

电力期货市场的效率研究

杨洪明¹, 刘思东², 冯伟林³

(1. 长沙理工大学电气与信息工程学院, 湖南 长沙 410076; 2. 五邑大学数理系, 广东 江门 529020;
3. 湖南大学经济与贸易学院, 湖南 长沙 410079)

摘要: 借助计量经济学方法, 从期货市场的有效性、价格发现和套期保值功能三个方面, 提出了电力期货市场效率的计算模型和方法。考虑到电价波动存在的异方差和非平稳的特性, 提出基于方差比的电力期货市场的有效性检验方法、基于协整理论的电力期货市场价格发现功能效率的分析方法以及基于广义自回归条件异方差的电力期货套期保值比率和绩效的估算方法。通过对北欧电力期货市场的实证研究, 发现其运行基本上是有效率的, 即满足市场弱式有效假设, 期货与现货电价之间具有协整关系, 期货电价是现货电价的无偏估计, 期货市场在价格发现功能中处于主导作用, 套期保值操作在一定程度上减少了交易的风险, 并且2000-2003年间的运行效率要比1996-1999年间的运行效率高。虽然还存在一些无效因素, 但北欧电力期货市场正逐步走向成熟。

关键词: 电力期货市场; 市场有效性; 价格发现; 套期保值; 协整

Research on efficiency of electricity futures market

YANG Hong-ming¹, LIU Si-dong², FENG Wei-lin³

(1. College of Electrical and Information Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha 410076, China;
2. Department of Mathematics and Physics, Wuyi University, Jiangmen 529020, China; 3. College of Economy and Trade, Hunan University, Changsha 410082, China)

Abstract: By means of the methods in econometrics, this paper proposes the calculating models and methods of efficiency analysis of electricity futures market from three aspects, i.e., the market efficiency, price discovery and hedge function. In view of the characteristics of heteroskedasticity and non-stationary in the electricity price fluctuation, it proposes the variance ratio based efficiency test method, the cointegration based price discovery function analysis method and the generalized autoregressive conditional heteroskedasticity based evaluation method of hedging ratio and performance for electricity futures market. By the empirical research on the Nordic electricity futures market, it can be found that its operation is basically efficient, that is, it satisfies the weak form efficiency hypothesis, the futures price and spot price are cointegrated, the futures price is an unbiased estimate of spot price, the futures market plays an important role in the price discovery function, the hedge reduces the risk of transaction on a certain extent, and the operation efficiency during 2000-2003 year is higher than that of 1996-1999 year. Although there are some inefficient factors, the Nordic electricity futures market is gradually tending towards the mature.

This project is supported by National Natural Science Foundation of China(NSFC)(No.70601003).

Key words: electricity futures market; market efficiency; price discovery; hedge; cointegration

中图分类号: TM73; F123.9 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)04-0009-07

0 引言

期货市场的发展已经有几百年的历史, 但电力期货市场的概念是在20世纪80年代, 电力工业市场化改革和运营的大背景下才提出的。1995年, 世界上第1份电力期货在北欧电力交易所(Nordic Power Exchange)出现。随后, 美国、澳大利亚和德

国等相继推出了电力期货^[1]。中国自2002年启动电力市场改革以来, 已提出了建立电力期货、期权等电力金融市场的目标, 2006年上海期货交易所已着手研究电力期货商品的交易问题, 2007年8月中电联在北京召开了“电力期货与电力市场建设论坛”, 深入探讨了电力市场引入期货交易的必要性和重要性。在电力现货市场不断成熟和完善的前提下, 为规避现货市场的经营风险而出现的期货市场已成为电力市场改革深入发展的重要问题^[2,3]。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70601003)

期货市场是一个能够把商品的价格风险转移到最适合承担风险和愿意承担风险的人身上的场所。从理论上讲,期货市场的基本功能是套期保值(它是指连续不断地为想通过套期保值转移风险的市场参与者提供服务的风险营销体系^[4])和价格发现(它是指期货价格可以预测到未来现货市场的价格,并对现货市场的价格走向具有的引导作用)。电力期货市场作为一个刚刚开始运营的市场,市场效率成为一个不容回避的问题,即期货电价和现货电价的关联性、套期保值功能的效率、期货电价的价格发现功能等问题都亟需建立一套严格的理论分析体系来研究,从而正确引导电力期货交易,充分发挥电力期货市场的效率。

