

# 基于GARCH模型的天然气期货 价格波动特征分析

王钰瑶, 王传会

曲阜师范大学经济学院, 山东 日照

收稿日期: 2023年5月5日; 录用日期: 2023年5月28日; 发布日期: 2023年6月8日

## 摘要

在“双碳”目标的大背景下, 天然气在我国能源消费结构中的占比逐年上升。本文选取2010年1月4日到2023年2月3日的纽约商品交易所(NYMEX)天然气期货价格的结算价数据, 通过建立GARCH模型来分析天然气期货的价格波动特征, 并运用VaR模型对天然气期货的风险测度进行分析。研究发现: 天然气期货价格收益率存在显著的ARCH效应, 通过建立GARCH与GARCH-M两种模型研究发现天然气期货价格收益率的波动存在聚集性并且价格受到一定影响冲击后波动持续影响时间较长, 同时天然气期货市场具有高风险高回报性; 美国天然气期货市场价格VaR风险值也具有连续性和波动聚集效应, VaR-GARCH模型在90%和95%的显著性水平下对美国天然气期货市场的风险进行度量, 在一定置信水平下通过了失败率检验, 因此, 对于期货市场当中无论是风险承受能力较高还是风险承受能力较低的参与者, VaR-GARCH模型均可以进行风险的度量, 从而在一定程度上规避风险。根据研究结果, 提出如下建议: 增加国内天然气开发供给, 保障能源安全; 加快推出国内天然气期货, 建立完善国内天然气期货市场; 强化管网运营协调管理与健全储气设施市场化运营; 推进能源高水平对外开放, 同时密切监测发达国家尤其是美国经济指标动态。

## 关键词

天然气期货, 波动特征, 风险测度, GARCH模型, VaR模型

## Analysis of Fluctuation Characteristics of Natural Gas Futures Price Based on a GARCH Model in China

Yuyao Wang, Chuanhui Wang

School of Economics, Qufu Normal University, Rizhao Shandong

Received: May 5<sup>th</sup>, 2023; accepted: May 28<sup>th</sup>, 2023; published: Jun. 8<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

Under the background of “double carbon” target, the proportion of natural gas in China’s energy consumption structure is increasing year by year. This paper selected the settlement price data of natural gas futures price on the New York Mercantile Exchange (NYMEX) from January 4, 2010 to February 3, 2023, analyzed the price fluctuation characteristics of natural gas futures by establishing GARCH model, and used VaR model to analyze the risk measurement of natural gas futures. It is found that there is a significant ARCH effect in the price yield of natural gas futures. Through establishing GARCH model and GARCH-M model, it is found that the volatility of the price yield of natural gas futures is clustered, and it will last a long time after the price is impacted. The natural gas futures market is also full of high risk and high return. The VaR of the price of the U.S. natural gas futures market also has continuity and wave aggregation effect. The VaR-GARCH model measured the risk of the U.S. natural gas futures market at a significant level of 90% and 95%, and passed the failure rate test at a certain confidence level. Therefore, for the participants in the futures market, whether they have high or low risk tolerance, the VaR-GARCH model can measure the risk, so as to avoid the risk to a certain extent. According to the research results, the following suggestions were put forward: increase the development and supply of natural gas in China to ensure energy security; accelerate the issuance of China’s natural gas futures, establish and improve the domestic natural gas futures market; strengthen the coordinated management of pipeline network operation and improve the market-oriented operation of gas storage facilities; promote high-level opening up of energy, and closely monitor the economic indicators of developed countries, especially the United States.

## Keywords

Natural Gas Futures, Fluctuation Characteristics, Risk Measurement, GARCH Model, VaR Model

Copyright © 2023 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

### 1.1. 研究背景

天然气单位热值高、排污少,是一种绿色环保洁净的优质能源,但在相当长的时间内,我国政府对气价实行严格的管制,致使市场参与度较小。1956年到1997年,我国引入天然气产业链,在此期间,相关部门主要对产业链的进口价格进行规制,并强化以市场信号引导生产商的决策;1997年到2004年是我国向天然气产业链快速发展的过渡期,这一时期,相关部门对产业链的规制重点由出厂价格转向管输价格;2004年至今,我国进入天然气产业链快速发展阶段,相关部门开始缓慢转向对产业链结构的规制,最终向竞争型产业链结构推进。

近年来,随着经济的快速发展,能源需求越来越大,尤其是天然气。自1993年以来,我国天然气工业发展迅速,据国家能源局统计,2016年至2021年,我国天然气消费量从2078亿立方米增长到3690亿立方米,天然气在能源消费结构中的占比从6.1%提升到8.9%。然而,国内天然气供小于求,为了保证国内的天然气供给,需要进口天然气,因此造成我国对国外天然气进口依赖性较大。据国家统计局数据,我国天然气的对外依存度从2006年起呈现出不断上升的趋势,2021年中国天然气对外依存度已达到

46%。随着我国天然气对外依存度的提高,天然气的价格越来越重要,合理的天然气价格将有力地推动天然气市场的发展。当前中国是全球最大的天然气进口国,而中国参与国际天然气贸易却要用外币进行计价和结算,这极为不合理,一直以来由于国际天然气交易中定价权的缺失,大量沉没成本无从定量计算。并且,由于长期以来国内天然气投资渠道的缺乏,大量投资者涌入境外天然气期货市场,在境外市场交易规则突然变更或遭遇极端行情时,我国投资者往往会蒙受巨大损失。所以,建立国内天然气期货市场,补齐国际大宗商品定价权短板迫在眉睫。随着2018年中国原油期货在上海国际能源交易中心正式挂牌上市,中国天然气期货市场的建立和完善也指日可待。因此对天然气期货价格波动变化特征进行分析具有重要意义,不仅有助于及时反映期货市场的发展方向,指导人们采取相应措施稳定期货市场,也可以指导投资者合理投资,规避风险。

