

文章编号:1673-8411 (2016) 04-0046-04

基于 FloodArea 模型的龙须河流域暴雨洪涝淹没模拟研究

戴雨茜¹, 黄路婷², 李明志², 陈欣¹

(1.田东县气象局, 广西 田东 531500; 2.百色市气象局, 广西 百色 533000)

摘要:选取龙须河流域内及周边气象区域站和国家站的逐日降雨量资料,采用广义极值分布函数来进行拟合优度检验并计算出不同重现期的致洪面雨量。将不同重现期致洪面雨量、小时雨型分布、高程数据代入 FloodArea 模型进行洪水淹没模拟,得到不同重现期下面雨量淹没范围和水深。结果表明:龙须河流域中下游水位上涨明显,靠近龙须河中游的荣华水文站点模拟水淹最深,出现 2 次涨水,模拟水位上涨超过 3m,通过和实际水文站数据对比,洪水发展过程、最高水淹深度要滞后于降水峰值 5-7 小时,且与实际的水文站的水位差较吻合,证明 FloodArea 模型在龙须河流域具有较好的洪水淹没模拟效果,为暴雨洪涝灾害风险评估和预警业务提供较好的技术支撑。

关键词:FloodArea;暴雨洪涝;淹没模拟;龙须河流域

中图分类号:P49

文献标识码:A

Simulation Study of Flood in Longxu River Basin Based on the FloodArea Model

Dai Yuhua¹ Huang Luting² Li Mingzhi² Chen Xin¹

(1 Tiandong Meteorological Station, Tiandong 531500; 2 Baise Meteorological Office, Baise 533000)

Abstract: By using the generalized extreme value distribution functions and data of daily rainfall with all of the meteorological stations in Longxu River basin, the return period values of flood-causing area rainfall are calculated. Flooding simulation is obtained from FloodArea model by using the return period values, data of hourly rainfall and the digital elevation model, the return period values of flooding scope and flooding depth are carried out. The results of the typhoon (1415 Kalmaegi) flooding simulation show that there is a sharp rise of the water level at middle and lower reaches of Longxu river basin, the deepest of flood is Ronghua hydrologic station close to the middle of river, water level has increased twice, simulating water level has increased by over 3 meters, According to compare hydrologic stations, the peak of flooding depth is lagging behind 5-7 hours of rainfall peak, the simulation result of FloodArea model agrees with the fact. This indicates that the FloodArea model generates good simulation effect of flooding in Longxu river basin and it can be need in the risk evaluation and early-warning of rainstorm and flood disasters.

Key words: FloodArea, Rainstorm and flood, flooding simulation, Longxu river basin

引言

广西是我国气象灾害最严重的省区之一,气象灾害种类多、分布广、活动频繁、危害严重,其中暴雨

洪涝的发生较频繁,特别是进入 20 世纪 80 年代后期以来,严重洪涝发生频次明显增加,洪涝多发区有两类,一是降水量多、暴雨多的地区,二是大、中河流沿岸,特别是地处江河中、下游及交叉口海拔较低的

收稿日期:2016-05-18

作者简介:戴雨茜(1988-),女,工程师,主要从事气象服务工作。

河谷平原地带,例如柳州盆地,郁江、浔江、西江沿岸等地。因此加强对暴雨洪涝气象灾害的风险管理,对社会经济建设和人民生命财产安全具有重要意义,随着 GIS 技术的广泛应用,其已成为暴雨洪涝风险评估的一项重要技术手段,目前,GIS 与水动力模型结合的洪水淹没模拟研究活跃,Geomer^[1] 通过 FloodArea 模型编制流域风险图技术得到广泛应用;姬兴杰等^[2]运用 FloodArea 模型确定洛河上游小流域洪水致灾临界面雨量;张磊等^[3] 利用 FloodArea 模型实现无水文资料的山区小流域山洪灾害精细化风险评估和预警。国内许多学者^[4-10]在洪涝灾害风险评估方面做了许多工作。这些研究工作对暴雨洪涝灾害的风险评估具有重要意义,但大多侧重于山洪沟及山区小流域的洪水淹没模拟,而针对广西中小河流域的洪涝淹没研究较少。本文在 GIS 平台上,采用 FloodArea 模型对龙须河流域一次典型的强降水过程引发的流域暴雨洪涝进行淹没模拟,并用水文资料检验模型模拟效果,以期面向实时气象防灾减灾的暴雨洪涝灾害风险动态评估业务提供技术支撑。

