

# 大型灌区计划用水管理系统的设计与实现

王 昱,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:**介绍了大型灌区计划用水管理系统的设计目标、方法和思路,其目的可为灌区编制动态配水计划和实现计划用水管理决策。该系统基于C/S结构模式开发,以组件化技术为基础,通过调用作物需水量、灌溉预报、优化配水等模型库,来实现全灌区干、支渠系水量的调配,并编制相应的渠系用水计划。该软件以VB6.0为开发语言,结合数据库技术进行开发,主要包括系统简介,灌区数据管理,用水计划,水量调配,用水总结和图表输出等六大模块。系统具有通用性和可视性强,操作简单、维护方便的特点。

**关键词:**灌溉管理;C/S结构模式;动态配水计划;组件化技术;通用化

**中图分类号:** S274.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2007)02-0124-05

实践证明,灌溉节水的潜力50%在管理方面<sup>[1]</sup>,灌溉管理水平的提高对实现农业灌溉节水具有重要意义。用水管理的主要任务是实行计划用水,计划用水就是按照作物的需水要求和灌溉水源的供水情况,结合农业生产条件与渠系的工程状况,有计划地蓄水、引水、配水和用水。它是提高灌溉用水管理水平、充分发挥农田水利工程效益的重要措施<sup>[2]</sup>。大型灌区计划用水管理系统通用软件的研制开发,将减少重复劳动,快速准确地编制灌区用水计划和水量的实时调配,对实现用水管理的现代化具有重要的意义。

目前已开发的灌区用水管理系统较多,如周明耀等开发的农田水分管理决策支持系统<sup>[3]</sup>,主要进行了农田水分动态预报模型和农田灌溉预报模型的开发。顾世祥等研发了灌溉用水决策支持系统<sup>[4]</sup>,它需要有灌区的气象资料、灌区的水文资料、干支渠的分布情况、灌区内工业用水、灌区的农业生产信息、灌区多年逐日参考作物蒸发量等资料,才能确定灌溉用水量。徐建新等针对单一作物研制了灌区水资源实时优化调度决策软件<sup>[5]</sup>,该系统以灌溉效益最高为目标,考虑了灌水定额与灌溉效益的关系进行水资源优化分配。针对全灌区配水问题,汪志农等开发了节水灌溉管理智能决策支持系统<sup>[6]</sup>,该系统充分考虑了作物(作物的产量、作物的增产量、灌溉水价格、作物销售价格)、土壤(时段内的灌水量、时段内的地下水补给量、深层渗漏量、时段初的土壤有效储水量等)以及气象等参数,实现了灌溉预报和

节水灌溉决策、灌区计划用水和水量调配。宋松柏等人针对内蒙古河套灌区管理的实际情况,开发了内蒙古河套灌区灌排信息管理决策支持系统<sup>[7]</sup>,该系统实现了数据采集与传输,水情预报、灌溉进度、水情分析、用水计划的编制和灌排评价等。

上述灌区用水管理系统都受灌区的地形、地貌、管理模式的影响不能作为通用的软件而推广使用,并且不能动态地根据作物的需水要求编制用水计划。因此结合网络技术,开发应用功能齐全、界面友好、通用性强的计划用水管理信息系统软件是灌区现代化管理发展的必然趋势,是实现灌区计划用水、规范管理和农田节水灌溉的重要措施。本系统采用基于客户机/服务器(Client/Server)的结构体系,将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)通过网络传输给服务器,服务器端系统根据网络传输的数据,结合作物需水量、灌溉预报、优化配水模型等计算出灌区干、支渠的配水量,并编制相应的用水计划,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渠系水量实时调配。

## 1 系统总体设计

### 1.1 系统开发目标分析

开发系统之前,应根据管理部门对灌溉管理的实际要求来确定系统的设计目标。因此,事先要求开发人员进行仔细的调研,在对灌区基本资料的收集、分析的基础上,综合考虑系统的实用性、全面性、

