

陈鹏, 陈其沛, 张继权. 村镇洪灾时空起源分析与实证研究——以吉林省永吉县口前镇为例[J]. 灾害学, 2021, 36(4): 113–118. [CHEN Peng, CHEN Qipei and ZHANG Jiquan. Spatial Origin Analysis and Empirical Study of Flood in Villages and Towns—Taking Kou Qian Town, Yongji County, Jilin Province as an Example[J]. Journal of Catastrophology, 2021, 36(4): 113–118. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2021.04.019.]

村镇洪灾时空起源分析与实证研究^{*}

——以吉林省永吉县口前镇为例

陈 鹏¹, 陈其沛¹, 张继权²

(1. 吉林师范大学 旅游与地理科学学院, 吉林 四平 136000;

2. 东北师范大学 环境学院, 吉林 长春 130017)

摘 要: 我国每年洪灾频发, 造成的损失非常严重, 准确把握洪灾的时空信息对有效的防灾减灾至关重要。利用洪水数值模型与洪灾时空起源模型, 从时间与空间角度厘清了洪灾的源头、停留时间、流经路径和组成成分, 并以2010年吉林省永吉县口前镇“7.28”洪灾为例开展实证研究。研究结果表明, 时间起源上口前镇洪灾发生是5—7月份的降雨、径流量及朝阳水库库容的累积过程, 其中5月份的洪水累积量占总体洪水流量的15%左右, 6月份占30%左右, 7月份占55%左右; 空间起源上口前镇洪灾远离河道区域是由内水构成, 而河道沿岸区域由外水构成, 其中内水洪水主要由降雨与径流量水构成, 外水洪水由降雨、径流量水及水库库容水构成。

关键词: 洪灾; T-SAS模型; 洪水模型; 时空起源; 永吉县口前镇

中图分类号: X43; X915.5; TV87 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2021)04-0113-06

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2021.04.019

洪灾的发生一般具有突发性强、影响范围广、频率高、损失严重等特点^[1]。从全球范围来看, 洪灾占全球各种自然灾害造成损失的40%左右^[2]。由此可见, 洪灾造成的损失非常严重, 需深入洪灾相关研究, 以减少洪灾造成的损失。我国地处欧亚大陆和太平洋之间, 夏季风造成夏秋季节多暴雨, 极易形成洪灾。例如2010年5—8月份, 因连续降雨导致吉林省51个市州、县(市)及长白山管委会中的46个县(市)发生洪灾, 造成居民住房受到不同程度损毁, 共倒塌房屋11.8万户, 损坏房屋30.1万户, 房屋与建设损失74.68亿元, 直接经济损失达499.84亿元。可见, 亟需从洪灾发生、发展过程出发, 厘清洪灾发生源头、流经途径及停留时间已成为村镇洪灾研究的重要课题。

国内外学者针对洪灾相关研究主要集中在洪水数值模型^[3-8]、风险评估^[9-14]、损失评估^[15-17]、应急管理^[18-20]等方面, 在洪灾时空起源研究方面涉及较少。已有研究多是以洪水数值模型模拟洪水淹没范围、水深及时间为出发点, 实现洪灾损失评估、风险评估及应急管理等, 少有探究洪水时空起源, 即依据降雨分析确定可能发生洪水时, 未确定组成洪水的外部水或内陆

水的贡献率, 以及洪水的停留时间和流动路径, 很难制定有效的防洪措施。目前, 针对河流径流的停留时间和流经地的研究主要集中在水文学领域^[21-23], 采用实地调查结合水文模型, 探究河流中旧水与新水的比例及停留时间, 该类研究多是针对小尺度范围, 尽管有实际意义, 但在确定大流域的洪水起源方面存在一定的不足。

针对上述不足, 本文采用以一、二维非恒定流洪水演进模拟模型为基础, 构建以不规则网格追踪洪水停留时间和流动路径的时空起源模型(Time-Space Accountint Scheme; T-SAS), 分析永吉县口前镇“7.28”洪灾时空起源, 探究了导致其洪水泛滥的降雨来自何时, 淹没区内的何种成分洪水危害较大, 并通过GIS技术将结果可视化, 研究结果可为村镇洪灾精准防灾救灾提供决策依据。

