

唐山市暴雨特征及风险评估研究^{*}

于文金, 赵景旺

(南京信息工程大学, 江苏 南京 210044)

摘要:运用小波变换揭示了暴雨日数和暴雨量的主要周期以及暴雨强度和风险的空间分布特征。结果表明:唐山地区夏季暴雨日数和暴雨量的年际变化幅度较大,1960、1970年代,呈缓慢波动;1980年代转呈上升趋势;进入1990年代后期到21世纪初下降明显,2007年后呈明显的上升趋势;唐山地区夏季暴雨日数和雨量呈10年主周期;暴雨日数中心和暴雨量中心多集中在迁安、乐亭,其次是遵化、丰南一带。唐山地区暴雨致灾风险等级最高的地区主要在迁安中南部,其次是乐亭中东部以及丰南区、曹妃甸区等零散暴雨中心;从孕灾环境看,危险等级最高的地区主要分布在北部山区迁西、南部沿滦河部分地带;唐山地区暴雨灾害存在两大风险带:迁安风险带、乐亭滦南风险带以及遵化市、丰南区两地以城区为中心的两个小风险带。

关键词:暴雨;脆弱性;灾害风险;唐山

中图分类号: X43; P458.1+21.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2013)04-0050-05

0 引言

21世纪以来,全球气候变化明显,区域极端天气灾害频繁。暴雨作为一种常见的灾害性天气,容易触发多种灾害,给人民财产和生命安全带来极大的危害,暴雨灾害风险评估已经成为当前研究的热点问题^[1-11]。唐山地区北靠燕山,南临渤海,是暴雨天气多发区域之一,深受暴雨灾害风险的困扰。本文选取唐山地区作为研究区域,分析夏季暴雨的时空变化特征,并对暴雨洪涝灾害进行风险评估。

1 资料来源与方法

1.1 资料来源与处理

本文使用的1958-2012年唐山各站逐日降水资料和2006-2012高时空分辨率降水观测资料来自河北省气候中心;地图资料来自国家测绘局1:25万地图唐山部分;人口数据、经济数据、河网数据、地质灾害点、水库和尾矿库数据资料精细化到乡镇,来自于2009-2011版《唐山年鉴》以及对相关部门的调查结果^[12-14]。

对2006-2012年7年乡镇雨量站的高分辨率降水资料进行统计处理,基于Supermap建立173

站雨量站图层,并建立暴雨量、暴雨日属性数据,读入7年暴雨数据统计值。利用Supermap的表面分析功能的克吕金插值,对离散点雨量进行栅格化,并获取没有雨量站站点的乡镇的雨量,用于进一步的运算。

基于SQL Server对唐山全市各乡镇人口、面积、耕地面积、地区产值、主要产业分布等统计数据进行处理,并建立统计资料数据库。读入Supermap GIS系统中进行整合,纳入本项研究专门数据集,根据唐山地区撤乡并镇情况对乡镇边界进行修正,确保信息的准确性、科学性。

1.2 研究方法

(1) 自然灾害风险评估方法

按照自然灾害风险评估理论,灾害风险模型可以表示为:

$$R = (d_1 H)(d_2 S)(d_3 V)。 \quad (1)$$

式中: H 表示暴雨致灾因子的危险性; S 表示孕灾环境的敏感性; V 表示承灾体的易损性; d_1 、 d_2 、 d_3 分别表示三者的权重,本文中权重确定采用综合打分法, d_1 、 d_2 、 d_3 分别取0.45、0.32、0.23。

(2) 滑动平均法

对样本量为 n 的序列 x ,其滑动平均序列表示为:

$$\hat{x}_j = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k x_{i+j-1}, (j=1,2,\dots,n-k+1) \circ \quad (2)$$

* 收稿日期:2013-04-08 修回日期:2013-05-20

基金项目:国家重大科学研究计划项目(2012CB955900);江苏高校优势学科建设工程资助项目(PAPD)

