

基于 GIS 的灌区水资源管理信息系统研发<sup>\*</sup>

陈 静<sup>1</sup>, 刘小学<sup>2</sup>, 魏晓妹<sup>1</sup>, 李 辉<sup>3</sup>, 王智阳<sup>4</sup>

(1. 西北农林科技大学 水利与建筑工程学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 陕西地下水监测管理局, 西安 710003; 3. 黄河上游水电开发有限责任公司 建设公司, 西宁 810000; 4. 中国水电顾问集团 西北勘测设计研究院, 西安 710000)

**摘 要:** 针对灌区水利信息化建设的需要, 在充分调研和系统分析的基础上, 利用 Visual Basic 6. 0 与 Spermap Objects 集成进行 GIS 的二次开发, 初步研发了宝鸡峡灌区水资源管理信息系统。系统采用模块化设计方式, 很好地解决了空间与非空间数据的管理, 并采用 COM 组件技术实现农业供需水预测及平衡分析模型与系统的集成。本研究为灌区水资源的管理利用提供了一套行之有效的管理系统, 同时也为合理配水提供了依据。  
**关键词:** GIS; 灌区水资源管理信息系统; Supermap Objects; COM 组件; 供需水平衡分析  
**中图分类号:** S274; TP79      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1005-3409(2007)04-0069-05

Study on Management Information System of Water Resource  
Based on GIS in Irrigation Districts

CHEN Jing<sup>1</sup>, LIU Xiao-xue<sup>2</sup>, WEI Xiao-mei<sup>1</sup>, LI Hui<sup>3</sup>, WANG Zhi-yang<sup>4</sup>

(1. Water conservancy and Architecture College, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. The Management Bureau of Groundwater Monitoring of Shaanxi Province, Xi'an 710003, China; 3. Construction Bureau of Hydropower Development Ltd. on the up-Yellow River, Xining 810000, China; 4. Northwest Hydro Consulting Engineers, CH ECC, Xi'an 710000, China)

**Abstract:** To satisfy the need of construction of informationized water conservancy in irrigation districts, and on the basis of sufficient investigation and systematic analysis, this paper made further development of GIS based on the integration of Visual Basic 6. 0 and Supermap Objects technique. The management system of water resources was preliminarily developed. The system adopted modularization design method, which actualized the management of spatial data and non-spatial data efficiently. Besides, COM model technique was also adopted to actualize the integration of the system and model of prediction and supply-demand of agricultural water. The study not only offered an effective management system for management and utilization of water resource, but aslo provided foundation for reasonable water allocation in irrigation districts.  
**Key words:** GIS; management information system of water resource in irrigation districts; supermap objects; COM component; water resources supply-demand analysis

1 引 言

灌区水资源管理直接影响到灌区工程效益的发挥, 水资源的合理利用以及经济效益和社会效益的

提高。当前大型灌区中普遍存在了两个问题: 一是水资源短缺, 制约着农业生产的进一步发展; 二是农业用水缺乏优化管理和调配, 浪费现象严重。如何合理利用水资源, 充分发挥水资源效益, 建设现代化

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2007-05-24  
基金项目: 科技部科技支撑计划项目(2006BAD11B05)  
作者简介: 陈静(1984-), 女, 陕西南郑人, 硕士研究生, 主要从事水资源利用与管理方面的研究。  
通讯作者: 魏晓妹(1957-), 女, 甘肃甘谷人, 教授, 博士生导师, 主要从事水资源利用与管理的教学及科研工作。

节水型生态灌区,是目前灌区管理中迫切需要解决的问题。

灌区信息化建设是最有效的解决方法,而研发灌区水资源管理信息系统是灌区水利信息化的主要内容。传统的水资源信息管理系统(Information Managment System, IMS),主要是完成信息的收集、整理、统计分析,并通过各类报表进行输出,旨在实现管理甚少支持决策。随着计算机技术和地理信息系统(Geograpy Information System,以下简称 GIS)的发展,将 GIS 引入灌区水资源管理信息系统已成为灌区信息化建设的热点。

