文章编号:1672-3031(2021)06-0541-10

基于阻-导水通道的辽浑防洪保护区溃堤洪水淹没分析

徐卫红[1,2], 李 娜[1,2], 郑敬伟[1,2], 王 杉[1,2], 王 静[1,2]
(1. 中国水利水电科学研究院, 北京 100038; 2. 水利部防洪抗旱减灾工程技术研究中心, 北京 100038)

摘要: 为避免在影响水流运动的构筑物附近进行网格加密而导致计算效率降低的问题, 本文采用阻水和导水通道数值模拟方法, 以辽浑防洪保护区为研究对象, 构建了基于阻-导水通道的水动力学模型, 分析了超标准洪水下溃堤洪水的淹没过程及对研究区内社会经济的影响。结果显示: 遇超标准洪水, 陶家险工和偏养子堤段溃决后, 保护区内将进入7.458亿m^3和5.852亿m^3洪量。受研究区内地势影响, 溃决洪水由北向南宣泄, 淹没面积达570 km^2和268 km^2, 淹没过程中阻、导水通道较好地体现了构筑物对洪水演进的影响和作用。两种情景下, 保护区内41 650 hm^2和19 910 hm^2农田将被淹没, 21万和9万人口受洪水威胁, 直接经济损失将达128亿元和52亿元。

关键词: 阻水通道; 导水通道; 水动力学模型; 洪水演进; 防洪保护区; 辽浑
中图分类号: TV122+.4 **文献标识码:** A **doi:** 10.13244/j.cnki.jiwhr.20210175

1 研究背景

防洪保护区是指在防洪标准内受防洪工程设施保护的区域。随着全球气候演变和经济社会的快速发展, 防洪保护区内生命和财产安全受洪涝灾害的威胁日益严峻。除了传统的防洪工程措施和非工程措施之外, 实施洪水风险管理是提高保护区防御能力的必然趋势。利用水动力学模型模拟溃堤洪水的演进过程, 计算洪水淹没对社会经济的影响, 是实现洪水风险管理的重要基础。

近年来, 众多学者利用水动力学模型对防洪保护区、分蓄洪区的洪水演进、淹没过程开展了研究。从目前的研究成果来看, 一、二维耦合[1~5]或全二维水动力学模型[6~10]已成为普遍采用的方法, 对于研究区内部构筑物对洪水演进的作用与影响, 大多采用网格加密的方式来体现。如, 鲁显赫等[11]、王秀杰等[12]构建了无为大堤、太阳河流域保护区水动力学模型, 为更好的体现内部河渠与保护区的水流交换, 在河渠周边采用渐变型的加密网格与保护区相衔接。苑希民等[13]、陈俊鸿等[14]、王雪薇等[15]、李德龙等[16]分别构建了江新联围、赣西联圩、东鱼河南片(苏)、蒋巷联圩防洪保护区水动力学模型, 为体现区内线性阻水构筑物对水流的阻挡作用, 均对堤防、道路等周边的网格进行了适当加密。卢程伟等[17]、牛帅等[18]、刘亚等[19]利用水动力学模型, 分别对荆江分洪区、松滋江堤防洪保护区、十三围防洪保护区的洪水演进及风险进行了研究, 为充分反映保护区内河道的行洪作用, 均对二维模拟区域中的内部河渠进行了网格加密。防洪保护区覆盖面积一般均较广, 中小河渠、堤防、道路等连续性构筑物密集且分布错综复杂, 若想在模型中尽量贴近实际地体现这些构筑物对洪水演进的作用与影响, 网格加密的概化方式将极大的增加网格数量, 影响模型的计算效率, 且模拟过程极易出错。

程晓陶、仇劲卫等[20~21]在深圳市、天津市的洪涝灾害研究过程中, 提出了通道的概念, 将宽度比网格尺寸狭窄的河渠概化为特殊通道, 针对高出地面的道路等构筑物, 则通过提高通道的高程参数实现其阻挡水流运动的模拟。这种方法可在不加密网格的基础上使模型更接近实际, 通道和网格的洪水可在同一时间步长内计算完成, 在提高计算效率的同时, 也能更好地反映河渠与两岸地面之间、阻水构筑物两侧地面之间的水流交换。王静[22]等在城市洪涝仿真模型研究中, 改进了特殊通道

收稿日期: 2021-07-23; 网络首发时间: 2021-11-17
网络首发地址: https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5020.TV.20211116.1522.003.html
基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFC1508003)
作者简介: 徐卫红(1984-), 博士, 高级工程师, 主要从事城市洪涝风险、水文及水资源等研究。E-mail: xuwh@iwhr.com