1 流域基本概况

龙须河,珠江水系西江干流黔江段和浔江段之间的支流郁江干流右江段的支流。发源于广西壮族自治区靖西县北部巴蒙喀斯特地区,流经靖西县、德保县,于田东县汇入右江,全长 130 多 km,流域面积 2750km²,平水年径流总量 14.7 亿 m³,径流深 550mm。源头建有岵蒙水库,上游岵蒙河流域农业灌溉条件较好,中下游鉴河和龙须河段水能资源丰富,建有一系列电站。龙须河流域地形呈西高东低的走势,西部多为丘陵和山地,地势较高,东部为河谷,地势低且平缓。

龙须河流域为中小河流洪水和山洪地质灾害易发地区,常发生暴雨洪涝和山洪地质灾害,造成严重的经济损失和人员伤亡。此外,百色市气象局参加了 2013–2015 年暴雨洪涝灾害风险普查工作,具有较

全面的暴雨洪涝灾情记录数据。

2 资料与方法

2.1 资料

气象资料提取龙须河流域内及周边 37 个区域自动站 2009–2014 年及 3 个国家站(靖西站、德保站、田东站)1970–2014 年逐日降水资料;水文资料选取了德保、田东县境内的龙须河段的三个水文站(荣华站、德保站、田东站)的 2012–2015 年典型洪水过程的逐小时流量与水位观测值。基础地理信息为龙须河流域分辨率 45m*45m 高程数据;历史灾情资料以 2013–2015 年广西暴雨洪涝灾害风险普查数据库为基础,建立了龙须河流域历史典型洪水过程灾情记录库,包含 19 个较为详细的洪水过程灾情记录。

2.2 FloodArea 淹没模型

FloodArea 模型是由德国 Geomer 公司开发的洪水淹没模型,它是 ArcGIS 的一个扩展模块。FloodArea 模型的主要目的是计算洪水淹没范围和淹没深度,原理为二维非恒定流水动力模型,计算基于水动力方法。具体的模拟演进以栅格为单位,用 Manning–Stricker 公式计算每个栅格单元与周围 8 个单元之间的洪水流量。FloodArea 有 3 种模拟方式,它们的不同点在于水进入模型的方式,第一种漫顶式认为洪水是通过整个河道网格进入的,水位在空间上能发生变化但在模拟过程中相对不变;第二种溃口式认为水是从指定点进入模型的,流量能进行实时的变化;第三种洪水由降水输入模型,它与第二种方式功能相似,不同之处仅在于模型的输入是通过栅格图定义的。本研究采用第三种暴雨模型对流域进行模拟。

3 不同重现期的致洪面雨量

利用国家站历史长序列日雨量资料,重建区域站历史日雨量资料序列,结合致灾临界(面)雨量以及历史暴雨洪涝灾情,建立致洪面雨量序列。采用广义极值分布函数来进行拟合优度检验,确定分布函数并计算出不同重现期(T 年一遇)的致洪面雨量。

表 1 龙须河流域不同重现期(T 年一遇)的致洪面雨量(单位:mm)

重现期	100 年	50 年	20 年	5 年
致洪面雨量	141.9	123.7	103.3	78.1

龙须河流域内长序列(1970–2014年)日雨量的国家气象站只有3个,但短序列(2009–2014年)日雨量的区域气象站有37个。因此采用龙须河流域及周边的3个国家站日雨量资料,运用逐步回归法,对龙须河流域内的37个区域站进行历史长序列日雨量资料重建。根据泰森多边形的权重及各区域站重建的日雨量资料,计算得到1970–2014年龙须河流域长序列的逐日面雨量序列,以及1970–2014年国家站和龙须河面雨量的降水复相关系数为0.917,相关性较好,并同时得出逐步回归方程:

$$Y=0.365+0.355X_1+0.214X_2+0.194X_3 \quad (1)$$

式(1)中:Y为龙须河面雨量值, X_1 、 X_2 、 X_3 分别代表靖西、德保、田东三个国家站的逐日雨量值。

采用广义极值分布函数来进行拟合优度检验,最后Log-Logistic函数通过检验,用Log-Logistic函数计算出龙须河流域不同重现期(T年一遇)的致洪面雨量(表1)。

4 不同重现期的淹没模拟

结合精细化暴雨洪涝灾害风险普查灾情数据,挑选出龙须河流域共19个致洪面雨量历史样本个例。根据龙须河流域致洪面雨量序列(19个典型个例)以及逐小时降水资料,计算逐小时(1、2、3、…、24小时)降水概率,确定龙须河流域24h内降水雨型分布(图1)。可以看出龙须河流域在24h内的降水概率分布呈双峰型,两处峰值分别在前12h的后半段和后12h的前半段,其中第一个峰值的降水概率要明显大于后一个峰值的降水概率。24h内从第7个时次降水概率明显增大,第20个时次开始降水概率明显减弱接近零。

