

基于 RS 和 GIS 的奉化江河流地貌特征 与构造活动的响应分析

杨晓平, 陈鹏程

(宁波大学 建筑工程与环境学院, 浙江 宁波 315211)

摘要: 以 DEM 和 ETM+遥感图像作为数据, 利用 ArcGIS 和 ENVI 作为处理平台, 提取了奉化江水系格式和断裂构造, 运用线密度分析、玫瑰图、剖面分析等手段, 简要论证了奉化江水系格式与断裂构造的关系, 以及河谷阶地对构造活动的响应。结果表明: (1)RS 图像经主成分变换、直方图拉伸和地貌渲染后地表的山体纹理特征明显, 有利于构造解译; (2)ArcGIS 的空间分析显示, 河流的发育在主导断裂构造方向上具较高响应度; (3)由于受新构造运动影响, 河谷剖面形态相应出现不同的变化。

关键词: 奉化江; 河流地貌; 构造活动; 响应

中图分类号: P512.31

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2016) 01-0082-06

河流与构造活动之间有着密切的联系^[1-2], 地表河流特别是山地河流的形成, 无不受到构造运动的约束, 因此通过分析两者相应关系, 可以间接地推测该地区的构造运动以及河流地貌成因。前人对河流地貌与构造活动的研究大致可分为: 阶地对构造活动的响应、冲积扇对构造活动的响应、河谷形态对构造活动的响应、水系格式与河道变迁对构造活动的响应^[2]。在研究方法和手段上具有一定的局限性, 缺少 RS 和 GIS 的综合应用^[3-6]。

本文主要利用 RS 和 GIS 相结合的手段, 以 RS 作为数据来源, GIS 作为空间分析手段, 尝试性地分析奉化江及其主要支流(鄞江、剡江、县江—东江)河流地貌和构造运动之间的响应状态。

1 研究区概况

奉化江水系发育于浙东天台山脉与四明山脉交汇地带, 主要由鄞江、剡江、县江-东江等支流组成, 流域面积约 3 765 km², 地理坐标为 29°24′~29°54′N, 121°02′~121°33′E。因地处亚热带季风气候区, 境内降水丰沛, 年均降水量在 1 400 mm 以上, 主要集中在 4~9 月。

研究区地质构造上位于闽浙隆起带的东北端, 地貌区属四明山、天台山构造侵蚀低山丘陵区。因地处新构造运动强烈上升与下降的过渡地带且降水丰富, 流水作用十分活跃等内外营力双重作用的影响, 境内地势起伏跌宕, 500 m 以上的山峰连绵不绝, 水系支流繁多, 沟壑密布, 地面切割十分破碎, 仅东北端发育有洪、冲积平原。

2 研究方法与数据

本研究以 DEM 和 ETM+遥感图像作为数据, 利用 ArcGIS 和 ENVI 作为处理平台, 提取奉化江水系格式和断裂构造, 运用线密度分析、玫瑰图、剖面分析等手段, 论证水系格式与断裂构造的关系, 以及河谷阶地对构造活动的响应。

为对奉化江及其主要支流的河流地貌特征与构造活动间的关系作出较全面的分析, 笔者采用了多源数据, 包括研究区的地形图(1/5 万、1/10 万)、地质图(1/20 万)。其中 DEM 数据来源于中科院计算机网络信息中心国际科学数据镜像站(<http://www.gscloud.cn>), Landsat 7 ETM+遥感数据来源于中科院科学数据库(成像时间为 2003 年 5 月 6 日)。

3 河流地貌特征提取与断裂构造解译

3.1 奉化江河流地貌特征提取

奉化江河流地貌特征提取的具体步骤在文献[7]中已有介绍, 这里仅对其提取的主要思路 and 关键步骤进行说明: 提取结合 ETM+ 遥感图像和 DEM 数字高程模型数据, 先利用遥感图像矢量化主干河道, 再采用 Burn-in 将主干河道嵌入到 DEM 数据中, 并利用嵌入后的 DEM 进行河网的自动提取。这样处理后使得平原地区的河道更加符合真实值, 同时山区细小的河道也可以被提取出来。

对于河谷的剖面提取, 主要利用 3D Analyst 工具下的 Create Profile 工具。由于河流下游地区河道坡度较小, 河谷形态并不十分明显, 为了取得最佳的提取效果, 本研究选取的剖面线主要集中在河流的山前地带和上游地区。

