

国际原油期货市场的 低频波动及其影响因素

——兼“过度波动”的存在性检验

柳 松 唐婷斐 米运生*

摘要: 本文突破传统波动模型的局限,运用 Spline-GARCH 模型分离出国际原油期货市场的低频波动并构建月度低频波动序列,将高频原油期货价格与低频宏观经济数据无缝对接,分析了国际原油期货市场低频波动的宏观经济基本面影响因素,进而检验了市场是否存在“过度波动”现象。研究发现:国际原油期货市场的波动来源于宏观经济基本面和国际石油基金投机行为的双重影响,该市场存在显著的脱离基本面的过度波动,宏观经济基本面引起的波动仅能解释市场总波动的40%,市场投机氛围浓厚;美元指数波动已取代原油供需因素波动,成为引起国际原油期货市场低频波动的首要原因和判断该市场风险的首要预警信号;投机性持仓尤其是投机性的多头持仓波动引发了国际原油期货市场的过度波动,而过度波动反过来又加大了投机性持仓的波动,两者之间的相互影响共同加剧了市场风险。

关键词: 低频波动;宏观经济;过度波动;投机行为;国际原油期货市场

一、引言及文献述评

原油作为现代工业运行的“血液”,在经济发展中具有举足轻重的作用。国际原油价格的大幅波动曾对世界经济发展造成了严重冲击并引发了多次经济危机。历史上的三次石油危机都是由原油价格的剧烈波动而引发,并且对当时的经济发展产生了严重的破坏性影响。2014年下半年以来,在多重利空因素的影响下国际原油价格遭遇了滑铁卢,半年内狂泻40%,对全球经济的发展造成了巨大冲击。随着原油资源的日益紧缺,一方面,原油对世界经济走向的制约作用愈显突出;另一方面,各种政治势力对原油的竞相争夺与利益的复杂博弈导致原油价格呈现出大幅波动。理论上,原油价格波动可区分为高频和低频两种成分,高频成分由高频消息的短暂冲击引发,反映出波动过程的短期动态特征,而低频成分由缓慢变

* 柳松,华南农业大学经济管理学院,邮政编码:510642,电子信箱:liusong@scau.edu.cn;唐婷斐,华南农业大学经济管理学院,邮政编码:510642,电子信箱:tangtingfei@stu.scau.edu.cn;米运生(通讯作者),华南农业大学经济管理学院,邮政编码:510642,电子信箱:miyunsheng@163.com。

本文得到国家社科基金项目“基于投机视角的农产品期货定价机制研究”(项目编号:13BJL065)、国家社科基金项目“金融联结的理论机理研究”(项目编号:11BJL012)、国家社科基金项目“村镇银行发展的现实困境与竞争潜力研究”(项目编号:10BJY057)及国家留学基金公派访问学者项目(项目编号:201208440325)的资助。感谢匿名审稿专家的宝贵建议和建设性的修改意见,当然文责自负。

化的经济因素所致,反映出波动过程的长期变化趋势。因此,为了科学把握原油价格波动的长期趋势特征及其影响因素,本文选择原油价格的低频波动为研究内容,通过从总波动中分离出低频成分,捕捉原油价格波动的长期特征并实证研究其背后的各种经济基本面因素的影响效应,这显然对国际原油市场的平稳运行进而促进世界经济的稳定发展具有重要的理论与现实意义。

面对频繁而剧烈的国际原油市场波动,现有文献主要从供求矛盾、原油储备、投机行为以及美元汇率四个方面探讨了国际原油价格波动的影响因素。在供求矛盾和原油储备方面,Williams(2008)、Kaufmann 和 Ullman(2009)研究发现原油市场的供需矛盾和原油储备是影响国际油价波动的主要因素。在投机行为方面,关于投机对油价波动的影响存在不同观点,Cifarelli 和 Paladino(2010)发现,投机活动在原油价格大幅涨跌中起关键作用,原油市场并不是一个基本面驱使的市场;Milunovich 和 Ripple(2006)认为投机基金并没有对国际油价产生显著影响,甚至能够降低油价波动幅度,投机活动有利于增加市场流动性和提高市场的价格发现和风险规避功能;Alquist 和 Gervais(2013)发现投机头寸和油价变化之间没有显著联系,2003-2008 年期间的原油价格上涨是由宏观经济基本面所致,而并非由原油金融化的投机效应引起;Büyüksahin 和 Harris(2011)认为对冲基金和其他非商业(投机)头寸不能引起原油价格变化,而原油价格变化却能引起交易头寸发生变化。在美元汇率方面,Sadorsky(2000)发现美元汇率对原油价格存在外在冲击作用;Jahan-Parvar 和 Mohammadi(2011)认为油价与美元汇率之间存在稳定的长期关系。此外,也有学者认为影响国际油价波动的因素变得越来越复杂并呈现出阶段差异性(Yan,2012),国际原油市场波动并不是单一因素作用的结果,而是受多种因素的重叠影响,如陈明华(2013)发现“特里芬难题”、石油美元、石油金融衍生工具、投机基金以及美元汇率等多种金融因素之间相互影响,共同促使近年来国际油价基本脱离供求规律制约而呈现出频繁剧烈的波动态势。此外,上述研究虽然分析了影响原油市场波动的因素,然而这些因素是否能够完全解释原油市场的波动,即原油市场是否存在脱离基本面的过度波动却有待进一步检验。“过度波动”的概念是由 LeRoy 和 Porter(1981)、Shiller(1981)提出的,他们在检验市场效率的过程中发现股票价格波动的实际值高于理论值,即股票价格波动存在超越基本面的过度波动。Campbell 和 Cochrane(1999)发现美国股市回报波动远高于红利波动,红利并非是驱动股票市场波动的唯一因素,并把该现象称为股价的“波动性之谜”。其他金融市场也被发现存在过度波动现象,如 Pontiff(1997)以及许承明和宋海林(2005)分别发现美国和中国封闭式基金价格报酬存在过度波动,并认为投资者情绪风险是封闭式基金报酬过度波动的显著影响因素;Bao 和 Pan(2013)发现公司债券和信用违约掉期收益存在过度波动,过度波动与公司基本面变化不存在联系,而与时变的流动性不足有关。因此,现有对金融市场过度波动的研究主要集中于股票、封闭式基金及债券等市场,尚未具体针对国际原油期货市场进行专门研究。

