

裴惠娟, 陈晋, 李雯, 等. 甘肃省地质灾害风险评估[J]. 灾害学, 2017, 32(2): 97-102. [PEI Huijuan, CHEN Jin, LI Wen, et al. Geological Disaster Risk Assessment in Gansu Province[J]. Journal of Catastrophology, 2017, 32(2): 97-102. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2017.02.017.]

甘肃省地质灾害风险评估^{*}

裴惠娟¹, 陈晋², 李雯², 陈文凯²

(1. 中国科学院兰州文献情报中心, 甘肃 兰州 730000; 2. 中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘要:以甘肃省为研究区域,选取降雨、地形、地质环境、人口、经济、道路、耕地、生态环境、医救能力、自救能力和财力支持指标,基于层次分析法建立了甘肃省地质灾害风险评估指标体系,利用GIS技术对甘肃省地质灾害进行风险评估。研究结果表明:①甘肃省地质灾害综合风险最高的地区为临夏州、天水市、陇南市、庆阳市部分地区、兰州市局部地区和陇南市部分地区,其面积为4.62万km²,占总面积的10.58%;中等及较高风险地区面积分别为8.33万km²,3.75万km²,占总面积的19.08%,8.59%;较低和低风险区所占面积为26.97万km²,占总面积的61.75%;②甘肃省地质灾害风险呈现东高西低的分布格局,主要是由地形和人口分布造成的,在河东地区呈现片状分布,高风险区域主要分布在人口密集、地形起伏较大、降雨量多的地区;在河西地区高风险区域沿着河西走廊分布,在武威市凉州区、古浪县呈片状分布,在河西其他地区呈条带状分布;③从行政区划看,甘肃省地质灾害高风险区遍布14个市州83个区县(除甘南州玛曲县、酒泉市肃北县和阿克塞县无高风险区域外)。14个市州中,高地质灾害风险面积最大的市州为天水市,次之为临夏州、定西市、陇南市、兰州市、武威市。低地质灾害风险的市州为酒泉市,较低风险的市州为嘉峪关市、金昌市、甘南州。此评价结果对甘肃省区域地质灾害防治规划具有重要的指导作用。

关键词:地质灾害;风险评估;GIS;甘肃省

中图分类号: X43; P694 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2017)02-0097-06

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2017.02.017

地质灾害风险评估与管理在国际上越来越受到重视,已经成为国际防灾减灾战略的重要组成部分。尤其是21世纪以来,国际上滑坡风险评估及其应用已经成为研究热点。地质灾害风险评估是在地质灾害空间预测评价的基础上综合考虑人员、社会经济要素和抗灾能力的综合预测评价,给出地质灾害空间具体分布。1970-1980年代开始,一些发达国家或地区进行了大范围的地质灾害风险评价及相关理论、方法的研究。例如,美国于1972年完成了加州San Mateo地区的滑坡危险性图^[1]。P J Finlay和Robin Fell分别对澳洲和香港的滑坡灾害风险进行了研究,通过对滑坡灾害进行调查,对滑坡灾害进行分类,分析得到滑坡灾害造成的生命财产损失可接受概率的研究结论^[2]。GRMostyn和RFell用统计学原理,对香港1984-1993年的3000多个滑坡灾害记录数据进行统计,建立了基于滑坡灾害几何条件的预测滑坡灾害水

平运动距离的多元回归模型^[3]。A Uromeihy和MR MahdaviFar用滑坡灾害分区图评价滑坡灾害的潜在风险,在考虑各种致灾因子的基础上,用模糊集理论计算各单元的潜在危害性指标值,并以此来绘制滑坡灾害分区图^[4]。PiyooschRautelal等利用GIS和遥感技术对印度的Giri和Tons Rivers流域的滑坡灾害进行了风险评价研究^[5]。B Temesgen等利用GIS和遥感技术研究滑坡灾害与致灾因子之间的统计关系,并用风险系数值[0,1]来评价滑坡灾害风险^[6]。

近年来,我国地质灾害风险研究也取得了很大的进展,遥感技术、地质可视化技术、GIS技术、模糊数学法等新技术新方法也得到了广泛的应用。如唐川等运用模糊数学的方法,将反映崩塌滑坡危险性的模糊指标进行量化并利用模糊变换原理综合各指标因子进行评价^[7]。刘希林改进了区域泥石流危险度评价方法,使区域泥石流

