

· 管理与改革 ·

# 建立促进太湖水生态健康的流域现代化治理体系的建议

尤本胜,刘伟京,操庆\*,谭张琴

(江苏省环境科学研究院,国家环境保护长江中下游水生态健康重点实验室,江苏 南京 210036)

**摘要:**太湖流域是长江三角洲的核心区域,是我国人口密度最大、工农业生产发达、国民经济产值增长幅度最快的地区之一。近十多年来,太湖流域在经济总量翻番、环境压力大幅增加的情况下,流域控源减排成效显著,入湖河流水质稳步改善,现行以污染控制为主的水质目标治理体系发挥了重要作用。然而,太湖蓝藻水华仍常态化暴发,生态系统结构和功能尚未恢复,距离实现太湖水生态良性循环还有较大差距。面向美丽中国建设和长三角区域一体化发展的重大需求,在分析太湖流域水生态面临的主要问题的基础上,借鉴国外水环境治理成功经验,围绕流域污染防治、空间管控、生态修复、环境管理和科技攻关等方面,提出了建立促进太湖水生态健康的流域现代化治理体系的建议。

**关键词:**水生态健康;环境污染治理;太湖流域

中图分类号:X321;X524

文献标志码:B

文章编号:1006-2009(2023)03-0001-05

## Suggestions on Establishing A Modern Watershed Management System to Promote the Water Ecological Health of Taihu Lake

YOU Ben-sheng, LIU Wei-jing, CAO Qing\*, TAN Zhang-qin

(State Key Laboratory for Environmental Protection of Water Ecological Health in the Middle and Lower Reaches of the Yangtze River, Jiangsu Provincial Academy of Environmental Science, Nanjing, Jiangsu 210036, China)

**Abstract:** Taihu basin is the core region of the Yangtze River Delta, and is one of the regions with the largest population density, developed industrial and agricultural production and the fastest growth rate of gross domestic product. For more than a decade, Taihu basin has achieved remarkable progress in source control and emission reduction despite the doubling of total economic output and the substantial increase of environmental pressure. The water quality of the rivers entering the lake has steadily improved. The current water quality target management system focusing on pollution control has played an important role. However, cyanobacteria blooms occur regularly in Taihu, and the structure and function of the ecosystem have not been recovered. There is still a big gap from the water ecological virtuous cycle in Taihu. Facing the major needs of building a beautiful China and the integrated development of the Yangtze River Delta region, on the basis of analyzing the main problems of water ecology in Taihu basin, learning from the successful experience of foreign water environment management, focusing on watershed pollution prevention and control, space management and control, ecological restoration, environmental management, scientific and technological research, this paper put forward suggestions on establishing a modern watershed management system to promote the water ecological health of Taihu.

**Key words:** Water ecological health; Environmental pollution control; Taihu basin

太湖位于苏、浙、沪交界核心区,是长三角重要生态资源,也是实现长三角生态绿色一体化发展的

收稿日期:2022-11-09;修订日期:2023-02-26

基金项目:国家水体污染控制与治理科技重大专项“太湖流域水环境管理技术集成与业务化运行”基金资助项目(2018ZX07208);省属公益类科研院所自主科研经费基金资助项目(GYYS2022101)

作者简介:尤本胜(1974—),男,安徽蚌埠人,高级工程师,博士,主要研究方向为流域水环境治理。

\*通信作者:操庆 E-mail: okcaoqing@163.com

生态保障。2008 年以来,在经济总量增长近两倍、人口增加 1 000 多万的背景下,太湖流域水环境治理取得显著成效,流域河湖水环境质量大幅改善,湖体富营养化趋势得到有效遏制。然而,太湖蓝藻水华仍较大面积出现,呈常态化暴发趋势,水生生物链结构遭到破坏,水生物种单一化、小型化问题突出,生态系统结构和功能受损严重<sup>[1]</sup>。2022 年国家发展改革委、自然资源部等六部门印发的新一轮《太湖流域水环境综合治理总体方案》提出,到 2025 年,太湖流域水生态环境质量明显改善,力争在“有河有水、有鱼有草、人水和谐”上实现突破;到 2035 年,流域水生态环境根本好转,河湖生态缓冲带得到维持和恢复,生物多样性保护水平明显提升,再现清水绿岸、鱼翔浅底的美丽太湖。太湖流域治理站在了新的历史起点,新时期需要以实现水生态健康为目标,系统谋划流域水生态环境治理,实现由水环境治理向水环境治理与水生态修复并重的转变<sup>[2]</sup>。

