

戴军, 陈文君, 申淑娟. 基于综合灾害风险评估的高原山区乡村聚落空间优化——以青海省海东市乐都区为例[J]. 灾害学, 2021, 36(4): 119–125, 132. [DAI Jun, CHEN Wenjun and SHEN Shujuan. Spatial Optimization of Rural Settlements in Plateau Mountain area based on Comprehensive Disaster Risk Assessment: a Case Study in Ledu district, Haidong City [J]. Journal of Catastrophology, 2021, 36(4): 119–125, 132. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2021.04.020.]

基于综合灾害风险评估的高原山区乡村聚落空间优化^{*}

——以青海省海东市乐都区为例

戴军¹, 陈文君^{1,2}, 申淑娟³

(1. 金陵科技学院, 江苏 南京 211169; 2. 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 江苏 南京 210008;
3. 浙江省测绘科学技术研究院, 浙江 杭州 311000)

摘要: 自然灾害评价是衡量资源环境承载能力和国土空间开发适宜性的本底要素。以青海省海东市乐都区为研究区, 采取频数统计和优化 AHP 法确定研究区灾种和孕灾因子体系双层权重, 利用 GIS 技术分析评价灾害易发风险区划和几何拓扑特征。结果表明: ①乐都区综合灾害极高和高风险易发区总面积为 1694.8 km², 占比 55.5%, 在浅山区、川水区和脑山区各自区域占比分别为 87.11%、60.73% 和 7.59%; ②乐都区综合灾害易发风险等级与人口规模、人均收入分布具有显著负相关性和正向耦合性, 严重失调区分别占 17.58% 和 15.52%, 对区内乡村聚落居民生命财产及生活生计造成较大威胁; ③乐都区乡村聚落空间优化可分为 32 个搬迁撤并型、117 个优先整治型、163 个防治拓展型和 42 个集聚提升型, 具体优化建议可为西部高原山区国土空间安全提升和助力乡村振兴提供依据和参考路径。

关键词: 乡村聚落; 综合灾害风险; 易发性评估; 优化 AHP 法; 空间优化; 乐都区

中图分类号: C934; X43; X915.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2021)04-0119-08

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2021.04.020

我国山区面积约占国土陆地面积的 70%, 乡村聚落依然是山区人口的主要聚居形式, 同时我国也是世界上自然灾害最严重的几个国家之一, 据统计我国现有超过 6.18 亿人生活在村镇地区, 村镇地区是灾害的易发和多发区^[1-2]。由于乡村聚落现状布局与空间优化大都取决于自然资源、交通区位和社会经济等因素影响, 尚未充分考虑所在区域自然灾害威胁和防灾要求, 导致自然灾害的突发给乡村居民生命财产和农业生产造成巨大损失, 由此引发了众多学者的关注与思考。截止目前, 国内外学者相关研究成果主要集中在自然灾害灾种时空特征及影响因素^[3-4]、单灾种灾害风险评估区划^[5-6]、农村居民点防灾布局优化^[7-9]、乡村聚落灾后重构分析^[10]等关键问题和实证研究, 为乡村聚落综合防灾和空间治理奠定了良好的理论基础和实践路径。研究方法多采用调研问卷^[11]、模型数据统计^[12-16]与 GIS 技术^[17]相结合的方法, 研究区域大多集中于灾害易发中低山区, 研究灾

种多集中于地质灾害、洪涝灾害等单灾种类型。我国西部高原山区由于气候环境及地形错综复杂, 生态基底脆弱, 致灾因子多样, 为积极响应国家统筹区域乡村聚落安全和防灾减灾要求, 本文以青海海东市乐都区为例, 通过建立多指标体系综合分析评价研究区自然灾害易发风险与空间区划, 对优化我国西部高原地区镇村空间布局起到依据和示范作用, 对促进西部乡村地区可持续发展和乡村振兴也具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

乐都区位于青海省东北部, 102°09′~102°47′E, 36°16′~36°46′N 之间, 总面积约 3 050 km², 辖 7 个建制镇、12 个乡、354 个行政村(图 1)。乐

* 收稿日期: 2021-03-29 修回日期: 2021-06-30

基金项目: 国家自然科学基金项目(42101476); 江苏高校哲学社会科学研究基金项目(2018SJA0491)

第一作者简介: 戴军(1976-), 男, 汉族, 安徽舒城人, 副教授, 主要从事城乡可持续发展、乡村规划设计研究。

E-mail: daijnj@jit.edu.cn

通讯作者: 陈文君(1986-), 男, 汉族, 江苏南京人, 博士, 讲师, 主要从事灾害风险评估、地理信息科学研究。

E-mail: howcoolheis@qq.com

都区属黄土高原与青藏高原过渡地带，地势自西向东倾斜，形成了周围高、中间低的盆地地形，海拔 1 850 ~ 4 480 m。受夏季印度洋季风和冬季西伯利亚寒流影响，形成气候寒冷、冬季严寒期长、自然降水稀少、干旱多风的大陆性气候。水资源短缺，人均占有水量 1 400 m³，仅为全国人均水平的 1/2。水土流失面积达 2 270 km²，占总面积 74.4%，是青海省水土流失最为严重的地区之一。境内依托湟水与地形地貌特征分为川水区、浅山区和脑山区，其中川水区北部和南部的浅山区分属祁连山地槽褶皱系之间隆起带和拉脊山地向斜褶皱带，沟壑呈“V”形切割深度大，植被稀疏，生态环境非常脆弱。近年来乐都区遭受干旱、洪涝、冰雹、地震、山体滑坡等自然灾害种类多，受灾区域广，易发性和危害程度高。

