

罗平地区断裂构造的遥感研究

谢 韬¹ 张启跃¹ 刘 伟¹ 吕 涛¹ 周长勇¹ 楼雄英¹ 文 芑^{1,2}

(1. 中国地质调查局成都地质调查中心, 四川 成都 610081; 2. 成都理工大学, 四川 成都 610059)

摘要:罗平地区地质构造背景复杂, 对该区构造格架的研究有利于揭示弥勒—师宗断裂北缘的构造演化。本文利用遥感技术可以宏观上对断裂特征进行全面解译和识别的特点, 结合野外调查, 分析提取断裂的影像特征, 在对断裂构造进行密度分析的基础上, 详细分析了断裂在地质地貌上的特征。研究发现, 罗平地区北东向断裂带是师宗—弥勒断裂北沿部分, 对罗平地区三叠系以来的地层沉积和构造演化有着直接的控制作用, 形成了断裂两侧不同的地貌特征。

关键词:罗平; 密度分析; 断裂构造; 遥感; 弥勒—师宗断裂

中图分类号: P542^{+.3}

文献标志码: A

文章编号: 1000-3657(2010)05-1405-05

弥勒—师宗断裂作为扬子陆块与华夏陆块的边界, 备受地质学家关注^[1-3]。该断裂带总体呈北东—南西走向, 从罗平县老厂、师宗北, 过弥勒县城, 至巡检司而被小江断裂错断, 经苏越、建水, 与官厅弧形断裂相连, 西南端终止在红河断裂带上^[4]。研究区位于其北段, 对该地区断裂构造特征研究比较薄弱。笔者利用遥感资料, 结合野外定量观察, 对罗平地区北东向断裂带的相关特征信息包括地形地貌等进行初步研究和分析, 确定其发育特点、空间展布及活动规律。

1 区域地质概况及影像数据

研究区位于云南东部, 东经 104°15′~104°22.5′, 北纬 24°50′~25°00′(图 1)。构造上处于扬子地台东南缘, 南盘江印支裂陷盆地边缘。区内除了东南角被第四系沉积物覆盖, 其余大面积为三叠系。

笔者采用 1999 年 12 月 27 日接收的 Landsat-7 ETM⁺数据, 轨道号 128/043, 为了提取断裂构造信息, 对影像进行几何精校正、辐射校正、图像裁剪及图像信息增强等遥感图像处理, 通过 ETM⁺742 波段假彩色合成和 ETM⁺8 波段融合处理得到了罗平地区分辨率 15 m 的无云雪覆盖的清晰图像(图 2-A), 满足研究需要。

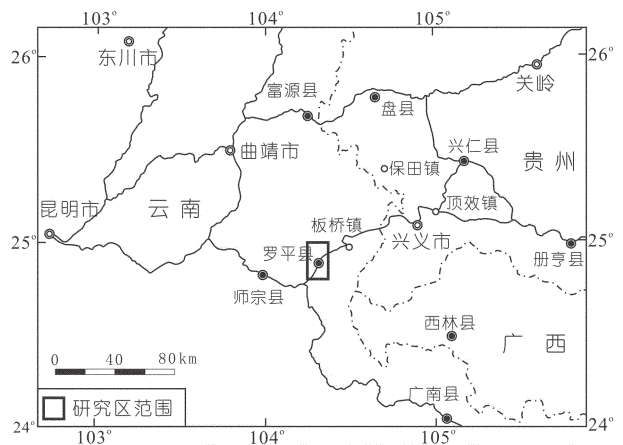


图 1 研究区位置图

Fig.1 Location of the study area

2 断裂信息提取及密度分析

2.1 断裂构造信息提取

地貌是地质构造应力与外应力长期相互作用的结果, 断裂在活动的过程中可以形成特定的地貌现象^[5], 如山脊和河流的断错、沟谷错动、线状排列的断层崖等, 这些特征信息在遥感影像上都有一定的体现, 在对这些遥感影像特征进行分析和解译前, 首

