

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2018.06.06

基于流域洪水危险分析的社工坑整治方案

刘曾美^{1,2},冯斯安^{1,2},蓝福鹏^{1,2},陈斯达^{1,2},梁华³,费开轩³

(1. 华南理工大学土木与交通学院,广东 广州 510640; 2. 广东省水利工程安全与绿色水利工程技术研究中心,广东 广州 510640; 3. 广东省水利水电科学研究院,广东 广州 510610)

摘要:为优化位于广州市白云新机场配套综合开发区范围内的社工坑整治方案,采用 MIKEFLOOD 耦合一维 MIKE11 和二维 MIKE21 水动力模型对铁山河流域进行洪水危险分析,模拟流域遭遇不同重现期洪水时的淹没状况。洪水危险分析结果表明,当遭遇 20 年一遇设计洪水时,社工坑流域淹没面积达 4.03 km²,最大淹没水深达 0.93 m,淹没区域主要位于开发强度较大的中下游地区,而干流铁山河下游段尚有一定行洪能力;提出新建两条支涌将社工坑中下游洪水引入铁山河下游的整治方案。

关键词:流域洪水;危险分析;MIKE 模型;数值模拟;河道整治;中小河流;社工坑;铁山河

中图分类号:TV87;X43 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-6933(2018)06-0038-06

Regulation scheme of Shegong River based on watershed flood hazard analysis

LIU Zengmei^{1,2}, FENG Sian^{1,2}, LAN Fupeng^{1,2}, CHEN Sida^{1,2}, LIANG Hua³, FEI Kaixuan³

(1. School of Civil Engineering and Transportation, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China; 2. Guangdong Engineering Technology Research Center of Safety and Greenization for Water Conservancy Project, Guangzhou 510640, China; 3. Guangdong Research Institute of Water Resources and Hydropower, Guangzhou 510610, China)

Abstract: In order to optimize the regulation scheme of Shegong River located in the comprehensive development area of Guangzhou Baiyun international airport, a flood hazard analysis for the Tieshan River watershed was made by coupling one-dimensional MIKE11 and two-dimensional MIKE21 hydrodynamic model with the MIKEFLOOD to simulate the basin inundation situations in the case of the floods in different recurrence periods. The results show that the area of flooding inundation range in Shegong River basin is 4.03 km², the maximum inundation depth is 0.93m, and the inundated area is mainly located in the middle and lower reaches with strong development intensity, while there is a certain flood discharge capacity in the lower reaches of Tieshan River when encountering the flood with a return period of 20 years. A regulation scheme that two new branches should be built to pit the flood in the middle and lower reaches of Shegong River into the lower reaches of Tieshan River was drawn up.

Key words: watershed flood; hazard analysis; MIKE model; numerical simulation; river regulation; small and medium-size rivers; Shegong River; Tieshan River

河道整治,通常针对拟整治的河道,结合现状河道下的洪水危险分析成果,拟订几种河道整治方案,然后计算各拟订方案的河道水面线,推求河道堤顶高程,再综合考虑工程量、征地补偿费用等因素,优选河道整治方案。对于单一河道,通常采用恒定非均匀流能量方程推求水面线^[1-3];而对于复杂河段或河网地区河流,一般采用水动力模型推求水面线,其中,MIKE 模型在工程实践中应用较为广泛^[4-8]。对现状

基金项目:国家自然科学基金(41371498);广东省水利科技创新项目(2011-18,2016-27)
作者简介:刘曾美(1970—),女,副教授,博士,主要从事水利规划与防灾减灾研究。E-mail:liuzm@scut.edu.cn

河道下的洪水危险分析,通常假设堤防高程足够高,若计算设计水位超过实际堤防高程,则表明洪水实际上漫过堤防^[9-10],但尚无法了解洪水淹没状况,故可能不利于拟定合适的河道整治方案。洪水淹没状况必须基于实际堤防状况来模拟计算,对于河道较宽的河流可直接应用二维 MIKE21 模型来模拟洪水的演进过程^[11-12],而对于河道不宽的小河流可应用 MIKEFLOOD 耦合一维 MIKE11 模型和二维 MIKE21 模型来模拟洪水漫堤后的演进过程^[13-16]。在中小河流整治中,必须统筹兼顾、因地制宜,把握好整体和局部关系,将中小河流整治纳入整个流域防洪体系中统筹考虑,充分考虑下游河段和干流洪水承受能力,才能找到合理的整治方案。本文以位于广州市白云新机场配套综合开发区的铁山河支流社工坑为研究实例,基于 MIKEFLOOD 耦合一维 MIKE11 模型和二维 MIKE21 模型进行流域洪水危险分析,研究优化河道整治方案。

