引文格式：武杨. 斜坡单元支持下赣西山区典型乡镇地质灾害风险评价[J]. 地理空间信息, 2024, 22(10): 117-120. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2024.10.028

斜坡单元支持下赣西山区典型乡镇地质灾害风险评价

武　杨[1]
（1. 江西省地质调查勘查院地质环境监测所，江西 南昌 330001）

摘　要：为组织开展地质灾害风险双控，科学实施避让搬迁与地质灾害综合治理，以及为国土空间规划、村镇规划与建设、重大工程布局等提供依据，以慈化镇为例，通过孕灾地质环境条件调查、地质灾害及隐患调查、承灾体调查和构建地质灾害风险评价体系研究了赣西典型山区地质灾害风险评价，以斜坡为单元评价其地质灾害易发性、危险性、承灾体易损性和风险性。本次研究选取10个主要指标计算斜坡单元的地质灾害易发性综合指数，再叠加不同工况计算得出危险性指数，在地质灾害危险性评价的基础上，采用定量与定性相结合的方法进行风险评价。整个评价体系基于GIS平台，再结合调查数据进行调整，得出的评价结果合理，能基本反映研究区地质灾害易发性和风险性特征。

关键词：赣西山区；斜坡单元；地质灾害；风险评价
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2024）10-0117-04

Geological Hazard Risk Assessment of Typical Townships in West Jiangxi Mountainous Area Supported by Slope Unit

WU Yang[1]
(1. Geological Environment Monitoring Institute of Jiangxi Geological Survey and Exploration Institute, Nanchang 330001, China)

Abstract: In order to organize and carry out dual control of geological disaster risk, scientifically implement avoidance relocation and comprehensive treatment of geological disasters, and provide basis for territorial spatial planning, town planning and construction and layout of major projects, taking Cihua Town as an example, we carried out the geological hazard risk assessment of typical mountainous area of west Jiangxi by investigating the geological environmental conditions, geological hazards and hidden dangers, disaster bearing bodies and constructing the geological hazard risk assessment system. In this study, we selected 10 main indicators to calculate the comprehensive index of geological hazard susceptibility of slope units, and calculated the risk index by superposing different working conditions. Based on the geological hazard risk assessment, we carried out the risk assessment by combining quantitative and qualitative methods. The whole evaluation system is based on GIS platform and adjusted with survey data. The evaluation results are reasonable and can basically reflect the geological hazard susceptibility and risk characteristics of study area.

Key words: west Jiangxi mountainous area, slope unit, geological disaster, risk assessment

赣西地区是江西省重要的工业基地和粮食生产区，区内人口密集，工业发达，城镇化水平较高，县域经济发展较快，是江西省重要经济增长带之一，也是江西省交通枢纽带和主要城市发展带之一，其经济总量在全省占有十分重要的地位[1]。赣西地区地貌类型以低山丘陵为主，人类工程活动频繁，地质灾害频发。开展地质灾害风险评价有助于及时研判区域地质灾害形势，针对性地采取风险管控措施，减轻地质灾害造成的损失[2-3]。现以江西省宜春市袁州区慈化镇为研究区，在前期大比例尺（1∶10 000 ~ 1∶2 000）地质灾害调查基础上，以斜坡为风险评价单元[4]，利用地理信息系统（geographic information system，GIS）技术分别从易发性、危险性、易损性和风险性建立地质灾害风险评价体系[5]，为推进赣西山区乡镇精细化“隐患点+风险区双控”体系建设提供理论依据和实际指导。

1　地质环境条件及灾害发育特征

1.1　地质环境条件

慈化镇位于宜春市袁州区西北角，地貌主要以丘陵和低山为主，海拔标高142~658 m，区内地势南北高中间低，可分为构造侵蚀低山区、构造剥蚀-侵蚀

收稿日期：2023-07-21。
项目来源：江西省地质局2023年度地质灾害防治公益性项目（赣地质字[2022]119号）。
作者简介：武杨（1989—），本科，工程师，研究方向为地质勘查、地质灾害防治，E-mail：312680091@qq.com。

