

梅州市暴雨预测与洪涝风险评价

卫瀛海^{1*}, 任念²

¹广东省水文局梅州水文分局, 广东 梅州

²江西凤宝(津巴布韦)矿业有限公司, 江西 上饶

收稿日期: 2021年10月5日; 录用日期: 2021年11月4日; 发布日期: 2021年11月11日

摘要

今年七月底, 台风“烟花”从我国东南沿海登陆, 河南连续强降雨成灾, 城市雨涝问题再次显现。梅州地处东南临海, 地貌类型多样。本文以研究区某水文站2000年至2020年的降水观测资料, 结合水文统计学P-III型曲线预测研究区百年一遇的大暴雨降水量, 以百年一遇大暴雨为情景, 基于ArcGIS平台, 模拟研究区在暴雨情景下的雨涝风险, 分析雨涝风险区域水文、气象特征。

关键词

梅州市, P-III型曲线, 洪涝风险

Rainstorm and Flood Risk Assessment in Meizhou City

Yinghai Wei^{1*}, Nian Ren²

¹Guangdong Provincial Hydrological Bureau Meizhou Hydrological Branch, Meizhou Guangdong

²Jiangxi Fengbao (Zimbabwe) Mining Company, Shangrao Jiangxi

Received: Oct. 5th, 2021; accepted: Nov. 4th, 2021; published: Nov. 11th, 2021

Abstract

At the end of July this year, the typhoon “Yanhua” landed from the southeast coast in China. Continuous heavy rainfall in Henan caused disasters, and the problem of urban rain and waterlogging appeared again. Meizhou is located in the southeast facing the sea, with various types of landforms. This paper uses the precipitation observation data of a hydrological station in the study area from 2000 to 2020, combined with the P-III curve of hydrological statistics, to predict the precipitation

*第一作者。

of the once-in-a-hundred-year heavy rain in the study area. Taking a rainstorm once in 100 years as a scenario, the risk of rain and waterlogging in the study area is simulated based on the ArcGIS platform, and the hydrometeorological characteristics of the rain-waterlogging risk area are analyzed.

Keywords

Meizhou City, P-III Curve, Flood Risk

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

水文、气象与人类生产生活息息相关,对洪涝灾害起决定性的自然因素主要有降水过程和下垫面条件,无论从统计模型还是气象物理模型[1][2][3],降水量与降水过程都是难以精准计算的水文变量[4][5]。但长时间尺度的水文与气象观测数据可以一定程度地拟合预测降水量概率分布[6],从而推断一定设计保证率条件下的降水量理论值[7]。

下垫面条件是由多要素组成的复杂巨系统[8],依据水文学原理的产汇流过程[9],抽象水循环过程中下垫面条件的主要影响因素,结合具体的降水场景,可以一定程度上模拟预测降水过程发生过程中的水循环过程对地表人类活动空间产生的影响。

综上所述,设计保证率条件下降水量的理论值预测与影响产汇流过程的主要下垫面因素是洪涝风险模拟的理论基础。

近年来突发性极端天气频繁,造成城市雨涝与山区地质灾害等时有发生,此类灾害的特点是短时、局部、突发,特征是城区易涝,山区易滑,湖区易涨。因此,基于已有观测数据和下垫面因素耦合的洪涝风险模拟意义重大,未雨绸缪而精准定位易灾点,场景模拟多样化应用,可为雨洪风险防范提供强有力支持。

我国更是雨洪灾害频发的地区,在华东至东南沿海以及南部地区更为明显,如图1所示。梅州,地处东南临海,雨量丰沛,地貌类型复杂多样,进行水文预测分析与洪涝风险模拟是很有必要的,防患于未然。

2. 降水资料分析

本文使用横山(二)水文站2000年至2020年三小时降水观测数据,代表研究区范围内的平均降水量,进行水文统计分析。首先分析提取观测值的水文年的最大值,代表研究区内每个水文年内的最大三小时累计降水量 P_{max} ,定义该值为年最大暴雨降水量。经过简单数据统计与分析得到年最大暴雨观测值序列如表1所示。

不同年份的年最大暴雨降水量组成长时间的暴雨观测序列,对该序列进行皮尔逊III型频率曲线分析,绘制研究区三小时累计暴雨降水量频率曲线图。经过数据分析与排频计算,该水文变量特征序列水文统计特征值分别为:序列均值 $H = 55.143$,均方差 $S = 18.402$,离势系数 $C_v = 0.334$,偏态系数 $CS = 0.834$ 。