GIS 是一门介于信息科学、计算机科学、地理学、数学、测绘遥感学和管理科学之间的新兴边缘学科,其特点在于把社会生活中的各种信息与反映地理位置的图形有机结合,并根据用户的触发指令,对离散数据整合、分析,其结果为决策提供参考和依据。灌区信息除了具有信息的一般特征外,还与地理空间关联密切,几乎 70% 以上的水资源信息都与地理位置挂接在一起;同时水资源管理的主要内容与各水文要素的空间变异性密切相关,既涉及水资源空间信息的管理,又需水资源属性信息管理,这其中,空间信息量大、格式多样,而对空间信息的管理和分析正是 GIS 的优势。由此可见,建立基于 GIS 的灌区水资源管理信息系统不仅是切实可行的,而且可使系统除具备普通 IMS 系统功能之外,还能管理空间信息和实现针对灌区特殊应用的要求,从根本上提高灌区管理水平,进而推进灌区信息化建设。

## 2 系统总体设计

### 2.1 系统目标及设计原则

本系统的目标是将灌区的水资源信息科学存储,图文并茂地显示灌区概况,方便快捷地查询相关信息,并将查询结果以报表或者地图的形式输出。同时利用 COM 组件将农业供需水预测及平衡分析模型的动态连接库(.dll)在系统中无缝集成,在信息基本管理的基础上,为渠系配水提供依据,辅助决策。

因此,在整个系统的设计过程中,遵循以下原则:

(1) 共享性原则。以水利部农水司组织编制的《全国大型灌区基础数据库建设指南》为建库标准,将涉及到的水资源信息标准化、规范化、方便资源共享;

(2) 稳定性原则。系统开发遵循实际管理需要,要求系统稳定可靠的运行,且可视化强,人机交互界

面友好,易于操作和维护;

(3) 安全性原则。在保证数据的共享性、独立性和完整性的基础上,对不同的用户赋予不同的管理权限,以保证数据的安全性;

(4) 可扩展性原则。在系统设计过程中留有进一步开发的接口,当数据量增加或者功能增强时,以便扩展系统。

### 2.2 系统开发方式

应用型地理信息系统主要由以下三种方式来实现<sup>[1]</sup>:(1) 独立开发方式,不依赖于 GIS 工具软件,从空间数据的采集、编辑到数据的处理分析及结果的输出,所有的算法都由开发者选择某种程序设计语言,如 Visual Basic, Visual C++, Delphi, Java 等,在一定的操作系统平台上自我编程实现。(2) 单纯二次开发,完全借助于 GIS 工具软件提供的开发语言进行应用系统开发,如 ESRI 的 Arcview 提供的 Avenue 语言,Mapinfo 公司研制的 Mapinfo Professional 提供的 MapBasic 语言等,用户利用这些宏语言,以原 GIS 工具软件为开发平台,开发出自己的针对不用应用对象的应用程序。(3) 集成二次开发,集成二次开发是指利用专业 GIS 工具软件,如 Arcview, Mapinfo, Supermap Objects 等,实现 GIS 的基本功能,以通用可视化开发工具为开发平台,进行二者的集成开发。

GIS 的独立开发难度大,单纯二次开发受 GIS 工具提供的编程语言限制而差强人意,而结合组件式 GIS 工具软件与可视化语言的集成二次开发方式,既可以充分利用 GIS 软件对空间数据库的管理、分析功能,又可以利用可视化语言高效便利的编程优点,集二者之所长,在提高运用系统开发效率的同时具有更好的外观效果、更强大的数据库功能,而且可靠性好、易于移植、便于维护。

