

# Characteristics and Sensitivity Analysis Division of Flood Disaster in Hohhot

Zhana<sup>1</sup>, Buren<sup>2</sup>, Fuying Qin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>School of Geographical, Inner Mongolia Normal University, Hohhot 010022, China

<sup>2</sup>School of Geographical, Natural Disaster Prevention Research Institute, Inner Mongolia Normal University, Hohhot 010022, China

<sup>3</sup>Inner Mongolia Key Laboratory of Remote Sensing and Geography Information System, Hohhot 010022, China

## 呼和浩特市暴雨洪涝灾害特征分析及敏感性区划

扎娜<sup>1</sup>, 布仁<sup>2</sup>, 秦福莹<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 内蒙古师范大学地理科学学院, 呼和浩特 010022, 中国

<sup>2</sup> 内蒙古师范大学地理科学学院, 内蒙古师范大学自然灾害防治研究所, 呼和浩特 010022, 中国

<sup>3</sup> 内蒙古自治区遥感与地理信息系统重点实验室, 呼和浩特 010022, 中国

### Abstract

Based on 1993 to 2012 of daily precipitation data from seven meteorological station in Hohhot, rainstorm and flood disaster data, Hohhot water distribution figure, 30 meters DEM digital elevation image and Landsat TM images data, using GIS spatial analysis method, classification method, Dimidiate Pixel Model and mathematical statistic method and so on. The influencing factors of the occurrence of rainstorm and flood disaster in Hohhot area were analyzed, and draw the Hohhot regional flood disaster sensitivity zoning map. Results show: High occurrence area and the sub-high occurrence area of rainstorm and flood disaster in Hohhot, the located southeast of Hohhot City, eastern part of He Lin Ge Er County, east of the Qing Shui He county and midwest of Tu Mo Te Zuo Qi. But low occurrence area located on north of Wu Chuan Country.

**key words:** Rainstorm and flood; Cause analysis; Hohhot

### 摘要

基于呼和浩特市 7 个气象站 1993 年至

2012 年的逐日降水量数据、暴雨洪涝灾情数据、呼和浩特市水系分布图、30 米 DEM 数字高程影像以及 Landsat-TM 影像等数据, 运用 GIS 空间分析法、重分类法、像元二分法以及数理统计方法等方法, 对呼和浩特地区暴雨洪涝灾害发生的影响因素进行深入分析, 并绘制出呼和浩特地区暴雨洪涝灾害敏感性区划图。结果表明: 呼和浩特地区暴雨洪涝灾害高发生区及次高发生区位于呼和浩特市东南部、和林格尔县东部、清水县东部和土默特左旗中西部; 低发生区位于武川县北部。

**关键词:** 暴雨洪涝; 成因分析; 呼和浩特

### 1. 引言

呼和浩特属典型的蒙古高原大陆性气候, 四季气候变化明显, 年温差大, 日温差也大。春季干燥多风, 冷暖变化剧烈; 夏季短暂、炎热、少雨; 秋季降温迅速, 常有霜冻; 冬季漫长、严寒、少雪是该地区的主要气候特点。但是该地区降雨集中, 变率大, 时有雨急量大的超长暴雨发生。并由于该地区地形起伏较大、植被覆盖度较低、地表裸露, 一旦发生暴雨或大暴雨, 在暴雨和强降水的冲刷下, 形成泥石流以及洪涝灾害。

