

DOI:10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.2020.02.15

西藏吉隆县地质灾害及其影响因素分析

韩培锋^{1,2}, 王镁河¹, 姜兆华^{1,2}, 樊晓一^{1,2}, 田述军^{1,2}

(1. 西南科技大学土木工程与建筑学院, 四川 绵阳 621010; 2. 水利部山洪地质灾害防治工程技术研究中心, 湖北 武汉 430010)

摘要: 2015年“4·25”尼泊尔地震后, 调查发现吉隆县境内有183处地质灾害, 主要为崩塌、滑坡和泥石流。调查发现地质灾害主要是中、小型地质灾害, 其中小型占65.55%, 中型占29.5%。吉隆县震后地质灾害分布极不均匀, 地质灾害主要集中在吉隆镇、贡嘎镇和贡当乡, 这三个乡(镇)占81.41%。调查发现高程、坡度、坡向、地层岩性及地震烈度影响灾害空间分布, 并且每一种影响因子对灾害形成的作用差异较大。其中高程1 000~2 000 m敏感性最高, 随着高度的增加, 敏感性逐渐降低; 坡度对灾害的敏感性系数整体较低, 其中在0°~15°及45°以上范围内, 坡度对灾害敏感性较强; 地质灾害在西坡向上分布数量及敏感性最大, 而在北坡向上分布数量及敏感性最低; 地质灾害主要发生在第四系, 而上第三系、奥陶系、石炭系则灾害数量极少。可见不同影响因子对地质灾害的影响差异较大, 震后需要根据具体情况分类分析, 研究结果将为震后灾害预测及灾后重建提供参考。

关键词: 尼泊尔地震; 吉隆县; 地质灾害; 空间分布; 敏感性

中图分类号: P694

文献标识码: A

文章编号: 1003-8035(2020)02-0111-08

Geological disasters and their influencing factors in Jilong County, Tibet

HAN Peifeng^{1,2}, WANG Meihe¹, JIANG Zhaohua^{1,2}, FAN Xiaoyi^{1,2}, TIAN Shujun^{1,2}

(1. School of Civil Engineering and Architecture, Southwest University of Science and Technology, Mianyang, Sichuan 621010, China; 2. Research Center on Mountain Torrent and Geological Disaster Prevention of Ministry of Water Resources, Wuhan, Hubei 430010, China)

Abstract: After the 4·25 earthquake in Nepal in 2015, 183 geological disasters were found in Jilong County, mainly collapses, landslides and debris flows. The survey found that the main geological disasters were small and medium-sized, of which 65.55% were small and 29.5% were medium-sized. It was found that the distribution of geological disasters were extremely uneven in Jilong County. Geological disasters were mainly concentrated in Jilong County, Gongga Town and Gongdang Township, with the proportion of these three townships (towns) reaching 81.41%. It was found that elevation, slope gradient, slope direction, stratigraphic lithology and seismic intensity affect the spatial distribution of disasters, and the effect of each influence shadow on the formation of disasters were quite different. The sensitivity was the highest in the range of 1 000~2 000 m, with the increase of height, the sensitivity decreases gradually. The sensitivity coefficient of slope to disasters were relatively low, and the sensitivity of slope to disasters were relatively strong in the range of 0°~15° and above 45°. The number and sensitivity of geological disasters were the greatest in the west slope, and the lowest in the north slope. Geological disasters mainly occurred in the Quaternary, while

收稿日期: 2019-01-24; 修订日期: 2019-09-19

基金项目: 水利部山洪地质灾害防治工程技术研究中心开放基金(CKWV2019759/KY); 国家重点研发计划项目(2018YFC1505401); 国家自然科学基金项目(41877524); 四川省科技厅重点研发项目(18SZ0345); 西南科技大学龙山人计划(18lx685)

第一作者: 韩培锋(1984-), 男, 岩土工程专业, 博士, 讲师, 主要从事地质灾害研究。E-mail: hanpeifeng@yeah.net

the upper Tertiary, Ordovician and Carboniferous had a very small number of hazards. It can be seen that the impact of different factors on geological disasters is quite different. After the earthquake, it needs to be classified and analyzed according to the specific situation. The research results will provide a reference for disaster prediction and reconstruction after the earthquake.

Keywords: Nepal earthquake; Jilong County; geological disasters; space distribution; susceptibility

0 引言

2015 年 4 月 25 日 14 时 11 分,位于喜马拉雅山南麓的尼泊尔境内博克拉市(北纬 28.2°,东经 84.7°)发生 Ms8.1 级地震,震源深度 20 km,随后多次余震发生,其中 Ms7.0 级以上余震 3 次。地震造成大量的人员伤亡和财产损失,此次地震造成了尼泊尔、印度、中国等国家 7 500 多人伤亡,其中中国西藏 26 人死亡,49 人受伤^[1-3]。

