

# 广东省紫金县地质灾害风险评价

尚志海<sup>1</sup>, 王兴水<sup>2</sup>, 袁丽芬<sup>3</sup>

(1. 湛江师范学院 生态经济研究所, 广东 湛江 524048; 2. 华南农业大学  
人文科学学院, 广州 510642; 3. 嘉应学院 地理科学与旅游学院, 广东 梅州 514015)

**摘 要:**根据地质灾害风险评估原理及县域尺度灾害风险评价的需要,通过对紫金县主要地质灾害现状的实地调查和资料收集,确定了紫金县各镇地质灾害的危险度、暴露性和易损性指标,对紫金县地质灾害风险进行了评价。结果显示,紫金县各镇地质灾害风险从大到小依次为:紫城镇、黄塘镇、龙窝镇、临江镇、水墩镇、瓦溪镇、义容镇、苏区镇、九和镇、南岭镇、中坝镇、凤安镇、上义镇、好义镇、古竹镇、蓝塘镇、敬梓镇、柏埔镇。最后采用 2000—2009 年紫金县地质灾害造成的直接经济损失对评价结果进行了验证,结果表明,地质灾害风险评价结果具有较高的可信度。

**关键词:**地质灾害; 风险分析; 紫金县; 广东省

**中图分类号:** P694

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2013)06-0102-04

## Assessment on Geo-hazard Risk of Zijin County, Guangdong Province

SHANG Zhi-hai<sup>1</sup>, WANG Xing-shui<sup>2</sup>, YUAN Li-fen<sup>3</sup>

(1. Institute of Ecological Economics, Zhanjiang Normal College, Zhanjiang, Guangdong 524048, China;

2. College of Humanities and Sciences, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China

3. School of Geography and Tourism, Jiaying University, Meizhou, Guangdong 514015, China)

**Abstract:** Based on risk assessment principles of geo-hazards and the needs for it, field survey and data collection of major geo-hazards in Zijin County, Guangdong Province were carried out. Then the hazard of geological disasters, the exposure indicators and the vulnerability indicators were chosen to assess the risk. The results showed that the descending order of geo-hazard risk of towns in Zijin County were Zichen, Huangtang, Longwo, Linjiang, Shuidun, Waxi, Yirong, Suqu, Jiuhe, Nanling, Zhongba, Fengan, Shangyi, Haoyi, Guzhu, Lantang, Jingzi, Baipu. Finally, the direct economic losses caused by geo-hazards from 2000 to 2009 were used to evaluate the risk assessment results, which showed that the risk assessment method was highly credible.

**Key words:** geo-hazard; risk assessment; Zijin County; Guangdong Province

自然灾害风险评价是风险管理的基础<sup>[1-2]</sup>,其中地质灾害风险研究是一个重要的分支。区域地质灾害风险评价是在 20 世纪 90 年代才逐渐兴起的<sup>[3]</sup>,近年来国内地质灾害研究主要取得了两大类成果,一是理论研究;二是评估实践。马寅生等<sup>[4]</sup>进行了地质灾害风险类型划分,建立了地质灾害风险评价系统;张梁等<sup>[5]</sup>对地质灾害风险构成、易损性进行了研究。这些研究成果在一定程度上充实了灾害风险理论研究,但与评估实践的联系还不够紧密。另外,在评估实践方面,现有研究以省市一级尺度为主<sup>[6-7]</sup>,以县镇一级尺度为研究对象的实用评价模型还较少<sup>[8]</sup>,在评价指标的选取和量化上还需进一步探讨,尤其是没有

理清频率和规模在风险评价中的关系,各种研究的侧重点不同,从而导致评估结果可能有失偏颇。

紫金县是广东省粤东地区地质灾害多发县之一。据《广东省防灾减灾年鉴》统计,2000—2009 年,全县共发生重大地质灾害 22 宗,造成 12 人死亡、5 人受伤,经济损失达 4 801.4 万元<sup>[9]</sup>。逐年增加的地质灾害,已经对人们的生活、生产、生命安全构成了极大威胁,成为影响和制约社会经济发展不可忽视的因素。因此,必须加强地质灾害风险评价研究,提高紫金县对地质灾害的整体防治能力,协调好人口、资源、环境和社会经济发展的关系,实现社会经济可持续发展。本文基于前人对地质灾害风险评价的研究,根据县域