收稿日期: 2009-09-15; 改回日期: 2010-01-18

基金项目: 中国地质调查局“1:5 万大同、圭山、罗平县、捧乍幅区域地质调查”项目(1212010610211)资助。

作者简介: 谢韬, 男, 1982 年生, 工程师, 从事区域地质和遥感地质研究; E-mail: xt1982cd@163.com。

先应对影像进行针对性的运算和处理,以便于更好地获取断裂信息,达到断裂识别和分析的目的。针对研究区遥感影像的地质-地貌-景观背景,选择有效的处理方法和数学模型尤为重要,以便从不同侧面突出不同等级、不同层次、不同形态构造线性体的空间分布信息^[9]。

本文对 ETM⁺6 个反射波段进行主成分变换,所产生的第三主成分(PC3)主要包含线性构造信息,对其进行 3×3 像元的卷积滤波。通过 ETM⁺7 波段图像(R)、滤波结果图像(G)、主成分变换第一主分量(B)进行假彩色合成,有效地提高研究区线性构造的解译程度。同时结合该地区的 DEM 数据,创建三维动态模拟影像,增强断裂解译能力。通过人机交互模式,结合野外调查,分析提取断裂的影像特征,进行目视综合解译,剔除线性影像图上的非断裂线部分,再将区内断裂构造分为 3 级:(1)区域性断裂构造,规模宏大,延伸远,连续性好,往往是一断裂带,主干断裂为切割较深的深大断裂,明显把研究区分为不同的构造单元。如 F5(长家湾断裂)、F2(上村断裂)。(2)次一级断裂,规模较小的次一级断裂,影

像上表现为断续的线性影像体,解译标志较为清楚。如 F1(牛街断裂)、F3(石口子断裂)、F4(关塘断裂)。(3)节理,包括位移特征不明显的岩石破碎,规模较小,对研究本区的构造应力场十分重要。解译结果如图 2-B 所示。

2.2 线性构造密度分析

为使遥感解译线性影像统计分析结果能客观反映研究区的构造原貌,首先需对解译出的线性影像进行构造可信度评价,也即判断各线性影像隶属构造的程度^[7]。根据线性构造可信度与长度和频度的直方图显示出对数正态分布的特点,认为线性构造解译结果具有客观反映区内构造的地质特征,符合地质学规律。

构造线性体的定量统计分析有助于揭示断裂构造的空间展布规律及其发生、发展和演化^[9]。用于线性体的量化方法有很多种^[7,9-13],本文利用线性构造密度定量分析^[9]来为研究区域构造格架、构造序次以及隐伏构造、深部构造提供依据,探讨各类构造的时空分布特征及相关关系。所谓线性构造密度分析就是以解译图线性影像的长度、方位和频度及构造

