

附件 1

京津冀环境综合治理国家科技重大专项 2025 年度项目申报指南

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 67 个项目和 2 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 22.59 亿元，资金支持方式均为前补助。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（含青年科学家项目）按指南要求申报。

京津冀重大专项 2025 年度项目指南如下：

板块一：天空地海一体化环境感知网

1.1 生态环境一体化监测网络多源异构数据集成与安全可控共享关键技术研究

研究内容：

针对天空地海多源异构数据集成存在的安全边缘计算支撑不足、采集传输兼容性差、监测数据标准化水平低、数据共享集成技术缺失等问题，研发仪器设备-数采工控机算力柔性调度与时空同步技术，研发嵌入式监测设备身份标识认证、数采工控机数据篡改行为识别技术，研发跨平台的无人机（船）协同观测规划、卫星遥感数据检索索引接技术。研究不同环境要素、不同空间维度下的监测设备协同通讯元数据模板并制定管理技术规范，研发面向高分辨率卫星的多尺度点-线-面尺度时空异质转换技术。研发遥感数据标准定量、多类型环境要素数据质量即时检测、海量监测数据高效查询技术，研究多源异构监测数据字典的设计方案和全生命周期管理方法。研究监测数据共享管理与安全可信体系架构，构建可接入不同业务源多模态环境监测数据的数据湖，研究动

态多源异构监测数据存证溯源、链上链下协同技术、跨网域穿透技术，研究分布式身份管理、访问控制、多方授权等权限控制技术，研究环境监测数据分级分类管理机制，研究监测数据要素流通软件组件。

考核指标：

1. 算法模型驱动的动态算力管控和分布式算力调度原生组件 2 个，面向污染溯源等分布式离散数据场景，中心节点算力节约 70%以上，有效数据传输量降低 90%，整机基础软件系统安全等级不低于 CC EAL 4+；特定监测要素的时空数据同步采集原生组件 1 个，相邻 3 个监测站点间考核指标数据同步误差不高于 50 ms；卫星遥感数据跨平台检索与引接软件 1 套，万条数据记录检索响应时间不超过 1 s；无人机（船）跨平台快速协同观测方案规划软件 1 套，规划时间 ≤ 10 min；数采工控机等监测现场设备的可信身份标识认证与数据篡改行为识别的嵌入式软件模块 2 套，兼容操作系统不少于 3 款，国产化率 100%，可防止网络攻击、网络入侵、定时任务等 6 类干扰环境监测数据正常采集的情况。

2. 面向特定监测要素的数据传输元数据模板 1 套，环境监测行业数据传输元数据模板管理技术规范 1 项；点-线-面尺度时空异质转换模型 1 个，地面监测点尺度测量和卫星遥感像元尺度地面真值的数据集 2 套，卫星像元尺度时空尺度转换后的不确定度 $< 80\%$ ；端边云协同管理场景下确定性网

络技术 1 项，基于国产信息基础设施，云环境之间环境监测数据传输时延 $\leq 1.2 \text{ ms}/100 \text{ km}$ ，传输链路通讯可靠性达 99.99%。

3. 生态环境监测数据融合治理技术指南 1 份，覆盖监测数据治理类型不少于环境空气、地表水、饮用水、地下水、近海海域、土壤、噪声、废气、废水等 9 类；环境监测专用数据字典 1 套，支持不少于 6 种异构数据源的字段级语义自动对齐；监测数据质量检测核心算法 1 套，支持至少 5 类典型环境监测即时数据的质量自动检测，质量问题识别准确率 $\geq 90\%$ ；监测数据质量检测与提升技术规范 1 份；监测数据查询优化技术 1 项，从百万条监测数据中单次查询所需数据的耗时不超过 1 s；遥感数据标准定量工具 1 套，标准定量精度优于 80%，尺度转换的峰值信噪比（PSNR）优于 20；多源异构监测数据全生命周期管理方法 1 份。

4. 生态环境多源异构数据要素流通分布式架构体系方案 1 份；可接入不同业务源多模态环境监测数据的数据湖 1 套，支持表格、文本、视频、卫星遥感等 10 种异构监测数据源接入，具备时空同步的数据供给能力；数据共享安全管理模块 1 套，共享监测数据在感知网云环境下数据使用者无法终端侧复制、粘贴和截图；数据资源目录管理模块 1 套，新增业务数据分享权限后实时同步更新共享目录，准确率要求 98%以上；生态环境监测数据要素流通软件组件 2 套，支

持分布式身份管理及数据权管理，支持不少于 2 种类型的异构数据共享交换，不少于 2 种数据加密方法，云桌面支持不少于 100 个用户同时在线使用共享监测数据。

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

1.2 温室气体立体监测质量提升关键技术研究

研究内容：

针对温室气体一体化监测网络对监测数据的高精度要求，研发便携式高精度 CO₂、CH₄ 柱浓度光谱仪，研制高精度同位素 ¹⁴CO₂ 光谱在线监测系统，研发可满足同位素加速器质谱分析需求的 ¹⁴CO₂ 自动采样、富集和石墨合成系统。研究温室气体地面标准排放场定标关键技术，开发 CO₂ 超长光程主动光谱仪关键器件，研制 CO₂、CH₄ 量子雷达设备，研发区域温室气体排放量量子雷达测量技术。突破 kHz 量级谱线频率轴精密测量关键技术，研究大气成分遥感反演所需高精度特征吸收波段光谱参数测量方法，开发 CO₂、CH₄、O₂ 等气体分子实测光谱参数数据库，研制地面遥感柱浓度校验所需的便携式光学标准器，研究多种大气关键成分垂直廓

线探空采样分析关键技术与配套探空采样平台，研发高精度大气垂直廓线与空间环境参数优化反演算法。研究便携式柱浓度光谱仪校准技术与验证方法，发展光谱在线监测系统校准方法，研发不同地基观测站点数据质量传递和归一化方法，开发从地基到卫星的遥感监测全过程误差分析模型。研究天空地一体化遥感监测值溯源技术体系，建设温室气体立体监测质量检验与数据应用平台，在京津冀及周边地区的主要城市及电力、钢铁、垃圾填埋场等典型温室气体排放场景开展监测设备与数据产品质量检验等应用示范。

考核指标：

1. 便携式高精度 CO₂、CH₄ 柱浓度光谱仪 1 套，光谱分辨率 0.5 cm⁻¹，太阳追踪精度优于 0.005°，CO₂ 和 CH₄ 柱浓度测量精度分别优于 0.2 ppm 和 5 ppb；¹⁴C 同位素丰度光谱在线监测系统 1 套，CO₂ 纯度优于 99.5%，¹⁴C 丰度检测范围 0~10000 pMC，测量精度优于 1 pMC，准确度优于 5%；CO₂ 放射性同位素自动采样富集及石墨化制样设备 1 套，CO₂ 合成石墨转化率大于 90%，CO₂ 回收率大于 90%，大气中 Δ¹⁴CO₂ 测量精度优于 3‰。

2. 温室气体标准排放场 1 个，不小于 10 m×10 m，排放速率不少于 500 kg/h，不确定度优于 10%；超长光程光谱设备 1 套，CO₂ 探测距离 ≥ 100 km，测量准确度优于 1 ppm；CO₂ 量子雷达设备 1 套，水平扫描范围 ≥ 5 km，垂直廓线探

测高度 ≥ 4 km, 空间分辨率 ≤ 60 m, 测量准确度优于 5 ppm; CH₄ 量子雷达设备 1 套, 水平扫描范围 ≥ 3 km, 垂直廓线探测高度 ≥ 2.5 km, 空间分辨率 ≤ 30 m, 测量准确度优于 1 ppm。

3. 大气关键成分光谱参数高精度测量装置 1 套, 单谱线测量时间 ≤ 4 min, 测量周期内压强测量标准不确定度 $\leq 0.04\%$, 温度变化 ≤ 2 mK, 自主可控并可溯源至国际单位制的 O₂、CO₂ 和 CH₄ 分子光谱数据库 1 项, 跃迁频率标准不确定度 ≤ 200 kHz, 线强度相对标准不确定度 $\leq 0.08\%$, 碰撞展宽系数相对标准不确定度 $\leq 0.5\%$, 碰撞偏移系数标准不确定度 ≤ 2 MHz; 便携式光学密度标准器 2 套 (CO₂、CH₄ 各 1 套), 等效光学密度范围 OD 0.1~OD 2.5, 相对不确定度优于 2%; 大气 CO₂、CH₄、N₂O 关键成分垂直廓线直接采样技术与配套探空采样设备 1 套, 探空大气层高度 ≥ 25 km, 垂直廓线反演技术与标准廓线 1 套, 大气成分垂直空间分辨率 ≤ 1 km。

4. 温室气体监测设备校准及质控技术规范各 1 项, 柱浓度校验不少于 2 次; 不同地基观测站点数据质量传递和归一化方法 1 套, CO₂、CH₄ 柱浓度精度分别优于 1 ppm 和 8 ppb; 从地基到卫星遥感的全过程质量检验与误差分析模型 1 套, 包含仪器观测、参数估计、环境影响、模型假设等各个环节。

5. 温室气体廓线、柱浓度、排放量等立体监测标准数据集 1 套, 时间跨度不少于半年; 温室气体立体监测质量检验

与数据应用平台 1 个，平台稳定运行时间不低于半年；在京津冀及周边地区的主要城市开展 CO₂、CH₄、N₂O 应用示范，涵盖电力、钢铁、垃圾填埋场等典型排放场景，气体类型不少于 3 种，应用场景不少于 3 个。

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

1.3 京津冀水生态环境监测关键技术研究与应用

研究内容：

针对京津冀地区水生态环境监测的精准性、自动化和智能化需求，研发高光谱水质水量协同智能监测技术装备，开发高时间分辨率水质水量协同的汛期污染通量测算方法，突破融合陆源污染大数据反向推演的汛期污染物传输通量智能校准关键技术，开发陆地-河流-河口-海域“源-汇”解析模型，开发感潮河段入海氮通量智能精准监测与自动校准关键技术。研发高通量水环境核酸自动采样及保存设备、藻类密度原位高频智能化监测预警技术与装备，发展浮游植物、动物一体化原位自动定性识别技术，开发京津冀标准化水生生物图谱库。融合多源多时相卫星影像，研发流域尺度的水体

动态变化、河湖缓冲带自然植被和人类活动动态变化智能识别预警技术，开发多类型生境参数样本库，开发高分辨中小尺度栖息生境智能监测技术，探究水生境对水生生物作用和影响过程，研究缓冲区生态阈值，构建水生栖息地质量评估模型，发展适合京津冀地区水生境评价的方法体系。分析流域生态完整性时空演变格局及其驱动因子，构建以京津冀水生生态系统弹性阈值为核心的流域生态完整性理论，建立受胁水生生态系统健康弹性阈值核算方法，明晰影响水生生态系统健康的关键环境因子阈值，优化水生生态分区方法，编制京津冀区域的水生态分区方案，构建以生态完整性理论为核心的综合评价指标体系与评价方法。研发流域水生态环境监测数据智能融合技术，构建京津冀水生态环境监测网络集成系统，发展流域生态系统问题诊断技术方法，研发机器学习驱动的流域生态诊断技术，在京津冀典型流域开展应用示范。

考核指标：

1. 高光谱水质水量协同智能监测技术装备 1 套，与国标方法相比流量测量误差 $\leq 10\%$ ，水质监测指标不少于 12 项，包括高锰酸盐指数、氨氮、总氮、总磷等关键水质指标，与国标方法相比监测误差 $\leq 15\%$ ，时间分辨率优于 1 min，运维成本降低 30% 以上，并形成水质水量协同监测技术指南（建议稿）1 项；汛期污染通量测算方法 1 套，包括高锰酸盐指数、氨氮、总氮、总磷等水质指标；汛期污染物传输通量智

能校准关键技术 1 项，汛期污染物传输通量监测精度 $\geq 90\%$ ；陆-海“源-汇”解析模型和感潮河段入海氮通量精准监测与校准关键技术 1 套，技术应用在感潮河段，氮通量的监测精度 $\geq 90\%$ ；仪器设备国产化率达到 100%。

2. 小型化的环境核酸自动采样及保存设备 1 套，与传统采样相比生物多样性检出比例提高 30%，国产化率达到 90%；藻类快速检测与 AI 识别联用技术 1 项，与人工镜检藻密度值差异由 2~4 个数量级缩小至 1~2 个数量级，国产化率达到 100%；浮游生物原位自动识别设备 1 套，实现浮游植物、动物一体化原位自动监测，构建水生生物监测标准或技术指南不少于 1 项，形成征求意见稿，标准化水生生物图谱库，涵盖流域内常见（90%以上）水生生物（ ≥ 200 种），水生生物图像智能识别系统识别准确率（属水平） $\geq 90\%$ ，可识别 $\geq 90\%$ 流域内常见水生生物（ ≥ 180 种），国产化率达到 100%。

3. 京津冀地区地面监测点位、小微水域空间分布、河湖生态缓冲带高精度基础数据集 3 套，数据准确度 $\geq 90\%$ ，自动化更新程度达到 90% 以上；水生境高光谱大孔径推扫成像系统 1 套，相对孔径优于 2.0，国产化率达到 100%；小微水体、自然植被和人类活动等水生境参数的高分辨率遥感影像智能识别技术 1 套，水生境遥感影像智能监测精度 $\geq 85\%$ ，重点区域监测空间分辨率达到亚米级，重点时段监测时间分辨率达到月度；水生境星地一体化评价指标体系和参数量化

方法，申报相应的技术标准或规范 1 套，形成征求意见稿。

4. 以水生生态系统弹性阈值为核心的流域生态完整性理论体系 1 套，包含结构、过程和功能完整性 3 个维度，量化指标 ≥ 15 个；流域生态弹性阈值模型 1 个，识别出驱动水生生态健康演替的核心指标不少于 10 个，确定核心指标的生态弹性阈值；京津冀地区水生态分区方案 1 套，以生态完整性理论为核心的综合评价指标体系与评价方法 1 套，被京津冀地区省级或国家行业管理部门采纳应用。

5. 京津冀水生态环境监测网络集成系统 1 套，实现水环境-水资源-水生态多要素协同监测，整体集成度 $\geq 90\%$ ；机器学习驱动的流域生态诊断模型 1 个，准确率 $\geq 80\%$ ；在不少于 2 个典型流域（如白洋淀、秦皇岛入海河流等）开展应用示范，提交 12 个月以上运行记录及应用示范报告 1 份，形成可推广的技术方案和管理策略。

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

1.4 国产卫星主被动协同的温室气体产品反演与多源跨尺度融合关键技术研究

研究内容：

针对国产卫星新型主被动载荷温室气体产品反演算法不足、自主可控高精度产品短缺等问题，研究激光雷达载荷激光与大气作用的时、空、谱校正技术，研究红外高光谱大气成分监测仪数据产品后处理的辐射与光谱校正的精度提升技术，研究宽幅光栅分光光谱仪几何、辐射、光谱数据产品质量与精度综合优化技术，研究傅里叶干涉光谱仪复合误差建模与修正、在轨高精度综合定标技术。开发地基组网数据驱动的气溶胶散射与地表反射特性优化模型，研究宽幅光栅分光光谱仪观测适配的快速精准辐射模拟技术，研究宽幅光栅分光光谱仪高精度二氧化碳柱浓度（ XCO_2 ）和甲烷柱浓度（ XCH_4 ）协同反演算法，研发红外高光谱载荷高精度氧化亚氮廓线反演算法，研究适用复杂大气和地表环境的傅里叶干涉光谱仪高精度 XCO_2 、 XCH_4 业务化反演方法。研制激光雷达端对端仿真与误差评估系统，研究星载激光雷达的高精度、高分辨 XCO_2 反演算法，基于激光与光学双载荷，研究主被动协同的融合物理机制和人工智能的高精度 XCO_2 反演方法，研究跨传感器的主被动协同的 XCO_2 产品相互定标与传递定标方法。研究面向大气环境监测卫星（DQ-1/2）、高光谱观测卫星（GF-5B）、下一代全球碳监测科学实验卫星（Tansat-2）和 OCO-2、GOSAT 等国内外各类卫星温室气体浓度产品的多源跨尺度、自适应融合技术，研究考虑物理、

化学机制的温室气体浓度产品时空补全方法和超分辨率重建技术，研制多源跨尺度、时空连续的温室气体动态业务化产品，研究耦合多源地基数据的温室气体浓度卫星产品偏差校正技术。研究国产卫星温室气体产品全生命周期技术体系及标准规范，研发温室气体立体监测数智化综合分析和评估技术，开发国产卫星温室气体遥感产品关键集成技术，建设全生命周期国产卫星温室气体遥感产品业务生产与应用平台，在重点国别、京津冀区域、典型城市及园区开展全生命周期国产卫星温室气体产品业务生产及应用示范。

考核指标：

1. 激光雷达弱信号提取与非线性响应校正模型 1 套，10~40 mV 范围内信噪比优于 15；激光雷达足迹点表面压强校正模型 1 套，精度优于 50 Pa；激光雷达激光频率校正模型 1 套，偏差优于 0.1 MHz；红外高光谱大气成分监测仪数据产品后处理光谱校正技术模型 1 套，光谱校正精度优于 3×10^{-6} ；红外高光谱大气成分监测仪辐射校正技术模型 1 套，辐射校正精度优于 0.5 K；宽幅高光谱温室气体监测仪在轨暗电流修正模型 1 套，产品绝对辐射校正精度优于 4.5；宽幅高光谱温室气体监测仪误差修正算法及数据质量精度综合优化后处理模块 1 套，产品相对辐射校正精度优于 3%，绝对辐射校正精度优于 5%，光谱校正精度优于 $\Delta\lambda/10$ ，绝对几何定位精度优于 0.5 个探元；傅里叶干涉仪在轨定标模块

1 套，光谱复原精度优于 90%，几何定位精度优于 0.5 个探元，光谱定标精度优于 $\Delta v/10$ ，辐射定标精度优于 4%，定标频次优于每月 2 次。

2. 宽幅光栅分光光谱仪的适配的快速矢量辐射传输计算模型 1 个，相对误差低于 0.1%；氧 A 波段观测云检测算法模型 1 个，厚云检出率 100%；宽幅高精度 XCO₂、XCH₄、N₂O 反演算法模型各 1 套，满足在气溶胶光学厚度 (AOD) <0.5 的地区，XCO₂ 精度优于 1 ppm，XCH₄ 精度优于 10 ppb，N₂O 柱总量精度优于 4%，单日数据反演生产优于 6 h；星载干涉光谱仪温室气体浓度业务化反演模型 1 个，XCO₂ 反演精度优于 1.5 ppm，XCH₄ 反演精度优于 15 ppb，单日全球反演效率优于 4 小时；基于场站网的气溶胶散射特性优化模型和地表特性优化模型各 1 个，AOD 偏差小于 0.05，随机误差小于 15%，地表反射率误差优于 10%。

3. 高精度差分吸收激光雷达辐射传输模型 1 套，仿真信号精度大于 95%；激光雷达载荷 XCO₂ 反演算法 1 套，在 AOD<0.6 的地区，XCO₂ 误差小于 1 ppm，数据有效率大于 60%，年均 CO₂ 增长率误差低于 0.3 ppm；主动遥感 XCO₂ 产品的性能提升模块 1 套，单脉冲信号反演误差降低不低于 85%，具备多云地区 CO₂ 垂直梯度探测能力；主被动协同载荷 XCO₂ 联合反演模型 1 套，星下点 XCO₂ 误差小于 0.8 ppm，单幅幅宽大于 80 km，空间分辨率优于 5 km；基于主被动虚

拟星座的 XCO₂ 联合优化反演模型 1 套, 在 AOD<0.6 的地区, XCO₂ 产品精度优于 1 ppm。

4. 多源跨尺度卫星筛选、匹配模型 1 套, 实现多源跨尺度数据的自动化匹配, 精度小于 2 个像素, 误差小于 5%; 多源跨尺度卫星数据自适应融合技术 1 项, 融合卫星产品不少于 4 个, 时、空间覆盖较单国产卫星提高 50%, 每日全球融合产品生成时间小于 6 小时, XCO₂, XCH₄ 平均误差分别小于 1 ppm 和 10 ppb; 时空连续云掩膜重建技术 1 项, 较同类单一卫星产品空间覆盖度提高 50%; 超分辨率重建模型 1 套, 城市温室气体分辨率优于 1 km, XCO₂、XCH₄ 精度分别优于 1.2 ppm 和 15 ppb; 温室气体浓度卫星数据时空补全方法 1 套, XCO₂、XCH₄ 填充产品精度分别优于 1.2 ppm 和 15 ppb; 基于多源地基数据的 XCO₂、XCH₄ 遥感产品偏差校正模型 1 套, XCO₂、XCH₄ 校正后偏差低于 0.3 ppm 和 5 ppb。

5. 国产卫星温室气体产品全生命周期技术体系 1 套、标准规范 (初稿) 不少于 4 项; 温室气体立体监测数智化综合分析和评估技术 1 套, 融合国产温室气体遥感、污染物遥感、无人机、塔基、地面监测站点、污染源及企业集群等多源数据; 可服务于国家行业管理部门的全生命周期国产卫星温室气体遥感产品业务生产与应用平台 1 个, 实现不少于 3 颗国产卫星数据的 XCO₂、XCH₄ 等温室气体产品反演, 融合不少于 3 颗国外卫星温室气体产品; 在重点国别、京津冀区域、

典型城市及园区开展全生命周期国产卫星温室气体产品业务生产及应用示范，示范不少于4个重点国别、1个区域、2个典型城市和2个园区，气体类型不少于2种，产品种类不少于5类，时间不少于半年；提交温室气体遥感监测相关政策建议报告不少于4份/年，被国家行业管理部门采纳应用。

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

1.5 京津冀美丽海湾高灵敏智慧监测关键技术研究

研究内容：

针对美丽海湾高灵敏智慧监测技术需求，开发船载走航实时自动监测设备，研发高灵敏度智能海水分析实验室，开发高精度实时蓝绿激光雷达叶绿素剖面探测仪，研制海洋环境基体标准物质/标准样品；研究极性有机物高效富集纯化技术，研发有机物高灵敏特异性现场快检技术与便携式传感器，集成现场快检设备，研制小型化船载有机污染物在线分析仪。研制海洋痕量 eDNA 采样装置，研发多靶向海洋痕量 eDNA 现场智能识别技术和检测装备，开发海湾生态系统 eDNA 样本序列数据库，研发滨海湿地鸟类在线声纹监测传感器技术，

研发海洋生物智慧化自动识别技术，开发海洋鱼类水下原位在线监测平台。研究复杂海洋背景下多介质遥感反演机理及智能算法，探究海湾生态环境多介质要素及胁迫压力的遥感响应特征机理，开发遥感时空数据样本库，研发适用于河-海交汇区的海水氮磷遥感反演技术，开发海湾栖息地生境的人工智能遥感解译模型，研究海洋垃圾多源遥感识别分类算法，开发支持多业务场景的海湾生态环境问题遥感识别与预警系统。研发美丽海湾监测评估“感知传输-检测预警-融合集成-可视分析”全链条组网技术，研发多采集手段多协议数据接入技术和集存储优化、加密等功能的数据传输技术，开发海洋跨域多模协同的终端平台，研究海洋要素关联规则和异常识别算法，研发海水水质数据的自动检测预警模型库，研究多源异构数据融合算法，构建长时序、多尺度、多介质的海湾监测数据集，研发海洋生态环境垂直大模型，开发美丽海湾智慧监管平台，并开展示范应用。

考核指标：

1. 船载走航实时自动监测设备 1 套，设备国产化率 > 95%，覆盖不少于 8 项海水基础和营养盐指标，适用盐度范围 2~35，亚硝酸盐氮、氨氮、活性磷酸盐检出限 $\leq 3 \mu\text{g/L}$ ，硝酸盐氮 $\leq 5 \mu\text{g/L}$ ；高灵敏度智能海水分析实验室 1 套，设备国产化率 > 95%，全覆盖《美丽海湾建设成效评价方法（试行）》中的海水水质指标，总氮检出限 $\leq 5 \mu\text{g/L}$ ，总磷检出

限 $\leq 1 \mu\text{g/L}$ ，铜检出限 $\leq 0.05 \mu\text{g/L}$ ，铅检出限 $\leq 0.005 \mu\text{g/L}$ ，镉检出限 $\leq 0.01 \mu\text{g/L}$ ，汞检出限 $\leq 0.5 \text{ ng/L}$ ；高精度实时蓝绿激光雷达叶绿素剖面探测仪 1 套，设备国产化率 $> 90\%$ ，叶绿素浓度相对误差 $\leq 30\%$ ，最大探测深度超过 3 个光学深度，时间分辨率 $\leq 10 \text{ s}$ ；不同浓度水平的海洋环境基体标准物质/标准样品 1 套，目标扩展不确定度 $< 8\%$ ，目标化合物 ≥ 5 种。

2. 极性有机物高效富集纯化技术 1 套，酚类、抗生素等极性有机物回收率 $> 80\%$ ；酚类及有机磷类高灵敏特异性现场快检设备 1 套，设备国产化率 $> 90\%$ ，酚类传感器检出限优于 0.002 mg/L （以水中苯酚计），有机磷传感器检出限优于 0.0002 mg/L ；小型化船载有机污染物在线分析仪 1 套，设备国产化率 $> 90\%$ ，四极杆质谱检测质量范围 $2\sim 500 \text{ amu}$ ，分辨率 $\leq 1 \text{ amu}$ ，有机物检测下限 $\leq 1 \text{ ng/L}$ （以甲苯计）。

3. 原位海洋痕量 eDNA 采样装备 1 套，设备国产化率 $> 95\%$ ，采样时间 $> 6 \text{ h/次}$ ，物种富集效率 > 200 种/次；多靶向海洋痕量 eDNA 现场智能检测装备 1 套，设备国产化率 $> 95\%$ ，同时检测物种数量 > 5 种，检测时间 $< 2 \text{ h}$ ；海湾生态系统 eDNA 样本序列数据库 1 套，数据库包含京津冀典型海域 300 种以上海洋生物 DNA 样本序列；滨海湿地鸟类在线声纹监测传感器 1 套，实现京津冀地区滨海 70%以上鸟种的识别准确率 $\geq 85\%$ ；代表性鱼类（ ≥ 40 种）的图像数据库 1 套，海洋鱼类原位在线监测识别系统 1 个，图像识别准确率 $\geq 85\%$ ，

在线识别准确率 $\geq 70\%$ 。

4. 高中分辨率、高低潮态、长时序的海湾生态环境多介质要素及胁迫压力的遥感时空数据样本库 1 套，数据空间分辨率在 0.75~30 m 之间，时间跨度 ≥ 20 年；河-海交汇区域的海水氮磷遥感反演技术 1 套，反演精度 $\geq 70\%$ ；海湾栖息地生境的人工智能遥感解译模型 1 套，解译精度 $\geq 90\%$ ；海洋垃圾遥感识别分类算法 1 套，海洋垃圾分类不少于 4 种，检测识别精度 $\geq 95\%$ ；海湾生态问题遥感识别与预警系统 1 套，系统适用于美丽海湾、海洋生态保护红线等多个业务场景。

5. 海洋跨域多模协同的数据接入与传输技术 1 套，数据接入和传输的终端平台 1 项，协议接入方式 ≥ 4 种，北斗短报文并发通信往复应答时间 ≤ 10 min；海水水质数据的自动检测预警模型库 1 套，检测的水质要素 ≥ 5 种，平均检测准确率 $\geq 90\%$ ；长时序、多尺度、多介质的海湾监测数据集 1 套，时间跨度不少于 10 年，包含的多源异构数据 ≥ 10 种；海湾多场景智能数据分析平台 1 套，服务响应时间 ≤ 5 s，实现不低于百亿参数的大模型私有化部署，开发的美丽海湾智慧监管平台被国家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等要求。项目类型为重大共性关键技术类，实施周期不超过 3 年，其他来源资金与中央财政资金

比例不低于 3:1。

1.6 京津冀大气超细颗粒物在线监测关键技术研究

研究内容：

面向京津冀大气超细颗粒物监测中“综合感知-智能分析-精准溯源”关键技术需求，研发自主可控的大气超细颗粒物粒径谱监测方法与设备，研究大气超细颗粒物动态荷电分布解析方法、粒径谱数据反演和校验算法，开发大气超细颗粒物化学组分在线监测设备和组分变化过程中吸湿性同步监测方法。研制自主可控的单颗粒光散射和冷凝生长-光散射颗粒物数浓度监测方法与设备，开发荷电-微电流颗粒物数浓度评估技术，优化颗粒物数浓度和质量浓度转换方法。研究结合多离子源质谱技术、色谱-质谱联用技术的大气超细颗粒物痕量无机和有机前体物监测方法体系，优化多仪器协同监测方案，研究评估不同生成途径贡献颗粒物数浓度的方法，发展量化大气超细颗粒物来源的人工智能技术。研究支撑大气超细颗粒物在线监测业务化运行的质量控制技术，研制标准物发生、超细颗粒物分离评测和数浓度标定等质量控制所需的关键装置，评测大气超细颗粒物在线监测方法与技术。在京津冀区域开展大气超细颗粒物在线监测应用示范，评估相关监测技术与方法，探究大气超细颗粒物污染特征，解析交通源、工业源等对颗粒物数浓度的贡献，探究颗粒物相态、

酸度、凝结物种与二次生成过程的互作关系，解析大气超细颗粒物诱发 PM_{2.5} 爆发性增长的关键驱动因素。

考核指标：

1. 大气超细颗粒物粒径谱监测方法与设备 1 套，粒径谱测量范围 10~700 nm，分粒径测量通道数不少于 130 个，时间分辨率优于 5 min；超细颗粒物荷电分布解析、粒径谱反演和校验算法 1 套，荷电分布时间分辨率优于 5 min，粒径谱积分数浓度与直接测量的数浓度相对偏差小于 20%；超细颗粒物化学组分在线监测设备 1 套，对油酸等典型超细颗粒物有机组分的检测限可达 ng 级；超细颗粒物组分变化过程中吸湿性同步监测方法 1 套，可实时追踪颗粒物变化获取其吸湿特征。

2. 大气超细颗粒物数浓度监测设备 1 套，粒径下限可达 5 nm，对 10 nm 颗粒物的计数效率不低于 50%，不稀释条件下数浓度测量范围优于 0~10⁴ 个/cm³，数浓度测量时间分辨率 1 s，可使用水、醇等多种工作液体；颗粒物数浓度光学监测方法与设备 1 套，粒径下限可达 0.2 μm，粒径测量误差小于 10%，重叠误差小于 10%，时间分辨率优于 1 min，功耗不高于 60 W，核心技术国产化率达 100%；颗粒物数浓度和质量浓度转换方法 1 套，可实现与质量浓度业务化监测的衔接。

3. 大气超细颗粒物痕量无机和有机气态前体物监测方

法体系 1 套，测量时间分辨率优于 1 min，对主要 OVOCs、BVOCs、有机胺、硫酸的检测限分别可达 ng 级、10 ppt、10 ppt 和 10^5 个/cm³，识别 OVOCs 物种不少于 100 种，BVOCs 和 BOVOCs 不少于 10 种；大气超细颗粒物数浓度溯源方法 1 套，主要排放源的解析结果不确定度优于 30%；大气超细颗粒物来源解析技术体系 1 套，对城市尺度上大气超细颗粒物主要排放源的解析率优于 80%，对区域尺度上大气超细颗粒物主要排放源的解析率优于 70%，可解析城市尺度上新粒子生成等二次来源不低于 70%。

4. 大气超细颗粒物在线监测业务化运行相关技术规范 1 项，包括设备评估、运行维护与质量控制等；超细颗粒物监测综合质控校准平台 1 个，包括标准物发生、超细颗粒物分离评测和数浓度测量效率标定等，标准物发生粒径范围 3~800 nm，浓度范围 0~ 10^5 个/cm³，分离评测模块参比分离器气溶胶粒径分辨率优于 10，数浓度测量效率标定模块参比气溶胶静电计的均方根误差不超过 1 飞安，质控校准平台可对不少于 3 台在线监测设备进行同批次校准。

5. 在北京、天津、河北三地开展监测技术应用示范，监测点位不少于 10 个，涵盖超细颗粒物粒径谱、数浓度等参数；超细颗粒物诱发 PM_{2.5} 爆发性增长的解析方法 1 套，定量表征吸湿性、酸度、可凝结物种与非均相反应等因素的贡献，可解析因素闭合度不低于 90%；大气超细颗粒物在线监

测技术应用示范报告 1 份，包括监测技术应用情况、大气超细颗粒物污染特征及变化规律、痕量无机和有机前体物对二次生成过程的影响规律、交通源和工业源等主要污染源对大气超细颗粒物数浓度贡献等。

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

1.7 京津冀移动源多维协同监测与智慧感知关键技术研究

研究内容：

针对京津冀区域移动源类别多样、保有量大和应用场景复杂等特点，构建包括传感器、微站、标准站、走航车、无人机等在内的多型式道路交通及典型应用场景微环境空气质量监测系统，研发自主可控的交通环境空气颗粒物数浓度（PN）、粒径谱监测技术与装备，制订涵盖监测设施设备性能参数、测量方法等标准、规范或指南。突破高精度传感器技术和智能解析算法，研究移动源实际运行大气污染物和温室气体在线监测技术方法体系，集成开发小型化、数智化、低成本的便携式监测感知技术装备，实现尾气 NO_x、PN 及

蒸发 VOCs 排放、OBD 系统、油品（含添加剂、车用尿素）质量、油气回收系统等高效检测，优化现场检验技术方法，建立全类别移动源环保检测技术体系。研究建立设备准入审核、日常运维管理、计量校准溯源等全环节与数据“采集-传输-存储-分析”全链条以及组网运行的质控体系，研发自动化、智能化质控技术与装备，开发细分移动源类别的环保检验软硬件作弊识别和防止技术，研发排放监测软件系统，编制监测设施设备全系统集成质控以及数据采集、传输、存储和融合同化技术标准、规范或指南。研究移动源多维协同监测组网方法，研发多维度监测感知数据挖掘技术，开发移动源监测感知“一张网”业务化平台，在京津冀地区和重点城市开展示范应用。

考核指标：

1. 场景微环境空气质量监测设备不少于 5 台套，具备对空气质量常规污染物、NMHC、VOCs（至少包含苯系物）、NH₃、BC、PN、粒径谱、CO₂ 等实时监测和车辆流量动态感知能力，气态污染物示值误差优于±2% F.S.，BC 测量范围覆盖 0.01 μg/m³~100 μg/m³，PN 粒径测量下限 ≤ 10 nm，对粒径为 100 nm 的粒子计数效率满足（100±30）%，粒径谱测量范围 10 nm~2.5 μm，PN 监测设备国产化率 90%以上，设备无故障运行时间不少于 1000 h，其他设备满足国家标准要求。移动源典型应用场景微环境空气质量监测方法标准、规范或

指南草案稿 1 项。

2. 移动源排放远程在线监控用 NO_x 传感器 10 组，露点释放时间缩短至 2 min 以内，PM 智能解析算法 1 套和传感器 10 组，PM 传感器量程 0~100 mg/m³，检测下限不高于 0.6 mg/m³，准确度优于±6% F.S.，CO₂ 智能解析算法 1 套；无故障运行时间不少于 2000 h；移动源尾气 NO_x、PN 等多组分便携式现场检验装备 3 套，集成 NH₃ 排放、烟度、燃油蒸发 VOCs 排放、OBD 系统、油品（含添加剂、车用尿素）质量、油气回收系统等监督抽测技术，形成模块化、数智化的移动源高效检测工具包 3 套，国产化率 90% 以上，设备无故障运行时间不少于 500 h，其中：PN 检测上限不低于 5.0×10⁸ 个/cm³，对粒径为 100 nm 的粒子计数效率满足（100±30）%，NO_x 检测量程 0~5000 ppm，浓度高于 100 ppm 时检测相对误差不高于±15%，NH₃ 检测量程覆盖 0~500 ppm，示值误差优于±2% F.S.，烟度测量精度±2%，车用尿素溶液快速检测装备的尿素、缩二脲含量检测重复性≤0.5%，分辨率 0.001 mg/kg，储油库油气浓度在线监测设备检出限不高于 0.5 g/m³；非道路移动源污染物排放现场检验技术方法标准、规范或指南草案稿 2 项。

3. 移动源尾气颗粒物 PN 的现场质控校准装备 1 套，颗粒物 PN 监测装置不低于 2 个粒径点的效率校准，示值误差不大于 5%，无故障运行时间不少于 500 h；仪器设备性能指

标检测方法、全系统集成质控评价方法、多技术手段计量仲裁程序 1 套;移动源污染排放检测(含在线监测和现场检验)、时空行为特征观测、场景微环境空气质量监测等的多源异构数据同化算法 1 套;智能监控预警模型 1 套,检验机构作弊造假识别和防止技术装备 1 套,作弊识别准确率高于 85%;相关监测设备和数据质量管理标准、规范或指南草案稿 1~2 项。

4. 具备 2800 万辆机动车和 20 万台非道路移动源监测感知能力的多维度协同监测网络业务化平台 1 个,实现“污染排放-时空行为-空气质量”全类别、多场景移动源数据的融合应用,排放异常车辆识别准确率高于 90%,集群感知网络的自主优化速度 ≤ 10 s;在重点城市(北京、天津、石家庄、唐山)和区域典型场景中进行应用示范不少于 6 个月,至少覆盖 5 个典型应用场景(如交通通道、施工工地、港口、机场、物流园区等),平台稳定运行且数据更新频率不低于每小时一次;在北京、天津、石家庄、唐山分别选取 10 家在用车年检机构,针对作弊识别/防止技术设备与通用平台软件系统进行应用示范不少于 6 个月。

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。项目类型为重大共性关键技术类,实施周期不超过 3 年,其他来源资金与中央财政资金

比例不低于 3:1。

1.8 京津冀环境监测智慧实验室关键技术装备研究与应用

研究内容：

针对京津冀区域生态环境质量一体化监测网络建设需求，研究多指标、高通量地表水、地下水水质一体化监测集成关键技术，研发与水质主流检测设备一体化串联集成装备及远程控制系统，研究水质一体化监测数据自动采集技术，研发水质监测数据异常识别算法。研究大气细颗粒物手工重量法测试质量浓度的自动化集成技术，研究传统手工监测全流程数智化溯源技术，研发大气细颗粒物组分自动化前处理装备，研究大气细颗粒物组分一体化监测集成关键技术，研发与大气细颗粒物组分主流检测设备一体化串联集成装备及远程智能控制系统，研发可自动进行量值传递和标定多气路动态校准仪的量值传递装备，研发 VOCs 自动化前处理装备，研究 VOCs 组分一体化监测集成关键技术，研发与 VOCs 组分检测设备一体化集成装备及远程智能控制系统。研发土壤理化指标自动化称量与分析装备，研究土壤理化指标一体化监测集成关键技术，研发土壤理化指标一体化监测集成装备及远程控制系统。研究制定智慧实验室规范化建设、运行、管理及质量管理体系建设相关的标准，编制涵盖地表水、地

下水、环境空气、土壤等环境要素的智慧实验室监测流程重构方案，筛选不同要素的智慧监测流程关键参数监控清单并进行应用，研制智慧实验室监测方法等效评价技术。研发服务于不同层级用户权限的智慧实验室一体化管理系统，集成水质、大气细颗粒物、VOCs、土壤等智慧实验室单元的监控平台，实现智慧实验室的智能运行、管理和可视化监控，在京津冀区域选取2种不同场景，开展水质、大气细颗粒物、VOCs、土壤等要素一体化集成的智慧实验室关键技术示范应用。

考核指标：

1. 多指标、高通量智慧实验室水质监测一体化集成装备1套，涵盖总硬度、氯化物、挥发酚、铁、锰等监测指标不少于30项，对比手工监测效率提高4倍以上，满足稳定连续运行48h以上，适配不少于8个品牌经自动化改造的主流检测仪器；水质一体化监测数据采集技术1套，实现不少于30项指标监测数据的直联直采，建立水质监测数据异常算法1套，实现80%的设备运行异常和90%的数据异常自动识别及记录。

2. 高稳定性细颗粒物采样称量一体化装备集成技术1套，样品采集有效率提升10%，两次称重偏差控制在0.02mg以内，数据产出耗时缩短20%；多方式颗粒物组分自动化前处理和分析一体化装备1套，水溶性离子前处理装备加液体

积误差不大于 1%，OC、EC 热光法膜裁剪处理装备样品切割及上样精准性达 95%以上，无机元素 X 射线荧光光谱仪自动上下样装置定位误差不超过 10 mm，实现细颗粒物中 OC、EC 等不少于 50 种常规组分的自动分析，分析效率提高 50%；颗粒物一体化监测数据采集技术 1 套，实现不少于 50 种组分分析数据的直联直采；常规气态污染物自动监测系统中动态校准仪自动量值溯源装备 1 套，流量线性误差不超过 $\pm 1\%$ ，臭氧发生浓度误差不超过 $\pm 2\%$ ；大气 VOCs 组分一体化集成装备 1 套，样品装载精准率达 99%以上，采样罐定位跟踪精准率达 99%以上，实现 105 项 VOCs 组分全自动一体化监测，对比手工监测效率提高 2 倍以上，满足稳定连续运行 48 h 以上；研发装备核心技术国产化率不低于 90%。

3. 高精度智慧实验室土壤理化指标监测一体化集成装备 1 套，自动称量实现 ≤ 1 g 样品的快速精准称量，误差 $\leq 0.1\%$ ，实现土壤 pH 值、有机质及阳离子交换量全流程自动化分析且样品日分析通量 ≥ 80 个，水分/干物质含量日分析通量 ≥ 40 个，分析效率较人工提升 3 倍，满足稳定连续运行 48 小时以上；土壤理化指标一体化监测数据采集技术 1 套，实现不少于 5 项指标监测数据的直联直采，建立土壤监测数据异常算法 1 套，实现 80%的设备运行异常和 90%的数据异常自动识别及记录；研发装备核心技术国产化率不低于 90%。

