

# 基于跨式期权组合的发电商交易风险管理策略研究

彭希<sup>1</sup>,刘涤尘<sup>1</sup>,陈波<sup>2</sup>

(1. 武汉大学电气工程学院,湖北 武汉 430072; 2 广东电网公司中山供电局,广东 中山 528400)

摘要: 电力市场中,发电商要面对燃料市场和电量市场的双重价格风险,必须寻求有效手段进行风险管理。该文首先详细论述了期权及其套期保值功能,然后构建了考虑煤电价格联动的交易模型,并在此基础上引入了基于跨式期权组合的风险管理策略。理论分析和算例表明:该文提出的交易策略是有效、可行的。

关键词: 风险管理; 跨式期权; 发电商; 套期保值

中图分类号: TM73; F123.9 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2006)01-0050-05

## 0 引言

自 1988年 Schweppe提出了电力市场的概念<sup>[1]</sup>以来,电力工业市场化在全球迅猛发展。在此过程中,供需关系的变化将不可避免地导致电力市场价格的波动。由于电力商品的特殊性,不能大规模储存,须保持实时供需平衡,加之其需求弹性很小,电力价格呈现出强烈的易变特性,使得电力市场的参与者面临巨大的价格风险。

远期、期货、期权等合约作为市场中重要的套期保值和风险规避工具,已经逐渐从金融衍生市场拓展到电力市场等其他领域。英国大部分电力交易是通过远期差价交易合同进行的<sup>[2]</sup>,澳大利亚建立了包括批发市场和零售市场的中长期合约市场体系结构<sup>[3]</sup>;在国内,张少华等提出了结合期权理论的双边可选择电力远期合同模型<sup>[4]</sup>。但这些研究都只针对了购电侧的电量市场,未能很好地结合我国目前主要进行的发电侧电力市场化。而发电商需要同时面对燃料市场和电量市场的双重价格风险,风险缺口更为巨大。本文在考虑了燃料市场和电量市场煤电价格联动的基础上,引入了跨式期权组合进行风险管理,研究了发电商的交易策略。

## 1 期权及跨式期权组合

### 1.1 期权合约

期权合约,是指赋予其购买者在定期限按双方约定的价格购买或出售一定数量某种资产的权利的合约<sup>[5]</sup>。期权合约分为买权合约(也称看涨期权合约)和卖权合约(也称看跌期权合约)。期权合约的持有者在买入该期权时必须付出一笔费用,这笔费用称为期权费,而约定买卖资产的价格为执行价格。

期权合约与期货等其它衍生工具最大的区别在于,期权是一种权利而其它衍生工具代表的是一种责任。期权的持有者可以执行期权,也可以不执行期权。

以看涨期权多头为例进行分析。某交易商将在时间  $T$  购入某项资产,由于担心到时该资产价格上涨造成损失,他购入一份相应标的资产的看涨期权将价格锁定。设到期时标的资产的现货价格为  $S_T$ ,协议价格为  $K$ ,期权费为  $C$ 。定义多头执行期权的决策变量为  $Y$ ,  $Y=1$  时执行期权,  $Y=0$  时不执行期权,则有以下表达式:

$$Y = \begin{cases} 1 & S_T \geq K \\ 0 & S_T < K \end{cases} \quad (1)$$

该交易商的损益图如图 1 所示。

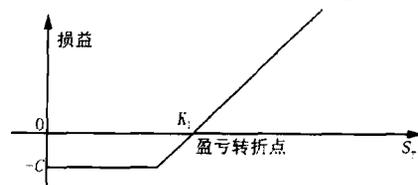


图 1 看涨期权多头损益图

Fig 1 Profit and loss of long call option

交易商的净收益  $W$  为:

$$W = \text{Max}(S_T - K, 0) - C \quad (2)$$

从图 1 中可以清楚看到,看涨期权多头的最大可能损失为期权费  $C$ ,亏损风险有限而盈利风险无限,这是期权的重要特点之一。运用期权工具进行风险管理时,可以把不利的风险转移出去而把有利的风险留给自己。

### 1.2 跨式期权组合原理

为了进行风险管理,运用金融工程中的积木分析法<sup>[6]</sup>可将期权组合发展成为精巧的交易策略。

跨式期权就是这样的组合交易方式。以买入跨式期权组合为例,它由具有相同执行价格、相同到期日、同种标的资产的看涨期权和看跌期权的多头组成,期权购买者付出两个期权费用的和  $C_1 + C_2$ ,其损益图如图 2 所示:

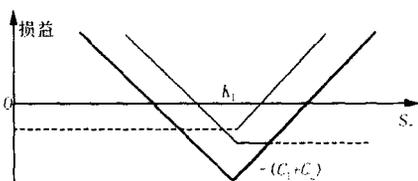


图 2 买入跨式期权损益图

Fig 2 Profit and loss of straddle purchaser option

由图 2 可得,到期时如果价格非常接近执行价格  $K_1$ ,该组合会发生损失,最大损失为两份期权费之和;如果资产价格在任何方向上有较大偏移时,就会有大量的利润。因此,若价格可能会发生较大变动,可应用跨式期权策略。电力市场中,当发电商预测燃料价格将剧烈波动时非常适合使用跨式期权组合。

## 2 发电商交易模型

在电力市场里,发电商的净收益取决于发电成本和发电收益。对火电发电商而言,发电成本主要是燃料支出,约占总成本的 70%,发电收益则来源于所售电力商品。发电商在燃料市场和电量市场上均需要进行交易。在燃料市场上,发电商一般与供应商签订长期购买合约,这在一定程度上可以根据自己对未来市场的预期回避风险。但这种预期不可能完全准确,再加上电力现货市场是一个实时市场,电力价格波动剧烈,一天内负荷处于高峰时的电价与负荷处于低谷时的电价可以相差几倍,有时低谷电价甚至可以为零或负值,不同天、不同月份的电价则相差更大。如前文所述,发电商要面对燃料市场和电价市场双重价格风险。因此,必须寻找一种有效工具来管理风险。本文构造以下基于煤电价格联动的发电商交易数学模型。

对市场做如下假设:

- 1)假设发电商为理性投资者,即他是风险厌恶型的,当收益期望水平给定时希望风险最小。
- 2)燃料的现货价格、电力的现货价格和上网价格均为市场统一出清价格。
- 3)该市场是无摩擦的,除期权费外不考虑其它交易费用。
- 4)不考虑发电及输电的物理限制,如发电机组

出力限制、有功无功平衡等。

假设发电商的发电机组为汽轮发电机组,定义煤电联动参数为:

$$= f(P_E, P_M) \quad (3)$$

其中:  $P_E, P_M$  分别为电力和煤的现货价格,  $f$  是煤电联动函数,根据不同发电商的具体情况有不同的计算表达式。此函数与  $P_E$  正向变动,与  $P_M$  反向变动,用来计算煤电联动参数,表征发电商的获利程度。

设  $\beta_0$  为保证发电商收支相抵的临界参数,则有:

$$\begin{cases} > \beta_0 & \text{发电商获利或持平} \\ < \beta_0 & \text{发电商亏损} \end{cases} \quad (4)$$

此模型中,交易的参考量为  $\beta$ 。以买入看涨期权为例,在  $t_0$  时刻发电商若决定在将来某时间  $T$  购进燃料又担心到时燃料上涨或电价下降造成亏损,于是买入一份看涨期权,在签订期权合约时即将煤电联动参数锁定某值  $\beta_1$  ( $\beta_1 > \beta_0$ )。到期后如果下降,意味着如果发电商此时在现货市场上交易将遭受损失,发电商选择执行期权,以协定的  $\beta_1$  值购入期权约定数量的燃料,执行价格为

$$S = f^{-1}(P_E, \beta_1) \quad (5)$$

由于  $\beta_1 > \beta_0$ ,由煤电联动函数  $f$  的性质可知,  $S < P_M(T)$ ,达到管理风险的目的。

## 3 发电商的跨式期权风险管理策略

### 3.1 发电商的跨式期权组合策略

根据前述跨式期权组合的基本原理和发电商交易模型,构造发电商的跨式期权组合策略如图 3。

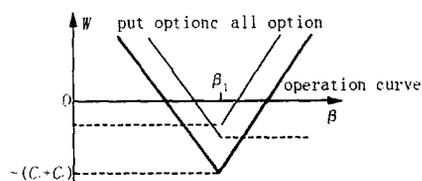


图 3 发电商跨式期权组合策略

Fig 3 Straddle strategy of generators

发电商在  $t_0$  时刻同时购买到期时间为  $T$ , 执行值为  $\beta_1$ , 交割资产数量为  $A$  的一份看涨期权和看跌期权,组成跨式期权组合,期权费分别为  $C_1$  和  $C_2$  ( $C_2 > C_1$ ),净收益为  $W$ 。

设看涨、看跌期权的决策变量分别为  $Y_1, Y_2$ 。该组合策略里,发电商执行期权的情况如下:

$$\begin{cases} > 1 & Y_1 = 1 \text{ 且 } Y_2 = 0; \\ < 1 & Y_1 = 0 \text{ 且 } Y_2 = 1 \end{cases} \quad (6)$$