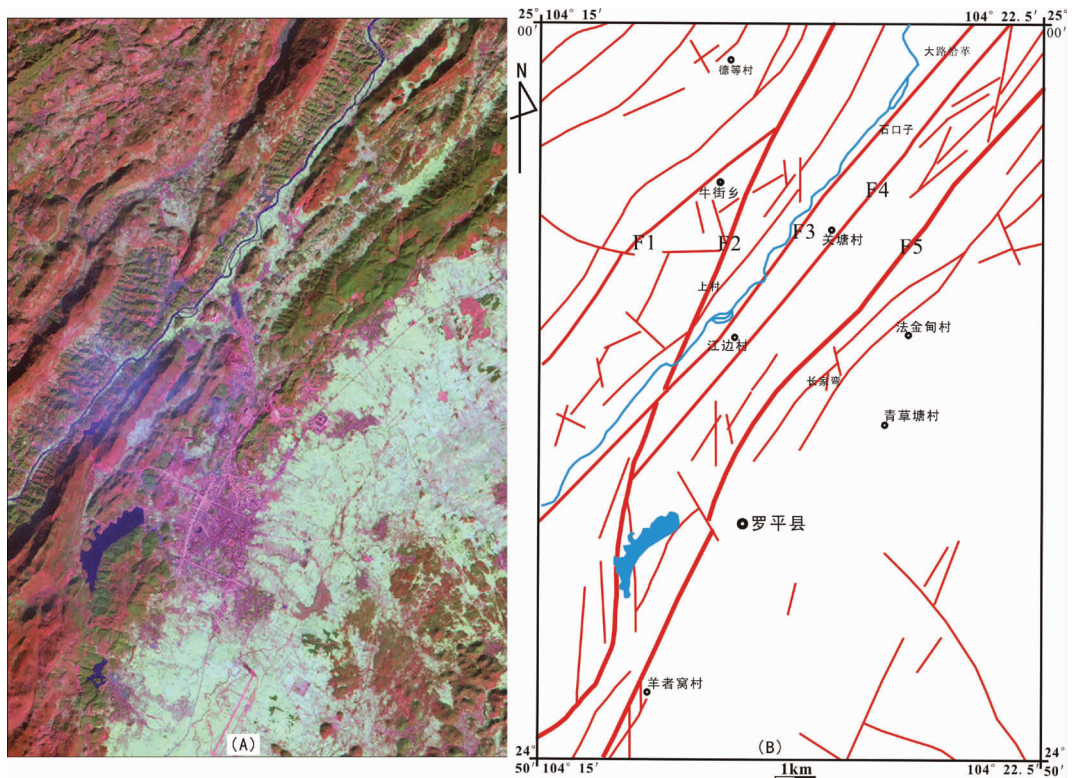


图 2 研究区遥感影像图(A)与构造解译图(B)
Fig.2 Remote sensing image (A) and tectonic interpretation (B) of the study area

可信度为基本数据,运用数理统计方法,获得研究区内线性构造的优势方位、异常带的空间展布规律及各向异性。

由于研究区发育较多的弧形断裂,采用 1 km×1 km 的网格进行划分,将研究区划分为 13×20 个网格单元,按单元网格分段各线性构造,分别计算出方位角分组间隔为 10°的各组线性构造的长度和,做出直方图后拟合成光滑的曲线图(图 3)。其目的在于了解线性体产生的方位优选特征,以及由此所表明的区域性构造的空间展布特征。从图 3 中可以看出,研究区内线性构造优势方位特征明显,集中在 20°~50°(北东方向)范围内,占该区线性构造总长度的 65%。该线性构造统计结果与弥勒—师宗断裂走向一致^[1,14-15],即北东向构造形迹是研究区构造格局的主体框架。

对上述各个单元网格内的线性构造长度求和(即线性构造密度),做出线性构造等密度图(图 4),来反映线性构造在空间上密度分布的数字特征和结构特征,以获得隐伏或深部的宏观构造信息。具有一定延伸方向的梯度带多为区域构造带的反映,图中主要表现为北东向的区域构造,存在北东(大路恰革)和南西(羊者窝村)两个线性构造密集区。

4 讨论与结论

弥勒—师宗断裂是一条极其重要的地壳结构带的分界线^[1],是继承基底间歇性的同沉积断裂,具有长期间歇性活动的特点:泥盆纪强烈活动,石炭纪趋于稳定,早二叠世晚期—晚二叠世再度活动^[16]。尤其是在晚古生代控制了滇东地区峨眉山玄武岩的分

布和厚度变化^[17]。董云鹏等^[18]对弥勒—师宗断裂北段基性火山岩地球化学的研究表明:其形成于晚古生代裂谷构造环境。同时在研究区北东侧老厂附近^[18]和南西侧建水地区^[19],在晚古生代弥勒—师宗断裂表现为重要的岩相古地理界线。在其后的中生代早期,罗平地区受弥勒—师宗同沉积断裂影响,表现为一系列生成期、动力学特征、形态、规模及运动方式有独特的相似性的一组断裂,其展布方向为北东 20°~50°。断裂两侧地层褶皱发育(图 5),岩石变形破碎强烈;在长家弯断裂又切断古近—新近纪地层。因此可以推断断层在中生代早期之前已定型,之后对罗平地区三叠系以来的地层沉积和构造演化有着直接的控制作用,并且在新生代仍有活动。

通过对研究区遥感数据处理,得到符合断裂解译的清晰影像,结合野外调查(图 6),分析提取断裂的影像特征,解译出研究区断裂,在对断裂构造进行密度分析的基础上,详细分析了断裂在地质地貌上的特征。这样,利用遥感技术进行断裂研究,具有直

