

DOI: 10.16198/j.cnki.1009-640X.2018.06.004

王立辉, 谢伟杰, 王宗志, 等. 含多个行洪区的淮干中游段洪水模拟Ⅱ: 模型应用[J]. 水利水运工程学报, 2018(6): 30-35. (WANG Lihui, XIE Weijie, WANG Zongzhi, et al. Flood simulation with multiple flood detention areas in the middle reaches of the Huaihe River II: application of flood routing model[J]. Hydro-Science and Engineering, 2018(6): 30-35. (in Chinese))

含多个行洪区的淮干中游段洪水模拟Ⅱ: 模型应用

王立辉¹, 谢伟杰^{1,2}, 王宗志², 程亮², 刘克琳², 王坤^{1,2}, 何岩雨¹

(1. 福州大学, 福建 福州 350002; 2. 南京水利科学研究院 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210029)

摘要: 基于所建立的淮河中游洪水演进模型, 对正阳关-茨淮新河河口段内行洪区弃用、洪泛区分洪后淮干水位变化进行了计算分析, 包括弃用上六坊堤、下六坊堤行洪区对淮河干流水位的影响。结果显示, 淮河在遭遇50年一遇和100年一遇洪水情况下, 弃用上、下六坊堤行洪区后洪峰水位仅上升2~4 cm, 验证了《淮河流域防洪规划报告》中废弃上述两个行洪区的合理性。同时分析了淮河遭遇200年一遇洪水、黄苏段洪泛区弃守分洪对淮干水位的影响。计算结果表明, 在弃守分洪后的3~4 d内溃口对应的淮干水位降低10~14 cm, 溃口上下游淮干水位也有不同程度下降, 可见利用黄苏段分洪可以显著降低淮河干流水位, 从而有效保护附近重要堤防的安全, 为防洪调度争取更多的时间和空间。

关键词: 洪水演进; MIKE11; 淮河中游; 行洪区; 黄苏段洪泛区

中图分类号: TV122

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2018)06-0030-06

在全国七大江河中, 淮河以洪水灾害严重著称。黄河夺淮导致的淮河中游地理环境变化、特殊的气象条件以及历史上对沿淮湖泊的过度围垦, 使得淮河中游更成为全国洪水灾害严重的地区之一^[1]。淮河干流正阳关-茨淮新河河口段(图1), 两岸有一连串的湖泊洼地, 其中较大的有寿西湖、董峰湖、上六坊堤、下六坊堤、汤渔湖和荆山湖等, 一遇到较大洪水, 河湖就连成一片, 这些湖泊洼地就变为行洪区, 加之控制闸和分洪道众多, 形成了一个复杂的防洪体系。该河段历来洪水灾害频繁, 河道整治任务繁重, 工程投资巨大。虽经几十年的治理, 仍然是淮河中游的防洪重点。因此, 建立一个稳定的、带有多行洪区的一维水动力模型对该区域防洪减灾具有重大意义。

目前国内外通用的水利分析软件中以丹麦水利研究所(DHI)开发的MIKE11等系列软件最为成熟, 具有计算稳定及精度高等特点, 可以模拟复杂河网水流演进以及闸门和宽顶堰等各类水工建筑物的调度运行, 特别适用于水工建筑物众多、控制调度复杂的情况^[2]。MIKE11采用英国及其他欧洲国家水动力模型的工业标准, 21世纪初国内徐祖信等将该软件应用于河网水动力学模型的建立^[3], 目前该软件已在国内外洪水模拟与预报中得到了广泛应用^[4-8]。王立辉等^[9]基于MIKE11建立了淮河中游具有多个行蓄洪区的正阳关-茨淮新河河口段一维水动力学模型。该模型以行洪时间和蓄洪量不变为原则, 将行洪区概化为一维河道; 针对行洪区各口门的不同控制方式, 采用相应的概化方法并设置合理的控制参数, 模拟洪水在主河道与多个行洪区之间的转换过程; 采用2007年和2003年洪水过程, 对模型的适用性进行了率定和验证, 结果表明该模型精度较高, 能快速模拟行洪区洪水进退过程及其调度规则。本文以构建的正阳关-茨淮新河河口段水动

