

1. 流域重大工程生态影响监测与评估技术

该技术成果基于国家重点研发计划项目,已获得计算机软件著作权“重大工程水生态影响监测站网规划软件[简称: EcoStation]”（登记号 2015SR106701）和“重大工程水生态影响监测综合分析软件[简称: EcoAnalysis]”（登记号 2015SR105997）。

◆ 技术原理

该项技术针对流域引水与清淤等重大工程生态影响的监测与评估,基于水文与环境监测规范,综合运用地理信息学、多元统计分析、环境生态学等多学科交叉方法,建立了具有自主知识产权的流域重大工程生态影响监测与评估技术,确定了流域重大工程生态影响跟踪监测点位布设优化、监测指标筛选方案、评估原则、模式、程序及方法。该技术针对流域引水与清淤等重大工程河湖水生态影响的监测与评估问题,主要解决敏感监测指标体系构建、跟踪监测点位布设优化、以及水生态影响评估缺乏定量化与程序化等问题。

◆ 技术特点

（1）监测与评估指标体系精练,节省监测成本。筛选构建了对引水和清淤等重大工程响应敏感的水生态监测指标体系。对于引水工程,包括 4 项敏感水环境指标（悬浮物浓度、营养盐含量、有机污染程度、硅酸盐浓度）与 4 项指示生物群落指标（浮游藻类密度、比例及多样性指数等）；对于清淤工程,包括 3 项敏感理化指标（全氮、有机质、速效磷）与 5 项指示生物群落指标（底栖生物多

样性、密度、完整性指数等），构成了流域重大工程河湖水生生态影响监测指标体系。

（2）监测点位与频次可优化，节省监测成本。制定了流域重大工程水生生态影响监测点位、时间及频次的设置原则与优化方法。综合运用河湖理化环境监测指标与指示生物群落矩阵，采用多维尺度分析（NMDS）与聚类分析（CLUSTER）等手段，优化流域重大工程影响下的河湖监测点位布设方案与监测频次。由于工程运行特征因素，工程水生生态影响的监测点位与频次往往不同于常规河湖生态监测，该技术可依据工程运行特征对监测点位与频次等进行动态优化，精简监测点位数量与频次。

（3）评估指标与标准定量化，评估结果可比。确立了流域重大工程生态影响评估程序、指标、标准及方法。采用综合指标法与层次分析法，构建了基于理化环境指标和指示生物指标的综合评估指标体系，指标数量精简；分析提出了综合评估指标的定量评估标准，实现了对流域重大工程生态影响定量评价。评估指标与评估标准定量化，避免定性指标带来的评估结果不准确问题，便于与不同批次监测结果的比较，可用作流域重大工程长期跟踪监测的评估方法。

◆ 技术指标

（1）监测指标体系精简且具代表性，对工程响应敏感，易于监测。

（2）监测点位与频次优化方法简易有效，提出了基于欧几里得距离系数和布雷柯蒂斯相似性系数的监测点

位优化系数，统计分析方法原理简单、操作简便易行。

（3）评估程序规范化与评价标准量化，确定了规范化评估模式，评价指标的评价标准量化分为优、良、中、差、劣五类。

◆ 应用范围及前景

适用于指导和规范流域引水和清淤等重大工程河湖生态影响监测与评估工作。

太湖流域地处长江中下游，社会经济快速发展，工农业、生活及生态用水需求日益增加，流域水系的水环境污染、水生态破坏问题也十分严重。“引江济太”工程通过调引长江丰沛的过境水资源，成为改善地区河网水动力与河湖水环境，满足地区供水需求的重大举措。因此，编制一套针对太湖流域重大工程生态影响监测与评估的技术方案对指导流域引水工程调度具有重要的科学意义与应用价值。南京水利科学研究院依托国家水体污染控制与治理重大专项子课题“太湖流域重大工程生态影响监控与评估”，编制了《太湖流域重大工程生态影响监测与评估技术方案》。

该技术方案已在太湖流域管理局望虞河引水调度与湖泊生态响应评估工作中得到应用，规范了望虞河引水调度水生态环境效应监测与评估的工作程序，提升了工作效率，对望虞河引江调度工作具有一定的指导作用，为太湖流域引水工程调度方案制定提供了技术参考。同时，在无锡水源地水质安全监测中，该技术已应用于引水与清淤工

程对太湖贡湖湾与梅梁湾水源地水生态影响的业务化巡测与评价工作，能有效评价流域重大工程运行对太湖水源地水生态要素的影响。该技术的评价参数易于监测，数据分析简单易行；评价区域便于调整，适用性较好；评价结果定量化，具有时间和空间的可比性。