显然,从研究内容来看,已有研究虽然从多视角探讨了国际原油价格波动的影响因素并取得了丰硕的研究成果,但是相对忽视了通货膨胀、利率、货币供应量以及失业率等宏观经济变量的变化对原油价格波动的综合影响。从研究方法来看,目前学术界研究金融市场波动主要采用的数理方法有线性相关系数法、非线性的方差检验法以及时变模型法等。然而,目前关于原油市场波动影响因素的大多数实证研究在只对数据进行取对数等简单的平稳化处理的基础上,采取变量间一阶矩的线性分析方法,而较少应用到高阶矩的非线性分析

方法。简单的线性相关测度方法在建模和估计上都比较简单实用,但不能同时满足金融时间序列的非线性特性,这使得研究结论存在争议。此外,Ross(1989)从信息层面指出价格波动反映的是信息流动的关系,相对于一阶矩而言,研究二阶矩即波动结构能够更为有效地探寻价格动态变化信息。由于各宏观经济因素与原油价格波动之间更多地表现为二阶矩的时变非线性关系,因此有必要从二阶矩的方差层面分析风险信息在宏观经济与原油市场波动之间的传播方式。当然,也有少部分研究采用了传统 GARCH 族模型、随机波动模型等高阶矩的非线性分析方法,这类方法能比较直观地描述金融市场的波动特征,经济意义明显,但是在研究方法上仍存有不足。首先,在分析原油市场波动时主要采用传统的 GARCH 族模型,该类模型把非条件波动设定为常数,无法捕捉市场的长期波动趋势,没有区分原油市场的低频与高频波动的能力,而对于中等以上时间序列而言,应该将低频与高频这两种波动成分有效区别开来(Maheu,2005)。其次,低频宏观经济数据与高频原油价格波动数据无法有效对接。宏观经济基本面因素的数据是低频数据(数据频率为月度或季度),而原油价格数据为高频数据,把两种不同频率的数据纳入一个波动模型进行分析将会出现数据无法有效对接和数据信息损失的问题。

为了克服上述问题,本文在已有研究的基础上,以 WTI 原油期货市场为取样对象,采用 Engle 和 Rangel(2008)提出的半参数 Spline-GARCH 模型,拟在满足金融时间序列的时变非线性特征、探讨国际原油市场的低频和高频两种不同波动状态的同时,克服数据频率的对接问题,结合事件窗口,深入研究国际原油期货市场低频波动的宏观经济基本面影响因素,并对该市场的“过度波动”现象进行存在性检验,诠释其中的原因。本研究的边际贡献在于:(1)放宽了传统波动模型中非条件波动的常数限制,分离出国际原油期货市场波动中的低频波动成分并构建月度低频波动序列,将高频原油期货价格与低频宏观经济数据无缝对接,相对全面地检验了影响国际原油期货市场长期低频波动的宏观经济因素;(2)创新性地提出了检验期货市场“过度波动”的新方法,证实了国际原油期货市场存在“过度波动”现象,并从投机性持仓的角度分析了该现象的形成原因。

二、模型的构建及可检验假说

(一)模型的构建

传统的 GARCH 族模型建立在波动均值回归到恒定常数水平的假设上,非条件波动被认为是恒定不变的。然而,波动的常数回归假设并不符合金融市场的现实情况,如众所周知金融危机期间市场的波动往往比平时更为剧烈。此外,传统的 GARCH 族模型虽能较好地描述金融市场的条件波动,却不能很好地解释非条件波动的长期缓慢变化趋势(低频波动)。因此,Engle 和 Rangel(2008)在传统 GARCH 模型的基础上提出了一个半参数的 Spline-GARCH 模型,通过使用指数二次样条(exponential quadratic spline)近似模拟时变的非条件波动,生成一条描述低频波动的平滑曲线,从而从高频数据中分离出可能由宏观经济因素或是持续、缓慢变化的随机变量引起的那部分变化(低频波动),这种半参数设定方法能够同时捕捉波动的长期和短期动态。Spline-GARCH 模型表示如下:

$$r_t = \sqrt{g_t \tau_t} \varepsilon_t \quad (1)$$

$$h_t = g_t \tau_t \quad (2)$$

$$g_t = (1 - \alpha - \beta) + \alpha \left(\frac{r_{t-1}^2}{\tau_{t-1}} \right) + \beta g_{t-1} \quad (3)$$

$$\tau_t = c \exp \left(w_0 t + \sum_{i=1}^k w_i ((t - t_{i-1})_+)^2 \right) \quad (4)$$

(1)-(4)式中: r_t 是零均值、白噪声的残差时间序列,来自于资产价格或收益的条件均值回归方程; ε_t 是服从标准正态分布的标准化残差序列; h_t 为高频波动序列,即总波动,被设置成波动的高频成分和低频成分相乘的形式,其中 g_t 是波动的高频成分, τ_t 是波动的低频成分,即低频波动。 α 和 β 分别是 ARCH 项和 GARCH 项的估计系数。 τ_t 是二次指数时间样条, c 为常数项, $w_0 t$ 代表低频波动的一个时间趋势。 $\sum_{i=1}^k w_i ((t - t_{i-1})_+)^2$ 是低阶二次样条,其中 $(t - t_{i-1})_+$ 表示,若 $t - t_{i-1} > 0$ 则取 $t - t_{i-1}$, 否则取 0。系数 w_i 控制着样条曲线所描述的低频波动周期的峰度,而周期的数目由节点 k 的数目(波峰和波谷的数量)决定,同时节点 k 把样本期平均分为 k 等份, $1 < t_1 < t_2 < \dots < t_k < t$ 。 k 的选择基于 AIC (Akaike Information Criterion) 最小原则, k 越大意味着周期越多,同时意味着每个周期的持续时间越短。该模型中的非条件波动和低频波动一致: $E(r_t^2) = E(g_t) \tau_t = \tau_t$ 。式(3)描述了波动的高频特征,保留了 GARCH 模型在处理和预测高频波动方面的良好特性;式(4)用非参数方法描述了低频波动的变化。通过式(3),我们可以获得金融市场波动的高频成分;而通过式(4),我们可以从原油期货的日价格数据中估计出一组低频波动数据 τ_t (频率为日) 作为宏观经济指标 z_t (频率为月) 的函数 $\tau_t(z_t)$ 。显而易见两者的频率不一致,因此需要通过构造频率为月的低频波动序列 LV_m 以统一频率,作为进一步建模的基础, LV_m 的计算如式(5)所示:

$$LV_m = \sqrt{\frac{1}{N_m} \sum_{d=1}^{N_m} \tau_{d,m}} \quad (5)$$

式(5)中: N_m 是第 m 月全部交易日的数量, $\tau_{d,m}$ 是第 m 月每个交易日各自的低频波动。

最后,使用极大似然法估计服从正态分布的 Spline-GARCH 模型,对数似然函数如式(6)所示:

$$L = -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \left(\log(\tau_t g_t) + \frac{r_t^2}{\tau_t g_t} \right) \quad (6)$$

