

海洋底质三维可视化模拟初步研究

刘志军^{①②}，金继业^②，刘振民^②，翁正平^③，魏振华^③，王 丰^②

①武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室,武汉 430079

②国家海洋信息中心,天津 300171; ③中国地质大学,武汉 430074

【摘 要】海洋因其环境的复杂性和数据的难以获取性,其海洋三维可视化方面的研究多集中在海洋场景和海底地形方面,有关海洋底质的可视化研究有待加强。本文通过建立海洋底质数据库,搭建海底底质可视化的模拟环境;基于水深数据和多波束数据建立基本的三维海底地形,实现多任意等深线的自动生成;依据钻孔数据和地层拖网样品,初步实现海底底质三维可视化。通过系统的集成,建成海底三维可视化模拟系统,为开发海洋资源、发展海洋经济和维护国家海洋权益服务。

【关键词】数字海洋;海洋底质;三维可视化;模拟

【中图分类号】P282

【文献标识码】A

【文章编号】1009 2307 (2008) 03 0113 03

DOI: 10 3771/j issn 1009 2307 2008 03 040

1 引言

目前,我国“数字海洋”已经启动,“数字海洋”建设过程中需大力开展海洋信息多维动态显示技术和可视化模型技术研发,开发海底基础场景可视化模型等。在海洋多维可视化研究中,海洋因其环境的复杂性和数据的难以获取性,较之陆地体系更加难以模拟。可喜的是近年来在海洋场景和海底地形方面,国内外已经有成熟的商业软件和大量的研究,如国外 MultGen Paradigm 公司的 Vega 软件海洋专业模块可实现一些基本海洋场景的构造模型;NS 3D 公司的 Fledermaus 软件针对各种多波束、单波束声纳数据实现海底地形的模拟;John, Ute 和 Chris^[1-5]等以随机场理论为基础,利用地质统计学方法成功地对海底地貌进行结构参数的定量表征,为开展地貌数字化建立了方法系统。国内任建武^[6]等根据多年测量数据形成海底地形及其变化的多种可视模型;李军^[7]利用 OpenGL 技术研究海洋三维景观的建模方法,提出利用 DEM 数据和 DOM 影像数据构建三维景观的方法;程永寿开发了 Ocean3D1.0,在三维地形环境下初步实现了大数据量 DEM 的快速显示和三维环境下叠加其他环境场的研究;宋志明等^[8]针对海洋工程领域仿真可视化的需求,以 Vega 软件为开发平台实现了动态海面仿真、海空效果、水下空间效果和海底地形模型;刘海行等^[9]根据海洋观测航线获取的实测剖面数据,利用 IDL 为开发工具实现了三维断面分布图;马建林、毛可飞和刘开周等^[10-12]提出了水深数据模拟三维海底地形的方

法;苏天赞、张政民和刘展^[13-17]分别讨论了数据库和数据库仓库的建设内容、多源数据管理方法和关键技术。

2 海洋底质数据库建立

上述研究成果多集中在海洋场景和海底地形方面,有关海洋底质的可视化研究相对来说较少,因海底地形复杂性等多方面原因,“海洋底质的可视化”是一个技术难题,需要加大力度研究。本文通过建立有效的海洋底质数据库,搭建海底底质可视化的模拟环境;基于水深数据和多波束数据建立基本的三维海底地形,实现任意等深线的自动生成;依据钻孔数据和地层拖网样品,初步实现海底底质三维可视化。通过有效集成,实现海洋底质表面地形模拟和海洋本底一体化模拟,为开发海洋资源、发展海洋经济和维护国家海洋权益服务。

海洋底质数据库的主要内容包括水深数据、钻孔数据、拖网样品和大比例尺基础地理数据。大比例尺基础地理数据用来确定模拟区域的地理位置,主要包括国家界线、海岸线、沿岸陆域水系和重要的居民地、交通网、境界线、省市、县陆地界线等,地名和地理名称及相关要素注记,区域界线、自然保护界等。水深数据是海底地形模拟的重要数据基础,其数据格式可以是栅格数据和矢量数据格式。Caris 软件中的数据可作为水深数据源之一,其等深线可以通过其数据提取工具自动提取,通过特定编制的程序导入数据,可自动实现水深线的批量入库。钻孔数据和拖网样品数据在历次海洋专项调查中均有数据,本文主要使用某一调查区块的底质资料进行模拟。

3 海洋底质初步模拟

海洋底质的模拟分为两部分,一是表面的地形模拟,比较难处理的是一些微地貌的模拟和注记,如基础地质单元沙脊、沙丘、大陆坡、大陆架、洋脊、半地槽、山间盆地、裂谷带、深海盆等的三维可视化模拟;二是底质的格架模拟,实现海洋底部至地壳之间地层格架的搭建。



