

# 鄱阳湖流域城市洪涝灾害风险及土地类型调整策略研究

## ——以景德镇市为例<sup>1</sup>

孙殿臣<sup>1,2</sup>, 王慧敏<sup>1,2</sup>, 黄晶<sup>1,2</sup>, 刘高峰<sup>1,3</sup>

(1. 河海大学水文水资源与水利工程学科国家重点实验室, 江苏南京 210098; 2. 河海大学管理科学研究所, 江苏南京 211100; 3. 河海大学企业管理学院, 江苏常州 213022)

**【摘要】** 在全球气候变化和人类活动影响下, 流域内城市洪涝灾害发生的频率、强度及其造成的损失日益加剧, 更好的揭示洪涝灾害风险的时空演变规律对不同流域下城市防灾减灾具有重要意义。基于流域城市洪涝灾害风险的形成过程, 从致灾因子、孕灾环境、承灾体、防灾减灾能力 4 个方面选取指标, 构建了基于格网的流域城市小尺度洪涝灾害风险评价模型, 并以景德镇市城区为例, 将空间风险定量计算, 分析了城市洪涝风险的时空分异特征, 最后提出土地利用类型的调整策略。结果表明: 从空间上, 城区洪涝灾害风险极大值与极小值差值存在较大的差异, 呈现由昌江、南河、西河等河流为中心向四周逐渐减小的方向性变化, 不同区域的风险波动性幅度不同, 社会发展水平较高的珠山区昌江沿岸区域为景德镇城区的洪涝灾害高风险区, 西部、西南部山区以及东部乡镇由于地势较高, 风险水平较低。从时间上, 景德镇市城区的洪涝灾害风险最大值呈下降趋势, 南部洪涝灾害风险整体变小, 但风险集中程度不断加剧, 城区西部风险值有小幅度的上升; 针对不同的区域特征, 通过两种方案对城区内洪涝灾害易涝典型地区进行土地利用类型调整, 两个区域风险分别从 0.606 与 0.610 降低到 0.561 与 0.571。

**【关键词】** 鄱阳湖流域 洪涝灾害风险 空间分异 土地利用类型 景德镇市

**【中图分类号】** X43 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1004-8227 (2018) 12-2856-11

DOI: 10.11870/cjlyzyyhj201812022

鄱阳湖水系流域面积 16.22 万 km<sup>2</sup>, 占长江流域面积的 9%, 其水系年均径流量约为长江流域年均径流量的 16.3%, 是我国最大的淡水湖泊, 也是我国十大生态功能保护区之一, 对维系区域和国家生态安全具有重要意义。在全球气候变化的大背景下, 鄱阳湖流域在 20 世纪后, 平均每 2.7a 就会发生一次洪涝灾害<sup>[1]</sup>, 洪涝灾害频发使湖区生态环境及整个流域的水资源管理得到更多关注<sup>[2]</sup>。1990~2011 年江西省统计年鉴数据的分析表明: 伴随鄱阳湖流域各城市不同程度的城镇化发展, 土地利用结构被迫调整, 不合理的土地利用导致汛期的洪涝灾害形势依然严峻<sup>[3]</sup>, 严重制约着流域周边县市社会、经济与生态的和谐发展<sup>[4]</sup>。

<sup>1</sup>收稿日期: 2018-03-26; 修回日期: 2018-05-13

**基金项目:** 国家重点研发计划资助项目 (2017YFC1502600); 国家自然科学基金项目 (71601070, 71433003, 71303074)

**作者简介:** 孙殿臣 (1993~), 男, 博士研究生, 主要从事城市化地区洪涝灾害风险管理研究. E-mail: sdc@hhu.edu.cn

**通讯作者** E-mail: j\_haung@hhu.edu.cn

气候变化、人类活动改变了下垫面使得鄱阳流域径流产生变化<sup>[5]</sup>，城市扩张驱使区域不透水面积迅速增大，改变了城镇化地区的水循环过程，导致极端降水事件增多、地面径流量增加、暴雨洪涝风险增大<sup>[6,7]</sup>。根据《中国水旱灾害公报（2016）》<sup>[8]</sup>的统计，2016年全国洪涝灾害受灾10095.41万人，192座城市受淹或发生内涝，直接经济损失达3643.26亿元，占当年GDP的0.49%，流域城市洪涝灾害问题日趋严重，成为制约社会经济持续健康发展的突出瓶颈<sup>[9]</sup>。

城市洪涝灾害风险评价是运用相关方法定量化表达一定区域未来一定时间段内洪水活动（发生、发展）及其对社会经济和自然环境系统可能发生的概率和产生的灾害损失的过程<sup>[10]</sup>。针对城市尺度下的洪涝灾害风险评价，国内外诸多学者对其展开研究<sup>[11]</sup>，包括基于历史灾情数据、基于情景分析、基于遥感与GIS、基于指标体系等研究方法。基于历史灾情数据的评价过程较为简单，但对于历史数据的依赖性强<sup>[10]</sup>，需要不断引入新的灾情数据来保证研究结果的可靠性。基于情景分析的风险评价方法提高了风险评估结果的空间精度，但对于数据的时间尺度、精度、仿真建模要求较高<sup>[12,13]</sup>。基于遥感技术与GIS相结合的风险评价方法，也存在一些指标难以精确地扩展到空间，研究尺度较大，制图精度等问题<sup>[14-16]</sup>。基于指标体系的评价方法是城市洪涝风险评价中普遍采用的方法，一般从4个方面建立指标体系并计算风险值<sup>[17]</sup>。目前的相关研究一般是以流域为整体或是以行政区划为边界，建立的指标体系能够较为定量化的描述城市洪涝灾害风险，针对流域城区空间下小尺度的洪涝灾害风险评价也有相关研究<sup>[18-20]</sup>，但城区风险区划图还不够精细；基于区域构建的评价指标体系的已有研究，指标的选取还应考虑区域内各承灾体对于洪涝灾害风险的影响程度，加强其在城市洪涝灾害风险管理中的实际应用意义。

