

# 兼顾市场行为与消费者物价指数的 电煤价格修正模型与方法

王永杰, 张粒子

(华北电力大学电气与电子工程学院, 北京市 昌平区 102206)

## Modification Model and Method of Coal-electricity Price Considering Market Behavior and Consumer Price Index

WANG Yongjie, ZHANG Lizi

(School of Electrical and Electronic Engineering, North China Electric Power University, Changping District, Beijing 102206, China)

**ABSTRACT:** In the transitional stage of coal and electricity market, on the basis of thermal-coal benchmark price, which is also called standard coal benchmark price, thermal-coal price is allowed to reasonably fluctuate according to the changes in supply and demand. Thermal-coal price model and modified generation price model are constructed considering thermal power generation cost and reasonable assets return ratio. Then the dynamic association relationship between generation price and thermal-coal price is established, and modified path of terminal electrical tariff can be selected according to the consumer price index (CPI), which can reduce the influence of thermal-coal price fluctuations on economy, and can ease out cost fluctuation promptly. Finally, examples are introduced to verify the modification models and method, and the results show that the models and method proposed in this paper are reasonable, and have theoretical and practical significance in mitigating the contradiction between coal and electricity industry in China.

**KEY WORDS:** thermal-coal price; mechanism of coal-electricity price linkage; benchmark price; terminal electrical tariff; price modification

**摘要:** 在煤电市场化过渡阶段, 以电煤基准价格(即标煤基准价格)为基础, 顺应市场供需变化, 允许电煤价格合理波动, 考虑火电发电成本和合理的资产报酬率, 建立电煤价格模型与上网电价的修正模型, 使上网电价与电煤价格之间动态关联, 并通过消费者物价指数(consumer price index, CPI)的大小选择终端售电价格的修正路径, 既可减小电煤价格波动对经济的影响程度, 又可以将成本的波动及时疏导出去。最后通过实例对模型与方法进行了验证, 实例分析结果表明该模型与方法合理的, 对缓解中国煤电产业矛盾具有理论与实际意义。

**关键词:** 电煤价格; 煤电联动机制; 基准价格; 终端售电价格; 价格修正

## 0 引言

中国煤炭资源丰富, 资源蕴藏量居世界第三, 生产和消费居世界第一。2002—2008年, 中国煤炭产量平均每年增加2亿t, 年均增长11%。电力装机容量实现了跨越式发展, 连续几年每年新增装机容量1亿kW左右, 2008年总装机容量达到了7.92亿kW, 2010年突破9亿kW, 居世界第二<sup>[1]</sup>。当前中国电力能源结构呈现以煤为主的特征, 电力对煤炭的依存度过高, 使得电、煤之间的矛盾更加突出。

中国的电煤价格经历了国家统一计划、双轨制和市场化等过程, 相应地, 电煤价格对电价的影响在电力市场的不同时期产生的作用是不一样的<sup>[2-3]</sup>。煤炭和电力产业作为国民经济的基础产业, 其价格的大幅波动将波及下游产业和居民生活, 影响国民经济的健康发展。“市场煤”、“计划电”是导致煤电衔接过程出现“顶牛”矛盾的关键之一。从2002年至今, 电煤价格已经累计上涨了2~3倍, 而电价只提高了不到40%。煤电联动机制方案于2004年12月公布, 尽管一些规定(如“电力企业要消化30%的煤价上涨因素”的规定)缺乏理论依据, 但业界也对此寄予厚望。近几年实施效果并不令人满意, 尤其是2009年煤炭订货会再次“顶牛”, 煤电产业关系迫切需要进一步理顺。长远来看, 理顺煤电价格联动机制和市场价格传导作用, 利用市场手段解决电、煤市场“冷热交加”的矛盾问题的根本办法就是煤电市场化, 但是目前电力市场化改革一时难以

