

扬中市太平洲左缘段河势变化及崩岸预警分析

沙红良¹, 詹新焕^{2,3}, 叶爱玲²

(1. 长江水利委员会水文局长江下游水文水资源勘测局, 江苏 南京 210011;
2. 南京水利科学研究院 水文水资源与水利工程国家重点实验室, 江苏 南京 210029;
3. 深圳市水务规划设计院股份有限公司, 广东 深圳 518000)

摘要:在对三峡蓄水前后大通水文站多年年内平均流量、流量年内分配占比、平均输沙率、输沙率年内分配占比和平均含沙量分析比较的基础上,利用长江下游扬中环岛险工段 2018 年汛后、2019 年汛前和汛中地形监测数据,通过河道平面变化、断面变化以及河床冲淤变化,综合分析太平洲左缘段的河势变化情况,设置相应的崩岸预警级别。结果表明:指南村崩窝、铁匠港和新韩通船舶公司上下游的大部分区域应设置为 1 级崩岸预警段;二墩港至团结闸、太平洲洲尾左缘应设置为 2 级崩岸预警段,针对不同的崩岸预警级别,提出相应的解决措施建议。

关键词:河势变化;崩岸预警;水文情势分析;地形监测;太平洲左缘段

中图分类号:TV85 文献标识码:A 文章编号:1007-7839(2021)02-0026-06

Analysis of river regime changes and bank collapse warning on the left margin of Taiping Continent in Yangzhong City

SHA Hongliang¹, ZHAN Xinhuan^{2,3}, YE Ailing²

(1. Downstream Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Hydrology, Yangtze River Water Resources Commission, Nanjing 210011, China; 2. State Key Laboratory of Hydrology - Water Resources and Hydraulic Engineering, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China;
3. Shenzhen Water Planning and Design Institute Co., Ltd., Shenzhen 518000, China)

Abstract: Based on the analysis and comparison of the annual average flow, annual distribution proportion of flow, average sediment transport rate, annual distribution proportion of sediment transport rate and average sediment concentration of Datong Hydrological Station before and after the impoundment of the Three Gorges Reservoir, the topographic monitoring data of the Yangzhong round island dangerous work section in the lower reaches of the Yangtze River after the flood season of 2018, before and during the flood season of 2019 were used to comprehensively analyze the river regime changes in the left margin of Taiping Continent through the changes of river plane, section and riverbed erosion and deposition, and the corresponding warning level of bank collapse was set up. The results showed that most areas of Zhinan Village Bankruptcy, Tiejia Port and the upstream and downstream of Xinhantong Shipping Company should be set as level 1 bank collapse warning; Erdun Port to Tuanjie Gate and the left margin of the tail of Taiping Continent should be set up as a level 2 bank collapse warning, and corresponding solu-

收稿日期:2020-07-23

基金项目:国家重点研发计划项目课题(2018YFC0407502)

作者简介:沙红良(1970—),男,高级工程师,本科,主要从事水文监测与工程测量研究工作。E-mail:276955298@qq.com

通信作者:詹新焕(1993—),男,硕士,主要从事水文监测预报研究工作。E-mail:352680110@qq.com

tions were proposed for different warning levels of bank collapse.

Key words: river regime change; bank collapse warning; hydrologic situation analysis; topographic monitoring; left margin of Taiping Continent

