

渝东北典型盆缘山区高位崩滑灾害风险评价

谭真艳, 罗晓龙, 陈怡, 周灏

Risk assessment of high-level collapse and landslide disasters in typical basin-edge mountainous areas in northeast Chongqing: A case study of the Ningqiao area in Wuxi

TAN Zhenyan, LUO Xiaolong, CHEN Yi, and ZHOU Hao

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.2021.05-08>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

安徽黄山市徽州区地质灾害危险性评价研究

Study on risk assessment of geological hazards in Huizhou District, Huangshan City, Anhui Province

刘乐, 杨智, 孙健, 刘钦, 彭鹏, 段俊斌 中国地质灾害与防治学报. 2021, 32(2): 110-116

甘肃定西地区地质灾害危险性评价

Risk assessment of geological hazards in Dingxi region of Gansu Province

沈迪, 郭进京, 陈俊合 中国地质灾害与防治学报. 2021, 32(4): 134-142

基于机器学习的滑坡崩塌地质灾害气象风险预警研究

Exploring early warning and forecasting of meteorological risk of landslide and rockfall induced by meteorological factors by the approach of machine learning

李阳春, 刘黔云, 李潇, 顾天红, 张楠 中国地质灾害与防治学报. 2021, 32(3): 118-123

北京山区突发性地质灾害易发性评价

Assessment on the susceptibility of sudden geological hazards in mountainous areas of Beijing

罗守敬, 王珊珊, 付德荃 中国地质灾害与防治学报. 2021, 32(4): 126-133

渤海海域海底地质灾害危险性区划

Risk zonation on the submarine geological hazards in Bohai Sea

宋玉鹏, 孙永福, 杜星, 刘晓瑜, 王振豪, 曹成林 中国地质灾害与防治学报. 2021, 32(3): 140-146

中国地质灾害数据质量评价指标体系构建

Formulation of an evaluation index system of geological hazard data quality in China

尹春荣, 李媛, 曲雪妍, 张艳玲, 佟彬, 杨旭东, 房浩 中国地质灾害与防治学报. 2021, 32(4): 120-125



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

DOI: 10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.2021.05-08

渝东北典型盆缘山区高位崩滑灾害风险评价 ——以巫溪县宁桥片区为例

谭真艳, 罗晓龙, 陈 怡, 周 灏

(重庆市二零八地质环境研究院有限公司, 重庆 400700)

摘要: 研究区位于重庆市巫溪县下堡镇内, 属渝东盆缘山区, 地形切割强烈, 地质环境复杂, 地质灾害频发。为了研究高陡峡谷区地质灾发育分布规律、风险区划, 文章选取高程、坡度、坡向、工程地质岩组、距水系距离及距褶皱距离因子做为地质灾害易发性评价的影响因素, 基于 ArcGIS 平台, 利用信息量模型, 定量评价了巫溪宁桥片区高陡峡谷区高位地质灾害的易发性, 评价模型与地质灾害分布空间契合度较高, 评价结果可信度较高。再结合易损性评价对研究区进行了地质灾害风险评价, 最终得到研究区地质灾害风险评价模型。为该区域地质灾害防治提供了科学依据, 同时对同类高陡峡谷地区地质灾害风险性评价及地质灾害防治具有借鉴意义。

关键词: 巫溪; 地质灾害; 信息量模型; 风险评价

中图分类号: P694 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-8035(2021)05-0070-09

Risk assessment of high-level collapse and landslide disasters in typical basin-edge mountainous areas in northeast Chongqing: A case study of the Ningqiao area in Wuxi

TAN Zhenyan, LUO Xiaolong, CHEN Yi, ZHOU Hao

(Chongqing 208 Institute of Geological Environment Co. Ltd., Chongqing 400700, China)

Abstract: The study area is located in Xiabao Town, Wuxi County, Chongqing City. It belongs to the mountainous area on the edge of the Yudong Basin. It has strong topography, complex geological environment and frequent geological disasters. In order to study the development and distribution of geological hazards and risk zoning in high and steep canyons, this paper selects factors such as elevation, slope, aspect, engineering geological rock group, distance from water system, and distance from folds as the influencing factors for the assessment of geological hazard susceptibility, based on ArcGIS The platform uses the information model to quantitatively evaluate the susceptibility of high-level geological hazards in the high and steep gorge area of Wuxi Ningqiao area. The evaluation model has a high degree of correspondence with the distribution of geological hazards, and the evaluation results have a high degree of credibility. Combined with the vulnerability assessment, the geological disaster risk assessment of the study area was carried out, and finally the geological disaster risk assessment model of the study area was obtained. It provides a scientific basis for the prevention and control of geological disasters in the region, and at the same time has reference significance for the risk assessment of geological disasters and the prevention and control of geological disasters in similar high and steep canyons..

Keywords: Wuxi; geodisaster; information model; risk assessment

收稿日期: 2021-05-13; 修订日期: 2021-09-02

第一作者: 谭真艳(1984-), 男, 土家族, 重庆石柱人, 本科, 高级工程师, 主要从事地质灾害防治、地质环境调查评价方面的工作。E-mail: 154188792@qq.com

通讯作者: 罗晓龙(1992-), 男, 重庆南川人, 硕士, 工程师, 主要从事地质灾害防治、地质环境调查评价方面的工作。E-mail: 1293961017@qq.com

