

文章编号: 2095-4980(2015)01-0111-07

基于 WebGIS 的油田信息查询系统

邹翔¹, 卿粼波¹, 何小海^{1*}, 张余强², 徐顺飞¹

(1.四川大学 电子信息学院, 四川 成都 610065; 2.成都西图科技有限公司, 四川 成都 610065)

摘要: 针对传统的油田 GIS 系统存在的不足, 包括客户机/服务器(C/S)模式运维不便, 无法在线实时绘制兴趣点(POI), 不能根据区域进行分割定位等方面, 提出了相应的解决方案, 设计并实现了基于 AJAX+JSON+HTML5 组合技术的浏览器/服务器(B/S)架构油田信息查询系统。实验结果显示, POI 实时绘制功能和区域分割功能提高了交互性, 丰富了用户体验, 满足油田应用的实际需求, 为多元化网络服务的发展铺垫了道路。

关键词: 油田信息查询系统; 实时绘制; 分割定位; 交互性; 用户体验

中图分类号: TN911.73; TP393.09 **文献标识码:** A **doi:** 10.11805/TKYDA201501.0111

Oilfield information query system design based on WebGIS

ZOU Xiang¹, QIN Linbo¹, HE Xiaohai^{1*}, ZHANG Yuqiang², XU Shunfei¹

(1.School of Electronics and Information Engineering, Sichuan University, Chengdu Sichuan 610065, China;
2.Chengdu Xitu Technology Co. Ltd., Chengdu Sichuan 610065, China)

Abstract: The corresponding solutions are proposed to tackle with the disadvantages of conventional oilfield Geographic Information System(GIS), including inconvenience of Client/Server(C/S) mode operation and maintenance, being unable to perform real-time online Point of Interest(POI) rendering, being incapable of segmentation and location according to regions, etc. An oilfield information query system of Browser/Serve(B/S) framework based on AJAX+JSON+HTML5 is designed and implemented. Experimental results show that the POI real-time rendering and regional segmentation improve on their interactivities, and the experiences of users are enriched, which meets the actual requirements of oilfield development. This work has paved the way for the development of diversified network services.

Key words: Geographic Information System; real-time rendering; segmentation and location; interactivity; user experience

地理信息系统(GIS)是一门迅速发展的新技术, 它把各种地理信息要素按一定规则做输入、存储、查询检索等处理, 并研究相关空间要素之间的关系。根据用户的需求对各要素综合分析, 并以标注点、图表等形式展现结果。我国的 GIS 起步晚但发展迅速, 从 20 世纪 80 年代起步, 在此阶段 GIS 的理论和规范都得到了相应的完善, 并逐渐转向了依托于网络的客户机/服务器结构(C/S); 在 20 世纪 90 年代, GIS 得到迅速发展, 这一阶段 IT 的飞速发展 GIS 提供了技术支持, 因此出现了大批 GIS 软件^[1]。油田信息管理涉及多方面多层次信息, 如井口空间分布、相性特征、岩性特征等, 这些信息表现出三维空间分布特征和数据多样化特点。随着油田开发进入中后期, 在开采过程中积累了大量开采、注水信息, 这些信息的深度挖掘和综合应用对油田开发管理及生产具有重要意义^[2]。然而, 如何便捷、高效、直观地获取空间信息一直是油田需要解决的问题。目前, 一些油田信息查询系统由商业 GIS 软件混合开发, 商业 GIS 软件如 MapInfo 公司的 MapXtreme, ESRI 的 ArcIMS, 武汉奥发科技工程有限公司开发的 AfiInlmet GIS 等, 这些公司开发的软件普遍的特点是价格昂贵, 实时交互性不够流畅, 二次开发需要花费大量的时间学习接口和编程操作, 地理信息量很大时开发周期过长等^[3]。油田管理与 GIS 的结合经历了近 10 年的探索, 已经积累了比较丰富的经验, 但仍然存在一些不足: 1) 依托于 C/S^[4]结构模式, 运维受限。传统的 C/S 架构模式存在着诸多不足, 如搭建部署能力差, 需要安装客户端才能享受相应的

收稿日期: 2014-07-23; 修回日期: 2014-08-12

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61372174)

