

# Research on Brent's Oil Price Fluctuation and Its Relationship with BDI Index—Based on VAR-GARCH Model

Yanjun Fan

Shanghai Maritime University, Shanghai  
Email: 2545933985@qq.com

Received: Nov. 21<sup>st</sup>, 2016; accepted: Dec. 6<sup>th</sup>, 2016; published: Dec. 9<sup>th</sup>, 2016

Copyright © 2016 by author and Hans Publishers Inc.  
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

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



Open Access

---

## Abstract

In this paper, the time series model is established based on the BDI index and the Brent oil price, which attempts to measure the relationship between the two series. First, the disposal of the Brent oil price data mainly with the logarithmic difference method can eliminate non-stationary sequences, and reduce the difficulty of calculation, so it has high practicability in practice. Then the Brent oil price data were analyzed by descriptive analysis, and then established the GARCH model to fit the original data, and finally established the VaR model between oil prices and BDI data. In this paper, we used the Eviews software.

## Keywords

The Shipping Market, Brent's Oil Price, The BDI Index, VAR-GARCH Model

---

# 布伦特油价波动研究及其与BDI指数的关系研究——基于VAR-GARCH模型

范燕君

上海海事大学, 上海  
Email: 2545933985@qq.com

## 摘要

本文以BDI指数和布伦特油价为基础建立时间序列模型，试图测量两者之间的关系。首先对布伦特油价数据的处理主要采取对数差分法，可以消除序列的非平稳性，并降低计算难度，因而在研究实践中具有较高的实用性。然后对布伦特油价数据进行描述性分析，再建立GARCH模型对原数据进行拟合，最后将油价与BDI数据建立VaR模型。本文使用的软件是Eviews。

## 关键词

航运市场，布伦特油价，BDI指数，VAR-GARCH模型

## 1. 引言

布伦特原油，出产于北大西洋北海布伦特地区，其价格是市场油价的标杆，因此其价格波动能准确及时地展示出油价市场的风向，因此本文通过对布伦特油价建立VAR-GARCH来进行研究。对于GARCH模型，已经有许多的学者对其进行了研究。王美今利用GARCH模型细致的分析了上海的股票市场的波动规律[1]。高铁梅在书中详细地介绍了一些最基本的计量经济方法以及各种建模的实例，其中就有对GARCH模型的介绍[2]。章超、程希骏等利用基于t分布的GARCH(1,1)模型敏锐的分析了上海股市的风险波动[3]。余素红首先将SV模型和GARCH模型应用于金融波动的特性研究，并通过随机微分方程，从理论上找出两种模型的联系与区别[4]。菲利普·乔瑞根据参数模型和历史模拟模型，通过量化风险，对大量的金融实例和真实的数据资料进行探讨，揭示金融危机发生的根源及应对方法[5]。姚刚介绍了传统VaR模型的三种衡量方法：方差-协方差法、历史方差和蒙特卡罗模拟法，并对三种方法的优缺点进行了分析[6]。方立兵、郭炳伸、曾勇首先将半参数估计函数方法应用于10类常见的GARCH结构[7]。黄泽华对沪深300指数和同期股指期货价格指数的VaR序列进行了精细的计算，并指出GARCH-JUMP类模型中的每一个子模型都对应着一种特定的算法[8]。张锁对巴拿马型船国际干散货运输进行了完备的实证分析，通过模型准确计算出巴拿马型干散货运输市场的风险值[9]。

## 2. 建模

### 2.1. VAR-GARCH 模型

风险价值度(VaR)，是用来度量金融机构各种资产组合的一个标准。在上世纪80年代，由蒂尔·谷迪曼最先提出的，他指出，VaR是在一定置信水平下和一定的目标期间内，预期的最大损失。更精确的表述，VaR描述了一定时期内资产价值预期变化量的分布的分位数，其数学表达式为[9]：

