

# 基于 GlobalMapper 的地貌晕渲制图 ——以西安幅 (I-49) 为例

林松<sup>1,2</sup>, 程维明<sup>2</sup>, 乔玉良<sup>1</sup>

(1. 太原理工大学, 太原 030024 2. 中国科学院地理科学与资源研究所 资源与环境信息系统  
国家重点实验室, 北京 100101)

**摘要:** 地貌晕渲图自动制图是以计算机软、硬件为基础, 对 DEM 数据实现的一种三维立体可视化表达。本文从地貌晕渲的基本理论出发, 以我国 1:100 万标准分幅的西安幅 (I-49) 为例, 采用 GlobalMapper 软件实现了计算机地貌晕渲自动制作的全过程, 主要内容包括: 计算机地貌晕渲关键技术的实现, 地貌晕渲效果与参数设置之间的关系, GlobalMapper 软件中各种参数设置的合理性分析, 使用分层设色的办法对晕渲图进行色彩的设计, 并利用 PHOTOSHOP 软件对结果进行整饰等。该方法可实现地貌晕渲图的自动制图。

**关键词:** 地貌晕渲; 参数设置; GlobalMapper

## 1 前言

地貌晕渲是通过光照原理模拟实际地面本影与落影的方法反映地形起伏特征的方法之一<sup>[1]</sup>。在中国早期传统的手工制图里, 最具代表性的是陈述彭院士用手工绘制的多幅精美晕渲图。同时, 他提出了半机械化绘制晕渲图的设想<sup>[2]</sup>。师从于陈述彭院士的施祖辉研究员进一步对地貌晕渲进行研究, 在他所著的《地貌晕渲法》一书中深入地介绍了地貌晕渲图的绘制方法<sup>[3]</sup>。随着计算机的出现, 地貌晕渲的绘制又有了突飞猛进的发展, 利用计算机软件并结合各种算法绘制的晕渲图大大缩短了成图时间。如今计算机彩色地貌晕渲作为地形可视化的重要方法之一, 利用色彩的浓淡、明暗和冷暖对比来建立地貌立体感, 具有同时显示地貌质量、数量和立体效应等功能<sup>[4]</sup>。层次分明的彩色晕渲, 使地形起伏更为直观、形象、生动, 立体感强, 高低变化自然, 其效果达到了目前国内制作晕渲地图的高水平。由于晕渲图在空间上与实际地形保持着精确的几何关系, 因而, 色彩、灰度、阴影及表面纹理、透视关系等方面也与实际地形一致, 所表达的地物非常美观、生动、形象, 具有较强的欣赏价值和艺术收藏价值。本文基于 GlobalMapper 软件, 通过参数设置及分

层设色, 在计算机中更快更简便地实现了地貌晕渲图的制作, 其效果可以达到如下几方面的要求<sup>[5]</sup>:

(1) 正确地反映出制图区域的山脉走向、山系结构特征以及构造体系; (2) 正确地反映出制图区域的地势起伏特征; (3) 形象地塑造出在不同营力作用下各类地貌的立体形态特征和地貌的区域特征。

## 2 制图区域地理特征与制图数据

本示范区域为 1:100 万标准分幅的西安幅 (I-49), 横跨陕西、山西、四川、重庆、湖北、甘肃、河南等省和直辖市, 地理位置介于 108°~114°E、32°~36°N 之间。区内海拔最高为 2995m, 分布有秦岭山脉、太行山脉和华山等, 有黄河、汉水等众多河流流经。本区分布有丰富的地貌类型: 其中, 基本形态类型主要有低海拔 (<1000m) 的平原、台地、丘陵; 中海拔的 (1000~3500m) 平原、台地、丘陵; 大起伏 (起伏度 1000~2500m)、中起伏 (500~1000m)、小起伏 (200~500m) 的低山和中山等。成因类型有流水地貌、湖成地貌、风成地貌、黄土地貌、喀斯特地貌、冰缘地貌、火山熔岩地貌等, 研究区概况如图 1 所示。

制作西安幅地貌晕渲图的基础数据为 SRIM-

收稿日期: 2009-07-06 修回日期: 2009-11-09

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40871177) 国家重点实验室基金项目“中国数字地貌空间格局图谱研究” (Q88RA304SA) 资助。

