

广西防城 - 灵山断裂带北东支灵山段活动性初探

何 军, 刘怀庆, 黎清华, 朱章显

(武汉地质矿产研究所 武汉 430205)

摘要:防城 - 灵山断裂北东支灵山段为北部湾经济区内地震活动最为频繁的地区。为了查明防城 - 灵山断裂带北东支灵山段的断裂活动变形特征, 尤其是在活动性特征的关键部位控制断裂构造的产状特征, 断裂产状深部变化、断裂带规模及展布方向, 本文通过遥感解译、地质地貌调查以及浅层地震和地质雷达勘探等物探方法对广西防城 - 灵山断裂带北东支灵山段的平面展布特征以及活动性进行了初步探讨。结果表明该断裂带呈北东向展布并被多条北西向断裂错断, 东西边界分别为灵山断裂和石塘断裂。灵山断裂错断了晚更新世洪积扇阶地, 河流流经灵山断裂后发生右旋偏转; 石塘断裂表现为宽约 250 m 的破碎带, 次级断裂密集发育。物探结果显示防城 - 灵山断裂北东支灵山段的東西两支在晚更新世以来均具有较强的活动性。

关键词:防城 - 灵山断裂带北东支; 灵山; 活动性

中图分类号: P542+.3

文献标识码: A

活动断裂是一种现代正在活动的构造, 它与地震和地质灾害紧密相关, 从而对经济区(城市)和工程安全直接造成威胁。近年来, 经济区(城市)断裂的活动性以及地震安全评价工作越来越受到国内外学者的重视^[1-5]。

防城-灵山断裂带是斜贯北部湾经济区内的一条北东-北东东向断裂带。西南端起自越南德先安, 经防城、钦州至灵山至平南的大安, 总长度约 350 km 左右, 中国境内长度约 300 km, 宽 5 ~ 10 km^[6], 总体呈 NE-NEE 走向。该断裂带夹持于钦州坳陷和六万大山隆起之间, 由一系列平行的断裂组成, 断裂控制沉积作用明显。

目前, 对于防城-灵山断裂带的活动性研究鲜有报道。周本刚运用地质地貌调查和地震活动资料将防城-灵山断裂带划分为活动性不同的 4 个段落^[7]。

历史资料表明, 防城-灵山断裂北东支灵山段与多条北西向断裂交汇, 为经济区内地震活动最为频繁的地区, 但是针对该段的活动性研究还较为缺乏, 黄河生等通过分析土壤中汞气的含量变化指出罗阳山西北麓灵山断裂是灵山县内最活动的断裂^[8]。随着现代遥感技术的快速发展, 可以弥补地面调查的局限, 为活动断裂的平面展布特征以及活动断裂控制的地形地貌特征提供的有效的技术手段^[9-11]。近年来, 地质雷达和浅层地震等物探方法的解释日趋成熟, 可对隐伏断裂的位置、几何形态、断裂带宽度以及断层的活动性给出相当精确的结果^[12-14]。本文将这两种方法与传统的地质地貌调查相结合, 对防城-灵山断裂北东支的活动性进行初步探讨, 在该地区今后进一步开展断裂活动性研究和重大工程地震安全评价提供重要的基础数据。

1 断裂带基本地质概况

防城-灵山断裂带是贯穿整个北部湾经济区的

收稿日期: 2011-08-29; 修回日期: 2011-09-21

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目: 北部湾经济区断裂活动性调查(K201009)资助

作者简介: 何军(1984—), 男, 硕士, 助理工程师, 现从事城市地质环境调查评价工作, E-mail: 05302105hj@163.com

区域性深大断裂,它由多条走向 40° ~ 50°、大致平行的断裂组成。北东支灵山县内由灵山断裂和石塘断裂组成东西边界。此段有大片的印支期花岗岩分布。吴继远于 1980 年调查发现,在寨圩以南,可见断裂构造岩为压扁拉长的构造透镜体,以及呈显著定向的构造糜棱岩化、片理化岩,其带宽约数百米。沿断裂两侧岩石强烈挤压破碎或揉皱^[5]。