* 收稿日期: 2016-09-07 修回日期: 2016-11-28

基金项目: 中国科学院“西部之光”人才培养计划博士项目(Y300031001); 甘肃省科技支撑项目(1504FKCA065); 中国地震局地震预测研究所基本科研业务费专项(2015IESLZ06)

第一作者简介: 裴惠娟(1982-),女,青海乐都人,副研究员,主要从事自然灾害应对战略情报研究. E-mail: peihj@llas.ac.cn

通讯作者: 陈文凯(1983-),男,副研究员,硕士生导师,主要从事GIS、遥感技术应用研究. E-mail: cwk2000@yeah.net

危险度具有横向可比性,并将风险度分为 5 级,对四川凉山州进行泥石流风险度评价^[8]。赵其华等以川藏公路二郎山隧道西出口的和平安滑坡灾害为研究对象,对滑坡灾害的可能失稳规模、方式及其危害性进行了研究^[9]。朱良峰等研究开发了基于 GIS 的区域地质灾害风险分析系统,对全国范围的滑坡灾害进行了危险性分析、易损性分析和最终的风险评价^[10]。以 GIS 空间化技术为支撑的地质灾害评价的应用日益广泛,在许多方面发挥了重要作用,特别是在地质灾害风险管理和减灾管理中发挥了巨大的作用^[9-11]。我国在地质灾害风险评估方面做了很多工作,但是目前多强调技术方法的改进,对于资料的质量和精度分析较少。实际上,地质灾害风险存在一定的客观性和不确定性,不仅取决于灾害体所在自然环境的基础地质条件和动力条件,同时也取决于承灾体的价值与承灾能力,并且只有当灾害体威胁到了承灾体或者说承灾体暴露于某种灾害的背景下时,地质灾害的风险才会产生,因此载体数据的质量和精度直接影响风险评估结果。

甘肃省位于青藏高原、黄土高原和内蒙古高原交汇地带,地质构造复杂、断裂发育;气象水文条件差异很大,降水集中、局地性暴雨频繁;加之植被稀疏、生态环境脆弱,诱灾因素十分活跃,地质灾害呈现频发、多发态势。甘肃省地质灾害具有分布范围广、密度大、活动频繁、规模大、危害严重的特点。据资料统计全省 86 个县(市、区)中,有 68 个区县发育着不同程度的滑坡,其中灾害严重的达 42 个,全省滑坡分布面积达 18.58 万 km², 占全省总面积的 41%, 甘肃省是全国滑坡最发育的省份之一^[11]。本文中细化基础数据中的载体(人口)数据,将乡镇人口数据空间化为公里格网数据,在此基础上给出甘肃省地质灾害风险评估结果,服务于甘肃省地质灾害预防与应急工作。

1 地质灾害风险评估

1.1 地质灾害风险评估

地质灾害的风险是客观存在的,其形成离不开灾害系统(自然灾害系统是由致灾因子、孕灾环境和承灾体共同组成具有复杂特性的地球表层异变系统)这一物质基础,地质灾害风险是由灾害系统自身演化而导致未来损失的不确定性,具有极高的复杂性和不确定性特征。地质灾害风险评估首先需要制定风险评估指标,指标因子选择上既要考虑各指标数据的客观性、可获取性,也要考

虑所选指标能够客观反映区域地质灾害风险的实际情况。

地质灾害风险评估一般有 2 种方法^[12-14]: ①基于历史和现实资料预测未来地质灾害;②利用与曾经发生地质灾害地区相似的地形、地质及地貌等因素,来预测未来有可能发生的地质灾害,即确定导致地质灾害发生的基本要素。该方法可用于表达或量化风险评估的易发程度、危险性和暴露性。地质灾害风险评估的目的是要清晰地反映评价区域地质灾害总体风险水平与地区差异,为指导国土资源开发、保护环境、规划与实施地质灾害防治工程提供科学依据。

