

基于 Skyline 的海洋地质三维可视化 系统开发与实现

何书锋,魏合龙,林文荣,孙记红

(中国地质调查局青岛海洋地质研究所,青岛 266071)

摘 要:融合海洋地质专题信息与海洋基础数据、遥感数据等,采用 B/S 架构实现基于 Skyline 的海洋地质 Web 三维 GIS 系统的组织、发布和应用技术,为海洋地质三维地理信息系统的实现奠定了基础,并从三维场景建模、B/S 架构 Web 可视化和系统功能设计等方面详细地介绍了 Skyline 软件在海洋地质 GIS 中的集成应用。

关键词:三维可视化;海洋;Skyline;GIS

中图分类号:TE319

文献标识码:A

DOI:10.16028/j.1009-2722.2018.03009

随着网络技术、虚拟现实技术、数据库技术、空间信息技术等的迅速发展,基于 Web 的三维 GIS(Geographic Information System,地理信息系统)在“数字地球”、“数字城市”、“数字国土”、“数字矿山”、“数字流域”等应用实践中的需求越来越广泛,逐步成为地理信息系统领域的一个研究热点^[1]。

Skyline 是当前世界上应用较为广泛的三维 GIS 软件之一,其能快速融合数据、更新数据库,展现 3D 地理空间影像,功能十分强大^[2]。以 Skyline 为基础,结合运用 3S、虚拟现实、仿真、互操作等技术手段,以数字化、可视化、动态显示等方式,把真实海洋世界的各种状况用计算机模拟重现与预现,帮助人们最大限度地理解和认识海洋,有效地开发和利用海洋,并规避海洋带来的自然灾害^[3]。

笔者以海洋地质环境作为研究对象,系统研究并实现了基于 Skyline 的数据转换、数据融合、

三维构建,基于 B/S 架构的 Web 开发,系统初步得到应用。

1 国内外研究现状

1.1 三维 GIS 技术研究现状

三维 GIS 的研究是当前 GIS 领域的研究热点和难点,国内外许多专家学者纷纷在三维地形可视化、三维建模技术、三维海量数据传输技术等方面进行了不同程度的研究。

以目前领域内最为著名的 Google Earth 软件为例,其能提供地球表面不同等级的卫星图像和航拍图片,用户能从不同角度在线浏览地球,并支持用户上传自定义的三维地标、房屋模型、影像等数据。然而海洋地理的信息,特别是海洋地质的信息几乎没有。用户无法浏览海底的地形地貌,对于海洋地理可谓一个盲区。

美国和加拿大为建立全球最大海洋观测网而联合开展的海王星计划^[4]被誉为人类的水下“哈勃”。其最终目标就是建立区域性的、长期的、实时的交互式海洋观测平台,在不同时间尺度和不同空间尺度上进行多学科的测量和研究。其主要

收稿日期:2018-01-08

基金项目:中国地质调查局二级项目“数字海洋地质工程——海洋地质数据库建设”(DD20160156)

作者简介:何书锋(1977—),男,硕士,高级工程师,主要从事海洋地质数据库建设工作。E-mail: h2004hsf@126.com

研究方向包括了深海的三大领域:一是美、加西海岸外的板块构造研究;二是海洋对气候的影响以及南部富氧洋流的研究;三是各种深海生态系统研究。

日本列岛未来 ARENA (Advanced Real-Time Earth Monitoring Network in the Area) 计划^[5],是利用铺设于海底的缆式网络及星罗棋布的配置于海底网络上的观测器,开展海底勘察。该计划旨在通过基于长时效的实时监控海底网络所及海域、海底的综合性海缆网络系统,构筑起海洋学、地球物理学、地震学等多学科、跨领域的试验验证、科学研究、深海海洋工程应用平台。

国家海洋 908 专项,已经开展了海洋地质可视化系统的相关研究工作,研究内容包括海洋地质数据的采集、处理、分析计算、数据库管理以及集成应用,其重点和核心是地质的可视化集成应用^[6]。目前,最为流行的集成应用模式为基于球体系统的海洋多源信息的集成与可视化共享。

中国极地研究中心开发的极地航迹地理信息系统,就是利用 Skyline 平台集成了一系列的地理信息和相关数据(如 GPS 航迹数据、海洋地质、生物等科学调查),并在球体上实现信息的可视化查询和展示。

Gao Y L 等^[7]提出了四层数据表结构来组织海量的三维数据,在三维可视化的多线程并行处理和三维数据的管理与分发方面方便、高效,并已成功应用于海量三维数据的日常管理与应用中。

Deiana A^[8]研究了集 GIS、三维可视化、Web 等功能为一体的网络三维 GIS,用户可对远程数据进行可视化分析。

张峰等^[9]提出基于 OpenGIS WebService 的地理信息共享模式,解决分布式、多源、异构的地理信息共享问题,有效避免重复建设和信息孤岛的形成,实现服务的互操作、集成、融合与共享,并将促进网络环境下分布式、异构、多源的空间信息资源,不同的 GIS 应用系统,各个异构分布式数据库之间的地理信息共享。

