

# 基于组件式 GIS 渠系配水管理系统的设计

段永刚,汪志农,尚虎君

(西北农林科技大学水利与建筑工程学院,陕西 杨凌 712100)

**摘要:**通过对灌区配水管理方法和 COM 技术的研究,提出了基于组件式 GIS 渠系配水管理系统的设计目标、方法和思路;该系统采用组件化技术,主要以 COM 技术和 VB 进行开发;数据库采用 SuperMap 中的 SDB 格式统一管理,以 ADO 方式连接属性数据;最终实现可视化渠系精准配水和管理决策的功能。

**关键词:**COM 组件;渠系配水;GIS

**中图分类号:**S274.3, TP273 **文献标识码:**A

## Design of Water Distribution Management System in Canal Systems Based on GIS Components

DUAN Yong-gang, WANG Zhi-nong, SHANG Hu-jun

(College of Water Resources and Architectural Engineering, Northwest A&F University,  
Yangling 712100, Shaanxi Province, China)

**Abstract:** Through the study on water distribution management method in irrigation district and COM technology, the design aims, methods and thoughts of water distribution management in canal systems based on GIS component were put forward in this paper. This management system adopted the component technology and was developed mostly through COM technology and VB language. The database was uniformly managed through SDB format in SuperMap and the attributive data was connected through the ADO. Finally, the functions of visual precision water distribution and management decision-making were realized.

**Key words:** component object model (COM); water distribution in canal systems; geographic information system (GIS)

## 0 引言

近年来,随着大型灌区续建配套及节水改造等项目的实施,灌区的用水管理水平得到了进一步的提高,但与现代化管理水平要求相比仍然有很大的差距,尤其是灌溉水量的不合理调配和输、配水管理技术落后,造成了灌溉水利用效率低下。因此,探求一种能够利用可靠的动态信息,实现渠系实时科学

配水的现代化管理方法,已是当务之急。而 GIS 技术的逐步普及并为这种需求提供了科学、实用的技术方法和手段。建立以 GIS 技术为核心的可视化渠系配水管理系统,可以把灌区的基本情况和各种灌溉业务数据整合到电子地图上,通过地图的查询,及时、准确、直观的进行渠道配水。GIS 一方面为其他系统或灌溉模型的计算提供空间数据基础,另一方面可以为其他系统或灌溉模型的计算结果以空间可视化的方式展现给用户,从

**收稿日期:**2006-03-29

**基金项目:**国家高技术研究发展计划(“863”计划)“数字渠系平台建设与精准用水管理决策应用”项目(2003AA20904002);西北农林科技大学科研专项“渠灌区时空配水管理通用模型库研究与开发”(04ZM070)。

**作者简介:**段永刚(1982-),男,硕士研究生,主要从事高新技术在农业水土工程应用方面的研究。

**通讯作者:**汪志农(1948-),男,教授,博士生导师,主要从事农业水土工程方面的研究。

而为灌区精准配水提供辅助管理和决策支持。

## 1 系统总体设计

系统的设计思想是以图(图形、图像)为基础,在灌区平面图基础上进行实时水量调配,实现将空间数据、属性数据管理相结合,使得系统操作更加方便、管理能力增强<sup>[1]</sup>。同时,该系统将参考 Fipps 等人开发的基于 GIS 技术灌区管理系统(IDMS)<sup>[2]</sup>,结合中国灌区实际情况和 SuperMap 软件特色,将 GIS 和 IMS 进行有机集成。

### 1.1 开发环境

本系统以 Windows 计算机操作系统为基础,采用北京超图地理信息有限公司的全组件式 GIS 开发平台 SuperMap Objects 进行开发,并利用 SuperMap Objects 提供的空间数据引擎 SDX 将海量空间数据和属性数据统一存放到 SDB 格式数据库中存储和管理。图形操作,如矢量化、配准、图层管理、查询显示、地图浏览等均在平台上进行。数据处理和 GIS 查询统计界面设计程序编制的语言采用 Visual Basic 6.0 开发语言,在 VB 开发中,可以把 Supermap Objects 作为 COM 组件使用,并将其嵌入应用程序,通过调用对象方法和设置其属性来实现系统各种功能。