吉隆县距离此次地震源较近,受此次地震影响较重。震后西藏自治区国土部门组织各地方专业地质灾害调查队开展震后地质灾害隐患点排查工作,调查发现吉隆县境内震后地质灾害主要包括崩塌、滑坡、泥石流等。地震及其触发的地质灾害造成吉隆县境内大量的房屋倒塌、道路中断,严重威胁当地居民的生命财产安全和生产生活。开展震后地质灾害空间分布规律与影响因子敏感性分析工作,可为吉隆县震后灾害评估及灾后重建提供参考。

本文依托尼泊尔地震后灾害排查获得的地质灾害数据,基于 GIS 平台与统计学知识开展尼泊尔地震后吉隆县境内地质灾害的影响因子与极其敏感性研究。国内外学者利用 GIS 技术开展过大量研究工作,李为乐等^[4]基于 GIS 技术,以地形坡度、地层岩性、海拔高度、距离水系的距离等作为评价因子,开展芦山地震次生地质灾害空间分布快速预测。祁生文等^[5]选取汶川地震重灾区为研究对象,利用 GIS 分析高程、坡度、坡向等对次生地质灾害空间分布的影响。许冲等^[6]利用 GIS 技术开展分析玉树地震后滑坡的空间分布规律及其影响因素,分析其敏感性。杨志华等^[7]剖析了青藏高原东缘地质灾害发育分布与影响因子之间的关系,探讨影响因子对地质灾害发育分布的控制作用及其敏感性。利用 GIS 分析震后地质灾害分布对地震灾区灾害评估及灾后重建十分重要。本文基于 GIS 技术,依据研究区域的地形地貌、地震等相关资料,采用确定性系数法,详细分析不同影响因子与地质灾害空间分布关系,得到相关影响因子的敏感性。因此开展震后地震灾区地质灾害空间分布及其影响因子的敏感

性分析工作能为地震区震后地质灾害处置及灾后重建提供参考,具有重要的现实意义。

1 吉隆县地质环境

1.1 吉隆县地貌

吉隆县地处西藏西南部,由喜马拉雅山主脉分割为南坡和北坡两部分,地势北高南低。北坡属雅鲁藏布江上游河谷区,支流为岗布普曲、旅隆普曲、札那普曲、塘果普曲、得藏布,均以山地为主,平均海拔 4 800 m,山峰较平缓,有开阔的草原,高差在 1 000 m 左右。南坡属于高山峡谷,为东林藏布、吉隆藏布、斗嘎尔河流域,以山地为主,平均海拔 4 000 m 以上,山峰较陡峭,高差在 3 000 m 左右。最高海拔是 7 299 m 的岗彭庆峰,终年积雪,最低海拔是热索地区 1 820 m 左右。总体属高山峡谷地貌。根据其地形地貌特征可划分为山地和河谷两大地貌单元。

1.2 吉隆县地质条件

吉隆县位于西藏南部,处于冈底斯构造带和北喜马拉雅构造带之间,隶属西藏缓慢抬升区,区内新构造运动除表现为缓慢抬升外,第四系冰川活动,在两构造带之间岩块的河谷地带多级阶地显示出河流潜蚀、侵蚀作用较强烈。吉隆县虽处于缓慢抬升期,但目前地壳仍处于相对稳定阶段。吉隆县受地震的影响较大,据地震动峰值加速度划分,该地区地震峰值加速度为 0.15 g~0.20 g;据地震烈度划分,吉隆县处于Ⅶ—Ⅸ度烈度区,该区为缓慢抬升区,加之地震多发生强烈,诱发差异性抬升形成区内等特殊的第四纪地质环境,使之成为崩塌、滑坡、泥石流多发区。较强烈的地震仍可能阶段性发生,不但成为区内的一大灾害,而且还不断孕育地质灾害,甚至形成灾害链。

2 吉隆县地震灾区受灾概况

2.1 吉隆县地质灾害数据获取

“4·25”尼泊尔地震发生后,西藏自治区的国土部门组织多家地质调查单位在日喀则各县级国土部门的配合下迅速开展震后地质灾害隐患点排查工作,本文统计数据来源于西藏自治区国土部门地质调查汇总资

料。统计发现“4·25”尼泊尔地震导致吉隆县境内全县分布各类地质灾害隐患点 183 处,其中泥石流 57 处,滑坡 46 处,崩塌 78 处(图 1),具体统计数据见表 1。

2.2 吉隆县受灾情况初步统计分析

吉隆县全县 6 个乡(镇)都不同程度发育地质灾害。其中宗嘎镇、吉隆镇和贡当乡的地质灾害较发育,地质灾害数量较多。地质灾害隐患点直接造成吉隆县 428 户 2 226 人受威胁,直接威胁财产达到 58. 138 亿元(表 2)。国道 G216 公路为“4·25”地震吉隆县连接吉隆边境口岸与尼泊尔国的重要交通线,国道 G216 沿线地质灾害频发(图 2、图 3)。威胁国道 G216 生命交通线的地质灾害隐患点达到 79 个(表 3),潜在威胁财产达到 37. 47 亿元。