0 引言

巫溪县下堡宁桥片区历史上灾害频发,且多位于西溪河两岸斜坡顶部陡峭山体中,人迹罕至,地质灾害调查人员难以开展现场调查,其上分布地质灾害体隐蔽性极强,无法利用传统手段发现变形迹象。1988年1月10日18时37分,下堡镇中阳村发生岩崩型大滑坡,总滑体近 $10 \times 10^6 \text{ m}^3$,受灾面积 2.3 km^2 ,导致26人死亡,崩滑体阻塞西溪河,形成堰塞湖,直接经济损失近1千万元。1991年8月,下堡镇宁桥村板壁岩危岩崩塌,崩塌体体积约 50 m^3 ,造成在路边玩耍的一对情侣死亡,此后该危岩体多次发生崩塌致路人死亡事件,目前下方公路时常被砸毁。

地质灾害风险评估及管理经过多年发展,目前已成为防灾减灾最为经济有效的方式,对提高地质灾害研究的准确度来说,3S技术非常有效。从1977年BRABB在GIS操作平台上调查研究了加利福尼亚的区域灾害体开始^[1],率先将遥感与GIS技术结合运用于地质灾害的易发性评价当中。国内的地质灾害易发性评价研究从刘希林^[2]开始,他在定性与定量结合分析的基础上提出了多因子综合评价模型。利用各种理论和评价模型对地质灾害易发性进行了评价^[3-5]。其中特别是基于GIS与灰色关联分析法、层次分析法、逻辑回归模型等方法在地质灾害的易发性和危险性评价中最为常见。文章选取高程、坡度、坡向、工程地质岩组、距水系距离、距褶皱距离作为评价因子,采用信息量法对巫溪宁桥片区地质灾害易发性进行了评价,再结合易损性评价对研究区进行了地质灾害风险评价。渝东北山区地形地质条件复杂,高位地质灾害难以通过日常巡查发现,本文基于基于ArcGIS平台,利用信息量模型,定量评价了巫溪宁桥片区高陡峡谷区高位地质灾害的易发性,评价模型与地质灾害分布空间契合度较高,叠加易损性得出风险性。地质灾害风险性评价结果符合该区域地质灾害现状,具有较高的准确性,为该区域地质灾害防治提供了科学依据,同时对同类高陡峡谷地区地质灾害风险性评价及地质灾害防治具有借鉴意义。

1 研究区概况

研究区位于巫溪县北部,分布于西溪河两岸,受西溪河切割,以剥蚀构造地形为主,河流、溪沟众多,树枝状、羽状水系发育。地貌基本骨架明显受地质构造控制,岭谷相间。最大的河流为西溪河,流向为东西向,支沟多为南北向,河流切割深邃,两岸陡峻。地形地貌特

征受区域地质构造和岩性控制,地形起伏大,地形坡度较陡,形成陡崖和陡坡。研究区西溪河北岸海拔最高位于红崖山危岩后缘高程 1120 m ,斜坡上部较陡坡度约为 $35^\circ \sim 50^\circ$,下部坡度较缓约 $15^\circ \sim 25^\circ$,海拔最低位于西溪河河谷约 310.05 m 。西溪河南岸斜坡海拔最高 960.65 m ,斜坡坡度约为 $30^\circ \sim 35^\circ$,在斜坡中上部形成陡崖高约 $30 \sim 40 \text{ m}$ 。

研究区西溪河两岸斜坡中下部为志留系软岩,以粉砂岩、页岩为主;斜坡中上部为二叠系硬岩,以灰岩为主。斜坡中上部为岩质斜坡,多为陡崖;斜坡中下部为土质斜坡,上覆土层为崩塌堆积体。崩滑体主要分布于二叠系、三叠系地层陡坡、悬崖之下,基岩风化的大大小小碎屑或碎块沿坡滚落或崩塌于山麓地带堆积而成,碎石块大小不一,混杂堆积,碎石岩性多为灰岩、砂岩,厚度 $2 \sim 45 \text{ m}$ 。研究区构造复杂,观音岩—荆竹坝向斜沿西溪河呈东西向穿越研究区,北侧斜坡分布有下堡背斜及水井岩断层,南侧斜坡分布有苏家湾到瓦坪村背斜。

研究区域中各类地质灾害共计26处,其中滑坡13处,危岩13处。滑坡主要发育于斜坡中下部崩塌堆积体中,下伏基岩多为志留系地层,以软弱层状粉砂岩、页岩为主。危岩主要分布于斜坡中上部,多发育于二叠系灰岩中。研究区域承灾体众多,集中分布于斜坡底部河流两侧,有集镇、学校、水电站、省道等重要承灾体。研究区覆盖的总面积为 24.82 km^2 ,已发生地质灾害的总面积为 0.99 km^2 。

2 高位地质灾害特征分析

研究区域承灾体集中分布于西溪河沿岸,分布高程约 400 m ,孕灾地质体多分布于斜坡中上部,分布高程 $600 \sim 1100 \text{ m}$,属于高位地质灾害。高位地质灾害具有以下特征:

(1) 规模大

研究区内崩滑体规模均较大,通常体积可达几百到几千万立方米。

(2) 滑动距离远

研究区内崩滑体根据易发生灾害滑动距离统计,滑动距离分布于 $100 \sim 900 \text{ m}$ 。

(3) 高差大、运移速度快

从定义角度可看出,高位地质灾害具有高差大的特点,由于具备较大的垂直落差和高势能,崩滑体在启动阶段往往能获得较大的速度,加之地形陡峭,前缘剪出口多位于峡谷较开阔地带,导致崩滑体体运移中不断加

速,甚至最后部分滑体形成抛射堆积。

(4)隐蔽性强、威胁大

高位崩塌的后缘多位于陡峭山体的中上部,人迹罕至,地质灾害调查人员也难以达到,无法通过传统技术手段察觉崩滑体的变形迹象,因此具有很强的隐蔽性。此类崩滑体运移远,影响范围大,加上强隐蔽性造成的防范意识不强,一旦发生,就会造成重大的人员伤亡,具有很强的威胁性。

