

考虑价格因素的原油进口多元化路径研究

齐明¹, 郭海涛¹, 赵婧²

(1. 中国石油大学(北京), 经济管理学院, 北京 102249; 2. 中国铁塔股份有限公司呼和浩特市分公司, 呼和浩特 010010)

摘要: 价格风险是我国原油进口面临的主要风险之一, 通过构建我国原油进口的价格-风险模型, 量化研究了我国原油进口来源国的最优风险结构。结论显示, 中东地区依然是我国最重要的原油进口来源地, 进口更多来自政治稳定地区的原油, 可以有效地分散我国原油的供应风险。从长期来看, 我国需要积极拓展更多的石油供应渠道, 进一步提高从阿联酋、美国、澳大利亚、加拿大、哈萨克斯坦、埃及以及卡塔尔的进口量, 保证我国的原油进口安全。

关键词: 原油进口; 供应安全; 价格-风险模型; 最优策略

中图分类号: F064.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-980X(2020)1-0074-09

随着我国经济的高速发展, 对原油的需求一直保持着高速增长的态势, 2018年我国的原油进口量超过美国, 成为全球最大的原油进口国, 同期原油对外依存度也增至70.9%。此外, 我国现有原油战略储备尚不充足, 在新能源经济性有待提高、替代能力有限的背景下, 国内能源消费结构短期内难有较大改变, 原油进口量将继续保持高位攀升。近30年, 我国原油进口出现两个主要趋势, 一是由于消费增速明显高于国内产量增速导致的原油进口依存度逐年提高; 二是进口来源国日趋多元化, 从传统的中东地区扩展到美洲和非洲等地区, 这为保障我国的原油进口安全提供了条件。当前我国原油进口格局优化的主要目标是提高原油进口的持续性和经济性, 即在继续坚持进口来源多元化战略的基础上必须考虑购买的经济性。^[1]通过对原油进口数据分析可以发现, 我国从俄罗斯、安哥拉、伊拉克、巴西、委内瑞拉、科威特、阿联酋、卡塔尔、马来西亚、伊朗等国的原油进口量均有不同程度的增加, 从哈萨克斯坦、澳大利亚、也门等的进口量则有所下降, 见表1。

表1 2018年我国原油主要进口来源国进口量变化及进口价格

国家 ^a	进口量变化 ^b	价格 ^c	国家	进口量变化量	价格
俄罗斯	5300.37	532.45	伊朗	151.30	512.86
安哥拉	1623.46	527.80	刚果	694.94	513.55
伊拉克	3128.25	498.21	越南	37.22	574.83
巴西	2491.30	520.91	埃及	104.65	540.65
阿曼	1475.67	528.02	卡塔尔	63.77	556.22
委内瑞拉	511.18	422.95	沙特	646.26	522.93
科威特	1367.19	512.67	哈萨克斯坦	-892.26	502.24
哥伦比亚	852.96	471.96	也门	-185.45	565.79
阿联酋	545.99	545.64	澳大利亚	-276.43	568.34
马来西亚	711.16	547.46	利比亚	597.97	557.41

注:^a表示美国、英国、阿根廷、加蓬、加纳、南苏丹、厄瓜多尔、赤道几内亚、加拿大、喀麦隆2011年没有进入我国原油进口国30强, 因此没有列在表1中;^b表示与2011年的进口量相比, 单位:万吨;^c表示价格单位:美元/吨。

我国每年原油进口主要来源国及进口数量都会发生波动, 与2016年相比, 厄瓜多尔、加拿大和喀麦隆在2018年成为我国石油进口量前30的国家, 而挪威、阿塞拜疆和尼日利亚则从前30的榜单中消失。图1列出了2018年我国原油进口主要来源国及进口数量。得益于制裁的取消, 有着价格优势的伊朗和伊拉克原油产量快速增长, 我国从两国进口的原油也有所增长。

收稿日期:2019-10-24

基金项目: 中国石油大学(北京)科研基金项目“我国原油进口结构优化的模型与应用”(2462013YJRC009); 北京市自然科学基金“利率市场化背景下北京市银行业风险管理研究”(9164034); 北京市社会科学基金“京津冀协同发展中金融一体化机制研究”(18YJC023)

作者简介: 齐明(1981—), 男, 河北石家庄人, 经济学博士, 中国石油大学(北京)工商管理学院副教授, 研究方向:应用经济学; 郭海涛, 男, 中国石油大学(北京)工商管理学院党委书记, 副教授。

