

附件 3

“长江黄河等重点流域水资源与水环境综合治理” 重点专项 2023 年度项目申报指南

(仅国家科技管理信息系统注册用户登录可见)

为深入推动长江大保护和黄河流域生态保护和高质量发展，本专项紧密围绕长江黄河流域水资源、水环境、水生态综合治理的科技需求，通过基础理论研究、关键技术与装备研发、流域管理创新、典型区域和小流域集成示范，支撑长江、黄河等重点流域水安全保障与治理能力的实质性提升，形成流域水系统治理范式，并进行推广应用。

本专项按照分步实施、重点突出原则，在流域水系统健康诊断与病因识别、流域水资源系统调配与高效利用、流域水环境质量改善与综合治理、水源风险阻断与饮用水安全供给、流域生态系统修复与三水融合调控、智慧流域与管理平台构建等 6 个方面，本批指南拟启动 38 项研究任务，拟安排国拨资金 7.49 亿元。其中重大共性关键技术类任务方向 19 个，应用示范类任务方向 18 个，青年科学家项目方向 1 个（拟安排项目 10 个），拟安排国拨资金 0.2 亿元，每个项目 200 万元。

本专项指南（青年科学家项目除外）要求以项目为单元整体组织申报，需覆盖所申报指南方向二级标题（例如 1.1）下的所有

研究内容和考核指标，项目实施周期为 3~4 年。除特殊要求外，每个项目下设课题数不超过 5 个，参与单位数不超过 10 个。对于共性关键技术类项目（青年科学家项目除外），其他经费（包括地方财政经费、单位出资及社会渠道资金等）与中央财政经费比例不低于 1:1；对于应用示范类项目，其他经费与中央财政经费比例不低于 2:1。企业作为牵头申报单位的项目，其他经费与中央财政经费比例不低于 3:1。

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

每个指南任务原则上支持 1 项，特殊情况下，在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可考虑支持 2 个项目。2 个项目将采取赛马制方式分两个阶段支持。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 流域水系统健康诊断与病因识别

1.1 长江黄河主要污染物定量溯源技术与示范（共性关键技术类）

研究内容：研发长江黄河主要污染物 COD、磷、氨氮和主要新污染物定量溯源技术与主要污染物定量溯源关键装备。分析水文

与水环境等特征，开发基于遥感特征识别的污染源空间定位技术；研究基于水质指纹的污染物定量溯源技术及定量溯源关键装备，构建与之配套的典型污染源行业污染数据库；耦合污染源空间定位与水质指纹定量溯源技术，建立覆盖“水体—排口—污染源”的污染路径精准诊断方法，开发大型河流主要污染物预警溯源平台；开展综合应用示范，编制主要污染物定量溯源技术标准与规范。

考核指标：开发污染源空间定位技术，定位精度小于等于1000m；建立40个以上典型污染源数据库，该数据库必须包含COD、磷、氨氮3类主要污染物及长江黄河流域存在的8种以上主要新污染物，涵盖6个主要污染行业以及2种主要面源；建立主要污染物定量溯源算法和新污染物溯源算法2个以上；开发主要污染物定量溯源装备，单次溯源时间在30分钟以内，溯源准确率从60%提高到85%以上，信噪比从180:1提高到250:1；构建大型河流主要污染物预警溯源平台1套；选取1个水质超标河段实施污染源精准诊断，并通过对诊断出的污染源源头管控，实现河段超标断面水质达标；在长江或黄河干流或重要支流上选择2个典型断面开展主要污染物定量溯源技术、装备和平台综合示范，运行时间不低于6个月；编制主要污染物定量溯源技术标准与规范建议稿3个以上。

关键词：污染物、溯源技术、溯源装备、预警溯源平台

1.2 绿色流域构建指标体系与评价方法（共性关键技术类）

研究内容：构建流域尺度“人—水”系统耦合非线性网络关

系分析模型和三水融合模拟技术，分析流域水生态环境质量与社会经济特征的交互响应机制，解析多维、多级、多指标之间的非线性网络关系与协同机制；研究并提出涵盖绿色发展、水生态系统健康、人水和谐、区域协同等多个维度的绿色流域构建指标体系，以流域“水资源、水环境、水生态、水经济”为核心，研究敏感指标识别方法，建立绿色流域评价指标库；衔接国家现行流域分区管控体系及水体功能要求，研发分区分类评价指标筛选与权重确定技术，建立评价模型和评价标准，形成绿色流域差异化评价指标与方法体系；以减污、降碳、扩绿、增长为多目标，提出绿色流域构建的总体路线图、实施途径，建立绿色流域构建支撑管理体系；结合美丽中国建设评估、长江流域水生态考核试点，建立长江流域评价数据库，开展长江典型水体绿色流域评估示范。

考核指标：构建以水生态环境承载为核心的多维非线性网络关系分析模型和三水融合模拟技术 1 套，模拟精度较经典方法提升 10%~20% 以上，在长江流域水生态考核试点中应用；建立绿色流域评价指标库 1 套，涵盖绿色发展、水生态系统健康、人水和谐、区域协同等至少 4 个维度，在美丽中国建设相关政策文件中得以应用；构建绿色流域差异化评价指标与方法体系 1 套，包括分区分类评价指标筛选、权重确定、评价方法和至少 4 个水体评价标准建议值，编制形成《绿色流域评估技术指南》1 份；提出绿色流域构建总体路线图和实施途径 1 套，建立绿色流域构建支撑管理体系 1 套，被生态环境部等部门采纳；在长江流域 4 个典

型的二级以上支流开展绿色流域评估示范，提交长江流域绿色流域建设状况评估报告和建议 1 份，相关指标和评估方法得到相关主管部门采纳。

关键词：绿色流域、非线性关系、指标库、差异化、评价、路线图

1.3 长江黄河重大环境污染风险识别、预警与防控技术及示范（共性关键技术类）

研究内容：突破长江黄河自然诱因与人为因素耦合叠加导致的重大环境污染风险识别、预警和防控技术瓶颈，研发精准化分级分类的重大环境污染风险识别新技术；研究全球变化下自然诱因对重大环境污染风险发生概率、风险等级、规模与发展趋势的影响；研发多因素耦合的一体化风险预警预报技术，建立自然诱因导致的重大环境污染风险预测预报模型；研发突发事件应急处置水质基准制定技术；构建多维度、立体化的风险量化—仿真模拟—自动预警—系统靶向干预—应急处置的综合风险防控业务平台，并开展试点示范和应用。

考核指标：提出重大环境污染风险识别与精准化分级分类评价指标 1 套，绘制长江黄河典型流域多因素风险耦合热力图；研发快速风险研判响应、预测预报和预警关键技术 3 项，其中，风险研判响应时间 24 小时以内，预报误报率低于 10%，预警时间在 3 天以内；提交重大事故应急处置工具包 1 个（包括标准流程 1 套、应急预案 3 个、应急演练方案 1 套、重大事故事件案例库

1套和智能应急决策模型工具1个);向行业部门提交典型污染物应急处置水质基准2~3项,编制国家标准1~2项;建立重大风险识别—评估—预警—监管—应急处置集成应用管控业务化平台。

关键词:重大环境污染风险识别、环境风险预警与防控、自然诱因、应急处置水质基准

1.4 长江黄河生物性污染物在线监测关键技术与业务示范(共性关键技术类)

研究内容:研究长江黄河不同功能水体总大肠菌群、大肠埃希氏菌、诺如病毒等介水生物性污染物风险识别、评估与定性定量筛查技术,筛查包括常规污染和突发性应急生物性污染事故的重点控制断面,提出生物性污染物优控清单;基于高风险生物性污染物设计特异性靶标,研发基于生物传感的非接触式、抗水流水质波动和复杂流域基质干扰的高灵敏性、高稳定性、高特异性的原位自动检测技术;结合新一代人工智能,开发针对不同功能水体生物性污染物在线智能监测技术系统,研制在线监测智能成套设备;建立业务化应用平台,实现稳定化运行;在长江黄河不同功能水体开展应用示范。

考核指标:编制长江黄河流域高风险生物性污染物清单1份;突破基于特异性靶标高灵敏、抗干扰的生物性污染物生物传感在线监测技术,重复性大于95%;研制高风险典型生物性污染物在线监测仪器设备原型机2台,实现20种以上介水病原微生物(包括大肠埃希氏菌、霍乱弧菌、诺如病毒等)的在线监测,检测限

不高于 1 个/L，单次测量时间小于 20 分钟，仪器平均无故障运行时间（MTBF）不少于 720 小时，特异性大于 80%；提交行业部门在线监测技术标准和规范（建议稿）2 个；建立长江黄河生物性污染物在线监测关键技术平台 2 个，在不少于 10 个国控断面或省控断面进行业务化示范运行，并提供 1 年以上业务化稳定运行记录及应用示范报告。