近年来,一般商品,如农产品和金属期货市场的效率问题研究已取得了十分丰硕的成果^[5],但电力期货市场的效率研究才刚刚起步,主要集中在期货市场的有效性和套期保值功能方面。文献[6]基于有效市场假说理论,借助 Advanced Dicker-Fuller (ADF)检验法,研究了澳大利亚电力期货市场的效率问题,指出期货电价和现货电价序列为平稳序列,澳大利亚电力期货市场接受有效性假设。然而,在实际的许多系统中,价格序列呈现非平稳、异方差的特点^[7],这需要运用其它更为有效的方法来进行进一步研究电力期货市场的效率问题。文献[8]对纽约商业交易所的2支电力期货进行了套期保值的实证研究,基于普通最小二乘(OLS)模型估算套期保值比率,得到了较悲观的结果,电力期货的套期保值功能并不能减少市场交易的风险。文献[9]对静态保值方法中的直接保值和交叉保值进行了比较分析,指出电力套期保值可以减少市场风险。然而,上述对套期保值功能的研究都没有考虑电价序列之间可能存在的协整关系及其对套期保值比率的影响,并且在利用套期保值比率来分析电力期货市场的套期保值效率方面,还有待进一步加强。

从上面的分析可知,现有的电力期货市场效率研究往往从单一的角度出发,如期货市场的效率或套期保值来研究电力期货市场的效率问题,缺乏全面、系统的分析。另一方面,所采用的分析方法还存在一些不合理之处,需要进一步修改和完善。基于此,从电力期货市场的效率、价格发现功能效率和套期保值功能效率三个方面,本文借助计量经济学方法,如协整技术、方差比检验等,系统地研究电力期货市场的效率问题,为电力期货市场的效率分析提供合理的计算模型和方法。

1 电力期货市场的效率研究

1.1 期货市场的效率性

期货市场的效率性关系着期货市场吸收市场信息的速度与广度,是期货市场效率的基础和起点。有效市场假说一般可分为弱式有效、半强式有效和强式有效。弱式有效性假说认为,期货价格充分反映了全部能从市场交易数据中得到的历史信息,这些信息包括价格、交易量、空头利益等。电力期货市场处于发展中,各种交易制度正在建立和完善。因此,这里研究电力期货市场的弱式效率性问题。

针对弱式有效市场假说,采用随机游走对电力期货市场的弱式效率性进行描述和检验,即检验期货电价序列的随机性。关于期货市场随机性的实证检验,早期的研究基本上根据序列相关检验方法检验期货市场的效率性。随后,提出了单位根检验法,即价格的随机波动意味着价格序列是非平稳的,含有单位根过程。最近,针对期货价格波动存在的异方差和非正态分布特征,提出了方差比统计量来检验价格序列是否服从随机游动过程。方差比检验比序列相关检验和单位根检验更为有效和可靠。

若电价序列服从一个随机游走过程,则序列的方差应与样本区间的长度成正比。滞后 q 阶的方差比定义为:

$$VR(q) = \frac{Var(\Delta^q fpr_t)}{qVar(\Delta fpr_t)}$$

式中: fpr_t 代表期货电价序列, Δfpr_t 为电价序列的一阶滞后, $\Delta^q fpr_t$ 为电价序列的 q 阶滞后。随机游走假设表明滞后 q 阶的方差是一阶滞后方差的 q 倍,在理论上方差比等于1。Lo和MacKinlay给出非正态情形下同方差和异方差的标准检验统计量 $Z(q)$ 和 $Z(q)^*$ ^[10]:

$$Z(q) = \frac{VR(q) - 1}{\sqrt{\Psi(q)}}, \quad Z(q)^* = \frac{VR(q) - 1}{\sqrt{\Psi(q)^*}}$$

式中: $\Psi(q) = [2(2q-1)(q-1)]/3q(nq)$

$$\Psi(q)^* = \sum_{j=1}^{q-1} \left[\frac{2(q-j)}{q} \right]^* \delta(j)$$

$$\delta(j) = \frac{\sum_{i=j+1}^{nq} (fpr_i - fpr_{i-1} - \mu)^2 (fpr_{i-j} - fpr_{i-j-1} - \mu)^2}{\left[\sum_{i=1}^{nq} (fpr_i - fpr_{i-1} - \mu)^2 \right]^2}$$

其中: n 为数据样本的个数, μ 为电价序列的均值。用 Z 统计量来检验电价序列的方差比是否显著为1, Z 统计量的大小反映出市场偏离有效性的程度。

1.2 实证分析

1.2.1 数据选取

本文以电力期货市场较为成熟的北欧电力期货市场为例来探讨电力期货市场的效率问题。根据北欧电力市场的成熟和完善程度, 将期货市场分为两个阶段来考虑, 以便细致地研究电力期货市场效率的演进情况。第一阶段为 1996-1999 年, 由挪威和瑞典组成的北欧电力市场引入期货交易, 开始运营期货市场; 第二阶段为 2000-2003 年, 北欧四国电力系统完成互联, 形成统一的电力市场, 完善期货交易机制, 增进电力商品的流动性^[11]。