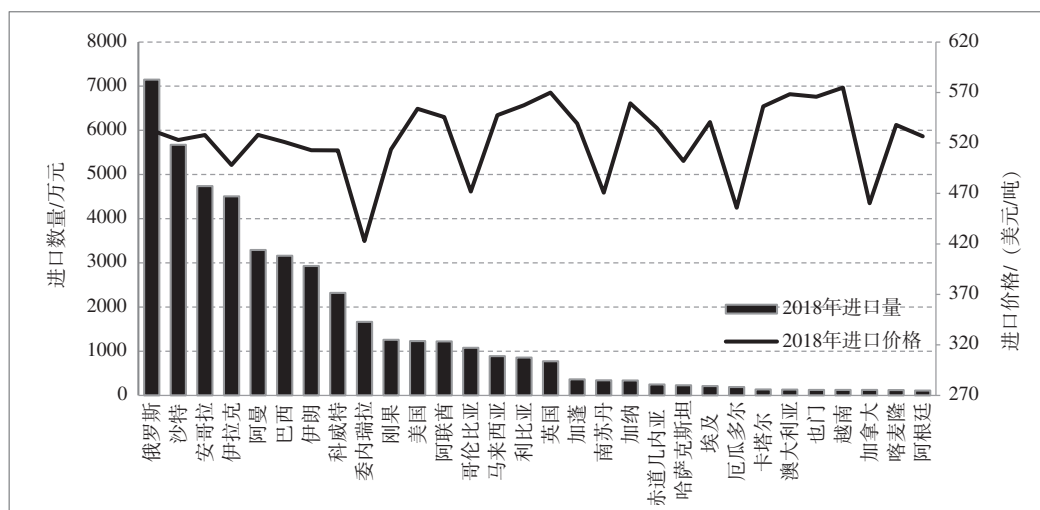


图1 2018年我国原油进口主要来源国进口数量及价格

图2展示了2016年和2018年我国按地区进口的原油数量。可以看出,西亚作为我国最重要的原油供应地区的地位更加稳固,2018年进口数量比2016年提高了1756万吨。来自拉丁美洲和非洲的原油量分别增加了617万吨和988万吨。2018年我国从美国和加拿大的进口量大幅增加,导致北美向我国的原油供应量分别比2016年增加了910万吨。总体来看,未来20~30年,世界原油供求将呈相对宽松态势,我国在国际市场上获得稳定的原油供应是大概率事件。但是,国际原油价格波动幅度大,如果不能较好地把握进口价格,会带来较大的经济损失,对国民经济造成负面冲击,因此我国应在进口安全保障度较高的前提下争取提高原油进口的经济性,降低价格波动带来的经济风险。

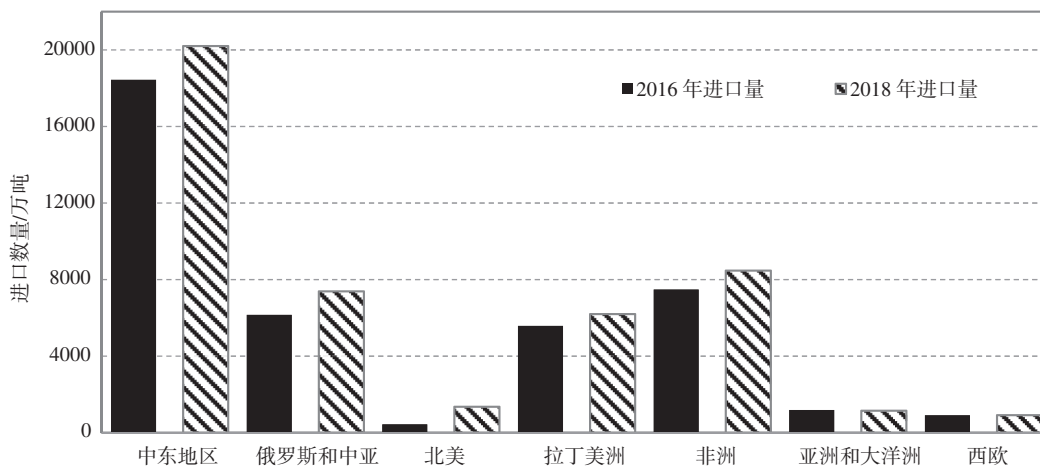


图2 2016年与2018年我国从各地区进口原油量对比

一、文献回顾

能源进口安全是国际能源研究领域的一个重要问题,国内外学者构建了多种评价指标和评价方法。Le Coq 和 Paltseva^[2]、Lefèvre^[3]、Cohen 等^[4]分别提出了能源对外依存度风险指数(REESI)、安全价格指数(ESPI)以及国家分散化指数(CSDI),对不同原油进口国的供应安全进行了量化分析。Wu 等^[5-6]利用投资组合模型对我国的原油进口风险进行了度量,认为油价波动、进口多元化程度、进口国政治风险以及进口数量是影响我国原油进口风险的主要因素。吕军等^[7]、渠立权等^[8]、王正明和杨阳^[9]利用熵值法(EM)模型、粒子群算法(PSO)模型和支持向量机(SVM)的嵌套模型,提出了包括“风险因子-风险管控-资源安全”三个指标层的石油资源安全评价指标体系,并且研究得到资源是影响石油进口来源国安全度水平的最重要因素的结论。在原油进口风险的量化研究方面,吴启勇^[10]、潘伟等^[11]建立了突发事件下的 CVaR 模型,综合考虑价格波动、供应中断对 GDP 的冲击和战略石油储备的影响,并利用系统聚类法和逐步聚类法对我国原油进口来源国的风

险进行聚类分析。刘立涛等^[12]借助复杂网络方法,定量刻画中国石油资源供应网络和时空格局变化趋势,模拟不同供应中断情景下中国石油资源供应安全衰减轨迹。关于如何提高我国的能源供应安全,很多学者从不同角度提出了针对性的政策建议。解决原油供应风险的最根本途径就是,加快发展国内可替代能源,降低对国际能源的依赖度。并且积极推进运输方式和运输路线的多样化,加强国际石油多边建设互动,推进“一带一路”国家石油产能合作;继续加大对传统石油出口地区的关注程度,实行积极的能源外交政策。