作者简介:于文金(1967-),男,山东淄博人,博士,教授,研究方向为区域经济开发与可持续发展。E-mail: yuwj@nuist.edu.cn

式中: k 为滑动长度。滑动平均相当于低通滤波器^[10-11]。用确定时间序列的平滑值来显示变化趋势。

(3) 小波变换

本文选择常用的 Morlet 小波^[12-13],该小波是复小波,可以用来进行周期分析,其具体公式如下:

$$\psi(t) = \pi^{-1/4} e^{i\omega_0 t} e^{-t^2/2}.$$
 (3)

式中: ω_0 是角频率。

2 研究区域

唐山位于河北省东部,地理位置为 117°31′~119°19′E, 38°55′~40°28′N,东隔滦河与秦皇岛相望,西与天津毗邻,南临渤海,北依燕山,东西约 130 km,南北约 150 km,共计 13 472 km²,海岸线总长度约 190 km。全市大中小型水库上百座,境内河流密布,较大的有 20 多条,如滦河、陡河、蓟运河、沙河、还乡河、沂河、小青河、长河(图 1)。唐山地貌多样,从北部山区到南部沿海,海拔逐渐降低,唐山气候属于暖温带半湿润季风型大陆性气候。降水的季节变化大,雨量时空分布不均,丰水年与枯水年份相差悬殊,汛期灾害严重,是我国代表性的暴雨极端天气多发区域之一。



图 1 研究区域水系分布

3 研究结果分析

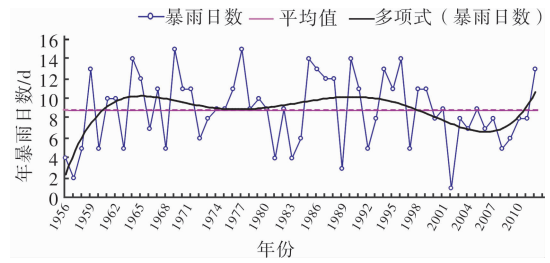
3.1 唐山地区夏季暴雨日数的年际变化特征

唐山地区暴雨主要集中在夏季,本文所指的暴雨即 24 h 累积降水量在 50 mm 及其以上的降水

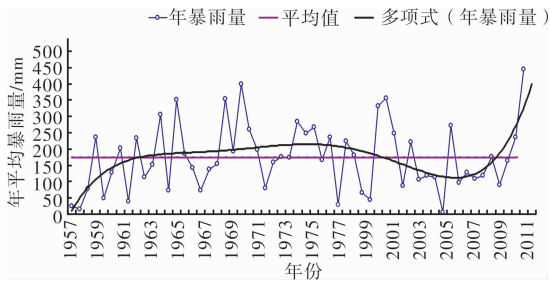
量。统计时唐山地区 11 个站中有一个站出现日降雨量≥50 mm 即为一个暴雨日。经分析,唐山地区夏季多单站暴雨,各站平均每年有 2.1 个暴雨日,且各站暴雨日数的年际变化幅度较剧烈,各站均有全年不出现暴雨的情况。

1956-2012 年这 57 年中,夏季暴雨日数最多 15 个(1969 年和 1977 年),最少 1 个(2002 年)。唐山地区夏季暴雨日数正常(距平百分率-20%~20%)、偏多、偏少年份分别为 17 年、21 年、19 年,分别占 29.9%、36.8%、33.3%,偏多年略大于偏少年。暴雨日数显著偏多(距平百分率大于 50%)的年份主要有 1964 年、1969 年、1977 年、1985 年、1990 年、1996 年。

由暴雨年际变化图(图 2)可见,1960-1990 年代,暴雨日数及暴雨量波动相对平稳;进入 1990 年代后期到 21 世纪初暴雨日数和暴雨量下降明显,2007 年后上升趋势明显;暴雨日的年际变化与暴雨量的变化具有较好的相关性。



(a) 暴雨日数



(b) 暴雨量

图 2 1956-2012 年唐山地区夏季暴雨年际变化

3.2 唐山地区夏季暴雨日数及暴雨量的周期分析

利用唐山地区 1956-2012 年 6-8 月暴雨日数和暴雨量数据进行小波分析,分析小波变化结果发现,暴雨日数和暴雨量存在多个周期震荡,其中 10 年周期非常明显,是该区域的振荡主周期,其次,暴雨日数还存在着 25 年低频振荡周期。