剥蚀或溶蚀剥蚀丘陵区、溶蚀剥蚀岗地区及山间平原共4个地貌分区，见图1。境内主要河流为锦江，属于赣江水系，中部平原大致将研究区分成南北两部分，属中亚热带季风气候区，年平均气温17.8 ℃，年平均降水量为1 552.7 mm，最大降雨量2 204 mm，最小降雨量1 135.6 mm，降雨多集中在4—7月份[5]。

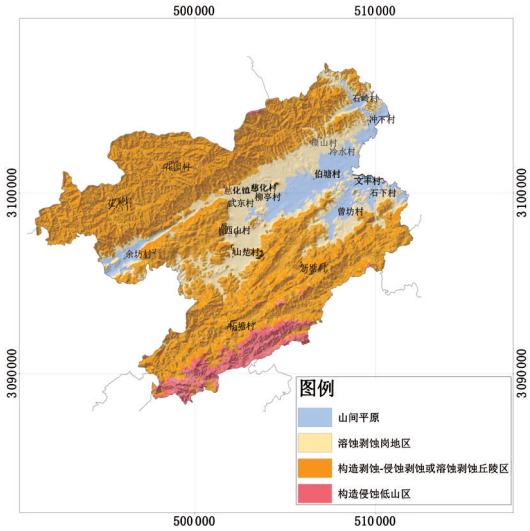


图1 研究区地貌图

审图号：赣S(2023)016

研究区位于东南造山带与钦杭结合带中段，区内地质条件较复杂，古生代变质岩、石炭纪–三叠世沉积碎屑岩和岩溶地层以及第四系均有出露。其中以古生代变质岩区和沉积碎屑岩区地质灾害最为发育；区内断裂构造极为发育，主要表现为北东东向、北东向推滑覆断裂及其与之伴生的次级逆断层。研究区未见活动性断裂，新构造运动普遍以上升为主，具有明显的间歇性、差异性和继承性。区域地震烈度Ⅵ度，地震加速度0.05 g，地震动反应谱特征周期0.35 s。

1.2 灾害发育特征

截至2022年6月30日，研究区已发生地质灾害点364处(其中滑坡314处，崩塌12处，地面塌陷32处，泥石流6处)。全区因地质灾害伤亡或失踪人数共计1人，直接经济损失达318.06万元，有风险的地质灾害隐患点共516处，威胁人口共计1 956人，潜在经济损失4 698.7万元。区内地质灾害规模均为小型，灾害发生时间集中在雨季4–6月份，灾害点沿道路线性分布明显，局部集中分布[5]。由于地质条件差异，研究区地形地貌复杂多变，其中地质灾害最为发育的是构造侵蚀剥蚀低山区，尤以坡度为10~35°的自然斜坡分布密集。区内地质灾害的形成与地质构造关系较大[6]，区内较多灾害分布于断层附近，特别两组断裂交汇处。同时，不同岩组的岩石风化程度、节理裂隙发育程度不同，岩质边坡稳定性差异较大[7]。

2 地质灾害风险评价体系构建

地质灾害风险评价是对某一特定区域，在某种特定条件下发生地质灾害时造成的人员、经济等损失的可能性预测。目前，国内外学者普遍认为地质灾害风险评价由地质灾害危险性评价和易损性评价共同组成，并从危险性和易损性2个方面构建指标体系，提出了表征风险程度的定量计算式：风险度=危险性×易损性[8]。本次研究笔者从研究区地质灾害易发性、危险性、承灾体易损性和风险性等4个方面进行综合评价。

