



中国区域碳金融交易价格及市场风险分析

杜 莉 孙兆东 汪 蓉

摘 要: 市场风险是区域碳金融交易风险的突出风险。通过异方差表示各区域碳市的极端风险;用 GARCH(1,1)、ARCH(1)代表的 ARCH 族模型下的参数估计得到不同碳交易所对价格冲击的不同衰减速度;通过 ARCH 族类模型计算每天的 VaR 代表碳金融市场的市场风险。结果表明:不同碳交易所的极端风险、价格冲击的衰减速度、VaR 的统计特征及模型估计的准确性有较大差异,对分区域风险监控提出了更多的挑战。应当构建全国统一的碳交易市场,以防控风险并保持碳交易市场的稳定发展。

关键词: 区域碳金融; 异方差; ARCH 族; VaR; 统一碳市

2013 年以来,深圳、北京和上海等七家碳交易所在我国陆续成立,成交量与成交金额稳步上升。自启动碳排放交易至 2014 年 8 月 20 日,这期间七家碳交易所总成交量已突破 1181.66 万吨,总成交额突破 45048.91 万元。值得注意的是,在各区域碳金融交易所迅速发展的同时,交易市场的价格风险也难以避免。以欧盟排放交易体系为例,2007 年末第一阶段将结束之时,碳排放的价格接近于零,给碳排放的多头方带来了巨大的损失。碳金融交易中由于标物的复杂性、时间的跨期性及结果的不确定性,存在更多的未知风险。笔者注意到,在碳金融交易市场的各类风险中,市场风险是最突出的交易风险。基于此,本文拟从碳金融交易的市场风险着手,利用 VaR 方法展开研究,以便为监管当局及交易主体的风险控制、区域碳金融的稳定发展提供有益参考。

一、文献综述

国内外学者对碳金融市场风险的研究,主要是从定性和定量两个方面展开的。定性研究方面,Larson 和 Parks(1999)通过对项目周期中碳金融风险的研究,将碳金融交易市场的各类风险进行分类,并对含价格风险在内的每一类风险的来源进行分析(Donald F. Larson & Paul Parks,1999);鄒志坚和李青(2010)通过分析国际碳金融市场的风险,阐述了市场风险的产生原因及影响因素。刘志成(2012)通过对我国碳市场风险的组成要素及影响因素进行分析,总结了我国发展碳金融面临的不同风险类型。此外,王留之和宋阳(2009)、王巧芳(2009)等也对包括市场风险在内的碳金融交易市场的各类风险进行了分类研究和阐述。

碳金融市场风险的定量研究方面,杜莉等认为三种碳金融市场风险的度量方法中,VaR 度量市场风险相对更科学直观,并对计算 VaR 的历史模拟法、蒙特卡罗法、方差-协方差法的优缺点进行归纳总结(杜莉、王利、张云,2014:106-116)。William Blythy 通过蒙特卡罗模型和回归分析,对不同碳交易市场价格下欧盟碳排放交易体系(EU ETS)的市场风险和政策风险进行了度量,并比较分析了市场风险和政策风险作为主要风险在不同碳交

易市场价格下的转换(William Blyth & Derek Bunn, 2011: 4578-4593)。Feng 等基于 GARCH、EVT 下的动态 VaR, 探讨了 EU ETS 现货和期货价格的波动性及市场风险(Zhen-Hua Feng, Yi-Ming Wei, Kai Wang, 2012: 97-108)。魏一鸣等以 Bluenext 的碳交易现货价格及欧洲气候交易所(ECX)的碳交易期货价格为研究对象, 对碳金融交易的市场风险、流动风险进行了度量和研究, 并对现货和期货市场的价格冲击衰减速度和波动差异进行了比较分析(魏一鸣、王凯、凤振华等, 2010: 123-140)。

