

淮河流域环境地质调查信息系统的设计与实现

黄金玉, 叶念军, 张泰丽

(南京地质调查中心, 南京 210016)

摘要: 基于 GIS 二次开发, 通过对项目数据资料整理分析, 设计建立系统内部数据库, 结合控件以及组件开发技术建立淮河流域地质调查信息管理系统(HHEGData 系统)。创建的 HHEGData 系统内部数据库 H WData 将项目调查、测试、收集的所有数据、图件以及文档规范整理录入, 系统设计了两个主功能模块——属性数据库管理模块和空间数据库管理模块, 根据项目资料类型进行更规范更便捷的检索, 实现属性数据与空间数据双可视、多样查询, 为提出地下水资源保护和可持续开发利用的对策建议提供信息支持。

关键词: 内部数据库; 地理信息系统(GIS); 空间数据库; 属性数据库

中图分类号: TV 213.4, P208 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-1683(2013)03-0155-05

Design and Implementation of Environmental and Geologic Survey Information System in the Huaihe River Basin

HU ANG J i n y u, Y E N i a n j u n, Z H A N G T a i l i

(Nanjing Center of Geological Survey, Nanjing 210016, China)

Abstract: Based on GIS secondary development and the project data organization and analysis, a system internal database was designed and built, which was used further and combined with the control and component technology to develop the environmental and geological survey information system in the Huaihe River Basin (HHEGData system). The developed system internal database (H WData) of the HHEGData system includes all the data, maps, and documents obtained from the project survey and testing. The design of HHEGData system includes two main function modules: attribute database management module and spatial database management module, which can provide more standard and more convenient data inquires based on project data type, and realize the dual visualization and various inquires of the attribute data and spatial data. The information system can offer technical and information support for the measures of protection and sustainable development and utilization of groundwater resources.

Key words: internal database; geographic information system (GIS); spatial database; attribute database

淮河流域是我国重要的能源基地和农作物生产基地, 在我国国民经济中占有十分重要的战略地位。自 20 世纪 80 年代以来, 淮河流域水资源的外部环境发生了较大变化, 生态环境遭到破坏, 水环境严重恶化。此外, 随着流域内社会经济的发展 and 城市化水平的不断提高, 水资源的需求量也日益增加。部分地区地下水的超量开采和不合理的开发利用, 导致地下水位持续下降, 并引发了地面沉降等环境地质问题。淮河流域环境地质综合研究项目的(以下简称项目)从 2010 年开始, 主要是查明淮河流域地下水污染现状及其与地下水开发相关的环境地质问题, 评价流域内地下水开采潜力。项目收集了区内国土、地质、水利、城建、煤田、气象、测绘等部门的遥感、物化探、基础地质、水文地质、工程地质、环

境地质等各方面的数据资料及成果报告, 所采用的工作方法和各项实物工作量完成情况详见表 1。为了对项目调查评价过程中的野外调查、试验测试以及评价分析的数据及资料进行更规范的录入和科学有效的查询管理, 开发了淮河流域环境地质调查信息系统。

1 淮河流域环境地质调查信息系统的总体设计

1.1 系统总体设计目标

淮河流域环境地质综合研究项目涉及 17 589 个钻孔数据资料, 1: 25 万 GIS 矢量地理底图 60 000 km², 1: 5 万 700 km², 包括 25 万、5 万、50 万电子图件数十幅, 还有大量的测

