

利用生态疏浚弃土恢复太湖西沿岸 湖滨带的水动力影响

周 杰¹, 张建华², 王 勇¹, 蒋 咏²

(1. 南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029; 2. 江苏省水资源服务中心, 江苏 南京 210029)

摘要:通过数值模拟、经验公式分析等方法,研究了太湖西沿岸恢复湖滨带的水动力影响。适当宽度湖滨带的恢复不会改变大太湖风生流环流结构,对局部流速大小的影响范围仅 100 m,入湖淤港行洪水位影响不超过 1.2 cm。湖滨带有效阻断了沿岸泥沙输运,入湖淤港口门的泥沙淤积将得到改善。为保护湿地滩面,减少蓝藻入芦苇,建议湖滨带外侧修建生态式保滩防波堤。

关键词:湖滨带; 清淤; 水动力; 生态修复

中图分类号:TV871

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2020)10-0021-03

Analysis of hydrodynamic influence on the restoration of the west lakeside belt of Taihu Lake by ecological dredging and abandoned soil

ZHOU Jie¹, ZHANG Jianhua², WANG Yong¹, JIANG Yong²

(1. Jiangsu Institute of Water Resources and Hydropower Research, Nanjing 210017, China;

2. Jiangsu Water Resources Service Center, Nanjing 210029, China)

Abstract: By means of numerical simulation and empirical formula analysis, the hydrodynamic effects of restoring lakeside belt along the west coast of Taihu Lake were studied. The restoration of the lakeside zone with an appropriate width would not change the circulation structure of the wind-driven currents in the Great Taihu Lake, the impact on the local velocity was only 100 m, and the impact of the flood level into the lake port was no more than 1.2 cm. The lakeside zone effectively blocked the transportation of sediment along the coast, and the sedimentation of the sediment into the port of the lake would be improved. In order to protect the wetland beach surface and reduce the introduction of blue algae into the reeds, it's recommended to build an ecological beach protection breakwater outside the lakeside zone.

Key words: lakeside zone; dredging; water power; ecological restoration

20 世纪 50 年代初,太湖是我国典型的平原地区“草型”清水湖泊^[1]。但随着社会经济的快速发展,人类过度挤占湖滨带,入湖污染负荷急剧上升,使得湖泊水环境遭到破坏,生态系统开始退化。

湖滨带是湖泊生态系统的重要组成部分,对维持湖泊生态系统健康和改善水环境功能具有积极作用。湖滨带植物具有涵养水源、提供栖息地、净

化水质、调节微环境气候因子、减弱风浪对堤岸侵蚀、美化环境等多重作用。太湖挺水及沉水植物对水体氮、磷具有较强的吸收富集能力^[2]。因此,湖滨带生态修复已经成为控制湖泊富营养化的重要手段之一^[3]。实践证明,恢复良好的湖滨带植物可显著提高湖泊水体的自净能力、促进生物多样性^[4]。

太湖存有大量有机质含量较高底泥,也是太湖

收稿日期:2020-01-06

基金项目:江苏省水利科技项目(2018006,2018001);国家自然科学基金项目(51479121)

作者简介:周杰(1976—),男,教授级高级工程师,博士,主要从事环境水力学数值模拟研究。E-mail:jzhou@nhri.cn

重污染湖湾如竺山湾、梅梁湾经常发生的“湖泛”的物质基础^[5]。疏浚去除了富含有机质和大量具有微生物活性的表层底泥,底泥耗氧量大幅减小,有效抑制了“湖泛”^[6]。

由于太湖生态清淤量较大,在环湖土地资源稀缺、一轮清淤排泥场大量占用的情况下,如何妥善解决底泥出路是工程实施需要特别关注的关键技术问题之一。同时,太湖湖滨带生态修复过程中的生境构建也需要大量的土方来源。为此,在上述背景下,有必要将清淤底泥与生态修复结合,利用清淤底泥实施滨水生态湿地建设。

利用生态疏浚弃土恢复太湖湖滨带势必影响湖流,波浪等水动力条件。为此,需要在生态清淤经验的基础上进一步研究恢复太湖湖滨带与太湖波流及防洪的影响关系。

1 湖滨带恢复试点方案

太湖西沿岸原生长有非常几百米甚至几公里宽以芦苇为主的湖滨带。随着太湖流域防洪能力的加强,太湖平均水位和防洪控制水位均抬升约 0.2 m,湖滨带水深的增加直接影响了芦苇萌芽生长。同时,受到太湖防洪直立大堤的影响,波浪撞击反射能量增加,加上水位的变化导致西沿岸湖滨带受到风浪袭击的时间增加,湖滨带逐渐消亡。为恢复湖滨带,必须解决 3 个关键问题,一是合适的水深,应在不影响防洪库容的条件下比太湖平均水位 3.2 m(吴淞高程,以下同)低 0.2~0.3 m 为宜;二是防浪保滩;三是湖滨带修复不影响防洪,对大太湖湖流结构不产生危害性影响。

