

天然气水合物战略形势图 服务组件设计与实现

宋怀荣, 林 峰*, 魏合龙, 苏国辉

(中国地质调查局青岛海洋地质研究所, 青岛 266071;
国土资源部海洋油气资源与环境地质重点实验室, 青岛 266071;
国土资源部天然气水合物重点实验室, 青岛 266071)

摘 要:为加强天然气水合物勘探开发相关数据的利用率和可视化共享,提出了功能模块组合的概念,结合 GIS 技术和全文检索,将功能单元构建了天然气水合物战略形势图服务组件系统集成框架。在阐述了数据类型和图层组合的基础上,提出了基于 C/S 架构、组件的开发模式,利用 GIS 技术, Skyline Globe 软件和海量图形显示技术进行了系统设计。结合实例,验证了天然气水合物战略形势图服务组件系统方面的有效性。

关键词:天然气水合物;战略形势图;服务组件; Skyline Globe;全文检索;海量数据;快速显示

中图分类号: TP311.1

文献标识码: A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2018.03006

多年来,随着海洋钻探计划(ODP)、综合大洋钻探计划(IODP)、深海钻探计划的实施,在全球范围内,已经通过地球物理、地球化学和地质调查以及钻井和取心确定了区域海域天然气水合物的存在、沉积特征和成藏模式。中国南海北部陆坡进行了一系列的调查活动和钻探项目^[1-7],综合调查已揭示了南海北部陆坡存在天然气水合物的地质、地球物理和地球化学指标。2017 年我国首次海域天然气水合物试采成功,为推动天然气水合物产业化迈出了关键一步。

随着各研究区数据的不断累积,如何对数据进行深入分析和有效利用成为当前面临的新闻

题。利用天然气水合物勘探、实验模拟和开采等相关战略情报资料,采用 GIS 三维空间数据展示技术,实现天然气水合物战略形势图展示服务,在天然气水合物服务共享平台框架下实现战略形势图展示服务。本文采用组件的开发模式,基于 Microsoft .NET Framework 4.0 框架,利用 GIS 技术,结合 Skyline 软件和海量图形显示技术,开发了天然气水合物战略形势图服务组件系统,将天然气水合物战略研究成果和结论数据以 GIS 地图和图标的形式展示。

1 天然气水合物战略形势图服务组件设计

1.1 框架设计

天然气水合物战略形势图服务组件系统框架设计包括数据层、服务层和应用层,如图 1 所示。数据层为服务组件系统提供基础数据支撑;服务

收稿日期:2018-01-19

基金项目:中国地质调查局二级项目(DD20160156)

作者简介:宋怀荣(1985—),女,硕士,高级工程师,主要从事海洋地质数据库建设工作. E-mail: songhr2010@126.com

* 通讯作者:林 峰(1963—),男,硕士,研究员,主要从事海洋地质数据库及服务系统建设方面的工作. E-mail: hshy2003@163.com

层为系统提供基本的数据加工、转换和功能实现；应用层为用户提供基本功能服务。

其中,数据层包含了用于建设服务组件所需的各项数据,具体包括:

(1)海底资料数据库 也称为模型数据,按照对海底资料精细化要求的不同,分为粗略模型和精细模型;

(2)地形数据库^[8] 作为三维场景的背景底图,通常情况下利用高分辨率遥感影像加工而成,也可采用人工制作的三维模型文件;

(3)研究成果矢量数据 包含点、线、面多种矢量图层数据(该数据一方面来自天然气水合物基础数据库,另一方面来自其他项目组的补充添加,还有收集的国内外的有关天然气水合物的相关图册、科研报告、研究成果等);

(4)属性数据 包含三维场景中各类实体的属性信息;

(5)地图服务^[9] 为了增强数据的扩展性,应可加载第三方发布的各类地图 Web 服务,如 WMS、WFS 和 WCS;

(6)检索数据 用于存储检索到的相关数据;