## 1.2. 研究意义

在能源转型的趋势下,到2050年,天然气在全球能源结构中所占的比例将从目前的23%增长到28%。天然气在国际能源结构中的重要性日益凸显,针对天然气价格、风险等方面的研究也日趋重要。我国在“双碳”目标的大背景下,未来天然气行业的发展面临着较好的机遇,无论是政策面的支持,还是能源消费结构调整的必然选择,都将推动天然气需求的快速增长。当前,我国二氧化碳的排放量接近100亿吨,约占世界排放总量的1/3,实现碳中和目标充满了巨大挑战。而由于煤炭是我国二氧化碳的主要排放来源,未来降低煤炭消费占比、提高天然气等清洁能源的消费占比是必然的趋势。在“十四五”期间,我国将继续提升天然气储备和供应能力,着眼于能源安全,使天然气协调稳定发展和安全稳定供应水平再上新台阶。本文通过研究天然气期货价格波动的特征与风险测度,具有以下理论与现实意义。

第一,通过研究分析天然气期货的价格变化特点,人们能够对未来天然气的供求价格形成合理的预期,可以指导天然气的生产与消费。因为商品市场是由参与者自主决定是否参与交易,并且市场中的生产、经营以及销售都必须受到市场价值规律的控制。大多数参与者会根据价格上涨程度和其能够获得的收益决定是否投资。通过收集天然气期货日结算价并分析其价格波动的变化,能够提供给投资者一个合理的价格预期,指导天然气生产与消费。

第二,通过研究天然气期货的价格变化与风险,有利于降低天然气市场价格风险。直接降低天然气市场价格风险的办法有两类:一是政府直接干预天然气市场,通过价格补贴或限制价格来维持价格稳定;二是建立天然气期货市场,通过期货套期保值策略来降低天然气价格风险。但从长期来看,通过政府干预市场的方式降低价格风险不利于天然气资源配置。与政府干预相比,通过金融衍生工具转移风险,既增加价格透明度,又有利于资源的合理配置。

第三,通过研究天然气期货价格与风险,能够促进期货价格发现功能的发挥。期货作为一种在未来时间对商品进行交易的商品合约,投资者对期货未来价格的估计会通过是否参与交易表现出来,并对期货价格造成影响,因此期货价格对未来商品价格存在影响。天然气现货市场中天然气现货价格往往具有滞后性,现货市场不能很好地规避价格风险。天然气期货价格具有价格发现的功能,期货市场的建立,将有效地解决现货市场所面临的问题。对天然气进行期货交易可通过可靠的期货市场交易机制来形成可靠的天然气价格,以稳定天然气商品交易价格。

第四,对天然气期货价格问题进行分析,能够提供给政府相关建议,对政府采取相应财政政策与货币政策发挥重要的指导作用。由于市场经济存在不确定性,这就需要政府运用其“看得见的手”来调节经济秩序,通过采取包括税收政策在内的财政政策以及货币政策能够稳定期货市场,促进社会主义市场经济的发展进步。

第五,对天然气期货价格波动特征的研究能够为我国建立天然气期货市场做准备,增加投资者对期

货市场的信心, 提高未来应对突发风险的能力, 促进中国经济的恢复以及持续稳定发展。近年来, 面对新冠肺炎疫情, 战争和国际政治经济局势变化等冲击, 经济发展停滞, 停工停学等对经济带来了巨大的影响, 国际天然气期货市场也受到波动, 大幅暴跌, 对天然气期货价格的波动特征进行分析, 可以促进国内的政策调整与经济恢复, 建立完善期货市场机制, 增强未来应对突发风险的能力。

## 2. 文献综述

### 2.1. 天然气期货市场发展研究

天然气作为我国重要的清洁能源之一, 其价格波动会对我国宏观经济产生重要影响, 并且天然气期货价格的波动在一定程度上也能够反映出天然气期货市场和天然气现货市场之间存在的问题。现货市场价格大幅波动可促进期货市场交易增长, 从而保证期货市场有效性(Herbert John H, 1993) [1]。国外天然气期货市场建立时间较长, 如今已较为成熟, 许多学者已对美国天然气期货市场进行了大量的研究并得出了价格规律(W. David Walls, 1995; Hamed Ghoddusi 和 Sahar Emamzadehfard, 2017) [2] [3]。近年来随着改革发展, 我国天然气市场功能也已逐渐完善, 但是构建高质量高标准的全国统一天然气市场还有很多堵点痛点需要疏通和消除: 硬件设施方面需要持续加快推进储气调峰、干线管网及区域互联互通能力建设; 软件方面需要深入推动价格市场化改革, 完善市场准入和保供制度, 破除保护性壁垒, 建立天然气期货市场, 建立统一开放共享的数据信息体系(周淑慧等, 2022) [4]。影响天然气价格波动的因素有很多, 包括天然气的自然属性和外部环境因素。程民贵(2022) [5]在分析近五年天然气价格后指出, 天然气价格波动风险影响因素主要包括突发事件、异常天气和库存水平。郭娜和张骏(2022) [6]通过研究发现煤炭、石油、天然气市场与股市之间的波动溢出效应存在明显的时变特征, 从动态溢出效应来看, 溢出水平对于极端事件较为敏感, 当股市崩盘等极端事件发生时, 能源市场与股市的波动溢出指数明显上升。因此, 对天然气价格进行风险管理具有重要意义。期货市场具有规避风险与价格发现的基本功能, 交割环节连接着期货和现货市场, 利用期货交割标准能够助推现货生产者提供高质量的产品和服务(蔡胜勋和张博, 2021) [7], 运用期货市场可以实现对天然气价格的有效管理。虽然中国天然气期货市场尚未建立, 但我国天然气现货市场参与者已经达到一定数量, 进行期货交易的需求潜力巨大(史建勋, 2014) [8], 天然气期货市场建立指日可待。

