

改善东太湖水环境的水工程措施研究

殷 鹏, 张建华, 华 萍

(江苏省水资源服务中心, 江苏 南京 210029)

摘要:东太湖历来是太湖水环境质量最好的湖区,但近 3 年东太湖出现水环境质量下降、富营养化加重的问题,通过对东太湖水文、水环境、水生态变化规律分析,结果表明下泄流量加大、底泥扰动、水生植被退化是影响东太湖水环境质量的主要原因,通过优化水利工程调度、构建消浪设施以及生态清淤和湖滨带建设等改善东太湖水环境质量的水工程措施,为东太湖综合治理工作提供技术支撑。

关键词:东太湖; 水环境; 水工程; 水生态

中图分类号:TV122

文献标识码:A

文章编号:1007-7839(2019)07-0001-04

Study on water engineering measures for improving water environment in east Taihu Lake

YIN Peng, ZHANG Jianhua, HUA Ping

(Water Resources Service Center of Jiangsu Province, Nanjing 210029, Jiangsu)

Abstract:The East Taihu Lake has always been the Lake area with the best water environment quality. However, in the past three years, the water environment quality of the east Taihu Lake has declined and the eutrophication has increased. Through the analysis of the hydrological, water environment and water ecological changes in the east Taihu Lake, the results showed that the increase of discharge, sediment disturbance and degradation of aquatic vegetation were the main factors affecting the water environment quality. In order to provide technical support for the comprehensive management of the east Taihu Lake, some water engineering measures were put forward, such as optimizing the dispatch of water conservancy projects, constructing wave dissipation facilities, ecological dredging and lakeside zone construction to improve the water environment quality of the east Taihu Lake.

Key words:east Taihu Lake; water environment; water engineering; water ecology

东太湖地处太湖东南部东山半岛东侧,是一个狭长形的湖湾,分属苏州市吴江区、吴中区。历史上承担着防洪供水、水产养殖、交通运输、生态保护等综合功能。受早期过度开发等原因,东太湖存在大面积围垦(整治前湖区面积 185.4 km²,其中围垦区 50.6 km²)、过度围网养殖、污染底泥淤积、沼泽化加剧等问题。为综合整治东太湖,苏州市实施了东太湖综合整治工程,包括建设行洪供水通道

30.8 km、退圩还湖 0.37 万 hm²、生态清淤 22.99 km²和建设生态岸线 69.9 km。工程于 2013 年基本完成,清退 1.33 万 hm² 以上围垦区,明显提高了流域防洪和水资源配置能力,增加了东太湖蓄洪容积、减少了内源污染,遏制了东太湖沼泽化趋势,发挥了重要的经济、环境、社会效益。

受东太湖流速增加等综合因素影响,东太湖近 3 年水生态、水环境质量出现波动,本文拟通过对东

收稿日期:2019-05-12

作者简介:殷鹏(1987—),男,硕士研究生,工程师,主要从事水资源保护工作。

通讯作者:张建华,男,教授级高级工程师。

太湖水环境质量变化规律的分析,得出影响东太湖水环境质量的主要原因,并提出改善东太湖水环境质量的水利工程措施,为下一步东太湖综合治理工作提供技术支持。

1 东太湖生态水环境质量变化分析

历史上东太湖是水质最优良的水域,各项水质指标全面优于太湖平均水质^[1]。根据太湖流域管理局水质监测数据,2007 年东太湖高锰酸盐指数(Ⅲ类)、氨氮(Ⅱ类)、总磷(Ⅲ类)、总氮(Ⅳ类)浓度分别只有同期太湖平均浓度的 84.5%、28.9%、44.0%、47.7%,表征藻密度的叶绿素 a 浓度为 10.26 ug/L,浓度只有全湖平均值的 34.8%,而透明度高出全湖平均 60% 以上,此外,东太湖水体的弱碱性也低于全湖平均。详见表 1。

表 1 2007 年东太湖水质情况以及与全湖平均值对比

湖区	高锰酸盐指数 (mg/L)	氨氮 (mg/L)	总磷 (mg/L)	总氮 (mg/L)	叶绿素 a (ug/L)	透明度 (m)	pH
东太湖	4.57	0.18	0.04	1.32	10.26	0.59	7.99
太湖平均	5.41	0.63	0.09	2.76	29.49	0.37	8.11