洪涝灾害是一种自然灾害, 一般包括洪灾和涝灾两种。洪灾一般是指河流上游的降水的降雨

量或降雨强度过大、急骤融化冰雪或水库垮坝等导致的河流突然水位上涨和径流量增大,超过河道正常行水能力,在短时间内排泄不畅,或暴雨引起山洪暴发、河流暴涨漫溢或堤防溃决,形成洪水泛滥造成的灾害;涝灾一般是指本地降雨过多,或受沥水、上游洪水的侵袭,河道排水能力降低、排水动力不足或受大江大河洪水、海潮顶托,不能及时向外排泄,造成地表积水而形成的灾害,多表现为地面受淹,农作物歉收<sup>[1]</sup>。关于洪涝灾害风险方面的研究成果较多<sup>[2-4,11-22]</sup>,主要是从致灾因子、风险预报以及灾后评估等方面进行研究,但从致灾因子危险性和孕灾环境敏感性之间相互作用方面进行的研究较少。呼和浩特地区有关暴雨洪涝灾害的研究是从暴雨发生频次和范围等致灾因子方面进行研究,本文在此基础上从地形因子、河网密度、土地利用类型和植被覆盖度等孕灾环境敏感性方面进行研究。基于此,本文通过以上五个影响因素的分析对呼和浩特地区暴雨洪涝灾害风险区域进行等级划分,为以后进行暴雨洪涝灾害防御提供有效的理论依据。

## 2. 资料与研究方法

### 2.1 资料

本文选取呼和浩特地区7个气象站1993年至2012年的逐日降水量、暴雨洪涝灾情数据、呼和浩特市水系分布图、30米的DEM数字高程影像以及Landsat-TM影像等数据和历史灾情资料。

### 2.2 研究方法

#### 2.2.1 致灾因子分析

本文将运用数理统计方法对呼和浩特地区1993年至2012年20年的逐日降水资料进行分析,得到呼和浩特地区暴雨的时间分布特征和地理分布特征并依据通常的降雨量强度分类标准,按照日降雨量分为暴雨和大暴雨两种,无特大暴雨,日降雨量(日界为北京时间08时—次日08时)在50.0mm—99.9mm为暴雨、日降雨量在100.0mm—199.9mm为大暴雨。

#### 2.2.2 孕灾环境

孕灾环境是指由大气圈、岩石圈、水圈、生物圈所组成的综合地球表层环境以及在此环境中的一系列物质循环、能量流动以及信息与价值流动的过程与响应关系。地球表层的孕灾环境对灾害系统的复杂程度、灾情强度以及灾害系统的群聚与群发特征起着决定性的作用<sup>[5]</sup>。本文孕灾环境主要从该地区土地利用类型、地形、植被覆盖度以及河网密度进行分析。植被覆盖度运用像元二分法在呼和浩特地区Landsat-TM影响的基础上进行,将呼和浩特地区由低到高分五个等级;地形因子采用30米的DEM数字高程影像在GIS中做重分类,将呼和浩特地形由低到高分五个等级;河网密度采用呼和浩特地区水系分布图在GIS空间分析中做水文分析,得到呼和浩特河网密度分布图。

## 3. 结果分析

### 3.1 暴雨时空特征

呼和浩特在1993年至2012年20年间共发生了42次暴雨,平均每年2.1次。大暴雨较少,共发生了4次,平均每年0.1次,无特大暴雨发生。其中暴雨发生偏多的年份为1995、1998、2008和2012,占总数52.4%,其余年份发生次数较少,4次大暴雨分别发生在1995年和1998年均均为2次(图1)。呼和浩特地区主要降水时间在5月—10月之间,占全年降水量的82%,其中6月—9月的降水量较集中,占全年降水量的73%。从图中的暴雨频次曲线来看,暴雨均发生在6月—8月之间,其余月份无暴雨发生记录。主要7月和8月发生暴雨次数多,分别为25次和7次,占总数的60%和16%;6月和9月分别发生了5次,分别占总数的12%,大暴雨均发生在7月。

