

基于 VRGIS 的数字石油的构建*

——以长庆油田第四采油厂为例

李宏静¹, 王建力¹, 霍晓斌², 李开明³

(1. 西南大学 地理科学学院, 重庆 400715; 2. 西安煤航信息产业有限公司遥感科技分公司, 陕西 西安 710054; 3. 空军工程大学 电讯工程学院, 陕西 西安 710079)

摘要:随着油田开发管理水平的提高和计算机图形图像学、空间信息技术以及相关学科的发展,使得应用虚拟现实地理信息系统(VRGIS)技术对油田进行三维显示和信息化管理成为可能。基于此,以中国石油总公司长庆油田第四采油厂为例,利用数字高程模型和遥感图像及油田勘探空间数据、属性数据等构建了包含油田各类相关信息的三维动态可视化软件系统。该系统基于 VB 汇编语言,利用 Skyline 公司的 Terra Builder 和 Terra Explorer Pro 软件实现道路、电力线路、输油(水)管线、采油、注水设备信息及其所处位置地形地貌及相关地质现象的展示、浏览,相关属性信息的查询,同时还可以进行常规的三维空间分析。

关键词:虚拟现实;数字石油;skyline;三维建模

中图分类号: P 208;P 209

文献标识码: A

文章编号: 1007-9394(2009)01-0008-04

Construction of Digital Oil Field Based on VRGIS—A Case Study of the Fourth Oil Production Plant of Changqing Oil Field

LI Hong-jing¹, WANG Jian-li¹, HUO Xiao-bin², LI Kai-ming³

(1. College of Geographical Science, Southwest University, Chongqing 400715, China; 2. Xi'an Mehang IT Corporation Remote Sensing Science & Technology Subsidiary, Xi'an Shanxi 710054, China; 3. Institute of Telecommunication Engineering, AFEU, Xi'an Shanxi 710079, China)

Abstract: With the improvement of oil field information management and the development of computer graphics, spatial information technology, as well as related disciplines, it is possible that oil field can be displayed by 3D technology and managed by information using VRGIS technology. In the background of "Digital Earth", the constructed digital oil field can acquire and manage spatial information. Based on spatial data, it can do roundly analysis on space and attribute data, so users can obtain related information conveniently and quickly. Through auto-generation function of ground model and 3D spatial processing module, it makes the virtualized presentation and analysis come true, thereby provides convenient and efficient methods for leaders' decision. Taking the fourth oil production plant of Changqing oil field for example, a 3D dynamic visualization system was built by using DEM, DOM, spatial data of oil exploration and attribute data. It contained many kinds of information about oil field. The road, pipelines, production equipment and the geomorphology of them could be displayed, skimmed and queried; in the meanwhile, it also implemented some spatial analysis. Based on the VB program language, this system uses the Terra Builder Explorer Pro software, which was produced by Skyline Software Company. The digital oil field, integrated RS, GIS and VR, with the incomparable advantage to the traditional 2D Geographic Information System, will exert deep influence on resource optimization, environmental governance, infrastructure construction and oil field sustainable development.

Key words: virtual reality (VR); digital oil field; skyline; 3D modeling

* 收稿日期:2008-12-25

基金项目:重庆市院士基金项目(2003-7835);重庆市自然科学基金计划项目(CSTC,2007BB746)

0 引言

虚拟现实(VR)技术^[1]实际上是一种可创建和体验虚拟世界并由计算机生成的仿真系统。它主要提供一种模拟现实的操作环境,使用户具有仿佛置身于现实世界一样的临境感;同时,可以通过人机对话工具交互地操作虚拟现实中的物体^[2]。这样不仅可以使用户沉浸于虚拟现实环境中,还可以查询、浏览以及分析虚拟现实中的物体,如地形、地物、资源环境状况等,辅助用户进行分析、评价、规划或决策^[3]。

