

文章编号: 1673 - 9469(2014) 04 - 0046 - 04

doi: 10. 3969/j. issn. 1673 - 9469. 2014. 04. 012

## 邯郸市西部水资源配置研究

单志学<sup>1</sup> 张亭亭<sup>2</sup> 刘彬<sup>2,3</sup> 沙金霞<sup>2</sup> 孙建伟<sup>4</sup>

(1. 河北省承德水文水资源勘测局, 河北 承德 067000; 2. 河北工程大学 水电学院, 河北 邯郸 056021;  
3. 中国水利水电科学研究院水资源研究所, 北京 100038; 4. 邯郸市水利局, 河北 邯郸 056021;)

**摘要:** 考虑邯郸市西部地区供水的严峻形势, 在系统规则控制中分别设定三条调水路线和限定各线路供水范围, 结合以供水系统总缺水量最小为目标函数的数学规划模型, 分别拟定了两套调水方案。经对两套方案水资源配置成果、工程布局、工程投资估算对比分析, 最终选择方案二为最优方案。即自清漳河上拟建的贾家庄水库经漳北渠和十五里洞向武安调水、由跃峰渠向峰峰矿区及武安调水, 并结合当地水形成邯郸市西部水资源配置新格局。本方案可以较大缓解邯郸市西部地区涉县、峰峰缺水状况, 但对于西部地区用水大户武安市, 供水仍有较大缺口, 武安市未来水资源的可持续利用只能通过大力节水来实现。

**关键词:** 邯郸市; 西部; 水资源; 配置; 水资源配置; 规则控制; 规划模型; 缺水量最小  
**中图分类号:** TV213.9 **文献标识码:** A

## The study of water resources optimal allocation for west Handan City

SHAN Zhi - xue<sup>1</sup>, ZHANG Ting - ting<sup>2</sup>, LIU Bin<sup>2,3</sup>, SHA Jin - xia<sup>2</sup>, SUN Jian - wei<sup>4</sup>

(1. Chengde Hydrology and Water Resources Survey Bureau, Hebei Chengde 067000, China; 2. College of Water Conservancy and Hydropower Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056021, China; 3. Water resources department of China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100044, China; 4. Handan Bureau of Water Resources, Hebei Handan 056021, China)

**Abstract:** The grim situation of water supply in the western region of Handan was considered. Based on the setting of three diversion routes and the limits of water supply coverage of each line, this paper established two water using programs by combining with the mathematical programming model which minimize the amount of water shortage as the objective function in the total water supply system. Through estimation of the water resources allocation results, and the projects layout and the project investment, the second program was regarded as the best program. It includes transporting water from Jia jiazhuang reservoir to Wu'an county and transporting water from Zhang he river to Wu'an county and Fengfeng county. The second scheme largely relieve the water shortage situation in the western region of Handan, such as Shexian, Fengfeng, but for Wu'an city, there is still a large gap between water supply and demand, the sustainable utilization of water resources in Wu'an city can only dependent on great water - saving.

**Key words:** water resources; rules of control; mathematical programming model; minimum amount of water shortage

邯郸市西部地区是该市重要的重工业基地, 随着经济社会的快速发展, 需水量逐年增长。但由于该区域地表水资源不足, 导致局部地下水严

重超采。而正在建设中的“南水北调工程”和规划中的“邯郸市引黄穿卫工程”, 只解决了邯郸市东部地区的供水问题, 而西部地区的供水形势依旧

收稿日期: 2014 - 06 - 23

作者简介: 单志学(1982 - ) 男, 满族, 河北承德人, 工程师, 从事水资源监测与评价方面的研究。

严峻、水资源供需矛盾日益突出。为了解决西部地区的供水问题,对该地区的水资源再配置问题进行深入研究与规划是非常必要的。目前流域水资源优化配置方法主要包括系统优化法、模型模拟法、模拟与优化相耦合法三类<sup>[1-2]</sup>。其中系统优化法<sup>[3]</sup>对较小系统可以得到满意的结果,但对于水资源优化配置大系统、复杂系统,所产生的维数灾常使优化方法难以求解或优化结果与实际不符。模拟模型通用性好、适应性强,但模拟模型数据需求量大,且模型调参、率定需大量结合专业人员的经验,这也导致模拟模型计算出的方案没有优化模型的目标针对性强<sup>[4-5]</sup>。优化与模拟相耦合的方法,虽在一定程度上综合了优化模型和模拟模型的优点,但仍不能克服模拟模型的缺点,同时由于耦合了两种模型,模拟模型结果往往对于优化模型不能形成最优解,在最优方案选择上较困难<sup>[6-8]</sup>。本文针对复杂水资源系统的特点,构建基于数学规划及规则控制的水资源配置模型,实现邯郸市西部水资源的综合配置。

