文章编号:1007-6735(2012)01-0039-09

水权初始分配纠正市场无效性研究

戴天晟， 高 岩
（上海理工大学 管理学院，上海 200093）

摘要： 提供了一个具有大量受管制的用水户参与的区域水权市场的分析模型.在市场力存在的情况下,推导出一个估计市场扭曲程度的公式.证明了市场价格与竞争水平的比率完全依赖于水权的初始分配和市场支配力存在的阈值,这说明水权的初始分配在水权交易市场中起着举足轻重的作用.

关键词： 初始分配；可交易水权；市场力；阈值
中图分类号： F 713；TV 213；N 94 **文献标志码：** A

Analysis on Effect of Initial Water Rights Allocation on Market Power

DAI Tian-sheng， GAO Yao
（*Business School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China*）

Abstract：An analytical model of water right market was offered，in which a large number of regulated emitter participate,and formulae were derived，that show the entire dependence of the emergence of market power on the initial distribution as well as the existence of a threshold for effective market power. Furthermore, the model derived yields formulae that can estimate how far the permit prices in such distorted markets depart from competitive levels. These findings show the significance of initial allocation of water rights.

Key words：*initial distribution*；*tradable water rights*；*market power*；*threshold*

水资源作为一种重要的生产性资源,人们利用它进行各种生产活动,其稀缺性决定了水资源的经济特性.随着人口增长和经济社会的发展,这种稀缺性与日俱增,水资源经济特性也表现得更加强烈.如何按照经济规律提高水资源的使用效率和配置效率,形成节约用水的激励机制和避免水资源浪费的约束机制显得至关重要而又紧迫.

建立水权交易市场,使水权逐渐由用水效率低的用户向用水效率高的用户转移,从而提高整个社会的用水效率,实现全社会的水资源最优配置.水权和水市场已成为实现水资源优化配置的重要经济手段,在提高水资源利用效率方面的作用已得到广泛

收稿日期： 2010-06-22
基金项目： 上海市哲学社会科学规划青年基金资助项目(2008EZH001);上海市教委科研创新资助项目(09YZ335)
作者简介： 戴天晟(1973-),男,博士研究生.研究方向:环境系统、水资源管理配置决策. E-mail:tiansheng_dai@163.com
高 岩(联系人),男,教授.研究方向:系统分析与优化.E-mail:gaoyan1962@263.net

探讨和证实[1-5].

水权交易市场一般分为一级和二级水市场.在一级水市场,水资源管理机构将属于公共的水资源使用权分配给使用机构或个人,即初始水权界定,可采取拍卖、竞标及免费分配等多种形式;二级水市场是指初始水权界定后用水户之间的二次水权交易,通过二级水市场,水资源的使用权实现在用水户之间的流转,也是对一级水市场水权分配的再分配.初始水权界定后,通过二级水市场的水权交易,可以提高水资源的配置效率和使用效率.因此,研究二级水市场的交易方式与方法模型是目前水权交易研究的重点和核心[6-9].但是,根据经济学的基本原理,剩余的资源可能会导致市场无效,也就是说如果剩余的初始水权集中在个别用水户达到一定的数量,将会导致市场垄断力的出现,这是一个应该引起人们关注的问题,那么到底多少数量的水权会使得问题发生,换句话说,这个问题产生的阀值应该是多少,或者应该在什么范围,对于政策的制定和实施来说,显然是一个关键的问题,本文旨在给出上述问题的答案.

1 水权交易市场的几个假设

假设水权交易市场有大量的市场参与者,将他们分为两类:一类是“价格接受者”;另一类是“市场决定者”.“价格接受者”接受“市场决定者”所制定的水权价格,而“市场决定者”通过决定水权买卖数量来控制水权市场价格.

现给出文中涉及的数学符号的含义.

水权交易市场有 N 个受管制的市场参与者,N 可以充分大.

x_i 为市场参与者 i 的节水量,考虑到在很多情况下,流域市场可供交易水权的有限性,当整个流域用户总的需水量超过流域供水量,所缺部分必须由流域内用户通过技术改进、科学管理等节水行为来解决.

y_i 为市场参与者 i 的实际需水量.

e_i 为分配给 i 的初始水权数量.

y_i-e_i 为需水量与初始水权数量的差值.如果 $y_i-e_i\leqslant 0$,说明参与者 i 的水权是有绝对剩余的,可以把多余的水权拿到市场上进行出售;否则,说明他拥有的水权在绝对量上是不足的,需要从市场上购买不足的水权.

t_i 为市场参与者 i 所进行交易的水权.$t_i>0$ 表示“买入”,$t_i<0$ 表示“卖出”.

假设1 假设在水权交易市场中有2个“市场决定者”,分别为 S_1 和 S_2,而其他的市场参与者是“价格接受者”,此外,市场参与者的数量足够多.

假设2 S_1 所拥有的初始水权的数量超过或者等于他正常生产的需水量,而 S_2 拥有的量要小于等于他的正常生产的需水量,这说明 S_1 拥有剩余的水权,S_2 却没有.假设该流域水资源稀缺,可供买卖的水权总量小于所有市场参与者的需水总量,不存在剩余的初始水权.

假设2说明 $y_1-e_1\leqslant 0$, $y_2-e_2\geqslant 0$,并且 $\sum_{i=3}^{N}y_i-E^*>0$.E^* 为可分配的初始水权总量的上限.所有的市场参与者都进行水权交易,由于市场是处于出清状态的,因此,市场交易的总量必然为0.市场供求平衡的条件是 $\sum_{i=1}^{N}t_i^*=0$,其中,t_i^* 为市场参与者 i 的最优交易量.根据流域的实际情况,$\sum_{i=1}^{N}e_i\leqslant E^*$.