三峡水库工程建成后,长江下游来水来沙条件发生了较大变化,长江下游干流河道已经或将面临长时期、长距离、大幅度清水冲刷的严峻新形势,在长期清水冲刷的作用下,迎流顶冲段岸坡将可能变陡,会造成不同程度的崩岸险情发生,危及江堤及沿岸居民的安全^[1-6]。许多国内学者针对长江中下游崩岸险情监测预警方面的问题展开了不少研究,李晓宁等^[7]在分析长江张家港段堤岸发生崩岸原因的基础上,研究张家港在崩岸监测工作中采用的技术和方法;陈飞等^[8]分析比较了荆江河段的预测崩岸和实际崩岸的情况,并对结果进行了解析和思考;李圣伟^[9]探讨建立荆江河段河道崩岸预警系统,为荆江河段的科学治理提供决策依据;洪建等^[10]根据长江马鞍山河段现有河势条件及近年崩岸险情,分析指出本河段存在的主要问题,并提出相应的整治措施;朱明成等^[11]在归纳总结长江扬中河段太平洲汊道河道滩槽系统调整规律的基础上,分析了河段未来的演变趋势,该研究结果可为径潮流河段滩槽演变预测以及坍江灾害预警提供依据;罗龙洪等^[12]针对长江扬中河段指南村岸段发生的窝崩险情,运用实测资料对所采取的治理效果进行研究分析,可为类似窝崩的抢护治理提供指导;邓宇等^[13]系统总结长江中下游崩岸的观测及调查工作成果,对已有崩岸监测实施情况、崩岸类型、特点和主要影响因素加以分析,为进一步完善长江中下游崩岸监测体系和监测手段提供了参考。扬中地处江心洲四面环水,在长江中下游崩岸治理中列为重点险工险段,为防止扬中太平洲因局部河势变化引发崩岸险情,进而影响到扬中市的安全,开展扬中环岛险工险段监测与崩岸预警研究工作具有十分重要的意义。

1 研究区概况

扬中市地处东经 119° 42′ ~ 119° 58′, 北纬 32° 00′ ~ 32° 19′, 位于镇江市丹徒区圉山东侧的扬子江中。市境呈西北—东南走向, 南北长约 40 km, 东西平均宽约 7 km, 东北与泰兴市、扬州市江都区、扬州市邗江区隔大江相望, 西南与丹徒区、丹阳市、常州市武进区依夹江为邻。全市由太平洲、中心沙、西沙岛、雷公岛 4 个江岛组成, 总面积 331 km²,

其中陆地面积 243 km², 长江沿线深水岸线 62.7 km。

2 来水来沙情势分析

据统计,长江下游大通站以下干流区间入江流量约占大通站流量的 3% 左右,大通站的流量、泥沙特征基本代表长江下游来水、来沙特征,其历年水沙统计情况见表 1。三峡蓄水前后,大通站多年年内平均流量、平均输沙率、平均含沙量变化情况见图 1~3。

表 1 大通站水沙年特征值统计表

项目		特征值	统计年份/a
流量/ (m ³ · s ⁻¹)	历年最大	92 600	1951—2018
	历年最小	4 620	1951—2018
	多年平均(三峡蓄水前)	28 700	1951—2002
	多年平均(三峡蓄水后)	27 200	2003—2018
含沙量/ (kg · m ⁻³)	历年最大	3. 240	1951—2018
	历年最小	0. 016	1951—2018
	多年平均(三峡蓄水前)	0. 473	1951—2002
	多年平均(三峡蓄水后)	0. 159	2003—2018
输沙量/ (万 t)	历年最大	67 800	1951—2018
	历年最小	7 180	1951—2018
	多年平均(三峡蓄水前)	42 700	1951—2002
	多年平均(三峡蓄水后)	13 400	2003—2018

由表 1 可看出,三峡蓄水后,多年平均流量、多年平均含沙量、多年平均输沙量分别减少了 1 500 m³/s、0. 314 kg/m³ 和 29 300 万 t。从图 1 可看出,三峡蓄水前后 1—7 月份多年年内平均流量、流量年内分配占比都呈递增趋势,7 月份达最大,7 月份以后呈递减趋势,蓄水前后的水量总体变化不大,由 107 853 亿 m³ 降至 100 946 亿 m³。由图 2—3 可看出,三峡蓄水前 1—7 月份各月间平均输沙率、输沙率年内分配占比和含沙量总体呈递增趋势,尤其是 6—7 月份增幅最为明显,蓄水后 1—7 月份各月间平均输沙率、输沙率年内分配占比和