4. 智慧实验室建设运行规范 1 套，被省级及以上管理部

门采纳应用；智慧实验室质量管理体系技术指南征求意见稿 1 项；多介质智慧实验室监测流程重构方案 1 个；智慧实验室关键监控参数清单 1 套；智慧实验室监测方法等效性评价管理系统 1 个；智慧实验室监测方法等效性评价技术规范征求意见稿 1 项。

5. 一体化的智慧实验室运行监控管理系统 1 套并配套 1 个 APP，在京津冀区域选取 2 种不同场景，开展水质、大气细颗粒物、VOCs、土壤等要素一体化集成的智慧实验室关键技术示范应用，示范期不少于 6 个月，完成不少于 25 种监测方法的等效性评价，开展区域样品检测，水质样品 ≥ 400 个、土壤样品 ≥ 50 个、大气颗粒物样品 ≥ 500 个、VOCs 样品 ≥ 100 个，产出 3 台气态污染物动态校准仪自动量值溯源装备，开展不少于 30 台多气路动态校准仪智慧校准；提交 6 个月以上运行记录，形成可推广的技术方案和管理策略。

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

1.9 京津冀重要生态区域人为活动智慧识别关键技术研究与应用

研究内容：

面向国产卫星生态环境应用关键技术瓶颈以及京津冀自然保护地和生态保护红线等重要生态区域全覆盖、高频次、精准发现生态破坏问题的迫切需求，研发国产中高分辨率可见光、雷达等多传感器、多模态卫星遥感影像数据智能融合、超分重建技术及工程化方法，突破综合图像特征与应用场景的遥感影像质量全自动评价方法和云判别技术，研发大规模卫星影像轻量级动态发布方法。开发塔基视频数据人为活动区域入侵智能识别边缘计算模型，研发融合塔基视频数据和卫星遥感影像的人为活动特征协同监测技术，研制高精度、便携式人为活动现场采集设备，攻克卫星影像和现场采集数据自动高精度匹配技术。研发广域生态破坏信息快速发现与关键信息精准采集技术，攻克人为活动画像构建技术，建立人为活动广域监控信息与遥感监测信息的可信融合方法。研发光学与雷达数据协同的典型人为活动识别技术，构建卫星-无人机遥感-视频-文本等多模态人为活动监测知识样本库，研发耦合实例级约束与多模态数据的人为活动变化检测技术，研发京津冀地区重要生态区域干扰活动分级诊断技术，研发分类型生态破坏事件诊断评估指标体系。构建面向人为活动智慧识别的数字底座，建立人为活动快速精准监测与分级诊断业务链，研发京津冀重要生态区域人为活动智慧监管系统，开展人为活动智慧识别业务运行和应用示范。

考核指标：

1. 环境卫星等国产中高分辨率传感器多模态数据智能融合与超分重建算法模型 ≥ 3 个，环境卫星等国产民用和主流商业卫星中高分辨率可见光、雷达数据融合精度达到像元级，超分影像光谱与真实影像光谱的相关性 ≥ 0.9 ；大规模卫星影像轻量级动态发布算法模型 2 个，京津冀地区 2 米级全覆盖卫星影像按景切片发布总时间 ≤ 30 min，影像地图服务动态融合数据集访问响应时间达到分秒级；综合图像特征与应用场景的遥感影像质量全自动评价方法和云判别技术 1 套，主要国产光学高分辨率卫星影像云覆盖判别精度优于 90%。

2. 塔基视频数据人为活动区域入侵智能识别边缘计算模型 2 个，人为活动检出率 $\geq 90\%$ ；融合塔基视频数据和卫星遥感影像的人为活动特征识别算法 2 个，准确率 $\geq 90\%$ ；便携式人为活动现场采集设备 1 套，快速反演人为活动特征指标 ≥ 5 种，地面照片与卫星影像自动匹配精度 $\geq 85\%$ ，定位模块国产化率 100%。

3. 广域生态破坏信息侦测模型 1 套，支持不少于 10 个主流门户，生态破坏信息侦测召回率 $\geq 85\%$ ，精确率 $\geq 80\%$ ，时效优于 24 小时；人为活动画像模型 1 套，支持大型工厂、矿产、路桥、能源等至少 5 种典型场景，画像准确率 $\geq 70\%$ 。

4. 国产光学和雷达卫星数据人为活动协同识别技术 1 套，多云雾条件下典型人为活动监测精度 $\geq 70\%$ ；技术标准

规范（试行）1项，获国家行业管理部门正式立项；多模态样本库1套，样本数 ≥ 500 万个；耦合实例级约束与多模态数据的人为活动变化检测技术1套，变化图斑识别漏检率 $\leq 10\%$ ，准确率 $\geq 90\%$ ；京津冀地区重要生态区域干扰活动分级诊断技术1套，人为活动生态破坏程度判定准确率 $\geq 80\%$ 。

5. 面向人为活动智慧识别的数字底座1套，支持多模态数据集成、智能体建模、级联集成分析，支持数据可视化、报表生成、用户权限管理，支持文本、视频、图像、遥感影像等不少于10种多模态数据集成，单条数据处理时间 ≤ 5 s，支持 ≥ 100 用户并发访问；人为活动智慧监管系统1套，具备人为活动快速识别、智能研判、精准诊断、自动化作业流程、报表生成及用户权限管理等功能，支持新增业务模块的快速接入，自动化作业流程覆盖率 $\geq 95\%$ ；京津冀重要生态区域人为活动监管应用示范不少于1年，人为活动智能变化检测1次/月，生态破坏问题主动发现时效为1~2个月（重点区域为1个月），生态破坏事件应急监测时效为3~5天；相关成果被省级或以上行业管理部门采纳应用。

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

板块二：跨介质复合污染调控模拟器

2.1 京津冀环境模拟器架构研究

研究内容：

开展大型模拟平台开发与运行分析，研究多介质环境精准模拟-优化调控大型专业模拟平台总体架构技术，提出京津冀环境模拟器软硬件和用户交互一体化的整体架构设计，包含模型层、支撑层、硬件层、交互层等，明确模拟器开发的标准规范、组织模式和运行方案。开发机理研究与实体模拟、AI辅助耦合的多介质模型提升技术与方法，突破多介质、全过程、多响应的环境巨系统模型架构技术，确定各模型类别、输入输出格式、各介质模型耦合方案以及数据流，明确模型层整体结构和系统化方案，提出以气-水循环为基础的自然-社会系统多介质高效并行耦合框架。研发气象-排放-化学传输-预报-溯源-调控一体化大气环境模型框架，提出融合化学新机制和人工智能算法的大气化学传输模拟技术体系，确定大气模型各模块间以及与其他介质模型间高效耦合和一体化运行规则，支撑重污染天气精准应对和中长期调控决策需求。研发水量-水质-水生态-预报-溯源-调控一体化水环境模型框架，提出融合污染物迁移转化机制和人工智能算法的水环境模拟技术体系，确定水环境模型各模块间以及与其他介质模型间高效耦合和一体化运行规则，支撑生态流量确定、

汛期水质保障和水生态健康调控等决策需求。研发基于 AI 合成数据的模型耦合演练与测试诊断技术，明确硬件层算力设施需求、软件到计算硬件的适配方法以及并行优化技术，提出专业大语言模型驱动的智慧交互系统架构技术，明确用户需求逻辑解析与任务分解、调配与结果整合以及智能展示功能。

考核指标：

1. 京津冀环境模拟器总体架构技术 1 套，所设计的架构方案须涵盖模拟器开发标准规范、系统架构、软硬件技术规范、组织模式及运行方案，须能支撑“气-水-土-生”多介质以及自然-社会经济系统的耦合模拟，同步支撑全局优化调控和多场景业务需求响应等功能；须明确模拟器开发的编程语言、操作系统、适配的处理器类型、可视化交互方案、各模块之间的关系与多模型具体耦合方式（包括接口协议等）。

2. 多介质、全过程、多响应环境巨系统模型架构技术 1 套，所设计的模型架构方案须能支撑同步模拟“气-水-土-生”等多介质场景、100 种以上环境污染理化过程，实现以气-水循环为基础的多介质及其与社会经济系统间的高效并行耦合；须明确拟研发的模型层整体架构和系统化方案，确定需研发的具体模型、输入输出格式，明确数据流、时空尺度和各模型逻辑；须明确模型层的公共算法开发，包括模型的数值解法、大型计算机上的并行计算方法等。形成多介质/跨介

质复合污染实体模拟系统构建技术 1 套，包括机理研究与实体模拟、AI 辅助耦合的多介质模型提升方法，以及基于实体模拟装置为数值模型补充关键机理模块，支撑模型验证与反馈修正的具体方案；形成实体复合模拟以及一系列应用场景单元的具体建设方案 1 套，所设计的多介质/跨介质实体模拟系统建设方案须涵盖气、水、土、固等 4 种环境介质，涉及工-农-城等关键来源污染物等，涵盖碳、氮、磷、硫、重金属、微/痕量有机物、新污染物等 100 种以上物质，支撑实体模拟污染物迁移转化过程与机制、治理技术方法的验证与调控等功能。

3. 气象-排放-化学传输-预报-溯源-调控一体化大气环境模型框架 1 套，所设计的模型框架应包括 1 套融合大气化学新机制和人工智能算法的大气化学传输模拟技术体系，确定大气模型各模块间以及与其他介质模型间高效耦合和一体化运行规则，须明确大气环境模型类别、数据流、参数化准则、评估体系、部署环境、接口协议以及适配不同业务复杂场景需求的集成耦合模拟方案。

4. 水量-水质-水生态-预报-溯源-调控一体化水环境模型框架 1 套，所设计的模型框架应包括 1 套融合污染物迁移转化机制和人工智能算法的水环境模拟技术体系，须能支撑水生态系统多尺度、多过程、多要素耦合模拟与系统调控，实现以水循环为基础的水环境模型各模块以及与其他介质模

型间的高效耦合；须明确水环境模型标准规范，包括模型类别、模型间接口规范、数据流、训练准则、评估体系、部署环境以及适配不同业务复杂场景需求的集成耦合模拟方案。

5. 支撑层架构方案 1 套，包含 AI 自动化测试与模型耦合演练框架技术方案，建立模拟器及其分量模型的测试标准体系和故障检测诊断体系方案，明确识别准确率、检测响应时效指标要求。提出满足模型集成测试的通用软硬件适配方案 1 套，包含网络与安全、存储与通讯系统、计算资源等硬件搭建方案；提出各模块专用的研发跨平台、跨系统软硬件指标的技术规范，确保与通用适配方案的合理兼容。形成专业大语言模型驱动的智慧交互系统架构技术 1 套，所设计的智能交互系统须能支撑传统用户界面和自然语言两种模式的用户交互，具备用户需求解析与任务分解、模型智能调度与结果整合、跨平台交互等用户交互功能。

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。项目类型为基础前沿类，实施周期不超过 1.5 年，其他来源资金与中央财政资金比例不低于 0.5:1。

2.2 大气颗粒物组分精准模拟技术研发与模型研发

研究内容：

开展硝酸盐、硫酸盐在典型活性表界面形成机制的实验研究，研发硝酸盐-硫酸盐-铵盐多相生消过程模拟技术并建立本地化参数化方案，建立气溶胶酸碱平衡过程的多相缓冲模拟技术及其对无机气溶胶生成过程影响的模拟方法。开发本地化的分粒径颗粒物地表沉降阻力和干沉降速率模拟技术，建立基于颗粒物组分多维理化性质的湿沉降速率模拟技术，研究组分混合态、有机组分氧化态、黑碳老化过程对湿清除效率的影响。开展实验量化典型中等/半挥发性有机物（I/SVOCs）生成二次颗粒物产率并建立参数化方案，建立多元前体物通过多反应路径生成高含氧有机分子的模拟方法，研发细分物种化学类别的全挥发性范围有机物通过多级气相氧化反应形成二次有机气溶胶过程的模拟技术，构建有机气溶胶通过多种非均相反应路径生成和老化过程的机理模型，研发有机前体物和无机物多相耦合反应过程的模拟技术。研发系统的多元新粒子生成过程模拟技术，开发耦合相态影响的超细颗粒物冷凝生长动力学模拟技术。建立统一、动态、耦合的颗粒物组分生成演变模拟框架，集成开发颗粒物组分生成、生长、转化、清除一体化数值模型。研发基于机器学习的颗粒物化学模块和传输过程仿真及混合建模技术。将模型在京津冀及周边地区进行一年以上高分辨率模拟和系统评测，研究定量硝酸盐等组分浓度对前体物梯级减排响应关系并用于模式校验，量化不同化学机制对京津冀区域

颗粒物组分浓度的贡献，将模型成果应用于预报、溯源、重污染应对及中长期调控等业务需求。

考核指标：

研究所产出的模型及相关数据实现开放共享及动态更新，满足模型评测要求，与国家环境监管需求紧密衔接并持续优化。

1. 获得基于实验的典型黑碳表面、建筑表面和硬化路面等城市界面上活性氧物种和硝酸盐、硫酸盐生成速率。建立硝酸盐、硫酸盐非均相生成过程模型 1 套，系统模拟黑碳、卤素化合物、城市界面、沙尘等表界面硝酸盐、硫酸盐非均相生成过程，考虑硝酸盐光解和非均相消耗过程，建立考虑主要环境因素影响的关键非均相反应本地化、参数化方案。建立无机气溶胶酸碱平衡过程的多相缓冲模拟技术 1 套，模型结果具备可解释性，考虑 pH 对主要无机气溶胶生成过程反应速率的影响。硝酸盐模拟月均误差在 25%以内，污染过程浓度误差在 35%以内。

2. 本地化分粒径地表沉降阻力和干沉降速率模拟技术 1 套，干沉降速率模拟误差在 40%以内。建立基于颗粒物组分多维性质的湿沉降速率模拟技术 1 套，模拟有机/无机组分混合态、黑碳老化过程、有机组分氧化态对颗粒吸湿增长及干湿沉降速率的影响作用；活性氮、硫酸盐、黑碳、有机气溶胶等组分沉降通量月均模拟误差在 50%以内。

3. 基于烟雾箱模拟的 3 类、8 种以上当前缺失实验数据的典型 I/SVOCs 生成 SOA 产率参数化方案。建立高含氧有机分子多路径生成过程模拟技术 1 套，实现多元有机前体物通过非常规自由基反应等主要反应路径生成高含氧有机分子的化学过程模拟，高含氧有机分子浓度月均模拟误差在 50% 以内。建立基于挥发性-氧化态-相态的全挥发性范围有机物生命过程多相氧化模拟技术 1 套，实现细分物种化学类别的全挥发性范围有机物长时间多级气相和非均相氧化形成二次有机气溶胶过程的模拟；模拟有机前体物和无机物通过多类气相和非均相反应的耦合作用。一次和二次有机气溶胶模拟月均误差在 25% 以内，污染过程浓度模拟误差在 35% 以内。建立多元新粒子生成过程系统化模拟技术 1 套，涵盖硫酸、氨、有机胺、超低/极低挥发性有机物、碘氧酸、甲磺酸、硝酸等前体物参与的至少 15 类新粒子生成机制，建立耦合相态影响的超细颗粒物冷凝生长动力学模拟技术 1 套，模拟全挥发性范围有机物冷凝导致的超细颗粒物生长过程，1~50 nm 粒径区间内颗粒物数浓度月均误差在 30% 以内，生长速率月均误差在 50% 以内。

4. 构建颗粒物组分形成演变过程一体化数值模型 1 套，实现对颗粒物生成、生长、转化、清除的一体化模拟，具备与京津冀模拟器协同开发接口，实现版本管理，编码技术规范统一，国产化率 100%。

5. 基于物理约束机器学习的颗粒物化学模块仿真和混合建模技术 1 套，颗粒物化学模块计算速度提升 10 倍以上。研发基于物理信息神经网络和物理约束的颗粒物传输 AI 算法 1 套，颗粒物传输过程计算速度提升 3 倍以上，具有物理可解释性并保证数值稳定性。

6. 将研发的颗粒物组分模型开展一年以上的高分辨率模拟，京津冀及周边地区分辨率达到 3 公里，京津冀达到 1 公里，时间分辨率达到 1 小时。基于 35 个以上站点的观测数据对 PM_{2.5} 及组分月均浓度模拟结果进行评测，评测涵盖不少于 15 个污染过程，PM_{2.5} 浓度月均误差在 20% 以内，污染过程 PM_{2.5} 浓度误差在 25% 以内；硝酸盐模拟月均误差在 25% 以内，污染过程浓度误差 35% 以内；一次和二次有机气溶胶模拟月均误差在 25% 以内，污染过程浓度模拟误差在 35% 以内。量化不同化学机制对京津冀区域 10 类以上颗粒物组分浓度的贡献，可应用于预报、溯源、重污染应对以及中长期调控。

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

2.3 京津冀超高分辨率空气质量无缝隙预报技术与模

型研发

研究内容：

针对京津冀区域乡镇/园区空气质量提升、长时间大范围重污染过程应对和区域差异化精准管控需求，以国产开源空气质量模式为基础，研发区域-城市-园区空气质量无缝隙耦合模拟技术和城市冠层内复杂下垫面污染物输送过程的模拟技术，发展区域尺度污染物垂直结构模拟改进方案并开展观测验证。研究污染过程中空气质量等级时空变化规律，研发 AI 集合预报技术，表征排放、气象、化学过程模拟误差对预报的影响，实现人工智能与机理模型“双驱动”的高分辨率快速滚动预报。研发深度学习与大模型一体化整合的重污染小时及峰值预报技术，实现数据预处理、特征提取到预测建模的全流程智能化。研发大气污染延伸期-次季节预测技术，实现延伸期-次季节重污染过程风险概率预测和污染变化趋势预测。研发超高分辨率无缝隙业务化预报模型，适配国内外主流处理器架构，在业务预报部门开展应用示范，形成超高分辨率、无缝隙空气质量预报的业务化技术流程、产品与动态更新机制，开展分类型、分场景的实际应用检验评估，形成管理目标导向的预报效果评估方法和可靠性技术指标。

考核指标：

研究所产出的模型及相关数据实现开放共享及动态更新，满足模型评测要求，与国家环境管理需求紧密衔接并持

续优化。

1. 区域-城市-园区尺度空气质量无缝隙耦合模拟技术 1 套，实现千米-百米-十米级分辨率跨尺度模拟，空间模拟尺度跨 3 个量级以上，京津冀及周边区域模拟分辨率不低于 1 公里，典型工业园区不低于 50 米。合理表征园区和城市尺度污染与区域污染的交互反馈作用，高精度模拟复杂下垫面条件下城市冠层污染物输送过程对多尺度空气质量的影响。改进污染物垂直结构模拟方案，结合三维立体监测数据反演数值模拟关键垂直参数，在不少于 1 个重点区域开展污染物垂直分布外场观测验证与模拟误差评估。

2. 人工智能与机理模型“双驱动”的高分辨率快速滚动预报技术 1 套，实现污染过程中空气质量等级时空变化的深度学习智能模拟，具备关键污染物（PM_{2.5}、O₃、SO₂、NO₂、PM₁₀）网格化浓度的 AI 预报能力，时间分辨率不低于 1 小时，京津冀区域空间分辨率不低于 1 公里。AI 集合预报可表征排放、气象、化学过程模拟误差对预报的影响，模型参数 1000 万以上，集合预报样本不少于 100 个，集成预报精度超过最优单样本 10%以上。

3. 深度学习与大模型一体化整合的重污染小时及峰值预报技术 1 套，包括基于强化学习和注意力机制的小时重污染等级预报优化策略，实现数据预处理、特征提取到预测建模的全流程智能化，模型训练数据规模达 10 T 以上，模型参

数 3000 万以上。预报未来 3~7 天污染过程主要污染物小时浓度，污染过程等级预报准确率比现有业务预报提高 10% 以上。

4. 大气污染延伸期-次季节预测技术 1 套，集成非线性海气耦合同化、机器学习预测订正、气候-化学降尺度耦合模拟等预测优化技术，提供未来 30 天重污染过程风险概率预测产品及未来 1~3 月污染变化趋势预测产品。

5. 超高分辨率无缝隙业务化预报模型 1 套，具备与京津冀模拟器协同开发接口，模型国产化率达到 100%，适配不少于 2 种国产处理器架构平台，具备未来 1~10 天、10~30 天和 1~3 个月空气质量的无缝隙业务预报能力，预报要素覆盖 PM_{2.5} 及其精细组分（不少于 10 种）、O₃、PM₁₀、SO₂、NO₂、沙尘等，变量数不少于 20 个。在京津冀开展业务预报示范，形成超高分辨率、无缝隙空气质量预报的业务化技术流程、产品与动态更新机制。相对现有业务预报，未来 3 天污染等级预报的准确率提升至 80% 以上；未来 3~7 天中度及以上污染过程等级预报的准确率提高 10% 以上。

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

2.4 自然与人为过程地气排放通量精准表征模型研发

研究内容：

针对京津冀及周边地区大尺度、高精度、多介质耦合生态环境模拟的地气排放通量数据需求，开展自然源与人为源地气排放通量精准表征模型研发，支撑空气质量精准预报与动态调控。开发高强度人类营力作用下地气排放通量建模技术，耦合高分辨率陆面与植被遥感信息构建陆面过程模型参数化方案，表征人为活动对陆面环境改变的动力作用，基于统一框架实现对生物质燃烧、植被、土壤、沙尘、海盐等自然源排放通量的精细化动态模拟。建立行业-技术治理效率数据库，跟踪评估主要污染物治理技术、重大治理工程等实际减排效率，开展本地化排放因子质控和校验，更新补充失真、失效、缺失的排放因子。基于大气污染源在线监测、机动车行驶轨迹、高分辨率遥感影像等多源大数据研发多源异构数据智能融合技术，构建空间粒度为工序、轨迹的人为源排放高精度动态建模技术。基于多源观测数据开展对不同粒度大气源排放的独立校验，解析卫星遥感污染物浓度、遥感热异常和遥感影像等观测数据时空变化特征，研发排放源智能监测方法，追踪并校验设施尺度污染物排放动态变化，研发基于卫星遥感污染物浓度约束的网格化排放通量大气反演校验方法，实现多种大气污染物排放日变化的协同校验。研制

自主知识产权的自然与人为过程地气排放通量精细化表征模型，构建在线计算云平台，实现对多源数据的在线收集、质控、入库，实现排放数据多维立方体自动化生成，动态响应空气质量预报模型、空气污染溯源模型、污染源治理调控模型等对排放源数据的需求，业务化输出无时间延迟的全国范围动态排放通量数据产品，提供自适应网格分辨率的自然源和人为源排放数据立方体，无缝对接京津冀及周边地区各类空气质量模型。

考核指标：

研究所学出的模型及相关数据实现开放共享及动态更新，满足模型评测要求，与国家环境管理需求紧密衔接并持续优化。

1. 高强度人类营力作用下地气排放通量建模技术 1 套，基于统一陆面过程模式、参数化方案、高分辨率气象场融合驱动，覆盖生物质燃烧、植被、土壤、沙尘、海盐等排放过程，整体空间分辨率达到 1 公里级，重点地区分辨率达到百米级，时间分辨率 1 小时且无时间延迟。

2. 设施尺度人为源排放动态追踪建模技术 1 套，覆盖主要排放源，包括：电力、热力、钢铁、有色金属冶炼、水泥、焦化、玻璃、砖瓦、陶瓷等重点行业工业源，道路机动车、航空、航运等交通源，种植、养殖等农业源，采暖、炊事等生活源。工业源排放细化到工序、交通源排放到轨迹、农业

和生活源排放到乡镇，时间分辨率 1 小时且无时间延迟，排放因子库数据动态更新且能反映不少于 10 项主要污染治理技术、重大治理工程的实际减排效率。

3. 基于多源观测数据的排放校验技术 1 套，覆盖 SO_2 、 NO_x 、 CO ，工业源校验空间精度为设施，其他源校验空间精度为 1 公里网格，时间分辨率到日，总体校验误差 $<30\%$ 。

4. 自然与人为过程地气排放清单数据 1 套，包括工业、交通、生活、农业等人为源和植被、生物质燃烧、土壤、沙尘、海盐等自然源，包括 SO_2 、 NO_x 、 NH_3 、 CO 、 NMVOCs 、 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 等主要污染物，有机物种覆盖全挥发区间，可识别物种不少于 500 种，颗粒物组分不少于 30 种。空间尺度覆盖全国，分辨率不低于 1 公里，且能够根据空气质量模拟需求提供匹配自适应网格，时间分辨率达 1 小时且无延迟，历史排放清单数据长度不小于 10 年。

5. 自然与人为过程地气排放通量精细化表征模型 1 个，代码国产化率达到 100%，满足国内外主流处理器架构部署需求。可实现排放数据多维立方体自动生成，满足京津冀及周边地区空气质量预报模型和污染源治理调控模型对排放数据的需求。

6. 地气排放通量精细化表征模型在线计算云平台 1 套，实现业务化部署运行，为大尺度、高精度、多介质耦合的生态环境模拟提供地气排放通量数据。对接京津冀及周边地区

空气质量预报模型、空气污染溯源模型、污染源治理调控模型等，应用于京津冀及周边地区污染成因与重污染天气应对效果分析、夏季臭氧污染形势及成因分析、跟踪动态评估等业务工作。

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

2.5 京津冀精细化无缝隙环境气象智能感知与预报关键技术研发

研究内容：

针对京津冀高精度大气污染溯源、高分辨率空气质量无缝隙预报和生态水文过程耦合模拟的实际需求，开展气象条件对空气质量影响评估技术研究，开发本土化、公开免费的气象条件对空气质量影响评估模型，实现气象条件波动对空气质量影响的快速模拟和标准化评价，研发京津冀精细化无缝隙环境气象智能感知与预报关键技术。建立基于大数据与人工智能（AI）驱动的高分辨率多源数据融合体系，发展区域环境气象无缝智能感知技术，构建高质量的地面气象与污染要素历史数据集。建立高精度 AI 数据同化框架，发展三

维大气初始场实时生成技术，研发国产自主可控的高精度区域三维大气实况分析及历史数据产品。研究 AI 同化和智能感知生成的高精度初始场数据在环境气象模式中的融合应用方案，评估其对京津冀及周边地区环境气象要素预报精度的影响。研发基于松弛逼近方法的快速 AI 同化更新技术，发展基于物理约束和知识增强的 AI 模式参数优化方法和基于实况的环境气象模式产品 AI 快速滚动订正方法。研究针对大气海洋等关键变量数据的编码与表征学习方案，提出符合物理先验且能够适应从数小时到 3 个月不同预测时间范围的统一建模方法，发展 AI 方法驱动的全球天气气候预报模型，为区域高分辨率环境气象预报大模型提供边界条件。提出适用于 AI 架构的通用物理神经算子，研发高分辨率区域环境气象预报技术，提高重污染过程关键环境气象要素的预报准确率。构建耦合机理模型及 AI 技术的易发重污染天气早期异常气象条件判识技术，提出重污染天气环境气象条件综合指标，研发时空特征增强的相似度智能匹配算法，建立大气污染事件案例知识图谱。基于京津冀区域高分辨率环境气象预报及智能气象数据后处理方法，构建自适应环境气象预报基础架构，开发可实时更新且覆盖未来 0 至 15 天逐小时、15 天至 3 个月逐日预报的本土化高精度环境气象业务化预报技术，提供满足下游模型任务的不同细粒度环境气象预报后处理产品。

考核指标：

研究所产出的模型及相关数据实现开放共享及动态更新，满足模型评测要求，与国家环境管理需求紧密衔接并持续优化。

1. 京津冀地区环境气象 AI 数据同化与智能感知技术方法 1 套，同化分析场时间分辨率 1 小时、空间分辨率 1 公里，精度较现有 3D-Var 同化方法提高 15%；地面初始场（气象、能见度、气溶胶和颗粒物浓度）时间分辨率 1 小时、空间分辨率 1 公里，环境气象网格化历史数据集不少于 6 年；区域三维大气历史数据集自主可控，时长不少于 10 年，时间分辨率 1 小时、空间分辨率 1 公里、垂直分辨率不低于 60 层（顶层不低于 1 hPa，边界层以内不低于 10 层）。

2. AI 与环境气象耦合模式深度融合技术方法 1 套，环境气象要素 5 天预报达到逐小时、水平公里级、近地层垂直 20 米精细化分辨率。与传统环境气象预报模式相比，耦合模式对京津冀及周边地区 120 小时环境气象要素的预报精度提升 10%。

3. 全球 AI 环境气象预报大模型预报时效包括未来 0 到 3 个月，其中 15 天内时间频率为逐 6 小时，15 天到 3 个月时间频率不低于逐日，空间分辨率不低于 150 公里。较主流气象大模型在边界层内关键环境气象要素预报精度提升 10%，AI 大模型集合预报成员数量不少于 50 个。

4. AI 与物理机制融合的京津冀地区高精度 AI 环境气象预报系统 1 套，预报产品空间分辨率 1 公里，垂直分辨率不低于 60 层，预报变量包括地面降水及温度、气压、湿度、风速等多层基本气象要素，总体预报变量超过 100 个，预报时效达 90 天。风场及其垂直结构、温度、湿度、降水量、雨雪相态、大雾和边界层垂直结构等关键环境气象要素的逐小时预报准确率整体较 GFS 等天气预报模型提升 10% 以上，日均值预报提升 5% 以上，重污染天气过程预报准确率提高 15% 以上，计算速度提升 1000 倍以上；基于大模型的环境气象条件预报指数至少 10 项，大气污染事件（常规污染和沙尘等特定类型污染）案例知识图谱不少于 10 年。

5. 具备与京津冀模拟器协同开发的京津冀区域高分辨率本土化环境气象预报接口 1 套，支持后续迭代更新。提供不同细粒度的环境气象预报结果，包括未来 0 至 15 天逐小时环境气象预报和 15 天至 3 个月逐日环境气象预报，涵盖温度、气压、湿度、风速等多层基本气象要素及降水、边界层高度等环境气象预报需要的特定要素；支持大气环境通用模型和不同下游模型的接入与数据共享，满足实际业务需求。与耦合 WRF 模块的空气质量模型相比，接入 AI 环境气象大模型的空气质量模型对于典型污染过程中的颗粒物和臭氧浓度的 72 小时预报效果提高 10%。

6. 本土化、公开免费的气象条件对空气质量影响评估模

型 1 套，国产化率达到 100%，实现对污染过程尺度至 3 个月时间尺度范围内的气象条件波动对京津冀及周边地区空气质量影响的快速模拟与评估，具备 1 公里空间分辨率和逐日时间响应能力。

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

2.6 京津冀大气污染超高分辨率精准溯源模拟技术

研究内容：

开发中尺度融合式溯源模拟技术，结合基于反应示踪物的跟踪大气污染全周期数值模拟正向溯源技术，采用融合多源数据、优化反应机理、耦合人工智能模型等多技术手段，开展精细化污染源解析研究，包括不同季节和污染水平下污染形成机制、关键物理及化学过程等的影响。开发基于高分辨率排放-微尺度气象的典型城市核心区移动源溯源技术，研发适宜路网的非稳态污染物模拟技术，实现典型城市环境下非稳态污染的扩散及其他重要大气过程的精准溯源。针对空气污染高值热点，耦合高精度排放、气象、地理地形等跨领域多源异构数据，构建京津冀历史污染高值热点数据库，

建立分级分类的高值热点管理指标体系，并围绕各类高值热点，建立基于 AI 的高值热点与污染源及源成分谱的数据映射关系及快速响应算法，研发污染物浓度与污染源排放、气象条件的动态时空演变重构技术，实现污染高值热点的快速、精准溯源。集成中尺度溯源、城市核心区溯源和高值热点溯源技术，开发多场景融合式靶向溯源数值模拟技术。结合多尺度大气传输模拟与局地精细化溯源模拟技术，综合评估区域输送、移动源及高值热点源、工业园区等不同污染来源对各尺度空气质量的贡献，并开展污染物溯源与风险防范的实证校验工作，探索可推广的应用模式。

考核指标：

研究所产出的模型国产化率达到 100%，模型及相关数据实现开放共享及动态更新，满足模型评测要求，与国家环境管理需求紧密衔接并持续优化。

1. 溯源部门覆盖交通源、工业源、农业源、民用源、扬尘源等。溯源结果的空间分辨率提高至少 50%，时间分辨率达到小时级或更短，溯源类别精细化至子源类，如燃煤细化至电厂、民用和工业燃煤，移动源细化至柴油车和汽油车等，溯源模型精度由城市级提升至公里网格级，实现城市-细网格-点位的多尺度联合溯源。精细化污染来源解析场景包括不同季节与污染水平。实现不同时段污染物排放对空气质量影响的正向模拟与反向追踪。模型计算效率提升至少 1 倍，能准

确对 PM_{2.5} 及其硫酸盐、硝酸盐组分，以及 O₃ 与其前体物进行溯源。

2. 京津冀特大典型城市核心区交通环境的污染空间溯源精度不低于 100 米，重点街区及近排放源处溯源精度不低于 10 米，时间分辨率不低于 1 小时，具有量化典型城市街区环境内交通源与其他重点污染来源贡献的能力。溯源目标污染物包括 NO₂、O₃、PM_{2.5}。溯源模型对主要气态污染物小时浓度的模拟误差降至 20% 以下，颗粒物小时浓度的模拟误差降至 50% 以下。

3. 包括污染物种类、浓度峰值、出现频率、较周边站点偏高幅度的污染物高值热点管理指标体系 1 套。高值热点溯源时间分辨率由天提升至小时，空间分辨率由区县细化到企业、设施、火点等管理对象。

4. 包括中尺度正反向溯源模拟、典型城市核心区超高分辨溯源模拟与高值热点溯源模拟的融合式溯源技术 1 套。该技术在典型城市的应用场景包括高流量交通道路、中大型高值排放源、重大工业园区等。

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

2.7 人工调控湖库水生态环境模型研发

研究内容：

针对入湖库水量水质同步耦合模拟过程复杂、时空精度不高等问题，研究入湖库水、沙、碳、氮、磷和特征污染物的产生、输运、累积及转化等机理，突破人工调控干扰下入湖库水量水质耦合模拟技术，建立基于多因子驱动条件下的入湖库水与污染物通量模型。针对人工调控湖库流场复杂多变引起的水动力模型欠稳定和计算效率较低等问题，研究闸坝调控和引调水作用下流场特征和演变规律，研发闸坝实时调控触发互馈技术、时间步长自适应技术和模型高效并行计算技术，建立人工调控二、三维湖库水动力模型。聚焦现有模型对湖库污染物迁移转化过程解释不清晰的问题，研究碳、氮、磷、硅等营养物质和特征污染物在“水-气”“水-沉积物”“水-生物”等多界面物质交换过程和平衡机制，研发污染物在多介质中的迁移、转化、同化、释放和沉积物成岩过程模拟技术，建立人工调控湖库多介质水质模型。针对湖库水生物种群演化过程定量精细化模拟不足的问题，研究多物种“生境变化-种群适应”的演化机理，研发人工调控影响下的生物个体、种群和群落的演替算法，突破“浮游-底栖-指示鱼类”多营养级食物网模拟技术，建立人工调控湖库水生生态演化模型。集成湖库二、三维“水文-水动力-水质-水生态”

多过程模型，融合机器学习、大数据驱动系统分析决策技术，研发湖库多目标多场景生态环境模拟系统，在密云水库、官厅水库、白洋淀等重点湖库进行模型示范应用，为湖库水资源、水环境和水生态统筹精准管控提供支撑。

考核指标：

1. 入湖库“水量-水质-通量”模型 1 套，时间精度 ≤ 1 h，示范湖库日流量-通量计算准确度 $\geq 70\%$ 。
2. 基于多类型网格的湖库水动力模型 1 套，包含闸、堰、坝等水工结构实时控制功能，实现湖库水动力及闸堰控制过程模拟，满足闸、堰和坝等水工结构调控触发条件 3 种及以上，计算效率提升 $\geq 50\%$ ，水动力模拟准确度 $\geq 85\%$ 。
3. 湖库多介质水质模型 1 套，具备碳、氮、磷、硅等物质和特征污染物模拟能力，建立不少于 8 种特征污染物的物理、化学、生物过程本地参数库，覆盖环境介质 3 种及以上，水质变量日均值模拟准确度 $\geq 70\%$ 。
4. 湖库水生态演化模型 1 套，含湖库单种群适应性模拟和多营养级协同演化模拟技术，具有 3 个及以上营养级物种模拟能力，关键指示生物模拟准确度 $\geq 60\%$ 。
5. 湖库水生态环境模拟分析系统 1 套，集成耦合大数据模型与机理模型数量 ≥ 4 ，水生态环境管理应用场景 ≥ 4 ，模拟区域包括密云水库、官厅水库和白洋淀，系统应部署于京津冀模拟器平台，年正常运行时间 $\geq 95\%$ 。

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

2.8 京津冀生态环境模拟器数据管理引擎

研究内容：

针对京津冀生态环境模拟器数据需求，开展京津冀生态环境模拟器数据管理引擎架构设计，制定数据接口调用、数据汇交、数据安全等共性技术规程，研发基于分布式存储的生态环境多源异构数据质控技术，研发基于计算集群的高通量生态环境数据传输通道及接口技术，形成生态环境数据资源高质量供给保障能力。研发天空地海一体化实时监测高频数据动态接入技术，研发多模态、可扩展、标准化的生态环境数据湖构建技术，研究专题数据库-模型匹配调用的多源数据智能标注与搜索技术，研发面向模型输入的多源异构数据融合技术，实现多源异构数据的全量汇聚与数智融合。研究覆盖数据治理、数据处理与分析、数据服务的生态环境数据智能管理中枢构建技术，研发面向全场景、低门槛、开放灵活的模拟器模型数据调用技术，建立自主可控分布式流式高性能计算框架，建立端到端全链路数据安全防护体系。搭建

模拟器模型测试与集成环境，研究动态追踪与异常状态捕获技术，研制测试用例智能生成、模型测试评估、故障根因定位工具链，研究面向异构模型的计算资源智能调度与并行服务技术，支持模拟器模型与数据管理引擎的稳定联动测试。研发基于京津冀地理特征的生态环境数字仿真和沉浸式展示技术，建立京津冀生态环境数字仿真底座，搭建智能友好的数字仿真人机交互系统，形成京津冀生态环境多要素协同管控与智慧决策支撑。

考核指标：

1. 京津冀生态环境模拟器数据管理引擎架构设计书 1 套。制定京津冀生态环境模拟器数据管理引擎关于数据标定、接口调用、数据安全、数据全过程管理等统一技术规程不少于 5 个。生态环境多源异构数据自动审核软件工具包 1 套，实现对拟汇交数据的属性、缺失值、异常值等数据质量信息的快速检测。明确模拟器模型的数据输入和输出格式要求，保障数据通道的全年无故障运行率不低于 99.5%。

2. 模拟器生态环境数据湖 1 个。接入且不限于智能感知网的实时数据、生态环境质量业务化监测数据、污染源排放数据、模型模拟过程和结果数据等，建立京津冀空气质量、水环境质量、土壤环境质量、自然生态、固体废物、污染源排放清单、地表覆被、水文地质、基础地理信息、社会经济等不少于 10 项业务要素数据专题库。专题库与模型参数的

匹配识别正确率不低于 90%。京津冀区域环境要素融合数据集 1 套，包含大气环境、水环境要素等融合数据产品。

3. 模拟器数据智能管理中枢 1 套。满足 MySQL、SQLServer、HDFS、Kafka、Excel 等不少于 5 类常见数据集的数据源连接管理。数据处理同时支持实时、离线模式下亿行数据的增删改查。提供秒级的数据采集、处理和反馈，单线程秒级数据处理请求（QPS）达到万级以上。计算框架支持 Spark、Flink、Ray 等不少于 3 种数据处理多重框架，支持数百级别数据处理 workflow 稳定运行。数据安全防护平台国产化率 100%，CVE 漏洞漏报率低于 3.5%，误报率低于 0.3%。

4. 模拟器模型模拟测试与集成环境 1 套。测试用例需覆盖正常、异常、边界、压力等不少于 4 个场景，故障根因定位准确率不低于 90%。支持混合算力编排，同算力需求的多任务资源分配差异不高于 15%。软硬件国产化率 100%，试运行期间内模型模拟测试与集成环境无故障运行时间不低于 99.5%。

5. 京津冀生态环境数字仿真底座 1 套。对生态环境监测数据、污染排放特征、自然地理因素、环境模拟结果等进行数字化复刻。人机交互系统满足对 90% 以上数据类型进行多模态识别与输出。

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

板块三：空气质量改善和重点行业深度减排

3.1 新形势下京津冀区域空气质量全面持续改善的路径研究

研究内容：

面向新形势下京津冀区域空气质量全面持续改善路径系统设计的科技和管理需求，针对污染防治措施、区域协同治理机制及科技支撑等开展大气污染防治历程的回顾性评价，研判空气质量改善和污染特征演变的驱动力。聚焦京津冀区域的产业集群、大型工矿企业、物流园区、储煤基地等，开展区域能量流、物质流及碳污排放的关联图谱研究，全链条、分环节评估现有排放源减排潜力、成本及效果，识别新发展阶段京津冀区域大气污染防治的重点行业（领域）和关键环节。研发京津冀区域大气环境承载力评估技术，量化面向美丽京津冀的分阶段、分城市空气质量改善目标，建立基于环境承载力时空分布的区域发展规模调控、结构调整和布局优化技术。研发经济效益与环境效益相结合的污染排放绩效评价技术，制定京津冀分行业（领域）的环境容量精细化分配方案，提出与之相应的产业发展与污染防治协同路径，

评估污染治理及管控技术的全周期适应性，制定支撑主要大气污染行业（领域）全过程污染治理及管控水平提升的技术目录。研究区域空气质量对化石能源消费的响应关系，提出分阶段、分城市化石能源消费总量控制目标及控制举措。研发区域协同的货物运输结构优化模式以及重型货车排放数智化监管技术，提出大中城市差异化移动源清洁化提升技术和污染排放综合治理方案。基于源头-过程-末端及支撑体系架构，研发支撑京津冀区域空气质量全面改善的系统性技术方案，以及钢铁、焦化、建材等行业重大减排工程清单，量化评估减排成本、环境效益和健康效益。提出区域中长期空气质量改善路径与路线图。

