

基于ArcGIS和Mike11的小流域洪水淹没图自动绘制模型应用研究

黄应格 覃翔 宋丽

广西桂禹工程咨询有限公司 广西 南宁 530023

摘要: 以防城港市防城河部分河段为例, 基于Mike11和ArcGIS研发了小流域洪水淹没图自动编制模型, 能够解决传统绘制洪水淹没图耗时长、人工误差大的问题, 大幅提高工作效率和精度, 为小流域无堤防河道洪水淹没图编制提供了新思路。

关键词: 洪水淹没图; Mike11; ArcGIS; 插值; 自动绘制模型

1 概述

洪水灾害频繁发生, 影响范围广泛, 严重威胁国家经济发展以及人民的生命和财产安全[1]。淹没洪水图作为重要的非工程措施, 为流域洪水风险图的生产和防洪减灾决策、洪水应急预案的制订以及科学规划管理, 能够直观地反映流域洪水风险分布情况, 为流域洪水的风险图制作提供基础资料, 具有十分重要的指导意义。

目前洪水淹没图范围的划定主要有两种, 一是根据历史洪水或水文计算成果进行划定, 设计人员在水文计算成果的基础上人工矢量化范围, 人工矢量化淹没范围误差难以把控且效率较低, 使洪水淹没图成图成本高^[2]; 二是使用Mike等水面线计算软件对数据进行一维、二维河道建模模拟计算出淹没的大致范围。Mike软件是目前主要的水动力模拟计算软件, 在水面线计算方面模拟功能突出^[3], 这个方法需要预先处理大量数据, 对计算机的要求高, 对使用人员的专业技能要求较高。

ArcGIS是ESRI公司推出的一种将了计算机技术、地理科学与数据存储处理融合在一起的地理信息系统处理应用程序, 软件内集合了一套完整的用于地理信息分析的工具, 其中Spatial Analyst Tools工具对DEM的分析处理已趋于成熟。因此本文探究ArcGIS与Mike11结合模式, 以防城港市防城河上村至鸬鹚坝段为例, 研发基于Mike11和ArcGIS的洪水淹没图自动编制模型, 有效解决了传统绘制洪水淹没图耗时长、人工误差, 以及Mike21建模数据处理模型率定复杂、技术要求高的问题, 为小流域无堤防河道洪水淹没图自动编制提供了简单、快捷的方法。

2 研究流域概况

防城河发源于防城港市防城区扶隆乡十万大山崇兰顶南麓, 流经那勤、大菴、华石、附城以及港口区冲孔

等乡镇, 于防城港半岛入海。防城河干流全长88km, 流域面积767km², 河床坡降1.86‰。防城河流域水系示意图见图1。

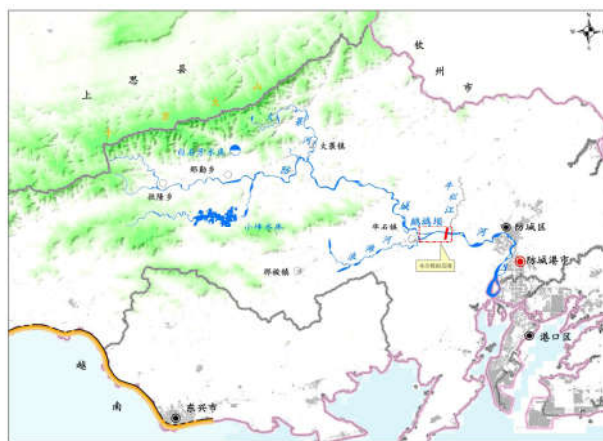


图1 防城河流域水系图

防城河流域洪水由暴雨造成, 汛期十万大山以南流域被海洋暖湿气流所控制, 源源不断的气流携带着充沛的水汽沿着十万大山迎风坡爬升, 减速、停滞、冷却, 形成降雨。由于本地区地处南海北部湾前沿, 台风频繁登陆, 形成了频繁的台风雨, 暴雨量大, 为广西最大的暴雨中心之该暴雨中心区以防城河上游的长歧、其前、小峰为重心, 形成与河谷走向近乎平行的弧形带分布。

3 划定方法研究

3.1 划定原理及模型研究

根据水文资料和河道断面地形数据运用Mike11计算河道设计洪水水面线, 通过已有成果和历史洪水调查成果进行水面线成果合理性分析; 采用ArcGIS开发的Spatial Analyst Tools工具箱集成小流域无堤防河道洪水淹没图自动编制模型, 该模型可根据DEM栅格、水面线计算成果, 通过克里金法进行二维栅格水位插值计算, 根据二