*通信作者: 何小海 nic5602@scu.edu.cn

个性化服务,若用户数量广泛的话,给部署带来很大不便;维护成本高昂,庞大的用户数量势必会对系统维护升级带来很大考验;跨平台难以实现,客户端的开发对于平台依赖性太强,不便于跨平台使用。2)不能根据相应的地理要素实现在线实时绘制。传统的 GIS 系统如果需要绘制兴趣点(POI^[5]),需要预先在 GIS 系统中进行 POI 渲染,不能实现在线实时绘制,交互性较弱。3)不能根据一定范围将各油田区域分割定位。传统的 GIS 系统无法根据区域进行定位和编辑,无法实现一些必要的地理信息分析功能,比如要划分某油田的区块,界定某些井口区域的分布情况,界定具有同类地质特征的沉积环境等。

本文针对传统 GIS 应用系统存在的缺陷,提出了基于 WebGIS 的油田信息查询系统。以基于位置服务(Location Based Service, LBS)开放平台推出的服务模式 Openmap 为主,实现低成本、高效率的开发目的, BaiduMap API 所封装的 HTML5 可以方便地实现在线实时绘制,并且在云端数据库实现油田边界信息的预存储,通过模糊查询与 BaiduMap API 服务接口实现油田区域信息的查询和编辑。

1 油田管理系统的设计与实现

1.1 系统结构与信息流程设计

本系统采用 B/S 三层结构,具体分为表现层(User Interface, UI)、业务逻辑层(Business Logic Layer, BLL)、数据访问层(Data Access Layer, DAL)。表现层的客户端发送请求给逻辑层的服务器端,服务器端接收请求进行逻辑处理,然后再向数据访问层转发请求。数据访问层一方面通过调用百度地图应用程序编程接口(Application Programming Interface, API)获取地图底图栅格数据,另一方面调用 ADO.NET 从本地数据库调用油井坐标矢量数据。服务器端将接收的栅格数据和矢量数据整合,并将整合完毕的数据以 HTML 格式反馈给客户浏览器显示输出,客户端的浏览器可兼容不同版本,如 IE, Chrome, Firefox 等,如图 1 所示。