表 1 项目实物工作量统计表

Table 1 Statistics of project physical workload

序号	项目	单位	设计工作量	完成工作量	备注
1	重点工作区	km ²	86 709	187 000	比例尺 1: 25 万, 平原地区
	环境地质调查 专项工作区	km ²	1 500	1 550	比例尺 1: 5 万
	1: 10 万专项	km ²		905	比例尺 1: 10 万
2	地下水统测	次/点	2 713- 2 928	3 378	整个项目周期
3	地下水观测	点次	5 800	5 850	
4	水文地质钻孔 进尺	m	2 250	2 360. 15	
	水土样	件	3 260	3 681	其中含安徽土壤样品 70 件(总设计中没有)
5	样品分析 其他	件	621	948	其中含安徽古地磁样设计 600 件, 实取 909 件; 安徽 ESR 样计划 13 件, 实取 31 件; 安徽大气降水样设计 8 件, 完成 8 件。
	同位素样	件	91	86	
6	物探 电阻率探深法	点	145	140	
	高密度电法	点	800	720	
7	GPS 点建设	点	15	15	

试数据、分析数据和统计数据, 对于如此多的资料, 如何实现简洁灵活的数据查询和管理是系统开发的核心任务。HHEGData 系统的建设目标是将项目所有资料合理分类, 标准化录入整理, 并运用多种开发手段选择更简明快捷的查询方式, 以方便使用者及时准确地了解地质环境条件和环境地质问题的发育特征和分布规律, 为科研人员做出现状评价和发展趋势预测提供科学的基础资料, 也为资料管理人员提供资料信息日常管理和更新的平台, 以提高工作效率。

1.2 系统开发环境

根据需求, 系统在 Visual C++ 的开发环境下, 将 GIS 中的组件式开发和 MFC 类库函数开发技术结合, 借助于 ADO 数据连接引擎访问存储在 Microsoft Access 中的属性数据和空间数据记录信息。

系统内部数据库的存储设计是 MS Access 数据库。MS Access 以它自己的格式将数据存储在基于 Access Jet 的数据库引擎里。它还可以直接导入或者链接数据(这些数据存储在其它应用程序和数据库中)。

由于项目搜集到的历史资料以及项目开展前下发的成果资料提交格式说明, 都要求是 MAPGIS 格式数据, 所以, 为了与搜集的历史资料实现“无缝对接”, 也满足项目要求, HHEGData 系统选择基于 MAPGIS 二次开发。

1.3 系统总体结构的设计

系统主要由内部数据库、录入界面以及两个主功能管理模块组成, 两个主功能管理模块分别是淮河流域空间数据管理模块和淮河流域属性数据库管理模块。淮河流域属性数据库管理模块中采用分页技术, 将主界面分成三个分页面归类查询安徽、河南、山东三个省市县的属性数据, 由于江苏省的数据资料主要以空间数据格式为主, 与其他省份的资料类型有区别, 因此, 将江苏省部分属性数据和空间数据归并到淮河流域空间数据库管理模块中, 淮河流域空间数据库管理模块通过分割活动页面形式进行分类检索。

内部数据库(HWDat a)的数据库结构: 根据项目要求数据库中设计了基础数据表, 作为主关系表将各子表关联, 字

表中包括有探槽野外施工记录表、测试数据元数据表、抽水试验观测记录表、地表水点综合调查表、地裂缝分区表、地下水单井开采量记录表、地下水水质监测综合成果表、地下水污染综合调查表、地质钻孔含水层段、机民井调查表等等。每个表都有自己的属性结构设计, 如地下水污染综合调查表属性项有污染点统一编号、地下水污染类型、污染区面积、地下水污染标志等, 主关系表基础数据表属性结构见表 2。

表 2 基础数据表属性结构

Table 2 Structure of basic data table attribute

序号 Serial Number	字母名称 Filed Name	字段类型 Filed Type	字段长度 Filed Length
1	调查统一编号	Char	20
2	野外编号	Char	20
3	调查点名称	Char	20
4	经度	Double	16
5	纬度	Double	16
6	公里网 X	Double	16
7	公里网 Y	Double	16
8	地面高程	Double	12
9	地理位置	Char	20
10	调查点类型	Char	18
.....