3.2 奉化江流域遥感图像断裂构造解译

通过 ETM+ 遥感影像的解译以及查阅相关资料和图件完成。最后的解译结果是基于遥感图像和地质图(1/20 万), 并经野外实地调查抽样核实。由于研究区地形复杂多变, 而且涉及到专业性的地质体, 如断层、岩性、地貌类型的判别, 这些都不太适合进行计算机自动解译, 故本研究主要采用目视解译法。Landsat7 ETM+ 的遥感数据来源于中科院科学数据库, 其遥感图像已经过系统辐射校正和地面控制点几何校正, 因而省去了一些预处理的步骤。为方便目视解译, 在解译之前进行了主成分分析和直方图拉伸处理, 从而达到了图像增强的目的。进行主成分分析时选取 7 个波段进行处理, 提取 3 个主成分, 并进行直方图标准化, 结果如图 1 所示。

结合因子载荷以及图像所表现的特征, 可以得出: 第一主成分主要体现了山体的纹理且信息量较大; 第二主成分主要体现了水体的信息, 水体在该图像上灰度值较大, 但是图像质量一般, 特别是山区的纹理反映不如第一主成分; 第三主成分图像质量较差, 有较多的噪音, 因而本研究的地质解译主要基于第一主成分。对第一主成分构造地貌渲染, 结果如图 2 所示, 这样可以更加凸显图像中的线性构造。

线性构造是遥感图像上由各种断裂引起的色

调(色彩)、微地貌、水系等标志沿一定方向展布所显示的线性(或带状)影像特征^[8]。境内线性构造的主要解译标志为不同色调或色彩异常界面以及不同影纹结构、地貌单元的突变线或分界线; 水系或微地貌呈直线状发育; 地质构造体被错位而不连续。解译的结果是: 区内一级线性构造方向为 NE 向, 二级线性构造方向为 NWW 向、NNE 向及 NW 向(图 3)。

