

基于单元优化配置方法的陕西省关中地区 水资源配置研究

姜 瑾¹, 张永永²

(1. 西安理工大学 高科学院, 西安 710109; 2. 黄河勘测规划设计有限公司, 郑州 450003)

摘要:水资源问题已经成为制约陕西省关中地区经济社会发展的瓶颈。为此,建立了省内南水北调受水区水资源单元优化配置模型,采用遗传算法求解该模型,并建立了该地区水资源单元优化配置系统。单元优化配置和常规配置的结果对比表明:在保证各供水保证率的前提下可以减少总缺水量9 875 万 m³。这一结论可为陕西省关中地区合理配置水资源及确定引汉济渭工程调水量提供借鉴。

关键词:单元优化配置;水资源;陕西省关中地区

中图分类号:X321 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-5485(2013)06-0014-03

陕西省关中地区不仅是陕西经济持续发展的基础,同时也是实施西部大开发的第一阶梯和桥头堡。解决关中地区水问题,就是解决西北地区开发与发展的问題。据此,本论文拟结合陕西省内南水北调工程(引乾济石、引红济石、引汉济渭),从系统优化的角度,开展省内南水北调受水区水源工程联合调配研究,建立调控模型,寻求调控方法。研究成果能够为关中地区合理开发和利用水资源提供科学的决策依据,对提高水资源利用率,实现水资源复合系统社会、经济与生态的协调、可持续发展具有重要的实际意义和应用价值。

1 水资源单元优化配置模型建立的思路

陕西省南水北调受水区包括5座重点大城市,13座中小城市和8个工业园区。考虑到各个用水节点所在行政区的水文气象特征、供水水源情况、现有和在建供水网络系统,以及城市间的相对问题,可以把受水区划分为西安单元、咸阳单元、渭南单元和宝鸡单元。

单独考虑每个单元的供水系统,供水系统从“公共”和“私有”角度可以划分为:公共水源地和私有水源地。其中,私有水源地包括当地地下水、当地雨污水回用和当地地表水水源工程;公共水源地即引汉济渭调水工程。

单元优化配置研究是把每个单元作为一个单独子系统,研究各子系统的优化配置的过程。

2 水资源单元优化配置模型建立

2.1 基于多目标多层次模糊优选法的引汉济渭调水量配置

多目标多层次模糊优选方法^[1-4]在工程评价领域有很广阔的应用。本论文应用该优选方法计算引汉济渭调水量配置,调水量配置过程如图1。

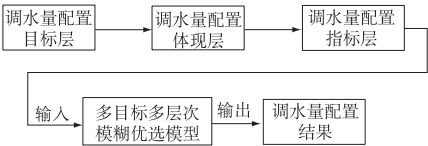


图1 基于多目标多层次模糊优选法的调水量配置过程
Fig.1 The allocation process of water transfer based on fuzzy optimization with multi-objects and multi-layers

通过计算,得出引汉济渭工程调水量分配比例为:(西安单元:咸阳单元:宝鸡单元:渭南单元)=(0.436:0.224:0.185:0.155)

2.2 各子单元水资源优化配置

对各个子单元单独研究,分别建立子系统水资源配置目标函数,约束条件,运用遗传算法对模型求解,获得水资源优化配置结果。

2.2.1 目标函数的建立

以缺水量最小为目标函数,作为考察社会发展的指标。生态方面,由于缺乏相关资料,因此生态目标

转换为约束条件,以满足河道内生态需水量进行控制。

$$f_2(x) = \min \sum_{n=1}^m \sum_{j=1}^3 (Q_j - x_{ij} - x_{cj}) \quad (1)$$

式中: Q_j 表示单元内 j 用水部门的需水量,包括城市生活需水量、城市工业需水量和城市生态需水量; x_{ij}, x_{cj} 分别表示私有水源与公共水源对部门 j 的供水量,其中“ i ”表示当地地下水、当地雨污水和当地地表水供给水量,“ c ”表示引汉济渭供给水量。

