

袁湘秦, 赵法锁, 陈新建, 等. 陕西省绥德县地质灾害易发性区划 [J]. 灾害学, 2017, 32(1): 117-120, 125. [YUAN Xiangqin, ZHAO Fasuo, CHEN Xinjian, et al. Zoning of geological hazards' susceptibility evaluation in suide county of Shaanxi province[J]. Journal of Catastrophology, 2017, 32(1): 117-120, 125. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2017.01.020.]

陕西省绥德县地质灾害易发性区划*

袁湘秦, 赵法锁, 陈新建, 程晓辉, 姚翔龙

(长安大学 地质工程与测绘学院, 陕西 西安 710069)

摘要: 在陕西省绥德县地质灾害详细调查的基础上, 选取灾害点密度、坡度、坡高、坡型、岩土类型、降雨量以及人类工程活动等因素建立了评价指标体系, 采用基于 GIS 的信息量分析模型对绥德县地质灾害易发性进行了区划, 将研究区划分为高易发区、中易发区和低易发区, 其中高易发区面积 326.04 km², 占总面积的 17.4%; 中易发区面积 1,349.8 km², 占总面积的 71.9%; 低易发区面积 202.16 km², 占总面积的 10.7%。通过对绥德县地质灾害易发性区划, 以期为该县防灾减灾提供技术支持。

关键词: 信息量分析模型; 地质灾害; 易发性; 区划; 陕西绥德

中图分类号: X43; P694 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2017)01-0117-05

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2017.01.020

地质灾害易发区是指具备地质灾害发生的地质环境条件, 容易或者可能发生地质灾害的区域^[1]。地质灾害易发性评价是指地质灾害发生的可能性大小的预测。研究地质灾害易发性, 能够为开展地质灾害的危险性和风险评价研究提供基础资料, 并对区域国土资源规划、减灾防灾提供基础依据^[2]。

绥德县地处陕北黄土高原腹地, 属陕北黄土高原丘陵沟壑区, 地形破碎、梁峁起伏、河谷深切, 地质环境条件较差, 滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害时有发生, 且分布广、危害较严重, 是陕西省地质灾害较为发育的县(市)之一。历史上有数量较多的、不同规模的各种地质灾害发生, 造成不同程度的人员伤亡、损坏厂矿建筑和居民房屋, 给人民生命财产造成了较大损失, 已经成为制约绥德县经济和社会可持续发展的一个重要因素。对绥德县进行地质灾害易发性区划, 能为当地地质灾害的防治与管理提供基础依据, 具有重要的实践意义, 也是很有必要的。目前, 常用的地质灾害评价模型有层析分析法、综合指数模型、逻辑回归模型、信息量模型、专家评判法等^[3-10]。其中, 信息量分析模型比较适合高山峡谷区, 操作方便, 可信度高, 可以快速评价和制图^[2-4]。因此, 本文在绥德县地质灾害详细调查的基础上, 采用基于 GIS 的信息量分析模型对绥德县

地质灾害易发性进行区划, 以期为该地区防灾减灾提供技术支持。

1 研究区地质环境概述

绥德县位于陕西省北部, 榆林市东南部, 无定河下游, 北部与米脂县、佳县毗邻, 南部与清涧县接壤, 西侧与子洲县相邻, 东侧与吴堡县相接。地理坐标: 110°03' ~ 110°41' E, 37°16' ~ 37°46' N之间, 东西长 56.0 km, 南北宽 51.6 km, 总面积 1 878 km² (其中, 土地面积 1 853 km², 水域面积 25 km²)。县域地势东北高西南低, 区内地貌类型主要为河谷阶地区、土石峁区和黄土梁峁区。地属温带大陆性半干旱气候, 多年平均降雨量为 468 mm, 年最大降雨量 747.5 mm (1964 年), 最小降雨量 235.0 mm (1965 年)。降雨多集中于 7-9 月, 占多年平均降雨量 61%。区内出露地层以三叠系、新近系和第四系为主。出露岩性有马兰黄土、离石黄土、砂岩、泥岩及红粘土, 其中马兰黄土质地疏松、多大孔隙, 垂直节理发育^[11], 是本区的易滑地层。区内地质构造简单, 无大型褶皱、断裂, 主要发育两条断层, 郝家桥断层和霍家沟断层, 同呈东西向展布。新生代第四纪以

