

基于 MIKE 模型的太湖湖西通胜地区 水利治理对策研究

李卫东, 唐 仁, 钟 栗, 汪院生, 秦 灏

(江苏省太湖水利规划设计研究院有限公司, 江苏 苏州 215128)

摘要:针对湖西通胜地区整体防洪标准偏低及骨干河道行洪能力不足等问题,建立基于 MIKE11 模型的通胜地区水利计算模型,评估地区现状防洪排涝能力。围绕通胜防洪设计水位目标,依托流域与区域防洪体系,遵循“上蓄、中滞、下泄”的治理原则,分析研究通胜地区河道整治方案,提出符合通胜地区实际和需求的可持续治理对策,进一步完善通胜地区防洪除涝格局,全面提高通胜地区防洪标准,为地区安全提供有效保障。研究表明:通胜地区现状防洪标准总体不足 20 年一遇;通过实施通济河、胜利河及简渎河整治工程措施,可有效实现丘陵山区洪水安全有序下泄,满足通胜地区防洪设计水位目标。

关键词:MIKE 模型; 现状评估; 设计水位; 治理原则; 防洪除涝格局

中图分类号:TV122

文献标识码:A

文章编号:1007-7839(2020)10-0004-06

Research on water conservancy management countermeasures of Tongsheng area of west Taihu Lake based on MIKE model

LI Weidong, TANG Ren, ZHONG Li, WANG Yuansheng, QIN Hao

(Jiangsu Taihu Planning and Design Institute of Water Resources Co., Ltd, Suzhou 215128, China)

Abstract: Aiming at the problems of low flood control standard and insufficient flood discharge capacity of backbone rivers in Tongsheng area of west Taihu Lake, a calculation model of water conservancy in Tongsheng area based on MIKE11 model was established to evaluate the current flood control and waterlogging prevention capacity. Focusing on the goal of flood control design water level in Tongsheng area, relying on the basin and regional flood control system, following the governance principles of "upstream storage, midstream stagnation, and downstream discharge", the river improvement plan in Tongsheng area was analyzed and studied, and sustainable governance countermeasures that meet the actual and demand of Tongsheng area were proposed to further improve the pattern of flood control and waterlogging prevention in and comprehensively raise the flood control standard to provide effective guarantee for regional safety. The results showed that the current flood control standards in Tongsheng area were generally less than 20 years. In addition, through the implementation of remediation engineering measures in Tongji River, Shengli River and Jiandu River, the safe and orderly discharge of floods in hilly and mountainous areas could be effectively realized, and flood control design water level target could be met.

Key words: MIKE model; status assessment; design water level; governance principle; pattern of flood control and waterlogging prevention

收稿日期:2020-04-02

基金项目:江苏省水利科技项目(2017016;2016018)

作者简介:李卫东(1992—),男,工程师,硕士,主要从事水利规划工作。E-mail:lwdhhu@163.com

1 基本概况

1.1 区域概况

通胜地区位于太湖流域湖西地区西北部,为茅山丘陵东部一相对闭合的流域,总面积约 1 087.9 km²,涉及镇江市的句容市、丹徒区、丹阳市和常州市的金坛区,境内兼有丘陵山区和平原圩区。其中,西北部 10 m 等高线(黄海高程)以上的丘陵山区面积约 511.7 km²;东部丹金溧漕河以西平原区面积约 576.2 km²,属典型的山前平原,主要以山丘区平原混合区和平原圩区为主。

1.2 存在问题

太湖流域湖西通胜地区由于地形条件复杂,且受行政地域因素限制,虽然历年来已有湖西引排工程可研、太湖流域湖西区防洪规划等相关规划对通胜地区的治理作出了安排,但由于上下游、左右岸洪涝矛盾持续突出,多年以来一直未能有效推进系统治理,已成为湖西地区治理最薄弱的环节之一。目前,通济河、胜利河与香草河是仅有的 3 条山洪下泄通道,山洪行泄压力大,且由于尚未全部整治到位,致使通胜地区现状洪水出路严重不足,且河道源短流急,直接威胁下游防洪安全。2009 年以来中小河流治理逐步安排实施了香草河、胜利河和通济南河分段整治,改善了通胜地区下游的排水出路,但通济河干流至今未实施全线整治,局部地区堤身渗漏,沿线涵闸老化存在安全隐患,防洪能力偏低;胜利河尚有丹阳段未安排整治,行宫集镇存在卡口影响河道行洪;简渎河在丹阳与金坛交界处存在实心河段,且周边外排河道受土坝阻水影响,丧失分流通济河洪水功能。综上所述,洪水下泄通道防洪能力不足严重制约了通胜地区整体防洪标准的提高,亟待开展对策研究与系统治理,为提高地区防洪标准和保障地区防洪安全作重要技术支撑。

