

文章编号: 0253-3782(2002)01-0090-08

学术讨论

# 网络地理信息系统(WebGIS) 在地震研究中的应用\*

屈春燕 叶 洪 刘 治

(中国北京 100029 中国地震局地质研究所)

**摘要** 介绍了网络地理信息系统(WebGIS)的概念、原理、实现技术和发展现状;讨论了 WebGIS 在地震研究中的重要作用和发展前景;开发了一个地震地质基础信息 WebGIS 应用系统. 该系统基于浏览器/服务器体系结构, 能够实现空间数据和 GIS 应用系统的网络共享和初步的协同工作. 这一技术方案在地震研究领域具有广阔的应用前景, 很值得推广.

**关键词** 网络地理信息系统 地震 空间信息共享

**中图分类号**: P315.69

**文献标识码**: A

## 引言

地震是一种毁灭性的自然灾害. 地震的研究非常复杂, 它不仅涉及的时空尺度大, 学科门类多, 而且需要历史记载、现代仪器监测、室内实验及各类相关学科的大量数据. 地理信息系统(GIS), 作为一种多源信息的集成工具, 已成为地震研究的核心技术之一. 近年来, 许多部门都建立了自己的 GIS 系统, 并取得了一定的效果. 但是, 这些 GIS 系统均是封闭、独立的单机系统, 是由不同部门, 按不同的应用策略、使用不同的传统 GIS 工具软件建造的. 因此, 不仅不能实现信息的共享、造成极大的数据存储冗余和软硬件资源浪费, 而且系统的利用率低、成本高、更新维护困难. 随着信息技术以及因特网的飞速发展与广泛应用, 这些传统 GIS 系统面临着严峻的挑战. 这种封闭独立的体系结构要求运行系统的计算机必须包含所需的所有数据、应用程序及软硬件配置. 例如, 一个基于传统 GIS 的地震预报分析系统, 可供许多部门使用. 但是, 每个部门都必须安装一套该系统. 当系统升级或数据变更时, 必须对所有系统进行升级和更新. 这在因特网发展如此迅猛、应用如此普及的今天, 实在是不可取的. 因此, 开发基于因特网的、具有空间信息共享及协同工作能力的网络地理信息系统, 已成为地震工作者亟待解决的问题. 这对于扩大地学信息的来源, 降低地学数据获取成本, 提高数据的利用率和时效性, 以及促进地学研究中相关信息应用的深度和广度都具有重要意义.

\* 2001-03-13 收到初稿, 2001-09-03 收到修改稿, 2001-09-23 决定采用.

## 1 网络地理信息系统(WebGIS)的特点与发展现状

WebGIS 是运行在因特网上的网络 GIS, 是利用万维网技术对传统 GIS 的改造和发展. 它改变了传统 GIS 的运行模式, 使用户可以借助方便、廉价的因特网, 通过 Browser 这一统一的图形用户界面, 访问位于不同地区、不同类型的空间信息资源(孔云峰, 林琿, 1998). WebGIS 目前尚处于试验研究阶段, 其最终目标是实现 GIS 与 Web 技术的有机结合, 也就是将 GIS 融入 Web, 从 Web 的任意一个节点上, 用户使用浏览器(如 IE、Netscape 等)就可以浏览 WebGIS 站点中的空间数据、制作专题地图, 进行地理信息的空间查询、空间分析, 甚至预测和决策, 从而给 Web 的信息发布加上了 GIS 这一直观工具, 使人们通过 Web 浏览查询信息更加方便, 也使 GIS 的功能通过 Web 得到普及和扩展, 使基于 GIS 的空间信息系统真正成为可操作、实用化和可共享的技术系统.

与一般基于因特网的信息系统相比, WebGIS 的最大特点是在空间框架下实现图形、图象数据与属性数据的动态连接, 提供网上可视化查询和空间分析功能. 与传统 GIS 相比, WebGIS 将屏蔽硬件、操作系统、网络和数据库的差异, 达到不同应用和数据源之间的互操作, 提高计算机系统的开放性, 强化多元数据的共享与综合, 展示不同层面上数据之间潜藏的知识, 使空间数据和地学模型有可能在全球范围内共享, 从而为地球系统科学研究提供一个功能强大而又方便有效的途径(赵需生, 杨崇俊, 2000).

