



山区地质灾害时空分布规律及影响因素分析 ——以四川省马边县为例

李彩侠¹, 马煜^{1,2,3}

1. 成都理工大学 工程技术学院, 四川 乐山 614000;
2. 成都理工大学 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室, 四川 成都 610059;
3. 成都理工大学 工程技术学院 国土空间应用研究中心, 四川 乐山 614000

摘要: 山区地质灾害不仅破坏山区环境, 损毁耕地、房屋及公共设施, 还威胁人民的生命和财产安全, 制约山区经济发展. 为减轻地质灾害的发生和降低人类生命财产的损失和环境的破坏, 提高马边县地质灾害区的防灾减灾能力, 通过野外调查、数据分析和 GIS 空间分析等方法, 运用定性和定量结合法研究了马边县地质灾害时空分布与地形地貌、地质构造、降雨条件等 3 大类和海拔、坡向、坡度、坡型、岩性、断裂、降雨和人为活动 8 小类因素的关系. 结果表明: 1) 马边县地质灾害以滑坡灾害为主, 崩塌次之, 泥石流最少, 在时间和空间上分布具有不均匀性; 2) 地形地貌因子敏感区间为海拔 700~900 m 之间, 坡向为东和东南向, 坡度为 20~25° 之间, 坡型为凸型坡为主; 3) 地质构造因子敏感区间是岩性以泥岩为主, 构造带以距离断层中心线小于 1 km 范围为主; 4) 降雨量的敏感区间在低山区为 1 100~1 300 mm 之间, 中高山区为 1 300~1 500 mm 之间; 5) 人为活动因素已不可忽视.

关键词: 地质灾害; 时空分布; 地形地貌; 地质构造; 滑坡; 降雨; 四川省

SPATIOTEMPORAL DISTRIBUTION AND INFLUENCING FACTORS OF GEOLOGICAL DISASTERS IN MOUNTAINOUS AREAS: A Case Study of Mabian County in Sichuan Province

LI Cai-xia¹, MA Yu^{1,2,3}

1. School of Engineering Technology, Chengdu University of Technology, Leshan 614000, Sichuan Province, China;
2. State Key Laboratory of Geohazards Prevention and Geo-environment Protection, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;
3. National Land Space Application Research Center, Chengdu University of Technology, Leshan 614000, Sichuan Province, China

Abstract: To reduce the occurrence of geological disasters, minimize the loss of human life and property and the destruction of environment, and improve the ability of disaster prevention and reduction in geological disaster area, through field survey, data statistics and GIS spatial analysis, the qualitative and quantitative combination method is used to study the relationship between the spatiotemporal distribution of geological disasters and three categories of factors, i.e. landform, geological structure and rainfall, as well as eight subcategories such as elevation, slope aspect, slope gradient, slope type, lithology, fault, rainfall and human activities. The results indicate that the geological

收稿日期: 2021-11-15; 修回日期: 2022-01-05. 编辑: 李兰英.

基金项目: 乐山市科技局重点项目“基于 GIS 平台马边县地质灾害易发性多模型评价”(21SZD0011)、“乐山市马边县缓倾顺层岩质滑坡成因机制研究”(21ZDYJ0015); 成都理工大学工程技术学院基金项目“乐山市马边县地质灾害空间分布和控制因素研究”(C122019018).

作者简介: 李彩侠(1986—), 女, 硕士, 副教授, 主要从事地质学和地质工程方面教学和科研工作, 通信地址 四川省乐山市市中区肖坝路 222 号, E-mail//licaixiac@126.com

通信作者: 马煜(1984—), 男, 博士, 副教授, 主要从事地质工程和岩土工程教学和科研工作, 通信地址 四川省乐山市市中区肖坝路 222 号, E-mail//mayu.2008@hotmail.com

disasters in Mabian County are mainly landslides, followed by collapses, and least debris flows, showing uneven spatial and temporal distribution. The sensitive intervals of topographic factors include the elevation of 700–900 m, slope aspect of east and southeast, slope gradient of 20–25° and slope type of mainly convex slope. The sensitive geological structural factors include the lithology of mainly mudstone, and tectonic zones less than 1 km away from the fault centerline. The sensitive interval of rainfall is 1100–1300 mm in low mountain area and 1300–1500 mm in middle and high mountain areas. Human activity is also a nonnegligible factor.

Key words: geohazard; spatiotemporal distribution; topography; geological structure; landslide; rainfall; Sichuan Province

0 前言

崩塌、滑坡和泥石流是山区常见的地质灾害,具有发生频率高、影响范围广、造成危害大等特点,它不仅破坏山区环境,损毁耕地、房屋及公共设施,还威胁人民的生命和财产安全,制约山区经济发展。四川省乐山市马边彝族自治县受其复杂的地质环境条件和人类活动改造等影响,地质灾害频发。据现场调查和资料统计,截至2021年1月5日,马边县历史上有记载的滑坡、崩塌、不稳定斜坡、泥石流和地裂缝等5类地质灾害(隐患)300余处^①,造成严重经济损失和人员伤亡^[1]。为解决马边县地质灾害易发区防灾减灾问题,减小地质灾害发生的可能性,降低地质灾害对马边县的危害程度,对马边县地质灾害进行调查和研究,掌握马边县地质灾害的分布规律和影响因素,为当地防灾减灾工作提供科学依据。

目前,国内外学者对马边县地质灾害的分布规律及影响因素还未进行研究,但对乐山市其他地区的地质灾害的分布规律和控制因素的研究,前人已做过不少工作,如虎啸天等^[2]研究了乐山市地质环境条件及地质灾害分布特征;王德伟等^[3]对乐山市金口河区地质灾害发育规律进行了研究;文海涛等^[4]、杜俊等^[5]、杨志华等^[6]对县域地质灾害的时空分布和影响因素进行了研究。但数据来源有限,内容概括而笼统,仅限于定性描述,无定量描述。在研究技术和研究因子上也是多样的,如杨三凤^[7]基于遥感解译和GIS软件空间分析功能,分析了灾害点的空间分布特征与海拔、坡度及水系之间关系;徐伟等^[8]在实地调查的基础上,从地层时代、规模、坡度3个方面对彝良县边坡的分布规律及特征进行统计分析;刘云等^[9]在统计的基础上,探讨了地质灾害与地形地貌、地质构造、降雨量和人类工程

