

非对称信息下城市生活用水水价机制

于洪涛¹ 吴泽宁² 郭瑞丽²

(1. 华北水利水电学院水利学院 河南 郑州 450011 ; 2. 郑州大学水利与环境学院 河南 郑州 450002)

摘要 利用信息经济学委托-代理理论,结合城市供水行业自然垄断性的特点,设计了一种激励相容的城市生活用水水价机制,将价格定在边际成本上,并对成本进行补贴。该机制不仅可以使供水企业如实申报经营成本,还有降低成本的激励作用。

关键词 城市生活用水 水价 非对称信息 激励相容机制

中图分类号 :F299.23 **文献标识码** :A **文章编号** :1006-7647(2010)05-0033-04

Water price mechanism of urban domestic water under asymmetric information//YU Hong-tao¹, WU Ze-ning², GUO Rui-li²(1. School of Water Conservancy, North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou 450011, China; 2. School of Environment and Water Conservancy Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract : By means of the principal-agent theory of information economics, according to the characteristics of natural monopoly of urban water supply industry, an incentive-compatible water price mechanism of urban domestic water based on marginal supply cost and exogenous subsidy was designed. This mechanism may lead to actual report of operating cost by water supply companies and has the incentive function in cost reduction.

Key words : urban domestic water ; water price ; asymmetric information ; compatible incentive mechanism

城市供水行业属于典型的自然垄断产业,生活用水的准公共产品属性决定其价格需要管制,管制的目的是实现供水市场的公开、公平、公正,保护及协调供水企业和用户的权益。根据经济学理论,要在资源分配中实现帕累托效率,应把价格定在边际成本上,但由于城市供水行业具有典型的规模经济效应,在一定范围内表现为供水边际成本曲线总是向右下方倾斜,致使边际成本低于平均成本,从而按照边际成本定价会使供水企业发生亏损。因此,城市生活用水的最优控制价格是将水价设定在平均成本之上,避免供水企业亏损。

在现实的管制政策中,城市供水水价的制定是以供水企业向管制者提出的供水成本为依据加上一定的利润形成的。但是,成本是供水企业的私有信息,企业追求利润最大化的目标会使企业利用成本信息上的优势去欺骗管制者,即会虚报成本。那么管制者以企业所虚报的成本为依据所制定的政策可能就会偏离社会福利最大化的管制目标。在价格管制过程中,这种供水企业与管理者、用水户之间的信息不对称,会影响水资源配置中社会福利的改善。因此,需要设计一种机制来有效地解决这种不完全信

息问题。笔者以不完全信息委托-代理理论为基础,提出一种适合城市供水的水价定价机制。

1 非对称信息下委托-代理理论分析框架

非对称信息是指行为人之间的信息不对等,即某些参与者拥有信息,但另外一些参与者不拥有信息。通常将拥有信息较多的一方称为代理人,将拥有信息较少的一方称为委托人。在信息不对称的情况下,委托人和代理人的目标函数通常是不一致的。因此,委托人面临的问题是如何根据观察到的结果来奖惩代理人,以激励其选择对委托人最有利的行动^[1]。

本文利用莫里斯(Mirrlees)和霍姆斯特姆(Holmstrom)提出的分布函数参数化方法对上述问题进行探讨。委托-代理模型可表示如下^[1]:

设 A 表示代理人所有的可供选择的行动组合, $a(a \in A)$ 表示代理人的一个特定行动。 B 是不受代理人和委托人控制的外生随机变量, Θ 是 B 的取值范围, B 在 Θ 上的分布函数为 $G(B)$ 。在代理人选择行动 a 后,外生变量 B 实现。 a 和 B 共同决定一个可观测的结果 $x(a, B)$ 和一个货币收入函数(产出) $\pi(a, B)$ 。 $\pi(a, B)$ 是 a 的严格递增的凹函

作者简介:于洪涛(1973—),男,河南临颍人,博士,从事工程经济及水资源管理研究。E-mail:zyjht@126.com

数(表示为给定 B , 代理人的工作越努力则产出越高, 但努力的边际产出率递减), $\pi(a, B)$ 是 B 的严格增函数(较高的 B 代表着较有利的自然状态)。委托人的问题是设计一个激励合同 $s(x)$ 根据观测到的 x 对代理人进行奖惩。最优行动的标准有 3 条: 使委托人的收益尽可能高; 使代理人的收益尽可能高; 使委托人和代理人的收益之和尽可能高。

