

文章编号:0559-9350(2017)07-0808-08

洪水避难分析系统的研究开发及其应用

丁志雄^{1,2}, 李娜^{1,2}, 王静^{1,2}, 曹大岭^{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: 随着经济社会快速发展, 洪水高风险区中人口资产密度增大, 受全球气候变化影响, 台风、极端暴雨等形成的洪水灾害给高风险区的人员资产带来更大的威胁。危机时刻, 如何更为有效、有序地组织灾区民众的避难转移是减少伤亡和损失的重要手段。本文从水文水力学、灾害学与地理信息科学等交叉视角, 利用二维洪水仿真模型进行洪水演进模拟分析, 对需避难转移人员及其空间分布特征进行识别; 提出安置区的选择规划及优化匹配方法; 建立最优转移路径分析模型及道路拥堵计算模型; 在GIS平台上集成相关模型方法, 开发洪水避难分析系统。在荆江分洪区进行了实例应用研究, 建立了荆江分洪区的洪水模拟分析模型, 用1954年分洪的实况洪水进行分洪区的洪水演进模拟分析, 根据分析结果将分洪区划分为危险重灾区、深水重灾区和进洪轻灾区3个危险区域, 利用荆江分洪区2014年分洪预案进行1954年实况分洪情景下的避难转移模拟分析, 提出了基于洪水演进特征的分批次转移的改进优化方案。应用实例研究表明, 本文建立的模型方法和相关系统具有较好的实用价值, 可以为分蓄洪区等区域洪水避难方案的制定提供分析优化手段。

关键词: 洪水模拟; 避难分析; 荆江分洪区

中图分类号: TV122

文献标识码: A

doi: 10.13243/j.cnki.slxb.20160850

1 研究背景

我国中东部区域人水争地矛盾十分突出, 在有限的防洪标准下, 人们不可避免地需要承受一定的洪灾风险。在当前新的经济社会发展形势下, 安全保障需求提高, 一旦发生超标准洪水, 必须以人为本、通过避难转移等手段, 将高风险区域的民众临时转移到安全区域, 以尽可能减少人员伤亡和财产损失。特别是近年来随着全球气候的变化, 极端暴雨或台风导致的洪涝灾害事件频发, 在每年的汛期或台风登陆期, 一些高风险区域的人们都要或多或少开展相应的避难转移工作。由于目前避难转移工作主要是以行政组织方式为主, 缺乏有效、有序开展避洪转移的技术支撑体系, 在实际操作中, 有的因转移面过大, 造成不必要的浪费, 有的由于转移时机或方式把握不好, 而误工误时、甚至局面混乱。为了合理、有效地组织高风险区域人员和资产的避难转移, 避免转移范围扩大, 仓促应对, 以免劳民伤财, 有必要深入开展避难转移各个环节的研究, 如洪水避难转移的时机、转移的范围、转移的路况信息及安置场所的规划布置等。随着洪水模拟技术及GIS等现代信息技术的发展, 针对避难转移各环节支撑技术的研究具有很大的提升空间, 可以利用这些现代先进的信息技术建立相应的模拟分析系统, 为洪水避难提供模拟分析和论证的科学手段, 减少目前洪水避难转移过程中可能出现的诸多问题, 对于降低人员伤亡和洪涝灾害损失等都具有积极的意义。

随着以人为本防灾减灾理念的贯彻落实以及政府部门需要在避难转移组织工作中发挥越来越重要的作用, 避难转移支撑技术的研究得到越来越多专家学者的关注。在国外, 这方面已有较为广泛

收稿日期: 2016-08-10; 网络出版日期: 2017-07-21

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.1882.TV.20170721.1543.006.html>

基金项目: 水利部公益性行业科研专项经费项目(1261430110037); 中国水利水电科学研究院重点专项(JZ0145B042017)