2 研究思路与计算方法

2.1 研究思路

在充分调研湖西通胜地区周边水利设施及河道现状的基础上,综合考虑区域已建防洪工程防洪能力,结合相关规划设计水位成果,进一步明确通胜地区治理与防洪设计水位要求。基于 MIKE11 软件建立太湖流域湖西通胜地区水文水利计算模型,采用 2015 年型降雨复核现状防洪能力。针对现存治理问题和实际情况,围绕通胜地区治理防洪设计

水位目标,遵循地区“上蓄、中滞、下泄”的治理原则,研究通胜地区水利治理对策,分析论证通济河、胜利河以及简渎河等骨干河道整治方案效益,力求打破行政地域限制,协调上下游矛盾,统筹推进通胜地区防洪能力提升,保障区域防洪安全。

2.2 计算方法

本次研究范围涵盖通胜地区上游山丘区、中部山丘平原混合区和下游平原圩区,其中上游丘陵山区另有库容 100 万 m³ 以上的中小水库 12 座,集水面积 80.1 km²。针对通胜地区不同地形的产水特点,按照丘陵山区(含水库)、山丘平原混合区和平原圩区分别计算产水量,推求设计洪水过程。

目前,针对太湖湖西丘陵山区产汇流计算大多采用河海大学程文辉教授研制的太湖流域河网模型 Runoff 模块,施顺成等^[1]依据洛阳河流域实测资料进行太湖湖西山丘区中小流域产汇流模型研究,提出基于新安江模型的地貌单位线法,研究表明该模型在太湖湖西山丘小流域有较好的实用性。因此,本次丘陵山区产水过程依据湖西山丘区水文计算方法研究成果,采用新安江-地貌单位线模型计算。

对于大中型水库所在的山丘区,根据入库洪水过程线、水库地形特性资料以及批复的防洪调度方案等,通过水库调洪演算,按照水库水量平衡方程和水库蓄泄曲线^[2]进行计算。

水库平衡方程:

$$\frac{Q_1 + Q_2}{2} \Delta t - \frac{q_1 + q_2}{2} \Delta t = V_2 - V_1 \quad (1)$$

水库蓄泄方程:

$$q = f(H) \quad (2)$$

式中: Q_1 、 Q_2 分别为时段 Δt 始、末的入库流量, m³/s; q_1 、 q_2 分别为时段 Δt 始、末的出库流量, m³/s; V_2 、 V_1 分别为时段 Δt 始、末水库蓄水量, m³; Δt 为计算时段; q 为出库流量, m³/s; H 为堰顶水头, m; V 为水库蓄水量, m³。

混合区和平原圩区产水采用 MIKE11 的 NAM 模型计算^[3], NAM 模型属于 MIKE11 降雨径流模块 (RR), 为集总式概念模型, 在平原河网地区应用广泛, 适用于连续的降雨径流过程模拟。其中山丘平原混合区根据水系划分表示河道集水区域的陆域宽度计算产流; 平原圩区根据现状圩区设防格局划分, 圩区产流根据其排涝能力确定, 超过排涝能力的部分留在圩内, 根据下一时段降雨产流情况判别能否排出。

通胜地区河道汇流采用 MIKE11 模型 HD 模块计算,该模型的构建主要包括河网文件(.nwk11),断面数据(.xns11),边界条件(.bnd11),模型参数文件(.hd11)4 个部分,再由这几部分共同生成模拟文件(.sim)。水动力学模块参数:河道长度、断面尺寸、断面形状、河道糙率、水面率、水工建筑物规模和调度方式等。HD 模块是基于垂向积分的物质和动量守恒方程^[4],即一维非恒定流圣维南方程组来模拟河流或河口的水流状态,可以用来模拟平原河网地区的河流和河口水流动态,并且能精准反映复杂河网水流、闸站等水利建筑物的运行调度。