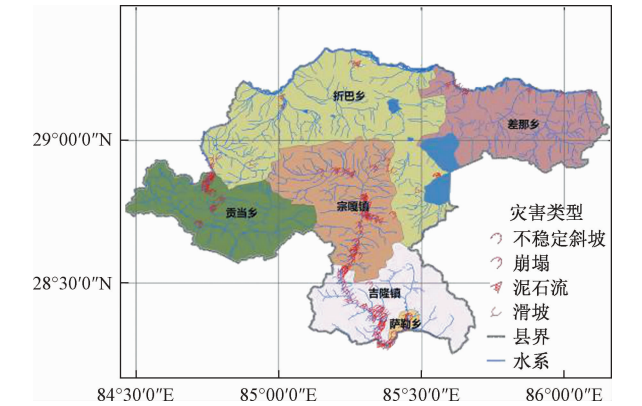


图 1 吉隆县震后地质灾害分布图
Fig.1 Distribution map of geological disasters after the earthquake in Jilong County

表 1 震后吉隆县境内地质灾害隐患点统计表
Table 1 Statistical table of hidden danger points of secondary geological disasters in Jilong County

after the earthquake					
灾害点名称	泥石流	滑坡	崩塌	不稳定斜坡	合计
数量/个	57	46	78	2	183
百分比%	31. 1	25. 1	42. 6	1. 1	100. 00

表 2 地震后吉隆县直接威胁人口情况统计表
Table 2 Statistics of direct threat to population in Jilong County after the earthquake

序号	乡(镇)名	重度户	中度户	轻度户	受灾总户数	受灾总人数
1	宗嘎镇	1	66	0	67	351
2	吉隆镇	70	39	0	109	465
3	萨勒乡	45	33	10	88	417
4	贡当乡	40	0	0	40	315
5	折巴乡	0	27	0	27	160
6	差那乡	0	83	14	97	518
合计		156	248	24	428	2 226

注:据吉隆县国土部门统计数据

表 3 G216 国道沿线地质灾害类型分布统计表
Table 3 Distribution statistics of geological hazards along national highway G216

	灾害类型			
	泥石流	滑坡	崩塌	不稳定斜坡
数量	13	28	38	0
占该类型总量百分比/%	22. 8	60. 9	48. 7	0

注:据吉隆县国土部门统计数据



图 2 G216 沿线崩塌灾害
Fig.2 Collapse disaster along G216



图 3 G216 沿线滑坡
Fig.3 Landslides along G216

3 地质灾害敏感性分析模型

3.1 敏感性分析

地震后多种因素影响导致地质灾害分布各异,各因素对地质灾害的影响可以用敏感性分析方法来分析。通过敏感性分析方法,分析地震后地质灾害各因子的敏感性系数,从而为尼泊尔地震后吉隆县地质灾害评价及灾后重建提供参考。利用敏感性系数 S_{ci} 定量描述坡度、坡向、高程和岩性等对地质灾害的影响。

$$S_{ci} = \ln \frac{H_i}{D} = \ln \frac{N_i/A_i}{N/A} \tag{1}$$

式中: H_i ——某类灾害在 i 类土地利用类型中分布的面积比率或出现的频率;
 D ——所有该类灾害总面积比率或频率;

N_i ——第 i 类影响因素下的灾害点个数;

A_i ——第 i 类影响因素下的面积;

N ——表示为地质灾害总个数;

A ——表示为研究区总面积。

S_{ci} 的值越大,则表示影响因子的敏感性越高,该类影响因素越容易导致灾害发生;若其值越小或为负,表示敏感性越低,越不易导致灾害发生。

3.2 评价指标选取

地质灾害的影响因素较多,如何建立科学合理的评价指标体系,是地质灾害敏感性分析结果合理准确的关键因素。结合震后吉隆县灾害调查数据及灾区的实际情况,选取高程、坡度、坡向、岩性 4 个因子开展敏感性分析。将高程按照每 1 000 m 划分一组,共计划分为 7 组;将坡度按照 15° 一组,共计划分为 6 组,将坡向东南西北划分为 8 组;地层岩性,划分为 10 组。分别针对不同的组别计算其敏感性系数,从而分析不同组别的敏感性。

4 吉隆县地质灾害空间分布与敏感性分析

4.1 吉隆县震后地质灾害规模分析

按照地质灾害的体积大小,基于地质灾害划分标准,将尼泊尔地震触发吉隆县境内的地质灾害划分为巨型、大型、中型和小型灾害 4 个等级(图 4)。

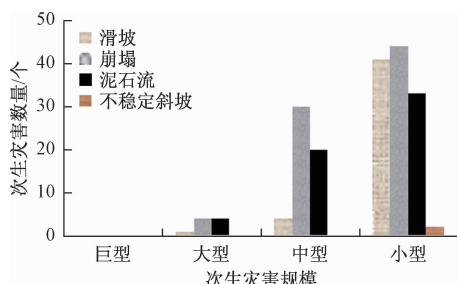


图 4 不同规模地质灾害数量统计直方图

Fig. 4 Statistics histogram of geological disasters of different scales

由图 4 可知,此次地震触发吉隆县的地质灾害主要是中小型地质灾害,无巨型地质灾害发生,其中小型灾害最多,占 65.55%,中型规模灾害数量居次,占 29.5%。滑坡、崩塌和泥石流三种地质灾害较接近,其中,中型地质灾害中崩塌较多,滑坡较少。