根据呼和浩特每个气象站42年的暴雨资料统计,和林格尔县和土默特左旗为最多,分别发生了8次;北部的武川县最少,共3次(图2)。

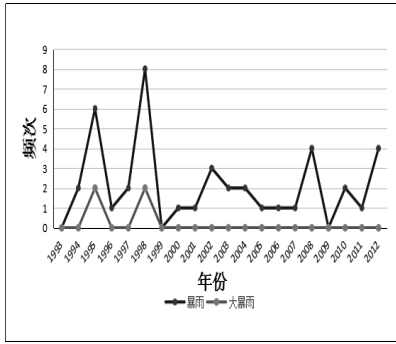


图1 呼和浩特暴雨频次历史曲线图

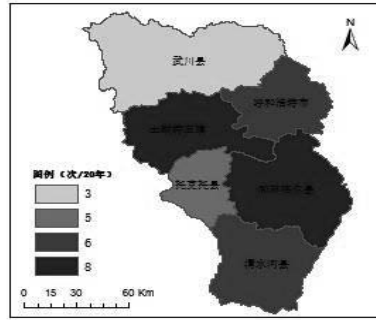


图2 呼和浩特地区暴雨分布图

Fig1 History diagram of the frequency of heavy rain in Hohhot

Fig2 Distribution map of Rainstorm in Hohhot

### 3.2 洪涝灾害发生的影响因素

#### 3.2.1 降水分布特征

降水量指降落在地面的雨和融化后的雪、雹、霰等未经蒸发、渗透和流失,积聚在水平面上的水层厚度,以毫米(mm)为单位,取小数一位。气象站、水文观测站用雨量筒和雨量计来测定降水量<sup>[6]</sup>。根据1993年至2012年逐日降水量数据的平均值,运用样条函数法在GIS中进行空间插值,得到了呼和浩特地区降水分布图(图3)。降水量多的地区要比降水量少的地区发生洪涝灾害的机率要大一些。从图3中可看出,呼和浩特南部的清水河县和东部的和林格尔县、呼和浩特市南部以及土默特左旗东南部的降水最多,呼和浩特北部的武川县的降水最少,其余地区降水适中。

#### 3.2.2 地形因子的影响

地形与暴雨洪涝发生的危险性关系紧密,地形对形成洪水的影响主要表现在地形高程及地形变化程度两个方面<sup>[7]</sup>,地形高程越高、变化越大则表明地势起伏较大,越容易发生洪涝灾害;反之,地形高程越低、变化越小则表明地势较为平坦,不容易发生洪涝灾害。通过对30米DEM数字高程影像的处理,得到呼和浩特地形分布图(图4)。从图4中可得,呼和浩特北部的武川县地形虽高,但地形变化较小,所以地形起伏较小以及呼和浩特中部的托克托县地形地、变化小,所以地形平坦,因此武川县和托克托县发生洪涝灾害的机率小;反之,土默特左旗、呼和浩特市市区以及和林格尔县地形变化较大,地面起伏不平,所发生洪涝灾害的机率大。

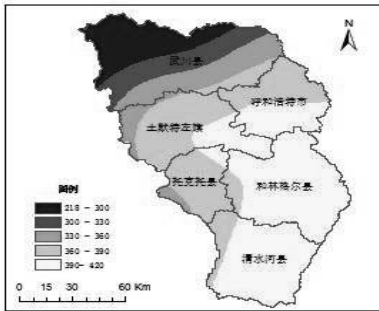


图3 呼和浩特降水分布图

Fig3 Distribution map of precipitation in Hohhot

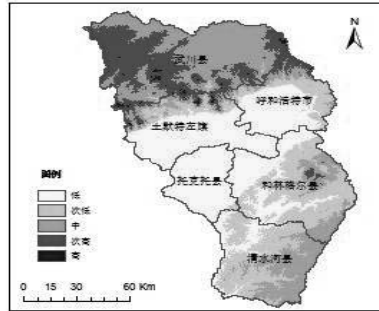


图4 呼和浩特地形分布图

Fig4 Topographic map of Hohhot

### 3.2.3 植被覆盖度的影响

植被覆盖度是一定范围内林地（林地和草地）面积与区域土地面积的百分比，表示某一区域的植被分布状况。在洪涝发生时，同等情况下植被覆盖度越低，对洪水的延阻能力就越小，洪水的危险性就越高，因此植被覆盖度是洪涝灾害孕灾环境的重要指标之一<sup>[8]</sup>。本文在 Landsat-TM 影响的基础上，运用像元二分模型法，在常用的植被指数 NDVI 的基础上求出植被覆盖度并对此用重分类方法按植被覆盖率均等分五个等级（图 5）。从图中可看出，土默特左旗、托克托县以及呼和浩特市植被覆盖度较高，反而清水河县植被覆盖度较低，其余地方的植被覆盖度为适中。