假设3 水权交易市场中的每个“价格接受者”接受制定的市场价格,并由决策自身的水权交易量和节水量.

假设4 用水者 S_1 和 S_2 之间存在一个Nash博弈,即每个市场参与者都试图通过决定水权的交易数量来控制市场,在决策过程中,每个参与者都假定对方的交易量是既定的.

当 S_2 的交易量为 t_2,设 t_1^* 为 S_1 的最优交易量,即 t_1^* 是 S_1 的最优反应函数.类似地,当 S_1 将他的交易量定在 t_1 的时候,设 t_2^* 为 S_2 的最优交易量.给定假设4,均衡状态就是他们最优反应函数的交点.设交点为(t_1^{**}, t_2^{**}),则均衡价格可以通过计算一个关于交点的函数 $\tau\equiv\tau_{\mathrm{N}}(t_1^{**},t_2^{**})$ 得出.根据假设3,除 S_1 和 S_2 以外的所有其他参与者根据给定的水权价格决定水权交易数量以及节水的数量,这些参与者的最优交易量是市场均衡价格 τ 的函数 $t_i^*(\tau)$.再根据假设3和假设4以及市场的出清条件,可得市场的均衡价格.

假设5 生产企业节约用水,通常会购买或者改造设备、加强管理,甚至要减少产量,因此,将产生节水量越大,成本越高的情况.设每个用水者的边际节水成本可以近似为节水量的线性函数,即节水成

本函数是一个关于节水量的二次函数，定义为 $C_i(x_i)=c_i x_i^2/2$，其中，c_i 为常数.

2 水权交易市场的水权价格

设完全竞争市场的水权价格是 τ_c，如果 S_1 具有市场支配力以操纵卖价，那么他所设置的水权价格必然会高于竞争价格，即 $\tau>\tau_c$；否则，如果 S_2 具有有效的市场支配力以操纵买价，那么他所设置的水权价格必然会低于竞争价格，即 $\tau<\tau_c$. 因此，通过估计上面设置的市场价格对竞争价格的偏离可以知道由 S_1 或者 S_2 所造成的市场扭曲程度.

2.1 “缺水市场”的水权价格

命题 1　假设所有的市场参与者的最初的需水总量（即不节水时的需水总量）大于总的流域可用水总量，$\sum_{i=1}^{N} y_i - E^* > 0$. 同时，假设 1～5 成立，那么有下面的性质：

a. 如果 S_1 剩余的水权数量大于整个市场的缺水量，S_1 将具有市场支配力，此时市场价格与竞争价格的比值为

$$1+\frac{1}{2}\left(\frac{|p|}{|q|}-1\right)$$

其中，p 为剩余水权数量，q 为水权的缺少量.

b. 如果 S_1 剩余的水权数量不大于整个市场的缺水量，则任何一个参与者都不具有市场支配力，此时市场价格将近似等于竞争价格.

上述两个性质可以表示为

$$\frac{\tau}{\tau_c} \cong 1+\max\left\{\frac{1}{2}\left[\frac{-(y_1-e_1^*)}{\sum_{i=1}^{N} y_i - E^*}-1\right],0\right\} \tag{1}$$

为了证明的方便，将一些符号加以简化. $C_k \equiv (\sum_{i=k}^{N} c_i^{-1})^{-1}$，$D_k \equiv \sum_{i=k}^{N}(y_i-e_i^*)$，$Y_k \equiv \sum_{i=k}^{N} y_i$. 可以看出，$D_k$ 表示了从 k 到 N 的参与者的水权的净不足，根据假设 2 知，$D_3>0$，同时相对命题 1，设 $D_1>0$，而对于后面出现的命题 2，设 $D_2\leqslant 0$.

设水权的市场价格是 τ，价格接受者通过解决问题

$$\left.\begin{aligned} &\min\ \tau t_i + c_i x_i^2/2 \\ &\text{s.t.}\ \ y_i - e_i^* - x_i - t_i \leqslant 0 \end{aligned}\right\} \tag{2}$$

来决定水权的交易量和节水量.

该优化问题的拉格朗日函数为[10]

$$L(t_i,x_i;\lambda) = \tau t_i + \frac{c_i x_i^2}{2} + \lambda(y_i - e_i^* - x_i - t_i)$$

式中，λ 为拉格朗日系数.

分别对变量 t_i, x_i, λ 求偏导，得最优解为 $x_i^* = c_i^{-1}\tau$，$t_i^* = y_i - e_i^* - c_i^{-1}\tau$，$\tau>0$；或者 $x_i^*=0$，$t_i^* \geqslant y_i - e_i^*$，$\tau=0$. 其中，$e_i^*$ 为用户 i 得到的初始水权的数量，由于流域总的可用水量为 E^*，有 $\sum_{i=1}^{N} e_i^* \leqslant E^*$. 在交易均衡状态下，市场是出清的，有 $\sum_{i=1}^{N} t_i^* = 0$.