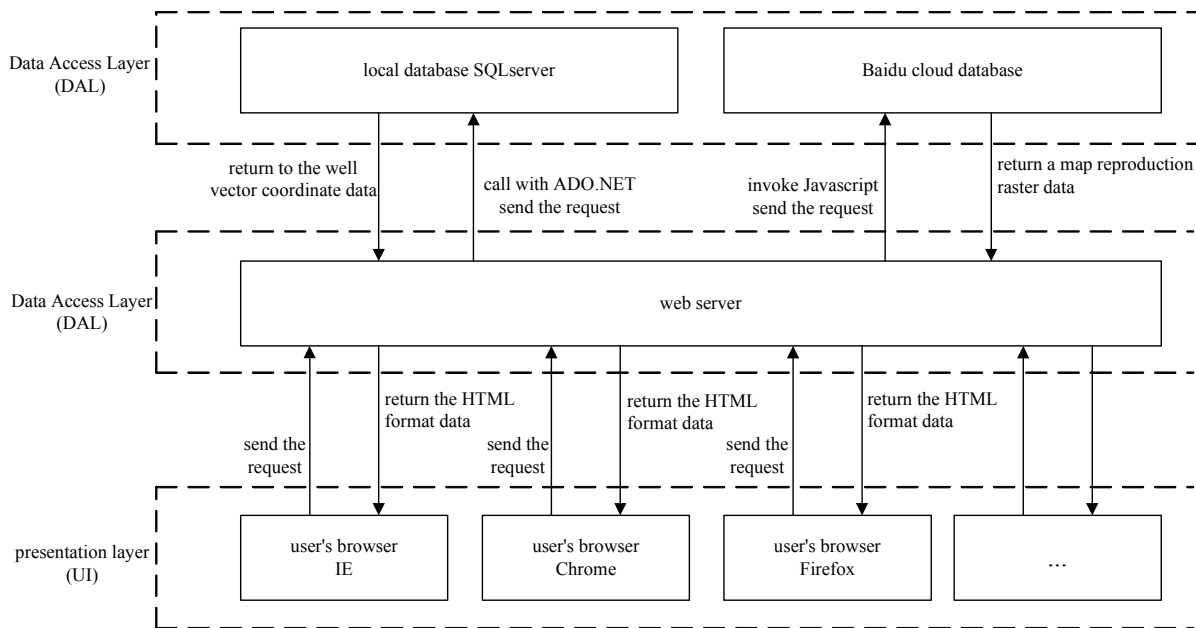


Fig.1 System architecture
图 1 系统架构

1.2 系统主要功能及特点

1) 浏览器/服务器(Browser/Server, B/S)^[4]三层结构模式

B/S 架构模式采用瘦客户端模型,用通用浏览器作为普通客户端进行支持。安装部署简单方便,只要有 IE 浏览器便可搭建客户端;维护成本低廉,便于应对用户数量庞大的系统升级;可以在多种平台下运行,跨平台能力强。

2) 在线实时绘制

建立绘制图层,结合绘制工具,在图层上绘制点、线、面,并将所绘制的标注矢量信息存储于本地数据库,当界面重载时,自动提取数据并渲染。

3) 区域分割定位

通过对油田的模糊查询，能获取预存储于云端的油田边界矢量空间数据，能对油田边界快速定位，并实现边界的编辑功能，根据油田的实际需要进行区域的界定，用不同的颜色进行分区显示。

4) 图层嵌套查询

通过一级图层的标注点右键选项进入二级图层，并进一步查询井号井段的地质信息，如不同深度段岩心图片浏览、岩性名称、岩心描述等。

5) 智能检索

通过关键字对基础栅格数据进行检索，能迅速定位出用户感兴趣的地理位置信息。

2 系统关键技术

2.1 数据请求方式

传统 Web 传输是基于表单模式，客户端提交请求，被动等待服务器处理请求返回，这种方式浪费网络带宽，用户体验较差。

本系统的数据请求，主要用到了异步 JavaScript 及 XML 技术(Asynchronous JavaScript And XML, AJAX)。AJAX 传输模式采用异步交互传输方式，AJAX 引擎作为客户端与服务端端的通信媒介如图 2 所示，浪费的带宽成本得以消除，用户无需被动等待，交互性较好^[6]。

本系统中，AJAX 是由 jQuery 封装的，利用 AJAX 来请求加载远程数据。返回信息可以有多种形式，如 txt、xml、JSON 等，由于本系统返回的油田矢量信息数据量不大，所以后台数据的返回采用 JavaScript 对象节点(JavaScript Object Notation, JSON)格式，系统利用 AJAX 技术可以在地图异步加载时，获取 GIS 数据库中的标注点信息，如井号的经纬度坐标、井名、井型、井别、开采描述、钻井时间、相环境信息等，然后由服务器端对空间数据和底图栅格数据进行整合，在客户端上渲染显示。

2.2 数据传输格式

传统数据传输采用可扩展标记语言(Extensible Markup Language, XML)，它主要用于传输结构化数据，格式自由度高，但针对数据量过大的情形，传输效率不高。

JSON 作为一种轻量级数据交换格式，其格式是键值对形式，一般以 2 种形式呈现。一种是 JSON 对象，对象在花括号中书写，如{"name1": "value1", "name2": "value2"}；另一种是 JSON 数组，数组可包含多个对象，如{"name1": [{"name2": "value2", "name3": "value3"}]}。

通过以下实例代码可看出 XML 与 JSON 在数据传输格式上的区别，如表 1 所示。从表 1 可以直观看出，在没有计算空字符的情况下，传输相同的内容，XML 格式比 JSON 格式传输量大，XML 格式需要 97 B，而 JSON 格式只需 82 B，XML 传输格式有冗余的首尾标签，而 JSON 传输格式只需要值对的简单方式，在传输大数据时，这种优势更加突出。

XML 是一种结构化文档，客户端和服务端都得手动解析，在 AJAX Web 应用系统中，解析器会把 XML 解析成 DOM 树，而 DOM 树的每个节点映射到 XML 的对象、属性、文本，通过访问节点来达到操作对象的目的。而 JSON 则可以绕过 DOM 解析的复杂性，大大降低成本，提高解析速度^[6]。

本系统中从本地数据库传回的 JSON 格式的部分实验数据：[{"地区": "1111", "构造": "水平构造", "井型": "垂直井", "井别": "测量井", "井号": "测试井 001", "井字": "222", "钻井时间": "2011/11/11 0:00:00", "经度": "NULL", "纬度": "NULL"}]

