

云南省新平县地质灾害与线性构造的相关性研究

赵银兵¹,何政伟^{1,3},倪忠云¹,陈红旗²,张东辉¹

(1. 成都理工大学 地球科学学院,成都 610059;2. 中国地质环境监测院,北京 100081;
3. 首都师范大学资源环境与地理信息系统北京市重点实验室,北京 100037)

摘要:新平县因其特殊的地理和地质环境,地质灾害高发。采用 ETM753 与全色波段融合的空间分辨率为 15 m 的遥感图像作为解译的底图,提取四级线性构造信息,应用地理信息系统构建标准格网对线性构造的频率和密度进行分析,配以方位频率、方位密度和平均方位密度统计,采用盒计维数法获取线性构造分维特征,将地质灾害与线性构造分析统计结果作叠加分析,研究表明:区内的线性构造主要分布在中部和东部频率值为 3 条/4 km² ~ 8 条/4 km² 和密度值为 3 ~ 4 km/4 km² 的区域,NE-SW 和 NNW-SSE 向的线性构造主要控制不稳定斜坡和滑坡发育,NW-SE 向线性构造主要控制泥石流发育,全县的线性构造分维值在中国西南地区偏高为 1.760。验证了线性构造与地质灾害的正相关性。

关键词:遥感;地理信息系统;线性构造;地质灾害;云南省新平县

文章编号:1003-8035(2009)01-0070-04

中图分类号:P208

文献标识码:A

新平县隶属玉溪市辖区,处于云南省中部偏西南处的哀牢山中段东麓,总面积 4223 km²,地势西北高,东南低。受海拔差影响,呈明显垂直立体气候。境内主要河流有元江、绿汁江、大春河、南恩河、棉花河。平均气温 18.1℃,全年降雨量 931.7 mm,年日照 2197.9 h。县内地质灾害易发程度高,灾害危害大,灾害的形成原因之一就是县内线性构造发育。线性构造是指与地质作用有关或受地质构造控制的线性影像,其发育及总体空间分布特征表达了重要的地质信息^[1,2]。利用遥感图像提取线性构造信息对研究地质灾害的发育规律具有重要的指示性作用^[3]。通过 ETM 遥感图像进行线性构造的解译,并借助地理信息系统软件进行线性构造与地质灾害的相关性研究。

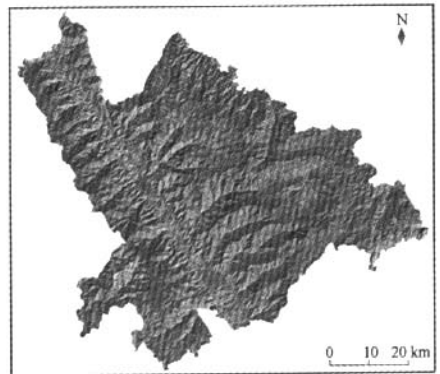


图1 研究区 ETM 遥感图像

Fig.1 ETM image of research region

1 线性构造信息提取

本文采用 2002 年的 ETM753 波段与全色波段融合的空间分辨率为 15 m 的遥感图像作为线性构造解译的底图(图 1),参照线性构造的相关理论,对全境进行线性构造解译,在此基础上,根据线性构造的长度和控制区域面积等特征,将新平县内的线性构造划分为四个等级(图 2):第一级线性构造为控制全县范围的大断裂,如哀牢山断裂、红河断裂、马鹿塘断裂、漠沙断裂、绿汁江断裂等;第二级线性构造为第一级线性构造的次级构造,控制范围为一两个乡镇;第三级线性构造的长度多大于 3 km,控制宽度大于 0.8 km;第四级线性构造长度小于 3 km,控制宽度在几十

米到几百米不等。县内线性构造的特点是:一级线性构造和二级线性构造多呈现出平行或小于 30°斜交的关系;三级、四级线性构造则多与一级和二级线性构造呈垂直或大于 30°相交的关系,反映出区域应力作用差异。对研究区内的线性构造与地质灾害的作用

收稿日期:2008-04-28;修回日期:2008-05-21

基金项目:云南新平县地质灾害详细调查(1212010541106-2);四川省杰出青年学科带头人培养计划项目(06ZQ026-014);四川省教育厅自然科学重点项目(2006A116)。