1 研究资料与方法

1.1 研究区概况

永吉县口前镇, 地处永吉县县城所在地, 下辖13个村民委员会和3个街道办事处, 54个居民

^{*} 收稿日期: 2021-03-17 修回日期: 2021-07-02

基金项目: 吉林省科技厅重点研发项目(20200403074SF); 吉林省教育厅项目(JJKH20200428KJ)

第一作者简介: 陈鹏(1980-), 男, 汉族, 吉林省镇赉县人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事自然灾害风险评价与应急管理研究。E-mail: pp11290@163.com

委员会,幅员面积 315.7 km²。因口前镇地处松嫩平原向长白山过渡地带,山地多耕地少,镇内 3 个街道有群山环抱,13 个村民委员会位于山间平坦的耕地上,五里河与四间河在镇内交汇,2009 年常住人口 108 570 人,37 621 户。口前镇位于东北季风区,是典型的温带大陆性季风气候,全年气温变化显著,四季分明,冬季严寒漫长,春季干旱多风,夏季温暖短促,秋季晴朗温差大。镇内年平均气温为 4.9℃,≥10℃ 积温为 2 994.6℃,年平均降水量 696.6 mm。

1.2 数据资料

本研究所需数据包括遥感数据、统计数据、气象数据、历史灾害数据及实地调研数据等,其中遥感数据主要来源于国家环境减灾卫星(CCD 数据 2 级)数据产品,以及通过 Google Earth 下载研究区高分辨率遥感影像数据;地形数据来源于国家测绘局编制的 1:1 万地形图数据;气象数据主要来源于国家气象科学数据共享服务网;洪灾损失数据主要来源于查阅历史灾害数据获取,并通过实地调查进行验证,以确保数据的准确性。

1.3 数据处理与研究方法

1.3.1 洪水数值模型

本研究中洪水数值模型以二维非恒定流为主控方程,以不规则网格概化地物^[24-25]。在求解时,通过网格对地形地物进行概化,设置网格类型、高程、糙率、面积修正率等^[26-29]。网格与网格之间的水量交换通过通道(网格的边)实现。对于空间尺度较小,不足以概化为网格的二级河道,概化成特殊通道,采用一维非恒定流方程计算,特殊通道与网格之间的水量交换通过宽顶堰溢流公式计算。为了配合后续洪灾时空起源分析,模型采用前项差分法进行求解,模型为:

二维非恒定流方程:

连续方程:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0; \quad (1)$$

动量方程:

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial (uM)}{\partial x} + \frac{\partial (uM)}{\partial y} + gh \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{gm^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{\frac{1}{3}}} = 0; \quad (2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial (uN)}{\partial x} + \frac{\partial (uN)}{\partial y} + gh \frac{\partial H}{\partial y} + \frac{gm^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{\frac{1}{3}}} = 0. \quad (3)$$

式中: h 表示水深; H 表示水位($H = h + z$, z 为下垫面高程); M 、 N 表示 x 、 y 方向上的单宽流量; u 、 v 表示流速在 x 、 y 方向的分量; n 表示糙率; g 表示重力加速度; t 表示水流在网格内流动时间。

一维非恒定流基本控制方程:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial l} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial H}{\partial l} = -gAS_f. \quad (4)$$

式中: Q 表示截面流量; A 表示计算断面的过水面积; S_f 表示摩阻坡降; t 表示积水到达通道时间; l 表示网格通道长度。

宽顶堰溢流公式:

$$Q_s = m\sigma_s \sqrt{2g} H^{3/2}. \quad (5)$$

式中: Q_s 表示堰顶单宽流量; m 表示宽顶堰溢流

系数; σ_s 表示淹没系数; H 表示堰顶水位。

1.3.2 洪灾时空起源模型(T-SAS 模型)

洪水是由于暴雨、融雪、融冰或水库溃坝等引起河川、湖泊及海洋的水流增大或水位急剧上涨的现象。洪水超过了一定的限度,给人类正常生活、生产活动带来损失时,称为洪水灾害,简称洪灾。由于研究区历史洪水均由降雨、水库溃坝及河流径流综合形成,因此,将洪水成分分为降雨、水库蓄水、河流径流水。据此将降雨、水库溃坝及河流径流(城市外部河流)综合形成的洪水统称为外水洪水;将降雨与河流径流(城市内部河流)综合形成的洪水称为内水洪水,此划分结果为后续的洪灾时空起源分析提供依据。图 1 为 T-SAS 模型计算流程。