2.3 实验与讨论

传统的 WebGIS 技术模式，客户端请求服务器端产生的栅格图片并显示，随着大数据时代的到来，数据更

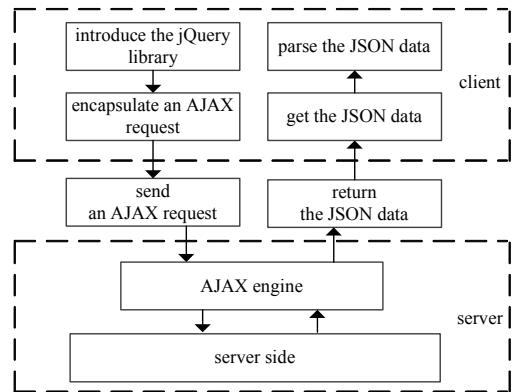


Fig.2 AJAX operation model
图 2 AJAX 运行模型

表 1 XML 与 JSON 传输格式比较

XML format	JSON format
<office>	{"office":
<name>小李</name>	{ "name": "小李"
<age>25</age>	, "age": "25"
<sex>男</sex>	, "sex": "男" }
<name>小丽</name>	, {"name": "小丽"
<age>23</age>	, "age": "23"
<sex>女</sex>	, "sex": "女" } }
</office>	
number of bytes:97	number of bytes:82

新频率更快，瓦片传输效率问题必须要解决。超文本标记语言(Hyper Text Markup Language, HTML), 用于网页描述, HTML5 是 HTML 的新标准。HTML5 API 提供了画布绘制的元素标签<canvas>, 这样使得客户端可以脱离传统第三方插件的条件下实现实时绘制, 在<canvas>引入页面后, 为浏览器提供了一个绘图接口, javascript 语言可以通过接口获取浏览器图文上下文环境, 从而在画布中绘图并显示。HTML5 支持内联矢量图形(Scalable Vector Graphics, SVG), 矢量图形是在不抽值、插值的情况下完成图像的伸缩变换。

HTML5 拥有实时渲染特性, 在客户端可以直接进行矢量渲染, 而无需在服务器端将原始文件渲染成栅格图像(png 图像格式、jpg 图像格式), 用户可以对数据进行编辑、点击交互, 还可以在在线地图(Baidu、谷歌、OpenStreetMap、Bing 地图等)上叠加矢量渲染标记, 创建新的地图交互模式^[7]。

本系统运用了 BaiduMaps API v1.3 最新的 HTML5 技术, 在最新的 API 中封装了 HTML5 绘图功能, 利用 canvas 画布, 在客户端使用 javascript 脚本代码绘制矢量类型的油田的矢量信息标注, 油田形状、大小、颜色都可自定义, 而 BaiduMaps API 将绘图功能集成到了绘图工具中, 利用绘图工具可以很容易实现各种石油地质信息标注, 如取心井、停采井、注水井等, 用不同的样式绘制在 GIS 服务器传来的栅格数据上, 再通过 AJAX 将矢量数据信息存储于数据库, 方便二次查询^[8]。

标注点标注、浏览、查询关键流程如图 3 所示。在线地图是由若干图层叠加而成的, 而地图服务映射相应图层。这里的服务即空间数据请求、传输、返回和渲染显示。空间数据往往是 2 层含义, 矢量数据和栅格数据, 矢量数据包括坐标、投影和坐标系, 栅格数据包括提前生成好的图片或动态图片。作为栅格数据的地图由于数据量庞大, 一般做法是切割成若干图片, 称之为瓦片, 需要的时候动态拼接, 这样可以实现局部瓦片更新, 节省流量, 提高效率。

在线地图与传统的 MapXtreme、ArcGIS 等二次开发系统有本质不同, 如^[9]:

1) 地图预先生成: 地图预处理成影像金字塔, 如图 4 所示, 切块后做二叉树编码, 存放于服务器端;

2) 基于 AJAX 异步切片拼接: 当窗口漫游、放缩时, 便利用浏览器的多线程实现空白区域图片的填充, 并将图片存储于缓存, 以便二次加载。

在影像金字塔模型中(见图 4), 基础数据被分割成 2×2 个分块, 全球地图大小为 512×512 像素。在下一个 level 中, 每个分块再分割成 4 块, 以此类推, 每层地图大小为 256×2^{level}×256×2^{level} 像素。计算瓦片行列号, 首先要将地理坐标转化为像素坐标, 如果给出经纬度、放大级别, 则可以计算相应的像素坐标^[10]。即

$$P_x = \left[\frac{((lng + 180))}{360} \right] \times 256 \times 2^{level} \quad (1)$$

