

国际原油供给新变革下的寡头合作竞争博弈分析

程承¹, 王震^{1,2*}, 薛庆¹, 刘明明¹

1 中国石油大学(北京)中国能源战略研究院, 北京 102249

2 中国石油天然气集团政策研究室, 北京 100003

* 通信作者, wangzhen@cup.edu.cn

收稿日期: 2016-09-20

摘要 页岩革命推动美国超越沙特阿拉伯和俄罗斯, 成为世界第一大原油生产国。美国借助页岩油, 介入原先由欧佩克和非欧佩克主导的常规原油供给博弈中, 改变了国际原油供给市场格局。为分析未来竞争态势, 研判未来格局中摇摆国发挥的作用, 本文构建了寡头竞争博弈模型并分别求解了竞争情景和合作情景下欧佩克、非欧佩克传统产油国和美国的纳什均衡供给量、利润和桶油利润, 并在此基础上量化分析了摇摆国在维持石油行业利润中发挥的关键作用。均衡求解结果显示, 尽管美国加入供给角逐, 欧佩克与非欧佩克传统产油国之间缺乏合作动力, 国际原油供应格局趋向三足鼎立、共同竞争的局面。美国和沙特阿拉伯均具有成为摇摆国的潜力。

关键词 竞争合作; Cournot 模型; 纳什均衡; 原油生产国; 摇摆国

0 引言

原油生产国之间的博弈关系是影响全球原油供给格局的关键因素。目前, 全球约有 70 多个原油生产国, 其中 32 个国家具备出口能力^[1]。在开展相关研究时, 通常将这些生产国划分为两类, 即欧佩克和非欧佩克。欧佩克是按照一定的组织协议建立起的国际性原油生产国集团, 该组织包含 13 个原油生产国, 成员国在受生产配额制度约束的条件下追求组织利益最大化。

非欧佩克涵盖其余原油生产国, 可划分为 3 类: (1) 超级势力, 主要指俄罗斯。2015 年俄罗斯原油年产量达 5.4 亿 t, 出口量达 3.9 亿 t, 对原油供给市场具有重要影响。(2) 价格接受者, 主要指加拿大、挪威、哈萨克斯坦等原油出口国。这类国家受限于储量、产能、地理位置或运输能力, 难以主动地影响世界原油供给, 因而属于价格接受者。(3) 全力生产国, 如美国和中国

等原油的净进口国。这类国家虽然生产原油, 但需求量高于自身供给能力, 需依托国际原油市场进口原油。非欧佩克中, 俄罗斯和价格接受者(共 19 个国家)属于原油净出口国, 对国际原油供给市场具有直接影响, 因而, 后文中非欧佩克国家特指这两类国家(得益于页岩革命, 美国在国际原油供给市场中地位得到提升, 将在后文中单独论述)。虽然非欧佩克并不存在实体组织, 但非欧佩克国家均以最大化自身利益为目标, 因而在生产行为上具有一定共性, 进行研究时往往作为一个整体进行分析^[2-5]。

欧佩克和非欧佩克是世界常规原油供给市场中的两大主体。2002 年以来, 两者净出口量在世界原油净出口量占比分别为 61% 和 39%^[1], 两者的供给波动均会对国际原油供给市场造成重大影响, 更有实证分析结果表明欧佩克的供给波动可以引发原油价格短期波动^[5-7]。沙特阿拉伯和俄罗斯分别是欧佩克和非欧佩克两大集团中的最具话语权的国家, 也是原油供给市场

引用格式: 程承, 王震, 薛庆, 刘明明. 国际原油供给新变革下的寡头合作竞争博弈分析. 石油科学通报, 2017, 01: 142-150

CHENG Cheng, WANG Zhen, XUE Qing, LIU Mingming. Co-competition game analysis on the oligopoly oil market under the world new supply patterns. Petroleum Science Bulletin, 2017, 01: 142-150. doi: 10.3969/j.issn.2096-1693.2017.01.014

中的两大超级势力：沙特是欧佩克内第一大产油国，也是 2002 年以来世界第一大产油国，产量约占全球产量的 12.7%^[1]，且在很长时期内担当国际原油市场的摇摆国(摇摆国特指主动调节产量、维持国际原油供应稳定、协助国际原油市场应对短期冲击的产油国)^[8]；俄罗斯是非欧佩克国家中原油产量最高的国家，2015 年其产量高于加拿大、墨西哥、挪威和哈萨克斯坦 4 国产量之和。2002 年以来，其原油产量在全球产量中占比约为 12.3%^[1]，是同期内第二大产油国，对原油供给市场具有很强的影响力。

在 2009 年之前，国际原油供给呈现出欧佩克与非欧佩克产油国围绕常规原油资源进行竞争的寡头竞争格局，其中，沙特和俄罗斯分别是两个寡头集团中最具话语权的国家。2002—2009 年间，两个组织的竞争达到相对均衡状态，欧佩克和非欧佩克净出口量占比分别维持在 61% 和 39% 左右^[1]，国际原油主要由中东、东欧、非洲、南美、中亚地区流向北美、欧洲和亚太地区。

自 2009 年起，美国的页岩革命成就卓越，扭转了其原油产量缓速下降的态势。同期内，页岩油在国际原油市场中崭露头角，直接冲击以常规原油供应为主的供给格局。从图 1 中可以看出，在本土页岩油增产上产的快速推动下，美国国内原油产量高速增长，净进口量持续降低，能源自给程度稳步提高。据 BP 预测，美国将于 2029 年成为原油净出口国^[9]。