曲辉等^[10]围绕海平面上升模拟中需要解决的水面演进范围判定、进水量计算、水面对象时空数据组织以及水面运动时间动画构建等问题,提出了基于溃堤进水量和改进的有源淹没算法实现的水面演进范围模拟方法,并介绍了如何运用

Skyline 软件实现海平面模拟及其在“数字海洋”中的集成应用。

刘金等^[11]在分析海洋水体要素信息表达需求基础上,提出了“水体立方”数据模型及其建立方法;基于 Skyline Terra Suite, Ev-Globe 等三维地理信息软件,研究了海面模拟、水体要素立体表达和海洋虚拟场景建立。该研究对海洋三维可视化场景的建设有技术指导作用。

武艺^[12]运用了地理信息系统技术(GIS)和遥感技术(RS),以 Skyline 为三维 GIS 平台, Super-Map 为二维 GIS 平台,在 .NET 环境中设计并实现了基于三维场景的流域—河口生态安全评价系统,为沿海地区生态安全评价数据的获取与处理、生态安全评价结果的表达提供了新思路。

1.2 三维可视化技术的应用现状

三维可视化技术直观立体地对世界物体的复杂信息进行表达,对现实世界真实再现,尤其在人们无法直接接触、无法全面掌控的物体或区域中,三维可视化技术发挥着重大的作用。目前为止,三维可视化技术被广泛应用于数字城市、军事应用、海洋勘探、地质和矿产活动、水文地质、交通、国土等领域,技术方法也日益成熟与先进。

在地质矿产研究领域,陈建平等^[13]在 2014 年以二维地质调查成果与经验为基础,依托三维可视化技术,综合地质、物理、地球化学、遥感等多元信息,进行三维地质建模,建立准确形象的三维地质模型,从而更有效地进行地质研究和找矿预测。

在煤矿开采领域,2014 年李杨等^[14]提出建立三维可视化系统对大安山煤矿进行安全监测分析,研究得出,三维可视化技术将现场监测数据和采矿时空关系有机联系起来,对评价围岩稳定性和开采安全性发挥重大作用。

在海洋研究领域,高锡章等^[15]采用 OpenGL 和 IDL 技术进行三维可视化系统开发,并采用 C++ 和 VC++ 语言对海洋观测数据进行处理,应用三维可视化组件 CMA3Dview,建立海洋 GIS 系统,解决当时海洋观测数据信息深层次挖掘的难题。

王想红^[16]在陆海一体化混合地形渲染模型和面向过程建模的海洋时空过程数据模型研究的

基础上,基于真实 DEM 数据采用网络通用数据格式(NetCDF)模型构建的三维虚拟地球,设计并实现了面向服务架构的海洋三维可视化原型系统。

在国土应用领域,张艳娜^[17]通过对省级海量数据管理模式进行分析总结,建立并实现了大场景数据的可视化,推演并建立了山东省数字国土三维平台,完成了土地资源管理信息数字化、网络化、规范化目标。

另外,学者在地形三维可视化^[18]、城市三维可视化^[19]、智慧油田^[20]、导助航信息三维可视化^[21]、铁路建设^[22]等领域进行了广范的技术方法探索,均取得了理想成果,这对开发海洋地质三维可视化系统提供了有力的借鉴作用和指导作用。

通过对三维 GIS 技术研究现状以及应用现状的总结分析,海洋地质领域综合调查与研究成果数据三维展示与应用技术还存在一定的局限性,因此对海岸带、近海海底局部海底进行了三维可视化立体建模,在球体上以立体的形式展现海洋地质真实场景对海洋地质基础科学研究、海洋环境地质灾害预防、海洋矿产资源的探测与开发利用等方面具有巨大的指导意义。笔者在总结前人研究技术方法的优缺点的同时,根据海洋地质领域数据资料实际特点与展示应用需求,基于 SkylineGlobe 独立设计出海洋地质三维可视化系统。

2 SkylineGlobe 软件结构及功能

Skyline 软件是目前国际上应用最广泛、技术最领先的三维 GIS 平台, SkylineGlobe v7.0 由 TerraBuilder、TerraExplorer 和 SkylineGlobe Server 3 个相互独立的产品构成,简便有序地分别实现数据合成、三维可视化、网络发布三大功能。

TerraBuilder 通过集成卫星影像、数字高程模型以及各种专题数据,迅速地创建海量三维地形数据库,用于为地形可视化应用系统创建如同真实照片般的地理精准的三维地球模型。具有支持多种图层类型的交互性、图层的灵活操作性、高效创建 MPT 地形文件并实现实时更新以及数据管理高效的优点。

TerraExplorer 桌面端是最前沿的三维 GIS

桌面端浏览器,结合丰富的查看、查询及分析工具,在高分辨率的三维环境中展现地理数据,利用其强大的交互性能和专业功能,在地形场景中可实现叠加无限制的数据图层、三维模型、虚拟对象等,创建出一个专属的极富现实感的三维可视化场景。TerraExplorer Pro 在桌面端的基础上增加了数据发布功能,可实现全面的、多种方式的导航功能、直观先进的地形分析功能、精确的可操作的视域分析功能、融合多种资源的功能、支持多种数据格式及标准服务的交互性功能、多效果的真实三维场景功能。