4.2 震后吉隆县境内地质灾害空间分布密度

根据西藏自治区国土部门震后组织的灾害调查数据统计,地震触发吉隆县全县地质灾害隐患点 183 处(表 4)。震后境内地质灾害空间分布差异较大(图 5)。

从图 5 可知,尼泊尔地震后吉隆县境内地质灾害密度差异较大,靠近吉隆县南侧地质灾害密度较大,主要原因是由于靠近震源较近。根据表 4 可知,尼泊尔地震触发吉隆县境内崩塌、滑坡、泥石流和不稳定斜坡等地质灾害隐患点数量差异较显著,地质灾害主要集中在吉隆镇、宗嘎镇和贡当乡这 3 个乡(镇),占到 81.41%。而折巴乡、差那乡和萨勒乡的地质灾害数量较少。说明吉隆县境内的次生地质灾害较集中,因此在震后救援,灾后重建和地质灾害隐患点监测预警过程中,重点关注吉隆镇、宗嘎镇和贡当乡的情况。

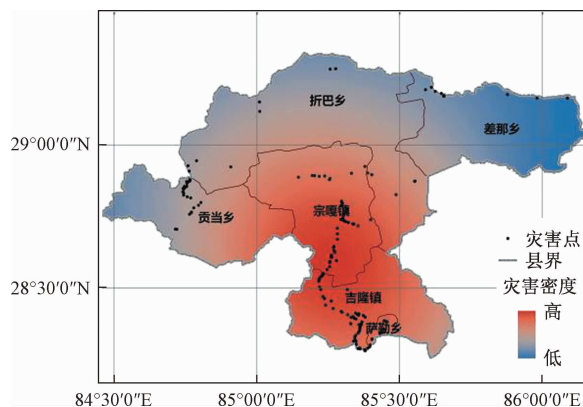


图 5 地质灾害密度差异空间分布图

Fig. 5 Spatial distribution map of disaster density difference

表 4 震后吉隆县各乡(镇)地质灾害隐患点分类统计表

Table 4 Classification and statistics of potential disaster points of geological disasters in towns of Jilong

乡(镇)	灾害点 数量/个	崩塌	滑坡	泥石流	不稳定 斜坡	灾害密度/ (个·km ⁻²)	所占百 分比/%
吉隆镇	69	34	25	8	2	0.053	37.70
宗嘎镇	53	25	4	24	0	0.033	28.96
贡当乡	27	9	6	12	0	0.020	14.75
折巴乡	12	3	4	5	0	0.004	6.56
差那乡	9	1	2	6	0	0.005	4.92
萨勒乡	13	6	5	2	0	0.197	7.10
合计	183	78	46	57	2		100

4.3 高程上地质灾害空间分布及敏感性

黄润秋等^[8-9]、张英平等^[10]、程强等^[11]指出高程是影响地质灾害发生及分布的重要影响因素。吉隆县高程落差较大,海拔在 5 000 m 以上的地区多为高山和极高山地貌,风化土层薄,河流水动力活动强度小,人口密度较小,地质灾害分布极少。尼泊尔地震后地质灾害在高程上的空间分布见图 6。为便于分析,将吉隆县海拔高程划分 7 组,每组划分范围中包含下限,不包含上限(表 5)。基于敏感性计算公式,得到各类

型灾害在不同高程上的敏感性系数见表 6。

从图 6 和表 5 可知:吉隆县境内的地质灾害主要分布在 2 000 ~ 5 000 m 高程范围内,占 91.25%。其中在海拔 3 500 m、3 800 m、4 100 m 和 4 400 m 高程附近地质灾害较集中,而这 4 个高程与吉隆县南坡的流域平均高度相当,该地段是吉隆县境内人口主要居住活动区段,也是河流水动力作用条件最强,农业种植,牧业活动,交通建设等自然和人类工程经济活动最为频繁的地区,主要是地质灾害的相对集中发育地段。

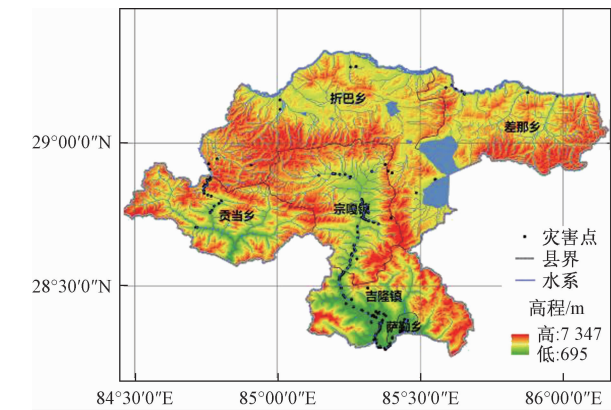


图 6 不同规模地质灾害数量统计直方图

Fig. 6 Statistics histogram of geological disasters of different scales

表 5 震后吉隆县地质灾害点高程分布统计表
Table 5 Statistical table of elevation distribution of geologic disaster points in Jilong County after the earthquake