考核指标：

1. 构建精细化、动态化的区域能量流-物质流-碳污排放关联图谱，包含京津冀区域煤炭、焦炭、钢铁、有色金属、矿石、矿建材料、水泥、木材等原材料及产品的来源、流向、生产、运输全链条、分环节的大气污染物减排潜力、成本等；明确未来不同阶段区域大气污染防治需要针对的重点子区域、重点污染源和重点污染物。

2. 研发京津冀区域大气环境承载力评估技术 1 项，包括区域-省份-城市年度、季节环境承载力评估方法和结果。形成分城市空气质量改善量化目标设计方法 1 套，提出面向美丽京津冀的“十五五”及“十六五”分城市空气质量改善量

化目标，以及与之对应的区域发展规模调控、结构调整和布局优化方案。

3. 研发经济效益与环境效益相结合的污染排放绩效评价技术，制定京津冀分行业（领域）的环境容量精细化分配方案，提出与之相应的产业发展与污染防治协同路径。建立污染治理及管控技术的全周期适应性评估技术，涵盖治理及运行成本、环境效益、治理产物的利用与去向等维度。提出支撑全过程污染治理及管控水平提升的技术指导目录 1 套。

4. 面向美丽京津冀的空气质量改善目标，提出区域分阶段、分城市化石能源消费总量控制目标及控制举措。

5. 研发区域协同的货物运输结构优化模式以及重型货车排放数智化监管技术，并明确适用条件；提出 5 个以上中长距离清洁运输示范场景。

6. 研发支撑京津冀区域空气质量全面改善的系统性技术方案 1 套，量化空间布局优化、产业升级、污染治理、科技支撑、政策保障等措施的实施成本、对空气质量改善的贡献。提出区域中长期空气质量改善路径与路线图。

7. 提出京津冀环境综合治理国家科技重大专项大气污染防治科技支撑的总体设计方案。

申报说明：

项目类型为**基础前沿类**，实施周期不超过**2 年**，以中央**财政经费支持为主**。

3.2 京津冀城市大气挥发性面源数智化监管与高效治理技术

研究内容：

针对国内大气挥发性面源管控技术体系不完善，从协同推进 VOCs 减排和解决异味扰民问题出发，开展大气挥发性面源数智化监管与高效治理技术与示范。构建重点大气挥发性面源 VOCs 与异味指纹谱库，研制基于物质与感官协同监测感知装备，研发小微尺度扩散数值模拟技术，研发异味地图动态生成技术。研发恶臭物质通量监测关键技术，构建多维度恶臭评估技术与指标体系。开展餐饮异味排放特征与致臭因子识别，建立典型餐饮油烟排放影响评估模型，研发低空内循环油烟异味净零排放技术，构建油烟治理设施评价方法，建立全过程餐饮油烟管控技术体系。构建基于实际排放情景沥青产用排放表征方法，获得沥青产用过程 VOCs 排放系数；建立全过程控制技术评估模型，开展产品、工艺和治理技术的筛选评估，提出全过程减排技术路径，形成方案库和污染防治技术指南；开展智慧化监管技术及装备研究，构建沥青全过程智慧化监管体系。研发基于全过程污染减排的新型温拌沥青混合料制备技术，开展高固含量乳化沥青、添加剂、机械发泡等技术适配性分析，形成全过程污染减排的新型温拌沥青混合料生产施工工艺；研发适配不同大气面

源污染的细颗粒物滤材、VOCs 选择性吸附剂、近常温催化剂以及多功能复合材料；研制适用于不同排放场景的恶臭及 VOCs 去除技术与装备，实现对大气挥发性面源多污染物的协同净化。开展重点挥发性面源多污染物协同治理技术及装备应用示范；选择典型区域，开展挥发性面源数智化管理体系验证示范，集成“监测感知-模拟评估-分区分级管控”的城市挥发性面源的精准管控新模式。

考核指标：

1. 建立涵盖垃圾处理、污水处理、汽修、沥青产用等城市重点大气挥发性面源分环节 VOCs 及异味指纹图谱，不少于 20 种；固定式/移动式监测装备检出限不高于 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，臭气浓度检出限不高于 10（无量纲），响应时间 $\leq 5 \text{ s}$ ，建立不少于 4 个典型挥发性面源的感官拟合曲线，智能感知设备响应值与人工嗅辨结果的拟合曲线 $R^2 \geq 0.85$ 。小微尺度扩散模型空间分辨率 $\leq 10 \text{ m}$ ，模拟结果与实验舱实测数据误差 $\leq 30\%$ 。异味地图时间分辨率 $\leq 1 \text{ h}$ ，空间分辨率 $\leq 50 \text{ m}$ 。建立城市面源恶臭污染影响评价技术与指标体系，形成分区分级管控办法建议稿。

2. 建立可表征不少于 5 类餐饮油烟类型的异味指纹谱库，特征指纹谱数量不少于 50 条；构建小微尺度扩散模型，空间分辨率 $\leq 10 \text{ m}$ ，溯源准确性 $\geq 75\%$ ；建立餐饮油烟治理设施分级评测方法，开发可现场便捷操作、快速诊断评价净

化设备运行状态的工具包，工具包问题诊断准确率不低于90%，现场检测诊断时间 ≤ 10 min，数据远传频率 ≤ 1 min；形成《饮食业油烟净化设备技术要求及检测技术规范（HJ/T 62-2001）》修订建议稿和《餐饮业废气异味治理设施分级评价技术指南（草案）》。

3. 构建基于实际排放情景的沥青产用全过程大气污染物排放表征方法，建立全过程大气污染物控制技术评估模型1套，开展不少于5种控制技术评估；研发满足行业主管部门和企业等多用户需求的沥青产用全过程智慧化监管平台1套，实现监管场景不少于4个，问题识别准确率 $\geq 60\%$ ；兼容不少于2种硬件架构，预警响应时间小于60 s，实现7 \times 24小时近实时监管，烟气污染物溯源准确率 $\geq 80\%$ ；监管平台可场景化应用推广，并被省级及以上行业主管部门采纳；编制（1）建设项目环境影响评价技术指南（2）清洁生产评价指标体系（3）沥青路面建材行业大气污染物污染防治技术指南（4）沥青路面温拌技术规范等标准和技术指南4项。

4. 开发适配不同挥发性面源油烟细颗粒物过滤纤维膜大于2种，纤维滤材耐温 $> 150^\circ$ ；消除静电前后，对入口盐性和油性颗粒（300 nm）拦截效率均 $> 90\%$ ；开发恶臭气体吸附剂大于2种，相对湿度80%以下，吸附捕集效率 $\geq 80\%$ ；研制 > 2 种高性能常温 O_3 催化氧化除臭催化剂，实现低温下（0~50 $^\circ C$ ）、宽湿度（10~80%）范围下，甲硫醇、二甲胺等

典型恶臭气体转化率 $\geq 80\%$ ；研制 2 种及以上光热或电磁净化催化剂，相对湿度 80%以下甲硫醇、二甲胺等典型恶臭气体转化率 $\geq 90\%$ ；研制颗粒物过滤、常温吸附催化氧化除臭组合技术通用装备 1 套，可灵活调整适配不同污染排放条件；研制具有快速启停的光热或电磁催化净化除臭装备 1 套。研发基于全过程污染减排的新型温拌沥青混合料制备技术，产品性能（高温稳定性、低温抗裂性、水稳定性）满足同类型热拌沥青混合料要求；提出新型低排放温拌沥青关键控制指标要求 1 套；形成全过程污染减排的新型温拌沥青混合料生产施工工艺 1 套，实现规模化生产。相对同类型热拌沥青混合料，生产温度降低 20~40℃，吨产品全生命周期沥青烟减排比例不小于 40%，吨产品全生命周期碳排放减排比例不小于 20%。

5. 开展不少于两项挥发性面源多污染物协同治理技术及成套装备示范验证；打造不少于 2 个典型绿色沥青混合料搅拌站，不少于 10 个道路建设项目开展绿色产品工程应用，新型温拌沥青混合料应用不少于 10 万吨。选择投诉集中的典型区域开展大气挥发性面源数智化管理体系示范，示范验证区域规模面积不低于 25 平方公里，常住人口不低于 10 万人。示范验证区域内大气挥发性面源至少包括 4 类典型源，布设不少于 40 套监测感知设备，建立数智化监管平台，监测数据采集和传输延迟 ≤ 10 s，多源数据融合处理时间 ≤ 5

min，并开展数智化监管技术示范验证。常态化示范验证时间不低于6个月，应急化示范验证（典型集中投诉事件）至少包含一次。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，实施周期不超过3年，其他来源资金与中央财政资金比例不低于1.5:1。

3.3 区域非道路移动机械清洁化关键技术研发与示范

研究内容：

非道路移动机械是京津冀区域碳污排放的重要来源，针对其清洁化水平不高等问题，研究基于绿色转型的机械清洁化目标规划、技术路线及实施路径；针对建筑施工和重点场景中大型机械新能源化应用难度大的问题，开展机械零排放解决方案研究与示范，研究并改进多类机械清洁化配置及技术提升方案，对零排放机械使用性能、作业效率、环境效益和全生命周期经济效益进行评估，提出场景推广应用的方案建议；针对在用机械清洁化改造技术难度大的问题，研究先进柴油机更换技术、绿色燃料替代、尾气净化装备提标改造技术，研究拖电、加装电池或燃料电池等零排放改造技术，开展应用示范；针对机械流动性强和监管难度大的问题，开发非道路移动机械智能化监管平台，研发在用机械关键污染物快速检测技术，对燃油、电动等多能源类型机械的能耗、

补能时长、运行特征进行实时监控与反馈，实现大数据精准监控与监管，建立分领域、分行业、分类型的政策工具包及管理技术；评估施工、场站和行业不同机械类别清洁化技术成熟度，提出新能源机械推广路径、多部门协同推进的机制与模式。

考核指标：

1. 形成一套非道路移动机械清洁化技术库，涵盖不同机械类别的燃料替代、在用改造等清洁化技术。构建一套清洁化技术适用性评价体系 and 全生命周期经济评估方法，量化不同清洁化技术在机械应用场景的匹配度。跟踪分析 5000 台典型燃油和新能源机械运行特征和排放状况，建立一套全生命周期过程的机械碳污排放评估技术方法，形成多种类、多场景、多维度的非道路移动机械清洁化技术路线和 2027 年、2030 年清洁化规划，涵盖施工机械、场站机械和行业机械等场景，机械类别不少于 10 种，验证可靠度不低于 85%。

2. 建筑施工行业挖掘机、压路机综合续航时间 ≥ 5 h，工况满足率 $\geq 95\%$ ，节能效率提升 10%；旋挖钻机综合续航时间 ≥ 7 h，工况满足率 $\geq 95\%$ ，主电机势能回收率不低于 60%；具备运行工况诊断和联网功能；电动机械运营使用成本比同类燃油机械降低不少于 60%。研发满足上述要求的零排放机械样机 6 台（1 台 20 吨挖掘机、1 台 30 吨挖掘机、1 台 6 吨压路机、1 台 10 吨压路机、1 台 137 kW 以上的旋挖钻机和 1

台 137 kW 以下的旋挖钻机)。

3. 场站及重点行业集装箱吊装机综合续航时间 ≥ 5 h, 工况满足率 $\geq 95\%$; 装载机、叉车综合续航时间 ≥ 7 h, 工况满足率 $\geq 95\%$; 具备运行工况诊断和联网功能, 电动装载机制动能量回收率不低于 20%。电动机械运营使用成本比同类燃油机械降低不少于 60%。研发满足上述要求的零排放机械样机 8 台 (10 吨以下和 10 吨以上的集装箱吊装机各 1 台, 5 吨、10 吨和 20 吨装载机各 1 台, 3 吨、5 吨和 10 吨的叉车各 1 台)。

4. 形成 2 条在用非道路移动机械清洁化提质改造技术路线和 2 套通用装备。形成挖掘机、装载机和叉车等机械清洁化改造技术指南 ≥ 3 项。完成更换柴油机、绿色低碳燃料替代、加装尾气净化装备提标改造以及“油改电”“油改氢”应用示范 30 台, NO_x 净化 $>60\%$, PM 净化 $>90\%$ 。

5. 形成 1 份在用非道路移动机械 NO_x 快速检测方法标准 (草案), 检测误差小于 15%, 检测时间不大于 5 分钟。建立 1 套非道路移动机械运行端排放及能耗智能化监管平台, 实现应用场景和示范区域全覆盖, 燃油机械 NO_x 等污染物实时监控, 频率为分钟级; 可实现零排放非道路移动机械运行状态监控, 频率为分钟级; 平台数据丢包率不超过 1%。可保证 7×24 小时稳定运行, 故障率不超过 0.01%, 用户操作响应不超过 5 秒, 联网监控机械数量不少于 20000 台。编制

1份京津冀非道路移动机械排放清单和清洁化实施方案（草案）。编制1套分领域、分行业、分类型的京津冀非道路移动机械推进政策建议，主要成果得到国家或地方相关业务主管部门采纳应用。

申报说明：

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

3.4 面向大气污染减排的秸秆资源化技术与集成示范

研究内容：

针对京津冀地区秸秆露天焚烧严重影响和制约区域空气质量持续改善的问题，研制秸秆高值资源化利用关键技术装备，并在京津冀地区进行工程示范，从源头解决秸秆露天焚烧问题，实现大气污染减排的目的。研制秸秆干馏规模化连续制备燃气的关键技术装备。利用秸秆清洁燃烧提供热源，研发隔绝空气的秸秆高温干馏连续制备燃气技术设备，满足京津冀农村替代天然气采暖的重大需求，确保大气污染物排放低于我国锅炉相关排放标准。确定秸秆最佳热解干馏条件，实现高热值干馏气连续制备，开展应用示范，并对全过程综合效益进行评估；研发规模化秸秆气化合成绿色甲醇的关键

技术装备，将秸秆气化所产生的氢气和一氧化碳等转化为甲醇。明确秸秆在复杂热解气化条件下的产物分布及转化机制，突破各组分解耦定向转化路径及产物调控难题。开发转化过程智能调控联产甲醇与高性能炭材料工艺。研究气化转化过程焦油、氮氧化物、硫氧化物等有害物质迁移转化规律，研发污染物协同脱除技术与装备。开展规模化秸秆气化合成绿色甲醇应用示范，并对全过程综合效益进行评估；研制秸秆清洁制浆关键技术装备。理清压榨挤浆、置换洗涤及真空洗浆过程中黑液与纸浆之间的组分迁移与固液分离机制，开发秸秆制浆高效黑液分离技术及装备，提高黑液提取率。开发蒸煮同步除硅等高效除硅技术，改善黑液物化性能，结合蒸煮用碱量、蒸煮温度及升温曲线的同步优化策略，构建秸秆制浆同步高效脱硅技术。开展秸秆清洁制浆应用示范，并对全过程综合效益进行评估；研制秸秆热解制油高值化利用技术及装备。针对秸秆热解生物油产率低、品质差等问题，筛选活性高、抗失活的热解催化剂，研究热解过程秸秆中不同组分的液化转化规律及定向调控机制，研发秸秆快速高效定向热解制油关键技术及装备，研发热解过程污染控制技术，开展秸秆热解产物的高值利用及环境应用相关标准研究，对秸秆定向热解提质和产物利用全过程综合效益进行分析评估，并进行示范；探究切实可行的秸秆收运储的运行管理模式，在现有秸秆粉碎还田基础上解决秸秆收集、运输和储存

问题。通过经济手段形成高效的秸秆粉碎捡拾打捆收集运行体系，构建低成本乡集中和村临储的秸秆网格化储运管理模式。

考核指标：

1. 高温干馏燃气中可燃组分（氢气、甲烷和 CO 等）的含量不低于 80%，热值大于 12 MJ/m³；炊事供气的燃气设备每小时生产可燃气体不低于 800 m³/h，冬季取暖供气的燃气设备每小时制备燃气量不低于 8000 立方米。在河北省建立 1 个生物质清洁燃烧耦合秸秆真空干馏制备燃气的示范工程，开展不少于 5000 户冬季取暖和炊事所用天然气的替代。

2. 秸秆定向热解气化产有效合成气（H₂ 和 CO）不低于 600 标方/吨（干基秸秆），秸秆气化的碳转化率大于 88%；净化后合成气中的焦油小于 1 mg/m³，苯小于 10 mg/m³，磷小于 10 μg/m³，氯小于 10 μg/m³，总硫小于 100 μg/m³；每吨干基秸秆定向转化甲醇不低于 0.2 吨；相比传统煤制甲醇，每吨甲醇的二氧化碳减排 70%以上；合成气调质能耗降低 50%；实现氮氧化物/硫氧化物、颗粒物等有害物质的超低排放。在河北建设 1 个生物质秸秆气化合成绿色甲醇示范工程；产能达到年产绿色甲醇不低于 9 万吨，年消耗秸秆不低于 40 万吨。

3. 构建秸秆制浆清洁制浆技术和设备 1 套，黑液总脱硅率高于 65%，黑液提取率不低于 88%，碱回收率不低于 80%。

在河北建设 1 个制浆示范工程，预计年产纸浆 10 万吨以上，年消耗秸秆 20 万吨以上。

4. 形成 1 套秸秆定向热解制油关键技术与装备；热解油产率不低于 23%（秸秆干基计），热值不低于 45 MJ/kg，碳元素液化率不低于 45%，氢元素液化率不低于 18%；形成 2 项以上秸秆热解产物或产物环境应用标准；建成 1 个处理规模不小于 3.5 万 t/a（秸秆干基计）的热解示范工程，连续运行时间不少于 6 个月，示范工程的直接运行成本 < 200 元/吨；形成 1 份秸秆热解制油提质过程经济、环境效益（包括碳减排）评价报告。

5. 形成一套切实可行的田间秸秆收集方案，收储运成本小于 230 元/吨；形成秸秆高值资源化技术应用示范的综合评价体系一套，对拟开展的高值资源化技术应用示范进行生态环境和经济效益评价。

申报说明：

项目类型为应用示范研究类，实施周期不超过 4 年，其他来源资金与中央财政资金比例不低于 4:1，项目以企业牵头组织申报。

3.5 工业固废处置场和尾矿库风险管控与治理关键技术研究及示范

研究内容：

针对京津冀工业固废处置场及尾矿库（以下简称固废处置设施）环境污染隐患突出、风险管控和信息化监管手段不足、大宗固废消纳难等问题，开展固废处置设施风险管控与治理关键技术研究及示范，支撑京津冀工业固废环境风险防控和生态环境质量改善。研究固废图斑遥感智能解译技术，研发固废遥感特征识别与分类技术，研究 AI+ 图像驱动的固废堆体四维重构技术，建立固废堆存量时空动态刻画技术；研究固废水污染物释放机制和多尺度水环境效应表征方法，开发固废处置设施多场景水污染物源释放模型及本土化参数库，构建设施环境风险评估方法、分级分类管控标准及退出管理机制；研发处置场深层漏点无损检测与智能定位技术，研发中大型漏洞微创揭露、全息成像、智能化封堵修复技术，研发处置场典型大宗固废（粉煤灰、钢渣、高炉渣、赤泥等）回填仿生矿化技术与多元风险耦合控制技术；研发尾矿库尾矿中多种重金属原位协同固化/稳定化技术，研发微生物加速尾矿土壤化耦合碳汇提升的矿山生态修复技术，研发氰渣有害组分强化去除、有价物质分级回收、尾渣全量化生态利用技术，开展尾矿用于矿山生态修复环境风险评价与控制技术研究；研究极端服役条件下处置场污染阻隔材料劣化、缺陷演化规律和防渗材料性能在线监测、衰变预测、评估和调控技术，开发基于数字孪生的设施运行性态监测、风险演化预测和渗漏风险管控智能决策全过程一体化仿真模拟平台，并

在京津冀开展 1~2 个典型设施应用示范。

考核指标：

1. 形成具备泛化能力的固废图斑自动精准识别算法，卫星影像空间分辨率 1 米条件下，100 平方米固废图斑识别精度 $\geq 90\%$ ，解译时间 ≤ 10 min；建立固废类别遥感智能识别技术，准确率 $\geq 80\%$ ；固废堆存量刻画误差 $\leq 10\%$ ；固废遥感精准识别技术得到国家或地方相关业务主管部门采纳应用。

2. 形成固废水环境效应表征方法，建立固废水环境质量响应模型，误差率 $\leq 10\%$ ；水污染物释放迁移模型的预测准确率 $\geq 90\%$ ，释放模型参数库覆盖 5 类以上固废 10 种污染物；制修订国家或地方固废处置设施分级分类管控技术指南 1 项；建立京津冀固废处置设施风险分级分类管控清单 1 套，主要成果得到国家或地方相关业务主管部门采纳应用。

3. 非预植传感器条件下处置场漏点有效探测深度 > 10 m，漏点检出率 $\geq 90\%$ ，定位误差 ≤ 1 m；智能机器人漏点修复后渗透系数 $\leq 10^{-7}$ cm/s，渗漏量降低 10^4 级以上，渗漏管控成本降低 80%，开展 1~2 个处置场应用验证示范，面积 ≥ 50 亩；形成典型大宗固废回填仿生矿化技术 2 套，矿化后重金属浸出浓度满足《地下水质量标准》III 类标准；建设示范工程 1~2 项，消纳固废量 ≥ 100 万吨；编制大宗固废回填利用污染控制地方技术指南 1 项。

4. 研制尾矿中多种重金属原位协同固化/稳定化药剂 1~2 种，处理后尾矿重金属水浸浓度满足《地表水环境质量标准》III 类标准；研发功能微生物菌剂 2~3 种，改良后尾矿基质满足《绿化种植土壤》主控指标和肥力的技术要求，应用于矿山绿色修复示范工程 1~2 项，修复面积 ≥ 100 公顷（使用基于功能微生物菌剂修复面积 ≥ 30 公顷，单位面积成本至少降低 10%）；设备处理氰渣能力 ≥ 5 t/d，金回收率 $\geq 40\%$ ，尾渣氰化物浸出浓度 ≤ 0.5 mg/L，处理成本 ≤ 200 元/吨；编制尾矿等大宗固废用于矿山生态修复污染控制地方技术指南 1 项。

5. 研发防渗层破损状况在线定量评估、渗漏响应和服役寿命预测技术 1 套，防渗破损状况、导排淤堵状况等核心性能指标动态评估误差不超过 1 倍，渗漏响应时间达到小时级；形成处置场管控智能决策全过程一体化仿真模拟平台 1 套，并开展 1~2 个典型处置场应用示范，防渗、导排等核心性能指标模拟运行状态覆盖率达到 80%，风险预测准确度达到 80%，延迟时间小于 24 小时。

申报说明：

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

3.6 京津冀工业园区典型危险废物环境风险防控与高

值化利用关键技术与示范

研究内容：

针对京津冀工业园区典型危险废物产排污关系研究不充分、全流程风险管控手段缺乏、利用技术落后、缺少绿色资源化途径等问题，开展典型危险废物环境风险防控与高值化利用关键技术与示范。研究重点行业生产指标与典型危险废物产排量联动规律，建立典型工业危险废物产排污特征基础数据库，研究人工智能及大模型在危险废物“产生-收集-贮存-运输-利用-最终处置”全流程管理中的应用场景，提出危险废物再生利用环境风险评估方法，编制典型危险废物资源化利用风险防控技术指南；研究电子工业废酸中杂质赋存规律及其迁移、分离的构效关系，研发电子工业废酸预处理、提取、分离等关键环节的高效利用技术及其成套装备，开发低质废酸及其有效组分转化技术；研发含银废催化剂资源化源头减排及有价值组分短流程低耗制备关键技术，研究含铅废物资源化过程高值组分转移规律，研发含铅废物高效能多组分提取利用关键技术，开发含铅废物高值利用过程烟气关键组分高效回用技术；研究废活性炭再生规律及脱毒适宜条件，开发废活性炭再生成套工艺装备，研发含矿物油废物跨介质资源化协同处置关键技术，开发含矿物油废物与电厂煤掺烧工艺智能控制模块及成套优化模型，研究建立掺烧协同处置减污降碳成效评估方法。

考核指标：

1. 建立典型工业危险废物产排污特征基础数据库，实现危险废物产排过程的数字化与可视化监管，编制典型危险废物资源化利用风险防控技术指南，在省级行业管理部门发布。

2. 研发电子工业废酸高效利用成套技术装备并工程示范，装置处理废酸能力 ≥ 2 万 t/a，产物替代原料硫磺 ≥ 0.3 万 t/a，节约原料成本 ≥ 50 万元。

3. 建成年处理 1200 吨废银催化剂资源化利用示范工程，使含银废催化剂固废利用率达到 90% 以上，银回收率达到 99.5%，回收的银产品纯度达 99.999%，吨产品回收成本、能耗较传统技术降低 25% 以上；建成年处理量 10 万吨含铅废物资源化示范工程，使回收铅的吨产品能耗较传统技术降低 10% 以上，废物综合利用率 80% 以上。

4. 开发废活性炭再生成套工艺装备并建立处理能力 ≥ 8000 t/a 工程示范，使废活性炭再生产品的碘吸附值稳定达到 500~800 mg/g，废活性炭再生产品合格率 98% 以上；建立含矿物油废物跨介质资源化协同处置工程示范，含矿物油废物处置量 ≥ 6000 t/a，较危险废物回转窑焚烧处置工艺节约成本 200 元/吨以上，掺烧工艺的炉渣热灼减率较传统焚烧处置降低 15%。

申报说明：

项目类型为应用示范研究类，实施周期不超过 4 年，其

他来源资金与中央财政资金比例不低于 3.5:1。

3.7 退役风光新能源发电设备绿色循环链构建关键技术研究及示范

研究内容：

围绕京津冀区域退役风光新能源发电设备循环利用体系建设需求，针对资源化利用关键技术支撑不足、全链条环境风险管控缺失等问题，开展退役风光新能源发电设备绿色循环链构建关键技术研究及示范。研发京津冀区域风光新能源发电设备退役量精细化预测模型，研究退役风光新能源发电设备时空分布特征及回收利用策略，制定退役风光新能源发电设备回收与资源化全过程碳排放核算方法，构建全生命周期数字化追溯管控体系；开发退役风机齿轮箱、发电机及塔筒等关键部件高效再生利用技术，研发适应退役风机叶片精准快速清洁切割破碎技术装备，开发退役风机叶片和废风机润滑油资源再生利用技术，研发风机叶片清洁可控热化学转化利用技术，研究玻璃纤维/碳纤维高值化回收与修复技术，形成拆卸后风机关键部件绿色循环利用技术解决方案；研发多规格晶硅退役光伏组件智能识别、拆解关键技术及自动化装备，研发层压件层间结构解离及有机胶膜高效清洁脱离技术，研发紧凑化、模块化光伏组件移动拆解装置，研发层压件拆解后混合物料中有价组分多场强化分选技术，研究

晶硅电池片多功能层可控刻蚀工艺和金属选择性提纯方法，研发晶硅电池片中硅、银等有价值组分再生与高值利用技术，形成退役光伏组件关键部件及材料资源化利用技术解决方案；开展退役风光新能源发电设备绿色循环链构建关键技术示范，建立退役风光新能源发电设备回收及资源再生利用过程控制平台，形成退役风光新能源发电设备绿色循环链构建综合解决方案。

考核指标：

1. 形成风光新能源发电设备退役量预测模型各 1 套，预测误差 $\leq 10\%$ ；完成京津冀区域退役风光新能源发电设备时空分布图谱及差异化回收利用方案，地理匹配精度达区县行政单元；利用全生命周期评价法核算退役风光新能源发电设备绿色循环利用过程碳排放，不确定性 $\leq 15\%$ ；建立退役风光新能源发电设备循环利用数字化追溯管控体系各 1 套，涵盖退役、收集、运输、贮存到利用全链条。

2. 针对退役风机齿轮箱、发电机、塔筒等关键部件，形成涵盖降级复用、模块化改造、材料分级回收利用成套工艺，实现全组分资源化利用率 $\geq 95\%$ ，其中金属材料综合回收率 $\geq 98\%$ ，退役部件回收过程碳排放强度应低于制造阶段的 50%；形成风机叶片智能精准切割、精细破碎、高效磨粉预处理集成工艺，其中现场切割速度达到 1.5 m/min 以上，粉料平均粒径可控尺寸在 0.125~0.45 mm，处理过程颗粒物

排放 $\leq 0.9 \text{ mg/Nm}^3$ ；建立退役风机叶片复合材料资源再生利用技术工艺，涵盖资源再生产品不少于 5 类，叶片粉料掺混比例 $\geq 50\%$ ，再生产品满足相关国家/行业标准要求；建成吨级废风机润滑油资源化利用中试生产线，废风机润滑油再生利用工艺符合国家标准 GB/T17145-2024 的规定，资源利用率 $\geq 70\%$ ，再生润滑油品质满足国标 GB/T 33540.3-2017 的要求且在 3 台以上风电机组连续稳定挂机应用时间 ≥ 1 年；实现废玻璃纤维增强树脂复合材料热化学转化过程解聚率 $\geq 90\%$ ，解聚产物热转化制氢的能耗 $\leq 1.6 \text{ kWh/Nm}^3$ （核算边界从解聚产物进入热转化反应器到氢气纯度达 99.5%以上），玻璃纤维组分转化制备碳化硅的材料转化率 $\geq 98\%$ ；再生修复碳纤维机械强度保持率 $\geq 95\%$ ；形成退役风机整机模块化安全拆卸与回收技术解决方案。

3. 形成多类型退役晶硅光伏组件智能化识别-拆解关键技术和开发可移动的自动化识别-拆解装置 1 套，识别准确率 $\geq 95\%$ ，识别及分类步长不超过 1 min/片，拆解速率 $\leq 3 \text{ min/片}$ ，铝边框、接线盒回收 $\geq 98\%$ ；单玻完整层压件玻璃完全回收，单玻破裂层压件及双玻层压件玻璃回收率 $\geq 95\%$ ，玻璃表面残胶率低于 1%，层压件背板脱除率 $\geq 97\%$ ；光伏电池晶硅质量回收率 $\geq 95\%$ ，完整单玻组件回收硅料纯度满足太阳能级晶硅纯度要求；银回收率 $\geq 96\%$ ，银产品满足行业标准 YS/T 1557-2022 要求。

4. 依托京津冀区域风电基地及回收产业联合体，建立风电场现场退役风机整机安全拆卸技术体系，并形成相关技术规范，支撑年处理规模 ≥ 3 万吨；建成退役风机叶片精准切割、破碎、磨粉回收与物理法资源再生利用技术示范线1套，年处理能力 ≥ 1 万吨；建成退役晶硅光伏组件回收及资源化利用示范线1套，年处理能力 ≥ 1 万吨；研发退役风光新能源发电设备回收及循环利用全链条智能化控制平台各1套，控制关键工艺节点60%以上；建立退役风光新能源发电设备绿色循环链评估方法；编制退役风光新能源发电设备回收与资源循环利用领域的国家、行业或地方标准不少于1项。

申报说明：

项目类型为应用示范研究类，实施周期不超过4年，其他来源资金与中央财政资金比例不低于3:1，项目以企业牵头组织申报。

3.8 冀南地区多产业固废协同资源化关键技术研究及园区化示范

研究内容：

针对冀南地区煤矸石、钢渣、水渣、有机固废等多产业固废产生量大且资源化处置能力不足等难题，开展煤矸石深度脱碳协同钢渣等多产业固废制备低碳黏土质材料、高端陶瓷材料、低碳硅钙基功能材料等关键技术研究及园区化示范，

全面支撑京津冀协同发展和生态环境质量改善。构建冀南地区煤矸石、钢渣、水渣、有机固废等多产业固废的特性数据库，研究资源耦合-能量协同的园区化综合利用技术解决方案，开发多产业固废关键元素跨介质代谢模拟方法，研发多产业固废协同资源化园区智能化运营调控大模型。研究煤矸石原料特性及煤矸石高温深度脱碳制备黏土质材料技术，研发煤矸石悬浮预热-煅烧-冷却制备黏土质原料及污染物协同控制关键技术，研发基于机器学习和多目标优化的全过程定向调控技术，研发煤矸石高温脱碳制备黏土质材料装备。研发脱碳煤矸石耦合多产业固废制备高端陶瓷技术，研发基于多产业固废特性及改性效果的干法粉磨造粒技术，研发多产业固废基高端陶瓷制备新体系构建及定向调质技术，研发高比例脱碳煤矸石及多产业固废掺量的陶瓷配方和煅烧系统热工智能控制技术，研发脱碳煤矸石耦合多产业固废制备高端陶瓷装备。研发多产业固废制备低碳硅钙基功能材料预处理技术、有害组分控制技术、精细调控制备技术及材料性能深度优化技术，研发大宗钢铁工业固废协同制备工程碱激发复合材料技术、低碳功能材料技术，研发多产业固废制备硅钙基功能材料装备。研究多源可燃有机固废组分调控及水泥窑协同利用碳污排放智能化预测模型，研发水泥窑炉大比例替代化石燃料的新型热处理技术及成套装备，研发煤矸石有机碳定向碱水热资源化技术，开发煤矸石有机碳协同升温、

分离、烘干一体式资源化工工艺。

考核指标：

1. 建设规模 ≥ 500 万 t/a 包含煤矸石、钢渣、水渣、尾矿、有机固废、建筑垃圾等 5 种以上多产业固废综合利用示范园区。构建多产业固废时空分布及碳污排放特性数据库，实现 3 种以上关键元素的跨介质代谢模拟，形成多产业固废协同资源化园区运营调控的百亿参数级的大模型知识系统，制定多产业固废协同资源化相关技术规范或指南 1 项。

2. 形成煤矸石深度脱碳制备黏土质材料技术，脱碳煤矸石烧失量 $\leq 0.5\%$ ，煤矸石脱碳热耗 ≤ 400 kcal/kg，脱碳煤矸石制备黏土质原料成本 ≤ 90 元/吨，单台套装备处理煤矸石能力 ≥ 100 万 t/a，示范工程处理煤矸石 ≥ 300 万 t/a。

3. 建立脱碳煤矸石耦合钢渣、尾矿等多产业固废制备高端陶瓷技术，陶瓷制备中煤矸石基原料掺量 $\geq 60\%$ ，添加固废基原材料 ≥ 4 种，天然气消耗 ≤ 3.4 Nm³/m² (吸水率 $\leq 0.5\%$)，生产水耗 ≤ 5.5 L/m²，单位产品生产成本 ≤ 23 元/m²，单条生产线生产陶瓷能力 ≥ 500 万 m²/年，示范工程生产陶瓷 ≥ 5000 万 m²/年。

4. 构建钢渣协同水渣、粉煤灰等多产业固废制备硅钙基功能材料和低碳功能材料技术，硅钙基功能材料比表面积 ≥ 700 m²/kg，单台套超细磨装备生产能力 ≥ 60 t/h，粉磨电耗 ≤ 80 kWh/t，硅钙基功能材料示范工程协同处置固废种类 ≥ 5

种，示范工程生产硅钙基功能材料 ≥ 100 万 t/a，低碳功能材料钢渣掺量 $\geq 40\%$ ，游离氧化钙含量 $\leq 3\%$ ，水渣制备水玻璃模数 ≥ 3.2 ，低碳功能材料示范工程处理多产业固废 ≥ 20 万 t/a。

5. 形成多源有机固废协同定向调控资源化及碳污控制技术，氨逃逸 ≤ 5 mg/m³，氨水用量 ≤ 2.6 kg/t.cl，水泥窑多源有机固废热利用 $\geq 80\%$ ，全系统化石燃料替代率 $\geq 60\%$ ，熟料碳减排 ≥ 150 kg/t.cl，示范工程处理生物质、生活垃圾等多源有机固废 ≥ 7.5 万 t/a，煤矸石有机碳腐植酸转化率 $\geq 60\%$ 。

申报说明：

项目类型为重大关键共性技术类，实施周期不超过3年，其他来源资金与中央财政资金比例不低于6:1。

3.9 生活垃圾焚烧飞灰源头减量与协同处理技术与示范

研究内容：

针对京津冀生活垃圾焚烧飞灰产生量大但填埋空间有限、大规模稳定消纳途径严重缺乏，以及区域内飞灰与多元固体废物协同处理路径缺失等问题，开展生活垃圾焚烧飞灰源头减量与协同处理技术研究并开展示范，助力京津冀地区“无废城市”建设。梳理京津冀飞灰产生特性与利用处置路径，提出基于多模态人工智能的飞灰利用处置技术评价方法，

形成飞灰利用处置政策建议和标准体系。研发飞灰有害组分浓缩分离与预处理后返炉焚烧技术，研制飞灰产生和预处理过程调质剂，开发飞灰浓缩分离和返炉预处理装备，实现飞灰源头减量与原位处置。研发飞灰低成本高效解毒与水洗废水处理技术，开发二噁英高效降解和湿法除氯-净化提纯装备，实现飞灰水洗盐高质化利用。研发飞灰解毒产物制备硅钙基材料技术，建立不同场景下多污染物耦合的飞灰衍生产品环境风险评估模型，形成飞灰解毒产物规模化应用产品。研发工业窑炉协同处理飞灰耦合多元固体废物技术，形成飞灰有害组分全过程迁移转化模型，实现飞灰与多元固体废物低耗高效协同共治。

考核指标：

1. 建立基于多模态人工智能的飞灰利用处置技术评价方法 1 套，构建飞灰利用处置全过程污染控制技术库，提出区域飞灰源头减量与协同处理发展路径，形成飞灰利用处置政策建议并被省部级管理部门采纳，形成生活垃圾焚烧飞灰污染控制技术规范修订稿。

2. 形成飞灰产生过程调控减量技术，研制飞灰有害组分浓缩分离装备 1 套、飞灰返炉预处理装备 1 套、调质剂 2 种，完成与生活垃圾处理量 ≥ 800 t/d 的生活垃圾焚烧炉同步运行的示范工程，飞灰浓缩分离源头削减量 $\geq 50\%$ ，飞灰返炉循环率 $\geq 90\%$ ，返炉飞灰中可溶性氯含量不超过 1%，焚烧烟气

排放满足生活垃圾焚烧大气污染物排放标准，返炉烧结渣和焚烧烟气中二噁英浓度平均值增加量不超过 10%，返炉烧结渣中重金属浸出浓度不超过《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》（GB 5085.3）中的限值。

3. 形成飞灰高效解毒与水洗废水处理技术，研制飞灰二噁英高效降解装备 1 套、飞灰湿法除氯-净化提纯装备 1 套，完成示范工程，飞灰解毒产物中二噁英残留总量 ≤ 25 ng-TEQ/kg、可溶性氯含量 $\leq 1\%$ ，飞灰水洗盐中有效物质成分以 NaCl 计 $\geq 98\%$ 、以 KCl 计 $\geq 88\%$ ，水洗盐满足《固体废物鉴别标准通则》（GB 34330）产品要求，飞灰水洗废水满足排放标准，飞灰处理能力 ≥ 100 t/d，二噁英解毒运行成本 ≤ 300 元/t，水洗运行成本 ≤ 550 元/t，制定国家/地方等飞灰水洗盐产品污染控制标准规范不少于 1 项。

4. 开发飞灰解毒产物制备硅钙基材料 ≥ 2 种，建立不同场景下多污染物耦合的环境风险评估模型，涵盖重金属指标 ≥ 10 个；飞灰解毒产物制备硅钙基材料满足《固体废物鉴别标准通则》（GB 34330）产品要求，低碳胶凝类产品 28 d 抗压强度 ≥ 42.5 MPa，超细掺合料类产品满足 S95 级质量要求、7 d 活性指数 $\geq 70\%$ 、28 d 活性指数 $\geq 95\%$ ；研制飞灰解毒产物制备硅钙基材料产品装备 1 套，完成示范工程，飞灰掺加量 $\geq 20\%$ ，飞灰处理能力 ≥ 200 t/d，运行成本 ≤ 200 元/t，制定国家/地方等飞灰解毒产物制备产品污染控制标准规范

不少于 2 项。

5. 形成工业窑炉协同处理飞灰耦合多元固体废物技术，建立有害组分释放迁移、富集循环以及降解再合成模型 1 套，模型预测准确率 $\geq 85\%$ ；完成示范工程，飞灰与多元固体废物掺加量 $\geq 20\%$ ，协同处理产物满足《固体废物鉴别标准通则》（GB 34330）产品要求，废气中重金属、二噁英类、氯化氢污染物排放浓度满足《危险废物焚烧污染控制标准》（GB 18484），飞灰处理能力 ≥ 150 t/d，运行成本 ≤ 1000 元/t，制修订国家/地方等工业窑炉协同处理污染控制标准规范不少于 1 项。

申报说明：

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

3.10 渤海湾疏浚物综合评价与利用关键技术研究及示范

研究内容：

针对渤海湾疏浚过程生态扰动不清、疏浚物污染特性不明及资源化技术缺失等问题，开展渤海湾疏浚物综合评价与利用关键技术研究并开展示范，助力海陆环境质量协同提升。研究航道及关联海域水动力特性，研发泥沙运移反演和输运模型，厘清疏浚物倾倒对水文地貌、海洋环境及底栖生物的