(7)索引数据 用于存储检索到的相关数据索引。

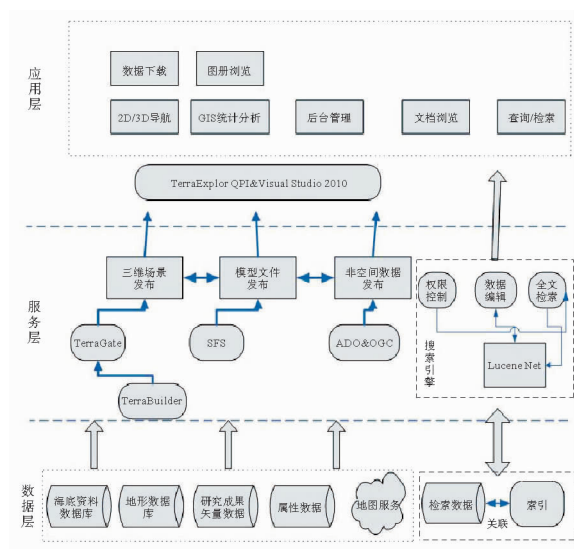


图 1 天然气水合物战略图服务组件的框架设计图

Fig. 1 The framework of Service Components to Gas Hydrate Strategic mapping

1.2 技术路线

天然气水合物战略形势图服务组件系统主要解决的问题是实现数据的可视化和共享,其基本思路是收集天然气水合物相关数据,进行预加工处理导入天然气水合物地理数据库中(该数据库以 Oracle 和 ArcGIS 共同管理),在此基础上基于 Skyline Globe 软件、海量图层显示技术、GIS 技术实现成果的三维显示(图册浏览)、文档浏览、全文检索(相关科技论文的检索)、GIS 导航、GIS 统计分析、数据下载、后台管理(数据的交互实现)等功能,技术路线如图 2 所示。

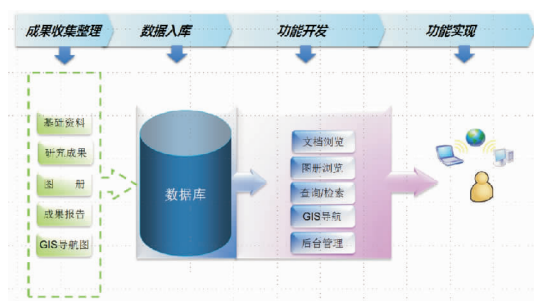


图 2 天然气水合物战略形势图服务组件系统技术路线图

Fig. 2 Technological flowchart of the service components to gas hydrate strategic mapping

2 组件的设计与实现

2.1 数据预处理与数据库建设

天然气水合物战略形势图服务组件的目的之一是以直观的方式(二维或三维)实现天然气水合物研究成果的展示,而用于展示的图片都是矢量图形和属性数据,同时可以对图形进行再编辑和再共享(系统的交互功能),所以图片数据库的建设是该系统的重要组成部分。

为了解决数据异构、格式不统一的问题,需要依据数据库标准结构对其进行加工处理,以统一标准将数据导入到天然气水合物战略形势图服务组件的数据库中。天然气水合物战略形势图服务数据库的基本结构如图 3 所示。

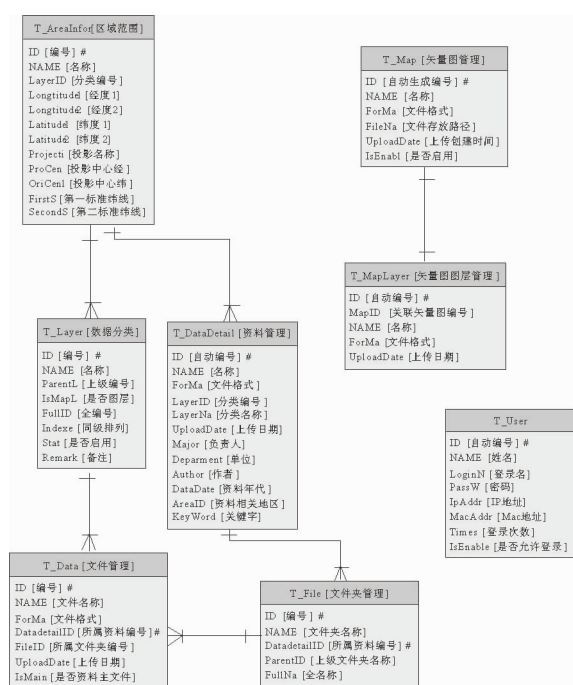


图 3 天然气水合物战略形势图服务数据库的 ER 图

Fig. 3 The E-R diagram of database of service components for gas hydrate strategic mapping