的算法，进一步提高了模拟精度。辽浑防洪保护区面积广，区内河渠众多，阻水构筑物密集，本文在剖分顺应下垫面地形和地物的二维网格的基础上，将区内影响水流运动的构筑物设置在网格边缘，构建基于阻-导水通道的水动力学模型，计算研究区溃堤洪水的淹没，分析洪水溃决及淹没过程，统计洪水淹没特征并分析对区内社会经济的影响，以期为保护区制定防洪预案提供数据支撑，为区内生命财产的避险转移提供可靠参考。

2 研究方法

2.1 控制方程 采用二维浅水方程模拟研究区内地表洪水演进，基本方程如式(1)—式(3)所示：

连续方程：

$$\frac{\partial H}{\partial t}+\frac{\partial M}{\partial x}+\frac{\partial N}{\partial y}=q \tag{1}$$

动量方程：

$$\frac{\partial M}{\partial t}+\frac{\partial(uM)}{\partial x}+\frac{\partial(vM)}{\partial y}+gH\frac{\partial Z}{\partial y}+g\frac{n^2u\sqrt{u^2+v^2}}{H^{1/3}}=0 \tag{2}$$

$$\frac{\partial N}{\partial t}+\frac{\partial(uN)}{\partial x}+\frac{\partial(vN)}{\partial y}+gH\frac{\partial Z}{\partial y}+g\frac{n^2v\sqrt{u^2+v^2}}{H^{1/3}}=0 \tag{3}$$

式中：H为水深；t为时刻；M、N为x、y方向上的单宽流量；q为源汇项；u、v为x、y方向的流速分量；Z为水位；g为重力加速度；n为糙率系数。

2.2 通道水流模拟 导水通道内的水流模拟参考已有成果[22~24]，通道的单宽流量的离散格式如式(4)所示。导水通道之间的节点和与之相连的各导水通道(取一半长度)组成水位计算单元，其水深的离散格式如式(5)所示。利用堰流公式模拟导水通道与两侧网格之间的水流交互、阻水通道一侧水流漫溢至另一侧网格。阻水通道沿程有桥涵、缺口等过水建筑时，概化为孔口或缺口堤，根据流态不同，分别采用宽顶堰公式和孔口出流公式计算。

$$Q^{s}_{T+DT,j}=Q^{s}_{T-DT,j}-2DTgH_{T,j}\frac{Z^{s2}_{T,j}-Z^{s1}_{T,j}}{DL_j}-2DTg\frac{n^2Q^{s}_{T+DT,j}\left|Q^{s}_{T-DT,j}\right|}{\left(H_{T,j}\right)^{7/3}} \tag{4}$$

$$H^{id}_{T+2DT}=H^{id}_{T}+\frac{2DT}{A^{id}}\left(\sum_{k=1}^{N}Q^{s,ik}_{T+DT}b^{ik}+\sum_{p=1}^{2N}Q^{c,ip}_{T+DT}L^{ip}/2\right)+2DTq^{id}_{T+DT} \tag{5}$$

式中：T为时刻；DT为计算时间步长；j为导水通道的编号；Q^s为顺着导水通道方向的单宽流量；Q^c为垂直阻、导水通道方向的单宽流量；H为各通道上的平均水深；Z^{s1}、Z^{s2}为导水通道两侧节点的水位；DL为导水通道的长度；i为特殊节点的编号；d为水位计算单元的编号；N为与特殊节点相连的导水通道的数量；H为各水位计算单元的平均水深；A为各水位计算单元的面积；b为与特殊节点相连的各导水通道的宽度；L为与特殊节点相连的各导水通道长度。

2.3 溃口流量模拟 尺寸较大的溃口，其洪水出流状态可近似宽顶堰流[25]，流量可按正堰或侧堰公式计算。溃口宽度的计算，比较理想的方法是基于堤防的土力学特性和水土作用机制，根据水流冲刷关系计算获得。在资料受限的情况下，溃口的始末形态和尺寸，可在参考历史溃决资料的基础上，结合专家经验和已有的堤防工程安全分析相关成果综合确定。通常，溃口始末形态可概化为梯形或矩形，溃口展宽过程可概化为随时间线性扩展的渐变溃决，也可按如下经验公式[26]体现溃口随时间的变化规律：

$$B_{t,b}=\begin{cases}B_b/2 & t=0\\ B_b/2\times\left(1+t/T_c\right) & 0<t\leqslant T_c\\ B_b & t>T_c\end{cases} \tag{6}$$

$$T_c=1.527\left(B_b-10\right) \tag{7}$$

式中：$B_{t,b}$为t时刻溃口宽度；B_b为溃口的最终宽度；t为堤防溃决后的历时；T_c为溃口发展至最终形态的持续时间。

3 研究区概况与模型构建

3.1 区域概况 辽浑防洪保护区位于辽宁省中部，由辽河左岸和浑河右岸之间的广阔区域组成，总面积5072 km²。保护区跨越铁岭市、沈阳市、抚顺市、鞍山市、盘锦市，涉及18个区/县、167个街道/乡镇，人口和地面构筑物密集，空间分布错综复杂。区内地势北高南低(如图1所示)，河道堤防一旦溃决，洪水将由北向南宣泄，遭遇众多下垫面地物，演进过程复杂。

