

国家重点研发计划“新污染物治理防控关键技术”

重点专项 2026 年度项目申报指南

（征求意见稿）

1. 新污染物监测筛查关键技术与设备

1.1 基于质谱的毒害新污染物非靶向智能筛查工具开发与应用（基础前沿）

研究内容：针对毒害新污染物非靶向识别准确率低、含量解析难、缺乏自动化智能工具的难题，推进 AI 与质谱软硬件筛查协同创新，构建非靶向智能筛查智能体。构建毒害新污染物谱图预测 AI 与虚拟谱图矢量数据库，研发基于结构网络约束生成式 AI 的智能结构解析技术；构建基于毒害新污染物多危害性终点诊断碎片的非靶向识别方法，解析“结构特征-仪器条件-质谱响应”间的多元耦合关系，开发定量非靶向分析方法；研发集成全自动样品前处理、高分辨质谱检测、AI 智能数据解析与全流程自主运行控制的智能化质谱检测成套装备，实现毒害新污染物无人化、连续化、高通量、高灵敏检测；建立从硬件运行到数据解析全链条的多智能体协作框架，形成毒害新污染物“软硬一体”质谱筛查智能体；建立毒害新污染物清单，在典型流域水体开展应用示范。

考核指标：研发新污染物虚拟谱图增强数据库与质谱结构鉴定模型各 1 套，谱图数量超过百万级，每秒谱图检索次数超

过千万级，检索假阳性率 $\leq 10\%$ ，未知分子谱图生成候选结构的平均指纹相似性 ≥ 0.7 ；构建基于多危害性终点诊断碎片的毒害污染物定量非靶向分析技术 1 套，覆盖危害终点 ≥ 10 类，跨仪器定量结果偏差 ≤ 5 倍；研发集成前处理、质谱检测和系统自主运行控制的智能化成套装备 1 套，样本检测通量 ≥ 50 个/天，支持饮用水、地表水、地下水与污水样品类型的检测；研发基于检索增强生成知识库的新污染物质谱筛查智能体，生成内容证据可追溯率 $\geq 90\%$ ，筛查工具调用准确率 $\geq 90\%$ ；获取典型流域水体毒害新污染物清单 $\geq 1,000$ 种，形成技术方法和规范 ≥ 3 项。

关键词：新污染物识别智能体，智能化一体装备，毒害新污染物清单

1.2 复杂环境介质中微纳塑料高通量智能识别与原位监测关键技术及装备（基础前沿）

研究内容：针对复杂环境介质中微米及纳米级塑料快速分离与富集的技术瓶颈，研发微纳塑料高通量智能识别与原位监测关键技术及自动化监测装备。研发基于高光谱、表面增强拉曼、受激拉曼与红外光谱联用的微纳塑料无损、高通量定性定量检测方法；开发适用于藻类、浮游动物等代表性水生生物的活体动态成像技术，实现微纳塑料在生物体中的多尺度原位追踪；耦合新一代 AI 深度学习算法，构建典型微纳塑料多维光谱特征指纹库与智能识别模型；研制抗干扰能力强、自动化程度高的微纳塑料原位在线监测与便携式智能筛查装备；在重点流

域、近海海域及典型大气监测站点开展多介质应用示范，建立多介质微纳塑料环境监测技术规范。

考核指标：建立多介质微纳塑料分离与富集方法，建立涵盖 ≥ 20 种典型微纳塑料的多维光谱特征指纹库，AI模型识别准确率 $\geq 85\%$ ；建立藻类、浮游动物、贝类或鱼类等 ≥ 3 类代表性水生生物样品中微纳塑料原位标记与活体动态成像方法，构建生物体内和典型食物链微纳塑料迁移动力学模型 ≥ 3 个；研制微纳塑料原位在线监测原型机和便携式筛查智能装备各1台，受激拉曼成像单像素积分时间 $\leq 2\ \mu\text{s}$ ，成像空间分辨率 $\leq 150\ \text{nm}$ ，解析通量 $\geq 1,000$ 个颗粒/min，突破现有纳米塑料检测技术，检测下限达到 $50\ \text{nm}$ ，单样品高通量分析时间 $\leq 15\ \text{min}$ ；在典型水域开展示范应用，获得微纳塑料的赋存特征，在 ≥ 5 个国控/省控水体断面、近海海洋站、大气背景站等典型位点完成连续的业务化示范运行 ≥ 6 个月，提供稳定运行记录与示范报告，形成涵盖水体、海洋或大气介质的微纳塑料监测标准与技术规范2~3项。

关键词：微纳塑料，多维光谱特征指纹，活体动态成像，深度学习识别，原位在线监测装备

1.3 地表水中全氟及多氟烷基化合物快速检测设备与溯源应用（基础前沿）

研究内容：针对复杂水环境条件下多种全氟及多氟烷基化合物（PFAS）现场检测过程中选择性识别能力不足、痕量检测灵敏度受限、信噪比差等难题，研发PFAS快速检测设备。构

建结构可调的高密度纳米孔阵列模型，建立纳米孔阵列对于 PFAS 的吸附、迁移和电流响应的调控机制，建立基于纳米孔限域识别与单分子电流指纹解析的 PFAS 快速检测技术；研制便携式、小型化检测设备，建立基于特征因子的快速源判别方法；开发面向环境污染事件的污染源锁定与风险预警一体化决策支持系统并在典型地表水体中开展技术验证与应用示范。

考核指标：开发基于高密度纳米孔阵列传感器的 PFAS 现场快速检测技术 1 套，覆盖典型 PFAS ≥ 20 种，检测限 ≤ 1 ng/L，识别准确率 $\geq 85\%$ ，单次检测 ≤ 5 s，信噪比 > 200 ；开发小型化、便携式、可重复使用的检测设备，建立基于特征因子比的排放源快速判别方法 1 项；开发地表水 PFAS 污染溯源决策支持系统 1 套，判别准确率 $\geq 85\%$ ，在 ≥ 2 处典型地表水体开展方法适用性验证。

关键词：全氟及多氟烷基化合物，纳米孔阵列传感器，单分子电流指纹，便携式检测设备，快速溯源

1.4 环境中抗生素及抗性基因原位自动检测关键技术与设备研发（基础前沿）

研究内容：针对抗生素及抗性基因（ARGs）检测技术前处理繁琐、现场检测能力不足、应急响应慢等问题，研发抗生素及 ARGs 原位自动检测设备。开发原位快速、自动化的抗生素新型免疫传感检测技术；突破环境中 ARGs 检测周期长、不能现场原位检测的问题，开发 ARGs 原位、快速、高通量检测技

术；集成全自动处理和微流控技术，研制面向多污染场景的抗生素和 ARGs 原位快速、自动化检测技术装备。

考核指标：开发原位抗生素免疫传感检测技术 1 套，可检测的抗生素种类 ≥ 20 种，单次样品检测时间 ≤ 20 min，与色谱、质谱参比方法的检测结果一致率 $\geq 90\%$ ；开发 ARGs 原位快速高通量检测技术 1 套，可检测的 ARGs 种类 ≥ 50 种，单次样品检测时间 ≤ 45 min，与定量 PCR 参比方法的检测结果一致率 $\geq 90\%$ ；形成抗生素和 ARGs 原位自动检测装备各 1 台/套，抗生素检测装备对不同种类抗生素检测限 1~50 ng/L，ARGs 检测装备检测限 10~100 copies/mL。

关键词：抗生素及抗性基因，免疫传感技术，高通量核酸检测，自动化检测装备

1.5 环境介质全氟及多氟烷基化合物全谱系高通量识别关键技术研发及应用（共性关键技术）

研究内容：针对传统全氟及多氟烷基化合物（PFAS）检测无法覆盖未知有机氟组分、标准方法缺失及高通量筛查识别技术不成熟等技术瓶颈，研发多介质环境 PFAS 全谱系高通量萃取与精准识别技术。研发水、土、气等环境介质中 PFAS 全谱系高通量识别技术，研发富集关键材料并建立高通量萃取样品前处理方法；研发覆盖 C2-C18 碳链长度、多官能团、替代品及前体物的 PFAS 靶向定量分析技术，建立多环境介质检测技术标准方法；发展融合机器学习算法的高分辨质谱非靶向识别技

术，构建未知 PFAS 结构的智能解析方法，实现可萃取有机氟中新型 PFAS 的精准结构解析与含量测定；针对氟化工、电镀等典型涉氟行业，构建涵盖总氟、总有机氟与可萃取有机氟的多层级质量平衡分析方法，量化可定量 PFAS 对各级氟总量的贡献率，形成基于总有机氟含量指标的环境风险管控技术体系；选取典型涉氟工业园区及受纳水体流域-河口-近岸区域，开展成套技术示范。

考核指标：研制用于多环境介质中 PFAS 全谱系、高通量浓缩富集材料 3~5 种，对 ≥ 30 种 PFAS 的吸附效率 $\geq 70\%$ ；开发靶向定量检测技术，形成国家或行业技术标准规范 ≥ 3 项，涵盖水、土、气和生物介质，PFAS 种类 ≥ 60 种，水样检出限 ≤ 0.5 ng/L，土壤/沉积物/生物 ≤ 0.05 ng/g；形成基于高分辨质谱的 PFAS 非靶向筛查技术 1 套，筛查识别 PFAS 种类 ≥ 200 种，假阳性率 $\leq 20\%$ ，结构解析的匹配度 $\geq 70\%$ ；开发总氟/总有机氟/可提取有机氟筛查识别技术体系，形成标准操作流程 1 套，总氟/总有机氟/可提取有机氟检出限 ≤ 0.5 $\mu\text{g F/L}$ ，单个样品分析时间 ≤ 2 h；形成基于总有机氟含量指标的环境风险管控技术体系，将总有机氟指标纳入地方污水排放标准 1 项，完成 $\geq$ 涵盖 2 个行业和 1 个典型流域-河口-近岸区域的总氟及 PFAS 调查（点位 ≥ 120 个）和示范应用。

关键词：全氟及多氟烷基化合物，富集材料，靶向定量分析，非靶向筛查识别，总有机氟风险管控

1.6 新污染物一体化质谱检测及智能装备研发（共性关键技术）

研究内容：针对国产质谱仪检测精度、灵敏度、分辨率有限，稳定性、可靠性、智能化尚待提高等瓶颈难题，研发新污染物一体化质谱检测智能装备。优化水、土、气等典型环境介质中持久性有机污染物、内分泌干扰物、抗生素等新污染物的前处理方法，研发基于不同应用场景的全自动化处理装备；研发沿轴加速碰撞池、四极杆质量分析器等关键器件，形成自主知识产权的液相-三重四极杆质谱；开发基于人工智能算法的数据处理系统，整合质谱数据库，构建智能化污染物数据库处理系统；集成全自动前处理装置、具有自主知识产权的质谱，形成一体化智能质谱检测装备，构建新污染物检测方法技术体系并在典型工业园区及环境介质应用示范。

考核指标：研发全自动前处理装备 1 套，富集与净化模式 ≥ 3 类；研发高分辨质量分析器，质量范围 5~2,000 amu，分辨率 0.4~3 amu 可调，质量稳定性 $\leq \pm 0.1$ amu/24 h，液相-三重四极杆质谱灵敏度可达 $S/N \geq 1,000,000:1$ （1 pg 利血平进样）；建立涵盖全扫描质谱数据/谱图、定量结果分析、检测报告生成的智能化数据处理系统；构建可自主完成“前处理-仪器检测-数据生成-报告输出”全流程的一体化智能质谱检测装备；形成技术方法、规范及标准等 ≥ 3 项，面向重点行业和典型区域开展应用示范。

关键词：液相色谱-质谱联用全自动前处理，三重四极杆质

量分析器，人工智能数据处理，智能检测装备

1.7 复杂水环境中抗生素和内分泌干扰物高灵敏快速检测技术与设备（共性关键技术）

研究内容：针对复杂水环境中抗生素、内分泌干扰物等新污染物检测周期长、成本高、难以满足现场与应急监测需求等问题，研发现场高灵敏监测技术与设备。研制高效吸附材料，开发富集与净化一体的现场自动化多通道样品前处理装置；研制面向高极性、难挥发新污染物的小型原位电离线性离子阱质谱仪，建立高关注极性新污染物筛查谱库，实现复杂水环境中抗生素、内分泌干扰物及转化产物的现场快速甄别；筛选典型抗生素、内分泌干扰物特异性识别元件，研发高特异性、高灵敏度的多组分电化学生物传感联检芯片与快检定量方法，研制现场快检便携式设备；选取复合污染特征显著、基质复杂的典型水域，基于环境质量现有监测点位，甄别重点水域中典型抗生素和内分泌干扰物污染水平和动态变化趋势，现场验证技术的可靠性；建立针对天然水体、养殖水体、生活污水等不同水环境中新污染物现场监测技术方法，在典型水域开展对比测试与示范应用研究。

考核指标：研制抗生素、内分泌干扰物等多通道在线富集-净化自动化设备 1 套，回收率 80%~120%，平均单个液体样品前处理时间≤5 min；现场小型原位电离线性离子阱质谱仪质量范围 m/z 50~1,500，具备正/负离子模式快速切换和 MS/MS 确认

能力，单样检测时间 ≤ 1 min，抗生素类目标物检出限达到 $0.01\sim 0.1\text{ }\mu\text{g/L}$ 级，建立 ≥ 200 种抗生素、内分泌干扰物及转化产物的筛查谱库，实现新污染物的快速现场分析；研制多目标物传感芯片与便携式电化学设备 ≥ 2 套，覆盖典型抗生素、内分泌干扰物等新污染物 ≥ 10 种，方法检出限达到 ng/L 级，检测误差 $\leq 30\%$ ，多组分检测过程总时间 ≤ 30 min；形成针对天然水体、养殖水体、生活污水等不同水环境中新污染物现场监测技术方法，针对江河湖海等代表性水体在省级及以上环境监测部门进行示范应用，获得 ≥ 150 个国控和省控等代表性监测点位3年期 ≥ 100 种新污染物动态变化的实验室检测数据，完成累计 ≥ 20 个环境监测点位典型环境样品的对比测试与技术验证，形成标准化监测技术规范 and 标准4项。

关键词：现场快速监测，自动化前处理装置，原位电离质谱，电化学生物传感，便携式检测设备

1.8 基于谱-像融合的微塑料高通量压缩拉曼检测装备研发（共性关键技术）

研究内容：针对水体中微塑料传统检测方法周期长、效率低、无法支撑突发环境事件应急快速研判与高效分析需求的问题，研发微塑料高通量压缩拉曼检测装备。建立覆盖典型聚合物、老化微塑料及环境杂质的标准化谱-像数据库；研发融合显微图像与拉曼光谱等多模态信息的智能识别、杂质剔除、颗粒几何量化、质量估算及精准定量关键技术，构建谱-像融合智能

分析技术体系；集成显微成像、高通量压缩拉曼检测、谱-像融合分析及精准定量等功能，研制具有自主知识产权的微塑料高通量压缩拉曼检测装备。

考核指标：谱-像数据库覆盖典型微塑料 ≥ 27 种，复杂背景中微塑料识别准确率 $\geq 90\%$ ，杂质剔除准确率 $\geq 85\%$ ，加标回收率 $80\% \sim 120\%$ ；基于国产统信 UOS 或麒麟 Kylin 系统形成原型机 1 套，单次上样数量 ≥ 10 个、总样品装载容量 ≥ 480 个、支持循环连续上样，20 倍物镜下扫描时间 ≤ 30 s（ $20\text{ mm} \times 20\text{ mm}$ ），单次曝光检测通道 $\geq 1,000$ 个，单通道拉曼光谱压缩比（单个采集通道中所容纳的光谱数） ≥ 20 ，关键峰位偏差 $\leq 5\text{ cm}^{-1}$ 。

关键词：谱-像融合，压缩拉曼光谱，智能识别算法，高通量检测装备

1.9 水环境中典型新污染物及其转化产物精准识别与 AI 源解析技术（共性关键技术）

研究内容：针对真实水环境中高风险新污染物“母体化合物-转化产物-毒性风险-污染来源”证据链割裂、转化路径难解析、风险源难反向追踪等问题，构建水环境中典型新污染物及其转化产物精准识别与源解析技术。构建融合典型排放源清单、化学指纹图谱、空间梯度暴露谱、多平台互补离子化协同、高分辨质谱非靶向筛查、转化产物结构证据、反应条件及关键水化学参数的多维数据库和证据链识别方法；建立人工智能转化路径预测模型，耦合母体结构、反应活性位点、环境转化条件