现有文献对能源供应安全的研究已经取得很大进展,但仅仅对各国的能源供应安全指数进行了量化研究,分国别量化分析我国原油进口数量的研究较少。方雯等^[11]认为原油进口格局优化的目标不但是要保证原油供给的持续性,更是要提高原油供给的经济性,保证持续性与经济性是我国原油进口贸易格局优化的基本原则。齐明等^[13]从降低供应风险的角度构建了原油进口风险指数,并首次利用二次规划的方法分国别提出了数量化的最优方案;但该模型最重要的缺陷在于没有考虑原油贸易当中非常重要的指标——价格,这也直接影响了分析结果的准确性。本文将原油进口价格引入该模型,重新建立了我国原油进口的价格-风险模型,并基于我国 2015 年 9 月到 2016 年 8 月的原油进口数据进行了量化分析。主要创新点在于对现有的供应分散化的理论进行了扩展,考虑了价格因素,建立了原油进口的价格-风险模型,提出了安全性与经济性并存条件下的数量化的原油进口最优策略。

二、模型和数据

(一) 模型构建

将我国原油的进口风险定义为供应国的政治风险、原油进口集中度指数、原油进口价格以及进口量占产油国当年原油产量的比例的乘积。通过最小化原油进口风险指数(Z)来获得原油进口结构的最优化数量方案。模型如下:

$$\min_{q_i} Z = \sum_{i \in I} \left[r_i \cdot \sum_{i \in I} \left(\frac{q_i}{Q} \right)^2 \cdot \Delta P_i(q_i) \cdot \frac{q_i}{Q e_i} \right] \quad (1)$$

$$\text{s. t. } \frac{\sum_{i \in I} q_i}{w} \geq D - P + S \quad \text{——需求} \quad (2)$$

$$\frac{\sum_{i \in I} q_i}{w} \geq R \quad \text{——炼化能力} \quad (3)$$

$$0 \leq q_i \leq Q e_i \quad \forall i \quad \text{——合理性} \quad (4)$$

其中: q_i 表示我国从产油国 i 的进口量; Q 和 $Q e_i$ 分别代表我国当年的原油进口总量和产油国 i 当年的原油产量, D 、 P 和 S 分别表示我国国内原油需求量、生产量和原油储备的变化值。在该模型中考虑了原油的进口价格,然而由于产地的差异,不同国家出产的原油在质量上存在较大差别,API重度和含硫量等不同导致其价格差异也很大。为了消除油品质量带来的价格差异,重点分析价格波动带来的风险,本文利用价格的变化作为价格指标。 r_i 表示原油供应国 i 的政治风险指数,采用PRS集团发布的国际国家风险评估指数(ICRG),该指数将国家风险定义在(0, 1)的区间内,数值越大,则表示该国政治越稳定,风险也就越小。在本文的原油价格-风险模型中,对国家风险指数进行了如式(5)的转换,其中 $ICRG_PV_i$ 表示由PRS定义的国家PV(political stability and absence of violence)指数,1为该指数上限。通过转换, r_i 仍然被定义在(0, 1)区间内,且数值越小该国政治风险越小。

$$r_i = 1 - ICRG_PV_i \quad (5)$$

模型用 $\sum_{i \in I} \left(\frac{q_i}{Q} \right)^2$ 来衡量我国原油的进口集中度指数,即赫芬达尔-赫希曼指数。参考Holz等^[14]的GAS-MOD模型,本文用逆需求函数 $P_i(q_i)$ 来表示当年从产油国 i 的原油进口价格,即价格被表示为进口量的表达式。 $\frac{q_i}{Q e_i}$ 代表原油产油国 i 向我国出口的原油量占其当年的原油产量的比重。 $r_i \frac{q_i}{Q e_i}$ 表示持续可获得性指数(SAI),该指数越小,意味着出口国的原油供应风险越小,越不容易受到冲击而发生减供或断供的风险。

约束条件[式(2)和式(3)]表示石油的实际供应量应该满足国内的石油需求并与当前的炼化能力相匹

配。我国原油的实际进口量应该满足国内对国外原油的需求,即国内原油产量同国内原油使用量和战略石油储备量之间的差额应该等于我国原油的进口量。模型选取了我国原油进口数量排名前 30 的主要供应国进行研究, w 表示我国从前 30 个国家的原油总进口量占当年我国原油进口总量的比值,2016 年 9 月至 2017

年 8 月的 12 月中,该数值为 97.6%。因此,我国原油进口总量可表示为 $\frac{\sum_{i \in I} q_i}{w}$ 。约束条件[式(4)]表示从任一原油供应国的进口量不能超过该国当年的原油总产量。本文使用 GAMS 软件以及 MCP(mixed complementary problem)求解法对模型进行最优化分析,参考 Holz 等^[14]对 GASMOD 的求解方法,构建拉格朗日方程,进而利用 Kuhn-Tucker 条件求得最优解,首先构建拉格朗日方程:

$$L = \sum_{i \in I} \left[r_i \sum_{i \in I} \left(\frac{q_i}{Q} \right)^2 \cdot \Delta P_i(q_i) \cdot \frac{q_i}{Q e_i} \right] + \lambda^D \left(Q - \frac{\sum_{i \in I} q_i}{w} \right) + \lambda^R \left(\frac{\sum_{i \in I} q_i}{w} - R \right) + \lambda_i (q_i - Q e_i) \quad (6)$$