在构造月度低频波动数据的基础上,以低频波动作为因变量,以宏观经济变量波动作为自变量,对宏观经济基本面因素对低频波动的影响进行检验:

$$LV_m = a + \sum_{i=1}^n b_i z_{i,m} + v_1 DSPR_m + v_2 DSUM_m + v_3 DF_m + e_{k,m} \quad (7)$$

式(7)中: LV_m 是国际原油期货市场的低频波动, $z_{i,m}$ 是宏观经济变量 i 第 m 月的波动, $e_{k,m}$ 是残差项。为了检验低频波动的季节效应,设 $DSPR_m$ 、 $DSUM_m$ 、 DF_m 分别为春季、夏季、秋季的季节虚拟变量,当 m 是 4、5、6 月时 $DSPR_m$ 取 1, 否则取 0; 当 m 是 7、8、9 月时 $DSUM_m$ 取 1, 否则取 0; 当 m 是 10、11、12 月时 DF_m 取 1, 否则取 0。 a 是常数项, b_i 表示宏观经济因素波动对低频波动的影响系数:若 b_i 统计显著且大于 0, 则说明相应的宏观经济因素波动增加会使低频波动增加;若 b_i 统计显著且小于 0, 则说明相应的宏观经济因素波动增加会使低频波动降低。 v_1 、 v_2 、 v_3 作为季节效应系数,若统计显著,则分别表示该市场的低频波动具有春季、夏季、秋季效应;反之不然。

(二) 可检验假说

国际原油期货市场是否存在脱离基本面(价值部分)的过度波动? 要回答这个问题首先要对基本面进行定义。原油的基本面因素主要包括原油供需关系、美元走势、货币政策、经

济周期、政治局势、金融危机等。可见影响原油价格的基本面因素众多,部分因素难以量化,若简单地罗列基本面因素并以此来分析原油期货价格波动是否脱离基本面,可能会导致变量遗失和降低度量精度的问题。因此,需要一种方法对国际原油的基本面或价值进行相对精确的度量。

根据 Spline-GARCH 模型的设定, $h_t = g_t \tau_t$, 其中 h_t 是总波动(高频波动), g_t 是波动的高频成分, τ_t 是波动的低频成分。写成对数形式即:

$$\log(h_t) = \log(g_t \tau_t) = \log(g_t) + \log(\tau_t) \quad (8)$$

由式(8)可以获得以下方差关系:

$$\text{Var}(\log(h_t)) = \text{Var}(\log(g_t)) + \text{Var}(\log(\tau_t)) + 2\text{Cov}(\log(g_t), \log(\tau_t)) \quad (9)$$

由式(9)可知,市场总波动的方差大于低频波动的方差的充要条件是:

$$\text{Var}(\log(g_t)) + 2\text{Cov}(\log(g_t), \log(\tau_t)) > 0 \quad (10)$$

即:

$$\text{Cov}(\log(g_t), \log(\tau_t)) > -1/2\text{Var}(\log(g_t)) \quad (11)$$

不等式(11)反映了波动的低频成分对高频成分的影响效应,而总波动对高频成分的影响效应为:

$$\begin{aligned} \text{Cov}(\log(g_t), \log(h_t)) &= \text{Cov}(\log(g_t), \log(g_t) + \log(\tau_t)) \\ &= \text{Var}(\log(g_t)) + \text{Cov}(\log(g_t), \log(\tau_t)) \end{aligned} \quad (12)$$

若式(11)成立,则:

$$\begin{aligned} \text{Cov}(\log(g_t), \log(h_t)) &> \text{Var}(\log(g_t)) - 1/2\text{Var}(\log(g_t)) \\ &= 1/2\text{Var}(\log(g_t)) \end{aligned} \quad (13)$$

式(13)是与式(11)等价的充要条件,联立式(11)和式(13)可得:

$$\text{Cov}(\log(g_t), \log(h_t)) > 1/2\text{Var}(\log(g_t)) > \text{Cov}(-\log(g_t), \log(\tau_t)) \quad (14)$$

从式(14)可以看出,当总波动对高频成分的影响比低频波动对高频成分的影响更大时,总波动就比低频波动有更大的波动;当低频波动对高频成分的影响比总波动对高频成分的影响更大时,则低频波动比总波动有更大的波动。

当式(11)成立时,则 $\text{Var}(\log(h_t)) > \text{Var}(\log(\tau_t))$, 即市场总波动比低频波动具有更大的波动性。又因低频波动作为基本面因素引起的波动的度量,此时基本面因素对市场总波动的贡献通过式(15)计算:

$$C = \text{Var}(\log(\tau_t)) / \text{Var}(\log(h_t)) \quad (15)$$

C 是低频波动和总波动的方差之比。若 $C < 1$, 则说明国际原油价格变化比基本面因素变化具有更大的波动性,国际原油期货市场存在脱离基本面的“过度波动”。

三、实证分析及讨论

(一) 国际原油期货市场的低频波动

本研究首先需要从国际原油期货市场的总波动中分离出低频波动。基于交易量最大的原油期货和石油市场最重要的定价基准这两大原则,我们选取美国能源信息署发布的 WTI 原油期货价格作为取样对象,样本区间自 1986 年 1 月 1 日至 2014 年 5 月 5 日,有效数据为 6 922 个。为了保证数据的平稳性,采用原油期货的对数收益,即:

$$R_t = 100 \times \ln(P_t / P_{t-1}) \quad (16)$$

(16)式中: R_t 表示第 t 期的对数收益, P_t 表示第 t 期的日价格。

将原油对数收益 R_t 进行均值回归处理,均值回归方程如式(17)所示:

$$R_t = \mu + r_t \tag{17}$$

由式(17)可求出残差序列 r_t ,将其代入 Spline-GARCH 模型式(1)至式(4)中,所得结果如表 1 所示。依照 AIC 最小标准判断得出最优节点数为 5,表明 1986–2014 年期间国际原油期货市场低频波动共有 5 个波峰和波谷,国际原油期货市场高频和低频波动如图 1 所示。