第一阶段选取 1996 年 1 月 2 日-1999 年 12 月 30 日周合约期货电价, 共 995 个样本数据; 第二阶段选取 2000 年 1 月 3 日-2003 年 12 月 30 日周合约期货电价, 共 992 个样本数据。其中, 期货合约的收盘价作为期货电价; 由于周六、周日和某些特定的节假日, 期货市场不进行交易, 期货电价序列不包括这些时间的数据。数据来自北欧四国的电力运营机构 Nordpool, 详见 <http://www.nordpool.com>。图 1 和图 2 分别显示出第一阶段和第二阶段期货和现货电价的变化曲线。

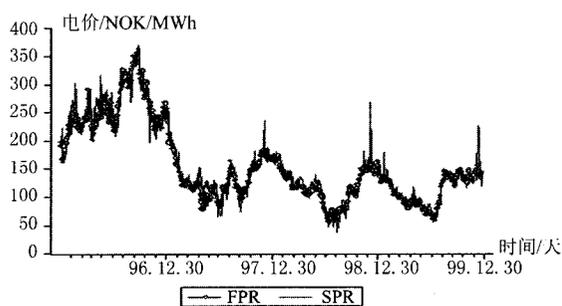


图 1 第一阶段电价的变化曲线

Fig. 1 Varying curve of electricity price during the first stage

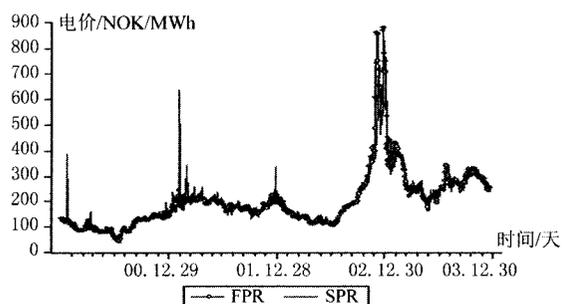


图 2 第二阶段电价的变化曲线

注: 图中 fpr 表示期货电价, spr 表示现货电价, 现货电价为 Nordpool 日前市场的每日平均系统清算电价。

Fig. 2 Varying curve of electricity price during the second stage

1. 2. 2 分析结果

①单位根检验

采用 ADF 单位根检验方法^[12], 验证期货和现货电价序列的非平稳性。根据 AIC 准则, 选择恰当的模型和滞后阶数, 检验结果见表 1。由表 1 可知, 北欧电力市场两个阶段的期货和现货电价均为非平稳的单位根序列, 而一阶差分序列都是平稳的。这表明电价序列是一阶的单位根过程, 它服从非平稳的随机过程。因而, 北欧电力期货市场满足市场有效性假设。

表 1 ADF 单位根检验结果

Tab.1 Results of ADF unit root tests

电价序列		滞后阶数	ADF 统计量	结论
第一 阶段	fpr_t	4	-1.526 4	不平稳
	Δfpr_t	3	-15.634 9**	平稳
	spr_t	4	-2.016 3	不平稳
	Δspr_t	3	-17.376 9**	平稳
第二 阶段	fpr_t	8	-2.002 2	不平稳
	Δfpr_t	7	-16.378 0**	平稳
	spr_t	8	-2.600 7	不平稳
	Δspr_t	7	-14.538 0**	平稳

注: $\{\Delta fpr_t\}, \{\Delta spr_t\}$ 代表经过一阶差分后的期货和现货电价; ADF 检验模型中选取常数项趋势; 1%临界值为-3.49; **表示在 1%的显著性水平上拒绝时间序列是非平稳的假设。

②方差比检验

单位根检验假定电价变量服从正态分布。为了克服单位根检验的不足, 进一步采用方差比方法验证电力期货市场的有效性。期货电价序列的方差比以及相关的检验统计量的值由表 2 给出。

表 2 方差比检验结果

Tab.2 Test results of variance ratio

滞后 阶数	第一阶段			第二阶段		
	$VR(q)$	$Z(q)$	$Z(q)^*$	$VR(q)$	$Z(q)$	$Z(q)^*$
2	1.099	3.14	2.52**	1.121	3.81	0.72**
4	1.131	2.21**	1.73**	1.326	5.48	1.19**
8	1.183	1.94**	1.57**	1.397	4.21	1.09**
16	1.165	1.17**	1.00**	0.873	-0.90**	-0.27**