收稿日期:2006-07-12

基金项目: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”(2003AA20904002);西北农林科技大学科研专项“渠区时空配水管理通用模型库研究与开发”(04ZM070)

作者简介:王昱(1978-),甘肃永昌人,在读硕士,研究方向为高新技术在农业水土工程应用。

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

易操作性、可扩展性,明确系统开发的目的<sup>[8]</sup>。系统设计的目标是:首先为灌区管理机构编制年度轮廓用水计划和各灌季全渠系用水计划,然后根据河源来水或农业气象的随机变化,迅速做出渠系动态配水决策和实时配水计划,并可自动为灌区管理机构及时进行各灌季渠系用水的总结。

## 1.2 系统的基本内容

根据我国水资源状况及基本国情,灌区计划用水管理系统主要侧重于对某一区域(灌区)有限的农业水资源进行全灌区计划用水管理和优化调配。为此,整个系统可由6个模块组成,其总体结构简图1所示。

## 1.3 系统功能分析

灌区计划用水管理信息系统应根据灌区的水源条件、渠系工程、农业气象、作物种植面积、灌溉制度及土壤墒情等基本资料进行综合分析后,来确定作物的灌溉用水量,并根据河源来水量及灌区实际灌溉需水量,通过来水量与用水量的平衡计算来编制用水计划和进行渠系水量的实时调配。整个计划用水管理信息系统的主要功能可概括为:

(1) 系统简介模块。主要是关于本系统的内容

介绍,系统版权信息及使用说明等项。

(2) 灌区数据管理模块。①基本数据:主要完成灌区自然地理、社会经济、工农业生产、行政区划、渠系分布、作物生长等基本资料的添加、删除、修改、查询。②实时数据:主要完成实时信息的查询,包括实时雨情信息、河源来水、土壤、气象、作物长势及灌溉运行等信息。③网络通信:利用网络技术实现管理局和各基层管理处的通信,可做到实时传递用水信息、用水计划、水费收取情况等数据。