3 水文水利计算

3.1 汇水分区

根据通胜地区地形条件、河流水系和圩区分布等情况,本次概化共划分 30 个水利计算分区,包括丘陵山区 7 个(A~G)、山丘平原混合区 11 个(1~11)和平原圩区 12 个(a~m)。其中,丘陵山区划分与湖西山丘区水文分区划分成果衔接,平原圩区根据通胜地区现状主要圩区范围确定,水利计算分区情况详见图 1。

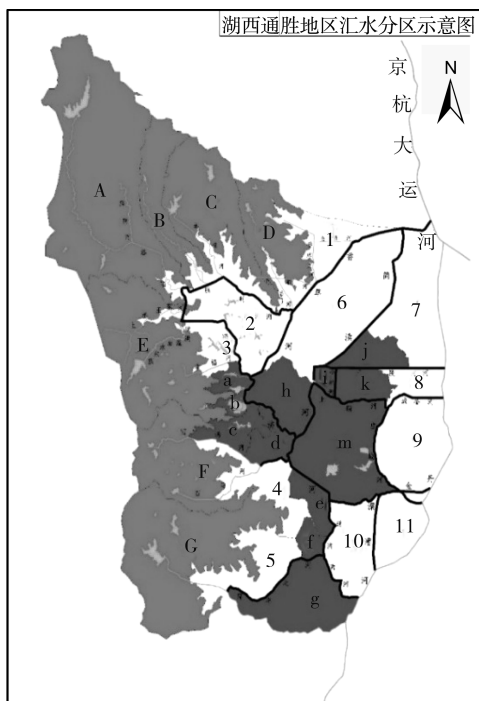


图 1 通胜地区水利计算分区示意图

3.2 设计洪水计算

为使通胜地区设计暴雨成果更趋合理,根据规划范围内的雨量站点分布及观测资料条件,选取东昌街站、白兔站、薛埠站、旧县站、丹阳站、金坛站和王母观站共计 7 个代表站 1977—2016 年雨量资料

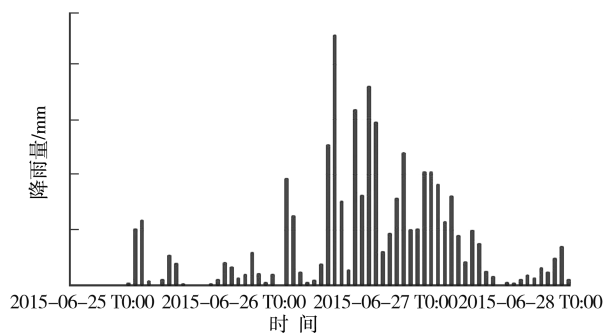


图 2 通胜地区 20 年一遇最大 3 日设计暴雨过程图

作为样本系列。根据通胜地区洪水造峰特性,选定暴雨统计历时为最大 1 d 和 3 d,不同历时的暴雨资料采用年最大值法进行独立选样,通胜逐日面平均暴雨量直接采用泰森多边形法求得。经频率分析计算得出,通胜地区 20 年一遇最大 1 d、最大 3 d 雨量分别为 153.9 mm 和 257.1 mm。

通胜地区设计暴雨过程分配按典型暴雨同频率缩放推算。经分析,通胜地区 2015 年型实况降雨最大 1 d 降雨接近于 20 年一遇,最大 3 d 降雨超过 20 年一遇标准,且 2015 年丹金溧漕河沿线水位较高,外围边界较为不利,因此选取 2015 年 6 月 25—27 日最大 3 d 逐时降雨过程作为通胜地区设计典型,设计暴雨过程分别按最大 1 d、3 d 时段同频率控制。设计暴雨过程见图 2。

根据湖西山丘区水文计算方法最新研究成果,丘陵山丘区(A~G)采用新安江-地貌单位线模型计算产汇流过程,设计洪水计算结果见表 1。

表 1 通胜地区丘陵山丘区 20 年一遇设计洪水成果

分区编号	分区面积/ km ²	洪峰流量/ (m ³ ·s ⁻¹)
A	153.7	275.6
B	30.2	56.9
C	55.5	105
D	34.1	64.7
E	86.9	163.3
F	52.2	98.1
G	99.1	188.2