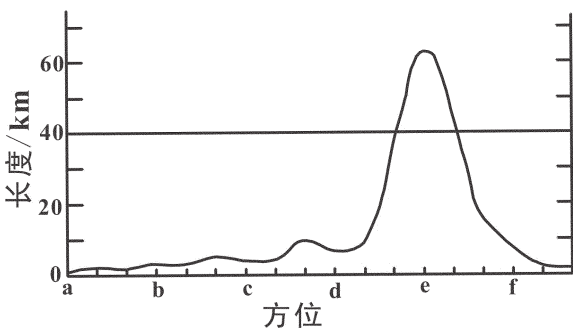


图 3 线性构造方位角-长度频率图

a—90°~80°(正西);b—60°~50°;c—30°~20°;
d—0°~10°(正北);e—30°~40°;f—60°~70°

Fig.3 Direction-length frequency map of the linear structures

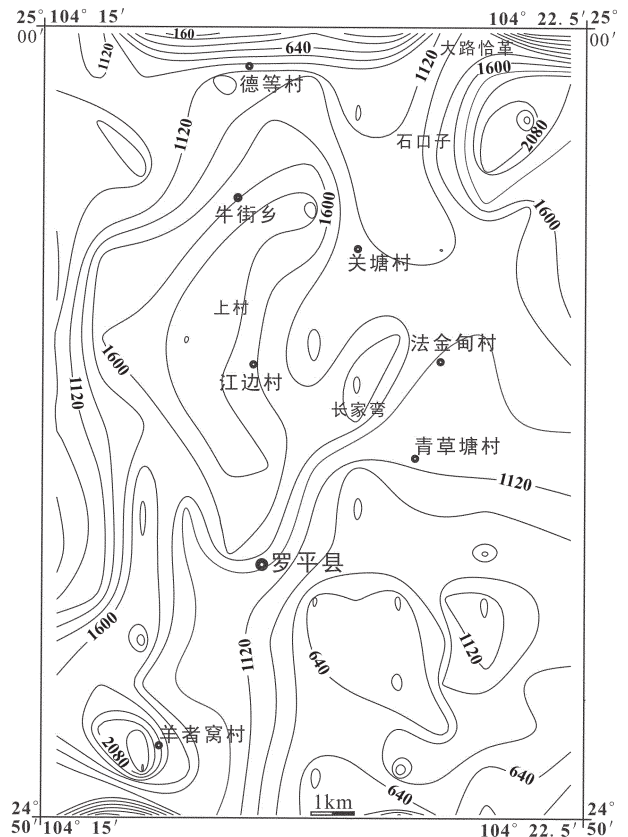


图 4 线性构造等密度图

Fig.4 Isodensity diagram of the linear structures

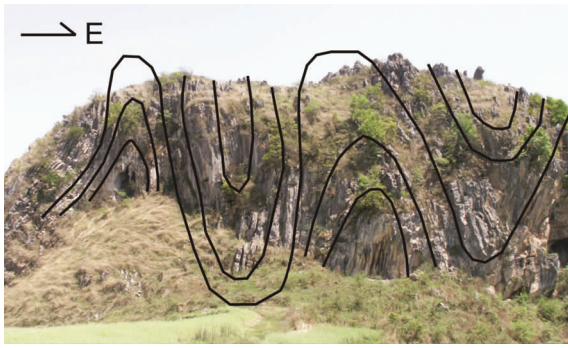


图 5 褶皱发育
Fig.5 Well-developed fold



图 6 断层地貌
Fig.6 Fault geomorphology

观、快捷、信息量大等优势,可作为常规地面调查的有效补充,实践证明是相当可行的。

参考文献 (References):

[1] 王砚耕, 王立亭, 张明发, 等. 南盘江地区浅层地壳结构与金矿分布模式[J]. 贵州地质, 1995, (2):91-175.
Wang Yangeng, Wang Liting, Zhang Mingfa, et al. Texture of the upper crust and pattern of the disseminated gold deposits distributed in Nanpanjiang area [J]. Guizhou Geology, 1995, (2):91-175 (in Chinese with English abstract).