2.1 评价单元划分

区域地质灾害风险评价中常用的单元类型有网格单元、地域单元、均一条件单元、子流域单元、斜坡单元等，其中斜坡单元是滑坡、崩塌等地质灾害发育的基本单元，斜坡和沟谷的发育阶段对滑坡、崩塌的形成具有明显的控制作用[9]。因此，本次采用斜坡单元作为评价单元，斜坡单元划分方法如下：划分之前，剔除工作区内的平原区，通过ArcGIS平台对DEM栅格数据进行地表水文分析，上方及两侧以分水岭和沟谷为界，斜坡单元前缘包含可能影响到的所有承灾体，对斜坡单元进行预划分，通过ArcGIS工具箱“消除”功能将碎小面与周边邻域进行归并。对1∶2 000比例尺下肉眼无法识别出的斜坡单元，与相邻单元进行合并、对于重点调查区以及有承灾体分布的斜坡单元边界坡向与主坡向差值超过30°时进行分割；当一个斜坡单元内地形特征、地层岩性、风化程度等存在明显差异时，也应进行再划分。通过人机交互，对斜坡单元进行修正、调整后，研究区斜坡单元划分如图2所示。

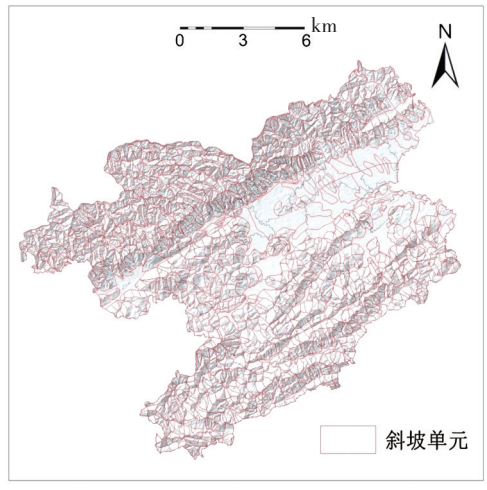


图2 斜坡单元划分图

审图号：赣S(2023)016

2.2　易发性评价

本次研究采用定量与定性相结合的方法进行斜坡单元的地质灾害易发性评价，主要采用综合指数法，借助GIS技术，基于工程类比的原则进行评价与区划。斜坡单元地质灾害易发性评价方法和指标体系1，选用指标及量化分值参考自江西省重点乡镇（街道）地质灾害风险调查评价技术要求（1∶10 000）[9]。

地质灾害易发综合指数计算公式如下：

$$Y_i=\sum_{j=1}^{n}F_j\times S_j$$

式中，Y_i为第i个斜坡单元易发性综合指数；F_j为第i个斜坡单元第j类指标权重；S_j为第i个斜坡单元第j类指标赋值；n为项数，取值1~10。

斜坡单元根据评价结果，按综合易发性指数将地质灾害易发程度划分为高易发（$4<Y_i\leqslant5$）、中易发（$3<Y_i\leqslant4$）、低易发（$1.5<Y_i\leqslant3$）和不易发（$1\leqslant Y_i\leqslant1.5$）4个等级。

根据上述构建的评价体系，得出评价结果，如图3所示，研究区高易发斜坡单元28个，面积3.14 km^2，中易发斜坡单元1 144个，面积105.37 km^2，低易发斜坡单元628个，面积51.47 km^2，无不易发斜坡单元。

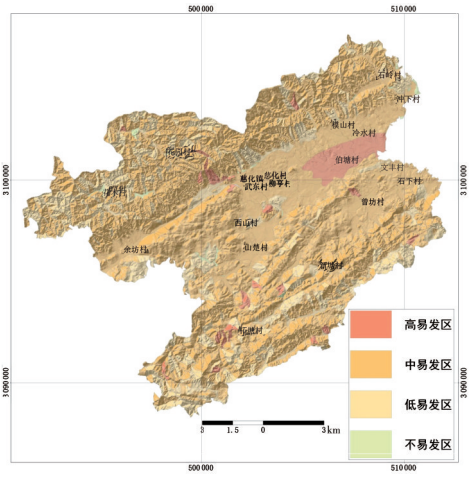


图3　研究区斜坡单元地质灾害易发程度评价结果

审图号：赣S(2023)016

2.3　危险性评价

本次研究地质灾害危险性以易发性评价为基础，评价全区易发区内每一个评价单元在不同工况下的失稳概率。地质灾害危险性采用危险性指数法来进行评价，计算方法如下：

$$H_i=Y_i/Y_{max}\times P_i$$

式中，H_i为某工况下第i个评价单元危险性指数；Y_i为第i个评价单元易发性指数；Y_{max}为最大易发性指数，$Y_{max}=5$；P_i为某种工况下第i个评价单元给定时间段内的失稳概率，基于不同工况的降雨量进行计算。

