

邱锦安, 邓志德, 刘燕辉, 等. 集镇地质灾害易发性分区研究——以梅州市大埔县银江镇为例[J]. 华南地震, 2023, 43(4): 80-86. [QIU Jin'an, DENG Zhide, LIU Yanhui, et al. Study on Susceptibility Zoning of Geological Hazard in Town Area: Taking Yinjiang Town, Dapu County, Meizhou City as an Example[J]. South China journal of seismology, 2023, 43(4): 80-86]

集镇地质灾害易发性分区研究——以梅州市 大埔县银江镇为例

邱锦安, 邓志德, 刘燕辉, 金炯球, 张杰, 童纪伟,
谢润培, 梅伟标, 黄宗万

(广东省地质灾害应急抢险技术中心, 广州 510080)

摘要: 基于梅州市大埔县银江镇的地质灾害勘查资料, 结合广东典型山地丘陵地区的地质环境条件, 选取地质灾害点的点密度、面密度、体密度、坡度、岩土类型、断裂密度、年降雨量和人类工程活动强弱情况等8个因子, 建立镇域地质灾害易发性分区的指标体系。在GIS平台上应用综合指数法, 计算出833个基本评价单元(0.5 km×0.5 km)的地质灾害综合易发性指数, 并据此进行了银江镇地质灾害易发性区划。研究发现: 银江镇地质灾害分区以中、高易发区为主, 分别占总面积的36.63%和36.67%, 其中高易发区灾害点数量占到总数的74.08%。研究结果可以为合理减少银江镇的地质灾害危害性、风险性提供基础的地质依据。

关键词: 地质灾害; 易发性; 综合指数法; 集镇; 粤东地区

中图分类号: P694

文献标识码: A

文章编号: 1001-8662(2023)04-0080-07

DOI: 10.13512/j.hndz.2023.04.11

Study on Susceptibility Zoning of Geological Hazards in Town Area—Taking Yinjiang Town, Dapu County, Meizhou City as an Example

QIU Jin'an, DENG Zhide, LIU Yanhui, JIN Jiongqiu, ZHANG Jie, TONG Jiwei,
XIE Runpei, MEI Weibiao, HUANG Zongwan

(Guangdong Geological Disaster Emergency Rescue Technology Center, Guangzhou 510080, China)

Abstract: Based on the geological hazard exploration data of Yinjiang Town, Dabu County, Meizhou City, combined with the geological environment conditions of typical mountainous and hilly areas in Guangdong Province, eight factors, such as point density, area density, volume density, slope, rock and soil type, fracture density, annual rainfall and human engineering activity intensity of geological hazard points are selected to establish the

收稿日期: 2023-05-26

基金项目: 广东省大埔县银江镇地质灾害勘查(1:10000)项目(0835-200Z22802231); 全省地质灾害风险普查(1:25万)项目(0835-220Z52802171); 广东省地质灾害应急抢险技术能力提升研究项目(0809-2140GDC35071); 广东省重大突发地质灾害应急监测预警与处置技术研究项目(2022025)联合资助。

作者简介: 邱锦安(1985-), 男, 博士, 高级工程师, 主要从事地质灾害防治与应急研究工作。

E-mail: 491553724@qq.com

index system of geological hazard susceptibility zoning in towns. The comprehensive susceptibility index of geological hazards of 833 basic evaluation units ($0.5 \text{ km} \times 0.5 \text{ km}$) is calculated by using the comprehensive index method on the GIS platform, and the geological hazard susceptibility zoning of Yinjiang Town is carried out accordingly. The research results show that the geological hazard zoning in Yinjiang Town are mainly medium and high susceptibility areas, accounting for 36.63% and 36.67% of the total area respectively, and the number of disaster points in high susceptibility areas accounts for 74.08% of the total. The research results can provide a basic geological basis for reasonably reducing the harmfulness and risk of geological hazards in Yinjiang Town.

