

# 南海海底地形可视化分析及其地质意义

周冠华<sup>1</sup>, 温珍河<sup>2</sup>, 姜效典<sup>3</sup>, 赵永超<sup>1</sup>, 柳钦火<sup>1</sup>, 田国良<sup>1</sup>

(1 中国科学院遥感应用研究所 遥感科学国家重点实验室, 北京 100101; 2 青岛海洋地质研究所, 青岛 266071;

3 中国海洋大学 海洋地球科学学院, 青岛 266003)

**摘要:**海底地形是海洋地质学、海洋地球物理学、物理海洋学和海洋生物学等研究的基础资料, 是影响海洋要素分布的重要因素之一。可视化是地形数据解译的关键, 它为揭示海底地形与其他海洋要素之间所蕴含的关系和规律提供了独到的方法。基于可视化工具 Vertical Mapper, 在 MapInfo Professional 中对南海海底地形信息进行了渲染图与三维可视化实现, 并对地形进行了剖面分析, 进而将可视化的南海海底地形信息与表层沉积物类型、流场等其他海洋要素信息进行叠加分析, 由此探讨了表层沉积物类型的分布与地形、海洋动力条件等的空间相关性, 说明海底地形的可视化对于海洋地质现象的解释具有重要的意义。

**关键词:**海底地形; 可视化; Vertical Mapper; 南海

**中图分类号:** P737

**文献标识码:** A

**文章编号:** 0256-1492(2006)02-0139-07

中国南海位于  $3^{\circ}30' \sim 23^{\circ}40' \text{N}$ 、 $104^{\circ} \sim 121^{\circ} \text{E}$ , 是一个半封闭式陆缘海。它是印度洋和太平洋的交通要道, 是连接欧亚的海上枢纽, 在地理位置和国防安全上都具有非常重要的地位。南海位于欧亚板块、太平洋板块和印度洋-澳大利亚板块交汇之处, 海山、海丘、海槽、海谷、暗礁密布, 并发育大量岛礁, 构造非常复杂。海底地形的复杂性是影响海洋要素分布的重要因素之一, 它是南海海流呈现多样化的重要原因<sup>[1]</sup>, 也影响到海洋水团的来源和性质<sup>[2]</sup>; 另外, 对鱼类的数量和多样性提供了良好的生存环境<sup>[3]</sup>; 对沉积物类型的空间分布及厚度的影响更为直接。因此, 对南海海底地形的研究具有重要意义。

海底地形是海洋动力、泥沙运动和人为等多种因素综合作用的反映, 是海洋地质学、海洋地球物理学、物理海洋学和海洋生物学等研究的基础资料, 其变化过程是一个复杂的巨系统, 人们对其研究远不如对陆地地形研究深入。海洋测绘以海图等形式提供了一个可以“看得见”的海底世界, 但不便于将它与相关的海洋信息进行综合分析, 对其做进一步的研究。目前, 地形生成与仿真技术大致可归纳为基于真实地形数据的地形生成技术、基于分形技术的地形仿真技术、基于数据拟合的地形仿真技术和基于虚拟现实的地形实时显示技术等四大类<sup>[4]</sup>。任建

武等<sup>[5]</sup>根据黄海的测深数据, 通过分形内插, 生成连续多年时/空水深数据序列, 然后建立了该海区多种反映海底地形及其变化的海底辐射沙洲与潮汐通道的可视模型。郝燕玲等<sup>[6]</sup>从电子海图中提取出水深数据, 基于 OpenGL 实现海底地形显示, 能够较为逼真地模拟出海底复杂的地形环境, 但是难以同时兼顾显示精度与显示速度。李军等<sup>[7]</sup>利用多波速测深技术得到的水深数据重建数字水深模型, 基于 3DS 建模工具进行海底地形地貌三维仿真和分析。彭仪普等<sup>[8]</sup>基于虚拟现实建模语言 VRML 进行了三维地形可视化研究, 尽管 VRML 标准的地学扩展 GeoVRML 增加了地理坐标参照信息节点和其他与地理信息表达有关的节点, 但是目前 VRML 或是 GeoVRML 很难与主流数据库技术建立关联, 在 Web 空间中表达地理空间属性信息还存在困难。舒娱琴等<sup>[9]</sup>以福建省闽清地区水口店为研究区域, 利用虚拟现实三维建模与仿真工具 Multigen Creator 的地形数据库模块, 建立了直观性的三维地形。以上诸多研究大多只关注了地形数据的可视化表达, 并没有对可视化的地形进行更深层次的分析。本文将首先在地理信息系统软件 MapInfo Professional 中将南海地形图进行数字化, 再基于可视化工具 Vertical Mapper 嵌入到 MapInfo Professional 中, 对南海海底地形信息进行了可视化, 进而将南海海底地形信息与表层沉积物类型、流场等其他海洋要素信息进行叠加综合分析, 利用 GIS 空间图形信息与属性信息的相互关联的优势, 探讨其内在的相互关系和蕴含的规律。