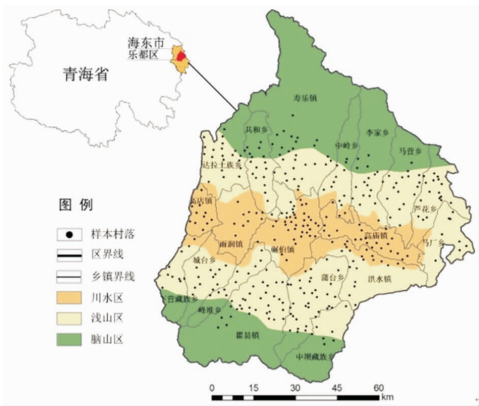


图 1 研究区乡村聚落分布图
(审图号: GS(2021)1 487 号—甲测资字 1100471, 底图无修改, 下同)

1.2 数据来源

本研究调研收集的资料主要包括《海东市城市总体规划(2016—2030 年)》《乐都城市总体规划(2011—2030)》《海东市乐都区村镇体系规划(2014—2030)》《乐都县土地利用总体规划(2006—2020 年)》《乐都区县志》《乐都区统计年鉴(2014—2018)》等相关文本和图件，从上述资料中提取的乐都区相关数据主要包括高分辨率遥感影像数据、基础地理信息数据、数字高程模型数据、乡村聚落人口、产业及建筑数据、土壤数据、水文数据、地质环境和历史灾情数据等，采用 Arc-GIS 10.5 软件对各类数据进行矢量化处理，形成统一坐标系统的专题图件。

表 1 乐都区自然灾害发生详情

灾害	年份	发生次数	影响权重
干旱	1739, 1904, 1928, 1932, 1940, 1943, 1950, 1952, 1953, 1961, 1979, 1980, 1981, 1982	14	0.21
水涝	1738, 1739, 1747, 1779, 1804, 1805, 1847, 1923, 1931, 1933, 1934, 1943, 1948, 1953, 1956, 1957, 1961, 1979, 1981, 1985	20	0.29
山洪	1804, 1933, 1948, 1979, 1983	5	0.07
冰雹	1733, 1738, 1747, 1779, 1929, 1933, 1942, 1943, 1956, 1957, 1961, 1973, 1975, 1976, 1977, 1980, 1981, 1982, 1983, 1984, 1985	21	0.31
地震	1709, 1739, 1923, 1959(轻微), 1968(轻微)	5	0.07
地质灾害	1923, 1954	2	0.03

1.3 研究方法

基于历史灾情数据和自然环境数据进行研究区灾种辨识，获得研究区可能发生的全部灾害种类；利用自然环境数据和经济、人口等数据，进行风险评估指标选取，筛选确定研究区孕灾因子；构建综合灾害风险评价指标体系，并使用双层权重模型计算获得各灾种及因子指标权重；根据各指标权重插值进行单灾种、综合灾害易发风险评价和空间区划，最后针对区划内乡村聚落受灾风险进行分类分级，并提出空间优化建议(图 2)。

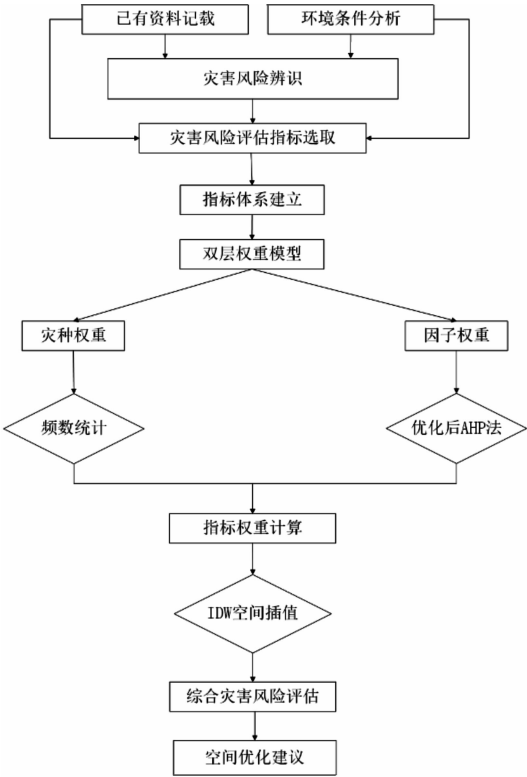


图 2 技术流程图

1.3.1 灾种辨识

综合考虑史料记载的全面性和人工减灾措施对测度结果的影响，选取 1700—1985 年共 285 年的历史灾情数据进行分析，研究区主要灾害有干旱、水涝、山洪、地震、冰雹，潜在灾害风险主要有崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害，主要灾害发生详情如表 1 所示。

1.3.2 灾害风险指标体系选取与建立

依据灾害风险定义,灾害风险应由自然灾害破坏力(D)、承灾体暴露量(E)、灾害发生可能性或孕灾环境参数(P)三个因子组成:

$$R = (D \times E) \times P. \quad (1)$$

其中,自然灾害破坏力不存在地域差异。借鉴已有研究成果^[18-19],结合研究区的灾种类型和自然环境、经济社会发展条件,本文选取高程、坡度、坡向、降雨量、降雨频次、河网密度、土壤湿度、植被覆盖度、地质构造、岩组类型、气流强度、气流方向、人口数量、年人均收入、产业结构、建筑物数量、建筑质量等 17 种因子建立研究区乡村聚落综合灾害风险评价指标体系(图 3)。