3.3 唐山地区暴雨空间分布特征

采用唐山地区乡镇加密雨量站高分辨率雨量监测资料,探寻唐山地区中小尺度暴雨空间分布特征。基于 GIS 对 7 年来的总暴雨日数和暴雨量进

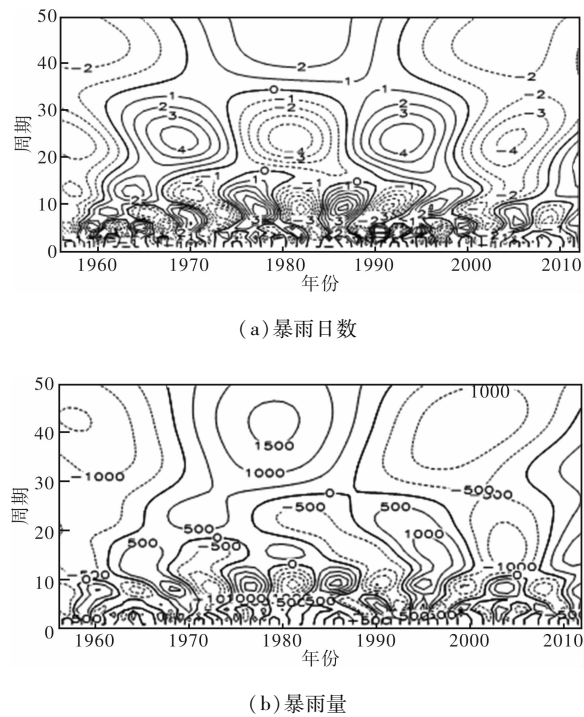


图3 1958-2011年唐山地区夏季暴雨 morlet 小波变换图

行统计分析，通过克吕金插值实现栅格化并制作分段专题图。研究发现，7 年总的暴雨日数中心和暴雨量中心出现在迁安，暴雨日数达到 20 ~ 25 d，总暴雨量达到 1 800 mm；其次为乐亭县，暴雨日数达到 20 d 左右，暴雨量达到 1 600 mm 左右(图 4)；另外，遵化市和丰南区部分地区也存在小面积的暴雨中心；唐山中部偏南区域相对较少，暴雨日数 8 d 左右。总体上北部山区降水略大于中南部平原区，唐山地区夏季暴雨日数的空间分布特征和暴雨量的空间分布基本吻合。

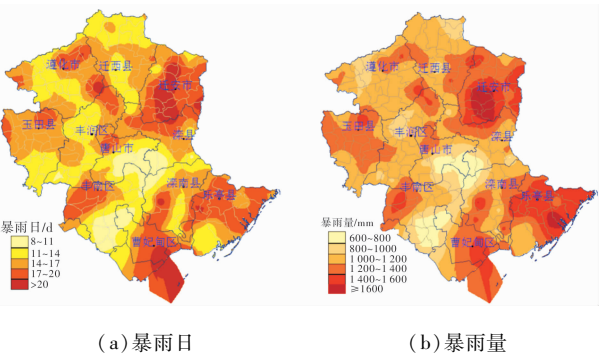


图4 唐山市暴雨空间分布图

3.4 暴雨洪涝灾害风险评估

3.4.1 致灾因子危险性分析

选取暴雨过程频次和强度作为暴雨灾害的致灾因子，把唐山 2006-2012 年 173 个乡镇雨量站高分辨率暴雨资料，按照日暴雨降水量的大小分为 3 级，具体分级标准为：50 ~ 100 mm 日降水量

为 1 级，100 ~ 150 mm 日降水量为 2 级，150 mm 以上日降水量为 3 级。根据暴雨强度等级越高、致灾危险性越大的原则，确定降水致灾因子权重，将暴雨强度 150 mm 以上、100 ~ 150 mm、50 ~ 100 mm 三个等级权重分别取作 3/6、2/6、1/6。利用加权综合评价法、自然断点分级法等方法，将致灾因子危险性指数按 5 个等级进行区划，得到唐山市暴雨致灾因子危险性指数(图 5)。由图 5 可以看出，丰南南部至唐山东部这一斜向带状区域暴雨致灾因子危险性最低或次低；大部地区为中等；而乐亭、迁安大部、曹妃甸沿海为次高风险地区；其中迁安中部存在着一块最高风险区域。