Keywords: Geological hazard; Susceptibility; Comprehensive index method; Town; Eastern Guangdong

0 引言

当前,集镇发展和人口规模迅速增长,滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害日益严重。然而,以往的地质调查和评价成果已经不能满足当前的灾害监测预警、防控和集镇建设规划的需要。因此,在更加精确的地质资料,特别是在更大比例尺的勘查资料支撑下,对集镇地质灾害易发性进行分区研究显得十分必要^[1]。

目前,地质灾害易发性研究的对象范围以省域、市(州)域、县(区)域为主^[2],如季建万等^[3]、周苏华等^[4]、张玺国等^[5]分别以京津冀地区、福建省和西藏自治区为研究范围,吴赖波等^[6]、王雪冬等^[7]、刘宾锋^[8]分别以广东珠海市、吉林和龙市和湖南耒阳市为研究范围,周萍等^[9]、孙滨等^[10]、刘阳等^[11]分别以四川理县市、云南东川区和宁夏西吉县为研究范围,评估了地质灾害易发性。上述研究从不同的研究范围,选择了研究方法和构建了评价指标,进而建立合理的评价模型,整体关于地质灾害易发性的研究对镇域范围的地质灾害易发性研究重视度不够。

广东省梅州市大埔县银江镇境内有中低山、丘陵和冲积平原地貌,局部地质构造发育,地质环境条件较复杂,人类工程活动较为强烈。历年来,银江镇地质灾害频发,已给当地社会发展造成较为严重的损失,并影响当地人民群众的生命财产安全,一定程度上制约着当地经济的发展^[12]。因此,本文以大埔县银江镇为例,在对其周边致灾地质环境深入详细调查的基础上,对其开展地质灾害易发性评价,为当地人民群众的生命财产安全、社会经济发展提供有效保障。

1 研究方法

地质灾害易发程度评价,旨在分析和评估一

个区域地质灾害发生的可能性大小。它反映了地质灾害形成条件是否具备,也在一定程度预测了地质灾害的危险范围^[13]。

1.1 分区原则

1.1.1 定性与定量的原则

目前,影响地质灾害发生的因素多具不确定性。虽可借助各种数学模型进行分析,但定性指标的量化分级受主观因素的影响仍然较大。因此,易发性分区的方法主要仍是采用定性与定量相结合。

1.1.2 主导因素原则

地质灾害的发生与许多条件相关,如气象、岩土体类型、人类工程活动等。但是每个条件影响的程度不一样,应根据其致灾作用大小来确定权重。

1.1.3 相似性与差异性原则

“区内相似、区际相异”是地质灾害易发性区划的基本原则^[12]。在区划中,若评价单元之间的基础条件存在相似,则需要将其合并;若评价单元之间的基础条件差异较大,则需要将其划分成不同的区。

1.2 分区方法

基于地质灾害现状、潜在隐患状况,结合地形、岩性、地质构造、降雨和人类工程活动等情况,进行地质灾害易发性综合指数计算。具体如式(1)所示^[14-15]:

$$Z_f = Z_x \cdot r_1 + Z_q \cdot r_2 \quad (1)$$

式(1)中: Z_f 为地质灾害易发性综合指数; Z_x 、 Z_q 分别为现状、潜在地质灾害强度指数; r_1 、 r_2 分别为 Z_x 、 Z_q 的权重值。

1.2.1 现状地质灾害强度指数 Z_x

现状地质灾害强度指数 Z_x 可以用灾害的点密度、面密度和体密度求得,如式(2):

$$Z_x = a + b + c \quad (2)$$

式(2)中： a 为灾害点数量密度指数； b 为灾害面积密度指数； c 为灾害体积密度指数。各密度指数计算公式为：个数密度 $a=x/0.25$ ；面积密度 $b=y/60$ ；体积密度 $c=z/100$ ，其中 x 为各评价单元灾害点个数， y 为各评价单元灾害点面积之和， z 为各评价单元灾害点体积之和。各密度指数的判定取值表1所示。