注: Z 统计量的 1%临界值为 2.575; **表示在 1%的显著性水平上接受原假设, 即序列服从随机游走。

由于电价序列存在异方差, 使得检验统计量 $Z(q)$ 明显大于 $Z(q)^*$ 。这说明如果不考虑电价序列异方差的影响, 仅根据 $Z(q)$ 值来判断期货电价的随机性是不恰当的, 异方差的存在使得 $Z(q)$ 值偏大, 过早地落入拒绝域。

由表 2 可知, 北欧电力期货市场两个阶段的 $Z(q)^*$ 统计量都小于临界值, 表明在 1%的显著性水平上接受原假设, 即期货电价序列服从随机游走, 北欧电力期货市场满足弱式有效假设。另外, 第二阶段的统计量 $Z(q)^*$ 小于第一阶段, 说明北欧电力期货市场第二阶段的有效程度高于第一阶段。

2 电力期货市场的价格发现效率研究

价格发现是期货市场的基本功能之一，它在期货市场的发挥程度直接反映了期货市场的效率。考虑到电价波动的非平稳特性，借助协整检验，误差修正模型等方法，从价格发现的“简单效率”、期货电价的主导作用和作用大小，对电力期货市场的价格发现效率进行研究。

2.1 价格发现的“简单效率”分析

期货电价是电力商品的未来价格，若期货电价是现货电价的一个无偏估计，则称电力期货市场满足“简单效率”。期货市场“简单效率”是对期货市场价格效率的简单、直观解释，成为理解价格发现效率的基础。

2.1.1 协整检验

由表 1 可知，两个阶段的期货和现货电价为同阶可积的 $I(1)$ 型序列，这满足协整检验的前提条件。借助 Johansen 检验方法^[13]，对期货和现货电价序列进行协整检验 (Johansen 检验法基于向量自回归误差修正模型，不仅能检验变量之间是否存在协整关系，而且可准确确定出协整向量的个数，比 EG 两步法具有更强的检验能力)。选择含常数项而不含趋势项的 Johansen 协整检验，结果见表 3。

表 3 Johansen 协整检验结果

Tab.3 Results of Johansen cointegration tests

序列	原假设	特征值	轨迹统计量	1% 临界值
第一阶段 $fpr_t \sim spr_t$	$r \leq 0$	0.066 5	70.498 4**	20.04
	$r \leq 1$	0.002 4	2.364 7	6.65
第二阶段 $fpr_t \sim spr_t$	$r \leq 0$	0.082 9	89.156 2**	20.04
	$r \leq 1$	0.004 0	3.978 7	6.65

注： r 代表协整向量个数；**表示在 1% 的显著性水平上拒绝原假设。

由表 3 可知，两个阶段的期货和现货电价序列，在 1% 的显著性水平上拒绝 $r \leq 0$ 的原假设，而它们都不能拒绝 $r \leq 1$ ，即存在 1 个协整向量。这表明两个阶段的期货和现货电价序列之间存在协整关系，即虽然在短时间内期货与现货电价可能偏离均衡状态，但长期来看，期货与现货电价之间保持着长期、稳定的均衡关系。

2.1.2 协整参数的无偏性检验

$fpr_t \sim spr_t$ 之间存在的协整关系意味着它们的线性组合是平稳的，即

$$spr_t - \alpha - \beta fpr_t = \varepsilon_t$$

其中： ε_t 是均值为 0 的噪声。假若 $\alpha=0, \beta=1$ ，则期货电价是现货的一个无偏估计，即电力期货市场满足“简单效率”。基于似然比检验，协整参数

$\alpha=0, \beta=1$ 的检验结果见表 4。

从表 4 对原假设 $\alpha=0, \beta=1$ 的检验结果看，第一阶段和第二阶段的北欧期货市场均不能在 5% 的显著水平上拒绝原假设。由此表明期货电价是现货电价的无偏估计，两者之间的偏差不会长期存在，1996~2003 年间北欧电力期货市场在长期上是有效率的。

表 4 协整参数 $\alpha=0, \beta=1$ 的检验结果

Tab.4 Test results of cointegration parameters $\alpha=0, \beta=1$

北欧电力市场	H0: $\alpha=0, \beta=1$	
	L_T	P-value
第一阶段	0.354 4	0.88
第二阶段	0.234 9	0.93

2.1.3 短期效率检验

基于 $fpr_t \sim spr_t$ 之间的协整关系，建立向量误差修正 VEC (Vector Error Correction) 模型，该模型同时考虑了期货电价和现货电价的非平稳性、长期均衡关系以及短期动态关系。

$$\Delta spr_t = \theta_0 + \theta_1 (fpr_{t-1} - spr_{t-1}) + \sum_{i=1}^k \lambda_i \Delta spr_{t-i} + \sum_{i=1}^k \gamma_i \Delta fpr_{t-i} + \varepsilon_t \quad (1)$$

