

# 中国水资源存在的问题及对策

成自勇,张 芮,魏 巍,丁 林,李晓玲

(甘肃农业大学工学院,甘肃 兰州 730070)

**[摘要]** 水资源的污染、浪费、不合理的开采、用水者的经济动机激励失衡是造成水资源短缺的根本原因。因此,解决水资源供需矛盾的方法除了依靠工程措施、生物措施和实施虚拟水战略外,最根本的在于改善目前的节水经济激励机制状况,建立节水激励机制,构建节水型社会,防止水资源污染及水土流失,最终解决水资源短缺的问题。

**[关键词]** 水资源;对策;中国

**[中图分类号]** F407.9

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1003-9511(2007)01-0066-04

水是人类生存的基本条件,又是生产活动最重要的基础。然而,由于技术、资金等因素,实际上可供开发、利用的淡水约 4000 万  $\text{km}^3$ ,仅占地球水资源总量的 0.13%。据有关专家预测,水资源问题将是本世纪人类所面临的最为严重的资源问题。

## 1 中国水资源存在的问题

### 1.1 水资源供需矛盾十分突出

中国可利用的水资源总量为 28000 亿  $\text{m}^3$ ,人均占有量不足 2200  $\text{m}^3$ ,仅为世界人均水平的 1/4<sup>[1]</sup>,是世界上 13 个最缺水的国家之一,被联合国有关机构称为处于严重缺水的边缘<sup>[2]31-32</sup>。全国年缺水量近 400 亿  $\text{m}^3$ ,约有 3 亿农村人口喝不上符合标准的饮用水。农田受旱面积年均达 200 万  $\text{hm}^2$ ,年均减产粮食 280 多亿  $\text{kg}$ <sup>[3]2</sup>。在全国 668 个城市中,有 300 多个城市缺水,其中 110 个严重缺水<sup>[4]</sup>。

### 1.2 水污染问题严重

水资源是量与质的高度统一。目前我国不仅面临水量的危机,同时水质危机也很严重。我国 7 大水系普遍受到污染,海河、辽河污染最重<sup>[5]18</sup>。在全国 2800 多个湖泊中,凡接纳城镇污水的湖泊,大多出现了水体富营养化现象<sup>[2]31</sup>。目前我国全年排污量超过 435 亿 t,其中 80% 以上未经任何处理就直接排入天然水体。全国城市 90% 的水域受到污染。在 7 亿人饮用的水中,大肠杆菌严重超标,在 3 亿人饮用的水中,含铁量超标,1.1 亿人饮用高硬度水,0.5 亿人饮用高硝酸盐水,全国 35 个重点城市只有 23% 的居民饮用水基本符合卫生标准<sup>[6]</sup>。

### 1.3 水资源过度开发

在中国,约有一半的水资源已被开发利用。海河水资源开发利用率已达到 100%,大大超过国际上公认的 30%~40% 的河流开发利用率上限<sup>[7-8]</sup>。水资源开发利用程度最高的海河流域地表水控制利用率达到 94%,平原区浅层地下水开采率为 100%,水资源总量消耗率达到 96%<sup>[9]</sup>。我国其他地区也存在着地下水开采过量问题。在华北、西北城市所使用的水资源中,地下水的比例分别高达 72% 和 66%<sup>[5]17-19</sup>。目前,石羊河流域地下水的过度开采已经导致含水层中贮水量的减少和地下水位的急剧下降<sup>[10]</sup>。

### 1.4 用水浪费现象严重

农业、工业及城市是我国水资源的 3 大用户,这 3 大用户都普遍存在着用水浪费的现象。据统计,在中国华北平原,一半的水在农田输水过程中因渗漏而损失了<sup>[11]</sup>。我国平均每生产 1 t 粮食需灌溉 972  $\text{m}^3$  水,而以色列仅需 280  $\text{m}^3$ <sup>[12-14]</sup>。在工业领域,由于现有用水设施技术落后,目前我国工业万元产值用水量为 103  $\text{m}^3$ ,而美国是 8  $\text{m}^3$ ,日本只有 6  $\text{m}^3$ 。这些情况是我国的用水量为发达国家的 10~20 倍的部分原因。目前,我国工业用水的重复利用率仅为 55% 左右,而发达国家平均为 75%~85%。