近年来东太湖主要水质指标呈改善趋势,但受湖体水流加快等多方面因素影响,东太湖部分水质指标出现波动,生态系统有退化的趋势,突出表现在总磷升高、蓝藻生物量大幅增加、水草衰减以及透明度下降等方面。

1.1 水质变化

2007~2018 年,东太湖大部分水环境指标呈改善趋势,其中高锰酸盐指数由 4.57 mg/L(Ⅲ类)降低至 3.73 mg/L(Ⅱ类);氨氮由 0.18 mg/L(Ⅱ类)降低至 0.06 mg/L(Ⅰ类);总氮由 1.32 mg/L(Ⅳ类)降低至 1.14 mg/L(Ⅳ类)。但是总磷浓度不降反升,由 0.039 mg/L(Ⅲ类)升高至 0.051 mg/L(Ⅳ类)。详见图 1~4。

与全湖水水质改善程度比较,各项水质指标改善程度均不如太湖平均水平,其中高锰酸盐指数、氨氮改善幅度与全湖平均水平接近,总氮改善幅度只有全湖平均水平的三分之一,与全湖总磷浓度降低的趋势不同,东太湖总磷浓度上升 30%,见表 2。

东太湖和太湖平均 pH 值都呈升高趋势,东太湖弱碱性要低于全湖平均,其中东太湖 pH 值由 2007 年 7.99 升高至 2018 年 8.24,太湖平均 pH 值

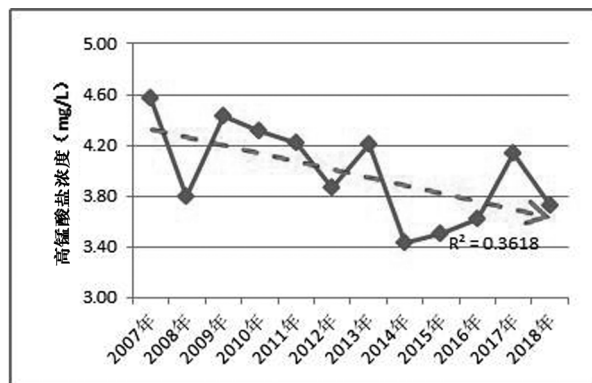


图 1 东太湖历年高锰酸盐浓度变化趋势

表 2 2007 年至 2018 年东太湖及全太湖水水质改善程度

湖区	高锰酸盐指数	氨氮	总磷	总氮
东太湖	18.38%	69.37%	-31.18%	13.17%
太湖平均	21.00%	82.49%	11.15%	44.00%