* 收稿日期: 2016-06-07 修回日期: 2016-08-03

基金项目: 陕西省地质调查项目(2014SDD0005)

第一作者简介: 袁湘秦(1989-), 男, 湖南省冷水江人, 博士研究生, 主要从事地质灾害机理与防治研究。

E-mail: 253136313@qq.com

来,本区构造运动以振荡性间歇性缓慢上升为主,外营力作用较强烈,以剥蚀、侵蚀为主,堆积为辅,地震活动较弱。

2 研究区地质灾害类型及分布特征

2.1 地质灾害类型

通过实地调查各类点 963 处,查明绥德县地质灾害点 132 处,地质灾害主要类型为滑坡、崩塌和泥石流,见表 1。其中滑坡 48 处,占地质灾害点 36.4%,崩塌 80 处,占地质灾害点 60.6%,泥石流 4 处,占地质灾害点 3%。48 处滑坡都属于小型黄土滑坡,滑动面位于黄土体内部,埋深较浅,属于浅层滑坡。崩塌以黄土崩塌为主,有 76 处,岩质崩塌较少,仅 4 处,分布于黄河沿线。滑坡和崩塌是绥德县危害最为严重的地质灾害类型。

表 1 绥德县地质灾害类型统计

类别	个数	百分比/%
滑坡	48	36.4
崩塌	80	60.6
泥石流	4	3.0
合计	132	100

2.2 地质灾害分布特征

绥德县地质灾害分布呈现以下特征。

(1)空间分布特征:地质灾害主要分布在黄土梁峁区和河谷阶地区,该区地质环境条件相对较差。

(2)地域分布特征:地质灾害主要分布在交通便利、经济发达、人类工程活动强烈、人口密度高的乡镇。该区人类工程活动相对强烈,对地质环境不利改造相对强烈,人类活动诱发的地质灾害相对较多。

(3)时间分布特征:地质灾害在每年的 7-9 月,每年的冻融期以及人类工程活动集中的时间段发生的频率较高。

(4)地层岩性分布特征:地质灾害主要发育于黄土中,48 处滑坡都为黄土层内滑坡,80 处崩塌中,76 处为黄土崩塌,仅 4 处岩质崩塌。

3 地质灾害易发性区划

3.1 信息量分析模型

3.1.1 信息量法原理

信息量法认为某一事件发生的概率受众多因素的影响,各种影响因素所起作用的大小和性质不同,但对于该事件的发生,总能找到一组“最佳因素”,将“最佳因素”的实测值转化为影响事件发生的信息量值,用信息量值的大小来评价事件发生的概率,该值越大,说明事件发生的概率

越大^[12]。

3.1.2 信息量法计算过程^[13]

(1)在众多影响因素中,提取“最佳因素”组合,以此建立评价指标体系。

(2)确定指标体系中各指标的权重。

(3)采用标准化、规格化、均匀化等数值变换方法对评价指标数据进行归一化处理。

(4)计算“最佳因素”组合中单一因素(指标) x_i 提供事件发生(A)的信息量 $I(x_i/A)$:

$$I(x_i, A) = \lg \frac{N_i/N}{S_i/S} \quad (1)$$

式中: S 为已知样本总单元数; N 为已知样本中变形破坏的单元总数; S_i 为有 x_i 的单元个数; N_i 为有指标 x_i 的变形破坏单元个数。

(5)计算“最佳因素”组合情况下,提供事件发生的信息量 I_i ,即:

$$I_i = I(x_i, A) = \sum_{i=1}^p \lg \frac{N_i/N}{S_i/S} \quad (2)$$

(6)根据信息量值 I_i 的大小,给单元确定稳定性等级。单元信息量值越大事件越容易发生。

(7)经统计分析(主观判断或聚类分析)找出突变点作为分界点,确定评价标准,将区域分成不同等级。

3.2 评价指标的建立

地质灾害易发性评价是指对地质灾害发生的可能性大小的预测。影响地质灾害发生的因素很多,各影响因素对地质灾害发生的影响程度不同,但在特定的地质环境条件中,总能找到一组“最佳组合因素”,以此建立评价指标体系,能够客观地评价地质灾害发生概率的大小^[12]。本次评价在已有的资料基础上,结合这次地质灾害详细调查所取得的成果,并借鉴前人研究成果,选取了灾害点密度、坡高、坡度、坡型、岩土体类型、降雨量和人类工程活动等 7 个评价指标(图 1),建立了地质灾害易发性评价指标体系。

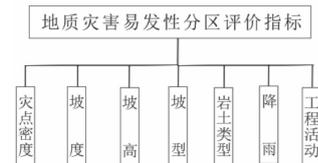


图 1 绥德县地质灾害易发性评价指标

3.3 评价指标权重确立

指标权重反映了指标对地质灾害发生的影响程度大小,权重越大,表明该指标对地质灾害发

生的影响程度越大,反之,则影响程度越小。权重取值的精度,决定了评价结果的可用性。本文参考前人研究成果,并结合绥德县当地的地质环境

条件, 采用贡献率法确定各指标的权重, 见表 2。

表 2 地质灾害因子指标权重表

指标	灾点密度	坡度	坡高	坡型	岩土类型	降雨	工程活动
权重	0.3	0.2	0.05	0.04	0.08	0.18	0.15

3.4 评价指标数据归一化

建立的评价指标体系中, 其中灾点密度、坡高、坡度、坡型和降雨量为定量指标, 采用直线型阈值法进行数据归一化; 岩土体类型和人类工程活动为定性指标, 根据这些因素与地质灾害的影响的关系进行归一化赋值^[14]。

(1) 灾害点密度

灾点密度代表单元区域里面地质灾害的发育程度, 计算每个评价单元里的灾害点密度, 定义灾点密度最大值归一化赋值 1, 灾点密度最小值归一化取 0, 然后采用直线型阈值法对其他单元的灾害点密度进行 0~1 数据归一化。

(2) 坡高

坡体内的应力随坡高的增加逐渐增大, 斜坡的稳定性降低, 本次详细调查发现滑坡和崩塌等地质灾害主要发生在高度 50~100 m。定义斜坡高度大于 50 m, 归一化取值 1, 斜坡高度 0 时, 归一化取值为 0, 斜坡高度 0~50 m 时, 采用直线型阈值法对其进行 0~1 数据归一化。

(3) 坡度

坡度影响斜坡的应力分布、地表水的径流以及斜坡上松散堆积物的厚度, 坡度的增加, 导致斜坡稳定性降低。本次详细调查发现, 斜坡坡度 25°~55°时, 地质灾害易发程度高, 向两侧逐渐减小。定义斜坡坡度 40°时, 归一化取值 1, 斜坡坡度小于 25°和斜坡坡度 90°时, 归一化取值 0, 其余坡度采用直线型阈值法对其进行 0~1 数据归一化。

(4) 坡型

根据 GIS 自带坡型曲率计算功能, 计算各单元内的曲率值, 定义曲率最大值归一化为 1, 定义曲率最小值归一化取 0, 其余曲率归一化取值采用直线型阈值法计算。