其中: λ^D 、 λ^R 和 λ_i 分别表示约束条件(2)~约束条件(4)对应的拉格朗日因子,对式(6)求解 q_i ,得到:

$$\sum_{i \in I} \left[\frac{r_i}{Q^2 Q e_i} \cdot \frac{\partial [\Delta P_i(q_i) \cdot q_i^3]}{\partial q_i} \right] + \frac{\lambda^D + \lambda^R - \lambda_i}{w} \geq 0, \perp q_i \geq 0, \quad (7)$$

$$\Rightarrow \frac{r_i q_i^2}{Q^2 Q e_i} \cdot \sum_{i \in I} \left[\frac{\partial [\Delta P_i(q_i)]}{\partial q_i} q_i + 3 \Delta P_i(q_i) \right] + \frac{\lambda^D + \lambda^R - \lambda_i}{w} \geq 0, \perp q_i \geq 0 \quad (8)$$

$$\Rightarrow \frac{r_i q_i^2}{Q^2 Q e_i} \cdot \sum_{i \in I} \left[\frac{\partial P_i(q_i)}{\partial q_i} \cdot \frac{\Delta P_i(q_i)}{\Delta P_i(q_i)} \cdot \frac{\partial Q}{\partial Q} \cdot \frac{Q}{Q} \cdot q_i + 3 \Delta P_i(q_i) \right] + \frac{\lambda^D + \lambda^R - \lambda_i}{w} \geq 0, \perp q_i \geq 0 \quad (9)$$

定义原油需求价格为 $\sigma = \frac{\partial Q}{\partial \Delta P_i(q_i)} \cdot \frac{\Delta P_i(q_i)}{Q}$,原油供应国在中国市场所占份额为 $\theta_i = \frac{q_i}{Q}$, α 为市场结构参

数。Salant^[15]和 Sinn^[16]都认为世界原油交易市场符合古诺模型的情形(Cournot model),且非合作古诺模型(Cournot non-cooperative model)比合作古诺模型更适合于分析原油市场^[17]。因此,本文假设国际原油市场符合非合作古诺模型,没有任何一方存在采取单边行动的动机,因为在古诺竞争结构的行为假设下,一个纯纳什均衡要求其他竞争对手采取的产量变化应该为零^[14],由此可得:

$$\alpha = \partial Q / \partial q_i = 1 \quad (10)$$

公式(9)可表示为

$$\frac{r_i q_i^2 \Delta P_i(q_i)}{Q^2 Q e_i} \cdot \sum_{i \in I} \left(\frac{1}{\sigma} \theta_i \alpha + 3 \right) + \frac{\lambda^D + \lambda^R - \lambda_i}{w} \geq 0, \perp q_i \geq 0 \quad (11)$$

Cooper^[18]利用多元回归分析方法对 23 个国家的短期和长期原油需求价格弹性进行了估计,认为中国和葡萄牙的短期和长期原油需求弹性为正,明显区别于其他国家。如果用 D_{it} 和 D_{is} 分别表示某一经济体在第 t 年的长期和短期原油需求, P_t 和 Y_t 分别表示第 t 年的原油实际价格以及该经济体的人均 GDP, e_t 为随机误差项,则原油的长期需求方程可表示为

$$D_{it} = a P_t^b Y_t^c e_t \quad (12)$$

其中:参数 b 表示原油的长期价格需求弹性。并且原油需求由短期到长期的调节过程可以表示为

$$\frac{D_{it}}{D_{is}} = \left(\frac{D_{it}}{D_{i-1,S}} \right)^d \quad (13)$$

对式(13)中的 D_{it} 求解可以得到:

$$D_{it} = \left[\frac{D_{is}}{(D_{i-1,S})^d} \right]^{\frac{1}{1-d}} \quad (14)$$

综合式(12)和式(14)可以得出:

$$aP_t^b Y_t^c e_t = \left[\frac{D_{iS}}{(D_{t-1,S})^d} \right]^{1-d} \quad (15)$$

即

$$D_{iS} = a^{(1-d)} P_t^{b(1-d)} Y_t^{c(1-d)} D_{t-1,S}^d e_t^{(1-d)} \quad (16)$$

对式(16)的等式两边取对数可以得到:

$$\lg D_{iS} = (1-d)\lg a + b(1-d)\lg P_t + c(1-d)\lg Y_t + d\lg D_{t-1,S} + (1-d)\lg e_t \quad (17)$$

Cooper^[17]分析的时间序列为 1965—2000 年,而我国在 1978 年才正式提出对外开放战略,在 1993 年才成为原油净进口国,即国际原油价格对于我国石油需求的影响在 1993 年才开始逐步显现。近些年随着原油供应渠道的多元化,我国一直在努力寻找更加可靠并且价格更加便宜的原油供应地区,这必将使我国的原油需求弹性发生变化。因此有必要重新对我国的原油需求价格指数进行估计。本文利用 1993 年到 2016 年间我国的 GDP、人口数据以及 BP Statistical Review of World Energy 2016 的原油价格数据^①,通过多元回归分析得到:

$$\lg D_{iS} = -1.089 + 0.012\lg P_t + 0.068\lg Y_t + 0.825D_{t-1,S} \quad (18)$$