1 研究区域概况

随着广州市白云新机场建设,花都区花山镇被纳入机场配套综合开发区范围。社工坑是铁山河(河段长 13.4 km)支流,发源于花山镇铁山新村,由北向南流入铁山河,全长 7.98 km,流域面积 9.58 km²,河道平均坡降 3.4‰。铁山河流域面积 58.3 km²,流域地形图见图 1。社工坑是花山镇中部地区的主要灌溉和行洪渠道,河道中多处建有水陂以抬高水头便于自流灌溉引水。随着流域内土地开发利用,社工坑的灌溉功能逐渐减小,生态景观用水功能突出。目前铁山河已按 20 年一遇的标准予以防洪达标整治,而社工坑河道基本处于天然状态,河道迂回曲折、狭窄、淤积

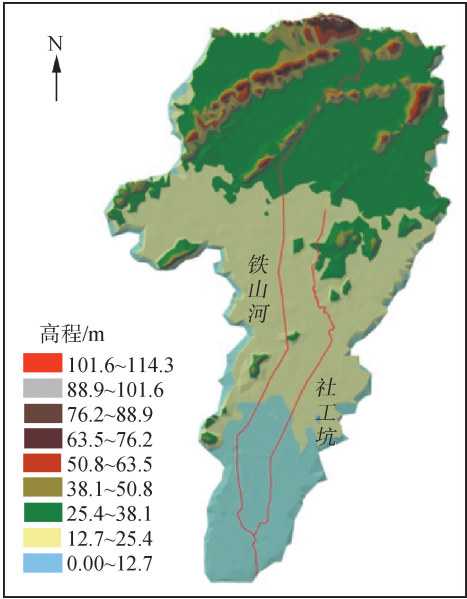


图 1 铁山河流域地形及河网现状

严重,加之河道上有很多水陂工程,导致每逢暴雨易发生洪水漫溢,两岸平原地区积水成灾,对当地的生产和生活造成严重影响,严重破坏了当地的生态环境,因此,拟对社工坑进行河道规划整治。

花山镇人口小于 20 万,属于一般城镇,根据 GB 50201—2014《防洪标准》的规定,防洪标准采用 50~20 年重现期,根据《广州市花都区水系规划》,社工坑近期防洪标准采用 20 年一遇,远期为 50 年一遇。

2 模型构建

根据地形条件及可能的淹没范围,选取整个铁山河流域,北至社工坑源头及铁山河的三夹水闸、南至铁山河河口,形成一个全流域概化水系(图 2)。

2.1 一维模型

MIKE11 基本方程组为一维非恒定流圣维南方程组,方程采用 Abbott-Ionescu 六点隐式差分格式求解。

a. 河网概化及水工建筑物设置。根据研究区域的基础地理信息数据提取河流中心线坐标构建社工坑河道一维模型(MIKE11)河网文件,在河网文件中加入设置用于抬高水位以自流灌溉引水和营造景观水位的滚水堰,堰流过水能力 Q 计算式为

$$Q = \begin{cases} C_1 W (H_{us} - H_w) \sqrt{(H_{us} - H_w)} & (H_{ds} - H_w)/H_{us} < 2/3 \\ C_2 W (H_{us} - H_w) \sqrt{(H_{us} - H_{ds})} & (H_{ds} - H_w)/H_{us} \geq 2/3 \end{cases} \quad (1)$$

式中: H_{us} 为堰前水位, m; H_{ds} 为堰后水位, m; H_w 为堰顶高程, m; W 为堰宽, m; C_1 为第一堰流系数, $C_1 = m \sqrt{2g}$, 其中 m 为流量系数,驼峰堰型的流量系数取 0.42; C_2 为第二堰流系数, $C_2 = 1.5 \sqrt{3} C_1$ 。

b. 河道断面设置。根据社工坑实测统计断面资料及铁山河河道断面设计资料设置河道断面文件,平均 50 m 一个断面,共设置河道断面 427 个。河道概化及河网文件图见图 3。