关键词：生物性污染物、在线监测、生物传感、智能装备

1.5 长江上游河库复合系统物理生境健康诊断及适应性调控（共性关键技术类）

研究内容：解析长江上游高坝深库群建设运行导致河流物理生境状况退化机理不明、诊断与调控措施缺乏等问题，研究河道干支流—高坝深库群河库复合系统水文水动力、水温、泥沙（底质）、溶解气体（过饱和或欠饱和）等关键生境要素的耦合作用机制及其时空累积效应，揭示该效应对重要土著鱼类繁殖、孵化、索饵、生存等全生活史阶段以及对鱼类饵料生消过程的影响机理；研发深库底质取样、微米级泥沙絮凝沉降观测设备以及水温、溶解气体等物理生境多要素同步在线监测设备，建立多种群多过程多要素生境综合适宜性评价指标体系及模型，形成河库复合物理生境要素监测感知—适宜性评价—健康诊断一体化技术；以提升鱼类物理生境综合适宜度为目标，优化水库群运行调度模式，实现耦合水沙输移、水热分布、溶解气体归趋、底质演变等关键物理生境过程的适应性调控，并在金沙江流域开展技术示范应用。

考核指标：研制物理生境多要素同步在线监测、底质原位取样和泥沙絮凝沉降观测装备各 1 套，实现 300m 级工作水深 0.01℃ 精度水温、0.1mg/L 精度溶解气体同步在线监测，4m 以上柱状底质原位获取，200Hz 时间频率和微米量级空间分辨率泥沙絮凝过程测验；提出 3 类以上（圆口铜鱼、长鳍吻鮠、齐口裂腹鱼等）长江上游典型土著鱼类物理生境健康的水动力、水温、溶解气体关键调控因子及阈值；提出物理生境监测—评价—诊断一体化技术，形成适应性调控模式，在金沙江下游 4 座高坝深库组成的复合河库系统进行示范应用，实现特征鱼类物理生境综合适宜度较现状提升 20% 以上。

关键词：河库复合系统、物理生境、综合适宜度、适应性调控

2.流域水资源系统调配与高效利用

2.1 长江中下游极端枯水预报预警与应急供水保障关键技术研究（共性关键技术类）

研究内容：研究长江流域极端枯水条件下气象水文特性及时空演变规律，阐明流域极端枯水与旱情、咸潮入侵及上溯的响应关系，提出长江流域中长期径流预测方法；研究流域枯水对长江中下游干流、两湖及河口供水安全的影响，构建干流、两湖和长江口取水安全预警指标体系以及供水安全评价指标体系；研究极端枯水条件下长江干流河道、两湖径流演进及长江口咸潮入侵精准模拟和预报技术，建立长江中下游枯水预报模型以及长江口咸潮入侵预报模型；研究长江口地区城市多水源互补与优化调控技

术，提出长三角区域水源地一体化供水保障措施及技术体系；研究极端枯水条件下长江上中游水库群联合抗旱应急补水调度技术，研发面向长江中下游干流、两湖枯水及河口盐度预报预警与应急供水调度决策支持系统，并开展示范应用。

考核指标：提出具有自主知识产权的长江流域中、长期径流预报模型，预报精度分别提高到 75%和 60%以上；构建极端枯水条件下长江干流水位控制指标体系，长江中下游干流、两湖和长江口取水安全预警指标体系以及供水安全评价指标体系，被业务主管部门采纳；建立预报预警与应急供水调度系统，在相关业务部门实现业务化应用；制订水源地供水安全评价、上中游水库群联合抗旱应急补水调度等技术标准或方案 2 项，修订长江口咸潮应对工作预案，被业务主管部门采纳。

关键词：极端枯水、枯水预报预警、咸潮入侵、应急供水、补水调度

2.2 高等级航道通航设施高效输水与 2×1000t 级水力式升船机运行保障关键技术（共性关键技术类）

研究内容：解析长江全流域通航中上游干支河流船舶过坝难题，研发适应大水位变化的省水船闸输水系统，攻克双向输水阀门快速启闭防空化技术；研究新一代水力式升船机水力驱动系统设计理论和方法，攻克 2×1000t 级水力式升船机多竖井水位同步与承船厢运行稳定技术；研究复杂条件下通航设施扩能改造技术，建立组合式复杂通航设施安全通航标准。

考核指标：突破长江上游干支河流高坝通航技术瓶颈，形成行业标准规范 2~3 项；研发形成水头 60m 级省水船闸高效输水成套技术，船闸用水量减少 60%，双向输水阀门启闭速率 $\geq 10\text{cm/s}$ ，在典型大型省水船闸应用；攻克 $2\times 1000\text{t}$ 级水力式升船机承船厢运行稳定核心技术瓶颈，承船厢提升重量 1.2 万 t 以上，一次通行 2 条 1000t 级单船，在典型升船机应用；形成船闸—渠道—升船机组合式通航设施水动力安全标准，满足千吨级单船安全通行，在 2 个工程示范应用。

关键词：高坝通航、省水船闸、水力式升船机、通航设施扩能

2.3 潼关高程控制及三门峡水库综合功能提升关键技术研究与应用（共性关键技术类）

研究内容：研究新水沙条件下黄渭洛汇流区冲淤变化规律、三门峡水库不同运用水位的溯源冲淤影响范围、潼关河段淤积物特性，揭示潼关高程居高不下的原因，综合考虑潼关高程变化对渭河下游防洪安全和汇流区生态安全的影响，提出潼关高程的合理范围；研究黄渭洛汇流区水沙条件—生境因子—水生生物—生态功能的动态响应机制，提出不同时段潼关断面生态流量的适宜标准及低限阈值；研究潼关河段清淤技术装备和清淤效果的时效性，提出龙门—潼关河段淤积部位的调控措施与技术、有利于潼关河段减淤的三门峡水库运用水位阈值、长期维持合理潼关高程的技术方案；研究三门峡水库防洪库容的修复潜力与技术途径，综合考虑潼关高程控制、生态流量控制、小浪底调水调沙后续动

力提升和三门峡水库防洪能力提升等多维需求，提出三门峡水库运用方式优化方案。

考核指标：提出潼关高程演变的动力学机制及其定量描述方法，提出可兼顾渭河防洪安全和汇流区生态安全的潼关高程合理控制范围，提出潼关断面生态流量控制标准；提出适宜于潼关河段的清淤技术装备 1 套，每千瓦能耗清淤泥沙量由目前的 0.5m^3 左右提高 20% 以上，清淤效率提升 20%~30%；提出使潼关高程从现状 328m（大沽）降低 1m 左右的措施与技术、三门峡水库优化运用水位及水沙控制指标，得到相关部门认可；黄河调水调沙期，相同来水来沙条件下小浪底水库增加排沙量 3000 万 t 以上。

关键词：黄河潼关高程、生态流量、清淤技术装备、三门峡水库运用方式、水沙调控

2.4 冰冻圈要素演变及其对长江和黄河水资源的影响与应对（共性关键技术类）

研究内容：利用野外观测资料和多源遥感数据，研究 1960 年（有航拍资料）以来长江和黄河源区冰冻圈要素（冰川、多年冻土、积雪）时空变化过程；研发冰冻圈要素反演方法，重构冰川物质平衡变化的历史系列，预估不同气候变化情景下 2035 年、2050 年和本世纪末长江和黄河源区冰冻圈要素变化；研发适用于冰冻圈区域的多尺度、高分辨率、高精度水文模型；系统评估历史，以及 2035 年、2050 年和本世纪末长江和黄河源区冰冻圈融水径流的变化及其对河川径流的贡献，分析枯水年融水比例变化、

区域水安全状况及未来演变特征；提出未来气候和冰冻圈变化情景下长江和黄河源区水资源利用与保护策略。

考核指标：创建 1960 年以来长江和黄河源区冰川（时间分辨率不低于 5 年的逐条冰川参数）、多年冻土（1970 年以来观测和模拟数据，分辨率 10km×10km）和积雪（1970 年以来逐日数据，分辨率 10km×10km）的实测及重构的冰冻圈要素数据集，长江与黄河源区不同气候变化情景下预估的冰冻圈要素数据集；开发具有自主知识产权的冰冻圈分布式水文模型及软件，融水径流模拟精度不低于 90%，长江直门达站、黄河唐乃亥站河川径流模拟精度达 80% 以上，形成长江黄河源区冰冻圈融水径流逐月数据集；提出 2035 年、2050 年和本世纪末长江和黄河源区融水径流量和拐点情况；提交政策咨询建议 1 份以上，并获得省部级以上部门采纳。

关键词：长江和黄河源区、冰冻圈要素、冰冻圈水文模型、冰冻圈融水径流、径流拐点

2.5 低成本海水淡化关键技术装备研发与应用（应用示范类）

研究内容：研发海水淡化反渗透膜片结构调控关键技术与膜元件制备工艺，提高产品的渗透性、选择性和稳定性，形成规模化生产技术；完善离心泵水力模型，研究构效关系，开发叶轮和蜗壳精密制造技术，研究水润滑和水力平衡技术，完成海水淡化高压泵产品定型；开发能量转换水力模型，构建高效可靠的设计方法，形成阀控系统或叶轮的精密制造技术，完成功交换（或透

平式) 能量回收装置定型产品; 基于项目研发的反渗透膜、高压泵和能量回收装置, 开发配套膜组、阀控系统和智能运维技术, 形成模块化大型反渗透集成技术, 实现单机规模 3 万 t/d 反渗透海水淡化工程应用; 探索冷能海水淡化、共价有机框架膜等新技术, 并开展中试研究; 开展浓海水生态影响评估研究, 开发浓海水高值化利用技术。

