

DOI: 10.3880/j.issn.1004-6933.2018.06.10

鄱阳湖入江水道冲淤变化特征

欧阳千林¹, 王婧¹, 司武卫¹, 包纯红¹, 李红²

(1. 江西省鄱阳湖水文局, 江西庐山 332800; 2. 江西农业大学工学院, 江西南昌 330045)

摘要:基于1996—2010年枯水期6幅TM遥感影像数据和2010年、2015年典型断面测量数据,从不同尺度对鄱阳湖入江水道区冲淤变化规律进行研究。结果表明:入江水道主槽总体表现稳定,不存在游荡现象;入江水道主槽总体表现为冲刷,年冲刷速率为0.01 m;濂溪区朱家村以北河段、星子水文站断面附近因受人类活动较少,主槽岸线未发生显著变化,表征为冲刷集中区,年冲刷速率分别达0.08 m、0.04 m;濂溪区至庐山市老虎垄之间河段、庐山市陶子发河段在2000—2010年间受人类活动影响显著,在2010年后人类活动影响显著减弱情况下分别表征为冲淤平衡区和淤积区。

关键词:入江水道;湖泊冲淤;冲淤变化;遥感影像;鄱阳湖

中图分类号:TV213.4 文献标志码:A 文章编号:1004-6933(2018)06-0060-05

Characteristics of scouring and deposit change in waterway of Poyang Lake to Yangtze River

OUYANG Qianlin¹, WANG Jing¹, SI Wuwei¹, BAO Chunhong¹, LI Hong²

(1. Poyang Lake Hydrology Bureau of Jiangxi Province, Lushan 332800, China;

2. School of Engineering, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

Abstract: The law of scouring and silting in the waterway of Poyang Lake to Yangtze River was studied from different scales based on 6 TM remote sensing image data in the dry season from 1996 to 2010 and typical cross-section survey data in 2010 and 2015. The results showed that: The main channel for the waterway of Poyang Lake to Yangtze River was stable without wandering phenomenon and it was scoured with 0.01 m annual scours rate; Due to less human activities, the main channel shoreline near the north section of Zhujiache village in Lianxi District and Xingzi hydrological station section has not changed significantly, characterized by erosion concentrated area with 0.08 m and 0.04 m annual scour rate, respectively; The river section between Lianxi and Laohu ridge in Lushan City, and Taozifa river section in Lushan City were marked by human activities from 2000 to 2010, while the impact of human activities was significantly reduced after 2010 and it was characterized by erosion and deposition balance area and silting area.

Key words: waterway to Yangtze River; lake scouring and silting; change of erosion and siltation; remote sensing image; Poyang Lake

鄱阳湖是中国最大的淡水湖泊,上承赣、抚、信、饶、修五大河及博阳河、漳田河、西河、博阳河等来水,经湖盆调蓄后经湖口注入长江,是过水性、吞吐性、季节性的湖泊^[1],具有“洪水一片、枯水一线”独特的水文特征。湖盆自东向西、由南向北倾斜,湖底平坦,湖

水不深,最深处约在蛤蟆石附近,高程为-7.5 m(黄海高程,下同),滩地高程多在12~17 m之间。由于河床的往返摆动、分汊,形成了扇形冲淤平原,河网、湖沼星罗棋布。

在不考虑人为因素和地质构造影响下,湖泊冲淤

基金项目:水利部鄱阳湖水资源水生态环境研究开放基金(ZXKT201706)

作者简介:欧阳千林(1987—),男,工程师,主要从事气候变化和流域水循环研究。E-mail:422562357@qq.com

特征主要受人出湖泥沙、湖流分布和水流挟沙能力影响。马逸麟等^[2]认为鄱阳湖处于非均衡发展阶段,湖盆总体在淤浅,湖面逐渐向东北湖湾滨湖地带漫延扩大;朱玲玲等^[3]认为三峡水库蓄水后,鄱阳湖进入冲刷状态,且冲刷主要集中在入江水道、赣江、修水河口区域;程时长等^[4]认为现代鄱阳湖的泥沙淤积并不是均匀发展的,与入湖河流的输沙量以及湖区各地段的微地形地貌特征等因素密切相关,鄱阳湖水下河道一般表现为冲刷;廖智等^[5]认为鄱阳湖入江水道下切明显,河床高程呈下降趋势。从目前研究成果来看,鄱阳湖整体范围内冲淤变化研究较为透彻,但很少有专家学者针对鄱阳湖断面稳定性做深入研究。