2.2 二维模型

MIKE21 属于平面二维自由表面流模型,采用有限体积法求解平面二维浅水方程。

a. 网格划分。社工坑流域河道外地表部分应用二维水动力模型(MIKE21),采用结构性格网(矩形网格)对研究区域进行剖分,为保证模型计算精度及计算效率,设置网格大小为 50 m × 50 m,共剖分网格 28 800 个。

b. 高程插值。在 1:2 000 比例尺实测地形图提取地形高程点,导入 MIKE21 网格文件中进行网格高程插值,插值得研究区域地形网格图,不考虑风况、波浪及涡流的影响。

进行模型验证,经对比分析可得,本次计算各断面水位与铁山河可研报告中的设计水位差值在 0~0.18 m (表 2),可认为模型合理,满足精度要求。

表 2 铁山河一维模型水面线成果对比

位置	桩号	铁山河可研报告中设计水位/m	本次计算水位/m	误差/m
7 号堰	TSH3 + 720	13.02	13.03	-0.01
8 号堰	TSH5 + 640	16.77	16.95	-0.18
9 号堰	TSH6 + 570	19.31	19.26	0.05
10 号堰	TSH7 + 200	21.21	21.27	-0.06
11 号堰	TSH8 + 180	23.6	23.69	-0.09
12 号堰	TSH8 + 700	26.16	26.34	-0.18
13 号堰	TSH9 + 640	28.81	28.69	0.12
14 号堰	TSH11 + 210	31.69	31.74	-0.05
15 号堰	TSH11 + 800	33.68	33.72	-0.04

b. 二维模型验证。实际调研结果显示:社工坑暗渠处、社工坑以南城镇区域易遭受洪水危险,淹没范围较大;社工坑南段东湖居民安置区、工业园区、新华商业大道为易涝点,是研究区域受灾较为严重、经济损失较大的区域。模型计算成果与实际调研结果基本相符。可见,二维模型参数取值基本合理,耦合二维模型能够反映实际研究区域的洪水危险,具有较好的精度。

3 洪水危险分析

应用 MIKEFLOOD 耦合一维 MIKE11 模型和二维 MIKE21 模型,模拟现状河宽下设置了用于灌溉和生态景观用水的滚水堰的流域洪水淹没状况。模拟结果表明,社工坑天然河道无法达到 20 年一遇防洪标准,随重现期 2 年增加至 20 年,河道洪水漫过河岸,淹没范围从 0.93 km²增加至 4.03 km²,最大淹没水深从 0.33 m 增加至 0.93 m。社工坑桩号 SG3 + 750 以北暗渠处由于断面狭小阻碍行洪,在此处最先发生洪水漫溢,社工坑桩号 SG5 + 600 断面以南为经济发达的城镇区域,该区域淹没范围和淹没水深较大;而铁山河能通过 20 年一遇洪水,且行洪能力尚有富余。流域模拟洪水淹没成果见表 3。在遭遇 2 年、5 年、10 年、20 年一遇洪水工况下的最大淹没水深及淹没范围随时间变化见图 5,模型模拟淹没范围见图 6。由图 5(d)和图 6(d)可见,当遭遇 20 年一遇设计洪水时,社工坑下游淹没非常严重,而铁山河没有淹没,其下游行洪能力还有富余。

表 3 研究区域洪水淹没范围水深统计

洪水重现期	淹没范围/km ²	最大淹没水深/m
2 年	0.93	0.33
5 年	2.47	0.59
10 年	3.12	0.70
20 年	4.03	0.93

