

## 附件 1

# “长江黄河等重点流域水资源与水环境综合治理” 重点专项 2022 年度项目申报指南 (初稿)

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，科学技术部、教育部、自然资源部、生态环境部、住房和城乡建设部、交通运输部、水利部、中科院、气象局共同制定了国家重点研发计划“长江黄河等重点流域水资源与水环境综合治理”重点专项实施方案，统筹部署长江黄河等重点流域水资源、水环境、水生态综合治理科技创新工作。

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。

本专项执行期为 2021—2025 年，按照分步实施、重点突出原则，2022 年度指南拟围绕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、水源水质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、智慧流域与管理创新等 6 个技术方向启动 33 个指南任务。

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

青年科学家项目要求由青年科学家作为项目负责人领衔担纲，可不要求指南内容全覆盖，项目实施周期为 3 年，项目不下设课题，参加单位原则不超过 3 家。基础研究领域项目，青年科学家项目团队年龄要求男性 35 周岁以下，女性 38 周岁以下；其他领域项目，要求男性 38 周岁以下，女性 40 周岁以下。指南各方向拟择优支持 10 项。

项目研究任务开展过程中，如有水生生物监测等任务

需在长江流域开展捕捞作业，需提前申请流域所在省级渔业管理部门的捕捞许可。

本专项 2022 年公开发布项目申报指南如下。

## 1.流域水系统健康诊断与病因识别

### 1.1 气候变化背景下长江黄河源区水文-生态-泥沙过程场景推演及适应性调控

**研究内容：**研究能量和水分相态变化对长江黄河源区产汇流过程的影响机理，构建考虑能量和水分相态变化影响的垂向入渗与坡面汇流理论；定量评估生态演变对产汇流过程、土壤水分和泥沙运移的影响，及水文、泥沙变化对区域生态完整性和生态服务功能的影响程度；开发高时空分辨率和高精度的大气-陆面-水文耦合模型，研制耦合气候变化影响的长江黄河源区水循环演变场景推演平台；研究气候变化背景下长江黄河源区水循环演变极值特征，提出考虑流域韧性的水循环调控阈值；研发水土资源适应性调控模型，构建面向良性水循环和生态健康的水土资源适应性调控技术体系。

**考核指标：**构建考虑能量和水分相态变化影响的垂向

入参与坡面汇流理论和模拟方法体系，径流模拟精度提高5%以上；提出不少于3类典型区水文-生态-泥沙互馈作用机理的量化识别结果；长江黄河源区水循环演变场景推演平台的分辨率不低于100m，时间分辨率不小于1小时，模拟误差小于10%，并在主管部门和工程建设中得到业务化应用；量化识别雪线上升、冰川融化、冻土活动层变化、植被变化等的极值特性，并提出1套水循环调控阈值；水土资源适应性调控技术在长江黄河源区不少于3个典型区开展实践应用。

## 1.2 长江中游新水沙情势下水文连通变化机理及其生态效应研究

**研究内容：**研究水利工程建设运用、流域覆被变化和气候变化影响下，长江中游干流和洞庭湖、鄱阳湖流域等水沙冲淤演变规律，解析不同因子对水沙运移及平衡的作用机理，量化长江中游水沙情势新特征；研究长江中游水文水动力演变，发展大尺度复合水系水文连通理论，构建水文连通指标体系和评估方法，揭示长江中游干流和主要支流河床、湖盆地形地貌变化对多尺度水文连通的影响机理；研究水文连通与水域和湿地生态完整性的偶联关系，研发典型区高分辨率多要素耦合水文-生态动力模型，识别

河湖生态演变的主因，量化作用强度；研究生态优先的多目标协同水系连通优化调控与水资源开发利用策略。

**考核指标：**建立多因子驱动下长江中游干支流水沙冲淤演变的解析方法，水沙冲淤模拟效率提高 10%以上；提交长江中游典型断面和洞庭湖、鄱阳湖泥沙冲淤平衡及基础数据集，资料序列长度 30 年以上；提出多尺度复合水系水文连通性指标体系；研发具有自主知识产权的长江中游水文连通变化及生态效应评估模型，重点断面水文水动力耦合模拟精度提升 10%以上；在不少于 3 个典型生态保护区示范应用，构建空间分辨率不低于 30m 的多要素生态评估模型，平均模拟精度提高 10%以上，并提出生态恢复措施；提出关于长江中游水系连通演变与优化调控以及生态优先的水资源开发利用策略建议 2 份。

### 1.3 长江黄河国控断面重要水生态指标污染成因机理与管控策略

**研究内容：**针对长江黄河部分国控断面溶解性有机物（COD）和溶解氧（DO）等重要水生态指标异常超标问题，探明重点流域 COD 和 DO 的时空特征、演变规律和影响因素；构建基于污染源清单、源汇平衡模型、同位素示踪和野外模拟等核心的“源-径-汇”污染溯源技术体系；研发水资

源-水环境-水生态多要素、水沙-生态-环境多过程、土/水-水/气-沉积物/水多界面的流域尺度污染循环模型；定量估算内源与外源、自然与人为活动对断面水质贡献份额，揭示典型国控断面 COD 和 DO 异常超标机理；研发典型流域 COD 和 DO 基线确定技术，提出差异化的标准建议值和管控措施，在重点国控断面开展综合示范。

**考核指标：**形成典型湖泊和河流 COD 和 DO 等重要水生态指标定量源解析技术体系，构建陆/水、水/气和沉积物/水界面循环理论模型 3 套；提交典型河流和湖泊 COD 和 DO 指标超标成因解析报告；研发流域社会经济优化、水文水资源、污染控制和生态修复等断面达标关键技术 4~5 项，在水生态保护工程中应用，污染负荷减少 20%，水质达标率提高 20%以上；提交相关技术指南规范 4~5 个；在 5~10 个以上国控断面示范应用，构建断面水生态环境质量评估业务平台，支撑长江水生态监测考核业务工作。

