

# 石油价格冲击的生产链传导模型

吕金营

(西南财经大学中国金融研究中心, 成都, 610074)

**摘要:** 在石油价格外生假设前提下, 本文建立了包含石油生产要素的动态随机一般均衡模型 (DSGE Model)。在基本模型中, 本文通过投入产出分析方法刻画了石油价格冲击的生产链渠道, 在生产部门、家庭和外生冲击因素达到均衡时, 经济就实现一般均衡。在稳态情况下, 根据主要经济变量的历史数据和已有文献成果, 采用实证估计或校准的方法确定了模型参数之后, 通过脉冲响应和历史模拟的方法描述了石油价格、总产出、资本存量、居民消费等主要经济变量的动态关系。

**关键词:** 石油价格 动态随机一般均衡模型 生产链传导

## 引言

经济波动的源泉与传导机制历来受到学界的广泛关注。古典学派认为私人部门是理性的, 市场会有效地通过价格自动调整供给与需求, 市场自动调节过程中经济可能产生波动。而凯恩斯学派则认为理解经济波动不仅需要研究一般均衡的复杂性, 而且还应考虑市场不完全的因素。真实经济周期理论继承了古典学派的观点, 他们认为经济波动的源泉是技术冲击, 经济主体会根据技术冲击自主调节劳动力供给与消费水平, 从而达到新的均衡状态。然而, 最早的 RBC 模型中仅引入技术冲击这一个不确定性来源, 受到较多质疑。因此, 后来的文献则将代理人异质性、价格粘性以及政策不一致性等多个引入到模型中来, 使 RBC 理论模型与新凯恩斯主义模型有了更多的相近之处。上世纪 90 年代以来, 校准 (Calibration) 成为动态随机一般均衡模型实证分析的主要方法。通过观察数据或者参照其他实证研究成果, 选择模型参数的合理值。而评判模型优劣的标准, 一般情况下, 比较模型模拟数据与样本数据特征化事实拟合程度。

自上世纪 70 年代以来, 石油价格冲击就被经济学家们视为宏观经济波动的主要来源之一, 主要认为石油价格变动对实体经济波动具有显著影响。Hamilton (1983) 研究发现第二次世界大战以后几乎每次经济衰退发生之前都出现石油价格大幅上涨。Rotemberg and Woodford (1996) 研究表明石油价格上涨 10% 导致总产出下降 2.5 个百分点。大量文献将石油价格冲击作为经济波动的重要源泉之一。如 Rasche and Tatom (1981)、Darby (1982)、Hamilton (1983, 1995)、Hoocker (1996) 和 Keane and Prasad (1996) 等。甚至, Dotsey and Reid (1992) 实证发现石油冲击对经济周期的解释力超过货币政策。但是, 针对石油价格冲击的传导机制尚未达成一致意见。

## 一、理论基础

动态一般均衡模型能够帮助更好地理解石油与宏观经济之间的关系, 侧重于研究各经济变量之间的短期互动关系, 如总产出、通货膨胀率和失业率等。较多文献从供给渠道解释石油价格与总产出之间的关系, 如 Abel and Bernanke (2001) 研究发现石油价格上升意味着石油作为一种生产要素的可得性下降, 进而可能导致潜在产出下降。然而, 一些研究发现石油价格与美国经济的关系在上世纪 90 年代之后发生了变化, 即 90 年代两次石油价格冲击之后并没有出现类似于 70 年代的经济大衰退。为此, Blanchard and Gali (2007) 给出了解释, 他们认为石油价格冲击的传导机制并没有发生转变, 并没有出现经济衰退的原因在于两个时期的宏观经济环境不同, 区别就是 90 年代美国经济处于一个相对高增长时期。

生产要素价格上升将导致总产出下降,然而,石油作为一种生产要素,仅占生产成本的很小部分。Pindyck and Rotemberg (1983)建立了一个新古典模型,资本和石油是完全互补的,而资本调整是有成本的。模型预测石油价格冲击之后,资本投入与石油投入比例上升导致石油投入迅速大幅下降,进而导致实际产出下降。而 Atkeson and Kehoe (1999)提出一个区别于新古典模型的 Putty-Clay 模型,基本思路是不同资本的能耗水平不同,一旦资本品投入运转之后资本能耗在短期内是刚性的。但是,随着能耗水平不同的资本品投入,石油投入在长期内是弹性的。

也有部分文献从需求角度研究石油价格冲击对宏观经济的影响,如 Ferderer (1996)石油价格冲击的传导机制是石油价格上涨降低居民实际可支配收入和消费水平,进而提高厂商的生产成本,增加不确定性,最终降低企业投资规模。这与上世纪 70 年代事实基本一致,石油价格上涨导致消费者价格指数上升,实际工资下降,居民消费购买力下降。同时,在指数化工资机制存在情况下,名义工资上升,出现工资物价螺旋。然而,进入上世纪 90 年代之后,此类传导渠道效果大幅减弱,原因在于,一是指数化工资制度约束下降,工资物价螺旋没有出现;二是市场竞争程度上升,厂商转嫁成本的能力下降;三是货币政策规则改变,物价指数与石油价格之间并没出现简单的线性关系。

更为合理的研究思路应该是从供给和需求两个方面研究对经济的影响。一方面,石油是国民经济的重要生产要素,石油价格上升导致企业生产成本增加,进而降低总产出;另一方面,石油价格上升降低居民实际可支配收入和总需求水平,从而降低总产出。一般均衡框架内,不仅可以研究石油价格对总产出的影响,而且还可以研究对失业率的影响。Hamilton (1988)提出一个研究失业率与经济周期的一般均衡模型,石油价格冲击使得劳动力从一个行业转移到另一个行业,或者放弃工作等待更好的机会,而行业之间的劳动力转移必然带有成本,失业率上升,从而导致经济出现波动。正如 Rotemberg and Woodford (1996)建立了引入不完全竞争的一般均衡模型,发现在存在不完全竞争的经济中,石油价格冲击对导致总产出和实际工资下降。另外一篇较为经典的文献是 Finn(2000)在完全竞争的环境下也发现了石油价格冲击对实体经济的影响,她通过资本利用率的变化将石油作为一种间接生产要素引入到一般均衡模型中,发现石油价格上升会降低石油投入和资本利用率,并降低劳动的边际产出,从而降低实际工资。另外,Keane and Parsad (1996)研究发现石油价格冲击短期内降低就业水平,而在长期内却是促进就业增长,原因是长期内劳动力与资本之间存在一定的相互替代性。