收稿日期: 2017-08-09

基金项目: 国家重点研发计划资助项目(2016YFC0400910, 2016YFC0400906); 国家自然科学基金资助项目(51479119, 51409169); 水利部公益性行业科研专项经费项目(201501054)

作者简介: 王立辉(1972—), 男, 湖南益阳人, 副教授, 博士, 主要从事防洪减灾与水力学计算研究。

E-mail: wanglh@fzu.edu.cn 通信作者: 王宗志(E-mail: Wangzz77@163.com)

力学模型为工具,探讨《淮河流域防洪规划报告》中废弃上、下六坊堤行洪区的合理性,以及黄苏段洪泛区弃守分洪对准干高水位的影响。张大伟等^[10-11]的研究结果表明,分蓄洪区相机分洪对河道水位的降低具有重要作用。另外,黄苏段洪泛区内的洪水演进过程采用由 DHI 开发的 MIKE21 软件进行模拟。此软件还可模拟河流、湖泊、河口、海湾、海岸及海洋的水流、波浪、泥沙及环境场^[12]。

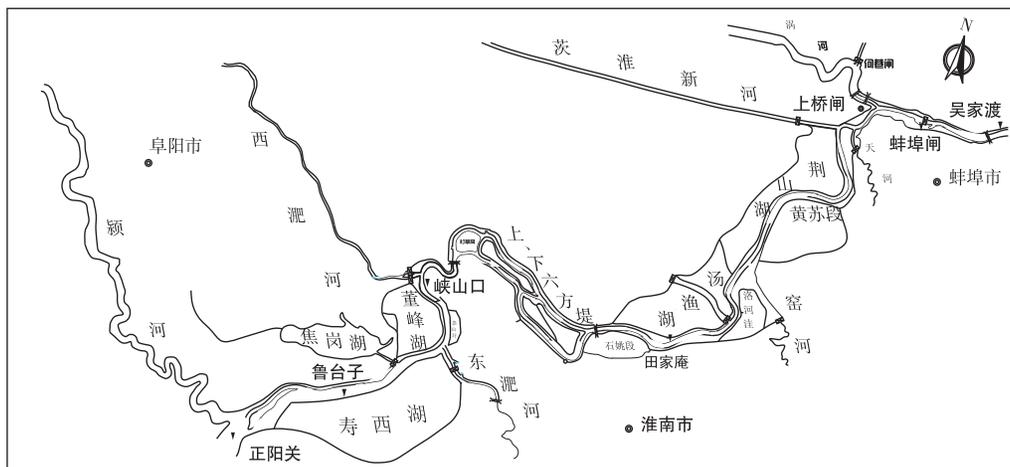


图1 淮河干流正阳关-茨淮新河口段

Fig.1 Zhengyangguan to Cihuaixin River estuary in main stream of Huaihe River

1 上、下六坊堤行洪区废弃合理性分析

淮干行洪区既是超过一定量级洪水后洪水行进的重要通道,又是淮河两岸人民居住和从事生产活动的地方。随着社会经济与人口的迅速发展,行洪区的启用与群众的生产生活之间的矛盾越来越突出。一旦遭遇较大量级洪水,是否启用行洪区将成为防汛部门的一大难题。

目前作为行洪区的上、下六坊堤,在《淮河流域防洪规划报告》的近期规划和远期规划中均将其废弃^[13]。上六坊堤行洪区位于淮河干流凤台大桥下游,区域面积约为 8.8 km²;下六坊堤行洪区紧靠上六坊堤行洪区下游,区域面积约为 19.2 km²,如图 2 所示。现应用构建的正阳关-茨淮新河口段一维水动力模型,研究遭遇大中型洪水时,弃用上、下六坊堤行洪区对准干水位的影响,探讨规划的合理性。