本文基于灾害系统理论，从鄱阳湖流域城市洪涝灾害风险形成的角度，考虑致灾因子危险性、孕灾环境敏感性、承灾体易损性与防灾减灾能力4个方面，提出了鄱阳湖流域城区小尺度范围内的洪涝灾害风险评价指标体系，构建了基于层析分析法的风险评估模型，并结合GIS分析城市化地区的洪涝灾害风险时空分异特征，在此基础上，针对洪涝灾害风险较高的区域提出了土地利用类型调整的风险应对措施，进一步提高流域城市的防灾减灾能力，减少人员和财产损失，为鄱阳湖流域内城市相关部门健全和完善城市洪涝应急预案，强化风险应急综合管理能力提供了科学依据。

## 1 研究区概况与数据资料

### 1.1 研究区域

景德镇市位于江西省东北部（图1），黄山、怀玉山余脉、鄱阳湖平原过渡地带，紧邻安徽省，鄱阳湖流域快速发展城市之一。研究区域为景德镇城区，地势四周高中间低，形似盆状，主要河流有昌江、南河和西河，面积约为192.7km<sup>2</sup>。受鄱阳湖流域气候的影响，景德镇降水量年内分配极不均匀，4~6月的多年平均降水量占全年降水量的46%左右。暴雨引发的洪涝灾害是景德镇最大的自然灾害<sup>[21]</sup>，局部地区重复受灾。据2016.6.19洪涝灾害数据显示，受灾人口约为52.87万人，直接经济损失约为189544万元，占当年GDP的2.26%，受灾群众人口数量大，经济损失严重。



## 1.2 数据资料来源

景德镇市数字高程图 (DEM) 来源于 NASA 官网 (<http://srtm.csi.cgiar.org>) SRTM90\*90 地形图, 景德镇市水域水文数据、城市排水管线布置图、河网水系图 (1:100000) 来源于景德镇市水务局。常住人口数据, 行政区划、国民经济生产总值等统计数据来源于景德镇市统计年鉴 (2011~2014)。2010~2013 降水等相关气象数据来自于中国气象科学数据共享网 (<http://data.cma.cn>) 以及景德镇市水情中心雨量站; 土地利用类型的的数据来源于《景德镇市总体规划》土地利用图与谷歌地图官网 (<http://www.google.cn/maps>) 的卫星影像; 医疗卫生机构和排涝泵站数量、位置与运行情况数据来源于实地调研与考察。栅格空间叠加分析使用 ArcGIS10.2, 采用 10m×10m 栅格数据。

## 2 洪涝灾害风险成因分析与评估指标体系构建

### 2.1 风险形成理论

区域灾害系统论指出, 灾害是由致灾因子、孕灾环境及承灾体共同组成的灾害系统相互作用下的产物<sup>[22]</sup>, 对于洪涝灾害系统同样适用。致灾因子是洪涝灾害产生的先决条件, 孕灾环境对于灾害因子的敏感性是影响致灾因子和承灾体的背景条件, 承灾体是放大或缩小灾害的必要条件<sup>[23]</sup>, 并且承灾体—人类社会的易损性逐渐成为影响灾害风险的一个重要因素<sup>[24]</sup>。但一个地区的防灾减灾能力体现了该地区灾害前的防御能力与灾害后的恢复能力, 影响了该地区灾害风险大小。因此, 如图 2 由致灾因子、孕灾环境、承灾体以及防灾减灾能力 4 个要素组成的洪涝灾害系统, 在一定条件下相互作用便会形成洪涝灾害风险。

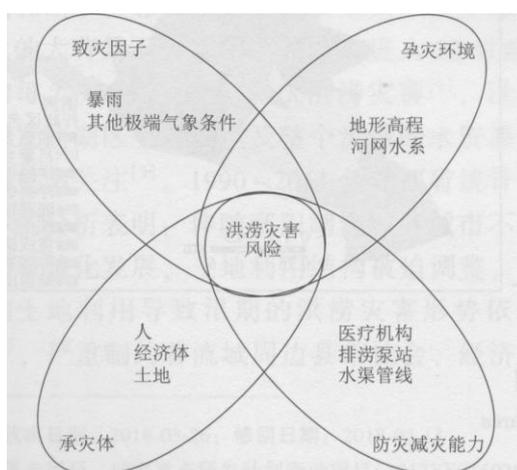


图 2 流域内城市洪涝灾害风险形成图

Fig. 2 Formation process of urban flood disaster risk

### 2.2 风险成因分析

景德镇市区经常处于暴雨中心, 降雨强度大, 城区发生大暴雨时直排口的雨水无法及时排出。部分雨水排水口由于无止回设施会出现倒灌情况, 因此部分排水区域内会发生积水。从局部地形看, 景德镇市区道路坡度较大, 降雨时地面雨水会顺地势大量汇入低洼区域造成严重积水, 为洪涝灾害风险的形成提供了条件。城区范围内人口密度大, 经济产值空间积聚, 不同的土地类型, 不同的承灾体承受洪涝灾害的能力不同, 城市堤防管理不到位导致洪涝灾害发生风险变大。排涝泵站配套设施不足, 运行保障度低, 部分雨水管渠的布置设计不够合理影响了管渠发挥正常效用, 排水管网设计标准偏低, 泵站排水能力与现状管网排水能力不匹配。

### 2.3 风险评估指标体系构建

在分析了流域内景德镇市洪涝灾害成因的基础上，针对鄱阳湖流域洪涝灾害成灾的特点，从致灾因子、孕灾环境、承灾体与防灾减灾能力4个方面，构建了流域城市洪涝灾害风险评价指标体系(图3)。降水量是流域内城市洪涝灾害发生的最主要致灾因子<sup>[25]</sup>，短历时的强降雨对城市的洪涝灾害威胁最大，因此选取年平均降水量、一日最大降水量、最长连续降水量、最长连续降水天数、7~10日降水量5个指标。地形坡度会影响降雨在地面的径流，并且距离河流水域越近的地方，遭受洪涝灾害后的损失越大，其环境敏感性越强，选取地形高程与河网水域作为指标评价孕灾环境敏感性。随着城镇化的快速发展，人口、经济、基础设施和生态环境等方面的变化会导致城市易损性发生显著改变<sup>[26]</sup>，不同的土地利用类型也会影响承灾体易损性，选取地均GDP、人口密度、人口年龄分布、土地利用类型作为指标评价承灾体的易损性。医疗水平、排涝抢险能力等因素反映了防灾减灾能力的大小，对洪涝灾害风险的大小直接影响。选取医疗卫生机构、避难所数量、排涝泵站、城市排水管线、公众风险意识、应急疏散能力作为指标评价防灾减灾能力。