**基金项目:**中国科学院知识创新工程重要方向性项目(KZCX3-SW-338-1); 国家自然科学基金项目(40202031, 40501041); “城市环境地球化学调查方法技术及污染影响机理研究”(200320130004)

**作者简介:**周冠华(1976—), 男, 博士生, 从事海洋地理信息系统与水色遥感研究, E-mail: zhouguanhu@163.com

**收稿日期:** 2005-08-06; **改回日期:** 2005-10-20. 周立君编辑

## 1 Vertical Mapper 简介

Vertical Mapper 是加拿大 Northwood Geoscience 公司为 Mapinfo 公司开发的一套体系结构完整的可视化模块,它主要用于分析空间上连续数据的趋势,可以生成等值线与渲染效果的图像,也可以生成数字高程模型(DEM)影像三维效果图<sup>[10]</sup>。在图形表达与数据可视化方面,以往在 MapInfo Professional 中的数据分析是基于矢量地图,利用点、线、面等多种图形元素,及丰富的地图符号、文本类型、线型、填充模式和颜色等表现类型,详尽、直观、形象地实现矢量数据的显示,此外,MapInfo Professional 对专题图也提供了多种显示模式,但对于栅格数据的表达,则功能明显不足,而与其配套使用的第三方可视化模块 Vertical Mapper 则为用户提供了基于栅格和离散空间数据的分析工具,大大地扩充了 MapInfo Professional 的可视化功能。Vertical Mapper 在空间数据尤其是地形数据可视化方面,如网格数据的创建与管理、空间数据的插值、等高线生成、剖面图绘制、坡度坡向分析、地形三维可视化、通视分析等方面有独特的优势。

Vertical Mapper 是一个基于栅格数据的可视化工具,其数学基础是离散数据的网格化。因此,离散数据的网格化是栅格数据可视化的基础与关键。Vertical Mapper 主要是通过采用插值技术,将离散的点空间数据作内插平滑处理,生成影像网格(Grids)。Vertical Mapper 提供了多种网格化方法:距离倒数加权法(IDW)、克里金法(Kriging)、不规则三角网线形插值法(TIN)、自然邻域插值法(Natural Neighbor)、双线性插值(Bilinear)等。每种插值方法都有相应的参数设置,用户可以针对不同的研究领域根据研究对象和特定的要求,选择合适的数学插值模型并设置合适的参数,便可制作合乎要求的可视化产品。

## 2 南海海底地形的可视化

### 2.1 数据源及数据预处理

本研究区域覆盖整个南海海域,地理范围是  $0^{\circ} \sim 30^{\circ}\text{N}$ 、 $104^{\circ} \sim 125^{\circ}\text{E}$ ,本研究所使用的南海地形数据采自于 1:2000000 的“南海地质地球物理图集”中的地形图<sup>[11]</sup>,投影方式为墨卡托投影,标准纬度  $20^{\circ}$ 。地形图扫描后,在 MapInfo Professional 中添

加足够多地面控制点,经图像配准,设置好投影方式与单位,沿等深线进行矢量化输入,采样间隔约 1 mm。经数字化采集得到包括经度、纬度和高程的 ASCII 文本数据。MapInfo Professional 提供了非常方便的扫描矢量化方式,可以对整个图形进行全方位浏览、任意缩放,达到比较高的空间位置精度,确保了数据质量。沉积物类型分区沿分区的边界线矢量化成面图层,设置好相邻多边形区域的拓扑关系与填充图案,并在属性数据库中赋予相应的属性数据。海流流场数据则沿流向矢量化成线图层,同样在属性数据库的表中分别赋予相应的属性数据。