$$\Pr(L > VaR) \leq 1 - c$$

$c$ 为置信水平， $L$ 为给定时期内资产价值的变化量， $VaR$ 为投资资产组合在置信水平 $c$ 下处于风险中的价值。

假设 $W$ 为一个投资组合持有期初的价值， $R$ 为该投资组合在持有期末的期望收益， $\mu$ 、 $\sigma_i$ 为其数学期望和标准差， $R^*$ 为在一定持有期内以及置信水平 $c$ 下的最低收益率，那么该投资组合的最小价值 $W^*$ 为[9]：

$$W^* = W(1 + R^*)$$

那么该组合的风险价值就为该投资组合期望价值与最小价值之差, 即

$$VaR = E(W) - W^* = -W(R^* - \mu)$$

又假设该投资组合未来的回报收益是一个随机过程, 其概率密度函数为  $f(w)$ , 那么在置信度  $c$  下就有投资收益低于  $R^*$  的概率为[9]:

$$1 - c = \int_{-\infty}^{W^*} f(W) dW$$

资产组合  $W$  若服从正态分布,  $\alpha$  为正态分布的分位数, 则有:

$$1 - c = \int_{-\infty}^{W^*} f(W) dW = \int_{-\infty}^{\alpha} f(r) dr = \int_{-\infty}^{\alpha} \varphi(\varepsilon) d\varepsilon$$

其中,  $\varphi(\varepsilon)$  为标准正态分布密度函数。

将

$$R^* = \alpha\sigma + \mu$$

代入

$$VaR = E(W) - W^* = -W(R^* - \mu)$$

可得

$$VaR = E(W) - W^* = -W(R^* - \mu) = -W(\alpha\sigma + \mu - \mu) = -W\alpha\sigma$$

上式即为一个金融投资组合在正态分布假设下风险价值函数的一般表达式[10]。其中,  $W$  为投资组合的初始价值,  $\alpha$  为正态分布的分位数,  $\sigma$  为投资组合收益率的标准差。从表达式中可以看出, 方差  $\sigma^2$  的估计在 VaR 的计算过程中显得十分重要, 之前的实践已然证明 ARCH 模型能够较好地拟合金融投资风险  $\sigma^2$ 。

## 2.2. 实验数据

本次研究选取的数据是 1988 年 10 月 19 日到 2016 年 05 月 31 日的波罗的海干散货指数 BDI 和欧洲布伦特油价的日数据, 由于有一些日子并没有公布布伦特油价和 BDI 数据, 所以本文共摘取了 6812 个观测值。本文首先对布伦特油价数据进行描述性分析, 然后建立 GARCH 模型对原数据进行拟合, 最后将布伦特油价与 BDI 数据建立 VaR 模型。

数据来源:BDI 指数来源于 wind 资讯终端; 布伦特油价数据来源于 ECI。

## 2.3. 序列的描述性分析

设布伦特油价的原序列为  $\{x\}$ ,  $\{x\}$  的序列图如下图 1, 从图 1 可以看出该序列具有一定的趋势。

对序列  $\{x\}$  取对数然后作差分后得到序列  $\{y\}$ , 对序列  $\{y\}$  作序列图得到图 2, 从图 2 中可以观察到对数差分后的布伦特油价的波动具有集群效应, 即序列在有些时间段内波动较小(例如从 1992 年到 1995 年), 而在有的时间段内波动却比较大(例如 1998 年到 2001 年)。

使用参数法计算 VaR 是基于油价序列服从正态分布的假设, 而在实际情况中, 时间序列并不一定都服从正态分布。为了对对数差分后的布伦特油价序列进行 Jarque-Bera 正态性检验, 本文首先作出该序列的柱形统计图, 见图 3。从图 3 中可知对数差分后的布伦特油价序列的均值为 0.000192, 标准差为 0.023541, 偏度为 -0.562454, 略小于 0, 说明该序列的分布具有比较长的左拖尾, 峰度为 17.48792, 比正态分布的峰度值高很多, 说明布伦特油价序列具有尖峰和厚尾的鲜明特点, Jarque-Bera 统计量为 59926.90, P 值为 0.00000, 因此拒绝对数差分后的布伦特油价序列服从正态分布的假设。

