



DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdtqk.2016.01.012

陈序,董增川,杨光.沿海围垦区水资源管理决策系统开发研究[J].2016,14(1):72-77.

CHEN Xu, DONG Zeng chuan, YANG Guang. Water resource management decision making system in coastal reclamation area[J]. 2016, 14(1): 72-77. (in Chinese)

# 沿海围垦区水资源管理决策系统开发研究

陈序,董增川,杨光

(河海大学水文水资源学院,南京 210098)

**摘要:**江苏沿海开发对于缓解江苏地区人多地少的矛盾、补充耕地资源不足与加快长三角产业发展具有重要作用。但是,江苏沿海开发也对水资源需求产生重大而深远的影响,使得水资源保障面临巨大挑战,因此建立信息及时可靠、模型切实有效、会商简洁高效的系统来支持沿海围垦区水资源管理决策是非常必要的。采用Java语言编写,基于Oracle数据库和GIS技术,以C/S与B/S相结合的结构模式构建起来一个面向决策者和管理人员的决策支持系统,其中包括信息管理与查询子系统、用水预测子系统、来水预测子系统、水量调度子系统与决策会商子系统五部分。沿海围垦区水资源管理决策系统的开发与研究对于优化江苏沿海水资源供需格局,破解江苏沿海水资源保障难题具有重大意义,也具有广泛的推广应用前景。

**关键词:**沿海围垦区;水资源;决策支持系统;C/S与B/S相结合;JAVA语言

**中图分类号:**TV213;P641.8 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-1683(2016)01-0072-06

## Water resource management decision-making system in coastal reclamation area

CHEN Xu, DONG Zeng chuan, YANG Guang

(College of Hydrology and Water resource, Hohai University, Nanjing 210098, China)

**Abstract:** The coastal development of Jiangsu plays an important role in alleviating the contradiction between people and land, supplying arable land resources and stepping up the industrial development of the Yangtze River. It also has profound influence on the demand of water resources, which is facing enormous challenges. Therefore, the establishment of a system is very necessary, which has the timely and reliable information, effective model and concise and efficient consultation, to supporting water resource management decision making. The water resource management decision making system was developed, using Java language, based on the database system Oracle and GIS technology, generally use C/S mode and B/S mode. The system is designed for both decision makers and managers, which has five subsystems, including information management and query, water demand forecasting, runoff forecast, water regulation, and decision in consultation. The implementation of the development and research on water resource management decision making system in coastal reclamation area will be of great significance in not only the optimization of water demand and supply patterns in Jiangsu coastal area, but also the solve of water supply security issue.

**Key words:** Coastal reclamation area, water resources; management decision making system; C/S mode and B/S mode; Java language

根据《江苏沿海地区发展规划》,“江苏沿海滩涂围垦18万 $\text{hm}^2$ 垦区”是促进江苏沿海地区经济发展的一项重要措施。通过大规模滩涂围垦,不仅能

有效地增加耕地面积,而且为江苏沿海地区临海工业发展、大规模的产业布局和区域经济的快速崛起创造必要的条件<sup>[1-2]</sup>。但是,考虑到淡水资源短缺将

收稿日期:2015-04-09 修回日期:2015-12-16 网络出版时间:2016-02-27  
网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20160227.1706.029.html>  
基金项目:国家“十二五”科技支撑计划课题(2012BAB03B03)

**Fund:** The National Science & Technology Key Program during the 12th Five year Plan Period(2012BAB03B03)  
**作者简介:**陈序(1991-),男,江苏宿迁人,主要从事水资源系统分析与管理工作。E-mail: cx584006817@hotmail.com  
**通讯作者:**董增川(1963-),男,山西芮城人,教授,博导,主要从事水资源规划与管理研究。E-mail: dongzengchuan@163.com

成为江苏沿海地区滩涂资源开发与保护的关键制约因素,而且传统的水资源管理方式已经难以满足现代水资源管理的需要,因此迫切需要建立一套适合沿海围垦地区水资源管理决策系统(以下简称为系统),来实现沿海围垦地区社会、经济、环境的健康、稳定、协调发展,促使沿海地区水资源管理工作进入科学化、现代化、智能化阶段<sup>[6 10]</sup>。

