

基于 GIS 的天然气水合物数据管理系统及应用

曾繁彩, 李绍荣, 陈宏文, 王刚龙

(广州海洋地质调查局, 广州 510760)

摘要:利用大型数据库技术、地理信息系统技术、网络技术对南海海域天然气水合物调查研究获得的数据建立空间数据库, 应用 GIS 技术实现空间数据采集、数据录入、数据的空间转换、数据处理和分析、数据统计查询、制图输出等功能, 介绍了南海海域天然气水合物数据库的设计、地理数据库框架的建立、系统的开发及数据整合与入库的过程, 阐述了 GIS 技术在天然气水合物数据库建设中的应用及数据管理系统的功能。

关键词:GIS; 天然气水合物; 空间数据库; 管理系统; 应用

中图分类号:P744

文献标识码:A

文章编号:0256-1492(2010)05-0153-06

利用大型数据库管理系统软件平台对天然气水合物调查及评价的成果资料和数据建立空间数据库, 应用 GIS 技术实现空间数据采集、数据录入、数据的空间转换、数据统计分析、空间数据处理和分析等功能。管理的数据内容包括物探调查和海底取样、水深数据、地震反射层的解释结果数据、磁力和重力数据、各项地质样品测试数据、各种现场/原位测试数据等, 按设计好的数据库结构和统一格式要求进行转换录入到能够管理海量数据的数据库系统中, 实现数据的集中、规范管理, 并利用开发的应用系统对数据进行查询、检索、处理分析, 自动生成各种所需的专题图件, 满足天然气水合物资源综合研究、资源评价、勘探开发决策的需要, 提高地勘、科研工作效率和成果水平。

1 系统需求

1.1 总体需求

天然气水合物调查研究数据资料的种类繁多, 格式多样, 数据量大, 应用范围广, 因此, 总体需求分析包括如下 6 个方面^[1]:

(1) 规模: 按企业级数据库系统构建, 采用企业级地理信息系统、数据库管理系统、操作系统。

(2) 网络: 构建海洋地质数据专用网, 主干传输速率为千兆的网络系统。

(3) 存储设备: 要求配置高速、可靠、容量大的存

储系统。

(4) 安全: 在网络系统、操作系统、数据库管理系统、应用系统等級別上采取相应安全措施, 防止非法入侵和非法获取数据。

(5) 用户: 基础数据库面向从事天然气水合物地勘科研工作的科技人员, 成果数据库除面向科技人员外, 还面向从事天然气水合物管理、决策人员及社会相关部门的人员。

(6) 应用: 基础数据库的数据资料可应用于海洋水合物地质调查等, 而成果数据库可为后续项目、国家海洋天然气水合物战略资源决策、海洋权益、国家经济建设服务。

1.2 数据源

数据来源主要是天然气水合物调查研究工作中取得的资料和数据, 内容有: ①各类电子文件(海底照片、地形地貌影像图等); ②调查工作基本信息, 如各种调查测线、站位、取样、海底照相等情况; ③与水合物资源评价相关的数据, 如水合物藏、BSR、海底沉积物类型分布、地球化学数据、水合物标志物、地层、地貌等的数据, 以空间数据和属性数据形式采集入库管理。从数据库概念看, 共有三类实体: 调查活动、调查成果、电子文件。其中调查成果是数据库的重要内容, 是对构造、沉积物、地貌、水合物发现等实体的空间形态及其属性的描述。各种实体的关系如图 1 所示。

1.3 数据库需求

选择数据库管理系统时应从以下几个方面考虑^[3]:

(1) 构造数据库和程序开发的难易程度;

