

基于地层岩性的崩塌滑坡敏感性分析 ——以 5·12 震后都汶公路沿线为例^{*}

刘应辉^{1,2}, 朱颖彦^{2,3}, 苏凤环^{2,3}, 王春振^{2,3}

(1. 兰州大学 土木工程与力学学院, 兰州 730000; 2. 中国科学院 山地灾害与地表过程重点实验室, 成都 610041; 3. 中国科学院 水利部 成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041)

摘 要:以都汶公路左右 5 km 为研究区,引入森林立地类型划分方法,根据研究区的实际情况,把研究区划分为 6 类立地类型组,其中低海拔阳坡有 176.11 km²、低海拔阴坡有 156.89 km²、中海拔阳坡有 174.76 km²、中海拔阴坡有 174.80 km²、高海拔阳坡有 41.59 km²、高海拔阴坡有 39.35 km²,并分析了各地层岩性在各类立地类型组的分布关系;然后利用敏感性系数 SC,分析了研究区内崩塌滑坡对地层岩性的敏感性,根据区域实际情况将敏感性系数划分为 4 个等级,其中极敏感区占研究区的 29.39%、较敏感区占 24.57%、较不敏感区占 19.62%、极不敏感区占 26.42%。

关键词:立地类型; 敏感性; 崩塌滑坡; 地层岩性

中图分类号: P642.22

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)03-0125-06

Sensitivity Analysis of Collapse and Landslide on Stratum Lithology - Taking Dou-wen Highway of Post-earthquake as an Example

LIU Ying-hui^{1,2}, ZHU Ying-yan^{1,3}, SU Feng-huan^{2,3}, WANG Chun-zhen^{2,3}

(1. School of Civil Engineering and Mechanics, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China; 2. Key Laboratory of Mountain Hazards and Surface Process, CAS, Chengdu 610041, China; 3. Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS, Chengdu 610041, China)

Abstract: Taking Dou-wen Highway about five kilometers as research area, introducing the method of woods site type classification, according to research area actual situation, the research area is divided into six kinds of site types groups: low elevation sunny slope (176.11 km²), low elevation shady slope (156.89 km²), middle elevation sunny slope (174.76 km²), middle elevation shady slope (174.80 km²), high elevation sunny slope (41.59 km²), high elevation shady slope (39.35 km²), and analyzed the relationships between site type groups and stratum lithology. Then using sensitivity coefficient analyzed the sensitivity of collapse and landslide to stratum lithology in research area, according to research area actual situation, the sensitivity coefficient is divided into four ranks which extremely sensitive area accounts for 29.39% of the area of research area, slightly sensitive area accounts for 24.57%, slightly insensitive area accounts for 19.62%, extremely insensitive area accounts for 26.42% of the area of research area respectively.

Key words: site type; sensitivity coefficient; collapse and landslide; stratum lithology

2008 年 5 月 12 日 14 点 28 分,在我国四川省汶川县发生了里氏 8.0 级大地震,本次地震波及范围广、诱发次生山地灾害多、危害巨大、救灾困难,均

为历史罕见。由于地震重灾区位于四川盆地西北部山区,山高谷深,地质构造复杂,断裂发育,地震灾害直接诱发大量崩塌、滑坡、泥石流等次生山地灾害,

^{*} 收稿日期: 2008-11-13

基金项目: 国家自然科学基金项目: 5·12 汶川大地震次生灾害应急考察和减灾对策(40841011)

作者简介: 刘应辉(1982-),男,河南洛阳市人,在读硕士,主要从事 GIS 应用、山地灾害评价。E-mail: yhliu_1982@163.com

对山区城镇村庄、道路交通、水利水电工程和通讯基础设施等造成严重破坏,给灾区抗震救灾和灾后重建带来了巨大的困难。本文是在对都汶公路沿线实地考察和室内资料处理的基础上进行初步分析,利用敏感性系数 SC 公式定量分析了崩塌滑坡对地层岩性的敏感性,为灾后资源环境承载能力评价和灾区重建提供一定的科学支撑和依据。