作者简介: 丁志雄(1976-), 男, 江西南城人, 教授级高级工程师, 主要从事防洪抗旱减灾研究。E-mail: Dingzx@iwhr.com

而深入的探索，如 Brian 等^[1]详细梳理了避难转移政策和计划；Maged 等^[2]研究了基于大坝失事的生命损失模拟及避难转移问题，提出人员转移模型的可行性；Lamb 等^[3]对官方信息在洪水模拟事件中避难转移的影响开展了相关研究，指出官方信息对避难转移起着至关重要的作用；Matthijs 等^[4]和 Kuwahara 等^[5]则提出了利用可靠性模型来决定洪水灾害中避难转移的时机。我国学者最早于 20 世纪 90 年代初，何少苓等^[6]就利用数学动态规划中的最优控制算法对蓄滞洪区洪水避难转移最优路径进行了模拟计算，但由于当时管理和政策等方面跟不上，所提出的优化方法难于应用到实际工作中；1998 年长江流域大洪水时，为了准备启用荆江分蓄洪区分洪，进行了分蓄洪区内的人员避难转移，向立云等^[7]事后调查发现尽管已经有了预案，但由于预案缺乏科学和先进技术的支撑，避难转移在实际操作过程中存在转移时机过早、转移群众对可能遭遇的洪水信息不能及时了解、转移道路拥堵与转移组织混乱等问题。随着近年来洪水避难转移工作的广泛开展，对避难转移的支撑技术要求越来越深入，有学者也陆续开展了洪水避难模型与系统方面的研究，如黄诗峰等^[8]和李发文等^[9]运用 GIS 的网络分析功能进行避难最优路径的分析计算；李超杰等^[10]研究并初步实现了一个洪灾避难迁移决策模型；王晓航等^[11]设计了一个基于 GIS 的溃坝救助支持系统；王虹等^[12]和丁志雄等^[13]初步探讨了洪灾避难转移和生命损失模型及转移过程模拟的实现思路，但目前这些研究工作尚处于探索阶段，对洪水避难转移方案编制的指导和论证等还不能起到应有的作用。

因此，深入剖析洪水避难转移过程中自然、社会和人类行为的相互作用关系，研究避难转移各个环节的关键影响因素，利用洪水模拟及现代信息技术建立相关的模拟分析系统，有助于决策管理部门编制更合理、有效和科学的洪水避难转移方案，保障避难转移工作的顺利组织实施。基于此，本文提出和建立一套洪水避难计算的流程与方法，给出洪水避难分析系统实现的功能框架，并以荆江分洪区为对象开展洪水避难分析实例应用研究。

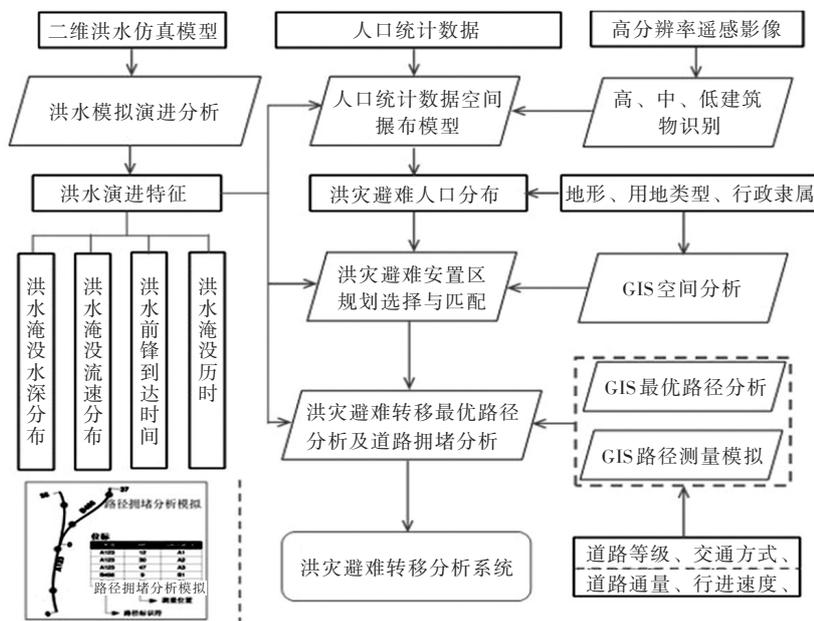


图 1 洪水避难分析计算技术流程图

2 洪水避难计算流程与方法

2.1 洪水避难分析计算技术流程 利用二维洪水仿真模型，进行洪水模拟演进分析计算，确定洪水演进特征，包括洪水淹没水深分布、洪水淹没流速分布、洪水前锋到达时间和洪水淹没历时等洪水演进特征；利用人口统计数据和高分辨率遥感影像等数据，结合人口统计数据空间振布模型确定洪水避难