## 1 系统总体框架

### 1.1 总体结构

针对沿海围垦区的实际应用情况,为解决系统中不同层次的用户对系统的需求问题,在系统开发中采用 C/S 与 B/S 相结合的解决方案,一方面以信息管理与查询、调度结果查询等交互较少的服务为主体的采用 B/S 结构;另一方面用水预测子系统、来水预测子系统、水量调度子系统与决策会商子系统采用 C/S 结构(客户端/服务器)。相对于单独采用 C/S 结构或 B/S 结构,采用 C/S 和 B/S 相结合的结构模式具有数据信息安全性高、系统交互能力、便于查询浏览计算结果等优点<sup>[12 14]</sup>。

系统开发采用当前业界主流的 Java 编程语言,满足跨硬件平台、跨操作系统的要求<sup>[15 18]</sup>。Java 程序语言可将数据库访问、Java 组件和动态页面生成等有机的集成在一起,并且提供集群等高级特性,特别适合构建复杂的大型应用系统,并保证系统具有很好的可扩展性和跨平台性<sup>[19 21]</sup>。

### 1.2 数据流程

系统总体数据流见图 1。

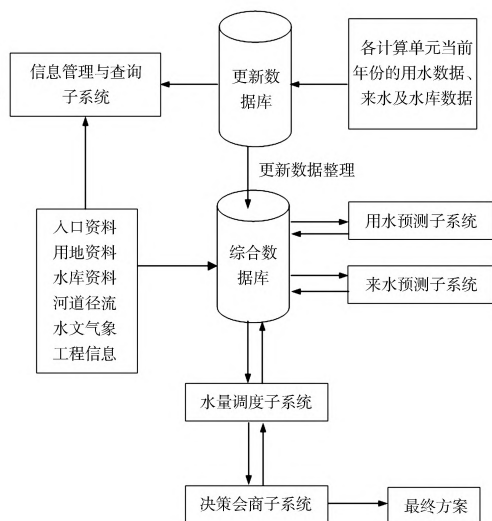


图 1 系统数据流程

Fig. 1 The data flow of the system

### 1.3 系统组成

系统以信息安全体系和标准规范体系为基础,

由数据采集、硬件设备、应用支撑、数据支撑、中间服务、应用系统和应用交互 7 个支持体系构成,其技术路线见图 2。

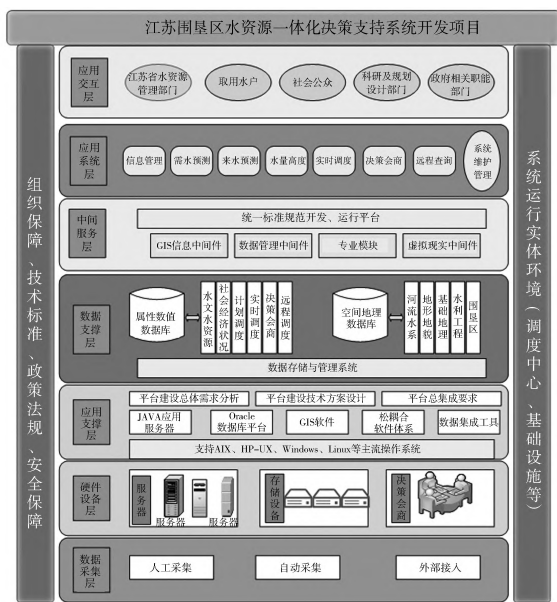


图 2 系统技术路线

Fig. 2 The technology roadmap of the system

#### (1) 数据采集层。

数据采集体系主要包括直接采集和间接采集两种功能。直接采集分为在线采集和人工录入两种方式:在线采集方式是指监测点采集相关数据后,通过移动、有线、光纤等通信方式,通过数据采集层进入系统的数据支撑层;人工录入方式则是由工作人员将监测数据通过系统客户端导入或录入系统,直接进入系统的数据支撑层。间接采集采用在线信息交换的方式进行,即数据支撑层依托应用支撑层的交换间接实现数据的汇集任务。

#### (2) 硬件设备层。

按照沿海围垦区水资源管理决策系统的主要功能和应用内容,为满足系统在政务外网环境中的运行和应用要求,需要新购磁盘阵列、磁带库、存储交换机、数据库服务器、应用服务器、GIS 服务器、数据交换服务器、数据采集服务器、Web 发布服务器、备份服务器,以及数据库管理系统、备份软件、数据分析软件、数据同步软件等。