## 1 系统规则控制设定

### 1.1 工程规划设定

工程规划设定主要是为了水资源配置而拟定修建或改扩建的水利工程规划。根据邯郸西部地区的地形地势、河流水系以及现状水利工程情况,可以自清漳河拟定上线、中线和下线三条路线调水供给西部地区。

上线:自山西省建设中的泽城西安水利工程进行调水,向东南通过新开凿隧洞引水入青塔水库和车谷水库,经两水库调蓄后,再向武安和涉县进行供水。

中线:自清漳河上拟建的贾家庄水库进行调水,首先经漳北渠向涉县供水,然后经十五里洞和规划供水工程,引水入固镇水库和夏庄水库,经两水库调蓄后,再向武安进行供水。

下线:自跃峰渠渠首进行调水,经过跃峰渠干渠向峰峰矿区供水,再经二分干和跃峰渠入大洺远水库,经水库调蓄后向武安市进行供水。

### 1.2 供水范围设定

供水范围规则主要是为了配置方便,事前确定好外调水或当地水供水覆盖区域。邯郸市西部水资源包括当地水和外调水。本次研究对自产地

表水和地下水供水范围是区域内就近利用。为提高外调漳河水的利用率,并考虑到受水区的经济承受能力,确定本次引漳供水范围规则为邯郸市西部重点工业企业。上线供水范围主要是城西供水片和固镇片,中线供水范围主要是涉县片和固镇片,下线供水范围主要为武安城东供水片。

### 1.3 方案设定

考虑三条线路的可供水覆盖范围以及上线工程的实施难度,本次规划采用两种方案组合,即方案一:当地水+上线+中线+下线;方案二:当地水+中线+下线。

## 2 水资源配置模型建立

### 2.1 水资源系统概化

根据邯郸市西部地区水系、工程用水户供水关系、拟定调水方案等建立水资源系统网络关系图(图1)。以系统网络关系图为基础构建水资源配置模型,并对相关参数以现状数据信息资料进行校验后开展规划水平年的配置计算分析。

### 2.2 模型构建

通过建立以基本计算单元水资源供用水平衡方程、水利工程供水平衡方程以及各类约束方程,以供水系统总缺水量最小为目标函数构成数学规划模型。

#### (1) 目标函数

目标函数以区域供水系统总缺水量最小为目标。

$$\min f(x) = \sum_{k=1}^k \sum_{i=1}^{J(k)} |D_j^k - \sum_{i=1}^{I(k)} x_{ij}^k| \quad (1)$$

式中: $f(x)$ 为总目标; $x_{ij}^k$ 为水源*i*向*k*子区*j*用户的供水量(万 $m^3$ ); $D_j^k$ 为*k*子区*j*用户需水量(万 $m^3$ ); $J(k)$ 为*k*子区用水户数量; $I(k)$ 为*k*子区水源数量。