表 1 国际原油期货市场 Spline-GARCH 模型的估计结果

	系数	标准误	t 统计值
α	0.1117 ***	9.7525e-003	11.44876
β	0.8700 ***	0.0115	75.59586
C	6.1051e-004 ***	1.7236e-004	3.54208
$W0$	5.1957e-005	2.9875e-004	0.17392
$W1$	-2.0805e-007 ***	7.0623e-008	-2.94597
$W2$	9.1241e-007 ***	3.5660e-008	25.58649
$W3$	-1.4972e-006 ***	2.4214e-007	-6.18310
$W4$	1.1247e-006 ***	3.1591e-007	3.56014
$W5$	-1.1901e-006 **	5.4614e-007	-2.17905
AIC	-6.698		
Log likelihood	23223.3142		

注:***、** 分别代表系数在 1%、5%的显著性水平下显著。

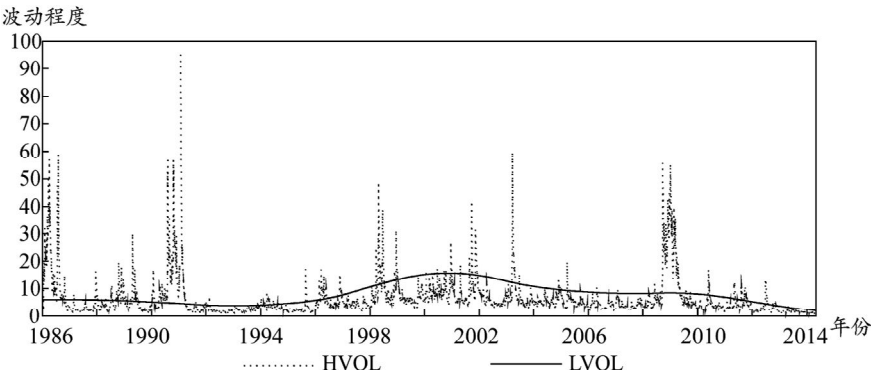


图 1 国际原油期货市场的高频和低频波动

观察样本期间国际原油期货市场的高频波动,发现该市场在 1986–1987 年(第二次石油危机余波)、1990–1992 年(第三次石油危机)、1998–2004 年(亚洲金融危机、伊拉克战争)以及 2008–2010 年(国际金融危机)年间都存在着短期的大幅波动,尤其是在 1990–1992 年间(第三次石油危机期间)高频波动十分剧烈。从国际原油期货市场低频波动趋势来看,1986 年的波动处于一个较高位置,其后波动逐渐下降并于 1993 年左右下降到最低点,此后不断攀升并于 2000–2002 年间达到近 30 年来的最高点,之后再次呈现下降趋势并于 2007 年到达相对低位,而后随着金融危机的爆发蔓延,波动随即上升,而 2010 年后随着金融危机影响的逐步消退,波动又呈现出下降趋势。总体而言,近 30 年间国际原油期货市场低频波动的波峰出现在 1986–1987 年、1998–2004 年以及 2008–2010 年间,而波谷则出现在 1992–1994 年、2006–2008 年间。结合历史上的重大经济事件和国际政治事件可知,在经济危机和国际政治局势动荡期间,国际原油期货市场的高频和低频波动都相对剧烈。因此, Spline-GARCH 模型的估计结果优良,与国际原油期货市场波动的实际情况高度吻合。

(二) 影响国际原油期货市场价格低频波动的宏观经济因素

1. 指标的选取和涵义

基于探讨宏观经济基本面对原油期货市场价格低频波动的影响效应这一研究目的,考虑到美国在世界经济中的龙头地位和基本掌握国际原油市场的定价权,依照指标的相关程度与可获得性,并按照国际主流研究的惯例,选取了美国的 9 个宏观经济基本面的度量指标,本文指标的内涵及选择依据说明如下。

在国民经济运行方面,选取了 *CPI*、工业生产指数(*IP*)以及失业率(*UE*)三个指标。虽然原油价格波动对通货膨胀的影响已在相关文献中得到充分证实(Chen, 2009; 刘建、蒋殿春, 2010; 封福育, 2013),但是通货膨胀是否能够影响原油价格的低频波动,现有文献鲜有涉及。理论上,通货膨胀对原油价格波动的传导有以下可能:需求拉动型通货膨胀能促进产出水平提升,通过经济体增加对原油的需求推动油价上涨;成本推动型通货膨胀将减少产出和引致失业,使经济体减少原油需求,导致油价下跌;而恶性通货膨胀可能导致经济崩溃,使原油需求萎缩,造成油价下跌。通货膨胀波动对原油价格波动的影响非常复杂,本文选取美国的“城市居民消费价格指数:所有项目”(CPI)作为通货膨胀的度量指标。工业生产指数反映了某一时期工业经济的景气状况和发展趋势,是反映宏观经济基本面的一个重要指标,考虑到 GDP 只有季度数据而没有月度数据,若采用 GDP 数据则样本量不足,难免影响模型估计的效果,故不考虑 GDP 而将工业生产指数纳入反映国民经济运行的指标范畴。失业率也是经济景气程度的一个重要反映,经济的景气程度无疑会通过影响原油供需关系从而影响价格,将失业率指标纳入其理论逻辑应是符合现实的。

此外,在货币环境方面,选取了美元的货币供应量、利率以及美元指数三个指标作为代表。美元是国际原油交易和结算的主要货币,这决定了美元的走向与国际原油价格波动息息相关,故选取美国的“M2 货币供应量(*MS*)”、“联邦基金有效利率(*IR*)”以及“贸易加权美元指数:主要货币(*FX*)”作为代表指标,来分析货币环境的变动如何影响国际原油期货价格的波动。最后,根据供需关系影响价格波动的经济学原理,国际原油期货市场价格的波动显然要受到原油的供给量、消费量及库存量变动的影响。相对于伦敦布伦特原油而言,WTI 原油价格更易受到美国当地供需状况的影响,因此使用美国当地原油生产量和净进口量之和来代表原油供给量(*SUP*),采用美国原油及石油产品消费量来代表美国原油需求量(*DEM*)。由于第一次石油危机以后,不少国家建立了石油储备制度,故本文把库存量波动对油价波动的影响纳入考虑,采用美国原油库存量指标(*ST*)作为代表。