### 2.2 可视化过程

基于传统的数据采集方式得到的通常都是离散点信息,因此,在 MapInfo Professional 中对空间数据进行可视化分析时,首先确保数据具备以下前提条件:包含正确的经纬度信息和高程(或其他属性)信息;数据表格应能地图化,并含有属性数据的列;应有建立了点对象的图层;Vertical Mapper 安装后,作为一个单独的菜单嵌入到 MapInfo Professional 的主菜单中,从而实现与 MapInfo 的无缝集成。在 MapInfo Professional 中打开一个离散点数据 ASCII 文本文件,然后在主菜单中选择“表”,在其子菜单中选择“维护”,再选择其子菜单“表结构”,在“修改表结构中”,确认选择“表可地图化”,选择合适的投影,接下来在“表”菜单中创建点图层,这样就可以在 Vertical Mapper 菜单中,选择合适的插值方法,将离散数据网格化,选择插值的字段(水深字段 Z)与单位及其他相关参数,生成网格文件(.grd)与 tab 文件。注意,这里指的网格文件(Grid)既包括规则网格数字高程模型(Grid),又包括不规则三角网(TIN);既包括数字网格(.grd)——包含数值型数据如高程,又包括分类网格(.grc)——包含分类的字符数据如沉积物分区。利用这个网格文件就可以进行后续的网格分析、网格数学运算和等值线绘制等操作。在 Vertical Mapper 中,所有等值线图、地貌渲染图、三维可视化、坡度坡向分析等都是建立在网格文件的基础之上的。

## 3 可视化分析及地质意义

### 3.1 地貌渲染图

在南海地形的可视化中,利用不规则三角网数字地面模型(TIN)进行地形表面的重建。由离散的

原始地形采样点数据按照 Delaunay 规则构成一系列不相交的三角形网,这样,研究区域中的任意点分别落在该三角形网的顶点、边上或三角形内。如果某点不在三角形顶点上,则通常通过线性插值的方法计算该点高程(如在边上,则用该边的两个顶点的高程线性插值;如在三角形内,则用 3 个顶点的高程线性插值)。三角形的形状和大小取决于不规则分布的采样点的密度和位置。该模型能很好地顾及地貌特征,表示复杂地形表面比规则格网精确,进行地形分析和绘制立体图也很方便,因此,插值方法选择“Triangulation with smoothing”。对每一个三角形表面分别沿 X 与 Y 方向用两个变量的 5 次多项式将 TIN 拟合成光滑的网格表面,这种方法可确保三角形边缘之间的连续与光滑,以及每个三角形内部表面的光滑。整个研究区域被剖分成 415 行、292 列的规则网格,网格边界的大小为  $0.0732^{\circ}$ 。再根据 DEM 数据计算坡度和坡向,然后将坡向数据与光源方向(西北  $45^{\circ}$ )比较,面向光源的斜坡得到浅色调灰度值,反方向的得到深色灰度值,再根据坡度进一步确定灰度值的大小。对各灰度级赋予相应的颜色就确定了渲染图的颜色分配方案,最后生成如图 1 所示的地貌渲染图。在海域中,图像的灰度值越深表示该处水深越深,反之,则越浅。由地貌渲染图可以直观、形象地看出南海海底地形的复杂性,它主要包括大陆架、大陆坡和中央海盆三个部分,呈环

