

# 遥感技术在浙江东部穿山半岛地区 活动断裂调查中的应用

杨金中, 聂洪峰, 李景华

(中国国土资源航空物探遥感中心, 北京 100083)

摘要: 在区域遥感影像图制作和初步地质解译的基础上, 结合相关地质资料, 建立了浙江东部穿山半岛地区活动断裂的判译标志, 对区域解译出的断裂进行了详细的研究, 成功地厘定了穿山半岛地区的活动断裂。

关键词: 活动断裂; 遥感解译; 穿山半岛

中图分类号: TP 79 文献标识码: A 文章编号: 1001-070X(2003)04-0050-04

## 0 引言

滑坡、崩塌、泥石流、地震等是现今人类社会面临的重要地质灾害。利用遥感技术, 结合传统地质方法, 对上述地质灾害进行调查, 无疑是一种快速且经济的办法。2002年, 我们利用陆地卫星遥感数据(TM和ETM), 对穿山半岛地区的活动构造进行了遥感地质解译, 结合区域地质、地震资料和野外调查验证, 对区域活动断裂进行了厘定。

## 1 区域地质概况

调查区位于浙江省东部、宁波市东部镇海—郭巨一带(图1), 是宁波市海上对外交通的重要基地。大地构造上, 位于东南沿海巨型隆起带和浙闽粤沿海燕山期火山活动带的北段。区内地层自前泥盆系到第四系均有出露。其中, 前泥盆系陈蔡群变质岩组成基底, 大片分布巨厚的中生界陆相火山岩, 如下白垩统方岩组、朝川组、馆头组、上侏罗统大爽组、高

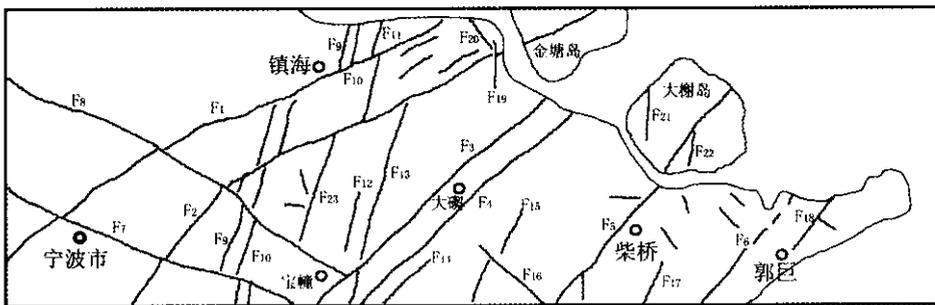


图1 研究区地质简图

坞组、西山头组、茶湾组和九里坪组等则构成盖层, 沿海沿江地区则沉积了大量新生界地层。区内岩浆岩较为发育, 单个岩体面积不大, 多呈岩株、岩枝状产出, 岩性以二长花岗岩、钾长花岗岩为主, 花岗岩、石英闪长岩、花岗斑岩次之, 时代以燕山晚期为主。区域断裂构造发育, 温州—镇海北北东向断裂从本区西部穿过, 昌化—定海东西向断裂和龙泉—宁波北东向断裂分别在本区北部和中部通过。与区内其它北西、北东、南北及东西向断裂共同组成了纵横交错的断裂系统, 对区内火山机构、沉积盆地的形成和

发展、对地形地貌的变迁具有控制作用。

## 2 遥感调查技术方法

### 2.1 遥感影像图制作

区域遥感影像图制作是遥感地质解译的基础。影像图制作参照遥感影像平面图制作规范(GB15968-1995)执行。首先, 根据TM各波段特征与应用范围及调查区实际特点, 选择均值相近、方差最大、波段相关系数最小的3个波段(TM7、TM4、TM3)

