

# 山东省栖霞市泥石流灾害的 成生环境及危险性趋势分区评价

田梅青<sup>1</sup>, 姜振泉<sup>1</sup>, 刘炜金<sup>2</sup>, 王 经<sup>2</sup>, 许春莲<sup>3</sup>

(1. 中国矿业大学 资源学院, 江苏 徐州 221008; 2. 烟台地质环境监测站,

山东 烟台 264400; 3. 徐州岩土公司 江苏 徐州 221008)

[摘要] 栖霞市是地质灾害多发区, 主要地质灾害有泥石流、崩塌和滑坡, 尤其是泥石流灾害频发, 其形成主要受自然地理环境、地质条件和人类经济活动影响。因而在地质灾害调查成果基础上, 将泥石流的发育频度、面积密度和规模进行了分级, 采用袭扰系数法对区内泥石流灾害的危险性趋势进行了分区评价, 确定了泥石流灾害的高危区、中危区和低危区, 为泥石流灾害防治提供了科学依据。

[关键词] 泥石流; 成生环境; 袭扰系数法; 预测分区; 地质灾害; 栖霞市; 山东省

[中图分类号] P642 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2005)04-0024-04

[作者简介] 田梅青(1979-), 女, 山西昔阳人, 硕士研究生, 从事地质工程研究。

## 0 引言

山东省栖霞市位于胶东半岛中部, 是典型的低山丘陵区, 区内群山起伏, 丘陵连绵, 素有“胶东屋脊”之称, 平均海拔 178.72 m, 面积约 2 016.02 km<sup>2</sup>, 地貌形态分为山区、丘陵、河谷平原 3 大类型, 地势上中间高, 南北两侧低。

栖霞市是胶东半岛地质灾害较严重区, 多发灾害种类包括泥石流、地表塌陷、地裂缝、崩塌和滑坡等, 其中尤以突发性泥石流的灾害频度和损失最严重。根据近期的地质灾害调查, 结果表明, 截止 2001 年底, 区内 58 例较严重的地质灾害中, 泥石流灾害有 31 例, 造成 45 人死亡和上千万元的直接经济损失, 在全区由地质灾害导致的经济损失中, 泥石流灾害损失所占比例高达 81.94%。

栖霞区内泥石流主要集中于东部低山丘陵区及中南部的低山区。调查统计发现, 区内泥石流灾害往往与崩塌、滑坡灾害相伴生, 崩塌、滑坡形成的松散堆积物成为泥石流的主要固体物来源, 加上利于大气降水汇集的地形地貌环境, 构成了易发泥石流灾害的两大要素。笔者根据栖霞地区的地质灾

害调查资料, 对比分析了区内泥石流与崩塌、滑坡灾害的分布情况, 在此基础上, 采用袭扰系数法对 3 种地质灾害的易发程度、灾害密度和强度进行了分区, 并分析了泥石流灾害与崩塌、滑坡的伴生关系, 为区内泥石流灾害防治提供了重要依据。

## 1 地质灾害状况及形成条件

### 1.1 灾害状况

#### 1.1.1 崩塌

栖霞市境内的崩塌点众多, 以中小规模为主, 地层岩性以滑石片岩、绿泥石板岩、云母片麻岩等各类变质岩居多, 其次为石灰岩、花岗岩和橄榄霞石岩, 区域上分布相对集中, 区内已发生的 16 起中等以上规模的崩塌灾害中, 有 13 处集中于栖霞镇、蛇窝泊、桃村镇所辖区内, 表 1 为栖霞市境内崩塌体体积超过 100 m<sup>3</sup> 的几处崩塌情况, 其崩塌诱因主要为采矿、采石及降雨所致。

#### 1.1.2 滑坡

区内滑坡以小规模浅层滑塌为主(俗称片坡、突坡、龙爪沟等), 且多见以成群分布, 单体滑坡体体积一般小于 100 m<sup>3</sup>。根据 2001 年的调查结果, 滑坡体体积超过 10×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup> 的中型规模滑坡有 3 处(表 2), 其滑坡诱因主要为降雨所致。