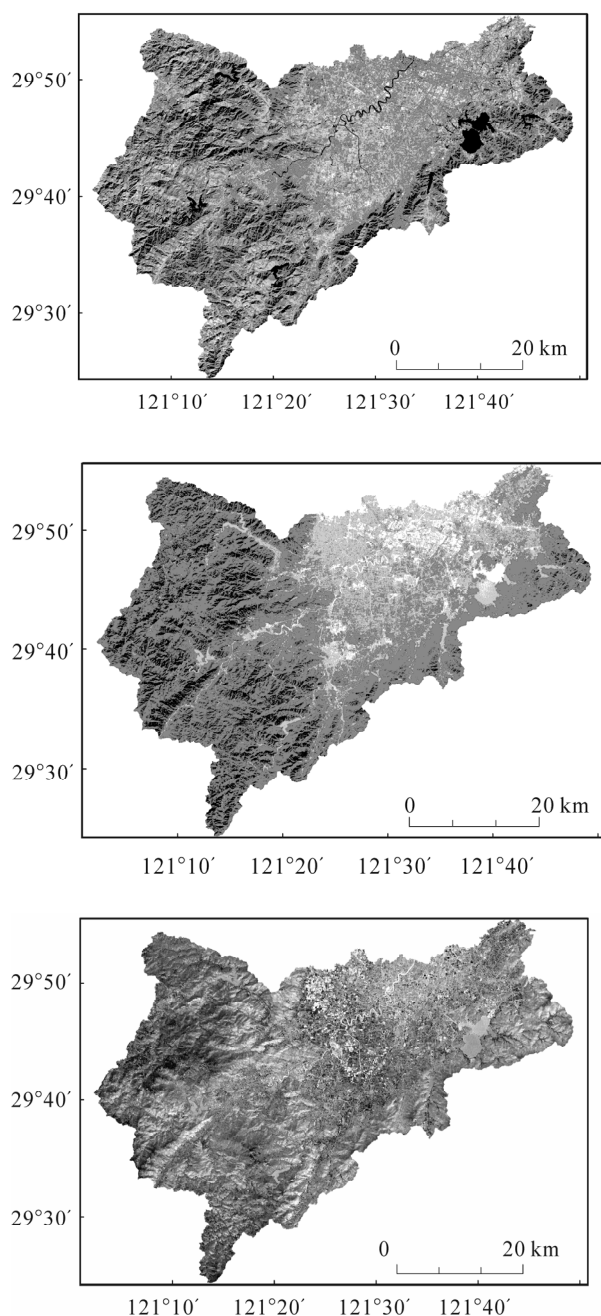


图1 主成分分析结果

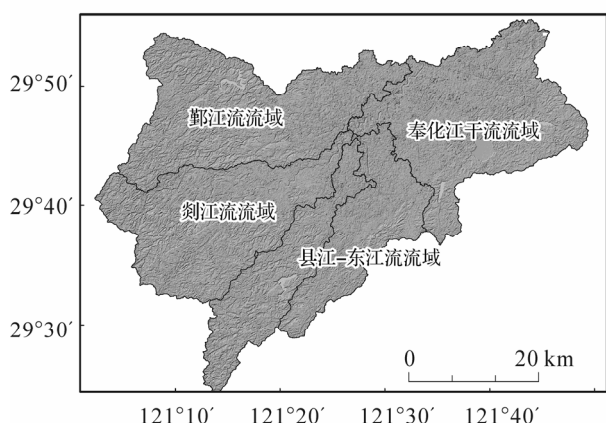


图2 第一主成分地貌渲染结果



图3 断裂构造解译结果

研究区的活动断裂反映了晚第三纪以来的构造运动,包括老断裂复活。遥感图像的解译结果表明,研究区的新构造运动是在老断裂构造的基础上,由活动性构造带表现出来的间歇性不等量升降运动,这些断裂及其活动明显地控制了流域地貌的发育。主要表现为:(1)燕山运动后,境内形成一系列断裂构造,而新构造运动使老的断裂带复活,这对研究区地貌发育有着巨大的影响。首先表现在大幅度差异性升降变化,区内中生代末、新生代初的构造上升区西南山地在新构造运动中继续上升,其最大上升量达 1000 m 以上,山地广泛分布着经准平原化的遗迹;而第四纪以来的相对沉降地段则主要出现在中生代的断陷盆地中,最终则形成整个地势由西南向东北逐渐降低的特征,其差异升降活动十分显著,具有明显的继承性。其次是这种升降变化表现为间歇性,由于上升运动具有不均衡的翘起性和间歇性的特征,山地广泛分布着数级被抬升的剥表面,形成层状地形,而沿

河两岸则发育了多级阶地。(2)境内一系列条带状山脉、较大盆地多沿一定方向呈折线展布,其走向和主构造线一致,而水系的发育则受主断裂带控制。研究区发育的 NWW 向、NE 向、NNE 向、NW 向 4 组断裂构造中,以 NE 向断裂构造最具决定性意义,它贯穿整个奉化江流域,境内断块山地、水系、断裂谷地和盆地的形成与发育主要是受该断裂带控制,故山脉总体走向与主构造线方向一致,基本呈 NE 向;后期则因受 NNE 向、NW 向断层错动的影响,使山弧不甚连续而呈锯齿状;转折处诸多高峰的形成受该 2 组断裂操纵,它们一般都具有明显的断块山标志,如断层崖、平直的山区边线 and 不对称的山体。境内水系的发育则因受主断裂带控制,故奉化江各主要支流的流路几乎毫无例外地均受断裂制约,其通常沿断裂带发育并具有一定的方向性。而主要的河谷盆地也都是与断裂有关的构造河谷盆地,其中奉化江主流剡江河谷盆地主要是沿 NE 向断裂发育而成,而鄞江与县江-东江河谷盆地则分别为沿 NW 向、NNE 向断裂发育^[9]。

4 河流地貌对构造活动的响应分析

4.1 水系格式对构造活动的响应

考察水系格式和构造活动空间分布的响应,采用的工具主要是 ArcGIS 工具箱中的线密度工具以及玫瑰图分析。

线密度分析工具用于计算每个输出栅格像元邻域内的线状要素的密度,该工具需要设置划分像素大小,同时需要一个半径常数。使用搜索半径以各个栅格像元中心为圆心绘制一个圆,每条线上落入该圆内的部分长度进行求和,然后将所得的总和除以圆面积。半径参数值越大,生成的密度栅格的概化程度便越高;值越小,生成的栅格所显示的信息越详细^[10]。

本研究设置栅格大小 30 与遥感图像分辨率保持一致,同时半径分别设置为 100、200、300、400、500…2000 m,对水系格式和水平构造分别进行线密度分析,并对得到的栅格数据进行叠加分析,计算重合的像元百分比,绘制不同半径下重合像元百分比图(图 4)。从图 4 可以发现,随着半径的增大重合百分比不断上升,但是其上升比率不断下降。由此可以利用均值变点方法寻找到曲线的变点,

以变点所在的半径作为密度分析的半径,从而确定参数^[11].