水生态健康是继污染物排放浓度控制、排放总量控制等水质目标管理理念之后,针对生态文明和美丽中国的战略要求及水生态环境治理的现实需求,有机融合水质、水量和水生态,更加关注水体生态系统组成和功能完整性的水环境管理理念<sup>[3]</sup>。美国《清洁水法》设定了“恢复和维持美国水体的化学、物理和生物完整性”的目标。《欧盟水框架指令》提出了“更加清洁、更加完整和健康的河流”的管理目标,并指出未来的河流环境管理将从调整河流满足人类需求,转向调整人类利用满足河流生态系统健康<sup>[4]</sup>。生态系统健康自 20 世纪 80 年代被提出以来,作为区域环境管理与可持续发展的新目标,已成为国内外生态环境领域关注的热点和趋势之一。

流域水环境治理目标不仅是水质的改善,更重要的是整个流域生态系统的恢复。水生态健康理念与习近平总书记提出的山水林田湖草生命共同体理念高度契合,是对我国生态文明建设的重要支撑。因此,建立促进太湖水生态健康的流域现代化治理体系,不仅是突破治理瓶颈的现实需求,也是率先开展面向生态文明的现代化生态环境治理的实践突破。

## 1 太湖水生态健康状况及存在的问题

太湖流域经济高度发达、人口密度较高,氮磷

污染物排放总量偏高。流域平原区河网交织,水体流动性较差,整体水环境容量较小,生态系统对环境变化的敏感度较高。同时,太湖属于大型浅水湖泊,自净能力不强,蓝藻水华仍处于高发态势,湖泊长期处于富营养化状态,对水生生态系统产生了不良影响<sup>[5]</sup>。

### 1.1 河湖水质

自 21 世纪初太湖流域开始大规模治理以来,河湖水质各项指标总体向好、稳步改善。根据新一轮《太湖流域水环境综合治理总体方案》,2020 年太湖湖体水质为Ⅳ类,较 2007 年劣Ⅴ类跃升两个类别,营养化水平由中度富营养转为轻度富营养,高锰酸盐指数、氨氮、总磷、总氮 4 项主要水质指标分别降低 15.6%、86.8%、25.7%、54.8%,22 条主要入湖河流水质全部达到Ⅲ类及以上,河网水功能区达标率由 2007 年的 22.5% 提高到 2020 年的 82.5%。然而,近年来太湖水质改善的趋势明显趋缓,某些水质指标甚至出现波动反弹。例如,湖体总磷指标 2007—2013 年稳定在 0.06 mg/L ~ 0.08 mg/L,随后呈现反弹趋势,2018 年达到 0.087 mg/L;2020 年湖体总磷为 0.075 mg/L,未达到《太湖流域水环境综合治理总体方案(2013 年修编)》中 0.05 mg/L 的控制目标。相关研究表明,蓝藻生长所需要的氮磷浓度阈值不高,当无机磷和无机氮质量浓度分别达到 0.03 mg/L 和 0.4 mg/L 时,太湖的藻类生长就不受限制<sup>[6]</sup>。为了降低太湖蓝藻发生强度,湖体氮磷浓度仍须进一步降低。

