

侯淑梅,郝家学,仲光崑,等.东营市河口区暴雨洪涝灾害风险区划初步分析[J].暴雨灾害,2011,30(3):260-265

## 东营市河口区暴雨洪涝灾害风险区划初步分析

侯淑梅<sup>1</sup>,郝家学<sup>1</sup>,仲光崑<sup>1</sup>,万文龙<sup>1</sup>,李玉平<sup>2</sup>,林杰星<sup>2</sup>,李建明<sup>1</sup>

(1.山东省东营市气象局,东营 257091;2.山东省东营市河口区气象局,河口 257200)

**摘要:**使用 1992—2010 年山东省东营市河口区气象站及区域自动站降水量资料、各乡镇人口和经济资料、地理信息以及灾情普查资料,分析河口区暴雨气候特征和灾害特征;在此基础上,基于 GIS 技术和百分位数、专家打分、层次分析、加权综合评价 4 种数据处理方法,计算各地暴雨洪涝风险系数,对该区暴雨洪涝灾害风险区划进行初步分析。结果表明,近 19 年,该区暴雨主要集中在夏季,最早出现在 5 月,最晚出现在 9 月,年暴雨频数最多达 4 次,日降水量  $\geq 50$  mm 的暴雨日数为 33 d,最大日降水量为 167.5 mm;该区暴雨洪涝风险西南高、东北低,其中西南部、南部以高风险区和次高风险区为主,北部、东部以低风险区和次低风险区为主;位于该区西南部的义和镇暴雨洪涝风险最大,新户镇和六合街道办事处次之,位于该区东部的仙河镇风险最小。

**关键词:**暴雨洪涝灾害;风险指数;风险区划;GIS 技术

中图分类号:P426.616:X820.4 文献标识码:A 文章编号:1004-9045(2011)03-0260-06

### Tentative Discussion on Risk Regionalization of Rainstorm Flood Disaster in Hekou District of Dongying City

HOU Shumei<sup>1</sup>, HAO Jiayue<sup>1</sup>, ZHONG Guangwei<sup>1</sup>, WAN Wenlong<sup>1</sup>, LI Yuping<sup>2</sup>, LIN Jiexing<sup>2</sup>, LI Jianming<sup>1</sup>

(1.Dongying Meteorological Office of Shandong Province, Dongying 257091;

2.Hekou district Meteorological Station of Shandong Province, Hekou 257200)

**Abstract:** The precipitation data from 1992 to 2010 of Hekou meteorological station and its regional automatic weather stations, population and economy data from all the towns, geographic information and disaster census data have been employed to analyze the climatic and disaster characteristics of rainstorm in Hekou. In addition, tentative discussion on risk regionalization of rainstorm flood disaster in Hekou district is performed with the GIS technology and the four methods of data processing such as percentile method, expert scoring method, analytic hierarchy process (AHP), weighted comprehensive evaluation and the risk coefficient of rain storm flood. The results indicate that rainstorms in Hekou occur mainly in summer in the latest 19 years, and the earliest rain storms is in May but the latest one in September. Annual rainstorm frequency is up to 4 times, and rainstorm days with over 50 mm daily precipitation is 33 days, the daily maximum precipitation is 167.5 mm. There is higher risk of rainstorm flood in the southwestern parts of Hekou and lower in the northeastern parts of Hekou, whereas those high and the secondary high risk zones primarily locate in the southern or southwestern parts of Hekou and low and the secondary low risk zone in the northern and eastern parts of Hekou. There is the greatest risk of rainstorm flood in Yihe town in the southwestern Hekou, and next to it is in Xinhutown and Liuhe sub-district offices, and the least one is in Xianhe town in the eastern part of Hekou.

**Key words:** rainstorm flood disaster; risk index; risk regionalization; GIS technology

### 0 引言

东营市河口区位于山东省北部、黄河三角洲尾端;地势南高北低,地面坡降平缓;地表浅层土壤母质主要是黄河冲积物,主要地貌类型有缓岗和河滩高

地、浅平洼地、微斜平地、海滩地。1984—2009 年气象灾害整编资料显示,暴雨洪涝是河口区主要气象灾害,多集中在夏季,年暴雨日数 1.8 d;暴雨洪涝灾害平均每 1.5 年发生一次,其灾害次数最多的是 1990 年和 2003 年,均发生 4 次;其造成损失大多在 1 000 万

收稿日期:2011-02-21;定稿日期:2011-07-30

资助项目:山东省科技发展计划项目“山东省极端灾害性天气特征分析及临近预警技术研究”(2009GG10008001)