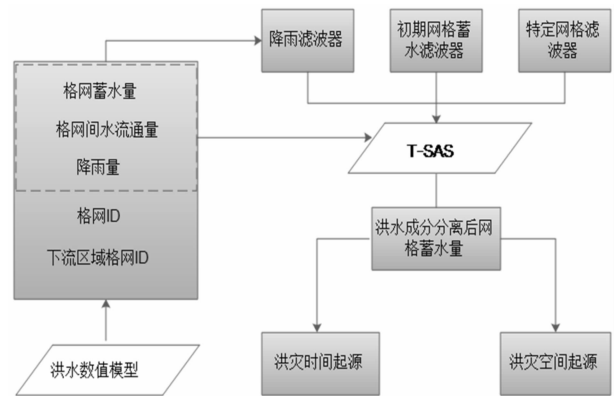


图 1 T-SAS 模型计算流程

洪灾时空起源模型是从时间和空间两个尺度出发^[30-31],分离洪水成分,明确洪水组成信息,厘清洪水时空起源,为洪灾应急提供针对性更强、更有效的防灾减灾措施。按照洪灾时空起源模型原理,将洪水成分分为时间起源和空间起源两个部分。其中,时间起源分析原理:将研究区的降雨过程按照时间划分为 5 个时间分量(图 2 a),时间分量 0 表示降雨事件发生前在流域中存在的水,时间分量 1~4 对应于目标时段内的降雨量与地表的产汇流过程;空间起源分析原理为:首先以社区为基本单元,结合下垫面的 DEM 数据,综合划分流域的产汇流区域,其次获取各区域产汇流过程,并依据洪水数值模型分析各流域网格内水流流向及成分,最终提取每个区域的洪水成分(图 2b)。

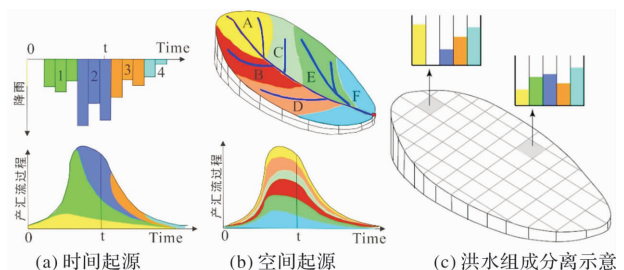


图 2 T-SAS 模型示意

洪灾时空起源模型适用于将空间分布的下垫面数据网格化后,以网格蓄水量作为状态变量,

并跟踪网格间的水量交换过程,分离存储在分布式模型的每个网格中的水的成分(图 2c)。洪水数值模型中的各网格为一个蓄水量单元,在考虑中间流和表面流的网格单元中,可以将他们视为独立的元素并对其进行跟踪。为了分离网格存储水的成分,T-SAS 假定元素间的水混合仅由转移引起,不受其他因素影响,模型公式如下:

$$\frac{dv_i}{dt} = \sum_j q_{ji} \frac{v_j}{V_j} - \sum_k q_{ik} \frac{v_i}{V_i} + r_i - e_i \frac{v_i}{V_i} \quad (6)$$

式中: v_i 表示洪水成分分离后 i 网格中的蓄水量; V_i 表示 i 网格总蓄水量; q_{ji} 表示从 j 网格到 i 网格的流出量; q_{ik} 表示从 i 网格到 k 网格的流出量; r_i 表示降雨量; e_i 表示 i 网格内的蒸发量与浸透量等损失量; t 表示时间。

2 结果与分析

2.1 降雨量与水库库容数据分析

本研究中气象数据主要来源于气象科学数据共享服务网下载的 1951—2010 年降水数据,以此数据为基础,分析得出口前镇多年平均降水量为 671.13 mm,降水主要集中在 5—9 月份,占全年总降水量的 82.3%。2010 年口前镇降水量出现了 60 a 来的极大值(1 026.3 mm),是“7.28”洪灾的主要致灾因子,是造成洪灾发生的主要原因(图 3)。另外,“7.28”洪灾的发生还与口前镇地处五里河流域前期的两次强降雨有着直接关系,7 月 20—21 日,受副高边缘西南暖湿气流和高空槽影响,五里河流域出现强降雨天气,口前镇水文站以上流域平均降雨量为 103 mm;7 月 24—25 日,再次出现强降雨天气,口前镇水文站以上流域平均降雨量为 44.5 mm。两次强降雨导致该流域水位暴涨,是本次洪灾发生的前期因素;此外,研究区洪灾发生的触发因素为 7 月 27—28 日全流域暴雨过程。受高空冷涡和低层切变线共同影响,形成暴雨天气,且暴雨中心位于五里河上游的朝阳水库,全流域 16 h 平均雨量达 268.8 mm,最大 1 h 降雨量达 121 mm。本次降雨过程历时短、强度大、覆盖范围较广,是造成本次特大洪灾的原因之一。

