

汉中市区域水资源管理信息系统研究

李晓玲, 王晓峰

(陕西师范大学 旅游与环境学院, 陕西 西安 710062)

摘要:根据汉中市实际情况,集成了相关的各种数据和以往的研究成果,建立了汉中市区域水资源管理信息系统。该系统数据库具有友好的界面和便利的查询、检索功能。在此基础上,应用系统分析方法,建立了以灌溉为主的水资源大系统多目标决策模型,模型具有一定的通用性。

关键词:水资源;管理信息系统;数据库;模型

中图分类号:P968 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-274X(2002)02-0203-04

由于水资源短缺以及地区经济发展和人口增长对水的需求日益增加和区域水资源开发利用程度的日益提高,水资源供需矛盾正在加剧,必须对有限的水资源进行合理调度,加强水资源的管理措施。这就使得水资源管理与决策问题的复杂性超过了以往,迫切需要在方法和手段上加以改进,利用现代化手段来研究水资源系统及其配水模式,提高水资源的利用效率以及管理决策水平。

1 区域概况

汉中市位于陕西省西南部,面积 27 107 km²,具有盆地丘陵区的环境和优越的水土资源。该区水利灌溉历史悠久,现有较大的灌区 18 个。该区水资源系统包括地面水库群、地下水等供水途径,及城市生活、工业用水、分区农业用水等不同需水部门,是一个涉及多县市、多灌区的复杂大系统。概化后的区域水资源供需系统结构见图 1。

水资源开发利用合理与否,直接关系到该地区人民生活、工农业发展、环境生态改善等多方面的效益。因此,汉中市的水资源管理应从多方面统一协调该系统存在的各种矛盾,使系统的综合效益达到最佳状态。本文依据该区实际情况,研制了一套主要针对灌区的水资源管理信息系统,用于辅助决策。

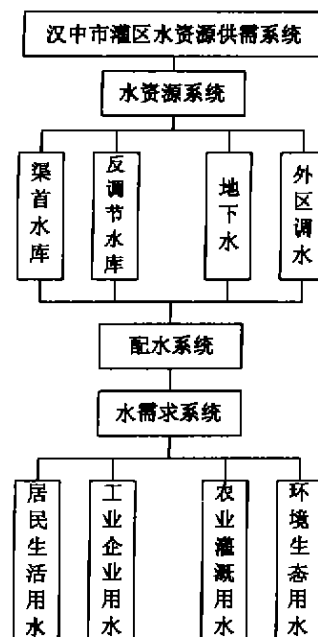


图 1 区域水资源供需系统结构

Fig. 1 Region water resources supply and demand system structure

2 管理信息系统的基本结构

根据灌区水资源管理的一般经验和实际需要,信息系统的总体功能结构包括:信息查询、现状评价、规划决策、总结报告、帮助模块等。系统总体结构见图 2^[1]。其中界面设计、数据管理、配水模型是本

收稿日期:2001-08-14

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40071005)

作者简介:李晓玲(1957-),女,陕西蒲城人,陕西师范大学副研究馆员,从事情报信息管理工作。

系统的核心,具有通用性。

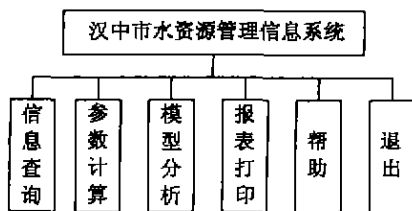


图 2 系统功能结构图

Fig. 2 System function structure

2.1 界面设计

汉中市区域水资源信息系统界面主要是使用 Visual FoxPro 6.0 开发集成的^[2],使之能够有机地组织信息源,并相应增加一些菜单条、工具条,扩大了应用界面的功能。根据数据库系统的功能设计不同性质的界面,具体包括主界面、浏览界面、编辑界面、查询界面、输出界面和帮助系统界面等。

2.2 数据库子系统^{[3][4][5]}

数据管理是水资源管理最基本的需求,以灌区为主的信息数据库的设计工作是保障管理信息系统软件质量的基本前提。在开发过程的需求分析阶段,一方面要分析灌区管理工作的数据需求;另一方面,要分析灌区管理工作对数据的加工需求。在管理信息系统的软件设计阶段,既要设计实现数据需求的数据结构,又要设计实现加工需求的模块结构。本数据库采用 E-R 模型。该类数据库的设计工作大致可划分为 3 个阶段,即:概念结构设计阶段、逻辑结构设计阶段、物理结构设计阶段。系统数据库具有浏览、查询、添加、删除、编辑、打印等基本功能。