1 研究区概况

选取都汶公路左右 5 km 为研究区域(图 1)。研究区位于四川盆地西北部山区,岷江上游,位于 $103^{\circ}25'00''$ - $103^{\circ}39'00''$ E, $30^{\circ}55'00''$ - $31^{\circ}32'00''$ N, 区域面积 763.49 km^2 。区内山高坡陡,地质构造复杂,断裂发育;河谷深切,河宽仅 50~100 m,滩多流急。沿河谷两岸由于 5·12 地震直接诱发形成了许多崩塌滑坡,掩埋公路、村庄等,给灾区抗震救灾和灾后重建带来了巨大的困难,也给区域生态环境造成了巨大破坏。

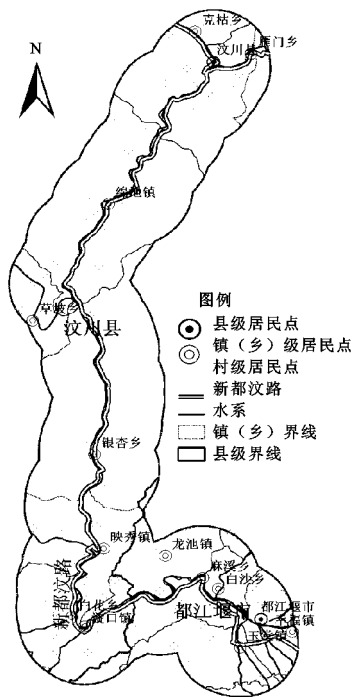


图 1 研究区基础信息图

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

本研究使用的数据主要来源为: 地层岩性由四川省地质局第二区域地质测量队编制的 1:20 万的茂汶幅(H-48-)、灌县幅(H-48-)拼接矢量化得来; 基础地理数据来自四川省 1:5 万和 1:25 万的电子地图,主要利用了居民点、道路、水系、行政区等; 崩塌滑坡数据是在室内遥感图像解

译和室外研究区实地考察综合获得,遥感数据来自 ADS40 航空数据、福卫数据和 TM 数据,其中 ADS40 数据和福卫数据精度为 2 m 空间分辨率、TM 数据精度为 30 m 空间分辨率; 地形数据来自研究区 1:5 万地形图。

2.2 研究方法

2.2.1 立地类型组划分 立地类型分类最早来自森林研究,其基本思想是以水、肥、气、热等的相对差异为指导,探讨立地条件与植被生长的相关性。各式各样的立地类型由气候(光照、温度、水分、空气等)、土壤(土壤组成、结构、物理及化学性质以及土壤有机物质等)、生物(主要是植被)、地形(山地、丘陵、平原、坡度、坡位、坡向等)诸因素综合形成。实际研究中因地区或地段不同,影响因子有主次之分,影响范围有大小之别。在干旱地区,水分缺乏是影响立地质量的主要因素,可引起土壤干燥贫瘠,植被单一。在山区,地形对光照、热量、水分以及土壤肥力等起着再分配作用,成为立地质量的支配因素^[1-2]。

在《中国森林立地分类》一书中,提出了中国森林立地分类的分类系统,即立地区域-立地区-立地亚区-立地类型小区-立地类型组-立地类型。前 3 个是区划单元,后 3 个是分类单元^[1-2]。

2.2.2 敏感性系数 SC (Sensitivity Coefficient)

崩塌滑坡敏感性分析定量研究有很多种方法,如专家打分分析、 CF 值分析、 SC 值分析等。本文采用敏感性系数 SC 来定量研究单因子对崩塌滑坡的敏感性,敏感性系数 SC 公式为

$$SC_i = \ln(H_i/D) \quad (1)$$

式中: SC_i ——第 i 类评价指标因子对崩塌滑坡的敏感性; H_i ——崩塌滑坡在第 i 类指标中分布的面积比率或出现的频率; D ——崩塌滑坡占研究区域总面积的比率。