#### (3) 应用支撑层。

应用支撑平台建设主要是针对水资源管理决策支持系统的特点,统一考虑各应用系统业务功能的通用性的技术需求,以满足应用系统变化快、要求高的发展需要,保证水资源管理系统长期、有序、高效的运行。

#### (4) 数据支撑层。

水资源的数据来源主要包括: 在线监测、基础信息数据收集以及业务系统中产生的过程状态数据、外部交换动态数据。各类来源的数据分别进入各自对应的数据库, 供信息服务、业务管理、应急管理和决策支持等应用系统调用。

#### (5) 中间服务层。

中间服务层是应用系统层与数据支撑层之间的逻辑层, 生成并操作接收信息的业务规则和函数, 各类系统响应在此实例化。数据由数据支撑层提供至应用系统层后被提取到中间服务层, 大大降低了客户端的负担。通过这样的结构设计, 使得应用系统层被所有用户共享, 大大提高了系统模块的复用性。

#### (6) 应用系统层。

依据沿海围垦地区水资源管理的业务需求, 以国家水资源监控能力建设项目应用支撑平台为基础, 沿海围垦区水资源管理决策系统由信息管理子系统、需水预测子系统、来水预测子系统、水量调度子系统、优化调度子系统、决策会商子系统、远程查询子系统和系统管理子系统组成。各子系统运行在应用支撑平台架构和数据库管理平台之上, 相互支持, 相辅相成, 对应用支撑平台请求各种服务, 协同完成水资源业务的管理决策支持。各子系统之间通过数据支撑层实现数据共享, 以及通过数据交换平台进行数据交换。

#### (7) 应用交互层。

根据沿海围垦区水资源管理决策系统的结构, 统一门户框架基于 Portal 应用, 通过 JAVA 语言、AJAX 等多种跨平台的技术手段实现。Portal 作为系统的展现层, 基于 web 的应用, 提供个性化定制内容、统一登录入口, 以及将不同来源的信息集中整合展现等功能。统一门户框架由底层 Portlet 引擎和容器支撑, 提供单点登录、个性化定制、内容聚合、频道管理、模板管理、应用集成服务等多种功能, 便于灵活开发和配置适合水资源相关门户要求的系统。

## 2 系统主要技术

### 2.1 水量调度模型

江苏沿海围垦地区主要的水资源问题是水量不足, 因此沿海围垦水资源调度分析的主要思路是应用大系统聚合、分解、协调原理, 根据沿海围垦地区供水网络概化以及主要调蓄水水利工程的水利联系, 设计了相应的算法。

在进行水资源调度分配的过程中, 首先对当地的地表水进行分配, 如果当地地表水的水量不能满足需求时, 当地的地下水参与水资源的调配; 如果依

然不能满足需水, 则将当地的非常规水资源量纳入到水资源的调度中, 从而完成当地水的调度分配; 如果当地水依然不能满足当地对水资源的需求量, 则将过境水纳入到水资源的调度系统中, 完成对水库的调度进行第一次优化调度; 如果此时仍不能满足当地需水量的要求, 则将引调水进行水量调度分配, 在此过程中, 将引调水与水库调度进行结合, 对水库再次进行优化调度。在对过境水和引调水的水量分配过程中, 根据分水协议和已有的供水原则, 公平地进行调度分配。

### 2.2 Java 语言

Java 作为一种面对对象、可编写跨平台软件的计算机编程语言, 目前在世界上受到广泛的认可与应用。其独特的优势是简单、面向对象、分布式应用、安全、动态语言且体系结构中立可移植。

#### (1) 面向对象。

Java 借鉴了 C++ 中面向对象的概念, 为了实现程序的简洁性和便于维护性, 便利用类的优点将数据封装于类中。同时因为类集成和封装了对象的特性, 使类具有可以反复利用的特性, 大大减少了编写者的重复劳动量, 编写者只需把主要精力用在类和接口的设计和应用上。

#### (2) 平台无关性。

平台无关性是指采用 Java 语言编写的软件能在不同的平台上运行并能在世界范围内共享。无论在何种平台上编写的 Java 文件都可以转换为对应操作系统的 class 文件, 并在对应操作系统中进行编译, 进而实现了 Java 语言的平台无关性。因此沿海围垦区水资源决策支持系统能够安全有效的直接运用于各种不同的系统平台, 如 Windows、Linux 以及 Mac 系统等。