斜坡单元根据评价结果，按危险性指数将地质灾害危险性划分为极高危险（$0.8<H_i\leqslant1$）、高危险（$0.6<H_i\leqslant0.8$）、中危险（$0.4<H_i\leqslant0.6$）和低危险（$0<H_i\leqslant0.4$）4个等级，特大暴雨工况下评价结果如图4所示。

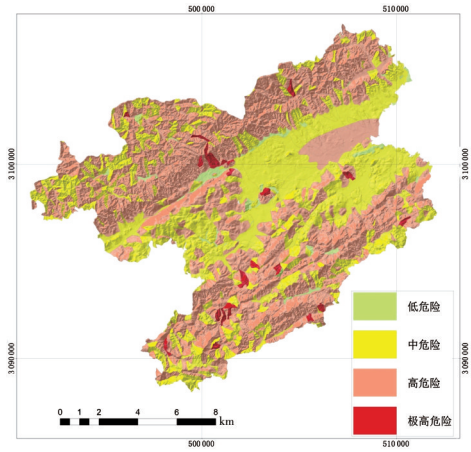


图4　地质灾害危险性评价结果（特大暴雨工况）

审图号：赣S(2023)016

根据评价，在特大暴雨工况下，按地质灾害危险程度将研究区划分为极高危险斜坡单元27个，面积3.00 km^2；高危险斜坡单元1 144个，面积105.37 km^2；中危险斜坡单元627个，面积51.47 km^2；低危险斜坡单元1个，面积0.14 km^2。

2.4　风险性评价

地质灾害风险评价对象分为人员和经济类两种类型的承灾体[10-12]，评价计算的承灾体为斜坡单元影响范围内所有人员或经济价值的总和[13]。

在地质灾害危险性评价的基础上，采用定量与定性相结合的方法进行风险评价[14]。地质灾害风险计算公式如下：

$$\sigma_i=\left\{\sum_{j=1}^{n}H_j\times E_j\times V_j\right\}/(\beta_i\times S_i)$$

式中，σ_i为某工况下第i评价单元风险强度；β_i为第i评价单元面积修正系数，斜坡单元取0.8~1.0，其他评价单元取1.0；H为某工况下第i评价单元j号承灾体地质灾害危险性指数；E_j为某工况下第i评价单元j号承灾体价值；V_j为某工况下第i评价单元内j号承灾体易损性；S_i为第i评价单元面积。

根据计算所得的风险评价值，参照表1进行分级，按照人口伤亡风险等级和经济损失风险等级，以就高原则确定综合风险等级[15]。

表1 地质灾害风险等级划分标准表

地质灾害风险等级	极高风险	高风险	中风险	低风险
人员伤亡风险强度 σ（人/年/km²）	$\sigma \geqslant 300$	$100 \leqslant \sigma < 300$	$30 \leqslant \sigma < 100$	$\sigma < 30$
经济损失风险强度 σ（万元/年/km²）	$\sigma \geqslant 10\,000$	$5\,000 \leqslant \sigma < 10\,000$	$500 \leqslant \sigma < 5000$	$\sigma < 500$
综合风险强度	按人员伤亡和经济损失的风险等级，以就高原则确定。			
说明	人员伤亡风险、经济损失风险在单个评价单元内进行统计。			

根据上述评价方法，在特大暴雨工况下，研究区地质灾害综合风险等级划分为极高风险斜坡单元2个，面积0.28 km²；高风险斜坡单元60个，面积6.81 km²；中风险斜坡单元190个，斜坡面积21.5 km²；低风险斜坡单元1 548个，斜坡面积131.39 km²。