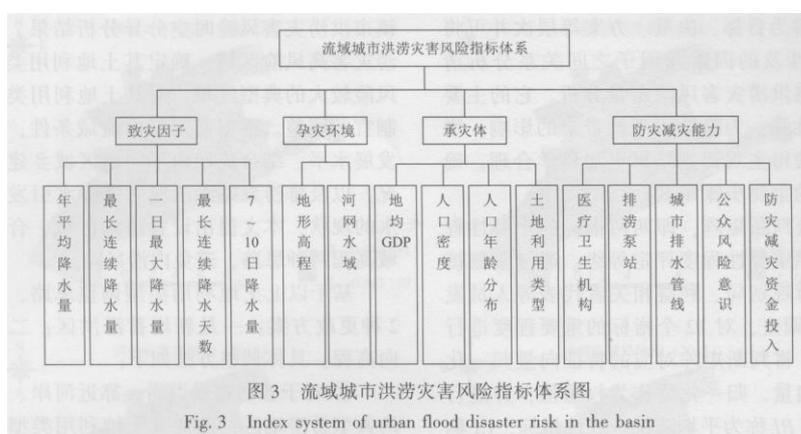


图3 流域城市洪涝灾害风险指标体系图  
Fig. 3 Index system of urban flood disaster risk in the basin

## 3 研究方法

### 3.1 数据处理

每个评价指标包含了若干不同的子指标，由于各个评估因子具有不同的量纲与数量级，无法进行直接比较。为了使各个指标之间具有可比性，对指标评价体系的4个不同方面的子指标，采用不同的方法进行标准化处理。其中  $a$  为标准化后的数据，值域在 0.1~0.9 之间， $I$  为原始数据， $I_{max}$ 、 $I_{min}$  为原始数据的最大值、最小值。

$$a = 0.1 + \frac{I - I_{min}}{I_{max} - I_{min}} \times (0.9 - 0.1) \quad (1)$$

式中  $I$  为正指标；

$$a = 0.1 + \frac{I_{max} - I}{I_{max} - I_{min}} \times (0.9 - 0.1) \quad (2)$$

式中  $I$  为负指标。

#### 3.1.1 致灾因子

致灾因子的降水量指标，对雨量站降雨数据进行汇总，并通过空间克里金插值将数据进行空间展布，并计算致灾因子值，

由于 7~10 日降水量数据的缺失，将其余 4 个指标作为评价致灾因子的指标。

### 3.1.2 孕灾环境

将 SRTM90\*90 的原始数据重采样，输出像元大小设置为 10m，运用自然间断法进行重分类，确定不同的类别海拔的影响度，自然间断点分级法可对高程数据进行最恰当地分组，并使之间差异最大化；分析 2016 年景德镇市 6.19 特大洪涝灾害受淹的卫星图像发现，距离河网水系 100m 范围内的区域，受洪涝灾害影响最大，因此小于 100m 敏感性最强，赋值为 0.9，100~200m 为 0.8，以此类推，大于 1000m 为 0.5。

### 3.1.3 承灾体

由于人口年龄分布情况的统计难度较大，也没有相关统计数据，利用其余 3 个指标评估承灾体易损性，GDP 数据与人口数据通过式(1)进行标准化处理。利用 LocaspaceViewer 提取谷歌卫星影像后进行土地利用类型分析，将土地利用类型分为林地绿地、商业用地、住宅用地、工业用地以及其他用地五类，根据不同土地类型的地均 GDP 与式(1)(2)确定不同土地利用类型的影响度。

### 3.1.4 防灾减灾能力

上文指标体系中选取了 5 个指标，其中影响公众风险意识的因素较多，难以量化，而每年防灾减灾资金投入<sup>投入</sup>变化不大，短期内作用不明显，因此本文利用以下其他 3 个指标反映防灾减灾能力。将 2000m 作为医疗卫生机构缓冲区分析的上限，因为最佳的医疗救助时间为 4~6min，设置小于 50m 的影响度为 0.4，50~200m，200~1000m 分别为 0.5 与 0.6，大于 2000m 为 0.9。假设泵站的平均排涝流量为 5m<sup>3</sup>/s，泵站对周边 50m 的积水排水效果最好，对于 1km<sup>2</sup>外的区域的基本不能起到及时排涝作用，因此小于 50m 赋值为 0.4，50~100m 为 0.5，大于 1000m 为 0.9。与排水管道距离越小，积水概率越低，考虑到排水的距离与时间，管道对于 200m 以上的积水排水效果很弱。将管道的缓冲区设置为 10、50、100、150、200，将小于 10m 的影响度定为 0.4，10~50m 设为 0.6，大于 200m 的为 0.9。

## 3.2 指标权重的确定

表 1 指标权重表  
Tab. 1 Weight of each index

目标层	准则层	权重	指标层	权重
洪涝灾害风险评价指标体系	致灾因子	0.332	年平均降水量	0.184
			一日最大降水量	0.268
			最长连续降水量	0.350
			最长连续降水天数	0.198
	孕灾环境	0.241	地形高程	0.493
			河网水域	0.507
	承灾体	0.287	GDP	0.122
			人口密度	0.320
			土地利用类型	0.558
			医疗卫生机构	0.190
防灾减灾能力	0.140	排涝泵站	0.412	
		城市排水管道	0.398	

流域城市洪涝灾害是一个复杂的灾害系统，而层次分析法(AHP)通过定性与定量相结合来解决难以定量分析的复杂系统问题，它将决策有关的元素分解为目标、决策、方案等层次并可研究研究对象所涉及的因素及因子之间关系分析清楚，有助于将洪涝灾害风险定量分析。它的主要缺点是主观性强，为降低主观性带来的影响，增加专家数量使得主观评判结果更加科学合理。确定指标权重的主要步骤如下：

首先构造判断矩阵，即两两指标的重要性程度之比，按照重要性程度评定等级。通过景德镇市水务局、市规划局、利益相关者代表等人员发放 50 份问卷调查，对 12 个指标的重要程度进行两两判断后，将判断矩阵对应的特征向量归一化后计算权重向量，归一化后作为权重值，并进行一致性检验。RI 称为平均随机一致性指标，CI 称为比较矩阵不一致程度的指标，CR 称为一致性比率。当  $CR < 0.1$  时，认为判断矩阵通过一致性检验。计算结果如表 3 所示：