如果所有参与者都是价格接受者，根据市场出清条件，得竞争市场的均衡价格为

$$\begin{aligned} \tau_c &= C_1 \max\left\{\sum_{i=1}^{N}(y_i - e_i^*),0\right\} = \\ &C_1 \max\{Y_1 - E^*,0\} \end{aligned} \tag{3}$$

可见，在完全竞争的市场中，水权价格与初始分配没有关系. 在命题 1 的前提下，$D_1 \equiv \sum_{i=1}^{N} y_i - E^* > 0$，且 $D_1>0$，则 $\tau_c = C_1>0$，式(3)可以表示为

$$\begin{aligned} \tau_c = &\frac{c_1 c_2 C_3}{c_1 c_2 + (c_1+c_2)(Y_3 + e_1^* + e_2^* - E^*)} \cdot \\ &(Y_3 + y_1 + y_2 - E^*) \end{aligned} \tag{4}$$

设 S_1 与 S_2 交易量分别为 t_1, t_2 时的水权市场价格为 $\tau_N(t_1,t_2)$，在假设 3 和假设 4 条件下，价格接受者所面临的决策问题与式(2)相似，再加上市场出清条件，求得均衡价格为

$$\left.\begin{aligned} \tau_N(t_1,t_2) &= C_3 \max\{Y_3 + t_1 + \\ &\quad t_2 + e_1^* + e_2^* - E^*,0\} \\ x_i^*(t_1,t_2) &= c_i^{-1}\tau_N(t_1,t_2),\ i=3,4,\cdots,N \end{aligned}\right\} \tag{5}$$

当 S_1 与 S_2 在假设 4 的条件下进行 Nash 博弈，需要分别求解下面的最优化问题

$$\left.\begin{aligned} &\min\ \tau_N(t_1,t_2)t_i + \frac{c_i x_i^2}{2} \\ &\text{s.t.}\ D_i - x_i - e_i^* - t_i \leqslant 0 \\ &\qquad \tau_N(t_1,t_2) = C_3 \max\{Y_3 + t_1 + \\ &\qquad\quad t_2 + e_1^* + e_2^* - E^*,0\} \end{aligned}\right\} \tag{6}$$

对 $i=1, 2$ 时分别求解，得 S_1 与 S_2 的反应函数，进而可以得引理 1.

引理 1　$S_1(y_1 - e_1^* \leqslant 0)$ 的最优反应函数为

$$t_1^* = \begin{cases} \dfrac{c_1(y_1 - e_1) - C_3(Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^*)}{c_1 + 2C_3} - \dfrac{C_3}{c_1 + 2C_3} t_2, & -Y_3 + E^* - e_1^* - e_2^* - 2D_1 \leqslant t_2 \quad (7\mathrm{a}) \\ \dfrac{-Y_3 + E^* - e_1^* - e_2^* - t_2}{2}, & -Y_3 + E^* - e_1^* - e_2^* \leqslant t_2 \leqslant -Y_3 + E^* - e_1^* - e_2^* - 2D_1 \quad (7\mathrm{b}) \\ [D_1, -Y_3 + E^* - e_1^* - e_2^* - t_2], & t_2 \leqslant -Y_3 + E^* - e_1^* - e_2^* \quad (7\mathrm{c}) \end{cases}$$

而 S_2 的最优反应函数为

$$t_2^* = \begin{cases} \dfrac{c_2(y_2 - e_2^*) - C_3(Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^*)}{c_2 + 2C_3} - \dfrac{C_3}{c_2 + 2C_3} t_1, \\ \qquad -Y_3 + E^* - e_1^* - e_2^* - \dfrac{c_2}{c_2 + C_3}(y_2 - e_2^*) \leqslant t_1 \quad (8\mathrm{a}) \\ -Y_3 + E^* - e_1^* - e_2^* - t_1, \quad -Y_2 + E^* - e_2^* \leqslant t_1 \leqslant \\ \qquad -Y_3 + E^* - e_1^* - e_2^* - \dfrac{c_2}{c_2 + C_3}(y_2 - e_2^*) \quad (8\mathrm{b}) \\ [y_2 - e_2^*, -Y_3 + E^* - e_1^* - e_2^* - t_1], \quad t_1 \leqslant -Y_3 + E^* - e_1^* - e_2^* - D_2 \quad (8\mathrm{c}) \end{cases}$$

证明 容易看出 S_1 与 S_2 的最优化问题相似，区别仅仅在于 $y_i - e_i^*$ 的符号. 不妨首先解决 S_1 的决策，在式(6)中令 $i=1$.

a. 当 $-Y_3 + E^* - e_1^* - e_2^* - t_2 \leqslant y_1 - e_1^* \leqslant 0$ 时，式(6)等价于

$$\min_{x_i \geqslant 0, t_1} \tau_{\mathrm{N}}(t_1, t_2) t_1 + c_1 x_1^2 / 2$$

$$= \min \begin{cases} \min\limits_{t_i} c_1(y_1 - t_1 - e_1^*)^2/2, \quad t_1 \leqslant -Y_3 + E^* - e_1^* - e_2^* - t_2 \\ \min\limits_{t_i} C_3(Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^* + t_2 + t_1) t_1 + c_1(y_1 - t_1 - e_1^*)^2/2, \\ \qquad -Y_3 + E^* - e_1^* - e_2^* - t_2 + E^* \leqslant t_1 \leqslant D_1 - e_1^* \\ \min\limits_{t_i} C_3(Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^* + t_2 + t_1) t_1 + 0, \quad -Y_3 + E^* - e_1^* - e_2^* - t_2 \leqslant y_1 - e_1^* \leqslant t_1 \end{cases}$$

$$= \min \begin{cases} \min\limits_{t_i} c_1(y_1 - t_1 - e_1^*)^2/2, \quad t_1 \leqslant -Y_3 + E^* - e_1^* - e_2^* - t_2 \leqslant D_1 \\ \min\limits_{t_i} (C_3 + c_1/2)\left(t_1 + e_1^* - \dfrac{c_1(y_1 - e_1^*) - C_3(Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^* + t_2) - C_3 t_2}{c_1 + 2C_3}\right)^2 + \\ \qquad \dfrac{c_1(y_1 - e_1^*) C_3(Y_2 - E^* + e_2^* + t_2) - C_3^2(Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^*)^2/2}{c_1 + 2C_3}, \\ \qquad -Y_3 + E^* - e_1^* - e_2^* - t_2 \leqslant t_1 \leqslant y_1 - e_1^* \\ \min\limits_{t_i} C_3 \ t_1 + \left(\dfrac{Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^*}{2}\right)^2 - \dfrac{C_3(Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^*)^2}{4}, \\ \qquad -Y_3 + E^* - e_1^* - e_2^* - t_2 \leqslant D_1 \leqslant t_1 \end{cases} \quad (9)$$

