

# Risk Assessment and Regionalization of Rainstorm - Flood Disasters in Shanxi

Huaming Zhang<sup>1</sup>, Yaolong Liu<sup>2</sup>, Jianxin Zhang<sup>1</sup>, Lin Wang<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Meteorological disaster prevention technology center of Shanxi province, Taiyuan 030002, China

<sup>2</sup> College of Economics and Management, Taiyuan University of Technology, Jinzhong 030600, China

## 山西省暴雨洪涝灾害危险性评估与区划

张华明<sup>1</sup>, 刘耀龙<sup>2</sup>, 张建新<sup>1</sup>, 王林<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 山西省气象灾害防御技术中心, 太原 030002, 中国

<sup>2</sup> 太原理工大学经济管理学院, 晋中 030600, 中国

### Abstract

Rainstorm- flood are one of the main meteorological disasters in Shanxi province, resulting in a large number of casualties, assets damage and economic losses. Based on the historical disaster data of rainstorm- flood, and considering the two aspects of disaster frequency and disaster impact, the hazard index model and classification standard of rainstorm- flood are constructed. The risk level of rainstorm- flood disaster in each county (district) of Shanxi is evaluated. Combined with the meteorological geographical regionalization of Shanxi, the plan of hazard zoning for rainstorm- flood disaster in Shanxi is put forward, which provides decision-making reference for regional disaster prevention and reduction.

**Keywords:** rainstorm- flood; hazard; assessment; Shanxi province

### 摘要

暴雨洪涝是山西省主要气象灾害之一, 造成大量的人员伤亡、资产破坏和经济损失。本文基于暴雨洪涝历史灾情数

据, 综合考虑灾害频率和灾害影响两个方面, 构建暴雨洪涝灾害危险性指数模型与分级标准, 评估山西各个县(区)暴雨洪涝灾害危险性水平。结合山西气象地理区划, 提出山西省暴雨洪涝灾害危险性区划方案, 为区域防灾减灾提供决策参考。

**关键词:** 暴雨洪涝; 危险性; 评估; 山西省

### 1. 引言

广布型灾害风险 (Extensive Disaster Risk) 的辨识与评估是近年来国际社会和学术界关注的热点问题之一[1]。据联合国国际减灾战略 (简称 UNISDR) 统计, 96% 的广布型灾害是“与天气有关的灾害”[2], 其中 40.91% 的灾情报告与洪水、山洪、城市内涝和暴雨有关。暴雨洪涝是山西省主要的气象灾害之一。1983-2015 年期间, 有记录的暴雨洪涝灾害多达 660 条, 占各类灾害记录的 13.80%; 累计受灾人口 689.13 万人, 累计损坏房屋 42.82 万间, 累计直接经济损失 10080.43 亿元, 农作物累计受灾面积 140.98 万公顷, 公路累计损坏 9512.59 公里。山西省暴雨洪涝灾害广泛分布于山西省 11 个地市及大多数区县, 其危险性和潜在风险极大。本文考虑灾害发生频率和灾害造成影响两个方面, 通过构建暴雨洪涝灾害危险性评估模型, 开展山西省暴雨洪

E-mail: zhanghuaming980@163.com.

涝灾害危险性评估与区划，为区域有效管控风险和防灾减灾决策提供参考。

## 2. 数据来源与评估方法

暴雨洪涝灾害历史灾情记录来源于各类文献记载和部门记录，涉及到的数据源或业务部门有：国家自然灾害灾情管理系统、《地面气象记录年报表》、《气象年鉴》、《灾情快讯》、《县/市志》、《县/市年鉴》、省或县（市）民政局、政府办、气象局、水利/水务局、农业局、档案局、乡（镇）政府，保险公司等。经统计，1983-2015 年山西省暴雨洪涝历史灾情有效记录共计 660 条，记录内容包括发生时间、地点（县或区）、气象要素实况（如降雨量、洪涝水深、风速等）和主要灾害影响（如受灾人口、死亡人口、受伤人口、倒塌房屋、损坏房屋、直接经济损失、农作物受灾面积、公路损坏长度等）。