SkylineGlobe Server(SG Server)提供用于发布、存储、管理和以流方式传输 3D 空间数据的网络服务, TerraGate 是该产品下的一个强大的网络数据服务器技术,用来管理如何同时传输海量数字地形数据到众多终端用户。其提供了一个平台来启动由 TerraBuilder 及 TerraExplorer Pro 创建的很多应用,并且提供了数字地球接入功能,使得众多网络应用具有了地理信息参考的功能。与一般视频流的主要区别为,该服务器软件能在互联网上通过可变带宽来无缝接入,而不会受到网络连接的反应时间或中断的影响。

3 系统设计

海洋地质三维可视化系统综合应用了空间三维技术与 GIS 技术,对海洋地质调查数据与成果进行三维建模,实现多视角、多层次的三维显示,同时实现了地形模型与用户的交互访问。系统分 3 个层次设计开发,分别为数据层、开发层、表示层,系统开发架构如图 1 所示。

3.1 数据层

数据层由基础地理空间数据、卫星遥感正射影像数据、数字高程模型(DEM)数据、专题数据组成(表 1),采用 Oracle11g 数据库统一管理。陆上三维场景建模采用 30 m 分辨率全球通用 DEM 数据;海底三维场景构建采用海底地形图、海图水深点、多波束水深测量数据等不同覆盖范围、多精度数据组成;专题数据主要是海洋地质调查研究编制的专题成果图资料组成,一般为 ArcGIS 格式矢量文件。

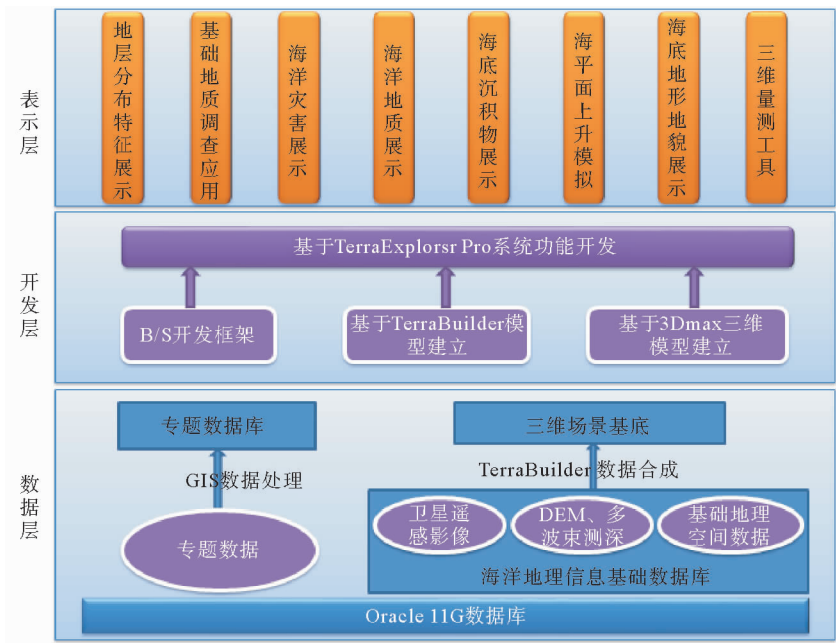


图 1 系统开发架构图

Fig.1 System development architecture

表 1 数据层数据内容

Table 1 Data content of data layer			
序号	数据类型	基础数据	备注
1	基础地理 空间数据	中国国界线	
2		省级行政区划	
3		市级行政区划	
4		县级行政区划	
5		近海城市主要道路	
6		海岸线	
7		河流海洋	
8	卫星遥感 数据	高分二号影像	分辨率为 0.8 m, 时 相为 2016—2017 年
9	DEM 数据	全球通用 dem 数据	分辨率 30 m
10		多波束网格化水深数据	海岸带近岸 区域 0.3 m
11	专题数据	海底地形图数据	标准图幅 1:100 万
12		海图水深数据	1:25 万比例尺
13		浅层剖面解释成果数据	
14		地层浅钻数据	
15		海底地貌类型数据	
16		海岸地貌数据	
17		滨浅海区底质类型数据	
18		第四系地层等厚数据	
19		全新世地层等厚数据	
20		地质灾害要素、类型分布 数据	

3.2 开发层

以 TerraBuilder 融合卫星高分数据、DEM 数据、专题数据以及基础地理数据创建海洋三维地形景观数据库,创建三维交互式环境,包括海岸带三维可视化场景、近海三维海底可视化场景,为海洋地质信息的立体化分析和空间展现提供支撑。采用 B/S 开发架构,以 Java Script 编程语言,调用 TerraExplorer Pro API 接口进行二次开发。基于 3Dmax 等第三方建模软件制作地层分布模型,以 TerraExplorer Pro 集成创建的地质模型,实现在三维环境下的模型展示应用。