### 3.2.4 河网密度的影响

河网密度是单位面积内的河流长度，一定程度上可以反映出下垫面产流条件的空间比变

化，河网的分布在很大程度上决定了区域遭受洪水侵袭的难易程度<sup>[9]</sup>。本文对呼和浩特水文地图进行扫描矢量化，在此基础上，在 GIS 中对呼和浩特地区水系分布图进行网格建立并计算每个网格内的河流长度和面积之比，由此得到河流密度，最后在 GIS 中做区域密度分析，得到呼和浩特河流分布图（图 6）。主要考虑河网密度河网越密集的地方，暴雨季节就越容易蓄洪产洪，因此遭受洪涝灾害的风险越大，河网密度稀疏的地方洪涝发生的风险相对就小。图 6 中可看出，呼和浩特市北部、和林格尔县南部以及清水河县北部河流密度高，这就表明这些地区比别的河流密度低的地方容易发生洪涝灾害。

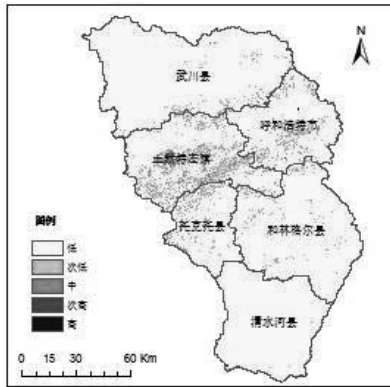


图 5 呼和浩特植被覆盖度分布图

Fig5 Distribution map of vegetation coverage in Hohhot

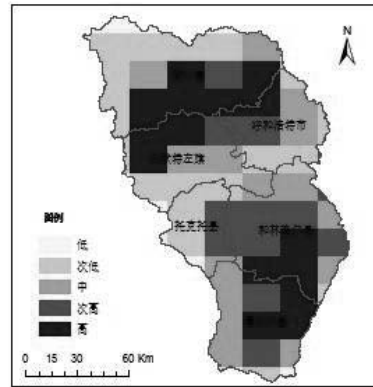


图 6 呼和浩特河网密度分布图

Fig6 Density distribution of river network in Hohhot

## 4. 暴雨洪涝灾害敏感性区划

通过 GIS 空间分析能力，在呼和浩特地区暴雨分布图、地形分布图、河网密度分布图和植被覆盖度分布图及降水分布图的基础上，利用孕灾环境敏感性指数  $E=W_{E1} \cdot X_{E1}+W_{E2} \cdot X_{E2}+W_{E3} \cdot X_{E3}+W_{E4} \cdot X_{E4}+(1-W_{E5}) \cdot X_{E5}$ ，得到呼和浩特地区暴雨洪涝灾害敏感性区划图（图 7）。呼和浩特地区暴雨洪涝灾害高发区位于和林格尔县和清水河县东部地区；次高区位于呼和浩特市东南部、和林格尔县中部、清水河县中东部以及土默特左旗中西

部；低发生区位于武川县北部。其原因在于和林格尔县和清水河县降水量较多、暴雨发生次数多、地面起伏较大、植被覆盖度较低以及河网密度较高，而武川县北部暴雨发生次数少、地面起伏较小、远离高河网密度区，所以成为了暴雨洪涝灾害发生最低区。