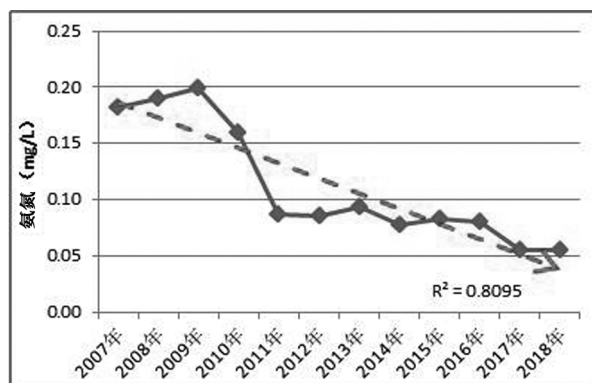


图 2 东太湖历年氨氮浓度变化趋势

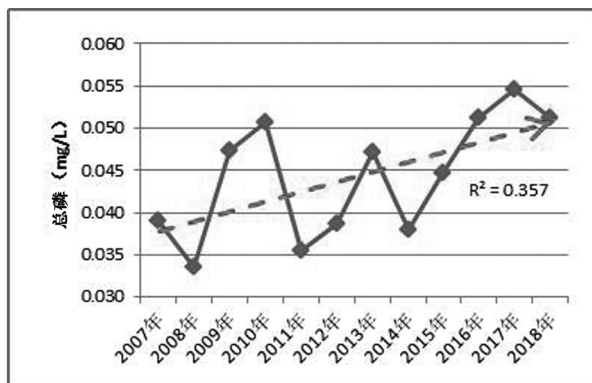


图 3 东太湖历年总磷浓度变化趋势

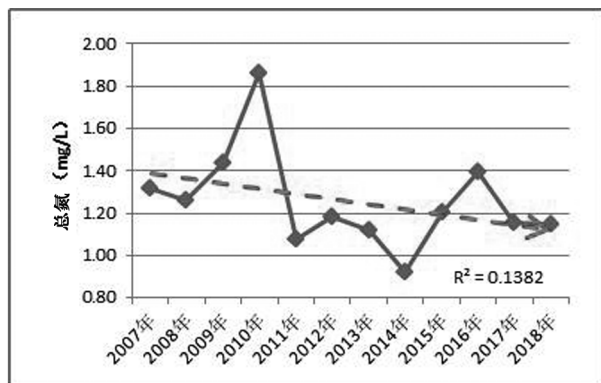


图4 东太湖历年总氮浓度变化趋势

由 8.11 升高至 8.35。而湖体透明度全湖呈改善趋势,由 0.37 m 升高至 0.42 m,升高了 13.5%;东太湖呈下降趋势,由 0.59 m 降低至 0.30 m,东太湖的透明度已由 2007 年高于全湖平均变为 2018 年低于全湖平均。见图 5。

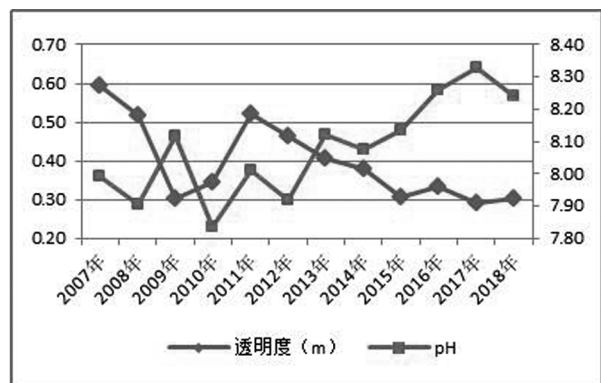


图5 东太湖历年透明度和 pH 变化趋势

1.2 蓝藻生物量变化

叶绿素 a 浓度是表征蓝藻生物量的指标,除 2016 年、2017 年因流域强降雨导致入湖污染物升高引起太湖蓝藻生物量异常升高外,全太湖蓝藻生物量总体稳定,叶绿素 a 浓度由 2007 年 29.5 $\mu\text{g/L}$ 升高至 31.3 $\mu\text{g/L}$,升高 6.1%。与全太湖蓝藻生物量变化趋势不同,东太湖蓝藻生物量主要呈上升趋势,2007 年东太湖叶绿素 a 浓度只有 10.3 $\mu\text{g/L}$,浓度只有全湖平均水平的 34.9%,而 2018 年东太湖叶绿素 a 浓度已达到 23.0 $\mu\text{g/L}$,浓度上升了 123.3%,已达到全湖平均水平的 73.5%。见图 6。

1.3 水草生长情况变化

自 2016 年东太湖因为流域大水导致水草急剧衰减以来,近两年通过加强管控和太湖水位控制,苏州市局部湖区如胥湖等水草生长旺盛,近岸滩地等沿岸带植物覆盖度显著增加,但就东太湖总体而言,水草恢复缓慢,尚未恢复到 2015 年前的水平,局部水域如行洪通道因浚深较大,目前仍未见水草恢

