI 模块集成规范，研发异构资源调度、同步/异步执行控制和在线数据交互技术，发展面向国产加速部件的优化技术，实现多卡并行推理计算，建立机理-AI 通用融合框架，支持机理模型与 AI 模块的高频高效混合计算，改进水循环模拟能力及对陆气界面活性氮通量的动态约束能力；设计通用耦合接口和耦合时序映射方法，研发模型耦合信息自动感知、耦合程序流程自动生成、百米级分辨率插值计算、动态三维耦合和并行优化技术，集成机理-AI 通用融合框架并发展利用 AI 的插值优化方法，实现分量模型间的统一编译运行、运行时间统一控制、协同并行积分、变量有效映射交换和跨介质过程模拟，建立跨介质模拟超智耦合器，研发基于耦合器的流域区域活性氮生物地球化学过程模型、陆面过程模型、空气质量模型和天气预报模型的耦合驱动程序，实现包含物理化学过程的并行双向耦合，构建活性氮水-土-气跨介质耦合模型，优化分量间的并行计算资源分配；集成社会经济、政策管理与氮输入响应模块，构建多尺度高分辨率模型驱动数据集，开展京津冀地区活性氮跨介质迁移转化模拟，模拟活性氮跨介质迁移转化的沉降、通

量、土壤氮库及水质等环境效应，评估活性氮跨介质环境效应对不同调控方案的响应机制。

考核指标:

1. 流域区域活性氮生物地球化学过程模型 1 套，实现涵盖水、土、气三类介质相互交界面的活性氮水-土-气跨介质迁移转化过程模拟，基于多源观测数据与再分析驱动场，支持公里级、3 小时活性氮模拟，土壤垂直分层 ≥ 10 层，包含白洋淀等京津冀典型场景，可适配多介质耦合大模型，跨介质迁移转化过程的预测值与观测值误差 $< 50\%$ ，核心代码国产化率达到 100%；新增亚硝酸盐积累与非生物诱导释放的 HONO 产生路径，实现基于微生物和土壤化学过程的 NH_3 、 NO 、 N_2O 和 HONO 跨介质同步模拟，考虑 HONO 同步模拟后的气态活性氮模拟误差降低 10%，考虑水-土-气三维迁移转化过程后的活性氮模拟误差与不考虑水平迁移相比降低 10%。

2. 植被结构动态与生态管理过程模块 1 套，具备动态林龄演替、华北地区典型速生林过程、农田管理及草地管理等不少于 4 类子模块，支持公里级、亚小时级动态模拟，核心代码国产化率达 100%，支撑人工林、平原农田和草地等典型场景的生态管理需求；通过耦合器实现植被动态约束的陆气界面双向互馈，建立陆面过程模型与流域活性氮生物地球化学过程模型的动态耦合，耦合传递的碳氮循环和生物物理变量 ≥ 10 个，频率达亚小时级；实现局地水热变化与活性氮

的动态耦合，基于陆气通量观测开展验证，关键陆气通量模拟误差较耦合前降低 20%。

3. 机理-AI 通用融合框架 1 套，兼容国产加速卡，实现 AI 模块与机理模型的实时融合，支持机理-AI 间同步/异步执行，千核或以上并行规模的数据交换速度不低于 10 GB/s，核心代码国产化率达到 100%；基于 AI 的蒸散发模块和土壤水分与地表水迁移模块各 1 个，对比相应机理模块的水量模拟误差降低 10%，计算耗时降低 50%。

4. 跨介质模拟超智耦合器 1 套，实现各分量模型统一编译和运行、运行时间统一控制、并行机制优化管理、各分量模式数据有效交换、跨介质物理化学过程高效模拟 5 类核心功能，核心代码国产化率达到 100%；实现模型在百米级到十公里级不同分辨率网格下的一体化高效运行，实现 AI 插值优化并降低 10%插值误差，兼容 CPU+加速卡异构架构，万次运行平均故障次数<1 次；实现动态三维耦合功能，支持三维气压坐标动态变化下网格不同分量间的模块化并行耦合，耦合数据交换速度不低于 10 GB/s；当耦合模式使用 5000 核、耦合频率为 0.5 h，耦合器在耦合模式并行运行过程中的开销不超过 10%，所有耦合启动操作耗时 ≤ 30 s；基于耦合器构建活性氮跨介质模型，包含流域活性氮生物地球化学过程模型、陆面过程模型、空气质量模型和天气预报模型，实现包含水、热和活性氮的实时并行双向耦合，实现活性氮在水、气、土多介质维度的精准模拟，总体模拟精度误差<20%，

空间精度达到 3 km，覆盖 ≥ 5 种活性氮，可进行活性氮的环境污染演化过程模拟与调控。

5. 多尺度高分辨率模型驱动数据 1 套，包含京津冀地区工业企业、污水厂、交通路网、农田、林草地，参数包括活动水平、氮排放与投入、管理水平等，覆盖京津冀地区所有重点管理的工业企业和污水厂，交通路网、农田、林草地数据空间分辨率不低于 1 km，活动水平、氮排放与投入、管理水平参数时间分辨率分别为 1 小时、1 小时、1 月；调控情景模拟数据集 ≥ 10 套，调控对象包括工业企业、道路移动源、农田管理、林草经营、污水处理和流域点源等，空间分辨率 ≤ 1 km，时间分辨率到日尺度，模拟时段覆盖 2023~2035 年。

申报说明：

本项目实行总承包单位负责制，项目申报团队需符合总承包单位提出的技术和管理要求。项目类型为重大共性关键技术类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 1:1，实施周期不超过 3 年。

2.3 京津冀模拟器气-水模型耦合联动和智能编排工程化运行技术研究

研究内容：

针对模拟器气-水环境模型联动耦合和工程化运行效率受限等问题，研发基于依赖的任务调度引擎技术，构建统一网格对象、时间管理器和标准组件接口，实现多模型间的细

粒度异步流水线并行，提升模型的联动效率及各模型数据有效交换；研究模拟器模型统一服务化接入方法，突破模型异构计算与高效调度瓶颈，提出模型替换过程中的科学约束机制，研发模型服务的注册、发现与动态管理集成技术，支持气-水模型“可插拔式”替换的标准模块接口协议，实现多源异构生态环境模型的可扩展集成；设计气-水环境模型模块化对接与数据交互框架，建立数据校验、异常处理、重试策略等可靠性保障机制，构建大气与水环境模型全流程执行链路与层级化系统，研发气-水模型标准化适配与语义映射技术，支持大气模块与水环境模块间的联动，研发气-水环境模块组件化配置技术，实现多应用场景下的快速适配、灵活组合与高效模拟；研究基于大语言模型的多尺度跨介质环境模拟集成分析技术，面向“预警-溯源-调控”等业务场景，突破按需选模、动态组装和自适应调度机制的模型智能辅助编排技术，支撑模型服务的自定义调用和智能决策；设计模拟器工程化运行技术框架，研发基于国产化硬件的气-水等模型适配与高效异构并行技术，建立适配国产芯片架构的高性能容器化部署体系，建设多模型集成和多硬件环境适配的工程化协同推进平台。

考核指标：

1. 实现模型智能调度与运行时间统一纳管、运行链路协同优化管理，任务平均完成时间缩短 20%， workflow 成功率 $\geq 90\%$ ，循环依赖检测准确率 $\geq 99\%$ ；连续长时间运行下，任

务平均无故障运行时间不低于 24 h。统一网格对象涵盖结构化和非结构化网格，模型耦合完成时空尺度转换、格式转换、单位映射等数据融合的平均效率大于 100 MB/s。大气、水模型集成数 ≥ 5 类，并行运行效率提升 30% 以上。

2. 建立模型服务标准化接入和模块化可插拔替换机制，以总承单位基线测试为基准，模型服务化接入时间降低 50%，模型服务接口调用平均延迟 ≤ 100 ms；标准接口覆盖率 $\geq 90\%$ ，系统不中断运行情况下，保障模型替换连续性。制定并形成标准化模块接口协议 1 套，支持化学机制、气溶胶方案等 ≥ 3 类核心功能模块插拔式替换。模型集成后环境模拟集成分析完成率 $\geq 90\%$ ，准确率 $\geq 90\%$ ；整体模拟集成分析比单独分析各环境模型的总体时间效率提高至少 50%。

3. 构建自主可控的气-水环境模型耦合底层框架 1 套；多模块内联调用实现连续稳定运行，并进行 6 个月以上连续应用验证，测试成功率达 90% 以上，月度平均故障恢复时间 ≤ 8 h；可插拔模块组件 ≥ 5 类，支撑大气和水环境的预测-溯源-调控等应用场景的快速模拟，同等运行环境下较传统大气及水环境模型运行效率提升 $\geq 20\%$ ，指示污染物（PM_{2.5}、O₃；总氮、溶解氧、CODMn）小时浓度模拟精度损失 $\leq 20\%$ 。

4. 模型智能辅助编排开发时间较传统模式降低 50%，支持人机协同编排模式，减少人工干预频次 $\geq 60\%$ 。实现模型调用链、参数配置、输入输出关系的自动检查，模型组合成功率 $\geq 70\%$ 。各环境模型在大模型底座中的集成/切换效率 $\leq$

1 分钟/模型。覆盖预警、溯源、调控等生态环境典型复杂场景 ≥ 3 个，可适配气-水耦合模型。

5. 建立模拟器工程化协同研发推进平台 1 套，实现连续稳定运行，并在总承单位集成环境中进行 6 个月以上连续应用验证，关键运行设备（含 CPU、加速卡等）国产化率不低于 85%。模型并行技术适配国产化 ≥ 10 GPU 服务节点及 ≥ 2000 核心 CPU。模型自动化容器部署效率提升 50%。实现代码统一集中管理，代码智能审核准确率 $\geq 75\%$ ，漏洞扫描准确率 $\geq 85\%$ 。研发成果需满足总承单位的测试验证。

申报说明：

本项目实行总承单位负责制，项目申报团队需符合总承单位提出的技术和管理要求。项目类型为重大共性关键技术类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 1:1，实施周期不超过 3 年。

2.4 京津冀区域土壤-地下水系统模拟及模型验证平台

研究内容：

面向京津冀区域土壤-地下水系统结构精准刻画、污染过程精细模拟及模型智能化验证的科技需求，集成全域多源异构空-天-地-井数据，应用智能反演识别技术，突破稀疏钻孔瓶颈，建立京津冀区域土壤-地下水系统多介质结构精准刻画模型，实现地层结构由离散点控制向连续场模拟的跨越；开展“地表-根系层-包气带-含水层”多界面系统跨尺

度试验，解析典型污染物迁移转化机理，构建京津冀区域本土化高分辨率三维水力学参数、污染物关键环境过程参数库。研发三维精细非饱和流与区域饱和非稳定流的高效耦合算法，采用离散网格动态自适应变形技术，精确捕捉非均质条件下水力梯度等要素的时空变异，实现跨尺度流场平滑模拟；融合异步迭代、分裂显式积分、异构并行与人工智能等技术，提升模拟的收敛性、稳定性和计算效率；研发表征京津冀关键驱动外源的源汇项高效动态匹配技术，建立京津冀区域土壤-地下水系统三维水动力过程模拟模型。构建区域-重点区多尺度嵌套的对流-弥散-生物地球化学反应多过程耦合模拟架构，研发水-土界面反应动力学模型与高效智能算法，量化典型污染物对浅层地下水与地表水的污染负荷，形成兼具动态数据同化和污染物输移功能的多尺度耦合模拟系统，实现京津冀区域宏观模拟与污染重点区精细刻画的有机融合。解析京津冀典型扰动情景的时变特征，建立极端水文事件、大气沉降、水源置换及开采管控等情景集，预测多因素耦合驱动下典型污染物的迁移扩散趋势，实现京津冀高风险区位的精准快速识别与预警；建立“模拟-预测-评估-优化”技术体系，提出分区分类精准防控策略。搭建适配多场景的大型可控式土壤-地下水污染物多过程实体模拟装置；集成系统结构刻画、水动力演化、污染物输移、多场景仿真应用及实体物理装置等功能模块，融合数据同化与三维可视化技术，研发土壤-地下水系统环境模型智能验证平台，形成集

模型压力测试、机理偏差诊断、精度智能增强于一体的模型验证优化体系。

考核指标：

1. 京津冀土壤-地下水系统多介质结构与参数精准刻画模型 1 套，重点区域水平空间分辨率优于 100 m，垂向空间分辨率达 0.5 m，模型需涵盖根系层、包气带、含水层，其中岩土类型 ≥ 5 种、含水层介质类型 ≥ 3 类，较以往水平-垂向地层结构刻画精度提升 $\geq 20\%$ ；京津冀本土化水文地质参数场 1 套，独立验证点位相对误差 $\leq 20\%$ ；建立微观、中观与宏观 3 个尺度、3 个界面处典型污染物反应动力学过程及 ≥ 5 个关键反应过程的刻画参数库，验证误差 $\leq 15\%$ ；可有效支撑后续模拟工作。

2. 京津冀土壤-地下水系统三维水动力过程模拟模型 1 套，饱和带地下水模拟空间分辨率不低于 1 km，重点区表层土壤模型空间分辨率不低于 100 m；研发的非饱和-饱和带三维流场跨尺度动态自适应耦合模拟技术，较传统模拟方法计算效率提升 $\geq 30\%$ ；模型校准采用平原区全覆盖的 ≥ 10 年地下水位长序列实测数据，重点区地下水位验证点相对误差 $\leq 10\%$ ，重点区域水均衡误差 $\leq 5\%$ ，满足京津冀土壤-地下水水动力过程精准模拟需求。

3. 京津冀土壤-地下水系统典型污染物多过程-多尺度嵌套模型 1 套，选用京津冀浅层地下水典型污染物（硝酸盐和氨氮），饱和带地下水模型空间分辨率不低于 1 km，重点

区非饱和带模型空间分辨率不低于 100 m; 形成区域-重点区多过程-多尺度嵌套模拟能力, 实现典型污染物多界面输移过程和污染负荷的高效模拟, 计算效率提升 $\geq 30\%$; 模型校正与检验采用 ≥ 5 年地下水典型污染物浓度实测数据, 污染重点区地下水水质验证点均方根误差 $\leq$ 实测值的 15%。

4. 构建京津冀多场景多目标管控策略模型, 支持不少于 5 种典型场景 (如不同回补强度、气候变化、大气沉降等) 模拟; 提出不少于 2 项可落地的精准管控建议, 并被省级及以上批示; 跨介质环境质量实时响应仿真涵盖水、气、土介质, 实时响应的空间分辨率为 1 km 网格, 实时响应速度不超过 1 min, 响应误差相较于机理模型控制在 10% 以内; 多介质优化调控能够同时考虑污染物浓度、健康、气候、生态效益等 4 类以上环境目标, 考虑水、气、土 3 类环境介质, 实现 500 条以上调控措施的比选优化。

5. 京津冀土壤-地下水系统污染物运移模拟智能化验证平台 1 套, 规模 $\geq 260 \text{ m}^2$, 典型场景下污染羽预测精度较原始模型提升 $\geq 15\%$; 建成土壤-地下水系统三维实体物理模拟装置 1 套, 垂向深度 $\geq 3 \text{ m}$, 有效模拟体积 $\geq 30 \text{ m}^3$, 涵盖京津冀典型应用场景 ≥ 5 种, 地下介质类型 ≥ 3 种, 实现地下水动力场水平-垂向独立可控, 模拟典型污染物 ≥ 3 种, 污染物浓度智能感知空间分辨率优于 0.5 m, 时间分辨率 $\leq 15 \text{ min}$, 支撑数值模型参数标定、功能校验及精度研判等; 验证平台可实现物理装置与数字模型的实时双向映射, 形成物理实验

数据驱动模型自适应增强回路。

6. 项目产出的模型、软件、平台、数据库等具有自主知识产权，并部署到总承单位；提交源代码和用户手册；模型兼容国产化 x86/64 位架构 CPU、GPU。研发阶段规避开源、商业软件等版权问题。技术指标考核通过总承单位统一测试认证并获得书面认可。

申报说明：

本项目实行总承单位负责制，项目申报团队需符合总承单位提出的技术和管理要求。项目类型为重大共性关键技术类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 1:1，实施周期不超过 3 年。

2.5 极端气象过程与环境暴露响应全链条模拟关键技术及装备

研究内容：

针对气候变化背景下极端天气如高温和强风频发、现有实验模拟装备对复杂的气象-污染过程与健康响应支撑不足的关键问题，围绕“物理传输-化学转化-生物响应”全链条耦合机制，研发集立体观测、源排放、介质与生命体过程及气候变化影响于一体的环境暴露响应与过程模拟装置关键技术体系。研制大型环境风洞核心调控技术，开发中性、稳定和不定层结条件下边界层结构的可控模拟方法，实现风场、温度的动态调控，实现极端天气条件下边界层物理过程

的高精度数值模拟，实验再现高温和强风等极端气象情景，改进中性、不稳定、稳定层结条件下湍流结构特征的表征方法，发展湍流扩散系数的测量和验证技术，建立湍流扩散系数数据库，突破面向空气质量模式的湍流扩散参数化关键技术；研发温、湿、压可控的环境暴露响应一体化模拟装置，兼具大气烟雾箱与人体暴露舱功能，实现对污染源排放、多介质转化、人体暴露响应的全过程模拟，突破复杂环境条件下污染转化与暴露-健康响应一体化模拟、低本底控制和记忆效应抑制等关键技术，为高温等极端天气条件下污染物形成及健康效应研究提供高重现性、高保真度的技术平台；研发环境暴露与健康响应实时观测平台，与模拟装置耦合集成，实现暴露端与效应端的实时动态观测与定量解析，重点研究极端高温等天气条件下大气污染化学转化过程的响应特征，揭示高温对大气二次污染人体健康效应的修饰作用；突破极端环境气象事件对京津冀跨圈层跨介质环境影响的量化评估技术，耦合风洞与烟雾箱实验的物理化学机制，提升对气候变化背景下极端天气驱动的京津冀及外围传输通道地区大气复合污染过程的模拟能力，同时结合人体暴露与健康响应实验结果，构建基于健康风险的减排责任解析技术，支撑极端天气下京津冀空气污染预警、区域协同减排及健康风险防控。

考核指标：

1. 研发大型环境风洞物理模拟核心调控技术，风洞试验

段截面积 $\geq 12 \text{ m}^2$ 、长度 $\geq 25 \text{ m}$ ，可模拟高温热浪和强风等极端天气条件，边界层模拟技术的温度控制范围 $20\sim 40^\circ\text{C}$ （精度 $\leq \pm 1^\circ\text{C}$ ），垂直温度梯度调控范围 $\geq 5 \text{ K/m}$ ，风速 $0\sim 40 \text{ m/s}$ ，可稳定复现中性、稳定、不稳定三类典型层结条件；实现示踪物浓度场三维动态模拟，建立湍流扩散系数反演方法，获得不少于 10 组不同层结条件下的扩散系数分布，实现不少于 2 类典型极端天气条件下风洞实验与高精度直接数值模拟及大涡模拟的交叉验证。

2. 研发温湿压可控环境暴露与健康响应过程模拟装置，在内舱有效体积 $\geq 35 \text{ m}^3$ 条件下，构建宽域、高稳定的温湿压与通风综合模拟环境，满足污染释放、大气转化以及人体暴露等多场景实验需求，实现换气率控制范围 $0.5\sim 5 \text{ h}^{-1}$ （连续可调），温度控制范围 $-20\sim 45^\circ\text{C}$ （精度 $\leq \pm 1^\circ\text{C}$ ）， 5°C 以上湿度控制范围 $20\%\sim 90\% \text{ RH}$ （精度 $\leq \pm 5\% \text{ RH}$ ），气压控制范围 $30\sim 101 \text{ kPa}$ （精度 $\leq \pm 1 \text{ kPa}$ ）；有效控制舱体的污染物记忆效应，实验间本底残留率 $\leq 5\%$ （以正癸醛为例）；装置具备颗粒物、臭氧等典型污染物浓度的稳定控制能力，浓度波动系数 $\leq 10\%$ ；形成高温热浪等极端条件下城市大气复合污染的过程模拟与人体暴露模拟技术方案，复现大气实测的臭氧、硫酸盐与二次有机气溶胶浓度，误差 $\leq 20\%$ ，支撑相关物理化学机制与健康效应机制研究。

3. 研发大气环境暴露与健康响应协同监测关键技术，突破大气环境暴露组分高通量实时解析、多维健康响应协同监

测的关键技术难点，实现环境暴露特征组分高通量实时监测，同步解析组分不少于 200 种，时间分辨率 ≤ 10 min，采用国际标准方法对不少于 20 种关键组分开展验证，误差 $\leq 20\%$ ；建立化学体系和人体健康响应协同监测技术体系，其中氧化还原活性监测时间分辨率 ≤ 2 h，人体在线监测覆盖自主神经功能和呼吸生理响应两类指标，时间分辨率 ≤ 10 min，离线检测炎症、氧化应激和代谢调控等生物标志物不少于 20 个；完成不少于 60 人次高温热浪条件下空气污染健康响应特征的可控模拟验证，形成暴露-健康响应参数数据库，包含不少于 30 项关键参数。

4. 研发京津冀极端环境气象事件跨圈层跨介质影响量化评估技术，实现高温干旱、静稳等不少于 2 类极端事件下陆面排放、大气沉降等污染物跨介质通量动态模拟，通量模拟准确率较基准模型提升 $\geq 20\%$ ；耦合湍流扩散、沉降和陆面排放过程等不少于 3 类过程参数化方案，颗粒物、臭氧关键污染物的模拟准确率较基准方案提升 $\geq 15\%$ ；空间分辨率 ≤ 3 km，时间分辨率 ≤ 1 h；选择不少于 3 次典型污染过程开展验证，模拟准确率较基准模型提升 $\geq 10\%$ ；建立健康风险导向的减排责任解析技术 1 套，构建覆盖京津冀主要城市及不少于 5 类重点源的城市-行业-污染物贡献矩阵，量化颗粒物、臭氧暴露、超额健康风险及跨区域传输贡献，识别优先减排对象，提出差异化责任分担与协同防控方案；参数化方案接入京津冀环境模拟器，形成京津冀区域跨圈层大气环境

影响及健康风险防控量化评估技术报告，主要成果被省级及以上政府管理部门采纳。

申报说明：

本项目实行总承包单位负责制，项目申报团队需符合总承包单位提出的技术和管理要求。项目类型为重大共性关键技术类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 1:1，实施周期不超过 3 年。

2.6 渤海湾复杂生态系统健康临界预警与分区动态管控关键技术研究

研究内容

针对多压力叠加下渤海湾物理-生物-社会耦合复杂系统健康状态演化机理不清、临界风险空间传导路径难识别以及高开发海域分区管控缺少动态校验等问题，面向“生态系统健康诊断-风险滚动预警-分区动态管控”的业务需求，开展渤海湾复杂生态系统健康临界预警与分区动态管控关键技术研究。依托历史调查和现有监测基础，开展海上巡航与定点动态观测，整合水质波动、生境变化、生物群落和开发活动扰动等多源数据，研发数据时空配准与缺测重建方法，并融合季度尺度营养盐大气沉降资料，形成支撑生态系统时空演变重建和模型校准的数据产品，重建渤海湾复杂生态系统时空演变格局，识别关键生态功能区及其变化特征；研发多模态因果表征与反事实检验耦合的方法，从环境适宜性、

生境完整性、生态系统功能等维度开展生态系统健康诊断，识别关键驱动因子，量化河流、入海排污口、大气沉降、地下水、极端气候及海洋开发活动等压力对生态系统健康演变的贡献，筛选满足业务化观测、预警与管控需求的核心指标；构建基于网络关联与互馈级联效应的生态系统健康临界边界识别技术，解析单要素、多要素和关键生物类群的临界边界及其与典型生态事件的对应关系，建立面向河口-海湾的输入负荷-生态环境-生物响应耦合演化的压力传导图谱，揭示触发复杂生态系统临界突变的驱动机制；以临界边界为约束，构建自然过程与开发活动叠加驱动的生态系统健康风险滚动预警模型，利用长期动态观测和典型生态事件数据进行验证，实现次季节-季节尺度的生态系统健康风险分级研判与动态预警；面向渤海湾整体生态预警和分区动态管控需求，构建开发活动管控情景库，研发临界预警-开发活动-分区规则耦合的动态推演与跨场景适配模型，在海上油气开采、海上风电建设、航道疏浚等典型开发场景中开展模型适配、管控方案比选和动态分区效果验证。

考核指标：

1. 研发基于物理-生态过程约束与时空图学习的数据时空配准和缺测重建技术，形成融合长期监测、历史调查和专项观测资料的渤海湾复杂生态系统时空演变数据产品 1 套，覆盖水环境、沉积环境、生境结构、生物类群（含浮游、底栖、鱼类）和开发活动等要素，时间跨度 ≥ 20 年、形成季度

连续时间序列、空间分辨率 $\leq 10\text{ km}$ ；形成海上油气开采、海上风电建设和航道疏浚等 3 类典型场景验证数据集，用于临界识别、滚动预警和动态管控模拟验证；形成渤海湾复杂生态系统时空演变和生态功能定位动态图谱各 1 套，采用 GIS 矢量格式、比例尺 1:5 万；识别关键生态功能区不少于 3 类。

2. 研发多模态因果表征与反事实检验耦合的生态系统健康诊断技术，形成健康诊断方法和核心指标集各 1 套，指标覆盖环境适宜性、生境完整性和生态系统功能等，生物或生态过程指标占比 $\geq 50\%$ ；以历史生态事件归因、现场观测和专家复核构成独立证据链，在不少于 2 个典型海区、连续至少 5 年的数据上开展跨年份验证，关键驱动因子稳定识别率 $\geq 70\%$ ，且识别结果与独立证据一致率 $\geq 70\%$ 。

3. 建立基于网络关联-互馈级联效应的生态系统健康临界边界识别技术，形成不少于 3 类链式压力-响应传导路径图谱，包括外源输入-海水/沉积物-生物响应、极端气候-水质/生境-生物响应、海上开发活动-生境扰动-生物响应；建立临界边界/阈值识别模型 1 套，稳定量化核心阈值不少于 3 项，其中至少 1 项为鱼类等较高营养级生物或关键功能群指标；阈值-典型生态事件对应关系跨年份、跨海区验证准确率 $\geq 70\%$ 。

4. 研发临界边界约束与动态观测同化驱动的多尺度预测预警技术，构建自然过程-开发活动叠加驱动的生态系统

健康风险评估与预测预警模型 1 套，在海上油气开采、海上风电建设、航道疏浚等 3 类场景开展验证，形成预警产品 ≥ 5 类；实现典型生态事件（以缺氧等为验证案例）健康风险分级与滚动预测，基于事件识别、发生时间、空间重合度等指标，7~15 天、1~3 个月、6 个月时效尺度的综合预测精度分别达到 90%、80%和 70%以上；利用在线监测、海上巡航和历史事件回放等 ≥ 3 类实测资料开展验证。

5. 研发临界预警-开发活动-分区规则耦合的动态政策模拟与跨场景适配技术，建立动态分区推演与政策模拟器 1 套，支持海上油气开采、海上风电建设、航道疏浚等场景管控方案比较，开展基准静态分区与动态管控情景对照模拟，动态管控方案的综合生态风险在不少于 2 类场景中降低 $\geq 15\%$ 。形成分区规则优化建议和 1:5 万生态分区管控图各 1 套，划分管控分区 ≥ 4 类；在不少于 3 类场景开展模型验证，其中至少 2 类开展连续应用验证，累计验证面积 $\geq 50 \text{ km}^2$ ，连续运行 ≥ 6 个月。形成可嵌入地方生态环境监督管理平台的规则模块及与国家平台衔接的标准化数据和模型接口；形成决策建议 ≥ 2 项，其中至少 1 项被省级及以上主管部门采纳。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 2:1，实施周期不超过 3 年。

2.7 生态环境管理长程复杂任务自主智能体关键技术研发与应用

研究内容：

针对生态环境管理任务链条长、业务对象多、状态变化快、规则约束强，跨系统平台调用难和多源资料研判多依赖人工协调等问题，围绕长程复杂任务受控自主执行目标，开展生态环境管理自主智能体关键技术研究。研究生态环境业务规则约束下长程任务链建模与能力匹配技术，建立业务意图、任务层级、规则约束、任务依赖与原子能力的映射模型，形成层次化任务分解、任务链自动生成和知识、模型、工具、系统接口按需调用方法；研究多源任务态势感知与多智能体自适应协同调度优化技术，建立任务状态、优先级和执行依赖联合表征模型，形成面向多任务并发、状态变化和运行扰动的动态调度与在线重规划算法；研究长程任务执行链路可观测、异常归因与自恢复技术，建立任务节点状态持续追踪、异常检测、原因定位、分级处置、中断恢复和策略优化机制，提升智能体长时序执行可靠性；研究运行事件感知与跨系统自主处置智能体集成技术，建立业务系统群运行状态、接口调用和事件关联统一感知方法，实现跨系统访问、处置指令智能路由、过程跟踪、可信访问和全过程审计；研究多源资料语义解析、对象关联与知识推理技术，建立资料要素抽取、跨源关联和约束关系推理方法，形成面向重复交叉、进展偏差、经费异常和约束冲突的智能研判模型，支撑协同治理任

