

文章编号: 1000-7709(2007)03-0012-03

# 几种水资源管理制度的比较分析

杨辉辉 王先甲 李媛媛

(1. 武汉大学 系统工程研究所, 湖北 武汉 430072;

2. 武汉大学 水资源与水电工程科学国家重点实验室, 湖北 武汉 430072)

**摘要:**为促进水资源高效、合理的使用并加速我国的水市场进程,通过建立数学模型对目前的四种水资源管理制度进行了描述和分析比较,指出了各自的优缺点及其适用范围,并得出水权制度是最能激励节水、取水最灵活的制度,是将来水资源管理制度的发展方向。

**关键词:**水资源;管理制度;水权;水市场

**中图分类号:** TV213.4; F323.213

**文献标志码:** A

随着经济的快速发展和人口的不断增长,水资源短缺已成为影响我国居民生活和经济发展的严峻问题。要解决此问题不仅需要技术上的创新,更需要合理的水资源管理制度作保障。目前水资源管理制度大致有取水许可证制度、水资源费制度、取水许可与水资源费联合制度、水权制度<sup>[1]</sup>四种。本文采用数学模型对这四种制度进行了深入分析,深刻的揭示了各种水资源管理制度的优缺点及其适用范围,以便促进水资源高效、合理的使用,为我国水市场的建立提供理论依据。

## 1 取水许可证制度

取水许可证制度是一种水资源集中管理模式<sup>[2]</sup>。政府根据各用水户的效用函数信息、以社会福利最大为目标对有限的水资源进行合理分配,并颁发取水许可证。各用水户按照取水许可证上标明的水资源量进行取水和最优化生产。取水许可证不允许转让和交易。

设有  $n$  个用水户,第  $i$  个用水户的效用函数为  $U_i(\cdot)$ 、 $U'_i(\cdot) > 0$ 、 $U''_i(\cdot) < 0$ ; 生产函数为  $Q_i(\cdot)$ , 且  $Q'_i(\cdot) > 0$ 、 $Q''_i(\cdot) < 0$ 。产品价格系数为  $P_i$ , 获取的许可水资源量为  $b_i$ , 水资源总量为  $b$ 。假设效用函数  $U_i(\cdot)$  与用水的经济效益、社会效益和生态效益有关; 社会福利等于各用水户效用之和。政府按社会福利最大来分配水资源总量的数学模型为:

$$\begin{cases} \max \sum_{i=1}^n U_i(b_i) \\ \text{s. t. } \sum_{i=1}^n b_i \leq b \\ b_i \geq 0, (i = \overline{1, n}) \end{cases} \quad (1)$$

推出政府的对水资源最优配置条件为<sup>[3]</sup>:

$$U'_1 = U'_2 = \dots = U'_i \dots = U'_n \quad (2)$$

用水户  $i$  按照经济效益最大化进行生产,

$$\begin{cases} \max \sum_{i=1}^n P_i Q_i(x_i) \\ \text{s. t. } \sum_{i=1}^n x_i \leq b_i \\ x_i \geq 0, (i = \overline{1, n}) \end{cases} \quad (3)$$

推出用水户  $i$  的最优生产条件为:

$$x_i^* = b_i \quad (4)$$

由式(4)可看出,用水户  $i$  的最优生产行为是  $x_i^* = b_i$ 、最大经济效益为  $P_i Q_i(b_i)$ , 即用水户  $i$  的经济效益与许可的取水量  $b_i$  直接有关。因此,用水户  $i$  可通过虚报用水信息以获取一个有利的效用函数  $\bar{U}_i(\cdot)$ 、 $\bar{U}'_i(\cdot) > 0$ 、 $\bar{U}''_i(\cdot) < 0$ , 且  $\bar{U}'_i(b_i) > U'_i(b_i)$ 。根据  $\bar{U}_i(\cdot)$  的导数性质,政府为了实现全社会福利最大,必须增加  $b_i$  以减小  $\bar{U}'_i(\cdot)$ , 同时减小  $(b_1, b_2, \dots, b_{i-1}, b_{i+1}, \dots, b_n)$  以增加  $U'_1(\cdot) \dots U'_{i-1}(\cdot)$ 、 $U'_{i+1}(\cdot) \dots U'_n(\cdot)$  来满足最优条件  $U'_1(\cdot) = \dots = \bar{U}'_i(\cdot) = \dots = U'_n(\cdot)$ 。假设  $b_i$  增加到  $\bar{b}_i$ , 用水户

收稿日期: 2007-03-01, 修回日期: 2007-03-16

基金项目: 国家攻关计划(西部开发科技行动)基金资助项目(2002BA901A37)

作者简介: 杨辉辉(1982-), 男, 硕士, 研究方向为水权水市场, E-mail: yanghuihui8799@163.com

通讯作者: 王先甲(1957-), 男, 教授、博导, 研究方向为博弈论、决策与对策理论等, E-mail: wangxj@whu.edu.cn

$i$  就可获取更大的经济效益  $P_i Q_i(\bar{b}_i)$ , 同时政府真实水资源最优化配置条件  $U'_1(\cdot) = \dots = U'_i(\cdot) = \dots = U'_n(\cdot)$  被破坏。