### 3.3 洪涝灾害风险评价模型

本文将综合风险值(R)定义为有关致灾因子(D)、孕灾环境(S)，承灾体(V)与防灾减灾能力(C)的函数，具体评价模型为：

$$R = \sum_{i=1}^n W_i Q_i \quad (3)$$

$$Q_i = \sum_{j=1}^n w_j q_j \quad (4)$$

式中： $W_i$ 为第  $i$  项准则的权重值； $Q_i$ 为各准则的指标指数； $w_j$ 为每一准则层中第  $j$  项指标的权重值； $q_j$ 为每一准则中第  $j$  项指标的值； $n$ 为影响因子的个数。

### 3.4 面向洪涝灾害风险管理的土地利用类型调整

为保障鄱阳湖流域内各城市社会经济的可持续发展，根据本文研究得出的 2010~2013 年景德镇市洪涝灾害风险时空分异分析结果，识别出洪涝灾害高风险区域，确定其土地利用类型。针对风险较大的典型区域，对其土地利用类型做因地制宜的调整。根据鄱阳湖内流域条件，考虑经济发展水平，结合流域内不同地区城乡建设发展情况，以及排涝泵站无法应对强降水引发的洪涝积水的现状，本文提出设置滞洪区域、合理控制区域高程两种思路，避免内涝风险。

基于以上土地利用类型调整思路，形成以下 2 种更改方案：一是新增蓄滞洪区；二是控制竖向高程。具体调整方法如下：

① 对于容易遭受洪涝，靠近河岸、地势低平的典型易涝地区，改变其土地利用类型，将其更改为蓄滞洪区，减小内涝风险。

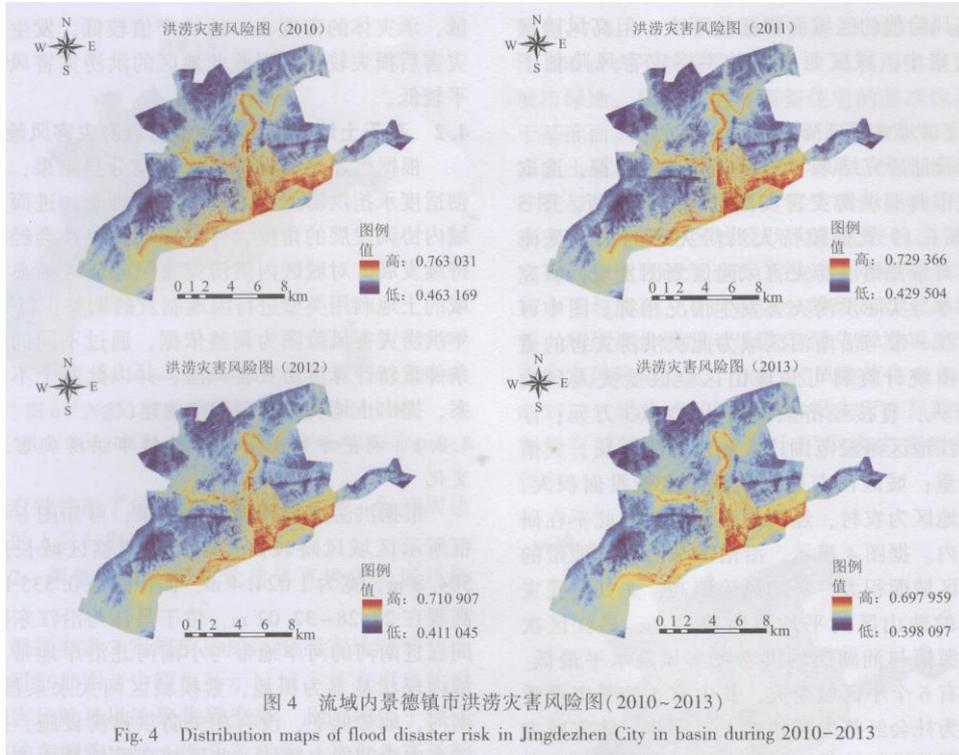
② 对于海拔高程较低，且商业服务业聚集、人口密集的典型易涝区域进行区域高程的调整，将此区域的高程提高到周围地区的基准高程面。

## 4 结果与分析

### 4.1 景德镇市城区洪涝灾害风险时空分异特征

由图 4 所示，景德镇市城区洪涝灾害风险时空分异特征显著，从空间上看，差异性特征为洪涝灾害风险极大值与极小值差值较大、方向性特征为从由河流水系向周围地区风险逐渐减小，波动性特征为不同地区的承灾体与孕灾环境不同，珠山区的风

险波动性最大，昌江区次之；从时间上看，城区洪涝灾害高风险地区面积逐年减小，眉部地区的洪涝灾害风险增加。



#### 4.1.1 洪涝灾害风险空间分异特征

(1) 风险差异性特征：城区的洪涝灾害风险在空间分布上呈现昌河东部沿岸地区、珠山区与洪源镇东部风险较大，西河以南的昌南拓展区与中心城区东北部风险较小的区域差异性特征。分析 2013 年洪涝灾害风险图可知，从城区局部来看，昌江河东岸沿线地区的风险较大，达到城区的洪涝灾害风险峰值 0.697，次之的为南河以北的吕蒙乡的山区，洪涝灾害风险值约为 0.62，并且以昌江为分界线呈现东高西低的风险变化趋势。吕蒙乡、鲇鱼山镇的风险值较低，风险值最低为 0.398。

(2) 风险方向性特征：城区的洪涝灾害风险以昌江的中心线为分界线，由昌江中心线向东西方向，由西河南河向南北方向延伸，向四周呈方向性辐射的逐渐递减。由 2013 年洪涝灾害风险图可知，昌江东岸的珠山区有沿岸最高的风险值 0.697 向西逐渐递减到湘湖镇边缘的 0.445，洪涝灾害风险值昌江西岸的由 0.536 随着距离减小到研究区域鲇鱼山镇边缘的 0.437，风险呈现方向性变化特征。