1.4 系统功能的设计

查询功能——实现对属性数据和空间数据的多种方式查询检索。

属性数据库查询包括以下查询功能。

(1) 单表查询。点击对应数据表或输入查询表名称。

(2) 通过属性项进行查询。单表或者多表中某一属性项进行查询, 可通过选择和输入属性项名称。

(3) 条件查询。对某数据项输入满足条件, 条件算式如 >、<、&&、||、= 等。

(4) 分类查询。通过调查表类型、日期、调查区域等查询。空间数据库查询包括以下查询功能。

(1) GIS 矢量电子单图件查询。通过点击列表图件名称

或者输入对应查询图件名称查询。

(2) 比例尺查询。空间数据库中包含 1: 25 万、1: 50 万和 1: 5 万比例尺 GIS 图件, 通过选择不同比例尺查询对应图件。

(3) 专题图件查询。项目对专题图件有分类, 如淮河流域地下水质量评价中分为埋深小于 20 m、埋深 20~ 50 m、埋深大于 50 m 等, 污染程度分布也分为埋深小于 20 m 和埋深 20~ 50 m 等, 对于这些图件可通过专题选择项进行查询。

编辑功能——实现对属性数据库和空间数据库编辑修改功能。对于属性数据库实现所有数据库编辑功能, 如删除属性、增加属性、修改属性、删除和增加属性数据表、修改属性数据表等。对空间数据库对 GIS 矢量电子图进行编辑, 如图元的删除、增加、参数修改(颜色、大小、角度、图型等)、移动等图件编辑功能, 还对 GIS 工程文件进行编辑, 如删除文件、添加文件、改变文件状态等。

统计分析功能——针对系统数据库中数据进行统计, 如总数总和统计、分段分项统计等。

文档查询功能——对项目的搜集和过程文档资料进行查询调阅。

2 属性和空间数据库管理模块的功能实现

2.1 属性数据库管理模块设计

根据对淮河流域环境地质调查项目的属性数据整理分析, 系统将属性数据分类为安徽省数据、山东省数据以及河南省数据, 并根据三大省份的数据特点设计各具特点的管理模块。

安徽省数据中分为分析数据资料、调查数据资料和文档类分析报告等, 其中分析资料包含了各年份的数据资料, 而调查资料中包括野外调查数据、钻孔数据等; 山东省数据资料包括长测资料和相关文档, 其中长测资料中包括了菏泽市、济宁市、宁阳县、枣庄市等各市县数据资料; 河南省资料包括重点区调查数据表、周口专项区调查数据、地下水位统测资料等。

在山东数据库查询界面中, 根据数据资料列出菏泽市、济宁市、枣庄市等各县长测资料, 通过浮动操作界面进行数据查询。

河南数据库查询界面中运用控件开发技术, 根据数据资料分为重点区调查数据、周口专项区调查数据、汞专项区调查数据以及地下水位统测资料、地下水统测野外记录表等。

2.2 属性数据库管理功能技术实现

根据项目中三大省份数据资料, 系统设计了分页查询界面, 在主操作窗口中使用 Tab Control 控件, 在控件上添加三个 Page 分页, 每个 Page 界面上都根据各个省份数据进行设计。

在安徽省数据库查询分页中的数据列表控件 List Control 用于数据库中查询数据的显示, 使用到内库函数是:

Insert Column (int nCol, LPCTSTR lpszColumnHeading, int nFormat = LVCFMT_LEFT, int nWidth = - 1, int nSubItem = - 1), 函数主编辑参数是 nCol 和 lpszColumnHeading, 其意义为:

int nCol——要插入到数据列表中项目顺序代号, 为整

型数据, 从 0 开始计数;

LPCTSTR lpszColumnHeading——插入的列表项目名称。

函数后面三个参数 nFormat、nWidth 以及 nFormat 可以使用默认值。要完成整个数据库中数据的显示, 此函数需要通过大量复杂循环调用来实现。安徽功能界面见图 1。