作者简介: 林松 (1983-), 男, 硕士生, 主要研究方向: 数字地貌与地学信息图谱。E-mail: chengwm@reis.ac.cn

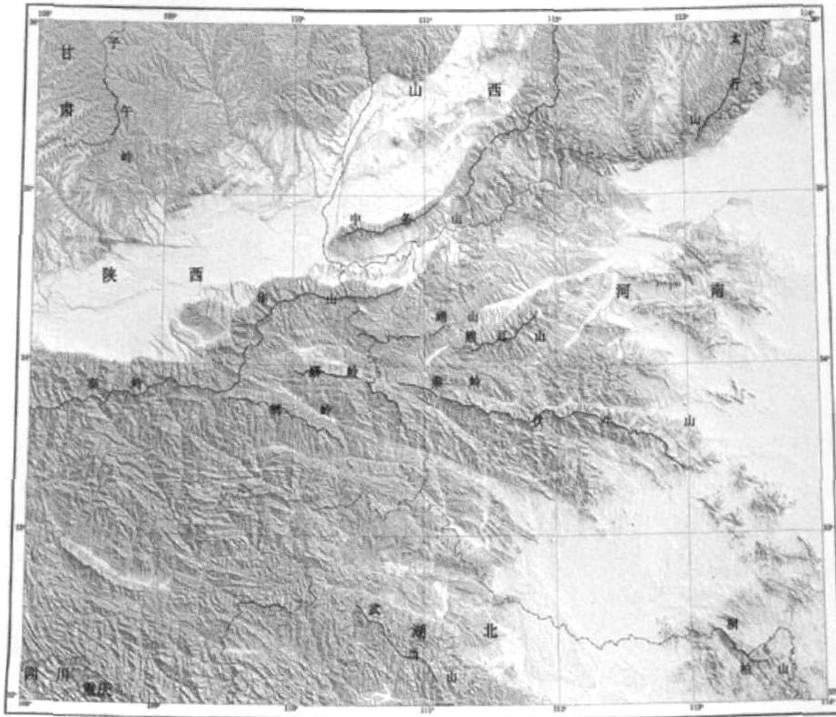


图 1 研究区概况图

Fig 1 Hillshade map of the study area (I-49)

DEM数据, 其水平分辨率为 90m, 垂直分辨率约为 16m。参考数据为本区 TM和 ETM遥感数据、1:100万基础地理地图, 以及 1:100万的西安幅 (I-49)地貌类型图。

### 3 基于 GlobalMapper的地貌晕渲制图方法

高低起伏的地表曲面, 在假设的、有规律的光线照射下会出现明暗变化, 把这种明暗变化再现在二维平面上, 就是地貌晕渲。晕渲法中, 光照是产生明暗变化的必要条件。太阳是地球的光源, 但由于地貌同光源的位置处于不断运动变化中, 同时地面的明暗程度又受大气层和地面物质的影响, 情况复杂, 所以, 这里假定光源在固定位置, 并且发出强度不变的平行光线, 则地貌各部位的明暗程度决定于两个方面: 地面单元的坡向 (光线与坡面法线在水平面上投影的夹角) 与平行光线的关系; 地面单元的坡度与平行光线的关系。光线方向不同, 地貌各部位的明暗变化规律就不同<sup>[6-8]</sup>。

GlobalMapper软件, 不仅能将数据 (例如

SRIM-DEM数据) 显示为光栅地图、高程地图、矢量地图, 并且可以对地图图形文件进行编辑、转换和打印。这里, 利用 SRIM-DEM数字高程数据, 基于 GlobalMapper软件对栅格数据的显示和输出功能, 通过对 GlobalMapper软件中的光照、照亮度、夸张值等参数的设置, 用多模式色彩设计, 根据 DEM数据的高程范围, 按照不同的高程分级, 采用合适的设色模式, 生成相应的专业彩色地貌晕渲图。

#### 3.1 晕渲制图的参数设定

(1) 地貌晕渲的光源 斜照光源的方向通常假定置于地图的左上方, 即光从西北方向射入。这样, 山脉的东坡、东南坡、南坡为阴坡; 西坡、西北坡、北坡为阳坡。人们在工作学习和看图时都习惯于把西北方向的光源, 用以制作晕渲的理想光源, 但并不是唯一可取的光源, 如北方和西方的光源也可以。在特定情况下, 采用西南方或东北方向的光源也是行得通的。因此, 可以根据表示地貌的需要, 适当地选择光源的方向<sup>[9]</sup>。