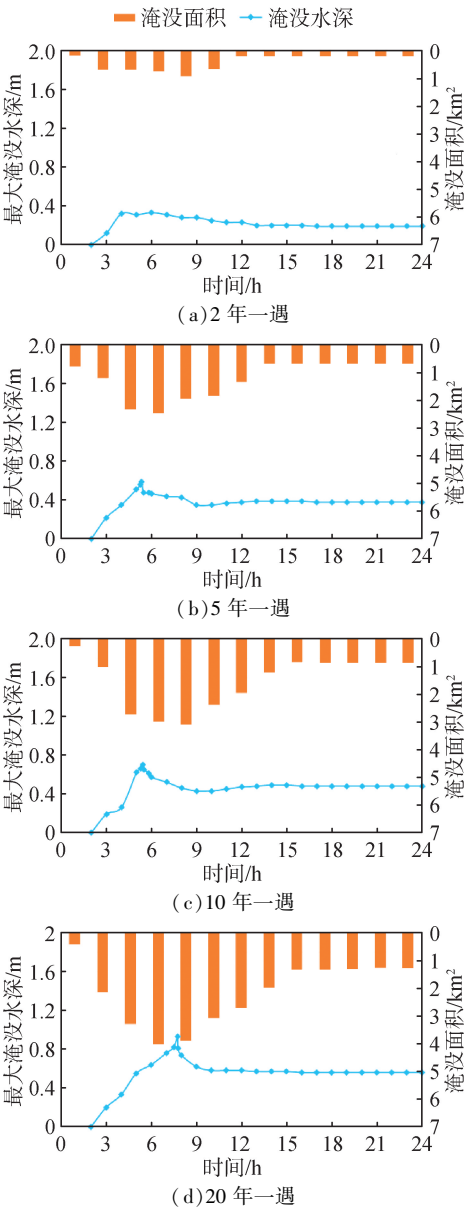


图 5 最大淹没水深及面积变化

4 河道整治方案

4.1 河道整治方案拟定

根据铁山河流域洪水危险性分析成果以及实地调查情况,确定社工坑河道存在的主要问题为:①社工坑桩号 SG3 + 750 以北段存在长约 400 m 暗渠,断面仅 4 m 宽,深度较小,行洪能力不足 2 年一遇,严重阻碍行洪,暗渠两侧为建筑用地,征地拆迁有一定难度;②社工坑下游为较为发达的城镇区域,SG5 + 600 桩号断面以南的河道两岸被严重侵占,导致河道行洪能力不足 5 年一遇,且洪水淹没范围及淹没水深较大。

根据上述存在的主要问题,首先必须对暗渠段揭盖,并提高河道行洪能力,但采取何种方式尚需进行方案比较论证;其次,社工坑下游洪水淹没范围及淹没水深较大,若修建堤防,征地拆迁量大、费

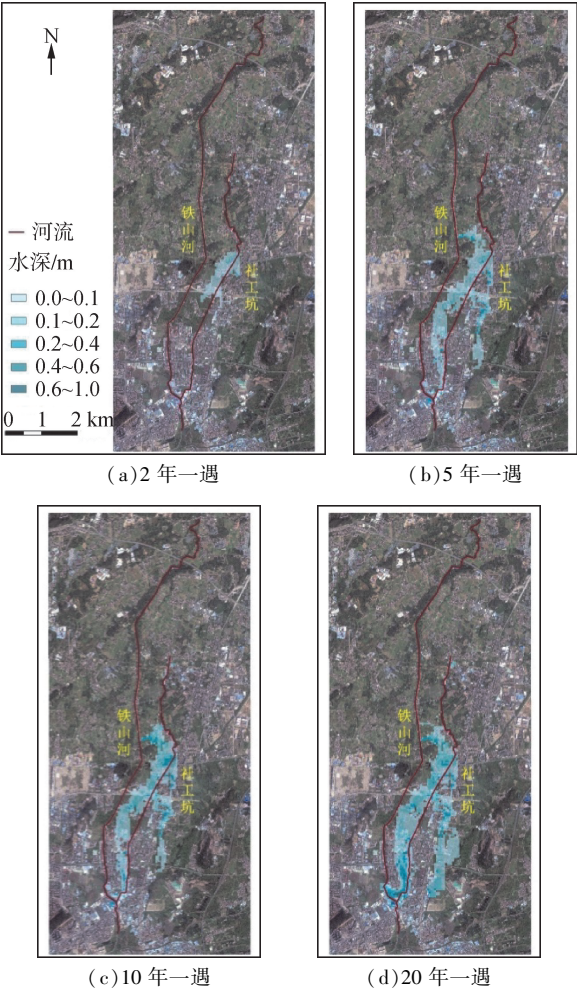


图6 研究区域洪水淹没范围

用高,拆迁工作困难,更加重要的是,修建后的堤防高度至少高出地面 1.5 m,与周围环境不协调,而铁山河下游段尚有一定行洪能力。综合考虑各种因素,在桩号 SG5 + 600 断面处修建水闸阻断水流,并在闸前开辟一条支涌(支涌一),将社工坑中下游洪水直接引入铁山河。据此拟定如下两种方案(图7):①方案一,拓宽桩号 SG3 + 750 以北长约 400 m 的原暗渠段;②方案二,保留桩号 SG3 + 750 以北原暗渠段,拟在原暗渠段前修建长约 800 m 的支涌二,将社工坑上中游洪水引入铁山河。