其中, T_AreaInfo 存储的是区域的相关信息,属于面要素类。T_Layer 是数据分类信息,每向数据库导入一个新数据时,此表就会记录其相关信息。T_Map 用于管理矢量图的相关信息,每当导入新图件时,相关资料必须记录此表中。而 T_MapLayer 用来实现新图件每个图层的相关记录。T_DataDetail 表中记录了导入资料的详细信息,包括数据格式、数据年代、负责人、单位等。对于较大数据的存储存在一定的困难,考虑服务器的运行速度,采用指定文件目录的方式存储,所以创建表 T_File,用户存储文件目录信息。天然气水合物战略形势图服务系统的数据库中除了存储图件数据还存储其他类型数据,例如.doc 格式或.pdf 格式,这些数据包括反映天然气水合物的前沿成果的期刊、论文和相关项目成果等, T_Data 表实现所有数据的管理。T_User 表作为用户管理来实现交互功能。

2.2 关键技术

2.2.1 战略形势图的三维展示

天然气水合物战略形势图服务组件主要强调

的是战略形势的三维展示;基于 Skyline Globe 软件搭建三维地理底图,整合丰富的专业图层(全球大地构造、地层、水深、油气资源等与天然气水合物赋存有关的专业图层),实现战略形势图的图层表达和自由组合(图层叠加、影像配准、图层自由组合)。利用 Skyline Globe 软件体系建设三维平台,可实现海底三维的立体展示,对领海基点、划界点线、条约线等也直观再现。

(1) 基于 Skyline Globe 软件搭建三维场景

Skyline 是全球领先的基于 GIS、RS、GPS 和虚拟现实技术的三维空间地理信息可视化软件,集数据处理、数据展示、数据分析应用及网络发布于一体。Skyline 主要由 TerraBuilder、TerraGate 和 TerraExplorer 和 Streaming Feature Server(SFS)组成。TerraBuilder 按照精确的三维地理信息模型将大量的影像、高程和矢量数据集中在一起并建立三维地理信息数据库^[10]; TerraGate 是一种强大的网络数据服务器技术,能够实时传输三维地理地形数据,通过流方式,地形传输服务器能够同时向数以千计的客户传送三维地形数据;TerraExplorer 是一个桌面应用程序,使用户科研浏览分析空间数据,并可以对其进行编辑,也可以在上面添加三维或者是三维的物体、路径、场所意见地理信息文件。SFS 可以通过网络以流的方式实现高效的从 ORACLE 空间数据库、ArcSDE、SQL 等中读取矢量数据^[11]。

(2) 整合丰富的专业图层

天然气水合物战略形势图服务组件的核心数据是全球大地构造、地层、水深、油气资源等与天然气水合物赋存有关的专业图层,这些专业图层数据主要来自本单位业务项目组、相关单位、相关领域的学术期刊和新闻报道等。一是根据数据库建设结构的标准要求(解决异构问题,以便实现共享),二是方便实现 WebGIS 的在线发布、浏览和再编辑,需要整理加工成.shp 格式,包含矢量图形和属性数据。

(3) 实现战略形势图的图层表达和自由组合

对战略形势图的图层进行叠加、配准和自由组合,主要是实现以下几个方面的功能展示(常见关注点):

①全球天然气水合物远景区、发现点、勘探站位和钻孔的位置确定;

②各国的天然气水合物计划和水合物试采结果、天然气水合物资源潜量的统计;

③天然气水合物相关的已知地质灾害的发生地点和特征描述;

④其他与天然气水合物发现有关的地质情报资料(热流、泥火山、冷泉等已发现)的分布。

2.2.2 基于 Lucene.Net 的全文检索技术

天然气水合物战略形势图服务组件的另一个目的是能够实现相关科技论文的全文检索,并能实现最新科技期刊论文的推送,所以该系统需求融入全文检索技术,来更好地实现其功能。本文采用基于 Lucene.Net 的全文检索技术来实现检索功能。