维水位栅格和二维地形栅格相减得水深栅格，提取水深栅格大于0的区域作为设计洪水淹没范围。通过本次研发

的洪水淹没图集成模型可实现小流域无堤防河段洪水淹没范围实现一键自动编制。

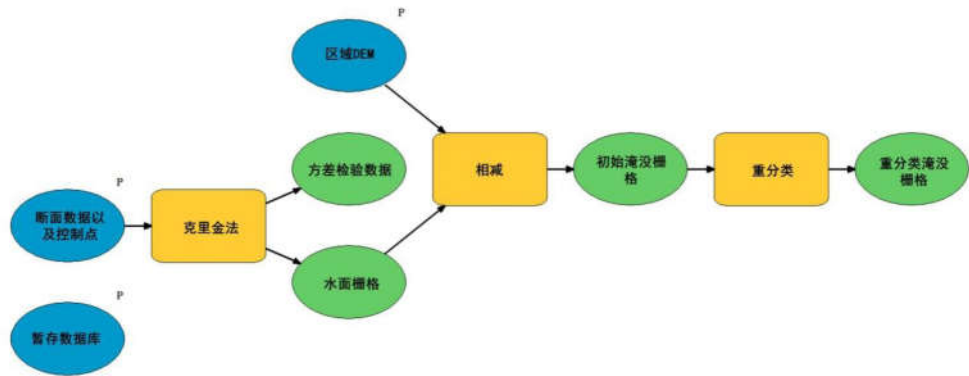


图2 洪水淹没图分析模型技术路线图

3.2 淹没图绘制过程分析

3.2.1 设计洪水计算

根据《水利水电工程设计洪水计算规范》（SL44-2006），将防城站设计洪水采用水文比拟法搬至控制断面进行设计洪水计算，并结合已批复的设计洪水成果，综合选定设计洪水成果。防城河各控制断面最终采用设计洪水成果见表1。

表1 防城河设计洪水成果表 单位：m³/s

序号	控制断面	F/km²	P = 1%	P = 2%
1	上村	452	3904	3591
2	鹧鸪坝	593	4679	4304

3.2.2 水面线计算

（1）一维水力学模型

一维水力学模型采用Mike11一维水力学模型，该模型是基于垂向积分的物质和动量守恒方程，即一维非恒定流圣维南方程组（Saint—Venant）来模拟河流或河口的水流状态^[4]。

方程组主要由连续性方程 $\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q$ 以及动量守恒

方程 $\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gn^2 Q |Q|}{AR^{4/3}} = 0$ 组成方程组，方程组形式如下：

$$\begin{cases} \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \\ \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gn^2 Q |Q|}{AR^{4/3}} = 0 \end{cases}$$

式中：x、t分别为计算空间和时间的坐标，A为过水断面面积，Q为过流流量，h为水位，q为旁侧入流流量，

C为谢才系数，R为水力半径， α 为动量校正系数，g为重力加速度。

（2）模型构建

Mike水动力模型的构建包含以下步骤：1.处理项目区的地形数据；2.制作河网文件；3.制作及断面文件。

地形处理和断面文件制作采用河道内采用实测断面数据，计算范围内共有实测断面8个,断面间距为800~1500m间，平均断面间距为635m。

河网文件主要包括坐标、长度、名称、干支流、水工建筑物概化设置等内容。

断面文件主要为河道断面高程点、断面间的累距、断面糙率、水力参数等。采用实际测量出来的断面作为控制断面，并对根据不同区域的地形地貌赋予不同的糙率值,制作断面数据文件。

（3）模型构建

防城河模型边界条件包括：①上游边界：上村入流；②下游边界：鹧鸪坝泄流曲线；

表2 防城河边界条件统计表

序号	断面名称	边界类型	P = 1%	P = 2%
1	上村	流量过程	3904	3591
2	鹧鸪坝	水位/m	16.80	15.96

（3）主要参数设置

① 主要参数设置

初始条件：防城河一维模型初始水深设置为0.5m。

糙率：一维模型采用分布式糙率，防城河主槽糙率设置为0.032，滩地糙率设置为0.040。

② 特殊问题处理

阻水建筑物设置：防城河一维水动力模型中共设置

阻水建筑物1座。

③ 计算结果

经计算分析,防城河本次分析河段水面线成果见表2。

表3 防城河水面线成果表

名称	桩号	间距 (m)	累距 (m)	P = 1% (m)	P = 2% (m)
鹧鸪坝	K0+000	0	0	16.80	15.96
□	K1+464	1464	1464	18.20	17.49
□	K2+932	1468	2932	19.63	17.89
□	K4+210	1278	4210	19.66	18.83
上村	K5+080	870	5080	22.13	21.28

