

中国石油依赖经济成本的 Monte Carlo 模拟

焦建玲, 刘晓凡, 朱俊红

(合肥工业大学 管理学院, 合肥 230009)

摘要: 2011年中国成为世界第二大石油消费国,经济的石油依存度越来越高。财富转移、潜在GDP损失、宏观经济调整成本是石油进口国石油依赖经济成本三个重要组成部分。运用蒙特卡洛模拟方法,预测中国2015—2035年石油依赖的三部分成本,并进行相应的敏感度分析。结果表明:在当今国际石油价格越来越不受供需控制和我国居高不下的进口规模情况下,财富转移成为我国石油依赖总经济成本中的主导部分,占到总经济成本的65%左右。需求价格弹性、潜在GDP损失乘数、GDP价格弹性及完全竞争下的市场价格是影响石油依赖经济成本的主要参数。2035年前我国石油依赖的经济成本占GDP的比重维持在2.3%左右,难以实现石油独立。

关键词: 石油依赖; 经济成本; 蒙特卡洛模拟; 敏感度分析

中图分类号: F062.1

文献标识码: A

文章编号: 1009-3370(2013)04-0001-06

据国务院2012年发布的《中国能源政策(2012)》^[1]白皮书显示,2011年我国石油消费量达到4.6亿吨,成为世界第二大石油消费国,我国石油对外依存度高达56.5%,比2010年上升了1.7个百分点。过高的石油对外依存度加剧了我国石油供应中断的风险。近年来,石油价格飞速飙升,给石油进口国的经济带来沉重打击,也加剧了经济安全的风险。

自1973年第一次石油危机以来,国内外学者围绕石油价格波动对经济影响这一问题进行了大量的研究,主要运用计量经济模型方法,如向量误差修正模型(VECM)^[2]、自回归条件异方差模型(GARCH)^[3]、向量自回归模型(VAR)^[4]等来定量分析石油价格波动和宏观经济的关系。不同于计量建模方法,Greene(2005,2006,2010)^{[57-16][41-44][74]}通过一系列量化研究,从财富转移、潜在GDP损失、宏观经济调整成本三个方面分析石油价格波动对一国经济产生的影响,探究影响石油依赖经济成本的主要因素。

国内近年来关于石油价格波动对我国经济影响的研究较多,与国外类似,主要运用计量建模或宏观经济建模方法。如Fan Y(2007)^[6]用可计算的一般均衡模型(CGE)探讨国际原油价格波动对中国的实际GDP、投资、消费及进出口等经济指标的影响;吴振信(2011)^[9]运用VAR模型,探究油价波动对我国一些重要经济变量的影响,特别是对经济增长的

影响规律。Jiao J L(2012)^[10]运用结构VAR模型研究油价波动对行业经济的影响。唯有陈浩(2010)^[11]从财富转移、潜在GDP损失和宏观经济调整成本方面对我国石油依赖的经济成本进行分析,并估计了1993—2007年我国石油依赖的经济成本。

本文在对中国2015—2035年间石油与经济社会关系进行大量调研基础上,借鉴Greene(2005)^[57]用财富转移、潜在GDP损失和宏观经济调整成本三部分构成的石油依赖成本概念和模型,预测2015—2035年中国石油依赖的经济成本,并运用蒙特卡洛模拟对总成本及三部分成本进行敏感度分析,探究影响我国石油依赖经济成本的主要因素。

一、模型与预测方法

(一)模型说明

石油依赖是指石油生产国运用市场垄断权力引起的经济成本的脆弱性,包括石油价格波动引起的中断成本,石油价格高于完全竞争下的市场价格引起的产出损失,以及石油垄断价格引起的从石油消费国到石油生产国的财富转移^[57]。即存在垄断使油价高于完全竞争下的市场价格水平时,石油消费经济体产生3种经济成本:财富转移;潜在GDP损失;宏观经济调整成本。

1. 财富转移

财富转移是石油依赖成本中可以直接度量的部分。当石油价格高于完全竞争下的市场价格水

收稿日期: 2013-05-02

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71271074)