3.3 表示层

开发建设海洋地质三维可视化系统,实现海岸带、区域海底三维场景巡航浏览,与专题数据集成交互,通过三维 GIS 操作直观展示。海洋地质三维可视化系统的展示应用功能包括:地层分布展示、基础调查数据查询、海洋灾害专题信息展示、海底沉积物展示、海平面上升模拟、海底地形地貌以展示及三维测量工具。

4 三维场景构建及系统实现

三维场景是三维 GIS 应用系统的基础。构建三维场景,即对三维空间中要素的整合过程。三维场景是指由三维地形数据、三维地物景观模型数据、二维矢量数据、属性数据等信息共同整合而成的数据集合,该数据集合能够逼真的再现研究区域的自然环境。

4.1 三维场景构建

利用 SkylineGlobe 构建三维场景主要是由 TerraExplorer Pro 创建的 FLY 文件实现。

4.1.1 基础数据、专题数据处理

利用 ERDAS、ArcGIS 等 GIS 和图形图像处理软件,对将要加载到三维场景中的基础空间数据、专题数据、高程数据进行处理,分别完成海岸带、近海海底、局部海底场景的制作:

海岸带场景数据处理 ①为实现海平面上升的动态模拟专题展示,在对国界线、省界、市界、县界、道路、海岸线、河流海洋矢量进行规范化处理与配色、渲染处理的基础上,应用 ArcGIS 的栅格计算技术,形成海平面上升不同高度时的连续动态淹没效果模拟图;②为展现海岸沙泥质地貌,在基础空间数据处理的基础上,对海岸地貌数据进行专题符号的配置及优化。

近海海底场景数据处理 ①为实现近海地貌地形的高精度展示,在基础空间数据处理的基础上,对海洋地形图数据、多波束网格化水深专题数据进行信息抽取、栅格化、立体阴影化、渲染配色处理,对海底地貌类型数据进行专题符号的配置、优化及三维模型的合成;②为实现滨浅海区底质类型展示,对滨浅海区底质类型数据进行专题符号的配置、优化及三维模型的合成;③为实现海洋灾害专题展示,对滨浅海区地质灾害要素、类型的分布数据进行专题符号的配置、优化及三维模型的合成;④为实现基础地质调查专题应用,对近海海底地层浅钻位置分布数据进行符号化,并对浅钻柱状图片进行规范处理。

局部海底场景数据处理 ①为实现海底地层分布特征专题展示,以浅层剖面解释成果数据为基础,利用 3Dmax 建立海底及地层分布结构三维

剖切模型;②为实现海洋地质的应用展示,对第四系和全新统等厚 DEM 数据进行栅格化与三维模型化,并渲染配色。

4.1.2 三维地形模型文件 MPT 的生成

利用分辨率为 0.8 m 的高分二号的遥感影像、数字高程模型数据、多波束网格化水深数据、海洋地形图数据、海图水深数据,通过 TerraBuilder 的多 CPU 协同计算,加工生成 MPT 海洋地形模型文件,作为三维场景的基底。其中全球通用 DEM 数据与卫片融合作为系统整体基底,多波束网格化水深数据与卫片融合成果作为海底地形地貌专题基底,海洋地形数据与卫片融合成果作为海洋灾害、海底地形地貌专题展示基底。

4.1.3 基础数据及专题要素的集成

在 TerraExplorer Pro 环境下,首先调用生成的三维地形模型文件 MPT,然后将处理过的海岸带场景、近海海底场景、局部海底场景数据等信息通过 TerraGate 中发布矢量的工具 SFS 进行发布,通过网络的形式加载到 TerraExplorer Pro 中展示,与 MPT 地形模型文件进行整合,形成 *.FLY 三维场景工程文件。

4.1.4 三维地形模型的调用

三维地形模型文件 2 两种调用方式,第 1 种是本地调用,即通过本地路径访问 MPT 文件;第 2 种是网络调用,通过 Skyline TerraGate 软件将三维地形模型 MPT 文件发布,通过 IP 地址访问 MPT 文件,在客户端安装 TerraExplorer 插件后可以进行浏览。本系统采用第 2 种方式,通过网络形式调用三维地形模型。

4.2 基于 B/S 架构的 Web 可视化

基于 Web 的可视化技术,是在网络环境下搭建的一种三维地理信息系统。

4.2.1 B/S 架构

B/S 架构,即 Browser/Server(浏览器/服务器)结构,是随着 Internet 技术的兴起,对 C/S 结构的一种变化或者改进的结构(图 2)。在这种结构下,系统功能实现通过数据放在数据库服务器端,浏览器通过 Web Server 同数据库进行数据交互,用户下载插件即可通过浏览器进行系统访问,这种模式统一了客户端,将系统功能实现的核心