技术名称：流域重大工程生态影响监测与评估技术

持有单位：南京水利科学研究院

联系人：戴江玉

电话：025-85828286、15051842630

2. 退化湖泊生态修复技术集成与示范

该技术成果基于湖北省水利厅水利重点科研课题（项目）研究与应用。

◆ 技术原理

湖泊富营养化是困扰全世界的水环境难题。针对湖北省城中湖目前所存在的主要生态环境问题，以重建、调控湖泊生态系统结构为核心，优化集成基础条件建设、高等水生植被构建、食物网构建、沉积物-水层交换控制、“清水态”生态系统结构优化与稳定等技术措施，实现湖泊水质根本提升，引导湖泊清水态生态系统稳定形成。通过先锋植物群落快速恢复技术和沉水植物群落演替技术两项关键技术升级，并不断调整水层-底栖平衡、刮食功能群-沉水植被平衡、底栖鱼类-沉水植被平衡、滤食功能群-浮游植物平衡，提高湖泊各生态组件多样性，最终建立健康、稳定的“清水态”湖泊生态系统。

◆ 技术特点

（1）技术成熟可靠，无环境和安全风险，已成功应用于多个城中水体水质提升与水生态修复工程。

（2）该技术不断在城中湖治理领域得到实践和发展，形成了“以沉水植物群落的恢复为核心，引导湖泊由藻型浊水态向草型清水态转换，利用先锋沉水植物群落快速繁殖技术和沉水植物群落演替技术，显著提升湖泊水质状况，提高湖泊生态系统的稳定性和生物多样性，最终重建健康而稳定的湖泊生态系统”的成熟流程。

（3）通过对湖北省典型退化湖泊现状调查与评价，

分析了全省湖泊生态退化的特点，找到湖泊退化和沉水植物受损的原因；通过原位围隔实验，探究了沉水植物先锋种的生长规律以及沉水植物群落不同种类组合在不同季节对水质的净化效果，研究与集成了沉水植物快速繁殖和群落快速恢复技术，建立了内沙湖退化水生态系统恢复示范区。

◆ 技术指标

该技术实施后，目标水体达到或高于《地表水环境质量标准（GB3838-2002）》规定的湖库Ⅲ类水质标准，主要营养指标浓度控制范围如下：

- （1）溶解氧 $\geq 5\text{mg/L}$ ；
- （2）高锰酸盐指数 $\leq 6\text{mg/L}$ ；
- （3）化学需氧量 $\leq 20\text{mg/L}$ ；
- （4）五日生化需氧量 $\leq 4\text{mg/L}$ ；
- （5）氨氮 $\leq 1.0\text{mg/L}$ ；
- （6）总磷 $\leq 0.05\text{mg/L}$ ；
- （7）总氮 $\leq 1.0\text{mg/L}$ ；
- （8）水体透明度 $\geq 100\text{cm}$ 。

◆ 应用范围及前景

适用于水位可控的中小型城中富营养化河流、湖泊、渠道的水质改善、水生态系统重建与水下景观营造。

案例 1：鲢子湖综合治理工程。鲢子湖位于武汉市江岸区台北路和高雄路之间，北靠建设大道，南邻解放大道，水面面积 150 亩，岸线长度约 2.1 千米。建设内容以重建、调整和优化鲢子湖生态系统结构为中心，实施生态系统修

复与水质改善工程，并结合城市景观湖泊的功能，开展湖泊生态修复，包括水位调控、鱼类调控、水体透明度改善、湖泊底质改善、沉积物-水层交换控制、沉水植物群落恢复、底栖动物群落恢复、健康食物网构建、清水态生态系统优化与稳定等。项目采用“交钥匙工程”的交付方式，主体工程建设期 6 个月，实现水质达标；生态调控期 2 年，使生态系统稳定。达标验收后有 1 年质保期。治理前皖子湖全年水质为 V 类，主要超标指标为总磷，湖泊生态系统严重退化，水体自净能力极差。项目实施后，于 2015 年底基本实现水质达到地表水Ⅳ类，2016 年实现皖子湖“清水态”生态系统，湖泊景观和水质得到显著提升，水质稳定控制在地表水Ⅳ类。运行至今，皖子湖湖滨植被繁茂，鸟鸣花香，水体清澈，鱼翔浅底，水下“森林”密布，呈现出良好景观效果，人体感官舒适，形成“岸绿”、“水清”、“景美”的水陆交融、人水和谐的城市良好湖泊生态系统。