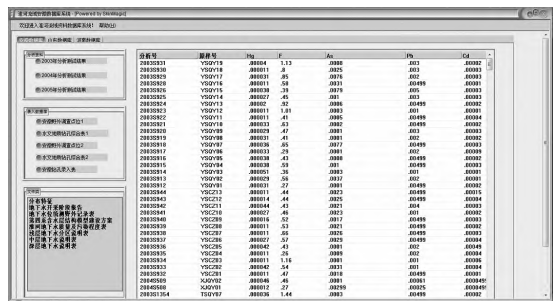


图 1 安徽功能界面

Fig. 1 The function interface of Anhui province

山东数据库查询界面中使用了数据显示控件, 界面侧边设计快捷查询工具栏, 点击所需检索名称对象即可完成查询, 数据库显示控件使用 List Control, 通过控件参数 CListCtrl::m_list 进行数据的插入和显示。

河南数据库查询界面分别将各年份的数据通过控件 List Box 作为查询提示, 其结构见图 2。

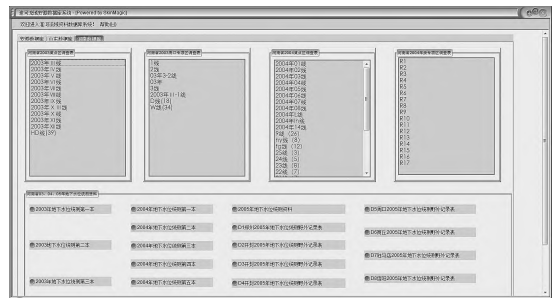


图 2 河南功能界面

Fig. 2 The function interface of Henan Province

2.3 空间数据库管理模块设计

由于江苏省大量资料为空间数据格式, 所以在属性数据库中没有专门针对江苏省设计查询分页, 而是直接设计归并到空间数据库管理模块中。空间数据分为江苏省、安徽省、河南省、山东省四个省市调查获取的空间数据资料, 其界面见图 3。数据查询方式设计有如下四种。

(1) 空间数据名称选择查询。直接选择已经列出的对应名称, 如安徽数据中有第四纪 N - 0 的剖面图和基岩层相关图件, 江苏数据中有水质图等, 山东省数据图件有防污性能评价图、浅层地下水资源分布图、浅层水文地质图等, 河南数据中有地下水埋深各埋深质量评价图等。

(2) 空间数据关键字输入查询。对需要查询的空间数据中包含的关键字, 通过编辑框进行人工输入, 可输入对应的省份、名称中关键字、年份、月份等关键信息。

(3) 空间数据图元直接点击查询。对于空间数据中的图元通过鼠标点击调出对应的所有属性, 属性中包括属性字段、属性值等, 并通过数据列表显示。

(4) 空间数据条件查询。通过独立的条件查询编辑对话框进行条件的输入,对应的图元数据字段名称自动提供,查询时选择对应的条件,如大于、等于、小于、包含、并且、或者等相关条件。

空间数据图件显示窗口可以完成移动、放大、缩小、复位、更新等操作。对空间数据图元进行编辑修改,如添加、移动图元、删除、编辑等功能以及对 GIS 工程文件进行管理。空间查询界面见图 3。

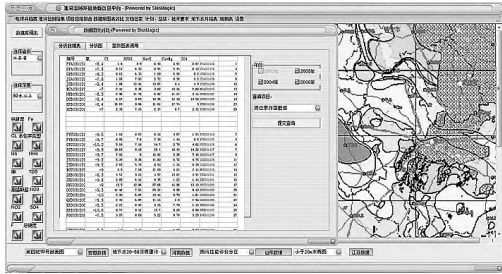


图 3 空间数据查询界面

Fig. 3 The interface of spatial data query

2.4 空间数据库管理模块技术实现

空间数据库管理模块是基于 GIS 二次开发,空间数据通过 * .MPJ 格式存储,通过调用 MFC 开发内库对接口函数完成相应功能,使用到的接口函数是 _PRJLoadAProject (Char * name, AREA_HINST aInst, Short fastOpen),此函数三个参数的意义是:

- Char * name——装入的 GIS 工程对象;
- AREA_HINST aInst——工作区实例,由 _InitWorkArea 函数创建;
- Short fastOpen——参数默认为 0;

空间数据查询时,可通过选择省份,包括江苏省、安徽省、河南省、山东省,选择深度有 20 m 以下、20~ 50 m 以及 50 m 以上,在快捷工具栏中,设计彩色快捷按钮分别代表总硬度、Fe、Cl、水化学类型、Mn、NH₄、砷、TDS、高锰酸盐、硝酸根、亚硝酸根、硫酸根、氟以及总硬度等。

在数据查询子操作界面中,界面由主菜单、操作窗口和查询快捷工具栏,菜单中根据资料设计有取样井档案、淮河流域检测结果数据、项目总结报告、数据库图表对比、地下水报表、观测表等。

对于分类更细致的资料,系统采用无模式操作对话框进行进一步的检索查询,如取样井档案资料查询对话框中将按编号依次查询,也可以通过井号定位查询,结果显示窗口会列出取样井具体信息(编号、井号、经纬度、井深、位置、井用途、成井年代等);数据图元对比查询对话框中设计了三个分页进行查询,分别为分析数据表、分析图以及整体图表查询。分析数据表查询分页中可以选择查询年份和查询项目名称,如同位素数据、分析数据表、井深同位素表等。分析数据查询界面采用分支分项查询模式,具体界面结构见图 4。

3 系统开发的难点和创新点

3.1 系统开发难点

淮河流域环境地质综合研究项目资料包括野外调查资料、

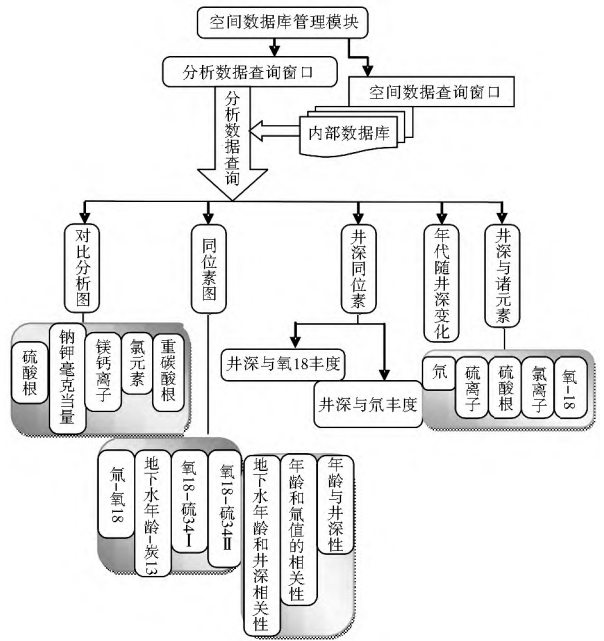


图 4 分析查询构架

Fig. 4 Frame of analysis and inquiry

测试结果数据、文档资料、数据图表文件、GIS 矢量电子图件,每类资料又有更细致的区分,如野外调查资料包括野外调查点、采样点数据、勘测点记录数据等;测试分析结果数据包括水化学、同位素、无机污染等分析数据,并且每个测试分析数据还分年份、月份和省份等;文档资料包括搜集各研究区域历史资料、文字报告、进展和总结报告、专报、专题研究报告,对于进展和总结报告还分年度区分;数据图表文件分各年份同位素分析对比数据表、硫酸根离子等对比分析表等;GIS 矢量电子图件每个比例尺、每个地区、每个专题研究都有对应图件。

可见,项目资料之多之复杂,系统开发前期就需要对所有资料进行整理分析,寻找更合理的归类原则,开发出更灵活更便捷的查询方式,所以,最终系统实现的查询方式针对项目资料特点设计了多样多形式的查询功能,并将资料分为两大类进行管理。