3.2.3 洪水淹没图制作

(1) DEM地面高程模型

研究区的DEM地面高程模型依赖ArcGIS的分水岭提取,采用分水岭提取工具将研究区内的汇水面积计算出来后,采用ArcGIS提取至新栅格工具,提取研究区域的DEM。

(2) 插值函数选择

ArcGIS的Spatial Analyst Tools中自带的插值方法有:

1.克里金法;2.反距离权重法;3.地形转栅格;4.样条函数法等。本次使用以上提到的四种插值方法进行水位插值,使用历史洪水调查点进行校验,比对各个插值方法的优劣。

克里金法(Kriging)是一种地统计学方法,用于对空间分布的数据进行插值预测。它基于这样一种假设:空间上相近的点在属性值上也更为接近。克里金法不仅考虑了已知样本点与待预测点之间的距离关系,还通过半方差函数(或称为变异函数)来描述样本点之间的空间自相关性。克里金法的优点在于它能够考虑数据的空间结构,提供更加精确的插值结果。然而,它的计算相对复杂,且对数据的正态性和平稳性有一定要求。

反距离加权法(IDW, Inverse Distance Weighted)是一种常用的空间插值方法,用于根据已知样本点的数据来预测未知点的值。这种方法的基本思想是:距离待预测点越近的已知样本点,其属性值对待预测点的影响越大,因此应该赋予更高的权重。权重的大小与待预测点到已知样本点距离的倒数成正比,即距离越近,权重越大;距离越远,权重越小。

地形转栅格插值方法,专门用于创建符合真实地表的数字高程模型(DEM)。该方法基于由Michael Hutchinson(1988、1989、1996、2000、2011)开发的ANUDEM程序。

样条函数法是一种基于数学函数的空间分析方法,

它旨在通过构建平滑的曲线或曲面来拟合已知样本点,并据此预测未知点的值,样条函数法利用一系列多项式段(称为样条)连接已知样本点,形成一个整体平滑的曲线或曲面。这些多项式段在连接点(称为节点)处满足一定的连续性条件,确保整个曲线或曲面的平滑性。样条函数法的核心在于选择适当的样条类型和节点位置,以及确定多项式段的系数,使得拟合的曲线或曲面能够最好地反映已知样本点的分布规律。

本次通过以上四种插值法进行水位插值,采用调查洪痕点进行校验,经分析对比后采用克里金法插值法。

(3) 洪水淹没范围

洪水淹没图的编制以现有河道地形数据和区域数字高程模型DEM为基础,应用ArcGIS提取河道断面地形,使用Mike11软件计算河道设计洪水水面线,采用ArcGIS开发的洪水淹没图分析集成模型一键提取洪水淹没范围。防城河本次分析河段50年一遇、100年一遇洪水淹没范围成果见图3。

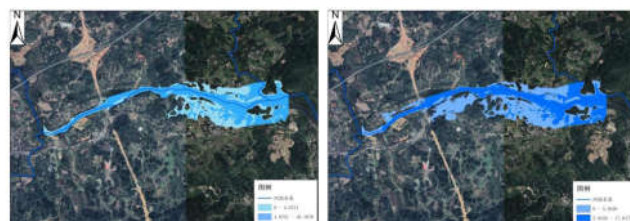


图3 防城河上村至鹧鸪坝段50和100年一遇洪水淹没范围结论

因此本文将探究ArcGIS与Mike11结合模式,以防城港市防城河上村至鹧鸪坝段为例,研发基于Mike11和ArcGIS的洪水淹没图自动编制模型,能实现一键生成洪水淹没范围,且具有操作性强、精度可控等特点,极大提高洪淹图编制效率和质量,为小流域无堤防河道洪水淹没图自动编制提供了简单、快捷的方法。

参考文献

- [1]邱林.滦河下游水库群联合调度研究[M].郑州:黄河水利出版社,2009.
- [2]李燕芳1,黄永俊2. GIS分析模型在江河湖库无...范围线自动划定中的应用研究_李燕芳[J]. 广西水利水电, 2024, (01): 135-139.
- [3]耿敬,张洋,李明伟,等. 洪水数值模拟的三维动态可视化方法_耿敬[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2018, 39(07): 1179-1185.
- [4]李占松,师冰雪. 一个简洁的圣维南方程组推导过程_李占松[J]. 高教学刊, 2016, (18): 97-98