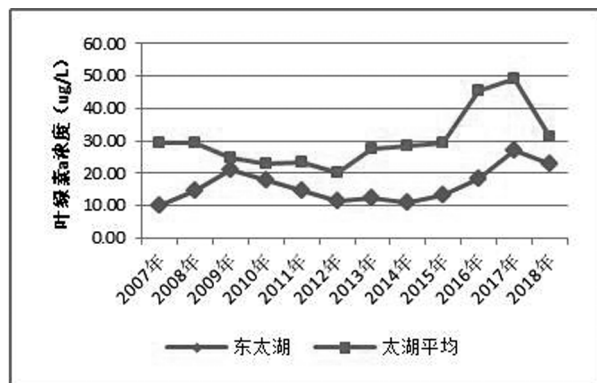


图6 东太湖及全太湖历年叶绿素 a 浓度变化趋势

复,水草恢复区也存在群落稳定性差、种群单一化风险,需要强化对水草的科学管理。

1.4 底泥污染情况

受湖湾位置和地形条件的影响,历史上东太湖就是太湖淤泥淤积比较严重的区域之一。根据省水利厅最新淤泥普查资料,东太湖淤泥深超过 0.5 m 的淤泥量近 1.5 亿 m^3 ,其中泥深超 0.3 m 污染较重的淤泥约 900 万 m^3 ,表层底泥有机质平均含量为 2.77%,比全湖高 89.7%;总氮平均含量为 0.5%,比全湖高 105%,总磷平均含量为 0.6%,比全湖高 30% 以上。

1.5 水文条件变化

随着太湖流域防洪标准的提升以及对太湖水资源需求加大,太湖平均水位和最低水位调控均呈抬升趋势,冬季太湖最低水位与太湖平均水位抬高近 10 cm,见图 7。同时,由于上海市对太湖饮用水源用水需求的增加,东太湖下游太浦闸出湖水量也呈增长趋势,2018 年出湖水量达 31.1 亿 m^3 ,是 2007 年的 1.75 倍,见图 8。

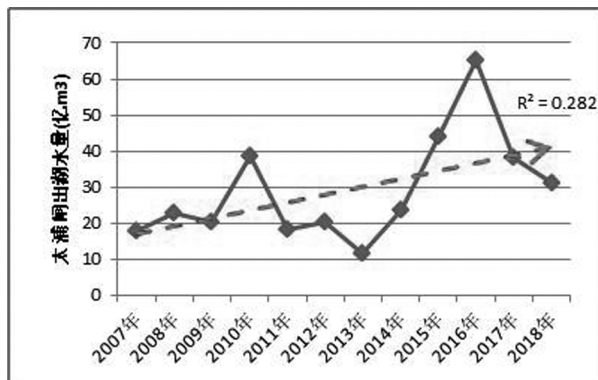


图7 太湖历年水位变化趋势

2 讨论

2.1 东太湖综合治理效益分析

东太湖 2007 年以来水质总体呈改善趋势,说明

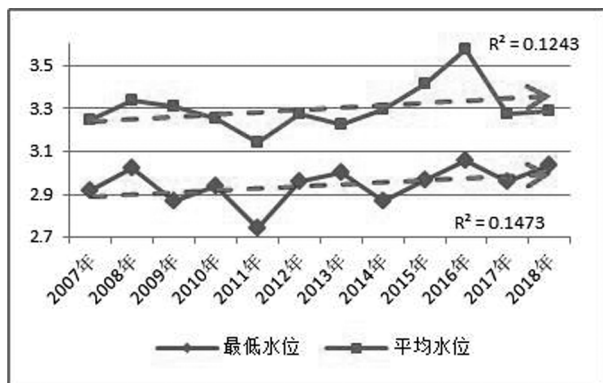


图8 太浦闸历年出湖水量变化趋势

东太湖综合整治工程总体上取得了显著成效;而东太湖水质改善程度没有全湖改善程度高,主要是由于东太湖污染因子本底值明显低于全湖平均水平,东太湖水环境治理边际效应已经出现^[2]。

2.2 东太湖总磷波动原因分析

东太湖总磷浓度波动一方面可能是由于太浦闸下泄流量增加,导致东太湖流速增加,降低了磷的沉降;另一方面随着东太湖围网的拆除,湖面风阻减少,加剧了湖底底泥扰动,导致底泥中磷的释放^[3]。

2.3 东太湖蓝藻升高原因分析

由于磷是影响蓝藻生长最主要的控制因子,受东太湖总磷升高影响,东太湖总磷生物量明显增加。水生植物的生长对蓝藻的繁殖有抑制作用^[4],由于冬春季水位的抬高,抑制了水生植物的发芽及生长,随着水草衰减,更加有利于蓝藻生长。随着蓝藻生物量的增加,是导致水体 pH 值升高,湖底产生厌氧环境,增加底泥磷的释放,此外,湖底泥地悬浮物的扰动增加和蓝藻生物量的增加,又导致了湖体透明度的下降,减弱了湖底的光照强度,遏制了水草的生长,降低了东太湖生态净化能力。以上因素形成蓝藻生物量、总磷浓度增长、水草衰减的恶性循环。