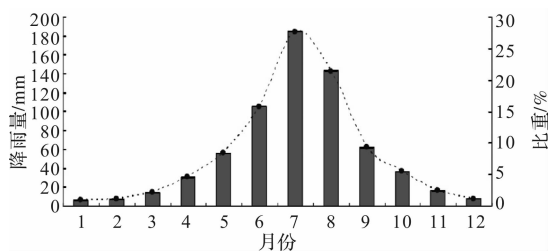


图3 研究区年降雨量统计

2.2 地理信息基础数据分析

因研究区地处松嫩平原向长白山过渡地带,山地多耕地少,镇内居民地呈四周高中间低的趋势,平均海拔 234.75 m。镇内有四间河与五里河横穿,两条河流干流较缓,河水流速较慢,暴雨过后,不利于及时排水,加之河道冲刷带来大量泥沙,导致水位上升,极易发生漫堤和破堤现象,

从而导致口前镇发生洪灾(图 4)。

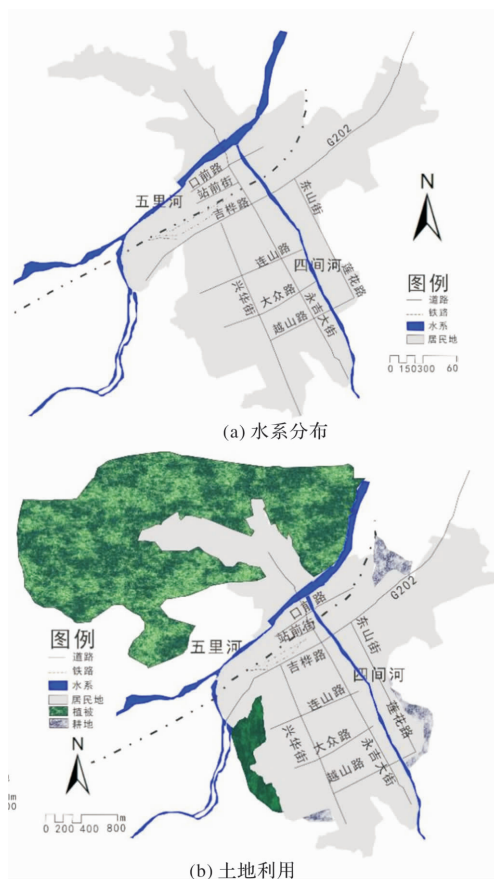


图4 研究区基础数据

2.3 洪水淹没区分析

依据洪水数值模拟模型,得到研究区洪水淹没范围及水深(图 5),从计算结果可看出,研究区最大水深达到 4.5 m 以上,其中站前社区、河东社区、西山社区、东山社区四个社区受灾较重;河北社区与水电社区受灾次之;城南社区受灾最轻。究其原因是由于五里河与四间河横穿口前镇,导致其大部分社区沿河道两侧分布,一旦发生洪灾,河道两侧的社区受灾严重,远离河道的社区(城南社区)受灾较轻。研究结果与“7.28”洪灾进行对比,大部分区域计算结果与实际吻合,仅西南城部区域个别地区水深比实际略小。