#### 1.4 长江流域水生态系统评价关键技术与应用系统开发

**研究内容：**针对长江流域水生态系统生境差异性显著、生物多样性退化明显等问题，揭示长江流域水生生境多样性演变规律；定量评估辨识人类活动对流域水生生境与水生生物完整性的影响机理与主要驱动因素，建立基于长江

流域生境时空分异驱动的水生生物网络演化模型；分析流域物种敏感性与生态功能特征，提出全流域不同区域的水生生物保护目标清单，研发水生生物保护目标的生态基准制定技术，构建基于基准的、以全流域水生态健康为目标的差异化或区域水生态评价指标和标准体系；研发生物多样性保护约束下适宜于流域水生态评价的云平台，并在流域典型河段和湖库推广应用。

**考核指标：**建立长江流域主要水体（1千8支、6个重要湖泊、2个水库）生境及其水生生物（包含区域保护目标清单）基础数据库，构建流域保护目标清单；建立长江流域水生境变化驱动下水生态演化模型；建立适宜于长江全流域水生态基准与评价标准构建技术体系，评价指标涵盖水生生物及水生生境两大类，生物指标涵盖鱼类、浮游生物、水生植物、底栖生物等>4类对象，生境指标涵盖岸线硬化、拦河筑坝、水电站整改、航道整治等>8类要素；提出至少三个典型区域水生态基准与评价标准建议值；编制长江流域水生态考核评价各类技术指南/导则 2~3份；编制流域水生态系统评价指标与体制机制建议 5份以上，并被部级业务主管部门采纳；在 10个以上典型水体开展综合示范，建立长江流域水生态评估应用平台，支撑国家水生态评估

工作。

### 1.5 长江水生生态系统重要指示种及生态系统健康评估

**研究内容：**针对长江水生生态系统受损、生物多样性下降等问题，厘清长江干流和主要支流、湖泊及河口生态系统物种多样性、重要代表性物种及其演变趋势；甄别不同类型水生生态系统指示种，剖析其生活史，构建全水系水生生态系统指示种数据库；阐明区域人类活动、气候变化、生境演变等对重要指示种的种群数量、空间分布、行为、生理和生活史的生态与进化的影响模式与机理；建立物种与功能多样性相统一、形态分类与现代检测相结合的监测方法和技术体系；开展区域水生生态系统健康状况评估，分析长江大保护成效，提出有效的改进措施并进行示范性建设。

**考核指标：**建立长江水系（干流和 8 条重要支流、5 个典型通江湖泊及河口）指示种及其生活史特征数据库，包括浮游生物、水生植物、大型底栖动物、鱼类等 4 大类群，不少于 120 个物种，指示种适用范围>全水系 90%；构建指示种生态与进化特征对环境变化响应模式，误差率<30%；研发基于形态与环境基因的重要指示种及对应生境条件监测技术体系，对指示物种识别效率比传统提高 50%；建设



基于指示种的区域生态系统健康评估平台,评估水系占全水系比率>80%;建设河、湖生态系统健康修复示范区各1个,生态系统健康修复率>95%。

## 1.6 珠江关键生源要素的多介质溯源与协同管控机制

**研究内容：**针对珠江下游城市密集、产业集聚、咸潮上溯所导致氮磷循环失衡、高碳排放等环境问题，聚焦氮磷在社会经济系统中的代谢过程及碳排放特征，明晰其在社会经济-自然环境间的水/土/气/生物多介质传输途径，研发氮、磷多介质溯源关键技术，建立全生命周期核算方法并编制排放清单；厘清多要素耦联机理、跨区代谢过程及水环境效应，构建流域水文-生源要素-社会经济耦合模拟系统；从珠江水环境质量整体提升出发，研发流域氮、磷、碳跨区协同优化技术，提出减污降碳协同管控方案。

**考核指标：**编制珠江流域社会经济-自然环境水/土/气/生物多介质氮磷营养要素输送和迁移转化图谱及碳排放清单，时间序列不少于10年、涵盖行业不少于30个；建立流域水文-生源要素-社会经济耦合模拟系统，关键指标模拟误差小于30%；突破流域氮磷碳要素多介质转化模拟、多维排放核算、多元素耦合模拟、大系统不确定优化等关键技术3~4项，形成关键生源要素协同管控技术体系；提出珠

江流域氮磷碳协同管控方案，模拟条件下珠江下游主要断面氮磷浓度下降不低于 10%，典型区域碳排放量下降不低于 15%，降低决策风险不低于 30%，为珠江水环境质量稳定达标和减污降碳减协同增效提供技术支撑。

## 2.流域水资源系统调配与高效利用

### 2.1 变化环境下长江黄河丰枯遭遇及极端枯水年水资源调配研究

**研究内容：**研究气候变化和人类活动等多重因素影响下长江、黄河气象水文演变特征，明晰流域不同区域之间丰枯遭遇规律，揭示长江黄河上—中—下游枯水遭遇空间变异机制，定量评估极端枯水对长江不同区间向黄河调水的影响；探明变化环境下黄河流域特枯和连枯等极端水文干旱演变与水危机形成机理，建立不同供用水破坏机制和复合影响定量评估方法，提出极端枯水条件下流域挖潜增供模式，研究三生用水分层调配技术，提升极端情况下流域水资源安全风险早期识别和保障能力；研发长江黄河跨流域联合调配与多线路互济精细化调控技术方法与模拟平台，建立极端情况下南水北调工程优化调水机制，优化跨流域多工程联合运用模式，提出应对极端枯水遭遇条件下

跨流域调配的水资源安全保障方案。

**考核指标：**建立极端枯水情况下流域水危机形成识别—危害评估—应急调控理论和技术体系，在流域相关规划和水资源管理中得到应用；建立长江黄河多水源、多线路、多工程联合调配模型平台，在南水北调后续工程规划和实施中开展示范应用；提出针对极端枯水的长江黄河跨流域水资源调控方案和技术规程，被国家有关部门或流域机构采用；特枯情况下黄河流域增供水量 20 亿 m<sup>3</sup> 以上，减少流域国民经济缺水 5% 以上，提升黄河干流生态基流保证率 10% 以上。