虚拟现实(VR)具有沉浸性、交互性和想象力等特点,目前该技术已经成功运用到了城市规划、电力系统、建筑等领域^[4]。如何将其运用于油田信息管理成为目前研究的热点。数字石油是在“数字地球”的理论基础上发展起来的,针对油气勘探开发和油田管理决策所做的信息化服务系统。在建立油田生产和管理流程优化应用模型的基础上,利用虚拟现实技术对数据实现可视化 and 多维表达,并且通过智能化分析模型,为企业的经营管理提供良好的信息支撑环境。用户可以从计算机模拟的三维场景中多角度查看现实中的地物、油井等,并可以查询相关属性信息,借助多种表达方式,如:文字、图片、音频、视频等全方位为用户提供辅助决策。

西安煤航作为全国煤炭系统唯一的从事地理空间信息产业的高科技单位,形成了独具鲜明特色的煤炭“3S”应用技术体系。近年来,煤航利用高分辨率遥感数据在定量遥感中的应用取得了丰富的成果^[5]。本文基于虚拟现实地理信息系统理论构建数字石油,并以中国石油集团大庆油田第四采油厂为例,采用 Skyline 公司生产的 Terra Builder 和 Terra Explorer Pro 软件为平台,进行数字石油信息系统研究,并以 VB 作为开发语言进行二次开发,系统界面友好,方便用户的使用。

1 长庆数字石油的构建

长庆油田第四采油厂采油作业区位于鄂尔多斯盆地陕北斜坡,地跨延安、榆林两市,靖边、安塞、横山三县。矿权范围约 8 039.66 km²,为红色线框内部区域(如图1),厂区管理绥靖、靖安和安塞油田的部分区块。长庆油田所在的陕北地区是中国能源发展的战略区域,也是中国“十一五”期间发展的战略重点之一。加快石油企业信息化进程有助于发挥陕西石油资源优势,把石油企业做大做强,实现石油产业和地方经济的可持续发展^[6]。

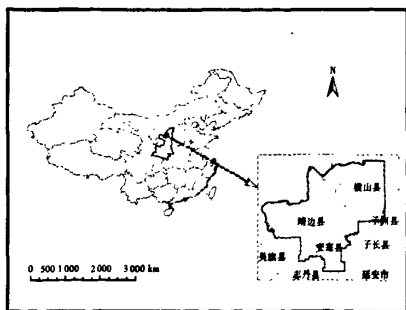


图1 采油四厂矿权范围图

Fig. 1 The fourth oil production plant borderline map

构建数字石油是一个复杂的工程,需要分阶段、分步骤来实施,确保系统功能的实现。图2是整个工程的技术路线图,从图中可以看到,工程主要分为3个步骤:

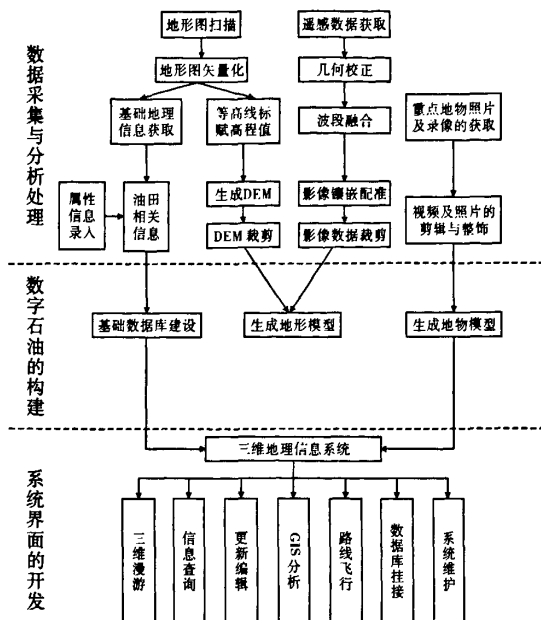


图2 技术路线图

Fig. 2 Technical route chart

1.1 数据采集与分析处理

地理几何数据模型是空间数据库模型最基础、最核心的部分^[7]。在这里,数据采集主要包括影像数据、DEM和相应的二维基础地理数据。同时,为适应虚拟现实的需要,还增添了照片、音频和视频信息的录入,方便用户直观了解采油四厂厂区内各注水站、集油站和油井的基本状况。