页岩革命不仅提高了美国的能源供应能力，改善

了其原油进出口结构，还引发了国际原油市场的新变革。首先，页岩油产量影响了欧佩克和非欧佩克的供给行为。例如，2008 年油价下跌时，沙特和俄罗斯均采用了减产政策提高油价，然而 2014 年油价下跌后，沙特和俄罗斯并未采取减产策略，反而期望通过增加产量挤压页岩油发展空间(见图 1)。其次，页岩油资源改变了全球原油贸易流向。2009 年后，美国原油净进口量持续降低，从中东、中南美、西非和墨西哥进口总量降低了约 2 亿 t^[1]；从全球原油贸易版图来看，随着北美地区进口原油占比下降(2015 年降低了 6%，降至 20%)，亚太地区进口原油占比已显著升高(2015 年约为 52%，提升了 10%)^[1]。最后，页岩油资源将改变全球原油供给结构。无论从短期，还是长期发展潜力来看，美国都将在世界原油供给中扮演重要角色。2015 年，美国原油产量占世界原油产量的比重已提升至 13% 左右，再次成为可比肩沙特、俄罗斯的原生产大国^[1]。从长期看，坐拥丰富的页岩油气资源，美国足以成为常规原油供应国的有力竞争对手。据 BP 预测，2035 年页岩气在全球天然气中产量占比将达 24%，页岩油在全球原油产量中占比达 10%^[9]。

页岩革命打破了之前由沙特和俄罗斯主导的常规原油供给竞争的相对均衡状态。使美国参与到欧佩克和非欧佩克传统产油国的博弈中。未来原油供给格局中最突出的两大不确定性在于：其一，美国从全力生产国转变为原油供给市场的新的超级势力后，能否将原先的欧佩克与非欧佩克产油国的寡头竞争格局转变

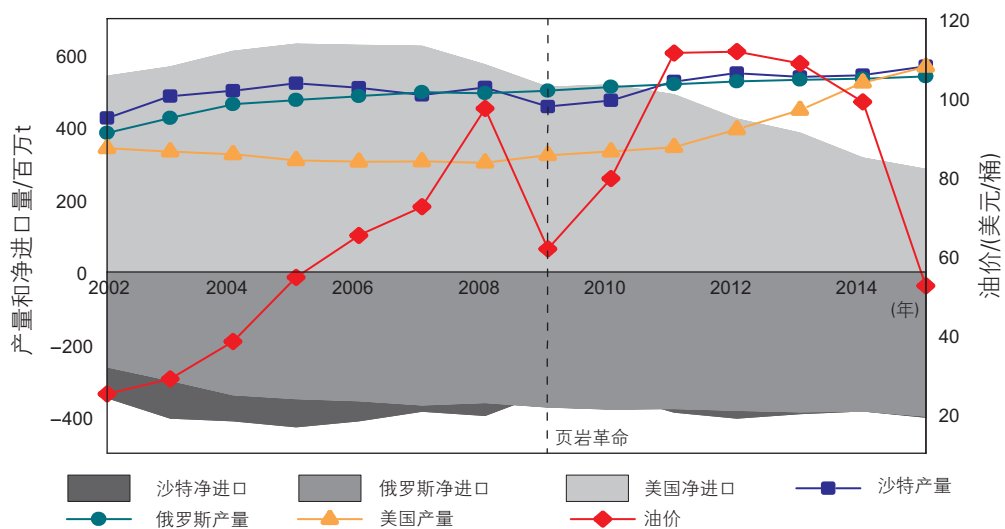


图 1 页岩革命前后沙特、俄罗斯、美国原油产量、净进口量和国际油价

Fig. 1 The crude oil production and net imports of Saudi Arabia, Russia and the United States of America and the oil prices before and after shale revolution

为合谋以对抗美国的新格局^①；其二，在全新的全球原油供给格局中，以沙特为首的欧佩克、以俄罗斯为首的非欧佩克传统产油国和美国，是否仍然需要摇摆机制来维持石油行业利润，摇摆国在新的格局中是否还具有存在意义和价值。针对以上两个问题进行研究，对于原油进口依存度持续攀升的中国制定相关政策十分重要。

原油供给市场的寡头竞争特性，已经被国内外众多研究国际原油供给结构的学者所论证(例如Dahl和Mine^[10]、Almoguera等^[11]以及Griffin和Neilson^[12])。而博弈论方法常用于分析寡头竞争市场的均衡状态^[13]，因为博弈分析充分考虑了竞争对手可能的反应，依据对手反应制定最优策略，并根据各方最优策略求解均衡状态下各参与方的均衡解。博弈分析中有4种常用的寡头博弈模型：Cournot模型、Hotelling模型、Stackelberg模型和价格领导模型^[13]。由于原油生产国主要通过产量进行竞争，而Hotelling模型和价格领导模型属于价格竞争模型，因而不适合分析原油市场。Cournot模型和Stackelberg模型属于产量竞争模型，两者差异在于：Cournot模型假设博弈双方同时决策，而Stackelberg模型则假设追随者先行动，领导者预判追随者决策后再进行决策。这两个产量竞争模型在原油生产国的博弈分析中十分常见。梁琳琳和齐中英^[2]利用Stackelberg模型分析欧佩克与非欧佩克博弈时引入需求因素和推测变差，分析它们对博弈结果的影响，实证分析结果表明欧佩克在改进后的模型中产量更高，利润更大。王震和许娟^[4]利用Stackelberg模型分析欧佩克成员间博弈，得出一次博弈时欧佩克成员将陷入“囚徒困境”，多次博弈时存在合作的可能。臧雷等^[14]利用Cournot模型分析页岩油革命对欧佩克行为的影响，得出在弹性恒定和成本以利率的速度增长的假设下，欧佩克无需改变生产行为，国际原油市场将在较低价格处达到新均衡。曹琦和樊明太^[15]利用Cournot模型分析欧佩克成员间博弈问题，得出与王震和许娟类似的结论。除以上两种模型外，王震等^[3]还利用Milgrom-Roberts模型分析欧佩克和非欧佩克之间博弈。Milgrom-Roberts模型属于垄断限价模型，用于分析垄断者与潜在进入者之间博弈。通过分析发现欧佩克通过设定价格区间，防止进入者了解欧佩克真实成本。