## 2.2 南水北调西线工程调水对长江黄河生态环境影响及应对策略

**研究内容：**研究长江上游水源区水资源-水生态-经济社会协同演变及其预测技术，为科学确定西线工程合理调水量提供科学依据；研究统筹水源区河流水资源禀赋条件、水生态环境属性、水工程调配能力和功能区划定位等生态环境需水评估方法，提出水源区各河段必须确保的生态流量及需水过程；建立“水文-水资源-水生态-水利工程”多要素全过程耦合的可调水量分析模型，提出西线工程水源区可调水量上限及不同气候变化情景下的调水阈值；建立西线

工程调水对水源区及其下游水资源、水生态环境及水能利用的影响评估指标体系和评估方法，研究水源区河段水文过程与关键指标的响应关系，界定调水影响范围和影响程度，提出西线工程调水方案优化建议和调水影响应对措施；研究受水区生态环境效益计算方法以及生物入侵风险分析技术和对策。

**考核指标：**研发提出西线水源区水文-水资源-水生态-水利工程多要素耦合可调水量分析关键技术；研究建立西线工程水源区调水对水资源、水生态环境和水能力利用的综合影响定量评价指标体系和评价方法；研究建立西线工程受水区生态环境效益评价指标体系和评价方法，提出可能生物入侵风险及其对策建议；提出西线调水规模、线路、边界阈值等相关建议 2~3 份，并获得流域机构和省部级水行政部门采纳。

### 2.3 南水北调中线冬季输水能力提升关键技术研究示范

**研究内容：**针对南水北调中线冬季输水能力受限问题，阐明总干渠冰情生消演变机理，识别冰情关键影响因子及其阈值区间，建立基于物理机制的总干渠全线冬季冰情智能预报模型；研究大流量非冰盖输水及风险评估关键技术，研发渠道保温设施、扰冰设施和冰塞防治技术等冰害防控

措施，提出总干渠水温调节调度方案；建立总干渠冬季输水动态优化调度模型，提出基于短期气象预报的冬季输水动态调控模式；研发总干渠冬季输水能力提升决策支持技术，开展关键技术现场验证与示范应用。

**考核指标：**研发冰情及冰害预报模型，冰情预报预见期有目前的3天左右提高到7天，冰盖预报精度提高10%以上；提出大流量非冰盖输水技术及渠道水温调度方案；研发渠道保温设施、扰冰设施和冰塞防治技术等各1项，提高渠段水温1℃以上，减少冰盖出现概率40%以上，冰塞体积减小30%以上；提升中线工程冰期过流能力，冰盖输水时间缩短30%以上，冬季输水量提升10%以上。

## 2.4 长江中下游平原河网区水动力优化再构与自然动能高效利用

**研究内容：**研究明晰平原河网区自然动能及水生态环境时空演变规律及成因，揭示水动力对水生态环境变化的驱动机制，提出水生态环境改善的水动力阈值确定方法；以水动力优化再造与自然动能高效利用为目标，研究河网区水动力再造理论，提出研究区工程布局优化原则，研发水动力提升关键技术；研究多工程河流系统水动力响应规律，研发水利工程群防洪保安-水资源供给保障-水生态环境

保护与修复的多目标协同优化调度技术；研发多过程耦合、高精度、高效率河网模拟及调度平台。

**考核指标：**揭示长江中下游平原河网区水生态环境时空演变规律及其对水动力的响应机制，提出水生态环境改善的水动力阈值确定方法。提出基于水动力优化再造和自然动能高效利用的河网区工程布局优化方法，研发水动力提升关键技术 4 项以上，典型研究区水流流速提高 10% 以上。建立河网区防洪-水资源-水生态环境多目标水动力重构技术体系，构建河网区复杂水系统模拟平台，实现大范围、多尺度、多要素、多工程下水动力-水质-水生态耦合模拟，模拟速度较 MIKE 等商用软件提高 1 倍以上。在长江中下游平原河网典型区开展应用示范 2 处以上。

## 2.5 河湖库淤积治理与绿色综合利用关键技术与示范

**研究内容：**研究河湖库淤积分布特征及形成机理，建立河湖库淤积预测模型及安全风险评估技术，定量开展基于淤积的河湖库功能影响分析及清淤安全风险评价；研发弱水动力条件下的河湖库输沙动能提升技术方法；研发河湖库高效生态清淤成套技术装备，重点解决清淤过程中的大颗粒无堵塞、高浓度长距离输送、微扰动精准生态清淤关键技术问题；研究淤积物固化水热变化及力学重构特征，

挖掘河湖库淤积物多渠道、大规模、绿色综合利用新途径，研发河湖库淤积物无害化处置和规模化绿色综合利用成套技术装备；开展工程示范应用。

**考核指标：**构建基于淤积影响的河湖库功能及清淤安全评价指标体系，发展河湖库淤积风险评估与综合治理决策理论与方法，形成淤积治理决策科学评估体系；提出弱水动力条件下的河湖库排沙能力提升成套技术；研发粗大颗粒淤积物无缠绕、无堵塞清淤装备、微扰动精准生态清淤技术/装备 2~3 项，其中吸浆浓度 50%以上，控制扰动扩散范围小于 10m；揭示淤积物固化水-热-力互馈机理，研发移动式尾水处理设备试验单元、高效强力就地固化设备、管道固化处理机及淤泥新型处置材料等技术/装备 2~3 项，提出 5 种以上的河湖库淤积物绿色综合利用新途径；开展 5 个以上工程应用示范，湖库淤积治理与绿色综合利用总量 1000 万 m<sup>3</sup> 以上，综合利用率 90%以上，典型重金属污染去除率或析出减少率 90%以上。

