

文章编号: 1006-6616 (2005) 04-0333-08

# 大别山构造地貌的 DEM 初步分析

程三友<sup>1</sup>, 刘少峰<sup>1</sup>, 张会平<sup>1</sup>, 申旭辉<sup>2</sup>, 苏 三<sup>1</sup>, 雷国静<sup>1</sup>

(1. 中国地质大学, 地球科学与资源学院, 北京 100083;

2. 中国地震局分析预报中心, 北京 100036)

**摘要:** 以地理信息系统 (GIS) 为平台, 利用航天飞机雷达地形测量 (SRTM) 数据, 构建了大别造山带地区的数字高程模型 (DEM), 对大别山地区的构造地貌进行了模拟解译分析。研究表明, 大别山在造山带走向和垂直走向的方向上都是中间高、两边低, 两边地势低的部位发育断陷盆地。SRTM DEM 地貌图显示, 郟庐等大断裂地貌特征明显, 断裂构造严格控制了水系的发育, 大别山水系多呈格子状分布, 在地貌上主要表现为河流的大角度转弯以及主支流近直角交汇; 由于本区地壳沿断裂作差异性升降运动, 造成地堑谷、断块山和断陷盆地并存的地貌特点。本文统计分析了坡度与高程之间的相互关系, 并提取了夷平面信息。

**关键词:** DEM; 构造地貌; 大别山

**中图分类号:** P542 TP79

**文献标识码:** A

## 0 引言

近年来, 随着地理信息系统 (GIS) 技术的不断发展, 国内外许多学者利用 GIS 技术, 运用数字高程模型 (DEM) 数据, 进行了不同层次的地学分析及应用<sup>[1-4]</sup>, 在理论探讨和实际应用两方面均取得了较大进展, 数字高程模型 (DEM) 在地学领域的应用有广阔的前景<sup>[5]</sup>。数字高程模型 (DEM) 是地球表面地形地貌的数字表达与模拟<sup>[5]</sup>, 基于 DEM 的地形地貌研究实质上是通过数值计算模拟现实地貌的过程<sup>[2]</sup>。地理信息系统 (GIS) 理论及遥感 (RS) 技术的迅速发展, 为 DEM 数据的采集、存储、处理以及地学分析等工作提供了强有力的技术支持。

自从 20 世纪 80 年代发现大别山含柯石英和金刚石的榴辉岩以来, 已成为中外地质学家研究的热点, 然而对其构造地貌的研究相对较少。本文利用 GIS 技术, 采用雷达技术生成的 DEM 数据 (SRTM), 结合前人对大别山构造地貌的研究, 探索性地将地理信息系统与构造地貌研究方法相融合, 构建了大别山及其邻区的数字高程模型 (DEM), 从区域尺度上对大别山的构造地貌特征进行初步分析。

收稿日期: 2005-07-14

基金项目: 国家自然科学基金 (40234041, 40272055)、地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室和岩石圈构造深部过程及探测技术教育部重点实验室项目资助。

作者简介: 程三友 (1977-), 女, 在读博士研究生, 主要从事遥感地质方面的研究。E-mail: 6chenglyj@sina.com

## 1 数据资料及方法

目前,数字高程模型数据的获得有多种途径,如地形图等高线数字化<sup>[6-7]</sup>、矢量数据转换的规则网模型<sup>[8]</sup>、基于航空影像的摄影测量数据以及基于立体卫星影像的数字摄影测量(如 SPOT, ASTER, 立体航空图像)等<sup>[9-11]</sup>。最近研究利用的 DEM 数据主要是基于遥感影像获得,如通过激光高度测量<sup>[12]</sup>,合成孔径雷达<sup>[13]</sup>(SAR)获取数据。本文采用的数据是应用雷达技术生成的 DEM 数据(SRTM)。