从断裂和地貌的关系看,灵山断裂可分为 2 段。在那隆南到佛子镇之间,断裂主要发育在古生代粉砂岩中,个别地点错断印支期花岗岩,地貌上不构成山地和灵山侵蚀盆地的分界线,断裂两侧没有明显的地形高差;而在佛子镇到寨圩之间,灵山断裂沿罗阳山北麓山前发育,地形高差明显,发育一系列的断层三角面。石塘断裂在灵山及其西南地段,由于断裂两盘地层岩性的差异(北盘地层为奥陶纪下统砂岩、薄层灰岩;南盘地层为泥盆纪页岩夹泥岩),断裂通过的位置与山区和侵蚀盆地交界的位置一致。而在灵山以北的地区,断裂大部分发

育在印支期花岗岩中,断裂两侧在地形上不存在高差(图 1)。

2 工作方法

本次研究的基本数据源为 1:5 万 ALOS 数据,数据来自日本 ALOS(AVNIR-2)可见光与近红外辐射计传感器,获取时间为 2008 年 11 月 27 日,产品等级 Level 1B2,精度为 10m。通过设立合理的遥感地质解译剖面,建立相应的地物解译标志,结合工作区部署图和基础地质资料采用人机交互式解译,重点提取区内线性构造和环形构造及其展布特征。

针对灵山断裂带的东西边界,进行大比例尺(1:2000)典型地质剖面测量,揭示活动断裂的产状特征。地质剖面布设位置如图 1 所示。为查明断裂活动变形特征,尤其是在活动性特征的关键部位控制断裂构造的产状特征、断裂产状深部变化、断裂

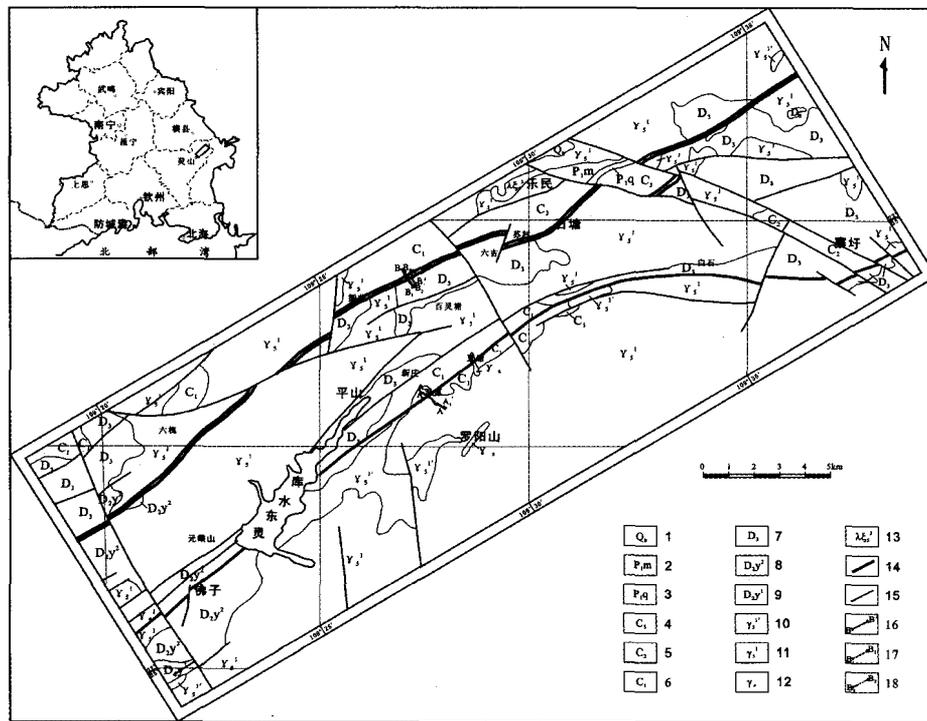


图1 防城-灵山断裂灵山段地质构造简图

Fig1. Simplified geological map of the Fangcheng-Lingshan fault in Lingshan

- 1.第四系全新世;2.二叠系下统茅口组;3.二叠系下统栖霞组;4.石炭系上统;5.石炭系中统;6.石炭系下统;7.泥盆系上统;
- 8.泥盆系中统郁江组上段;9.泥盆系中统郁江组下段;10.印支期补充侵入细粒花岗岩;11.印支期中细粒花岗岩;
- 12.印支期.花岗岩岩脉;13.石英正长岩;14.主要断裂;15.次要断裂;16.地质地貌调查剖面;17.地质雷达线;18.浅层地震线