在碳金融风险的防控与管理方面, 刘志成认为应该建立完善的碳交易平台、提高参与方的风险评估与管理水平、积极参与国际合作。结合商业银行的特殊属性, 史晓琳认为应通过商业银行碳金融业务内部风险管理长效机制的建立与外部环境的营造来预防碳金融交易中商业银行面临的风险(史晓琳, 2010: 21-35)。在风险防控研究的基础之上, 顾洪梅等从完善金融监管模式的角度出发, 提出构建“双峰模式”是碳金融监管的最优路径, 即设立两个监管机构, 一个负责金融系统中所有部门的审慎监管, 另一个机构负责所有部门的市场监管(顾洪梅、杨文丽、何建华, 2012: 73-75)。杜莉和武俊松建议政府从制度供给和环境培育的角度, 对碳金融发展及风险防控进行规制和监管, 金融机构通过设计全面有效的碳金融交易风险预警指标体系、设计和实施完善的碳金融风险管理技术, 提升碳金融交易行为主体和监管部门的风险识别与防控能力(杜莉、武俊松, 2013: 12-18)。

综上所述, 我国区域碳金融的市场风险研究几乎停留在定性的介绍上, 国际碳金融市场风险的实证研究不多, 国内区域碳金融的市场风险的定量分析则更为稀缺。在大力发展碳金融、国际碳交易的“蛋糕”愈来愈大的背景下, 评估、防控碳金融交易的市场风险成为亟待解决的问题。本文通过 ARCH 族模型下的 VaR 实证, 分析各区域碳金融交易的市场风险, 从中探索交易主体控制和降低风险的路径。

二、市场风险及 VaR 模型

碳金融交易主体在市场中面临的主要市场风险有两个, 一是市场规模的变动; 二是碳排放权价格的波动。影响市场规模和碳排放权价格的因素有很多, 包括全球宏观经济形势、各国的气候变化政策与全球气候变化谈判情况、碳基能源的价格、特殊事件以及天气方面的自然因素等。此外, 碳金融交易的市场风险在时间和空间维度还具有自身的特性。在时间维度上, 碳金融交易具有跨期性, 期间的利率波动将带来风险。在空间维度, 碳排放负面影响的全球性使交易双方面临较高的汇率风险。

风险研究中, 市场风险的量化始于 1952 年马科维茨提出的投资组合理论, 在这一理论中, 他使用收益率的标准差除方差的值来衡量一个金融产品的风险大小。随着近年来风险研究的日益成熟, 学术界在风险管理的研究中主要使用风险价值度(Value at Risk, VaR)方法。VaR 是指在市场正常波动下, 一定置信水平下, 某一金融资产在持有期内的最大可能损失。VaR 的值可以较简明地表示市场风险的大小。根据 VaR 的定义, 其可以表示为:

$$\text{prob}(\Delta P > \text{VaR}) = 1 - c$$

其中, ΔP 为金融资产在持有期 Δt 内的损失, VaR 为置信水平 c 下处于风险中的价值。设某金融资产的初始价 P_0 , 收益率为 R , 则期末价值为 $P = P_0 \times (1 + R)$, 设收益率 R 的期望值和波动性分别为 μ 和 e , 则给定置信度下该金融资产的最小价值为 $P^* = P_0 \times (1 + R^*)$, 则有:

$$\text{VaR} = E(P) - P^* = E[P_0 \times (1 + R)] - P_0 \times (1 + R^*) = -P_0 \times (R^* - \mu)$$

在此基础上求出 VaR 相当于确定最小价值 P^* 或最小收益率 R^* 。

以上过程是计算 VaR 的一般方法。在实际研究中, 根据不同的市场因子波动性预测方法, VaR 求解方法分为历史标准差法、RiskMetrics 及 ARCH 方法等, 其中对具有高峰厚尾特性的金融时间序列, 采用 ARCH 族的 GARCH 法等更为合理。

三、样本及数据

(一) 样本数据的选取

我国各地碳交易所公布的数据类型不同, 考虑到数据的可获得性及统一性, 样本数据 P_t 用当日成

交易额/成交量计算的成交均价来表示,选取北京、深圳、上海、天津、湖北、广州碳交易所的数据。因各碳交易所首次交易日期不同,样本区间分别为:北京市场 2013 年 11 月 28 日至 2014 年 7 月 16 日、深圳市场 2013 年 6 月 18 日至 2014 年 8 月 14 日、上海市场 2013 年 11 月 26 日至 2014 年 6 月 27 日、天津市场 2013 年 12 月 26 日至 2014 年 7 月 22 日、湖北市场 2014 年 4 月 15 日至 2014 年 8 月 20 日、广州市场 2014 年 7 月 10 日至 2014 年 8 月 20 日。北京、深圳、上海、天津数据来源于各碳交易所官方网站主页,湖北、广州数据来源于其官方微信的信息公告;数据分析软件采用 Stata10.0、Eviews6.0、SPSS19.0。

