

基于水文水动力模型的 溧水河超标准洪水风险分析

王绪彬¹, 刘鹏程¹, 赵燕霞²

(1. 徐州市南水北调工程管理中心, 江苏 徐州 221200; 2. 南京市水利规划设计院股份有限公司, 江苏 南京 210022)

摘要:以溧水河为研究对象,建立水文水动力模型,并进行了模型参数率定与验证。以三陵桥溃口为例,制定了风险分析方案,采用 MIKE FLOOD 耦合模型对溧水河流域进行了洪水风险分析,绘制了该区域 100 年一遇超标洪水的淹没范围、淹没水深及流速分布图,并进行了损失评估,为洪水预警、抢险救灾、合理避险等提供决策依据。

关键词:水文水动力模型; 溃口; 超标洪水; 洪水风险图; 损失评估; 溧水河流域

中图分类号:TV124

文献标识码:A

文章编号:1007-7839(2022)03-0057-0004

Risk analysis of over standard flood in Lishui River based on hydrological hydrodynamic model

WANG Xubin¹, LIU Pengcheng¹, ZHAO Yanxia²

(1. Xuzhou South-to-North Water Transfer Project Management Center, Xuzhou 221200, China ;

2. Nanjing Water Conservancy Planning and Design Institute Co., Ltd., Nanjing 210022, China)

Abstract: Taking Lishui River as the research object, a hydrological hydrodynamic model is established, and the model parameters are calibrated and verified. Taking the Sanling bridge breach as an example, the risk analysis scheme is formulated, the flood risk analysis of Lishui River Basin is carried out by using MIKE FLOOD coupling model, the inundation range, inundation depth and velocity distribution map of the 100-year over standard flood in this area are plotted, and the loss assessment is carried out to provide decision-making basis for flood early warning, rescue and disaster relief and reasonable risk avoidance.

Key words: hydrological and hydrodynamic model; breach; over standard flood; flood risk map; loss assessment; Lishui River Basin

1 概 况

溧水河地处秦淮河上游,南起一、三千河交汇口,北至西北村,承接一、二、三千河等支流汇水,流域面积约 831 km²。溧水河上段有一、三千河两支

流,分别承中山水库、西横山水库来水;而后在左岸江宁区有横溪河汇入,承赵村水库来水,右岸有二千河汇入,承接方便水库和卧龙水库来水。在下段右岸江宁区有高阳河(又称句容南河)汇入,至西北村和句容河交汇后注入秦淮河干流。天生桥河沟

收稿日期:2021-11-26

作者简介:王绪彬(1974—),男,工程师,本科,主要从事水利工程管理工作。E-mail:468029595@qq.com

通秦淮河与石臼湖水系,在秦淮河与石臼湖水系分水岭位置有天生桥套闸控制,天生桥河北片汇水在沙河口汇入一干河。

溧水河流域地形总体为东西高中间低,形成以溧水河为南北向轴线的河谷地形。南北向地势则自南向北逐渐降低,南侧为秦淮河流域与石臼湖水系的分水岭,多为山丘和岗地;北侧除东、西两端为山丘和高地,中间为溧水河河谷圩区,并和秦淮河干流圩区绵延相接。溧水河支流上游主要为山丘区,中小型水库多发源于此。溧水河干流两岸及支流中下游两岸为圩区。

溧水河流域范围内中、小型水库共40座,其中中型水库4座:中山、卧龙、方便、赵村水库。小(1)型水库9座,小(2)型水库27座。水闸包括节制闸、排水涵(闸)、引水涵闸、退水闸等,总计108座,其中主要河道节制闸包括:天生桥闸、中山河闸、姜林闸(横溪河)、团结河闸等。主要排水泵站和灌溉两用泵站共计171座,装机流量合计 $286.3\text{ m}^3/\text{s}$,主要功能为排涝。

