

江西省永新县地质灾害孕灾环境分析

聂智强, 崔杰, 孔梁钰

(江西省地质局第十地质大队, 江西 鹰潭 335001)

摘要:永新县位于江西省地质灾害高易发区内,地质灾害类型主要有滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷等。以区内地质环境条件为背景,通过对历年来已发生的370处地质灾害的综合研究,总结了永新县地质灾害的发育规律;对区内各类地质灾害进行孕灾环境分析,研究了与地质灾害发育相关的地形地貌、工程地质岩组等孕灾因子及其影响。结果表明:区内地质灾害孕灾环境受地形地貌、工程地质岩组、斜坡结构、地质构造、降雨和人类工程活动的共同控制和影响。充分考虑区内地质灾害孕灾环境,以工程地质岩组和地形地貌为主控因素,将永新县孕灾环境划分为3个大区和19个亚区,为地质灾害精细化调查风险评价提供技术支撑,为地质灾害精准防控提供科学依据。

关键词:地质灾害;孕灾环境;孕灾分区;永新县

中图分类号:P642.2 **文献标识码:**A **文章编号:**2096-9686(2023)05-0067-06

Analysis of geological disaster-breeding environment in Yongxin County, Jiangxi Province

NIE Zhiqiang, CUI Jie, KONG Liangyu

(The Tenth Geological Brigade of Jiangxi Geological Bureau, Yingtan Jiangxi 335001, China)

Abstract: Yongxin County is located in the high geological disaster prone area in Jiangxi Province. The type of geological disasters are mainly classified into landslide, collapse, debris flow, ground collapse and so on. Based on the geological environment conditions in the area, through the comprehensive study of 370 geological disasters which occurred over the years, the development law of geological disasters in Yongxin County is summarized. The various geological disaster-breeding environment was analyzed, and the disaster-breeding factors such as topography and engineering geological rock groups related to the development of geological disasters and their effects were studied. The results show that the disaster-breeding environment is controlled and influenced by the topography, engineering geological rock group, slope structure, geological structure, rainfall and human engineering activities. Taking full account of the disaster-breeding environment in the area, with the engineering geological rock group and topography as the main control factors, the disaster-breeding environment of Yongxin County is divided into 3 large areas and 19 sub-areas, which provides technical support for the risk assessment of fine geological disaster investigation and scientific basis for the precise prevention and control of geological disasters.

Key words: geological disasters; disaster-breeding environment; disaster-breeding partition; Yongxin County

0 引言

永新县位于江西省西部边境,处罗霄山脉中段东翼,隶属于吉安市,是著名的“三湾改编”所在地。

全区地貌以山地、丘陵为主,地质环境条件复杂、脆弱,属江西省地质灾害高易发区之一,自1980年代以来已发生地质灾害370处,现有地质灾害隐患618

收稿日期:2023-07-15; 修回日期:2023-09-06 DOI:10.12143/j.ztgc.2023.05.010

基金项目:永新县地质灾害风险调查与区划报告(1:50000)(赣财资环指[2020]45号)(编号:202102093)

第一作者:聂智强,男,汉族,1973年生,高级工程师,水工环地质专业,主要从事水工环地质、灾害地质调查评价及研究工作,江西省鹰潭市梅园大道16号,234782138@qq.com。

引用格式:聂智强,崔杰,孔梁钰.江西省永新县地质灾害孕灾环境分析[J].钻探工程,2023,50(5):67-72.

NIE Zhiqiang, CUI Jie, KONG Liangyu. Analysis of geological disaster-breeding environment in Yongxin County, Jiangxi Province [J]. Drilling Engineering, 2023, 50(5): 67-72.