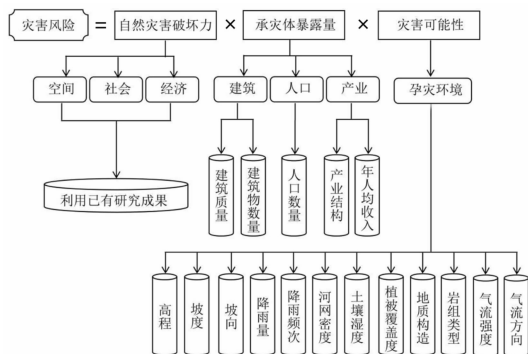


图3 综合灾害风险评价指标体系

1.3.3 双层权重模型与权重计算

综合灾害风险是由地质灾害、地震、洪水、干旱等多个灾种造成的自然灾害风险总和,而不同灾种对综合灾害风险的贡献率不同,同时单灾种内部不同因子对单灾种的贡献率也不同。因此需要建立双层权重模型同时考虑灾种权重和因子权重。

(1)基于频数统计的灾种权重。单灾种在某地发生频次越多,说明其发生可能性越大,带来的风险也就越大,对综合风险贡献率就越高,因此可使用其在一定时间内发生的频率作为其权重。可根据单灾种发生频数占全区各类灾害发生总数计算获得,计算公式为:

$$R_i = k_i / \sum_{i=1}^n k_i. \quad (2)$$

式中: k_i 为第*i*个灾种的发生频数, R_i 为研究区间内第*i*个灾种的影响权重, n 为研究区间内灾种总数。

(2)基于优化层次分析法的因子权重。传统层次分析法(AHP)在建立一致性判断矩阵时需要反复修改,每次修改都需要进行 $n(n-1)/2$ 次计算,计算量非常大^[20]。本文借鉴判断矩阵的标度扩展构造法^[21],对AHP法进行优化。将*n*个指标按照重要性程度递增或递减方式进行排序,计算相邻指标相对重要性标度,存入判断矩阵,得出判断矩阵如式(3)所示,该矩阵满足完全一致性,且具有:① $p_{ij} > 0$;② $p_{ii} = 1$;③ $p_{ij} = 1/p_{ji}$;④ $p_{ij} = p_{ik}p_{kj}$ 特性。利用上述性质,右上三角的其他元素通过重要程度的传递性计算获得;左下三角部分的元素值为右上三角部分元素的倒数。指标重要性排序可通过以往研究成果或研究区自然条件数据获得。与传统AHP法相比,判断矩阵构建的计算量缩减为 $n-1$,而且沿主对角线互为倒数,大大降低了计算难度。由式(3)可得各项指标,权重如式(4)所示。其中,

γ_i 为第*i*项指标权重值, $\prod_{j=1}^n p_{ij}$ 表示矩阵*P*中第*i*行所有元素乘积。

$$P = \begin{bmatrix} 1 & p_{12} & p_{12}p_{23} & \cdots & \prod_{i=1}^{n-1} p_{ii+1} \\ \frac{1}{p_{12}} & 1 & p_{23} & \cdots & \prod_{i=1}^{n-1} p_{ii+1} \\ \frac{1}{p_{23}} & \frac{1}{p_{12}p_{23}} & 1 & \cdots & \prod_{i=1}^{n-1} p_{ii+1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{\prod_{i=1}^{n-1} p_{ii+1}} & \frac{1}{\prod_{i=2}^{n-1} p_{ii+1}} & \frac{1}{\prod_{i=3}^{n-1} p_{ii+1}} & \cdots & 1 \end{bmatrix}; \quad (3)$$

$$\gamma_i = \left(\prod_{j=1}^n p_{ij} \right)^{\frac{1}{n}} / \sum_{i=1}^n \left(\prod_{j=1}^n p_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}. \quad (4)$$

(3)灾种和孕灾因子权重计算。根据式(1)计算各灾种对研究区的影响权重见表1。对单灾种权重使用优化AHP法确定各孕灾因子指标权重如表2。

表2 乐都区孕灾因子权重

风险因子	指标	干旱	水涝	山洪	冰雹	地震	地质灾害
承灾体暴露量	人口数量	0.102 8	0.100 1	0.171 6	0.000 6	0.144 3	0.150 3
	年人均收入	0.184 3	0.203 2	0.172 1	0.297 6	0.131 5	0.144 8
	产业结构	0.212 9	0.054 1	0.001 4	0.193 5	0.044 4	0.093 7
	建筑物数量	—	0.112 4	0.153 2	0.000 2	0.112 3	0.108 3
	建筑质量	—	0.030 2	0.001 7	0.000 1	0.067 5	0.002 9
孕灾环境参数	高程	0.043 6	0.015 3	0.008 1	—	0.017 3	0.037 6
	坡度	—	0.024 1	0.020 6	—	—	0.059 2
	坡向	—	0.010 2	0.000 9	—	—	0.037 8
	降雨量	0.122 9	0.123 0	0.114 3	—	—	0.057 9
	降雨频次	0.133 6	0.117 2	0.024 7	—	—	0.057 2
	河网密度	0.072 7	0.103 1	0.067 5	—	—	0.044 2
	土壤湿度	0.093 5	0.107 1	0.074 4	—	—	0.058 8
	植被覆盖度	0.033 7	—	—	—	—	0.049 3
	地质构造	—	—	0.096 7	—	0.285 2	0.049 7
	岩组类型	—	—	0.092 8	—	0.197 5	0.048 3
	气流强度	—	—	—	0.293 1	—	—
	气流方向	—	—	—	0.206 9	—	—

