

沿海缺水灌区地表水地下水 联合调配管理信息系统

高玉芳^{1,2} 陈耀登¹ 冯宝平³

摘要

根据沿海地区实际情况,集成以往的研究成果及相关数据,建立沿海缺水灌区地表水地下水联合调配管理信息系统.该系统具有友好的界面,是地理信息系统、数据库技术以及水资源系统模拟优化等多技术综合集成的动态管理系统.模型具有一定的通用性,可为沿海缺水灌区地表水地下水规划管理服务,也可为各级水管部门准确及时提供水资源信息.

关键词

沿海地区;地表水;地下水;管理信息系统

中图分类号 S274.3

文献标志码 A

收稿日期 2011-05-17

资助项目 国家自然科学基金专项基金(411-05077;41040042);淮河流域气象开放研究基金(HRM-200903);中国气象局武汉暴雨研究所暴雨研究开放基金(IHR2009G07);江苏高校优势学科建设工程资助项目(PAPD)

作者简介

高玉芳,女,博士,主要从事农业水土资源综合利用方面的研究. gaoyf@nuist.edu.cn

1 南京信息工程大学 江苏省农业气象重点实验室,南京,210044

2 中国气象局 武汉暴雨研究所,武汉,430074

3 河海大学 水利水电学院,南京,210098

0 引言

沿海地区是我国人口最多、经济最发达的地区,从其经济社会发展对水资源的需求看,现有地表水资源已远远不能满足一些沿海地区快速发展的需求,而地下水作为一种重要的淡水资源被大量开采,有的甚至超采,造成海水入侵等环境问题^[1].我国在19世纪60年代就发现沿海有不同程度的海水入侵,到目前,由于地下水被过度开采引起的海水入侵面积已超过2 000 km²,并仍以每年12%的速度在增加^[2],对沿海地区经济和社会的可持续发展构成了严峻的挑战.在保证沿海地区可持续发展的前提下,对缺水灌区进行地表水地下水联合调配是解决上述问题的一种有效途径^[3-4].在水文地质条件适合的灌区合理开发利用地下水,与地表水资源联合调配,能扩大灌溉面积,提高灌溉保证程度;在沿海缺水灌区实行地表水地下水联合调配还可以抬高地下水位,防止海水入侵,改善生态环境,使其他农业生产条件得以改善.

对沿海灌区地表、地下水资源进行联合管理涉及到地形、地貌、地质构造、水文地质、河流水系、气象气候、植被和水利工程等诸多因子,反映这些因子及各因子间相互关系的数据量十分庞大,水利部门积累的大量资料也得不到充分利用,必须借助于计算机等先进技术手段,建立水资源地理信息系统,迅速完成数据计算、处理与传递,对水资源进行系统化、程序化的动态管理.

本研究立足于沿海地区水资源的可持续利用及水资源的合理配置,根据已建立的沿海地区地表水地下水联合调配耦合模型及其动态模拟^[5-6],设计并编制了沿海缺水灌区地表水地下水联合调配管理信息系统的通用计算机程序.

1 开发目标与原则

沿海缺水灌区地表水地下水联合调配管理信息系统利用先进的计算机技术,希望在宏观决策、微观应用、统筹管理等方面为沿海缺水灌区地表水地下水的开发管理、规划决策提供高效、实时和准确的信息服务,使沿海缺水灌区地表水地下水联合调配管理系统化、规范化、现代化和科学化,以实现沿海缺水灌区地表水地下水资源的合理

配置,从而更好地为沿海缺水灌区的可持续发展服务. 系统主要为沿海缺水灌区地表水地下水规划管理服务,同时为各级水管部门准确及时提供水资源信息,提高工作效率和决策水平. 具体地,要实现以下目标:1)解决耦合模型在求解上的困难和图形显示的直观性,为决策者提供基本数据方面的信息,能准确快速地为用户提供计算结果;2)按照用户要求,提供友好的操作界面,为以后的研究者提供方便、直观、可视化的计算机模拟系统;3)建立应用模型库,通过地下水的模拟和优化模型的计算可以分析、显示海水入侵及水资源配置情况,为水资源规划管理提供辅助决策和科学依据.