1.2 风险评估方法

1970 年代中期美国运筹学家 T L Saaty 提出层次分析法(Analytic Hierarchy Process, 简称 AHP 方法),该方法是一种定性和定量相结合的综合分析方法。近年来,层次分析法在不同领域得到了广泛应用。本文根据自然灾害风险评估理论,从灾害发生的危险性、承灾体的暴露性和脆弱性以及社会的防灾减灾能力 4 个方面分别选取评估因子,构建甘肃省地质灾害风险评估指标体系^[15]。评估指标权重的确定采用层次分析方法(Analytic Hierarchy Process, AHP),根据各个指标的相对重要性,从因子层开始,采用两两比较的方法建立判断矩阵,采用方根方法求出各指标因子的权重并归一,通过一致性检验后得到因子层对准则层的权重集(表 1)。

2 数据来源与处理

2.1 评估指标数据来源

地质灾害综合风险评估的各个指标数据的准确性直接影响风险评估的结果精度。在本文中基于 ArcGIS 软件平台采用统一的 WGS84 坐标系对各个指标进行了空间化处理。其中降雨量数据来源于甘肃省 33 个基本气象台站 1951-2008 年降雨量数据,地形数据来源为 Aster DEM 数据(日本 ASTER 卫星),人口数据为甘肃省人口和计划生育委员会提供的甘肃省乡镇人口统计数据(统计数据截止日期为 2013 年 12 月),经济、医疗卫生、财政收入、储蓄数据来源于 2015 年甘肃省统计年鉴(2014 年数据),耕地、植被覆盖度、地貌类型来源于中国科学院资源科学数据中心。

2.2 评估指标分级处理

根据每个指标的特点选取不同的分级标准,得到甘肃省地质灾害风险评估的 13 个分级图,具体的指标分级标准如表 2 所示,具体分为 1~5 级,1 表示最安全,5 表示最危险。

表 1 甘肃省地质灾害综合风险评估指标体系

目标层	准则层	指标层	因子层
地质灾害 综合风险	危险性(0.456)	降雨(0.158)	多年平均降雨量(0.158)
		地形(0.152)	坡度(0.101)
		地质环境(0.146)	地貌类型(0.051)
			地层岩性(0.087)
			活动断裂(0.059)
		人口(0.158)	人口密度(0.158)
	暴露性(0.254)	经济(0.057)	单位面积 GDP(0.057)
		道路(0.039)	道路缓冲区(0.039)
		耕地(0.084)	土地利用中耕地面积(0.084)
	脆弱性(0.147)	生态环境(0.063)	植被覆盖度(0.063)
		医救能力(0.051)	千人拥有卫生技术人员(0.051)
	防灾减灾能力(0.143)	自救能力(0.039)	人均储蓄存款(0.039)
		财力支持能力(0.053)	人均地方财政收入(0.053)

表 2 甘肃省地质灾害综合风险评估指标分级标准

指标	1	2	3	4	5
多年平均降雨量/mm	<100	200	300	500	>500
坡度/°	<10	25	45	60	60~90
地貌类型	平原	台地和丘陵	小起伏山	中起伏山	大起伏山
地层岩性	松散堆积物	软弱岩体	中等岩体	中硬岩体	硬岩
活动断裂(断层距)/km	100	50	20	10	1
道路(缓冲区)/km	0	5	10	20	40
人口密度/(人/km ²)	10	60	100	500	35245
老幼人口比例/%	0.18	0.22	0.25	0.29	0.39
单位面积 GDP/万元	500	1000	2000	3000	190000
土地利用中耕地面积/km ²	300	1000	2500	5000	9960
植被覆盖度	1.0	0.9	0.85	0.8	0.6
千人拥有卫生技术人员	10.5	5.5	4.9	4.5	3.3
人均储蓄存款/万元	9.0	5.6	3.5	2.5	1.0
人均地方财政收入/元	7200	3300	2500	1600	1100

本文中采用 ArcGIS 软件平台实现了 13 个评估指标栅格数据的计算,利用空间分析模块中的地图代数方法对甘肃省地质灾害的危险性、暴露性、脆弱性和防灾减灾能力分别进行评估,然后叠加甘肃省区县行政区划,可以得到 86 个区县不同等级地质灾害风险所占的面积比例,再将不同等级风险区赋以相应的权重,进行加权处理,然后按照加权值分为高、较高、中等、较低和低 5 个等级,最后得到甘肃省地质灾害风险评估结果。