(3) 风险波动性特征：吕蒙乡的风险值波动最大，差值为 0.218，珠山区洪涝风险值波动性次之，差值为 0.153，珠山区的东北部风险值较小，珠山区南部、西南部，东部部分地区风险骤增，而昌江区以及昌江以西地区地势较高、居住人口稀疏、生产总值较小的区域，洪涝灾害风险值波动则较小。

景德镇市城区海拔高程差异较大，城区四周均为山脉，流域内多河网水域，水系发达，沟壑纵横，为洪涝灾害的致灾提供了先决条件。地形地势特征又导致区域经济发展的不均衡，珠江区、昌江区沿河的平坦地带，是经济发展较为迅速的区域，商业服务业的聚集吸引了更多的居民在此定居，人口密度也在不断增大，孕灾环境较为敏感又导致此区域洪涝灾害风险不断增大。而地势较高、交通不便利、发展也相对滞后的洪源镇与鲇鱼山镇，灾害风险也相对较小。区域的自然地理特征与社会经济特征影响区域的洪涝灾害风险，流域城市地区的洪涝灾害风险呈现差异性、方向性与波动性特征。

#### 4.1.2 洪涝灾害风险时间分异特征

景德镇市城区的洪涝灾害风险在时间上整体呈下降趋势。洪涝灾害风险平均值由 2010 年的 0.562 下降到 2013 年的 0.496。2010-2013 年的洪涝灾害风险值的最大值分别为 0.763、0.729、0.703、0.697，洪涝灾害高发地区的风险程度在变小，2012 年的洪涝灾害风险有一个上升趋势，因为鄱阳湖流域内 2012 年的降水在空间上分配极不平衡，这表明城市化地区的洪涝灾害风险对于降雨量的敏感性较强。珠山区东部的风险变小，昌江区西北部的几个乡镇与北部浮梁县地区洪涝灾害风险较小的区域面积变大，昌江沿岸东部的风险最大值 0.728 与沿岸西部风险最大值 0.654 从 2010 年分别降低为 0.625 与 0.604。城区东北部城镇化速度较慢的浮梁县的低风险地区呈扩散式变大，南部洪涝灾害风险整体变小。在昌江与珠山区、昌江区的相邻地带，风险值降低，城区西部风险值有小幅度的上升。时间变化上，高风险值的区域面积变化不大，但高风险区域更为集中，城区西南部的洪涝灾害风险值下降。

#### 4.1.3 洪涝灾害风险分析

为验证研究结果与实际情况是否相符，选取流域城市典型洪涝灾害实例进行对比分析。图 5 为 2016.6.19 景德镇特大洪涝灾害的洪水淹没图，比对景德镇洪涝灾害风险区划图发现，研究结果基本与实际洪涝灾害发生情况相符。图中可知沿昌江一带与沿南河区域为此次洪涝灾害的重灾区，由统计资料可知珠山区全区受灾人口为 12.8 万人，直接经济损失高达 45063 万元；浮梁县沿江地区淹没范围广，淹没历时较长，灾情比较严重；城区西南地区的丽阳乡淹没面积大，由于此地区为农村，经济损失较低，因此不在研究区域内。据图 4 显示，沿南河与沿昌江地带的高风险区域面积大，平均风险值高，尤其是受灾最严重的珠山区的平均风险值最高，昌江区次之，洪源镇与湘湖镇的洪涝灾害风险水平最低。昌江区有 6 个小区域受灾，其中有 5 处受灾严重地区均为社会经济发展快，人口密集，防灾减灾能力较弱的沿江地带，与前文的洪涝灾害风险空间分布特征基本相符。在城区西北部的洪源镇受淹面积较大，而风险区划图上的此地区风险水平较低，分析原因发现虽然此地区的地势海拔较低，靠近河流水系，但此地区处于城区的边缘地区，社会经济发展水平较低，地面建筑物较为分散，承灾体的密度小，地均产值较低，发生洪涝灾害后损失较小，因此此地区的洪涝灾害风险水平较低。



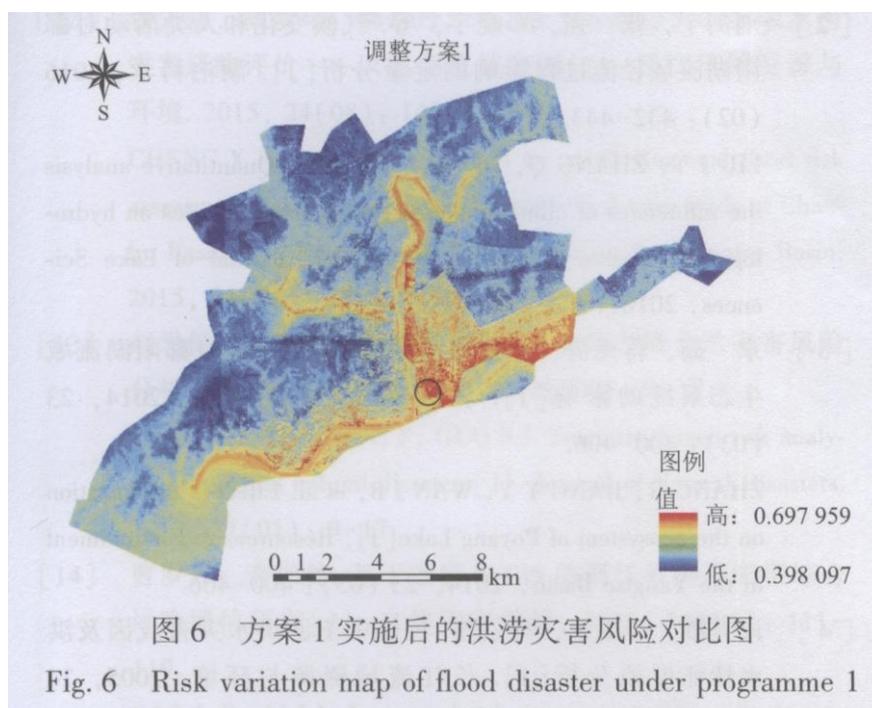
图 5 2016-06-19 景德镇市洪水淹没图  
Fig. 5 Flood inundation map on 19 June 2016