沿海缺水灌区地表水地下水联合调配管理信息系统的建立应遵循以下原则^[7-9]:1)开发系统要能满足管理部门进行水资源预测、决策、规划以及科学管理的要求,并在短期内发挥作用;2)采用模块化设计方法,系统中的模块既可独立运行,也可配合使用,并可适时地给系统增加模块,满足不同要求;3)界面清晰、友好、易操作,有较好的灵活性和观赏性,系统要求前台显示图、表、菜单和按钮,后台为程序运行和数据库,并可选择运行不同模块;4)采用先进技术,具有开发性,系统要便于维护、移植、推广和二次开发,并预留补充接口,为将来系统的扩展创造条件;5)在系统的设计和建立过程中,实现数据库设计规范化、数据分类与代码的规范化、数据交换和共享规范化等;6)为确保系统安全性,要设置多级安全管理体制和数据备份、恢复机制.

2 管理信息系统的结构

2.1 系统基本结构

沿海缺水灌区地表水地下水联合调配管理信息系统是以可视化开发语言 Visual Basic 作为主要开发工具,是地理信息系统、管理信息系统、数据库技术、水资源系统模拟优化、地下水模拟等多技术综合集成的动态管理系统. 信息系统是以数据库为核心、以数学模型为基础,对大量数据进行分析、处理,给出决策层次上的辅助信息. 该系统具备系统管理、数据输入、数据处理、模型计算、地下水预测、图形绘制、结果输出、信息查询等功能.

地表水地下水联合调配管理信息系统主要包括人机交互系统、数据库系统和模型库系统3部分,系统总体框架见图1. 地表水地下水联合调配管理信息系统运行流程如图2所示.

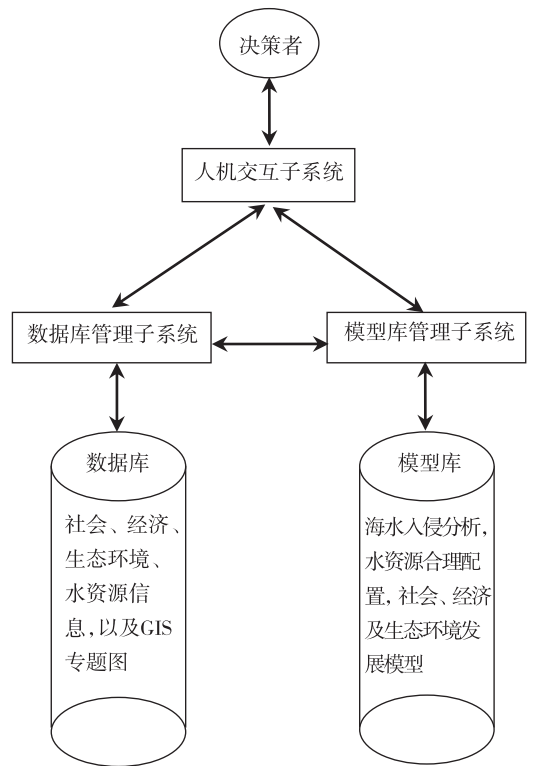


图1 地表水地下水联合调配管理信息系统框架结构
Fig. 1 Illustration of integrated use of surface and ground water