#### (2) 约束条件

##### ① 水源可供水量约束

$$\sum_{k=1}^k \sum_{i=1}^{J(k)} x_{ij}^k \leq w_i \quad (2)$$

式中: $w_i$ 为水源*i*的可供水量。

##### ② 水源输水能力约束

$$\sum_{i=1}^{J(k)} x_{ij}^k \leq Q_i^k \quad (3)$$

式中: $Q_i^k$ 为*k*子区*i*水源的最大输水能力。

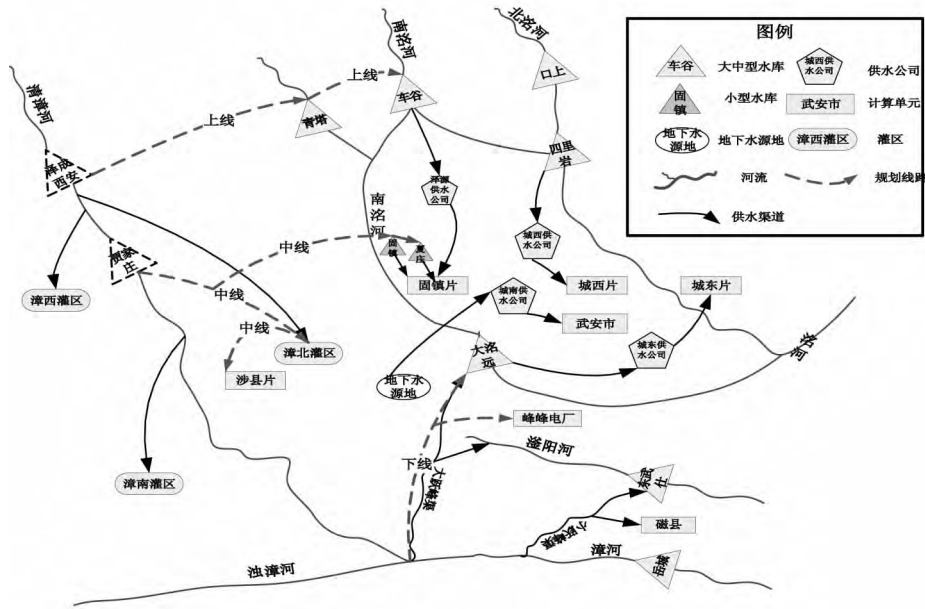


图1 邯郸市西部地区水资源系统网络图

Fig.1 The network diagram of water resources system in west Handan City

表 1 2020 年邯郸市西部山区水资源配置成果(万 m<sup>3</sup>)

Tab.1 The water allocation results in 2020 of west Handan City(10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>)

	方案一配置水量				方案二配置水量			
	涉县	武安市	峰峰	磁县	涉县	武安市	峰峰	磁县
25%	11 573.7	19 525.7	9 940.4	6 045.0	11 746.2	17 738.1	9 949.6	6 045.0
50%	11 466.1	18 689.9	10 204.1	6 773.8	12 422.9	15 135.4	10 231.3	6 773.8
75%	11 780.8	16 494.0	10 581.5	7 502.8	13 099.7	14 213.7	10 641.9	7 502.8
95%	11 303.4	14 572.5	9 146.1	6 971.5	13 634.0	14 327.6	9 146.1	6 980.0

③用户需水能力预测

$$D_{jmin}^k \leq \sum x_{ij}^k \leq D_{jmax}^k \quad (4)$$

式中:  $D_{jmin}^k$ 、 $D_{jmax}^k$  为  $k$  子区  $j$  用户的最小最大缺水水量。

④变量非负约束

$$x_{ij}^k \geq 0 \quad (5)$$

3 配置结果分析及方案选择

3.1 水资源配置结果分析

利用所构建的水资源配置模型及系统控制规则,对邯郸市西部山区各行政区计算单元进行长系列逐月调节计算,分别得到方案一和方案二2020年规划水平年不同保证率情况下的水资源配置结果,详见表1。丰水年( $P=25%$ )邯郸市西部山区降水丰沛且入境水量偏多,区域整体不缺水,只在个别山势较高地区由于地下水埋藏较深、不

便开发而缺水;但在枯水年( $P=75%$ )、特枯水年( $P=95%$ )伴随降水和入境水量的减少,区域呈现缺水,其中武安市缺水最大,缺水率超过30%。

3.2 工程布局与供水总量控制

(1) 方案一。上线只涉及到方案一,规划上线自山西左权建设中的泽城西安水利工程进行调水,新开挖隧洞自泽城西安水利工程水电站尾水渠出口处开始,向东南沿直线至青塔水库上游河道末端的龙洞村,再折向东至车谷水库,引水入青塔水库和车谷水库,其中青塔水库做为备用的调蓄水源。根据泽城西安水利工程下泄水量和下游用水现状,上线工程引水规模为  $2.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 。方案一中线以漳河上拟建的贾家庄水库为水源地,采用泵站提水,经漳北渠干渠对涉县进行供水,漳北渠引水规模为  $1.1 \text{ m}^3/\text{s}$ 。下线自跃峰渠渠首进行调水,首先经过跃峰渠干渠向峰峰矿区供水,然后

再经二分干和跃峰渠入大洺远水库,经水库调蓄后向武安市进行供水。跃峰渠入大洺远水库引水工程规模为  $3 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