(5) 岩土体类型

根据《1:50,000 地质灾害调查信息化成果技术要求》^[14], 对岩土体类型这一定性指标, 采用岩土类型对地质灾害影响关系直接归一化赋值。本区地质灾害主要发生与黄土层内, 少数崩塌发生与黄河沿线的砂岩内。定义 Q₃ 黄土归一化为 0.9, Q₂ 黄土归一化取值为 0.5, 砂岩归一化取值为 0.2。

(6) 降雨

降雨对斜坡体进行冲刷, 雨水补给斜坡体, 软化斜坡土体, 是诱发地质灾害的主要因素, 随着降雨量的增加, 地质灾害发生的次数逐渐增多。

本次调查发现, 降雨强度对地质灾害易发程度有较大的影响, 当年平均降雨量大于 650 mm 时, 地质灾害易发程度为高, 归一化取值为 1, 当年平均降雨量小于 250 mm 时, 地质灾害易发程度极低, 归一化取值为 0。年平均降雨量 250~650 mm 时采用直线型阈值法进行 0~1 的线性归一化。

(7) 人类工程活动

经调查绥德县境内现阶段人类工程活动主要为城镇化建设、新农村建设和交通线路建设而进行的削坡开挖行为。城镇化建设和新农村建设 1.5 km 范围内, 归一化取值为 1。主要交通线路 200 m 范围内, 归一化取值为 1。其他区域赋值为 0。

3.5 地质灾害易发性分区结果

在评价指标分析和数据归一化的基础上, 采用 ArcGIS 软件, 利用 ArcGIS 的空间叠加和统计功能, 将各指标值按照权重分配结果进行信息叠加计算, 得到绥德县地质灾害易发程度评价结果, 采用突变点法, 找出易发程度分区界限值, 给出地质灾害易发程度分级标准(表 3), 对绥德县地质灾害易发性进行区划, 将绥德县划分为地质灾害高易发区、中易发区和低易发区, 在定量计算分级分区的基础上, 综合考虑各种因素, 以符合绥德实际状态的原则, 人工勾画出绥德县地质灾害易发程度分区表(表 4)和地质灾害易发程度分区图(图 2)。

表 3 地质灾害易发程度区划评价分区表

分级等级	低易发区	中易发区	高易发区
分级标准	0.05~0.40	0.40~0.72	0.72~1.50

(1) 从表 4 和图 2 可以看出, 地质灾害高易发区(A)主要分布在无定河和黄河沿线, 进一步划分为 2 个亚区, 无定河地质灾害高易发区(A₁)和黄河地质灾害高易发区(A₂), 总面积 326.04 km², 占全县总面积的 17.4%, 区内灾害点 46 处, 灾害点密度 0.141 处/km²。

(2) 地质灾害中易发区(B)主要分布在黄土梁峁区, 总面积 1 349.8 km², 占全县总面积的 73.6%。根据地质环境条件及人类工程活动差异, 进一步划分为 5 个亚区: 四十里铺镇地质灾害中危险区(B₁), 包括大理河两侧; 张家砭乡地质灾害中危险区(B₂); 田庄-薛家湾镇地质灾害中危险区(B₃); 白家砭-义合镇地质灾害中危险区(B₄); 薛家河-中角镇地质灾害中危险区(B₅)。区内地质灾害点密度 0.022 处/km²。

(3) 地质灾害低易发区(C)总面积 202.16 km², 占全县总面积的 10.7%。按其所处的地理位置及地质环境条件的差异, 可将其划分为 3 个亚区, 四