其中： λ_i, γ_i 为短期调整系数， $Z_{t-1} = fpr_{t-1} - spr_{t-1}$ 为期货和现货电价协整关系中的误差修正项， θ_1 为误差修正项系数， k 为滞后项阶数。在模型(1)的基础上去掉短期滞后项，得到模型(2)：

$$\Delta spr_t = \theta_0 + \theta_1 (fpr_{t-1} - spr_{t-1}) \quad (2)$$

对比模型(1)和(2)的系数 θ_1 ，若数值相差不大，即短期波动滞后项对体现长期均衡关系的 θ_1 影响不敏感，这表明短期波动因素对市场电价影响有限，期货市场运行是短期有效率的。基于北欧市场两阶段的实际数据，模型(1)和(2)的 OLS 回归结果见表 5。

表 5 模型(1)和(2)的 OLS 回归结果

Tab.5 OLS regression results of model (1) and (2)

系数	第一阶段	第二阶段	
模型(1)	θ_0	0.495 9(1.663 5)	0.140 0(0.208 4)
	θ_1	0.220 5*(8.188 2)	0.342 6*(11.138 7)
模型(2)	θ_0	0.773 2*(2.487 7)	0.144 5(0.214 8)
	θ_1	0.338 7*(15.313 0)	0.389 8*(19.674 0)

注：括号内为变量的 t 统计量，5% 显著性水平的临界值为 2.262，*表示在 5% 的显著性水平下变量是显著的。

从表 5 可以看出，在 1996-1999 年的第一阶段中，模型(1)和(2)的 θ_1 值变化较大，相差 0.118 2，即 35%；在 2000~2003 年的第二阶段中，两模型的 θ_1 值变化较小，相差 0.047 2，即 12%。这说明随着市场的成熟和交易制度的完善，北欧电力期货市场第二阶段的短期效率要比第一阶段高。

为了进一步反映市场的短期效率, 在模型(1)的基础上, 引入市场效率测度^[13]:

$$\phi_c = \frac{(n - 2k - 2)^{-1} \sum_{t=1}^n \hat{\varepsilon}_t^2}{(n - 1) \sum_{t=1}^n [(spr_t - fpr_{t-1}) - (spr_t - fpr_{t-1})]^2} \quad (3)$$

其中: n 为数据样本的个数, k 为模型(1)中估计参数的个数, $\hat{\varepsilon}_t$ 为随机误差项方差的估计量, $(spr_t - fpr_{t-1})$ 表示序列 $spr_t - fpr_{t-1}$ 的均值。它是期货电价对未来现货电价预测能力的估计, $0 \leq \phi_c \leq 1$, $\phi_c = 0$ 表明期货市场完全无效率。

通过对市场效率测度指标的计算, 北欧电力期货市场第一阶段的效率为 47.7%, 第二阶段的效率为 51.7%。这同样表明第二阶段电力期货市场的短期效率比第一阶段高, 但与一般商品期货市场相比(一般商品期货市场的效率测度, 如大豆、石油通常都在 0.8 以上), 电力期货的短期效率总体上偏低, 电力期货市场的效率还有待进一步提高。

2.2 领先-滞后关系分析

领先-滞后关系是从期货市场与现货市场相比较的角度, 研究信息在不同市场间传递的机制及不同市场在吸收新信息的速度方面表现出的差异, 从而体现期货价格对现货价格的主导作用, 反映期货市场的价格发现功能。借助 Granger 因果检验对北欧电力期货市场与现货市场的领先-滞后关系进行研究。

基于误差修正模型:

$$\Delta spr_t = \theta_0 + \theta_1 Z_{t-1} + \sum_{i=1}^k \lambda_i \Delta spr_{t-i} + \sum_{i=1}^k \gamma_i \Delta fpr_{t-i} + \varepsilon_{t1} \quad (4)$$

$$\Delta fpr_t = \xi_0 + \xi_1 Z_{t-1} + \sum_{j=1}^k \lambda_j \Delta spr_{t-j} + \sum_{j=1}^k \gamma_j \Delta fpr_{t-j} + \varepsilon_{t2} \quad (5)$$

可以说明期货与现货电价之间的相互引导关系。通过方程参数的显著性检验, 反映期货市场与现货市场的价格动态。由 Granger 因果关系定义, 如果模型(4)中 Δfpr_t 的系数不全为零, 或者误差修正项系数 θ_1 不为零, 则 fpr_t Granger 引导 spr_t ; 同样, 如果模型(5)中 Δspr_t 的系数不全为零, 或者误差修正项系数 ξ_1 不为零, 则 spr_t Granger 引导 fpr_t 。针对北欧电力市场, Granger 因果关系检验结果见表 6。