在标准的一般均衡模型中引入石油生产要素以及石油价格,文献中有几种方法:一是将石油作为最终产品生产的一种额外生产要素引入到生产函数中,如 Kim and Loungani (1992)。但是由于石油作为一种生产要素在国民生产总投入中所占比重太小,引入这种方法并不能解释石油价格冲击所带来的影响。又如 Mork (1989)将实证研究的样本空间扩展到 1986 年石油价格下跌之后,检验发现石油价格变动与总产出之间的关系具有显著的非对称性,而 Kim and Loungani(1992)的模型并不能解释这种非对称性。Rotemberg and Woodford (1996)和 Finn (2000)虽然将石油价格冲击对宏观总产出波动的解释程度大幅提高,然而非对称性的解释依然不高;二是如 Atkeson and Kehoe (1999)和 Wei (2003)采用 Johansen (1959)提出的非逆转资本形成机制引入石油生产要素,这类模型则可以更好地研究石油价格冲击的非对称性。然而,非逆转资本形成机制能够更好地研究石油价格冲击的非对称性,然而在研究石油价格与经济周期的关系上远不如前一种模型。

国际石油价格的短期变化与我国总产出波动之间具有较强的关联性,因此,从经济景气周期的角度分析国际石油价格冲击对我国宏观经济影响的传导机制;另外,国际石油价格短期变化与资本利用率之间的关系,揭示出资本利用率的变化可能是石油价格传导机制中较为关键的一环。短期内资本能源效率稳定的情况下,资本利用率决定当期能源消耗。当经济复

苏阶段，产能利用率逐渐提高，能源需求逐步上升，若石油价格大幅上涨，能源支出大幅上升，必将制约经济的复苏步伐；若石油价格波动率提高，生产者投资面临更大的不确定性，经济复苏风险增大。

## 二、动态宏观经济模型

为了考察石油价格冲击对实体经济的影响，需要将石油投入与石油价格纳入到一般均衡模型中，宏观经济体系包括经济环境和相应的经济主体的行为。

### （一）经济环境假设

模型设定两部门经济环境，包括家庭部门和厂商。其中，家庭是生产经济中资本和劳动的提供者，也是最终产品的消费者。厂商是生产经济的组织者，厂商包括最终产品生产者和两类中间产品生产者。两类中间产品生产者包括高耗油中间产品生产者和低耗油石油产品生产者。

#### 1. 最终产品生产者

最终产品生产者利用两种中间产品生产最终产品，生产技术为规模收益不变的柯布道格拉斯生产函数：

$$Y_t = \prod_i (Y_{i,t}^{\theta_i}) \quad 0 \leq \theta_i \leq 1, \quad \sum_i \theta_i = 1。$$

#### 2. 中间产品生产者

类似多数基本经济周期模型中设定，采用如下中间产品生产函数描述产出：

$$Y_{i,t} = z_{i,t} (K_{i,t})^{\alpha_i} (L_{i,t})^{\beta_i} (E_{i,t})^{(1-\alpha_i-\beta_i)}$$

其中， $K_{i,t}$  为  $i$  中间产品生产者  $t$  期资本存量， $h_{i,t}$  为  $i$  中间产品生产者  $t$  期资本利用率， $K_{i,t} h_{i,t}$  表示  $i$  中间产品生产者  $t$  期发挥作用的资本量； $L_{i,t}$  为  $i$  中间产品生产者劳动力数量； $z_{i,t}$  为  $i$  中间产品生产者  $t$  期随机扰动，表示各种生产率冲击，为  $i$  中间产品生产者  $t$  期外生的生产效率加成，表示技术、制度和习惯其他因素对劳动力生产效率的影响， $\alpha_i$  为资本产出弹性， $\beta_i$  为劳动产出弹性， $0 < \alpha_i, \beta_i < 1$ 。

与标准的 RBC 模型不同，Mary Finn (1991, 1995) 中令折旧率为资本利用率的函数：<sup>1</sup>

$$\delta(h_{i,t}) = \frac{1}{\omega} h_{i,t}^{\omega}$$

其中， $\omega > 1$  表示资本存量会随着利用率的上升而加速折旧。然而，本节为突出石油生产要素的直接传导作用，与标准的 RBC 模型采用相同的处理方法，即假定资本折旧率并不随资本利用率的变动而变动。有文献设定资源投入与资本利用率之间存在一次线性关系，如 Leduc 和 Sill (2004)，吴利学 (2009) 的设定，引入石油消耗系数：

$$E_{i,t} = \zeta_i h_{i,t} K_{i,t}$$

<sup>1</sup> Kim 和 Loungani (1991) 借鉴 Bruno 和 Portier (1995) 引入资本调整成本函数，资本调整成本与资本调整速度快慢相关，调整幅度越大资本调整成本越大。当不存在资本调整成本时，投资者可以通过资本市场几乎完全地平滑消费。

其中， $\zeta_i$  表示  $i$  中间产品生产商石油消耗系数， $h_{i,t}$  表示  $i$  中间产品生产商资本利用率， $E_{i,t}$  表示  $i$  中间产品生产商石油投入。然而，资本利用率代入生产函数之后与本文的生产函数是一致的。