[2] 毛健全, 顾尚义, 张启厚. 右江-南盘江裂谷构造格局 [J]. 贵州地质, 1999, 16(3):188-194.
Mao Jianquan, Gu Shangyi, Zhang Qihou. Framework of fault tectonics in Youjiang -Nanpanjiang rift [J]. Guizhou Geology, 1999, 16(3):188-194 (in Chinese with English abstract).

[3] 董云鹏, 朱炳泉, 常向阳, 等. 滇东师宗-弥勒带北段基性火山岩地球化学及其对华南大陆构造格局的制约 [J]. 岩石学报, 2002, 18(1):37-46.
Dong Yunpeng, Zhu Bingquan, Chang Xiangyang, et al. Geochemistry of the basalts from north of the Shizong-Mile belt, eastern Yunnan Province: constraints on the tectonic framework of the south China continent [J]. Acta Petrologica Sinica, 2002, 18(1) 37-46(in Chinese with English abstract).

[4] 云南省地质矿产局. 云南省区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1990.
Yunnan Provincial Bureau of Geology and Mineral Resources. Regional Geology Chi of Yunnan Province[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1990(in Chinese).

[5] Fuis G S , Ryberg T , Godefreg N J , et al. Crustal structure and tectonics from the Los Angeles basin to the Mojave desert, southern California [J]. Geology, 2001, 29 (1):15-18.

[6] 薛重生, 王京名, 刘敏, 等. 遥感图像构造线性体模式及结构分析 [J]. 地质科技情报, 1997, 16 (增刊):57-63.
Xue Chongsheng, Wang Jingming, Liu Min, et al. Analysis of

structural linement pattern and texture on remote sensing image[J]. Geological Science and Technology Information, 1997, 16 (Supp.): 57 - 63(in Chinese with English abstract).

[7] 吴曙亮. 溧阳火山岩盆地 TM 遥感图像线性构造密度分析 [J]. 江苏地质, 2000, 24(3):161-164.
Wu Shuliang. Linear tectonic density analysis of remote -sensing image in the volcanic rock basin of LiyangJiangsu [J]. Jiangsu Geology, 2000, 24(3):161-164(in Chinese with English abstract).

[8] 隋志龙, 李德威, 黄春霞. 断裂构造的遥感研究方法综述 [J]. 地理学与国土研究, 2002,18 (3):34-37.
Sui Zhilong, Li Dewei, Huang Chunxia. Overview of research approach of faults based on remote sensing technology[J].Geography and Territorial Research, 2002, 18 (3):34-37 (in Chinese with English abstract).

[9] 赵不亿, 秦小光. 遥感构造的定量分析方法 [J]. 地质科技情报, 1988, 7(1):127-136.
Zhao Buyi, Qin Xiaoguang. Quantitative analysis method of remote sensing structure [J]. Geological Science and Technology Information, 1988,7 (1):127-136(in Chinese).

[10] 王润生, 杨文立. 遥感线性体场的数量化分析 [J]. 国土资源遥感, 1992, 13 (3):49-53.
Wang Runsheng, Yang Wenli. Digital analysis of linement field in remotely sensed image [J]. Remote Sensing for Land and Resources, 1992, 13 (3):49 - 53(in Chinese with English abstract).

[11] 郭德方, 谢青云, 李小孟, 等. 线性体场分析 [J]. 国土资源遥感, 1993, 18 (4):8-16.
Guo Defang, Xie Qingyun, Li Xiaomeng, et al. Linear syspem field analysis[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 1993, 18 (4): 8-16 (in Chinese with English abstract).

[12] 张旺生, 杨巍然. 北祁连山西段遥感构造定量分析与金铜矿化关系 [J]. 地质科技情报, 1997, 16 (增刊):65 - 72.
Zhang Wangsheng, Yang Weiran. Quantitative analysis of remote sensing structure and its relation to Au-Cu mineralization in the western part of north Qilian Mountains [J]. Geological Science and Technology Information, 1997, 16 (Supp.):65 - 72 (in Chinese

with English abstract).