考核指标: 反渗透膜水通量 $\geq 55\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 、脱盐率 $\geq 99.75\%$ 、使用寿命 ≥ 5 年, 生产线产能 ≥ 300 万 m^2/a , 与国际先进产品相比价格降低 20%; 形成单机 1~3 万 t/d 海水淡化高压泵配套能力, 高效区范围 4.0~6.5MPa, 额定流量 $1000\text{m}^3/\text{h}$ 时泵效率 $\geq 88\%$, 免维护时长 $\geq 15000\text{h}$, 形成性能和价格双重优势; 功交换能量回收装置单机额定流量 $\geq 500\text{m}^3/\text{h}$, 能量转换效率 $\geq 95\%$ (透平能量回收装置单机额定流量 $\geq 2000\text{m}^3/\text{h}$, 能量转换效率 $\geq 85\%$), 实现商业化应用; 项目技术实现工程验证, 单机规模 3 万 m^3/d , 额定工况运行能耗 $\leq 1.9\text{kWh}/\text{m}^3$; 完成海水淡化新工艺、新产品、新装备 2~3 项并完成百吨级/d 中试, 形成浓海水处置成套技术, 开发高值化利用产品 1~2 项, 编制行业标准 2~3 项。

关键词: 反渗透膜、高压泵、能量回收装置、成套设备

2.6 黄河几字弯区地下水—河湖系统保护与产业适水调控关键技术及应用示范 (应用示范类)

研究内容: 研究气候变化与人类活动影响下干旱半干旱区地下水—河湖复合系统演变机理与协同演化过程, 构建区域水文—

生态双向耦合模拟技术及模型，揭示用水竞争条件下的区域水平衡机制；研究黄河几字弯区水资源—生态—能源—粮食协同调控机制、健康格局以及用水需求，确定黄河几字弯区域生态地下水位、河湖生态水量、地表地下水资源可利用量等关键阈值；研发干旱半干旱地区地下水—河湖系统保护修复及产业适水调控关键技术，提出集合深度节水、水权改革、灌区面积、产业结构、生态建设、城市规模的“四水四定”调控对策建议；研发支撑“四水四定”方案编制与实施的智能监测—风险评价—实时预警技术，在典型能源开发、农牧业生产与生态脆弱叠加区开展应用示范。

考核指标：区域水文—生态双向耦合模型模拟精度不低于90%；区域生态地下水位、河湖生态流量、地表与地下水资源可利用量、外调水需求量等关键阈值参数被省级以上业务部门采纳；关键技术和方法在可持续发展创新示范区内2个县级行政区应用示范，“四水四定”调控指标监测预警准确度 $\geq 90\%$ ，研发的关键技术支撑实现2个县级示范区2026年地下水水位较现状年（2023年）下降幅度提升15%以上，河湖基本生态流量保证率 $\geq 90\%$ ，水资源利用效率提高10%以上；制订行业或省级地方标准（技术规范）1项以上，区域“四水四定”技术方案及措施建议被国家、流域和区域规划管理采纳。

有关说明：由黄河沿线宁夏回族自治区、内蒙古自治区、陕西省、山西省组织申报。

关键词：黄河几字弯、地下水—河湖系统、水系统保护、适

水调控

2.7 长江流域近千年水资源演变过程数字重构及韧性应对关键技术（共性关键技术类）

研究内容：利用古气候代用资料、历史文献和遥感技术，结合地球系统模式模拟和地理信息系统方法，重建过去千年长江流域气候变化和植被、城镇、农田等下垫面和圩垸、水库等重要水利设施变迁过程；研发长江流域近千年气候—水文—下垫面变迁耦合模拟技术，揭示水资源时空分布特征与演变规律及驱动机制，定量区分全球气候变化以及人类活动的影响；结合全球气候变化情景，研发水资源风险变化的路径辨析技术并评测流域水资源韧性，阐明在不同气候情景及流域应对措施下，未来百年长江流域的水资源风险变化，提出基于自然的韧性流域应对技术方案，为流域可持续发展等提供科学决策支撑。

考核指标：提交经第三方专业机构独立评估的长江流域近千年气候—水文—下垫面等水资源及关联要素数据集，极端降水事件时间和空间分辨率分别为 1 天和 0.25 度，器测时代前下垫面数据集的时间分辨率不低于 20 年；建立长江流域气候—水文—下垫面的耦合模式，器测时代年径流量和器测时代前极端事件径流量模拟精度分别不低于 85% 和 75%；量化全球气候变化以及人类活动影响，不同技术途径的辨识方法之间的交叉检验精度不低于 85%；提出水资源韧性评估体系，提交关于未来百年流域水资源风险及韧性应对的政策咨询建议 1 份以上，并获得省部级以上部

门采纳。

关键词：千年气候模拟、水资源演变、韧性流域、风险变化路径

2.8 黄河上游径流年际调蓄与智慧调度关键技术研究与应用 (共性关键技术类)

研究内容：分析黄河上游径流连丰连枯特点、梯级水库现状调蓄能力及其制约因素，预测未来一定时期内黄河上游径流变化趋势，研究可增加梯级水库连续丰水年蓄洪能力的技术方案、实现途径和枯水年蓄泄规则，优化龙羊峡水库蓄泄方案；分析黄河内蒙古段河床冲淤调整与水沙条件的响应关系、防凌安全对河槽规模及形态的要求，提出保障河槽排洪输沙功能所需的洪水条件，为水库调控提供依据；针对黑山峡水库，研究入库泥沙减控技术、可长期保持有效库容的水库调度运用方式，并应用于工程设计；统筹防凌防洪、径流调蓄、多能互补、供水保障和生态安全等目标，研究梯级水库群水沙统一调度机制、规则与指标，构建上游水库群智慧调度平台并融入智慧黄河系统，提升黄河水沙调控上游子体系的径流调控能力和综合效益。

考核指标：提出黄河上游大型水库汛期径流调蓄的优化方案，建成覆盖黄河上游大型水库的智慧调度平台，黄河上游连续2~3年丰水时的洪水利用率提高30%左右、枯水年供水保证率提高5%左右，内蒙古河段河槽平滩过流能力 $\geq 2200\text{m}^3/\text{s}$ 、河道冲淤模型模拟精度 $>75\%$ ；破解黑山峡水库“蓄水必拦沙”难题，其调

蓄库容增加 10 亿 m^3 以上，具备径流跨年调节能力，成果得到工程设计单位采纳。

关键词：黄河上游、径流年际调蓄、智慧调度、水库减淤、塑槽动力

2.9 西北内陆河下游及尾间湖泊生态水量与调度保障关键技术（共性关键技术类）

研究内容：解析河西走廊、丝绸之路重点流域生态保护和河湖复苏实践需求，阐明西北内陆河流域社会发展—自然水文过程—生态系统过程协同博弈关系与相互作用机制，研发集合河流廊道、尾间湖泊、天然绿洲等要素的西北内陆河下游适宜生态格局确定方法，研究确定塔里木河、黑河、石羊河等典型内陆河下游生态保护对象与目标；创新水资源刚性约束下内陆河下游生态水量优化配置与高效利用方法，提出不同来水频率下典型内陆河下游生态水量优化配置和高效利用方案，确定河流关键断面最小下泄水量、尾间湖泊湿地面积、区域适宜地下生态水位等重要指标的管控阈值；开发内陆河流域智慧生态调度模型平台，开展监测预警和重要场景推演预演，在典型内陆河流域进行示范应用，促进内陆河流域与河湖生态系统质量与稳定性提升。

考核指标：创新西北内陆河流域下游适宜生态格局确定方法和面向生态高效用水的水资源优化配置技术各 1 套，模型精度较现状经典方法提升 10% 以上；提出适宜塔里木河、黑河、石羊河等典型内陆河下游区域的有效生态布局方案建议 2 组以上，被流

域或省级行政管理部门采纳；提出内陆河流域河湖复苏水资源配置方案、生态高效用水模式、管控阈值指标与工程措施建议，被流域管理机构或省级水行政管理部门采纳，支撑下游天然植被覆盖度和面积扩大 5% 以上；形成内陆河流域生态水量目标确定行业或地方技术标准 1 项以上；建立内陆河流域智慧生态调度预案库与模型平台，月尺度预报误差小于 5%，预警后 1h 内提出推荐调度方案。

关键词：西北内陆河、生态格局、尾间湖泊、生态需水、生态调度

3. 流域水环境质量改善与综合治理

3.1 低碳约束下沿长江工业园区废水近零排放技术与示范(应用示范类)

研究内容：针对沿长江钢铁冶金、炼油化工、制药化工、轻工（纺织印染、食品、造纸）等重点行业水资源消耗大、污染负荷高等问题，研究典型企业或工业园区水资源消耗特征、工业废水污染物组成及来源，建立多层级水资源高效利用模式；研发废水高效物化预处理技术，形成废水有价资源回收及低碳降毒工艺；研发高生物抑制性胁迫下多污染物协同转化功能菌群构建与稳定化技术，形成有机污染物—无机污染物—生物毒性协同控制的废水生物强化处理与深度净化成套技术与装备；研发高效多相催化氧化废水深度处理技术及兼具高催化活性与高稳定性催化剂，研制高盐条件下难降解有机物深度削减工艺与装置；突破高盐废水