带规模及展布方向,采用浅层地震和地质雷达进行探测,沿石塘断裂布设浅层地震和地质雷达线各一条,灵山断裂受当地居民条件限制仅布设一条地质雷达线,物探剖面位置如图1所示。

本次探测工作地震勘探设备采用北京水电研究所研制的SWS-1G型地震仪,震源采用炸药爆破震源,每炮炸药量0.5-1kg,采用水平叠加观测系统观测,观测系统设计参数为:道间距3m,炮间距9m,偏移距60-74m,覆盖次数8次,48道单边排列接收。仪器记录参数为:采样间隔0.25ms,每个记录道采集4096个样点,采样长度1024ms。地质雷达探测采用的是加拿大SSI公司的PulseEKKO100型仪器。为了兼顾较深的探测范围和较高的分辨率,本次探测工作采用50MHz的天线,收发距为4m,点距1m,采样间隔1.6ns,采样时窗800ns,叠加次数32次。

3 断裂带活动性特征

3.1 遥感解译

由图2遥感解译可知防城-灵山断裂带的北东段自灵山县那隆镇至浦北县寨圩,可分为东西两支。主要由灵山断裂(东支)和石塘断裂(西支)组成,两支之间的距离约6~8km,该断裂带被多条

北西向断裂切割。灵山断裂(F1)由南向北依次经过檀圩东南、新圩、佛子、平山,沿罗阳山北麓向东终止于寨圩,在寨圩附近被北西向的寨圩断裂错断。石塘断裂(F2)由南向北经檀圩西北、灵山、平山北,在石塘镇东侧被北西向的寨圩断裂错断。

3.2 地质地貌调查

(1) 罗阳山地质剖面(A-A')

灵山县的最高峰罗阳山绝对高度为869.3m,水平距离2km范围内相对高差达800多米,其坡度陡,梯度很大,山中河流、沟谷切割很深,多跌水、瀑布,显示出年轻地貌的特征。山前断裂西盘是一排整齐的断层三角面,长达20km^[7]。在断层三角面下则发育数级洪积扇阶地,彼此相连,随同三角面延伸20km,规模之大,在多雨的南方实属罕见。罗阳山最高峰之下的灵家、高垌一带,发育着VI级洪积阶地,最高一级相对高度达160m,时代可能属于早更新世。在阶地最前缘发育了倾斜度比较大的新洪积扇。1936年发生的6.7级地震,震中就位于罗阳山前的灵家村。风化产物被流水携带至沟口之处,因坡度骤减,流速减小,水流分散,搬运能力下降,在冲沟口附近沉积。巨砾、砾石在近沟口处堆积,砾间被后续的细粒所充填,形成扇顶相;再往外缘,洪水流速的进一步减小,以砂土和砂砾沉积为主,同时,在横剖面上可见看到砾石、砂质透镜体,

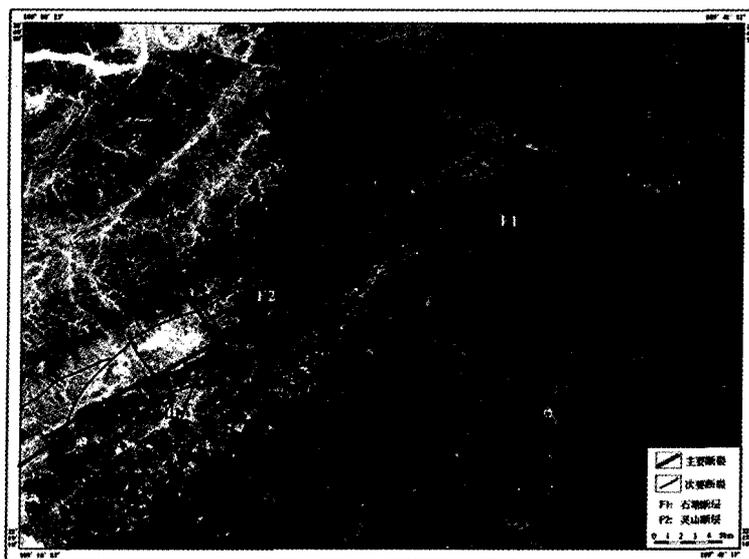


图2 防城-灵山断裂灵山段遥感解译图

Fig.2 Interpretative remote sensing image of Fangcheng-Lingshan fault in Lingshan

