

DOI:10.7522/j.issn.1000-0240.2018.0087
XU Jinxia, GUO Haiyan, XU Yuanxin, et al. Research of the critical threshold of rainfall to flash flood in small basins based on FloodArea Model [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2018, 40(4): 812–819. [徐金霞, 郭海燕, 徐沅鑫, 等. 基于 FloodArea 模型的小流域山洪灾害临界雨量阈值初探[J]. 冰川冻土, 2018, 40(4): 812–819.]

基于 FloodArea 模型的小流域山洪灾害 临界雨量阈值初探

徐金霞^{1,2}, 郭海燕^{1,2}, 徐沅鑫^{1,2}, 马振峰^{1,2}, 钟燕川^{1,2}

(1. 四川省气候中心, 四川 成都 610072; 2. 高原与盆地暴雨旱涝灾害四川省重点实验室, 四川 成都 610072)

摘 要: 针对缺乏水位流量资料的山区小流域地区山洪临界雨量难以确定的问题, 以四川省南江河上游流域作为研究区域, 基于德国 Geomer 公司开发的二维非恒定流水动力模型“FloodArea”, 利用流域逐时降雨资料, 地形高程数据以及土地利用数据, 重现南江“6·28”山洪暴发的动态演进过程, 对模拟得到的逐时淹没深度与 1~24 h 累积流域面雨量求相关, 选取预警点淹没深度与累积面雨量的相关系数最高的时效作为预警点致灾临界雨量阈值的预报时效, 通过建立预警点淹没深度与预报时效累积面雨量的回归方程, 从而获取预警点不同风险等级的临界雨量阈值。结果表明: FloodArea 模型能够较好地呈现出此次典型山洪的暴发过程, 通过对不同地势预警点临界雨量阈值的对比, 最终选取地势较低, 位于河流汇口地带、风险等级较高的上两九义校作为南江河上游流域山洪风险预警点。

关键词: 小流域; FloodArea 模型; 山洪; 临界雨量

中图分类号: TV87/P333.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-0240(2018)04-0812-08

0 引言

近年来极端天气事件不断增多, 重大气象灾害频繁发生, 其中由强降水引发的山洪灾害更有加剧趋势, 对人民生命财产安全、当地经济发展造成巨大损失, 且山洪诱发的地质灾害对生态、资源、环境等造成的间接性损失更是不可估量。山洪灾害的预测预警已经引起各部门的高度重视, 而临界雨量阈值是山洪灾害预测预警的重要依据, 因此对山洪临界雨量阈值的研究具有十分重要的意义。

国内外对山洪灾害临界雨量阈值的确定方法各有不同^[1-4], 美国 NOAA 与 RFC 共同研制的 Flash Flood Guidance (FFG) 系统利用萨克拉门托水文模型与临界流量共同确定临界雨量阈值^[5]; 国内主要有水位反推法、暴雨临界曲线法、水文模型法等, 针对水文资料缺乏地区的临界雨量方法主要有内插法, 比拟法、灾害实例调查法, 灾害与降雨同频率

法、统计法归纳法。李德等^[6]在乌鲁木齐山洪临界雨量的确定中有资料地区采用单站临界雨量分析法, 仅考虑降雨因素, 取各站各次山洪灾害最大日雨量中的最小值作为该站的临界雨量, 无资料地区采用灾害与降水同频率法来确定临界雨量。张玉龙等^[7]通过选取资料条件较好的典型区, 利用单站临界雨量法得出的典型区的临界雨量, 最终采用克里空间插值分析方法得到区域的临界雨量。段生荣等^[8]通过对比多种方法的优缺点来确定流域临界雨量阈值。

不同地形地貌的山洪沟, 其山洪的发生与各地暴雨特性、地形地貌特征、产流系数, 前期降雨量等密切相关, 因此临界雨量的各因素定量关系难以确定, 具有很大的不确定性。本文采用德国 Geomer 公司开发的二维非恒定流水动力模型“FloodArea”, 综合考虑地形特征, 雨量权重分布、粗糙度等多种因素, 得到预警点相关时效不同等级

收稿日期: 2017-12-05; 修订日期: 2018-06-05
基金项目: 四川省科技计划项目(2015sz0214)资助
作者简介: 徐金霞(1988-), 女, 山西定襄人, 工程师, 2012年在成都信息工程学院获硕士学位, 从事气候资源与气象灾害研究。
E-mail: xuransige@sina.cn
通信作者: 郭海燕, E-mail: ghy-824@163.com.