继续推进，在目前过渡阶段如何理顺煤电价格关系，这是本文希望解决的问题。

在过渡阶段，电煤价格暂时不宜完全市场定价，否则不利于市场价格安全，可能导致消费者物价指数(consumer price index, CPI)大幅上涨，引起严重的通货膨胀。电力是国民经济的晴雨表，牵一发而动全身，这注定了电价改革的复杂性。长期以来中国电价水平总体偏低，推进电价改革短期内会导致电价上涨。在 CPI、生产者物价指数(producer price index, PPI)高企的背景下，国家对电价的调整始终持十分审慎的态度。一般认为，CPI 指数大于 3% 时，出现通货膨胀，大于 5% 时出现严重通货膨胀，本文以 3% 和 5% 作为终端电价的修正路径选择的分界点。

本文认为应确定电煤的基准价格，在这个基准价格的基础上，根据市场供需关系允许电煤价格合理的波动，电煤价格的波动及时反映在上网电价上，并通过终端售电价格的修正疏导出去。

## 1 煤电价格传导效应比较

为了比较煤炭价格上涨对 CPI 的影响、电力价格上涨对 CPI 的影响、煤电联动以及固定煤炭或电力价格对 CPI 的影响，分别设置了 6 种情形，如表 1<sup>[4]</sup>所示。

表 1 煤电价格传导效应比较  
Tab. 1 Price conduction effect comparison from coal to power

价格上涨 幅度/%	CPI 的变化量/%					
	情形 1	情形 2	情形 3	情形 4	情形 5	情形 6
5	0.104	0.160	0.217	0.333	0.193	0.327
10	0.207	0.313	0.431	0.659	0.382	0.646
15	0.309	0.474	0.642	0.983	0.578	0.965
20	0.411	0.632	0.850	1.335	0.773	1.310
25	0.522	0.801	1.096	1.665	0.956	1.606
30	0.618	0.958	1.031	1.982	1.144	1.946

情形 1：假设其他产业价格不主动变化，只有煤价上涨，考虑短期内煤价变化对 CPI 的影响。

情形 2：假设其他产业价格不主动变化，只有电价上涨，考虑短期内电价变化对 CPI 的影响。

情形 3：假设其他产业价格不主动变化，且考虑一轮各产业之间的价格循环传导，当只有煤价上涨时，考虑一定滞后期内煤价变化对 CPI 的影响。

情形 4：假设其他产业价格不主动变化，且考虑一轮各产业之间的价格循环传导，当只有电价上涨时，考虑一定滞后期内电价变化对 CPI 的影响。

情形 5：假设其他产业价格不主动变化，且考

虑一轮的各产业之间的价格循环传导，当煤价上涨而电价始终固定不变时，考虑煤价变化对 CPI 的影响。

情形 6：假设其他产业价格不主动变化，且考虑一轮的各产业之间的价格循环传导，当电价上涨而煤价固定不变时，考虑电价变化对 CPI 的影响。

比较情形 1 和情形 2，CPI 的变化与煤价和电价的变化之间的函数关系是单调递增，且电价的上涨导致的 CPI 上涨幅度明显高于煤价的上涨对 CPI 的影响。

比较情形 3 和情形 4，CPI 的变化与煤价和电价的变化之间的函数关系是单调递增。与情形 1 和情形 2 不考虑价格回弹因素具有相同的结论：电价的上涨导致的 CPI 上涨幅度明显高于煤价的上涨对 CPI 的影响。

比较情形 5 和情形 6 可以发现，相同的价格上涨幅度导致 CPI 的上涨幅度，情形 6 明显大于情形 5，即电价上涨带来的影响明显大于煤价上涨的影响。

从上文的分析可以看出，煤价和电价上涨导致 CPI 的上涨幅度都很明显，而以电价更为突出，因此在“价格双轨制”的市场过渡阶段，煤价和电价的确定及其联动方案不但要考虑缓解煤电的紧张局面，也应该考虑对 CPI 的影响，这就需要一种兼顾市场行为与价格安全的煤电价格修正模型与方法。

## 2 煤电价格模型分析

### 2.1 现有煤电价格模型的不足

自 2004 年国家发改委提出煤电价格联动方案以来，煤电价格联动方面的研究成为热点，煤电价格联动及优化模型的研究成果非常丰富，但基本上是从经济学和会计成本 2 个角度进行研究。对这些研究成果深入分析后，发现存在以下一点或多点不足：1) “重电轻煤”，忽视电煤交易环节；2) 只是停留在煤炭价格与上网电价的联动上，没有延伸到整个煤电价值链上；3) 没有考虑煤炭价格以及联动后电价变化对 CPI 的影响程度。