处,地质灾害防治形势严峻。地质灾害具有突发性、阶段性和复活性等特点^[1],是制约当地经济和社会发展的重要因素之一。

自1990年代以来,区内陆续开展了1:100万、1:50万、1:10万和1:5万等不同精度的区域地质灾害调查,初步查明了区内地质环境条件、地质灾害类型及其分布特征,为地方地质灾害防治工作奠定了良好的基础。随着“隐患点+风险区”双控管理制度的试点推行和全面推广^[2],面对地质灾害防治工作新形势,不少专家学者开展了区域地质灾害孕灾环境及孕灾因子的分析研究^[3-7],分析了不同地区地质灾害发育与各类孕灾环境及因子的相关性,但对于地质灾害孕灾条件的主控因素和系统影响研究及精细化风险评价还显不足。

本文以永新县地质环境条件为基础,通过对已发生的370处地质灾害的综合研究,总结地质灾害的发育规律,分析地质灾害孕灾环境,确定与地质灾害发育相关的孕灾因子及其影响,划分地质灾害孕灾环境分区,为地质灾害精细化调查风险评价提供技术支撑,为地质灾害精准防控提供科学依据。

1 研究区地质环境背景

1.1 地形地貌

永新县位于罗霄山脉中段的东侧,地貌以山地、丘陵为主,地势南北高,中部低,从南北两侧向中部倾斜。山地海拔500~1300 m,面积1074 km²,主要分布在边缘地带;丘陵海拔150~500 m,面积800 km²,主要分布于山地前缘;平原面积312 km²,主要分布于禾水两岸及较大支流河谷两旁的开阔地。根据研究区的地貌成因类型和形态特征,划分为构造侵蚀中山、构造侵蚀低山、剥蚀构造高丘、剥蚀堆积低丘、侵蚀堆积平原和侵蚀溶蚀地貌六个地貌单元。

1.2 地层岩性

区内地层大面积出露,约占县域总面积的98.5%,自古生代以来地层出露较齐全,出露有寒武系、奥陶系、泥盆系、石炭系、二叠系及第四系地层。区内岩浆岩不甚发育,仅在县区中南部一带有小面积分布,面积约33.31 km²,占县区总面积的1.5%,其岩浆活动期次主要为加里东期和印支期。

岩体工程地质类型按两级进行分类,第一级按岩体成因进行建造划分,即区内岩体成因类型可划分为岩浆岩建造、沉积岩建造和变质岩建造,其中沉

积岩建造根据岩性可分为碎屑岩建造和碳酸盐岩建造;第二级为按岩体岩性,岩石强度及岩体结构类型进行工程地质岩组划分;区内岩体共分为8类工程地质岩组。土体工程地质类型分为一般粘性土、砂砾石土两类,根据土体的岩性组合特征,共分为4类土体岩组。

1.3 地质构造

研究区位于南华褶皱带之罗霄-雩山褶皱带中段的永(新)—吉(安)坳陷,经历了多期构造活动,褶皱构造和断裂构造发育,地质构造复杂。褶皱构造主要受加里东运动、印支运动影响,形成了一系列北北东向—近南北向紧密线形复式褶皱及晚古生代盖层隆起形成的开阔褶皱。断裂构造按构造形迹方向主要为NE向断层和NW向断层,沿断裂带往往派生次级断裂和节理、裂隙发育。

1.4 岩溶特征

区内出露的碳酸盐岩类地层主要是二叠系、石炭系、泥盆系灰岩、白云质灰岩及白垩系灰质砾岩。出露总面积250.77 km²,约占县域总面积的11.4%,其中覆盖型可溶岩面积191.75 km²,约占县域总面积的8.7%。县域内岩溶形态以溶蚀洼地、暗河、溶洞、溶蚀裂隙为主,线岩溶率3.6%~15%。岩溶发育呈条带状分布,其强度受岩层组合关系、地形地貌的控制较明显,区内石炭系、二叠系灰岩质地较纯,岩溶较发育。

1.5 水文地质

根据含水岩组的岩性组合、地下水赋存条件和水力特征,全区地下水划分为松散岩类孔隙水、红层碎屑岩类层间水、碳酸盐岩类裂隙溶洞水、基岩裂隙水四大类。

松散岩类孔隙水赋存于第四系松散堆积物的孔隙中,含水层主要为全新统、中更新统冲积层;红层碎屑岩类层间水分布于红层盆地,含水岩组为白垩纪晚世红色碎屑岩,富水性弱;碳酸盐岩类裂隙溶洞水赋存于二叠系马平组、石炭系黄龙组、梓门桥组、杨家源组等碳酸盐岩中,富水性中等-强;基岩裂隙水赋存于变质岩、一般碎屑岩和加里东期岩浆岩中,富水性较弱。