地质灾害的特征及评估需求,提出风险评价方法并在实践中进行检验,以期提升区域地质灾害风险评价提供实践参考。

## 1 研究区域与数据来源

### 1.1 研究区域概况

(1) 自然地理环境。紫金县地理坐标为  $114^{\circ}40' - 115^{\circ}30'E$ ,  $23^{\circ}10' - 23^{\circ}45'N$ , 位于广东省河源市东南部、东江中游东岸, 全县总面积  $3\,627\text{ km}^2$ 。紫金县属粤东地区, 地形以山地、丘陵为主, 面积  $3\,046\text{ km}^2$ , 占全县总面积的  $84\%$ , 河谷、盆地、水域占  $16\%$ 。区内可划分为东南部山区、中北部山地丘陵区、西部丘陵区 3 个区。地势东高西低, 南北两面山峦重叠, 地势较高; 中部较低并向东西两翼倾斜, 构成不对称的马鞍形, 归属不同流向的东江和韩江两条水系, 素有“八山一水一分田”之称。紫金县土壤类型以红壤、赤红壤为主, 该区域多花岗岩、砂质岩、片岩、板岩的残积物、坡积物, 风化层厚, 有机质和养分含量低, 土体松散。以山地丘陵为主的地貌特征以及松散的土体为地质灾害的发生提供了物质基础。

紫金县地处亚热带, 为亚热带季风气候区。夏长冬短, 雨热同期, 年平均气温  $20.8^{\circ}\text{C}$ , 年平均降水量  $1\,822.9\text{ mm}$ , 年平均日照时数  $1\,749.4\text{ h}$ 。夏季暴雨集中, 年平均雷暴日为  $74\text{ d}$ , 且降雨时空分布不均, 洪灾主要出现在每年的 4—9 月, 其中 5—6 月份洪涝发生的频率最高。暴雨的频发为地质灾害的发生提供了动力条件。

(2) 社会经济活动。2011 年紫金县完成地区生产总值  $76.3\text{ 亿元}$ , 比上年增长  $12.4\%$ ; 人均地区生产总值  $11\,114\text{ 元}$ , 同比增长  $11.4\%$ , 三大产业结构为  $26.45:38.16:35.39$ 。根据第六次人口普查数据, 紫金县总人口  $640\,438\text{ 人}$ 。紫金县内居民多数是讲究“风水”的客家人, 其习惯用传统的方式去建造房屋, 也就是靠山而立, 依山傍水; 近年来, 紫金县道路交通建设蓬勃发展, 难以避免人工切坡; 紫金县矿产资源较丰富, 但主要以个体矿山露天开采为主。不合理的削坡筑房、道路建设和矿山开采这些人为工程活动在很大程度上改变了当地岩土体的稳定性, 增加了地质灾害的发生率。

### 1.2 数据来源

本文的基础数据主要来源于《广东省防灾减灾年鉴》、紫金县国土资源局以及实地调查资料, 包括: (1) 调查紫金县自然地理环境、社会经济活动; (2) 统计紫金县地质灾害发生情况; (3) 整理紫金县地质灾害所造成的直接经济损失, 用以验证区域风险评价结果。

## 2 地质灾害风险评价理论

### 2.1 地质灾害风险评价模型

地质灾害风险的概念不一, Varnes 提出了自然灾害及风险的术语定义, 成为评估地质灾害危险性、易损性和风险的基本模式<sup>[3,10-11]</sup>。地质灾害风险可以表示为:

$$R=H\times E\times V \quad (1)$$

式中:  $R$ (Risk)——地质灾害风险;  $H$ (Hazard)——一定地区范围内某种潜在地质灾害的危险性;  $E$ (Element)——给定区域内受特定地质灾害威胁的对象, 包括人口、财产、基础设施等;  $V$ (Vulnerability)——特定地质灾害以一定强度发生时对受威胁对象所造成的损失程度, 即受威胁对象的易损性, 用  $0\sim 1$  来表示( $0$  表示无损失,  $1$  表示完全损失)。由式(1)可知, 地质灾害风险性评价是由地质灾害危险性、地质灾害暴露性、地质灾害易损性评价共同决定的。

### 2.2 地质灾害风险评价方法

根据地质灾害风险定义, 结合县域地质灾害风险评估的需要, 将紫金县地质灾害风险评价划分为 4 个主要环节:

(1) 地质灾害危险性评价。地质灾害危险性评价是风险评价的基础。一般来说, 危险性包括灾害频率和规模两个方面, 但是在县域尺度评价中, 一个偶发大规模的地质灾害的影响比频发的小规模地质灾害的影响要大得多, 需要将两者结合起来分析地质灾害的危险性, 尤其是要体现不同规模地质灾害危险性的差异。根据国务院《地质灾害防治条例》中灾害等级的划分, 特大、大、中、小型灾害造成的死亡人数的分级大概是以 3 为公比的等比关系。据此, 将本文中地质灾害危险性度量的基本公式定义为:

$$H=27\times T_1+9\times T_2+3\times T_3+1\times T_4 \quad (2)$$

式中:  $T_1, T_2, T_3, T_4$ ——特大、大、中、小型已发生地质灾害发生的次数, 即为频率的度量;  $27, 9, 3, 1$ ——特大、大、中、小型地质灾害的赋值, 即为规模的度量。

(2) 地质灾害暴露性评价。地质灾害暴露性是影响地质灾害发生后受损程度的一个重要因素。各承灾体的暴露性分别用: 人口密度(人/ $\text{km}^2$ )、工农业生产总值(亿元)、农业总产值(万元)、农村人均纯收入(元)4 个指标来衡量。其中, 人口密度为评价单元人口总数与其土地面积之比, 表示地质灾害对人口的影响; 工农业生产总值表示地质灾害对当地经济总量的影响; 农业总产值和农民人均纯收入两个指标表示地质灾害对农民经济水平的影响, 与其他产业相比, 农业是最易受地质损害的。农民所有收入中需扣除

基本生活费用部分,剩余的才能转化经营生产或减灾投入,进而影响地质灾害暴露性。

(3) 地质灾害易损性评价。地质灾害易损性是影响灾害风险的关键指标之一,相同频率和规模的灾害作用于不同承灾体时,其造成的后果也可能有很大差异<sup>[12]</sup>。面对同等条件的灾害,同等暴露程度的承灾体,其易损性也不尽相同。综合考虑紫金县各承灾体与地质灾害的关系,参考前人对易损性的相关研究<sup>[13]</sup>,将人口密度、工农业生产总值、农业总产值、农民人均纯收入 4 个指标的易损性依次赋值为 0.3, 0.3, 0.2, 0.2, 即总和为 1。

(4) 地质灾害风险表征。风险表征是地质灾害风险评价的最后一个阶段,它的目标是分析地质灾害风险评价的结果,指出地质灾害风险受体究竟面临何种风险<sup>[12]</sup>。地质灾害风险表征可以采用相对值和绝对值两种方式,本文选择用相对值的方式,用地质灾害风险指数来进行表征。在评价了地质灾害危险性、暴露性和易损性后,就可以根据公式计算出地质灾害风险指数:

$$R = H \sum_{i=1}^n E_i V_i$$
$$= H(0.3E_1 + 0.3E_2 + 0.2E_3 + 0.2E_4) \quad (3)$$

式中: $R$ ——地质灾害风险指数; $H$ ——地质灾害危险性; $E_1$ ——人口密度暴露性; $E_2$ ——工农业生产总值暴露性; $E_3$ ——农业总产值暴露性; $E_4$ ——农村人均纯收入暴露性。

### 3 紫金县地质灾害风险评价过程

#### 3.1 紫金县地质灾害危险性评价

根据对紫金县地质灾害的实地调查与统计资料,发现研究区域地质灾害以崩塌、滑坡为主,已发地质灾害规模以中小型为主,未发生特大型地质灾害。本文根据《广东省防灾减灾年鉴》和 2010 年紫金县国土局汇编的紫金县地质灾害数据,确定紫金县已发地质灾害的规模,根据公式(2),可计算得出紫金县各镇地质灾害危险性。为了便于数据的处理,需要对  $H$  进行无量纲化处理。均值化处理方法在原始数据的无量纲化过程中,很好地保持了原始数据整体的一致性和关联系数的一致性,并且均值化后各指标的均值为 1,方差为原始指标变异系数的平方,这种方法在消除量纲和数量级影响的同时,保留了各原始指标变异程度的信息<sup>[14]</sup>。因此本文选用均值化法对数据进行无量纲化处理。均值化法的转换公式为:

$$Y_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j} \quad (i=1, 2, \cdots, n; j=1, 2, \cdots, m) \quad (4)$$