高程/m	分区面积/ km ²	面积 百分比/%	灾害 数/个	所占百 分比/%
< 1 000	0.59	0.01	0	0.00
1 000 ~ 2 000	10.94	0.12	5	2.73
2 000 ~ 3 000	117.08	1.30	41	22.40
3 000 ~ 4 000	374.87	4.16	64	34.97
4 000 ~ 5 000	3 564.2	39.57	62	33.88
5 000 ~ 6 000	4 479.63	49.74	11	6.01
> 6 000	459.37	5.10	0	0.00

表 6 不同高程上地质灾害敏感性系数表

Table 6 Tables of geologic disaster sensitivity coefficient at different elevations					
高程/m	1 000 ~ 2 000	2 000 ~ 3 000	3 000 ~ 4 000	4 000 ~ 5 000	5 000 ~ 6 000
崩塌	2.20	2.13	1.34	-1.19	-2.90
滑坡	2.20	1.70	0.61	-1.64	-3.41
泥石流	1.50	1.21	0.91	-1.02	-3.41
不稳定斜坡	/	/	-1.34	/	/

由于海拔 1 000 m 以下及 6 000 m 以上的区域没有地质灾害,故敏感性分析没有该区域(表 6)。通过

敏感性系数计算可知,震后地质灾害分布不同高程上的敏感性差异较大,其中在高程 1 000 ~ 2 000 m 敏感性最高,随着高度的增加,敏感性逐渐降低。不同灾害类型对高程的敏感性不同,其中崩塌灾害对高程最敏感,泥石流敏感性最低。高程在 4 000 m 以下时,高程对地质灾害影响明显,高程在 4 000 m 以上时,高程对地质灾害影响不明显。

4.4 坡度对地质灾害空间分布及敏感性影响

坡度是影响地质灾害分布的重要因素^[12](图 7)。为便于分析,将坡度分成小于 15°、15° ~ 30°、30° ~ 45°、45° ~ 60°、60° ~ 75° 及 75° 以上共 6 组(表 7)。

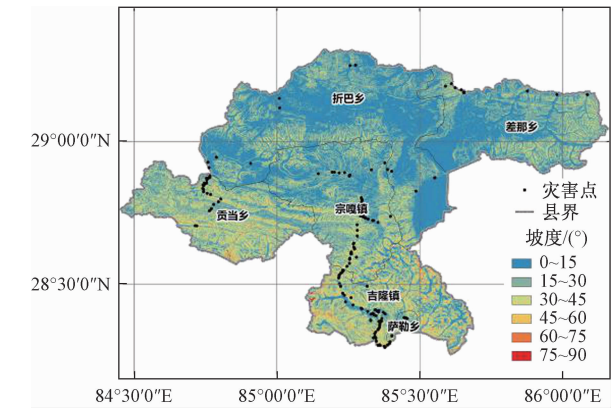


图 7 吉隆县地质灾害在坡度上的空间分布图

Fig. 7 Spatial distribution of geologic disasters on slope Jilong County

表 7 震后吉隆县地质灾害点坡度分布统计表
Table 7 Statistical table of gradient distribution of geologic disaster points in Jilong County after the earthquake

坡度/(°)	分区面积/ km ²	面积百 分比/%	灾害 数/个	所占百 分比/%
> 75	5.07	0.06	0	0.00
60 ~ 75	33.99	0.38	2	1.09
45 ~ 60	320.92	3.56	17	9.29
30 ~ 45	1 710.61	18.99	30	16.39
15 ~ 30	3 366.24	37.37	60	32.79
0 ~ 15	3 569.85	39.64	74	40.44

由图 7 和表 7 可知,尼泊尔地震后地质灾害在坡度上的空间分布差异明显。由表 7 可知,地质灾害主要分布在 30°以下,占到 73.23%,随着坡度的增大,地质灾害占比逐渐降低,但是单位面积内的地质灾害密度呈现相反的趋势,0° ~ 75°范围内,随着坡度的增大,单位面积内的地质灾害数量增多。由表 8 可知,坡度对地质灾害的敏感性系数整体较低,其中在 0° ~ 15° 及 45°以上范围内,坡度对地质灾害敏感性较强,而坡度在 15° ~ 45°范围内时坡度的敏感性较低。