影响，优化倾倒管理方案，解析疏浚物特征污染因子及生态环境风险，开展环境筛分值研究，建立分级分类、风险评估、综合利用、海洋倾倒评价管控体系。研究半封闭淤泥质岸线侵蚀机制，研发疏浚物岸线修复技术，研究适用于滨海盐沼和海草床等场景的近自然生境修复技术，构建植被与底栖生物群落快速恢复技术。解析疏浚物矿物-水盐界面吸附/解吸特性，研发疏浚物制备人工客土技术，制备疏浚物基土壤调理剂，研发适用于损毁土地修复的土壤重构技术，形成疏浚物-植物协同控盐脱盐技术。研发疏浚物高流态化/稳定化技术，制备固化土材料，研发防腐护岸近海岸功能材料，研究生态礁体和生态岸堤功能提升技术，研发集消浪缓流、防沙减淤与生境营造等功能于一体的结构设计及布设技术。在渤海湾区域的黄骅港、天津港或唐山港等典型港口，开展多场景、多途径的疏浚物综合利用示范工程，研究疏浚物“源头减量-过程调控-分级分质”一体的系统性解决方案，制定海洋疏浚物利用技术规程及过程污染物管控等标准，建立疏浚物“产-储-移-用”全流程智慧管控平台，支撑疏浚物管理体系构建，推动京津冀区域无废港口和美丽港湾建设。

考核指标：

1. 研发泥沙运移反演模型，计算域网格分辨率 $\leq 100\text{ m}$ ，模型精度不小于80%（涵盖常规和短时极端情形）；提出倾倒区精细化方案1套，被省级及以上政府管理部门采纳应用；

形成疏浚物风险评估技术指南和评价技术规范各 1 项，被省级及以上政府管理部门采纳应用，形成疏浚物评价指标和筛分限值数据库 1 个，涵盖三个维度，200~800 个数据条目，具备可查询和可分析功能，为海洋疏浚物的倾倒管理提供决策支撑。

2. 研发疏浚物改良淤泥质岸线基底修复配方 2 种，疏浚物改良成本 < 40 元/ m^3 ，模拟极端波浪条件下基质流失量 $\leq 5\%$ ，理化性质变化幅度 $\leq 10\%$ ；研发疏浚物改良高效新工艺 ≥ 2 种，应用的修复区域底栖生物物种数量提升 10%，生物量 ≥ 5 只/ m^2 ，植被覆盖度提升 20%，提升生态系统固碳能力 $\geq 20\%$ 。

3. 研发疏浚物高效控盐及土壤化利用技术，人工客土中疏浚物掺量（干基） $\geq 85\%$ ，土壤质地达到壤土至壤质粘土水平，电导率 ≤ 4 ms/cm，pH ≤ 8.5 ，成本 < 80 元/ m^3 ；土壤调理剂中疏浚物掺量（干基） $\geq 65\%$ ，应用后土壤阳离子交换容量、土壤有机质累积速率等指标提高 20% 以上，有效硅含量 ≥ 150 ppm；土壤重构后满足《土地复垦质量控制标准》（TD/T 1036），地上生物量或土地生产能力提升 20% 以上。

4. 研发适用于近海岸工程建设的功能材料，高流态固化土中疏浚物掺量（干基） $\geq 75\%$ ，初始塌落度 95~140 mm，30 min 后塌落度损失率 $\leq 10\%$ ，固化土无侧限抗压强度 7 d ≥ 0.5 MPa，28 d ≥ 1.0 MPa；近海岸功能材料中疏浚物掺量

(干基) $\geq 50\%$, 28 d 抗压强度 ≥ 25 MPa; 提出疏浚物基质生态礁体构型不少于 3 种, 礁体表面活性生物附着面积 $\geq 70\%$; 生态礁体近海布设最优方案 1 套, 布设区年均回淤量减少 5% 以上, 典型水生生物种群密度提升 30% 以上。

5. 在渤海湾的黄骅港、天津港等港口开展生态化利用、工程回填及近海岸工程建设等多场景示范, 疏浚物总消纳量 ≥ 100 万 m^3 , 生态礁体布设长度 ≥ 5 km, 航道护堤生境营造区域典型水生生物种群密度提升 $\geq 30\%$; 形成渤海湾消纳疏浚物相关重大政策建议 1 份, 被省级及以上政府管理部门采纳应用; 发布海洋疏浚物利用技术规程、过程污染控制等地标及以上标准不少于 3 项; 建立疏浚物产-储-移-用全链条一体化智慧管控平台 1 项, 具备疏浚船舶定位追踪、纳泥仓容量实时监测、泥浆浓度在线计量、倾倒入区电子围栏管控等功能, 疏浚船仓容监测精度 $\geq 85\%$, 泥浆浓度在线计量精度 $\geq 90\%$, 电子围栏管控面积 ≥ 5 km^2 , 在地市级以上的主管部门运行 3 个月以上。

申报说明:

项目类型为应用示范研究类, 实施周期不超过 4 年, 其他来源资金与中央财政资金比例不低于 5:1。

3.11 京津冀重点行业多介质高风险污染物识别表征技术及高效管控路径研究

研究内容：

针对京津冀地区工业三废特征污染复杂多样、数据缺乏、信息数据库尚未标准化、排放业务化数据库难以支撑高风险污染物精细化管控和精准执法等问题，研究突破现有业务化平台多源异构数据共享技术壁垒，增纳特征污染物和排口信息，研发综合性的数据转换与接口标准化体系，构建京津冀地区行业三废排污标准化数据库。针对制药、垃圾焚烧等行业，形成质谱靶向、非靶向筛查和产品工艺分析的识别表征技术体系，建立高风险化学品和污染物的精细化学指纹图谱库与污染源靶向溯源方法。构建致毒物质甄别与综合毒性评估体系，结合 AI 识别污染物技术，评估和筛查工业废水和废渣中高风险污染物，建立高风险污染物风险特征数据集；面向全过程减排技术，研发涵盖不同尺度对象描述信息的差异化数据采集、处理和存储标准化方法体系，构建覆盖重点行业全过程的技术库。基于上述数据库基座，搭建京津冀工业特征污染物排放地图数据平台，形成精准识别表征、科学溯源、智能化风险预警、自动筛选和匹配最佳协同减排技术等功能，建立京津冀重点行业高风险化学品及特征污染物智能化识别、溯源、风险预警和污染控制方法学。对制药、垃圾焚烧、钢铁、制革等行业高风险污染物治理技术示范进行评估，形成京津冀多介质高风险污染物未来项目设计的总体布局与技术路线。

考核指标：

1. 研发 1 套行业排污信息数据资源建设技术，包括特征污染物标识及其转换方法内部标准、数据访问方法及接口，实现异地异构数据的标准化访问；建立 1 个京津冀地区重点行业纳入管控特征污染物三废排污信息标准化数据库及高分辨动态污染源排放清单，至少覆盖焦化、钢铁和制药 3 个行业，预计 2030 年实现行业特征污染物排放溯源精确至企业二级排口。

2. 建立 1 个京津冀制药等重点行业化学指纹图谱库，覆盖化学品及特征污染物的质谱、化学结构特征等“指纹”信息和三废排放信息，数据超过 1 万条；形成 1 套高风险污染物靶向分析和非靶向筛查数据集，不少于 3000 种化合物。形成 1 个高风险污染物跨介质迁移转化数据集，包含本区域环境污染变化趋势，不少于 300 个数据；形成 1 套污染源靶向溯源方法等精细化表征技术体系；建立 1 套非常规有机污染物识别表征技术体系。

3. 基于内分泌干扰物质和代谢性疾病靶点（不少于 10 种），高通量鉴定典型行业排放水固介质中的毒性物质，构建包含 1000 种以上已知或未知物质的毒性数据库；建立 1 个典型行业高风险污染物的 AI 识别表征技术，覆盖不少于 10 种典型工业类型；提交 1 份京津冀典型行业特征污染物风险优先排序图。

4. 建立 1 个京津冀重点行业高风险污染物协同减排的标准化技术库，至少覆盖钢铁、制药等重点行业，研发工业过程与末端治理全过程数据采集技术、环境风险防控与资源回收技术的差异化数据集标准，建立涵盖单元工艺、装备产品和集成技术等不同尺度对象描述信息数据的收集、处理和存储的标准化方法体系，满足不同维度技术数据的标准调取需求。

5. 搭建 1 个京津冀高风险污染物溯源与排放地图数据平台，具备精准溯源、智能化风险预警、自动筛选和匹配最佳协同减排技术等功能，不少于 100 个技术应用场景，并实现排污数据库、指纹图谱库、毒性物质数据库、技术库异地异构数据的智能调用和加工利用，实现业务化应用，为京津冀重点行业高风险化学品智能化识别、溯源、风险预警和污染控制提供方法学和范式。

6. 研发支撑京津冀区域多介质特征污染物治理综合治理指导方案和高风险污染物全过程高效控制路径 1 套，政策建议或规划报告提交至相关行业管理部门并获采纳应用。

申报说明：

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

3.12 富氢气体氢冶金绿色短流程关键技术研究示范

研究内容：

针对我国焦炉煤气氢冶金和未来纯氢冶炼的发展现状，制约氢冶金发展的清洁气源与高品位炉料供给、气基竖炉-电炉全流程低碳冶炼工艺及低碳产品标准化支撑等问题，开展富氢气体氢冶金绿色短流程关键技术与应用示范研究。研发焦炉煤气源还原气深度净化技术及装备，研发绿色生物质制氢技术，获得符合氢冶金要求的富氢还原气。开发适用于不同富氢比例的中高品位氧化球团低排低耗制备-氢基竖炉高效还原-动态监测优化调控技术，优化氢基竖炉还原工艺。开发适用于氢冶金工艺气特征的CO₂相变吸收捕集关键技术及装备，开发氢冶金工艺气多元组分定向调质强化关键技术。研发低碳/零碳材料造泡沫渣的冶炼技术，突破基于热质综合调控的余热极致回收耦合低碳治污技术，形成高比例直接还原铁电炉低污低碳冶炼技术及装备。研发氢冶金绿色短流程污-碳排放量化模型与数字化评价方法，建立本土化氢冶金标准体系及绿色低碳产品评价指南。

考核指标：

1. 突破双金属负载分子筛基吸附剂底层技术，形成焦炉煤气源还原气深度净化关键技术及装备，总硫浓度 $\leq 5 \text{ mg/m}^3$ ，苯及苯系物浓度 $\leq 30 \text{ mg/m}^3$ ；突破生物质制氢催化剂中贵金属减量与替代改进底层技术，形成绿色生物质制氢关键技术，氢气纯度 $\geq 80\%$ 。

2. 突破中高品矿球团制备与氢基竖炉还原匹配性底层技术，形成中高品位球团强度稳定控制关键技术，中高品位矿配比超过 50%，氧化球团抗压强度 ≥ 2500 N；阐明 $H_2/CO/CH_4-Fe_xO_y$ 质能高效转化机理，突破 CH_4 高效催化裂解底层技术，形成中高品位球团高效还原关键技术，富氢气体利用率 $\geq 30\%$ ；开发氢基竖炉还原动态仿真关键技术，模型精度 $\geq 90\%$ 。集成中高品矿球团制备-气基竖炉高效还原技术。

3. 突破复合胺相变吸收剂及低温再生催化剂制备底层技术，形成 CO_2 相变吸收捕集关键技术， CO_2 捕集率 $\geq 90\%$ ，捕集能耗 ≤ 2.4 GJ/t CO_2 ；开发氢冶金工艺气多元组分定向调质强化关键技术，工艺气经调质后， H_2/CO 比例控制在 8~10，水含量不低于 3%。

4. 突破低碳/零碳材料造泡沫渣底层技术，形成泡沫渣动态调控低碳冶炼关键技术，低碳/零碳材料喷入量 ≥ 10 kg/t-钢；突破基于炉料赋能-低荷燃烧-热质循环的烟气余热极致回收底层技术，形成契合节能电炉热工的低碳催化治污关键技术，冶炼电耗降低 15 kWh/t-钢以上，高比例直接还原铁电炉烟气二噁英排放 < 0.1 ngTEQ/m³；形成高比例直接还原铁电炉低污低碳冶炼集成技术及装备。

5. 研发氢冶金绿色短流程碳排放因子底层数据库（本土化重点物料 ≥ 10 条），建立企业级碳排放分析模型及数字化

评价平台 1 套；建立氢冶金新型流程污染物排放量化基础模型，开发企业级数字化评估管控平台 1 套；编制 1 份氢冶金绿色低碳产品评价及全生命周期污-碳排放减量评估指南（草案）；编制 1 份氢冶金绿色短流程技术指南或技术规范（建议稿）；制修订氢冶金相关国家/地方/行业绿色低碳标准与规范（草案）不少于 3 项。

6. 集成煤气源富氢还原气深度净化成套技术及装备，在京津冀地区完成 3 万 m^3/h 以上全煤气净化工程示范，实现总硫浓度 $\leq 5 \text{ mg}/\text{m}^3$ ，苯及苯系物浓度 $\leq 30 \text{ mg}/\text{m}^3$ ；完成绿色生物质制氢示范工程，富氢气体生产速率 $\geq 250 \text{ m}^3/\text{h}$ ，氢气纯度 $\geq 80\%$ 。

7. 在京津冀地区完成 50 万 t/a 以上规模竖炉工程示范，实现焦炉煤气消耗 $\leq 570 \text{ Nm}^3/\text{t}$ -直接还原铁，实现主要污染物硫硝尘排放减少 70%、排放强度 $\leq 0.25 \text{ kg}/\text{t}$ 钢，生产能耗降低 20%，吨钢碳排放减少 70%，典型热轧产品全生命周期碳排放量 $\leq 0.7 \text{ t CO}_2/\text{t}$ 钢。

8. 在京津冀地区完成工艺气 CO_2 相变吸收捕集示范工程，处理规模 $\geq 10 \text{ 万 m}^3/\text{h}$ ， CO_2 捕集率 $\geq 90\%$ ，捕集能耗 $\leq 2.4 \text{ GJ}/\text{t CO}_2$ 。

9. 在京津冀地区完成 100 万 t/a 以上规模电炉工程示范，电炉入炉直接还原铁比例 $\geq 30\%$ ，冶炼电耗降低 $15 \text{ kWh}/\text{t}$ -钢以上，烟气二噁英排放 $< 0.1 \text{ ngTEQ}/\text{m}^3$ ，生产的高强度高

品质汽车板抗拉强度 ≥ 700 MPa。

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。项目类型为重大共性关键技术类，实施周期不超过 3 年，其他来源资金与中央财政资金比例不低于 3:1，项目以企业牵头组织申报。

3.13 制药行业多介质污染协同控制及深度治理技术研发与示范

研究内容：

针对抗生素等抗菌药物生产过程污染物产生量大、毒性大等问题，重构典型抗菌药物生产过程减排控污技术路线，突破合成生物学改造工业菌种高效转化、酶法合成与绿色分离等产业化关键技术，针对制药工艺常用的二氯甲烷等高毒性原材料，研发有毒有害原材料替代技术，开展应用示范。针对制药废水中抗生素等药物活性成分残留高，影响生物处理效能、造成抗生素与耐药基因排放的难题，研发废水中选择性破坏抗生素药效官能团的预处理技术，并与生物处理技术耦合构建短流程抗生素、耐药基因和常规污染物协同控制工艺，开展应用示范。针对制药高浓废液毒性大、抗生素等药物活性成分难回收等行业难题，开发废液中药物活性成分等有价物质富集和回收技术，研发高级氧化/低温热解等废盐

中有机物深度脱除及资源化技术，开展应用示范。针对抗生素菌渣焚烧成本高、现有处置技术缺乏安全性评估等问题，研究菌渣中抗生素选择性去除低能耗无害化处理技术，开发菌渣中高聚物转化为发酵营养源循环利用技术，提出京津冀区域菌渣安全处置与协同处理技术及解决方案，开展应用示范；开展抗生素生产过程产/排污状况调查，构建抗生素和耐药基因产排污信息数据集，提出全过程减排控污策略。

考核指标：

1. 针对不少于 3 种典型抗生素等抗菌药物，形成合成生物学改造工业菌种发酵过程优化与连续分离、酶催化合成与高效分离纯化、有毒有害原材料替代等技术，与现有工艺相比，有毒有害原材料用量减少 30%，污染物减少 40%，废水减排 20%，生产成本降低 15%。

2. 针对高生物抑制性制药废水，形成抗生素药效官能团选择性破坏的预处理技术，制备不少于 5 种高效降解抗生素的真菌菌剂/酶制剂，构建抗生素、耐药基因和常规污染物协同控制短流程工艺 1 套，抗生素去除率 $\geq 99\%$ ，耐药基因丰度消减率 $\geq 80\%$ ，碳氮等污染物达标排放；制定抗生素与常规污染物协同控制处理技术指南 1 项（团体标准）。

3. 针对结晶母液等高浓废液，形成药物活性成分等有价值组分高效富集与结晶纯化回收成套技术 1 套，制备不少于 2 种高效分离材料，实现抗生素等药物活性成分回收率 $\geq 80\%$ ；

开发高级氧化/低温热解等废盐中有机物深度脱除技术，产品质量达到《再生工业盐氯化钠》（T/ZGZS 0302-2023）、《再生工业盐硫酸钠》（T/ZGZS 0303-2023）标准要求，形成硫酸钠等钠基废盐用于制药、玻璃、制革等行业的技术规范 3 项（团体标准）。

4. 形成抗生素菌渣抗生素选择性去除低能耗无害化技术 1 套，抗生素去除率 $\geq 99\%$ ；形成菌渣中蛋白质等高聚物转化为发酵营养源循环利用技术，菌渣循环利用率 $\geq 70\%$ ；形成抗生素菌渣处理技术清单 1 份，建立抗生素菌渣处理技术规范 1 项（团体标准），制定京津冀区域抗生素菌渣安全处置与协同处理技术方案，主要成果得到国家或地方相关业务主管部门采纳应用。

5. 构建制药行业抗生素和耐药基因产排污信息数据集，提出制药行业多介质污染协同控制的管控策略政策建议 1 份，主要成果得到国家或地方相关业务主管部门采纳应用。

6. 建立示范工程不少于 5 项。建立百吨级及以上规模的合成生物学发酵与连续分离/酶催化与高效分离的典型抗生素绿色制造示范工程不少于 1 项；新建 2000 m³/d 及以上规模的制药废水抗生素与常规污染物协同控制示范工程；对现有工程进行改造，建成 100 t/d 及以上规模的废盐有机物深度脱除和资源化利用示范工程；新建 5 m³/d 及以上规模的废液中有价组分回收与结晶纯化技术示范；新建抗生素菌渣低能

耗无害化处理技术和循环利用技术应用示范。示范工程稳定运行不低于 3 个月，实现生产成本降低 15%，制药废水减排 20%，抗生素等特征污染物协同减排 90%，有效降低抗生素排放对生态环境的风险隐患。

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，实施周期不超过 3 年，其他来源资金与中央财政资金比例不低于 5:1，项目以企业牵头组织申报。

3.14 制革行业多介质综合控污与废物资源化利用技术及工程示范

研究内容：

针对京津冀地区制革行业特征污染物全过程控制、污水和固废资源化利用、恶臭气体治理等关键技术缺乏的问题，研发制革浸水废液净化浓缩-回用浸酸的源头盐减排技术及装备，构建基于少铬/无铬鞣制绿色制革工艺的源头铬减排集成技术体系；研发制革综合污水难降解有机物定向捕捉与高效分离技术和装备，构建再生水梯级利用耦合制革工艺优化平衡技术体系，并开展制革综合污水循环利用工程示范；研发含铬皮革固废全组分复合重组皮革技术和无铬皮革固废共混纺丝制备高强度复合纤维技术，开展皮革固废高值资源

化利用工程示范；研发制革无组织恶臭气体特征污染物全流程控制技术，定量研究污水固废资源化技术对恶臭治理的贡献，实现多介质特征污染物协同共治；建立制革过程全生命周期特征污染物数据集，构建制革行业水-固-气多介质特征污染物全过程管控技术体系及相关标准规范。

考核指标：

1. 形成制革浸水废液净化浓缩-回用浸酸技术及装备 1 套，浸酸工序氯化钠用量由 8%降低至 2.4%以下，制革园区废水氯离子总量减少 20%以上；形成多尺度交联少铬结合鞣制和无铬鞣制绿色制革技术 1 套，建立适合多种皮革产品（含服装用羊皮革、家具用牛皮革、羊剪绒毛皮）的源头铬减排集成工艺包 1 套，制革园区内企业应用率 50%以上，鞣制工序铬鞣剂用量由 8%降低至 4%以下，制革园区废水总铬量减少 30%以上；在典型制革园区新建 80000 t/a 制革高盐浸水废液高效净化回用浸酸示范工程，利用现有工程建成 600 万张/年无铬少铬鞣制牛羊皮革及羊剪绒毛皮产品示范生产线。

2. 形成难降解有机物定向捕捉与高效分离技术及装备 1 套，回用水难降解有机污染物去除率 $\geq 60\%$ ， $\text{COD} \leq 100 \text{ mg/L}$ ，色度 ≤ 20 ；形成再生水循环梯级利用耦合制革工艺优化平衡技术 1 套，所得服装用羊皮革、家具用牛皮革、羊剪绒毛皮等 3 类产品性能符合行业标准，制革园区总水循环利用率 $\geq 60\%$ ；在典型制革园区利用现有工程改造建成 10000 t/d 制革

园区综合污水循环利用示范工程。

3. 形成含铬皮革固废全组分复合重组皮革技术及装备 1 套，复合重组皮革固废含量 $\geq 60\%$ ，抗张强度 $\geq 6.0 \text{ N/mm}^2$ ，柔软度 $\geq 5.5 \text{ mm}$ ，六价铬 $\leq 3 \text{ mg/kg}$ ，游离甲醛 $\leq 20 \text{ mg/kg}$ ，可用于家居产品；形成无铬皮革固废共混纺丝制备高强度复合纤维技术及装备 1 套，复合纤维固废含量 $\geq 30\%$ ，干态强度 $\geq 3.5 \text{ cN/dTex}$ ，湿态强度 $\geq 2.5 \text{ cN/dTex}$ ，回潮率 $\geq 11\%$ ，可用于高端面料产品；皮革固废资源化利用率 $\geq 70\%$ ；在典型制革园区新建 2000 t/a 皮革固废高值资源化利用示范工程。

4. 形成制革无组织恶臭处理与空气质量改善全流程控制技术 1 套，实现周界氨排放浓度限值 $\leq 0.20 \text{ mg/m}^3$ ，周界硫化氢排放浓度限值 $\leq 0.02 \text{ mg/m}^3$ ，周界臭气浓度限值 ≤ 20 （无量纲）。

5. 建立制革特征污染物全过程控制及污水固废资源化技术评估模型 1 套，形成制革过程全生命周期多介质特征污染物数据集，编制制革污水资源化利用技术的标准规范 1 项，编制皮革固废资源化利用产品或技术的标准规范 1 项。

6. 在京津冀地区产业链完整、产品品类齐全（含牛皮革、羊皮革和羊剪绒毛皮）的制革园区集中开展上述工程示范后，实现盐减排 2000 t/a，铬减排 300 kg/a，利用再生水 300 万 t/a，利用皮革固废 2000 t/a。

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，实施周期不超过3年，其他来源资金与中央财政资金比例不低于5:1。

3.15 渤西近海油气田特征污染物多介质综合治理技术与工程示范

研究内容：

针对渤西构造带近海油气平台废水产量大、石油烃及胶质沥青质等多介质污染物组分复杂，现有处理技术药剂耗量高、能耗高且油泥浮渣产量大，缺乏适用于海上平台受限空间条件下污水、酸性气及油泥污染高效治理的紧凑型成套技术装备等问题，研究近海油气田特征污染物组成、赋存形态及水处理过程迁移转化规律，开展基于关键节点的废水处理复合污染环境关键风险与效应识别评估、油水气处理系统能效评价模型研究，建立行业特征污染物数据库及控制技术清单；研究高盐含油生产废水物理诱导油滴破乳、旋流微气浮技术，开发绿色破乳药剂、异质亲疏水材料耦合物理破乳分离技术及关键装备，实现废水石油类、溶解性有机物协同高效分离；研究高浊强乳化生产废水稳态电场强化破乳与超磁分离深度除油技术，开发抗污染的限域催化氧化双功能催化陶瓷膜材料，实现采油药剂、微细悬浮物及石油烃等多污染

物同步深度去除；研究压力梯度耦合离心场的快速脱液、介质诱导凝聚脱液的梯度处理技术，开发高效气体膜分离耦合低温精馏工艺，实现近海高酸气田水分、含硫气体和非甲烷烃等高效脱除；研究大处理量管式电场破乳设备、外场强化的油泥快速预处理技术和油-水-泥三相高效分离反应器，实现油泥等污废源头减量，开发适配平台的海水预处理技术和浓海水资源化技术，完成渤西近海采油平台、采气平台特征污染物多介质绿色综合治理集中工程示范。通过以上工程实施，降低近海油气平台特征污染物排放，改善渤海湾近岸海域水环境质量和京津冀大气质量。

考核指标：

1. 研发一种针对近海油田高盐含油生产废水的自适应旋流气浮-物理破乳耦合高效除油关键技术及装备，化学药剂消耗减少 90%，吨水处理碳排放降低 80%。

2. 研发一种针对近海油田高浊强乳化废水的电场强化协同催化膜深度处理关键技术及装备，产出水含油量降至 5 mg/L，颗粒物粒径中值 $\leq 1 \mu\text{m}$ ，悬浮固体含量 $\leq 1 \text{ mg/L}$ 。

3. 研发一种针对近海气田高酸天然气的膜耦合精馏强化深度除杂技术，膜脱除 CO_2 渗透通量 $\geq 45 \text{ GPU}$ ， CO_2/CH_4 选择性 ≥ 32 ，膜强化分离能耗降低 30%。

4. 研发一种近海油气田污泥源头减量关键技术，处理后油泥含水率 $\leq 80\%$ ，水中含油量 $\leq 200 \text{ mg/L}$ ，SS $\leq 50 \text{ mg/L}$ 。

5. 研发一种海水低成本预处理及浓海水资源化利用技术，预处理设备占地减少 20%，出水满足海上平台锅炉用水要求，浓盐水浓缩至质量浓度 18%，双极膜产酸碱浓度达到 10%，能耗 $\leq 1800 \text{ kWh}/(\text{t}_{\text{NaOH}})$ 。

6. 针对渤西构造带典型近海油田和气田的差异化处理需求完成综合工程示范，其中重质油田高盐含油废水低碳物理处理工程规模 $\geq 20000 \text{ m}^3/\text{d}$ ，出水达到常规水驱油田回注水指标，且主控污染物浓度降低 20%；非常规油田高浊强乳化废水深度处理及精细回注工程规模 $\geq 2000 \text{ m}^3/\text{d}$ ，精细注水处理成本下降 20%，石油烃排放削减 90%；气田含硫高酸天然气深度净化工程规模 $\geq 20 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ ，收集 CO_2 中 VOC 含量 $\leq 0.1 \text{ mol}\%$ ；油泥源头减量改造工程及海水预处理工程规模 $\geq 1000 \text{ t/d}$ ，油泥减量 50%，石油类排放量削减 60%；形成一套涵盖渤西近海油气田平台水、气全生命周期特征污染物数据库和水-气-油泥多介质污染综合治理技术清单。

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，实施周期不超过 4 年，其他来源资金与中央财政资金比例不低于 6:1，项目以企业牵头组织申报。

板块四：水生态环境全面改善

4.1 城市污水厌氧-好氧-缺氧无外加碳源深度脱氮除磷技术及应用

研究内容：

针对城市污水处理厂减污降碳的需求，研究在正常碳氮比与常温下城市污水无外加碳源与无硝化液内回流条件下的极限脱氮与除磷的厌氧-好氧-缺氧（AOA）工艺技术。针对京津冀低温与低碳氮比下城市污水深度脱氮难的问题，开发无外加碳源低碳氮比与中低温下的深度脱氮与除磷 AOA 工艺技术。针对传统城市污水处理工艺能耗高与剩余污泥产量大的问题，研究 AOA 原位污泥减量及深度脱氮除磷技术，分析并优化污水中有效碳源利用率与开发利用污泥内碳源，形成无外加碳源的污泥原位减量技术及控制策略。针对污水处理厂全流程碳减排需求，研究建立运行参数数智化在线检测与智慧化过程控制系统及方法实现节能降耗，研究强化后置缺氧区内源反硝化及关键因子调控直接减少温室气体排放技术，形成多元强化脱氮的碳减排策略。针对京津冀地区城市污水低碳氮比及冬季低温的特征，研究适用于新建与改造工程的中低温大规模污水处理厂的 AOA 深度脱氮除磷技术，分析改造工程的污泥原位减量率与碳减排效果，开展城市污水处理厂数智化在线检测与智慧化过程控制技术研究与应用。

考核指标：

1. 开发城市污水无外加碳源与无硝化液回流的极限脱氮及除磷 AOA 技术, 在进水碳氮比 (sCOD/总氮) 为 6 以上、水温在 20 °C 以上的常温条件下, 实现无外加碳源极限脱氮与除磷, 平均出水总氮 ≤ 3 mg/L, 总磷 ≤ 0.2 mg/L; 开发中低温下无外加碳源低碳氮比的深度脱氮与除磷 AOA 工艺技术, 进水碳氮比在 3~6, 水温在 12~20 °C 的中低温条件下, 实现深度脱氮与除磷, 平均出水总氮 ≤ 9 mg/L, 总磷 ≤ 0.3 mg/L。

2. 建立处理规模 ≥ 50 m³/d 的 AOA 原位污泥减量及深度脱氮除磷中试, 通过 AOA 工艺过程的内碳源有效利用, 利用污泥原位减量与控制技术, 在中试系统中实现原水碳源利用率 $\geq 60\%$, 无外加碳源剩余污泥减量 20% 以上或剩余污泥产量 ≤ 4 吨/万吨水。

3. 构建 AOA 污水处理厂的“在线监测-决策分析-精准控制”控制系统, 降低设备运行能耗 10% 以上; 构建 AOA 工艺过程中后缺氧区的 N₂O 与碳减排技术, 与传统工艺相比, 降低温室气体排放量 10% 以上, 直接和间接碳排放综合降低 20% 以上。

4. 建成处理规模在 5~10 万 m³/d 的中低温城市污水处理示范工程 1 座, 在无外加碳源下, 全年平均出水氮磷指标优于《水污染物综合排放标准》(DB11/307-2013, 北京市地方标准) 的 A 排放限值 (京标 A), 年平均总氮 ≤ 9 mg/L,

在常温条件下平均出水总氮 ≤ 5 mg/L，总磷 ≤ 0.2 mg/L。

5. 升级改造处理规模 ≥ 30 万 m^3/d 的中低温城市污水处理示范工程 1 座，改造工程的出水考核指标同新建工程；与改造前工艺及并行运行的其他工艺相比，污水处理过程中碳排放量减少 20%以上，剩余污泥产量降低 20%，吨水处理费用降低 20%以上，完成示范工程至绿色低碳标杆厂的转化。

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。项目类型为重大共性关键技术类，实施周期不超过 3 年，其他来源资金与中央财政资金比例不低于 4:1。

4.2 绿色低碳污水处理与资源能源回收利用技术及示范

研究内容：

针对京津冀地区污水处理厂绿色低碳建设的需求，研发污水处理过程减污降碳、资源回收利用、多源能量综合利用关键技术，建立一批示范工程。研究厌氧氨氧化菌群调控与过程优化提升自养脱氮效果，研发主流厌氧氨氧化生物脱氮性能预测技术，形成主流厌氧氨氧化工艺工程设计与运行方案，建立主流厌氧氨氧化示范工程。研究膜曝气生物膜反应器（MABR）膜组器制备方法和集成工艺优化技术，研发基于

传氧速率的曝气调控技术，研究尾气 N_2O 排放特征，提出优化减排策略，建立 MABR 工艺及装备升级改造示范工程。研究好氧颗粒污泥（AGS）反应器流态优化、快速颗粒化与工艺调控技术，研究基于颗粒特性实时监测的工艺节能降耗技术，研究污水处理厂温室气体协同去除技术，建立 AGS 工艺及装备升级改造示范工程。研究进水固液分离-双膜法短流程物化水再生工艺，研究浓缩碳源产 PHAs 技术，开发反渗透浓水中氨氮多级浓缩回收技术，建立短流程物化污水再生及氨氮回收技术示范工程。研发高负荷厌氧消化工艺，提升消化-热电联产效能，构建热源与热泵系统适配性预测模型，优化多级热泵系统压缩比提升系统效能，提出产能动态调度策略提升光伏产用效率，建立污水处理厂碳排放核算系统和技术标准，开展碳中和污水处理厂示范。

考核指标：

1. 功能菌群协作互养模式的厌氧氨氧化菌群占比 $\geq 10\%$ ，优化调控后的负荷波动下厌氧氨氧化自养脱氮比例 $\geq 60\%$ ；基于污泥特征监测的脱氮性能预测模型对出水总氮预测准确率 $\geq 85\%$ ；建立主流厌氧氨氧化脱氮示范工程 1 座，处理规模 ≥ 0.5 万 m^3/d ，无外加碳源及除磷药剂，出水 TN 均值 ≤ 8 mg/L ，出水 TP ≤ 0.3 mg/L ，工艺吨水电耗较 AAO 工艺降低幅度 $\geq 40\%$ （或降低值 ≥ 0.14 kWh/m^3 ）。

2. MABR 膜组器的国产化率 100%、氧传递速率 ≥ 12

$\text{gO}_2/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 、单位容积脱氮负荷 $\geq 0.2 \text{ kgN}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ ；MABR 工艺机理-数据混合模型控制传氧速率的偏差 $\leq 10\%$ ；建立 MABR 工艺示范工程 1 座，处理规模 ≥ 0.5 万 m^3/d 、出水水质达到一级 A 标准或以上，生化系统吨水电耗较 AAO 工艺降低幅度 $\geq 30\%$ （或降低值 $\geq 0.06 \text{ kWh}/\text{m}^3$ ）。

3. AGS 反应器的颗粒污泥浓度 $\geq 8 \text{ g/L}$ 、粒径分布中位值 $\geq 200 \mu\text{m}$ 、快速沉降性能参数值 ($\text{SV}_5/\text{SV}_{30}$) ≤ 1.5 ；颗粒污泥粒径识别的准确率 $\geq 90\%$ ；尾气温室气体 (CH_4 、 N_2O) 碳当量去除 $\geq 50\%$ ；建立 AGS 工艺示范工程 1 座，处理规模 ≥ 0.5 万 m^3/d ，出水水质达到一级 A 标准或以上、生化系统单位水量占地面积较 AAO 工艺降低幅度 $\geq 50\%$ （或每千吨处理规模占地 $\leq 120 \text{ m}^2$ ）、生化系统电耗较 AAO 工艺降低幅度 $\geq 20\%$ （或降低值 $\geq 0.04 \text{ kWh}/\text{m}^3$ ）、外加碳源和除磷药剂消耗降低幅度 $\geq 30\%$ 。

4. 污水前端浓缩段混凝-膜分离的碳回收率 $\geq 70\%$ ；混合碳源生物合成 PHAs 的产率 $\geq 40\%$ 细胞干重；制备高品质再生水反渗透浓水段膜浓缩法回收氨氮的回收率 $\geq 80\%$ （以单元进水氨氮计）；建立多级膜分离制备再生水及氨氮回收利用的示范工程 1 座，高品质再生水生产规模 ≥ 0.5 万 m^3/d 、产水水质达到工业企业的工艺用水要求，全流程氨氮回收率 $\geq 60\%$ （以总进水氨氮计），完成碳补偿效益评估报告。

5. 提升厌氧消化工艺有机负荷率 20% 以上（或有机负荷

率 $\geq 3.2 \text{ kgVSS}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$)；优化热泵系统压缩比后的系统综合能效比 ≥ 3.5 ；光伏发电产用调度系统弃光率 $\leq 5\%$ ；构建含排水管网输入的全流程碳排放核算系统；完成团体/地方标准征求意见稿 1 项，提交污水处理行业碳减排相关主题的信息专报 2 份；建立示范工程 1 座，处理规模 $\geq 10 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ ，太阳能、生物质能、再生水（污水）源热泵等新能源替代传统能源比例 $\geq 100\%$ （或替代值 $\geq 0.36 \text{ kWh}/\text{m}^3$ ），碳核算达到碳中和水平。

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。项目为应用示范研究类，实施周期不超过 3 年，其他来源资金与中央财政投入比例不低于 3:1。

4.3 城市污水收-处-用全过程质效协同与功能提升技术及示范

研究内容：

针对污水管网碳源流失导致污水处理厂碳排放偏高、泥砂等无机组分高影响污水高标准处理及新工艺应用、再生水水质难以保障生态补水型水体生物多样性等问题，面向排水行业绿色低碳发展需求，选择典型区域，系统性研究生活污水源头（小区）-过程（管网）-末端（厂前）转输全过程污

染物时空变化特征、迁移转化过程及演变规律，重点研究污染物沉积-冲刷与管道流速之间的响应关系，研发以泵站联动为核心的沉积冲刷疏通技术，开发管道沉积物有机无机分离碳源回收技术与装备。研究泥砂等无机组分季节性输入、颗粒物缠绕物等惰性物质累积对污水处理系统运行性能的影响，开发污水处理过程砂渣高效分离-泥砂精细去除-污泥活性提升技术装备，研发生物耦合旁路化学除磷技术与装备。研究再生水补水对城市河湖水质、藻类及生物多样性的影响，研究消毒剂等再生水中残余药剂的生态安全影响及工艺优化技术，研发再生水中氮磷、新污染物等复合污染的梯级生态削减技术，研发水文条件优化耦合生物调控的再生水补水型水体水生态修复技术。研究生活污水收集、处理与再生利用全过程气-液-固跨介质“碳”演替路径，研究全过程“碳”输送利用效能提升技术策略，研发减污降耗、资源循环、能源利用、系统协同等多维度全过程“碳”评估技术，构建以提质增效、减污降碳为目标的污水全过程工程实施范式。

考核指标：

1. 开发基于质量平衡的生活污水转输全过程污染物迁移转化模型 1 套。提出管道不淤流速和沉积物冲刷流速，建立管网沉积识别预测模型软件 1 套，沉积节点识别准确率不低于 90%。

2. 形成泵站联动的序批式沉积物高流速冲刷疏通技术，

旱季瞬时冲刷流速 ≥ 1.0 m/s，无人工清淤情况下管网沉积不超过管径的 1/8，应用管段长度不低于 20 公里。

3. 研制原位管道沉积物有机无机分离碳源回收技术装备，沉积物挥发性悬浮固体占比（VSS/SS）较实施前降低 25%以上，应用管段长度不低于 2 公里；开发旁路管道沉积物有机无机分离碳源回收技术装备，有机分离液 VSS/SS 比原沉积物提升 50%以上，单机处理能力不低于 1 m³/h。

4. 研发污水处理全流程无机组分去除技术装备 2 套，应用规模不低于 2 万 m³/d，其中拦渣技术装备栅板固定，无需反冲洗，过水能力提升不低于 30%，粒径大于 2 毫米的细渣拦截率 $\geq 99\%$ ，运行能耗较传统分离设备节省 30%以上；多层旋流精细除砂技术装备，粒径大于 0.075 毫米的泥砂去除率不低于 85%。

5. 开发基于生物活性提升的污水内碳源原位高效提取技术装备，规模不低于 2 万 m³/d，出水优质碳源挥发性脂肪酸（VFAs）和 VSS/SS 较传统初沉池出水提高 20%以上，节省占地 50%以上。

6. 形成不低于 1 万 m³/d 的旁路化学磷回收成套技术装备，除磷药剂投加摩尔比不超过 2，原位分离的清液提取比例不低于 60%，分离时间小于 20 分钟。

7. 形成基于再生水生态安全性提升的污水处理工艺优化技术，应用规模不低于 2 万 m³/d，加氯消毒单元有效氯投

加量不超过 1.5 mg/L，深度处理单元助凝剂 PAM 投加量不超过 0.5 mg/L。

8. 建立再生水残余药剂、营养盐及新污染物与补水水体生物多样性的复合响应关系，形成梯级生态削减技术，应用规模不低于 100 m³/d，再生水中残余 PAM 和 PAC 削减率 >50%，典型高风险新污染物去除率 > 50%，氮磷去除率 >30%；形成水文条件优化耦合生物调控的水生态修复技术，以再生水为补水水源的水体香农多样性指数提高 10%、水生态健康指数 >85；编制再生水生态利用水生态保障技术指南 1 部。

9. 完成以提质增效、减污降碳为目标的污水全过程工程实施技术范式 1 套，包括全过程“碳”输送利用效能提升、多源能源协同配置、资源循环等。

10. 在津冀两地选择至少 1 个城市片区开展示范应用，污水管网总长度不低于 20 公里，污水处理厂总规模不低于 10 万 m³/d；通过实施研发的全过程质效协同与功能提升技术，应用污水处理厂进水 BOD₅ 浓度提升 10%，碳源投加量节省 20%以上，除磷药剂投加量降低 20%以上，控制污水处理厂药剂碳排放强度低于 0.03 kg CO₂-eq/m³，整体成本比同等处理效果的可比技术降低 15%以上。

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，实施周期不超过3年，其他来源资金与中央财政资金比例不低于3:1，项目以企业牵头组织申报。

4.4 入河排污口精细化监督管理技术研究与应用

研究内容：

针对入河排污口设置论证报告规范编制及审批需求，研究知识增强型大语言模型适用方法，研发流域入河排污口知识图谱智能决策技术，开发入河排污口设置论证及审批智能体，实现入河排污口设置论证智能问答、设置论证报告核心内容辅助生成、设置论证报告智能审核、设置审批决定书自动生成等功能。针对入河排污口溯源时效性强、判定准的需求，研究污染物在物理、化学、生物学的表征差异，研发区域重点指示性污染物的识别和判定技术，研究“时间-空间-对象”精准的入河排污口综合溯源技术，形成入河排污口精准溯源技术及标准。针对入河排污口排水波动大、水质不稳定的特点，研究审批管理、登记管理排污口分类监测的技术参数阈值区间和性能指标要求，研发低能耗、低成本的水量水质原位监测技术，研制适用于不同类型、排水量和水质的入河排污口污染物通量原位监测系列设备。针对入河排污口形态复杂、位置隐蔽、排水不规律的特点，研究不同类型排污口及其排放行为在卫星遥感、航拍影像、高清摄像中的成像特