(3) 用水计划模块。主要是参考作物蒸腾蒸发量  $ET_0$  和实际作物蒸腾蒸发量  $ET_c$ 、渠系用水计划的编制。

(4) 水量调配模块。主要完成灌区渠系水量的调配,包括全灌区渠系配水、各管理站配水、市县配水和各用水单位配水。

(5) 用水总结模块。主要包括日用水总结、各轮期用水总结、各灌季用水总结及年度用水总结。

(6) 图表输出模块。本模块可根据用户要求对基础数据、表格、计算结果、相关报表、曲线进行输出或打印。

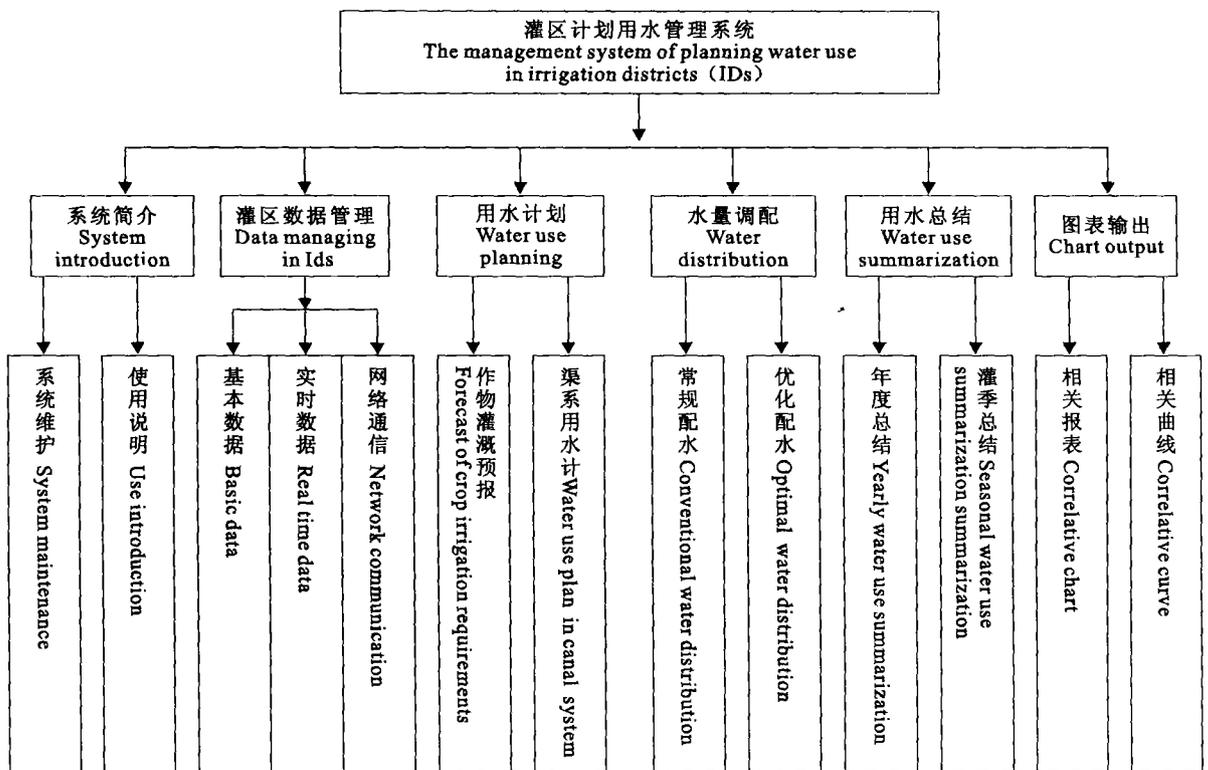


图1 灌区计划用水管理系统总体结构框图

## 2 系统结构设计

### 2.1 系统开发环境

该系统在 Windows 操作系统下以 Visual Basic 6.0 为软件开发平台进行研制, 数据库采用 Microsoft Access 格式数据库, Visual Basic 访问数据库采用 ADO 数据库接口技术。

### 2.2 数据库的设计

灌区计划用水管理系统的设计包括两个方面的内容: 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。由于我国各灌区的地理位置、地形地貌、水文地质、渠系布置、农业气象、灌溉制度、作物类型以及管理方式差异很大, 而该系统又必须具有较强的通用性。为此, 需将各灌区实际用水资料, 从灌区数据库中按照一定的格式生成各级数据文件, 以便于各子系统根据需要随时调用。

本系统采用国家科技部 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”标准<sup>[9]</sup>, 按照渠系管理、气象、水文、水源、土壤、作物、渠系用水等七种类别建立 14 个数据表, 具体划分见表 1。

表 1 数据库结构命名表

Table 1 Database structure christened table

数据库分类 Database class	名称简写 Name logogram	数据表名称 Datasheet name	名称简写 Name logogram	数据表描述 Datasheet description
渠系管理数据库 Database of canal system management	CM	渠道特征表 Canal character table	CMP	各级渠道基本特征 Basic character of all levels canal
		渠道管理表 Canal management table	CMC	各级管理机构管理的渠道 Canal of all levels manage organization
		渠道控制表 Canal control table	CMT	各级渠道控制的主要行政区 District of all levels canal contral
气象数据库 Database of weather	CW	气象站信息表 Weather station information table	CWS	气象站点的基本信息 Basic information in representative weather station
水文数据库 Database of water	CH	水文数据表 Water data table	CHD	水文观测站点采集的水文数据 Data of water observation station
水源数据库 Database of wellspring	WS	水源信息表 Wellspring information table	WSI	灌区水源的基本资料 Basic data of wellspring
土壤数据库 Database of soil	SB	土壤墒情表 Soil information table	SBM	作物关键时期土壤墒情实时数据 Soil real time data of crop in key time
作物种植数据库 Database of crop	CP	作物种植(渠系)表 Crop information table	CPC	按渠系水文边界划分的 区域内各种作物种植情况 Crop circes of area that in the area different planting conditions devided by chanal hydrologic boundaries.
渠系用水数据库 Database of canal system water use	CU	引水计划表 Diversion plan table	CUW	根据各轮期水量平衡分析 确定的全灌区引水计划数据 Diversion data in irrigation districts by bases scheme water balance analyses
		年度用水计划表 Water use plan of year table	CUY	全年各灌季主要管理机构 的轮廓性用水计划数据 Data water use plan of main manage organization
		渠系用水计划表 Water use plan of canal table	CUC	各个轮期的渠系引水计划 Water distribution data of all scheme
		单位用水计划表 Water use plan of units table	CUU	各基层管理单位的渠道配水计划 Water distribution data of all basis organization
		渠系用水数据表 Canal use water data table	CUM	依渠系为单元统计的灌溉用水数据 Irrigation water use data statistical by canal system
		用水总结表 Water use summation table	CUP	用水阶段的信息汇总统计 Information stat. on water use scheme