#### (3) 安全性。

为了有效的避免病毒通过指针入侵系统, Java 没有采用 C++ 中指针对于存储器地址的直接操作, 而是由操作系统主导在程序运行时的内存分配。Java 对程序提供了安全管理器, 防止病毒入侵, 保证了水文资料的保密性。

### 2.3 数据库技术

在广泛查阅数据库相关资料并对比其优劣的基础上, 考虑到 Oracle 数据库处理速度快、安全级别高、支持快闪及完美恢复、数据库稳定性强的优点, 在沿海围垦区水资源管理决策系统的数据库搭建平台使用 Oracle 10g。

在国家水利数据中心框架基础上, 根据国家水资

源监控能力建设的要求,以及“统一规划、统一标准、统一设计、数据共享”的原则,完成了沿海围垦区水资源管理决策系统的数据库结构的构建。将系统的基础数据(水文气象、水资源、社会经济等基础信息)、业务数据(用水计划、来水预测、水资源调度等业务信息)与流域数据资料、区域数据资料得到更好的衔接和共享,从而保证了系统应用的长期性和可靠性。

### 3 系统主要功能

沿海围垦区水资源管理决策支持系统主要由信息管理与查询子系统、用水预测子系统、来水预测子系统、水量调度子系统与决策会商子系统五部分组成。各子系统的主要功能如下。

#### 3.1 信息管理与查询子系统

信息管理与查询子系统包括信息管理与查询、申报用水数据更新和来水及水库数据更新三个子模块。主要功能是:综合查询研究区的区域概况、社会经济、水文气象、水资源量、重要河流和重点水利工程等信息;月滚动更新研究区各县区的申报用水、降雨量、地表水、地下水、中水、雨水、微咸水、引调水以及水库库容数据。并通过图表实现其可视化。

#### 3.2 用水预测模式及管理子系统

以用水总量控制为基础,综合考虑用户需水要求、多年平均用水量及邻近年份用水量,创建了用户用水量申请与预测调控相结合的用水预测模式。系统将逐年逐月收集沿海围垦地区申报用水数据,并以此为基础结合各计算单元当地多年平均用水量、上一年同期的用水量进行对比参考,进行合理性分析,防止出现预测结果误差过大或者水量分配不合理的情况。对预测结果中超出用水总量控制的计算单元,系统按同倍比缩小的方法对全年各月用水量统一进行削减控制,以达到用水总量控制的要求并且避免年初用水量过大,而后期对水资源紧缩严格控制的情况出现。

在满足用水总量控制指标的前提下,根据沿海各地区需水预测、用水申报情况以及上一年实际用水和多年平均实际用水,结合该地区对水资源量需求的特殊性,人工修正由申报用水计算所得暂定的用水计划,解决传统需水预测方法不能考虑用水总量控制要求的局限性,提高了用户在需水管理中的参与度。用水预测管理子系统实现了用水户年度用水计划编制与实时修正管理功能,提高了用水计划管理的科学性。

#### 3.3 多水源来水预测模型及管理子系统

沿海围垦地区水源种类多,包含上游过境水、当

地地表水、当地地下水、非常规水,外调水易受上游水利工程的影响,来水预测极为复杂。本研究综合运用AR(p)自回归模型、BP智能算法、降雨径流相关法等建立多水源来水预测模型,开发了来水预测管理子系统,用户可根据需要选择预测对象与预测方法,实现了不同水源来水的分类预测。

#### 3.4 水量调度模型及优化调度子系统

根据沿海围垦区域水资源调度的特点,将调度单元按照省、市、县、围垦区与非围垦区进行分级:第一级,从全局角度将沿海围垦涉及的南通、盐城二个城市进行水资源调度;第二级,从地级市的角度对南通、盐城这二个城市所辖的县、市、区进行水资源调度;第三级,从滨海县域将围垦区和原有区进行水资源调度。

为保证区域间用水的公平性,在对水资源调度过程中,选择相对缺水量最小为目标函数,建立了水资源优化调度子系统。根据沿海围垦区水资源调度的特点,对不同的用水单元设置了用户重要性参数,使水量调度具有了灵活可变的水量调度侧重区域,大幅提高了调度结果的可操作性,其主界面见图3。进入水量调度子系统后先在左上进行参数设置如图4所示,主要包括引水能力、用户重要性及水利工程参数,进而计算得到优化调度结果,各计算单元的月供需水和供水水源都清晰直观的表达在界面上。导出的结果将调度失衡情况按其严重性分为特别严重、严重、较重和一般四个预警级别,依次用红色、橙色、黄色和蓝色预警色表示,建立了水资源供需失衡预警机制。系统具有友好的应用界面和组合调度功能,为沿海围垦水资源调度提供了技术支撑。

