

# 基于DEM的青海贵德地区地形起伏度的研究

王 岩, 刘少峰

WANG Yan, LIU Shao-feng

中国地质大学(北京)地质过程与矿产资源国家重点实验室, 地球科学与资源学院, 北京 100083

State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, School of Earth Sciences and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China

**摘要:**基于贵德地区 1:5 万地形图等高线数据内插生成的 DEM 数据,在 ArcMap 软件空间分析支持下和 Spss 软件拟合曲线统计下,得到该地区地形起伏度提取的最佳窗口为 400 m×400 m。基于 400 m×400 m 的分析窗口,提取贵德地区的地形起伏度,完成地形起伏度的专题图,统计分析高程与起伏度之间的相互关系,其结果与实际情况基本吻合。

**关键词:**DEM; 青海贵德地区; 地形起伏度

**中图分类号:** P931.2

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1671-2552(2008)12-2117-05

**Wang Y, Liu S F. DEM research on the local relief in the Guide area, Qinghai, China. *Geological Bulletin of China*, 2008, 27(12):2117-2121**

**Abstract:** Based on contour interpolation of DEM by way of 1:50000 scale relief maps in the Guide area, Qinghai, China, optimum size of analysis windows of local relief, which is 400 m×400 m, is defined by space analysis using ARCMAP software and curve estimation using SPSS software. Local relief of the Guide area has been extracted and mapped using this size of analysis windows, and relationship between elevation and local relief was analyzed, which accorded with the facts.

**Key words:** DEM; Guide area, Qinghai ; Local relief

地形是最基本的自然地理要素,地形因子是对地形及某一方面特征的具体数字描述,制约着地表物质与能量的再分配<sup>[1]</sup>。区域地形起伏度(Local Relief)是指在一定的区域范围内,最大高程值与最小高程值之间的差值<sup>[2]</sup>,反映区域地表的切割剥蚀程度,可以深刻地表征区域构造活动强度的差异,常常被应用于造山带、高原山脉等发育演化特征的研究<sup>[3-4]</sup>。区域地形起伏是构造作用与地表剥蚀过程相互作用的结果<sup>[5-6]</sup>。

要编制反映某一区域内高差的起伏度图,首先必须确定度量的区域单元<sup>[7]</sup>。为编制中国 1:400 万地貌图,徐汉明等<sup>[8]</sup>得出了中国最佳统计单元为 21 km×21 km; 1:250 万欧洲国际地貌图,采用 16

km×16 km 内最大高差作为量测区域地形起伏度的统计单元<sup>[9]</sup>;刘新华等<sup>[10]</sup>在分析中国水土流失地形因子时,使用 1:100 万 DEM 数据,并确定最佳的地形起伏度统计单元是 5 km×5 km;王雷等<sup>[11]</sup>基于 1:25 万的地形图研究昆明地区地貌形态,最佳地形起伏度统计单元是 4 km×4 km;高守英等<sup>[12]</sup>利用 1:1 万的 DEM 计算龙口市泳汶河流域的地貌形态时,采用的网格大小为 2.5 km×2.5 km。可见不同地区、不同地貌类型对应不同的起伏度提取窗口。

## 1 实验数据和方法

### 1.1 数据

本研究采用的 DEM 数据以 1:5 万地形图等高线

收稿日期:2008-04-14;修订日期:2008-06-23

基金项目:国家自然科学基金项目(编号:40672135)、中国地质调查局项目(编号:1212010660601)联合资助。

作者简介:王岩(1983-),女,在读硕士,从事遥感地质应用、数字图像处理方面的研究。E-mail:wy1202105@163.com

数据为信息源,通过 PCI Geomatica9.0 遥感软件的 OrthoEngine 模块内插生成<sup>[13]</sup>,数据的水平栅格分辨率为 10 m×10 m,这样高精度的数据有利于精确地提取地形信息。本区地理坐标:35°30′~36°30′N、101°~103°E。