上海勘测设计研究院有限公司根据上述条件初步提出了太湖西沿岸生态修复带试点方案。该方案根据生态清淤位置和疏浚量优化规划了两片,南片从黄渎港到朱渎港,长约 2 km,北片从陈东港到茭渎港,长约 4.5 km。宽度除了社渎港到官渎港为 530 m 宽外,其余都是 500 m 宽。湿地滩面标高均为 3.0 m,以恢复芦苇湖滨带。滩地建设采用生态清淤的底泥,经围堰内低位真空预压后种植芦苇,施工期间的余水经处理后由水泵抽取到上游 1.5 km 处排放。

2 湿地滩面波浪特性计算分析及湖滨带恢复对湖流的影响

为分析湖滨带恢复方案波浪特性,模拟计算了太湖处于高水位 3.8 m 时东南风 5 m/s(常遇大

风)、10 m/s、15 m/s(7 级风)、20 m/s(9 级风)、30 m/s(11 级风)作用下太湖风浪场。计算模拟得到如表 1 所示的湖滨带波浪特性统计结果。

表 1 3.8m 水位条件下东南风西沿岸湖滨带波浪特性统计

风速/ (m·s ⁻¹)	外缘 波高/m	外缘 波长/m	滩面 波高/m	滩面 波长/m
5	0.24	4.2	0.17	4.6
10	0.31	4.2	0.20	4.6
15	0.46	4.2	0.21	4.6
20	0.82	4.2	0.29	4.6
30	0.94	4.2	0.33	4.6

在波浪运动的情况下,床面平均切应力为

$$\tau_w = \frac{1}{2} \rho f_w U_b^2 \quad (1)$$

式中: f_w 为波浪摩擦系数,一般取 0.47; U_b 为水平平均近底波浪轨道速度, m/s, $U_b = \frac{2H_s}{T_z} \frac{1}{\sinh\left(\frac{2\pi h}{L}\right)}$,

H_s 为有效波高; T_z 为跨零周期; h 为水深; L 为波长。

根据模拟波浪要素分析,湿地滩面与太湖衔接处风速大于 5 m/s 时,底部床面切应力均达到 0.1 Pa,高于底泥起动临界切应力 0.05 Pa^[7]。即在大于 5 m/s 东南风作用下,滩面将处于坡脚风浪淘刷后退。故应对滩面坡脚进行波浪防护。

通过模拟计算不同水位条件下东南风时湿地滩面的波浪要素。计算结果表明,10 m/s 以上东南风时湖滨修复带滩面有效波高为 0.2~0.7 m,对滩面的扰动应力将达到 10 Pa 以上,扰动很强,影响芦苇生长。

芦苇的防风防浪能力非常强,吴昊天等^[8]认为太湖西沿岸可以建设芦苇护岸。但鉴于近年来太湖西沿岸芦苇仍在进一步消退,加上自然条件下波流可将大量蓝藻携带入芦苇,死亡后发臭,影响周围环境。基于以上认识,认为在湿地滩面外侧建设保滩防波堤是十分必要的,既可保护湿地滩面,又可以减少蓝藻入芦苇。

为分析工程建设对风生流的影响,模拟计算了试点方案前后东南风 3.2 m/s(太湖平均风速)作用下太湖风生流流速场,如图 1 所示。太湖西沿岸恢复湖滨带不会改变大太湖风生流环流结构,受防波保滩潜堤和湖滨带湿地的影响,局部流线向湖心发展约 500 m。受湖滨带湿地对流线束缚的影响,工程外侧 100 m 范围内风生流流速增加约 10%~20%。

