

江苏省里下河腹部地区河湖连通后的水动力提升效果模拟

李 港¹, 林妙丽¹, 姚斯洋^{1,2}

(1. 南京水利科学研究院生态环境研究所, 江苏 南京 210029; 2. 武汉大学 水利水电学院, 湖北 武汉 430072)

摘要:里下河湖泊湖荡的水动力状况优劣对于湖区水质及周边地区的供水安全具有重要意义。通过概化里下河湖泊河网水系,分析了退圩及河道挖深前后的地形变化,利用 EFDC 模型模拟了穿湖河道挖深前后的里下河湖泊湖荡及河网水动力情况。结果表明:穿湖河道挖深后里下河湖泊湖荡整体的水动力情况有了一定的改善,尤其是广洋湖、大凹子圩、射阳湖等中北部湖泊水动力提升效果显著,水动力弱区面积有了明显的减少。本研究结果可为里下河湖泊湖荡连通规划提供一定的参考。

关键词:湖泊湖荡; EFDC; 水动力; 里下河

中图分类号:TV851

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2022)01-0010-04

Simulation of hydrodynamic lifting effect after connecting rivers and lakes in Lixia River area of Jiangsu Province

LI Gang¹, LIN Miaoli¹, Yao Siyang^{1,2}

(1. Institute of Eco-Environment, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China;

2. School of Water Resources and Hydropower Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: The hydrodynamic status of the lakes in the Lixia River area is of great significance to the water quality of the lake area and the water supply safety of the surrounding areas. By generalizing the lake and river networks of the Lixia River, the topographic changes before and after returning polder land to lake and deepening channel were analyzed, and the EFDC model was used to simulate the hydrodynamic conditions of the Lixia River and the lake and river networks before and after the deepening of the channel across the lake. The results show that: after the river crossing the lake was dug deep, the overall hydrodynamic condition of the lakes in Lixia River have been improved, especially in the mid-north lakes such as Guangyang Lake, Daaosiwei, Sheyang Lake, and the area of weak hydrodynamic area has been significantly reduced. The results can provide some references for the planning of the connection of the lakes in Lixia River area.

Key words: Lakes; EFDC; Hydrodynamic; Lixia River

里下河地区湖泊湖荡是天然的调蓄水体,大多是漫滩排水,但由于圈圩和围网养殖过度,大大缩小了荡区行水通道的过水断面,自由水面萎缩严重^[1-2]。同时,盲目圈圩和围网造成行水通道淤堵

严重,严重影响了部分排水通道口门,使原湖荡的泓道封堵、缩窄、淤浅,外河网堵塞严重,水系混乱,互为干扰,圩内虽留有通道,但远远小于老河道的过水面积,水流堵塞严重,难以发挥其应有的行水

收稿日期:2021-06-06

基金项目:江苏省水利科技项目(2019004,2017001ZB)

作者简介:李港(1997—),男,硕士,主要从事水资源保护及水利规划相关工作。E-mail: gangli_rcee@163.com

功能^[3]。近些年来,随着江苏省退圩还湖工作的推进,里下河各湖区的退圩还湖方案相应出台和实施,同时,退圩还湖后进行湖泊湖荡与河网水系的连通对湖区水动力可能存在一定的改善作用。而数学模型则可以提前进行河湖连通效果的模拟和论证,对于未来河湖连通的规划以及恢复里下河地区的水资源供给能力具有重要意义。

本研究结合江苏省退圩还湖规划方案以及总体布局,将独立的湖泊湖荡与“六纵六横”骨干河道有机连通,构建“三线贯通”的河湖串联格局,利用数学模型模拟河湖连通后湖泊湖荡的水动力改善效果,为未来相应的河湖连通规划提供一定的参考。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

里下河腹部地区位于江苏省中部,地处 32°30' ~ 33°40' N, 119°20' ~ 120°10' E, 东临通榆河, 西贴里运河, 北起苏北灌溉总渠, 南至新通扬运河, 主要涵盖 8 个县(市、区), 总面积为 11 722 km²。里下河腹部地区地势四周高、中间低, 呈蝶形洼地, 水系复杂, 为典型的平原河网地区。该地区属亚热带湿润季风气候^[4], 年平均气温为 14 ~ 15 °C, 年降水量为 500 ~ 1 400 mm。里下河腹部地区涵盖射阳湖、大纵湖、喜鹊湖等 41 个零星分散的湖泊湖荡。江苏省政府 2006 年批复的《江苏省里下河腹部地区湖泊湖荡保护规划》中明确湖泊湖荡群保护范围为 695 km²。由于围圩养殖, 水域面积过度开发, 目前里下河湖泊湖荡群的自由水面面积仅为 58.1 km² 左右^[5]。