## 2.6 大型水库群汛期运行水位动态控制与洪水资源化关键技术研究与示范

**研究内容：**研发基于大气环流尺度的汛期动态分期技术，提出串并联大型水库群运行期设计洪水计算方法，优

化水库群汛末开始蓄水时间与蓄满率；研发水库群汛期运行水位动态控制风险识别理论与适应性调控技术，构建水库群汛期运行水位上下阈值界定及区间控制技术体系，实现面向河湖库-蓄滞洪区的流域水库群防洪库容最优时空分配；发展决策期-预见期-余留期的三阶段全景动态调度技术，研发集成信息安全、泄流校验、闸门测控一体化的水库群汛期运行水位无人值守自动控制泄流装置；研发新形势下水库群防洪、供水、生态与洪水资源利用的多目标协同技术，并展开示范应用。

**考核指标：**形成大型水库群汛期运行水位静态设计和动态控制技术体系规范，并在长江流域 3 个以上典型水库群进行示范应用；提高典型水库群防洪兴利重复利用库容的比例 10% 以上，减少汛期弃水 3% 以上，提高洪水资源利用效率 10% 以上；流域防洪关键性骨干工程水库群在不降低防洪能力的前提下蓄水开始时间提前 10 天以上，年均增发电量 10 亿千瓦时；提高南水北调重要水源地大型水库群蓄满率 10% 以上，年均增加可调水量 1 亿立方米。

## 2.7 流域典型地区海水淡化技术装备研发与应用示范

**研究内容：**研究开发反渗透膜、高压泵、能量回收等海水淡化核心材料和设备，提升海水淡化自主技术装备的



可靠性；针对流域河口地区的泥质海岸和海水温度盐度四季变化明显的特征，研发高效预处理、宽温盐调控等成套技术，实现自主海水淡化装备在冰期等差工况条件下的长周期运行；开展相应技术的工程应用示范，完善标准体系，提升技术辐射力和竞争力。

**考核指标：**研发海水淡化新材料、新装备、新工艺 2~3 项，海水反渗透膜通量年衰减率 $\leq 5\%$ 、透盐年增加率 $\leq 7\%$ ，高压供水系统免维护时长 $\geq 12000$  小时；形成大型装备，工程规模 $\geq 10$  万吨/日，单机规模 $\geq 3$  万吨/日，本体能耗 $\leq 2\text{kWh}/\text{m}^3$ （运行成本降低 $\geq 10\%$ ），国产化率 $\geq 95\%$ ，设备投资 $\leq 4500$  元/（ $\text{m}^3/\text{d}$ ）；形成取水、预处理、运行维护等成套技术，自主装备年安全运行时长 $\geq 330$  天；形成淡化水与当地水源和管网兼容的协同供水方案，编写行业或国家标准 5~8 项、国际标准 1~2 项。

### 3.流域水环境质量改善与综合治理

#### 3.1 低碳约束下沿江（河）工业园区废水近零排放技术与示范

**研究内容：**针对沿江沿河化工、制药、造纸、印染等重点行业和工业园区水资源消耗大、污染负荷高等问题，

分析典型企业和工业园区水资源消耗特征、工业废水污染物组成及来源，建立多层次水资源高效利用模式；研发废水中有价物质绿色分离技术，形成废水污染物资源化及低碳消减工艺；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-毒性协同去除的废水生物及其物化强化处理成套技术与装备；开发高盐废水低成本浓缩与废盐优质回收利用关键技术与设备，构建工业废水近零排放低碳技术体系并进行应用示范。

**考核指标：**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；高盐废水浓缩与废盐回收技术装备，含盐废水盐浓缩直接成本（能耗和药耗）不高于 300 元/吨盐，浓缩液盐分离纯化直接成本（能耗和药耗）低于 400 元/吨盐，盐回收率大于 85%；针对不同类型废水形成近零排放工艺包 2 个以上，建设日处理量 2000 吨，TDS 不低于 5000mg/L 以上的示范工程 2 项，综合处理出水关键毒性削减率提高 20%以上，达到安全回用标准，净化水回用率大于 90%；制定工业废水近零排放技术标准、规范 3 项以上。

### 3.2 城市污水资源化利用关键技术研发与应用示范

**研究内容：**针对当前制约城市污水资源化利用存在的处理成本高、资源回收利用途径单一等问题，面向再生水用于工业用水、地表水补给等不同回用目标，研发低成本高效能的污水深度净化与再生关键技术与装备，突破新污染物高效去除与风险控制技术，开发污水再生全流程智能化调控技术；研发污水再生利用与能量高值物质回收协同的污水低碳关键技术和新工艺、新装备，构建多目标污水资源化新模式；选择长江黄河流域典型缺水城市，开展针对不同水回用需求和利用模式的污水资源化工程应用示范，构建多层次多模式的城市污水资源化分类供给技术标准体系。

**考核指标：**开发低成本高性能的污水深度净化与再生系列关键技术与装备，单项技术运行能耗降低 20%以上，特征新污染物去除率大于 80%；研发 2 套针对不同水回用需求的污水再生组合工艺，直接运行成本比同等标准现有工艺降低 20%以上，并开发全流程智能化调控技术，保证稳定运行；研发污水再生利用协同能量和高值物质回收的低碳污水资源化工艺，能量和磷资源回收率比现有工艺提高 20%以上；建立 2 座城市污水再生利用示范工程，地表水补给工程的规模 $\geq 5$  万  $\text{m}^3/\text{d}$ ，工业回用工程的规模 $\geq 1$  万

m<sup>3</sup>/d，工业利用吨水回收直接成本比当地自来水水价低 10%；编制城市污水资源化技术行业标准（征求意见稿）。

### 3.3 城市污水管网智慧化管控关键技术研发与应用示范

**研究内容：**针对城市污水管网运行状态复杂、智慧化管控水平低下等问题，研究城市污水管网信息采集和快速分析技术；研发管网淤积、塌陷及渗漏等非常规运行状态的识别诊断技术与检测设备；突破污水管网恶臭实时监测及智慧化优化运行和管控技术；构建城市污水管网智慧化管控数字孪生平台，开展相应技术的工程应用示范。