务资料批量分析与辅助决策。

考核指标：

1. 生态环境业务规则约束下长程任务链建模与能力匹配技术 1 套，相关算法、模型、工具组件及代码全部开源。具备业务意图解析、层次化任务分解、规则约束建模、原子能力注册、任务依赖建模和能力动态调用功能；复杂业务目标自主拆解准确率 $\geq 85\%$ ，从业务意图到可执行任务链自动转化准确率 $\geq 85\%$ ，任务-能力自动匹配准确率 $\geq 85\%$ ，支持在多层级任务嵌套、长链条节点依赖和规则约束耦合条件下，实现不少于 4 级任务分解、单链不少于 30 个节点的长程任务链自动构建，真实业务环境下端到端任务链一次生成可执行率 $\geq 80\%$ 。

2. 多源任务态势感知与多智能体自适应协同调度优化算法 1 套。支持多源任务统一接入、态势感知、动态优先级评估、跨任务协同、多智能体自适应协同和调度策略优化；支持不少于 5 类业务系统跨任务接入，跨任务协同执行成功率 $\geq 90\%$ ，多任务并发调度时延的压降率 $\geq 50\%$ ，动态优先级评估准确率 $\geq 85\%$ ，支持不少于 10 个智能体并发协同，运行扰动下在线重规划成功率 $\geq 85\%$ 。

3. 生态环境长程任务执行链路可观测、异常归因与自恢复技术 1 套。支持任务状态追踪、链路可观测、异常自检触发、高风险异常识别处置和运行策略持续优化；关键任务节点状态追踪覆盖率 $\geq 95\%$ ，异常自检触发准确率 $\geq 90\%$ ，高

风险异常自主识别与处置成功率 $\geq 85\%$ ，典型异常处置时延的压降率 $\geq 50\%$ ，运行策略自演进优化效率提升 $\geq 20\%$ 。

4. 生态环境业务系统群运行事件感知与跨系统自主处置智能体集成技术 1 套。面向生态环境业务网络环境，覆盖 50 个以上业务系统的网络、主机、服务、接口、日志等运行对象，具备状态感知、接口自动访问、调用链路追踪、日志告警识别、事件关联、指令路由、过程跟踪和态势分析能力；实现京津冀 30 类以上多源异构生态环境数据可信流通，支持权限分级、访问授权、调用留痕、路径追踪和审计核验，访问授权记录完整率 $\geq 95\%$ ，关键调用留痕覆盖率 $\geq 95\%$ ；支持不少于 5 类智能体任务执行事件接入，异常运行事件自动识别准确率 $\geq 85\%$ ，跨系统处置指令路由准确率 $\geq 85\%$ ，关键任务状态追踪覆盖率 $\geq 95\%$ 。

5. 京津冀协同创新任务资料语义解析、对象关联与知识推理技术 1 套，并在生态环境云相关国家级平台部署应用。支持项目、人员、经费、成果等不少于 8 类核心对象统一建模、自动解析与关联分析，多源数据自动采集与更新成功率 $\geq 85\%$ ，跨源关联准确率 $\geq 90\%$ ；支持不少于 6 类资料智能解析与要素抽取，核心要素抽取准确率 $\geq 85\%$ ；具备目标、任务、指标、进度、经费、成果等要素推理分析能力，重复交叉识别准确率 $\geq 85\%$ ，进展偏差识别准确率 $\geq 85\%$ ，经费异常识别准确率 $\geq 80\%$ ，关键约束冲突识别准确率 $\geq 85\%$ ；支持不少于 500 份真实资料批量分析处理，全流程辅助分析

时长较人工缩短 $\geq 70\%$ 。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 1:1，实施周期不超过 2 年。

2.8 白洋淀流域淀城复合系统跨介质协同管控技术与应用

研究内容：

针对白洋淀流域氮磷碳跨介质输移机理不清、流域-城市-淀区互馈机制不明、多场景协同管控能力不足等问题，开展淀区与入淀河口关键区域水下地形高精度勘测及水文、水生态环境实时动态观测，采集氮磷碳输入、水动力边界条件、水生生物及生境等关键数据，融合生态环境、水文水动力等长序列历史数据，攻克多源多时空数据同化校准技术，耦合联动形成淀区多尺度、多要素动态数据产品，支撑高精度动态立体化白洋淀数字系统构建；突破白洋淀“泥-水”等界面氮磷碳原位动态观测技术，揭示氮磷碳跨介质输移转化的动力学过程机制，量化“气-水-泥”跨介质过程动力学参数及交换通量，研发“气-水-泥”动态交互过程模拟技术，研制跨介质输移数值模型；研制覆盖“自然过程、治理工程、湖泊水体”完整水文路径的多尺度、半自然模拟系统，开展氮磷碳流域全过程、多流场迁移转化路径追踪与模拟，揭示其输移累积等核心特征并构建理化、生态参数集，在白洋淀

典型区域开展氮磷碳“输入-转化-响应-输出”全过程模型校验与迭代优化；突破多尺度模型嵌套、融合与标准化集成技术，耦合白洋淀流域、城市水系、淀区模型并嵌入氮磷碳跨介质输移过程模型，形成白洋淀数字孪生水环境大模型，开展气候变化、污染排放等典型场景下淀区水资源、水环境、水生态联动响应模拟，预测“自然-人为”双重胁迫下白洋淀水生态环境多时空演化与发展趋势；突破机理模型、数据驱动模型与大语言模型的协同驱动技术，研制基于数字孪生的白洋淀即时智能响应系统，深度代理模型加速推演、领域自然语言需求解析、多目标智能寻优等技术，实现极端水文等典型场景下总氮控制、水质稳定达标等多目标快速调控决策，形成虚实交互的数字孪生驾驶舱，支撑淀城协同管控向数智化跃升。

考核指标：

1. 白洋淀淀区水下地形数字高程数据 1 套，覆盖面积 $\geq 95\%$ ，地面分辨率 $\leq 20\text{ m}$ ，水深测量误差 $\leq 0.1\text{ m}$ ；多类型藻类在线监测装备 1 套，藻类种类鉴别和藻密度统计的监测误差 $\leq 15\%$ ，单帧监测响应时间 $< 30\text{ s}$ ；水生植被覆盖度及关键种识别系统 1 套，挺水植物、沉水植物覆盖度估算误差分别 $\leq 10\%$ 、 $\leq 15\%$ ，主要挺水/浮叶植物种类识别精度 $\geq 80\%$ ；多源多时空数据同化校准技术 1 项，同化后关键要素相对偏差降低 $\geq 10\%$ ；依据白洋淀数字孪生水环境大模型的开发标准规范，建立高精度动态立体化白洋淀数字系统 1 套，覆盖

水下地形、气象、水文、水质、藻类、水生植物等 ≥ 6 类数据类型，通过标准化数据输出接口，支持数据向模型系统的推送。

2. 泥-水等界面跨介质原位动态观测设备 1 套，实现氮磷碳同步原位观测，跨界面同步观测误差降低 $\geq 10\%$ ；氮磷碳跨介质输移转化关键过程动力学参数集 1 套，涵盖输入、迁移、转化等 3 类核心过程；“气-水-泥”跨介质动态交互过程模拟技术 1 项，构建淀区大气-地表水、沉积物-水等跨介质输移模型，对氮磷碳等关键指标的通量模拟误差 $\leq 20\%$ 。

3. 氮磷碳多尺度、半自然的流域全过程迁移转化室内实体模拟系统 1 套，涵盖“自然过程、治理工程、湖泊水体”完整水文路径，可模拟降雨、光照、温度、负荷输入、处理工艺等典型情景 ≥ 5 种，模拟水量 $\geq 20 \text{ m}^3$ ；选择一个典型河淀区段（ $\geq 20 \text{ km}^2$ ）完成模拟验证，基于“输入-转化-响应-输出”全过程模型验证的数据有效率 $\geq 90\%$ ；氮磷碳“产-汇-流”全过程理化、生态参数集 1 套，包含氮磷碳输移累积、“泥-水”“气-水”界面通量等 ≥ 3 类核心特征参数。

4. 白洋淀数字孪生水环境大模型 1 套，耦合模型 ≥ 6 类（涵盖流域模型，淀区水动力、水质、水生态模型，城市水系模型，污染物跨介质模型）；选择典型河淀区段，实现水文、水质关键指标及藻华（叶绿素 $a \geq 20 \mu\text{g/L}$ ）的日尺度模拟预测，预测误差 $\leq 20\%$ ，水生植物覆盖度及生物量月-季度尺度的模拟预测，预测误差 $\leq 30\%$ ；实现 ≥ 5 大类场景模拟

预测（气候变化、多水源补给、工程调控、总氮控制、汛期污染控制等）；模型参数自动率定技术 1 项，实现 ≥ 30 个关键参数的自动寻优；构建白洋淀数字孪生水环境大模型的开发标准规范，开发数据-模型协同运行机制 1 套，实现数据同化更新。

5. 基于数字孪生的白洋淀即时智能响应系统 1 套，支持自然语言指令到调控策略生成的全流程自动化运行，极端水文情景下的决策响应时间 ≤ 20 min，常规情景决策响应时间 ≤ 1 h；数字孪生可视化驾驶舱 1 套，部署于河北省、雄安生态环境部门及京津冀模拟器平台，年正常运行时间 $\geq 95\%$ ；AI 快速代理模型 1 套，单次情景推演响应时间 ≤ 20 min；面向总氮控制、生态流量保障、水质稳定达标、水华防控等场景提出智慧化调控决策方案 ≥ 6 套；主要成果被省级及以上政府（行业）管理部门采纳应用。

申报说明：

本项目实行总承包单位负责制，项目申报团队需符合总承包单位提出的技术和管理要求。项目类型为应用示范研究类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 3:1，实施周期不超过 3 年。

板块三：重点行业碳污协同深度减排及资源化技术与装备体系

3.1 京津冀钢铁工业典型固废分质利用与协同治理关键

技术及示范

研究内容：

针对京津冀钢铁工业高温熔渣、尘泥、钢渣和铁尾矿等典型固废厂内闭路循环不畅，多场景消纳与工程化利用衔接不足等突出问题，开展多场景分质利用与协同治理关键技术研究及示范。解析钢铁工业固废资源环境特征及产生-消纳响应规律，阐明典型固废分质及协同等多尺度、多途径利用过程的质-能-碳循环转化机制，研究基于能源-环境-经济的低碳路径调控方法，形成钢铁行业固废源头减量、分质分级利用路径图及钢铁行业“无废工厂”建设方案；研发高炉熔渣干式淬化传热强化与环境吸附材料制备技术，构建熔体结构-物性关联模型，突破显热高效回收、矿相调控等关键技术，开展高炉熔渣梯级余热回收与熔渣有价值组分利用工程示范；研究高氯高盐复杂尘泥阻塞组分去除与安全回返利用技术，突破物理预活化、脱氯脱碱与铁质组分重构等关键技术，研发铊痕量高毒性元素定向富集及深度净化、残渣稳定化/固化技术，形成复杂尘泥减害与厂内闭路循环利用工艺；研发钢渣矿化固碳转化与钢铁工业多源固废协同胶结充填技术，开发矿化产物定向形成与品质调控方法，研发钢铁工业多源固废与尾砂协同胶凝活化与颗粒级配调控技术，评估胶结充填体地下服役稳定性与环境安全性，形成“矿化产物高值化制备-低碳胶结材料构建-采空区胶结充填利用”协同技术路径并开展工程示范；研发面向高盐、高氯、干湿循环等

滨海复杂环境的钢铁固废基低碳固化材料与生态防护构筑材料制备关键技术，开展滨海高盐淤泥资源化处置与生态防护协同治理工程示范，形成“分质利用-厂内闭路循环-地下安全消纳-滨海场景协同治理”的系统技术体系。

考核指标：

1. 京津冀钢铁工业固废产生-消纳响应模型，模型精度 $\geq 95\%$ ，覆盖京津冀钢铁工业固废种类 $\geq 95\%$ ；形成钢铁工业固废利用质-能-碳知识图谱并编制“无废工厂”建设方案 1 套，在京津冀地区单体千万吨以上产能的钢铁企业示范应用 ≥ 3 家；形成京津冀钢铁工业固废利用相关政策建议 ≥ 2 项，并被省级及以上管理部门采纳应用，形成《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》及《国家危险废物名录》修订稿，并被生态环境相关管理部门采纳应用。

2. 高炉熔渣显热-组分-结构-物性数据关联模型，模型预测准确性 $\geq 95\%$ ；热态熔渣高效热回收仿真软件，可仿真计算的热回收方式 ≥ 3 种，熔渣温度计算误差 $\leq 10\%$ ；高炉熔渣干式淬化换热技术，应用于每年 10 万吨级熔渣余热综合回收技术示范，高炉熔渣余热综合回收率 $\geq 50\%$ ，相对传统水淬法，吨渣耗水量 ≤ 0.02 吨，系统节水率 $\geq 95\%$ ，吨熔渣产生饱和蒸汽量 ≥ 300 kg；高炉渣基环境吸附材料实现每年吨级制备，吸附材料比表面积 ≥ 500 m²/g，CO₂ 吸附容量 ≥ 100 mg/g。

3. 高氯高盐复杂尘泥有害组分去除与安全回返利用关

键一体化技术，复杂尘泥安全回返（梯级利用效率）比例 $\geq 85\%$ ，铁素综合回收率 $\geq 90\%$ ，干基回返料中 $\text{Cl}^- \leq 0.5\%$ 、 $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} \leq 1.5\%$ ；复杂尘泥中铊浸出率 $\geq 90\%$ ，浸出液处理后铊浓度 $\leq 2 \mu\text{g/L}$ ，固化稳定残渣铊浸出毒性符合国家标准，复杂尘泥脱氯脱碱除铊一体化分离净化中试装置 1 套，处理能力达到 10 吨/天，连续稳定运行 720 h 以上。

4. 钢渣矿化固碳转化与钢铁工业多源固废协同胶结充填关键技术，纳米碳酸钙矿化产物粒径 50~200 nm、纯度 $\geq 90\%$ ；干基充填材料中钢铁工业固废掺量 $\geq 80 \text{ wt}\%$ ，浆体初始塌落度 $\geq 180 \text{ mm}$ 、泌水率 $\leq 5\%$ ；充填体 7 天与 28 天单轴抗压强度分别 $\geq 5.0 \text{ MPa}$ 和 $\geq 10.0 \text{ MPa}$ ，环境安全性满足相关国家标准要求；相较于传统普通硅酸盐水泥基胶结充填方案，单位胶结充填体全生命周期碳足迹降低 $\geq 30\%$ 且碳排放量 $\leq 0.12 \text{ t CO}_2\text{-eq/t}$ 固废，材料制备成本降幅 $\geq 15\%$ 且降低额 ≥ 8 元/吨，综合处理成本 ≤ 180 元/吨；在京津冀地区开展采空区胶结充填应用示范，示范期内累计消纳钢铁工业固废 ≥ 500 万吨。

5. 适用于滨海高盐淤泥资源化利用及生态防护等分场景固化材料 ≥ 3 种：固化材料中工业固废掺量 $\geq 70 \text{ wt}\%$ ，滨海高盐淤泥地基（基层）固化材料 7 天与 28 天抗压强度分别 $\geq 1.0 \text{ MPa}$ 和 $\geq 3.0 \text{ MPa}$ ；钢铁渣基地坪/面层材料 28 天抗压强度 $\geq 25.0 \text{ MPa}$ ，氯离子电通量 $\leq 1000 \text{ C}$ ；生态防护构筑材料 28 天抗压强度 $\geq 40.0 \text{ MPa}$ ，氯盐/干湿循环/冻融后强度

保持率 $\geq 80\%$ （参照 GB/T 50082-2024《混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》），抗冲刷质量损失率 $\leq 5\%$ （参照 SL/T 352-2020《水工混凝土试验规程》）。在不少于 1000 亩示范区域开展滨海高盐淤泥资源化利用，资源化利用钢铁固废 ≥ 10 万吨，形成滨海高盐淤泥资源化处置与生态防护多场景工程应用技术方案 1 套，并被京津冀地区单体千万吨以上产能的钢铁企业采纳应用。

申报说明：

本项目实行总承单位负责制，项目申报团队需符合总承单位提出的技术和管理要求。项目类型为应用示范研究类，采用事前立项事后补助方式，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 4:1，实施周期不超过 3 年。

3.2 超大城市生活垃圾智慧焚烧与超净排放关键技术研发与示范

研究内容：

针对超大城市生活垃圾焚烧厂多源固废协同处置、稳定高效焚烧、污染物超净排放和全链条智能管控等方面的需求，开展生活垃圾智慧焚烧与超净排放关键技术研发与示范应用。研究超净排放概念内涵、评价边界，构建覆盖进料、垃圾堆存、控温焚烧、烟气净化场景的全流程指标体系，研发多源异构信息融合全流程智能感知技术，建立超净排放动态评估模型，开发超净排放实时智能诊断方法；研究垃圾池贮

存过程中渗滤液产率、臭气释放强度及其组分动态演化规律，建立渗滤液-臭气协同调控方法，研究烟气污染物宽温域广谱协同净化技术，研发多源低碳燃料耦合烟气碳污协同净化关键技术；研究生活垃圾多源混烧过程自适应燃烧控制技术，建立数据驱动的固废热值、焚烧状态、污染物排放智能预测模型，研制具备自学习、自优化、自适应能力的焚烧炉自主控制装备和烟气净化智能调控系统，实现多源固废协同高效处置、炉内污染物和烟气排放精准控制；构建面向污染物排放精准管控与生产稳定运行的行业垂直大模型，具备工况识别、异常诊断、趋势预测、状态评估、风险预警和优化决策等功能，开发生活垃圾焚烧厂全链条智慧管控系统，支撑垃圾焚烧厂污染物实现超净排放和稳定运行；研制垃圾焚烧行业智能精细化业务管理平台，构建覆盖物料协同配伍、入炉调度焚烧、污染排放、设备运维、环境监管和运行评价等环节的数字化业务流程，实现生活垃圾焚烧环境管理的在线化、规范化和精细化管理，在超大城市生活垃圾焚烧厂开展示范应用。

考核指标：

1. 生活垃圾焚烧超净排放技术指标体系，包含协同排放、设施运行、智慧化监管、无组织控制和清洁运输等维度，覆盖进料、垃圾堆存、控温焚烧、烟气净化的全流程，主要成果得到国家或地方相关业务主管部门采纳应用；超净排放综合评估模型，影响指标 ≥ 5 类，评估准确率 $\geq 90\%$ ；生活垃

圾焚烧行业超净排放智能诊断模型，异常线索智能识别率 $\geq 90\%$ 。

2. 垃圾池渗滤液-臭气协同处置与调控技术，对池内渗滤液产生量和主要组分浓度的调控准确率 $\geq 90\%$ ，渗滤液产量与化学需氧量（COD）浓度可调范围覆盖目标值的 $\pm 20\%$ ，渗滤液经净化后末端 COD 去除率 $\geq 99\%$ 、氨氮去除率 $\geq 99\%$ ，臭气典型组分产生浓度降低 $\geq 20\%$ ；烟气污染物宽温域广谱协同净化技术，适用温度窗口 $180\sim 420^{\circ}\text{C}$ ，脱硝成本较现有水平降低 $\geq 15\%$ ，烟气其他处理成本与现有水平相当；研究多源固废协同焚烧烟气净化技术，烟气排放（有组织排放 24 h 均值）颗粒物 $\leq 8\text{ mg/Nm}^3$ 、氮氧化物（ NO_x ） $\leq 50\text{ mg/Nm}^3$ 、氯化氢（HCl） $\leq 8\text{ mg/Nm}^3$ 、氨（ NH_3 ）逃逸 $\leq 8\text{ mg/Nm}^3$ 、二氧化硫（ SO_2 ） $\leq 20\text{ mg/Nm}^3$ 、汞及其化合物（测定均值） $\leq 0.02\text{ mg/Nm}^3$ 、二噁英类 $\leq 0.1\text{ ng TEQ/Nm}^3$ 。

3. 焚烧炉智能自主控制装备，实现多源垃圾焚烧自适应调控，入炉垃圾热值及烟气含氧量预测模型的平均预测误差 $\leq 10\%$ 、关键工艺参数（炉膛温度、烟气含氧量、主蒸汽流量等）的控制精度 $\geq 95\%$ 、焚烧锅炉烟道出口烟气含氧量稳定在 $3\%\sim 8\%$ 、波动工况下性能衰减率 $\leq 10\%$ ；烟气净化智能调控系统，实现 NO_x 、 SO_2 、HCl 等烟气污染物秒级预测，预测未来时长 $\geq 5\text{ min}$ 、预测平均误差 $\leq 10\%$ ，脱酸脱硝环保物料投加与污染物预测结果联动控制 $\leq 1\text{ s}$ ，烟气净化调控系统纠偏自主学习更新计算时间 $\leq 2\text{ s}$ ，环保物料药剂投放量减少

≥ 5%、主要污染物排放峰值波动平均降低 ≥ 10%。

4. 生活垃圾焚烧行业垂直大模型，工况识别准确率 ≥ 90%，关键生产指标未来预测时长 ≥ 5 min、预测准确率 ≥ 90%，风险提前预警时间 ≥ 5 min、预警精度 ≥ 90%；全链条智慧管控系统，系统响应时间 ≤ 30 s、智能决策建议采纳率 ≥ 85%，司炉班组人工工时降低 ≥ 40%，运行成本降低 ≥ 5%，综合资源利用率提升 ≥ 5%；形成生活垃圾焚烧厂全链条智慧管控体系，被省级行业管理部门采纳。

5. 基于人工智能的生活垃圾焚烧环境精细化管理平台，覆盖生产排产、入炉调度、智慧焚烧、污染排放、设备运维、智能管控和运行评价等，在超大城市选择不少于 4 座生活垃圾焚烧厂开展示范应用，示范的生活垃圾焚烧厂总设计日处理能力占比不低于所在超大城市已建成投运的生活垃圾焚烧设施总设计处理能力的 50%、已建成投运的焚烧厂日处理能力 3000 吨及以上的不少于 3 座；至少 1 座生活垃圾焚烧厂开展超净排放、智慧焚烧、智慧管控的综合示范应用，大气主要污染物排放浓度比现行排放限值要求降低 30%以上，渗滤液、炉渣和臭气综合厂内消纳率 ≥ 85%，发电效率提升 ≥ 2%，焚烧效率 ≥ 99%；至少 2 座生活垃圾焚烧厂开展焚烧炉智能自主控制装备示范应用，自动投运率 ≥ 95%；形成超大城市生活垃圾焚烧厂多源固废协同处置、智慧焚烧应用及评价报告 1 份，智慧运维手册 1 套，相关成果被城市内生活垃圾焚烧厂运营单位采纳应用，形成垃圾焚烧超净排放技术

指南或地方标准 1 项。

申报说明：

项目类型为应用示范研究类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 6:1，实施周期不超过 3 年。

3.3 超大城市火储联调的节煤降耗与碳污源头控制关键技术及工程示范

研究内容：

针对京津冀超大城市冬季供暖、工业供汽下的热电运行冲突，以及煤电灵活运行导致的煤耗上升与碳污治理成本增加等问题，开展火储联调的节煤降耗与源头减排关键技术和智控装备研发及示范应用。研究典型场景下煤电机组煤耗与碳污排放协同规律，构建宽负荷运行与变负荷过程的煤耗动态评估模型，提出附加碳污排放核算方法，研发瞬时排放达标约束下的厂级火储联合运行策略动态生成技术，形成灵活低碳清洁运行评价标准；研究变工况下火储系统能量传递及协调机制，研发面向热电解耦的供热抽汽-热网循环水-储能功率协同调节工艺，提出适应安全、煤耗与碳污排放动态约束的电-热-储协同调控及多模式无扰切换技术，研制边缘智能控制器，实现灵活运行与深度减排协同；研究快速变负荷下煤粉燃烧对炉内 NO_x 等污染物生成的影响机理，开发高温外部烟气深度再循环的煤粉预热活化低氮助燃装置，以及基于多物理空间感知的分区空气-再循环烟气智能喷射调控装

置与控制单元，研发炉内温度-氧量-NO_x 多点感知与污染物峰值在线估算技术、一次风/二次风/燃尽风/煤粉量/再循环烟气流分区调节控制技术，形成变工况低碳稳燃与低氮燃烧协同控制技术；解析启停、深调和变负荷下多污染物在锅炉-烟道-环保岛全过程中的迁移与转化机理，构建考虑烟气温湿度、盐雾气溶胶及可凝结颗粒物生成影响的智慧环保岛数字孪生模型，开发 SCR 喷氨、空预器、除尘、脱硫及烟气温湿度边界协同调控单元，研发启停全过程全负荷脱硝、反应边界自适应调控技术以及 SO₃、氨逃逸、可凝结颗粒物和铵盐类二次颗粒物协同抑制技术，提出变负荷下兼顾全厂碳污足迹与综合运行成本的环保岛设备群柔性调度方法，实现智慧环保岛状态感知、预测预警、自主决策与协同优化，降低环境治理成本；研究火储系统量价响应策略、容量优化配置与减污降碳协同决策方法，构建支撑火储系统参与多时间尺度辅助服务的调节能力评估、电-热-储状态评估、煤耗与碳污排放预测、环境约束校核及能-碳-污协同寻优等边缘模型库，开发具备“态势认知-策略推演-自主决策-可信校核-人机协同-闭环优化”能力的火储系统决策智能体，实现供电供热安全、机组运行安全和污染物稳定达标约束下煤耗、碳排放、主要污染物排放、环保设施运行成本与运行收益的多目标协同优化。依托京津冀超大城市 300 MW 级及以上煤电机组，开展关键技术、装备与系统的集成工程示范。

考核指标：

1. 宽负荷运行与变负荷过程煤耗动态评估及火储运行策略生成技术 1 套，煤电灵活低碳清洁运行评价技术规范或标准 1 项，并在燃煤发电企业开展应用验证。全过程煤耗动态评估模型在 20%~100%Pe 宽负荷与 30%~50%Pe、50%~100%Pe 等升/降负荷情形下精度 $\geq 90\%$ ，并满足电力保供、热电深调、快速响应等不少于 3 种新型电力系统典型场景要求；厂级运行策略满足指定 NO_x、SO₂、颗粒物排放浓度及氨逃逸等环保约束，火储系统等效可调节功率范围较基准方法提升 $\geq 15\%$ ，瞬时排放超限次数不增加。

2. 供热抽汽-热网-储能功率协同调节技术 1 项，可与电厂分散控制系统集成的边缘智能控制器 1 套，并在典型煤电企业（300 MW 级及以上）完成工程化应用验证。供热机组火储联合等效最小技术出力 $\leq 15\%Pe$ ，稳定运行时长 $\geq 8\text{ h}$ ；20%~30%额定负荷区间火储联合运行下主要污染物（如 NO_x、氨逃逸）1 小时浓度均值波动幅度较改造前降低 $\geq 10\%$ ，火储联合等效供电煤耗较纯火电基准工况降低 $\geq 10\text{ g/kWh}$ ；边缘智能控制器支持 AGC/储能 PCS 等系统数据交互，实现深度调峰、一次调频、AGC 调节等不少于 3 种运行模式无扰切换，不触发保护或报警，主要污染物 1 小时均值不超标。

3. 变工况燃烧稳定与源头低氮协同控制技术及装备 1 套并进行中试验证。高灰分和高水分低热值煤等不少于 2 类难稳燃煤质，实现 20%额定负荷不投油连续稳燃运行 $\geq 8\text{ h}$ ，相同工况下飞灰含碳量不增加；在同煤种、同负荷、同氧量

折算条件下，脱硝入口 NO_x 质量浓度降低 ≥ 20%。

4. 变负荷工况智慧环保岛协同控制技术及系统 1 套，环保岛设备群智慧柔性调度技术 1 套，并进行示范。较改造前，深调与变负荷下主要污染物 1 小时均值不超标，浓度波动幅度 ≤ 15%，NO_x 及氨逃逸峰值波动幅度降低 ≥ 20%；具备机组启停及低负荷全过程脱硝协同控制功能，启停阶段实现 NO_x 排放浓度 ≤ 35 mg/Nm³；高盐雾环境中典型煤电企业验证工况下，烟囱出口 NO_x ≤ 25 mg/Nm³、SO₂ ≤ 15 mg/Nm³、颗粒物 ≤ 5 mg/Nm³；SCR 氨逃逸 ≤ 1.5 mg/Nm³；空气预热器烟气侧入口 SO₃ 浓度与烟囱出口可凝结颗粒物浓度降低 ≥ 20%；环保岛综合电耗、主要物耗及单位污染治理成本降低 ≥ 5%。

5. 煤电机组侧火储系统决策智能体及边缘模型库 1 套。在相同工况和调节任务下，较基准运行方式，实现单位发电量碳排放强度降低 ≥ 3%，主要污染物排放总量降低 ≥ 5%，环保设施综合运行成本不增加，辅助服务单位调节电量净收益提升 ≥ 3%；智能体在不少于 3 类复杂情景（如电力保供、热电深调、快速响应）中应用，实现推理流程完整性和结果有效性 ≥ 85%。

申报说明：

项目类型为应用示范研究类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 6:1，实施周期不超过 3 年。