WebGIS 是当今 GIS 的制高点, 其发展刚刚起步, 目前尚未形成完全成熟的解决方案, 但由于它的重要性, 各大 GIS 厂商争相推出他们的 WebGIS 软件. 较为成熟的有 ESRI 公司的 Internet Map Server(IMS) for ArcView & MapObject; Autodesk 公司的 MapGuide; MapInfo 公司的 MapXtreme; Intergraph 公司的 GeoMedia Web Map; Bentley 公司的 ModelServer/Discovery 等. 这些产品都可运行于 Windows NT 环境, 以 IIS 作为 Web 服务器, 以 Windows NT/95/98 为客户端, IE 和 Netscape 作为 Web 浏览器. 这些软件各具特色, 一般都是针对某一传统 GIS 数据模型, 提供面向开发人员的 GIS 功能组件. 如何将这些组件应用到地学研究中, 还必须结合网络编程技术、分布式对象技术及地学应用需求特点做大量的开发工作.

## 2 地震地质基础信息 WebGIS 应用系统研究实例

本文结合传统 GIS 在地学研究中的应用状况和目前网络 GIS 的发展现状, 进行了 WebGIS 及其在地学中应用的试验研究, 并利用先进的 Web 开发技术, 建立了面向地震研究的 WebGIS 信息系统, 把原来项目级的 GIS 应用扩展到因特网上, 从而使地学工作者通过网络共享宝贵的信息资源和从大量数据中挖掘信息成为可能. 这将有助于推动地学研究的信息化进程, 促进地学研究向更高层次迈进.

### 2.1 系统的设计方案与设计模型

WebGIS 是在万维网上共享空间信息资源的技术系统, 其本质上是 Web 技术与 GIS 技术的有机结合. 但是由于 GIS 特有的空间性增加了这种结合的难度. 首先, 目前的 Web 系统不具备识别和处理空间信息的能力. 因为 Web 的实现技术主要是超链接(Hyper-Link), 而 GIS 则不能通过简单的超链接实现, 它需要通过地理空间位置和用户的需求作出实时响应; 其次, Web 具有统一的实现模式和严格的规范(HTTP/HTML), 不存在互

操作问题，而 WebGIS 则由于传统 GIS 的产品多样化和数据多元化而面临异构数据互操作的难题。因此，WebGIS 目前还没有一套成熟的实现模式与技术，各厂商推出的产品也是各具特色，大都是针对某一传统 GIS 数据模型。面向开发人员的 GIS 功能组件，并不是一套完整的 WebGIS 解决方案。其功能也主要侧重于空间信息的共享，空间分析决策功能相对较弱，很多方面还不能满足需求。基于这种现状，我们拟采用 ESRI 的 GIS 功能组件 MO/MOIMS，并结合当前流行的 Web 应用开发技术，设计实现一套具有地图浏览、空间查询分析、统计分析和专题图绘制等功能的地震地质基础信息 WebGIS 应用系统(SGWebGIS)，为地震研究中空间信息的共享提供平台。

在系统设计中需考虑的另一个重要问题是系统采用何种实现模式。目前 WebGIS 的实现模型大致可分为服务器端模型和客户端模型。其中，服务器端模型是用户向 Web 服务器发送数据与分析请求，服务器端收到请求后进行处理并将处理结果返回客户端；客户端模型是用户向 Web 服务器发送数据请求，服务器端收到请求后将相应的数据返回客户端，在客户端执行相应的数据操作与分析。

实际上不管哪种模型，从客户与服务器间数据的传输方式来看，都不外乎是传输图象和直接传输空间矢量数据两种方案。如果直接传输矢量数据，一般需在客户端事先安装插件(plugin)，或者运行时自动下载 Java Applet 或 ActiveX 控件来扩展浏览器的功能，使其能识别传进来的矢量数据类型。如果传输图象，则客户端不需要任何额外程序，只用通用浏览器即可。采用矢量图方式可以在本地执行许多操作，如地图的放大、缩小等，在一定程序上减少了服务器负载和网络传输量。采用图象的方式，在客户端只能读取鼠标的  $x, y$  坐标，进行的地图操作都要传送  $x, y$  坐标到服务器处理，生成新的地图图象送回客户端，增加了服务器和网络的传输量，但是它在运行时不需要任何插件，使用很方便。

这两种模型各有优缺点，实际应用时应根据具体情况分析确定。本系统设计中，根据现有的软件条件，并考虑到开发的 WebGIS 系统将面向国内外广大的因特网用户，使用客户端插件对用户来说并不方便。因此，我们采用服务器端模型实现方案来建立地震地质基础信息 WebGIS 系统。