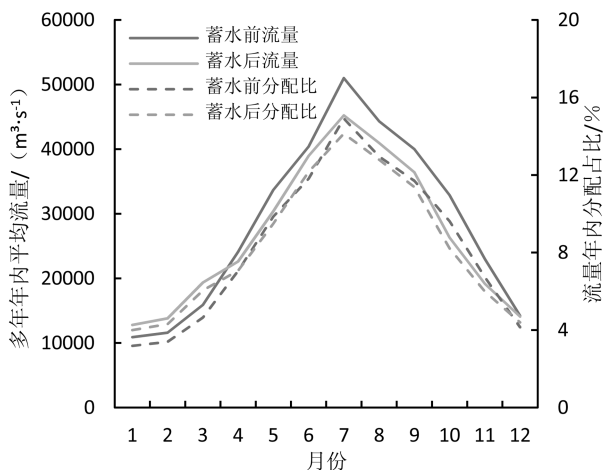


图1 大通站多年平均流量及年内分配对比

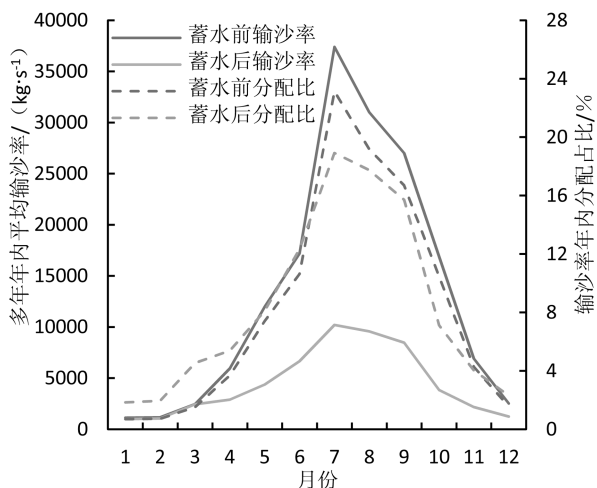


图2 大通站多年平均输沙率及年内分配对比

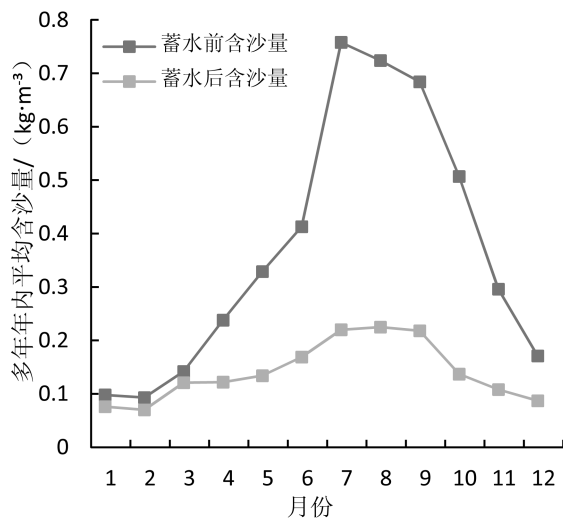


图3 大通站多年平均含沙量对比

含沙量也不断增加,但增幅有所减小。

通过上述分析可知,大通站上游来水来沙主要集中在汛期5—10月份,主汛期6—8月份尤大,三峡蓄水后,大通站年内水沙分配出现一定程度的调

整和变化。沙量的大幅减少主要发生在汛期,尤其是主汛期,而水量变化幅度则相对较小,主汛期来水量减小幅度约10%,而沙量减小幅度接近70%,三峡蓄水对汛期输沙量的调节明显大于径流量。来水来沙的变化,对长江下游扬中段河道的冲刷和淤积具有重要的影响,迎流顶冲且地质条件较差的河段容易发生不同程度的崩岸险情,部分老险工险段在遭受较大流量冲刷后也易出现新的险情。因此,及时开展扬中环岛险工段监测与崩岸预警研究工作是十分必要的,确定了扬中市省厅重点段36.6 km,市辖区段16.6 km,总长53.2 km。本文针对其中的重点段——太平洲左缘段,展开具体分析研究,该段自二墩港上游700 m至双龙港上游全长约19.4 km,其河段基本情况见图4。