各种中间产品生产商初始资本占社会总资本的比重为  $\phi_{i,t}$ ， $0 \leq \phi_{i,t} \leq 1$ ， $\sum_i \phi_{i,t} = 1$ 。在每个时期决策之前，中间产品生产商的初始资本  $K_{i,t}$  是确定的。中间产品生产商的资本累积方程可以表示为：

$$K_{i,t+1} = (1 - \delta_i) K_{i,t} + I_{i,t}$$

中间产品生产商根据利润最大化原则制定生产决策，即决定当期新增投资和资本利用率（开工率）。经济中只有一种最终产品，且假定有效投资品和有效消费品的形成都是由最终产品组合而成，且投资、消费和石油均以最终产品为计价单位。厂商每期以市场价格雇佣劳动、租赁资本，根据市场情况决定劳动的雇用数量，并支付生产过程中的设备与厂房等的折旧费用，需要作出的决策可以表示为：

$$\max_{(L_t, K_t)} E\pi_0 = P_{i,t} Y_{i,t} - w_t L_{i,t} - P_t^{oil} E_{i,t} - (r_{i,t} + \delta) K_{i,t}$$

其中， $\pi_0$  表示中间产品生产商的净利润， $L_{i,t}$  表示  $i$  中间产品生产商劳动力投入量， $w_t$  表示中间产品生产商单位有效劳动的工资率， $\delta$  表示资本折旧率。

### 3. 消费部门

假设消费部门是永续的，包含大量具有代表性的同质投资者，偏好设定为效用函数表示为：

$$u = \log c_t + \gamma \log(1 - l_t)$$

其中， $l_t$  表示  $t$  期的人均工作时间（时间禀赋单位化为 1）， $\gamma > 0$  表示偏好函数。 $c_t$  表示  $t$  期的人均最终产品消费。

### 4. 资源约束

经济的资源约束可以表示为： $Y_t = C_t + I_t + P_t^{oil} E_t$

### 5. 外生冲击

经济中包含两种外生随机冲击：技术进步冲击和能源价格冲击

$$\log(z_{t+1}) = \log(z_t) + \log(\bar{z}) + \varepsilon_{t+1}^z$$

$$\log(p_{t+1}) = \rho_p \log(p_t) + (1 - \rho_p) \log(\bar{p}) + \varepsilon_{t+1}^p$$

其中， $0 < \rho_p < 1$  表示能源价格的自相关系数， $\bar{z}$  和  $\bar{p}$  分别表示稳态的生产率和能源价格。令  $\varepsilon_t = (\varepsilon_t^z, \varepsilon_t^p)'$ ，服从一个 Markov 分布函数。

## (二) 竞争性均衡与均衡条件

### 1. 最终产品生产商的利润最大化

$$\max \Pi_t = P_t Y_t - \sum_i P_{i,t} Y_{i,t}$$

$$s.t. \quad Y_t = \Pi_i \left( Y_{i,t}^{\theta_i} \right)$$

根据柯布道格拉斯生产函数的性质, 在均衡状况下中间产品和最终该产品存在以下最优关系:

$$P_{i,t} Y_{i,t} = \theta_i P_t Y_t$$

### 2. 中间产品生产商股东价值净现值最大化

$$\max_{(L_t, h_t)} E \pi_0 = P_{i,t} Y_{i,t} - w_t L_{i,t} - P_t^{oil} E_{i,t} - (r_{i,t} + \delta) K_{i,t}$$

其中, 完全竞争市场的中间产品生产商是价格接受者, 即在最优化过程中  $P_{i,t}$  是外生变量。则一阶条件可以表示为:

$$\beta_i z_{i,t} (K_{i,t})^{\alpha_i} (L_{i,t})^{\beta_i - 1} (E_{i,t})^{1 - \alpha_i - \beta_i} P_{i,t} - w_{i,t} = 0$$

$$(1 - \alpha_i - \beta_i) z_{i,t} (K_{i,t})^{\alpha_i} (L_{i,t})^{\beta_i} (E_{i,t})^{-\alpha_i - \beta_i} P_{i,t} - P_t^{oil} = 0$$

$$P_{i,t} Y_{i,t} - w_t L_{i,t} - P_t^{oil} E_{i,t} - (r_{i,t} + \delta) K_{i,t} = 0$$

### 3. 消费部门跨期效用最大化

选用代表性家庭的最优化问题, 假定代表性家庭是无限延续的。

$$\max_{(c_t, l_t)} E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t (\log c_t + \gamma \log(1 - l_t))$$

$$s.t. \quad c_t + i_t = w_t l_t + r_t k_t$$

$$i_{i,t} = \gamma_L k_{i,t+1} - (1 - \delta) k_{i,t}$$

根据贝尔曼方程方法求解一阶条件:

$$\frac{1}{c_t} - \lambda_t = 0$$

$$\frac{\gamma}{1 - l_t} = \lambda_t w_t$$

$$\gamma_L \lambda_t = \beta E_t \left( \lambda_{t+1} (r_{i,t+1} + (1 - \delta)) \right)$$

### 4. 均衡条件

经济系统中, 技术水平和石油价格是外生给定的, 资本存量、总产出、居民消费、劳动供给、石油消费、资本成本、工资等为系统内生变量, 通过求解动态一般均衡模型均衡条件,

并将各变量转换为标准化形式，如下：

$$y_t = \prod_i \left( z_{it} (\mu_i k_t)^{\alpha_i} (v_i l_t)^{\beta_i} (\omega_i e_t)^{(1-\alpha_i-\beta_i)} \right)^{\theta_i} \quad (2-1)$$

$$y_t \sum_i \theta_i \beta_i = w_t l_t \quad (2-2)$$

$$y_t \sum_i \theta_i \alpha_i = r_t k_t \quad (2-3)$$

$$\frac{\gamma}{1-l_t} = \frac{w_t}{c_t} \quad (2-4)$$

$$\frac{\gamma_L}{c_t} = \beta E_t \left( \frac{1}{c_{t+1}} (r_{t+1} + (1-\delta)) \right) \quad (2-5)$$

$$c_t + \gamma_L k_{t+1} - (1-\delta)k_t = w_t l_t + r_t k_t \quad (2-6)$$

$$y_t = c_t + i_t + P_t^{oil} e_t \quad (2-7)$$

$$\log(z_{t+1}) = \rho_z \log(z_t) + (1-\rho_z) \log(\bar{z}) + \varepsilon_{t+1}^z \quad (2-8)$$

$$\log(P_{t+1}^{oil}) = \rho_p \log(P_t^{oil}) + (1-\rho_p) \log(P^{oil}) + \varepsilon_{t+1}^g \quad (2-9)$$