此外,考虑到数据的平稳性及广泛适用性,本文采用各交易所交易均价的对数收益率来表示各碳交易市场的日收益率:

$$R(t) = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) = \ln P_t - \ln P_{t-1}$$

(二) 各交易所碳价收益率序列的统计特性

1. 收益率时间序列趋势分析

采用对数收益率表示各碳市场的日收益率,通过 Eviews6.0 绘制各市场收益率的趋势图,见图 1:

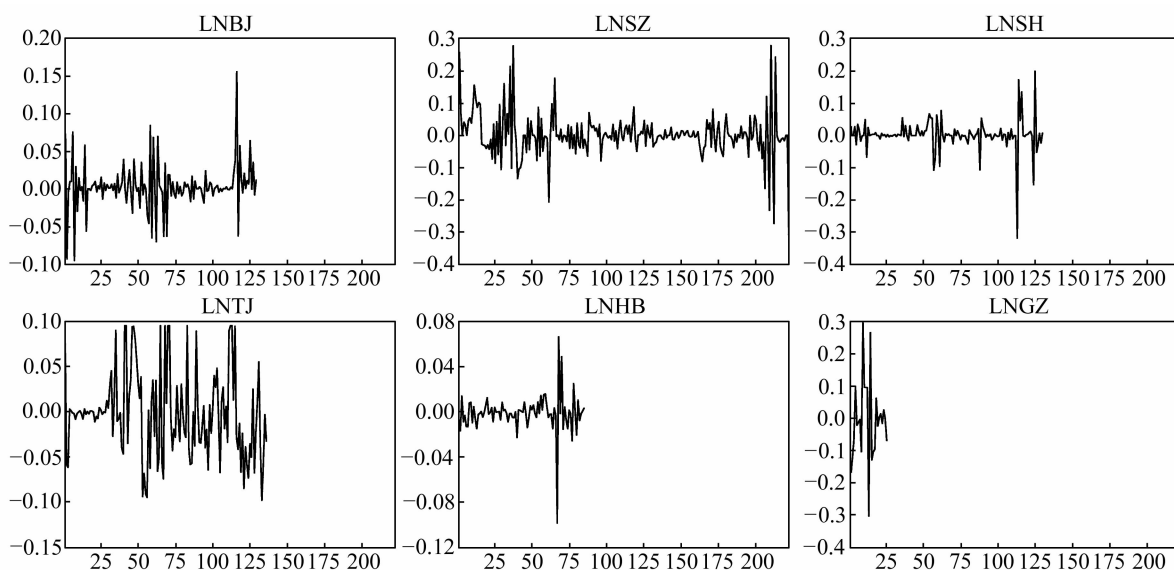


图1 各区域碳交易所碳交易收益率趋势图

图1分别为北京、深圳、上海、天津、湖北、广州碳交易所碳交易日收益率趋势图,其中,LNBj、LNSZ、LNSH、LNTJ、LNHB、LNGZ分别代表北京、深圳、上海、天津、湖北、广州的对数收益率。可以看出各市场日收益率在0处上下波动,从随机过程来看,可以认为各对数收益率数列属于随机过程序列。此外,碳交易日收益率在相应样本区间表现出较大波动时,未来几期的波动也较大,呈较为明显的“波动性聚集”现象。

2. 各碳市对数收益率的正态性检验

通过实证分析,笔者得到各区域碳交易所对数收益的偏度、峰度以及J-B检测值:北京、深圳、上海、湖北、广州碳交易所收益率曲线峰度(Kurtosis)大于3;北京、深圳、上海、湖北JB统计量大于临界值5.99(5%显著水平);天津交易所曲线图形与正态分布图形差异较大。同时六个交易所曲线的偏度值(Skewness)均异于0。因此,可以认定六个碳交易所收益率呈现非正态的“高峰厚尾”特征。