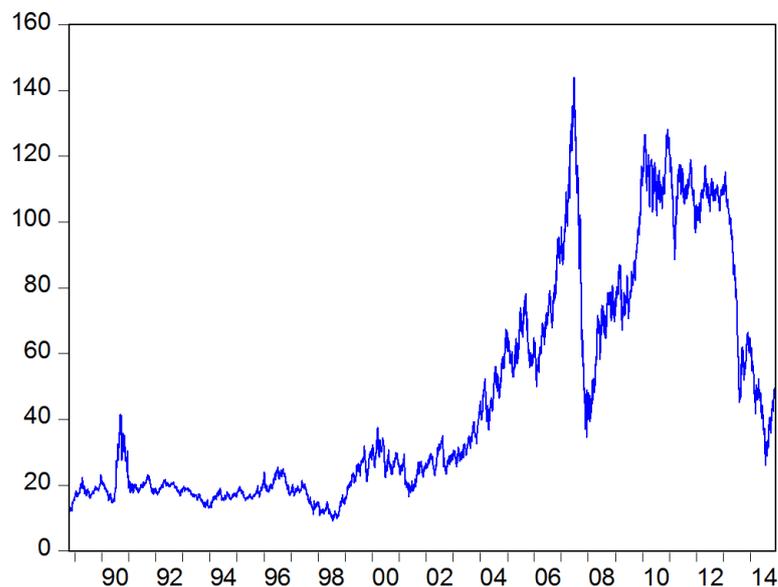


Figure 1. Brent oil price time sequence diagram

图 1. 布伦特油价时间序列图

Y

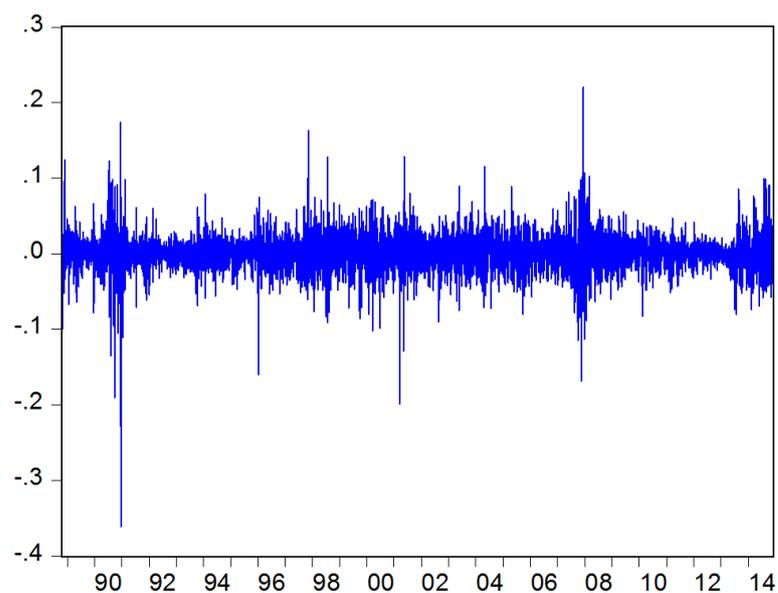


Figure 2. Time series diagram of the log difference sequence

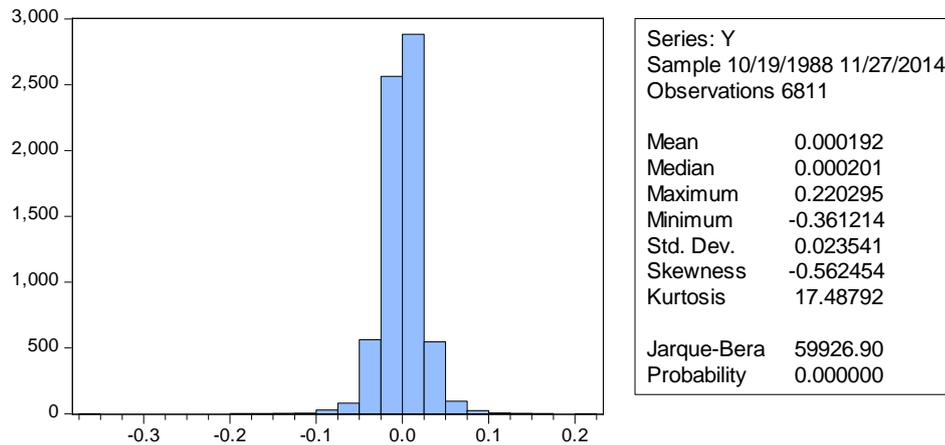
图 2. 对数差分序列的时间序列图

#### 2.4. 考察序列的平稳性

序列  $\{y_t\}$  的 ADF 检验结果如表 1 所示。 $t$  统计量的值为  $-79.97655$ ，对应的  $P$  值接近于 0，表明序列  $\{y_t\}$  是平稳的。

表 2 为对数差分后的布伦特油价的自相关函数分析图，从表 2 可以看出该序列的自相关系数和偏自相关系数均落入两倍的估计标准差内，说明序列在 5% 的显著性水平上不存在显著的相关性。

由于从表 2 中已经得知序列  $\{y_t\}$  没有显著的自相关关系，所以将该序列的均值方程设为白噪声，即



**Figure 3.** Column statistics of Brent oil price  
**图 3.** 对数布伦特油价的柱形统计图

**Table 1.** Results of ADF test  
**表 1.** ADF 检验结果表

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-79.97655	0.0001
Test critical values:		
1% level	-3.431132	
5% level	-2.86177	
10% level	-2.566935	