征，研发基于影像和 AI 智能算法的入河排污口精准识别技术，重点突破基于光谱反演的水质识别技术，形成基于高分辨率影像的入河排污口非现场监管技术及设备。针对入河排污口与流域协同管理要求，研发“监测、监管、监督、评估”集成技术，研究基于“排纳协同”的入河排污口排放限值确定技术，研制入河排污口精细化、智能化管控系统，选择典型流域区域开展动态监测、监管检查、限值管理、效果评估等多场景应用示范。

考核指标：

1. 入河排污口设置论证与审批智能技术 1 项，智能论证全流程时长均较传统人工论证平均缩短 85%；智能论证结论与人工论证结论匹配率 $\geq 80\%$ ；实现设置审批决定书中污水排放量，重点污染物种类、排放浓度和排放量，特殊时段的限制排放要求等重点内容校验准确率 $\geq 80\%$ 。

2. 入河排污口精准溯源技术 1 项，指示性污染物指标不低于 5 项，模型分析空间分辨率优于 100 米，溯源准度高于 80%。

3. 入河排污口原位监测设备系统 1 套，水量监测设备的流量测量下限不高于 1 L/s，误差不高于 5%，输出频次不低于 1 次/5 min；水质监测设备测量指标不少于 5 项，误差不高于 20%，输出频次不低于 1 次/30 min；通量监测与分析集成系统设备的水质指标不少于 5 项，误差不高于 30%，输出

频次不低于 1 次/30 min；原位通量监测设备系统成本不高于 10 万元或降低 30%以上，稳定运行不低于 1 年。

4. 入河排污口及其排放行为高分辨率影像样本库 1 套，分辨率优于 2 米。

5. 基于高分辨率影像的入河排污口识别技术 1 项，误判率低于 15%；入河排污口排放行为判定技术 1 项，识别水质指标不少于 5 项，准度不低于 70%；编制入河排污口及其排放行为快速识别技术指南 1 项，得到业务化应用。

6. 入河排污口排放对水质影响预测模型 1 套，水质同步耦合指标不少于 5 项，水质预测相对误差不高于 30%，7 天预测运行时间不高于 5 分钟。

7. 入河排污口精细化管理与智能化服务平台 1 个，包含监测、监管、监督、评估等模块，“排纳协同”水质预报预警响应时间低于 10 分钟，在不少于 3 个流域/区域开展示范，平台连续稳定业务化运行时间不低于 1 年。

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。项目类型为重大共性关键技术类，实施周期不超过 2.5 年，其他来源资金与中央财政资金比例不低于 1:1。

板块五：美丽绿色生态样板城

5.1 京津冀美丽城市建设差异化标准体系构建与样板城市建设方案研究

研究内容：

针对京津冀区域城市自然禀赋和发展水平异质性强、碎片化的治理难以适应美丽城市建设需求的问题，开展京津冀美丽城市建设差异化标准体系构建与样板城市建设方案研究，为京津冀美丽城市建设提供科学解决方案。针对美丽城市建设绿色低碳发展标准引领不足的问题，科学界定京津冀美丽城市研究内涵，研究城市分类技术和关键指标筛选技术，提出不同类型美丽城市建设差异化指标体系，开展京津冀重点领域标准实施绩效评估、关键指标提升需求和潜力研究，构建美丽城市建设差异化标准体系，开展美丽城市建设诊断评估技术研究，全方位精准诊断京津冀美丽城市建设进程和突出短板，提出关键生态环境治理需求和跟踪评估机制，建立美丽城市建设进程跟踪评估平台。针对雄安新区城市生态环境治理体系精细化管理要求，研究绿色现代城市建设管理等重点领域指标及标准体系，研究雄安新区现代城市生态安全指标体系和监测评估关键技术，研究生态环境风险识别防范及多要素生态安全分区动态调控技术，提出雄安新区生态安全分级分区差别化保障方案，构建雄安新区现代城市多要素多领域一体化模拟和协同调控体系，提出城市分区域发展模式，形成现代城市生态环境综合治理解决方案。针对北京城

市副中心高质量绿色发展协同能力提升要求，开展重点领域关键指标阈值确定技术研究，围绕基础设施、能源、交通等重点领域研制绿色低碳关键技术标准，研究区域协同共治机制，搭建区域一体化的生态环境协同共治调控系统，提出区域协同共治建设方案。针对中新天津生态城及周边区域人居环境安全保障需求，围绕绿色建筑、绿色产业、绿色港口等重点领域，开展减污降碳协同增效重点措施和技术路径研究，研制国际领先的绿色低碳关键技术标准，开展“港口-产业-城市-生态”协调发展模式研究，提出区域港产城融合建设方案。针对京津冀地区城市智能化综合决策支撑能力不足的问题，研究跨区域、多部门、多目标的环境治理政策自适应调控优化技术，开展不同类型城市的多情景政策反馈模拟、重点领域减污降碳协同增效技术路径研究，构建梯次推进京津冀美丽城市整体建设方案及差异化路线图，形成超大城市群绿色低碳发展模式集。

考核指标：

1. 研发基于机器学习的多源空间聚类技术 1 套，空间数据涵盖经济发展、生态功能、环境状况、资源禀赋、城市建设等多维度，形成生态环境治理视角的城市分类技术规范 1 项，被省级及以上政府管理部门采纳应用；研发城市系统间跨介质多要素非线性互馈的关键指标筛选技术 1 项，对系统间关键指标的非线性网络关系模拟精度达到 80%以上；构建

京津冀美丽城市建设差异化指标体系不少于 3 套，指标类型包括约束性、引领性、特色性等，在美丽城市建设中被采纳；研制京津冀区域美丽城市建设绿色标准体系 1 套，被省级及以上政府管理部门采纳应用；研发具备时变性感知、分布式处理的美丽城市建设诊断评估模型 1 个，诊断时空精度达到月度和区县级；形成评估报告和问题与需求清单不少于 3 套，被省级及以上政府管理部门采纳应用；建设进程跟踪评估平台 1 个，实现智能评估和多用户实时查询。

2. 形成雄安新区城市建设管理等领域先进适用技术标准转化不少于 4 份，被省级及以上政府管理部门采纳应用；研发雄安新区城市安全指标体系 1 套，涵盖生态安全、人居安全、城市韧性等维度，提出关键指标和阈值 1 套，创新安全阈值方法不少于 3 项，构建雄安新区生态安全分级分区差别化保障方案 1 份，形成城市生态监测评估关键技术库，涵盖气候适应性、生态系统保护修复、水安全保障等技术不少于 9 项；构建绿色生态宜居新城多要素多领域一体化模拟和协同调控技术 1 项，实现对多领域多要素的自适应神经网络准确模拟，精度较传统模型提高 80%以上，协同调控对象包括多主体、多部门，区域协同治理度提升 50%；形成现代城市生态环境综合治理解决方案 1 份，在雄安新区绿色发展典范城市建设中采纳。

3. 研发基于多因素耦合模拟的关键指标阈值确定技术 1

套，模拟预测涵盖能源配比与消耗、城市交通产排污强度、碳排放水平等关键指标，模拟预测时间范围为 2025-2035 年；北京城市副中心能源、交通、基础设施等领域绿色低碳先进技术标准转化不少于 6 份，被省级及以上政府管理部门采纳应用；建立区域协同共治机制体系 1 套，构建以北京城市副中心为核心的跨区域多要素多层级生态环境协同共治系统平台 1 个，实现数据互通共享，制定区域协同共治的样板城市建设方案 1 份，在北京城市副中心国家绿色发展示范区建设中采纳。

4. 研究重点领域多尺度多场景减污降碳协同控制技术路径和关键政策措施不少于 6 项，在中新天津生态城低碳建设中采用；研制包括城市绿色建筑、绿色产业体系、绿色港口等低碳技术标准不少于 5 份，被省部级相关部门采纳；形成国内外港产城融合发展模式集 1 份，国内外典型发展模式不少于 10 个，提出港产城融合发展政策建议不少于 3 份，研究提出综合解决方案 1 份，在中新天津生态城国家绿色发展示范区建设中采纳。

5. 研发覆盖跨区域、多部门、多目标的政策调控优化技术 1 套，政策模拟情景不少于 5 种，数字化决策支撑能力提高 50%，调控决策响应速度提高到分钟级；建立支撑全过程城市政策调控的多源异构数据库 1 套，包括区域、城市、园区、企业多尺度，面板数据不少于 20 年，数据查询响应速

度秒级，具备数据分析、挖掘和可视化能力；提出能源、产业、交通、建筑等重点领域多尺度多场景减污降碳协同控制技术路径和关键政策措施不少于 6 项，被省部级相关部门采纳；提出梯次推进京津冀城市群美丽城市整体建设方案 1 份，差异化路线图不少于 3 套，集成超大城市群不同类型城市绿色低碳发展模式集 1 套，出版发布。

申报说明：

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

5.2 京津冀典型城市生命体代谢过程与自净技术研发及示范

研究内容：

针对京津冀建设美丽绿色生态样板城环境质量提升需求，以典型城市为对象，研发城市生命体物质和能量全生命周期代谢模拟模型，解析城市生命体的结构与功能及其驱动大宗关键物质全生命周期代谢的机制，探究物质代谢驱动的污染物排放、迁移、归趋过程及时空动态规律。绘制城市物质代谢强度与 PM_{2.5}、臭氧、NO_x、VOCs 等主要大气污染物及 COD、氮、磷、抗生素等主要水体污染物浓度时空图谱，识别物质代谢强度与污染物时空分布热点，研究物质代谢与污染物时空分布的关联关系。探究基于自然过程的提升大气

和水体自净能力的人工强化原理与方法，建立人工强化自净技术清单，研究人工强化自净技术的适用场景和条件。针对典型大气污染物，建立基于缩尺度实验的自净过程模拟与效应评价技术，评价大气污染物的自净效果，阐明人工强化自净的环境效应和人群健康效应。研发城市生命体自净技术空间布局优化与成本效益评价方法，提出与不同类型城市环境承载力相适应的自净城市实现途径与最优方案。研发可在外场实际大气条件下高效稳定可见光催化净化 $\text{PM}_{2.5}$ 和 O_3 共同前体物 (NO_x 和 VOCs) 及常温催化直接分解 O_3 的催化材料，形成满足实际大气外场条件应用需求的功能材料/装备产业化生产技术。针对水体中的传统污染物 (COD 、氮、磷) 和新污染物 (抗生素)，开发和强化城市水体中氧化还原梯度较强的自然属性功能，研发适用于水体自净的湿地根孔定向重构技术和水陆交错带污染物人工强化自净技术、研发污染物深度自净的有机-无机共驱动生物代谢新材料、研发基于原位微生物的污染物高效降解人工合成菌群及菌群固定化技术，强化自然的物理/化学/生物学过程及其耦合，实现城市水体污染物的深度净化。以建筑表面、绿化植物、城市车辆、室内场馆、典型水域、水陆交错带、人工湿地等场景为应用场所，开展多场景下污染物自净技术示范。

考核指标：

1. 建立城市生命体物质代谢模拟模型 1 套，追踪 ≥ 25

种大宗物质的全生命周期代谢过程，涵盖水泥、钢铁、有色金属（ ≥ 5 种），塑料与化工产品（ ≥ 5 种），农产品（ ≥ 5 种），化肥产品（ ≥ 5 种），饲料产品（ ≥ 5 种）；物质代谢追踪覆盖率 $\geq 90\%$ 、模拟空间分辨率优于 $10\text{ km}\times 10\text{ km}$ ；构建城市生命体代谢过程与 $\text{PM}_{2.5}$ 、臭氧、 NO_x 、VOCs、COD、氮、磷、抗生素等污染物排放的量效关系，模拟精度 $\geq 80\%$ 。

2. 绘制京津冀地区 $\text{PM}_{2.5}$ 、臭氧、 NO_x 、VOCs、COD、氮、磷、抗生素等污染物浓度时空图谱，空间分辨率优于 $5\text{ km}\times 5\text{ km}$ ，污染物浓度热点区域识别准确率 $\geq 80\%$ 。

3. 阐明大气和水环境自净原理、确定适用范围、构建实际应用效果评估方法，建立不少于10项大气和水环境自净技术清单。

4. 提出一套针对大气自净技术环境效应的缩尺度实验方案，缩放比例 $\geq 10:1$ ；基于缩尺度实验验证后的数值模型开展真实城市数值模拟，城市自净效应评估准确度 $\geq 70\%$ ；筛选5~10种高灵敏度、高特异性的生物标志物（灵敏性与特异性均 $\geq 90\%$ ），构建污染物人工强化自净的人群健康效应评估方法1套。

5. 研发大气环境自净材料，对 NO_x 的整体去除效率高于50%，对典型VOCs（异戊二烯）去除效率高于45%，对 O_3 的常温一次性分解效率大于99%；完成区域自净示范工程，墙面净化应用50万平方米以上，植被净化应用50万平方米

以上，车辆自净应用 200 辆以上，应用区域 NO_x 浓度相比对比点下降 5%以上，典型 VOCs（异戊二烯）浓度相比对比点下降 5%以上，大气 O₃ 浓度相比对比点下降 10%以上；与传统治污技术相比，自净技术碳排放减少 50%以上。

6. 研发水体自净技术，建立湿地根孔定向重构技术 1 套，建立水陆交错带污染物人工强化自净技术 1 套，形成污染物深度净化的有机-无机共驱动生物代谢新材料 5 种以上，构建污染物高效降解人工合成菌群及固定化技术 2~3 套，城市水体自净技术应用示范 1 公顷以上；常规污染物去除达到 70%以上，新污染物负荷削减 50%以上；与传统治污技术相比，自净技术碳排放减少 50%以上。

7. 针对雄安、大兴、邯郸等城市，提出城市自净能力提升方案 ≥ 3 套，包括大气污染物及水体污染物的自净路径 ≥ 10 种；提交决策咨询报告 5 份以上，编制国家/行业/团体标准或技术导则不少于 3 项。

申报说明：

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

5.3 钢铁工业与城市代谢典型废物协同治理与循环利用关键技术及示范

研究内容：

针对我国传统钢铁工业城市“产城融合”发展面临的高固废、高水及高碳排放现状及多废共治需求，以钢铁产业（唐山）与城市代谢废物协同治理-循环利用为核心，开展“固-水-气-碳”多介质污染物治理技术研究并开展示范，支撑重点工业城市（唐山）绿色样板城建设。构建“物质-能量-信息-价值”四流耦合的循环代谢关系解析及识别技术体系，厘清基于废物循环-互补的钢铁产业与城市代谢生态链接关系及协同治理技术路径。研发钢渣高比例热态循环技术，开发钢渣矿相转化制备致密石材技术，突破有机固废控氧制备高品质燃料技术，开发高盐垃圾飞灰-钢铁烟尘协同脱盐处置及污染控制技术，提升钢铁产业与城市代谢固废循环利用水平。开发城市/园区污水匹配钢铁用水的自异平衡强化脱氮处理技术，突破城市/园区中水 COD、多盐组分吸附强化净化集成技术，研发钢铁流程高盐循环水高效脱盐及结晶强化资源化技术，构建钢铁多工序梯级消纳污水及回用技术体系，实现城市/园区中水高效循环回用。开发针对典型钢铁工序的富氧燃烧耦合烟气循环 CO₂ 富集及一步低温分离技术，研制适用于抗酸中毒抗氧化的多组分复配吸收剂，开发耦合钢铁工序余热利用的碳捕集技术，开发富集 CO₂ 生物转化制备高品质有机化学品技术，开发基于加氢或电解的 CO₂ 定向转化还原-碳链循环技术，实现碳减排和 CO₂ 增值利用。开展固、水、气、碳循环利用与协同共治关键技术的集成应用示范，构建钢铁

产业与城市代谢废物的循环适配智能决策管理平台，形成“四流合一”的钢铁工业/城市代谢综合监管及治理模式，为钢铁产业绿色样板城市建设提供技术支撑。

考核指标：

1. 识别钢铁产业（唐山）与城市代谢过程中“固-水-气-碳”协同治理的物质流、能量流、信息流、价值流特征，构建钢铁产业与城市代谢废物类型、数量、环境属性、产排及价值信息特征的大数据时空分布平台 1 个，覆盖钢铁行业与城市代谢废物 $\geq 80\%$ ；厘清基于废物循环-互补的钢铁产业与城市代谢生态链接关系，开发基于物质-能量-信息-价值“四流合一”的城市与钢铁产业循环代谢非线性演化识别技术 1 套，精准度 $\geq 85\%$ 。

2. 研发钢渣高比例热态循环技术，钢渣外排量减少 50%；开发钢渣矿相转化制备致密石材技术，游离氧化钙含量 $\leq 1\%$ ，致密石材体积膨胀率 $\leq 1\%$ ，强度 ≥ 80 MPa，产品在建设道路应用后满足《城镇道路工程施工与质量验收规范》（CJJ 1-2008）标准要求，建设万吨级/年钢渣循环处置示范工程；突破有机固废控氧制备高品质燃料技术，热值 ≥ 18 MJ/kg，热能利用率 $\geq 60\%$ ，替代钢铁烧结燃料占比 $\geq 15\%$ ；开发高盐垃圾飞灰-钢铁烟尘协同脱盐处置及污染控制技术，脱盐后飞灰氯含量 $\leq 1\%$ ，飞灰中二噁英降解率 $\geq 90\%$ ，烧结矿品位影响 $\leq 1\%$ ，建立千吨级飞灰/年处置示范工程；支撑示范区

固体废物利用率提升 8%。

3. 建立基于城市/园区中水回用的覆盖钢铁全流程多工序梯级利用水质指标标准 1 套；开发城市/园区污水匹配钢铁用水的自异平衡强化脱氮技术，研发新型载体填料 ≥ 2 种，单位体积废水碳源投加量减少 20%以上；研发城市/园区中水 COD、多盐组分吸附强化净化集成技术， $\text{COD} \leq 50 \text{ mg/L}$ ，脱盐率 $\geq 90\%$ ，成本较传统方法降低 15%以上；研发钢铁流程高盐循环水高效净化及结晶脱盐强化资源化技术，较传统工艺成本降低 20%以上，结晶盐资源化利用率 $\geq 90\%$ ，建立万吨级/年循环水脱盐示范工程；构建钢铁多工序梯级消纳污水及回用技术体系，建立钢铁行业中水回用-水质管控-智能补水智慧化管控系统 1 个，钢铁用水补水用量降低 1%。

4. 开发针对典型钢铁工序的富氧燃烧耦合烟气循环 CO_2 富集及一步低温分离技术， CO_2 纯度 $\geq 98\%$ ， CO_2 分离成本 ≤ 180 元/t；研制适用于抗酸中毒抗氧化的多组分复配吸收剂，开发耦合钢铁工序余热利用的碳捕集技术， CO_2 捕集率 $\geq 90\%$ ，净输入能耗 $\leq 2 \text{ GJ/tCO}_2$ ；开发富集 CO_2 生物转化制备高品质有机化学品技术， CO_2 生物转化直接利用率 $\geq 60\%$ ，碳代谢主要产物选择性 $\geq 80\%$ ；开发基于加氢或电解的 CO_2 定向转化还原-碳链循环技术，能耗 $\leq 8 \text{ kWh/Nm}^3 \text{ CO}_2$ ， CO 选择性 $\geq 95\%$ ，替代钢铁工序还原剂占比 $\geq 10\%$ ；建设钢铁烟气（焦炉煤气、转炉煤气）千万 Nm^3 级/年利用示范工程，

年综合碳减排达万吨级。

5. 开展固、水、气、碳循环利用与协同共治关键技术应用示范，构建基于“四流合一”的钢铁产业与城市代谢废物循环-互补智能适配模型，搭建钢铁产业与城市代谢废物循环适配的数字动态管理系统 1 个，覆盖钢铁行业与城市代谢废物 $\geq 80\%$ ，全流程能效提高 15% 以上，系统信息接入响应时延 ≤ 5 ms。

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，实施周期不超过 4 年，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 3:1。

5.4 面向宜居的北京城市副中心多场景五废共治关键技术示范

研究内容：

针对宜居城市“气-水-土-固-能”五废协同调控机制不清、减污降碳精细化管控技术缺失等问题，开展面向“宜居商办”“宜居社区”“宜居休闲”等城市多场景五废共治关键技术研究，并在北京城市副中心应用示范，助力京津冀宜居城市建设与高质量发展。辨识宜居城市差异化生活场景五废协同调控机制，构建宜居城市评价方法体系。研发可穿戴式数智

化暴露感知设备，构建宜居商办空间“气-水-能”多元源头减量、协同治理与风险精细管控技术体系。研发宜居社区“水-固-能”协同治理小型原位低碳设备，开展能量互联系统调控技术应用示范。以转化宜居休闲绿地为目标，研发可加速污染物衰减、提升土壤功能的污染场地修复材料，构建全过程环境风险低碳管控技术并应用示范。开发“宜居”多场景城市代谢物深度减量与减污降碳协同处置技术，研究 AI 驱动的城市代谢物全流程污染溯源与消减调控模式，研发面向“无废城市”建设需求的五废共治绩效评估技术，建立面向“宜居+”的五废共治智慧监管平台和宜居城市建设路径。

考核指标：

1. 提出面向城市不同生活场景的五废代谢模型 1 个（子系统 ≥ 5 个，不确定性 $< 20\%$ ），形成宜居生活场景评价标准（国家/行业/地方）1 项。

2. 研发可穿戴式数智化环境暴露感知设备 1 套（污染物 ≥ 10 种，测量误差 $< 20\%$ ，时间精度 $\leq 1 \text{ min}$ ），构建健康宜居商办空间精细化协同管控新范式，实现多源综合监测和协同管控示范应用 ≥ 5 个，污染物 ≥ 10 种，暴露水平精准度 $\geq 85\%$ ，管控风险达到可接受水平（致癌风险水平 $< 10^{-6}$ ，危害商 < 1 ）。

3. 研发宜居社区“水-固-能”协同治理小型原位低碳设备 1 套，其中初期雨水/融雪管控设备污染物去除率 $\geq 80\%$ ，生

活垃圾异味去除小型设备去除效率 $\geq 90\%$ ，污染小微水体超纳米气溶复氧设备气体传输效率 $\geq 90\%$ ，溶解氧浓度 $\geq 5 \text{ mg}$ ，开展“再生水厂-社区”能量互联系统工程示范，水厂规模 ≥ 10 万 m^3/d 。

4. 研发场地污染物原位自然衰减调控材料 1~2 种，并构建配套的场地污染低碳管控技术，缩短污染物衰减周期 $\geq 30\%$ ，降低风险管控成本 50%，污染场地核心应用示范面积 $\geq 1 \text{ hm}^2$ ，转化绿地智慧监控示范面积 $\geq 1 \text{ km}^2$ 。

5. 开发典型城市代谢物（飞灰、膜浓缩液、建筑垃圾等）协同处置技术 1 套，COD 去除率 $\geq 70\%$ ，建筑垃圾再生产品 ≥ 3 种（添加量 $\geq 60\%$ ），构建 AI 驱动的城市代谢物全流程污染溯源与消减调控模型 1 套（精确度 ≥ 0.85 ，预测情景 ≥ 5 种，调控方案 ≥ 5 种），建立城市多场景五废共治智慧决策平台 1 个，提出北京城市副中心宜居城市建设综合方案 1 个，构建以宜居城市为导向的无废指数评价体系 1 套，形成政策建议 ≥ 2 项并被省级及以上政府管理部门采纳应用。

申报说明：

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

5.5 首都都市圈城市固废区域统筹协同治理关键技术研究与示范

研究内容：

生活垃圾、市政污泥、厨余垃圾、废塑料等城市固废作为首都都市圈区域物质和能量循环调控的重要载体，亟待打破区域、行业及介质限制，从固废末端处理走向固-气-水-热-碳“五废”系统治理。五废治理缺乏区域统筹和产业链连接不足，减污降碳效能低下，亟需研究首都都市圈典型城市固废与区域内废气、废水、废热、废碳之间的交互机制，构建物能代谢时空分布预测模型，开发基于大语言模型的市县级协同治理时空源汇匹配智慧调控平台，提出区域多主体“五废”协同治理机制。针对首都都市圈污泥、生物质等可燃固废属地单独处理成本高效率低等问题，研究煤电机组协同焚烧污泥、生物质等不同类型可燃固废全时域锅炉燃烧及污染物产排特性。开发宽负荷煤电机组多源燃料智能掺烧调控及废水、灰渣等资源循环成套技术与装备。构建全流程智能监测与控制系统，建成区域性示范工程。针对首都都市圈塑料污染治理重大需求，构建典型行业全链条塑料消费与流动数据库，建立再生塑料供应-消纳容量评估与综合影响评价模型，制定多目标优化的减塑降碳路径。研发废 PET 安全高效同级循环国产化关键技术装备，建立再生料溯源核证系统，开展区域性示范。针对首都都市圈城市有机固废资源化产品附加值低、产用错配等问题，研发污泥-厨余联合生物高分子定向合成 PHA 技术并建立示范生产线。研发碳链延长制备中链脂肪酸

等低碳负碳技术，形成有机固废新型碳-能梯级利用技术体系。

考核指标：

1. 建立基于大语言模型 Agent 的市县级协同治理时空源汇匹配调控平台 1 项，实现固废产生及流向预测模型精度 $\geq 90\%$ ，可实时生成年-季-月尺度“五废”可视化时空分布图谱，统筹调控方案实时响应 $< 10\text{ s}$ ，提出典型城市固废跨区域协同治理机制政策建议 1 项，被省级及以上政府管理部门采纳应用。

2. 超低排放煤电机组掺烧多源可燃固废示范工程规模 $\geq 300\text{ t/d}$ ，实现稳定运行与智慧调控，污泥协同焚烧全流程电耗 $\leq 5\text{ kWh/吨泥}$ ，综合成本 $\leq 90\text{ 元/吨}$ ；生物质掺烧比例 $\geq 15\%$ ，热效率 $\geq 90\%$ ；工业废水实现零排放，粉煤灰和脱硫石膏制备的新型胶凝材料 28 d 抗压强度 $\geq 30\text{ Mpa}$ ；发布煤电机组协同焚烧污泥或生物质技术规程等地标及以上标准 1 项以上。

3. 废 PET 同级循环示范工程单线产能 $\geq 15000\text{ t/a}$ ，关键设备国产化替代率 100%，设备投资成本降低 50%以上，再生 PET 切片粘度 ≥ 0.84 ，乙醛含量 $< 1\text{ ppm}$ ；构建的数据库及评价方法在塑料污染国际公约谈判和履约中得到采纳和应用。

4. 定向合成 PHA 成套工艺和装备示范生产线规模 $\geq 20\text{ t/d}$ ，有机酸转化率 $\geq 50\%$ ，PHA 分子量 $\geq 20\text{ 万}$ ，PHA 产品

降解率 $\geq 90\%$ ；多元碳发酵制备中链脂肪酸己酸转化率提高 50%或产率达到 18 g/L。

申报说明：

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

5.6 天津城市防洪排涝情景下水环境风险及水生态安全管控关键技术研发与示范

研究内容：

针对气候变化背景下天津防洪排涝压力剧增、“洪、涝、潮”三碰头冲击城市水环境和水生态安全等问题，研发高地下水位高密度建成区复合污染诊断技术，研究构建基于氢氧硫稳定同位素指纹鉴别和生物毒性分析的雨污水管网混接原位溯源技术方法。研发城市排水系统全过程态势感知技术，研制管网雨水智能监控-收集-处理设备，研发雨水调蓄池水质净化及高效运维技术并开展工程示范。研究典型城区河道水质与雨强响应关系，研发北方缺水型城市的河道低水位运行保障及自净调控技术，开展河道汛后水质强化修复技术研发与验证应用。研究中心城区河道汛期洪水-涝渍-径流污染多因子胁迫下生态系统响应机制，建立水生生物类群洪涝污抵抗力与恢复力韧性等级清单，开展洪涝污高韧性生境与生物群落协同构建技术研发与验证应用。研究城市“洪、涝、

潮”致灾机理，研发基于高精度水文水动力模型的中心城区洪涝精准预警技术，形成洪涝情景下水环境风险一张图和防控技术导则，研发洪涝潮组合情境下兼顾水环境风险、水生态安全的联防联控技术体系，构建基于环境风险与生态安全的洪涝潮系统性应对决策支持系统。

考核指标：

1. 研发高地下水位高密度建成区复合污染诊断技术，涵盖氢氧稳定同位素等至少 3 种单项技术方法，诊断准确率 $\geq 85\%$ ；基于该技术开展天津中心城区典型排水分区污染负荷普查验证应用，应用区域不小于 30 平方公里，提出验证区域不同降雨强度下基于排水分区的污染负荷清单。

2. 研发城市排水系统全过程态势感知技术装备；建立 1 套基于机器学习的复杂地下管网水位预测系统，网络化态势感知用时 $< 5 \text{ min}$ ，小时预测精度 $> 80\%$ ；提出高密度建成区雨水径流污染梯级净化关键技术并开展工程示范，实现源头削减污染物（以 SS 计）总量 20%以上，调蓄设施削减污染物（以 SS 计）总量 50%以上，入河污染物（以 SS 计）削减 70%以上，实现设计内涝防治重现期条件下示范工程汇水范围内系统性内涝积水点消除。

3. 研发基于微纳米曝气与土著微生物群落组装协同优化的河道汛后水质强化修复技术 1 项，完成模块化装备 1 套，水质指标 DO、COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP 达到地表水 IV 类标准，恢

复时间较自然恢复时间缩短 30%以上。

4. 建立多种生物类群洪涝污抵抗力与恢复力韧性等级清单；形成洪涝污高韧性生境与生物群落协同构建技术并提出生物多样性保护与城市洪涝适应性协同提升物种配置和对策模式，开展 1000 米河段韧性提升技术验证应用，洪水期后水生物多样性指数等关键指标恢复时间缩短 30%以上；形成天津市中心城区 330 平方公里范围洪涝污生态脆弱性等级一张图和水生态系统韧性提升方案。

5. 提出高度城市化区域洪涝-水环境风险动态评估及风险防控技术与装备 1 套，包括：基于高精度水文水动力模型的城市洪涝预警系统，小时预警精度 > 80%（气象预报精度 > 85%前提下）；天津市中心城区 330 平方公里范围洪涝潮组合情境下水环境风险一张图 1 套，空间分辨率为 1 公里；洪涝潮组合情境下水环境风险防控技术导则 1 套，包含风险预防、风险控制措施；形成基于环境风险与生态安全的排水管网-调蓄设施-河道多元耦合的洪涝潮系统性应对决策支持系统。

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，实施周期不超过 4 年，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 5:1，项目以企业牵头组织申报。

5.7 白洋淀生态系统健康提升与保持关键技术与综合示范

研究内容：

针对白洋淀水质全面达标和长效保持、生态用水长效保障、生物多样性提升等需求，解析白洋淀水资源时空变化趋势、组成结构及其水动力过程，研发白洋淀水环境与水生态精准监控技术体系，构建基于生物多样性的白洋淀生态系统健康评估技术体系，制定淀区生态系统健康提升的总体方案和技术路径。开发多源数据融合的污染物溯源解析技术，研发总氮等污染物多介质水-岸协同低碳控制技术，构建生态与环境质量协同提升的水环境增容减碳技术体系，建立多源水环境风险综合防控管理体系，制定面向绿色白洋淀建设的多污染管控标准和基准。研发多水源-多目标-多决策水资源精准调度技术，制定白洋淀生态补水精细化调度方案。攻克水生生物生境和旗舰物种栖息地协同提升技术，研发耦合白洋淀生态系统稳态转换临界阈值确定及水质-生物-食物链的淀泊生态调控技术、外来物种（调水）入侵防控与动态监测技术，构建水生态风险预测预警体系。以白洋淀生态系统服务功能提升为核心，建立白洋淀生态环境管控模式与策略，开展技术成果集成，建立白洋淀生态系统健康提升与保持关键技术体系，搭建统筹保护智能化决策平台，开展综合应用示

范。

考核指标：

1. 自主开发出耦合分子生物学和物种鉴定多手段的适用于白洋淀鱼类及其生境特征的鱼类多样性智慧监测系统 1~2 套，鱼类识别准确率优于 85%，识别种类不少于 20 种，形成淀区生态系统健康提升的总体方案和技术路径各 1 套，该路径可使生态系统健康评分提升 $\geq 20\%$ 。

2. 突破多源数据融合的污染物溯源解析技术，可解析污染源种类 ≥ 3 类，识别出优控效应组分 ≥ 50 种；突破总氮、化学需氧量等优控污染物多介质水-岸协同控制技术 2~3 项，构建汛期污染物削减与生态安全一体化防控技术体系，与目前白洋淀治理已采纳技术相比，控制效率提升 10%以上。

3. 突破多目标生态需水精细化核算技术，形成白洋淀多水源多目标精准调度关键技术方案，目标生物 ≥ 3 种，生态需水核算精度提升 10%以上，补水量降低 20%。

4. 创新推演白洋淀生态健康提升的多智能体仿真模型方法 1 套；突破 2~3 项旗舰物种（水生生物和鸟类）栖息地质量协同提升的关键技术，技术应用区物种数量增加 5%~10%，旗舰物种种类数增加 5 种；突破生物多样性与稳定性提升技术体系 1 套，技术应用区高等维管束植物多样性提高 20%，旗舰物种得到保护。

5. 集成项目成果，完成技术综合示范 2~5 平方公里，支

撑综合示范区补水量降低 20%，新增或恢复的物种数量 ≥ 10 种，“清水态”稳定性提高 30%，淀区考核断面水质稳定保持地表水Ⅲ类标准，氮、磷等主要指标稳定达标；建成白洋淀生态系统服务综合管理与智能化决策平台 1 套，智能化决策水平为小时级快速响应。

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，实施周期不超过 3 年，其他来源资金与中央财政经费比例不低于 3:1。

5.8 城市大气污染与极端天气复合暴露的健康风险评估及管理技术体系

研究内容：

针对环境风险管理技术体系的重大需求，研发高时间分辨大气污染与极端天气复合暴露的个体感知装备，发展个体感知装备、地面监测、卫星遥感的数据融合和人工智能分析技术，构建京津冀地区高时空分辨、从个体到区域的大气污染和极端天气复合暴露智能感知技术体系。开展前瞻性流行病学队列研究，量化大气污染与极端天气复合暴露与健康的关系。通过人体暴露舱的控制暴露实验，阐明大气污染与极端天气复合暴露的协同健康效应，精准识别高健康风险的复

合暴露类型。研发高时间分辨率个体暴露的污染源示踪物感知设备，耦合排放清单、数值模拟及人群行为模式，创建健康风险的精准溯源技术，在个体和人群尺度精准识别高健康风险的重点大气污染源和行业。研究制定大气污染与极端天气复合暴露的健康风险分级标准，构建大气污染与极端天气复合暴露的预报与健康风险预警系统。综合分析京津冀地区气象与地形、社会经济发展水平、人口密度与行为模式、大气污染源类别与行业、暴露风险等的区域分布特征，构建京津冀地区大气污染与极端天气复合暴露健康风险的差异化与精准化管控技术体系，提出常态、应急污染源管控措施以及敏感人群行为干预建议，在典型地区与场景示范应用。

考核指标：

1. 高时空分辨的个体暴露感知装备，可测温度与相对湿度，覆盖污染物 ≥ 10 种、时间分辨率 ≤ 1 h，测量误差 $\leq 20\%$ ；建立关键大气污染物和极端天气的暴露评估模型，准确率 $\geq 80\%$ 、时间分辨率 ≤ 1 h、空间分辨率 ≤ 1 km，其中高暴露区域 ≤ 100 m，实现对于10种以上关键危害因子的暴露评估，建立复合风险因子管控重要性排序清单1套；形成京津冀地区典型城市高时空分辨大气污染与极端天气复合暴露与健康风险地图集1套。

2. 识别出显著影响人群疾病负担的关键大气污染与极端天气复合暴露事件组合 ≥ 3 种、造成关键疾病负担的主要

污染物（《环境空气质量标准》规定的项目除外） ≥ 10 种；筛查出与大气污染及极端天气暴露相关的心肺系统健康效应的差异生物标志物 ≥ 20 种；研制人体控制暴露实验设备-暴露舱一套，暴露舱载人条件下臭氧等活性污染物浓度波动 $\leq 10\%$ ，二次有机气溶胶（SOA）总浓度及组分浓度波动 $\leq 20\%$ ；量化大气污染与极端天气复合暴露-反应关系曲线3~5条。

3. 建立城市高时空分辨健康风险的关键污染源和重点行业追溯技术方法1套，空间分辨率 ≤ 1 km，重点高风险区域 ≤ 100 m，时间分辨率 ≤ 1 h；识别高暴露水平风险因子的示踪物 ≥ 20 种；识别污染来源多、暴露水平高、健康危害大的环境健康风险因子 ≥ 10 种；形成京津冀典型区域健康风险削减的污染源控制方案2~3套。

4. 研发大气污染与极端天气复合暴露的健康风险分级标准技术指南1套，构建实时更新、空间分辨率 ≤ 1 km的大气污染与极端天气复合暴露的预报与健康风险预警系统1套；高风险过程预测时长为1~10天，预警时间 ≥ 1 周，更新时间1天，72小时准确率 $\geq 70\%$ ，形成面向人群的健康风险预警产品 ≥ 4 种。

5. 构建一套大气污染与极端天气复合暴露的“健康风险评估-精准预测预警-差异化管控”技术体系，形成大气污染与极端天气复合暴露健康风险精准防控技术指南或标准3~5

个。在京津冀典型城市开展大气污染与极端天气复合暴露健康风险管理技术体系的多层次示范应用，包括面向管理部门的管控技术体系示范应用、面向公众的健康风险预报预警示范应用以及面向敏感人群的暴露场景差异化管控示范，示范时间不少于6个月。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，实施周期不超过4年，其他来源资金与中央财政经费比例不低于1:1。

5.9 冀中南城市群空气质量持续改善关键技术集成研究与示范应用

研究内容：

针对冀中南城市群（石家庄、邢台、邯郸等）突出的大气环境问题，围绕京津冀大气污染协同治理和冀中南城市群空气质量持续改善的重要需求，研究构建涵盖“区域二次污染驱动因素-城市群排放控制策略-特征污染源治理技术方案-空气质量动态调控技术示范”的区域空气质量持续改善关键技术体系。精准识别气候变化背景下冀中南城市群PM_{2.5}和O₃复合污染关键驱动因素和控制潜力，研发和应用冀中南城市群空气质量持续改善与经济社会高质量发展协同的关键技术。针对石家庄、衡水的化工、制药、炭素、橡胶等涉VOCs重点产业集群，以及邢台的玻璃、邯郸的钢铁等涉NO_x

重点行业，建立污染治理技术评估方法体系，形成行业多污染物协同治理的技术方案，在上述城市示范应用。集成统计模型、数值模式、人工智能等手段，建立冀中南城市群空气质量动态调控关键技术体系，包括区域污染高值热点精准溯源与管控、异常排放问题线索识别、精准锁定中度及以上污染天气区域联防联控机制、石家庄等关键城市中度及以上污染天气应对技术方案等，在污染天气应对中开展应用示范，支撑冀中南城市群空气质量持续改善。通过本项目实施，推动区域和城市 $\text{PM}_{2.5}$ 污染改善、重污染天气基本消除、协同控制 O_3 污染，实现生态环境高水平保护与经济社会高质量发展的协同。

考核指标：

1. 构建以区县为单元的冀中南城市群 $\text{PM}_{2.5}$ 和 O_3 污染和关键前体物传输矩阵。获得至少包括 $\cdot\text{OH}$ 、 NO_3 、 Cl 、臭氧以及覆盖挥发、中等挥发、半挥发、低挥发四个挥发性区间的有机前体物及氧化产物，冬夏两季各 1 个月以上分子水平在线观测数据，颗粒相分子组成在线监测时间分辨率小于 1 小时，二次有机气溶胶生成潜势定量误差小于 50%；研发大气二次污染关键驱动因素解析技术，实现区分日间氧化、夜间氧化、液相氧化、残留层化学的二次有机气溶胶来源解析；研发大气污染物与温室气体排放因子表征技术，建立不少于 10 个重点行业（领域）的不同源头防控、过程管控、

末端低碳控制技术下的大气污染物和温室气体排放因子库。

2. 提出空气质量持续改善与经济社会高质量发展的协同策略，确定分时间（年-季-月）、分空间（城市、区县）、分行业（领域）的冀中南城市群大气环境容量和污染排放超载率；建立高精度、污碳协同、近实时的排放清单；研究冀中南城市群移动源差异化污碳减排路径和实施方案。相关成果被省级及以上政府管理部门采纳应用。

3. 提出石家庄市空气质量持续改善与经济社会高质量发展协同策略，形成石家庄及周边地区涉挥发性有机物排放产业集群综合治理技术方案；研发复杂组分 VOCs 综合治理技术，通过源头、过程、末端综合管控，实现含硫及含氮 VOCs 废气治理效率稳定达到 85% 以上，非甲烷总烃排放浓度不高于行业最低限值；研发中小企业 VOCs 低碳治理及资源化技术，橡胶制造、塑料制造、电子产品制造、炭素等行业分别实现非甲烷总烃排放浓度不高于 50、30、20 和 20 mg/m^3 ，废气治理能源消耗相对现阶段水平降低 20% 以上，在典型产业集群开展试点示范。

4. 提出邢台市空气质量持续改善与经济社会高质量发展协同策略，形成邢台市玻璃等建材行业低氮排放治理技术方案；研发玻璃炉窑全流程控制技术，实现 NO_x 排放低于 100 mg/m^3 ，在典型企业开展试点示范。

5. 提出邯郸市空气质量持续改善与经济社会高质量发

展协同策略，形成邯郸市冶金行业多污染物协同治理技术方案；研发基于烧结配料优化和烟气循环的钢铁行业治理技术，实现 CO 去除效率 $\geq 80\%$ ，NO_x 去除率 $\geq 30\%$ ；机焦炉快速溯源、精准识别和修复工艺及系统装置，在 NO_x 达到超低排放改造要求的同时，实现焦炉烟气 VOCs 排放浓度低于 60 mg/m³，CO 排放强度降幅不低于 10%，在典型企业开展试点示范。