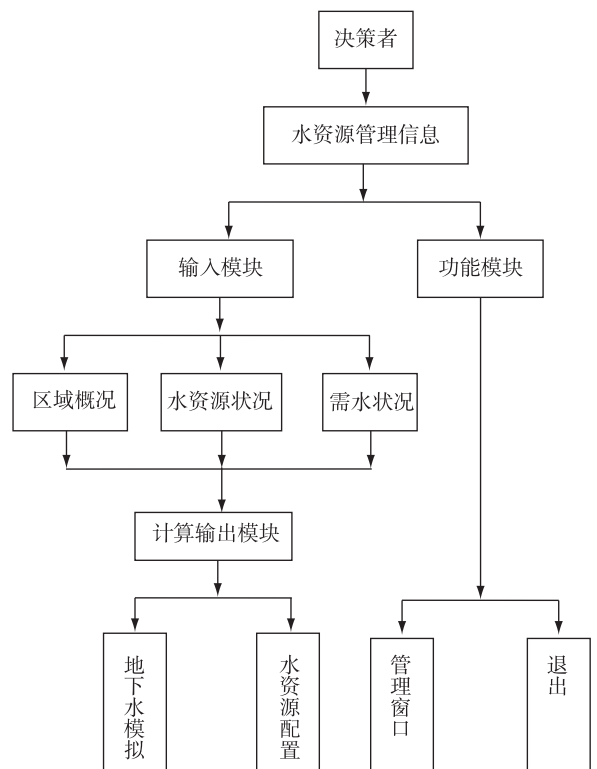


图2 地表水地下水联合调配管理信息系统运行流程
Fig. 2 Flow chart of integrated use of surface and ground water

2.2 数据库及其管理子系统

2.2.1 数据库

数据库是信息系统的核心,系统所有程序的运行都必须依赖数据库支撑.数据库系统的主要功能包括:1)负责对系统所涉及的大量数据信息进行输入、处理、存储、编辑、查询、统计分析、输出和维护,并开发GIS的各种功能,能来自多种渠道的各种信息资源中析取数据,把它们转换成水资源管理信息系统所要求的各种数据结构,同时实现将结果数据以图表等不同方式输出,进行辅助分析;2)对数据进行动态管理,提高数据检索和处理的效率及准确性,及时更新数据,保证数据的时效性和可靠性;3)实现信息共享,确保数据资源的一致性、准确性、完整性,有效支撑数据库中各类模型的运行,并存储模型计算结果.

数据库设计的优劣直接影响到系统的运行.数据库设计的主要原则有:1)应具有灵活性、可扩充性和可维护性;2)能确保数据的可靠性、有效性、完整性和安全性;3)满足查询输出、报表生成、预报和调度等对数据的使用要求;4)满足用户的数据库访问要求;5)保证数据的规范性和水利行业内数据库的一致性,便于数据信息的资源共享.为了更加有效地进行信息管理,在数据库系统中可以设计反映地理要素的空间位置、空间分布和空间拓扑关系的空间数据.利用MapInfo强大的图形管理功能,将数据与反映地理图形的信息有机结合,根据需要将这些信息图文并茂地提高给用户.

为了便于数据管理,易于操作,且能全面反映地下水及相关数据信息,本数据库包括区域信息模块、地下水文信息模块、开发利用信息模块、地下水动态信息模块以及实验信息模块等.用户可以对模块中的数据插入、删除、取消、确认、更新等操作.

模块内容及功能如下.

1) 区域信息模块.此模块是用于显示:研究区历年降水、蒸发等气象数据;历年洪、旱、涝、雹等自然灾害资料;河流水系分布、水资源平衡状况、水利设施状况及功效资料;地形地貌、土壤林木植被、土地总量与可耕地分类分布量化资料;工、农、林、牧产业经济结构历史及现状资料;城乡人口(含旅游人口)历史及现状资料等.这部分资料具有采集相对容易和变化规律相对明显的特征,是制定水资源可持续利用发展规划的基础信息.

2) 地下水文信息模块.地下水在我国沿海缺水

地区破坏性开采情况日渐加剧,对地下水信息的采集管理,组织合理开发利用地下水的任务已经迫在眉睫.其主要模块应包括区域地质构造资料,地下水分区分布资料,地下水水质、流向、储量及补给资料,地下暗河暗流及泉水资料,地下水开采潜力,提灌井位分布及开采量资料等.这些资料具有相对稳定、静态大于动态、数据采集难度大、投资多的特征.

3) GIS系统信息模块.沿海缺水灌区GIS系统可以产生研究区的自然地理和社会要素底图,并将查询到的数据进行统计分析,进一步绘制水资源供需图、水资源规划图、海水入侵分布图等,并以空间分布方式查询和管理相关信息.此模块既能存储、分析和表达灌区各种对象的属性信息,又能处理其空间位置特征,并以直观的方式显示,从而提高灌区信息管理的直观性和有效性.

4) 实验信息模块.此模块功能主要是记录各项实验的原始数据以及由其计算得出的水文参数,为水文水资源分析计算提供服务.