表1 密度系数强度指数取值表

Table 1 Values of intensity index of density coefficient

强度指数	个数密度/a	面积密度/b	体积密度/c
4	>2	>500	>800
3	1~2	200~500	400~800
2	0~1	0~200	0~400
1	0	0	0

1.2.2 潜在地质灾害强度指数 Z_q

潜在地质灾害强度指数 Z_q 综合考虑地形、岩性、地质构造、降雨和人类工程活动等情况，具体表达如式(3)所示：

$$Z_q = \sum T_i \cdot A_i = T_x \cdot A_x + T_y \cdot A_y + T_d \cdot A_d + T_j \cdot A_j + T_r \cdot A_r \quad (3)$$

式(3)中： T_i 为潜在地质灾害形成条件，本研究中包括坡度 X 、岩土体类型 Y 、断裂密度 D 、年降雨量 Q 、人类工程活动强弱 R ； A_i 为 T_i 的权重值。

各潜在地质灾害形成条件易发指数赋值判定依据^[16]：

坡度 X ：取分布相对均匀的5根相邻等高线，利用公式 $\alpha = \arctan(y/x)$ 计算，其中 x 为相邻5根等高线的距离， y 为5根等高线的高差。依据计算出的地形坡度赋值： $\geq 60^\circ$ ，赋值4； $60^\circ \sim 45^\circ$ ，赋值3； $45^\circ \sim 20^\circ$ ，赋值2； $< 20^\circ$ ，赋值1。

岩土体类型 Y ：据各单元岩土体类型赋值。若一单元内有多种类型，按其对应数值及其所占面积比进行加权平均计算得分。侵入岩、块状变质岩，赋值4；砂页岩、层状变质岩，赋值3；灰岩，赋值2；冲洪积层，赋值1。

断裂密度 D ：评价单元内有 ≥ 2 条构造通过，或有1条构造通过且周围单元内有 ≥ 1 条构造通过，为断裂密集区，赋值4；评价单元内有1条构造通过且周围单元内无构造通过，或评价单元内无构造通过且周围单元内有 ≥ 2 条构造通过，为断裂较密区，赋值3；评价单元内无断裂构造通过，周围8个单元内有1条断裂构造通过，为断裂一般区，

赋值2；评价单元和周围8个单元内无断裂构造通过，为断裂稀疏区，赋值1。

年降雨量 Q ：根据降雨量等值线通过单元所占面积比，进行加权平均计算，并按结果赋值。 ≥ 2000 mm，赋值4；1800~2000 mm，赋值3；1600~1800 mm，赋值2； < 1600 ，赋值1。

人类工程活动强弱 R ：评价单元有 > 5 处人工边坡且有3条道路(包括公路和小路)通过或有重大工程措施，即人类活动强度强烈，赋值4；评价单元有3~5处人工边坡且有公路通过或有中型工程措施，即人类活动强度中等，赋值3；评价单元有2~3处人工边坡或者1条公路通过，即人类活动强度较弱，赋值2；评价单元没有或者只有1处人工边坡且无其它人类活动迹象，即人类活动强度弱，赋值1。

根据上述计算方法，得出各评价单元的地质灾害易发性综合指数。利用GIS软件，使用克里金(Kriging)插值方法生成等值线图。然后，结合实际情况，合并邻近类似单元，划定地质灾害易发区。

2 案例应用

2.1 研究区概况

银江镇位于广东省梅州市大埔县西部，与梅江区西阳镇毗邻，地理坐标范围为 $116^\circ 18' 47.83'' \sim 116^\circ 33' 10.61'' E$ ， $24^\circ 11' 15.89'' \sim 24^\circ 21' 39.93'' N$ ，东西约23.5 km，南北约20 km。银江镇辖胜坑、坪上、车上、李子坪、磔头、明德、明新、冠山、昆仑、坑头、银村、坑口和河口13个行政村，全镇总面积208.09 km²，常住人口26 707人(见图1)。