作者简介:赵银兵(1978—),男,四川遂宁人,博士,从事生态地理信息系统应用研究。

关系研究主要采用频率分析、密度分析、方位分析和分维分析的方法。

高,灾害与之的相关性又逐步降低,可见线性构造不是区内唯一控制地质灾害发育的因素。

2 线性构造频率与地质灾害关系分析

线性构造频率是指单位面积内线性构造的条数,一般用频率等值线图来表示。在控制研究精度的基础上,本文采用 2×2 km² 标准网格将全县进行划分,利用 ARCGIS 软件自动统计每个网格内线性构造的条数,生成线性构造频率等值线图(图 3),运用空间分析功能将地质灾害实地调查的结果与线性构造密度等值线图进行叠加分析,研究发现地质灾害与线性构造频率等值线图存在很强的相关性(表 1)。区域面积与线性构造频率、地质灾害与线性构造频率均呈现近似正态的分布,滑坡、不稳定斜坡、泥石流与区域面积的最大值存在类似的曲线变化。区内线性构造频率主要集中在 3 条/4 km² ~ 8 条/4 km² 的范围内,研究区中部和东部多属于这个范围,这些区域集中分布着全县 80% 的地质灾害。随着线性构造频率的提

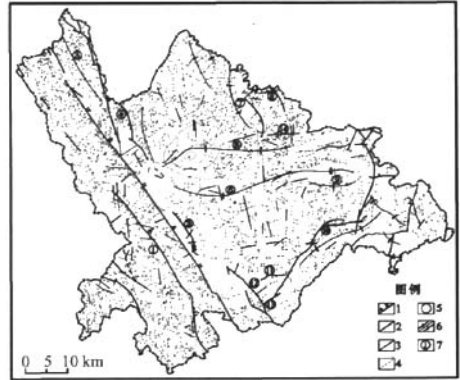


图 2 线性构造解译图

Fig.2 The interpretation image of linear structure

- 1 - 一级线性构造; 2 - 二级线性构造; 3 - 三级线性构造;
- 4 - 四级线性构造; 5 - 环形构造; 6 - 褶皱;
- 7 - 主要断裂和褶皱编号

表 1 线性构造频率相关统计表

Table 1 Stat. table of linear structure frequency correlation relationship

线性构造频率 (km/4 km ²)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计
滑坡(处)	2	10	30	80	64	57	53	38	21	20	6	3	3	387
斜坡(处)	0	6	24	46	38	35	26	12	9	4	2	1	0	203
泥石流(处)	1	3	9	14	4	9	7	5	2	2	0	0	0	56
区域面积(km ²)	49	222	647	914	791	593	385	208	102	61	26	12	5	4223

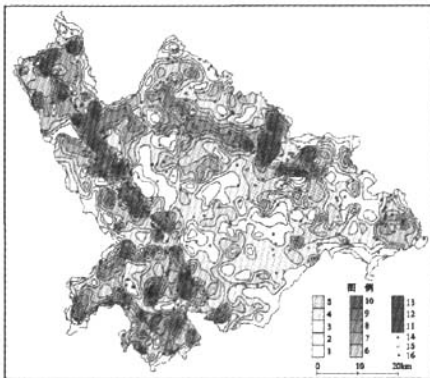


图 3 线性构造频率等值线图

Fig.3 the linear structure frequency isoline image

- 1 ~ 13 - 线性构造条数/4 km²; 14 - 滑坡;
- 15 - 不稳定斜坡; 16 - 泥石流

3 线性构造密度与地质灾害关系分析

线性构造密度是指单位面积上线性构造的总长度,一般用密度等值线图来表示。根据线性构造的控制范围差异以及与地层岩性的组合关系,赋予不同级别线性构造长度权重值,对第三、四级线性构造取线段原长度值,第二级线性构造取原长度值的 1.5 倍,第一级线性构造取原长度值的 2.5 倍。采用与频率分析相同的方法得到密度等值线图(图 4),并与地质灾害点作叠加分析。研究发现区域面积与线性构造密度、地质灾害与线性构造密度都存在两两相似的曲线变化,充分反映出地质灾害分布与线性构造解译结果的高度吻合(表 2)。就线性构造密度的分布来看,研究区的广大区域的密度值处于 3 ~ 7 km/4 km²,地质灾害在线性构造密度为 3 ~ 4 km/4 km² 的区域集中程度最高。