### 1.1 SRTM 数据的特点

为了获得高精度的全球三维地图,2000年2月11日美国国防部国家图像测绘局(NIMA)、美国宇航局(NASA)、德国宇航局(DLR)和意大利航空局共同合作,以美国“奋进”号航天飞机为平台对北纬60°至南纬56°地表进行了同轨道干涉(INSAR)雷达地形制图(SRTM),在11天的太空飞行中,采用两台干涉雷达,实施地面探测234小时,获得了覆盖地球80%面积的INSAR数据<sup>[14]</sup>。SRTM数据有两种标准:(1)SRTM-1的数据是按经纬1弧秒的距离进行采样的,水平分辨率为30m;(2)SRTM-3是按3弧秒进行采样,3弧秒的数据按三个1弧秒数据采集产生,在数据地理投影中数据按1×1经纬度进行划分,水平分辨率为90m<sup>[14]</sup>。

### 1.2 数据资料选取与处理

由于源于合成孔径雷达的SRTM数据存在斑点,具有随机噪声,因此获得的高程数据通常有很多的空白斑点及其它的伪点(如异常高或异常低值)。水表面一般产生非常低的雷达后向散射,高程数据中会显示噪声或很粗略,水体总体上没有很好的定值<sup>[15-16]</sup>。该项研究选取了4景(115°~116°E, 30°~31°N)基本上没有噪声,并与实际地貌状况基本相符的水平分辨率为90m SRTM DEM为数据源,同时结合研究区的地质资料<sup>[17-18]</sup>,进行了构造地貌初步分析。具体方法为将该数据进行投影变换,投影目标的主要参数如下:以1985国家高程为基准,坐标系类型为投影平面直角,投影类型采用高斯-克吕格(横切椭圆柱等角)投影方式,经投影变换处理后的高程数据,能够很好地符合进一步分析的要求。然后构建数字高程模型,生成研究区的规则网(GRD)模型、不规则三角网(TIN)模型,对生成的GRD和TIN数字高程模型编辑、校验和显示分析,得到大别造山带DEM的效果图(见图1)和大别造山带的地貌分析图(图2),通过对图2进行坡度分析得出坡度图(图3)。

## 2 构造地貌模拟与解译

大别造山带位于扬子板块与华北板块之间,是秦岭造山带的东延部分。大别地块南缘被扬子板块上震旦系-古生界沉积盖层覆盖,北缘以晓天-磨子潭断裂与北淮阳构造带为界,东部被郟-庐断裂所切割<sup>[19-20]</sup>。构建大别山构造带及邻区的数字高程模型(图1),可以直观地反映出该区地形地貌。如大别山由西北向东南延伸,在黄梅附近转向东北,地势上为向南凸出的弧形山系,最高山峰超过1500m,形成岗峦起伏、群峰突起的地貌景观<sup>[21]</sup>。

通过得出的地貌分析图(图2)可以看出控制本区地貌发育的主要断裂有NWW或近于EW向延伸的磨子潭-晓天断裂带、NE向郟城-庐江断裂带和NW向延伸的襄樊-广济断裂带;另外还有与这三组断裂带相平行、斜交的次一级断裂等地貌特征,在大别山造山带东段,还