活动等因素的相关性;王国卫等^[10]基于加权信息量模型对湖南省麻阳县地质灾害危险性进行评价;温金梅等^[11]基于信息量法从地形地貌、构造、工程地质岩组等方面对地质灾害易发性进行评价。总体上国内学者针对不同区域或从不同角度对地质灾害的控制因素进行了探讨,取得了一些重要的认识,但大部分都基于定性分析,全面考虑影响因子定量的研究很少。

本文在对马边县地质灾害野外调查和数据收集的基础上,基于GIS空间分析功能,结合DEM(12.5 m)、基础地质图(1:50 000)和降雨等值线图等基础数据综合分析,对该县地质灾害的时空分布规律与地形、地质、降水等因素进行分析,探讨马边县地质灾害的时空分布规律及其控制因素,以期能为该区域地质灾害的预测和防治提供借鉴和参考。

1 地质灾害概况

在野外调查和资料收集的基础上对马边县境内地质灾害进行统计,截至2021年1月5日,该县有滑坡、崩塌、不稳定斜坡、泥石流、地裂缝等5类地质灾害(隐患)点300余处(含已核销点),见图1。在数量上:滑坡169处(占总数的56.4%),崩塌75处(25.0%),不稳定斜坡45处(15.0%),泥石流10处(3.3%),地裂缝1处(0.33%,由于数量少,下文不进行该灾害分析)。规模上:中型的59处,占总数的19.6%;小型的241处,占总数的80.4%。历史上地质灾害共造成直接经济损失约500万元,死亡12人^[1,12]。

2 地质环境条件

2.1 气象水文

研究区属中亚热带季风湿润气候,据2005—2014

①四川省峨眉山403建设工程有限公司.四川省马边县1:50 000地质灾害详细调查报告.2015.

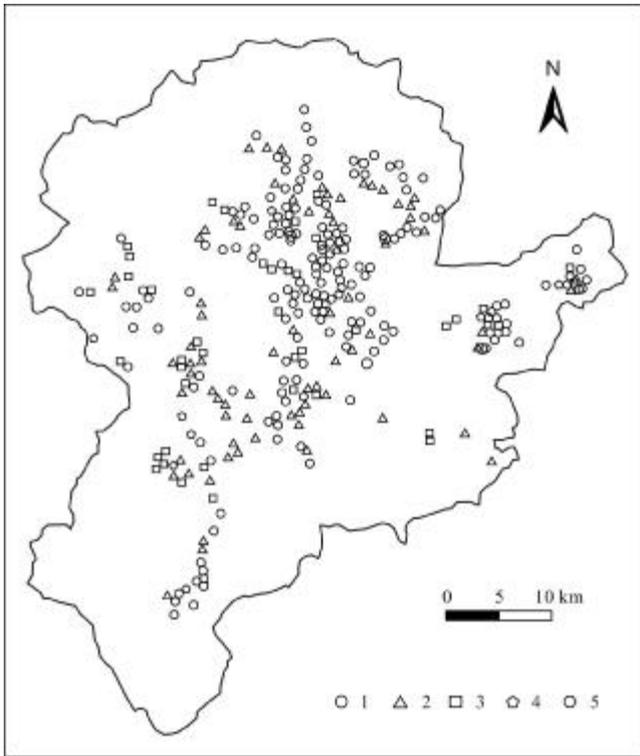


图1 马边县地质灾害分布图

Fig. 1 Distribution map of geohazards in Mabian County

1—滑坡(landslide); 2—不稳定斜坡(unstable slope); 3—崩塌(collapse);
4—泥石流(debris flow); 5—地裂缝(ground fissure)

年气温统计,平均气温 17.4℃,最高气温 35.3℃,最低气温 -1.6℃. 降雨时空分布不均匀:时间上,据 1970—2000 年和 2005—2014 年降雨统计,年均降雨量 989.37 mm,雨季一般集中在 5—9 月,降雨量占全年的 77.8%. 空间上,降雨量随海拔升高呈上升趋势,低山区降雨量少,中高山区降雨量多. 马边河系岷江下游右岸一级支流,长度 118.0 km,流域面积 2 039 km²,多年平均流量 25.18 m³/s, 河流对河岸的冲刷和侧蚀作用强烈,易引发两岸滑坡、崩塌、不稳定斜坡等地质灾害.

2.2 地形地貌

研究区地处横断山脉东部、四川盆地和云贵高原的过渡地带,地势西高东低,东西两侧主要是中高山区,中间为低山河谷区,山脉多近于南北走向. 最高点为大风顶,海拔 4 042 m,最低点为雷打石村马边河处,海拔 448 m,相对高差 3 594 m,山区海拔落差大,山坡陡峭,极易出现地质灾害. 受横断山脉及河流急剧的切割作用等因素的影响,河段与两侧山地高差悬殊,谷壁陡峭,河床狭窄,属典型的侵蚀构造高山峡谷

地貌特征. 按照地貌成因,研究区可分为侵蚀堆积地貌、山麓斜坡堆积地貌、侵蚀构造地貌和溶蚀构造地貌 4 类.

2.3 地层岩性

研究区地层发育比较完整,地层的特点是:四周地层老,中部地层新. 新元古界出露震旦系地层,以海相碳酸盐和含磷灰岩沉积为主;古生界以滨-浅海相砂岩沉积为主;中生界出露三叠系和侏罗系地层,岩性为泥岩、砂岩类为主;新生界主要为第四系冲积物与残坡积物.

2.4 地质构造

研究区位于四川东部地台区四川台拗沉降带之川中台拱西南侧的观音-马边向斜和凉山褶皱带的结合部位,主要表现为南北向构造体系和旋转构造体系. 南北向构造体系主要有陈子岩-沙匡背斜、苦竹坝断层、老河坝断层、利店断层. 旋转构造体系主要有马边向斜、五指山背斜、靛兰坝-中和庄向斜、利店-新繁向斜、靛兰坝断层、玛瑙断层、马边断层和烟峰断层. 发育的断层带给地质灾害的发生提供了地质条件.