表 1 栖霞市境内崩塌基本情况统计

Table 1 Statistic of Basal Condition of Collapse in Qixia City

地 区	崩塌地点	发生时间	岩性	$V/m^3$
蛇窝泊镇	口子村南 300 m	1998 08	凝灰岩	750
	大河北村东 800 m	1999 07	凝灰岩	500
栖霞镇	黄崖底村北	1990 07	橄榄霞石岩	100
	上刘家南 466 高地		橄榄霞石岩	30 000
	牟家庄村南唐山砌		橄榄霞石岩	30 000
桃村镇	甲格庄村北	1995 07	石灰岩	100
松山镇	百里店村东 200 m	1999 08	凝灰岩	150
观里镇	马家庄东方山		橄榄霞石岩	1 000

表 2 栖霞市境内较大滑坡基本情况统计

Table 2 Statistic of Basal Condition of Landslip in Qixia City

滑坡点位置	$l/m$	$b/m$	$h/m$	$V/10^4 m^3$
唐家泊镇东上寨东北	100	75	20	15.0
桃村镇南乔村东 550 m	200	120	10	24.0
庙后镇滑石矿区东南	230	80	30	55.2

1. 1. 3 泥石流

栖霞市有记载的现代泥石流中,大型 4 处((20~50)×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>),中型 13 处((2~20)×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>),小型 14 处(2×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>),主要发生于低山丘陵变质岩地区(表 3)。

表 3 栖霞市境内泥石流基本情况统计

Table 3 Statistic of Basal Condition of Rock Flow in Qixia City

位置	灾害点数	灾害规模	灾害特点	物质来源
蛇窝泊	5	小型 3 处, 中型 2 处	暴雨型, 季节和地域分布比较集中; 汇水面积一般在 0.5~5 km <sup>2</sup> 范围; 坡度 30°~40°; 海拔高 100~400 m	崩 滑 塌 形 成 的 坡 积 物; 采 矿 及 采 石 残 渣; 风 化 残 积 物
栖霞镇	4	小型 2 处, 中型 1 处, 大型 1 处		
亭口镇	9	小型 4 处, 中型 3 处, 大型 2 处		
唐家泊	3	小型 1 处, 中型 1 处, 大型 1 处		
桃村镇	7	小型 3 处, 中型 4 处		
庙 后	1	中型 1 处		
松 山	1	小型 1 处		
苏家店	1	中型 1 处		

1. 2 地质灾害的形成条件

栖霞市崩塌、滑坡、泥石流灾害的地域分布比较一致, 主要集中于东部低山丘陵区及中南部的庙顶、老庙顶一带低山区, 行政区域为蛇窝泊、栖霞、亭口、桃村及唐家泊等 5 个乡镇境内(图 1), 灾害的形成与区内自然地理环境、地质条件及人类工程活

动等密切相关。

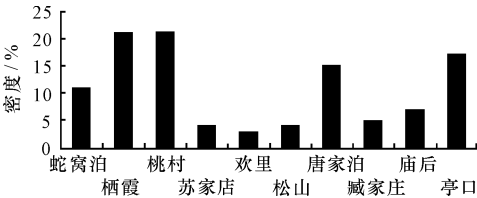


图 1 栖霞市各行政乡镇的地质灾害分布密度

Fig. 1 Distribution of Geologic Disaster of Every Village and Town in Qixia City

(1) 灾害多发区海拔 100~400 m, 尤其集中于海拔 200 m 以上的低山区, 具有利于灾害形成的地形、地貌和汇水条件, 其灾害点的分布占全区 70% 以上。

(2) 灾害大多发生于变质岩及石灰岩分布地区, 尤其是云母片麻岩、滑石片岩、绿泥石板岩等软弱夹层发育的变质岩区及构造节理、风化、卸荷裂隙发育的岩体整体稳定性较差的石灰岩地段。