采油四厂矿权范围内采用法国 SPOT-5 卫星图像数据为遥感信息源,共用 3 景影像,其分辨率可达到 2.5 m,同时为了突出采油四厂在鄂尔多斯盆地中的位置,场景中在其外围添加了 15 m 分辨率的 ETM+ 卫星影像,以上影像数据在 ENVI 4.0 和 ERDAS 8.6 遥感图像处理软件中完成图像融合、几何精校正、数字镶嵌、波段合成、反差调整、地理配准、相关信息叠加、图像整饰等影像基础处理^[8,9];其次,为了使系统展示出来的三维影像景观更接近真实地表事物,整体效果符合人体的视觉感受,需要对卫星影像、航空像片进行调色处理,这一操作在 Photoshop 软件中完成,并最终将数据输出为 *.img 格式。

为使场景更加逼真,精度适宜的 DEM 数据必不可少。具体操作包括:首先,收集油田范围 1:5 万地形图,通过地形图扫描数字化提取高程数据,并标注高程属性信息,此过程在 WorkStation 6.5 中进行。其次,在 ArcGIS 9.0 软件中运用空间分析模块生成 TIN(不规则三角网)模型,最后,将 TIN 模型转换为栅格大小与影像相对应的 DEM(数字高程模型),并输出格式为 .img 的图像文件^[10]。

基础地理数据的录入是建立虚拟地理信息系统不可或缺的。从 1:400 万全国基础地理数据库中获取全国范围的省界、陕西省内县界;从收集的 1:5 万电子版地形图整理采油四厂范围内行政边界(乡镇边界)、主干道路、主要水系、山脉及河流名称标注、各级地名标注、面状居民地等二维矢量信息层。从 Access 2003 数据库中整理站、油井、水井名称及坐标,并将以公里网表示的坐标统一转换为经纬度坐标,用 ArcGIS 9.0 软件将其生成矢量点文件,并与相关属性数据完成链接。将输油、输水管线及电力线路依据野外 GPS 实地测量数据生成线文件,并带有

基本属性信息(起点、终点及其他信息)。需要注意的是,以上数据最终均在 Arcgis9.0 软件中完成格式转换,并最终存储为 .Shapefile 格式,为导入场景做准备。

1.2 数字石油的构建

该数字石油系统采用 Skyline 公司开发生产的软件进行创建。Skyline 软件是利用航空影像、卫星数据、数字高程模型和其它的 2D 或 3D 信息源,包括 GIS 数据集等创建的一个交互式环境。它能够允许用户快速地融合数据、更新数据库,并且有效地支持大型数据库和实时信息流通讯技术。此系统还能够快速和实时地展现给用户 3D 地理空间影像^[11]。Skyline 是独立于硬件之外、多平台、多功能的一套软件系统。该系统主要包含 3 个软件系列,TerraExplorerPro 软件系列对交互式真实影像三维环境进行编辑、标注和出版;TerraBuilder 软件系列可以迅速创建、编辑和维护三维地形数据库;TerraGate 软件系列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,是 3D 平台服务器软件^[12]。创建过程正是基于以上软件完成的,主要包括 3 个步骤。

1.2.1 油田数据库建设

数据库采用 Access2003 记录。由于各采油站点均未建设系统的开发数据库,且个别站点已有的小型报表系统及信息系统数据格式不一致,导致数据库结构不统一,不能直接被系统使用,因此需要整理和统一。属性数据库详细记录了各油井、水井、集输站的基础数据,同时记录了相关媒体、图片信息的存储位置。空间数据与属性数据通过唯一的 ID(井号)建立关联,实现在数据库中浏览、查询等功能。

