

农田灌溉决策支持与控制系统的设计与应用

夏继红¹, 严忠民¹, 周明耀², 张海曙²

(1. 河海大学水利水电工程学院, 江苏 南京 210098 2. 扬州大学水利与建筑工程学院, 江苏 扬州 225009)

摘要 基于农田灌溉用水管理的复杂性和实时性, 结合江苏省锡山市安镇农田灌溉管理的具体情况, 研制开发了农田灌溉决策支持与控制系统, 使决策支持与控制互为反馈, 两者有机集成. 该系统综合集成了决策支持技术、实时信息采集处理技术、现代化控制技术、信息管理技术、信息查询技术、多媒体技术等先进技术. 根据采集信息进行计算、分析、决策, 作出灌溉预报, 确定精确的灌溉时间和最佳灌溉水量, 利用决策结果对灌溉设备进行自动控制与监测.

关键词 农田灌溉; 决策支持; 控制系统; 数据库

中图分类号 S274 文献标识码 A 文章编号 1000-1980(2001)06-0006-05

由于农田灌溉用水管理是一项复杂的任务, 它受作物特性、土壤特性、水源状况以及自然气候条件等多种因素的影响, 这其中既有确定的因素, 也有不确定的因素. 而对于不确定的因素, 一般是人为难以判断和控制的, 只有通过一定的监控手段, 才能有效地加以把握. 而且, 目前国内的农田灌溉用水管理工作, 大多凭经验靠人工完成, 造成管理工作效率低, 差错率高, 决策周期长. 所以如何通过历史资料、实时信息、数学模型分析以及专家知识推理, 对作物的需水及相关因素进行科学预测, 并进行准确的灌水预报, 为农作物用水管理提供强有力的决策支持, 实现农田灌溉系统的自动控制, 从而有效地利用有限的水资源, 缩短决策周期, 满足灌溉用水决策时效性强的要求, 这将成为农田灌溉用水管理人员努力实现的目标.

1 系统设计原则

决策支持系统(Decision Support System 简称 DSS)是一种应用性计算机科学, 它把模型或分析技术与数据存储功能相结合, 帮助管理者解决半结构化决策. 控制系统(Control System)是根据用户的要求和目的, 通过计算机向控制设备(如单片机)发送控制指令, 完成控制操作. 农田灌溉用水管理的复杂性和实时性, 决定了系统不仅要农作物需水量进行准确预报和决策支持, 还要根据系统的决策判断, 对农田灌溉设备进行实时自动控制. 因此, 系统研制的总原则必须考虑这种特殊性, 将决策支持系统与控制系统有机集成. 除此之外, 系统研制中还应遵循以下原则:

- 人机交互界面友好. 系统以 Windows98/2000 操作系统为平台, 不仅采用目前通用的 Microsoft 产品的界面, 而且还采用多媒体技术, 使用户极易掌握该系统的使用方法.
- 安全性好. 用户要对系统中的重要数据库进行修改, 必须具备一定的权限, 否则无法随意修改, 以免系统出现故障. 同时, 凡是用户进行了误操作, 系统都会出现提示信息, 提示用户进行正确操作.
- 数据冗余小. 数据在存储时, 基本没有重复存储的现象.
- 集散式控制. 数据通过分布在不同地点的下位机采集并传送给总控主机, 总控主机对数据进行分析作出决策, 向下位机发送控制指令.
- 可扩充性. 系统在设计时应考虑预留一定的扩展接口, 以满足发展的需要.
- 可推广性. 系统在开发过程中应充分考虑到南方地区农田灌溉及用水管理的特点, 使系统具有更广泛的适用性.