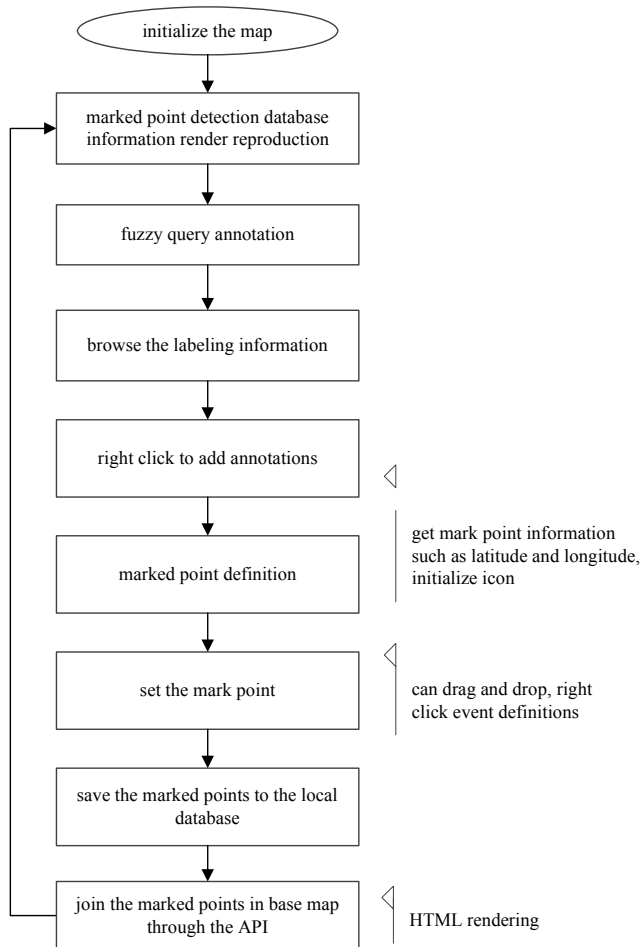


Fig.3 Online marking, browse, query flow chart
图 3 在线标注、浏览、查询流程图

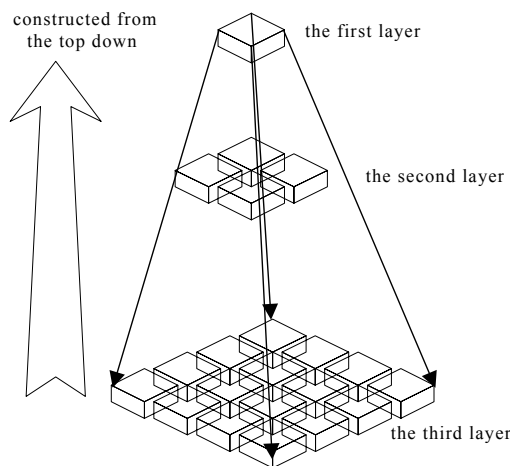


Fig.4 Pyramid image model
图 4 影像金字塔模型

作为栅格数据的地图由于数据量庞大, 一般做法是切割成若干图片, 称之为瓦片, 需要的时候动态拼接, 这样可以实现局部瓦片更新, 节省流量, 提高效率。

$$P_Y = \frac{\left\{ 0.5 - \lg \left[1 + \sin \left(lat \times \frac{\pi}{180} \right) \right] \right\}}{4\pi} \times 256 \times 2^{level} \quad (2)$$