以上一共选取了与国际原油期货市场价格低频波动密切相关的 9 个宏观经济基本面指标,均为月度数据,共计 133 组,数据来源为 Wind 资讯金融数据库。宏观经济波动使用来自各个指标的 GARCH 模型的条件方差进行表示。此外,在 2003 年 3 月以前,国际油价一直维持在约 37 美元/桶,然而第二次伊拉克战争以来,在政治和投机因素的作用下国际油价一路飙升,2007 年金融危机前夕达到约 140 美元/桶,此次危机后的原油价格更是表现得大起大落。因此,考虑到近十余年来国际原油价格波动十分剧烈,本文特别选取 2003 年 3 月至 2014 年 3 月的 WTI 原油期货价格波动进行专门分析。

2. 回归分析

上文通过 Spline-GARCH 模型分离出国际原油期货市场的低频波动,根据式(5)构造了与宏观经济变量具有相同数据频率的低频波动序列,选取了与该市场低频波动高度相关的 9

个宏观经济指标,以下将采用多元回归进一步分析该市场的低频波动与宏观经济波动之间的关系^①,对式(7)的多元回归检验结果如表2所示。

表2 宏观经济波动对国际原油期货市场低频波动的影响效应

	全体样本(2003年3月-2014年3月)		危机后样本(2007年7月-2014年3月)	
	系数	标准误	系数	标准误
<i>CPIvol</i>	-0.0011	0.0026	-0.0051 *	0.0028
<i>IPvol</i>	-0.0007 **	0.0003	-0.0013 **	0.0005
<i>IRvol</i>	-0.0177 *	0.0099	-0.0386 **	0.0186
<i>FXvol</i>	189.0893 ***	25.1630	238.2015 ***	29.8412
<i>MSvol</i>	0.0088 ***	0.0032	0.0108 ***	0.0034
<i>UEvol</i>	-0.1091 ***	0.0324	-0.1286 ***	0.0328
<i>SUPvol</i>	9.7892 ***	1.1033	11.9448 ***	2.1608
<i>DEMvol</i>	3.6199	2.7924	9.3701 **	4.5544
<i>STvol</i>	0.4036	0.4481	-0.0843	0.5901
<i>C</i>	-0.0331 ***	0.0079	-0.0489 ***	0.0101
<i>DSPR</i>	0.0011	0.0008	0.0005	0.0008
<i>DSUM</i>	-0.0004	0.0008	-0.0004	0.0008
<i>DF</i>	-0.0007	0.0007	-0.0010	0.0008
Adjusted <i>R</i> ²	0.7427		0.8017	
<i>F</i> -statistic	32.7445 ***		27.9564 ***	

注:***、**、* 分别代表系数在1%、5%、10%的显著性水平下显著;对于估计过程中可能存在的自相关、异方差和多重共线性,已采用 Newey-West 等方法对其进行了统计处理且已全部通过统计检验。

为了分析金融危机的发生是否对原油期货市场低频波动与宏观经济波动之间的关系产生影响,对全球金融危机发生以来的样本期(2007年7月-2014年3月)进行独立分析,与全样本期(2003年3月-2014年3月)对比。除了美国原油库存量的波动(*STvol*)在两个样本期均不显著,CPI的波动(*CPIvol*)和美国原油需求量的波动(*DEMvol*)在全样本期不显著而在危机后样本期显著以外,其他宏观经济变量的波动在两个样本期间均通过了显著性检验。观察各个通过显著性检验的变量的系数,发现美元指数波动、货币供应量波动以及原油供、求波动与原油期货市场低频波动正相关,其他变量与低频波动负相关。即美元指数波动、货币供应量波动以及原油供、求波动越大时市场低频波动就越大,而CPI波动、工业生产指数波动、利率波动、失业率波动越大时,原油期货市场的低频波动越小。相对于全样本期而言,危机后样本期的经调整后决系数稍有提高。原油期货市场的低频波动在两个样本期中均不存在显著的季节效应。

全样本期内,CPI波动与原油期货市场低频波动不存在关系,而在危机后样本期内则呈弱式负相关,即金融危机发生后,CPI波动越大,原油期货市场低频波动越小,宏观经济风险对原油期货市场风险有弱化作用。至于为什么全样本期的结果与危机后样本期的不同,可能是金融危机发生后,CPI指标波动反映出的经济形势和政策不明朗增加了原油期货市场收益的不稳定性,打击了投资兴趣,导致原油期货市场上的交易行为趋于保守,市场波动降低。工业生产、失业率以及利率的波动在两个样本期内均与原油期货市场的低频波动呈弱式负相关,可能的解释是,这些变量的波动越大说明经济风险越大,此时进入原油期货市场进行投资或投机活动将面临较大风险,从而投资者持谨慎观望的心理降低了投机和投资需求,进而降低了原油期货市场的低频波动。

^①部分变量虽然没有通过平稳性检验,但是变量之间存在协整关系,可以运用经典回归分析法建立回归模型。

美元指数的波动与原油期货市场的低频波动在两个样本期内均呈高度正相关关系,意味着美元指数波动能够引起原油期货市场大幅的低频波动,这与石油的美元计价体系密不可分。在20世纪70年代美国与沙特达成“不可动摇协议”以后,美元成为全球原油交易的唯一定价货币,美元指数的走势在很大程度上左右世界原油的供需状况。当美元处于贬值状态时,由于以美元标价的原油产品的实际收入将减少,从而促使石油输出国组织通过维持高价来弥补美元贬值带来的影响。另一方面,美元波动能影响原油的生产成本从而影响原油的供给,也会影响非美元原油需求方的购买力,最终体现在影响原油的供求上,直接或间接对原油期货市场的波动产生重要影响。最后,石油贸易带来的大量石油美元加大了美元贬值的压力,当美元贬值时,美元和美元资产会受到抛售,大量石油美元会流向原油期货市场进行投机,加剧了原油期货市场的波动。同时可以观察到,国际原油期货市场低频波动受到来自危机后美元指数波动的影响更为显著,这应该是由于在危机后美元指数的波动更为剧烈。总之,在现今的原油计价体系之下,近年来美元指数的剧烈波动引致了国际原油期货市场剧烈的低频波动。