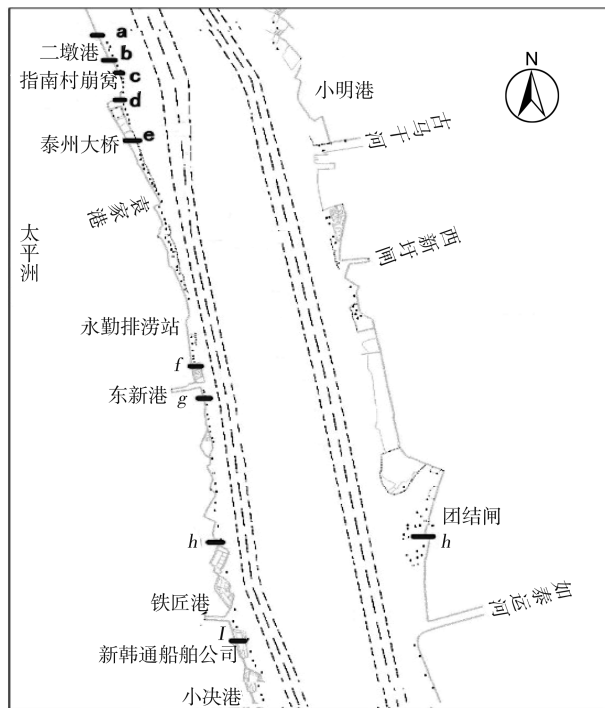


图4 扬中市太平洲左缘段

3 河势变化及崩岸预警分析

利用扬中环岛险工段2018年汛后、2019年汛前和汛中地形监测数据,通过河道平面变化、断面变化以及河床冲淤变化3个方面综合分析太平洲左缘段的河势变化情况并设置相应的崩岸预警等级。

3.1 平面变化

分段分析太平洲左缘段的平面变化情况如下:

(1)二墩港—泰州大桥段:2018年汛后,近岸等高线摆幅微小,局部-40 m以下深槽平面位置及尺度相对稳定,窝塘内等高线走势由崩窝初期锯齿型,转为光滑平顺,-10 m以下等高线淤积外移明

显,窝顶部位 0 m 线有所逼近岸边,可能是近岸抛石沉降所致。2019 年汛前,近岸各级等高线走势变幅微小,崩窝外侧 -40 m 深槽略有缩小。2019 年汛中,崩窝内 -20 m 以上等高线变化微小,-20 m 以下等高线有所淤积外移,口门外深槽有小幅下切,基本在正常的冲淤调整范围之内。

(2)泰州大桥—东新港段:2018 年汛后,近岸等高线走势相对稳定,外侧深槽形态及最深点变化不大。2019 年汛前及汛中,近岸河床各级等高线变化微小。

(3)东新港—团结闸段:2018 年汛后,各级等高线平面变化很小保持相对稳定:0 ~ -15 m 线整体贴岸下行,-15 m 线与岸边最近距离约 40 m 左右,局部近岸存在 -20 m 小型深槽,但其面积最大不超过 3 000 m²,与岸边距离在 100 m 之外,且深槽越大离岸越远。2019 年汛前及汛中,近岸河床各级等高线冲淤摆幅较小,外侧深槽无大幅冲淤变化。

(4)团结闸—双龙港段:2018 年汛后,各级等高线平面变化相对较小,左右移动变幅一般在 10 m 范围之内,近岸等高线延续上段走势,贴岸下行,但在团结闸下游侧,近岸出现 -20 m 深槽,尾部一直达到新韩通船舶公司水域,-20 m 槽贴岸,距离岸边最近距离约 30 m,水流密集,陡坡高差较上游段有所增大。2019 年汛前,近岸 0 m 线局部存在小幅的冲淤摆动,幅度一般不超过 5 m,变化范围不超过 100 m;0 m 线以下近岸各级等高线变化微小,外侧深槽最深点无大幅冲淤变化。2019 年汛中,该段近岸部位各级等高线摆幅微小。

3.2 断面变化

太平洲左缘段跨度大,沿岸河道、水流、水工设施情况不一,分段分析其断面变化情况如下:

(1)二墩港上下游段:2018 年汛后,近岸岸坡相对江心部位较陡,沿程看上段陡于下段,上游断面 a 离近岸 0 ~ -10 m 河床相对较陡,其余相对坡缓,但总体近岸坡陡,陡坡段高差一般不超过 10 m。2019 年汛前及汛中,各个断面形态相对稳定,变化幅度较小。