如果 $Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^* + t_2 \geqslant 0$，且

$$-Y_3 + E^* - e_1^* - e_2^* - t_2 \leqslant \frac{-Y_3 + E^* - e_1^* - e_2^* - t_2}{2} \leqslant y_1 - e_1^*$$

则

$$-\frac{Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^* + t_2}{2} \leqslant \frac{c_1(y_1 - e_1^*) - C_3(Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^* + t_2)}{c_1 + 2C_3} \leqslant y_1 - e_1^*$$

因此，通过求解式(9)，求解过程与式(3)类似，可得

$$t_1^* = \frac{c_1(y_1 - e_1^*) - C_3(Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^* + t_2)}{c_1 + 2C_3}$$

如果 $Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^* + t_2 \geqslant 0$，同时

$$D_1 \leqslant -\frac{Y_3-E^*+e_1^*+e_2^*+t_2}{2}$$

$$y_1-e_1^* \leqslant \frac{c_1(y_1-e_1^*)-C_3(Y_3-E^*+e_1^*+e_2^*+t_2)}{c_1+2C_3} \leqslant -\frac{Y_3-E^*+e_1^*+e_2^*+t_2}{2}$$

若此时还满足 $Y_3+E^*-e_2^*-t_2 \leqslant y_1$，则问题(9)的解为

$$t_1^* = -\frac{Y_3-E^*+e_1^*+e_2^*+t_2}{2}$$

如果 $Y_3-E^*+e_1^*+e_2^*+t_2 \leqslant 0$，且

$$-Y_3+E^*-e_1^*-e_2^*-t_2 \leqslant \frac{c_1+C_3}{c_1}(-Y_3+E^*-e_1^*-e_2^*-t_2) \leqslant y_1-e_1^*$$

则有

$$-Y_3+E^*-e_1^*-e_2^*-t_2 \leqslant \frac{c_1(y_1-e_1^*)-C_3(Y_3-E^*+e_1^*+e_2^*)}{c_1+2C_3} \leqslant y_1-e_1^*$$

和

$$-\frac{Y_3-E^*+e_1^*+e_2^*+t_2}{2} \leqslant -Y_3+E^*-e_1^*-e_2^*-t_2 \leqslant y_1-e_1^*$$

成立，于是，得式(9)的解

$$t_1^* = \frac{c_1(y_1-e_1^*)-C_3(Y_3-E^*+e_1^*+e_2^*)}{c_1+2C_3}$$

b. 当 $D_1 \leqslant -D_3-t_2$ 时，式(6)等价于问题

$$\min_{x_i \geqslant 0,\, t_1} \tau_N(t_1,t_2)t_1+c_1x_1^2/2$$

$$=\min\begin{cases}\min\limits_{t_i} c_1(y_1-e_1^*-t_1)^2/2, & t_1 \leqslant y_1-e_1^* \leqslant -Y_3+E^*-e_1^*-e_2^*-t_2\\ \min\limits_{t_i} 0, & y_1-e_1^* \leqslant t_1 \leqslant -Y_3+E^*-e_1^*-e_2^*-t_2\\ \min\limits_{t_i} C_3(Y_3-E^*+e_1^*+e_2^*+t_2+t_1)t_1+0, & y_1-e_1^* \leqslant -Y_3+E^*-e_1^*-e_2^*-t_2 \leqslant t_1\end{cases}$$

$$=\min\begin{cases}\min\limits_{t_i} c_1(y_1-e_1^*-t_1)^2/2, & t_1 \leqslant D_1 \leqslant -Y_3+E^*-e_1^*-e_2^*-t_2\\ 0, & y_1-e_1^* \leqslant t_1 \leqslant -Y_3+E^*-e_1^*-e_2^*-t_2\\ \min\limits_{t_i} C_3\left(t_1+\frac{Y_3-E^*+e_1^*+e_2^*+t_2}{2}\right)^2-\frac{C_3(Y_3-E^*+e_1^*+e_2^*+t_2)^2}{4}, & \\ \quad y_1-e_1^* \leqslant -Y_3+E^*-e_1^*-e_2^*-t_2 \leqslant t_1 & \end{cases} \tag{10}$$

如果 $Y_3-E^*+e_1^*+e_2^*+t_2 \geqslant 0$，同时

$$D_1 \leqslant -Y_3+E^*-e_1^*-e_2^*-t_2 \leqslant -\frac{Y_3-E^*+e_1^*+e_2^*+t_2}{2}$$

则式(10)的解为

$$t_1^* = -\frac{Y_3-E^*+e_1^*+e_2^*+t_2}{2}$$

由于 $Y_3-E^*+e_1^*+e_2^*+t_2 \leqslant 0$，同时 $D_1 \leqslant -Y_3+E^*-e_1^*-e_2^*-t_2$，这说明

$$-\frac{Y_3-E^*+e_1^*+e_2^*+t_2}{2} \leqslant -Y_3+E^*-e_1^*-e_2^*-t_2$$

则式(10)的解是区间$[D_3, -Y_3+E^*-e_1^*-e_2^*-t_2]$.