2 系统总体结构

系统从功能上分为人机交互界面、系统说明、系统设置、数据通讯、数据库管理、信息查询、模型管理、决策管理、知识支持、工程控制、联机帮助等 11 块功能子系统。系统在结构上以数据库、知识库和模型库作为基本信息支撑,通过决策管理和工程控制对灌溉用水管理作出决策和控制。系统总体逻辑结构如图 1 所示。

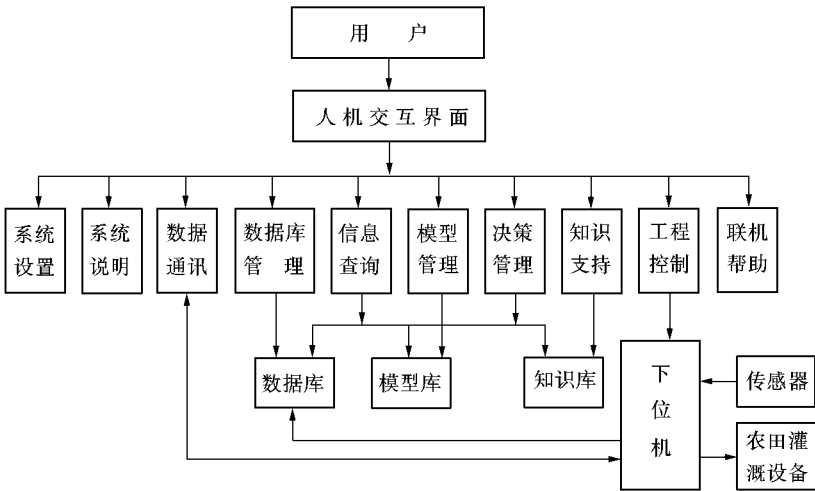


图 1 系统逻辑结构
Fig.1 Logic structure of system

3 子系统的功能

3.1 系统说明

简要介绍该系统的特点、适用性、总体结构以及系统的主要功能,让用户对系统的设计有一个大概的了解,可使用户更好地应用本系统。

3.2 系统设置

主要是对数据采集和控制过程中要用的参数进行设置。一般情况下不需用户设置,用户使用默认的系统设置,系统就可正常运行。用户也可根据实际情况,进行系统参数的设置。该子系统包括以下功能模块:

- a. 通讯参数设置:主要包括通讯口、传输速率、传输数据位数、奇偶校验位、停止位以及握手方式等参数的设置。
- b. 系统时钟设置:设置系统时间,使总控机与下位机的时钟处于一致状态。
- c. 系统维护:包括系统复位和读下位机时钟,当由于参数设置不正确而使系统不能正常运行时,用户可通过系统复位,系统恢复旧配置,从而系统可重新正常运行。

3.3 数据通讯

数据通讯实质上是简单的分布式数据采集与过程控制系统。它的组成如图 2 所示。下位机通过数据通道与主机(计算机)相连。其中下位机(或称前端机)是置于现场,它与分布于农田内的传感器(如土壤水吸力传感器、管道压力变送器、液位变送器、流量传感器、空气温度传感器、空气湿度传感器、雨量传感器、太阳辐射传感器、气压传感器、近地面风速传感器等)相连,实现数据采集。同时下位机又与管道上的电子阀相连,接受主机发送来的指令,实现现场监测与控制过程。

由于下位机与总控机的通讯是数字通讯,因而提高了系统的抗干扰性。而且,它们与计算机仅通过一根通信电缆相连,从而简化了系统的安装,提高了系统的可靠性和可维护性。同时,在数据通讯子系统中,各种功能的下位机通过网络通讯功能相互连结一起,使各个下位机并行工作,因此大大地增强了系统的处理能力。

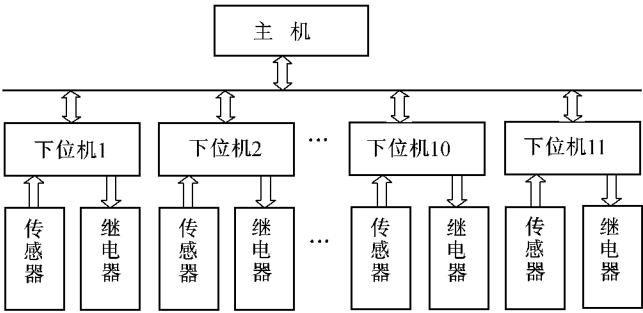


图 2 数据通讯组成框图

Fig.2 Block diagram of data communication

3.4 数据库管理

数据库主要包括基本数据库和实时数据库。基本数据库是相对稳定即随时空变化不大的数据,主要包括:作物信息表、土壤信息表、传感器信息表、水泵信息表、灌溉指标表。实时数据库是随时空变化较大的数据,主要包括:农田水份状况信息表、气象信息表、水量信息表。