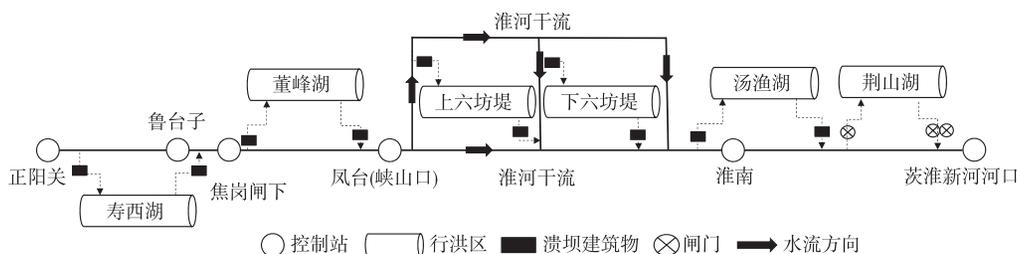


图2 各行洪区及洪泛区在正阳关-茨淮新河口段中的位置概化

Fig.2 Generalized locations of flood way districts and flood plains from Zhengyangguan to Cihuaixin River estuary

根据行洪区的现行调度运用规则,上、下六坊堤均在控制站风台站水位达到 23.90 m 时开始行洪。模拟淮河遭遇 50 年一遇和 100 年一遇洪水过程^[13],对比启用全部行洪区与弃用上、下六坊堤行洪区后风台站水位过程的变化。模拟计算时,在正阳关给定流量过程,区间入流给定相应量级流量过程,在茨淮新河口给定水位-流量关系曲线。计算结果见图 3。

从图 3 可以看出:无论是遭遇 50 年一遇或 100 年一遇洪水过程,弃用上、下六坊堤行洪区均会导致淮河

干流风台站水位的上升。遭遇 50 年一遇洪水时,在 7 月 10—30 日水位上涨期间,弃用上、下六坊堤行洪区比运用全部行洪区平均水位上升 0.05 m,洪峰水位由 27.18 m 涨到 27.20 m;遭遇 100 年一遇洪水时,在 7 月 7—17 日水位上涨期间,弃用上、下六坊堤行洪区比运用全部行洪区平均水位上升 0.04 m,洪峰水位由 27.20 m 涨到 27.24 m。

可见淮河遭遇大中型洪水时,弃用上、下六坊堤行洪区虽对准干水位稍有影响,但对洪峰水位的影响非常有限,如遭遇 50 年一遇洪水过程时洪峰水位仅增加 0.02 m,遭遇 100 年一遇洪水过程时洪峰水位仅增加 0.04 m。究其原因,上、下六坊堤行洪区面积较小、地形较低且运用较早,遭遇大中型洪水时,在控制站水位到达洪峰水位前基本上已经达到最大行洪流量,因而影响甚小。该结果验证了《淮河流域防洪规划报告》中弃用上下六坊堤行洪区是合理可行的。

2 黄苏段洪泛区弃守进洪的影响分析

黄苏段洪泛区位于蚌埠市西南部的淮河右岸,淮河中游怀远县境内,西北部以淮干堤防黄疃窑-苏家岗段为界,东部以延伸堤苏家岗-王小郢为界,南部以堤顶高程 26.0 m 等高线为边界,区域面积约 39 km²。黄苏段洪泛区和淮干河网相对位置参见图 2。

依据《淮河洪水调度方案》,若淮河发生百年一遇及以上洪水时,当正阳关水位超过 27.50 m 时,视水情和工程情况,弃守黄苏段等洪泛区^[14-16]。因此本文重点研究淮河发生 200 年一遇超标准洪水过程^[17]并且寿西湖等行洪区都已启用的情况下,黄苏段洪泛区弃守进洪对准干水流的影响。