银江镇地势西北高、东南低，呈葫芦形，南部一带和北部局部为中低山地貌，中部银江河沿岸为河谷平原地貌，其余大部分为低丘陵地貌，地形较起伏。属亚热带季风气候，气候温和，年降雨量分配不均，多集中在3~9月。镇内发育北西向的明山嶂断层和桃源断层，北东向的英雅断层、韩江断层。出露地层较多，以沉积岩为主，从老到新分别有：元古界震旦系，古生界二叠系，中生界三叠系、侏罗系，其晚侏罗世黑云母花岗岩体局部发育于银江镇南部、东南部发育^[12]。地下水类型主要包括松散岩类孔隙水和基岩裂隙水，其中松散岩类孔隙水主要分布于河谷冲积平原、山间盆地、凹地及沟谷中。大气降水是镇域内主



图1 大埔县银江镇地理位置

Fig.1 Geographic location of Yinjiang Town, Dapu County

要的地下水补给来源。工程地质岩性组以层状较硬碎屑岩组分布最为广泛。地表植被覆盖度高,以林地为主。

2.2 数据来源与处理

本研究数据主要来源于以下3个方面:

(1)基础资料收集:依据研究区前期的地质调查资料和社会经济数据,收集整理出大埔县银江镇的自然地理环境、气象水文条件、人类工程经济活动和集镇建设发展规划等区域性基础资料及地质灾害现状资料等。

(2)遥感影像解译:在1:2000的遥感影像底图上,解译出行政村、自然村(包括有人工削坡建房的零散居民点)、厂区、公路铁路沿线、重要工程设施等处的潜在地质灾害隐患点以及地质灾害体发育的地质环境背景条件。

(3)野外实地踏勘:在遥感解译的基础上,以专业调查为主的方法,使用1:2000数字正摄影像图(DOM)(2016年5月)和1:1000的地形图(国家2000坐标系)以及野外定点用GPS机 Garmin etrex201x,以行政村为单位,获取有人居住的村镇居民点、电站、矿区、主要公共基础设施、风景区等处的地质灾害及其形成的地质环境条件的数据信息。并在研究区内重要地段(重要地质灾害隐患点、人工边坡点)进行无人机倾斜摄影(覆盖区面积10 km²,含8处勘查点进行1:500高精度无人机倾斜摄影)、正射影像摄影(覆盖区面积25 km²),

直观获取重要地质灾害隐患点、人工边坡点的地形地貌信息(图2)。

经调查,银江镇地质灾害及不稳定斜坡共1304处,其中崩塌地质灾害点23处,滑坡地质灾害点43处,不稳定斜坡点330处,人工边坡908处。

2.3 评价单元与评价指标

将银江镇208.09 km²的区域按0.5 km×0.5 km的单元进行剖分,共得到833个评价单元。

进行银江镇地质灾害易发性评价主要从坡度、岩土类型、断裂密度、年降雨量以及人类工程活动强度等因素出发,结合当地地质灾害发育特征,专家综合评判,给出本研究各评价指标权重,如表2所示。

2.4 评价结果

根据计算得到的银江镇各单元地质灾害综合易发性指数,使用克里金(Kriging)插值方法生成平面等值线图(图3)。

然后,使用自然裂点法,将银江镇地质灾害易发程度分为3级,分别是:>5.0为高易发区、3.5~5.0为中易发区和<3.5为低易发区。同时,遵循地质灾害易发分区原则和依据^[17],将地质灾害易发程度相近的相邻单元进行合并,得到银江镇地质灾害易发性分图(图4)。



(a)无人机正射影像航拍范围(绿色条带)