从表 6 的检验结果可知, 在 5% 的显著水平上拒绝原假设 H_2 , 即表明当期的现货电价变化与前期期货电价变化相关; 在 5% 的显著水平上不能拒绝原假设 H_1 , 表明当期期货电价的变化与前期现货电价的变化无关。这反映出期货电价是现货电价的 Granger 原因, 而现货电价并不是期货电价的 Granger 原因。因此, 期货市场的价格变化领先于

现货市场的价格变化, 北欧电力期货市场确实起到了价格发现的作用。

表 6 Granger 因果关系检验结果
Tab.6 Test results of Granger causality relationship

原假设		样本数	F 统计量	接受原假设的概率
第一 阶段	H1: spr_t does not Granger Cause fpr_t	991	1.574 9	0.178 8
	H2: fpr_t does not Granger Cause spr_t		84.504 3*	0.000 0
第二 阶段	H1: spr_t does not Granger Cause fpr_t	989	2.351 1	0.052 5
	H2: fpr_t does not Granger Cause spr_t		107.781*	0.000 0

注: Granger 因果检验的滞后阶数为 4, *表示在 5% 的显著水平上拒绝原假设。

2.3 Hasbrouck 方差分解

为了进一步定量刻画期货市场和现货市场在价格发现功能中的作用大小, 对电价序列进行 Hasbrouck 方差分解^[15]。该方法将影响期货电价和现货电价变动长期作用部分的方差进行分解, 求出期货电价和现货电价变动长期作用部分的方差来自于期货市场和现货市场的比重, 再计算期货市场和现货市场信息份额的平均数, 以此作为期货市场和现货市场在价格发现功能中作用的大小。北欧电力市场第一和第二阶段的 Hasbrouck 方差分解结果见表 7 和 8。

表 7 Hasbrouck 方差分解结果 (第一阶段)

Tab.7 Results of Hasbrouck variance decomposition (the first stage)

方差 滞后期	期货电价来自于		现货电价来自于	
	期货市场 /(%)	现货市场 /(%)	期货市场 /(%)	现货市场 /(%)
1	100	0	7.91	92.81
2	99.83	0.17	29.33	70.67
3	99.64	0.36	41.39	58.61
4	99.61	0.39	50.44	49.55
5	99.56	0.44	57.28	42.72
6	99.47	0.53	62.03	37.97
7	99.36	0.64	65.85	34.15
.....
20	98.16	1.84	84.84	15.16

由表 7 和 8 可知, 对期货电价变动长期作用部分的方差, 随着滞后期的增加, 总方差中来自于期货市场的部分呈下降趋势, 而来自于现货市场的部分呈上升趋势; 而对现货电价变动长期作用部分的方差, 随着滞后期的增加, 总方差中来自于期货市场的部分呈上升趋势, 而来自于现货市场的部分呈下降趋势。

表 8 Hasbrouck 方差分解结果 (第二阶段)

Tab.8 Results of Hasbrouck variance decomposition (the second stage)

方差 滞后期	期货电价来自于		现货电价来自于	
	期货市场 /(%)	现货市场 /(%)	期货市场 /(%)	现货市场 /(%)
1	100	0	1.70	98.30
2	99.72	0.28	14.43	85.57
3	99.63	0.37	28.19	71.81
4	99.48	0.52	44.36	55.64
5	99.55	0.45	56.71	43.29
6	99.47	0.53	65.78	34.22
7	99.36	0.64	72.09	27.91
.....
20	99.81	0.19	91.62	8.38

平均来说,在第一阶段中市场电价来自于现货市场的方差为 8.5%=(1.84%+15.16%)/2,而来自于期货市场的方差为 91.5%=(98.16 %+84.84%)/2;在第二阶段中市场电价来自于现货市场的方差为 4.285%=(0.19%+8.38%)/2,而来自于期货市场的方差为 95.715%=(99.81 %+91.62%)/2。因此,对于北欧电力市场,期货市场在价格发现功能中处于主导作用,即从长期来看,期货电价的变动对市场电价的影响较大,而现货电价的变动对市场电价的影响较小,且第二阶段的价格发现功能效率比第一阶段要高。

3 电力期货市场的套期保值效率研究

期货市场的另一重要功能是套期保值,即风险规避的投资者利用期货合约进行风险管理,降低或转移不利的价格波动风险。套期保值是期货市场生存与发展的基础。因此,套期保值的有效性成为了期货市场效率的重要体现。通过套期保值比率和套期保值绩效两个方面来分析电力期货市场的套期保值功能效率。