### 1.2 设计目标

(1)渠系配水管理系统将 GIS 与作物需水量、灌溉预报和渠道优化配水数学模型相结合,为管理者的决策、分析和调度提供了有力的工具。

(2)采用 Visual Basic 6.0 开发语言,结合数学模型开发出作物需水量、灌溉预报和渠道优化配水 COM 组件,以便嵌入到 Windows 平台中。

(3)该系统具有一定的开发功能,用户可以根据工作需要,对系统进行扩展。

(4)该系统通用性强,适合我国大型灌区,界面友好、功能清晰、布局合理、操作方便、使用无需计算机编程语言等专业知识。

### 1.3 系统功能

对某一区域(或灌区)有限的水资源在全灌区进行计划用水管理和水量的合理调配,通过选用标准的空间数据库结构和成熟的灌溉模型,设计出便于用户管理和使用的渠系配水管理系统,该系统的总体功能设计见图 1。

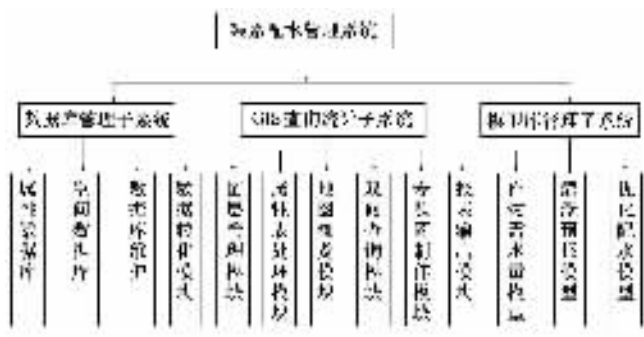


图 1 系统总体功能设计

渠系配水管理系统主要包括 3 个基本子系统:数据库管理

子系统、GIS 查询统计子系统和模型库管理子系统。其中数据库管理子系统按行政单元无缝组织关系数据,通过灌区渠道编码与空间数据关联,实现渠系空间数据与属性数据有机融合;模型库管理子系统负责作物需水量,灌溉预报和渠道优化配水等模型的更新维护、参数设置。GIS 查询统计子系统<sup>[3,4]</sup>包括 7 大模块,主要功能如下:

(1)数据转化模块。利用 Supermap Objects 核心组件中的 soDataPump 对象进行二次开发,并利用其提供的属性和方法,实现 SDB 格式数据与多种格式的空间数据(CAD、DXF、DWG、E00、TAB、DGN)的转换。

(2)图层管理模块。本模块将利用 Supermap2000 提供的图例控件实现图层管理,在该模块中提供图层列表,以显示当前地图窗口中所存在的灌区地理元素图层以及图层的信息,这些图层信息包括:图层的可见性、可编辑性、可捕捉性等功能设置。

(3)属性表处理模块。其功能主要包括渠系配水管理数据库中数据表结构的建立与修改、表中属性值的添加与修改,还可以实现数据更新和动态数据录入。

(4)地图浏览模块。其功能是实现灌区地图的放大、缩小、漫游、全幅显示、鹰眼、拖动以及不同范围的视图,如全局范围的视图,查看干渠、支渠的分布信息,或放大到一定范围显示某一支渠所控制的斗渠。

(5)双向查询模块。该模块主要包括图查属性和属性查图两种功能,其中图查属性是指在地图上点击欲查询的对象,可以直接弹出该对象的属性对话框。例如,当管理者点击某一支渠时,可查得该支渠的配水量,从而进行实时调配。

(6)专题图制作模块。本系统提供的专题图制作模块留出接口,允许用户根据业务需求,自制多种类型的专题图,例如:参考作物需水量  $ET_{crop}$  图<sup>[5]</sup>、配水统计图等。

(7)报表输出模块。其功能是结合灌溉管理部门工作的需要,输出各种工作报表,提高工作效率。

### 1.4 系统性能

(1)实用性。根据我国灌区的特点,采用可靠的软件环境、硬件设备开发渠系配水管理系统,保证该系统的稳定性、兼容性、先进性。

(2)一致性。系统遵守统一的地理编码原则,采用模块化设计,具有相对独立性,各功能模块可以灵活的组合。

(3)易操作性。系统涉及到的技术是目前的主流技术(GIS),体系结构比较复杂,在所有功能模块中,采用图形化和快捷化的统一用户界面,将系统的各个工序有机地结合起来,并提供在线帮助。