3 数据库建立与评价因子选取

所用的基础数据为分辨率为 5 m 的数字高程模型 DEM 数据,1:5 万地质图,1:5 万水系图,遥感影像。根据遥感影像及野外实地判断,进行地质灾害解译,在研究区范围内共解译地质灾害 26 处(图 1)。

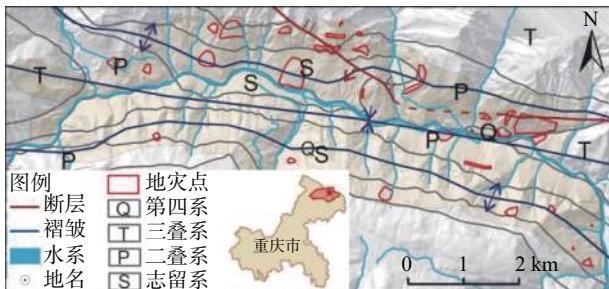


图 1 研究区总体地貌图

Fig. 1 Location of study area

研究区西溪河北岸斜坡中上部在其特殊的地形地貌、地层岩性、地质构造和河流切割作用下,形成了一种易发高位崩塌(岩质滑坡)的坡体结构,即坡体中下部由志留系(S)碎屑岩构成陡坡,坡体中上部由二叠系(P)和三叠系(T)灰岩构成陡崖,形成一种上硬下软的坡体结构。这种坡体结构在风化作用、溶蚀作用以及人工工程活动等影响下,上部二叠系(P)和三叠系(T)灰岩易发生大规模的崩塌或形成岩质滑坡,往往发生崩塌的位置又处于坡体的中上部,崩塌滑坡一旦启动容易形成高位高速远程滑动,形成“高位崩滑+碰撞解体+抛射堆积”的成灾模式,毁灭斜坡坡脚沿河居住的居民,甚至堵塞坡脚河流形成堰塞湖威胁沿河上下游居民。

研究区斜坡中下部广泛分布崩塌堆积体,物质成分复杂,来源于两岸广泛分布的志留系碎屑岩和二叠系、三叠系灰岩的崩塌滑坡及残坡积物。堆积体由碎石、块石和细粒填隙物组成,块石较少,但往往局部集中分布,成透镜状;碎石是堆积体的主要成分,细粒填隙物则较少,尤其粉屑以下粒级成分很少。部分堆积体为钙胶结,且胶结程度较高;坚硬,敲击声脆或有哑声。堆积体

有以下三种成灾模式:一是胶结较好的堆积体局部危岩崩塌;二是堆积体整体滑塌;三是局部溜滑形成泥石流。

研究区西溪河南侧斜坡及东侧河流两岸均为顺向硬质岩斜坡,该类型顺向硬质岩斜坡岩性倾角和斜坡坡脚整体较为接近,未形成大面积临空,局部陡坎位置形成顺向临空。在天然状态下,斜坡发生大规模岩质滑动的可能性较小,主要以局部临空段发生易滑是危岩掉块为主,下堡板壁岩危岩典型代表。另外,极少部分地段受坡脚河流侵蚀形成大面积临空导致斜坡发生大规模滑塌,下堡梳头寨滑坡堆积体的形成形式就是典型代表。

山区地质灾害的分布由地质条件、地形条件及水文条件共同控制,可基于 DEM 数据通过 ArcGIS 平台提取地形条件如坡向、坡度、高程等,水文条件因素如距河流距离,地质条件如地层岩性、构造条件等。因此,针对研究区域地质灾害成灾模式选取高程、坡度、坡向、工程地质岩组、距水系距离、距褶皱距离作为此次易发性评价的评价因子。

4 宁桥片区高位地质灾害易发性评价及发育分布规律

地质灾害的形成受多种因素的影响和控制,信息量模型认为地质灾害的发生是由多种因子共同作用而影响的,地质灾害的发生与否是与在预测过程中所能获取的数量和质量有关,即通过计算各个影响因素对地质灾害变形破坏所提供的信息量贡献值,作为定量分区的指标,以信息量的大小来表示各个影响因素与地质灾害的密切程度,灾害发生的概率随信息量值的增大而变大。某因素特定状态下的地质灾害信息量式(1)表示:

$$I_{x_j} = \ln \frac{A_j/A}{S_j/S} \quad (j = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (1)$$

式中: I_{x_j} ——在因素 X 的 j 区间内地质灾害发生的信息量值;

S_j ——在因素 X 的 j 区间内的面积;

S ——研究区域总面积;

A_j ——在因素 X 的 j 区间内地质灾害面积;

A ——研究区域总面积。

当 $I_{x_j} > 0$ 时,反映了因素 X 的 j 区间下地质灾害发生倾向的信息量较大,地质灾害发生的可能性较大,表明 X 因子的 j 区间利于地质灾害发生;当 $I_{x_j} < 0$ 时,反映了因素 X 的 j 区间下地质灾害发生倾向的信息量较小,地质灾害发生的可能性较小,表明 X 因子的 j 区间不利于地质灾害发生;当 $I_{x_j} = 0$ 时,表明 X 因子的 j 区间不提供