数据库管理子系统可以进行数据浏览,当某块田里作物更换时,用户可以对作物信息进行变更;当种植新品种时,用户要对灌溉指标进行添加,以便能进行正确决策。另外用户有必要定期进行数据库的备份,以便系统发生意外时能够及时恢复原有数据,避免过大损失。为了方便用户完成数据库的备份和恢复,数据库管理子系统也提供了这两项功能。

3.5 信息查询

以数据库、知识库、模型库、中间数据和结果数据为信息源,采用菜单式(下拉式或弹出式菜单)或基于空间位置的分布式查询,可按单一条件或组合条件查询相关信息,从而可实现任意条件下的信息查询。

3.6 决策支持

该子系统是在数据库、知识库和模型库的基础上,依据实时采集的数据信息,对各灌溉单元进行定时间步长的巡回检测,判断土壤水吸力是否在规定的范围内。如果水吸力超出吸力下限即需灌溉,在预报无雨的情况下,开启灌溉系统;当处于灌溉状态时,要检测灌溉水量有没有达到预报所需的水量,在超过预报量的情况下,再判断水吸力有没有超出水吸力上限,如超出,则关闭灌溉系统,同时记下水量。该子系统也可在人工干预的情况下,实时地对灌溉单元进行分析决策,确定下一次灌溉时间,决策管理同样可根据模型管理系统对作物需水量预测、降水的随机模拟及灌水量的预报结果,进行限制条件下的灌溉水量最优分配,制定出效益最高而用水最省的配水方案,实现节水增效的目标。整个流程如图 3 所示。

3.7 模型管理

根据农田灌溉的数学模型,以历史数据或实时数据为基础,绘制作物需水曲线图(曲线是 B 样条曲线),直观地反映某种作物的需水趋势。同时,对作物的需水量、灌水时间也进行预报。模型管理主要有两部分:(a)历史数据模型。根据往年该地区的土壤、气象以及灌溉资料,按月或日进行统计分析,形成有关作物的需水模型库。(b)实时数据模型。根据实时采集的数据,对作物的需水量以及灌水时间进行预报,形成作物需水和灌水预报模型。另外,用户还可输入一些数据(如温度、湿度、日照时数、降雨量等),进行不同条件下(如降雨条件、干旱条件)的作物需水分析。

3.8 知识支持

知识库主要是农田灌溉方面专家的知识经验,以及当地或同类地区作物灌溉试验资料等,主要包括节水灌溉制度、作物水分产量关系、不同地区灌溉用水管理经验、地下水位与作物根层土壤含水量的关系、作物根层土壤含水量与土壤水分吸力的关系等。系统提供知识库一方面是决策管理的需要,更重要的是让用户进一步了解科学灌溉的相关知识,方便用户查阅相关资料。

3.9 工程控制

为方便用户进行数据采集和控制,该子系统把信息查询、数据采集和数据发送(控制)集成到工程控制图上。在图中,用户可以很直观地了解灌溉设施、下位机和传感器的布置状况及相关信息;用户可以对这张图进行局部放大和缩小,可以根据提示,通过鼠标点击,完成不同的功能。当用户进行了不同的操作后,系统的

工作状态都能及时反映到屏幕上.例如点击管道和水泵使其开启,当处于正常工作状态时,则屏幕上这些设备所在位置就会不断闪烁.