### 1.2 蓝藻水华

蓝藻水华是富营养化湖泊常见的生态灾害。蓝藻水华暴发时会覆盖水面,造成水体透明度和溶解氧降低、黏稠度增大,pH 值改变,从而导致其他水生生物无法正常生长,生物多样性下降;当蓝藻大量消解时会使水体严重缺氧,并向水中释放大量有害物质,从而使水质恶化,造成水生生物死亡,最终导致水体生态系统结构和功能的破坏<sup>[7]</sup>。太湖蓝藻水华的历史较长,20 世纪五六十年代在太湖五里湖就可见蓝藻水华<sup>[8]</sup>,到 20 世纪 80 年代末期开始全年可见蓝藻水华,主要集中于夏季发生。进入 21 世纪,蓝藻覆盖面积进一步扩大,持续时间延长,水华蓝藻生物量明显增加<sup>[9]</sup>。“十三五”期间,太湖蓝藻水华最大发生面积和平均发生面积均居高不下,2017 年蓝藻水华最大发生面积超过 1 000 km<sup>2</sup><sup>[10]</sup>。

### 1.3 水生生物

自20世纪60年代以来,共有23种水生植物从太湖消失,水生植物分布面积缩小;进入20世纪90年代,北部湖区的水生植被明显退化,仅竺山湖有少量残存;从2002年起,东太湖菰和芦苇分布区面积锐减,西部沿岸及南太湖湖滨大量分布的芦苇带逐渐退化、消失<sup>[11-13]</sup>。根据中国科学院南京地理与湖泊研究所的研究成果<sup>[14]</sup>,太湖底栖动物耐污种类明显增加,2011年、2012年和2014年耐污指示种环节动物、摇蚊幼虫和中度耐污指示种软体动物三者总量在底栖动物中的占比分别为86%、90%和90%;除贡湖、东太湖外,其他湖区均存在底栖动物小型化的趋势。20世纪80年代以来,太湖鱼类群落结构特征发生显著变化,鱼类种类不断减少,以湖鲚为绝对优势种所代表的小型鱼类数量快速增长,且总渔获量逐年上升,而翘嘴鲌和鳊等优质鱼类渔获量却逐年降低<sup>[15]</sup>。2018—2020年,太湖鱼类群落呈现出中小体型、生活于水体中上层、耐污和土著鱼类占主导的特征<sup>[16]</sup>。总体来看,太湖敏感类浮游动物与底栖动物消失,鱼类与大型水生植物大量减少,耐污藻种类增多,水生生物食物网结构简化、食物链缩短,顶端物种消亡迅速。

### 1.4 关于太湖治理的思考

太湖水环境经过多年治理虽取得积极成效,但湖泊生态系统结构和功能仍未恢复,究其原因主要包括:一是环境管理的协调性有待加强。太湖治理目前仍以污染物总量控制水质目标管理体系为指导,缺乏以水生态健康为目标的统领性水环境治理理念支撑生态文明建设的新要求。流域层面的环境管理整体性不足,协作、协同机制尚未形成。生态空间、生态水量管控不足,高消耗、高排放产业的提档升级和退出机制不健全。污染控制的流域统筹力度不足,上下游行政区的协调难度大。二是流域水污染治理工程的系统性和实效性有待加强。治理工程统筹力度不足,目前规划治理工程仍以地方推荐项目入库为主,自上而下对照治理目标规划布局的重大工程较少。减排工程实施效力有待提升,城乡生活污水处理厂进水污染物浓度偏低,配套管网建设滞后、后期管护不到位。农村地区污染治理项目实施难度大,化肥减施、氮磷拦截、生态沟渠等治理主体落实难度较大,农田排水规划性急待加强。三是面向水生态健康的科技支撑不足。针对保护水生态系统的河湖水生态环境质量标准仍

处于研究阶段,适用的水质、水量、水生态有机结合的水生态健康评估技术方法尚不完善。大水体水生态系统恢复路径机制不清,流域生态承载力、生态水量、良性产业政策、水质预测预报等科技支撑均须重点加强。

