



# 基于 ETM+ 遥感数据的闽南地区 断裂活动性评价探讨

秦润君<sup>1</sup>, 吴虹<sup>1</sup>, 许浩<sup>2</sup>, 李敏<sup>1</sup>, 杨贤<sup>1</sup>

(1. 桂林理工大学地球科学学院遥感研究所, 广西 桂林 541004; 2. 胜利油田孤东采油厂采油四矿, 山东 东营 257237)

**摘要:**以闽南地区为研究区域,以 ETM+ 遥感影像数据为基础,通过广泛收集、分析研究区地质背景资料,分析区域内断层活动情况,进而提取研究区线性构造信息,结合地震地质资料对闽南地区主要断裂的分布情况及活动性做系统的分析研究。同时对闽南地区的新构造活动及构造应力场,线性构造和水系的分形分维,地震活动及其危险性和地热异常等主要影响因子做初步探讨。在确定影响断裂活动性的主要因素后,对研究区进行初步分区和定量化评价。最终判定研究区可圈定为:相对较不活动区、相对较活动区、相对活动区 3 个活动性级别。其中相对活动区面积占整个研究区 3/5 以上;相对较不活动区面积较小,造成相对活动的关键性因素是地震、活动断裂。

**关键词:**断裂活动性;分形;模糊评判;多光谱遥感数据;闽南地区

中图分类号:P542

文献标识码:A

地震活动受新构造运动特别是活动断裂的控制,地震与活动断裂的关系是地震地质领域内最重要的研究内容之一,遥感和地理信息系统的出现,为定量或半定量的研究二者之间的关系提供了有效的途径。20 世纪 80 年代,随着工作的深入、新技术方法的使用和新概念的不断提出,如:利用遥感影像对活动断裂进行解译<sup>[1]</sup>,研究水系和盆地的空间分布与活动断裂之间的关系<sup>[2]</sup>,研究分维值与断层活动性的相关性<sup>[3]</sup>,推动了活动断裂定量化研究的深入。在地学领域中,应用卫星影像的宏观性和直观性,不仅可以为研究大面积区域构造框架提供良好的条件,而且还可以用来判读某一具体地区的地质构造,查明活动断裂和隐伏构造,分析容易孕震、发震的地震构造。另外,根据卫星影像上的各种色调差异和影像特征等信息来分析断裂,特别是活动断裂的具体特征,力学性质和活动方式,与其他构造的交接关系等,也具有显著效果。利用陆地卫星 Landsat7 ETM+ 影像为代表的多光谱遥感数据,对闽南地区的断裂分布情况及活动性进行分析。

## 1 研究区概况及数据预处理

### 1.1 研究区概况

福建省东南沿海闽南地处东南沿海丘陵区<sup>[3]</sup>,发育有 NE 向和 NW 向 2 组共轭断裂带,NE 向断裂主要包括长乐-诏安断裂带和滨海断裂带(牛山岛-兄弟屿断裂);NW 向断裂带包括九龙江断裂、晋江断裂<sup>[4]</sup>等。分属于闽东火山断拗带一级构造单元,福鼎-云霄断拗带和闽东南沿海变质带二级构造单元<sup>①②</sup>。区内水系极为发育,河流密度较大,总面积约 21 000 km<sup>2</sup>。

### 1.2 遥感图像预处理

选用陆地卫星 Landsat7 ETM+ 多波段图像,分辨率为 30 m;含有 8 个波段,分别为:蓝波段(0.45~0.52 μm)、绿波段(0.52~0.6 μm)、红波段(0.63~0.69 μm)、近红外波段(0.76~0.9 μm)、短红外波段(1.55~1.75 μm)、热红外波段(10.4~12.5 μm)、短波红外波段(2.08~2.35 μm)、全色波

\* 收稿日期:2011-12-29;修订日期:2012-04-10;编辑:王秀元

作者简介:秦润君(1984—),女,江西九江人,硕士研究生,研究方向为定量遥感;E-mail:likepal@gmail.com。

①福建省地质调查研究院,厦门幅 1:25 万区域地质调查报告,2002 年。

②福建省地质局区测队,泉州幅 1:20 万区域地质调查报告,1977 年。

段(0.5~0.9 μm)。选用了 1993 年 6 月 26 日成像的 119/43 轨道和 1992 年 10 月 20 日成像的 120/43 轨道号影像,两景影像图像清晰,含云量低(<5%),无条带和噪声干扰,质量较好。

数据预处理主要包括辐射校正、几何校正、彩色合成和遥感图像的镶嵌和裁剪。首先采用地面控制点方法进行几何校正,然后用基于地理坐标镶嵌方法对影像直接进行镶嵌,重叠区域部分选用在景间相对辐射校正中的基准影像来覆盖校正影像。在经过校正的图像上进行剪裁,研究面积 2 万余平方千米。所用遥感图像,采用 ETM7,ETM4,ETM3 合成为假彩色合成方案。