## 4.2 基于土地利用类型调整的洪涝灾害风险

根据上述洪涝灾害风险时空分异结果，为贯彻适度承担洪涝风险的风险管理理念，进而从流域内协调发展的角度，保障周边城市社会经济可持续发展，对城区内洪涝灾害风险较大的典型区域的土地利用类型进行因地制宜的调整，以2013年洪涝灾害风险图为调整依据，通过不同的假设条件重新计算洪涝灾害风险，并以此两个不同方案，提出土地利用类型调整的建议。

### 4.2.1 调整方案1下的景德镇市洪涝灾害风险变化

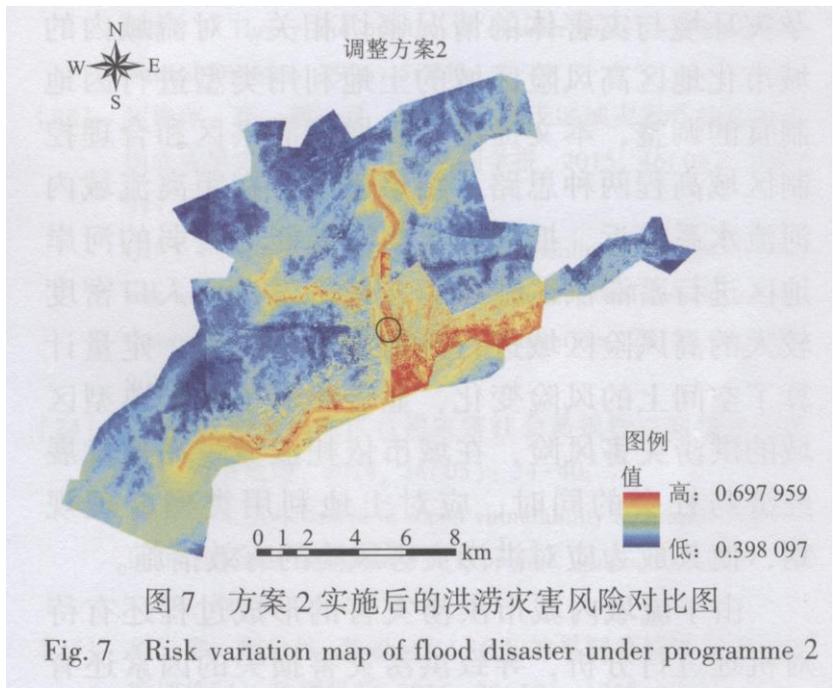
根据洪涝灾害风险评估结果，可知图6中圆框所示区域风险较高。该计划调整区域长度为504.8m，宽为1024.4m，面积约为0.335km<sup>2</sup>，高程在27.28~32.02m，位于昌江与沿江东路之间靠近南河的河岸地带与小南河北沿岸地带，区域内现状基本为田地，紧挨城区两大水系昌江、南河，地势低平，没有相关防洪排涝设施，抵御洪水内涝的能力较弱。此区域在流域暴雨中，地面积水汇聚迅速，而流域性的降雨迫使江河水位上升导致积水无法及时排入昌江与南河中，使得此区域极易受淹并且周边地区经常遭受洪涝灾害。综合考虑调控流域性洪水、区域周边雨水管网排水以及亲水功能需要，为了保证重点地区的防洪安全，减轻洪涝灾害损失，将流域城市的洪涝灾害防治与经济发展相结合，在符合城市规划前提下，拟将现状为田地的土地利用类型改变为湿地绿地，主要发挥蓄滞洪区的功能，发挥蓄洪功能时拟蓄洪水57.28万m<sup>3</sup>，影响区域面积约0.603km<sup>2</sup>，景观绿化占地面积约为0.1km<sup>2</sup>。对所示区域进行土地利用类型的调整，进行工程量较小的挖方工程，同时进行绿化布置，在非汛期期间，此区域可以供附近居民休憩散步，汛期期间发挥蓄滞洪区的功能。进行土地利用类型调整后，可知此地区的洪涝灾害风险明显降低，地面承灾体的变化以及区域发挥的功能可以尽量避免此地区以及周围地区的洪涝损失，由风险定量模型计算可知，平均洪涝灾害风险降低0.045，从流域内城市洪涝灾害的防灾减灾出发，该调整方式既可以在流域内更好发挥蓄滞洪区的功能，也降低了城区南河以北、昌江以东周边地区灾害风险，有效控制了局部的洪涝灾害风险，保障周边居民的人身与财产安全。



### 4.2.2 调整方案2下的景德镇市洪涝灾害风险变化

根据方案2实施前后的洪涝灾害风险评估结果，可知如图7中圆框所示区域，具有很高的洪涝灾害风险且风险聚集程度高。此区域位于昌江中游的东侧珠山区，南至浙江路，北至斗富弄的沿岸地带，拟计划调整地表面积为0.046km<sup>2</sup>，高程最低点仅为

32.75m, 包含 2 条弄堂 (戴家下弄, 麻石弄上弄), 1 条城市主干道 (珠山西路), 距离昌江堤防仅 10m 左右, 临江的建筑物低层主要是老城区居民住宅、商业服务业为主的店铺, 建筑物的密度较大, 资产聚集程度高, 人口密度大。流域内较大降雨的情况下, 此区域由外洪与内涝同时致灾, 排水管道老旧, 只能满足一年一遇以下降雨的排水需求, 流域降雨使得昌江水位升高, 导致雨水无法通过泵站进行外排, 有时造成江水倒灌, 老城区内居民住宅、店铺也并无防洪措施而被淹没, 2016.6.19 暴雨导致此地区的平均淹没深度达到 1.5m, 造成了严重的经济损失, 威胁着此地区的社会稳定与居民的生命安全。考虑到此区域是处于景德镇的中心位置的老城片区, 洪涝灾害发生时, 泵站与排水管线无法将雨水外排, 居民住宅房屋多为砖瓦房, 易损性强, 而商铺遭受洪灾损失后损失巨大, 为从灾害发生源头实施洪涝灾害风险管理, 拟进行因地制宜的土地利用类型调整以保证此区域的稳定与发展。由于此地区是景德镇市居民居住的重要区域, 因此将所示区域的基准面高程调整为 37.5m, 需调整面积约为 25706.66m<sup>2</sup>, 沿江 100m 内不新建建筑物, 土地利用类型更改为城市绿地, 居民住宅可调整住宅的基准标高, 低于基准面高程的空间不要居住及放置贵重财产。实施土地利用类型的策略调整后, 此地区的居民住宅与商铺可最大程度的免受洪涝灾害损失, 减小灾害风险。此区域现状为年代较长的居民房, 也有部分地区已经进行了拆迁, 可根据城市发展的水平与情况, 对此地区分阶段进行土地利用调整。利用评价模型对风险定量分析发现此地区洪涝灾害风险值降低了 0.039 (风险值由 0.610 降到 0.571), 沿岸地区洪涝灾害损失可在风险降低后得到有效控制, 同时减小了洪涝灾害对居民的影响。



