

重庆市碳金融交易市场风险评估

——基于 GARCH-VaR 模型

宋文静, 杜汪珏, 么玉方, 阳 芹

重庆工商大学金融学院, 重庆

收稿日期: 2022年5月14日; 录用日期: 2022年5月24日; 发布日期: 2022年6月7日

摘 要

随着碳金融交易市场的不断扩大, 投资者越来越多, 但碳市场是一个崭新的领域, 政府对在碳金融交易市场中的投资风险分析并未形成完整的评估体系, 风险的不确定性, 在一定程度上影响未来碳交易市场的发展。本文将重庆市碳金融市场历史交易价格数据作为主要研究对象, 对重庆市碳金融交易收益率的波动特征进行分析, 采用GARCH-VaR模型对中国碳交易网的碳日收益率在90%和95%两种不同置信水平下的不同特定期限对重庆市碳金融交易市场中的风险进行度量, 分析投资风险。

关键词

碳金融, 风险评估, 收盘价, GARCH-VaR

Chongqing Carbon Finance Trading Market Risk Assessment

—Based on the GARCH-VaR Model

Wenjing Song, Wangjue Du, Yufang Yao, Qin Yang

School of Finance, Chongqing Technology and Business University, Chongqing

Received: May 14th, 2022; accepted: May 24th, 2022; published: Jun. 7th, 2022

Abstract

With the continuous expansion of the carbon financial trading market, there are more and more investors, but the carbon market is a new field, the government's risk analysis in the carbon financial trading market has not formed a complete assessment system, and the uncertainty of risk will affect the development of the carbon trading market in the future to a certain extent. This paper

takes the historical transaction price data of Chongqing carbon financial market as the main research object, analyzes the fluctuation characteristics of the rate of return of carbon financial transactions in Chongqing, and uses the GARCH-VaR model to measure the risk in the carbon finance trading market of Chongqing at different specific periods under the two different confidence levels of 90% and 95% of the carbon trading network in China, and analyze the investment risk.

Keywords

Carbon Finance, Risk Assessment, Closing Price, GARCH-VaR

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着环保观念的进步,全球都在积极应对气候变化,中国的能源发展也步入新的时代,“碳达峰、碳中和”成为我国重大战略发展目标。金融作为撬动实体经济发展的杠杆,发挥不可或缺的作用。我国碳金融交易市场方兴未艾,虽已初步建立相关的碳金融交易市场体系,在全国许多局部碳金融交易试点地区积极开展碳金融产品创新,但总体来说,政府对在碳金融交易市场中的投资风险分析并未形成完整的评估体系,风险的不确定性,在一定程度上影响未来碳交易市场的发展。重庆作为国家指定的碳排放交易试点之一,有义务积极响应国家政策,不断发现并完善本地碳交易市场的制度。

重庆是2014年开展碳交易试点,相较于北京、广东、湖北、上海四所碳交易所发展较晚,相关碳交易的波动性和风险水平研究少,因此本文拟对重庆市的碳交易情况进行分析,为重庆市的碳交易市场投资者提供参考,帮助重庆碳交易市场能够更好发展。对比同类型碳市场风险分析文献,发现采用GARCH-VaR方法能够很好度量风险。基于此本文采用GARCH-VaR方法来探讨重庆市碳金融交易市场中日收盘价在两种不同置信水平的风险测度值,从而对碳金融交易风险精确度量。概括地反映重庆地区的碳金融交易风险状况,有助于投资者把控碳金融交易市场的整体风险状况,促进重庆未来碳金融交易市场的发展和完善。

针对重庆市碳金融交易市场,基于2020~2021年碳金融交易市场日收盘价作为数据源,在90%和95%两种不同置信水平下的不同特定期限对重庆市碳金融交易市场中的风险进行度量。从而完善重庆市在碳金融交易方面的市场信息披露,帮助投资者有效管理碳资产或碳资产组合的风险,促进碳金融交易市场的完善。

2. GARCH-VaR 模型

大量文献资料表明,很多金融数据具有ARCH效应,其波动性具有时变性和肥尾特征,如果简单用正态分布来刻画将会损失大量的尾部信息,从而不能准确测度风险。基于此,本项目怀疑重庆市碳金融交易市场日收盘价也存在ARCH效应。针对这一问题,选择采用波动率模型(GARCH类模型)估计VaR计算中关键的波动性,对数据进行有效处理,很好的解决数据中的ARCH效应,全面利用数据信息。