1.2 理论

按照地貌发育的基本理论,存在一个使最大高差达到相对稳定的最佳统计窗口<sup>[8]</sup>。对于相同的 DEM,随着网格单元由小到大,单元内最高点与最低点的高差,无论何处都总是从小变大。一般情况下这种高差开始以较快的速度增加,以后增加的速度较缓,当单元面积达到某一阈值后,这种高差基本稳定在一个数值上<sup>[7]</sup>。高差增加时由小变大的那个点为拐点(不同于数学上的拐点),拐点所对应的面积为最佳统计单元,拐点所对应的高差值为起伏高度<sup>[14]</sup>。

1.3 过程与方法

利用 ArcMap9.2 中的空间分析模块,用邻域分析(Neighborhood Statistic)工具,以  $n \times n$  ( $n=5,10,15, \dots,50,60, \dots,140$ ) 象元的矩形作为模版算子,按照起始窗口为 50 m×50 m,终止窗口为 500 m×500 m,窗口增幅为 50 m;之后以窗口增幅 100 m,计算终止窗口至 1400 m。这样移动计算出整幅 DEM 在分析窗口内的最大与最小高程差结果值,每一个分析窗口求解所有值的最大值作为对应窗口地形起伏度结果值(表 1)<sup>[15]</sup>。

2 地形起伏度提取的窗口分析

用统计软件 spss13.0 中的曲线估计(Curve estimation)下的 Logarithmic 拟合对数方程,统计不同窗口大小下的局部地形关系,得到拟合曲线(图 1)。对数方程为:  $y=273.96 \ln x - 923.4$ , 决定系数  $R^2=$

表 1 贵德地区网格单元与地形起伏度的对应关系

Table 1 Relationship between grid units and local relief in Guide area

网格大小	5m×5m	10m×10m	15m×15m	20m×20m	25m×25m	30m×30m	35m×35m	40m×40m	45m×45m
面积 /10 <sup>2</sup> m <sup>2</sup>	25	100	125	400	625	900	1225	1600	2025
起伏度/m	245.47	320.06	441.21	510.02	560.06	610.5	655.16	704.28	746.71
网格大小	50m×50m	60m×60m	70m×70m	80m×80m	90m×90m	100m×100m	120m×120m	140m×140m	
面积 /10 <sup>2</sup> m <sup>2</sup>	2500	3600	4900	6400	8100	10000	14400	19600	
起伏度/m	763.76	823.59	843.28	863.81	903.27	966.83	1095.47	1165.91	

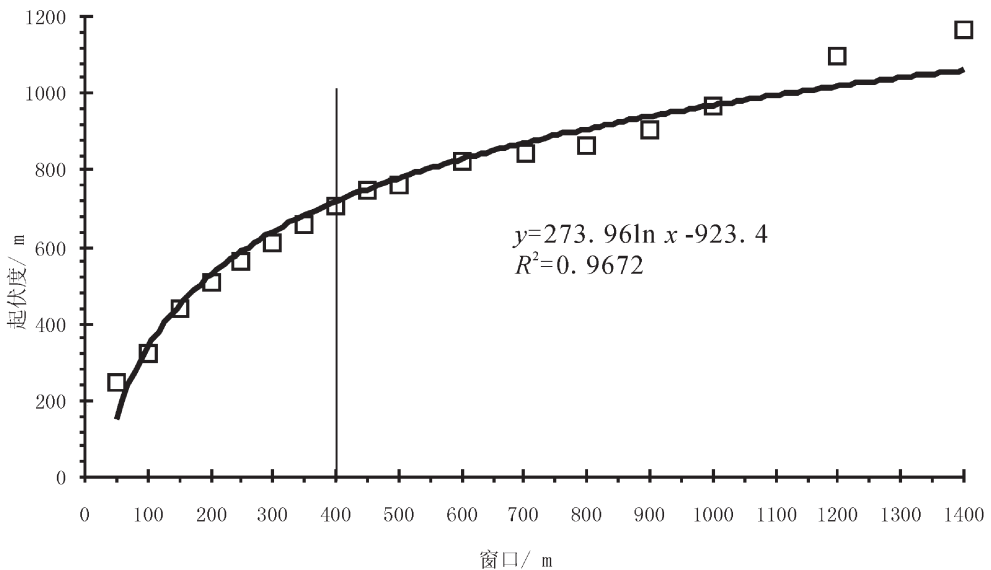


图 1 不同面积统计窗口与局部地形起伏度的关系

Fig. 1 Relationship between grid units and local relief

表 2 拟合统计数据

Table 2 Fitting results statistics

Dependent	Math	R Square	d.f.	F	Sig.	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>
y	LOG	0.967	16	441.848	0.000	-923.400	273.962