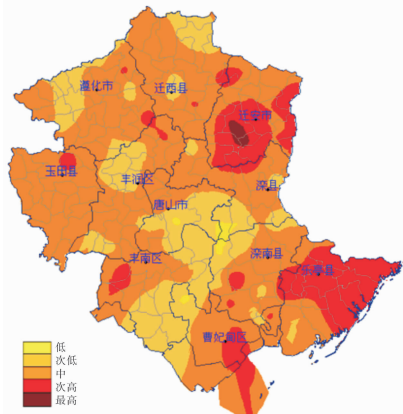


图5 唐山市暴雨灾害致灾因子危险性区划

3.4.2 孕灾环境敏感性分析

孕灾环境是在致灾因子触发和影响下，能够对置于其中的承载体产生损害性变化的外部环境。对唐山地区暴雨灾害历史案例的分析发现，河网、地质灾害点、尾矿库、水库对暴雨灾害破坏程度起到很大的催化作用。为此，我们从宏观角度抓住孕灾环境中的主要敏感因子，确定水库密度、河流水系密度、地质灾害点密度、尾矿库密度作为风险指标。

对唐山境内水库、地质灾害点、河网、尾矿库进行了详细调查，基于 GIS 分析功能计算各项指标密度，得出各项因子风险分布，具体见图 6。从图中看出，地质灾害主要集中在唐山北部山区，尤其以迁西北部地质灾害隐患级别最高，此外，遵化、迁安北部部分乡镇地质灾害隐患级别也较高。唐山地区水库较多，大小水库 130 多座，从唐山中部向北部，水库数量增多；尾矿库以北部山区县为主；而河网密度则以南部为主。综合计算四种环境因素风险，最高风险区在迁西北部、乐亭北部靠近滦河地区和沿海地区；次高风险区在迁西、迁安、乐亭零散分布；而遵化、玉田、曹妃甸为风险最低，唐山中部以中度敏感区为主。

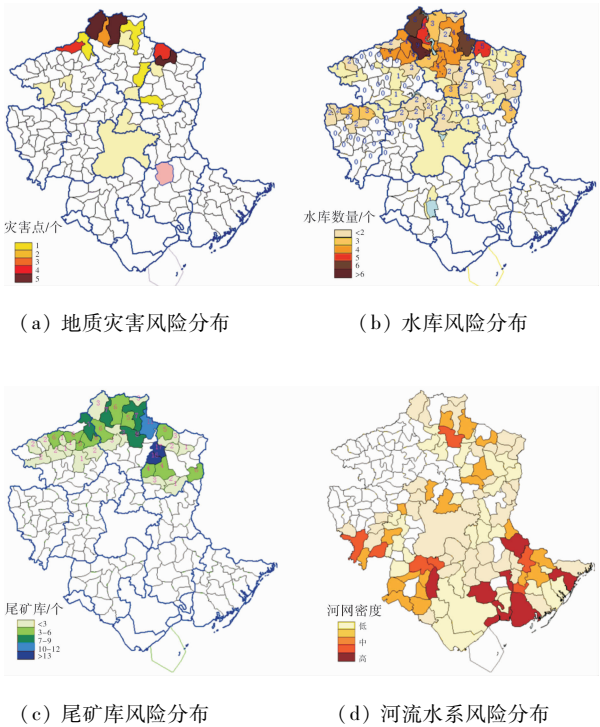


图6 唐山地区孕灾环境风险分布图

3.4.3 承灾体易损性分析

一般认为社会经济条件可以定性反映区域的灾损敏感度。社会经济发达的地区, 人口、城镇密集, 产业活动频繁, 承灾体的数量多, 密度大, 价值高, 遭受灾害时人员伤亡和经济损失就大。本文主要考虑人口密度和单位面积生产总值, 以乡镇为单位对人口、地区产值等调查分析, 基于GIS系统分析得出各乡镇人口及地区产值密度图(图7)。研究发现, 唐山中部区域人口和经济密度大, 脆弱性强, 这与暴雨的风险因子不重叠, 在一定程度上减轻了唐山暴雨灾害的危害。