陕西省关中地区西部的宝鸡峡引渭灌区,是一个多枢纽、引抽并举、渠库结合、长距离输水、大型建筑物多的特大型灌区,在地形地貌条件、水源条件、作物种植结构、灌溉制度、经济发展水平等方面在西北大型灌区中都具有代表性。因此,本文以宝鸡峡灌区为例,以图(图形、图像)为基础,结合数据库技术和 GIS 技术在灌区各类电子地图的基础上管理灌区内的各种水资源信息,建立基于 GIS 的宝鸡峡灌区水资源管理信息系统内,将空间数据、属性数据管理相结合,使已有的信息能够共享,能够拓展,充分发挥其应有的作用,提高灌区水资源管理水平。根据系统需要,本研究以 Visual basic 6.0 为系统开发语言,SQL Server 2000 做后台数据库,选择北京

超图地理信息系统技术有限公司研发的 Spermap ObjectsGIS 组件进行组件式 GIS 的二次开发。

2.3 数据库设计

灌区水资源信息是指来自灌区水资源管理, 保护和社会相关部门, 采用一定手段或方法采集的反映水资源附存空间, 运移系统与利用、管理状况, 并能对灌区水资源管理和决策产生影响各种数据资料的总体集合<sup>[2]</sup>, 主要包括属性信息和空间信息。其中属性信息指对地物的特征、性质的描述与公告等; 空间信息的获取渠道很多, 比如, 地形图、示意图、遥感影像、手持式 GPS 设备等。

在宝鸡峡灌区的水资源管理信息系统中, 所涉及信息如表 1 所示。因此在数据库设计中, 主要包括空间数据库, 属性数据库和模型库。空间信息的获取主要根据省测绘中心提供的宝鸡峡灌区 1: 250 000 的地形图, 利用扫描仪把以纸质为载体的信息扫描后, 以栅格数据形式存储。在 Photoshop

中拼图、降噪、对比度和亮度的调整后, 通过 Super-Map Deskpro 5.2 进行配准、矢量化和拓扑处理, 将空间信息以点、线、面、DEM ( Digital Elevation Models, 数字高程模型, 是地面特性为高程和海拔高程的数字地面模型) 等数据集格式, 以 SDB 形式存储于相应数据源下。属性数据作为空间数据的属性表进行保存, 通过系统保留字段 SmID 在空间数据和属性数据之间建立关联, 继而定位到图形元素上, 在系统中实现两库统一。这种组织方式把空间数据和属性数据分开存储, 对两种数据的检索和维护都可以单独进行, 存储和检索比较有效, 可靠。文本信息和多媒体信息分别以文本文件和多媒体文件的形式独立存放, 其中不能与空间的具体地物挂钩的文件( 如水资源公告等), 系统可以通过特定的指令快速进行访问, 能与空间位置关联的可以将文件的存放路径作为空间数据的一个属性值, 需要时系统直接进行调用<sup>[3]</sup>, 数据库组织形式如图 1 所示。

表 1 灌区信息分类

信息类	信息内容
灌区社会经济信息	灌区概况、土地利用现状、国内生产总值、行政分区、人口结构、产业结构等
自然地理信息	基础地理图系, 地质、土壤要素与数据, 机井信息、蓄水、引水, 提水及调水四类供水工程地理位置及供水水量信息, 年度用水计划等
水资源信息	地表水系图, 渠系图, 测井分布图, 水文数据( 如气温、风速、降雨量等)、水文站、气象站等分布图、地下水位信息、径流信息
作物信息	作物种类、种植结构, 作物耕作制度, 轮作方法, 耕作面积、有效灌溉面积等
污染源信息	污染源分布图, 污染源数据, 排污口、污水处理厂分布图等