1.3.4 反距离权重(IDW)空间插值分析

灾害风险评估的致灾因子一般通过采样点调查获取,而承灾体是小范围的面数据,相对于整个研究区而言,都具有离散特征,需要进行空间插值获得全区综合灾害风险分布,将各种离散数据转变为连续空间分布形态。反距离权重(IDW)插值法的基本假设是样点在插值区呈均匀分布,插值点的估算值与插值样本距插值点的远近相关,即两个物体离得越近就越相似,反之则相似性越小^[22-23]。致灾因子和承灾体符合上述特点,其表达式为:

$$Z = \sum_{i=1}^n \frac{1}{(d_i)^p} Z_i / \sum_{i=1}^n \frac{1}{(d_i)^p} \quad (5)$$

式中: Z 是插值点估计值; Z_i 是第 i 个样本点观测值; d_i 是插值点与第 i 个样本点之间的欧氏距离; n 是用于估算插值点值的样点数; p 是幂指数。在空间分析和等值线绘图软件(如 ArcGIS、Surfer 等)的计算程序中, p 值通常被默认为 2。

2 结果与分析

2.1 灾害综合易发风险总体分区评估

根据研究区灾害风险因子指标的优劣性,将

各因子指标采用 4 分制赋值和统一量化,各风险因子分值与灾害易发风险成正比,通过各因子权重加权求和的方法得出灾害综合易发风险总分值。对灾害易发风险等级的划分采用频率直方图统计方法,根据频率突变点将综合灾害易发区划分为低度易发区、中度易发区、高度易发区和极高易发区四个等级^[24],频率阈值区间分别对应为 7~10、11~13、14~15、16~19(图 4)。

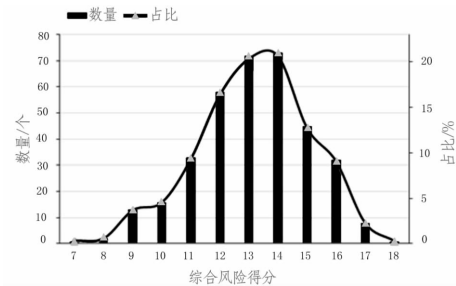


图4 乐都区综合灾害易发风险频率分布直方图

通过对研究区各单灾种易发风险等级区划与分布叠加(图 5d),得出综合灾害不同等级易发风险区面积及在各地形地貌区的空间分布情况(表 3)。其中灾害极高和高易发区面积约 1 694.8 km²,占研究

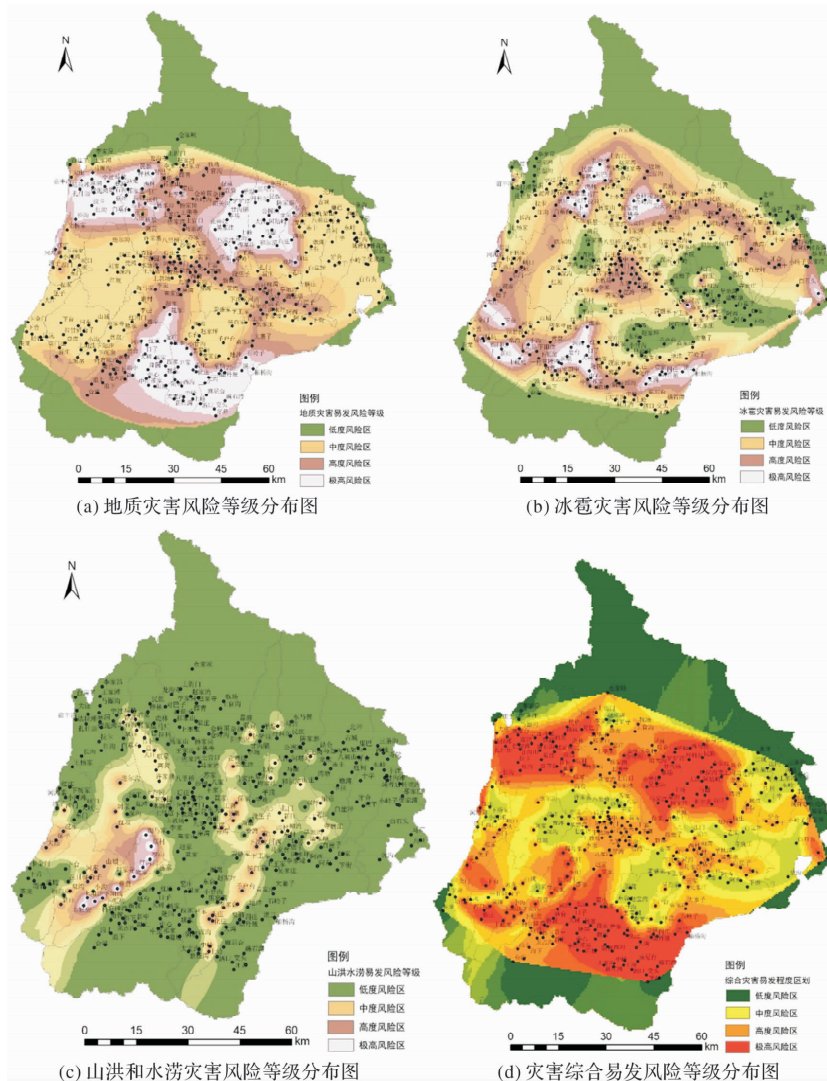


图5 乐都区部分灾种及综合灾害易发风险分布图

区总面积的 55.5%, 浅山区、川水区和脑山区综合灾害风险等级依次降低, 极高和高易发区面积在三个区域的各自占比分别为 87.11%、60.73% 和 7.59%, 特别是浅山区由于冲沟发育且侵蚀切割地貌强烈、干燥少雨、植被稀疏、水土流失严重, 崩塌滑坡等地质灾害、干旱和冰雹灾害发育