### 3.2 风险管理与套期保值

如何管理风险、规避风险是市场参与者面临的重大课题,套期保值是一种有效的风险管理方法。

期权套期保值的思想是构造一个头寸,使其风险暴露与原标的资产的风险暴露相反,从而部分或全部对冲风险。常用的是套期保值法,通过适当调整不同期权及其标的资产的比例把该资产组合对于标的资产价格变动的风险降低,甚至为零。

假设构造一个这样的投资组合:做空一个看涨期权,其价格为  $C_1$ , 值为  $N(d_1)$ , 同时买入数量为  $N(d_1)$  的标的资产,其价格为  $S_0$ 。故该组合是一个中性看涨期权组合。这个组合当前的价值为:

$$V = -C_1 + N(d_1)S_0 \quad (7)$$

$V$  关于  $S_0$  的偏导数为 0, 即该组合是一个中性组合, 价值不受  $S_0$  变化的影响。更一般地, 对于任意一个资产组合  $V = n_1 v_1 + n_2 v_2$ , 总能通过适当地选择  $n_1, n_2$ , 使得  $v = 0$ , 即:

$$v = n_1 v_1 + n_2 v_2 \quad (8)$$

$$\text{故有: } n_1/n_2 = -v_2/v_1 \quad (9)$$

我们构造的跨式期权组合就是运用了套期保值的思想, 使得持有头寸的风险暴露在两个方向上均与电力现货价格的风险暴露相反, 从而对冲风险。

### 3.3 跨式期权交易策略的风险收益分析

在市场交易中, 对风险管理往往是一把双刃剑, 规避风险的同时也可能使收益减少, 这是很多用于风险管理的衍生工具所不可避免的两难问题。根据定义, 期权有自己独特的性质, 卖方盈利风险有限而买方亏损风险有限, 对它的合理使用能够使风险有效减小又不至于降低收益。

图 3 所示的发电商跨式期权组合策略的损益分析如表 1 和表 2。

表 1  $< 1$  时的发电商损益表

损益	$< 1$
看涨期权	$-C_1$
看跌期权	$A[P_M(T) - S]$
跨式组合	$A[P_M(T) - S] - C_1 - C_2$

表 2  $> 1$  时的发电商损益表

损益	$> 1$
看涨期权	$A[S - P_M(T)]$
看跌期权	$-C_2$
跨式组合	$A[S - P_M(T)] - C_1 - C_2$

可以看到, 这种策略将价格双向变动的有利风险留给了自己而将不利的风险转移给了期权的卖方, 其最大损失为  $-(C_1 + C_2)$ , 风险得到了有效管理。

## 4 算例分析

### 4.1 算例

某发电商有两台 30 MW 的汽轮发电机组, 其获利水平的衡量采用最基本的煤电联动函数

$$f(P_E, P_M) = P_E/P_M \quad (10)$$

为便于计量的值, 取系数  $\alpha = 10$ 。此函数条件下保证该发电商不亏损的煤电联动变量  $\beta_0$  为 1.30。某年 9 月是夏季用电高峰的末期, 电价持续走高, 此时  $\beta_1 = 1.40$ , 发电商获得较为满意的收益水平。当制定次年生产采购计划时发电商决定将在第二年 1 月购进 10 万吨电煤, 但他预期由于能源紧张煤价有大幅上涨的趋势, 而冬季用电量相对不大, 电价可能下降, 发电商担心这笔交易将遭受较大损失。

于是该发电商采用跨式期权组合策略管理风险, 在燃料合约市场上同时购入为期 4 个月的看涨期权和看跌期权, 期权费分别为 10 元/t 和 12 元/t, 基础资产是煤, 合约量为 10 万吨, 锁定  $\beta_1 = 1.40$ 。煤价和电价在四个月内的价格变化如图 4, 值的变化如图 5。