2.2.2 数据库管理系统

数据库管理系统(DBMS)的软件选用Visual Basic,其主要功能是定义、管理、维护数据库.为了便于集成各管理模块的用户权限,可以开发一个用户管理模块,对不同权限的用户分配不同的功能.系统管理员可以利用该模块增加用户、删除用户、设置用户权限,一般用户可以通过用户管理模块修改口令,查看权限.

2.3 模型库及其管理子系统

模型库及其子系统是管理信息系统的精髓.模型库是按一定组织结构形式存储的模型的集合体,主要用来存放各种计算模型与决策分析模型,它既可以从数据库中取得数据,也可在模型间传递数据,并将模型运算结果返回数据库,实现模型系统与数据系统的有机交结.模型库管理系统用于管理模型,用户可以通过模型库系统灵活地访问、更新、生成和运行模型.模型库管理子系统设计和实现的好坏程度将很大程度上影响管理信息系统的功能、性能和使用程度.模型库主要包括如下内容:降雨量频率分析模型;生活、工业、农业、生态环境需水预测模型及实时预报模型;水资源供需平衡分析模型;地下水动态模拟模型和地表水地下水联合调控模型.

3 系统功能及实现

沿海灌区地表水地下水联合调配管理信息系统

是以地表水地下水联合利用及海水入侵得到改善为目标,以水体为主要管理对象的应用型信息系统,其主要目的是建立一个能快速提供实时性强、真实准确的地表水地下水联合利用及地下水状态信息,能完成一般的日常信息查询、信息添加等操作.从系统开发的目标出发,系统需要实现以下几方面的主要功能.

1) 人机交互功能.系统包括图形用户界面,采用多级菜单驱动方式,实现对系统各部分的控制和调用,同时对用户的每一个操作都有相应的反应,并提供错误提示和帮助.本系统的基本功能包括一般数据库所能完成的数据输入、存储、编辑、删除等功能.当用户进入所需要数据的界面时,只要单击界面上相应的操作按钮,就能实现其功能.

2) 信息支持功能.系统应提供日常事务处理功能,如具备数据的输入、编辑、信息查询、统计分析、空间分析、输出、制作报表及地图制作等功能,同时提供模型运行所需的信息.

3) 水资源优化配置功能.此功能是本系统的核心,包含地表水地下水联合调配与地下水模型相耦合的模型.系统具备一定的定量分析能力,包括水量、水位、水质的模拟、预测等功能,可以用三维图形显示其动态变化,为分析海水入侵情况提供依据.图3为地表水地下水联合配置方案计算界面.由图3可知,选择不同的配置方案,再点击“计算”,即可得到配置结果.

4 结语

已有水资源管理系统主要适用于内陆地区,针对沿海地区水文气象特点的水资源管理系统国内还未见报道.本系统引进了地下水模拟技术,可以在提供地表水地下水配置方案的同时,模拟地下水的运移,进而分析海水入侵情况.

在沿海缺水地区地表水地下水联合调配研究中,需要考虑的因素很多,数据处理工作量大,管理系统的开发,能加强开发人员与用户交流,更好地利用水资源,加强水资源管理及其优化配置,促进沿海地区经济和生态建设的良性发展.

参考文献

References

- [1] Bouma J J. Water management in coastal zones and deltas [J]. Journal of Cleaner Production, 2007, 15 (16): 1495-1498
- [2] Wu J C, Meng F H, Wang X W, et al. The development and control of the seawater intrusion in the eastern coastal of Laizhou Bay, China [J]. Environmental Geology, 2005, 54(8): 1763-1770
- [3] Labadie J W. Optimal operation of multireservoir systems: State-of-the-art review [J]. Journal of Water Resources Planning and Management, 2004, 130 (2): 93-111
- [4] Diao X S, Dinar A, Roe T L, et al. A general equilibrium analysis of conjunctive ground and surface water use with an application to Morocco [J]. Agricultural Economics, 2008, 38(2): 117-135