总结现有研究成果，可以发现：(1)现有关于原油供给市场博弈关系的研究，侧重欧佩克与非欧佩克之间博弈，或者欧佩克内部成员国间博弈，对当前形势下传统产油国与美国之间的博弈着墨甚少；(2)现有博弈分析侧重非合作博弈，尚未充分探讨原油供给市场参与者合作的可能性；(3)就新形势而言，非欧佩克国家竞争能力显著提升，逐渐危及欧佩克的领导者地位，因而不存在追随者的问题，Cournot模型更加适合分析当前形势下博弈关系。

为研判新形势下国际原油市场供给市场格局变化趋势，本文在Cournot双寡头博弈模型的基础上构建了三寡头博弈模型，研究欧佩克、非欧佩克传统产油国、美国三大集团的行动策略。本文结合当前博弈核心问题设计了竞争博弈情景和合作博弈情景，通过对比分析两种情景纳什均衡状态中的博弈参与者的供给量、总利润和桶油利润，探讨了非欧佩克传统产油国与欧佩克合作的可能性和决定因素。此外，本文还分析了摇摆国在稳定原油供给市场、维持石油生产行业利润中发挥的重要作用。

1 原油寡头市场竞争合作博弈分析

1.1 竞争博弈情景分析

假设三大集团相互竞争，形成三寡头垄断竞争格局。为求解三寡头垄断竞争格局下纳什均衡解，对三大集团进行如下假设：

(1)竞争机制假设：假设三大集团通过产量竞争实现自身利润最大化的目标。以 $q_i \in (0, \infty)$ 代表第 i 个集团的原油供给量， $i=1,2,3$ ；以 Q 代表全球原油供给量， $Q = \sum_{i=1}^3 q_i$ 。

(2)国际油价假设：以 P 代表国际油价，国际油价受原油供给量和需求量影响。假设国际原油市场供需均衡，可通过反需求函数确定国际油价，即 $P=P(Q)$ 。为简便分析，假设反需求函数为线性需求函数，满足 $P=a-b\sum_{i=1}^3 q_i$ 。

(3)求解纳什均衡：假设当三大集团供给量为 q_i 时，它们可获得的利润为 π_i ，并假设它们的生产成本

① 欧佩克和非欧佩克传统产油国之间存在合作的可能性。首先，2014年油价开始下跌时，欧佩克和非欧佩克同时选择增产与美国进行竞争(见图1)；此外，欧佩克达成减产协议的同时，俄罗斯、墨西哥、阿曼等非欧佩克重要产油国也表示同意减产。

分别为 c_i 。在此假设下，三大集团的决策目标为：

$$\max_{q_i > 0} \pi_i(q_1, q_2, q_3) = q_i(a - bq_1 - bq_2 - bq_3 - c_i), i = 1, 2, 3 \quad (1)$$

分别对(1)式中利润函数求一阶导并使其等于零，可得：

$$\frac{\partial \pi_i}{\partial q_i} = a - b \sum_{i=1}^3 q_i - bq_i - c_i = 0, i = 1, 2, 3 \quad (2)$$

式(2)中， $a - b \sum_{i=1}^3 q_i$ 为增加单位供给量带来的收益 P ， bq_i 为供给量增加引发油价下跌而带来的损失。由式(2)可知，生产国每增加单位原油供给量，可获得一桶油的收入，但还需承担增产带来的价格损失。

根据上式可得三大集团的最优反应函数 s_i ， $s_i, i = 1, 2, 3$ ，即：

$$\begin{cases} s_1(q_2, q_3) = q_1 = \frac{a - bq_2 - bq_3 - c_1}{2b} \\ s_2(q_1, q_3) = q_2 = \frac{a - bq_1 - bq_3 - c_2}{2b} \\ s_3(q_1, q_2) = q_3 = \frac{a - bq_1 - bq_2 - c_3}{2b} \end{cases} \quad (3)$$

联立最优反应函数可求得纳什均衡解， $q^* = (q_1^*, q_2^*, q_3^*)$ 。

$$\begin{cases} q_1^* = \frac{a - 3c_1 + c_2 + c_3}{4b} \\ q_2^* = \frac{a + c_1 - 3c_2 + c_3}{4b} \\ q_3^* = \frac{a + c_1 + c_2 - 3c_3}{4b} \end{cases} \quad (4)$$