基于 1:10 000 的地形数据建立黄苏段整体地形变化的混合网格,并考虑道路、堤防等线状地物的阻水作用,构建分洪区二维水动力模型。将溃口位置选在溃堤风险较大的历史溃口朱村村堤段,溃口宽度设置为 80 m,溃口形状取梯形,溃决方式为爆破进洪。该堤段距正阳关 101 km,相应起溃水位为 24.90 m。最后再利用 MIKE FLOOD 模型实现河道一维和保护区二维模型的耦合^[18]。采用标准连接技术,将溃口处的河道与二维模型的网格连接,当河道水位高于溃口底高程时,洪水漫过堤防进入二维漫流区;随着一维河道洪水进入退水阶段,当二维漫流区水位高于河道水位和溃口堤防底高程的最高值时,漫流区的洪水又回退至一维河道中,溃口流量采用堰流公式求解,根据河道与漫流区的水位差、溃口宽度等参数计算,从而实现一、二维模型的耦合。淮干河道与黄苏段分洪区的一二维耦合模型结构图见图 4。

淮河遭遇 200 年一遇洪水、黄苏段洪泛区弃守进洪的情况下,运用所构建的一维、二维及一二维耦合模型模拟此次洪水演进过程,得到了溃口未溃情况下溃口处的淮干水位过程、溃口溃破情况下溃口处的淮干水位过程以及溃口流量过程,并统计了溃口溃破前后溃口处的淮干水位下降情况。此外,还提取了溃口溃破前后溃口上游 10 和 15 km 及溃口下游 5,10 和 15 km 的淮干水位下降数据,以此分析黄苏段弃守进洪对准干水位的影响(见图 5)。

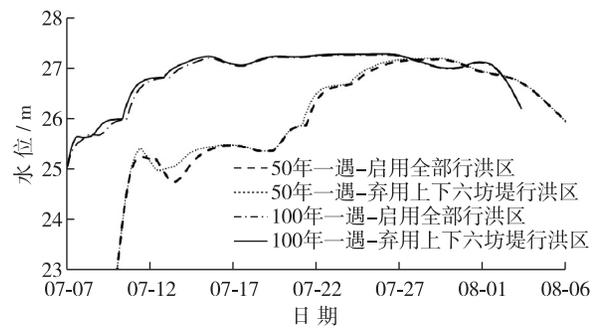


图3 弃用上、下六坊堤行洪区对准干水位(风台站)的影响
Fig. 3 Influence on water level of main stream of Huaihe River without flood way districts of Shangliufangdi and Xialiufangdi