第一作者:侯淑梅,女,1970 年生,高级工程师,主要从事天气预报及天气气候研究工作. E-mail: shmh0808@163.com

元以上,其中损失最大的是 2003 年 7 月 31 日暴雨洪涝灾害,直接经济损失达 7 200 余万元。近 10 年来,气象灾害风险分析与风险管理在防灾减灾中的作用和地位日益突显<sup>[1]</sup>。许多科技工作者对各类气象灾害风险区划进行了研究<sup>[2-8]</sup>,如袁湘玲等<sup>[2]</sup>利用层次分析法对黑龙江省雷电灾害进行风险区划,形成该省雷电灾害区划。张京红等<sup>[3]</sup>基于 GIS 技术对海南岛暴雨洪涝灾害作风险区划,得到海南岛暴雨洪涝灾害风险区划图。张会等<sup>[4]</sup>基于 GIS 技术对辽河中下游地区暴雨洪涝灾害进行风险评估与区划研究,绘制出该地区洪涝灾害风险区划图。

以上成果大都针对省级或区域等较大范围气象灾害,风险区划最小单元往往是市或县,致灾因子危险性一般采用暴雨频次作为主要参考,对区划理论方法阐述较多,对实际数据处理论述较少。本文基于 GIS 技术,利用河口区气象站和区域自动站降水量资料、灾情资料,结合该区土地利用类型及各乡镇 2009 年社会经济数据,将各类数据插值在 1 000 m×1 000 m 网格上,计算各地暴雨洪涝风险系数,对该区暴雨洪涝灾害进行风险区划,最后绘制河口区暴雨洪涝风险区划图。

### 1 资料与方法

#### 1.1 资料来源

本文使用的资料包括: 1) 1992—2010 年河口区气象站以及 2006—2010 年河口区内 10 个区域自动气象站逐日降水量资料; 2) 1980—2010 年河口区灾情普查资料; 3) 2009 年河口区土地利用类型及 7 个乡镇(或街道)人口和经济数据,包括土地面积、耕地面积、人口、国民生产总值等,此资料分别来源河口区统计局和土地局; 4) 河口区 1:10 万地理信息数据。

#### 1.2 研究方法

##### 1.2.1 主要思路

研究中采用百分位数法、专家打分法、层次分析法、加权综合评价法 4 种数据处理方法<sup>[3-4,9-11]</sup>,分别计算过程降水量、土地利用类型脆弱性、承灾体易损性和暴雨洪涝灾害风险指数等。

气象灾害风险系统由致灾因子危险性和承灾体易损性构成,承灾体易损性包括物理暴露、灾损敏感性和防灾减灾能力三部分<sup>[1]</sup>。因此,本文在进行暴雨洪涝风险区划时着重考虑致灾因子危险性、物理暴露、灾损敏感性和防灾减灾能力四个方面,其中致灾因子危险性主要依据不同等级过程降水量计算得出暴雨洪涝指数;物理暴露是指以河网密度和河流缓冲区为主的孕灾环境敏感性,由于河口区地势平缓,所以此项中忽略地势坡度;承灾体灾损敏感性主要考虑土地利

用类型、地均人口、地均 GDP 和地均耕地面积 4 项,本文将其作为承灾体易损性;防灾减灾能力主要考虑人均 GDP 和灌排能力 2 项。首先,对以上各项将所有数据进行 0—1 规范化处理,再采取专家打分、层次分析、加权综合评价确定权重(图 1);然后,将所有处理后的数据插值到河口区 1 000 m×1 000 m 网格地图上;第三,按照式(1)计算每个网格点暴雨洪涝灾害风险指数(I):

$$I=0.45I_1+0.1I_2+0.35I_3+0.1(1-I_4) \tag{1}$$

式(1)中,  $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$ 、 $I_4$  分别为致灾因子危险性指数、孕灾环境敏感性指数、承灾体易损性指数和防灾减灾能力指数。最后,利用 GIS 中自然断点分级法,将暴雨洪涝风险指数(I)分为 5 个等级,绘制出河口区暴雨洪涝灾害风险区划图。