#### 3.5 水资源调度决策会商模式及会商子系统

通过人机交互界面,从需求端、供给端以及用户端等三个方面,对各计算单元的需水情况、不同区域的引江水量、各大中型水库的运行参数以及各单元的重要性进行调整,形成不同的调度情景,计算得到多种调度方案,建立了沿海围垦水资源调度会商机制。通过筛选出计划用水量、实际供水量、主要缺水月份等七个具有代表性的关键指标,建立了沿海围垦水资源调度决策会商的指标体系,为决策者分析评价不同情景下生成的调度方案提供科学的依据。

## 4 结语

本文基于多用户、多流域、多水源、多目标的复杂水资源数据,综合考虑沿海围垦区水资源管理决策支持系统的特点,运用Java技术编写并使用Oracle

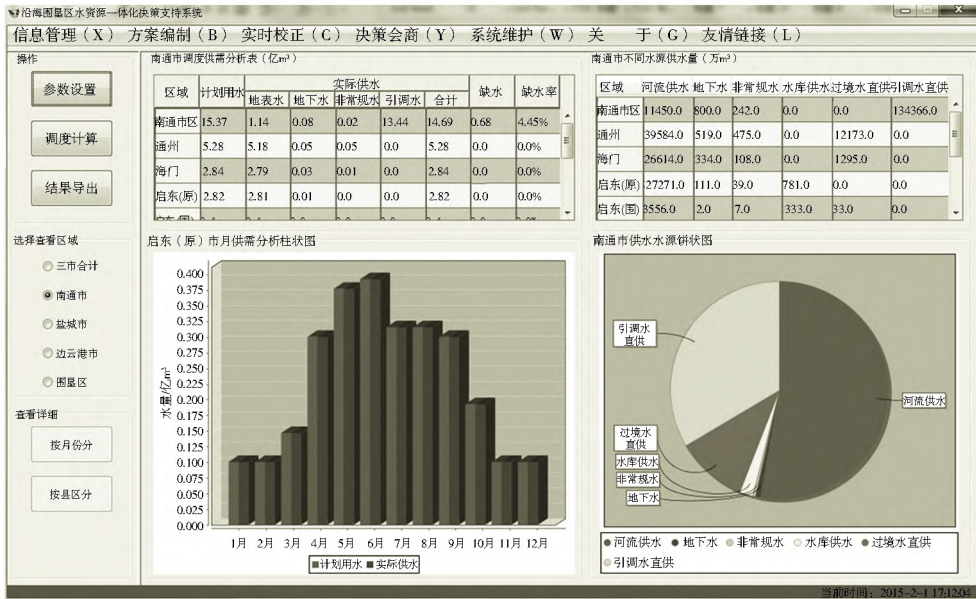


图 3 水量调度子系统主界面

Fig. 3 The main screen of the water regulation subsystem

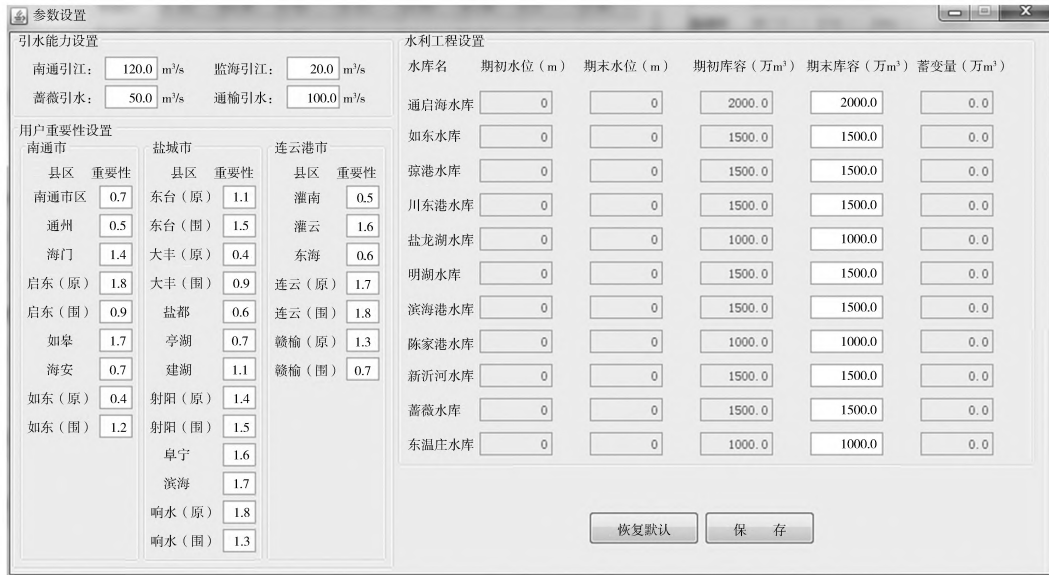


图 4 参数设置界面

Fig. 4 The screen of the parametric settings

数据库搭建了数据库管理平台, 结合国家水资源监控能力建设的要求, 采用统一的技术标准和规范建立了规范化的数据库结构, 并利用先进的多层次体系结构设计思想, 采用 Java 技术开发了能够支持 AIX、HP-UX、Windows、Linux 等主流操作平台、包括信息管理与查询子系统、用水预测子系统、来水预测子系统、水量调度子系统与决策会商子系统的沿海围垦区水资源管理决策支持系统, 实现了系统的跨平台作业要求。

沿海围垦区水资源管理决策支持系统将水资源可持续发展的理论与实践相结合, 最大程度地解决了水资源供需矛盾, 针对沿海地区有较强的适用性, 对于优化江苏沿海水资源供需格局, 破解江苏沿海

水资源保障难题具有重大意义, 也具有广泛的推广应用前景。

参考文献 (References):

[1] 李琼芳, 任黎, 夏自强, 等. 江苏沿海围垦区水资源开发利用潜力研究[J]. 水利经济, 2012(03): 47-50. (LI Qiong-fang, REN Li, XIA Zr-qi, et al. Potential of development and utilization of water resources in coastal reclamation areas of Jiangsu Province[J]. Journal of Economics of Water Resources, 2012(03): 47-50. (in Chinese))

[2] 万新宇, 钟平安, 王建群. 沿海围垦区水资源优化配置与联合调度[J]. 水利经济, 2012(03): 58-62. (WAN Xir-yu, ZHONG Ping-an, WANG Jian-qun. Optimal allocation and joint operation of water resources in coastal reclamation areas[J]. Journal