其中， $v_i = \frac{\theta_i \beta_i}{\sum_i \theta_i \beta_i}$ ， $\mu_i = \frac{\theta_i \alpha_i}{\sum_i \theta_i \alpha_i}$ ， $\omega_i = \frac{\theta_i (1-\alpha_i-\beta_i)}{\sum_i \theta_i (1-\alpha_i-\beta_i)}$ 。(2-1) 式表示最终产品

生产部门通过将中间产品生产部门生产的产品转化为最终产品，实现了最终产品生产商与中间产品生产商之间的动态一致性条件要求。(2-2) 和 (2-3) 式表示最终产品对劳动和资本等生产要素的分配。(2-4) 式表示代表性消费者在劳动闲暇与消费之间的最优化选择。

(2-5) 式表示状态变量资本最优化一阶条件，即代表性消费者在跨期消费与储蓄的最优化选择。(2-6) 式表示家庭的预算约束，(2-7) 式表示经济资源约束。(2-8) 式表示技术水平的变动情况，(2-9) 式表示石油价格的变动情况。

### 三、数据说明与模型参数校准

#### (一) 数据说明

本节采用我国 1998 年 1 季度-2010 年 4 季度资本存量、总产出、居民消费、劳动供给、石油价格、石油消费、资本成本、工资等宏观经济序列季度数据，指标处理和数据来源说明如下：

1. 资本存量。资本投入采用物质资本存量指标，单位为亿元，2005 年价格，根据永续盘存法计算。具体估算方法是：根据资本-产出比率测算初始期资本存量，从而根据计算公式为  $K_{t+1} = (1-\delta)K_t + I_t$  测算历年各期的资本存量，如邹至庄 (1993) 估算出中国 1978 年末的资本存量为 14112 亿元 (按当年价格计算)。选择固定资本形成总额代表投资总额，并借

鉴张军（2004），何枫（2003）以及雷辉（2008）等提供的方法，采用《中国统计年鉴》的相关数据计算了1998-2010年的固定资产投资价格指数。估算资本存量的过程中，一般在假定资本品相对效率几何下降的情况下估算折旧率或重置率。如王小鲁、樊纲等（2000）估算的折旧率为5%，宋海岩等（2003）假设资本物理折旧程度与经济增长率成正比，在官方公布的名义折旧率3.6%的基础上加上经济增长率作为实际折旧率。为此，本文估算资本存量时均采用不变的季度折旧率1.25%。

2. 总产出。名义总产出采用当年价格国内生产总值（GDP）指标，单位为亿元，真实产出采用根据GDP平减指数调整为2005年价格的GDP指标，数据主要来自于历年《中国统计年鉴》。与其他研究不同的是，本文中的总产出数据将石油支出加回到总产出，石油支出数据来自wind数据库。

3. 居民消费。家庭消费和政府消费分别采用居民消费支出和政府消费支出指标，单位为亿元，利用历年居民消费支出指数和政府消费支出指数调整为2005年价格，2005和2006年指数均系根据居民消费者价格指数推算，数据来自《中国统计年鉴》和wind数据库。

4. 投资。本文没有明确考虑进出口和储蓄主体的区分，因而采用固定资产形成总额作为投资指标，单位为亿元，根据历年固定资产形成总额指数调整为2005年价格，数据来自《中国统计年鉴》和wind数据库。

5. 劳动供给。劳动力数量采用全社会从业人员指标，单位为万人。1998-2010年数据来自《中国统计年鉴》根据人口变动情况抽样调查调整后的从业人员总计数，并根据2004年经济普查结果进行了调整。

6. 石油消费。与第三章相同，本章石油消费的季度数据是根据我国石油产量和石油进出口金额等数据估算而来，其中，我国石油产量月度数据来自于美国能源信息署（EIA）和wind数据库，石油进出口金额数据国家统计局。另外，1998年以后，我国原油价格开始与国际接轨，由国家发展计划委员会每月根据国际市场相近品质原油离岸价、进口关税以及少量贴水确定。本章采用大庆石油价格作为我国石油进出口的替代价格，估算石油进出口总量，其中大庆石油价格月度数据来源于美国能源信息署（EIA）。

7. 国际石油价格。与第3章相同，本章选择NYMEX市场WTI期货现期价格代表国际石油价格，将国际石油价格表示为以人民币为计价单位，并采用本国PPI指数进行价格调整。

另外，为避免量纲差异带来的问题，在经济周期文献中通常对数据取对数，然后进行滤波处理，以得到经济变量的长期增长趋势，以及短期内对长期趋势的偏离程度，进而衡量经济变量的波动性。

## （二）参数校准与估计

为了描述动态一般均衡模型的动态系统，需要进一步确定模型中一些列参数的大小，包括 $\beta, \theta_1, \theta_2, \alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2, \gamma, \gamma_L, \delta, \rho_z, \sigma_z, \rho_p, \sigma_p$ 等14个参数。其中，在不影响经济学含义的基础上，本节对上节动态系统进行了适当简化，即将中间产品种类简化为两类。动态一般均衡模型参数校准方法一般有两种，一是参照已有文献中的研究结果，二是根据已有数据的均衡关系进行估计。

1. 主观贴现率 $\beta$ 。相关已有文献一般将主观贴现率设置在0.96和0.99之间，本文采用试错法对两个数值之间的数值进行测算，发现对模型结论的影响不大。因此，本文在后续模型中将主观贴现率均设置为0.96。

2. 中间产品结构参数 $\theta_i$ 。实证分析中不可能将所有的行业或者企业进行真实的刻画，为使分析成为可能，本文将所有行业分为两类，即高耗能产业和低耗能产业（或传统产业与新