和毒性效应，预测潜在高风险转化产物，识别关键连续转化路径并判别环境风险变化；集成靶向验证、化学指纹比对、同位素示踪、水动力学模拟、统计受体模型和微生物转化预测、AI源解析，结合现场高风险污染物快速在线检测设备应用，建立来源贡献解析、迁移路径判定和风险源反向追溯方法，并在工业园区周边敏感水体或饮用水水源地开展应用验证。

考核指标：建立新污染物“母体-反应条件-转化产物-风险证据”筛查数据集 1 套，形成数据质控、非靶向筛查置信度分级、特征筛选和证据链构建规范；构建新污染物转化产物预测与风险判别模型 1 套，模型准确率 $\geq 90\%$ ，形成可解释的高风险转化产物筛查方法和来源特异性标志物识别方法各 1 套；建立融合化学指纹、同位素示踪、水动力学模拟、微生物长读长测序、统计受体模型和 AI 源解析的精准溯源方法 1 套，在工业园区周边敏感水体或饮用水水源地开展验证应用，形成技术方法、规范或标准等 ≥ 2 项，在线 GC-MS 装备重复性 $\leq 3\%$ ，准确性 $\pm 3\%$ 以内。

关键词：转化产物，风险证据，AI 预测模型，精准溯源，在线检测设备

1.10 抗生素及抗性基因精准溯源与管控关键技术及应用（应用示范）

研究内容：针对城镇污水处理厂排水、畜禽养殖废水等多源输入在复杂河网中混合、传输与演化缺乏动态量化的问题，

研发抗生素及抗性基因（ARGs）精准智能溯源技术。解析典型流域抗生素及 ARGs 的多介质赋存特征与迁移转化规律，构建典型抗生素及 ARGs 流域环境动力学过程模型，构建环境基线数据库与优先控制名录；提取不同排放源的抗生素组成特征与碎片指纹，耦合 ARGs、移动遗传元件（MGEs）及宿主菌群内在特征，构建典型排放源的多维特征指纹图谱库；集成化学指纹图谱、ARGs 生物指纹特征、稳定同位素追踪与水文-水动力模型，开发基于人工智能算法的动态溯源技术；开发“指纹识别-贡献解析-路径反演-风险识别”等智能模块，研发多智能体协同溯源与风险预警系统，实现多源数据自动融合、源贡献反演与智能评估；选取典型水系开展技术验证与应用，开发抗生素及 ARGs 智能管控决策平台，形成可推广的抗生素及 ARGs 溯源技术体系与联合管控方案。

考核指标：建立抗生素及 ARGs 多介质、多源数据库 1 套，覆盖 ≥ 3 种介质、 ≥ 6 类来源；构建抗生素及 ARGs 的特征指纹图谱库 1 套，覆盖 ≥ 6 类 ≥ 40 种典型抗生素，覆盖 ≥ 12 类 ≥ 150 种典型 ARGs 及 ≥ 5 类 MGEs；开发基于机器学习的指纹比对识别算法 ≥ 2 套，建立多证据融合源贡献分配算法 1 套，建立抗生素及 ARGs 流域过程模拟与动态反演溯源模型 1 套，综合溯源准确率 $\geq 85\%$ ；集成指纹识别、贡献解析、传输反演、风险识别 ≥ 4 个溯源智能体，构建多智能体协同溯源与风险预警系统 1 套，系统响应时间 ≤ 45 min；开发多源精准溯源与智能化决策平台 1 套，

响应时间 ≤ 1 h，在典型流域开展技术验证，断面 ≥ 5 个，连续运行 ≥ 6 个月，排放源贡献覆盖率 $\geq 75\%$ ；形成抗生素及 ARGs 溯源技术方法、规范 ≥ 3 项，提交典型流域抗生素及 ARGs 联合管控方案及政策建议 ≥ 1 项。

关键词：抗生素，抗性基因，特征指纹，动态溯源，多智能体预警

2. 新污染物环境风险评估关键技术及应用

2.1 微塑料的环境归趋及其对气候变化关键因子的反馈机制（基础前沿）

研究内容：针对微塑料环境归趋及其与气候变化之间的双向作用机制不清的问题，聚焦湿地等典型生态系统，研究微塑料的多介质迁移转化过程及其对气候变化的反馈机制。明确典型湿地中微塑料的多介质赋存水平与时空分异特征，构建覆盖区域至全球尺度的环境分布模型，识别污染热点；评估城市化等典型人类活动对湿地微塑料源汇特征及环境赋存格局的影响，阐明人类活动干预下微塑料多介质迁移转化过程及机制；考察微塑料环境归趋对大气二氧化碳浓度升高及增温等气候变化因素的响应规律，厘清其迁移转化过程中的关键界面过程；解析微塑料干扰元素循环进而调控二氧化碳和甲烷排放的作用路径及其对湿地碳源汇功能的反馈效应，研发微塑料介导的温室气体排放模拟平台，量化不同污染控制情景下区域及全球温室气体排放的增减幅度；在代表性湿地开展原位验证，通过多

介质同步监测与模型反演，实现微塑料多介质环境浓度与温室气体排放的精准预测。

考核指标：构建典型湿地系统微塑料多介质观测数据集 1 个，数据量 $\geq 3,000$ 条；构建全球微塑料环境分布数据集 1 个，数据量 $\geq 10,000$ 条；融合卫星遥感、地面监测等多源异构数据与迁移动力学、质量平衡等关键过程约束，构建全球湿地微塑料环境分布模型 1 套，实现跨区域迁移预测精度衰减 $\leq 30\%$ ，质量平衡闭合误差 $\leq 15\%$ ，并识别微塑料污染潜在热点区域 ≥ 10 个；以 ≥ 3 个城市化梯度差异显著的湿地为对象，解析微塑料多介质分布的主控因子，主控因子对微塑料环境浓度的累计解释贡献率 $\geq 70\%$ ，提出污染削减路径，预测治理情景下微塑料浓度较基准情景下降 $\geq 20\%$ ；设置 ≥ 3 种气候变化情景，量化湿地微塑料多介质归趋响应，关键气候因子累计解释率 $\geq 70\%$ ；研发耦合湿地本底碳循环与微塑料介导二氧化碳和甲烷排放的预测模型各 1 套，较本底模型误差降低 $\geq 10\%$ ，形成空间分辨率 $\leq 1^\circ$ 的全球湿地温室气体排放分布图；设置 ≥ 4 种塑料污染削减情景，实现空间分辨率 $\leq 1^\circ$ 的微塑料污染影响下的全球湿地二氧化碳和甲烷排放变化评估；形成综合示范验证区域 ≥ 2 个、总面积 ≥ 100 公顷，微塑料环境浓度和温室气体排放预测模型经独立观测验证，平均绝对百分比误差 $\leq 30\%$ 。

关键词：塑料污染，塑料公约，环境归趋，气候变化，人为活动

2.2 典型新污染物监测与风险预警智能穿戴设备研发（基础前沿）

研究内容：针对职业人群典型新污染物真实暴露难以动态感知、健康风险难以智能评估和预警的问题，研发典型新污染物监测与风险预警智能穿戴设备。研制典型新污染物监测智能穿戴设备，突破多模态生物识别元件组构建、信号转换及嵌入式数据处理等关键技术，实现个体典型新污染物呼吸暴露水平的周期性稳定监测；解析不同职业场景下个体及人群呼吸暴露特征与时空变化，以及与职业人群血液中氧化应激、炎症反应、脂质代谢等早期健康效应标志物的关联，构建融合机器学习算法的暴露-健康风险评估模型；研发集成于智能穿戴设备的嵌入式健康风险预警系统，实现暴露数据动态更新、健康风险智能评估与分级预警，并在粤港澳典型职业人群中开展应用示范。

考核指标：研制多模态生物识别元件组 1 套，可稳定响应 ≥ 2 类新污染物（涵盖 ≥ 5 种污染物），检出限 $\leq 50 \mu\text{g/L}$ ，重复性相对标准偏差 $\leq 20\%$ ；形成智能穿戴设备 1 套，连续运行 ≥ 7 天，实现个人空气暴露水平周期性读取，支持本地数据处理、结果显示及云端存储；构建暴露-健康风险评估模型 1 套，纳入 ≥ 3 项早期健康效应指标，模型经交叉验证，风险分级预警准确率 $\geq 80\%$ ；形成集成于智能穿戴设备的嵌入式健康风险预警系统 1 套，实现暴露数据动态更新和低、中、高三级健康风险分级，风险结果输出时间 $\leq 1 \text{ min}$ ；在粤港澳典型职业人群中开展应用示范，

并提出健康干预措施。

关键词：典型新污染物，智能穿戴设备，生物识别，早期健康效应，风险分级预警

2.3 微纳塑料内暴露特征及其对神经退行性疾病的影响（基础前沿）

研究内容：针对微纳塑料暴露对神经退行性疾病的影响不清、代谢清除途径不明、致病机制尚未阐明等难题，以典型神经退行性疾病阿尔茨海默症（AD）为例，开展微纳塑料内暴露特征、疾病风险及代谢清除机制研究。研制适用于生物样本的基于可替换光学波导芯片的微纳塑料一体化便携快速光学检测设备；依托多中心临床资源，绘制基于外周血-颈部淋巴结-脑脊液多组织联检的 AD 患病人群微纳塑料内暴露地图，建立其与 AD 及类淋巴功能指标之间的定量关联，研发人工智能驱动的疾病风险评估与预警模型；利用动物模型和多模态评估方法，揭示微纳塑料在脑组织-类淋巴系统-颈部淋巴结的代谢清除途径，阐明其导致神经退行性病变及类淋巴系统功能障碍的分子机制。

考核指标：研发适用于生物样品的便携式微纳塑料光学检测设备 1 套（可检测微纳塑料种类 ≥ 8 种，检测灵敏度达到 ng/g ，检测速度 $\leq 1 \text{ s}$ ，支持芯片模块化更换与多污染物同步检测）；绘制基于多组织联检的典型神经退行性疾病患病人群微纳塑料内暴露地图 1 张（覆盖 ≥ 10 省，样本 ≥ 400 例），明确微纳塑料与典

型神经退行性疾病的关联（含类淋巴功能指标），构建疾病风险评估与预警模型 1 套（ $AUC \geq 0.80$ ）；利用多模态评估方法（成像方法 ≥ 2 种，组学方法 ≥ 3 种），揭示 ≥ 3 种微纳塑料在脑组织-类淋巴系统-颈部淋巴结的代谢清除途径，阐明微纳塑料致神经毒性及类淋巴功能障碍关键分子通路 ≥ 5 条。

关键词：微纳塑料，神经退行性疾病，光学检测设备，内暴露地图，分子机制

2.4 全氟及多氟烷基化合物人群暴露健康风险分级分区管控关键技术及应用（共性关键技术）

研究内容：针对我国全氟及多氟烷基化合物（PFAS）污染数据碎片化、人群暴露和风险底数不清的难题，系统研究国家和区域层面典型 PFAS 人群暴露健康风险。开展多阶段分层抽样的跨区域人体血清 PFAS 监测，探明 PFAS 在全国代表性人群的内暴露水平及空间分布特征；针对 PFAS 高暴露区域，开展多环境介质-人群内外暴露监测，构建 PFAS 多介质归趋与多途径人体内暴露动态模拟体系，绘制多环境介质浓度与人群内暴露水平空间分布地图；聚焦与 PFAS 暴露密切相关的典型代谢性疾病风险，集成人群多组学、多谱系协同人源类器官等技术，解析 PFAS 诱发疾病风险的本土化暴露-效应关系、特异性毒性通路和敏感效应靶点，推导相关健康指导值并评估健康风险；基于 PFAS 内暴露水平模拟，揭示高暴露人群的健康风险时空分布格局，解析源排放至人群内暴露过程的关键驱动机制，提

出 PFAS 暴露和健康风险规避路径。

考核指标：建立全国尺度人群 PFAS 内暴露数据库 1 个，覆盖全国 ≥ 31 个省级行政区、典型 PFAS 种类 ≥ 10 种，实测人体血清样本 ≥ 1 万份；针对 ≥ 2 个 PFAS 高暴露地区，开展多介质环境-人体内外暴露监测，其中多介质环境样本 $\geq 1,000$ 份，区域代表性人体血清样本 $\geq 5,000$ 份，编制典型 PFAS 源排放清单 1 套，构建 PFAS 环境-人体暴露空间分布模型 1 套；建立典型 PFAS 与 ≥ 4 类典型代谢性疾病、 ≥ 20 种健康相关生物标志物的本土化暴露-效应关系，研发 ≥ 3 个多谱系类器官测试模型，识别 PFAS 诱导的特异性毒性通路及敏感效应靶点 ≥ 5 个，推导基于人群血清浓度的健康指导值 1 套；构建 PFAS 高暴露区域环境-人体暴露水平及健康风险分布地图，空间分辨率 $\geq 0.1^\circ \times 0.1^\circ$ ，暴露模拟结果与实测值误差小于一个数量级，提出典型 PFAS 暴露和风险规避路径 ≥ 1 项，向省级及以上环境管理部门提交政策建议 ≥ 1 项，获得采纳或批示。

关键词：全氟及多氟烷基化合物，暴露图谱，代谢性疾病，健康风险，规避路径

2.5 典型内分泌干扰物跨物种毒性评估与生态风险分级分区关键技术及应用（共性关键技术）

研究内容：针对我国淡水流域水体中内分泌干扰物污染特征不清、生态安全阈值缺失、风险管控科技支撑不足等问题，开展内分泌干扰物跨物种毒性评估与生态风险分级分区关键技

术研究及应用示范。研发基于效应导向的水体内分泌干扰物高通量甄别与筛查技术；在我国典型流域开展系统调查，筛查并厘清水体中内分泌干扰物的关键类型、污染特征及时空演变规律，构建水体内分泌干扰物数据库；针对典型内分泌干扰物，探究其在水生生物和两栖动物等生物体内的富集、迁移转化及毒代动力学特征，开展多物种、多生命阶段和多世代的毒性效应研究，识别敏感效应终点和早期生物标志物，开发基于人工智能的跨物种毒性外推技术，提出高风险内分泌干扰物生态安全阈值；耦合流域水体污染物暴露特征与生态毒性效应，构建系统化、精细化的内分泌干扰物生态风险评估与分级分区关键技术，开展我国水体内分泌干扰物生态风险定量评估并绘制生态风险分区图，为制定差异化协同治理对策提供依据。

考核指标：结合受体蛋白亲和捕获与非靶向筛查技术，构建内分泌干扰物的快速、高通量甄别技术 1 套，体外重组表达 ≥ 6 种表征内分泌干扰效应的受体蛋白，形成基于机器学习的内分泌干扰潜力预测技术 1 项；完成典型流域污染调查，采集水、沉积物、悬浮颗粒物、生物等 ≥ 600 个样本，系统筛查解析流域内分泌干扰物的种类组成、污染水平及时空分布特征，构建典型流域水体内分泌干扰物数据库 1 个；针对 ≥ 4 种内分泌干扰效应终点筛选典型内分泌干扰物，阐明其生物富集、迁移转化、食物链传递规律，建立覆盖 ≥ 3 类（水生生物及两栖动物）生态类群或营养级的多物种毒性测试体系，收集 $\geq 4,000$ 条水体内分

泌干扰物毒性数据，形成典型内分泌干扰物跨物种、多层级毒性效应数据库 1 套，构建基于人工智能的跨物种毒性外推技术 1 项，实现污染物生态毒性快速精准预测，模型整体预测误差控制在 $\leq 30\%$ ；构建水体内分泌干扰物生态风险分级分区技术体系，完成全国流域水体生态风险定量评估，绘制水体内分泌干扰物差异化风险分区图，编制相关技术指南（征求意见稿） ≥ 2 项。