4.2 河道整治断面

河道两岸可结合绿化、公共用地形成生态河道或城镇景观,但占地面积大,需结合实际考虑征地难度和费用,同时还必须考虑节约用地,因此,社工坑的河道断面形式采用直斜结合的复式断面(图8),上下坡间设置 1.5 m 宽的亲水平台。亲水平台高程以 2 年一遇的水位来设计,亲水平台以上斜坡完全采取天然植被或人工植草皮的方式护坡,坡度为 1:2,平台以下的直墙采用砌石护坡。

4.3 方案比选

通过 MIKE11 模拟分析,当遭遇 20 年一遇设计

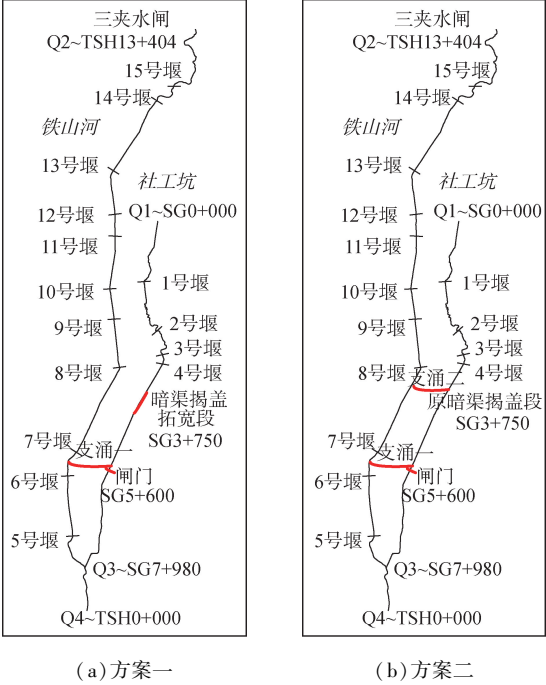


图7 社工坑河道整治方案示意图

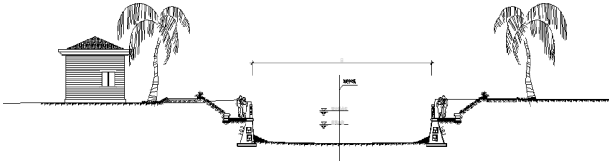


图8 规划整治的社工坑河道断面形式

洪水时,方案一和方案二的洪水水面线见图9,方案均不会对铁山河造成洪水威胁。

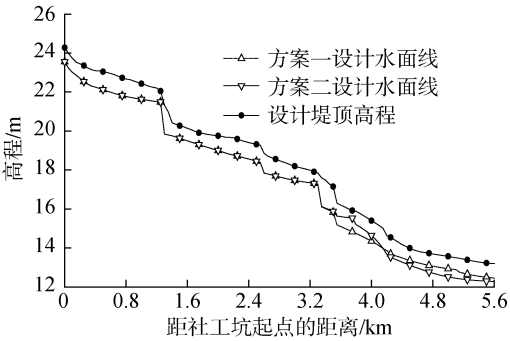


图9 社工坑 20 年一遇设计洪水水面线成果

由图9可见,方案一在原暗渠段的设计洪水水位较方案二平均低约 0.4 m,但在其下游段由于流量较大,设计洪水水位高于方案二,因为方案二修建的支涌二能够有效减轻下游河道洪水压力,在 20 年一遇洪水工况下能够分流 26 m³/s 至铁山河。方案二修建 800 m 长支涌二能够有效降低社工坑 SG4 + 200 ~ SG5 + 600 桩号断面之间 1.4 km 长河段的洪水水位以及支涌一的洪水水位,降低水位 0.10 ~ 0.44 m,效果显著。因此,尽管方案二修建长约 800 m 的支涌二,但方案一由于无支涌二分流,暗渠下游段流量大,其河道断面相较于方案二需进一步拓宽,所以

