

## 缓解开封市水资源短缺的 技术及工程措施研究

张海洋<sup>1</sup>, 王心义<sup>1</sup>, 韩鹏飞<sup>2</sup>

(1. 河南理工大学 资源与环境工程学院, 河南 焦作 454003; 2. 开封市节约用水办公室, 河南 开封 475002)

**[摘要]** 需水量的科学预测是制定水资源开发利用规划的基础和前提, 对于实现区域水利工程规划、水资源合理配置和社会经济和谐发展具有重要意义。预测了开封市规划水平年的需水量, 分析了开封市水资源可利用量, 提出了缓解开封市水资源供需紧张的技术措施、工程措施和管理措施, 对社会经济的可持续发展起到了重要的作用。

**[关键词]** 水资源; 灰色预测模型; 工程措施; 开封市

**[中图分类号]** TV21 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1006-7175(2007)12-0905-03

## The Technology Measure and the Engineering Measure for Alleviateing Kaifeng City Water Shortage

ZHANG HAI - yang<sup>1</sup>, WANG Xin - yi<sup>1</sup>, HAN PENG - fei<sup>2</sup>

(1. Institute of Resource and Environment, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454003, Henan, China;  
2. Water Conservation Office of Kaifeng City, Kaifeng 475002, Henna, China )

**Abstract:** The development of water - use planning based on the scientific water demand forecast, and prerequisite for the achievement of regional water planning, rational allocation of water resources and the harmonious development of socio - economic importance. The article has predicted the water requirement of the planning of Kaifeng with annual level, and also has analyzed its utilization of water resources, finally the article had proposed the technology measure, the engineering measure and the management measure to alleviates Kaifeng City water supply tension. For the sustainable socio - economic development has played an important role.

**Key words:** water resource; gray forecast model; engineering measures; Kaifeng City

开封市地处河南省东部的豫东平原黄河下游南岸, 国土总面积 6 444 km<sup>2</sup>, 辖 5 县 1 区, 即兰考县、杞县、通许县、尉氏县、开封县和市区。全市水资源总量多年平均 12.47 × 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>, 每年有 4 ~ 5 × 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup> 的过境引黄河水量。人均水资源年占有量为 272.9 m<sup>3</sup>, 属于水资源短缺地区。

### 1 需水量预测

水资源是人类生存和社会经济发展的物质基础, 是不可替代的重要自然资源和战略性经济资源。水资源不

仅能够促进社会经济的发展, 也能抑制社会经济的发展。如何确定未来社会需水量和水资源供应量之间的缺口, 为相关部门做好供水应对措施提供科学依据已成经济发展的关键。

需水量预测的方法可以分为两类: ①根据用水历史过程建立预测模型或建立经验递推关系, 来直接预测需水量大小; ②通过预测社会经济指标, 再计算其对应的需水量大小, 这类方法的关键是对社会经济指标进行合理

**[收稿日期]** 2007-07-14

**[基金项目]** 河南省重点科技攻关项目(0323030200)和河南理工大学博士基金资助

**[作者简介]** 张海洋(1982-), 男, 河南睢县人, 在读硕士研究生, 主要从事水资源管理和优化配置方面的研究; 王心义(1963-), 男, 河南睢县人, 教授, 博士生导师, 主要从事水文学及水资源教学和研究工作; 韩鹏飞(1954-), 男, 河南柘城人, 高级工程师, 主要从事水文地质及水资源管理的研究工作。

的预测。文中采用用水定额法预测需水量,主要社会经济指标采用灰色预测模型预测。

### 1.1 灰色 GM(1,1) 预测模型

若存在时间序列  $X^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n))$ , 通过对时间序列  $X^{(0)}$  进行一次累加生成得到新的时间序列  $X^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n))$ , 其中  $X^{(1)}(k) = \sum_{m=1}^k X^{(0)}(m)$ 。

对  $X^{(1)}$  时间序列可以建立如下白化形式的微分方程为

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + aX^{(1)} = u$$

得到一阶微分方程模型, 记为 GM(1,1)。

记参数列为  $\hat{a}$

$$\hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}[X^{(1)}(1) + X^{(1)}(2)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[X^{(1)}(2) + X^{(1)}(3)] & 1 \\ \dots & \dots \\ -\frac{1}{2}[X^{(1)}(n-1) + X^{(1)}(n)] & 1 \end{bmatrix}$$

按最小二乘法求解:  $\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T Y_N$ ,  $Y_N = (x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(n))^T$ 。