3.4 京津冀跨行业多工艺节点协同降碳-减污-增长关键技术研究与示范

研究内容：

面对京津冀高耗能行业单一企业、单一工艺、单一区域“点状”降碳减污路径边际效益低、全球供应链碳管理及国内外碳市场调节压力大等战略需求，亟需突破跨地区、跨行业、跨工序降碳减污关键技术，开展可落地的技术链工程验证，支撑系统性治理范式跨越。研究跨地区、跨行业、跨企业、跨工序的拓扑性供应链依存机理，揭示跨链路协同减排传导规律，厘清西部绿电、绿色冶金、氢基炼钢、副产煤气等跨行业互供映射关系及管网、路网共享通道，研发基于工序的设施级多区域投入产出模型，开展分企业、分设施、分工艺、分产品的“能-碳-污”全产业链核算；构建跨地区“原料-冶炼-精炼-产品”全工艺链协同减排技术谱系，面向跨行业降碳减污技术链路建立覆盖成熟度、经济成本、减排潜力、工程可达性的技术组合参数库，研究可工程化部署的钢铁-石化跨工序技术链路并突破跨工序链条节点上的关键技术；构建跨行业“技术部署-产业链重构-市场调节机制-减排增效”互馈量化模型，解析配额稀缺性、履约缺口、碳价变动对企业技术选择、产业链协同与区域资源配置的传导机制，研究氢基冶金、绿氢炼化、CCUS-EOR等关键技术在不同技术链组合路径下的碳污减排贡献、企业成本收益和部署时序，反向推演技术规模化部署对碳价均衡、行业基准线、

产业链结构的反馈影响，提出分规模、分类型、分阶段的跨产业链优化技术路径；研发跨企业、可联动响应的“能-碳-污-工艺-技术”智能管控平台，涵盖跨产业链协同减排技术筛选、跨工序流程优化、跨地区资源匹配、碳成本评估、企业营收等模块，开展跨地区、跨行业、跨工艺协同技术链智能寻优，实现钢铁石化工序切换、产业链重构、碳污协同转型全过程仿真，寻优输出可工程部署的绿电-冶金-钢化联产-CCUS 等典型协同技术链组合；以“西部风光绿电-零碳产业园-京津冀钢铁石化集群”为骨干通道，针对绿电生产硅锰与硅铁合金、高比例绿电氢基竖炉-电炉与 CCUS、钢铁-石化副产品联产、CCUS-EOR 等典型技术链开展工程验证。

考核指标：

1. 开发跨地区、行业、企业、设施、产品的全产业链“能-碳-污”核算技术，空间分辨率 $\leq 1\text{ km}$ ，时间分辨率 ≥ 1 次/月；构建跨工序、多工艺节点协同减排拓扑性链路 1 套，涵盖钢铁碳捕集-石化 CCUS 等企业和工序间技术链路 ≥ 10 条；开发设施级跨行业耦合投入产出模型 1 套，覆盖钢铁厂 ≥ 55 家，氢基竖炉-电炉等生产流程 ≥ 4 类，高炉等设备 ≥ 10 种；石化综合体 ≥ 70 家，乙烯等产线 ≥ 200 条，加氢裂化等工艺 ≥ 20 种；构建可追溯、验证、核查的“能-碳-污”数据库 1 套，涵盖 CO_2 及 NO_x 、 SO_2 、VOCs 等主要大气污染物，产业链节点 ≥ 100 个，工艺链路 ≥ 20 条。

2. 构建钢铁、石化碳污协同技术谱系 1 套，技术组合 $\geq$

20 种、跨工序链路 ≥ 10 条，技术参数 ≥ 200 项；建立经济成本、减排潜力、工程可达性等技术参数库 1 个，跨工艺链技术成本演化路径 ≥ 10 条；研究跨钢铁、石化制造工序的协同减排技术链路 ≥ 1 套，突破跨工序链路节点的关键工程工艺 ≥ 3 项（支撑绿电-钢铁石化用能协同的构网型变流器主动支撑及动态无功补偿多机协调技术，并网点电压波动 $\leq 2.5\%$ 、平均功率因数 ≥ 0.95 ；连接氢基竖炉-电炉跨工序协同的“直接还原铁+废钢”高效低耗技术，电炉入炉直接还原铁比例 $\geq 30\%$ ，钢冶炼电耗降低 $\geq 15 \text{ kWh/t}$ ；贯通钢铁废气-石化产品低浓度 CO_2 高效吸收高品质利用关键技术，实现 CO_2 回收率 $\geq 90\%$ ）。

3. 开发跨行业全工艺链成本传导、技术采纳、竞争力评估与碳市场互馈耦合分析技术，识别氢冶金、绿氢炼化、CCUS-EOR 等不少于 5 类关键技术投资临界点、采纳时序、规模化部署及其对碳价、行业基准线、产业链结构的影响，模拟情景 ≥ 30 种、时间分辨率 ≥ 1 次/月；构建钢铁、石化跨行业“技术部署-产业链重构-市场调节机制-减排增效”互馈量化模型 1 个，覆盖碳市场扩容、CBAM 等政策组合 ≥ 10 类，工序 ≥ 10 个、装置 ≥ 15 种、产品 ≥ 10 种、产业链节点 ≥ 4 级；提交政策建议 2 份，并被省级及以上相关管理部门采纳。

4. 开发钢铁-石化碳污协同技术链智能适配与路径寻优技术，单次生成时间 $\leq 5 \text{ min}$ ；构建跨企业“能-碳-污-工艺-

技术”智能管控平台 1 个，在京津冀钢铁、石化龙头企业实现业务化运行，模拟场景 ≥ 100 种；开发工艺级数据共享标准化接口 1 套，面向企业、政府等提供数据服务；形成京津冀在能源供给、原料保障等差异化分工的研究报告 1 份，编制钢铁、石化跨行业成本最优碳污协同转型路线图 ≥ 2 套，实现跨工艺链减排量较单一行业降低 $\geq 20\%$ ，吨钢碳排放强度较高炉-转炉降低 $\geq 80\%$ ，典型企业绿色营收增长 $\geq 10\%$ 。

5. 开展“绿电-硅锰铁-氢冶金-钢化联产-CCUS-EOR”跨工艺链协同减排技术组合工程验证，“绿电直连+绿电储存+火电”配置中绿电占比 $\geq 65\%$ ；低碳硅锰、硅铁合金生产规模均 ≥ 20 万吨，硅锰、硅铁绿色产线较传统产线总碳减排量 ≥ 90 万吨/年，硅锰电耗 ≤ 4500 kWh/t，硅铁电耗 ≤ 8500 kWh/t；在产能 ≥ 50 万吨氢基竖炉、 ≥ 100 万吨电炉开展示范，绿电占比 $\geq 40\%$ ，吨钢碳足迹 ≤ 0.8 吨， NO_x 、 SO_2 、VOCs 等主要大气污染物相较于高炉-转炉降低 $\geq 65\%$ ；针对焦炉煤气进行石化产品再开发、油田地热资源进行利用，地热水替代炼油蒸汽年节煤 ≥ 6000 吨标煤、年减排 $\text{CO}_2 \geq 1$ 万吨；CCUS-EOR 运输距离 ≤ 100 km，碳减排量 ≥ 15 万吨/年，驱油效率较常规注气提高 $\geq 15\%$ ，碳捕集纯度 $\geq 99.5\%$ ，累计埋存 $\text{CO}_2 \geq 50$ 万吨。

申报说明：

项目类型为应用示范研究类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 6:1，实施周期不超过 3 年。

3.5 京津冀集成电路产业集聚区废水全过程减污降碳协同处理技术及示范

研究内容：

针对京津冀集成电路等典型战略性新兴产业集聚区废水来源多、特征污染物复杂、水质水量波动大、生化处理系统稳定性差、高价值溶剂回收率低、处理过程能耗和碳排放高等问题，开展集聚区废水特征污染物识别与溯源研究，明晰废水全流程水质水量演变特征，建立集企业源头资源回收、混合废水协同处理、尾水综合利用为一体的集聚区废水全过程减污降碳协同处理路径与智慧调控策略，研制集聚区废水减污降碳协同处理及评价标准；研发集成电路企业内部涉氟废水中氟离子、含氟废液等源头氟资源回收技术，开发企业端废酸、废碱、含氮废有机溶剂及络合态重金属废水等分离除杂与源头资源回收利用技术，形成企业废水源头减污降碳与资源回收关键技术体系；开发集聚区混合废水季铵碱类有机污染物/含氮难降解有机物等特征污染物预处理技术，研发常规污染物与特征污染物同步深度去除新技术，形成集聚区混合废水扰动条件下处理系统韧性提升及混合废水处理系统智慧管控技术；研发尾水风险识别与评价方法，建立面向集聚区尾水排放受纳水体、城市杂用与企业回用等场景的工艺优化调控方案，研发尾水综合利用技术；形成集聚区废水全过程减污降碳协同处理成套工艺、关键装备与智慧管控系统，并在京津冀地区集成电路产业集聚区开展废水减污降碳

协同处理工程示范。

考核指标：

1. 集成电路产业集聚区特征污染物清单，含废水季铵碱类有机污染物、含氮难降解有机物、络合态重金属、氟离子、含氟有机物等特征污染物不少于 30 种；集聚区废水处理全过程碳排放核算与减污降碳协同评价方法，涵盖减污降碳路径和智慧调控策略，编制集成电路等典型战略性新兴产业集聚区废水全过程减污、降碳与资源化利用相关国家标准不少于 3 项。

2. 集聚区企业源头废水氟资源回收关键技术，氟离子源头资源回收率 $>90\%$ ；集聚区企业源头废水重金属资源回收关键技术，重金属源头资源回收率 $\geq 98\%$ ；集聚区企业源头高浓度有机废水深度处理技术，高浓度有机废水厌氧生物处理 COD 去除率 $>90\%$ ；集聚区企业源头废酸/废碱/含氮废有机溶剂等资源回收关键技术，废酸、废碱、废有机溶剂、废水处理产生含氟污泥等典型固体废物综合利用率平均值 $\geq 50\%$ ；废水源头分质分类减污降碳关键技术，企业分类收集、分质处理率 $\geq 80\%$ ，配水能耗较立项前降低 $\geq 5\%$ ，单位产品废水处理综合能耗降低 15%以上，单位产品废水处理碳排放强度降低 15%以上；编制集成电路企业内部废水处理与资源化相关国家标准 1 项。

3. 集聚区混合废水中季铵碱类等含强拉电子基团特征污染物强化去除关键技术及处理装备，典型季铵碱类强拉电

子基团特征污染物去除率 $\geq 95\%$ ；含氮难降解有机物等含强供电子基团特征污染物深度去除关键技术及处理装备，典型含氮强供电子基团污染物去除率 $\geq 95\%$ ；常规污染物与特征污染物同步深度去除关键技术 1 项，实现混合废水中重金属、氟离子去除率 $\geq 95\%$ ，常规污染物在外加碳源降低 50% 的条件下稳定达标；集聚区混合废水扰动条件下处理系统韧性提升关键技术，在混合废水进水水量或污染负荷波动幅度 $\leq 30\%$ 时，常规污染物及特征污染物出水指标稳定达标；基于水质-工况耦合的扰动智慧感知、预警与管控系统，集聚区万吨级废水处理工程异常水质波动识别准确率 $\geq 90\%$ ；集聚区混合废水处理系统减污降碳协同调控关键技术，实现曝气、回流、加药、污泥处理等关键单元优化调控，单位处理水量综合能耗较现有典型工艺降低 30% 以上，单位处理水量碳排放强度降低 20% 以上。

4. 尾水风险识别与评价方法，涵盖受纳水体、城市杂用与企业回用等 3 类场景，关键风险因子识别准确率 $\geq 90\%$ ；建立面向受纳水体、城市杂用与企业回用等 3 类场景的工艺优化调控方案；形成集聚区尾水综合利用技术，水资源重复利用率达到 96% 以上。

5. 形成集成电路产业集聚区废水全过程减污降碳协同处理成套工艺、关键装备与智慧管控系统，在京津冀地区建设集成电路产业集聚区废水减污降碳协同处理工程示范 1 座，处理规模不低于 8 万吨/天，典型季铵碱类强拉电子基团特征

污染物去除率 $\geq 95\%$ ，典型含氮强供电子基团污染物去除率 $\geq 95\%$ ；升级改造现有废水处理工程 1 座，处理规模不低于 1 万吨/天，相较改造前特征污染物去除率提升 30%以上，常规污染物在外加碳源降低 50%条件下稳定达标，单位处理水量碳排放强度降低 20%以上；工程示范集聚区应为京津冀地区的国家级开发区，示范工程稳定运行时间不少于 6 个月。

申报说明：

项目类型为应用示范研究类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 6:1，实施周期不超过 3 年。

3.6 电镀园区重金属污染全链条全时刻防控与多介质资源回收及工程示范

研究内容：

针对京津冀电镀行业重金属多介质实时在线监测手段缺乏、环境风险高等问题，开展电镀园区重金属污染全链条全时刻防控与多介质资源回收研究，构建“区域问题诊断-源头调控减量-过程阻断回收-末端智能预警”全链条技术体系。解析区域电镀园区多类型镀种重金属物质流及关联机制，识别减污关键环节、关键因素与核心潜力，建立电镀园区产排污现状评估技术方法，构建涵盖多介质重金属污染物的产排污特征、治理技术、经济适配性等的区域电镀园区数据库，形成电镀园区重金属污染风险管控支撑平台，提出重金属管控技术优化方案；研究电解槽镀液重金属原价态原形态赋存

光谱特性及光谱特征信号分离技术，研制物种快速更迭场景下的核心光学结构与抗干扰光学元器件组件，构建主流镀种金属原价态原形态实时感知仪，并阐明其核心技术原理，探究浓度、电流、速度、温度等多物理场对电镀反应效率、金属赋存形态转化的影响机制，研制基于主要物理场参数动态闭环控制的电镀过程化学操控机；解析主流镀种车间废水中的重金属离子、有机络合物在液相、固相等多介质中的迁移转化规律，开发基于不同废水来源重金属分质处理技术，开发靶向破络功能药剂、重金属循环利用技术；研发基于弱光谱的外排电镀废水重金属原样智能光谱直测技术，构建重金属超标预警与电镀园区物化水处理系统联动的控制系统；构建电镀园区重金属污染全链条全时刻防控与多介质资源回收技术系统，研发配套装备，建立工业园区废水梯级深度循环利用技术体系，开展主流镀种重金属污染“源头调控减量-过程阻断回收-末端智能保障”全链条工程示范，编制电镀园区重金属污染全链条防控与多介质资源回收技术规范。

考核指标：

1. 镍铬铜锌等主流镀种电镀园区全链条产排污评估技术方法，覆盖京津冀 100%规模化电镀园区、85%以上主流镀种、90%以上核心电镀工艺、80%以上关键工艺节点；京津冀电镀园区综合数据库与重金属污染风险管控支撑平台，涵盖数据类型 ≥ 4 种（产排污系数、治理技术、治理效能、经济适配性等），相关成果被省级及以上相关管理部门应用。

2. 基于光谱选择性吸收原理的适配主流镀种金属原价态原形态实时感知仪 3 套，每套仪器可实现含主流镀种金属在内的 1~2 种不同重金属物种浓度的快速测定，最高直测浓度上限不低于 100 g/L，总分析时间（含制样和检测时间） ≤ 6 s/物种，相对误差较现行电镀液重金属检测国标误差限值降低 15%以上；电镀过程化学操控机，实现电镀液主流镀种金属离子浓度的日均波动幅度降低 30%以上，通过源头控制实现电镀车间外排废水中主流镀种金属总量减少 5%以上。

3. 主流镀种废水靶向解离功能性药剂 3 种以上，与电镀车间废水分质回收技术协同，实现废水中主流镀种金属综合回收率 $\geq 90\%$ ，基于源头调控减量、过程阻断、协同回收等措施，重金属废水综合处理厂物化处理工艺废渣产生量减少 50%以上。

4. 主流镀种废水重金属原价态原形态智能光谱直测仪 3 套，每套仪器可实现 1~2 种不同重金属物种浓度的快速测定，总分析时间（含制样和检测时间） ≤ 30 s/物种，相对误差不高于国家水质在线自动检测相关标准要求，监测频率提高 100 倍以上；重金属超标风险预警及水处理联动控制系统，实现典型重金属物化处理单元出水口浓度 60 分钟以上超前预测。

5. 依托设计规模年表面处理能力 500 万 m^2 以上电镀园区，选择镍铬铜等主流镀种建成重金属污染“源头调控减量-过程阻断回收-末端智能保障”全链条（覆盖电镀生产、废

水收集输送、废水物化处理)技术及设备的工程示范,实现主流镀种镀液重金属总分析时间 ≤ 6 s/物种、低浓度电镀废水重金属总分析时间 ≤ 30 s/物种,废水中主流镀种金属的全链条回收率 $\geq 92\%$ 、去除率 $\geq 99\%$,园区内主流镀种金属废水处理系统药耗降低15%、运维成本降低10%。形成电镀主流镀种重金属污染全链条全时刻防控与多介质资源回收技术规范,被省级及以上环境管理部门采纳。

申报说明:

项目类型为应用示范研究类,其他来源资金与中央财政经费比例不低于5:1,实施周期不超过3年。

3.7 京津冀地区化工园区事故风险模拟与环境应急智能决策关键技术及应用

研究内容:

针对京津冀地区化工事故次生环境风险事件占比高、事故反应演化与风险生成机制认识薄弱、复杂事故知识关联和推理能力不足造成的生产安全与环境应急脱节、决策低效等问题,开展化学品及生产工艺事故风险模拟与环境应急智能决策关键技术研发与应用。研究高风险化合物关键物性参数、多组分体系非理想热力学行为及极端工况下物性演化规律,构建基于文献、实验、计算多源数据抽取的重点危险化学品多维风险属性数据库,建立统一数据标准和接口规范,形成支撑化工事故次生环境风险全过程推演和智能应对的数据

底座；开展化学品在异常工况下物性变化的理论模拟计算，研发机理-数据融合的典型化学品转化产物和燃爆物性预测模型，构建覆盖高风险反应路径、重点转化产物及燃爆风险特征的关联图谱，提出反应路径传播与燃爆风险智能推演方法，形成事故前段反应演化预测能力；揭示典型工艺环节中工况参数异常与事故释放特征间的关联规律，研发多工况参数驱动的事故释放源项动态预测技术，研究事故释放源项到环境风险等级的智能代理建模方法，突破基于实时工况参数、源项预测和代理模型推演的高环境风险工艺环节秒级识别技术，形成事故释放与环境风险动态预判能力；开展典型事故案例、技术规范等多源应急知识智能挖掘与关联规律提炼，建立事故释放物质-风险特征-污染控制技术关联知识图谱，研发知识驱动的复杂释放物质控制技术组合推理与智能匹配方法，形成复杂事故污染控制技术智能推理与适配能力；研究人群暴露、应急资源等多要素约束的智能决策技术，研发多主体协同响应与动态调度技术及面向人群健康风险防控的决策支持方法，构建平战结合的安全生产-环境应急跨部门智能管理业务化平台，通过典型园区示范运行和多主体动态情景注入式无脚本演练验证，形成适配化工园区场景、可复制推广的安环一体智能化应急业务模式。

考核指标：

1. 构建重点危险化学品多维风险属性数据库 1 套，覆盖 ≥ 300 种石化行业典型化合物，实现高风险和大宗化学品覆

盖率 $\geq 90\%$ ，包含结构、热力学参数、反应特性、环境风险属性等 ≥ 9 类数据字段，实现多维风险属性结构化表达和智能模型直接调用；构建统一数据接口与标准体系 1 套，建立标准化元数据描述、数据编码规则和与生态环境部及相关政府部门环境应急指挥平台互联互通的统一接口规范。

2. 研发化学品异常工况转化产物及燃爆物性预测模型 1 套，重点转化产物识别准确率 $\geq 80\%$ ，燃爆关键参数预测误差 $\leq 20\%$ ；构建化学品转化路径—燃爆风险关联图谱 1 套，包含芳烃、烯烃、含氧化合物、卤代烃等 ≥ 4 类石化行业典型化学品，温度覆盖 $200\sim 1000^{\circ}\text{C}$ ，收录典型反应路径 ≥ 200 条，其中涉及燃爆等高风险反应路径 ≥ 50 条；研发基于图谱的反应路径传播与燃爆风险智能推演方法 1 套，支持典型化学品反应路径自动推演，重点转化产物及燃爆风险预测时间 $\leq 10\text{ s}$ 。

3. 研发多工况参数驱动的事故释放源项动态预测技术 1 套，覆盖反应器、精馏塔、储罐等 ≥ 4 类工艺单元，温度、压力、流量、液位等 ≥ 4 类异常工况，主要释放物质预测准确率 $\geq 70\%$ ，释放量预测误差 $\leq 20\%$ ；研发事故释放源项到环境风险等级的智能代理模型 1 套，覆盖典型释放模式及环境条件组合 ≥ 10 类，风险等级预测准确率 $\geq 90\%$ ，单次推演时间 $\leq 1\text{ s}$ ；研发基于实时工况、源项预测和代理模型推演的高环境风险工艺环节识别技术 1 套，覆盖典型工艺单元 ≥ 4 类，可接入 DCS/SCADA 实时数据，对可能造成重特大突发

环境事件的高环境风险工艺环节秒级识别、准确率 $\geq 90\%$ 。

4. 基于化工园区重特大及敏感事件案例、技术规范和应急预案等不少于 3 类知识源，从不少于 20 个事故案例、不少于 10 项技术规范、不少于 2000 份应急预案中完成知识抽取；构建事故释放物质-风险特征-控制技术关联知识图谱 1 套，覆盖典型事故释放物质 ≥ 100 种，风险特征 ≥ 20 类，污染控制技术 ≥ 10 种，关联关系 ≥ 1000 条；研发知识驱动的复杂释放物质污染控制技术组合推理与智能匹配技术 1 套，支持混合化学品、燃烧副产物等体系，覆盖不少于 3 类化工园区典型事故，技术组合生成时间 ≤ 1 min，匹配准确率 $\geq 90\%$ 。

5. 研发化工园区事故风险模拟与环境应急智能决策业务化平台 1 套，包括化学品和生产工艺风险防控方案；人群暴露、应急资源等 ≥ 5 类要素约束，AI 决策时间 ≤ 10 min，应急响应决策智能生成率 $\geq 70\%$ ；支持企业、园区、应急管理、生态环境（含监测、处置）等 ≥ 4 类应急主体；面向人群健康风险的疏散范围近实时划定，支持学校、居民区等 ≥ 3 类敏感受体，疏散范围生成时间 ≤ 1 min；支持安全生产-环境应急跨部门协同决策，与生态环境部及相关政府部门环境应急指挥平台互联互通，在京津冀地区国家级化工园区应用，平台连续稳定运行 ≥ 3 个月；开展情景注入式跨部门无脚本综合演练 1 次，平台支撑演练科目 ≥ 6 个、目标达成率 $\geq 90\%$ ；形成化工园区事故环境应急响应技术指南，被省级

及以上生态环境主管部门采纳。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 1:1，实施周期不超过 3 年。

板块四：水生态环境全面改善与绿色水处理技术及其装备体系

4.1 区域水系统重构理论体系构建与技术集成

研究内容：

针对京津冀区域水系统在强工程调控和环境条件变化下多要素耦合机理不清、长期演化路径不明、技术组合效应难以评估等问题，面向社会经济发展、气候变化和不同来水情景，解析不同流域地表水、地下水、外调水、再生水等多水源协同关系，以及水资源、水环境、水生态、水安全与水治理五类要素的耦合互馈关系，揭示空间重构、结构重构和功能重构对五水要素协同改善的作用机制，构建“流域类型-多水源-五水要素-重构路径-系统功能”理论模型，构建面向未来的多情景组合与演化推演方法，模拟不同情景下水资源、水环境、水生态、水安全等关键指标的变化，形成京津冀水系统 2035 发展图景，识别目标差距和阶段性优化方向；梳理专项技术、装备、模型、平台和标准成果，开展技术单元本体化表达、技术关联关系识别、适用边界刻画、组合冲突判别和技术组合效应评估，构建面向水系统重构的技术图

谱，识别技术单元之间的协同、替代、互补和冲突关系，量化评估不同区域任务和未来情景下技术组合对水资源保障、水环境改善、水生态恢复、水安全提升等关键目标及水系统综合效能的提升作用，形成不同区域任务和约束条件下的技术协同配置方法；面向“碳中和水厂”标志性成果形成需求，建立区域水系统重构效能评价方法，评估污水绿色低碳处理、再生水高效利用、厂网河联动、资源能源回收与碳减排协同等技术研发成果对区域水循环结构优化、水环境改善、资源循环利用和低碳运行的贡献，建立以水厂为关键节点的区域水循环结构优化与系统治理技术体系；面向“有活力的河”标志性成果形成需求，建立流域水系统重构效能评价方法，系统评估生态流量保障、优良水体提升、水生态功能恢复、再生水生态补给、洪涝调蓄和智慧管控等技术对水生态修复、水环境改善、水资源调配、水安全保障和河湖系统韧性提升的贡献，构建不同流域治理场景下可持续河流治理的技术范式；明确智慧水地图与模拟器涉水模块之间的功能边界和接口关系，建立数据、场景、指标、模型结果和成果版本接口，研发水系统重构决策支撑与综合展示软件系统，统筹专项涉水项目相关理论、技术、工程和评估成果，实现水系统重构标志性成果的对象化组织、空间化表达、动态更新、可信追溯和综合调用。

考核指标：

1. 水系统重构理论体系 1 套，覆盖水资源、水环境、水

生态、水安全与水治理等 5 类要素，阐明空间、结构、功能 3 条重构路径对“智慧水地图、碳中和水厂、有活力的河”的驱动映射关系；多要素耦合机制解析方法 1 项，经不少于 5 个区域或流域校核，关键指标变化方向判别准确率 $\geq 80\%$ ；京津冀水系统 2035 发展图景演化推演方法 1 项，覆盖不少于 6 类发展情景，综合考虑产业结构、来水条件、极端气候等不少于 10 项驱动因子，形成 2035 演化推演结果 1 套，历史回测误差控制在 $\pm 20\%$ 以内；目标差距识别与任务优先级排序方法 1 套，形成 2035 年不少于 3 类情景下的目标差距识别结果和阶段性优化方向清单；形成包括 2035 发展图景和专著等成果 ≥ 2 份。

2. 区域水系统重构技术图谱 1 套，汇聚不少于 80 项关键技术单元，含 3 条重构路径、3 类标志性成果和不少于 5 类典型区域；技术单元图谱化表达方法 1 项，形成“目标-问题-区域-技术”映射图谱 1 套，核心字段完整率、映射覆盖率、查询有效答案率均不低于 90%；技术适配、组合配置与组合效应评估方法 1 项，形成技术清单 ≥ 10 套、配置模式 ≥ 3 类，识别协同、替代、互补和冲突关系，在不少于 10 个典型场景开展模拟评估，量化评估技术组合对水资源保障、水环境改善、水生态恢复、水安全提升等关键目标及水系统综合效能的提升作用，明确技术组合对关键目标的贡献方向、适用边界和约束条件；《京津冀水系统重构技术图谱》1 部，被省级及以上生态环境管理部门采纳应用。

3. “碳中和水厂”区域水循环结构优化与系统治理技术体系 1 套，覆盖污水绿色低碳处理、再生水高效利用、厂网河联动、资源能源回收与碳减排协同等任务；区域水系统重构效能评价方法 1 套，在不少于 5 个城市片区、产业园区或流域单元应用，量化评估相关技术对区域水循环结构优化、水环境改善、资源循环利用和碳减排的贡献，识别节点功能、区域贡献、应用边界和优化方向；“碳中和水厂”应用模式 ≥ 5 类、节点功能优化路径 ≥ 5 套，编制技术指南 1 份，被省级及以上生态环境管理部门采纳应用。

4. “有活力的河”流域水系统重构效能评价方法 1 套，覆盖生态流量保障、优良水体提升、水生态功能恢复、再生水生态补给、洪涝调蓄和智慧管控等任务；在不少于 5 个典型流域或重点河段应用，量化评估相关技术研发成果对水生态修复、水环境改善、水资源调配、水安全保障和河湖系统韧性提升的贡献，识别主要约束、关键技术贡献和优化方向；不同流域治理场景下可持续河流治理技术范式 ≥ 5 类、优化提升路径 ≥ 5 套，编制技术指南 1 份，被省级及以上生态环境管理部门采纳。

5. 水系统重构多源成果对象化表达方法 1 项，构建“目标-技术-工程-区域-场景-成果”关联模型 1 套；水系统重构专题信息库 1 套，接入区域、流域、工程和场景 ≥ 20 个，空间化表达率、对象核心字段完整率均不低于 90%，成果来源、适用对象、更新时间和版本可追溯率 $\geq 95\%$ ；成果接入

和动态更新方法 1 项，形成 ≥ 5 类接口，覆盖数据、场景、指标、模型结果和成果版本等类型，成果与原始文件、数据来源和责任任务对应关系完整率 $\geq 95\%$ ，成果动态更新周期 ≤ 1 个月；京津冀水系统重构决策支撑与综合展示软件系统 1 项，具备成果组织、图谱查询、场景关联、动态更新和综合展示等 ≥ 5 类功能，测试通过率 $\geq 95\%$ ，空间叠加查询与展示响应时间 ≤ 5 s。