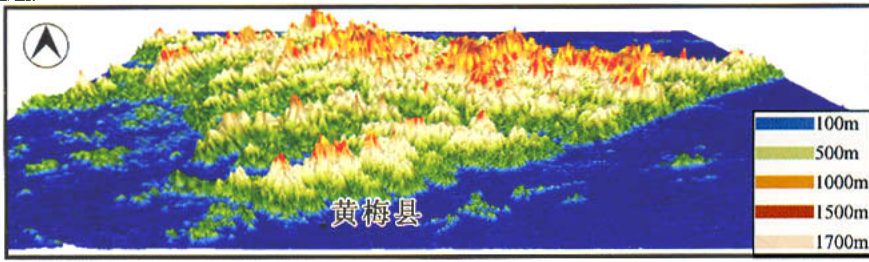


图 1 大别造山带 DEM 的效果图

Fig.1 Result of DEM in the Dabie orogenic belt

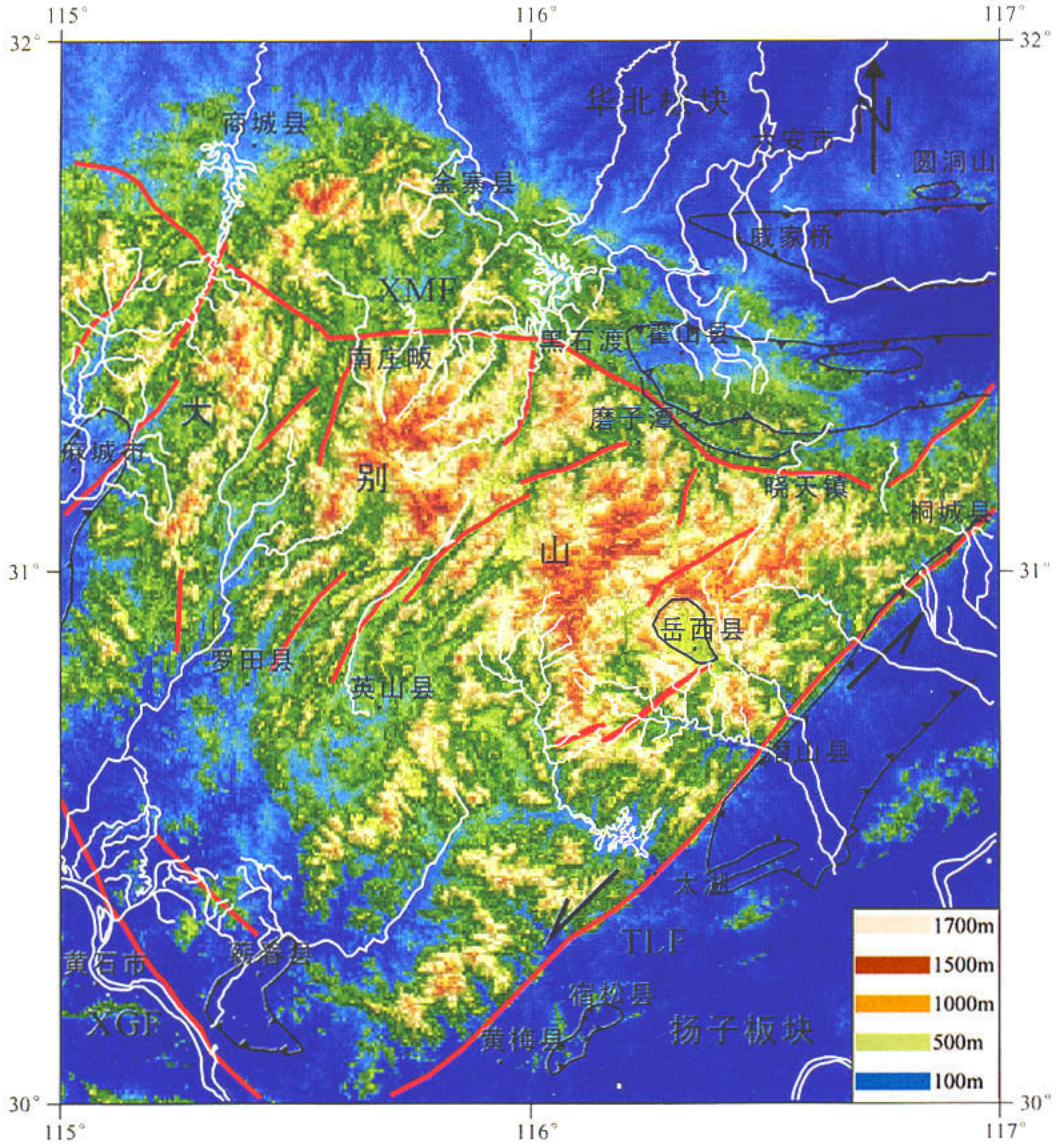


图 2 大别造山带的地貌分析图

Fig.2 Geomorphologic analysis of the Dabie orogenic belt

XMF. 晓天-磨子潭断裂; XGF. 襄樊-广济断裂; TLF. 郟庐断裂

- 1. 断层; 2. 水系; 3. 山间盆地; 4. 新生代断陷; 5. 断块山; 6. 中生代断陷

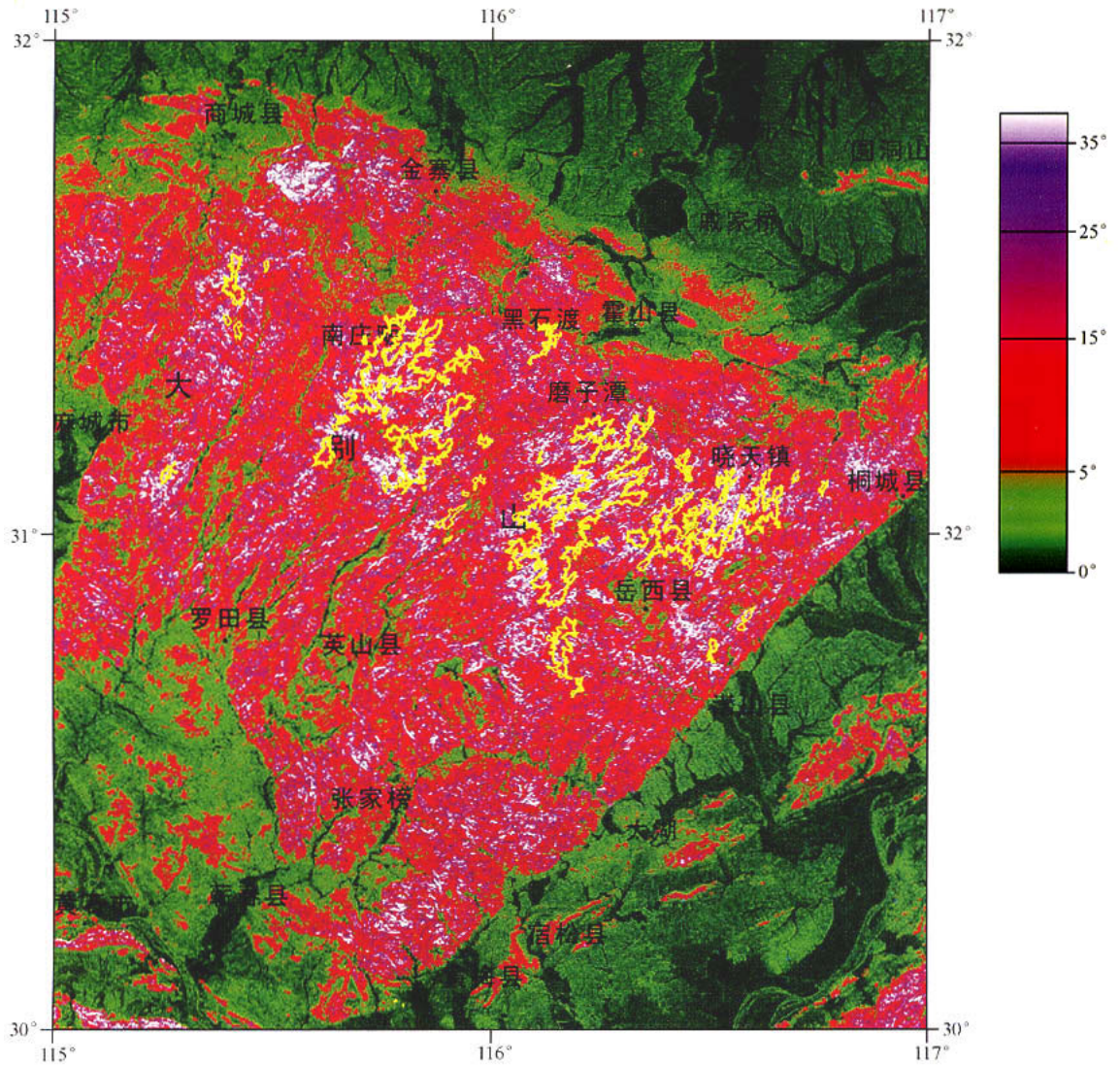


图3 坡度图

Fig.3 Slope map

见有若干条 NW 向和 NE 向韧性剪切带及脆性断层，它们将上述几个地块切割成大小不等的菱形地块。图 1 直观地反映出整个造山带是南坡缓而长，北坡陡而短，造山带主体延伸方向是 NW 向，在整个造山带走向和垂直走向的方向上都是中间高、两边低的这些地貌特征。同时结合地质资料认为造山带的中心部位是由老的基底及其盖层组成<sup>[17-18]</sup>，两边地势低的是一些断陷盆地，如麻城断陷盆地、蕲春断陷盆地和戚家桥断陷盆地。由于本区地壳在第三纪末期或第四纪初期以来沿着断裂作差异性升降运动，使得地貌上又表现为地堑谷、断块山和断陷盆地斑块状镶嵌于山体之中。这种地貌形态较为完整的有大别山北麓的霍山地堑，圆洞山断块山，晓天-磨子潭断陷盆地以及大别山东南麓的桐城断陷盆地，宿松断陷盆地，还有湖北境内的麻城断陷盆地和蕲春断陷盆地<sup>[21]</sup>。

