

文章编号:1673-9468(2008)04-0069-04

## 区域多水源联合调配供水研究

谷媛媛<sup>1</sup>, 矫振宽<sup>2</sup>, 朱红玉<sup>1</sup>, 王晓燕<sup>1</sup>

(1.河北工程大学 水电学院,河北 邯郸,056038; 2.河北电力设备厂,河北 邯郸,056004)

**摘要:**针对邯郸地区缺水所造成的地下水超采问题,以系统分析的思想为基础,以开采地下水量最小为目标,对区域多水源进行联合调配,以期达到社会、经济、资源、生态环境的协调发展,实现水资源的可持续利用。本文对实际问题进行了分析计算,建立了区域水资源系统网络关系,确定了区域多水源的最优配置方案,同时也找出了区域供需的主要矛盾,并提出了解决办法,其结果可以做为决策部门的参考依据。

**关键词:**水资源管理;水资源系统网络;灌溉缺水;水库运行方式

**中图分类号:** TV212.3

**文献标识码:** A

## Research on the operation model for multi-water resources in Cross-basin

GU Yuan-yuan<sup>1</sup>, JIAO Zhen-kuan<sup>2</sup>, ZHU Hong-yu<sup>1</sup>, WANG Xiao-yan<sup>1</sup>

(1. College of Water Conservancy and Electric Power, Hebei University of Engineering,  
Handan 056038, China; 2. Hebei Electric Power Equipment Factory, Handan 056004, China)

**Abstract:** Aiming at the Ground water's excessively mined question which caused by the water shortage of Handan area, this article take the system analysis theory as the foundation to deploy the region multi-water sources in the light of the least uses of the underground water. We expect to realize coordinated development of society, economy, resources and environment's and make the water resources good use. This article analyze the actual problem and build up regional water resources network chart. The optimal deployment model of the region multi-water sources is established and the region supply and demand principal contradiction is also discovered simultaneously. The result may provide references for interrelated work.

**Key words:** water resources management; water resources system network chart; irrigation water shortage; operation manner of reservoir

水是生命的源泉,是人类赖以生存的物质基础和前提条件,随着人类社会的不断发展及人口的增长,社会对水资源的需求不断增加,而自然界能提供的可利用水资源却是有限的<sup>[1]</sup>,因此如何对有限的水资源进行最优化的配置显得尤为重要。目前水资源优化配置的实质在于提高水资源的分配和利用效率,因此需要将各种地表水与地下水水源系统网络化,将各种水源进行系统优化,从而实现水资源的可持续利用<sup>[2]</sup>。其研究内容包括配置机制、配置实践、配置评价和配置规划<sup>[3-7]</sup>。本文就流域水资源合理配置实践展开研究。

### 1 区域概况

漳河发源于山西省太行山区,上游分清漳河和浊漳河两大支流,于涉县合漳村汇合组成漳河,经观台流入岳城水库。境内流域面积 960km<sup>2</sup>,其中漳河以南 210km<sup>2</sup>,漳河以北 750 km<sup>2</sup>。在合漳至观台地段,河谷狭窄曲折,两岸悬崖峭壁,谷宽仅数百米,形成“V”字型河曲谷地,暴雨后河水猛增,水流湍急。区域内有水库 10 余座,其中岳城水库属国家大(I)型水库,控制流域面积 18 100km<sup>2</sup>,占

漳河总流域面积的 99.4%,兴利库容 6.34 亿 m<sup>3</sup>。东武仕水库位于河北省邯郸市磁县境内滏阳河干流上游,1974 年扩建成大(Ⅱ)型水库,兴利库容 1.44 亿 m<sup>3</sup>。东武仕水库担负提供邯郸市工业用水、城市环境用水以及流域内部分农业灌溉用水的任务。另外区域内还有小(Ⅰ)型水库一座(淑村水库)及小(Ⅱ)型水库 7 座。

漳河两岸分别修建了林州市(原林县)红旗渠、安阳县跃进渠、邯郸市大跃峰渠、磁县小跃峰渠等四条大型引水渠道,在漳河两岸形成了四大灌区。大、小跃峰渠引漳河水供农业灌溉,余水入东武仕水库。漳河经观台站流入岳城水库,经过水库的运行调节,通过高级渠、民有渠以不同的水平年份分别向邯郸市及向下游 8 县提供城市生活用水及农业灌溉用水。区域水资源系统网络图见图 1。