部分集中到服务器上,从而简化了系统的开发、维护和使用,是一种全新的软件系统构造技术。

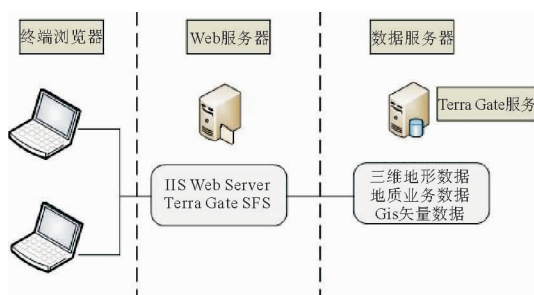


图 2 B/S 系统网络部署架构图

Fig. 2 Deployment architecture of B/S system network

4.2.2 B/S 系统实现

软件的开发采用的是面向对象编程方法,使用的是基于 c# 的开发技术。使用的编程环境 .net,以及脚本语言 JavaScript 包含于 HTML 中,共同实现其系统功能。Skyline 的二次开发文档为我们提供了许多的 API 接口,这便于编程人员很方便地使用其接口实现所需的功能,而不必知道接口函数封装实现功能的过程。

4.2.3 B/S 系统发布

基于 B/S 架构的 Web 可视化技术程序适合用于 Windows Server 平台,用 IIS 发布开发的 Web 程序,FLY 文件也用 IIS 发布。海洋地形数据 MPT 文件是用 Skyline 系列软件中的 TerraGate 来发布的。TerraGate 是一个强大的网络数据发布技术,它可以实时地以流模式的形式发布三维地形数据。在 TerraGate 的设置中要注意其端口不可以与 Web 发布端口重复。Web 程序加载 FLY 文件,FLY 文件加载 MPT 地形数据,Web 程序和 FLY 文件都是用 IIS 发布,MPT 文件由 TerraGate 发布,可以通过其内部的关联,很好地联合在一起,实现了三维地理信息系统网络可视化。

4.3 三维可视化系统实现及功能模块

在完成海洋三维地形数据模型建立后,系统在 .net 环境下采用 B/S 结构,应用 C# 调用组件、开发包开发海洋地质三维可视化系统,在开发过程中通过重复调试减少系统运行错误,确保系

统运行的正确性、可靠性和稳定性。

4.3.1 系统功能介绍

系统功能主要包括:地层分布特征展示、基础地质调查应用、海洋灾害展示、海洋地质展示、海底沉积物展示、海平面上升模拟、海底地形地貌以展示及三维测量工具 8 个模块,实现对 7 个专题信息的可视化浏览、查询与分析(图 3)。根据各个模块的功能类型分类,可以具体地分为海洋基础地理信息展示、海洋地质矢量图形信息查询展示、海洋环境信息的可视化模拟展示、基础数据下载、属性信息的地理信息关联等。系统主界面如图 4 所示。系统主要在 Web 页面中使用 JavaScript 脚本语言调用 SkylineGlobe 控件中的方法、属性和事件来实现各种功能。

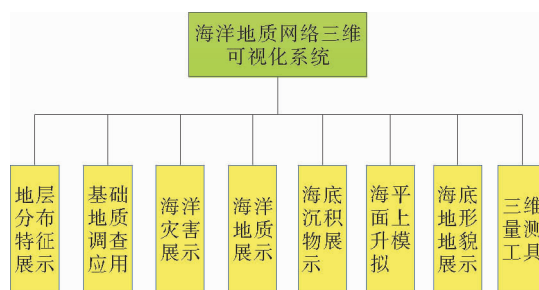


图 3 海洋地质三维可视化系统功能模块设计

Fig. 3 Marine Geological 3D visualization system function module design

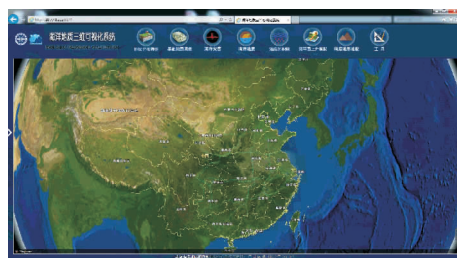


图 4 系统主界面

Fig. 4 Main interface of the system

在 8 个功能模块下,系统的主要功能有:

(1)地层分布特征展示 通过 3Dmax 对浅层剖面解释成果数据进行三维建模,提供海底地层分布结构三维模型,包括海底地层分布的任意横、纵切剖面。

(2)基础地质调查应用 展示中国近海海域内地质浅钻位置分布空间,并实现空间信息与地

质浅钻详细属性信息的动态关联、查询,同时提供钻孔在不同深度下的地质特征。

(3)海洋灾害展示 对中国近海海域内海洋灾害空间分布信息进行展示及属性信息关联查询,重点提供滨浅海区地质灾害要素以及地质灾害类型的三维浏览。

(4)海洋地质展示 以三维球体作为立体基底,以局部海底第四系、滨浅海区全新世高精度地层等厚专题数据为支撑,建立局部海底第四系地层立体等厚三维模型、滨浅海区全新世地层立体等厚三维模型。

(5)海底沉积物展示 主要对滨浅海区海底沉积物的地质类型专题分布信息进行展示。

(6)海平面动态上升模拟 以海平面的淹没分析技术为支撑,在 arcGIS 平台下采用栅格计算技术,并动态调用计算成果,实现平原地区海平面上升 0~5 m 过程中的动态上升模拟。