在所选定的区域制作晕渲图的过程中, 通过不断地变换光源的高度角与方位角, 最终选择高

度角为 45°，方位角为 315°（西北方向），照明度为 0.4

(2) 垂直拉伸 地貌晕渲有着综合和艺术的夸张，综合和夸张都是非常复杂的心理过程，主要体现在光影描绘上，包括以下几个方面<sup>[10]</sup>：

① 综合光照的选择。这种光照不是简单分布或者同时普照，而是以倾斜光照为主，在局部地区辅以垂直光照。局部地区一般是高差较小的沟谷系统和台地边缘。

② 侧坡面的处理。坡向角为 90°左右的坡面为侧坡面，其面积过大会影响立体效果，这时需要局部调整光源方向，方向的调整与周围的地形结构相关。

③ 地貌有着丰富的层次结构，层次结构以不同的明暗对比表现，同高程但位于不同类型的总坡面的同类型子坡面，其明暗度不同。局部垂直光源的补充、局部光源方向的调整、整体层次结构的控制都需要制图者对制图区域地形地貌特征非常熟悉，且需要反复试验才能满足要求。

通过不断的试验，研究区域的垂直拉伸设成 6.0 能较好地反映出制图区域的地势起伏特征。具体的参数可以单击“Tools”菜单中的“Configure..”，在 Configuration 窗口中单击“Vertical Options”的窗口中设置。

### 3.2 基于 GlobalMapper 的晕渲图色彩设计与编辑制图

色彩在视觉图形传输中，不仅能增加地图的信息载负量，而且能提高地图作品的艺术感染力。晕渲图的色彩设计除了遵循常用的规律外，更加注重把色彩作为重要的表现手段，紧紧围绕地貌类型来选择主色调，增强色彩的对比度，运用色彩对视觉的冲击力，使色彩设计不仅贴切地反映地貌形态，而且增加图形的清晰度。现代的数字制图可以根据用户需求与制图目的勇于创新设色模式，给读图者耳目一新的感觉。色彩作为决定彩色地貌晕渲表现力的重要因素，具有“艺术性和信息载体的双重特性”<sup>[11]</sup>。不同的色彩设色方案可以使读者获得不同的艺术感受和不同的信息量<sup>[12]</sup>。

每一种地貌形态都有普遍性的特征，这些共同的特征正是这类地貌区别于另一类地貌的主要依据。所以，用不同的技法去相应地刻划不同类

型的地貌，就是表示了各类地貌的共同特征。但是属于同一种类型的地貌，其形态又不是千篇一律的，而是变化多样的。因此，地图色彩的视觉表象是非常复杂的<sup>[13-14]</sup>，以高山、中山、低山、丘陵这些不同类型的山为例，有的高山，其外形可能是比较浑圆的，有的低山丘陵可能是很尖锐而陡峻的；同样是中山，如秦岭、太行山、大兴安岭等，其外形特征是不同的。再拿“沟谷”型地貌的表示来讲（图 2），黄土地貌、熔岩台地、侵蚀台地等在形态上又有很大区别，不能一律对待。所以，一方面要极力把各类地貌的共同特征表现出来，同时还要根据具体情况，尽可能把每一条山，每一种地形的具体形状表示出来。只有这样，晕渲图上所反映的地貌立体形态才能既有明显的规律性，又有丰富多采的形态特征。

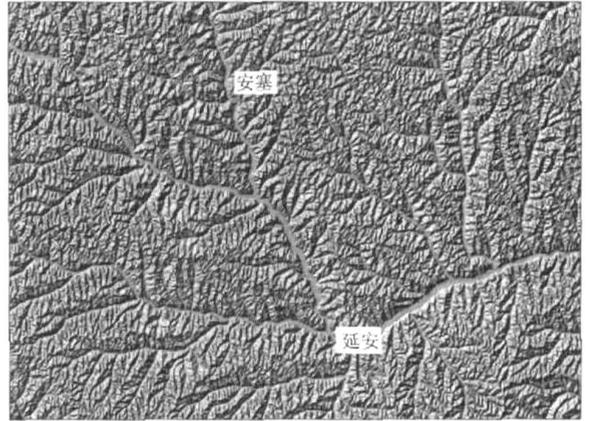


图 2 黄土高原地区的沟谷切割深度与密度分布  
Fig 2 Cutting depth and gully density distribution in the Loess Plateau