将整理好的专题、地理要素导入到虚拟场景中,从而可以实现浏览管线、站场注记、地名、地域边界在油田区块中所处的位置,对各要素的位置信息有直观的反映。这一步在 Terra Explorer Pro 软件中完成。将数据以数据流的形式导入,可以减少内存使用量。通过调整最大最小显示海拔可以使某些要素在相应尺度下才得以显示,从而增加浏览速度。

1.2.2 生成地形模型

将 DEM 与影像进行叠加,在 Terra Builder 软件中完成,导入前需将 DEM 和影像统一转换成满足系统的全球通用坐标系,即 WGS84 投影坐标系(经、纬度),进而生成 .mpt 格式的场景文件。此步骤耗时较长,同时由于影像数据和 DEM 数据均比较大,对计算机的配置要求也比较高。场景制作完成后,数据量大为减少,由原来的近 60 G 减少到 3.66 G,可以减少对硬盘空间的占用。图 3 显示了 DEM 与影像叠加后的三维显示效果。

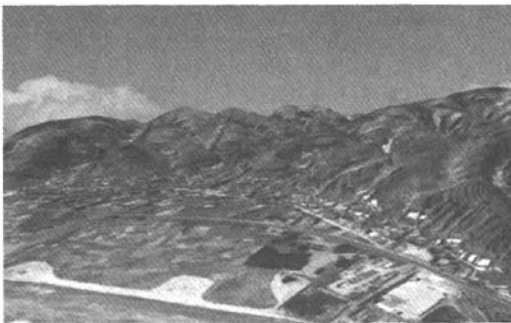


图 3 油田三维地形模型

Fig. 3 3D terrain model of oil field

1.2.3 生成地物模型

为了能够突出地表的重点地物(如采油厂、集油站、注水站

等),方便用户进行查询、浏览以及生产数据的录入,还需要对特征地物建立三维模型(见图 4)。本文运用 3D MAX 7.0 软件建立模型,依据为野外采集的照片和录像^[13]。为了更真实反映地物色彩和纹理,贴图采用在 Photoshop 中处理过的照片作为材质。在这里需要注意的是处理后的照片最好保存为 .JPG 格式,以减少数据量,同时图像的分辨率应调整为 2 的幂次方,图像的大小也应该尽量小于 100 KB。同时模型应尽量简单化,这是由虚拟现实的实时性要求决定的。在响应速度和场景的真实性发生冲突时,应牺牲一定的真实性,只要能在视觉上达到基本真实即可^[14]。模型建立后存为 .MAX 格式,经 Exploration 软件统一转换为三维模型的 directX 公开格式,然后还需在 TerraExplorerPro 软件专用的转换器 MakeXpl 中转换为 .xpl 格式以便在场景中进行添加。如果直接进行转换,导入到场景中贴图效果不佳,常常出现贴图反转的现象。最后还应进行模型优化,即确保所有模型的底部在水平面之上($Z=0$),在维持模型显示效果的前提下,使用尽可能少的点、面和多边形。

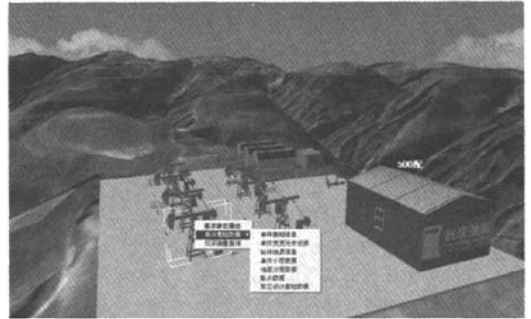


图 4 地物模型及相关属性查询

Fig. 4 Query of cultural model and their attribute

1.3 系统开发与功能实现

Terra Explore Pro 提供了一整套的 API,供二次开发使用,它提供了一些访问外部信息的方法,比如:数据库或矢量数据的。所有这些以 COM 协议为基础的界面都可以通过脚本语言管理,也可通过非脚本语言控制来开发。Terra Explore Pro 也可以设置 ActiveX 控件。它作为 ActiveX 控件通常被应用在可视化界面的 3D 窗口、信息树、导航图的操作。这里以 VB 编程语言为例,具体操作如图 5 所示。