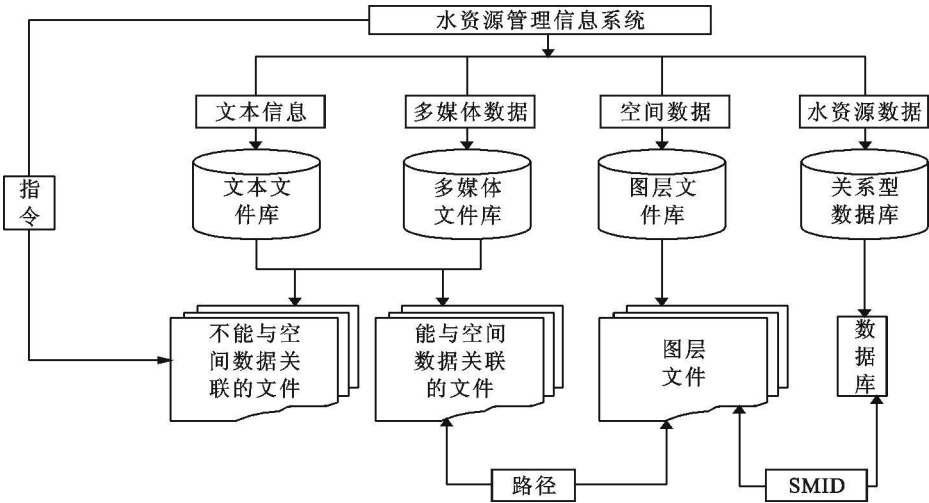


图 1 系统数据的组织方式

2.4 农业供需水预测及平衡分析的 COM 组件

灌区农业供需预测及平衡分析, 是指在一定灌区内预测未来水平年就水资源的对农业的供给与农业用水需求, 以及它们之间的余缺关系进行分析的

过程。主要包括来水、用水和需水 3 部分的预测。此系统中, 以 VB 为开发语言, 研发以农业供需水预测及平衡分析为核心的灌区水资源管理信息系统, 仅建立一个单一的可执行文件( . exe ), 会使编译文

件过大, 将影响执行效率并耗费大量内存。此外, 农业供需水预测及平衡分析模型的建立中, 涉及源代码(Source Code) 甚多, 模块合并时, 难免发生声明及相关问题的冲突, 造成合并及管理的困难, 导致研发周期延长。

COM (Component Object Model, 组件对象模型) 组件是由 Microsoft 提出的定义组件程序运行时所需环境的组件标准, 以对象为基本单元的模式, 因此程序间相互独立且流畅通信。因此选择 COM 组件技术, 建立各个相对独立的模块作为一个独立的 DLL 文档, 在可执行文件中调用将会避免此类问题的发生。

VB 中可以生成可执行文件 ActiveX EXE, 称进程外组件 (Out-process component) 和动态连接库 ActiveX DLL, 称进程内组件 (in-process component)。其中 EXE 文件可以直接执行, 动态连接库 (Dynamic Link Library) 是一种在运行时连接的可执行代码和数据模块, 不可直接执行, 但可由 EXE

文件调用的<sup>[4]</sup>。开启新的 VB 工程, 选取 ActiveX DLL, 即可生成一个新的类模块 (Class 1), 在此类模块中编译作物蒸腾蒸发量预测、农业用水预测、农业供水预测、供需水平衡预测等代码。将工程存档, 即可生成 DLL 文件。最后在 VB 中添加测试工程对组件进行测试, 通过 MTS 注册, 完成组件集成, 便于在系统中调用, 且节省内存, 提高单机效率。

2.5 系统结构

该系统主要面向 3 类用户: ①普通用户, 主要指关注灌区发展的普通公众, 通过登陆系统直观了解灌区水资源相关信息; ②科研人员, 在调用系统过程中, 可通过用户名和密码登录数据库系统查看建库原始资料, 但仅能查询不能修改编辑; ③系统管理员, 属最高权限用户, 是系统的建立者, 通过用户名和密码登陆对基础数据进行录入、编辑及删除, 并且可以添加或删除用户以及对用户授权。根据用户需求, 将系统分为 7 大子系统, 每个子系统下又分相应的运行模块, 如图 2 所示。