6. 构建数值模式-机器学习相结合的月度-季度空气质量趋势预报技术，实现至少提前一个月精准预测冀中南城市群 PM_{2.5} 月平均浓度，偏差不超过 20%，实现提前两周预测重污染天；识别冀中南城市群频发性高值热点 ≥ 20 个，逐一建立污染物浓度随周边污染排放和气象条件动态演变的重现沙盘模型，时间分辨率为 1 小时，空间分辨率达到 1 公里；冀中南城市群动态化污染排放数值模型，对活动水平、原辅材料种类、治理技术类型、生产调控措施及落实情况的快速反馈，时间分辨率不低于 1 天，空间分辨率不低于园区、区县。相关成果纳入京津冀生态环境模拟器。提出的中度及以上污染天气区域联防联控机制，被省级及以上政府管理部门采纳应用。

申报说明：

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

板块六：区域生态安全与农业农村系统提质增效

6.1 基于安全格局优化的京津冀生态空间拓展与差异化管控关键技术及应用

研究内容：

针对京津冀区域生态空间破碎化严重、生态系统完整性和连通性不足、生态监管体系不完善等问题，聚焦京津冀西北生态屏障区、南部平原区、东部滨海带等不同类型区域，开展生态空间拓展与差异化管控技术研发与应用示范。基于天-空-地观测的多源多模态数据和深度学习等人工智能技术，构建精细时空尺度下的生态空间动态演化数据库，研发面向人地系统耦合的生态安全格局优化评价技术，解析不同类型区域生态系统的结构、过程和功能特征及变化规律，揭示生态空间演变机理，模拟未来气候变化与人为活动影响下生态安全格局演化趋势。整合国际生态空间保护的先进理念和技术，研究京津冀区域生态空间拓展的内涵、方法和路径，构建基于生态功能稳态变换临界点检测的生态空间安全阈值判别技术，阐明国土空间规划下生态空间-城镇空间-农业空间的动态互馈机制，研发邻近空间自然-经济-社会多要素融合的生态空间拓展潜力评估技术，识别拓展潜力区域及其功能定位。构建不同类型区域生态空间连通性评价技术，评估交通、城市等高阻力区域和生态功能退化区域的阻隔效应，

研发受损斑块修复、生态廊道构建、功能区优化重组等多层次生态空间拓展技术与调控模式，开发兼顾生态功能提升、物种栖息地保护和连通性改善的生态网络构建技术，开展验证与应用示范。研究生态保护红线和自然保护地等重要生态空间保护对象的分布特征变化及驱动因素，构建涵盖空间连通、生境保护与功能恢复等要素的生态空间保护成效融合评估指标体系和方法，研发山区-平原-滨海等不同类型区域重大生态工程修复成效评估技术，系统评估重要生态空间生态保护与修复生态效益及其关键影响因素，研究提出有效提升生态保护修复成效的技术路径及管控对策。构建京津冀生态安全风险评估综合指标体系，结合人工智能等方法研发区域生态安全动态评估诊断技术，形成京津冀生态安全风险动态清单台账，构建生态空间管控分级技术体系，明确不同类型的生态空间管控优先级，研究提出包含区域-流域-管控单元等多尺度的分级管控框架，研发生态空间差异化分类管控技术，研究跨区域协同管控机制，构建“状况更新-成效评估-风险诊断-管控决策”一体的智慧生态空间管控支持系统，推动京津冀区域生态空间管控的业务化应用。

考核指标：

1. 建立面向生态保护修复监管的生态系统分类体系，生态系统类型大于 15 种，整体精度优于 85%；建立 25 年以上的生态系统功能演变图谱，分辨率优于 10 米；形成地面定

位观测试验站点整编数据集 1 套；建立京津冀生态空间动态演化数据库 1 个，接入其他数据平台的数量不少于 5 个；研发面向人地系统耦合的生态安全格局优化评价技术 1 套，总体评估准确性优于 90%，空间分辨率优于 1 公里，时间分辨率优于月尺度。

2. 研发生态功能稳态变换临界点检测技术 1 套，检测精度优于 80%；研发生态空间拓展潜力评估技术 1 项，评估精度不低于 85%；绘制生态空间拓展潜力分布图 1 套，分辨率优于 1 公里，验证网格数 ≥ 1000 个。

3. 研发受损斑块修复、生态廊道构建、功能区优化重组等多层次生态空间拓展技术及调控模式，技术应用成本降低 15%，生态效益提升 15%；形成生态功能提升、物种生境保护及连通性改善的多目标协同的生态安全格局优化方案 1 套，并被省部级相关部门采纳应用；在 1~2 个典型场景开展生态空间拓展关键技术应用示范，支撑示范区生态空间增加 15%，空间连通性提升到 65%。

4. 研发生态保护红线与自然保护地保护成效评估融合技术规范 1 项，重大生态工程修复成效评估技术规范 1 项，并被国家有关管理部门采纳应用，并至少在 2 个典型场景开展应用。

5. 建立京津冀生态安全风险评估综合指标体系 1 套，指标涵盖生态空间、生态系统、人居环境、资源开发、自然灾

害、突发环境事件、全球生态挑战应对等领域，形成京津冀生态安全风险动态清单台账 1 套及风险演化图谱 1 套，包含区域、省级、市级等多尺度多层次，时间分辨率按不同指标管控要求进行月度、季度和年度差异化更新，形成分级分类差异化管控办法 1 项，研发生态空间智慧管控支持系统 1 个，并开展应用示范。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，实施周期不超过 3 年，其他来源资金与中央财政资金比例不低于 2.5:1。

6.2 京津冀西北生态受损区协同修复与跨域增效技术研发及工程示范

研究内容：

针对京津冀西北部生态系统荒漠化、破碎化、孤岛化明显和整体生态功能不足的问题，研发“精准识别-动态监测-风险评估”生态问题系统诊断技术，揭示受损生态系统水土流失与荒漠化过程及时空演变机制，判识不同生态系统退化风险阈值，研究破碎化生态单元多要素跨区域生态屏障功能恢复和构建方法，建立差异化地貌-气候单元生态保护修复分区方法与指标体系，提出跨域生态功能多元协同调控与韧性提升理论。研究沙尘生态风险评估技术与跨区域防控方法，揭示强风蚀起沙与沙尘演变机制，研制季节性缺水空气集水、

抗旱减蒸、水肥自养环境友好型韧性修复材料，研发风沙微地貌植物快速结皮技术，突破强风蚀沙土固持技术及便携施作装备，构建工程固沙-集水保水-结皮植生一体化协同修复技术与装备系统，实现近自然防沙治沙与跨域协同增效。研究极端降雨坡体-土壤-植被系统破损机制，突破“抗渗-植生-结皮”土壤重构技术，研制抗蚀固强-韧性防护-柔性截排坡体水土保持耐久性材料，研发多尺度损毁立地水土流失防治与植物多样性恢复协同技术，构建受损连片山体生态修复自适应耐久性提升方法体系，实现水土保持与植物多样性保护协同修复。研究破碎化单元植物多样性保护与生态廊道协同构建技术，提出场地-单元-流域生态修复跨域调控方法，研发要素-格局-服务多维生态修复成效评估技术，研究生态修复成效分区管控与全生命周期多维监测方法，建立“分区智选-自动监测-风险调控”生态修复监管平台。实施京津冀西北严重生态受损区协同修复与跨域增效示范工程，创建京津冀生态修复样板区，建立差异化地貌-气候单元生态修复适配技术体系。

考核指标：

1. “精准识别-动态监测-风险评估”生态问题全过程诊断技术 1 套，实现“天-空-地”一体化监测，达到智能感应、自组网、自处理，识别精度 > 85%；判识不同生态系统退化风险阈值，覆盖 90%以上。

2. 近源沙尘跨域生态风险评估模型 2 项，包括风沙传输

路径与范围，精度 > 85%；空气集水、抗旱减蒸、水肥自养环境友好型韧性修复材料 3 项，空气集水容量 > 9 g/g，结皮层减蒸量 > 10%；构建强风区沙土固持技术不少于 2 套，适用于风蚀模数 > 25 t·hm⁻²·a⁻¹ 区域。

3. 坡体扰损区“抗渗-植生-结皮”土壤重构技术 2~3 项，抗蚀年限 > 20 年，植被覆盖度达到参照系的 80%以上；多尺度损毁立地水土流失防治与植物多样性恢复技术 2~3 项，3 年后水土流失量减少 80%以上、乡土植物物种增加 30%以上。

4. 建成生态修复监管平台 1 个，提出区域生态修复成效评估与智能调控技术 2 项，满足京津冀生态环境监管需求。

5. 创建京津冀生态修复样板区不少于 5 处，示范面积 5000 亩，引领带动保护修复区 9.5 万亩；编制生态修复分区治理与多功能协同增效技术规范或指南 2~3 项。

申报说明：

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

6.3 京津冀生态产品价值精准评价与多级应用体系构建

研究内容：

针对京津冀协同发展视角下生态产品价值实现机理不清晰、底层参数数据和模型不能精确反映区域生态差异、缺

乏生态产品多源数据集成整合、生态产品总值（GEP）核算和价值实现成效评估体系不健全、核算结果应用不足等问题，开展京津冀区域生态产品价值精准评价和应用体系研发，提高核算精准度，丰富核算结果应用场景。系统分析京津冀生态资源禀赋和西北山区、南部平原、东部滨海等生态产品供给区域特征，研究不同生态区生态产品价值实现机理，建立京津冀地区重要生态系统服务的生态生产函数和生态产品目录清单。针对区域生态系统结构、过程和功能特点，研究京津冀生态产品精细化多源数据获取和提升技术，评估生态产品供给动态变化趋势，研究生态产品多源数据获取技术，研究生态产品地面监测物联网和 GEP 星座平台构建技术方案，实现遥感卫星数据资源共享和定制化下载。研究生态产品价值评价模型、区域化标准与技术方法体系，构建京津冀生态产品总值、特定单元生态产品价值、项目级生态产品价值和生态资产价值评估技术方法体系，研究重要生态系统服务功能关键技术参数区域化标准，形成区域生态服务功能核算技术参数库，编制生态产品数据质量控制标准，研发生态系统精细化分类技术。开发 GEP 核算结果系统化应用与生态产品价值实现成效评估技术，研究核算结果分类分区分级应用技术路径，研究成效量化评估方法和应用路径，开展 3~5 个京津冀典型案例区（覆盖地市、区县、乡镇级）生态产品价值实现成效评估。开展生态产品价值实现多级联动管理体

系构建与应用，研究建立京津冀统一生态产品价值精算、评价和管理平台，实现省-市-县-乡镇的四级核算，辨析遴选生态产品质量和规模显著降低区域、生态空间面积显著降低区域等重点关注单元，制定京津冀生态产品价值提升策略，选取国家生态产品价值实现试点区和其他典型区域开展信息云平台建设和应用综合示范。

考核指标：

1. 建立京津冀地区至少 8 类重要生态系统服务生态生产函数，形成京津冀生态产品目录清单 1 套。

2. 编制多因子综合、多要素关联的原位立体综合观测技术方案 1 项，构建京津冀低功耗、长距离传输地面监测物联网技术，提出生态产品核算数据监测技术标准 1 项；GEP 星座平台接入不少于 30 颗国产卫星数据，实现遥感卫星数据资源的共享和定制化下载。

3. 提出京津冀生态产品总值评估、特定单元生态产品价值评估和项目级生态产品价值评估技术，编制相关技术规范 3 项，建立京津冀特定地域单元生态产品价值评估参数库 1 个，编制生态资产价值评估技术规范 1 项；形成生态产品数据质量控制技术，覆盖不少于 3 种关键核算数据的质量控制标准；提出京津冀区域生态系统智能化精细化快速分类技术，开发分类软件 1 套，生态系统分类的空间分辨率优于 10 米，一次分类周期少于 5 天。

4. 提出生态产品总值核算结果应用及生态产品价值实现成效评估技术，编制国家标准 1 项，开发京津冀 GEP 核算结果分类应用场景 2 个（含）以上。

5. 构建生态产品价值精算、评价和管理平台 1 个，在国家有关部门、京津冀相关地区进行部署，编制不少于 100 项核算数据的统计报表，实现不少于 100 项数据的在线采集，不少于 15 种生态产品的在线计算，不少于 15 个部门的数据分配填报，实现京津冀省-市-县-乡镇的四级核算，建立京津冀调节服务类生态产品关键指标参数库 1 个；在国家生态产品价值实现试点区和其他典型区域开展应用示范，建立信息云平台，实现 80%以上物质供给类生态产品的接入，90%以上调节服务类生态产品的接入，80%以上文化服务类生态产品的接入。

6. 编制基于县级单元的京津冀生态产品总值评估报告和流域尺度生态产品总值评估报告各 1 份。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，实施周期不超过 3 年，其他来源资金与中央财政资金比例不低于 2.5:1。

6.4 农业源碳氮磷多介质迁移转化与协同管控关键技术 研究与应用

研究内容：

围绕京津冀饮用水源地湖库所在流域农田面源污染严重、综合治理手段效果差、湖库存在水质恶化现象等突出问题，分区识别京津冀地区农业碳氮磷排放动态特征与协同关联机制，揭示农业碳氮磷产生、转化、迁移、入水体的主控因子及其滞后效应，研发多技术融合的流域/区域尺度碳氮磷跨介质迁移转化模拟技术、面源通量模拟技术，构建碳氮磷输入源头控制、植物高效利用、土壤有机固存、环境排放减量的协同增效技术模式，形成基于优化决策的京津冀农业源碳氮磷污染风险分区分类管控与治理技术体系。研发适用于京津冀饮用水源涵养区典型河库的碳氮磷污染源-径-汇多介质协同监测技术，构建流域尺度碳氮磷污染模拟和河库水动力水质模拟技术，开展碳氮磷从农田区块到地表水体的多介质全过程量化解析，评估气候变化、土地利用、农业种植结构变化等情景下农业源综合影响，建立京津冀河库一体化污染阻控技术模式。开展饮用水源涵养区农业活动密集期农田土壤-地下水污染风险识别与精准溯源，研发耦合地表/地下过程的一体化模拟技术，开展深层包气带储存碳氮磷阻控与削减技术研发，形成地下水碳氮磷污染多介质协同防控技术，构建综合治理模式，提出京津冀农业活动密集期多介质碳氮磷污染协同防治系统解决方案。研发适应于不同地形地貌（平原区、山地丘陵区等）、气候特征（极端暴雨等）、农业种植结构（单一作物、混合种植等）的土-水-气-生多介质碳氮磷

循环实时动态感知网络优化布设系统，建立农业面源污染突出区域识别方法和以地面监测+模型模拟的入水体负荷评估方法，构建集数据采集与监测、数据分析与模型构建、智能决策与管控等为一体的农业源污染智慧管控平台。以京津冀饮用水源水库密云水库上游潮河和白河为重点研究区，开展碳氮磷农业源污染多介质协同监测和防控技术示范，构建农业源碳氮磷污染多介质协同管控技术体系，编制京津冀农业源碳氮磷协同管控实施方案。

考核指标：

1. 构建京津冀地区农业面源污染突出区域识别指标体系，形成污染突出区域清单 1 套；形成农业源碳氮磷水-土-气多介质污染通量评价技术 1 套，模拟偏差小于 20%；分区分类构建京津冀地区农业碳氮磷污染负荷栅格地图、构建京津冀地区农业碳氮磷时空分布及水-土-气界面污染通量图；研发农业源碳氮磷污染季节性变化与污染风险评价技术 1 项，误差小于 20%；形成《农业面源污染防控成效评估技术指南（征求意见稿）》1 项。

2. 研发典型河库流域碳氮磷污染源-径-汇多介质感知技术 1 项；建立河库碳氮磷跨介质污染分区分类技术 1 套；建立河库一体化污染阻控技术模式 1 套；开发适合京津冀地区农业源污染特征的评估模型 1 套，模拟精度比现有方法提升 20%，形成《河库面源碳氮磷多介质污染评价技术指南》1 项。

3. 建立多方法融合的地下水污染风险识别方法 1 套；研发农业土壤-地下水污染风险预测预警与综合防控技术 1 项；研发“多界面-多介质-多尺度”水质预测与风险评价耦合模拟技术 1 项；形成农业源污染应急防治技术库 1 个；形成《农业源多介质污染评价技术指南》1 项。

4. 构建农业源地表水-地下水-大气-农田系统大型智能观测与模拟系统 1 套；形成农业源污染智慧管控平台 1 套，主体业务计算响应速度 60 秒以内，在 2~3 个场景运用 6 个月以上；研发农业碳氮磷资源高效利用、环境排放减量与土壤固碳增汇协同技术 1 项。

5. 以京津冀饮用水源水库密云水库流域为重点研究区进行示范应用，提出以粮食安全与土壤质量提升、水环境保护为目标，促进农业增长和农民创收的农业源污染综合防控方案 2~3 套，保障示范区国控断面水质达到或优于Ⅲ类比例 90% 以上，地下水国控点位 I-IV 类水比例 80% 以上。

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。项目类型为重大共性关键技术类，实施周期不超过 3 年，其他来源资金与中央财政资金比例不低于 2.5:1。

6.5 冀中南农业农村系统废弃物循环利用与协同减排技

术研发与应用

研究内容：

针对冀中南地区农村生产生活强度高，种养分离，生产生活代谢过程断裂，农业农村系统污染物排放量大面广、长效治理难等问题，以区域废弃物循环利用与污染物协同减排为目标，研究农业系统氮磷污染排放特征，阐明氮磷循环利用效率及减排潜力；建立农药、重金属等典型污染物跨介质迁移转化与土壤生态环境安全的量化关系；揭示抗生素、微塑料等新污染物土壤地下水跨介质扩散通量及环境暴露途径；探究畜禽粪污等农业废弃物循环利用过程的环境风险，建立基于环境承载力的废弃物循环利用土壤生态环境安全阈值确定方法。针对种养系统，研发典型种植业的源头节水减污绿色生产及废弃物高效处理与肥料化利用关键技术与装备；开发基于自然的土壤营养物质保持、淋溶流失拦截技术及农田深层累积污染物的传输阻控与自净化技术；研发养殖粪污快速低成本无害化、高效资源化利用与氨气减排协同新技术及装备；构建种养结合、废弃物循环利用和污染减排协同的技术体系。开发农村生活废弃物（污水和垃圾）近自然循环利用新技术；开展农村生活废弃物资源化利用设施与生态效应综合评估，明晰污水和垃圾资源化利用对土壤、地下水生态系统的影响；构建庭院生态循环系统、农田系统与中小微水体的资源连通新模式；选择 1~3 个典型县（市、区）

开展近自然生态循环系统污水资源化技术应用与示范。开发区域农业农村废弃物能量代谢时空精细化模拟技术；核算并预测不同产业模式与经济发展情景下碳排放空间分布；研发农业农村典型区域减污降碳协同调控技术，提出分区分类协同优化管控策略；构建多源废弃物碳减排全过程数据库，建立农业农村系统减污降碳数字化与分区管控平台并示范。构建农业农村废弃物循环利用全过程协同减排技术库，集成绿色低碳发展技术模式；建立碳污全过程协同减排技术评估方法，提出技术应用成效评价技术方法；研究县域农业农村系统废弃物循环利用与减污降碳发展路径与实施对策，提出针对区域特点的技术应用指南与长效保障机制，开展综合示范。

考核指标：

1. 构建农业系统的氮磷利用效率及减排潜力核算方法 1 套，形成农业氮磷利用效率提升技术规范 1 项；建立畜禽粪污等农业废弃物循环利用土壤生态环境安全阈值确定方法，形成技术指南 1 项；构建废弃物循环利用与污染物协同减排系统解决方案 1 套，获 1~2 个县采纳应用。

2. 研发源头节水减污绿色生产关键技术 3~5 套，深层累积氮素污染物阻控与自净化技术 1~2 套，化肥减量 30%、土壤氮素淋失量减少 20%。研制新型肥料等农业生产绿色投入品 3~5 种。研发养殖粪污快速低成本无害化、资源化利用与氨气减排协同技术及装备 2~3 套，实现粪污氨气排放减少

50%、温室气体排放减少 40%。建立种养系统绿色循环农业模式典型示范区 1 个，总示范面积 1 万亩以上，辐射范围 10 万亩以上。

3. 构建农村生活废弃物资源化利用设施与生态效应综合评估方法 1 套；开发农村生活污水生态循环系统治理技术工艺包 1 套，构建村庄庭院近自然生态循环系统和中小微水体的连通式资源化利用模式 1 套；选择至少 2 个典型县（区）开展示范，示范项目覆盖户数不少于 100 户，运行时间不少于 1 年，示范户满意率 90%以上。

4. 建立典型农业农村地区污染物循环代谢全过程重点污染源与碳排放源清单 1 套，清单涵盖典型污染物循环代谢全过程中关键节点与污染/碳排放源；研发农业农村系统碳排放效率空间分异特征识别及碳减排目标分配技术 1 套，开发典型农业农村地区物质能量代谢闭环动力学模型 1 套，实现零废模式生态村的动态模拟与优化布局；建立农业农村系统减污降碳数字化分区与管控平台 1 个。

5. 编制农业农村系统碳污协同减排技术库和技术指南 1 项；建立碳污协同减排技术评估与应用成效评价方法 1 套并形成指南；构建符合本地区发展趋势、中小规模养殖场（户）和种植户可接受的农业废弃物回收利用处理模式 1 套，形成可复制推广的管理机制 1 套；至少在 2 个县开展模式与机制示范，形成 2~3 项政策建议，获得国家相关部门采纳应用。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，实施周期不超过3年，其他来源资金与中央财政资金比例不低于2.5:1。

6.6 太行山-燕山山前地带典型行业土水污染协同监控与低成本韧性治理技术与应用

研究内容：

针对京津冀太行山-燕山山前地带特殊复杂的水文地质条件下存在的典型行业污染负荷高、污染物迁移转化机制不清、监测评估数智化水平低、治理修复成本高、传统修复技术韧性低等问题，开展山前地带典型行业土水污染协同监控与韧性治理技术与应用研究。针对山前水文地质条件下污染物快速扩散与超长距离迁移风险问题，创建耦合分配-传输-反应多过程的跨介质传输量化方法和数值模型，研制基于光/电化学原理的污染物跨介质传输通量监测设备，开发污染传输实时监测追踪技术。针对地下水位上升、极端天气等特殊场景，创建多目标多场景的风险评估指标体系、参数数据库、阈值清单与分级预警方法，构建污染风险监控及数智化预警平台。针对土壤-地下水污染源，研究污染负荷、污染传输通量及风险削减与全过程能物耗和碳排放分配的内在关系，建立系统化的多介质污染传输通量削减效果评估方法和指标体系；研发高效水力截流-导流控制技术及多功能耦合的风险

阻控材料；研发适用于高风险区污染传输通量快速削减、多种能源单泵/双泵多相抽提及自由相回收技术，研制余热蒸汽强化空气注射技术和模块化智能装备。针对中低风险区，研发原位化学-物理-生物多元耦合生物降解技术，构建山前地带典型行业污染场地微生物修复菌种库，开发高效工程菌剂构建技术和模块化生产装备；研究自然衰减协同机制与评估模型，建立“土-岩-水-气”介质系统中自然衰减潜能量化评估方法；研发基于可再生能源的弱电能/热能强化生物修复增效技术，集成形成复合污染物强化自然衰减技术体系。选择2个以上典型园区或重点企业开展应用示范，示范面积 $\geq 10 \text{ km}^2$ ，综合评价装备效能、平台应用效果和治理工程示范成效，提出环境管理政策建议。

考核指标：

1. 研发跨介质污染物传输通量在线监测设备2~3套，污染物浓度准确率达到80%以上，传输通量分辨率不高于 $0.01 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ；构建“土-岩-水-气”系统中易迁移的高风险污染物跨介质传输数值模型，精准模拟预测传输扩散通量，模拟误差 $< 30\%$ ；构建污染跨介质传输实时监测与追踪智慧系统1套，空间模拟预测误差 $< 20\%$ ，数据更新速率 $\leq 1 \text{ h}$ ；编制相关监测技术规范。

2. 建立综合风险评估方法1套，涵盖常规情景、特殊场景以及本地化的山前地带参数40个以上；构建污染风险分

级数智能化预警平台 1 个，风险等级 4 个以上，风险等级预警准确率达到 80%以上，控制技术及管理措施 50 项以上；编制管控技术指南。

3. 建立系统化的多介质污染传输通量削减效果评估方法和指标体系 1 套；研发地下水污染源水力截流-导流技术和多功能耦合的风险阻控技术各 1 套，污染物迁移扩散通量削减 $> 90\%$ 。水力导流技术单井污染捕获半径不小于 30 米，吸附和降解功能耦合的长效阻控材料 3 种以上，有效时间 3~5 年；研发基于多种能源的单泵/双泵多相抽提及自由相回收技术与余热蒸汽强化空气注射技术各 1 套，污染物迁移扩散通量削减 $> 90\%$ 。多相抽提技术自由相质量回收率不低于 90%；空气注射技术影响半径 $\geq 10\text{ m}$ ；同等污染物去除总量和风险控制效果下，成本较传统技术降低 $\geq 30\%$ ；各项技术配套的模块化智能装备国产化率 100%；编制相关技术评价指南。

4. 研发适用于山前中低风险区土壤-地下水复合污染的原位化学-物理-生物多元耦合降解技术 1 套，污染物迁移扩散通量削减 $>90\%$ ，同等污染物通量和风险控制效果下成本降低 $\geq 30\%$ ；污染修复微生物菌种库 1 个（菌种 ≥ 50 种，菌株 ≥ 2000 株），微生物菌剂智能构建技术 1 项，配方有效率 $\geq 80\%$ ，固体菌剂生产成本下降 20%；研发可移动、撬装式菌剂扩培注入一体化装备 1 套，扩培能力 $\geq 1\text{ m}^3/\text{d}$ ，集成形成基于可再生能源的弱电能-热能强化自然衰减技术体系 1 套；

建立多介质系统中自然衰减潜能量化评估方法 1 套；编制土壤地下水生态安全保障技术指南。

5. 在 2 个以上不同类型的工业园区或重点企业开展对装备、平台和技术的应用示范，示范面积 $\geq 10 \text{ km}^2$ ；跨介质污染物传输通量在线监测设备应用 20 套以上；污染风险分级预警与监控数智平台应用于省级相关行业部门，连续运行 ≥ 1 年，提出风险管控对策建议；形成 5 套以上韧性治理技术相关的工程技术规范。

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。项目类型为重大共性关键技术类，实施周期不超过 3 年，其他来源资金与中央财政资金比例不低于 2.5:1。

6.7 京津冀地下水超采区水量-水质-水生态协同修复关键技术及示范

研究内容：

针对京津冀地下水超采区多要素同步监测技术缺失、多水源回补水循环机理不清、生态环境影响机制不明、潜在污染风险未知以及水量-水质-水生态协同修复技术不完善等重大科技问题，以京津冀地下水超采区的生态环境安全为目标，构建地表水-地下水同步监测点群优化方法，研究地表水-地下

水联合响应的精准分层多因子自动化监测技术，研发基于物理机制和数据驱动的智慧化问题识别诊断技术，形成“系统监测-精准识别-问题诊断”监测技术体系，建设典型地下水超采区水量-水质-水生态多维一体化数智预警平台及综合问题诊断系统。研究多水源补水过程中地表水-地下水循环机理，揭示水动力场-水化学场-微生物场多场耦合机制，构建多尺度跨介质地表水-地下水耦合数值模型和管理模型，评估多尺度分区分级生态环境风险评估，提出分区分级生态环境风险管控技术体系。研究基于深度学习的地表水-地下水污染溯源技术，研发稳定长效低成本的多水源补水水质污染阻控材料，建立地表水-地下水污染水力调控方法，突破基于强化自然衰减与原位阻控的地下水污染修复技术，形成地下水污染“精准溯源-原位阻控-自然修复”立体化治理技术体系。建立地下水超采区地质脆弱性、地下水水位、水质和水生态对多途径压采及补给综合措施的响应关系，提出基于地下水环境质量与次生环境危害的补水水位风险预警阈值，研发不同补水途径的地下水水量、水质和水生态修复模式，创建基于“量-质-域-流”的地下水水量-水质-水生态协同修复技术体系；开展典型地下水超采区水量-水质-水生态协同修复关键技术集成应用示范。

考核指标：

1. 构建京津冀超采区“空-天-地”一体化多要素监测技术

1 套，站点尺度单要素精度高于 90%，有效数据保障率高于 85%；研发地表水-地下水流场联合自动监测设备 1 套；研制多污染物检测量子点光谱传感芯片及光谱传感原位实时检测技术 1 项，检测指标不少于 65 项；建立京津冀典型超采区水量-水质-水生态多维一体化监测平台及生态环境影响智能诊断系统 1 个，异常数据诊断率不低于 90%。

2. 构建耦合“介质场-动力场-化学场-生物场”的预测模型，耦合关键参数类型 ≥ 4 类，模拟误差 $< 25\%$ ；研发京津冀地下水超采区生态环境风险分区分级预警及管控技术 1 套，提出典型地下水超采区生态环境风险应急技术方案 1 项，应用场景 ≥ 3 类。

3. 构建地表水与地下水污染溯源深度学习模型 1 个，建立不同水源和污染源光谱特征库，实现 3 种以上不同类型污染物精准溯源；研发高效低成本的多水源补水水质污染修复材料 5~10 项，特征污染物去除率 $\geq 90\%$ ；形成补水区河道污染阻控技术体系，特征污染物阻滞率 $> 80\%$ ；研发基于生境重构与地下水水动力控制的特征污染物绿色低碳修复技术体系 1 项。

4. 提出地下水超采区水位抬升次生环境危害分区分级预警评估及梯度阈值精细化判定技术 1 项，次生环境危害风险预警水位阈值 ≥ 3 种；构建基于“量-质-域-流”的全系统多要素超采区地下水水量-水质-水生态协同修复技术体系 1 套，形

成京津冀超采区地下水回补水位风险阈值预警技术方案（征求意见稿）1项。

5. 在北京密怀顺地区以及沧州典型地下水漏斗区等区域建设示范区 ≥ 3 处，开展“量-质-域-流”全系统多要素监测与水量-水质-水生态协同修复技术应用示范，应用示范时间应不少于1年，示范面积 $\geq 120 \text{ km}^2$ ，建设地表水-地下水风险预警管控平台不少于2套。

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，实施周期不超过4年，其他来源资金与中央财政资金比例不低于3:1。

6.8 京津冀“三区”协同区域地下水环境质量调查评价与智能预警关键技术与应用

研究内容：

基于多源异构多维数据，构建基于多指标综合的区域地下水以点及面环境质量表征技术，识别区域地下水环境质量时空分布特征，通过机器学习解析水质污染主控因子及其贡献度，结合高分辨遥感监测和地统计聚类等手段，构建地下水污染区域划定方法。建立水文地质条件约束下的污染输入-响应模型，解析污染排放、极端水文与开发活动的复合影响

机制，构建污染演变预测系统，基于信息熵理论与人机智能融合技术，研发适应多源污染及复杂地质条件的监测网络动态优化模型，实现污染敏感区靶向布点。耦合污染源排放特征与地下水运移规律，研发多源污染特征因子高分辨识别技术，建立涵盖重金属/有机物等典型污染物的特征指纹数据库，融合人工智能、同位素示踪和地质统计等方法，创建多维度溯源技术体系，定量解析重点污染源贡献率，构建山前平原-中部平原-滨海平原典型复杂水文地质条件多源复合影响下的区域地下水污染源解析技术方法体系，为实现区域地下水系统性风险精准管控提供技术支撑。突破传统预警尺度限制，构建“源-径-汇”全链条预警体系，集成多源监测数据构建智能预警平台，针对污染源泄漏等突发事件，运用机器学习解析污染物迁移多情景路径，建立空间交互耦合预警机制，开发包含风险分级、警情推演和决策优化的智能分析系统。构建“质量表征-风险识别-精准溯源-系统预警”全流程技术链，在京津冀选择3个典型区域开展技术集成与应用，形成基于水文地质分区的山前-中部-滨海平原“三区”分区分级、精细化管控策略，被省级及以上行业相关部门采纳应用。

考核指标：

1. 形成基于多指标综合的区域地下水环境质量表征与分布技术体系1套，至少涵盖指标遴选、指标权重赋值和环境质量空间分布刻画技术，满足500~4000平方公里的地下水资

源分区的环境质量表征。

2. 建立基于多源异构数据挖掘分析和地理统计的水质污染区划定适宜技术，编制水质污染区划定技术指南 1 项，被省级以上政府部门采纳应用。

3. 构建基于山前-中部-滨海平原不同水文地质条件的区域地下水环境质量演变模型 1 套，实现典型污染源影响下区域地下水污染过程精准模拟预测；化学品生产企业、尾矿库、垃圾填埋场、危险废物处置场、化工园区、矿山开采区等中高风险源覆盖率不低于 80%，模拟区面积不少于 500 平方公里，污染分布刻画精度小于百米级。

4. 研发基于污染预测信息熵和人机混合智能的区域地下水监测点位布设方法 1 套，实现不同水文地质条件和多源叠加影响下区域地下水污染精准捕获，布点数量减少 10%，地下水污染范围刻画偏差降低 20%；形成地下水监测布点技术指南 1 项，并被省级及以上政府部门采纳应用。

5. 构建多技术耦合联用的区域地下水污染源解析技术体系 3 套，每套至少耦合 2 种以上不同源解析方法，实现化学品生产企业、尾矿库、垃圾填埋场、危险废物处置场、化工园区、矿山开采区等典型污染源精准溯源；涵盖“三氮”、重金属、有机物等毒性大、易迁移的特征指标不少于 40 种，溯源精度不低于 95%。

6. 形成《区域地下水污染源解析技术指南》1 项，被省

级及以上政府部门采纳应用。

7. 构建覆盖山前平原-中部平原-滨海平原的区域地下水污染物全生命周期评价数值模拟模型 1 套，涵盖化学品生产企业、尾矿库、垃圾填埋场、危险废物处置场、化工园区、矿山开采区等典型污染源特征污染物不少于 30 种。

8. 形成区域地下水污染监测预警一体化监管综合模块 1 套，包括污染迁移模拟预测、监测预警与风险评估等功能；监测预警特征指标不少于 10 种，响应时间 <24 h，预警准确度不低于 85%。

9. 构建适用于山前-中部-滨海平原“三区”协同的区域地下水环境质量表征、高风险区识别、污染精准刻画与源解析、系统性风险预警与精准管控的一体化技术体系。集成应用区不少于 3 个，覆盖 3 种不同水文地质条件；应用面积不少于 2000 平方公里；区域地下水污染刻画-溯源-预警准确度不低于 85%。

10. 建立地市级地下水污染重点监管行业和企业清单、污染源地下水污染扩散风险管控清单各 1 份，编制“区域-污染源”地下水环境风险分类管控技术指南 1 项，被省级及以上政府部门采纳应用。

申报说明：

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

6.9 京津冀土壤污染状况大尺度系统调查关键技术与分类分级管控策略研究

研究内容：

面向美丽中国建设、京津冀地区土壤环境质量稳中向好和土地资源高效开发利用的需求，以及京津冀地区不同土地利用条件下土壤污染特征的系统性研究不足等问题，针对传统调查技术对污染源土壤环境影响识别不全面、调查技术成本高、难以准确预测土壤质量变化趋势、支撑土壤污染分类分级精准管控能力不足等问题，开展土壤污染状况大尺度系统调查技术与分类分级管控策略研究并示范。研究基于土地利用-污染源-土壤污染调查监测等多源数据融合的土壤污染源影响范围定量表征技术，解析各类污染源的土壤污染多途径输入、输出和转化对污染分布的影响及动态变化趋势，形成大尺度网格化土壤污染空间分布清单，实现土壤污染可能性的精准评估及其污染特征的系统识别。研究基于污染源类型及集聚度、污染物扩散途径、土地利用现状等多要素空间统计分析的调查单元精准划分技术，基于污染扩散机理和大数据挖掘分析关键污染物的三维空间变异特征，构建不同决策目标下关键采样层位与监测指标差异化确定方法，实现低成本精准调查。综合污染调查数据、污染源分布变化、产业发展、环保政策变化等因素，研究对土壤污染变化趋势的影

响，研发多要素协同的土壤污染趋势分析预测技术，构建区域土壤污染长期变化趋势研判与预测模型，支撑土壤环境质量改善目标的定量评估。研究面向人体健康风险、土地合理利用等多目标决策的土壤污染分类分级方法，提出针对性分类分级管控策略，支撑京津冀生态环境分区管控和国土空间用途管制。研发土壤环境信息标准化和全自主知识产权的数据库构建技术，构建土壤环境信息管理平台，实现调查信息高通量采集、智能辅助数据审核与纠错、调查数据标准化管理、污染趋势智能化分析、分类分级管控策略制定等功能。针对京津冀不同类型单元特征，在典型区域开展大尺度系统调查关键技术体系示范验证，为全国土壤污染状况普查形成技术规范。

考核指标：

1. 构建基于动态知识图谱和大模型的多源数据精准融合技术 1 项，形成京津冀地区土壤污染源一张图，各类污染源活动的时间尺度识别精度 ≤ 10 年，其中重点污染源的时间尺度识别精度 ≤ 5 年。构建大尺度高时空分辨率土壤污染源影响范围定量表征技术 1 项。

2. 研发基于空间统计分析的土壤污染调查单元精准划分及差异化调查技术 1 项，同等调查面积下点位数量减少 30% 以上，采样调查成本降低 50%，重复调查结果的复现偏差不大于 10%。

3. 构建综合调查监测数据和污染源变化等的土壤污染状况变化趋势主控因子解析方法 1 个；构建长时间序列多情景区域土壤污染变化趋势预测模型 1 个。

4. 形成综合多目标决策的土壤污染分类分级方法 1 个，并提出差异化管控策略；形成地方标准《建设用地土壤污染分类分级管控技术指南（征求意见稿）》1 项；在京津冀地区的应用分析结果至少被 1 个省级行业主管部门采纳应用。

5. 构建国产土壤环境信息管理平台 1 个（包含 Web 端系统和移动端 APP），形成全自主知识产权国产数据库，实现调查信息高通量采集、智能辅助数据审核与纠错、调查数据标准化管理、污染趋势智能化分析、分类分级管控策略制定等功能，用户并发量达到 2000 以上；形成土壤环境信息数据管理规范 1 项，被省级以上行业主管部门采纳应用。

6. 在京津冀典型区域开展示范验证，选择不少于 3 个重点区域对多源数据精准融合、土壤污染源影响范围定量表征、土壤污染调查单元精准划分及差异化调查、土壤污染状况变化趋势预测以及土壤污染分类分级等关键技术开展示范应用，总示范面积累计不低于 20000 平方公里。集成土壤污染状况大尺度系统调查关键技术体系，编制土壤污染状况普查技术规范 1 套（至少 5 个技术规定或指导手册），被省级以上行业主管部门采纳应用。

申报说明：

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

6.10 滨海复杂条件下工业聚集区土壤与地下水污染溯源控源技术及应用

研究内容：

围绕京津冀滨海复杂条件下工业聚集区土壤和地下水污染精准溯源和控源关键科技需求，以高精度溯源和低成本控源为目标，开展滨海复杂条件下工业聚集区土壤与地下水污染溯源控源技术及应用研究。针对复杂自然-人为因素干扰下滨海工业聚集区土壤和地下水污染源和汇关系问题，开展复杂地质条件下和多因素干扰下多污染组分迁移与形态转化机制研究，结合多重指纹图谱、同位素示踪技术与多元统计分析等方法，研发土壤和地下水污染源-汇响应关系识别技术，刻画污染物迁移轨迹，揭示污染物空间分布规律，建立工业聚集区土壤和地下水快速智能源解析技术体系。针对滨海工业聚集区内造成土壤和地下水污染的高风险设施，开展土壤与地下水污染风险设施渗漏检测与防控技术研究，研发渗漏在线监测和漏点精准定位技术与设备，研究漏点修复材料与技术，构建滨海工业聚集区土壤与地下水污染高风险设施防控技术体系。围绕工业聚集区地表地下操作空间受限条件下，土壤与地下水污染断源控源技术需求，开展土壤与地

下水污染控源技术研究，开发原位土壤-地下水协同孔道封堵源头污染阻断材料与技术，开发多场耦合强化协同控源及立体循环污染削减技术与装备，形成适用于滨海复杂条件下工业聚集区土壤-地下水污染“控源断径”的低扰动、低成本、高效率原位阻断技术。针对滨海工业聚集区复杂条件和土壤与地下水源头管控科技需求，研发土壤与地下水特征污染物原位在线监测技术和装备，开发土壤-地下水污染源智慧监测与智能预警平台，量化污染溯源与控源效果评价指标，形成滨海工业集聚区源头监测预警技术装备与溯源控源技术效果一体化评价体系。在京津冀滨海地区选择不少于3类重点行业工业聚集区，开展土壤和地下水污染溯源、控源技术和装备应用示范，形成滨海复杂条件下工业聚集区土壤与地下水污染精准溯源控源技术与模式，构建土壤与地下水污染源智能监测和预警技术平台，并实现业务化运行，示范区总面积不低于50公顷。

考核指标：

1. 构建复杂水文地质条件土壤和地下水污染溯源技术方法3套，实现3种以上不同特征污染物精准溯源，溯源精度不低于95%。

2. 研发土壤与地下水污染高风险设施渗漏在线监测和漏点精准定位技术与设备1套，漏点检测率>90%，漏点修复材料1~2种，渗透系数达到 10^{-7} m/s。

3. 研发低成本和高效率原位断源控源技术 1~2 种；研发原位高效孔道封堵与污染控制材料 2~3 种，生产成本较同类产品降低 20%；断源控源效率不低于 85%。