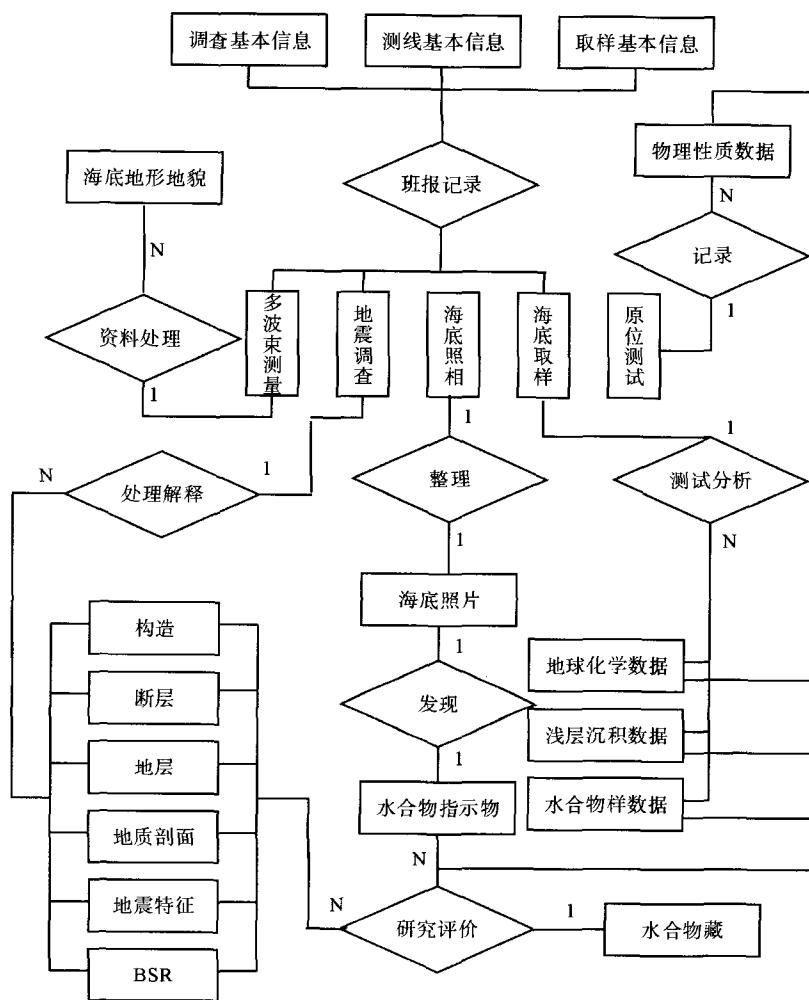


图 1 水合物数据实体间关系模型

Fig. 1 E-R Model for gas hydrate data

- (2) 数据库管理系统的性能分析；
- (3) 对分布式应用的支持；
- (4) 并行处理能力和并发控制功能；
- (5) 可移植性、可扩展性和数据完整性约束；
- (6) 容错能力；
- (7) 安全性控制；
- (8) 支持汉字处理能力。

根据数据库需求分析和 Oracle 的优势, 我们选择的数据库管理系统为 Oracle 9i。

2 系统设计

2.1 系统的逻辑设计^[3]

硬件由安装数据库管理系统软件的服务器、安装空间数据库引擎的服务器和存储系统组成。出于安全性考虑, 硬件配置采用了冗余技术。数据库管

理系统担负着全局数据库的管理, 采用双服务器系统配置, 两台服务器执行相同的工作, 在一台服务器出故障的情况下, 另一台服务器自动接替工作。空间数据库引擎单独安装在一台服务器上, 分担数据库服务器的负担。存储系统采用目前先进的 SAN 存储区域网络技术, 存储系统与有服务器之间是双通道通信。双通道、双光纤交换机、双光纤磁盘阵列、双数据备份, 能有效保证数据库的安全。

数据库系统软件架构可分为前端、中间和后端三部分。

后台数据库管理系统采用目前世界上公认的、国内许多大型数据库系统采用的美国甲骨文公司 Oracle 数据库管理系统。

中间主要有空间数据库引擎、网络地图服务器或某些中间件软件。建议采用国外著名的地理信息系统软件 ArcGIS 和国内著名的地理信息系统软件 MapGIS 配套的空间数据库引擎和网络地图服务器。

