

# 激励性机制下输配电价格管制的定价模型

梁劲<sup>1</sup>,王先甲<sup>1,2</sup>,周静<sup>2</sup>,周策<sup>3</sup>,刘坤<sup>1</sup>

(1. 武汉大学系统工程研究所,湖北 武汉 430072; 2. 武汉大学电气工程学院,湖北 武汉 430072;  
3. 国家电网公司,北京 100031)

**摘要:** 由于输配电领域属于垄断经营,输配电企业具有操纵电价的市场力,政府应对其进行严格的价格管制。政府制定公共管制价格应以受管制企业的成本为依据的,这就要求输配电企业的成本必须具有透明度和公开度,但理性的企业不会主动揭示自己的真实成本,这种信息不对称性会影响管制者的决策。从激励性机制设计的角度出发,通过建立实现社会福利最大化并满足输配电企业参与约束和相容约束的激励机制模型,这个模型能诱导输配电企业显示真实成本并能指导管制者对输配电企业实施价格监管和制定管制价格。

**关键词:** 电力市场; 输电服务; 激励性机制设计; 价格管制

**中图分类号:** TM715 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2004)12-0001-04

## 0 引言

电力管制的目的是使电力市场竞争有序地进行,通过管制与激励,实现电力市场的“公开、公平、公正”,保护和协调电力投资者、电力经营者、电力使用者的合法权益。依据经济学理论,在竞争性私人产品领域,若要在资源分配中实现帕累托效率,就必须把价格定在边际成本上。但由于输配电系统具有典型的规模经济效应及成本弱增性,在一定范围内,表现为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。在边际成本递减的自然垄断产业,以边际成本决定管制价格水平,虽然理论上能保证分配效率,但边际成本定价并不能对电网公司正常的投资、运行、维护成本予以充分回报,会使企业发生亏损,更不能达到维护企业发展潜力的目标。所以,输配电企业的最优控制价格是将电力价格设定在平均成本上,这也是实施电力市场的目的之一,迫使输配电企业的报价反映成本,优化资源配置。

在当今电力行业实施开展“厂网分开,竞价上网”阶段,发电厂应向电网公司售电,同时用户向电网公司购电,电网公司既是参加交易的实体又是向用户售电的垄断者主持竞价交易的实施。政府如果不对电网公司进行必要的监管,就可能出现这样一种情况:发电厂间竞价上网的竞争降低了的上网电价,但因电网公司仍处于垄断地位可能自主调高输电费用,最终消费者电价就没有降低。也就是说消费者没有得到电力市场化改革所带来的好处,这样的

电力市场仍不能改善社会福利,而电网公司仍凭借其自然垄断地位获取超额利润。在现实的管制政策中,目前对输配电垄断行业实行的价格监管方式主要有成本加成法,是指政府在一定期间严格审核成本,并按社会平均资本报酬率核定利润。这种公共价格管制的制定是以受管制企业向政府所提出的成本报告为依据,但是,成本函数是输配电企业的私有信息,企业追求的利润最大化的目标会使企业利用自己拥有成本信息上的优势去欺骗管制者,即会在成本报告上虚报成本,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会偏离社会福利最大化的目标,导致管制过程中的政府失灵。在对企业的管制过程中,电力市场中管理者与输配电企业、用户之间存在着信息不对称,这就有可能出现电力调度的不经济性和影响电力资源配置中社会福利的改善,不利于电力市场的健康、有序的发展。机制设计理论是研究在各利益主体自由选择、自愿交换、信息不完全及决策分散化的条件下,设计一套激励性机制来达到既定目标的理论<sup>[2,3]</sup>。由于机制设计理论能合理地引导参与者上报真实信息,在实现参与者个人利润最大化的同时达到管理者的目标,因此它自然适合于电力市场中有关真实信息披露的激励性机制研究,并有着重要的应用价值<sup>[4]</sup>。

## 1 价格管制的目的和意义

对于电力市场的输配电企业,它经营活动的目标是追求企业利润最大化,如果管制者按成本加按社会平均资本报酬率核定的利润的方式制定价格,输配电企业就可以通过向管制者虚报成本使管制者制定更高的电价来达到增加利润的目的,而政府管

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60274048)和湖北省自然科学基金资助项目(2001ABB047)