## 5. 结果检验

通过对呼和浩特地区洪涝灾害历史资料进行分析，依据历年呼和浩特地区发生的洪涝灾害频次进行区分，得到呼和浩特地区洪涝灾害频次

分布图(图8)。并通过与图7的对比,两个图基本相似,这也说明了上述对暴雨频次分布以及

暴雨洪涝灾害发生的敏感性因素研究是符合实际的,是切实可行的。

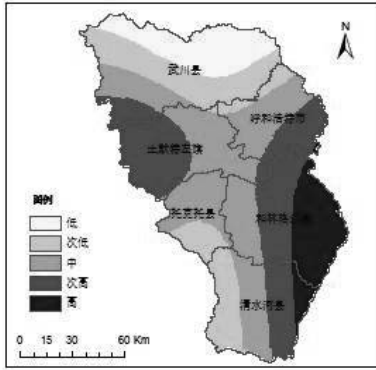


图7 呼和浩特地区暴雨洪涝敏感性区划图

Fig7 Sensitivity of rainstorm and flood disaster in Hohhot

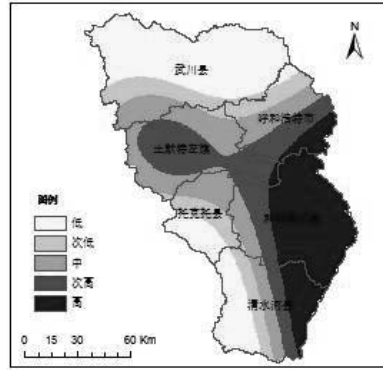


图8 呼和浩特地区洪涝灾害频次分布图

Fig8 Frequency distribution of flood disasters in Hohhot

## 6. 结论与讨论

(1)呼和浩特地区主要降水时间在5月—10月之间,占全年降水量的82%,其中6月—9月的降水量较集中,占全年降水量的73%。呼和浩特的暴雨均发生在6月—8月之间,其余月份无暴雨发生记录。其中7月和8月发生暴雨次数多,分别为25次和7次,占总数的60%和16%;6月和9月分别发生了5次,分别占总数的12%,大暴雨均发生在7月。

(2)呼和浩特降水的地理分布特征为呼和浩特南部的清水河县和东部的和林格尔县、呼和浩特市南部以及土默特左旗东南部的降水最多,呼和浩特北部的武川县的降水最少。暴雨发生最多的地方为和林格尔县和土默特左旗,共16次;最少的是北部的武川县,共3次。

据分析,地形因子、植被覆盖度、河网密集程度以及降水量等因素对发生洪涝灾害有密切的影响。呼和浩特地区暴雨洪涝灾害高发生区及次高发生区位于呼和浩特市东南部、和林格尔县东部、清水县东部和土默特左旗中西部;反之低发生区位于武川县北部。

(3)由于暴雨洪涝灾害发生机理研究较难,影响因素较多,所以进行全面完整的分析研究存在一定的困难。本文在以前研究者所提出的观点的基础上,进一步从降水量、地形因子、植

被覆盖度及河网密度等影响因素方面进行了研究,并通过赋予不同的权重系数,得到了呼和浩特地区暴雨洪涝灾害敏感性区划图且与实际情况基本相符,因此可用性很强,可以为今后的研究提供有效依据。

## 致谢

本研究得到了基于3S技术的城镇暴雨洪水灾害风险评估与应急管理关键技术研究项目资助(201502095)。

**作者简介:**扎娜(1992—),女,内蒙古鄂尔多斯人,硕士研究生,研究方向:土地利用规划与设计。

**通讯作者:**布仁(1964—),男,内蒙古鄂尔多斯人,教授,博士,研究生导师,研究方向:区域土地利用—土地覆盖变化与环境变迁, burenjiri@163.com。

## 参考文献

- [1]丁一汇,张建云等.暴雨洪涝,气象出版社,2009.
- [2]周成虎,万庆,黄诗峰,陈德清.基于GIS的洪水灾害风险区划研究.地理学报,2000,01:15-24.
- [3]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——以辽河中下游地区为例.自然灾害学报,2005,06:141-146.