1.2 数据资料

本研究地形分为河道地形和湖泊湖荡地形两部分, 地形数据均来自江苏省水利勘测设计研究院提供的河道实测数据(国家 85 高程, 比水文资料的废黄河高程高 0.17 m, 下同)。水文数据包括泰州引江河、新通扬运河、盐邵河、戚墅河、南澄子河、北澄子河、东平河、横泾河、六安河、子婴河、芦汜河、向阳河、宝射河、大泾河、大溪河、窑头河、十字河、塘河与头溪河 19 条入流河道以及射阳河、黄沙港、新洋河、新团河、白涂河、何垛河、方塘河与贾家河 8 条出流河道的逐日实测平均流量、水位。气象数据来自中国气象数据共享网(<http://cdc.cma.gov.cn/index.jsp>), 选择能代表里下河地区气象特征的高邮站(编号: 58241)作为气象站点。

1.3 模型原理

采用 EFDC (environmental fluid dynamics codes) 模型模拟里下河腹部地区整体退圩还湖后的河湖连通水动力变化。该模型是由威廉玛丽大学维吉尼亚海洋科学研究所(VIMS, Virginia Institute of Marine Science at the College of William and Mary) 的 John Hamrick 等开发的三维地表水水质数学模型, 可实现河流、湖泊、水库、湿地系统、河口和海洋等水体的水动力和水质模拟, 是一个多参数有限差分模型^[6]。EFDC 模型控制方程简要描述如下:

质量守恒:

$$\partial_t(m_x m_y H) + \partial_x(m_y H u) + \partial_y(m_x H v) + \partial_z(m_x m_y w) = Q_H + \delta(0)(Q_{ss} Q_{sw}) \quad (1)$$

动量守恒(仅 x 方向):

$$\begin{aligned} & \partial_t(m_x m_y H u) + \partial_x(m_y H u u) + \partial_y(m_x H v u) + \\ & \partial_z(m_x m_y u w) - f_c m_x m_y H v = -m_y H \partial_x(p + p_{atm} + \varphi) + \\ & m_y(\partial_x Z_b^* + z \partial_x H) \partial_z p + \partial_z(m_x m_y \frac{A_v}{H} \partial_z u) + \\ & \partial_x(\frac{m_y}{m_x} H A_H \partial_x u) + \partial_y(\frac{m_y}{m_x} H A_H \partial_y u) - \\ & m_x m_y c_p D_p (u^2 + v^2)^{1/2} u \end{aligned} \quad (2)$$

式中: u 和 v 分别为无量纲正交曲线水平坐标系下 x 和 y 方向流速分量; w 为拉伸坐标系统下垂向 z 速度; m_x 和 m_y 分别为 x 和 y 方向水平坐标比例因子; Z_b^* 为河床处的垂向坐标; H 为水深; p_{atm} 为大气压; f 为科氏力加速度; A_H 为水平涡黏系数, 正比于水平湍流应力; A_v 是垂向湍流应力, 正比于垂向湍流系数, 与水平速度分量的垂向剪应力有关; c_p 是阻力系数; D_p 是单位面积上垂直于流动方向的单位植被面积投影。

2 结果分析

2.1 湖泊河网水系概化分析

里下河腹部地区湖泊湖荡及河网的概化结果如图 1 所示。湖泊按照东边以串场河和通榆河为界, 南边以新通扬运河为界, 西边以里运河为界, 北边以苏北灌溉总渠为界。里下河腹部地区出入湖区有众多河道, 并与里下河地区骨干河网相连, 内部无明显的水系周界, 水文情势较复杂。里下河腹部地区的水流走向大致是南边通过南水北调东线工程的源头(芒稻河和泰州引江河)引水, 再通过三阳河与盱订河两条干流进入腹部地区; 西边主要通过向阳河等主要河道从高邮湖和邵伯湖引水进入腹部地区; 北边主要通过窑头河、十字河等河道从