制的目的是为了提高整个市场的福利,既要保证输配电企业的利益,又要兼顾消费者的利益,而消费者利益的提高是由较低的售电价格来实现的。所以,管制者(即激励机制设计中的委托人)就要兼顾输配电企业和用户的利益,而这两种利益的平衡杠杆就是价格,对垄断行业如何制定合理的价格就是市场管制者的首要任务。如果强行进行价格管制,通常会使得制定的价格小于平均社会成本,会减少社会有效供给;如果放松管制又会使垄断者通过制定垄断价格完全占有消费者剩余。所以,价格的制定应该围绕着平均成本来制定输配电企业的供电价格,而管制者往往不知道输配电企业的平均成本,在这种不完全信息的条件下要进行价格管制,需要设计一种激励机制有效地解决这种不完全信息下的价格管制问题,这就是本文所要讨论的最优激励机制模型<sup>[1]</sup>。

## 2 激励机制的模型

在电力市场中,输配电企业和用户的目标是分别追求利润最大化和消费效用最大化,政府管制者的目标是追求社会福利最大化,而管制者为了使输配电企业愿意参与到这种机制中来并激励它们报告真实成本,就要使设计的激励机制满足输配电企业的激励约束和参与约束条件。

### 2.1 激励约束

管制者希望输配电企业能积极的选择这套机制,而对理性的输配电企业来说,只有当它选择委托人希望的并能给它带来的期望收益最大时,它才会积极的参与,所以这套机制在防止企业说假话的前提下,要使企业在说真话时获得利益不低于说假话所获得的利益。

企业的利润表示为:

$$\pi(\alpha) = (p(\alpha), t) = (p(\alpha) - c)q(p(\alpha)) + t(\alpha) \quad (1)$$

式中:  $p$  为电价,  $c$  为单位成本;

$$t(\alpha) = \begin{cases} > 0 & \text{补贴} \\ < 0 & \text{税收} \end{cases}$$

$\pi(\alpha) = (p, t)$  为输配电企业的利润。

设  $\alpha$  表示输配电企业报告的真实成本,但企业有谎报类型为  $\hat{\alpha}$  而企图套利的倾向,当企业谎报类型为  $\hat{\alpha}$  时,管制者会根据契约规定相应的价格和转移支付  $(p(\hat{\alpha}), t(\hat{\alpha}))$ , 相应的产量为  $q(\hat{\alpha}) = P^{-1}(\hat{\alpha})$ , 则企业的真实成本类型为  $\alpha$  但谎报为类型  $\hat{\alpha}$  时的利润应是  $\pi(\hat{\alpha}, \alpha) = (p(\hat{\alpha}) - c)q(p(\hat{\alpha})) +$

$t(\hat{\alpha})$ , 而为了防止企业的套利行为,激励相容条件意味着 类型的企业选择报告它的真实类型获得的受益不少于谎报成本类型所获得的受益,即激励相容约束就是以下不等式:

$$\pi(\alpha) > \pi(\hat{\alpha}, \alpha) \quad \forall \alpha \in [c, \bar{c}] \quad (2)$$

其中  $[c, \bar{c}]$  是管制者对输配电企业平均成本的预测空间。

$$\text{即: } \pi(\alpha) = \max_{\hat{\alpha}} \min_{\alpha} (\hat{\alpha}, \alpha) \quad (3)$$

假设  $(\hat{\alpha}, \alpha)$  关于  $\hat{\alpha}$  具有二阶连续偏导数,严格凹,且唯一最大值点是  $[c, \bar{c}]$  的内点,则必须满足最优的一阶条件(必要条件)与二阶条件:

$$\left. \frac{\partial (\hat{\alpha}, \alpha)}{\partial \hat{\alpha}} \right|_{\hat{\alpha}=\alpha} = 0, \quad \left. \frac{\partial^2 (\hat{\alpha}, \alpha)}{\partial \hat{\alpha}^2} \right|_{\hat{\alpha}=\alpha} < 0$$

将其中的一阶条件与式(1)计算同上面的  $\pi(\alpha)$  相结合,易得:

$$\frac{\partial \pi(\alpha)}{\partial \alpha} = -q(\alpha) \quad (4)$$

由二阶条件及 (4) 可得

$$q'(\alpha) = \frac{\partial^2 \pi(\alpha)}{\partial \alpha^2} < 0 \quad (5)$$

即激励相容约束(3)等价于上述(4)、(5)。

注意 真实的平均成本对企业来讲是唯一的,但信息不对称情况下,对管制者来讲  $[c, \bar{c}]$  内却是未知的,仅知它以一定的概率分布在  $[c, \bar{c}]$  上,所以对管制者来讲是一个随机变量。