前端软件有4种:一是现成的商品化地理信息系统软件例如ArcGIS的ArcInfo,国产的MapGIS等,直接用地理信息系统软件进行建库、数据处理、数据库维护工作;二是用户进行二次开发的数据库维护和应用系统;三是网页浏览器,通过访问网络地图服务器用浏览网页方式查询空间数据库;四是商品化的或用户开发的专业研究的应用软件。

2.2 数据库的结构设计

包:是逻辑上可归并到一类的数据集合,在UML类图中它起着数据分类和归并作用,在ArcGIS数据库模式中,它对应工作空间(workspace)或数据集(dataset)。

要素类(含图形的数据表):除了属性数据表外,还含有要素对象的空间几何形状信息、空间参考、习性。在ArcGIS中要素类对应含有SHAPE对象的数据表,工区、物探测线、取样站位、地质体等均用要素(feature)表示。

数据表:定义字段的类型、缺省值、唯一性、值域、与其他表的联系。表中不含SHAPE对象,实验测试数据等不直接与空间数据关联的数据用数据表(table)来表示。

关系类:源和目标类通过关键字段建立联系。

提供读写权限、参考完整性、关系规则、版本管理。表示各种数据之间的联系。

在ArcCatalog中利用CASE工具自动生成数据库框架结构,包括生成数据集、生成要素类和关系类(图2)。

3 系统开发

3.1 系统的软硬件环境

软件环境 操作系统:采用NT操作系统和Solaris操作系统;不同类型的操作系统通过TCP/IP协议实现异构系统的连接;

数据库管理系统软件采用ORACLE软件;

地理信息系统软件采用ArcGIS(含Spatial Analyst扩展件)和MapGIS。

开发语言环境为VB;开发工具采用ArcGIS的Enging组件和MapGIS开发组件^[4-5]。

成果图件及数据的发布:采用ESRI(美国环境系统研究所)的ArcIMS(Internet Map Server)互联网地图服务器开发,实现成果图件和数据发布。

硬件环境 由服务器和存储系统组成。空间数据库引擎单独安装在一台服务器上,分担数据库服



图2 自动生成的水合物数据库框架结构
Fig. 2 The framework of the gas hydrate database

务器的工作。存储系统采用目前先进的 SAN 存储区域网络技术,存储系统与服务器之间是双通道通信。双通道、双光纤交换机、双光纤磁盘阵列、双数据备份,能有效保证数据库的安全。

以太网络环境,数据库管理系统安装在 HP 系列的服务器上。ArcInfo 安装在 SUN 工作站上,安装应用软件的客户机为 WINDOWS 操作系统的 PC 机。工作站和服务器均要求具有百兆及以上输出速率,到客户机的速率也要求百兆及以上传输速率。另外需要大图幅彩色扫描仪、A0 幅彩色绘图仪、交换机、磁盘阵列柜等设备。

开发的数据库系统涉及大型数据库技术、网络技术、地理信息系统技术的应用,采用 COMGIS、WEBGIS、数据库的 SPATIAL、SDE 等在大型信息管理系统中使用的先进技术,采用多种软件工具、数据接口多样,开发完成后的系统将是企业级的、大型的、数据类型多样的、由多个功能集成的、扩充性好的系统(图 3)。

