

基于共同代理机制的发电商激励契约设计

韩冰¹, 张粒子¹, 舒隽¹, 李展²

(1. 华北电力大学, 北京 102206; 2. 中国人民解放军军事交通学院, 天津 300161)

摘要: 共同代理是市场中普遍存在的一种现象。在电力市场中, 设计合理的共同代理机制可以为梯级水电进入市场等问题提供一种新的解决思路。将共同代理理论应用于电力市场中, 提出了电力市场环境多个发电商委托同一个代理人的内生型共同代理模型, 在代理人具有私人信息情况下, 推导了发电商具有二次成本函数时委托人最优激励契约应满足的条件。并通过算例分析, 对比了考虑和不考虑代理人参与约束两种情况的均衡解, 验证了该激励契约的有效性, 获得了一些有意义的结论。

关键词: 共同代理; 电力市场; 多委托人激励; 代理机制; 机制设计; 内生型

The optimal contracts design of power generation company using common agency

HAN Bing¹, ZHANG Li-zi¹, SHU Jun¹, LI Zhan²

(1. North China Electric Power University, Beijing 102206, China; 2. The Academy of Military Transportation, Tianjin 300161, China)

Abstract: Common agency is a widespread market phenomenon. In electric power market, the common agent mechanism designed appropriately can resolve many problems effectively such as how do cascaded hydropower station enter the market. Using the common agency theory, an intrinsic common agency is proposed to research the design of principals' optimal contract. The necessary conditions which the optimal contract should meet with quadratic cost function of principals are deduced. The effectiveness of the optimal incentive contract is demonstrated by the example results. The equilibrium solutions whether involve IR are compared, and some meaningful conclusions are obtained.

Key words: common agency; electric power market; multi-principals incentive; agent mechanism; mechanism design; intrinsic

中图分类号: TM73 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2008)09-0043-05

0 引言

电力市场环境下, 发电企业在市场中竞争售电。并非所有类型的发电企业都具备参与市场竞争的条件, 但出于公平性和市场竞争充分性的考虑, 未来这些发电企业也应参与电力市场竞争。较为明显的例子是梯级水电站。梯级水电站之间存在固有的水力电力联系, 上下游梯级水电站必须协调发电才能实现水资源的优化利用。但我国目前普遍存在同一流域梯级水电站投资主体不统一的现象, 当代表各自投资主体利益的梯级水电站单独参加市场竞争时, 分散决策往往无法实现资源优化配置, 也给下游水电站的生产经营带来风险。设计合理的共同代理机制是解决该问题的有效途径之一。通过引入梯级水电共同代理商, 可以达到协调各梯级水电站间

的市场竞争和实现梯级优化调度的目的。此外, 专业的代理商往往掌握更多的市场信息、具有更为丰富的市场经验, 可以帮助发电企业更好地规避市场风险。

实际上, 电力市场中的很多关系都可以被描述成共同代理, 以美国德州 ERCOT 电力市场为例, ERCOT 中的授权计划实体 (Qualified Scheduling Entity) 和用户集结者 (Aggregator) 均可被认为是共同代理, 其中, QSE 就是一种发电公司和零售商的代理机构, 主要职责是匹配及促成发电公司和零售商间的电力交易; 而用户集结者则将 2 个及以上的用户集结为单一的购买体购电, 也可以被认为是一种共同 (买电) 代理。

目前, 国内外已有学者将机制设计理论应用于电力市场研究中, 主要的研究方向包括: 电力市场竞价机制的设计^[1~3]; 市场环境下电网公司与供电公司^[4]之间的激励合同设计; 市场中各类服务, 例

基金项目: 华北电力大学博士学位教师基金 (200622043)

如可中断负荷^[5]、调峰^[6]等合同的设计;利用激励合同的设计实现电力市场中的需求侧管理^[7]、可靠性管理^[8]、阻塞管理^[9]等。但极少见到将共同代理模型应用于电力市场研究的文献。

1 共同代理简介

共同代理 (common agency) 指多个委托人雇佣一个代理人的代理模式。1985 年, Bernheim 和 Whinston 提出了共同代理研究框架^[10], 并在之后的论文中发展了共同代理模型, 使其更具一般性^[11]。随后, Martimort、Stole、Calzolari、Scarpa 等人先后从共同代理博弈均衡的特征、共同代理的激励机制设计原理、多委托人之间的合作和竞争对激励提供的影响以及代理人面临多任务时的激励问题等方面, 进一步发展了共同代理理论和模型。目前, 共同代理已经成为产业组织理论和制度经济学研究的热点, 被广泛应用于政府规制及政策制定、金融、保险市场、共同销售代理等多个领域的研究^[12]。