方案二的工程量仅略大于方案一。

关于征地拆迁补偿方面,方案一对 400 m 暗渠进行揭盖拓宽,拟拓宽地为建筑用地,下游段河道也需适度拓宽,拟拓宽地也多为建筑用地;方案二拟修建的支涌二征地范围现多为农田。两个方案具体的征地拆迁补偿情况见表 4。由表 4 可见,方案一因占用较多的建筑用地而导致征地拆迁费用较高。

表 4 征地拆迁费用统计结果

方案	总征地/面积 m ²	建筑用地/面积 m ²	农业用地面积/m ²	征地拆迁总费用/万元
一	76 850	11 861	64 989	3 907
二	87 301	3 385	83 915	3 076

注:建筑用地单价为 0.17 万元/m²;农业用地单价为 0.03 万元/m²。

由此可见,尽管方案二工程量略大于方案一,但方案二征地拆迁费用低于方案一。综合考虑工程量及征地拆迁费用,确定采取方案二作为社工坑河道整治方案,即修建支涌一和支涌二将社工坑中上游的洪水引入铁山河下游。

5 结 语

采用 MIKEFLOOD 耦合一维 MIKE11 和二维 MIKE21 水动力模型,模拟流域遭遇不同重现期洪水时的淹没状况,当分别遭遇 2 年一遇、5 年一遇、10 年一遇和 20 年一遇洪水时,社工坑流域的淹没面积分别达 0.93 km²、2.47 km²、3.12 km²和 4.03 km²,最大淹没水深分别达 0.33 m、0.59 m、0.70 m 和 0.93 m,淹没区域位于开发强度较大的中下游地区,而铁山河下游段尚有一定行洪能力。依据洪水淹没模拟成果,结合土地开发情况,拟定可能的社工坑整治方案,采用 MIKE11 模拟各方案结果,并综合考虑工程量、征地补偿费用以及环境协调性等,优化确定方案。

中小河流整治必须纳入流域防洪体系中统筹考虑,充分考虑下游河段和干流洪水承受能力,且结合洪水危险分析成果才能合理确定整治方案。

参考文献:

[1] 胡宇. 明渠水面线计算方法分析研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2008.

[2] 刘曾美,吴俊校,陈明. 河渠水面线推求方向的可行性研究[J]. 水利水运工程学报,2011 (1): 75-83. (LIU Zengmei, WU Junxiao, CHEN Ming. Feasibility study on the computational direction of flow profile of river and channel [J]. Hydro-Science and Engineering, 2011 (1): 75-83. (in Chinese))

[3] 刘曾美,吴俊校,陈明,等. 河渠水面线计算中几个关键问题探讨[J]. 灌溉排水学报,2010,29 (4): 121-125. (LIU Zengmei, WU Junxiao, CHEN Ming, et al. Study on a few key problems in the calculation of waterlevel line of

river and channel[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2010,29 (4): 121-125. (in Chinese))

[4] 罗全胜,许新勇. 黄河内蒙河段水流数值模拟研究[J]. 水利水运工程学报,2014 (5): 95-99. (LUO Quanshen, XU Xinyong. Flow numerical simulation for Inner Mongolia reach of the Yellow River [J]. Hydro-Science and Engineering, 2014 (5): 95-99. (in Chinese))

[5] 宋君. 苇套河重点河段治理规划中的水面线推求[D]. 大连:大连理工大学,2015.

[6] 蔡崇,袁文秀,刘俊,等. 基于 SWMM-MIKE11 耦合模型的桐庐县内涝风险评估[J]. 水资源保护,2016,32 (2): 57-61. (LUAN Mu, YUAN Wenxiu, LIU Jun, et al. Risk assessment of waterlogging in tonglu county based on SWMM-MIKE11 coupled model [J]. Water Resource Protection, 2016,32 (2): 57-61. (in Chinese))