### 2.2. 基于 GARCH 模型天然气期货价格研究

Morgan I.G. (1976) [9]研究表明金融资产收益率方差具有异方差性, 运用传统时间序列模型分析时无法解决实证中存在的波动率聚集效应、非正态分布以及异方差性。ARCH 模型的提出解决了这一问题, 其将滞后残差项考虑进去, 促进了有关金融资产波动率研究的发展(Robert F. Engle, 1982) [10]。Bollerslev Tim (1986) [11]将条件方差对滞后的影响考虑进去, 对 ARCH 模型进行发展得到广义自回归条件异方差模型即 GARCH 模型, 得到了广泛推广。现阶段, GARCH 模型被广泛应用于经济领域的研究分析。郭延景、肖海峰(2023) [12]通过建立 BEKKGARCH 模型和 DCC-GARCH 模型分析不同政策背景下玉米、大豆国内外期现货市场间溢出效应和动态关联性, 发现临时收储政策改革前后玉米国内期现货市场间关联性一直高于大豆国内期现货市场间关联性, 而玉米的国内和国际市场间关联性基本小于大豆的国内和国际市场间关联性。James Robert 等(2023) [13]运用两阶段 GARCH-EVT 模型(Alexander J. McNeil 和 Rüdiger Frey, 2000) [14]的正则化扩展, 开发了一个包含了风险管理者可以获得的丰富的经济和财务信息的尾部风险预测模型, 并证明其产生有竞争力的风险预测, 特别是在财务困境时期。周开国、关子桓(2023) [15]利用 VECM-DCCGARCH 模型测度了欧盟碳市场套期保值和价格发现功能及其动态变化特征。结果表明: 碳期货有效发挥了套期保值及价格发现功能, 提升了碳市场定价效率, 有助于完善碳定价机制。



### 2.3. 基于 VaR 模型天然气期货价格研究

Harry Markowitz (1952) [16]首次提出投资组合理论模型, 运用均值方差风险度量方法进行风险度量。基于此, 资本资产定价模型被提出来衡量稳定期货市场的收益(William F. Sharpe, 1964) [17]。随后在资本资产定价理论的基础上, 套利定价理论的提出使分析风险来源成为可能(Stephen A. Ross, 1976) [18]。以上理论均为风险度量提供理论基础, 同时为 VaR 模型奠定理论基础。近年来 VaR 模型被广泛应用于风险测度的研究, Tabash Mosab I 等(2022) [19]利用非限制性 VaR 考察了股票市场指数在汇率变动与石油价格之间的中介作用, 发现在金融危机前后, 股市指数是油价波动与汇率之间的传导渠道。张慧等(2023) [20]基于非线性期望理论构建 GE-Copula-VaR/CVaR 模型, 发现研究期间的风险指标 VaR 与 CVaR 具有明显的时变特征, 《巴黎协定》签署前的样本各风险因子波动存在更强的不确定性, 碳金融市场风险较大; GE-Copula-CVaR 模型在 99%的置信水平下能通过 Kupiec 有效性检验, 其准确性显著高于先进的非参数 Copula-CVaR 风险测度模型。

## 3. 数据来源说明

### 3.1. 变量选择

本文采取期货价格收益率作为研究数据, 其计算方法如公式(1)所示:

$$R_t = \ln\left(\frac{p_t}{p_{t-1}}\right) \quad (1)$$

在公式(1)中,  $R_t$  代表当天的收益率,  $p_t$  代表当天的结算价,  $p_{t-1}$  代表前一天的结算价, 由此可以得到收益率时间序列并进行分析。

### 3.2. 数据来源

本文选取美国纽约商品交易所(简称 NYMEX)天然气期货结算价格数据分析天然气期货的价格特征。首先, 美国纽约商品交易所天然气期货市场存在时间较长, 如今是交易量最大的天然气期货交易所, 是一个成熟的交易市场。其次, 近年以来随着国际政治经济的不确定因素增加, 期货市场的交易情况更能反映国际天然气期货价格的波动性特征。本文拟通过对国际成熟天然气期货市场的实证分析, 进一步揭示天然气期货的价值发现作用, 为我国探索和建立天然气期货市场提供理论支持。本文选择 2010 年 1 月 4 日到 2023 年 2 月 3 日的纽约商品交易所(NYMEX)天然气期货数据, 共 3278 个观测值。