假定委托人的期望效用函数为 $U[\pi - s(x)]$, 代理人的期望效用函数为 $U[s(x) - c(a)]$, c 代表采取行动 a 的成本; 委托人和代理人都是风险规避者或风险中性者, 努力的边际负效用是递增的, 即 $V' > 0, V'' \leq 0; U' > 0, U'' \leq 0; c' > 0, c'' > 0$ 。委托人和代理人的利益冲突首先来自假设 $\frac{\partial \pi}{\partial a} > 0$ 及 $c' > 0$: $\frac{\partial \pi}{\partial a} > 0$ 意味着委托人希望代理人多努力, 而 $c' > 0$ 表示代理人希望少努力。因此, 只有委托人能对代理人提供足够的激励, 才能使代理人如委托人希望的那样努力工作。

设 $f(x, \pi, a)$ 为从原分布函数 $G(B)$ 中导出的密度函数, 同时假定 $G(B), x(a, B), \pi(a, B), U[\pi - s(x)], U[s(x) - c(a)]$ 都是共同知识。委托人的目标是通过选择 a 和 $s(x)$, 实现期望效用最大化, 即

$$\max_{a, s(x)} \int_{-\infty}^{+\infty} U[\pi - s(x)] f(x, \pi, a) dx \quad (1)$$

但是, 委托人在希望获得期望效用最大化时, 面临着来自代理人的 2 个约束。第 1 个是参与约束 (IR), 又称个人理性约束, 即代理人接受委托人设计的机制的条件是, 代理人在该机制下得到的期望效用不小于其不接受该设计机制所能得到的最大期望效用(称为保留效用, 用 $\bar{U}$ 表示, 是由代理人所面临的其他市场机会所决定)。IR 的数学表达式如下:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} U[s(x)] f(x, \pi, a) dx - c(a) \geq \bar{U} \quad (2)$$

第 2 个是激励约束 (IC), 是指当代理人选择委托人所希望的行动得到的期望效用不小于其选择其他行动所得到的期望效用时, 代理人才会选择委托人所希望的行动。设 a 是委托人希望的行动, $a' \in A$ 是代理人可选择的任何行动。IC 的表达式如下:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} U[s(x)] f(x, \pi, a) dx - c(a) \geq \int_{-\infty}^{+\infty} U[s(x)] f(x, \pi, a') dx - c(a') \quad (\forall a' \in A) \quad (3)$$

满足 IR 的机制称可行机制, 满足 IC 的机制称可实施机制, 两者都满足的机制称可行的可实施机制。只有在同时满足这 2 个条件时, 委托人才可能得

到代理人的积极合作。

2 非对称信息下城市生活用水的管制定价模型

2.1 模型描述

利用巴龙等的机制^[2] 构建非对称信息下城市生活用水定价模型, 对模型建立的前提进行如下假设:

a. 成本虚报动机假设。假设供水企业知道供水的成本函数, 相对于管制者而言, 其在成本信息的掌握上具有优势, 并存在利用信息优势欺骗管制者从而获得较高收益的潜在动机。

b. 供水企业的成本函数为 $C(q, \theta)$, 固定成本 $F_C = a_0 + a_1 \theta$, 边际成本 $V_C = (b_0 + b_1 \theta)q$ 。其中, q 是供水数量, θ 是供水成本参数。供水企业知道 θ 的值, 而 θ 对于管制者是个未知参数。企业成本函数对于 q 和 θ 是双元线性的:

$$C(q, \theta) = (a_0 + a_1 \theta) + (b_0 + b_1 \theta)q \quad (q > 0; a_0, a_1, b_0, b_1 \geq 0) \quad (4)$$

c. 虽然管制者在成本信息拥有上占劣势, 但管制者了解企业成本参数的先验概率^[2], 即管制者知道 θ 的取值区间为 $[\theta_1, \theta_2]$, 相应的概率分布的密度函数与累积分布函数分别为 $f(\theta)$ 和 $F(\theta)$, 在区间 $[\theta_1, \theta_2]$ 上 $f(\theta)$ 为 θ 的连续函数, 且 $f(\theta) > 0$ 。