**Table 2.** Autocorrelation and partial autocorrelation function analysis  
**表 2.** 自相关与偏自相关函数分析结果

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.031	0.031	6.6321	0.010
		2	-0.010	-0.011	7.3434	0.025
		3	-0.034	-0.033	15.168	0.002
		4	-0.017	-0.015	17.173	0.002
		5	-0.010	-0.010	17.893	0.003
		6	-0.012	-0.013	18.844	0.004
		7	0.016	0.015	20.578	0.004
		8	0.004	0.002	20.684	0.008
		9	0.021	0.020	23.579	0.005
		10	0.008	0.008	24.061	0.007
		11	0.010	0.010	24.691	0.010
		12	-0.004	-0.002	24.777	0.016

$$y_t = \pi_t + \varepsilon_t$$

将序列  $\{y\}$  去均值化后得到序列  $\{w\}$ ，即作变换： $w = y - \bar{y}$ ，图 4 为  $\{w\}$  序列的柱形统计图。

### 2.5. 检验 ARCH 效应

考虑到本文并没有建立 ARMA 模型，所以在检验 ARCH 效应的各种方法中选择采用检验残差的平方相关图。新建一个序列  $\{z\}$ ，令  $z = w^2$ ，表 3 为序列  $\{z\}$  的自相关函数分析图。如表 3 所示：该序列存

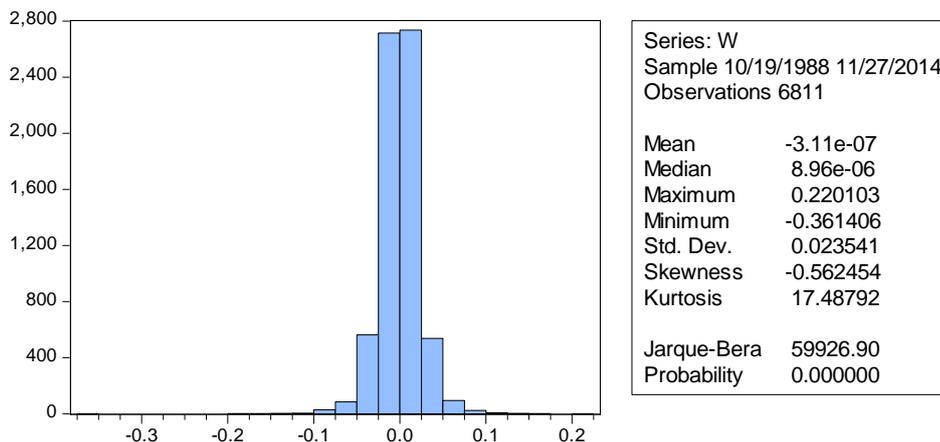


Figure 4. Column statistics of w  
图 4. 序列 w 的柱形统计图

Table 3. Autocorrelation and partial autocorrelation function analysis of residual series  
表 3. 残差序列的自相关与偏自相关函数分析结果