关键词：内分泌干扰物，效应导向高通量识别，跨物种毒性评估，生态安全阈值，生态风险分区

2.6 典型新污染物生态毒性预测模型及 AI 智能体构建（共性关键技术）

研究内容：针对新污染物毒性数据分散、终点多样、机制复杂、转化产物毒性未知及毒性筛查预测智能化程度低等瓶颈，研发生态毒性预测模型并构建 AI 智能体。攻克新污染物多源、多模态毒理学数据智能汇集、清洗与结构化标注技术，构建生态健康危害标注数据库；研究化学物质、法规毒性终点、毒性通路和多组学数据等多维知识图谱智能组织与动态更新技术，实现有害结局路径的自主构建；研究面向多层级模式生物的生态毒性计算毒理学模型智能构建、验证与应用域表征技术，预测新污染物及转化产物毒性；研发融合多模态数据、领域预训练和任务微调的毒性效应领域大模型，实现从化学物质与生物大分子相互作用预测、离体-活体毒性外推到内分泌干扰效应筛

查；集成数据库、知识图谱及领域大模型，构建毒性筛查多智能体系统，筛查识别有害化学物质，形成备选管控新污染物清单。

考核指标：构建新污染物多源、多模态毒理学数据智能汇集、清洗及结构化标注技术 1 项，形成生态健康危害标注数据库 1 个，数据量 ≥ 100 万条，覆盖 ≥ 7 万种化学物质，关键信息提取精确率和召回率均 $\geq 90\%$ ；创建动态更新的毒性知识图谱 1 套，实体关系规模达百万级，支撑 ≥ 3 条有害结局路径的自主构建；开发计算毒理学模型智能构建、验证与应用域表征技术 1 项，对国内外化学品管理法规终点的模型覆盖度提升至 80%；研发毒性效应领域大模型 3 个，在领域任务上的性能指标较主流通用大模型提升 5%；构建生态毒性筛查预测多智能体系统 1 套，形成 ≥ 400 种备选管控新污染物的清单，发布技术规范 3 项，在 ≥ 1 家环境监管部门示范应用。

关键词：智能毒理学，垂直大模型，智能体，环境大数据

2.7 全国水体抗生素类新污染物风险评估关键技术与示范（共性关键技术）

研究内容：针对我国养殖、制药和生活污水排放造成地表水中抗生素普遍检出、转化产物赋存复杂、耐药基因传播风险突出的问题，开展全国层面典型抗生素类新污染物环境风险评估。解析典型流域水体抗生素及其转化产物从污染源到受纳水体的源-汇过程和迁移、转化与归趋；建立环境低剂量抗生素单

一及复合污染长期暴露对耐药基因传播扩散、耐药性微生物种群富集的生态模型，揭示从分子到种群、群落的多尺度、跨物种、多营养层级的抗生素生态毒性效应及机制；突破抗生素风险评估技术瓶颈，构建耦合理化性质、生态毒性与耐药性效应的多维风险评估关键技术，确立兼顾流域生态保护与耐药防控的地表水抗生素生态安全浓度阈值，开展全国流域水体抗生素风险评估，绘制全国水体抗生素风险地图；集成多维度立体监测数据，建立典型流域水体抗生素风险优控清单，构建流域水体抗生素风险与预警数智化监测平台，在长三角、粤港澳等重点流域进行示范与应用。

考核指标：在 ≥ 2 个典型流域，阐明 ≥ 50 种抗生素母体及转化产物、 ≥ 100 种耐药基因从污染源到受纳水体（ ≥ 10 个）的迁移转化过程和归趋规律；阐明流域水体 β -内酰胺类、大环内酯类、四环素类、磺胺类、喹诺酮类等5大类抗生素的单一及复合污染的生态效应；制定兼顾流域生态保护与耐药风险防控的多维抗生素风险评估预测模型1套，并形成技术规范1项，提出 ≥ 5 大类高风险抗生素的生态安全浓度阈值，绘制全国流域水体抗生素风险地图1份（与10年前对比抗生素风险演变趋势，时间尺度 ≥ 10 年）；编制典型流域抗生素污染管控清单1份，开发适用于我国流域水体的抗生素环境风险监测预警智能化管控平台1个，在重点流域实现业务化应用示范，并提供 ≥ 1 年业务化运行记录及应用示范报告。

关键词：流域水体，抗生素，耐药基因，风险评估，风险监测与预警

2.8 城市污水源新污染物生态风险预警技术与应用示范（共性关键技术）

研究内容：针对我国典型城市污水系统中新污染物毒性组分识别难、生态毒性不清、管控阈值缺失等问题，开展城市污水管网-污水处理厂-受纳水体的城市污水源新污染物生态风险预警技术及示范。发展人工智能辅助的非靶向分析技术，沿管网-污水处理厂-受纳水体识别关键新污染物，解析其通量特征，构建清单与多介质分布图谱；发展高通量成组毒理学分析平台，锁定关键毒性驱动组分，结合水生模式生物、体外测试及多组学解析其生态毒性效应，构建结构-效应与不良结局通路模型；发展融合化学结构与物种毒理敏感性的跨物种毒性预测模型，开展多营养级生态毒性效应测试，解析新污染物的生物累积与营养级毒性差异；研发体外-体内外推技术，结合物种敏感性分布推导生态风险阈值与预警边界，构建生态风险评估与分级预警平台，形成风险地图与优先管控清单，并选择典型城市开展应用示范。

考核指标：在 ≥ 4 个典型城市污水管网-污水处理厂-受纳水体识别 ≥ 3 大类新污染物（涵盖 ≥ 300 种新污染物及转化产物），其中高风险污染物 ≥ 10 种，形成多介质分布图谱 1 套；建立高通量成组毒理学分析方法 1 套，成组毒性风险筛选技术 1 套，

构建覆盖 ≥ 6 类生态毒性终点的机器学习模型 ≥ 3 套，准确率 ≥ 0.80 ；构建跨物种毒性预测模型1套，决定系数 ≥ 0.70 ，建立覆盖 ≥ 3 个营养级的生态毒性效应测试与评价体系，确立生态效应标志物 ≥ 5 种；建立体外-体内外推技术1套，结合物种敏感性分布形成 ≥ 15 项生态风险阈值，构建生态风险评估与分级预警平台1套；形成水体新污染物污染风险地图1套、技术指南1套，在1个以上城市完成应用示范，形成城市污水源新污染物优先管控清单1套。

关键词：污水源新污染物，成组毒理学，生态风险阈值，跨物种，风险分级预警

2.9 中国人群新污染物特征暴露参数及风险阻控关键技术研发及应用（共性关键技术）

研究内容：针对新污染物的人群暴露路径与常规污染物具有较大差异，现有暴露参数体系难以支撑其健康风险评估与管控的问题，提出中国人群暴露参数并开展风险阻控技术攻关。聚焦全氟及多氟烷基化合物（PFAS）全生命周期典型暴露情景，选取代表性人群，分析环境暴露来源及膳食、高频消费品等非环境暴露来源中PFAS的赋存特征，揭示人群行为、介质特性、污染物属性对暴露剂量的影响机制；研发融合无线传感与人工智能技术的新污染物特征暴露参数监测方法，构建“时-空-人”智能动态暴露参数预测模型，融合大样本多源数据，解析经口、经皮肤和经呼吸暴露途径贡献率，建立多介质耦合相关源贡献

率（RSC）数据库；识别高风险人群及其主要暴露场景，推导 PFAS 人群终生暴露剂量及各途径暴露阈值，研究重点管控 PFAS 的环境健康基准值；研发差异化暴露风险阻控方案，选择典型地区敏感人群开展示范应用，降低人群暴露风险，支撑新污染物精准防控。

考核指标：形成 PFAS 本土化暴露参数数据库，核心参数数据量总计 ≥ 10 万条，覆盖 ≥ 3 类人群、 ≥ 3 类暴露场景，包含人群暴露行为数据、RSC 等；构建“时-空-人”智能动态暴露参数预测模型，关键暴露场景解析误差 $\leq 20\%$ ，RSC 解析误差 $\leq 30\%$ ；推导 PFAS 的终生参考暴露剂量、各途径暴露阈值及主要环境介质中 PFAS 的健康基准值，覆盖 ≥ 10 种 PFAS， ≥ 3 种暴露途径，形成基准文件 ≥ 3 个，并提交生态环境主管部门；建立新污染物特征暴露参数监测方法和基本数据集各 1 套，提交生态环境主管部门；提出敏感人群 PFAS 暴露防护技术指南 1 项，在典型区域开展应用示范，敏感人群暴露剂量降低 $\geq 30\%$ 。

关键词：新污染物特征暴露参数，全氟及多氟烷基化合物，预测模型，多介质耦合相关源贡献率，差异化暴露风险阻控

2.10 微纳塑料跨介质协同观测和智能模拟装置（共性关键技术）

研究内容：基于自然环境中微纳塑料跨介质过程的精准刻画和生态风险评估需求，研发微纳塑料跨介质协同观测和智能模拟装置。针对典型的陆地/水生生态系统，研制具有智能感知、

原位观测、可视化模拟功能的微纳塑料跨介质协同观测与智能模拟装置；融合智能模拟装置获取的多介质原位观测数据与历史文献数据，开发基于多模态大模型架构的数据同化算法，集成机器学习算法与过程模型，建立机理-数据融合的微纳塑料跨介质迁移转化预测模型，实现微纳塑料在多介质系统中浓度时空分布的动态预测；开发耦合多环境因素驱动下微纳塑料关键地球化学过程的高精度参数化方案；建立不同气候和环境变化场景下微纳塑料生态安全阈值预测方法，明确关键气候因子对微纳塑料生态风险的调控机制；形成“跨介质迁移-界面转化-多营养级传递-生态风险”全链条预测技术，为微纳塑料污染精准防控和风险预警提供模型支撑。

考核指标：研制的陆地生态系统模拟装置中植物舱体积 $\geq 6\text{ m}^3$ ，蒸渗系统体积 $\geq 2\text{ m}^3$ ，水生生态系统有效模拟体积 $\geq 5\text{ m}^3$ ，并引入 ≥ 10 种代表性生物，形成具有4个营养级的食物链体系，模拟装置的连续稳定运行时间 ≥ 6 个月；研发微纳塑料跨介质迁移过程国产化在线监测智能传感系统2套，系统适配 $-5\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，可同步实时监测温度、湿度、光照强度、地下水位、土壤-水体理化参数、植物光合作用及 CO_2 、 CH_4 、 NH_3 、 NO 、 NO_2 、 HONO 等气体浓度，监测数据时间分辨率 $\leq 1\text{ min}$ ，粒径检测范围 $0.1\text{ }\mu\text{m}\sim 500\text{ }\mu\text{m}$ ，微纳塑料最低可识别质量浓度 $\leq 50\text{ }\mu\text{g/L}$ ；构建陆地与水生生态系统跨介质迁移转化高质量数据集各1套，数据集时间跨度 ≥ 12 个月，时间分辨率 $\leq 1\text{ h}$ ，数据条目总量 ≥ 10 万条，

数据完整性 $\geq 95\%$ 。

关键词：自然环境，微纳塑料，跨介质迁移转化，智能模拟，数字孪生

2.11 重点行业典型内分泌干扰物环境暴露预测模型开发及应用（共性关键技术）

研究内容：针对内分泌干扰物环境暴露预测方法系统性和精准性不足的问题，围绕重点行业典型内分泌干扰物研发环境暴露预测模型并应用。以邻苯二甲酸酯类、双酚类、苯并三唑类等典型内分泌干扰物为研究对象，基于化工合成、塑料加工、电子电路行业相关排放场景物质流分析，建立从生产、使用及污水处理关键环节的排放清单，量化不同生命周期阶段的排放因子；开发内分泌干扰物与核受体结合、代谢活化等关键作用机制依赖的毒效毒代动力学模型，实现外暴露浓度向靶器官内暴露剂量的精准转化；构建“源排放-环境暴露-人体外暴露-内分泌靶标暴露”全过程暴露预测方法，选取长三角区域进行模型验证应用。

考核指标：“源排放-环境暴露-人体外暴露-内分泌靶标暴露”全过程暴露预测模型1套，核算准确率 $\geq 80\%$ ，在生态环境部高关注新污染物梯次环境风险评估中得到应用；提交长三角区域 ≥ 20 种内分泌干扰物重点行业源排放通量及环境暴露特征数据集；发布相关国家标准或国家生态环境标准 ≥ 2 项。

关键词：全过程暴露预测，内分泌干扰物，源排放特征，

全生命周期排放因子，毒效毒代动力学模型

2.12 新污染物人体暴露标志物识别关键技术及高通量检测设备研发（共性关键技术）

研究内容：针对新污染物人体内暴露标志物不清的难题，研发暴露标志物识别关键技术及高通量检测设备。选择体内外代谢模型，研发新污染物生物代谢网络解析技术，识别典型新污染物的关键暴露标志物；创制高效前处理富集材料，开发自动化集成高通量分析系统，构建新污染物内暴露标志物的高效富集检测装备，精细刻画典型人群新污染物内暴露图谱；针对重要暴露途径构建内外暴露联动模拟，明确典型新污染物外暴露与内暴露的定量关联与耦合规律。

考核指标：构建基于人工智能的新污染物生物代谢网络预测模型 1 套，产物结构的 Top-5 准确率 $\geq 90\%$ ；识别 ≥ 3 大类新污染物内暴露标志物 ≥ 500 种；研制用于内暴露标志物高通量富集前处理材料 2~3 种，内暴露标志物高通量检测成套化设备 1 台，同步定量检测 ≥ 500 种内暴露标志物，刻画 ≥ 3 类人群的暴露图谱；建成 ≥ 2 种暴露途径的内外暴露模拟评估模型 1 套，模型模拟值与实测值决定系数 ≥ 0.7 ，阐明 ≥ 20 种典型新污染物的外暴露与内暴露定量关联与耦合规律；在长三角、粤港澳、京津冀等重点区域开展应用示范。

关键词：内暴露标志物，高通量检测，暴露图谱，内外暴露联动，耦合规律

2.13 在产工业园区地下水中国家重点管控新污染物运移规律与靶向修复关键技术、装备与应用示范（应用示范）

研究内容：针对在产工业园区地下水系统中新污染物多介质界面迁移行为不明、风险管控路径不清、原位靶向修复技术匮乏等瓶颈问题，以国家重点管控新污染物清单中氯代烃类、抗生素类、内分泌干扰物等典型新污染物为研究对象，开展“运移规律-风险评估-监测预警-靶向修复-管控示范”全链条系统性研究。刻画新污染物在多相多界面体系中的赋存形态与转化归趋、源强衰减动力学及长距离反应性溶质运移特征；建立涵盖危害识别、剂量-效应评估、暴露评价与风险表征的动态概率风险模型，融合复合暴露下的联合毒性效应，构建在产工业园区地下水重点管控新污染物风险评估与分级预警体系；研发具有抗干扰能力和高灵敏度的原位快速检测装备，耦合高精度动力学模型，实现自然迁移与人为偷排等不同污染诱因的快速空间溯源及动态推演；突破靶向电子定向传递驱动与靶标功能微生物协同代谢的强化降解新机制，开发缓释型生物活性材料耦合低碳修复技术，研发可定向投加并定向调控反应微环境的成套装备，实现新污染物的高效去除与无害化转化；以典型医药工业园区为代表，开展集成示范，形成可复制推广的技术规范与长效监管模式。