在式(1)、式(2)中(lat, lng)为(经度, 纬度), (P_X, P_Y)为像素坐标, $level$ 为放大级别。得到像素坐标就能计算瓦片行列号(见图 5), 即

$$T_X = \text{floor} \left(\frac{P_X}{256} \right) \quad (3)$$

$$T_Y = \text{floor} \left(\frac{P_Y}{256} \right) \quad (4)$$

在式(3)、式(4)中(T_X, T_Y)即为瓦片的(行号, 列号)。

获取行列序号后, 就可以根据统一资源定位符(Uniform Resource Locator, URL)请求服务器端的 PNG, JPG, GIF 格式的瓦片数据, 然后由客户端对瓦片数据实现无缝拼接显示。在线地图使用了双缓存双线程技术, 双缓存即客户端程序在内存开辟接收缓冲区和显示缓冲区。数据接收缓冲区接收预读取的地图数据, 同时预测客户端动作提前向服务器端发送更新请求。显示缓冲区从接收缓冲区中提取地图数据并显示。双线程包括接收和显示 2 个线程, 显示线程根据客户端请求调用接收缓冲区的数据到浏览器窗口显示, 同时预测客户端行为通知接收缓存区预读取。而接收线程获取显示线程的预读取命令, 向服务器发送预读取请求, 实时更新显示缓存区的数据。双缓冲双线程技术使整个请求响应过程同时进行, 让用户几乎感觉不到请求和响应的等待过程^[11], 提高了用户交互性。

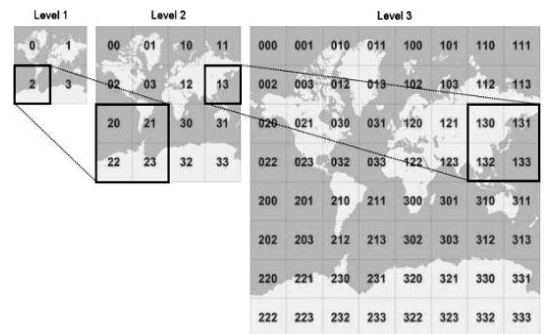


Fig.5 Serial number of map tiles
图 5 地图瓦片行列序号

3 系统主要功能实现

1) 系统以 B/S 三层结构进行框架设计, 把页面层和逻辑层分隔, 降低了层与层间的耦合度, 提高了系统灵活性和可维护性。

2) 在线实时绘制。实现点、线、区域实时绘制标注功能, 能在线编辑油田 POI 信息, 以不同的形状设计采油井、取心井、停采井等, 方便油田信息的浏览与查询。

3) 区域分割定位。实现油井区域标注功能, 划定区域边界并编辑, 通过此项功能, 能准确地划定各大油田区域的边界, 将各油田开采区域(采油井、注水井等)在 WebGIS 上显示出来。

4) 图层嵌套查询。实现了图层嵌套查询, 用户通过标注点即可进入下一图层, 并浏览详细的岩心信息。

5) 智能检索。实现了关于关键信息的搜索, 根据用户提供的关键字模糊查询基础栅格数据。

4 实现效果图

通过浏览器登录油田信息查询系统主页, 一方面请求底图栅格数据, 一方面获取 GIS 服务器的矢量空间数据, 如图 6 中的水滴状井号信息标注点, 通过服务器端进行数据整合, 再渲染反馈给浏览器端显示。通过 B/S 三层结构模型, 各层模块分工明确, 方便维护调试。

本系统可以手动添加不同形状、不同颜色的标注点, 如图 6 中的中油井等圈状井号信息标注点, 也可以添加透明的图形区域, 如图 6 中的多边形域、圆形域等, 通过这些标注域可以方便地实现油田区域的标注, 以及标注域中的油井信息查询。相应的标注点和标注域定点以空间矢量坐标形式存储于 GIS 数据库中, 页面再次刷新时进行数据提取、整合、渲染。

本系统可以查询相应的油田区域边界, 并实现边界编辑功能, 如图 7 所示, 将区域点边界信息预存储于百度地图云端, 建立相应的空间数据表, 在客户端数据请求时, 提取云端数据渲染显示在底图上。