针对现有煤电价格模型研究的不足，本文提出了新的修正思路。

### 2.2 电煤价格模型的建立

本文的修正思路是：首先需要根据电煤实际交易建立动态的随机的电煤价格模型，并将电煤价格变动如实地、动态地反映在上网电价和终端电价上。

中国电煤主要通过 3 种不同的方式进行交易：

1) 电煤重点订货合同交易方式; 2) 非重点订货合同交易方式; 3) 市场购买, 即散布各地的煤炭自由交易市场。前2种执行政府指导价, 后一种是市场价格, 因此, 目前国内电煤价格由电煤市场价格和合同价格共同构成, 即

$$p_{煤} = p_{市场煤} a\% + p_{合同煤} (1 - a\%) \quad (1)$$

式中:  $p_{煤}$  为电煤价格;  $a\%$  为电厂以现货市场价格  $p_{市场煤}$  购买电煤的比例;  $(1 - a\%)$  为电厂以合同价格  $p_{合同煤}$  购买电煤的比例。假设合同价格  $p_{合同煤}$  保持较长时间不变, 现货市场价格  $p_{市场煤}$  则可能随时变化。电煤价格遵循处处连续的带漂移布朗运动的随机波动模型<sup>[5-6]</sup>。将几何布朗运动模型应用于电煤价格模型的构建。

$$dp_{市场煤} = \mu p_{市场煤} dt + \sigma p_{市场煤} dz \quad (2)$$

式中:  $\mu$  为  $p_{市场煤}$  的期望增长率;  $\sigma$  为  $p_{市场煤}$  的标准差;  $dz$  为维纳过程。式中后一项表示  $p_{市场煤}$  的随机波动。假设在研究期  $p_{合同煤}$  保持不变, 将电煤结算价格的变化统一归算到  $p_{市场煤}$  上, 那么通过式(2)可以建立电煤价格模型。

### 3 煤电价格的修正模型

#### 3.1 煤电价格修正模型的建立

一般认为, CPI 指数大于 3% 时, 出现通货膨胀, 大于 5% 时出现严重通货膨胀, 本文以 3% 和 5% 作为终端电价的修正路径选择的依据。煤电价格联动与修正的具体思路如图 1 所示。

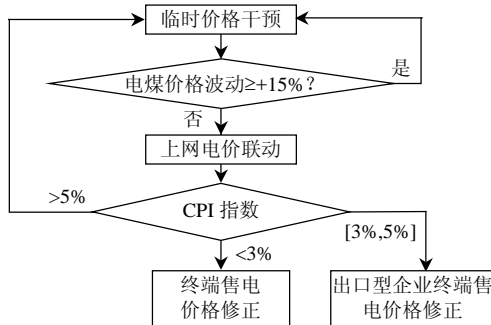


图 1 煤电价格修正思路与流程

Fig. 1 Correction idea and process of coal-electricity price

文献[4-10]对煤电价格关系进行了研究, 分别建立煤价与上网电价关系的数学模型, 对研究煤电价格模型均有借鉴意义。为了更真实地反映煤电实时动态价格关系, 本文在煤电动态价格联动模型的基础上进行了修正。考虑到电煤价格、上网电价按月进行调整会更加方便与合理, 假设火电厂合理的资产报酬率为  $\gamma$ , 所得税率为  $\sigma$ , 月固定成本为  $C_f$ ,

单位发电量的排污成本为  $C_{排污}$ , 火电厂的主要变动成本包括燃料费、水费、排污费、职工部分工资。变动成本中的煤炭月消耗量  $Q_c$ 、排污费与月发电量  $Q_e$  直接相关, 水费、职工工资与发电量不完全相关, 统一归集到固定成本中, 因此可以将变动成本表示为

$$C_v = p_{煤} Q_c + C_{排污} Q_e \quad (3)$$

则火电厂月度利润函数为

$$\pi = (1 - \sigma)[p_{上网} Q_e - (C_f + C_v)] = (1 - \sigma) \cdot [p_{上网} Q_e - (C_f + p_{煤} Q_c + C_{排污} Q_e)] = K_t \gamma / 12 \quad (4)$$