地质灾害发生可能性的有效预测。

各因素区间组合条件下地质灾害发生的总信息量
用式(2)表示:

$$I = \sum_{i=1}^n I_{x_j} \quad (2)$$

式中: I ——评价单元总信息量值, 指示地质灾害发生的可能性, 可作为地质灾害易发性指数。

表 1 为所有评价因子分级区间、分级面积、分级内地质灾害面积及信息量值。因子分级图见图 2, 滑坡灾害分布及折线图见图 3。

表 1 各因子二级划分信息量值表

Table 1 Information values of factor classifications

影响因子	因子分级	分级面积/km ²	地灾面积/km ²	滑坡信息量
高程/m	<400	2.45	0.08	-0.17
	400 ~ 500	3.71	0.15	0.02
	500 ~ 600	4.00	0.21	0.27
	600 ~ 700	3.63	0.11	-0.30
	700 ~ 800	3.59	0.09	-0.44
	800 ~ 900	3.10	0.16	0.24
	900 ~ 1 000	2.17	0.10	0.16
	1 000 ~ 1 100	1.30	0.06	0.22
	1 100 ~ 1 200	0.64	0.02	-0.11
	1 200 ~ 1 300	0.16	0.00	-1.32
	>1 300	0.07	0.00	-
坡度/(°)	0 ~ 10	1.02	0.02	-0.52
	10 ~ 20	1.66	0.08	0.20
	20 ~ 30	4.61	0.19	0.03
	30 ~ 40	7.98	0.22	-0.38
	40 ~ 50	6.29	0.19	-0.27
	50 ~ 60	2.33	0.17	0.60
	60 ~ 70	0.72	0.09	1.19
	70 ~ 80	0.21	0.02	1.00
	80 ~ 87.4	0.01	0.00	0.71
坡向	N	5.16	0.07	-1.04
	NE	3.66	0.06	-0.85
	E	2.34	0.03	-1.19
	ES	2.33	0.06	-0.43
	S	4.49	0.45	0.92
	SW	2.67	0.23	0.78
	W	1.61	0.05	-0.24
	WN	2.57	0.03	-1.17
距河流距离/km	0 ~ 0.1	7.42	0.15	-0.67
	0.1 ~ 0.2	5.71	0.19	-0.16
	0.2 ~ 0.3	3.99	0.22	0.33
	0.3 ~ 0.4	2.84	0.22	0.67
	0.4 ~ 0.5	1.86	0.11	0.38
	0.5 ~ 0.6	1.04	0.02	-0.51
	0.6 ~ 0.7	0.71	0.01	-1.21
	0.7 ~ 0.8	0.48	0.01	-0.64
	0.8 ~ 0.9	0.30	0.03	0.78
	0.9 ~ 1.0	0.23	0.01	0.20
	1.0 ~ 1.1	0.15	0.01	0.81
	1.1 ~ 1.2	0.06	0.00	-3.89
	1.2 ~ 1.3	0.03	0.00	-
	1.3 ~ 1.4	0.00	0.00	-

续表 1

影响因素	因子分级	分级面积/km ²	地灾面积/km ²	滑坡信息量
工程地质岩组	I ₁	0.08	0.00	-
	I ₂	0.70	0.02	-0.31
	II ₁	11.73	0.31	-0.40
	II ₂	0.00	0.00	-
	II ₃	0.00	0.00	-
	III ₁	0.00	0.00	-
	III ₂	11.00	0.59	0.29
	III ₃	0.89	0.06	0.55
	IV ₁	0.00	0.00	-
	IV ₂	0.10	0.01	0.28
距褶皱距离/km	0~0.1	0.00	0.00	-
	0.1~0.2	7.39	0.28	-0.07
	0.2~0.3	3.52	0.15	0.09
	0.3~0.4	3.33	0.11	-0.23
	0.4~0.5	3.05	0.11	-0.13
	0.5~0.6	2.61	0.15	0.38
	0.6~0.7	1.95	0.12	0.47
	0.7~0.8	1.37	0.06	0.15
	0.8~0.9	0.72	0.01	-1.44
	0.9~1.0	0.29	0.00	-2.79
	1.0~1.1	0.23	0.00	-
	1.1~1.2	0.19	0.00	-
	1.2~1.3	0.10	0.00	-
	1.3~1.4	0.04	0.00	-
1.4~1.5	0.00	0.00	-	

(1) 高程

研究区处于中低山地区,在 500~600 m、800~900 m、900~1 000 m、1 000~1 100 m 高程范围信息量值为正数,此高程范围内更加有利于两岸斜坡地质灾害发育。

(2) 坡度

通常坡度越大,坡体的重力在平行于坡面的下滑分力便越大,越容易失稳^[6]。坡度的大小影响着坡面上松散堆积体发生位移形成地质灾害的可能性大小,并在很大程度上影响着坡体变形破坏的机制。因此,坡度较大的区域地质灾害发生的可能性相对较高。坡度范围在 0°~50° 区间内时,信息量值为负,该范围不利于地质灾害的发育;信息量值在 50°~90° 之间为正,该坡度区间有利地质灾害发育。根据研究区地质灾害发育情况分析,滑坡主要发育在 30°~50°,坡度 50°~90° 区间发育危岩较多。

(3) 坡向

坡向决定了斜坡受日照强弱,降水丰沛程度,坡体植被生长情况,土体水分存留条件,进而决定了坡体的侵蚀风化情况及其成为不稳定坡体的难易程度。研究

区域内,西溪河流向近东西向,在南及南西坡向范围内的信息量值为正,更有利于地质灾害发育,即西溪河北岸斜坡更容易发生地质灾害,历史上发生重大地质灾害多发生于北岸斜坡;在西、东、北东及北西方向的信息量值为负,不利于两岸斜坡灾害发育。

(4) 距河流距离

因研究区域面积不大,本文以 0.1 km 为水系多环缓冲区的间距。河流水系的发育程度和密度代表着地表受到侵蚀的强弱,河流水系两岸的岩土体受其冲蚀挖空作用,使岸坡悬空,更加容易发生地质灾害^[7]。研究区域内在距离河流为 0~1.1 km 范围内,信息量值均为正,有利于地质灾害的发育;在距水系距离为 1.1~1.2 km 范围内,信息量值为负,不利于地质灾害的发育。研究区域内,滑坡集中分布于距离西溪河较近的斜坡底部。