作者简介: 焦建玲(1966—),女,管理学博士,教授,E-mail: jianljiao@126.com

平,石油消费国的进口成本增加,增加的这部分成本作为一种垄断收益流入到石油生产国,即财富转移。

财富转移损失说明如图1所示。由于我国是石油净进口国,所以供给和需求曲线没有交点。在完全竞争下的石油市场价格为 P_0 时,国内石油供给是 sQ_0 ,需求为 dQ_0 ,供给不能满足需求,需要进口 $^dQ_0 - ^sQ_0$ 。当通过市场权力使石油价格上涨到 P_1 时,石油需求减少到 dQ_1 ,石油供给上涨到 sQ_1 ,这时进口量仅为 $^dQ_1 - ^sQ_1$ 。在完全竞争市场条件下,消费者对石油的支出为 $P_0^dQ_0$,在垄断价格条件下,消费者的石油支出为 $P_1^dQ_1$,消费者剩余减少 P_1P_0GF ,生产者剩余增加 P_1P_0CA ,梯形 $ACGF$ 的面积为垄断价格下的经济净损失。在完全竞争市场条件下长方形 $ABEF$ 是消费者剩余,但是在垄断条件下现金支付给石油出口国,是石油出口国的收益。

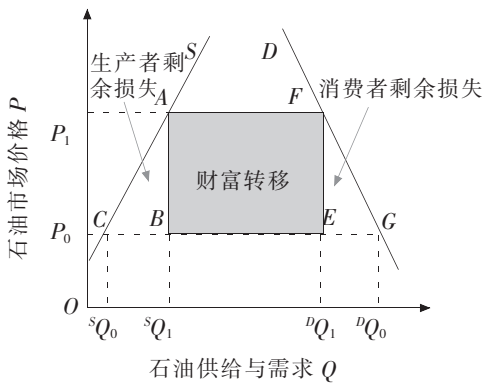


图1 财富转移和潜在GDP损失示意图

如果完全竞争下的石油市场价格已知,财富转移为

$$WT=(P_1-P_0)*(^dQ_1-^sQ_1) \quad (1)$$

其中, P_1 为实际油价; P_0 为完全竞争下的油价; $^dQ_1-^sQ_1$ 为净进口量。

2. 潜在GDP损失

当实际石油价格超过完全竞争下的市场价格水平,较高的油价说明石油资源变得更加稀缺。从经济学角度看,在同样的资本劳动投入下,石油稀缺会导致一国经济产出下降,这部分产出损失称作潜在GDP损失。

潜在GDP损失可以用油价上涨引起的生产者剩余和消费者剩余损失的和来估计。如图1所示,三角形 ABC 为生产者剩余损失,是由于油价上涨,国内生产者为了增加产量而耗费的实际经济资源,在完全竞争市场情况下,这些资源可以用来生产其他产品来提高国内产出,而垄断情况下却是一种资源浪费。三角形 EFG 是消费者剩余损失,在完全竞争

市场条件下是消费者的潜在收益,垄断情况下无人获得,是一种额外的经济损失。

根据蛛网理论,前期油价会影响当期的供求水平,本文用动态滞后调整方程来描述供给和需求函数。如果经济中只有石油一种商品,石油价格上涨只影响石油市场。实际上,石油价格的上涨会影响许多相关商品的价格,尤其是石油替代能源。所以油价上涨也会间接引起其他市场中消费者和生产者剩余损失,使潜在GDP损失倍增。因此,本文在预测潜在GDP损失时,首先估计我国石油市场生产者和消费者剩余损失之和,然后使用一个乘数将估计的石油市场损失转换成整个经济遭受的损失。

3. 宏观经济调整成本

潜在GDP损失从微观供需角度度量市场垄断对石油消费国导致的经济成本。由于石油产品在国民经济中的战略地位,石油价格的突然波动,会打破经济原有的均衡。由于工资和价格刚性,经济不能随石油价格波动进行快速的调整,由此产生劳动失业和资本闲置,经济产出降低。这部分损失称为宏观经济调整成本。