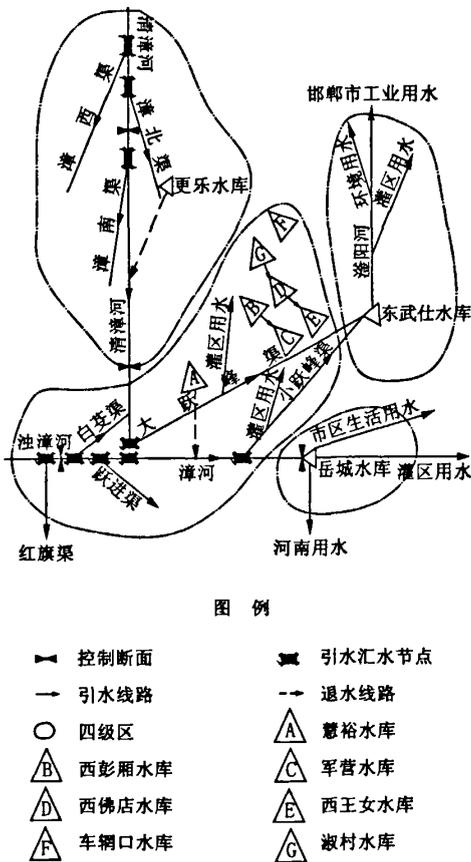


图1 区域水资源系统网络图  
Fig.1 Regional water resources network chart

邯郸市区域水资源分布很不平衡,具体呈现

西部水资源相对较多而东部较少的趋势,近年来邯郸市东部平原地区由于水资源的匮乏造成地下水的过量开采,引起浅层地下水位大面积下降。目前邯郸市东部平原区浅层地下水埋深达到 19.72m,平均每年增加 0.57m,深层地下水埋深达到 31.37m,平均每年增加 1.10m。深层地下水大量开采,导致邯郸市的许多地区出现了不同程度的地面沉降现象。根据有关资料显示,截止 1995 年,曲周沉降区沉降量大于 300mm 的有 1328km<sup>2</sup>,沉降量大于 500mm 的有 122km<sup>2</sup>,中心沉降量已经达到 678.8mm<sup>[8]</sup>。我们需要将各种地表水源系统网络化,将各种水源进行系统优化,以期达到水资源的高效可持续利用。

## 2 优化模型的建立

### 2.1 目标函数的确定

本次优化以开采地下水量最小为优化调度准则,以期实现水资源的可持续利用,保证社会、经济、资源、生态环境的协调发展。

目标函数:

$$Z_{\min} = \sum_{i=1}^{12} \sum_{j=1}^{18} [W_g(i) - W_j(i)] \quad (1)$$

式中  $Z$ —地下水利用量;  $W_g(i)$ —第  $i$  月内各分区需水量;  $W_j(i)$ —第  $i$  月内各水源向分区的总供水量;  $i$ —月份;  $j$ —水源。

区域 18 个水源分别为以漳河为水源修建的输水渠道 8 条(漳西渠、漳北渠、漳南渠、红旗渠、白芨渠、跃进渠、大跃峰渠、小跃峰渠)和区域内水库 10 座(岳城、东武仕、更乐、慧裕、西彭厢、军营、西佛店、西王女、车辆口、淑村水库)。

### 2.2 约束条件

#### 1) 供需平衡约束

$$W_g(i) = W_j(i) + W_g(i) \quad (2)$$

式中  $W_g$ —地下供水量,其它意义同前。

#### 2) 水库水量平衡约束

$$V_{t+1} = V_t + I_t - O_t - E_t \quad (3)$$

式中  $V_t, V_{t+1}$  分别为第  $t$  和第  $t+1$  时段初的水库蓄水量;  $I_t, O_t$  分别为第  $t$  时段内的水库入流量和出流量;  $E_t$  为第  $t$  时段内的水库蒸发和渗漏损失水量。

#### 3) 水库水位或库容约束

$$\text{汛期 } Z_{\pi} \leq Z \leq Z_{\text{限}} \text{ 或 } V_{\pi} \leq V \leq V_{\text{限}}$$

非汛期  $Z_{死} \leq Z \leq Z_{兴}$  或  $V_{死} \leq V \leq V_{兴}$

式中  $Z_{死}$ 、 $V_{死}$ —水库死水位和死库容;  $Z_{限}$ 、 $V_{限}$ —水库汛期限制水位和限制库容;  $Z_{兴}$ 、 $V_{兴}$ —水库兴利水位和兴利库容。

4) 渠道和管道的输水能力约束

输水渠道和管道的过水流量应小于或等于其设计流量。

5) 非负约束。

6) 政策约束 国民经济各部门因停止供水而造成的经济损失和社会影响是不同的,应与当地政府和有关部门协商,供水保证顺序可定为:城市生活、一般工业、环境、农业。

2.3 调配原则

基于优化目标所采用的以开采地下水量最小为目标的特点,我们在进行跨区域调水时优先利用当地地表水、尽量减少开采地下水。在供水方面优先满足重点市县、重点工业区生活工业用水、优先满足城市改善生态环境的生态环境用水需求;我们根据实际情况对不同用水户采取不同水源的优先利用;对于农业灌溉分水方面,我们遵循有效性、公平性和可持续性原则,根据各县实际需水比例对水库的供水进行分配。在漳河水量分配时我们依据国发[1989]42号文件提出的原则进行分配。在进行水库调度时,我们重点研究水库