从是否阻碍溃堤洪水演进的角度出发，将防洪保护区下垫面的地物分成导水构筑物和阻水构筑物，前者主要是区内的河渠，后者包括堤防、铁路、高速公路等高出地面的线状地物。研究区涉及水系众多，河渠和堤防分布如图1所示。从图中可以看出，研究区边界有辽河和浑河，其中，辽河上至铁岭水文站下至盘山闸，浑河上至大伙房水库下至三岔河水文站(各站点位置如图1所示)；区内有蒲河、外辽河、新开河、凡河、西小河、万泉河、羊肠河、长河、左小河、九龙河、细河，以及导水路排干、于家台排干、王家岗排干、乌伯牛排干、沈新辽排干、辽台排干、吴家排干等重要排水干渠。研究区内道路分布错综复杂，本文在分析道路属性的基础上，筛选出影响洪水演进的主要道路，结果如图2所示，包括京哈铁路、沈山铁路等5条铁路，辽中环线高速公路(G91)、京哈高速(G1)等6条高速公路，G101、G102等5条国道、沈营线(S101)、沈盘线(S102)等省道。

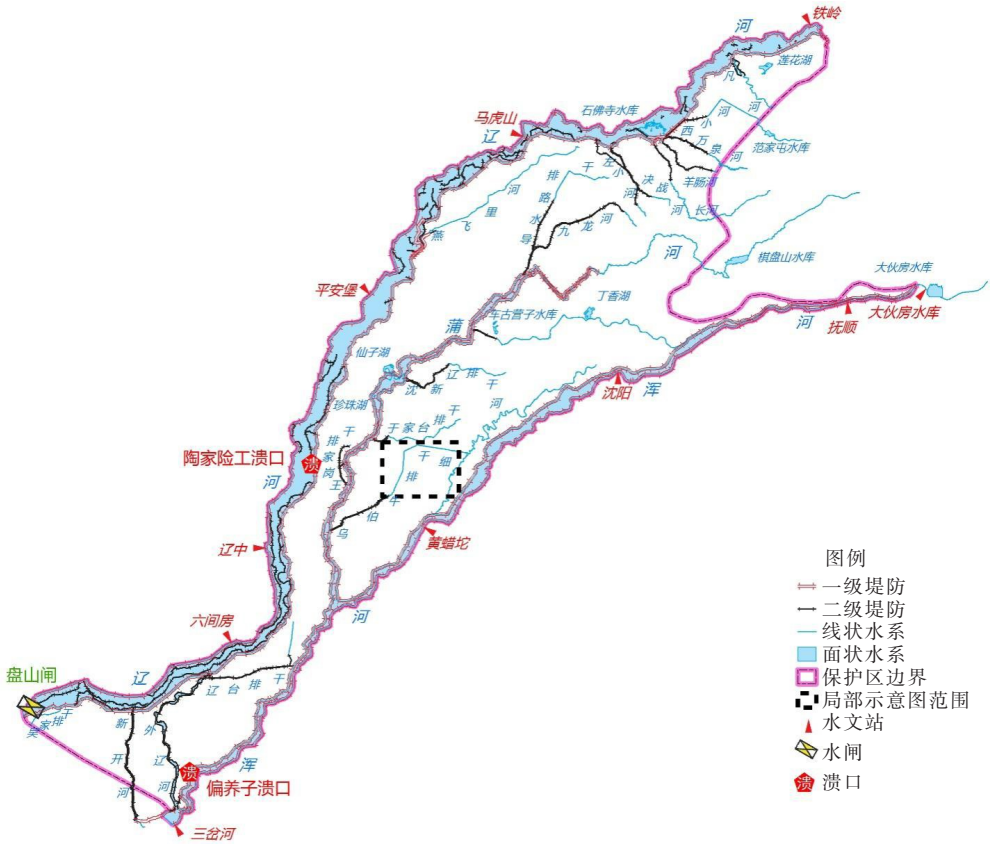


图1 研究区水系、堤防及水文站分布

3.2 二维网格剖分 二维网格划分时，将网格的边沿着阻、导水构筑物布设，将研究区离散为贴合地物的无结构不规则网格。网格以点、线、面组成，在模型中分别称为节点、通道和网格。本文划分了约11万个网格，最大面积控制在0.1 km²以内，网格、通道和节点的局部示意图如图3所示，局部示意范围在研究区的位置如图1和图2所示。在众多河道中，辽河、浑河和蒲河河道较宽，滩地和