系统数据库的内容可分为五大类:第一类为特征库(固定数据库),该类库中的数据一般不需要延长或扩大。内容包括灌区基本概况表、渠首水库特征参数表、灌区内蓄水设施统计表、渠道特征参数表、水电站特征参数表、抽水站特征参数表、地下水参数表、河流特征表等。第二类为实时序列数据库,该类库中的数据内容包括逐时段降雨量和蒸发量表、实测逐时段径流流量表、长系列工业用水量表、长系列生活用水量表等。第三类为预报计划数据库,该类库中的数据由程序计算并经审查修改确认录入,内容包括灌溉信息表、计划作物种植种类、比例与面积、灌溉需水量表、水量优化调配结果等。第四类为数据自动接口数据库,根据计算程序的要求,为其提供原始资料的数据库表,其中还包括打印所需要的数据。第五类为名录数据库,包括灌区、河流、灌区雨量站、流域水文站对应关系说明表、各灌区内各型水库名称、位置、座数、水资源总量说明、用水结构、已建各

数据分库的名称等。

2.3 汉中市区域水资源的研究思路

汉中市现有较大的灌区 18 个,具体到每个灌区又是一个多水源、多用户的复杂系统,并均可视为一个相对独立的水资源管理体系,但相邻灌区间又存在相互调水的可能,在水资源开发利用上又存在相互联系和相互制约的关系。为便于研究,根据大系统分解递阶协调的思想,分两级建立模拟优化模型。第一级为各个灌区的子模型,第二级为 18 个灌区的总体协调模型。这两级模型均采用多目标非线性模拟优化模型,在两级之间通过直接信息通讯和反馈,对各子模型进行协调并实现整体优化。水资源大系统分解协调模型的分级递阶结构见图 3^{[6][7]}。

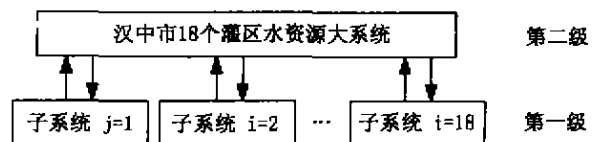


图 3 系统的分级递阶结构形式

Fig. 3 System hierarchical structure

为了在进行水资源规划时能算出历年供需水情况和各用户的供水保证率,采用了长系列模拟优化模型,计算时段以月计。以下主要讨论子灌区数学模型。

为了合理开发和充分利用灌区水资源,原则上应先用河流水,后用水库水,并联合调配各种水资源,尽量发挥水塘、水库等各种蓄水设施的补偿和反调节作用,尽量少开采地下水、少抽水,同时,在满足供水保证率的基础上,尽量使电站多发电,抽水站的耗电量最小。而在供水次序上,则应先满足城乡居民供水,其次是工业用水,再次是农业灌溉用水。

2.4 灌区水资源系统概化^{[8][9]}

灌区水源主要有地表水和地下水两类。将地下水含水层概化为地下水库,灌区内的渠首水库概化为地表聚合水库,而灌区间众多的可以拦蓄当地径流的塘坝和反调节水库聚合为地表聚合反调节水库。各用水部门分别概化为一个用水节点。各节点间通过线段(河道或渠道等)连接,这样就可以做出如下灌区水资源系统概化图,见图 4。

2.5 灌区优化配水模型^{[8][10][11]}

2.5.1 目标函数 水分配优化模型的目标一般有总系统收益最大、损失水量最小以及考虑水库蓄放水优先级情况下的目标函数形式。由于蓄放水优先级是人为给出的,多少带有某些任意性,因此模拟的结果较前两者为差。本模型将这一优先级与损失水

量原则结合起来使用可以更好的改进系统性能。当然,这一给定的优先级规则是根据层次分析法综合考虑了经济、环境、社会等诸多因素制定的。在经济方面,主要是工业与城市供水、灌溉用水及发电用水这 3 项。在环境方面,主要是河道内环境水量要求以及地下水超采这两项。各水库的蓄放水优先级是通过给水库的时段末蓄库容变量赋予不同的权重来实现的。