纳什均衡条件下，三大集团的均衡利润分别为：

$$\begin{cases} \pi_1^* = \frac{(a - 3c_1 + c_2 + c_3)^2}{16b} \\ \pi_2^* = \frac{(a + c_1 - 3c_2 + c_3)^2}{16b} \\ \pi_3^* = \frac{(a + c_1 + c_2 - 3c_3)^2}{16b} \end{cases} \quad (5)$$

设原油需求曲线为 $Q = \alpha - \beta P$ ，其中 α 为基本需求量， β 为需求曲线斜率。对照反需求函数参数可得， $Q = \alpha - \beta P = a/b - P/b$ 。结合式(5)可知，原油生产国利润主要受三大因素影响：

(1)原油需求变动速度，即需求曲线的斜率 β 。需求曲线斜率越大，需求价格弹性越小，更容易形成垄断势力，相应地，原油生产国的利润越高。

(2)原油基本需求量 α 。原油基本需求越高，由基本需求所带来的利润就越高，原油生产国总利润越高。

(3)原油生产成本 c 。原油生产国的利润与本国生产成本呈负相关关系，本国生产成本越低，单位供给量利润越高，总利润也越高。原油生产国利润与其他生产国成本呈正相关关系，其他生产国成本上升会导致竞争力下降，原油生产国可通过低成本优势获得更高利润。

1.2 合作博弈情景分析

假设欧佩克与非欧佩克传统产油国合作，共同与美国竞争。为便于分析，假设两者在联合集团中供给量占比各为 50%，合作后成本按照供给量比重加权平均。

以 q_{12} 和 q_3 代表传统产油国和美国供给量；以 c_{12} 和 c_3 代表传统产油国和美国成本，其中， c_{12} 为供给量加权后的成本；以 π_{12} 和 π_3 代表传统产油国和美国利润。仍假设原油反需求函数为 $P = a - bQ, (Q = q_{12} + q_3)$ 。传统产油国和美国的最优化目标为：

$$\begin{cases} \max_{q_{12} \geq 0} \pi_{12}(q_{12}, q_3) = q_{12}(a - bq_{12} - bq_3 - c_{12}) \\ \max_{q_3 \geq 0} \pi_3(q_{12}, q_3) = q_3(a - bq_{12} - bq_3 - c_3) \end{cases} \quad (6)$$

分别对(6)式中利润函数求一阶导并使其等于零，可以得到传统产油国和美国的反应函数：

$$\begin{cases} s_{12}(q_3) = q_{12} = \frac{a - bq_3 - c_{12}}{2b} \\ s_3(q_{12}) = q_3 = \frac{a - bq_{12} - c_3}{2b} \end{cases} \quad (7)$$

纳什均衡为以上两个反应函数的交点，即：

$$\begin{cases} q_{12}^* = \frac{a - 2c_{12} + c_3}{3b} \\ q_3^* = \frac{a + c_{12} - 2c_3}{3b} \end{cases} \quad (8)$$

纳什均衡条件下，传统产油国和美国的利润分别为：

$$\begin{cases} \pi_{12}^* = \frac{(a - 2c_{12} + c_3)^2}{9b} \\ \pi_3^* = \frac{(a + c_{12} - 2c_3)^2}{9b} \end{cases} \quad (9)$$

对比合作博弈情景和竞争博弈情景下欧佩克与非欧佩克传统产油国联合体的纳什均衡总利润，可得：

$$\pi_{12}^* - (\pi_1^* + \pi_2^*) = (-a^2 - 37c_1^2 - 37c_2^2 - c_3^2 + 2ac_1 + 2ac_2 - 2ac_3 + 70c_1c_2 + 2c_1c_3 + 2c_2c_3)/(72b) \quad (10)$$

当且仅当合作情景下联合体总利润高于竞争情景下两大集团利润之和时，欧佩克和非欧佩克传统产油

国才可能相互合作,共同与美国博弈。否则,两者合作后总利润反而降低,理性的博弈参与者不会选择合作,国际原油供给市场将会形成欧佩克、非欧佩克传统产油国和美国三寡头相互竞争格局。由式(10)可知,非欧佩克传统产油国合作态度主要取决于原油生产成本和反需求曲函数的参数。为更直观分析非欧佩克传统产油国未来走向,本文将通过数值模拟方法进行分析。

1.3 数值模拟分析

竞争博弈和合作博弈的均衡解及相关计算结果详见表1。

从表1中可以看出博弈参与方的供给量、利润和桶油利润主要受反需求函数参数和生产成本影响。为进一步测算影响程度,本文以非欧佩克传统产油国成本和美国页岩油生产成本为主要变量,模拟不同情景下博弈参与方的均衡供给量、利润和桶油利润,各个博弈方桶油利润模拟结果如图2所示。

从图2中可以看出,生产成本对于博弈方利润有显著影响,且影响方向不同。以页岩油生产成本为例,对于美国而言,较低的生产成本可以带来高额的桶油利润;而对于其他生产国而言,页岩油生产成本越高,其他国家的桶油利润越高。数值模拟结果与1.1中理论分析结果相互印证。需注意的是,竞争博弈情景下传统产油国的桶油利润并未随着非欧佩克传统产油国的生产成本增高而降低,这是由于随着 c_2 增高,非欧佩克传统产油国供给量下降,欧佩克供给量上升,这