2.2 系统的总体结构

地震地质基础信息 WebGIS 系统(SGWebGIS)采用浏览器/应用服务器 / 地图数据库服务器的 3 层体系结构。总体结构如图 1 所示。

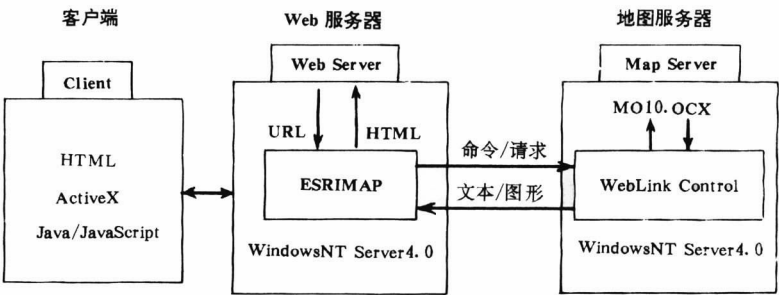


图 1 地震地质基础信息 WebGIS 系统的结构体系

浏览器是用户交互操作的界面. 用户在浏览器中进行的 GIS 操作将以请求的方式发送给远程服务器处理, 其处理结果动态生成 HTML 页面发送回浏览器显示. 应用服务器起 Web 服务器和 GIS 功能代理服务器的作用, 它接收和转发用户的 GIS 请求, 而请求的真正处理则要由底层的地图数据库服务器来完成. 地图服务器是最重要的组成部分, 它负责数据的存储、组织、管理及各种 GIS 功能的实现, 还负责协调关系数据库、空间数据库和各种服务器组件. 当 Web 服务器将终端用户的 GIS 请求传给地图服务器时, 它负责分析请求或将请求分解, 并转发给相应的 GIS 功能模块或服务组件处理, 处理结束后将结果合并嵌入到 Web 页面中, 然后发送给客户端.

这种 3 层结构不仅利用了 Web 的简便灵活性, 而且应用 C/S 技术大大强化了其事务处理和安全性、完整性约束能力, 从而使实现真正业务相关的应用成为可能(韩海洋等, 1999). 在这种结构中, 用户界面可由 HTML/JavaScript/Java 等网络编程语言来实现, 客户机无论在什么平台下, 只要安装了 Web 浏览器就可以使用服务器提供的 GIS 功能, 而不必关心数据与应用的来源和数据格式, 从而大大方便了用户.

### 2.3 系统数据库的设计与组织

利用因特网提供 GIS 数据服务能力, 支持用户访问多种数据类型的空间信息, 如基础空间数据、遥感影像数据、DEM 数据及各类专题数据是本次开发的重点. 但是要把这些种类繁多结构复杂的大量数据发布到网上, 必须事先解决服务器端空间数据的组织问题, 即建立完整有效的空间数据库, 实现多源数据的集成与管理, 才能保证系统的正常运行, 提高网上数据挖掘的能力(袁相儒等, 1999).

本次开发中, 根据现有数据库的基础条件和应用需求, 我们收集整理了大量的地震地质基础资料, 在成熟的 GIS 工具软件(MapInfo Professional5.0)平台上, 设计并建立了地震地质基础信息 GIS 空间数据库. 其内容划分为 5 个数据库, 每个数据库又包括多个子库.

1) 地震构造数据库. 包括构造分区及基础地质、第四纪活动断裂、新生代盆地、新构造运动、现代地壳形变和现代构造应力场等多个子库.

2) 地震活动性数据库. 包括历史地震、仪器记录地震、台网分布、震源机制解、综合等震线和烈度区划图等子库, 以及地震烈度衰减和地震地面运动衰减子库.

3) 地震区带数据库. 包括地震活动分区、地震活动分带和潜在震源区子库.

4) 地球物理数据库. 包括布格重力异常、航磁等值线、地震测深、地壳厚度、地壳及上地幔结构等.

5) 地理基础数据库. 包括行政区划、海岸线、水系和地名(市级和县级)等.

这些数据均具有统一的坐标系统(经纬度格式)和完整的拓扑关系, 易于同其它系统交换和进行 GIS 空间分析, 是建立 WebGIS 系统的数据基础.