2.2.2 模型约束条件

(1) 可供水量约束,各水源供水量不能超过其最大供水能力,即

$$\sum_j x_{ij} \leq Q_i; \quad \sum_j x_{cj} \leq Q_c \quad (2)$$

式中: Q_i, Q_c 为私有水源与公共水源的最大供水能力。

(2) 用水户需水量约束为

$$\min Q_j \leq \sum_j (x_{ij} + x_{cj}) \leq \max Q_j \quad (3)$$

式中: $\min Q_j, \max Q_j$ 分别为 j 部门的最小需水量与最大需水量。最小需水量的确定以满足部门最低需水保证率而定。

(3) 水库库容约束为

$$V_{\min}(m, t) \leq V(m, t) \leq V_{\max}(m, t) \quad (4)$$

式中: $V_{\min}(m, t)$ 一般为死库容; $V_{\max}(m, t)$ 为允许

的最大库容,非汛期一般为正常蓄水位下的库容,汛期为防洪限制水位下的库容,当抬高汛限水位可实现洪水资源化。

2.3 模型的求解方法——模拟与优化相结合方法

针对不同的供水水源类型,采取不同的求解方法。由于遗传算法在水库调度中具有广阔的应用前景^[5],拟采用实数编码遗传算法求解供水水库优化调度问题。对于地下水、雨污水和引汉济渭供给水量问题,拟采用模拟方法进行求解。

3 单元优化配置系统的开发及应用

在建立了具体的关中地区南水北调受水区水资源单元优化配置模型之后,其配置系统是以该模型为核心,结合数据库技术开发完成的。该软件系统简单易用,不仅能为水资源管理部门提供数据依据,而且能大大缩短决策时间。

为了进一步检验所建配置系统的可行性,统一采用各水库 1954—2005 年共 51 a 长系列径流资料,在引汉济渭拟调水 12 亿 m^3 的情况下,以旬为调度时段,配置区内受水对象 2020 年毛需水量预测结果为依据,分别用该系统和模拟模型进行对比计算并设定方案。方案 1 为模拟模型配置结果,方案 2 为单元优化模型配置结果。对比结果见表 1。

表 1 缺水量和平均供水保证率统计

Table 1 Statistics of water shortage and average water supply guarantee rate

受水单元	缺水量/万 m^3		城市生活保证率/%		城市工业保证率/%		城市生态保证率/%	
	方案 1	方案 2	方案 1	方案 2	方案 1	方案 2	方案 1	方案 2
西安单元	8 511.83	6 897.46	100.00	100.00	70.81	63.54	93.25	51.39
咸阳单元	6 457.87	4 095.00	100.00	100.00	67.67	72.22	92.04	58.33
宝鸡单元	5 788.40	0.00	100.00	100.00	60.22	100.00	63.32	100.00
渭南单元	8 120.03	8 010.57	100.00	100.00	58.25	61.11	77.69	41.67
合计	28 878.13	19 003.03	100.00	100.00	64.24	74.22	81.57	62.85

结果表明采取单元优化配置方法方案 2 比常规模拟方法方案 1 可以减少总缺水量 9 875 万 m^3 ,城市生活保证率都为 100%,而城市工业保证率方案 2 多出 10 个百分点,城市生态保证率方案 1 则多出近 20 个百分点。这是因为采用方案 1 模拟模型进行配置时,引汉济渭总调水量作为补充水源最后配置,它不考虑 4 个单元行政区的界限,因而能将多余水量补充城市生态需水量。而采用方案 2 单元优化模型进行配置时,考虑了 4 个单元行政区的界限,首先进行引汉济渭总调水量在 4 个单元的配置,其次是各单元内部节点优化配置,这更贴近现实中的实际配置。以上分析表明:在水资源总量不变的情况下,采取科学合理的配置方法与优化模型对于合理利用水资源,指导现实水资源配置是很有必要的。