3. 各碳交易所对数收益率的平稳性检验

根据ADF检验结果,在1%显著水平上,各区域碳交易所收益率序列平稳。

4. 异方差检验

根据异方差检验结果,LM值大于相应的 $\chi^2(q)$ (q 为自由度),表明收益率序列拒绝“残差中直到 q 阶都没有ARCH项”的原假设,即各碳交易所碳交易日收益率具有较强的异方差性。

（三）各区域碳交易所收益率异方差图

异方差走势代表各地碳交易价格的波动水平,从图 2~7 中可以看到:深圳市场在 2014 年 7 月 1 日至 2014 年 7 月 17 日期间最高值可以达到一般水平的 50 倍,北京市场 2014 年 6 月 26 日至 2014 年 7 月 2 日最高值可以达到一般水平的 28 倍。上海市场 2014 年 6 月 4 日至 2014 年 6 月 10 日最高可以达到一般水平的 30 倍,这种较大的波动说明碳市场存在较大的极端风险。广州、天津、湖北碳交易所波动幅度相对较小,最高值分别达到平均水平的 16、14、7 倍。波动频率方面,上海交易所可能发生极端波动的频率高,北京、天津、湖北相对较低。

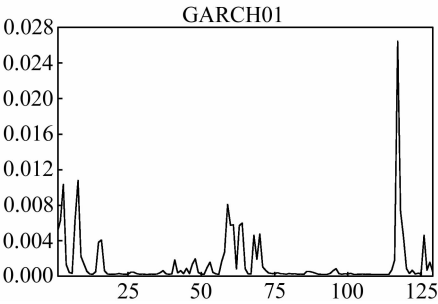


图 2 北京碳交易所异方差图

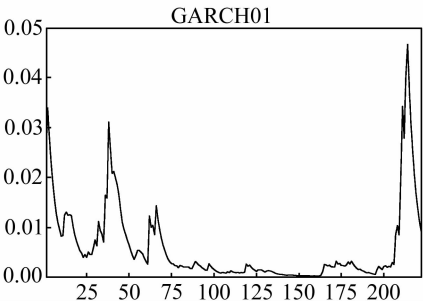


图 3 深圳碳交易所异方差图

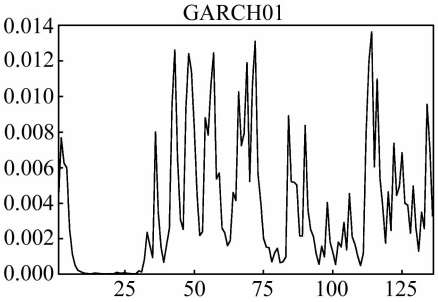


图 4 上海碳交易所异方差图

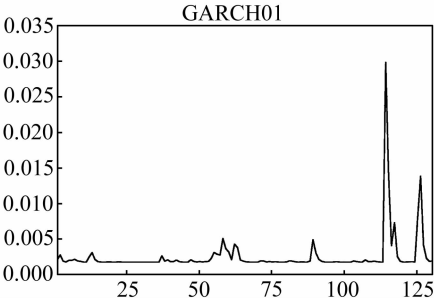


图 5 天津碳交易所异方差图

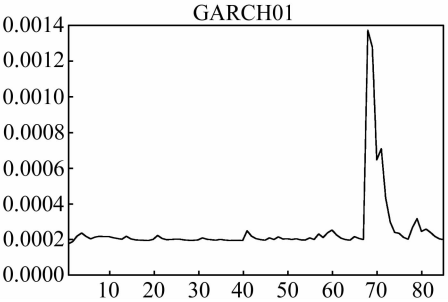


图 6 湖北碳交易所异方差图

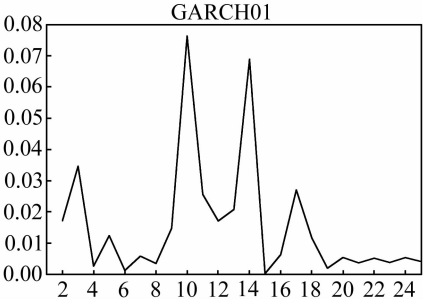


图 7 广州碳交易所异方差图

异方差可以反映各区域碳交易所的极端价格波动情况和极端风险。但国内各区域碳交易所不同时间段异方差代表的波动程度、波动频率有较大差异性,这种差异性在不同区域的碳市场下为异方差代表的极端风险监测提出了挑战。