申报说明：

本项目实行总承包单位负责制，项目申报团队需符合总承包单位提出的技术和管理要求。项目类型为重大共性关键技术类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 1:1，实施周期不超过 3 年。

4.2 京津冀绿-灰-蓝设施耦合的城市汛期污染控制技术及示范

研究内容：

针对京津冀地区早期地表与管网污染物持续蓄积、降雨冲刷高强度污染冲击，易引发雨后河湖水质恶化、水生态系统退化等突出问题，研究城区不同下垫面的污染物累积与地表径流特征，开发旱季沉积-降雨瞬时冲刷跨介质污染通量计算模型与传输过程模拟技术，研发适用于不同场景的汛期污染动态感知和重点污染区域精准识别技术及装备；构建绿灰耦合的汛期污染削减与设施规模、空间布局优化配置技术，

开发以污染负荷控制为核心的绿色径流源头强化控制技术、平急两用雨水调蓄技术与装备、初期雨水精准截流调蓄与回用技术；研究城区排水管网污染物沉积特征、赋存形态演替规律及其与管网运行性状的响应关系，研发调蓄、泵阀联用的管网雨前精准清通截流、雨中智能切换调度成套技术装备，研发应对水质水量高度波动工况的排口污染高效截蓄与快速净化技术装备；研究汛期污染负荷削减与河道水质恢复的协同机制，开发降雨稀释与水量提升叠加影响下的城区污水处理厂超量处理技术，研发适应主干管道汛期无机惰性颗粒物骤增工况的多级处理单元强化技术与装备，构建城市受限空间滨岸带生态拦截技术，开发生态补给与水文调控协同的汛期河道水质快速恢复技术；开发以污染负荷控制为核心目标的汛期“水质-流量-体积”协同管控技术，形成绿-灰-蓝设施耦合的汛期污染总量削减工程实施模式，提出应对气候变化和设施效率衰减的城市排水系统韧性评估与设计框架，选择京津冀典型排水分区开展应用示范。

考核指标：

1. 适用于不同降雨特征和区位特点的污染物跨介质迁移转化模拟模型，各监测点位关键污染指标（以 SS 或 COD 计）模拟精度相较经典方法提升 $\geq 15\%$ ；适合京津冀降雨径流特征的污染动态感知装备，降雨径流触发取样响应时间 $\leq 90\text{ s}$ ，水量、水质监测设备覆盖率 80% 以上，面源污染风险区雨水管网关键节点全部实现水质监测；完成不少于 3 类城

市功能区累计不少于 10 个监测点位，不少于 5 场降雨情景的取样监测。

2. 绿灰耦合的汛期污染削减与设施优化配置技术，抗冲击负荷绿色源头减排、雨水调蓄、初雨净化技术 ≥ 3 项，雨天溢流控制雨强阈值 $\geq 5\text{ mm/h}$ ，汛期污染负荷削减率（以 SS 计） $\geq 70\%$ ，径流峰值流量削减 $\geq 50\%$ ，末端调蓄设施占地面积降低 20%，投资降低 15%；开放空间平急两用韧性设施设计软件，设计效率提升到小时级，多级自流峰值调控装备，2~100 年一遇重现期设计降雨的出流峰值削减率 $\geq 50\%$ 。

3. 排水管网污染物形态演替特征及液固相迁移耦合动态模拟模型，关键污染指标（以 SS 计）模拟值与实测值的偏差 $\leq 20\%$ ；集成自主蓄水、瞬时冲刷、断电排水保障等功能的管网雨前水力清洗精准清通截流、智能蓄水排水阀井产品，有效服务管网长度不小于管径的 500 倍，应用验证段沉积厚度不超过同等非验证段管网的 30%或不超过管径的 1/5；漂浮物、颗粒物、污染物协同去除的城市排口快速净化一体化装备，关键污染物（SS 和 COD）峰值浓度降低 $\geq 80\%$ ，排口溢流污染负荷削减率 $\geq 70\%$ 。

4. 降雨稀释与水量提升叠加影响下的城区污水处理厂超量处理技术，惰性颗粒物与管道沉积物协同去除的多级处理单元强化技术与装备，峰值流量时的 SS 去除率 $\geq 80\%$ ；城市受限空间河道岸滤生态拦截技术，同等占地面积下污染物（氮、磷）削减率提升 20%以上；生态水文协同调控的水体

生境维持技术，中小雨（24 h 降雨量 $<25\text{ mm}$ ）后 48 h 主要水质指标波动 $\leq 20\%$ 。

5. 选择京津冀地区不少于 2 个典型排水分区开展工程示范，示范区面积 $\geq 10\text{ km}^2$ ，基于汛期水量水质协同调控的“厂-网-池”联动调度系统，“绿-灰-蓝”设施耦合优化的城市排水体系，应对气候变化和设施效率衰减的城市排水系统韧性评估与设计框架，雨季控制断面水质超标率降低 50%，平均汛期污染强度降低 30%，雨水径流控制率不小于 70%，支撑年径流总量控制率达 85%，支撑城市韧性提升 5%。

申报说明：

本项目实行总承单位负责制，项目申报团队需符合总承单位提出的技术和管理要求。项目类型为应用示范研究类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 4:1，实施周期不超过 3 年。

4.3 首都典型区域多水源优化利用与滨水空间水质保障关键技术与示范

研究内容：

针对首都典型区域水系统结构演变带来的功能错位与次生风险问题，开展滨水空间水生态基础过程研究，构建城区滨水空间水生态风险食物网模型，阐明岸边带系统水生态风险传导途径，开发基于食物网稳态调控的复合生物操纵水质保障关键技术，解析低坡度弱扰动平原缓流水系的网络结

构和水动力水质演变特征，研发兼顾防洪排涝与水生态安全的城市平原水系精细调度技术，构建河湖水、再生水、地下水、雨洪水多水源调配和厂、口、闸、泵、井多工程调控的滨水空间多功能需求保障技术模式；研究再生水在生态缓冲区中的生态驯化规律及驯化程度评价方法，突破再生水亲水景观水质健康风险实时监测与原位水质保障技术，构建再生水生态利用、工业利用和杂用水质评价技术体系并识别最优技术途径，开发融合“技术-产能-需求-政策”全链条信息的再生水高效利用智慧决策平台；揭示多源耦合驱动的潜水含水层水量-水质-水化学多过程循环机理，研发潜水水位回升次生风险识别技术，开发盐渍土壤处理工艺，突破复杂非均质潜水含水层水质分级与水量分区利用技术，研发地下潜水特征污染物控制与面向农业、园林绿化灌溉及河湖生态补水的潜水含水层近自然净化与淤堵控制技术；研究供水格局重构背景下管网水力异常与风险识别技术，开发针对地下水源水中铁、锰、硬度等特征无机物深度去除的短流程净化技术与装备，建立城郊农村供水高质量发展新模式，开展埋地金属管线内外腐蚀过程研究，构建城区安全供水能力提升技术，研究城市高品质供水服务评估方法；开展地表和地下多水统筹配置研究，厘清典型区域供用水结构及不同水源的量质时空分布特征，探究生活、生产、生态多元用水主体的水资源分配拮抗内在作用机理，研发面向多目标统筹和水系统重构的水资源优化配置技术，提出面向资源-产业-生态统筹

的区域水系统重构方案，开发区域水系统管理决策平台，并开展关键技术应用示范。

考核指标：

1. 基于体型谱定量解析技术的食物网数值模型 1 套，体型尺度跨度 ≥ 2 个数量级，体型谱拟合决定系数 ≥ 0.7 ；适配多源补给滨岸带的水生态风险评估方法 1 套，风险分级与独立验证实测结果的一致性 $\geq 80\%$ ；城市滨水空间水质保障复合生物操纵技术 1 套，工艺参数 ≥ 5 项，进行技术示范，示范区域 $\geq 3000 \text{ m}^2$ ，水生态健康综合指数提升 $\geq 5\%$ ；基于水文地貌结构的水动力-水质耦合数值模拟技术 1 套，水动力水质模拟误差 $\leq 15\%$ ；多目标约束下城市平原缓流水系优化调度技术 1 项，响应时间 $\leq 5 \text{ min}$ ，进行技术示范，示范区包含不少于 20 km 河道，溶解氧、COD 等水质指标维持在Ⅲ类及以上。

2. 再生水生态强化自净处理评价方法 1 套，含表征生态驯化效果的指标 ≥ 3 个；游离总细菌便携式快速检测设备样机 1 台，计数误差与人工计数相比不超过 10%，检测时间不超过 30 min；完成 1 条典型河道（不小于 3 km）涉水活动健康风险评价报告 1 份；再生水亲水景观原位水质维持技术 1 套，完成技术示范工程 1 处，景观面积不低于 900 m^2 ，无人涉入时出水粪大肠菌群不得检出，色度 ≤ 25 度，浊度 $\leq 5 \text{ NTU}$ ；融合“技术-产能-需求-政策”全链条信息的再生水利用决策平台 1 套，决策输出时间 $\leq 5 \text{ min}$ ；编制再生水城镇利用国

际标准（提案稿）或再生水景观环境利用国家标准化指导性技术文件 1 项（报批稿）。

3. 耦合循环淋洗与生物化学改良的盐渍土壤治理技术 1 套，脱盐率较传统方法提升 15%；地下水位-水量-水质时空演化预测模型 1 个，空间分辨率 $\leq 1 \text{ km}$ ，水位模拟相对误差 $\leq 15\%$ ，水质模拟相对误差 $\leq 20\%$ ；复杂非均质潜水含水层水质-水量分级分区协同评价技术 1 项，较传统评价模型计算提速 $\geq 50\%$ ，提出潜水层开发利用技术指南 1 项；地表水-潜水循环利用示范区 ≥ 2 个（总面积 $\geq 80 \text{ km}^2$ ，总规模 ≥ 1 万 $\text{m}^3/\text{年}$ ），覆盖农业、园林绿化、生态补给等场景，示范运行期内水质综合达标率 $\geq 95\%$ 。

4. 供水格局重构背景下管网水力异常与风险识别技术 1 套，准确率不低于 80%；不少于 1 种对铁、锰等特征无机物去除率大于 70%且水通量不小于 $20 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 的中空纤维纳滤膜材料、不少于 1 套低维护核心装备和成套工艺，技术示范 2 项，规模不低于 $500 \text{ m}^3/\text{d}$ ，药剂、电耗等成本不高于 0.6 元/吨水；面向节能安全的村镇联调联供技术 1 套，开展技术示范，规模不小于 $3000 \text{ m}^3/\text{d}$ ，单位供水能耗降低 5%以上；供水金属管线内腐蚀监测设备样机 1 套，信号采集周期小于 30 min；地下水位上升所致金属管线外腐蚀风险图与防控方案各 1 项；管网水质敏感区水质变化预测与控制技术 1 项，准确率不低于 80%，开展技术示范，示范区不小于 10 km^2 ，末梢水质稳定达到 GB 5749 要求；城市高品质供水服务国家

标准化指导性技术文件（报批稿）1 项。

5. 首都典型区域水资源-经济-生态模拟模型 1 套，时间尺度达到月尺度，空间分辨率 $\leq 1 \text{ km}$ ，涵盖区域面积不小于 500 km^2 ；区域水资源优化配置方法 1 套，可支撑包含 3 类用水主体的区域水资源供需冲突 10 年长时序推演；首都典型区域水系统重构方案 1 套，被相关管理部门采纳；区域水系统管理决策软件 1 套，具备区域水系统重构方案推演和典型次生风险评估功能，单次推演或评估耗时小于 5 min ，被区域相关管理部门采纳。

申报说明：

本项目实行总承单位负责制，项目申报团队需符合总承单位提出的技术和管理等要求。项目类型为应用示范研究类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 3:1，实施周期不超过 3 年。

4.4 海河天津城区段多源客水智慧调控与精准治污技术及示范

研究内容：

针对外源污染季节性汇入、河湖底泥内源污染持续释放，引至海河天津城区段引滦引江白洋淀下泄等清洁客水补水期间生物种群过度异常增殖，水环境质量难以达到城区休闲娱乐用水要求的实际问题，研究多源客水的生物种群特征及客水引入过程海河水质与生物种群增殖演变规律，研究以水

质安全保障和生物多样性保护为目标的多源客水季节性引入管控技术，研发多源水资源时空高分辨率优化配置与智慧调度决策技术；研究适配海河沿线雨污分流高水位管网的液位联动调度“污染源-排污管线-排口”精准溯源协同诊断技术体系，研发水质监测、内窥成像、管道声呐多源数据协同的移动式雨污水管网错接混接诊断技术装备，研发具有防淤堵和水质识别功能的雨水管网智能截流与导流技术装备；研发雨污合流区域重污染排口原位快速强化除污、蓄排水能力协调的生态敏感区管道污染物智能导流、生物生态协同的轻污染区低成本径流污染治理技术；研究城区河湖底泥污染物分层特征及致污致浊物质赋存形态演替规律，研发以致污致浊物质原位分离、无机泥沙原位覆盖为核心的河湖城区段底泥常态化清污清浊技术及装备，研究清出物机械挤压高碳低氮磷压滤液资源回收技术；研究分区分级、多方位融合的河湖城区段精准治污综合解决方案，研究与天津城区“厂-网-河”智慧调度平台融合的城市流域通量调控与精准治污决策智慧模型，并在海河天津城区段开展应用示范。

考核指标：

1. 海河水及不少于 2 种外源客水的生物种群季节性演变图谱库，时间跨度不小于 12 个月，生物种群检出覆盖率 $\geq 80\%$ （以随机取样检测结果计）；基于外来生物种群异常增殖的季节性调水补水技术与调度方案，涵盖季节补水模式、补水时段控制、补水量配比、综合效益评价方法，被省级及

以上行业管理部门采纳；多源水资源时空高分辨率优化配置与智慧调度决策模型并嵌入智慧水务管控平台，调水补水决策方案形成时间 ≤ 60 min。

2. 河湖沿线高水位管段联动调度精准溯源协同诊断技术体系，管网异常入流/入渗点定位精度 ≤ 50 m，诊断准确率 $\geq 80\%$ ；多传感设备协同的移动式雨污水管网错接混接诊断技术装备，错接混接问题识别准确率 $\geq 85\%$ ；雨水管网智能截流与导流技术装备，轻度污染水（ $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度低于污水处理厂进水 30%）识别准确率 $\geq 80\%$ ，免清淤运维周期 ≥ 6 个月。

3. 雨污合流区域重污染雨洪排口高梯度磁絮凝氧化原位除污技术装备，高活性铁基复合磁种比饱和磁化强度 ≥ 90 Am^2/kg ，单位质量活性 ≥ 0.03 $\text{L}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ，单机处理能力 ≥ 1.0 万吨/天，SS 去除率 $\geq 90\%$ ，COD 去除率 $\geq 50\%$ ；基于管网蓄排能力智能核算的生态敏感区污染导流技术，管网蓄排能力核算准确率 $\geq 90\%$ ，导流响应时间 ≤ 5 min；轻污染区原位分散式生态多级处理技术，汛期雨污生态拦截去除率增加 20%（以 SS 计），COD、氨氮、总磷达到地表水 IV 类标准，达标率 $\geq 90\%$ ，示范河道面积 ≥ 1 万 m^2 。

4. 微气泡原位浮选清污清浊协同无机泥沙筛沉原位覆盖技术，清出物 200 μm 以下粒径占比不低于 70%，有机组分含量 $\geq 30\%$ ，无机泥沙覆盖层厚度 ≥ 5 cm，作业点 10 m 范围水面透明度降低不超过 10%；河湖底泥清出物机械挤压高

碳低氮磷压滤液提取回收技术，提取液 COD/TN ≥ 30 或 COD/TP ≥ 100 ；致污致浊物质原位清出与清出物就地压滤碳源回收成套装备，处理规模 ≥ 30 吨/天或清污清浊面积 ≥ 1000 m²/d。

5. 涵盖多源客水智慧调控、复杂污染综合治理、河道生态修复（含水草、鱼类管控等）的整体技术方案，在海河天津城区段不同功能区开展技术集成与综合示范；覆盖客水入境、管网节点、沿河排口等的监测布点方案，被省级及以上行业管理部门采纳；天津中心城区排水系统精准溯源协同诊断技术示范工程，应用范围 ≥ 100 km²，覆盖排水分区 ≥ 50 个；城市河道绿色原位清淤与底泥资源化技术示范工程，河道长度 ≥ 1 km；城市流域通量调控与精准治污决策智慧模型嵌入省级及以上“厂-网-河”智慧平台进行验证应用，服务面积 ≥ 300 km²，业务化运行 ≥ 6 个月，客水优化调度后生态补水综合效益提升 $\geq 10\%$ ，排水管网污水冒溢频率降低 5% 以上，高浓度出流排口预测准确率 $\geq 80\%$ ，清污清浊后再次积泥风险点预测准确率 $\geq 80\%$ 。

申报说明：

本项目实行总承单位负责制，项目申报团队需符合总承单位提出的技术和管理等要求。项目类型为应用示范类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 4:1，实施周期不超过 3 年。

板块五：美丽绿色生态样板城

5.1 雄安新区生态宜居低碳自净社区营造与运维关键技术集成示范

研究内容：

面向雄安新区美丽城市绿色低碳、环境优美、生态宜居、安全健康、智慧高效的建设需求，开展城市社区生态宜居、低碳自净与智慧运维关键技术研发与集成示范。构建基于供需耦合的社区生态宜居、低碳自净多维评价与人工智能模拟驱动协同优化规划方法，形成以生态诊断为基础、以空间规划和环境调节为核心、以技术指标、评价标准和智慧平台为支撑的一体化规划设计体系；研发基于城市蓝绿空间特征的社区雨水径流与景观水体污染物生态自净技术，构建多物理场耦合的社区降温技术，形成兼顾本土树种与新品种花卉的疗愈景感营造方法，实现社区蓝绿空间高品质营造技术示范应用；研发开放空间污染物原位削减功能材料及其耐久保持与场景适配技术，构建建筑表面降温与幕墙自清洁协同界面低碳增效技术，实现社区开放空间多界面协同调控、自净与低碳运行技术集成示范；研发建筑室内抗菌阻燃净污复合功能建材，开发适配暖通系统的低能耗空气净化组件与装备，发展基于人群健康效应的室内污染物净化效果评价方法，实现建筑室内健康环境营造技术示范应用；集成生态宜居、低碳自净社区多场景营造与运维关键技术，建立融合环境质量监测、可再生能源利用效率监测、碳排放核算、碳中和路径

评估等功能的智慧高效运维平台，在雄安新区典型社区开展应用示范，形成以社区作为基本功能单元的城市生态宜居、低碳自净运行模式。

考核指标：

1. 面向供需耦合的生态宜居低碳自净社区评价指标体系，涵盖空气、水、声、光、热、能耗、碳排放、生活垃圾等不少于 8 类指标，指标预测值与实测值的方程判定系数 ≥ 0.75 ；生态宜居和低碳自净协同优化规划方法，融合 AI 生成式空间优化、多要素协同评估与方案迭代优化，模型预测精准度 $\geq 80\%$ ；生态宜居低碳自净社区规划设计导则（征求意见稿）1 套，覆盖生态诊断、空间规划、环境调节、技术指标、评价标准和智慧平台等方面，被雄安新区生态环境管理部门采纳。

2. 基于功能材料的社区景观水体生态自净技术，化学需氧量去除率 $\geq 30\%$ 、总氮去除率 $\geq 70\%$ ，除暴雨及结冰期外，示范水体主要水质指标达到《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）IV 类；蓝绿空间、建筑表面与通风廊道多物理场模拟与微气候营造技术，温度场模拟误差 $\leq 0.5^{\circ}\text{C}$ ，实现典型高温条件下公共空间体感温度降低 $\geq 2^{\circ}\text{C}$ ；蓝绿空间疗愈景感营造技术，本地驯化新品种花卉配置数量 ≥ 3 种，基于生理应激指标和主观幸福感量表等心理健康效益提升 $\geq 20\%$ ；完成 ≥ 0.9 万 m^2 景观水体生态维持技术示范，运行成本较传统技术节省 $\geq 30\%$ ，完成 ≥ 1.5 万 m^2 疗愈景感营造技术示范，

景、声、光多维指标参数化 $\geq 60\%$ ，社区及周边蓝绿空间占比 $\geq 35\%$ ，绿化覆盖率 $\geq 40\%$ 。

3. 适应多气候条件的多污染物削减功能界面材料 ≥ 2 类，材料净化性能年保持率 $\geq 85\%$ ；建筑外表面低温反射建材或涂层 ≥ 2 类，夏季建筑外立面温度较对照区降低 $\geq 3^{\circ}\text{C}$ ；建筑玻璃幕墙自清洁涂层 1 类，可见光透过率保持 $\geq 90\%$ ，经冷热循环和雨水冲刷后，自清洁性能保持率 $\geq 85\%$ ；形成界面材料多场景适配与环境界面协同调控技术，开展开放空间污染削减与低碳界面材料集成示范面积 ≥ 10 万 m^2 ，人高度空间主要空气污染物浓度较对照区降低 $\geq 6\%$ ， NO_2 和 O_3 对应空气质量分指数（IAQI）平均值降低 $\geq 5\%$ 。

4. 抗菌阻燃建材 ≥ 2 类，抗菌填料添加量 ≤ 0.5 wt%，抗菌率 $\geq 99.9\%$ ，阻燃性能达到 A 级；甲醛、 O_3 净化功能建筑材料 ≥ 2 类，目标污染物净化效率 $\geq 85\%$ ；基于暖通系统的低能耗净化组件或装备 ≥ 2 类，累计净化量 ≥ 1500 mg，净化能效 ≥ 7 $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{W})$ ；针对室内 $\text{PM}_{2.5}$ 、甲醛、苯系物、 O_3 等典型污染物净化的健康收益评估模型 1 套，预测准确率 $\geq 80\%$ ；完成 ≥ 10 万 m^2 建筑面积的室内健康环境营造关键技术应用示范，目标污染物浓度降低 30%以上。

5. 基于城市级建筑信息模型底座的社区环境智慧感知与高效运维平台 1 个，实现多源数据融合、环境状态感知、碳管理、预警与运维闭环管理，覆盖空气、水、声、光、热、能耗、碳排放、生活垃圾等要素，数据综合误差 $\leq 5\%$ ，异常

识别准确率 $\geq 95\%$ ，系统响应时间 $\leq 1 \text{ min}$ ，预警推送时间 $\leq 3 \text{ min}$ ；社区建筑运行能耗比现行国家《民用建筑能耗标准》（GB/T51161）降低 $\geq 20\%$ ，可再生能源利用率 $\geq 15\%$ ，社区运行碳排放量较《零碳社区测评标准》（T/CABEE081-2024）降低 $\geq 30\%$ ，至少 1 栋建筑达到《雄安新区零碳建筑技术标准》零碳建筑水平；制定运维管理技术方案 1 套，包含组织管理、设施运维、环境治理监管、资源循环利用与居民参与等指标，在同类社区实现应用推广。

申报说明：

项目类型为应用示范研究类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 4:1，实施周期不超过 3 年。

5.2 雄安及周边地区地下水环境风险智慧识别与智能预警关键技术与示范

研究内容：

针对雄安及周边地区地下水历史污染隐蔽，地下水环境风险精细化识别与预警难题，开展地下水环境风险分区智慧识别与分级智能预警技术研发与示范应用。研发雄安及周边地区地下水三维空间可视化表征技术方法，基于长时间、高频次监测数据，构建污染空间靶向识别技术，创建地下水环境监测点位智慧布设技术方法；针对雄安及周边地区地下水特征指标，攻克一井多层、分层采测及渗流场同步监测的集成工艺与传感方法，开发地下水低扰动、高频在线监测装备，

研发数据保真传输与水质智能评价技术；针对雄安及周边地区地下水环境风险分区分层分级预警难的关键问题，研发白洋淀补给、农林区下渗、城镇区径流、极端气候影响等多情景融合的地下水风险智能识别与污染物迁移转化模拟技术，开发地下水污染跨时空、多尺度、多粒度关联分析技术，构建雄安及周边地区地下水循环与水质演变耦合模拟预测模型；开发地下水单要素监测预警匹配雄安及周边地区多要素时空底座和数据对齐技术方法，研发融合地下水数据的雄安及周边地区多源数据水质演变综合分析方法，构建基于异构数据源深度链接与特征对齐的地下水污染风险智能预警平台；开展雄安及周边地区地下水污染可视化识别-智慧化监测-智能化预警技术示范，形成可复制推广的技术模式。

考核指标：

1. 雄安及周边地区地下水三维空间可视化模拟表征技术方法 1 项，重点区域刻画精度达米级；地下水污染空间靶向识别技术 1 项，中低风险区域识别精度达米级，高风险区域识别精度达分米级；基于敏感区识别、风险传播路径判别和监测信息增益优化的点位布设方法 1 项，在保障地下水位、水质及高风险区监测覆盖能力的前提下，使点位布设量较传统方法降低 20%以上。

2. 地下水原位分层监测与传感关键技术 1 项，实现单井分层止水与多层同步渗流场监测，在 10 m 承压水头差下，层间串漏率 $\leq 5\%$ ，对渗流场变化响应速度 ≤ 10 min；地下水

低扰动、高频在线监测设备 1 套，采样/监测过程中洗井水量较传统方法降低 50%以上，监测频次 ≤ 1 h/次，实现监测 5 种以上重金属（锰、铁、铜、铬、铅等）、3 种以上有机污染物（挥发酚类、苯系物类、卤代烃类等）和 2 种以上无机盐（硫酸盐、硝酸盐等），具备智能预警、自适应校准等功能，设备国产化率为 100%，成本较国际同类产品降低 30%；数据保真传输与水质智能评价技术 1 项，数据传输达分钟级，保真率 $\geq 95\%$ ，水质评价涵盖 10 种以上重金属和 5 种以上有机污染物。

3. 多情景融合的地下水污染风险智能识别与污染物迁移转化模拟技术 1 项，涵盖白洋淀补给、农林区下渗、城镇区径流、极端天气影响等情景，风险等级划分与传统调查评价方法吻合度 $\geq 85\%$ ，污染物迁移转化模拟模型空间分辨率 ≤ 1 km²；地下水污染跨时空、多尺度、多粒度关联分析技术 1 项，数据时间序列跨度 ≥ 5 年，区域精度不低于五级地下水资源分区，关联分析涵盖土壤、地表水和地下水 3 种要素；雄安及周边地区地下水循环和水质演变耦合模拟预测模型 1 套，预测误差低于 30%。

4. 地下水单要素监测预警匹配雄安及周边地区多要素时空底座和数据对齐技术方法 1 项，实现地下水监测数据与智慧雄安数据标准化融合和按需组合，融合数据总条目数 ≥ 10 万条；多源数据融合的雄安及周边地区地下水水质演变综合分析方法 1 项，包括大气环境质量、地表水环境质量、固

废产生量和土壤重点监管单位地下水质量数据，时间序列跨度不少于 5 年，评估 3 种以上跨介质主要影响因素及特征污染物（ ≥ 5 种重金属和 ≥ 2 种无机盐）对地下水环境质量变化的贡献度；基于异构数据源深度链接与特征对齐的地下水污染风险智能预警平台 1 个，100%自主知识产权，预警准确度 $\geq 85\%$ ，被雄安新区相关管理部门应用；提出政策建议 3 项，被雄安新区相关管理部门采纳。

5. 雄安及周边地区地下水污染可视化识别-智慧化监测-智能化预警技术系统 1 套，并在雄安及周边地区开展技术示范，包括白洋淀区域和城镇区等，水质监测频次 ≥ 6 次/月，误差低于 30%，数据接入京津冀模拟器平台，稳定运行 6 个月以上。

申报说明：

项目类型为应用示范研究类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 4:1，实施周期不超过 3 年。

5.3 雄安新区地热耦合多能储供的绿色低碳关键技术及示范

研究内容：

针对雄安新区绿色低碳城市从“规划建设领先”向“运行效能提升”转型的重要窗口期，面临清洁能源高比例导入但时空消纳不均、长时储能调峰能力不足、极端气候下的能量保障韧性不足、地热和余热等资源全年综合利用率不高、

多能源跨系统协同调控不佳等问题，开展热电协同的绿色低碳能源关键技术研究及工程示范。研发雄安新区承接疏解功能背景下城市阶跃发展与热电适配规律解析技术，研发考虑碳排放-热力学效率的多样性储能、余能与分布式供用能间实时协同优化技术，研究转型关键节点典型功能区域/单元及能源装备系统的多级碳排放核算与减碳效益评估方法，提出分阶段分区域协同降碳路径与适配政策机制；研究城市清洁供能端“热力电池-地热井群-复合储能-热网-电网-用户负荷”耦合的多能流动态传递及多时间尺度匹配技术，研究可再生能源驱动的地热能提质与可储存清洁能源制备技术，研发耦合热力电池的地热等中低温热源提质-储供的耐久性技术装备，开发综合考虑能源利用效率、运行经济性、碳排放和供能安全的热电协同多目标优化与智能调控技术；研发适配余能高效利用的高密度智算设施“电-算-热”能流转化的小温差余能集聚技术，研发全天候适配的冷热智能储供与跨场景回用技术，开发超低品位余能驱动传质增强型复合工质多温位热冷变换装备，实现城市级算力设施及其办公建筑等关联场景的余能互补流转与高质利用；研发终端绿色功能单元耦合城市热网、分布式产能的多品位能源低碳匹配方法与高精度源荷状态辨识技术，研发低负荷及阶跃增长等工况下冷热源系统“温-压-流”全环节设备耦合控制技术，研发适配低碳导向的低时延边缘控制架构及装置，构建热电系统协同的功能单元级调控技术；构建基于数据编织技术的热电