2.5 新构造运动和地震

研究区位于川滇地轴与四川台拗之间的上扬子台褶带上. 具体位于扬子准地台次级构造单元上扬子台褶带中的凉山褶皱带与四川台拗中的川中台拱的结合部. 在近代地壳运动中,由于青藏高原隆升和断块水平运动的影响,上扬子台褶带具有比四川台拗更强的活动性. 地震活动频繁,属中、强震区的震群型地震. 据记载,研究区共发生 $M_s \geq 4.7$ 级地震 33 次,其中 5.0~5.9 级 22 次,6.0~6.8 级 4 次,4.7~4.9 级 7 次. 地震的频繁活动为诱发崩塌、滑坡、斜坡失稳等地质灾害的重要因素之一^[13].

3 地质灾害的时间分布

3.1 年度分布规律

为获得地质灾害发生的年度分布规律,对马边县有记录的 300 多处灾害点按上报年份进行统计(图 2),总体来说,年度地质灾害发生数量的分布极不均衡. 近年来,地质灾害发生的数量总体呈逐年增加趋势,特别于 2000 年以后,平均年发生地质灾害数量明显高于 2000 年之前. 主要有以下原因: 1) 2000—2015 年间数量最多,主要受 2008 年汶川地震和 2013 年雅安芦

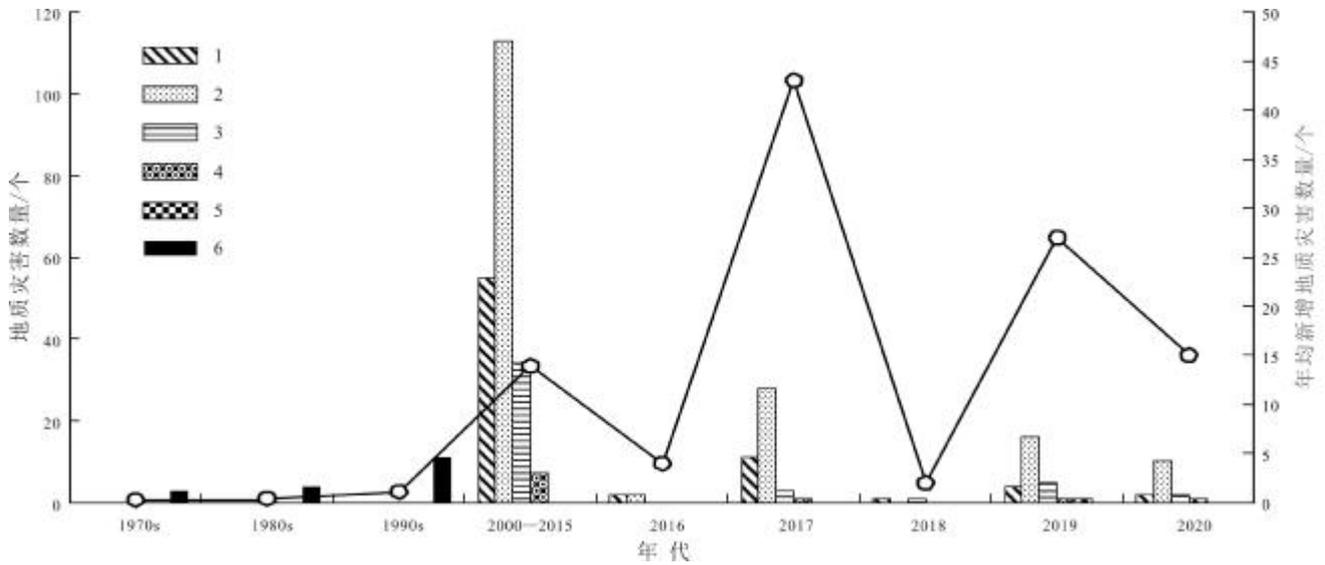


图 2 马边县地质灾害年度分布图

Fig. 2 Annual distribution of geohazards in Mabian County

1—崩塌 (collapse); 2—滑坡 (landslide); 3—不稳定斜坡 (unstable slope); 4—泥石流 (debris flow); 5—地裂缝 (ground fissure); 6—地质灾害 (all geohazards)

山地震影响, 仅 2008 年当年马边县新增地质灾害点 102 处^[2]. 2) 人类的经济工程活动增强. 随着马边县各类建设工程相继开展, 如公路、矿山、水利、农业开发以及居民的房屋修建等, 这些工程活动对自然边坡进行了不同程度的开挖, 破坏了自然边坡原来的地质环境平衡状态, 从而导致地质灾害隐患点的增加. 3) 与降雨量也有很大的关系. 查阅近 5 年降雨数据, 2017 年的 8 月 22—23 日、2019 年的 8 月 2—3 日、2020 年的 8 月 18 日均为超 50 a 重现期的降雨, 这也是这三年地质灾害发生增多的原因, 可见降雨量在很大程度上影响当年的地质灾害发生数量.

3.2 月度分布规律

地质灾害发生季节性与降雨季节性具有显著相关性^[14-16]. 据统计(图 3)分析, 地质灾害发生的月度分布规律是: 5 月至 10 月为高发期, 约占全年的 96.7%. 其中发生在 7 月份的最多, 达到 110 次, 占总数的 36.7%; 其次是 8 月份, 有 91 次, 占总数的 30.3%. 而根据马边县近 45 a 气象资料, 一年当中雨季一般集中在 5 月到 10 月, 占全年降雨量的 82.6%. 图 3 中可以看出降雨量最大的月份也是地质灾害暴发频率高的月份. 这说明地质灾害的发生与降雨有直接的关系, 降雨是地质灾害的重要触发因素, 地质灾害的发生与降雨的时间分布存在高度一致性.

