

随机便利收益下国际碳排放期权价值的实证分析

常凯(博士) 侯瑞瑞

(浙江财经大学金融学院 杭州 310018 澳门科技大学行政管理学院 澳门)

【摘要】 本文运用在随机便利收益期限结构下碳排放期权定价模型估算理论上的碳排放期权价值,实证结果显示,市场参与者凭借历史碳排放期货价格市场信息可确定合理的碳排放期权价格,做出正确的碳排放期权交易决策。

【关键词】 碳排放 便利收益 期限结构 期权定价

碳排放价格是一种有效的市场信号,能够准确反映碳排放市场供需状况。在碳交易机制下,碳排放价格主要取决于碳排放交易市场中碳排放权供求总量所诱使的预期碳排放量稀缺性,且碳排放稀缺性易受到政府管制政策变化、碳减排技术进步与推广、能源使用效率、能源价格波动及极端气候变化等影响。本文以ICE交易所和Bluenext交易所的碳排放权EUA日结算价格作为数据样本,评估随机便利收益期限结构下碳排放资产的投资价值。

一、二因素期货定价模型

便利收益近似值可看成商品期货价格与特定利率和储存成本调整后现货预期价格的价值差异。根据持有成本理论,当碳排放供求总量波动诱使碳排放量的稀缺性,导致碳

排放现货与期货的价格出现超前或滞后的变化趋势,因此碳排放便利收益是碳排放现货持有者所获得额外的隐含收益,而不是期货持有者获得收益。碳排放便利收益是现货持有者因承担碳排放价格预期变化所获得额外的风险溢价,反映了碳排放持有者对持有现货预期价格变化的获利期望。为更精确描述随机便利收益下的商品期货价格,现假设商品现货价格 S_t 和便利收益 δ_t 服从Ornstein-Uhlenbeck随机过程,即:

$$\begin{aligned} dS &= (\mu - \delta) S dt + \sigma_S S dz_S \\ d\delta &= k(\alpha - \delta) dt + \sigma_\delta dz_\delta \\ dz_S dz_\delta &= \rho dt \end{aligned} \quad (1)$$

其中 μ 为持有碳排放现货预期收益率, α 为碳排放便利收益长期趋于某一稳定值, k 为便利收益返回均值状态的速度,

从因子F5的得分来看,山东航空以3.4714的高分排名第一,说明其在盈利能力方面有非常强的竞争优势,在众多航空公司中处于领先地位。此外,春秋航、海航、深航和东航的得分也为正值,比其余的航空公司具有更强的盈利能力。

从因子F6的得分来看,众多航空公司得分都为正值,其中川航和厦航分别排名第一和第二,说明其在市场和服务创新方面做得较为出色,品牌和服务受到消费者的肯定和好评。而四大航空公司得分均不高,甚至出现负分,作为服务行业,这是值得四大航空公司思考的问题。

2. 研究启示。航空运输是产业集中度很高的行业,大规模航空公司要充分利用现有规模优势和民航特有资源,改善航空市场的无序竞争,提高竞争力。在此基础上,航空公司要考虑如何提高生产效率,进而提高盈利能力。但简单地、硬性提高票价,既不符合市场经济的原则又难以操作,也可能影响需求。最关键的是要进行产品创新,提供差异化服务,运用好多级票价,更好地适应不同层次的市场。同时需要航空公司在服务的便捷性、舒适性、准确性等方面做进一步的改善,使自身品牌深入人心。而解决过度竞争问题,还需要通过加强宏观调控和企业的自我约束来控制运力。航空公司在节

支方面,应主要通过提高效率来摊薄成本,包括提高飞机利用率、客货舱利用率和全员劳动生产率。总之,要建立符合航空运输企业经营特点的盈利模式,这样才能提高航空公司对于动态变化的市场环境的适应和调整能力。

【注】 本文系天津市高等学校人文社科研究项目(项目编号:20102142)、中央高校基本科研业务费中国民航大学专项(项目编号:ZXH2012N006)的阶段性研究成果,并受民航软科学基金项目(项目编号:MHRD201012)资助。