溧水河流域范围内有中山、方便、卧龙、赵村4座中型水库雨量站,红星、溧塘、西横山3座小型水库雨量站;前埭村、艾园、东山、天生桥闸、公塘5个常规雨量站。方便、中山、卧龙、赵村4座中型水库水位站;东山、前埭村、开太桥、沙河口、天生桥闸(闸上、闸下)水位站。溧水河区域下边界为前埭村流量站,测流为前埭村(句容河)和前埭村(秦淮河干流)和石臼湖水系分水岭位置有天生桥闸流量站。

2 风险分析方案制定

2.1 水利工程调度规则制定

堤防:流域范围涉及省级骨干河道堤防包括:溧水河、一干河、天生桥河东段、三干河、二干河、横溪河、句容南河两岸堤防,句容河左岸堤防、云台山河右岸堤防,长度约229.8 km。其他支流及撇洪沟堤防长度约62.7 km。其中溧水河、句容河、一干河、徒盖新河为3级堤防,长度71.4 km;其他溧水河支流堤防、天生桥河堤防、中圩撇洪沟堤防为4级堤防,长度167.2 km;剩余的撇洪沟圩堤为5级堤防,长度53.8 km。

水库:中型水库、小(1)型水库按照省防办批准的除险加固设计时确定的调度规则执行,主要是遵循水库自身水位~库容泄量曲线。

水闸:中山河闸老闸及姜林闸、团结河闸等蓄

水闸汛期敞开行洪。中山河新闸按照设计调度规则进行调度,天生桥闸按照汛期关闭挡洪考虑。

泵站:排涝泵站调度主要根据内河水位、沿河地面(堤防)高程确定。

2.2 溃口设置

溃口位置:溧水河溃口的设定主要通过历史洪水溃决情况、堤防险工情况,综合确定堤防可能的溃口位置,溃口具体位置、尺寸在进行资料收集与现场调查后,咨询当地防汛部门专家进行确定,本研究选取三陵桥溃口为本次边界条件,防洪保护对象主要为337省道、东阳圩。三陵桥溃口,设置在溧水河中段右堤,溃口坐标为 $118^{\circ}53'05''\text{E}$, $31^{\circ}49'21''\text{N}$ 。堤防建设标准不足,堤顶高程约为12.7 m,险工险段长约500 m,15年大洪水漫堤^[2]。

溃口大小:溃口宽度为110 m,溃口底高程6.5 m,溃口水位12.14 m。

溃决时机:堤防溃决方式为瞬溃,河道计算的最高洪水位大于等于防洪设计水位时,则溃决时机选择溃口位置计算水位达到防洪设计水位的时刻。若河道计算的最高洪水位小于防洪设计水位,则溃决时机选择溃口位置计算水位达到最高水位的时刻。

溃口持续时间:根据溧水河历史洪水实况,设定溃口持续时间一般为1~3 d,并参考模型计算中圩内水位和河道洪水位情况,当圩内水位接近河道洪水位时,认为溃口已经封堵,但持续时间不超过3 d(即使圩内水位仍然低于外河洪水位)。

2.3 计算方案说明

首先对计算区域进行水文分区,采用MIKE软件的水文学模型(URBANB)计算各分区流量过程,并按照各自汇流方式汇入河道。采用一维非恒定流河道水力学洪水演进模型计算水位和河道沿程流量。通过河道一维模型和保护区二维模型的耦合,计算洪水淹没范围、速度和水深^[3]。

3 模型构建及模拟

3.1 模型构建

据溧水河流域地形特点以及工情特点,划分了54个水文分区,其中33个山丘区,21个圩区。在模型中对计算区域内的圩区内部堤防、高于地面0.5 m的道路对洪水演进的影响予以考虑,对道路上的路下涵洞的过水作用也进行考虑,根据实地测量情况设置涵洞宽度与底高程。