雄安新区统一数据空间底座，研发大语言模型融合多智能体的多能源可信协同调控方法，开发多能异质灵活性资源一体化调控的智能增强平台，开展工程示范与业务化运行，形成绿色发展先行示范城市热电协同降碳技术体系与清洁能源工程建设范式，打造清洁能源协同高效利用典范。

考核指标：

1. 研发雄安新区承接疏解功能背景下城市阶跃发展与热电适配规律解析技术，研发考虑碳排放-热力学效率的多样性储能、余能与分布式供用能间实时协同优化技术，实现热电匹配度提升 $\geq 30\%$ ，覆盖雄安城市计算中心等典型单元；提出多级多系统全生命周期碳排放核算与减污降碳协同评估方法，碳排放核算误差 $\leq 5\%$ ；提出短-中-长期分阶段实施的协同降碳路径 ≥ 3 套，输出双控配套政策建议 ≥ 3 份，主要成果被雄安新区管理部门采纳应用，支撑示范区单位建筑面积供热碳排放强度下降 $\geq 12\%$ 。

2. 研究多能流动态传递及多时间尺度匹配技术，研发耦合热力电池的地热等中低温热源提质-储供耐久性技术装备，实现储换热效率 $\geq 85\%$ ，新能源极端低出力工况下系统连续稳定供能运行时长 ≥ 6 h；研究“电-热/冷-储”全过程动态匹配与智能调控方法，设备集群响应时间 ≤ 5 s；完成绿电耦合地热的电-热-冷多能协同储供技术验证，在热力电池所在场站替代传统能源供热 $\geq 50\%$ ，地热能全年利用率 $\geq 70\%$ ，供热运营成本对比天然气调峰供热下降 10 元/GJ。

3. 研发高密度智算设施的小温差余能集聚技术，模块结温与冷却工质温差 $\leq 15^{\circ}\text{C}$ ，余能集聚效率 $\geq 40\%$ ；研发算力设施余能驱动的多温位吸收式热冷变换技术与装备，超低温位余能驱动温度 $\leq 50^{\circ}\text{C}$ ，多温位输出范围 $10\sim 60^{\circ}\text{C}$ ；实现雄安城市计算中心及其办公建筑余能冷热联供集成示范，算力设施运行冷却能耗降低 $\geq 40\%$ ，全天候运行电源使用效率（PUE） ≤ 1.15 ，运营成本降低 $\geq 10\%$ ，碳减排 $\geq 15\%$ 。

4. 研发耦合城市热网、分布式产能的终端绿色功能单元多品位能源低碳匹配及源荷联合辨识技术，辨识精度 $\geq 92\%$ ；开发冷热源系统前馈式“温-压-流”耦合在线控制技术，实现 $30\%\sim 40\%$ 低负荷率下能耗降低 $\geq 15\%$ ；研发“感知-决策-执行”一体化低时延边缘控制装置，实现毫秒级数据感知，供能模式切换时间 $\leq 5\text{ min}$ ，在面积 400 亩以上的新能源生态城或社区落地示范，构建一套供需自洽的清洁能源系统，耦合城市热网、分布式光伏或浅层地热利用等技术实现典型功能单元（1 万 m^2 以上建筑面积）可再生能源比例（供给率） $\geq 80\%$ 。

5. 研发基于数据编织技术的“热-电-碳”统一数据空间底座，研发大语言模型融合多智能体协同调控技术，支持自然语言输入指令并自动生成可解释调控策略，策略生成周期分钟级响应，建成雄安新区多能异质灵活性资源一体化智能增强调控平台 1 个，实现跨场景（热力电池场站、雄安城市计算中心和典型功能单元等）协同调控，依托平台调控与 3

个典型场景清洁能源技术集成，实现示范区整体运营碳减排 $\geq 15\%$ ，柔性可调节负荷占比提升至 12% ，平台被覆盖新区全域的能源运营主体采用，实现稳定业务化运行 ≥ 6 个月；编制能源跨系统协同、清洁能源工程建设与耐久性装备相关标准/规范/政策建议 ≥ 2 项，主要成果被省级及以上管理部门采纳应用。

申报说明：

项目类型为应用示范研究类，采用事前立项事后补助方式，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 $4:1$ ，实施周期不超过3年。

5.4 京津冀移动源燃料清洁低碳关键技术研发与示范

研究内容：

针对京津冀移动源污染贡献占比高，燃料清洁低碳水平偏低的突出问题，系统开展移动源燃料清洁化、低碳化关键技术与路径研究，有效提升区域移动源清洁化水平。开展京津冀移动源燃料使用状况评估和排放关联影响研究，提出支撑未来区域移动源减排目标的燃料清洁低碳发展路线图，研发符合国家第七阶段机动车排放标准要求的燃料清洁化关键技术指标，支撑国家移动源燃料标准制修订；开展车用电子合成燃料制备、储运和使用全过程关键技术研发，形成与现有储运加注体系兼容的低碳燃料方案，并对国家第七阶段机动车排放标准达标技术进行验证；自主研发京津冀区域全

场景适配的汽、柴油清净剂，研发清净剂检测评价技术与装备，解决关键核心主剂国产化和产业化瓶颈问题；研发移动源燃料快速检测技术和装备，深度融合移动源排放监测大数据，构建排放-燃料协同调控的智慧监管平台；在雄安新区和区域内其他重点货运物流、施工工地、港口机场等典型场景开展规模化、长周期示范，同步开展环境效益全生命周期跟踪与量化评估。

考核指标：

1. 建成京津冀移动源燃料与排放关联响应数据库 1 套，覆盖道路车辆、非道路机械、港口船舶、机场地勤等典型场景，包含不少于 1 万组排放实测数据；编制京津冀移动源燃料清洁低碳发展路线图 1 部；提出符合国家第七阶段机动车排放标准的燃料清洁化技术指标 1 套，主要成果被国家相关主管部门采纳。

2. 完成二氧化碳加氢制电子合成燃料催化合成技术 1 套，开展百吨级中试验证， CO_2 单程转化率 $\geq 35\%$ ，汽、柴油馏分收率 $\geq 75\%$ ，产品全生命周期碳减排率 $\geq 70\%$ ；完成 10%~50% 比例调合燃料优化，与传统燃料混合使用可实现碳减排 $\geq 35\%$ ；形成电子合成燃料质量控制规范 1 项，主要成果被国家相关部门采纳；完成汽油和乙醇汽油双适配汽油清净剂 1 套，柴油车和非道路机械用柴油双适配柴油清净剂 1 套，核心主剂拥有自主知识产权；汽油清净剂按标准测试后进气阀沉积物抑制率 $\geq 90\%$ ，柴油清净剂须通过直喷和非直

喷台架标准试验测试。

3. 完成电子合成燃料 10 万公里以上发动机耐久验证试验，动力性能与后处理系统兼容性达标率 $\geq 98\%$ ，符合国家第七阶段机动车排放标准要求；按照标准开展汽、柴油清净剂发动机台架与整车对比试验，汽油车颗粒物排放下降 $\geq 20\%$ 、氮氧化物下降 $\geq 10\%$ 、一氧化碳和碳氢化合物下降 $\geq 15\%$ ，柴油车及非道路机械氮氧化物下降 $\geq 15\%$ 、颗粒物下降 $\geq 20\%$ ，在用车综合节油率 $\geq 1\%$ ；研发汽、柴油清净剂实验室及现场快速检测装备，满足清净剂监管要求，形成技术规范或标准建议稿 1 项，主要成果被国家相关部门采纳。

4. 建成京津冀移动源燃料智能监管平台 1 套，深度融合机动车与非道路机械监测大数据，覆盖区域内不少于 1500 座加油站和 100 万辆机动车和非道路移动机械，数据共享率 90% 以上，质量风险预警响应时间 ≤ 1 h；完成车载式油品快速鉴别设备 1 套，非标油识别准确率 $\geq 95\%$ 、误报率 $\leq 3\%$ 。

5. 在京津冀区域特别是雄安新区开展规模化示范应用，货运重型柴油车、非道路工程机械、机场港口柴油车辆等示范总量大于 6000 台，示范时长大于 6 个月；示范应用自主研发且工业化生产的清净剂不少于 4 吨，含清净剂柴油大于 1 万吨，电子合成调合燃料大于 100 吨；示范区域移动源污染物排放总量下降 5% 以上，综合油耗下降 1% 以上，形成环境效益全生命周期跟踪与量化评估报告 1 份，主要成果被省级及以上主管部门采纳推广。

申报说明：

项目类型为应用示范研究类，以企业牵头组织申报，采用事前立项事后补助方式，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 4:1，实施周期不超过 3 年。

5.5 超大型枢纽机场污碳协同及多元耦合调控关键技术研究与示范

研究内容：

针对超大型枢纽机场污碳排放控制压力大，机场排放影响刻画不精细、减污降碳路径不明晰、多元调控机制不健全等问题，研发单架航空器尾气羽流遥测装备、便携式多组分温室气体高精度监测仪，研究监测数据的有效性判别与订正方法，形成支撑机场污碳协同的多源异构数据字典库与数据采集融合技术规范，构建机场空间多圈层绿色建议指标与方法体系；研究建立机场区域多源高分辨率化学组分指纹谱库，提出空地一体-气象耦合的高分辨率多物种大气污染源动态排放清单核算方法，基于高分辨率气象场模拟与智能订正算法，研发多模型融合驱动的机场排放环境影响多维动态模拟与精细化解析技术，阐明机场排放对不同时空维度区域大气环境影响和人群暴露浓度敏感区域，构建空地协同多源综合减排与区域大气环境影响量化评估体系；研究机场油改电、绿电光伏/储能、可持续燃料替代等清洁化技术路径与分阶段实施策略集，构建降碳减污潜力模拟和经济性评价方法，研

究进离场碳排放动态核算模型与减碳致污风险评估模型，研制机场“污-碳-能”智能化预测与调度数字智能体，实现多源数据协同预测、异常识别、单项措施贡献评估与调控建议生成能力；研究构建机场“运行-环境-经济-社会”多维复合系统标准化概念模型并量化识别关键变量集，研发系统运营运行、污碳环境管控、绿色经济投入、区域社会影响维度的高分辨率系统动力学仿真模型，模拟机场不同发展阶段的系统耦合演化规律，构建“运行-环境-经济-社会”耦合协调量化评价指标体系和等级划分判定标准，开发耦合协调度主导因素识别算法，厘清基于监测、核算、评估的机场污碳协同机制，构建适配机场全生命周期管理与平急双模态适配的软调控技术体系；研发面向机场系统全局统筹优化的一体化决策支持工具集 1 套，研究建成多模组联动的机场综合调控系统 1 套，开展绿色低碳机场示范，提出机场绿色低碳转型政策建议，在首都机场群采纳应用，形成可复制的发展范式。

考核指标：

1. 单架航空器尾气羽流具身智能红外高光谱遥测装备 1 台套，实现 SO_2 、 NO_x 、 VOCs 同步监测，监测距离 $\geq 5 \text{ km}$ 、 SO_2 检出限 $\leq 20 \text{ ppm}\cdot\text{m}$ 、 NO_x 检出限 $\leq 15 \text{ ppm}\cdot\text{m}$ 、单帧采集时间 $\leq 10 \text{ s}$ 、单帧成像视场面积 $\geq 1000 \text{ m} \times 800 \text{ m}$ ，尾气羽流起始端溯源精度 $\leq 10 \text{ m}$ ，同步监测反演 VOCs 组分 ≥ 7 种、检出限 $\leq 10 \text{ ppm}\cdot\text{m}$ ；便携式多组分温室气体监测装备 1 台套，

实现 CO₂、CH₄、N₂O 同步监测，CO₂ 检测灵敏度 ≤ 0.1 ppm、CH₄ 检测灵敏度 ≤ 1 ppb、N₂O 检测灵敏度 ≤ 1 ppb，监测误差范围 ≤ 10%；构建监测数据有效性判别与订正方法 1 套；机场“污-碳-能”数据管理标准化字典库和一体化表征方法各 1 套，覆盖环境、气象、排放、能源、运行等 5 种类型数据；构建 1 套机场多圈层绿色评价体系，评价指标至少覆盖“污、碳、能、运行”4 个维度，评价参数 ≥ 50 项。

2. 机场天空地一体高分辨率多物种大气污染源动态排放清单核算方法 1 项，涵盖 ≥ 5 种关键源类、≥ 150 种有机组分，时间分辨率 ≤ 1 h、水平分辨率机场内 ≤ 0.1 km 和机场外 ≤ 1 km、垂直分辨率 ≥ 50 个高度层并与边界层高度等气象要素耦合；多模型融合驱动的机场排放环境影响多维动态模拟与精细化解析技术 1 项，模拟时间分辨率 ≤ 1 h、空间分辨率机场内 ≤ 0.1 km 和机场外 ≤ 1 km，大气环境影响和人群暴露浓度敏感区域模拟结果涵盖 ≥ 3 种不同气象基准年、4 个季节、3 种天气型，来源解析源类 ≥ 5 类、时间分辨率 ≤ 1 h、空间分辨率 ≤ 1 km。

3. 清洁化调控技术路径库 1 套，覆盖 15 项以上清洁化调控技术；绿色转型决策支持模型 1 套，技术组合降碳减污潜力模拟 $R^2 \geq 0.85$ ，经济性分析误差 ≤ 10%；建立单航班全周期碳排放核算技术框架，单架次航空器进离场碳排放动态核算模型、减碳致污风险评估模型各 1 套，覆盖主流民航发动机 ≥ 10 类，覆盖机型 ≥ 10 种，地面排放溯源准确率 ≥ 90%，

时间分辨率 ≤ 10 s；机场“污-碳-能”数字智能体 1 套，实现航空业务、能源运行、碳核算、环境感知等多源数据融合，具备协同预测、异常识别和调控建议生成功能，机场能源负荷及碳排放预测精度 $\geq 90\%$ ，单项措施降碳减污贡献定量评估准确率 $\geq 90\%$ 。

4. 研制机场“运行-环境-经济-社会”复合系统动力学高精度仿真模型 1 套，覆盖系统运营运行、污碳环境管控、绿色经济投入、区域社会影响四个维度，包含 ≥ 30 个状态变量、 ≥ 10 条动态反馈回路，结果有效性检验与历史拟合检验误差 $\leq 10\%$ ；搭建耦合协调评价指标体系 1 套，包含“运行-环境-经济-社会”4 个一级指标、 ≥ 25 个三级指标的评价体系，指标体系的信度检验 ≥ 0.8 、效度检验 ≥ 0.7 ；建立体系化软调控技术工具箱 1 套，形成 ≥ 10 项调控技术的体系化成果，相应成果在京津冀超大型枢纽机场管理部门采纳应用。

5. 至少在一个超大型枢纽机场开展技术综合示范，布设遥测设备、常规污染物监测设备、温室气体监测设备、噪声监测设备等，搭建多污染物监测网络，实现 5 类以上监测技术协同监测；开发高分辨率多物种大气污染源动态排放清单业务化平台，集成多模组联动的机场“污-碳-能”综合调控原型系统 1 套，涵盖多源变量 ≥ 20 个，在超大型枢纽机场调控运行周期不少于一个航季；开展空间多圈层绿色低碳评价，风-光-地源热泵综合绿色电力比例 $\geq 90\%$ 、场内机械及车辆新能源化率 $\geq 80\%$ ，周边临空经济区大宗物料移动源清洁运

输比例提升 10%以上。

申报说明：

项目类型为应用示范研究类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 4:1，实施周期不超过 3 年。

5.6 超大城市人居生态环境多维智慧评估与精细调控关键技术与示范

研究内容：

针对超大城市更新中生态宜居水平提升与人群健康惠益促进两大核心需求，构建从机制解析、动态感知、智慧评估到精细调控的全链条技术体系并开展示范应用。研究深度学习驱动的卫星遥感与街景图像数值向量转化方法，研发融合近地监测数据的多维环境参数增强表征与人群健康关联解析技术，通过解析人居生态环境与人群健康的作用机制，提出服务于人居生态环境与人群健康立体智能感知的关键指标和主要暴露路径；研究多源异构数据的时空匹配与异常识别方法，建立适配人居生态环境与人群健康耦合分析的多源数据库，研发基于具身智能体的人群健康暴露动态监测技术，建立人居生态环境与人群健康动态智能感知技术体系；开发基于多源数据输入的端到端评分算法，研发健康导向的人居生态环境多维智慧评估技术，开展城市空间健康风险动态评估与模拟预测，识别健康风险区域，建立服务于城市功能分区的健康风险分类分级管控技术体系；突破城市生物多

样性丰富度与本土化提升技术，研发城市公共滨水生态修复与空间功能提升技术，研究多维视角下的生物多样性监管与行动机制，发展生态效益与健康惠益协同的城市更新情景推演与城市空间精细调控关键技术；集成超大城市人居环境健康“动态感知-智慧评估-精细调控”技术体系，在北京城市更新中开展示范应用，实现前期健康风险识别、规划实施靶向调控和后期成效综合评估，形成城市更新的规划功能布局系统性解决方案，支撑城市生态空间修复与建设。

考核指标：

1. 面向人居环境多维参数表征的深度学习驱动型遥感与街景图像数值向量转化技术，覆盖卷积神经网络、语义分割、多模态模型等不少于 3 类方法，实现关键环境特征分割识别与定量参数 (≥ 5 类数据) 提取精度 $\geq 85\%$ ；识别环境暴露、气候胁迫、生物多样性、空间环境等不少于 4 条主要暴露路径，筛选环境质量、通风条件、蓝绿空间等关键指标 ≥ 20 项；超大城市“人居环境-人群健康惠益”互作模型，时空分辨率达 1 km 逐日级别，模拟精度 $\geq 85\%$ 。

2. 人居环境健康动态智能感知技术体系 1 套，融合卫星遥感、塔基观测、近地监测等多源观测手段，部署具身智能体移动感知终端，实现文本、图像、视频及空间定位等 ≥ 4 类多模态数据协同采集，采集精度 $\geq 90\%$ ，多源数据同步成功率 $\geq 90\%$ ；多源异构数据智能质控与自动入库算法 1 套，实现融合完整率 $\geq 95\%$ ，精确率 $\geq 85\%$ ，漏报率 $< 15\%$ ；

适配人居生态环境与人群健康耦合分析的数据库 1 个，集合人居环境数据、生态空间数据及人群健康数据等 ≥ 3 类数据源，同一地点、同一时段数据自动关联成功率 $\geq 95\%$ ，数据量 ≥ 10 TB；具备复杂场景人居生态环境动态智能感知能力的具身智能体，实现环境参数、微气候参数及人群活动参数等指标感知监测，单次连续作业时间 ≥ 4 h，定位误差 ≤ 10 m。

3. 健康导向的美丽城市指数端到端评分算法引擎与软件模块，单次指数计算与健康风险分级响应时间 ≤ 30 s，健康风险识别精度 $\geq 85\%$ ；人居生态环境多维智慧评估技术 1 套，基于慢病患者、老年群体及易感人群不少于 3 类队列数据，形成城市空间人群健康风险“一张图”，空间分辨率 ≤ 200 m。

4. 人群健康惠益导向的城市生物多样性丰富度与本土化提升、城市公共滨水生态修复、空间功能提升及品质改善等关键技术 ≥ 4 套；编制城市生物多样性监管规范 1 个，被生态环境部相关司局采纳应用；针对涵盖景观多样性、物种多样性与人群健康风险多维视角下的生物多样性监管与行动机制提交政策建议 ≥ 1 份，被生态环境部相关司局采纳应用；提出涵盖蓝绿空间优化、水岸经济活力提升、健康风险管控等多目标协同的城市人居生态环境精细调控技术方案 1 份，被生态环境部相关司局或北京市规划、园林、水务等相关部门采纳应用。

5. 形成示范区域不少于 10 个、总面积不低于 500 公顷，

实现示范区域生态空间服务功能提升 10%以上、健康有益组分释放率提升 $\geq 15\%$ 、健康风险降低 $\geq 10\%$ ；提交城市空间优化调控相关政策建议 ≥ 2 份，被生态环境部相关司局或北京市规划、园林、水务等相关部门采纳应用。

申报说明：

项目类型为应用示范研究类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 4:1，实施周期不超过 3 年。

板块六：区域生态安全与农业农村系统提质增效

6.1 京津冀滨海带海水入侵生态风险预警与协同修复关键技术及应用

研究内容：

针对京津冀滨海带海水入侵范围扩大、土壤盐渍化和生态风险加剧等问题，以及跨介质、多要素协同监测方法缺失，生态响应过程耦合关系不清，预测预警和防控修复协同能力不足等科技短板，研发融合卫星遥感、在线监测、地球物理探测和污染自动识别的海水入侵生态风险集成化、精细化、智能化监测识别技术；研究海水入侵驱动地下水咸化、污染物迁移转化、微生物群落演化、土壤-植被生态响应及滨海带景观格局演变机制，构建生态风险形成、传导与放大机理解析及关键阈值判定方法；构建耦合地下水开采、海平面变化等因素的海水入侵数值模型，建立复合生态风险评估与预警体系，识别扩张趋势、风险等级和关键防控区，研究地

下水回补、工程阻控与管理调控协同的多元综合阻控技术，形成预测预警-风险识别-分级防控联动模式；研发海水入侵背景下的滨海带生态保护修复与减污降碳一体化技术，集成底质改良、植被恢复、微生物调控等技术，构建生态修复成效评估方法；研究建立海水入侵风险预警-多元阻控-生态修复-功能提升协同联动技术模式，在天津、河北典型海岸开展示范应用，形成可复制推广的系统解决方案。

考核指标：

1. 研发基于多同位素联用的海水入侵通量原位监测技术体系 1 套，实现 δD 、 $\delta^{18}O$ 、 $\delta^{15}N-N_2O$ 、 ^{222}Rn 等多参数的实时监测，与传统检测相比，可实现水下原位监测，精度提升 1 倍（优于 1‰），入侵通量计算准确度 $\geq 80\%$ ；建立海水入侵扰动下氮、磷等污染物迁移转化的多端元识别技术体系和陆海源汇同位素数据库 1 套，研发基于长时序水文地球化学参数与同位素比值时序演变特征混合的深度学习精准识别技术，实现对海水入侵过程造成地下水污染的自动化、智能化识别，准确率 $\geq 80\%$ ；构建海水入侵多源立体监测技术方法 1 套，在线监测层位 ≥ 3 层，监测频率 ≥ 1 次/h，研发海水入侵原位监测点源数据、物探线源数据和卫星遥感面源数据的同化技术体系 1 套。

2. 建立海水入侵水盐胁迫下地下水-土壤-植被生态效应联合识别方法 1 套，采用水化学/同位素示踪、微生物测序、碳通量测试和遥感验证等方法，覆盖不少于 4 类关键界面、

5 类生态效应和 15 项关键指标；建立水盐胁迫-生态响应-景观格局变化定量关联模型 1 套，对景观格局变化的解释率 $R^2 \geq 0.80$ ；形成海水入侵驱动下生态风险形成、传导与放大机理及阈值判定方法 1 套，量化识别不少于 3 条风险传导路径和 5 类驱动因子阈值，驱动因子对生态风险变化的解释率 $R^2 \geq 0.80$ 。

3. 研发适用于淤泥质海岸和砂质海岸的海水入侵预测模型各 1 套，模型预测范围误差 $\leq 15\%$ ，海水入侵锋面位置预测精度达到米级；构建海陆交互区生态风险动态识别、评估与分级预警系统 1 套，风险预警准确率 $\geq 80\%$ ；提出地下水回补-工程阻控-管理调控协同的海水入侵多元综合阻控技术方案不少于 2 套，明确淡水帷幕构建、抽咸补淡、地表水-地下水联合调控等核心技术参数与协同措施组合，防控效率较单一阻控措施提升 20%以上；形成预测预警-风险识别-分级防控联动技术模式 1 套，建立覆盖低、中、高不同风险等级的阈值判识、防控目标设置、管控边界划定和措施响应规则，并开展模型模拟与现场监测联合验证。

4. 构建海水入侵影响区滨海带控盐、固碳、减污一体的生态修复技术体系 1 套，包括地表引水控盐下的植被繁育定植与生态重建技术 1 项，植被存活率 $\geq 80\%$ ；微地形改造与水盐协同调控下的植被-沉积物联合固碳增汇技术 1 项，碳汇能力提升至 $0.5 \sim 1.5 \text{ kg/m}^2/\text{a}$ ，沉积物截留捕获效率提升 20%，沉积物碳库密度提升至 $20 \sim 30 \text{ t/hm}^2$ ，单位蓝碳封存成

本降低 10%；耦合基底改良与植被-微生物协同强化的氮磷削减技术 1 项，氮、磷净化能力分别提升至 5~30 kg/hm²/a 和 0.2~1.5 kg/hm²/a；构建生态保护修复成效评估技术 1 套，集成遥感、样方调查、在线监测和模型模拟，实现滨海带水盐动态变化下的植被恢复、氮磷净化、固碳增汇、生态稳定性 4 个维度的定量评估。

5. 在京津冀典型滨海带开展应用示范，其中滨海湿地生态修复面积 ≥ 50 hm²，复合生态风险指数降低 30%以上，协同修复成效提高 20%；典型砂质海岸海水入侵风险防控长度 ≥ 5 km，防控区海水入侵范围或盐水楔长度较无措施情景降低 20%以上；受破坏生态系统物种恢复至原有水平的 80%以上，重要生态系统碳汇功能提升 30%，形成海水入侵风险预警-多元阻控-生态修复-功能提升协同联动技术模式 1 套，被省级及以上相关部门采纳。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 3:1，实施周期不超过 3 年。

6.2 京津冀山原城海复合系统生态增效与韧性提升关键技术及工程示范

研究内容：

针对京津冀协同发展过程跨区域多介质生态增效不足、联动应对极端气候生态韧性提升技术缺乏等问题，研究山区

-平原-城市-滨海跨生态环境多要素耦合作用及其水沙过程变化规律，揭示极端降雨与强扰动叠加下水土流失阈值跃迁及生态退化机理，研发地质扰动区灾害堆积体资源化利用与水源涵养功能提升及碳汇协同增效技术，构建山区-平原区水土介质联动生态增效技术体系；研究大型城市极端高温条件下下垫面结构热量传输及热岛效应放大机制，探明城市下垫面与景观结构协同、系统结构优化与空间拓展、城市降温增效与生物多样性提升等原理，研发河网坑塘水系连通调蓄、通风廊道气候缓冲技术，以及适用于不同构筑物界面的吸热降温、聚合物辐射制冷、生物多样性提升等城市立体绿化新技术，构建城市立体绿化与韧性提升技术适配体系；研究城市滨海带土壤介质脱氮与甲烷排放抑制协同机理，研发多功能植物适配与碳吸收强化、沉积物碳埋藏与植物碳捕获调控、微生物固碳脱氮活性提升与碳泵强化等关键技术，建立基于碳氮多组分协同控制的土壤“碳减排-碳增汇”协同增效技术体系；研究山原城海跨介质多场景水土生热联动生态增效调控技术，开发跨介质调控生态增效成效评估方法与智能决策模型，研究跨介质大尺度碳汇核算技术；在京津冀典型区域建立山区-平原区水源涵养与固碳增汇、城市立体绿化与韧性提升、城市滨海带土壤“碳减排-碳增汇”协同增效示范区，形成京津冀从山顶到海洋的跨域跨介质联动生态增效与韧性提升系统解决方案。

考核指标：

1. 建立山区-平原区水源涵养与碳汇功能提升协同技术 1 套, 其中, 极端气候事件水沙模拟与风险阈值判识体系 ≥ 1 套, 流域出口径流、泥沙模拟准确率 $\geq 80\%$; 建立生态涵养区涵盖 3 种以上环境介质、6 种以上资源类型、4 种以上生态系统类型的复杂耦合协调评估与调控技术方法体系; 地质灾害堆积体资源化利用与水土保持生态工程协同技术、跨介质水源涵养功能提升与碳汇协同增效技术 2 项, 拥有完全自主知识产权, 水源涵养区受破坏生态系统物种恢复至之前水平的 80% 以上, 林草覆盖度提升至 92%, 物种丰富度提高 3~6 种, 香农-维纳多样性指数提高到 0.7~0.8, 均匀度提高到 0.7~0.8, 生态系统稳定性提升 10%, 旱季单位面积产水量提升 8%~15%, 水源涵养量 $\geq 2250 \text{ m}^3/\text{hm}^2/\text{a}$, 产水模数 ≥ 3.80 万 m^3/km^2 , 单位面积碳汇效益提升 $\geq 25\%$, 耕地主要粮食作物的单位化肥产量提升 8%~12%。