主要参考文献

1. 田利军.基于因子分析法的航空公司内部控制评价研究.财会月刊,2013;3
2. Schefczyk M..Operational Performance of Airlines: An Extension of Traditional Measurement Paradigms. Strategic Management Journal, 1993;14
3. JehnYih Wong, PiHeng Chung.Managing valuable Taiwanese airline passengers using knowledge discovery in database techniques. Journal of Air Transport Management, 2007;13
4. 隋明.航空公司竞争力理论与评价方法研究.首都经济贸易大学博士学位论文,2006

dz_1, dz_2 为碳排放现货和便利收益的布朗运动增量, ρ 为现货价格与便利收益的相关系数。假设无风险利率为 r , 二因素碳排放期货价格可以表达为:

$$F(S, \delta, T) = S_0 \exp \left[-\delta \frac{1 - e^{-kT}}{k} + A(T) \right]$$

$$A(T) = \left(r - \alpha + \frac{\sigma_2^2}{2k^2} - \frac{\sigma_1 \sigma_2 \rho}{k} \right) T + \frac{\sigma_2^2 (1 - e^{-2kT})}{4k^3} + \left(\alpha k + \sigma_1 \sigma_2 \rho - \frac{\sigma_2^2}{k} \right) \frac{1 - e^{-kT}}{k^2} \quad (2)$$

由方程(2)得知碳排放期货价格波动率:

$$\sigma_F^2(F) = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 \frac{(1 - e^{-kT})^2}{k^2} - 2\rho\sigma_1\sigma_2 \frac{1 - e^{-kT}}{k} \quad (3)$$

由方程(3)推理出碳排放期货价格波动率跟现货价格波动率不同, 是随时间变化呈现动态变化趋势。

二、随机便利收益下碳排放期权定价

碳排放期货期权是碳排放期货的期权合约, 给予投资者在期权合约到期日 T_1 按照预先设定的执行价格购买期货合约的权利。下面研究随机便利收益期限结构下的碳排放期权价值。现假设碳排放期货期权价格服从几何布朗运动, 即:

$$dF(x_t, t, T) = \mu F(x_t, t, T) dt + \sigma(t, T) F(x_t, t, T) dZ_{ft} \quad (4)$$

μ, σ 为碳排放期货价格的瞬时收益率和波动率, dZ_{ft} 为布朗运动增量。假设 T, T_1 为碳排放期货合约到期日与看涨期权合约到期日, 在时点 t 时, 距离碳排放期货合约和看涨期权合约的到期日时间为 $\tau = T - t, \tau_1 = T_1 - t$ 。假设投资者是风险中性者, 无风险利率为 r , 由欧式看涨期权定价公式得知:

$$V(t, T_1, T) = e^{-r\tau} [F(t, T) N(d_1) - KN(d_2)] \quad (5)$$

$$d_1 = \frac{\ln[F(t, T)/K] + 0.5w^2}{w}, d_2 = d_1 - w$$

此处 $F(t, T)$ 为在时点 t 至到期日 T 的碳排放期货价格, K 为碳排放期权合约执行价格, $V(t, T_1, T)$ 为在时点 t 至期货合约到期日 T 的期权合约到期日 T_1 的碳排放期权价格, $N(\cdot)$ 为标准正态分布, w^2 为碳排放期权波动率积分:

$$w^2(t, T_1, T) = \int_t^{T_1} \sigma_1^2 dv + \int_t^{T_1} \sigma_2^2 \frac{(1 - e^{-k(T-v)})^2}{k^2} + dv - \int_t^{T_1} \frac{2\rho\sigma_1\sigma_2}{k} (1 - e^{-k(T-v)}) dv$$

$$= \sigma_1^2 \tau_1 + \frac{\sigma_2^2}{k^2} \left[\tau_1 - \frac{2}{k} (e^{-k(T-T_1)} - e^{-k\tau}) + \frac{1}{2k} (e^{-2k(T-T_1)} - e^{-2k\tau}) \right] - \frac{2\rho\sigma_1\sigma_2}{k} \left(\tau_1 - \frac{e^{-k(T-T_1)} - e^{-k\tau}}{k} \right) \quad (6)$$

三、二因素模型参数评估

1. 数据描述。本文考虑样本数据的可获得性及价格连续性, 选取的样本观测区间为2008年4月8日至2011年12月20日。现货价格数据样本源自 Bluenext 交易所, 碳期货价格数据样本源自 ICE 交易所, 碳排放的现货和期货价格交易数据选自在京都阶段内的 EUA。碳期货合约采用2010年至2014年

12月到期的EUA碳排放期货合约作为分析对象。碳排放量现货价格以 S 表示; F_1 为距离到期日最近的期货合约, F_2 为距离到期日第二近的期货合约, 依此类推。

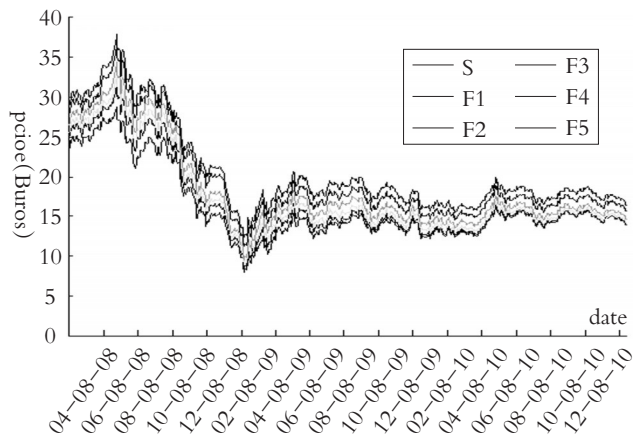


图1 碳排放现货与期货价格的时间序列图(EUA)