表 8 不同坡度上地质灾害敏感性系数表

Table 8 Sensitivity coefficient of geological disasters on different slopes

坡度/(°)	0~15	15~30	30~45	45~60	60 以上
敏感系数 S_{ci}	0.020	-0.131	-0.147	0.958	1.063

4.5 坡向对地质灾害空间分布及敏感性影响

坡向是影响地质灾害的重要因素,地质灾害分布在不同坡向上(图 8)。为便于表示,将坡向划分为 8 组(表 9)。表 9 给出吉隆县境内地质灾害在坡向上的统计结果。

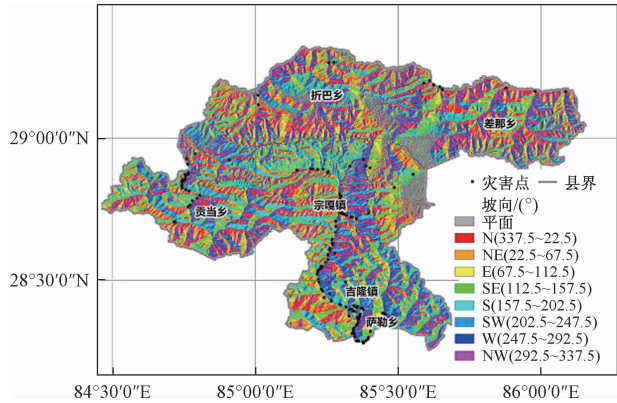


图 8 吉隆县地质灾害在坡向上的空间分布图

Fig. 8 Spatial distribution map of geological disasters on slope in Jilong County

从图 8、图 9 和表 9 可知,地震后吉隆县境内地质灾害坡向上的分布差异不明显,其中西坡向上地质灾害分布较多,在北坡向上地质灾害数量较少,其他坡向上地质灾害差异不明显。为分析坡向对地质灾害空间分布的敏感性,基于公式(1)计算各坡向的敏感性得到表 10,吉隆县地质灾害在西坡向上的敏感性最大,而在北坡向上敏感性最低。

表 9 震后吉隆县地质灾害点坡向分布统计表

Table 9 Statistical table of slope distribution of geological disaster points in Jilong County after the earthquake

坡向/(°)	分区面积/km ²	面积百分比/%	灾害数/个	所占百分比/%
N(337.5~22.5)	1 209.30	13.43	4	2.19
NE(22.5~67.5)	1 252.27	13.90	19	10.38
E(67.5~112.5)	1 131.90	12.57	16	8.74
SE(112.5~157.5)	1 042.56	11.58	31	16.94
S(157.5~202.5)	1 032.79	11.47	19	10.38
SW(202.5~247.5)	1 123.21	12.47	27	14.75
W(247.5~292.5)	1 081.69	12.01	48	26.23
NW(292.5~337.5)	1 112.28	12.35	19	10.38

表 10 不同坡向上地质灾害敏感性系数表

Table 10 Sensitivity coefficient of geological disasters on different slopes

坡向/(°)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
敏感系数 S_{ci}	-1.82	-0.29	-0.36	0.38	-0.09	0.17	0.78	-0.17

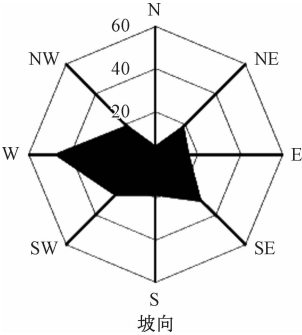


图 9 吉隆县地质灾害在坡向上的雷达分布图

ig. 9 Radar distribution map of geological disasters on slope in Jilong County

4.6 岩性对吉隆县地质灾害空间分布影响

地层年代及岩性是影响地质灾害发生的重要因素之一^[13-14]。喜马拉雅山脉将吉隆县分割为南坡和北坡两个部分,其地层组合为:前震旦系、震旦系—寒武系、奥陶系、志留系、泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系、第三系、第四系。南坡为东林藏布、吉隆藏布和斗嘎尔河流域及其源流区一带,包括宗嘎镇、吉隆镇和贡当乡全部地区,地质灾害发育程度高,分布广泛。统计分析吉隆县境内地质灾害岩性,发现吉隆县地质灾害隐患点的发育与分布显示出随地层年代差异而发生变化的特征,详细统计见表 11。

表 11 震后吉隆县地质灾害地层年代统计表

Table 11 Chronological statistics of secondary geological disasters in Jilong County after the earthquake

地层年代	地质灾害数量/个	所占百分比/%
第四系	84	45.7
震旦系—寒武系	18	9.9
二叠系	13	6.9
前震旦系	23	13.0
奥陶系	3	1.5
石炭系	2	0.8
三叠系	14	7.7
侏罗系	20	11.5
上第三系	3	1.5
喜山期晚期	3	1.5

由表 11 可知,尼泊尔地震触发吉隆县地质灾害主要发生在第四系,灾害数量为 84 个,占 45.7%;其次是前震旦系,占 13.0%,而上第三系、奥陶系、石炭系

和喜山期晚期则灾害数量极少。可见地层年代及岩性是影响地震过程中地质灾害发生的重要因素,震后灾害排查过程中,可以基于地层岩性和地质年代快速分析灾害分布特点。

4.7 地震烈度对吉隆县地质灾害影响

地震烈度是影响地震后地质灾害的重要因素^[15](图10)。据国家地震台网中心测定,尼泊尔地震在吉隆县境内波及区域主要分为4个烈度区IX~VI。

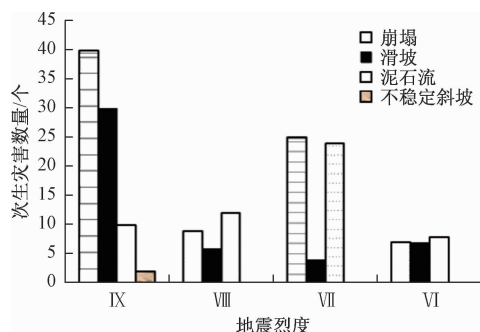


图10 不同烈度区域地质灾害数量直方图

Fig. 10 Histogram of geological disasters in different intensity regions

由图10可知,IX烈度区域内的地质灾害数量最多,且4种地质灾害数量差异明显。VIII烈度区内的地质灾害数量与VI烈度区的灾害数量相当,而VII烈度区的地质灾害数量居中。不同烈度区域内的地质灾害数量差异较明显,说明地震烈度对地质灾害影响明显。