图2　研究区主要道路分布

主河槽区分明显，以二维非恒定流方式模拟，其它河渠均概化为导水通道。

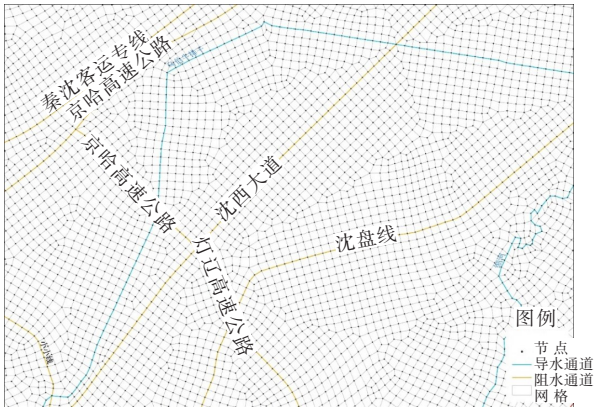


图3　模型网格、通道和节点局部示意图

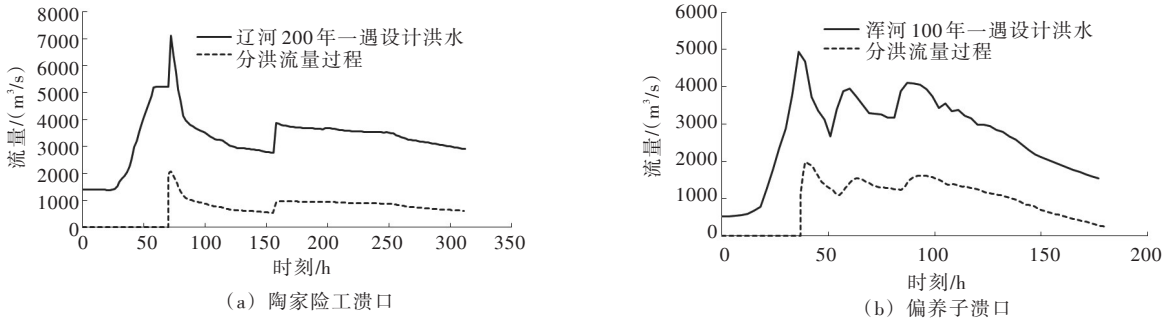
3.3　模型验证　选用2005年、2010年实测洪水对模型进行率定和验证，利用洪峰流量相对误差和最高水位绝对误差来评定模拟精度，流量、水位计算值与实测值的对比结果如表1所示。从表中可以看出，洪峰流量相对差值均控制在10%以内，最高水位差值控制在20 cm以内。模型主要参数是糙率，率定结果显示，辽河主河槽糙率为0.021～0.025，滩地糙率为0.035～0.070；浑河主河槽糙率为0.02～0.03，滩地糙率为0.08～0.12；蒲河主河槽糙率为0.03，漫滩后糙率为0.04。由于缺乏实测数据，加之土地利用变化较大，难以率定研究区下垫面的糙率，基于以往研究经验，针对不同的土地利用类型赋予各网格相应的糙率。

表1　模型验证指标

水文站	洪峰流量			最高水位		
	实测/(m^3/s)	计算/(m^3/s)	相对误差/%	实测/m	计算/m	绝对误差/m
抚顺	2170.0	2186.3	0.75	75.85	75.92	0.07
沈阳	2160.0	2071.2	−4.11	37.43	37.24	−0.19
黄腊坨	1760.0	1750.1	−0.56	16.99	16.80	−0.19
马虎山	1650.0	1710.5	3.67	39.04	39.12	0.08
平安堡	1590.0	1572.1	−1.13	27.08	27.04	−0.04
辽中	1530.0	1505.0	−1.63	15.27	15.33	0.06
六间房	1540.0	1530.5	−0.62	11.78	11.80	0.02

4 结果与分析

4.1 溃口分洪过程 在调查历史出险堤段、现状堤防薄弱段的基础上，本研究在辽河左堤和浑河右堤各选择一处险工险段，设置为陶家险工溃口和偏养子溃口，位置如图1所示。河道内设计洪水选择溃口所在河段超标准量级的洪水，分别是200年一遇和100年一遇。溃口的始末形态设置为梯形，始末宽度分别为100 m和250 m，宽度变化随时间线性扩展，历时2 h。



（a）陶家险工溃口　　（b）偏养子溃口

图4 溃口分洪流量过程

陶家险工溃口和偏养子溃口的进洪量分别为7.458亿 m^3 和5.852亿 m^3，与研究区内淹没水量和流出研究区的水量之和相比，相对误差分别为 1.34×10^{-11} 和 3.93×10^{-10}，满足《洪水风险图编制导则》(SL483—2017)中对水量平衡的要求。两个溃口的分洪流量过程如图4所示。从图中可以看出，堤防溃决后，陶家险工和偏养子溃口分洪流量迅速增大到2066 m^3/s 和1982 m^3/s，随着辽河和浑河水位的下降，分洪流量随之减小，溃口宽度稳定之后，分洪流量随着河道内设计洪水的涨落而变化。