SC_i 的值为正表示敏感程度,值越大,敏感性越高,该指标内崩塌滑坡容易发生; SC_i 的值为负表示不敏感程度,值越小,越不敏感,该指标内崩塌滑坡不容易发生^[3-5]。

3 立地类型组划分及其与地层岩性的关系

本文主要研究区域立地类型组的划分及其在各立地类型组中崩塌滑坡对地层岩性的敏感性,所以首先分析一下研究区的立地类型组划分以及地层岩性和立地类型组的关系。

3.1 立地类型组划分

立地类型组是立地分类的二级单位,是水热条

件相似的立地类型组合^[1]。研究区地处西南山区,根据山区划分立地类型组的一般规律,选取地形条件用来作为划分立地类型的主导因子,而海拔高度和坡向作为影响水热再分配的地形因子,在西南山区有着明显的主导和限制作用,因此选择这两个因子作为立地类型组划分的主要依据。根据研究区实际情况将海拔高度分为 3 级:高海拔(高程>2 500 m)、中海拔(1 500 m<高程<2 500 m)、低海拔(高程<1 500 m)。

根据不同的坡向划分阳坡(西、东南、西南、南)和阴坡(北、东北、西北、东)。

利用 Arc GIS 9.2 根据 1:5 万地形图生成研究

区的数字高程模型 DEM。把 DEM 按上面海拔分级标准重分类生成 3 级海拔图(附图 1a)。利用 DEM 生成坡向图,生成的坡向图默认的是 8 个方向,根据区域实际情况将坡向图重分类为阳坡阴坡图(附图 1b)。然后将生成的海拔图和阳坡阴坡图转化为矢量图层,再利用 Arc GIS 9.2 的 Intersect 工具将生成的矢量图进行叠加,得到研究区立地类型组分类图(附图 1c)。

在坐标系统完整的条件下,利用 Arc GIS 9.2 自带的面积计算工具(Calculate Geometry)可以方便计算出各立地类型组的面积及占研究区的百分比(表 1)。

表 1 各立地类型组占研究区的面积

项 目	低海拔阳坡	低海拔阴坡	中海拔阳坡	中海拔阴坡	高海拔阳坡	高海拔阴坡
面积/km ²	176.11	156.89	174.76	174.80	41.59	39.35
百分比/%	23.07	20.55	22.89	22.89	5.45	5.15

由表 1 可知,研究区内同一海拔范围内阳坡和阴坡的面积大体相当,但总体来说阳坡的面积略大于阴坡的面积;低海拔和中海拔的区域面积相当,而高海拔的面积要小得多。

3.2 敏感性因子选取及其与立地类型组的关系

物源条件是崩塌滑坡发生的前提条件,其与温差、植被、人类活动、地质等有密切的关系,而地质因素则是这些因素中的主要因素,主要包括内力地质作用(岩性、构造、新构造运动、地震、火山活动等)和外力地质作用(风化作用、侵蚀作用等),内、外力地质作用相互关联、相互组合作用,控制着崩塌滑坡的发育规律、类型特征、速度、数量、大小等^[4-5]。

从崩塌滑坡的定义可以知道,岩土体对崩塌滑坡的形成和活动具有重要的影响和作用,在断裂活动强烈地带,由于岩土体遭到破坏,山体破碎,为崩塌滑坡形成提供了大量的、有利的活动物质来源。而岩性不仅决定着岩土体遭受破坏的难易和方式,而且还决定着形成崩塌滑坡的性质,是崩塌滑坡直接的物质提供者。本文主要分析各种崩塌滑坡对地层岩性的敏感性以及在各立地类型组中崩塌滑坡对地层岩性的敏感性。

下面分析一下地层岩性和立地类型组的关系。利用 Arc GIS 9.2 软件将 1:20 万地质图矢量化后得到地层岩性图,统计获得研究区内共有 32 种地层岩性(表 2)。