R^2 以及 F 分别为 0.99 和 849 表示模型和数据匹配度很高,同时 $\lg P_t$ 的系数为正说明随着原油价格的上涨,我国原油的短期需求价格弹性呈现上升趋势,明显区别于其他国家。这与我国不断增长的原油消费量和进口量相关;也表明我国短期原油需求刚性大,调整难度大,意味着国际原油价格的上涨会给我国经济发展带来更高的成本,导致输入型通胀。短期需求价格弹性为 0.012,而长期需求价格弹性为 $\frac{0.012}{1-0.825} = 0.069$,要明显高于短期需求价格弹性,说明长期需求会对价格作出较为充分的调整,该结论与 Cooper^[18]以及 Liu^[19]的分析相一致,也符合发展中国家经济运行的特点。

(二)数据来源

本文利用我国 2018 年的原油进口数据进行分析,进口来源国数量以及价格数据来源于中国海关进出口统计,相关国家的原油消费量、产量以及炼化能力数据来源于 BP Statistical Review of World Energy 2018。至 2018 年,我国共建成了 9 个国家石油储备基地,利用这些储备库及部分社会企业库容储备原油 3325 万吨,比 2015 年增加了 715 万吨。到 2020 年前后,我国战略原油储备将达 5.5 亿桶的规模。^②由于尚无 2020 年之后的石油储备扩容的信息,在模型分析中,本文假定到 2025 年每年新增战略储备规模为 2017—2020 年新增数量的平均数,即 1052 万吨/年,总量将达到 12795 万吨,实现战略储备量达到当年 90 天净进口量的标准,到 2040 年仍按照这一标准设定,战略储备量将达到 14875 万吨。表 2 列出了我国 2018 年、2025 年和 2040 年的原油生产、进口、炼化及储备数据。原油供应国的产量预测来自于国际能源署(IEA)的 *World Energy Outlook* (2016)。油气产量数据的换算使用哥伦比亚大学提供的标准,即 1 桶/日=50 吨/年。国家政治风险使用 PRS 发布的 ICRG 风险指数的数据。

表 2 我国石油需求、生产、炼化及储备数量变化表(万吨)

年份	需求	国内生产	炼化能力	石油储备变化 (对比 2016 年初)
2018	62803	18911	78277	580
2025	69000	18500	63000	4375
2040	75500	16000	74000	9470

三、结论分析

(一)2018 年我国的原油进口策略

本文首先利用 2018 年的原油进口数据对我国的原油进口策略进行了分析,并给出了具体的量化建议,见表 3。当前的进口风险主要来自政治风险大且进口量大的国家,如安哥拉、南苏丹、加纳以及刚果。经过结构优化之后总风险值由 32.15 降低为 23.86,安哥拉、南苏丹以及也门的风险值得以大幅降低。为了降低原油的进口风险应该大幅减少从俄罗斯、沙特、安哥拉、伊拉克、阿曼和巴西等传统产油国原油进口量,并适量减少从伊朗、科威特、委内瑞拉和刚果的进口。由于从俄罗斯进口原油的绝对价格较中东以及南美国家更高,且高于 524.7 美元/吨的加权平均价格,从平衡价格-供应风险的角度可以适量降低来自俄罗斯的原油进

① 国际原油价格的历史数据使用可比价格计算。GDP 及人口数据来源于国家统计局;GDP 数据来自于世界银行,http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD;人口数据来自于新华网援引人民日报的报道,http://news.xinhuanet.com/politics/2017-01/20/c_129455298.htm。

② 数据信息来自于商务部官方网站。

口量。随着伊拉克战争的结束以及伊朗石油出口解禁,中东地区对我国的原油出口量开始大幅攀升,然而伊拉克和伊朗的国内政治风险依然较高,从降低原油供应风险的角度应该降低从政治风险高的国家进口过多的原油。沙特一直是我国原油的主要进口来源国和中东地区最大的原油供应国,但2014年以来我国从沙特的原油进口量持续下降,仅在2015年和2016年有1%的回升,在进口多元化的背景下,适当降低来自沙特的进口量有助于促进我国原油进口的多元化。

为了保证原油供应,我国应该大幅提高从阿联酋、阿根廷、美国、加拿大、卡塔尔以及哈萨克斯坦的原油进口量,并适当增加从科威特、马来西亚、越南、阿根廷、埃及、厄瓜多尔以及澳大利亚的原油进口量。中东地区依然是我国最重要的原油进口国,沙特、阿联酋、卡塔尔和科威特等传统海湾产油国具有相对稳定的国家政治环境,产量和出口量稳定,进口价格也偏低,提高来自这些国家的进口量将有助于在保证经济性的前提下进一步提高我国原油进口多元化水平。此外,页岩革命极大改变了北美的原油供需格局,北美的页岩油产量持续稳健增长。美国能源情报署(EIA)在2019年11月的预测中称,美国7个主要页岩油层的原油产量有望达到创纪录的913万桶/天,这为我国从北美地区进口更多的原油提供了可能性。我国从哈萨克斯坦进口的原油拥有较好的价格优势,同时随着哈萨克斯坦至新疆独山子原油管道的投入运营,打通了我国从中东和里海地区进口原油的陆上输送线路,为我国从哈萨克斯坦进口更多的原油提供了条件。从2015年开始,亚太地区尤其是马来西亚和越南的原油供给呈显著增长的态势。其中马来西亚每年一半的产油量都能用于出口,且出口量在2016年创下8年来新高。由于出产的原油质量较高,马来西亚出口的原油几乎全部供应至亚太地区,这为我国从亚太地区获得更多的原油供给提供了条件。