(4)可扩充性。VB 应用程序通过预置的接口与第 3 方应用软件产品实现数据交换,使各信息系统的数据库资源达到高度共享。

## 2 系统结构设计

采用基于客户机/服务器(Client/Server)的体系结构。客户机供有权限的管理站人员使用,使用者可在任何一台装有本系统的客户机上将客户端的基本数据和实时信息(如土壤墒

情、气象数据、作物种植、渠系用水信息等),通过网络传输到服务器。此时,服务器端系统将根据网络传输的数据,结合作物需水量、灌溉预报、优化配水模型计算出灌区干、支、斗渠的供水量,并可视化显示于灌区地图。服务器供管理局人员使用,对于管理局的决策人员,可以对全灌区的数据进行查询、管理、决策,最后将决策结果和查询信息返回客户端,指导客户端用户有效地进行水量调配。系统总体结构体系见图 2。

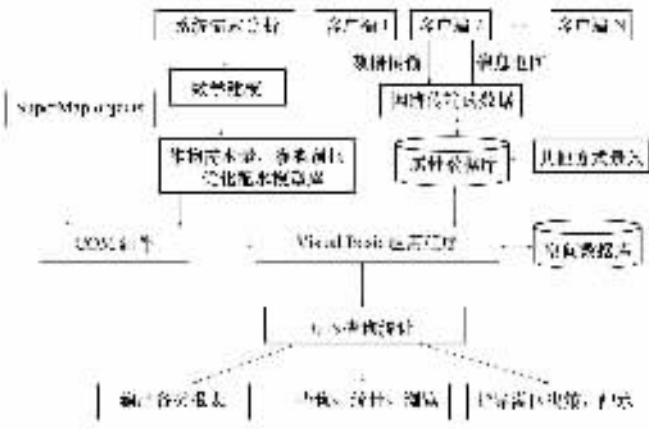


图 2 渠系配水管理系统结构

渠系配水管理系统的设计包括 2 个方面的内容:首先是系统的数据库设计,其次是系统实现,二者同步进行,相互联系。数据库设计要为系统实现提供良好的数据环境,系统实现要在数据库设计的基础上进行。

### 2.1 渠系配水管理数据库的建立

本系统数据库采用 SuperMap 支持的 SDB——文件/数据库混合格式,由 SDB 和 SDD 两个文件组成,其中 SDB 文件存储空间数据,SDD 为 Access 数据库,存储属性数据,一对 SDB 和 SDD 文件可以存放多个数据集(Dataset)。属性数据库管理与灌区有关的信息数据,如灌溉情况、渠道供水信息、作物种植、气象条件等,空间数据包括灌区平面图、田块分布图、渠系网络图等。

本系统主要利用国家科技部“863”计划“数字渠系平台建设与精准用水管理决策应用”的研究结果,依据其提出的“数字渠系非空间数据库结构[6]”和“数字渠系地图图层及属性[7]”等标准,按照行政区界、渠系、植被、土壤和灌溉 5 种类别建立 17 个数据层,具体划分见表 1。在空间数据库的建立过程中,对于地理图形(如灌区平面图、行政区图等)采用数字化仪对其进行数字化,并将空间信息分层存储到数据库中;对于纸张图件的地图,如渠系网络图、规划图等,以扫描仪录入栅格图形作为背景图,使用相关软件将位图矢量化,以分层的形式录入数据库;对于渠系建筑物布置图等 CAD 文件或其他类型数据(DXF、DWG、EOO、TAB、DGN),通过 GIS 查询统计子系统中的数据转化功能直接处理,得到的文件分层存储到数据库中,最后以点、线、面的形式统一管理。

空间数据库与属性数据库是利用唯一的 ID 标式号建立连接的,所以建立属性数据库时,针对空间数据库中不同图层的地理物类,设置属性数据表,同时设置字段和字段属性,其中一些关于土壤墒情、旱情状况、植被覆盖、作物种植等动态数据通过