由于色彩的设计主要是根据 DEM 数据的高程值在 GlobalMapper 软件中进行分层设色（分层设色是在不同的高度带上按一定的变化规律设以不同的颜色）。因此，有必要了解中国的地势分布：主要表现为三级阶梯，其中东北平原、华北平原和华东、华南并包括台湾、海南在内的广大地区为第一阶梯；青藏高原为第三阶梯，海拔最高；两者间地区为第二阶梯，海拔处于第一、三级阶梯之间。

在进行颜色的选择时，首先，要对这三级阶梯进行考虑。第一级阶梯海拔低，主要以绿色和浅绿色为主，第二级阶梯海拔次之，主要以黄色、红黄色和浅红色为主，第三级阶梯海拔最高，主

要以深红色、紫色和接近白色的色调为主。而具体到某一区域, 在设色时将色彩的立体特征与地形地貌特征相结合, 根据地形地貌特征, 设计相应的色彩。

本文选择的研究区域主要是在低海拔、中海拔之间。综合考虑到本研究区域的地势起伏和地貌特征, 先将本区域从 0m到 2 995m的海拔高度划分为 13等级, 且每个等级赋予不同的颜色, 如表 1所示为本研究区域的海拔高度色阶的数字显示, 共有 RGB和 CMYK两种颜色体系, 其中, 在陆地色阶中所示的是各个等级的高程值。

表 1 研究区域海拔高度色阶表

Tab 1 Color gradation according to a litude in the study area

陆地色阶 (m)	C	M	Y	K	R	G	B
0	60	0	90	0	112	191	84
60	50	0	85	0	138	199	90
70	45	0	80	0	150	203	99
80	40	0	75	0	162	208	109
90	35	0	70	0	174	212	119
100	30	0	65	0	186	217	128
125	25	0	55	0	197	222	146
200	20	0	65	0	211	226	126
350	15	0	60	0	222	231	135
400	10	0	45	0	233	237	164
450	5	5	40	0	243	231	169
550	0	5	35	0	255	237	179
650	0	7	50	0	255	232	148
700	0	10	50	0	255	226	146
800	0	10	45	0	255	227	156
900	0	10	40	0	255	227	165
1 100	5	15	40	0	241	213	162
1 200	10	20	40	0	229	200	158
1 250	10	25	40	0	228	191	155
1 500	10	35	50	0	227	172	131
1 750	15	50	50	0	214	143	122
2 000	15	60	60	0	213	126	103
2 500	20	70	70	0	203	107	86
2 995	20	80	80	0	203	87	68

在 Global Mapper中实现设色时, 需要以 RGB颜色赋值来完成。但是, 考虑到 CMYK印刷色彩模式的优越性及打印出图时的效果更佳, 因此, 在初始时给各个色阶定义颜色时, 使用 CMYK系统模式

比较理想。而对 CMYK和 RGB颜色系统的转换就可以利用 PHOTOSHOP中的拾色器进行颜色互相转换。但要注意的是由于两种颜色系统的不一致, 在它们进行互相转换时会有一定的信息缺失, 因此, 不宜进行多次转换, 以免造成出图效果严重失真。

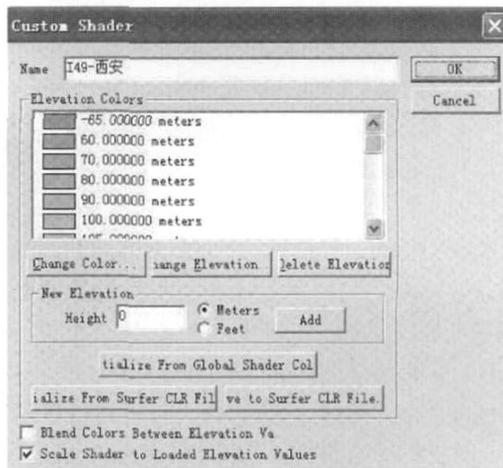


图 3 “Custom Shaders”窗口

Fig 3 “Custom Shaders” window

打开 Global Mapper软件, 载入所要制作晕渲的研究区域的 DEM数据, 就可以在该软件中建立新的色阶, 从而使 DEM数据能够在新建的色阶下显示, 这是晕渲图色彩生成的基础。点击“Tools”菜单中的“Configure...”, 在 Configuration窗口中, 点击“ShaderOptions”菜单, 在下面“Custom Shaders”栏中下边下拉框中选中所要新建的色阶, 点击“New...”按钮, 打开自定义色阶窗口(如图 3所示)。在“New Elevation”栏中可以给色阶赋以不同的海拔值, 是用来编辑不同海拔高程的。再点击右边“Add”按钮, 就可以给不同的高程值按照表 1中的 RGB值赋予不同的颜色。这样就完成了色阶的初步设计。但要注意的是, 在图 3窗口的最下方有两个选择框, 上面一个选择框表示海拔值之间的颜色为渐变色, 下面一个选择框表示两相邻海拔刻度之间的颜色不变, 但在每两个刻度之间的颜色是不一样的。由于在本次实验中后一种显示方式更易于表现海拔高度不断变化的趋势, 因此, 采用后一种方式。