3 结果分析与讨论

3.1 地质灾害危险性

地质灾害是大面积范围内复杂的内部潜在因子(自然地形、地貌、水文、构造等)和外部诱发

因子(降雨、地震等)共同作用的结果,很难明确地表示出各个致灾因子与灾害发生之间的关系,也就很难用确定的概率表示灾害发生的可能性。所以,大多数地质灾害危险性评价结果用不同区域的相对危险性,如:极高危险、高危险、中等危险、较低危险和低危险等词汇描述灾害发生的可能性。根据危险性不同,用不同的颜色(红色到绿色渐变)将研究区域划分为若干区域(地质灾害空间危险性区划图),便于土地利用和规划中识别潜在的危害危险^[12]。

根据地质灾害危险性评估指标及通过 GIS 空间运算,可得甘肃省地质灾害危险性空间分布图(图 1),甘肃省地质灾害高危险区主要分布在中东部地区,主要为陇南、甘南、天水、平凉、兰州等地,其面积为 9.75 万 km², 占全省总面积的

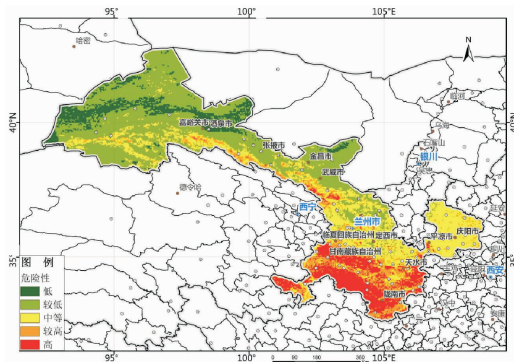


图1 甘肃省地质灾害危险性空间分布图

22.32%。高危险区在河西主要分布在祁连山一带,行政区划上属于武威市、张掖市和酒泉市。低危险区和较低危险区面积分别为 3.62 万 km^2 、19.23 km^2 , 占全省总面积的 52.37%, 其主要分布在河西走廊地区, 多为戈壁和沙漠地区, 地势平坦, 坡度较低, 几乎无降雨和人类居住。

因为风险本质上是未来损失的可能性, 在现实世界中难以找到绝对的指标对风险进行度量和刻画, 客观上也就无法对风险模型评估的结果进行绝对的验证^[16]。因此本文中根据历史地质灾害数据(2000 年之前近 40 年)对结果进行对比验证, 如表 3 所示, 甘肃省滑坡数量最多的为陇南和甘南地区, 而本文中计算的高危险性区域面积最大的也是陇南地区和甘南地区。历史上滑坡较多的区域还有陇东和陇西地区, 河西走廊危险性较低, 历史数据与危险性风险评估结果较为一致, 证明本文计算结果具有较高的精度和可靠性。

表3 甘肃省历史滑坡统计表(2000 年之前近 40 年)^[17]

地区	滑坡数量	数量百分比/%
陇南、甘南	13283	72.2
陇东	2569	14.0
陇西	2484	13.5
河西走廊	56	0.30

3.2 地质灾害暴露性

地质灾害暴露性为暴露于环境中的人口、经济等承灾体。通过地质灾害风险评估指标体系中的暴露性指标, 基于 GIS 空间分析, 得到甘肃省地质灾害暴露性分级图(图 2)。从计算结果可知, 甘肃省地质灾害暴露性程度一般, 并不是很高。其高暴露性地区主要分布在天水市、兰州市、武威市、庆阳市等地, 占全省总面积的 2.44%, 面积为 1.06 万 km^2 ; 暴露性较高地区面积为 2.76 万 km^2 , 所占面积为 6.35%, 主要分布在兰州市、定西市、陇南市、平凉市等地。中等暴露性面积为 6.83 万 km^2 , 所占面积为 15.65%; 较低和低级暴露性面积为 33.01 万 km^2 , 所占全省总面积的