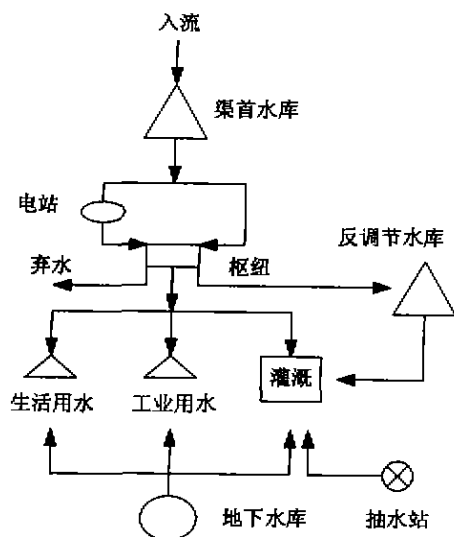


图 4 灌区水资源系统概化图

Fig. 4 Outline for water resources system of irrigation area
其目标函数描述如下:

- (1) 城镇居民生活用水多年平均缺水最小

$$Z_1 = \min \sum_{t=1}^{N \Delta T} [XDL(t)] / N。$$

- (2) 工业企业用水多年平均缺水最小

$$Z_2 = \min [XDI(t)] / N。$$

- (3) 农业灌溉用水多年平均缺水最小

$$Z_3 = \min [XDG(t)] / N。$$

- (4) 在满足以上用水的前提下,要求电站的多年平均发电量最大

$$Z_4 = \max [A \cdot DA(t) \cdot H_1(t)] / N。$$

- (5) 在满足以上用水的前提下,要求地下水多年平均开采量最小

$$Z_5 = \min [GQ(t)] / N。$$

- (6) 从外区抽水补充灌溉用水的电灌站年平均耗电量最小

$$Z_6 = \min \{ [g \cdot DP(t) \cdot H_2(t)] / \eta \} / N。$$

- (7) 对于多目标优化问题,一般没有惟一最优解,只能从多个非劣解中选择出最佳的权衡解,以最大限度地满足各个目标的要求。把约束法和权重法

结合起来,将以上多目标问题转化为单目标问题来求解,设总目标为 Z ,各子目标的权重为 α_i ,则

$$Z = \min \left[\frac{\alpha_1}{YXDL} Z_1 + \frac{\alpha_2}{YXDI} Z_2 + \frac{\alpha_3}{YXDG} Z_3 - \frac{\alpha_4}{YE} (Z_4 - Z_6) + \frac{\alpha_5}{YGG} (Z_5) \right]。$$

- 2.5.2 约束条件 水库水量平衡约束: $V(t+1) = V(t) + I(t) - Q(t) - L(t) - ES(t)$,

聚合反调节水库水量平衡约束: $FV(t+1) = FV(t) + FI(t) - FQ(t) - FL(t) - FES(t)$,

地下水水库水量平衡约束: $GV(t+1) = GV(t) + GI(t) - GQ(t) - GP(t)$,

输水节点水流连续方程: $CIN(t) = CON(t)$,

生活用水节点水量平衡约束: $DL_m(t) = DL_1(t) + DL_2(t) + XDL(t)$,

工业用水节点水量平衡约束: $DI_m(t) = DI_1(t) + DI_2(t) + XDI(t)$,

灌溉用水节点水量平衡约束: $DG_m(t) = DG_1(t) + DG_2(t) + DG_3(t) + XDG(t)$,

水库库容约束: $V_{min} \leq V(t) \leq V_{max}$,

发电水头约束: $H_{1min} \leq H_1(t) \leq H_{1max}$,

反调节水库库容约束: $FV_{min} \leq FV(t) \leq FV_{max}$,

地下水库库容约束: $GV_{min} \leq GV(t) \leq GV_{max}$,

装机容量约束: $A(t) \cdot DA(t) \cdot H(t) \leq N$,

电站放水流量约束: $DA_i(t) \leq DA(t) \leq DA_m(t)$,

渠道过流能力约束: $Q(t) \leq QC_m$,

抽水站抽水流量约束: $DP_i(t) \leq DP(t) \leq DP_m(t)$,

抽水站抽水扬程约束: $H_{2min} \leq H_2(t) \leq H_{2max}$,

水库最小弃水(环境生态用水)约束: $L(t) \geq QH(t)$ 。

除此之外,还包括变量非负约束、种植比例约束、各种供水量的上下限约束、初始条件类(初始蓄水量及初始水位)、以及特殊类方程(主要是反映特殊水利工程向某些单元或用水部门的分水比例及动态控制关系、供水优先级、综合利用)等。

以上式中, $V(t), I(t), Q(t), L(t), ES(t)$ 分别为 t 时段水库库容、入库流量、放水量、弃水量、库损量; $FV(t), FI(t), FQ(t), FL(t), FES(t)$ 分别为 t 时段反调节水库库容、入流量、放水量、弃水量、库损量; $GV(t), GI(t), GQ(t), GP(t)$ 分别为 t 时段地下水水库库容、补给量、放水量、弃水量; $DL_m(t), DI_m(t), DG_m(t)$ 分别为 t 时段生活、工业、灌溉计