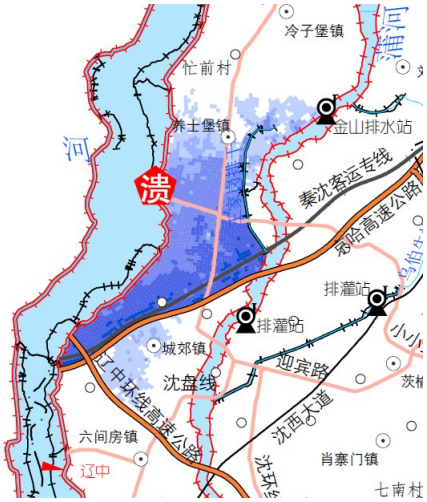
4.2 洪水演进过程 溃堤洪水在研究区内的演进过程如图5和图6所示。从淹没水深分时图和洪水到达时间图可以看出，陶家险工堤段溃决初始，洪水向东南方向推进，3 h后洪水前锋受两条道路短暂阻挡，最初向北扩散，随着分洪量增大，洪水漫溢至道路另一侧。堤防溃决6 h ~ 24 h后，部分洪水向西演进至王家岗排干，被堤防短暂阻挡之后汇入排干，部分向南演进至秦沈客运专线、京哈高速公路，水位达到路面高程之后部分路段漫溢。48 h后洪水前锋演进至辽中环线高速公路和蒲河右岸堤防，部分路段过水之后继续向南演进直至外辽河，最终洪水束缚在蒲河右岸、外辽河左岸、浑河右岸和辽河左岸堤防围成的区域内。偏养子堤段溃决洪水在溃堤初始被束缚在外辽河左堤和浑河右堤之间的区域，随着分洪量的加大及堤防的阻挡作用，24 h后洪水前锋向北推进至湘拉线，在水位达到道路顶高后，洪水漫溢至道路另一侧继续向北推进，最终到达辽台排干。对比来看，陶家险工溃口位置偏北，受研究区地势北高南低的影响，其溃决洪水一直向南宣泄，淹没范围也由北向南逐渐扩大，影响的区域比偏养子溃口更广。

4.3 洪水淹没特征及影响 统计两个方案下各级淹没水深对应的淹没面积，结果如表2所示。从表中可以看出，陶家险工和偏养子堤段溃决后，淹没面积将分别达到570 km^2 和268 km^2。从不同水深段淹没面积所占的比例来看，陶家险工溃口方案在1 ~ 2 m水深段淹没面积最大，占36%；40%淹没区域的水深在1 m以下。偏养子溃口方案也是1 ~ 2 m水深段淹没面积最大，占31%；但由于溃决洪水被束缚在外辽河和浑河之间，53%淹没区域的水深在2 m及以上。

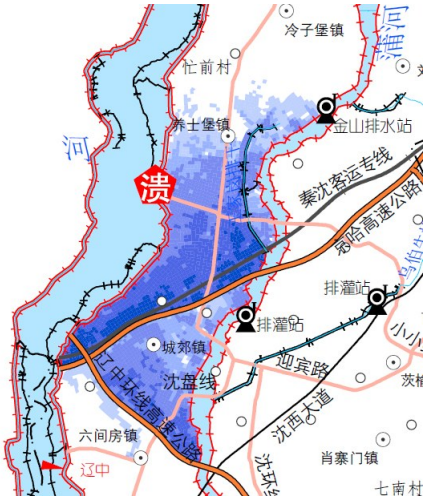
基于洪水淹没数值分析结果，构建人口、GDP等2012年社会经济数据与淹没特征之间的拓扑关系，计算社会经济的受影响情况，结果如表2所示。从表2可以看出，陶家险工溃口方案和偏养子溃口方案下，保护区内41 650 hm^2 和19 910 hm^2 农田将被淹没，其中，60%和86%农田淹没区域的水深超过1 m；保护区内被淹没房屋达782万 m^2 和213万 m^2，被淹没道路长度为433 km和234 km，将影响21万和9万人口，直接经济损失达128亿元和52亿元。