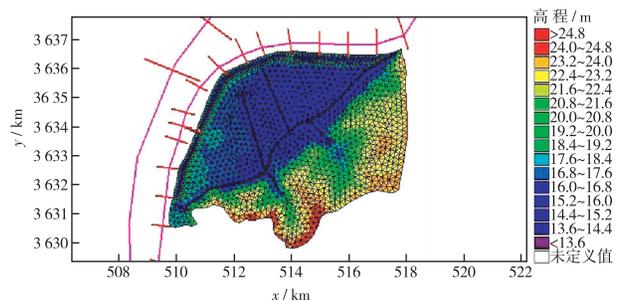


图4 一二维耦合模型结构

Fig. 4 Structure graph of 1-D and 2-D coupled model

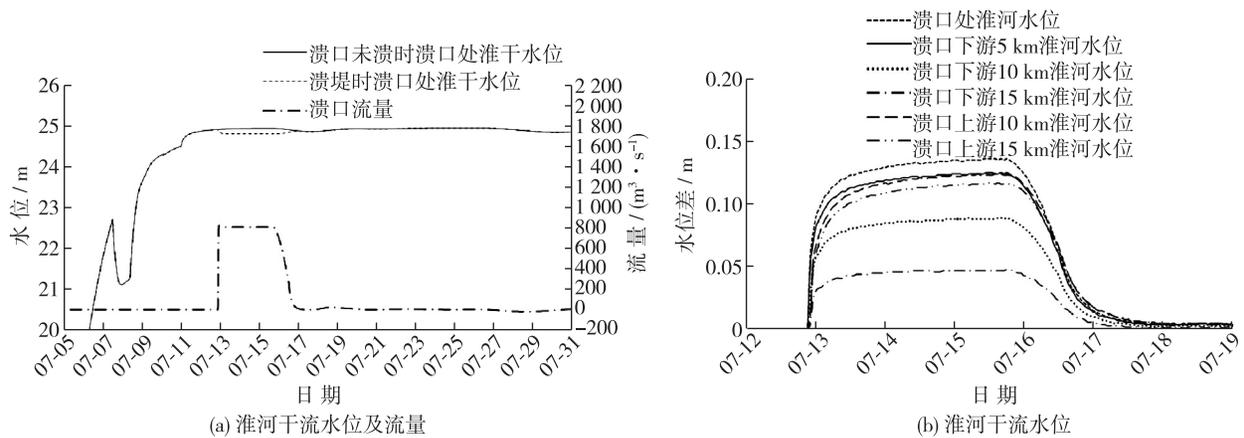


图5 溃堤前后淮河干流水位及流量过程

Fig. 5 Stage-discharge relationships curves of main stream of Huaihe River before and after levee breaking

由图5可见:

(1) 淮河遭遇200年一遇洪水、黄苏段弃守进洪条件下,朱村村堤溃堤后3~4 d内,溃口位置对应的淮干水位降低10~14 cm。由此可见弃守黄苏段对降低溃口位置对应的淮干水位有显著影响。究其原因,虽然黄苏段面积不大,但其境内大部分地形较低,淮干水位保持高于分洪区水位,淹没水深较大;再者黄苏段内主要阻水建筑物仅有一条县道,洪水演进几乎没有障碍。

(2) 淮河遭遇200年一遇洪水、黄苏段弃守进洪条件下,朱村村堤溃堤后3~4 d内,溃口位置下游5 km淮干水位下降8~12 cm,下游10 km下降5~9 cm,下游15 km下降3~5 cm;溃口位置上游10 km的淮干水位下降8~12 cm,上游15 km下降6~9 cm。可见,弃守黄苏段不仅对溃口位置对应的淮干水位降低有显著影响,对溃口位置上下游的淮干水位亦有较大影响。对上游淮干水位的降低尤其显著,溃口位置上游行洪河道的有效拓宽是主要原因。

(3) 黄苏段弃守分洪,在溃堤后的3~4 d内降低了淮干水位,有效减轻了淮干洪水对两岸堤防的压力,对淮干两侧重要堤防的安全起到了保护作用,为相关部门进行防洪调度、相关地区居民和财产撤离争取了宝贵时间。

3 结 语

应用所构建的洪水演进模型计算分析了弃用上、下六坊堤行洪区对淮河干流水位的影响,结果表明废弃上下六坊堤行洪区对淮干水位的影响有限,验证了防洪规划中废弃这两个行洪区的合理性。同时,应用该模型计算分析了淮河遭遇200年一遇洪水、黄苏段洪泛区弃守分洪对淮干水位的影响,计算结果表明弃守黄苏段可以显著降低淮河干流水位,从而有效保护附近重要堤防的安全;该成果可为相关防汛部门进行防洪工程调度提供参考依据。

虽然该模型忽略了石姚段和洛河洼这两个面积较小的行洪区,对模型精度会造成小幅影响(启用条件低,对大中型洪水过程洪峰水位影响甚微),但从长远来看,淮河流域防洪规划已将这两个行洪区规划为一般堤防保护区,未来进行淮河流域洪水演进计算时,该模型将显得更为合理。此外,依据《淮河洪水调度方案》,若淮河发生百年一遇及以上洪水时,当正阳关水位超过27.50 m时,视水情和工程,正阳关-茨淮新河口段上游的正南淮堤洪泛区亦在弃守分洪范围内。该区的弃守进洪分析与黄苏段类似。但与黄苏段相比,该区面积较大、地形复杂和水系众多,是分析的难点。相比行蓄洪区,分洪区的人类活动更加剧烈。例如黄苏段区内人口3.8万人,耕地面积12.11 km²;正南淮堤内人口多达23.5万人,耕地面积137 km²。弃守将使得该区内群众的家园遭受灭顶之灾,蒙受重大经济损失。因此,除了分洪区的使用应慎之又慎外,政府部

门还应有力引导群众避开洪水易吞噬之地居住,未来可尝试在洪水淹没范围内推行洪水保险计划,以减少洪水对人民群众生命财产造成的损失,保障人民群众的生产生活安全。

参 考 文 献:

- [1] 徐迎春. 淮河流域中游洪涝灾情及致灾原因分析[J]. 江淮水利科技, 2009(6): 18-20. (XU Yingchun. Analysis of flood disaster condition and disaster causes in the middle reach of Huaihe River[J]. Jianghuai Water Resources Science and Technology, 2009 (6): 18-20. (in Chinese))
- [2] Danish Hydraulic Institute. MIKE 11: a modelling system for rivers and channels, reference manual[R]. Denmark: Danish Hydraulic Institute, 2012.
- [3] 徐祖信, 卢士强. 平原感潮河网水动力模型研究[J]. 水动力学研究与进展(A辑), 2003, 18(2): 176-181. (XU Zuxin, LU Shiqiang. Hydrodynamic model for tidal river network[J]. Journal of Hydrodynamics(Ser A), 2003, 18(2): 176-181. (in Chinese))
- [4] 余晓, 李翀, 王昊, 等. 额尔古纳河洪水淹没模拟及湿地植被变化分析[J]. 水利学报, 2011, 42(11): 1308-1315. (YU Xiao, LI Chong, WANG Hao, et al. Simulation of flood inundation and analysis of dynamic variation of wetlands for Argun River [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2011, 42(11): 1308-1315. (in Chinese))
- [5] 吴天蛟, 杨汉波, 李哲, 等. 基于 MIKE11 的三峡库区洪水演进模拟[J]. 水力发电学报, 2014, 33(2): 51-57. (WU Tianjiao, YANG Hanbo, LI Zhe, et al. Modeling of flood routing for Three Gorges reservoir area based on MIKE11[J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2014, 33(2): 51-57. (in Chinese))
- [6] TRIPATHI N K, AZIZ F, MARK O, et al. To alleviate flood disasters by integrating the hydrodynamic model MIKE11 and Geographic Information System[J]. Geoinformatics for Tropical Ecosystems, 2003.
- [7] ALAGHMAND S, ABDULLAH R B, ABUSTAN I, et al. Comparison between capabilities of HEC-RAS and MIKE11 hydraulic models in river flood risk modeling (a case study of Sungai Kayu Ara River basin, Malaysia) [J]. International Journal of Hydrology Science & Technology, 2012, 2(3): 270-291.
- [8] MUKU L O, NYANDWARO G. River flood modelling with MIKE 11: case of Nzoia river (Budalangi) in Kenya[J]. Civil & Environmental Research, 2013, 3(12): 103-111.
- [9] 王立辉, 王坤, 王宗志, 等. 含多个行洪区的淮干中游段洪水模拟 I: 模型建立[J]. 水利水运工程学报, 2018(3): 8-15. (WANG Lihui, WANG Kun, WANG Zongzhi, et al. Flood simulation with multiple flood detention areas in the middle reaches of the Huaihe River I: development of flood routing model[J]. Hydro-Science and Engineering, 2018(3): 8-15. (in Chinese))
- [10] 张大伟, 李丹勋, 陈稚聪, 等. 溃堤洪水的一维、二维耦合水动力模型及应用[J]. 水力发电学报, 2010, 29(2): 149-154. (ZHANG Dawei, LI Danxun, CHEN Zhicong, et al. Coupled one- and two-dimensional hydrodynamic models for levee-breach flood and its application[J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2010, 29(2): 149-154. (in Chinese))
- [11] 孟长青, 周建中, 徐少军, 等. 基于 MIKE FLOOD 的杜家台分蓄洪区运用调度研究[J]. 人民黄河, 2017, 39(10): 41-46. (MENG Changqing, ZHOU Jianzhong, XU Shaojun, et al. Study of dispatching operation at Dujiatai flood diversion and storage area based on MIKE FLOOD[J]. Yellow River, 2017, 39(10): 41-46. (in Chinese))
- [12] Danish Hydraulic Institute. MIKE 21: hydrodynamic module user guide[M]. Denmark: Danish Hydraulic Institute, 2012.
- [13] 水利部淮河水利委员会. 淮河流域防洪规划报告[R]. 蚌埠: 水利部淮河水利委员会, 2003. (Huaihe River Water Conservancy Commission of the Ministry of Water Resources. Flood control planning of Huaihe River basin[R]. Bengbu: Huaihe River Water Conservancy Commission of the Ministry of Water Resources, 2003. (in Chinese))
- [14] 淮河防汛抗旱总指挥部. 淮河洪水调度方案[R]. 合肥: 淮河防汛抗旱总指挥部, 2016. (General Headquarters of Flood Control and Drought Relief of Huaihe River. Flood dispatching scheme of Huaihe River[R]. Hefei: General Headquarters of Flood Control and Drought Relief of Huaihe River, 2016. (in Chinese))
- [15] 朱俊海, 林涛, 钱会. 陕西省水资源时空均衡研究[J]. 华北水利水电大学学报(自然科学版), 2018, 39(1): 63-67. (ZHU Junhai, LIN Tao, QIAN Hui. Study on spatio temporal equilibrium of water resources in Shaanxi Province[J]. Journal of North China University of Water Resources and Electric Power, 2018, 39(1): 63-67. (in Chinese))
- [16] 金菊良, 沈时兴, 郦建强, 等. 基于联系数的区域水资源承载力评价与诊断分析方法[J]. 华北水利水电大学学报(自然科学版), 2018, 39(1): 1-9. (JIN Juliang, SHEN Shixing, LI Jianqiang, et al. Assessment and diagnosis analysis method for regional water resources carrying capacity based on connection number[J]. Journal of North China University of Water Resources