兴产业)，其中行业划分标准参照石油支出与主营业务收入的比例。通过 1998 年 1 季度至 2011 年 4 季度的石油支出与主营业务收入的平均数据，得到高耗能产业（或传统行业）中间产品结构参数为 0.645。其中电力、钢铁、有色、建材、石油加工、化工、交通等行业划分至高耗能行业，服务业、高新技术行业等划分至低耗能行业。

3.要素产出弹性  $\alpha_i$  和  $\beta_i$ 。在要素产出弹性参数的设定上，文献中资本产出弹性的取值范围集中在 0.4 至 0.55 之间，劳动产出弹性取值范围集中在 0.43 至 0.52 之间。本节根据中间产品结构参数的设定，将高耗能行业（或传统行业）的资本产出弹性设定为 0.4494，低耗能产业（或新兴产业）的资本取值弹性设定为 0.51，将高耗能行业（或传统行业）的劳动产出弹性设定为 0.4，低耗能产业（或新兴产业）的资本取值弹性设定为 0.45。

4.风险规避系数  $\gamma$  和折旧率  $\delta$ 。风险规避系数属于偏好信息，往往不能直接观察到，只能通过均衡条件与以往的共识得到，本节通过参数校准的方法得到风险规避系数  $\gamma$  为 1.8003，在已有文献 1-2 的取值范围之内。已有文献中对折旧率的取值范围在 4%-6%之间，例如，Chow and Lin（2002）采用了 4%，王小鲁、樊纲（2000）和 Wang and Yao（2001）等采用了 5%，本节数据为季度数据，因此对折旧率  $\delta$  取值为 1.25%。

5.外部冲击参数（ $\rho_z, \sigma_z, \rho_p, \sigma_p$ ）。研究中对生产率水平的确定往往采用索罗剩余来表示，本节我们采用已有文献的研究成果，吴利学（2009）对考虑能源投入之后的生产率水平进行了估算，其中生产率水平时间序列的一阶自相关系数  $\rho_z$  为 0.8659，标准差  $\sigma_z$  为 0.0202。根据 GARCH(1,1)模型估计 1998 年 1 季度-2010 年 4 季度的季度数据，得到国际石油价格时间序列的一阶自相关系数  $\rho_p$  为 0.8984，标准差  $\sigma_p$  为 0.0881。

### （三）波动性特征

在确定动态一般均衡模型的参数之后，本节首先对比模型所产生的波动性与实际经济的波动性，由此则可验证模型对整体经济波动的解释力。本节主要通过对比总产出、居民消费、劳动投入和石油投入模拟数据 HP 滤波去势之后的标准差与实际数据 HP 滤波去势之后的标准差。

在上节确定的参数下，模型对经济数据的二阶矩进行了模拟，得到模型对实体经济机制的解释程度。

表 3-1 主要经济变量的波动性特征

	解释程度	标准差	与产出的交叉协方差系数 Cov(y(t+k),x(t))				
			-2	-1	0	1	2
资本存量	36%	0.345	-0.22	-0.02	0.24	0.43	0.56
总产出	37%	0.682	0.51	0.73	1	0.73	0.51
居民消费	24%	0.172	0.54	0.74	1	0.7	0.47
劳动投入	118%	0.814	0.58	0.76	0.98	0.66	0.41
石油投入	83%	0.619	0.17	0.44	0.77	0.73	0.68

根据上表所示，模型模拟的总产出波动与实际总产出波动的比例为 37%，与实际情况有一定的差距，而模型对劳动投入和石油投入的解释程度较为满意。从各经济变量的协方差数据来看，模型模拟的数据与基本的经济学含义相符。唯一不足之处在于，对资本、总产出和消费的解释力度不是很强，有待于对模型的进一步修正。

### （四）脉冲响应分析

脉冲响应检验的基本思路是，假定稳态经济受到某外生变量的冲击，在模型中各个经济变量的动态相互作用之下，模拟各个经济变量的持续变化过程，从而说明外生变量对经济系统的作用大小与传导方式。

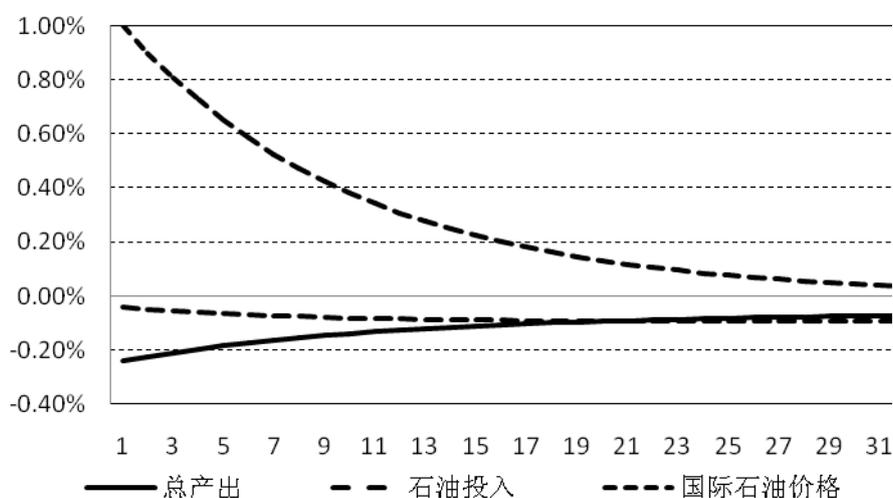


图 3-1 国际石油价格冲击对总产出、石油投入的脉冲响应

从国际石油价格冲击对总产出、石油投入的脉冲响应来看，总产出对于冲击的响应更为剧烈。从即期响应看，国际石油价格上涨 1%，导致总产出当季偏离稳态水平-0.24%，随后响应幅度逐渐缩小，19 期以后回落到-0.10%以下。这表明国际石油价格对总产出存在传导效应，传导效应为反向，且响应幅度逐渐缩小，即国际石油价格上涨（下跌）会导致总产出短期内迅速减少（增加），而长期内冲击的影响将逐渐回归。对于石油投入，国际石油价格施加一个正向冲击后，石油投入也会出现反向反应，与总产出不同石油投入的响应值是逐渐扩大的。从即期响应看，国际石油价格上涨 1%将导致石油投入当季偏离稳态水平-0.04%，之后响应幅度逐步扩大，最后接近于-0.09%。这说明国际石油价格对石油投入存在传导效应，传导效应为反向，且响应幅度逐渐放大，即国际石油价格上涨（下跌）会导致石油投入减少（增加），长期来看冲击的影响还将逐渐放大，最终趋于稳定。