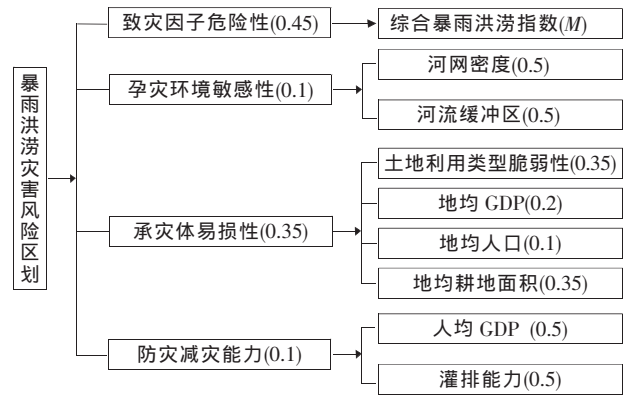


图 1 山东省河口区暴雨洪涝灾害风险评价指标及权重(各项括号中数据)

县级灾害风险区划与省级、地市级风险区划最重要的区别在于所使用资料的时空分辨率不同。县级灾害风险区划在空间尺度上,降水和各种经济、人口数据大都以乡镇为计量单元,其分辨率较低,即使对其进行网格插值,也易出现均一化现象。本文通过精细化土地利用类型分析暴雨洪涝灾害的脆弱性,使承灾体脆弱性的空间分辨率有所提高。时间尺度上,长序列降水资料仅河口区气象站才有,其它 10 个区域自动站只有近 5 年资料,难以满足对暴雨频次气候统计的需要。本文利用回归方法,以河口区气象站为基准,将 10 个区域自动站降水资料延长到与之资料相同长度即 1992—2010 年,这解决了资料时间分辨率不高的问题。

##### 1.2.2 承灾体脆弱性的精细化

本文利用河口区 1:100 000 地理信息数据,根据《土地利用现状分类》国家一级分类标准以及各类土地利用类型对暴雨洪涝灾害的敏感程度,将河口区各种土地利用类型合并为居民用地、城镇用地、水域、交通用地、农业用地、林地草地、盐田和其它用地 8 类。利用专家打分和层次分析法得到 8 类土地利用类型对暴雨洪涝的脆弱性因子系数,将各种土地利用类型

插值到 1 000 m×1 000 m 网格上, 利用面积权重内插法计算每个网格的承灾体对暴雨洪涝灾害的脆弱性系数。其计算模型的建立步骤如下<sup>[12]</sup>:

首先, 将河口区地图网格化为 1 000 m×1 000 m 栅格, 每个网格内包含多种土地利用类型。假设一个网格单位内土地利用类型分别为 A、B、C、D, 则每个类型对暴雨洪涝灾害的脆弱性因子系数分别为  $J_A$ 、 $J_B$ 、 $J_C$ 、 $J_D$ 。网格中 A、B、C、D 的面积比例分别为  $S_A$ 、 $S_B$ 、 $S_C$ 、 $S_D$ 。这一网格单元内的承灾体脆弱性系数( $J$ )可表达为:

$$J=J_A S_A+J_B S_B+J_C S_C+J_D S_D \quad (2)$$

然后, 计算河口区内所有网格的承灾体脆弱性系数  $J_i$  ( $i$  表示第  $i$  个网格), 可得到河口全区以精细化网格为评价单元的承灾体脆弱性分布数据。

## 2 河口区暴雨气候及灾害特征

河口区出现的大多数洪涝灾害由降水量过大造成, 尤其是大暴雨或连续性强降水。河口区暴雨主要集中在夏季。统计该区 1992—2010 年气象资料表明, 近 19 年, 日降水量( $R_{24}$ ) $\geq 25$  mm(大雨)的日数为 115 d,  $R_{24}\geq 38$  mm(大到暴雨)的日数为 55 d,  $R_{24}\geq 50$  mm(暴雨)的日数为 33 d; 暴雨最早出现在 5 月, 即 1992 年 5 月 6 日,  $R_{24}$  为 50.5 mm; 暴雨最晚出现在 9 月, 即 2003 年 9 月 4 日,  $R_{24}$  为 51.1 mm; 最大日降水量(167.5 mm)出现在 1997 年 8 月 20 日; 年平均暴雨、大到暴雨和大雨日数分别为 1.7、2.9、6.1 d; 大雨最早出现在 2 月, 即 1998 年 2 月 19 日( $R_{24}$  为 33.9 mm), 最晚出现在 11 月, 即 1993 年 11 月 12 日( $R_{24}$  为 30.5 mm)。