然后利用 Intersect 工具将立地类型组图和地层岩性图叠加生成一个立地类型组-地层岩性图层,对立地类型组-地层岩性图层属性分析得到各种地层岩性在各类立地类型组中的分布关系(见表 3)。

表 2 研究区地层岩性代码

地层岩性	代码
奥陶系龟裂纹灰岩或大理岩夹灰绿色千枚岩	1
白垩系,灌口组,砾岩、砂岩、粉砂岩、砂质泥岩	2
白垩系,夹关组,砾岩、碎屑砂岩、泥岩	3
第四系全新统,亚砂土、亚黏土、砂、砾	4
二迭系下统,灰岩、白云质灰岩、泥质灰岩	5
泥盆系,月里寨群,上组,灰岩、千枚岩	6
泥盆系,月里寨群,下组,千枚岩夹灰岩、石英砂岩	7
泥盆系中统,观雾山组,白云质灰岩、白云岩	8
三迭系上统,须家河组,长石及岩屑砂岩、粉砂岩、煤层	9
石炭系,灰岩、泥灰岩	10
第三系,砾岩、含砾砂岩、粉砂岩、泥岩	11
元古代濛江-晋宁期,第三期,角闪辉长岩、辉长岩	12
元古代濛江-晋宁期,第三期,闪长岩	13
元古代濛江-晋宁期,第三期,石英闪长岩	14
元古代濛江-晋宁期,第四期,黑云花岗岩	15
元古代濛江-晋宁期,第四期,花岗闪长岩	16
元古代濛江-晋宁期,第四期,斜长花岗岩	17
元古代濛江-晋宁期,第五期,钾长花岗岩	18
元古界黄水河群,上部岩组,石墨片岩、石英岩	19
元古界黄水河群,下部岩组,流纹岩、英安岩	20
元古界黄水河群,下部岩组,玄武岩、流纹岩、英安岩	21
元古界黄水河群,中部岩组,斜长岩、角闪岩	22
震旦系上统,灯影组,白云岩、粉岩、硅质岩、页岩	23
震旦系下统,火山岩组,安山岩、流纹岩	24
志留系茂县群,第二组,灰绿色深灰色千枚岩、钙质砂岩	25
志留系茂县群,第三组,深灰色千枚岩、砂岩、白云岩	26
志留系茂县群,第五组,灰色、灰绿色千枚岩、变质砂岩	27
志留系茂县群,第一组,灰绿色、黑色千枚岩、结晶灰岩	28
侏罗系上统,莲花口组,砾岩、砂岩、粉砂岩、泥岩	29
侏罗系上统,莲花口组,砾状砂岩、砂岩、粉砂岩、泥岩	30
侏罗系下统,自流井群,砾岩、石英砂岩、细砂岩、泥岩	31
第四系全新统,砾、砂砾、粉砂土	32