## 2 国外水生态健康理念实践经验

### 2.1 欧洲莱茵河

莱茵河是欧洲最重要的河流之一。针对工业化导致的莱茵河污染严重、生态环境破坏等问题,瑞士、法国、荷兰、德国和卢森堡五国于1950年联合成立了保护莱茵河国际委员会(ICPR),签署了一系列莱茵河环保协议<sup>[17]</sup>。莱茵河的治理经历了从单纯污染源控制到河流生态系统恢复的转变。1976年签署的《防治化学污染公约》规定了化学物质排放标准,并要求各成员国建立监测系统与水质预警系统<sup>[18]</sup>。1987年,ICPR通过了《莱茵河2000年行动计划》,以河流整体生态系统为出发点,强调改善莱茵河及其冲积区内动植物栖息地的生态环境,将大马哈鱼回到莱茵河作为治理效果的标志<sup>[19]</sup>。2001年通过的《莱茵河2020计划》对河流生态恢复和保护提出了更高要求,主要包括恢复莱茵河干流、支流,发挥莱茵河生态系统的主导作用,为洄游鱼类提供栖息地;保存和扩大生态重要性地区,为一些植物和动物物种提供生存环境<sup>[20-21]</sup>。以上协议对莱茵河环境治理起到了积极作用。

### 2.2 日本琵琶湖

琵琶湖是日本具有象征意义的母亲湖,其治理同样经历了长期而艰巨的过程。1970—1997年,滋贺县针对琵琶湖治理出台了10多部污染排放控制和改善法规及政策文件,涉及减少使用含磷洗涤剂、工厂氮磷达标排放、村镇生活污水治理等方面,在一定程度上遏制了琵琶湖水质继续恶化<sup>[22]</sup>。1997年,滋贺县政府联合日本多个省厅制定了《琵琶湖综合保全整备规划》,将琵琶湖流域生态系统作为整体进行治理,更加注重流域生态系统的修复和重建,具体措施包括恢复河流原有生物生境及景观多样性,划定湖岸及周边区芦苇群落保护地域,恢复内湖作为植物、鱼类、鸟类等野生生物的栖息地<sup>[23-24]</sup>。经过几十年的治理,琵琶湖已从污染严重、富营养化的水体修复到具有健康水生态系统的水体。

### 2.3 对我国水环境治理的启示

大量的治理经验表明,水环境治理不是单纯地

将有害污染物去除,更重要的是推动水生态环境的整体改善。发达国家在河流水污染治理方面都经历了由单纯的污染控制技术向水生态修复与恢复的转变,实现了以水污染控制为目标向以流域水生态系统健康保护为目标的转变<sup>[25-27]</sup>。建设健康水生态既是目标也是主要手段,是改善水质的主要途径,只有实现水生态健康,水环境才能良性循环。

### 3 对策建议

当前太湖流域经济社会发展同生态环境保护的矛盾仍然突出,产业结构偏重、布局不合理,国土开发强度过大,污染防治形势严峻,环境基础设施建设相对滞后等问题依然存在。为解决太湖流域突出生态环境问题,提升流域生态环境治理现代化水平,针对建立促进太湖水生态健康的流域现代化治理体系提出以下建议。

#### 3.1 强化生态健康约束,深化污染防治

继续做好水污染防治攻坚。基于水生态环境承载力,以控磷降氮为主攻方向,以小流域整治为载体,坚持流域生态引领区绿色发展定位,突出精准治理,强化长效管理,推进流域水生态状况持续改善。研发以流域生态承载力为约束的污染物总量控制技术,优化产业结构与布局。实施污染物排放总量管理改革,提高环境要素资源配置效率。研究实施基于水环境质量的流域排污许可证管理制度,进一步推进工业污染深度防治,鼓励采用先进产业技术和污染防治技术。统筹考虑流域产业结构、布局 and 特征,加强污染控制与生态风险之间的关系,提升流域产业结构的生态化和稳定性。