人口空间分布特征；通过考虑地形、用地类型和行政隶属关系等因素，利用基于GIS空间分析方法建立洪水避难安置区选择规划的优化匹配模型，确定转移安置匹配关系；利用道路的空间分布、通容量和转移队伍的行进速度等进行避难转移最优路径分析及道路拥堵的分析计算。最后在GIS平台上集成上述有关模型方法，建立洪水避难转移分析系统。洪水避难分析计算技术流程如图1所示。

2.2 洪水避难分析计算模型方法 洪水避难分析计算涉及的模型方法包括：二维洪水仿真模型、洪水避难转移人口空间分布计算模型、洪水避难安置区选择规划及优化匹配方法和洪水避难转移最优路径分析及道路拥堵分析模型等。

2.2.1 二维洪水仿真模型 二维洪水仿真模型采用二维非恒定流水动力学方程，根据地形和地物特点，运用不规则网格技术进行计算域的空间离散，采用有限体积法进行数值模拟计算，求出洪水在各运动时刻的流速、流向和水深等洪水要素，模型具备降雨径流模拟、二维洪水演进等计算分析功能，能够模拟复杂下垫面条件和防洪排涝工程实时调度情况以及任意堤防(圩堤)溃决、漫堤等洪水情景的洪水模拟演进^[14]。

2.2.2 洪水避难转移人口的空间分布计算模型 由洪水仿真模型模拟计算结果，确定洪水淹没水深分布、洪水淹没流速分布、洪水淹没历时和洪水前锋到达时间等洪水演进特征要素。建立洪水避难转移判别指标，分析计算出需避难转移的范围，通过人口统计数据的空间分布模型，进一步分析计算需避难转移的人口数量及其空间分布。任一居民地人口空间分布计算模型的计算公式如下：

$$P_i = A_i \times P / \sum_{i=1}^n A_i \quad (1)$$

式中： P_i 为第*i*块居民地的人口数； A_i 为第*i*块居民地的面积； P 为某行政统计范围内的人口数； n 为某行政统计范围内居民地地块数。

2.2.3 洪水避难安置区选择规划及优化匹配方法 依据需转移人口及其空间分布和洪水演进特征，结合地形、土地类型以及已有安全设施等基础信息数据，合理规划布置能满足需转移人口容量的安置区。根据需转移人口的空间分布及安置区的空间位置关系，建立安置区的优化匹配模型，使需转移人口尽可能合理安置到相应安置区。使转移人口数与安置区容量满足如下关系式：

$$\sum_{i=1}^n P_i \leq P_k \quad (2)$$

式中： P_i 为第*i*块居民地的人口数； P_k 为第*k*个安置区的安置容量； n 为安置到第*k*个安置区的人口分布地块数。

2.2.4 洪水避难转移最优路径分析及道路拥堵分析模型 利用需转移人口安置区优化匹配关系，结合计算区内及周边区域道路等基础数据，通过定制GIS的最优路径算法，建立考虑不同道路等级、不同交通方式、不同天气状况及洪水演进特征等条件下通过时间最短的最优路径分析模型，为洪水避难转移选择出最快到达安置区的转移路线。并利用GIS路径测量模拟分析和考虑道路通容量等条件，建立洪水避难转移的道路拥堵分析模型，分析计算出可能拥堵路段和时间，以便适当调整转移时机和转移路线以解决转移过程中的道路拥堵问题。拥堵分析判别标准如下：

$$D(i, k)_t \leq (L_i + L_k) / 2 \quad (3)$$

式中： $D(i, k)_t$ 为第*i*和第*k*个转移对象在*t*时刻的距离； L_i 、 L_k 分别为第*i*和第*k*个转移对象的队伍长度，其由转移对象的转移人数、转移行进速度和道路通容量等条件决定。