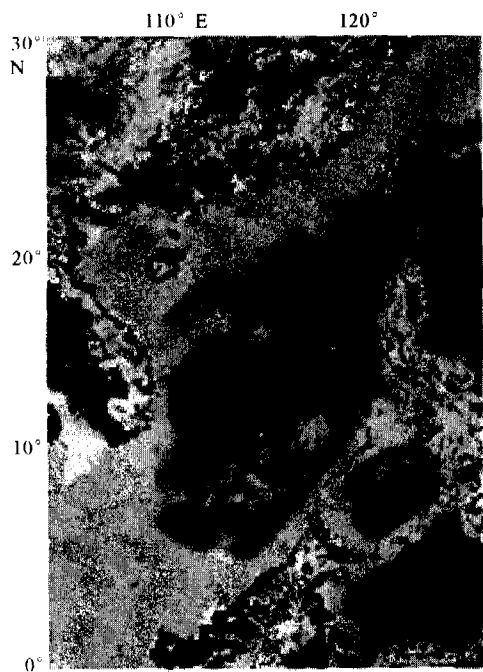


图 1 南海及周边地区地形渲染图

Fig. 1 The rendering figure of the South China Sea and the adjacent areas

状分布。中央海盆位于南海中部偏东,大体呈扁的菱形,海底地势东北高、西南低。大陆架沿大陆边缘和岛弧分别以不同的坡度倾向海盆中,其中北部和南部面积最广。

### 3.2 三维可视化分析

三维立体透视图能直观地反映地形的立体形态,与采用等高线表示地表形态相比有其自身独特的优点,更接近人的直观视觉。由于 MapInfo 并不是功能非常强大的 GIS 软件,在三维立体表现上需 Vertical Mapper 协助。Vertical Mapper 能方便地制作三维立体图形,并能控制灯光效果和按视场角进行自由旋转,使得用户可以从任意空间角度对三维立体图进行分析。立体图形的生成主要是利用 Vertical Mapper 的 Grid View 来实现的,该模块能独立于 MapInfo 运行。在 Grid View 环境中打开上述离散点数据经插值后生成的 grid 文件,给出光源、视角、反射比、透明度、阴影和色调等一系列参数的设置,即可生成形象直观的经过彩色渲染的立体图形。用户可以根据不同的需要,对于同一个地表形态作各种不同的立体显示。例如局部放大,改变高程值 Z 的放大倍率以夸大立体形态来清晰地显示地势特征;改变视点的位置以便从不同的角度进行观察,还可以转动立体图形,以便全方位地研究南海地形的空间形态。

本文采用的是不规则三角网(TIN)来创建等值线,用四边形来插补,并在三角形网中创建光照褶皱表面,以达到三维效果,其精度是依赖于数据的详细程度与格网的单元大小。图 2 即为利用 Vertical Mapper 实现的南海海底地形的三维可视化,从而更加逼真、直观地再现了南海海底地形实况。

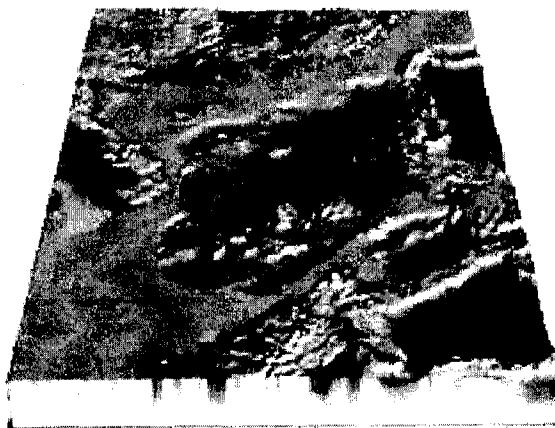


图 2 南海及周边地区地形三维效果

Fig. 2 3D visualization of topography of the South China Sea and the adjacent areas

从南海的三维效果图可以直观地看出南海海底地形的基本特点是由岸边向海盆中心呈阶梯状下降,南海的大陆架在北部和南部均较宽较缓,且以南部更为明显,属于堆积型;东部和西部大陆架较狭较陡,属于侵蚀型,其中又以东部最甚,吕宋岛以西宽度仅约 5 km,坡度很大。南海北部大陆架由西部向东南逐渐下降,在不同深度的台阶上,分布着东沙、西沙和中沙三大群岛。其中,中沙群岛是一个巨大的水下环礁,有一系列断断续续的暗沙和浅滩;南海南部的大陆架较宽广,有南沙群岛和南沙海槽;西部的大陆架也较宽阔,有明显的阶状平坦面。南海的中央海盆大致位于中沙与南沙群岛的大陆坡之间,主体是东北向伸展的深海平原。深海平原上矗立着一些孤立的水下海山。