出现“多元结构”,形成扇中相(扇形相);再向沟外,在靠近洪积扇的外缘部分,沉积物以亚砂土、亚粘土为主,偶含砂及细砾石透镜体,形成扇缘相(滞水相),扇顶相、扇中相和扇缘相三部分组成洪积扇。罗阳山灵家村洪积扇分布级数多达Ⅵ级(图3)。

灵山断裂发育在第Ⅱ级洪积扇与第Ⅰ级洪积扇接触部位,第Ⅱ级洪积扇的扇缘相缺失直接与第Ⅰ级洪积扇的山顶相接触,表明第Ⅱ级洪积扇被NE向的灵山断裂错断。

(2)石塘断裂插花村砖厂地质剖面(B-B')

插花村砖厂内开挖的残留剖面上,揭露出清晰的石炭纪下统和泥盆纪上统地层,显示出一系列密集发育的断层(图4)。调查显示石塘断裂在此处表现为一个宽约250m的断裂带。断裂上盘地层为石炭纪下统灰黄色细砂岩夹泥岩、含炭泥岩、硅质岩,产状 $133^{\circ}\angle 72^{\circ}$;断裂下盘地层为泥盆系上统灰紫色、黑色含铁锰质硅质岩夹灰黄色细砂岩、泥岩,少量含炭泥岩,产状 $110^{\circ}\angle 67^{\circ}$;断裂带内地层为石炭纪下统,地层因密集发育的次级小断层强烈扰动形成拖拉褶皱。同时,断裂下盘同样发育一些次级小断层,规模较小。断裂带的北界断层产状为 $340^{\circ}\angle 71^{\circ}$,破碎带宽约6m,由灰色-紫红色的砂质泥岩、断层角砾岩组成,角砾成分为灰黄色细砂岩,呈泥质胶结,角砾大小以 1×3 cm居多,磨圆度较差。根据断层两侧地层接触关系和断层产状判断为逆断层。断裂带的南界断层产状为 $20^{\circ}\angle 78^{\circ}$,破碎带宽约5m,由灰黄色砂质泥岩夹灰黑色含炭泥岩、硅质角砾岩组成,角砾成分为灰黄色细砂岩,呈钙质胶结,角砾大小以 $1\text{cm}\times 3\text{cm}$ 和 $3\text{cm}\times 5\text{cm}$ 居多,呈棱角状,根据角砾的排列方向推测断层性质为正断层。

3.3 物探

(1)灵山断裂(F1)

灵山断裂地质雷达(A₁-A₁')剖面波形图如图3所示,可以看到3组连续性较好的雷达反射波同相轴。第一组同相轴反映的界面深度大约为1.5m左右,第二组同相轴反映的界面深度大约为3.0m左右,第三组同相轴连续性稍差,深度为6-11m。结合其它同时进行了地震勘探的测线的分析结果,认为第一组反射界面为第四系沉积层中的土层界面,

第二组反射界面为强风化基岩面,最下面的第三组反射界面可能就是微弱风化基岩面。

第一组和第二组地质雷达反射波同相轴在在大部分测线范围内连续性都比较好,但是在955~1030m范围内连续型变差,组成同相轴的波组出现错动,与其两侧有明显差异,此处与地质地貌调查断层位置一致(A-A'与A₁-A₁'并未完全重合)。

(2)石塘断裂(F₂)

①地质雷达(B₁-B₁')剖面

B₁-B₁'线地质雷达波形图如图4所示,可以看到在地质雷达波形图上有2组比较连续的雷达反射波同相轴,反映土层中存在2个明显电性差异的界面。第一组同相轴反映的界面深度为1.2~1.5m,第二组同相轴反映的界面深度为2.5~4m,深度4m以下没有连续性较好的反射波同相轴。结合地震勘探资料,认为第一组反射界面为第四系沉积层中的土层界面,第二组反射界面为强风化基岩面,没有探测到微弱风化基岩面。