### 1.5 水土流失和生态恶化现象严重

目前中国水土流失面积为 356 万  $\text{km}^2$ ,比 10a 前减少 11  $\text{km}^2$ 。但是,中国西部的水土流失面积仍然有所扩展,特别是大江大河中上游地区水土流失仍然严重<sup>[15]</sup>。受水力侵蚀的地区主要分布在长江上

**[基金项目]** 国家高科技研究发展计划(863 计划)资助项目(2002AA2Z4191)

**[作者简介]** 成自勇(1956—),男,甘肃秦安人,教授,博士,主要从事水利工程生态环境研究。

游的云、贵、川、渝、鄂和黄河中游地区的晋、陕、蒙、甘、宁。黑龙江、辽宁、山东、河北等地的部分地区水土流失也非常严重。受风力侵蚀最严重的地区为西北部地区的新疆、内蒙古、青海和甘肃等。长江流域的水土流失面积在过去 15 a 内增加了 2 倍<sup>[16]</sup>, 仅宜昌段每年泥沙沉积量就达到 5 亿 t 左右<sup>[17]</sup>。

## 2 解决方法

### 2.1 提高水资源的利用效率建立节水型社会

中国水资源利用率的提高必须首先着重于农业和工业两大领域。在农业领域必须采取综合节水技术, 即工程节水、农艺节水和管节水, 来提高灌溉水的利用效率。因为, 在我国的用水量中, 农业灌溉用水占 75% 以上, 推广节水农业对于解决我国的水资源问题意义最为重大。在工业领域, 必须通过利用处理水来提高工业用水的重复利用率。污水经一定的处理后, 虽达不到饮用水标准, 但其完全可以作为工业冷却水、冲洗水及一些城市生态用水使用。这样既降低了净化技术难度, 同时又节省了处理的费用。

中国水资源短缺, 水资源时空分布极不均衡。整个北方地区, 尤其是西北地区干旱缺水十分严重。应对水量时间分布不均造成的干旱缺水的常规做法, 主要是修水库, 多蓄水; 解决水量空间不均问题, 主要靠调水。但是, 必须清醒地认识到, 中国水资源总量短缺, 靠修水库、建调水工程, 不能从根本上解决问题, 建设节水型社会才是解决中国干旱缺水问题最根本、最有效的战略举措。建设节水型社会, 不是简单地用行政办法去节水, 而是要建立以水权、水市场理论为基础的水资源管理体制, 形成以经济手段为主的节水机制, 从而使水资源利用效率得到提高, 使可持续发展能力得到增强。近年来, 不少地区在建设节水型社会方面进行了探索, 在甘肃省张掖市、四川省绵阳市、大连市和天津市等地开展了节水型社会建设试点, 宁夏回族自治区和内蒙古自治区进行了水权转换, 取得了很好的成效<sup>[3]2-6</sup>。

### 2.2 虚拟水战略

虚拟水战略是指贫水国家或地区通过贸易的方式从富水国家或地区购买水资源密集型农产品, 尤其是粮食, 来获得水和粮食的安全<sup>[18]</sup>。如果一个国家出口水资源密集型产品给其他的国家, 实际上就是以虚拟的形式出口了水资源。事实上, 当前很多国家都通过实施虚拟水战略的方式来解决国内的水资源短缺问题。2001 年, 南非向赞比亚出口了 9 000 t 玉米, 从虚拟水的角度来说, 就是南非出口了  $10.8 \times 10^6$  t 的水给赞比亚<sup>[19]</sup>, 中东地区每年靠粮食

补贴购买的虚拟水数量相当于整条尼罗河的年径流量<sup>[20]</sup>。虚拟水战略通过出口本地水分生产效益较高的产品, 进口本地没有足够水资源生产且低效益的产品, 通过贸易的形式最终解决水资源短缺和粮食安全问题。贫水国家或地区按虚拟水战略所购买到的虚拟水量可表示为

$$Q = Q_i - Q_x = \frac{M}{q_i} - \frac{M}{q_x} = M \frac{q_x - q_i}{q_i q_x} \quad (1)$$

式中:  $Q$  为实际所购买到的虚拟水量,  $\text{m}^3$ ;  $Q_i$  为通过进口本地区水分生产效益较低的产品而购买到的虚拟水量,  $\text{m}^3$ ;  $Q_x$  为通过出口本地区水分生产效益较高的产品而出售的虚拟水量,  $\text{m}^3$ ;  $q_i, q_x$  分别为表示进出口产品的水分生产净效率,  $\text{元}/\text{m}^3$ ;  $M$  为种植经济净效益,  $\text{元}/\text{hm}^2$ 。