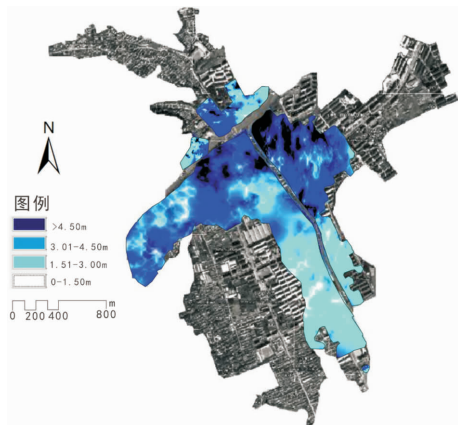


图5 口前镇洪水淹没范围及水深

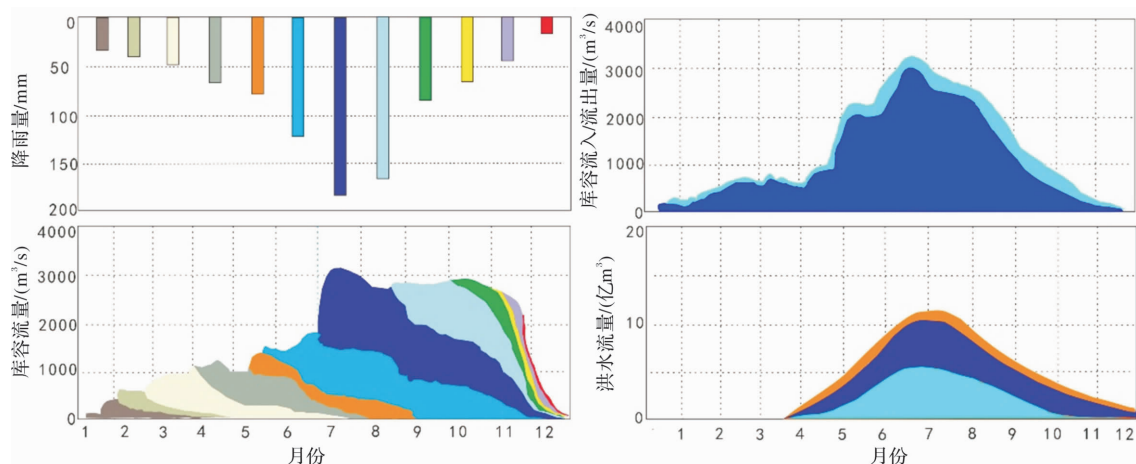


图6 洪灾时间起源分析

2.4 洪灾时间起源分析

以上述洪水数值模型为基础,采用前项差分法,同时为每个网格分配一个ID,并设定时间步长为5 min,执行洪水数值模型,输出每个网格中存储的水量、网格间的流量、降雨量以及损失量等,并形成单独的记录文件。由于T-SAS模型是根据时间原点进行的水成分分离方法,因此需从时间尺度上追踪每个网格中径流流量形成的过程,结合水分分离记录文件,提取每个时段各网格中水量组成是由哪个网格流入,并追踪其流向,以此获得网格中水的组成成分。

洪灾时间起源分析目的是从时间尺度寻找出洪灾形成的主要贡献者,以明确洪灾的组成成分,为应急部门从时间角度管理洪灾提供依据。从口前镇2010年降雨数据分析结果看出,5—7月份的降雨量异常,使上游朝阳水库库容量激增,导致下游五里河、四间河径流量暴涨,尤其是7月份的24—28日的连续暴雨天气加剧了本次洪灾形成。而按照T-SAS模型时间分离原理为每个月赋予不同颜色,并对应各月的库容流量(图6),可以看出,在本次洪灾发生前,朝阳水库的水位及库容流量分别为376.42 m和 $646.50 \times 10^4 \text{ m}^3$,分别超过汛期0.14 m和 $16.5 \times 10^4 \text{ m}^3$,此时水库的流出量稍大于流入量,但随着5—7月份的降雨量激增,造成朝阳水库水位暴涨,为保证水库安全,在7月28日11:00开闸泄洪,虽在一定程度上起到了延缓与消减洪峰的作用,但洪水流量远超出下游的排洪能力,最终导致口前镇洪灾形成。从洪水组成贡献率上看,口前镇洪灾中降雨量约占65%,水库库容流量约占20%,径流流量约占15%;从时间层面来看,5月份的洪水累积量约占总体洪水流量的15%左右,6月份洪水累积量约占总体洪水流量的30%左右,7月份洪水累积量约占总体洪水流量的55%左右。

