

# 安阳市水资源配置系统方案研究

□ 尹明万 谢新民 王浩 张海庆

**摘要** 针对河南省安阳市水资源短缺情况以及水资源开发利用中存在的主要问题,通过水资源综合规划试点项目的研究,建立了一种具有多层次、多用户、多水源特征的水资源配置动态模拟模型系统。运用该模型对安阳市水资源进行多方案、全方位的调配。

**关键词** 水资源 配置 系统 方案

## 一、安阳市水资源系统基本情况

### 1. 社会经济概况

安阳市位于河南省最北部的晋、冀、豫3省交界处,西依太行山与山西省相连,东与濮阳市相邻,南与鹤壁市、新乡市接壤,北临漳河与河北省邯郸市相望。国土总面积7413km<sup>2</sup>。全市辖5区(北关、文峰、铁西、开发区、郊区)、4县(安阳县、汤阴县、滑县、内黄县)和1市(林州市)。安阳市是一个以农业为主、多种工业并存的国家级历史文化名城。辖区内耕地面积为36.3万hm<sup>2</sup>,占河南省总耕地面积的5.4%。截至1998年底,全市总人口为508.74万人,其中非农业人口89.38万人,农业人口419.36万人。1998年全市GDP为221亿元,其中第一产业占23.0%、第二产业45.6%、第三产业31.4%,人均GDP为4354元。近10年GDP年均增长率约10%。

### 2. 水资源情况

安阳市地处半湿润温带大陆性季风气候区,总体气候特点是春旱少雨,回暖快;夏季炎热多雨,且雨量集中;秋季雨量适中;冬季寒冷少雨雪。多年平均降水量为573.5mm,水面蒸发量(E601)为1075mm,相对湿度66%,多年平均气温13.6℃。主要河流有洹河、金堤河、淇河、汤河等。过境河流有漳河、卫河。除金堤河属黄河流域外,其他河流均属海河流域漳卫河水系。人工渠道主要有红旗渠、跃进渠、漳南渠和万

金渠。主要泉域有小南海泉和珍珠泉。

根据“安阳市水资源综合评价”成果,全市多年平均(1956~1998)水资源总量为16.403亿m<sup>3</sup>。其中微咸水占4%,地表水占52%,地下水占90%,地表水与地下水资源的重复量占42%。本次评价的水资源总量比第一次水资源评价(1987年)的结果(17.101亿m<sup>3</sup>)减少了4.1%。全市水资源可利用总量为11.94亿m<sup>3</sup>,占全市水资源总量的73%,其中微咸水可利用量为0.70亿m<sup>3</sup>,地下水资源可利用量为10.85亿m<sup>3</sup>,地表水与地下水的重复可利用量为4.27亿m<sup>3</sup>。全市人均水资源量为322m<sup>3</sup>,每公顷水资源量为4515m<sup>3</sup>,均低于河南省平均水平(人均水资源占有量470m<sup>3</sup>,每公顷水资源量6000m<sup>3</sup>)。

安阳市的客水资源量5.46亿m<sup>3</sup>,主要包括红旗渠、跃进渠和漳南干渠从漳河的年均引水量4.37亿m<sup>3</sup>,淇河年均入境水量(包括浙河和淇河的入境量之和)1.09亿m<sup>3</sup>。

## 二、水资源开发利用情况

### 1. 现状年水资源开发利用情况

安阳市现状年(1998)各行业的用水情况见表1,总用水量为16.2亿m<sup>3</sup>,其中农业用水占绝大部分。现状年的用水情况与1995~1998年的平均用水情况基本相同。全市现有大型水库1座,中型水库7座,小型水库108座,橡胶坝2座,拦河闸多座以及多个大型供水渠道和大型灌区。大中型水库的总库容

为3.87亿m<sup>3</sup>,总兴利库容为1.64亿m<sup>3</sup>。小型水库的总库容为0.62亿m<sup>3</sup>,总兴利库容为0.33亿m<sup>3</sup>。特别是红旗渠工程宏大,闻名中外。大型的供水渠系还有跃进渠、漳南干渠、幸福渠、万金渠、洹南渠等,还有许多塘、堰和水窖等小型水利工程;在平原地区先后打了7.5万多眼机电井。另外,在平原低洼地带设置了7处行滞洪区,总面积达986km<sup>2</sup>。这些水利工程对促进安阳市的社会经济发展、保障城乡人民生命财产安全和改善人民生活条件都发挥了重要作用。现状年水利工程的供水量见表2,其中地下水供水量占总供水量的81.3%。