## 2.3 系统实现

2.3.1 系统实现的思路 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)通过网络传输给服务器。此时,服务器端系统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、支渠的供水量,并编制相应的用水计划。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。该系统利用 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<sup>[10]</sup>。

2.3.2 数据库的链接 系统数据库采用 Microsoft Access 作为后台数据库,对数据库的访问采用 ActiveX Data Objects (ADO) 来完成。通过 ADO 的 Connection 对象、Command 对象、Recordset 对象建立与 Access 的链接,并对数据库中的数据记录进行浏览、新增、删除、修改、查询等操作。

2.3.3 数据库与模型库的链接 数据库与模型库的链接采用动态链接库 DLL 方式进行,即利用 VB 开发出作物需水量、灌溉预报、优化配水模型等模型库的 COM 组件,然后利用 DLL 技术实现数据库与模型库链接。

2.2.4 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,主要包括两个步骤<sup>[11]</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 Connection-Request 事件时,为了完成连接可以在 Connection-Request 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。

2.3.5 系统通用性的设计 系统的通用性主要是能解决大多数灌区需要解决的问题,并提供大多数用户可以接受且便于实现的方法。本设计主要采取以下技术措施:①模块化结构设计方法;②采用组件化技术,并选择比较通用的灌溉预报模型和优化配水模型;③数据库设计的通用性,主要体现在数

据组织的规范性(包括规范化的数据分类和编码标准、元数据标准及管理标准、术语和数据字典标准、数据质量控制标准、信息系统安全和保密标准等<sup>[12]</sup>)、数据管理的通用性、编码段的通用性;④程序与数据的分离,程序内部函数的划分、全局与局部变量的设置等,对于提高通用性都是十分重要的,因此在程序设计时要充分考虑这些因素。

## 3 结 语

1) 随着信息技术和网络通讯技术的发展,特别是针对灌区用水申报制度、灌溉信息实时变化快、处理快的特点,开发基于网络通信的用水管理系统是水利信息化发展的必然趋势。

2) 本系统采用 C/S 模式的结构设计,首先计算出灌区干、支渠的灌溉需水量,编制相应的渠系用水计划;并应用网络通信技术,将各基层管理站的实时信息(如土壤墒情、气象数据、作物种植、渠系用水信息等)传输给灌区配水中心,快速编制出渠系动态配水计划,同时实时反馈给各个管理站及各配水口,为实现渠系水量的调配提供科学的依据。

3) 针对灌区数据库标准不一的情况,采用国家科技部 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”标准为依据,解决了数据库通用性的问题。