作者简介:刘志军(1978),男(土家族),博士生,湖北宣恩人,现在国家海洋信息中心工作,主要研究方向为“数字海洋”和多 S 集成。
E-mail: junzhiliu@163.com

收稿日期:2007 01 08

基金项目:国家海洋局“数字海洋”专项(908 03);国家海洋信息中心青年基金项目(25066201D)

3.1 海底地形模拟

海底地形模拟主要采用水深数据,包括大比例尺的海图、全球 1 分 Grid 地形数据和沉积物厚度数据。通过水深点或水深线,可生成规则矩形格网 Grid。Grid 可由对不规则或规则的空间数据点进行内插值获得^[18]。它用一系列等间距地形的高程值表示,代表一方形格网地形,格网交叉点高程值就是对应地面某点的高程。Grid 模型的构建是运用选定的 GIS 软件平台 ArcGIS9.1 来完成的,将等高线和高程点数据加入到 ArcGIS9.1 的 ArcScene 中,应用 ArcScene 的 3DAnalyst 模块,将 Shapefile 格式的数据转换为 Grid 格式的数据,并将 Grid 数据输出转化为灰度图的形式,灰度图上的灰度信息所表示的就是三维空间的高程信息,从而实现了初步的海底地形模拟。在复杂的局部地区使用不规则三角网或更高分辨率的网格进行镶嵌,实现高精度的地形模拟。Grid 数据格式可保存为通用图像格式,如 TIF 格式等。

3.2 海洋底质模拟

1) 数据来源和数据模型

水深测绘资料、地震剖面解译资料、钻孔资料和地层拖网样品是海洋底质模拟的主要数据源。采样记录表(表层、柱和拖网)作为最原始数据集,现场化学测试记录表作为有效的补充。

海底三维数字地质体的生成,是采用一定的数学模型,通过对钻孔或剖面资料的内插外推计算与拓朴结构模拟而实现的。海底三维数字地质体是通过 B-Rep 模型(Boundary Replacement 边界代替法)和多种插值方法模拟而成的^[19-21]。所谓边界代替法即用实体的边界来代替实体,各边界的联系通过几何拓朴关系来建立。空间对象通常可以分解为 4 类元素的集合,即点、线、面和体,每一类元素由几何数据、类型标志及相互间的拓朴关系组成。当矢量剪切面裁剪到此单体时,自动把单体与各面的相交情况进行判断,求解出边界交点,再保存交点的空间数据及其属性数据,舍弃相应的图形。然后将按交点的上下左右的关系形成剪切后的填充区。如果有多个单体时,可以根据单体的编号来区分各单体的交点,分别形成对应的填充区,并赋予相应的属性,这样就保存了原来的拓朴关系。

2) 数据建模

对于层状或者类似层状的地质体建模过程中,采用联合建模的方法,将一维数据、二维数据进行三维化以后,根据地质知识以及专家经验,采用地层对比技术,形成平行或似平行的地质剖面,以备建模过程中进行整个研究区域的地层对比,形成三维地质体。图 1 是海洋底质地质剖面图;图 2 是层状数据模拟效果图。在此类数据建模过程中需要注意单体、线条编码;相邻平面单体编码;几种特殊地质实体模型及线条编码——隆起、沉积体尖灭、单体结构不相似和断层消失等处理技术^[19-20]。

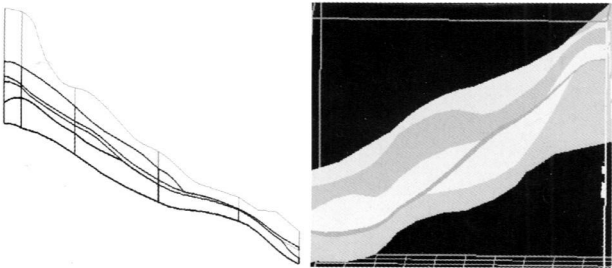


图 1 地质剖面图 图 2 层状数据模拟效果图

对于非层状地质体而言,需联立多个剖面,通过钻孔或者样品数据圈定地质体边界,依据剖面图或者平切图确定剖面间地质体对应关系,由此建立地质体表面模型。最后由地质体表面模型建立体模型。由于实测数据的不完整

性,某些地质体可能存在对应关系混乱或者缺失现象,可以按照地质条件或者专家经验进行相应地质体外推及进行尖灭处理。

3) 矢量剪切

三维数字地质体的矢量剪切需要对其进行刻槽、挖洞、模拟钻孔等,这就涉及到组合曲面的矢量剪切分析。以线条、三角网等的剪切原理和算法为基础,组合曲面作为剪切曲面的矢量剪切就相对容易讨论。其剪切的原理为:剪切面中每一个三角形所在的平面都将作为剪切面来剪切地质体,每个面都是在前一次剪切的基础上剪切,最终生成保留对象和舍弃对象的链表^[22]。以图 3 为例详细说明剪切过程,过程示意图如图 4。