的临界雨量阈值，为水文资料缺乏地区小流域临界雨量阈值确定提供一种方法，以期对山洪灾害预测预警、防灾减灾服务提供一定的科学参考^[9-12]。

1 资料方法介绍

本文采取的资料主要包括：(1) 基础地理信息数据，包括水系分布情况、乡镇居民点等，数据来源于国家基础地理信息中心；(2) DEM 地形高程数据与土地利用资料由国家气候中心提供，比例尺为 1: 50 000，空间分辨率为 30 m；(3) 区域自动站逐时降水资料，来源于四川省气象局；(4) 小流域山洪灾害灾情数据，淹没深度、河道宽度、堤坝高度、淹没时间、预警点经纬度等数据通过实地测量调查得到。

本文研究中使用的水文模型为德国 Geomer 公司开发的二维非恒定流水动力模型“Flood Area”^[13-16]，该模型利用 Manning-Strickler 公式计算每个栅格与周围相邻 8 个栅格单元之间的泻入量，水流方向由地形坡向所决定，可以动态显示每个模拟时间洪水的淹没范围与淹没深度，输入参数简单，结果可视性强，有较好的应用价值。本文采用 FloodArea 模型中的 Rainstorm 模块，对洪水演进过

程进行的动态模拟，根据流域高程、雨量权重分布、粗糙度等输入参数的率定，并对比实际调查得到的灾情信息，从而建立水位与面雨量的相关关系，通过较准确的淹没深度与面雨量关系来反演山洪沟的致灾临界阈值，具体流程如图 1 所示。

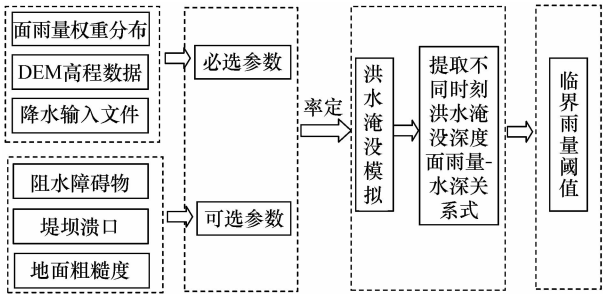


图 1 技术方法流程
Fig.1 Technique flow chart

2 案例分析

2.1 南江“6·28”过程概况

2015 年 6 月 28 - 29 日，四川省南江县出现了特大暴雨过程，48 h 累积雨量分布如图 2(a) 所示，其中上两、寨坡、陈家山自动雨量站 48 h 降水均突破历史极值，分别为 262.2、261.0、256.9 mm，降

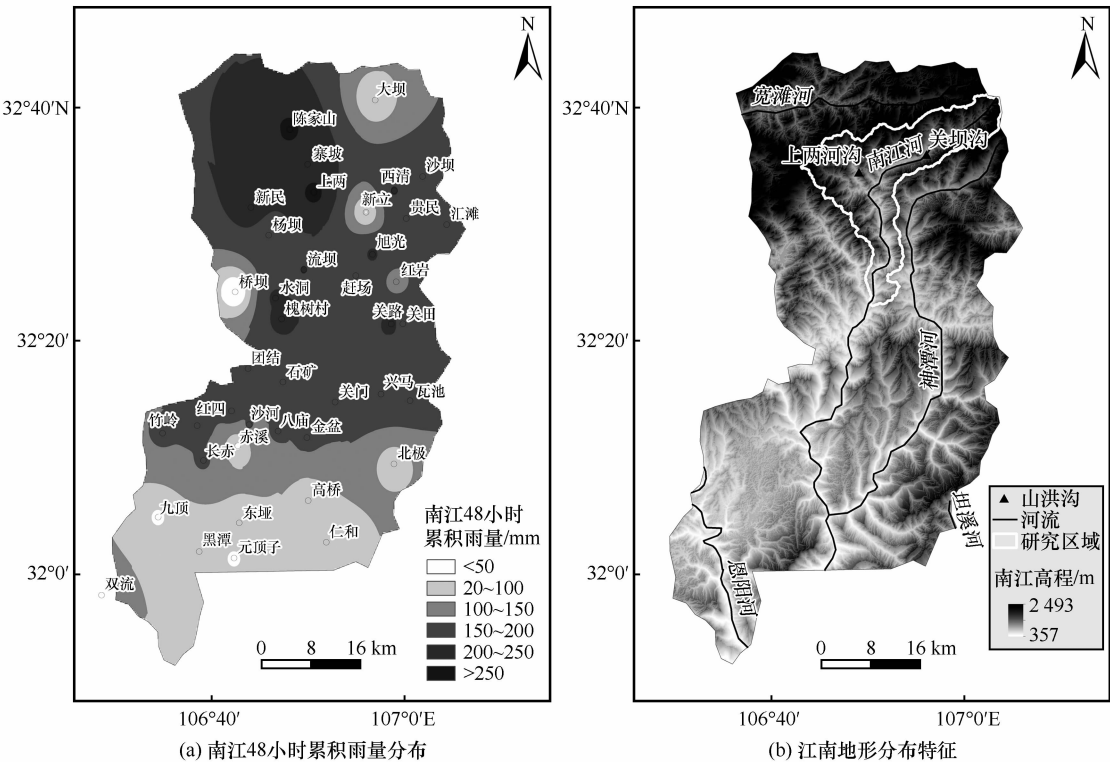


图 2 累积雨量分布及地形分布特征

Fig.2 Spatial distribution of precipitation accumulated from 8 pm, 6/27/2015 to 8 pm, 6/29/2015 in Nanjiang basin (a) and map showing the topography of the Nanjiang River basin (b)