第一组和第二组反射波同相轴在230~250m以及460~490m范围内连续型变差,组成同相轴的波组出现错动,位置分别对应地质地貌调查的F₂₋₁和F₂₋₂。

②浅层地震(B₂-B₂')剖面

B₂-B₂'线地震勘探试验剖面如图4所示,根据试验剖面分析,试验剖面范围地层主要分为二层,覆盖层和基岩。在试验地段,覆盖层为第四系沉积土层,地震波速度为1200m/s,厚约15m。基岩的地震波速度为3000m/s。

B₂-B₂'测线的0~216m和435~475m区间内地震波都同相轴出现明显的不连续和错动,几个波组同步向上或向下错动,地震波波形与其两侧有明显的差异。0~216m范围内地震波幅度低,只有3组可以辨认的地震波同相轴,而在大于216m的地段,同相轴数量明显增加,反射波波形幅度明显增强,波形特征有明显变化。说明在216m两侧,存在不同的介质。推断测线的216m处为断层的位置,结合地质雷达资料,可以确定该断层即为F₂₋₁,断层破碎带宽约为20m,向NW倾斜,断层已经延伸到覆盖层中,埋藏深度约为4m。435~475m间断层

为F2-2,由6个次级断层组成,倾向北西,断层破碎带宽约40 m,断层顶点深度约为4 m。

3.4 断裂活动性讨论

(1) 灵山断裂(F1)

灵山断裂错段了罗阳山前的洪积扇阶地,这些洪积扇阶地海拔高度约150 m,属于钦江II级阶地,形成时代为晚更新世^[6]。从构造地貌上看,灵山断裂存在晚更新世以来活动的迹象。另外,罗阳山附近地表水流经过断裂后,部分转为地下潜流,部分水系流经断裂时发生右旋偏转,偏转量50~150 m不等。这些水系规模不大,长度一般为1~2 km左右,大部分应属第四纪中期以来发育的水系。中更新世洪积扇砂砾石层中发现断裂的迹象。断裂两侧片理化明显,有砾石被压扁拉长以及构造透镜体和破裂现象^[7]。

从地质雷达955~1030 m的影像推断,此范围的雷达反射波异常为灵山断裂活动引起的地层扰动。断层破碎带宽约75 m。由于地层扰动范围接近地表,表明该断裂在晚更新世仍然有活动。

(2) 石塘断裂(F2)

石塘断裂地质雷达影像显示230~250 m以及460~490 m范围内同相轴的波组出现错动,断层F₂₋₁异常范围宽20 m,断层F₂₋₂异常范围宽约30 m。由于地层扰动范围都接近地表,说明断层在晚更新世有活动。同时,浅层地震结果也显示同样的活动特征,还指出断层F₂₋₂切割了泥盆系上统(D₃)地层,部分延续到了第四系地层,该断层有多期次活动,435~460 m之间的断层晚更新世没有活动,460~475 m的断层晚更新世仍然有活动。

总体来说,防城-灵山断裂带的北东支灵山段东西两支在晚更新世以来仍具有活动性。建议进一步开展钻探和年代学研究,深入分析断裂的活动性特征。

5 结论

基于防城-灵山断裂的北东支灵山段的地质地貌调查、结合遥感解译和浅层地震、地质雷达等物探手段,对该断裂的空间展布特征以及晚第四纪以

来的活动性进行了初步探讨,得出了以下认识:

(1)防城-灵山断裂的北东支灵山段总体呈NE走向,由灵山断裂和石塘断裂东西两支组成,两支之间的距离约6~8 km。

(2)灵山断裂错动了晚更新世洪积扇阶地,流经断裂的地表水系变为地下潜流或右旋偏转,结合地质雷达探测结果显示该断裂在第四纪仍然有活动。石塘断裂地质雷达和浅层地震结果显示,断裂带宽约250 m,由数条密集断层组成,部分断层晚更新世以来具有活动性。

参考文献:

- [1] 万贵龙,张德会,张守仁. 天津北大港构造带东翼断裂活动浅析[J]. 地球学报. 2011,3(3):373-381
- [2] 王洪聚,刘保华,李西双. 晚更新世以来渤海南部海域断裂活动性[J]. 地球科学进展. 2011,26(5):556-564.
- [3] 黎小刚,周荣军,刘保金,等. 四川青川县乔庄镇城区活动断裂探测与评价[J]. 震灾防御技术. 2010,5(4):428-438.
- [4] 孙芳强,苏生瑞,彭建兵. 西安地区活动断裂活动性的Fuzzy-Grey模式评价[J]. 工程地质学报. 2010. 18(2):183-188.
- [5] Feng Xi-jie, Dai Wang-qiang. Lateral migration of fault activity in Weihe basin [J]. Earthquake Science. 2004,7(2):190-199.
- [6] 广西壮族自治区地方志编纂委员会. 广西通志(地震志)[M]. 南宁:广西人民出版社.1990.
- [7] 周本刚,杨晓平,杜龙. 广西防城-灵山断裂带活动性分段与潜在震源区划分研究 [J]. 震灾防御技术.2008,3(1):8-19.
- [8] 黄河生,任镇寰,杨廉法. 广西灵山地区断裂活动性与土壤中汞气含量变化[J]. 华南地震. 1990,10(1):42-49.
- [9] 张景发,王四龙,侯孝强. 活动断裂带中遥感数字图像处理技术--以鲜水河活动断裂为例 [J]. 地震地质. 1996,18(1):1-10.
- [10] 谢韬,张启跃,刘伟等. 罗平地区断裂构造的遥感研究 [J]. 中国地质. 2010,37(5):1405-1409.
- [11] 姜文亮,张景发,陈丁等. 利用遥感、中立多源信息研究郟-庐断裂带苏-鲁段构造特征 [J]. 地球学报. 2011,32(2):143-153.
- [12] 周林辉,林国清. 地质雷达及浅层地震在泥质粉砂岩中断裂带上的曲线特征[J]. 地质灾害与环境保护. 2002,13(3):36-39.

- [13] 薛建, 贾建秀, 黄航等. 应用地质雷达探测活动断层[J]. 吉林大学学报(地球科学版). 2008, 38(2): 347-350.
- [14] 胡毅力, 温一波, 段继平. 滇池盆地东缘白邑-横冲断裂南段的浅层地震勘探研究[J]. 震灾防御技术. 2010, 5(4): 451-460.
- [15] 吴继远. 灵山断褶带地质构造基本特征及其大地构造性质的探讨[J]. 地质科学. 1980, (2): 125-133.
- [16] 钟新基. 广西新构造运动的主要表现及构造应力场分析[J]. 华南地震. 1981, 1(1): 60-71.

Activity of the Northeastern Branch of Fangcheng-Lingshan Fault Zone in Lingshan, Guangxi, China

HE Jun, LIU Huai-Qing, LI Qing-Hua, ZHU Zhang-Xian

(Wuhan Institute of Geology and Minerals Resources, Wuhan 430205, China)

Abstract: Seismic activity in northeast branch of Fangcheng-Linshan fault appeared most frequently in Beibu Gulf economic zone. The work of this paper is to identify the deformation characteristics and activity of northeast branch of Fangcheng-Linshan fault, especially the occurrence and its changes in depth, the scales and spreading characteristics of the faults in the key parts. Areal distribution characteristics and activity of the northeast branch of the Fangcheng-Lingshan fault zone in Lingshan was preliminary discusses by remote sensing interpretation, geological and geomorphological survey, as well as shallow seismic reflection and ground prospecting radar (GPR). The results indicated that the fault was offset by a number of northwest-trending faults, east and west margin of which are Lingshan fault and Shitang fault, respectively. Linshan fault offset the alluvial fan terraces formed in late Pleistocene. The streams were dextral at Linshan fault. Shitang fault presented a fracture zone with 250 m width, where secondary faults were dense. The images of geophysical exploration showed that both of the two branches of Fangcheng-Linshan fault had a relative strong activity since the Late Pleistocene.

Key words: northeast branch of Fangcheng-Lingshan fault zone; activity; Lingshan, Guangxi province