其中,  $K_t$  为第  $n$  年后不再提取折旧的电厂在投产后第  $t$  年的资产回报基数, 其计算公式为

$$K_t = \begin{cases} K_1 - (1 - \alpha) K_1 (t - 1) / n, & t \geq n \\ \alpha K_1, & t \leq n \end{cases} \quad (5)$$

式中:  $p_{上网}$  为煤电机组上网电价;  $K_1$  为第 1 年资产;  $n$  为折旧年限;  $\alpha$  为残值率。如果  $Q_e$  单位为 MW·h 时,  $Q_c$  为 t, 假设机组平均煤耗率为  $\xi$  (单位为 g/kW·h), 则

$$Q_c = 10^{-3} \xi Q_e \quad (6)$$

因此,

$$p_{上网} = \frac{K_t r}{12(1 - \sigma) Q_e} + \frac{C_f}{Q_e} + 10^{-3} p_{煤} \xi + C_{排污} \quad (7)$$

在月发电量、税率和投资回报率、电厂单位电量的供电煤耗率、固定成本、排污成本与其他变动成本已知的情况下, 式(7)为只包含燃煤市场煤价变量的一次函数, 可以表示为

$$p_{上网} = k p_{煤} + c \quad (8)$$

式中:  $k = 10^{-3} \xi$ ;  $c = \frac{K_t r}{12(1 - \sigma) Q_e} + \frac{C_f}{Q_e} + C_{排污}$ 。

将式(1)代入式(8)中可得煤电价格模型:

$$p_{上网} = p_{0上网} + \Delta p_{上网} \quad (9)$$

$$\Delta p_{上网} = k[\Delta p_{市场煤} a\% + \Delta p_{合同煤} (1 - a\%)] \quad (10)$$

#### 3.2 终端售电价格修正模型

文献[11]对终端零售市场的运营进行了模拟分析, 文献[12-13]以现阶段市场为对象对配电市场价格、零售电价与需求间的关系以及市场监管等方面进行了研究, 文献[14]分析了电力市场需求的价格弹性, 文献[12-13]则将需求的价格弹性和交叉弹性结合起来构建电量电价弹性矩阵, 这些研究成果为制定配电市场销售价格提供了参考。在市场环境条件下, 上网电价的波动能传递到终端售电价格, 但是在现行电价机制下, 无法实现市场传递, 却可以通过联动机制, 进行上网电价和终端售电

价格的联动。当 CPI 小于 3% 时，煤价的波动造成电力成本的变化，可以对终端售电价格的联动进行疏导。

为防止对 CPI 的过度拉动，对终端售电价格的联动应限定一个价格上限  $P_{max}$ 。终端售电价格上限  $P_{max}$  需要考虑发电侧市场前期上网电价  $p_{上网,t-1}$ 、输电成本  $p_{输}$  和配电成本  $p_{配}$  等因素，可以运用金融市场的限价方法来确定，具体形式为

$$P_{max} = (p_{上网,t-1} + p_{输} + p_{配})(1 + \eta) \quad (11)$$

式中： $\eta \in (0, 1)$ ，综合考虑对 CPI 的影响、电煤价格上涨 15% 的价格干预警戒线和煤电成本占发电成本比例等因素， $\eta$  取 0.1； $p_{输}$  和  $p_{配}$  在一定时期为确定的常数。

设对于电力商品，其基本供给量是确定的，为一常数  $A_1$ 。根据文献[15]的研究，可以推导出终端市场供给函数  $S_t$ ：

$$S_t = A_1 + B_1 P_{t-1} (P_{max} - P_{t-1}), \quad A_1, B_1 > 0 \quad (12)$$

设对电力商品的基本需求量为  $A_2$ ，需求是以  $2P_{max}/(P_t + P_{max})$  的比例消费基本余额  $(A_1 - A_2)$ ，即有

$$D_t = A_2 + 2P_{max} (A_1 - A_2) / (P_t + P_{max}) \quad (13)$$

则由

$$\begin{cases} D_t = D(P_t) \\ S_t = S(P_{t-1}) \\ D_t = S_t \end{cases} \quad (14)$$