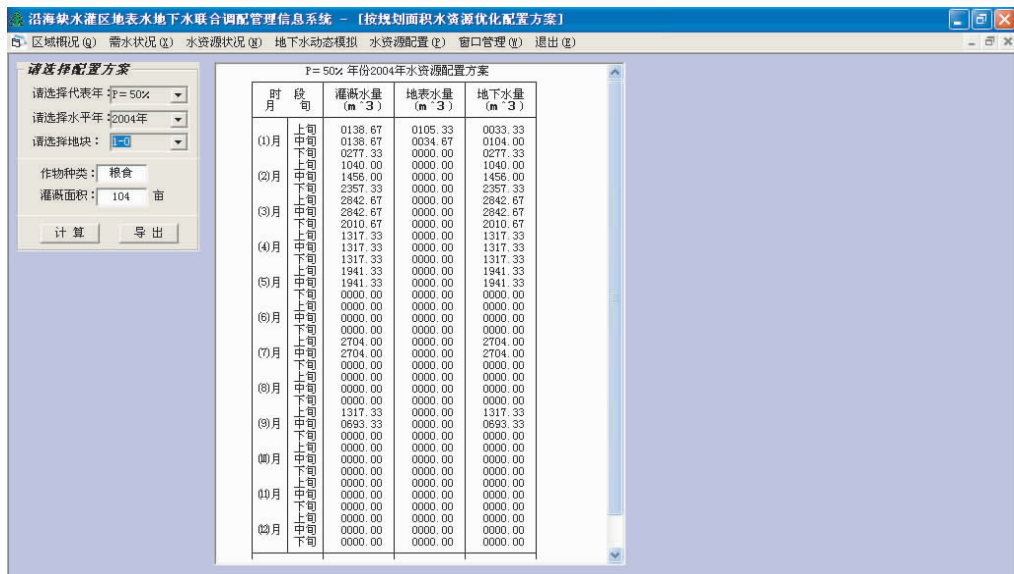


图3 地表水地下水联合配置方案计算界面

Fig. 3 Illustration of the allocation of surface and ground water

- [5] 张展羽,高玉芳,李龙昌,等.沿海缺水灌区水资源优化调配耦合模型[J].水利学报,2006,37(10):1246-1252
ZHANG Zhanyu GAO Yufang LI Longchang, et al. Optimal utilization of water resource in coastal water-deficient irrigation region [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2006, 37(10): 1246-1252
- [6] 高玉芳.沿海缺水灌区地表水地下水联合调配理论及应用研究[D].南京:河海大学水利水电学院,2007
GAO Yufang. Study on integrated use of surface water and groundwater in coastal water-deficient irrigation region on theory and its application [D]. Nanjing: College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, 2007
- [7] 冯立华,郭化忱,姜汝杰.水资源管理信息系统研究[J].水利科技与经济,2003,9(3):226-227
FENG Lihua, GUO Huachen, JIANG Rujie. Research on management information system of water resources [J]. Water Conservancy Science and Technology and Economy, 2003, 9(3): 226-227
- [8] 袁建平,方正,王晖.地理信息系统在城市水资源管理中的应用[J].中国给水排水,2005,21(11):23-25
YUAN Jianping FANG Zheng, WANG Hui. Application of geographic information system for urban water resources management [J]. China Water & Wastewater, 2005, 21(11): 23-25
- [9] 纪晓华,汤方平.灌区灌溉自动化监控系统的设计与研究[J].灌溉排水,2002,21(4):25-27
JI Xiaohua, TANG Fangping. An auto-monitoring system for automatic water management in irrigation area [J]. Irrigation and Drainage, 2002, 21(4): 25-27

The study of management information system for integrated use of surface and ground water in coastal irrigation area with water shortage

GAO Yufang^{1,2} CHEN Yaodeng¹ FENG Baoping³

1 Jiangsu Key Laboratory of Agricultural Meteorology, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

2 Wuhan Institute of Heavy Rain, CMA, Wuhan 430074

3 College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing 210098

Abstract The previous research results and related data were integrated to establish a surface and ground water resources management information system, in accordance with the irrigation and water-deficit conditions of coastal areas. This system runs with friendly interface, and integrates the GIS, database technique, water resource optimization management, simulation of groundwater and other techniques. The system is designed for surface and ground water resource management in coastal areas, and to provide accurate and timely water information for water management governments. With certain universality, the system will provide valuable reference for water management and scheduling in coastal areas.

Key words coastal area; surface water; ground water; management information system