四、实证检验

结合上文得出的各区域碳交易所日收益率的统计特征,建立 ARCH 族模型以便更好地捕捉各区域碳交易所收益率的数据特征。通过 Stata10.0 确定 ARCH(p)模型的滞后阶数,根据 LR 检验及 FPE、AIC 准则,结合模型的特征和要求,本文除广州交易所外均采用 Bollerslev 的 GARCH(1,1)模型,广州交易所采用 ARCH(1)模型。

GARCH(1,1)的均值方程及方差方程分别为:

$$\text{均值方程: } y_t = x_t \gamma + \mu_t \quad \mu_t = v_t \sqrt{\sigma_t^2} \quad (1)$$

$$\text{方差方程: } \sigma_t^2 = \eta + \alpha \epsilon_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 \quad (2)$$

其中, ϵ_{t-1}^2 为 ARCH 项, σ_{t-1}^2 为 GARCH 项。且式(2)应满足 $\eta > 0, \alpha \geq 0, \beta \geq 0$ 。

ARCH(1)模型的均值方程为上式(1), 方差方程为:

$$\sigma_t^2 = \eta + \alpha \epsilon_{t-1}^2 \quad (3)$$

(一) 各区域碳交易所碳交易收益率的 GARCH、ARCH(1)代表的 ARCH 族模型参数估计

表 1 是各区域碳交易所日收益率数据的 GARCH 模型和 ARCH(1)代表的 ARCH 族模型参数估计结果, 最后两行数据为 SC 及 AIC 值, 其它行中括号外数据为各碳交易所均值方程和方差方程对应的系数, 括号内为其相应的 P 统计值。

表 1 收益率的 GARCH、ARCH(1)模型参数估计

参数	北京	深圳	上海	天津	湖北	广州
均值方程						
C	0.000838 (0.3846)	0.00031 (0.9273)	-0.0007653 (0.9299)	-0.001523 (0.2802)	—	—
AR(1)	-0.508001 (0.0000)	0.115169 (0.1378)	—	0.119928 (0.1422)	-0.182776 (0.4246)	-0.210660 (0.1563)
AR(2)	0.052713 (0.5160)	0.072787 (0.3571)				
AR(3)	0.135601 (0.0000)	0.041041 (0.6242)				
AR(4)		0.076578 (0.3527)				
AR(5)		-0.10087 (0.162)				
方差方程						
η	0.0000975 (0.0000)	0.0000149 (0.293)	0.001400 (0.0000)	0.0000156 (0.0344)	0.0000854 (0.5450)	0.001988 (0.0134)
α	1.842818 (0.0000)	0.284155 (0.0000)	0.279009 (0.0639)	0.860035 (0.0002)	0.072884 (0.6140)	1.268961 (0.0254)
β	0.056119 (0.2508)	0.788809 (0.0000)	0.139075 (0.3545)	0.452967 (0.0000)	0.569719 (0.4124)	—
SC	-4.6612	-2.9231	-3.232831	-3.4495	-5.336575	-1.435252
AIC	-4.8188	-3.0633	-3.321063	-3.5571	-5.452328	-1.582509

从表 1 中数据可以看出, 深圳、天津 GARCH 项显著。深圳交易所的碳交易价格的冲击衰减速度最慢, 系数为 0.7888, 其方差冲击的 78.88% 在下一期仍存在。表明当前深圳交易所的所有方差冲击都会在下一期存在, 其市场价格长期记忆性最大; 天津碳交易市场的衰减速度次之, β 系数为 0.4530, 表示当前天津交易所的方差冲击的 45.30% 在下一期仍存在; 北京碳交易所、上海、湖北碳交易所的 GARCH 不显著, β 系数分别为 0.0561、0.1391、0.5697, 表明当前的方差冲击在后期存在的影响相对深圳、天津交易所不明显; 广州碳交易所的 α 值显著且大于 1, 说明广州交易所收益率的波动性主要受外部冲击影响, 且这种影响非常强。