**考核指标：**研发城市污水管网动态信息采集装备及信息快速分析处理技术 2~3 项，水量水质（含 COD、氨氮等）动态信息实时在线时间精度小于 5min，信息准确度达到 90%以上；研发管网非常规运行状态诊断技术，诊断准确率 80%以上；开发污水管网可带水作业缺陷与故障检测设备，定位准确度 90%以上；开发具有高效率、低成本的污水管网恶臭原位控制技术 1~2 项，技术成本下降 20% 以上；开发基于数据驱动控制模型及其控制系统，污水管网系统泵站运行能耗下降 5%以上，优化控制提升管网输送能力 20% 以上；创建适用城市污水管网的智慧化管控及运行控制技术体系，在流域典型城市开展不小于 80 万吨/天输送能力且

主管道不小于 DN3000 的管网区域智慧管控示范。

### 3.4 流域多源磷污染综合控制关键技术装备与应用示范

**研究内容：**针对长江流域磷来源不清楚、污染负荷差异大等问题，解析长江典型流域工业废水、农业面源和城镇污水多源磷的赋存形态及污染负荷，建立磷排放清单；研发工业废水有机磷、亚磷/次磷转化及减磷技术，研发城镇污水有机/无机磷深度去除技术，研发城市内河内湖限磷控藻技术，研发磷低成本资源化实用技术与装备，形成适用于工业废水、城镇污水及城市内河内湖的协同控磷技术体系，选取典型区域进行应用示范。

**考核指标：**提出典型流域多源磷来源的解析方法及磷排放清单；工业废水除磷装备和除磷药剂，出水磷浓度低于 0.5 mg/L，处理成本比常规技术低 20%，建设 1 座不小于 500m<sup>3</sup>/d 工业废水减磷示范工程；城镇污水厂深度除磷药剂 1~2 种，出水磷浓度低于 0.2 mg/L，成本低于 0.1 元/吨水，建设 1 座 5000 m<sup>3</sup>/d 城镇污水深度除磷示范工程；磷资源化率不低于 50%；研发内河内湖除磷限磷装备，药剂成本小于 0.1 元/吨水，水体总磷浓度低于 0.05mg/L，建设 1 项规模不小于 1 公里的河道或不小于 5000m<sup>2</sup> 内湖控磷示范工程。

### 3.5 长江黄金水道航运污染综合控制技术与应用系统

**研究内容：**针对长江黄金水道航运污染复杂多样、适用控制技术不足、监管困难等问题。研发航运污染实时监测与追踪溯源关键技术，建立基于卫星遥感、无人机监测、船载在线等多源数据的污染监测预警技术体系，开发智慧管控平台；研发智能高效的船载生活污水深度处理技术与设备；研发适用长江主要水运化学品货类的洗舱水预处理技术与设备，建立化学品污染泄漏事故应急处置方案库；研发港口水环境与水生态协同保护修复、水资源节约集约利用技术；研发港口航道水域江豚等重要水生生物损害防护技术与装备。开展工程（船舶）应用示范。

**考核指标：**船载在线监测设备可实现 COD、总氮、总磷、氨氮、浊度、pH 等多指标集成，体积 $\leq 2.5\text{m}^3$ ，追踪溯源关键技术实现典型船舶污染物排放精准溯源，溯源技术响应时间 $\leq 30\text{min}$ ，识别准确率 $\geq 80\%$ ，船舶污染监测预警与智慧管控平台技术就绪度不低于 7 级，监测分辨率 $\leq 2\text{m}$ ，更新频率 $\leq 6\text{h}$ ；船载生活污水深度处理设备实现出水  $\text{BOD}_5 \leq 10\text{mg/L}$ 、 $\text{TN} \leq 15\text{mg/L}$ 、 $\text{TP} \leq 0.5\text{mg/L}$ ；化学品洗舱水预处理技术可处理货种 $\geq 38$ 种，化学品泄漏事故应急处置方案库应对化学品 $\geq 150$ 种；形成港口水环境与水生态协同保护修复、水资源高效综合利用技术体系；研发声光驱诱结

合的江豚损害防护装备；编制标准规范（技术指南）3项以上，开展工程（船舶）应用示范3项以上。

### 3.6 绿色小流域构建技术系统与应用示范

**研究内容：**针对长江大保护战略中系统化治理、精准化管控的目标，围绕减污、降碳、增效的总体要求，突出干支流协同、左右岸统筹的思路，建立面向入水负荷动态管控的流域水污染源多时空尺度排放清单技术；研发基于流域水生态环境目标的用地格局-产业结构-排放负荷管控-水质保障的系统诊断模型；研究体现区域差异的水体同化容量动态核算方法，建立基于 TMDL 的流域高时空精度水污染源管控技术；研发面向汛期水质维持与生态系统恢复的小流域增容增效技术；形成岸水统筹、旱雨季统筹、支干流统筹的绿色小流域构建技术体系，并选择典型小流域开展综合示范。

**考核指标：**研发流域水污染源排放清单技术，涵盖固定源、城市面源、农村面源，能够实现从小时到年，从 1 km 网格到行政区的多级逐层嵌套；建立用地格局-产业结构-排放负荷管控-水质保障的系统诊断模型，时间精度不低于天，空间精度不低于 1 km；构建污染源管控技术，能够实现建立技术经济可行的污染源逐日（24 小时）负荷排放

限值和逐月（30日）浓度排放限值；研发流域增效增容技术不少于2项，实现汛期污染强度降低8%以上，流域增容技术成本比同类技术降低30%以上；在不小于50 km<sup>2</sup>的小流域开展综合示范。