2. 建立城市立体绿化与韧性提升技术体系 1 套, 其中, 河网坑塘水系连通调蓄 1 项, 湿地网络雨洪调蓄缓冲容量提升 $\geq 20\%$; 通风降温廊道技术 1 项, 局地高温胁迫时长减少 20%; 构筑物界面储热缓释与集水降温生态修复新材料 > 3 项, 导热系数 $\leq 0.40 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, 热稳定性 $-30\sim 80^\circ\text{C}$ 稳定, 降温幅度较普通混凝土低 10°C 以上, 7 天内保水率 $\geq 85\%$, 抗冲刷强度 $\geq 0.35 \text{ MPa}$; 辐射制冷材料太阳光反射率 $> 95\%$, 大气窗口发射率 > 0.90 , 在日间太阳直射下材料表面温度能低于环境温度的数值 $\geq 10^\circ\text{C}$, 并具有良好的自清洁性、耐紫

外老化性；优选抗旱耐热型功能植物 ≥ 10 种，适用于建筑墙体、桥墩、硬质铺面等 3 种以上场景，夏季高温环境萎蔫系数 $\leq 4.5\%$ ；研发低空智能喷施装备 1 套，功效 $\geq 60 \text{ m}^2/\text{h}$ 、边界误差 $\leq 5 \text{ cm}$ ；城市地区景观格局优化与下垫面综合调控、系统结构优化与固碳增效、城市降温增效与生物多样性提升技术模式 3 套，区域地表粗糙度提升 1.5，单位面积土壤含水量提升 $0.030 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ，物种丰富度提高 3~5 种，单位面积城市绿地绿量密度 $10\sim 20 \text{ m}^3$ ，单位面积碳汇效益提升 $\geq 25\%$ ，植被冠层含水量提升 $500 \text{ g}/\text{m}^2$ 。

3. 建立城市滨海带土壤“碳减排-碳增汇”一体化增效技术体系 1 套，其中，土壤介质脱氮-甲烷排放抑制技术 1 项，土壤净化总氮效率提升 10%，土壤甲烷排放抑制效率提高 10%；植物适配与碳吸收强化技术 1 项，实施后植物总生物量提升 40%；微生物固碳脱氮活性提升与碳泵强化技术 1 项，实施后沉积物介质净化总氮效率提升 20%，单位面积碳汇效益提升 $\geq 25\%$ 。

4. 建立山原城海跨介质多场景生态增效技术体系 1 套，涵盖山区、平原、城市、滨海等不同场景组合 4 种以上，以及环境介质 2 类以上，典型区夏季热岛等效容量平均折减系数由 0.76 提升至 ≥ 0.86 ，技术应用区植被覆盖度提升 10%以上，碳汇能力提升至 $0.2\sim 0.5 \text{ kg}/\text{m}^2/\text{a}$ ；开发跨介质调控生态增效成效评估方法与智能决策模型 1 套，接入京津冀模拟器，实现稳定运行 3 个月以上，成效评估准确率 $\geq 75\%$ ，模型精

度 $\geq 80\%$ ；针对不同场景组合，提出跨介质大尺度碳汇核算技术 3 项，核算误差 $\leq 20\%$ 。

5. 开展山原城海复合系统生态增效与韧性提升技术示范工程，连片面积 ≥ 10 万亩。其中，山区-平原区水源涵养与固碳增汇示范区 ≥ 1 处、连片面积 ≥ 5 万亩，城市立体绿化与韧性提升示范区 ≥ 1 处、连片面积 ≥ 1 万亩，滨海带土壤“碳减排-碳增汇”协同增效示范区 ≥ 1 处、连片面积 ≥ 4 万亩，形成可复制、可推广、低成本、高效益的京津冀从山顶到海洋的生态治理成套技术模式 1 套，示范区山区-平原区水源涵养、城市立体绿化、滨海土壤固碳核心工程技术应用成本整体下降 10%以上。

申报说明：

项目类型为应用示范研究类，以企业牵头组织申报，采用事前立项事后补助方式，其他来源资金与中央财政经费比例不低于4:1，实施周期不超过3年。

6.3 京津冀历史遗留排污渗坑水土污染探测评估与高效治理技术研发及示范

研究内容：

针对京津冀区域历史染化企业多，隐蔽排污渗坑难发现、染化物质种类未知、降解产物难检测、快速毒性评估方法缺失、高色度混合有机污染物色度时空演变趋势难预测、大面积巨厚地下水污染治理难度大等问题，研发空-天-地-壤一

体化高效精准探测装备与技术，建立污染源大数据与多时相多光谱遥感耦合筛查技术，研制基于气体垂向穿透原理的污染原位快速定性探测装置，融合物探技术构建渗坑三维边界微扰动圈定方法，集成“初筛-定性-定深-圈界”全链条技术体系；研发高分辨率质谱非靶向识别与现场快检评估技术装备，建立染化物质及其降解产物全谱系数据库及指纹图谱库，研制实验室多介质前处理装置，开发高盐高有机质干扰下快速定量技术，创建未知污染物生物毒性快速评估方法，形成“建库-快筛-定量-风评”全流程技术方法；研发历史渗坑染化污染运移反演与色度预测评估技术，解析高色度混合有机污染物释放、迁移、转化规律，建立参数率定方法，研发地面和井中物探与分层采样耦合的大面积巨厚污染羽精细刻画方法，构建多显色物质叠加色度预测方法和迁移预测方法；研发历史渗坑高色度有毒污染削减与通量阻控技术，研制高色度有毒有机污染物低成本脱色除毒材料，开发渗坑污染源高色度有毒污染物原位脱色与释放通量控制技术，研发地下水高浓度污染羽扩散通量原位阻控与强化削减技术，形成污染源和污染羽分区协同治理技术体系；集成历史染化企业渗坑探测与地下水污染治理技术，选取典型历史染化企业分布区域开展排污渗坑筛查，构建区域历史排污渗坑“一张图”，选择河北蠡县等典型历史染化企业渗坑地下水污染区开展治理修复示范，形成历史遗留地下水污染源精准排查、管控修复等技术指南。

考核指标:

1. 建立隐蔽排污渗坑快速筛查技术, 单个隐蔽填埋区识别时间 $< 24\text{ h}$, 污染溯源匹配度 $\geq 60\%$; 突破渗坑污染壤中气快速定性技术, 实测吻合率 $\geq 90\%$, 研发壤中气采样与同步检测装置 1 套, 采样和检测时间 $\leq 5\text{ min}$, 国产化率 $\geq 90\%$; 结合地球物理探测, 实现空天地壤一体化探测平面精度 $< 30\text{ m}$ 、深度 $\geq 30\text{ m}$ 。隐蔽排污渗坑初筛-定性-定深-圈界全链条技术体系 1 套, 形成历史隐蔽排污渗坑探测技术规范 (征求意见稿) 1 份。

2. 构建染化行业未知有机污染物全谱系数据库及指纹图谱库 1 套, 收录各类特征污染物 ≥ 100 种, 其中未知降解转化产物占比 $\geq 60\%$; 建立染化行业未知有机污染物非靶向识别技术体系, 未知物筛查覆盖率 $\geq 90\%$ 、结构解析准确率 $\geq 90\%$; 构建覆盖土壤、地下水、渗坑底泥、废液、地表水 5 类介质的快速检测前处理装置, 液体样品前处理时间 $\leq 20\text{ min}$, 土壤和底泥前处理时间 $\leq 40\text{ min}$; 研发紫外可见光与便携式气相色谱联用的现场快筛装备, 12 h 内识别显色、异味类污染物; 建立高盐高有机质干扰下的污染物快速定量方法, 定量相对偏差 $\leq 15\%$ 、目标物回收率 $\geq 85\%$; 建立基于鱼类生物测定的染化污染土壤浸出液和地下水样品急性毒性快速评估方法, 评估周期 ≤ 7 天, 形成染化污染物生物毒性及健康风险评估技术规范 (征求意见稿) 1 份。

3. 高色度混合有机污染物迁移转化参数率定方法 1 套,

覆盖不少于 4 类典型显色有机污染物及其转化产物，关键参数反演误差 $\leq 30\%$ ；地面和井中物探与分层采样耦合的大面积巨厚污染羽精细刻画方法 1 套，污染范围刻画误差 $\leq 10\%$ ；多显色物质叠加色度预测方法和迁移预测方法 1 套，实现不少于 4 类典型污染物及显色物质浓度叠加色度协同模拟，模拟误差 $\leq 20\%$ ；形成污染羽刻画与扩散风险评估技术规范（征求意见稿）1 份。

4. 高色度有毒污染低成本脱色除毒材料 ≥ 3 种，材料成本降低 20% 以上；渗坑污染源包气带高色度有毒污染物原位脱色与释放通量控制技术 1 套，实现源区包气带污染物淋溶释放色度物质速率降低 $\geq 80\%$ ，以不少于 4 个月的示范区包气带原位观测数据为准；地下水高浓度污染羽扩散通量原位阻控与强化削减技术 1 套，实现地下水高浓度污染向下游输入通量降低 $\geq 80\%$ ；污染源和污染羽分类分区协同治理技术体系 1 套。

5. 选择不少于 1 个典型区县完成全域历史排污渗坑筛查制图，形成区域排污渗坑“一张图”，筛查时间跨度不少于 30 年；选择不少于 2 个超过 30 年的历史染化企业渗坑污染区开展渗坑探测与污染治理全流程示范验证；示范区总面积 $> 2 \text{ km}^2$ ，含水层厚度 $> 100 \text{ m}$ ；示范区高浓度污染羽面积降低 $\geq 20\%$ ，地下水色度和特征污染物平均浓度均下降 20% 以上；区域地下水污染管控成本低至 10 元/ m^3 以下；形成历史遗留渗坑地下水污染管控修复技术指南（征求意见稿）1

份，被省级及以上相关部门采纳应用。

申报说明：

项目类型为应用示范研究类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 3:1，实施周期不超过 3 年。

6.4 京津冀退化耕地提质增效与减污降碳关键技术及示范

研究内容：

针对京津冀耕地土壤“盐渍-酸化-僵板-污染-贫瘠”复合退化，现有单一退化治理技术难以应对多因子耦合过程，导致耕地质量持续下降、农业面源污染与碳排放风险交织等问题，开展退化耕地提质增效与减污降碳关键技术及示范研究。研发基于便携式传感与智慧算法的退化耕地土壤快速诊断与分类分级评价技术，构建“结构-水盐-酸碱-肥力-生物”多要素耕地退化特征识别与土壤健康评价体系及阈值标准；研究盐渍、酸化协同改良与土壤僵板结构重构关键技术，构建物理重构、化学调控、生物活化协同改良技术体系，研发节水抑盐、源头控酸、结构改良复合绿色调理材料；研究污染（Cd、Cr 等）-贫瘠退化耕地靶向阻控与提质增效技术，研发多因子污染修复协同的复合靶向消减技术，研制靶向复合调理/修复材料；研究农田系统碳氮耦合“减污降碳”协同增效与资源化利用技术，研发农田系统碳库稳定与增容协同调控等技术，揭示碳氮耦合固持机制，开发基于氮肥精准

调控和功能微生物介导的氮损失阻控“减污降碳”调控产品和技术；研究农业农村碳氮管控与资源化利用一体化管理决策技术，集成土壤有机-无机碳库稳定解析模型、农田系统氮素多界面原位监测与区域污染风险评估模型等，构建基于AI与大数据融合的碳氮管控与资源化利用智慧决策平台，在京津冀典型退化类型代表区域（城郊集约农业区、平原粮食主产区及滨海盐渍化影响区域等）建立退化诊断、消障提质、减污降碳、智慧管控等技术综合示范区，开展“数据感知-过程模拟-智能决策-精准管控”全技术链条集成应用，构建可复制的区域技术范式。

考核指标：

1. 构建京津冀退化耕地土壤酸化-盐渍化-污染（Cd、Cr等）协同快速诊断与健康评价技术体系1套，包括原位多参数（基础理化性质、养分指标、污染指标等）同步监测系统、基于可见光-近红外（350~2500 nm）无人机+地面光谱等高光谱遥感反演模型、盐渍/酸化/僵板/贫瘠/污染五级快速诊断技术各1项，原位多参数同步监测系统相关零部件国产化率>80%，高光谱遥感反演模型中可见光-近红外光谱分辨率优于3 nm，单架次覆盖面积 $\geq 50 \text{ hm}^2$ 条件下，模型处理全流程时间不超过2 h，快速诊断技术中盐渍/酸化/僵板/贫瘠分级精度高于85%，污染分级精度高于80%。

2. 研发盐渍、酸化、僵板复合退化土壤绿色协同改良技术1项以上，实现盐渍化土壤盐分降低20%，碱化土壤pH

降至 8.0 以下，酸化土壤 pH 提升至 6.0 以上，板结土壤容重降低 8%以上，其中，复合调理材料成本 <3000 元/吨，每亩改良成本 <4000 元。

3. 研发贫瘠、污染退化耕地复合污染靶向阻控与提质增效技术 1 项以上，实现土壤主要污染物生物有效性削减 15% 以上，耕地养分库容提升 10%以上，农产品中污染物含量低于国家相关标准限值。其中，复合调理材料成本 <3000 元/吨，每亩改良成本 <4000 元。

4. 研发区域农业生态系统碳氮管控“减污降碳”协同增效与资源化利用技术 1 项，实现土壤碳库容量提升 10%，矿物结合态有机碳含量提升 5%以上，土壤氮素损失减少 15%，氮素利用率提升 10%以上，农业增产 20%以上。

5. 构建农业农村碳氮管控与资源化利用一体化管理决策技术 1 项，建立土壤有机-无机碳库稳定解析模型，实现排放通量核算偏差小于 30%；开发降碳减排协同调控的智能化决策平台 1 个，在京津冀典型区域开展应用验证。

6. 构建退化耕地质量提升与减污降碳协同的技术集成模式 1 套，建立千亩级应用示范基地 3 个（河北 2 个，天津 1 个），累计推广 6000 亩以上，耕层土壤有机碳含量提升 10%，温室气体减排 10%以上，耕地质量提升 0.5 个等级，亩均生产成本降低 10%以上，作物产量/品质提升带动亩均增收 200 元以上。

申报说明：

项目类型为应用示范研究类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 3:1，实施周期不超过 3 年。

板块七 跨介质系统治理

7.1 京津冀重点行业减污降碳协同智能分析平台构建技术研究

研究内容：

京津冀工业过程污碳排放呈现多介质耦合与动态变化特征，针对传统减污降碳协同主要依赖稳定工艺参数与静态产排污预测模型、难以精准分析与优化的瓶颈问题，从化学化工底层分子角度研究应对复杂工业系统动态污碳协同的智能分析平台构建技术，攻克高/低温化学反应、微生物反应、萃取/精馏/结晶/吸附/分离/膜等典型单元的解构原则，剖析单元间物质流（含污染物流和碳排放流）、能量流、信息流耦合逻辑与传递规律，建立面向工业过程的本体组织理论，形成物质、单元、过程等典型实体对象属性、关系统一数据描述框架，建立数据质量评价与标准规范，支撑重点行业过程数据库构建；形成覆盖数据采集、清洗、标注、融合的智能化数据工具链，支持分子模拟、单元计算、文献报告、连续监测等多源异构数据源的采集和加工，形成从化合物分子到工艺单元、重点行业减污降碳的高质量数据集；针对回转窑-电炉冶金、锂电固废循环、焦炉气热/质回收、多元热解气化等典型过程，探索领域知识、科学机理与数据驱动方法协

同的建模机制，建立微观污碳表征与数据关联新规律、污染物特征原位光谱感知与在线监测方法，揭示关键污染物的微观生成路径与速率控制步骤，建立机理-数据双驱动的工艺单元动态预测建模新方法，开发污染物特征光谱智能识别与超排预警算法，实现动态工况下多污染物和碳排放强度的精准预测；将数据资源加工工具、动态工况预测模型、优化算法等核心功能模块进行系统集成，构建自主可控的典型工业过程减污降碳及协同优化的智能分析平台，实现多源数据管理、排放强度的在线计算、减污降碳协同潜力分析、路径智能推优与研判对比、推演地图展示等核心功能，同步打通与已建成的京津冀大型企业园区污染物排放地图平台的数据壁垒；基于智能分析平台，研发典型工业过程减污降碳协同增效的多目标路径优化研判技术，结合京津冀钢铁冶金等重点示范工程进行平台验证与迭代，凝练可复制可推广的工业源多介质污碳协同防控数字化解决方案与科学模式。

考核指标：

1. 构建工业过程数据统一描述框架与数据库底座 1 套，支撑京津冀重点行业原料、单元及过程不同层次数据的接入、存储、管理与服务，覆盖反应、萃取、精馏、结晶等典型单元 ≥ 4 个；编写典型工业过程解构规范文档 1 份，覆盖不少于 5 项重点行业过程数据库元数据、工艺过程、物质流等定义与关键数据项规范化描述；支持 XML/JSON/数据库多格式数据兼容转换，格式转换准确率 100%；完成不少于 8 套典

型工业流程案例入库，覆盖不少于 2 个重点行业，形成完整测试报告。

2. 研发重点行业减污降碳数据智能加工工具链 1 套，实现分子模拟、单元计算、文献报告等多源异构数据全自动化或半自动化采集、清洗与标准化、对齐融合以及质量评估等核心功能；建立化合物 ≥ 1 万个的分子模拟高质量数据集 1 个，含几何及电子结构描述符、单元内微观作用力、热力学指标等 ≥ 15 个，建立化合物 ≥ 2 万个的分子指纹和高质量谱图数据集 1 个；污碳排放领域文献报告关键字段提取准确率 $\geq 85\%$ ，非结构化及半结构化表格数据转换准确率 $\geq 80\%$ ；建立行业污染信息 ≥ 5000 条的重点行业特征排放高质量数据集 1 个；建成重点行业减污降碳高质量数据集，涵盖钢铁、锂电回收等行业记录 ≥ 10 万条，形成构建标准流程文档 1 套。

3. 面向多元热解气化等典型工艺过程，建立污染物特征智能识别系统 1 套；建立热解工艺要素-污染物-碳排放响应模型 1 套，热解温度等工艺关键要素 ≥ 5 个，VOCs 等关键污染物、温室气体 ≥ 5 种，模型预测误差 $\leq 30\%$ ，形成与 DCS/PLC 联动的超排预警模块，实现污染物排放超标前预警时间 ≥ 5 分钟；面向回转窑-电炉冶金、焦炉气热/质回收等典型工艺，构建机理-数据混合驱动的污碳强度动态预测模型，在动态工况下预测性能较纯机理模型提升 $\geq 20\%$ ；建成钢铁、锂电等典型工艺过程高质量数据集 ≥ 2 个，包含复杂原料特征、工艺参数、污染物分子指纹与分子描述符、多介

质排放因子等结构化字段，覆盖不少于 100 种复杂物料波动等动态工况。

4. 建成钢铁、锂电回收等典型工业过程减污降碳智能分析平台 1 个，包含多源数据加工管理、排放强度在线计算、减污降碳路径智能推优与研判对比、推演地图展示等 ≥ 4 项智能分析工具；在化学化工或环境领域收集化合物 ≥ 1000 万种的省部级以上数据中心应用，在京津冀完成平台部署并业务化运行，实现化合物信息与工业过程数据的调取及加工，打通与京津冀大型企业园区污染物排放地图平台的数据壁垒，污染排放一键调阅的单点登录成功率 $\geq 95\%$ 。

5. 结合京津冀钢铁冶金等重点示范工程，开展典型工业过程减污降碳协同路径的优化研判，为环评和规划管理提供减污降碳技术路径的定量优选方案；编制工业过程污碳数据及接口规范相关标准（国家标准建议稿）1 项，包含工业过程解构、元数据、污碳数据定义、数据质量控制及跨平台接口技术规范，并在业务化运行的省部级数据平台完成验证；形成可复制推广的单元过程-企业-园区-区域多层级工业过程减污降碳协同增效模式 1~2 项，提出面向区域工业源头多介质协同防控的政策建议，获国家、地方主管部门或生产企业采纳。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 1:1，实施周期不超过 3 年。

7.2 京津冀特征污染物跨介质风险协同防控关键技术及应用

研究内容：

针对京津冀人口集聚区特征污染物（碳、氮、重金属及典型有机污染物）跨介质调控技术应用效果不清、迁移转化通量认识不足、跨介质风险对人工调控响应特征不明等关键瓶颈，围绕工农业重点部门关键污染控制系统，研发基于靶向阻控的多活性氮物种跨介质迁移同步抑制技术和基于复合功能材料的重金属和典型有机污染物跨介质通量协同削减新技术，利用同位素示踪等手段明确污染控制系统内碳、氮、重金属及典型有机污染物跨介质迁移转化路径和通量，构建适用于京津冀区域的跨介质污染人工调控技术库；研发针对大气干湿沉降-地表再排放双向交换关键过程的动态通量观测技术，依托京津冀不同功能区的综合观测站点，开展面向人工调控与自然基线的特征污染物气-土-水跨介质过程综合对比观测，重点解析温室气体的土-气、水-气界面双向交换通量对人工调控的响应特征，构建本地化气体双向交换过程的参数化方案；选择京津冀典型区县级场景，在人工调控技术库中筛选关键调控技术并设计不同技术组合的应用情景，基于跨介质迁移转化关键过程参数化方案建立人工调控措施与多介质（大气、地表水、土壤-植被）环境浓度之间的非线性响应关系，由此构建物理-数据双驱动的跨介

质调控响应人工智能模型，量化特征污染物气-土-水跨介质迁移转化特征及对人工调控的响应特征；建立适用于京津冀区县级尺度的多污染物（活性氮、重金属、典型有机污染物）跨介质风险综合评估方法，基于该评估方法与人工智能模型的模拟结果，绘制不同情景下的跨介质综合生态环境风险图谱，以温室气体排放总量控制为关键约束，建立以跨介质污染复合生态环境风险削减为目标的人工调控技术方案选择最优化算法；耦合污染调控响应人工智能模型、跨介质复合风险综合评估方法和人工调控技术方案最优化算法，建立特征污染物跨介质风险协同防控决策平台，选择京津冀人口聚集区典型区县级场景，开展防控决策平台的综合应用，确定人工调控技术方案并评估其实施成效，为京津冀跨介质污染风险协同防控的过程模拟与科学决策提供关键技术支撑。

考核指标：

1. 研发基于靶向阻控的多活性氮物种（ NH_3 、 N_2O 、 NO 等）跨介质迁移同步抑制技术不少于1项和针对重金属及典型有机污染物（多环芳烃等）的协同削减技术不少于1项，在相应污染控制系统实现活性氮的跨介质迁移通量削减率 $\geq 30\%$ ，重金属总量或生物有效态的削减率 $\geq 40\%$ ，典型有机污染物削减率 $\geq 30\%$ 。明确不同污染控制系统（不少于2类）中 $\geq 95\%$ 碳氮元素跨介质迁移转化路径和通量，建立人工调控技术库1套，覆盖调控技术数据量 ≥ 1000 条。

2. 完成京津冀典型功能区的跨介质迁移通量观测，覆盖

人口集聚区（城区、工业区、农业区）和生态敏感区，站点数不少于 4 个，观测覆盖春夏秋冬典型季节。双向交换通量监测物种覆盖 CO_2 、 CH_4 、 N_2O 、 NH_3 、 NO 等，时间分辨率达 10 min 级，通量观测精度达 $5 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$ ；颗粒态重金属与典型有机污染物的沉降通量覆盖 Cd、As、Pb、Cr、Sb、Tl、多环芳烃等，时间分辨率达日级，通量观测精度达 $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ 。建立本地化的碳氮气体双向交换过程参数化方案 1 套，揭示典型功能区 $\geq 90\%$ 碳氮元素跨介质迁移通量。

3. 建立京津冀区县级不同技术组合下的人工调控情景不少于 100 个，构建物理-数据双驱动的特征污染物（ CH_4 、 N_2O 、Cd、As、Pb、Cr、Sb、Tl、多环芳烃等）气-土-水跨介质调控响应人工智能模型，量化特征污染物跨介质迁移特征以及对人工调控的响应特征，空间精度达到 km 级，模型对调控引起的气-土-水跨介质通量响应预测准确率 $> 85\%$ ，模型推理速度较基准过程模型提升 ≥ 50 倍。

4. 建立京津冀跨介质复合风险综合评估方法 1 套，包含活性氮、重金属和典型有机污染物（多环芳烃）引起的生态环境风险；编制区域跨介质生态环境复合风险评估技术指南（征求意见稿）1 项，适用于京津冀区域，具备将重金属、有机污染物等特征污染物引发的跨介质生态环境风险归一化的功能；绘制京津冀典型区县特征污染物跨介质风险图谱 1 套，覆盖 Cd、As、Pb、Cr、Sb、Tl、多环芳烃等引起的跨介质风险，空间分辨率达 km 级；研发人工调控技术方案最

优化算法 1 套，具备在跨介质风险削减目标和温室气体总量控制、调控技术成本等约束条件下确定最佳调控技术组合的功能。

5. 建立特征污染物跨介质风险协同防控决策平台 1 套，覆盖 Cd、As、Pb、Cr、Sb、Tl、多环芳烃等引起的跨介质风险，空间分辨率达 km 级，具备在跨介质风险削减目标和温室气体总量控制、调控技术成本等约束条件下制定区县级综合调控技术方案的功能；在包含工农业不少于 2 类污染控制系统的京津冀区县级典型场景开展应用，场景区域不小于 400 公顷，覆盖大气、水体、土壤多介质，实现污染物跨介质迁移通量导致的生态环境增量风险下降 10% 以上，形成可复制、可推广的跨介质风险防控决策平台。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 1:1，实施周期不超过 3 年。

7.3 京津冀典型场景大气污染物排放智慧监管技术研发与示范应用

研究内容：

针对京津冀排放源监管中异常排放行为隐蔽性强、移动源跨区域排放追踪难和面源排放监管困难等突出问题，面向固定源、道路移动源、工业园区、居民生活源排放典型场景，研发覆盖多种污染物的“感知-识别-追踪-预警-决策”一体

化排放智慧监管技术并开展示范应用。基于排污许可、在线监测、环境处罚等多源异构信息，研发工业企业大气污染排放特征智能画像技术，实现企业排放行为连续动态精准识别，能够智能捕捉典型排放源启停机、低负荷运行等非正常工况的排放异常并输出可核验线索，构建规则约束与知识推理耦合的固定源排放行为监管智能体，实现污染源快速推理，提升固定源智能化监管水平；基于重型车车载自动诊断系统（OBD）海量数据，研发重型柴油车 NO_x 排放实时预测模型与风险分级预警技术，自动生成差异化、精准化管控建议，并结合定期检验、门禁视频等信息构建车辆全生命周期排放动态画像，识别违法排放和异常运行模式，实现违规车辆跨区域全景式精准追踪；研制适配无人机平台、自动充放电与全天候作业环境的轻量化超光谱成像载荷，开发基于无人机多角度交叉对扫的米级分辨率大气断层扫描算法，面向工业园区、居民区、农业区、港口近岸排放场景等区域面源，研发基于多无人机协同观测的面源排放热点筛选和异常排放识别技术，实现面源排放的无人化监管；研发人工智能驱动的多污染物多部门排放-浓度耦合反演推理引擎，基于多源感知大数据实现京津冀主要污染物分部门排放动态变化高效快速反演，并融合多源监管信息开发跨源时空图神经异常识别框架，智能识别排放异常变化和潜在问题源，形成排放动态变化分析报告和异常清单；研发融合固定源在线监测、重型柴油车 OBD 数据、无人机超光谱立体监测和多维感知

数据反演的多污染物排放通量快速核算技术，研发具备源强动态感知能力的综合智慧监管系统，构建典型场景“排放感知-通量核算-来源识别”一体化智能决策技术体系，实现典型场景无人化监管、常态化巡查与智能决策响应；在京津冀地区开展排放源智慧监管技术的示范应用。

考核指标：

1. 固定源排放行为监管智能体 1 套，具备工业企业排放智能画像和高值冒泡事件污染来源快速推理功能，包含京津冀标准化工业源环境管理数据库 1 套，至少涵盖 4 种核心工业源大气污染基础数据，覆盖京津冀范围内所有重点管理及简化管理的工业企业，完整性 $\geq 90\%$ ，高频类数据更新延迟 ≤ 24 h；工业企业大气污染排放特征智能画像覆盖物种包括颗粒物、 SO_2 、 NO_x ，结果与企业实际排放情况的吻合度 $\geq 80\%$ ，非正常工况识别准确率 $\geq 70\%$ ；空气质量高值冒泡事件污染来源推理响应达到小时级，智能体主动识别准确率 $\geq 60\%$ ；智能体实现多源数据的语义统一和关联映射，智能溯源语义推理准确率 $\geq 75\%$ ；在至少 1 个省级和 1 个地市级部门开展示范应用。

2. 面向 OBD 远程数据的智能化多数据质量评分模型与分级分类技术 1 套，实现京津冀范围内 50% 以上的重型柴油车 OBD 数据质量等级自动标注，标注更新频率不低于每小时 2 次；重型柴油车 NO_x 实时预测模型及分级预警技术 1 套，基于预警结果的智能化管控辅助决策系统 1 套，自动生

成差异化管控建议，可同时预测 ≥ 1 万辆车，响应时间 ≤ 5 h；违法排放智能专项识别与跨区域违规车辆精准追踪算法 1 套，线索识别准确率 $\geq 70\%$ ；在至少 1 个省级和 1 个地市级部门开展示范应用。