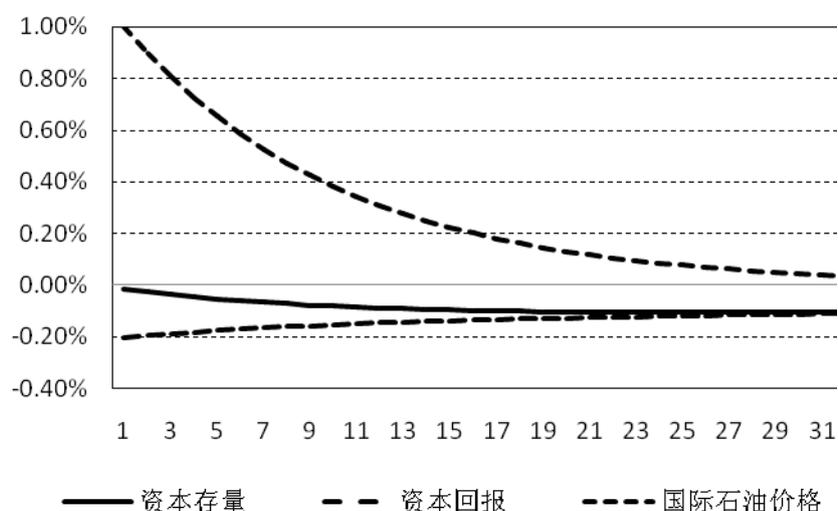


图 3-2 国际石油价格冲击对资本存量、资本回报的脉冲响应

从国际石油价格冲击对资本存量和资本回报的脉冲响应来看，资本回报对于冲击的响应更为剧烈。从即期响应看，国际石油价格上涨 1%，导致资本回报当季偏离稳态水平-0.20%，随后响应幅度逐渐缩小，9 期以后回落到-0.15%，28 期之后进一步降至-0.11%。这表明国际石油价格对资本回报存在传导效应，传导效应为反向，且响应幅度逐渐缩小，即国际石油价格上涨（下跌）会导致总产出短期内迅速减少（增加），而长期内冲击的影响将逐渐回归。对于资本存量，国际石油价格施加一个正向冲击后，资本存量会出现反向反应，与资本回报不同的是资本存量的响应值是逐渐扩大的。从数据来看，国际石油价格上涨 1%将导致资本存量当季偏离稳态水平-0.01%，之后响应幅度逐步扩大，最后接近于-0.11%。这说明国际石油价格对石油投入存在传导效应，传导效应为反向，且响应幅度逐渐放大并趋稳，即国际石油价格上涨（下跌）会导致资本存量减少（增加），长期来看冲击的影响将逐渐放大并趋于稳定。