考核指标：建立典型在产工业园区新污染物数据集 1 套，构建地下水新污染物三维水流-反应-运移耦合高精度数值模型

1 套, 选择 ≥ 3 类新污染物进行示范验证, 模型预测精度 $R^2 \geq 0.80$; 建立融合机器学习的新污染物健康风险评估模型 1 套, 确定 ≥ 50 种新污染物的健康风险阈值, 建立基于多参数建模的分级预警体系 (预警等级 ≥ 3 级, 与实测一致性 $\geq 80\%$); 研制具有自主知识产权的原位快速检测智能装备 1 台 (套), 检测对象涵盖氯代烃类、抗生素、内分泌干扰物等典型新污染物, 多级质谱从进样至检测时间 < 10 min, 方法检出限 ≤ 10 ng/L (以目标物计), 整机重量 ≤ 20 kg, 国产化率 $> 90\%$, 建立痕量污染溯源模型 1 套, 源贡献率识别误差 $\leq 20\%$; 形成基于靶向电子定向传递与目标功能微生物协同强化的高效降解技术及装备, 目标母体污染物去除率 $\geq 95\%$, 降解产物无害化转化率 $\geq 80\%$, 全生命周期碳排放较传统修复工艺 (如化学氧化等) 降低 $\geq 35\%$; 在典型在产医药化工园区完成全链条集成示范, 示范覆盖面积 ≥ 10 km², 核心示范区面积 $\geq 20,000$ m², 连续稳定运行时间 ≥ 6 个月, 示范结束后, 核心区地下水目标新污染物浓度须稳定达到《地下水质量标准》(GB/T 14848) IV类水质限值要求, 或满足园区基于健康风险制定的特定风险控制值。

关键词: 在产工业园区, 氯代烃类新污染物, 运移规律, 靶向修复

2.14 典型新污染物多靶点毒性识别和测试筛查新技术 (青年科学家项目)

研究内容: 针对新污染物毒性靶点不清、毒性通路不明及

靶点-效应映射关系缺乏等难题，整合高通量筛查、多维验证与多尺度数据解析，实现新污染物生态毒性效应的精准预测与机制阐释。开发高通量的毒性筛查技术，实现多毒性靶点的快速识别与毒性通路解析，验证其在多物种、多终点的生态毒性效应表征中的准确性与适用性；发展新污染物作用靶点的识别新方法，对靶点识别结果及其作用机制开展多维验证，基于多尺度、多层级的毒性数据深度解析与融合，建立生态健康效应智能预测模型。

考核指标：构建高通量的毒性筛查技术 1 套，确定 ≥ 400 种典型新污染物作用靶点及毒性通路，建立多层级毒性评估技术 1 项，对多物种、多终点生态效应的预测准确率 $\geq 85\%$ ；建立针对新污染物效应靶点及作用机制的综合验证方法 1 套，整合多尺度、多层级毒性数据，构建生态效应智能预测模型 1 个，实现对潜在敏感物种的智能排序并进行生物学验证；在京津冀、长三角、粤港澳等重点区域开展示范，提交高生态风险的新污染物清单 $\geq 1,000$ 个。

关键词：毒性筛查，高通量，作用靶点，生态健康，预测模型

3. 新污染物环境风险源头阻控关键技术与装备

3.1 氟化工行业新污染物源头管控与高效治理关键技术及应用示范（应用示范）

研究内容：针对氟化工行业含氟新污染物排放数据缺失、

阻控效果差、效率低、治理效果不明等问题，筛查新污染物清单，研发吸附和降解材料及关键技术装备，并开展工程示范。融合非靶向筛查与 AI 技术，揭示典型氟化工行业新污染物产污机制，阐明其全流程迁移转化、毒性演变及生命周期风险，构建产排污数据库及行业新污染物清单；研发现场快速检测技术及智能化装备，实现含氟新污染物的智能预警；开发高选择性吸附材料，并优化协同吸附与高效再生技术，研发脱附液中含氟新污染物绿色降解及脱附液循环套用技术；研发可再生能源驱动的含氟新污染物高效降解材料，建立材料催化-微生物代谢协同的脱氟技术；建立适配多场景的长效阻控与绿色治理技术体系，集成基于智能传感与自适应控制算法的一体化协同治理装备；选取典型氟化工企业开展工程示范，形成可推广的行业智慧化治理方案与管控工具。

考核指标：构建典型万吨级氟产品的氟化工行业产排污数据库 1 个，形成含氟聚合物、新能源材料等行业优先管控新污染物清单 ≥ 4 项；研制快速检测装备 1 套，重量 ≤ 80 kg，检测限 ≤ 0.5 ng/L，单次分析 ≤ 60 min；研发高效吸附材料 ≥ 3 种，对典型含氟新污染物去除率 $\geq 99\%$ ，吨级量产 ≥ 1 种；材料脱附浓缩比 $\geq 1,000$ ，循环使用次数 ≥ 50 次，含氟新污染物降解率 $\geq 90\%$ ；研发材料催化-微生物代谢协同的深度脱氟技术，含氟新污染物降解率 $\geq 90\%$ ；形成智能一体化成套装备 1 套，在 ≥ 2 类涉氟行业开展示范，废水总规模 $\geq 5,000$ m³/d，连续运行 ≥ 30

天，含氟新污染物去除率 $\geq 95\%$ ，运行成本较现有技术降低 30%；编制氟化工行业技术指南或规范（征求意见稿） ≥ 2 项。

关键词：氟化工，含氟新污染物，源头管控，绿色材料，综合示范

3.2 制药行业抗生素和耐药基因风险阻控多级屏障技术与应用示范（应用示范）

研究内容：针对制药行业抗生素新污染物排放数据缺失、高效阻控及削减工艺缺乏的问题，明确新污染物清单和毒性演变过程，研发多介质中新污染物去除集成技术，并开展工程示范。开展典型大宗发酵类抗生素行业调研，揭示抗生素类新污染物产污节点和清单，废水/菌渣处理过程中新污染物迁移转化及毒性演变，结合人工智能大模型辅助，构建制药行业废水/菌渣中抗生素与耐药基因信息库；研发制药废水、污泥、菌渣中抗生素强化去除的关键材料、技术与装备，形成可行的关键技术清单；突破典型发酵类抗生素生产废水中抗生素复合污染强化脱毒预处理技术、多菌群协同代谢网络调控技术和高效低耗深度处理技术，构建脱毒预处理-生物处理-深度处理的抗生素和耐药基因风险阻控多级屏障集成工艺与装备；开发典型大宗抗生素菌渣分质分类无害化处理和资源化利用技术；开展抗生素废水、污泥、菌渣中常规污染物、抗生素/耐药基因等新污染物源头削减-过程减排-末端治理的技术集成与示范，提出制药行业抗生素新污染物管控标准建议。

考核指标：建立制药废水/菌渣残留抗生素与耐药基因污染信息库，至少涉及大环内酯类、林可酰胺类、四环素类、 β -内酰胺类、氨基糖苷类、多肽类等 6 大类发酵类抗生素；至少针对 8 种废水、2 种污泥和 3 种菌渣，研制抗生素选择性去除新技术，提出可行关键技术清单 1 套；形成典型发酵类抗生素废水强化脱毒预处理-高效生化处理-深度处理技术工艺包 1 项，中试集成装备 1 套（规模 ≥ 10 吨/天），废水抗生素去除率 $\geq 95\%$ ，耐药基因阻控率 $\geq 80\%$ ；形成抗生素菌渣分质分类无害化处理和资源化利用技术模块工艺包 1 项，菌渣抗生素去除率 $\geq 95\%$ ；在发酵类抗生素生产原料主产区两类大宗发酵抗生素生产企业开展示范，建立 5,000 m^3/d 发酵类抗生素生产废水处理、10,000 吨/天菌渣无害化处理与资源化利用示范工程各 1 项，抗生素去除率均 $\geq 95\%$ ，稳定运行 ≥ 6 个月，形成行业推广应用评估报告 1 份；编制制药行业技术指南或规范（征求意见稿） ≥ 2 项。

关键词：制药行业，发酵类抗生素，耐药基因，多级屏障技术，全过程管控

3.3 石油炼化行业废水中典型新污染物与氮磷协同治理关键技术装备与应用示范（应用示范）

研究内容：针对石油炼化行业典型新污染物源头削减途径不清、废水复合污染处理效率低、协同治理技术装备缺乏的难题，开展污染筛查-协同治理-装备研发-应用示范链条式技术攻关。利用高分辨质谱的靶向/非靶向筛查技术，构建石油炼化废

水中全氟及多氟烷基化合物、氯化石蜡和多氯联苯等典型新污染物、特征污染物及其转化产物的全指纹图谱库，系统辨识石油炼化行业不同类型废水的复合污染特征；定向筛选石油炼化废水中典型新污染物与氮素协同高效降解的功能菌株，解析功能菌的降解代谢途径与协同去除关键机制，形成可规模化应用的复合微生物制剂；研发具有高吸附容量与选择性催化降解功能的系列环境功能材料，开发耦合新污染物吸附浓缩-高级氧化降解-生物脱氮除磷等协同治理的新技术；建立废水处理装置运行状态与污染物去除效果的实时关联模型，研制提高系统抗冲击能力、兼容性强的模块化装置，形成高处理容量、经济可行的数智化装备；开展协同治理技术、装备的工程化集成应用，在典型石油炼化企业开展中试验证与现场示范，建立涵盖新污染物去除效率、长期运行稳定性及全生命周期经济性的性能验证与评估体系。

考核指标：构建石油炼化行业废水污染图谱库 1 个，入库覆盖行业典型新污染物、特征污染物及转化产物 ≥ 600 种；筛选高效降解功能菌株 ≥ 15 株，形成复合微生物制剂 ≥ 3 种；研发新型环境功能材料 ≥ 5 种，新污染物去除率 $\geq 95\%$ ，构建吸附浓缩-高级氧化-生物脱氮除磷耦合工艺 ≥ 2 套，出水总氮 ≤ 1.5 mg/L、总磷 ≤ 0.3 mg/L；形成复合污染协同处理新装备 ≥ 2 套，综合去除率 $\geq 90\%$ ；在典型石油炼化企业建成协同减排集成示范工程 ≥ 2 项，单项水处理能力 $\geq 10,000$ m³/d，出水稳定达标运

行 ≥ 180 天，建立性能验证与评估体系1套。

关键词：炼化废水，新污染物，氮磷协同治理，多物理场协同，数字孪生调控

3.4 禽类养殖业废弃物中典型新污染物高效削减与资源化耦合处理技术及应用示范（应用示范）

研究内容：针对禽类养殖业新污染物底数不清、多介质迁移转化机制不明、高效削减技术缺乏等问题，解析新污染物来源，研发以高效生物菌株、高值化技术为核心的集成技术，并开展工程示范。开展以肉鸡为代表的禽类养殖全链条中典型新污染物（抗生素、内分泌干扰物、持久性有机物等）的源头解析研究，阐明其在养殖多环境介质中的赋存与迁移转化规律和污染风险，构建新污染物源头减量与绿色防控技术方案；定向选育具备新污染物耐受与高效降解能力的菌株并构建菌种资源库，组装高效稳定的新污染物降解复合菌群；针对养殖废液，研发功能菌群强化的厌氧高值化处理及深度净化技术与装备；针对养殖固废，开发碳氮高效固定与新污染物协同去除的快速好氧堆肥关键技术，构建禽类养殖业废弃物高效资源化利用与新污染物协同去除的技术模式；形成禽类养殖业新污染物“源头减量-协同治污-资源利用”集成技术范式，并在我国禽类养殖核心区开展应用示范与综合成效评估。

考核指标：建立禽类养殖业新污染物清单数据库1个（覆盖全国 $\geq 85\%$ 规模化养殖场， ≥ 20 种、 ≥ 3 类新污染物），构建源头

减量与绿色防控技术方案 ≥ 5 项，实现单位家禽的新污染物排放强度下降 $\geq 30\%$ ；选育具有 ≥ 3 类新污染物耐受及降解能力的高效微生物菌株 ≥ 50 株（好氧菌 ≥ 25 株，厌氧菌 ≥ 25 株），建立禽类养殖新污染物降解菌种资源库1个，构建高效广谱新污染物协同降解功能菌群 ≥ 10 个；开发养殖废液厌氧高值化处理及深度净化技术及装备 ≥ 2 个，容积负荷 $\geq 10 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ ，各类新污染物去除率 $\geq 90\%$ ，资源转化率 $\geq 70\%$ ；研发强化新污染物去除的固体粪污好氧堆肥技术，堆肥腐熟周期 ≤ 20 天，氮保存率 $\geq 75\%$ ，各类新污染物削减率 $\geq 80\%$ ；在长江流域禽类养殖核心区域建成 ≥ 2 个畜禽养殖废弃物资源化处理工程示范，处理规模 ≥ 300 吨/天。

关键词：规模化禽类养殖，新污染物，源头阻控与协同治理，厌氧高值化处理，好氧堆肥

3.5 淡水养殖主产区典型新污染物源头阻控关键技术装备及应用示范（应用示范）

研究内容：针对淡水养殖主产区环境新污染物来源与迁移转化机理不清、防控技术体系不完善、高效源头阻控技术缺乏等问题，开展行业溯源和多介质协同削减技术装备与工程示范。围绕淡水养殖主产区环境新污染物源头阻控，研发适配水体、底泥等环境介质的新污染物低成本、便携式快速检测技术、精准定量检测技术与成套装备；建立堤垸养殖新污染物多介质排放清单与特征图谱，闸泵调控与排灌转换条件下新污染物多介

质迁移转化与演变规律；建立典型养殖行业区域新污染物环境风险数据库，科学确定水产养殖抗生素等典型环境新污染物安全阈值；聚焦水体和底泥核心介质，创新集成物理吸附、生物降解、化学氧化等协同削减技术及专用设备，形成高效率、低成本的新污染物存量治理新技术与新工艺；集成监测筛查、溯源追踪、存量削减、投入品减污等源头阻控关键技术体系与装备，构建集监测-溯源-模拟-预警-调控于一体的智慧决策支持平台，开发新污染物治理政策工具包，在典型养殖区域开展协同应用与成效评估。

考核指标：开发针对不同介质的新污染物快速检测与精准检测技术 3 套，研制相关快速检测设备 2 套；构建堤垈养殖区典型新污染物多介质迁移转化模型及环境风险评估技术体系 1 套，模型预测精度不低于 80%，提出新污染物环境基准建议值 2~3 项，构建 1 个基于 AI 的抗生素、内分泌干扰物等新污染物智能体；建立水产养殖新污染物生态风险评估方法体系，提出风险筛查参考指标 1 套，并确定 ≥ 6 种新污染物的生态安全风险阈值；研发水产养殖环境中新污染物削减新技术 3~5 套，研发适宜于稻渔、池塘等典型淡水生产场景的新污染物源头削减养殖新技术或装备 ≥ 3 项（套）；在淡水主产区典型区域，构建“精准控污-溯源追踪-绿色生产-生态减负”工程应用示范 2 项，核心示范区面积 ≥ 100 亩，核心示范区养殖产品新污染物含量减少 $\geq 30\%$ ，单产提高 $\geq 10\%$ ；示范辐射总面积 $\geq 5,000$ 亩。

关键词：水产养殖新污染物，快速与精准检测，源头阻控技术体系与装备

3.6 功能纤维与面料新污染物全过程控制与绿色替代关键技术及应用示范（应用示范）

研究内容：针对功能性面料纺织行业产排节点不清、阻控技术缺失、管控技术标准缺失等问题，开展行业溯源、源头削减和废料回收技术开发，并开展工程示范。系统辨识新污染物高风险化学物质在功能纤维和面料“生产-使用-循环利用”全过程中的赋存特征与迁移转化规律，明确纤维与膜材制备、整理加工、废弃处置等关键环节污染特征与交叉污染机制，构建行业微塑料和全氟及多氟烷基化合物（PFAS）产排污数据库并确定重点管控清单与差异化管控阈值；开发微塑料低脱落功能新型纤维制备、无氟膜材和无氟且微塑料低脱落整理等源头削减技术并进行技术验证与效能评价，开发废旧混纺面料尼龙绿色溶剂精准分离与闭环回用技术；基于上述技术开展社会-经济-技术影响评估并量化综合效益，并基于评估结果提出行业特征新污染物管控技术标准、工程规范与排放限值，形成可操作治理依据；依托行业领军企业，打通源头清洁生产与末端回用全链条，开展纤维-膜材-面料集成应用与工程示范，验证管控标准的实施效果，最终形成可复制推广的新污染物管控技术体系。