则白化形式的微分方程解为:  $X^{(1)}(k+1) = (X^{(0)}(1)$

$$-\frac{u}{a})e^{-ak} + \frac{u}{a}$$

鉴于我国处于社会主义初级阶段, 经济发展呈指数增长的特性, GM(1,1) 模型适合对社会经济指标进行预测。

### 1.2 预测数据及需水量的计算

开封市工业产值选取 1995~2000 年为建模数据序列, 原点误差、平均误差均在 3% 以内, GM(1,1) 模型的发展灰数  $-\alpha < 0.3$ , 模型状态良好(表 1)。预测结果符合该市发展规划(表 2)。

表 1 建模预测序列及预测结果表

建模序列	平均误差	原点误差	$-\alpha$	$b$
1995~2000 年	1.80%	0.81%	0.083 99	1 552 458

表 2 预测结果表

年份	2000 年	2010 年	2015 年	2030 年
工业产值/万元	2 444 632	5 684 712	8 651 540	30 496 381

依据各市、县不同规划水平年工业产值、城镇和农村人口数量、耕地面积及相应的用水定额, 采用用水定额法计算相应需水量。生态环境需水量因无历史资料, 依据我国城镇用水结构进行估算(表 3)。

表 3 需水量预测成果表

年份	城镇生活	农村生活	工业	生态环境	农业	总需水量
2010 年	15 014	6 101	19 142	5 663	126 734	172 654
2015 年	17 832	6 620	22 615	6 482	123 170	176 719
2030 年	29 598	6 050	38 542	9 167	105 261	188 618

## 2 可供水量分析

该市供水主要是地下水水源供水和引黄河水供水, 地表水体受到严重污染, 大部分是 V 类和超 V 类水体, 已经失去供水能力。该市 2000~2003 年供水量情况见表 4。通过对地表水, 地下水和过境引黄河水量的多年统计分析, 该市总可供水量在  $14 \times 10^8 \text{ m}^3$  左右, 与规划水平年预测需水量结果相比可知, 该市缺水是相当严重的。对该市水资源利用采取一定的技术措施、工程措施和管理措施是很有必要的。

表 4 2000~2003 年供水量分析表

分类	分项	2000	2001	2002	2003
供水量 / $10^8 \text{ m}^3$	地下水	10.17	11.53	12.77	10.79
	引黄水	4.50	4.74	4.40	3.93
	总供水量	14.67	16.27	17.17	14.72

## 3 技术措施

(1) 以丰补歉, 增加地下水资源量。由于浅层地下水与降水、地表水保持着紧密的联系, 且具备了良好的地下水调蓄条件, 形成了一个统一的水资源系统。因此可以按年均衡及多年均衡的原理实施以丰补歉, 通过与地表水资源的统一规划, 可极大地增加地下水资源量, 缓解当地水资源不足的矛盾。

(2) 推广雨洪利用技术, 增加地下水的补给量。由于表层土壤的渗透能力小于大气降水强度, 致使产生地表径流。开封市汛期(6~9 月)地表径流量占全年的 70%~80%, 年内分配不均, 时间集中, 特别是秋伏大汛多暴雨洪水, 造成大量水资源无法利用。深度开发部分雨洪水, 增加可利用水资源量, 是缓解本区严重缺水的重要措施之一。

(3) 地表水与地下水联合调度, 合理利用水资源。在进行地表水和地下水系统勘查的基础上, 查明可资利用的地表水和地下水的时空分布规律, 以供水量一定时全区社会, 经济和环境综合效益为目标函数, 建立地表水和地下水联合调度的优化管理模型, 获得合理的地表水和地下水开发利用方案。该市水资源短缺, 如能实施优化调度技术, 合理配置地表水、地下水和引黄河水, 将大大提高水资源的利用率, 充分发挥其效益。

(4) 推广先进的节水技术, 减少用水量。开封市是重要的粮油生产基地, 由于灌溉方法以畦田灌溉模式为主, 农业毛灌溉定额偏高, 其节水潜力较大。应该合理调整农业种植结构, 建立与当地水资源条件相适应的农业种植结构, 大力发展节水灌溉, 提高灌区的利用效率。

开封市水价偏低, 不利于调动企业投资节水工程的积极性, 传统高耗水量工业企业的大量存在, 导致工业取

水量居高不下。该市污水处理回用成本较高,污水处理回用尚不能普及,直接用于工业的就更少。在工业节水措施上应该控制生产布局,促进产业结构调整,严格限制新上高耗水、高污染的工业项目,鼓励发展用水效率高的高新技术产业。

(5) 污水处理措施。该市 2002 年污水排放量为  $1.137 \times 10^8$  t,是造成地表水严重污染的主要污染源。五大河流均受到不同程度的污染,污染等级为 V 类或超 V 类,使地表水失去供水能力。为了防止河水进一步污染地下水,必须建立污水处理站对污水进行处理,对处理后的污水进行回用,既达到了防治污染和改善生态环境的目标,又增加了可利用的水资源量。