水极值中心主要位于南江河流域上游区域(时间为北京时,下同)。特大暴雨过程造成严重的山洪灾害,关坝、上两、桥亭、南江镇、沙河、赤溪等南江河沿线场镇均出现不同程度的受灾情况,此次山洪是一次典型的山洪暴发过程,山洪特征鲜明,短历时大暴雨形成具有冲击力的地表径流,突发性强,洪水汇流快,破坏性大,造成沿河乡镇被淹,城市内涝,民房倒塌,道路损毁中断等多重灾难。

本文选取该次山洪受灾最为严重的南江河上游上两河沟与关坝沟流域,提取了流域边界。作为研究区域如图 2(b),通过 FloodArea 淹没模型重现此次洪水的演进过程。上两与关坝流域居民点多数聚集在沿河两边平坦地带,河沟两侧山高坡陡,流域

内地表径流基本全部由降雨补给,海拔落差达 1 993 m,极易受到暴雨的影响引发山洪灾害,且南江河流域内无水文站,属于水文资料匮乏的代表性山区小流域。

2.2 实地调查与预警点选取

针对南江河上游“6·28”山洪过程对沿河乡镇受灾情况进行实地调查,主要记录受灾点的淹没深度、淹没时间、附近河道宽度、堤坝高度等,其中上两九义小学位于上两河沟与关坝沟的汇流地带,地势较低,受灾最为严重,故选取上两九义校作为南江河上游流域受灾考察点,同时选取地势较高的上两出村公路与关坝乡政府外公路求其临界雨量阈值与九义校作对比。实地调查情况如表 1 所示。

表 1 南江“6·28”洪水灾情实地调查表				
Table 1 Investigation form about the “6·28” flash flood event in the Nanjiang River				
地点	经度/E	纬度/N	淹没高度/m	备注
上两九义小学	106°51'33.71"	32°32'14.78"	3.96	最高淹至教学楼 2 楼,开始淹没时间 09:00 – 10:00,退水时间 15:00
上两出村公路	106°51'33.46"	32°32'01.79"	0.80	河道高度约 12 m,河道宽度约 56 m
九义校食堂外河道	106°51'33.75"	32°32'18.26"	9.39	河道高度约 5.5 m,汇口宽度约 100 m
寨坡乡	106°51'33.76"	32°32'18.27"	未淹没	
关坝乡政府外公路	106°57'47.99"	32°35'50.61"	0.60	路面积水约 0.6 m
关坝乡下河巷河道	106°57'54.00"	32°35'50.00"	未淹没	最高水位约 3.4 m,河道高度约 4 m
沙滩加油站旁	106°52'33.45"	32°30'55.67"	2.25	河道高度约 10 m,河道宽度约 66 m
南江县城上河街	106°50'22.80"	32°21'14.67"	1.37	地势较低的内涝
南江镇下河街	106°50'17.29"	32°21'11.97"	0.30	堤坝高 1.2 m,河道正常水位 0.3 m,开始淹没时间约 12:00,退水时间约 15:00
南门大桥	106°50'19.77"	32°21'8.91"	未没桥	河道正常水位 7.2 m,桥高到水面 16.6 m