低成本浓缩与废盐优质回收利用关键技术，构建工业废水近零排放低碳技术体系并进行应用示范。

共性考核指标：废水中有价元素回收率大于 80%，可生化性提高 30%以上；废水生物强化处理成套技术装备，碳、氮容积负荷均提高 10%以上；难降解有机物深度去除—高盐废水浓缩—废盐回收关键技术装备，含盐废水盐浓缩直接成本（能耗和药耗）不高于 700 元/t 盐，盐回收率大于 85%；针对不同类型废水形成近零排放工艺包 1 个以上，建设废水近零排放示范工程至少 2 项，净化水回用率大于 90%；针对不同类型废水制定近零排放技术标准（国际、国家、行业或地方标准）（征求意见稿）1 项以上。

钢铁冶金行业考核指标：轧制废水处理，进蒸发结晶系统之前高浓盐水硅离子浓度 $<100\text{mg/L}$ 以下，钙离子控制在 50mg/L 以下；焦化废水处理，进蒸发结晶系统之前高浓盐水氟离子浓度 $<100\text{mg/L}$ ，钙离子浓度 $<50\text{mg/L}$ ，氯化钠侧浓水 COD $<300\text{mg/L}$ 以下；氯化钠结晶盐满足《工业盐（GB/T 5462-2015）》中精制工业盐—工业干盐一级标准。

炼油化工行业考核指标：针对炼厂污水系统优化和高效梯级利用，石油炼制吨油取水量 $\leq 0.56\text{m}^3$ ，加工吨原油废水排放量 $\leq 0.35\text{m}^3$ ，含硫污水回用率 $\geq 80\%$ 。针对炼厂催化裂化烟气脱硫脱硝废水零排放产生的硫酸钠结晶盐满足 97%纯度的要求，其余杂质满足《工业无水硫酸钠（GB/T 6009-2014）》中 III 类一等品标准要求。该行业可以包含长江以北地区示范工程。

制药化工行业考核指标：针对不同类型的制药工艺流程，研发针对污染物近零排放的分类分质处理整体方案 3 项；开发针对制药废水中抗生素、活性生物制剂、化学毒性等物质的解毒、灭活、分离技术 3 项以上，关键毒性削减率大于 90%；研制耐盐高效功能菌剂 10 种以上，目标污染物去除率大于 95%；研制制药残渣、残液的高效蒸发装备 1 台（套），处理成本比现有技术降低 30%；研发典型化学合成制药溶媒回收技术 1 项，溶媒回收率大于 95%；分盐结晶系统的结晶盐纯度大于 97%。该行业可以包括长江以北地区示范工程。

轻工（纺织印染、食品、造纸）行业指标：针对纺织印染行业废水，研发印染废水近零排放整体方案 1 项，回用水 pH6.5~8.5，色度<25 倍，电导率<1500 μ s/cm，COD<50mg/L，硬度<450mg/L，悬浮物<30mg/L；针对典型食品加工及制造行业废水，构建协同转化多元有机物的高效功能菌群 3 个以上，废水中代表性有机物的资源化利用率大于 80%，研发多元有机物同步转化的工艺技术装备 1 套，有机碳的容积负荷提高 15%以上，创建食品加工及制造行业废水资源化利用的技术解决方案 2 套以上；针对典型制浆造纸行业废水，开发用水需求精准调度及利用、降低水耗及污染物减排统筹协调背景下的复杂水系统精细化智慧管控碳减排技术及配套设备，通过前端清洁生产控制与末端污染治理结合，最终实现纸浆漂白废水中 AOX 生成量降低 50%以上，漂白用水减少 40%以上，造纸过程废水基本实现近零排放，开发制浆造纸行业

废水资源化利用的技术解决方案 2 套以上。

有关说明：拟按照钢铁冶金、炼油化工、制药化工、轻工等典型行业设立 4 个项目（每个行业最多支持 1 项）开展研究。由长江沿线四川省、云南省、重庆市、湖北省、湖南省、江西省、安徽省、江苏省、浙江省、上海市组织推荐申报。

关键词：工业园区废水、高盐、近零排放、生物强化、废盐回收

3.2 长江流域有色金属矿山废水与尾矿库排水安全低耗治理与利用技术（应用示范类）

研究内容：解析有色金属矿山酸性废水源头防治和尾矿库排水低耗治理的重大技术需求，开发矿区植物—微生物群落调控抑硫氧化减酸技术，实现生态重构源头防酸；研发适用酸性体系的生物质基阻隔材料，开发基于生物质基阻隔材料的矿山酸性废水高通量阻断技术；研发尾矿库排水多金属与有机药剂协同适度处理与回用技术，降低处理成本并提高水回用率；形成基于生态重构的有色金属矿山废水与尾矿库排水“源头减酸—生态阻断—低耗治理”技术体系，在长江流域进行关键技术示范应用。

考核指标：筛选功能菌 ≥ 3 株，建立有色金属矿区植物—微生物群落结构和功能定量调控方法 2 套；研发生物质基酸性废水阻隔材料 2 种以上，开发基于生物质基阻隔材料的矿山酸性废水高通量阻断技术 2 套，充填体渗透系数 $\geq 10^{-3}\text{cm/s}$ ，净化水中重金属浓度达到《农田灌溉水水质标准》（GB5084-2021），实现安全

利用；开发尾矿库排水多金属与有机药剂协同适度处理与回用技术，净化水回用使新水使用量减少 30%、综合处理成本降低 20%；在长江流域不低于 2 个有色金属矿山进行关键技术应用示范，其中尾矿库排水处理示范工程规模不低于 5000m³/d，重金属较现有技术水平减排 30%。示范矿山金属产量不低于 3 万 t/a。

关键词：矿山酸性废水、重金属、生态重构、低耗治理、安全利用

3.3 长江流域“三磷”复合污染源头控制关键技术及示范（应用示范类）

研究内容：系统核算长江流域磷资源开采/生产总量与磷素污染负荷，精准解析磷矿开采、磷化工产品生产、磷石膏库堆存过程中含磷废水、烟尘、尾矿的污染贡献，建立长江流域工业源磷素物质流；研发二水一半水湿法磷酸新工艺源头减量技术；研发磷矿开采、湿法磷酸生产、磷精细化工等废水，磷石膏堆场渗滤液等深度处理及资源化技术，实现磷、氟的有效回收，以及再生水回用；研发磷矿开采区、磷石膏库堆存区等雨污高效分流技术及装置，实现雨水冲刷导致的径流磷素面源污染的有效控制；开展技术集成和应用示范。

考核指标：探明长江流域“三磷”化工产业链对流域内磷污染的贡献度，揭示长江中游断面控磷示范区域磷素物质流规律，形成示范区域“三磷”企业磷污染数据库及物质流模型 1 套，涵盖不少于 50 个“三磷”企业；研发二水一半水湿法磷酸新工艺

源头减量技术 1 套，半水石膏可溶性磷小于 0.2%；开发磷矿开采—堆存—产品生产等过程废水近零排放工艺体系及装备 1 套，磷、氟资源化率>80%；开发“三磷”矿区及生产点雨水径流污染控制集成技术 1 套，50mm/d 降雨强度以下时除磷 90%以上；建设包括“三磷”工业集聚区废水零排放处理(>500m³/d)、磷矿开采区初级雨水收集处理(>200m³/d)、磷石膏库渗滤液处理(>500m³/d)、二水一半水湿法磷酸新工艺(15 万 t/a)等综合示范工程一套，实现废水零排放，磷石膏零堆存，废水综合处理成本降低 20%；建立长江中游一级支流群链式磷复合污染控制综合示范至少 1 处(不小于 100km 主河道长度)，支流入江总磷负荷削减 50%以上；制定流域工业源“三磷”控制技术标准(国际、国家、行业或地方标准)(征求意见稿) 2 项以上。

有关说明：由长江沿线湖北省、湖南省、江西省、安徽省组织推荐申报。

关键词：流域“三磷”污染控制、磷素物质流规律、含磷工业废水处理、群链式应用

3.4 城市水体返黑返臭精准防控关键技术及示范(应用示范类)

研究内容：精准解析城市水体季节性和雨后返黑返臭的关键成因、多介质叠加影响机制、特征指标演变过程，构建返黑返臭风险评估的技术方法；研究高通量雨污水精准截污及快速净化技术、源头到末端全过程协同溢流污染减排技术；研究城市水体原位微环境改善、微生态修复保育、维护性生态清污技术；研究空

间点位、汇聚水量、特征指标联动的返黑返臭监控预警、精准防控及应急管控成套技术；研究城市水体返黑返臭防控装备及产品的效能验证指标体系与评价方法；选择典型城市区域进行技术集成和应用示范。

考核指标：形成城市水体返黑返臭特征因子及污染源管控清单（获行业认可）；形成雨季初期雨水、溢流污水大流量短历时净化技术 2 项，透明度不小于 0.6m、SS 与 TP 削减 85%以上；形成水体黑臭源物质原位治理技术，黑臭物质削减 50%以上；研发城市水体生态修复与维护性生态精准清污技术 3 项，ORP 全天候不低于 50mV；构建源—网—厂—河—气象联动城市水体返黑返臭智能监控预警与应急响应平台并业务化运行，时间空间预报准确率 90%以上；选择长江流域典型城市水体开展示范应用，返黑返臭事件发生概率降低 80%以上；制定行业或团体标准 2 项，行业指导文件草案 1 项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：城市水体、返黑返臭、特征因子、原位治理、监控预警