## 5 结论

本文在认识鄱阳湖流域城市洪涝灾害风险形成过程的基础上, 从致灾因子、孕灾环境、承灾体与城市的防灾减灾能力 4 方面出发, 分别构建了危险性、敏感性、易损性与防灾减灾能力的指标体系, 利用层次分析法赋予指标权重, 并利用 GIS 对景德镇市城区的洪涝灾害进行空间分析与叠加计算, 构建了流域城市洪涝灾害风险评价模型, 进而对景德镇市城区洪涝灾害风险进行评价, 最后针对洪涝灾害风险较大的区域进行了土地利用类型的相关策略调整。

研究结果显示, 流域内城市洪涝灾害风险在空间分布上存在差异性、方向性、波动性的分异特征。昌江与南河交汇处东北部的沿岸地区受河网水域的影响较大, 地势低平, 经济产值高, 人口密度大, 发生洪涝灾害风险高, 而昌江区西北部、南部, 浮梁县东北部风险小, 空间差异特征明显。城区的洪涝灾害风险有着明显的由河流向四周递减的方向性特征, 昌江、南河、西河毗邻的昌江区, 珠山区沿岸分布着大量的商业设施与居民住宅, 建筑物密度大, 导致昌江东西沿岸的洪涝灾害风险大, 而距

离河岸较远地区,经济体稀疏,人口密度小的区域灾害风险急剧下降,存在波动性特征。在时间的演变上,洪涝灾害风险的变化对于致灾因子的敏感性强,2010~2013年景德镇市城区整体的洪涝灾害风险逐年减小,局部地区的洪涝灾害风险加剧。景德镇市城区总体洪涝灾害风险值下降,而珠山区部分区域的风险程度加剧,此结果与流域内不平衡的降雨情况、孕灾环境与灾害体的情况密切相关。对流域内的城市化地区高风险区域的土地利用类型进行因地制宜的调整,本文提出了新增蓄滞洪区和合理控制区域高程两种思路。结果表明,在距离流域内河流水系较近,抵御洪水内涝的能力较弱的河岸地区进行蓄滞洪区建设;在经济发达,人口密度较大的高风险区域进行竖向高程的调整,定量计算了空间上的风险变化,显著降低了两个典型区域的洪涝灾害风险,在城市依托流域带高速发展经济与社会的同时,应对土地利用类型合理规划,使其成为应对洪涝灾害风险的有效措施。

由于流域内城市洪涝灾害的形成过程还有待对机理进行分析,导致洪涝灾害损失的因素还有很多,处于对数据获取难易程度的考虑,本文只选取了一些可以获得的指标数据,指标的选取还不够完善,还应考虑动态变化指标下的流域内城市洪涝灾害风险,研究的时间尺度为2010~2013年,时间跨度较短,对于流域气候变化的说服力不足,应考虑长时间序列数据进而全面、综合地反映流域内城市化地区洪涝灾害风险的时空演变轨迹。本文对风险较高的典型区域进行了土地利用类型调整,城区其他各区域可根据风险区划图做因地制宜的改变,未来也可将土地利用类型调整作为突破口,进一步研究不同流域内城市洪涝灾害防治的应对策略。

#### 参考文献:

[1] 熊平生. 鄱阳湖区洪涝灾害成因和减灾策略[J]. 人民黄河, 2010(10): 26-28.

[2] 刘剑宇,张强,邓晓宇,等. 气候变化和人类活动对鄱阳湖流域径流过程影响的定量分析[J]. 湖泊科学, 2016(02): 432-443.

LIU J Y, ZHANG Q, DENG X Y, et al. Quantitative analysis the influences of climate change and human activities on hydro-logical processes in Poyang Basin [J]. Journal of Lake Sciences, 2016(02): 432-443.

[3] 章茹,蒋元勇,万金保,等. 城镇化过程对鄱阳湖流域生态系统的影响[J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(03): 400-406.

ZHANG R, JIANG Y Y, WAN J B, et al. Effect of urbanization on the ecosystem of Poyang Lake [J]. Resources & Environment in the Yangtze Basin, 2014, 23(03): 400-406.

[4] 许有鹏,于瑞宏,马宗伟. 长江中下游洪水灾害成因及洪水特征模拟分析[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(05): 638-643.

XU Y P, YU R H, MA Z W. Analysis on the cause of formation of flood disaster and flood characteristics in the middle and lower reaches of the Yangtze River [J]. Resources & Environment in the Yangtze Basin, 2005, 14(05): 638-643.

[5] GUO H, HU Q, JIANG T. Annual and seasonal streamflow responses to climate and land-cover changes in the Poyang Lake basin, China [J]. Journal of Hydrology. 2008, 355(1-4): 106-122.

[6] HALLEGATTE S, GREEN C, NICHOLLS R J, et al. Future flood losses in major coastal cities [J]. Nature Climate Change, 2013, 3(9): 802-806.

[7] 程江,杨凯,刘兰岚,等. 上海中心城区土地利用变化对区域降雨径流的影响研究[J]. 自然资源学报, 2010, 25(06): 914-925.

---

CHENG J, YANG K, LIU L L, et al. Impact of 60 years land use change on rainfall-runoff in central Shanghai [ J ]. Journal of Natural Resources, 2010, 25(06) : 914-925.

8 ]国家防汛抗旱总指挥部, 中华人民共和国水利部. 中国水旱灾害公报(2016) [M]. 北京: 中国地图出版社, 2017.

[9 ]袁艺, 史培军, 刘颖慧, 等. 土地利用变化对城市洪涝 灾害的影响[J]. 自然灾害学报. 2003, 12(03): 6-13.

YUAN Y, SHI P J, LIU Y H, et al. Impact of land use change on urban flood disaster[ J]. Journal of Natural Disasters. 2003, 12(03) : 6-13.