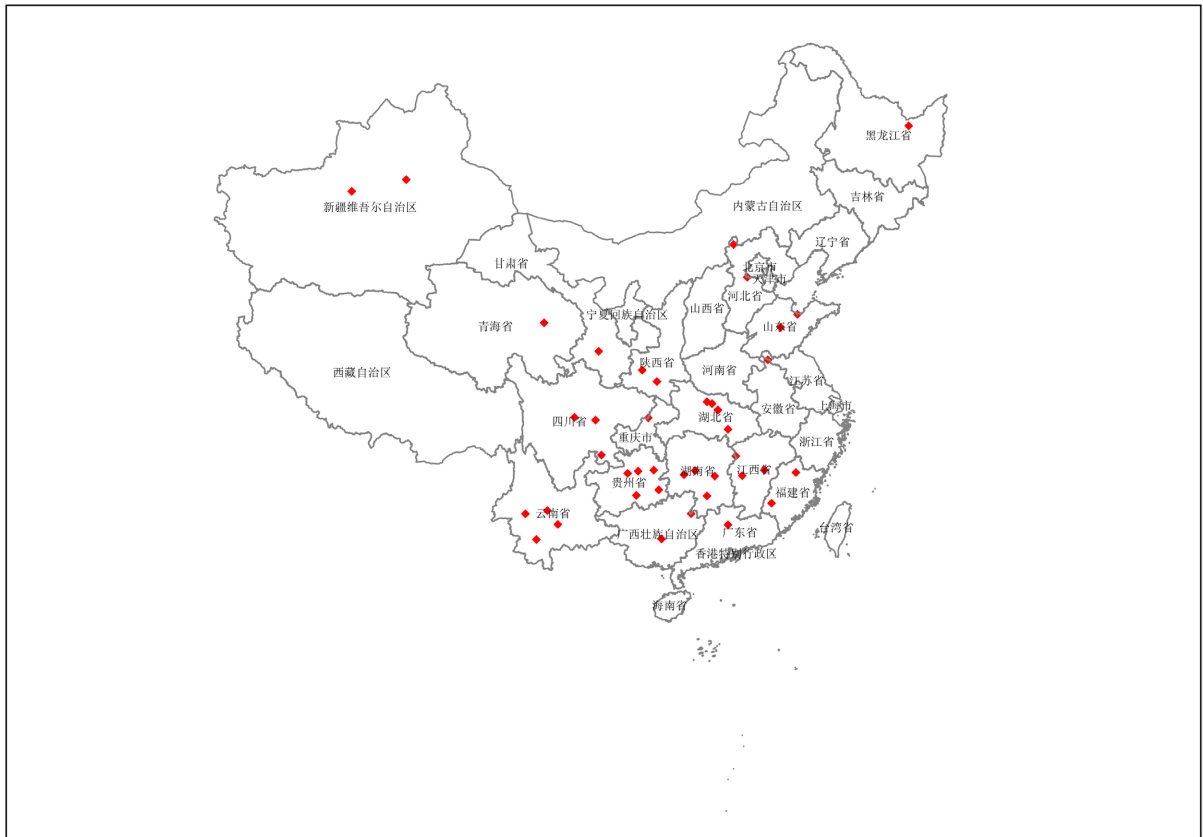


Figure 1. Distribution map of major rain and flood disasters in China from 1989 to 2018

图 1. 1989~2018 年我国重大雨洪灾害分布图

Table 1. Statistical table of the annual maximum three-hour cumulative precipitation of a hydrological station in the study area from 2000 to 2020 (Unit: mm)

表 1. 2000 年至 2020 年横山(二)水文站三小时累计降水量年最大值统计表(单位: mm)

年份	三小时最大暴雨	年份	三小时最大暴雨
2000	42.7	2011	66
2001	68.6	2012	62
2002	43.4	2013	106.5
2003	81.3	2014	38
2004	45.5	2015	58.5
2005	52	2016	44
2006	43	2017	57
2007	24	2018	40.5
2008	68.5	2019	40.5
2009	42	2020	60
2010	74		