### 2.4 系统的程序设计

系统的程序设计是系统的具体实现, 在服务器端进行. 我们采用 Digital 服务器作为系统开发的主机, 运行微软的 WindowsNT4.0 网络操作系统, 以 IIS3.0 为 Web 服务器, 以 VB6.0 为整个系统的集成开发环境; 采用 GIS 软件组件 MapObject 和 MapObject IMS 实现 GIS 功能; 采用 Java、JavaScript、FrontPage、Firework 和 Photoshop 等目前流行的 Web 开发工具进行客户/服务器间的动态交互页面设计; 采用 Oracle8i 网络数据库系统及其相应的 Web 开发工具 WebDB 进行 WebGIS 站点的集成.

其中, MO 是一组供应用开发人员使用的制图与 GIS 功能组件(components). 它由一个 ActiveX 控件(MO10. OCX)和一系列可编程的 ActiveX 对象组成, 可被嵌入到任何支持 ActiveX 的 32 位集成开发环境, 如 VB、VC++、Delphi、PowerBuilder 中. 利用 MO, 开发人员可以在应用程序中灵活地添加制图和 GIS 功能. MOIMS 是 MO 的一个因特网扩展模块, 也是一个 ActiveX 控件, 所有 MO 提供的 GIS 功能都可以通过 MOIMS 在因特网上实现. 用户可以最大限度地利用开发环境提供的工具完成特定服务. JavaScript 是针对因特网的脚本语言, 用来创建交互式 Web 页. 通过 JavaScript 代码调用 MO 和 MOIMS 提供的 API 系统开发函数建立可交互的 WebGIS 应用系统. VB 提供了一个可视化的 IDE, 支持 ActiveX 技术, 是整个系统的集成开发工具.

整个系统程序代码分为客户端运行部分和服务器端运行部分. 前者完成客户服务器间的参数传递, 在浏览器中解释执行, 用 MOIMS、JavaScript 等编写; 后者实现 GIS 功能, 用 VB 和 MO 等编写, 在服务器上执行.

#### 2.4.1 客户端应用程序设计

客户端应用程序是系统运行时被下载到用户浏览器中解释执行的程序代码, 是用户在网上操作 GIS 的图形界面. 用户通过它向服务器提交请求, 服务器通过它收集客户端用户的选择, 然后根据不同选择, 进行不同的处理, 并生成新的 Web 页面发送回客户端.

1) 创建方法. 由于客户端应用程序运行在 Web 浏览器的网络环境中, 因此, 不能用 VB 控件来实现, 要用 JavaScript、Java 等网络编程语言编写. JavaScript 是目前 Web 上最流行、应用最广的技术之一, 其脚本程序简单易用, 灵活性强, 可以控制整个 Web 页面; 同时, 基于 JavaScript 的用户界面为用户所熟悉, 因此, 我们选择 JavaScript 来编写基于 HTML 的客户端应用程序.

在 JavaScript 脚本程序中用表单 Form 来实现客户端 GIS 交互操作界面. Form 由地图服务器应用程序创建, 用来在浏览器与服务器之间传递参数. 当被提交时, Form 将所有表单元素定义的参数名/值对集合在一起, 生成一个带参数的 URL 送给服务器作相应的处理.

2) 创建原则. 客户端应用程序相当于 GIS 查询分析浏览器, 是用户远程操作 GIS、挖掘和共享信息的唯一渠道, 它的好坏直接影响 WebGIS 系统性能的发挥. 因此, 我们在设计时严格遵循两个原则: 一是针对地震地质的应用需求, 结合 GIS 数据库的特点进行定制, 力求界面具有良好的通用性, 同时兼顾各种应用需求; 二是尽可能的使界面好, 为用户提供多种形象直观的信息获取方式, 如索引图法、图幅名列表法及 SQL 查询法等, 以方便用户进行各种图形对象浏览操作. 提供可视化的语法语义分析器, 可使用户方便灵活地组织查询语句、提交查询、对查询结果进行列表或图形显示等.