3.5 资源循环—能源自给型污水处理厂构建关键技术与沿江群链式应用研究（应用示范类）

研究内容：以污水资源化和能源自给为基本目标，研发面向再生利用高效控氮的低碳短流程模块化污水处理工艺；研发水中有价物质的低成本回收与多目标利用技术，开发污泥/污染物化学

潜能高效定向转化为高品质可再生能源的关键技术及精准调控技术；研发高品位水源热能、光伏电能原位利用的关键技术与装备，构建面向污水净化、污泥干化及资源回收等多过程的闭环综合能源自持系统；开发面向资源有序循环、多源产供能、全流程节能降耗的污水厂数字孪生技术及水质—资源/能源精细调控智能平台；基于不同的项目背景条件和需求，在沿长江城市开展多模式、群链式规模化应用示范。

考核指标：开发低耗短流程污水处理关键技术 2 项，在相同进出水条件下，核心生化单元总水力停留时间比现有工艺降低 20%以上，总氮去除率提高 10%；研发有价物质的低成本回收、污染物化学能定向转化关键技术 2 项，碳捕获不低于 40%，生物质产能提升大于 25%；研发再生水源高品位热能利用技术 1 项，水热交换温度达到 90℃；开发光—电—热协同的应用分配和优化控制技术 1 项、关键装备 1 套，同口径降低电费支出 10%，开发多过程的闭环综合能源耦合集成技术 1 套，实现厂界输入和输出能量当量平衡；数字孪生系统运行状态核心组件参数覆盖率和控制预测准确率均达到 90%以上，控制延时小于 5 分钟，非核心组件参数覆盖率和控制预测准确率均达到 75%以上，控制延时小于 10 分钟；在沿长江流域城市建成群链式规模化应用示范厂不少于 5 座，污水处理规模均不低于 2 万 m³/d，用于景观环境用水、工业用水、城市杂用水等用途的再生水利用率累计不低于 30%，新建示范厂能源综合自给比例高于 50%，吨水能耗比现有工艺降低

不低于 20%；存量示范厂吨水能耗在原有基础上降低不低于 10%，新建和存量示范厂直接运行成本较原工艺降低 20%以上。

有关说明：由企业牵头申报，由长江沿线重庆市、湖北省、安徽省、江苏省组织推荐申报。

关键词：污水处理厂、化学潜能、综合能源、数字孪生、链式应用

3.6 畜禽养殖污染物资源化利用及低碳低成本协同治理技术（应用示范类）

研究内容：解析规模化畜禽养殖粪污处理处置过程中存在的资源能源转化效率低、抗生素与重金属生态风险大、温室气体排放等关键问题及成因；研发畜禽养殖液体粪污高效脱氮与高值定向转化、能源高效转化与智能调控技术与装备；研究畜禽养殖粪污抗生素抗性基因与重金属生态风险防控技术；开发高值增效、恶臭控释、温室气体控制固体粪污动态堆肥技术与智能装备；进行技术集成与应用示范，形成畜禽养殖场粪污资源化循环利用、低碳低成本处理与污染风险协同减控的应用范式。

考核指标：研发畜禽养殖粪污低碳低成本资源化能源化处理技术系统 3~5 个；厌氧发酵容积产气率较现有水平提升 20%，甲烷含量 $\geq 65\%$ ；固体粪污好氧堆肥氮保留率 $\geq 80\%$ ，生产成本比同类技术下降 30%；研制畜禽养殖粪污高效转化产品 1 种；研制畜禽粪污高效能源化和动态堆肥智能化装备各 1 套，装备样机通过鉴定；形成畜禽养殖粪污循环利用、低碳低成本处理处置、污

染物协同减控的应用范式,堆肥过程温室气体排放强度降低30%,恶臭气体排放比同类技术削减80%,典型抗生素降解去除率大于70%,可交换态重金属钝化率大于75%以上;主要污染物排放浓度(或强度)低于国家(地方)标准限值;选择典型流域在不少于3个规模化养殖场进行应用示范,形成畜禽养殖粪污循环利用、低碳低成本处理处置、污染物协同减控的应用范式;编制国家或行业部门发布的畜禽养殖粪污资源化利用标准/技术指南2项。

关键词: 畜禽养殖粪污、资源化利用、多组分污染物、协同治理、低碳低成本

4. 水源风险阻断与饮用水安全供给

4.1 跨流域人工调水系统低营养水体中藻类爆发机制与预防技术(共性关键技术类)

研究内容: 研发人工渠床界面着生藻附着与浮游藻堆积水下在线监测技术与设备,解析人工调水系统各断面、节制闸等典型区域藻附着与堆积时空规律,突破上述藻源问题的全断面预测预报技术;基于模拟系统与原位验证构建低营养水体中着生藻爆发、附着与浮游藻堆积的过程机理模型,揭示渠床界面、水力条件等的影响机制与关键限制性因子,开发多种基于上述机制的源头无药剂调控预防关键技术;开展技术系统集成,形成前端干渠预防—中端设备控制—水厂末端保障的藻类综合防控应对技术体系,开展工程示范。

考核指标: 着生藻及藻类堆积体水下在线监测样机各1套,

监测准确率不低于 80%，干渠着生藻暴发预报系统 1 套，7 天预测准确率达 95%以上；形成着生藻综合控制技术 1 套，在中线干渠内开展技术应用示范，干渠示范区长度达 10km，与示范区以往藻类生长量进行对比，着生藻生长量降低 70%以上，藻类暴发期示范水厂滤程缩短时间不超过 5 小时；形成滞留区藻类堆积控制技术 1 套，在中线干渠内 2 个藻类滞留区进行技术应用示范，藻絮体堆积量降低 80%以上；形成针对着生藻及滞留区藻类堆积控制的技术指南（团体标准或以上）各 1 份。

关键词：南水北调水源、着生藻、藻类堆积、滤池堵塞、原位控制

4.2 新国标下饮用水典型有害无机物控制与深度净化技术(共性关键技术类)

研究内容：解析长江、珠江、黄河、辽河等流域典型区域村镇、城镇饮用水源碘化物、铀、镭-226、钷、高氯酸盐、砷、氟等有害无机物污染状况；开发适配功能性药剂、材料和成套设备，突破上述有害无机物达标去除关键技术，开发多种有害无机物及其与铁、锰等常规污染物共存的协同去除技术；开展技术系统集成，形成有效支撑新国标实施的有害无机物协同控制与深度净化应用工艺和系统方案，开展工程示范，处理后水质相关指标达到新国标《生活饮用水卫生标准》（GB5749-2022）标准。

考核指标：开发 6 项以上有害无机物去除功能性药剂或材料，开发 4 项以上净化设备，并开展验证性评估，净化直接成本较现

有技术降低 20%以上；开发针对碘化物、铀、镭-226、铊等污染物的达标去除技术和针对砷、氟等污染物的现行工艺强化去除技术，分别完成 120t/d 以上中试，吨水处理直接成本在 0.60 元以下；开发 2 种及以上共存污染物的协同净化技术，建立有害无机物与铁、锰等常规污染物共存的天然地下水源净化工艺，吨水成本较现有工艺降低 25%以上；建设 10 座以上示范工程，村镇和城镇水厂规模分别在 240t/d 和 1 万 t/d 以上。

关键词：碘化物、铀、镭-226、高氯酸盐、有害无机物、深度净化

4.3 高品质饮用水净化新型纳滤膜材料制备及分离技术研究与应用示范（共性关键技术类）

研究内容：研发具有高水通量、高有机物截留特征的饮用水纳滤膜材料及组件，形成国产化纳滤膜材料、集成系统及装备；探究残余铝、硬度和有机物等纳滤进水水质参数对纳滤膜系统运行稳定性的影响机制，针对不同水源优化预处理工艺的设计和运行，形成组合工艺；研究纳滤阻垢与生物污染控制技术，优化段内回流、段间增压和分段冲洗等，建立预处理、药剂投加和纳滤工况协同优化的膜污染控制策略；研究浓水减量化技术，针对不同场景下的纳滤浓水，评估浓水排放的潜在生态效应，研究浓水合理处理处置技术方案；开展纳滤膜集成工艺的工程示范研究与全流程水质评价，形成可规模化推广应用的技术标准体系。

考核指标：研发不少于 2 种高性能纳滤膜材料，在操作压力

≤0.4MPa 的条件下，纳滤膜通量 ≥40LMH，有机物（TOC）去除率 ≥90%，典型新污染物去除率 ≥90%；形成面向工程化应用的纳滤膜材料与系统集成装备，建成年生产能力 50 万 m² 以上的生产线 1 条；形成适配原水水质的纳滤预处理技术，开发短流程纳滤组合工艺方案；形成纳滤阻垢与生物污染控制技术，阻垢剂等关键药剂使用量降低 20% 以上，建立水力冲洗和化学清洗优化方案，自用水量 ≤5%，化学清洗周期大于 12 周，形成预处理、药剂投加、纳滤工况协同优化的膜污染控制技术体系 1 套；开发浓水减量化技术，实现系统水回收率 ≥90%，浓水减量 30% 以上，形成浓水生态排放政策建议 1 份，提出浓水合理处理处置技术方案；开展以纳滤为核心的高品质饮用水净化综合示范 2 座，应用国产纳滤应用工程装机不小于 5000t/d，既有纳滤膜运行优化示范装机不低于 5 万 t/d，纳滤工艺直接运行成本（电费及药剂费）≤0.25 元/t，较现有降低 20% 以上，恒通量运行下纳滤膜年压差上升不超过 2%，系统无故障连续运行时间不低于 5000 小时，编制高品质饮用水纳滤膜工艺应用行业标准 1 份。