(b)坪上村钻子坑滑坡隐患点

(c)李子坪村李珠湖滑坡隐患点

(d)明德村豆甲滑坡隐患点

图2 银江镇无人机正射影像航拍范围和典型地质灾害隐患点(无人机三维倾斜摄影)

Fig.2 UAV orthophoto aerial photography range and typical geological hazard points in Yinjiang Town(UAV 3D tilt photography)

表2 银江镇地质灾害易发性分区指标权重

Table 2 Index weight of geological hazard susceptibility zoning in Yinjiang Town

目标	一级指标	权重值	二级指标	权重值
银江镇地质灾害易发性分区指数	现状地质灾害强度	0.4	灾害个数密度系数	1
			灾害面积密度系数	1
			灾害体积密度系数	1
	潜在地质灾害强度	0.6	坡度(X)	0.25
			岩土类型(Y)	0.25
			断裂密度(D)	0.10
			年降雨量(J)	0.15
			人类活动(R)	0.25

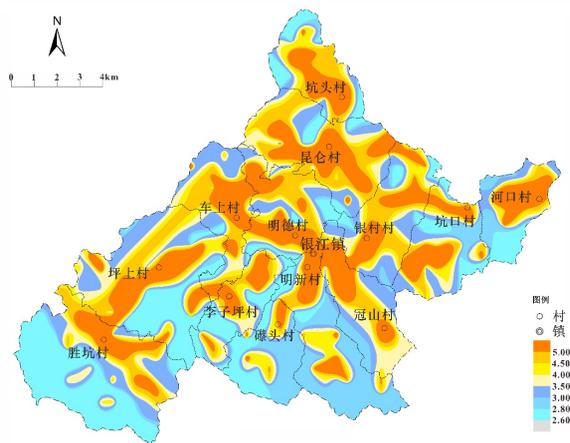


图3 银江镇地质灾害易发性综合指数等值线图
Fig.3 Contour map of geological hazard susceptibility comprehensive index in Yinjiang Town

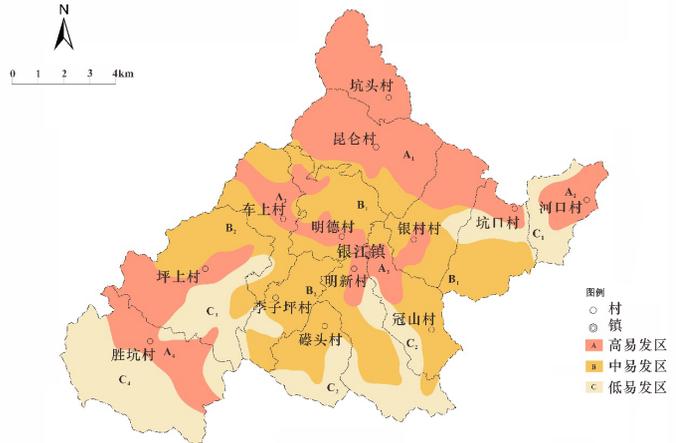


图4 银江镇地质灾害易发性分区图
Fig.4 Geological hazard susceptibility zoning map of Yinjiang Town

银江镇地质灾害易发性分区具体如下(图4):

(1)高易发区:共4个亚区(A1~A4),分别为:坑头—昆仑—坑口村丘陵、盆地滑坡、崩塌高易发亚区(A1)、河口村盆地滑坡、崩塌高易发亚区(A2)、车上一明德—明新一银村村丘陵、盆地滑坡、崩塌高易发亚区(A3)、坪上一胜坑村丘陵滑坡、崩塌高易发亚区(A4)。它们主要分布在银江镇北部/中部及西南部,总面积76.30 km²,占研究区总面积36.67%。区内有地质灾害点及边坡点共966处,占总数的74.08%,其中滑坡24处、崩塌18处、不稳定斜坡244处、人工边坡680处,灾害点密度为12.66处/km²(表3)。