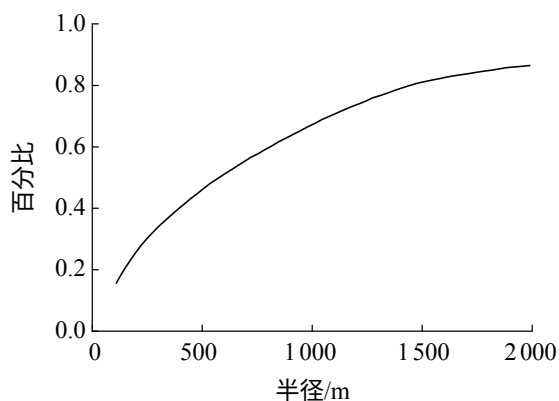


图4 不同半径下重合像元百分比

利用 Origin 9.0 软件对均值变点曲线进行微分处理,绘制一阶导数曲线,拟合得出微分值为 0 的点,由此可获得 556 m 为变点的半径设置.重复线密度工具,设置像元大小为 30,与遥感图像一致.同时半径设置 556 m,在该条件下得出重合像元百分比为 49.02%,即作为宏观的响应拟合度.

为了进一步宏观地分析河道与断裂构造的响应关系,进行了玫瑰图式分析,即以 10° 为一个间隔统计各个方向上的河道数量和断裂构造数量,结果如图 5 所示.

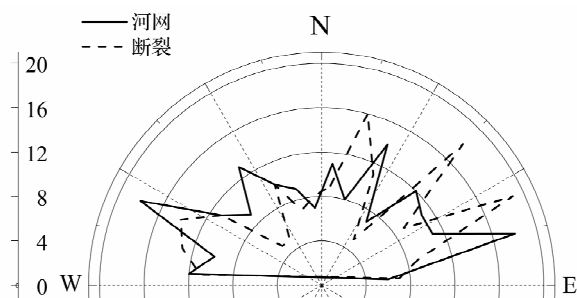


图5 河流及断裂方向—数量玫瑰图

从图 5 可以看出,境内水系的平面变化及河道总体分布、排列大多循着一定方向,并与主要断裂构造线方向一致.表明境内的水系主要是在一、二级交叉活动性断裂构造控制下发育而成,无论是水系的分布、排列、河流的流向都无不受其强烈的影响.

4.2 河谷及阶地形态对构造活动的响应

河流阶地的形成与构造运动的抬升有密切的联系^[1-2],目前关于河流阶地的成因可以分为内因

与外因,内因是指河流内部动力的变化,外因是指气候、构造运动、基准面的变化^[12].本研究主要探讨构造运动与河流阶地的响应,当区域内的地壳大幅度抬升,使得该河段距离侵蚀基准面的高度增加,河流的下切侵蚀增强,河谷地区原有的河漫滩或者河床露出河面^[13],因此就有阶地的发育.但是地壳的抬升并不是均匀的,而且在同一个区域往往存在其他的地质构造,例如褶皱等,因此河谷及阶地的形态会出现不同的变化^[14].

境内主要的河谷盆地都是与断裂有关的构造河谷盆地,为揭示河谷及阶地形态对构造活动的响应,本研究所选取的剖面线全部位于各个子流域的干流上,同时选取的剖面位置基本位于河道的中游或上游,这主要是由于在河道的下游区域河谷较宽,阶地特征不明显.具体做出的河谷剖面结果如图 6~图 10 所示.

剡江、鄞江、东江—县江的剖面图体现了不同的特点.剡江干流河谷剖面阶地数量明显多于其他 3 个剖面,而且河谷左右两侧的阶地数量存在差异,同时左右两侧分水岭高度存在较大差异.鄞江干流河谷剖面形态与剡江剖面类似,只不过阶地形态不如剡江明显,且阶地数量也少于前者.

东江剖面较为特殊,河谷呈现典型的“U”字型,这主要是由于东江干流大部分处于平原地区,且剖面选取的位置是在山前地带,河道的侧向侵蚀明显.在阶地方面,左侧的阶地要比右侧明显,而且高度存在差异.