4. 研发土壤与地下水特征污染物低扰动、高灵敏度原位在线监测技术与装备 1 套，构建人工智能和多模态数据融合土壤与地下水污染智能预警模型与响应系统平台各 1 套，预警准确度达到 80%以上；建立土壤和地下水污染溯源控源技术和装备评价方法 1 套。

5. 在京津冀滨海地区开展不少于 3 类重点行业工业聚集区土壤和地下水污染溯源控源技术示范，示范区总面积不低于 50 公顷；研发土壤和地下水污染溯源控源装备 2 套，成套技术成本与国际同类技术成本相比降低 30%，应用示范时间不低于 6 个月。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，实施周期不超过 3 年，其他来源资金与中央财政资金比例不低于 2.5:1。

6.11 渤西典型近岸海域陆海一体化生态安全保障关键技术研究及应用

研究内容：

针对渤西近岸海域污染物溯源、通量监测和污染物输移精准模拟等技术难题，研发主要入海河流氮磷等污染物智慧

识别与精准溯源技术，阐明极端天气条件下污染物时空分布特征及通量变化规律，研究流域-河口-海域连续体污染物输移模拟技术，开发区域精细化油指纹智能分析系统和输移模型，建立油指纹数据库，构建污染物溯源-水资源调控一体化的跨介质协同治理与管控体系。针对海水浴场粪便污染病原体溯源和风险防控技术难题，解析病原体及其抗生素抗性基因的主要污染源和贡献率，并揭示入海传播扩散过程和机制，制定海水浴场病原体最大日负荷量计划，研发特征病原体的现场监测、实验室快检技术及设备，阐明病原体的灭活机制并开发处置技术，构建粪便污染病原体风险防控技术体系。针对典型砂质岸线生态系统稳定性的维护及提升技术难题，研究砂质海岸地貌-生态及生物多样性调查方法，构建生态系统健康及稳定性评估技术，集成砂质海岸水文动力、地形地貌、滨海植被等在线监测系统及生态系统受损风险预警系统，研究动力地貌耦合模拟技术及生态系统演化趋势预测方法，研发基于海岸动力-地貌-生态互馈机制的砂质海岸生态系统稳定性维护及提升技术。针对渤西典型近岸海域生态系统退化过程及机制不清问题，研究多重环境胁迫下海洋生态系统的响应机制以及稳态转换机制，表征和量化人类干扰活动下近岸海域生态系统功能退化临界点，剖析典型海洋致灾生物种群变化的环境驱动机制，建立基于关键生物功能群稳态演变风险阈值的海洋生态灾害精准预报技术，研究海水浴场生

态环境风险评估方法，整合优化海洋生态灾害应急处置技术，构建近岸海域生态风险防控体系。针对渤西典型近岸海域海水浴场生态安全保障技术体系不完善、系统化集成程度低等问题，优化陆海一体化生态环境监测网络布局，集成主要污染物监测、处置、预警预测、应急响应以及砂质海岸生态系统维护、生态灾害防控等技术，优化海水浴场生态环境保障数智监管平台，并开展工程示范及业务化应用。

考核指标：

1. 建立入海河流污染物智慧识别与精准溯源方法 1 套，污染物种类 ≥ 3 种，溯源定位准确性 $\geq 85\%$ 、响应时间 ≤ 6 h；氮、磷等污染物输移模型平均相对误差 $\leq 30\%$ ；建立渤西海域石油平台及进口原油指纹数据库，样品数量 ≥ 500 种；开发区域精细化油指纹智能分析系统，分析时间 ≤ 2 h，石油类等污染物迁移转化模型 12 小时预测平均误差 ≤ 1.5 km；构建污染物溯源-水资源调控一体化的跨介质协同治理与管控体系，提出 1 套综合管控方案，并被国家有关部门采纳应用。

2. 构建海水浴场病原体（细菌、病毒）、抗生素抗性基因溯源技术及传播扩散模型，准确度 $\geq 70\%$ ；研发粪便污染指示细菌的海水现场监测设备 1 套，特异性 $\geq 80\%$ ，灵敏度 ≥ 2 个/100 mL；研发粪便污染的病原体高通量定量快检技术 1 项，覆盖海水中常见病原细菌和病毒（ ≥ 10 种），特异性 $\geq 90\%$ ，灵敏度 ≥ 10 copies/ μ L，检测时间 ≤ 3 h；研发病原体

处置技术 1 项，有效性 $\geq 80\%$ ；构建海水浴场粪便污染的病原体风险防控技术体系 1 套。

3. 建立砂质岸线水文-地貌-生态精细化数据集 1 套，构建砂质海岸生态系统健康及稳定性评估方法 1 项；布设岸基视频监测系统 1 套，同步监测要素 ≥ 2 项，水深反演误差 ≤ 25 cm；构建海洋动力和沙滩侵蚀灾害数智化预测预警系统 1 个；研发砂质海岸生态系统稳定性维护技术 ≥ 1 项，沙滩流失率及施工成本降低 $\geq 15\%$ 。

4. 建立 20 年以上渤西典型近岸海域生物多样性演变特征数据集 1 套；建立基于关键生物功能群稳态演变风险阈值的海洋生态灾害预报预警模型，河口-海湾等重点海域的赤潮预警准确率 $\geq 70\%$ 、海水浴场 $\geq 80\%$ ，赤潮漂移 12 小时预测平均误差 ≤ 3 km；建立海水浴场生态环境风险评估模型 1 套。

5. 优化陆海一体的海水浴场生态环境保障数智监管平台，部署在相关政府部门，对主要污染物和赤潮的预测预警提前 ≥ 72 h；开展监测、预警预测和应急响应业务化应用的海水浴场数量 ≥ 10 个；开展至少 1 处砂质海岸生态系统维护、病原体处置、生态系统稳定性提升和生态灾害防控工程示范应用。

申报说明：

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

板块七：跨介质系统治理

7.1 冶金工业多介质协同控污技术体系与应用示范

研究内容：

针对京津冀地区冶金工业仍然存在的特征污染物组分复杂、排放强度大、跨介质转移频繁，污染多介质协同控制与污碳协同减排技术缺乏等问题，研究特大规模冶金工业园区内复合污染物形态及控制全过程迁移转化规律，建立基于碳-污-能多介质协同控制的技术要素评估及“机理-数据”协同优化方法，形成特征污染物全谱数据集及控制技术清单，开发多介质减污降碳及特征污染物智能管控平台并开展示范应用。研发生物质-氢-电耦合驱动多源含铁原料高效低碳还原的污染源头减排及电-热耦合大比例废钢短流程制备高品质钢的污碳协同减排技术，创制低碳低排的还原-精炼大型新装备系统。研发典型冶金工业全流程废水废液中铬、铅、锌、总氰等特征污染物靶向分离与深度脱除技术，开发“机理-数据”双驱动的污染物分离药剂/材料快速设计新方法平台，研制含油/乳化废水强化破乳的绿色药剂与专用设备，以及微气泡强化传质的高盐有机废水深度处理技术与成套设备。研发协同实现能量-焦油深度回收、剩余氨水生化性提升的荒煤气净化技术与专用设备，研发含有机废盐低能耗催化热解净化技术、冶金固废协同烟气脱硫技术及典型冶金固废高效利

用技术，并构建基于污染物资源转化的全过程源头减排-界内循环协同控污的新技术体系。在特大型冶金工业园开展包括电-氢-生物质等低碳能源协同还原炼铁、电-热耦合冶金制高品质钢、多介质污染物资源化与无害化等在内的全过程高效减污降碳大规模集成示范工程，并建立相关标准体系。

考核指标：

1. 建立特大规模冶金工业园区全过程碳-污-能的产排代谢数据库和多介质减污降碳多维要素评估指标体系，动态权重优化的智能算法>2000个，涵盖指标>10项；研制覆盖焦化、低碳炼铁、电炉炼钢/精炼、汽车钢等高端钢材加工、污染控制全流程的减污降碳智能管控平台，在特大规模钢铁冶金工业园区开展示范应用；形成相关知识产权3项，制定行业/团体标准1项。

2. 研发基于电-热-生物质等低碳能源耦合驱动直接还原炼铁技术，研制多源含铁原料回转窑均化还原装备，工序CO₂排放降低到<0.25 t/吨产品，直接还原金属化率≥80%，钾、钠、锌、铅脱除率≥90%，能耗≤140 kg标煤/吨产品，还原装备单套年处理能力20万吨以上；创制电-热耦合的大比例废钢短流程制备高品质钢技术及装备，工序CO₂排放≤0.9 t/吨钢，较传统工艺降低50%以上，社会废钢应用比例≥40%，固废产生量较传统工艺降低60%以上，达到固废≤200 kg/吨钢，其中大型电炉公称容量150吨以上。

3. 形成针对金属、有机物定向分离的药剂分子高效设计软件 1 套，分离药剂的研发效率提升到小时级；形成 3 种典型污染物分离药剂和处理设备，实现废水中铬、锌回收率 $\geq 90\%$ ，至少完成一项 $20 \text{ m}^3/\text{d}$ 的工程技术实证；冷轧废水处理回用 100%，高盐有机反渗透浓水 COD 去除率 $\geq 65\%$ 。

4. 开发荒煤气余热及焦油回收装置及技术并形成工艺包，荒煤气的热量回收率 $\geq 80\%$ 、焦油回收率 $> 80\%$ 、颗粒粉尘脱除率 $> 95\%$ 、剩余氨水的 BOD_5/COD 提高到 ≥ 0.35 ，建立荒煤气余热与焦油回收的数字孪生智能优化模型 1 套，形成 $1500 \text{ m}^3/\text{h}$ 技术示范；开发高炉煤气高效净化技术，实现高炉煤气羰基硫去除率 $\geq 90\%$ ；开发典型冶金固废资源化利用技术，尘泥类固废资源金属综合利用率 $\geq 95\%$ 。

5. 在京津冀地区特大型冶金工业园区，开展全过程污碳协同控制综合工程示范，其中污碳协同减排的低碳制备高品质钢示范规模 > 100 万 t/a，社会废钢应用比例 $\geq 40\%$ ，与传统工艺相比，吨钢固废 $< 0.2 \text{ t}$ 、降低 60% 以上，全流程（含焦化）吨钢新水消耗 $< 3 \text{ m}^3$ 、 CO_2 排放降低 50% 以上；构建多源含铁原料低碳制备高品质钢标准体系，行业/团体标准 > 3 项，形成 1 套京津冀冶金工业减污降碳技术发展路径图。

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，

实施周期不超过4年，其他来源资金与中央财政经费比例不低于5:1，项目以企业牵头组织申报。

7.2 生态环境智慧管理辅助智能体研发与应用

研究内容：

针对生态环境治理领域存在的多模态数据整合困难、跨业务系统协同效率不足、模型迭代响应滞后等突出问题，构建基于多模态知识引擎与多智能体协同的中枢基座框架，通过融合环境法规标准、案例经验等多源异构数据，构建具备动态知识蒸馏与增量学习能力的智能决策体系，实现环境治理业务的智能化闭环管理与科学决策能力跃升。针对环境影响评价工作中数据融合困难、审核效率低、环境影响评价文件质量参差不齐等瓶颈问题，结合行业环境准入标准与智能审核技术，研发具备环境影响评价数据融合、人工智能驱动的环境影响评价文件技术复核、环境准入条件智能生成等功能的环境准入审核智能体，有效提高环境影响评价文件的规范性和审批效率，降低企业环境准入成本。针对排污许可业务中表单填报繁琐、审核流程冗长耗时、准确性难以保障等问题，依托行业排污特征库与智能校验算法，研发具备许可证申请表智能生成、许可内容智能精准校验、排污登记表自动生成等功能的排污许可证审核与生成智能体，服务排污许可管理部门，显著简化企业填报负担，提升排污许可管理效

能。针对生态环境形势分析需求，研发生态环境形势分析智能体，构建数据知识蒸馏与智能决策库，实现环境经济领域数据趋势研判与图表生成、政策和热点信息抓取、环境质量变化成因分析等功能，辅助生成生态环境形势分析报告关键内容，全面赋能数据挖掘和报告编制，提升生态环境形势分析工作效率和产出频率。针对碳排放数据核查人力物力投入大、核查时间长等管理需求，研发发电行业碳排放数据核查智能体，辅助生成核查报告，实现碳排放数据自动化存证、智能化核查，创新碳排放核查方式。针对生态环境统计漏填错填比例高，人工审核强度大、效率低，数据潜力挖掘利用有限等管理需求，研发重点行业企业生态环境数据统计核查智能体，实现企业数据智能辅助采集、自动化核算，开发智能审核工具，实现缺失值自动识别、数据深度挖掘分析及多场景报告自动生成，整体提升生态环境统计工作效能。

考核指标：

1. 多模态知识引擎支持法规标准、案例经验、专家经验、模拟数据等至少 10 类异构数据实时关联检索，需使用无服务器计算架构，冷启动时间 $P95 < 150 \text{ ms}$ ，支持知识动态更新；提供 ≥ 30 种可重用的智能体工具；智能体协同框架支持链式、角色化协作式、有状态图式 workflow，支持 ≥ 20 类不同场景任务的智能体动态编排，智能体服务支持云调用与单机离线部署，可并发调用智能体服务数量 ≥ 100 ，智能体编排递归循

环层数 ≥ 32 ；所有代码要求完全自研且开源。

2. 研发典型行业环境准入智能体算法 1 套，并在全国建设项目环境影响评价统一申报和审批系统部署应用；实现环境影响评价文件的自动校验、要素提取与合规性审核，审核全流程时长较传统人工审核缩短 70%；实现项目环境准入要求内容的智能生成；实现环境影响评价文件环境影响因子识别、评价标准、评价等级、环境保护目标、环境现状调查与评价、环境保护措施等重点内容校验准确率 $\geq 80\%$ ；项目环境准入要求内容智能生成率 $\geq 50\%$ 。

3. 研发典型行业排污许可证审核与生成智能体算法 1 套，并在全国排污许可证管理信息平台部署应用；实现自动生成排污许可证申请表，自动审核排污许可证内容，自动生成排污登记表，生成内容校验准确率 $\geq 90\%$ ；典型行业排污许可证申请表中排放口类型、排放标准及限值、许可排放量等重点内容审核准确率 $\geq 95\%$ ，满足排污许可管理需求；排污许可证审核问题识别完整性 $\geq 80\%$ ；排污登记表中污染物排放标准准确率 $\geq 90\%$ ；智能生成排污许可证申请表的时长较传统人工填报生成时长平均缩短 80%。

4. 开发生态环境形势分析智能体算法 1 套，涵盖数据分析、图表生成、信息抓取、报告生成等功能模块，实现生态环境形势分析报告编制时间从传统 15 天左右缩短至 ≤ 3 天，关键内容智能生成率 $\geq 60\%$ 。

5. 开发发电行业碳排放数据核查智能体算法 1 套，按照《企业温室气体排放核查技术指南 发电设施》要求，核查逻辑覆盖率 $\geq 90\%$ ，异常数据自动标记率 $\geq 85\%$ ，核查周期从传统 7 天缩短至 ≤ 1 天。

6. 开发重点行业不同类型排放源信息填报与统计智能体算法 1 套，实现企业排放数据智能辅助采集、数据质量审核、多维数据分析、报告自动生成；实现数据完整性审核覆盖率 $\geq 95\%$ ，动态趋势异常分析准确率 $\geq 90\%$ ，分析报告结论与人工报告结论匹配率 $\geq 80\%$ ；全流程数据审核时长较传统人工缩短 80%以上。

申报说明：

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

7.3 珍珠项目群：生态环保典型具身智能机器人研发与应用

生态环境保护日益严峻，具身智能机器人通过多模态感知、实时决策、复杂任务执行，为环境保护提供了一种新质生产力。本珍珠项目群下设 9 个珍珠项目，构建机器人脑中枢，在其框架或接口标准的基础上，设计研制特种应急、污染处置、污水取样、毒性探测、河湖检测、园区检测等场景机器人，加快无人智能力量发展，重塑可持续环保发展范

式。

7.3.1 面向生态环保的具身机器人多模态智能类脑中枢框架

研究内容：

面向生态环境全要素非结构场景监控治理需求，构建“云-边-端”协同进化的具身智能中枢系统。针对异构具身智能机器人协同效率低、动态环境响应滞后及跨域通信延迟等瓶颈问题，搭建多机器人联邦学习平台，支持多种异构机器人的认知共享与技能迁移，压缩通信时延，提升群体决策一致性和协同性。开发多模态环境语义理解，构建三维语义地图引擎，提出多模态注意力融合机制，实现跨模态协同增强，大幅提高跨模态信息关联准确率和语义理解速度。研究动态认知协同进化技术，实现环境感知-污染识别-行动决策-任务调度的闭环执行能力。多机器人联邦学习平台具备自主故障诊断与应急处理能力，实现环保设施非正常工况和故障工况下的任务重新分配、故障机器人的自愈控制或安全返航。

考核指标：

支持环保嘈杂情景下的图像、声音、振动等 ≥ 5 类多模态环境数据解析，解析准确率 $\geq 95\%$ ；具身操控支持语义级人-机-环境交互，反馈时间 ≤ 500 ms，指令生成准确率 $\geq 95\%$ ；支持 ≥ 10 台机器人同步作业，协作调度成功率 $\geq 90\%$ ；通信时延压缩至 $10\ \mu\text{s}$ 级，群体决策一致性提升至 95% ；支持 \geq

20 类不同场景的生态环保具身机器人应用；所有代码要求完全自研且开源；在 3 处以上典型区域、3 个以上省部级管理部门开展应用示范。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，实施周期不超过 2 年，承担单位不超过 3 家，下设课题数不超过 3 个，其他来源资金与中央财政资金比例不低于 1:1。

7.3.2 环境应急救援实时监控预警机器人

研究内容：

面向化工爆炸、污染泄漏等突发环境事件污染快速探测与精准监控重大需求，构建“空-地-水”三位一体的智能应急辅助系统。构建飞、走、游一体化跨域机动平台，实现包括复杂气流中抗扰飞行、油污表面稳定攀爬等全地形覆盖，支持快速形态自主切换。搭载智能感知矩阵和信息融合算法，构建“化-物-生”多维度污染场数字孪生体和多模态感知增强，在浓烟、暴雨等干扰下仍保持高的检测准确率。基于边缘智能中枢，内置灾害演化和污染运移模拟预测模型，实时生成三维应急决策方案。构建子母协同体系，建立母机进行态势感知、子机群实施抵近处置的分级响应机制，实现自主动态分配任务与协同控制。具备自主故障诊断与应急处理能力，实现故障工况下任务重新分配、故障机器人自愈控制或

安全返航。

考核指标：

30 种典型污染物在线检测准确率不小于 98%，在浓烟、暴雨等干扰下检测准确率不低于 95%；态势更新时间 < 3 s，决策方案智能生成更新时间 < 60 s；机器人组合、分离时间分别 < 3 s，并具备组合飞行、行走、游动、攀爬能力，飞行续航时间 > 90 min，最大速度 > 3 m/s，游动续航时间 > 24 h，最大潜深 > 50 m；实现复杂气流中抗扰飞行(抗风等级 6 级)，可在倾斜 60° 的油污表面稳定攀爬；协同搜索建图精度 < 0.5 m，敏感区域建图精度 < 0.1 m；在 3 处以上典型区域、3 个以上市级管理部门开展应用示范。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，实施周期不超过 2 年，承担单位不超过 3 家，下设课题数不超过 3 个，其他来源资金与中央财政资金比例不低于 1:1，项目以企业牵头组织申报。

7.3.3 复杂场景下污染智能识别与处置机器人

研究内容：

针对复杂环境下危险废物准确识别及快速清除难题，构建多维度环境感知与智能化处置的技术体系。建立多光谱信息融合识别系统，构建涵盖多维度危废特征的动态识别模型，

大幅提升复杂遮蔽环境下的危废识别准确率。设计仿生多模演化检测架构，模拟生物感知机制，开发具备自适应调节功能的检测终端，根据作业环境自动切换接触式与非接触式检测模式，显著提升狭小空间作业适应性。研制出具有力位混合控制特性的七自由度协作机械臂系统，集成真空吸附与柔性夹持双模末端执行器，配合智能动态路径规划算法，实现在复杂地形中高障碍规避率和抓取成功率的技术突破。具备岩溶地貌复杂环境下的自主运动能力、自主故障诊断与应急处理能力，实现故障工况下机器人自愈控制或安全返航。

考核指标：

具有土壤/底泥重金属及 VOCs 智能分类检测功能，分类识别准确率 > 95%；完成机械臂协同吸附装置开发，单次吸附质量 > 10 kg；支持固废精准抓取与原位修复作业，固废精准抓取成功率 > 98%；设计模块化水陆切换底盘，实现机器人水陆两栖作业能力，切换时间 < 30 s；构建动态路径规划算法，支持复杂地形避障与作业区域覆盖，实现在复杂地形中障碍规避率 100%；具备 VOCs 污染源、OU 污染源、噪声污染源自主锁定、应急处置、智能预测功能，开发污染清除作业异常状态自诊断与应急返航功能；具备代替专业人员在危险源区域自主作业的能力，可在复杂场景下连续作业不低于 72 小时；在 3 处以上典型区域、3 个以上市级管理部门开展应用示范。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，实施周期不超过 2 年，承担单位不超过 3 家，下设课题数不超过 3 个，其他来源资金与中央财政资金比例不低于 1:1，项目以企业牵头组织申报。

7.3.4 污水处理好氧颗粒污泥自动取样检测机器人

研究内容：

面向污水处理工艺精准调控需求，针对污水处理系统自行监测过程中对好氧颗粒污泥识别不精准，取样检测效率低的问题，构建“感知-决策-执行”一体化的智能检测系统。通过多模态传感平台实现全流程监测，实时解析颗粒污泥形态学参数（直径、密实度、沉降速度）及代谢活性指标。基于仿生柔性操作机构，实现从反应池到检测端的无损样本传递。依托智能决策中枢，构建颗粒污泥特征的数字孪生库，动态优化取样策略，大幅提升检测效率。开发颗粒污泥智能识别技术，实现颗粒-絮状污泥分类的高准确率。开发自主导航与协同控制技术，构建三维语义地图，自主动态确定最优取样路径，实现污泥层、活性污泥健康度、水质 COD 等三维态势。

考核指标：

具有采样-稀释-搅拌-图像采集分析-自动冲洗功能；构建

污泥图像智能识别和柔性取样，取样周期可缩短至原来的1/10，识别准确率 > 95%，实现 > 98.5%的颗粒-絮状污泥分类准确率，识别速度 < 1 s；实现颗粒污泥健康度实时动态检测，COD 浓度在线监控和三维动态表征，延迟 < 20 s；在 3 处以上典型区域、3 个以上市级管理部门开展应用示范。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，实施周期不超过 2 年，承担单位不超过 3 家，下设课题数不超过 3 个，其他来源资金与中央财政资金比例不低于 1:1，项目以企业牵头组织申报。

7.3.5 环境急性毒性和环境质量探测机器人

研究内容：

针对水、土、气、固等污染治理急性毒性检测效率低的问题，突破生物毒性快速智能检测技术，研发水、土、气、固等生物毒性实时探测传感器，开发多介质污染物浓度和综合毒性实时快速探测机器人。

考核指标：

研制水、土、气、固等生物毒性实时探测传感器，出数间隔 < 3 min；研制多介质污染物浓度实时快速探测机器人，典型污染物检测种类不少于 20 种，检出限满足环境质量和应急管理保障场景需求；在 3 处以上典型区域、3 个以上市

级管理部门开展应用示范。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，实施周期不超过 2 年，承担单位不超过 3 家，下设课题数不超过 3 个，其他来源资金与中央财政资金比例不低于 1:1，项目以企业牵头组织申报。

7.3.6 海洋河湖水环境自动检测和预警潜艇

研究内容：

面向水生态系统全域监测需求，针对海洋河湖多介质、大尺度、长距离环境自动检测分析及智能预警难题，构建“面-水-底”三维协同的智能感知网络。通过多模态航行平台实现全水域覆盖，以及水下潜航与滑翔双模式切换；研制微创式采样机械臂，开发仿生无损采样系统。集成智能传感矩阵，采用声光融合探测技术，开发水体透视算法，构建水下三维点云，实现水体-沉积物-生物体多介质同步分析，以及高精度沉积物厚度的估计和生物识别。基于边缘智能中枢，内置生态风险预警模型，实时生成污染扩散预测态势图。开发智能导航控制体系，保证水下和水面高精度导航，开发路径规划类脑智能模型，自主优化监测点位；具备自主故障诊断与应急处理能力，实现故障工况下自愈控制或安全返航。

考核指标：

研发海洋河湖环境自动检测和预警潜艇，实现海洋河湖水位定深和底泥定位精准、快速、长期自动采样检测，最大潜深 $> 100\text{ m}$ ，定深精度 $< 0.1\text{ m}$ ，单次稳定作业时间 > 30 天；可搭载高灵敏度传感器 > 9 种，实现水体和底泥在线检测因子 > 20 种，分类精度 $> 95\%$ ，沉积物厚度预测误差 $< \pm 2\text{ cm}$ ；监测点位覆盖率 $> 95\%$ ，具备 > 5 种典型海洋河湖鱼类动态监控，准确率 $> 90\%$ ；具备自主无损抓取典型海洋河湖生物能力，成功率 $> 90\%$ ；在 3 处以上典型区域、3 个以上市级管理部门开展应用示范。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，实施周期不超过 2 年，承担单位不超过 3 家，下设课题数不超过 3 个，其他来源资金与中央财政资金比例不低于 1:1，项目以企业牵头组织申报。

7.3.7 工业园区环境监管自主检测预警机器人

研究内容：

面向工业园区平地、台阶等复杂地形环境下的近域检测需求，突破轮足复合、腿臂融合设计，研发在线切换 6 种运动模式（滚动/攀爬/跨越/侧移/旋转/驻停），实现包括平地区域、垂直越障、管道、斜坡攀爬等全地形适应，攻克传统轮式机器人无法适应沟渠、台阶、管道的技术瓶颈。搭载多传

传感器融合检测平台，集成激光气体分析模块、红外热成像单元与毫米波雷达，实现多源气体泄漏智能诊断，建立“泄漏检测-风险评级-应急响应”三级预警机制。基于腿臂协同操作系统，机械臂具备多自由度运动能力，末端集成多功能夹具，实现设备巡检、阀门操作、样本采集等复合任务。研发动态环境路径规划技术，具备园区全局路径规划和实时自主避障能力，开发多目标优化模型，同步优化巡检效率、能耗与检测质量，支持动态任务插入与优先级调整；具备自主故障诊断与应急处理能力，实现故障工况下机器人自愈控制或安全返航。

考核指标：

机器人单足分支自由度 ≥ 3 ，设计轮足复合构型；机器人具备单臂操作和双臂协作操作能力；轮腿运动模式切换时间 $< 3\text{ s}$ ，最大轮行速度 $> 3\text{ m/s}$ ，最大步行速度 $> 2\text{ m/s}$ ；机器人轮式移动续航能力 $> 5\text{ h}$ ，足式移动续航能力 $> 2\text{ h}$ ；具备园区典型对象的视觉识别能力，识别准确率 $> 95\%$ ；机器人具备雷达和视觉传感条件下的动态避障、自主导航和路径规划能力；机器人具备园区典型泄漏气体检测能力，检测准确率 $> 95\%$ ；机器人可搭载至少 10 种污染传感器，可智能识别大气排放源、地下管线和排污口；具备 10 公里管道自主巡航和返回功能，连续作业时间 $> 30\text{ h}$ ；在 3 处以上典型区域、3 个以上市级管理部门开展应用示范。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，实施周期不超过2年，承担单位不超过3家，下设课题数不超过3个，其他来源资金与中央财政资金比例不低于1:1，项目以企业牵头组织申报。

7.4 珍珠项目群：多介质环境综合治理共性技术研发与应用

本珍珠项目群聚焦气、水、固等多介质污染治理需求中的关键技术，旨在突破多介质精准感知、绿色高效治理等技术瓶颈，推动环境治理技术创新与产业升级。下设8个珍珠项目，为京津冀环境系统治理提供基础科技支撑。

7.4.1 活性可控可视的塑料光降解助剂研究与应用

研究内容：

针对京津冀地区可降解塑料在生产过程中为满足使用稳定性而引入“三致”物质干预来形成稳定期，但实际使用中存在稳定期可控性差、降解期可视性缺失的问题，研究光降解活性受控开启、颜色随活性改变的助剂构建方法，突破无“三致”物质、活性可控可视的塑料光降解助剂核心技术，开发基于新助剂的废塑料高附加值再生技术，构建新助剂“研-产-用”成套装备和工艺，开展工程示范。

考核指标：

形成具有完全自主知识产权的光降解活性可控可视的光降解助剂产品，完成中试验证。其中，开发出无“三致”物质、活性可控可视的塑料光降解助剂产品系列 1 个；新助剂光降解活性能够根据需求在一定时间后受控开启，复合有新助剂的再生料（不添加传统稳定剂和抗氧剂），在光照下稳定期时长从 5 天到 2 年按需可调（5 天、1 个月、3 个月、6 个月、12 个月、18 个月、24 个月等时长），且稳定期时长设计值与实际值偏离率 $\leq 0.5\%$ ，稳定期内再生料减重率 $< 0.1\%$ ；新助剂活性变化可通过颜色的改变直观呈现（可视化），复合有新助剂的再生料稳定期可视化准确率 $> 99.5\%$ ；在稳定期结束、降解期开启且处于光照环境下，再生料在 15 天内实现 100%降解，助剂投加量 $< 3 \text{ wt}\%$ ；新助剂适配的再生料聚合物 ≥ 5 种，包含聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯、聚对苯二甲酸乙二醇酯；与传统再生料相比，含有新助剂的再生料新增收益 ≥ 8000 元/吨。建成 1 t/a 活性可控可视的塑料光降解助剂生产线 1 条；开发出具有可控可视稳定期的光降解再生料年产量千吨级的工艺包 1 份；建成再生料应用工程示范 1 项，形成纤维成品面料 2 款，交付量 $\geq 10 \text{ m}^2$ ；制定再生料企业标准 1 项；设计并搭建光降解处置装置 1 套。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，实施周期不超过 3 年，承担单位不超过 3 家，下设课题数不超过 3 个，其他来源资

金与中央财政资金比例不低于 3:1。

7.4.2 工业废水高效低耗膜吸收脱氨产品与技术

研究内容：

针对蒸汽汽提等现有工业废水脱氨技术能耗高、成本高等问题，研发高效低耗工业废水膜吸收脱氨产品与技术，建立连续自动化生产线，开发抗污染、防润湿的脱氨膜及组件，解析复杂水质条件下氨的界面传质行为及强化机制，构建典型高氨工业废水适配性膜吸收脱氨工艺，并开展技术应用示范。

考核指标：

研发具有自主知识产权的高效低耗工业废水膜吸收脱氨技术与产品，并建成产能 ≥ 5 万 m^2 /年的聚丙烯中空纤维脱氨膜连续自动化生产线 1 条，单根膜丝长度 > 2 km，膜丝最小透水压力 > 5 bar，平均孔径 50~150 nm；研发出具有表面致密皮层的聚丙烯中空纤维脱氨膜及尺寸不小于 8 寸的编织型组件，最小透水压力 > 10 bar，平均孔径 < 20 nm，膜传质系数 $> 5 \times 10^{-6}$ m/s，实现低表面张力（ < 65 mN/m）含氨废水脱氨效率 $> 98\%$ ；形成 1~2 种面向冶炼、新能源、化工等典型高氨工业废水的适配性膜吸收脱氨工艺包；开展致密皮层脱氨膜工程应用示范，处理规模不小于 100 t/d，膜组件清洗周期 > 60 天，出水氨氮浓度达到相关行业排放标准或满足后

续处理要求，膜吸收脱氨直接成本低于 10 元/吨。

申报说明：

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

7.4.3 高灵敏高稳定微生物电化学 BOD 原位在线监测仪器及系统

研究内容：

针对水质实时监管和精准调控的需求，研究无氧和有氧水环境中 BOD 在线生物传感方法及计算模型，突破高电活性传感生物膜的可控形成、高复现量产和抗污染技术，开发高灵敏高稳定微生物电化学 BOD 原位在线监测仪器及物联网系统，构建综合性水质指标的在线监测新方法。

考核指标：

针对无氧和有氧水环境 BOD 原位在线监测需求，分别研发 2 种不同原理的高灵敏高稳定微生物电化学 BOD 传感在线监测技术及仪器；研发 2 套 BOD 原位实时监测物联网系统，稳定实现全天自动化无人值守和云端数据直传；无氧微生物电化学 BOD 仪检测范围从现有水平的 300~1000 mg/L 提升到 1~1000 mg/L，单点测试时间从 5~360 min 缩短到 ≤ 1 min，信号漂移从现有的 $\pm 10\%$ 降低到 $\pm 5\%$ ；有氧微生物电化

学 BOD 仪检测范围达到 1~100 mg/L，单点测试时间缩短到 ≤ 30 min；BOD 仪连续 30 天运行的电流密度衰减低于 10%，工程现场启动时间小于 1 天；不同批次传感仪的电流密度误差在 20%以内，核心传感元件寿命 ≥ 6 个月；核心传感元件具有抗污染和自恢复能力，在泥水混合条件下电流可恢复至初始值的 80%以上；BOD 原位实时监测系统在京津冀地区典型场景建立应用示范点 5 个以上；与类似产品对比，降低生产及运维成本 20%以上。

申报说明：

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

7.4.4 基于热脱附-质谱检测的宽氧化态有机物在线监测技术

研究内容：

针对大气宽氧化态和宽挥发性 VOCs 测量难，需多台仪器联用成本高、系统误差大，研究宽氧化态和宽挥发性有机物一体化在线监测方法，突破在线颗粒物和 VOCs 收集、热脱附及质谱检测技术瓶颈，开发高性能气相和颗粒相测量系统，构建低-中氧化态、低-半挥发性有机物种的数据集。

考核指标：

研发基于热脱附-质谱检测的宽氧化态气相-颗粒相有机物在线分析仪器，可实现同一质谱检测器对气相和颗粒相有机物的一体化测量，对不少于 50 种宽氧化态有机物的定量误差小于 20%，可定量标况下的有机物饱和蒸气压范围优于 $10^{-9}\sim 10^6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、含氧量范围优于 0~6 个；完成大气气相和颗粒相宽氧化态在线测量的时间分辨率优于 2 小时；以液相标物直接注射作为定量基准，该设备的在线收集和热脱附系统对正十五、正二十五、正三十五烷的总热脱附效率和传输效率均不低于 95%；气相萘、左旋葡聚糖和己酸的检出限分别优于 10 pptv、10 pptv 和 100 pptv，颗粒相正十五烷、正三十五烷和癸酸的检出限分别优于 0.1 ng、1 ng 和 1 ng；在真实大气测量中解析不少于 25 种低/半/中挥发性有机物在气相-颗粒相的分配和对大气氧化性的贡献；单套设备（不包括质谱检测器）的生产成本低于 10 万元人民币，实现全国化和全国产业化。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，实施周期不超过 3 年，承担单位不超过 3 家，下设课题数不超过 3 个，其他来源资金与中央财政资金比例不低于 2:1。

7.4.5 玻璃烟气低成本高效脱硝催化剂开发与应用

研究内容：

针对玻璃行业烟气脱硝成本高、难度大、能耗高等问题，研究廉价非钛载体脱硝催化剂的可控制备与性能优化，突破载体的短流程低成本制备、活性组分的高效减量以及两者的强效耦合方法，开发成型催化剂多时空尺度原位表征系统，建立低成本高效脱硝催化剂规模化生产技术。

考核指标：

研制出廉价非钛材料为载体的高效脱硝催化剂，并实现规模化生产。对比目前商用钒钛脱硝催化剂，实现载体材料从原矿到成品的生产周期缩短 1/2 以上；催化剂生产过程无废旧催化剂掺杂；整体催化剂中五氧化二钒的质量比不高于 1.2%；成品催化剂材料成本降低 40% 以上，成型过程能耗降低 25% 以上；建设 1 套适用于成型催化剂性能优化的同步辐射 X 射线散射/衍射/吸收联用原位表征样品环境系统；催化剂产品轴向耐压强度 ≥ 2.5 MPa，径向耐压强度 ≥ 0.6 MPa；建成一条不低于 1000 m³/年的催化剂生产线；建成 1 个烟气量 ≥ 4 万 m³/h 的示范工程，稳定运行 3000 小时以上，催化剂工作温度 < 260 °C，NO_x 转化率 $> 90\%$ ，排放烟气满足玻璃行业烟气污染物超低排放标准，即 SO₂ ≤ 50 mg/Nm³，NO_x ≤ 200 mg/Nm³，粉尘 ≤ 10 mg/Nm³（干基，标准氧）。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，实施周期不超过 3 年，承担单位不超过 3 家，下设课题数不超过 3 个，其他来源资

金与中央财政资金比例不低于 1.5:1。

7.4.6 工业废水剩余污泥原位削减的食物网构建与长效稳定关键技术

研究内容：

针对京津冀区域工业废水生物处理耐冲击能力差和剩余污泥处置成本高等问题，揭示废水处理系统微生物食物网的稳态转换与维持机制，突破废水处理系统功能区划的多级微生物食物网构建技术，创新基于能量通道调节的微生物食物网稳定性维持方法，开展低碳约束下长效稳定的废水剩余污泥原位大幅削减与污染物同步深度净化工程应用。

考核指标：

编制基于传统/改进活性污泥法的工业废水生物处理系统中四营养级以上微生物食物网构建技术方案 1 套，建立废水处理系统多级微生物食物网动力学模型 1 个，构建基于能量通道调节的微生物食物网稳定性维持参数集 1 套，创建工业废水剩余污泥原位削减的多级微生物食物网构建与调控技术 1 项，工业废水生物处理系统剩余污泥原位削减率从 ~70% 提高到 $\geq 90\%$ ；建立工业废水处理系统生物捕食与污染物降解耦合模型 1 个，系统碳源投加量减少 3/4 以上，碳排放量降低 20% 以上，生物处理单元运行能耗降低 40% 以上；在制药、煤化工、石油化工等行业建立耐冲击能力强的工业

废水剩余污泥原位削减技术工程示范 2 项，单项工程处理能力 ≥ 2000 t/d，连续稳定运行 300 天以上。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，实施周期不超过 3 年，承担单位不超过 3 家，下设课题数不超过 3 个，其他来源资金与中央财政资金比例不低于 5:1。

7.4.7 城市化背景下河流水生生物多样性监测评估与响应预测研究（青年科学家项目）

研究内容：

针对城市河流水生生态系统生物多样性时空演变规律及其对多重环境胁迫响应机制不明、监测评估体系缺乏等问题，构建水生生物多样性高密度监测网络，开发高通量、高精度监测方法与关键类群综合生物数据库，揭示其生物多样性时空格局，识别关键指示物种对环境变化的响应特征及临界阈值。解析城市化进程对水生生物群落的影响机理，揭示优先控制污染物生态毒性效应及生物群落的适应机制，阐明生物多样性演变的关键生态学过程。构建以水生生物多样性保护为目标的水生态环境质量评价指标体系，开发水生生态系统退化诊断与归因分析的机制模型，构建环境胁迫因子临界阈值推导方法，开发集成城市化进程下的水生态响应预测模型，模拟不同城市化情景下的水生态系统演变趋势。

考核指标：

以环境核酸技术（eDNA/eRNA 联用）为核心的生物多样性高通量检测技术方法 1 套，鱼类种水平鉴定准确率大于 85%、底栖动物属水平鉴定准确率大于 70%、着生藻类科水平鉴定准确率大于 70%；条形码数据库 1 个，覆盖率超过 90% 的目标类群；城市河流水生生物多样性监测技术规范 1 项，形成不少于 5 年的典型城市河流（潮白河、北运河、永定河等）连续监测数据集，包含鱼类、底栖动物、着生藻类等不少于 3 个生物类群；北京市等河流常见物种名录及分布图集 1 套，包括物种名录、图谱、分布现状图，其中优势种及指示性物种不少于 50 种。水生生物群落-环境因子耦合关系数据集 1 套，包含土地利用、水文、污染物、气象等环境因子；城市河流水生生物群落多维度多样性与多重胁迫因子的定量响应模型 1 套，实现对关键物种、功能群和系统发育谱系的响应预测，模型解释率 $\geq 75\%$ ；融合多组学分析的水生生物群落网络模型，实现群落稳定性的定量评价，网络关联关系的识别准确度 $\geq 85\%$ ，提出特大型城市水生生物群落时空演替及稳态重构的机制。城市河流水生态环境质量评价与预警系统 1 套，包含主要水生生物类群（如底栖动物、着生藻类等）评价、诊断、预测等功能模块；水生生物响应预测模型 1 套，设计 ≥ 3 种未来发展情景（局部气候、土地利用、社会经济），2030-2050 年水生生物演变趋势分析报告 1 份；

城市河流生物多样性变化的临界阈值预警体系 1 套，识别 ≥ 3 个关键胁迫因子的临界阈值，形成适用于典型城市河流的水生态评价技术方案 1 套。

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

7.4.8 高流速雨污排口污染物自动清捞技术装备研发与应用（青年科学家项目）

研究内容：

针对污水处理用格栅抗水力冲击能力差，水利工程格栅栅隙过大，均无法满足雨污排口汛期高流速下污染物拦截清捞的问题，研究不同雨量、雨强与排水系统运行场景下，漂浮物的累积特征、赋存形式及降雨冲刷出流规律，研究基于漂浮物拦截清捞的雨洪排口分类方法。研究高通量、致密孔径的调蓄池入口，以及合流制雨污排口漂浮物原位拦截成套装备。研究满足大暴雨高速排水要求的雨污渠涵漂浮物清捞成套装备；研究兼顾漂浮物拦截、水量冲击、通量快速恢复等功能要求，融合出流感应及漂浮物动态变化的智能响应自适应调控技术及智能控制系统，选择京津冀典型雨污排口开