设计暴雨采用前埭村、卧龙水库、中山水库、方

便水库以、艾园、天生桥及赵村水库 1975 年至 2010 年降雨资料计算得到溧水河流域最大 7 d 设计面暴雨。

下边界前埠村 100 年洪水位过程,直接采用《南京城市防洪规划 2013—2030》中成果,其采用的洪水组合为:秦淮河流域 100 年暴雨洪水遭遇河口长江 91.7 典型潮位过程。

对流域内不同地类糙率分别进行赋值。参考糙率取值见表 1。

表 1 洪水风险区域糙率

村庄	树丛	旱田	水田	道路	空地	河道、水面
0.07	0.065	0.06	0.05	0.035	0.035	0.025~0.035

在田间蓄水、暴雨过后再排水的情况,这种情况可能各个地区有所不同。除此之外,通过率定还确定了另外一些次要参数如初损、填洼、初渗、霍顿参数的取值。不同下垫面比例的统计显示句容河流域及溧水流域的水田和旱地的比例较大,糙率的选取可能对干流的模拟有重要的影响,通过对源头水库的率定可以大致确定水田旱地的糙率取值范围在 1~9 之间。

水库验证结果良好,误差均在 5 cm 内。整体上,通过源头子流域水文模型 2 场洪水率定及 2 场洪水验证,水文模型基本可以确定一些次要参数的取值及重要敏感参数的取值范围。

3.2.2 水力学模型的率定与验证

使用 2015 年 0626 洪水作为率定洪水,2003 年以及 2007 年洪水作为验证洪水,站点使用前埠村(秦)流量资料以及一干河(沙河口)水位资料进行率定、验证。从结果统计表看出,2015 年洪水整体结果良好,水位误差为 0.08m,流量相对误差为 3.3%。2003 年前埠村(秦)流量相对误差为-3.1%。2007 年前埠村(秦)流量模拟相对误差为-3.3%,结果良好^[4]。

4 溧水河洪水风险分析

通过对洪水风险计算得到的淹没范围、淹没水深和淹没历时等要素和土地利用数据(行政界线,居民地、农田、道路、重点单位等)进行空间分析,结合保护区内各乡镇的社会经济情况,洪水淹没特征分布与社会经济特征分布通过空间地理关系进行

3.2 率定及验证

3.2.1 水文模型的率定与验证

通过 3 个水库的率定,可以得出 Urban B 水文模型的 2 个重要参数(稳渗和糙率)有一定共性。在短历时强暴雨情况下,多个水库的率定显示水田、旱地及山林的取值为 0.1 mm/h, 0.3 mm/h, 0.7 mm/h。水面、建成区以及山林的糙率(M)可分别取 30、10、6,水田和旱地的取值在各个水库中略有不同,模拟时段处于 6~7 月,正是水稻生长期,暴雨期间可能存

拓扑叠加,获取洪水影响范围内不同淹没水深下社会经济不同财产类型的价值及分布。从而对各乡镇受淹面积受淹耕地面积、受影响人口总数、受影响交通线路、受影响重点单位数量以及受影响 GDP 等指标进行统计分析。计算得到本溃口方案洪水淹没面积、淹没农田面积、受影响 GDP、受影响人口和受影响公路、铁路的统计结果^[5]。

4.1 风险等级划分

计算结果中将洪水影响统计值按照淹没等级和行政区进行统计:按照淹没等级分为 5 个级别, <0.5 m, 0.5 m~1.0 m, 1.0 m~2.0 m, 2.0 m~3.0 m 和 >3.0 m, 每个级别的淹没面积、淹没农田、受影响人口、GDP、道路分别统计;按照行政区进行统计的数据就以乡镇和区县为单位,统计每个乡镇与区县的洪水影响分析。

4.2 风险分析

溧水河遭遇 100 年一遇洪水溧水河中段右堤三陵桥处溃决,区域淹没面积为 78.34 km²,影响人口 3.47 万人,直接经济损失 20.74 亿元,见表 2~4。