0.9672(接近 1),做拟合优度检验,拟合度很好(表 2)。研究表明,研究区的平衡窗口大约为(350~450)m×(350~450)m。

以 100 m 为间距,将研究区内的局部地形起伏度分为 8 个等级,即最小值为 0 m,最大值为 800 m,通过分析统计窗口大小为 250 m×250 m、300 m×300 m、350 m×350 m、400 m×400 m、450 m×450 m、

500m×500 m 在不同局部地形分级中的面积,得到不同窗口下的起伏度分级与面积的关系图解(图 2)。图 2 中明显显示统计窗口为 250 m×250 m、300m×300 m 统计得到的峰值面积对应的局部地形起伏度大小为 100 m 左右;而统计窗口大于 350 m×350 m 统计得到的峰值面积对应的局部地形起伏度大小为 200 m 左右,保持稳定。因此,笔者选取 400m×400 m 为最佳地形起伏统计窗口,其结果应具有稳定性和代表性。

### 3 地形起伏度的提取与制图

将贵德地区的 DEM 数据(图 3),以 400 m×400 m

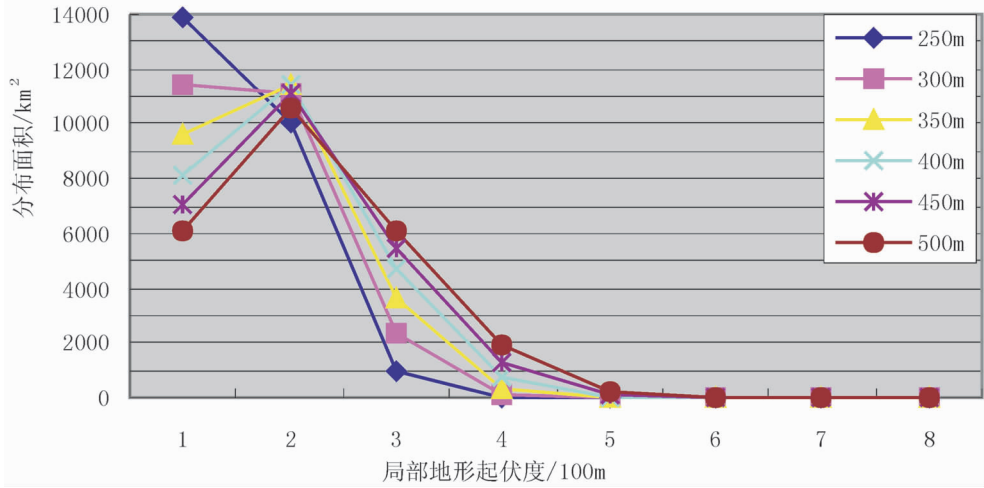


图 2 不同面积统计窗口的局部地形起伏度分级与分布面积的关系  
Fig. 2 Relationship between classified local relief and distribution area