较密集。研究区中度和低度易发区面积为 1 355.2 km², 占总面积 45.5%, 主要分布在脑山区和地势比较平坦的川水谷地区, 其中脑山区山体植被覆盖率高, 基本无重大工程建设活动, 原有自然生态本底保护较好, 中度和低度易发区面积最高, 占比达到 92.41%。

表 3 乐都区综合灾害风险区划信息统计表

风险等级	频率突变点 (数值区间)	面积 /km ²	面积占 比/%	主要灾害风险 高低排序	各区风险等级面积占比/%		
					川水区 (1 850 ~ 2 000 m)	浅山区 (2 000 ~ 2 800 m)	脑山区 (2 800 ~ 4 480 m)
低度易发区	7 ~ 10	342.5	11.2	洪涝灾害、地震、冰雹	1.35	9.62	81.83
中度易发区	11 ~ 13	1 012.7	33.3	冰雹、地质灾害、地震	37.92	3.27	10.58
高度易发区	14 ~ 15	860.6	28.2	地质灾害、冰雹、干旱	49.32	64.44	1.06
极高易发区	16 ~ 19	834.2	27.3	干旱、地质灾害、冰雹	11.41	22.67	6.53

表 4 乐都区灾害风险区乡村聚落分布信息统计表

灾害类别及 等级	乡村聚落分布数量/个			
	低度易发区	中度易发区	高度易发区	极高易发区
干旱	4	23	44	283
洪涝	283	29	32	10
冰雹	81	147	90	36
地震	247	75	23	9
地质灾害	7	144	93	110