河口区暴雨并非每年发生。图 2 给出该区 1992—2010 年近 19 年暴雨、大到暴雨、大雨频次逐年变化。从中可见, 暴雨频次最多的是 1998、2003 年, 达 4 次, 也有四年(1996、1999、2001、2002 年)未出现暴雨; 大到暴雨频次最多的是 1995 年, 为 8 次, 仅一年(1999 年)未出现大到暴雨; 大雨每年均有出现, 频次最多的是 2004 年, 达 12 次, 最少的是 2008 年, 仅 1 次。

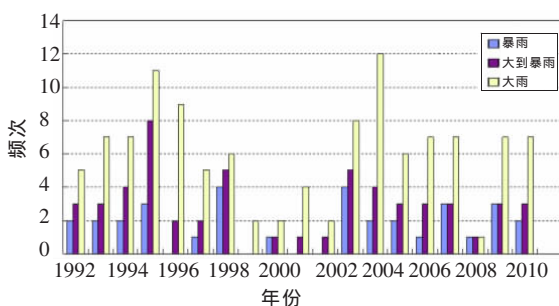


图 2 1992—2010 年河口区暴雨、大到

暴雨、大雨频次年际变化

灾情资料显示, 1984—2009 年河口区共发生暴雨洪涝灾害 16 次, 其中全区性、区域性暴雨洪涝灾害分

别为 13 次和 3 次, 3 次区域性暴雨洪涝灾害分别于 1995 年 6 月 22 日发生在新户镇、六合街道办事处, 1996 年 8 月 10—11 日发生在新户镇, 2003 年 7 月 25 日发生在六合街道办事处。根据中国气象局《气象灾情收集上报调查和评估规定》, 直接经济损失在 100—1 000 万元之间的为小型气象灾害, 在 1 000 万元—1 亿元之间的为中型气象灾害, 达到或超过 1 亿元的为大型气象灾害, 上述 16 次灾害中, 记录有直接经济损失的 12 次, 其中小型、中型、大型气象灾害分别为 3、9、0 次; 造成直接经济损失最大的暴雨洪涝灾害发生在 2003 年 7 月 31 日, 当日全区平均降水量 140 mm, 单站最大降水量达 182.8 mm, 此次灾害造成直接经济损失达 7 200 余万元, 其中农业直接经济损失 6 736.4 万元。暴雨洪涝灾害次数最多的是 1990、2003 年, 均出现 4 次, 其中 1990 年 3 次灾害累计经济损失为 11 195 万元(有一次无直接经济损失数据), 2003 年 4 次灾害累计经济损失达 12 677.6 万元。

## 3 河口区暴雨洪涝风险区划

### 3.1 致灾因子危险性

致灾因子危险性指气象灾害异常程度, 主要由气象致灾因子活动规模(强度)和频次(概率)决定。一般致灾因子强度越大、频次越高, 气象灾害造成的破坏损失越重, 气象灾害风险也越大。短时强降水或持续强降水均可造成洪涝灾害。因此, 本文以暴雨过程为对象, 将日降水量、连续降水日数、暴雨发生概率合成为暴雨洪涝指数, 以之作为暴雨洪涝危险性区划的指标。

根据河口区 10 个区域自动气象站 2006—2010 年降水序列, 与该区常规气象观测站同期降水资料进行非线性统计相关分析, 将区域站数据延长到与常规站样本相同长度。建立回归模型时, 分别建立一元线性、一元二次、一元三次回归方程, 并进行效果检验, 选取效果较好的方程供分析使用, 最后得到 9 个一元二次、1 个一元三次方程。10 个方程的判定系数在 0.47~0.68 之间, 有 6 站判定系数大于 0.50。考虑到在河口区一是存在跨日强降水过程, 按日统计降水量不足暴雨量级, 但过程降水量仍较大, 二是连续性降水单日降水量虽达不到暴雨, 但连续 10 多小时以上降水仍可能造成灾害, 因此本文暴雨洪涝灾害选取样本的阈值定为日降水量 $\geq 25$  mm。

统计各站 1992—2010 年降水资料, 以连续降水日确定为一次降水过程, 一旦某日无降水则认为该过程结束, 并要求该过程中至少有一天降水量 $\geq 25$  mm, 最后将各日降水量累加作为过程降水量。根据连续 1、2、3、…、10 天(10 天以上均按 10 天处理)的暴雨过程

雨量, 分别按不同天数暴雨过程逐站计算过程雨量, 然后将全区所有台站同时间长度雨量样本汇总, 由低至高排序, 统计第 95、第 90、第 80、第 70、第 60 百分位数的降水量值, 得到各站雨量 1、2、3、4、5 级范围, 其对应的百分位数分别为 60%~70%、70%~80%、80%