鄱阳湖入江水道控制着鄱阳湖出湖水量的变化,其冲淤规律影响着断面的稳定性和水位流量关系的稳定,进而影响水量平衡^[6]、湖泊洪水预报等各个方面,故摸清入江水道区冲淤变化和断面稳定性具有重要意义。本文基于遥感数据和典型断面测量数据,从不同尺度范围对入江水道冲淤特征及典型断面形态变化进行分析,探求其变化规律。

1 研究区范围与数据来源

鄱阳湖断面主要由河道、沙洲、泥滩、草洲等组成,低水时水流落槽,形如河道,高水时水流漫滩,茫茫一片,本文以2003年7月30日遥感影像中水体范围作为研究边界,同时考虑从湖口至老爷庙平均每5 km 绘制一断面作为典型断面,见图1。

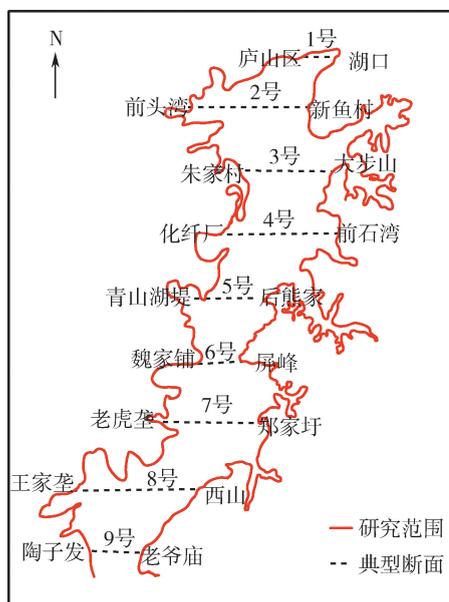


图1 研究范围及典型断面分布

由于性质和环境不同,物体对电磁波反射特性也不同,在可见光与近红外波段,可根据水体和周围环境对太阳光不同波长反射强度的差异,对

被研究水体进行多波段摄影,根据影像数据进行水体形态和分布的研究。目前遥感技术广泛应用于水面面积、水质、水生态等方面^[7-11]。本文遥感影像来源于地理空间云中 Landsat 卫星观测数据,根据实际情况选取1996—2010年6幅鄱阳湖枯水期水位接近的影像数据(表1,第一幅用于研究范围提取),遥感影像数据分辨率为30 m。

表1 1996—2010年鄱阳湖枯水期水位影像数据

序号	影像获取时间	水位/m	序号	影像获取时间	水位/m
1	2003-07-30	16.51	5	2004-12-31	7.18
2	1996-12-09	8.00	6	2007-01-06	6.03
3	2000-01-02	6.89	7	2010-01-14	6.11
4	2004-02-15	5.45			

2 主河道演变特征

2.1 水体特征的提取

a. 光谱特性。水体因对太阳光具有强吸收性,所以在大部分传感器的波长范围内,总体呈现较弱的反射率,并具有随着波长的增加,反射率进一步减弱的趋势。具体表现为在可见光的波长范围内,其反射率为4%~5%。由于水体在近红外及随后的中红外波段范围(740~2500 nm)内几乎无反射率,因此,这一波长范围常被用来研究水陆分界,圈定水体范围。本文选取 Landsat 卫星的波段3、波段4、波段5合成假彩色遥感图进行水体特征的提取。

b. 提取方法。由于遥感数据在获取过程当中存在畸变,因此先对遥感影像进行辐射纠正、几何配准等预处理,再进行波段5、4、3的假彩色合成。在假彩色遥感影像中,水体呈蓝色,边滩和枯水期露出水面的心滩均呈棕红色,潜伏水下的滩地呈灰蓝色,沙滩呈白色,草洲呈绿色,见图2。