考核指标：建立覆盖率 $\geq 80\%$ 的功能性纤维与面料新污染物产排污数据库、提出重点管控新污染物清单 1 份；开发复合功

能纤维,摩擦系数较常规纤维降低 $\geq 50\%$,磨损脱落量降低 $\geq 70\%$,有害毛羽指数较常规降低 $\geq 90\%$,并完成中试验证;开发无氟防水透气膜,耐水压 $\geq 10,000\text{ mm H}_2\text{O}$ 、透气 $\geq 1\text{ mm/s}$,不添加含氟原料,绿色溶剂闭环回收率 $\geq 95\%$,建成年产 ≥ 300 万平方米无氟膜材示范线,产品总氟 $\leq 20\text{ mg/kg}$;建成年产 ≥ 500 万平方米无氟面料示范线,总氟 $< 20\text{ mg/kg}$,单一 PFAS $\leq 20\text{ }\mu\text{g/kg}$,防水透气指标同膜指标;开发经无皂交联涂层或等离子体锚固整理技术,织物耐 50 次洗涤后微纤维释放量较常规降低 $\geq 85\%$;提出功能性面料行业特征新污染物管控技术标准 ≥ 1 项,形成可推广的行业管控技术规范/指南 ≥ 1 项。

关键词: 全氟及多氟烷基化合物, 源头替代, 无氟功能性纺织品, 防水透气膜

3.7 有机复合固废热转化过程新污染物全过程阻控关键技术与应用示范(应用示范)

研究内容: 针对退役光伏组件、工业有机废盐等有机复合固废热转化处置与利用过程中,新污染物排放系数识别不清、生成机理不明、阻控技术缺失等问题,解析有机复合固废热转化过程新污染物排放特征,研发源头抑制与末端控制关键技术,构建全过程阻控技术体系,完成典型场景工程验证。研究有机复合固废中新污染物前驱体的赋存特征,阐明热转化过程新污染物的释放规律与关键节点,建立热转化过程新污染物指纹图谱与快速识别技术;揭示有机复合固废热转化过程全氟及多氟

烷基化合物（PFAS）、抗生素、多环芳烃衍生物、杂环化合物等新污染物的转移转化机理，突破原料预处理与热转化条件优化等源头抑制关键技术；研发退役光伏组件热解气、有机废盐等燃烧烟气新污染物高效催化转化、吸收、吸附等关键材料，开发面向不同热转化场景的新污染物高效控制技术；构建有机复合固废热转化新污染物“识别-抑制-控制”全过程阻控关键技术体系，并开展工程示范。

考核指标：构建覆盖退役光伏组件、工业有机废盐等有机复合固废热转化处置与利用过程新污染物排放谱库 ≥ 2 个；研制新污染物快速检测装备1套，覆盖新污染物 ≥ 5 类，检出限达ppb级，关键新污染物响应时间 ≤ 15 分钟；建立热转化生成机理模型覆盖新污染物 ≥ 4 类，典型新污染物生成抑制率 $\geq 60\%$ ；研发高效催化转化、吸收/吸附材料 ≥ 4 种，开发典型新污染物高效脱除技术与关键装备，PFAS脱除率 $\geq 90\%$ ，多环芳烃衍生物脱除率 $\geq 85\%$ ，杂环化合物脱除率 $\geq 90\%$ ，次生HF/HCl/HBr脱除率 $\geq 95\%$ ；形成新污染物全过程阻控技术工艺包，在万吨级/年典型有机复合固废热转化处理场景完成新污染物治理关键技术验证与工程示范 ≥ 2 项；形成相关阻控技术指南或规范（征求意见稿） ≥ 2 项。

关键词：有机复合固废，新污染物，识别技术，排放谱系，全过程阻控技术

3.8 十溴二苯乙烷等典型阻燃剂绿色替代技术及示范应用 (应用示范)

研究内容：针对基于环境-暴露-健康绿色替代技术方案缺乏、绿色替代品的风险不明等问题，开发风险预测和评估方法，开发阻燃剂绿色替代品，实现规模化生产。开发融合高通量分析、计算毒理学的典型阻燃剂类化学物质多维风险筛查预测模型，研发基于环境-暴露-健康全链条证据链的风险定量识别与评估技术；研究十溴二苯乙烷替代品基团结构高效组织原理，结合人工智能分子设计技术，开发十溴二苯乙烷、三溴新戊醇的聚合型、大分子绿色替代品；研究替代阻燃剂制备工艺中有毒有害污染物生成及环境释放机制，研发替代品产业化过程中的高效清洁制备技术及一体化清洁生产关键装备，研发源头端污染控制和风险消减技术；选择阻燃性能、环保指标及综合成本最优的典型替代品，开展示范生产。

考核指标：开发阻燃剂类化学品风险评估工具包1套；提出阻燃剂类化学品环境-暴露-健康全链条风险识别与精准化评估技术方法1套；研发出替代阻燃剂生产和使用过程无意产生持久性有机污染物等有毒有害污染的环境健康风险消减控制技术，形成清洁生产技术及新装备1套；开发十溴二苯乙烷的聚合型、大分子绿色替代品阻燃剂3~5种，其中1~2种替代品获得CAS登记号和产品牌号并实现工业化示范生产，替代品阻燃ABS、HIPS等苯乙烯类聚合物(添加量 $\leq 16\%$)极限氧指数 $\geq 30\%$ ，通过UL94

V-0级(3.2 mm厚度); 开发三溴新戊醇的绿色替代品阻燃剂2~3种, 其中1种替代品获得CAS登记号和产品牌号并实现工业化示范生产, 示范产能 $\geq 5,000$ 吨/年, 替代品阻燃无石墨软质聚氨酯泡沫(添加量 $\leq 16\%$)极限氧指数 $\geq 26\%$, 通过HF-1级; 替代品环境健康风险显著低于原化学品, 形成环境健康风险评估报告1份; 替代品与被替代品相比, 应用成本增加 $\leq 20\%$, 制定技术标准及规范 ≥ 1 项, 形成替代品经济技术成本对比分析报告1份。

关键词: 绿色替代品, 溴代阻燃剂, 十溴二苯乙烷, 三溴新戊醇

3.9 全氟及多氟烷基化合物处理共性技术: 生物降解法(珍珠链项目)

研究内容: 针对生物法处理全氟及多氟烷基化合物(PFAS)效率低、菌种少的难题, 开发新型工程菌株、生物强化工艺和成套装备, 并进行中试验证。创新高通量筛选与多组学挖掘方法, 解析PFAS生物脱氟反应、氟化脂质合成反应特征及关键功能酶, 识别同源高活性元件, 建立涵盖PFAS降解与合成转化路径的酶促级联反应链与元件库; 解析脱氟酶、氟离子转运酶、氟化脂质合成酶等功能模块特征, 筛选满足不同功能模块整合的底盘微生物细胞, 构建实现PFAS定向降解与代谢产物可控转化的工程菌株体系; 构建废水生物处理功能互补、生境适配、生态相容的合成菌群, 研发废水中PFAS同化与异化耦合控制技术、菌群稳态维持与功能优化的调控技术; 开发生物强化处理

工艺并研制成套反应器装备，以典型含氟实际废水为对象开展中试验证，验证技术可行性并优化工艺运行参数，为工程应用提供科学依据与技术支持。

考核指标：识别并获得PFAS高效生物降解与合成的新型功能元件 ≥ 10 个，构建脱氟工程菌株3~5株、生物合成转化菌株5~8株；构建PFAS降解-合成协同转化新生态菌群 ≥ 2 套，合成菌群对传统PFAS及其替代物去除效能比单菌株提升 ≥ 1 倍；研制废水中PFAS生物强化处理成套反应器装备1套，完成典型氟化工废水处理中试1项，处理规模 $\geq 10 \text{ m}^3/\text{d}$ ，连续稳定运行 ≥ 60 天，PFAS去除率 $\geq 80\%$ ，不产生持久性更强或高蓄积性的次生代谢产物；开展经济技术成本分析，形成可推广的成套工艺方案1套。

关键词：全氟及多氟烷基化合物，脱氟酶，生物合成作用，工程菌株，合成生物学

3.10 全氟及多氟烷基化合物处理共性技术：氧化/还原法（珍珠链项目）

研究内容：针对氧化/还原法分解全氟及多氟烷基化合物（PFAS）不彻底的难题，开发外场、界面耦合的化学氧化/还原技术和协同防控装备，并进行中试验证。突破典型工业废水中PFAS等痕量新污染物与常规污染物复合污染风险控制技术瓶颈，研发电场、光场、磁场等外场与反应界面配位场能量耦合氧化/还原技术；研究典型行业废水中PFAS等多种痕量新污染物与常规污染物的作用原理，研发界面多场耦合驱动PFAS类痕量

新污染物与常规污染物协同净化技术；研发多污染物共存下，痕量新污染物低能量与优先选择性氧化/还原去除技术；开发适配实际工况的模块化协同防控成套装备，评估工艺净化效能，并进行中试技术验证。

考核指标：形成PFAS等新污染物与常规污染物协同治理技术1项，PFAS等新污染物原位减排效率 $\geq 90\%$ ，矿化率 $\geq 60\%$ ，常规污染物满足现行排放标准；建立一套适配典型行业废水的PFAS等新污染物风险识别与分级评估技术方法，风险识别准确率 $\geq 95\%$ ；研制模块化协同处理成套装备1套，处理能力 ≥ 10 吨/天，连续稳定运行 ≥ 3 个月，PFAS去除率 $\geq 80\%$ ，运维成本较同类产品降低 $\geq 15\%$ ，出水各项指标达标，开展经济技术成本分析，形成可推广的成套工艺方案1套。

关键词：全氟及多氟烷基化合物，典型行业废水，化学氧化还原，风险识别，多污染物协同防控

3.11 全氟及多氟烷基化合物处理共性技术：膜分离法（珍珠链项目）

研究内容：针对膜法分离全氟及多氟烷基化合物（PFAS）不彻底的难题，开发新型纳滤膜材料和深度净化耦合工艺，并进行中试验证。通过膜孔径与界面电荷协同调控，强化尺寸筛分和静电排斥，降低PFAS在膜界面的吸附及向膜相中的分配，开发面向复杂工业废水中PFAS深度去除与浓缩减量的新型纳滤膜材料；针对复杂工业废水中有机物及金属离子引发的复合膜

污染，揭示污染物吸附、沉积与污染层形成机制，开发界面抗污染调控与高效清洗恢复方法，构建纳滤膜污染控制技术模块，提升膜系统长期运行稳定性；建立氧化、吸附、过滤等多工艺集成技术模块，阐明各工艺与纳滤协同去除PFAS及多种污染物作用机制，形成纳滤为核心的深度净化耦合工艺；基于开发的新型纳滤膜材料与组合工艺，研发数智化集成膜系统，具备关键水质与运行参数在线监测及智能调控功能，在典型企业完成中试实验或技术验证，评价系统对PFAS的去除效果、运行稳定性、抗污染能力和浓缩减量效果，形成可推广的纳滤膜法处理技术方案。

考核指标：开发面向PFAS高效截留的纳滤膜材料 ≥ 2 种，实现 ≥ 5 种典型PFAS截留率 $\geq 80\%$ ；形成纳滤膜抗污染与清洗恢复调控方法，典型工业废水条件下膜通量衰减率 $\leq 20\%$ ，清洗后通量恢复率 $\geq 90\%$ ；开发纳滤为核心的深度处理耦合技术1项，出水COD去除率 $\geq 80\%$ ，多价金属离子去除率 $\geq 90\%$ ，PFAS去除率 $\geq 90\%$ ；建立数智化纳滤中试装备1套并在实际工程中开展技术验证，产水规模 $\geq 20\text{ m}^3/\text{d}$ ，PFAS去除率 $\geq 90\%$ ，开展经济技术成本分析，形成可推广的成套工艺方案1套。

关键词：全氟及多氟烷基化合物，纳滤膜，抗污染，协同减排

3.12 全氟及多氟烷基化合物处理共性技术: 分离-反应耦合法 (珍珠链项目)

研究内容: 针对反渗透浓水等工业高盐废水中短链全氟及多氟烷基化合物 (PFAS) 脱除技术能耗高、成本高等问题, 开发多功能膜组件和适配高盐水的 PFAS 脱除工艺, 并进行中试验证。研发高效低耗工业高盐废水 PFAS 膜催化浓缩削减产品与技术; 开发感应磁场强化催化膜蒸馏膜及组件, 解析复杂水质条件下 PFAS 在膜-水界面的富集-传质-穿透关联机制, 构建与典型高盐工业废水适配的 PFAS 脱除工艺, 并开展技术现场验证, 评价对行业末端浓盐水中 PFAS 伴生风险阻控、特征有机污染物毒性削减和高盐废水浓缩减量的综合效果。

考核指标: 研发出自主知识产权的具有感应加热、催化氧化和抗污染功能的复合中空纤维膜及尺寸 ≤ 8 寸的膜组件, 实现含盐量 $\geq 3.5\%$ 和PFAS ≥ 10 mg/L条件下, PFAS总截留率 $\geq 98\%$, 各目标PFAS单体截留率 $\geq 95\%$; 研制处理规模 ≥ 1 吨/天的外场催化膜蒸馏连续化装置1套, 在典型企业利用实际高盐废水进行技术验证, 连续稳定运行时间 ≥ 3 个月, 总PFAS去除率 $\geq 98\%$, 出水水质满足回用或后续处理要求, 与传统膜蒸馏相比水通量提升 $\geq 20\%$, 单位产水综合能耗降低 $\geq 20\%$; 开展经济技术成本分析, 形成可推广的成套工艺方案1套。

关键词: 工业高盐废水, 全氟及多氟烷基化合物, 催化膜蒸馏, 浓缩减量与资源化回用

3.13 全氟及多氟烷基化合物处理共性技术：吸附法（珍珠链项目）

研究内容：针对现有吸附材料传质速率较慢、所需接触时间较长和材料装填量较大，难以有效处理工业废水中新污染物的问题，开发新型吸附材料、多过程协同的吸附-再生耦合处理技术，并进行中试验证。研发面向全氟及多氟烷基化合物(PFAS)及其转化产物兼具高选择性、高吸附容量与良好再生性能的新型吸附分离材料；研发吸附饱和材料原位再生与污染物定向浓缩回收集成装备；构建涵盖“预处理-选择性富集-材料再生-浓缩废液破坏或安全处置-尾水抛光”的闭环工艺，形成智能装备原型样机，开展技术与装备验证。

考核指标：研发面向PFAS吸附分离的功能化吸附材料样品 ≥ 4 种，对PFAS的饱和吸附容量 $\geq 1,200$ mg/g，回收率 $\geq 80\%$ ，以现有同类吸附工艺为基线，实现有效接触时间缩短 $\geq 50\%$ 、单位处理规模材料装填量降低 $\geq 50\%$ ；建立原创性材料设计与研发理论体系，开发电增强或热辅助再生装备原型 ≥ 4 项，运行能耗 ≤ 0.18 kWh/m³处理水，核心吸附材料工程使用寿命 ≥ 3 年，吸附模块再生效率 $\geq 95\%$ ，再生次数 ≥ 50 次，循环再生50次后吸附容量保持率 $\geq 80\%$ ；完成规模化扩大试验验证，以现有处理技术对复杂工业废水中PFAS去除效率有限、出水难以稳定达到200 ng/L以下为技术基线，建成处理规模 ≤ 100 吨/天的示范工程，实现出水PFAS总量低于200 ng/L，进一步通过深度处理将出水PFAS

总量降至 ≤ 4 ng/L，示范系统连续稳定运行时间 ≤ 6 个月，出水PFAS指标达标率 $\geq 95\%$ ，装置运行负荷率 $\geq 90\%$ ；开展全生命周期技术经济评价，以确保单位处理水量综合运行成本较现有主流吸附处理技术降低 $\geq 20\%$ ；开展经济技术成本分析，形成可推广的成套工艺方案1套。