Lucene.Net 是 Lucene 基于 Apache 基金 jakarta 的项目 Lucene 的二次开发,能够在 .Net 环境下应用 Lucene 的全文索引和检索功能^[12]。如图 1 所示的搜索引擎为上层应用提供数据编辑、查询和权限控制接口,实现数据访问和权限控制。其中,权限控制使用基于角色的访问控制模型^[13],实现用户管理、角色管理以及权限管理等功能;数据编辑是对数据进行加密存储和增删改操作,构建全文索引,并维护数据与索引的一致;全文检索实现检索功能,并结合权限控制返回满足应用安全需求的结果列表。

2.2.3 海量数据快速显示

海量图形的快速显示技术能够确保多图层调用的流畅度和快速性。针对图片数据和地形、影像数据快速流畅的显示,本文分别采用瓦片技术和图形处理器(Graphics Processing Unit, GPU)技术。

(1)数据金字塔结构分级管理

针对图片数据的显示,该系统采用瓦片地图方案实现,国内流行的互联网在线地图服务均采用此技术^[14]。瓦片技术通过金字塔模型构建地图缓存库,瓦片金字塔模型技术是指先将数据库中空间数据生成的地图数据文件按指定尺寸和指定格式切成若干行或列的矩形图片(即地图瓦片,简称瓦片),再采用分级、分块的金字塔模型构建多尺度缓存地图库,并存储在服务器端^[15]。由于本文数据直接服务于管理系统应用,而管理系统以纹理应用为主,考虑到访问“经济性”,数据分幅规格定为 256×256 ;分级原则是每降一级数据分

辨率为上级分辨率的 0.5 倍,采用金字塔结构分级管理办法可以最大提升地形数据的显示效率。鉴于后期管理系统对分幅瓦片数据重新拼合的需求,各分幅数据四边都留一个网格与周边 4 幅数据重叠,从而保证重采样时网格的连续性。

(2)图形处理器技术与大规模并发数据组织

针对地形与影像数据,该系统采用 GPU 技术实现。系统对地形与影像数据的利用成功与否很大程度上依赖于数据提供的效率,而鉴于地形、影像、图像等数据的海量规模,如果用传统的线性访问与处理办法很难满足管理系统的高速、高效数据需求。因此,本文采用了已经广泛成熟运用的大规模并行计算技术对地形与影像数据进行访问处理,处理包括变分辨率重采样、给定色标序列对地形进行渲染或光照渲染、倾斜视角下的多重分辨率纹理计算等^[16]。同时,本文采用给定范围和给定分辨率对地形数据进行重采样的并行计算采用 CUDA(Compute Unified Device Architecture)计算架构(NVIDIA 公司推出的通用并行计算架构),该架构将 GPU 作为 CPU 的协处理器,采用了与标准 C 语言完全兼容的开发环境^[17],基本思想是尽量地开发线程级并行,这些线程能够在硬件中被动地调度和执行。

3 实例展示

基于 Skline Globe 软件的 GIS 三维空间展示技术和海量数据快速显示技术,结合现有收集并入库的数据,首先进行数据的预处理,将数据转化成图层数据,并做好质量控制(主要通过自检、互检和约束键的设置),同时完成了基于 Lucene.Net 搜索引擎的全文检索功能,部分显示效果如图 4 所示。

4 结论与问题

基于 Lucene.Net 搜索引擎创建了天然气水合物战略形势图服务组件的全文检索功能,利用基于 Skyline Globe 软件的 GIS 三维空间展示技术和海量数据的快速显示技术,实现天然气水合物相关数据的可视化展示功能。研制的天然气水合物战略形势图服务组件系统能够对现有研究成