使得传统产油国的加权成本降低,传统产油国的利润先下降后上升,同时传统产油国的总供给量略微下降。在利润和供给量的综合影响下,传统产油国的桶油利润保持增长态势。

除分析原油生产成本对博弈参与者供给量及利润的影响外,还可以通过数值模拟分析欧佩克和非欧佩克传统产油国未来长期合作的可能性。根据2015年原油开采成本统计,欧佩克平均开采成本为20美元/桶,非欧佩克中传统产油国平均开采成本为47美元/桶,页岩油开采成本为55美元/桶。将以上参数代入式(10)中,可得 $\pi_{12}^* - (\pi_1^* + \pi_2^*) < 0$ 。由此可知,当采取合作策略时,欧佩克与非欧佩克传统产油国总利润反而降低,由此可以预判欧佩克和非欧佩克传统产油国难以合作,国际原油供给市场很可能形成三寡头竞争博弈格局。通过数值模拟可得到类似结论,从图3中可看出,虽然在合作博弈情境下欧佩克与非欧佩克传统产油国联合体的桶油利润略高,但两国总利润反而下降,较高的桶油利润是由于两国供给量降低导致的;反观美国在合作博弈情景下桶油利润与总利润显著提高。出于理性角度考虑,欧佩克与非欧佩克传统产油国将难以合作。

2 摇摆国维稳作用分析

摇摆国主要作用在于稳定原油供给,维持石油行

表1 博弈均衡解及相关计算结果

Table 1 The Nash equilibrium and related results

		竞争博弈情景 q_1, q_2, q_3	合作博弈情景 $q_1 = q_2, q_3$
供给量	欧佩克	$\frac{a - 3c_1 + c_2 + c_3}{4b}$	$\frac{a - 2c_{12} + c_3}{3b}$
	非欧佩克传统产油国	$\frac{a + c_1 - 3c_2 + c_3}{4b}$	
	美国	$\frac{a + c_1 + c_2 - 3c_3}{4b}$	$\frac{a + c_{12} - 2c_3}{3b}$
利润	欧佩克	$\frac{(a - 3c_1 + c_2 + c_3)^2}{16b}$	$\frac{(a - 2c_{12} + c_3)^2}{9b}$
	非欧佩克传统产油国	$\frac{(a + c_1 - 3c_2 + c_3)^2}{16b}$	
	美国	$\frac{(a + c_1 + c_2 - 3c_3)^2}{16b}$	$\frac{(a + c_{12} - 2c_3)^2}{9b}$