从进口地区分析,在多元化最优进口结构中,中东地区依然是我国最重要的原油进口来源地,且进口价格明显低于俄罗斯和非洲地区。见表4,中东地区占据我国原油进口的最大比例,达到了35.06%。此外,较高的风险因素推高了非洲地区原油供应的潜在不确定性。考虑到相对较高的进口价格和风险因素,有必要适度降低来自俄罗斯的原油进口数量来有效分散风险。近年来我国从拉美国家尤其是巴西、委内瑞拉和阿根廷的原油进口量开始增加,但是较高的价格波动增加了从该地区进口原油的风险,因此我国应该适当减少从拉丁美洲国家的原油进口。从供应风险角度分析,进口结构优化之后的风险值大幅降低,中东地区以及俄罗斯和中亚地区的风险下降最为明显,总风险也从32.15降低为23.86。

(二)2025年及2040年我国的原油进口策略

根据英国石油公司BP的预测,到2025年和2040年我国原油需求量将分别达到13.8mb/d(百万桶/天)和15.1mb/d,而原油产量将维持在3.7mb/d以及3.2mb/d的水平,因此,我国依然需要依赖更多的原油进口来

表3 2015年9月—2016年8月我国原油的进口数据优化结果

序号	国家	实际进口 /万吨	最优数量 /万吨	价格变化 /(美元/吨)	最优 风险值	实际 风险值
1	俄罗斯	7149	2977	139.23	0.15	0.62
2	沙特	5673	3582	131.26	0.11	0.31
3	安哥拉	4738	1419	141.32	0.44	2.58
4	伊拉克	4505	2030	125.97	0.26	1.03
5	阿曼	3291	1493	140.45	0.41	1.59
6	巴西	3162	1698	143.92	0.34	1.12
7	伊朗	2927	2283	130.99	0.22	0.50
8	科威特	2321	1990	126.26	0.27	0.56
9	委内瑞拉	1663	1459	123.11	0.42	0.85
10	刚果	1258	851	137.07	0.86	2.25
11	美国	1228	4149	142.52	0.09	0.05
12	阿联酋	1220	2430	143.65	0.20	0.18
13	哥伦比亚	1077	1329	117.72	0.48	0.68
14	马来西亚	888	1024	149.54	0.68	1.04
15	利比亚	857	1119	137.83	0.60	0.82
16	英国	772	1305	152.29	0.49	0.51
17	加蓬	362	591	140.03	1.35	1.46
18	南苏丹	339	472	85.89	1.76	2.24
19	加纳	336	346	143.84	2.14	3.66
20	赤道几内亚	248	511	137.09	1.61	1.38
21	哈萨克斯坦	229	1666	147.00	0.35	0.08
22	埃及	209	1070	123.81	0.64	0.22
23	厄瓜多尔	187	1024	101.12	0.68	0.22
24	卡塔尔	135	1774	178.90	0.32	0.04
25	澳大利亚	132	708	178.53	1.08	0.36
26	也门	125	234	167.58	3.89	3.67
27	越南	122	827	143.66	0.89	0.23
28	加拿大	122	3427	78.64	0.12	0.01
29	喀麦隆	120	138	143.86	2.47	3.80
30	阿根廷	109	1186	139.72	0.56	0.09

注:加纳和喀麦隆的原油产量的数据从IEA获得。

表4 2018年我国原油进口数据地区分布

地区分布	最优数量 /万吨	占总量 比重/%	实际进口 /万吨	占总量 比例/%	差值 /万吨
中东地区	15816	35.06	20197	44.38	-4381
俄罗斯 和中亚	4643	10.29	7378	16.21	-2735
非洲	6516	14.44	8467	18.61	-1951
拉丁美洲	6697	14.85	6199	13.62	498
其他国家	11440	25.36	3264	7.17	8176

注:差值=最优数量-实际数量。

满足我国对原油的需求,尤其是独立炼油厂的原油进口量的大幅攀升,将极大地增加我国原油的进口量。这就需要持续关注原油进口风险,表 5 列出了按进口来源国分解的 2025 年和 2040 年的最优原油进口量和风险值。