当然, 第一次设计的色阶往往并不能达到理想的要求, 因此要根据该制图区域总的地势起伏和地貌特征对其进行编辑和修改, 直到能够正确而形象地反映出各种地貌的立体形态为止。关于调整修

改海拔高度或者某一等级的颜色,在图3窗口中可以点击“Change Color...”改变颜色,点击“Change Elevation...”改变高程,点击“Delete Elevation...”删除某一高程值的操作。

由于利用 GlobalMapper 软件生成的地貌晕渲图只能对整幅图的效果进行调整,而无法对一些细节或者重点区域进行特殊处理,为了弥补 GlobalMapper 软件在这方面的不足,利用 Photoshop 软件对 GlobalMapper 软件生成的地貌晕渲图进行了整饰,使其效果更加完美。

### 3.3 基于 Photoshop 软件的地貌晕渲图整饰

通过不断的调整修改达到初步满意的效果后,将调整好的图导成 Geotiff 格式,以便将生成的 Geotiff 格式的晕渲图在 HOTOSHOP 中进行局部细部的整饰,达到最终的结果。打开 HOTOSHOP

软件,单击“图像”菜单下的“调整”,在下拉选项中选择“曲线”、“色彩平衡”、“亮度/对比度”和“色相/饱和度”等对晕渲图进行色彩的调整。

在 HOTOSHOP 中进行色彩调整主要遵循的原则是增强地貌晕渲图的地貌形态的规律性,以及艺术表现力。例如,对大起伏的中山,可以选择“曲线”来适当地加深红色以更好地表达山的陡峭;对于冲积、洪积等的平原地貌,可以调整“色相和饱和度”使草绿的颜色加深,并且选择“亮度/对比度”调高夸张值突出平原的地貌类型;对于黄土地貌,可以调节“色彩平衡”使之更形象的表现出黄土地貌特点;至于构造断裂地貌,使用调整“对比度/亮度”来突出断层线两侧的地貌类型颜色的变化等。最后,调整图幅大小,与水系、注记等进行叠加,使之能够完整地表现地貌的立体感,完成一幅地貌晕渲图(如图4所示)。