表 4 绥德县地质灾害易发程度分区表

易发程度分区	面积/km ²	亚区名	亚区号	面积/km ²	灾害点/处	灾害点密度/处/km ²	占全县总面积比例/%
高易发区(A)	326.04	无定河地质灾害高易发区	A ₁	303.19	42	0.139	17.4
		黄河地质灾害高易发区	A ₂	22.86	4	0.175	
中易发区(B)	1,349.8	四十里铺镇地质灾害中易发区	B ₁	87.97	2	0.023	71.9
		张家砭乡地质灾害中易发区	B ₂	109.28	4	0.037	
		田庄—薛家湾镇地质灾害中易发区	B ₃	107.28	5	0.047	
		白家砭—义合镇地质灾害中易发区	B ₄	515.77	6	0.012	
		薛家河—中角镇地质灾害中易发区	B ₅	529.50	13	0.026	
		四十里铺镇地质灾害低易发区	C ₁	66.58	0	0	
低易发区(C)	202.16	张家砭镇地质灾害低易发区	C ₂	48.28	0	0	10.7
		吉镇镇地质灾害低易发区	C ₃	97.30	2	0.023	

十里铺镇地质灾害低易发区(C₁), 包括四十里铺镇西北祁家沟、付家沟的上游地段, 总面积 66.58 km², 占全县总面积的 3.55%; 张家砭乡地质灾害低易发区(C₂), 包括绥德县西部张家砭乡东南部, 郝家桥沟的平缓地段, 面积 48.28 km², 占全县总面积的 2.60%。吉镇镇地质灾害低易发区(C₃), 面积 97.30 km², 占全县总面积的 5.18%。区内处于黄土梁峁的中上部, 坡体较完整、坡度较小(一般小于 20°), 植被较发育, 人口密度不大, 人类工程活动较弱, 地质灾害发生的频率相对低。区内地质灾害点密度 0.009 处/km²。



图 2 绥德县地质灾害易发性分区图

4 结论

(1) 绥德县主要有滑坡、崩塌和泥石流三种地质灾害, 其中滑坡 48 处, 崩塌 80 处, 泥石流 4 处。滑坡和崩塌是绥德县危害最为严重的地质

灾害。

(2) 绥德县地质灾害分布具有明显的空间、地域、时间和岩性分布特征。空间特征主要分布黄土梁峁区和河谷阶地区。地域特征主要分布在交通便利、经济发达、人类工程活动强烈、人口密度高的乡镇。时间特征多集中于每年的 7-9 月, 每年的冻融期以及人类工程活动集中的时间段。岩性特征主要发育于马兰黄土、离石黄土中。

(3) 绥德县地质灾害受斜坡形态、岩土类型、降雨和人类工程活动影响, 选取灾害点密度、坡高、坡度、坡型、岩土体类型、降雨量和人类工程活动等作为地质灾害易发性评价指标是合适的。

(4) 采用基于 GIS 的信息量分析模型, 将绥德县划分了地质灾害高易发区、中易发区和低易发区, 其中高易发区面积 326.04 km², 占全县总面积的 17.4%; 中易发区面积 1 349.8 km², 占全县总面积的 73.6%; 低易发区面积 202.16 km², 占全县总面积的 10.7%。

通过对绥德县地质灾害易发区划分, 能够为当地政府国土资源规划、减灾防灾提供科学依据。

参考文献:

- [1] 胡金, 李波, 杨艳峰. GIS 在云南鲁甸县地质灾害易发性分区中的应用[J]. 灾害学, 2008, 23(1): 73-75.
- [2] 张春山, 韩金良, 孙炜峰, 等. 陕西陇县地质灾害危险性分区评价[J]. 地质通报, 2008, 27(11): 1795-1801.
- [3] 殷坤龙. 滑坡灾害预测预报[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2004.
- [4] 张桂荣, 殷坤龙, 刘传正, 等. 基于 GIS 的陕西省旬阳地区滑坡灾害危险性区划[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2003, 14(4): 39-43.
- [5] 国土资源部地质环境司, 中国地质调查局. 《全国地质环境图系》编制技术要求(试行)[Z]. 北京: 国土资源部地质环境司, 中国地质调查局, 2013.
- [6] Kanungo D P, Sarkar S, Sharma S. Combining neural network with fuzzy, certainty factor and likelihood ratio concepts for spatial prediction of landslides[J]. Nat Hazards, 2011, 59: 1491-1512.