(2)崩窝上下游段:2018 年汛后,上游断面 c 处为沉船位置,近岸断面地形呈锯齿突兀于泥面之上约 15 m,形成水下分流隔断,近岸侧夹槽坡陡,高差超过 20 m。断面 d 为崩窝中心断面,崩窝近岸坡度处于适中状态。2019 年汛前及汛中,各断面形态保持相对稳定,近岸水下陡坡微淤为主,沉船部位鼓包总体变化微小。

(3)泰州大桥附近段:2018 年汛后,该段总体特

征为坡陡、高差大,以大桥所在断面 e 最陡,其陡坡段高差高达 30 m,其余位置虽然近岸坡陡,但是高差一般在 10 m 左右,崩岸险情及危害程度相对于断面 e 较轻。2019 年汛前,桥上游段近岸陡坡部位有小幅淤高,0 m 以上河槽及坡脚外侧河床冲淤不明显,桥下游段断面形态基本无变化,2019 年汛中,各个断面基本重合,保持相对稳定。

(4)东新港上下游段:2018 年汛后,该段总体特征为坡陡、高差大,一般高差都有 20 m,上游断面 f 处尤大,坡高超过 30 m,坡脚已冲刷呈槽。2019 年汛前,河槽左缘向江心方向略有拓宽,宽度约 55 m。2019 年汛中,各断面形态保持相对稳定,坡顶及坡脚外侧河床冲淤不明显,坡腰有小幅淤积。

(5)团结闸上下游段:2018 年汛后,断面 h 坡陡、高差大,断面坡腰部位上部微淤、下部微冲。2019 年汛前,各断面形态保持相对稳定,冲淤幅度较小。2019 年汛中,断面 h 坡脚处冲刷下切,使得汛前淤积消失的坡脚深坑再次冲刷出现,并且进一步下切,坡脚最深处高程为 -35.8 m,为本段最危险断面,有崩岸风险。

(6)新韩通船舶公司上下游段:2018 年汛后,该段总体特征为坡陡、高差大,一般高差在 20 m ~ 30 m,上游断面 I 处尤大,坡高 35 m,坡脚外深槽最深点达到 -45 m。2019 年汛前,坡脚前沿有所回淤,淤高约 2 m,虽略有好转,但断面 I 依然较陡,崩岸风险很大。2019 年汛中,除原坡肩 -2 m 位置处冲刷下切约 3.4 m 外,其余断面形态保持相对稳定,冲淤幅度较小。

3.3 河床冲淤变化

(1)指南村崩窝上下游段:2018 年汛后,该段整体淤积,平均淤积厚度为 0.20 m,淤积主要在近岸部位,略一般长度岸段近岸淤积厚度超过 1.0 m,远洲部位冲淤交替,淤积为主。2019 年汛前,该段河床整体冲淤平衡,其中崩窝口门内持续微淤,幅度不超过 1 m,口门外侧近岸区域微淤积,坡脚部位微冲,崩窝下游河床冲刷幅度相对略大。2019 年汛中,该段整体回淤,平均淤积厚度达到 0.55 m,窝塘内及外侧近岸部位整体小幅回淤,局部零星的冲刷坑位于坡脚以外,距离水边超过 100 m,坡陡流急、深水贴岸。

(2)永勤排涝站段:2018 年汛后,该段整体微冲,平均微冲 0.10 m,近洲部位多为冲刷,局部最大冲刷接近 3.0 m,远洲部位冲淤交替,上淤下冲。2019 年汛前,近岸河床整体微冲,平均微冲厚度

0.04 m,沿程看上段冲刷略大,横向坡脚以上河床微淤,坡脚外河槽冲刷为主。2019 年汛中,河床整体微淤,平均淤积厚度为 0.31m,淤积主要在上游及近岸部位,下游外侧区域呈微冲。

(3)东新港上下游段:2018 年汛后,该段整体微冲,平均微冲 0.26 m,近洲部位多为冲刷,局部最大冲刷接近 3.0 m,远洲部位冲淤交替,冲刷占多。2019 年汛前,该段整体转为微淤,平均淤积厚度约 0.06 m,沿程冲淤相对均衡,近岸部位淤积为主,坡脚外河床冲淤交替。2019 年汛中,该段转为微冲,平均冲刷厚度 0.23 m,沿程看上游侧冲刷略大,横向坡脚外冲刷偏大。