案例 2：武汉东湖听涛景区内湖水水质提升与生态修复工程。该工程建设内容主要为雨水排口生态改造，溢流排口抬升与水位自动控制；小湖干湖清淤与底质改善；恢复 24.46 公顷健康湖泊水体生态系统。项目采用“交钥匙工程”的交付方式，工程建设期 6 个月，其中主体建设期 2 个月，实现水质达标；生态调控期 4 个月，使生态系统稳定。达标验收后有 1 年质保期。景区内的 8 个小型湖泊，治理前水体富营养化严重，水质恶劣，局部出现水华；项目实施后，各个湖泊水体清澈见底，“水下森林”密布，水质长期稳定在地表水Ⅲ类，形成了良好的湖泊生态系统与水景观。

水利先进实用技术信息（2021 年第 3 期）

技术名称：湖北省退化湖泊生态修复技术集成与示范

持有单位：湖北省水利水电科学研究院

联系人：周驰

电话：027-65390760、13871155156

3. 黔中水源保护区常态化监管平台

◆ 技术原理

该平台以水源地所面临的主要水环境问题为导向，基于各类传感器接收的实时数据对水源地水质、水生态等多项指标进行多维分析与模型分析，利用 3S 技术常态化监测水源地水环境时空的内部结构变化情况，并结合视频监控和日常巡查系统，实现整个水源地全方位、全天候、实时动态监测预警和指挥调度信息化管理，为水源地保护管理部门提供辅助决策分析支持，综合提升水源地的监管能力。

◆ 技术特点

（1）基于物联网技术搭建了项目的监测监控体系，主要包括水质监测、水雨情测报、视频监控、水土保持监测、蒸发量监测、下放生态流量监测、日常巡查监管、泵站监控系统、闸门监控系统等，涵盖了温度、湿度、水质、气象、水雨情、流量、蒸发量、水库运行状况、视频图像等监测因子。通过建设（或集成）这些监测监控体系，形成工程数据中心，为水源地安全监测评价分析提供了基础支撑和现场指挥调度的数据基础。

（2）构建了基于多因子的水源地安全监测评价指标体系，包括水源地重要区域及敏感带区划监测模型、基于景观指数的水源地生态安全评价模型。

（3）建立了基于“一张图”的水源保护区应急指挥调度系统，有针对性地解决发现问题，结合周边自然和人文信息帮助进行决策支持（快速查找周边救援人员、救援车

辆、救援物资等的情况），通过建立三维地理信息平台在指挥中心即可达到科学有效地指挥应急的目的。

◆ 技术指标

CSTC 中国软件测评中心测试报告：

（1）黔中水源保护区常态化监管平台用户文档完整详细，信息描述正确，与软件功能一致，易理解，可操作；

（2）软件提供了安装卸载功能，还提供了基础信息、业务管理、预警分析、监管 App 等功能，所有功能在测试期间内可稳定运行；

（3）软件各种信息易理解、易浏览、便于用户操作；

（4）软件支持 GB18030-2005 编码标准，符合中文使用习惯。

◆ 应用范围及前景

适用于各型水源地保护及枢纽工程。

典型案例：该平台已应用于贵州省黔中水利枢纽一期工程集中式饮用水水源保护区实地标定及监管建设一期设计工作中，平台应用涉及保护区 239.23 平方公里范围饮用水水源地保护区的管理，平台包含自动监测预警及视频监控系統、饮用水水源地保护区污染关键区识别及遥感监测预警系統，影像获取、影像解译软件采购、水源保护区常态化监管服务工作。2015 年 1 月 15 日省十二届人大 13 次会议通过了《贵州省黔中水利枢纽工程管理条例》，并自 2015 年 3 月 1 日起施行。该工程及平台用以解决黔中地区十多个县（市）的农业、工业、生活、城市等用水，覆盖面积 4711 平方公里，电站总装机容量 140.2 兆瓦，

年调水量 7.41 亿立方米。工程建设设计在实地标定的基础上利用计算机技术和 3S 技术实现“水源保护区 GIS 可视化及遥感监测预警”系统建设，最终实现黔中水利枢纽一期工程集中式饮用水水源保护区的常态化监管目标。