3.1 套期保值比率计算

考虑到期货和现货电价的协整关系和异方差特性,在协整的基础上,采用广义自回归条件异方差模型(EC-GARCH)来估计最优的套期保值比率。该模型不仅考虑了一阶矩期货电价与现货电价变动之间的协整关系,同时考虑了二阶矩期货电价变动的方差与现货电价变动方差之间的相互影响,并且不需假定期货电价变动的条件方差以及期货电价与现货电价变动的条件协方差为常数。借助 EC-GARCH 模型,电力期货市场的套期保值比率为:

$$h = \frac{Cov(\Delta spr_t, \Delta fpr_t | Z_{t-1})}{Var(\Delta fpr_{t-1} | Z_{t-1})} = \frac{\sigma_{sf}}{\sigma_{ff}}$$

其中: $Z_{t-1} = fpr_{t-1} - spr_{t-1}$, $Var(\varepsilon_{ft}) = \sigma_{ff}$, $Cov(\varepsilon_{st}, \varepsilon_{ft}) = \sigma_{sf}$ 。

3.2 套期保值绩效分析

套期保值的绩效是研究套期保值的实际效果,即风险规避的程度,通过测算套期保值相对于不进行套期保值的风险降低程度来实现。目前,测算方法主要有 Enderington 测度方法、LPM 测度方法、夏普比率模型测度方法和 HKL 测度方法,其中 Enderington 测度方法在风险最小化的框架下提出,获得了较好的实证效果^[16]。下面选取 Enderington 测度方法来分析电力期货市场的套期保值绩效,其测度公式为:

$$h_e = 1 - \frac{var(H)}{var(U)}$$

其中: $var(H) = var(\Delta spr_t + h\Delta fpr_t)$ 表示进行套期保值交易实现收益的方差, h 为最优的套期保值比率, $var(U) = var(\Delta spr_t)$ 表示不进行套期保值交易实现收益的方差。

通过计算,北欧电力期货市场第一和第二阶段的套期保值比率和绩效分析结果见表 9。

由表 9 可知,北欧电力期货市场的套期保值操作在一定程度上减少了交易的风险,且第二阶段的套期保值有效性要比第一阶段好。但整体来说,套期保值的绩效不高(绩效的最大值为 1,由于本文所取的样本时间跨度大、且数目多,它们的波动,即方差较大,套期保值之后的方差相对较高,从而导致绩效值偏小。若缩小样本的时间跨度,套期保值绩效会有所提高),套期保值策略面临着一定的基差风险。

表 9 套期保值比率和绩效计算结果

Tab.9 Computing results of hedging ratio and performance

时间	套期保值比率	套期保值绩效
第一阶段	0.439 5	0.256 8
第二阶段	0.183 1	0.297 5

从上面定性分析和定量计算的结果来看,北欧电力期货市场的运行基本上是有效率的,且 2000-2003 年间的运行效率要比 1996-1999 年间的运行效率高。虽然还存在一些无效因素,但北欧电力期货市场正逐步走向成熟。

4 结论

本文借助计量经济学方法,从期货市场的有效性、价格发现功能和套期保值功能三个方面,对电力期货市场的效率进行了研究,并获得了如下结论:

(a) 针对期货电价波动存在的异方差和非正态分布特征,提出基于方差比检验的电力期货市场有

效性分析方法。方差比检验结果验证北欧电力期货市场满足市场弱式有效假设。

(b) 考虑到电价波动的非平稳特性, 提出基于协整的电力期货市场价格发现功能效率的分析方法。通过对北欧电力期货市场的实证研究, 发现期货与现货电价之间具有协整关系, 期货市场的电价变化领先于现货市场的电价变化, 北欧电力期货市场较好地发挥了价格发现功能。

(c) 考虑到期货电价和现货电价的协整关系和异方差特性, 提出基于 EC-GARCH 模型的电力期货套期保值比率的计算方法, 通过对北欧电力期货市场套期保值比率和绩效的实证分析, 发现套期保值操作在一定程度上减少了交易的风险。

(d) 通过对北欧电力期货市场 1996~1999 年和 2000~2003 年两阶段的对比分析, 发现随着电力市场改革的深入和交易制度的完善, 电力期货市场的效率不断提高, 北欧电力期货市场正逐步走向成熟。

依据北欧电力期货市场的效率分析, 以及北欧电力市场的发展历程, 可以得出以下政策建议:

(a) 建立完善的期货市场。在电力市场中引入期货交易可以降低现货市场的风险、为现货电价提供价格发现功能。期货市场的启动和完善对电力市场持续、稳定的运营具有重要作用。