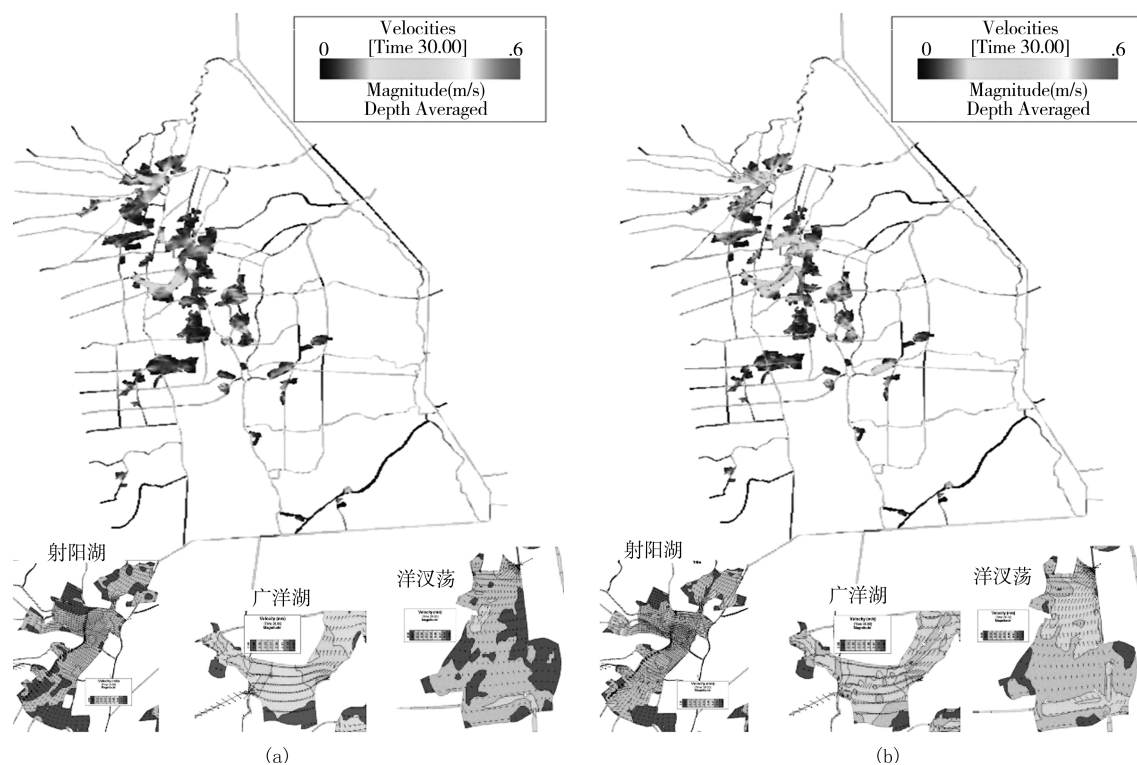


图3 穿湖河道疏通前后里下河湖泊湖荡整体及细部水动力变化对比

参考文献:

- [1] 何欣霞,陈诚,董建玮,等. 江苏里下河腹部地区湖泊湖荡春季浮游植物群落结构和营养状态[J]. 环境科学学报, 2019, 39(8):2626-2634.
- [2] HE X X, CHEN C, HE M N, et al. 2021. Landscape index for indicating water quality and application to master plan of regional lake cluster restoration[J]. Ecological Indicators, 2021, 126:107668.
- [3] 张毅,曾群,陈玉华,等. 20世纪50-70年代的围湖垦殖与江汉平原湖泊湿地演化[J]. 湿地科学与管理, 2009, 5(2):52-55.
- [4] 张贤芳. 苏北里下河地区末次冰期中晚期气候与环境演变研究[D]. 南京:南京师范大学, 2012.
- [5] 毛媛媛,兰林,张颖,等. 里下河地区河湖水生态保护与修复措施研究[J]. 江苏水利, 2015(3):1-2.
- [6] 孙丽娜,李一平,张其成,等. EFDC模型在三白荡二维水流数值模拟中的应用[J]. 江苏水利, 2021(3):15-20.

(上接第9页)

参考文献:

- [1] 张莉萍,邱德俊,许宝田. 节理化软岩开挖边坡变形及稳定性分析[J]. 江苏水利, 2017(3):41-45.
- [2] 邱德俊,何菁,许宝田. 岩体结构对软岩边坡破坏模式的影响分析[J]. 江苏水利, 2017(8):20-24.
- [3] 中华人民共和国水利部. 水利水电工程边坡设计规范[S]. 北京:中国水利水电出版社, 2007:6.
- [4] 杨春和,包宏涛,王贵兵. 岩体节理平均迹长和迹线中点面密度估计[J]. 岩石力学与工程学报, 2006, 25(12):2475-2480.
- [5] 胡惠华,张鹏,龚道平. 反倾硬质岩高陡斜坡变形破坏机制分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2020, 12(增刊2):3367-3377.