3 洪水避难分析系统实现功能框架及特点

采用 Visual C# 等计算机开发语言，在GIS平台上开发定制洪水避难转移分析系统软件，实现对洪水风险淹没区的转移人口分析及分区(转移批次、转移方式)分析、安置区选择及规划分析、路网编辑模型构建及最优路径分析、分析结果展示、数据导出及打印输出和转移分析结果的动态模拟追踪分析等。并能够建立最优路径分析计算模型，通过设定相应分析计算条件，考虑不同天气状况、道

路的不同等级、不同转移交通方式以及道路通达性等条件，实现最优路径的分析计算，同时通过追踪模拟分析每个居民区人员转移不同时刻各自的状态(确定位置)，模拟某个洪水计算条件下整个洪水避难转移的过程变化，并可以得到洪水避难转移的起止时间、历时等相关信息。系统实现功能框架如图2所示。

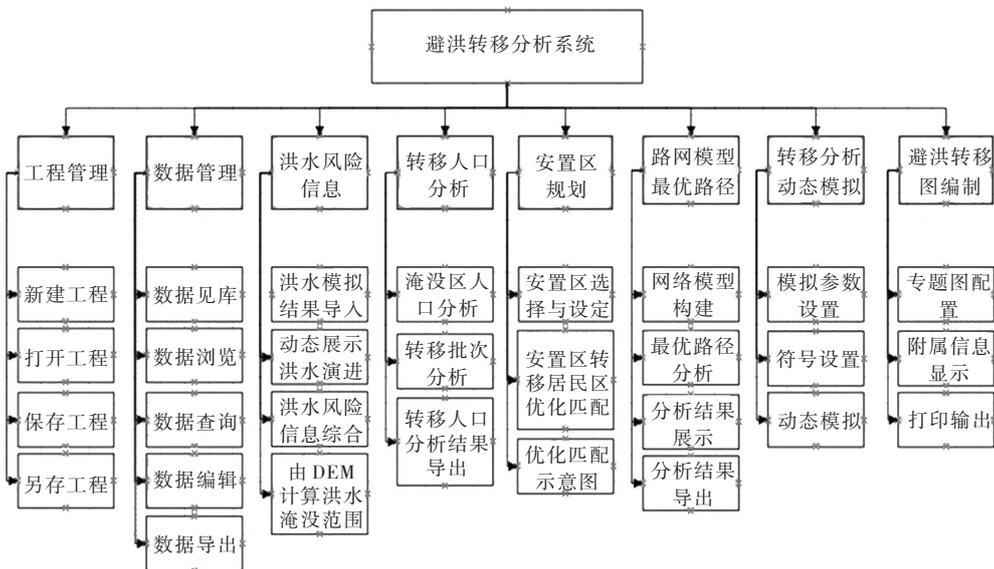


图2 洪水避难分析系统实现的功能框架

系统的主要特点是利用二维非恒定流水动力学方程的洪水仿真模型进行洪水模拟演进分析，建立洪水避难转移人口的空间分布计算模型、洪水避难安置区选择规划及优化匹配方法以及洪水避难转移最优路径分析及道路拥堵分析模型等模型方法，并在GIS平台上进行了集成开发，较之现有的一些研究成果，具有较好的实用性和可操作性。开发的洪水避难分析系统可以为防洪保护区、蓄滞洪区等洪水避难转移方案的编制提供模拟、仿真与效果检验与论证等方面的技术支撑，为洪水避难转移过程中可能出现的混乱、拥堵等问题提供模拟、展示与分析平台。

4 实例研究：荆江分洪区洪水避难分析

4.1 分洪区基本情况 荆江分洪区位于中国湖北省公安县境内，东部和北部濒临长江，南抵安乡河与湖南省安乡县接壤，西靠虎渡河。南北长70 km，东西平均宽13 km，马家咀狭颈处仅宽2.7 km，区内地势北高南低，地面高程34.00~39.00 m(吴淞高程)。分洪区面积921.34 km²，设计蓄洪水位(黄金口)42.00 m，设计蓄洪容量54亿 m³，分洪时通过开启北闸进洪闸(设计进洪流量为8 000 m³/s)进入荆江分洪区，分洪区内设有安全区19个，面积19.58 km²；安全台87处，面积1.78 km²。据2014年汛前调查统计，荆江分洪区涉及8个镇，4个国营农、林、渔场，179个行政村，1 622个村民小组，155 885户、609 290人，其中安全区、台定居56 487户、207 897人。区内有耕地3.29万 hm²，水产面积0.67万 hm²，盛产粮食、棉花、油料及水产品^[15]。