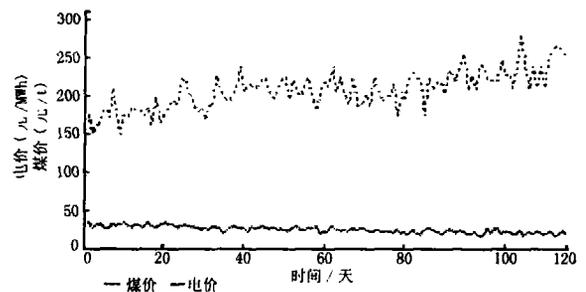


图 4 四个月内电价和煤价的变化

Fig 4 Electricity price and coal price in four months

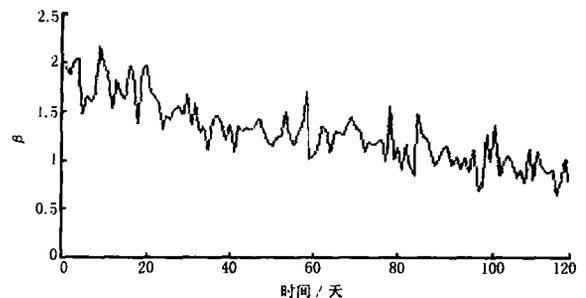


图 5 四个月内  $\beta$  的变化

Fig 5 Change state of  $\beta$  in four months

在合约签订的第 120 天即到期日

$$P_E = 25.796 \text{元/MWh}$$

$$P_M = 253.78 \text{元/t}$$

$$= 10P_E / P_M = 1.0165$$

若发电商此时通过现货价格购买煤而按电力的现货价格出售电毫无疑问将亏损严重。那么,跨式期权组合此时便起到了套期保值管理风险的作用。他将在到期日选择执行看跌期权、不执行看涨期权。

执行价格为:

$$S = 10P_E / 1 = 184.26 \text{元}$$

$$\text{收益 } A[P_M(T) - S] = 695.2 \text{万元}$$

净收益

$$W = A[P_M(T) - S_T] - C_1 - C_2 = 475.2 \text{万元}$$

#### 4.2 交易策略的特性分析

##### 1) 交易合理性

发电商所进行的燃料和电量产品交易首先符合作为期货、期权商品所需的交易量大、价格容易波动的特点。其次电力和煤都基本是高度标准化的商品,各地区差异不大且易于衡量。这些都使得期权交易的品种容易设计,构造本文所述的跨式期权组合是可行的。

##### 2) 低风险性

发电商的跨式期权组合集中体现了期权工具管理风险的特性,具有在较低风险条件下防止亏损的特点。即便购买期权时的预期完全错误,其最大损失为

$$L_{\max} = C_1 + C_2 = 220 \text{万元}$$

相比 2 000 ~ 3 000 万元的购煤成本以及近千万元的风险缺口,是完全可以承受的风险管理成本。

##### 3) 高收益性

虽然发电商采用跨式期权组合策略的初衷是为了套期保值而非投机,但是这个策略客观上也带来了较大的获利机会。

如在 值最低的第 118 天  $= 0.795$ ,如果在此时按约定的  $\lambda = 1.40$  执行期权,与现货市场的价格相比发电商的获利将更为可观。

##### 4) 套期保值不完全性

由于跨式期权合约是基于对市场的预期构建的。在实际操作中,发电商并不能对未来的市场价格做出完全准确的预测从而进行完全的套期保值。但总体而言,发电商的净收益虽低于完全套期保值时的值,但仍比不执行跨式期权合约时有所提高。

## 5 结论

本文引入跨式期权组合、在煤电联动的基础上

设计了一个发电商管理风险的交易模型,对跨式期权组合策略及其交易机制进行了较为深入的研究。通过对以上理论及相应算例的分析,得出如下结论:

1) 跨式期权组合通过锁定煤电联动参数对发电商交易风险进行管理。

2) 针对发电商同时面对的电力市场和燃料市场的风险,该交易策略能够有效规避风险。

3) 该方法操作简单,形式灵活,实现方便,煤电联动函数及其各参数等可根据具体情况灵活选择。

4) 跨式期权组合较好地应对了燃料市场和电价市场价格多变的特点。

5) 该交易策略可进行有效推广。针对不同的市场预期,可依据本文提出的方法组合其它的交易策略。

#### 参考文献:

- [1] Schweppe F C, Caramanis M C, Tabors R D, et al. Spot Pricing of Electricity [M]. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1988.
- [2] Cheng D T Y. Economic Analysis of the Electricity Market in England and Wales [J]. IEEE Power Engineering Review, 1999, 19(4): 57-59.
- [3] 李晰,涂光瑜. 澳大利亚国家电力市场简介 [J]. 电网技术, 2000, 24(8): 73-76  
LI Xi, TU Guang-yu. A Brief Introduction to National Electricity Market of Australia [J]. Power System Technology, 2000, 24(8): 73-76.
- [4] 张少华,李渝曾,王长军,等. 结合期权理论的双边可选择电力远期合同模型 [J]. 电力系统自动化, 2001, 25(10): 6-10.  
ZHANG Shao-hua, LI Yu-zeng, WANG Chang-jun, et al. Combining Option Theory with Modeling for Bilateral Optional Electricity Forward Contracts [J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(10): 6-10.
- [5] Hull J C. 期货、期权和其它衍生产品 [M]. 北京: 华夏出版社, 2000.  
Hull J C. Options, Futures and Other Derivatives [M]. Beijing: Huaxia Press, 2000.
- [6] 叶永刚. 金融工程概论 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2000.  
YE Yong-gang. An Introduction to Finance Engineering [M]. Wuhan: Wuhan University Press, 2000.
- [7] 白利超,康重庆,夏清,等. 不确定性电价分析 [J]. 中国电机工程学报, 2002, 22(5): 36-41.  
BAI Li-chao, KANG Chong-qing, XIA Qing, et al. Analysis on the Uncertainty of Electricity Price [J]. Proceedings of the CSEE, 2002, 22(5): 36-41.