水系的发育是在一定的地貌、地质条件下形成，因此它在某种程度上反映了地貌的特征。通过地貌分析图还可以看出，大别造山带地区水系多呈格子状水系分布的形态，在地貌上主要表现为某些河段的大角度转弯以及主支流近直角交汇，如在黑石渡-霍山等河段发生

大角度转弯，在罗田县上方的河流支流与主流的近直角交汇，麻城市的河流也有大角度的转弯和支流与主流的近直角交汇，反映出断裂构造严格控制本区水系发育的地貌特点<sup>[21]</sup>。

### 3 构造地貌与坡度分析

坡度、坡向分析是地貌形态分析的重要内容。通过坡度图分析发现，造山带主体部位坡度较大，高程低的地方，如鄯庐断裂以东一些平原地区地势低的地方其坡度较低，为 $5^{\circ}$ 左右。第四纪的地层如六安市一带坡度相对较低。麻城断陷盆地和蕲春断陷盆地，戚家桥断陷和岳西盆地等地，坡度也很低，仅为 $5^{\circ}$ 左右。

为了深入研究坡度与高程的关系，把高程分成 $0 \sim 50$ 、 $50 \sim 100$ 、 $100 \sim 200$ 等19个间隔，用每一个高程间隔所在的高程面去裁剪坡度图得到每一个高程间隔所对应坡度图统计值：平均值、最大值和最小值。得出的数值如表1。用表中的数据得出坡度-高程关系图（图4）。

表1 坡度-高程关系表

Table 1 Relation between slope and elevation

高程 (m)	坡度平均值	坡度最大值	坡度最小值
0 ~ 50	1.245247224	1.60583	0.884665
50 ~ 100	10.37613752	19.05557	1.696703
100 ~ 200	6.450220803	13.78046	0
200 ~ 300	5.925069774	11.93288	0
300 ~ 400	4.343384691	10.14109	0
400 ~ 500	4.749265763	11.26215	0
500 ~ 600	9.719820284	18.88229	0.557352
600 ~ 700	11.84448269	21.58533	2.103639
700 ~ 800	10.61145778	19.75478	1.468131
800 ~ 900	9.872527256	18.09489	1.650163
900 ~ 1000	7.324418174	13.44232	1.206512
1000 ~ 1100	23.32707763	32.63249	14.02166
1100 ~ 1200	24.57346643	33.79956	15.34738
1200 ~ 1300	25.03915936	34.56684	15.51148
1300 ~ 1400	1.119986688	1.671523	0.56845
1400 ~ 1500	1.893110417	2.801853	0.984367
1500 ~ 1600	1.661007026	1.986291	1.335723
1600 ~ 1700	4.685881322	9.353521	0.018242
1700 ~ 1800	1.001331568	1.129277	0.873386