在此基础上,实现 3D GIS 集成,建立采油工程数据信息查询、修改、更新、统计分析为一体的信息管理系统。系统界面如图 6 所示。主要实现以下 5 方面功能:

1.3.1 系统的打开、关闭和输出打印

系统可以将当前浏览窗口以图片文件(格式为 .tif)的形式输出和打印。

1.3.2 数据的编辑

为方便用户在今后的软件使用过程中可以进行个性化处理,系统提供了添加和删除控件,主要用于数据的更新和修改。包括图形数据和属性数据,还可以添加二维或三维的模型。

1.3.3 数据的浏览、查询及定位

系统提供了研究区范围内的油井属性信息的连接和查询。采用编程的方法实现,编程语言采用 VisualBasic6.0 中文版。三维场景和属性数据库的连接纽带为井号 ID,通过在场景中点击某个油井模型获取其井号,数据库即可按照井号 ID 索引到相应的属性信息。

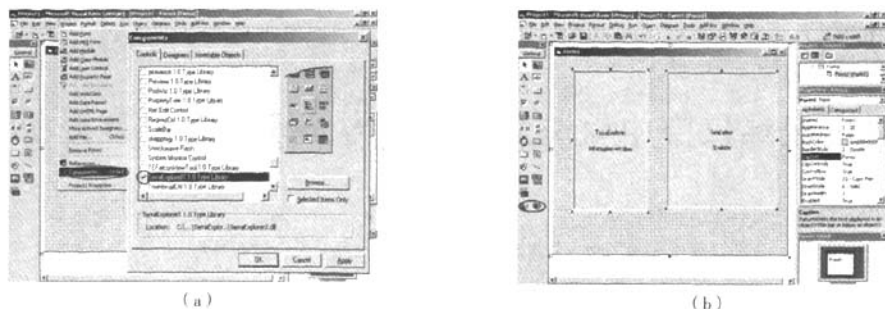


图5 通过工程调用部件 TerraExploreX1.0 Type Library

Fig. 5 Call on components of TerraExploreX1.0 Type Library

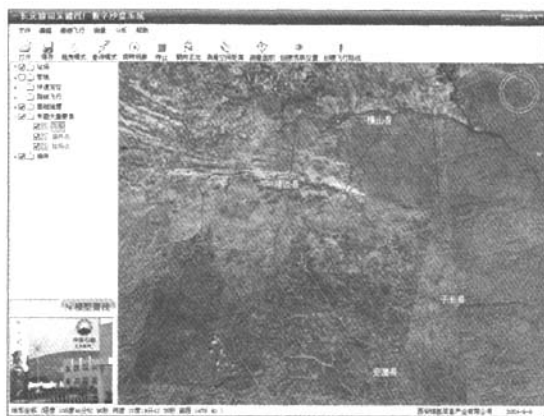


图6 数字石油界面图

Fig. 6 Digital oil field interface

1.3.4 空间距离的量算

系统提供了方便快捷的量算功能,包括水平距离、垂直距离、空间距离和面积的量算功能。只需在屏幕上用鼠标点击所要查询的地物或目标点即可。

1.3.5 空间分析

为使系统更加完善,开发了空间分析模块,主要包括生成等高线、地形剖面、最佳路径分析、通视分析、视域分析和威胁区分析。

2 结束语

长庆油田所在的陕北地区是中国能源发展的战略区域,也是中国“十一五”期间发展的战略重点之一。构建三维数字石油,可以提高企业的管理水平,实现资源的合理配置,促进石油产业的可持续发展。应用数字石油系统进行信息管理,可以为领导决策提供辅助支持,在实际生产过程中,也可以及时反映生产状况,提高生产效率;在管理区域土地利用方面,系统可以真实再现土地利用类型,并可进行土地利用类型相关参数(面积、周长等)和地貌特征(坡度、坡向等)分析,为土地利用调查提供有效的数据服务;在区域内架设基站方面,对信号辐射范围进行模拟分析,从而对电信部门基站建设的位置选取提供合理有效的规划方案;在区域防灾减灾方面,可以对灾害影响范围做缓冲区分析,准确提供灾害波及范围和造成的损失。随着数字油田开发管理水平提高和在油田生产管理应用中的深入,数字石油必将发挥更大的效用。