以甘肃省秦王川灌区为例, 当灌水量为经济灌溉定额  $4\,200 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  时, 苜蓿种植经济净效益为  $6\,199 \text{ 元}/\text{hm}^2$ , 即  $q_x = 1.476 \text{ 元}/\text{m}^3$ ; 而小麦的灌水定额为  $3\,600 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  时, 其种植经济净效益仅  $2\,866 \text{ 元}/\text{hm}^2$ <sup>[21]170</sup>, 即  $q_i = 0.796 \text{ 元}/\text{m}^3$ 。这样如果将秦王川灌区种植的 1 万  $\text{hm}^2$  苜蓿出口后再来购买小麦, 即  $M = 6\,199$  万元, 根据公式 1 可算出购买到虚拟水量为 3 617 万  $\text{m}^3$ 。由此可见, 虚拟水战略在解决我国水资源短缺方面将发挥举足轻重的作用。

### 2.3 建立节水的动机激励机制

目前, 中国的水价政策还不能激励消费者采取节水技术。实施水价激励机制已经被政府部门提上了议事日程<sup>[22-24]</sup>。因此, 改善目前经济激励机制的状况, 是解决水资源供需矛盾的根本方法之一。为此, 必须从消费者的经济利益出发, 进行水价制度创新, 引进市场机制, 界定水权, 建立水权交易市场, 变外在动力为内在的节水动力, 激励消费者开展有自身利益存在的节水活动, 实现水资源最优分配。要实现上述目标, 水资源管理部门必须将水资源分为两部分: 一部分是满足基本生活需要部分 ( $Q_b$ ), 另一部分是想对奢侈用水 ( $Q_l$ )。因此根据公式 2 所示, 水费可由两部分构成。而基本水价 ( $P_b$ ) 和奢侈用水水价 ( $P_l$ ) 都是两个重要的参数, 其大小的界定必须能够使多数消费者满意, 而且节水用户能够很容易地将其所节省的水通过市场出售给奢侈用户, 并能按照公式 3 获得额外的利益。

$$M = Q_b P_b + Q_l P_l \quad (2)$$

$$M_g = (Q_b - Q_a)(P_l - P_b) \quad (3)$$

式中:  $M$  为总水费, 元;  $M_g$  为通过出售节省的水所得到的利润, 元;  $Q_b$  为基本用水量,  $\text{m}^3$ ;  $Q_l$  为奢侈用水量,  $\text{m}^3$ ;  $Q_a$  为实际用水量,  $\text{m}^3$ ;  $P_b$  为基本水价,  $\text{元}/$

$m^3$ ;  $P_l$  为奢侈用水量部分的水价, 元/ $m^3$ 。

从式 2 和式 3 可以看出  $Q_b$  大小的界定非常重要。首先, 如果  $Q_b$  太小, 节水用户将很难节约水来出售给奢侈用户, 因为这些水仅仅能满足他们自身的基本需要。其次, 如果  $Q_b$  太大, 奢侈用户将不会购买节水用户的水资源, 因为  $Q_b$  以满足了他们的奢侈用水。事实上, 奢侈用水量部分的水价  $P_l$  也是一个很重要的参数。因为, 若  $P_l$  太小, 过于便宜的水价将导致所有用户都不采取任何节水措施, 这是形成节水经济激励机制所遇到的最大的不幸。因此,  $P_l$  必须比  $P_b$  大很多, 也许是 2~3 倍。

例如, 甘肃省秦王川灌区小麦的基本灌水量是  $3600 m^3/hm^2$ , 基本水价是  $0.25 元/m^3$ <sup>[21]170-171</sup>。如果将奢侈水价定为  $0.5 元/m^3$ , 采取节水灌溉农户的灌水量为  $2600 m^3/hm^2$ , 则  $Q_b = 3600 m^3/hm^2$ ,  $Q_l = 600 m^3/hm^2$ ,  $Q_a = 2600 m^3/hm^2$ ,  $P_b = 0.25 元/m^3$ ,  $P_l = 0.5 元/m^3$ , 根据公式 3 可计算得节水用户的额外收益为  $M_g = 250 元/hm^2$ , 而且根据原先种植小麦净效益(表 1), 可计算出秦王川灌区在形成经济激励机制后的小麦实际种植净效益, 其计算结果见表 1。