(7)海底地形地貌展示 应用局部多波束水深数据实现近岸海底地形的高精度三维模拟展示,另外,将滨浅海区海底地貌类型专题数据、海岸地貌专题数据与三维模型融合实现局部海底地貌的三维展示。

(8)三维量测工具 提供专题浏览查看过程中能够常用工具,包括等高线查询、量高、平面量距、空间量距、量面积、坡度分析、视觉阴影分析、地图放大、缩小、截图、二三维切换、指北 12 个功能。

4.3.2 系统具体功能演示

(1)地层分布特征展示模块

以动画的形式定位到海底,展示出海底地层分布剖面动画,可进行全方位浏览以及任意的横纵剖切查看,展示效果如图 5。

(2)基础地质调查应用模块

进入模块中展示浅钻钻孔柱状图和地质浅钻分布图,點選任意点位,关联弹出属性信息,展示效果如图 6。

(3)海洋灾害展示模块

展示海洋灾害空间分布信息、滨浅海区地质灾害要素以及地质灾害类型的三维浏览,如图 7、8。

(4)海洋地质展示模块

对第四系、全新统地层等厚专题数据进行三维立体制作,突破以往二维空间下的地层等高线

展示,以直观、立体、真实的形式表达出海底地层等厚效果,如图 9、10。

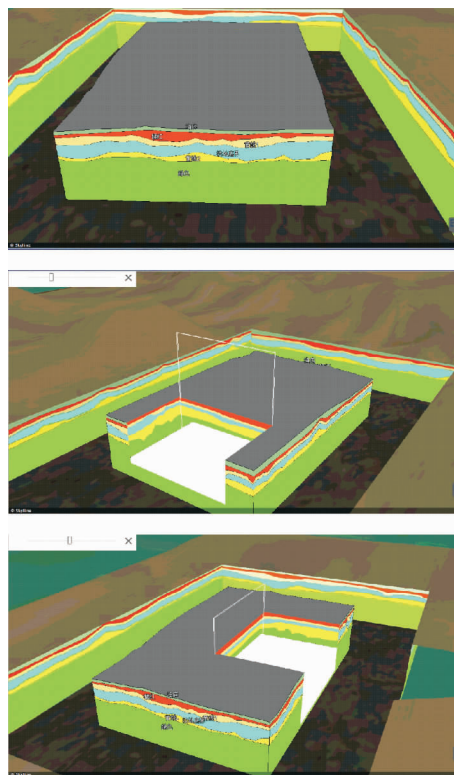


图 5 海底地层剖面展示、任意横剖切面、任意纵剖切面

Fig. 5 Display of a submarine stratigraphic profile



图 6 地质浅钻空间位置与属性信息关联查询

Fig. 6 Inquiries of spatial location and related information of a shallow drilling hole

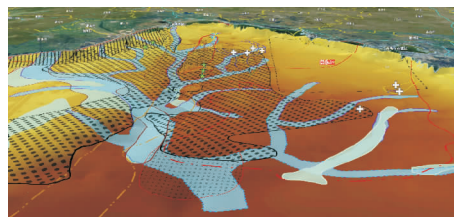


图 7 地质灾害要素分布三维立体图

Fig. 7 3D map of geo-hazard elements

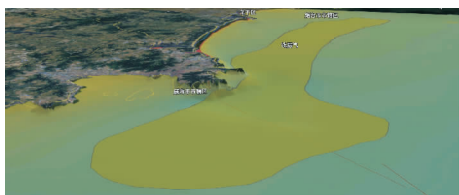


图 8 地质灾害类型分布三维立体图

Fig. 8 3D map of geological hazards

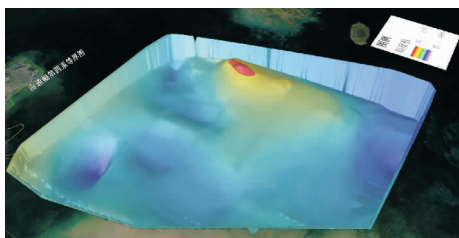


图 9 第四系地层等厚三维立体展示

Fig. 9 3D isopach map of the Quaternary System

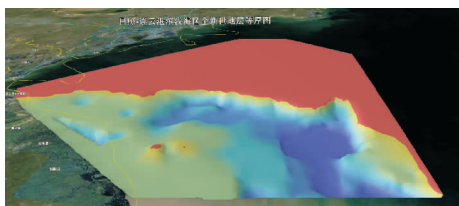


图 10 全新世地层等厚三维立体展示

Fig. 10 3D isopach map of the Holocene

(5) 海底沉积物展示模块(图 11)



图 11 滨浅海区海底沉积物的地质类型三维立体效果展示

Fig. 11 3D map of bottom sediments offshore

(6) 海平面上升动态模拟模块

自定义设置洪水的高度(0~5 m),当海洋洪水漫入山谷时,蓝色的区域显示将会被洪水淹没的区域。图 12 展示了当洪水高度为 1 m 和 4 m 时,陆地将被动态淹没的动画效果。