参考国家标准《暴雨灾害等级 GB/T33680-2017》中暴雨等级的计算方法 [3]，暴雨洪涝灾害危险性评估主要考虑灾害频率和灾害影响两个方面，量化指标为暴雨洪涝灾害危险性指数  $HI_r$ ，其计算方法为：

$$HI_r = 0.5 \times RF + 0.5 \times (RC + RH + RE + RA + RR) / 5$$

式中， $RF$  为年均暴雨洪涝灾害指标等级； $RC$  为次均人员伤亡指标等级， $RH$  为次均房屋损坏指标等级， $RE$  为次均直接经济损失指标等级， $RA$  为次均农作物受灾面积指标等级， $RR$  为次均公路损失指标等级。采用标准差分类方法，将  $HI_r$  划分为四个等级，见表 1。

表 1 暴雨洪涝灾害危险性指数等级划分

危险等级	轻度	中度	严重	特大
$HI_r$	$HI_r < 1.66$	$1.66 \leq HI_r < 2.18$	$2.18 \leq HI_r < 2.70$	$HI_r \geq 2.70$

$RF$  通过年均暴雨洪涝灾害指标  $F_r$  加以确定（表 2）， $F_r$  的计算方法为：

$$F_r = \sum_i N_i / N$$

式中， $N_i$  为第  $i$  年暴雨洪涝灾害数，单位为次； $i$  为年份， $N$  为总年数。

表 2 年均暴雨洪涝灾害指标等级划分

等级（ $RF$ ）	1	2	3	4
$F_r$	$0 \leq F_r < 0.11$	$0.11 \leq F_r < 0.46$	$0.46 \leq F_r < 0.62$	$F_r \geq 0.62$

$RC$  通过次均人员伤亡指标  $C_r$  加以确定（表 3）， $C_r$  的计算方法为：

$$C_r = \sum_i NC_i / \sum_i N_i$$

式中， $NC_i$  第  $i$  年暴雨洪涝灾害导致的死亡和受损人数，单位为人；其它同上。

表 3 次均人员伤亡指标等级划分

等级（ $RC$ ）	1	2	3	4
$C_r$	$0 \leq C_r < 1$	$1 \leq C_r < 3$	$3 \leq C_r < 5$	$C_r \geq 5$

$RH$  通过次均房屋损坏指标  $H_r$  加以确定（表 4）， $H_r$  的计算方法为：

$$H_r = \sum_i NH_i / \sum_i N_i$$

式中， $NH_i$  第  $i$  年暴雨洪涝灾害导致的房屋毁坏和受损数，单位为间；其它同上。

表 4 次均房屋损坏指标等级划分

等级（ $RH$ ）	1	2	3	4
$H_r$	$0 \leq H_r < 212$	$212 \leq H_r < 900$	$900 \leq H_r < 1587$	$H_r \geq 1587$

$RE$  通过次均直接经济损失指标  $E_r$  加以确定（表 5）， $E_r$  的计算方法为：

$$E_r = \sum_i NE_i / \sum_i N_i$$

式中， $NE_i$  为第  $i$  年暴雨洪涝灾害导致的直接经济损失，单位为万元；其它同上。

表 5 次均直接经济损失指标等级划分

等级（ $RE$ ）	1	2	3	4
$E_r$	$0 \leq E_r < 955.42$	$955.42 \leq E_r < 2732.25$	$2732.25 \leq E_r < 4509.07$	$E_r \geq 4509.07$