关键词：全氟及多氟烷基化合物，功能材料，高效吸附，资源化，回收再生智能装备

4. 环境介质中新污染物协同治理关键技术与装备

4.1 基于自然的水源水体典型新污染物与氮磷污染协同治理关键技术与装备（共性关键技术）

研究内容：针对水源水体新污染物与氮磷复合污染加剧、机制不明且靶向控制技术缺失等问题，开展水源水体新污染物与氮磷复合污染精准识别、基于自然的协同阻控及强化净化技术研究。解析抗生素、内分泌干扰物、全氟及多氟烷基化合物（PFAS）等典型新污染物与氮磷的迁移赋存及复合污染特征，建立新污染物精细化识别策略；探明水源水体生态护岸污染物协同控制原理，研发基于自然的厌氧氨氧化热区与生态护岸边界效应协同调控关键技术，构建氮磷和新污染物协同的外围阻控与过程削减技术网络；阐明水源湿地新污染物宏微观生态热区界面转化机制，构建清洁能源驱动的水陆交错带-植物根际耦合厌氧氨氧化及宏微观生态热区，研制强化净化技术与模块化装备；筛选 PFAS 高效降解土著菌株，构建合成生物学融合机

器学习驱动的合成菌群及调控方法，研发原位靶向生物降解技术；构建基于自然的新污染物与氮磷污染源头阻控、过程削减与强化净化成套技术，开展真实场景技术验证。

考核指标：阐明 ≥ 3 类新污染物在水源水体的源汇及其与氮磷的复合污染机制；研发基于自然的低耗高效水源水体生态护岸新污染物协同氮磷污染外围阻控与过程削减关键技术 ≥ 1 项，新污染物去除率 $\geq 35\% \sim 65\%$ ，氮去除率 $\geq 35\% \sim 65\%$ ，磷去除率 $\geq 30\% \sim 50\%$ ；研发清洁能源驱动的水源湿地新污染物与氮磷强化净化技术 ≥ 3 项，集成小型模块化装备1套，日处理规模 $\geq 100 \text{ m}^3$ ；新污染物去除率提升 $\geq 20\% \sim 30\%$ ，氮去除率提升 $\geq 25\% \sim 35\%$ ，磷去除率提升 $\geq 15\% \sim 25\%$ ；识别鉴定 PFAS 高效降解功能菌株 ≥ 10 株，研发合成菌剂 PFAS 原位削减技术1项，总量削减率 $\geq 40\%$ ，吨水处理成本降低 $\geq 35\%$ 、节电 $\geq 30\%$ ；形成基于自然的典型新污染物与氮磷污染源头阻控、过程削减、强化净化成套技术体系1套，开展实景验证 ≥ 1 处，面积 ≥ 2 公顷，日处理规模 ≥ 1 万吨，典型新污染物去除率 $\geq 50\%$ ，稳定运行 ≥ 6 个月。

关键词：基于自然的技术体系，植物根际，边界效应，厌氧氨氧化，合成菌群

4.2 供水系统中全氟及多氟烷基化合物去除关键技术及应用示范（共性关键技术）

研究内容：针对部分饮用水水源中全氟及多氟烷基化合物（PFAS）存在超标风险的重大挑战，开展供水系统 PFAS 及共

存风险污染物精准识别、高效去除与安全处置技术研究。检测获取典型饮用水水源中 PFAS 及共存典型风险污染物的分布特征；研发适用于不同类型自来水管厂的 PFAS 及共存典型风险污染物高效去除的处理新技术，形成适配城乡供水工程应用的新材料与成套新装备；在城乡自来水管厂开展工程示范应用与效果验证，在水源水中 PFAS 超标数倍的情况下，实现自来水管厂出厂水质的全面达标，并安全处置含 PFAS 的净水废弃物，提升城乡供水全过程水质安全保障水平。

考核指标：编制 1~2 个典型集中式和分散式供水水源中重点管控 PFAS 及共存风险污染物的风险评估报告 1 份；研发 PFAS 及共存风险污染物处理技术 ≥ 2 项以及含 PFAS 的净水废弃物安全处置技术 1 项，开发饮用水 PFAS 及共存风险污染物去除的新材料 ≥ 2 种、新装备 ≥ 2 套，较现有饮用水处理工艺 PFAS 去除率提升 $\geq 60\%$ ，可将 PFAS 浓度为我国国标限值 5 倍（超标 4 倍）的原水处理达标；形成可复制可推广的净水技术体系 1 套，示范工程规模 $\geq 50,000 \text{ m}^3/\text{d}$ ，出水符合饮用水相关标准，新增吨水处理成本 $\leq 25\%$ ；村镇供水示范工程规模 $\geq 1,000 \text{ m}^3/\text{d}$ ，处理超标 4 倍原水时新增吨水处理成本 ≤ 2.0 元。

关键词：饮用水安全，全氟及多氟烷基化合物，处理技术新材料，技术装备示范

4.3 北方平原典型农田土壤新污染物和常规污染物协同治理关键技术及示范（共性关键技术）

研究内容：面向北方农田地膜源（微纳塑料、添加剂）、有机肥源（抗生素、抗性基因）、化肥（氮磷形态、盐分）及农药（除草剂、杀虫剂及其降解产物）多元复合污染，开展北方平原农田多源复合污染精准识别、迁移机制解析与协同治理技术研究。研发土壤-作物多介质协同检测技术，建立微纳塑料原位成像与痕量定量、抗性基因及农化残留快速识别方法，形成污染清单；阐明污染物释放迁移、转化降解及作物吸收富集规律，明确土壤-微生物-植物传输路径与关键节点，建立“可迁移态/生物有效态”定量评估方法；揭示颗粒态微塑料、小分子新污染物、农药活性成分及化肥可溶态离子协同固定、拮抗与协同削减机制；研发功能微生物菌剂并配伍原位钝化、靶向降解及农化残留转化材料，探索协同阻控工艺；阐明功能微生物组介导转化、碳磷增效及抗性基因水平转移阻断机制，构建简化合成菌群，突破生物强化-农艺调控协同削减技术，实施化肥减量替代与农药强化降解；集成综合协同治理体系，在京津冀典型农田开展示范验证，评估适用性与稳定性，制定技术规范。

考核指标：提出复合污染清单 1 份，建立多介质协同检测与原位成像定量技术，制定标准化检测规程 ≥ 3 套；构建 ≥ 3 种北方典型农田土壤及主要作物污染数据库（样本 $\geq 1,000$ 份）；研发功能微生物菌剂协同阻控材料、生物强化技术及污染物配套去

除装备 ≥ 3 项,相较于对照,使土壤可迁移态微纳塑料降低 $\geq 60\%$,小分子新污染物及农药生物有效态降低 $\geq 40\%$,抗性基因丰度降低 ≥ 1 个数量级,化肥残留淋失量降低 $\geq 30\%$;建成示范工程 ≥ 3 处(总面积 ≥ 600 亩),相较基线,农产品可食部微纳塑料下降 $\geq 30\%$,小分子新污染物及农药残留下降 $\geq 30\%$,抗性基因丰度明显降低,化肥农药残留低于限量;开展技术经济成本分析,形成技术规范或指南 ≥ 1 项。

关键词: 北方平原农田,新污染物,农化残留,协同阻控,生物强化

4.4 南方农田酸性土壤新污染物和重金属协同治理关键技术及示范(共性关键技术)

研究内容: 针对南方农田酸性土壤中抗生素、抗性基因等典型新污染物与重金属等原位快速监测方法缺乏、土壤酸化导致污染风险加剧、治理技术协同性不足等难题,开展南方农田酸性土壤新污染物与重金属协同监测、风险预警和治理技术研究。研发典型新污染物原位快速监测方法与设备,解析复合污染物协同治理的化学与微生物耦合机理,构建生态安全与农产品质量风险防控的动态预测预警模型;研发复合污染自然修复及生物强化协同治理、土壤酸化与复合污染协同阻控的关键技术,重点发掘土著功能菌种资源,构建兼具抗生素降解、抗生素抗性基因(ARGs)消减、重金属固定的合成菌群;开发内源激发型协同阻控材料与菌剂,建成相应的产品生产线,实现规

模化生产，获得产品认证；选择典型区域开展田间示范，形成“原位监测-动态预警-协同修复-安全利用”全链条技术体系，制定可推广的技术规范或指南。

考核指标：建立南方典型农田土壤中 ≥ 3 类抗生素的原位快速筛查方法与设备 1 套，建立生态安全与农产品质量风险防控的预警模型 1 个；研发涵盖土壤酸化与复合污染的协同阻控、自然修复等协同治理技术 ≥ 5 项，构建合成菌群 ≥ 3 组；开发内源激发型材料 ≥ 2 类，功能微生物活性提升 ≥ 2 个数量级，抗生素降解率提升 $\geq 50\%$ ，功能材料或合成菌剂产品认证 ≥ 1 项；在 2~3 个典型区域示范，总面积 ≥ 500 亩，目标新污染物降解率 $\geq 60\%$ ，ARGs 丰度降低 $\geq 50\%$ ，重金属有效性降低 $\geq 70\%$ ，农产品中污染物含量达到国家食品安全标准，形成技术规范或指南 ≥ 1 项。

关键词：酸性土壤，新污染物，重金属，协同治理，合成菌群

4.5 市政污泥处理处置全周期典型新污染物赋存解析与风险防控关键技术及装备示范（共性关键技术）

研究内容：针对市政污泥中抗生素、微塑料、持久性有机污染物、内分泌干扰物新污染物赋存风险不清、削减防控机制不明、专用治理装备缺失等问题，开展市政污泥处理处置全周期新污染物精准识别、协同削减与风险防控技术装备研究。开发新污染物精准定量检测与风险表征方法及基于生物炭调理常温高液压脱水耦合液相物化生强化阻控、水热碳化、热解/气化

至末端资源化的全周期削减防控关键技术体系；探明污泥在常温高液压脱水、深度干化及热解/气化过程中新污染物及其在固、液、气界面的迁移转化规律与削减机制；结合生物毒性效应与环境风险评估，定量识别新污染物残余及转化副产物的生态风险，明确各类污染物高效削减的关键调控参数与管控清单；创制 AI 赋能的基于生物炭调理耦合污泥常温高液压机械脱水、固定床/回转炉热解/气化过程的典型新污染物削减专用治理装备，开展技术集成与规模化热解气化示范，建立基于全生命周期评价的风险防控标准体系。

考核指标：构建 ≥ 100 种新污染物分子指纹图谱及源汇数据库，定量检测技术 ≥ 4 套、准确率 $\geq 85\%$ ，形成 ≥ 30 种备选管控清单和 ≥ 2 项风险表征方法；形成高压脱水、水热碳化、热解/气化及协同处置等条件下 ≥ 30 种新污染物去除率数据集 1 套；开发常温高压脱水与新污染物协同控制技术 ≥ 1 套、污泥含水率 $\leq 45\%$ 、吨泥脱水成本 ≤ 40 元和耗电 ≤ 5 kWh，新污染物去除炭基材料 ≥ 4 种，脱水液新污染物去除率 $\geq 90\%$ ；形成污泥无害化资源化成套技术和专用治理装备各 ≥ 2 套，建成 ≥ 600 吨/天污泥热解气化示范工程，全周期抗生素、内分泌干扰物及微塑料去除率从约 70%提高到 $\geq 95\%$ ，全氟及多氟烷基化合物去除率从 50%提高到 $\geq 90\%$ ；提出新污染物固废危险鉴别限值 ≥ 2 项并被生态环境部采纳；形成含新污染物固废污染控制国家/行业标准 ≥ 1 项。

关键词：市政污泥，新污染物赋存解析，削减防控技术，

专用治理装备，国家或行业标准

4.6 生活垃圾填埋场新污染物风险识别和源头防控关键技术及示范（共性关键技术）

研究内容：针对填埋组分复杂、新污染物风险识别与源头防控技术不足等问题，开展生活垃圾填埋场新污染物风险识别、快速监测与源头防控技术研究。解析典型生活垃圾填埋场中抗生素及抗性基因（AGRs）、全氟及多氟烷基化合物（PFAS）、微塑料、内分泌干扰物等新污染物的组成特征、赋存形态与迁移转化特性，揭示其风险成因和特征；研究基于光/电化学传感、表面增强拉曼光谱、高光谱等填埋场新污染物快速精准检测技术，研发便携式智能传感快检装备；研发物理、生物和新材料相耦合的填埋场新污染物源头防控技术，形成源头载体截控与协同防扩散技术系统；重点构建多维度、定量化生活垃圾填埋场新污染物风险源头分级分类管控技术体系，构建优先管控污染物清单，提出差异化分级防控对策；创建填埋场新污染物风险识别-快速监测-源头防控-分类管控全链条示范工程，形成可复制推广的工程技术模式。

考核指标：建立生活垃圾填埋场重点管控新污染物（ ≥ 4 类、 ≥ 20 种目标物）的赋存转化与风险识别分析技术方法1套；研发新污染物快速传感精准检测技术，检测限达到 ng/L 级别，响应时间 $\leq 15 \text{ min}$ ，准确度 $\geq 85\%$ ，研发便携式智能传感快检装备1~2套；污泥中微塑料截控率 $\geq 80\%$ ，生活垃圾填埋场微塑料削减率

≥70，抗生素去除率≥75%，ARGs丰度削减≥2 logs，生物炭介导体系对微塑料、抗生素及抗性基因综合截留率≥85%；构建生活垃圾填埋场新污染物源头分级分类管控技术1项，新污染物优控清单1份，提出新污染物分级分类管控策略，并获省部级管理部门采纳；创建生活垃圾填埋场新污染物风险识别-快速监测-源头防控-分类管控全链条示范工程，技术及装备稳定应用≥6个月。

关键词：生活垃圾填埋场，新污染物，风险识别，源头防控

4.7 低值塑料废弃物生态风险评估及资源化利用关键技术与应用（共性关键技术）

研究内容：针对聚烯烃类塑料量大面广、回收难、生态风险不明的问题，以包装膜袋、外卖餐盒、泡沫塑料等典型低值塑料废弃物为研究对象，开展生态风险评估、源头风险削减和资源化高值利用。解析低值塑料废弃物在自然环境中的老化破碎机制及微塑料释放规律，开发高强度、长寿命抗老化改性工艺，减少微塑料，特别是纳塑料的产生；研究低值塑料产生微塑料对典型模式生物的毒性效应，提出典型塑料生态效应评估理论与技术方法，建立毒性预测与生态风险评估模型；针对环境中已经存在的低值塑料废弃物，建立高精多模态可控智能分选-绿色高效溶解分离-有害物质超临界二氧化碳耦合溶剂萃取技术，开发塑料溶解过程中分子链修复及功能化改性方法，实现低值塑料废弃物向高附加值再生材料的高效转化；形成成套

技术装备与标准规范，在外卖餐盒、包装膜袋等低值塑料废弃物高值化回收利用方面开展示范应用。

考核指标：建立低值塑料老化评价方法 1 套，性能劣化溯源检测方法 1 套，研制高寿命、抗老化改性聚烯烃材料 1~2 种，在模拟加速老化试验中其环境老化破碎速率降低 $\geq 50\%$ ，使用寿命延长 $\geq 50\%$ ；开发低值塑料老化形成的微塑料和纳塑料生态效应评估方法 1 套，模型预测精度 $\geq 85\%$ ；开发多场集成智能分选装备，分选精度 $\geq 99\%$ ，综合能耗降低 30%，分选 ≥ 30 种（类）混杂塑料，研发绿色高效溶解回收工艺及中试装备 1 套，实现再生聚烯烃塑料纯度 $\geq 98\%$ ，溶剂回收率 $\geq 96\%$ ，再生材料中有害杂质含量 ≤ 100 mg/L，建成百吨级示范线 1 条；建立熔融加工过程中多尺度结构与性能修复技术，制备高值化再生材料，建立万吨级低值塑料废弃物高值化利用示范线 1 条，并实现 ≥ 3 个月稳定运行。

关键词：低值塑料废弃物，生态风险评估，源头风险削减，高值化利用

4.8 城市排水系统中新污染物全流程协同控制关键技术及装备研发（共性关键技术）

研究内容：聚焦城市污水系统中全氟及多氟烷基化合物、抗生素及抗性基因、内分泌干扰物等典型高风险新污染物风险控制需求，开展城市排水系统中新污染物赋存迁移、风险演变与全流程协同控制技术研究。解析多介质赋存特征、迁移转化