(3) 地质灾害多发区内地质环境受采石、采矿、筑路、坡脚开挖及砍伐树木等人类经济活动破坏严重。

2 泥石流灾害分区评价

分区评价的目的是了解泥石流灾害与崩塌、滑坡灾害相伴生关系, 取得这 3 种地质灾害空间分布的重叠性、灾害频度和灾害强度的关联性指标, 并依此对泥石流灾害的易发性作出评价和预测。

2. 1 评价模型

采用灾害袭扰系数法建立栖霞地区地质灾害的评价模型

$$R = a^2 + b^2 + c^2 \tag{1}$$

式中:  $R$  为袭扰系数;  $a$  为灾害频度系数, 即单位面积内发育的地质灾害次数( $n/km^2$ );  $b$  为面积密度系数, 即地质灾害覆盖面积所占评价单元面积的比例( $m^2/km^2$ );  $c$  为体积密度系数, 评价单元面积内地质灾害体积( $m^3/km^2$ )。

就某一地区而言, 地质灾害的易发性和危害性程度主要反映于灾害发生的频度、灾害影响范围及灾害的规模等 3 个方面, 将这 3 方面结合起来可以全面反映某一地区的灾害发生程度。袭扰系数法可以充分利用已有灾害的发生时间、发生地点、影响范围及灾害规模等方面的调查统计资料, 通过一定密度的单元划分, 在分析灾害单元在地质条件、

地理环境和人为影响因素的相似性基础上,对某一区域的灾害危险性作出分区评价,其算法简便,尤其适于进行区域性地质灾害评价和预测<sup>[1-2]</sup>。

2.2 评价方法

采用 1 : 5 万栖霞地形地质图将全区 2 016. 02 km<sup>2</sup> 划分成 569 个 2. 0 km×2. 0 km 的等面积单元网格,将已有调查统计的泥石流与崩塌、滑坡位置标示于图上,分别统计各单元网格内的地质灾害点的点数及泥石流灾害的覆盖面积和灾害体体积,地质灾害点的点数分布可作为分析 3 种灾害关联性的基本依据。

泥石流灾害的评价参数 *a*、*b*、*c* 采用关联取值(表 4),由此结合地质灾害的调查统计资料可取得各单元网格的相应 *a*、*b*、*c* 数据,然后依据评价模型(式 1)计算袭扰系数 *R* 值,计算结果见表 5。

表 4 *a*、*b*、*c* 系数取值标准

Table 4 Standard of Coefficient <i>a</i> , <i>b</i> , <i>c</i>			
<i>a</i> , <i>b</i> , <i>c</i> 系数取值	灾害点密度 / ( <i>n</i> /km <sup>2</sup> )	面积密度 / (m <sup>2</sup> /km <sup>2</sup> )	体积密度 / (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> )
4	> 1	≥ 5 000	≥ 10 000
3	1~0. 1	500~5 000	1 000~100 000
2	0. 1~0	0~500	0~10 000
1	0	0	0

表 5 单元袭扰系数统计

Table 5 Statistic of Unit Distributing Ratio				
<i>R</i> 值	<i>a</i> 值	<i>b</i> 值	<i>c</i> 值	单元网格编号
12	2	2	2	541
22	3	3/2	2/3	218, 219, 266, 294, 296, 330, 353, 385
27/34	3	3/4	4/3	187, 262, 264, 326, 327, 328, 329, 459
≥41	3/4	4	4	138, 163, 184, 324, 358, 384
17	3	2	2	9, 18, 24, 33, 53, 87, 91, 113, 114, 116, 122, 124, 136, 139, 140, 155, 162, 165, 189, 192, 212, 214, 236, 237, 238, 245, 261, 275, 276, 291, 293, 297, 298, 302, 307, 322, 323, 333, 354, 355, 356, 360, 361, 364, 385, 388, 389, 404, 406, 417, 429, 462, 463, 492, 519, 521, 542, 545, 546
3	1	1	1	其他