数据来源: 广东省水文局。

3. 水文统计与暴雨预测

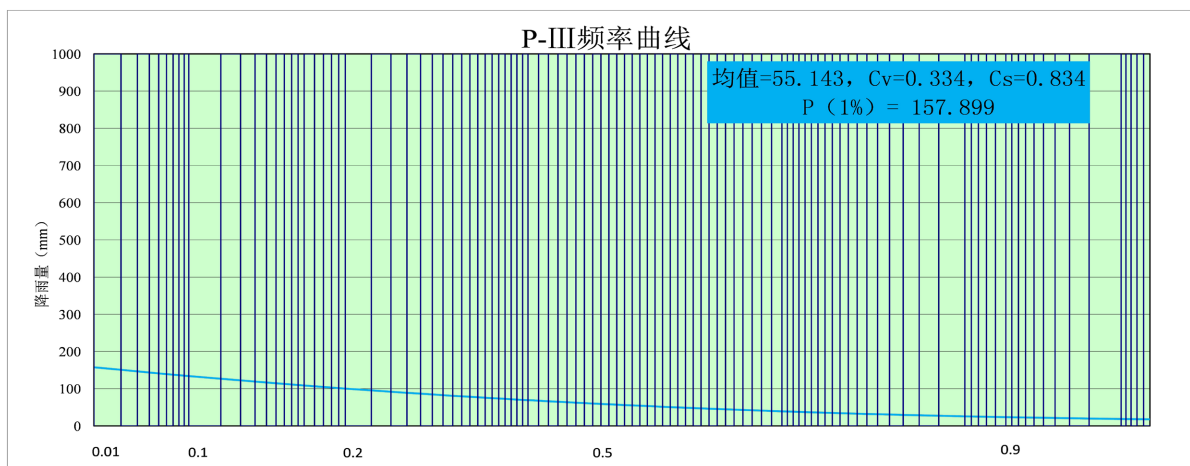


Figure 2. Pearson type III frequency characteristic curve of the three-hour cumulative precipitation annual maximum characteristic sequence in the study area

图 2. 研究区三小时累计降水年最大值特征序列皮尔逊 III 型频率特征曲线图

如图 2, 基于特征曲线与设计保证率条件, 计算制定设计保证率条件下的暴雨降水量理论值。本文设计保证率取值 1%(百年一遇)。计算得到研究区百年一遇的最大三小时累计暴雨降水量理论值为 157.899 mm。

4. 洪涝风险模拟

大气降水是大气水分从对流层向下运动至地表的过程, 水汽到达地表前首先穿过地表植被冠层, 在这一过程会有部分水分停留于植物冠层, 称之为植物截留; 大气降水经过植物截留之后到达地表, 参与土壤水分运动, 这一过程主要表现为土壤下渗; 降水持续进行, 土壤下渗能力减弱, 当降水速率大于下渗速率时, 大气降水开始填充洼地形成小水坑, 而后形成地表水流, 地表水流受地形因子控制, 表现为坡面漫流与沟谷水流; 降水持续进行, 沟谷水流联通地表河流湖泊, 开始补给地表水; 降水继续进行, 河流湖泊水位上涨, 漫灌淹没区域逐渐扩大, 河道洪峰流量增大, 形成洪水与城市水涝灾害。

为了进行基于上述预测值的洪涝风险模拟, 本文抽象简化产汇流计算过程, 使用基于径流系数法的降雨径流模型计算百年一遇暴雨场景下的研究区地表径流量。得到研究区百年一遇暴雨场景下的径流量分布模型。

地表径流量 = 暴雨场景降水量 P × 平均地表径流系数 α 。

地表径流系数均值如表 2。

结合研究区土地利用现状, 基于 ArcGIS 地理信息系统平台, 计算得到研究区暴雨场景下地表径流量模型。

洪涝风险模拟考虑特征影响因子, 土壤、地形与人口密度, 土壤条件主要对径流形成过程影响较大, 土壤下渗能力的差异与降水强度的相互关系适用于不同的产流模型; 人口密度主要考虑洪涝灾害影响程度; 地形因素是洪涝灾害的主要影响因子, 在暴雨场景下, 地形条件影响产流速度、径流量, 地形条件还很大程度影响汇水、集水区域分布。综上所述, 产流速度越快、径流量越大、集水条件越好, 洪涝风险性越大。

Table 2. The mean value table of surface runoff coefficient

表 2. 地表径流系数均值取值表

用地现状	径流系数(%)
水田	34.7

Continued

旱地	49.69
有林地	2.67
灌木林地	4.17
疏林地	19.2
其他林地	9.57
高覆盖度草地	4.78
中覆盖度草地	9.37
低覆盖度草地	18.27
河渠	100
湖泊	100
水库	100
滩地	100
城镇用地	100
农村居民点	100
建设用地	100
沼泽地	100
裸土地	100
裸岩石质地	100