综上可得，当 $Y_3-E^*+e_1^*+e_2^*+t_2 \geqslant 0$ 时，有

$$t_1^* = \begin{cases}\frac{c_1(y_1-e_1^*)-C_3(Y_3-E^*+e_1^*+e_2^*+t_2)}{c_1+2C_3}, & Y_3-E^*+e_1^*+e_2^*+t_2+2(y_2-e_2^*) \leqslant 0 \quad (11a)\\ \frac{-Y_3+E^*-e_1^*-e_2^*-t_2}{2}, & Y_3-E^*+e_1^*+e_2^*+t_2+2(y_2-e_2^*) \geqslant 0 \quad (11b)\end{cases}$$

当 $Y_3-E^*+e_1^*+e_2^*+t_2 \leqslant 0$ 时，有

$$t_1^* = \begin{cases}\frac{c_1(y_1-e_1^*)-C_3(Y_3-E^*+e_1^*+e_2^*+t_2)}{c_1+2C_3}, & -(Y_3-E^*+e_1^*+e_2^*+t_2)\left(1+\frac{C_3}{c_1}\right) \leqslant D_1 \quad (12a)\\ -Y_3+E^*-e_1^*-e_2^*-t_2, & -(Y_3-E^*+e_1^*+e_2^*+t_2) \leqslant \\ \quad y_1-e_1^* \leqslant -(Y_3-E^*+e_1^*+e_2^*+t_2)\left(1+\frac{C_3}{c_1}\right) & (12b)\\ [y_1-e_1^*,\ -Y_3+E^*-e_1^*-e_2^*-t_2], & Y_3-E^*+e_2^*+t_2+y_1 \leqslant 0 \quad (12c)\end{cases}$$

根据假设2知，$Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^* \geqslant 0$，分别令 $y_1 - e_1^* \leqslant 0$ 和 $y_1 - e_1^* \geqslant 0$，对式(11a)，(11b)和式(12c)进行整理，可以得 S_1 与 S_2 的最优反应函数.

由引理1所给出的 S_1 与 S_2 的最优反应函数可以得到Nash博弈的均衡点(t_1^{**}, t_2^{**}).

引理2　S_1 与 S_2 的Nash博弈均衡价格分别为

a. 当$(2+3C_3/c_2)(e_1^* - y_1) \leqslant y_2 - e_2^* + (1+C_3/c_2)(Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^*)$时，

$$t_1^{**} = \frac{c_1(y_1 - e_1^*)(c_2 + 2C_3) - c_2 C_3(y_2 - e_2^*) - C_2(Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^*)C_2}{c_1 c_2 + 2(c_1 + c_2)C_3 + 3C_3^2}$$

$$t_2^{**} = \frac{-c_1(y_1 - e_1^*)C_3 + c_2(y_2 - e_2^*)(c_1 + 2C_3) - C_3(Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^*)(c_1 + C_3)}{c_1 c_2 + 2(c_1 + c_2)C_3 + 3C_3^2}$$

$$\tau_N(t_1^{**}, t_2^{**}) = \frac{C_3\{c_2(y_2 - e_2^*)(c_1 + C_3) + c_1(y_1 - e_1^*)C_2 + (c_1 + C_3)C_2(Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^*)\}}{c_1 c_2 + 2(c_1 + c_2)C_3 + 3C_3^2}$$

b. 当$(2+3C_3/c_2)(e_1^* - y_1) \geqslant y_2 - e_2^* + (1+C_3/c_2)(Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^*)$时，

$$t_1^{**} = \frac{-c_2(Y_2 - E^* + e_1^*) - C_3(Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^*)}{2c_2 + 3C_3}$$

$$t_2^{**} = \frac{2c_2(y_2 - e_2^*) - C_3(Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^*)}{2c_2 + 3C_3}$$

$$\tau_N(t_1^{**}, t_2^{**}) = \frac{C_3\{c_2(y_2 - e_2^*) + C_2(Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^*)\}}{2c_2 + 3C_3}$$

证明　求解 S_1 与 S_2 最优反应函数的交点，得到Nash均衡时 S_1 与 S_2 的最优交易量. 当$\left(2+\frac{3C_3}{c_2}\right)(e_1^* - y_1) \leqslant y_2 - e_2^* + \left(1+\frac{C_3}{c_2}\right)(Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^*)$时，Nash均衡交易量为式(7a)与式(8a)的交点，而当$\left(2+3\frac{C_3}{c_2}\right)(e_1^* - y_1) \geqslant y_2 - e_2^* + \left(1+\frac{C_3}{c_2}\right)\cdot(Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^*)$时，Nash均衡交易量为式(7b)与式(8a)的交点。在这两种情况下，将 t_1^{**}，t_2^{**} 分别带入式(5)，可以得到

当$\left(2+3\frac{C_3}{c_2}\right)\cdot(e_1^* - y_1) \leqslant y_2 - e_2^* + \left(1+\frac{C_3}{c_2}\right)(Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^*)$时，

$$\tau_N(t_1^{**}, t_2^{**}) = C_3(Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^* + t_1^{**} + t_2^{**}) =$$
$$C_3\left\{Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^* + \frac{c_1(y_1 - e_1^*)(c_2 + 2C_3) - c_2 C_3(y_2 - e_2^*) - C_2(Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^*)C_2}{c_1 c_2 + 2(c_1 + c_2)C_3 + 3C_3^2} + \right.$$
$$\left.\frac{-c_1(y_1 - e_1^*)C_3 + c_2(y_2 - e_2^*)(c_1 + 2C_3) - C_3(Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^*)(c_1 + C_3)}{c_1 c_2 + 2(c_1 + c_2)C_3 + 3C_3^2}\right\} =$$
$$\frac{C_3\{c_2(y_2 - e_2^*)(c_1 + C_3) + c_1(y_1 - e_1^*)C_2 + (c_1 + C_3)(C_2\ Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^*)\}}{c_1 c_2 + 2(c_1 + c_2)C_3 + 3C_3^2}$$