d. 用水需求是确定的, 需求函数是管制者和供水企业的共同知识, 即供水企业和管制者都准确知道市场需求的信息, 并且双方都知道对方知道需求信息。

e. 管制者面对的主要问题是选择政策工具促使企业真实地申报成本, 管制者可以选择的基本政策工具有 4 个: 允许供水企业经营的概率、供水价格、供水数量以及预期补贴 (或税收)。当 $\hat{\theta}$ 为供水企业所报告的成本参数时, $r(\hat{\theta}), p(\hat{\theta}), q(\hat{\theta})$ 及 $s(\hat{\theta})$ 分别为管制者允许供水企业经营的概率、供水价格、供水量及预期补贴 (或税收), 且满足 ① 管制者允许供水企业经营的概率 $r(\hat{\theta})$ 根据企业呈报成本参数是否对社会有利决定, 若 $\hat{\theta} \in [\theta_1, \theta_2]$, 企业经营是对社会有利的, 则 $r(\hat{\theta}) = 1$; 反之, $r(\hat{\theta}) = 0$ 。② 市场是高效的, 水价、供水量关系要满足市场的均衡条件, 即 $p(\hat{\theta}) = P(q(\hat{\theta}))$ 。

在上述假设下, 对于某一给定的管制政策 $(r(\theta), p(\theta), q(\theta), s(\theta))$, 供水企业真实申报成本情况下所能获得的预期利润等于预期的经营利润与预期的补贴之和:

$$\pi(\theta) = [p(\theta)q(\theta) - (a_0 + a_1 \theta) - (b_0 + b_1 \theta)q(\theta)] + s(\theta) \quad (5)$$

供水企业真实的成本参数为 θ , 但所申报的成本参数为 $\hat{\theta}$, 即供水企业假报成本时, 若 $\hat{\theta} \notin [\theta_1, \theta_2]$, 则 $r(\hat{\theta}) = 0$, 管制者不允许供水企业供水。以下只考虑 $\hat{\theta} \in [\theta_1, \theta_2]$ 的情况。 $r(\theta) = r(\hat{\theta}) = 1$ 表示允许供水企业经营, 此时能获得的预期利润为

$$\pi(\theta, \hat{\theta}) = [p(\hat{\theta})q(\hat{\theta}) - (a_0 + a_1\theta) - (b_0 + b_1\theta)q(\hat{\theta})] + s(\hat{\theta}) \quad (6)$$

此时管制政策的核心是保证企业不虚报成本而寻找政策, 使得在理性约束条件 $\pi(\theta) \geq 0$ 下, 对于任意的 $\theta \in [\theta_1, \theta_2]$ 有 $\pi(\theta) = \max \pi(\theta, \hat{\theta})$ 成立。

2.2 机制的设计

城市供水工程投资形成的资产具有典型的资产专用性, 即不供水就没有其他用途, 也带不来效益, 因此, 参与约束是容易满足的。而就激励相容约束而言, 要使虚报成本的收益不高于真实呈报成本所获取的收益, 需要借助于外生机制(补贴或税收)来满足激励的要求^[3]。

生活用水价格管制政策中, 由于可行政策本身能够保证供水企业所申报成本参数的真实性, 那么管制者在实施价格管理时应使价格等于边际成本, 以实现水资源的最优配置。相应地, 供水量由价格得到, 即 $q(\theta) = q(p(\theta))$ 。问题的关键是给出相应的补贴机制, 使管制政策是可行的。补贴是政府为履行其社会经济职能, 用财政资金对企、事业单位和居民给予的无偿性资助^[4], 在非对称信息条件下, 采用补贴可以使供水企业真实呈报成本, 使供水价格水平相对降低, 增加社会需求, 从而提高社会福利总额^[5]。

可以证明, 当管制政策满足约束条件(式(7)~(10))时, 管制政策是可行的。

$$r(\theta) = 1 \quad (7)$$

$$p(\theta) = b_0 + b_1\theta \quad (8)$$

$$q(\theta) = q(p(\theta)) \quad (9)$$

$$s(\theta) = a_0 + a_1\theta + \int_{\theta}^{\theta_2} [b_1q(\theta) + a_1]d\theta \quad (10)$$

从式(10)的结构来看, 补贴分为 2 个部分:

① $a_0 + a_1\theta$ 是对固定成本的补贴, 由于 a_0 是管制者确切知道的固定成本, 因此, 对于确切知道的部分应给予完全的补贴, 补贴规模为 a_0 ; 另一部分为管制者不能确定的部分, 这部分补贴的规模取决于管制者的信息量, 特别是成本上限。② $\int_{\theta}^{\theta_2} [b_1q(\theta) + a_1]d\theta$ 是对边际成本的补贴, 补贴的规模为供水运营商所申报的成本参数 θ , 管制者所掌握的最高成本参数 θ_2 , 参数 a_1, b_1 以及需求函数 q 所围成的面积。