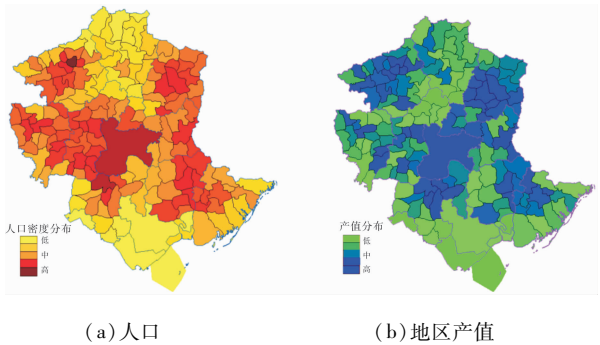


图7 唐山地区人口、地区产值密度分布

3.5 暴雨灾害风险评估与区划图

在对孕灾环境敏感性、致灾因子危险性、承灾体易损性等因子进行定量分析评价的基础上, 按照评估模型(式1)对三者的影响进行综合计算, 获得总体的暴雨灾害风险评估结果。利用GIS中自然断点分级法将暴雨洪涝风险指数按5个等级划分

(高风险区、次高风险区、中等风险区、次低风险区、低风险区), 绘制暴雨灾害风险区划(图8)。

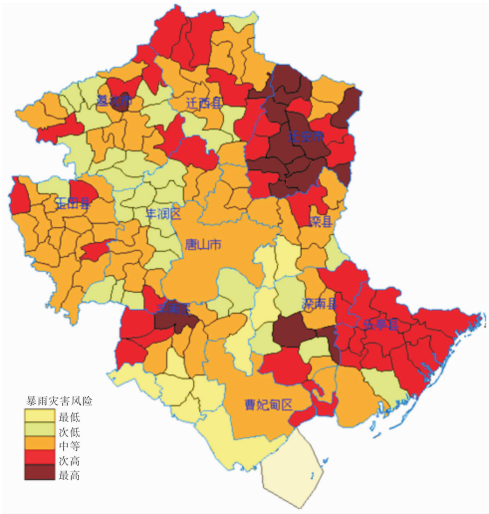


图8 唐山市暴雨灾害风险区划

研究结果显示: 暴雨灾害最高风险区有两个主要区域: 迁安高风险带、乐亭滦南高风险带。其原因是两个区域均为暴雨高发地区, 其中迁安为暴雨强度和频次风险等级最高区域, 乐亭为次高区域; 前者由于地处山区, 地形复杂, 其中北部山区地质灾害点较多。该区域有小型水库20座, 迁安为首钢矿区, 尾矿库60多个; 滦河正从迁安滦县高风险带穿过; 迁安区域经济总产值高, 为河北省仅有的少量全国百强县之一, 多种因素决定了这一区域暴雨风险较高。乐亭滦南一带河网密集, 清河、青龙河、老滦河故道、二滦河都从这一地区穿过, 历史暴雨灾害中, 这一地区为河流决口洪水灾害最多发地区。此外, 丰南镇与遵化城区由于人口密度大、经济密集, 且丰南周边河网密集, 而遵化一带水库较多, 导致这两者为零星最高风险区; 次高风险区集中在最高风险区周边; 滦南北部一带为降水量最少地区, 曹妃甸沿海人口经济密度低, 为暴雨风险最低地区。

4 结论与分析

(1) 1960 - 1990 年代, 暴雨日数及暴雨量波动相对平稳; 进入1990年代后期到21世纪初暴雨日数和暴雨量下降明显, 2007年后上升趋势明显; 暴雨日的年际变化与暴雨量的变化具有较好的相关性。

(2) 暴雨日数和暴雨量存在多个周期震荡, 其中10a周期非常明显, 是该区域的振荡主周期, 其次, 暴雨日数还存在着25年低频振荡周期。

(3) 唐山地区暴雨灾害最高风险带主要集中在

迁安风险带、乐亭滦南风险带两大风险带和遵化市区、丰南区城区。次高风险带除迁安、乐亭高风险带周边的大片区域外，还包括迁西北部、丰南城区周边乡镇。唐山中部及周边县区大部地区为中、低风险区，其中滦南与唐山交界处、曹妃甸沿海、丰润区大部分乡镇为低或次低风险区。