Bernheim 和 Whinston 将共同代理描述为授权型和内生型两类^[11]。在授权型共同代理模型下, 几个委托人自愿 (或独立的) 将做某种决定的权利授予一个代理人, 代理人可以决定接受委托人提出的部分或全部契约。在内生型的共同代理模型下, 代理人要么接受多个委托人的契约, 要么都不接受。1999 年, Calzolari 和 Scarpa 提出了非内生型的共同代理^[13]。在非内生型的共同代理模型中, 代理人可以自由选择为多少委托人工作, 同时没有委托人能够为代理人是否接受其他委托人的契约而设置条件。

在多个发电商 (委托人) 委托同一个代理商 (代理人) 的情况下, 发电商如何设计激励机制使得代理商能够按照发电商所期望的方向去努力, 这是一个典型的共同代理契约设计问题。显然, 当多个委托人之间能够合作行事时, 委托人可以被看成是一个整体, 这种情形可以用传统的单委托-单代理模型进行解释。然而, 在大多数情况下, 由于缺乏协调机制、合作成本过高以及法律约束等各方面的原因, 使得委托人之间的合作不可能实现。因此, 需要建立专门的共同代理模型来解决此类问题。

本文主要研究电力市场环境, 多个发电商委托同一个代理人的内生型共同代理模型, 同时通过对该模型的求解, 给出代理人具有私人信息时发电商的最优激励契约。

2 电力市场中共同销售代理的基本模型

假设存在 N 个发电商, 他们委托一个共同代理

人 A 在市场中售电。委托人即发电商提出契约, 代理人决定是否接受契约。代理人 A 拥有关于市场价格的私人信息, 而委托人只知道该信息即市场价格的概率分布。为简化模型, 此处暂不考虑代理人成本及道德风险问题。

假设委托人 i 的成本函数为二次, 表示如下:

$$c(P_i) = a_i P_i^2 + b_i P_i + c_i \quad (1)$$

式中: a_i 、 b_i 、 c_i 为成本参数, P_i 为发电量。

根据委托人 i 提出的契约, A 支付给 i 的费用为 X_i 。考虑成本函数的形状, 设委托人与代理人签订非线性契约, 即 $X_i = \bar{a}_i P_i^2 + \bar{b}_i P_i + \bar{c}_i$ 。其中, \bar{a}_i 、 \bar{b}_i 、 \bar{c}_i 为契约参数。 \bar{c}_i 可以看成是代理售出电量为零时代理人 A 支付给委托人 i 的罚金。由于 \bar{c}_i 为常数项, 对优化过程不产生影响, 可以设为 0。

代理人 A 的收入 Π 为市场售电收入减去支付给委托人 i 的费用, 即:

$$\Pi = \lambda \sum_{i=1}^N P_i - \sum_{i=1}^N X_i = \lambda \sum_{i=1}^N P_i - \sum_{i=1}^N (\bar{a}_i P_i^2 + \bar{b}_i P_i) \quad (2)$$

式中: λ 为代理人 A 在市场中能够售出电量的价格, 该价格为代理人 A 的私人信息。

委托人 i 的收入为代理人 A 支付的费用减去发电成本, 即 $W_i = X_i - c(P_i)$ 。委托人不能确切知道代理人 A 能够售出的电价, 但可以知道市场中电价的概率分布, 设分布函数为 $G(\lambda)$, 概率密度为 $g(\lambda)$, $\lambda \in [\underline{\lambda}, \bar{\lambda}]$ 。

委托人 i 提出的契约以自身收益期望值最大化为目标, 约束中应考虑代理人 A 收益的最大化即激励相容约束 (IC) 和代理人的参与约束 (IR), 则该委托代理模型可写为:

$$\max_{x_i} E(W_i) \quad (3)$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \max_{P_i} \Pi(\lambda) \\ \Pi(\lambda) \geq 0 \end{cases} \quad (4)$$