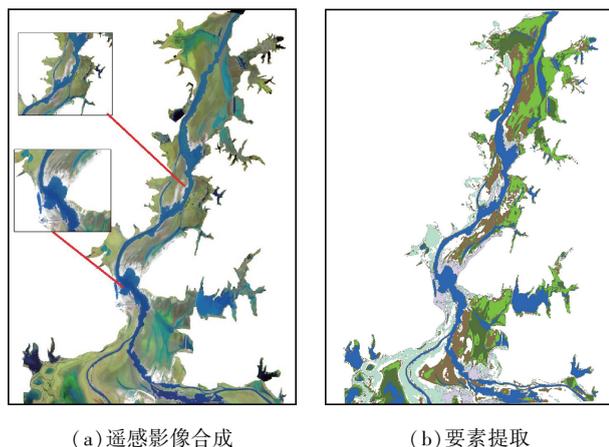
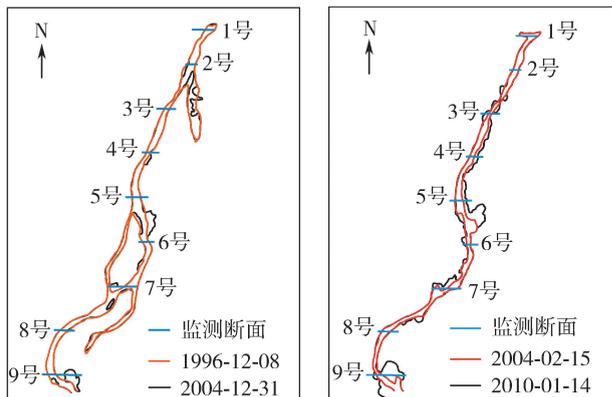


图2 TM影像合成及要素提取

2.2 主河道演变分析

利用 Arcgis 软件影像分类中 ISO 聚类非监督分类模块进行处理,采用栅格处理工具中栅格转面命令将栅格数据转为矢量数据,然后删除由于误差而

产生的细小水体。1996年与2004年的影像水位相差0.82 m,可作为一组进行分析;2004年与2010年的影像水位相差0.66 m,可作为一组进行分析,绘制对比图,见图3。



(a) 1996年与2004年 (b) 2004年与2010年

图3 入江水道区主河道对比

由图3(a)可知,主河道总体表现稳定,2号断面、3号断面岸线向主槽缩进,4号、5号、7号、8号断面东部地区、9号断面岸线向四周扩散,1号、6号断面处岸线未发现显著变化趋势。由图3(b)可知,1号、2号、8号断面处岸线未发现显著变化趋势,其余断面岸线均表现向四周扩散,又以5号至7号之间、9号断面附近变化最为剧烈。

为具体探讨断面岸线变化原因,将1996年、2000年、2004年、2007年和2010年遥感影像数据进行对比分析(图4)。从图4可知,从时间来看,岸线变化基本以2000年为转折点,2000年前入江水道区断面岸线未发生变化,2000年以后岸线发生剧烈变化,且变化主要集中在2004—2007年间,2007年之后岸线变化有所减缓;从空间来看,岸线变化主要集中在5号至6号断面之间东部地区以及9号断面附近,断面发生剧烈变化,沙洲变成港湾,岸线呈锯齿状,而在6号至7号断面水面宽度加宽,岸线由原来的平滑变成锯齿状,8号断面附近未发生明显的变化。