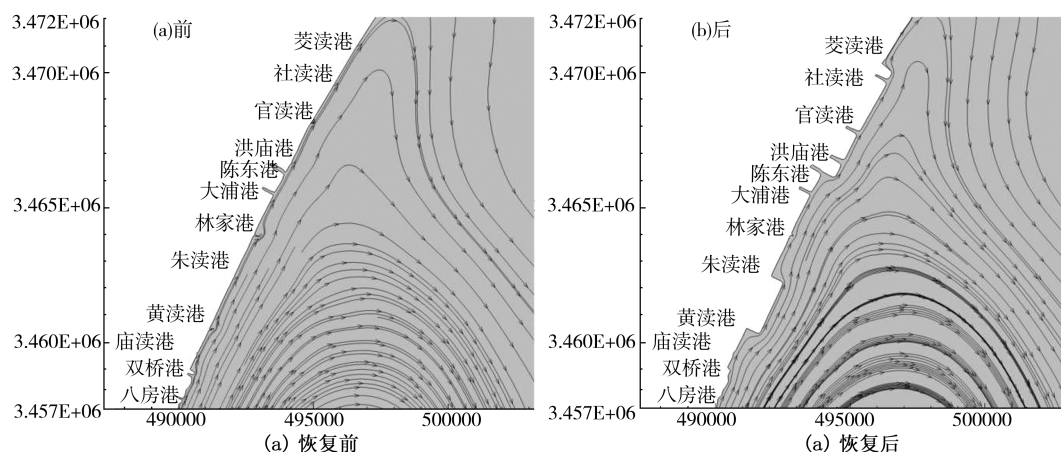


图1 恢复湖滨带前后湖流对比

3 影响分析

根据巡测资料,陈东港的行洪流量较大,监测到的最大行洪流量为2016年7月3日 $545\text{ m}^3/\text{s}$ 。由于陈东港口门北岸岸线向南突出,自然条件下,行洪时入湖水流偏向南侧向湖中心扩散,离岸扩散距离约 1.0 km 后才有水流向北侧流动,正好绕过口门北侧的湿地。故湿地的建设,对陈东港行洪影响非常小。经统计,最大记录行洪流量条件下,湿地建设后城东港大桥处水位增幅为 1.2 cm 。

试点方案湖滨带湿地滩面高程 3.0 m ,比太湖最低旬平均水位 2.8 m 高 0.2 m ,约占用太湖调蓄库容 65 万方 ,仅约占调蓄库容的万分之一,影响甚微,可通过望虞河二期工程等工程措施扩大太湖排江能力得以补偿。

太湖底泥运动主要受风浪的影响。经调查和研究,普遍认为当风速超过 4 m/s 时,太湖底泥开始再悬浮。当风速达到 $8\sim 10\text{ m/s}$ 时,底泥运动活跃,为主要输沙过程。经模拟分析,大风期间波致流流速量级为 $0.05\sim 0.4\text{ m/s}$ 。输沙方向为沿岸向北,并向岸方向。湖滨带的建设将对入湖溇港口门波浪和波致流都产生较好的掩护和屏蔽作用,入湖溇港口门的泥沙淤积将得到有效改善。部分入湖溇港口门仅北侧单侧恢复湖滨带,口门的泥沙淤积将有所增加。为防止此负面影响,可在口门南侧修建防沙堤。

4 结论和建议

恢复良好的湖滨带植物可显著提高湖泊水体的自净能力、促进生物多样性。清淤是抑制太湖“湖泛”的有效措施。清淤与湖滨带修复相结合,利用清淤弃土构建湖滨带湿地是富营养化浅水湖泊

治理一举两得的好途径。

适当宽度湖滨带的恢复不会改变太湖风生流环流结构,受湖滨带湿地对流线束缚的影响,湖流流线向湖心发展约 500 m ,工程外侧 100 m 范围内风生流流速增加约 $10\%\sim 20\%$ 。

湖滨带恢复后入湖溇港行洪影响甚微,最大水位增幅不超过 1.2 cm 。

湖滨带植物将有效阻断沿岸泥沙输运,入湖溇港口门的泥沙淤积将得到改善。部分入湖溇港口门仅北侧单侧恢复湖滨带,口门的泥沙淤积将有所增加。为防止此负面影响,可在口门南侧修建防沙堤。湖滨带外侧应修建生态式保滩防波堤,既可保护湿地滩面,又可以减少蓝藻入芦苇。

参考文献:

- [1] 成小英,李世杰. 长江中下游典型湖泊富营养化演变过程及其特征分析[J]. 科学通报, 2006(7):848-855.
- [2] 刘燕. 太湖常见水生植物及群落对水体净化能力研究[D]. 南京:南京林业大学, 2013.
- [3] 李春华,叶春,陈小刚,等. 太湖湖滨带植物恢复方案研究[J]. 中国水土保持, 2012(7):35-37.
- [4] YE C, LI C H, YU H C, et al. Study on ecological restoration in near-shore zone of a eutrophic lake, Wuli Bay, Taihu Lake[J]. Ecological Engineering, 2011, 37(9):1434-1437.
- [5] 陆桂华,马倩. 太湖水域“湖泛”及其成因研究[J]. 水科学进展, 2009, 20(3):438-442.
- [6] 樊尊荣,李奇云,刘歆. 竺山湖清淤工程的生态效益[J]. 江苏水利, 2020(2):21-24.
- [7] 逢勇,庄巍,韩涛,等. 风浪扰动下的太湖悬浮物实验与模拟[J]. 环境科学, 2008(10):2743-2748.
- [8] 吴昊天,王振友,宋意勤,等. 环太湖西段大堤加固植苇护岸可行性讨论[J]. 江苏水利, 2018(7):24-28, 33.