(2)中易发亚区:共2个亚区(B1~B2),分别为:明德—银村—坑口—冠山村丘陵、盆地滑坡、崩塌中易发亚区(B1)、坪上一李子坪—礞头村丘陵、低山滑坡、崩塌中易发亚区(B2)。主要分布

在银江镇中部,总面积76.21 km²,占研究区总面积36.63%。区内有地质灾害点及边坡点共328处,占总数的25.15%,其中滑坡19处、崩塌5处、不稳定斜坡86处、人工边坡218处,灾害点密度为4.30处/km²(表3)

(3)低易发亚区:共4个亚区(C1~C4),分别为:坑口—河口村盆地、丘陵地质灾害低易发亚区(C1)、银村镇东南部低山、丘陵地质灾害低易发亚区(C2)、坪上村东南部低山、丘陵地质灾害低易发亚区(C3)、胜坑村南部中山、低山地质灾害低易发亚区(C4)。主要分布在银江镇南部及东北部等,总面积55.75 km²,占调查区总面积26.71%。区内未发现地质灾害隐患点,有边坡点10处,占总数的0.77%,灾害点密度为0.18处/km²(表3)。

表3 银江镇地质灾害易发性分区统计表

Table 3 Statistical table of geological disaster susceptibility zoning in Yinjiang Town

分区	亚区	分区面积/(km ²)	灾害点总数/处	灾害点密度/(处/km ²)
高易发区(A)	坑头—昆仑—坑口村丘陵、盆地滑坡、崩塌高易发亚区(A1)	36.76	396	10.77
	河口村盆地滑坡、崩塌高易发亚区(A2)	5.24	66	12.60
	车上一明德—明新一银村村丘陵、盆地滑坡、崩塌高易发亚区(A3)	15.11	310	20.52
	坪上一胜坑村丘陵滑坡、崩塌高易发亚区(A4)	19.19	194	10.11
中易发区(B)	明德—银村—坑口—冠山村丘陵、盆地滑坡、崩塌中易发亚区(B1)	36.73	124	3.38
	坪上一李子坪—礞头村丘陵、低山滑坡、崩塌中易发亚区(B2)	39.48	204	5.17
低易发区(C)	坑口—河口村盆地、丘陵地质灾害低易发亚区(C1)	9.09	0	0
	银村镇东南部低山、丘陵地质灾害低易发亚区(C2)	15.89	0	0
	坪上村东南部低山、丘陵地质灾害低易发亚区(C3)	13.02	0	0
	胜坑村南部中山、低山地质灾害低易发亚区(C4)	17.58	10	0.57
总计		208.09	1 304	6.27

3 结论

(1)在获取广东省梅州市银江镇地质灾害资料中,采用1:2000卫星遥感数据资料,以遥感为主

的“3S”技术和野外调查相结合的方法,提高了野外调查工作的效率;同时,采用无人机航拍,保证了人员无法到达区域的数据精度,为后续银江镇地质灾害易发性分区结果的可靠性提供了基

础和依据。

(2) 银江镇地质灾害高易发区面积为 76.30 km², 占研究区总面积的 36.67%, 区内有地质灾害点及边坡点共 966 处, 占总数的 74.08%; 中易发区面积为 76.21 km², 占研究区总面积的 36.63%, 区内有地质灾害点及边坡点共 328 处, 占总数的 25.15%; 低易发区面积为 55.58 km², 占研究区总面积的 26.70%, 区内未发现地质灾害隐患点, 有边坡点 10 处, 占总数的 0.77%。整体上, 银江镇地质灾害易发分区以中高易发区为主。

(3) 影响银江镇地质灾害易发性区划的地质环境条件主要是区域内地形地貌为中低山丘陵, 地层岩性、地质构造较为复杂, 年降雨量充沛且集中, 人类工程活动较强烈, 削坡建房、切坡修路等现象突出。而降雨是诱发银江镇境内地质灾害发生的最直接因素。