[7] 苑希民,庞金龙,田福昌,等. 多溃口河网耦合模型在防洪保护区洪水分析中的应用[J]. 水资源与水工程学报,2016,27 (1): 128-135. (YUAN Ximin, PANG Jinlong, TIAN Fuchang, et al. Application of multi-breach river network coupling model in flood analysis of flood control protection zone[J]. Journal of Water Resources & Water Engineering, 2016,27 (1): 128-135. (in Chinese))

[8] 朱永澍,向龙,曹飞凤. 极端条件下联圩区外河网洪水安全研究[J]. 水资源保护,2016,32 (2): 62-66. (ZHU Yongshu, XIANG Long, CAO Feifeng. Research on flood safety in river network outside polder under extreme conditions[J]. Water Resources Protection, 2016,32 (2): 62-66. (in Chinese))

[9] 刘晓琴,刘国龙. MIKE11 模型在河道溃堤洪水模拟中的应用[J]. 水电能源科学,2017 (2): 71-74. (LIU Xiaoqin, LIU Guolong. Application research of levee-breach flood simulation using MIKE11 model[J]. Water Resources and Power, 2017 (2): 71-74. (in Chinese))

[10] 周宏,刘俊,刘鑫,等. MIKE11 模型在望虞河西控工程排涝计算中的应用[J]. 中国农村水利水电,2016 (1): 39-43. (ZHOU Hong, LIU Jun, LIU Xin, et al. The application of MIKE11 model to drainage calculation in west bank control project of Wangyu River [J]. China Rural Water and Hydropower, 2016 (1): 39-43. (in Chinese))

[11] 郭凤清,屈寒飞,曾辉,等. 基于 MIKE21 的湛江蓄滞洪区洪水危险性快速预测[J]. 自然灾害学报,2013,22 (3): 144-152. (GUO Fengqing, QU Hanfei, ZENG Hui, et al. Flood hazard forecast of Pajiang River storage and detention basin based on MIKE21 [J]. Journal of Natural Disasters, 2013,22 (3): 144-152. (in Chinese))

[12] 韩帅,马军,王淑云. MIKE 21 在莽山水库坝下河道数模中的应用[J]. 水利与建筑工程学报,2014 (3): 147-150. (HAN Shuai, MA Jun, WANG Shuyun. Application of MIKE21 in numerical simulation for river channel below dam of Mangshan reservoir [J]. Journal of Water Resources and Architectural Engineering, 2014 (3): 147-150. (in Chinese))