下面对管制政策的可行性进行证明。当供水企

业呈报成本参数为真实成本, 并且 $\theta \in [\theta_1, \theta_2]$ 时, 管制者允许供水企业从事经营, 式(7)成立。将式(8)~(10)代入式(5)并化简, 可以得到预期利润为

$$\pi(\theta) = \int_{\theta}^{\theta_2} [b_1q(\theta) + a_1]d\theta \quad (\pi(\theta_2) = 0) \quad (11)$$

同样, 当供水企业的真实成本参数为 θ , 假报成本为 $\hat{\theta}$, 并且 $\hat{\theta} \in [\theta_1, \theta_2]$ 时, 管制者允许供水企业从事经营, 式(7)成立。将式(8)~(10)代入式(6)并化简, 可以得到预期利润为

$$\pi(\hat{\theta}, \theta) = \int_{\hat{\theta}}^{\theta_2} [b_1q(\theta) + a_1]d\theta + [b_1q(\hat{\theta}) + a_1](\theta_2 - \theta) \quad (12)$$

再将真实申报成本时的利润与申报虚假成本时的利润进行比较:

$$\pi(\theta) - \pi(\hat{\theta}, \theta) = -[b_1q(\hat{\theta}) + a_1](\hat{\theta} - \theta) - \int_{\hat{\theta}}^{\theta} [b_1q(\theta) + a_1]d\theta \quad (13)$$

由积分中值定理, 式(13)可以进一步表述为

$$\begin{aligned} \pi(\theta) - \pi(\hat{\theta}, \theta) = & -[b_1q(\hat{\theta}) + a_1](\hat{\theta} - \theta) + \\ & [b_1q(\xi) + a_1](\hat{\theta} - \theta) = \\ & b_1[q(\hat{\theta}) - q(\xi)](\theta - \hat{\theta}) = \\ & \Delta\pi \end{aligned} \quad (14)$$

在式(14)中, ξ 介于 θ 和 $\hat{\theta}$ 之间, 因为价格函数 $p(\theta)$ 是成本参数 θ 的非递减函数, 销售量函数 $q(\theta)$ 是价格 $p(\theta)$ 的非递增函数, 所以 $q(\theta)$ 是 θ 的非递增函数。因此, 当 $\hat{\theta} > \theta$ 时, $\xi \leq \hat{\theta}$, $q(\hat{\theta}) - q(\xi) \leq 0$, $\Delta\pi \geq 0$; 同样, 当 $\hat{\theta} < \theta$ 时, $\xi \geq \hat{\theta}$, $q(\hat{\theta}) - q(\xi) \geq 0$, $\Delta\pi \geq 0$, 说明真实呈报成本的收益大于虚报成本的收益。所以, 当满足约束条件(式(7)~(10))时, 水价管制政策是可行的。

3 模拟计算

通常情况下, 城市供水工程为已建工程, 供水的固定成本可以认为已知, 假设供水企业真实的成本参数为 θ , 申报的成本参数为 $\hat{\theta}$, 则 $\theta, \hat{\theta} \in [\theta_1, \theta_2]$ 。为了简化模型, 但不失一般性, 令 $b_0 = a_1 = 0, b_1 = 1$, 成本函数为 $c(q, \hat{\theta}) = a_0 + q\hat{\theta}$ 。设某供水企业供水成本参数 θ 在区间 $[\theta_1, \theta_2]$ 上服从均匀分布, 密度函数为 $f(\theta) = 1/(\theta_2 - \theta_1)$, 需求函数为 $q(\theta) = \alpha - \beta p$, $\alpha > 0, \beta > 0$ 。

将 $\hat{\theta}$ 代入式(7)~(10)并化简, 可得允许供水企业经营的概率 $r(\hat{\theta}) = 1$, 供水价格 $p(\hat{\theta}) = \hat{\theta}$, 供水量 $q(\hat{\theta}) = q(p(\hat{\theta}))$, 供水企业所能得到的补贴 $s(\hat{\theta}) = a_0 + \int_{\hat{\theta}}^{\theta_2} q(\theta)d\theta = a_0 + \alpha(\theta_2 - \hat{\theta}) + \frac{1}{2}(\alpha\theta_2^2 - \hat{\theta}^2)$ 。