表 2 线性构造密度相关统计表

Table 2 Stat. table of linear structure density

线性构造密度(km/4 km ²)	1	2	3	4	5	6	7	8	合计
滑坡(处)	9	20	138	102	80	27	10	1	387
斜坡(处)	7	10	86	51	40	8	1	0	203
泥石流(处)	3	6	20	13	7	6	1	0	56
区域面积(km ²)	186	445	1775	970	649	173	22	3	4223

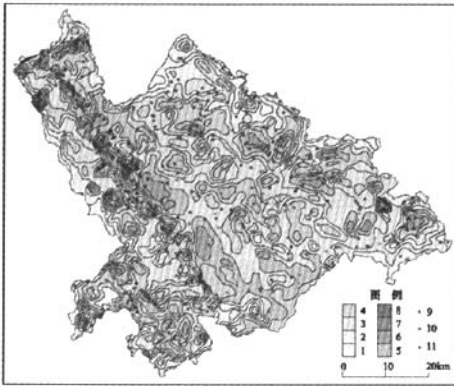


图 4 线性构造密度等值线图

Fig.4 The linear structure density isoline image

1~8 - 线性构造长度/4 km²; 9 - 滑坡;
10 - 不稳定斜坡; 11 - 泥石流

4 线性构造方位与地质灾害关系分析

使用 ARCGIS 对研究区的线性构造进行方位统计分析,包括方位频率、方位密度、平均方位密度统计分析,统计结果使用玫瑰图来表示,为了有效合并方位角度,采用 5° 为标准间隔。将统计分析得到的方位频率分布玫瑰图(图 5)、方位密度分布玫瑰图(图 6)和平均方位密度分布玫瑰图(图 7)与线性构造频率等值线图、线性构造密度等值线图和地质灾害分布做统计分析,研究表明:NE-SW 和 NNW-SSE 向的线性构造发育,线性构造的规模大,控制范围广,且研究区的一级和二级线性构造 90% 都属于这两个方位,而全县 60% 的滑坡和斜坡均受这两个方向的线性构造控制,揭示出对这两种不良地质作用的直接影响关系。而泥石流的流向则多与 NE-SW 和 NNW-SSE 向垂直,揭示出线性构造对泥石流的间接影响关系,主要表现在线性构造制约泥石流物源区和流通区的不良地质发育程度和规模。

5 线性构造分维与地质灾害关系分析

在上述研究的基础上,采用盒计维数法^[4]研究线

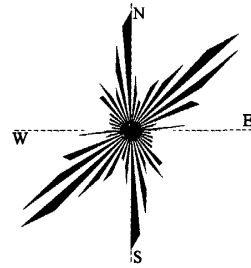


图 5 方位频率

Fig.5 the orientation frequency

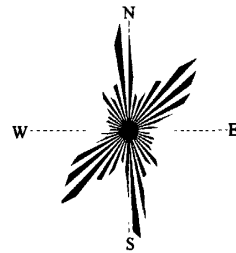


图 6 方位密度

Fig.6 the orientation density

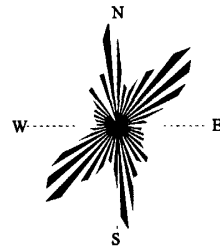


图 7 平均方位密度

Fig.7 Average orientation density

性构造分维与地质灾害的作用关系,操作分两步进行:(1)鉴于研究区面积较大,在确保计算精度的前提下,选用边长初始值为 $L(16 \text{ km})$ 的正方形初始网格覆盖在线性构造解译成果图上,逐级构建边长 r 的值为 $L/2(8 \text{ km})$ 、 $L/4(4 \text{ km})$ 、 $L/8(2 \text{ km})$ 、 $L/16(1 \text{ km})$ 、 $L/32(0.5 \text{ km})$ 和 $L/64(0.25 \text{ km})$ 的网格,求出相应标度下含有线性构造的网格数 $N(r)$;(2)在 $\lg(r)$