县江干流河谷呈现“V”字型,这主要是剖面位置选择了上游地区所致.同时河谷两侧的阶地

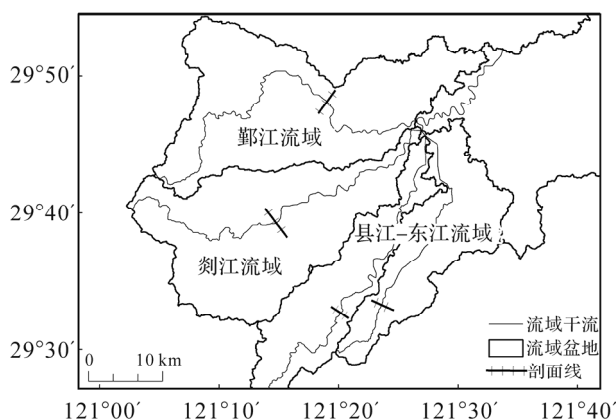


图6 剖面线选择位置

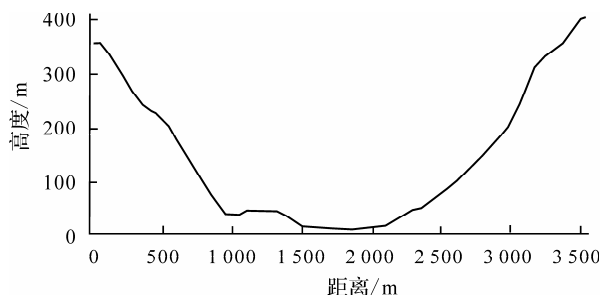


图7 鄞江干流河谷剖面

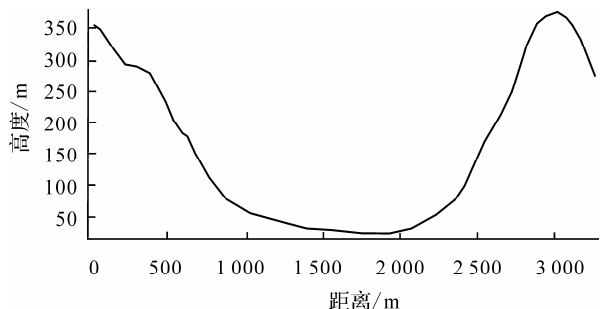


图8 东江干流河谷剖面

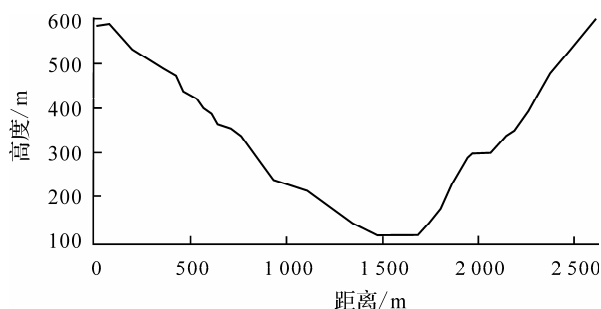


图9 县江干流河谷剖面

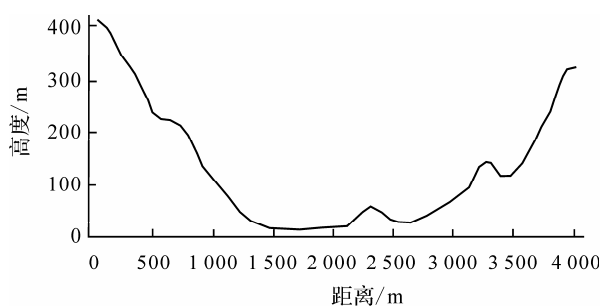


图10 剡江干流河谷剖面

差异明显,左侧谷坡较为平直,存在3个并不明显但连续的阶地,而右侧谷坡则有一个明显的阶地存在,而且河谷的最低点明显向右侧偏移,这些因素都表明该河段地壳的不均匀抬升。在最新的一次地壳抬升中,由于河谷左侧抬量大于右侧导致河道右偏下切侵蚀,这也就造成了右侧坡地坡度较陡,使得阶地更加明显。

剡江、鄞江、东江及县江河谷形态之所以会出现这样的变化,其根本原因是由于新构造运动导致的断裂带两侧不均衡抬升所致。断裂构造的活动性愈大,差异升降运动愈显著,对河谷及阶地形态的控制作用也就愈强烈,表现也就愈明显。