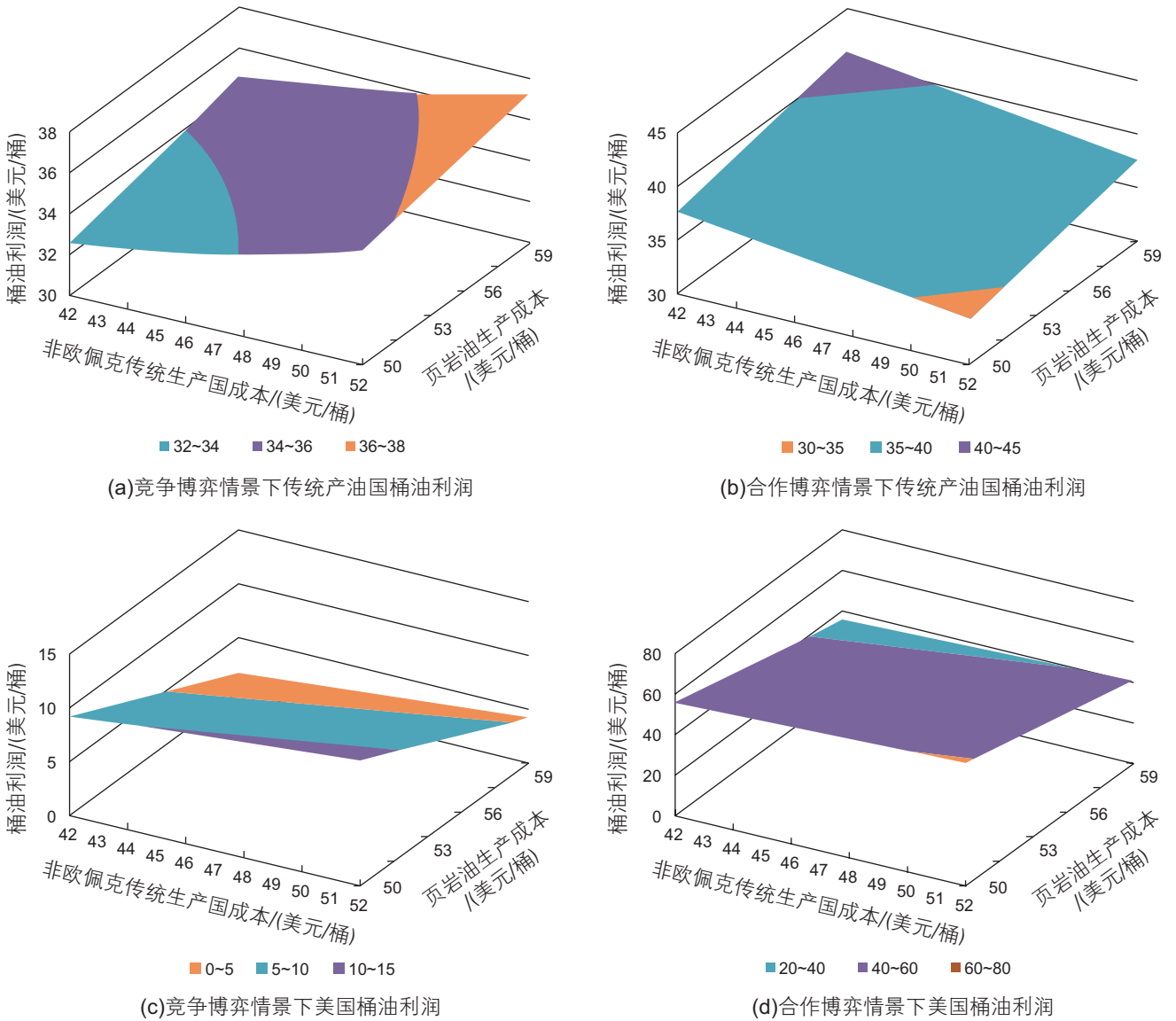


图 2 不同博弈情景下博弈参与方桶油利润与成本关系

Fig. 2 The relationship between the profit per barrel and cost for different players in different scenarios

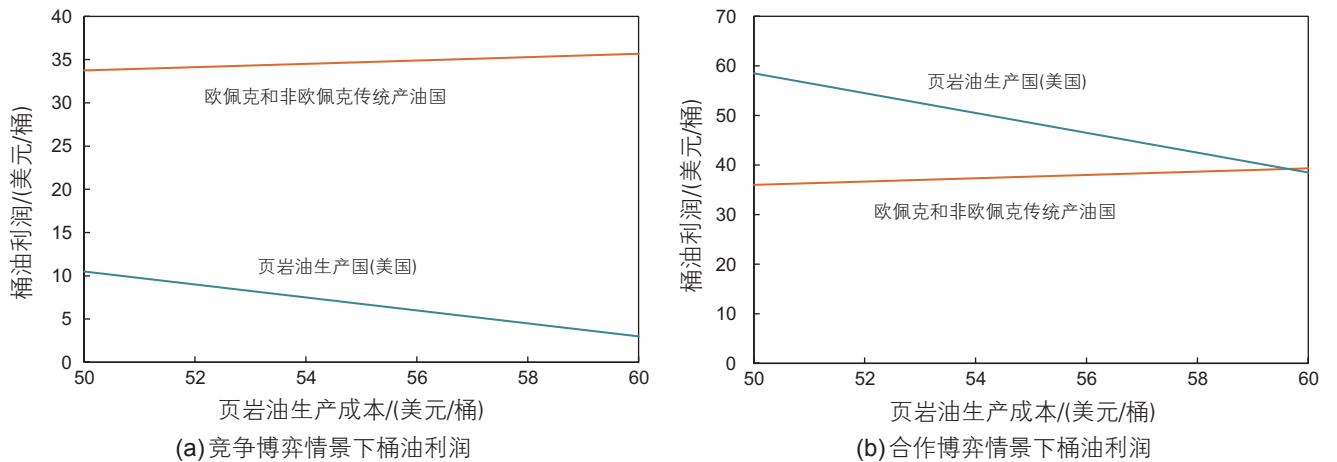


图 3 不同博弈情景下博弈参与方桶油利润

Fig. 3 The profit per barrel for different players in different scenarios

业整体利润。当博弈一方产量发生变动时, 摇摆国可以通过调节自身产量, 维持油价稳定, 进而维护整个石油行业利润。为分析摇摆国在未来格局中的重要作用, 本文结合对未来的预判, 在三寡头博弈竞争格局下进行分析。假设原油市场不存在摇摆机制, 美国将供给量调整为 $q_3' = \frac{a+c_1+c_2-3c_3}{4b} \lambda$ 。欧佩克国家与非欧佩克传统产油国的决策目标为在页岩油供给量既定前提下利润最大化, 即:

$$\begin{cases} \max_{q_i \geq 0} \pi_1'(q_1', q_2') \\ = q_1' \left(a - bq_1' - bq_2' - b \frac{a+c_1+c_2-3c_3}{4b} \lambda - c_1 \right) \\ \max_{q_2 \geq 0} \pi_2'(q_1', q_2') \\ = q_2' \left(a - bq_1' - bq_2' - b \frac{a+c_1+c_2-3c_3}{4b} \lambda - c_2 \right) \end{cases} \quad (11)$$

令式(11)一阶偏导数等于零, 可求得欧佩克与非欧佩克传统产油国的最优供给量:

$$\begin{cases} q_1^* = \frac{(4-\lambda)a - (8+\lambda)c_1 + (4-\lambda)c_2 + 3\lambda c_3}{12b} \\ q_2^* = \frac{(4-\lambda)a + (4-\lambda)c_1 - (8+\lambda)c_2 + 3\lambda c_3}{12b} \end{cases} \quad (12)$$

在此条件下, 欧佩克、非欧佩传统产油国与美国的利润分别为:

$$\begin{cases} \pi_1^* = \pi_1^* \times \frac{[(4-\lambda)a - (8+\lambda)c_1 + (4-\lambda)c_2 + 3\lambda c_3]^2}{9(a-3c_1+c_2+c_3)^2} \\ \pi_2^* = \pi_2^* \times \frac{[(4-\lambda)a + (4-\lambda)c_1 - (8+\lambda)c_2 + 3\lambda c_3]^2}{9(a+c_1-3c_2+c_3)^2} \\ \pi_3^* = \pi_3^* \times \frac{\lambda}{3} \times \frac{(4-\lambda)a + (4-\lambda)c_1 + (4-\lambda)c_2 - 3(4-\lambda)c_3}{a+c_1+c_2-3c_3} \end{cases} \quad (13)$$