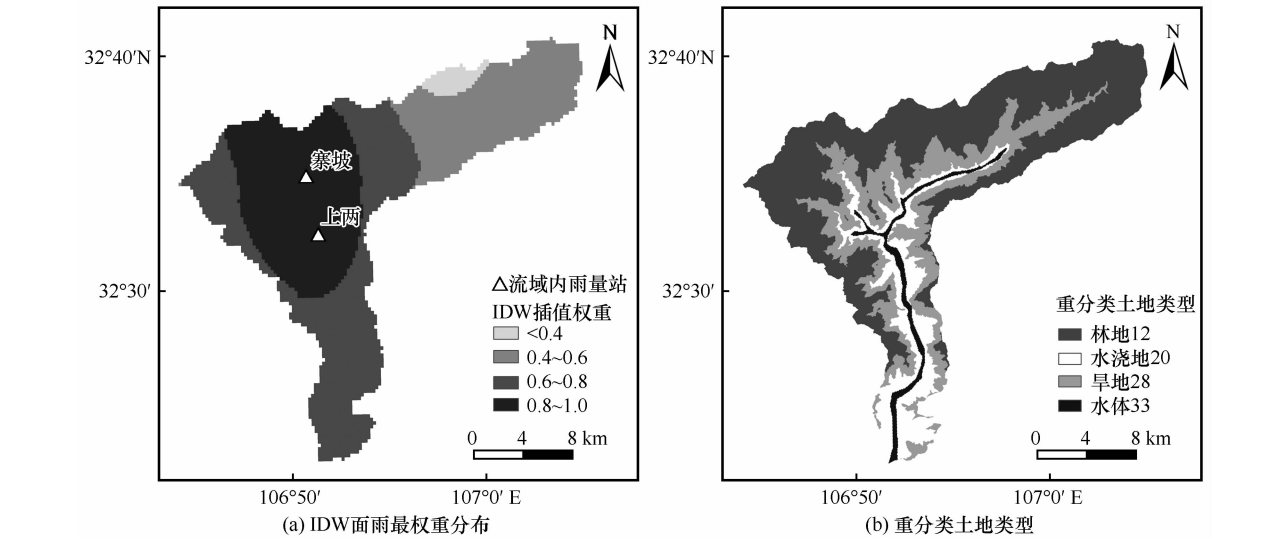


图 3 参数设置

Fig. 3 Preferences [(a) Weight distribution of IDW areal rainfall and (b) reclassification of land coverage types]

2.3 山洪淹没过程模拟

本文采用 FloodArea 模型中的 Rainstorm 模式对南江河上游洪水过程的淹没情况进行再现模拟，模拟时间步长为 1 h，模拟时间为北京时间 2015 年 6 月 28 日 00:00–24:00，总时长 24 h，文中淹没深度均为基于高程的水深。作者将通过不同插值方法计算得到的雨量权重栅格数据、经过处理的粗糙度参数以及不同分辨率的 DEM 数据输入模型进行对

比试验分析发现模型对 DEM 数据分辨率要求较高，分辨率越高，对山洪汇水退水过程模拟越好；各插值方法得到的雨量权重栅格数据对模型淹没结果影响较小，对比粗糙度对模型结果的影响发现，根据当地地形地貌特征考虑汇流连续性在实际土地利用类型基础上嵌入河道得到的粗糙度参数输入模型得到的结果更为接近实际淹没情况。