关键词：饮用水、纳滤、膜材料、膜污染、天然有机物

4.4 高龄服役管线输配安全劣化机制及系统调控技术与装备 (共性关键技术类)

研究内容：分析高龄服役管线输配功能劣化、安全性能降低等问题，揭示管垢状态与水质的互馈机理，阐明不同运行条件下的管线输配效能劣化机制；研究高龄服役管线对管网系统安全的

影响机制，研发管网健康状态评估与高风险管线识别技术，开发基于健康状态评估的管线优化维护改造技术；开展高龄服役管线水力条件和结构安全提升技术研究，研发高效、安全、环境友好的管壁清洗与强化技术和设备；开展管线结构劣化/失效快速诊断与定位技术研究，研发面向系统安全提升的调控技术，形成高龄服役管网输配效能与系统安全提升技术体系并开展示范。

考核指标：研发管线结构劣化/失效快速诊断与定位软件 1 套，准确率不低于 90%；开发适用于管径 300mm 以下管线的清洗技术装备，实现管线摩阻降低 10%以上，同时比现有技术运行电耗、药耗等降低 5%以上；研发管线健康评估与高风险管线识别技术 1 套，识别准确率不低于 90%；形成高龄服役管网输配效能与系统安全提升技术体系 1 套、高龄服役管线现状与供水安全报告 1 份；形成供水管线健康评估与更新改造导则或行业标准 1 套；在长江、黄河流域分别选择示范地开展管线健康状态评估、结构劣化/失效快速诊断、管线清洗、系统安全提升等技术示范，示范区域生活用水规模 ≥ 4000 万 m^3/a ，管网压力时空分布均匀度比立项前提升 10%以上。

关键词：高龄服役管线、输配效能、劣化机制、管壁强化、
管线清洗

4.5 供水管网水质关键风险因子识别及厂网协同控制技术(共性关键技术类)

研究内容：选择长江、黄河流域典型城市供水管网或城乡统

筹供水的农村大型供水管网，分析管网输配过程典型的水质恶化问题及关键环节，研发适用的饮用水在线采测技术装备，开发水质问题实时交互、溯源诊断模型算法，识别从水厂到用户的全流程管网水质时空敏感区，创新管网监测方法体系；研究管网输配过程水质转化主导机制，明确敏感区水质问题主要成因及关键风险因子，制定基于管网水质稳定性的出厂水关键指标基准值，研发保障出厂水满足管网水稳定性要求的水处理工艺优化技术；通过技术集成，形成水厂工艺优化与管网原位改善耦合的厂网协同控制技术系统，并选择长江黄河典型管网开展技术应用示范。

考核指标：研发多相多参数在线采测装备 1 套，具备生物样本温控保存、实时数据交互、远程控制与被动采样功能，检测指标包括浊度、余氯、溶解氧等不少于 5 项，精度不低于现有在线监测设备；建立管网实时水力水质模型 1 套，模型覆盖管网节点 90% 以上，连续 12 个校正时段压力误差不大于 1.5m 的监测点比例大于 85%；开发基于管网消毒剂、微生物指纹信息图谱等至少 3 种典型水质溯源诊断技术，提供敏感区类型与边界划分方法，精度涵盖 DN100 管道；形成管网水质敏感区及关键因子识别技术、管网水质监测点位设置方法与管网水质敏感区水质改善技术指南 1 项；提出基于管网水质保障的出厂水残余金属和细菌生长潜势等关键指标控制目标值，并形成 3 项控制技术，比现有技术增加成本不超过 0.1 元/m³；提出水厂工艺优化与管网原位改善耦合的厂网协同控制技术系统，在长江、黄河流域分别选择示范地

开展管网水质在线监测、厂网协同控制技术应用示范，供水规模均不低于 10 万 m³/日，服务人口不少于 50 万，示范区用户末梢水相关指标稳定达到 GB5749-2022 要求。

关键词：管网水力模型、管网水质模型、管网内部水环境、管网水质敏感区、厂网协同

4.6 饮用水水质自动监测预警设备及致毒物甄别新技术（共性关键技术类）

研究内容：研发环境易感疾病相关的关键功能蛋白纳米活性材料及生物传感器，建立基于蛋白纳米活性材料的饮用水毒性物质鉴定方法及生殖和代谢相关人源类器官毒性评估方法，并评估所筛查物质的饮用水暴露健康效应；构建以毒性效应通路紊乱为指标的体外生物材料，研发适用于饮用水中慢性毒性表征的高通量蛋白组学快速检测试剂盒及配套检测设备；构建针对大量常规污染物的自动化实验室水质检测设备以及基于多营养级关键物种多维联动响应的实时在线水质综合毒性生物预警系统，并实现业务化运行。

考核指标：开发不少于 2 种生殖、代谢疾病相关关键功能蛋白材料，常温下活性保持 6 个月以上，构建其生物传感器（不少于 2 种），建立并提交能用于饮用水检测的人源类器官毒性评估方法（不少于 2 种）；研发高通量定量蛋白组学快速检测试剂盒与配套检测设备 1 套，涵盖分子水平致癌性与生殖毒性效应表征的毒性作用靶点不少于 100 个，响应时间小时级，与传统哺乳动

物致癌与生殖毒性实验相比结果相符率大于 80%，配套设备荧光检测精度 1.5pM，重现性误差 $\leq 0.2\%$ ；研发实验室自动化水质检测平台 1 套，样品识别、预处理、检测分析、数据处理等全过程自动化，可实现《生活饮用水卫生指标标准》（GB5749-2022）中 30 项常规指标和至少 20 项扩展指标（重金属、高氯酸盐、有机物等）的自动检测，检出限满足标准限值的要求（参考标准为 GB5749-2022），相对误差在 $\pm 15\%$ 以内（非有机物指标达到 $\pm 10\%$ 以内），样品日处理量达到 400 个以上，在 2 个以上饮用水水质分析实验室进行示范应用；研发不同营养级敏感物种多维联动响应的在线生物预警设备 3 套，并构建基于模式识别的多层级在线生物预警集成系统，设备灵敏度实现 0.1TU 致毒物的响应，误报警率低于 10%，系统实现致毒物 10 分钟及时报警与半定量毒性当量实时解析，形成年均 200 台（套）的规模产业能力；编写饮用水毒性物质甄别及综合毒性快速监测技术、监测设备等相关技术标准（团体）不少于 3 项。

关键词：类器官、传感器、蛋白组学、生物预警

5. 流域生态系统修复与三水融合调控

5.1 长江黄河河—海过渡区水环境提升机制及陆海统筹管控关键技术（共性关键技术类）

研究内容：研究污染物输入、潮汐作用、陆海物质能量交换等多因素影响下河—海过渡区生态系统时空差异化特征及关键驱动机制，突破衔接淡—海水、保护“流域—河口—近岸海域”水

生态与人体健康的水质基准标准制定关键技术，综合考虑陆海统筹中的社会经济资源环境耦合过程，提出陆海统筹一体化水质标准框架体系；研究建立长江黄河流域尺度“流域—河口—近岸海域”污染物运移耦合模型和通量核算技术方法，研发构建流域污染物通量业务化平台，揭示长江黄河“流域—河口—近岸海域”污染物通量时空变化特征及发展趋势，提出长江黄河流域—海域过渡区污染源防控关键技术；研发空间统筹的河—海过渡区生态环境监测与健康评估关键技术，评估长江黄河河—海过渡区生态系统健康状况并诊断其主要胁迫因子，构建河—海过渡区水质改善提升的生态修复技术方案；提出长江黄河基于“标准统筹、空间统筹、机制统筹”的陆海统筹差异化管控关键技术，在长江、黄河典型流域—海域过渡区开展综合示范，支撑渤海、长江口—杭州湾重点海域综合治理攻坚战行动。

考核指标：揭示长江黄河“流域—河口—近岸海域”氮磷等典型污染物输移机制，建立长江黄河“流域—河口—近岸海域”污染物运移耦合模型和通量核算模型 1 套，通量模拟精度（纳什效率系数）从 0.60 提高到 0.80 以上；编制长江黄河“流域—河口—近岸海域”近 40 年污染物通量时空变化特征及发展趋势报告，提出长江黄河流域—海域过渡区污染源防控策略；编制河口营养物水质基准推导技术指南（行业标准或国家标准）1 项，制定长江黄河流域—海域过渡区海陆统筹的无机氮、总氮、活性磷酸盐、总磷等营养物水质标准建议值，编制长江、黄河口近 40 年生态

健康评价报告，诊断长江黄河流域—海域过渡区生态系统健康状况及主要胁迫因子，制定长江黄河流域—海域过渡区生境改善生态修复恢复技术方案，方案获相关部委应用；提出长江黄河基于“标准统筹、空间统筹、机制统筹”的陆海统筹差异化管控策略，在3个典型区域开展综合示范，应用示范区面积不小于100km²，示范区水环境质量提升20%以上；形成河流总氮削减、混合区评价、河口通量评估等技术方案3~5项，并在长江黄河水生态环境管控以及渤海、长江口—杭州湾重点海域攻坚战中3个以上流域—海域过渡区推广应用，形成应用效果评价报告。