本系统可以由标注点进入详细信息查询界面, 了解井段岩心信息, 包括井深、岩性名称、岩心描述等, 如图 8 所示。

本系统可以根据关键字检索用户感兴趣的地理信息，如输入油田，即可显示出油田相关的地理标注点，如图 9 所示。

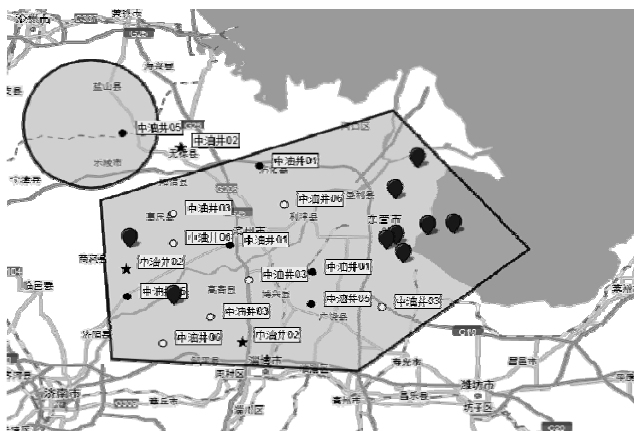


Fig.6 Mark well interface
图 6 标注油井界面

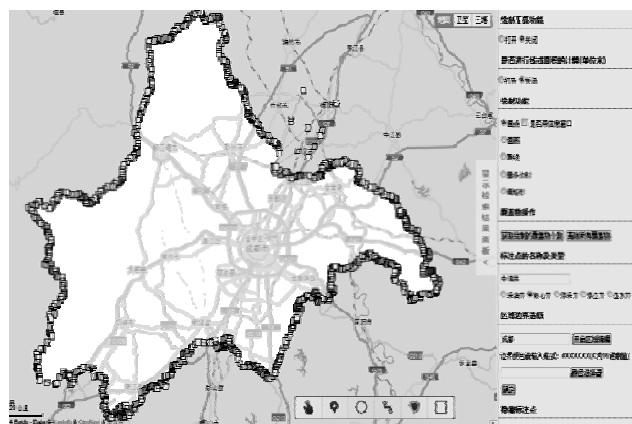


Fig.7 Edition of the region boundary
图 7 区域边界编辑

图像名	起始井深(m)	终止井深(m)	图像	岩性名称	岩性描述
1-130-3-6.jpg	6304.00	6304.10		细砂岩 bmp	68#顶~85#底
1-130-1-2.jpg	6304.10	6304.20		腐植土层 bmp	碳酸盐岩分布较广，并且以海相碳酸盐岩为主，湖相碳酸盐岩仅分布在中新世。碳酸盐岩体集层内岩相带有薄层粗、块水台地相共生物结构，湖内浅滩相及半深水湖相，以及纯裂理型和古风化壳型碎壳体。
1-130-3-6.jpg	6304.20	6304.30		安山岩 bmp	20#顶~31#底
1-130-7-10.jpg	6304.30	6304.40		细砂岩 bmp	32#顶~41#底

Fig.8 The layers nested query information
图 8 图层嵌套查询详细信息

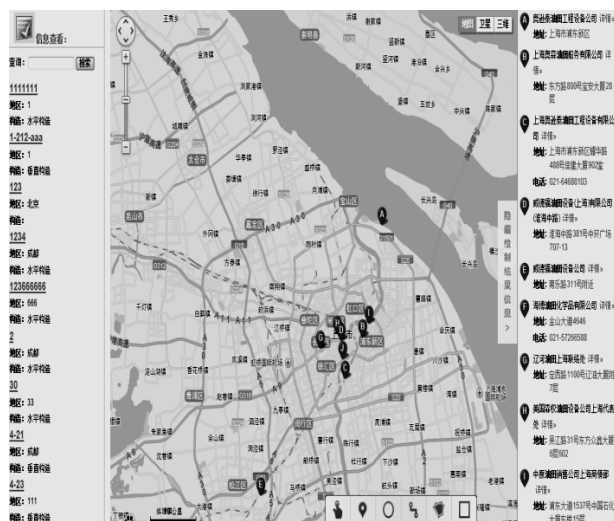


Fig.9 Intelligent retrieval
图 9 智能检索

5 结论

研究表明，基于 AJAX,HTML5 和 BaiduMaps API 的新型油田信息查询系统改善了传统 WebGIS 交互性差，响应速度慢等缺点。本系统与 HTML5 结合，具有良好的交互界面和流畅运行流程，在实时绘制方面优于传统的 WebGIS 系统。类似于百度地图的在线地图服务，如谷歌地图、高德地图等，采用的都是切片式缓存地图^[12]，缓存地图可以减轻服务器端数据库压力，使得客户端的数据响应更为流畅，为 Web 开发应用开辟了一条新道路。本系统的建立基本上实现了油田用户所要求的功能，利用数图结合的方式，为用户提供了可视化平台，便于操作数据。随着油田的发展以及科学的进步，今后可能会出现更高的用户需求，具体内容有待后续需求和研究。

参考文献：

[1] 李冬艳. 油田地理信息系统的研究与实现[D]. 西安:长安大学, 2012. (LI Dongyan. Research and implementation of geographic information system in Oilfield[D]. Xi'an,China:Chang'an University, 2012.)