(4)小决港上下游段:2018 年汛后,该段整体微冲,平均微冲 0.12 m,近洲部位多为冲刷,局部最大冲刷接近 3.0 m,远洲部位冲淤交替,冲刷占多,沿程范围上冲下淤,冲刷区长度显著大于淤积区。2019 年汛前,该段河床普遍转为淤积,从水边至河床区域,整体呈淤积态势,局部零星的冲刷坑都在坡脚外河床区域。2019 年汛中,该段基本冲淤平衡,沿程小幅冲淤交替,局部冲淤幅度较大区域都在坡脚外侧。

3.4 崩岸预警段定级

采用综合评估法确定崩岸预警级别的划分,主

要从防洪安全、群众生命财产安全、河势稳定、岸线利用、涉河建设项目运行等方面,综合分析崩岸发生的可能性及造成的危害,划分不同级别的崩岸预警,崩岸预警可划分为 1、2、3 三级^[14-15]。综合 2018 年汛后、2019 年汛前和汛中对太平洲左缘段河势变化情况的分析结果,设置不同级别的崩岸预警段:1 级预警段 4 段,长度 3 890 m;2 级预警段 5 段,长度 21 078 m,具体见表 2~3。

4 结论和建议

(1)三峡蓄水后,对大通水文站汛期输沙量的调节作用明显大于来水量,相较于蓄水前,蓄水后主汛期来水量减小幅度约 10%,而沙量减小幅度接近 70%,来水来沙的变化对扬中段河道的冲刷和淤积具有重要的影响,易造成不同程度的崩岸险情。

(2)通过河道平面变化、断面变化以及河床冲淤变化综合分析扬中岛太平洲左缘段 2018 年汛后、2019 年汛前和汛中的河势变化情况,结果表明:指南村崩窝、铁匠港和新韩通船舶公司上下游的大部分区域应设置为 1 级崩岸预警段;二墩港至团结闸、太平洲洲尾左缘应设置为 2 级崩岸预警段。

为有效防治崩岸险情,减少洪灾损失,针对不同的崩岸预警级别,需采取相应的解决措施,对于

表 2 1 级险工段情况表

位置	长度/m	滩宽/m	起点坐标 x,y	终点坐标 x,y
指南村崩窝	2 000	160~190	486 056,357 133	487 002,356 965
铁匠港	1 100	40~209	489252,355820	489628,355717
新韩通船舶公司上游	350	邻水	489 980,355 626	490 130,355 594
新韩通船舶公司下游	440	129~133	490 425,355 444	490 533,355 401

注:坐标采用 1954 北京坐标系,下同。

表 3 2 级险工段情况表

位置	长度/m	滩宽/m	起点坐标 x,y	终点坐标 x,y
指南村崩窝上游	1 319	30~97	485 217,357 235	486 056,357 133
二墩港—团结闸	11 698	20~103	487 002,356 965	489 221,355 819
铁匠港一带	974	60~195	489 628,355 717	478 980,355 626
新韩通船舶公司前沿	1 540	邻水	490 130,355 594	490 425,355 444
太平洲洲尾左缘	5 547	0~216	490 533,355 401	492 485,354 881

1级预警段,建议予以密切关注,必要时进行适当抛护加固,年度内进行3次监测分析;对于2级预警段,建议年度内汛前、汛后各监测1次,视情况汛期加密监测。此外,对确定的崩岸预警段需分别按不同程度做好预警区宣传和警示工作,落实巡查制度,储备抢险物资以及需转移受崩岸威胁居民的相关准备工作。

参考文献:

- [1] 卢金友,张细兵,黄悦. 三峡工程对长江中下游河道演变与岸线利用影响研究[J]. 水电能源科学, 2011, 29(5):73-76.
- [2] 方馨蕊,黄远洋,吴胜军,等. 三峡工程蓄水前后坝下游河段河道演变趋势分析[J]. 三峡生态环境监测, 2018, 3(1):1-6, 20.
- [3] 夏军强,周美蓉,许全喜,等. 三峡工程运用后长江中游河床调整及崩岸特点[J]. 人民长江, 2020, 51(1):16-27.
- [4] 石建华,李宁波,袁虎,等. 三峡水库蓄水后下荆江险工段近岸河床演变分析[J]. 人民长江, 2013, 44(1):18-21, 33.
- [5] 高清洋,李旺生,杨阳,等. 长江中下游河道崩岸研

究现状及展望[J]. 水运工程, 2016(8):99-105.