荆江分洪区建成后，于1954年在长江发生全流域特大洪水时曾运用过一次，其间分洪区3次开闸分洪，分洪总量约122.6亿 m³(包括虎西备蓄区和通过南闸泄入洞庭湖的水量)。1954年分洪时，荆江分洪区刚建成不到2年，通过移民迁建，在分洪前区内居民约16.43万人，并且在安全区内居住15万人，安全台上居住0.95万人，真正在蓄洪区内居住在分洪时需要避难转移的只有0.48万人。1998年大洪水时，荆江分洪区准备启用分洪，并开展人员转移，但由于情况已大不一样，再加上时间紧迫，各乡镇在具体执行转移时没有严格按《荆江分蓄洪区运用方案》分阶段、分层次组织转移，

再加上区内路桥质量差、狭窄，造成转移时道路堵塞严重，甚至一度出现混乱状况，给转移的组织、指挥和调度等带来巨大压力^[15]。

4.2 分洪区实况洪水模拟 建立荆江分洪区二维洪水仿真模型进行分洪区洪水模拟演进分析。洪水仿真分析模型建模范围如图3所示，建模总面积929.14 km²，其中含19个安全区面23.37 km²(便于今后对安全区的溃堤漫堤洪水扩展模拟分析)。对建模范围进行二维网格剖分，并考虑蓄洪区内的道路、河湖和居民建筑等地物特征，共剖分9 494个网格，其中：最大网格面积0.17 km²，最小网格面积0.004 5 km²，平均网格面积0.098 km²。并从1:1万比例尺地形图上提取每个网格的平均高程，结果见图4。