图 3 中,矩形代表被剪切多边形 area,剪切面用一条折线表示,箭头示意法线方向。其剪切的原理为:图 4 中 P1、P2 和 P3 代表从图 3 的复杂剪切面分离出来的三个剪切平面,剪切时,P1 剪切平面首先将剪切多边形 area 切割为两部分,一部分标识为“+C0”,剩余的部分假设称作 area1;然后 P2 剪切平面对剩余部分 area1 进行切割,分割后一部分标识为“-C1”,剩余部分假设称作 area2;最后 P3 剪切平面对 area2 进行切割,分割后一部分标识为“+C2”,另一部分标识为“-C3”,结果被切割成四个区域,即“+C0”、“-C1”、“+C2”和“-C3”,如图 4 所示。两个带“+”号标识的即为保留的部分,而两个带“-”号标识的即为舍弃的部分。最终保留部分为边界是 EGIJCFD 的多边形,舍弃的部分为边界是 AHBJIGE 的多边形^[23]。

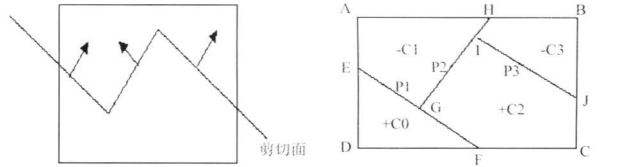


图 3 组合曲面剪切用图 (箭头表示法线方向) 图 4 组合曲面剪切效果示意图

通过对基本图元对象线条、填充多边形、曲面和注释的矢量剪切,实现三维数字地质体信息的查询。基于 B-REP 模型,结合线性插值、多项式插值、克里金插值和样条插值,生成海底综合三维数字地质体,实现海底地层构造的三维可视化再现模拟。图 5 是曲面剪切特殊效果图;图 6 是地质体模拟效果图。

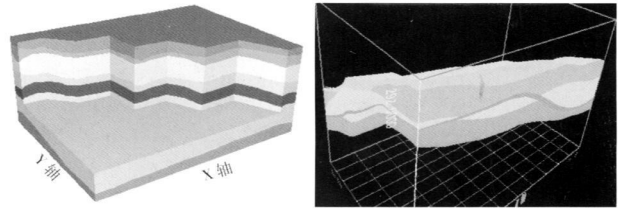


图 5 曲面剪切特殊效果图 图 6 地质体模拟效果图

4 结束语

采用 Visual c++ 和 OpenGL,实现了三维数字地质体的空间交互式建模、矢量剪切分析、三维数字地质体信息提取和数据查询统计等空间数据处理分析,并提供光照等渲染功能。此外,通过数据的积累,建立了基本的海底底质纹理库,有效增强了海底底质模拟的逼真性。研究成果有利于海洋底质的矿产资源储量计算和沉积物厚度的分析,有利于促进我国海底底质资源开发和海底环境治理,有利于提高我国专属经济区和大陆架资源评估工作的准确性,有利于提高我国在公海资源开发领域的竞争能力,对深潜研究、海底施工、海底矿产资源、港口码头建设、渔业资源等领域具有举足轻重的作用。今后将着重研究海洋表面、海洋