5 结论

利用RS和GIS相结合的手段,以RS作为数据来源,GIS作为空间分析手段,尝试性地分析了奉化江及其主要支流河流地貌和构造运动之间的响应状态。通过对遥感图像进行主成分分析和构造地貌渲染等处理,使得图像有利于目视解译,取得了较好的地貌解译效果,实现了地貌解译的多种手段化。同时利用GIS手段和空间分析方法对利用DEM提取出的河流地貌形态特征与断裂构造活动之间进行了关系分析。结果表明:境内一级线性构造方向为NE向,二级线性构造方向为NWW向、NNE向、NW向。水系的展布、排列及主干河道走向在主导断层方向上响应度较高,表明奉化江水系的发育主要受一、二两级交叉活动性断裂构造影响。

境内主要的河谷盆地都是与断裂有关的构造河谷盆地,因此断裂活动的强度及方式对河谷形态的变化、发展具有强烈的影响。剡江、鄞江、县江及东江河谷形态现状特征形成的原因,就是由于新构造运动造成的断裂带两侧不均衡抬升导致河谷出现倾斜,以及两侧阶地的不对称性,而河漫滩、阶地则主要发育在上升侧。

参考文献:

- [1] SCHUMM S A, MOSLEY M P, WAVER W E. Experimental fluvial geomorphology[M]. New York: Wiley Inter Science, 1987:413.
- [2] 史兴民, 杨景春. 河流地貌对构造活动的响应[J]. 水土保持研究, 2003, 10(3):48-51; 108.
- [3] 史兴民, 杨景春, 李有利. 天山北麓玛纳斯河河流阶地变形与新构造运动[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2004, 40(6):971-978.
- [4] 王岩, 刘少峰, 高明星, 等. 洮河水系流域地貌特征及其构造指示意义[J]. 地学前缘, 2010, 17(4):43-49.
- [5] 刘凌云, 卢定彪, 谯文浪, 等. 涟江源区河流地貌特征及其与构造的响应[J]. 贵州地质, 2011, 28(1):42-46.

- [6] 祝嵩, 赵希涛, 吴珍汉. 雅鲁藏布江加查段河流地貌对构造运动和气候的响应[J]. 地球学报, 2011, 32(3): 349-356
- [7] 陈鹏程, 杨晓平, 袁麒麟, 等. 基于 ETM+和 DEM 的奉化江流域地貌提取与计量分析[J]. 宁波大学学报(理工版), 2013, 26(4):95-100.
- [8] 陈庆涛, 杨武年, 易显志, 等. 卫星遥感 TM 图像在川东地区地貌解译研究中的应用[J]. 成都理工学院学报, 2000, 27(3):318-323.
- [9] 杨晓平. 基于 TM 遥感图像的流域地貌研究[J]. 科技通报, 2003, 19(2):150-153.
- [10] 汤国安. ArcGIS Desktop 地理信息系统空间分析实验教程[M]. 北京: 科学出版社, 2012:219-254.
- [11] 王玲, 同小娟. 基于变点分析的地形起伏度研究[J]. 地理与地理信息科学, 2007, 23(6):65-67.
- [12] 许刘兵, 周尚哲. 河流阶地形成过程及其驱动机制再研究[J]. 地理科学, 2007, 27(5):672-677.
- [13] 刘小丰, 高红山, 刘洪春. 河流阶地研究进展评述[J]. 西北地震学报, 2011, 33(2):195-199; 205.
- [14] STARKE L. Climatically controlled terraces in up lifting mountain areas[J]. Quaternary Science Reviews, 2003, 22(20):2189-2198.

RS-and-GIS-based Analysis: Geomorphic Features of Fenghua River and Response to Tectonic Activity

YANG Xiao-ping, CHEN Peng-cheng

(Faculty of Architectural, Civil Engineering and Environment, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: In this research, the DEM and ETM+ remote sensing images are collected as the resource data, using ArcGIS and ENVI as the processing platform to extract the Fenghua river stream format and fracture structure. The Line-density analysis, Rose-diagram and Profile analysis are adopted to explore the relationship between Fenghua Stream format and fracture structure, and to expound the response of valley terraces to tectonic activity. The conclusions are made as follows: (1) The use of principal component transform, histogram stretching and terrain rendering helps show the mountain textures in a more visible manner; (2) Based on the analysis on ArcGIS, it shows that the development of river provides higher responsivity in the direction of the main faults; (3) Due to the effect of neotectonic movement, the river valley profile shows some morphological changes.

Key words: Fenghua river; river morphology; tectonic activity; response

(责任编辑 史小丽)