### 3.3 剖面分析

研究海洋各要素的空间分布状况是海洋科学研究的主要内容之一。由于海洋要素的分布及其影响因素十分复杂,要想用函数形式来精确描述其分布是非常困难的,所以绘制空间分布图是一种描述海

洋要素分布状况的有效形式。地形剖面分析是以面代体作分析的有效方法。剖面分布图是地形图的补充和发展,能反映地形在垂直空间上的变化特征,直观显示海底地形的起伏和坡度陡缓。

在绘制海洋地形要素剖面分布图时,通常以海平面为坐标面,横轴与剖面线重合,起点为 X 轴原点,方向沿 X 轴正向;纵轴垂直向下,表示深度。图 3 即为利用 Vertical Mapper 的剖面分析工具 Cross Section 对海南岛附近以任一线段为剖面线,并根据一定的水平比例尺和垂直比例尺绘制出的垂直地形剖面图,显示出剖面上地势的起伏状况。剖面位置如图 3a 和直线 AB 所示。图 3b 剖面图中的曲线表示沿 A→B 剖面地形在垂直方向的变化,其中纵坐标表示水深,横坐标表示剖面线 AB 间的距离。剖面图下方的距离表第一行显示的是剖面线 AB 上各个采样点标示号,第二行显示的是采样标示号与 A 点的水平距离信息,根据地图的比例尺即可换算为实际的距离。

### 3.4 叠加分析

叠加分析是在同一区域内,在统一的空间地理

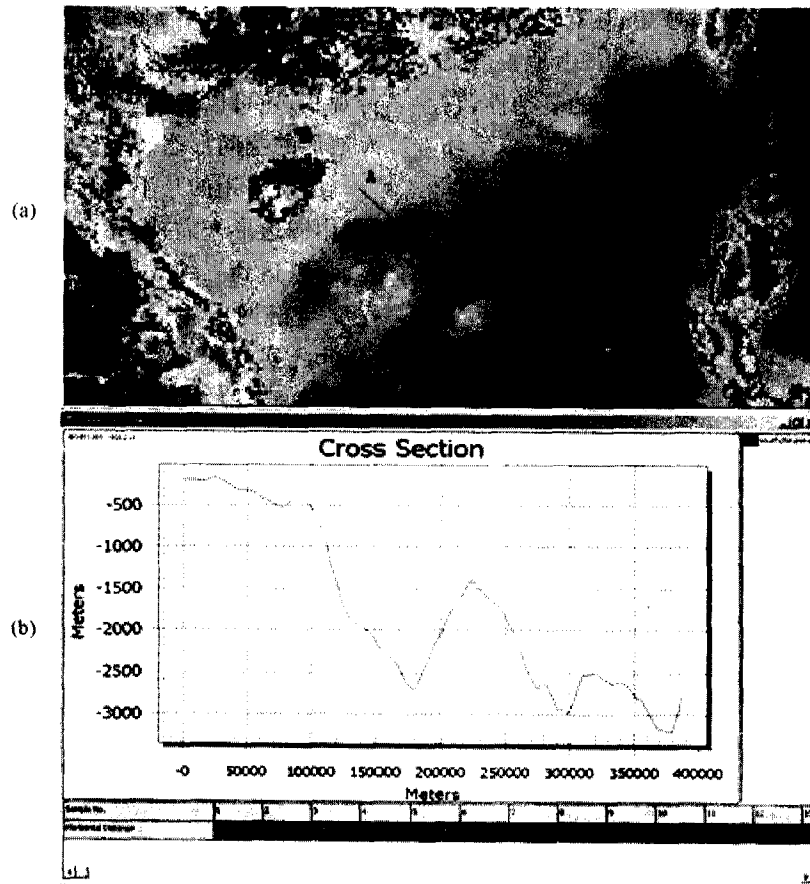


图 3 南海地形剖面分析

Fig. 3 Profile diagram of topography of the South China Sea

参考坐标系统中将多个地理对象进行叠加,以产生该区域的多重属性特征,或建立研究对象之间的空间对应关系。因此,首先必须将不同特征的数据进行空间配准,由于本文研究的数据源都来自“南海地质地球物理图集”<sup>[11]</sup>,确保了投影方式与比例尺的一致性,从而为内容的复合提供了前提条件。