~90%、90%~95%、≥95%。考虑到百分位数越高, 可能造成的气象灾害越严重, 本文先按等概率选取了 60~90 百分位数, 再在 90 百分位以上又增加 95 百分位, 以期能更好地表现强降水可能造成的暴雨洪涝灾害。表 1 给出河口区常规气象观测站雨量等级范围。

表 1 按不同百分位数统计的河口区常规气象观测站雨量等级范围

连续天数	雨量等级(百分位数)				
	1 级(60%~70%)	2 级(70%~80%)	3 级(80%~90%)	4 级(90%~95%)	5 级(≥95%)
1	39.0 ≤ R < 49.2	49.2 ≤ R < 56.6	56.6 ≤ R < 80.0	80.0 ≤ R < 96.6	R ≥ 96.6
2	52.3 ≤ R < 59.0	59.0 ≤ R < 66.0	66.0 ≤ R < 85.0	85.0 ≤ R < 106.0	R ≥ 106.0
3	60.6 ≤ R < 70.7	70.7 ≤ R < 104.2	104.2 ≤ R < 110.7	110.7 ≤ R < 148.6	R ≥ 148.6
4	61.7 ≤ R < 66.9	66.9 ≤ R < 81.8	R ≥ 81.8	/	/
5	128.0 ≤ R < 159.7	159.7 ≤ R < 183.0	183.0 ≤ R < 219.7	R ≥ 219.7	/
6	155.4 ≤ R < 160.3	R ≥ 160.3	/	/	/

注: R 为过程雨量, 单位为 mm; “/”表示因样本较少, 无值; 统计样本中无连续 7~10 天暴雨过程

从表 1 中可见, 河口区大雨日最多有连续 6 天的降水, 其中连续 3 天以内的降水可得到 60、70、80、90、95 百分位数, 连续 4 天以上的降水过程因样本数较少(小于 10), 只能得到部分百分位数; 从各连续降水日数的百分位看到, 60 百分位从连续 1 天降水的 39 mm 到连续 6 天降水的 160.3 mm, 其连续降水日数越多, 降水量越大, 造成灾害可能越大; 其它百分位同理, 连续 5 天降水的 60 百分位的降水量为 128.0 mm, 90 百分位的降水量达 219.7 mm。

统计各站不同强度暴雨洪涝过程次数, 得到各站 5 级暴雨洪涝指数  $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$ 、 $M_4$ 、 $M_5$ , 其分别为表 1 中不同百分位对应的 5 个等级暴雨洪涝指数; 将 5 级洪涝指数按式(2)给予不同权重, 得到河口区综合暴雨洪涝指数( $M$ ):

$$M = 0.40M_5 + 0.25M_4 + 0.20M_3 + 0.10M_2 + 0.05M_1 \quad (2)$$

由于式(2)综合考虑了降水强度、持续降水时间以及暴雨发生概率, 这样就可将  $M$  作为致灾因子危险性指数( $I_1$ ); 再利用自然断点分级法, 将  $I_1$  分为 5 级; 最后, 基于 GIS 技术, 绘制河口区暴雨洪涝危险性区划图(图 3)。

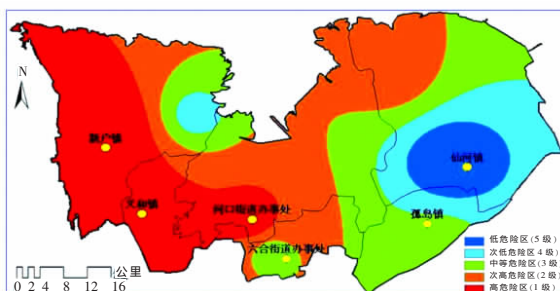


图 3 河口区暴雨洪涝危险性分区图

由图 3 可见, 河口区暴雨洪涝危险性总体上由西向东依次降低; 暴雨洪涝高危险区(1 级)位于新户镇西部、义和镇大部、河口街道办事处西部; 次高危险区(2 级)位于河口街道办事处北部、仙河镇西北部; 中等危险区(3 级)位于新户镇东部、六和街道办事处南部、孤岛镇中南部; 低(5 级)、次低(4 级)危险区均在仙河镇南部。