- [8] Bjorgan R, L U Chen-ching, Lawarree J. Financial Risk Management in a Competitive Electricity Market [J]. IEEE Trans on Power Systems, 1999, 14 (4): 1285-1291.
- [9] Linares P. Multiple Criteria Decision Making and Risk Analysis as Risk Management Tools for Power Systems Planning [J]. IEEE Trans on Power Systems, 2002, 17 (3): 895-900.
- [10] 雷兵,王秀丽,高瑛,等. 独立发电商在日前市场的竞价策略分析 [J]. 电力系统自动化, 2002, 26 (24): 8-14. LEI Bing, WANG Xiu-li, GAO Ying, et al. Analysis of IPP Bidding Strategy in Day-ahead Market [J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26 (24): 8-14.
- [11] Ferrero R W, Rivera J E. Application of Games with Incomplete Information for Pricing Electricity in Deregulated Power Pools [J]. IEEE Trans on Power Systems, 1998, 13 (1): 184-190.

收稿日期: 2005-05-27; 修回日期: 2005-07-20

作者简介:

彭希 (1982 - ), 女, 硕士研究生, 研究方向为电力自动监控; Email: pengpengxixi@yahoo.com.cn

刘涤尘 (1953 - ), 男, 教授, 博士生导师, 从事电气工程与自动化和电力自动监控等方面的研究。

### Study of generators trade risk management strategy based on straddle options contract

PENG Xi<sup>1</sup>, L U Di-chen<sup>1</sup>, CHEN Bo<sup>2</sup>

(1. School of Electrical Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, China;

2. Zhongshan Power Supply Bureau, Guangdong Power Grid Corporation, Zhongshan 528400, China)

**Abstract:** In electricity market, as facing double price risks of fuel market and electricity consumption market, generators must seek effective means to manage risks. Option and its hedging function are particularly discussed in this paper. Trade model considering linked prices of coal and electricity is set up and risk management strategy based on straddle options contract is introduced. Theoretical analysis and calculation instance indicate that trade strategy is effective and feasible.

**Key words:** risk management; straddle option; generators; hedging

(上接第 30 页 continued from page 30)

### Parameters identification for hydraulic turbine governing systems based on genetic algorithm

YANG Xiao-dong, DONG Chen, LU Wen-hua, WEN Jin-yu

(Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** This paper introduces the idea of GA in the parameter identification of hydraulic turbine governing system and solves the problem that traditional identification methods such as frequency-domain methods and time-domain methods cannot validly identify the parameters of nonlinear systems. To raise the efficiency of identification, this paper improves the methods of selections of the initial colony and filial generation. The identification results of real governing system demonstrate that such parameter identification methods with GA have the advantages of fast computation and high parameter identification precision. And the conclusion is that the idea of GA provides a new way for parameter identification of hydraulic turbine governing system which has magnitude value for engineering application.

**Key words:** governing system; parameter identification; genetic algorithm

(上接第 38 页 continued from page 38)

**Abstract:** The result of Discrete Fourier Transform (DFT) in asynchronous sampling is not accurate and can not satisfy the requirement of synchronized phasor measurements, due to spectral leakage and barrier effect. This paper analyzes several methods of synchronous sampling and error eliminated and proposes a new phasor estimation method. The proposed method obtains two adjacent zero-crossing points of sampling series by linear interpolation method for frequency tracking, amends the sampling series to get satisfied synchronous sampling, and computes the new series for phasor estimation by DFT as well. The simulation shows that the method has a notable accuracy improvement, and adds little calculation burden than traditional DFT. The favorable performance satisfies the demand of accuracy and real-time of synchronized phasor measurements.

**Key words:** DFT; synchronized phasor measurements; synchronous sampling; offset frequency; phasor estimation