4) 考虑到我国的国情和灌区的实际情况,在计划用水模块中,为信息自动采集(遥感技术)留有接口,供有条件的灌区结合使用。

5) 把先进的灌溉技术和计算机辅助管理、网络通信技术相结合;从系统结构、数据库设计充分考虑其通用性功能,以便在北方干旱半干旱灌区推广应用。

### 参 考 文 献:

- [1] 李英能. 节水农业新技术[M]. 南昌:江西科学技术出版社, 1998.
- [2] 汪志农,冯 浩. 节水灌溉管理决策专家系统[M]. 郑州:黄河水利出版社, 2001.
- [3] 周明耀,蔡 勇,顾鹤鸣,等. 农田水分管理决策支持系统研究[J]. 扬州大学学报, 2000, 3(4): 44-48.
- [4] 顾世祥,袁宏源,李远华,等. 决策支持系统及其在灌溉实时调度中的应用[J]. 中国农村水利水电, 1998, (8): 17-19.
- [5] 徐建新,白雪梅,沈 晋,等. 灌区水资源实时优化调配决策软件研制[J]. 水科学进展, 2003, (3): 178-183.
- [6] 汪志农,吕宏兴,王密侠. 节水灌溉管理智能决策支持系统研究[J]. 中国工程科学, 2001, 3(4): 48-54.
- [7] 宋松柏,李世卿,刘建国,等. 内蒙古河套灌区灌排信息管理决策支持系统[J]. 灌溉排水, 2001, 3(20): 69-73.

- [29] Li J, Rao M. Field evaluation of crop yield as affected by non-uniformity of sprinkler-applied water and fertilizers [J]. *Agric Water Manage*, 2003, 59: 1—13.
- [30] Clark G A, Srinivas K, Rogers D H, et al. Measured and simulated uniformity of low drift nozzle sprinklers. *Trans ASAE*, 2003, 46(2): 321—330.
- [31] Van Wesenbeeck I J, Kachanoski R G. Spatial and temporal distribution of soil water in the tilled layer under a corn [J]. *Soil Sci Soc Am J*, 1988, 52(2): 363—368.

## Effect of crop canopy on soil water redistribution under sprinkler irrigation: a review

LIU Hai-jun<sup>1,2,3</sup>, KANG Yue-hu<sup>3</sup>, WANG Qing-gai<sup>3</sup>

(1. College of Water Science, Beijing Normal University, Beijing, 100875; 2. College of Water Conservancy and Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing, 100083;

3. Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, China Academy of Sciences, Beijing, 100101)

**Abstract:** Water is redistributed when going through crop canopy during sprinkler irrigation. Most of irrigation water reaches soil surface by stemflow and throughfall. Percentages of stemflow and throughfall in total water applied are affected by crop species, canopy characteristics, plant density, sprinkler irrigation system, field topography and microclimate. A coefficient of soil water availability and uniformity of sprinkler irrigation was proposed to evaluate water redistribution in a sprinkler irrigation—crop system, where stem flow rate and water distribution coefficient are considered simultaneously. The coefficient could comprehensively show soil water availability when crops are irrigated by sprinkler irrigation systems.

**Keywords:** sprinkler irrigation; crop canopy; water redistribution; irrigation water uniformity

(上接第 127 页)

- [8] 董棉安, 黄介生. 灌区用水管理系用设计研究. 节水灌溉, 2002, (5): 35—38.
- [9] 杨凌数字渠系非空间数据库结构[S]. DB616900/T016—2005, 2005.
- [10] 李玉东, 李 罡, 李 雷. Visual Basic 6.0 中文版控件大全 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2000.
- [11] 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.
- [12] 黄显峰, 邵东国. 我国灌区信息化建设面临的若干问题与对策[J]. 水资源保护, 2005, (3): 69—71.

## Design and achievement of the management system of planning water use in large irrigation districts

WANG Yu, WANG Zhi-nong, SHANG Hu-jun

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

**Abstract:** This article introduced the designing object, method and thinking of the management system of planning water use in large irrigation districts, its goal was that the dynamic water allocation plan and the management decision-making could be made out for the irrigation districts. This system was developed based on the C/S structure model, COM technology to achieve the water allocation in canal system including the crop water requirements, irrigation forecast, and the optimal water distribution model, also the relative water use plan in canal system can be made out. The software was developed by the platform VB 6.0, integrated the database technology, major included six modules as system introduction, data management in irrigation district, water use plan, water distribution, water use summarization, chart output modules. The entire software systems have the characteristics of current use, strong visualization, simple operation and convenience of maintenance.

**Keywords:** irrigation management; C/S structure model; dynamic plan of water use, COM technology; current use