表 3 各立地类型组与地层岩性的分布关系

代码	立地类型组						面积/ km ²	
	低海拔阳坡	低海拔阴坡	中海拔阳坡	中海拔阴坡	高海拔阳坡	高海拔阴坡		
1	0	0	0	0.05	0.54	0.46	1.05	
2	0.76	0.85	0	0	0	0	1.60	
3	1.75	2.24	0	0	0	0	3.99	
4	34.56	14.68	0	0	0	0	49.24	
5	6.08	3.08	0.53	0.67	0	0	10.36	
6	4.70	5.50	13.29	16.57	0.14	0	40.20	
7	0.06	0.04	1.64	4.05	0.04	0.03	5.85	
8	0.14	0.88	N	0.03	0	0	1.04	
9	58.86	61.07	4.66	3.99	0	0	128.58	
10	4.10	4.31	0.10	0.10	0	0	8.61	
11	1.72	2.92	0	0	0	0	4.63	
12	0.82	0.39	0	0	0	0	1.21	
13	12.65	10.95	24.45	24.33	13.72	16.35	102.45	
14	0	0	0.41	0.38	0.26	0.02	1.07	
地层 岩性	15	15.27	13.39	33.89	27.65	9.30	5.90	105.39
	16	0.05	0	1.25	0.10	0	0	1.39
	17	15.04	12.28	40.58	41.74	7.95	6.31	123.90
	18	0	0	0.04	0	0.13	0	0.17
	19	3.66	1.98	5.63	4.79	0.70	1.05	17.81
	20	0.52	0.98	0.04	0.00	0	0	1.54
	21	4.50	3.52	4.54	4.44	0	0	17.00
	22	0	0	0.61	1.11	0.39	0.56	2.66
	23	0	0	1.85	3.18	1.73	3.66	10.42
	24	2.64	1.42	0.26	0.95	0	0	5.28
	25	2.42	2.17	24.32	23.29	4.47	3.94	60.62
	26	0.27	0.22	7.06	7.39	2.02	1.07	18.03
	27	0	0	0.48	0.58	0.04	0.37	1.48
	28	0.07	0.06	0.87	0.01	0	0	1.01
	29	3.74	5.90	0	0	0	0	9.65
	30	0	0.06	0	0	0	0	0.06
	31	1.56	6.94	7.79	9.13	0	0	25.42
	32	0.88	0.89	0	0.01	0	0	1.78
面积/ km ²	176.11	156.89	174.76	174.80	41.59	39.35	763.49	

从表 3 可以看出,研究区主要以 4,6,9,13,15,17,25 这 7 种地层岩性为主,7 种地层岩性的和占到研究总面积的 80 % 以上。就研究区的 35 种地层岩性来说,按缺失率分析,高海拔缺失率最大,中海拔中间,低海拔最小,说明高海拔岩性相对比较单一,低海拔的岩性种类相对最全;而在阳坡和阴坡的岩性缺失情况基本相当,只是在同一海拔内缺失的岩性略有不同。

从表 3 可以看出,低海拔区域内主要以 4,9,13,15,17 五种地层岩性为主,这五种地层岩性占低

海拔区域的 75 %;中海拔区域内主要以 6,13,15,17,25 五种地层岩性为主,这五种地层岩性占中海拔区域的 77 %;高海拔区域内主要以 13,15,17 三种地层岩性为主,这三种地层岩性占高海拔区域的 74 %。其中 13,15,17 这三种地层岩性在三个海拔区域内都有大量分布。

4 地层岩性对崩塌滑坡敏感性分析

4.1 敏感性系数 SC 公式具体化

目前,国内外计算崩塌滑坡敏感性系数的方法

有两类:将崩塌滑坡作为面状灾害和将崩塌滑坡作为点状灾害灾点分析法,本研究选用面状分析法进行敏感性分析。

具体计算时,根据实际情况将公式(1)具体化为下面的公式:

$$SC_i = \ln(H_i/D) = \ln(Abh_i/A_i)/(Abh/At) \quad (2)$$

式中: Abh_i ——崩塌滑坡范围内第 i 类因子指标的

面积; A_i ——研究区内第 i 类因子指标的总面积; Abh ——研究区内崩塌滑坡的总面积; At ——研究区的总面积^[5]。

4.2 崩塌滑坡对不同地层岩性的敏感性分析

利用公式(2)分析崩塌滑坡对各地层岩性的总体敏感性以及对地层岩性在各立地类型组中的敏感性(表 4)。

表 4 崩塌滑坡对地层岩性的敏感性

代码	总体 敏感性	立地类型组					
		低海拔阳坡	低海拔阴坡	中海拔阳坡	中海拔阴坡	高海拔阳坡	高海拔阴坡
1	N/A	W	W	W	N/A	N/A	N/A
2	N/A	N/A	N/A	W	W	W	W
3	N/A	N/A	N/A	W	W	W	W
4	N/A	N/A	N/A	W	W	W	W
5	1.76	1.49	0.62	N/A	N/A	W	W
6	0.71	0.64	0.09	0.72	1.22	N/A	W
7	1.91	N/A	N/A	1.72	2.40	N/A	N/A
8	N/A	N/A	N/A	W	N/A	W	W
9	2.07	1.54	2.22	2.34	0.45	W	W
10	0.89	1.40	1.44	0.92	N/A	W	W
11	N/A	N/A	N/A	W	W	W	W
12	0.16	0.51	0.88	W	W	W	W
13	0.56	0.94	0.95	0.45	0.23	0.94	0.44
14	- 1.88	W	W	- 1.97	N/A	- 0.57	N/A
15	0.40	1.11	1.01	0.23	0.23	- 2.41	- 1.14
16	N/A	N/A	W	N/A	N/A	W	W
17	0.73	0.98	1.53	0.41	0.56	0.73	0.38
18	N/A	W	W	N/A	W	N/A	W
19	0.60	0.33	N/A	0.54	0.59	N/A	0.31
20	- 2.80	N/A	- 1.67	N/A	W	W	W
21	1.03	1.31	0.81	0.86	1.09	W	W
22	0.49	W	W	0.99	0.52	N/A	- 0.27
23	- 0.78	W	W	0.33	0.68	- 2.30	- 2.62
24	- 3.44	- 2.34	N/A	N/A	N/A	W	W
25	1.28	0.84	1.00	1.91	1.58	1.21	2.09
26	- 1.14	- 3.06	- 1.11	1.48	1.04	- 4.14	- 2.48
27	- 2.10	W	W	- 2.12	- 4.36	N/A	- 1.34
28	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	W	W
29	N/A	N/A	N/A	W	W	W	W
30	N/A	W	N/A	W	W	W	W
31	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	W	W
32	N/A	N/A	N/A	W	N/A	W	W

注: N/A 表示研究区有这种岩性但没有崩塌滑坡发生,用同一立地类型组中的最小敏感性系数代替。W 表示研究区没有这种岩性。

从表 4 可以看出,对整个研究区来说,对崩塌滑坡最敏感的是 9 号地层岩性($SC=2.07$),其次是 7 号地层岩性($SC=1.91$);对崩塌滑坡最不敏感的是

1,2,3,4,8,11,16,18,28,29,30,31,32 这 13 种地层岩性(在研究区内,这 13 种地层岩性内没有崩塌滑坡发生),其次是 24 号地层岩性($SC=-3.44$)。

从表 4 可以看出,对各立地类型来说:

在低海拔阳坡内,对崩塌滑坡最敏感的是 9 号地层岩性($SC=1.54$),其次是 5 号地层岩性($SC=1.49$);对崩塌滑坡最不敏感的是 2,3,4,7,8,11,16,20,28,29,31,32 这 12 种地层岩性(在低海拔阳坡内,这 12 种地层岩性内没有崩塌滑坡发生),其次是 26 号地层岩性($SC=-3.06$)。

在低海拔阴坡内,对崩塌滑坡最敏感的是 9 号地层岩性($SC=2.22$),其次是 17 号地层岩性($SC=1.53$);对崩塌滑坡最不敏感的是 2,3,4,7,8,11,19,24,28,29,30,31,32 这 13 种地层岩性(在低海拔阴坡内,这 13 种地层岩性内没有崩塌滑坡发生),其次是 20 号地层岩性($SC=-1.67$)。

在中海拔阳坡内,对崩塌滑坡最敏感的是 9 号地层岩性($SC=2.34$),其次是 25 号地层岩性($SC=1.91$);对崩塌滑坡最不敏感的是 5,16,18,20,24,28,31 这 7 种地层岩性(在中海拔阳坡内,这 7 种地层岩性内没有崩塌滑坡发生),其次是 27 号地层岩性($SC=-2.12$)。

在中海拔阴坡内,对崩塌滑坡最敏感的是 7 号地层岩性($SC=2.40$),其次是 25 号地层岩性($SC=1.58$);对崩塌滑坡最不敏感的是 1,5,8,10,14,16,24,28,31,32 这 10 种地层岩性(在中海拔阴坡内,这 10 种地层岩性内没有崩塌滑坡发生),其次是 27 号地层岩性($SC=-4.36$)。