供水区之间的动态关联性以及区域经济发展的动态协调性,把“供”与“需”两者有机地结合起来,根据实际情况选取最优的水库运行方式。

2.4 模型的求解

由于该系统水利联系复杂,我们在进行优化时将该系统分为四级区(如图1所示),对各个分区进行分别计算。首先根据约束条件(1)、(2)、(3)、(4),按照调配原则优先满足重点市县、重点工业区生活工业用水、优先满足城市改善生态环境的生态环境用水需求,计算出当地水库的可供水量和当地的缺水量,再根据各县的需水比例对水库的供水进行分配。该方法具有以下特点:把复杂系统分解为几个子系统,使复杂系统简化。经过对模型的分解以及对各约束条件及调度原则的正确选取,大大减少了非劣解集的数量,在EXCEL中录制宏,成功实现了调度模型的调试计算,制定了切合实际的调度方式。

3 成果分析

通过对上述模型的计算,可得到该区域不同水源在不同水平年的水资源调配成果(见表1)及2座大型水库对各县的水量分配情况(见表2、表3)。

表1 不同保证率情况下各水源优化成果表(×10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>)

Tab.1 The results of the deployment of multi-water resources

水源	P=25%				P=50%				P=75%			
	生活用水	工业用水	生态用水	农业用水	生活用水	工业用水	生态用水	农业用水	生活用水	工业用水	生态用水	农业用水
三漳河		3 515		4 375	3 100		4 947		3 300		5 884	
8座小水库				384			378				247	
东武仕水库		11 044	120	12 707	11 044	120	16 115		11 044	120	8 770	
岳城供河北	3 152			48 605	3 152		23 534	3 152				8 216

表2 东武仕水库供水情况表(×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>)

Tab.2 The table of the deployment of Dongwushi reservoir

保证率	供需情况	城市工业	生态环境	磁县	邯郸县	邯郸市区	永年	曲周	鸡泽
P=25%	需水	11 044	120	2 134	2 883	858	3 285	1 740	1 807
	供水	11 044	120	2 134	2 883	858	3 285	1 740	1 807
P=50%	需水	11 044	120	2 663	3 641	917	4 251	2 320	2 323
	供水	11 044	120	2 663	3 641	917	4 251	2 320	2 323
P=75%	需水	11 044	120	3 193	4 399	975	5 217		
	供水	11 044	120	3 193	4 299	787	491		

表3 岳城水库供水情况表( $\times 10^4 \text{ m}^3$ )

Tab.3 The table of the deployment of Yuecheng reservoir

保证率	供需情况	城市生活	磁县	临漳	魏县	成安	广平	曲周	肥乡	邱县
P=25%	需水	3 152	4 760	12 533	7 443	7 668	3 038	2 737	9 225	1 200
	供水	3 152	4 760	12 533	7 443	7 668	3 038	2 737	9 225	1 200
P=50%	需水	3 152	5 900	16 566	9 924	10 215	4 051	3 649	12 301	
	供水	3 152	2 349	6 275	3 782	3 678	1 584	1 451	4 415	
P=75%	需水	3 152	7 040	20 600	12 405	12 761	5 063	4 561	15 376	
	供水	3 152	782	2 189	1 324	1 301	552	504	15 644	

1) 不同水源在不同水平年的水资源调配成果方案如表1所示,在供水时城市生活用水、工业用水和生态用水完全能满足用水需求,供水保证率为100%,在工程设施调配范围之内,优先满足上述3种用水需求后满足农业用水需求。

2) 表2、表3给出了2大水库水源分配方案。该分配方案是根据各县的实际需水比例进行分配的,这也正体现了分水的有效性、公平性和可持续性的原则。同时我们发现,虽然本次优化减少了地下水的开采,减缓了地下水位持续下降的趋势,但由于水库的调节能力及渠道的引水能力有限,邯郸市东部各县用水需求还是不能完全满足,我们可以寻求其它外调水源如南水北调引江水来补给东部各县以满足其需求。

#### 4 结束语

本次水资源调配供水倾向于具有社会、经济、生态效益的地区,同时又兼顾公平性的原则,平水年为邯郸市西部各县供水  $30\,079 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,占整个西部各县地表水供水量的80%。调配的结果一方面维持了邯郸市生态环境的平衡,另一方面缓解

了东部平原地区的地下水超采现象,真正实现了区域水资源的可持续利用。调配结果在区域水资源管理时具有实用价值。

#### 参考文献:

- [1] 王树谦,陈南祥.水资源评价与管理[M].北京:水利电力出版社,1996.
- [2] 徐建新,商崇菊,高峰,等.基于可持续发展的水资源优化配置模型研究与应用[J].海河水利,2006,(1):40-43.
- [3] 韩宇平,许拯民.区域水资源短缺风险调控研究[J].河北工程大学学报(自然科学版),2007,24(4):81-84.
- [4] 王浩,王建华,秦大庸.流域水资源合理配置的研究进展与发展方向[J].水科学进展,2004,15(1):123-128.
- [5] 尤祥瑜,谢新民,孙仕军,等.我国水资源配置模型研究现状与展望[J].中国水利水电科学研究院学报,2004,2(2):132-134.
- [6] 唐德善,王震,赵洪武,等.流域水资源优化配置研究[J].水电能源科学,2005,23(3):38-41.
- [7] 段树萍.水资源系统优化配置浅析[J].北方经济,2006,(11):73-74.
- [8] 陈望和.河北地下水[M].北京:地震出版社,1999.

(责任编辑 闫纯有)