2 地质灾害发育特征

2.1 地质灾害主要类型、规模

永新县地质灾害类型有滑坡、崩塌、泥石流、地

面塌陷,以滑坡为主,次为地面塌陷及崩塌。截止 2022 年 4 月,永新县共发生地质灾害 370 处,从类型上分析地质灾害点最多的为滑坡 242 处,占总数的 65.41%,其次为地面塌陷 114 处,占总数的 30.81%,崩塌及泥石流相对较少,分别为 8 处、6 处,见表 1。

表 1 永新县地质灾害汇总
Table 1 Summary of geological disasters in Yongxin County

地质灾害	滑坡	崩塌	泥石流	地面塌陷	合计
数量/处	242	8	6	114	370
百分比/%	65.41	2.16	1.62	30.81	100

根据滑坡、崩塌、泥石流、岩溶塌陷规模级别划分标准,永新县地质灾害规模等级小型 369 处、中型 1 处。其中滑坡、崩塌、岩溶塌陷规模级别均为小型;泥石流规模级别为中型 1 处、小型 5 处。县内滑坡点体积一般为 50~10000 m³,最大 44800 m³;崩塌点体积一般为 50~3625 m³;泥石流体积为 150~40000 m³;岩溶塌陷分布面积为 0.13~3000 m²。

2.2 滑坡发育特征

滑坡是永新县分布最广、危害最大的地质灾害类型。根据滑体物质、形成原因、滑体厚度等可分为各种滑坡类型^[8],见表 2。

表 2 永新县滑坡类型统计
Table 2 Type statistics of landslides in Yongxin County

划分依据	滑坡类型	数量/处	占总数比/%
滑体物质	土质滑坡	180	46.28
	碎石土滑坡	43	0.83
	岩质滑坡	19	52.89
形成原因	自然因素	26	10.74
	综合因素	216	89.26
滑体厚度	浅层滑坡	241	99.59
	中层滑坡	1	0.41
运动形式	推移式滑坡	4	1.65
	牵引式滑坡	238	98.35
稳定性	不稳定	101	41.74
	较稳定	140	57.85
	稳定	1	0.41

统计分析 242 处滑坡,区内滑坡平面形态以半圆形为主,其次为舌形、不规则形及矩形;滑坡剖面形态大都是凹形、阶梯型、凸形、直线型;滑面坡度以 20~55°发育最多;滑坡表面微地貌形态多样,以陡崖、陡

坡为主;滑坡表部多见裂缝、错动、树木歪斜等现象。

2.3 崩塌发育特征

永新县崩塌分布较少,共有 8 处。根据崩塌物质、形成机理、稳定性、诱发因素可划分各种崩塌类型,见表 3。

表 3 永新县崩塌类型统计
Table 3 Type statistics of collapses in Yongxin County

划分依据	崩塌类型	数量/处	占总数比/%
崩塌物质	土质崩塌	1	12.5
	岩质崩塌	7	87.5
形成机理	倾倒式	6	75
	滑移式	1	12.5
	坠落式	1	12.5
稳定性	不稳定	1	12.5
	基本稳定	7	87.5
	稳定	0	0
诱发因素	降雨	2	25
	降雨、切坡	6	75

区内崩塌主要发育于低山地貌区,其次为中山地貌区 3 处,平原地貌区 1 处;崩塌微地貌为陡坡(25°~60°)的有 4 处,为陡崖(≥60°)的有 4 处。崩塌分布明显受地形地貌与人类工程活动影响。

