

填补国内空白 精准缓解“绿漆”之痛

水专项“东部浅水湖泊营养物基准标准及太湖达标应用研究”课题成果显著

湖泊,是人类赖以生存的自然单元之一。作为一种独特的资源,湖泊在供水、防洪、养殖、旅游、航运、维持生态平衡和环境保护等方面发挥着巨大的社会经济作用。近年来,对湖泊资源的过度开发和不合理利用,已经造成了以太湖为代表的湖泊水资源短缺、水环境恶化和生态系统退化的局面。

长江中下游地区浅水湖泊是我国富营养化湖泊分布的主要地区。针对富营养化发生的过程与机制,国内外已有一些研究,但其机理尚未完全明了。怎样扭转这一局面,改善湖泊生态环境,已经成为我国环保工作的重要内容和正在不断推进。然而,在实际工作中,仍缺乏体现浅水湖泊生态特征、功能和流域经济社会条件的营养物基准标准,大量治理修复工程和管理措施缺乏科学目标,这些问题反而对脆弱的浅水湖泊生态环境造成过保护或欠保护。

事实上,东部浅水湖泊富营养化总体尚未得到遏制,部分湖泊持续恶化,湖泊面积逐年减少;水质良好湖泊生态安全受到潜在威胁。调查中发现贫营养状态的湖泊,9%湖泊处于中营养状态,32%处于轻富营养状态,35%处于中富营养状态,11%为重富营养状态。东部浅水湖泊生态系统持续退化,结构破坏严重,生物多样性不断减少,生态服务功能持续下降,生态系统呈现出由结构性破坏向功能性退化演变的趋势。

有专家表示,长江中下游的“五大湖”地区,富营养化是一种最终可能演变成“癌症”的水体“肥胖症”,不仅导致饮用水水源水质受到严重威胁,水域生态功能如鱼类产卵场、生物栖息地、游泳或娱乐功能也面临丧失威胁。

东部浅水湖泊中浮游植物主要以蓝藻、绿藻及硅藻为主,三者之和占总生物量的86%,其中蓝藻平均生物量为3.97 mg/L,绿藻为3.87 mg/L,硅藻为2.58 mg/L。容易形成水华的蓝藻已经成为东部浅水湖泊浮游植物的优势种,湖泊正面临着富营养化的威胁。随着总氮总磷浓度的增加,浮游动物生物量降低,水生昆虫密度逐渐升高占主要优势,寡毛类动物也出现逐渐升高的趋势,软体动物先升高再降低。