货币供应量波动的系数在两个样本期内均与原油期货市场的低频波动呈弱式正相关。一般而言,美元的货币供应量与国际原油期货价格呈同向变动关系。美元货币发行量增加,物价水平总体呈上升趋势,在原油产能达到极限的情况下,将推动原油价格上涨;其次,当货币供应量持续大幅增加、部分货币供应分流进入金融投资市场,原油市场供需不稳定预期出现时,原油期货及其衍生金融投资工具会受到热钱炒作,导致市场大幅波动。总的来说,美元货币供应量波动对原油期货价格波动的影响通过美元汇率变化和信用泡沫导致的游资在市场之间的频繁活动体现出来,这就解释了实证检验的结果。

最后,我们发现在两个样本期内,原油供给波动与原油期货市场的低频波动之间呈现较强的正相关性,说明供给因素在原油期货价格长期波动中存在重要影响。此外,在全样本期内,原油需求波动与原油期货市场低频波动没有关系,而在危机后样本期内则存在较强的正向关系,且库存的波动在两个样本期内都不能影响原油期货价格的低频波动。总体而言,供求因素是原油期货市场低频波动的重要影响因素,而来自库存波动的影响则不明显。

综上所述,原油供求因素、货币环境因素与国民经济运行因素共同决定了国际原油期货市场的低频波动。值得注意的是,原油供求因素并不是决定原油期货市场低频波动的首要因素,仅处于第二的地位;而美元指数的波动作为第一影响因素在很大程度上左右了国际原油期货市场价格长期趋势,并显著成为判断该市场风险的首要预警信号。因此,投资者应高度关注美元指数走势的变化。

(三)“过度波动”的存在性检验及诠释

上文分析了影响国际原油期货市场低频波动的宏观经济因素,这些因素解释了市场大部分的低频波动^①。然而,基本面因素是否能够完全解释原油期货市场的波动,原油期货市场是否存在脱离基本面的“过度波动”,需要进一步检验。以2003-2014年的原油期货市场波动为样本,对方差关系式(9)中各项计算如下:

$$\begin{aligned} Var(\log(h_t)) = & Var(\log(g_t)) + Var(\log(\tau_t)) + 2Cov(\log(g_t), \log(\tau_t)) \\ & (0.0844) \quad (0.0475) \quad (0.0344) \quad (0.0025) \end{aligned}$$

根据各项数值可以看到,2003-2014年间原油期货市场总波动比低频波动(基本面)具

^①所选取的宏观经济基本面因素不能完全解释原油期货市场的低频波动可能是由变量遗漏引起。

有更大的波动性($0.0844 > 0.0344$), 并且不等式(11)成立, 另 $Cov(\log(g_t), \log(h_t)) = 0.0487$, 通过计算发现式(13)也成立。对式(15)进行计算, 得出 $C = 0.4076$, 即基本面因素仅能解释国际原油期货市场 40.76% 的波动。从波动的构成来看, 由基本面因素变化引起的波动在国际原油期货市场总波动中占较低比重, 初步认为市场存在过度波动, 投机氛围浓厚。

根据《BP 世界能源统计年鉴》, 2003 年以来世界原油的供需大致平衡(见图 2), 这种情况下, 国际原油期货市场的波动应该比较稳定。事实上, 市场长期的低频波动也相对平稳, 然而市场的高频波动却十分剧烈, 国际原油价格表现得暴涨暴跌。分析国际原油的实物需求和期货市场上的交易需求数据, 不难发现期货市场上的过度投机行为很可能是导致市场过度波动的主要原因之一。近十年来的世界原油日需求量约为 8.5 千万桶/天, 而纽约商品交易所的原油期货日交易量则达到了 3~5 亿桶, 最高时甚至超过 10 亿桶, 数倍于真实需求量。根据美国商品期货交易委员会公布的持仓报告, 2003~2014 年间, 非商业持仓的比例从 2003 年的 20% 上升至 2014 年的 50%。非商业持仓一般是投机基金的持仓, 因此原油期货市场上巨额的交易量大部分是由投机基金产生的。投机基金的持仓并不是为了套期保值, 规避市场风险, 而是通过炒作市场热点获取巨额利润。对冲基金等石油投机基金在国际原油期货市场上的投机操纵行为对原油价格造成了剧烈冲击。

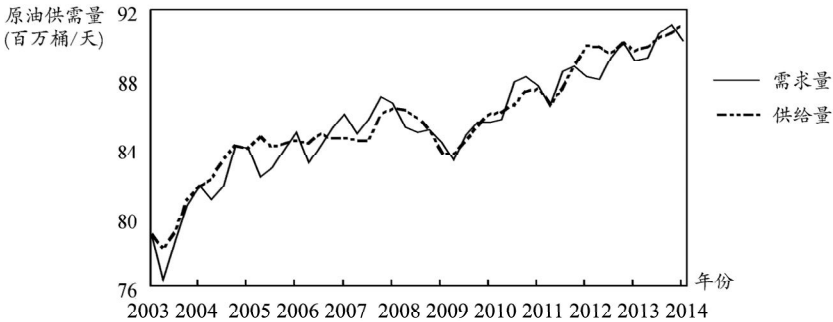


图 2 世界原油供需平衡情况

图 3 是 2003~2014 年期货持仓报告中的投机净头寸与 WTI 原油期货价格走势, 由图 3 可看出投机净头寸与期货价格的走势有较强的正相关关系。总体而言, 投机净头寸在很大一部分时间内均是正值, 即投机持仓多头多于空头, 反映了投机基金的偏爱做多行为。因上文验证了国际原油期货市场存在过度波动, 而波动的高频成分是剔除基本面引起的波动(低频成分)之后的波动成分, 因此高频成分在一定程度上可以反映市场的过度波动。