3.3 MIKE 模型构建

(1) 河网概化

模型河网概化以通胜地区骨干行洪河道(如通

济河、通济南河、胜利河以及香草河等)为主,同时兼顾对地区排水有重要影响的一般河道(简渎河、上新河等),以及重要的调蓄湖泊和闸站建筑物等。本次共概化河道14条、河道节点137个和闸站建筑物6座等。河道概化及边界节点设置如图3所示。

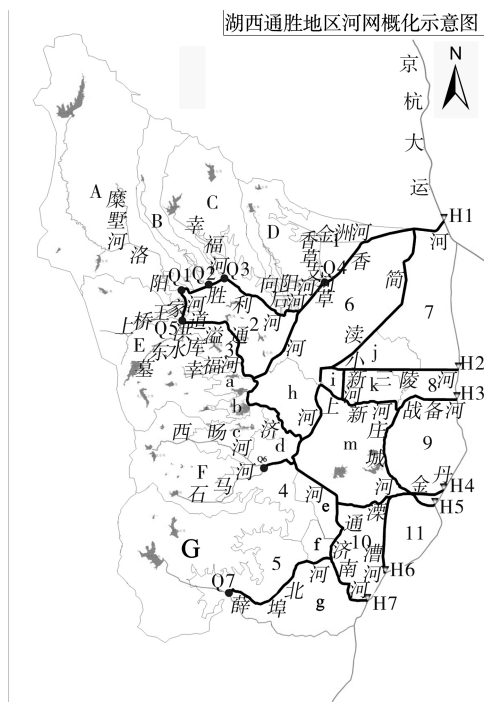


图3 通胜地区河网概化图

(2) 边界条件

水利计算模型边界条件包括山丘区入流边界条件和下游水位边界条件。其中:①上游山丘区入流边界按照划分的7个丘陵山区,采用新安江—地貌单位线模型由设计暴雨推求设计洪水;②下游水位边界为通胜地区下游京杭运河、丹金溧漕河沿线水位过程,考虑与湖西区区域规划相应的工况条件衔接,本次采用太湖流域模型计算下游边界水位过程,其中计算雨型选取2015年型实况降雨。

(3) 参数选取

NAM模型是以简单定量关系描述水文循环中各种陆相特征连接起来的集总参数的一种概念性水文模型,其参数和变量表示流域的平均值,初始值先根据流域的自然特征选取,然后利用实测水文资料进行率定和验证。本次模型地表径流系数取值0.5~0.85、地表最大储水量取值15 mm、根区最大储水量取值150 mm、地表径流时间常数取值6 hr、壤中流时间常数取值500 hr,基流计算的时间常数取值2 000。结合研究区实际情况河道糙率参数取0.025~0.035^[5]。河道初始水深采用区域水文站点多年平均值。

(4) 模型率定验证

根据通胜地区实测暴雨洪水资料条件,为满足模型参数率定和验证需要^[6],选用2015年6月25日至7月2日和2016年6月30日至7月7日两场实测雨洪资料,以及通济河旧县站实测水位资料进行率定和验证。其中2015年6月25日至7月2日为2015年最大7日降雨过程,最大1日降雨151.75 mm,最大3日降雨315.99 mm,最大7日降雨371.06 mm;2016年6月30日至7月6日为2016年最大7日降雨过程,最大1日降雨115.48 mm,最大3日降雨243.92 mm,最大7日降雨372.82 mm。根据实测洪水率定和验证结果可知(图4),旧县站最高洪水位、洪水过程与实测较为接近,模拟精度较高,基本可以满足通胜地区治理方案分析研究的需要。