5 结 论

淹没区内的省道高程基本没有抵御溃堤洪灾的能力。根据计算,淹没区内的重要道路,一旦发生溃堤险情,均被洪水淹没,损失巨大。洪水风险图对可能发生的超标准洪水的洪水演进路线、到达时间、淹没水深、淹没范围等过程特征进行预测,是对中小河流洪水预警、标示区域内各处洪水灾害的危险程度的一种重要的防洪非工程措施。

表2 溧水河流域100年一遇洪水各水深等级影响各类资产分布						
水深/m	受影响人口/万人	淹没面积/km ²	淹没农田/hm ²	受影响GDP/万元	受影响道路/km	受影响铁路/km
[0.05,0.5)	0.00	0.16	11.00	328.61	0.06	0.00
[0.5,1)	0.00	0.26	17.78	555.42	0.12	0.00
[1,2)	0.05	2.31	187.23	5 170.29	1.48	0.00
[2,3)	0.14	5.75	449.84	13 002.94	8.52	0.85
[3,∞)	3.28	69.86	5 302.74	149 043.71	39.30	5.14
合计	3.47	78.34	5 968.59	168 100.97	49.48	5.99

表3 洪水影响统计						
乡镇	淹没面积/km ²	淹没农田/hm ²	受影响GDP/万元	受影响人口/万人	受影响道路/km	受影响铁路/km
湖熟街道	46.89	3 520.55	98 048.61	2.72	28.63	1.65
赤山湖管委会	4.79	352.42	7 503.92	0.16	1.29	0.00
郭庄镇	26.66	2 095.62	62 548.44	0.59	19.56	4.34
合计	78.34	5 968.59	168 100.97	3.47	49.48	5.99

表4 100年一遇洪水直接经济损失估算							单位:万元
居民房屋损失	家庭财产损失	农业损失	工业损失	第三产业损失	道路损失	铁路损失	合计
56 090.8	80 059.5	18 789.4	34 839.4	8 642.8	7 608.4	1 333.7	207 364.0

参考文献:

- [1] 周捷,张金龙,金建宏.江苏省洪水风险图编制项目监理过程中的质量控制与要点分析[J].江苏水利,2019(1):18-21.
- [2] 张靖雨,徐佳,袁先江,等.外洪溃堤一、二维耦合模型与内涝模型叠加在防洪保护区内的应用探讨[J].水利

- 水电技术,2017,48(5):87-94.
- [3] 苑希民,田福昌,冯国娜,等.溃堤洪水的二维水力模型及其应用[J].南水北调与水利科技,2015,13(2):225-230.
- [4] 刘卫林,刘丽娜,梁艳红,等.基于MIKE FLOOD的中小河流溃堤洪水风险分析[J].水利水电技术,2020,51(1):88-99.

(上接第51页)

组同时运行时,供水泵机组平均功率为 \bar{P} =25.20 kW。系统采用变阀调节优化运行后,节能率20%~78%,主机运行台数越少,进水温度越低,节能率越高,平均节能50%~70%,节能效果明显。

参考文献:

- [1] 申剑.大型灯泡贯流泵机组电机通风冷却研究[J].流体机械,2011,39(6):34-37.
- [2] 邓波,陈坚,周少华,等.大型立式推力轴承研究现状及发展趋势[C]//全国大型泵站更新改造研讨暨新技术、新产品交流大会,2009.
- [3] DIETZ A,GROEGER A,KLINGLER C. Efficiency impro-

- vement of small hydroelectric power stations with a permanent-magnet synchronous generator[C]. IEEE,2011.
- [4] ALMEIDA A B, RAMOS H M. Water supply operation: diagnosis and reliability analysis in a Lisbon pumping system[J]. Aqua,2010,59(1):66-78.
- [5] 问泽杭,张合朋.泵站技术供水系统的改造途径[J].排灌机械,2003,21(3):20-22.
- [6] 张继杰.对泵站技术供水方式的探讨[J].广东科技,2012,21(2):91.
- [7] 朱红伟,沈朝辉.淮安四站泵站冷却系统选用[J].江苏水利,2008(8):36-38.