2.4 泥石流发育特征

区内共有泥石流地质灾害点 6 处,占灾害点总数的 1.62%。其水动力类型均为暴雨型泥石流,无明显形成区,泥石流物质来源主要为沟岸崩滑的土及软岩、风化节理发育的硬岩;流通区相对较长呈弯曲状,沟槽横断面多呈“V”型,两侧山坡坡度 25°~40°,主沟纵坡 45‰~158‰,流域面积 0.1~0.16 km²。

2.5 地面塌陷发育特征

地面塌陷是永新县分布点数及危害性仅次于滑坡的地质灾害类型,区内共分布地面塌陷 114 处,占地质灾害总数的 30.81%,其类型主要是岩溶型塌陷。

地面塌陷区地貌类型大都为侵蚀堆积平原,其次为剥蚀堆积丘陵,少量位于高丘陵和低山;形成岩溶塌陷诱因主要是由于降雨和地下水位的变化导致,其平面形态主要为圆形,其次呈不规则、方形、矩形。

3 孕灾环境分析

3.1 地形地貌

地形地貌是地质灾害孕灾环境的主控因子之

一。崩塌滑坡主要发育于低山、丘陵地形等山区人口相对密度集中区或工程建设活动较多的区域;泥石流发生的势能条件与泥石流流域地形地貌关系密切^[9],主要发育于山体陡峭、矿业活动强度较大的中山区,岩溶塌陷灾害的发育与地形地貌关系不密切,主要与地层岩性及岩土体类型有关。

全县发育地质灾害370处,灾点密度0.17处/ km^2 。其中平原地貌区发育地质灾害点95处,灾点密度为0.0435处/ km^2 ;低山地貌区发育地质灾害点82处,灾点密度为0.0376处/ km^2 ;高丘陵地貌区发育地质灾害点81处,灾点密度为0.0371处/ km^2 ;低丘陵地貌区发育地质灾害点57处,灾点密度为0.0261处/ km^2 ;中山地貌区发育地质灾害点32处,灾点密度为0.015处/ km^2 ,见表4。

区内崩塌、滑坡多发生于原始地形坡度 $8\sim 50^\circ$ 的斜坡上,在 $<8^\circ$ 的斜坡地带由于地形平缓、原始坡高较低、土层不易滑动,崩滑地质灾害较少,在原始地形坡度 $>50^\circ$ 地带,基本位于深山中,受人类工程活动影响很小,基本处于自然稳定状态。泥石流多发生于原始地形坡度 $20\sim 45^\circ$ 的中低山区,该类地形

表4 地形地貌与地质灾害

Table 4 Topography with geological disasters

地质灾害	地形地貌					
	中山	低山	高丘陵	低丘陵	岗地	平原
滑坡	26	70	64	29	22	31
崩塌	3	4				1
泥石流	3	2				1
地面塌陷		6	17	28	1	62
合计	32	82	81	57	23	95
占比/%	8.65	22.16	21.89	15.41	6.22	25.68

汇水面积广、沟谷纵坡大,利于泥石流的发育。

3.2 工程地质岩组

地层岩性是地质灾害发生、发展的重要内因和物质基础^[10]。以地层岩性及其特征归类的工程地质岩组是崩塌、滑坡、泥石流和地面塌陷等地质灾害孕灾环境的主控因子之一。根据区内地质灾害与工程地质岩组叠加空间分布分析,计算各工程地质岩组中地质灾害点密度(见表5),用以分析工程地质岩组对地质灾害的影响。

表5 工程地质岩组与地质灾害

Table 5 Engineering geological rock groups with geological disasters

岩土体类型	工程地质岩组	面积/ km^2	灾点密度/(处· km^{-2})
松散岩类	第四系冲洪积层	404.2	0.32
变质岩类	较坚硬、坚硬薄—厚层状板岩、变质砂岩、千枚岩组	717.6	0.25
碎屑岩类	较坚硬、坚硬的中厚—厚层状砂岩、砂砾岩、页岩岩组	516.8	0.25
	软硬相间的薄—厚层状含煤砂岩、页岩、泥岩岩组	4.9	0
	软弱的、较坚硬的薄—厚层状红层砂岩、砂砾岩、泥岩岩组	262.6	0.27
	软弱的、较坚硬的薄层状页岩、砂岩、硅质岩岩组	0.4	0
碳酸盐岩类	坚硬的中厚—厚层状中等—强岩溶化灰岩、白云岩岩组	117.4	0.62
	较坚硬、坚硬的薄—厚层状弱岩溶化灰岩、砂岩、页岩岩组	129.8	0.35
岩浆岩类	坚硬的块状侵入岩岩组	27.8	0.54