表 1 引入经济激励机制后的小麦实际种植净效益

措施类别	灌溉水量 /( $m^3 \cdot hm^{-2}$ )	小麦产量 /( $kg \cdot hm^{-2}$ )	原先种植 净效益 /( $元 \cdot hm^{-2}$ )	引入激励机制 后净效益 /( $元 \cdot hm^{-2}$ )
$X_1$	2200	3344	1985	2335
$X_2$	2600	3848	2741	2991
$X_3$	3600	4068	2866	2866
$X_4$	4200	4000	2601	2451

尽管措施  $X_3$ (灌溉定额为  $2600 m^3/hm^2$ ) 原先种植净效益高于措施  $X_2$ (灌溉定额为  $2600 m^3/hm^2$ ) 的种植净效益, 但当形成节水经济激励机制后, 其结果却恰恰相反。从这个例子可知: 如果用户所采取的节水措施能够得到额外的收益, 用户将愿意提高水资源利用效率、进行制度创新、改进管理体制、采取新技术来实现节水的目的。总之, 构建节水经济激励机制是解决中国水资源短缺的长久之计。

#### 2.4 防止水土流失

充分依靠大自然的自我修复能力, 这是解决水土流失问题的要点。大自然生态是自我平衡的。人为对其干预, 往往适得其反, 造成破坏。如果人不去伤害它, 给它提供休养生息的机会, 大自然就会自我修复。目前生态治理中所采取的退耕还林、封山禁牧、禁柴等措施, 就是创造条件, 使大自然依靠自身的力量实现生态的自我修复。在解决水土流失问题上, 必须把充分依靠大自然的自我修复能力作为核心指导思想。即使搞人工治理, 其目的也是为了更好地发挥大自然的自我修复能力。淤地坝、牧区水

利、小水电代燃料生态保护工程等, 都是按照这个思路来进行的。如在黄土高原地区开展以淤地坝建设为重点的水土流失综合防治, 可以有效地拦截泥沙、淤地种粮, 为封山育林、生态修复工程的实施创造条件; 小水电代燃料生态建设工程可以解决农用能源问题, 减少对森林和植被的砍伐, 巩固退耕还林成果。

#### 2.5 解决水污染问题

发展绿色经济, 对排污行为进行严格的管理, 这两个问题是解决水污染问题的要点。在整个经济结构的布局和经济发展的过程中, 国家在宏观管理上要重视发展绿色经济。只有发展绿色经济, 才能从根本上解决中国的水污染问题。与此同时, 还要严格规范排污权的管理, 因为水环境承载能力集中体现在排污权的管理上。正如节水型社会是以水权、水市场理论为基础建立起一整套规则, 排污权的管理也应以水权、水市场理论为基础, 建立起宏观控制、微观定额两套指标, 完善排污权的上市交易规则, 采取一系列市场经济的做法, 以此来提高水环境的承载能力。

### 3 结 论

解决水资源供需矛盾的根本方法在于实施虚拟水战略和建立节水经济激励机制以及解决水污染和水土流失问题。实施虚拟水战略就意味着某一地区用其紧缺的水资源生产经济效益较高的低耗水性产品来出口, 进口水资源密集型产品, 通过贸易的方式来购买虚拟水。换句话说, 该地区将其水资源在各部门之间实施了最优分配。其次, 形成节水经济激励机制意味着进行水价制度创新、引入市场机制、界定水权、建立水权交易市场。如果用户能将其省下来的水通过市场出售给奢侈用水者, 用户将会自愿提高水资源分配效率、完善管理体制、采用各种节水新技术来实现节水目的。再次, 要在节水的同时解决水污染和水土流失问题, 从而长远地解决中国水资源短缺的问题。

#### [参考文献]

- [1] 山仑, 黄占斌, 张岁岐. 节水农业[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000: 21-25.
- [2] 孙中伟. 中国水资源问题对策新论[J]. 中学地理教学参考, 2004(1): 31-32.
- [3] 汪恕诚. 怎样解决中国 4 大水问题[J]. 水利经济, 2005, 23(2): 1-6.
- [4] WEN DAZHONG, DAVID P. Water and energy use in China's agriculture[C]// ZUO TIANJUE. Forum on China's Agriculture in 1949 ~ 2030. Beijing: China Agricultural University