5 吉隆县震后重建重点关注区域分析

根据地震后吉隆县地质环境条件、降雨及地质灾害形成条件分析,地震后吉隆县汛期地质灾害将处于高发态势,主要具有以下几个方面的特点:

(1) 重点关注 G216 沿线潜在地质灾害威胁

G216 沿线统计的地质灾害数量达到 79 个,直接威胁人员数量较少,但是公路受阻造成的影响较大,为此应该加强公路沿线灾害监测与预警,确保交通要道的畅通。

(2) 加强重点防治区灾后监测、治理工作

吉隆县地质灾害分布较集中,主要威胁分布在几个重点区域,其中宗嘎镇沃玛—吉隆镇—热索—郭巴一带,总面积约为 297 km²。境内共分布地质灾害隐患点 121 处,占整个吉隆县灾害 66.1%,其中泥石流 29 处、滑坡 33 处、崩塌 57 处、潜在不稳定斜坡 2 处,主要分布于吉隆镇、热索村沿线及附近。加强该区域灾害监测治理将有效减少地质灾害威胁。

(3) 泥石流灾害会明显增加

吉隆县境内的岩土体受地震影响,多处岩土体结构破损,泥石流物源量快速增加,加上灾区降雨较集中,部分泥石流沟谷岸坡内滑坡、崩塌等不良地质现象发育,因此,区内泥石流易发程度提高,险情加剧。

6 结论

(1) 吉隆县境内地质灾害主要为滑坡、崩塌和泥石流,且分布极不均匀。地质灾害主要集中在吉隆镇、宗嘎镇和贡当乡,占 81.41%。地质灾害主要是中、小型地质灾害,分别为 65.55% 和 29.5%。

(2) 地震后吉隆县境内的地质灾害空间分布受高程、坡度、坡向、岩性和地震烈度的影响较大。地质灾害主要分布在 2 000 ~ 5 000 m 内,占 91.25%,高程上的敏感性差异较大;地质灾害主要分布在坡度 30° 以下,占 73.23%,坡度对地质灾害的敏感性系数整体较低;地质灾害坡向上的分布差异不明显;地质灾害主要发生在第四系,占 45.7%;IX 烈度区域内的地质灾害数量最多,且 4 种地质灾害数量差异明显。

(3) 国道 G216 公路是连接吉隆县与尼泊尔的重要交通线路,是灾后重建和对外连通的重要要道。沿线统计的地质灾害数量达到 79 个,吉隆县地质灾害分布较集中,其中宗嘎镇沃玛—吉隆镇—热索—郭巴一带,总面积约为 297 km²,占吉隆县总面积的 3.3%。境内共分布地质灾害隐患点 183 处,主要分布于吉隆镇、热索村沿线及附近。加强该区域灾害监测治理将有效减少地质灾害威胁。

参考文献:

- [1] 胡桂胜, 陈宁生, 苏鹏程, 等. 西藏聂拉木县“4·25”尼泊尔地震次生山地灾害与防灾减灾对策[J]. 自然灾害学报, 2016, 25(4): 70-76. [HU G S, CHEN N S, SU P C, et al. Secondary mountain disasters induced by the “4·25” Nepal earthquake in Nyalam County and disaster prevention and mitigation countermeasures [J]. Journal of Natural Disasters, 2016, 25(4): 70-76. (in Chinese)]
- [2] 黄森旺, 孔纪名, 崔云, 等. “4·25”尼泊尔 Ms8.1 地震西藏重灾区次生地质灾害空间分布规律与危险性分区[J]. 自然灾害学报, 2017, 26(1): 80-88. [HUANG S W, KONG J M, CUI Y, et al. Disasterous spatial distribution and danger zonation of secondary geological disaster in Xizhang after “4·25” Ms8.1 Nepal earthquake [J]. Journal of Natural