而当$\left(2+\frac{3C_3}{c_2}\right)(e_1^* - y_1) \geqslant y_2 - e_2^* + \left(1+\frac{C_3}{c_2}\right)(Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^*)$时，

$$\tau_N(t_1^{**}, t_2^{**}) = C_3(Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^* + t_1^{**} + t_2^{**}) = C_3\left\{Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^* + \right.$$
$$\left.\frac{-c_2(y_2 + Y_3 - E^* + e_1^*) - C_3(Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^*)}{2c_2 + 3C_3} + \frac{2c_2(y_2 - e_2^*) - C_3(Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^*)}{2c_2 + 3C_3}\right\} =$$
$$\frac{C_3\{c_2(y_2 - e_2^*) + C_2(Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^*)\}}{2c_2 + 3C_3}$$

引理2得证.

现证明命题1.

证明　根据假设 1,N 是一个充分大的自然数,显然,$C_3 \equiv (\sum_{i=1}^{N} c_i^{-1})^{-1}$ 是一个相对于 c_i 的无穷小量,即 $C_3 = o(c_i)$,因此,可以取 $C_3 \approx 0$. 由式(4),完全竞争状态下的市场价格为

$$\tau_c = \frac{c_1 c_2 C_3 (Y_3 + y_1 + y_2 - E^*)}{c_1 c_2 + (c_1 + c_2)(Y_3 + e_1^* + e_2^* - E^*)}$$

再根据引理 2 给出的均衡价格,可得

a. 当 $\left(2 + 3\frac{C_3}{c_2}\right)(e_1^* - y_1) \leqslant y_2 - e_2^* + \left(1 + \frac{C_3}{c_2}\right)(Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^*)$ 时,

$$\frac{\tau_N}{\tau_c} = \frac{C_3 \{c_2(y_2 - e_2^*)(c_1 + C_3) + c_1(y_1 - e_1^*)C_2 + (c_1 + C_3)C_2(Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^*\}}{c_1 c_2 + 2(c_1 + c_2)C_3 + 3C_3^2} \cdot \frac{c_1 c_2 + (c_1 + c_2)C_3}{c_1 c_2 C_3 D_1}$$

根据 $C_3 \approx 0$,有 $-2(y_1 - e_1^*) \leqslant y_2 + Y_3 - E^* + e_1^*$,且

$$\frac{\tau_N}{\tau_c} \cong \frac{c_1 c_2 (y_2 - e_2^*) + c_1 c_2 (y_1 - e_1^*) + c_1 c_2 (Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^*)}{c_1 c_2} \cdot \frac{c_1 c_2}{c_1 c_2 (Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^*) + c_1 c_2 (y_1 - e_1^*) + c_1 c_2 (y_2 - e_2^*)} = 1$$

b. 当 $\left(2 + 3\frac{C_3}{c_2}\right)(e_1^* - y_1) \geqslant y_2 - e_2^* + \left(1 + \frac{C_3}{c_2}\right)(Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^*)$ 时,

$$\frac{\tau_N}{\tau_c} \cong \frac{c_2(y_2 - e_2^*) + c_2(Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^*) + C_3(Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^*)}{2c_2 + 3C_3} \cdot \frac{c_1 c_2 + (c_1 + c_2)C_3}{c_1 c_2((Y_3 - E^* + e_1^* + e_2^*) + y_1 - e_1^* + y_2 - e_2^*)}$$

根据 $C_3 \approx 0$,有 $y_2 + Y_3 - E^* + e_1^* \leqslant -2(y_1 - e_1^*)$,且

$$\frac{\tau_N}{\tau_c} \cong \frac{1}{2} \frac{y_2 + Y_3 - E^* + e_1^*}{Y_3 - E^* + y_1 + y_2} \equiv \frac{1}{2} \frac{\sum_{i=1}^{N} y_i - y_1 - e_1^*}{\sum_{i=1}^{N} y_i - E^*}$$

命题 1 得证.

命题 1 给出了一个重要的结论. 首先,市场价格是否与竞争价格的水平相一致完全依赖于 S_1 初始水权剩余量的绝对值是否超过了整个交易市场水权缺少量的绝对值,即如果 $\sum_{i=1}^{N} y_i - E^* \geqslant -(y_1 - e_1^*)$,则 $\tau \cong \tau_c$;如果 $\sum_{i=1}^{N} y_i - E^* < -(y_1 - e_1^*)$,则 $\tau > \tau_c$. 也即,如果 S_1 想获得市场支配力,那么他所拥有的剩余的初始水权必须超过一个界限或者说是阀值. 可见,S_1 所拥有的初始水权的数量直接影响着市场价格与竞争价格的偏离程度. 假设 4 所给出的 Nash 均衡在决定市场均衡中没有起到重要的作用,这是由于假设 1 中所定义的 N 是充分大,当市场中的参与者数量较少的时候,博弈的效应就将消失. 成本参数在式(1)中并没有出现,可见成本和市场价格与竞争价格的偏离无关.

在假设 2 中没有规定除了 S_1 和 S_2 的用户的 $y_i - e_i^*$ 的正负,任何一个用户想获得市场支配力的一个必要条件就是首先要拥有剩余的初始水权. 事实上,S_2 不可能具有市场支配力,因为,他也是一个潜在的买家. 此外,如果他想成为拥有市场支配力,那么他的初始水权的数量必须超过上述的阀值,也就是说,想要具有市场支配力的用户得到的初始水权不但要大于他所需要的量,同时剩余的数量的绝对值还必须大于市场总的水权的缺少量.