3 东太湖治理水工程措施建议

就太湖总体而言,水环境改善的效果是明显的,即使是总磷升高也是与前几年较低位而言,与2007年相比仍是下降的趋势;但东太湖却让人担忧,总磷在持续增加,且已连续3年超过2007年的水平,必须引起高度重视。东太湖基本不存在外源输入的问题,因此,治理措施必须聚焦湖内,以生态修复为主线,强化内源治理,强化水利工程优化调度,多措并举,系统治理,通过恢复良好的生态系统

实现东太湖的长治久安^[5]。

3.1 优化水利工程调度,保障东太湖生态恢复所需水力条件

东太湖水质比较好的根本原因,是水体从湖西北部上游至下游东太湖漫长运移过程中,污染物自然沉淀和降解以及水生生物包括水草的吸附等综合作用的结果。因此,不同于高氮磷湖区(需尽可能缩短水力停留时间以减少蓝藻聚集),东太湖则需要尽可能维持较长的水力停留,以促进氮磷等污染物沉淀和降解。一是要优化太湖下泄口门和时间控制,与20世纪80年代相比,近10年来太湖来水量增加了30%左右,且绝大部分通过太浦闸下泄,东太湖水力停留时间显著缩短。要以保障东太湖水力停留时间、改善水质为目标,改变太湖出水主要通过太浦闸的调度控制方案,研究通过望虞河、新沟河和太浦河等环湖水利工程联合排泄太湖水体的调度和控制运用方案;二是建立水利工程生态调度机制,优化不同季节水位控制,要按照生态系统对水位等水力要素的要求,优化水利工程调度,保障水生植物不同季节生长的水深要求。在冬春季,要严格控制太湖水位,尽可能降低太湖水深,以改善水生植被萌发的水下光环境,保护和促进太湖水生植物自然恢复。近两年太湖水位控制的实践证明,冬春季适当控制太湖水位,对于太湖水草恢复发挥了重要作用。

3.2 构建人工辅助消浪设施,减少风浪对底泥的扰动

东太湖风浪大,吹程长,随着围网拆除,风浪对底泥的再悬浮作用加剧,不仅加大磷氮等污染物的释放,而且削弱了水体透明度,不利于水草生长和恢复,要研究通过人工投放生态网等围网替代措施,抑制风浪对底泥的再悬浮,提高太湖水下光照条件,促进沉水、挺水植物、底栖生物恢复,进而带动底栖生物种群的恢复,抑制藻类的生长,重构东太湖曾经繁茂的水下生态系统^[6]。

3.3 结合滨湖生态湿地建设,推进生态清淤内源治理,恢复湖滨生态功能

湖滨湿地是维持湖体生态系统平衡的重要一环,在净化污染物、平衡外部冲击中发挥生态屏障的作用。要把恢复湖滨湿地作为修复东太湖生态系统、提升生物多样性的主要内容,把围网拆除区的生态清淤工程与减少内源污染,恢复湖滨湿地结合起来,通过建设湖滨生态湿地和生态岛作为解决

(下转第8页)

(上接第4页)

生态清淤淤泥出路为突破口,合理规划设计湖滨湿地基底高程和生态岛布局,提升湖滨带的生物多样性,同时缓解风浪对湖滨生态带恢复的影响。

参考文献:

- [1] 秦伯强,胡维平,陈伟民,等.太湖水环境演化过程与机理[M].北京:科学出版社,2004:1-28.
- [2] 戴秀丽,钱佩琪,叶凉,等.太湖水体氮、磷浓度演变趋势(1985—2015年)[J].湖泊科学,2016,28(5):935-943.
- [3] 徐瑞忠,陆雪林,盛根明,等.风浪对浅水湖泊水质

的影响机制[J].水资源保护,2016,32(3):117-120.

- [4] 刘伟龙,邓伟,王根绪,等.洪泽湖水生植被现状及过去50多年的变化特征研究[J].水生态学杂志,2009,2(6):1-7.
- [5] 陈荷生,宋祥甫,邹国燕.太湖流域水环境综合整治与生态修复[J].水利水电科技进展,2008,28(3):76-79.
- [6] 董哲仁.生态水工学探索[M].北京:中国水利水电出版社,2007:225-255.