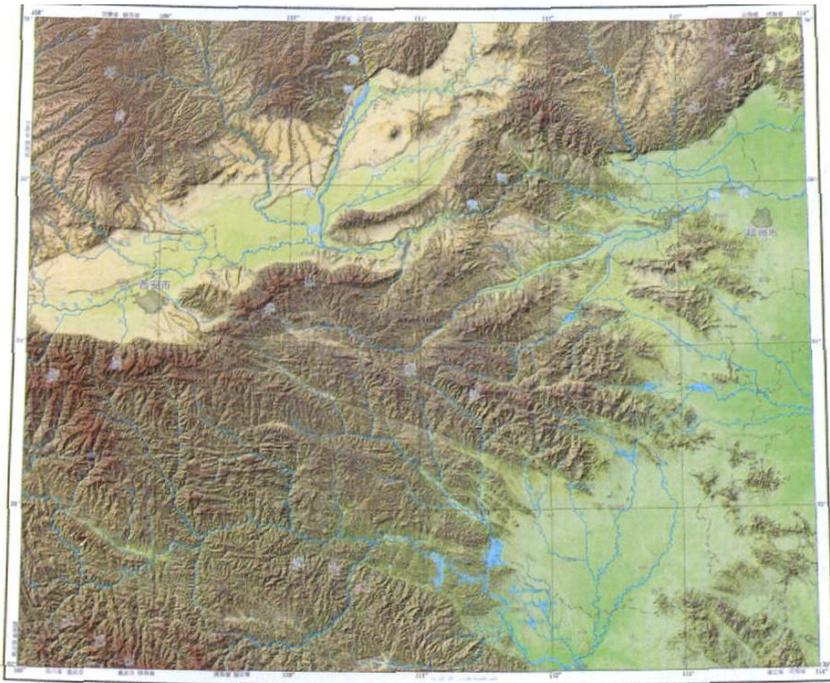


图4 地貌晕渲成果图

Fig.4 The relief shading map

## 4 结语

实践证明,采用 GlobalMapper 软件生成地貌晕渲的方法能自动绘制大幅面的、满足印刷出版要求和用作专题地理信息系统基础底图的彩色地貌晕渲图,适于大规模彩色地貌晕渲图生产。其最大的特点是色彩能从多个层面突出地图的色彩展现效

果。利用数字高程模型(DEM)生成层次分明的彩色晕渲,使地形起伏更为直观、形象、生动,立体感强,高低变化自然,直观地表现地貌的总体态势,达到了计算机制作晕渲图的高水平。

通过绘制 1-49 幅地貌晕渲图,得出如下结论:

(1) 参数设置的重要性。光照方向的选择与正确的方位相对应就可能产生高低颠倒的现象。选

择合适的光源方向就可以很好地表现山脉的总体走向。对环境照明度的设置可以调节图像的亮度,对夸张值的设置可以突出表现地势的起伏特征。这些参数之间不是相互孤立的,它们中间有着紧密的联系,改变任何一个参数都会对另一个参数产生影响,进而影响整个图面总体效果。因此,对绘图区域应有比较充分的了解,通过不断的尝试调节各个参数,才能达到效果的最优化。

(2)高程的分级及分层设色。对于制作一幅地貌晕渲图,要了解试验区的区位特点,并划分高程的等级。如对平原(<30m)、丘陵(<200m)、低山(<1000m)、中山(1000~3500m)和高山(3500~5000m)等有了深刻的认识,既可以对在那个高程值需要划分等级了然于胸,又可以不破坏地貌的类型。对分级过的高程进行分层设色,主要依据各种地貌类型来确定其色彩,使表示的地貌类型不仅富有规律性又能形象、生动。

(3)对导出的结果局部微调处理。在 Global Mapper中完成的晕渲图只能说是初步的成果,细部的整饰还需要在 PHOTOSHOP中完成,叠加上水系、注记等,并通过对照试验区的 TM/ETM遥感图像、地形图,以及 1:100万的地貌图,对细部地貌类型的颜色进行色彩、对比度、亮度、色相、饱和度等的调整,直到整幅地貌晕渲图能准确形象地得以表征。

#### 参考文献:

[1]朱国珍. 基于 DEM的地貌晕渲地图的制作——以辽宁省三维立体仿真地势图为例. 中国地名, 2007(2), 74-

75

- [2]陈述彭. 论地图晕渲. 测绘通报, 1957(6), 259-265
- [3]施祖辉. 地貌晕渲法. 北京: 测绘出版社, 1983
- [4]段体学, 王涛. 地图整饰. 北京: 测绘出版社, 1985
- [5]施祖辉. 地貌晕渲怎样塑造地貌的立体形态. 北京: 科学出版社, 1976 101-130
- [6]Dorrer E, Zhou X. Towards Optimal Relief Representation from Mars Imagery by Combination of DEM and Shape. from shading. IAPRS Stuttgart 1998 32 Part4 156-161
- [7]胡静妍, 孙鹏, 李霖. 晕渲图制作的研究与实现. 科技资讯, 2007(25), 245
- [8]郭礼珍. 基于认知的数字地图设计理论及应用研究. 武汉大学博士论文, 2003
- [9]江文萍, 毋河海, 杜清运. 大型彩色地貌晕渲图的自动生成技术研究. 武汉大学学报(信息科学版), 2004 29(6), 496-499
- [10]史保勇, 李雪梅. 大比例尺地貌晕渲的几种制作方法及比较. 地理空间信息, 2007 5(4), 99-101
- [11]郭礼珍, 李霖, 张园玉. 基于视觉表象的彩色晕渲地图色彩设计. 武汉大学学报(信息科学版), 2004 29(6), 492-495
- [12]胡静妍, 孙鹏, 李霖. 基于 OpenGL的地貌可视化及晕渲图制作系统研究. 测绘工程, 2007 16(4), 67-70 78
- [13]Brewer C A. Color Use Guidelines for Mapping and Visualization. Visualization in Modern Cartography // MacEachren A M, Taylor D R. Eds. Oxford: Pergamon Press, 1994 123-147.
- [14]俞连笙, 王涛. 地图整饰. 北京: 测绘出版社, 1995