(2) 方案二。方案二中线以漳河上拟建的贾家庄水库为水源地,采用泵站提水,先经漳北渠向涉县供水,然后经十五里洞和规划供水工程,引水入固镇水库和夏庄水库,经两水库调蓄后,再向武安市进行供水,漳北渠引水规模为  $1.9 \text{ m}^3/\text{s}$ ,十五里洞引水规模为  $0.7 \text{ m}^3/\text{s}$ 。下线同方案一。

### 3.3 工程投资估算

针对受水区水资源配置方案,从蓄水工程、调水工程及配套工程等方面,根据工程现状和现场调查,并参照已建同类工程投资指标,分别估算方案一和方案二的工程总投资。经估算方案一、方案二工程总投资分别为 23.99 亿元、22.77 亿元,投资估算详见表 2、表 3。

表 2 方案一投资估算表

Tab. 2 The table of investment about program one

编号	工程名称	投资/万元
—	上线工程	32 060
1	泽城西安水利工程至青塔、车谷水库输水线工程	32 060
二	中线工程	131 729
1	贾家庄水库	95 800
2	新建提水泵站	112
3	漳北渠渠道整治工程	35 817
三	下线工程	76 144
1	跃峰渠渠道整治工程	76 144
	合计	239 933

表 3 方案二投资估算表

Tab. 3 The table of investment about program two

编号	工程名称	投资/万元
—	中线工程	1 518 520
1	贾家庄水库	95 800
2	新建提水泵站	112
3	漳北渠渠道整治工程	35 858
4	十五里洞出口至南名河管道工程	19 750
二	下线工程	76 144
1	跃峰渠渠道整治工程	76 144
	合计	227 664

### 3.4 方案选择

对方案一、方案二水资源配置成果、工程布局

与供水总量控制、工程投资估算对比分析。方案一供水范围大,其中上线引水通过两座中型水库调节,供水范围可以控制武安市主要工业用水户,但方案一投资大,工程施工难度大,同时调水牵涉到山西省、河北省、海委漳河上游管理局等单位,协调难度大;方案二较方案一供水范围偏小,可以满足西部区域部分工业用水户用水,但方案二较方案一投资省,调水全部在邯郸市内完成,协调容易,利于工程尽早开工建设。综合考虑方案一和方案二的优劣,最终选择方案二为邯郸市西部水资源配置方案(见表 4)。

方案二在充分利用当地水的基础上,通过中线和下线分别向邯郸市西部地区调水,共需修建蓄、引、提、调水工程多处,包括兴建贾家庄水库、新建提水泵站、漳北渠渠道整治工程、十五里洞出口至南名河管道工程、跃峰渠渠道整治工程等,工程总投资为 22.77 亿元。工程调水可以缓解西部缺水状况,可以保证邯郸市西部地区涉县、峰峰、磁县丰、平、枯水年不缺水,特枯水年缺水程度低于 20%。但对于武安市,由于区域现状用水缺口过大,方案二调水只是起到了缓解缺水的作用,武安市除了丰水年缺水率为 9.2%,平、枯、特枯水年缺水率均超过 20%。

## 4 结论

在对邯郸市西部水资源调查研究基础上,通过系统规则控制分别设定自泽城西安水利工程进行调水,经新开挖隧洞引水入青塔和车谷水库,向武安和涉县供水(上线)、自清漳河上拟建的贾家庄水库经漳北渠和十五里洞向武安调水(中线)、由跃峰渠向峰峰矿区及武安调水(下线)三条工程调水路线,并对各调水线路供水区域进行了严格限定,减少了配置模型约束条件数量和规模。结合以供水系统总缺水量最小为目标函数的数学规划模型,分别对拟定的两套方案进行了模拟计算,鉴于方案二(当地水+中线+下线)比方案一(当地水+上线+中线+下线)投资少且调水协调工作方便,最终选择方案二为最优方案。方案二可以缓解西部缺水状况,可以保证邯郸市西部地区涉县、峰峰、磁县丰、平、枯水年不缺水,特枯水年缺水程度低于 20%,但西部地区武安市由于钢铁工业发达,用水量大,各水平年均不同程度缺水,武安市未来需通过大力节水实现水资源的可持续利用。

(下转第 68 页)