由于地形是影响海洋其他要素(如沉积、重力场、潮汐、海流、温度、盐度等)分布的重要因素之一,诸多海洋要素的分布与海底地形存在着密切的关系,例如潮流、海流通过的地方,因受其冲刷常形成负地形,流速越强,冲刷越明显,反之冲刷就越弱,甚至因堆积而呈现正地形;表层沉积物由于粒度大小和轻重不同,其分布的位置也不同,颗粒大而重的往往分布在正地形及其边缘处,而颗粒小且轻的则随波逐流,往往滞留于负地形处。因此,将地形与其他海洋要素进行复合分析,可以发现不同信息之间的相关性,提取隐含信息。图4为南海的表层沉积物类型分区图层与冬季海流流系图层叠加在海底地形

渲染图上形成的叠加图。通过3个图层的叠加,便于分析南海的沉积、地形地貌及与水动力过程之间的内在关系。沉积物类型分区是一种从宏观上研究沉积物分布规律的重要方法<sup>[12]</sup>。根据沉积物中的元素特征和主要沉积环境要素及地形地貌部位,将南海表层沉积物类型划分为内大陆架沉积区、残留沉积区、碳酸盐沉积区和深海沉积区<sup>[13]</sup>。通过对南海地形的可视化以及相关图层之间的叠加,可以直观地看出南海海底表层沉积物类型与物源区的远近、水动力的强弱及沉积物在搬运过程中受地形地貌的影响等控制因素有关,在空间分布上呈现一定的规律性。沉积物的搬运和沉淀除受沉积物性状影响以外,主要受水动力条件控制。因此,不同性状沉积物的分布特征中包含着沉积水动力条件的重要信息。由于现今沉积物特征是长期水动力条件的综合效果,不同类型沉积物的界线常常与水深线的走势一致。内大陆架沉积区主要分布在南海北部和西南部水深80 m以浅的内大陆架,而在东西部及南沙海

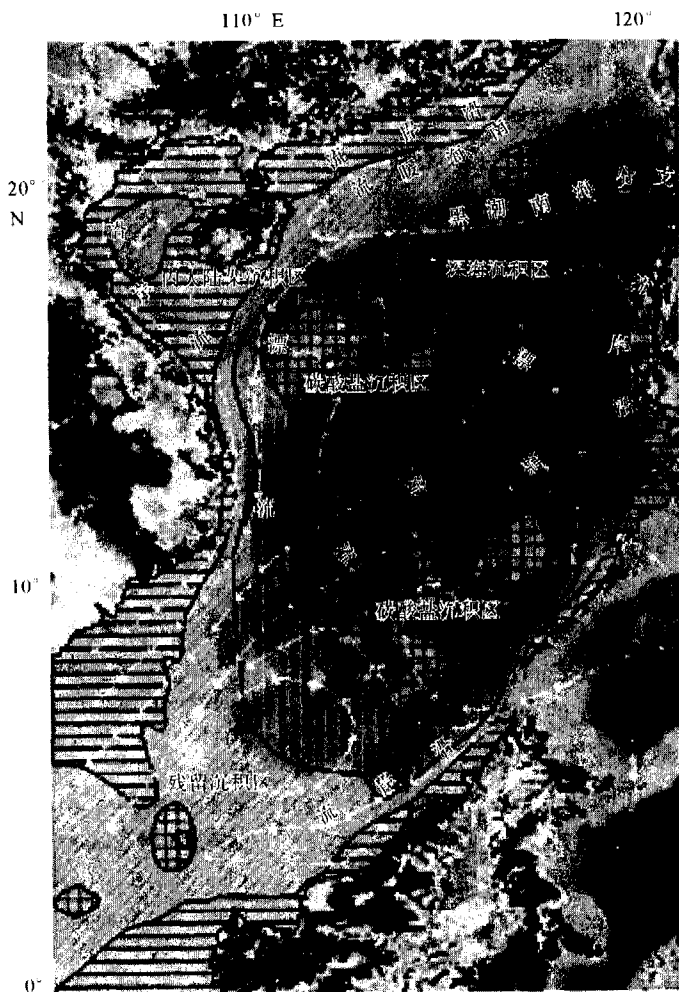


图4 南海沉积物分区、冬季海流流系与地形渲染图的叠加

Fig. 4 Overlay of the sediments, ocean current and topography of the South China Sea