- Shigang. The dynamic analysis of washing and sedimentation of Poyang Lake today[J]. Jiangxi Hydraulic Science & Technology, 2002(2):125-128. (in Chinese))
- [5] 廖智,蒋志兵,熊强. 鄱阳湖不同时期冲淤变化分析[J]. 江西水利科技, 2015(6):419-432. (LIAO Zhi, JIANG Zhibing, XIONG Qiang. Analysis of scouring and deposition change with different periods in Poyang Lake [J]. Jiangxi Hydraulic Science & Technology, 2015(6): 419-432. (in Chinese))
- [6] 朱漫莉,高海鹰,徐力刚,等. 基于系统动力学方法的鄱阳湖流域水量平衡过程模拟与分析[J]. 水资源保护, 2015, 31(3): 46-52. (ZHU Manli, GAO Haiying, XU Ligang, et al. Simulation and analysis of water balance process in Poyang Lake Basin based on system dynamic approach[J]. Water Resources Protection, 2015, 31(3): 46-52. (in Chinese))
- [7] 罗卫,况润元,袁秀华,等. 基于 MODIS 影像的鄱阳湖枯水年水文特征分析[J]. 水电能源科学, 2014(1):13-16. (LUO Wei, KUANG Runyuan, YUAN Xiuhua, et al. Analysis of hydrological characteristics of Poyang Lake in low water year based on MODIS images [J]. Water Resources and Power, 2014(1):13-16(in Chinese))
- [8] 何婷. 应用遥感技术监测额尔齐斯河(新疆段)水质的研究[J]. 广西水利水电, 2018(3):86-90. (HE Ting. Application of remote sensing technology in Ertix River water quality monitoring in Xinjiang [J]. Guangxi Water Resources & Hydropower Engineering, 2018(3):86-90. (in Chinese))
- [9] 陈卉萍,章重. 基于遥感和 GIS 的信江尾间及入鄱阳湖口冲淤变化分析[J]. 江西水利科技, 2014(2):130-134. (CHEN Huiping, ZHANG Zhong. Scour and silting history of channel evolution in Xin River tail and estuary based on GIS and remote sensing technology [J]. Jiangxi Hydraulic Science & Technology, 2014(2):130-134 (in Chinese))
- [10] 李婷,薛丽,顾华奇. 基于卡方自动交互检测的 GF-1 影像鄱阳湖湿地信息提取[J]. 测绘与空间地理信息, 2018(9):68-74. (LI Ting, XUE Li, GU Huaqi. Extraction of wetland information in Lake Poyang from GF-1 images based on Chi-squared automatic interaction detection[J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2018(9): 68-74. (in Chinese))
- [11] 王琪,周兴东,罗菊花,等. 近 30 年太湖沉水植物优势种遥感监测及变化分析[J]. 水资源保护, 2016, 32(5):123-135. (WANG Qi, ZHOU Xingdong, LUO Juhua, et al. Remote sensing monitoring and analysis of dominant species of submerged vegetation in Taihu Lake over last 30 years[J]. Water Resources Protection. 2016, 32(5):123-135. (in Chinese))
- [12] 江丰,齐述华,廖富强,等. 2001-2010 年鄱阳湖采砂规模及水文泥沙效应[J]. 地理学报, 2015(5):837-845. (JIANG Feng, QI Shuhua, LIAO Fuqiang, et al. Hydrological and sediment effects from sand mining in Poyang Lake during 2001-2010 [J]. Acta Geographica Sinica, 2015(5):837-845. (in Chinese))
- [13] 王婧,曹卫芳,司武卫,等. 鄱阳湖湖流特征[J]. 南昌工程学院学报, 2015(3):71-74. (WANG Jing, CAO Weifang, SI Wuwei, et al. Analysis of the characteristics of water current in Poyang Lake [J]. Journal of Nanchang Institute of Technology, 2015(3):71-74. (in Chinese))
- [14] 莫明浩,杨筱筱,肖胜生,等. 鄱阳湖五河流域入湖径流泥沙变化特征及影响因素分析[J]. 水土保持研究, 2017(5):197-203. (MO Minghao, YANG Xiaoxiao, XIAO Shengsheng, et al. Analysis on runoff and sediment change characteristics and influence factors of Poyang Lake Five Rivers Basin [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2017(5):197-203. (in Chinese))
- [15] 顾朝军,穆兴民,高鹏,等. 鄱阳湖流域径流泥沙变化趋势、突变及周期特征研究[C]//2016 第八届全国河湖治理和生态文明发展论坛论文集. 北京:中国水利技术信息中心, 2016:286-293.

(收稿日期:2017-11-28 编辑:彭桃英)

(上接第 43 页)

- [13] 刘杨,张瑞海,韩岭,等. 基于 MIKE FLOOD 模型的西北城市河道橡胶坝群洪水风险分析研究[J]. 水利与建筑工程学报, 2016, 14(6):113-119. (LIU Yang, ZHANG Ruihai, HAN Ling, et al. Flood risk analysis of rubber dams group in the urban rivers of northwest China based on MIKE FLOOD model[J]. Journal of Water Resources and Architectural Engineering, 2016, 14(6):113-119. (in Chinese))
- [14] 周洁,董增川,朱振业,等. 基于 MIKE FLOOD 的洪泽湖周边滞洪区洪水演进模拟[J]. 南水北调与水利科技, 2017, 15(5):56-62. (ZHOU Jie, DONG Zengchuan, ZHU Zhenye, et al. Flood routing simulation of Hongze Lake detention basin based on MIKE FLOOD[J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2017, 15(5):56-62. (in Chinese))
- [15] 王欣,王玮琦,黄国如. 基于 MIKE FLOOD 模型的城区溃坝洪水模拟研究[J]. 水利水运工程学报, 2017(5):67-73. (WANG Xin, WANG Weiqi, HUANG Guoru. Simulation research of urban dam break flood based on MIKE FLOOD model [J]. Hydro-Science and Engineering, 2017(5):67-73. (in Chinese))
- [16] 衣秀勇,关春曼,果有娜,等. DHI MIKE FLOOD 洪水模拟技术应用与研究[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2014.

(收稿日期:2017-11-26 编辑:彭桃英)