### 2.2 参与约束

若该机制可以被企业接受,管制者必须保证无论输配电企业的生产成本为多少,只要它报告真实成本,它都能够得到非负的利润,否则企业就不会接受和参与这个机制,那么该方案必须满足参与约束条件:

$$\pi(\alpha) \geq 0 \quad \forall \alpha \in [c, \bar{c}] \quad (6)$$

只有满足激励约束和参与约束才能使企业参与到该机制中来。

### 2.3 价格管制的最优激励机制模型

输配电企业向管制者报告成本类型  $\alpha$  以后,管制者根据企业的报告的信息定价为  $p(\alpha)$ , 企业相应产出为  $q(\alpha)$ 。管制者给企业的转移支付为  $t(\alpha)$ , 那么管制者就是在满足企业参与和激励相容约束的条件下,在契约空间  $P \times T$  确定一个配置规则,设契约配置空间为  $I = \{(p, t) : p > 0, t \geq R\}$ 。

1) 市场管制者对输配电企业进行价格管制是为了防止企业借助垄断地位抬高电价掠夺消费者的剩余,因此管制者把消费者剩余也作为社会福利的

一部分,消费者剩余为:

$$S(q) = V(q) - q p - t$$

其中  $V(q) = \int_0^q p(\tilde{x}) d\tilde{x}$ , 是需求函数下消费

$q$  数量的消费效用, 设  $V(0) = 0, V'(q) > 0, V''(q) < 0$  (即在此效用函数中, 消费的边际效用递减)。

一般地, 对连续的需求函数  $q = q(p)$ , 定义消费者剩余是:

$$CS = \int_{p(q)} q(x) dx - t$$

我们假设需求函数是管制者和输配电企业的共同知识(大家都互知道这一相同的知识)。

在监管机制下消费者总期望收益是:

$$\int_{p(q)} [V(q) - p(q)q] \phi(p) dp - t$$

即:  $\int_{p(q)} q(x) dx - t$   $\phi(p) dp$

设管制者对企业的单位成本  $c$  有一个主观的先验分布函数  $\phi$ ,  $\phi \in [c, \infty)$ ,  $\phi > 0$ , 分布函数  $F$  是有严格为正的密度函数  $\phi$ 。这时管制者对输配电企业在监管机制下的总期望收益是:

$$\int_{p(q)} q(x) dx - t + t$$

2) 设企业利润在社会福利中的权重为  $\alpha$ ,  $0 < \alpha < 1$ , 则社会总福利为

$$F = \int_{p(q)} [q(x) dx - t] \phi(p) dp + \alpha \int_{p(q)} q(x) dx - t$$

3) 所谓的最优激励机制, 指的是能满足参与约束与激励相容约束并使社会福利最大化。

即式  $\max F$  (7)

s.t 式(4)、(5)及  $c \leq p, \forall p \in [c, \infty)$  成立。

解式(7)可得:

$$p^* = c + (1 - \alpha) \frac{t}{q^*} \quad (8)$$

$$t^* = \int_{p^*} q^*(p) dp - p^* q^*(p^*) + q^*(p^*) \quad (9)$$

$$q^*(p^*) = P^{-1}(p^*(p^*))$$

### 2.4 对最优价格的分析

1) 公式(8)的第一项表示的是平均成本, 事实上完全信息下的价格是等于边际成本的。而由于输配电企业的垄断性, 企业的成本不能通过竞争方式

暴露出来, 只有通过政府管制和激励方式暴露企业真实成本。由于信息的不完全性, 政府为了揭示企业的私有信息必须支付一定的租金, 从而使得价格有一定的调整, 等式的第二项表示就是该调整的价格。该价格是在保证企业说真话的效益不小于说假话的效益的情况下求得的, 即只有企业说真话它才有最大的经济效益。显然这种激励机制在实际应用中有很大的应用价值。

2) 在式(8)中, 我们把  $c$  看作常量, 那么  $p^*$  就是  $q$  的函数, 即  $p^*$  随  $q$  变化, 那么  $p^*$  是减函数, 也就是说产品的价格也是随着企业效益在社会福利中所占的权重而变化的, 当企业所占的权重比重变小时, 企业价格就要升高, 以此来保证企业利润不减。当企业所占的权重比重变大时, 企业在降低价格的同时也可以保证自己的利润不减。

当  $0 < \alpha < 1$  时, 产品的价格趋向于产品的真实单位成本, 企业的获利也趋向于最大, 这与实际中的情况相符合。

3) 不管产品的成本是何种分布, 管制者都可以根据上述公式来制定产品的价格。

### 3 算例

假设企业利润在社会福利中的权重为  $\alpha = 0.4$ 。

假设管理者不知道输配电企业的真实成本信息, 仅仅知道其单位成本  $c$  在  $[0.2, 0.5]$ , 假设单位成本服从  $[0.2, 0.5]$  上的均匀分布, 则