地质灾害的易发性分析应当综合考虑地形、岩性、地质构造、降雨和人类工程活动等形成条件。本文只是从这 5 个方面中选取主要的一个因子进行了粗略的判断, 未综合的使用各因子。例如, 在地形条件中, 只考虑了坡度对地质灾害发育的影响, 而坡高、坡向、坡型等因子的作用未有阐述。因此, 在今后的集镇地质灾害易发性评价中, 要综合考虑某一条件下各因子对地质灾害发育的影响。

参考文献:

[1] 中华人民共和国国土资源部. 集镇滑坡崩塌泥石流勘查规范: DZ/T 0262-2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.

[2] 林孝松, 林庆, 王梅力, 等. 山区镇域山洪灾害危险性分区研究——以跳石镇为例[J]. 自然灾害学报, 2015, 24(3): 90-96.

[3] 季建万, 熊义兵, 姜琳琳, 等. 基于 GD-SPCA 的京津冀城市群地质灾害易发性评价[J]. 灾害学, 2023, 38(1): 94-99.

[4] 周苏华, 付宇航, 徐智文, 等. 基于主客观赋权法的福建省地质灾害易发性评价[J]. 安全与环境学报: 2023, 23(09): 3204-3214.

[5] 张玺国, 周雄冬, 徐梦珍, 等. 西藏地质灾害易发性及对水能开发适宜度影响[J]. 地理学报, 2022, 77(7): 1603-1614.

[6] 赖波, 刘佳, 江金进. 基于 GIS 的珠海市地质灾害易发性评价[J]. 地质灾害与环境保护, 2021, 32(1): 31-36.

[7] 王雪冬, 张超彪, 王翠, 等. 基于 Logistic 回归与随机森林的和龙市地质灾害易发性评价[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2022, 52(6): 1957-1970.

[8] 刘宾锋. 基于 ArcGIS 的耒阳市地质灾害易发性分区研究[D]. 湘潭: 湖南科技大学, 2015.

[9] 周萍, 邓辉, 张文江, 等. 基于信息量模型和机器学习方法的滑坡易发性评价研究——以四川理县为例[J]. 地理科学, 2022, 42(9): 1665-1675.

[10] 孙滨, 祝传兵, 康晓波, 等. 基于信息量模型的云南东川泥石流易发性评价[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2022, 33(5): 119-127.

[11] 刘阳, 尚慧, 占惠珠, 等. 评价单元对地质灾害易发性评价的影响[J]. 科学技术与工程, 2022, 22(35): 15536-15545.

[12] 李开. 基于 GIS 的广东省大埔县地质灾害易发性评价[J]. 资源信息与工程, 2019, 34(1): 184-185.

[13] 中国地质环境监测院. 县(市)地质灾害调查与区划基本要求(实施细则)[EB/OL]. (2003-12-20)[2023-05-10] https://www.ngac.cn/dzlfw_sjgl/d2d/dse/category/detail.do?method=cdetail&_id=102_120747&tableCode=ty_qgg_edmk_t_ajxx&categoryCode=dzzlk

[14] 赵国梁, 姜纪沂, 李巨宝, 等. 衢州市溪口镇地质灾害致灾因素分析及易发性评价[J]. 防灾科技学院学报, 2022, 24(3): 68-79.

[15] 魏国灵, 金云龙, 邱锦安, 等. 粤东陆河县地质灾害易发性评价[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2020, 31(1): 51-56.

[16] 邵虹涛. 探析地质灾害详细调查中对地质灾害综合危险性指数法的应用[J]. 科技资讯, 2017, 15(18): 92-93.

[17] 白仙富, 戴雨荧, 叶燎原, 等. 基于 GIS 和专家知识的滇西南地区滑坡敏感性模糊逻辑推理方法[J]. 地震研究, 2022, 45(1): 118-131.