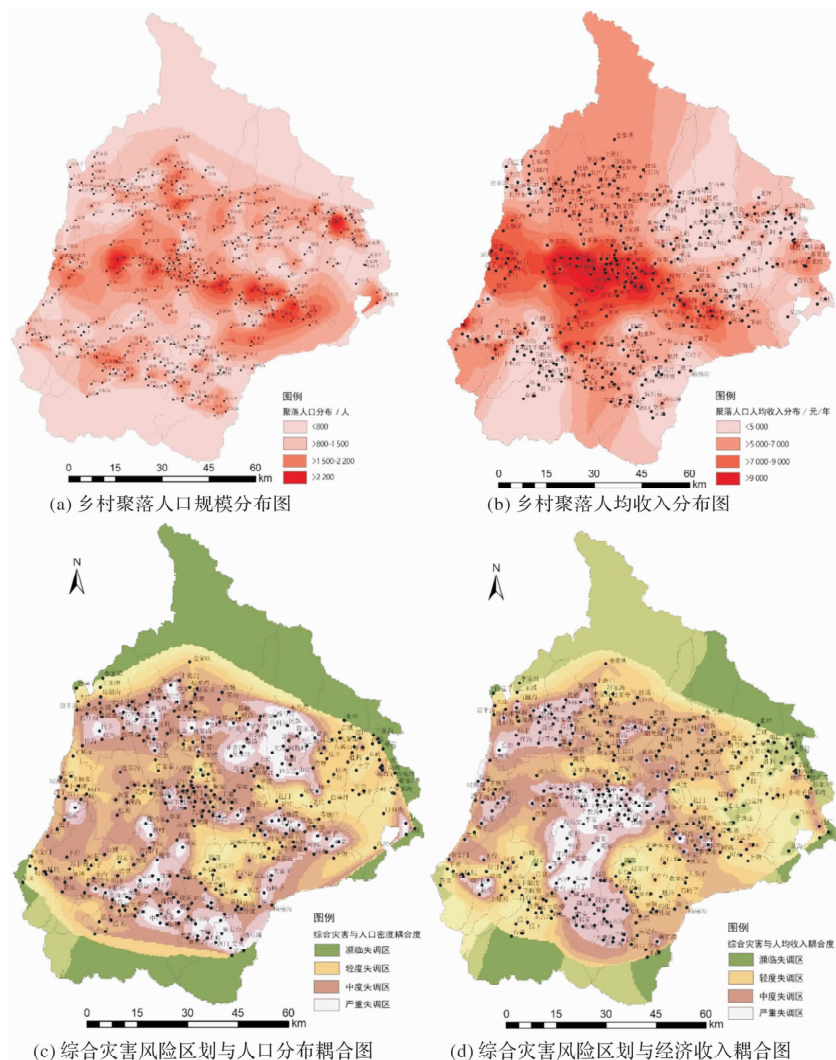


图 6 乐都区综合灾害风险区划与人口、经济耦合图

表 5 乐都区乡村聚落防灾减灾空间优化及建议

优化类型	优化区域	聚落数量/个	灾害区划及特点	优化建议
搬迁撤并型	共和乡中部, 高庙镇、碾伯镇和洪水镇结合部, 城台乡和峰堆乡南部结合部, 瞿县镇北部, 蒲台乡和中坝乡结合部等	32	地形地貌较差, 灾害突发性程度高, 属于旱、滑坡、山洪、泥石流等剧烈灾害高易发区, 防灾设施建设难度大	采取“迁村并点、退村还林(草)”的生态移民政策
优先整治型	共和乡北部, 达拉乡东南部, 下营乡和高店镇结合部, 寿乐镇东南部, 中岭乡、李家乡、雨润镇、峰堆乡和碾伯镇大部, 瞿县镇和蒲台乡结合部等	117	受到滑坡、崩塌、山洪、冰雹等灾害风险程度较高, 防灾抗灾设施与场地不完善	加强防灾抗灾防护工程与配套建设, 完善灾害预警监测系统及避难场所建设
防治拓展型	达拉乡东南部, 城台乡中部, 下营乡东南部, 寿乐镇南部, 共和乡、雨润镇和碾伯镇结合部, 中坝乡东部, 高庙镇西部, 李家乡中部等	163	处于干旱、冰雹等灾害易发区, 地质灾害、山洪等剧烈灾害低易发或不易发	加强聚落生活生产防旱、防雹基础设施建设, 空间有序拓展
集聚提升型	马营乡、芦花乡、马厂乡、洪水镇和高庙镇大部分地区, 达拉乡西北部、下营乡西部、寿乐镇北部、瞿县镇南部、蒲台乡北部等	42	地形地貌条件较好, 受自然灾害威胁概率低, 对村民生命财产及生活生计影响小	防止聚落用地无序蔓延, 注重集聚提升与生态环境建设

2.2 乡村聚落易发灾害类型分布

采用 ArcGIS 10.5 软件对研究区各灾害因子风险等级和各乡村聚落分布情况进行统计和评估(表 4), 研究区地质灾害主要分布在湟水河及其支流两侧浅山区。由于沟谷侵蚀切割强烈, 植被稀疏, 地质岩土组成大多为黄土和泥岩, 岩体局部破碎且表层风化强烈, 且因开发边坡、取土、建房等工程活动造成岩土裂隙极其发育, 极易诱发崩塌、滑坡和泥石流等灾害(图 5a), 极高和高易乡村聚落数量为 203 个, 占比为 57.34%; 沿“达拉乡松花顶—引胜沟—中岭乡—芦花乡—达拉乡—高店镇—下营乡—中坝乡”路径沿线地形复杂, 局部气流易引发雹云累积, 导致冰雹灾害极高和高易发区呈环状分布(图 5b), 易受灾乡村聚落有 126 个, 占比为 35.59%; 山洪和水涝灾害易发区主要集中在研究区大沙沟、小沙沟和峰堆沟等沟谷两侧, 河沟水体雨季遇暴雨时水位陡涨, 由于土质疏松, 极易引发突发性洪水和山洪灾害风险(图 5c), 极高和高易发乡村聚落数量为 42 个, 占比为 11.86%; 旱灾主要以春夏季干旱为主, 主要分布在川水区和浅山区, 由于干燥少雨, 土壤蓄水能力低、水库库容小, 极高和高易发乡村聚落总数达到 327 个, 占比最高, 达到了 92.37%; 研究区地震灾害风险相对较小, 低度易发区乡村聚落占比为 69.77%。

2.3 灾害综合易发风险与人口经济耦合

乐都区人口密集区主要分布于中部湟水河两侧河谷带状平坦地区, 沿线雨润镇、碾伯镇、高店镇、洪水镇和芦花乡等聚落人口规模最大(图 6a), 而浅山区和部分脑山区人口集聚度明显较低, 从综合灾害易发风险与聚落人口分布耦合来看(图 6c), 严重和中度失调区分别占 17.58% 和 35.16%, 其中严重失调区总面积约 536.19 km², 各类灾害易发性比较集中, 受灾害影响的人口规模大, 易损建筑数量多, 灾后修复成本也较高; 临近中心城区湟水河沿线乡镇及瞿县镇乡村聚落人均收入水平最高, 而达拉土族乡、中坝藏族乡

和下营藏族乡等民族乡镇人均收入水平最低(图 6b)。从综合灾害易发风险与聚落人均收入水平耦合来看(图 6d), 严重和中度失调区分别占 15.52% 和 28.46%, 其中严重失调区总面积约 473.36 km², 各类灾害如果发生将对乡村聚落产业发展造成严重破坏, 对村民生计也会带来严重影响。

3 空间优化

基于研究区灾害综合易发风险等级区划和乡村聚落人口、经济收入分布的耦合分析(图 7), 将各乡村聚落空间优化划分为搬迁撤并型、优先整治型、防治拓展型和集聚提升型 4 种类型(表 5), 为乡村聚落综合防灾减灾和布局优化提供依据。

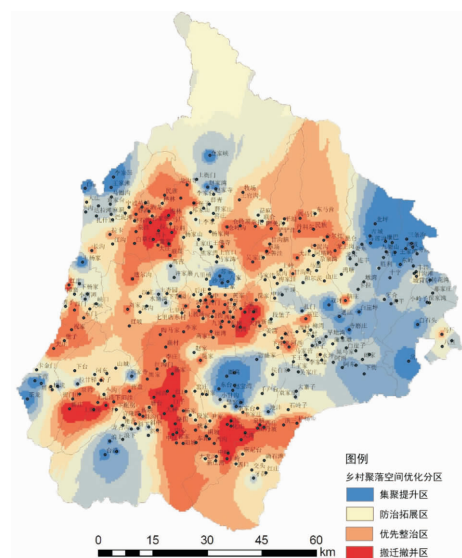


图 7 乐都区乡村聚落综合防灾空间优化分区图

(1) 搬迁撤并型。该类型乡村聚落主要位于综

合灾害极高易发区,且历史记录灾害频发,被工程治理或预防的可能性极低,主要包括湟水河干流及其支流两侧的浅山丘陵中后部地区。区内耕地资源有限,建筑质量较差,对外交通不便,乡村聚落人口规模不大,人均收入低下。根据防灾减灾和生态安全要求,制定人口迁移激励及配套扶持政策,推进乡村聚落人口特别是少数民族和贫困人口迁移退出方案,将防灾减灾与生态环境恢复有机结合。