3.2 系统的创新点

(1) 数据库即转换即管理。以往建立的信息管理系统都是固定属性结构的数据库,使用中需严格按照其固定格式进行录入,只有完成录入工作后才能进行数据库的管理^[5]。HHEGData 系统在包括此种标准录入功能之外,还设计了即转即管理的功能,即对系统中没有设计的调查数据表可通过系统直接转换为系统内部数据库,此新的数据表的结构、属性项和数据值系统可自动完成全部读取并进行显示和编辑。此功能主要是考虑对项目数据表分析总结不足导致重要数据无法录入参与管理查询,同样此功能也为暂时导入数据用于管理提供便捷。

(2) GIS 工程装入并实现编辑功能。项目中 GIS 矢量图系统都是按 GIS 工程文件装入,不仅仅是调入简单的文件图片(如 JPG、TIFF、BMP 等),对 GIS 图件不但实现矢量图面上图元的所有编辑功能,还实现对工程中文件的管理编辑功能。

(3) 实现精细查询。由于项目资料分类复杂,不能简单

的通过单一查询方式直接检索到相应资料,因此,系统开发了精细查询方式,如资料的查询精细到年-月-日、具体的元素、具体的专题内容等。

(4) 多可视窗口。项目涉及了属性数据和空间数据资料,因此系统实现多可视窗口界面,实现多类资料对比显示查询。

(5) 实现文档资料查询。项目包括的文档资料比较丰富,系统结合组件开发方式将查询文档直接调阅显示。

4 结语

淮河流域环境地质调查项目首次在全流域范围内系统、全面地开展了区域水文地质条件、地下水水质和污染状况、地下水开采现状以及与地下水开发相关的环境地质问题调查。建立淮河流域环境地质调查信息管理系统将项目宝贵资料进行规范整理归类,并运用相关开发技术完成简便灵活的查询检索,通过对相应信息资料的查询为流域内地下水资源及地下水开采潜力评价提供有力的数据支持。

参考文献(References):