全力推进生态环境基础设施建设。推进工业和城镇污水分开收集分质处理,开展重点行业企业废水深度处理。推进工业集聚区污水集中处理设施和管网的建设与改造,探索工业企业实施生产废水、生活污水、雨水、清下水“四水分离”。充分运用区域水污染物平衡核算结果,精准补齐城镇生活污水收集短板,科学布局污水处理设施,加快推进城镇污水管网建设。加强污水处理厂尾水生态湿地建设,推广建设低碳污水处理厂。重点开展农田排水水系优化,形成大河道、小河浜和农田沟渠的水系连通和贯通。建立梯级污染防控生态治理模式,开展生态沟渠改造,建设农田退水湿地涵养区,研究制定化肥限量、农田退水相关标准。

进一步提高水资源利用率。针对流域水质性

缺水问题,注重节水和治污两手抓。加强污水深度治理,提高水资源重复利用率,做好工业、农业和生活节水,减少水资源浪费。加快淘汰落后的高用水工业工艺、设备和产品,大力推广节水工艺技术和设备,积极推进企业水资源循环利用和工业废水处理回用。调整农业结构,大力推广农业节水灌溉,完善农业工程节水措施。探索循环农业模式,实现各种农业资源的有效利用、循环利用。倡导生活节水,推广生活节水技术和设备。

#### 3.2 优化生态空间管控,注重生境恢复

维护生态空间,优化功能区划。维护水域空间,加强资源保护管理,构建以自然保护区为主体、自然公园为基础的自然保护地体系。维护河道湖泊稳定的三维空间,确保鱼鸟生境空间和营养盐输送畅通,维护湖沼湿地空间稳定,保护湖岸带和近岸带湿地生态安全。优化国土空间开发布局 and 规模,完善主体功能区划,重新评估太湖流域水生态承载力,严守资源利用上限,推动形成人与自然和谐发展的现代化新格局。严守生态保护红线,落实太湖流域一、二、三级保护区规划,优化实施太湖流域水生态环境功能分区管控,关注重要生态敏感区水生态变化趋势,构建分区综合绩效评估技术方法和水生态恢复技术方案。

加强流域生态保护修复,构建太湖生态安全屏障。逐步恢复流域水资源自然模式,保障河流水系畅通、河流湿地和湖泊沟通,形成水生态良好、自净能力强的河流湖泊自然交互模式。推进生态安全缓冲区建设,在重要河湖、城市近郊等区域整合湿地、水网等自然要素,通过陆地污染治理、修筑生态岸线、建设浅滩湿地、实施退渔还湿、湿地生物多样性恢复等途径,构建生态安全屏障。大力推进生态岛试验区建设,重点在沿太湖、苏南运河沿线、江河湖荡等区域,根据流域生物多样性保护热点分布,采用基于自然的解决方案,对受污染、受损害、受破坏、受干扰的自然生态系统实施科学、积极和适度的人工干预措施,改善动植物生境。

加强生物多样性系统保护,完善生物多样性保护体系。从生态系统整体性和流域系统性出发,加强太湖流域物种栖息地保护,实施河湖滨岸带地形重塑及物种生境改善工程。推动中小河流治理和水系连通,促进各类河湖水体的互连互通,加强水域、森林、湿地、绿地等生态系统的连通性。建设生物多样性观测场站和数据库,逐步构建多层的生

物多样性观测网络,推动周期性、持续性观测和评估。推进生态质量EQI评价与考核,提升太湖流域自然生态系统覆盖比例,促进生物多样性恢复,改善生态系统结构。

### 3.3 推动流域治理协同,完善管理机制

提高流域生态环境管理的协调性。构建两省一市太湖流域治理合作机制,建立跨区域、跨部门水环境信息共享机制,加强在生态清淤、蓝藻防控、环境政策规范、污染应急处置和水事等方面的协调联动,健全区域环境治理联动机制。进一步强化区域联防联控,环湖地区对主要入湖河流周边污染源开展溯源调查,并及时通报和沟通突发污染情况。加强省级治理工程布局的规划性,重点关注生态退化严重的湖区,研究重构湖泊自然生态系统。