(5) 工程地质岩组

一般来说,岩性较软,结构面发育程度较高的斜坡容易发生变形失稳而形成地质灾害,成为松散堆积体,为地质灾害的发育提供物源条件。相反,岩性较硬,结构面发育程度不高,抗剪强度较大,抗风化能力较强的

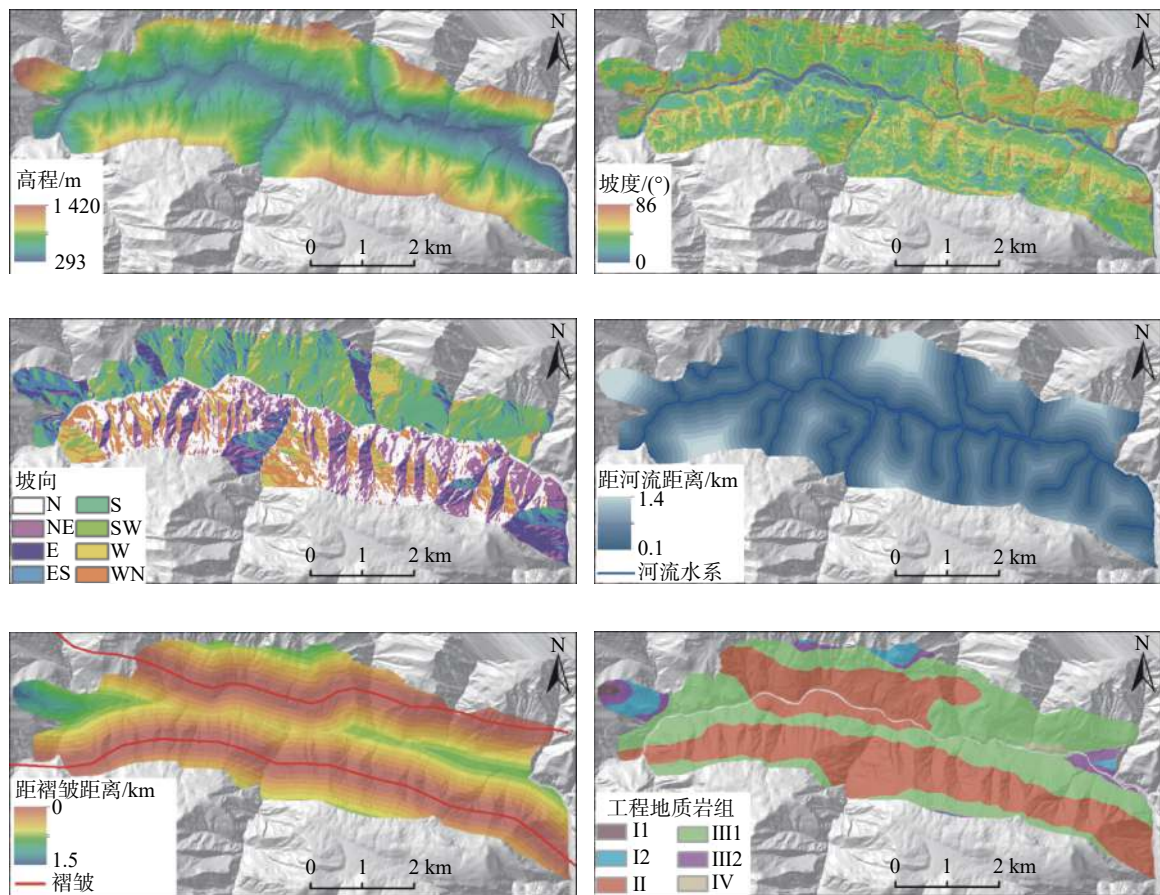


图2 研究区各评价因子分级图

Fig. 2 Impact factor classifications maps of study area

岩石则不易发生地质灾害来提供物源^[8-10]。研究区域内主要分布岩组为较软弱泥岩、泥质粉砂岩夹砂岩、砂质页岩岩组及较坚硬灰岩、白云岩夹炭质、钙质页岩、粉砂岩岩组,典型代表为二叠系灰岩和志留系粉砂岩、页岩。研究区域内,两岸斜坡中下部为志留系软岩,斜坡顶部为二叠系硬岩,地质灾害中危岩及高位岩质滑坡主要分布于信息量为正的软硬相间岩组Ⅲ₁、Ⅲ₂中,志留系软岩岩组Ⅱ,不利于地质灾害发育,其信息量为负值,因其上覆多为崩坡积层,故多孕育滑坡地质灾害。

(6) 距褶皱距离

因研究区域面积不大,本文以0.1 km为构造多环缓冲区的间距。距离构造部位的远近,关系着岩体受褶皱、断层挤压变形情况。研究区域内构造复杂,发育多条褶皱、断层,在褶皱构造挤压变形下,斜坡岩体变得破碎,发育多组构造节理裂隙面,而且延展距离较长。褶皱构造节理面和地层层面共同组成的结构面,导致斜坡岩体碎裂,完整程度差,整体强度较低,稳定性也较差,其中顺坡向的优势节理面构成滑坡滑动面。高密度的节理裂隙也加速了岩体的风化,使上部岩体产生较厚

的风化带,雨水的侵入使岩体长期处于孔隙水饱和状态,导致斜坡原本就处于蠕滑变形的状态。研究区域内在距离褶皱位置为0~0.8 km范围内,信息量值均为正,有利于地质灾害的发育;在距褶皱距离为0.8~1.0 km范围内,信息量为负,不利于地质灾害的发育。研究区域内,地质灾害均分布于褶皱附近。