可以将上述结论用来预测我国未来的水权交易市场可能会遇到的情况. 正如前面所提到的,目前水权市场一般都是以流域为范围进行界定,由于水权的初始分配,水资源相对丰富区域而用水量相对较少的某个用户将会成为本质上的卖家,即 S_1,水资源相对匮乏而用水量大区域的某个用户将会成为潜在的买家,即 S_2;另一方面,如果卖家所拥有的剩余的水权数量的绝对值未能超过流域内所拥有的用户净缺水总量,那么即使他们拥有剩余的水权,这些地区仍然不能拥有市场支配力. 值得指出的是,虽然每一个市场参与者拥有的剩余的水权的数量是有限的,但是,多个参与者可以通过协商组成联盟,他们的剩余的水权的总量一旦超过了这个阀值,该联盟就可以拥有市场支配力. 命题 1 同时也提供了判断水权市场有效性的方法,即只要通过简单的计算,检验是否有某个用户分配得到的初始水权绝对剩余量超过了市场水权的总的缺少量.

式(1)给出了市场价格与竞争价格比值 τ/τ_c 完全依赖于水权的初始分配,以及有效市场支配力的

出现有一个阀值这两个结论,这无论在理论上还是在实践中都具有重要意义.水权的竞争价格可以通过式(13)直接计算.

$$\tau_c=\left(\sum_{i=1}^{N}c_i^{-1}\right)^{-1}\left(\sum_{i=1}^{N}y_i-E^*\right) \tag{13}$$

可见,此时 τ_c 与水权的初始分配无关,而是依赖于 $y_i-e_i^*$ 的和,并且与每个用户的节水成本函数有关.

2.2 “丰水市场”的水权价格

现分别考虑市场参与者的总需水量小于或者等于流域供水总量的情况.这就意味着市场中存在着剩余的水权,在这种情况下有命题2成立.

命题2 假设市场中有剩余的水权,结合假设1～5,市场价格近似等于排除掉 S_1 的市场的竞争价格的一半.

命题2可以表示为

$$\frac{\tau}{\tau'_c}\cong\frac{1}{2}$$

其中

$$\tau'_c=\left(\sum_{i=1}^{N}c_i^{-1}\right)^{-1}\left(\sum_{i=1}^{N}y_i-E^*\right)$$

证明 命题2的已知条件与命题1唯一不同之处是,前者假设 $D_1\geqslant 0$,前面已经证明了此时 $\tau_c=0$,其余部分的证明与命题1的证明类似,这里不再重复.Nash均衡价格可以由引理2求得.

不计市场中 S_1 拥有的剩余的水权,那么该市场中水权的净缺少量为 $\sum_{i=2}^{N}(y_i-e_i^*)\equiv Y_2-E^*+e_1^*$,与求解式(3)过程类似,可以求得这个市场的竞争价格

$$\tau'_c=C_2(Y_3-E^*+e_1^*+e_2^*)=\frac{c_2C_3}{c_2+C_3}(Y_2-E^*+e_1^*) \tag{14}$$

再由假设 $D_1\leqslant 0$ 以及引理2中已说明的当 N 足够大时 $C_3\approx 0$,有

$$\frac{\tau_N}{\tau_c}=\frac{c_2+C_3}{2c_2+3C_3}\cdot\frac{c_2(y_2-e_2^*)+c_2(Y_3-E^*+e_1^*+e_2^*)+C_3(Y_3-E^*+e_1^*+e_2^*)}{c_2(Y_2-E^*+e_1^*+y_2)}\cong\frac{1}{2}$$

于是,命题2得证.

根据命题2可以估计存在垄断力的市场的水权价格.在具体应用时,政策制订者应该遵循下面的步骤:a.首先将某个水权市场水权总量中剩余的量排除在外;b.请能源经济专家估算市场的边际削减成本;c.将所得估算值除以2.

3 数值例子

假设某流域供水机构的总可供水量为136亿 m^3,实际总需求为128亿 m^3,净缺水量为8亿 m^3,流域上有20个用户,分别记为 $A_1,A_2,\cdots,A_{20}$,其中,A_1 的剩余的水权数量最大,为9亿 m^3,A_2 剩余的水权数量为2亿 m^3.假设 A_1 是最大的市场决定者,并且愿意控制市场,则

$$\frac{\tau}{\tau_c}\cong 1+\max\left\{\frac{1}{2}\left(\frac{9}{8}-1\right),0\right\}=1.0625$$

考虑 A_1,A_2 联盟,则有

$$\frac{\tau}{\tau_c}\cong 1+\left\{\frac{1}{2}\left(\frac{11}{8}-1\right),0\right\}=1.375$$

显然,此时市场价格对竞争价格的偏离更大.假设所有市场参与者总的缺水总量为12亿 m^3,并且他们愿意结成联盟,控制市场,则

$$\frac{\tau}{\tau_c}\cong 1+\left\{\frac{1}{2}\left(\frac{12}{8}-1\right),0\right\}=1.5$$

市场价格与竞争价格也有很大偏差,可见,当“市场决定者”的净剩余或者缺少的水权数量与整个市场的水权的净缺少量相差越多,市场价格与竞争价格的偏离就越大.而根据命题2,任意几个用户,无论他们单独或者联盟,市场价格不偏离竞争价格的前提条件是市场水权的净缺少量大于等于他们总的水权净剩余量或者净缺少量.