- Press, 1998: 263-274.
- [5] 方群. 中国水资源安全研究[J]. 经济研究参考, 2004(59): 17-20.
- [6] 银灵子. 我国水资源污染现状[EB/OL]. [2006-07-24]. <http://www.china-puer.cn/ChabbsShow Post. asp? ThreadID = 248>.
- [7] POSTEL S. Dividing the water food security, ecosystem health, and the new politics of scarcity[N]. World Watch Paper, 1996-5-12(2).
- [8] ALCAMO J, HENRICHS T, ROSCH T, et al. World water in 2025: Global modelling and mcenario analysis for the world commission on water for the 21st Century[R]. Kassel: University of Kassel, 1999: 107-118.
- [9] 石玉波. 我国水资源的状况与利用[EB/OL]. [2006-10-29]. <http://zhidao.baidu.com/question/14481618.html>.
- [10] 陈隆亨, 曲耀光. 河西地区水土资源及其合理利用[M]. 北京: 科学出版社, 1992: 143-176.
- [11] 刘昌明, 何希吾. 中国 21 世纪水问题方略[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 45.
- [12] 马金虎, 张卫平, 杜守宇, 等. 宁夏引黄灌区抗旱节水实用技术选编[EB/OL]. [2005-11-25]. <http://www.nxkj.gov.cn/zxxx/jsxb.htm>.
- [13] 中国农业部. 中国农业发展报告[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1999: 4-10.
- [14] 中国水利部. 中国水资源报告[EB/OL]. [1998-11-01]. <http://www.mwr.gov.cn/ziyuan>.
- [15] 中国新闻网. 遥感显示: 中国水土流失面积为 356 万方公里[EB/OL]. [2006-01-22]. <http://www.gisforum.net/maindoc/simchin/gisforum/news/gisnews/020122.htm>.
- [16] NIU WENYUAN, HARRIS W M. China: the forecast of its environmental situation in the 21st Century[J]. Journal of Environmental Management, 1996(30): 50-51.
- [17] OLLI V, PERTTI V. China's 8 challenges to water resources management in the first quarter of the 21st Century[J]. Geomorphology, 2001, 41(2-3): 93-104.
- [18] 程国栋. 虚拟水——中国水资源安全战略的新思路[J]. 中国科学院院刊, 2003(4): 260.
- [19] OHLSSON L. The turning of a screw: Social resource scarcity as a bottle-neck in adaptation to water scarcity[J]. Stockholm Water Front, 2000, (1): 10-11.
- [20] ALLAN J A. Virtual Water: A long term solution for water short[M]. British Association Festival of Science: University of Leeds, 1997: 24-29.
- [21] 成自勇. 秦王川灌区苜蓿地土壤盐运移及最优生态调控灌溉的研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2005: 170-171.
- [22] 姜文来. 水资源价值论[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 25-30.
- [23] 王建中. 黄河断流情况及对策[J]. 中国水资源, 1999, (4): 10-12.
- [24] 汪恕诚. 实现由工程水利到资源水利的转变, 做好面向 21 世纪中国水利这篇大文章[J]. 水利经济, 1999, 17(4): 1-6.

(收稿日期: 2006-03-26 编辑: 梁志建)

(上接第 59 页)会、董事会、监事会、经理层的职责, 形成各负其责, 协调运转, 有效制衡的公司法人治理结构。水电开发和城市供排水企业要实现投资主体多元化, 引入战略投资者; 技术咨询与实业经营企业要构建股份制产权主体, 适当减少国有资本持股比例; 同时, 要充分利用国泰新华实业公司和新华咨询公司的平台, 运用经济手段, 合理处置直属事业单位的全资(控股)公司的投资收益<sup>[8]</sup>。

#### [参考文献]

- [1] 成思危. 中国事业单位改革——模式选择与分类引导

[M]. 北京: 民主与建设出版社, 2000: 6-22.

- [2] 赵力波. 事业管理改革[M]. 济南: 山东人民出版社, 2003: 16-30.
- [3] 范恒山. 事业单位改革: 国际经验与中国探索[M]. 北京: 中国财政经济出版社, 2004: 26-32.
- [4] 魏杰. 企业前沿问题——现代企业管理方案[M]. 北京: 中国发展出版社, 2001: 56-72.
- [5] 水利部规划计划司. “十一五”及 2020 年水利发展规划思路目标[J]. 中国水利, 2006(7): 5-6.

(收稿日期: 2006-10-10 编辑: 徐广生)

恭贺全体读者、作者、审稿专家及所有关心

《水利经济》杂志的朋友新年快乐, 万事如意!