规律及水质风险演变；针对分流制雨污混接等过程导致的污水无序排放问题，解析雨水管网中新污染物内源释放和迁移转化规律，研发雨水管网末端新污染物和常规污染物协同快速拦截净化关键技术及装备；针对污水常规处理系统新污染物去除效能不足等问题，研发新污染物强化削减技术及装备，建立节能优化调控方法；针对城市污水差异化回用需求，研发再生水新污染物深度净化技术及装备，建立去除效能预测评估模型及节能优化调控方法；研究再生水输配过程中残留新污染物转化、消毒副产物生成及其综合水质风险演变规律，研发优化消毒技术及装备；通过关键技术和装备验证，实现城市排水系统新污染物全流程协同控制。

考核指标：构建城市排水系统全流程新污染物分布数据库与优控清单各1套，覆盖 ≥ 4 类典型新污染物、总数 ≥ 120 种；研发雨水管网新污染物和常规污染物协同净化技术及装备1套，污染负荷突增条件下响应时间 ≤ 15 min，典型新污染物去除率 $\geq 50\%$ ；研发污水强化常规处理技术及装备2套、再生水深度净化技术及装备2套，典型新污染物去除率提升 $\geq 30\%$ ，建立强化常规与深度净化技术效能预测与节能调控模型2套；研发再生水优化消毒技术及装备1套，微生物风险削减 $\geq 50\%$ ，消毒副产物生成势削减 $\geq 30\%$ ；开展 ≥ 3 套关键技术与装备验证，覆盖管网、污水处理厂及再生水输配全流程，典型新污染物总削减率 $\geq 80\%$ ，综合水质风险削减 $\geq 30\%$ ，处理能耗降低 $\geq 15\%$ ；形成技术指南/规范（征

求意见稿) 2套。

关键词：城市排水系统，新污染物，全流程协同控制，再生水安全利用

4.9 新污染物复合胁迫下活性耐药病原菌的多介质传播机制与协同生态阻控（青年科学家项目）

研究内容：针对农药、抗生素等新污染物复合胁迫下，活性耐药病原菌在农田土壤多介质中入侵扩散、真实健康风险难识别、生态阻控机制不清的问题，面向“同一健康”需求，开展活性耐药病原菌多介质传播机制与原位生态阻控方法研究。本项目需突破原位活性识别技术瓶颈，建立表型-基因型关联的风险传播源示踪与多介质风险识别方法，聚焦灌溉水输入、生食蔬菜等健康风险场景；阐明复合胁迫下活性耐药病原菌在水-土-作物等关键界面的传播规律与调控节点；挖掘土壤中具有拮抗作用和生态位竞争能力的高活性功能微生物，阐明其抑制耐药病原菌的关键机制；基于生态学原理构建高效稳定的生态阻控功能菌群，研制适用于原位施用的载体型功能菌剂材料，开展微宇宙与盆栽/小区受控验证，形成原位监测、风险预警与协同生态阻控相结合的前沿方法。

考核指标：建立多介质活性耐药病原菌原位识别与风险表征方法 1 套，可区分具有代谢活性和传播潜势的耐药病原菌与环境总量；形成覆盖灌溉水、土壤、作物界面的高风险耐药病原菌清单；阐明新污染物复合胁迫驱动耐药病原菌跨介质传播

的主要机制，识别 ≥ 2 类关键介质界面调控节点；筛选一批具有拮抗或生态位竞争能力的功能微生物，构建2~3个高效稳定的功能菌群，在受控条件下实现目标活性耐药病原菌丰度显著削减、功能菌群定植稳定；研制功能菌剂材料 ≥ 2 种、原位监测预警产品1套；较现有总量检测，目标菌识别准确率提高 $\geq 20\%$ ；较未阻控基线状态，目标菌丰度削减 $\geq 80\%$ ；形成典型场景（如灌溉水-土壤-作物）抗生素耐药风险原位监测与生态阻控共性技术体系。

关键词：活性耐药病原菌，复合胁迫，原位识别，多介质传播，生态阻控

5. 新污染物治理防控综合示范与管理支撑

5.1 全氟及多氟烷基化合物混合物健康基准值推导方法研究（基础前沿）

研究内容：针对全氟及多氟烷基化合物（PFAS）健康基准值缺失的问题，开展多途径暴露识别、混合暴露效应评估与健康基准值推导的系统研究。开发针对不同暴露来源（如饮用水、膳食摄入、职业暴露等）的人群全氟及多氟烷基化合物（PFAS）内暴露识别技术，定量解析各暴露途径对人群PFAS暴露的贡献比例及其组分特征；解析传统与新型PFAS混合物在不同情境下的暴露组成特征及浓度分布，识别对人群暴露水平高且对多健康终点（包括生殖、内分泌、代谢）具有显著影响的关键混合物组成模式及暴露场景，建立典型混合物的暴露-效应关

系;开发 PFAS 混合物毒性评估框架,确定典型暴露场景下 PFAS 混合物的健康基准值。

考核指标: 开发不同暴露来源对人群 PFAS 内暴露贡献的识别技术 1 套,定量解析饮用水、膳食摄入、职业暴露等途径对人群 PFAS 内暴露的来源贡献;建立 ≥ 3 类暴露情景的典型 PFAS 混合物组成特征数据集 1 套;识别 ≥ 3 种暴露情景下暴露水平高且对多健康终点(包括生殖、内分泌、代谢)具有显著影响的关键 PFAS 混合物组成,量化其暴露-效应关系;开发 PFAS 混合物毒性评估框架 1 个,建立 ≥ 2 种 PFAS 混合暴露场景下的健康基准值;构建场景差异化的 PFAS 健康基准制定方法体系 1 套,形成典型 PFAS 混合物健康基准值制定技术规范(建议稿) 1 项。

关键词: 全氟及多氟烷基化合物,健康基准,新型全氟及多氟烷基化合物,混合物毒性评估

5.2 饮用水水源地新污染物水环境质量标准制定关键技术与应用示范(共性关键技术)

研究内容: 针对饮用水水源地新污染物输入风险问题,系统研究新污染物水环境质量标准制定技术。开展典型水源地新污染物高通量筛查,建立我国饮用水水源地新污染物数据库;研究水质标准制定对象识别技术,构建融合环境暴露、健康风险、生态效应等多目标的标准对象遴选方法,形成重点新污染物水质标准制定清单;识别污染物人体健康效应的敏感终点,

研究其水质标准限值确定方法，构建水质标准限值确定技术体系；研究环境标准可达性评价及动态更新技术，建立标准限值适用性评价、标准实施效果评价方法，形成水质标准数据库、建议值、标准制定技术指南，选取典型饮用水水源地开展新污染物水质标准应用示范。

考核指标：构建覆盖受工业、农业及城镇等人为活动影响的 ≥ 20 个典型饮用水水源地的新污染物数据库1个，涵盖全氟及多氟烷基化合物、抗生素、内分泌干扰物等新污染物 $\geq 1,000$ 种，监测数据量 ≥ 5 万条；建立饮用水水源地水环境质量标准制定对象识别技术体系1套，形成包含 ≥ 30 种重点新污染物的标准制定对象清单1份；建立水环境质量标准限值确定技术体系1套，形成饮用水水源地水环境质量标准数据库1个，包含 ≥ 30 种重点新污染物水环境质量标准建议值及技术文件；建立环境标准可达性评价与动态更新技术体系1套，形成饮用水水源地水环境质量标准、标准制定技术指南（报批稿）各1份，形成水环境质量标准制定的理论方法体系1套；选取 ≥ 2 个典型区域开展水环境质量标准应用示范，给出水环境质量标准限值应用评估报告，提交政策建议1份，获得省级及以上相关管理部门采纳。

关键词：饮用水水源地，新污染物，环境标准，标准限值

5.3 重点行业废水全氟及多氟烷基化合物风险防控关键标准制订技术与应用示范（共性关键技术）

研究内容：针对重点行业全氟及多氟烷基化合物（PFAS）

废水排放标准缺失的问题，研究其风险防控关键标准制订技术。聚焦2~3个PFAS重点排放行业，解析PFAS全产业链各环节的排放特征与关键节点，系统开展PFAS排放特征调查与污染指纹解析，构建重点行业PFAS排放特征数据库；建立重点行业高风险PFAS筛选与优先级排序方法，识别需优先管控的目标PFAS；构建重点行业PFAS排放水平与排放绩效评价体系，基于环境质量、生态与人体健康风险、污染治理技术可达性、经济成本及社会效益等因素，建立环境风险-技术经济协同耦合的PFAS排放标准限值制定技术，提出重点行业PFAS废水排放标准限值；选取重点行业开展标准应用示范，对标准实施后PFAS排放、环境风险、治理设施运行、企业达标成本及行业适应性等变化开展成效评估；构建涵盖环境、技术、经济和管理效益的标准实施成效评估方法，提出标准优化调整和推广实施建议。

考核指标：建立含氟聚合物制造、半导体/电子制造、电镀、纺织及表面处理等2~3个重点行业PFAS排放特征数据库1套（包括长链、短链、超短链以及传统和新型PFAS），形成重点行业PFAS污染物指纹库1套；提出重点行业优先管控PFAS建议清单1份，报送政策建议1份并被省部级及以上政府管理部门采纳；建立重点行业PFAS排放水平与排放绩效评价体系1套；提出典型行业的废水PFAS排放标准建议值（包括单种或多种PFAS总和排放标准、脱氟率等） ≥ 2 个，形成PFAS行业排放标准（征求意见稿） ≥ 2 项；构建环境风险-技术经济协同耦合的PFAS废水排放标

准限值制定技术体系1套，形成标准实施成效多维评价指标体系1套，被省部级及以上政府相关部门采纳；选取 ≥ 2 个典型行业开展排放标准应用示范，形成标准实施验证与成效评估报告2份，包括技术经济分析等，提交政策建议1份，获得省级及以上相关管理部门采纳。

关键词：全氟及多氟烷基化合物，优先管控清单，标准制订技术，排放限值

5.4 重点行业废水典型抗生素风险防控关键标准制定技术与风险管理示范（共性关键技术）

研究内容：针对医疗废水抗生素排放标准缺失的问题，研究典型抗生素风险防控关键标准制订技术。分析不同区域、不同类型医疗废水中抗生素的种类和赋存状态，构建抗生素母体和转化产物非靶向分析技术，构建医疗废水中抗生素类新污染物基础数据集；研究医疗废水中特征抗生素的多介质分配、转化和环境归趋行为，建立废水中抗生素转化与归趋模型；研发基于多性质、多效应、多层级的抗生素环境风险评估技术，建立基于多目标（保护生态和人群健康）的医疗废水优先控制抗生素识别方法；研究医疗废水中抗生素排放标准限值制定技术，提出基于技术可行的优先管控抗生素排放标准限值；选取具有代表性的大型医院开展抗生素排放标准应用示范，评估抗生素排放标准限值的科学性与可操作性，探索建立可推广的环境风险管理技术方案。

考核指标：构建 ≥ 500 种抗生素母体及其转化产物的二级质谱数据库1个，形成医疗废水中抗生素及其转化产物高通量筛查技术指南（建议稿）1份；构建医疗废水中抗生素及其转化产物共享基础数据集1个，数据涵盖 ≥ 5 种类型医疗机构、覆盖中国不同区域的 ≥ 50 家医院；构建医疗废水中抗生素多介质分配、转化与归趋预测模型1套；建立医疗废水中抗生素及其转化产物环境风险评估指标体系，构建抗生素多层级综合生态风险评估技术方法1套，提出医疗废水中优先管控抗生素清单1个；建立抗生素排放标准制定技术、抗生素污染治理可行技术体系各1套，形成医疗废水抗生素排放标准（建议稿）1项；成果在 ≥ 3 家具有代表性的不同类型大型医疗机构应用示范，形成抗生素排放标准限值应用评估报告1份，提交政策建议1份，获得省级及以上相关管理部门采纳。

关键词：抗生素，医院污水，排放标准，基础数据集，环境风险防控

5.5 高生物累积性新污染物组织残留基准关键技术与应用（共性关键技术）

研究内容：针对高生物累积性新污染物风险难量化、本土组织残留基准制定技术与参数体系缺失的核心问题，开展残留特征解析、累积效应校正、基准方法研发及区域管控示范全链条技术与应用研究。调查全氟及多氟烷基化合物、溴代阻燃剂等典型高生物累积性新污染物在水生和陆生生物中的组织残留

分布特征，构建涵盖摄食速率、营养级、迁徙特征和保护等级的敏感物种筛选指标体系，综合水/土环境浓度、毒性、生物累积及管理需求，建立高生物累积性新污染物筛选方法；获取新污染物生物累积相关参数，构建由 pH、温度、溶解有机质等关键环境因子驱动的新污染物生物累积效应预测和校正模型，调研敏感物种摄食率、食性组成等暴露参数，以及生长、发育、繁殖等毒性参数，构建组织残留基准基础数据集；综合考虑敏感生物暴露、生物累积、毒性效应等，研发组织残留基准计算模型，编制组织残留水质基准制定方法指南并推导基准阈值，研究组织残留土壤基准推导关键技术和方法框架；在典型流域开展高生物累积性新污染物的生态风险评估应用研究，构建高生物累积性新污染物风险管理信息化平台，明确组织残留基准与环境标准的定量关系及转化路径，为生态环境差异化管理提供技术支撑。

考核指标：在京津冀、长三角、粤港澳等典型区域，完成典型高生物累积性新污染物生物组织残留调查(典型水体 ≥ 5 个、点位 ≥ 200 个)，建立水中高生物累积性新污染物筛选方法和摄食水生生物敏感物种筛选方法各 1 套，提出高生物累积性新污染物名录 1 份 (≥ 50 种) 和本土敏感物种名录 1 份 (≥ 10 种)；建立“水质参数-生物累积-组织残留”定量修正模型(相对误差 $\leq 10\%$)，建立毒性、暴露、累积参数数据筛选及质量评估方法 1 套，构建组织残留基准基础数据集(收录数据 $\geq 30,000$ 条)，编

制敏感物种暴露参数手册；编制组织残留水质基准推导相关技术指南或规范 1 项（征求意见稿），编制典型新污染物组织残留基准文件 ≥ 5 份；建成高生物累积性新污染物风险管理信息化平台 1 个，上线平稳运行 ≥ 6 个月，构建组织残留基准推导 AI 智能体，在 ≥ 2 个典型区域完成新污染物基准应用示范，形成组织残留基准向环境标准转化技术方法 1 套，提出基准向标准转化的相关政策建议 ≥ 2 份，成果被生态环境主管部门采纳应用。

关键词：高生物累积性，组织残留基准，环境参数

5.6 化学物质风险管控社会经济影响评估与决策技术研发与示范（共性关键技术）

研究内容：针对化学物质管控产业链影响机制不清晰、社会经济影响定量化评估方法缺失的问题，开展化学物质风险管控社会经济影响评估与决策技术研究。研究禁限用措施触发的产业链网络级联扰动机理，识别化学物质全生命周期风险管控措施关键社会经济影响因子，基于产业链拓扑分析法，绘制产业链与影响因子图谱；集成环境健康风险效应、动态可计算一般均衡模型和马尔可夫链-蒙特卡洛模拟算法，研发基于数字孪生的多情景平行推演与反事实敏感性因果分析技术，构建强韧性化学物质社会-经济-环境影响评估技术体系；研究管控措施与替代成本、就业人口等关键参数调查方法，研发关键参数智能感知与多源异构数据熔炼技术，形成覆盖化学物质全产业链的社会经济影响数据库；集成产业链隐性断点挖掘、帕累托最优

策略优选等技术，开发基于深度强化学习的多情景政策模拟与决策分析工具，并在典型化学物质、行业或区域开展示范应用。

考核指标：多因子制约情景下的产业经济和社会影响非线性链式传导模型1套，产业链与影响因子图谱 ≥ 10 套；强韧性新污染物社会-经济-环境影响评估技术1套，准确度 $\geq 80\%$ ，包括替代方案比较矩阵、管控成本函数、重点行业投入产出与社会经济影响一般均衡模型、环境健康影响评估模型各1套；技术参数调查清洗技术和基础数据库1套，无损数据去除率 $\geq 90\%$ ， ≥ 10 种新污染物、 ≥ 5 类技术参数；关键参数智能感知与多源异构数据熔炼技术1套，融合置信度 $\geq 90\%$ ；基于AI大模型的社会经济影响评估与决策分析工具1套，决策时间 ≤ 3 h；典型地区应用示范与化学物质风险管控社会经济影响评估报告，覆盖 ≥ 4 个行业、 ≥ 3 个地区；编制技术指南、标准建议稿、政策评估报告或管理支撑文件 ≥ 3 项。