表 1 供水企业供水收益(利润)模拟计算结果

亿元

$\hat{\theta}$	$\theta = 0.25$	$\theta = 0.30$	$\theta = 0.35$	$\theta = 0.40$	$\theta = 0.45$	$\theta = 0.50$
0.200	0	0	0	0	0	0
0.225	1.15594	0.91719	0.67844	0.43969	0.20094	-0.03780
0.250	1.15625	0.91875	0.68125	0.44375	0.20625	-0.03130
0.275	1.15594	0.91969	0.68344	0.44719	0.21094	-0.02530
0.300	1.15500	0.92000	0.68500	0.45000	0.21500	-0.02000
0.325	1.15344	0.91969	0.68594	0.45219	0.21844	-0.01530
0.330	1.15305	0.91955	0.68605	0.45255	0.21905	-0.01450
0.350	1.15125	0.91875	0.68625	0.45375	0.22125	-0.01130
0.375	1.14844	0.91719	0.68594	0.45469	0.22344	-0.00780
0.400	1.14500	0.91500	0.68500	0.45500	0.22500	-0.00500
0.425	1.14094	0.91219	0.68344	0.45469	0.22594	-0.00280
0.450	1.13625	0.90875	0.68125	0.45375	0.22625	-0.00120
0.475	1.13094	0.90469	0.67844	0.45219	0.22594	-0.00030
0.500	1.12500	0.90000	0.67500	0.45000	0.22500	0
0.525	0	0	0	0	0	0

由式(12)可得供水企业虚报成本所得利润为

$$\pi(\hat{\theta}, \theta) = \int_{\hat{\theta}}^{\theta_2} q(\theta) d\theta + q(\hat{\theta})(\hat{\theta} - \theta) =$$
$$\alpha(\theta_2 - \theta) + \beta\theta\hat{\theta} - \frac{1}{2}\alpha(\theta_2^2 + \hat{\theta}^2) \quad (15)$$

解函数 $\pi(\hat{\theta}, \theta)$ 在 $[\theta_1, \theta_2]$ 上取最大值的一阶条件, 可得: 当 $\hat{\theta} = \theta$ 时供水利润最大。也就是说, 在供水企业真实成本为 θ 、申报成本参数为 $\hat{\theta}$ 的情况下, 供水企业要实现自身收益最大化的条件是 $\hat{\theta} = \theta$, 即真实地呈报供水成本。

设管制者预先设定的成本先验区间 $[0.25, 0.5]$, $\alpha = 5, \beta = 1$, 则 $q(\theta) = 5 - p$, 供水企业申报成本 $\hat{\theta}$ 按照随机数处理, 对供水企业供水收益函数:

$$\pi(\hat{\theta}, \theta) = \alpha(\theta_2 - \theta) + \beta\theta\hat{\theta} - 0.5\alpha(\theta_2^2 + \hat{\theta}^2) =$$
$$\theta\hat{\theta} - 5\theta - 0.5\hat{\theta}^2 + 2.375 \quad (16)$$

进行模拟计算, 结果见表 1。由模拟计算结果可知, 只有当供水企业真实申报成本参数时可以获得最大利润。如当供水企业的经营成本参数为 0.400 时, 真实申报成本参数所获得的经营利润为 0.4550, 其他无论高报或者少报所获得的利润都小于真实申报时的利润。

4 结 语

生活用水价格管制的基本思想有 2 个: ①水价要充分体现生活用水的准公共产品属性, 以保证公民的基本用水权利得以实现; ②不允许供水企业利用垄断优势获取垄断利润, 但同时要保证企业的合理利润, 以维持其正常运营。在以成本为基础的价格管制政策下, 对利润的追逐会驱使供水企业利用信息优势假报成本获利, 因此要有合理的价格机制以避免信息不对称造成的社会福利损失。

采用边际成本定价结合政府补贴的方法, 既保证了水资源优化配置目标的实现, 又能够激励供水企业真实申报成本。通过模拟计算的结果可以看出, 如果供水企业通过自身努力降低了成本, 并如实申报, 那么企业供水经营的净利润就会增加。因此, 本文设计的水价机制不仅可以使供水企业如实申报成本, 还具有降低经营成本的激励作用。

参考文献:

[1] 杨君昌. 公共定价理论[M]. 上海: 上海财经大学出版社, 2002: 83-84.

[2] 杜纲. 管理数学基础: 理论与应用[M]. 天津: 天津大学出版社, 2003.

[3] 田国强. 经济机制理论: 信息效率与激励理论[J]. 经济学季刊, 2003(2): 19-22.

[4] 祖强. 机制设计理论与最优资源配置的实现[J]. 世界政治与经济论坛, 2008(1): 83-87.

[5] 庞涓. 激励相容理论与公共产品定价的探讨[J]. 价格月刊, 2008(7): 9-10.

(收稿日期: 2009-12-29 编辑: 高建群)