3. 无人机轻量化超光谱成像载荷 1 套，载荷重量 ≤ 1.5 kg，光谱分辨率 ≤ 0.5 nm，光信号捕集效率 $\geq 90\%$ ；交叉对扫断层扫描算法 1 套，实现浓度空间分辨率 ≤ 5 m $\times$ 5 m，时间分辨率 ≤ 30 min，污染气体浓度检测限 ≤ 1 μ g/m³；面源排放无人机智慧监管系统 1 套，覆盖物种包括 PM_{2.5}、SO₂、NO₂、NO、HONO、HCHO、CHOCHO、NH₃，监管系统巡查覆盖面源范围 ≥ 10 km $\times$ 10 km，智慧调度响应时间间隔 ≤ 2 h，跨介质面源污染监测与负荷识别误差 $\leq 10\%$ ；面源排放无人机智慧监管系统在不少于 2 个典型面源地区实现示范应用。

4. 人工智能驱动多污染物排放-浓度耦合推理引擎 1 套，实现排放源动态逆向推演，结果覆盖京津冀地区，包含电力、工业、交通、民用、农业等排放部门，排放物种不少于 5 种，空间分辨率不低于 5 km $\times$ 5 km，时间分辨率为日，排放通量误差 $\leq 30\%$ ；基于多源数据的跨源时空图神经异常排放识别框架 1 个，至少涵盖 4 种不同来源的基础数据，以经确认的典型异常事件案例库为基准，排放异常行为智能识别准确率 $\geq 75\%$ ，自动形成排放动态变化分析报告与异常清单，更新频率不低于每天 1 次；在至少 1 个省级和 1 个地市级部门开展示范应用。

5. 典型场景排放综合智慧监管系统 1 套，融合固定源在线监测、重型柴油车 OBD、无人机超光谱立体监测和多维感知数据反演，面向企业偷排、异常工况、秸秆焚烧、重污染应急、重大活动保障等典型场景，实现污染物排放通量快速核算，响应时间 $\leq 2\text{ h}$ ，通量核算误差 $\leq 30\%$ ，空间覆盖范围 $\geq 10\text{ km} \times 10\text{ km}$ ；具备源强动态感知、异常排放识别和来源判别能力，以经确认的典型异常事件案例库为基准，异常识别准确率 $\geq 75\%$ ，来源识别准确率 $\geq 70\%$ ；形成无人化监管、常态化巡查与智能决策响应，在京津冀不少于 5 类典型场景开展示范应用。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 1:1，实施周期不超过 3 年。

7.4 京津冀供需协同柔性资源聚合与火电替代减污降碳技术研发与示范

研究内容：

针对京津冀地区火电依赖程度高与新能源消纳受限并存、终端柔性资源替代火电过程中碳污协同减排成效不清的突出问题，开展京津冀供需协同柔性资源聚合与火电替代减污降碳技术研发与示范。研究柔性资源驱动火电边际出力调节的减污降碳协同路径与核算方法，解析火电替代过程中碳、氮、硫跨介质迁移转化路径及通量识别，揭示火电替代中节

能-降碳-减污的时间-空间-组织多维度耦合机理及对大气碳污浓度小时级削峰的量化响应关系，融合天空地一体化多元感知数据，耦合削峰填谷、需求响应等多类柔性调节场景，构建碳、氮、硫的气-水介质归趋协同量化模型，建立减排量核查确权的标准化核算方法学体系；研究多空间层级能源系统环境效应协同的高性能仿真及优化技术，建立多源异构、监测数据动态校准的能-碳-环境-人居动态映射模型，研发具备百万节点并行计算能力的协同仿真软件平台，开发面向不同能源结构、减污降碳路径、典型和极端气象条件等多场景的跨区域、高时空分辨率多目标精准匹配与滚动优化仿真算法；研究百兆瓦级海量柔性资源潜力评估及其替代火电的动态聚合技术，开发适用于工业园区、建筑群、污水处理厂等场景下分布式新能源电源、储能、热泵、空调、充电装置等多类柔性资源替代火电容量的减污降碳智能调控算法，研发支持多终端接入、实时感知、分层分时分区调控、云边协同，适配多场景的成套软硬件装备；研究自主研发架构下实时高频异构数据加密上链存证技术，开发日内交易复杂业务场景异步上链延迟压缩技术，构建多级索引的交易数据秒级溯源查询引擎，研究火电替代的电-碳-污协同治理与电碳市场交易服务支撑系统，实现柔性资源的碳污减排量溯源确权、可靠核算与市场化激励；在京津冀地区开展柔性资源替代火电容量的减污降碳综合示范，研究电力市场与碳污治理政策趋势，构建多场景多维验证与效果评估体系，验证机理模型、

仿真算法、调控装备及电碳交易系统应用成效，编制配套标准规范，形成规模化推广实施路径。

考核指标：

1. 节能-降碳-减污多维度高精度核算与时空组织多维度动态聚合的跨介质物质流表征模型 1 套。覆盖碳、氮、硫三元素在气-水界面干湿沉降的迁移通量与转化速率及路径，通量核算准确率 $\geq 90\%$ ，跨介质转化反应机理识别率 $\geq 90\%$ ，路径识别覆盖率 $\geq 95\%$ ；模型应用覆盖不同火电碳污控制系统与多类柔性资源调节场景，电-碳链路核算误差 $\leq 5\%$ ，电-污跨介质链路核算误差 $\leq 10\%$ ；融合烟气排放连续监测系统、电力数据采集与监控系统、大气环境监测、气象（含季节性变化）再分析、卫星遥感等不少于 5 类多源异构数据，近实时数据流时空对齐与融合处理延迟 $\leq 5 \text{ min}$ ，数据有效利用率 $\geq 90\%$ ；不少于 3 个典型园区或场站开展完整年度实证校验。

2. 多层级能源系统环境效应动态映射与高性能仿真优化模型 1 套，开发城市大空间尺度并行计算仿真平台，节点规模 ≥ 100 万，支持冷、热、电、温、碳等不少于 10 类数据融合处理能力，仿真时间分辨率 5 分钟级；碳排放、污染物浓度及室内热环境指标仿真偏差 $\leq 10\%$ ，计算效率较传统单进程仿真平台提升 20 倍；研发能-碳-环境-人居协同多目标优化技术，形成面向不同可再生能源结构场景的差异化规划方法 ≥ 3 套，实现室内热舒适保障率 $\geq 90\%$ 前提下碳排放降

低 $\geq 10\%$ ，新能源替代率 $\geq 30\%$ ，开展覆盖不同地区、建筑类型、系统形式、气象条件等不少于 200 个典型算例验证。

3. 火电替代的海量柔性资源动态聚合优化调控技术及云边控制装备 1 套，适用于工业热能深度回收、建筑冷热供应、区域电网柔性调节、城市污水治理等至少 5 种场景，支持多终端接入、实时感知、分层分时分区调控、云边协同，兼容 10 种以上主流设备通信协议，接入柔性资源 ≥ 5 类，终端节点 ≥ 100 个，典型场景调控指令跟踪精度 $\geq 95\%$ ，单边缘节点本地优化决策时延 ≤ 500 ms，关键运行参数采集准确率 $\geq 99.9\%$ ；聚合调控算法支持柔性资源规模 ≥ 100 MW，柔性资源预测准确率 $\geq 95\%$ (含典型日与寒潮、热浪极端天气)，对边端聚合的可调电量、等效减污降碳量的计量与调控周期小于 15 分钟，调控寻优效率较传统单云端串行集中调度方案提升 30%以上。

4. 火电替代的电-碳-污协同治理与电碳市场交易服务支撑系统 1 套，实时计量场景存证速度提升至秒级，日内交易场景下，跨系统复杂业务异步上链延迟提升至分钟级，交易数据溯源查询响应速度提升至秒级；构建历史数据策略回测准确率 $\geq 90\%$ 的绿电-绿证-碳配额等效融合算法模型，实现柔性资源参与电网互动、降碳、减污的确权、核算、交易全流程覆盖，在京津冀形成千万级绿证交易支撑能力（ ≥ 1000 万张/年，等效替代标煤约 300 万吨）；采用参与市场交易的协同治理方案后，较基准情景等效碳排放下降 10%以上。

5. 开展 4 项以上减污降碳示范应用，涵盖京津冀典型工业园区、雄安新区建筑群、污水处理厂等不同类型，总示范聚合容量 ≥ 50 MW，总建筑示范面积 ≥ 150 万 m^2 ；不同示范场景组合形成的典型示范碳排放较基准情景降低 $\geq 20\%$ ，柔性可调资源占尖峰负荷比例 $\geq 20\%$ ，柔性资源容量 ≥ 20 MW，柔性资源调控降碳贡献率 $\geq 10\%$ ，电气化率 $\geq 80\%$ ，新能源消纳率 100%；制修订国家或行业标准 ≥ 3 部。

申报说明：

项目类型为应用示范研究类，以企业牵头组织申报，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 5:1，实施周期不超过 3 年。

7.5 京津冀多介质有机胺排放与管控技术研究

研究内容：

面向京津冀多介质有机胺“排放识别-影响评估-综合管控”的关键技术需求，开发碳捕集烟气、废水、机动车尾气等多介质样品中有机胺和亚硝胺等副产物的检测方法，建立检测全流程质量保证体系；研制碳捕集设施有机胺逃逸评估与控制中试装置，评估不同监测技术测量碳捕集烟气有机胺的适用性和不同控制技术对烟气有机胺的去除效率；探究有机胺在大气中的多相转化和清除规律，明晰有机胺协同生成颗粒物二次组分的机制与贡献，开发厂区尺度大气有机胺扩散模型；研究机动车有机胺排放特征，评估车型、排放标准、

运行工况等参数的影响；研究典型京津冀城市大气有机胺的特征及来源，开展京津冀典型固定污染源碳捕集设施烟气中有机胺测评，研究有机胺逃逸的排放限值，提出碳捕集有机胺排放监测和管控建议。

考核指标：

1. 多介质样品中有机胺及其副产物检测方法 1 套和亚硝酸胺检测方法 1 套，包括检测全流程质量控制体系，涵盖烟气、废水和机动车尾气等样品，目标组分不少于 4 种有机胺、4 种醛酮类有机胺副产物和 4 种亚硝酸胺，烟气和尾气样品中方法检出限达到 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 级别，水样品中方法检出限达到 $\mu\text{g}/\text{L}$ 级别。

2. 碳捕集设施有机胺逃逸评估与控制中试装置 1 套，涵盖燃煤烟气和燃气烟气两类，烟气处理能力 $\geq 500 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ， CO_2 捕集能力 ≥ 2.5 吨/天，稳定运行时间累计不少于 1500 小时；碳捕集烟气有机胺逃逸监测及控制研究报告 1 份，涵盖在线和离线方法（不少于 2 种）用于监测碳捕集烟气有机胺逃逸的适用性，以及水洗、湿式电除尘器等控制技术（不少于 2 种）对碳捕集烟气有机胺的去除效率。

3. 大气有机胺多介质转化过程与协同生成二次组分模拟模型 1 套，包含不少于 4 种有机胺的气相氧化和非均相界面反应过程，融合有机胺浓度、气象及干湿沉降等典型京津冀大气环境参数，可预测有机胺的大气寿命、区域传输尺度和亚硝酸胺产率，可评估多种有机胺协同（不少于 4 种）生成

颗粒物二次组分的潜力，较单一有机胺模型预测能力提升 80%；厂区尺度大气有机胺扩散模型 1 套，覆盖燃煤电厂、燃气电厂等典型固定源厂区尺度，包括有机胺的大气传输、转化、沉降等关键过程，有机胺大气浓度场分布的预测准确度较高斯扩散模型提升 50%。

4. 机动车尾气有机胺排放数据集 1 套，包括汽油车、混合动力车和柴油车等车型，涵盖国五和国六排放标准，测试车辆不少于 100 辆次，排放标准、运行工况和车辆负载等不同车用条件组合不少于 6 种，包括尾气中不少于 4 种有机胺和 4 种其他重要含氮有机物的排放浓度，监测频次实现分钟级。

5. 碳捕集设施烟气有机胺排放数据集 1 套，包括燃煤电厂、燃气电厂等固定源碳捕集设施，覆盖不同 CO₂ 负荷、贫胺液温度等关键运行工况条件，包括烟气中不少于 4 种有机胺、4 种亚硝胺和醛酮类有机胺副产物的排放浓度，监测频次实现分钟级；解析固定源、移动源等排放源对城市大气有机胺的贡献，涵盖冬、夏 2 个季节，不少于 4 种典型有机胺；碳捕集有机胺排放监测和管控技术报告 1 份，涵盖有机胺的采样检测、影响评估、排放限值及控制措施等内容，技术报告由国际标准化组织发布。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 1:1，实施周期不超过 3 年。

7.6 珍珠项目群

7.6.1 京津冀大气氧化性界面调控技术研究

研究内容：

针对气溶胶界面过程对大气氧化性影响认识不足的问题，选取京津冀典型工业源、交通源、生物质燃烧源一次颗粒组分和硝酸盐等二次组分为代表的典型 $\text{PM}_{2.5}$ 组分，开展大气活性组分在气溶胶界面的转化机制及其氧化性贡献的实验与理论模拟研究。研发不同气溶胶界面大气活性组分转化的机器学习势能面高精度模拟技术，建立各类典型气溶胶组分的界面-体相空间分布与大气活性组分富集吸附的关联图谱，形成气溶胶界面分布与吸附特性数据集；模拟界面反应路径，解析酸度、离子组成、界面电场对反应能垒与动力学的调控规律，建立多环境梯度基元反应速率常数数据集；开展大型烟雾箱验证实验，获取气粒两相产物高时间分辨演化特征与速率常数，解析环境因子对界面氧化性的调控机制，完成界面电子转移与中间物种演化表征，构建覆盖界面反应动力学、环境调控、电子转移特征、氧化性评估的全链条数据集，研发适配区域空气质量模型的界面反应动力学参数化方案，支撑区域大气氧化性的模拟与调控。

考核指标：

1. 开发不同气溶胶界面大气活性组分转化的机器学习势能面模拟模型 1 套，集成不少于 3 个可独立训练与验证的

子模型，支持不少于 600 个原子的气液界面体系模拟，可完成不少于 4 种京津冀典型 $\text{PM}_{2.5}$ 组分（包括黑碳、硝酸盐、金属、卤素离子等）的空间分布模拟，并可实现不少于 3 种大气关键活性组分在不同气溶胶界面转化的动力学模拟。在同等密度泛函理论计算精度下，模型的计算效率较从头算分子动力学提升至少 2 个数量级，体系总能量预测的平均绝对误差 (MAE) $\leq 3 \times 10^{-2} \text{ eV/atom}$ ，界面反应能垒的 $\text{MAE} \leq 0.2 \text{ eV}$ 。

2. 构建典型气溶胶组分的界面-体相空间分布及大气活性组分富集微观模拟数据集 1 套，涵盖不少于 4 种京津冀典型 $\text{PM}_{2.5}$ 组分，收录多组温度梯度、酸度梯度、离子浓度梯度下的界面-体相分布数据，集成不少于 3 种大气关键活性组分界面富集与吸附的电子尺度参数，涵盖离子反应位点、初始反应构型，覆盖不少于 100 组环境工况与反应体系，形成高精度专用数据集。

3. 构建大气活性组分界面转化微观动力学数据集 1 套，涵盖活性氧、活性氮、活性碳等 ≥ 3 种关键大气活性组分，单类收录不少于 15 条不同京津冀典型气溶胶界面的基元反应路径，包含氢键、卤键网络、前线轨道能隙等电子结构参数，覆盖多环境工况，形成不少于 100 组反应体系规模的专用数据集。

4. 完成 ppb 浓度条件下气溶胶界面化学的大型烟雾箱验证实验(烟雾箱体积 $\geq 30 \text{ m}^3$ 、颗粒物壁损失 $< 8 \times 10^{-4} \text{ min}^{-1}$)，

获取气粒两相产物的高时间分辨率（ $<1\text{ min}$ ）、长时序（ $>3\text{ h}$ ）演化数据，测定活性氧、活性氮、活性碳等 ≥ 3 种关键活性组分在不同气溶胶界面的反应速率常数，明确 ≥ 3 种核心环境因子对界面氧化性的调控机制。

5. 完成 3 种大气关键活性组分在典型气溶胶界面的电子转移、瞬态物种演化及终产物分布的全链条表征，构建覆盖界面反应动力学、环境调控、电子转移特征、氧化性评估的全链条数据集 1 套；形成适配区域主流空气质量模型（如 CMAQ）的界面反应动力学参数化方案 1 套。

申报说明：

项目类型为前沿基础类，以中央财政经费支持为主，承担单位不超过 3 家，下设课题数不超过 3 个，实施周期不超过 3 年。

7.6.2 京津冀化学-天气双向反馈过程全耦合精准模拟技术

研究内容：

面向京津冀地区大气细颗粒物与能见度精准模拟需求，针对当前化学-天气反馈机制认识不清、空气质量模型中反馈机制不完整等问题，研发化学-天气双向反馈过程全耦合精准模拟技术。建立大气辐射雾及夜间边界层多相物理化学过程立体观测技术体系，开展气溶胶吸湿活化与多粒径液滴化学组分外场观测，探究辐射雾演化过程中和夜间边界层内

的多相化学与微物理过程耦合机制；研制面向京津冀复杂地形背景的气象-化学同框架、同步长、多变量在线耦合的化学-天气模拟内核，建立气溶胶-辐射相互作用与气溶胶-云相互作用的天气尺度定量化表征方法，实现涵盖多种化学-天气双向反馈机制与耦合过程的双向全耦合模拟；研发基于双向全耦合模拟的能见度与 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度高精度同步模拟技术，构建多源数据融合的京津冀地区化学-天气全耦合再分析数据集，揭示京津冀地区秋冬季辐射雾与 $\text{PM}_{2.5}$ 污染协同演化过程与机制。

考核指标：

1. 辐射雾及夜间边界层多相物理化学过程立体观测技术体系 1 套，实现地面与 50 米以上双高度气溶胶吸湿活化及多粒径液滴化学组分同步观测，具备雾内液滴按粒径段开展化学组分、干燥状态粒径分布及吸湿性综合在线监测能力，时间分辨率优于 1 小时，粒径分档不少于 4 档，观测化学组分不少于 10 种，形成相关垂直探测技术规范（征求意见稿）1 项；在京津冀地区典型下垫面（城市、背景地区）开展外场观测试验，设立垂直探测站点 ≥ 2 个，观测周期 ≥ 2 个月，形成包含至少 2 种夜间化学关键储库物种、至少 4 个粒径段气溶胶粒径谱分布、气溶胶吸湿性参数、气溶胶化学组分质量浓度、气溶胶临界活化粒径、过饱和比、间隙气溶胶和雾滴含水量等关键参数的综合数据集 1 套。

2. 化学-天气双向反馈全耦合模拟模块 1 套，实现代码

100%国产化；模块涵盖气溶胶组分雾内沉降、夜间边界层物理化学耦合过程、气溶胶-辐射相互作用、气溶胶-云凝结核-暖云相互作用、气溶胶-冰核-冷云相互作用等主要机制 ≥ 5 类，实现耦合的气溶胶组分 ≥ 7 种、粒径分档 ≥ 10 档；京津冀地区中度污染以上过程 $\text{PM}_{2.5}$ 峰值模拟与地面观测值相比的准确率较当前业务模型提升10%以上。

3. 基于双向全耦合模拟的能见度与 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度同步模拟模块1套，实现代码100%国产化；消光系数计算涵盖气溶胶组分 ≥ 7 种、气态污染物 ≥ 1 种、水凝物 ≥ 4 种；京津冀地区污染过程能见度模拟准确率与当前业务模型相比提升10%以上。

4. 京津冀地区化学-天气全耦合高分辨率再分析数据集1套，包含 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度、气溶胶组分、能见度、辐射通量、云宏微观特征量等 ≥ 25 种变量，空间分辨率 $\leq 3\text{ km}$ ，时间分辨率 $\leq 1\text{ h}$ ，模拟时段覆盖2024~2028年。

申报说明：

项目类型为前沿基础类，以中央财政经费支持为主，承担单位不超过3家，下设课题数不超过3个，实施周期不超过3年。

7.6.3 面向溢流污染与污泥中毒的厂网突发水质风险荧光原位监测技术及装备

研究内容：

针对排口水质实时监管的需求，围绕厂网突发水质风险控制目标，开展排水系统雨季溢流污染与污水厂活性污泥急性中毒荧光原位监测与预警技术装备研究；研究高浑浊环境下颗粒杂质、吸光组分、气泡对荧光监测的干扰效应及作用机制，建立荧光监测过程中内滤干扰的控制技术，开发前表面荧光探头、管式流通池等专用配件，研制低成本多波长微型荧光光度计及原位监测与远程数据传输系统；研发基于荧光原位监测的合流制排水系统溢流污染快速识别及智能解析技术，揭示污水、雨水以及管道沉积物的特征荧光组分及其时空变化规律，构建雨季排口溢流污染负荷快速评估技术；研发基于荧光原位监测的微生物胞外物质、NADH 和代谢产物快速识别技术，确定微生物死亡的特异性荧光评价指标与污泥中毒的界定阈值，构建污水厂活性污泥急性中毒预警技术；研发排水系统雨季溢流污染与污水厂微生物数量及活性的荧光原位监测装备，在京津冀地区开展应用验证，支撑排口水质实时监管与污水厂韧性提升。

考核指标：

1. 建立高浑浊环境下荧光原位监测技术及干扰控制方法，无需过滤、稀释等样品预处理，最大允许 SS 达到 4000 mg/L，最大允许紫外吸光度（ UV_{254} ）达到 1.0 cm^{-1} 。

2. 研制具有自主知识产权的多波长微型荧光光度计，激发光波长范围 280~450 nm，信噪比不小于 100；具有连续监测、数据远程传输等功能，数据传输达分钟级，数据保真率

不低于 95%，缓存数据容量不低于 1 万条；设备重量小于 5 kg，设备体积小于 0.01 m³，设备成本不超过 2 万元/台。

3. 研发基于荧光原位监测的排水系统溢流有机污染快速识别技术及装备 1 套，单点检测时间 ≤ 5 min，与国标 COD_{Cr} 检测方法对比误差不超过 20%，完成雨季溢流污染监测应用验证，不少于 3 次强降雨，系统在线率超过 95%。

4. 研发基于荧光原位监测的污水处理微生物数量与活性快速识别技术及装备 1 套，单点检测时间不超过 5 min，对比标准检测方法（MLVSS 和 OUR）误差不超过 20%；完成污水厂活性污泥急性中毒预警模拟测试，突发污染类型（极端 pH 或高毒性物质等）不少于 5 种，测试的污水生化处理工艺不少于 3 种，响应时间较末端水质监测和污泥上浮观察提前 2 h 以上，漏报/误报率不超过 20%。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 1:1，承担单位不超过 3 家，下设课题数不超过 3 个，实施周期不超过 3 年。

7.6.4 面向水治理的水质-水生态卫星观测要素智慧化监管关键技术研发

研究内容：

针对京津冀复杂河湖水质-水生态关键要素遥感响应机制不明、水体异常状况识别时效性不足、天气和光照受限条

件下水质应急监测保障不够等监管短板，创新顾及邻近效应与遥感反射率残差的多源高分辨率水体光学遥感信号偏差全自动精细校正算法，研发耦合水体理化特征的水质-水生态关键参数高精度反演技术和遥感产品生产线无代码敏捷搭建技术，研制抛弃式战术性水质浮标；围绕京津冀水体黑臭样本稀缺、光谱特征时空漂移等现象，构建融合水体黑臭理化特征与光学特征的可解释表征体系，设计小样本学习策略和水体表征异常态势感知模型，研发小样本数据场景下水体黑臭状况快速判定技术；针对水生态治理成效气候波动与治理活动难以量化的难题，融合水质-水生态-水文多维参数，构建多层级贝叶斯时空分层定量归因技术，建立人为治理活动与气候演变因子对水生态关键指标的联合概率依赖关系，利用长时序遥感数据重构无干扰自然背景线，实现“人努力”治理成效的精准定量评估；研发多智能体协同的水质-水生态特征要素智慧化监管系统，支持领域专家经验与决策规则嵌入，构建水体黑臭状况智能判定-水生态成效归因分析-水治理智慧化决策响应的监管模式，支撑水生态保护修复成效监管从“经验判断”向“快精准、智能化”跃升。

考核指标：

1. 研发水体高分辨率光学遥感信号偏差全自动精细校正技术 1 项，支持高分、资源、哨兵、北京等民商高分辨率光学遥感数据的全自动大气校正，水体辐射传递定标不确定性 $\leq 3\%$ ，卫星遥感反射率产品数据残差校正不确定性 $\leq 5\%$ ，

无人工干预情况下米级分辨率水体遥感反射率卫星产品误差 $\leq 15\%$ 。

2. 研发支持水质（透明度、溶解氧、氨氮、总氮等）-水生态（浮游植物、水生植物等）关键参数遥感产品生产线无代码敏捷搭建与高精度反演技术 1 项，遥感产品生产线共性处理与关键参数反演算法模块 ≥ 50 个，光敏水质参数反演精度 $\geq 85\%$ ，非光敏水质参数估算精度 $\geq 65\%$ ；研制抛弃式战术性水质浮标 1 套，支持水温剖面、浊度、溶解氧、氨氮、表层叶绿素 *a* 浓度等参数的同步测量，支持抛弃后自动展开，支持超时或越界时自毁，支持实时传输加密数据，温度剖面同步观测物理节点 ≥ 10 个，有效链长 ≥ 100 m，连续工作时长 ≥ 10 天；水质-水生态关键参数的精度验证需依托国家级遥感地面检验站点配合实地同步监测数据完成校验，覆盖河湖水体的京津冀站点不少于 5 个，全国范围站点总计不少于 10 个。

3. 提出小样本数据场景下（地面调查样本量通常几十至几百）水体黑臭异常状况快速判定技术 1 项，研究区域内黑臭水体自动判定正确率 $\geq 85\%$ ，编制黑臭水体治理实用技术指南 1 份，获国家生态环境主管部门采纳。

4. 提出多层级贝叶斯时空分层定量归因技术 1 项，实现水治理成效中自然因素与人为因素的定量评估，编制水生态保护修复成效评估技术指南/规范行业标准 1 项，获国家生态环境主管部门采纳。

5. 研制多智能体协同的水质-水生态特征要素智慧化监管系统 1 套，实现与国家级卫星遥感数据平台的协议无关性对接，数据汇聚时效优于 2 小时，支持不少于 20 颗国产民商中高分辨率卫星和不少于 3 种数据模态，智能体须面向真实监管场景完成业务化验证，参与并支撑国家级生态环境监管平台的日常运转，项目执行期内连续有效运行时间不少于 6 个月。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 1:1，承担单位不超过 3 家，下设课题数不超过 3 个，实施周期不超过 3 年。

7.6.5 京津冀地下水中 DNAPL 与 LNAPL 复合污染精准探测技术与装备

研究内容：

针对京津冀地区地下水中 DNAPL（重非水相液体）与 LNAPL（轻非水相液体）复合污染迁移转化机制复杂的问题，现有监测技术难以精准表征 LNAPL 相、DNAPL 相和溶解相污染物赋存状态，且洗井抽水检测结果失真率高，易形成“监测盲区”，导致污染边界不清、溯源不准、联控失效等问题，开展 DNAPL 与 LNAPL 复合污染精准探测技术与装备研发；在识别潜水含水层中 DNAPL/LNAPL 复合污染迁移规律基础上，研发普适性、参数化的 DNAPL/LNAPL 复合污染赋存

状态定量表征方法；研发针对卤代化合物、石油烃、苯系物等的高特异性污染物富集-传感纳米材料合成技术；研发纳米功能材料增强的电化学/光谱联用传感单元，实现关键器件的国产化替代；研发适应京津冀水文地质条件的“原位采样-多组分同步检测-加密传输”一体化成套监测装备；开发针对潜水含水层 DNAPL/LNAPL 复合污染多相共存、协同运移特征的多相渗流耦合智能预测模型；建立集“监测-刻画-溯源”污染识别一体化技术体系，并在京津冀典型复合污染场地完成应用示范。

考核指标：

1. 建立适用于京津冀复杂水文地质条件的潜水含水层 DNAPL/LNAPL 复合污染多相赋存状态参数化定量表征方法，其中 DNAPL 重点关注卤代化合物类，LNAPL 重点关注苯系物和石油烃类，实现污染类型识别准确率 $\geq 80\%$ ，主要污染区域（贡献率 $> 20\%$ ）空间位置平均定位误差 $\leq$ 场地特征长度的 10% ，单场地污染精细刻画周期 ≤ 30 天。

2. 研发特征组分高特异性富集-传感纳米材料，对特征组分的特异性吸附容量 $\geq 300 \text{ mg/g}$ ，常见地下水共存离子干扰率 $\leq 15\%$ ，批量制备传感信号相对标准偏差 $\leq 10\%$ 。

3. 研发污染物多相态电化学/光谱联用传感单元 1 套，开发免试剂/少试剂检测模块；特征组分检出限 $\leq 0.8 \mu\text{g/L}$ ，检测响应时间 $\leq 10 \text{ min}$ ，连续稳定运行 ≥ 90 天，可区分 DNAPL/LNAPL 相，相态识别准确率 $\geq 80\%$ 。