从图4中可以看出 $50 \sim 1000\text{m}$ 高程段平均坡度基本处于 $4 \sim 11^{\circ}$ 之间； $1000 \sim 1300\text{m}$ 高程段平均坡度约为 $24^{\circ}$ ，坡度较大； $0 \sim 50\text{m}$ 和 $1300 \sim 1600\text{m}$ 高程段平均坡度小于 $2^{\circ}$ ，坡度较小。 $50 \sim 1400\text{m}$ 及 $1600 \sim 1700\text{m}$ 高程段坡度最大值与最小值之差约为 $10 \sim 20^{\circ}$ ，说明这两高程段地形复杂，陡峭与平缓地形相间，这一点在坡度图上也得到了很好的反映。 $100 \sim 500\text{m}$ 、

1300~1600m 和 1700~1800m 高程段坡度相对较小, 可能存在夷平面, 其中 1300~1600m 和 1700~1800m 高程段可能为山顶面, 有待于进一步野外验证。结合前人的资料<sup>[21]</sup>, 认为所提取的 900~1000m 大别夷平面如图 3 中黄色标出的地方, 比较符合实际。

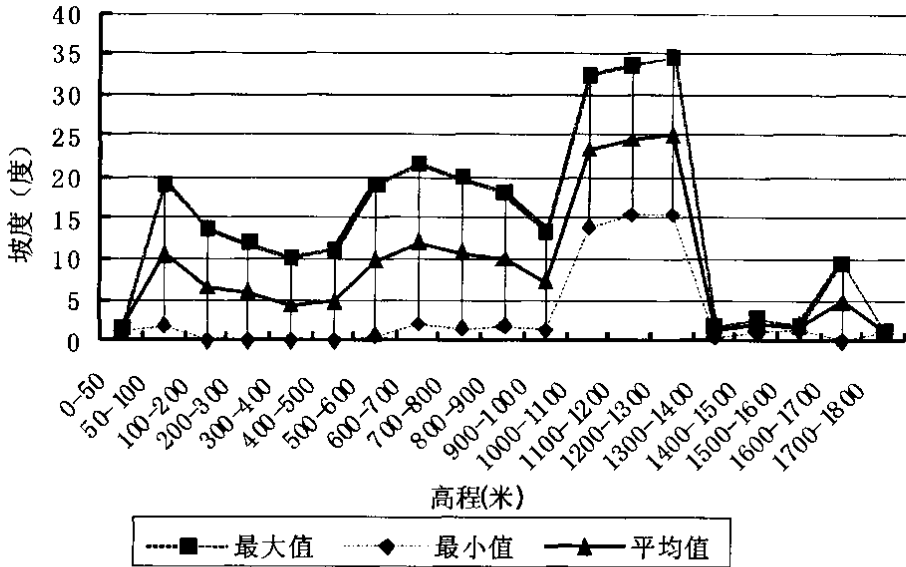


图 4 坡度-高程关系图

Fig.4 Slope-elevation relation

### 4 讨论与结论

用 DEM 数据研究地表地形的一个重要目的是直观地揭示地表构造地貌, 使地形特征真实地可视化。采用 DEM 数据可研究不同空间尺度下的地表地形特征, 通过地形高程图像可使观察者观察不同尺度下的地形, 使构造地形地貌得到全方位表达, 从而获得所需的地貌特征, 且可通过统计分析方法定量地揭示由地形地貌反映的构造现状、构造过程。