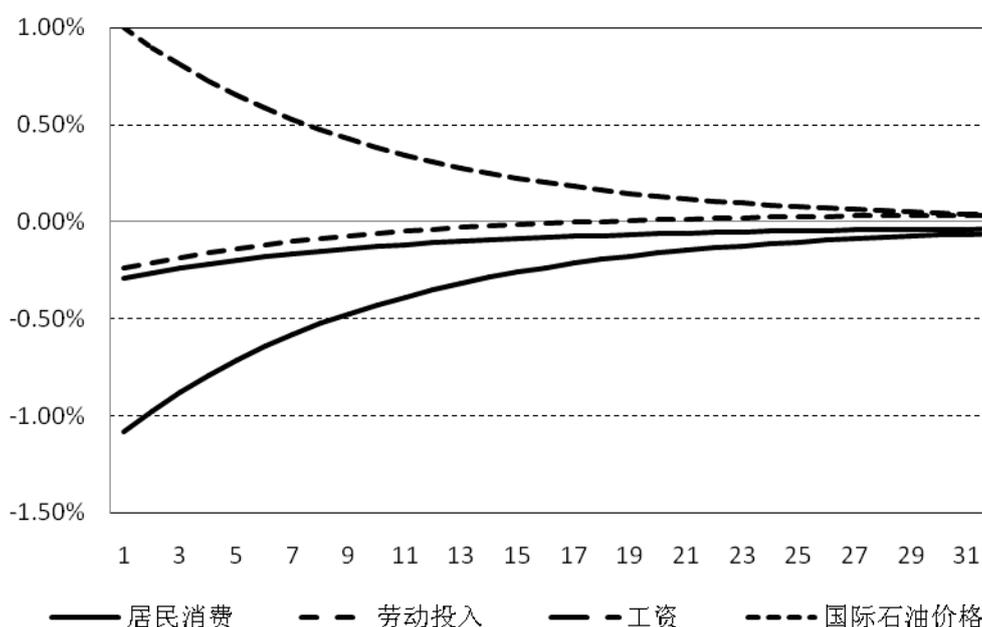


图 3-3 国际石油价格冲击对居民消费、劳动投入、工资的脉冲响应

从国际石油价格冲击对居民消费、劳动投入、工资的脉冲响应来看，国际石油价格上涨冲击对工资影响最大，对劳动投入影响最小。从对工资的冲击来看，国际石油价格上涨 1%，导致工资当季偏离稳态水平-1.08%，随后响应幅度迅速回落，25 期之后回落至-0.10%以下。这表明国际石油价格对工资存在传导效应，传导效应为反向，且响应幅度逐渐缩小，即国际石油价格上涨（下跌）会导致工资短期内迅速减少（增加），而长期内冲击的影响将逐渐回归。对于居民消费，国际石油价格施加一个正向冲击后，居民消费会出现反向反应，且响应幅度逐渐缩小，即国际石油价格上涨（下跌）会导致居民消费短期内减少（增加），而长期内冲击的影响将逐渐回归。从数据来看，国际石油价格上涨 1%将导致居民消费当季偏离稳态水平-0.29%，随后响应幅度逐渐回落，13 期以后降至-0.10%以下。这说明国际石油价格对居民消费存在传导效应，传导效应为反向，且响应幅度逐渐缩小，即国际石油价格上涨（下跌）会导致居民消费减少（增加），而长期内冲击的影响将逐渐回归。对于劳动投入，国际石油价格施加一个正向冲击后，劳动投入先会出现反向反应，之后逐渐转为正向反应。从数据来看，国际石油价格上涨 1%将导致劳动投入当季偏离稳态水平-0.24%，之后响应幅度逐步缩小，直至第 19 期冲击效应由负转正，响应幅度又开始逐渐扩大，到第 31 期劳动投入偏

离稳态水平 0.03% 并趋稳。这说明国际石油价格对劳动投入存在传导效应，传导效应在前 9 期为反向效应，之后转为正向效应，即国际石油价格上涨（下跌）会导致劳动投入先是减少（增加），后开始增加（减少），冲击幅度开始逐渐缩小，之后慢慢放大并趋于稳定。

### （五）政策实验

社会科学不同于自然科学，极少能够提供真实实验的条件。然而，动态一般均衡模型（DSGE）通过对经济环境的刻画，引入不确定性因素所带来的冲击，描述经济变量的传导与作用机制，能够一定程度上起到实验室的效果。本节在上节参数设定的基础上，仅仅通过调整部分参数得到政策调整能够带来的后果。

首先，下图给出在原始均衡状态下，模型所模拟出的各变量的波动情况。在初始均衡状态下，若国际石油价格出现先降后生再降的走势的话，总产出呈现先升后将再升的走势，即总产出与国际石油价格之间存在明显的负相关关系，且总产出的周期性变动滞后国际石油价格变动 2-3 个季度。而石油总投入则在均衡状态附近，没有发生较大的偏离，增速略为呈现下降趋势，从一定程度上验证了石油需求是刚性的，与实际情况是相符的。

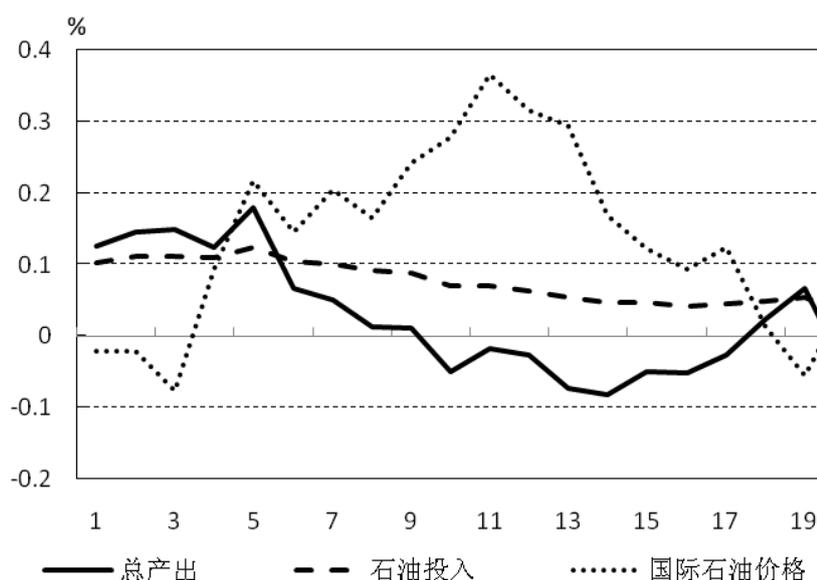


图 3-4 原始状态下的模拟情况

其次，通过模拟数据验证是否可以通过优化产业结构来平抑石油价格波动所引起的经济变量的波动。假设提高低耗能产业的比重，即提高模型中的参数  $\theta_2$ ，观察其他经济变量波动的变化。如下图所示，如果将低耗能产业比重提高 5%，总产出与石油价格反向的周期性波动依然存在，而滞后期明显缩短，滞后期大约在 1 至 2 个季度左右。低耗能产业比重的提高之后，虽然石油价格上涨速度下降，石油投入依然呈现下降趋势。从一定程度上验证了低耗能产业对石油价格的弹性要高于高耗能行业。

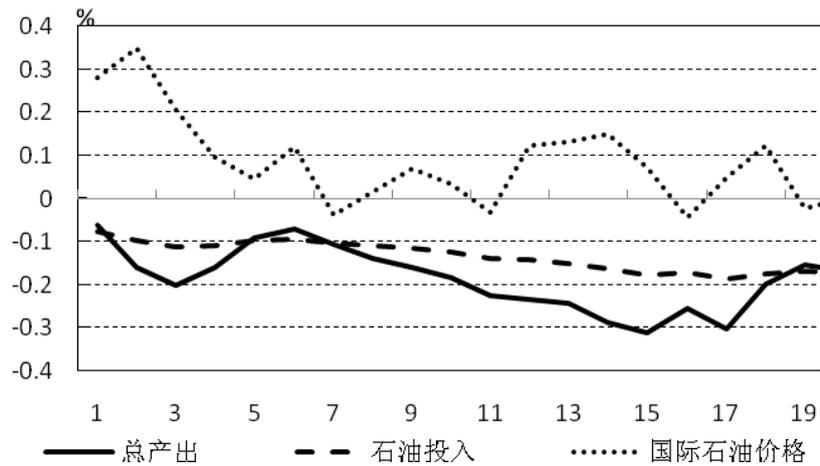


图 3-5 产业结构优化后的模拟情况

最后，通过模拟数据验证石油价格波动下降，主要经济变量的波动性特征。对比下面两张表可知，只要石油价格高于稳态水平，石油投入明显低于稳态水平；且无论国际石油价格波动上升或下降时，石油投入的波动性都不大，验证了石油需求的价格弹性很低。另外，对比下面两张表可以看到，如果石油价格波动性下降，总产出对稳态值得偏离度下降。另外，比较有参考借鉴意义的是，当石油价格波动加大时，石油价格与总产出的周期性波动相关性越明显。原因在于，当石油价格波动率较高时，石油价格的变化更容易引起生产商决策者的关注，生产决策更多地考虑当前或未来石油价格的变动，或降低生产量，或者推迟对投资，最终致使总产出与石油价格波动的周期相关性越来越强。