据了解,目前“五大湖”沉积物中

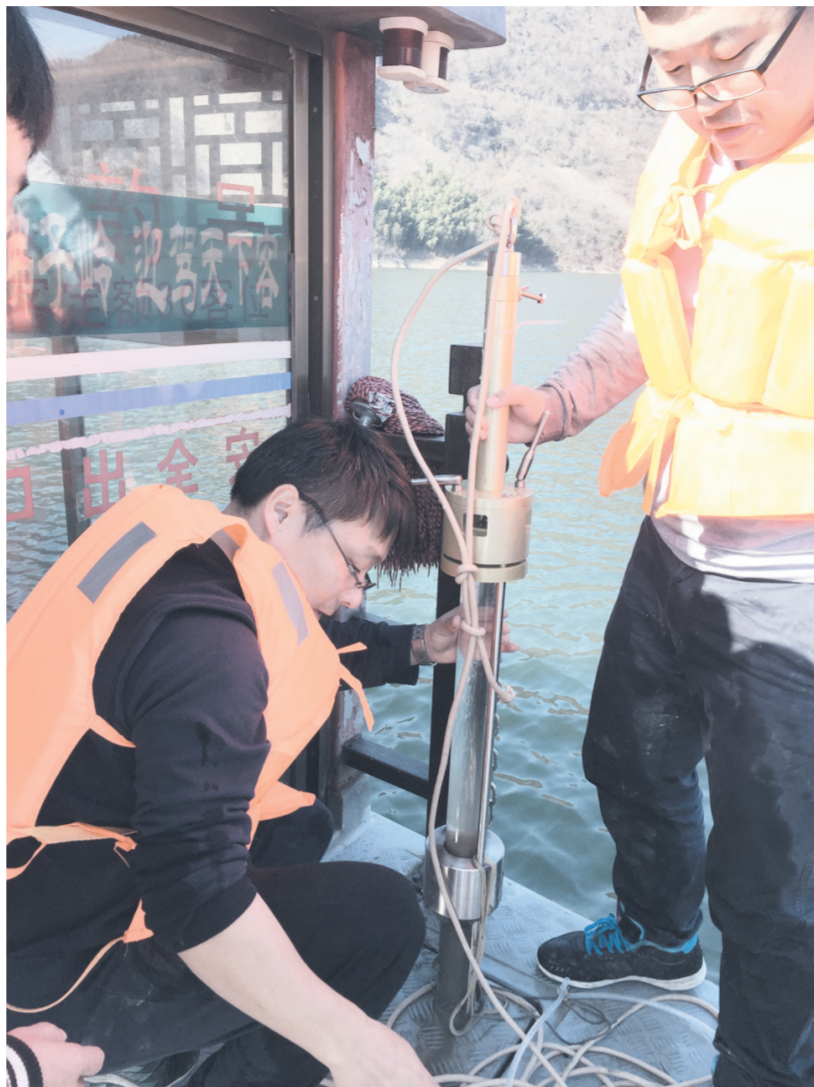
积累了大量营养盐,内源污染负荷很大。风浪扰动使湖体沉积物与水体的营养盐交换十分频繁,能够迅速补偿水华暴发期间的营养盐需求。有受访专家认为,目前太湖已进入了中富营养状态。虽然治理力度大,但沉积物营养盐还在增加。2016年卫星遥感监测信息显示,太湖一旦遇到水文、气象异动,蓝藻水华就可能随时暴发。而巢湖直追太湖也进入了中度富营养行列。其中,西半湖问题突出,从空中俯瞰有时湖水如刷了“绿漆”。

然而,现阶段用于湖泊保护和富营养化控制的管理依据是GB3838—2002《地表水环境质量标准》[37],其标准值的确定缺乏相应的数据支撑,没有考虑营养物基准,更没有考虑区域差异性。

为了改善东部浅水湖泊的水环境质量,科学进行富营养化控制和管理,保障太湖水生态健康、饮用水安全,国家水专项设置了“东部浅水湖泊营养物基准标准及太湖达标应用研究”课题,从东部浅水湖泊流域整体层面出发,开展东部浅水湖泊水生态共性问题与演变趋势解析,大扰动高开发强度湖泊营养物基准标准制定、太湖典型流域达标技术方案等关键科学问题攻关,旨在通过科学理论和方法创新提升我国湖泊水环境综合管理水平,为我国湖泊的富营养化防治和综合管理提供科技支撑。

据课题负责人介绍,课题立足于受人类活动扰动强度大的东部浅水湖泊营养物基准标准制定,经过4年的联合科研攻关,在东部浅水湖泊水生态演变解析、受强扰动湖泊营养物基准制定、沉积物营养盐基准制定和太湖营养物标准制定及达标应用等方面成果显著,形成了1个平台、两个报告、3项关键技术、4项技术指南、1项技术政策等成果,构建了典型区域营养物标准达标应用软件模型系统,并实现业务化运行,填补了国内湖泊营养物基准标准研究空白。

课题成果是我国湖库保护和管理技术路线的一次系统提升和完善,实现了从健康状态识别、综合评估到基准标准制定、优化达标的全过程自主研发技术创新,提升了我国在湖库营养物基准方面的国际地位,推动了湖库保护与管理科学技术发展,在国内外环境科学领域产生重要的影响。



▲ 湖泊沉积物采样

污染控制的基础,有利于评价人类活动对水生态系统的影响,保护水质和水生态完整性并发展相应的管理决策。

地理位置、地形地貌、气候条件、湖泊形态以及人类开发程度等情况的差异,使不同地域湖泊的富营养化成因、类型、演变过程以及物理、化学、生物学特性等方面存在显著差异,同时湖泊的营养物水平和富营养化效应也具有很大的区域差异性。因此,不宜采用一个通用的营养物基准,需要根据不同区域和不同类型水体的特点,制订区域湖泊营养物基准来更好地反映湖泊环境的差异,并满足当前湖泊管理的需求,提高制订相应水质标准的科学性。