综上所述，FloodArea模型不同的参数设置将

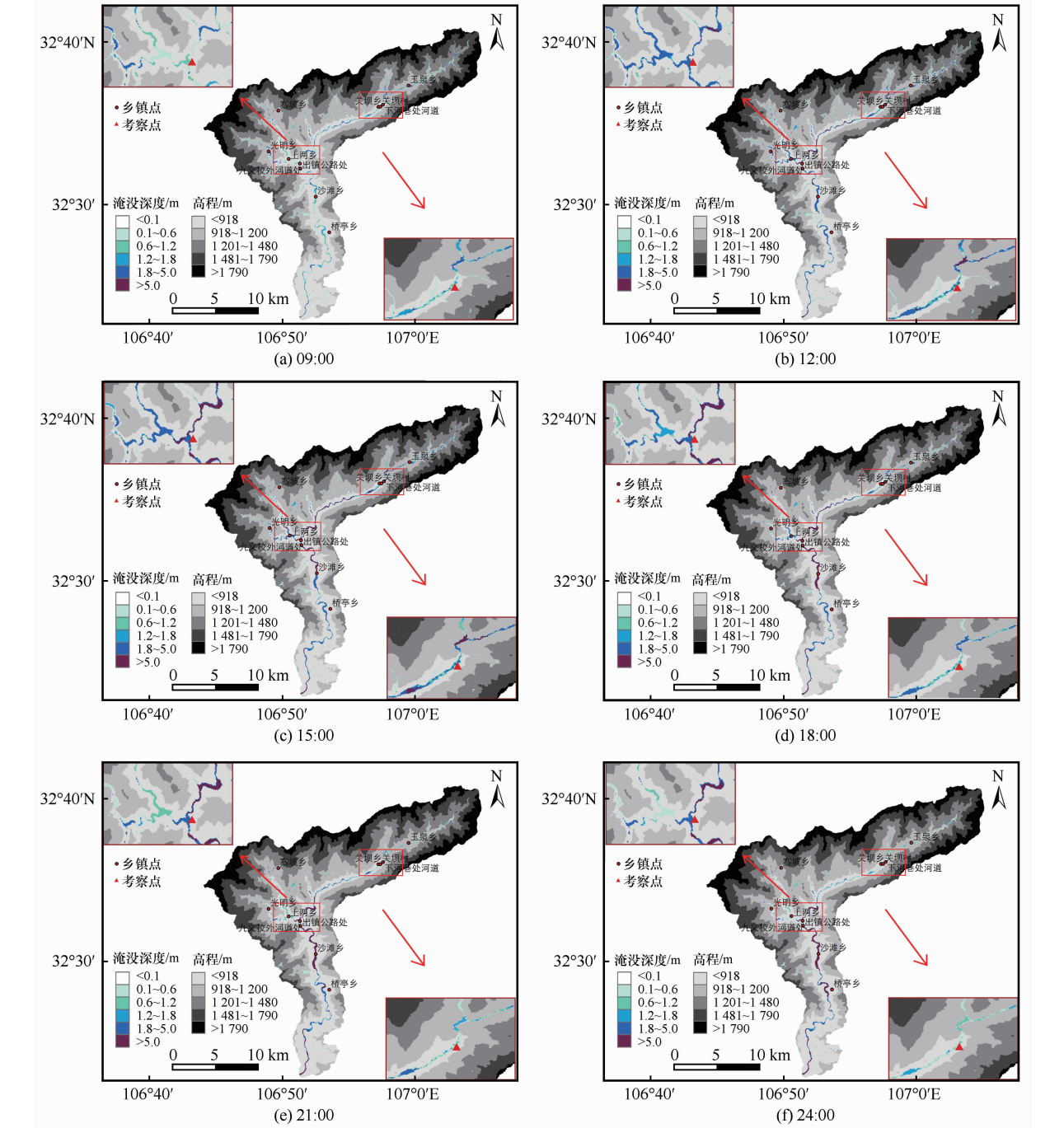


图4 南江河上游流域2015年6月28日洪水淹没过程模拟结果

Fig.4 Simulated inundating process in Nanjiang basin, (a) 9:00, (b) 12:00, (c) 15:00, (d) 18:00, (e) 21:00, (f) 24:00 on 06/28/2015

得到不同的输出结果,本文最终采用对河道进行过处理的 30 m 分辨率的 DEM 高程数据;利用反距离插值(IDW)方法生成面雨量,其中各栅格单元的雨
量值与流域最大降雨量之比即为雨量权重栅格系
数,权重最大值主要集中在上两、寨坡自动站附
近,面雨量权重分布如图 3(a)所示;根据南江土地
利用类型情况与实地调查情况确定研究区域的粗糙
度参数,模型的粗糙度参数通过 Manning 系数的倒
数来代表,赋值标准按照林地、水浇地、旱地和水
体分别赋值为 12、20、28 和 33^[17-18],结果如图 3
(b)所示;逐小时雨量参数采用研究区域内自动雨
量站数据的算术平均。

洪水淹没逐时分布情况模拟结果如图 4(a)~4
(f)所示,模拟结果显示,北京时间 00:00 至
08:00,流域面雨量较小,模拟区域内基本未出现
淹没记录。自 09:00 起,随着降水强度增大,河道
水位迅速上涨。至 10:00,模拟结果显示上两九义
校洪水超过河岸高度,溢出河道。根据实地调查结
果,此时九义校内积水严重,积水深度最高淹没至
教学楼 2 楼,15:00 左右退去。模拟结果最高淹没
深度为 9.78 m,实际最高淹没 9.39 m,实际开始

淹没时间与模拟结果基本一致,关坝下河巷处河道
模拟结果淹没深度为 3.80 m,实际最高淹没
3.4 m,两处河道的逐时模拟结果如图 5 所示。上
两乡、关坝乡沿河公路地势较高处也分别存在不
同程度的淹没,模拟最高淹没深度分别为 1.05 m 与
0.68 m,较实际调查淹没结果 0.80 m、0.60 m 略
偏高。

2.4 预警点致灾临界雨量阈值的确定

通过对不同受灾点逐时淹没深度与对应时刻

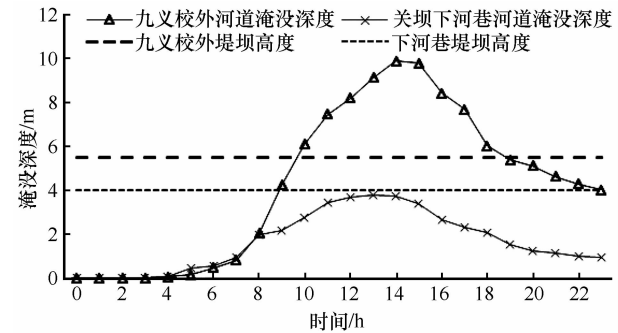


图 5 逐时河道淹没深度
Fig.5 Hourly variations of the simulated inundating depths
of the two watercourses