### 2. 各规划水平年的水资源需求

在对安阳市社会、经济和环境发展情况分析预测的基础上,在考虑适当的节水力度下,分析预测了高、中、低三套需水方案。中需水方案的各水平年的需水量及其需水结构见表3和表4。可见随着时间的推移,农业需水比例明显下降,其他需水比例上升,特别是生态环境需求得到重视。2030年总需水量比现状水平年约增加2亿m<sup>3</sup>。

### 3. 水资源开发利用的主要特点和问题

从水资源开发利用的角度看,安阳市水资源系统存在以下主要特点和问题:

①地势西高东低 以京广铁路线为界,西部为山丘区,总面积为2990km<sup>2</sup>;东部为冲积平原,总面积为4423km<sup>2</sup>。这一特点对水资源分布、供求关系和利用方式都有显著影响。西部水

资源量相对比东部丰富,农业需水比例相对较高;东部工业和生活需水以及生态环境需水的比例相对较高;西部主要是开发利用地表水,东部主要是开发利用地下水;平原区与山丘区的交界地带则多是地表水与地下水联合运用。

②水资源供求矛盾突出 安阳市属于资源型缺水地区,人均水资源量(322m<sup>3</sup>/人)是全国的1/7,每公顷水资源占有量(4515m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>)是全国的1/6。现状年水资源的开发利用程度已达到了118%,其中地下水开发利用程度为117%,已经处于明显的过度开发利用状态。

③地下水超采严重 全市地下水超采现象十分严峻,目前年均超采量为4.27亿m<sup>3</sup>,年均超采率为39%,其中内黄县超采80%,滑县超采43%。全市地下水埋深呈现出区域性、大幅度下降的趋势,地下水降落漏斗的不断扩展,导致地下水资源不断枯竭和机电井吊泵、设备报废与更新的问题。

④水污染问题突出 安阳市水污染问题日趋严重,除山区河流水质较好外,平原区河流普遍遭受污染,城市附近、平原区河道两岸附近和污灌区的地下水均存在程度不同的污染,饮用水水源井也遭到一定程度的污染。污水既有外部来源,也有内部来源。外部来源主要是卫河。卫河的水量最大,但是除了洪水以外基本上都是污水,改善卫河水环境质量,除了安阳市的努力外,主要取决于上游地区。内部来源是汤河及洹河。

### 三、水资源系统配置方案研究

安阳市水资源规划迫切需要一种能够系统地针对上述特点和存在的主要问题,合理布局各种水利工程,联合调度各种水源,全面考虑生活、生产和生态环境需水的水资源系统配置新方法。为此,建立了一种具有多层次、多用户、多水源特征的水资源配置动态模拟模型系统,对安阳市水资源进行模拟,对水源和需求进行了全方位的时空调

配,经过多方案比较,选出了合理配置方案,分析结果为安阳市未来30年时间尺度上的水资源优化配置和统一管理提供了科学的依据。

#### 1.水资源系统网络图及系统配置方案设置

将安阳市水资源系统中各类物理元素(水库、拦河闸、引水工程或扬水站、水资源计算单元、河渠道交汇点等)概化为节点,各节点间通过线段(河道或渠道等)连接,形成水资源系统概化网络图。以此图为基础,生成系统配置方案,并对每一方案进行详细的动态模拟分析。遵循三个原则(即需水的代表性,供水的代表性,工程布局的代表性)

和水资源三次平衡的思路,根据安阳市的实际需要,设置13套(A~M)系统方案。“一次平衡”主要回答三个问题:一是确定在无外在投资条件下未来不同时间断面的供水能力和可供水量;二是确定在无直接节水工程投资条件下的水资源需求自然增长量(一次平衡方案的需水量与二、三次平衡的需水量不同);三是确定现状开发利用模式下的水资源供需缺口,为确定节水、治污和挖潜等措施提供依据。“二次平衡”是在“一次平衡”的基础上,结合产业结构调整、节水和治污、挖潜等措施,所进行的基于当地水资源承载能力的供需平衡分析,主要回答在充分发挥当地水资源