可得

$$P_t = \frac{1 - B_1 P_{t-1} [(P_{max} - P_{t-1}) / (A_1 - A_2)]}{1 + B_1 P_{t-1} [(P_{max} - P_{t-1}) / (A_1 - A_2)]} P_{max} \quad (15)$$

式中： $P_{max}$  为终端售电价格上限； $B_1$  为供给系数； $A_1$  为电力商品基本供给量； $A_2$  为电力商品的基本需求量。

将  $P_{max} = (p_{上网,t-1} + p_{输} + p_{配})(1 + \eta)$  代入式(15)便可得到终端售电价格修正模型。

$$P_t = \frac{1 - B_1 P_{t-1} [(p_{上网,t-1} + p_{输} + p_{配})(1 + \eta) - P_{t-1}] / (A_1 - A_2)}{1 + B_1 P_{t-1} [(p_{上网,t-1} + p_{输} + p_{配})(1 + \eta) - P_{t-1}] / (A_1 - A_2)} \times (p_{上网,t-1} + p_{输} + p_{配})(1 + \eta) \quad (16)$$

式(16)反映的是终端售电的平均价格水平。针对具体的各类用户还需要通过销售价格优化算子或者优化矩阵，才能最终确定各类用户的售电价格。

当预测 CPI 大于 3% 时，电煤价格的波动造成电力成本的变化，可以只对出口制造企业的终端售电价格联动疏导，通过产品出口将通胀适当输出，缓解国内通胀压力。

当 CPI 大于 5% 且电煤价格涨幅超过 15% 时，

价格主管部门应启动电煤价格临时干预，遏制电煤价格进一步上涨。

### 4 实例分析

以某区域某电厂的 2009 年历史数据为例，验证本文建立的煤电价格修正模型的合理性。一般情况下电煤库存为 20 d 左右，7 d 为警戒线。该电厂基本情况为：总资产为 27.5 亿元；资产报酬率  $\gamma$  设定为 6%；装机容量 140 万 kW；平均供电煤耗率为 320 g/(kW·h)；年平均利用小时数 5 800 h；累计完成电量 84.3 亿 kW·h；排污费为 2 元/(MW·h)；平均单位固定成本为 134 元/(MW·h)；电煤价格数据如表 2 所示。

图 2 反映 CPI 的变化情况，从 2009 年 1 月到 2010 年 3 月 CPI 指数均低于 3%，特别是 2009 年 1—10 月 CPI 指数低于 0，对电价调整而言是好时机。

根据第 3、4 节可以计算出表 3 的结果。

2009 年 1—12 月期间，该区域电煤市场价格平

表 2 电煤价格基础数据  
Tab. 2 Basis data of thermal coal price

月份	市场煤		重点合同煤		电煤综合价格/(元/t)
	价格/(元/t)	比例	价格/(元/t)	比例	
1	630	0.30	530	0.70	560.00
2	600	0.30	530	0.70	551.00
3	585	0.30	530	0.70	546.50
4	590	0.30	530	0.70	548.00
5	610	0.30	530	0.70	554.00
6	610	0.30	530	0.70	554.00
7	590	0.30	530	0.70	548.00
8	595	0.30	530	0.70	549.50
9	595	0.35	530	0.65	552.75
10	635	0.35	530	0.65	566.75
11	670	0.45	530	0.55	593.00
12	770	0.50	530	0.50	650.00

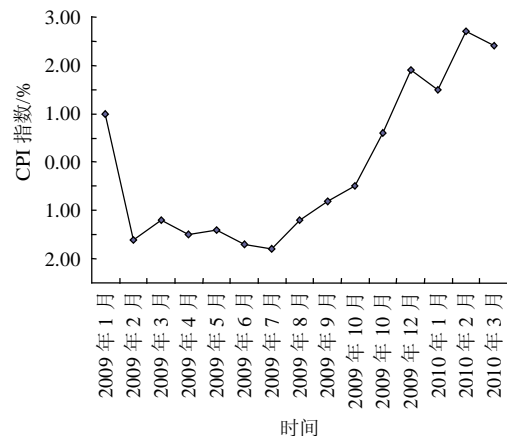


图 2 2009 年 1 月至 2010 年 3 月各月 CPI 指数变化  
Fig. 2 Monthly CPI index changes from Jan. 2009 to Mar. 2010