技术名称：黔中水源保护区常态化监管平台

持有单位：贵州省水利水电勘测设计研究院有限公司

江河水利水电咨询中心

联系人：王茂洋

电话：0851-85584502、0851-85922152

4. 水污染应急调度关键技术

◆ 技术原理

通过原型黄河观测、室内模拟实验，得出不同流速、水温、含沙量条件下污染物衰减特性；基于数值模拟，分析了小浪底水库多种流量对下游不同河段水污染事件的调控能力及实施效果，评估水库对河流突发污染事件的调控能力、应急调度实施效果，开展水库应急调度时机、方式、水量和持续时间等应急调度方案研究；基于污染物浓度“实时校正模拟”技术，研发了基于 GIS 条件下黄河下游突发性水污染事件应急调度模拟系统，利用空间数据管理功能和模型分析能力，将水动力学、水质模型和地理信息有机集成，强化水质-水量的联动效应，实现数据和图形的交互表现，构建水污染事件应急调度模拟系统。

◆ 技术特点

（1）采用实地调查法，开展了黄河下游突发性水污染事件危险污染源调查及典型污染物识别。

（2）开展不同水沙条件下典型污染物迁移转化规律研究，研发水环境模拟装置，设计不同水文条件，开展典型污染物室内溶解、衰减等实验，分析并得出主要污染物衰减经验公式，确定典型水文条件下的衰减系数。

（3）以黄河干流小浪底至入海口河段为对象，建立下游一维水质数学模型，对常规条件下主要参数进行率定，开展实时校正方法研究，对小浪底水库作用范围、作用程度等开展分析。

（4）采取 CS 与 BS 相结合的构架，集成地理信息系

统等信息化技术,研发完成黄河下游突发性水污染事件水质预警预报系统,实现了突发性水污染事件应急调度数值模拟。研发的突发性水污染事件应急调度模拟系统,已与“黄河水资源保护应用系统”进行衔接,为“黄河水量调度管理系统”水质预报子系统建立提供了研发理念、技术思路,对其他流域开展类似研究具有重要借鉴意义。

◆ 技术指标

(1) 研发水库水环境模拟装置,采取 CS 与 BS 相结合的构架,集成地理信息系统等信息化技术,研发突发性水污染事件水质预警预报系统 1 套。

(2) 该技术采用实地调查法、室内模拟实验、数值模拟,统计分析等多种方法,针对突发性水污染事件,30 分钟内可启动水污染事件水质预警分析系统,利用该技术支持对突发性水污染事件在第一时间进行模拟计算,可快速、精准地预测污染物到达下游断面的时间、地点和浓度值,构建的多空间层次、多传质耦合的突发性水污染事件应急调度模拟系统,提升了水污染预测水平。

◆ 应用范围及前景

适用于河流突发性水污染事件的预警预报工作,为水资源保护工作提供技术支撑和决策支持。

案例 1: 该技术成果应用于“黄河下游水质预警预报系统”研发。“黄河下游水污染应急调度关键技术”围绕水资源保护和水污染防治工作的需求,研发了“黄河下游水质预警预报系统”,该系统以 C/S 和 B/S 相结合的构架方式,建立降雨径流、污染负荷评估、河网水动力学、污染

物传输扩散与水质反应相耦合集成的综合水质模型，应用数据库技术、网络技术和 GIS 技术，研发水质管理系统，为突发性水污染事件应急决策提供了技术支持。通过水污染应急调度关键技术，研发的黄河水质模型及“黄河下游水质预警预报系统”实现了黄河小浪底以下河段突发性水污染事件水质预警、预报和模拟，为突发性水污染事件处置、水量调度方案的编制提供了技术支持，为“黄河水量调度管理系统”的建设提供了重要技术基础，取得了较为显著的经济、社会与生态效益，对其他流域开展类似研究具有重要借鉴意义。

案例 2：该技术成果应用于黄河小浪底水库下游河段突发性水污染事件的预警预报与应急处置过程。2013 年“2.17”沁河水质异常事件、2014 年“黄河下游长垣县甲醇泄露”等水污染事件发生后，30 分钟内启动了水污染事件水质预警分析系统，利用黄河下游水质数学模型对上述事件在第一时间进行了模拟计算，预测了污染团到达下游重要断面的时间及浓度值，并及时向水资源保护局应急办提交预警分析结果，为成功处置以上突发性水污染事件提供了技术支持，为政府部门准确快速处理污染事件赢得了时间，有效保障了黄河供水水质安全，取得了较为显著的经济、社会与生态效益。