## Methodology of Automatic Relief Shading Map Making Based on GlobalMapper —— Taking Xi'an Region (I-49) as an Example

LN Song<sup>1</sup>, CHENG Weiming<sup>2</sup>, QIAO Yuliang<sup>2</sup>

(1. Taiyuan University of Technology Taiyuan 030024 China; 2. State Key Laboratory of Resources and Environmental Information System Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS Beijing 100101, China)

Abstract: Based on mapping software such as GlobalMapper, ERDAS and MicroDEM etc., the relief shading maps can be automatically made by means of DEM data. In accordance with the basic theory of relief shading taking Xi'an region (sheet number I-49 national standard division range 1:1 000 000 geomorphologic maps) as an example, this paper presents the whole process of making relief shading using GlobalMapper in computer. The key technology of relief shading is the main study content. The relationship between the effect of relief shading and the

parameters is analyzed and the rationality of various parameters setting in the GlobalMapper is illustrated. The setting of light direction, environmental lighting and vertical exaggeration coefficient should perfectly represent not only the combination of the whole effect but also the partial texture of the geomorphologic shading map. Therefore, the basic rules of relief shading map production and the geomorphology features of the study area before relief shading designing should be understood. In order to make colorful relief shading map, the elevation of the study area must be classified according to regional geomorphology features and the color value of every levels is completed by hierarchical color design. Either evident regularity or color and abundance of regional geomorphology were reflected in the relief shading map. Finally, the result maps need to be local fine adjusted in the PHOTOSHOP software.

Key words: relief shading; parameters setting; GlobalMapper

## OSGeo讲座与地理信息日 (GIS DAY)活动在 中国科学院地理科学与资源研究所举办

OSGeo(开源地理空间基金会)致力于开源GIS和自由软件在科研单位和学校的推广,并以普及开源地理信息以及最新科学技术进展及为宗旨。OSGeo论坛每月举办一次,采取开放式主题选择,每次活动包含两场讲座,将邀请开源GIS自由软件和开源社区参与者以及乐于分享的老师和学生主讲,内容包含开源GIS、科学计算、天文、生物等相关科技进展,以及Linux/Unix操作系统、数据库技术、动态语言等自由软件。

地理信息系统日(GIS DAY)是由美国国家地理协会、美国地理学家联合会和ESRI于1999年共同倡导发起,其宗旨是让更多人,特别年轻一代了解GIS技术在社会、经济、生活等方面所产生的积极推进作用。在每年的GIS日期间,全球有上千个单位都会举办各种各样的活动来参与到GIS日之中,组织展览、讲座、开放参观等活动,向公众普及GIS知识。

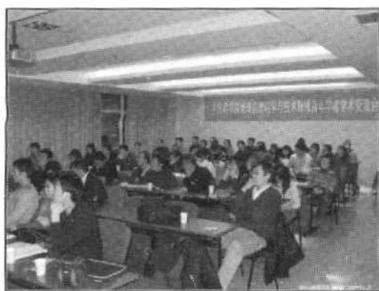
2009年11月18日晚七时,OSGeo讲座与地理信息日GIS DAY在中国科学院地理科学与资源研究所2521会议室同日举办,吸引了众多关注开源GIS发展的听众参与。

第一场讲座题为“开源GIS在项目中的应用”,由任伏虎博士讲述。任伏虎曾在日本东京大学博士后期间,任日本地球科学技术推进机构主任研究员、联合国区域发展中心研究员,现任加拿大BIC公司研发中心主任、执行董事,北京大学空天信息中心客座研究员。在讲座中,任伏虎结合多年GIS实践经验,介绍开源地理信息系统若干代表性软件,以及开源地理信息软件在实际项目中的应用实例。

第二场讲座题为“OSGeo开源地理信息项目最新进展”,由中科院地理所,OSGeo中国成员高昂讲述。讲座内容汇总介绍了OSGeo下属各个开源地理信息项目的最新进展和新的技术动态,并介绍参与FOSS4G 2009开源地理信息大会的各个GIS开源社区项目的最新成果。

本次OSGeo讲座的讲义资料可以在中国站点下载获取: <http://osgeo.org/cn/>

本次活动现场照片:



大会会场



任伏虎博士作学术报告

(高昂 供稿)