## 2 GIS 支持下的断裂构造及水系信息提取

### 2.1 断裂构造信息提取

在研究区遥感影像图上,综合分析线性构造的解译标志,多方面解译标志互为印证,以提高解译的准确率,并结合野外实地勘察和前人研究资料,在 ENVI 软件中完成线性构造解译图(图 1)。

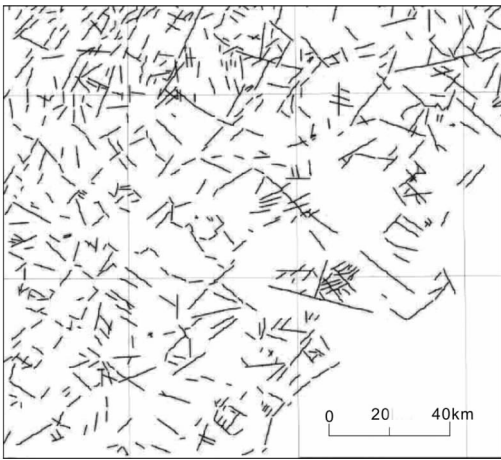


图 1 线性构造的解译图

### 2.2 水系信息提取

在 ArcGIS 中,对 DEM 数据进行处理:进行洼地填平、水流方向计算、水流积聚计算、提取河网栅格、生成河网矢量及处理得到水系分布图(图 2)。洼地填平的主要作用是避免 DEM 的精度不够高所产生的(假的)水流积聚地;提取出河网栅格时把产生的河网的支流的像素值作为阈值来提取河网栅格。

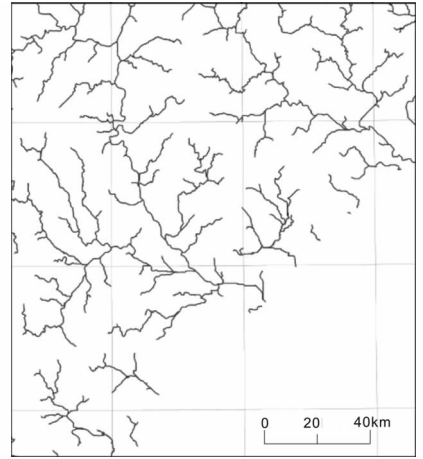


图 2 河网栅格阈值取 40000 的水系分布图

## 3 闽南地区断裂构造分形研究

### 3.1 研究区断裂构造分形特征

以图 1 为底图,对遥感线性构造分形统计<sup>[5]</sup>采用 160m~2.5 km 做为统计标尺。求得研究区分维值  $D=1.5632$ ,相关系数平方  $R^2=0.9768$ (图 3)。研究区的分维值高于中国大陆断层分维值(1.2366)和华南断裂分维值(1.35),也高于作为活动构造典型代表的圣安德烈斯断层(1.33),说明该区线性构造时空分布相当复杂,活动性较强。

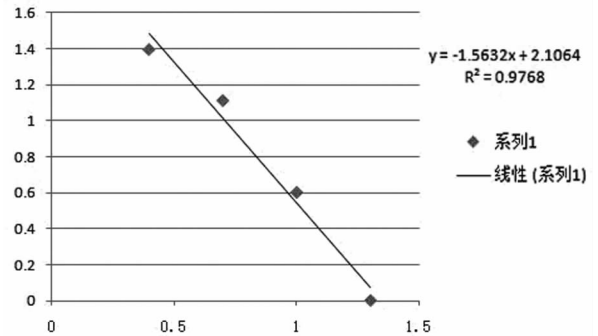


图 3 研究区线性构造分形特征

采用计盒维数法对遥感影像解译的线性构造进行分形研究,以图 1 为底图,将其划分为 64 个边长为 20 km 的正方形区域,在每个正方形区域内,以边长为  $r_0=20$  km 的正方形网格进行覆盖,记录有线性构造穿过的正方形网格数  $N(r_0)$ ,然后改变网格边长,使  $r=r_0/2, r_0/4, r_0/8$ ,得到每一级别有断层穿过的正方形网格数  $N(r)$ ,把每组  $[r, N(r)]$  投放到双对数坐标系中,经拟合发现每个正方形区域中 4 个点均呈直线关系,相关系数在 0.870 0~1 之

间,因此可以说明:在  $r=20\sim 2.5$  km 标度范围内,研究区内线性构造具有自相似性,即具有分形特征。所得直线的斜率绝对值即为该块的分维值  $D$ 。线性构造分维值等值线如图 4 所示:

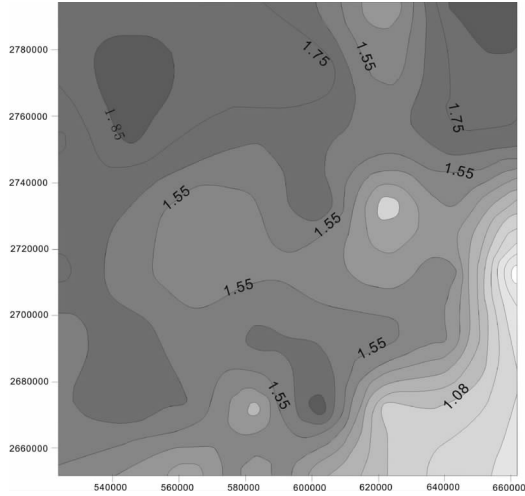


图 4 研究区线性构造分维值等值线图

### 3.2 研究区水系分形特征

以图 1 为底图,对研究区水系分布信息的分形统计<sup>[6,7]</sup>采用 160 m~2.5 km 做为统计标尺。求得研究区分维值  $D=1.6008$ ,相关系数平方  $R^2=0.9686$ (图 5)。采用计盒维数法对遥感影像解译的水系进行分形研究,求得水系相关系数在 0.8950~1 之间,因此可以说明:在  $r=20\sim 2.5$  km 标度范围内,研究区内线性构造具有自相似性,即具有分形特征。研究区线性构造分维等值线如图 6 所示。

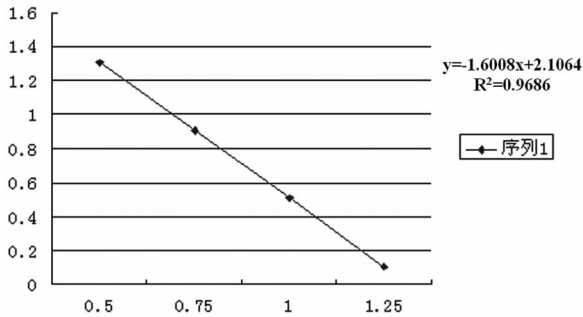


图 5 研究区水系分形特征图

## 4 闽南地区断裂活动性评价

### 4.1 主要因素评价

区域断裂活动性的影响因素众多,主要按照中华人民共和国工程地质编图及调查规范,并结合研究区实际情况和此次工作内容考虑选取评价因

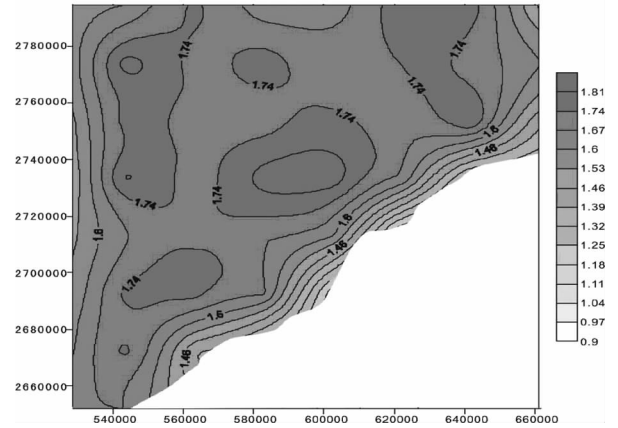


图 6 水系特征分维等值线图

子<sup>[8]</sup>,选定地震活动性及基本烈度、断裂带的活动性、线性构造的分形特点、水系的分形特点、地热温泉的出露情况和岩土类型 6 项因子。

### 4.2 评价原则和方法

以活动构造带为核心,以李四光先生提出的“安全岛”理论为指导思想,以当今地壳活动为重点,同时兼顾外力地质作用<sup>[9-12]</sup>。对于各影响因子的权重分配,现阶段并无明确的规定,结合研究区实际,将各影响因子的权重从高到低进行分配(表 1):

表 1 断裂活动性评价因子及划分准则

评价因子	地震活动性	断裂带活动性	线性构造的分形特点	水系的分形特点	地热异常	岩土类型
权重	25%	20%	20%	15%	10%	10%

### 4.3 研究区断裂活动性分区

根据闽南地区 6 个评价因子分布情况,以研究区主干断裂带为待评子区划分边界,将研究区沿主干断裂划分为 6 个待评区,主要分为相对活动区、相对较活动区、相对较不活动区 3 个等级。其中 A1, A2, A4, A6 为相对活动区, A5 为相对较活动区, A3 为相对较不活动区。对各种评价指标进行综合考虑,编制活动性评价分区图(图 7)。