GDP对油价波动的动态调整是估计宏观经济调整成本的关键。根据线性滞期调整模型,假设宏观经济调整后的当期油价(调整价格)是当期实际油价和调整后的上期油价的加权平均^{[6]62}

$$p_t = \lambda P_t + (1-\lambda) p_{t-1} \quad (2)$$

其中, p_t 是调整油价; λ 为宏观经济调整比率; P_t 是当期实际油价。

宏观经济调整成本主要取决于两个因素:一是石油价格调整的相对速度,即 P_t/p_t ;二是整个宏观经济对石油价格的敏感性,即GDP石油价格弹性。假设宏观经济对油价冲击调整后,其影响表现为GDP石油价格弹性的一个固定比例,本文将该比例设定为0.75^{[6]64}。另假设油价冲击对宏观经济的影响持续两年,则宏观经济调整成本为

$$\begin{aligned} MAC = & \omega \left[abs \left[1 - \left(\frac{P_t}{P_t} \right)^{0.75\beta \left(\frac{\phi_t}{\phi_{1983}} \right)} \right] GDP_t \right] + \\ & (1-\omega) \left[abs \left[1 - \left(\frac{P_{t-1}}{P_t} \right)^{0.75\beta \left(\frac{\phi_{t-1}}{\phi_{1983}} \right)} \right] GDP_{t-1} \right] \quad (3) \end{aligned}$$

其中, GDP_t 为当期GDP水平; β 为GDP石油价格弹性; ϕ_t 是石油支出占当年GDP的比重; ω 是价格波动对宏观经济的当期影响系数; $abs()$ 表示绝对值。

(二) 预测方法——蒙特卡洛模拟

蒙特卡洛(Monte Carlo)模拟通过设定随机过程,反复生成时间序列、计算参数估计量和统计量,

进而研究其分布特征,该方法用参数的概率分布来反映模型的不确定性。现阶段,很少有文献明确蒙特卡洛模拟中参数的概率分布,本文设定参数分布的原则如下:

- 1.除 GDP 石油价格弹性是否为常数服从两点分布外,其余参数服从三角形分布;
- 2.对于已有文献估计相关参数的,本文根据文献设定参数的中间值和范围;
- 3.没有文献可参考的参数,本文给定其足够大的波动范围;
- 4.各个参数相互独立。

二、实证研究

(一)数据来源与参数设定

2015—2035 年国际原油价格数据及中国 GDP 数据均来源于美国能源部能源信息署(EIA)^[12],国际原油价格选取 EIA 预测的基准油价,中国石油消费量和生产量数据来源于国际能源机构(IEA)^[13]。

关于石油的完全竞争市场价格,Greene(2006)^[67]把 1973 年石油价格(15 美元/桶)作为完全竞争下的油价。由于近年来国际原油价格持续走高,用 1973 年较低的完全竞争下的油价会放大财富转移成本。近年来随着老油田的逐渐耗竭和新油田的开发,原油开采成本在上升,即原油的边际成本在上升。根据 EIA 的研究报告^[14],国际原油平均开采成本为 29.31 美元/桶。另国际研究机构 Sanford C. Bernstein 认为,石油行业盈亏平衡的平均成本为 35 美元/桶。参考上述数据,笔者将 33 美元/桶作为完全竞争下的市场油价。

潜在 GDP 损失乘数则通过计算石油价格和天然气、煤炭、电力价格的相关系数,分别为 0.62、0.77 和 0.76,对每一种能源形式包括石油分别赋予其与石油价格的相关系数为权数求和作为总支出,然后除以石油支出,得到乘数 2.25^[510]。

关于中国供给和需求价格弹性,Greene(2006)^[696]设定需求价格弹性区间为-0.07~-0.03,供给价格弹性为 0.02~0.06。陈浩(2010)^[1115]、李坤望(2008)^[151]分别通过研究得到中国的石油需求价格弹性为-0.04~-0.11。Mu X Y(2010)^[116]认为中国石油供给弹性区间为 0.1~0.2。结合不同的研究,笔者给供求价格弹性设定一个比较适中的区间范围。供给和需求调整比率则设定为 0.15^[696]。