据介绍,课题组全面系统解析了108个大于10km²东部浅水湖泊的水生态共性问题、空间差异及演变趋势,形成了近百年水生态系统演变过程和生态健康状态综合评估两个报告。研究发现,东部浅水湖泊植被类型演替分为顶级演替阶段、退化阶段和退化末期阶段。演替顶级阶段的湖泊水生植物分布面积大,覆盖率高,水质较好;处于退化初期湖泊清洁型植物群落迅速衰退,耐污型植物逐渐占据优势种;处于退化末期的湖泊水生植物耐污型逐渐消失,

水生植物覆盖率极低,透明度下降,藻类占据绝对优势地位,水生植物难以恢复。底栖动物密度随总磷升高逐渐增加,而生物量随着总磷的升高先升高后降低。

近百年来,随着湖泊富营养化水体总氮、总磷浓度的升高,东部浅水湖泊沉水植物经历了微齿眼子菜、马来眼子菜和金鱼藻3个演替阶段。这揭示了东部浅水湖泊近百年来氮磷浓度升高驱动水生生物群落由清洁型-过渡型-耐污型3阶段演替的规律及作用机制,确立了水生态系统对营养物输入的可接受程度和浓度阈值。

成果支持了《千岛湖生态环境安全评估》《山口湖生态环境保护基线调查与评估》《长潭水库生态环境保护基线调查与评估》《佛子岭水库生态环境保护调查与评估》《万峰湖生态环境保护基线调查与评估》《湖山湖生态环境保护基线调查与评估》等12个典型湖库基线调查和生态安全评估,建立了人类扰动强度高、大尺度、自然-人工复合浅水湖泊群水生生态系统健康识别与评估方法,发现东部浅水湖泊水生生态系统健康状况持续恶化,中度及重度富营养状态湖泊的数量不断增加,整体表现出由结构性破坏向功能性退化演变的趋势。

突破关键技术 填补领域空白

此前,来自中国环境科学研究院的霍守亮、马春子、席北斗、何卓卓在一篇学术报告中提出,“湖泊营养物基准的制定应与湖泊管理的需求紧密结合。当前要加快营养物基准向标准的科学转化,建立以富营养化标准为基础的湖泊管理框架和营养物削减技术体系”。他们认为,应研究和发展与湖泊营养化控制有关的配

套管理政策,包括营养物削减系统、反降级政策、总量控制政策,考虑对下游水体的影响及补偿政策和营养物削减交易政策等。

课题组经过潜心研究,构建了以分类回归树模型和非参数拟合分析为核心的湖泊营养物基准压力-响应模型制定关键技术,基于不同类型湖库硅藻种群群落变化和营养物浓

度变化分析,采用加速回归树(BRTs)、自举回归树和阈值指标类群分析法(TITAN)等方法,构建了硅藻-总氮、总磷响应模型,有效验证湖泊营养物基准的科学性和合理性。最终确定东部浅水湖泊营养物基准阈值为:TP 0.03mg/L~0.04mg/L、TN 0.55mg/L~0.65mg/L和Chl-a 4.0μg/L~5.0μg/L,对应的东部浅水湖泊的健康等级为良好,优势植物种类为苦草、马来眼子菜和菹齿眼子菜。