2.5 洪灾空间起源分析

以往洪水的空间分布仅从空间尺度表达洪灾的影响范围,而无法解释洪水的空间组成成分,即何种水成分造成了洪灾,其空间分布如何?因

此,本研究利用T-SAS模型,将口前镇“7.28”洪灾的空间组成成分进行分离,以明确哪些区域是由内水或是外水形成的洪水。依据上述对研究区各网格的监控与追踪,厘清各网格内水的由来与流向,并将朝阳水库流量水、五里河径流水及降雨合并成外水,赋予绿色;将四江河径流水与降雨合并成内水,赋予浅蓝色。重新运行T-SAS模型进行洪水空间成分分离,得出口前镇洪灾空间起源分析结果,并制图(图7)。通过对空间起源计算结果与实际调查结果对比发现,口前镇洪灾空间分布总体上远离河道区域洪灾主要是由内水构成,而离河道较近区域洪水由外水构成;从洪水成分造成的损失角度来看,远离河道区域的内水洪水造成的损失相对较轻,而距离河道较近区域的外水洪水造成的损失较重;研究结果不仅从新的角度对洪灾进行解读,还可为洪灾从空间角度开展应急管理提供决策依据。

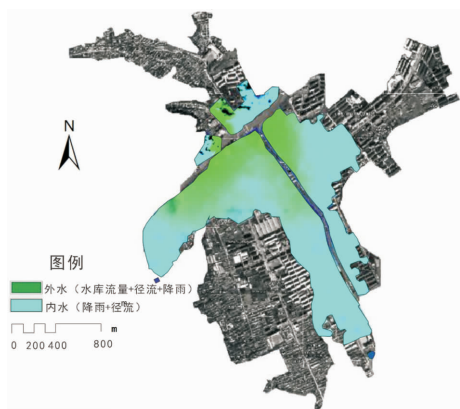


图7 洪灾空间起源分析

3 总结与展望

洪灾是我国频发的自然灾害之一,及时掌握洪灾事件的时空起源及其造成的影响,有助于确定在何时何地洪水发生、停留时间和流动路径等关键信息,研究结果可为防灾减灾提供决策依

据。本文以永吉县口前镇“7.28”洪灾事件为例,采用了洪灾时空起源方法,利用历史洪灾数据、实地调研数据及统计数据,探究了洪灾时空起源问题。

分析结果显示,“7.28”洪灾的时间起源主要来源于5—7月份的朝阳水库、径流及降雨,其中5—6月份是本次洪灾的累积阶段,7月份是爆发阶段,8月份是消减阶段,而此期间异常降雨是本次洪灾的主要贡献者;空间起源主要分为内水和外水洪水两个部分,其中内水洪水形成的洪灾主要影响位于五里河与四间河较远区域,而外水形成的洪水主要影响位于五里河与四间河沿岸地区。

本文以洪灾历史数据、实地调查数据、气象数据及统计数据等数据为基础,构建了洪灾时空起源分析方法,厘清了时空角度洪灾形成的主要原因。但本文中洪灾时空起源研究是基于以下假设:模型中每个网格单元中的水都完全混合,并且径流起点相同,因此存在一定误差。在未来研究中会更详细地了解洪灾时空起源问题,需进一步将每个网格点内的水分类为地表水、土壤水、地下水等,并赋予它们不同的成分。另外,网格大小亦是研究精度的限制条件,网格越小精度越高,但也造成了计算的复杂性,建议在计算机硬件允许条件下,追踪每个网格内水的移动时,缩小网格大小,以提高研究精度。

参考文献:

- [1] 纪昌明,梅亚东. 洪灾风险分析[M]. 武汉:湖北科学技术出版社,2000.
- [2] 张继权,李宁. 主要气象灾害风险评估与管理的数量化方法及其应用[M]. 北京:北京师范大学出版社,2007.
- [3] DURAN A, LIANG Q, MARCHE F. On the well-balanced numerical discretization of shallow water equations on unstructured meshes[J]. Journal of Computational Physics, 2012, 235: 565–586.
- [4] HOU J M, LIANG Q H, ZHANG H, et al. An efficient unstructured MUSCL scheme for solving shallow water equations[J]. Environmental Modelling and Software, 2015, 66: 131–152.
- [5] HOU J M, LIANG Q H, SIMONS F, et al. A 2D well-balanced shallow flow model for unstructured grids with novel slope source treatment[J]. Advances in Water Resources, 2013, 52: 107–131.
- [6] 李大鸣,王腾飞,孙仲谋,等. 北京山区单沟洪水演进水力模型研究[J]. 水利水电技术, 2020, 51(9): 105–113.
- [7] 周建银,姚仕明,王敏,等. 土石坝漫顶溃决及洪水演进研究进展[J]. 水科学进展, 2020, 31(2): 287–301.
- [8] 马利平,侯精明,张大伟,等. 耦合溃口演变的二维洪水演进数值模型研究[J]. 水利学报, 2019, 50(10): 1253–1267.
- [9] 敬双怡,莘明亮,于玲红,等. 基于模糊综合评价法的大同市山洪灾害风险评估[J]. 水利水电技术, 2018, 49(5): 84–89.
- [10] 刘家福,张柏. 暴雨洪灾风险评估研究进展[J]. 地理科学, 2015, 35(3): 346–351.
- [11] 张会,张继权,韩俊山. 基于GIS技术的洪涝灾害风险评估与区划研究——以辽河中下游地区为例[J]. 自然灾害学报, 2005, 14(6): 141–146.
- [12] 黄大鹏,刘闯,彭顺风. 洪灾风险评估与区划研究进展[J]. 地理科学进展, 2007, 26(4): 11–22.
- [13] 陈军飞,丁佳敏,邓梦华. 城市雨洪灾害风险评估及管理研究进展[J]. 灾害学, 2020, 35(2): 154–159, 166.
- [14] 李帅杰,李昌志,程晓陶. 区域洪灾风险评估方法初探——以浙江省为例[J]. 水利水电技术, 2012, 43(3): 82–87.
- [15] 陈鹏,张继权,孙滢悦,等. 哈尔滨市洪灾风险空间演变模式[J]. 南水北调与水利科技, 2016, 14(6): 27–32.
- [16] MAREA Delalay, ALAN D Ziegler, MANDIRA Singh Shrestha, et al. Methodology for future flood assessment in terms of economic damage: Development and application for a case study in Nepal[J]. Journal of Flood Risk Management, 2020, 13(3): 14.
- [17] 吴仪,王运涛,杨云川,等. 基于HEC-RAS的胖头泡蓄滞洪区洪水模拟与灾损评估[J]. 水资源研究, 2020, 9(1): 42–51.
- [18] HINES Emmanuelle, REID Colleen E. Hurricane Harvey Hospital Flood Impacts: Accuracy of Federal Emergency Management Agency Flood Hazard Areas in Harris County, Texas[J]. American Journal of Public Health, 2020, 110(4): 574–579.
- [19] PRICOPE Narcisa G, HALLS Joanne N, ROSUL Lauren M. Modeling residential coastal flood vulnerability using finished-floor elevations and socio-economic characteristics[J]. 2019, 237: 387–398.
- [20] TAHMINA A, PHILIPPE Q, STEVEN J E, et al. Impacts of climate and land use changes on flood risk management for the Schijn River, Belgium. 2018, 89: 163–175.
- [21] KAZAMA S, AIZAWA T, WATANABE T, et al. A quantitative risk assessment of waterborne infectious disease in the inundation area of atropical monsoon region[J]. Sustain. Sci., 2012, 7: 45–54.
- [22] MCDONNELL J J. How old is streamwater? Open questions in catchment transit time conceptualization, modelling and analysis[J]. Hydrol. Process., 2010, 24(12): 1745–1754.
- [23] DUNN S M, BIRKEL C, TETZLAFF D, et al. Transit time distributions of a conceptual model: their characteristics and sensitivities[J]. Hydro. Process., 2010, 24(12): 1719–1729.
- [24] 杨哲豪,吴钢锋,张科锋,等. 基于非结构网格的二维溃坝洪水数值模型[J]. 水动力学研究与进展(A辑), 2019, 34(4): 520–528.
- [25] 陈鹏,张继权,孙滢悦,等. 暴雨内涝灾害模拟研究[J]. 科技导报, 2017, 35(21): 89–94.
- [26] 李大鸣,王腾飞,孙仲谋,等. 北京山区单沟洪水演进水力模型研究[J]. 水利水电技术, 2020, 51(9): 105–113.
- [27] 周建银,姚仕明,王敏,等. 土石坝漫顶溃决及洪水演进研究进展[J]. 水科学进展, 2020, 31(2): 287–301.
- [28] 马利平,侯精明,张大伟,等. 耦合溃口演变的二维洪水演进数值模型研究[J]. 水利学报, 2019, 50(10): 1253–1267.
- [29] 侯精明,李桂伊,李国栋,等. 高效高精度水动力模型在洪水演进中的应用研究[J]. 水力发电学报, 2018, 37(2): 96–107.
- [30] SAYAMA T and MCDONNELL J J. A new time-space accounting scheme to predict stream water residence time and hydrograph source components at the watershed scale[J]. Water Resour. Res., 2009, 45: W07401.
- [31] SAYAMA T, OZAWA G, KAWAKAMI T, et al. Rainfall-Runoff-Inundation Analysis of Pakistan Flood 2010 at the Kabul River Basin[J]. Hydrol. Sci. J., 2012, 57(2): 298–312.
- [32] 刘耀龙,陈振楼,王军,等. 经常性暴雨内涝区域房屋财产脆弱性研究——以温州市为例[J]. 灾害学, 2011, 26(2): 66–71.
- [33] 李纪人,丁志雄,黄诗峰,等. 基于空间展布式社会经济数据库的洪涝灾害损失评估模型研究[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2003, 1(2): 104–110.
- [34] 董姝娜,姜彦鹏,张继权,等. 基于“3S”技术的村镇住宅洪灾脆弱性曲线研究[J]. 灾害学, 2012, 27(2): 34–38.