Tang W Q(2010)^[17]运用误差修正模型(ECM)研究短期油价波动对中国经济产出的影响,结果表明,油价上涨 1%会引起 GDP 增长率下降 0.38%。作

为基准,笔者直接借鉴其研究成果,将中国 GDP 石油价格弹性设定为-0.04。宏观经济调整比率和宏观经济成本比例则参照 Greene(2006)^[662-65]的设定。参数具体分布如表 1 所示。

表 1 模型中各参数的概率分布

| 参数说明 | 概率分布 |
|-------------|-----------------------------|
| 完全竞争下的市场价格 | Triangle(30,33,36) |
| 潜在 GDP 损失乘数 | Triangle(1.5,2.25,3.0) |
| 需求价格弹性 | Triangle(-0.12,-0.08,-0.04) |
| 需求调整比率 | Triangle(0.05,0.15,0.25) |
| 供给价格弹性 | Triangle(0.06,0.10,0.14) |
| 供给调整比率 | Triangle(0.05,0.15,0.25) |
| GDP 石油价格弹性 | Triangle(-0.07,-0.04,-0.01) |
| 宏观经济成本比例 | Triangle(0.6,0.75,0.9) |
| 当期影响系数 | Triangle(0.45,0.55,0.65) |
| 宏观经济调整比率 | Triangle(0.22,0.33,0.44) |
| GDP 弹性是否为常数 | Binomial(0,1;p=0.5) |

(二)实证结果分析

1. 我国 2015—2035 年石油依赖经济成本

表 1 中各参数取其三角形分布中的最可能值时,得到 2015—2035 年中国石油依赖的经济成本,如图 2 所示。未来 20 年中国石油依赖经济总成本约为 114 千亿美元,其中,财富转移 74 千亿美元,潜在 GDP 损失 30 千亿美元,宏观经济调整成本为 10 千亿美元,分别占总经济成本的 64.9%、26.3%和 8.8%。财富转移是石油依赖成本的主导,且随着油价走高逐年增加;宏观经济调整成本主要是由于价格波动引起的,而本文中的价格数据来自于 EIA 预测数据,走势较平稳,所以宏观经济调整成本在前几年较大且有波动,随后趋于稳定并保持较低水平。

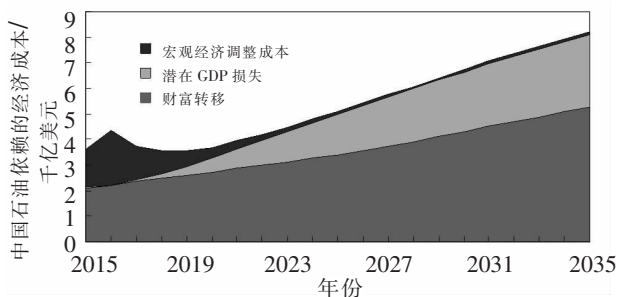


图 2 2015—2035 年中国石油依赖经济成本及构成走势

图 3 为表 1 中参数服从设定的分布并运行蒙特卡罗模拟 10 万次时,我国 2015—2035 年累计经济成本及三部分成本,其中总经济成本置信度为 90%的置信区间为 101 千亿~131 千亿美元,均值为 115 千亿美元。