## 4 工程措施

(1) 新建地表水水源工程。黄河常年引水量能够满足开封市城市的供水需求,关键问题是蓄水工程的建设,通过对蓄水工程的建设,提高水量的安全储备和调蓄作用,满足市区的供水需求。经实地调查,拟在金明区水稻乡的回回寨、马庄、杨桥一带黄河大堤南侧背河洼地处,面积约  $7.5 \text{ km}^2$ ,调节库容可达  $1.875 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,兴建引黄蓄水工程(从黑岗口渠首闸门引黄河水),以调节和扩大可供城市水资源量,同时可作为城市生态景观水体进行开发利用,满足城市生态环境用水需求。

(2) 黑、柳池扩容加高加固改造工程。“十一五”期间对黑、柳池清淤加高护岸  $0.5 \text{ m}$  和开封柳池西南坑挖深,使黑、柳池护岸标高分别达到  $78.0 \text{ m}$  和  $77.5 \text{ m}$  (黄海高程系),使蓄水总库容达到  $453 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

(3) 水资源保护工程。水资源保护工程主要是市区及 5 县生活用水规划的水源地。作为城市供水水源的清水河、自来水暗渠按国家饮用水 II 类水体保护标准进行保护。作为城市和县城地下水源地、水源井,也必须严加保护,划定保护区界限,对地下水开采进行统一管理,确定卫生防护地带,加强水质监测,禁止在保护区范围内从事有可能污染地下水的活动,切实保障饮水水源地的安全,保障社会的稳定发展。

## 5 管理措施

(1) 关停自备井,实现有序开采。该市城区目前有自备井 304 眼,由于存在“三集中”现象,导致地下水位持续下降并产生了一系列环境负效应问题。因此,必须关停自备井,控制地下水开采量,促使地下水位回升,以避免环境地质问题。市自来水公司为多水源供水,目前供水能力已达  $2.0988 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,实际供水量仅为  $1.0194 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,尚有剩余供水能力  $1.0793 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,关停自备井后供水量是完全可以保障的。

(2) 地下水监测系统亟待完善。该市地下水动态监测存在管理体制不合理、地下水监测费用短缺、地下水位

监测井网布局不合理和水质动态监测并不足的问题。必须尽快完善现有的地下水监测系统,控制地下水的动态变化趋势,随时掌握地下水位和水质动态变化信息,监督地下水保护行动计划的实施情况,并为加强水资源管理,合理开发利用与保护地下水资源,提供准确及时的地下水动态信息,都要求加强地下水动态监测。

(3) 管理人员素质亟待提高。水资源作为国民经济可持续发展的基础性战略资源,管理内容涉及多方面,管理对象涉及各行各业,需要一支具备现代化知识结构和素质的队伍。目前,开封市水资源管理及地下水动态监测人员缺乏且多年未经培训,尤其是现代化水资源管理知识严重不足,已制约了水资源管理工作的开展及地下水保护行动的有效实施。因此,要实现管理人员由量到质的转变,努力打造一支政治强、业务精、管理硬且具有现代化知识的水资源管理队伍。

(4) 实施水务一体化管理。水务一体化管理,是实施水资源优化配置和可持续利用的前提,为水资源的合理开发、高效利用和有效保护提供了体制保障。有利于城乡水资源的统一监测、统一评价、统一规划、统一调配、统一管理和统一保护。

## 6 结论

本文通过对开封市需水量和供水量的分析,发现该市在规划水平年存在缺水现象。针对该市的实际情况,提出了水资源利用的技术措施、工程措施和管理措施,通过这些措施的实施,有效地缓解了该市水资源供需紧张的局面。

### [参考文献]

- [1] 刘思峰,邓聚龙. GM(1,1)模型的适用范围[J]. 系统工程理论与实践,2000,(5): 121-125.
- [2] 左其享. 城市水资源承载能力——理论·方法·应用[M]. 北京:化学工业出版社,2005. 66-70.
- [3] 邓聚龙. 灰色系统基本方法[M]. 武汉:华中理工大学出版社,1987. 89-95.
- [4] 冯尚友. 水资源持续利用与管理导论[M]. 北京:科学出版社,2000. 231-238.
- [5] 开封市统计局. 开封统计年鉴[Z]. 开封:开封市统计局,2000.
- [6] 开封市水利局. 开封市水资源公报[R]. 开封:开封市水利局,2000.
- [7] 车伍,张燕. 城市雨洪多功能调蓄技术[J]. 给水排水,2005,31(9): 25-29.
- [8] 孙蓉琳,梁杏. 利用地下水库调蓄水资源的若干措施[J]. 中国农村水利水电,2005,(8): 33-35.
- [9] 杜文堂. 对地下水与地表水联合调度若干问题的探讨[J]. 工程勘察,2000,(2): 8-11.