Spatial Origin Analysis and Empirical Study of Flood in Villages and Towns ——Taking Kou Qian Town, Yongji County, Jilin Province as an Example

CHEN Peng¹, CHEN Qipei¹ and ZHANG Jiquan²

- (1. *College of Tourism and Geography Science, Jilin Normal University, Siping 136000, China;*
2. *School of Environment, Northeast Normal University, Changchun 130017, China*)

Abstract: Floods occur frequently in China every year, causing serious losses. Accurate mastery of time-space information of floods is of great importance for effective disaster prevention and mitigation. The flood source, residence time, flow path and composition were clarified from the perspective of time and space by using the flood numerical model and the flood spatial origin model, and the empirical study was carried out by taking the “7.28” flood in Kouqian Town, Yongji County, Jilin Province in 2010 as an example. The results show that the time origin of the flood in Shangkouqian town is the accumulation process of rainfall, runoff and the storage capacity of Chaoyang reservoir from May to July. The flood accumulation in May accounts for about 15% of the total flood discharge, about 30% in June, and about 55% in July. The spatial origin of the flood in Shangkouqian Town far away from the river is composed of internal water, while the coastal area of the river is composed of external water. The internal water flood is mainly composed of rainfall and runoff flow, while the external water flood is composed of rainfall, runoff flow and reservoir capacity. This study attempts to analyze the origin of flood in time and space from a new perspective, and the research results can not only provide new research ideas for flood-related research, but also provide a reference for accurate disaster prevention and mitigation.

Key words: flood; T-SAS model; flood model; time-space origin; Kouqian Town, Yongji County

(上接第 112 页)

Spatial Differentiation Prediction of Global Land Extreme Precipitation Intensity Based on SSPs

KONG Feng^{1,2} and SUN Shao³

- (1. *College of Humanities and Development Studies, China Agricultural University, Beijing 100083, China;*
2. *Center for Crisis Management Research, Tsinghua University, Beijing 100084, China;* 3. *Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China*)

Abstract: Based on the global daily precipitation data of 2015—2100 from BCC-CSM²-MR model under SSPs scenario, we calculate the spatial difference characteristics of global land extreme precipitation threshold and intensity by using super threshold sampling method and Weibull distribution theory. The results show that: (1) The spatial distribution of global land extreme precipitation thresholds is similar under different SSPs scenarios, and the regions with large differences are mainly distributed in the middle latitudes. The spatial correlation coefficients of SSP1-2.6 and SSP2-4.5, SSP3-7.0 and SSP5-8.5 are 0.73, 0.71, 0.70 and 0.69 ($n = 16941$), respectively, which all pass the test of significance level of 0.01. (2) The spatial distribution of global land extreme precipitation intensity under different SSPs scenarios is similar, but only different in intensity and area, showing regional and sub-regional characteristics. Under the same SSP scenario, the spatial correlation coefficient between global land extreme precipitation intensity decreases with the increase of return period. (3) The difference of global land extreme precipitation intensity between SSP5-8.5 and SSP1-2.6 scenarios is mainly positive in tropical and monsoon regions, and its distribution area and intensity increase with the increase of annual pattern.

Key words: SSPs; extreme precipitation; spatial difference; BCC-CSM²-MR model; global land; climate change