(b) 完善交易机制、促进全国统一市场的形成。打破地区封锁, 引入充分的竞争机制, 对增进电力商品的流动性, 建立正确的现货和期货电价起着重要的作用。

此外, 本文提出的电力期货市场效率分析的计算模型和方法同样可以应用于其它的电力期货市场之中。依据不同国家电力期货市场效率结果的差异分析, 可以显示出目前世界各国电力期货发展的水平, 获得有效开展电力期货市场的政策及建议。

参考文献

- [1] 江健健, 夏清, 祁达才. 基于期货的新型电力交易模式[J]. 中国电机工程学报, 2003, 23(4): 31-37.
JIANG Jian-jian, XIA Qing, QI Da-cai. New Mechanism of Electricity Trade Based on Futures[J]. Proceedings of the CSEE, 2003, 23(4): 31-37.
- [2] 周浩, 康建伟, 陈建华. 蒙特卡罗方法在电力市场短期金融风险评估中的应用[J]. 中国电机工程学报, 2004, 24(12): 74-77.
ZHOU Hao, KANG Jian-wei, CHEN Jian-hua. Evaluating Short-term Financial Risk in the Electricity Market by Applying Monte-Carlo Method[J]. Proceedings of the CSEE, 2004, 24(12): 74-77.
- [3] 王良友, 赵永亮, 杨素萍. 电能期货合同市场的输电拥堵定价及其电网的开放[J]. 中国电机工程学报, 2004, 24(8): 12-16.
WANG Liang-you, ZHAO Yong-liang, YANG Su-ping. Congestion Pricing and Transmission Access in the Electricity Futures Markets[J]. Proceedings of the CSEE, 2004, 24(8): 12-16.
- [4] 马歆, 侯志检, 蒋传文. 考虑需求不确定性的电力市场参与者套期保值策略研究[J]. 中国电机工程学报, 2005, 25(2): 6-11.
MA Xin, HOU Zhi-jian, JIANG Chuan-wen. Study on Hedging Strategy of Participants of Electricity Markets Considering Uncertainty Load[J]. Proceedings of the CSEE, 2005, 25(2): 6-11.
- [5] Wang H H, Bingfan K E. Efficiency Tests of Agricultural Commodity Futures Markets in China[J]. Australian Journal of Agricultural and Resource Economics, 2005, 49(2):125-141.
- [6] ZHE Lu, ZHAO Yang-dong. Electricity Future Market Efficiency Testing: The Characteristics of Electricity Prices[A]. In: Proceedings of the 7th International Power Engineering Conference[C]. Singapore:2005. 868-873.
- [7] 程瑜, 张粒子. 基于 ARCH 模型的电价联动建模研究[J]. 中国电机工程学报, 2006, 26(9): 126-130.
CHENG Yu, ZHANG Li-zi. Electricity Tariff Linkage Modeling Research Based on ARCH[J]. Proceedings of the CSEE, 2006, 26(9): 126-130.
- [8] Moulton J S. California Electricity Futures: the NYMEX Experience[J]. Energy Economics, 2005, 27: 181-194.
- [9] Tavlapco E, Lawarree J, Liu C C. Hedging with Futures Contracts in a Deregulated Electricity Industry[J]. IEEE Trans on Power Systems, 2002, 17(3): 577-582.
- [10] Lo A W, MacKinlay C. Stock Market Prices do not Follow Random Walks:Evidence from a Simple Specification Test[J]. Review of Financial Studies, 1988, 1: 41-66.
- [11] 孙建平, 戴铁潮. 北欧电力市场发展概况[J]. 华东电力, 2006, 34(12): 60-65.
SUN Jian-ping, DAI Tie-chao. Development Analysis of Electricity Markets in North Europe[J]. East China Electric Power, 2006, 34(12): 60-65.
- [12] Dickey A D, Fuller W A. Likelihood Ratio Statistics For Autoregressive Time Series with Unit Root[J]. Econometrica, 1981, 49: 1057-1072.
- [13] Johansen S. Statistical Analysis of Co-integration Vectors. Journal of Economic Dynamics and Control, 1988, 12: 231-254.
- [14] Kellard N, Newbold P, Rayner T. The Relative Efficiency of Commodity Futures Markets[J]. The Journal of Futures Markets, 1999, 19(4): 413-432.
- [15] Hasbrouck J. One Security, Many Markets: Determining the Contributions to Price Discovery[J]. Journal of Finance, 1995, 50: 1175 -1199.
- [16] Ederington L H. The Hedging Performance of the New Futures Markets[J]. Journal of Finance, 1979, 34: 157-170.

收稿日期: 2008-04-16; 修回日期: 2008-05-29

作者简介:

杨洪明(1972-), 女, 博士, 教授, 研究方向为电力市场; E-mail: yhm5218@163.com

刘思东(1982-), 男, 硕士, 研究方向为电力市场。