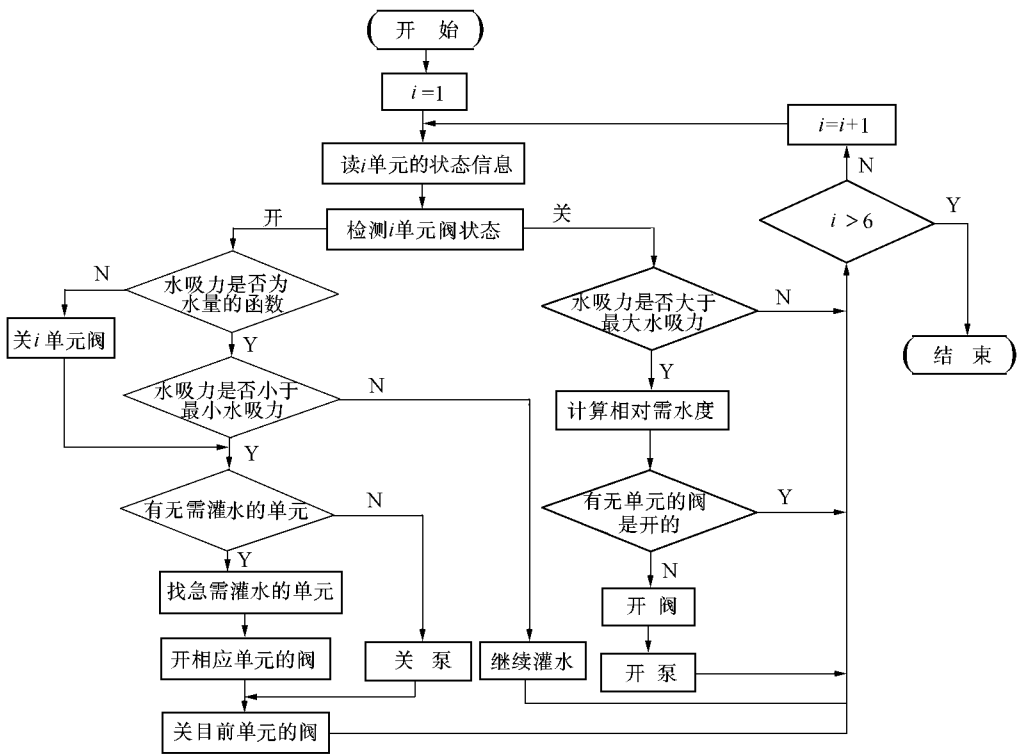


图 3 决策流程
Fig.3 Flow chart of decision making

4 系统的实现与应用

4.1 系统的实现

系统主要包括主机和下位机两部分.主机与下位机之间是采用通用的 RS—485 串行接口进行通讯.

4.1.1 主机软件的实现

- 主机软件的实现是以 Visual Basic6.0 为开发环境.开发过程主要采用以下技术：
- a. 数据库管理采用全面控制数据库的完整编程引擎接口即 DAO 模型,DAO 可以访问物理数据库的不同部分如 Database、TableDef、Field、Index 对象.能接受用户的输入.
 - b. 数据通讯是通过 VB 提供的通讯控件 MSCOMM.VBX 实现的.由串行口连接到下位机,发送命令,接受数据,同时监视和响应串行口连接发生的事件.
 - c. 联机帮助是采用了目前 Internet 网上通用的超链接方式的新型帮助文件(CHM),该文件是用 HTML Help Workshop 帮助文件制作工具生成的,通过 hh.exe 挂接到系统中.
 - d. 运用 Windows API 函数 BitBlt 实现多幅图像的多种切换方式,同时,在图像切换过程中通过 MMControl 控件播放音乐文件(WAV).

4.1.2 下位机的实现

下位机以 AT89C51 作为核心,由信号调理、TLC2543(A/D)转换器传送来的采集信号,经 AT89C51 处理后送至主机,由主机进行存储和分析计算.下位机的控制是接收主机发送来的控制指令,经 AT89C51 处理传送至 PNP 达林顿复合管来驱动继电器工作,从而控制水泵、闸阀、闸门等灌溉执行机构,以实现灌溉设施的控制.同时,下位机还具有存储功能,采用 AT24C256 和 AT24C01 作为外部数据存储器.另外,下位机采用键盘来设置参数和功能选择,采用 LED 数码管来显示数据,采用 DS1302 来进行计时.结构如图 4 所示.