财富转移的均值为 74 千亿美元,并以 90%的概率落在区间 73 千亿~76 千亿美元内,波动区间较

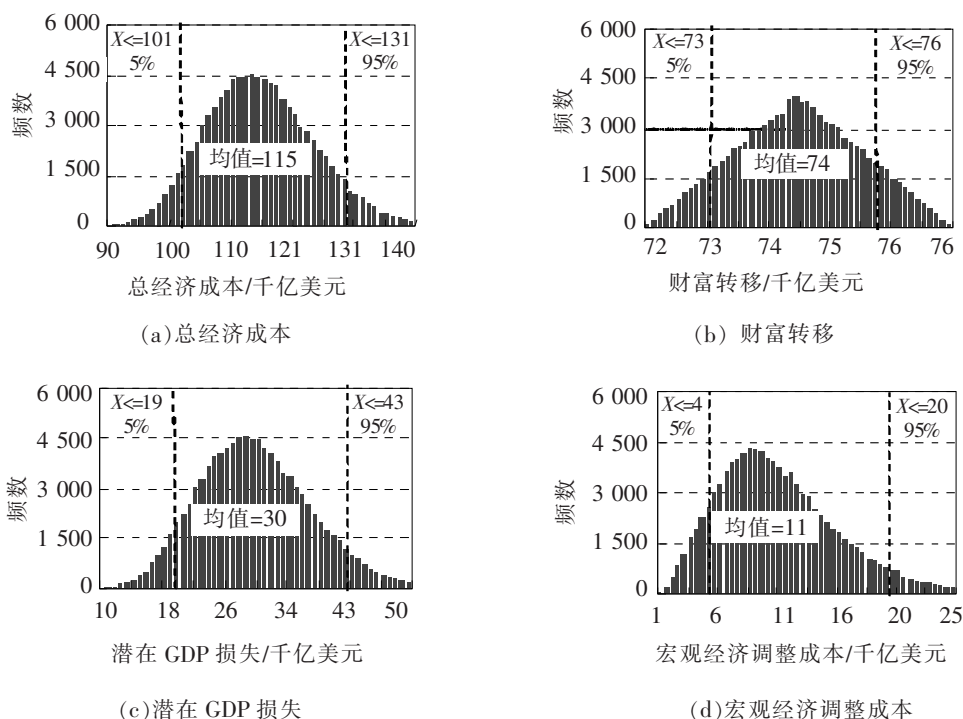


图3 2015—2035年累计石油依赖经济成本的蒙特卡洛模拟结果

小,且结果呈现三角形分布;潜在 GDP 损失的均值为 30 千亿美元,以 90%的概率落在区间 19 千~43 千亿美元内;宏观经济调整成本是三部分成本中最小的,均值为 11 千亿美元,以 90%的概率落在区间 4 千~20 千亿美元内。

2. 中国 2015—2035 年石油依赖经济成本的敏感度分析

本文的敏感度分析是指,给定模型中某一参数变动一个标准差单位,经济成本相应变动多少标准差单位,其中经济成本、参数的均值和标准差如表 2 所示。

表 2 敏感度分析中各个变量或参数的均值和标准差

| 参数或者变量 | 均值 | 标准差 |
|---------------|--------|------|
| 总经济成本 | 115.00 | 9.00 |
| 财富转移 | 74.00 | 1.00 |
| 潜在 GDP 损失 | 29.00 | 7.00 |
| 宏观经济调整成本 | 11.00 | 5.00 |
| 完全竞争下的市场价格 | 33.00 | 1.22 |
| 潜在 GDP 损失乘数 | 2.25 | 0.31 |
| 需求价格弹性 | -0.08 | 0.02 |
| 需求调整比率 | 0.15 | 0.04 |
| 供给价格弹性 | 0.1 | 0.02 |
| 供给调整比率 | 0.15 | 0.04 |
| GDP 石油价格弹性 | -0.04 | 0.01 |
| 宏观经济成本比例 | 0.75 | 0.06 |
| 当期影响系数 | 0.55 | 0.04 |
| GDP 价格弹性是否为常数 | 0.5 | 0.5 |
| 宏观经济调整比率 | 0.33 | 0.04 |