表1 安阳市行政三级分区现状年(1998年)用水量汇总表

分区	用水量(万m <sup>3</sup> )					各行业用水比例(%)			
	农业	工业	城乡生活	生态环境	合计	农业	工业	城乡生活	生态环境
安阳县	39673	4095	2284	2	46054	86.1	8.9	5.0	0.0
林州市	12949	9160	2121	30	24260	53.4	37.8	8.7	0.1
内黄县	42901	127	1324	1	44353	96.7	0.3	3.0	0.0
滑县	43942	4367	2049	0	50358	87.3	8.7	4.1	0.0
汤阴县	15887	730	811	1	17429	91.2	4.2	4.7	0.0
市区(郊)	6766	16374	5375	450	28965	23.4	56.5	18.6	1.6
全市	162118	34853	13964	483	211418	76.7	16.5	6.6	0.2

表2 安阳市行政三级区现状年(1998年)分工程分行业供水量 单位:万m<sup>3</sup>

水源工程	农业	工业	城乡生活	生态环境	合计
蓄水工程	6952	10568	2018	431	19968
引水工程	9194	6367	568	0	16129
提水工程	3269	167	20	0	3456
机电井	142705	17751	11358	52	171866
合计	162119	34852	13964	483	211418

表3 各规划水平年的平均需水量

	现状年用水量(万m <sup>3</sup> )	总需水量(万m <sup>3</sup> )			累计新增需水量(万m <sup>3</sup> )			现状年人均用水量(m <sup>3</sup> /人)	人均需水量(m <sup>3</sup> /人)		
		2010	2015	2030	2010	2015	2030		2010	2015	2030
全市	211415	206523	218709	230108	-4892	7294	18693	416	381	394	400
市区(郊)	28965	41958	45322	43351	12993	16357	14386	403	542	569	515
林州市	24259	33112	36532	38983	8853	12273	14724	251	327	355	373
安阳县	46053	35447	37465	42018	-10606	-8588	-4035	413	299	310	337
汤阴县	17429	13296	13056	16513	-4133	-4373	-916	398	285	274	336
滑县	50358	47942	50712	55614	-2416	354	5256	429	379	391	411
内黄县	44351	34768	35622	33629	-9583	-8729	-10722	654	479	480	436

注:河道内生态环境需水另行计算,不包括在本表中。

表4 各规划水平年的需水结构 单位:%

	生活	工业	农业	河道外生态环境
现状年	6.60	16.50	76.70	0.20
2010年	11.70	30.90	56.40	1.00
2015年	12.70	33.30	52.80	1.20
2030年	16.80	34.30	43.90	5.00

承载能力条件下仍不能解决水资源供需缺口、只能依靠调水来解决缺水的问题,为确定调水工程规模提供依据。“三次平衡”则是在“二次平衡”的基础上,考虑调水条件下的水资源供需平衡分析,统筹考虑外调水量与当地水资源联合运用和优化配置,主要用于回答外调水量及其合理分配问题,为制定调水工程规划方案提供依据。

### 2. 各方案供需平衡分析

从水资源量的实际代表性考虑,决定所有系统方案各水平年的分析计算都采用1969~1998年水文系列资料,逐月对全市20个计算单元进行了详细的优化模拟。

**现状年水供需平衡分析** 这是进行各规划水平年水资源配置和供需平衡分析的基础,分两种情况进行分析。一是允许地下水超采(A1998方案),超采量以现状年的实际超采量为上限;二是不允许地下水超采(L1998方案),前者更接近实际情况,所以采用允许地下水超采的情况进行参数率定。

**一次平衡分析** 分别考虑了允许地下水超采(L2010、L2015和L2030)和不允许地下水超采(C2010、C2015和C2030)两种情况。一次平衡结果给出了不采取有效措施的水资源供需平衡动态趋势,结果发现在不加强节水的两种情况下的供水缺口都很大,2030年缺水超过60%,显然是不可行的。