由上述分析可看出, 每个用水户都有提供虚假信息的激励, 使政府难于防范。更有甚者, 向政府人员“行租”, 为了使水行政主管部门接受虚假信息  $\bar{U}'_i(\cdot)$  给予一定的租金  $M$ 。只要  $P_i Q_i(\bar{b}_i) - P_i Q_i(b_i) \geq M$ , 用水户  $i$  就有“行租”的激励。

政府可以通过加强监管来防止用水户提供虚假信息。设政府发现用水户  $i$  提供虚假信息的概率为  $P$ 、惩罚为  $\xi$ , 只有当  $\xi \geq (P_i Q_i(\bar{b}_i) - P_i Q_i(b_i))/P$  时用水户才不会提供虚假信息。

## 2 水资源费制度

水资源费制度<sup>[4]</sup>是一种水资源市场管理模式。政府根据用水户的需求信息, 结合水资源总量制定水资源费。各用水户根据水资源费以决定实际所取的水资源量, 反复试错, 直至平衡。用水户在缴纳水资源费获取相应的水资源量后进行最优化生产, 水资源不允许转让或交易。

设水资源价格为  $\rho$ 、水资源总量为  $b$ 、用水户  $i$  购买的水资源量为  $x_i$ 、用水生产函数为  $Q_i(\cdot)$ 、产品价格系数为  $P_i$ , 则用水户  $i$  的生产最优化模型为:

$$\max [P_i Q_i(x_i) - \rho x_i] \quad (5)$$

根据最优解的一阶条件:  $P_i Q'_i(x_i) = \rho$ , 推出最优解  $x_i^* = x_i(\rho)$ 。

政府按照需求平衡来制定水资源价格:

$$\sum_{i=1}^n x_i(\rho) = b \quad (6)$$

因此, 按照此制度进行水资源管理时可知:

$$\begin{cases} P_1 Q'_1(\cdot) = P_2 Q'_2(\cdot) = \dots = P_n Q'_n(\cdot) = \rho \\ \sum_{i=1}^n x_i(\rho) = b \end{cases} \quad (7)$$

当只考虑经济效益时, 即  $U_i(\cdot) = P_i Q_i(\cdot)$  时, 条件  $P_1 Q'_1(\cdot) = P_2 Q'_2(\cdot) = \dots = P_n Q'_n(\cdot) = \rho$  等价于  $U'_1(\cdot) = U'_2(\cdot) = \dots = U'_n(\cdot)$ , 则能实现全社会福利最大; 而当  $U_i(\cdot) \neq P_i Q_i(\cdot)$  时, 即政府需考虑经济效益、社会效益、生态效益等, 则此制度无法保证社会福利最大化条件成立。

由于经济效益是水资源分配的唯一标准, 水资源费作为水资源配置的唯一调节杠杆, 因此一些经济效益好、社会效益差的用水户将获得最大的水资源量; 而一些经济效益小、社会效益大的用水户在竞争中处于十分不利的位置, 很可能无法

获取一定数量的水资源量而不能生存下去。

## 3 取水许可与水资源费联合制度

根据现行的《中华人民共和国水法》及《取水许可和水资源费征收管理条例》, 用水户必须向水行政主管部门提交取水许可申请书, 在其用水性质及用水许可量被核实审批后缴纳一定的水资源费才能获得取水许可证。对超出取水许可证部分的水资源量实施高额水价。

设用水户  $i$  的用水总量为  $x_i$ 、用水生产函数为  $Q_i(\cdot)$ 、产品价格系数为  $P_i$ 、许可水资源量为  $b_i$ 、相应的水资源费为  $\rho$ 、超出部分按  $\bar{\rho}$  交费、水资源总量为  $b$ , 则用水户的生产行为最优化模型为:

$$\max [P_i Q_i(x_i) - \rho b_i - \bar{\rho}(x_i - b_i)] \quad (8)$$

政府根据用水户  $i$  的用水性质和用水定额制定不同水资源费  $\rho$  和许可水资源量  $b_i$ , 一般情况下  $\rho$  和  $b_i$  都为一个较小的固定值, 因此  $\rho$  和  $b_i$  作为参数出现在上述的最优化模型中。

即推出最优解  $x_i^* = x_i(\bar{\rho})$ 。

政府按照供需平衡:  $\sum_{i=1}^n x_i(\bar{\rho}) = b - \sum_{i=1}^n b_i$  来制定水资源价格  $\bar{\rho}$ 。

显然, 在这种制度下政府可通过预先判断用水户  $i$  的社会、经济、生态效益, 以确定具体给予扶持的力度, 扶持力度的大小可由  $\rho$ 、 $b_i$  体现。当  $\rho$  越小时  $b_i$  越大, 则政府扶持的力度越大; 当  $\rho$  越大时  $b_i$  越小, 则政府的扶持力度越小。因此, 在此制度下政府不仅可以通过确定  $\rho$  和  $b_i$  的值来确定给用水户的扶持, 以保证一些经济效益稍差而社会效益突出的用水户得到很好的发展; 同时, 政府也可以通过均衡价格  $\bar{\rho}$  来保证水资源在同类用水户中达到最优化配置, 突显经济效益。