3 讨 论

3.1 数据来源的可靠性

研究过程中采用的DEM数据来源于慈化镇1∶10 000风险调查评价项目时在江西省自然资源厅收集的5 m分辨率DEM数字高程数据模型，影像数据采用无人机倾斜摄影数据，像素分辨率为0.2 m。坡度数据利用ArcGIS软件中栅格表面对DEM数据处理计算得到；地层、地质数据来源于宜春市袁州区1∶50 000区域地质图；地质灾害发育特征、分布规律等通过野外调查获得；研究区人类工程活动及承灾体数据等通过1∶10 000风险调查项目遥感解译和现场调查比对确定。综上，该研究项目的数据来源基本可靠。

3.2 评价结果的合理性

按照本次地质灾害风险评价体系计算出的易发性指数、危险性指数和风险性指数，指数分布呈中间多，两头少，大致呈正态分布，符合事物的客观规律，因此本次研究采用笔者设定的评价体系得出的评价结果基本合理。

4 结 语

本次研究以斜坡为单元评价研究区的地质灾害易发性、危险性、承灾体易损性和风险性。评价结果显示：特大暴雨工况下，整个研究区内极高风险斜坡单元2个，面积0.28 km²；高风险斜坡单元60个，面积6.81 km²；中风险斜坡单元190个，斜坡面积21.5 km²；低风险斜坡单元1 548个，斜坡面积131.39 km²。整个评价体系基于GIS平台，再结合调查数据进行调整，挑选部分典型斜坡单元地质灾害易发性和风险性评价结果进行检验[16]，得出的评价结果合理，能基本反映研究区地质灾害易发性和风险性特征。

参考文献

[1] 蒋方品. 宜春市袁州区地质灾害风险评价(1:50 000)[R]. 南昌: 江西核工业工程地质勘察院,2021

[2] 张茂省,唐亚明. 地质灾害风险调查的方法与实践[J]. 地质通报,2008,27(8): 1 205-1 216

[3] 齐信,唐川,陈州丰,等. 地质灾害风险评价研究[J]. 自然灾害学报,2012,21(5): 33-40

[4] 袁湘秦,赵法锁,陈新建,等. 陕西省绥德县地质灾害易发性区划[J]. 灾害学,2017,32(1): 117-125

[5] 武杨. 宜春市袁州区慈化镇地质灾害风险评价(1∶10 000)[R]. 南昌: 江西省地质调查勘查院地质环境监测所,2023

[6] 涂美义. 湖北省地质灾害与地质构造耦合关系研究[J]. 人民长江,2012,43(2): 1-3

[7] 宋鹤. 浅谈岩土工程地质灾害特征及评价方法[J]. 世界有色金属,2021,3(2): 200-202

[8] 袁蒲菁. 柞水县地质灾害风险评价[D]. 西安: 长安大学,2015

[9] 江西省重点乡镇(街道)地质灾害风险调查评价技术要求(1:10 000)[S].

[10] 尚慧,倪万魁,程花. 斜坡单元划分在彭阳县地质灾害危险性区划中的应用[J]. 中国水土保持,2011,3(6): 48-50

[11] 王芳,殷坤龙,桂蕾,等. 不同日降雨工况下万州区滑坡灾害危险性分析[J]. 地质科技情报,2018,37(1):190-195

[12] 张春山,吴满路. 地质灾害风险评价方法及展望[J]. 自然灾害学报,2003,12(1): 96-102

[13] 陈丽霞,徐勇,李德营,等. 武陵山区城镇地质灾害风险评估技术指南及案例分析[M]. 武汉: 中国地质大学出版社,2019

[14] 徐继维,张茂省. 地质灾害风险评估综述[J]. 灾害学,2015,30(4):130-134

[15] 李春燕,孟晖,张若琳,等. 基于承灾体易损性的县域单元地质灾害风险评估[J]. 地质通报,2021,40(9):1 547-1 559

[16] 杨柳,牟鑫亮,李晨,等. 延安市宝塔区地质灾害风险评价[J]. 山地学报,2020,38(5):679-690