### 3.2 孕灾环境敏感性

孕灾环境指孕育暴雨灾害的自然环境, 如地形、地质、土壤、植被、水系等。孕灾环境敏感性指受暴雨洪涝灾害威胁的所在地区外部环境对灾害或损害的敏感程度。在同等强度灾害下, 敏感程度越高, 气象灾害造成的破坏损失越重, 气象灾害风险也越大。根据河口区地面坡降平缓的自然地理特点, 本文忽略地势坡度, 主要考虑河网密度和河流缓冲区两个因子。将其数据规范化处理后, 分别按 0.5 的权重计算得到各网格点(1 000 m×1 000 m)孕灾环境的敏感性指数( $I_2$ )。然后, 利用 GIS 中自然断点分级法绘制河口区暴雨洪涝孕灾环境敏感性区划图(图 4)。

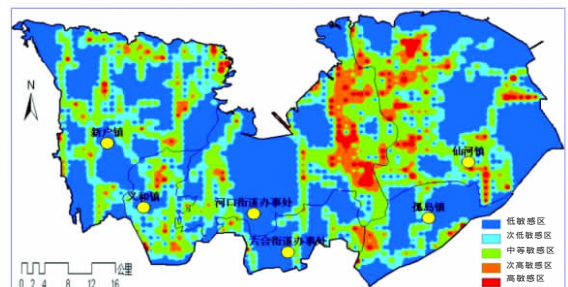


图 4 河口区暴雨洪涝孕灾环境敏感性分区图

由图 4 可知, 河口区暴雨洪涝中、高孕灾环境敏感区主要分布在河流附近, 河口街道办事处东部和仙

河镇西部敏感性较高,在大面积中等敏感区内镶嵌许多块状次高和高敏感区;新户镇、义和镇和河口街道办事处西部,在大范围低敏感区内分布着南北向条状中等敏感区,其中还镶嵌星星点点次高敏感区;其它大部分地区以低或次低敏感区为主。

### 3.3 承灾体易损性分析

承灾体易损性指可能受到暴雨灾害威胁的所有人员和财产的伤害或损失程度,如人员、牲畜、房屋、农作物、生命线等。一个地区人口和财产越集中,易损性越高,可能遭受的潜在损失越大,气象灾害风险也越大。暴雨灾害并不一定造成暴雨洪涝风险,因其作用对象是承灾体,承灾体对灾害的反应表现为承灾体的易损性,它与给定区域内的人口、财产、土地利用类型等因素有关。一般来说,承灾体易损性越低,气象灾害可能造成的损失越小,气象灾害风险也越小;反之亦然。同样的暴雨洪涝灾害对不同下垫面造成的破坏不同,如同样的暴雨洪涝对农业用地造成的损失一般大于对草地造成的损失。因此,分析承灾体易损性,首先分析不同土地利用类型对暴雨洪涝灾害的脆弱性,即分析各承灾体对暴雨洪涝灾害的承受能力。本文利用第 1.2.2 节中的方法计算得到精细化土地利用类型对暴雨洪涝灾害的脆弱性数据。根据河口区地理和经济特点,选用的易损性指标主要是地均 GDP、地均人口、地均耕地面积以及不同土地利用类型的脆弱性,将上述各因子进行 0—1 规范化处理后插值到 1 000 m×1 000 m 网格点上;再根据图 1 中的权重系数,计算得到暴雨洪涝灾害的承灾体易损性指数( $I_3$ );最后,利用 GIS 绘图得到河口区暴雨洪涝灾害承灾体易损性 5 级分区(图 5)。

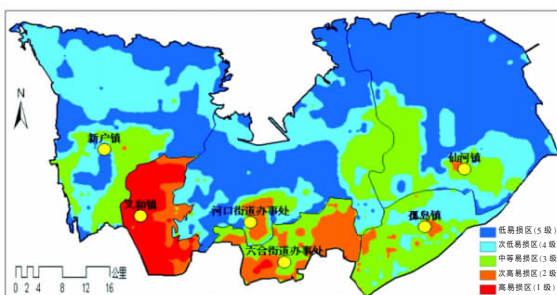


图 5 河口区暴雨洪涝承灾体易损等级分区图

由图 5 中可知,暴雨洪涝承灾体高易损区(1 级)位于该区西南的义和镇;次高易损区(2 级)位于该区南部的六合街道办事处;中等易损区(3 级)位于孤岛镇、仙河镇南部及新户镇南部;次低易损区(4 级)在新户镇北部、仙河镇东南部、河口街道办事处北部及孤岛镇北部等地;低易损区(5 级)在仙河镇北部、河口街道办