令 q^* 和 π^* 代表无摇摆机制情景下石油行业的总供给量与总利润, q^* 和 π^* 代表竞争博弈情景下纳什均衡中石油行业的总供给量与总利润, 即:

$$\begin{aligned} q^* &= \sum_{i=1}^3 q_i^*, i=1,2,3, \quad \pi^* = \sum_{i=1}^3 \pi_i^*, i=1,2,3, \\ q^* &= \sum_{i=1}^3 q_i^*, i=1,2,3, \quad \pi^* = \sum_{i=1}^3 \pi_i^*, i=1,2,3. \end{aligned} \quad (14)$$

通过计算 π^* 与 π^* 差值可衡量摇摆机制对于维持石油行业整体利润的重要作用。此外, 还可通过对比两种情景下石油行业总供给量和桶油利润分析摇摆机制对于稳定石油行业的重要意义。为更直观地阐明分析结果, 本文继续采用数值模拟方法分析。分析中,

以竞争博弈纳什均衡状态为基准情景, 假设美国按照纳什均衡下供给量的 λ 倍进行生产, 模拟整个石油行业的总供给量、总利润和桶油利润, 桶油利润模拟结果如图 4 所示。

从图 4 中可以看出, 在无摇摆机制情景下, 随着页岩油供给量提高, 整个石油行业桶油收益下降。当美国增产时, 欧佩克与非欧佩克传统产油国被动地减产, 但减产量不足以抵消美国增量。总供给量的增加导致油价下降, 整个石油行业利润下降, 桶油收益也随之下降。不存在摇摆机制情景下, 欧佩克或者非欧佩克传统产油国单独增产对整个石油行业利润影响类似。若存在摇摆机制, 摇摆国可进一步降低本国供给量, 将原油供给量维持在竞争博弈纳什均衡时的总供给量, 稳定油价, 保障整个石油行业利润。

目前, 国际原油市场上存在两个潜在的摇摆国: 美国和沙特。就美国而言, 页岩革命的成功使得美国具备了摇摆国的能力。页岩油井与传统油井在投资结构上差异显著, 页岩油投资中操作费用占比更高, 较低的资本投资使得页岩油投资十分灵活, 对油价变动更为敏感。此外, 页岩油开发时大量使用水平钻井和水力压裂技术, 这些技术可在短期内迅速增加产量。就沙特而言, 得天独厚的自然条件使得沙特也具有成为摇摆国的能力。沙特境内油田储量丰富, 成藏深度较浅, 井口自然压力大, 开发环境优越。而且沙特生产机动能力强, 具有丰富的剩余产能, 可通过调节自身产量缓冲原油市场受到的短期冲击。两者虽然都具备成为摇摆国的能力, 但沙特成为摇摆国的意愿似乎并不强烈。2014 年欧佩克的生产数据表明沙特并未因为油价断崖式下跌而降低产量, 反而维持产量。当然这也不意味着沙特已经将摇摆国地位让于美国。虽然

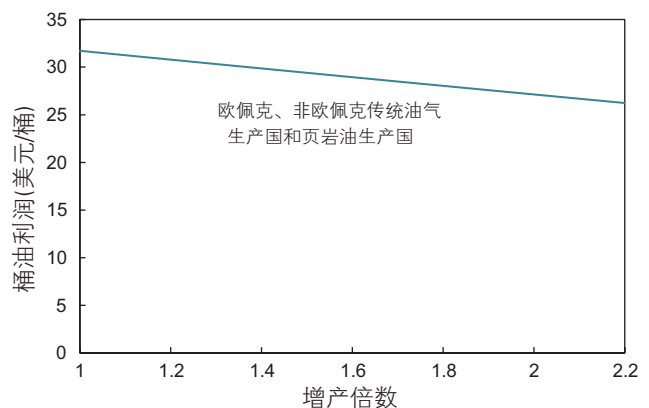


图 4 无摇摆机制情境下桶油利润与增产比例关系

Fig. 4 The relationship between the profit per barrel and λ under a "no swing producer" scenario

目前美国在摇摆国地位之争中略微领先,但未来可能还会发生激烈竞争,或者双方都成为摇摆国。

3 结论

基于寡头竞争博弈模型,结合当前国际原油市场博弈核心问题,本文分析了影响博弈参与方供给量和利润的主要因素,探寻了影响非欧佩克传统产油国与欧佩克合作的主要因素,并结合对未来形势的预判,分析了在三寡头竞争市场中摇摆国对维持石油行业利润的重要作用。通过理论分析和数值模拟,本文得到如下结论:

(1)原油生产国的利润水平主要受原油需求变动速度、基本需求量和生产成本影响,它与原油需求变动速度和本国生产成本呈反向关系,与原油基本需求和其他产油国成本呈正向关系。对于原油生产国来说,

原油需求变动速度、基本需求量和其他国家生产成本属于不可控因素,因此,为增加本国利润,产油国需充分重视技术创新和成本控制,通过降低自身成本来增加利润。

(2)未来原油供给市场更倾向于形成欧佩克、非欧佩克传统产油国和美国三寡头竞争博弈格局。了解未来原油供给市场格局对于原油进口依存度持续攀升的中国有着重要的意义。相对而言,三寡头竞争格局下,原油供给将更加充足,油价也可能维持低位。中国政府可根据未来形势制定相应策略,石油企业决策时也需充分考虑未来形势的影响。