此外, 各区域碳交易所 α 、 β 和大于 1 (广州交易所无 GARCH 项, 即 β 系数为 0), 说明碳交易所价格波动对外部反应以较快的速度递增, 外部冲击对于碳交易所价格波动性的影响要超过其自身的记忆性。

(二) 一定置信水平下各区域碳交易所碳交易日收益率的计算结果

图 8 至图 13 是在 95%、99% 置信水平下, 广州交易所运用 ARCH 模型、其它交易所运用 GARCH (1,1) 模型计算的各碳交易所碳交易每天的 VaR 值及对应的日收益率。其中, VAR、VARD 分别代表 95%、99% 置信水平下的 VaR 值。可见, VaR 值较好的拟合了既定的碳交易价格下其收益率的变动, 收益率序列变动剧烈时, VaR 值波动也变得剧烈。本文构建的 ARCH 族模型能较好的反映各区域碳

交易所收益率的波动情况。

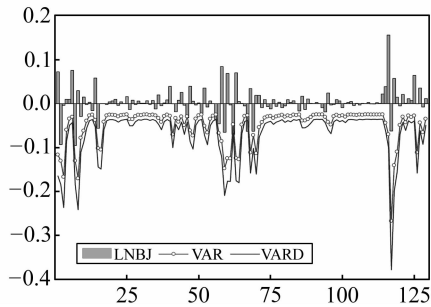


图 8 北京碳交易所碳交易日收益率与 VaR

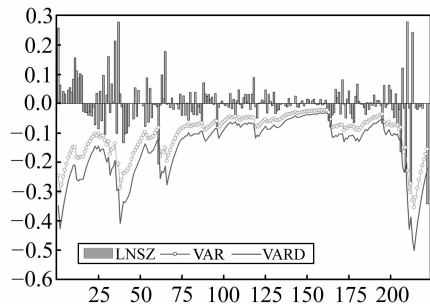


图 9 深圳碳交易所碳交易日收益率与 VaR

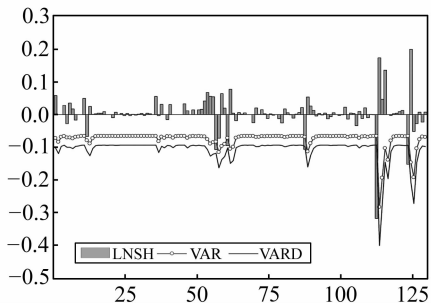


图 10 上海碳交易所碳交易日收益率与 VaR

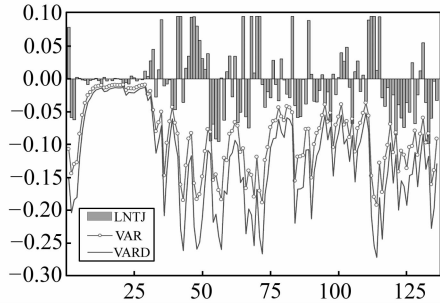


图 11 天津碳交易所碳交易日收益率与 VaR

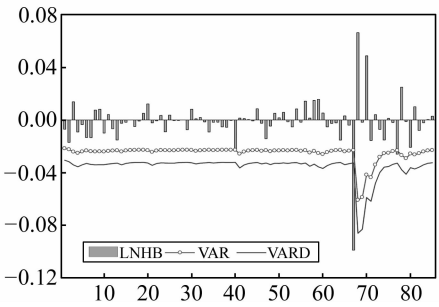


图 12 湖北碳交易所碳交易日收益率与 VaR

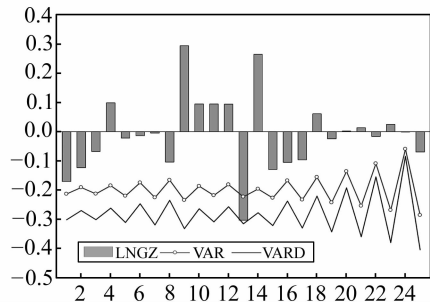


图 13 广州碳交易所碳交易日收益率与 VaR

（三）VaR 统计结果及检验

表 2 是借助 SPSS19 对 ARCH 族模型计算的 VaR 值的统计结果,因为 VaR 表示一定的持有期和置信水平下可能的最大损失,图 8~13 和表 2 中的值用其相反数表示。