本研究利用 GIS 软件平台构建大别造山带地区的数字高程模型 (DEM), 对大别造山带地区的地势、坡度、断裂带及水系等区域地形地貌特征进行了模拟分析, 其结果与前人研究结论吻合。大别山由西北向东南延伸, 在黄梅附近转向东北, 地势上为向南凸出的弧形山系, 最高山峰超过 1500m。地貌上表现出地堑谷、断块山和断陷盆地的广泛分布、岗峦起伏、群峰突起的特点。该地区水系多呈格子状水系分布的形态, 断裂构造严格控制了本区水系的发育; 大别山在整个造山带走向和垂直走向的方向上都是中间高、两边低。DEM 数据中坡度与高程关系的统计分析表明, 坡度、夷平面与高程之间具有一定的对应关系。

研究表明, 快速发展的 DEM 分析技术为传统的地貌研究在地形可视化、统计分析等领域提供了新的研究手段, 不但能够直观地进行坡度和坡向分析、地形起伏以及高程统计等研究, 且可以对研究区进行不同尺度的地貌特征研究。应用 DEM 分析技术可生成一系列地貌分析专题图, 如坡度和坡向专题图、地貌构造专题图以及谷底高程面图等。随着 DEM 数据分辨率的不断提高, DEM 分析技术在地学领域将有广阔的应用前景。

## 参 考 文 献

- [1] Fielding EJ, Isacks B, Barazangi M, Duncan C. How flat is Tibet? [J]. *Geology*, 1994, 22: 163~167.
- [2] Székely B. On the surface of the Eastern Alps—a DEM study [M]. Germany: Universität Tübingen Press, 2001, 1~157.
- [3] 张克岐, 杨国东, 杨化超. 三维地面模型的可视化研究 [J]. *东北测绘*, 2002, 25 (2): 9~10.
- [4] Takashi Oguchi, Tatsuto Aoki, Nobuhisa Matsuta. Identification of an active fault in the Japanese Alps from DEM-based hill shading. *Computers & Geosciences*, 2003, 29: 885~891.
- [5] Summerfield MA (ed). *Geomorphology and Global Tectonics* [M]. London: John Wiley & Sons, 2000, 1~367.
- [6] Taud H, Parrot JF, Alvarez R. DEM generation by contour line dilation [J]. *Computers & Geosciences*, 1999, 25: 775~783.
- [7] Hiroko Mizukoshi, Masamu Aniya. Use of contour-based DEMs for deriving and mapping topographic attributes [J]. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 2002, 68 (1): 83~93.
- [8] Bielecki AE, Mueller KJ. Origin of terraced hillslopes on active folds in the southern San Joaquin Valley, California [J]. *Geomorphology*, 2002, 42: 131~152.
- [9] Bishop MP, Shroder JF Jr, Sloan VF et al. Remote sensing and GIS technology for studying lithospheric processes in a mountain environment [J]. *Geocarto International*, 1998, 13 (4): 75~87.
- [10] Hirano A, Welch R, Lang H. Mapping from ASTER stereo image data: DEM validation and accuracy assessment. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 2003, 57: 356~370.
- [11] Kaab A. Monitoring high-mountain terrain deformation from repeated air-and spaceborne optical data: examples using digital aerial imagery and ASTER data. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 2002, 57: 39~52.
- [12] White SA, Yong Wang. Utilizing DEMs derived from LIDAR data to analyze morphologic change in the North Carolina coastline. *Remote Sensing of Environment*, 2003, 85: 39~47.
- [13] Paillou P, Margrit G. Relief reconstruction from SAR stereo pairs: the “optimal gradient” matching method [J]. *IEEE transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1999, 37 (4): 2099~2107.
- [14] Rabus B, Eineder M, Roth A, Bamler R. The shuttle radar topography mission—a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 2003, 57: 241~262.
- [15] Hooper DM, Bursik MI, Webb FH. Application of high-resolution, interferometric DEMs to geomorphic studies of fault scarps, Fish Lake Valley, Nevada-California, USA. *Remote Sensing of Environment*, 2003, 84: 255~267.
- [16] Toutin T. Impact of terrain slope and aspect on radargrammetric DEM accuracy. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 2002, 57: 228~240.
- [17] 湖北省地质矿产局. 湖北省区域地质志 [M]. 地质出版社, 1990.
- [18] 安徽省地质矿产局. 安徽省区域地质志 [M]. 地质出版社, 1987.
- [19] 索书田, 钟增球, 游振东. 大别地块超高压变质期后伸展变形及超高压变质岩石折返过程 [J]. *中国科学 (D辑)*, 2000, 30 (1): 9~17.
- [20] Liu Shaofeng, Heller PL, Zhang Guowei. Mesozoic basin development and tectonic evolution of the Dabieshan orogenic belt, central China [J]. *Tectonics*, 2003, 22 (4): 12-1-12-21.
- [21] 冯文科. 大别山构造地貌特征 [J]. *地质科学*, 1976, (3): 266~276.