3 模型求解

用 \bar{P}_i 表示在均衡状态下 A 代理委托人 i 售出的电量, 则由式 (3) 的一阶条件可得:

$$\bar{P}_i = \frac{\lambda - \bar{b}_i}{2\bar{a}_i} \quad (5)$$

将式 (5) 代入式 (3) 可得:

$$\max E(W_i) =$$

$$\max \int_{\lambda}^{\bar{\lambda}} [(\bar{a}_i - a_i) \left(\frac{\lambda - \bar{b}_i}{2\bar{a}_i} \right)^2 +$$

$$(\bar{b}_i - b_i) \left(\frac{\lambda - \bar{b}}{2\bar{a}_i} \right) - c_i] \cdot g(\lambda) \cdot d\lambda$$

整理可得:

$$\max E(W_i) =$$

$$\max \int_{\lambda}^{\bar{\lambda}} \left[\frac{\bar{a}_i - a_i}{4\bar{a}_i^2} \lambda^2 + \left(\frac{a_i \bar{b}_i}{2\bar{a}_i^2} - \frac{b_i}{2\bar{a}_i} \right) \lambda +$$

$$\left(\frac{2\bar{a}_i \bar{b}_i b_i - \bar{a}_i \bar{b}_i^2 - a_i \bar{b}_i^2}{4\bar{a}_i^2} - c_i \right) \right] g(\lambda) d\lambda$$

首先分析不考虑代理人参与约束的情况,由一阶条件得:

$$\frac{\partial E(W_i)}{\partial \bar{a}_i} = \left(-\frac{1}{4} \bar{a}_i^{-2} + \frac{1}{2} a_i \bar{a}_i^{-3} \right) \int_{\lambda}^{\bar{\lambda}} \lambda^2 \cdot g(\lambda) \cdot d\lambda +$$

$$\left(\frac{1}{2} b_i \bar{a}_i^{-2} - a_i \bar{b}_i \bar{a}_i^{-3} \right) \int_{\lambda}^{\bar{\lambda}} \lambda \cdot g(\lambda) \cdot d\lambda +$$

$$\left(\frac{1}{4} \bar{b}_i^2 \bar{a}_i^{-2} - \frac{1}{2} b_i \bar{b}_i \bar{a}_i^{-2} + \frac{1}{2} a_i \bar{b}_i^2 \bar{a}_i^{-3} \right) \int_{\lambda}^{\bar{\lambda}} g(\lambda) \cdot d\lambda = 0$$

$$\frac{\partial E(W_i)}{\partial \bar{b}_i} = \frac{1}{2} a_i \bar{a}_i^{-2} \int_{\lambda}^{\bar{\lambda}} \lambda \cdot g(\lambda) \cdot d\lambda +$$

$$\left(-\frac{1}{2} \bar{b}_i \bar{a}_i^{-1} - \frac{1}{2} a_i \bar{b}_i \bar{a}_i^{-2} + \frac{1}{2} b_i \bar{a}_i^{-1} \right) \int_{\lambda}^{\bar{\lambda}} g(\lambda) \cdot d\lambda = 0$$

求解方程组(8)、(9)中的 \bar{a}_i 、 \bar{b}_i ,得到不考虑代理人参与约束时委托人的激励契约。

当考虑代理人的参与约束时,即认为所有代理人都是活跃的,那么 $\Pi(\lambda) = 0$,同时由于 $\Pi'(\lambda) \geq 0$,因此, $\Pi(\lambda) \geq 0$ 。原优化问题可以转化为如下问题:

$$\min \int_{\lambda}^{\bar{\lambda}} \left[(a_i - \bar{a}_i) \left(\frac{\lambda - \bar{b}_i}{2\bar{a}_i} \right)^2 +$$

$$(b_i - \bar{b}_i) \left(\frac{\lambda - \bar{b}_i}{2\bar{a}_i} \right) + c_i \right] g(\lambda) d\lambda$$

$$\text{s.t. } \lambda \sum_i \left(\frac{\lambda - \bar{b}_i}{2\bar{a}_i} \right) -$$

$$\sum_i \left[\bar{a}_i \left(\frac{\lambda - \bar{b}_i}{2\bar{a}_i} \right)^2 + \bar{b}_i \left(\frac{\lambda - \bar{b}_i}{2\bar{a}_i} \right) \right] \geq 0$$