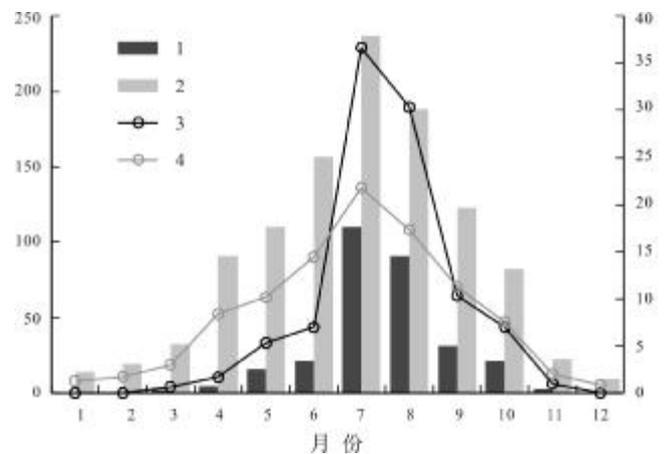


图 3 马边县地质灾害月度分布图

Fig. 3 Monthly distribution of geohazards in Mabian County

1—灾害点数量 (number of disaster site); 2—降雨量 (rainfall); 3—一月灾害点占百分比 (percentage of monthly geohazard sites); 4—一月降雨量占百分比 (percentage of monthly rainfall)

4 地质灾害的空间分布

4.1 行政区划分布

通过野外调查和数据统计(表 1, 图 4), 各乡镇地质灾害点分布不均匀. 数量上, 劳动乡发生地质灾害的数量最多, 占总数的 15.0%; 袁家溪乡发生地质灾害数量最少, 占 0.67%. 发育密度上, 烟峰镇灾害发育密度最高, 为 1.0299 个/km²; 袁家溪乡灾害密度最少, 为

表 1 马边县地质灾害行政区划统计

Table 1 Distribution of geohazards by geographical divisions in Mabian County

乡镇	面积/km ²	崩塌	滑坡	泥石流	不稳斜坡	点密度/(个/km ²)
民建镇	85.46	2	20	0	5	0.3159
劳动乡	71.19	9	34	0	2	0.6321
下溪镇	63.29	5	13	0	1	0.3002
荣丁镇	87.83	3	12	0	0	0.1708
苏坝镇	92.21	10	10	0	2	0.2386
烟峰镇	21.36	11	2	3	6	1.0299
老河口乡	58.55	1	3	1	1	0.1025
三河口乡	24.61	2	6	0	5	0.5282
雪口山乡	131.18	4	14	1	4	0.1753
永红乡	214.31	1	8	2	1	0.0513
大竹堡乡	125.92	1	5	0	0	0.0477
高卓营乡	82.54	2	3	0	1	0.0727
建设乡	61.98	5	11	0	5	0.3388
梅子坝乡	87.25	0	3	1	2	0.0573
菽坝乡	164.43	3	19	1	4	0.1642
沙腔乡	82.72	9	5	1	5	0.2418
石梁乡	38.22	1	2	0	0	0.0785
镇江庙乡	51.43	0	4	0	0	0.0778
民主乡	172.10	3	0	0	2	0.0291
袁家溪乡	83.71	1	1	0	0	0.0239

0.0239 个/km²。类型上,滑坡灾害以劳动乡最多,占灾害总数的 11.3%,占该灾害类型的 37.8%,烟峰镇占该乡灾害总数的 75.7%。发生崩塌、不稳定斜坡和泥石流灾害最多,以上 3 种地质灾害分别占灾害总数的 3.7%、2.0%和 1.0%,占各类灾害类型的 14.7%、13.3%和 30.0%,占该镇灾害数的 50.0%、27.3%和 13.6%。

4.2 地形地貌分布

地形是孕育地质灾害的决定性因素,地形条件对地质灾害的控制主要包括坡度、坡向、海拔和坡型(图 5)。山坡或斜坡坡度与地质灾害发生密切相关,反映了地表岩土体运动与动能转换的规模与强度。在一定范围内,山坡坡度相对越大,坡体向下的潜在动能越强,有利于地质灾害的发生,特别是滑坡和 unstable 斜坡的发生^[17];坡向不同决定着斜坡上的日照、植被发育和水热气候等条件的不同,一般来说日照少的,岩体更容易风化,影响坡体的稳定性,因此坡向对地质灾害的影响不容忽视^[18]。地表剖面曲率即为坡度随高程变化的变化率,其在一定程度上反映了地表坡体的陡缓程度。通过曲率值的正负,表示该处的地表坡型为凸型坡、平面坡和凹型坡。曲率的绝对值越大说明该地表处越陡峭^[19-21]。

图 5a 显示地质灾害在 500~900 m 高程区间内发育最多,有 207 处,约占灾害总数的 69.0%,其中 700~900 m 区间最为发育。随着高程的增大,地质灾害发生的数量呈减弱趋势。主要原因是海拔高的地方,人类

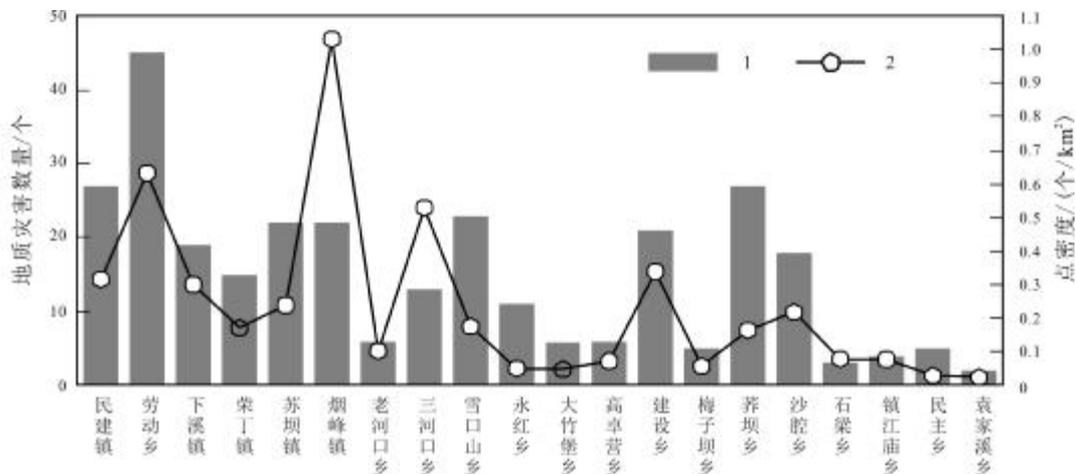


图 4 马边县地质灾害行政区划分布图

Fig. 4 Geographical distribution of geohazards in Mabian County

1—灾害点(number of disaster site); 2—灾害点密度(density of disaster point)