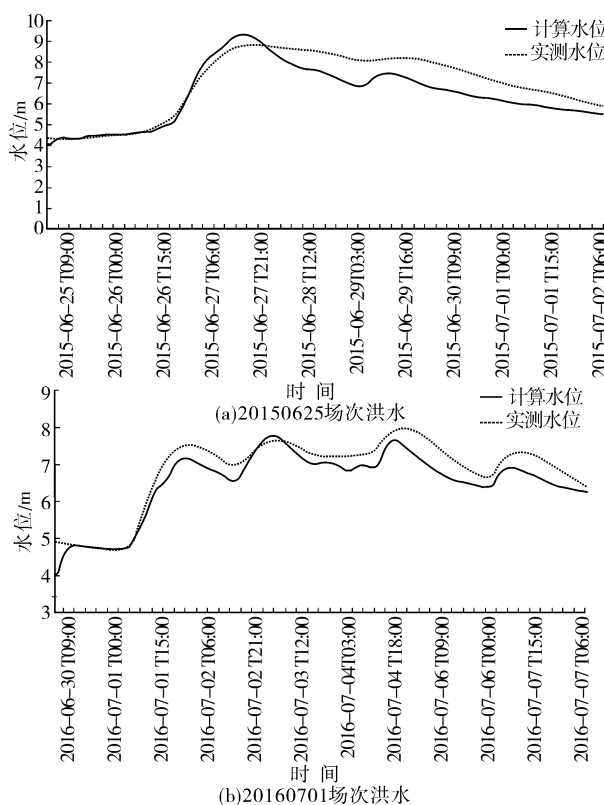


图4 MIKE模型率定成果对比图

4 治理对策研究

4.1 防洪设计水位拟定

通济河是通胜地区的骨干行洪排涝通道,也是沿线宝堰、直溪等重要集镇的防洪屏障。通济河干流洪水位是反映通胜地区上下游洪水行泄状况的关键,可以较好地代表地区水位变化情况,也直接影响着沿线集镇和圩区的防洪排涝安全。因此,以通济河干流沿线主要节点作为通胜地区防洪设计

水位的控制站点是合理可行的。综合考虑与已建工程防洪能力、设计洪水位衔接,统筹相关规划设计洪水位成果,通胜地区 20 年一遇防洪设计水位采用湖西引排工程可研确定的宝堰 10.2 m、旧县 9.1 m 和直溪 7.2 m,作为通胜地区治理方案研究的控制目标和重要依据。

4.2 现状防洪能力复核

通胜地区现状防洪能力复核设计暴雨采用 2015 年型 20 年一遇 3 日降雨过程。防洪能力复核工况按通胜地区已实施整治的香草河、胜利河丹徒段等河道整治规模考虑。

根据复核计算,“现状工况”条件下,通胜地区遇 2015 年型 20 年一遇降雨,通济河干流控制站点宝堰、旧县和直溪的最高洪水位分别为 9.67 m、8.94 m 和 7.40 m。对照通胜地区 20 年一遇防洪设计水位目标(宝堰 10.2 m、旧县 9.1 m 和直溪 7.2 m),由于胜利河丹徒段及香草河整治工程已实施完成,有效分担了通济河上游段行洪压力,宝堰和旧县最高洪水位低于防洪设计水位,但下游段直溪水位仍高于设计水位目标。因此,通胜地区整体防洪标准仍不足 20 年一遇,中下游地区洪水行泄能力有待进一步提高,且直溪集镇防洪安全难以保障。

4.3 总体布局及方案设计

通胜地区兼具丘陵山区和平原地区特点,且上下游、左右岸边界矛盾问题突出,治理难度大。针对通胜地区整体防洪标准偏低及骨干河道行水能力不足等问题,规划遵循“上蓄、中滞、下泄”的治理原则,按照通胜地区现状水系布局和排水格局,在充分利用上游中小水库拦蓄洪水的条件下,进一步实施通胜地区骨干河道整治,重点提高通济河干流防洪标准,提升和改善胜利河、简牍河等支流行洪能力,有效分泄通济河洪水,协调行政地域边界矛盾,全面提升通胜地区防洪能力,实现茅山山区洪水安全有序下泄。

对于通济河干流,以尽量满足防洪要求为主,充分利用河道现状口宽拓浚整治,其中金坛直溪段结合直溪集镇防洪建设需要实施改线;胜利河在中小河流治理安排实施丹徒段整治的基础上,按照上下游协调配套的原则,进一步完善丹阳剩余段河道整治,发挥河道整体防洪效益;对于简牍河,兼顾通胜地区行洪与丹阳西南低洼片防洪排涝要求,打通现状实心河段,配套设闸调控,保障延陵集镇防洪排涝安全;沟通连接简牍河与上新河,利用上新河—战备河承担简牍河行泄洪水任务。通过实施综