分析结果表明,地质灾害发育受工程地质岩组影响明显,其中一般碳酸盐岩类具有最大的地质灾害点密度,碎屑岩类具有最小的密度;从地质灾害种类来看,地面塌陷在第四系冲洪积层中密度最大,滑坡在坚硬的中厚—厚层状中等—强岩溶化灰岩、白云岩岩组中密度最大;岩体结构上,致密坚硬、结构完整的岩土体中地质灾害发育较少,松散软弱、结构破碎的岩土体中发育较多。

3.3 斜坡结构

斜坡结构类型影响着崩塌、滑坡地质灾害的活动性。根据调查统计,区内土质斜坡地质灾害点有112处,岩质斜坡地质灾害点有138处,见表6。其中,以粘性土类斜坡最多,其次为顺向坡、横向坡、逆向坡、碎石类斜坡及斜向坡,其他类型斜坡较少。特殊结构斜坡中指结晶岩类斜坡,结晶岩无层理,斜坡结构类型比较特殊,也是区域地灾调查技术要求及系统中的一种划分方式。

表 6 斜坡结构与地质灾害			
Table 6 Slope structure with geological disasters			
斜坡结构类型		灾害点数/个	百分比/%
土质斜坡	碎石类斜坡	28	11.20
	粘性土类斜坡	84	33.60
岩质斜坡	横向坡	37	14.80
	近水平层状坡	2	0.80
	逆向坡	33	13.20
	顺向坡	43	17.20
	特殊结构斜坡	1	0.40
	斜向坡	22	8.80

3.4 地质构造

研究区位于南华褶皱带之罗霄-雩山褶皱带中段的永(新)-吉(安)坳陷,经历多期构造活动,区内发育一系列 NE 和 NW 向断裂构造及地质结构面。通过对区内断裂构造与地质灾害点的相关性统计分析,发现断裂构造沿线两侧 200 m 范围内灾害有 63 个,占灾点总数的 17.0%,500 m 以内达到 145 个,占总数的 22.2%。说明区内构造活动对地质灾害的发生有一定的影响作用(表 7)。

表 7 地质构造与地质灾害				
Table 7 Geological structure with geological disasters				
断裂缓冲距离/m	<200	200~500	500~1000	>1000
灾点数/处	63	82	84	141
百分比/%	17.0	22.2	22.7	38.1

对区内 250 个崩塌和滑坡点调查的控滑结构面统计分析表明,区内崩塌控滑结构面主要为节理裂隙面;滑坡控滑主要为层内错动带和基覆界面。因此,地质结构面对区内滑坡、崩塌的控制非常明显。

3.5 降雨

通过对区内有时间记载的 350 处地质灾害发生时间与降雨时间的对比分析,绝大多数地质灾害发生在汛期(4—7 月份),汛期多年月均降雨量多在 200 mm 以上,即崩滑流和地面塌陷在汛期(4—7 月份)共发生 259 处,占总数 74%。多年月均降雨量与崩滑流和地面塌陷灾害发生具有较好的一致性,其中 6 月份崩滑流和地面塌陷灾害点峰值明显,见图 1。因此,降雨是诱发地质灾害的关键要素。