活动对地质环境的扰动少和海拔高的地方由于地质灾害对人类影响较少,不易引起关注.图 5b 显示灾害在坡向上分布较均匀,相对较多的主要分布在东、东南坡向区间内,有 94 处,约占灾害总数的 31.3%.由于研究区内地形西高东低且山脉多近于南北走向,所以坡向主要为东西坡向且东向坡向较西向坡向接收日照要多,因此地质灾害主要发育在东、东南坡向区间内.图 5c 显示地质灾害在 15~30°坡度区间内发育最多,有 181 处,约占灾害总数的 60.3%,其中 20~25°区间地质灾害最为发育.这与较多国内外学者的结论基本一致,即坡度范围位于 20~50°.由于不同地区具体条件不同应略有差异,区别在于上、下限值的细微差别^[22].图 5d 显示凸型坡体孕育地质灾害的数量和百分比与凹型坡体相比要相对较高.凸型坡上部较缓,下部较陡,坡度在垂直方向逐渐增大,坡下部相对于上部有临空面存在,因此稳定性较凹型和平面型要差一些.

4.3 地质构造分布

地层岩性条件为地质灾害发生提供物质基础.马边县境内出露地层较多,岩石类型多样,将出露地层分为 4 个工程地质岩类和 5 个工程地质岩组(见表 2).图 6

表 2 地层岩性与地质灾害分布统计

Table 2 Distribution of geohazards in lithological formations

工程地质岩类	岩组	崩塌	滑坡	不稳定斜坡	泥石流
松散岩类	砂砾、砂土、碎石、卵石为主的松散岩组	4	16	11	1
软弱岩类	泥岩为主的软弱岩组	40	126	23	6
半坚硬岩类	砂岩为主的半坚硬岩类	14	15	6	1
坚硬岩类	白云岩和灰岩为主的碳酸盐岩坚硬岩组	13	9	5	0
	玄武岩坚硬岩组	4	3	0	0

显示地质灾害在以泥岩为主的软弱岩组内发育最多,共 196 处,占总数的 65.6%;其次是以砂岩为主的半坚硬岩组,地质灾害数量 38 处,占总数的 12.7%;白云岩、灰岩和玄武岩为主的坚硬岩组和砂砾、砂土、碎石、卵石为主的松散岩组分布区,地质灾害点数量分别为 33 处和 32 处,分别占总数的 11.0%和 10.7%.图 6 显示崩塌灾害的发生随着岩性的坚硬程度增强而增多.由于岩性的差异风化特征明显,坚硬的岩层容易形成陡崖地形且在地质构造影响下垂直层面节理裂隙较发

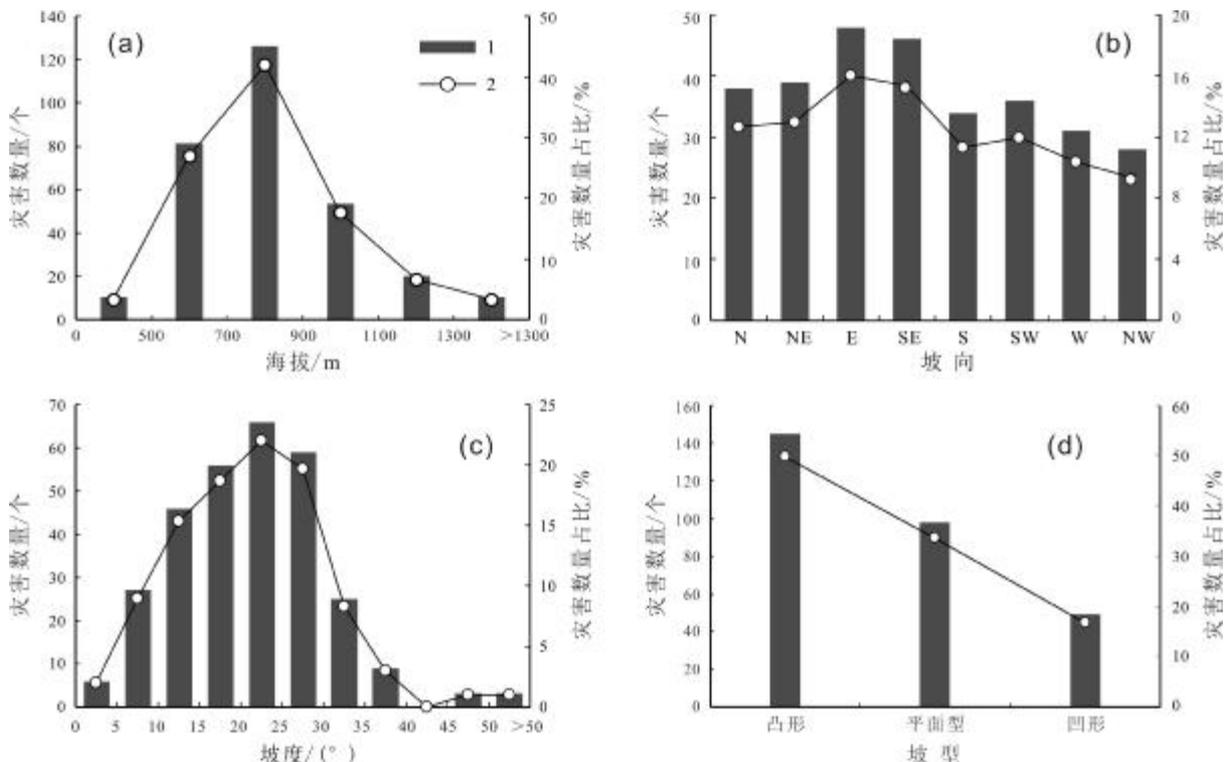


图 5 地形因子与地质灾害分布关系图

Fig. 5 Relationship between topographic factors and distribution of geohazards

1—灾害点数量(number of disaster site); 2—区间灾害点所占百分比(interval disaster percentage of the total)