合治理,有效降低通胜地区河道洪水位,满足防洪设计水位目标,全面达到 20 年一遇防洪标准。

4.4 治理对策效益分析

(1) 通济河整治作用分析

根据表 2 水利计算成果,通济河整治工程完成后,遇 2015 年型 20 年一遇洪水,通济河下泄流量和洪量均不同程度增加,其中下泄入金坛城区洪量 0.253 亿 m^3 ,较现状工况增长 17%,通济河治理将增加下游金坛的防洪压力。同时,通胜地区代表站点宝堰、旧县和直溪最高洪水位分别降至 9.55 m、8.84 m 和 7.51 m。从通胜地区总体来看,通济河利用现状口宽拓浚可有效降低上游丹阳段洪水位,但下游河段行洪能力仍不足,金坛紫阳桥至直溪段洪水位基本未降低,直溪最高水位仍高于防洪设计水位 7.2 m,因此通济河按此规模整治达不到通胜地区 20 年一遇防洪目标,需同时考虑其他河道整治,扩大洪水下泄出路。

(2) 其他河道整治作用分析

在通济河利用现状口宽拓浚的基础上,进一步实施胜利河整治和简牍河连通工程。其中,胜利河整治后,遇 2015 年型 20 年一遇洪水,通济河宝堰最高洪水位降低 0.21 m,沿线其他节点水位降低 1 ~ 3 cm,其中直溪最高水位为 7.50 m,尚未达到防洪设计水位目标。通济河与胜利河是承接洛阳河洪水的两条支流,胜利河整治后,胜利河分流洛阳河来水增加 485 万 m^3 ,通济河分流水量相应减少 485 万 m^3 ,通济河下泄入金坛城区的洪峰流量和水量均有小幅减少,有利于减轻下游防洪压力。

在通济河与胜利河整治的基础上,通过连通简牍河与上新河,恢复简牍河行洪功能。较胜利河完成整治的条件下,计算期简牍河分泄通济河洪量增加 529 万 m^3 ,通济河在简牍河口以下的下泄水量减少 332 万 m^3 ,通济河沿线洪水位进一步降低 5 ~ 41 cm,其中直溪最高水位降低 37 cm 至 7.13 m,已达到防洪设计水位要求。由于简牍河的分洪作用,通济河洪水下泄减少,计算期入金坛城区的水量减少 176 万 m^3 ,丹金溧漕河最高水位降低 1 cm,有利于减轻下游防洪压力。

(3) 综合治理效益分析

通胜地区治理方案安排实施的通济河、胜利河及简牍河等工程完成后,遇 2015 年型 20 年一遇洪水,通胜地区代表站点宝堰、旧县和直溪最高洪水位较现状工况条件下分别降低 38 cm、20 cm 和 41 cm,降至 9.29 m、8.74 m 和 7.13 m,均已达到通

胜地区防洪设计水位目标。在通济河行洪能力提高的同时,通过胜利河整治与简渎河连通扩大分泄通济河洪水,较现状工况,通济河在简渎河口以下下泄水量略有减少,入金坛城区下泄水量仅增加 191 万 m³,对通胜下游地区影响总体较小。

综合以上分析,通胜地区治理方案的实施有效解决了丘陵山区洪水出路问题,对提高通胜地区的防洪标准效益十分显著,地区洪水位将大幅减低,控制站点水位满足防洪设计水位目标。

算模型,进行现状防洪能力复核、河道整治方案效益分析,提出符合通胜地区实际和需求的可持续治理对策。本研究的主要结论如下:

(1)以通济河沿线宝堰、旧县和直溪作为通胜地区防洪设计水位的控制点,综合考虑已建工程防洪能力、设计洪水位,统筹相关规划设计洪水位成果,确定 20 年一遇防洪设计水位为宝堰 10.2 m、旧县 9.1 m 和直溪 7.2 m。并依据通胜地区水利计算模型进行现状防洪能力复核,计算结果表明:“现状