-lgN(r)坐标系中作图,用计算机回归求解技术求得最后回归直线斜率的绝对值即为分维值 D ,同时求得相关系数 R 。本文对研究区遥感线性构造进行分形统计所采用的标度为 $16 \sim 0.25$ km。经过统计,最后求得研究区的分维值 $D = 1.760$,相关系数 $R: 0.967$ 。研究表明 $\lg N(r)$ 与 $\lg(r)$ 具有极好的相关性,研究区线性构造具有明显的分形特征,其分形结构具有很好的统计自相似性。区内的分维值高于川滇西北断裂构造的分维值(< 1.5 ,皇甫岗等)^[5],由此可见新平县在区域宏观地质上具有特殊性和复杂性,通过将实际调查的地质灾害点与研究区的线性构造分维结果叠加,研究表明,线性构造的分维值较高的中部和东部地质灾害的易发程度较高。

6 结束语

应用遥感图像提取区域的线性构造,使用GIS的统计和分析功能将线性构造转化为频率、方位和分维信息,与实地调查的地质灾害点做叠加分析表明:线性构造频率值、密度值方位值和分维值越高的地方地质灾害的发育程度愈高,而线性构造展布(方位)交叉的区域也是地质灾害的高易发区。相关研究表明区

内的水系发育特征也与线性构造表现出正相关性^[6]。由于线性构造是控制地质灾害发育的重要因素,因此在地质灾害高易发且调查条件艰苦的西南地区可以采用本文探讨的方法来减轻工作强度,为地质灾害的区划和防治提供另一种可行的思路。

参考文献:

- [1] 冯佐海,梁金城,李晓峰,等.平桂地区遥感线性构造的分形特征及其地质意义[J].地球学报,2002,23(6):563-566.
- [2] 谢焱石,谭凯旋.断裂构造的分形研究及其地质应用[J].地质地球化学,2002,30(1):71-770.
- [3] 杨武年,濮国梁,郑平元,等.长江三峡库区多类型、多时相遥感图像数字处理和地质构造信息提取[J].成都理工大学学报(自然科学版),2003,30(4):378-385.
- [4] 陈江峰,刘勇,张国旺.自然水系的计算机处理与分维计算[J].煤田地质与勘探,2001,29(4):45-47.
- [5] 皇甫岗,韩明,王晋南.滇西北区断层分数维几何学的研究[J].地震地质,1991,13(1):61-66.
- [6] 沈晓华,邹乐君,阳峰,等.长江河道分形与流域构造特征的关系[J].浙江大学学报(理学版),2001,28(1):107-111.

Relationship research between geo-hazard and linear structure in Xinping County of Yunnan Province

ZHAO Yin-bing¹, HE Zheng-wei^{1,3}, NI Zhong-yun¹, CHEN Hong-qi², ZHANG Dong-hui¹

(1. Geosciences College, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;

2. China Institute of Geoenvironment Monitoring, Beijing 100081, China;

3. Key Laboratory of Resource Environment and GIS in Beijing, Capital Normal University, Beijing 100037, China)

Abstract: Because of special geographical and geological environment, geo-hazards often occurred in Xinping County. ETM753 bands and panchromatic band were fused to get a remote image with 15m spatial resolution, and it was used as an interpretation images to extract linear structures of four degrees. GIS was applied to construct standard grids to do frequency analysis and density analysis, orientation frequency, orientation density and average orientation density were used to do statistics, fractal box dimension method was used to get fractal dimension feature. Then geo-hazards and linear structure analysis and statistics results were used to do overlay analysis, research shows that high frequency linear structures and density linear structures mainly distribute in the middle and eastern region, the linear structures of NE-SW and NNW-SSE orientation mainly control unstable slopes and landslides, the linear structures of NW-SE orientation mainly control debris-flows, the fractal dimension of Xinping County is 1.760, this number is higher in the southwest of China. This research proves that the linear structures and the geo-hazards have positive correlation relationship.

Key words: remote sensing; geographic information system; linear structure; geo-hazard; Xinping county of Yunnan province