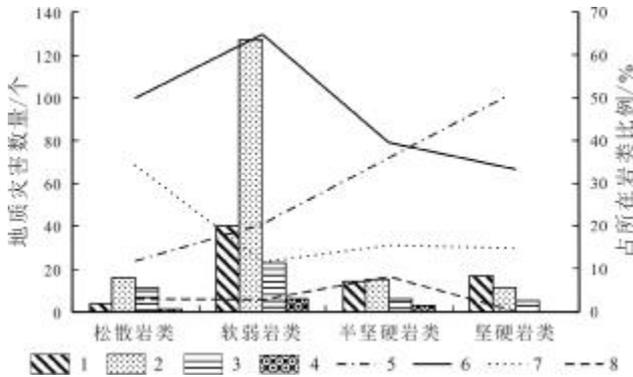


图6 工程地质岩类与地质灾害统计关系图

Fig. 6 Relationship between rock types and number of geohazards

1—滑坡 (landslide); 2—崩塌 (collapse); 3—不稳定斜坡 (unstable slope); 4—泥石流 (debris flow); 5—滑坡占百分比 (landslide percentage of the total); 6—崩塌占百分比 (collapse percentage of the total); 7—不稳定斜坡占百分比 (unstable slope percentage of the total); 8—泥石流占百分比 (debris flow percentage of the total)

育,使得崩塌发育. 滑坡灾害主要发育在松散岩类-软弱岩类中. 以泥岩为主的软弱岩组范围内发育最多, 占该岩组内地质灾害总数的 64.8%. 岩体结构具有以夹层状结构为主, 抗风化能力弱, 遇水易软化等特征, 在层状泥岩夹层地层中易产生顺层滑坡. 分布在斜坡表层的碎块石土等在雨水作用下, 极易形成滑坡. 不稳定斜坡灾害主要发育在以砂砾、砂土、碎石、卵石为主的松散岩组中, 这类岩土因其结构松散、强度低、稳定性差, 在降雨和地震条件或人为活动下易发生崩滑流灾害. 泥石流灾害在每个岩性组中分布较均匀, 主要是由于提供泥石流的物源均来自各个岩组发育的崩、滑、不稳定斜坡等的堆积物.

地质构造既控制地形地貌, 又控制地层岩性结构, 对地质灾害的发育起综合控制作用^[22]. 断裂带走向部位会发生岩土体结构破裂, 使强度及稳定性降低, 容易风化或产生崩滑积物为泥石流发育提供物源条件. 研究区内主要断层有苦竹坝断层、老河坝断层、利店断层, 按照距断裂带中心线的直线距离统计泥石流分布与距离的关系(图 7), 发现在断裂带两侧 1 km 范围内发生地质灾害数量最多, 共 83 个, 占灾害总数的 27.7%.

4.4 降雨分布

降雨量的多少是地质灾害最直接、最重要的激发

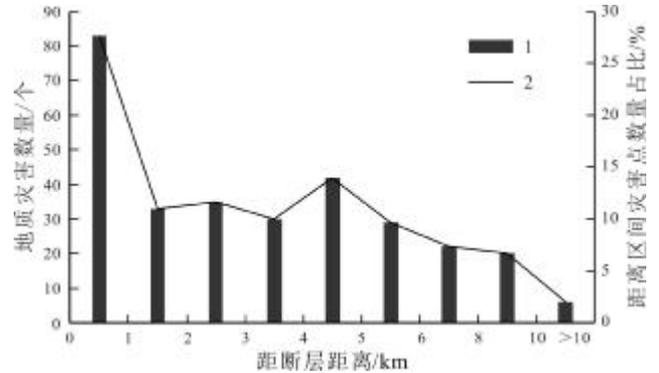


图7 距断层距离与地质灾害分布关系图

Fig. 7 Relationship between distance from fault zone and distribution of geohazards

1—灾害点数量 (number of disaster site); 2—区间灾害点所占百分比 (interval disaster percentage of the total)

因素. 根据马边县年降雨量等值线(图 8)可以看出, 马边县内降雨量在空间上分布不均, 总体上马边河谷地区降雨少, 而随着海拔升高, 降雨量呈上升趋势, 按照海拔差异, 分低山区以下和中山区以上两部分研究降雨量与地质灾害的关系. 马边县年降雨量与地质灾害点分布关系图(图 8、图 9)显示, 在低山区, 地质灾害发生最多的年降雨区间为 1 100~1 300 mm, 中高山区地质灾害发生最多的区间为 1 300~1 500 mm. 主要原因有: 1) 低山区主要发育以砂砾、砂土、碎石、卵石为主的松散类岩和泥岩为主的软弱类岩, 这两类都是地质灾害易发的岩组类型; 2) 低山区主要在马边县城附近, 人类活动强烈, 对地质的改造强度大, 这也是地质灾害增多的原因.

4.5 人为活动分布

区内的人类工程活动主要为矿产开发、城镇新建和改造、房屋修建、道路建设、桥梁架设、水利水电及农耕地开发等. 修建道路和房屋活动中的削坡不仅增大坡体临空面, 还破坏坡体应力平衡, 导致岩土体失稳, 产生崩滑灾害, 如 S103、马新路、马美路等县内道路两侧 100 m 范围内发育地质灾害 28 处, 约占总灾害 9.3%. 矿产资源的开采过程不但影响了斜坡的稳定, 而且产生大量矿山废渣、尾矿, 为泥石流的暴发提供了物源, 如烟峰镇一带矿区因弃渣产生泥石流灾害隐患有 3 处, 约占总灾害的 1%, 但占了泥石流灾害的 30%. 人类活动诱发地质灾害的趋势逐渐上升, 已成为一种不可忽视的因素, 应该引起关注.