在信息和网络技术日益发达的今天,利用 Internet 平台构建虚拟现实地理信息系统显得越来越迫切。然而在网络传输的过程中,也要保证涉及国家和企业的空间数据在存储和传输中的安全,这也是今后研究发展的方向。

【参 考 文 献】

- [1] 邹杰, 邹峰, 周春艳. 大范围城市 VR 仿真系统的研究与实现[J]. 系统仿真学报, 2006, 18(8): 2199 ~ 2022.
- [2] S Zlatanova, AA Rahman, AA Rahman, M Pilouk. 3D GIS current status and perspectives [C]. Proceedings of the Joint Conference on Geo - spatial theory, Processing and Applications, Ottawa, Canada 2002; 13 ~ 17.
- [3] 张文君, 张献州, 王卫红. 基于 OpenGL 的虚拟现实地图实现方法研究[J]. 铁路计算机应用, 2001, (8): 8 ~ 12.
- [4] HUANG Bo, JIANG Bin, LI Hui. An integration of GIS, virtual reality and the Internet for visualization, analysis and exploration of spatial data[J]. Geographical Information Science, 2001, 15(5): 439 ~ 456.
- [5] 张文若, 谢志清. 煤炭领域“3S”技术的应用与发展[J]. 地球信息科学, 2007, 4(2): 3 ~ 5.
- [6] 张静淑, 刘西涛, 姜硕强. 3D GIS 在石化企业地理信息系统应用研究[J]. 甘肃科技, 2007, 23(9): 75 ~ 77.
- [7] 程昌秀, 陆锋. 三种地理几何数据模型的应用分析[J]. 地球信息科学, 2005, 7(3): 12 ~ 15.
- [8] 党安荣, 等. 译. ERDAS IMAGINE 遥感图像处理方法[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003: 35 ~ 92.
- [9] 赵文吉, 等. 译. ENVI 遥感影像处理专题与实践[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2007: 82 ~ 93.
- [10] 汤国安, 杨昕. ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 308 ~ 328.
- [11] 申辽, 李东, 王志敏. 三维影像地图服务系统在电子政务建设中的应用初探[J]. 电子政务, 2006, 3(11): 18 ~ 32.
- [12] 3D GIS - SKYLINE Terra Suit 软件简介[DB/OL]. <http://www.51gis.com/Html/jishuqian/3DGis/184970.shtml>, 2008 - 1 - 13.
- [13] 孙景峰, 梁冰峰, 刘玉峰, 等. 3D Studio MAX R3 [设计与实例][M]. 北京: 电子工业出版社, 2000: 40 ~ 55.
- [14] 刘健, 于辉, 韩勇. 基于 VRMap 的风景区虚拟仿真系统开发[J]. 系统仿真学报, 2006, 18(21): 130 ~ 133.
- [15] Arzu Coltekin. Analysis of VRML - based 3D Interfaces for Online GIS: Current Limitations and Solutions[DB/OL]. http://www.geo.unizh.ch/~arzu/publications/ColtekinA_SSF2002.pdf. 2008 - 09 - 03.
- [16] 马劲松, 徐寿成, 朱大奎. “数字南海”空间关系数据库模型及传输协议设计与实现[J]. 地球信息科学, 2007, 12(6): 59 ~ 64.

作者简介: 李宏静(1983 ~), 女, 山西太原人, 硕士研究生, 主要研究方向为虚拟现实地理信息系统。