根据公式(4),将地质灾害危险性进行无量纲化处理,结果见表 1。

表 1 2000—2009 年紫金县各镇地质灾害统计

镇	大型	中型	小型	危险性	均值化后的值
紫城镇	3	1	6	36	7.902
上义镇	0	0	1	1	0.220
好义镇	0	0	0	0	0
古竹镇	0	0	0	0	0
蓝塘镇	0	0	0	0	0
瓦溪镇	0	1	3	6	1.317
凤安镇	0	0	1	1	0.220
水墩镇	0	1	4	7	1.537
九和镇	0	0	3	3	0.659
中坝镇	0	0	1	1	0.220
临江镇	0	1	0	3	0.659
敬梓镇	0	0	0	0	0
柏埔镇	0	0	0	0	0
义容镇	0	0	2	2	0.439
南岭镇	0	0	2	2	0.439
苏区镇	0	1	1	4	0.878
黄塘镇	1	1	0	12	2.634
龙窝镇	0	1	1	4	0.878

#### 3.2 紫金县地质灾害暴露性指标

紫金县地质灾害暴露性指标为:人口密度(人/ $\text{km}^2$ ),工农业总值(亿元),农业总产值(万元),农村人均纯收入(元)。在多指标评价的数据标准化过程中,选取均值化法进行无量纲化处理。根据公式(4)得出暴露性各指标的无量纲化值(表 2)。

表 2 紫金县各镇地质灾害暴露性指标无量纲化结果

镇名称	人口密度	工农业总值	农业总产值	农村人均纯收入
紫城镇	1.400	3.757	2.050	1.009
上义镇	0.301	0.500	0.402	1.090
好义镇	0.400	0.330	0.462	0.876
古竹镇	0.478	2.257	1.768	1.217
蓝塘镇	0.537	3.556	2.323	0.990
瓦溪镇	0.334	0.225	0.528	0.992
凤安镇	0.483	0.431	0.512	0.995
水墩镇	0.468	0.273	0.472	0.833
九和镇	0.262	0.373	0.470	0.971
中坝镇	0.545	0.551	0.564	0.945
临江镇	0.535	0.949	2.465	1.130
敬梓镇	0.627	0.491	0.515	0.974
柏埔镇	0.608	0.598	0.499	1.022
义容镇	0.370	1.421	0.933	1.075
南岭镇	0.428	0.247	0.345	0.953
苏区镇	0.383	0.285	0.340	0.950
黄塘镇	0.444	0.313	0.582	1.017
龙窝镇	0.564	1.444	2.856	0.962

#### 3.3 紫金县地质灾害风险表征

在评价了地质灾害危险性和承灾体暴露性后,可以根据公式(3)计算出紫金县各镇的地质灾害风险(表 3)。

(1) 根据广东省防灾减灾年鉴和紫金县国土局的资料,评价了紫金县 18 个镇的地质灾害风险。紫金县的地质灾害风险从大到小的次序依次为:紫城镇、黄塘镇、龙窝镇、临江镇、水墩镇、瓦溪镇、义容镇、苏区镇、九和镇、南岭镇、中坝镇、凤安镇、上义镇、好义镇、古竹镇、蓝塘镇、敬梓镇、柏埔镇。其中,紫城镇地质灾害风险最高,风险指数为 17.061,因为紫城镇

表 3 紫金县各镇地质灾害风险

镇名	紫城镇	黄塘镇	临江镇	水墩镇	瓦溪镇	龙窝镇	苏区镇	九和镇	上义镇
风险	17.061	1.441	0.767	0.743	0.621	1.199	0.403	0.315	0.118
镇名	南岭镇	中坝镇	义容镇	凤安镇	古竹镇	蓝塘镇	好义镇	敬梓镇	柏埔镇
风险	0.203	0.138	0.412	0.126	0	0	0	0	0

(2) 本文根据紫金县地质灾害已经造成的经济损失来验证评价结果的可信度。根据广东省防灾减灾年鉴 2000—2009 年以及紫金县国土局的相关统计数据,发现紫金县地质灾害造成的损失绝大多数为经济损失,因此本文使用 2000—2009 年紫金县地质灾害造成的年均经济损失数据来进行验证(表 4)。