(7) 海底地形地貌展示模块

利用多波束网格化水深数据,合成高精度的局部海底地形,进行全方位多角度三维立体展示(图 13)。

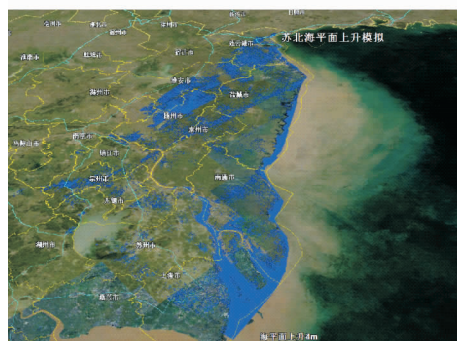
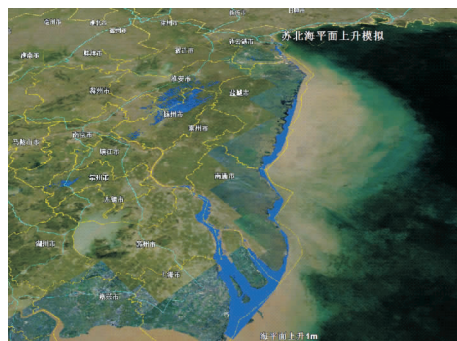


图 12 海平面分别为 1 m、4 m 时陆地淹没动画效果

Fig. 12 Animation renderings of the submerged land at sea level of 1 m and 4 m

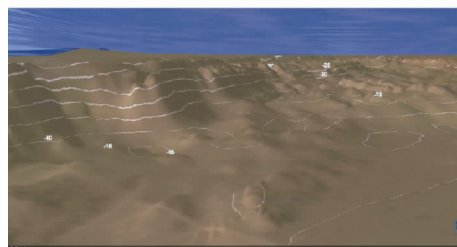
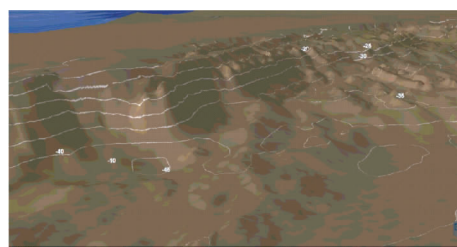


图 13 海底局部三维立体地形 360°展示

Fig. 13 Local 3D submarine terrain, a 360° show

对近海海底的地貌类型进行立体化展示,如图 14。

(8) 三维量测工具模块

选取一处海底地形起伏较大的区域进行实验,进行空间分析、坡度分析、视觉阴影分析,如图 15、16、17。

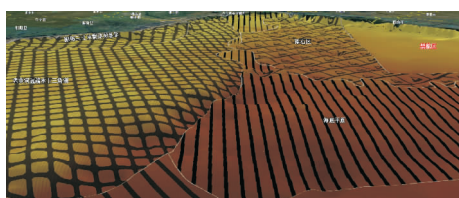


图 14 近海海底地貌类型三维立体化展示
Fig. 14 Three-dimensional stereoscopic display of offshore seabed topography



图 15 海底地形空间分析——等高线分析与立体量高
Fig. 15 Seabed topographic analysis-measurement of bathymetry and topographic high

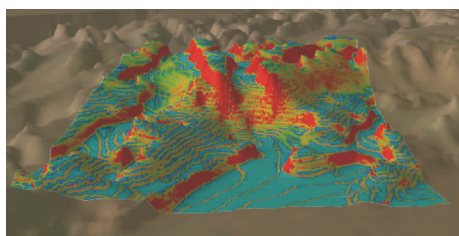


图 16 海底坡度立体分析
Fig. 16 Stereo analysis of seabed slope

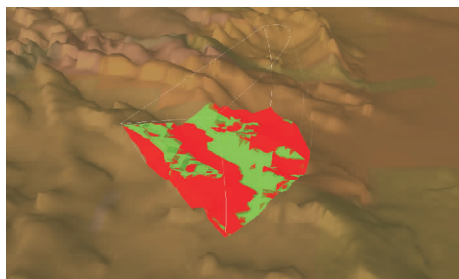


图 17 海底视觉阴影立体分析
Fig. 17 3D analysis of submarine visual shadow

(9) 三维场景巡航、浏览

海洋地质三维立体可视化系统的突出特点就是对二维平面的事物进行场景立体化,并在系统中进行球体动画巡航与目标专题浏览,如图 18、19。

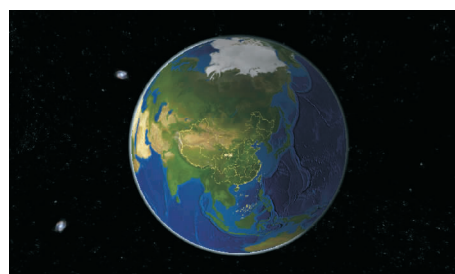


图 18 三维球体巡航动画截图
Fig. 18 3D ball cruise animation



图 19 三维空间任意角度浏览
Fig. 19 3D view of an angle

5 结束语

本文研究了三维可视化开发与实现技术,基于 SkylineGlobe 软件以及 GIS 支撑软件,将专题数据与基础数据、遥感数据无缝融合,实现了海洋地质专题数据 Web 三维可视化的组织、发布和应用。该系统实现了海底沉积物信息、地质信息的展示查询,海底地层、地形浏览以及海洋灾害、洪水淹没的模拟、演示等功能,同时,该系统不仅三维立体直观、丰富地展示了多种海洋专题信息,而且网络发布速度高效,为更好地了解海洋地质、认知海洋、防治海洋自然灾害提供了强有力的技术支撑,在海洋地质专业数据成果的多维展示服务,三维环境下的业务分析研究领域具有重大的借鉴与应用价值。