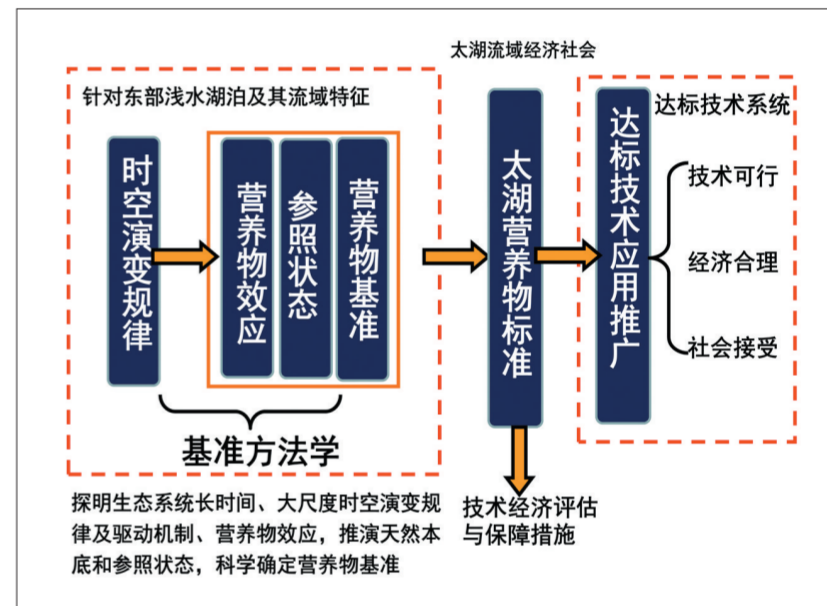
此外,据课题负责人介绍,课题成果中还优化集成了湖泊营养物基准制定的技术方法,统筹营养物基准制定技术流程、数据收集与要求、候选指标及筛选、基准值推导、基准值验证与审核及营养物基准应用等研究成果,突破受人类活动强干扰区域湖泊营养物基准标准制定关键技术,编制了《湖泊营养物基准制定技术指南》,并以国家环境保护标准的形式发布(HJ838—2017),“这是我国首次发布环境基准类技术指南,完善了我国水质基准技术体系,为制定全国湖泊营养物基准提供了科学依据。”课题负责人表示。

不仅如此,课题组还以基准为出发点,建立区域湖泊功能分级体系,构建结构方程模型与专家系统相耦合的营养物标准制定方法,通过湖泊

营养物监测数据及专家打分结果建立结构方程模型,确定不同功能可达性水平下的营养物标准建议值。

“我们突破了东部浅水湖泊营养物基准向标准转化的关键技术方法,构建了基于湖泊功能、技术经济评估的太湖流域营养物分级标准技术体系。”课题负责人介绍,课题组综合东部浅水湖泊功能与标准分级、营养物水质指标与标准制定方法、标准实施的技术经济评估等研究成果,编制了《东部浅水湖泊营养物标准制订技术指南》(建议稿),有力支撑了正在修订《地表水环境质量标准》(GB3838—2002)中营养物标准的确定。

据了解,课题组以太湖营养物基准为依据,以营养物基准向标准转化技术方法为手段,考虑与其他标准的协调与衔接,建立了太湖营养物标准建议值,并以此进行技术经济评估。“我们按照水质逐级改善的思路,制订太湖营养物标准分期执行计划;将反降级政策、上下游协调政策等纳入营养物标准体系中,构建标准实施保障技术体系和配套政策。”课题负责人表示,这些研究成果都将要或已经应用于大抚仙湖、洱海、乌梁素海等多个湖泊流域的水质目标管理制定中,为科学确定湖泊保护目标、防止过保护或欠保护提供了技术支持。



▲ 课题研究思路

形成标准制定平台 构建技术支撑体系

据课题负责人介绍,课题组通过系统集成,整装形成了一套完整的东部浅水湖泊营养物基准标准制定支撑平台,囊括了数据库系统、数据分析系统、模型系统和演示系统等。

据了解,这套系统集成了入湖营养物通量核算、入湖营养物溯源、营养物优化削减分配及经济技术评估等成果,提出了太湖流域营养物水质标准达标关键共性技术和管理策略,编制了《太湖富营养化控制及水质达标评估技术指南》(建议稿),建立了典型区域营养物削减-达标技术优化模型软件系统,并业务化运行16个月,为常州市政府环境管理提出建议。

不仅如此,这套支撑平台还适用于不同区域、不同湖泊类型的基准标准制定,同时采用可视化界面,方便管理人员及科研人员应用。这套系统已应用于安徽、江苏、浙江、黑龙江等省的湖泊营养物基准标准制定,为地方湖泊的生态环境保护和水质改善提供了有力支撑。

课题负责人还表示,通过东部典型浅水湖泊的深入研究,课题组在营养物基准标准制定技术、实践方面取得了重大突破,目前已经形成完善的营养物基准标准制定和优化达标技术支撑体系,提升了太湖及东部浅水湖泊富营养化控制和管理水平,推动了太湖及东部浅水湖泊水质改善。