## 4 水权制度

水权制度是一种与水市场相适应的水资源管理制度, 要求用水户在取水前先向水行政主管部门提交取水许可申请书, 当用水性质和取水量得到审批并缴纳一定的水资源费后才能取得取水许可证。当水资源总量分配完成、水资源费稳定下来后, 允许取水许可证有偿转让和交易。

在水权制度的前期, 政府依据取水许可与水资源费联合制度对水权进行初始分配, 并颁发取水许可证。取水许可证包括用水性质、取水量、取水时间、使用期限等因素, 其数学模型为:

用水户  $i$  根据:

$$\max [P_i Q_i(x_i) - \rho b_i - \bar{\rho}(x_i - b_i)] \quad (9)$$

$$\text{确定其最优生产行为: } P_i(dQ_i/dx_i) = \bar{\rho} \quad (10)$$

政府根据  $\sum_{i=1}^n x_i(\bar{\rho}) = b - \sum_{i=1}^n b_i$  来制定水资源价格  $\bar{\rho}$ 。

在水权管理制度的后期,水资源分配形式及水资源价格  $\bar{\rho}$  都相对稳定下来,即可允许取水许可证有偿转让。设取水许可证市场转让价格为  $\rho_s$ , 市场需求量为  $D(\rho_s)$ 、市场供给量为  $S(\rho_s)$ ,  $\rho_s$  由市场均衡来确定:

$$D(\rho_s) = S(\rho_s) \quad (11)$$

政府可以在取水许可证到期后重新制定取水许可证的用水性质和水资源费,从而达到对水资源配置宏观调控的目的。取水许可证转让时不可随意更改其属性,如需更改需向水行政主管部门提出申请,并根据实际情况确定相应的经济政策。

设用水户  $i$  采取节水措施,获取水资源量  $y_i$ , 其节水成本为  $C_i(y_i)$ 。当  $\bar{\rho} y_i < C_i(y_i) < \rho_s y_i$  时,用水户  $i$  在取水许可证与水资源费联合制度下无节水激励,但在水权制度下有激励。因此,此制度更能促进节水。而且,允许取水许可证交易,更能提高水资源配置的灵活性,提高用水效率。

## 5 结语

a. 取水许可证制度是一种水资源集中管理模式。当政府信息完全时可以实现水资源的配置的社会福利最大,在此种水资源管理制度下每个用水户都有提供虚假信息的激励。因此,政府一般很难获取正确的信息,常需支付高额的信息租金。

b. 水资源费制度是一种水资源的市场管理

模式。水资源费成为水资源分配的唯一调节杠杆。在此种水资源管理制度下,用水户将只考虑自身的经济效益。因此,一些经济效益差,而社会效益大的用水户将无法得到生存。

c. 取水许可证与水资源费联合制度是一种水资源集中管理与市场管理相结合的制度。政府首先低价、限量的向各用水户预分一部分水量,然后其余的水量采取较高的水资源价格进行优化配置。在这种制度的作用下,一些经济效益差而社会效益大的用水户得到了保护;一些经济效益好的企业也能充分发挥其优势。

d. 水权制度是提出的一种与水市场相适应的水资源管理制度。它指出在水资源管理初期,采用取水许可证与水资源费联合制度进行水资源的初始分配,当水资源总量分配完成且趋于稳定后,允许取水许可证进行有偿的转让。这样更能激励用水户节水意识,且增加用水户取水的灵活性。当然,在水市场形成之后需加强水市场的监管。

### 参考文献:

- [1] 汪恕诚. 水权和水市场——谈实现水资源优化配置的经济手段[J]. 水电能源科学, 2001, 19(1): 1-5
- [2] 胡振鹏, 傅春, 王先甲. 水资源产权配置与管理[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [3] 高山晟(美). 经济学中的分析方法(经济科学译丛)[M]. 刘振亚译. 北京: 中国人民大学出版社, 2001.
- [4] 毛春梅, 袁汝华, 王景成. 我国水资源费改革探讨[J]. 水电能源科学, 2003, 21(1): 9-11
- [5] 万育生, 张继群, 姜广斌. 我国水资源管理制度的研究[J]. 中国水利, 2005(7): 16-20
- [6] 曲福田, 冯淑怡. 中国水资源管理制度研究[J]. 南京农业大学学报(哲学社会科学版), 2001, 1(2): 35-41

## Comparison Analysis on Several Kinds of Water Resource Management Systems

YANG Huihui WANG Xianjia LI Yuanyuan

(1. Institute of System Eng., Wuhan Univ., Wuhan 430072, China;

2. State Key Laboratory of Water Resources and Hydropower Eng. Sci, Wuhan 430072, China)

**Abstract:** This paper describes and analyzes the mathematical model for the four kinds of present water resource management systems and points out their advantages, disadvantages and scopes. It also finds out that the water rights system is the most stimulating system for water saving and the most flexible system for water retrieval. It is hoped to make a contribution to the realization of water rights system for the water market.

**Key words:** water resources; management system; water rights; water market