参考文献:

- [1] 梁吉欣. 基于 Skyline 的 Web 三维 GIS 应用研究[D]. 昆明:

- 昆明理工大学,2009.
- [2] Hammoudi K. Generating virtual 3D model of urban street facades by fusing terrestrial multi-source data[C]//Proc. of 7th International Conference on Intelligent Environments. International Conference on Intelligent Environments, 2011: 330-333.
- [3] 王向前. 基于 Skyline 的黑河流域地形三维可视化技术研究与实现[D]. 兰州:兰州大学,2011.
- [4] 罗续业,李彦. 海王星海底长期观测系统的技术分析评论[J]. 海洋技术,2010,25(3):23-28.
- [5] 廖又明. 解读日本 ARENA(新型实时海底监测电缆网络)计划[J]. 船舶,2009,4(6):20-25.
- [6] 余晓洁,陈卓忻. “我国近海海洋综合调查与评价”专项通过总验 [OL]. 中国政协新闻网,2012.
- [7] Gao Y L, Li W B, Shang C Z. The research on implementation methods of 3D GIS[J]. Applied Mechanics and Materials, 2012, 170-173, 2840-2845.
- [8] Deiana A. Skylineglobe: 3D web GIS solutions for environmental security and crisis management [J]. Geospatial Visual Analytics, 2009, 6: 363-373. DOI: https://doi.org/10.1007/978-90-481-2899-0_29
- [9] 张峰,刘金,李四海. 数字海洋可视化系统研究与实现[J]. 计算机工程与应用,2011,47(35):177-179.
- [10] 曲辉,崔晓健,董文,等. 海平面上升模拟及其在数字海洋中的实现[J]. 海洋通报,2009,28(4):147-152.
- [11] 刘金,姜晓铁,李四海. 数字海洋水体模型建立与三维可视化技术研究[J]. 海洋通报,2010,28(4):141-146.
- [12] 武艺. 基于三维 GIS 的流域—河品生态安全评价系统的设计与实现[D]. 大连:辽宁师范大学,2011.
- [13] 陈建平,于森,于萍萍,等. 重点成矿带大中比例尺三维地质建模方法与实践[J]. 地质学报,2014,88(6):1187-1195.
- [14] 李杨,杨天鸿,刘洪磊,等. 大安山煤矿三维可视化系统的建立及安全监测分析[J]. 采矿与安全工程学报,2014,31(2):277-283.
- [15] Gao X Z, Feng H J, Li W. Study of 3D visualization of marine measured data based on GIS[J]. Journal of System Simulation, 2011, 23(6):1186-1190.
- [16] 王想红. 基于三维虚拟地球的海洋环境数据动态可视化研究[D]. 阜新:辽宁工程技术大学,2013.
- [17] 张艳娜. 数字国土三维平台数据建设及关键技术研究[J]. 绿色科技,2016(16):261-263.
- [18] 陈哲锋. 基于 OpenGL 的地形三维可视化研究与应用[D]. 成都:成都理工大学,2008.
- [19] 杜福光. 基于 ArcScene 城市三维可视化研究与应用[D]. 西安:西安科技大学,2010.
- [20] 谭少辉. 三维 GIS 在智慧油田中的开发与实现[D]. 北京:北京邮电大学,2015.
- [21] 陈姚节,叶峰,齐鸣,等. 导航信息的三维可视化系统研究[J]. 计算机工程与应用,2016.
- [22] 向劫. 铁路线路设计中三维可视化辅助设计系统研究分析[J]. 中国高新区,2017(20):7-8.

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF THE 3D VISUALIZATION SYSTEM FOR MARINE GEOLOGY BASED ON SKYLINE PLATFORM

HE Shufeng, WEI Helong, LIN Wenrong, SUN Jihong

(Qingdao Institute of Marine Geology, CGS, Qingdao 266071, China)

Abstract: Combining the marine geological information together with the marine basic data and remote sensing data, we adopted the B/S structure to realize the organization, distribution and application of Skyline-based marine geological Web GIS system. This system has laid a solid foundation for the realization of a three-dimensional geographic information system for marine geology. A detailed description of the Skyline software and its application to marine geology GIS is made in this paper with emphasis on the three-dimensional scene modeling, B/S structure web visualization and system function design.

Key words: 3D visualization; ocean; Skyline; GIS