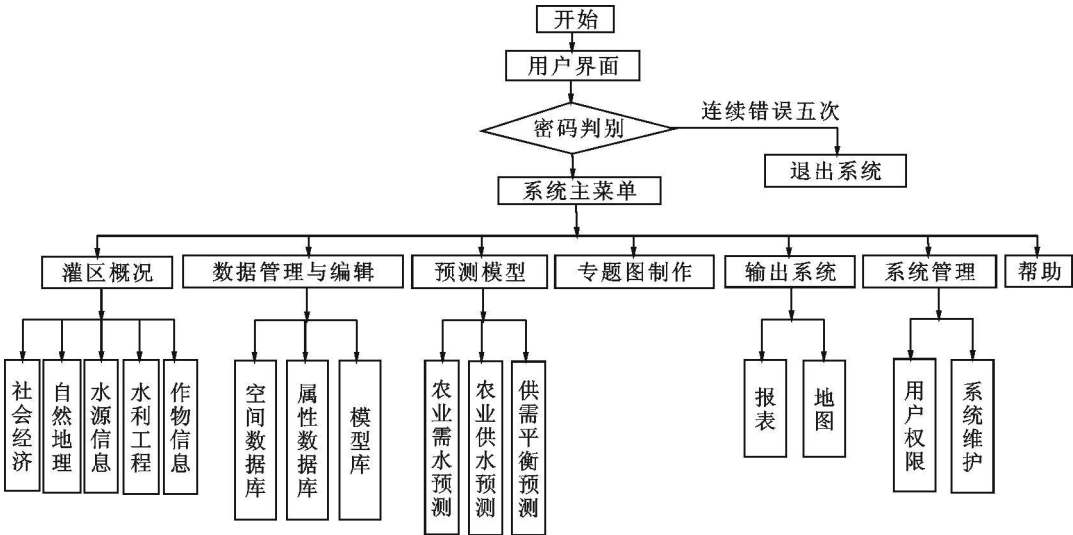


图 2 宝鸡峡灌区水资源管理信息系统结构图

2.6 系统功能

从系统结构上讲, 灌区管理信息系统应具有灌区基本信息的管理、信息的查询、图形管理、灌溉供水管理、统计分析、水利专题图应用、系统管理及帮助等功能。

(1) 灌区基本信息管理功能。将灌区的基本信息如灌区的水源信息(林家村渠首枢纽组), 工程信息(水电站、水闸、拦水坝、渡槽等), 渠系信息(渠系概况, 衬砌形式等), 气象信息, 土壤利用概况等统一收集、整理、分析、录入、存储与编辑。在基础软件, 硬件及特定功能模块的支持下, 通过人机对话的方式把指令结果传递给不同用户, 满足灌区日常管理工作的需要, 并通过对不同用户进行不同权限设置

保证资料的安全性。

(2) 数据信息查询功能。实现信息正向查询(从空间信息到属性信息的查询)和方向查询(从属性信息到空间信息的查询)的双向查询方式<sup>[5]</sup>。用户点击工具条上的正向查询按钮, 然后在系统 GIS 图上选定目标单击, 就可在查询结果中显示目标的相关信息; 用户单击工具条的反向查询按钮, 弹出查询条件输入框, 选择和输入相关属性信息, 系统通过与属性数据库交互和层层过滤得到要查找的目标, 查到的目标在 GIS 图上以高亮、闪烁的形式表现出来。

(3) 电子图形管理功能。灌区管理信息系统的地图由基础图层和主体图层组成, 其中基础图层主要有: 行政区划分、交通(公路、铁路)、土地利用情况

分布等; 主题图层主要有: 水系、渠系、水库、水电站、涵洞、渡槽等。在 supermap objects 中, 通过矢量化这些地图以点、线、面数据集的形式在数据源中分层管理, 每一图层包含地图的不同部分, 相关数据集叠加在一起就组成了一个地图。地图对象又可以根据不同数据值(范围、独立值)进行渲染, 或创建专题对象显示数据值。可以创建单值、分段、等级符号、点密度等专题图, 其中统计专题图又包括面积图点状图、柱状图、三维柱状图等。