注:总经济成本和三部分成本的单位是千亿美元;完全竞争下的市场价格单位为美元/桶。

石油依赖经济成本对主要参数的敏感度分析如图 4(a)所示,对总成本影响最大的参数是 GDP

石油价格弹性。总成本一个标准差变化是 9 千亿美元,需求价格弹性增加一个标准差会引起总经济成本减少 $0.52 \times 9 = 4.68$ 千亿美元。需求价格弹性的标准差为 0.02,说明需求价格弹性从 -0.08 增加到 -0.06 (变动一个标准差)时,总经济成本将会减少 4.68 千亿美元。其他重要的影响参数还有潜在 GDP 损失乘数,GDP 石油价格弹性。

图 4(b)、(c)、(d)分别为财富转移、潜在 GDP 损失和宏观经济调整成本对模型关键参数敏感度分析结果,其中财富转移只受完全竞争下的市场价格的影响,如图 4(b)所示。

需求价格弹性和潜在 GDP 损失乘数是影响潜在 GDP 损失最重要的两个参数,如图 4(c)所示,需求价格弹性的敏感度为 -0.64,说明若需求价格弹性从 -0.08 增加到 -0.06 (变动一个标准差)时,潜在 GDP 损失会下降 $0.64 \times 7 = 4.48$ 千亿美元。需求价格弹性比供给价格弹性对潜在 GDP 损失的影响大,说明中国石油依赖经济成本受需求制约较大,这是因为中国是石油净进口国。

影响宏观经济调整成本最重要的参数是 GDP 石油价格弹性,如图 4(d)所示,其敏感度为 -0.71,说明当我国 GDP 价格弹性从 -0.04 增加到 -0.03 (变动一个标准差)时,宏观经济调整成本将会减少 $0.71 \times 5 = 3.55$ 千亿美元。宏观经济调整比率与 GDP 价格弹性是否为常数也是影响宏观经济调整成本的重要参数。