## 4.水源风险阻断与饮用水安全供给

### 4.1 长江流域饮用水病原微生物数据库构建及风险管控技术

**研究内容：**针对病毒、细菌、真菌、原虫和蠕虫等典型介水病原微生物造成的饮用水生物风险，研发涵盖病原菌、病毒、原虫等典型介水病原微生物的高通量检测方法和配套设备；解析长江流域病原微生物的时空分布特征及潜在污染源，绘制流域典型介水病原微生物分布热点图，构建流域病原微生物信息数据库，制定流域优控介水病原微生物清单；提出包括水源管控、水厂去除和管网保障的饮用水病原微生物风险综合管控技术体系，并开展技术应用示范。

**考核指标：**开发50种以上介水病原微生物的高通量检测方法及芯片1套、自动化检测设备3套，其中原虫类单样检测成本不高于300元，病毒、细菌类单样检测成本不高于



50 元；绘制不低于 8 种典型介水病原微生物在长江流域的热点分布图；建立包含种类、丰度、基因多样性、风险传播特征及控制措施的长江流域重点水源地病原微生物数据库，病原微生物种类不少于 200 种；饮用水致病菌菌种库，病原菌种类不少于 50 种；建立饮用水系统病原微生物控制技术策略，在 10m<sup>3</sup>/日规模以上供水系统进行示范应用，增加处理成本不高于 0.05 元/m<sup>3</sup>。

#### 4.2 微污染源近自然修复与生态调控研究及示范

**研究内容：**针对受损水源的藻类、臭味、高锰离子等水质问题，开发集库前生态拦截与藻类库内物理捕获为一体、源-流-汇协同的近自然修复及优质取水技术；研发基于产嗅藻生态位特征的水库水源绿色抑藻控嗅技术、以水库热分层破坏为核心的库内锰离子释放阻断技术及装备；构建基于人工智能的水源水库水质监控预警与辅助决策平台；开展相应技术的工程应用示范。

**考核指标：**库前污染物生态拦截阻控技术与可持续的藻类捕获技术，特征污染物削减率、藻类捕获效率达 60% 以上；基于藻类生态位特征的库内抑藻控嗅技术，臭味控制效率达 60% 以上；水库热分层破坏抑制污染物释放装备 2 项以上，单个装置控制水体容积 > 500 万 m<sup>3</sup>，锰离子释放

量下降 50%以上；近自然修复技术主要藻类、臭味物质等综合削减率超过 70%，锰离子释放峰值削减率超过 70%，水厂关键药剂使用量降低 40%以上，制水成本降低 50%，示范总供水规模不低于 20 万 m<sup>3</sup>/d。

#### 4.3 饮用水新污染物风险控制关键技术研究与应用示范

**研究内容：**针对长江、黄河流域水源中新污染物种类繁多、常规工艺去除效率低等饮用水安全保障面临的新挑战，开发高效去除水中较为普遍的新污染物（全氟化合物、抗生素、化学致嗅物、农药等）的吸附、氧化、生物降解等关键技术与装备；研发新污染物去除的工艺模拟器，构建基于大数据的水厂工艺控制系统；形成提升新污染物去除效率的低成本集成技术和工艺，并开展技术应用示范。

**考核指标：**新污染物适配性吸附材料 3 种，与常规活性炭相比，新材料性能提升 1 倍以上；针对典型新污染物的高级氧化、生物降解技术各 1 套，新污染物去除率达 90% 以上；新污染物去除工艺模型，模拟准确率达 80% 以上；示范处理规模不低于 10 万 m<sup>3</sup>/日，目标污染物去除效率不低于 80%，新增处理成本不超过 20%。

#### 4.4 供水管网智能调控关键技术与装备系统

**研究内容：**针对供水管网漏损率高、能耗高等问题，

开发供水管网运行状态多信息感知技术与装备，突破基于北斗的多泄漏点同步监测技术，构建城市级供水泄漏智能管控网络，研发泵-阀-二供联动的绿色输配技术，形成减漏与节能协同的智能调控技术体系，并进行示范应用。

**考核指标：**开发管网智能调控集成技术和水力与泄漏噪声监测设备 1 类以上，较现有技术成本降低 20% 以上；建成城市泄漏监测与智能管控网络 1 个以上，泄漏定位精度 3m 以内；建成管网智能调控示范工程 2 座以上，总供水规模不小于 70 万吨/天，实现漏损率小于 9% 且较立项前降低 20% 以上，配水能耗较立项前降低 5% 以上。

## 5.流域生态系统修复与三水融合调控

### 5.1 长江黄河上游水库群生态环境演变与生境修复技术及示范

**研究内容：**研究长江上游、雅江梯级水库群影响下水文、泥沙、水温、关键生源要素的变化规律；分析影响特有鱼类自然繁殖的关键生态因素及作用机制；探析生源、水环境、水生境要素与水生态系统指示物种的相互作用机制及协同演变分析关系，研究上游水库群生态环境演变及其量化指标和定量评估模型；研究梯级生态调度、重要水

生生境修复、高坝多目标鱼类洄游通道恢复等生态系统修复技术；在雅江、长江上游等开展技术应用示范。

**考核指标：**构建雅江、长江上游梯级水库群生态环境累积效应量化评价技术方法，提出 5 类以上珍稀鱼类繁殖流量、性腺发育积温、临界水温调控阈值；开发整合梯级联合生态调度、重要水生生态恢复及高坝河流通道恢复等一体化河流生态系统修复技术，实现示范区土著鱼类生物多样性提升 30% 以上，8 类以上珍稀鱼类的丰度提升 15% 以上；研发高坝深库水生态环境智慧采样监测设备，最大工作水深从当前 85 m 提升到 280 m 以上、水温变化感应灵敏度达 0.5 °C；研发深大水库沉积物柱心采集装置，实现无扰动抽取水土界面孔隙水样和弱扰动采集 1m 深度沉积物柱心。