根据纽约商品交易所数据显示, 能够反映期货价格的数据有多种, 为了能够消除每日突发因素对期货价格异常波动的影响, 本文以期货结算价计算收益率进行研究分析。

## 4. 基于 GARCH 模型的天然气期货价格波动特征分析

### 4.1. ADF 检验

本文选取纽约商品交易所(NYMEX)的天然气期货的 2010 年 1 月 4 日到 2023 年 2 月 3 日的结算价格进行分析, 共 3278 组数据。便于分析, 文章预先处理由于在非交易日, 纽约商品交易所无交易所带来的数据断点, 将该数据集转换为连续的时序数据。NYMEX 天然气期货结算价的走势如图 1。

从图 1 可以看出, 数据存在多个峰值且自新冠肺炎疫情发生以来天然气期货价格达到近十年来的最大峰值, 且呈现出最大的波动幅度, 该时间序列数据是一个非平稳序列, NYMEX 天然气期货结算价格应该有常数项, 但没有明显的时间趋势。根据公式(1)得出天然气期货价格收益率, 如图 2 所示, 明显可以看出天然气期货价格收益率序列是一组平稳序列, 本文采用天然气期货价格收益率( $R_t$ )建立模型。

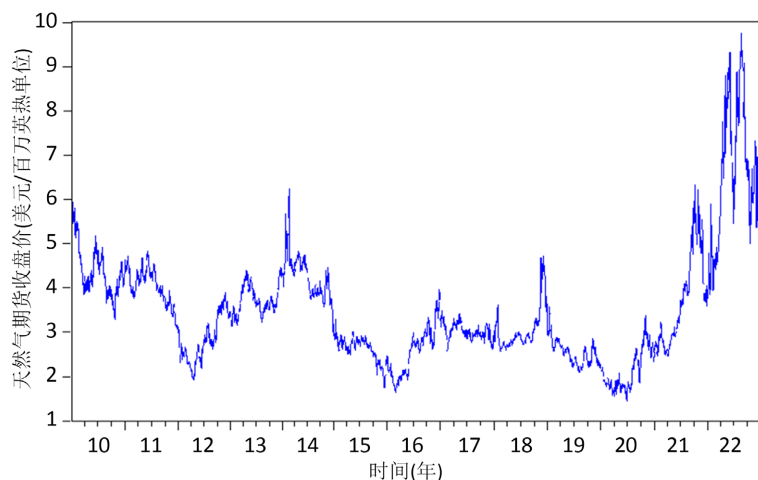


Figure 1. Natural gas settlement price trend

图 1. 天然气结算价格走势图

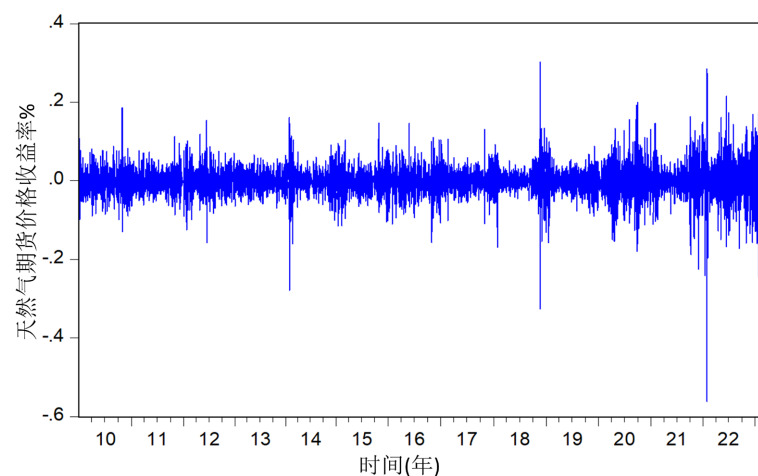


Figure 2. Trend of natural gas futures price yield

图 2. 天然气期货价格收益率走势图

收益率平稳性检验是为确保数据之间不会出现相关性的检验, 只有数据平稳才可以进行下一步分析, 如果经过验证为非平稳数据, 容易出现伪回归现象导致结果不准确, 因此需要验证数据是否平稳, 应用较广泛的是 ADF 检验法。ADF 检验法中只需要参考  $P$  值大小, 当  $P < 0.05$  时, 拒绝原假设, 收益率序列不存在单位根, 为平稳序列, 否则是非平稳序列。也可以根据  $t$  统计量的值来判断, 当  $t$  统计量的值小于序列在 1%, 5%, 10% 置信水平下的临界值时, 拒绝原假设, 收益率序列不存在单位根, 为平稳收益率序列。对收益率数据进行单位根检验, 结果如表 1 所示。

Table 1. Stationarity test results

表 1. 平稳性检验结果

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-25.03231	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.432168	
5% level	-2.862229	
10% level	-2.567181	

根据表 1 可以看出天然气期货的  $t$  统计量值为  $-25.03231$ , 远远小于 1%、5% 和 10% 显著水平下的临界值, 所以拒绝原假设。收益率序列的  $P$  值是 0, 也拒绝原假设, 因此天然气期货价格收益率序列不存在单位根, 为平稳时间序列, 可以进行实证研究。

### 4.2. 异方差性检验

对天然气期货价格收益率进行自相关与偏相关检验, 得到结果如图 3 所示。根据图 3 可知天然气期货价格收益率序列存在高阶的无自相关且无明显的截尾和拖尾现象, 因此天然气期货价格收益率序列不存在自相关和偏相关性, 可以用期货价格收益率建立 AR(2)模型, 下面以建立 AR(2)模型进行研究。