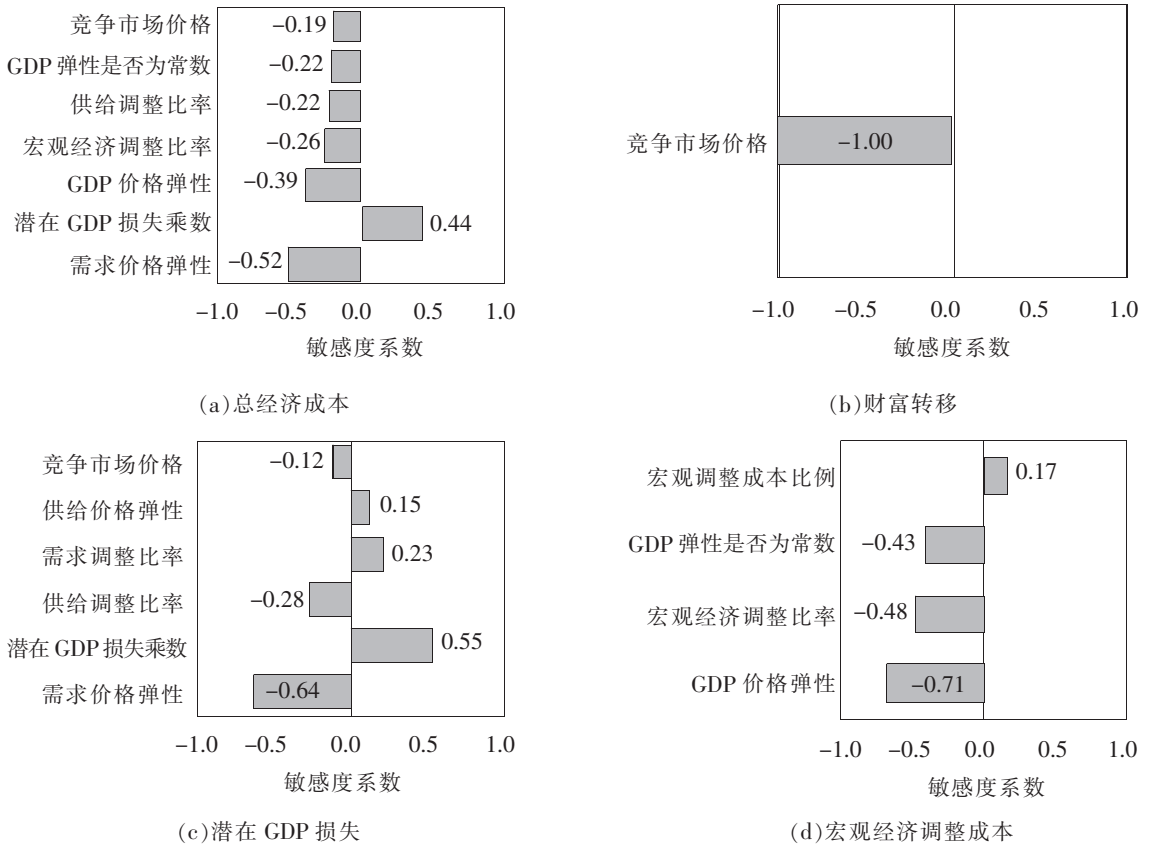


图4 我国石油依赖经济成本的敏感度分析

3.我国 2015—2035 年石油依赖经济成本占 GDP 比重

笔者用石油依赖经济成本量化油价对经济的影响,为了更直观地说明石油依赖经济成本的经济意义,引入石油独立的概念,即石油依赖经济成本占 GDP 的比重不超过 1%^[7]。根据研究模型,可以估计出我国 2010 年经济成本占比约为 3%,根据图 2 结果,得到我国 2015—2035 年间石油依赖经济成本占 GDP 的比重(图 5)。从图 5 可以看出,2016 年后石油依赖的经济成本占 GDP 比重有一个下降的过程,但 2019 年后基本上稳定,甚至还有一个微弱上升的趋势,2035 年前,约仍维持在 2.3%左右,不能实现石油

独立,而美国 2008 年石油依赖经济成本占 GDP 比重为 4%,但预计在 2023 年可以实现石油独立^[76]。

三、结束语

本文在对石油与中国经济社会进行大量调研基础上,将石油依赖经济成本划分为财富转移、潜在 GDP 损失和宏观经济调整成本三个部分,运用蒙特卡洛模拟和敏感度分析,对中国 2015—2035 年间石油依赖的经济成本进行了分析与预测,得到以下结论:

1.随着我国石油进口量不断提高,在石油依赖成本中占主导地位的财富转移会一直处于高位,这必然会给我国经济带来沉重的负担;持续走高的油价意味着石油资源的稀缺,我国的潜在经济产出会因此下降;宏观经济调整成本比较复杂,不仅与油价波动有关,还依赖于国家经济调整政策的实施,这加大了我国经济发展的不确定性。特别是在当前国际油价受地缘政治和突发事件影响而高位震荡的大背景下,我国对石油的高度依赖,将给国家能源安全带来威胁。

2.敏感度分析显示,GDP 价格弹性、需求价格弹性、宏观经济调整比率、GDP 价格弹性是否为常数及完全竞争下的市场油价的下降都会使我国遭受

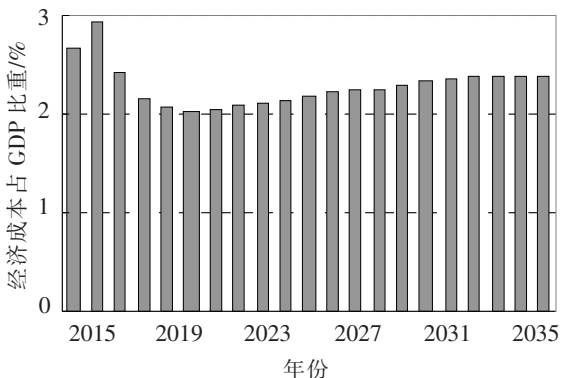


图5 我国石油依赖经济成本占 GDP 比重

更多的石油依赖经济成本,且这些因素的变动对经济成本的影响较大。我国石油需求持续攀升,石油生产能力接近饱和,现阶段大力开发新型能源,提高石油的利用效率才是降低我国石油依赖经济成本的有效方法。