- [6] 姚仕明,卢金友. 长江中下游河道演变规律及冲淤预测[J]. 人民长江, 2013, 44(23):22-28.
- [7] 李晓宇,唐玥,张立辉. 长江张家港段的崩岸监测实践应用[J]. 江苏水利, 2016(7):36-38.
- [8] 陈飞,杨维明. 荆江河段崩岸预测[J]. 中国防汛抗旱, 2014, 24(6):29-32.
- [9] 李圣伟. 长江荆江段河道崩岸预警系统设计初探[J]. 水利水电快报, 2019, 40(8):57-61.
- [10] 洪建,廖小永. 长江下游马鞍山河段河道治理初步研究[J]. 长江科学院院报, 2012, 29(2):1-5.
- [11] 朱明成,左利钦,季荣耀. 长江扬中河段太平洲汉道滩槽演变趋势研究[J]. 江苏水利, 2018(7):58-61, 65.
- [12] 罗龙洪,苏长城,应强,等. 长江扬中河段指南村窝崩应急治理及效果分析[J]. 江苏水利, 2020(2):25-28.
- [13] 邓宇,赖修蔚,郭亮. 长江中下游崩岸监测及分析研究[J]. 人民长江, 2018, 49(15):13-17.
- [14] 刘东风. 长江河道崩岸预警方法探索[J]. 江淮水利科技, 2014(4):5-7.
- [15] 曹双,蔡磊,刘沛. 崩岸预警综合评估法研究与应用探讨[J]. 水利水电快报, 2019, 40(8):21-28.

(上接第25页)

不利影响,建议污水处理厂严格监管,杜绝事故排放。

综上可知,圩区河道污水处理厂尾水排放预测时,应充分考虑圩区内水利工程的调度规则、受纳水体的环境保护目标、水体水文情势等因素制定预测方案,根据预测结果提出合理的排水方案,为行政主管部门提供科学依据。

参考文献:

- [1] 郭晨花. SWAT和SWMM模型耦合的平原河网城市水体点源污染扩散预测研究[D]. 杭州:杭州师范大学, 2018.
- [2] 曹晓静,张航. 地表水质模型研究综述[J]. 水利与建筑工程学报, 2006, 4(4):18-21.
- [3] 袁雄燕,徐德龙. 丹麦 MIKE21 模型在桥渡壅水计算中的应用研究[J]. 人民长江, 2006, 37(4):31-32.
- [4] 李慧杰,吕永鹏,张格,等. 基于 MIKE 模型的环湖闸坝拦截污染物效果研究[J]. 城市道桥与防洪, 2019(12):161-165.
- [5] 林希晨,倪红珍,王琳,等. 东南沿海平原河网区域

水质水量模型研究[J]. 水利水电技术, 2019, 50(6):150-157.

- [6] 姚琪,丁训静,郑孝宇. 运河水网水量数学模型的研究和应用[J]. 河海大学学报(自然科学版), 1991(4):9-17.
- [7] 王昭亮,高仕春,艾泽. 闸坝对河流水质的调控作用初步分析[J]. 水利科技与经济, 2010, 16(12):1339-1340, 1347.
- [8] 刘子辉. 闸坝对重污染河流水质水量影响的实验与模拟研究[D]. 郑州:郑州大学, 2011.
- [9] 阮仁良. 平原河网地区水资源调度改善水质的机理和实践研究——以上海市水资源引清调度为例[D]. 上海:华东师范大学, 2003.
- [10] 宋金军,李若华,孙毛明,等. 平原河网污水治理工程中的水质模拟计算[J]. 浙江水利科技, 2010(6):1-3, 5.
- [11] 曾慧俊. MIKE 模型在长江下游河段涉河工程洪水影响分析中的应用[J]. 资源环境与工程, 2019, 33(2):275-278, 288.
- [12] 逢勇,陆桂华,王华,等. 水环境容量计算理论及应用[M]. 北京:科学出版社, 2010.