- Disasters, 2017, 26(1): 80–88. (in Chinese)]
- [3] 韩培锋, 田述军, 樊晓一, 等. 芦山地震触发次生灾害特点统计分析及其规律预测[J]. 自然灾害学报, 2018, 27(1): 120–126. [HAN P F, TIAN S J, FAN X Y, et al. Statistical analysis and forecasting of the secondary disasters induced by Lushan Earthquake [J]. Journal of Natural Disasters, 2018, 27(1): 120–126. (in Chinese)]
- [4] 李为乐, 黄润秋, 许强, 等. “4·20”芦山地震次生地质灾害预测评价[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2013, 40(3): 264–274. [LI W L, HUANG R Q, XU Q, et al. Rapid prediction of co-seismic landslides triggered by Lushan earthquake, Sichuan, China[J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 2013, 40(3): 264–274. (in Chinese)]
- [5] 祁生文, 许强, 刘春玲, 等. 汶川地震极重灾区地质背景及次生斜坡灾害空间发育规律[J]. 工程地质学报, 2009, 17(1): 39–49. [QI S W, XU Q, LIU C L, et al. Slope instabilities in the severest disaster areas of 5·12 Wenchuan earthquake [J]. Journal of Engineering Geology, 2009, 17(1): 39–49. (in Chinese)]
- [6] 许冲, 徐锡伟, 于贵华, 等. 玉树地震滑坡影响因子敏感性分析[J]. 科技导报, 2012, 30(1): 18–24. [XU C, XU X W, YU G H, et al. Susceptibility analysis of impact factors of landslides triggered by Yushu earthquake [J]. Science & Technology Review, 2012, 30(1): 18–24. (in Chinese)]
- [7] 杨志华, 张永双, 郭长宝, 等. 青藏高原东缘地质灾害影响因子敏感性分析[J]. 工程地质学报, 2018, 26(3): 673–683. [YANG Z H, ZHANG Y S, GUO C B, et al. Sensitivity analysis on causative factors of geohazards in eastern margin of Tibetan Plateau[J]. Journal of Engineering Geology, 2018, 26(3): 673–683. (in Chinese)]
- [8] 黄润秋, 李为乐. 汶川地震触发崩塌滑坡数量及其密度特征分析[J]. 地质灾害与环境, 2009, 20(3): 1–7. [HUANG R Q, LI W L. Analysis on the number and density of landslides triggered by the 2008 Wenchuan earthquake, China [J]. Journal of Geological Hazards and Environment Preservation, 2009, 20(3): 1–7. (in Chinese)]
- [9] 黄润秋, 王运生, 裴向军, 等. 4·20 芦山 Ms7.0 级地震地质灾害特征[J]. 西南交通大学学报, 2013, 48(4): 581–589. [HUANG R Q, WANG Y S, PEI X J, et al. Characteristics of Co-seismic landslides triggered by the Lushan Ms7.0 earthquake on the 20th of April, Sichuan Province, China [J]. Journal of Southwest Jiaotong University, 2013, 48(4): 581–589. (in Chinese)]
- [10] 张英平, 石建省, 甘建军, 等. 广元市次生地质灾害分布特征及影响因素分析——以朝天区为例[J]. 灾害学, 2011, 26(1): 75–79. [ZHANG Y P, SHI J S, GAN J J, et al. Analysis of distribution characteristics and influencing factors of secondary geohazards in Guangyuan City: taking Chaotian district as an example [J]. Journal of Catastrophology, 2011, 26(1): 75–79. (in Chinese)]
- [11] 程强, 郑同健. 芦山地震公路地质灾害调查及评估[J]. 灾害学, 2014, 29(1): 131–135. [CHENG Q, ZHENG T J. Investigation and evaluation of geological disasters caused by Lushan earthquake along the highway [J]. Journal of Catastrophology, 2014, 29(1): 131–135. (in Chinese)]
- [12] 张杰, 康晓波, 鲁慧, 等. 哀牢山中段地质灾害空间分布规律研究——以元江县为例[J]. 工程地质学报, 2018, 26(3): 720–731. [ZHANG J, KANG X B, LU H, et al. Study on spatial distribution of geological disasters in middle part of ailao mountain: a case of Yuanjiang County [J]. Journal of Engineering Geology, 2018, 26(3): 720–731. (in Chinese)]
- [13] 殷志强, 赵无忌, 褚宏亮, 等. “4·20”芦山地震诱发地质灾害基本特征及与“5·12”汶川地震对比分析[J]. 地质学报, 2014, 88(6): 1145–1156. [YIN Z Q, ZHAO W J, CHU H L, et al. Basic characteristics of geohazards induced by Lushan earthquake and compare to them of Wenchuan earthquake [J]. Acta Geologica Sinica, 2014, 88(6): 1145–1156. (in Chinese)]
- [14] 郭沉稳, 姚令侃, 段书苏, 等. 汶川、芦山、尼泊尔地震触发崩塌滑坡分布规律[J]. 西南交通大学学报, 2016, 51(1): 71–77. [GUO C W, YAO L K, DUAN S S, et al. Distribution regularities of landslides induced by Wenchuan earthquake, Lushan earthquake and Nepal earthquake [J]. Journal of Southwest Jiaotong University, 2016, 51(1): 71–77. (in Chinese)]
- [15] 裴向军, 黄润秋. “4·20”芦山地震地质灾害特征分析[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2013, 40(3): 257–263. [PEI X J, HUANG R Q. Analysis of characteristics of geological hazards by “4·20” Lushan earthquake in Sichuan, China [J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 2013, 40(3): 257–263. (in Chinese)]