表 5 显示,由于我国对原油进口的需求持续旺盛,原油需求量和进口风险值都在持续增加。到 2025 年和 2040 年,我国的原油进口量与 2018 年相比分别增加了 13114 万吨和 68595 万吨。相对应的是,到 2025 年和 2040 年最优进口的风险值分别为 31.15 和 34.43。其中,经过进口结构优化的 2025 年进口风险值要略低于 2018 年的实际进口风险值,这也说明优化进口结构的重要性。从风险分散的角度分析,我国需要大幅降低从俄罗斯、安哥拉、伊拉克和阿曼的原油进口以继续降低原油供应风险,到 2025 年和 2040 年需分别从这些国家减少 9268 万吨和 8247 万吨的原油进口量。增加来自政治稳定地区的原油进口数量,可以有效地分散我国原油供应的风险。为此,需要重点关注沙特、阿联酋、卡塔尔和哈萨克斯坦。在最优进口结构下,我国对沙特的原油需求量是持续增加的,但由于俄罗斯凭借地方独立炼油厂的订单,不断蚕食沙特在我国原油进口市场中的份额。沙特近来开始增加对中国的原油出口,并开始降低其市场价格来和俄罗斯竞争,这为我国进口更多价格合理的沙特原油提供了条件。阿联酋和卡塔尔的国内政治环境稳定,是传统的原油出口国,且交易价格偏低,因此增加从这两国的原油进口将有助于在保证我国原油需求的前提下适当分散风险。在风险分散化的背景下,我国需要持续增加从哈萨克斯坦进口的原油,2025 年和 2040 年分别需要增加 2036 万吨和 2474 万吨的原油进口量。哈萨克斯坦能源部相关负责人表示哈未来几年内石油的出口量将保持稳定,2023 年开始石油出口量将每年增加 1000 万~1200 万吨,并且希望将出口欧洲的部分石油转移出口至中国,进而增加对中国的石油出口。

在未来原油进口的地区分布方面,长期来看,中东地区依然是我国原油进口的主要来源地,未来很长时间内仍是保障我国原油供应安全的重要地区。在最优进口结构中,我国未来超过三分之一的原油进口来自中东地区。此外,我国来自俄罗斯和中亚的原油进口量略有下降,而来自拉丁美洲的原油进口量略有上升,其中阿根廷在 2018 年成为我国原油进口量前 30 的国家,并有望未来获得更多的进口份额。来自非洲的原油进口比例到 2040 年虽然呈下降趋势,但是较高的地区风险导致其平均风险值略有上升。由于我国与非洲产油国保持了长期良好的合作关系,且我国在非洲具有较多的投资项目,贷款换石油的计划保证了我国从非洲获得稳定的石油供应。相比其他地区,西非地区拥有一定的价格优势。但由于非洲地区较高的地区地缘政治风险,来自非洲地区的原油供应风险将从 2025 年的 1.70 上升到 2040 年的 1.89。表 6 的结果显示,我国未来几年内来自其他地区(主要是美国和加拿大)的原油进口量逐步增加。北美地区油气资源丰富,且页岩油产量持续稳健增长。我国逐步加大对外合作力度,在外资和石油进口来源方面迫切需要实现多元化,这也为我国在油气等能源方面加强与北美地区的合作带来新契机。

表 5 2025 年和 2040 年我国原油进口数据优化结果

序号	国家	2025 年优化结果		2040 年优化结果	
		进口量/万吨	风险值	进口量/万吨	风险值
1	俄罗斯	4174	0.24	4186	0.28
2	沙特	5249	0.18	5986	0.18
3	安哥拉	1714	0.67	1949	0.68
4	伊拉克	2810	0.38	3528	0.35
5	阿曼	1719	0.66	1775	0.76
6	巴西	2466	0.44	3177	0.39
7	伊朗	316	0.03	3702	0.33
8	科威特	2781	0.39	3058	0.41
9	委内瑞拉	1796	0.63	2515	0.51
10	刚果	938	1.27	500	1.97
11	美国	6998	0.12	7248	0.14
12	阿联酋	3413	0.30	3963	0.30
13	哥伦比亚	1445	0.80	1215	1.14
14	马来西亚	1288	0.91	1083	1.29
15	利比亚	1512	0.76	1908	0.70
16	英国	1516	0.76	1479	0.92
17	加蓬	681	1.78	500	2.53
18	南苏丹	799	1.51	880	1.61
19	加纳	321	2.53	272	2.45
20	赤道几内亚	436	2.83	481	3.01
21	哈萨克斯坦	2264	0.49	2703	0.47
22	埃及	1129	1.05	1116	1.25
23	厄瓜多尔	1046	1.14	1002	1.40
24	卡塔尔	2666	0.41	3168	0.39
25	澳大利亚	665	1.83	733	1.94
26	也门	335	3.71	369	3.94
27	越南	851	1.41	937	1.50
28	加拿大	5073	0.19	5742	0.19
29	喀麦隆	128	2.93	108	2.82
30	阿根廷	1502	0.77	2297	0.57

注:①2025 年和 2040 年的产量预测应用新政策情景;②加纳和喀麦隆的原油产量预测根据其占非 OECD 国家的比例估计所得。

表 6 2025 年和 2040 年最优进口量的地区分布

地区分布	2025 年优化结果			2040 年优化结果		
	进口量/万吨	占比/%	平均风险值	进口量/万吨	占比/%	平均风险值
中东地区	19289	33.24	0.76	25549	37.81	0.83
俄罗斯和中亚	6439	11.10	0.36	6888	10.19	0.38
非洲	7658	13.20	1.70	7714	11.41	1.89
拉丁美洲	8256	14.23	0.76	10207	15.10	0.80
其他国家	16391	28.24	0.87	17222	25.48	1.00