#### 2.4.2 服务器端应用程序设计

服务器端应用程序的任务是在地图服务器上监听、分发和处理请求, 并将处理结果生成新的 Web 页发送到客户浏览器显示. 在地图服务器上用 MOIMS 的 WebLink 控件监听来自 Web 服务器的请求, 每当用户在浏览器中完成一个 GIS 操作并提交时, 就将当前地图的范围参数(ext)、用户点按地图的坐标位置( $x, y$ )及要求的 GIS 操作类型(如放大、漫游、标识、查询等)等信息以参数名/值对的形式传递到服务器端, 服务器应用程序用相应的函数检索这些参数, 并根据检索值调用相应的 GIS 程序模块来处理请求, 最后将处理结

果生成新的 Web 页面发送给客户端。GIS 功能模块是处理客户请求的核心模块,用 VB/MO 编写。基于 JavaScript 和 MOIMS 的应用程序只是在浏览器与地图服务器之间架起了空间信息通信的桥梁,而真正的信息处理单元是 GIS 功能模块。

为了增强系统的通用性,我们将服务器端的 GIS 功能模块划分为基本功能模块和地学查询分析应用模块两大类。其中,基本 GIS 功能模块指应用程序中那些通用的与具体应用无关的程序代码,包括地图的放大、缩小、漫游、地图的多层叠加显示、图形属性的相互查询、图层的上下移动、活动图层的确定及地图的标注等,在 VB 集成开发环境中调用 MO 的函数库实现。这些代码模块不与某一数据库或应用需求捆绑,一经编好,就可以在不同的应用系统中方便地调用。地学查询分析应用模块是从地震地质与地震研究的应用需求出发,根据已有的 GIS 空间数据库特点来设计和实现的一系列程序模块,包括地震地质基础信息分层浏览和动态叠加显示、历史地震查询分析统计、活动断裂查询分析统计、潜在震源区查询分析统计、综合等震线绘制、震源机制解绘制及 Buffer 查询分析等多个应用模块。这些模块实现的功能依赖于我们已建立的 GIS 数据库和地震地质研究的需求,直接服务于地震研究,实现地震研究中信息资源的共享和挖掘。

## 2.5 系统的功能

地震地质基础信息 WebGIS 系统将大多数 GIS 功能扩展到因特网上,同时系统的代码与数据分离,具有很好的通用性。利用它可将位于不同服务器、不同磁盘目录的大多数 GIS 格式的空间数据发布到网上,实现地学空间信息的网上交互式操作和共享,为地学研究的信息化提供平台。

1) 地图的浏览绘制与管理功能。包括地图的分层浏览显示与查询,地图的分幅浏览显示与查询,地图的放大、缩小和漫游,随比例尺变化动态内容显示,导航图定位功能,地图的标注与标识功能,以及地图的打印输出功能。

2) 地图的属性查询与空间查询功能。可以按用户要求的属性条件,检索出相应的空间特征,并显示在地图上。例如,要查询震级大于 6.0 的历史地震,则可以在浏览器的查询域中输入查询表达式( $M > 6.0$ ),然后浏览器中的页面被更新,大于 6.0 级地震的地图被显示。用户也可以通过空间特征的地理位置来获取其相应的属性信息。比如,用户在地图上用鼠标点按某一条断裂,则该条断裂的属性信息,如断裂的名称、长度、产状、力学性质、活动年代等均被显示在浏览器的相应窗口中。图 2 是这一功能的输出实例。

3) 地图的空间分析与统计分析功能。包括地图的空间叠加功能,缓冲区(buffer)分析功能,相邻区域查询分析功能,专题地图绘制功能,以及属性信息统计分析功能。

4) 地图文件的提交和下载功能。具有权限的用户可以将服务器上矢量格式的空间数据下载到客户机上,在本地 PC 机上的桌面 GIS 系统中使用。同时,如果用户想把自己的空间数据发布到网上,则可将数据以 Arcview 的 Shape 文件、Arc/info Coverage、Arc/info.E00、MapInfo 的 mif 文件或 txt 文件等形式提交到服务器上,服务器端接收到数据后就可利用本研究开发的 WebGIS 应用系统将其发布到 Web 上,以供同行及更多的人共享。

5) 数据的远程更新功能。由于地震地质 WebGIS 系统依赖于强大的 GIS 空间数据库,因而必须对数据库进行不断更新,才能保证系统运行的时效性。由于系统的 GIS 空间数据库很庞大,涉及地震、地质、地球物理等多种学科,很难由一个部门单独维护。因此,本系统提供数据远程更新功能,将服务器上不同专题数据的读写权赋予相应的部门,由他们定