**二次平衡分析** 考虑了三种情况:一是保持现状水平年地下水超采程度,各规划水平年都采取了城市污水处理及回用措施,除此之外没有新建其他供水工程,例如L方案;二是各

水平年都不允许超采地下水,都采取了城市污水处理及回用措施,没有新建其他供水工程,例如B方案;三是各水平年不允许超采地下水,但都采取了城市污水处理及回用措施,新建了当地供水工程,例如D方案。二次平衡结果给出了安阳市只依靠当地现有水资源和现有外调水量情况下的水资源供需动态平衡趋势以及缺水增长趋势。结果表明,2010、2015、2030水平年安阳市缺水量分别为2.27亿m<sup>3</sup>、2.70亿m<sup>3</sup>、2.88亿m<sup>3</sup>,因此增加从外流域调水的规模势在必行。

**三次平衡分析** 计算所拟订的方案(从E到M,L除外)都不允许超采地下水,但都配置了跨流域调水工程。得到了各计算单元、各个用水行业、各种水源、各个水利工程的详细供需平衡结果。通过多方案分析和对比发现,安阳市的最佳配置方案与南水北调中线方案2010年是否通水有密切关系。若2010年南水北调中线工程建成通水,则最佳推荐方案当属F方案;若2015年南水北调中线工程才能建成通水,则最佳推荐方案当属M方案。两方案结果见表6。以F2030为例,河道外总供水量22.86亿m<sup>3</sup>,其中生活占16.9%、工业占31.75%、农业占46.33%、河道外生态环境占5.02%,外流域调水量占总供水量的21.76%,重点河道的水质比现状年有明显改善。与F方案比较,M方案在水资源工程布局上有些重复建设,这是为了满足2015年以前的供水需要。南水北调中线工程的进度不是安阳市所能决定的,因此推荐F和M两个方案作为合理配置方案,供安阳市领

导根据今后的实际情况进行决策。

南水北调运行方式与供水结果对比分析 南水北调中线工程对于解决安阳市的水资源短缺问题至关重要,本项目对它按照“向各行业供水”和“只向生活和工业供水”两种运行方式,进行了详细的数字仿真对比分析,发现中线工程(安阳市部分)“向各行业供水”方式比后一种方式多供水量0.35亿m<sup>3</sup>(多11.34%)。受篇幅限制其他结果不再具体介绍。

本项目的研究初步得出以下几点结论:(1)安阳市必须把建立节水型社会放在首位;(2)增加外调水量势在必行;(3)在同样的南水北调中线工程规模下,允许它向各行业供水的运行方式比只允许它向生活及工业供水的运行方式效益更佳,这需要相应的水价体系和管理体制配套;(4)经应用检验表明,本项目的配置方法和模型是正确的,可以推广应用到其他类似地区。 ■

### 参考文献:

- 1 方乐润.水资源工程系统分析.北京:中国水利电力出版社,1990.
  - 2 叶永毅,黄守信等.水资源大系统优化规划与优化调度经验汇编.北京:中国科学技术出版社,1995.
  - 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.郑州:黄河水利出版社,1997.
  - 4 甘泓,李令跃,尹明万.水资源合理配置浅析.中国水利,2000.4.
  - 5 王浩,秦大庸,王建华.流域水资源规划的系统观与方法论.水利学报,2002.8(8).
- (作者单位:尹明万、谢新民、王浩为中国水利水电科学研究院,张海庆为河南省安阳市水利局)

注:本文为河南省水资源综合规划试点项目“安阳市水资源可持续利用综合规划”项目成果,项目得到国家基础研究重大项目(973计划,项目编号:G1999043602)的资助。

责任编辑 岳梦华

表5 两推荐方案的水资源动态平衡计算结果汇总表 单位:百万m<sup>3</sup>

方案	水平年	需水量	总供水量	缺水	缺水程度 (%)	各种水源的供水量				地下水超采量
						地表水	地下水	回用水量	外调水	
F	F2010	2066	2047	19	0.9	591	936	45	475	0
	F2015	2187	2168	19	0.9	648	963	56	500	0
	F2030	2301	2286	16	0.7	701	1028	60	497	0
M	M2010	2066	1912	154	7.5	585	996	31	299	0
	M2015	2187	2177	10	0.4	587	919	73	599	0
	M2030	2301	2301	0	0.0	633	962	73	632	0