VaR是指在一定置信水平和一定期间内,金融产品或其组合在未来价格波动下所面临的 最大损失 。能够全面、准确和快速地量化市场风险。常用的VaR方法有GARCH模型、移动平均法和隐含波动率法。VaR用公式表示为:

$$\text{Pro}(\Delta V \Delta t < \text{VaR}) = 1 - \alpha$$

GARCH 模型是对 ARCH 模型的进一步发展, 从而对时间序列进行分析, GARCH (p, q) 模型表达式为:

$$a_t = \sigma_t \varepsilon_t$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i a_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2$$

基于 ARCH 模型族的 VaR 计算能够比较有效的展示研究变量的波动性特征。这主要是由于在描述金融市场资产收益的波动性方面, 能够更好地模拟出收益率的波动性特征, 由此计算出来的 VaR 值能更真实地反映出金融风险。本文将利用 GARCH 模型中的条件方差来估算重庆市碳金融交易市场在 90% 和 95% 两种不同置信水平下的 VaR, 从而分析碳金融市场的风险。

3. 实证分析

3.1. 描述性统计

综合考虑我国碳交易价格情况, 决定选取重庆市 2020 年 1 月 6 日至 2021 年 3 月 23 日的每日碳交易收盘价数据, 数据来源于碳 k 线网站。共计 286 个数据(周末不开盘), P_t 是第 t 天的碳交易收盘价。考虑到数据平稳性及广泛性使用性, 对数据进行对数处理 $R_t = \ln P_t - \ln P_{t-1}$, 得到 285 个有效数据。用 Eviews10 对重庆市碳交易收盘价对数收益率的描述统计及时间序列特征分别见图 1 和图 2。

图 1 表明: 样本期内收益率较小, 标准差(Std.Dev.)为 0.101539, 表明碳价格波动性较大, 峰度(Kurtosis)等于 20.80780 远远大于 3, 说明数据具有尖峰特征, 偏度(Skewness)小于 0, 说明数据左偏; 同时 Jarque-Bera 统计量相伴概率 p 接近于 0, 统计结果表明拒绝收益率时间序列服从正态分布的原假设。[1]