2. 二因素期货定价模型参数评估。我们将碳排放现货价格和便利收益看成不可观察的状态变量, 以ICE交易所2010年12月至2014年12月到期的五个碳排放期货合约(EUA)的日结算价格作为输入变量, 运用卡尔曼滤波法对二因素碳排放期货定价模型进行模拟分析, 其拟合结果如下表所示:

二因素碳排放期货定价模型参数的拟合结果

参数	估计值	标准差	Z统计量	概率值
k	0.700 7	0.026 1	26.810	0.000 0
r	1.355 1	0.009 9	137.276	0.000 0
α	1.576 8	0.003 6	243.097	0.000 0
σ_1	0.085 6	0.020 7	-61.857	0.000 0
σ_2	0.101 6	0.028 3	-89.567	0.000 0
$Cov(\sigma_1, \sigma_2)$	-0.147 8	0.000 7	-214.727	0.000 0
对数极大似然值	10 294.161			

上表显示, 碳排放便利收益均值回复速度 $k=0.700 7$, 长期均值 $\alpha=1.576 8$, 且在1%水平上均表现非常显著, 这表明便利收益呈现明显的均值回复过程。碳排放现货价格和便利收益的波动率分别为 $\sigma_1=0.085 6, \sigma_2=0.101 6$, 且两者之间相关性为负值, 且在1%水平上均表现显著性。

四、碳排放期权价值实证分析

碳排放期权波动率具有较强的时变性特征, 碳排放现货价格与便利收益的波动率对于准确评估理论上期权波动率和期权价值非常重要。本文选自ICE交易所期货合约到期日为2011年12月碳期货EUA合约作为研究对象, 研究区间从2011年1月3日至2011年3月31日为止, 我们运用欧式看涨期权定价公式评估理论上碳排放期权价格, 比较与碳期权市场中有实际交易量的碳排放期权价格之间的差异。

图2、4、6中TOP、ROP分别表示碳期权合约执行价格为15€、18€、20€时, 在随机便利收益下理论碳排放期权价值和有实际交易量的碳排放期权价值。图3、5、7中VoLume分别表

示碳排放期权市场中实际碳期权交易量。当碳排放期权合约执行价格为15€、18€、20€时,运用方程(4)和(5)评估理论上碳排放期权价格与期权市场中实际交易碳排放期权价格很相近,两者之间差距很小,这说明我们可以利用二因素碳排放期货定价模型评估碳排放期货价格期限结构参数,借此估算随机便利收益期限结构下理论上的碳排放期权价值,作为购买碳排放期权合约时进行评估碳排放期权价格的参考价值。

五、结论

本文提供了一个在随机便利收益期限结构下理论上国际碳排放期权定价模型,运用卡尔曼滤波法对二因素期货定价模型进行参数评估,估算理论上的碳排放期权价值,由方程(4)、(5)得知,碳排放期权价值不仅与碳排放现货价格波动率相关,还与便利收益的波动率、便利收益均值回复速度、现货与便利收益相关性、期权合约到期日时间以及期货合约到期

日时间均存在紧密的关联程度。实证结果显示,碳排放期权市场参与者凭借掌握历史的碳排放期货价格市场信息,可以进行理论上碳排放期权价值估算,与期权市场实际交易的碳排放期权价值较为相近,从而可以据不完全统计确定合理的碳排放期权价格,做出正确的碳排放期权交易决策。

【注】本文系国家自然科学基金项目(71103050)、教育部人文社会科学研究规划基金项目(11YJA790152)的研究成果。

主要参考文献

1. Benz, E., Truck. S.. Modeling the price dynamics of CO₂ emission allowances. Energy Economics, 2009; 31
2. Chevallier. J.. Modelling risk premia in CO₂ allowances spot and futures prices. Economic Modelling, 2010; 27
3. 张跃军, 魏一鸣. 国际碳期货价格的均值回归: 基于EU ETS的实证分析. 系统工程理论与实践, 2011; 31