表 4 2000—2009 年紫金县各镇地质灾害风险评价结果验证

镇名	风险排序	风险	年均经济损失/万元
紫城镇	1	17.061	404
黄塘镇	2	1.441	99
龙窝镇	3	1.199	11
临江镇	4	0.767	36.3
水墩镇	5	0.743	17.81
瓦溪镇	6	0.621	11.8
义容镇	7	0.412	0.5
苏区镇	8	0.403	10
九和镇	9	0.315	5
南岭镇	10	0.203	1.5
中坝镇	11	0.138	1.5
凤安镇	12	0.126	0.24
上义镇	13	0.118	5
好义镇	14	0	0
古竹镇	15	0	0
蓝塘镇	16	0	0
敬梓镇	17	0	0
柏埔镇	18	0	0

验证结果显示,本文中紫金县各镇地质灾害风险评价结果与 2000—2009 年紫金县各镇地质灾害年均经济损失结果排名具有高达 80.3%的吻合度。其中龙窝镇、义容镇地质灾害风险排名较前,而直接经济损失排名较后的主要原因是已发生的地质灾害点主要集中在人口稀少的偏僻农村,或是矿区所在地;上义镇地质灾害风险排名较后,而直接经济损失排名较前的主要原因是已发生的地质灾害集中在学校、人口、建筑稠密的地区。因此,本次评价结果具有较高的可信度。

的灾害危险性远高于其他镇,且为县政府所在地,经济相对发达,承灾体的暴露性很高,因此其灾害风险最大;其次为黄塘镇,风险指数为 1.441,黄塘镇与紫城镇相比,灾害规模较小,但与其他镇相比,大规模的地质灾害亦有发生;风险最低的是好义、古竹、蓝塘、敬梓、柏埔,均为 0,但这并不意味着今后这些镇没有发生地质灾害的可能性,只是可能性在这 18 个镇中最低。

4 结 论

(1) 根据广东省防灾减灾年鉴和紫金县国土局的资料,评价了紫金县 18 个镇地质灾害风险。紫金县各镇地质灾害风险指数从大到小排序依次是紫城镇、黄塘镇、龙窝镇、临江镇、水墩镇、瓦溪镇、义容镇、苏区镇、九和镇、南岭镇、中坝镇、凤安镇、上义镇、好义镇、古竹镇、蓝塘镇、敬梓镇、柏埔镇。

(2) 采用 2000—2009 年紫金县各镇地质灾害造成的年均经济损失来验证地质灾害风险评价结果,发现本文的评价方法具有较高的可信度。

在区域地质灾害风险评价,尤其是县镇一级尺度的风险评价中,灾害的规模和频率缺一不可。单独以规模和频率来评价灾害风险,都不足以反映风险结果,尤其是规模的影响更不容忽视。本文同时考虑了频率和规模对风险评价结果的影响,特别区分了不同规模灾害的影响程度,这是与以往研究最大的区别。当然,由于灾害统计资料的有限性,频率与规模到底在多大程度上影响着风险评价结果,以及两者之间如何结合在一起,还需要进行深入研究。

参考文献:

[1] 郭跃. 自然灾害的风险特征及风险管理模型的探讨[J]. 水土保持研究, 2006, 13(4): 15-19.

[2] 朱静, 唐川. 城市山洪灾害风险管理体系探讨[J]. 水土保持研究, 2007, 14(6): 407-409.

[3] 程凌鹏, 杨冰, 刘传正. 区域地质灾害风险评价研究述评[J]. 水文地质工程地质, 2001, 28(3): 75-78.

[4] 马寅生, 张业成, 张春山, 等. 地质灾害风险评价的理论与方法[J]. 地质力学学报, 2004, 10(1): 7-17.

[5] 张梁, 张建军. 地质灾害风险区划理论与方法[J]. 地质灾害与环境保护, 2000(4): 323-328.

[6] 韦方强, 谢洪, 钟敦伦. 四川省泥石流危险度区划[J]. 水土保持学报, 2000, 14(1): 59-63.