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.529	-0.529	917.96	0.000
		2 0.040	-0.333	923.21	0.000
		3 -0.032	-0.281	926.55	0.000
		4 0.054	-0.167	936.23	0.000
		5 -0.043	-0.155	942.31	0.000
		6 -0.013	-0.178	942.86	0.000
		7 0.024	-0.152	944.71	0.000
		8 0.037	-0.062	949.33	0.000
		9 -0.081	-0.133	970.96	0.000
		10 0.065	-0.081	984.93	0.000
		11 -0.038	-0.102	989.78	0.000
		12 0.027	-0.082	992.16	0.000
		13 -0.029	-0.098	994.99	0.000
		14 0.042	-0.052	1000.7	0.000
		15 -0.042	-0.085	1006.6	0.000
		16 0.035	-0.051	1010.6	0.000
		17 -0.034	-0.074	1014.3	0.000
		18 0.047	-0.025	1021.5	0.000
		19 -0.049	-0.050	1029.3	0.000
		20 0.023	-0.052	1031.0	0.000
		21 -0.000	-0.039	1031.0	0.000
		22 0.018	-0.003	1032.1	0.000
		23 -0.050	-0.050	1040.3	0.000
		24 0.049	-0.019	1048.1	0.000
		25 -0.034	-0.040	1051.9	0.000
		26 0.038	-0.001	1056.8	0.000
		27 -0.043	-0.020	1063.0	0.000
		28 0.012	-0.051	1063.5	0.000
		29 -0.001	-0.061	1063.5	0.000
		30 0.038	-0.002	1068.3	0.000
		31 -0.049	-0.026	1076.3	0.000
		32 0.021	-0.035	1077.7	0.000
		33 -0.005	-0.031	1077.8	0.000
		34 0.002	-0.047	1077.8	0.000
		35 -0.010	-0.050	1078.1	0.000
		36 0.016	-0.045	1079.0	0.000

Figure 3. Autocorrelation and partial correlation test of natural gas futures price yield  
图 3. 天然气期货价格收益率自相关与偏相关检验

AR(2)模型输出结果显示, AR(1)、AR(2)项的系数均具有显著性, 得到对应的模型表达式如公式(2):

$$R_t = -0.705032R_{t-1} - 0.333157R_{t-2} + v_t \tag{2}$$

(-42.77313)    (-20.22198)

$$R^2 = 0.359726, DW = 2.187628$$

对这一组模型的残差进行观察, 如图 4 所示。图 4 显示残差的波动具有“集群”现象: 波动在一段时间内非常小, 在一段时间内非常大, 说明该模型可能存在自回归条件异方差。

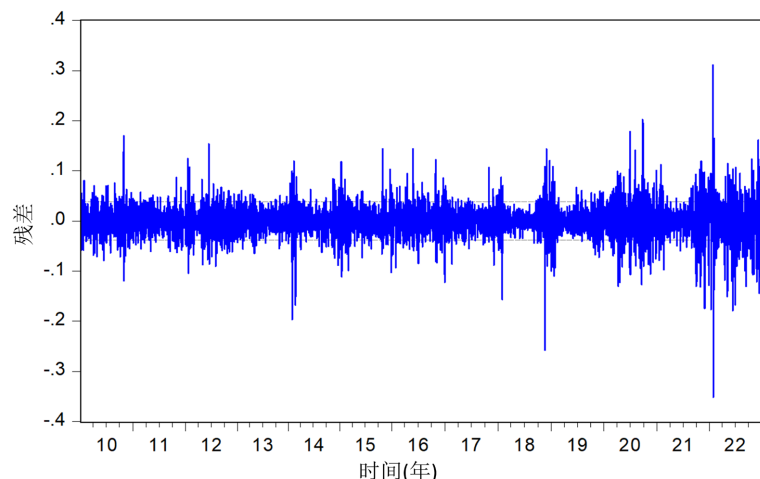


Figure 4. Residual diagram

图 4. 残差图

为了确定天然气期货价格收益率是否存在 ARCH 效应, 运用 ARCH-LM 检验考察公式(2)中的误差项是否具有自回归条件异方差性, 检验结果如表 2。

Table 2. ARCH effect test results

表 2. ARCH 效应检验结果

F-statistic	320.3312	Prob. F(1,3271)	0.0000
Obs*R-squared	291.9375	Prob.Chi-Square(1)	0.0000

检验自回归条件异方差的 LM 辅助回归式如公式(3):

$$\hat{u}_t^2 = 0.001019 + 0.298657\hat{u}_{t-1}^2 \quad (3)$$

(13.62877) (17.89780)

$$R^2 = 0.089196, DW = 1.996391$$

通过分析表 2 与公式(3)可知, F 和 LM 统计量所对应的 P 值都能够通过检验。因此可以得出结论, 这一组数据残差的平方表现出一阶自相关, 能够证明模型具有自回归条件异方差。根据以上两种检验均证明了模型存在 ARCH 效应, 所以应在公式(2)上建立 ARCH 模型。

### 4.3. ARCH 模型估计结果分析

经过以上研究表明天然气期货价格收益率序列具有显著的异方差性, 因此本文分别对天然气期货价格收益率数据进行 GARCH、GARCH-M 检验, 来分析天然气期货价格波动是否具有集群性、高风险高收益的特征。