技术名称：水污染应急调度关键技术

持有单位：黄河水资源保护科学研究院

联系人：余真真

电话：0371-6602541、18339836045

5. 南水北调中线干渠浮油拦截收集系统

◆ 技术原理

南水北调中线工程总干渠沿线有渠道交叉公路桥 1000 多座，机电设备千余台（套），突发交通事故以及客观存在的设备故障都可能发生油液泄露，泄露的油液一旦进入南水北调干渠将直接污染水质。浮油拦截导流清除装置是针对南水北调中线干渠有潜在发生的浮油泄漏风险而研制的。该设备能高效、快速的拦截和减少因突发事故引起的渠道水体浮油污染问题，既能满足南水北调输水中油污拦截处理的需要，又便于安装、拆卸，能为水体质量和沿线城镇居民生产生活用水安全提供保障。

对渗漏或泄漏进入水中的油污进行拦截所依据的原理是：油污密度低于水的密度，因此油污会漂浮在水的上表面，并跟随水向下游流动。根据油污及水的特性，可采用先拦截后处理的方法。与河道成某一角度，根据力的分解原理，油污会自动向河道一侧汇集，如有障碍物则汇聚在障碍物处，如无障碍物则随着河水流动方向导流而下。通过水流和拦截板的共同作用使油污汇聚在拦截板的一侧，水在重力作用下落到油水分离器底部，根据密度差油滴漂浮到油水分离器顶部，被分离出来的水流入下部经阀门排出，从而达到拦截除油的目的。

◆ 技术特点

（1）浮船下方的浮体做成中间过水的形式，且浮体内侧面与水流方向平行，大大地减小浮船的阻水力。

（2）导油槽利用丝杠固定件与浮箱用螺栓固定于浮

体侧面,可通过丝杠上端的手轮方便的调节导油槽入水深度。

(3) 软连接设计的外形和导油槽端面形状一致,保证与导油槽之间完全契合,可跟随浮船自行折弯,并且保证油污不泄露和导流顺畅。

(4) 通过悬臂吊调节吸油装置的吃水深度,将水面薄层的浮油抽吸到油污收集装置后进行过滤处理。

(5) 油水分离装置通过巧妙地设置滤网和隔板,使乳化的油水混合物得到有效分离,调节开口油管的位置亦可提高油水分离效率。

◆ 技术指标

(1) 油拦截收集系统平台采用浮船式结构,采用焊接结构,主框架由槽钢及角钢焊接而成。根据渠道宽度不同,由若干节浮船连接组成。

(2) 单个浮箱尺寸长 3m,宽 1.5m,高 0.55m。浮体上表面使用花纹钢板,提高防滑性。单节浮箱排水体积约为 1.45m^3 单节浮船重量约为 670kg,单节浮箱最大承重为 650kg。C 型导油槽长度 2.5m,采用 304 不锈钢材质一体成型,单节导油槽重 19kg。

(3) 拦截油污断面适应性强,浮油收集装置与专用的油污抽吸装置,实现浮油快速汇集与抽吸,抽油效率高;油水分离装置可对抽取的浮油进行有效的油水分离,清水回渠,提高水资源的利用。

(4) 为了保障维护人员的操作、维护方便以及人身安全,浮箱两侧设置钢制栏杆,由无缝钢管和扁钢焊接制

成。为了运输、安装、调整、维护的方便，每节浮箱可拆卸，根据河流渠道水位的变化进行临时拼装，使浮箱式拦截除油平台的总长度与河流渠道水面宽度的变化相适应。

（5）为满足工作使用及安全需要，除油拦截平台还应配备抽油平台、抽油装置、油水分离器、电气控制柜及附属设备、钢制下河步梯、自适应登船搭接平桥、灯杆及防水灯具、救生圈及防滑垫等附属设备。



■干渠油污拦截导流清除装置

◆ 应用范围及前景

适用于有固定流向的河流、渠道、小湖泊等地点。

案例 1：通过对北京分局惠南庄管理处北拒马暗渠渠首拦污导流清除设施长达近两年的科研试验和技术改进工作，使得设备功能和质量各方面都取得了较好应用效果。

案例 2：2017 年原国务院南水北调办与河北省政府组织的“水污染事件应急演练”，黄河水利委员会黄河机械厂会同南水北调中线河北分局组织实施“浮油拦截收集清除系统”在应急演练中得到了行业领导及专家的好评。随后又在南水北调天津分局西黑山管理处布设了一套浮油拦

截导流装置，当地水文情况较为复杂，但是多次试验均取得较好成效。随着技术更新改进又先后在南水北调各分局共安装 6 套浮油拦截导流设施，在南水北调中线工程的运行管理中产生了显著的经济、社会效益。

技术名称：南水北调中线干渠浮油拦截收集系统

持有单位：黄河水利委员会黄河机械厂

联系人：张智勇

电话：0371-69558151、13137117995