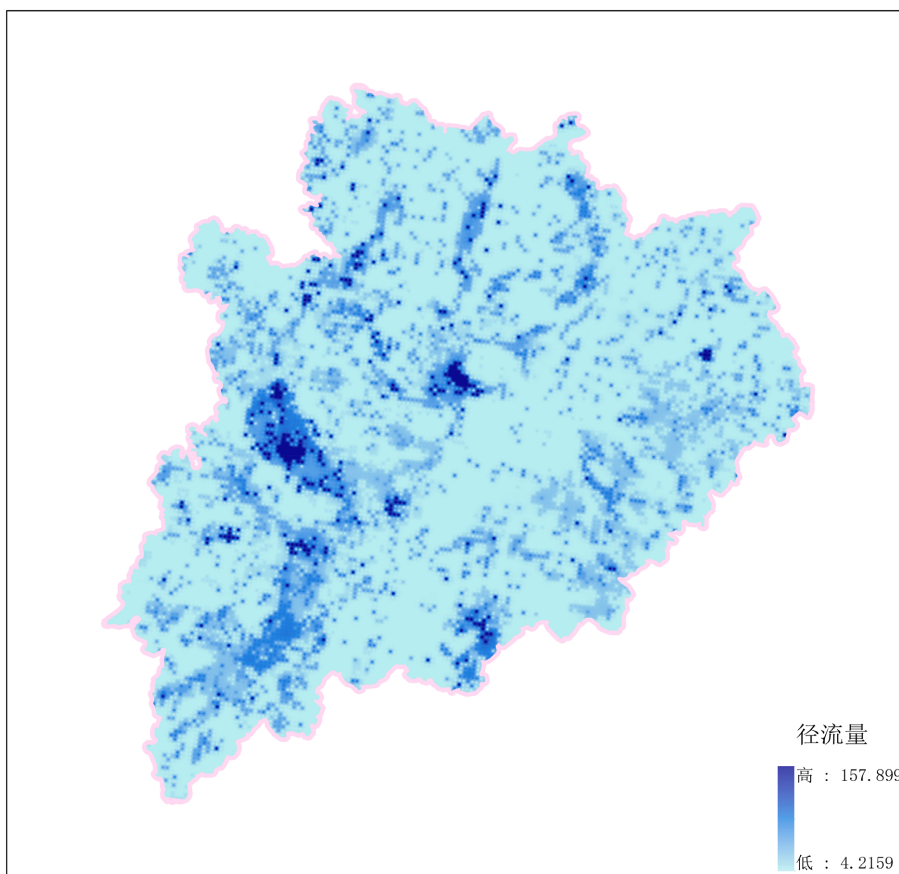


Figure 3. The surface runoff model diagram of the rainstorm scene in the study area once in a hundred years