表 2 ARCH 族模型计算的各碳交易所每天 VaR 值的统计结果

碳交易所	置信水平	最小值	最大值	VAR 均值	标准差	样本数	实际收益 低于 VAR 的天数	实际收益 低于 VAR 的比率
北京	95%	-0.2676	-0.0252	-0.0493	0.0395	129	5	3.88%
	99%	-0.3784	-0.0356	-0.0698	0.0559	129	4	3.10%
深圳	95%	-0.3553	-0.0226	-0.1058	0.0706	222	9	4.05%
	99%	-0.5025	-0.032	-0.1497	0.0999	222	2	0.90%
上海	95%	-0.2839	-0.0663	-0.076	0.0272	130	2	1.50%
	99%	-0.4015	-0.0937	-0.1074	0.0385	130	0	0
天津	95%	-0.1922	-0.0092	-0.0866	0.0512	136	9	6.62%
	99%	-0.2718	-0.013	-0.1224	0.0725	136	4	2.94%
湖北	95%	-0.0608	-0.0216	-0.0251	0.0063	85	2	2.30%
	99%	-0.0861	-0.0305	-0.0356	0.0090	85	0	0
广州	95%	-0.2870	-0.0599	-0.1995	0.0501	25	2	8%
	99%	-0.4058	-0.0848	-0.2821	0.0708	25	0	0

我们可以从表2中的VaR标准差来看各碳交易所市场波动程度。其中,深圳>天津>广州>北京>上海>湖北,深圳交易所在样本期整体波动性最大,湖北交易所最小。表的最后两列为95%、99%置信水平下,各碳交易所日收益率低于VaR的天数及比例。在95%置信水平下,ARCH族模型估计的上海碳交易所准确性最高,其次分别是湖北、北京、深圳、天津、广州碳交易所。在99%置信水平下,ARCH族模型估计的上海、湖北、广州碳市准确性最高,其次是深圳、天津、北京。

五、结论及建议

本文根据各区域碳交易所日收益率的数据特征,先用异方差表示各区域碳交易市场的极端风险,然后用GARCH(1,1)、ARCH(1)代表的ARCH族模型下的参数估计得到不同碳交易所对价格冲击的不同衰减速度,最后通过ARCH族模型计算每天的VaR代表碳交易市场中的市场风险。分析得到以下结论:

第一,各区域碳交易所在不同时间,异方差表示的极端风险的幅度及频率有较大差别;

第二,GARCH(1,1)、ARCH(1)模型中,各区域碳交易所价格冲击的衰减速度不同,即对市场价格长期记忆性不同;

第三,ARCH族模型计算的VaR可以有效代表各区域碳交易所的市场风险,但VaR反映的各市场波动程度、最大损失因区域而不同,同时模型估计的VaR对市场风险估计的准确性也因碳交易所而异。

价格冲击的记忆性和市场风险在不同区域碳交易所的这些差异,对监测市场风险提出了更多的挑战 and 宏观管理全国碳市风险的难题。此外,由于金融市场间风险的传导性,分区域的碳交易市场会增大风险发生的概率和维度。因此,需要构建全国统一的碳金交易市场,通过统一监管、统一定价、统一配额等对各区域碳交易所进行统一管理。从而保证国内碳交易价格的有序波动,保证碳金融市场风险的有效监测和防范,并促进碳金融市场的稳定发展。据此,我们建议:

首先,积极探索全国统一的碳交易市场的整合和构建。以中国碳排放权交易体系(CCMS)建设为重点,根据区域、行业、市场和品种的不同,设计不同的时间顺序。通过碳交易监管体系的形成,实现对各区域碳交易所的统一管理。一是统一监管,在条件成熟时建立以中国人民银行为主导的宏观审慎监管委员会负责识别、检测和控制系统性风险;建议在中国人民银行内部设立专门的碳金融监管部门负责碳金融的微观审慎监管。二是统一定价,针对碳排放指标在全国制定统一的、明确的定价体系,进而提高碳交易的效率和便利性;三是统一配额,在大力推进碳排放权交易试点基础上,实行全国统一的总量控制,并根据各区域GDP及碳排放量需求等因素分配配额,建立碳配额交易制度,培育公平、活跃的碳金融交易市场。