- and Electric Power, 2018, 39(1): 1-9.(in Chinese))
- [17] 水利部淮河水利委员会. 淮河防御洪水方案研究报告[R]. 蚌埠:水利部淮河水利委员会, 2016. (Huaihe River Water Conservancy Commission of the Ministry of Water Resources. Flood control schemes of Huaihe River[R]. Bengbu: Huaihe River Water Conservancy Commission of the Ministry of Water Resources, 2016. (in Chinese))
- [18] Danish Hydraulic Institute. MIKE FLOOD: 1D-2D modelling user guide[M]. Danmark: Danish Hydraulic Institute, 2012.

Flood simulation with multiple flood detention areas in the middle reaches of the Huaihe River Ⅱ : application of flood routing model

WANG Lihui¹, XIE Weijie^{1,2}, WANG Zongzhi², CHENG Liang², LIU Kelin², WANG Kun^{1,2}, HE Yanyu¹
(1. Fuzhou University, Fuzhou 350002, China; 2. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China)

Abstract: Based on the developed flood routing model for the middle reaches of the Huaihe River, simulation and analysis of the relationships between the abandonment of several flood way districts and influences of flood diversion of specific flood plains upon variations in the water level are carried out in this study. The model is applied to analyze the influences on the water level in the main stream of the Huaihe River with respect to the abandonment of flood way districts of the Shangliufangdi and Xialiufangdi. From the analysis results of the usages of all flood way districts it is found that the peak stage only increases by 2 cm and 4 cm after discarding the Shangliufangdi and Xialiufangdi flood way districts when the Huaihe River suffers from floods with a frequency of 50 years and 100 years respectively. This verifies the rationality of abandoning both the above-mentioned flood way districts. This model is also used to analyze the variation in the water level of the main stream of the Huaihe River with respect to the use of the Huang-su flood plain when the Huaihe River suffers from floods with a frequency of 200 years. The analysis and simulation results show that the corresponding water level of the levee breach in the main stream of the Huaihe River decreases by 10–14 cm after discarding the Huang-su flood plain within 3–4 days. Additionally, the water levels of the upstream and downstream levee breach in the main stream of the Huaihe River also decrease at different degrees. Obviously, the use of the Huang-su flood plain can significantly reduce the water level of the main stream of the Huaihe River, so as to efficiently protect the important embankments nearby and save more time and space for flood control.

Key words: flood routing; MIKE11; middle reach of Huaihe River; flood way district; Huang-su flood plain