## Risk Analysis and Crisis Response in Big Data Era (RAC-16)

- [4] 李军玲, 刘忠阳, 邹春辉. 基于 GIS 的河南省洪涝灾害风险评估与区划研究. 气象, 2010, 02:87-92.
- [5] 刘敏. 现代地理科学词典, 科学出版社, 2009
- [6] 地质出版社. 地球科学大辞典: 基础学科卷, 地质出版社, 2006.
- [7] 叶金玉. 基于 GIS 的闽江流域洪灾风险分析与区划研究. 福建师范大学, 2003.
- [8] 喻莎莎. 山区镇域山洪灾害危险性评价. 重庆交通大学, 2014.
- [9] 暴雨洪涝灾害风险区划技术规范, 2009.
- [10] 赵艳丽. 呼和浩特暴雨成因及诊断分析. 兰州大学, 2008.
- [11] 吴歆彦. 基于 GIS 的呼和浩特市赛罕区气象灾害风险区划研究. 内蒙古大学, 2014.
- [12] 李喜仓, 白美兰, 杨晶, 邸瑞琦, 高志国. 基于 GIS 技术的内蒙古地区暴雨洪涝灾害风险区划及评估研究. 干旱区资源与环境, 2012, 07:71-77.
- [13] 李楠, 任颖, 顾伟宗, 陈艳春. 基于 GIS 的山东省暴雨洪涝灾害风险区划. 中国农学通报, 2010, 20:313-317.
- [14] P. Chen, J.Q. Zhang, L.F. Zhang, Y.Y. Sun. Research of city rainstorm waterlogging scene simulation -- in Daoli District of Harbin City as an example. Journal of Risk Analysis and Crisis Response, 2015, 5(1): 66-72.
- [15] 蒋新宇, 范久波, 张继权, 佟志军, 刘兴朋. 基于 GIS 的松花江干流暴雨洪涝灾害风险评估. 灾害学, 2009, 03:51-56.
- [16] 刘登峰, 王栋, 王远坤, 王腊春, 邹欣庆. 一种耦合 Copula-云的城市水灾害风险评价模型. 风险分析和危机反应中的信息技术, 黄崇福, 包玉海, 赵思健编. 巴黎: Atlantis 出版社, 2014. 704-708
- [17] 莫建飞, 陆甲, 李艳兰, 匡昭敏. 基于 GIS 的广西农业暴雨洪涝灾害风险评估. 灾害学, 2012, 01:38-43.
- [18] 王栋, 潘少明, 吴吉春, 朱庆平. 洪水的风险分析. 应用基础与工程科学学报, 2004 增刊, 134-140.
- [19] 郭恩亮, 任学慧, 张焱. 辽宁沿海城市暴雨洪涝灾害风险评价风险分析和危机反应的创新理论和方法, 黄崇福, 翟国方编. 巴黎: Atlantis 出版社, 2012. 103-108.
- [20] 王莱林, 任学慧. 基于极端降水事件的辽宁省暴雨标准及其空间分布. 风险分析和危机反应中的信息技术, 黄崇福, 包玉海, 赵思健编. 巴黎: Atlantis 出版社, 2014. 96-101.
- [21] 郭恩亮, 张继权, 孙仲益, 乌兰, 朱萌. 农业洪涝灾害风险评价研究综述. 风险分析和危机反应中的信息技术, 黄崇福, 包玉海, 赵思健编. 巴黎: Atlantis 出版社, 2014. 613-818
- [22] W. Zhang, Y.J. Hu, J.H. Wang, C.Y. Zhang. Research on urban waterlogging disaster risk assessment based on ARCGIS and MIKE FLOOD - A Case Study on Shijiazhuang. Journal of Risk Analysis and Crisis Response, 2015, 5(4): 226-233.