- mization in switched reluctance motor drives [J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2009, 24(9): 2076-2090.
- [3] DIVANDARI M, KABIR M M. Acoustic noise reduction of switched motor drives [J]. Middle-East Journal of Scientific Research 2011, 8(6): 1018-1026.
- [4] LAWRENSON P J, STEPHENSON J M P, BLENKINSOP T et al. Variable-speed reluctance motors [J]. IEE Proceedings: Part B (Electric Power Applications), 1980, 127(4): 253-265.
- [5] XIA C L, XUE M, SHI T N. A new rapid nonlinear simulation method for switched reluctance motors [J]. IEEE Transactions on Energy Conversion, 2009, 24(3): 578-586.
- [6] 陈琼忠, 孟光, 莫雨峰, 等. 开关磁阻电机的非线性解析模型及其在航空系统仿真中的应用 [J]. 上海交通大学学报, 2008, 42(12): 2041-2046.
- [7] 邱家俊. 电机的机电耦联与磁固耦合非线性振动研究 [J]. 中国电机工程学报, 2002, 22(5): 109-115.
- [8] 杨志安, 李文兰, 邱家俊. 水轮发电机定子磁固耦合电磁激发的分岔与混沌 [J]. 天津大学学报, 2005, 38(11): 986-990.
- [9] 李文兰, 邱家俊, 杨志安. 水轮发电机磁固耦合双重共振 [J]. 应用数学与力学, 2000, 10(10): 1069-1077.
- [10] 屈维德. 机械振动手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1992.
- [11] 翁智远, 王远功. 弹性薄壳理论 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1986.
- [12] 邓智泉, 杨钢, 张媛, 等. 一种新型的无轴承开关磁阻电机数学模型 [J]. 中国电机工程学报, 2005(9): 139-146.
- [13] 杨艳, 邓智泉, 曹鑫, 等. 无轴承开关磁阻电机径向电磁力模型 [J]. 电机与控制学报, 2009, 13(3): 377-382.
- (责任编辑 刘存英)

(上接第 49 页)

表 4 方案二水资源配置成果表(万 m<sup>3</sup>)

Tab. 4 The water allocation results about program two in west Handan City(10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>)

	总需水				方案二配置水量				缺水率			
	涉县	武安市	峰峰	磁县	涉县	武安市	峰峰	磁县	涉县	武安市	峰峰	磁县
25%	11 746.1	19 525.9	9949.6	6 045.0	11 746.2	17 738.1	9 949.6	6 045.0	0.0%	9.2%	0.0%	0.0%
50%	12 422.9	21 327.0	10 231.2	6 773.8	12 422.9	15 135.4	10 231.3	6 773.8	0.0%	29.0%	0.0%	0.0%
75%	13 099.6	23 255.6	10 641.8	7 502.7	13 099.7	14 213.7	10 641.9	7 502.8	0.0%	38.9%	0.0%	0.0%
95%	13 776.4	25 029.5	11 052.5	8 231.5	13 634.0	14 327.6	9 146.1	6 980.0	1.0%	42.8%	17.2%	15.2%

#### 参考文献:

- [1] 王浩, 游进军. 水资源合理配置研究历程与进展 [J]. 水利学报, 2008, 39(10): 1168-1177.
- [2] 甘治国, 蒋云钟, 鲁帆, 等. 北京市水资源配置模拟模型研究 [J]. 水利学报, 2008, 39(1): 91-95.
- [3] 许新宜, 王浩, 甘泓, 等. 华北地区宏观经济水资源规划理论与方法 [M]. 郑州: 黄河水利出版社, 1997.
- [4] 高太忠, 陆长福, 李克荣, 等. 河北平原生态环境用水量估算 [J]. 河北科技大学学报, 2003, 24(1): 1-5.
- [5] 游进军, 王浩, 甘泓. 水资源系统模拟模型研究进展 [J]. 水科学进展, 2006, 17(3): 425-429.
- [6] 游进军, 甘泓, 王浩. 基于规则的水资源系统模拟 [J]. 水利学报, 2005, 36(9): 1043-1056.
- [7] 蒋云钟, 赵红莉, 甘治国. 基于蒸腾蒸发量指标的水资源合理配置方法 [J]. 水利学报, 2008, 39(6): 720-725.
- [8] 于常武, 王宇林. 城市小流域雨水资源利用探讨 [J]. 黑龙江科技学院学报, 2005, 15(5): 302-308.
- (责任编辑 王利君)