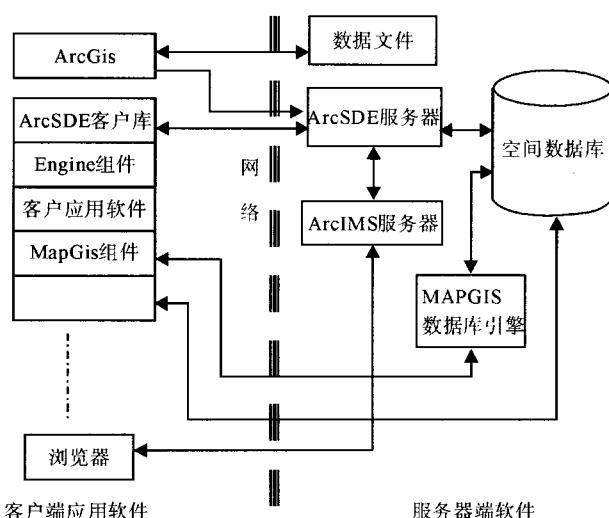


图 3 天然水合物数据库系统总体结构

Fig. 3 Overall system chart

3.2 系统的开发方法

本系统采用 ArcGIS Engine 组件和 VB 语言开发环境进行开发工作,通过 ESRI 提供 SDE 空间数据引擎,实现地理信息系统与数据库管理系统的连接。利用 MapGis 提供的二次开发组件实现对 MapGIS 图形文件中的图形进行空间数据采集录入。属性数据统计功能尽量用 ORACLE 提供 PL/SQL 语言开发在数据库管理系统后台执行的触发器、存储过程来实现,减少网络传输的数据量,提高

系统运行性能。

3.3 地理数据库的建立与数据入库

Geodatabase 地理数据库的建立步骤是:在 ArcGIS 中新建 Geodatabase 数据库并按照设计好的数据库结构方案定义地理数据库的参考空间、数据表字段、表之间关系、拓扑关系规则等^[6]。每个要素类使用统一的空间参考,设置地理数据库的空间参考,包括坐标系、投影及参数、空间范围、格网大小等。这些都会影响数据追加、数据显示、数据索引等功能的实现。

数据库建设涉及的接口主要是数据接口。本数据库建设工作是在商品化的 Oracle 数据库管理系统和 ArcGIS 地理信息系统软件平台上开展的,这些商品化软件提供了非常丰富的数据接口,不需专门设计用户的数据接口。但是,我们规定用 geodatabase 地理数据库格式进行建库工作,这是约定的系统间数据交换的统一接口。

根据水合物资源调查和研究工作情况,输入本系统的数据形式主要有两类:空间数据和属性数据(图 4),空间数据有 MapGIS 图形数据文件、ArcGIS 支持的图形数据文件、含地理坐标的文件,对于纸质图件上的图形可先利用 MapGis 软件数字化输入生成 MapGIS 数据文件;属性数据包括由某些应用软件或数据库系统输出的 Excel 电子表格和以行列方式排列的属性数据的文本文件,以及通过手工从纸质资料上收集的数据。

4 系统应用

4.1 系统的功能模块

系统功能模块如图 5 所示:

(1)文件操作:主要功能是打开和关闭工作空间,保存编辑或修改的工作空间。

(2)数据输入:GIS 地图数据和文本数据的录入,数据自动导入导出功能,及数据库进行的属性数据的修改。

(3)地图操作:提供基本的放大、缩小、平移、全图、刷新、恢复等功能,提供清晰的地图操作界面和地图操作快捷方式。

(4)图层控制:加载和移出您所需要查询编辑本地图层以及 sde 图层,提供单个图层、子库内所有图层、全库图层的导出。

(5)多源信息综合查询显示:提供从属性数据查

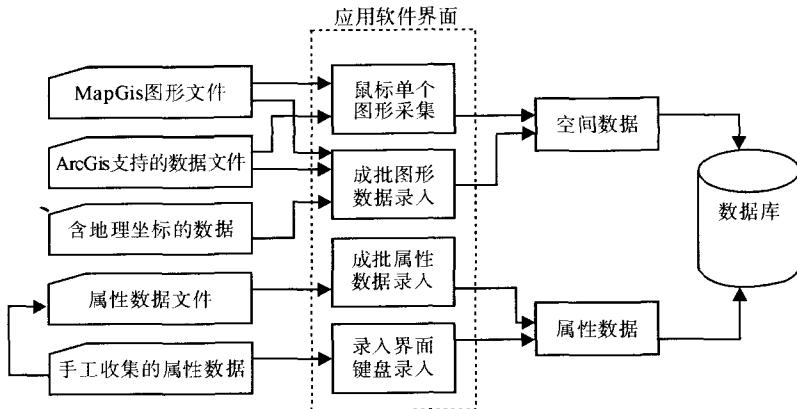


图 4 空间和属性数据录入流程

Fig. 4 A flow chart showing the spatial and attributive data entry

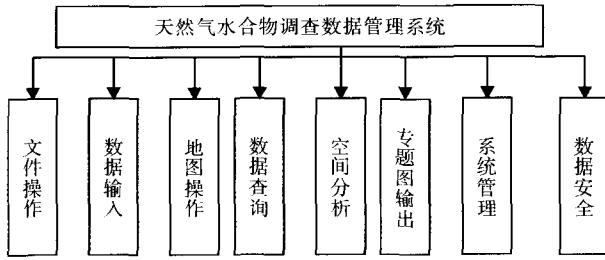


图 5 天然气水合物数据库系统功能模块图

Fig. 5 Function chart of the system

找空间数据(图形数据)和从空间数据查找属性数据的功能。查找到内容可以电子文件、表格(属性数据)、图形数据(空间数据)等形式输出。海上调查活动信息和各种属性数据均可以电子表格或录入格式显示输出。空间数据按图层或关联的属性数据分类,以图形显示、打印、文件导出等形式输出。

(6)空间分析:地图上的距离量算,求合计、平均值等数据统计,空间数据、缓冲区分析等。利用地理信息系统的空间数据处理和叠加分析功能,实现各种资料、信息和数据的叠加,各种数值的统计量算、数据的空间变换、图幅拼接和裁切等,为研究者提供多种数据资料综合分析的工具和编制专题图的工具。支持矢量型数据和栅格(网格)数据两种空间数据的处理和分析。综合分析各种资料得出水合物资源潜在的分布区域或有利赋存区或远景区;对水合物矿藏或稳定带进行量算,结合各种参数计算出其水合物资源量。

(7)专题图输出:按用户圈定的地图范围、选择的地图要素、内容输出专题图。专题图包括南沙海域海底地形图、南沙海域天然气水合物资源调查测线图、站位图、BSR 分布图、资源远景等级分类图

等。

(8)数据安全:提供系统环境设置、用户管理、数据权限管理、数据备份、数据恢复、数据访问日志管理等。

还可利用 IMS 互联网地图服务器提供各种成果资料的发布,包括成果图、文字报告、属性数据等。

4.2 海量数据存储和管理

海洋天然气水合物调查的基础调查数据和成果数据特别庞大,目前已经超过 1TB 容量,而且以后每年都将以一定的速度递增。采用构筑在 ORACLE 和 ArcSDE 空间数据库引擎之上的体系架构,通过 ORACLE 关系数据库系统对数据的创建、编辑、访问和查询等强大功能的支持,管理系统可以高效地管理海量的海洋水合物调查数据。

4.3 系统的开放性

管理系统在设计时,坚持开放性原则。在属性数据管理方面,提供了属性数据的多元数据接口,可以对常规的数据库提供支持,也可以将其他系统的属性数据导入系统,与地图的空间数据对接后供用户使用。在空间数据方面,系统支持目前常用的两种地图格式——MAPGIS 和 ArcGIS 格式。可以对这些空间数据通过导入导出支持,并支持不同的地图投影、空间数据库(数据集)。对于属性数据,提供 excel 和 .csv 两种数据的导入导出接口。