网络传输,最后建立统一的 SDB 格式数据库。

表 1 地理数据分层及命名表

类别/符号	数据层名称	名称简写	数据层描述	数据类型
行政 区/A	管理机构	MIP	管理局、站、段等所在地	点状
	行政界线	AAB	市界、县界、乡界、村界	线状
	行政区	AAD	市、县、乡镇、村	面状
	居民点	AIP	市、县、乡镇政府所在地及自然村	点状
渠系/C	灌溉边界	CIB	干、支、斗渠控制边界	线状
	控制区域	CCD	干、支、斗渠控制区域	面状
	渠道	CML	干、支、斗、农渠	线状
	渠系建筑物	CCP	隧洞、倒虹、渡槽等	线状
	渠系建筑物	CNP	涵洞、倒虹、闸门、跌水、量水设施等	点状
	井	CWP	自流井、机井、大口井等	点状
植被/V	植被覆盖	VVP	耕地、林地、草地、园地等	面状
	作物种植	VCP	小麦、玉米、水稻等主要作物	面状
土壤/S	土壤种类	SCD	依据土壤质地的分类	面状
	土壤墒情	SWD	灌溉区域的墒情分布状况	面状
灌溉/I	灌溉区域	ICD	按灌溉类型及灌溉连续性划定的区域	面状
	旱情分布	ISD	灌溉区域的旱情分布	面状
	需水分布	IDD	需灌溉区域的需水量分布状况	面状

### 2.2 系统实现

#### 2.2.1 组件集成

根据开发原则与功能特点的要求,本系统采用软结构技术,遵循 COM/DCOM 技术规范,可面向对象进行定制组件,挂接任何基于 Windows 开发的动态连接库 DLL 和基于 OLE 技术标准的 OCX 构件,使系统具有模块化、封装性、重用性和继承性等特点,容易跟其他关键技术集成。首先利用 VB 开发出作物需水量、灌溉预报、优化配水 COM 组件,其次选用 SuperMap 的核心组件、图例组件、拓扑分析组件,借助于 Visual Basic 6.0 开发语言中的 ADO,即 ActiveX 数据对象(Active Data Objects)和 OLE(Object Linking and Embedding)自动化技术,先完成单机模式下渠系配水管理系统的开发,在此基础上,再选用其 SDX 组件,最后将系统移植到区域网络中,组件集成示意图见图 3。

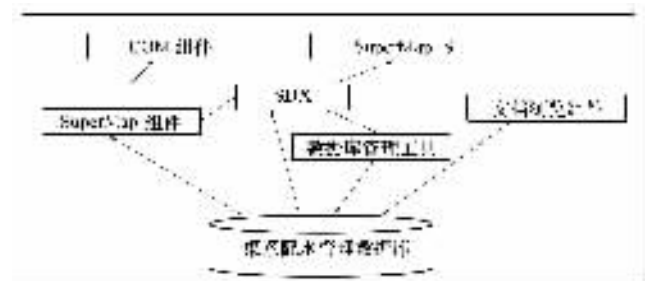


图 3 组件集成示意图

## 6 小管径滴灌带的应用推广

小管径滴灌带在国家科技部指定的山东文登示范场完成温室微灌系统示范应用面积 40 hm<sup>2</sup>, 反映效果良好。值得一提的是除国家指定的示范场外, 在锦州, 营口等地农民自发购置、安装 134 余 hm<sup>2</sup>, 此举为从政府出资支持微灌技术发展逐渐向农民自发出资转化, 开创了一条新路, 是解决农业可持续发展, 增加农民收入的有效途径。

## 7 存在问题与建议

(1) 在滴灌设备方面要进一步提高滴灌系统的抗堵塞能力。堵塞是滴灌致命伤, 堵塞能导致整个滴灌系统报废, 可从流道设计着手进一步提高其抗堵塞性能和均匀性。可靠的过滤设备也是滴灌必需的, 应增加各类过滤器产品规格, 提高过滤器质量, 开发更新换代产品, 形成大、中、小规格系列化, 提高配套水平。

(2) 在滴灌带的水力性能方面应该进一步降低流态系数。通过优化滴灌带的流道形式, 使流态系数接近 0.5, 因为全紊流状态能增加均匀性和挟沙能力, 增强均匀度和抗堵塞能力。

(3) 滴灌系统方面要进一步完善滴灌配套设备、过滤器、施肥器、调压阀、自动控制器、水控电磁阀等自动化滴灌设备要实现国产化, 规模化。

(4) 滴灌带材料方面要进一步提高废弃滴灌带的回收利用率。由于滴灌带使用寿命较短, 不回收利用将会对环境造成破坏, 石油价格的攀升也会促使回收利用废弃滴灌带。因此, 如何在不影响滴灌带理化性能和水力性能的前提下, 利用废弃滴