- [1] 林圻,张新,李杰,等.北运河综合信息管理系统的设计与开发探讨[J].南水北调与水利科技,2010,8(2):142-145.(LIN Li,ZHANG Xin,LI Jie,et al.The North Canal Comprehensive Information Management System Design and Development Discuss[J].South to North Water Transfers and Water Science & Technology,2010,8(2):142-145.(in Chinese))
- [2] 王乾,张礼中,张永波,等.基于GIS的地下水污染防治规划信息系统的设计与实现[J].南水北调与水利科技,2008,6(6):31-33.(WANG Qian,ZHANG Lǐzhong,ZHANG Yongbo,et al.Design and Implement of Groundwater Pollution Prevent and Control Plan Information System Base on GIS[J].South to North Water Transfers and Water Science & Technology,2008,6(6):31-33.(in Chinese))
- [3] 徐慧,徐英三.淮河流域信息化系统建设与管理[J].中国水利,2006(23):51-53.(XU Hui,XU Ying-san.Information System Construction and Management in the Huaihe River Basin[J].China Water Resources,2006(23):51-53.(in Chinese))
- [4] 刘惠德,吴涛,刘海新.基于GIS水文地质信息系统的研究[J].硅谷,2009(23):89-89.(LIU Huǐde,WU Tao,LIU Hǎixin.Hydrological Geological Information System Based on the GIS[J].Silicon Valley,2009(23):89-89.(in Chinese))
- [5] 鲍剑冰.嘉兴市南湖实时水文信息系统及应用[J].浙江水利科技,2010,(3):45-47.(BAO Jiǎnbīng.Real time Hydrological Information System and Application in Nanhu District,Jiaxing City[J].Zhejiang Hydrotechnics,2010,(3):45-47.(in Chinese))
- [6] 吴信才,郑贵洲,何贞敏,等.地理信息系统设计与实现(2版)[M].北京:电子工业出版社,2002.(WU Xìncǎi,ZHENG Guǐzhou,HE Zhēnmín,et al.Geographic Information System Design and Implementation[M].2 Edition.Beijing:Electron Industry Press,2002.(in Chinese))
- [7] 宋妍颖,朱翊,刘晓东,等.基于GIS的水资源查询统计软件系统设计及实现[J].测绘与空间地理信息,2009,32(3):117-120.(SONG Yǎnyǐng,ZHU Yi,LIU Xiǎodong,et al.Design and Realization of Water Resources Query and Statistics System Based on GIS[J].Geomatics & Spatial Information Technology,2009,32(3):117-120.(in Chinese))
- [8] 王杨刚,李玉龙,王新春,等.基于GIS的地质项目管理系统研究与实现[J].中国地质,2010,37(2):542-549.(WANG Yanggang,LI Yǔlong,WANG Xīnchūn,et al.Research and Realization of the Geologic Projects Management System Based on GIS[J].Geology in China,2010,37(2):542-549.(in Chinese))
- [9] 吕恒,彭世揆,林杰.基于MapX的森林资源管理信息系统[J].南京林业大学学报:自然科学版,2003,27(6):67-71.(LV Heng,PENG Shìkuì,LIN Jie.The Information Management System of Forest Resources Based on the MapX[J].Journal of Nanjing Forestry University:Natural Science Edition,2003,27(6):67-71.(in Chinese))
- [10] 张保祥,张心彬,黄乾,等.基于GIS的地下水易污染性评价系统[J].水文地质工程地质,2009,(6):26-31.(ZHANG Bǎoxiǎng,ZHANG Xīnbīn,HUANG Qián,et al.Groundwater Vulnerability Assessment System Based on GIS[J].Hydrogeology & Engineering Geology,2009,(6):26-31.(in Chinese))
- [11] 吴信才,张成,于海燕.搭建式GIS软件开发及其对软件工程的影响[J].测绘科学,2010,35(4).(WU Xìncǎi,ZHANG Cheng,YU Hǎiyan.Building block Oriented Programming for GIS and its Influence on Software Engineering[J].Science of Surveying and Mapping,2010,35(4).(in Chinese))
- [12] 杨林,周顺平,万波.分布式地质图空间数据库数据交换系统的设计与实现[J].测绘科学,2007,32(3):151-152.(YANG Lin,ZHOU Shùnpíng,WAN Bō.Distributed Geological Map Spatial Database Data Exchange System Design and Implementation[J].Science of Surveying and Mapping,2007,32(3):151-152.(in Chinese))
- [13] 张毅,李国卿,赵军喜,等.插件式GIS应用框架关键技术研究[J].测绘科学技术学报,2010,27(4):298-301.(ZHANG Yi,LI Guóqīng,ZHAO Jūnxǐ,et al.Key Technology of Plugin Based GIS Application Framework[J].Journal of Zhengzhou Institute of Surveying and Mapping,2010,27(4):298-301.(in Chinese))
- [14] 张行南,王晓航.基于GIS的水资源综合规划信息管理系统数据库研究[J].南水北调与水利科技,2006,4(2):36-38.(ZHANG Xíngnán,WANG Xiǎoháng.Study on Database of Information Management System for Water Resources Planning Based on GIS[J].South to North Water Transfers and Water Science & Technology,2006,4(2):36-38.(in Chinese))
- [15] 郑爱民.基于GIS的水文项目决策支持与管理信息系统初探[J].信息系统工程,2011,7:36-38.(ZHENG Àimín,Based on the GIS Hydrological Project Decision Support and Management Information System Trial[J].Information Systems Engineering,2011,7:36-38.(in Chinese))
- [16] 刘金来.GIS在水文水资源领域的应用研究与发展趋势[J].中国科技博览,2011,31:83-83.(LIU Jīnlái,GIS in the Application of Hydrology Water Resources Research and Development Trend[J].China Science and Technology Review,2011,31:83-83.(in Chinese))