Supermap objects 把对地图的基本操作(放大、缩小、漫游、选择、全幅显示等)都封装在 Supermap 控件内, 简化了操作。在应用操作中, 只需要设置 Supermap 的 Action 属性状态, 就可以进行相应操作。

(4) 灌区供需水平衡分析功能。采用 COM 组件技术实现农业供需水预测及平衡分析模型与系统无缝集成, 对灌区在不同典型年(降水情况)、不同保证率(来水)及不同灌溉方式(充分灌溉和非充分灌溉)组合情况下, 预测农业可供水与需水以及它们之间的余缺量, 在此基础上对水平年进行农业供需水平衡分析, 揭示灌区农业供需水盈亏程序, 以期对灌区水资源合理配置提供基础与依据。

### 3 结 论

(1) 本系统探讨并实现了用 GIS 的方法管理水资源, 以灌区水资源与农业供需水平衡分析为模型, 运用组件式技术进行 GIS 的集成二次开发, 将 SuperMap Objects 的核心控件作为 ActiveX 控件嵌入应用程序, 通过调用对象的方法和设置其属性完成应用程序, 实现宝鸡峡灌区水资源管理信息系统。

GIS 技术的引入, 改变了传统的 MIS 仅有数据管理, 报表输出信息的形式, 提供了直观的查询方式, 便捷的制图功能, 并将水资源专业模型与系统集成, 将灌区信息管理上升到决策系统, 提高灌区管理智能。

(2) 全球定位系统(GPS)采用距离交会法可以便于用户高速、高精度的求得所在地的三维坐标, 遥感技术(RS)的发展为编制出诸如土壤类型、植被类型和地貌类型等反映水循环环境的各种专题图和获得诸如大气降水、云系分布等反映水循环状态的动态数据提供了可能<sup>[6]</sup>, 而 GIS 的发展则为管理、处理、分析这些不同状态的、不同时空分布的资源动态数据提供了动态保证。3S 技术的结合为解决灌区水资源和水环境动态数据的管理, 灌区的规划、管理、评价提供支持。

参考文献:

- [1] 陶海冰, 丁香阳. VB+ MapInfo 的 GIS 软件高级开发在兰江水文的应用[J]. 浙江工业大学学报, 2003, 31(5): 562–566.
- [2] 陈锁忠, 常本春, 黄家柱. 水资源管理信息系统[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [3] 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.
- [4] 朱志良, 陈东明. VB 与动态数据库[J]. 计算机系统应用, 1998, (12): 52–53.
- [5] 邱林, 王文川, 徐冬梅. GIS 在灌区水资源调度管理中的应用[J]. 华北水利水电学院学报, 2005, 26(3): 7–9.
- [6] 左其亭, 王中根. 现代水文学[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2006.
- [6] 王文龙, 李占斌, 等. 神府东胜煤田开发建设弃土弃渣冲刷试验研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(5): 68–71.
- [7] 岳红光, 曲艳杰. 用人工降雨法研究产生径流时间[J]. 吉林水利, 1998, (11): 12–14.
- [8] 林大仪. 土壤学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2002. 96–101.
- [9] 刘俊民, 余新晓. 水文与水资源学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2003. 56–57.
- [10] 王礼先. 水土保持工程学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2003. 68–70.
- [11] 陈善沐. 紫金山大型铜金矿动态开采水土保持措施补充整合探讨[J]. 水土保持学报, 2004, 18(4): 196–189.

(上接第 64 页)

参考文献:

- [1] 李文银, 王治国. 工矿区水土保持[M]. 北京: 科学出版社, 1996. 1–2.
- [2] 刘震. 水土保持监测技术[M]. 北京: 中国大地出版社, 2004. 56–70.
- [3] 马秀玲, 刁瑛元, 吴钟玲. 农业气象学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996. 65–70.
- [4] 张洪江. 土壤侵蚀原理[M]. 北京: 中国林业出版社, 2003.
- [5] 王礼先, 朱金兆. 水土保持学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2005. 280–298.