由于系统是基于 ArcEngine 开发的, ArcEngine 是 ArcObjects 组件跨平台应用的核心集合,它提供多种开发接口^[7]。Engine 工具开发包是一组制图组件和开发资源,用户可以在现有的应用程序上添加动态的地图和 GIS 功能,非常方便地开

发自己的业务模块,研发出全新的定制化地图及GIS解决方案^[8],并与现有系统集成在一起实现功能的扩展。

5 结论

(1)利用GIS和ORACLE系统平台对天然气水合物调查研究的物探、化探、海底取样、水深数据、BSR、磁力和重力数据、地质样品测试数据、各种现场/原位测试数据等建立空间数据库,利用GIS技术实现空间数据采集、数据录入、数据的空间转换、数据统计分析、空间数据处理和分析、制图输出等功能,建立的数据库实现了数据的统一平台、统一格式、统一标准和规范、集中管理。

(2)在建库基础上加强客户端开发应用,利用空间分析进行水合物资源远景评价地震剖面可视化,运用ArcIMS互联网地图服务器实现各种成果资料的发布、空间数据和属性数据的查询浏览服务,有助于提高天然气水合物资源研究、编图、管理和评价的水平,有助于提高天然气水合物调查研究部署的辅助决策能力。

致谢:本文在写作过程中,得到了付宗堂副教授、杨胜雄教授(总工)的悉心指导和大力帮助,广州海洋地质调查局数据中心和资料室提供了大量数据资料。在此作者一并向他们致以最诚挚的敬意和感谢!

参考文献(References)

- [1] 李绍荣.我国海域天然气水合物资源勘探开发数据库建设设计[R].广州海洋地质调查局,2003. [LI Shaorong. The Design of Exploration and Development Database on Gas Hydrate in China Sea[R]. Guangzhou Marine Geological Survey, 2003.]
- [2] Database Trends and new technologies[EB/OL]. 2007-04-08. <http://www.cnitblog.com/watermelonbig/articles/10770.html>
- [3] 王刚龙,陈宏文,李绍荣.基于ArcGIS的水合物调查数据管理系统的建设[C]//南海地质研究,2008: 99-107. [WANG Ganglong, CHEN Hongwen, LI Shaorong. Design of gas hydrate survey database management system based on ArcGIS[C]// Geological Research of South China Sea, 2008: 99-107.]
- [4] Technology Documents from ESRI Support[EB/OL]. <http://www.esri.com/library/>
- [5] Technology Documents of MapObjects [EB/OL]. http://www.esri.com/devsupport/devconn/map_objects/techdocs/
- [6] Richard L Church. Geographical information systems and location science[J]. Computers & Operations Research, 2002, 29: 541-562.
- [7] 何建国.基于ArcGISEngine的城市基础地理信息数据库系统开发研究[J].测绘科技,2007,32(4):144-146. [HE Jianguo. The development and research of urban basic information database system based on ArcGISEngine[J]. Technology of Surveying and Mapping, 2007, 32(4): 144-146.]
- [8] 冯涛.基于ArcGISEngine的城镇土地定级估价系统[J].计算机工程与设计,2007,28(11):2733-2735. [FENG Tao. Decide-grade and appraisal of town land system based on ArcGIS Engine[J]. Computer Engineering & Design, 2007, 28(11): 2733-2735.]

THE MANAGEMENT SYSTEM OF THE GAS HYDRATE DATABASE BASED ON GIS AND ITS APPLICATION

ZENG Fancai, LI Shaorong, CHEN Hongwen, WANG Ganglong
(Guangzhou Marine Geological Survey, Guangzhou, 510760)

Abstract: The paper deals with the scientific management system for the spatial database of gas hydrate in South China Sea based on GIS and ORACLE. Functions such as gathering, recording, spatial transforming, computing, disposing, and analyzing spatial data can be actualized with the system. The whole process from design to construction of the gas hydrate database of South China Sea using GIS, is introduced in this paper.

Key words: GIS; Gas hydrate; Spatial database; Management system; Application