[10] 程先富, 戴梦琴, 郝丹丹. 区域洪涝灾害风险评价研究进 展[J]. 安徽师范大学学报(自然科学版). 2015, 38(01): 74-79.

CHENG X F, DAI M Q, HAO D D. Research progress on re-gional flood risk assessment [ J ]. Journal of Anhui Normal University. 2015, 38(01): 74-79.

[11] 张正涛, 高超, 刘青, 等. 不同重现期下淮河流域暴 雨洪涝灾害风险评价[J]. 地理研究. 2014, 33(07): 1361 -1372.

ZHANG Z T, GAO C, LIU Q, et al. Risk assessment on storm flood disasters of different return periods in Huaihe River Basin [J]. Geographical Research. 2014, 33(07) : 1361-1372.

[12] 程先富, 戴梦琴, 郝丹丹, 等. 基于情景分析的区域洪涝 灾害风险评价——以巢湖流域为例[J]. 长江流域资源与 环境. 2015, 24(08) : 1418-1424.

CHENG X F, DAI M Q, HAO D D, et al. Regional flood riskassessment based on scenario analysis A case study of Chao-hu Basin [ J ]. Resources & Environment in the Yangtze Basin. 2015, 24(08) : 1418-1424.

[13] 赵思健, 黄崇福, 郭树军. 情景驱动的区域自然灾害风险 分析[J]. 自然灾害学报, 2012, 21(01) : 9-17.

ZHAO S J, HUANG C F, GUO S J. Scenario-driven risk analy-sis of regional natural disasters [ J ]. Journal of Natural Disasters. 2012, 21(01) : 9-17.

[14] 曹罗丹, 李加林. 基于遥感与 GIS 的浙江省洪涝灾害综合 风险评估研究[J]. 自然灾害学报, 2015, 24(04): 111- 119.

CAO L D, LI J L. Integrated risk assessment of flood disaster in Zhejiang Province based on RS and GIS[ J]. Journal of Natural Disasters, 2015, 24(04) : 111-119.

[15] 段光耀, 赵文吉, 宫辉力. 基于遥感数据的区域洪涝风险 评估改进模型[J]. 自然灾害学报, 2012, 21(04): 57-61.

DUAN G Y, ZHAO W J, GONG H L. Improved model of re-gional flood disaster risk assessment based on remote sensing da- ta[J]. Journal of Natural Disasters, 2012, 21(04) : 57-61.

[16] 黄诗峰. 遥感技术在我国洪涝灾害监测评估中的应用[J]. 中国减灾, 2013, 23(24) : 36-37.

---

[17] 罗培, 张天儒, 杜军. 基于 GIS 和模糊评价法的重庆 洪涝灾害风险区划[J]. 西华师范大学学报(自然科学版), 2007, 28(02) : 165-171.

LUO P, ZHANG T R, DU J. GIS and hazy evaluation method based on hazard evaluation for flood disaster Taking Chongqing as an example [ J ]. Journal of China West Normal University, 2007, 28(02) : 165-171.

[18] 戴娟, 潘益农, 刘青, 等. 改进的 AHP 在县域尺度暴雨洪涝风险评价的应用[J]. 气象科学. 2014, 34(04): 428-434.

DAI J, PAN Y N, LIU Q, et al. Application of improved AHP in county-scale rainstorm and flood risk assessment [ J ]. Journal of the Meteorological Sciences, 2014, 34(04) : 428-434.

[19] 梁玉莲, 黄丹萍, 黎美宏, 等. 基于 GIS 的南宁市暴雨洪涝灾害风险评估与区划[J]. 气象科技, 2013, 41(05): 934-939.

LIANG Y L, HUANG DP, LI M H, et al. GIS-based assessment and zoning of rainstorm and flooding disaster risk in Nan-ning [ J ]. Meteorological Science & Technology, 2013, 41 (05) : 934-939.

[20] 尹占娥, 许世远, 殷杰, 等. 基于小尺度的城市暴雨内涝灾害情景模拟与风险评估[J]. 地理学报, 2010, 65(05) : 553-562.

YIN Z E, XU S Y, YIN J, et al. Small-scale based scenario modelling and disaster risk assessment of urban rainstorm water logging [J]. Acta Geographica Sinica, 2010, 65(05) : 553 - 562.

[21] 周江, 陈鲍发, 黄龙飞. 景德镇市致洪暴雨的特点与气象服务的思考[J]. 江西科学, 2017, 35(05): 738-742.

ZHOU J, CHEN B F, HUANG L F. Characteristics of flood-caused rainstorms and thoughts on meteorological services [ J ]. Jiangxi Science, 2017, 35(05) : 738-742.

[22] 史培军. 再论灾害研究的理论与实践[J]. 自然灾害学报, 1996, 5(04) : 8-19.

SHI P J. Theory and practice of disaster study [ J ]. Journal of Natural Disasters. 1996, 5(04) : 8-19.

[23] 屈艳萍, 高辉, 吕娟, 等. 基于区域灾害系统论的中国农业旱灾风险评估[J]. 水利学报, 2015, 46(08) : 908-917.

QU Y P, GAO H, LU J, et al. Agricultural drought disaster risk assessment in China based on the regional disaster system theory [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2015, 46(08): 908-917.

[24] 闫绪娴. 中西部地区自然灾害社会易损性空间特征分析 [J]. 经济地理, 2014, 34(05): 34-40.

YAN X X. Assessment of social vulnerability to natural disasters in the Midwest of China [J]. Economic Geography, 2014, 34 (05) : 34-40.

[25] 程先富, 郝丹丹. 基于 OWA-GIS 的巢湖流域洪涝灾害风险评估[J]. 地理科学. 2015, 35(10) : 1312-1317.

CHENG X F, HAO D D. Flood risk assessment in Chaohu Basin based on OWA - GIS [ J ]. Scientia Geographica Sinica,

---

2015, 35(10) : 1312-1317.

[26] 唐波, 刘希林, 李元. 珠江三角洲城市群灾害易损性 时空格局差异分析[J]. 经济地理, 2013, 33(01): 72-78. TANG B, LIU X L, LI Y. Hazard vulnerability analysis of the spatial temporal pattern differences in Pearl River Delta urban agglomerations[ J ]. Economic Geography, 2013 , 33(01) : 72 -78.