根据库恩塔克条件,可得上述问题极值条件:

$$\left(\frac{1}{4} \bar{a}_i^{-2} - \frac{1}{2} a_i \bar{a}_i^{-3} \right) \int_{\lambda}^{\bar{\lambda}} \lambda^2 g(\lambda) d\lambda +$$

$$\left(a_i \bar{b}_i \bar{a}_i^{-3} - \frac{1}{2} b_i \bar{a}_i^{-2} \right) \int_{\lambda}^{\bar{\lambda}} \lambda g(\lambda) d\lambda +$$

$$\left(\frac{1}{2} b_i \bar{b}_i \bar{a}_i^{-2} - \frac{1}{4} \bar{b}_i^2 \bar{a}_i^{-2} - \frac{1}{2} a_i \bar{b}_i^2 \bar{a}_i^{-3} \right) \int_{\lambda}^{\bar{\lambda}} g(\lambda) d\lambda -$$

$$u \left[\lambda \left(\frac{\bar{b}_i - \lambda}{2\bar{a}_i^2} \right) - \frac{\bar{b}_i^2 - \lambda^2}{4\bar{a}_i^2} \right] = 0$$

$$-\frac{1}{2} a_i \bar{a}_i^{-2} \int_{\lambda}^{\bar{\lambda}} \lambda g(\lambda) d\lambda + \left(\frac{1}{2} \bar{b}_i \bar{a}_i^{-1} -$$

$$\frac{1}{2} b_i \bar{a}_i^{-1} + \frac{1}{2} a_i \bar{b}_i \bar{a}_i^{-2} \right) \int_{\lambda}^{\bar{\lambda}} g(\lambda) \cdot d\lambda -$$

$$u \left(\frac{\bar{b}_i}{2\bar{a}_i} - \frac{\lambda}{2\bar{a}_i} \right) = 0$$

$$\sum_{i=1}^N \left[\bar{a}_i \left(\frac{\lambda - \bar{b}_i}{2\bar{a}_i} \right)^2 + \bar{b}_i \left(\frac{\lambda - \bar{b}_i}{2\bar{a}_i} \right) \right] - \lambda \sum_{i=1}^N \left(\frac{\lambda - \bar{b}_i}{2\bar{a}_i} \right) = 0$$

(14)

联立方程组(12)、(13)、(14)求解可得考虑代理人参与约束的激励契约。

4 算例分析

设委托人1、2的成本函数分别为:

$$c(P_1) = 0.002P_1^2 + 0.06P_1 + 1.6 \quad \text{元/kWh}$$

$$c(P_2) = 0.001P_2^2 + 0.06P_2 + 1.2 \quad \text{元/kWh}$$

预计代理人售出价 λ 在0.2元/kWh和0.4元/kWh之间,满足平均分布,即:

$$G(\lambda) = \frac{\lambda - 0.2}{0.4 - 0.2}, g(\lambda) = 5 \quad (\lambda \in [0.2, 0.4])$$

4.1 不考虑代理人的参与约束

采用上文所述方法计算可得,此时委托人提出的最优激励契约参数为

$$\bar{a}_1 = 0.0012, \bar{b}_1 = 0.2109, \bar{a}_2 = 0.0006, \bar{b}_2 = 0.2109$$

代理人A选择的最优销售量为:

$$\bar{P}_1 = \frac{\lambda - 0.2109}{0.0024}, \bar{P}_2 = \frac{\lambda - 0.2109}{0.0012}$$

可知,代理人选择的最优销售量随其售出价的上升而增加,且由于委托人1的成本高于委托人2,使得委托人1的销售量小于委托人2的销售量。

代理人和委托人收益曲线如图 1 所示。

$$\Pi(\lambda) = 625\lambda^2 - 263.625\lambda + 27.7993$$

$$W_1(\lambda) = -138.8889\lambda^2 + 121.4583\lambda - 21.0380$$

$$W_2(\lambda) = -277.7778\lambda^2 + 242.9167\lambda - 40.0759$$

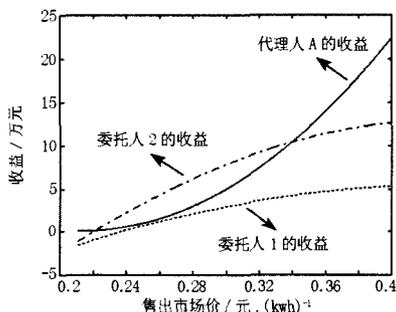


图 1 代理人和委托人收益曲线

Fig.1 The agent and the principals' profit

由图 1 可知，委托人 1、2 和代理人 A 的收益均随着代理人售出市场价的上升而单调上升。效率高（即售出市场价高）的代理人获得更多收益，证明该激励契约有效。由于不考虑代理人参与约束，使得部分效率低（售出市场价低于 0.2109）的代理人不参与该契约。同时，委托人 2 的收益曲线高于委托人 1 的收益曲线，说明成本低的委托人获得更多收益。