究其原因,主要受河道采砂的影响。2000年

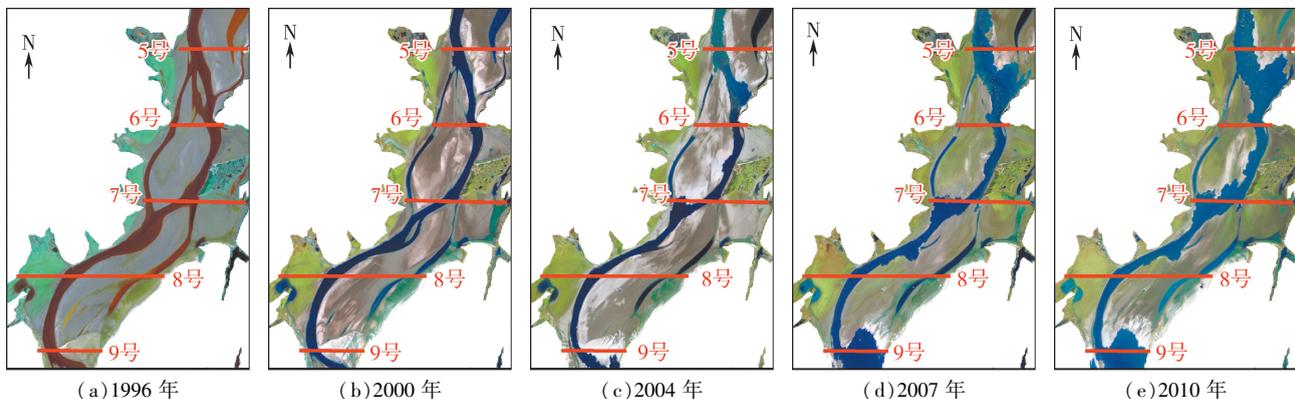


图4 典型断面遥感影像对比

起,受房地产驱动和长江干流禁止采砂的影响,鄱阳湖采砂船日益增多。2001—2007年,鄱阳湖采砂船主要集中在松门山以北的入江水道区;2007年以后,采砂逐步向湖体中部地区扩展。这些采砂既有合理采砂,还有屡禁不止的偷采、盗采。据江丰等^[12]分析,2001—2010年采砂量相当于1955—2010年鄱阳湖自然沉积量的6.5倍。

总体而言,从1996—2010年,入江水道主槽未发生游荡现象,总体表现稳定。其中湖口入江口(1号至3号断面)、星子(8号断面)主槽岸线未发生显著变化;受采砂影响,濂溪区至庐山市老虎垄之间(5号至7号断面)之间、庐山市陶子发(9号断面)附近变化剧烈,岸线呈锯齿状。

3 典型断面冲淤变化分析

2007年后受采砂区规划等各种因素的影响,采区南迁,鄱阳湖入江水道区受人类采砂活动的影响较小。本文根据2010年和2015年实测大断面资料分析,发现断面变化剧烈段基本发生在10 m以下,对各典型断面最低点和8 m、9 m、10 m以下断面平均高程和断面最低点高程进行计算来分析断面稳定性,结果见表2。

从断面最低点高程对比来看,2015年入江水道区断面最低点高程较2010年整体表现上升。其中,断面最低高程抬升的主要表现在1号、4号、6号、9号断面,断面最低高程下切的主要表现在3号、5号、8号断面;变化最为明显的为3号断面,下切2.84 m,年均下切0.47 m;其次为1号断面,上升2.72 m,年均上升0.45 m。

从断面平均高程看,入江水道区主槽总体表现为冲刷,冲刷速率为0.01 m/a,其冲刷主要集中在8~10 m高程之间,淤积主要集中在8 m以下高程。其中,1~3号断面、5~8号断面总体表征为冲刷,又以1号断面年冲刷率0.14 m为最大,5、6号断面年冲刷率小于0.01 m为最小;4、9号断面总体表征为

表2 2010年与2015年典型断面冲淤变化情况比较

m

断面号	断面最低点			10 m 以下断面			9 m 以下断面			8 m 以下断面		
	2010年 高程	2015年 高程	冲淤值	2010年 平均高程	2015年 平均高程	冲淤值	2010年 平均高程	2015年 平均高程	冲淤值	2010年 平均高程	2015年 平均高程	冲淤值
1	-5.90	-3.18	2.72	2.40	1.64	-0.76	2.10	1.35	-0.75	1.90	1.06	-0.84
2	-9.69	-9.60	0.09	8.15	8.02	-0.12	4.28	4.40	0.12	2.47	2.25	-0.22
3	-5.82	-8.66	-2.84	6.93	6.23	-0.70	5.99	5.28	-0.71	3.84	3.24	-0.60
4	-6.79	-5.19	1.60	7.16	7.18	0.02	6.62	6.82	0.19	-0.72	-0.04	0.68
5	-4.30	-6.41	-2.11	6.11	6.07	-0.04	3.78	3.93	0.14	0.77	1.67	0.89
6	-4.50	-3.77	0.73	5.88	5.87	-0.02	5.69	5.82	0.14	3.95	3.96	0.01
7	-7.30	-2.72	*	3.76	4.99	*	2.21	2.47	*	1.54	2.02	*
8	-0.15	-0.40	-0.25	7.54	7.30	-0.24	6.95	6.71	-0.24	5.57	5.02	-0.55
9	-5.69	-4.75	0.94	0.23	1.19	0.96	0.10	0.98	0.88	-0.18	0.80	0.98