$$\phi(x) = \frac{1}{0.5 - 0.2} = \frac{1}{0.3}$$

$$F(x) = \frac{x - 0.2}{0.5 - 0.2}$$

$$\frac{dF(x)}{dx} = x - 0.2$$

所以价格:  $p^*(q) = c + 0.6(c - 0.2)$

为分析方便, 不妨假设逆需求曲线为:

$$p = 100 - 2q$$

$$V(x) = \int_0^q p(x) dx = 100q - q^2$$

$$t^* = \int_{p^*} q^*(p) dp - p^* q^*(p^*) + q^*(p^*)$$

$$q^* = 49.94 - 0.8$$

$$(p, t, q) = p(q) - q + t$$

1) 假设企业的真实成本为  $c = 0.25$  时

$$P^*(c) = 0.28$$

$$q^* = 100 - 2 \times 0.28 = 99.44$$

$$V(q^*(c)) = 100 \times 99.44 - 99.44^2 = 55.6864$$

$$t^*(0.3) = 9.4268; \quad p^*(0.3) = 12.41$$

2) 当它虚报成本为  $c = 0.3$  时

$$P^*(0.3) = 0.36$$

$$q^* = 100 - 2 \times 0.36 = 99.28$$

$$V(q^*(0.3)) = 100 \times 99.28 - 99.28^2 = 71.4816$$

$$t^*(0.3) = 3.9672; \quad p^*(0.3) = 9.924$$

同理可得企业在虚报成本为 0.4 和 0.5 的数据,如表 1 所示。

表 1 平均成本报告表

Tab. 1 Mean costs report

	$p$	$q$	$t(c)$	$(p, t, c)$
0.25	0.28	99.44	9.4268	12.41
0.30	0.36	99.28	3.9672	9.924
0.40	0.52	98.96	-6.9172	4.958
0.50	0.68	98.64	-17.755	0

从表 1 我们分析可知:

1) 当企业按真实的平均成本报价时,该企业获得最大的利润。在此表明该机制满足了企业的激励约束。

2) 随着企业虚报成本的升高,企业获得利润逐渐减少,这就达到了激励机制的目的,有效地防止了企业抬高电价的动力,从而保护了消费者的利益。

3) 当企业把平均成本谎报为最高时,由于要缴纳大量的税收,致使自己的利润为零,也即在它谎报平均成本为  $c$  之前,他总能获得非负的利润,这正符合企业的参与约束条件。

## 4 结论

1) 本文按社会福利最大化的原则设计的定价

策略,是经过严格的理论推导而得出的,说明了该机制具有正确的理论参考意义。

2) 该机制促使了输电服务价格等于平均成本的定价规则,同时兼顾了输配电企业和电力消费者的利益,并通过实例验证了此机制在实践中是切实可行的。

## 参考文献:

- [1] Baron, Myerson. Regulating a Monopolist with Unknown Cost [J]. *Econometrica*, 1982, 50: 911-930.
- [2] 赵会茹,等(ZHAO Hui-ru, et al). 输配电价格管制模型研究(Study on Pricing Regulation Model of Power Transmission and Distribution) [J]. *中国电机工程学报* (Proceedings of the CSEE), 2003, 23(10): 89-93.
- [3] 张少华,等(ZHANG Shao-hua, et al). 电力市场中的激励性机制设计(Incentive Mechanism Design in Electricity Market) [J]. *电网技术* (Power System Technology), 2003, 27(1): 52-56.
- [4]

收稿日期: 2003-11-28; 修回日期: 2004-02-24

作者简介:

梁 劲(1969-),男,博士研究生,研究方向为电力市场管理;

王先甲(1957-),男,教授,博士生导师,研究方向为系统工程、决策分析和电力市场管理;

周 静(1975-),女,博士研究生,研究方向为电力市场和输电线中的故障定位。

## Pricing model of power price regulation under incentive scheme

LIANG Jin<sup>1</sup>, WANG Xian-jia<sup>1,2</sup>, ZHOU Jing<sup>2</sup>, ZHOU Ce<sup>3</sup>, LIU Kun<sup>1</sup>

(1. Institute of System Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, China;

2. School of Electrical Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, China;

3. State Grid Corporation of China, Beijing 100031, China)

**Abstract:** It is necessary that the over price sectors of power transmission and distribution will be regulated by the government due to the natural monopoly of power transmission and distribution enterprises, which have market power to control electricity price. The establishment of public price is based on the costs revealed by the regulated enterprises. This requires that the costs of enterprises must be impartial and transparent. However, the rational enterprises can't report the cost honestly, which leads to the failure of regulator's decision. In this paper, the incentive mechanism models are designed, which can induce the enterprise to report true costs and control the over price successfully. The models can meet two required conditions and maximize social welfare.

**Key words:** electricity market; transmission service; incentive mechanism design; price regulation