进行了彩色合成处理与直方图拉伸;其次,以1:5万地形图为基准,选取分布均匀、合理的控制点进行图像纠正,其中图像旋转方法采用一次多项式,重采样方法采用三次方卷积,纠正后的图像平整无锯齿,误差一般控制在3个像元以内。图像镶嵌主要采用基于地理坐标的无缝镶嵌方法,对各景ETM图像进行镶嵌,即利用1:5万地形图对每景TM图像进行校正,然后对要镶嵌的图像进行直方图匹配,使图像颜色和色调趋于一致,再根据地物特征选取镶嵌线,最后通过弱化处理将所有图像镶嵌在一起。数据融合主要采用IHS(亮度、色度、饱和度)变换法,首先将较低空间分辨率的TM彩色图像(TM7、TM4、TM3合成)由RGB彩色空间变换到IHS空间,然后用较高空间分辨率的ETM8图像替换I分量,同时用三次立方卷积法将色度和饱和度分量的像元通过插值,将分辨率变成10m,之后再反变换回RGB。融合图像像元的大小为10m。在完成上述步骤后,对图像进行色调匹配处理,使各景图像色调趋于一致;同时进行必要的整饰,如标注路线、添加注记、边框、公里网、经纬网、图例等。

## 2.2 活动断裂判译标志的建立

根据断裂的影像特征,参考区域地质、地震资料,认为区域活动断裂的判译标志主要有:

(1)山脉扭错。山脉扭曲变形和错位现象,区内不乏其例,以算山错位(图2A)、陈山和龙山扭曲(图2B)和大榭岛炮台山变形(图2C)最为明显。以陈山

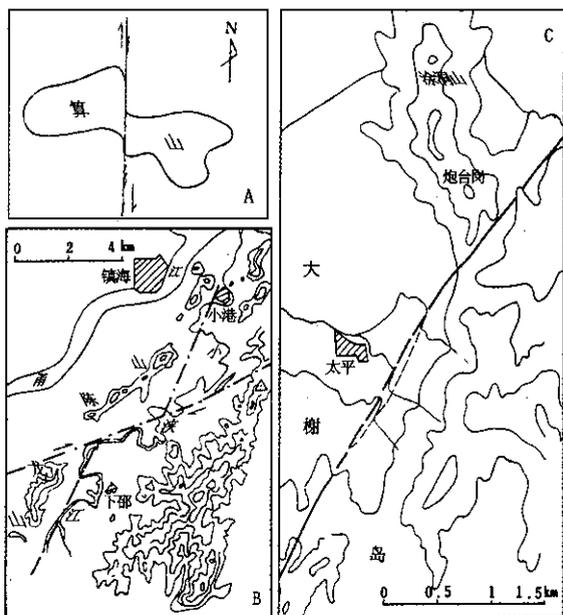


图2 断裂与山脉、河流、山间平原的变形

A-算山变形;B-陈山-龙山变形;

C-大榭岛北部河流改向与山体变形

万方数据

与龙山扭曲为例,区域西部龙山、陈山、戚家山呈北北东向展布,目前,陈山南端之象鼻山已由北北东扭为北东向,龙山北段也由北北东向扭为北东向,两山相对而立,扭曲方向相反(图2B)。

(2)河流改道错位。小浞江在下邵西南侧部分流向为北北东,在龙山北端流向改为北东,2km后又从改向北北东,经小港镇向北入海(图2B)。大榭岛太平村东梅家墩,周家二条北西向小河,同时改向北东,200m后又同时改向北西(图2C)。

(3)山间平原扭曲。下邵—小港为一狭长之山间平原,堆积物主要为全新世海相层,总体呈北北东向展布,在下邵之北,平原改向北东走向,至小浞江以东又改向北北东向,山间平原形如“S”形产出(图2B)。

(4)海沟错位。位于金塘岛东南部外侧的金塘水道,北东向展布,为深90m左右海沟。位于大榭岛与金塘岛东北侧的册子水道,北西向展布,为水深110m海沟,周围水域深10~50m。在金塘岛东侧,上述二水道交汇,金塘水道直线延伸,而册子水道遇金塘水道即中断,东延3km后向北西方向延伸。