用ArcGIS平台Reclassify工具中的自然间断点法进行地质灾害的易发性分区,根据信息量值由小到大划分成低、中、高、极高易发区(图4)。

基于信息量模型的地质灾害易发性统计分析结果如表2所示。地质灾害面积总面积为0.99 km²,其在易发性超过高、极高区的面积为0.91 km²,占地质灾害面积的91.71%。而低、中易发区中的地质灾害占总灾害面积的比例仅有8%。地质灾害易发性评价模型与地质灾害的发生在空间分布上契合度较高。

5 宁桥片区高位地质灾害风险评价研究

5.1 危险性评价

滑坡灾害危险性分析指研究确定滑坡在特定时间

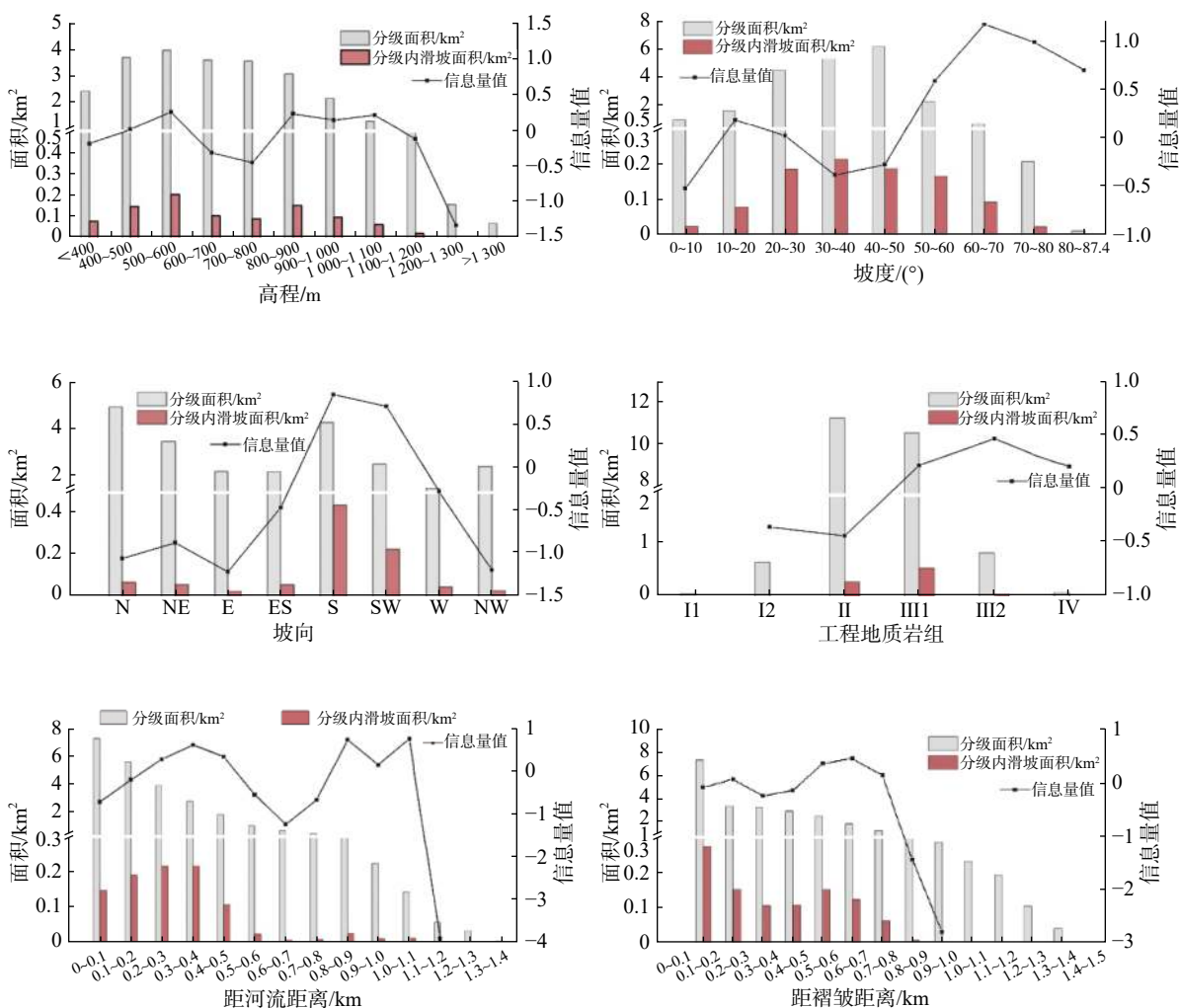


图 3 因子分级内信息量值及地质灾害分布图

Fig. 3 Distribution of and information values of factor classifications

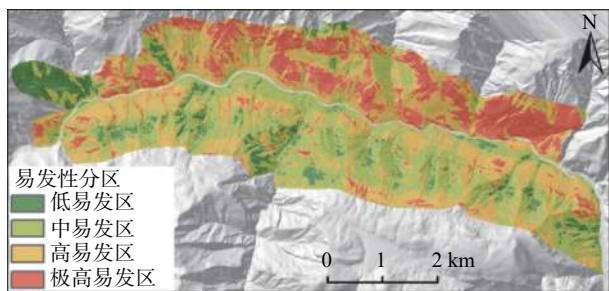


图 4 基于信息量法的地质灾害易发性评价结果

Fig. 4 Geodisaster susceptibility map based on information model

某个给定区域发生的可能性,危险性取决于滑坡灾害的强度和可能性。殷坤龙等认为若将地质灾害的发生视为随机事件,危险性分析则是估计各种强度的地质灾害发生的重现期或可能性。危险性 H 由灾害即易发性、时间频率决定,即:

$$H = S \times P \quad (3)$$

表 2 研究区地质灾害易发性分级统计

Table 2 Statistics analysis result of susceptibility classes

易发性分区	分区面积/km ²	占比%	地灾点面积/km ²	占比%
低易发区	1.96	8.02	0.00	0.17
中易发区	8.73	35.69	0.08	7.83
高易发区	9.15	37.41	0.29	28.96
极高易发区	4.61	18.86	0.62	62.75
高、极高易发性	13.77	56.28	0.91	91.71