（a）溃堤后 3h

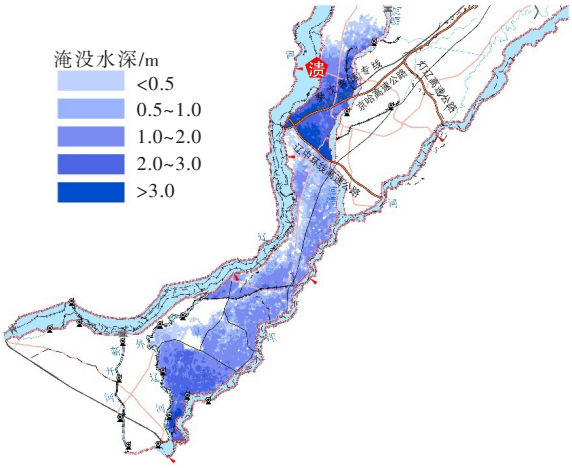
（b）溃堤后 6h



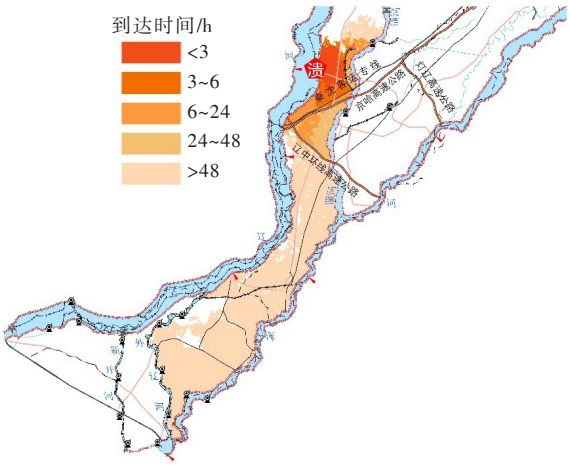
（c）溃堤后 24h



（d）溃堤后 48h

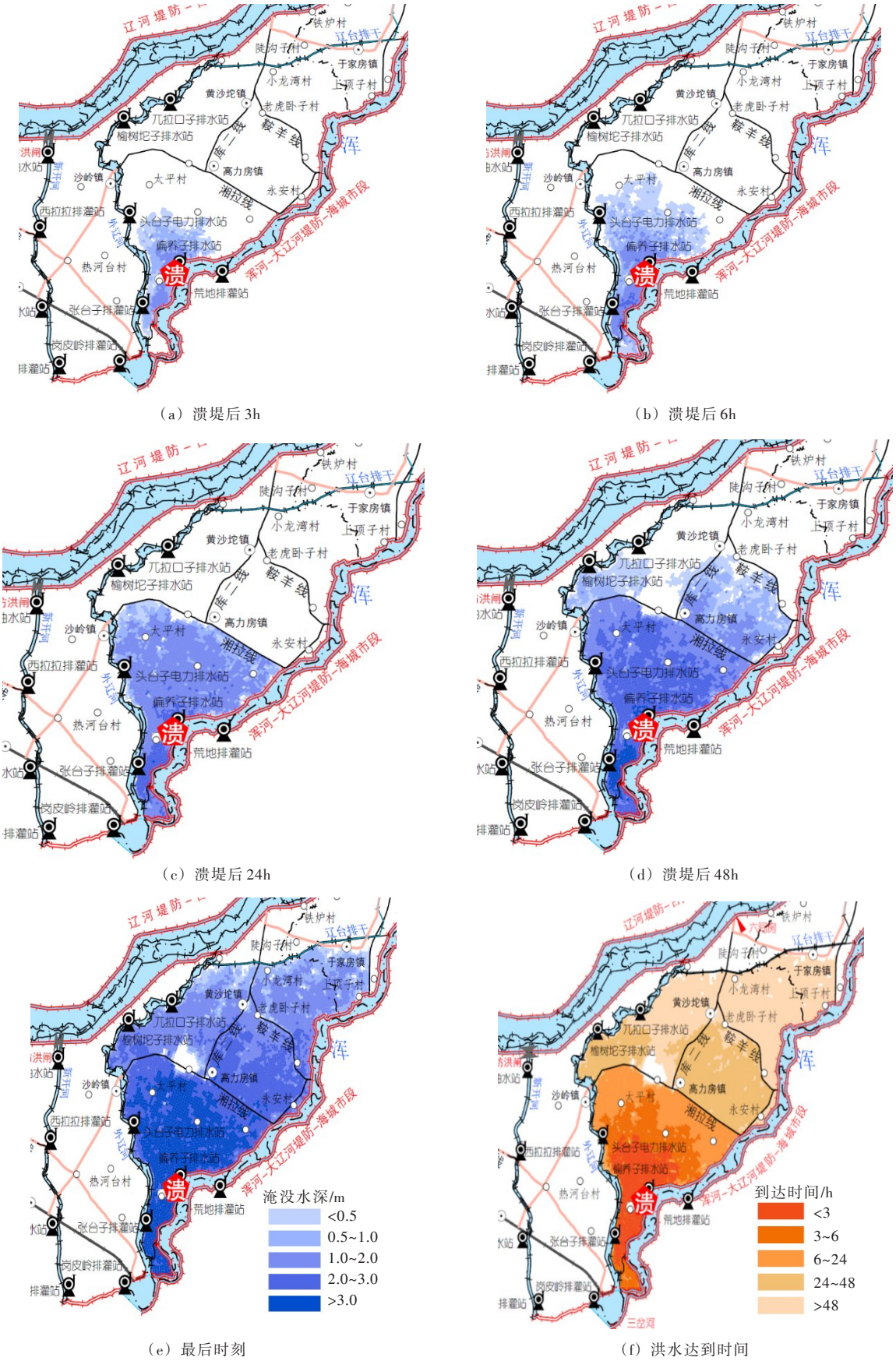


（e）最后时刻



（f）洪水达到时间

图 5　陶家险工溃堤洪水淹没水深分布与洪水到达时间



（a）溃堤后 3h

（b）溃堤后 6h

（c）溃堤后 24h

（d）溃堤后 48h

（e）最后时刻

（f）洪水达到时间

图 6　偏养子溃堤洪水淹没水深分布与洪水到达时间

表2　洪水淹没特征及影响

溃口方案	淹没水深/m	淹没面积			受影响社会经济				
		总/km²	农田/hm²	房屋/万 m²	铁路/km	公路/km	企事业/个	人口/万人	GDP/万元
陶家险工	[0.05，0.5）	92	6380	157	0	58	16	3	217522
	[0.5，1.0）	134	10090	115	0	76	23	4	311843
	[1.0，2.0）	206	15693	209	1	155	24	7	452004
	[2.0，3.0）	102	6867	280	9	106	29	5	215220
	≥3.0	35	2620	20	8	20	2	2	84165
	合计	570	41650	782	18	415	94	21	1280754
偏养子	[0.05，0.5）	12	678	35	0	13	6	0	26164
	[0.5，1.0）	31	2125	43	0	21	11	1	64462
	[1.0，2.0）	84	6414	67	0	56	23	3	166900
	[2.0，3.0）	74	5478	46	0	82	9	3	142884
	≥3.0	67	5215	22	0	61	3	2	116879
	合计	268	19910	213	0	234	52	9	517289

5　结论

本文在剖分贴合阻水和导水构筑物二维网格的基础上，基于阻-导水通道数值模拟方法，构建了辽浑防洪保护区水动力学模型，模拟了超标准洪水下陶家险工和偏养子堤段溃决洪水的淹没，分析了溃口分洪过程、洪水演进过程和特征，以及溃决洪水对保护区的影响。主要结论如下：

(1)遇200年一遇和100年一遇超标准洪水，陶家险工和偏养子堤段发生溃决后，溃口分洪流量最大为2066 m³/s和1982 m³/s，保护区内进洪量达7.458亿m³和5.852亿m³。