75.58%, 分布在酒泉市、张掖市、金昌市、甘南州等地。

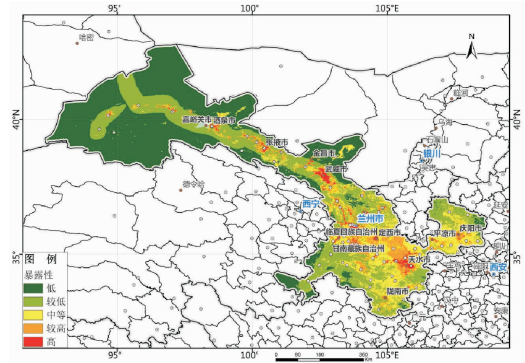


图2 甘肃省地质灾害暴露性空间分布图

3.3 地质灾害脆弱性

脆弱性是指暴露于某一强度的地质灾害之中的灾害风险要素面对某一强度滑坡、泥石流等地质灾害危险性所遭受的损失程度(图 3)。从本文计算结果可知, 甘肃省地质灾害的脆弱性中等级别以上区域分布面积较大, 达到 13.05 万 km^2 , 占全省面积的比例为 29.88%, 其中高脆弱性和中等脆弱性区域所占面积比较接近, 分别为 2.32 万 km^2 、3.67 万 km^2 , 较高脆弱性区域面积较大, 7.06 万 km^2 , 占全省面积的比重分别为 5.31%、16.17% 和 8.40%。其空间分布为兰州市、定西市、天水市、临夏州、武威市、平凉市等地; 暴露性较低的区域为酒泉市、张掖市靠近祁连山的条带状区域等地, 分布面积为 23.51 万 km^2 , 占全省总面积的 50.84%。

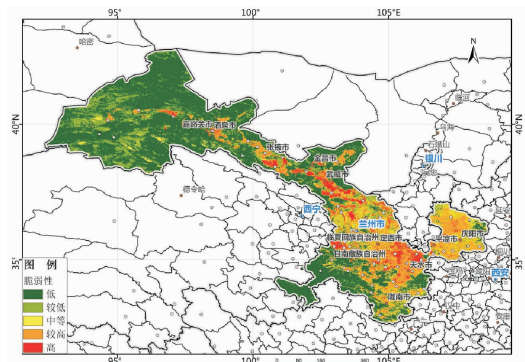


图3 甘肃省地质灾害脆弱性空间分布图

3.4 防灾减灾能力

防灾减灾能力是指某一区域应对某一强度地质灾害的能力及降低风险的作用。一般防灾减灾能力较强的地方, 地质灾害的风险较小。由于甘肃省社会经济发展水平较低, 且人均 GDP 连续几年全国倒数第一, 总体来看, 甘肃省的防灾减灾能力较低(图 4)。防灾减灾能力较低和低等级的区域面积分别为 7.64 万 km^2 、19.76 万 km^2 , 面积百

分比分别为 17.49%, 45.25%; 而防灾减灾能力高区域面积只有 6.31 万 km², 面积百分比为 14.46%。

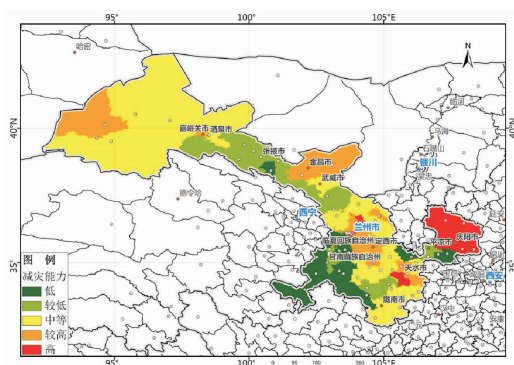


图4 甘肃省防灾减灾能力等级图

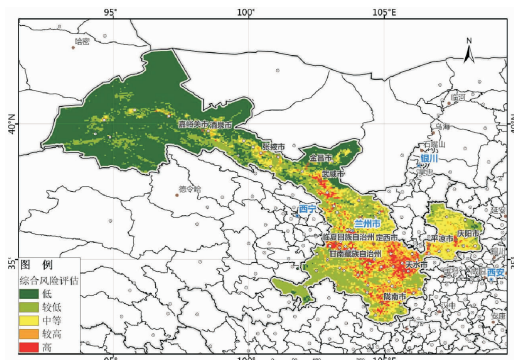


图5 甘肃省地质灾害综合风险评估图

从空间分布上来看, 防灾减灾能力高的区域只有兰州市、白银市、天水市 3 个市辖区和庆阳市, 而降雨量多的地区如陇南市、天水市的减灾能力为中等偏下; 甘南州、张掖市、平凉市等地的减灾能力最弱, 当地的自救和医救能力较低, 一旦发生较大地质灾害则需要外地支援。