2.3 分区评价

对比评价结果与已有灾害发生情况,泥石流与崩塌、滑坡主要分布于 *R*≥17 评价单元范围,其中,

地质灾害发生频度和灾害程度均较高的区域主要集中于 *R*≥27 的评价单元范围;而 17≤*R*<27 的评价单元范围,已发生的地质灾害频度与前者类似,但灾害规模较小。评价结果反映出区内地质灾害的分布密度和灾害程度的实际情况。

从泥石流灾害情况看,已发生的所有大中型泥石流和 65% 的小型泥石流位于 *R*≥27 评价单元范围,其中 4 处大型泥石流和 5 处中型泥石流灾害点集中分布于 *R*≥41 单元,反映出泥石流灾害的地域性十分明显。另从地形地貌特点和形成泥石流的物质源看,*R* 值大小的区别也十分显著:

(1)*R*≥27 评价单元为低山区,沟深坡陡且沟谷坡度较大,具备有利于降雨时短时间形成集中洪流的汇水地势,汇水面积一般在 4~5 km<sup>2</sup>,最大超过 9 km<sup>2</sup>;区域内采矿、采石点分布密集,遗留大量残渣,且乱采乱挖导致地质环境严重破坏,是崩塌、滑坡灾害点密集区,为泥石流提供了充足的物质源。

(2)*R* 为 17~27 的评价单元为低山—丘陵区,该区采矿、采石点比较密集,也是崩塌、滑坡灾害多发区,但地势上汇水条件相对较差,汇水面积一般在 3 km<sup>2</sup> 以下,集中汇水沟谷坡度较缓。因此,虽然该区范围泥石流发生的频度也较大,但以小型为主,破坏力微弱。

总体上,泥石流的频度和灾害规模主要取决于汇水地形和物质源条件,研究区内 38 条泥石流沟,已发生泥石流灾害次数和灾害程度与汇水区大小、集洪能力及汇水区物质源充足与否密切相关,灾害次数多、灾害强度大的泥石流一定有充足的物质源和较好的汇水集洪条件,其中任一因素的薄弱都会减弱泥石流的频度和灾害强度。因此,综合考虑这两方面因素,依据袭扰系数 *R* 值将栖霞境内泥石流灾害趋势性进行如下预测分区:泥石流高危区(A 区):*R*≥41;中等危险区(B 区):27≤*R*<41;低危区(C 区):17≤*R*<27。

泥石流灾害高危区(A)中 4 个亚区应作为重点防治区(表 6)。

上述 4 个亚区具有极利于形成强泥石流的汇水地形,且汇水区区内岩土体稳定条件极差,雨季多发生崩塌、滑坡,同一灾害点过去重复发生过多较大规模的泥石流灾害。1910 年 7 月发生于蓝蔚乔和 1979 年 7 月 31 日发生于北乔—后张家的泥石流分别造成 13 人和 28 人死亡的重大灾害。

表 6 泥石流灾害重点防治区

Table 6 Easy Happing Area of Rock Flow

序号	亚区名称	位置	地理坐标	A/ km <sup>2</sup>
A <sub>1-2</sub>	北乔-后张家亚区	栖霞镇东南部	E: 120° 53' 45"	5.30
A <sub>2-2</sub>	安子乔亚区	蛇窝泊镇东北部	~ 120° 57' 47"	0.96
A <sub>2-3</sub>	生木树-上哨亚区	唐家泊镇北部	N: 37° 16' 45"	1.90
A <sub>2-4</sub>	蓝蔚乔亚区	亭口镇西部	~ 37° 21' 10"	1.83