图 3. 研究区百年一遇暴雨场景地表径流量模型图

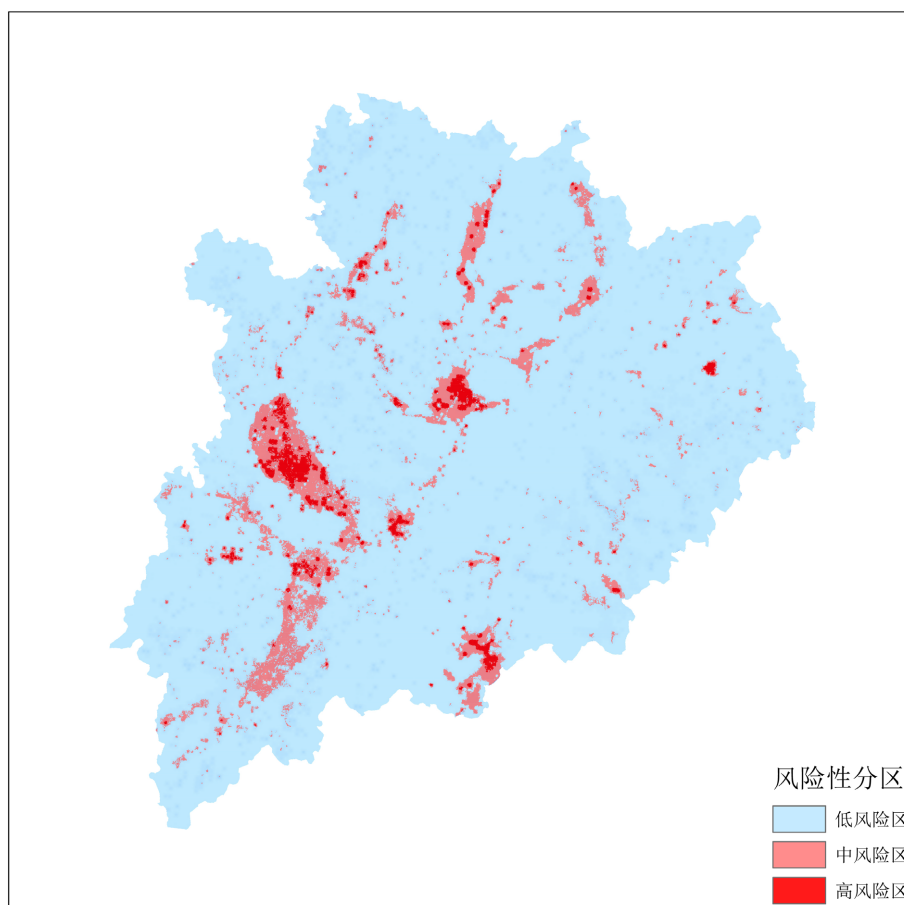


Figure 4. The flood risk zoning map of the study area in a 100-year heavy rain scene
图 4. 研究区百年一遇暴雨场景洪涝风险性分区图

基于 ArcGIS 地理信息系统平台, 对研究区进行水文分析, 地形因子分析, 集水区域提取等工作, 结合地表径流模型进行多因素耦合叠加分析, 得到研究区洪涝灾害风险性分区。如图 3、图 4 所示。

5. 结果分析

1) 本文的预测分析仅为搜集有限资料的情况下进行, 文中使用单一水文站点观测数据, 仅具有一定程度的代表性, 对预测结果可信度有一定影响。

2) 本文基于径流系数的降水径流模型是对实际降水径流过程的简单抽象, 是对实际的水文水资源循环体系的概化, 由于搜集数据的时空尺度及分辨率极限条件特征, 使得洪涝灾害风险模拟系统误差增大, 因此, 最终洪涝灾害风险分区仅以高风险区和中风险区为百年一遇暴雨场景下洪涝灾害的易发性分区。

3) 研究区极端暴雨条件下的洪涝灾害风险性特征与实际水文条件比较相符, 地表水系对大气降水的容纳能力强, 具体表现为湖区域雨涝灾害风险性低; 下垫面条件以地形起伏大、水系发育弱、植被稀疏的丘陵、山区为主导的区域, 对极端强降雨容纳能力弱, 产汇流过程迅速, 易形成短时、局部、突发的洪涝灾害, 洪涝灾害风险性大。

参考文献

- [1] 李庆昕. 皮尔逊 III 型曲线参数优化估计方法对比研究[J]. 水利规划与设计, 2018(12): 54-59.
- [2] 高琳, 周玉文, 唐颖, 刘原, 沈宏观. 城市暴雨强度公式皮尔逊 III 型适线问题研究[J]. 给水排水, 2016, 52(8):

47-51.

- [3] 赵玲玲, 刘昌明, 吴潇潇, 刘丽红, 王中根, 苏磊. 水文循环模拟中下垫面参数化方法综述[J]. 地理学报, 2016, 71(7): 1091-1104.
- [4] 刘慧娟, 卫伟, 王金满, 陈利顶, 姚磊, 董博昶. 城市典型下垫面产流过程模拟实验[J]. 资源科学, 2015, 37(11): 2219-2227.
- [5] 任国玉, 任玉玉, 战云健, 孙秀宝, 柳艳菊, 陈峪, 王涛. 中国大陆降水时空变异规律——II. 现代变化趋势[J]. 水科学进展, 2015, 26(4): 451-465.
- [6] 任国玉, 柳艳菊, 孙秀宝, 张莉, 任玉玉, 徐影, 张华, 战云健, 王涛, 郭艳君, 陈峪, 唐国利, 郭军. 中国大陆降水时空变异规律——III. 趋势变化原因[J]. 水科学进展, 2016, 27(3): 327-348.
- [7] 宋晓猛, 孔凡哲, 占车生, 韩继伟. 基于统计理论方法的水文模型参数敏感性分析[J]. 水科学进展, 2012, 23(5): 642-649.
- [8] 王玲杰. 偏最小二乘回归法在非点源污染年负荷量估算中的应用[J]. 长江流域资源与环境, 2007(6): 810-813.
- [9] 穆兴民, 李靖, 王飞, 王炜. 基于水土保持的流域降水-径流统计模型及其应用[J]. 水利学报, 2004(5): 122-128.