## DEM ANALYSIS OF THE TECTONOGEOMORPHOLOGY OF THE DABIE OROGENIC BELT

CHENG San-you<sup>1</sup>, LIU Shao-feng<sup>1</sup>, ZHANG Hui-ping<sup>1</sup>,  
SHEN Xu-hui<sup>2</sup>, SU San<sup>1</sup>, LEI Guo-jing<sup>1</sup>

(1. *School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;*

2. *Center for Analysis and Prediction, China Seismological Bureau, Beijing 100036, China*)

**Abstract:** This paper constructs a digital elevation model (DEM) of the Dabie orogenic belt and performs a modeling analysis of its tectonogeomorphology based on the techno-platform of the geographic information system (GIS) and shuttle radar topography mission (SRTM) topographical data. The relief of the Dabie orogenic belt is high in the central part and low on two sides both along the trend of the belt and in the direction perpendicular to the trend, and downfaulted basins are developed on both sides where the relief is low. On the SRTM-DEM geomorphologic map and slope image, the geomorphologic features of main faults such as the Tanlu fault are conspicuous and the drainage systems, which are strictly controlled by faults, mostly present a trellis pattern. Geomorphologically the streams turn at high angles and the main tributaries intersect near right angles. The differential uplift and subsidence of the crust in the area along the faults resulted in the coexistence of graben valleys, fault block mountains and downfaulted basins. This paper also analyzes the relation between the slopes and elevations and gets the information of planation surfaces in the Dabie orogenic belt.

**Key words:** DEM; tectonogeomorphology; Dabie orogenic belt

(上接第 332 页)

## CHARACTERISTICS OF THE CLIMATIC VARIATION IN ZOIGÊ IN THE PAST 45 YEARS AND ITS EFFECTS ON THE ECO-ENVIRONMENT IN THE AREA

WANG Yan, ZHAO Zhi-zhong, QIAO Yan-song, LI Chao-zhu

(*Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China*)

**Abstract:** Grassland degradation and desertification have become one of the prominent environmental problems in the Zoigê area. This paper analyzes the characteristics of the climatic variation from 1957 to 2001 and its influence on the eco-environment in the Zoigê area. The annual average temperatures in the area showed a marked tendency of increase, with an increase rate of about 0.23 °C per 10 years, and the seasonal temperatures also showed a tendency of increase, which is especially the case in autumn (from September to November) and winter (from December to February) when the temperatures rose more significantly. The annual precipitation showed a slight decrease tendency, with a decrease rate of 1.75mm per years. In autumn and spring (from March to May), the precipitation showed a tendency to decrease year by year, and more marked decrease was recorded in autumn. However, in summer (from June to August) and winter the precipitation shows a tendency to increase year by year. Affected by warming and drying, the frozen ground and vegetation in Zoigê changed. The eco-environmental problems such as grassland degradation and desertification have had great effects on the social, economic and eco-environmental development in the area.

**Key words:** Zoigê; climatic variation; grassland degradation; desertification