$RA$  通过次均农作物受灾面积指标  $A_r$  加以确定（表 6）， $A_r$  的计算方法为：

$$A_r = \sum_i NA_i / \sum_i N_i$$

式中， $NA_i$  为第  $i$  年暴雨洪涝灾害导致的农作物受灾面积，单位公顷；其它同上。

表 6 次均农作物受灾面积指标等级划分

等级（ $RA$ ）	1	2	3	4
$A_r$	$0 \leq A_r < 1008.79$	$1008.79 \leq A_r < 3891.37$	$3891.37 \leq A_r < 6773.96$	$A_r \geq 6773.96$

$RR$  通过次均公路损失指标  $R_r$  加以确定

(表 7),  $R_r$  的计算方法为:

$$R_r = \sum_i NR_i / \sum_i N_i$$

式中,  $NR_i$  为第  $i$  年暴雨洪涝灾害导致的公路损坏长度, 单位为千米; 其它同上。

表 7 次均公路损坏指标等级划分

等级 (RR)	1	2	3	4
$R_r$	$0 \leq R_r < 11.32$	$11.32 \leq R_r < 61.21$	$61.21 \leq R_r < 102.43$	$R_r \geq 102.43$

### 3. 评估结果与区划方案

#### 3.1 危险性等级

在有暴雨洪涝灾害记录的 96 个县(区)中,  $H_{lr}$  最大值为 3.10 (晋城市陵川县), 最小值为 1.00 (13 个县/区), 平均值为 1.67 (中度危险性)。属于特大危险性的县/区有: 晋城陵川、忻州保德、晋城泽州、阳泉盂县、临汾安泽、长治平顺和晋城阳城; 严重危险性的县/区有: 大同市辖区、灵丘和阳高、吕梁临县、阳泉市辖区、晋中左权、长治黎城和襄垣、晋城高平、运城平陆; 其他县/区属于中度和轻度危险区。

灾害频数方面, 晋城泽州和阳城年均暴雨洪涝灾害超过 0.91 次; 人员伤亡方面, 阳泉市辖区每次暴雨洪涝灾害致人死伤 76 人, 忻州保德每次暴雨洪涝灾害致人死伤 56。房屋毁坏方面, 晋中左权每次暴雨洪涝灾害损坏房屋 20544 间, 阳泉市辖区每次暴雨洪涝灾害损坏房屋 8438 间; 直接经济损失方面, 吕梁离石区暴雨洪涝导

致的次均直接经济损失大 5000 多万元, 次均直接经济损失超过 1 亿元的县/区还有阳泉市辖区、吕梁柳林和运城稷山。农作物受灾方面, 阳泉市辖区暴雨洪涝灾害次均农作物受灾面积达 31044 公顷, 晋中昔阳、运城盐湖区和忻州神池次均农作物受灾面积均超过 10000 公顷。损坏公路方面, 吕梁柳林每次暴雨洪涝灾害破坏公路约 256 公里, 临汾乡宁每次暴雨洪涝灾害破坏公路约 240 公里。

从地级市的平均水平来看, 晋城市的  $H_{lr}$  最大, 为 2.4 (严重危险性), 属于中度危险性的地市有: 长治市、大同市、阳泉市和忻州市, 其他地市为轻度危险性水平。其他指标方面, 晋城市的灾害频数最高, 年均 0.6 次; 阳泉市暴雨洪涝灾害造成的人员伤亡最多, 次均 15 人, 忻州市次之, 次均 8 人; 吕梁市暴雨洪涝灾害直接经济损失最严重, 次均 417 亿元; 次均农作物受灾面积最大的是阳泉市, 为 6023 公顷/次; 次均公路损坏超过 20 公里的地市有: 临汾、忻州、阳泉、吕梁和晋城。

#### 3.2 危险性区划

参考山西气象地理区划[4], 结合  $H_{lr}$  评估等级, 提出山西省暴雨洪涝灾害危险性划四级区划方案, 具体为:

(1) 一级区划: 一级区划分为两类, 按南北方位划分为北部轻度危险区、中部轻度危险区和南部中度危险区 (图 1-a),

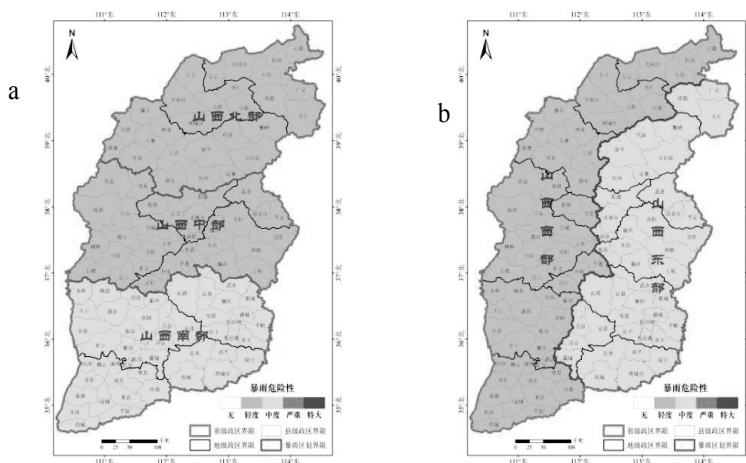


图 1 暴雨洪涝危险性一级区划

按东西方位划分为西部轻度危险区和东部中度危险区（图 1-b）。

（2）二级区划：二级暴雨危险性区划在一级区划的基础上，分为 6 个区，分别为：西北部轻度危险区、东北部轻度危险区、中西部轻度危险区、中东部轻度危险区、西南部轻度危险区和东南部严重危险区（图 2）。

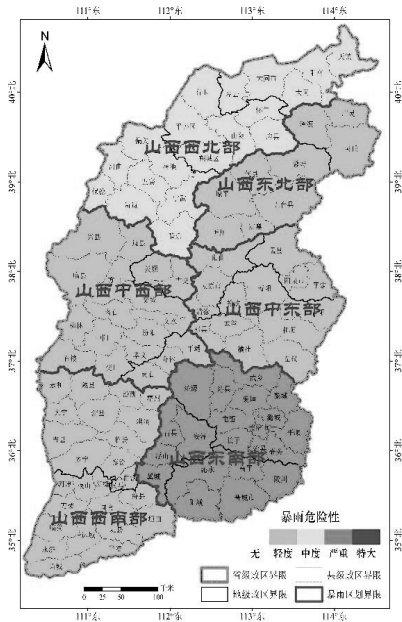


图 2 暴雨洪涝危险性二级区划

（3）三级区划：三级暴雨危险性区划以地级市划分，分别为：大同中度危险区、朔州轻度危险区、忻州轻度危险区、吕梁轻度危险区、太原轻度危险区、阳泉中度危险区、晋中轻度危险区、临汾轻度危险区、运城轻度危险区、长治中度危险区、晋城严重危险区（图 3）。

（4）四级区划：四级暴雨危险性区划为各市辖区范围内的县（区）危险性区划，分别按照无危险区、轻度危险区、中度危险区、严重危险区和特大危险区进行划分。以晋城市为例，特大危险区为陵川，严重危险区包括高平和阳城，中度危险区为沁水，轻度危险区为晋城市，不存在无危险区（图 4）。