## 5.2 流域水沙营养盐源头协同控制与生态修复关键技术及应用示范

**研究内容：**针对湖库水源地流域生态退化及引发的湖库水质下降与富营养化加重问题，研发流域泥沙营养物来源定量解析和泥沙营养物源头控制的流域生态空间优化与修复技术体系；构建流域湖库泥沙营养物输移和底泥释放模型，阐明不同类型入湖库河流泥沙营养物通量，突破氮磷营养物质面源生态拦截和湖库水质生态净化修复与调控

关键技术，整体提升流域污染物源头阻控和入湖库污染负荷削减能力，并在典型湖库流域开展示范应用，为我国湖库流域生态保护和水源地供水安全提供技术支撑。

**考核指标：**研制流域泥沙和营养物来源定量解析和河湖（库）输移模拟模型，解析和模拟精度均提高 20%以上；研发面向流域泥沙营养物源头阻控的生态空间优化与修复技术体系，流域泥沙减少 10~20%，营养污染负荷削减 20%以上；构建流域泥沙营养物生态拦截和河湖（库）水质生态净化修复与调控关键技术，入湖库河流水质提升 20%以上；建成面积不小于 100km<sup>2</sup> 示范流域，湖库关键水质指标达到 II 类标准。

### 5.3 长江中下游湖泊变化水生态环境效应调控与功能提升关键技术

**研究内容：**针对气候变化和人类活动耦合作用下长江中下游湖泊萎缩和生态环境退化问题，以重点湖泊长期生态定位观测为基础，发展湖泊天空地一体化全要素、多过程立体动态监测和点、面多元数据融合分析技术，阐明近 40 年不同阶段不同类型湖泊（通江、阻隔）演变的特征和规律；研发大尺度湖泊流域水文-水环境-水生态耦合模拟模型，定量揭示不同类型湖泊对气候变化、重大水利工程建

设与湖区联圩并垵、围垦、湖盆淤积、退田还湖等人类活动的响应机制及水环境生态效应与未来趋势；发展湖泊退化风险评价和功能提升目标诊断方法，构建面向湖泊功能提升的河湖一体化生态水文调控与修复技术，为不同类型湖泊功能修复和提升提供支撑。

**考核指标：**发展湖泊空天地一体化全要素、多过程立体动态监测和点、面多元数据融合分析技术，湖泊遥感监测精度提高 20%以上；形成近 40 年长江中下游面积 1km<sup>2</sup> 以上湖泊变化数据库和地图集各 1 套（部）；研发不同类型湖泊流域水文-水环境-水生态耦合模拟技术，模拟精度提高 10%以上；突破面向湖泊功能提升的河湖一体化生态水文调控与修复技术，支撑典型湖泊关键水质指标降低 15%以上，枯水期供水保证率提高 10~20%。

#### 5.4 大坝生物洄游通道恢复关键技术研发与应用

**研究内容：**针对长江流域鱼类洄游通道阻隔程度高、拦河建筑物形式多样、鱼类洄游通道恢复技术参差不齐，难以支撑流域开发背景下的生态修复等问题，构建长江流域重点水系工程阻隔、水系连通状况及鱼类洄游需求等综合数据库，研发流域尺度的鱼类洄游通道恢复决策支持系统；分类构建适用于不同工程类型的过鱼设施设计技术体

系，重点研究中低水头鱼道诱鱼效果提升技术、高坝枢纽高效集运鱼技术以及已建鱼道过鱼效果监测评估与优化改进技术，依托典型工程，在长江流域开展应用示范。

**考核指标：**建立长江流域重点水系（6条支流以上）河流特性、阻隔工程分布及鱼类生态习性数据库和长江流域鱼类洄游通道恢复决策支持系统；研发中低水头鱼道诱鱼效果提升技术，并在3座以上工程开展应用示范，过鱼效率提高30%以上；研发高坝枢纽高效集鱼技术，集鱼效率提升20%以上，并在长江流域3座以上工程应用推广。

### 5.5 黄河三角洲生态修复与水沙配置技术研究及示范

**研究内容：**研究变化环境下黄河三角洲湿地关键生态过程演变及生境退化与生物多样性维持机制，研发湿地水动力-地貌-植被全过程动态模拟、关键退化区识别和水文-化学-生物连通耦联技术；研究入海流路演变及水沙通量对淡、咸水湿地生态格局与生态功能的影响，优化入海流路布局和湿地生态水网，构建黄河对不同类型湿地的水沙补给方式和水-沙-盐优化调控技术；研发互花米草扩张模拟与预警以及板块修饰调控与营养级联控制技术，研发生态安全的侵蚀岸线的生态稳固技术与绿色材料；集成陆上-潮间带-近海水域生态修复以及有利于生境连通与湿地修复的水

沙调配技术，开展黄河三角洲湿地水沙配置和生态恢复的综合示范。

**考核指标：**揭示黄河三角洲湿地生境演变机制，提出有利于减缓生境斑块化的黄河口流路配置及生态水网格局；研发互花米草入侵扩张预警与控制以及生态安全的侵蚀岸线稳固技术，建成 10km 生态岸带示范区，并被相关流域机构和自然保护区主管单位采纳，示范区内水文连通性提升 20%，满足湿地生物繁育要求的生境面积增加 10%，珍稀鸟类生境适宜性指数提升 10%，生物多样性维持功能提高 10%。

## 5.6 长江黄河典型支流“三水融合”综合模拟与精准调控技术

**研究内容：**针对长江黄河流域复杂水系统“三水融合”协同共治及其靶向精准治理的现实需求，研究揭示丘陵山区、平原圩区和城镇建成区等典型集水区水循环过程及其驱动的不同尺度物质迁移和生物地球化学循环的互馈耦合作用机制；创新流域全尺度“三水融合”过程耦合模拟方法，突破数据同化等多源数据融合技术，构建流域全尺度水量-水质-水生态过程的综合模型和三水协同时空优化调控技术，揭示三水协同作用过程规律及其调控策略。在长江或黄河选