4. 构建集“监测-刻画-溯源”污染识别一体化技术体系1套,实现对DNAPL/LNAPL来源与污染过程智能识别预测;在京津冀地区工业场地开展应用示范。

5. 研制国产集成智能装备1套,适配-10°C~40°C环境,同步监测DNAPL、LNAPL、氨氮、浊度、氧化还原电位等指标 ≥ 5 项,数据传输延迟 ≤ 1 h,人工维护频次 ≤ 1 次/月。

申报说明:

项目类型为重大共性关键技术类,其他来源资金与中央财政经费比例不低于1:1,承担单位不超过3家,下设课题数不超过3个,实施周期不超过3年。

板块八：生态环境管理创新

8.1 京津冀美丽中国先行区智慧决策与集成管理技术及应用

研究内容:

面向京津冀美丽中国先行区生态环境高水平治理与区域经济高质量发展“双赢”的管理需求,聚焦区域生态环境效益最大化与社会经济成本最小化的动态平衡,开展京津冀美丽中国先行区智慧决策与集成管理技术的研究及应用。运用驾驭工程技术和智能体 workflow 技术,构建可控可解释的传统模型与智能模型融合算法体系,研发具有高时空分辨率特征的“社会经济成本-资源约束-生态环境改善”三维综合效益协同的多情景动态推演模型,精细揭示多战略与政策情景下

先行区社会-经济-资源-环境的宏观动态变化与链式传导反馈机制；构建面向先行区、支持动态更新的多层级、多维度环境战略政策知识图谱，研发基于大语言模型等的环境战略与政策文本自动抽取与参数智能赋值智能体，研究融合政策知识与机理模型的多情景智能模拟技术，形成针对大气应急管控、重大活动保障、空气质量标准提升等重大战略与政策实施社会经济影响的标准化调控技术体系；研发基于自主推理智能体的企业级环境政策影响精准模拟、预测与智慧辅助决策技术，开发基于强化学习的企业级多维耦合影响预测算法，刻画重点行业不同类型企业针对环境规制与经济收益的博弈机制，形成基于内生行为模式和外部社会经济环境影响的差异化企业环境管理策略；构建以区域社会总成本最优为导向的多维政策协同性量化评估技术，解析环境与产业等多部门政策在京津冀多尺度空间的协同拮抗效应，识别经济敏感度高、成本负担显著的重点行业、区县及典型企业，形成以降低政策社会成本为目标的政策协同决策机制及针对重大政策实施的优化情景方案；开发基于人工智能技术的京津冀美丽中国先行区智慧辅助决策与动态模拟调控平台，实现城市级及企业级环境效益与经济成本的动态预测、效果模拟、智能决策与优化调控等核心功能，在京津冀重点领域、典型城市及区县（园区）开展多层次模拟验证，并在接口标准、数据格式、互操作协议等层面与专项内同类智慧模拟平台有效衔接。

考核指标：

1. 构建 1 套具有自主知识产权、具备智能化推演能力的高时空分辨率多情景动态推演模型，实现关键模块的智能化模拟推演。模型包含绿色低碳、环境优美、生态宜居、安全健康、智慧高效等多维目标的约束参数 ≥ 20 项，重点调控行业 ≥ 20 个，生成优化情景方案 ≥ 10 个。模型内部集成时空降尺度技术，政策实施推演结果的时间分辨率从年度到季度；空间维度覆盖京津冀美丽中国先行区省级、地市级，不少于 8 项核心环境经济指标降尺度到区县或园区。

2. 构建适用于京津冀区域的多层级环境战略与政策知识图谱及配套数据库，包括政策领域、政策类型、政策工具、适用对象等维度环境治理细化措施 ≥ 300 条，相关措施内置经济成本、减排效益、碳排放等量化参数 ≥ 10 项。开发基于大语言模型技术的环境政策数据库自动抽取和智能赋值智能体 1 个，实现政策文本自动识别、政策措施自动抽取及结构化入库，政策抽取准确率 $\geq 80\%$ ，并支持人工校核与动态修正。相比传统人工整理抽取方式，政策信息收集整理效率提升 $\geq 70\%$ 。形成重大环境政策社会经济影响标准化评估技术指南（建议稿），形成美丽中国先行区重大战略与政策实施的技术支撑方案。主要成果被省级及以上生态环境等主管部门采纳应用。

3. 开发基于自主智能体的多源数据融合企业级污染物排放-经济活动数据库智能更新技术 1 套，在煤电、钢铁、

化工等重点行业应用，企业级信息包含能源消耗、污染排放、经济效益、技术工艺等核心指标 ≥ 40 个。数据库涵盖典型重点工业城市中的重点监管企业，动态更新频率从年度提高到月度。开发基于强化学习的企业级环境经济预测技术，核心指标预测时间维度细化到季度和月度。形成不同行业、不同规模企业的适应性环境管理策略不少于6项。

4. 基本建成重大环境管理政策社会经济成本系统评估技术体系和管理制度，围绕大气治理、清洁能源、产业优化等重点领域，形成不少于5项的重大环境战略与政策优化情景方案，相较于延续既有政策管理模式（BAU情景），重大环境管理政策社会经济成本整体下降30%以上，重大环境政策决策模拟耗时周期从数月缩短至数天-数周。形成面向京津冀美丽中国先行区目标的区域战略与政策协同机制技术方案，主要成果被省级及以上生态环境等主管部门采纳应用。

5. 构建经济代价和社会影响最小，兼顾资源能源约束的企业级环境政策精准模拟、筛选与优化调控平台1套，动态预测、效果模拟、智能决策、优化调控等核心模块不少于5个，模块间数据流和业务流实现交互衔接，重大环境政策模拟时长 ≤ 2 h。部署不少于5类功能型智能体，建立多智能体交互协作机制。在京津冀重点领域、典型城市、样本区县（园区）等开展多层次模拟验证。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，其他来源资金与中央

财政经费比例不低于 1:1，实施周期不超过 3 年。

8.2 生态环境典型场景非现场执法关键技术与装备研究及应用

研究内容：

针对非现场执法电子数据缺乏可信保障、排污许可“一证式”监管效能不足、现场执法缺少智能技术装备、典型执法场景取证手段缺失等问题，开展生态环境典型场景非现场执法关键技术与装备研究。聚焦程序性违法场景，从法律、制度、技术、数据、标准等维度研究构建全过程非现场执法体系，基于“技术-法律”协同框架，研发电子数据真实性、合法性、关联性“三性”智能校验引擎技术，融合联盟链、时间戳、数字签名、隐私计算等技术，研发电子数据全链条存证溯源与安全防护链路，搭建一体化电子数据取证固证平台，实现证据防篡改、可追溯、安全可控；开展“监管-监测-执法”全链条业务数字映射与闭环处置技术研究，构建权责清晰、流程闭环、数据互通、协同高效的“三联动”技术体系，突破跨部门、跨层级数据壁垒，建设多模态、高质量、标准化数据集，研发多智能体协同推理引擎，搭建跨部门业务协同与数据共享平台，建立数据共享、线索流转、闭环管理的高效监管模式；研制轻量化智能执法眼镜，搭建“终端-云端”协同运行架构，围绕典型场景研发多模态影像数据解析技术、环境执法知识图谱增强大模型、智能体协同决

策技术及证据链自动构建技术，实现违法识别、法规匹配、类案检索、文书辅助生成等智能辅助研判；研发轻量化、高波段机载多光谱传感硬件，开发巡航采样、影像重构和污染识别算法，实现流域大范围隐患排查与快速取证，突破生成式 AI、荧光指纹特征比对、溯源分析核心算法，研发水质荧光指纹配套证据链构建技术，搭建覆盖多行业污染源的水质荧光指纹特征数据库，形成“空-地”联动的智能监管模式；研发便携可佩戴式红外 VOCs 气体泄漏快检装备，研究语义分割、空间特征提取、深度卷积神经网络量化算法，实现复杂环境下泄漏云团识别、杂波抑制和 VOCs 气体泄漏速率实时测算、浓度分级提示，研发现场复核、盲区泄漏快速判别技术，实现常规点位、不可达点位实时预警和快速取证，提升 VOCs 泄漏排查和 LDAR 合规核查效率与现场取证能力。

考核指标：

1. 编程序性违法全过程非现场执法建设方案 1 套；研发电子数据真实性、合法性、关联性“三性”智能校验技术 1 套，单案证据校验响应时间 ≤ 20 s；研发电子数据全生命周期可信存证溯源和隐私安全计算技术各 1 套，编制非现场执法的《电子数据取证固证技术规范》《电子数据交换标准》

《电子数据质量评估指引》建议稿各 1 份；开发一体化电子数据取证固证平台 1 套，支持 ≥ 8 种数据接入与标准化治理，支持证据校验、线索研判、证据链构建、文书自动生成等功能。在京津冀至少 1 个地市级执法监管部门开展业务化应用。

2. 形成固定源排污许可监管“三联动”顶层技术体系 1 套，排污许可事项有效监管覆盖率从 50%提升至 80%；建成固定污染源高质量数据集 1 套，支持 ≥ 8 种数据统一汇聚，单条数据处理时间 ≤ 5 s；研发多智能体协同推理引擎 1 套，单条线索可关联 ≥ 3 类业务数据源，输出完整推理链路，线索识别准确率 $\geq 90\%$ ；开发跨部门业务协同智能识别与线索智能推送系统（含政府端和企业端）1 套，在国家级业务化信息平台上线部署。在京津冀至少 1 个地市级执法监管部门开展业务化应用，重点企业各类环保现场检查频次减少 50% 以上。

3. 研制智能执法眼镜装备 1 套，搭建“终端-云端”协同运行体系，终端支持典型场景 DCS 数据、运行曲线、台账记录、排水颜色、固废标识等 ≥ 5 类现场影像数据的自动解析，整机重量 ≤ 100 g，单次续航时间 ≥ 5 h，国产成套设备普及率达到 100%，国产化相关监管执法设备使用率达到 100%；构建环境执法多模态基础模型、环境执法知识图谱、环境执法智能体和执法证据链自动构建技术各 1 套，现场辅助决策响应时间 ≤ 20 s，单案证据链构建时间 ≤ 5 min。在京津冀至少 1 个地市级执法监管部门开展业务化应用。

4. 研制机载多光谱传感硬件 1 套，重量 ≤ 850 g、光谱波段数 ≥ 100 个，适配主流无人机飞行平台标准；配套自适应巡航采样、高精度影像重构和水质污染特征识别定位取证算法，单平方公里水域监测耗时 ≤ 30 min，污染有效识别率

≥80%，百米高度识别定位误差≤2 m。构建污染源水质荧光指纹数据库 1 个，包括废水和危险废物重点行业各不少于 8 类，研发水质荧光指纹执法证据链构建技术 1 套，单次溯源证据构建时间≤5 min；水质荧光指纹执法溯源仪 1 台，溯源时长≤20 min/次，准确率≥90%，设备续航时间≥3 天。国产成套设备普及率达到 100%，国产化相关监管执法设备使用率达到 100%。在京津冀东部生态屏障区、北京生态涵养区等开展智能监管应用示范。

5. 研制可佩戴式红外 VOCs 气体泄漏快检装备 1 套，重量≤900 g，功耗≤10 W，热灵敏度≤15 mK@30°C；研发语义分割、空间特征提取、深度卷积神经网络量化算法，完成算法轻量化部署，气体泄漏检出率 $P_d \geq 90\%$ ，误报率 $F_a \leq 5\%$ ，交并比 $IoU \geq 0.75$ ，模型参数量≤5 M，端侧推理帧率≥25 FPS；研发现场复核、盲区泄漏快速判别技术 1 套，普通泄漏点 2000 ppm VOCs 气体（以正丁烷计，2 m）和不可达点 5000 ppm VOCs 气体（以正丁烷计，2 m）的单次取证时间≤2 s。国产成套设备普及率达到 100%，国产化相关监管执法设备使用率达到 100%。在京津冀至少 1 个地市级执法监管部门开展业务化应用。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 1:1，实施周期不超过 3 年。

8.3 海河流域突发污染绿色高效处置技术与装备研究及应用

研究内容：

针对海河流域风险密度高、自净能力弱、响应压力大，而现有环境应急技术环境扰动大、次生风险高、原位应用效率低等问题，开展海河流域突发污染绿色高效处置技术与装备研究及应用。研发基于聚硅多元自缓冲体系的低色度和低pH扰动型锑/钼等重金属混凝药剂，开发低残余硫多硫-氧化复合除铊药剂与低成本钙基镉、铅应急材料，构建在线水质数据自适应的投加量动态优化模型，开发配套智能溶投药装备与无人机精准投药系统，形成低环境扰动的特征重金属原位精准削减技术体系；突破超浸润界面构筑与纳米多孔结构调控、超微孔碳材料孔径精准调控与表面功能化构筑方法，研发面向难溶有机物的高效应急吸油材料与针对亲水小分子毒害有机物的选择性吸附材料，研发兼顾水力通透性与结构稳定性的模块化吸附单元，构建多类型有机物泄漏原位应急吸附材料体系；研究突发污染场景分类分级技术，构建高浓度复合污染源头或旁路处置快速反应磁捕获与高梯度磁分离协同方法，建立装备快速启动与工况自适应控制机制，开发快速部署智能磁分离重金属应急装备，突破脉冲非热等离子体强化活性氧生成和铁循环再生工艺，研发基于脉冲非热等离子体耦合芬顿技术的有机物高级氧化撬装式装备，形成移动式高效应急处置装备体系；研究水文条件-应急措施

耦合作用下的应急效能演变规律，构建覆盖污染削减、次生风险和资源消耗的流域尺度应急效能评价与预测方法，形成基于效能预测的应急技术适用性判别依据，建立多约束条件下的应急技术组合推荐方法，形成流域尺度优化决策方法体系；集成海河流域河流水系拓扑数据、应急设施信息等多源数据，构建流域应用数据底座，开发集数据整合、智能研判、辅助决策于一体的海河流域环境应急支撑平台，实现平台支撑下环境应急响应实施的业务流程标准化与协同作业，形成面向流域突发污染事件的综合环境应急处置解决方案。

考核指标：

1. 开发聚硅多元自缓冲混凝药剂 1 种，河道原位应用、超标 50 倍以内条件下对镉、钼等重金属去除率 $\geq 80\%$ ，水体色度、pH 变化幅度较聚铁混凝剂下降 70%以上，或满足 pH 在 6~9 范围内；开发多硫-氧化复合药剂 1 种，对铊去除率 $\geq 80\%$ ，原位应用后游离硫离子 $\leq 0.1 \text{ mg/L}$ ， H_2S 释放量较硫化钠沉淀法降低 80%；开发低成本钙基应急材料 1 种，对镉、铅的去除率 $\geq 90\%$ ，成本不超过 850 元/吨，河道原位处置后水体 pH 在 7~9 范围内；开发河道原位溶投药装备 1 套，具备智能调控功能，与同等水平突发污染处置历史案例相比，药剂使用量降低 $\geq 30\%$ ；研发无人机精准投药系统，单机有效载药量 $\geq 30 \text{ L}$ ，投药精度 $\pm 5\%$ ，具备厘米级定位、路径规划、协同避障功能。

2. 开发超浸润纳米多孔吸油材料 1 种，对典型油品或有

机物吸附容量较吸油棉提升 2 倍、吸附速率提高 1 倍；研发超微孔碳基吸附材料 1 种，对苯酚等典型溶解性有机物的吸附量较活性炭提高 4 倍以上，基于发光细菌的生物毒性削减 90%以上；形成填料式模块化吸附单元 1 种，流速 0.1~0.5 m/s 无明显失效，连续使用 24 小时材料流失率 $\leq 0.1\%$ 。

3. 提出突发污染场景分类分级技术，污染场景 ≥ 6 类；研制重金属污染高效智能磁分离一体化应急装备 1 套，去除率 $\geq 90\%$ 或出水满足地表水 V 类限值，装备启动时间 ≤ 8 min，水力停留时间 ≤ 6 min，磁介质回收率 $\geq 99\%$ ，吨水占地 ≤ 0.0075 m²；研发基于脉冲非热等离子体耦合芬顿的难降解有机物高效脱除撬装装备 1 套，规模 ≥ 5 m³/h，对高浓度事故废水中苯系物、苯胺去除率 $\geq 95\%$ ，相较传统芬顿铁泥量降低 $\geq 30\%$ 、基于发光细菌的生物毒性削减率提高 $\geq 20\%$ 。

4. 研发流域尺度应急效能评价与预测方法 1 套，覆盖污染削减、次生风险控制、资源消耗等 ≥ 4 个指标维度，关键指标预测误差 $\leq 30\%$ ；研发基于应急效能预测的应急技术适用性判别方法 1 套，形成不同水文条件、污染类型及工程约束下水利调度、投药削污等 ≥ 4 类关键措施的适用边界；形成多约束条件下应急技术组合推荐方法 1 套，获省级及以上生态环境主管部门或流域管理机构采纳。

5. 研发海河流域环境应急支撑平台 1 套，内置集成河流水系拓扑数据、风险源、风险受体、应急设施等 ≥ 10 类数据的流域数据底座；具备智能研判、辅助决策等 ≥ 9 项核心功

能，与部级环境应急指挥系统互联互通；支持环境应急响应全过程的业务流程标准化与协同作业，覆盖信息流转、联合研判、协同调度与现场执行等 ≥ 4 个关键环节；在海河流域省级生态环境管理部门应用，用户满意度 $\geq 90\%$ ；研发的药剂、材料或装备在海河流域或生态环境部调度的其他流域突发污染事件中实战应用 ≥ 2 项；形成面向流域尺度突发污染事件的综合应急处置解决方案1套，省级及以上生态环境主管部门采纳。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于1:1，实施周期不超过3年。

8.4 京津冀陆海统筹生态环境协同治理关键技术研究及应用

研究内容：

针对陆海统筹生态环境治理存在海陆界面作用机制不清与分区支撑技术缺失等问题，聚焦陆海交汇的河口和近岸海域，开展京津冀陆海统筹生态环境协同治理研究。构建“空-天-地-海”多源数据融合技术，研发环境指标梯度阈值确定技术、静态分区与动态锋面结合的双层划界技术及差异化营养盐与生态健康基准识别技术，形成河口和近岸海域重要生态空间识别与管控分区划定技术体系，开展生态环境质量差异化评估；研发“区域-流域-海域”一体化水质模拟技术、

高分辨率的近岸海域污染源管控清单技术，明晰入海河流污染通量的时空分异规律，开发入海河流污染负荷削减与特征污染物排放总量动态分配技术，提出陆海统筹的多尺度总氮管控策略，评估多重不确定性和多情景下的重点减排措施削减效能与环境质量改善贡献；构建京津冀陆海协同治理技术集成方案，研发治理成本系统评估技术、经济发展与多污染物减排的多目标协同优化技术，提出成本有效的优化配置方案，识别“区域-流域-海域”多尺度“环境-经济”合作博弈机制，综合评估区域协同治理的环境与经济社会效益；开发河口和近岸海域生态系统产品与服务功能量的精准动态模拟技术、近岸海域减污降碳协同技术，核算滨海湿地和河口植被的碳汇变化，形成河口和近岸海域生态价值评估技术体系，制定“区域-流域-海域”一体化生态保护补偿标准，提出多因子协同的陆海生态保护补偿机制，形成京津冀区域陆海统筹的环境质量改善与碳汇提升的协同治理与生态保护补偿方案；开发陆海统筹智慧决策技术、涉海管理部门权责清单智能甄别技术，开展多尺度与长时序情景预测及跨区域跨部门协同决策的成效评估，研究京津冀“区域-流域-海域”一体化管理体系、管理机构与运行机制，开展陆海一体化管理的立法方案研究，选取京津冀典型沿海城市，开展空间分区划定、协同治理技术方案、全过程耦合模拟、生态保护补偿机制、协同治理效果评估等协同治理体系应用示范。

考核指标：

1. 生成京津冀河口和近岸海域 30 米和逐月分辨率的“空-天-地-海”多源融合数据集，总氮、总磷反演精度 $R^2 \geq 0.75$ 、叶绿素 a 反演精度 $R^2 \geq 0.80$ ；建立不少于 3 个盐度分区的指标基准集，生态环境指标 ≥ 10 项，精度不低于 1 km；形成梯度阈值确定与双层动态划界技术，评估指标 ≥ 10 项、精度 $\geq 85\%$ ，阈值突变点识别精度误差低于 $\pm 10\%$ ；生态指标与营养盐关系拟合优度 ≥ 0.85 ，形成河口和近岸海域营养物水质基准推导技术指南；提出重要生态空间识别、差异化评估与分区技术方案，分辨率不低于 1 km，涵盖近岸海域、入海河口及跨界过渡带等 3 级、重要生态类型不少于 6 种；主要成果被省级及以上政府管理部门采纳。

2. 形成“区域-流域-海域”一体化水质模拟技术，总氮、总磷、叶绿素 a 的平均绝对百分比误差低于 15%，模拟技术被京津冀模拟器采用；形成分辨率不低于 1 km 的总氮、总磷排放清单；识别入河污染通量的时空分异规律，形成污染负荷动态分配方案，实现多尺度嵌套的负荷逐级动态分解，指标包括但不限于总氮、总磷，时空精度分别为日和乡镇；开展重点减排政策的京津冀近岸海域水质改善效果不确定性评估，政策情景不少于 5 项，包括但不限于总量控制、污水处理、农业农村污染控制等，提出多种不确定性下的多尺度总氮管控方案；主要成果被省级及以上政府管理部门采纳。

3. 形成河口和近岸海域的系统治理技术方案及减排措施成本评估技术，措施类型不少于 8 项，包括但不限于产业

结构调整、污染治理、生态沟渠、海水养殖污染管控、典型生态系统修复等；形成污染减排成本优化技术与多措施协同优化配置方案，空间精度到乡镇，典型示范区治理总成本较规划情景降低 $\geq 20\%$ ；区域环境-经济系统合作博弈模型与协同治理评估技术涵盖生态环境质量、经济发展、社会公平等多维度且指标不少于 20 项，形成区域协同治理的环境与经济社会评估方案，主要成果被省级及以上政府管理部门采纳。

4. 开发河口和近岸海域生态系统产品与服务功能量的动态模拟技术，包括渔业养殖、固碳等不少于 10 项，动态输出净固碳量及时空变化趋势，时空分辨率不低于 5 km 和月；形成近岸海域减污降碳协同调控技术，措施组合不少于 10 项，空间精度到乡镇；构建“区域-流域-海域”一体化生态保护补偿机制与标准体系，涵盖不少于 5 类生态补偿因子，设计不少于 3 种情景的生态补偿方案；形成陆海统筹环境质量改善与碳汇提升的协同治理与生态保护补偿方案；主要成果被省级及以上政府管理部门采纳。

5. 陆海统筹智慧决策技术与平台可衔接“区域-流域-海域”生态环境监测系统，支持情景模拟 ≥ 30 组、响应时间 ≤ 24 h、跨区域信息共享率 $\geq 80\%$ ，权责清单智能甄别技术的错误率低于 10%，接入京津冀生态环境模拟器；构建京津冀跨区域跨流域一体化管理体系，包括陆海统筹生态环境协同治理立法建议、涉海管理部门权责清单及一体化管理机构设置方案、协同治理技术方案；选择京津冀典型沿海城市开

展技术应用，管理部门用户满意度达到 80%，区域协同水平显著提升，京津冀各管理部门协调频次下降 15%。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 1:1，实施周期不超过 3 年。

8.5 京津冀工业污染源产排污表征与特征图谱构建关键技术研究及应用

研究内容：

针对京津冀地区工业污染源产排量核算中行业众多、生产工况复杂多变、精准度不足、动态支撑污染源调查统计常态化业务能力偏弱等问题，开展京津冀工业污染源产排污表征与特征图谱构建关键技术研究及应用。建立工业生产多工况产排污场景分类与判定方法，开发工艺尺度数据-机理融合的产污强度协同表征与治理端运行状态指示性因子动态演化模型，构建重点污染物多介质（水/气/固）排放贡献定量解析技术，突破工艺单元-企业-行业多尺度产排污量化误差传递与校正技术，构建具有行业普适性的高精度模块化产排污量化表征技术体系；揭示焦化、石油炼制、合成橡胶及制品等重点行业产排污水平演变规律，建立产排污系数适配性诊断方法，构建工艺单元产污强度关键影响因素显著性甄别与层级聚类模型，研发流程型复杂工艺多产品、多排放口、多介质的产排污量时序分配技术，构建工艺-工况-排污节点

-污染物指标多要素关联的产排污量化体系；研发石油炼制、焦化等重点行业多源多组分 VOCs 排放特征辨识与无组织排放精准溯源技术，揭示无组织排放对工况波动及装备技术变更的动态响应机制，攻克无组织排放收集效率多维参数率定与验证技术，构建源项-设备-工况-排污节点的无组织排放量化技术体系；研发污染物排放量非确定性区间预测技术，研发排放数据偏离测度和可信概率量化评估技术，开发产排污强度动态更新阈值触发技术，攻克低可信度排放数据校正与缺失数据泛化填补等数据提质技术，构建区间预测-可信评估-阈值触发-校正提升的排放数据质量分级分类管理技术体系；研发产生量预测-多介质分配-收集效率/运行状态率定-排放量校核全链条量化集成技术，构建模块化工艺单元-企业-行业多尺度核算模型，开发支撑业务化产排污精准量化的智能检索引擎，开发京津冀地区高精度时空动态污染源地图构建技术，建立多维产排污特征图谱数据库，支撑京津冀地区工业污染源普查/调查与统计等业务工作，并在重点行业实现关键技术应用。

考核指标：

1. 建立工业生产多工况产排污场景分类与判定方法，覆盖典型工况 ≥ 3 种；开发不少于3个重点行业工艺单元尺度数据-机理协同表征与治理端运行状态指示性因子动态演化模型，模拟误差较在用技术降低 $\geq 20\%$ ，适配京津冀地区 ≥ 5 类主流治理设施；开发重点污染物水-气-固多介质排放贡献

定量解析技术，实现物质平衡闭合误差 $\leq 20\%$ ；研发工艺单元-企业-行业多尺度产排污量化误差传递与修正模型，在90%置信区间下误差降幅 $\geq 20\%$ ；编制《工业污染源产排污量化技术通则》，获省级及以上生态环境主管部门采纳应用。

2. 研发产排污系数适配性诊断方法，在重点行业筛选偏差 $\geq 50\%$ 的关键工艺单元 ≥ 3 类；构建不少于3个重点行业工艺单元产污强度关键影响因素甄别与层级聚类模型，可实现产污强度分级表征；研发流程型行业多产品多排口跨介质污染物排放量时序分配模型，实现水、气、固污染物在生产/治理装置的小时量化分配；编制重点行业《产排污量化指导手册》 ≥ 3 份，覆盖90%以上已识别排放场景与主要污染物指标，获省级及以上生态环境主管部门采纳应用。

3. 研发石油炼制、焦化等重点行业多源多组分VOCs排放特征辨识与无组织精准溯源技术，可识别不少于20种高活性组分，涵盖源项 ≥ 5 类，溯源精度达到设施级或工艺/工序级；构建不少于3种典型工况波动和不少于5种设备迭代双扰动的无组织排放动态响应模型；开发无组织排放收集效率多维参数率定模型，量化不少于5类治理设施收集效率，编制《无组织排放(VOCs)收集率率定技术要求(建议稿)》，获省级及以上生态环境主管部门采纳应用。

4. 研发污染物排放量非确定性区间预测、排放偏离测度及可信概率量化评估技术，在 $\geq 90\%$ 置信度下，理论排放预测区间对企业实际排放数据的覆盖率 $\geq 70\%$ ；开发产排污强

度动态更新阈值触发技术，形成不少于 3 个重点行业的阈值判定方案；开发低可信度数据校正与缺失数据泛化填补等数据提质技术，实现低可信排放数据识别、修正与校验，校正后数据与实际排放偏差 $\leq 20\%$ ；编制《工业污染源产排污量化数据质量控制技术规范（建议稿）》，获省级及以上生态环境主管部门采纳应用。

5. 形成集成产生量预测-多介质分配-收集效率/运行状态率定-排放量校核等关键节点的模块化产排污量化模型，支撑工业系统模拟精度为企业生产工艺过程单元，模型结果准确度总体达到 80%以上；搭建业务化产排污精准量化智能检索引擎，检索响应时长 $\leq 5\text{ s}$ ，支撑污染源统计、精细化融合清单编制等常态化业务；研发高精度时空动态污染源地图构建技术，绘制区县级分辨率的京津冀工业污染源地图 1 套，覆盖不少于 3 个重点行业，实现污染源位置、工艺单元及治理设施、产排污特征等要素可视化；建成京津冀工业污染源多维特征图谱数据库 1 个，覆盖 41 个行业大类、产排污特征要素 ≥ 10 万条，特征场景 ≥ 600 种，可与京津冀生态环境模拟器及国家/省级污染源普查、融合清单编制等平台业务对接或数据交换；编制《工业污染源产排污特征图谱数据采集与质控技术要求》，获省级及以上生态环境主管部门或京津冀生态环境模拟器总承单位采纳。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，其他来源资金与中央

财政经费比例不低于 1:1，实施周期不超过 2 年。

浙江大学 kyyhs