注:表中冲淤值负值表示冲刷,正值表示淤积;*表示两次监测断面未能完全重合,不参与本次分析。

淤积,年淤积率分别为0.01 m和0.16 m。

在减弱人类活动影响的情况下,鄱阳湖河道冲淤和断面形态主要与入湖泥沙和湖流空间分布等有关。1957—2002年间,五河年平均入湖泥沙1420万t,湖口年平均出湖泥沙946万t,年平均泥沙淤积量为474万t,若以鄱阳湖星子多年平均水位下水体面积估算泥沙淤积厚度为1.5 mm,这与马逸磷等^[2]研究成果较为一致,他认为入江水道区为鄱阳湖冲刷区,且主要集中在老爷庙至星子河段。通过2010—2015年间典型断面的对比,可知入江水道区为冲刷区这个概念未发生改变,但集中区由原来老爷庙至星子河段转变为入江口河段即濂溪区朱家村以北河段,而星子河段虽也表征为冲刷,但冲刷速率有所减少,主要由于同水位下流速较21世纪前有所减小^[13],受主槽流速大于洲滩流速、枯水期流速大于平水期和丰水期的影响,入江水道区存在“槽冲滩淤”现象,这与断面冲淤变化较为一致。

21世纪以来,人类活动更加频繁,如湖区采砂、三峡工程、五河干流水利枢纽等,鄱阳湖区泥沙时空变化发生异变。加之江西省山江湖工程的启动,大面积开展植树造林和水土保持工作,水土流失情况减弱,河道泥沙含量进一步减少。五河年平均输沙量有显著下降趋势,赣江流域的年均输沙量从20世纪80年代初开始有显著减少趋势,而抚河、饶河、信江、修河4个流域的年平均输沙量均从21世纪初有显著减少趋势^[14]。采砂必然搅动底质,使湖水变得浑浊,出湖沙量随之增大,据分析,以2000—2002年为突变点,湖口出湖泥沙含量增大趋势明显^[15]。

4 结论

a. 受采砂活动影响,2000—2010年鄱阳湖入江水道冲淤特征发生较大变化,其断面变化受出入湖泥沙的影响较小;2010年后,采砂区逐渐南迁,各项水力因素逐步契合,断面变化主要受湖区水情及出

入湖泥沙的影响。

b. 鄱阳湖入江水道主槽总体表现稳定,不存在游荡现象。1996—2010年,濂溪区朱家村以北(1~3号断面)、星子水文站附近(8号断面)主槽岸线未发生显著变化;受采砂影响,濂溪区至庐山市老虎垄之间(5~7号断面)之间、庐山市陶子发(9号断面)附近变化剧烈,岸线外扩,呈锯齿状。

c. 2010年后,入江水道区主槽总体表现为冲刷,年冲刷速率为0.01 m,濂溪区朱家村以北、星子水文站断面附近河段为冲刷集中区,年冲刷速率分别为0.08 m、0.04 m;庐山陶子发河段为淤积集中区,淤积率达0.16 m;濂溪区化纤厂至庐山市王家垄河段冲淤基本达到平衡。

参考文献:

- [1] 陈建生,彭靖,詹沪成,等. 鄱阳湖流域河水、湖水及地下水同位素特征分析[J]. 水资源保护,2015,31(4):1-7. (CHEN Jiansheng, PENG Jing, ZHAN Lucheng, et al. Analysis of isotopes characteristics of river water, lake water and groundwater in Poyang Lake Basin[J]. Water Resources Protection,2015,31(4):1-7. (in Chinese))
- [2] 马逸麟,熊彩云,易文萍. 鄱阳湖泥沙淤积及发展趋势[J]. 资源调查与环境,2003,24:29-37. (MA Yilin, XIONG Caiyun, YI Wenping. Sedimentary characteristics and developing trend of sediments in Poyang Lake, Jiangxi Province[J]. Resources Survey & Environment,2003,24:29-37. (in Chinese))
- [3] 朱玲玲,陈剑池,袁晶等. 洞庭湖和鄱阳湖泥沙冲淤特征及三峡水库对其影响[J]. 水科学进展,2014(3):348-356. (ZHU Lingling, CHEN Jianchi, YUAN Jing, et al. Sediment erosion and deposition in two lakes connected with the middle Yangtze River and the impact of Three Gorges Reservoir[J]. Advances in Water Sciences,2014(3):348-356(in Chinese))
- [4] 程时刚,王仕刚. 鄱阳湖现代冲淤动态分析[J]. 江西水利科技,2002(2):125-128. (CHEN Shichang, WANG

- 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)