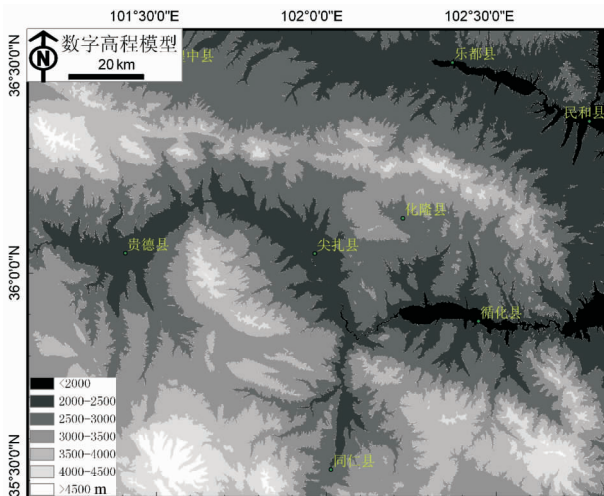


图 3 高程专题图  
Fig. 3 Digital elevation model

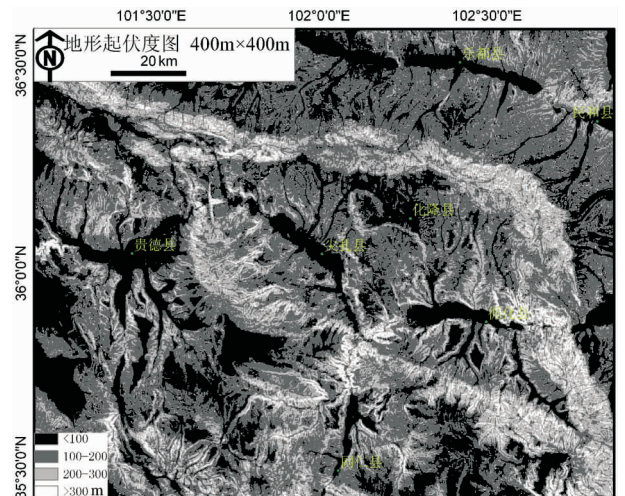


图 4 起伏度专题图  
Fig. 4 Local relief map

m 为分析窗口,提取地形起伏度,并通过 ArcMap 软件的 Reclassify 功能对起伏度进行重新分级。按照实际计算出来的起伏度范围 0~705 m, 由于起伏度值在 0~300 m 之间的区域面积占整个研究区域面积的 97%, 因此将起伏度值大于 300 m 的区域合并为一类, 这样将研究区的起伏度以 100 m 为间隔划分为 4 个等级,并添加注记,完成贵德地区地形起伏度专题图(图 4)。

为了揭示在不同海拔高程区间的地形起伏度的变化,现将研究区高度数据(1675~5010 m)按照海拔高度分为 16 级, 每一个等级内高程差为 200 m,其中最低高程等级划分为小于 1800 m,同时将高程值大于 4600 m 的高程数据合并为一类。通过统计不同高程区间内起伏度分布众数, 揭示研究区在不

同高程内地形起伏度的变化<sup>[16]</sup>。如图 5 所示,海拔高度为 2000 m 以下的地区, 起伏度众数集中在 20 m 以下,可能主要为现代河床或阶地<sup>[17]</sup>;随着海拔高度由 2000 m 逐渐增加到 3200 m, 地形起伏度维持在 130 m 左右, 起伏度数值直方图为中心呈正态分布。而海拔高程为 3200~3400 m 的区域起伏度小于 10 m,该高程段为夷平面<sup>[18]</sup>。海拔高程为 3400~3600 m 的区域,起伏度直方图呈非正态分布,即该区域段内的起伏度众数值存在 2 个值,说明该区域处于地形平缓与陡峭的交接地带;之后地形起伏度随海拔高程的增加而增加,最后最大众数值达到 221m,说明该高程段地形复杂,地形陡峭。结合野外验证,认为贵德地区高程-起伏度关系图的特点比较符合实际情况<sup>[19-21]</sup>。