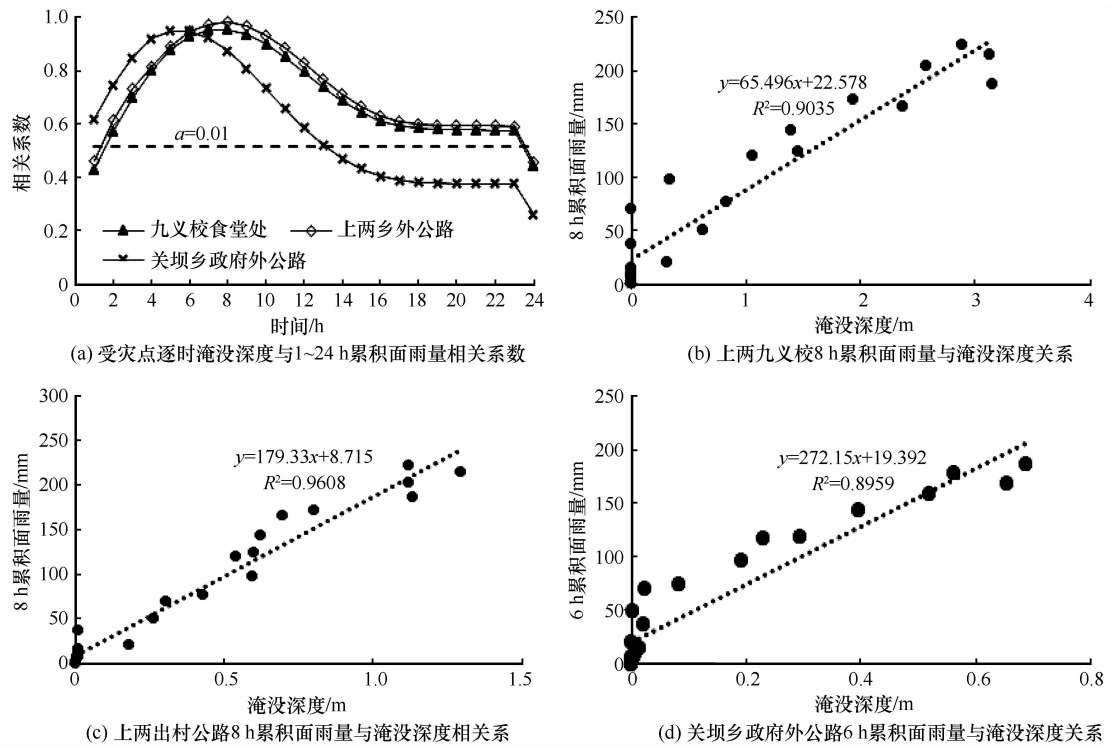


图 6 临界雨量阈值的确定

Fig.6 Methods of determining rainfall thresholds [(a) The correlation coefficients between the flooding depth and cumulative surface rainfall of 1~24 h at corresponding time at the three disaster points and (b) correlation between 8 h cumulative rainfall and inundated depth at Jiuyixiao, Shangliang Town, (c) correlation between 8 h cumulative rainfall and inundated depth at S101 Road, Shangliang Town and (d) correlation between 6 h cumulative rainfall and inundated depth at S101 Road, Guanba Town]

表 2 受灾点不同风险等级的临界雨量阈值
Table 2 Critical threshold value of multiple risk levels

受灾点	风险等级			
	四级 (淹没深度 0.2 m)	三级 (淹没深度 0.6 m)	二级 (淹没深度 1.2 m)	一级 (淹没深度 1.8 m)
上两九义校(8 h 累积面雨量/mm)	35.9	61.9	101.2	117.9
上两出村公路(8 h 累积面雨量/mm)	44.6	116.3	223.4	331.5
关坝乡政府外公路(6 h 累积面雨量/mm)	73.8	182.7	345.9	509.3

1~24 h 累积面雨量求相关,结果如图 6(a)所示,可以看出受灾点淹没深度与面雨量相关系数基本呈抛物线分布,相关系数基本均通过 0.01 的显著性水平检验,选取相关系数最高的时效作为致灾临界雨量预报时效,上两九义校与上两出村公路淹没深度与 8 h 累积面雨量相关系数最高,为 0.98;关坝乡政府外公路淹没深度与 6 h 累积雨量相关系数最高,为 0.96。分别对受灾点累积雨量与淹没深度建立拟合方程如图 6(b)~6(d),从而得到受灾点的不同风险等级的临界雨量阈值结果如表 2 所示,本文选取对应淹没深度分别为 0.2、0.6、1.2、1.8 m 确定山洪不同风险等级的致灾临界雨量阈值^[19-21]。通过对比三个受灾点不同风险等级的临界雨量阈值发现,受灾点地势地形特征以及所处地理位置与致灾临界雨量阈值密切相关,其中上两与关坝公路地势较高,此次洪水过程淹没处于低风险等级,临界雨量阈值较上两九义校差距较大,根据洪水发生的风险等级,我们选取上两九义校作为南江河上游流域山洪预警点,其 8 h 不同风险等级临界雨量阈值分别为 35.9、61.9、101.2、117.9 mm。