展应用验证，解决行洪排涝与漂浮物清捞协同问题，破解国内外无成熟适用清捞装备的行业困境。

考核指标：

研制调蓄池入口、合流制雨污排口漂浮物原位拦截装备，电机与雨污水非接触式安装，无需反冲洗系统，有效过水面积不减少，孔径 1 厘米孔板结构的单机最大过水能力不小于 $1 \text{ m}^3/\text{s}$ ，自重和装机功率较同等规模污水处理用拦渣设备降低 50%以上。研制雨污渠涵漂浮物原位清捞成套装备，不增大原有渠涵尺寸，过水面设计流速不低于 2.5 m/s ，无需反冲洗系统，孔径 2 厘米孔板结构的单机最大过水能力不小于 $10 \text{ m}^3/\text{s}$ 。研发具备无人值守自启动、漂浮物出流量动态自适应的智能控制系统，响应时间不超过 5 秒。完成不少于 2 座城市、不少于 3 类雨污排口的漂浮物特征及降雨出流规律研究报告，形成基于漂浮物拦截模式的排口分类方法。在京津冀地区完成不少于 4 个工程的应用验证，连续稳定运行不少于 6 个月（包含一个完整雨季），其中 $10 \text{ m}^3/\text{s}$ 规模装备应用不少于 1 个。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，实施周期不超过 2.5 年，承担单位不超过 3 家，下设课题数不超过 3 个，其他来源资金与中央财政资金比例不低于 3:1，项目以企业牵头组织申报。

板块八：生态环境管理创新

8.1 京津冀美丽中国先行区建设战略路径和重大工程技术体系研究

研究内容：

面向党中央国务院建设京津冀美丽中国先行区的战略部署和需求，构建美丽中国先行区建设理论体系，研究国家重大战略区域先行区建设的战略目标与评估技术体系，提出京津冀美丽中国先行区建设的分阶段战略目标和分省域、分领域战略重点，并有效融入京津冀美丽中国先行区建设以及京津冀三地“十五五”生态环境保护规划。以协同区域生态环境保护与高质量发展为导向，构建经济-社会-环境多目标优化模型和技术，耦合生态环境质量目标实现、社会经济综合成本最小、公共福祉最大等多个约束条件，提出京津冀区域及三地产业低碳发展、能源清洁转型、资源高效利用、减污降碳协同等领域协同优化的路径。对照二十届三中全会关于深化生态文明体制改革要求，全面评估当前京津冀区域生态文明治理协同化、系统化、智慧化水平，精准识别制约生态文明治理效能全面提升的关键因素，针对生态文明基础体制、生态环境治理体系、绿色低碳发展机制三大领域，重点研究提出协同机制、法规政策、空间管控、基准标准、智能监管、经济激励、风险防范等领域分阶段的改革任务，设计“制度

创新-标准重构-智慧赋能”三维驱动的现代化协同治理路径，建立支撑京津冀先行区建设的现代化生态文明治理体系和京津冀美丽中国先行区生态环境管理创新体系。开展国家重大环境治理、生态保护修复、绿色低碳和应对气候变化等重大工程实施综合成效评估研究，建立重大工程实施综合成效评估模型和技术方法，研究确立京津冀先行区建设美丽工程内涵、范围和建设标准，结合国家财政专项资金和重大项目管理体制变革需求，研究提出美丽中国先行区建设重大工程体系和工程建设方案。协助有关部门开发美丽中国先行区建设综合管理平台，集成京津冀美丽中国先行建设战略目标、战略路径、治理体系、重大工程等创新成果，制定京津冀美丽中国先行区建设的中长期战略路线图，形成典型功能区的美丽建设模式。

考核指标：

1. 形成美丽中国先行区建设理论体系 1 套，构建差异化的国家重大战略区域美丽中国先行区建设进程评估指标体系及配套方法 1 套，从绿色低碳、环境优美、生态宜居、安全健康、智慧高效等多维度提出京津冀美丽中国先行区建设战略目标和指标，其中区域特色指标不少于 15%，目标节点包括 2030 年、2035 年和 2050 年，主要成果支撑京津冀美丽中国先行区建设重点任务方案。

2. 构建京津冀美丽中国先行区经济-社会-环境多目标优

化技术 1 套，覆盖环境治理、生态保护、经济增长、碳排放、资源能源消耗等主控因素不少于 10 项；从产业低碳发展、能源清洁转型、资源高效利用、减污降碳协同等不少于 6 个领域提出京津冀区域及北京、天津、河北三地美丽建设先行路径方案 3 套，主要成果得到省级及以上政府管理部门采纳应用。

3. 形成京津冀美丽中国先行区现代化生态环境治理体系建设方案 1 套，设计包含协同机制、法规政策、空间管控、基准标准、智能监管、经济激励、风险防范等领域的现代化协同治理体系建设路径，提出京津冀分领域、分阶段的现代化治理体系与能力提升重大改革任务建议不少于 5 份，主要成果得到省级及以上政府管理部门采纳应用。

4. 制定支撑京津冀美丽中国先行区建设的美丽工程全过程实施指南和重大工程总体设计方案，凝练形成约 100 个重大工程项目的概念设计文件，分类制定综合成效评估技术规范性文件 4 份，主要项目纳入国家和京津冀三地“十五五”生态环境保护 and 美丽中国建设项目库。

5. 研发美丽中国先行区建设综合管理平台，实现美丽中国先行区建设进程评估和工程调度等业务化功能；编制京津冀美丽中国先行区建设中长期战略路线图，形成典型生态功能区、工业聚集区、现代都市区、农产品主产区等美丽建设模式不少于 4 类，主要成果得到省级及以上政府管理部门采

纳应用。

申报说明：

项目类型为**基础前沿类**，实施周期不超过**3年**，以中央**财政经费支持为主**。

8.2 京津冀水环境质量基准制定关键技术与应用

研究内容：

针对京津冀区域水环境质量基准目标污染物识别和筛选方法缺乏的问题，开展污染物分析测试，形成水环境污染物识别技术。综合考虑污染物毒性效应、水体污染物暴露特征、区域协同管控可行性等因素，构建京津冀水环境质量基准目标污染物筛选技术，提出基准目标污染物清单。针对京津冀区域水生态基准制定理论和关键技术缺乏的问题，基于区域水生生物物种分布特征和目标污染物水生生物毒性数据，研发水环境质量基准受试物种筛查技术，及目标污染物生物毒性测试和预测模型，构建以保护水生生物、底栖生物等为目标的水生态基准制定关键技术，形成适合京津冀区域特征的水生态基准方法体系，推导目标污染物的水生态基准。针对京津冀区域保护人群健康水质基准制定关键技术和区域特征参数缺乏的难点，筛选区域典型污染物关联的人群饮水量、水产品摄入量、水生生物累积系数等关键参数，研发基于污染物致癌效应和非致癌效应的人群健康水质基准制

定关键技术，构建适合区域特征的保护饮用水水源地和保障水产品安全摄入的水质基准技术体系，推导目标污染物的人群健康水质基准。针对京津冀区域水环境质量基准在环境管理中实际应用困难的挑战，在京津冀重点水体开展水环境质量基准应用研究，基于基准研究成果和实测数据，开展重点水体生态和健康风险评估，划分风险等级，明确受损物种。构建重点水体水质基准应用信息化平台，实现生态和健康风险预测预警和风险等级可视化。探究目标污染物水环境质量基准向标准转化的路径，提出水环境质量标准修订建议，为京津冀生态环境差异化管理决策提供技术支撑。

考核指标：

1. 建立高分辨率、高通量、高灵敏度污染物分析和识别技术；研发适合京津冀水环境特征的水环境质量基准目标污染物筛选技术；提出京津冀保护水生态系统和人群健康的水环境质量基准目标污染物清单。

2. 提出京津冀区域水环境质量基准受试物种名录；建立基准目标污染物水生生物毒性效应数据集（不少于 5000 条，每条不少于 3 个变量）；制订水生态基准推导技术规范或指南不少于 1 项（征求意见稿）；制订目标污染物水生态基准文件不少于 4 份。

3. 建立京津冀区域保护人群健康的基准目标污染物关键参数数据集（包括人群暴露类参数不少于 600 条，每条不

少于 5 个变量；毒性效应类参数不少于 200 条，每条不少于 3 个变量；生物累积类参数不少于 200 条，每条不少于 4 个变量）；制订保护人群健康水质基准推导相关技术规范或指南不少于 1 项（征求意见稿）；制订典型水体目标污染物人群健康水质基准文件不少于 1 份。

4. 在京津冀重点区域开展水环境质量基准应用研究，构建水环境质量基准应用信息化平台 1 个，提交典型区域水环境质量基准应用报告不少于 1 份，提出水环境质量标准修订建议 1 份，形成京津冀水环境质量基准与标准蓝皮书，相关研究成果得到省级及以上政府管理部门采纳应用。

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

8.3 京津冀碳污协同排放标准制订关键技术与重点行业排放标准研究及应用

研究内容：

针对京津冀美丽中国先行区建设战略目标需求，开展典型行业碳污排放特征研究，建立典型行业碳污排放监测核算方法的评估指标体系，研发多源碳污排放监测核算数据的等

效使用方法，量化不同排放标准下碳污协同减排潜力，开展京津冀陆海协同、多介质协同的排放标准协调性研究，以及标准实施的减排量—环境质量改善—健康效应等环境效益和经济分析方法研究，构建产排污系数动态更新可行技术路径，构建京津冀生态环境标准体系发展路线图。针对京津冀钢铁、水泥和玻璃制造业的碳污排放协同控制需求，研究行业污染物和 CO₂ 等温室气体排放特征，基于当前行业主流技术工艺水平，科学建立产排污系数（包括治理设施污染物去除效率）及相应核算方法，建立碳污协同控制技术评估方法，构建京津冀钢铁、水泥和玻璃制造业碳污协同排放标准制订技术方法体系，开展污染物控制限值与碳排放强度的内在相关性研究，研制碳污协同控制技术指南和协同控制温室气体的排放标准。针对京津冀典型基础化学原料制造行业的碳污排放协同控制需求，研究行业污染物和 CO₂、N₂O 等温室气体排放特征，基于当前行业主流技术工艺水平，科学建立产排污系数（包括治理设施污染物去除效率）及相应核算方法，建立碳污协同控制技术评估方法，并构建京津冀典型基础化学原料制造行业的碳污协同排放标准制订技术方法体系，研制碳污协同控制技术指南和协同控制温室气体的排放标准。针对京津冀典型电子器件和汽车制造行业碳污协同控制需求，研究行业 VOCs 等污染物和 CO₂、NF₃、SF₆、PFCs 等温室气体排放特征，基于当前行业主流技术工艺水平，科学建

立产排污系数（包括治理设施污染物去除效率）及相应核算方法，建立碳污协同控制技术评估方法，构建京津冀典型电子器件和汽车制造行业的碳污协同排放标准制订技术方法体系，研制碳污协同控制技术指南和协同控制温室气体的排放标准。针对生态环境标准制订和管理的智能化需求，研究生态环境标准数据多模态融合处理技术，研发生态环境标准人机交互数智模型和智能体，研究基于人工智能的重点行业企业生态环境统计数据采集、审核、分析关键技术，构建生态环境标准数字智慧化平台并开展应用示范。

考核指标：

1. 建立 1 套典型行业碳污排放监测核算方法的评估指标体系，覆盖污染物和温室气体不少于 10 种；研发不少于 1 种多源碳污排放监测核算数据的等效使用方法；构建碳污协同排放耦合模型 1 套，覆盖污染物和温室气体不少于 10 种；建立和完善可动态更新的行业碳污产排系数核算及更新通用方法，以及排放标准实施的环境效益和经济分析方法；建立陆海协同、多介质协同的标准体系协调性审查方法 1 套，提出排放标准制修订建议，形成京津冀美丽中国先行区生态环境标准体系路线图 3 套，相关研究成果得到省级及以上政府管理部门采纳应用；研制不少于 1 项碳污协同监测核算标准；发布不少于 1 项国际或国内（国家、行业或地方）标准。

2. 建立京津冀钢铁、水泥和玻璃制造业全链条多目标碳

污协同控制技术筛选评估方法，覆盖生产工艺优化、能效管理等 6 个以上关键环节，选择典型企业开展示范应用；制定钢铁、水泥和玻璃制造业产排污系数、核算方法，形成行业产排污系数手册和产排污系数更新技术文件；构建钢铁、水泥和玻璃制造业的碳污协同排放标准制订技术方法体系，涵盖行业主要特征污染物及 CO₂ 等温室气体；形成国家、行业、地方标准建议稿不少于 2 项，发布稿不少于 1 项；形成钢铁、水泥和玻璃制造业的碳污减排及费用效益分析报告 1 份。

3. 建立京津冀典型基础化学原料制造行业的全链条、多目标碳污协同控制技术筛选评估方法，覆盖生产工艺优化、温室气体与污染物协同治理、N₂O 回收利用等 6 个以上关键环节，选择典型企业开展示范应用；制定典型基础化学原料制造行业产排污系数、核算方法，形成行业产排污系数手册和产排污系数更新技术文件；针对高 N₂O 排放的典型基础化学原料（如硝酸、己二酸等）制造行业，构建行业碳污协同排放标准制订技术方法体系，涵盖行业主要特征污染物及 CO₂、N₂O 等温室气体；形成国家、行业、地方标准建议稿不少于 2 项；形成典型基础化学原料制造行业的碳污减排及费用效益分析报告 1 份。

4. 建立京津冀电子器件和汽车制造等典型 VOCs 排放行业的全链条、多目标碳污协同控制技术筛选评估方法，覆盖生产工艺优化、温室气体与污染物治理协同等 6 个以上关

关键环节，选择代表性企业开展示范应用；制定典型电子器件和汽车制造等涉 VOCs 重点行业产排污系数、核算方法，形成重点行业产排污系数手册和产排污系数更新技术文件；构建典型电子器件和汽车制造行业碳污协同排放标准制订技术方法体系，至少涵盖行业 VOCs 等主要特征污染物及 CO₂、NF₃、SF₆、PFCs 等温室气体；形成国家、行业、地方标准建议稿不少于 1 项，发布稿不少于 1 项；形成典型电子器件制造行业含氟气体处理的碳污减排及费用效益分析报告 1 份，相关政策建议 1 份，支撑生态样板城的建设，应用于电子行业管理。

5. 研发生态环境标准数据多模态融合处理技术，满足图像、文本、结构化数据等 3 种以上模态标准数据的自动处理；研发生态环境标准人机交互数智模型和智能体，智能体知识问答及动态优化服务响应时间不超过 2 秒，服务内容正确率不低于 95%；构建重点行业企业生态环境数据智能填报系统，接入现有采集数据，实现智能审核、多源数据关联查询分析、大模型驱动的动态可视化看板及场景化报告生成；研发实现多模态数据处理、统计分析、智能决策等功能的生态环境标准数字智慧化平台，相关成果支撑京津冀生态环境模拟器的建设，支持 200 项以上标准数据的协同统计分析，在不少于 3 个省市进行应用示范。

申报说明：

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

8.4 京津冀生态环境分区域差异化精准管控关键技术 研究与应用

研究内容:

面向构建和完善支撑京津冀美丽中国先行区全面绿色转型的生态环境分区管控制度重大需求,研发多要素复杂关联过程的生态环境综合评价与多尺度嵌套的承载力空间配置技术,建立跨区域、海陆统筹的空间降尺度分区划定方法,构建生态环境准入清单编制与动态调控技术,形成京津冀一体化生态环境分区管控技术体系。建立生态环境分区管控实施成效评估与路径优化技术,解析生态环境分区管控对经济社会系统的作用机制,提出差别化评价指标体系,构建生态环境分区管控跟踪评估与结果应用机制。研发基于管控单元的减污降碳协同效应综合评估与全链条优化管控技术,构建基于成本效益的碳污协同管控措施筛选与清单优化技术,提出重点行业减污降碳协同的空间优化与准入管控技术。研发分区域社会经济绿色转型与生态环境改善的动态模拟与协同调控技术,构建基于管控单元的社会经济-生态环境动态反馈调整与差异化管控限值确定方法,制定“分区管控+重点行业/部门”差异化管控清单。研发京津冀生态环境分区管控

复杂网络系统构建与关键管控单元识别筛选技术，构建基于人工智能的生态环境分区管控非现场监控与实时分析技术，开发多级联动的生态环境分区管控智能研判与决策优化技术。构建分区管控与水、气、土、生态、海洋、重金属等要素管理制度协同路径，建立分区域差异化管控政策协同的管理机制，研发面向不同管理需求的分区管控与要素管理衔接关键技术，提出基于分区管控的京津冀生态环境治理改革方案。选择京津冀跨界地区、重点城市、主要行业、典型产业园区/工业聚集区、重要生态环境功能区等，开展生态环境分区域差异化精准管控关键技术落地应用，与京津冀生态环境模拟器实现对接。

考核指标：

1. 完成区域生态环境综合评价技术导则 1 项，涵盖水、气、土、碳、生态、海洋等要素，多要素关联的承载力测算精度达到 85% 以上，污染物排放动态管控要求分解到重点管控单元尺度，制定面向京津冀联防联控的生态环境分区管控共性方案 1 套，生态环境准入清单的定量管控要求占比不低于 70%，跨区域、陆海统筹地区生态环境管控单元划定及管控要求的协调性提升至 90% 以上，研制的技术和导则得到省级及以上政府管理部门采纳应用，并在不少于 3 个区域或城市应用。

2. 研发京津冀多场景生态环境分区管控实施成效评估

模型 1 套，实施成效差别化评价的最小空间精度为生态环境管控单元（乡镇、园区尺度），提出 4~5 个典型应用场景与领域，形成生态环境分区管控实施成效跟踪评估指标体系和考核机制 1 套，评估结果支撑京津冀美丽中国先行区建设考核与环保督察等，并在雄安新区和不少于 3 个城市应用。

3. 构建基于管控单元的减污降碳协同效应评估与全链条优化管控技术 1 套，评价对象覆盖重点行业生产排放过程和关键工艺单元，区域减污降碳协同管控目标和措施落实分解到生态环境管控单元，产业链空间布局与资源能源配置协同度提升 20%~30%，典型管控单元碳污管控协同度提升 30%~40%，研发技术在不少于 2 个典型产业园区/工业聚集区得到落地应用。

4. 建立分区域经济社会绿色转型与生态环境改善的动态模拟与协同调控技术 1 套，模拟精度为企业水平和空间管控单元尺度，企业生产排放行为的模拟准确度总体达到 80% 以上，促进重点行业资源利用和污染排放效率提高 30% 以上，制定支撑京津冀美丽中国先行区全面绿色转型的分区域差异化管控限值方案和重点行业/部门管控清单 1 套，研发技术在京津冀不少于 2 个城市和 2 个重点行业/部门得到应用。

5. 研发京津冀生态环境分区管控复杂网络系统构建技术 1 项，提出京津冀关键管控单元名录 1 套；制定基于人工智能的生态环境分区管控非现场监控技术规范 1 项，并在 3

类生态环境管控单元应用，对不符合生态环境准入清单要求的问题精准识别率达到 90%以上；研发生态环境分区管控智能研判与决策优化技术 1 项，实现国家-省-地市及管控单元的多级联动，并在典型产业园区、工业聚集区、重要生态环境功能区等在内的至少 4 类场景得到应用，与京津冀生态环境模拟器实现对接。

6. 建立生态环境分区管控与水、气、土、生态、海洋、重金属等要素管理制度衔接技术体系 1 套，形成技术规范 2~3 项，提出基于分区管控的京津冀生态环境治理改革方案 1 套，研究成果和方案得到省级及以上政府管理部门采纳应用，并在不少于 3 类管理场景中得到应用。

申报说明：

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

8.5 京津冀危险废物全过程智能管理技术研究及应用

研究内容：

针对危废“五即”规范化管理、智能感知与动态追溯需求，制定设备选择、数据采集、传输通讯等多种标准规范，研发覆盖危废产生、贮存、运输、处置、利用的全过程感知物联网设备，构建面向典型场景的危废多模态感知终端集成技术，研制危废全过程追溯的整装感知设备。针对海量危废大数据

传输与处理需求，研制跨层级危废数据云边协同与弹性管理框架，研发危废大数据云边协同传输与处理系统，研究多模态危废大数据动态网络分配策略，开发危废多源数据融合挖掘和信息实时提取技术。针对危废智能监管需求，构建危废监管知识库与业务信息库，打造基于 RFID 识别技术的企业危废指纹库，开发企业产废系数自动校核、危废种类与产量智能预测、危废跨区域转移动态追溯等人工智能模型，开展京津冀区域危废产生-转移-利用处置平衡核算与分析，支撑京津冀区域危废全过程智能监管决策。针对危废风险防控需求，研发黑色金属冶炼业等京津冀典型产废行业的危废利用处置风险评估方法，开发区域危废产生-转移-处置网络风险仿真技术，解析不同地区危废环境风险转移与扩散机制，预测京津冀危废分布与风险热点的演变规律，优化区域危废产生与处置能力的空间匹配方案。针对危废全过程数据感知-传输-处理需求，研究高并发、高可用、安全可靠的危废智能监管系统架构，开发“感-传-算”一体化的危废全过程智能管理平台，面向京津冀区域开展智慧化平台建设与示范应用，研究制定危废全过程智能化监管整套技术方案。

考核指标：

1. 研发面向危废全过程监测监控的整装设备 1 套，集成危废识别、称重、空间定位、产生-贮存-转移-处置场所监控等功能，危废自动化感知准确率 $\geq 95\%$ ，空间定位误差 $\leq 5\text{ m}$ ，

边缘终端支持 MQTT、HTTP、CoAP 等多种物联网通信协议。

2. 研发跨层级危废多模态数据云边协同传输与处理系统 1 个，数据处理效率提升 $\geq 20\%$ ，数据传输压缩比 $\leq 50\%$ ，数据并发吞吐量 ≥ 10000 条/秒，数据丢包率 $\leq 0.5\%$ ，数据传输延迟 ≤ 500 ms。

3. 构建京津冀危废全过程管理综合业务库 1 个、企业危废指纹库 1 个，覆盖京津冀 80%以上涉废重点企业；针对京津冀重点产废行业，开发危废全过程智能监管技术，包括企业产废系数自动校核、危废形态与产量识别等人工智能算法不少于 3 个，其中危废产生量智能核算准确度 $\geq 80\%$ 。

4. 针对不少于 3 类京津冀区域典型危废，建立危废利用处置的环境风险评估方法；建立区域危废系统性风险精细化模拟与调控系统 1 套，在企业尺度上实现危废产生与处理设施能力的空间精细化匹配，选择 3~5 个城市开展试点应用，危废风险预警次数下降 20%。

5. 建设危险废物全过程智能管理平台 1 个，集成物联感知、全过程追溯、风险预警、智慧决策等功能，实现业务化运行，平台运行稳定率 $\geq 99\%$ ，得到省部级危险废物管理部门采纳；形成危废全过程智能化监管整套技术方案 1 套，适用于京津冀危废全过程监管。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，实施周期不超过 3 年，

其他来源资金与中央财政资金比例不低于 1:1。

8.6 京津冀气候风险识别与关键适应技术研究及应用

研究内容：

针对京津冀区域极端气候事件频发、生态脆弱性突出、气候风险适应措施效果差异大等挑战，开发气候变化危险性、暴露度、脆弱性及适应能力的评估方法和指标体系，构建京津冀气候变化多维风险精准评估框架，解析气候变化对自然生态系统和经济社会系统的影响机制，研判长期缓发气候风险与极端气候事件的复合格局，绘制高精度的气候风险地图，识别敏感风险区与受体。研究基于不同区域先验知识的关键气候风险适应技术清单编制方法，构建符合京津冀区域特点的气候风险适应策略库，从应急能力和恢复力等多个维度刻画城市的气候适应能力，提出涵盖工程、技术、管理等多元措施的风险适应方案。研究气候风险适应措施的成本效益分析框架，开发气候风险减缓效益的货币化估值方法，构建京津冀本土化的气候适应成本效益参数库，研发面向京津冀美丽中国先行区的气候适应策略优先序制定技术，指导京津冀气候适应型城市建设与关键领域中长期气候适应路径的制定。针对气候变化背景下京津冀区域高温干旱风险应对需求，制定覆盖敏感产业、重大工程、生态系统、环境质量、公共健康等领域高温干旱风险适应措施方案，实现区域极端气候

对京津冀产业经济活动影响的动态监测与预警，针对性制定脆弱人群的健康风险干预手段，结合气候特征及区域生态环境条件，针对性提出基于自然的解决方案的实施路径，发挥其在涵养水源、调节气温、保持水土等方面的优势。面向京津冀区域洪涝风险系统性防范需求，研发气候变化下重点流域和城市洪涝灾害适应工程方案，制定永定河、潮白河、北运河等重点流域的水库堤防、排涝除险、蓄滞洪区等防洪工程标准，研发区域和城市“气候-水文-环境”耦合的高分辨率洪涝预警模型与应急决策范式，精准智能判别城市易涝点，提出避险场所布局优化方案，实现灾害应急资源跨区统一高效调配。基于风险评估和适应技术的研究成果及两类典型场景的实际应用，开发智能化的气候风险评估和适应技术筛选综合决策平台，实现区域间风险监测与预警、风险防控资源优化调配的智能共享。

考核指标：

1. 研发京津冀区域气候风险精细化评估技术，绘制空间精度为 1 公里的风险地图，研判长期缓发气候风险与极端气候事件风险的复合格局，考虑气候情景与灾害重现期>5 种，预测跨度为 10 年，涵盖关键产业>20 类，对敏感受体、工程、生态系统的覆盖率>95%，支撑雄安生态城建设过程中气候风险的高精度管控。

2. 构建京津冀气候风险适应的关键技术体系，编制涵盖

工程、技术、管理、基于自然的解决方案等风险适应策略清单，基于分区域分城市的气候适应能力评估结果，实现京津冀重要领域气候适应清单自动编制，推荐措施与区域气候风险匹配度 $>80\%$ ，考虑气候情景模型 20 种以上，在各情景下风险削减目标达成率 $>90\%$ ，接入京津冀生态环境模拟器。

3. 建立气候适应措施成本效益分析框架，开发针对不同气候适应措施的货币化估值技术 3~5 项，构建涵盖交通运输、水利设施、城市规划等领域的成本效益参数库，对 6~8 个典型气候适应措施开展成本效益分析，成果得到省级及以上政府管理部门采纳应用。

4. 制定气候变化下的京津冀高温干旱风险适应工程方案，实现对农业及敏感二、三产业干旱风险的源头管控、过程监测和预报预警，干旱事件发生后水资源调度响应时间缩减 $>25\%$ ；提出重点领域高温风险适应调控方案 3~5 项，设计因地制宜的基于自然的解决方案，城市绿化降温效应提高 $>15\%$ ，高温事件敏感人群健康风险降低 $>20\%$ ，在京津冀区域开展应用。

5. 制定气候变化下京津冀区域和城市洪涝风险适应工程方案，洪涝灾害预见期延长至 72 小时，重大险情识别准确率提升至 85%以上；研发“气候-水文-环境”耦合的高分辨率洪涝预警模型与应急决策范式，城市洪涝风险热点识别精度达到 500 米，社区/村镇应急响应启动时间缩短 30%，从

预警发布到救援物资抵达的时长小于 12 小时，配置准确率超过 95%，在京津冀区域开展应用；建立智能化的气候风险评估和适应技术筛选综合决策平台，实现区域间风险监测与预警、风险防控资源优化调配的智能共享，确保气候风险监测覆盖率 100%，资源调配效率提升 20%，制定并发布一套标准规范。

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。项目类型为基础前沿类，实施周期不超过 3 年，以中央财政经费支持为主。

8.7 京津冀智慧环境应急关键技术研发及应用

研究内容：

面向京津冀区域突发性环境风险的精准、高效事前预防和应急准备需求，研发区域与流域环境风险源快速筛查和隐患节点管控技术、化工园区多米诺事故环境风险定量模拟技术、移动源事故次生突发环境事件诱发关键节点和演变过程解析技术，建立区域和流域风险源分类分级动态清单和隐患节点管控优先序，识别典型化工园区群发链发事故场景和单元，构建移动源事故次生环境风险评估方法。结合京津冀区域高风险行业风险源与环境敏感目标的时空特征，研发自然和人为驱动情景下突发水、大气污染事件风险态势动态感知

技术，建立突发环境事件情景库，制定情景驱动的早期预警关键指标和快速判定标准，开发清单式、网络化快速响应技术，建立早期预警驱动的快速响应规则，形成突发环境事件早期预警与快速响应技术体系。研发京津冀多源异构数据融合的突发环境事件应急处置技术方案库、应急监测特征因子库和设备装备应用工具包，确立典型突发环境事件的可接受风险水平和环境应急控制目标制定方法，开发污染趋势智能研判、处置方案快速生成和应急效果动态优化技术，支撑环境应急信息化、智慧化决策指挥。开发基于数字孪生的多层次、多用户环境事故预防和应急实景培训技术体系，建立面向区域多用户需求的实时交互应急演练培训平台，构建多用户动态实时可考核的培训体系。建设与国家环境应急平台贯通融合的京津冀环境应急大数据系统，选择京津冀区域典型化工园区、环境敏感区，开展数智化环境应急关键技术体系集成应用示范，支撑京津冀突发环境事件跨区域综合演练和应急实战，提出面向京津冀美丽中国先行区建设和大安全大应急框架下智慧环境应急管理体系构建的政策建议，形成智慧环境应急技术创新应用示范。

考核指标：

1. 区域和流域环境风险源隐患筛查甄别周期缩短至小时级，准确率达 85%以上；化工园区连锁事故次生污染风险动态模拟预测周期缩短至 30 分钟以内，准确率达 85%以上；

制定移动源事故次生突发环境事件风险评估技术规范，环境风险路段评估周期达小时级，技术规范得到省级以上环境应急管理部门采纳应用；隐患筛查甄别和风险动态模拟模型接入京津冀生态环境模拟器。

2. 建立自然和人为诱因下突发环境事件模拟情景库和态势动态感知模型，情景不少于 100 个，动态感知模型接入京津冀生态环境模拟器；事件风险态势动态感知数据类别不低于 10 种，自动化采集率不低于 60%；重大敏感突发环境事件态势提前预警时间 > 2 h，准确率 > 60%；应急响应时效达分钟级；早期预警和响应时效得到省级以上环境应急管理部门采纳应用。

3. 建立基于可接受风险水平的环境应急控制目标制定方法和技术规范，涵盖不少于 10 种突发环境事件情景，构建突发环境事件应急处置技术方案库、应急监测特征因子库和设备装备应用工具包，覆盖大气、水、土壤 3 类介质，应急监测特征因子库覆盖不少于 200 种污染物，应急处置方案智能生成时效达到小时级，智能生成应急处置方案得到省级及以上环境应急管理部门采纳应用。

4. 开发 3~5 个不同行业、具有兵棋推演功能的企业级环境应急实景培训模块；在区域、流域、园区、企业不同层级搭建至少各 1 个仿真应急演练考核示范应用场景，示范区应急演练考核频次提高至每半年 1 次，演练成本削减 80%以上，

演练效果得到省级及以上环境应急管理部门采纳应用。

5. 开发智慧环境应急管理集成应用示范平台以及移动终端应用 APP，接入京津冀生态环境模拟器；选择典型化工园区和敏感区域开展关键技术综合应用示范不少于 2 个，编制匹配数智化环境应急体系的制度政策和标准规范不少于 5 项，支撑突发环境事件实战或跨区域综合演练应用不少于 5 次，实战和综合演练应用效果得到省级及以上环境应急管理部门采纳应用。

申报说明：

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

8.8 京津冀数智驱动的生态环境执法监管技术体系研究及应用

研究内容：

现代化、科技化、智慧化的生态环境执法监管是京津冀美丽中国先行区建设的重要支撑。针对生态环境智慧执法技术体系建设需求，开展“主动感知-提前预报-精准执法”智慧协控技术研究，实现与感知网和模拟器的协同互动。研究构建涵盖数据保障、问题识别、指挥调度和违法认定等内容的智慧执法监管体系，研发多维时空数据融合算法与自适应甄别校核技术，实现疑似违法行为预警预报，开发集政策法

规解析、执法指引、类案推荐、文书规范等功能为一体的移动执法终端，协助执法人员开展全过程“智慧”办案。针对京津冀区域钢铁、焦化和石化行业，研究基于自动监测和工况数据融合的环境违规行为智能甄别与筛查技术、基于视觉分析的环境违规行为智能识别技术，研制识别违规行为的便携式智能终端。研究基于“人工智能+大数据分析”的机动车排放检验违规行为智能分析识别模型，构建机动车排放特性与检验数据的耦合关系，开发基于视觉分析的机动车排放检验违规行为智能识别技术，研制识别机动车排放检验异常行为的便携式智能终端，通过“技术+终端”实现违规行为的现场快速识别和诊断。研究重点产废行业企业危险废物产生规律及关键影响因素，研发“知识-数据”双驱动的企业危险废物产量估算和瞒报漏报概率预测技术、危险废物非法出入库行为图像识别技术、基于车辆轨迹大数据的危险废物非法倾倒或填埋空间定位和智能监督技术，实现危险废物全生命周期违法行为的精准识别。研发高分辨率的产业集群污染源动态感知系统，开发污染排放高值热点智能识别算法，实现异常排放行为的实时预警与空间定位，建立多源数据融合的中小企业环境违法概率指标体系和评价模型，量化企业环境违法风险等级，生成差异化执法清单，在铸造、家具等典型行业开展适用性评估。

考核指标：

1. 构建生态环境智慧执法监管体系 1 套，包括国家和京津冀区域各省市多级数据共享机制、基于数智化判别的行政执法和刑事司法证据认定规则、京津冀区域联合执法协同调度工作机制；搭建智慧执法“云端”数据库 1 套，100 个并发响应时间小于 1.5 秒；搭建生态环境执法专业语义库 1 套，准确率 $\geq 80\%$ ；研发至少 30 项异常数据识别通用算法规则，线索识别准确率不低于 50%；研发基于人工智能的多功能移动执法终端 1 个，重量 ≤ 0.8 kg，秒级响应，续航时间 ≥ 24 h，核心设备国产化率不低于 90%，成本增加不高于现有普通执法终端 20%，在至少 1 个省级和 1 个地市级部门开展业务化应用，执法人员每百次执法活动问题发现率提升至少 1 倍。

2. 研发钢铁、焦化和石化行业基于自动监测与工况数据融合的环境违规行为智能甄别与筛查技术各 1 套，基于视觉分析的环境违规行为智能识别技术各 1 套，每套技术包括不少于 30 项算法规则，识别线索准确率提升至 70%，成果支撑京津冀生态环境模拟器的建设，用于智慧执法监管；研制钢铁、焦化和石化企业违规行为便携式智能终端 3 个，每个重量 ≤ 3 kg，响应时间 ≤ 15 min，续航时间 ≥ 10 h，准确率 $\geq 70\%$ ，核心设备国产化率不低于 90%，成本不高于国内其他领域同类设备，在至少 1 个省级和 1 个地市级部门开展业务化应用。

3. 研发机动车排放检验违规行为智能甄别与筛查技术 1

套，建立不少于 30 项行业算法规则，识别线索准确率提升至 70%，成果支撑京津冀生态环境模拟器的建设，用于智慧执法监管；研发基于视觉分析的违规行为智能甄别与筛查技术 1 套，识别线索准确率提升至 70%；研制识别机动车排放检验违规行为的便携式智能终端 1 个，重量 ≤ 3 kg，响应时间 ≤ 15 min，续航时间 ≥ 10 h，准确率 $\geq 70\%$ ，核心设备国产化率不低于 90%，成本不高于国内其他领域同类设备，在至少 1 个省级和 1 个地市级部门开展业务化应用。

4. 研发“知识-数据”双驱动的企业危险废物违法行为智能甄别与筛查技术 1 套，包括产量估算和瞒报漏报概率预测技术、企业危险废物非法出入库行为图像识别技术、基于车辆轨迹大数据的危险废物非法倾倒或填埋空间定位和智能监督技术，违法行为线索准确率 $\geq 70\%$ ，倾倒或填埋案件场址定位空间偏差 ≤ 500 m，响应时间 ≤ 30 min，案件查获率提升至当前水平两倍以上，在至少 1 个省级和 1 个地市级部门开展业务化应用。

5. 开发产业集群高分辨率污染源动态感知系统 1 套，研发污染排放高值热点智能识别算法 1 套，识别线索准确率 70% 以上，构建中小企业环境违法概率指标体系 1 套，在京津冀区域 3 个典型产业集群试点应用。

申报说明：

项目类型为重大共性关键技术类，实施周期不超过 3 年，

其他来源资金与中央财政资金比例不低于 1:1。

8.9 京津冀环境经济政策创新与关键调控技术及其应用研究

研究内容：

针对京津冀美丽中国先行区建设与区域生态环境质量全面改善需求，从全国范围和京津冀区域角度评估主要环境经济政策的实施效果，识别关键环境经济政策制定与实施的困境及地方差异化诉求，解析不同经济政策间及与其他政策的协同关系，构建支撑京津冀美丽中国先行区建设与区域绿色低碳发展综合调控的环境经济政策体系，发布《中国环境经济政策蓝皮书 2025》。针对京津冀区域生态补偿标准缺乏科学依据、利益相关方内生动力不足等问题，系统评估京津冀区域现有生态保护和污染治理补偿制度的综合绩效，研发跨界流域上下游生态环境共保与绿色发展共享的生态补偿体系，研究提出重点生态功能区生态治理绩效叠加发展机会成本的补偿标准、基于区域大气质量改善效果最大化的跨省市大气污染治理奖罚补偿标准、固体废物特别是危险废物异地处置的受益者付费补偿标准、区域生态保护修复与自然保护地共建财政支持政策等，系统构建京津冀区域生态环境综合补偿制度，研究提出可操作的综合改革方案。针对京津冀三地排污权市场分割、碳市场与污染物交易市场分离、排污

权市场一体化建设滞后等问题，系统分析区域二氧化碳和多种类型污染物排污权市场构建的作用、效益与风险，建立不同类型排污权市场交易价格形成与调节机制，开发区域排污权市场仿真系统，构建排污权市场交易监管技术体系，提出区域排污权交易监管方案，开发区域排污权市场与温室气体自愿减排交易市场一体化监管平台，全面高效推进京津冀区域环境资源市场建设。针对京津冀区域资源环境价格政策对绿色发展激励不足的问题，评估现有水资源价格税费政策的综合绩效，研发城市用水全成本核算方法与可持续运营价格税费优化技术和方案，开发重点行业绿色发展差别化电价和水价格税费政策调控技术，研究提出区域和京津冀三省（市）全成本污水处理收费价格政策调整 and 改革方案，开展调整政策方案实施的费用效益预评估，健全区域水资源环境价格税费政策体系。针对京津冀区域环境经济政策协同实施及综合调控路径不清的问题，开发基于多源数据感知的环境经济政策实施的智慧仿真技术，模拟政策实施对京津冀美丽中国先行区区域生态环境质量改善与绿色低碳发展的贡献度，优化区域政策实施路径与协同机制，研发环保产业高质量发展制度链优化技术与政策工具包，建立企业降本增效和重污染天气应急的政策综合调控技术，在区域、环保产业、重点行业、企业等多个维度实现政策调控优化。

考核指标：

1. 提交京津冀区域环境经济政策实施评价技术 1 套，包括费用-效益评价技术 1 项和协同度评价技术 1 项，费用-效益评价涵盖不少于 5 种类型的政策手段，协同度评价指标数不少于 60 个，提出相关评价标准不少于 2 项；提出支撑京津冀美丽中国先行区建设的经济政策方案，发布《中国环境经济政策蓝皮书 2025》，主要政策建议得到省级及以上政府管理部门采纳应用。

2. 提交京津冀区域纵横结合的综合生态补偿政策制定技术指南 1 套。提出区域大气质量改善奖罚补偿、危险废物异地处置补偿、区域生态保护财政支持等各 1 套政策方案；在密云水库上游潮白河流域、官厅水库上游永定河流域、引滦入津上下游流域开展示范，其中标准体系包括生态涵养区补偿等相关标准规范不少于 5 个，在张承地区开展生态涵养区补偿标准示范；京津冀区域生态环境综合补偿改革方案得到省级及以上政府管理部门采纳应用。

3. 研发京津冀区域排污权市场制度构建技术 1 套，包含市场构建可行性评估技术、交易价格调控技术和市场监管技术各 1 项；可行性评估技术涵盖作用、效益与风险分析；开发区域排污权市场与温室气体自愿减排交易市场一体化监管平台，具备多源类、多主体、全交易周期的参数调整功能，对京津冀生态环境模拟器形成有效支撑；开发基于多源数据融合的区域排污权交易市场监管技术和监管方案，成果得到

省级及以上政府管理部门采纳应用。

4. 开展京津冀城镇污水处理厂处理成本和城市污水处理收费标准调查，两者覆盖率分别达到 70%以上和 100%；开发京津冀区域城市用水全成本核算方法 1 项，用水全成本核算涵盖污水处理费、供水价格、水资源税、环境保护税（水污染物）；开发污水处理可持续运营价格税费优化技术 1 项，污水处理可持续运营价格税费优化调控考虑污水管网等环节，在河北全省 70%以上地市开展污水处理全成本收费价格示范应用；开发重点行业绿色发展差别化电价和水价格税费政策调控技术 1 项，应用覆盖重点行业不少于 3 个，政策方案得到国家或河北省政府管理部门采纳应用。

5. 研发基于多源数据感知的京津冀区域环境经济政策智慧仿真技术 1 套，模拟不少于 6 项政策实施对京津冀美丽中国先行区建设的贡献度，提出区域政策实施的协同方案 1 套；研发京津冀区域环保产业高质量发展制度链优化技术与政策工具包 1 套，在不少于 3 个地市、3 个重点行业、3 个产业集聚区开展应用示范；设计不同重污染天气应急响应等级下的企业差异化政策调控方案不少于 3 种。

申报说明：

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