果进行直观的、高效的可视化展示,同时能够实现各项目组的共享,为专题研究提供更好的平台。

但是,该系统可视化效果上需要进一步美化,数据共享机制模块需要进一步扩展。

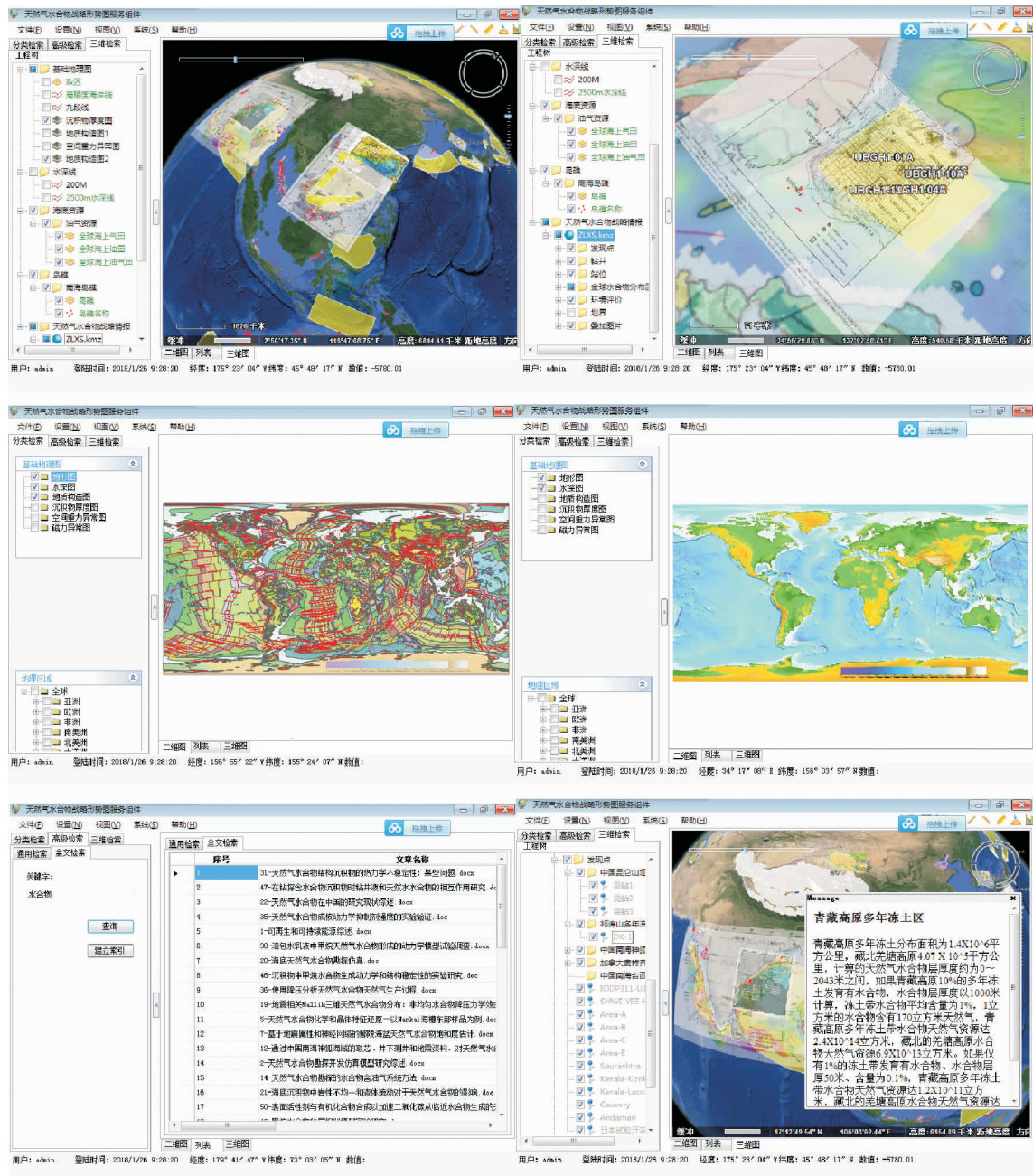


图 4 天然气水合物战略形势图服务组件显示效果图

Fig. 4 Display of the service components for gas hydrate strategic mapping

参考文献:

- [1] 吴能友,张光学,梁金强,等. 南海北部陆坡天然气水合物研究进展[J]. 新能源进展,2013,1(1):80-94.
- [2] Yu X H, Wang J Z, Liang J Q, et al. Depositional charac-

teristic and accumulation model of gas hydrates in northern South China Sea [J]. Marine and Petroleum Geology. 2014, 56(3): 74-86.