#### 4.3.1. GARCH 模型

运用 GARCH 模型对天然气价格变化特点进行深入分析, 根据分析结果显示, 均值方程如公式(4):



$$R_t = -0.673882R_{t-1} - 0.333033R_{t-2} + u_t \quad (4)$$

(-38.63995) (-18.87455)

$$R^2 = 0.358758, DW = 2.251107$$

GARCH(1,1)方程如公式(5):

$$\sigma_t^2 = 0.0000185 + 0.115726\hat{u}_{t-1}^2 + 0.878637\sigma_{t-1}^2 \quad (5)$$

(4.798040) (15.82873) (119.2388)

公式(5)中的系数都能够通过检验,说明时间序列数据具有显著的集群性,天然气期货价格收益率的变化会受到内部与外部的影响,也会受到过去价格变动的的影响。由分析结果可知,公式(5)中两系数和接近于 1,说明天然气期货价格收益率受到影响后,价格波动会持续很长时间,冲击对其造成的影响也将持续一段时间,这就需要政府对市场采取一定的方法进行调节,能够促使市场在进行一系列自我调节后逐渐达到平衡。

### 4.3.2. GARCH-M 模型

均值方程如公式(6):

$$R_t = -0.677985R_{t-1} - 0.335128R_{t-2} - 0.161775\sqrt{\sigma_t^2} + \hat{u}_t \quad (6)$$

(-38.82924) (-19.42563) (-0.382570)

$$R^2 = 0.359135, DW = 2.244521$$

GARCH(1,1)方程如公式(7):

$$\sigma_t^2 = 0.0000207 + 0.108160\hat{u}_{t-1}^2 + 0.881777\sigma_{t-1}^2 \quad (7)$$

(3.894504) (10.12654) (81.93908)

通过公式(6)与公式(7)分析结果显示,条件方差估计系数通过检验,说天然气期货市场能够表现出高风险高回报的特点。目前我国对天然气进口具有较大的依赖性,比较容易受到国际因素的影响,并且天然气价格也会受到季节等其他因素的影响。然而即使面对诸多风险因素,投资者也会冒着风险进行投资,造成天然气期货市场显示高风险高回报的特点。

## 5. 基于 VaR-GARCH 模型的天然气期货风险测度分析

根据前文分析我们发现美国天然气期货市场价格波动剧烈,存在较大的风险性,本节构建动态风险模型对价格进行风险测度研究。张慧等(2023) [20]研究发现 GE-Copula-CVaR 模型的准确性显著高于先进的非参数 Copula-CVaR 风险测度模型。本文参考其研究构建动态风险 VaR-GARCH 测度模型,实证研究在不同置信度下的风险值并对比风险值大小。其计算方法如公式(8):

$$\text{VaR} = -Z_c \sigma_p \sqrt{\Delta t} \quad (8)$$

在公式(8)中,  $Z_c$  代表置信水平为  $c$  的分位数,  $\sigma_p$  代表资产标准差,  $\Delta t$  代表持有期限,因为是日收益率,因此  $\Delta t = 1$ 。在计算 VaR 值时,主要在于  $\sigma_p$  值的确定,由于金融收益率序列具有尖峰厚尾、波动聚集性、持续性、杠杆效应等特征,在一般的简单模型当中,在数据处理过程中,只进行了时间序列均值处理,忽略了收益率序列的特征,因此本节在计算天然气期货价格收益率之后根据 AIC、BIC 准则选择 GARCH(1,1)模型,将模型中估算的  $\sigma_p$  值带入到公式(8)当中,此时的  $\sigma_p$  值能较好的体现期货收益率的特征,实证分析结果更加合理准确。

根据上述分析, 我们要求得 VaR 的值, 要分别求得置信度下的分位数、概率分布和条件标准差。本节分别选取 99%、95%、90% 置信度下的分位数, 计算基于 VaR-GARCH 模型计算风险值, 根据失败率检验法观察模型是否合理。

选取正态分布下美国天然气期货市场日收益率序列在 99%、95%、90% 置信度下的分位数, 如表 3 所示:

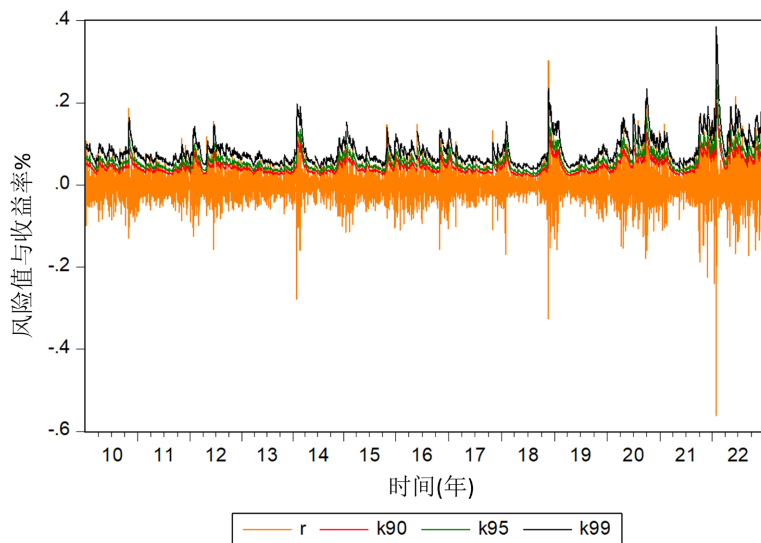
**Table 3.** Quantiles under different confidence levels  
**表 3.** 不同置信度下的分位数

置信度	分位数
99%	2.3263
95%	1.6449
90%	1.2815

GARCH(1,1)模型的  $\sigma_p$  和不同置信度下的分位数带入到公式(8)当中计算风险值, 结果如表 4 所示:

**Table 4.** Risk value calculation results of two models under different confidence levels  
**表 4.** 不同置信度水平下两种模型的风险值计算结果

模型	置信度	均值	标准差	最小值	最大值
VaR-GARCH	99%	0.083590	0.036205	0.037994	0.384395
	95%	0.058836	0.025483	0.026742	0.270561
	90%	0.045921	0.019889	0.020872	0.211170



**Figure 5.** Comparison of VaR-GARCH model risk value and yield under different confidence levels

**图 5.** 不同置信水平下 VaR-GARCH 模型风险值与收益率对比图

根据表 4 可以看出两种模型下不同置信度水平风险的均值、最大值以及最小值, 从而对风险实现量化分析。GARCH(1,1)模型当中, 在 99% 的置信度水平下, 风险均值为 8.36%, 每天最大损失不超过 38.44%, 最小损失不低于 3.80%; 在 95% 的置信度水平下, 风险均值为 5.88%, 每天最大损失不超过 27.06%, 最

小损失不低于 2.67%; 在 90% 的置信度水平下, 风险均值为 4.59%, 每天最大损失不超过 21.12%, 最小损失不低于 2.09%。为了能够更加直观清晰的观察风险值与实际收益的对比, 我们绘制了不同模型不同置信水平下 VaR 风险值与收益率的对比图, 如图 5 所示。

在图 5 中, k99 代表 99% 置信度下 VaR-GARCH 模型的风险值, k95 代表 95% 置信度下 VaR-GARCH 模型的风险值, k90 代表 90% 置信度下 VaR-GARCH 模型的风险值, r 代表 NYMEX 天然气期货价格收益率。从图 5 中可以看出不同置信水平下风险波动与收益率的对比, 99% 置信水平下的风险值大于 95% 置信水平下的风险值大于 90% 置信水平下的风险值, 因此 99% 置信水平下失败率最高。从图 5 中也可以看出美国天然气期货市场价格的 VaR 风险值也具有连续性和波动聚集效应。

## 6. 结论与政策建议

### 6.1. 主要结论

本文选取纽约商品交易所(NYMEX)自 2010 年 1 月 4 日到 2023 年 2 月 3 日的天然气期货结算价格进行分析, 在数据平稳性检验通过的前提下, 通过建立 ARCH 模型与 VaR 模型对天然气期货的价格波动特征与风险测度进行研究, 通过分析可以得出以下结论。

通过建立 GARCH 与 GARCH-M 两种模型研究发现天然气期货价格收益率的波动存在聚集性并且价格受到一定影响冲击后波动持续影响时间较长, 同时天然气期货市场具有高风险高回报性。通过建立动态风险 VaR-GARCH 模型并进行失败率检验后发现对于天然气期货市场当中无论是风险承受能力较高还是风险承受能力较低的参与者, VaR-GARCH 模型均可以进行风险的度量, 从而在一定程度上规避风险, 所以实证研究 VaR-GARCH 模型能够较好的应用于美国天然气期货市场进行风险测度研究。

### 6.2. 政策建议

当前我国采取诸多措施发展天然气产业, 但是在天然气产业的诸多环节仍存在一些问題, 加之中国尚未建立天然气期货市场, 对天然气市场价格风险的控制力较为薄弱。对于以上问题, 提出以下政策建议:

首先, 增加国内天然气开发供给, 保障能源安全。未来发展坚持“海陆并举、常非并重”战略, 通过继续实施国家油气重大专项, 组织好重点领域理论、技术攻关, 通过积极做好油气勘探新领域和新战场准备, 积极做好低品位资源规模效益开发, 努力做好老油田大幅提高采收率等措施实现“稳油增气”目标。同时要不断探索新天然气资源领域, 如中低熟页岩油的经济开发, 富油煤热转化利用和煤地下气化利用等, 多方开拓气源, 确保天然气供应。新的发展阶段, 需要实现天然气大发展, 夯实国内油气供应压舱石地位, 在传统勘探开发领域深耕和油气资源新领域革命性拓展“两条腿”走路。

其次, 加快推出国内天然气期货, 建立完善国内天然气期货市场。现阶段, 要发现中国天然气市场均衡价格, 可加快推出天然气期货, 通过天然气期货市场发现连续的天然气均衡价格, 作为签署天然气长期协议的参考价格。天然气期货市场不但能发挥定价功能, 还能发挥财务避险工具的作用。利用天然气期货市场作为财务避险工具, 锁定成本或利润, 应对供给冲击, 这在较早就完成市场化定价改革的其他行业已是很常规的操作。天然气期货市场建立后, 相关企业可以利用期货、期权等金融市场工具, 在市场中获取投资收益, 锁定利润, 规避财务风险, 从整体上降低行业成本。

再次, 强化管网运营协调管理与健全储气设施市场化运营。加快完善国家石油天然气管网集团有限公司运营机制和实施细则, 加快解决上下游, 主干网、省网和城燃网的协调问题, 尽快完善全国天然气管网运行调度机制, 逐步落地实施细化规则。同时健全储气设施市场化运营, 加大对储气调峰设施建设运营的政策优惠、所得税增值税进项税返还等政策, 降低投资运营成本, 提高项目盈利能力, 促进储气

设施建设和储气能力提升。加大省内统筹考虑, 整体规划, 集中建设, 避免因储气任务层层分解出现的项目小型化、分散化的问题。借鉴国际经验建立适合我国国情的储气运营模式, 建立健全调峰储备体系和健全的管理运营机制。