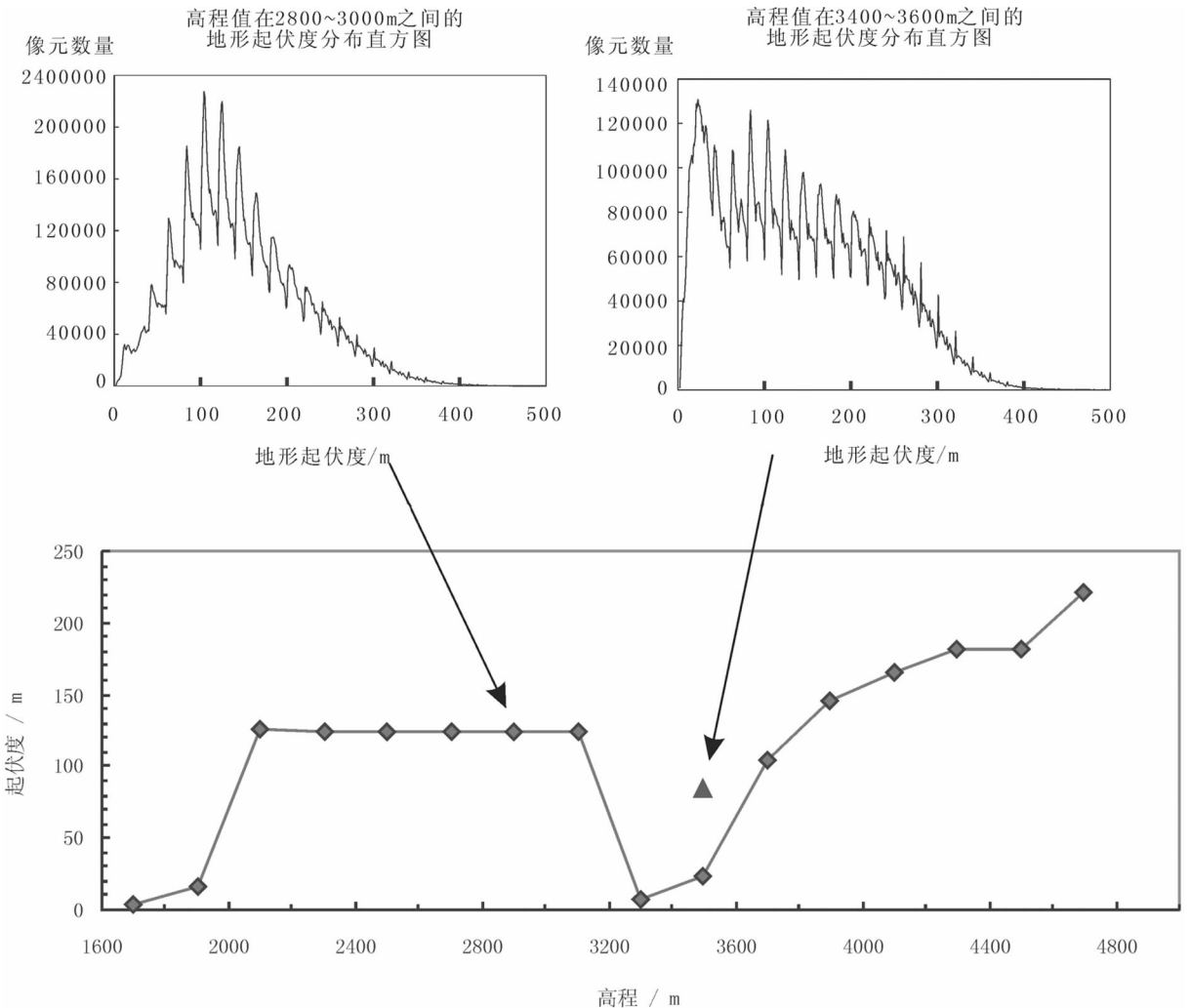


图 5 起伏度与高程的关系

Fig. 5 Relationship between elevation and local relief



## 4 结论与讨论

(1)本研究利用 PCI Geomatica9.0 遥感软件构建贵德地区的数字高程模型(DEM),空间分辨率为 10 m,通过 ArcMap9.2 软件空间分析模块计算出整幅 DEM 在不同分析窗口内的最大与最小高程差结果,由 Spss13.0 软件拟合对数曲线,并拟合统计数据,得出贵德地区局部地形起伏度提取的最佳窗口为 400 m×400 m。

(2)基于 400m×400 m 的分析窗口,提取贵德地区地形起伏度,并制作地形起伏度专题图。DEM 数据中高程与起伏度关系的统计分析,可以直观地揭示研究区的地貌特征,说明起伏度、夷平面与高程之间具有一定的对应关系,其结果与野外研究得出的结论吻合。