- [3] Wang X J, Lee M, Collett T, et al. Gas hydrate identified in sand-rich inferred sedimentary section using downhole

- logging and seismic data in Shenhu area, South China Sea [J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2014, 51(2): 298-306.
- [4] Janicki G, Schlüter S, Hennig T, et al. Simulation of sub-sea gas hydrate exploitation [J]. *Energy Procedia*, 2014, 59: 82-89.
- [5] Sun Y H, Lü X S, Guo W. A review on simulation models for exploration and exploitation of natural gas hydrate [J]. *Arab J Geosci*, 2014, 7(6): 2199-2214.
- [6] Zhao J F, Zhu Z H, Song Y C, et al. Analyzing the process of gas production for natural gas hydrate using depressurization [J]. *Applied Energy*, 2015, 142: 125-134.
- [7] 魏合龙, 孙治雷, 王利波, 等. 天然气水合物系统的环境效应[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2016, 36(1): 1-13. DOI: 10.16562/j.cnki.0256-1492.2016.01.001
- [8] 唐涛, 陈宏宇, 梁磊, 等. 基于 Skyline 的三维数字城市系统设计与实现[J]. *地理空间信息*, 2016, 14(2): 31-33.
- [9] 陶刚, 池天河, 郑桂香. 基于 Skyline 的网络三维 GIS 建设及应用[J]. *测绘科学*, 2011, 36(6): 219-221.
- [10] 邓洁, 夏春林, 王润芳. 基于 Skyline Terrasuite 的城市三维景观的建立[J]. *遥感技术与应用*, 2008, 10, 23(5): 529-532.
- [11] 李佼, 吴健平. 基于 Skyline 的三维空间数据网络发布[J]. *测绘科学*, 2010, 35(2): 183-185.
- [12] 谭文堂, 贺明科, 李阜. 基于 Lucene.net 的分布式全文检索系统[J]. *计算机应用与软件*, 2009, 26(9): 142-145.
- [13] 武毅, 钟志农. 基于 Lucene.Net 的安全信息系统全文检索引擎的设计与实现[J]. *计算机与信息技术*, 2011(Z2): 5-7.
- [14] 许虎, 聂云峰, 舒坚. 基于中间件的瓦片地图服务设计与实现[J]. *地球信息科学学报*, 2010, 12(4): 562-567.
- [15] 殷君茹, 侯瑞霞, 唐小明, 等. 基于瓦片金字塔模型的海量空间数据快速分发方法[J]. *吉林大学学报: 理学版*, 2015, 53(6): 1269-1274.
- [16] 陈召曦, 孟小红, 郭良辉, 等. 基于 GPU 并行的重力、重力梯度三维正演快速计算及反演策略[J]. *地球物理学报*, 2012, 55(12): 4069-4077.
- [17] 方留杨, 王密, 李德仁. CPU 和 GPU 协同处理的光学卫星遥感影像正射校正方法[J]. *测绘学报*, 2013, 42(5): 668-675.

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF THE SERVICE COMPONENTS FOR GAS HYDRATE STRATEGIC MAP

SONG Huairong, LIN Feng*, WEI Helong, SU Guohui

(Qingdao Institute of Marine Geology, China Geological Survey, Qingdao 260071, China;

Key Laboratory of Marine Hydrocarbon Resources and Environmental Geology, Ministry of Land and Resources, Qingdao 260071, China; The Key Laboratory of Gas Hydrate, Ministry of Land and Resources, Qingdao 260071, China)

Abstract: In order to promote data utilization and visualization in the exploration and development of natural gas hydrate, the concept of functional module combination is proposed in this paper. The functional unit is combined together with the GIS and full-text search technology to form an integrated framework of the service component system for gas hydrate strategic mapping. Based on the data type and layer combination, we proposed a development mode based on C/S architecture and components, and used GIS technology, skyline software and massive graphic display technology to design the system. Case study suggests that the service component system is successful and effective for gas hydrate strategic mapping.

Key words: gas hydrate; strategic map; service components; Skyline Globe; full text search; massive data; quick display