表3 计算结果  
Tab.3 Calculation results

月份	保证利润的修正后的上网电价/元	上网修正后的电价变动率/%	电煤综合价格/(元/t)	电量/(亿 kW·h)	发电成本/(元/MW·h)
1	335.8973	0.000	560.00	6.7	305.20
2	334.6973	-0.357	551.00	6.5	302.32
3	331.6973	-0.896	546.50	6.9	300.88
4	331.6733	-0.007	548.00	7.0	301.36
5	333.2573	0.478	554.00	7.1	303.28
6	333.9773	0.216	554.00	7.3	303.28
7	332.4413	-0.460	548.00	7.3	301.36
8	332.2973	-0.043	549.50	7.4	301.84
9	333.3173	0.307	552.75	7.2	302.88
10	336.7973	1.044	566.75	7.0	307.36
11	343.4573	1.977	593.00	6.9	315.76
12	355.9933	3.650	650.00	6.8	334.00

均波幅为 0.61%，波动幅度为[-3.23%，5.63%]，11—12 月有段时间电煤市场价格上涨幅度大，最高达到 5.63%，对照表 1 可知，对 CPI 拉动大于 0.217%(最大约 0.23%)。从上文计算结果可以看出，电煤综合价格波动修正后的上网电价接近于该电厂真实的上网电价水平，波动幅度也小于同期电煤市场价格的波动幅度，同理，即使终端售电价格随着上网电价同比例波动，其波动幅度也小于同期电煤市场价格波动幅度。对照表 1 可知，电价变动对 CPI 的拉动作用是非常有限的，小于 0.33%(情形 4 对应上涨幅度为 5%时拉动 CPI 的变动程度)，因此，本文建立的考虑资产报酬率和 CPI 指数因素的价格修正模型是合理的，修正后的电价水平在现行价格水平下是可以接受的。

目前政府对终端售电价格严格监管，电力需求与电力价格没有直接关联，对于本文建立的终端售电价格修正模型难以根据真实数据进行实例分析，但对于形如式(12)的非线性供给函数和式(15)所代表的非线性价格系统，文献[15]对其性态做过分析，从理论上已证明上述模型是可行的。

通过应用电煤价格的历史数据对电煤综合价格进行测算，建立煤电价格模型和煤电价格修正模型，可以进行预测，根据预测值计算出电厂上网电价的期望调整量，从而为政府职能部门根据煤价波动情况调整相应的电厂上网电价和终端售电价格提供了一种简单易行的办法。

## 5 结论

现行煤电联动机制存在严重的滞后，且可能受宏观经济运行态势影响，暂缓实施联动，这给电力

企业带来了巨大的资金压力。本文建立了电煤价格模型，通过分析火电企业的生产成本与电煤价格的关系将煤价波动引入到电厂生产成本的波动中，建立按月的电煤与上网电价修正模型及终端售电价格修正模型，从而构建了以 CPI 作为电价的修正路径选择依据的电煤价格、上网电价和终端售电价格之间的联动平衡关系。最后通过实例分析说明了上述模型的使用过程，并验证了该模型的合理性。实例分析结果也表明，本文的方法对缓解煤电矛盾具有一定的作用和参考意义。