在高海拔阳坡内,对崩塌滑坡最敏感的是 25 号地层岩性($SC=2.21$),其次是 13 号地层岩性($SC=0.94$),对崩塌滑坡最不敏感的是 1,6,7,18,19,22,27 这 7 种地层岩性(在高海拔阳坡内,这 7 种地层岩性内没有崩塌滑坡发生),其次是 26 号地层岩性($SC=-4.14$)。

在高海拔阴坡内,对崩塌滑坡最敏感的是 25 号地层岩性($SC=2.09$),其次是 13 号地层岩性($SC=0.44$),对崩塌滑坡最不敏感的是 1,7,14 这 3 种地层岩性(在高海拔阴坡内,这 3 种地层岩性内没有崩塌滑坡发生),再其次是 23 号地层岩性($SC=-2.62$)。

4.3 敏感性系数分级

根据敏感性系数值的大小和研究区的实际情况,将敏感性系数划分等级:将 $SC>0$ 的区域称为敏感区,其中 $0<SC\leq 0.5$ 的区域为较敏感区, $SC>0.5$ 的区域为极敏感区;将 $SC<0$ 的区域称为不敏

感区,其中 $-2\leq SC<0$ 的区域为较不敏感区, $SC<-2$ 的区域为极不敏感区。根据分级情况得到研究区内崩塌滑坡对地层岩性敏感性系数分级图(附图 2)和各级区域占研究区的面积和百分比(表 5)。

表 5 各级区域占研究区的面积和百分比

指 标	极敏感区	较敏感区	较不敏感区	极不敏感区
面积/ km^2	224.37	187.57	149.83	201.72
百分比/%	29.39	24.57	19.62	26.42

5 结 论

(1)通过分析得知,从整个研究区来看崩塌滑坡最敏感的地层岩性是三迭系上统须家河组的长石及岩屑砂岩、粉砂岩、煤层。在低海拔阳坡、低海拔阴坡和中海拔阳坡内崩塌滑坡最敏感的地层岩性都是三迭系上统须家河组的长石及岩屑砂岩、粉砂岩、煤层;在中海拔阴坡内崩塌滑坡最敏感的地层岩性是泥盆系月里寨群下组的千枚岩夹灰岩、石英砂岩;在高海拔阳坡和高海拔阴坡内崩塌滑坡最敏感的地层岩性是志留系茂县群第二组的灰绿色深灰色千枚岩、钙质砂岩。

(2)利用敏感性系数 SC (Sensitivity Coefficient),分析崩塌滑坡对各地层岩性总体敏感性以及在各立地类型组内崩塌滑坡对地层岩性的敏感性,并根据实际情况把研究区分成 4 级:极敏感区、较敏感区、较不敏感区、极不敏感区,面积分别为:224.37 km^2 、187.57 km^2 、149.83 km^2 、201.72 km^2 ,敏感区和不敏感区分别占整个研究区域的 53.96% 和 46.04%。

参考文献:

- [1] 谢贤健,韦方强.蒋家沟流域立地类型划分及土地利用现状研究[J].安徽农业科学,2008,36(9):3794-3799.
- [2] 樊良新,刘悦翠.基于 GIS 的晋西王家沟小流域造林立地条件类型划分研究[J].西北林学院学报,2006,21(3):184-188.
- [3] 唐川.金沙江流域(云南境内)山地灾害危险性评价[J].山地学报,2004,22(4):451-460.
- [4] 唐川.云南怒江流域泥石流敏感性空间分析[J].地理研究,2005,24(2):178-186.
- [5] 何易平,马泽忠,谢洪等.长江上游地区不同土地利用方式对山地灾害的敏感性分析:以金沙江一级支流流域为例[J].长江流域资源和环境,2005,14(4):528-533.