表 2 通胜地区治理方案水利计算成果

统计项目	所在河道	节点/断面	现状工况	通胜地区治理方案		
				通济河整治	胜利河整治	胜利河与简渎河整治
最高洪水位/ m	通济河	宝堰	9.67	9.55	9.34	9.29
		旧县	8.94	8.84	8.81	8.74
		紫阳桥	8.44	8.44	8.42	8.27
		简渎河	7.69	7.67	7.66	7.25
		直溪	7.54	7.51	7.50	7.13
洪峰流量/ (m ³ · s ⁻¹)	通济河	分流洛阳河	142.17	144.31	89.95	89.93
		三岔河口下泄	200.38	216.83	220.34	231.24
		简渎河口下泄	208.66	227.53	225.99	170.97
		入金坛城区	248.41	287.26	286.12	251.16
	胜利河	分流洛阳河	133.83	131.59	185.76	185.75
	简渎河	分流通济河	14.62	23.65	23.67	87.32
下泄水量/ 亿 m ³	通济河	分流洛阳河	0.128	0.132	0.083	0.083
		三岔河口下泄	0.186	0.215	0.213	0.223
		简渎河口下泄	0.188	0.217	0.216	0.183
		入金坛城区	0.216	0.253	0.253	0.235
	胜利河	分流洛阳河	0.129	0.126	0.174	0.174
	简渎河	分流通济河	0.010	0.009	0.009	0.062

注:通胜地区治理方案为考虑通济河整治的基础上,进一步实施胜利河与简渎河整治工程。

5 结 语

研究针对通胜地区整体防洪标准偏低及骨干河道行洪能力不足等问题,从全局层面研究系统治理方案,建立基于 MIKE11 模型的通胜地区水利计

工况”下,宝堰和旧县最高洪水位已低于防洪设计水位,但直溪水位仍高于设计水位目标,防洪标准总体仍不足 20 年一遇。

(2)为完善通胜地区防洪除涝格局,研究遵循
(下转第 14 页)

点;闸墩靠近底板处有应力集中的现象。

(2)对水闸结构进行分析时,地基模拟较为粗糙,土层分层较为明确,各层参数随着深度变化而改变,渗流性能也会变化,此时应在模型中引入渗流场,考虑渗流对闸室结构的影响,该问题还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 周建平,党林才. 水工设计手册第二版[M]. 北京:中国水利电力出版社, 2011.
- [2] SL265—2016, 水闸设计规范[S]. 北京:中国水利水电出版社, 2016.
- [3] 陈宝华,张世儒. 水闸[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2003.
- [4] 张汝清,詹先义. 非线性有限元分析[M]. 重庆:重庆大学出版社, 1990.

- [5] 李妍. 基于 ANSYS 软件的接触问题分析及在工程中的应用[D]. 长春:吉林大学, 2004.
- [6] 殷晓曦,张强. 软弱地基上井字梁底板式水闸的有限元分析[J]. 水利水电技术, 2016, 47(3):39-41, 46.
- [7] 崔朕铭,蔡新,黄海田,等. 软土地基上水闸整体结构优化设计[J]. 水利水电科技进展, 2016, 36(1): 86-89.
- [8] 高大钊. 土力学与岩土工程师—岩土工程疑难问题答疑笔记整理之一[M]. 北京:人民交通出版社, 2011.
- [9] 龚晓南. 地基处理手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2008.
- [10] 苏超,牛先玄,尹晓明,等. 不同加载方式对水闸改造工程结构应力的影响[J]. 水电能源科学, 2014, 32(4):96-98, 95.
- [11] 苏超,戴丽媛. 三维有限元法在病险水闸整治工程中的应用研究[J]. 水力发电, 2015, 41(3):41-44.

(上接第 9 页)

“上蓄、中滞、下泄”的治理原则,提出在充分利用上游中小型水库拦蓄洪水的条件下,进一步实施通胜地区骨干河道(通济河、胜利河以及简牍河)整治。通胜治理方案实施后,遇 2015 年型 20 年一遇洪水,宝堰、旧县和直溪的最高洪水水位降至 9.29m、8.74m 和 7.13m,均已达到通胜地区防洪设计水位目标,可见治理对策符合通胜地区实际与需求。

参考文献:

- [1] 施顺成,展永兴,方国华,等. 太湖湖西山丘区中小流域产汇流模型研究[J]. 人民长江, 2018(增刊):11-14.

- [2] 詹道江,徐向阳,陈元芳. 工程水文学[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2010.
- [3] 衣秀勇. DHI MIKE FLOOD 洪水模拟技术与研究[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2014.
- [4] 李卫东,周宏,陈睿星,等. 特小流域设计洪水计算方法在山谷型干灰场中的应用[J]. 中国农村水利水电, 2017(1):80-83.
- [5] 刘鑫. 传统与现代水文方法相结合在水系规划中的应用研究[J]. 城市道桥与防洪, 2019(2):113-116.
- [6] 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.