(2)受北高南低的地势影响，陶家险工溃决洪水由北向南宣泄，淹没面积达570 km²；偏养子溃决洪水则受堤防阻挡，被束缚在外辽河和浑河之间，淹没面积为268 km²，但53%淹没区的水深在2m及以上。

(3)陶家险工和偏养子堤段溃决后，保护区内41 650 hm²和19 910 hm²农田、782万m²和213万m²房屋将被淹没，威胁区内21万和9万人口，直接经济损失达128亿元和52亿元。

参　考　文　献：

[1] 苑希民，李长跃，田福昌，等．多源洪水耦合模型在防洪保护区洪水分析中的应用[J]．水利水运工程学报，2016，(5)：16-22．

[2] 喻海军，吴俊峰，吴滨滨，等．基于二维网格边元设置河道方法的蓄滞洪区洪水演进分析[J]．中国水利水电科学研究院学报，2018，16(3)：179-184．

[3] 姜晓明，李丹勋，王兴奎．基于黎曼近似解的溃堤洪水一维_二维耦合数学模型[J]．水科学进展，2012，23(2)：214-221．

[4] LIN B，WICKS J M，FALCONER R A，et al．Integrating 1D and 2D hydrodynamic models for flood simulation [J]．Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Water Management，2006，159(1)：19-25．

[5] 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．

[6] 王晓玲，李明超，周潮洪，等．复杂河网中洪水演进二维数值仿真及其应用[J]．天津大学学报，2005，38(5)：416-421．

[7] DUTTA D，ALAM J，UMEDA K，et al．A two-dimensional hydrodynamic model for flood inundation simulation：a case study in the lower Mekong river basin [J]．Hydrological Progresses，2007，21(9)：1223-1237．

[8] 郭凤清，屈寒飞，曾辉，等．基于MIKE21 FM模型的蓄洪区洪水演进数值模拟[J]．水电能源科学，2013，31(5)：34-37．

[9] ZHANG Hongping，WU Weiming，HU Chunhong，et al．A distributed hydrodynamic model for urban storm flood risk assessment [J]．Journal of Hydrology，2021．doi:10.1016/J.JHYDROL.2021.126513