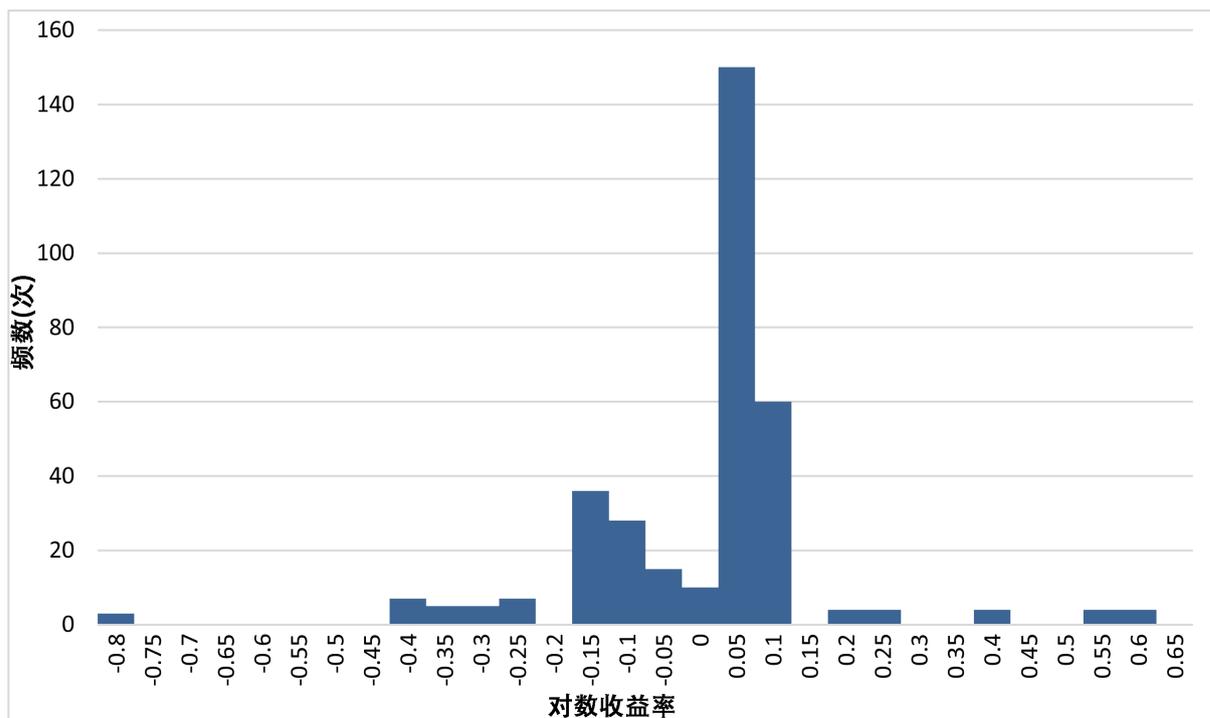


Figure 1. Descriptive statistical chart of logarithmic rate of return

图 1. 对数收益率的描述统计图

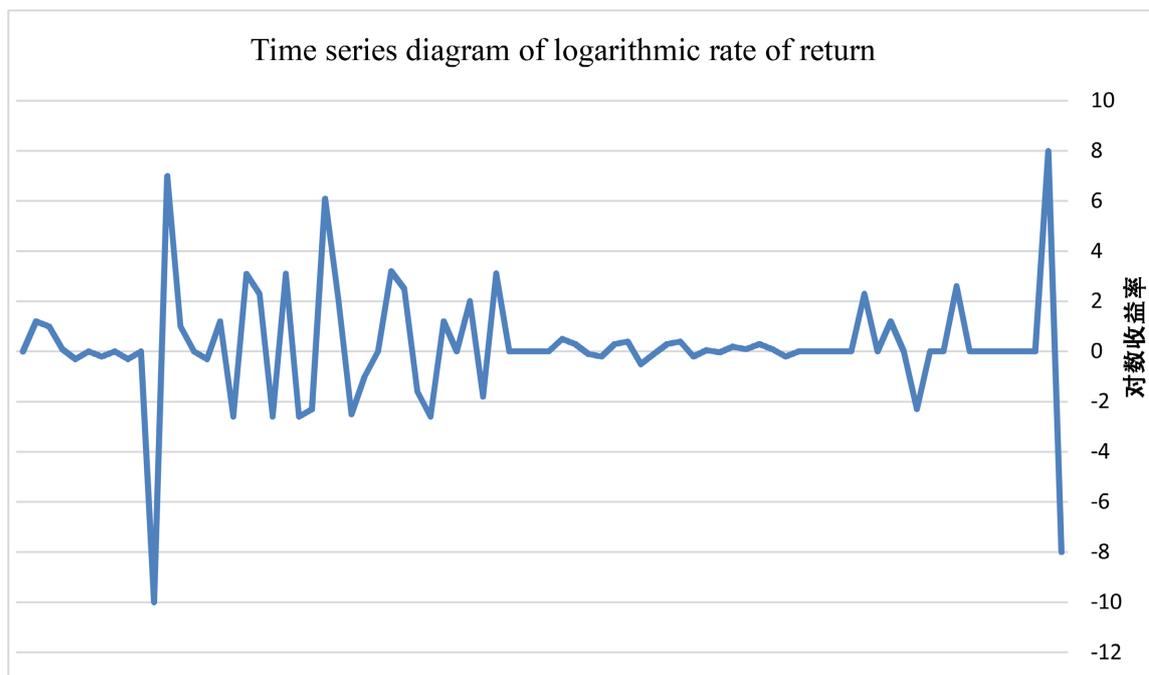


Figure 2. Time series diagram of logarithmic rate of return

图 2. 对数收益率的时间序列图

图 2 表明：从碳交易价格序列可以看出，重庆碳交易价格存在较大的波动，并且在某个时间点具有集聚性和爆发性，面临较大市场风险，因此我们推断该数据可能存在 ARCH/GARCH 现象。

3.2. 平稳性检验(ADF (单位根)检验)

为研究收益率序列是否平稳，采用平稳性检验，根据表 1 可知，ADF 统计量为-20.21491，均小于置信水平 1% Level~10% Level 统计量，p 小于 0.05，即该序列显著为平稳时间序列。

Table 1. Test results of yield stability

表 1. 收益率平稳性检验结果

ADF 检验	T 统计量	Prob
	-20.21491	0.0000
1% level	-3.453153	
5% level	-2.871474	
10% level	-2.572135	