处及新户镇部分地区;总体上,全区暴雨洪涝承灾体易损性从南到西南部较高,从北到东北部较低。

### 3.4 防灾减灾能力

防灾减灾能力指受灾对气象灾害的抵御和恢复程度,包括应急管理能力、减灾投入资源准备等。防灾减灾能力越强,可能遭受的潜在损失越小,气象灾害风险也越小。本文根据河口区防灾特点,主要考虑人均 GDP 和灌排能力两个因子,分别赋予 0.5 的权重系数,将其数据 0—1 化处理后插值到网格点上,就可计算防灾减灾能力指数( $I_4$ )。需要说明的是,各地灌排能力暂无具体数据,本文根据实地调查并结合专家打分对不同区域赋予相应权重。

### 3.5 暴雨洪涝灾害风险区划

在对上述致灾因子危险性、孕灾环境敏感性、承灾体易损性、防灾减灾能力等进行定量分析评价的基础上,构建灾害风险评估模型;然后,借助 GIS 空间分析与地图制作功能,将风险区划分为若干等级,再对暴雨洪涝灾害风险进行区划。综合上述分析结果,分别得到致灾因子危险性指数( $I_1$ )、孕灾环境敏感性指数( $I_2$ )、承灾体易损性指数( $I_3$ )和防灾减灾能力指数( $I_4$ );然后,按照式(1),计算每个网格点暴雨洪涝灾害风险指数( $I$ );最后,利用 GIS 中自然断点分级法将暴雨洪涝灾害风险指数  $I$  分为 5 个等级,再基于 GIS 技术绘制河口区暴雨洪涝灾害风险区划图(图 6)。

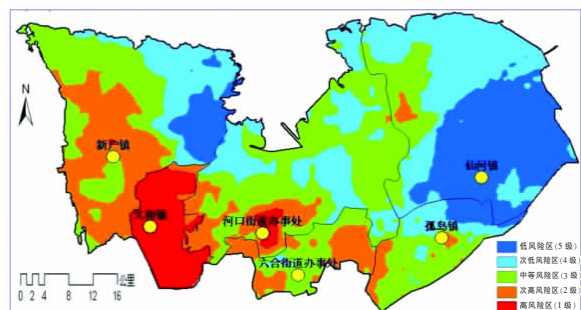


图 6 河口区暴雨洪涝灾害风险区划图

由图 6 中可知,河口区暴雨洪涝风险总体上呈西南高、东北低的特征;暴雨洪涝高风险区(1 级)位于义和镇、河口街道办事处南部;次高风险区(2 级)位于新户镇西部和南部、河口街道办事处西南到南部、六合街道办事处东部;低风险区(5 级)位于仙河镇中东部和新户镇东部;次低风险区(4 级)位于仙河镇西部和北部、新户镇东北部、河口街道办事处中北部;其余地区为暴雨洪涝中等风险区(3 级)。

为了摸清河口区各乡镇(街道)暴雨洪涝灾害风险程度,根据该区每个乡镇 5 个不同等级  $I$  值的面积百分比,按式(3)计算各乡镇暴雨洪涝风险系数( $c$ ):

$$c=0.40I_a+0.30I_b+0.15I_c+0.10I_d+0.05I_e \quad (3)$$

式(3)中,  $I_a, I_b, I_c, I_d, I_e$  分别表示暴雨洪涝灾害风险指数  $I$  在自然断点分级法中的等级 1、2、3、4、5。表 2 给出由式(3)计算的河口区各乡镇暴雨洪涝灾害风险系数。

表 2 河口区各乡镇暴雨洪涝灾害风险系数

乡镇	风险指数等级					风险系数	风险级别排名
	$I_a$ /%	$I_b$ /%	$I_c$ /%	$I_d$ /%	$I_e$ /%		
义和镇	93.7	5.2	1.1	0.0	0.0	0.39	1
新户镇	0.3	17.3	42.1	21.7	18.6	0.15	2
六合街道	0.0	8.6	72.7	18.7	0.0	0.15	3
河口街道	3.0	4.6	30.4	61.3	0.7	0.13	4
孤岛镇	0.0	0.5	38.5	42.0	19.0	0.11	5
仙河镇	0.0	0.0	4.2	39.2	56.6	0.07	6