其次,采取有效的方法对碳交易市场价格波动及其可能的风险实施有效的监测和防范。监管部门及相关金融机可通过一定的模型,结合定性分析,构建全面有效的碳金融风险预警指标体系。在可能发生较大市场风险的情况下,运用压力测试以检测碳金融市场在极端情况下可能的表现,最大限度的减少风险发生概率。

最后,政府加大对碳金融交易风险防控的政策支持力度。碳金融是新生事物,政府应该在宏观层面从制度供给与环境培育的角度,对碳金融发展和风险防范进行规制和监管。一方面完善碳金融政策体系,对金融机构进行指导和监管;另一方面健全碳金融交易平台,指导交易所设立统一的风险防控准则。最终构建中国特色的统一的碳排放权交易体系,与欧盟碳排放权交易体系(EU-ETS)和美国芝加哥气候交易所(CCX)体系三足鼎力,促进全球的绿色发展、可持续发展。

参考文献:

- [1] 杜莉、王利、张云(2014). 碳金融交易风险:度量与防控. 经济与管理,4.
- [2] 杜莉、武俊松(2013). 我国碳金融宏观与微观监管体系建构. 武汉大学学报(哲学社会科学版),5.
- [3] 顾洪梅、杨文丽、何建华(2012). 我国碳金融综合监管的可行性研究. 现代管理科学,10.

- [4] 刘志成(2012). 我国发展碳金融面临的风险和对策. 武汉金融, 6.
- [5] 史晓琳(2010). 构建我国商业银行碳金融内部风险管理长效机制. 金融论坛, 1.
- [6] 王巧芳(2009). 浅议碳市场中银行的业务模式与风险. 学理论, 25.
- [7] 王留之、宋 阳(2009). 略论我国碳交易的金融创新及其风险防范. 现代财经, 6.
- [8] 魏一鸣、王 凯、凤振华、从荣刚(2010). 碳金融与碳市场——方法与实证. 北京: 北京科学出版社.
- [9] 郁志坚、李 青(2010). 碳金融: 原理、功能与风险金融. 金融发展评论, 8.
- [10] Donald F. Larson & Paul Parks(1999). Risks, Lessons Learned, and Secondary Markets for Greenhouse Gas Reductions. Washington D. C. : The World Bank.
- [11] William Blyth & Derek Bunn(2011). Coevolution of policy, market and technical price risks in the EU ETS. *Energy Policy*, 39.
- [12] Zhen-Hua Feng & Yi-Ming Wei & Kai Wang(2012). Estimating risk for the carbon market via extreme value theory: An empirical analysis of the EU ETS. *Applied Energy*, 99.

Analysis of the Carbon Prices and Market Risks in the Regional Carbon Market

Du Li (Jilin University)

Sun Zhaodong (Jilin University)

Wang Rong (Jilin University)

Abstract: Market risks are the prominent risks of the regional carbon market. In this paper, heteroscedasticity is used to represent the extreme risk of the regional carbon market. Different rate of decay to price shocks is get through estimated parameters which are computed by ARCH models, represented by GARCH(1,1) and ARCH(1) model. Daily VaR(Value at Risk), on behalf of the carbon market risks, are calculated through ARCH models. The results indicate that, extreme risk and the rate of decay to carbon price shocks as well as the VaR are all different in different regional carbon market, which is large challenge to monitor risks. So the government should consider to build a unified national carbon market to guard against the risks and maintain the stability of the carbon trading market.

Key words: regional carbon market; heteroscedasticity; ARCH; VaR; unified national carbon market

■作者地址: 杜 莉, 吉林大学经济学院、吉林大学中国国有经济研究中心; 吉林。Email: dulio711@126.com。

孙兆东, 吉林大学经济学院。

汪 蓉, 吉林大学经济学院。

■基金项目: 国家社会科学基金重大招标项目(12&ZD059); 中国滨海金融协同创新中心项目

■责任编辑: 刘金波