3.3. 相关性检验、建立模型

表 2 为 36 阶自相关检验(只显示 6 阶)。通过碳价日收益率 R 的自相关图，发现自相关函数和偏自相关函数值基本接近于 0，证实了碳价的对数收益率序列是平稳时间序列。在表格的 PAC(偏自相关函数)处可以看出，一阶之后 PAC 值突然收敛到临界值水平范围内，表明了碳价收益率序列存在一阶截尾现象，因而判定存在 AR (1)过程，从而建立均值方程 $R_t = c + \alpha R_{t-1} + \varepsilon_t$ ，结果如下[2]：

依照对数收益率的方程回归结果(表 3)，常数项 c 的 t 统计量绝对值为 0.079729，P 值为 0.9365，大于临界值水平范围，表明接受原假设($c = 0$)，即建立均值方程为：

Table 2. 36 order autocorrelation test of logarithmic return rate (only 6 orders are displayed)**表 2.** 对数收益率 36 阶自相关检验(只显示 6 阶)

AC	PAC	Q-Stat	Prob
-0.182	-0.182	9.5383	0.002
0.065	0.033	10.756	0.005
-0.040	-0.023	11.215	0.011
0.000	-0.013	11.215	0.024
-0.021	-0.021	11.346	0.045
-0.100	-0.111	14.266	0.027

Table 3. Equation regression results of logarithmic rate of return**表 3.** 对数收益率的方程回归结果

Variable	Coefficient	Std.Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.000473	0.005935	-0.079729	0.9365
R(-1)	-0.181674	0.058456	-3.107894	0.0021

$$R_t = -0.181674R_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$(t\text{-Statistic} = -3.107894)$$

3.4. 异方差检验

Table 4. Heteroscedasticity test**表 4.** 异方差检验

异方差检验			
F-statistic	6.134998	Prob.F (8.268)	0.0000
Obs*R-squared	42.87611	Prob.Chi-square (8)	0.0000

检验是否存在异方差性, 需要对上述均值方程回归所产生的残差序列进行检验。针对上述残差序列的异方差检验, 滞后期选择 8 期, 检验结果见表 4, F 统计量与 $N*(R^2)$ 统计量的 P 值均为 0, 即 P 值均显著小于临界值水平范围, 因此拒绝原假设(不存在异方差性——不存在 ARCH 效应), 即 ARCH-LM 检验说明了碳价的对数收益率序列存在显著的 ARCH 效应(存在异方差性)。因此, 该收益率序列可以建立 GARCH 模型。

3.5. GARCH 模型的估计

检验得出收益率序列存在异方差, 为更好拟合序列, 采用 GARCH 模型对序列进行参数估计。建立四个 GARCH (p, q) 模型, 见表 5:

Table 5. GARCH model**表 5.** GARCH 模型

	GARCH (1, 1)	GARCH (1, 2)	GARCH (2, 1)	GARCH (2, 2)
AIC	-1.93	-1.97	-1.94	-1.92

通过比较上述四个 GARCH (p, q)模型, GARCH (1, 2)的 AIC (Akaike information criterion, 赤池信息量准则)最小, 拟合效果最优。

Table 6. Inspection results of GARCH (1, 2)
表 6. GARCH (1, 2)检验结果

Variable	Coefficient	Std.Error	Z-Statistic	Prob
$R(-1)$	-0.073584	0.052190	-1.409914	0.1586
Variance Equation				
C	4.07E-05	1.24E-05	3.801679	0.0001
RESID (-1) ²	-0.001587	0.000444	-3.577774	0.0003
GARCH (-1)	1.905223	0.019837	96.04343	0.0000
GARCH (-2)	-0.909786	0.018591	-48.93692	0.0000

通过表 6 可以看出, 方程系数之和小于 1 且接近 1, 说明序列满足平稳性, 条件方差所受冲击是永久的, 模型具有可预测性。

GARCH (1, 2)模型如下:

$$r_t = -0.073584r_{t-1} + u_t, \quad u_t \sim N(0, \sigma_t^2)$$

$$\sigma_t^2 = 4.70E-05 - 0.001587u_{t-1}^2 + 1.9052\sigma_{t-1}^2 - 0.909786\sigma_{t-2}^2$$