[10] 丁志雄，李娜，许小华，等．江西抚河2010年唱凯堤溃堤洪水模拟反演分析[J]．中国水利水电科学研究院

学报，2019，17(4)：285-292 .
[11] 鲁显赫，高庆方，王新福，等 . 无为大堤防洪保护区河道建模方法研究[J] . 灌溉排水学报，2019，38(1)：116-121 .
[12] 王秀杰，胡冰，苑希民，等 . 洪水与风暴潮共同作用下的溃堤洪水一维#二维耦合模型及应用[J] . 南水北调与水利科技，2017，15(5)：43-49 .
[13] 苑希民，庞金龙，田福昌，等 . 多溃口河网耦合模型在防洪保护区洪水分析中的应用[J] . 水资源与水工程学报，2016，27(1)：128-135 .
[14] 陈俊鸿，刘小龙，王岗，等 . 基于一、二维耦合水动力模型的赣西联圩溃堤洪水风险分析[J] . 中国农村水利水电，2017(6)：43-47 .
[15] 王雪薇，董增川，付晓花，等 . 防洪保护区溃堤洪水模拟分析[J] . 人民黄河，2017，39(8)：36-43 .
[16] 李德龙，黄萍，许小华，等 . 基于 InfoWorks RS 的蒋巷联圩防洪保护区洪水演算[J] . 长江科学院院报，2018，35(12)：52-73 .
[17] 卢程伟，周建中，江焱生，等 . 基于 MIKE FLOOD 的荆江分洪区洪水演进数值模拟[J] . 应用基础与工程科学学报，2017，25(5)：905-916 .
[18] 牛帅，刘永志，崔信民，等 . 十三围防洪保护区洪水风险分析[J] . 长江科学院院报，2020，37(1)：56-60 .
[19] 刘亚，姚仕明，朱勇辉，等 . 松滋江堤防洪保护区洪水风险研究(I)——模型的建立与验证[J] . 长江科学院院报，2019，36(3)：40-45 .
[20] 程晓陶，仇劲卫，陈喜军 . 深圳市洪涝灾害的数值模拟与分析[J] . 自然灾害学报，1995，4(S1)：202-209 .
[21] 仇劲卫，李娜，程晓陶，等 . 天津市城区暴雨沥涝仿真模拟系统[J] . 水利学报，2000(11)：34-42 .
[22] 王静，李娜，程晓陶 . 城市洪涝仿真模型的改进与应用[J] . 水利学报，2010，41(12)：1393-1400 .
[23] CHENG Xiaotao . Urban Flood Prediction and It's Risk Analysis in The Coastal Areas of China [M] . 北京：中国水利水电出版社，2009 .
[24] 王静，李娜，王杉 . 考虑圩区分布的平原河网区暴雨洪涝分析模型建立[J] . 中国水利水电科学研究院学报，2020，18(1)：70-79 .
[25] DUSHMANTA D，JAHANGIR A，KAZUO U，et al . A two-dimensional hydrodynamic model for flood inundation simulation：A case study in the lower Mekong river basin [J] . Hydrological Progresses，2007，21：1223-1237 .
[26] 全国重点地区洪水风险图编制项目组 . 洪水风险图编制技术细则[R] . 北京：中国水利水电科学研究院，2013 .

Analysis of levee-breach flood submergence in the Liaohun flood protected zone based on water blocking-flowing channel

XU Weihong[1, 2], LI Na[1, 2], ZHENG Jingwei[1, 2], WANG Shan[1, 2], WANG Jing[1, 2]

(1. *China Institute of Water Resources and Hydropower Research*, *Beijing* 100038, *China*;
2. *Research Center on Flood & Drought Disaster Reduction of the Ministry of Water Resources*, *Beijing* 100038, *China*)

Abstract: In order to avoid the problem of lower computational efficiency caused by local mesh refinement near the structures which affect the flow movement, taking the Liaohun flood protected zone as the research object, a hydrodynamic model based on water-blocking/flowing channel was developed. Based on this model, the submergence process of levee-breach flood and its impact on social economy in the study area were analyzed. The results show that: In case of extraordinary flood, the dike segment of the Taojia and Pianyangzi will burst and the flood volume into the protected area will be 745.8 million m^3 and 585.2 million m^3. Based on the topography in the study area, the flood in the study area routing from north to south and the inundation area is 570 km^2 and 268 km^2. During inundation processes, the water-blocking/flowing channel can truly simulate the influence and function on flood routing by the roads, embankments and rivers which affect the flow movement. Under the two scenarios, 41650 hm^2 and 19910 hm^2 farmland in the study area will be submerged, 210 thousand and 90 thousand people will be threatened by floods and the direct economic losses will reach 12.8 billion CNY and 5.2 billion CNY.

Keywords: water-blocking channel; water-flowing channel; hydrodynamic model; flood routing; flood protected zone; Liaohun

（责任编辑：祁 伟）