图3 洪水分析模型建模范围

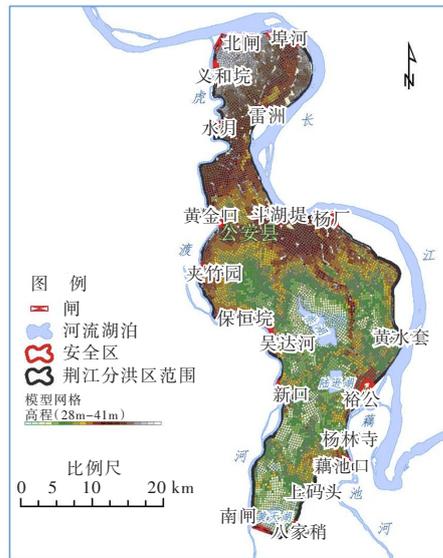


图4 洪水二维模型网格及高程分布

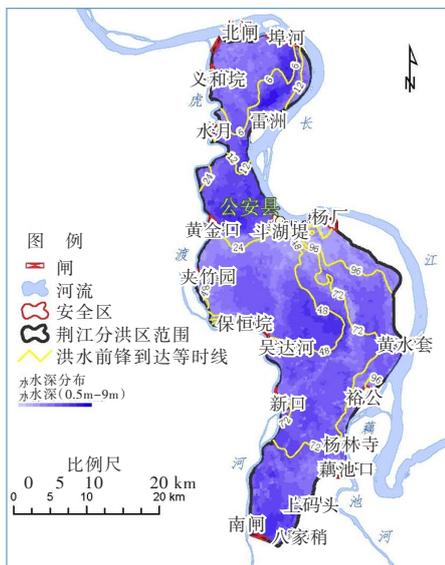


图5 洪水演进最大水深及前锋到达时间分布

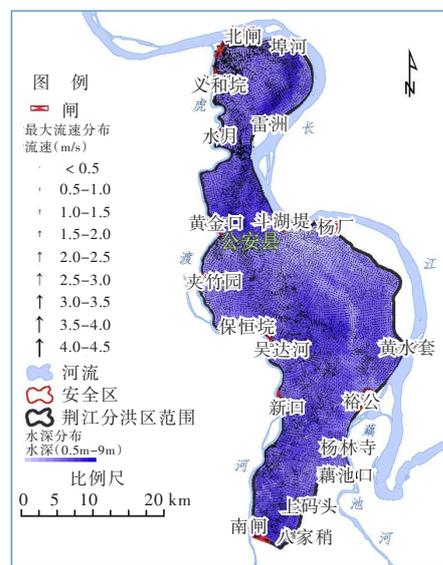


图6 洪水演进最大流速分布

选择1954年荆江分洪区实际分洪时的实况洪水进行洪水模拟分析，当时分洪区北闸第一次分洪时的进洪流量为4 400 m³/s。因此按分洪流量4 400 m³/s从北闸进行入流计算，南闸出流按蓄洪区水位调度规程设定，共分洪计算6d，计144h，洪水模拟计算的最大水深分布、洪水前锋到达时间分布及最大流速场分布如图5、图6所示，并将计算的水深与当时马家咀位置的实测水深进行了对比分析，

模型计算值与实测值较为相符。

从分洪区 1954 年实况洪水仿真模拟结果看，大致可以将荆江分洪区分洪后划分为危险重灾区、深水重灾区和进洪轻灾区等 3 个区域。危险重灾区主要分布在马家咀狭颈处以上，面积约 149.59 km²，主要位于北闸入口不远处，分洪后，洪水首先进入，12h 左右将全部淹没，马家咀一带水深可达 5.40 m；洪水流过马家咀卡口后，洪水顺流而下的大块腹地区域，面积约 711.15 km²，洪水起水时间 12 ~ 96 h，淹没水深，加之面积大，因此该区域属深水重灾区；在杨家厂-斗湖堤-曾埠头-麻豪口靠杨家厂侧一片区域，面积约 44.92 km²，该区域由于地势较高，起水时间较晚，约 96 ~ 120 h 左右，因水势相对缓和，淹没水深浅，加之斗湖堤、杨家厂两安全区相距较近，可便于转移人、畜就近避险，因此该区域属进洪轻灾区。

4.3 避难转移分析 根据荆江分洪区 2014 年分洪预案及 1954 年分洪区实况洪水模拟计算结果，荆江分洪区内 260 052 人需要转移到安全区(安全区是荆江分洪区的主要转移方向，这里以此为例，不含外转及安全台的转移人员)。各乡镇均以本乡镇范围内的安置区安置为主，个别在跨乡镇的邻近安置区进行安置。根据地理位置空间分析及各乡镇转移安置方案，各乡镇转移人口分解到各村庄的转移安置人口及转移安置方向如图 7 所示。

选择最易到达目的地的路径是人们出行的一般选择，利用洪水避难系统的最优路径分析，得到各村庄的转移路线如图 8 示。并计算得各村庄的转移路径中最长的约 19.8 km，经转移模拟分析得到在转移过程中最大约需 5h 的路途时间。