(2) 优先整治型。该类型乡村聚落主要位于综合灾害中滑坡等地质灾害、山洪等剧烈灾害的高度和中度易发区,根据乡村聚落地形地貌,地质、水文等自然条件,以及现状建筑与道路交通等情况,对乡村聚落周边易发灾害的山体坡脚进行防护与加固,有效降低水土流失、减少泥石流等地质灾害的物源供给,遏制可能引发地质灾害的不合理工程建设活动。重点加固整修农宅、加修灌溉沟渠和配套灌溉设备、增强农业设施抗雹性能等,不断完善聚落防灾减灾设施与场所建设。

(3) 防治拓展型。该类型乡村聚落主要地处干旱、冰雹等灾情易发区和地质灾害低易发区,大都距离城镇较远且自然资源承载力非常有限,社会经济发展潜力较小,可采取灾害预警防治和空间安全管制的发展模式,通过划定永久基本农田保护红线和生态红线来防止乡村聚落的无序扩张,注重对乡村聚落人居环境整治改造,加强新增宅基地管理,对聚落废弃宅基地进行有序有偿退出或循环利用,走防治结合、内涵发展道路。

(4) 集聚提升型。该类型乡村聚落所处区域周边没有或存在低度灾害风险,可暂不进行防灾措施建设,可作为撤村并点安置和乡村振兴发展的主要节点,逐步完善其配套服务设施建设,避免粗放型、高能耗或高污染型产业遴选和空间布局,适当发展以乡村休闲娱乐、农产品商贸、旅游服务为主的现代服务业,实现聚落土地资源集约利用,使乡村经济社会可持续发展与防灾抗灾需求相适应。

4 结论

(1) 结合研究区灾种类型和社会经济条件,综合灾害风险评估基于灾种致灾力和单灾种孕灾因子的共同作用和空间表征,遴选出自然灾害种、承灾体暴露量、孕灾环境参数 3 个支撑层和 17 种因子指标,采用双层权重模型、优化 AHP 法明确了各指标的分级标准,能更高效的支撑聚落空间优化中的多指标分析,也可应用于其他乡村功能空间优化和同区域中不同功能空间优化的综合集成。

(2) 研究区综合灾害易发程度结合 GIS 空间插值分析方法可划分为极高、高、中和低 4 个等级,,浅山区、川水区和脑山区综合灾害风险等级依次降低。同时灾害易发风险区划与人口规模、人均收入水平分布具有显著的负相关性,即综合灾害易发风险越高区域,人口集聚规模越低,人均收入水平也相对低下。

(3) 研究区乡村聚落空间优化根据综合灾害易发区划与人口、经济收入的耦合分析可划分为搬迁撤并型、优先整治型、防治拓展型和集聚提升型四种类型,并根据不同类型提出的优化建议,

为区域乡村聚落综合防灾的空间优化提供决策依据。今后还应综合考虑综合灾害与乡村聚落地理区位、政策资金环境、村民意愿等其他因素的耦合影响,不断提高乡村聚落空间优化决策的精准度和可操作性。

参考文献:

- [1] 邓伟,方一平,唐伟.我国山区城镇化的战略影响及其发展导向[J].中国科学院院刊,2013,28(1):66-73.
- [2] 李军,吕庆海.村镇综合防灾减灾规划方法研究——以神农架林区木鱼镇为例[J].西部人居环境学刊,2018,33(4):107-114.
- [3] 熊俊楠,李进,程维明,等.西南地区山洪灾害时空分布特征及其影响因素[J].地理学报,2019,74(7):1374-1391.
- [4] 王妮,崔彩霞,刘艳.新疆暴雨洪涝灾害损失的时空特征及其影响因素[J].干旱区研究,2020,37(2):325-330.
- [5] 朱涯,黄玮,李蒙,等.云南省山洪地质灾害分布特征及致灾因子分析[J].灾害学,2018,33(3):96-100.
- [6] 鲁天平,郭靖,陈梦,等.新疆林果产业大风沙尘灾害风险评估模型构建及区划[J].农业工程学报,2016,32(z2):169-176.
- [7] 陈维治,付保红.基于地质灾害危险性区划的盈江县农村居民点空间布局优化[J].水土保持研究,2017,24(3):320-324,368.
- [8] 张英杰,雷国平.地质灾害易发区农村居民点布局优化研究:以浙江洞头为例[J].生态与农村环境学报,2019,35(11):1387-1395.
- [9] 王晨露,税伟,苏正安,等.基于地质灾害区划的向峨乡农村居民点空间布局、用地演化研究[J].中国土地科学,2013,27(3):70-78.
- [10] 张雅茜,汤家法,胥恣曼,等.北川震后重构聚落的地质灾害灾情分析[J].长江流域资源与环境,2015,24(12):2153-2158.
- [11] 宋微曦,第宝锋,左进,等.聚落应对山地灾害环境的适应性分析——以彭州市银厂沟为例[J].山地学报,2014,32(2):212-218.
- [12] 黄健文.基于 ANSYS 的新型乡村抗震防灾适宜性规划模型分析[J].地震工程学报,2019,41(4):1060-1065.
- [13] 仇义星,兰恒星,李郎平,等.综合统计模型和物理模型的地质灾害精细评估——以福建省龙山区为例[J].工程地质学报,2019,27(3):608-622.
- [14] REMONDO J, BONACHEA J, CENDRERO A. A statistical approach to landslide risk modelling at basin scale: from landslide susceptibility to quantitative risk assessment [J]. landslides, 2005, 2(4): 321-328.
- [15] ARZU Erenur H. SEBNEM B. Düzgün. Improvement of statistical landslide susceptibility mapping by using spatial and global regression methods in the case of More and Romsdal (Norway) [J]. Landslides, 2010(7): 55-68.
- [16] 刘毅,吴绍洪,徐中春,等.自然灾害风险评估与分级方法论探研——以山西省地震灾害风险为例[J].地理研究,2011,30(2):195-208.
- [17] 杜晓晨,陈莉,陈廷芳.基于 GIS 的凉山州德昌县滑坡危险性评价[J].长江流域资源与环境,2020,29(5):1206-1215.
- [18] 田敏,申一宏,张瑞芮.基于组合赋权法的云南典型山区风雹灾风险评价[J].灾害学,2020,35(2):110-115.
- [19] 蒋德明,李益敏,鲍华妹.泸水县滑坡孕灾环境因素敏感性研究[J].自然灾害学报,2016,25(4):109-119.
- [20] 李娜娜,何正友.主客观权重相结合的电能质量综合评估[J].电网技术,2009,33(6):55-61.
- [21] 黄德才,郑河荣. AHP 方法中判断矩阵的标度扩展构造法[J].系统工程,2003,21(1):105-109.
- [22] 李正泉,吴尧祥.顾及方向遮蔽性的反距离权重插值法[J].测绘学报,2015(1):91-98.
- [23] 赵登忠,张万昌,刘三超.基于 DEM 的地理要素 PRISM 空间内插研究[J].地理科学,2004(2):205-211.
- [24] 肖展春,危小建,文莹,等.基于 MCR 和多因素评价的辽宁省农村居民点调控分区[J].地域研究与开发,2018,37(2):121-127.

(下转第 132 页)

rately; and disaster researches on social science, comprehensive and theoretical basic study are very weak; discipline status is not high, lack of high-level discipline achievement platform (authoritative academic journals) support; the strength of the overall research team is still insufficient, and there are too few comprehensive disaster research teams. In order to promote the healthy development of disaster science in China and give full play to its theoretical guiding role in disaster reduction and prevention, we suggest that the disciplinary status of disaster science should be improved, the first-level discipline of "Disaster Science and Technology" should be set up under the interdisciplinary category; constructions of research teams in different directions should be actively encouraged and supported to form more multi-disciplinary or comprehensive disaster research teams and research centers, and the study of the basic theory of disasters, especially the study of the human and social attributes of disasters, should be strengthened, only in this way the development of disaster discipline have a solid foundation.

Key words: disaster discipline; development situation; China; periodical literature; CNKI

(上接第 125 页)

Spatial Optimization of Rural Settlements in Plateau Mountain Area based on Comprehensive Disaster Risk Assessment: A Case Study in Ledu District, Haidong City in Qinghai Province

DAI Jun¹, CHEN Wenjun^{1,2} and SHEN Shujuan³

(1. *Jinling Institute of Technology, Nanjing 211169, China;*

2. *Nanjing Institute of Geography & Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China;*

3. *Zhejiang Academy of Surveying and Mapping, Hangzhou 311000, China)*

Abstract: Natural disasters risk assessment is the basic factor to measure the carrying capacity of resources and the suitability of land development. Taking Ledu, Haidong as the research area, we propose two-layer weight module to determine the weight of disaster types and hazard factors by the frequency statistics and optimized AHP method, and then get the disaster risk map and their topological characteristics by GIS. The weight of single disaster is got by the ratio of single disaster occurrence times in total comprehensive disasters. The weight of hazard factors is calculated by the optimized Analytic Hierarchy Process method. Comprehensive disaster risk level distribution map and its relationship with population, economy is obtained by spatial interpolation and superposition analysis. The results show that: (1) The total area of extremely high risk area and high risk area is 1694.8 km², accounting for 55.5% of the whole county, 87.11%, 60.73% and 7.59% in the Qianshan area, Chuanshui area and Naoshan area. (2) The level of comprehensive disaster risk in Ledu has significant negative correlation and positive coupling with population size and per capita income distribution. The severely unbalanced areas are accounting for 17.58% and 15.52%. Comprehensive disaster risk has a serious impact on the rural residents' life, property and livelihood. (3) The spatial optimization of rural settlements in Ledu can be divided into 4 categories: combined migration, prioritized renovation, in-situ prevention and clustered promotion. The number of each category is 32, 117, 163, 42. The specific optimization suggestions can be planning basis and reference for the improvement of land security and the promotion of rural revitalization in the western plateau counties. The experimental results show that the method is practical. It can comprehensively analyze the disaster types in the study area, and the spatial optimization suggestions are feasible and reasonable. This method can be extended to other regions of the country, other themes of space optimization problems and the integration of different thematic space optimization results.

Key words: rural settlement; comprehensive disaster risk; vulnerability assessment; optimization AHP method; spatial optimization; Ledu District