[2] 吴信荣. 基于 GIS 的油田管理信息系统的研制[J]. 江汉石油学院学报, 2004,26(2):151-153. (WU Xinrong. Development of oilfield management information system based on GIS[J]. Journal of Jiangnan Petroleum Institute, 2004, 26(2) :151-153.)

[3] 李奇石. 基于 WebGIS 的油田开发数据查询平台的设计与实现[D]. 大庆:大庆石油学院, 2007. (LI Qishi. Design and implementation of the platform for the oilfield development data query based on WebGIS[D]. Daqing,China:Daqing Petroleum

- Institute, 2007.)
- [4] 梁佳琪. 基于 B/S 结构的报表核查平台的设计与实现[D]. 北京:中国地质大学, 2010. (LIANG Jiaqi. Design and implementation of report verification platform based on B/S structure[D]. Beijing:China University of Geosciences, 2010.)
- [5] 张玲. POI 的分类标准研究[J]. 测绘通报, 2012(10):1-3. (ZHANG Ling. Study on the standard of POI[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2012(10):1-3.)
- [6] 屈展,李婵. JSON 在 AJAX 数据交换中的应用研究[J]. 西安石油大学学报:自然科学版, 2011,26(1):95-98. (QU Zhan,LI Chan. Research on Application of JSON in AJAX data exchange[J]. Journal of Xi'an Petroleum University: Natural Science Edition, 2011,26(1):95-98.)
- [7] 徐卓揆. 基于 HTML5、AJAX 和 WebService 的 WebGIS 研究[J]. 测绘科学. 2012,37(1). (XU Zhuoduo. Study of WebGIS based on HTML5, AJAX and WebService[J]. Science of Surveying and Mapping, 2012,37(1).)
- [8] 百度公司. 百度地图 JavaScript_API_v2.0 开发指南[EB/OL]. <http://developer.baidu.com/map/jshome.htm>.2013-8-21. (Baidu Inc. BaiduMap JavaScript_API_v2.0 Development Guide[EB/OL]. <http://developer.baidu.com/map/jshome.htm>. 2013-8-21.)
- [9] 栾绍鹏,朱长青. 基于 AJAX 的 WebGIS 开发新模式[J]. 测绘工程, 2006,15(6):30-33. (LUAN Shaopeng,ZHU Changqing. The new WebGIS development mode based on AJAX[J]. Surveying and Mapping Engineering, 2006,15(6):30-33.)
- [10] 王晓东,刘慧平,乔瑜. 利用 BingMaps 地图切片实现网络地图服务[J]. 国土资源遥感, 2010,2(84):122-127. (WANG Xiaodong,LIU Huiping,QIAO Yu. Implementation of network map service with Bing Maps section[J]. The Ministry of Land and Resources Remote Sensing, 2010,2(84):122-127.)
- [11] 赵芳. 基于开源 WebGIS 平台的地理信息系统应用研究[D]. 郑州:郑州大学, 2010. (ZHAO Fang. Study and application of geographic information system based on open source WebGIS platform[D]. Zhengzhou,China:Zhengzhou University, 2010.)
- [12] 陈焯,李艳明,朱美正. 一种支持大量并发用户的瓦片缓存方案研究[J]. 计算机工程与科学, 2012,34(12):144-149. (CHEN Ye,LI Yanming,ZHU Meizheng. A study on the tile cache scheme to support a large number of concurrent users[J]. Computer Engineering and Science, 2012,34(12):144-149.)

作者简介:



邹翔(1989-), 男, 四川省泸州市人, 在读硕士研究生, 主要研究方向为数字通信.email: 445356332@qq.com.

卿粼波(1982-), 男, 成都市人, 博士, 副教授, 主要研究方向为通信与信息系统.

何小海(1964-), 男, 成都市人, 博士, 教授, 主要研究方向为软件工程.

张余强(1986-), 男, 四川省德阳市人, 学士, 主要研究方向为软件工程.

徐顺飞(1988-), 男, 重庆市人, 硕士, 主要研究方向为数字通信.