式中: H ——研究区内地质灾害危险性;

S ——研究区内地质灾害的易发性;

P ——研究区内地质灾害发生的时间概率。

研究区地质灾害发生的时间概率,由地质灾害在研究区内以不同的重现期发生至少 1 次灾害的超越概率来确定。借鉴前人的研究成果,该时间概率服从泊松分布,其计算公式(4):

$$P(N_t) = 1 - e^{-\frac{t}{RI}} \quad (4)$$

其中 t 为评价的重现期, 本文取值为 20 年; RI 是研究区内最新历史地质灾害和最老历史地质灾害的年分之差, 本文取值 29 年; $P(N_t)$ 即为地质灾害发生时间概率, 经计算为 0.77。结合易发性评价模型, 危险性评价结果如图 5 所示。

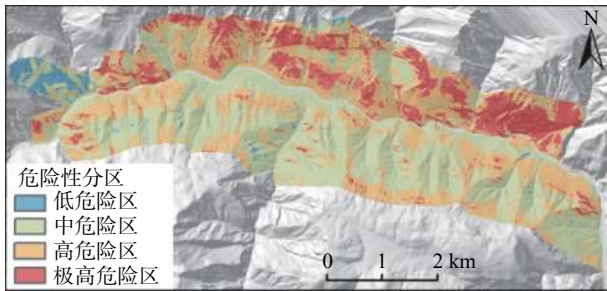


图 5 地质灾害危险性评价结果
Fig. 5 Geodisaster hazard map

5.2 易损性评价

在地质灾害风险评价中“Vulnerability”定义为: 易损性是暴露于危险之中的某一特定对象的潜在损失程度(用 0-1 之间的无量纲系数表示), 是承灾体在面对特定强度地质灾害时抗灾能力的度量, 是地质灾害强度和承载能力的函数。易损性的定义表明易损性主要表现在致灾强度和承灾体抗灾能力。研究区主要承灾体为建筑(人口)及 301 省道, 其主要分布范围分别见图 6。

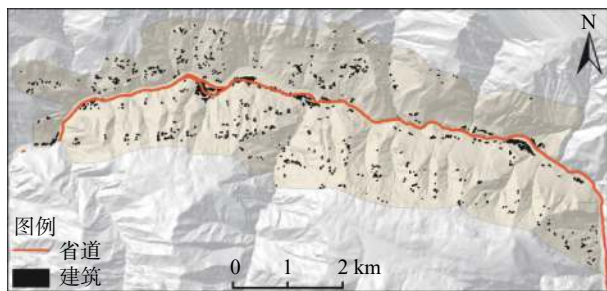


图 6 研究区建筑分及道路布图
Fig. 6 Distribution map of buildings

综合易损性见图 7。

5.3 风险评价

灾害风险为在一定区域一定时间内由于灾害发生可能导致的人员伤亡、财产损失以及对经济活动的干扰, Varnes(1984)据此提出风险计算模型为:

$$R = H \times V \times E \quad (5)$$

式中: R ——风险;

H ——危险性;

V ——易损性;

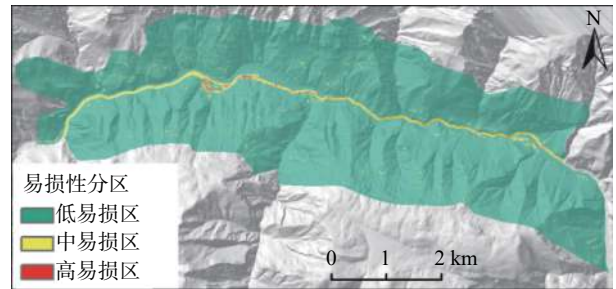


图 7 研究区易损性分区图

Fig. 7 Vulnerability map of study area

E ——承灾体价值。

该模型充分考虑了承灾体的类型及其抗灾能力、灾害致灾强度, 如今在国际上得到广泛认可。据此计算出研究区地质灾害风险评价模型如图 8。

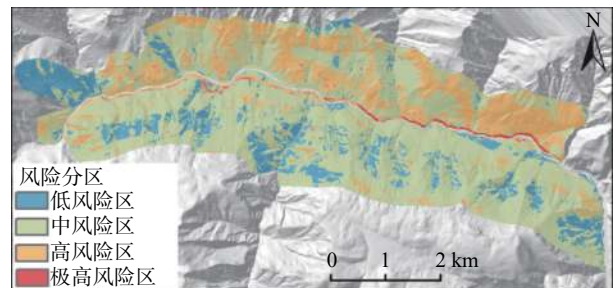


图 8 研究区风险性分区图

Fig. 8 Risk map of study area

利用 ArcGIS 自然间断点法栅格重分类, 将研究区分为低、中、高、极高风险区。

地质灾害风险评价统计分析结果如表 3 所示。地质灾害在风险性超过中风险区的面积为 0.98 km², 占地地质灾害面积的 98.99%。而低、中易发区中的地质灾害占总灾害面积的比例仅有 0.72%。

表 3 研究区地质灾害风险分级统计

Table 3 Statistics analysis result of risk classes

风险分区	分区面积/km ²	百分比%	地灾点面积/km ²	百分比%
低风险区	3.39	13.86	0.01	0.72
中风险区	15.48	63.31	0.33	33.56
高风险区	5.32	21.74	0.63	63.74
极高风险区	0.26	1.08	0.02	1.69
中及以上风险性	21.07	86.13	0.98	98.99