4.2 考虑代理人的参与约束

考虑代理人参与约束时，委托人 1、2 提出的契约参数为

$$\bar{a}_1 = 0.0013, \bar{b}_1 = 0.2, \bar{a}_2 = 0.0006, \bar{b}_2 = 0.2。$$

代理人 A 选择的最优销售量为：

$$\bar{P}_1 = \frac{\lambda - 0.2}{0.0026}, \quad \bar{P}_2 = \frac{\lambda - 0.2}{0.0012}。$$

显然，对于所有 $\lambda \geq 0.2$ 的代理人，都会接受该契约。代理人和委托人的收益曲线如图 2。

$$\Pi(\lambda) = 608.9744\lambda^2 - 243.59\lambda + 24.3590$$

$$W_1(\lambda) = -103.5503\lambda^2 + 95.2663\lambda - 16.5112$$

$$W_2(\lambda) = -277.7778\lambda^2 + 227.7778\lambda - 35.6444$$

对比图 1、2 可知，不考虑代理人参与约束时，售出市场价低于 0.2109 元/kWh 的代理人将不参与该契约；而在考虑代理人参与约束的情况下，所有代理人（即代理售出市场价在 0.2 元/kWh 和 0.4 元/kWh 之间的）都有参与代理的激励。

如图 3 可知，由于代理人参与约束的引入，相同效率的代理人收益上升；同时由表 1 可知，委托人的期望收益值下降。

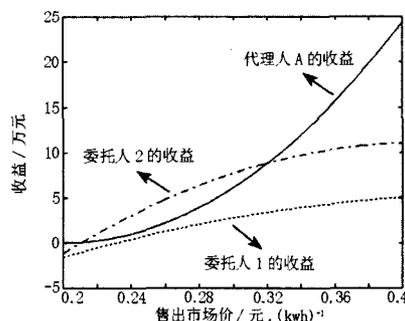


图 2 代理人和委托人收益曲线

Fig.2 The agent and the principals' profit

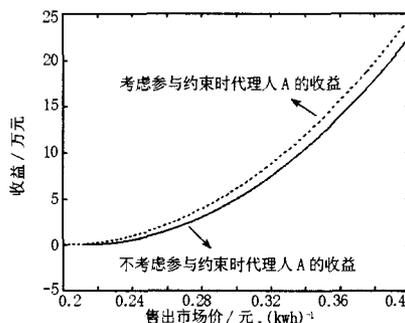


图 3 代理人收益曲线对比

Fig.3 Comparison of the agent's profit curves

表 1 委托人期望收益

Tab.1 The expected profit of principals

委托人	考虑代理人参与约束	不考虑代理人参与约束
	/万元	/万元
1	2.40	2.54
2	6.76	6.98

5 结论与启示

本文建立了电力市场环境多个发电商委托同一个代理人的内生型共同代理模型，推导了发电商最优激励契约应满足的必要条件。通过算例分析验证了本文所提出的激励契约的有效性和正确性，得出的主要结论如下：

1) 委托人和代理人的收益均随着代理人售出市场价的上升而单调上升。效率高（即售出市场价高）的代理人会获得更多收益。

2) 委托人提出的激励契约以发电成本为基础，成本高的委托人提出的激励契约要高于成本低的委托人提出的激励契约；因此，代理人会倾向于让成本低的委托人多发电；同时，当委托人提出的契约相同时，代理人的最优售电量随其售出市场价的上升而增加，可见，效率越高的代理人最优售电量越大。

3) 当不考虑代理人的参与约束时，委托人提出

的激励契约会使得部分效率低的代理人选择不参与市场;当考虑代理人的参与约束时,委托人提出的激励契约会使得效率最低的代理人收益为零,此时代理人获得的收益整体要高于不考虑参与约束时的水平,而委托人的期望收益相应降低。