加强水污染治理工程的系统性。优化各类治理工程的投入比重,针对不同区域环境污染现状,分区域有针对性地安排各类治理工程投资。建立非骨干项目中期调整机制,允许一定比例的项目调整和替代。围绕乡村振兴战略,关注农业、农村污染防治,发展绿色生态循环农业,鼓励有机肥生产和农业废弃物资源化利用等工程建设,完善城乡有机废弃物处理利用技术规范,建立健全统一的产品标准体系。

建立流域资源使用和生态补偿赔偿制度。开展流域自然资源资产价值核算,坚持“谁受益谁付费”的原则,构建统计核算体系,建立综合督查和考核办法。建立生态补偿政策,实施工作协调机制,完善生态补偿绩效评估机制,优化补偿资金分配。建立健全生态产品价值实现机制,探索建立具有太湖流域特色的生态产品价值核算评估指标体系、技术规范和核算流程。完善与减污降碳成效挂钩的财政政策,推行用能权、碳排放权、林权、水权交易制度。

### 3.4 攻关生态健康科技,支撑科学管理

加强基础研究和技术创新,支撑面向水生态健康的流域治理。从生态系统响应变化和风险控制角度,研发水环境治理关键技术和设施。深入研究大型浅水湖泊富营养化治理、内源污染控制、生态修复和恢复等关键技术,重构重污染湖区湖泊生态系统。开展太湖湖体及岸线生态恢复关键机制研究,形成湖体水生态健康良好状态技术方案。以流域水生态达标为核心,加快智慧河湖建设,系统开展河湖水文、水资源、水环境、水生态和水域空间监

测,建立河湖水域基础数据信息平台,研发和应用水生态健康状况预测预警技术。

构建流域水生态健康管理科学体系。健全流域水生态环境质量标准,研究制定保护水生生物的河湖水质标准,科学确定生态系统保护阈值,提出优控污染物清单和标准。研究优化水生态功能分区,构建以水生态系统健康为目标的分区管理机制,研发水生态快速监测方法,集成和应用流域水生态环境功能区监测技术方法。研究适用于太湖流域水生生物保护的水质、水量、水生态有机结合的水生态评估技术方法和考核措施。

## 4 结语

太湖是长三角高质量发展的重要生态支撑,通过加强生态建设和环境保护,发挥好太湖巨大的生态效益、经济效益、社会效益,筑牢区域高质量发展基石,对于全面推动长江经济带发展、提升长三角一体化发展水平具有重大意义。生态健康的湖泊必然需要一个管理有序、生态健康的流域进行支撑,要将太湖流域生态系统作为整体进行治理,实现流域的可持续发展。太湖流域作为我国经济发展最活跃的区域之一,在工业化、城镇化进程不断加快的背景下,流域人口和产业快速增长导致污染物排放仍将长期处于高位,实现生态环境全面改善面临较大压力。经过数十年高强度治理,相对容易实施、成本较低的污染减排措施已基本完成,末端治理的空间日益收窄,污染治理的难度不断增加。进一步提升太湖水生态环境质量,对提升治理体系和治理能力现代化水平提出了更高要求。文章针对目前太湖的水生态健康状况和流域经济社会特点,重新审视太湖治理存在的问题,借鉴发达国家水环境治理的经验,推进太湖流域由水质目标管理向水生态健康管理转变,构建流域生态文明建设新体系,推进太湖流域水环境管理技术体系在全国其他流域推广。

### [参考文献]

- [1] 张运林,秦伯强,朱广伟. 过去40年太湖剧烈的湖泊物理环境变化及其潜在生态环境意义[J]. 湖泊科学, 2020, 32(5): 1348-1359.
- [2] 李继影,牛志春,陈桥,等. 江苏省太湖流域水生态健康评估的初步实践及展望[J]. 环境监测管理与技术, 2018, 30(5): 1-3.

(下转第10页)