灌带将成为必须解决的问题。“以旧换新”将是回收滴灌带的主要方法。

(5) 滴灌技术推广方面要进一步提高节水企业的售后服务。由于滴灌技术在我国, 尤其是在广大的农村没有普及, 在安装时必须详细地现场指导农民如何使用管理, 这对普及推广节水灌溉是非常必要的。

### 参考文献:

- [1] GB/T17188-1997, 农业灌溉设备 滴灌管技术规范和试验方法[S].
- [2] SL/T67.2-1994, 微灌灌水器—微灌管—微灌带[S].
- [3] SL103-95, 微灌工程技术规范[S].
- [4] 姚振宪, 何松林. 灌溉设备与灌溉系统规划设计. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- [5] 武汉水利水电学院. 农田水利学[M]. 北京: 水利水电出版社, 1997.
- [6] 吕谋超, 彭贵芳. 新型双壁滴灌带的研制与应用[J]. 中国农村水利水电, 2002, (7): 52-54.
- [7] 翟国亮, 冯俊杰. 复合流道薄壁滴灌带的辅性分析[J]. 节水灌溉, 2004, (6).
- [8] 水利部国际合作司, 农村水利司. 美国国家灌溉工程手册[M]. 北京: 水利水电出版社, 1998.
- [9] 魏正英, 赵万华. 滴灌灌水器迷宫流道主航道抗堵设计方法研究[J]. 农业工程学报, (2005)06-0001-07.
- [10] 严以绥. 膜下滴灌系统规划设计与应用[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [11] 王新房, 陈春娥, 肖胜. 基于 GIS 的灌区管理信息系统的设计与实现[J]. 陕西工学院学报. 2003, 19(4): 1-4.
- [12] Fipps G, Leigh E. GIS-based management system for irrigation districts, In challenges facing irrigation and drainage in the new millennium[J]. Proceedings US Committee on Irrigation and Drainage, Fort Collins Colorado, 2000, (6).
- [3] SuperMap 应用集锦(第三辑)[Z]. 北京超图地理信息技术有限公司, 2003.
- [4] 陈春玲. 应用 SuperMap 研究与开发农电企业配电网络 GIS 系统[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2002.
- [5] Ray S S, Dadhwal V K. Estimation of crop evapotranspiration of irrigation command area using RS and GIS[J]. Agricultural Water Management. 2001, 49(3): 239-249.
- [6] DB616900/T016-2005, 数字渠系非空间数据库结构[S].
- [7] DB616900/T019-2005, 数字渠系地图图层及属性[S].
- [8] 崔 琰. 利用 GIS 技术开发灌溉信息系统的研究[J]. 西安联合大学学报. 2004, 7(2): 65-68.
- [9] 潘爱民. COM 原理与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
- [10] 李鸿吉. Visual Basic 6.0 编程方法详解[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [11] 陈述彭, 鲁学军. 地理信息系统导论[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [12] Ted Pattison. COM+ 与 Visual Basic 6.0 分布式应用程序设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.

(上接第 9 页)

### 2.2.2 网络通信

利用 Visual Basic 6.0 中的 Microsoft Winsock Control 控件在程序中实现网络通信(客户/服务器端)功能, 主要包括 2 个步骤<sup>[8]</sup>。

(1) 创建客户端应用程序, 设置其服务器计算机名或 IP 地址(存于 RemoteHost 属性)、及服务器计算机侦听的端口(存于 RemotePort 属性), 然后调用 Connect 方法。

(2) 创建服务器端应用程序, 相应地设置一个侦听端口(存于 LocalPort 属性)并调用 Listen 方法。当客户机需要连接(Connect), 发生 ConnectionRequest 事件时, 为了完成连接可以在 ConnectionRequest 事件中调用 Accept 方法。建立连接后, 可以实现服务器发送、接收客户端数据。

## 3 结 语

本系统通过对 GIS 和灌溉模型 COM 组件集成, 一方面具有 GIS 的功能, 另一方面具有智能决策的功能, 同时借助网络传输的实时数据, 可以为管理者动态配水提供支持。其设计旨在实现地理信息与管理信息在同一平台下的结合, 为灌区管理部门提供一种新型的、可视化的、高效的管理系统。

### 参考文献:

- [1] 王新房, 陈春娥, 肖胜. 基于 GIS 的灌区管理信息系统的设计与实