(5)剥蚀作用和堆积作用具有明显的分区性。在第三纪和第四纪早期全面隆起、遭受剥蚀的基础上,自第四纪中期开始,调查区内剥蚀和隆起作用呈现明显的分区性。其中,中部宝幢—小港一带为长期侵蚀作用区,两侧为宁波平原和大碇平原,第四系厚100m左右,属堆积作用区,二者界线平直,以育王一芦郑的界线最为典型,在靠近界线部位形成上更新统坡—洪积、洪积,呈串珠状排列。它们显示出剥蚀作用与堆积作用明显的分区性。

(6)山前堆积斜地条带状展布。区域山前堆积斜地比较发育,往往由洪积、坡洪积扇、裙组成,呈条带状展布,以育王一芦郑山前地带、大榭岛军民友谊隧道与关外隧洞的山前地带最典型,斜地的时代均为晚更新世。在高塘河焦村西,全新世坡—洪积扇迭加在晚更新世洪积扇上,后者高出前者约3m,形成二级堆积斜地。

(7)串珠状排列的泉点。在阿育王寺北侧,沿北北东向山沟依次出露有历泉、浴心池等7个泉点。詹家村后山麓也有泉点出露,它们沿育王—芦郑断裂作串珠状排列。

(8)断裂本身特征。区内活动断裂虽然没有从上覆第四系中见到清晰的构造痕迹,但在断裂破碎带中,见充填裂隙中第四系粘土有不清晰的水平擦痕。还可见到种种迹象:①断裂破碎带疏松,未胶

结,具新鲜感;②断裂活动产物保存完好,如紧贴断面的炉渣状重熔烧结构、炭质等,显示遭受侵蚀的时间较短;③航卫片上线性影像清晰、平直、延伸远,两侧色差明显。

(9)地热异常。地热异常,特别是温泉,往往与新构造运动息息相关。据前人资料<sup>①</sup>,庄桥—孔浦—清水浦有大于 21℃ 低温地热异常,其中,庄桥 1 号孔水温 28℃;孔浦 39 号井曾有热水多次喷溢,水温达 65℃,其水质与第四系孔隙水、白垩系裂隙水截然不同。

(10)岩浆活动。区域范围内,新第三纪—第四纪早更新世有一次火山活动。鄞县半浦有早更新世橄榄玄武岩喷溢,喷发不整合于上侏罗统之上。宁波市江东至宝幢、育王寺,有玄武玢岩沿断裂侵位,含有紫红色、青灰色粉砂岩、砂岩的捕虏体。

(11)地震。地震是新构造运动的重要表现形式。据史料记载和地震台站记录,自 1359 年以来的 600 多 a 中,区内发生地震 20 多次,有感地震 11 次。其中,破坏性地震 1 次,震级 5.5 级,烈度 7 度。震中在镇海下邵北约 2 km 处;3~4 级地震 9 次,震中在镇海、下邵、宁波市江北等处。1978 年以来,微震时有发生。值得注意的是,上述地震震中一般均分布在北东向与北北东向或北西向断裂交汇处附近,显示了地震与断裂的内在联系。

此外,第四纪古河道分布的继承性也可以作为一个佐证。第四系底板等深线揭示,基底 -120m 凹槽位于宁波平原东侧。中更新世古河道(第 II 含水

层富水带)、晚更新世二条古河道(第 I 含水组富水带)、全新世中期古河道(第 II 特力层)以及晚更新世末期古河道(第 IV 持力导被冲蚀缺失部位)均靠近宁波平原东缘沿邱隘—梅墟—镇海—一线呈北北东向展布,具有明显的继承性。

### 3 活动断裂的厘定

活动断裂既可能是新生的断裂,也可能是再活动的老断裂。本区活动断裂多属后者。通过研究,在调查区内判译出断裂构造 23 条(图 1),其中,东庙山—长跳咀断裂(F<sub>1</sub>)、长山岙—牛埂岭—蛤蜊岙断裂(F<sub>2</sub>)、瑞岩寺—大榭岛断裂(F<sub>5</sub>)、五乡—慈城断裂(F<sub>8</sub>)、宝幢—小港断裂(F<sub>9~11</sub>)、育王—王家岙断裂(F<sub>13</sub>)、算山断裂(F<sub>19</sub>)等,可能为活动断裂(带)(表 1)。以东庙山—小港—长跳咀断裂为例。