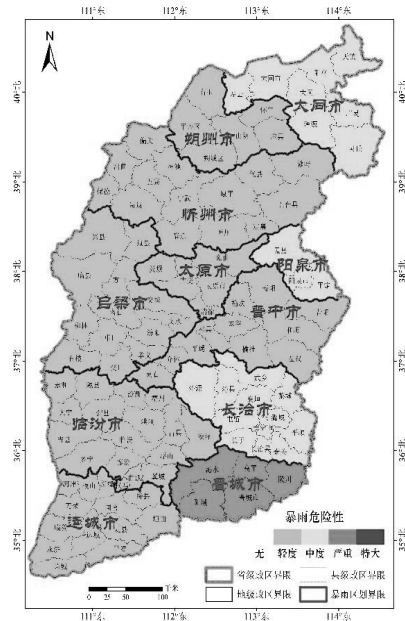


图 3 暴雨洪涝危险性三级区划图

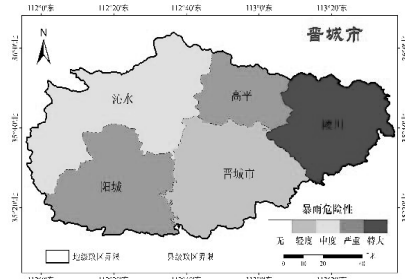


图 4 暴雨洪涝危险性四级区划（晋中市）

#### 4. 结论与讨论

暴雨洪涝灾害危险性评估是灾害风险分析的重要环节，是辨识和评价致灾因子危险性的关键步骤。通过考量灾害频率和灾害影响两个方面，以灾害频数、人员伤亡、房屋损坏、直接经济损失、农作物受灾面积和公路损坏长度等 6 个指标的计算与分级，定量评估暴雨洪涝灾害的危险性指数。研究表明：

（1）山西省平均的暴雨洪涝灾害危险性指数为 1.65，属于轻度危险性水平。其中，晋城市严重危险性水平，长治市、大同市、阳泉市和忻州市属于中度危险性水平。具体到县/区中，晋城陵川、忻州保德、晋城泽州、阳泉孟县、临汾安泽、长

治平顺和晋城阳城属于特大危险性水平。

(2) 山西省暴雨洪涝灾害危险性区划分为四级。其中, 一级区划分为两类, 二级区划分为 3 级 6 个区, 三级区划分为 4 级 11 个区, 四级区划分为 5 级若干个区。区划方案有利于辨识区域灾害危险性特征和风险水平, 有助于防灾减灾策略的实施。

(3) 微观尺度历史灾情数据库是广布型灾害风险分析的关键。广布型灾害风险是指严重程度低、频率高的危害事件和灾害的风险[5], 广泛分布且高度集中于经常发生局部性洪水、山体滑坡、风暴或干旱的社区, 是阻碍减轻灾害风险绩效的重要因素[6]。本文中的暴雨危险性仅表达出部分暴雨风险, 然而对于暴雨灾害记录的要求颇为严格。为进一步评估诸如暴雨、洪涝等各类广布型灾害风险, 微观尺度的历史灾情数据的搜集和整理必将成为关键。

#### Acknowledgements

This work was financially supported by Shanxi provincial local standard project (No. 201803).

#### 致谢

本研究得到山西省地方标准项目(201803)的资助。

#### 参考文献

- [1] UNISDR. 2015. Making Development Sustainable: The Future of Disaster Risk Management. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction (GAR 2015). <http://www.preventionweb.net/english/hydrogar/2015/en/home/index.html>.
- [2] UNISDR. 2009. Risk and poverty in a changing climate. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction (GAR 2009). <http://www.preventionweb.net/english/hydrogar/2009/?pid:34&pif:3>.
- [3] 中华人民共和国质量监督检验检疫总局, 中华人民共和国标准化管理委员会. 中华人民共和国国家标准: 暴雨灾害等级(GBT33680-2017) .2017.

- [4] 山西省质量技术监督局. 山西省地方标准: 山西气象地理区划 (DB14T 702-2012).2012.
- [5] United Nations. 2016. Report of the open-ended intergovernmental expert working group on indicators and terminology relating to disaster risk reduction (A/71/644) . [http://www.preventionweb.net/files/50683\\_oiewgreportenglish.pdf](http://www.preventionweb.net/files/50683_oiewgreportenglish.pdf).
- [6] Xue Y, Li X X, Su W, et al. 2018. A fuzzy method for assessing eco-environmental disaster risk caused by coalbed methane in China. *Journal of Risk Analysis and Crisis Response*, 2018, 8 (1): 3-13.