暴雨灾害风险评估和区划作为一种对暴雨灾害宏观意义上的认识^[15-16]，可用于指导相关地区加强暴雨灾害应对，尤其是对于处在最高、次高风险区的乡镇，疏浚河道、加固病险水库、治理和规避地质灾害，加强抗洪物资储备，规划避难场所和转移路线，做好暴雨气象灾害应急准备；气象部门应关注高风险区域，提高暴雨预警实效。

参考文献：

[1] Federal Emergency Management Agency (FEMA). Guidelines and Specifications for Flood Hazard Mapping Partners [R]. USA, 2003.

[2] Sun Yan Evans, Don Moone, Patrick Butcher. Flood risk mapping and control of development in floodplains in the UK [R]. Flood Defence, 2002.

[3] Yalcin G, Akyurek Z. Analyse flood vulnerable areas with multicriteria evaluation [R]. Unpublished MS Thesis in GGIT METU, Ankara, 2002.

[4] Erich J. Plate. Flood Risk and Flood Management [J]. Journal of Hydrology, 2002, 267: 2 - 11.

[5] 张继权, 李 宁. 主要气象灾害风险评价与管理的数量化方法及其应用 [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2007.

[6] 于文金, 闫永刚. 基于 GIS 的太湖暴雨灾害风险评估研究 [J]. 自然资源学报, 2012, 227(5): 766 - 778.

[7] 黄崇福, 刘安林, 王野. 灾害风险基本定义的探讨 [J]. 自然灾害学报, 2010, 19(6): 7 - 15.

[8] 商彦蕊. 灾害脆弱性概念模型综述 [J]. 灾害学, 2013, 28(1): 112 - 116.

[9] 赵思健. 自然灾害风险分析的时空尺度初探 [J]. 灾害学, 2012, 27(2): 1 - 6.

[10] 王凤, 吴敦银, 李荣昉. 鄱阳湖区洪涝灾害规律分析 [J]. 湖泊科学, 2008, 20(4): 500 - 506.

[11] 蒋卫国, 盛绍学, 朱晓华. 区域洪水灾害风险格局演变分析 [J]. 地理研究, 2008, 27(3): 502 - 508.

[12] 唐山市人民政府. 2009 版唐山年鉴 [M]. 唐山: 河北人民出版社, 2010.

[13] 唐山市人民政府. 2010 版唐山年鉴 [M]. 唐山: 河北人民出版社, 2011.

[14] 唐山市人民政府. 2011 版唐山年鉴. [M]. 唐山: 河北人民出版社, 2012.

[15] 张继权, 冈田宪夫, 多多纳裕一. 综合自然灾害风险管理——全面整合的模式与中国的战略选择 [J]. 自然灾害学报, 2006, 15(1): 29 - 37.

[16] 程晓陶. 洪水管理新理念与防洪安全保障体系的研究 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2004: 220 - 320.

Storm Characteristics and Risk Assessment Research of Tangshan City

Yu Wenjin and Zhao Jingwang

(Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China)

Abstract: Main cycle of rainstorm day number and storm rainfall and spatial distribution characteristics of storm intensity and hazard are revealed by using wavelet transform. The results show that: the interannual variation amplitude of rainstorm day number and storm rainfall in Tangshan region is great, fluctuating slowly during 1960s and 1970s, going upwards in 1980s, falling obviously in the late 1990s to the beginning of the twenty-first century and rising up obviously since 2007. Torrential rain days and rainfall in the area in summer are of a 10 years main cycle. Torrential rain days and rainfall concentrated more in Qian'an, Leting, followed by Zunhua and Fengnan area. The highest risk areas in Tangshan area is in central and southern Qian'an, followed by some scattered rainfall centers as the eastern part of Leting and Fengnan area, Caofeidian area. From the aspect of disaster-breeding environment, the highest risk rank region mainly distributed in Qianxi and the northern mountainous area of southern part along the Luan River region. Two risk zones of rainstorm disaster are existed in Tangshan area as Qian'an risk zone and Leting Luannan risk zone. And two small risk zones centered in Zunhua city and Fengnan District.

Key words: storm; vulnerability; disaster risk; Tangshan