3.5 地质灾害综合风险评估

在对甘肃省地质灾害危险性、暴露性、脆弱性和防灾减灾能力计算的基础上, 对甘肃省地质灾害进行综合风险评估计算, 得到了甘肃省地质灾害综合风险评估结果(图 5)。从图 5 可知, 甘肃省地质灾害综合风险最高的地区为临夏州、天水市、陇南市、庆阳市部分地区、兰州市局部地区和陇南市部分地区, 其面积为 4.62 万 km², 百分比为 10.58%; 中等及较高风险地区面积分别为 8.33 万 km², 3.75 万 km², 其面积百分比为 19.08%, 8.59%; 较低和低风险区所占面积为 26.97 万 km², 所占面积百分比为 61.75%。

甘肃省地质灾害风险呈现东高西低的分布格局, 主要是由地形和人口分布造成的, 甘肃东部人口密度大, 降雨量多, 地势起伏较大, 而甘肃西部地势平坦, 人口稀少, 降雨量小。在河东地

区呈现片状分布, 高风险区域主要分布在人口密集、降雨量多的地区; 在河西地区高风险区域沿着河西走廊分布, 在武威市凉州区、古浪县呈片状分布, 在河西其他地区呈条带状分布。甘肃省地质灾害综合风险程度较高的区县为秦安县、秦州区、清水县、张家川县、渭源县、武都区、文县、礼县、陇西、漳县、岷县、临县市、和政县、康乐县、七里河区、城关区、西峰区、华亭县、凉州区等区县。

4 结论

甘肃省位于青藏高原、黄土高原和内蒙古高原交汇地带, 地质构造复杂、断裂发育; 气象水文条件差异很大, 降水集中、局地性暴雨频繁; 加之植被稀疏、生态环境脆弱, 诱灾因素十分活跃, 地质灾害呈现频发、多发态势。甘肃省地质灾害具有分布范围广、密度大、活动频繁、规模大、危害严重的特点。基于 GIS 软件平台对甘肃省地质灾害进行综合风险评估计算, 得到了甘肃省地质灾害综合风险评估图。甘肃省地质灾害高风险区遍布 14 个市州 83 个区县(除甘南州玛曲县、酒泉市肃北县和阿克塞县无高风险区域外)。14 个市州中, 高地质灾害风险面积最大的市州为天水市, 次之为临夏州、定西市、陇南市、兰州市、武威市。低地质灾害风险的市州为酒泉市, 较低风险的市州为嘉峪关市、金昌市、甘南州。

本文所利用的基础数据多为原始统计数据派生得到的, 数据精度较高, 因此风险评估结果具有较高的可靠性。通过对甘肃省历史滑坡数据进行对比, 发现得到的地质灾害危险性结果与历史数据具有较高的一致性, 一定程度上验证了本研究结果的可靠性。但是因为历史地质灾害收集困难, 本文中并没有收集到甘肃省系统全面的历史地质灾害数据, 无法利用实际灾害数据进行风险评估和验证本文研究结果, 一定程度上影响本文研究结果的可靠性。

参考文献:

- [1] Brabb E E, Pampeyan E H, Bonilla M G. Landslide susceptibility in San Mateo County, California[M]. Miscellaneous Field Studies Map, 1972.
- [2] Finlay P J, Fell Robin. Landslides: Risk perception and acceptance [J]. Canadian Geotechnical Journal, 1997, 34(2): 169 - 188.
- [3] P J Finlay, GR Mostyn and R Fell. Landslide risk assessment: prediction of travel distance [J]. Canadian Geotechnical Journal, 1999, 36(3): 556 - 562.
- [4] AUromeihy, MR Mahdavar. Landslide hazard zonation of the