- [13] 周竞平, 吴淦国. 冀西北下双台地区构造及金矿找矿标志的遥感影像特征[J]. 国土资源遥感, 1998, 37 (3):83-96.
Zhou Jingping, Wu Ganguo. The image feature of structure and gold-ore marks of Xiashuangtai area of Hebei Province of China [J]. Remote Sensing for Land and Resources, 1998, 37 (3):83-96 (in Chinese with English abstract).
- [14] 王巨民, 张永宏, 朱绍兵. 滇东扬子板缘犁式冲断带的发现及其意义[J]. 中国煤田地质, 2006, 18(5):11-13.
Wang Jufu, Zhang Yonghong, Zhu Shaobing. Finding of plough-shaped thrust belt on the Yangtze plate margin in Eastern Yunnan and its significance[J]. Coal Geology of China, 2006, 18 (5):11-13 (in Chinese with English abstract).
- [15] 毛健全, 顾尚义, 张启厚. 右江—南盘江裂谷构造格局 [J]. 贵州地质, 1999, 16(3):188-194.
Mao Jianquan, Gu Shangyi, Zhang Qihou. Framework of fault tectonics in Youjiang-Nanpanjiang rift[J]. Guizhou Geology, 1999, 16(3):188-194(in Chinese with English abstract).
- [16] 章正军, 丁俊, 侯蜀光, 等. 滇东南地区泥盆纪层序地层格架及海平面变化[J]. 云南地质, 2003, 22(2):131-141.
Zhang Zhengjun, Ding Jun, Hou Shuguang, et al. The stratigraphic framework of Devonian sequence and sea level changes in south-

east Yunnan[J]. Yunnan Geology, 2003, 22(2):131-141(in Chinese with English abstract).

- [17] 刘朝基, 曾绪伟, 金久堂, 等. 康滇地区基性超基性岩[M]. 重庆: 重庆出版社, 1988, 227-231.
Liu Chaoji, Zeng Xuwei, Jin Jiutang, et al. The Basic and Ultra-basic Rocks from Kang-Dian Region[M]. Chongqing: Chongqing Publishing House, 1988, 227-231.
- [18] 袁月琴, 陈万明, 曹运祥. 云南省富源县老厂矿区龙潭组第三段沉积环境及聚煤作用探讨[J]. 贵州地质, 2008, 25(3):171-176.
Yuan Yueqin, Cheng Wanming, Cao Yunxiang. Sedimentary environment and coal accumulation of the Third Member, Longtan Formation, Laochang Mining Field, Fuyuan County, Yunnan Provinc [J]. Guizhou Geology, 2008, 25 (3):171-176 (in Chinese with English abstract).
- [19] 谢静, 常向阳, 朱炳泉. 滇东南建水二叠纪火山岩地球化学特征及其构造意义[J]. 中国科学院研究生院学报, 2006, 23(3):349-356.
Xie Jing, Chang Xiangyang, Zhu Bingquan. Geochemical characteristics of Permian volcanic rocks from jianshui, southeast Yunnan and their tectonic implication [J]. Journal of the Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, 2006, 23(3):349-356 (in Chinese with English abstract).

A study of faults in Luoping area based on remote sensing technique

XIE Tao¹, ZHANG Qi-yue¹, LIU Wei¹, LV Tao¹,
ZHOU Chang-yong¹, LOU Xiong-ying¹, WEN Wen^{1,2}

(1. Chengdu Center, China Geological Survey, Chengdu 610081, Sichuan, China;

2. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

Abstract: In view of the complex structure background in Luoping area, the authors studied the tectonic framework of this area, with the purpose of revealing the tectonic evolution in the northern part of the Mile-Shizong fault. The characteristics of remote sensing technology were used to interpret and identify the faults macroscopically. Through field survey, the image features of the faults were acquired. On the basis of the density analysis of the faults, the detailed fault characteristics were studied from the viewpoint of geological and topographic features. The results show that the NE-trending fault belt in Luoping is the northern extension of the Mile-Shizong fault. This belt has controlled sedimentary and tectonic evolution since the Triassic in Luoping, with the development of different features on the two sides of the fault belt.

Key words: Luoping; density analysis; fault structure; remote sensing; Mile-Shizong fault

About the first author: XIE Tao, male, born in 1982, engineer, engages in the study of regional geology and remote sensing geology; E-mail: xt1982cd@163.com.