据介绍,课题提出的基于营养物标准进行的流域控制技术评估和集成可以有效地规范和指导富营养化防治实践,提高湖泊治理的针对性,减少盲目性和不必要的投资浪费,避免了湖泊过保护和欠保护,解决了湖泊控制和管理中基于营养物标准进行削减技术集成的重大共性科学问题。研究成果转化为《湖(库)富营养化防治技术政策》。

此外,课题总体成果已在我国20余个湖库基线调查与评估、保护规划和综合治理规划工作中得到应用,为相关指南制定提供理论和技术支持。例如,为山口湖、长潭水库、赢湖、佛子岭水库、青狮潭水库、万峰湖和大冶湖等的生态保护方案编制提供了重要的理论技术支持,编制了《山口湖生态环境保护实施方案》《佛子岭水库生态环境保护方案》等20余个湖库保护和综合治理方案和规划。

随着湖区社会、经济的发展,我国湖泊污染的因素不断增多。数据显示,我国东北及长江中下游湖泊属富营养型,蒙新和青藏地区的湖泊属贫营养型或贫营养向营养型过渡,其余地区湖泊则几乎全部属于营养型。

“东部浅水湖泊营养物基准标准及太湖达标应用研究”课题阐明了东部浅水湖泊生态系统演变的主要驱动因子,提出健康状态识别技术方法,建立了东部浅水湖泊群大尺度营养物生态效应评估方法,确定了东部浅水湖泊营养物本底和参照状态,建立了东部浅水湖泊营养物输入的可接受程度和浓度阈值;探明了东部浅水湖泊水生生态系统对营养物输入的可接受程度和浓度阈值;探明了东部浅水湖泊营养物本底和参照状态,构建了湖泊营养物基准与标准制定技术方法,制定了东部浅水湖泊营养物基准和分级标准;形成完善的营养物基准标准制定和优化达标技术支撑体系。授权了国家发明专利23项,发表相关核心刊物论文69篇,出版专著两部。研究成果支撑了《水质较好湖泊生态环境保护规划(2013—2020)》和《江河湖泊生态环境保护项目》的实施,完善了我国水质基准和标准体系,提升了我国湖泊水环境综合管理水平,推动了我国湖泊富营养化的控制。

邢飞龙



▲ 东部浅水湖泊营养物基准标准及太湖达标应用研究预验收会

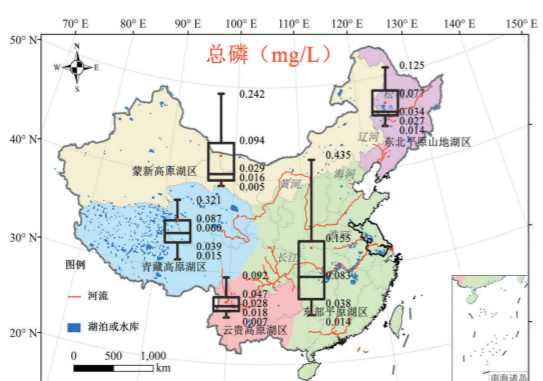
解析百余湖泊特征 支撑生态安全评估

何为湖泊营养物基准?它是指营养物对湖泊产生的生态效应不危及其水体功能或用途的最大可接受

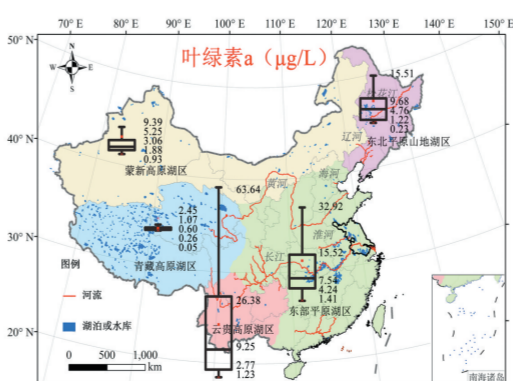
浓度或限制,可以体现受人类开发活动影响程度最小的地表水营养状态。数值化营养物基准是水质进行



▲ 全国湖泊一级营养物生态分区图



▲ 全国湖泊总磷浓度分布图



▲ 全国湖泊叶绿素a浓度分布图