4 结 论

本文通过各水库 1954—2005 年共 51 a 长系列径流资料,在引汉济渭拟调水 12 亿 m^3 的情况下,以旬为调度时段分别用单元优化和模拟模型进行对比计算,得出单元优化方法在保证各供水保证率的前提下,可减少陕西省关中地区总缺水量 9 875 万 m^3 。单元优化算法考虑了各单元界限,这比模拟算法更贴近水资源配置现状,能更好地指导现实中水资源配置工作。同时该结论也为合理确定引汉济渭工程调水量提供了科学的理论计算依据。但是,考虑到远距离调水的输水成本以及行政协调的问题,今后关中地区水资源问题的缓解还要依靠工业技术提高和产业结构的进一步调整解决。

参考文献:

[1] 宋元文. 资源节约型社会建设中的水权优化配置研究 [D]. 上海: 上海交通大学, 2008: 4-6. (SONG Yuan-wen. Optimal Allocation of Water Right in Resource Saving Society [D]. Shanghai: Shanghai Jiaotong University, 2008: 4-6. (in Chinese))

[2] VAN ZYL J, SAVIC D, WALTERS G. Operational Optimization of Water Distribution Systems Using a Hybrid Genetic Algorithm[J]. Journal of Water Resources Planning & Management, 2004, 130(2): 160-170.

[3] MCKINNY D C, CAI X M. Linking GIS and Water Resources Management Models: An Object-Oriented Method [J]. Environmental Modeling and Software, 2002, 17(5): 413-425.

[4] 袁晓宇. 多层次模糊优选方法在水库正常蓄水位选择中的应用 [D]. 南京: 河海大学, 2006. (YUAN Xiao-yu. Application of a Multi-layer Fuzzy Comprehensive Evaluation Method on the Choice of Normal Water Level [D]. Nanjing: Hohai University, 2006. (in Chinese))

[5] 刘攀, 郭生练, 李玮, 等. 遗传算法在水库调度中的应用综述 [J]. 水利水电科技进展, 2006, 81(26): 82. (LIU Pan, GUO Sheng-lian, LI Wei, et al. A Review of Application of Genetic Algorithm to Reservoir Operation [J]. Water Science and Technology Advance, 2006, 81(26): 82. (in Chinese))

(编辑: 赵卫兵)

Water Resources Allocation in Guanzhong Region of Shaanxi Province
by Unit Optimal Allocation

JIANG Jin¹, ZHANG Yong-yong²

(1. The Hi-tech College of Xi'an University of Technology, Xi'an 710109, China;
2. Yellow River Engineering Consulting Co. Ltd., Zhengzhou 450003, China)

Abstract: Water resource has become a bottleneck for the social and economic development of Guanzhong region of Shaanxi province. A model of unit optimal allocation of water resources in Shaanxi's South-to-North water transfer project is set up, and the model is solved by using Genetic Algorithms (GA). The unit water resources optimization allocation system is established. Comparison between the results of optimal allocation and conventional allocation showed that, on the premises of guaranteeing water supply, the optimal system can reduce the total water shortage by 98.75 million cubic meters. This research provides reference for the reasonable water allocation in this region and the determination of water transfer quantity for the water diversion project from Hanjiang river to Weihe river.

Key words: unit optimal allocation; water resources; Guanzhong region of Shaanxi province

(上接第 13 页)

Discussion on Transboundary Water Agreements Under Climatic Stress

FU Heng-yang¹, PAN Hong-xia²

(1. School of Earth Sciences and Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, China;
2. School of Environmental Science and Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, China)

Abstract: Global climate change undoubtedly affects the inflow process and supply process of rivers, changes river water quality, water quantity and water system operation, and complicates the sustainable management of transboundary water. However, most of the transboundary water agreements lack important measures to deal with climate challenge and sufficient consideration on the changing social, economic and climatic conditions. Sharing transboundary water leads to conflict between two or among more countries, but it also can be a source of cooperation and negotiation. So, sharing climate challenges can be a platform of developing new methods for future transboundary water management. Although there are political and social differences and conflicts of interest among the countries, it is extremely necessary and entirely possible to develop flexible and effective transboundary water agreements. The strategies include: ①flexible water allocation strategies; ②precise data and information exchange; ③comprehensive water quality management; ④strategies of response to extreme events; ⑤amendment to the original transboundary water agreements; ⑥establishment and improvement of joint management institutions.

Key words: climate change; transboundary water; international agreements; water allocation; water quality