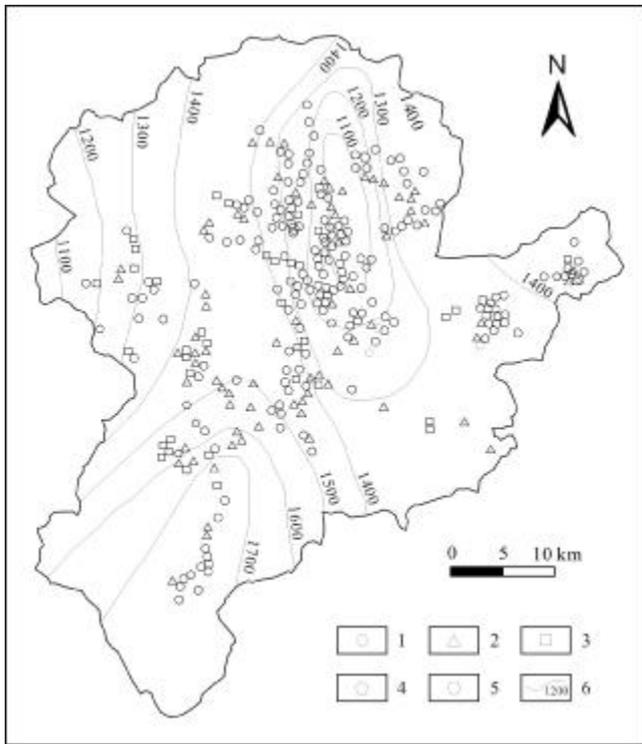


图 8 马边县年降雨量与地质灾害分布关系图

Fig. 8 Relationship between annual rainfall and distribution of geohazards in Mabian County

1—灾害点 (disaster site); 2—降雨等值线 (rainfall isoline)

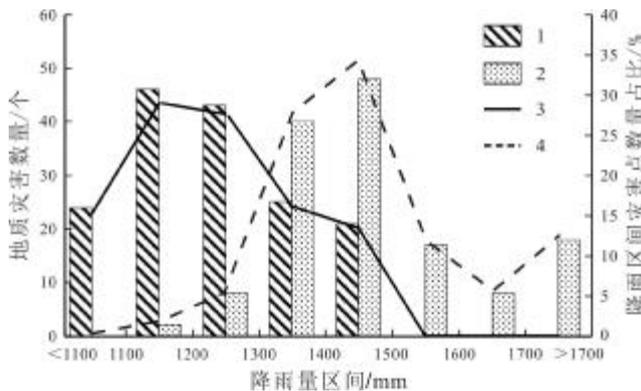


图 9 马边县年降雨量区间与地质灾害数量统计图

Fig. 9 Relationship between annual rainfall and number of geohazards in Mabian County

1—低山区灾害点 (disaster site in low mountain area); 2—中高山区灾害点 (disaster site in middle and high mountain area); 3—低山区灾害点所占百分比 (percentage for disaster sites in low mountain area of the total); 4—中高山区灾害点所占百分比 (percentage for disaster sites in middle and high mountain area of the total)

5 结论

(1)马边县有记录以来的地质灾害(隐患)点共计

300 余处. 有滑坡、崩塌、不稳定斜坡、泥石流、地裂缝 5 类,在时空上分布具有不均匀性.

(2)年度分布上,由于近年来工程建设活动加强,2000 年后灾害数量上较 2000 年之前增多;月度分布上,由于受降雨量的控制,灾害主要发生在 7—8 月,占总灾害数量的 67.0%.

(3)地质灾害在地形地貌上的影响主要受海拔、坡向、坡度和坡型的影响. 灾害分布最多的各因子区间为:海拔 700~900 m,坡向东和东南向,坡度 20~25°,坡型为凸型坡.

(4)地质灾害在地质构造方面主要受地层岩性、断层构造带的影响. 灾害点分布最多的各因子区间为:岩性以泥岩为主的软弱岩组,断层以距断层中心线 1 km 范围为主.

(5)地质灾害在降雨上的敏感区间为:低山区,地质灾害发生最多的年降雨量区间在 1100~1300 mm 之间;中高山区,地质灾害发生最多的年降雨量区间在 1300~1500 mm 之间. 另外人类活动诱发地质灾害的趋势逐渐上升,已成为一种不可忽视的因素.

参考文献 (References):

[1]四川省自然资源厅. 四川省地质灾害隐患点查询系统[EB/OL]. <http://topic.scol.com.cn/2017/17dzzhcx/pc/>, 2021-01-05. Department of Natural Resources of Sichuan Province. Sichuan geological hazard potential points query system [EB/OL]. <http://topic.scol.com.cn/2017/17dzzhcx/pc/>, 2021-01-05. (in Chinese)

[2]虎啸天, 娜子布林, 彭旭东, 等. 乐山市地质灾害发育特征及其防治形势分析[J]. 四川建材, 2017, 43(5): 200-201. Hu X T, Nazi B L, Peng X D, et al. Analysis on the characteristics of geological hazards developing and prevention situation in Leshan City [J]. Sichuan Building Materials, 2017, 43(5): 200-201.

[3]王德伟, 陈绪钰. 乐山市金口河区地质灾害发育特征及防治建议[J]. 四川地质学报, 2014, 34(3): 416-420. Wang D W, Chen X Y. The development and control of geohazards in Jinkouhe Town, Leshan [J]. Acta Geologica Sichuan, 2014, 34(3): 416-420.

[4]文海涛, 韦朝华, 廖丽萍, 等. 桂东南容县地质灾害发育与时空分布特征[J]. 水土保持通报, 2017, 37(5): 182-188, 197. Wen H T, Wei C H, Liao L P, et al. Occurrence and temporal-spatial distribution characteristics of geological hazards in Rongxian County in southeast Guangxi Zhuang Autonomous Region [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(5): 182-188, 197.