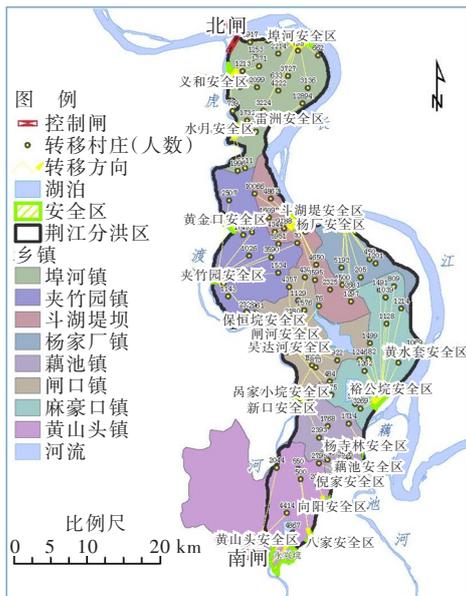


图 7 各村庄转移人口及转移方向

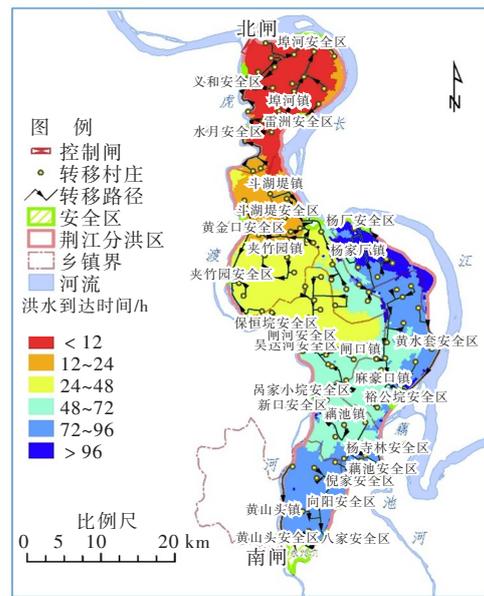


图 8 各村庄转移路线

通过洪水避难系统的转移模拟计算，如果按接到分洪启用的转移命令，各乡镇立即同时启动居民转移，则在斗湖堤镇、夹竹园镇、闸口镇和麻豪口镇等区域的村庄转移易发生拥堵(与 1998 年准备启用分洪转移时发生拥堵情况基本一致)。如果考虑分洪时的洪水演进时间(见图 5)，洪水到达斗湖堤镇需 12h 以上，到达夹竹园镇需 24h 以上、到达闸口镇、麻豪口镇需 48h 以上，到达杨家厂镇、黄山头镇则需将近 72h 以上。因此，为了避免拥堵，可以考虑分洪区各乡镇的分批次转移优化方案。即，首先在接到分洪启用转移命令后立即组织埠河镇居民进行第一批次转移；6h 后(前一批次已完成路途转移)，组织斗湖堤镇的居民进行第二批次转移；12h 后，组织夹竹园镇、闸口镇、麻豪口镇以及藕池镇的居民进行第三批次转移；18h 后，组织杨家厂镇、黄山头镇的居民进行第四批次转移，这样总共约需要 24h 能够完成分洪区内居民的安全区转移。根据转移路径的模拟分析，

在该分批次优化转移情况下没有出现拥堵情况。如果各批次顺次转移准备时间为8h，转移后顺次检查清理时间为10h，则在接到分洪转移命令42h后分洪区就具备了启用条件，比荆江分洪区分洪预案规定的“48h具备分洪启用条件”减少了约6h，也即荆江分洪区是否启用的洪水预报时间可以减少为42h，洪水预报的可靠性进一步增强，荆江分洪区是否启用也能够得到更好的判断，从而可以从分洪启用准备工作的角度尽可能减少荆江分洪区启用的机率。优化后的荆江分洪区各批次转移具体时间分布如表1所示。

表1 荆江分洪区优化后的分批次转移时间分布

时间 批次	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42
一	准备	准备	准备	准备	转移																
二				准备																	
三							准备														
四										准备											

表中：时间单位为h；第一批次：埠河镇；第二批次：斗湖堤镇；第三批次：夹竹园镇、闸口镇、麻豪口镇以及藕池镇；第四批次：杨家厂镇、黄山头镇。▨准备时间；■转移时间；▩检查清理时间。

5 结论与展望

洪水避难分析是一项跨学科工作，涉及洪水的模拟计算分析、人口等社经指标的统计分析、GIS地理空间分析技术和防洪减灾决策等学科领域。本文基于洪水仿真模拟，建立了洪水避难转移分析计算的技术流程和有关模型方法，开发定制了一套用于洪水避难转移分析的软件系统，实现了洪水避难转移对象的自动识别、转移安置优化匹配、转移路径最优分析和转移拥堵分析等功能。系统在具有实际分洪和准备分洪运用案例的荆江分洪区进行了实例应用研究，从实况洪水模拟到避难转移分析以及转移方案的优化改进等方面都进行了较深入的探讨，取得较好的结果，对荆江分洪区现有避难转移方案提出了优化建议，可为分洪区避难转移方案的编制和改进提供参考。

考虑到洪水避难问题本身的复杂性以及本项工作在国内尚属探索性内容，成熟完善可供参考的模型方法和应用系统还不多见，因此目前建立的这些模型方法和相关系统在具体应用时还需具体问题具体对待，在今后的研究中将进一步改进和优化，以期在模型方法和通用性上进一步增强。