- of Economics of Water Resources, 2012(03): 58-62. (in Chinese)
- [3] 沈永明, 冯年华, 周勤, 等. 江苏沿海滩涂围垦现状及其对环境的影响[J]. 海洋科学, 2006(10): 39-43. (SHEN Yong ming, FENG Nian-hua, ZHOU Qin, et al. The status and its influence of reclamation on Jiangsu coast [J]. Marine Sciences, 2006(10): 39-43. (in Chinese))
- [4] 章志, 宋晓村, 邱宇, 等. 江苏沿海滩涂资源开发利用研究[J]. 海洋开发与管理, 2015(03): 45-49. (ZHANG Zhi, SONG Xiaocun, QIU Yu, et al. Jiangsu coastal shoal resources development and utilization of research [J]. Ocean Development and Management, 2015(03): 45-49. (in Chinese))
- [5] 董增川, 丁艳霞, 李大勇. 沿海围垦区水资源一体化管理决策支持系统[J]. 水利经济, 2012, 30(3): 63-65, 75. (DONG Zengchuan, DING Yanyxia, LI Dayong. Decision support system for integrated water resources management of coastal reclamation areas [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2012, 30(3): 63-65, 75. (in Chinese))
- [6] 杨树滩, 张文新, 贾锁宝. 江苏沿海地区水资源开发利用的几点思考[J]. 江苏水利, 2010(01): 17, 19. (YANG Shutan, ZHANG Wenxin, JIA Suobao. Discussion of water resources allocation in coastal areas of Jiangsu Province [J]. Jiangsu Water Resources, 2010(01): 17, 19. (in Chinese))
- [7] 刘健民. 水资源规划与管理决策支持系统的发展和应[J]. 水科学进展, 1995(03): 255-260. (LIU Jianmin. Development and Application of Water Resource Planning and Management Decision Support System [J]. Advances in Water Science, 1995(03): 255-260. (in Chinese))
- [8] 陈曦, 王执铨. 决策支持系统理论与方法研究综述[J]. 控制与决策, 2006(09): 961-968. (CHEN Xi, WANG Zhiqian. Overview of theory and methods of decision support systems [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2006(09): 961-968. (in Chinese))
- [9] 翁文斌, 蔡喜明. 京津唐水资源规划决策支持系统研究[J]. 水科学进展, 1992(03): 190-198. (WENG Wenbin CAI Ximing. A study on the decision support system of the water resources planning in the Jingjintang economic district [J]. Advances in Water Science, 1992(03): 190-198. (in Chinese))
- [10] 李门楼, 胡成, 陈植华. 河北平原区域地下水资源决策支持系统设计及开发[J]. 地球科学, 2002(02): 222-226. (LI Melou, HU Cheng, CHEN Zhihua. Establishment of decision making support system for groundwater management of Hebei Plain [J]. Earth Science Journal of China University of Geosciences, 2002(02): 222-226. (in Chinese))
- [11] 孙风栋, 闫海珍. Oracle 10g 数据库系统性能优化与调整[J]. 计算机技术与发展, 2009(02): 83-86. (SUN Fengdong, YAN Haizhen. Performance optimizing and tuning of oracle 10g database system [J]. Computer Technology and Development, 2009(02): 83-86. (in Chinese))
- [12] 查修齐, 吴荣泉, 高元钧. C/S 到 B/S 模式转换的技术研究[J]. 计算机工程, 2014(01): 263-267. (CHA Xiurqi, WU Rongquan, GAO Yuanjun. Technology Research on Conversion from C/S to B/S Mode [J]. Computer Engineering, 2014(01): 263-267. (in Chinese))
- [13] 李云云. 浅析 B/S 和 C/S 体系结构[J]. 科学之友, 2011(01): 68. (LI Yunyun. Discussion on the Architecture of B/S and C/S [J]. Friend of Science Amateurs, 2011(01): 68. (in Chinese))
- [14] 杨赞国, 高敬惠. 基于 C/S 模式的网络信息管理系统设计与实现[J]. 微计算机信息, 2005(11): 27-29. (YANG Zaiguo, GAO Jinghui. Design and implementation of network information system based on C/S mode [J]. Microcomputer Information, 2005(11): 27-29. (in Chinese))
- [15] 王侠, 韩永印. JAVA 语言程序设计教学改革与实践[J]. 电脑知识与技术(学术交流), 2007(20): 560-562. (WANG Xia, HAN Yongyin. Teaching practice and reform on java language design [J]. Computer Knowledge and Technology (Academic Exchange), 2007(20): 560-562. (in Chinese))
- [16] 孟凯, 马耀光. 基于 java 的城市水管理系统的研究[J]. 中国农村水利水电, 2013, 01: 86-89. (MENG Kai, MA Yaoguang. Research on urban water management system based on java [J]. China Rural Water and Hydropower, 2013, 01: 86-89. (in Chinese))
- [17] 周岚. Oracle 中基于 Java 的存储过程[D]. 安徽大学, 2006. (ZHOU Lan. Java Based Stored Procedure in Oracle [D]. Anhui University, 2006. (in Chinese))
- [18] 高婷. 浅谈 JAVA 程序设计中的异常处理[J]. 商业文化(下半月), 2012(11): 227. (GAO Ting. Discussion on Exception Handling in JAVA Programming [J]. Business Culture, 2012(11): 227. (in Chinese))
- [19] 杨乐, 张应龙, 何火娇. 基于 B/S 模式的农家书屋管理信息系统开发应用[J]. 安徽农业科学, 2010(07): 3827+ 3831. (YANG Le, ZHANG Yinglong, HE Huojiao, et al. Application of the rural library information management system based on B/S Model [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2010(07): 3827+ 3831. (in Chinese))
- [20] 冯琳伟. 基于 JavaEE 平台的长治市水资源综合管理信息系统设计与实现[D]. 太原: 太原理工大学, 2012. (FENG Linwei. Design and implementation of integrated water resources management information system based on JavaEE platform for Changzhi City [D]. Taiyuan: Taiyuan University of Technology, 2012. (in Chinese))
- [21] 姜哲. 基于 J2EE 的水情自动测报系统设计与实现[D]. 武汉: 华中科技大学, 2005. (JIANG Zhe. Design and implementation of automatic flood monitor system based on J2EE [D]. Wuhan: Huazhong University of Science And Technology, 2005. (in Chinese))