## 参考文献

- [1] 刘琦. 深化体制改革加快产业调整促进能源产业的可持续发展[C]//2009 第五届中国能源投资论坛. 北京: 中国企业投资协会, 2009. Liu Qi. Deepen the reform to speed up industrial restructuring to promote sustainable growth of the energy industry//2009 Fifth China Energy Investment Forum[C]//Beijing: China Enterprises Investment Association, 2009(in Chinese).
- [2] 戴平生. 煤炭价格变动对电力市场定价的影响[J]. 价格理论与实践, 2004(4): 26-27. Dai Pingsheng. Electricity market pricing effects of coal price fluctuates[J]. Price: Theory & Practice, 2004(4): 26-27(in Chinese).
- [3] 孙媛. 中国电煤可应用基准价格研究[D]. 上海: 复旦大学, 2008. Sun Yuan. Research on applicable benchmark price of China's coal [D]. Shanghai: Fudan University, 2008(in Chinese).
- [4] 杨彤, 聂锐, 刘玥. 基于价格传导复杂网络模型的煤电价格传导效应模拟分析[J]. 中国矿业, 2009, 18(9): 31-35. Yang Tong, Nie Rui, Liu Yue. Simulation and analysis of price conduction between coal and electricity based on the price conduction complex networks[J]. China Miming Magazine, 2009, 18(9): 31-35(in Chinese).
- [5] Mount T. Market power and price volatility in restructured market for electricity[J]. Design Support System, 2001, 30(3): 1103-1107.
- [6] 束洪春, 污水均, 董俊, 等. 基于预测-校核机制的发电侧煤电联动[J]. 电网技术, 2007, 31(8): 23-26. Shu Hongchun, Wu Shuijun, Dong Jun, et al. Research on forecasting-checking mechanism based linking of electricity price to coal price at generation side[J]. Power System Technology, 2007, 31(8): 23-26(in Chinese).
- [7] 郭联哲, 李晓军, 谭忠富, 等. 煤电波动对火电厂上网电价影响的数学模型及动态分析[J]. 电网技术, 2005, 29(7): 7-11. Guo Lianzhe, Li Xiaojun, Tan Zhongfu, et al. Mathematic model and dynamic analysis for influence of fluctuation coal price on pool purchasing price[J]. Power System Technology, 2005, 29(7): 7-11(in Chinese).
- [8] 李凡生, 徐丽杰, 王玮. 试论火力发电厂动态成本分析[J]. 电网技术, 2001, 25(7): 44-47. Li Fansheng, Xu Lijie, Wang Wei. Analysis of dynamic cost in power plant operation bidding[J]. Power System Technology, 2001, 25(7): 44-47(in Chinese).
- [9] 谭忠富, 张明文, 王绵斌. 煤炭价格与发电价格联动平衡关系模型[J]. 电力系统及其自动化学报, 2009, 21(3): 1-5. Tan Zhongfu, Zhang Mingwen, Wang Mianbin. Balanced relation

- model of linkage between coal price and generation price [J]. Proceedings of the CSU-EPSCA, 2009, 21(3): 1-5(in Chinese).
- [10] 张明文. 中国煤电产业链协调发展的优化模型研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2009.  
Zhang Mingwen. A research on the coordinated development optimization models of China's coal and electricity industry [D]. Beijing: North China Electric Power University, 2009(in Chinese).
- [11] 易裕, 白晓民, 王成文. 地区配电市场运营状况的综合分析(一)[J]. 现代电力, 2006, 23(6): 79-83.  
Yi Su, Bai Xiaomin, Wang Chengwen. Synthetic analysis on the operation of distribution power supply market, part I: overall configuration and mathematic models of the major taches[J]. Modern Electric Power, 2006, 23(6): 79-83(in Chinese).
- [12] 秦祯芳, 岳顺民, 余贻鑫, 等. 零售端电力市场中的电量电价弹性矩阵[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(5): 16-19.  
Qin Zhenfang, Yue Shunmin, Yu Yixin, et al. Price elasticity matrix of demand in current retail power market[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(5): 16-19(in Chinese).
- [13] 岳顺民. 配电市场价格分析及价格监管模式研究[D]. 天津: 天津大学, 2004.  
Yue Shunmin. Study on price analysis and price regulation mode of electricity distribution market[D]. Tianjin: Tianjin University, 2004(in Chinese).
- [14] James B, Erin M. The impact of retail rate deregulation on electricity consumption in San Diego[EB/OL]. [2010-10-28]. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.20.346&rep=rep1&type=pdf>.
- [15] 谢健, 严忠. 非线性市场价格模型分析[J]. 数量经济技术经济研究, 2003(2): 53-56.  
Xie Jian, Yan Zhong. Analysis on nonlinear market price model [J]. The Journal of Quantitative & Technical Economics, 2003(2): 53-56(in Chinese)



王永杰

收稿日期: 2010-06-28。

#### 作者简介

王永杰(1962), 男, 博士研究生, 从事电力市场、电力金融和能源产业等研究, w06006@163.com;

张粒子(1963), 女, 教授, 博士生导师, 研究方向为电力系统运行优化、电力经济等。

(责任编辑 刘浩芳)