致谢：由衷感谢湖北省防汛办和荆江分蓄洪区管理局提供的大力支持和帮助！

参 考 文 献：

- [1] BRIAN Wolshon, ELBA Urbina, Marc LEVITAN . National Review of Humcane Evacuation Plans and Policies [M] . LSU Hurricane Center, 2001 .
- [2] MAGED Aboelata, DAVID S . BOWLES, Duane M . McClelland . A Model For Estimating Dam Failure Life Loss [M] . Proceedings of the Australian Committee on Large Dams Risk Workshop, Launceston, Tasmania Australia . 2003 .
- [3] LAMB S, WALTON D, MORA K . Effect of authoritative information and message characteristics on evacuation and shadow evacuation in a simulated flood event[J] . Natural Hazards Review, 2012(4): 272-282 .
- [4] MATTHIJS Kok, IRA Helsloot, BOB Maaskant . A probabilistic model to determine the expected loss of life for different mass evacuation Strategies during flood threats[J] . Risk Analysis, 2013(7): 1312-1333 .
- [5] KUWAHARA Y, MANJSH Kumar, KIM JinYoung . A DEM-based evaluation of potential flood risk to enhance decision support system for safe evacuation[J] . Natural Hazards, 2011(3): 1561-1572 .
- [6] 何少苓, 刘树坤, 廖文根, 等 . 防洪避难系统在东平湖滞洪区的运用[J] . 水利学报, 1994(10): 36-39 .
- [7] 向立云, 刘巍, 姜付仁, 等 . 荆江分洪区1998年洪水转移调查分析[J] . 自然灾害学报, 2000(4): 80-85 .

- [8] 黄诗锋, 魏一鸣, 杨存建. 灾民撤退网络流模型及其 GIS 模拟技术[J]. 自然灾害学报, 1998(3): 65-70.
- [9] 李发文, 冯平. 洪水灾害避难迁安系统分析模型及其应用[J]. 天津大学学报, 2007(6): 731-735.
- [10] 李超杰, 胡彬, 宫辉力, 等. 洪灾避难迁移决策模型研究与实现[J]. 首都师范大学学报, 2007(4): 59-63.
- [11] 王晓航, 盛金保. 基于 GIS 的溃坝救助支持系统设计与研究[J]. 水电能源科学, 2009(1): 93-95.
- [12] 杰哈, 等. 城市洪水风险综合管理[M]. 第 1 版. 王虹, 等译. 北京: 中国水利水电出版社, 2014.
- [13] 丁志雄, 李娜, 郑敬伟, 等. 基于 GIS 的避洪转移分析系统研发[J]. 中国防汛抗旱, 2015, 25(4): 17-20.
- [14] 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.
- [15] 荆江分洪工程志编纂委员会. 荆江分洪工程志[M]. 北京: 水利水电出版社, 2000.

Development and application of flood disaster evacuation analysis system

DING Zhixiong^{1, 2}, LI Na^{1, 2}, WANG Jing^{1, 2}, CAO Daling^{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: With the rapid development of social economy, the increasing density of residents and assets in the flood prone areas has enlarged the risk of flooding. In the context of global warming, extreme storms and typhoons bring greater threats to the residents and assets in flood prone areas. How to organize the residents to evacuate more effectively and orderly is an important means to reduce the casualties and damages. Taking a multi-disciplinary approach including hydrology, hydraulics, disaster prevention and geographic information science, the flood risk is analyzed based on flood simulation to identify the population and its spatial distribution in the flooded areas. The optimal matching method is developed for planning placement shelters. In addition, the optimal evacuation routes analysis model and traffic congestion analysis model is developed. These models are integrated on a GIS based platform to create a comprehensive simulation system which can perform flood evacuation analysis and real-time simulation. The Jingjiang flood diversion area is taken as a pilot study to develop a flood scenario simulation model and the real flood event of 1954 is used to simulate the process of flood diversion in this area. According the result of flood simulation, there are three hazard areas in Jingjiang flood diversion area, i.e. dangerous hard disaster area, deep water hard disaster area and flood light disaster area. The flood diversion scenario of 1954 is used to simulate and analyze the disaster evacuation based on the 2014 emergency response plan of Jingjiang flood diversion area. An optimized program of evacuation in batches is proposed base on the characters of simulated flood routing. The result shows that the models, methods and related system are useful, which can provide a solution for analyzing and optimizing the evacuation plan in flood diversion area.

Keywords: flood simulation; evacuation analysis; Jingjiang flood diversion area

(责任编辑: 王成丽)