3.6. 基于 GARCH 模型的 VaR 计算和后验测试

根据拟合得到 GARCH (1, 2), 通过 Eviews10 软件可以迭代算出重庆市碳价收益率的市场风险 σ_t^2 (见表 7), 开方得到的标准差 σ_t 代入 $\text{VaR}_t = P_{t-1}Z_\alpha\sigma_t$, 就这样根据第 $(t-1)$ 天的股票价格 P_{t-1} 预测第 t 天的 VaR 值。[3] (Z_α 为置信水平 $1-\alpha$ 下的分位数, α 为显著水平)

由于样本数据过多, 本文只列出部分预测计算结果。

Table 7. VaR value calculated by the model (local)
表 7. 模型计算得到的 VaR 值(局部)

日期	预测方差 σ_t^2	标准差 σ_t	各置信水平下的 VaR 值	
			$c = 90\%$ $Z = 1028155$	$c = 95\%$ $Z = 1.64485$
2020-1-6	0	0	0	0
2020-1-8	0.041040	0.202584	0.259621	0.333220
2020-1-9	0.040611	0.201522	0.258261	0.331474
2020-1-10	0.040071	0.200177	0.256537	0.329261
2020-1-13	0.039443	0.198603	0.254520	0.326673
2020-1-14	0.038722	0.196778	0.252181	0.323671
...

为了验证 VaR 估计的有效性, 我们对模型进行了后验测试(Back Testing)。从实际损益的历史数据中选取考察期, 比较实际损益和 VaR 的估计值, 选取样本期间的 t 个交易日内的 VaR 值与同期的实际日净

值损失($P_{t-1} - P_t$)进行对比:

Table 8. Comparison between VaR value and actual daily net worth loss during the sample period
表 8. 样本期间 VAR 值与实际日净值损失的对比

置信水平	$C = 90\% (z = 1.28155)$	$c = 95\% (z = 1.64485)$
N	59	10
e	20.7%	3.51%

N 为失败天数, e 为溢出率。验证结果见表 8, 表明接受原假设, 意味着 VaR 的估计与实际收益率相比较, 并未低估实际风险, 间接说明 VaR 对结果估计的准确性。

4. 结论及建议

本文通过对重庆市碳金融市场的收益率进行实证分析, 及对碳金融市场交易价格的历史走势的观测, 发现碳金融市场投资还是有很大风险。通过对重庆市碳金融交易市场日收益率进行描述性统计和假设检验, 发现重庆市碳金融市场的交易数据具有 ARCH 现象——波动性具有时变性和肥尾特征, 如果只用正态分布来刻画将会损失数据大量的尾部信息, 从而不能准确测度风险。本文通过研究分析, 建立 GARCH (1, 2)模型来拟合碳金融市场的收益率序列, 并估计样本碳收益率的 VaR 风险值, 运用 Kupiec 失败率方法进行检验, 向投资者提出以下建议:

4.1. 在交易日结束时刻买入碳配额降低投资风险

GARCH-VaR 模型由根据碳金融市场前一天当日收盘价预测第二天的收益率在碳金融市场中, 其当日收盘前 10 分钟的交易价格接近收盘价。尾盘买入拥有了交易决策权。当天碳市场基本不会存在很大的波动, 并且在第二天开盘的时候就能选择卖出, 所以瞬间拥有了交易的决策权。所以可以通过预测, 在当日收盘前 10 分钟决定是否买入可以有效降低操作风险。

4.2. 投资风险大, 投资需谨慎

后验测试结果表面, 如果碳金融交易价格跌幅大, 出现极端现象时, GARCH-VaR 模型对碳金融市场收益率实际损失的预测会不准确。在置信水平为 90%的时候, 预测的失败率为 20.7%, 在 95%的置信水平下, 预测的失败率为 3.51%, 可以看出随着置信水平的提高, VaR 的范围越大, 但随着置信水平的减小, 范围的缩小, 失败率增大, 投资风险还是很大的。碳金融交易市场毕竟是个全新的投资领域, 很多领域还在探索, 所以投资风险还是很大的, 投资需谨慎。

参考文献

- [1] 郑文通. 金融风险管理的 VAR 方法及其应用[J]. 国际金融研究, 1997(9): 58-62
- [2] 王皓. 基于 DCC-GARCH 模型对日本股票市场与国际市场波动溢出效应分析[J]. 现代日本经济, 2016(5): 27-37.
- [3] 陈维隆. 基于 GARCH-VaR 模型的创业板股票投资风险和控制研究[J]. 淮北职业技术学院学报, 2018, 17(6): 83-86.