关键词：化学物质，社会经济影响，情景模拟，决策工具

5.7 东江流域及珠江河网区新污染物风险全链条防控技术与综合示范（应用示范）

研究内容：针对流域新污染物环境风险管控路径不明的现实难题，以东江流域和珠江河网区为研究对象，开展流域区域典型新污染物环境风险全链条防控技术研究和综合示范。研究重点行业新污染物排放特征与强度，建立重点行业和区域流域风险评估方法，精准识别相关行业和区域新污染物环境风险，

建立区域优先管控新污染物清单；研究流域典型新污染物迁移转化机理，研发多源新污染物智慧监测和精准溯源解析技术，耦合AI技术构建高风险新污染物定量解析模型，开展重点管控单元高风险污染物模拟预测和定量解析；以达到水源水质标准为目标，建立流域重点管控单元划分与目标分解方法，确定单元典型新污染物最大允许排放负荷；集成流域系统监管及污水处理厂深度提升技术，形成流域多源新污染物源头减量-过程削减-末端治理全链条管控和治理技术体系，制定多源新污染物管控技术方案，在3类区域开展综合技术示范。

考核指标：多源新污染物排放特征数据库1套，数据记录 $\geq 5,000$ 组，流域新污染物优先管控清单1份；多源新污染物智慧监测技术和精准溯源解析技术各1套，覆盖畜禽养殖、电子电器、精细化工3类行业，新污染物 ≥ 30 种；典型行业高风险新污染物定量解析模型1套，重点断面浓度预测相对误差 $\leq 20\%$ ；基于管控单元的典型新污染物最大允许排放负荷和东江流域多源新污染物管控方案1套，覆盖 ≥ 3 类典型管控单元，新污染物 ≥ 15 种，获得地市级及以上管理部门认可；新污染物削减与深度处理混合技术 ≥ 1 套，典型难降解新污染物稳定去除率 $\geq 60\%$ ，在日处理量 ≥ 2 万吨的园区污水处理厂中得到应用；综合示范 ≥ 3 处，重点管控新污染物环境风险有效管控率 $> 85\%$ ，技术规范/指南（征求意见稿） ≥ 3 项。

关键词：东江流域及珠江水网，智慧监测，多源解析，流

域管控

5.8 新能源汽车产业园新污染物全链条精准识别与健康风险防控关键技术及示范（应用示范）

研究内容：针对新能源汽车产业园新污染物来源、排放特征、暴露风险和管控基准不清等问题，围绕生产、运行维护及退役回收全链条，聚焦全氟及多氟烷基化合物、壬基酚等典型优先管控新污染物，开展新能源汽车产业园新污染物风险防控技术与示范。研发高通量精准识别、毒性筛查及生态和健康风险智能评估技术，建立化学品基础信息数据库和优先管控清单；解析原材料储存、生产加工、固废堆存及污水处理等关键环节的产排污特征，精准识别关键排放源特征污染物输入响应关系、迁移转化规律及环境影响，阐明对园区周边敏感目标的作用机制；开展多介质与人群生物样本协同监测及人群队列研究，构建内暴露剂量反演、风险评估分级及预警方法；研发绿色替代与低释放工艺，提出减毒降污协同治理技术方案及绿色替代路径，构建“路径识别-暴露反演-目标管控-风险削减”的综合协同治理技术体系，研发全链条智慧管控模块；在粤港澳、长三角和京津冀等重要战略区典型园区开展示范，形成“一园一策”的健康风险防控与绿色替代方案。

考核指标：形成优先管控清单 ≥ 3 份，化学品数据库收录 $\geq 5,000$ 组；建成毒性与生态-健康评估平台1套，单批通量 ≥ 200 个目标或样本，风险指标 ≥ 5 类，识别准确率 $\geq 95\%$ ；完成内暴露

标志物筛查 $\geq 3,000$ 人，反演精度 $\geq 85\%$ ，职业人群内暴露水平降低 $\geq 30\%$ ，提出健康风险安全阈值 ≥ 5 种；形成绿色替代、清洁生产、污水和固体废物治理协同的减毒降污方案1套，建成智慧管控设备1个；粤港澳、长三角、京津冀各示范园区 ≥ 1 个，单个面积 $\geq 2 \text{ km}^2$ ，运行 ≥ 6 个月，预警准确率 $\geq 85\%$ ，风险有效管控率 $> 85\%$ ，形成“一园一策”方案 ≥ 3 份，国家或行业标准（征求意见稿） ≥ 3 项并获采纳。

关键词：新能源汽车，工业园区，新污染物，健康风险，协同控制

5.9 氟化工园区全氟及多氟烷基化合物和含氟抗生素协同治理防控关键技术及示范（应用示范）

研究内容：针对园区含氟新污染物产污谱系不清、复合污染协同治理难、外排风险高、智慧管控能力不足等问题，开展氟化工园区新污染物风险防控技术与示范。研发AI赋能高通量筛查与精准定量技术，开发多污染物在线监测传感芯片与设备，研究多污染物协同监测技术，建立园区污染物指纹库；研究园区重点环节和区域风险评估方法，构建新污染物环境风险分级管控与应急联动响应机制；建立“排放-归趋-响应”模型，解析复合污染排放对周边敏感生物及人群的生态与健康风险；突破高、低浓度含氟新污染物废水分质处理技术，研发高浓度废水氟元素高效回收、低浓度废水复合污染协同治理工艺及装备；集成“精准筛查-多级防控-协同治理-风险预警”多层次技

术模块，构建园区新污染物智慧管控平台；在京津冀、长三角、粤港澳等战略区域重点氟化工园区开展全链条工程示范，建立可复制的园区新污染物风险防控范式。

考核指标：建立AI赋能含氟新污染物指纹库1套，实现园区全覆盖筛查；研发含氟新污染物在线监测传感芯片及设备1套，检出限 ≤ 0.1 nM；构建污染隐患多级风险识别与急情智能预警体系，预警准确率 $\geq 80\%$ ；开发高浓废水氟元素回收装备1套，氟回收率 $\geq 90\%$ ；开发低浓废水复合污染协同治理装备1套，全氟及多氟烷基化合物（PFAS）和含氟抗生素去除率 $\geq 90\%$ ；建成一体化智慧管控平台，园区含氟新污染物管控率 $\geq 90\%$ ；依托国家战略区域重点氟化工园区，建成PFAS与含氟抗生素协同治理管控全链条综合示范工程 ≥ 1 项，企业废水处理规模 ≥ 400 吨/天，出水全氟辛酸（PFOA） ≤ 10 $\mu\text{g/L}$ ，总PFAS（C4以上） ≤ 1 mg/L，含氟抗生素 ≤ 15 $\mu\text{g/L}$ ；园区废水处理规模 $> 5,000$ 吨/天，出水PFOA ≤ 4 $\mu\text{g/L}$ ，含氟抗生素 ≤ 15 $\mu\text{g/L}$ ，PFOA协同处理成本较单独处理工艺下降 $\geq 60\%$ ，典型新污染物环境风险管控率 $> 85\%$ 。

关键词：全氟及多氟烷基化合物，智能风险预警，复合污染协同治理，园区智慧管控，氟资源化回收

5.10 重污染环境中全氟及多氟烷基化合物去除关键技术及工程示范（应用示范）

研究内容：针对氟化工园区周边重污染环境中高浓度全氟及多氟烷基化合物（PFAS）污染底数不清、高效治理技术缺乏、

处理成本高等瓶颈问题，研究自然环境PFAS污染过程和高效富集-降解技术及工程示范。研究氟化工园区周边水土环境中PFAS来源、污染过程和演变趋势；针对污染地下水和河水中高浓度全氟辛酸（PFOA）类新污染物，研发适配高效实用吸附材料，研究构效关系和选择性吸附机制，构建高效装置，形成针对极限去除和水回用不同目标的高效去除PFAS成套技术和工艺，探究已有高温处理协同降解膜浓水中高浓度PFAS技术；研究饱和吸附材料再生并降解PFAS技术，探究含高浓度PFAS的土壤和废渣等固废处置技术，阐明PFAS降解机制；开展重污染河水和地下水中PFOA类新污染物吸附去除以及膜浓水和饱和材料中PFAS降解的全链条去除-脱氟治理工程示范，实现重污染环境中PFAS削减和污染阻控。

考核指标：研发吨级量产新型高效吸附材料 ≥ 2 种，去除PFOA比同类商业材料吸附量提高 $\geq 20\%$ ；形成极限去除重污染水体PFOA及高效去除PFAS且水回用的成套技术2套，膜浓水中PFAS脱氟降解技术1套，固废中PFAS降解技术1套，典型PFAS去除率 $\geq 90\%$ ；建成高效活性炭和新型树脂吸附去除河水和地下水PFOA的工程示范2项，处理总水量 $\geq 5,000$ 吨/天，PFOA去除率 $\geq 90\%$ ，出水PFOA浓度 ≤ 800 ng/L，直接处理成本比现有工艺低 $\geq 20\%$ ；高温协同处理膜浓水工程示范处理规模 ≥ 500 吨/天，典型PFAS降解率 $\geq 95\%$ ，脱氟率 $\geq 80\%$ ，直接处理成本 ≤ 50 元/吨；建成吸附材料再生工程示范1项，处理能力 $\geq 1,500$ 吨/年，材料再生

率 $\geq 90\%$ ，PFOA降解率 $\geq 98\%$ ，直接处理成本 $\leq 3,000$ 元/吨；编制的PFAS治理方案被地方政府采纳。

关键词：氟化工园区周边重污染环境，地下水，全氟辛酸，高温协同处理

5.11 化学物质环境风险智能评估关键技术及应用示范（应用示范）

研究内容：针对化学物质环境风险数据收集、归集分析及智能化管理等难题，开展化学物质环境风险高质量数据智能加工及环境风险评估智能预测关键技术研究及应用示范。研究小样本数据场景下毒性、环境归趋等数据实体关系，研发多模态多协议联合采集、模糊语义解码聚合、澄清消歧等智能化、高通量数据归集技术；研究多源异构数据正则转化技术，开发数据质量自动评估、自动标注工具，研发数据加工工具自动调用、任务集成智能模块，形成人工协同的高质量数据集智能加工工具流；开发关键危害终点的新方法学（NAMs）标准化方法和模拟验证技术，开发支持多类毒性终点判定的高通量智能筛查预测模型；研究信息稀疏场景下，环境暴露场景动态图计算和图集群弹性调度技术、环境暴露致险因子识别标注技术，开发环境暴露风险评估场景建设自学习工具包；开发新污染物环境风险评估任务算子智能调用、自动封装技术，构建化学物质环境风险智能预测与评估模块，并开展应用示范。

考核指标：形成化学物质环境风险评估数据自动归集技术1

项，归集4大类新污染物基础数据 ≥ 100 万条；开发化学物质环境风险评估高质量数据集智能加工工具 ≥ 8 个，完成 $\geq 1,000$ 种化学物质数据的标注加工；形成基于NAMs测试和证据权重的典型新污染物危害分类整合判定技术1套、NAMs模拟验证评估技术1套，以及 ≥ 150 种化学物质的慢性毒性、致癌性、生殖发育毒性等标准化测试验证数据集1套；构建典型环境健康效应评估适配的预测模型，综合性能较现有主流预测模型提升 $\geq 10\%$ ；开发暴露场景自动建设和致险因子识别标注技术1套，完成 ≥ 50 种典型靶向化学物质和新化学物质环境暴露场景推演；封装 ≥ 30 个环境风险评估任务算子，支撑国家层面完成 ≥ 300 种靶向化学物质环境风险评估，含数据稀疏场景 ≥ 100 种；形成技术规范 ≥ 6 项。

关键词：多库汇集，高质量标注，NAMs模拟验证，智能预测模型，算子智能调用

5.12 新污染物治理成效评估和决策支持关键技术及应用示范（应用示范）

研究内容：针对新污染物治理和管控与管理要求的差异、治理成效评估技术缺乏等问题，开展新污染物治理成效推演和人工智能辅助决策关键技术研究 and 应用示范。研究不同情景下，耦合技术-环境-成本-社会等多因素的环境风险管控措施决策机制和优化方法，构建多尺度新污染物环境风险溯因解析和政策-技术多重适应性分析框架；研究不同行业典型化学物质及新污染物全生命周期环境风险特征，研究多元主体管控压力响应与

效益变量耦合模型和博弈平衡模型，构建多目标推演评估技术；研究生产-生活-生态复杂系统中新污染治理成效的定量归因分析和人机协同赋权机理，建立新污染治理成效评估方法和指标体系；研究新污染物环境风险关键控制因子反馈调控机制，研究治理目标、策略适配模拟关键技术和结果解释方法，搭建新污染治理成效评估可视化 workflow；构建成效评估数据库和人工智能决策支持平台，并在重点地区、重点园区、重点行业开展应用示范。

考核指标：形成多尺度新污染物环境风险溯因解析技术1项，重点新污染物环境风险管控目标推导技术1项，形成目标任务推演模型 ≥ 3 个；建立国家重点管控新污染物区域和行业治理成效评估指标体系和方法各1套，覆盖产业、经济、环境、健康等 ≥ 6 类指标，形成成效评估高质量数据集1套、数据库1个、知识库1个，包含语义关系 ≥ 20 个、实体关系或实体节点 ≥ 450 个；在长三角、粤港澳、京津冀等重点区域、重点行业开展应用示范，编制3大区域和4大行业新污染治理成效评估和综合效益分析报告，提交国际公约规定的替代、禁限 ≥ 20 种化学物质的履约成效评估报告1套；搭建新污染治理成效评估和智能决策支持平台1套；形成技术标准、技术指南、技术方法、政策建议 ≥ 4 项。

关键词：成效评估，风险管控目标推导，管控效果推演，可视化工作流程

5.13 典型区域新污染物协同治理与风险防控集成技术及应用示范（应用示范）

研究内容：针对京津冀、长三角及粤港澳三大国家重大战略区域等典型工业园区在产业结构、环境特征及治理能力上的区域差异性，采用“1+X”协同攻关模式，通过强化地方和企业的创新主体地位，构建“研究-产出-应用-反馈-完善”的全链条闭环机制，重点开展新污染物治理防控“一园一策”的差异化对策研究与技术集成应用示范。聚焦化工、生物医药、电子信息等典型园区，突破水-气-土-生跨介质协同监测技术瓶颈，构建多介质协同监测体系，绘制典型园区尺度新污染物“一园一谱”，夯实数据底座；基于环境行为与生物效应耦合的复合环境风险定量评估，精准甄别“高检出-高毒性”特征因子，确立工业园区高风险新污染物优先控制清单，实现风险精准画像；创新新污染物与常规污染物协同治理耦合机制，研发资源回收型低碳阻控技术及多介质界面强化净化技术，构建“成熟技术优选+前沿技术储备”的梯级技术库，突破治理效能最大化关键技术瓶颈；集成监测筛查、风险评估、技术比选、应急响应及管理优化等核心模块，构建系统性、可配置的全链条闭环解决方案；依托典型工程开展多技术协同集成与工程示范，形成模块化、标准化的新污染物防控“示范范式”，实现成果可复制、可推广，支撑国家新污染物治理行动落地见效，推动工业园区绿色高质量发展。

考核指标：突破重点新污染物协同治理关键技术 ≥ 5 项，建立典型工业园区新污染物“污染源-风险源-技术缺口”三维清单库 ≥ 5 套，编制行业技术工具包 ≥ 5 套（含成套技术 ≥ 20 项），形成“一园一策”新污染物协同治理综合解决方案 ≥ 5 套；在 ≥ 5 个省份建成省级综合示范区，落地重大治理工程 ≥ 5 项；带动相关环保产业产值增长 ≥ 1 亿元；编制标准规范 ≥ 1 项，提交政策建议 ≥ 3 份，获省部级以上管理部门采纳。

关键词：一园一策，技术集成，应用示范，多介质协同治理，区域适配技术