[5]杜俊, 丁文峰, 范仲杰, 等. 川鄂褶皱山地溪洪-滑坡灾害与主要自然因子的关系——以香溪河流域为例[J]. 水土保持通报, 2018, 38

- (6): 47-53.
- Du J, Ding W F, Fan Z J, et al. Relationships between landslide disaster induced by mountain torrent and its natural impact factors in Sichuan-Hubei folded mountain area: A case study at Xiangxi catchment[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(6): 47-53.
- [6] 杨志华, 吴瑞安, 郭长宝, 等. 川西巴塘断裂带地质灾害效应与典型滑坡发育特征[J]. 中国地质, 2022, 49(2): 355-368.
- Yang Z H, Wu R A, Guo C B, et al. Geo-hazard effects and typical landslide characteristics of the Batang fault zone in the western Sichuan [J]. Geology in China, 2022, 49(2): 355-368.
- [7] 杨三凤. 基于遥感数据的地质灾害调查与分布规律分析[J]. 国土资源信息化, 2020, 20(2): 48-53.
- Yang S F. Investigation and analysis of distribution of geological hazards based on remote sensing data [J]. Land and Resources Informatization, 2020, 20(2): 48-53.
- [8] 徐伟, 冉涛, 田凯. 红层地区地质灾害发育规律与成灾特征——以彝良县为例[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2020, 31(5): 1-7.
- Xu W, Ran T, Tian K. Characteristics and preventive measures of geohazards in red bed region: A case study of Yiliang County[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2020, 31(5): 1-7.
- [9] 刘云, 康卉君. 江西崩塌滑坡泥石流灾害空间时间分布特征分析[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2020, 31(4): 107-112.
- Liu Y, Kang H J. Spatial-temporal distribution of landslide, rock fall and debris flow hazards in Jiangxi Province[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2020, 31(4): 107-112.
- [10] 王国卫, 李明波, 蒋明光, 等. 基于加权信息量模型的湖南省麻阳县地质灾害危险性评价与区划[J]. 地质与资源, 2020, 29(3): 266-272.
- Wang G W, Li M B, Jiang M G, et al. Risk assessment and zoning of the geological hazards in Mayang County of Hunan Province based on weighted information model[J]. Geology and Resources, 2020, 29(3): 266-272.
- [11] 温金梅, 杨龙, 苟敬, 等. 基于信息量法的地质灾害易发性评价——以重庆市巫山县县城为例[J]. 地质与资源, 2021, 30(2): 193-198.
- Wen J M, Yang L, Gou J, et al. Evaluation of geohazard susceptibility based on information method: A case study of Wushan County in Chongqing Municipality[J]. Geology and Resources, 2021, 30(2): 193-198.
- [12] 李雪枫. 马边县山区山洪灾害成因及防御对策[J]. 现代农业科技, 2016, 19(18): 202, 204.
- Li X F. Causes and countermeasures of flood disaster in Mabian Town [J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2016, 19(18): 202, 204.
- [13] 彭云金. 四川马边地震地质背景浅探[J]. 四川地震, 2001, 1(1): 39-41.
- Peng Y J. Seism-geological background study about Mabian region[J]. Earthquake Research in Sichuan, 2001, 1(1): 39-41.
- [14] 张长城, 李云, 李永辉. 湖北省英山县地质灾害与降雨的相关分析[J]. 资源环境与工程, 2020, 34(3): 374-377.
- Zhang C C, Li Y, Li Y H. Correlation analysis of geological disasters and rainfall in Yingshan County, Hubei Province [J]. Resources Environment & Engineering, 2020, 34(3): 374-377.
- [15] 张勇, 温智, 程英建. 四川巴中市滑坡灾害与降雨雨型关系探讨[J]. 水文地质工程地质, 2020, 47(2): 178-182.
- Zhang Y, Wen Z, Cheng Y J. A discussion of the relationship between landslide disaster and rainfall types in Bazhong of Sichuan [J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2020, 47(2): 178-182.
- [16] 刘海知, 马振峰, 范广洲. 四川省典型区域滑坡泥石流与降水的关系[J]. 水土保持通报, 2016, 36(6): 73-77.
- Liu H Z, Ma Z F, Fan G Z. Relationship between landslide/debris flow and rainfall in typical region of Sichuan Province[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2016, 36(6): 73-77.
- [17] Hennrich K, Crozier M J. A hill slope hydrology approach for catchment-scale slope stability analysis[J]. Earth Surface Processes and Landforms, 2004, 29(5): 599-610.
- [18] 李惠民, 任光明, 李源亮, 等. 山区公路沿线地质灾害分布与环境影响关系研究——以汶川-茂县公路为例[J]. 人民长江, 2017, 48(19): 66-71.
- Li H M, Ren G M, Li Y L, et al. Study on relationship between distribution of geological disaster and environmental impacts along mountain road: Case of Wenchuan to Maoxian Highway[J]. Yangtze River, 2017, 48(19): 66-71.
- [19] 周静静, 赵法锁, 李辉, 等. 陕西省地质灾害与影响因素相关性研究[J]. 灾害学, 2019, 34(2): 228-234.
- Zhou J J, Zhao F S, Li H, et al. Correlational research between geological hazards and impact factors in Shaanxi Province[J]. Journal of Catastrophology, 2019, 34(2): 228-234.
- [20] 姜建伟, 赵法锁, 祝俊华, 等. 陕西省吴起县斜坡几何形态与地质灾害相关性研究[J]. 灾害学, 2018, 33(2): 188-192.
- Jiang J W, Zhao F S, Zhu J H, et al. Study on the correlation between slope geometrical morphology and geological disasters in Wuqi County of Shaanxi Province [J]. Journal of Catastrophology, 2018, 33(2): 188-192.
- [21] 朱云波. 浅表层土质滑坡起动机形、降雨因素分析——以贵州望谟“6.6”灾害为例[D]. 成都: 成都理工大学, 2015.
- Zhu Y B. Analysis on the topography and rainfall starting factors of shallow soil landslide: A case of “6.6” disaster in Wangmo, Guizhou [D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2015.
- [22] 罗承, 陈廷芳, 付琪智, 等. 江油市地质灾害时空分布规律和孕灾环境研究[J]. 人民长江, 2019, 50(12): 95-100.
- Luo C, Chen T F, Fu Q Z, et al. Temporal-spatial distribution and disaster-inducing environment of geo-hazards in Jiayou City, Sichuan Province, China[J]. Yangtze River, 2019, 50(12): 95-100.