4.2 系统的应用

系统现已应用于江苏省锡山市安镇农业现代化示范区一期工程的农田灌溉用水管理.目前主要用于 20

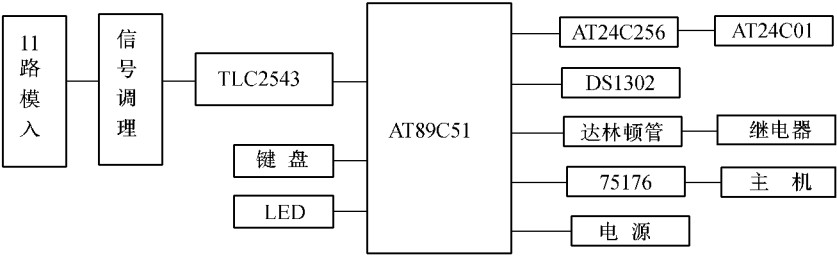


图 4 下位机硬件结构

Fig.4 Structure of downset hardware

hm² 农田 ,其中 13.33 hm² 武运梗七号水稻 ,6.67 hm² 出口大头菜。水稻田采用了地下管道灌溉 ,旱田采用了喷灌。对这两种灌溉方式均实现了自动控制。另外 ,在此基础上 ,继续完成一期工程 ,并将实施二期工程 ,使示范区 230hm² 全部实现灌溉自动化。该工程作为 2000 年全国水利科技工作会议的参观点 ,得到了水利部及各省(市)水利部门的专家和领导的高度评价。

参考文献 :

[1] Inmon W H.数据仓库[M].王志海译.北京 :机械工业出版社 ,2000.1 ~ 19.
[2] 刘耀.论决策支持系统的应用现状和发展[J].计算机与现代应用 ,2000 (2) 29 ~ 34.
[3] 王恒山 ,张琪.决策支持系统与地理信息系统的集成化研究[J].计算机工程与应用 ,2000 (5) :176 ~ 178.
[4] 于复生 ,艾兴 ,王晓晨 ,等.基于 Visual Basic 的实时测控软件设计[J].微型电脑应用 ,2000 ,16(2) 33 ~ 35.
[5] 李志明 ,沈嗣昌 ,吴宁.通用数据采集与过程控制系统软件的开发[J].计算机工程与应用 ,2000 (5) :114 ~ 117.
[6] 周明耀 ,蔡勇 ,顾鹤鸣 ,等.农田水管理决策支持系统研究[J].扬州大学学报 ,2000 ,3(4) 50 ~ 54.
[7] 李敏 ,徐福缘 ,姚俭.神经网络智能决策支持系统研究[J].计算机与现代化 ,1999(6) :1 ~ 4.

Design and Application of Farm Irrigation Decision-Making
Support and Control System

XIA Ji-hong¹ , YAN Zhong-min¹ , ZHOU Ming-yao² , ZHANG Hai-shu²

(1. College of Water Conservancy and Hydropower Engineering , Hohai Univ. , Nanjing 210098 , China ;
2. College of Water Conservancy and Architectural Engineering , Yangzhou Univ. , Yangzhou 225009 , China)

Abstract : In consideration of the complexity and real-time characteristic of farm irrigation management and the specific situation of Xishan City of Jiangsu Province , a decision-making support and control system for farm irrigation is developed , helping decision-making support and control to feed back to each other. Advanced techniques , such as decision-making support , real-time information acquisition , modern control , information management and query , and the multi-media technique , are integrated into the system. Through calculation and analysis of acquired information , the system may not only help provide the accurate time and optimal water quantity for irrigation , but also perform automatic control of and monitoring on irrigation facilities.

Key words : farm irrigation ; decision-making support ; control system ; database