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.103	0.103	72.602	0.000
		2	0.064	0.054	100.79	0.000
		3	0.174	0.165	308.18	0.000
		4	0.080	0.047	352.10	0.000
		5	0.154	0.131	513.21	0.000
		6	0.110	0.058	596.46	0.000
		7	0.039	-0.003	606.75	0.000
		8	0.056	0.000	627.77	0.000
		9	0.040	-0.006	638.95	0.000
		10	0.061	0.026	663.97	0.000
		11	0.026	-0.014	668.47	0.000
		12	0.033	0.014	675.84	0.000

在明显的自相关，说明序列  $\{z_t\}$  具有一定的 ARCH 效应，所以对  $\{z_t\}$  序列建立 GARCH 模型是有必要的。

### 2.6. 建立 GARCH 模型

我们分别用常用的 GARCH 模型，包括 GARCH (1,1)、GARCH (1,2)、GARCH (2,1)、GARCH (2,2) 建模并对各个模型进  $z$  检验，检验结果见表 4。从表 4 中的检验结果可知只有 GARCH (1,1)模型和 GARCH (2,1)模型中的所有的系数都通过  $z$  检验，说明这两个模型的建模效果最好。

### 2.7. 模型的验证

#### 1) 残差 ARCH 效应检验

分别对建立的 GARCH (1,1)模型和 GARCH (2,1)模型进行残差 ARCH 效应检验结果见表 5。滞后阶数 lag 值分别取 1、2、4、8。从表 5 中可知只有 GARCH (2,1)模型的 F 统计量在各种 lag 值情形下均不显著，说明该模型已经不存在 ARCH 效应。建立的 GARCH (2,1)模型如下：

$$\sigma_t^2 = 3.18 \times 10^{-6} + 0.050454\varepsilon_{t-1}^2 + 0.023248\varepsilon_{t-2}^2 + 0.923854\sigma_{t-1}^2$$

## 2) 残差拟合模型

由于之前对序列{y}的描述性统计中发现统计的正态分布假设没有通过检验,所以本文以下做了对残差服从GED分布的建模,结果如表6所示。从表6可以看出残差序列能较好地被GARCH(2,1)模型所拟合。

## 2.8. 模型VAR值的计算

本文进一步通过对BDI序列和w序列进行VAR分析以进一步探究布伦特油价与BDI指数的关系,因此进一步建立风险模型如下:

$$\sigma_t = \sqrt{3.18 \times 10^{-6} + 0.050454 \varepsilon_{t-1}^2 + 0.023248 \varepsilon_{t-2}^2 + 0.923854 \sigma_{t-1}^2}$$

而

$$VaR = -W\alpha\sigma_t$$

如表7所示,若设定初始价值W,利用eviews计算出 $\sigma_t$ 的值就可以算出模型的VaR值,此方法可以计算资产风险。

## 2.9. 模型的稳定性检验

为了检验模型的稳定性,本文将BDI序列和W序列的VAR模型进行单位根检验(见图5),结果显示

**Table 4.** Results of model testing

**表 4.** 模型的检验结果

模型	系数是否通过 z 检验
GARCH (1,1)	是
GARCH (1,2)	否
GARCH (2,1)	是
GARCH (2,2)	否

**Table 5.** Test results of ARCH effect of the two models residual series

**表 5.** 两模型残差序列的 ARCH 效应检验结果

GARCH (1,1)模型		GARCH (2,1)模型	
lag 值	F 统计量是否显著	lag 值	F 统计量是否显著
1	否	1	否
2	否	2	否
4	是	4	否
8	否	8	否