(3)基于 DEM 获取贵德地区地形起伏度的方法,并进行相关地形、地貌研究,具有快捷、高效的特点,能够为区域新构造、活动构造等地质研究提供基础信息和参数<sup>[6]</sup>。但基于 DEM 的数字地形分析在技术上还有诸多亟待解决的问题,如系统的研究方法尚未形成,更高精度传感器的开发及其图像的获取还有待进一步研究等。随着技术的发展,DEM 的应用可望实现青藏高原研究重要理论与方法的突破<sup>[22]</sup>。

### 参考文献:

- [1]赵帮元.1:25 万比例尺 DEM 建立及地形信息特征研究[D].西北大学硕士论文,2002:29-40.
- [2]Deffontaines B, Lee J C, Angelier J, et al. New geomorphic data on the active Taiwan orogen: A multisource approach[J]. *Journal of Geophysical Research*, 1994, 99(B10):20243-20266.
- [3]Burbank D W. Characteristic size of relief[J]. *Nature*, 1992, 359: 483-484.
- [4]Fielding E J, Isacks B, Barazangi M, et al. How flat is Tibet[J]. *Geology*, 1994, 22:163-167.
- [5]Kühni A, Pfiffner O A. The relief of the Swiss Alps and adjacent areas and its relation to lithology and structure: topographic analysis from a 250-m DEM[J]. *Geomorphology*, 2001,(41):285-307.
- [6]张会平,刘少峰,孙亚平,等.基于 SRTM-DEM 区域地形起伏的获取及应用[J].*国土资源遥感*,2006,(1):31-35.
- [7]唐飞,陈曦,程维明.基于 DEM 的准格尔盆地及其西北山区地势起伏度研究[J].*干旱区地理*,2006,29(3):387-391.
- [8]徐汉明,刘振东.中国地势起伏度研究[J].*测绘学报*,1991,20(4):311-319.
- [9]Demek J, Embleton C. IGV-CGM[R]. *Guide to medium-scale Geomorphological Mapping*, 1978.
- [10]刘新华,杨勤科,汤国安.中国地形起伏度的提取及在水土流失定量评价中的应用[J].*水土保持通报*,2001,21(1):57-62.
- [11]王雷,朱杰勇,周雁.基于 1:25 万 DEM 昆明地区地貌形态特征分析[J].*昆明理工大学学报(理工版)*, 2007, 32(1): 6-14.
- [12]高守英,吴泉源,安国强.基于 GIS 的龙口市汶汶河流域地貌形态定量分析[J].*遥感技术与应用*,2003,18(4):87-90.
- [13]杨晓云,唐咸远,梁鑫.基于等高线生成 DEM 的内插算法及其精度分析[J].*测绘工程*,2006,15(2):37-39.
- [14]徐汉明,刘振东.中国地势起伏度最佳统计单元的求证[J].*湖北大学学报(自然科学版)*,1990,12(3):266-270.
- [15]朱红春,陈楠,刘海英,等.自 1:10000 比例尺 DEM 提取地形起伏度——以陕北黄土高原的实验为例[J].*测绘科学*,2005,30(4):86-88.
- [16]Margaret E McMillan. Basin fill, erosion surfaces and tilted markers: evidence of late Cenozoic tectonic uplift of the Rocky Mountain orogenic plateau[D]. *Wyoming: department of Geology and Geophysics*, 2003.
- [17]刘静,丁林,曾令森.青藏高原典型地区的地貌量化分析——兼对高原“夷平面”的讨论[J].*地学前缘*,2006,13(5):285-299.
- [18]程三友,刘少峰,张会平,等.大别山构造地貌的 DEM 初步分析[J].*地质力学学报*,2005,11(4):333-340.
- [19]张会平.青藏高原东缘、东北缘典型地区晚新生代地貌过程研究[D].*中国地质大学(北京)博士论文*, 2006.
- [20]刘少峰,张国伟,P L Heller. 循化—贵德地区新生代盆地发育及其对高原增生的指示[J].*中国科学(D 辑)*,2007,37(增刊):235-248.
- [21]刘少峰,张国伟.数字高程模型在地表过程研究中的应用[J].*地学前缘*,2005,12(1):303-309.
- [22]高明星,刘少峰.DEM 数据在青藏高原地貌研究中的应用[J].*国土资源遥感*,2008,(1):59-63.