(3)未来原油供给格局中,当三大集团中的一方突然变动供给量时,需要摇摆国主动调节自身产量,维持国际原油市场总供给量,稳定油价。摇摆国是原油供给市场中重要的一员,对于降低油价波动意义重大。

参考文献

- [1] BP. BP statistical review of world energy[R]. London: BP, 2016.
- [2] 梁琳琳, 齐中英. 考虑需求因素的国际石油市场寡头厂商博弈模型[J]. 管理工程学报, 2009(04): 160-162. [LIANG L L, QI Z Y. Models on the game of oligarch manufacturers in the world oil market with incomplete information[J]. Journal of Industrial Engineering and Engineering Management, 2009(04): 160-162.]
- [3] WANG Z, XU J, WANG H. A game theory analysis of the OPEC's influence on world oil price[J]. Petroleum Science, 2006, 3(04): 21-25.
- [4] 王震, 许娟. 欧佩克遵循其配额吗?—基于博弈论的分析[J]. 石油大学学报(社会科学版), 2005(04): 6-11. [WANG Z, XU J. Would OPEC keep to its quota - A game theory analysis[J]. Journal of the University of Petroleum, China (Edition of Social Sciences), 2005(04): 6-11.]
- [5] DÉES S, KARADELOGLOU P, KAUFMANN R K, et al. Modelling the world oil market: Assessment of a quarterly econometric model[J]. Energy Policy, 2007, 35(1): 178-191.
- [6] 孙竹, 李志国. OPEC 剩余产能与国际原油市场价格短期波动[J]. 国际经济合作, 2011(12): 72-75. [SUN Z, LI Z G. Spare production of OPEC and the short-term fluctuation of international oil price[J]. Journal of International Economic Cooperation, 2011(12):72-75.]
- [7] 俞剑, 陈宇峰. 谁才是推高国际油价的真实动因?—中国需求, 资本投机, 抑或 OPEC 供给[J]. 金融研究, 2014(02): 30-43. [YU J, CHEN Y F. Who is the culprit of pushing up international oil prices?: China's demand, speculation, or OPEC supply[J]. Finance Research, 2014(2): 30-43.]
- [8] DE SANTIS R A. Crude oil price fluctuations and Saudi Arabia's behaviour[J]. Energy Economics, 2003, 25(2): 155-173.
- [9] BP. BP energy outlook to 2035[R]. London: BP, 2016.
- [10] DAHL C, YÜCEL M. Testing alternative hypotheses of oil producer behavior[J]. The Energy Journal, 1991, 12(4): 117-138.
- [11] ALMOGUERA P A, DOUGLAS C C, HERRERA A M. Testing for the cartel in OPEC: non-cooperative collusion or just non-cooperative?[J]. Oxford Review of Economic Policy, 2011, 27(1): 144-168.
- [12] GRIFFIN J M, NEILSON W S. The 1985-86 oil price collapse and afterwards: What does game theory add?[J]. Economic Inquiry, 1994, 32(4): 543-561.
- [13] 张维迎. 博弈论与信息经济学[M]. 上海: 格致出版社、上海三联书店和上海人民出版社, 1996. [ZHANG W Y. Game Theory and Information Economics[M]. Shanghai: Gezhi Press, Shanghai Joint Publishing, and Shanghai People's Publishing House, 1996.]
- [14] 臧雷, 李嘉禾, 周峰立. 页岩油革命与国际原油市场博弈理论模型[J]. 合作经济与科技, 2015(14): 126-127. [ZANG L, LI J H, ZHOU F L. Shale oil revolution and game theory model of international oil market[J]. Co-Operative Economy & Science, 2015(14): 126-127.]

- [15] 曹琦, 樊明太. 完全信息博弈论在 OPEC 产量配额机制中的分析应用[J]. 未来与发展, 2016(05): 106–112. [CAO Q, FAN M T. The application of complete information game theory in the production Quotas Mechanism of OPEC[J]. Future and Development, 2016(05): 106–112.]

Co-competition game analysis on the oligopoly oil market under the world new supply patterns

CHENG Cheng¹, WANG Zhen^{1,2}, XUE Qing¹, LIU Mingming¹

1 Academy of Chinese Energy Strategy, China University of Petroleum-Beijing, Beijing 102249, China

2 CNPC Policy Research Office, Beijing 100003, China

Abstract The shale revolution has meant that the United States of America (USA) has become the largest oil producing country in the world. Its production has surpassed that of both Saudi Arabia and the Russian Federation. With the help of the shale oil, the USA is participating in the original production contest between traditional oil producers, and is determining the future oil supply patterns with OPEC and traditional non-OPEC producers. In order to analyze the future patterns and study the functions of a swing producer, oligopoly game models are applied in a competition scenario and a co-competition scenario to resolve the Nash equilibrium supplies, profits and profit per barrel of OPEC, traditional non-OPEC producers, and the USA. Moreover, the functions of the swing producer on the maintenance of aggregate profit for the oil industry are studied based on the predicted oil supply patterns. The results show that the traditional non-OPEC producers would hardly cooperate with OPEC. Besides, both the USA and Saudi Arabia have the potential to be swing producers.

Keywords co-competition; Cournot model; Nash equilibrium; oil production countries; swing producers

doi: 10.3969/j.issn.2096-1693.2017.01.014

(编辑 付娟娟)