关键词：陆海过渡区、污染防治、水质提升、陆海统筹、差异化管控

5.2 长江口深水航道疏浚土生态利用与浅滩生境营造技术及示范（应用示范类）

研究内容：研发跨尺度长江口滩涂冲淤与生境演替动态模拟技术，精细预测长江口浅滩地形与生境演变趋势；构建天、空、地协同的水质、水文、地貌、生态综合监测技术体系，开发长江口浅滩和生态环境监测预警平台；突破大型开放河口人工工程与自然协同的滩涂整治与固沙保滩关键技术，人工疏浚土有源补给和自然水动力耦合条件下的大型河口生态基底维持技术；研发基质改良、地形塑造、先锋物种引进和种群恢复等长江口典型生境保护与修复技术，开展长江口浅滩生境营造和修复技术示范。

考核指标：长江口浅滩冲淤与生境演替跨尺度动态耦合模型

1 套，空间精度小于 500 米级，地形预测偏差小于 25%；建成示范区河口浅滩稳定性与生态环境监测预警平台 1 套；形成浅滩生境营造技术 3 项，浅滩疏浚土生态基底塑造偏差小于 1 公里，航道疏浚土生态化利用示范 5000 万立方米以上，生境营造工程示范面积不少于 5000 亩，实现植被盖度 50%以上，底栖生物物种数提升 15%以上，鸟类物种数提升 20%以上，生态大堤工程示范 10 公里以上；相关技术标准不少于 4 项。

关键词：长江口、深水航道、疏浚土、生态利用、生态基底

5.3 黄河下游河道排洪输沙与生态功能协同提升技术与应用 (应用示范类)

研究内容：分析黄河下游横河发育的主控因素，建立漫滩洪水顶冲大堤流速、顺堤行洪流速与滩区下垫面和黄河洪水条件的响应关系，提出堤防冲决应对技术和二级悬河减害措施；研发适于河床粗化和年内长时期平水少沙情景下的黄河下游输沙塑槽需水计算模型，提出维持下游河槽排洪输沙功能的洪水要素指标；构建高含沙洪水输沙效率与水沙、河道边界条件的响应关系，提出高含沙中常洪水的合理调控指标；研究自然保护区关键物种栖息地分布，阐明河道整治工程和水沙变化对鱼类繁衍生息和重要湿地的影响，提出生态良性维持和修复技术，统筹河势有效控制、出险几率降低、边滩湿地稳定和水生物栖息环境改善等需求，研发多目标协同的控导工程新结构、新材料和运维技术，并示范应用。

考核指标：提出降低黄河下游堤防冲决风险的技术，与现状河道和工程条件相比，顺堤行洪流速降低 30%，顺堤行洪流速大于 1.2m/s 的长度减少 3%；提出适应黄河下游来沙量少于 5 亿 t/a 情景的输沙塑槽需水模型和维持河槽平滩流量不小于 4500m³/s 所需保障的洪水条件；提出高含沙中常洪水远距离输送所需的水沙搭配指标，实现场次洪水淤积比减少 15%，并应用于水沙调度；提出兼具防洪与生态功能的控导工程适宜坝垛结构与材料方案 1~2 种，实现畸形河势不超出控导工程连线，工程出险几率降低 10%以上，关键物种栖息地面积和水生物数量提升 5%以上，在不少于 100km 的河段示范应用。

关键词：黄河下游、堤防冲决、河道工程、塑槽输沙水量、高含沙输送

5.4 长江中下游河网圩（垸）区水生态修复与调控技术及示范（应用示范类）

研究内容：解析长江中下游面广量大圩（垸）区水系连通受阻、水量交换受控、水环境质量差、水生态状况恶劣等问题，阐明河网圩（垸）区水动力微循环、营养物质迁移转化、水生物生消的相互作用机制和效应；突破圩（垸）区水文—水环境—水生态模型构建和耦合模拟瓶颈，定量揭示圩（垸）氮磷输移过程、消纳潜力和入河湖通量；研发河网圩（垸）区水动力联动调控、圩内荡浜田草林栖境结构营造、湿地生态修复和水系连通等技术，开展应用示范。

考核指标：明确圩（坑）三水互馈机制和效应量化识别方法；研发自主知识产权的圩（坑）水文、水环境、水生态模型，构建河网圩（坑）区水文—水环境—水生态耦合模型，模型的空间分辨率不低于 50m，时间分辨率不超过 1 天，整体模拟精度达到 70% 以上，并应用于太湖流域湖西区；突破河网圩坑区水动力联动调控、湿地生态修复和水系连通改善等水生态环境质量提升成套技术，在长江中下游典型圩坑区开展应用示范，示范区面积不小于 200 公顷，水量交换率和水体透明度提升 10% 以上，TN 和 TP 浓度下降 10% 以上。

关键词：平原圩（坑）区、三水互馈及效应、三水耦合模拟、水动力联调、生态修复

5.5 大型运河工程水生态安全保障技术与示范（应用示范类）

研究内容：研究运河影响下通航河道生境模拟分析技术，构建运河工程廊道生境模拟模型；研发适合运河裁弯取直段和梯级开发段具备水质净化、生境替代和景观营造功能的湿地强化自净与生境修复技术，开展运河生态修复工程示范；研究入海河口盐水随航运活动入侵高精度模拟及生态环境效应，开展综合工程与管理相结合的运河防咸措施研发与应用示范；突破跨流域运河多目标协同优化的生态运行调度技术；构建运河工程区通航运行、污染排放、环境质量、生态多样性等多要素监控预警技术体系，研发运河生态环境智慧管控平台。

考核指标：自主知识产权的典型运河河道生境模拟模型 1 套，

典型生境模拟精度达到 80%以上；适合裁弯取直河段和梯级开发段的湿地强化自净与修复技术 1 套，示范段不少于 3km，实现氮、磷等关键水质指标较其他河段改善 15%以上，底栖生物多样性指数增加 20%以上；盐水入侵三维数学模型 1 套，对船舶通航与过闸引发的盐淡水交换过程模拟精度不低于 85%，工程措施与管理措施综合防咸率不低于 70%；统筹水资源节约、水环境维持、水生态稳定的运河生态调度技术 1 套，被相关主管部门采纳；运河生态环境智慧管控平台 1 套，并被运河管理运营部门采纳；标准规范送审稿 4 项以上。

关键词：跨流域运河、生态安全、生态修复、示范、生态用水

5.6 长江流域典型城市内湖水环境—水生态协同治理关键技术与示范（应用示范类）

研究内容：解析长江流域典型城市内湖面源污染负荷高、生态补水污染风险大和水生态系统受损严重等问题，研究城市内湖污染物溯源方法及污染过程机理；研发基于面源污染全过程高效管控的不同口径雨水管涵初期雨水精准调控技术；突破基于湖泊生态安全补水的污水厂尾水低耗高效深度净化技术与水系统水量—水质协同调控技术；构建湖泊环境敏感带近自然生态修复多层次生境重构技术体系；形成基于湖泊环境容量及污染负荷通量时空变化的城市水系统配置与调度集成技术体系，研发基于物联网监测预警的源厂网河湖一体化综合管理平台；选取典型城市内湖进行技术集成与工程应用示范。

考核指标：城市内湖特征污染物溯源方法 1 项，溯源时间分辨率达到日级，空间分辨率达到米级；城市雨水管涵初期雨水面源污染精准调控技术 1 项以上，初雨面源污染削减率提升 30% 以上；基于生态安全补水的污水厂尾水低耗高效净化技术 1 项以上，关键污染物指标满足城市湖泊入湖水质要求；滨岸—水体—底栖多层次近自然长效生境重构技术体系 1 项，水生生物多样性提升 5% 以上；城市源厂网河湖水生态环境监测—预警—一体化综合调度和管理平台 1 套；在长江中下游 2 个（含）以上典型城市，开展城市内湖水环境—水生态协同治理示范，示范内湖合计水域面积大于 80km²，示范区域水体水质总磷、氨氮等主要指标浓度降低 20%；形成城市湖泊水环境治理、水生态修复等国家、地方或团体标准 2 项以上。

关键词：城市内湖、污染物溯源、初雨面源调控、生境重构、水环境—水生态协同治理

5.7 鄱阳湖极端洪枯事件的水生态影响及洪泛湿地韧性提升关键技术及示范（应用示范类）

研究内容：评估极端洪枯事件对鄱阳湖水资源、水环境与水生态的综合影响，构建多尺度生态水文耦合模型，揭示洪泛湿地生境对极端洪水和干旱的定量响应关系；提出水资源、水环境、水生态和水安全相统筹的韧性湿地构建模式，建立韧性湿地的评价方法与指标体系；构建安全蓄滞洪水的生态堤防与闸控生物通道，研发保障旱季生态用水的水文连通、水位调控、水质提升与

水生植被修复等关键技术；在鄱阳湖区开展典型洪泛湿地韧性提升关键技术应用与示范。

考核指标：形成 15 年以上的鄱阳湖区洪水、干旱、水环境与水生态基础数据集；研发洪泛湿地水文水动力—水环境—水生态耦合模型，主要生境因子模拟精度达到 80% 以上；构建韧性湿地模式及评价指标体系；研发生态堤防构型、蓄滞洪水净化、生物通道恢复、生态用水调控与保障等关键技术 4 项，在鄱阳湖典型洪泛湿地开展应用与示范，面积不低于 40km²，示范区水文连通性提高 10% 以上，新增蓄水 4000 万 m³ 以上，生态用水保障率提高到 70% 以上，总磷和叶绿素 a 等关键水质指标降低 15% 以上；编制洪泛湿地韧性评价、江西省洪泛区圩堤安全防护、堤防生态化改造以及生态用水保障等技术标准或规范导则 4 项以上。