**Table 6.** Estimation results of residual series models

**表 6.** 残差序列模型的估计结果

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	3.06E-06	7.62E-07	4.021992	0.0001
RESID(-1) <sup>2</sup>	0.045332	0.012958	3.498443	0.0005
RESID(-2) <sup>2</sup>	0.01951	0.01388	1.405627	0.0159
GARCH(-1)	0.93128	0.005762	161.6146	0

VAR 模型的单位根全部落在单位圆内，说明 VAR 模型稳定。

接下来继续对 VAR-GARCH 模型进行一个标准差的脉冲响应函数图分析来更直观的分析布伦特油价和 BDI 指数之间的关系。从图 6 可以看出，脉冲响应函数图的红色线条与蓝色线条在前半段的波动呈正相关，且蓝色线条在后半段趋于平衡。

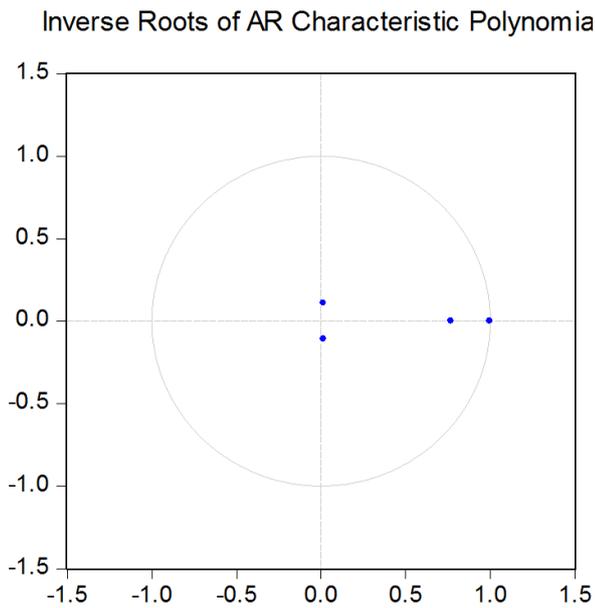
### 3. 结论

- 1) 本文通过时间序列图以及 ADF 平稳性检验，证明对数差分后的布伦特油价序列是稳定的；且

**Table 7.** The critical value of the normal distribution under different confidence level

**表 7.** 正态分布下各个置信水平下的临界值

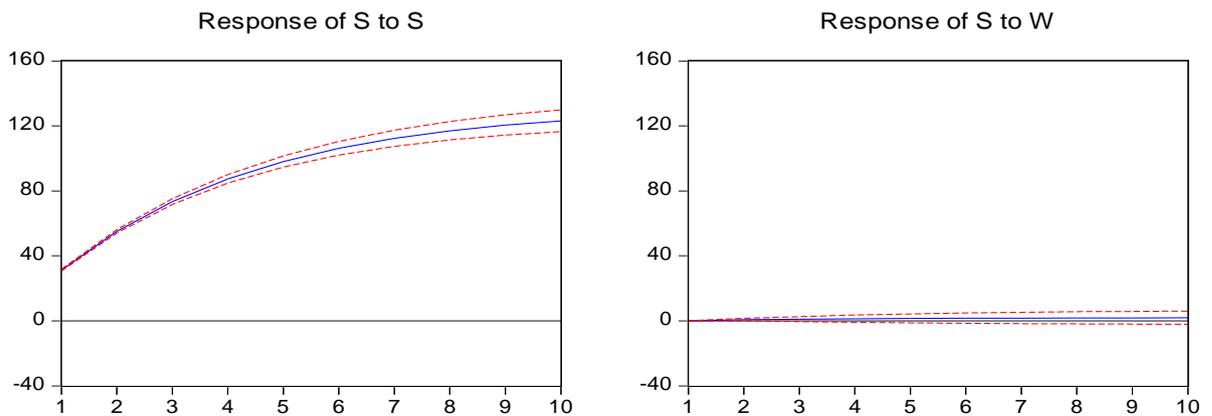
正态分布下各个置信水平下的临界值			
alpha	90%	95%	99%
C	1.28	1.65	2.33