槽东南的加里曼丹岛北部陆架窄的地方,分布范围很小。该海区主要以机械沉积为主导因素。在珠江口盆地附近和南海西南部 80 m 以深的外大陆架区各有呈北东向展布的残留沉积分布。随着水深的增加,水动力条件减弱,残留沉积未被改造,仍保留原来的岩性、结构、构造以及沉积地形等特征。碳酸盐沉积区主要分布在西沙群岛、南沙群岛、中沙群岛及东沙群岛一带。水动力条件、物源环境和地形地貌对碳酸盐沉积有明显的影响作用<sup>[14]</sup>。陆源物质在漂流的作用下到达南沙群岛北部的海槽,对该海区碳酸盐沉积起稀释和促溶作用。地形及地貌是制约南海碳酸盐含量变化的重要因素。西沙及曾母暗沙浅滩一带,有众多的珊瑚岛、礁、暗礁,为碳酸盐沉积提供了丰富的物质基础。南海的深海沉积区位于大陆坡、海槽及中央海盆区,沉积类型的空间分布与水深也有较好的对应关系。

## 4 结语

(1) 在 MapInfo Professional 中将南海及周边地区的地形进行了数字化,并借助于可视化工具 Vertical Mapper,采用 Delaunay 三角剖分方法进行海底地形的构建,形成了南海海底地形的不规则三角网格数字高程模型,在此基础上生成了南海海底地形渲染图,并对南海海底地形进行了三维可视化与剖面分析。该可视化方法能逼真地再现海底复杂的地形环境,具有较高的真实感。

(2) 以表层沉积物类型分区、海流流场两种海洋要素信息为例,将其与可视化的南海海底地形信息进行叠加分析,探讨了表层沉积物类型的分布成因与海底地形地貌以及水动力条件之间的空间相关性,说明海底地形的可视化对于海洋地质现象的解释具有重要的意义。

(3) 海底地形的可视化为解释海洋现象的成因、发现海底地形与其他海洋要素之间的相关性,从而为海洋信息的发掘提供了直观的、便捷的途径。此外,真实感的三维海底地形在海洋导航、海洋勘探、电影制作、游戏娱乐等方面同样有着很好的应用前景,尤其是在海洋军事方面有着非常重要的应用价值。目前,国内对于海底地形可视化的研究成果还比较少,还有待于今后进一步的深入研究。

## 参考文献(References)

[1] 杨海军,刘秦玉.南海海洋环流研究综述[J].地球科学进展,

1998,13(4):364-368. [YANG Hai-jun, LIU Qin-yu. A summary on ocean circulation study of the South China Sea[J]. Advance on Earth Sciences, 1998, 13(4): 364-368.]