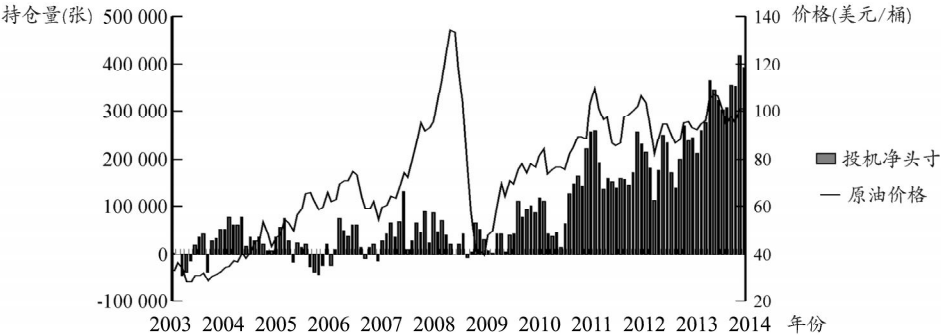
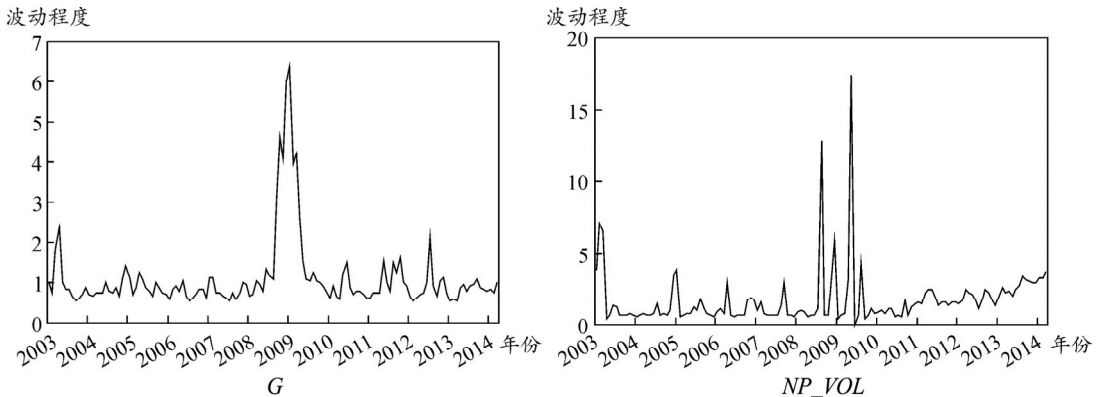


图 3 投机净头寸与原油期货价格走势

图 4 展示了原油期货市场波动高频成分(G)与投机净头寸波动(NP_VOL)情况,可以看出两者的走势相当吻合,2003 年伊拉克战争期间和 2008–2009 年金融危机爆发期间这两者的波动都比较剧烈,表明了投机净头寸波动与过度波动的密切关系。



注: G 是国际原油期货市场波动的高频成分; NP_VOL 是投机净持仓波动,波动来自 GARCH(1,1) 模型。时间区间为 2003 年 1 月–2014 年 3 月。

图 4 国际原油期货市场高频波动成分与投机净头寸波动

为了进一步检验投机净头寸对原油期货市场过度波动的影响效应,对投机净头寸波动与原油期货市场波动的高频成分进行格兰杰因果检验。经检验发现两个序列均是平稳的(表 3),可以进行格兰杰因果检验。根据表 4 检验结果,投机净持仓波动在不同滞后期下均是原油期货市场波动高频成分的格兰杰原因,而市场波动的高频成分也是投机净持仓波动的格兰杰原因,两个变量存在双向的格兰杰因果关系。因此,投机性持仓波动确实能引发原油期货市场的过度波动,是导致该市场过度波动的重要力量;同时过度波动反过来也会影响投机性持仓的波动,两者之间形成恶性循环,使得国际原油期货市场长期处于非稳定状态。总而言之,在目前的国际期货市场上,基金由于具有资金规模巨大、操作手法辛辣以及相对准确的市场趋势判断能力等优势,常常成为推动市场行情的主要力量并显著加剧了市场价格的波动幅度。虽然石油衍生品市场作为商品市场与金融市场的重要联结桥梁,为广大投资者提供了良好的避险场所;但是巨额的投机基金的参与也搅乱了市场秩序,使国际原油期货市场价格脱离基本面而呈现出剧烈波动。投机基金不是市场行情的创造者,却是市场趋势的追随者,他们善于炒作一切与原油市场相关的新闻消息并加以放大,推动着市场趋势朝一个方向过度变化,在投资者非理性情绪和正反馈行为的推波助澜下,国际原油期货市场价格演绎着一幕幕脱离基本面的暴涨暴跌,呈现出过度波动的现象。

表 3 投机净持仓波动与国际原油期货市场波动高频成分的平稳性检验

变量	ADF test statistic	Prob.
G	-4.570531	0.0017 ***
NP_VOL	-10.33739	0.0000 ***

注:*** 代表在 1% 的显著性水平下拒绝存在一个单位根的原假设。

表 4 投机净持仓波动与国际原油期货市场波动高频成分的格兰杰因果检验

原假设	F-Stats(2)	F-Stats(5)	F-Stats(10)
NP_VOL does not Granger Cause G	5.51603 ***	3.15268 **	4.58055 ***
G does not Granger Cause NP_VOL	5.47442 ***	7.11972 ***	4.10689 ***

注:***、** 分别代表在 1%、5% 的显著性水平下拒绝原假设,括号里的数字是滞后阶数。

四、结论及政策蕴涵

本文运用 Spline-GARCH 模型有效地分离出了国际原油期货市场价格的高频与低频两种波动成分,通过构造与宏观经济指标具有相同数据频率的低频波动序列,结合事件窗口分析了宏观经济波动对国际原油期货市场价格低频波动的影响效应,进而检验该市场是否存在过度波动并诠释了其中的原因,研究发现的主要结论可归纳为:

(1) 国际原油期货市场的波动来源于宏观经济基本面和国际石油基金投机行为的双重影响。该市场存在显著的脱离基本面的过度波动,宏观经济基本面引起的波动仅能解释市场总波动的 40%,市场投机氛围相对浓厚。

(2) 美元指数波动已取代原油供需因素波动成为引起国际原油期货市场价格低频波动的首要原因,而且它对原油期货市场价格长期波动趋势的影响大大超越了其他宏观经济因素的影响,已成为判断国际原油期货市场价格风险的首要预警信号。