划用水量; $CIN(t)$, $CON(t)$ 分别为 t 时段输水节点入流量和出流量; $DL_1(t)$, $DL_2(t)$, $XDL(t)$ 分别为 t 时段生活用水的地表水供给量、地下水补给量和缺水; $DI_1(t)$, $DI_2(t)$, $XDI(t)$ 分别为 t 时段工业用水的地表水供给量、地下水补给量和缺水; $DG_1(t)$, $DG_2(t)$, $DG_3(t)$, $XDG(t)$ 分别为 t 时段灌溉用水的地表水供给量、地下水补给量、外区抽水量和缺水; V_{min} , V_{max} 分别为水库的最小和最大库容; $H_1(t)$, H_{1min} , H_{1max} 分别为水库 t 时段的发电水头及其允许的最低和最高水位; FV_{min} , FV_{max} 分别为反调节水库的最小和最大库容; GV_{min} , GV_{max} 分别为地下水的最小和最大库容; $Q(t)$, QC_m 分别为 t 时段渠道流量及其允许最大流量; $DA(t)$, $DA_1(t)$, $DA_m(t)$ 分别为 t 时段电站流量、最小流量和最大流量; $DP(t)$, $DP_1(t)$, $DP_m(t)$ 分别为 t 时段抽水站抽水量、最小流量、最大流量; $H_2(t)$, H_{2min} , H_{2max} 分别为 t 时段抽水站抽水扬程、最小扬程、最大扬程; $QH(t)$ 为 t 时段要求环境生态用水; \overline{YXDL} , \overline{YXDI} ,

\overline{YXDG} , \overline{YE} , \overline{YGQ} 分别为多年平均生活水量、工业水量、灌溉水量、多年平均净发电量、多年平均抽取地下水。

根据上述模型和已知的有关参数,用标准的 GAMS 非线性规划软件包进行计算求解。

3 结束语

本文建立了汉中市 18 个灌区的水资源管理信息系统,对区域水资源管理水平的提高将起到促进作用,但由于问题的复杂性,许多问题还有待于进一步研究。

1) 系统具有一定的通用性和适用范围,但灌区模型要更准确,参数的选定还需改进。

2) 系统设计体现了一定的针对性,但数据库子系统中没有图形数据库,引入地理信息系统,借助其处理空间信息的强大功能,将进一步完善系统功能。

参考文献:

- [1] 王忠静. 水库灌区水资源管理信息系统[J]. 西北水资源与水工程, 1998, 9(3): 1-6.
- [2] 安玉庆. Visual FoxPro 6.0 编程实践[M]. 青岛: 青岛出版社, 1999.
- [3] 杨俊杰. 基于 C/S 模式的水库群计算机管理信息系统[J]. 华中电力, 1998, 11(3): 18-20.
- [4] 吉 晔. 大型灌区管理信息系统的建立[J]. 灌溉排水, 2000, 19(2): 36-40.
- [5] 尹明万. 智能型水供需平衡模型及其应用[J]. 水利学报, 2000, (10): 71-76.
- [6] 白宪台. 灌溉水库水资源综合利用的多目标决策模型[J]. 水科学进展, 1992, 3(3): 204-207.
- [7] JIRACHEEWEE N. Computerized database for optimal management of community irrigation systems in Thailand[J]. Agricultural Water Management. 1996, 31: 237-251.
- [8] 李智录. 水库与灌区水利工程系统优化调度研究[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1992.
- [9] ABDULLAH M, MOHORJ Y. Water resources management system for Saudi Arabia[J]. Journal of Water Resources Planning and Management, 1995, (2): 205-215.
- [10] 卢华友. 义乌市水资源系统分解协调决策模型研究[J]. 水利学报, 1997, (6): 40-47.
- [11] PENG Chengshuang. Dynamic operation of a surface water resources system[J]. Water Resources Research, 2000, 36(9): 2 701-2 709.

(编辑 徐象平)

A study on the management information system of the water resources in Hanzhong City

LI Xiao-ling, WANG Xiao-feng

(College of Tourism and Environment Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

Abstract: According to the reality of Hanzhong city, all the relative data are integrated into a water resources management information system which possesses the ability to make friendly interfaces and convenient index. Based on this, a large scale system-multi-objective decision model is presented, which can be used for optimization of water resources for irrigation and comprehensive utilization.

Key words: water resources; management information system; database; model