- [2] 李薇,李立,刘秦玉.吕宋海峡及南海北部海域的水团分析[J].台湾海峡,1998,17(2):207-213. [LI Wei, LI Li, LIU Qin-yu. Water mass analysis in Luzon Strait and northern South China Sea[J]. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 1998, 17(2): 207-213.]
- [3] 马彩华.南海地形、地质特征与鱼类分布的研究[J].海洋湖泊通报,2004,1:44-51. [MA Cai-hua. Preliminary study on the relationship among the main features of landform, the distribution of bottom sediment and fish distribution[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2004, 1: 44-51.]
- [4] 詹发新.地形可视化的进展与评述[J].四川测绘,2004,27(2):58-61. [ZHAN Fa-xin. The Development and remark on topographical visualization[J]. Surveying and Mapping of Sichuan, 2004, 27(2): 58-61.]
- [5] 任建武,孙亚梅,李海宇.海底地形及其变化可视模型的研究[J].测绘学报,1996,25(4):257-261. [REN Jian-wu, Sun Ya-mei, LI Hai-yu. A study on visual models of submarine topography and its change[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 1996, 25(4): 257-261.]
- [6] 郝燕玲,路辉.基于 OpenGL 实现海底地形显示的研究[J].计算机仿真,2003,20(10):81-84. [HAO Yan-ling, LU Hui. A study on representation of seabed terrain based on OpenGL[J]. Computer Simulation, 2003, 20(10): 81-84.]
- [7] 李军,滕惠忠.海底三维可视化技术及应用[J].海洋测绘,2004,24(4):44-47. [LI Jun, TENG Hui-zhong. Seafloor three-dimension visualization technology and its application[J]. Hydrographic Surveying and Charting, 2004, 24(4): 44-47.]
- [8] 彭仪普,刘文熙.基于 VRML 的三维地形可视化研究[J].西南交通大学学报,2003,38(2):240-244. [PENG Yi-pu, LIU Wen-xi. Three-dimensional terrain visualization based on VRML[J]. Journal of Southwest Jiaotong University, 2003, 38(2): 240-244.]
- [9] 舒娱琴,唐丽玉,彭国均.采用 Creator 生成三维地形[J].测绘信息与工程,2003,28(5):9-11. [SHU Yu-qin, TANG Li-yu, PENG Guo-jun. Generating 3D terrain in creator[J]. Journal of Geomatics, 2003, 28(5): 9-11.]
- [10] 李连营,李清泉,李汉武,等.基于 MapX 的 GIS 应用开发[M].武汉:武汉大学出版社,2003:45. [LI Lian-ying, LI Qing-quan, LI Han-wu. MapX-Based GIS Development and Applications[M]. Wuhan: Wuhan University Publishing House, 2003: 45.]
- [11] 鲍才旺.南海地形图[C]//南海地质地球物理图集.广州:广东地图出版社,1987. [BAO Cai-wang. Relief map of South China Sea[C]//Geological and Geophysical Atlas of South China Sea. Guangzhou: Cartographic Publishing House of Guangdong Province, 1987.]
- [12] 刘锡清.中国边缘海的沉积物分区[J].海洋地质与第四纪地质,1996,16(3):1-11. [LIU Xi-qing. Sedimentary division in marginal seas of China[J]. Marine Geology and Quaternary Geology, 1996, 16(3): 1-11.]

- [13] 许东禹,刘锡清,张训华,等. 中国近海地质[M]. 北京:地质出版社,1997,118. [XU Dong-yu, LIU Xi-qing, ZHANG Xun-hua, et al. China Offshore Geology [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1997, 118. ]
- 酸盐沉积特征[J]. 海洋学报, 2002, 24(5): 141-146. [CHEN Zhong, GU Sen-chang, YAN Wen, et al. Carbonate sediment characteristics of surface sediments in the southern Nansha Trough and adjacent sea area, 2002, 24(5): 141-146. ]
- [14] 陈忠,古森昌,颜文,等. 南沙海槽南部海区表层沉积物的碳

## ANALYSIS ON VISUALIZATION OF THE SUBMARINE LANDFORM OF SOUTH CHINA SEA AND ITS GEOLOGICAL MEANINGS

ZHOU Guan-hua<sup>1</sup>, WEN Zhen-he<sup>2</sup>, JIANG Xiao-dian<sup>3</sup>, ZHAO Yong-chao<sup>1</sup>,  
LIU Qin-huo<sup>1</sup>, TIAN Guo-liang<sup>1</sup>

(1 State Key Laboratory of Remote Sensing Science, Institute of Remote Sensing Application, Chinese Academy of Sciences,  
Beijing 100101, China; 2 Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao 266071, China;  
3 Department of Marine Geosciences, Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

**Abstract:** Submarine landform is the basic information of marine geology, marine geophysics, oceanography and marine biology research and is one of the important factors which affect the distribution of marine constituents. Visualization is the key to understanding the topographical data and provides a special way of revealing the relationship and laws between submarine landform and other marine factors. The visualization of the topographical information, including rendering map and three-dimensional visualization, and the profile analysis of South China Sea were realized based on Vertical Mapper which was embedded into the desktop Geographic Information System software MapInfo Professional in this paper. Overlay of submarine landform information and other marine constituents such as the surface layer sediment types and ocean current were analyzed. And the spatial correlation of the distribution of surface layer sediment types and visualized submarine landform and ocean current were discussed based on overlay analysis, which suggests that the visualization of submarine landform information has significant meanings to interpret the marine geological phenomena.

**Key words:** submarine landform; visualization; Vertical Mapper; South China Sea