将计算得到的龙须河流域不同重现期致洪面雨

量、小时雨型分布、高程数据带入FloodArea模型进行洪水淹没模拟,得到不同重现期下洪水淹没图(图2,见彩页)。通过模拟可以看出,5a一遇的淹没面积和淹没深度最小,淹没最深的区域主要集中在湖泊和龙须河干流的中上游一带。之后不同重现期下洪水淹没范围逐渐扩大,淹没深度也是逐渐加深,其中淹没范围扩大的区域主要集中在龙须河流域西部山地一带,而淹没深度加深比较明显的区域主要集中在龙须河流域东部河谷的干流及其附近。通过淹没模拟得出的结果,说明遇洪水时龙须河流域西部山地低洼处易涝,但淹没深度较浅,龙须河流域的干流及其附近淹没较深,特别是50a一遇及100a一遇的洪水要注意提防龙须河的中下游及出水口一带。

5 1415号台风“海鸥”的暴雨洪涝过程模拟及检验

5.1 强降水淹没模拟与检验

从2014年9月16日19时–17日20时的1415号台风“海鸥”造成龙须河流域的降水实况(图3,见彩页)分析可得,龙须河的强降水带位于流域的中西部,最大降雨量已超过200mm,从16–17日灾情实况来看,平果、德保、那坡县出现道路受淹、道路冲毁、河堤损毁、房屋水淹;德保、靖西、那坡县出现公路塌方;那坡县县城部分地区出现城市内涝,积水达20mm。靖西县大龙潭、伏龙水库2座水库溢洪,果良水库、吕那水库等2座水库水位与溢洪道齐平;德保县有和平、鸡甫、巴龙、荣纳、多美、那马等6座水库超汛限水位,鸡甫、巴龙、荣纳、那马等4座水库排洪,其中鸡甫水库排洪水深达到1.2m。

采用泰森面雨量公式计算出逐时面雨量及该时段内总面雨量为146.9mm,通过表1可知,台风“海鸥”过程的龙须河流域总面雨量接近100年一遇。对2014年9月16日19时–17日20时的1415号台风“海鸥”造成的洪水过程进行洪水淹没模拟(图4,见彩页),并用来验证100年一遇模拟结果。通过对比可知,流域中西部的淹没范围和淹没深度接近,但由于此次强降雨多集中在中西部,且流域的中西部地形多为山地和洼地,此过程的模拟结果出的中西部地区的0.5m以下淹没范围要多于100a一遇的模拟结果。模拟差距较大的区域位于流域东部,由于100a一遇的结果是假定面雨量分布均匀的前提下进行模拟的,但此过程降雨分布不均,东部一带降雨量明显偏少,因此模拟出的龙须河干流下游的淹没

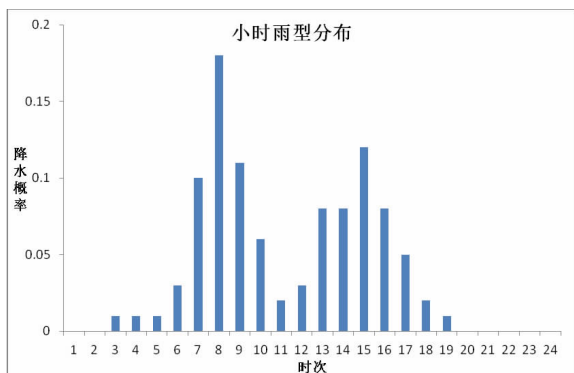


图1 龙须河流域24h降水雨型分布

深度差距较为明显。但从图 3 和图 4 对比得出, 该时段的流域降水实况和淹没模拟有很好的对应关系, 强降雨区同时也是淹没面积范围最大的区域, 由于受地形影响, 中西部海拔相对较高, 因此淹没深度多为 2m 以下。