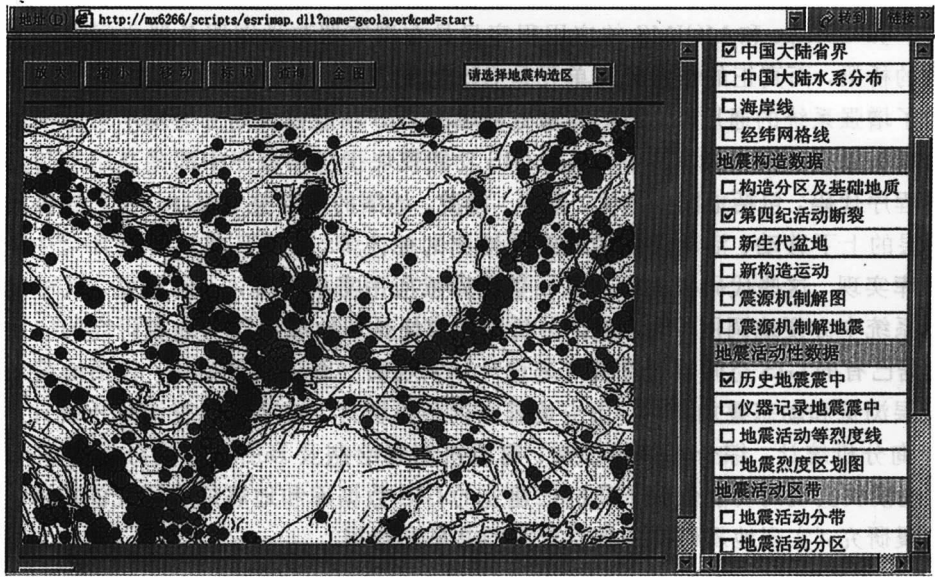


图 2 系统查询分析功能输出实例

期对数据进行远程更新，以确保数据的现势性。比如地震目录由一个部门维护，而活动断裂则由另一个部门维护等等。

6) 用户管理功能。本系统具有用户的注册、注销和授权等一系列功能。通过给不同的用户赋予不同级别的权限来限制用户对系统的使用，这样不仅提高了系统的利用率，也有助于系统的安全。例如，普通用户只能在网上浏览地图和进行一些简单查询，而特定用户除了进行一般的浏览查询外，还可以进行空间分析及空间数据下载等操作。

3 结论

由于地震研究涉及的时空尺度大、数据内容广，以及地震信息本身具有的区域性、层次性和综合性等分布式特征，因而客观上要求实现信息共享和协同工作。WebGIS 作为 GIS 与因特网技术的有机集成，为地学空间信息的组织、利用和共享提供了一种有效机制。因此，及早开发地震信息网络地理信息系统将大大促进地震研究的信息化进程。本研究在这方面做了一些工作，并以现有的网络技术为基础，选择适当的网络集成方案，开发了地震地质基础信息 WebGIS 应用系统，为地震研究中各类信息的远程获取和共享提供了平台；同时解决了网络地理信息系统开发中的一些关键问题，为传统 GIS 地学应用系统向因特网的跨越积累了经验，具有一定的实用意义和发展前景。

还需指出的是，对网络地理信息系统的研究目前才刚刚起步，其中涉及的信息技术、网络技术和 GIS 等多学科领域的理论和实践问题，都还有待于更深入的研究和探讨。我们相信，网络地理信息系统技术将在以后的实践中不断得到发展和完善。

参 考 文 献

韩海洋, 龚健雅, 袁相儒. 1999. Internet 环境下用 Java/JDBC 实现地理信息的互操作与分布式管理及处理[J]. 测绘学报, 28(2): 177~183

- 孔云峰, 林琿. 1998. 基于万维网的地理信息系统集成研究[J]. 遥感学报, 2(2): 143~148
- 袁相儒, 龚健雅, 陈莉丽, 等. 1999. 多种数据源地理信息处理的 Internet GIS 方法[J]. 武汉测绘科技大学学报, 24(1): 11~14
- 赵需生, 杨崇俊. 2000. Web-GIS 的设计与实现[J]. 中国图象图形学报, 5(1): 75~79

## APPLICATION OF WebGIS IN SEISMOLOGICAL STUDY

Qu Chunyan Ye Hong Liu Zhi

(Institute of Geology, China Seismological Bureau, Beijing 100029, China)

**Abstract:** The paper first introduces the concepts, method and recent development of Web-GIS technology, then discusses the functionality and application prospect of WebGIS in the field of seismological study, finally the paper gives a presentation on application of Web-GIS to seismological study and constructs an WebGIS information system for seismological study by using GIS component MO/MOIMS. The system based on Browser/Server architecture can implement the sharing of spatial data and GIS applications and partly collaborating work. This WebGIS solution has important significance for seismological study and deserves to further research.

**Key words:** WebGIS; seismology; spatial data sharing