东庙山—小港—长跳咀断裂位于小港一带,从东庙山起,经小港至长跳咀,断续出露长 7 km,其破碎带南宽北窄,宽 5~40 m。在遥感影像上,表现为不同色调的分界线,线性异常明显。断面呈舒缓波状,上有大量擦痕,略向北东倾,擦伏角 18°~20°;有明显的断层阶步,指示断裂南东盘向南西仰冲。断面产状 140°∠85°。破碎带主要由糜棱岩组成,颗粒细小,部份呈泥状;断层角砾中碱性长石、石英斑晶破碎,见网裂纹,并被次生石英充填。构造透镜体十分发育,其长轴方向与断面平行,成分有早期安山岩碎块及早期形成的糜棱岩等。沿断裂先后有安山

表 1 区域活动断裂特征表<sup>①</sup>

断裂名称	判译标志	断 裂 性 质
F <sub>1</sub>	5、9、11	东庙山—小港—长跳咀断裂为北东向断裂带的西北边界断裂。在地表出露长 7 km,据重力剩余异常图和地形地貌分析,往南西延伸经过宁波市三江口,往北东在金塘岛东岙通过
F <sub>2</sub>	1~3、5、6、8、11	长山岙—牛埂岭—蛤蜊岙断裂规模大,区内出露长 15 km,破碎蚀变带宽大于 100 m
F <sub>3</sub> 、F <sub>4</sub>	1、4、5、8	育王—王家岙活动断裂由育王—王家岙、柴楼—新路水库两条平行断裂组成。虽地表出露较短,但卫星像片上的线性影像和布格重力剩余异常图均显示其规模较大
F <sub>5</sub>	1、2、5、6、11	瑞岩寺—大榭岛断裂位于柴桥、大榭岛一带,区内出露长 16 km,向南北两端有延伸,破碎带宽 5~8 m
F <sub>8</sub>	5、8~11	慈城—五乡北西向隐伏断裂由慈城—五乡断裂和半浦—邱隘断裂组成,规模较大,自五乡、宝幢起,经宁波市,至慈城、半浦,往西可能与姚江谷地相连
F <sub>9~11</sub>	2、5、10、11	招宝山断裂出露在招宝山、沙蟹岭等处,由一系列挤压破碎带与断面、脉岩组成,为宁波平原东界断裂
F <sub>13</sub>	5、6、7	育王—芦郑断裂为宝幢—小港断裂带的东界断裂,位于育王寺、芦郑一带,区内长 9 km,破碎带宽度大于 12 m
(F <sub>19</sub> )	1、8	算山断裂近南北展布,将算山切成二段,右行错距约 75 m;并切割长山岙—牛埂岭—蛤蜊岙北东向断裂
F <sub>23</sub>	1、5、9~11	下邵—小港隐伏断裂隐伏于下邵—小港间狭长的山间平原之下,界线附近有孤山残丘,长轴北北东向,作北北东向排列

① 表内断层编号同图 1,判译标志编号同前文

① 浙江省地质研究所,宁波幅、柴桥幅区域地质调查报告(1:5 万),1990。

玢岩、霏细斑岩脉充填;安山玢岩脉厚度变化大,形态不规则,脉壁呈锯齿状,已破碎,其部分矿物发生旋转、变形、滑动及明显片理化;霏细斑岩脉壁呈波状弯曲,延伸较长,厚度稍大,较稳定,内有安山玢岩角砾;霏细斑岩复被破碎。断裂两盘为九里坪组和茶湾组火山碎屑岩。前人研究(同<sup>①</sup>)表明,断裂多次活动,性质变化次序为张、张扭、压和压扭;在沙蟹岭右行切割了北北东向一条主断裂,向南西延入宁波盆地。在1:5万布格重力剩余异常图上,镇海—宁波有北东向展布的重力梯度带,宽约1.5 km,梯度为3.5 nT,其北西侧为重力高区,其南东侧为重力低与重力高相间区。据此推断,该断裂从宁波市三江口附近通过,继续向南西延伸;往北东在金塘岛东岙通过。同时,也反映该断裂具一定深度。