本文建立的模型没有考虑市场情况对代理人行为的影响,实际上代理人的售电量和售电价与市场情况相关,如何在设计激励契约时考虑代理人市场行为将是下一步的研究方向。

参考文献

- [1] Carlos Silva, Bruce F, Zheng C Z. Application of Mechanism Design to Electric Power Markets[J]. IEEE Trans on Power Systems, 2001, 16 (1): 1-8.
- [2] ZOU Ben-guo, WANG Da-peng, LI Lei, et al. Research of Incentive Revelation Mechanism in Power System Optimal Security Control[A]. In: Proceedings of the CSEE, 2006 International Conference on Power System Technology[C]. 2006.1-5.
- [3] 谢俊, 陈星莺. 激励相容的输配分开电力市场竞价机制初探[J]. 电网技术, 2006, 30 (8): 60-64.
XIE Jun, CHEN Xing-ying. A Preliminary Study on Incentive Compatible Bidding Mechanism for Electricity Market with Separated Power Transmission and Distribution[J]. Power System Technology, 2006, 30(8):60-64.
- [4] 郭金, 曹福成, 谭忠富, 等. 电网公司与供电公司激励机制设计[J]. 继电器, 2005, 33 (8): 18-21.
GUO Jin, CAO Fu-cheng, TAN Zhong-fu, et al. Incentive Mechanism Design Between Power Network Corporation and Power Supply Corporation[J]. Relay, 2005, 33 (8): 18-21.
- [5] 陈志文, 杜松怀. 电力市场中可中断负荷的定价方法[J]. 水电能源科学, 2007, 25(1): 42-45.
CHEN Zhi-wen, DU Song-huai. Pricing Methods of Interruptible Load in Power Market[J]. Water Resources and Power, 2007, 25(1): 1-5.
- [6] 刘坤, 王先甲, 方德斌, 等. 区域电力市场中电网公司与调峰电厂的最优合同设计[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(10): 27-30.
LIU Kun, WANG Xian-jia, FANG De-bin, et al. Optimal Contract Design Between Network Corporation and Regulating Power Station in Region Electricity Market[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(10): 27-30.
- [7] Murat F, Fernando L A. Designing Incentive Compatible Contracts for Effective Demand Management[J]. IEEE Trans on Power Systems, 2000, 15 (4): 1255-1260.
- [8] 林伟明, 康重庆, 钟金, 等. 基于委托-代理机制的可靠性管理模式[J]. 中国电机工程学报, 2007, 27 (1): 19-24.
LIN Wei-ming, KANG Chong-qing, ZHONG Jin, et al. Reliability Management Model Based on Principal-agent Mechanism[J]. Proceedings of the CSEE, 2007, 27 (1): 19-24.
- [9] 李海英, 李渝曾, 张少华. 一种激励相容的输电阻塞管理模型[J]. 中国电机工程学报, 2006, 26 (19): 36-40.
LI Hai-ying, LI Yu-zeng, ZHANG Shao-hua. An Incentive Compatible Model for Transmission Congestion Management[J]. Proceedings of the CSEE, 2006, 26 (19): 36-40.
- [10] Bernheim D, Whinston M. Common Marketing Agency as a Device for Facilitating Collusion[J]. The Road Journal of Economics, 1985, 16(2).
- [11] Bernheim D, Whinston M. Common Agency[J]. Econometrica, 1986, 54(4): 923-942.
- [12] 于立宏, 管锡展. 多委托人激励理论: 一个综述[J]. 产业经济研究, 2005, (3): 54-63.
YU Li-hong, GUAN Xi-zhan. A Survey on Multiprincipals Incentive Theory and Its Applications[J]. Industrial Economics Research, 2005, (3): 54-63.
- [13] Calzolari G, Scarpa C. Non-intrinsic Common Agency[J]. 1999.

收稿日期: 2008-02-12; 修回日期: 2008-03-25

作者简介:

韩冰(1982-), 女, 博士研究生, 主要从事水电参与电力市场竞争等方面的研究; E-mail:hdhanbing@163.com

张粒子(1963-), 女, 博士, 教授, 博士生导师, 从事电力市场、人工智能及专家系统和电力系统分析与控制等领域的教学和科研工作。

(上接第 42 页 continued from page 42)

- [14] Krishnakumar K, Goldberg D E. Control System Optimization Using Genetic Algorithms[J]. Guidance Control Dyn, 1994, (15): 735-740.
- [15] 王小平, 曹立明. 遗传算法——理论、应用与软件实现[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2002. 210-225.
WANG Xiao-ping, CAO Li-ming. Genetic Algorithms Theory, Applications & Realization of Software[M]. Xi'an: Xi'an Jiaotong University Press, 2002. 210-225.

作者简介:

王武(1978-), 男, 助教, 硕士, 主要从事控制理论与控制工程、智能控制、电力系统分析与计算; E-mail:jhwilz@tom.com

张元敏(1963-), 男, 副教授, 从事电工电子方向的教学研究工作;

蔡子亮(1965-), 男, 副教授, 主要从事电力系统自动化方向的研究。

收稿日期: 2007-02-05; 修回日期: 2007-05-21