5.2 洪水淹没深度检验

选取了德保、田东县境内的龙须河段的三个水文站(荣华站、德保站、田东站)此次洪水过程的逐小时水位的涨幅值, 与逐时同一位置的淹没模拟值和逐时的流域面雨量进行对比得出(图 5), 龙须河流域中下游水位上涨明显, 靠近龙须河中游的荣华水文站点模拟水淹最深, 出现 2 次涨水, 两次最高淹没水深分别出现在第 16 时和 23 时, 为 3.6m 和 3.8m, 该站点的实际水位差的最大值分别出现在第 15 时和 25 时, 为 1.92m 和 3.17m, 且从该流域的面雨量小时分布来看, 两次面雨量峰值分别出现在第 9 时和 18 时, 说明洪水发展过程、最高水淹深度要滞后于降水峰值 5~7h, 且与实际的水位差较吻合。其余的两个参考点(德保水文站和田东水文站)离主河道较远, 只出现一次涨水过程, 与实际的水位差基本吻合, 且在降水强度逐渐减弱后开始涨水。

综上说明 FloodArea 模型中的地理、水文参数调整合理, 适合龙须河流域的水动力模拟, 该 FloodArea 模型在龙须河流域具有较好的洪水淹没模拟效果, 对暴雨洪涝灾害风险评估和预警有一定的参考价值。

和淹没水深来看, 模拟值与实况值均较为吻合, 结合 FloodArea 模型的计算原理及龙须河流域的地形地貌等特征, 表明该模型在龙须河流域具有较好的淹没模拟效果, 对暴雨洪涝灾害风险评估和预警有一定的参考价值, 但要实现中小河流域的洪涝灾害的精细化预警, 需更精确的地理信息数据支撑, 并参照更多的淹没实例模拟, 开展更精细的实地调查, 调整模型相关参数, 选择适当的降水权重代入方式, 调整模型运行效果, 进一步完善淹没模型在龙须河流域的应用。

FloodArea 模型的淹没情景有漫顶、溃口及暴雨三种, 本文只用了暴雨模型进行模拟, 但在实际中暴雨洪涝淹没情景形式多样, 往往是河网漫顶与暴雨叠加、河堤水库溃口与暴雨叠加、甚至是三种情景相互叠加, 淹没过程非常复杂, 有待于更进一步研究。

参考文献:

- [1] Geomer.2003.FloodArea-Arcview extension for calculating flooded areas (User manual Version 2.4) (M). Heidelberg: Heidelberg University, 2003.
- [2] 姬兴杰, 李凤秀, 朱业玉, 等.河南省洛河上游暴雨山洪致灾临界面雨量的确定 [J].气象与环境学报, 2015, 31 (06): 43-50.
- [3] 张磊, 王文, 文明章, 等.基于“FloodArea”模型的山洪灾害精细化预警方法研究 [J].复旦学报(自然科学版), 2015, 54 (3): 282-285.
- [4] 张明达, 李蒙, 戴从蕊, 等.基于 FloodArea 模型的云南山洪淹没模拟研究 [J].灾害学, 2016, 31 (1): 78-82.
- [5] 陈兴旺.广义极值分布理论在重现期计算的应用 [J].气象与减灾研究, 2008, 31 (4): 52-54.
- [6] 谢五三, 田红, 卢燕宇.基于 FloodArea 模型的大通河流域暴雨洪涝灾害风险评估 [J].暴雨灾害, 2015, 34 (4): 384-387.
- [7] 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及应用 [J].河海大学学报, 2005, 33 (4): 370-374.
- [8] 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.
- [9] 葛小平, 许有鹏, 张琪, 等.GIS 支持下的洪水淹没范围模拟 [J].水科学进展, 2002, 13 (4): 456-460.
- [10] 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.

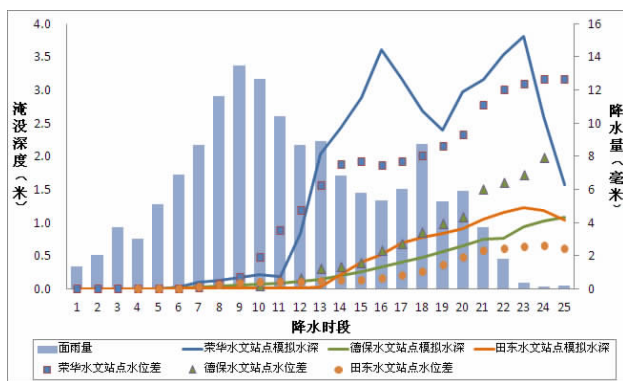


图 5 逐小时的面雨量、水文站水位差和模拟水深对比图

6 结论与讨论

运用 FloodArea 模型对龙须河流域 2014 年 9 月 16 日 19 时-17 日 20 时的 1415 号台风“海鸥”造成的洪水过程进行洪水淹没模拟, 从洪水淹没范围