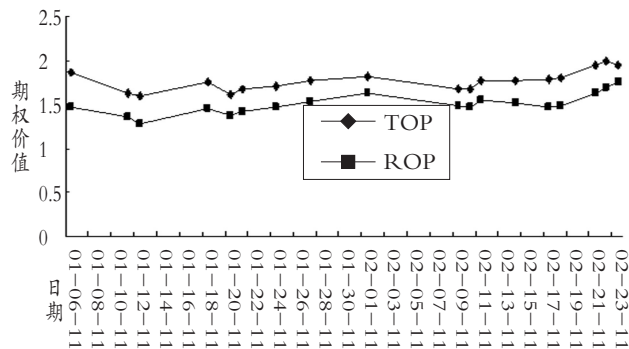


图2 随机便利收益下碳期权定价(K=15€)

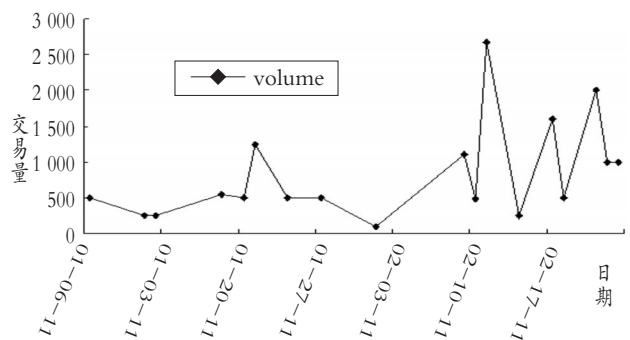


图3 碳期权实际交易量(K=15€,单位:千吨)

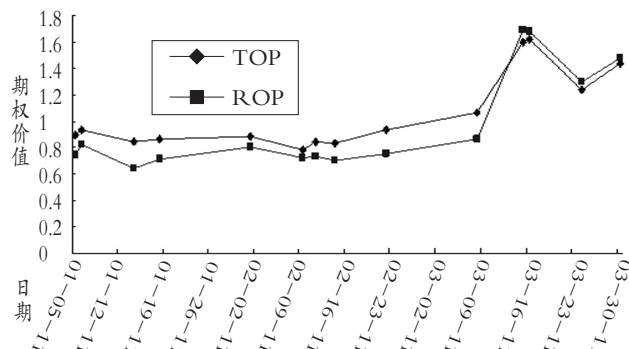


图4 随机便利收益下碳期权定价(K=18€)

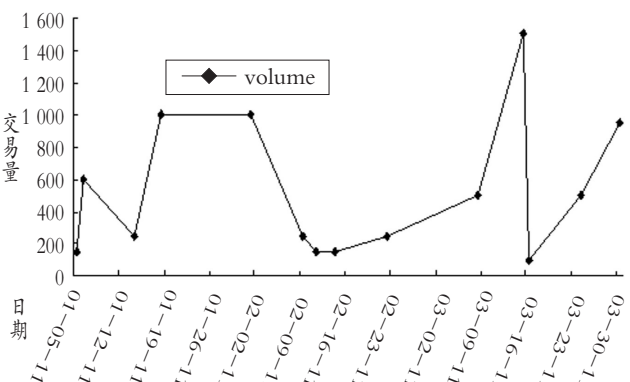


图5 碳期权实际交易量(K=18€,单位:千吨)

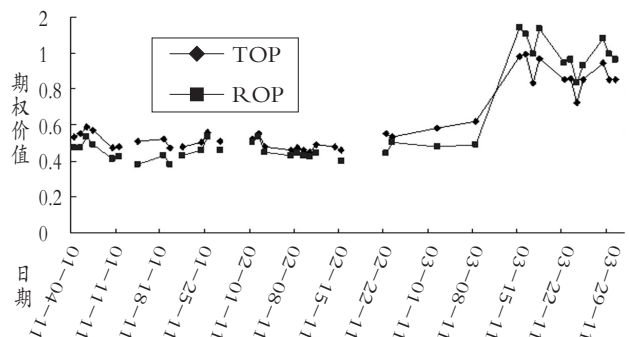


图6 随机便利收益下碳期权定价(K=20€)

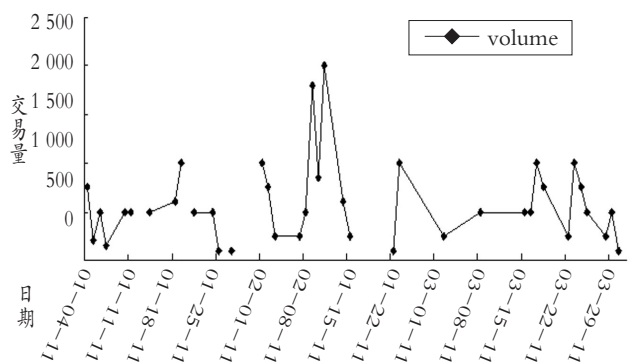


图7 碳期权实际交易量(K=20€,单位:千吨)