(下转第 125 页)

The Dynamic Efficiency and its Decomposition of Agricultural Drought and Flood Disaster Prevention in Henan Province

LIU Tao^{1,2}, REN Qing^{1,2}, JIN Yingshu^{1,2} and GU Lingshuang^{1,2}

(1. *Research Center of Safety and Emergency Management, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454003, China;*

2. *Emergency Management School, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454003, China*)

Abstract: Using the DEA-Malmquist index model, we calculate the dynamic efficiency and its changes of agricultural drought and flood disaster prevention of Henan Province in 2005 – 2014. The average dynamic efficiency (Malmquist index) of Henan agricultural drought disaster prevention is 0.986 during 2005 – 2014. The dynamic efficiency of agricultural drought and flood disaster prevention shows an overall downward trend. Low technical change index is the main reason for low dynamic efficiency. All areas are faced with the decreasing technical change index. Therefore, we need to optimize the investment structure of agricultural drought disaster prevention, promote technological innovation of agricultural disaster prevention, stabilize investment share of agricultural drought disaster prevention in different region strengthen the supporting systems of agricultural drought disaster prevention, so as to enhance the dynamic efficiency of agricultural drought disaster prevention.

Key words: agriculture; drought and flood disaster prevention; dynamic efficiency; Malmquist index; Henan Province

(上接第 120 页)

- [7] Atkinson P M, Massari R. Generalized linear modeling of susceptibility to landsliding in the central Apennines, Italy[J]. *Comput Geosci*, 1998, 24: 373 – 385.
- [8] Feizizadeh B, Blaschke T. GIS-multicriteria decision analysis for landslide susceptibility mapping: comparing three methods for the Urmialake basin, Iran [J]. *Nat Hazards*, 2013, 65: 2105 – 2128.
- [9] 殷坤龙, 朱良峰. 滑坡灾害空间区划及 GIS 应用研究 [J]. *地学前缘*, 2001, 8 (2): 279 – 284.
- [10] 朱良峰, 殷坤龙. 基于 GIS 技术的区域地质灾害信息分析系统研究 [J]. *中国地质灾害与防治学报*, 2001, 12(3): 79 – 83.
- [11] 孙建中. 黄土学 [M]. 香港: 香港考古学会, 2005.
- [12] 殷坤龙, 张桂荣. 地质灾害风险区划与综合防治对策 [J]. *安全与环境工程*, 2003, 10(1): 32 – 35.
- [13] 魏刚, 殷志强. 青海化隆县地质灾害易发性区划 [J]. *中国地质灾害与防治学报*, 2013, 24(1): 86 – 93.
- [14] 中国地质环境监测院. 1: 50 000 地质灾害调查信息化成果技术要求 [R]. 北京: 中国地质环境监测院, 2010.

Zoning of Geological Hazards' Susceptibility Evaluation in Suide County of Shaanxi Province

YUAN Xiangqin, ZHAO Fasuo, CHEN Xinjian, CHENG Xiaohui and YAO Xianglong

(*School of Geological Engineering and Geomatics, Chang'an University, Xi'an 710054, China*)

Abstract: Based on investigation of geohazards in Suide County, density of geohazards, slope height, gradient, slope type, type of rock and earth mass, rainy water and human activities are chosen as 7 evaluation index to establish susceptibility evaluation index system. The study area is finally divided into 3 levels of the high-grade area by using the information content method on the GIS platform. According to the results, the high-grade area covers 326.04 km², accounting for 17.4% of the total area; the medium-grade area covers 1 349.8 km², accounting for 71.9% of the whole area and the low-grade area is 202.16 km², accounting for 10.7%. It hopes to provide some technology support to prevent and reduce geohazards by zoning of geological hazards' susceptibility evaluation in Suide County.

Key words: the information content method; zoning of geological hazards' susceptibility evaluation; Suide County of Shaanxi province