(3) 市场上的投机行为是导致国际原油期货市场价格过度波动的重要原因,投机性持仓、尤其是投机性的多头持仓波动能引发原油期货市场的过度波动,过度波动反过来也能引起投机性持仓的波动,过度波动与投机行为之间的相互影响加剧了市场风险。

本研究的主要结论具有多重政策含义:首先,投资者应高度关注宏观经济变动的基本面趋势,尤其是美元指数和原油供需的变化,及时根据宏观经济预警信号对原油期货市场价格风险做出前瞻性的判断进而修正投资决策。其次,鉴于美元汇率波动对国际原油期货市场价格波动的显著影响和油价剧烈波动对全球经济发展的严重破坏性,应在促进美元汇率稳定的同时积极推进国际货币体系建设,通过完善多元化的国际货币体系,切实减轻原油计价货币的主权属性和有效克服原油计价货币单一的内在缺陷。最后,应加强对投机性石油基金的科学管理,通过建立全球性的石油基金监管机制,对超过一定规模的石油投机基金实施交易规模与杠杆限制,从而在国际原油期货市场上平抑过度波动和缓释投机氛围。

参考文献:

1. 陈明华, 2013:《基于金融因素的国际油价波动分析:理论与实证》,《宏观经济研究》第 10 期。
2. 封福育, 2013:《国际油价波动对国内物价水平的不对称影响:基于 STR 模型的实证分析》,《经济评论》第 1 期。
3. 刘建、蒋殿春, 2010:《国际原油价格波动对我国工业品出厂价格的影响:基于行业层面的实证分析》,《经济评论》第 2 期。
4. 许承明、宋海林, 2005:《中国封闭式基金价格报酬过度波动的经验分析》,《经济研究》第 3 期。
5. Alquist, R., and O. Gervais. 2013. "The Role of Financial Speculation in Driving the Price of Crude Oil." *Energy Journal* 34 (3): 35-54.
6. Büyüksahin, B., and J. H. Harris. 2011. "Do Speculators Drive Crude Oil Futures Prices?" *Energy Journal* 32 (2): 167-202.
7. Bao, J., and J. Pan. 2013. "Bond Illiquidity and Excess Volatility." *Review of Financial Studies* 26(12): 3068-3103.
8. Chen, S. 2009. "Oil Price Pass-through into Inflation." *Energy Economics* 31 (1): 126-133.
9. Cifarelli, G., and G. Paladino. 2010. "Oil Price Dynamics and Speculation: A Multivariate Financial Approach." *Energy Economics* 32(2): 363-372.
10. Campbell, J. Y., and J. H. Cochrane. 1999. "By Force of Habit: A Consumption-based Explanation of Aggregate Stock Market Behavior." *Journal of Political Economy* 107(2): 205-251.
11. Engle, R. F., and J. G. Rangl. 2008. "The Spline-GARCH Model for Low-Frequency Volatility and Its Global

- Macroeconomic Causes.” *The Review of Financial Studies* 21(3): 1187–1222.
12. Jahan–Parvar, M. R., and H. Mohammadi. 2011. “Oil Prices and Real Exchange Rates in Oil–exporting Countries: A Bounds Testing Approach.” *The Journal of Developing Areas* 45 (1): 313–322.
13. Kaufmann, R. K., and B. Ullman. 2009. “Oil Prices, Speculation, and Fundamentals: Interpreting Causal Relations among Spot and Futures Prices.” *Energy Economics* 31 (4): 550–558.
14. LeRoy, S.F., and R.D.Porter.1981. “The Present–value Relation: Tests Based on Implied Variance Bounds.” *Econometrica* 49(3): 555–574.
15. Maheu, J.2005. “Can GARCH Models Capture Long–range Dependence in Financial Market Volatility?” *Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics* 9(4): 1–43.
16. Milunovich, G., and R. D. Ripple. 2006. “Hedgers, Investors, and Futures Return Volatility: The Case of NYMEX Crude Oil.” Macquarie Economics Research Papers No.7.
17. Pontiff, J.1997. “Excess Volatility and Closed–end Funds.” *The American Economic Review* 87(1): 155–169.
18. Ross, S.A.1989. “Information and Volatility: The No–arbitrage Martingale Approach to Timing and Resolution Irrelevance.” *Journal of Finance* 44 (1): 1–17.
19. Shiller, R.J.1981. “Do Stock Prices Move Too Much to Be Justified by Subsequent Changes in Dividends?” *The American Economic Review* 71(3): 421–436.
20. Sadorsky, P.2000. “The Empirical Relationship between Energy Futures Prices and Exchange Rates.” *Energy Economics* 22 (2): 253–266.
21. Williams, K.2008. “The International Oil Market: An Application of the Three–agent Model.” BOJ Working Paper.http://boj.org.jm/publications/publications_show.php?publication_id=10.
22. Yan, L.2012. “Analysis of the International Oil Price Fluctuations and Its Influencing Factors.” *American Journal of Industrial and Business Management* 2 (2): 39–46.

Low–frequency Volatility of International Crude Oil Futures Market and Its Determinants

Liu Song, Tang Tingfei and Mi Yunsheng

(College of Economics and Management, South China Agricultural University)

Abstract: The Spline–GARCH model is used in the studies of separating the low–frequency component of the volatility of the international crude oil futures market without being limited by the traditional volatility models. The monthly low–frequency volatility series has been established to meet the frequency of macroeconomic data in order to investigate the impact of macro–economy on the low–frequency volatility as well as the existence of excessive volatility in the market. It is showed that the volatility of the crude oil futures market mainly results from the macroeconomic fundamentals and the speculation of the international oil fund. The fundamentals can only account for 40 percent of the total volatility of the crude oil futures market, which appears excessive volatility and massive speculation. Additionally, dollar index volatility has replaced supply & demand factors as the primary cause of the low–frequency volatility in international crude oil futures market, as well as the warning signal of the market risks. Furthermore, volatility of speculative positions might trigger the excessive volatility, which would in turn increase the volatility of speculative positions. As a result, the interaction between these two volatilities is bound to exacerbate the market risk.

Keywords: Low–frequency Volatility, Macro–economy, Excessive Volatility, Speculation, International Crude Oil Futures Market

JEL Classification: G15, C22, C51

(责任编辑:彭爽)