3.6 人类工程活动

日趋频繁的人类工程活动对地质灾害的诱发作

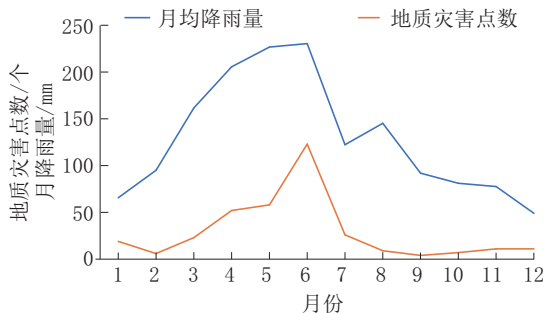


图 1 降雨与地质灾害
Fig.1 Rainfall versus geological disasters

用越来越明显,主要表现在:依山建房切坡和傍山公路切坡,多未采取防护措施或防护欠合理;沿坡麓及坡脚开挖引水渠道,未采取防渗措施等。区内因人工切坡等工程活动已诱发崩塌、滑坡的地质灾害 247 处,其中滑坡 240 处、崩塌 7 处。

修路切坡及开采矿石等活动产生的大量废石废土,为诱发泥石流提供了的物质来源;人工抽取地下水和工程建设过程中振动及加载是区内岩溶塌陷的主要诱因。

3.7 孕灾环境分区

通过区域地质环境条件背景分析、地质灾害发育规律和孕灾环境研究,永新县地质灾害受地形地貌、工程地质岩组、斜坡结构、地质构造、降雨和人类工程活动的共同控制和影响,诱发因素主要为降雨、切坡^[11]。地质灾害的形成发育具有明显的分带性。

本次工作将工程地质岩组和地形地貌作为主控因素,按照其与地质灾害发育程度相关性进行分类分级叠加,其他因子作为次要因素进行分区划分,并兼顾区域的连续性、完整性以及突发地质灾害分布情况,以孕灾地质条件为基础,利用 ArcGis 的平面分析、统计功能,结合工程地质类比,将永新县划分为 3 个大孕灾环境分区及 19 个亚区,见图 2。

孕灾环境复杂区分为 5 个亚区,编号 A1~A5,分布面积 783.57 km²,占全县面积的 35.93%,分布灾害点 91 处,灾害点密度 0.12 点/km²,灾害类型以滑坡为主,次为崩塌等;较复杂区分为 9 个区块,编号 B1~B9,分布面积 1264.07 km²,占全县面积的 57.96%,分布灾害点 243 处,灾害点密度 0.19 点/km²,各类灾害均有分布,以滑坡、地面塌陷为主;简单区分为 5 个区块,编号 C1~C5,分布面积 133.41 km²,占全县面积的 6.12%,分布灾害点 36 处,灾害点密度

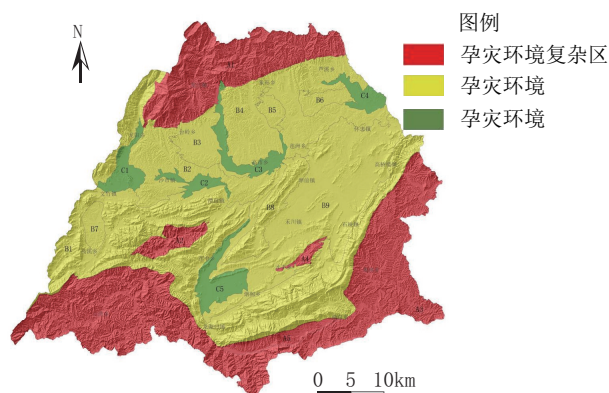


图2 永新县孕灾环境分区

Fig.2 Disaster-breeding environment zoning in Yongxin County

0.27点/km²,灾害类型以地面塌陷为主,次为滑坡等。

通过对永新县地质灾害孕灾地质条件调查与分区,总结区内地质灾害发育分布规律,分析地质灾害孕灾因子和成灾模式,为后续地质灾害易发性、危险性评价及风险区划、防治区划及科学防灾减灾提供数据支撑。

4 结论

(1)永新县是江西省地质灾害高易发区之一,地质灾害类型主要有滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷等,各类地质灾害的发育有明显的区域性分布特征。

(2)区内地质灾害孕灾环境受地形地貌、工程地质岩组、斜坡结构、地质构造、降雨和人类工程活动等孕灾因子的共同控制和影响。

(3)通过区域地质环境条件背景分析、地质灾害发育规律和孕灾环境研究,将永新县划分为3个大孕灾环境分区及19个亚区,为地质灾害精细化调查风险评价提供了良好的技术支撑,为地质灾害精准防控提供了可靠的科学依据。