择具有代表性的典型支流建成流域三水融合的管理业务化平台并实现业务化运行。

**考核指标：**研发丘陵山区、平原圩区、城镇建成区等不同类型区水文水动力与物质输移和流域全尺度水量-水质-水生态过程综合模拟技术，模拟精度提升 20%以上；创新数据同化等多源数据融合技术，提升对流域“三水融合”过程反演和预测能力，关键水质指标变化预测精度提高 15%以上；研发流域尺度的三水融合优化调控技术和管理系统平台，在面积不低于 10000 km<sup>2</sup>的典型域实现业务化运行，进入干流水体关键水质指标提高 10~20%。

## 6.智慧流域与管理创新

### 6.1 江河流量与泥沙在线自动监测装置研发与示范

**研究内容：**针对江河断面水流和泥沙通量在线监测国产化设备少、设备计量校准装置少、监测精准度不高等突出问题，开展江河水流和泥沙在线监测技术方法和体系研究；研制基于声学、光学、雷达等传感技术的水流流速在线监测国产化关键设备；研制基于光学、声学等传感技术的泥沙含量在线监测国产化关键设备；研制流量和泥沙在线监测关键设备计量校准方法及量值溯源关键技术与方法体系，研制计量校准装置；开展基于国产化水流和泥沙通

量在线监测设备装置监测解决方案的示范应用。

**考核指标：**研制具有完全自主知识产权的水流流速和泥沙含量在线监测设备 4 套以上，国产化率 85%以上；构建江河流量和泥沙在线监测硬件软件深度融合解决方案，提高断面流量和输沙量监测精度 3~5%以上；研制江河流量和泥沙在线监测关键设备的室内计量校准和现场校准验证方案装置 1 套以上；基于国产化水流和泥沙通量在线监测设备装置的监测解决方案在 30 个国家基本水文站示范应用。

## 6.2 黄河中下游洪水河势预报及决策支持技术研究与应用

**研究内容：**针对黄河中下游暴雨洪水预报精度以及洪水调度决策效率问题，研究气候变化对黄河中下游极端降水事件的影响，揭示持续强降水形成机理和关键影响因子，研发融合机器学习的流域降水预报和洪水预报智能模型；研究河道水力条件、河床抗冲性和工程边界等要素与河势的响应机理，研发黄河下游河势预测模型；构建自主知识产权的黄河中下游洪水预报-调度-演进数学模型体系与知识规则库，研发具有“预报、预警、预演、预案”功能的智能决策支持平台，开展黄河中下游暴雨洪水预报、调度方案智能推荐、下游河势预测分析等应用示范。

**考核指标：**研发融合机器学习的流域降水预报智能模型，空间分辨率提高至 3km，预报时效延长至 10 天，提升黄河中下游强降水预报准确率 5%以上；研发高强人类活动影响下黄河中下游具有参数自适应功能的洪水预报智能模型，耦合气象预报，实现重要站流量过程预报，延长洪水预报预见期 10%以上，减少预报作业时间 20%以上，洪峰预报精度提高 5%以上；研发融合机器学习和水动力方法的黄河下游河势智能预测模型，实现游荡性河势变化可量化预测的技术突破；构建自主知识产权的黄河中下游洪水预报-调度-演进数学模型体系与知识规则库，研发具有“预报、预警、预演、预案”功能的智能决策支持平台，并在流域机构水旱灾害防御部门部署应用，提升流域防汛会商效率 20%以上。

### 6.3 南水北调多水源均衡配置与输水智能调控技术

**研究内容：**研究跨流域调水系统多水源均衡配置理论与技术，优化跨流域调水工程水源区与受水区跨流域水资源调配，提升不同水平年受水区供水保障率；研究混联湖库-闸泵群输水系统调度水量-水力协同调控理论，研究大规模混联湖库-闸泵群水量水力实时优化调控方法；研究基于人工智能的调水工程河-湖库-闸泵-供水口精细调度模型和

水质分析模型，研发数据产品、决策模型、调度业务强耦合的大型湖库-闸泵群智能调度运行软件平台，构建业务功能完善、预警与应急响应高效的智能调度移动应用平台；研发闸泵群智能控制成套设备，为闸泵经济安全运行、实现自动化到智能化的跨越提供技术支撑。

**考核指标：**研发跨流域调水系统多水源均衡配置理论与技术，不同水平年工程受水区供水保障率提升 2~5%；研究水量-水力协同的闸泵群短中期多目标协同调度方法，长距离调水运行费用减少 5%；建立跨流域调水工程河-湖库-闸泵-供水口精细调度模型和水质分析模型各 1 套，研发大型闸泵站群智能调度运行和风险评估预警软件平台，同等条件下工程调水量增加 3~5%；研发梯级闸泵群智能控制成套设备，保障跨流域长距离调水工程闸泵群高效安全运行，开发的软件平台在相关调度管理机构应用。

## 7. 青年科学家项目

### 7.1 水资源与水环境治理新原理和关键技术研究

**研究内容：**突破长江保护珍稀物种水质基准方法、基于生态效应的河流污染负荷精准核算与分配技术、长江中下游干流河道演变与洲滩湿地修复技术、长江黄河排污口精准识别关键技术；围绕长江黄河典型区域生态修复核心

问题，开展新水沙条件下黄河口侵蚀防护及生态保护技术、雅江下游水电开发水生态环境影响评估及调控技术、鄂尔多斯盆地植被恢复及水文效应研究，并开展示范应用；面向污水及饮用水中污染物尖端治理及转化技术前沿，布局废水处理同步产能关键技术与反应器开发、饮用水中全氟化合物低成本安全去除技术、水中病原微生物原位自动检测与快速消杀技术。

**考核指标：**聚焦水资源与水环境治理关键科学难题，实现关键技术突破，技术路径、原理独特，在流域水系统污染成因诊断、流域水资源系统调配与高效利用、污染物治理技术前沿等方面取得原创性成果。

**拟资助项目数：**10 项