东庙山—小港—长跳咀断裂的活动性主要表现在以下几个方面:①对地形地貌的控制,最明显的是金塘岛东岙。东岙长6 km,宽0.7 km,为狭长的海积平原。平原两侧为高100~300 m的丘陵,山体均呈北东向展布。两种地貌单元的界线平直,界线附近可见几个孤山,也呈北东向排列。上述特征与金塘岛及山体总体呈南北向极不协调(插页彩片4),显示了断裂对东岙地形地貌的控制作用。②与地震关系密切。据记载<sup>[3]</sup>,镇海和小港一带历史上发生过3.75级、3.5级地震各1次,宁波市江北孔浦附近,历史上发生过2次3.75级,1次3.5级和1次2级地震。近代镇海和小港一带又发生过3.75级、3.5级地震各1次;孔浦也有多次微震发生。上述

地震震中均分布在本断裂与北北东、北西西向断裂交切部位附近。③地热活动往往是断裂活动的重要标志。区内孔浦—三官堂一带,据宁供37、124、122孔和39号井揭示,分布有大于22℃的低温地热异常。其中39号井于1978年下半年发生多次热水喷溢,最高水温达65℃。地热异常呈北东向展布,与断裂位置相吻合。

## 4 结语

(1)穿山半岛地区存在多条活动断裂。东庙山—长跳咀断裂、长山岙—牛埂岭—蛤蜊岙断裂、瑞岩寺—大榭岛断裂、五乡—慈城断裂、宝幢—小港断裂、育王—王家岙断裂、算山断裂等控制了研究区近现代地形地貌的发展,与地震、地热活动关系密切,应为活动断裂。在上述断裂附近进行大型工程的施工,应注意断裂活动的影响。

(2)利用遥感技术,结合传统地质方法,对地质灾害进行调查,是一种快速而且经济的办法。

## 参考文献

- [1] 丰茂森. 遥感图像数字处理[M]. 北京:地质出版社,1992.
- [2] 张玉明,白朝军,方怀宾. TM数据在西藏活动构造解译中的应用[J]. 国土资源遥感,2002(4):37-39.
- [3] 刘昌森,景天永,孙庆炬,等. 苏浙皖沪地震目录[M]. 北京:地震出版社,2002.
- [4] 陆关祥,周鼎武,腾志宏. 奎赛公路段岩土体工程地段类型及不良地质现象解译标志[J]. 国土资源遥感,2001(3):21-29.

# THE APPLICATION OF REMOTE SENSING TECHNIQUE TO THE SURVEYING OF ACTIVE FRACTURES IN CHUANSHAN PENINSULA OF EASTERN ZHEJIANG PROVINCE

YANG Jin-zhong, NIE Hong-feng, LI Jing-hua

(China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Land and Resources, Beijing 100083, China)

**Abstract:** TM data are major remote sensing data at present and can perfectly meet the needs of identifying active fractures. The remote sensing technology and the high-precision TM image were applied in Chuanshan peninsula, eastern Zhejiang province. Rapid and accurate identification of active fractures was achieved. 23 fractures and 7 active fractures were recognized. The study shows that the remote sensing technology can overcome such shortcomings of the traditional surveying methods as long periodicity, high cost and impossibility of making in site investigation at many places.

**Key words:** Active fracture; Remote sensing; Chuanshan peninsula

第一作者简介:杨金中(1970-),男,高级工程师。1994年毕业于长春地质学院,2000年在中国科学院地质与地球物理研究所获博士学位。现在中国国土资源航空物探遥感中心从事遥感地质、动态监测等方面的研究工作。