最后, 推进能源高水平对外开放, 同时密切监测发达国家尤其是美国经济指标动态。积极推进能源安全国际合作, 推动构建全球大宗能源商品合作伙伴关系。深入推进清洁能源国际合作, 推动建立中国-东盟清洁能源合作中心, 共建中阿清洁能源合作中心, 构建更高质量的能源国际合作体系。统筹做好大国能源合作, 建设运营好“一带一路”能源合作伙伴关系, 积极参与能源领域重要多边机制合作。能源开放会带来更多的发展机遇, 但是同时也会带来许多风险。发达国家经济政策存在国际外溢效应, 我国深度参与全球产业分工合作, 同各大发达经济体紧密相连, 来自外部环境的风险挑战增多。因此要继续密切观察发达国家尤其是美国 PMI 指数、CPI 等经济指标变化情况, 以判定其货币政策转向的时间节点, 提前做好预案, 有效应对外部环境考验。

## 基金项目

2022 年国家社会科学基金一般项目(22BJY174), 山东省研究生教育质量提升计划项目(SDYAL19180, SDYKC19180)。

## 参考文献

- [1] Herbert, J.H. (1993) The Relation of Monthly Spot to Futures Prices for Natural Gas. *Energy*, **18**, 1119-1124. [https://doi.org/10.1016/0360-5442\(93\)90084-Q](https://doi.org/10.1016/0360-5442(93)90084-Q)
- [2] Walls, W.D. (1995) An Econometric Analysis of the Market for Natural Gas Futures. *The Energy Journal*, **6**, 71-83. <https://doi.org/10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol16-No1-5>
- [3] Ghoddsi, H. and Emamzadehfard, S. (2017) Optimal Hedging in the US Natural Gas Market: The Effect of Maturity and Cointegration. *Energy Economics*, **63**, 92-105. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.01.018>
- [4] 周淑慧, 王雅菲, 李广, 等. 对建设全国天然气统一大市场的思考[J]. 国际石油经济, 2022, 30(8): 23-31.
- [5] 程民贵. 国际气价大幅波动下中国天然气行业稳定发展的探讨[J]. 国际石油经济, 2022, 30(8): 51-57.
- [6] 郭娜, 张骏. 中国能源市场与股票市场的波动溢出效应研究——基于 TVP-VAR-DY 模型的实证研究[J]. 西南民族大学学报(人文社会科学版), 2022, 43(5): 122-133.
- [7] 蔡胜勋, 张博. 中国期货市场高质量发展: 内涵、特征与实现路径[J]. 西南金融, 2021(12): 80-91.
- [8] 史建勋. 中国建立天然气期货市场的必要性和可行性[J]. 天然气工业, 2014, 34(9): 130-134.
- [9] Morgan, I.G. (1976) Stock Prices and Heteroscedasticity. *The Journal of Business*, **49**, 496-508. <https://doi.org/10.1086/295881>
- [10] Engle, R.F. (1982) Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation. *Econometrica*, **50**, 987-1007. <https://doi.org/10.2307/1912773>
- [11] Bollerslev, T. (1986) Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, **31**, 307-327. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(86\)90063-1](https://doi.org/10.1016/0304-4076(86)90063-1)
- [12] 郭延景, 肖海峰. 价格支持政策改革背景下国内外粮食市场溢出效应与动态关联性研究[J]. 大连理工大学学报(社会科学版), 2023, 44(3): 1-10.
- [13] James, R., Leung, H., Leung, J.W.Y. and Prokhorov, A. (2023) Forecasting Tail Risk Measures for Financial Time Series: An Extreme Value Approach with Covariates. *Journal of Empirical Finance*, **71**, 29-50. <https://doi.org/10.1016/j.jempfin.2023.01.002>
- [14] McNeil, A.J. and Frey, R. (2000) Estimation of Tail-Related Risk Measures for Heteroscedastic Financial Time Series: An Extreme Value Approach. *Journal of Empirical Finance*, **7**, 271-300. [https://doi.org/10.1016/S0927-5398\(00\)00012-8](https://doi.org/10.1016/S0927-5398(00)00012-8)
- [15] 周开国, 关子桓. 欧盟碳排放交易体系运行效率研究——基于动态套期保值及价格发现的证据[J]. 国际金融研究, 2023(2): 73-85.
- [16] Markowitz, H. (1952) Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, **7**, 77-91.

- <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1952.tb01525.x>
- [17] Sharpe, W.F. (1964) Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk. *Journal of Finance*, **19**, 425-442. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1964.tb02865.x>
- [18] Ross, S.A. (1976) The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing. *Journal of Economic Theory*, **13**, 341-360. [https://doi.org/10.1016/0022-0531\(76\)90046-6](https://doi.org/10.1016/0022-0531(76)90046-6)
- [19] Tabash, M.I., Asad, M., Khan, A.A., Sheikh, U.A. and Babar, Z. (2022) Role of 2008 Financial Contagion in Effecting the Mediating Role of Stock Market Indices between the Exchange Rates and Oil Prices: Application of the Unrestricted VAR. *Cogent Economics & Finance*, **10**, Article ID: 2139884. <https://doi.org/10.1080/23322039.2022.2139884>
- [20] 张慧, 魏佳琪, 孟纹羽. 碳金融市场集成风险测度的新方法[J]. 统计与决策, 2023, 39(3): 55-60.