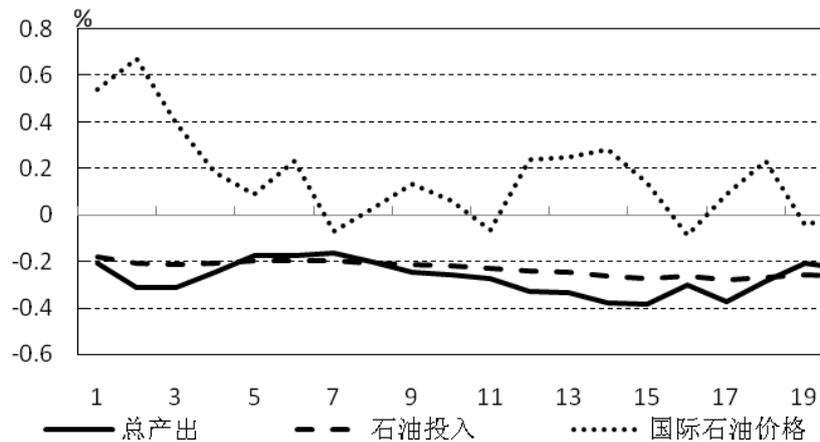


图 3-6 石油价格波动下降前的模拟情况

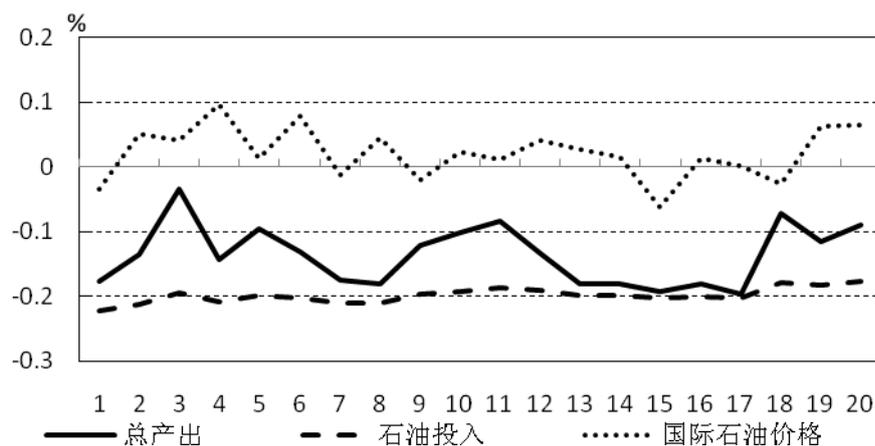


图 3-7 石油价格波动下降后的模拟情况

参考文献:

[1]Rotemberg J.J. and Woodford M., 1996: Imperfect Competition and the Effects of Energy Price Increases, *Journal of Money, Credit, and Banking*(28), 549-577.

[2]Sadorsky P. 1999: Oil Price Shocks and Stock Market Activity, *Energy Economics*(21), 449-469.

[3]Sadorsky P. 2000: The Empirical Relationship Between Energy Futures Prices and Exchange Rates, *Energy Economics*(22), 253-266.

[4]Perry L., 1977: Potential output and productivity, *Brooking Paperson Economic Activity* 1, 11-47.

[5]Pindyck R., 1978: The Optimal exploration and production of nonrenewable resources, *Journal of Political Economy* 86, 841-861.

[6]Qian Su, Terence Tai-Leung Chong, 2007: Determining the Contributions to Price Discovery for Chinese Cross-Listed Stocks, *Pacific-Basin Finance Journal*(15), 140-153.

[7]魏巍贤, 林伯强, 2007: 国内外石油价格波动性及其相互关系, *经济研究*, 第 12 期, 第 130-141 页。

[8]王小鲁, 樊纲等, 2000: 中国经济增长的可持续性, 经济科学出版社。

[9]吴磊, 2003: 中国石油安全, 北京, 中国社会科学出版社。

[10]谢平、罗雄, 2002: 泰勒规则及其在中国货币政策中的检验, *经济研究*第 3 期, 3-12。

[11]虞伟荣, 胡海鸥, 2004: 石油价格冲击对美国和中国实际汇率的影响, *国际金融研究*, 第 12 期, 第 33-39 页。

[13]张军, 吴桂英, 张吉鹏, 2004: 中国省际物质资本存量估算: 1952-2000, *经济研究*, 第 10 期, 第 35-43 页。

**Production chain transmission model of oil price shocks**

Lv Jin Ying

(Chinese Financial Research Centre of Southwestern University of Finance and Economics, Chengdu, 610074)

**Abstract:** under the assumption of oil prices exogenous, with oil-producing elements of the dynamic general equilibrium model, historical data and draw on existing literature by estimating the calibration model in the steady-state parameters, impulse response and simulation, describing the oil price shocks, the dynamic relationship between the total output, capital stock, return on capital, consumer and other economic variables, reported changes in oil prices and the total output changes between the inverse cyclical.

**Key words:** oil price; DSGE model; production chain transmission

收稿日期: 2013-12-17

作者简介: 吕金营, 西南财经大学中国金融研究中心金融学博士生, 研究方向: 金融理论与实践