- Khorshrostan area, Iran [J]. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 2000, 58(3): 207–213.
- [5] Piyooosh Rautelal and Ramesh Chandra Lakhera. Landslide risk analysis between Giri and Tons Rivers in Himachal Himalaya (India) [J]. *International Journal of Applied Earth Observation & Geoinformation*, 2000, 2(3/4): 153–160.
- [6] B. Temesgen, M. U. Mohammed. Natural hazard assessment using GIS and remote sensing methods, with Particular reference to the landslides in the Wondogenet Area, EthioPia [J]. *Physics and Chemistry of the Earth, Part C: Solar, Terrestrial & Planetary Science*, 2001, 26(9): 665–675.
- [7] 唐川, 周锯乾. 云南崩塌滑坡危险度分区的模糊综合分析法[J]. *水土保持学报*, 1994, 8(4): 48–54.
- [8] 刘希林. 我国泥石流危险度评价研究: 回顾与展望[J]. *自然灾害学报*, 2002, 11(4): 1–8.
- [9] 赵其华, 彭社琴, 孙钧. 和平沟滑坡风险性评价[J]. *山地学报*, 2002, 20(5): 611–615.
- [10] 朱良峰, 殷坤龙, 张梁, 等. GIS 支持下的地质灾害风险分析[J]. *长江科学院院报*, 2002, 54(5): 42–45.
- [11] 张龙, 白福. 甘肃省滑坡地质灾害特征和危害研究[J]. *西部探矿工程*, 2009, 21(10): 150–152.
- [12] 吴数仁, 石菊松, 张春山, 等. 地质灾害风险评估技术指南初论[J]. *地质通报*. 2009, 28(8): 995–1005.
- [13] 解传银. 地质灾害空间危险性评价综述[J]. *铁道科学与工程学报*. 2011, 8(1): 97–102.
- [14] 徐继维, 张茂省, 范文. 地质灾害风险评估综述[J]. *灾害学*, 2015, 30(4): 130–134.
- [15] 高波, 张茂省, 张成航, 等. 舟曲三眼峪泥石流降雨临界阈值[J]. *灾害学*, 2016, 31(1): 25–28.
- [16] 方建, 李梦婕, 王静爱, 等. 全球暴雨洪水灾害风险评估与制图[J]. *自然灾害学报*, 2015, 24(1): 1–8.
- [17] 赵成, 施孝. 甘肃地质灾害发育特征及防治对策[J]. *甘肃科学*, 2003, 15: 23–29.

Geological Disaster Risk Assessment in Gansu Province

PEI Huijuan¹, CHEN Jin², LI Wen² and CHEN Wenkai²

(1. *Lanzhou Library of Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China;*

2. *Lanzhou Institute of Seismology, CEA, Lanzhou 730000, China)*

Abstract: We establish the geological disaster risk evaluation index system in Gansu Province based on the analytic hierarchy process, choosing a series of indexes including precipitation, landform, geological environment, population, economy, roads, plantation, ecological environment, medical ability, self-help ability and financial support. The results show that: ①The regions in Gansu Province with highest geological disaster comprehensive risk are Linxia, Tianshui, Longnan, parts of Qingyang, parts of Lanzhou and parts of Longnan, this area is 46200 square kilometers (10.58 percent of the total area). The regions with medium and high risk are 83300 square kilometers (19.08 percent of the total area) and 37500 square kilometers (8.59 percent of the total area), respectively. The area of low risk regions is 269700 square kilometers (61.75 percent of the total area). ②Geological disaster risk in Gansu Province presents a distribution pattern that high risk in east and low risk in west. It is mainly because of distribution of landform and population. The risk distributes scatteredly in the Hedong area, with high risk mainly in some areas with the dense population, rolling terrain, more rainfall. In the Hexi area, the high risk regions mainly distribute along the Hexi corridor, presenting sheet distributions in Liangzhou district and Gulang county, Wuwei, while with banding distribution in the other areas of Hexi. ③From the angle of administrative divisions, the regions with high geological disaster high risk spread all over 14 city states, 83 counties of Gansu Province (except Maqu county in Gannan, Subei county and Akesai county in Jiuquan). Among the 14 city states, the city state with the highest geological disaster risk area is Tianshui, the following are Linxia, Dingxi, Longnan, Lanzhou, Wuwei. The city state with the lowest geological disaster risk is Jiuquan. The city states with low risk are Jiayuguan, Jinchang, Gannan. The evaluation results will play an important guiding role in Gansu Province regional geological disaster prevention planning.

Key words: Gansu Province; geological disaster; GIS; risk assessment