4 结论与展望

通过水权交易市场的配置,水权将逐渐从用水效率低的用户向用水效率高的用户转移,从而提高整个社会的用水效率,增加整个社会的福利.水权市场机制已经无容置疑地成为水资源优化合理配置的有效手段,但是,由于市场的特性,垄断力的出现很多情况下在所难免,水权市场也是如此.本文证明了初始水权分配是影响市场力的一个重要因素.本文建立了一个有大量受管制的用户参与的水权交易市场模型,并且得出了市场参与者拥有市场力的必要条件.本文的研究表明,当初始水权分配满足一定的条件的时候,可以使某些参与者具有市场支配力,从而由这些参与者所设置的市场价格使他们在市场中绝对受益.而市场力的出现存在一个阀值,如果分配给一个参与者的水权的净剩余量超过市场中水权的缺少量,这个参与者就可以具有市场支配力.通过命

题 1 和命题 2,又进一步给出了可以估计市场价格对竞争价格偏离程度的公式,这些公式清晰地说明了市场价格与竞争价格的比率完全依赖于水权的初始分配以及阀值.这些公式简洁明了,对于政策制订者来说是一个非常有用的工具,可以直接用来计算市场支配力所引起的市场价格扭曲情况.

作者认为实施水权交易体制,首要的 3 件事情就是制定流域总量控制的目标、合理分配初始水权以及交易市场的监管.这里的总量应该是参与交易的量,并非全部的水资源,是在满足流域内基本人类生活和自然生态需要之外的生产性水资源,总量控制目标的合理制定关系着流域可持续发展目标的实现.初始水权的合理分配以及定价问题则对总的环境政策和维持水权交易市场的正常运转是非常重要的,还有待于更深入的探讨和研究.

参考文献:

[1] 尹云松,孟枫平,糜仲春.流域水资源数量与质量分配双重冲突的博弈分析[J].数量经济技术经济研究,2004,21(1):136-140.

[2] 刘文强,孙永广,顾树华,等.水资源分配冲突的博弈分析[J].系统工程理论与实践,2002,22(1):16-25.

[3] 冯文琦,纪昌明.水资源优化配置中的市场交易博弈模型[J].华中科技大学学报(自然科学版),2006,34(11):83-85.

[4] 汪恕诚.水权与水市场——谈实现水资源优化配置的经济手段[J].中国水利,2000,50(11):6-9.

[5] Home C W, Schurmeier D R, Shaw W D. Innovative approaches to waterallocation: the potential for water markets [J]. Water Resources Research, 1986, 22(4): 439-445.

[6] Nicolaisen J, Petrov V, Tesfatsion L. Market power and efficiency in acomputational electricity market with discriminatory double auction pricing[J]. IEEE Trans on Evolutionary Computation, 2001, 5(5): 504-523.

[7] 李晶,王晓娟,王教河,等.松辽流域初始水权分配原则研究[J].中国水利,2005,55(9):8-10.

[8] 佟金萍,王慧敏,牛文娟.流域水权初始分配系统模型[J].系统工程,2007,25(3):106-111.

[9] 戴天晟,赵文会,顾宝炎,等.基于实物期权理论的水权价值评估模型[J].系统工程,2009,27(5):67-71.

[10] Clarke F H, Ledyaev Y S, Stern R J. Nonsmooth analysis and control theory [M]. New York: Springer-Verlag, 1998.

(上接第 38 页)

[3] Frankel J A, Rose A K. Is EMU justifiable ex post than en ante[J]. European Economics Review, 1997, 41(3/4/5): 753-760.

[4] Anderson H M, Kwark N S, Vahid F. Does international synchronize business cycle [D]. Clayton: Monash University, 1999.

[5] Namini J. International business cycle transmission in a dynamic multi-sectoral Heckscher-Ohlin model[M]. New York: Physica-Verlag Heidelberg, 2005.

[6] 马晓野,刘明兴.我国国际贸易波动分析的理论框架[J].国际贸易问题,2001(7):21-27.

[7] 宋玉华,高莉.世界经济周期的贸易传导机制[J].世界经济研究,2007(3):19-25.

[8] 闫逢柱,苏李,田国英.中国出口贸易增长波动的实证分析——基于经济周期视角[J].当代财经,2009(10):99-104.

[9] 高运胜,路宝群.中国对美出口与美国 GDP 增长的相关性分析[J].国际贸易问题,2004(1):45-48.

[10] 张兵.中美经济周期的同步性及其传导机制分析[J].世界经济研究,2006(10):31-38.

[11] 李天德,宗建亮,熊豪.世界经济波动的贸易传导与影响——以美国为例的实证分析[J].贵州财经学院学报,2008(1):15-19.

[12] 冯永琦.中美经济波动的国际贸易传导机制实证分析[J].当代财经,2009(4):91-95.

[13] 彭斯达,陈继勇.中美经济周期的协动性研究:基于多宏观经济指标的综合考察[J].世界经济,2009(2):37-45.

[14] 张建清,魏伟.金融危机下中国对美出口贸易波动分析——基于中美应对危机政策的视角[J].世界经济研究,2010(3):56-60.

[15] 张庆君.基于经济周期理论的我国出口贸易波动特征分析[J].国际经贸探索,2007,23(7):23-27.

[16] 薛敬孝,张兵.论东亚地区经济周期的同步性与非同步性[J].南开经济研究,2001(4):3-10.

[17] 秦彦.中国经济周期的划分——三种单变量划分方法的比较[J].现代经济信息,2010(24):6-8.

[18] Hodrick R J, Prescott E C. Postwar U. S. business cycle: an empirical investigation[J]. Journal of Money, Credit, and Banking, 1997, 29(1): 1-19.

[19] Cogley T, Nason J M. Effects of the Hodrick-Prescott filter on trend and difference stationary time series implication for business cycle research[J]. Journal of Economic Dynamics and Control, 1999, 19(1/2): 253-278.

[20] 高铁梅.计量经济分析方法与建模[M].北京:清华大学出版社,2005.