风险评价结果分析: 高、极高风险区主要位于西溪河北岸斜坡及河流两侧斜坡底部, 人口众多, 建筑密集有下堡集镇、西宁中学、西宁水电站, 省道 301 等重要承灾体。风险评价结果与现场调查结果高度一致, 研究区北侧斜坡中上部发生高位崩滑地质灾害威胁西溪河

底部承灾体安全。

6 结论

本文以巫溪县下堡镇宁桥片区(24.82 km²)为例,选取高程、坡度、坡向、工程地质岩组、距水系距离、距褶皱距离作为评价因子,进行了地质灾害易发性评价,选取道路及建筑易损性进行了易损性评价,进而构建风险评价模型。

(1)信息量法分别对 6 个地质灾害易发性的评价因子的二级分类做出计算,得到各评价因子二级分类下的信息量值。结果显示,当坡向在南及南西坡向范围,坡度范围在 50°~90°之间,高程在 500~600 m、800~1100 m 范围内,岩性灰岩夹粉砂岩、页岩时,在距离河流为 0~1.1 km 范围内,距褶皱距离为不超过 0.8 km 时,信息量值为正,有利于研究区地质灾害的发育。

(2)宁桥片区高、极高易发性主要集中于西溪河北侧斜坡区域,斜坡中上部发育危岩崩塌,斜坡中下部发育崩塌堆积体滑坡。高、极高风险区主要分布在研究区的北部、西溪河以北区域,人类活动频繁,承灾体众多;小部分分布在东北、东南部。

参考文献 (References) :

- [1] NILSEN T H, BRABB E E. 18 slope-stability studies in the San Francisco Bay region, California [J]. *Reviews in Engineering Geology*, 1977: 233-244.
- [2] 刘希林. 泥石流危险度判定的研究 [J]. *灾害学*, 1988, 3: 10-15. [LIU Xilin. Study on determination of debris flow hazard [J]. *Science of Disaster*, 1988, 3: 10-15. (in Chinese with English abstract)]
- [3] 张旭光, 李瑞冬. 基于层次分析法和GIS的甘肃省武山县地质灾害易发性区划研究 [J]. *甘肃地质*, 2012, 21(3): 71-78. [ZHANG Xudong, LI Ruidong. Geo-hazard susceptibility zoning study in Wushan County, Gansu based on the combination of AHP and GIS [J]. *Gansu Geology*, 2012, 21(3): 71-78. (in Chinese with English abstract)]
- [4] 彭令, 牛瑞卿, 赵艳南, 等. 基于核主成分分析和离子群优化支持向量机的滑坡位移预测 [J]. *武汉大学学报(信息科学版)*, 2013, 38(2): 148-161. [PENG Ling, NIU Ruiqing, ZHAO Yannan, et al. Prediction of landslide displacement based on KPCA and PSO-SVR [J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2013, 38(2): 148-161. (in Chinese with English abstract)]
- [5] 许冲. 汶川地震滑坡灾害分布规律与危险性评价 [J]. *岩石力学与工程学报*, 2012, 31(2): 432-432. [XU Chong. Distribution law and risk assessment for Wenchuan earthquake-triggered landslides [J]. *Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering*, 2012, 31(2): 432-432. (in Chinese with English abstract)]
- [6] 孟祥瑞, 裴向军, 刘清华, 等. GIS支持下基于因子分析法的都汶路沿线地质灾害易发性评价 [J]. *中国地质灾害与防治学报*, 2016, 27(3): 106-115. [MENG Xiangrui, PEI Xiangjun, LIU Qinghua, et al. GIS-based susceptibility assessment of geological hazards along the road from Dujiangyan to Wenchuan by factor analysis [J]. *The Chinese Journal of Geological Hazard and Control*, 2016, 27(3): 106-115. (in Chinese with English abstract)]
- [7] 田春山, 刘希林, 汪佳. 基于CF和Logistic回归模型的广东省地质灾害易发性评价 [J]. *水文地质工程地质*, 2016, 43(6): 154-161. [TIAN Chunshan, LIU Xilin, WANG Jia. Geohazard susceptibility assessment based on CF model and Logistic regression models in Guangdong [J]. *Hydrogeology & Engineering Geology*, 2016, 43(6): 154-161. (in Chinese with English abstract)]
- [8] 张瑛. "5.12"汶川大地震震裂山体灾害勘察评价与治理设计方法研究[D]. 成都: 成都理工大学, 2009. [ZHANG Ying. Mountain disaster investigation assessment in 5.12 Wenchuan earthquake and control design methods research[D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2009. (in Chinese with English abstract)]
- [9] 李滨, 殷跃平, 高杨, 等. 西南岩溶山区大型崩滑灾害研究的关键问题 [J]. *水文地质工程地质*, 2020, 47(4): 5-13. [LI Bin, YIN Yueping, GAO Yang, et al. Critical issues in rock avalanches in the karst mountain areas of southwest China [J]. *Hydrogeology & Engineering Geology*, 2020, 47(4): 5-13. (in Chinese with English abstract)]
- [10] 万佳威, 褚宏亮, 李滨, 等. 西藏嘉黎断裂带沿线高位链式地质灾害发育特征分析 [J]. *中国地质灾害与防治学报*, 2021, 32(3): 51-60. [WAN Jiawei, CHU Hongliang, LI Bin, et al. Characteristics, types, main causes and development of high-position geohazard chains along the Jiali fault zone, Tibet, China [J]. *The Chinese Journal of Geological Hazard and Control*, 2021, 32(3): 51-60. (in Chinese with English abstract)]