注:  $I_a, I_b, I_c, I_d, I_e$  分别表示暴雨洪涝灾害风险指数在自然断点分级法中的 1、2、3、4、5 级

从表 2 中可见,义和镇 1 级暴雨洪涝指数占全区面积的 93.7%,不包含 4 级和 5 级暴雨洪涝指数,其暴雨洪涝风险系数为 0.39,属河口区内暴雨洪涝风险级别最高的乡镇,其风险是位居第 2、第 3 位风险系数 0.15 的 2 倍多;位于第 2—5 位的乡镇是新户镇、六合街道办事处、河口街道办事处和孤岛镇,其风险系数为 0.15~0.11,风险系数差别较小;位于河口区东部的仙河镇,其风险系数仅 0.07,是全区内暴雨洪涝风险最小的乡镇。

以上分析表明,河口区西南部到南部暴雨洪涝风险最高,北部和东部风险较小;按风险级别排名,位于河口区西南的义和镇暴雨洪涝风险最大,位于东部的仙河镇风险最小。

#### 4 小结

1992—2010 年河口区暴雨主要集中在夏季,最早出现在 5 月,最晚出现在 9 月;年暴雨频数最多达 4 次;日降水量  $\geq 38$  mm 的大到暴雨日数和  $\geq 50$  mm 的暴雨日数分别为 55、33 d;最大日降水量为 167.5 mm。

河口区暴雨洪涝风险呈西南高、东北低的特征。西南部、南部地区以高风险区和次高风险区为主,北部、东部以低风险区和次低风险区为主;按风险级别排名,位于河口区西南的义和镇暴雨洪涝风险最大,位于西部的新户镇和南部的六合街道办事处次之,位于东部的仙河镇风险最小。

对该区暴雨洪涝相对高风险区,要降低洪涝灾害风险、增强防灾减灾能力,可采取以下对策:一是适当

增设自动气象站,尽管目前河口区各乡镇均布设自动气象观测站,但与暴雨加密监测网点建设要求相比仍有差距,只有进一步提高暴雨监测网时空分辨率,才能为暴雨监测预报提供更有用的实况数据;二是提高水利设施防御标准,重点做好暴雨防洪工程综合治理,修筑堤防,整治河道,加强农田排涝设施建设和维护,降低暴雨洪涝灾害风险;三是进一步建设或完善城镇地下排水工程系统,严格执行预排空措施,以防城市内涝;四是科学制订城市建设规划,在城市建设规划中,城镇、建筑物、重要设施等不宜建在暴雨洪涝高风险区,对已建在高风险区内的建筑设施,可有计划地迁移出去。

河口区内现有 10 个区域自动站,基本上以乡镇为单位布设,个别乡镇内有 2 个站点;人口和经济数据也以乡镇为单位,对于 1 000 m $\times$ 1 000 m 网格来说,数据分辨率较低,难以实现高分辨率区划;由于受河口区暴雨洪涝灾情数据限制,上述区划结果还没来得及与灾情数据比对,其合理性有待检验。因此,待灾情资料收集积累较充分时,还需用灾情资料对上述区划结果进行验证,并对其结果修正完善。

#### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 袁湘玲,纪华,程琳.基于层次分析模型的黑龙江省雷电灾害风险区划[J].暴雨灾害,2010,29(3):279-283.
- [3] 张京红,田光辉,蔡大鑫,等.基于 GIS 技术的海南岛暴雨洪涝灾害风险区划[J].热带作物学报,2010,31(6):1014-1019.
- [4] 张会,张继权,韩俊山.基于 GIS 技术的洪涝灾害风险评估与区划研究[J].自然灾害学报,2005,14(6):141-146.
- [5] 管珉,陈兴旺.江西省山洪灾害风险区划初步研究[J].暴雨灾害,2007,26(4):339-343.
- [6] 唐川,朱静.基于 GIS 的山洪灾害风险区划[J].地理学报,2005,60(1):87-94.
- [7] 刘敏,杨宏青,向玉春.湖北省雨涝灾害的风险评估与区划[J].长江流域资源与环境,2002,11(5):476-481.
- [8] 周成虎,万庆,黄诗峰.基于 GIS 的洪水灾害风险区划研究[J].地理科学,2000,55(1):15-24.
- [9] 曾运清,王春颖,肖丽娜.层次分析法(AHP)在民船动员征用中的应用[J].武汉理工大学学报(信息与管理工程版),2005,27(3):195-199.
- [10] 舒卫萍,崔运来.层次分析法在灌区综合评价中的应用[J].中国农村水利水电,2005(6):109-111.
- [11] 张继权,魏民.加权综合评价法在区域玉米生产水平综合评价与等级分区中的应用[J].经济地理,1994,14(5):19-21.
- [12] 浙江省德清县人民政府规划编制组.浙江省德清县气象灾害防御规划[M].北京:气象出版社,2009.