关键词：鄱阳湖、洪泛湿地、洪枯事件、蓄洪调枯、生态用水、生态堤防

6. 智慧流域及管理平台构建

6.1 流域智慧管理平台构建关键技术及示范应用（应用示范类）

研究内容：研究流域管理“空天地”多源信息智能融合及流域数字化映射技术，提出数字孪生流域数据模型构建方法和流域数据底板构建技术；研发自主知识产权的可交互式水利孪生仿真引擎，研究耦合数据驱动方法和物理机制模型的流域模拟方法，提出水通用专业模型平台与孪生应用场景耦合技术；研究流域防洪调度—水资源调配—水环境保护—水生态修复等多业务融合的

知识平台构建技术；研究正向预演、逆向推演、调控风险与模拟效果迭代互馈的三水融合流域业务管理与决策方法和技术；研发对原有业务系统的继承、迁移和适配技术；研制流域智慧管理平台，在长江黄河干流典型河段与典型支流流域等开展业务化示范应用。

考核指标：提出流域水文水资源、水环境、水生态、水灾害、河湖岸线等多源异构信息融合技术体系；提出数字孪生流域水信息模型系统（CWIMS）构建方法及标准，构建流域管理全覆盖数据仓库，流域数据覆盖率 90%以上；提出耦合数据驱动方法与物理机制的流域模拟模型，提升模拟精度 5%以上；建立云服务模型平台，具有自主知识产权并经软件产品认证的通用模型 20 个以上，运行效率达到国际同类软件功能水平；建立具有自主知识产权的水利孪生仿真引擎，自主率 100%，提出孪生业务应用场景按需驱动及动态构建方法与技术；提出知识平台构建技术及标准，并被流域业务主管部门采纳；研发基于业务场景快速搭建的流域智慧管理决策平台，主体业务计算响应速度 60 秒以内，业务应用场景动态构建时间缩短 50%，会商决策支持由提前预置方案比选转变为决策过程中即时智能生成多方案比选，显著提升决策支持智能化水平和决策效率，决策方案生成时间缩短至分钟级；在长江黄河干流和重要支流进行“三水”融合业务化示范，并在长江黄河流域管理机构业务化应用 6 个月以上。

有关说明：拟在长江流域、黄河流域分别设立 1 个项目开展

研究。

关键词：流域智慧管理、数字孪生流域、水信息模型、模型平台、决策支持

6.2 黄河中游洪水泥沙及下游河势预报关键技术研究与应用 (应用示范类)

研究内容：研究气候变化对黄河中游降水的影响机制，揭示以持续极端强降水为典型的黄河中游致洪暴雨的形成机理和下垫面因素影响的不确定性，建立黄河中游降水智能预报模型；以黄河“下大洪水”来源区为重点，以流域为单元研究下垫面变化对洪水的影响，研发密集式数据驱动下参数自适应技术、水沙演进数据同化技术等，优化现有洪水预报模型，开发水文智能模型，提高场次洪水过程预报精度；以黄河“上大洪水”来源区的河龙区间、北洛河和泾河上中游为重点，研发基于模型云平台的降水、洪水及河势预报模型集成关键技术，并示范应用；研发典型区域场次洪水水沙预报的统计学智能模型和分布式模型，将洪水极值预报拓展到过程预报；研究黄河下游河道水力条件、河床抗冲性和工程边界等要素与河势的响应机理，揭示游荡性河段河势变化的动力机制及主控因子，研发融合水动力与图像识别技术的河势变化预警模型。

考核指标：提交融合数据挖掘、数值天气模型优化、陆面过程实时耦合的降水通用智能预报模型 1 套，模型适用于黄河中游场次暴雨预报，降水中心位置、强度、持续时间预报精度总体提

升 10%；实现潼关和花园口站流量过程预报，延长洪水预见期 10%~15%，减少预报作业时间 20%以上，洪峰预报精度提高 5%~8%；提出可用于未来 15~30 年水文预报、栅格尺度不大于 30m 的黄河中游多沙区下垫面孪生产品，提交流域尺度的次洪流量、含沙量、洪量和沙量预报模型、并在黄河水文预报中应用，预报精度提高 10%，预见期延长 10%~15%，预报作业时间减少 20%以上；提出融合机器学习和水动力方法的黄河下游河势预警模型，实现河势游荡量化预测技术的突破。研发模型在流域机构水旱灾害防御部门部署，汛期示范运用不少于 2 个月。

关键词：黄河中游、极端强降水预报、洪水过程预报、含沙量预报、孪生流域、河势预报

6.3 南水北调中线工程多水源供水保障与智慧调控技术（应用示范类）

研究内容：统筹水源区与受水区水资源供需关系，研究“三生”多用水对象均衡的复杂调水系统水资源调配理论与方法，建立基于多水源协同的南水北调中线工程水量实时调配模型；研究耦合水源地的输水系统多目标调控理论与方法；研究南水北调中线工程大流量输水场景的闸群协同控制技术，研究输水系统风险事故智能识别及预警技术和突发事故场景的精细化控制技术，构建多输水场景自适应控制模型；研究南水北调中线工程智慧决策技术，构建融合机理模型和数据驱动算法的智慧调控模型；研发集成水量预报、事故预警、过程预演、调度预案生成功能的中线

工程智慧调度决策支持平台，并开展应用示范。

考核指标：提出复杂调水系统水资源均衡调配理论与实时调度模型，实现 75% 一般枯水年下工程调水量增加 5% 以上，受水区供水保障程度提升 5% 以上；建立耦合水源地的输水系统调控理论，将用水需求响应时间缩短至 4 小时内；研发输水系统事故快速预测模型，风险预警时间缩短 15% 以上，提高中线工程事故溯源及预警准确率达到 90% 以上；提出中线工程多场景精细化运行控制技术和输水智慧调度模型，调度目标精准度提高 5% 以上、单方水的工程调度管理费用减少 5% 以上；提高模型耦合精度 10% 以上，实现多模型高效集成复用，研发中线工程智慧调度决策平台，实现事件驱动的多源信息融合与智能调度响应，决策效率提升 50%，并在中线工程调度实践中运用 6 个月以上。

关键词：南水北调中线工程、多水源供水保障、多场景输水调控、事故预警控制、智慧决策

6.4 长江中下游崩岸险情智能感知预警与防治关键技术研究及示范（应用示范类）

研究内容：研究长江中下游干流河势变化与崩岸发生的动态响应关系，阐明崩岸发生影响因子及机理；研究“空天地”一体多源信息融合的岸线三维实景快速构建及崩岸险情智能筛查技术；研发多尺度河道岸坡变化预测模型，构建岸坡稳定评估及预警技术体系；开发立体智能监测系统，构建由多种新型探测手段组成的河道岸坡监测网；研究典型崩岸处置及防护技术，研究耦

合河势控制措施的崩岸系统预防与治理技术；在长江荆江河段和铜陵河段示范应用。

考核指标：提出长江中下游崩岸界定指标体系；实现岸坡崩塌 10m（长）×3m（宽）以上的崩岸动态智能感知；提出崩岸预测通用模型，并实现业务化应用，实现崩岸动态预警，准确率达到 70%，预警成果被流域机构采纳；提出耦合河势控制措施的崩岸系统预防与治理技术，降低崩岸治理成本 20%；形成崩岸预警及预防技术导则，被业务主管单位采纳；在荆江河段选取 1 段 1000m 长的典型崩岸段，开展“空天地”一体多源信息融合的岸线三维实景快速构建技术试验 2 次以上；在铜陵河段开展全河段崩岸险情智能筛查技术示范并选取 300m 的活跃崩岸段，开展新的崩岸感知监测设备试验 3~4 次，进一步示范多种新型探测手段融合的河道崩岸监测技术。

关键词：崩岸险情、智能感知、评估预警、崩岸防治技术

任务七 青年科学家项目

7.1 水资源与水环境治理新原理和前沿技术研究（青年科学家）

研究内容：长江黄河天然溶解性有机质非靶向全组分定量解析技术；黄河流域湖库氮磷基准制定关键技术；气候变化背景下长江中下游旱涝急转响应机理；基于多源数据融合的地下含水层刻画与污染物精准溯源技术；南水北调中线水源区中长期水资源预测技术；废水处理同步产能关键技术与反应器开发；持久性有机物定向降解酶技术；水中新污染物等风险物质高通量识别与传

感技术；饮用水中碘系物高效去除的关键技术与工艺；变化环境下流域生态系统生产总值核算方法与示范应用。

考核指标：专项组织青年科学家进行系统性前瞻攻关，聚焦水资源与水环境治理关键科学难题，在流域水系统污染成因诊断及控制、长江黄河典型区域生态修复、污水及饮用水中污染物尖端治理及转化技术等前沿领域取得原创性成果，技术路径和原理独特，实现关键技术突破，形成水资源与水环境治理新原理和前沿技术研究领域具备全新创新活力的国际研究高地。

关键词：水资源、水环境、治理、新原理、前沿技术

中国科学院沈阳应用生态研究所