3.我国石油依赖的经济成本每年为4千亿~8千

亿美元,占GDP比重在2%左右,高于石油独立的水平。但可以明确的是石油独立不是靠减少石油消费或者进口来实现,而是应该在满足经济社会需求的前提下,通过产业结构调整、能源消费结构调整、提高能源利用效率等措施把对石油依赖降低到合理的范围内。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国国务院新闻办公室. 中国能源政策(2012)[EB/OL].(2012-10-24)/[2013-05-02].http://www.gov.cn/jrzq/2012-10/24/content_2250377.html.
- [2] He Y A. Global economic activity and crude oil prices: a cointegration analysis[J]. Energy Economics, 2010(32):868-876.
- [3] Mohammadi H, Su L X. International evidence on crude oil price dynamics: applications of Arima-Garch models[J]. Energy Economics, 2010(32):1001-1008.
- [4] Rahman S, Serletis A. The asymmetric effects of oil price and monetary policy shocks: a nonlinear VAR approach[J]. Energy Economics, 2010(32):1460-1466.
- [5] David L Greene, Ahmad S. Costs of U.S. oil dependence: 2005 update[R]. Oak Ridge National Laboratory, 2005.
- [6] Greene D L, Leiby P N. The oil security metrics model[R]. Oak Ridge National Laboratory, 2006.
- [7] Greene D L. Measuring energy security: can the United States achieve oil independence[J]. Energy Policy, 2010(38):1614-1621.
- [8] Fan Y. The impact of rising international crude oil price on China's economy: an empirical analysis with CGE model[J]. International Journal of Global Energy Issues, 2007, 27 (4):404-424.
- [9] 吴振信,薛冰,王书平. 基于VAR模型的油价波动对我国经济影响分析[J]. 中国管理科学, 2011, 19(4):21-28.
- [10] Jiao J L, Gan H H, Wei Y M. The impact of oil price shocks on Chinese industries [J]. Energy Sources, Part B: Economics, Planning and Policy, 2012, 7(4):348-356.
- [11] 陈浩,陈燕. 中国石油依赖的经济成本分析[J]. 广东社会科学, 2010 (1):30-38.
- [12] Energy Information Administration. Annual energy outlook 2012 [R]. US:Energy Information Administration of the U.S. Department of Energy, 2012.
- [13] International Energy Agency. World energy outlook 2010: global energy trends to 2035[R]. Paris; IEA/OECD, 2010.
- [14] Energy Information Administration. Performance profiles of major energy producers 2009[R]. US:Energy Information Administration of the U.S. Department of Energy, 2011.
- [15] 李坤望,孙玮. 我国石油进口需求弹性分析[J]. 当代财经, 2008(4):89-94.
- [16] Mu X Y. Understanding the crude oil price: how important is the China factor? [R]. San Francisco: USAEE-IAEE, 2010.
- [17] Tang W Q, Wu L B, Zhang Z X. Oil price shocks and their short-term and long-term effects on the Chinese economy[J]. Energy Economics, 2010(32):3-14.

Monte Carlo Simulation of Cost to China's Economy of Oil Dependence

JIAO Jianling, LIU Xiaofan, ZHU Junhong

(School of Management, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: In 2011, China became the world's second largest consumer of oil with increasing degree of dependence on oil. Economic costs of China's oil dependency are analyzed from three sections, which include transfer of wealth, possible cost of GDP and macroeconomic adjustment costs. The total economic costs of China's oil dependence from the year 2015 to 2035 can be predicted by Monte Carlo Method and the relevant sensitivity analysis can be carried out. The results indicate that transfer of wealth plays the leading part, which accounts for 65 percent of the total economic costs due to oil pricing out of control by supply and demand, and large imports. The main influencing parameters include price elasticity of demand, potential GDP loss multiplier, price elasticity of GDP and the price of competitive market. China cannot realize oil independence before 2035, and economic costs of oil dependency will account for about 2.3 percent of the GDP.

Key words: oil dependence; economic costs; Monte Carlo simulation; sensitivity analysis

[责任编辑:孟青]