泥石流灾害中等危险区(B)的分区面积 79. 44 km<sup>2</sup>, 约占全区总面积的 4%, 主要分布于桃村镇北部窑乔一宅头、栖霞镇东部黑陡砬一老庙顶、亭口镇寨山乔村及邻近区域。区内泥石流灾害在分布密度上与高危区相近, 但规模相对较小, 以中小型为主。虽然区内也是崩塌、滑坡的多发区, 地质条件受采矿、采石等人类活动的严重破坏, 但由于区内地形较缓, 汇水条件较差, 集洪区的水动力较弱, 形不成破坏强度较大的泥石流。

泥石流灾害低危区(C 区)主要分布于北部丘陵区(臧家庄、庙后等乡镇)和东南部低山丘陵区(唐家泊、桃村等乡镇)。区内发生过泥石流灾害的沟谷, 有的尽管具有较好地汇水地形, 但地质环境未受较大地人为扰动, 岩土体稳定条件较好, 泥石流的物质源不足; 也有的虽然地质环境受到扰动破坏, 具有较充足地泥石流物质源, 但汇水条件较差。从而使区内不具备形成严重的泥石流灾害的条件。

Zonal Evaluation on Formation Environment and Dangerous Trend of Debris Flow in Qixia City of Shandong Province

TIAN Mei qing<sup>1</sup>, JIANG Zhen quan<sup>1</sup>, LIU Wei jin<sup>2</sup>, WANG Jing<sup>2</sup>, XU Chun lian<sup>3</sup>

(1. School of Resources, China University of Mining, Xuzhou 221008, Jiangsu, China; 2. Yantai Geology and Environment Monitoring Station of Shandong Province, Yantai 264400, Shandong, China; 3. Geotechnical Company of Xuzhou, Xuzhou 221008, Jiangsu, China)

**Abstract** Qixia City is one of the regions where geological disasters such as landslide and mudflow occur frequently. The formation of mudflow is mainly controlled by geographical environment, geological condition and human being economic activities. Basing on the geological disaster data, the development frequency, area consistency and scale of debris flow are classified, and the method of distributing ratio is used to estimate mudflow. The high dangerous zone, midst dangerous zone and low dangerous zone are ensured, which provide a scientific bases for preventing rock flow.

**Key words:** debris flow; environment of formation; method of distributing ratio; determining of subarea; geological disasters; Qixia City; Shandong Province

[ 英文审定: 苏生瑞]

3 结语

栖霞市泥石流灾害往往与崩塌、滑坡灾害相伴生, 3 种灾害在空间上的分布具有重叠性。崩塌、滑坡形成的松散堆积物是泥石流的主要物质来源, 与有利于大气降水汇集的沟谷地形一起成为区内泥石流灾害发生的控制因素。袭扰系数法算法简便, 根据泥石流、崩塌、滑坡灾害的地质调查统计资料量化分析泥石流灾害与崩塌、滑坡的伴生关系, 将区内泥石流灾害的趋势性分为高危区、中等危险区和低危区, 为栖霞市制定泥石流灾害防治对策提供了重要依据。

[ 参 考 文 献 ]

[ 1 ] 万继涛, 杨蕊英. 山东省枣庄市中区地质灾害防治规划[ J ]. 地质灾害与环境保护, 2003, 14( 3 ): 61 - 64.  
[ 2 ] 谢晓娟. 地质环境条件及诱发因素在地质灾害易发区中定量化评价初探[ J ]. 探矿工程: 岩土钻掘工程, 2003( 增刊 ): 93 - 95.  
[ 3 ] 叶凤珍, 陈成全. 广西田林县地质灾害易发程度分区与评价[ J ]. 广西地质, 2002, 15( 3 ): 46 - 53.  
[ 4 ] 沈艳杰, 蒋金柱. 歙县地质灾害的分布特征及易发区划分[ J ]. 安全与环境工程, 2003, 10( 1 ): 36 - 41.  
[ 5 ] 卢钟, 郭相利, 赵法锁, 等. 略阳县地质灾害发育特征及其危险性初步评价[ J ]. 长安大学学报: 地球科学版, 2003, 25( 1 ): 52 - 56.