3 结论

本文针对缺乏水位流量资料的山区小流域,选取具有代表性的小流域南江河上游流域作为研究区域,基于“FloodArea”水动力模型利用山洪淹没实际发生时间及淹没深度对各模型参数进行率定,从而重现山洪淹没过程,反演山洪发生地的临界雨量阈值,得到与经典不同山洪风险等级的临界雨量阈值。得到如下结论:

1) 相较于其他同类水文模型,“FloodArea”模型参数较容易获取。模型对 DEM 数据精度要求较高,DEM 分辨率越高,山洪的汇水退水过程模拟越好;面雨量权重的插值方式对模拟结果影响较小,粗糙度参数主要影响模拟过程中水流速度,考虑当地地形地貌特征和汇流连续性的参数更为接近实际

淹没情况,且实地灾情资料越详细,越有利于提高模拟效果。

2) 通过对比南江上游三个受灾点不同风险等级的临界雨量阈值,最终选取地势较低,位于河流汇口地带、风险等级较高的上两九义校作为南江河上游流域山洪风险预警点。研究过程中发现不同的山区小流域,模拟淹没深度与不同时效累积面雨量相关明显,受灾点位置不同,临界雨量阈值的时效不同,得到的临界雨量阈值差异较大。

3) 临界雨量阈值的确定要求较高精细化程度实地灾情资料,本文基于 FloodArea 模型对南江“6·28”山洪暴发的模拟结果,还存在很多不足之处,需要在今后的业务实践过程中不断检验修订。

致谢:在此,谨向国家气候中心的姜彤老师、高歌老师和翟建青老师,福建省气候中心的文明章老师,安徽省气候中心的卢燕宇老师对论文完成过程中的悉心指导致以衷心的感谢。感谢四川省三农气象服务专项和高原与盆地暴雨旱涝灾害四川省重点实验室对本论文的资助。

参考文献(References):

[1] Finnerty B, Smith M, Seo D, et al. Space-time scale sensitivity of the Sacramento model to radar-gage precipitation inputs[J]. Journal of Hydrology, 1997, 203(1/2/3/4): 21-38.

[2] Koren V, Finnerty B, Schaake J, et al. Scale dependencies of hydrologic models to spatial variability of precipitation[J]. Journal of Hydrology, 1999, 217(3/4): 285-302.

[3] Koren V, Smith M, Wang D, et al. 2.16 use of soil property data in the derivation of conceptual rainfall-runoff model parameters[C]//Proceedings of the 15th Conference on Hydrology. Long Beach, California: American Meteorological Society, 2000: 103-106.

[4] Reed S, Johnson D, Sweeney T. Application and national geographic information system database to support two-year flood and threshold runoff estimates[J]. Journal of Hydrologic Engineering, 2002, 7(3): 209-219.

[5] Carpenter T, Sperflage J, Georgakakos K, et al. National threshold runoff estimation utilizing GIS in support of operational flash flood warning systems[J]. Journal of Hydrology, 1999, 224(1/2): 21-44.