水体和海洋底质的一体化模拟,实现数字海洋整体重现,为人类认知和开发海洋服务。

参考文献

- [1] Victor JD, Alan P Delaunay tetrahedral Data Modeling for 3D GIS Application [C] //Proc GIS/LIS' 93, 1993
- [2] SHI W en zhong Development of a hybrid model for three dimensional GIS [J]. Geo Spatial Information Science, 2000, 3 (2): 612
- [3] Mark Jessell Three dimensional geological modeling of potential field data [J]. Computer & Geosciences, 2001, 27 (3): 455 465
- [4] Janos Kamar DEM_ based Surface and Volume Approximation—Geographical Applications [J]. Computer & Geosciences, 1995, 21 (2): 147 163
- [5] Tsai Delaunay V J D Triangulations in TIN Creation: an Overview and a Linear_ time Algorithm [J]. Int J of GIS, 1993, 7 (6): 501 524
- [6] 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)
- [7] 李军 利用 OPENG L构建海洋三维景观的方法研究 [J]. 海洋测绘, 2003, 23 (5)
- [8] 宋志明, 康凤, 阎晋屯, 等 海洋环境视景仿真方法研究 [J]. 计算机仿真, 21 (6)
- [9] 刘海行, 于卫东, 周玉斌, 等 海洋观测航线断面数据的三维可视化实现 [J]. 海洋科学进展, 2004, 24 (4)
- [10] 毛可飞, 路辉 基于多层 B样条的海底地形生成方法 [J]. 计算机仿真, 2005, 22 (4)
- [11] 马建林, 金菁, 来向华 多波束测深海底数字地形模型的建立 [J]. 海洋测绘, 2005, (5)
- [12] 刘开周, 刘健, 封锡盛 一种海底地形和海流虚拟生成方法 [J]. 系统仿真学报, 2005, 17 (5)
- [13] 苏天赞, 刘保华, 翟世奎, 等 “数字海底” 数据库: 海底多源综合数据的集成与管理方法研究 [J]. 海洋科学进展, 2005, (4)
- [14] 郑彦鹏, 梁瑞才, 王勇, 等 数字海底的理论基础和技术实现——以渤海油田工程地质示范区系统为例 [J]. 海洋科学进展, 2004, (3)
- [15] 杨刚, 杜德文, 吕海龙 数字海底地形分割算法 [J]. 海洋科学进展, 2004, (2)
- [16] 张政民, 薛荣俊, 苏天赞, 等 ArcSDE在数字海底系统中的应用 [J]. 海洋技术, 2004, (2)
- [17] 刘展, 李津, 杨作升, 等 适于“数字海底”的GIS数据仓库模型初探 [J]. 西安石油大学学报 (自然科学版), 2004, (1)
- [18] 高金耀, 金翔龙, 吴白银 多波束数据的海底数字地形模型构建 [J]. 海洋通报, 2003, (1)
- [19] 田宜平, 袁艳斌, 李绍虎, 等 建立盆地三维构造—地层格架的插值方法 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2000, 25 (2)
- [20] 翁正平, 吴冲龙, 毛小平 基于平面图的盆地三维构造 地层格架建模技术 [J]. 地球科学—中国地质大学学报, 2001, 16 (增刊)
- [21] 靳海亮, 高井祥 三维地形可视化技术研究进展 [J]. 测绘科学, 2006, (6)
- [22] 田宜平, 刘海滨, 刘刚 盆地三维构造—地层格架的矢量剪切原理及方法 [J]. 地球科学—中国地质大学学报, 2000, 25 (3)
- [23] 魏振华 基于 GeoView 的三维数字地质体曲面组合剪切技术研究 [D]. 武汉: 中国地质大学, 2006

The preliminary study to sea base matter three dimensional visualization simulation

Abstract: Because of the complexity of sea's environment and the difficulty to gain data, the sea three dimensional visual research always concentrates on the sea scene and the seabed terrain aspect, and the related visual research of seabed sediment should be strengthened. Through the establishment of seabed sediment database, the seabed sediment visual simulated environment is built. Based on water depth data and multi beam data, the basic three dimensional seabed terrain is established and free isobaths automatic production is realized. And based on the drill hole data and the stratum drag net sample, the seabed sediment three dimensional visualization is initially realized. Through the effective integration, the 3 D visual simulation system of seabed sediment is constructed, which can develop marine resource, sea economy and maintain country sea rights and interests.

Key words: digital ocean; seabed sediment; three dimensional visualization; simulation

LIU Zhi jun^①, JIN Ji ye^②, LIU Zhen min^②, WENG Zheng ping^③, WEI Zhen hua^③, WANG Feng^② ① State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying Mapping and Remote Sensing Wuhan University, Wuhan 430079; ② National Marine Data & Information Service, Tianjin 300171, China; ③ China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

(上接第 95 页)

Generalization of DEM data based on multi scale wavelet analysis

Abstract: In the same region, with reduction of DEM resolution or contraction of topographic map scale, the details of terrain described by DEM and topographic map are abandoned and only framework features are maintained. In this paper, the multi scale wavelet analysis and Square Root Model is combined to simulate the general process. Firstly, the higher resolution DEM is decomposed into the low frequency and high frequency parts by Multi scale wavelet. Secondly, according to the theory of Square Root Model, the threshold of wavelet coefficient in the high frequency is fixed by the ration of choice when the scale is transformed. Finally, all of the low frequency and high frequency is reconstructed. In order to analysis and verify the variety features of DEM, the study uses two important topographic factors slope and profile curvature, and views from Information Theory to comparative analysis. The result shows that the choice of threshold is close to the traditional cartographic generalization using the Square Root Model, and be able to join the scale variety with the degree of cartographic generalization, which realizes the automated generalization of random scale DEM.

Key words: wavelet multi scale analysis; digital elevation model DEM; cartographic generalization; slope; profile curvature

YU Hao^①, YANG Q in ke^②, ZHANG Xia ping^②, LI Rui^② ① Northwest Sci tech University of Agriculture and Forestry, Yangling Shaanxi 712100, China; ② Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences, Yangling Shaanxi 712100, China)