## 5 结语

闽南地区断层活动性强,地震震级较高,烈度较大,整体上断裂活动性强。同时根据对区域地震时间、空间、强度的研究,剖析了该区域范围内地震带现代构造活动、地震活动特征以及地震活动对其的影响,并得出该区地震未来活动水平的基本估计:由于闽南附近有东南沿海地震带和台湾地震带 2 个强地震带,2 个地震带最大震级都在 6 级以上,都会影

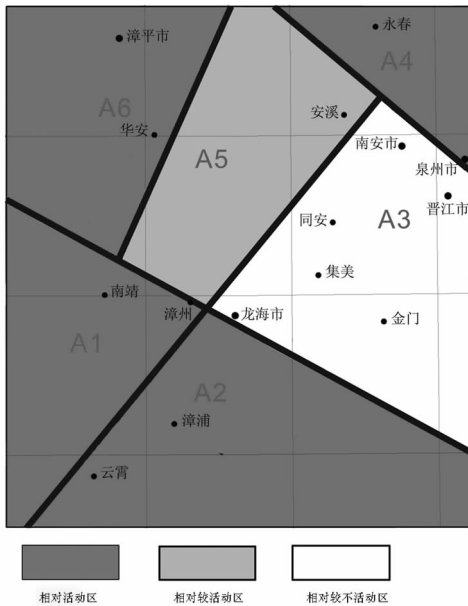


图 7 研究区区域断裂活动性评价分区图

响到该区的工程和城市建设;NE 向断裂带和 NW 向断裂带的交会部位,今后发震的可能性较大。研究区地热资源丰富,温泉众多,对发展休闲旅游是一个有益因素。

在对研究区遥感线性构造进行分形研究时,所采用的计盒维数法采用目视解译的办法进行处理,这势必会造成一定的误差。研究水系分布图的解译,其阈值的选取是影响河网密度的主要因素,选用

何值最为精确,还需结合实际进一步研究讨论。

## 参考文献:

- [1] 郭秀岩,张建伟,袁西龙,等.聊考断裂活动性综合分析研究[J].山东国土资源,2011,27(7),11-13.
- [2] 章孝灿,黄智才,赵元洪,等.遥感数字图像处理[M].杭州:浙江大学出版社,1997.
- [3] 福建省地方志编纂委员会.福建省志—地理志[M].北京:方志出版社,2001.
- [4] 李兼海,王国平,郑铁藩,等.福建省地层多重划分、对比研究(续)[J].福建地质,1996,(1):20-54.
- [5] 易顺民,唐辉明.活动断裂的分形结构特征[J].地球科学,1995,(1):58-62.
- [6] 沈晓华,邹乐君,阳峰.长江河道分形与流域构造特征的关系[J].浙江大学学报,2001,(1):107-111.
- [7] 朱晓华.中国大陆山系、断层系的分形分维探讨[J].地质力学学报,1999,(2):45-50.
- [8] 马瑾.滇西北发震构造条件及其与鲜水河断裂带的对比[J].地震地质,1988,(4):35-43.
- [9] 胡海涛.区域地壳稳定性评价的“安全岛”理论及方法[J].地质力学学报,2001,(2):97-103.
- [10] 易明初.黄河黑山峡坝址区构造活动特征及区域稳定性简评[M].北京:地震出版社,2003:190-196.
- [11] 李四光.关于地质构造的三重基本概念[J].科学通报,1953,(4):253-260.
- [12] 易明初.新构造活动与区域地壳稳定性[M].北京:地震出版社,2003:22-25.

## Study on Fractural Activity Evaluation Based on ETM + Remote Sensing Datas in Minnan Region

QIN Runjun<sup>1</sup>, WU Hong<sup>1</sup>, XU Hao<sup>2</sup>, LI Min<sup>1</sup>, YANG Xian<sup>1</sup>

(1. Remote Sensing Institute of Guilin University of Technology, Guangxi Guilin 541004, China; 2. No. 4 Production Mine of Gudong Oil Production Factory in Shengli Oilfield, Shandong Dongying 257237, China)

**Abstract:** Taking Minnan area as a research area, based on ETM + remote sensing image datas, through collecting and analyzing geological background information, analyzing the activities of the faults, extracting linear structure information, and combining with earthquake geological datas, distribution and activities of main fractures in Minnan region have been analyzed and studied. Genozoic and recent tectonic activities, the crustal surface, fractal dimension of linear structures and river system, seismic activities, risks and geothermal abnormality have been studied primarily. Based on active analysis and fuzzy comprehensive evaluation, the active grade of each subzone in Minnan area has been determined. The research area can be finally circled into the relative not activity region, comparative activity region and the activity region. The relative activity region of area is more than three of five of the whole research area. The relative not activity region is smaller. The key factors which caused relative activity are earthquake and active faults.

**Key words:** Activity of faults; fractal; fuzzy evaluation; multi-spectral remote sensing datas; Minnan area