参考文献(References):

- [1] 江西省天久地矿建设工程院.永新县地质灾害风险调查与区划报告(1:50000)[R].2022.
Jiangxi Tianjiu Geological and Mineral Construction Engineering Institute. Yongxin County geological disaster risk investigation and zoning report (1:50000)[R]. 2022.
- [2] 江西省自然资源厅.江西省地质灾害防治“十四五”规划[R]. 2022.
Jiangxi Provincial Department of Natural Resources. Jiangxi geological disaster prevention and control “14th Five-Year Plan”[R]. 2022.
- [3] 刘腾,任蕊,匡野,等.四川省北川县崩塌灾害孕灾地质条件分析[J].中国地质调查,2022,9(6):59-66.

- LIU Teng, REN Rui, KUANG Ye, et al. Analysis on the disaster-pregnancy geological conditions of collapse and landslide in Beichuan County, Sichuan Province[J]. Geological Survey of China, 2022,9(6):59-66.
- [4] 罗云丰,魏良帅.甘孜州色达县典型牵引式滑坡地质灾害形成机理分析——以甘孜州甲学乡甲热滑坡为例[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(8):93-97.
LUO Yunfeng, WEI Liangshuai. Analysis on formation mechanism of geological hazards of typical traction landslide in Seda County of Ganzi Prefecture: An example from the Jiare Landslide[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018,45(8):93-97.
- [5] 彭珂,彭红霞,梁峰,等.赣州市地质灾害分布特征及孕灾环境分析[J].安全与环境工程,2017,24(1):33-39.
PENG Ke, PENG Hongxia, LIANG Feng, et al. Distribution characteristics and development environment of eological disasters in Ganzhou City[J]. Security and Environmental Engineering, 2017,24(1):33-39.
- [6] 刘传正,温铭生,唐灿.中国地质灾害气象预警初步研究[J].地质通报,2004,23(4):303-309.
LIU Chuazheng, WEN Mingsheng, TANG Can. Meteorological early warning of geo-hazards in China based on raining forecast[J]. Geological Bulletin of China, 2004,23(4):303-309.
- [7] 刘云,肖斌.江西省地质灾害专业监测预警存在的问题与展望[J].地质灾害与环境保护,2022,33(3):64-70.
LIU Yun, XIAO Bin. Problems and prospects for rofessional monitoring and early warning of geo-hazards in Jiangxi Province[J]. Journal of Geological Hazards and Environment Preservation, 2022,33(3):64-70.
- [8] GB/T 32864—2016,滑坡防治工程勘查规范[S].
GB/T 32864—2016, Code for geological investigation of landslide prevention[S].
- [9] 崔华丽,杨东旭,杨栋,等.狭陡型泥石流成灾特征与防治对策研究——以阿坝州金川县刘家沟泥石流为例[J].钻探工程,2022,49(6):122-129.
CUI Huali, YANG Dongxu, et al. Disaster characteristics and prevention measures of narrow-steepdebris flow: A case study of Liujia gully in Jinchuan County Aba Prefecture, Sichuan Province[J]. Drilling Engineering, 2022,49(6):122-129.
- [10] 王高峰,王爱军,田运涛,等.基于图幅调查的六盘山镇孕灾地质条件分析[J].水土保持研究,2016,23(5):364-369.
WANG Gaofeng, WANG Aijun, et al. Analysis on disaster-pregnant geological environment of Liupanshan Town based on map sheet survey[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2016,23(5):364-369.
- [11] 聂智强.基于AHP及GIS平台的黎川县地质灾害易发性评价[J].地质灾害与环境保护,2015,26(4):87-91.
NIE Zhiqiang. Asseent of geologicssmal disasters in Lichuan County based on AHP and GIS[J]. Journal of Geological Hazards and Environment Preservation, 2015,26(4):87-91.

(编辑 王文)