- [6] Li De, Chen Guangcai, Xie Ping, et al. Estimation of the critical rainfall resulting in outburst of floods and debris flows in the ungauged areas in Ürümqi, Xinjiang[J]. *Arid Land Geography*, 2005, 28(4): 441–444. [李德, 陈广才, 谢平, 等. 乌鲁木齐市无资料地区山洪泥石流临界雨量推求[J]. *干旱区地理*, 2005, 28(4): 441–444.]
- [7] Zhang Yulong, Wang Long, Li Jing, et al. Research into spatial gridding analysis methods on critical rainfall of mountain disasters in Yunnan Province[J]. *Journal of Yunnan Agricultural University (Natural Science)*, 2007, 22(4): 571–581. [张玉龙, 王龙, 李靖, 等. 云南省山洪灾害临界雨量空间插值分析方法研究[J]. *云南农业大学学报(自然科学)*, 2007, 22(4): 571–581.]
- [8] Duan Shengrong. Analysis of computation results of critical rainfall causing flood disasters in representative small basins[J]. *Water Resources Planning and Design*, 2009, 57(2): 20–21. [段生荣. 典型小流域山洪灾害临界雨量计算分析[J]. *水利规划与设计*, 2009, 57(2): 20–21.]
- [9] Huang Chenlu, Yang Qinke, Huang Weidong, et al. Analyzing the hydrological characteristics and differentiation over the typical small basins in the upper reaches of the Weihe River[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2015, 37(5): 1312–1322. [黄晨璐, 杨勤科, 黄维东, 等. 渭河上游典型小流域水文特征差异性分析[J]. *冰川冻土*, 2015, 37(5): 1312–1322.]
- [10] Ruan Hongwei, Zou Songbing, Lu Zhixiang, et al. Coupling SWAT and RIEMS to simulate mountainous runoff in the upper reaches of the Heihe River basin[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2017, 39(2): 384–394. [阮宏威, 邹松兵, 陆志翔, 等. 耦合 SWAT 与 RIEMS 模拟黑河干流山区径流[J]. *冰川冻土*, 2017, 39(2): 384–394.]
- [11] Yin Zhenliang, Feng Qi, Liu Shiyin, et al. The application progress of hydrological model in quantifying the contribution of glacier runoff to total watershed runoff[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2016, 38(1): 248–258. [尹振良, 冯起, 刘时银, 等. 水文模型在估算冰川径流研究中的应用现状[J]. *冰川冻土*, 2016, 38(1): 248–258.]
- [12] Gemmer M. Decision support for flood risk management at the Yangtze River by GIS/RS based flood damage estimation[M]. Giessen: Shaker, 2004.
- [13] Geomer. FloodArea-Arcview extension for calculating flooded areas (User manual Version 2.4) [M]. Heidelberg: Geomer GmH, 2003.
- [14] Su Buda, Jiang Tong, Guo Yeyou, et al. GIS raster data-based dynamic flood risk simulation model and its application[J]. *Journal of Hohai University (Natural Sciences Edition)*, 2005, 33(4): 370–374. [苏布达, 姜彤, 郭业友, 等. 基于 GIS 栅格数据的洪水风险动态模拟模型及应用[J]. *河海大学学报(自然科学版)*, 2005, 33(4): 370–374.]
- [15] Wen Mingzhang, Lin Xin, You Lijun, et al. Risk rainfall assessment methods of flash floods disaster[J]. *Meteorological Monthly*, 2013, 39(10): 1325–1330. [文明章, 林昕, 游立军, 等. 山洪灾害风险雨量评估方法研究[J]. *气象*, 2013, 39(10): 1325–1330.]
- [16] Fan Jianyong, Shan Jiusheng, Guan Min, et al. Research on analysis and calculation method of critical precipitation of mountain torrents in Jiangxi Province[J]. *Meteorological Monthly*, 2014, 38(9): 1110–1114. [樊建勇, 单九生, 管珉, 等. 江西省小流域山洪灾害临界雨量计算分析[J]. *气象*, 2012, 38(9): 1110–1114.]
- [17] Barfuss S, Tullis J. Friction factor tests on high density polyethylene pipe[R/OL]. Logan, Utah: Utah Water Research Laboratory, Utah State University, 1988 [2017-06-05]. https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1611&context=water_rep.
- [18] Feng Chang, Mao Dehua, Zhou Hui, et al. Impacts of climate and land use changes on runoff in the Lianshui basin[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2017, 39(2): 395–406. [冯畅, 毛德华, 周慧, 等. 气候与土地利用变化对涟水流域径流的影响[J]. *冰川冻土*, 2017, 39(2): 395–406.]
- [19] Jiang Zhihuai, Zhang Yizhi, Cai Zhe, et al. Simulation of flood disasters based on embedded river raster[J]. *Meteorological Monthly*, 2014, 40(8): 1013–1018. [姜智怀, 章毅之, 蔡哲, 等. 基于嵌入河道栅格的山洪灾害淹没模拟[J]. *气象*, 2014, 40(8): 1013–1018.]
- [20] Zhang Guocai. Risk assessment and zoning method for meteorological disasters [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2010. [章国材. 气象灾害风险评估与区划方法[M]. 北京: 气象出版社, 2010.]
- [21] Zhang Guocai. Forecast and risk assessment of rainstorm[M]. Beijing: China Meteorological Press, 2012. [章国材. 暴雨洪涝预报与风险评估[M]. 北京: 气象出版社, 2012.]

Research of the critical threshold of rainfall to flash flood in small basins based on FloodArea Model

XU Jinxia^{1,2}, GUO Haiyan^{1,2}, XU Yuanxin^{1,2}, MA Zhenfeng^{1,2}, ZHONG Yanchuan^{1,2}

(1. Climate Center of Sichuan Province, Chengdu 610072, China; 2. Heavy Rain and Drought-Flood Disasters in Plateau and Basin Key Laboratory of Sichuan Province, Chengdu 610072, China)

Abstract: The “6 · 28” flash flood event in Nanjiang River, Sichuan, China, was examined through model simulation by using the two-dimensional hydrological dynamics model FloodArea, developed by Geomer GmbH, in combination with rainfall data, DEM and land utilization data. Based on the correlation between the simulated hourly water level and the accumulated area rainfall, choosing the given duration with the highest correlation coefficient as the threshold rainfall required to produce flash flooding in the study areas, guidance product of different pre-warning flash flood can be obtained. Model analyses suggest that the simulated results of FloodArea fairly close to the actual flash flood process. Through the comparison and analysis of the threshold rainfall over different terrains, the Shangliang Jiuyixiao, which located at a confluence, is chosen to be the flash flood pre-warning point of the Nanjiang River basin.

Key words: small basin; FloodArea Model; flash flood; critical precipitation

(本文编辑：庞瑜，周成林)