- nal, impact and foreground of climatic shift from warm-dry to warm-humid in Northwest China[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2002, 24(3): 219-226.
- [7] 蔡新玲, 吴素良, 贺皓, 等. 变暖背景下陕西极端气候事件变化分析[J]. 中国沙漠, 2012, 32(4): 1095-1101.
- [8] 张延伟, 魏文寿, 姜逢清, 等. 1961—2008 年新疆极端降水事件的变化趋势[J]. 山地学报, 2012, 30(4): 417-424.
- [9] You Qinglong, Kang Shichang, Enric Aguilar, et al. Changes in daily climate extremes in China and its connection to the large scale atmospheric circulation during 1961—2003[J]. Climate Dynamics, 2011, 36(11/12): 2399-2417.
- [10] 普宗朝, 张山清, 李景林, 等. 近 36 年新疆天山山区气候暖湿变化及其特征分析[J]. 干旱区地理, 2008, 31(3): 409-415.
- [11] 蓝永超, 沈永平, 苏宏超, 等. 全球变暖情景下新疆降水的变化[J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(10): 66-71.
- [12] 赵勇, 邓学良, 李秦, 等. 天山地区夏季极端降水特征及气候变化[J]. 冰川冻土, 2010, 32(5): 927-934.
- [13] 郭鹏程, 包安明, 陈曦, 等. 1960—2006 年艾比湖流域冷暖季气候状况分析[J]. 自然资源学报, 2012, 27(1): 132-142.
- [14] Alexander L V, Zhang X, Peterson T C, et al. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation[J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres (1984—2012), 2006, 111(D5): 1-22.
- [15] Xiaohui Fan, Qixiang Wang, Mengben Wang. Changes in temperature and precipitation extremes during 1959—2008 in Shanxi, China[J]. Theoretical and Applied Climatology, 2012, 109(1/2): 283-303.
- [16] 操信春, 吴普特, 郝仕龙, 等. 西北内陆县域气候变化及其对河川径流的影响[J]. 水土保持研究, 2010, 17(5): 26-34.
- [17] 冯思, 黄云, 许有鹏. 全球变暖对新疆水循环影响分析[J]. 冰川冻土, 2006, 28(4): 500-504.
- [18] 胡汝骥, 姜逢清, 王亚俊, 等. 新疆气候由暖干向暖湿转变的信号及影响[J]. 干旱区地理, 2002, 25(3): 194-200.
- [19] 施雅风, 沈永平, 李栋梁, 等. 中国西北气候由暖干向暖湿转型的特征和趋势探讨[J]. 第四纪研究, 2003, 23(2): 152-164.
- [20] 周正朝, 胡娜娜, 周华. 西安市气温和降水变化趋势分析[J]. 干旱区研究, 2012, 29(1): 27-34.
- [21] 姚俊强, 杨青, 赵玲. 全球变暖背景下天山地区近地面水汽变化研究[J]. 干旱区研究, 2012, 29(2): 320-327.
- [22] 杨金虎, 江志红, 王鹏祥, 等. 中国年极端降水事件的时空分布特征[J]. 气候与环境研究, 2008, 13(1): 75-83.
- [23] 苏里坦, 宋郁东, 张展羽. 近 40a 天山北坡气候与生态环境对全球变暖的响应[J]. 干旱区地理, 2005, 28(3): 342-346.
- [24] 张山清, 普宗朝, 伏晓慧, 等. 气候变化对新疆自然植被净第一性生产力的影响[J]. 干旱区研究, 2010, 27(6): 905-914.
- [25] 徐贵青, 魏文寿. 新疆气候变化及其对生态环境的影响[J]. 干旱区地理, 2004, 27(1): 14-18.

(上接第 105 页)

- [7] 刘希林, 王小丹. 云南省泥石流风险区划[J]. 水土保持学报, 2000, 14(3): 104-107.
- [8] 刘涛, 张洪江, 吴敬东, 等. 层次分析法在泥石流危险度评价中的应用: 以北京市密云县为例[J]. 水土保持通报, 2008, 28(5): 6-10.
- [9] 广东省防灾减灾年鉴编纂委员会. 广东省防灾减灾年鉴 1995—2010 年[M]. 北京: 气象出版社, 1995—2010.
- [10] 殷坤龙, 朱良峰. 滑坡灾害空间区划及 GIS 应用研究[J]. 地学前缘, 2001, 8(2): 279-283.
- [11] 殷坤龙, 张桂荣, 陈丽霞, 等. 滑坡灾害风险分析[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [12] 尚志海, 刘希林. 自然灾害生态环境风险及其评价: 以汶川地震极重灾区次生泥石流灾害为例[J]. 中国安全科学学报, 2010, 20(9): 3-8.
- [13] 彭羽, 刘雪华, 张爽, 等. 基于综合生态损失度的顺义区生态风险评价[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2008, 48(3): 367-370.
- [14] 尚志海, 林培松, 张连兰. 区域滑坡灾害风险评价: 以梅州市为例[J]. 国土与自然资源研究, 2012, 34(4): 55-57.