**Figure 5.** Unit root test

**图 5.** 单位根检验

**Response to Cholesky One S.D. Innovations  $\pm 2$  S.E.**



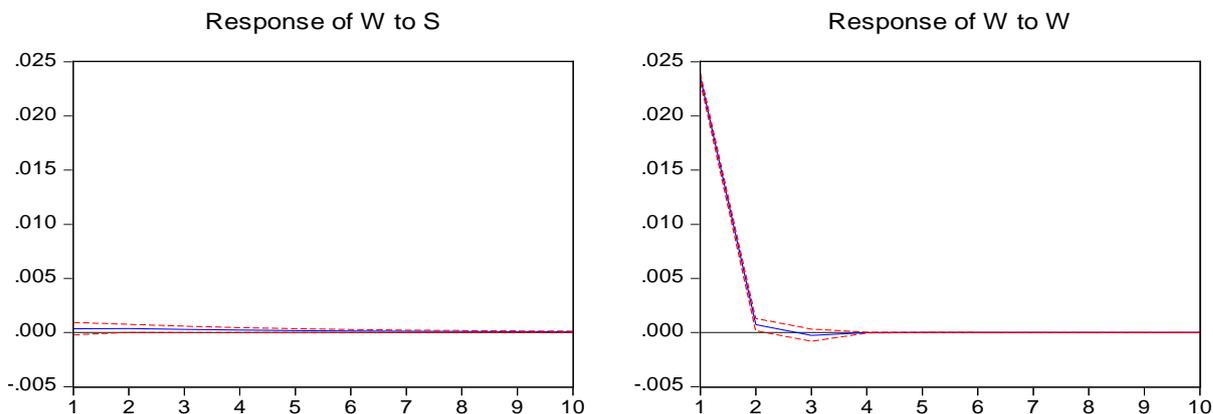


Figure 6. Impulse response function

图 6. 脉冲响应函数图

ARCH 效应检验又证明该序列是具有 ARCH 效应的，因此本文对布伦特油价时间序列建立 GARCH 模型是合理的。

2) 本文通过对布伦特油价对数差分序列的 J-B 正态性检验，发现布伦特油价时间序列具有尖峰和厚尾的两个鲜明的特性，因此该对数差分后的布伦特油价序列并不符合正态分布的假设，说明风险对布伦特油价的影响并不显著。

3) 从脉冲响应函数图上看，若布伦特油价发生一个单位的变化后，BDI 指数平稳值也随着趋于零，因此本文判断出布伦特油价和 BDI 指数之间的影响会随着时间的流逝而最终被抵消。

### 参考文献 (References)

- [1] 王美今. 基于 GARCH-1 的上海股票市场险值分析[J]. 数量经济技术经济研究, 2002(3): 106-109.
- [2] 高铁梅. 计量经济分析方法与建模应用及实例[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006.
- [3] 章超, 程希骏, 等. GARCH 族模型对上海股市的一个实证研究[J]. 运筹与管理, 2005, 14(4): 144-146.
- [4] 余素红. SV 模型与 GARCH 模型的实证比较研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津大学, 2003.
- [5] 菲利普·乔瑞. 风险价值 VAR [M]. 北京: 中信出版社, 2005: 24-50.
- [6] 姚刚. 风险价值测定法浅析[J]. 经济科学, 1998(1): 55-60.
- [7] 方立兵, 郭炳伸, 曾勇. GARCH 族模型的预测能力比较: 一种半参数方法[J]. 数量经济技术经济研究, 2010(4): 148-161.
- [8] 黄泽华. 基于 GARCH-JUMP 类模型——隐含 VaR 的比较研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南财经大学, 2014.
- [9] 张锁. 基于 VaR-GARCH 模型的巴拿马型干散货船运价风险度量研究[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连海事大学, 2013.
- [10] 郑文通. 金融风险管理的方法及其应用[J]. 国际金融研究, 1997(9): 58-62.

**期刊投稿者将享受如下服务：**

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[ass@hanspub.org](mailto:ass@hanspub.org)