四、结论及建议

本文构建了我国原油进口的价格-风险模型,并对我国未来的原油进口结构进行了定量分析。结论显示,中东地区依然是我国最重要的原油进口来源地,且进口价格明显低于俄罗斯、非洲以及其他国家,价格波动较温和,因此在多元化最优进口结构中,中东地区依然占据我国原油进口的最大份额。由于我国对原油进口的需求持续旺盛,需要积极拓展更多的石油供应渠道,进一步提高从美国、加拿大、阿联酋、澳大利亚、哈萨克斯坦、埃及以及卡塔尔的进口量,从而有效分散我国原油供应的风险。在未来原油进口的地区分布方面,中东地区依然是我国原油进口的主要来源地,在最优进口结构中,未来我国超过三分之一的原油进口将来自中东地区。可以预见未来我国原油进口的形势依然严峻,通过主动调整进口来源国的分布结构可以在降低供应风险的同时保持合理的进口价格。

为此,本文对今后我国的原油进口政策建议如下:一方面,在保证中东原油供应稳定的前提下,适当减少从沙特阿拉伯的原油进口量,大量增加从阿联酋、卡塔尔的原油进口量,适当增加从科威特、埃及的原油进口量;另一方面,加强石油政治外交,要深化与原油出口国的合作关系,还要保持与其他原油进口大国的密切联系,以形成双赢甚至多赢的格局。

最后,本文构建的原油进口价格-风险模型依然存在一定的局限性。模型包含了进口价格和供应国风险等因素,但没有考虑运输成本、国际关系以及长期合约等因素,加入这些量化指标将使模型更加完备,模拟结果也将更具价值。

参考文献

- [1] 方雯,程淑佳,葛紫璐.我国原油进口地域多元化存在的主要问题及优化策略[J].经济纵横,2016(9):68-72.
- [2] LE COQ C, PALTSEVA E. Measuring the security of external energy supply in the European Union[J]. Energy Policy, 2009, 37: 4474-4481.
- [3] LEFÈVRE N. Measuring the energy security implications of fossil fuel resource concentration[J]. Energy Policy, 2010, 38: 1635-1644.
- [4] COHEN G, JOUTZ F, LOUNGANI P. Measuring energy security: Trends in the diversification of oil and natural gas supplies[J]. Energy Policy, 2011, 39: 4860-4869.
- [5] WU G, WEI Y M, FAN Y, et al. An empirical analysis of the risk of crude oil imports in China using improved portfolio approach[J]. Energy Policy, 2007, 35: 4190-4199.
- [6] WU G, LIU L C, WEI Y M. Comparison of China's oil import risk: Results based on portfolio theory and a diversification index approach[J]. Energy Policy, 2009, 37: 3557-3565.
- [7] 吕军,王德运,魏帅.中国石油安全评价及情景预测[J].中国地质大学学报(社会科学版),2017,17(2):86-96.
- [8] 渠立权,骆华松,胡志丁,等.中国石油资源安全评价及保障措施[J].世界地理研究,2017,26(4):11-19.
- [9] 王正明,杨阳.我国石油进口来源结构的安全度分析[J].工业技术经济,2015(9):99-105.
- [10] 吴启勇.基于时间序列全局特征聚类法分析中国原油进口来源国的风险[J].宿州教育学院学报,2016,19(4):17-18.
- [11] 潘伟,王凤侠,吴婷.不同突发事件下进口原油采购策略[J].中国管理科学,2016,24(7):27-35.
- [12] 刘立涛,沈镭,刘晓洁,等.基于复杂网络理论的中国石油流动格局及供应安全分析[J].资源科学,2017,39(8):1431-1443.
- [13] 齐明, BASAEZ M O, 樊书旗.中国未来原油进口的多元化分析[J].资源科学,2014,36(3):512-519.
- [14] HOLZ F C, von HIRSCHHAUSEN C K. A strategic model of European gas supply (GASMOD)[J]. Energy Economics, 2008, 30(3): 766-788.
- [15] SALANT S W. Exhaustible resources and industrial structure: A Nash-Cournot approach to the world oil market[J]. The Journal of Political Economy, 1976, 84(5): 1079-1094.
- [16] SINN H W. Common property resources, storage facilities and ownership structures: A Cournot model of the oil market[J]. Economica, 1984, 51: 235-252.
- [17] AL-SULTAN A M. Alternative models of OPEC behavior[J]. Journal of Energy and Development, 1993, 18(2): 263-281.
- [18] COOPER J C. Price elasticity of demand for crude oil: Estimates for 23 countries[J]. OPEC Review, 2003, 27(1): 1-8.
- [19] LIU G. Estimating energy demand elasticities for OECD countries: A dynamic panel data approach[J]. Oslo: Statistics Norway, 2004.

(下转第 88 页)

- [11] CLAUSEN T H. Do subsidies have positive impacts on R&D and innovation activities at the firm level?[J]. *Structural Change and Economic Dynamics*, 2009, 20(4): 239-253.
- [12] BECKER B, Hall S G. Do R&D strategies in high-tech sectors differ from those in low-tech sectors? An alternative approach to testing the pooling assumption[J]. *Economic Change and Restructuring*, 2013, 46: 183-202.
- [13] ANSELIN L. *Spatial econometrics: Methods and models*[M]. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1988.
- [14] 彭红星, 王国顺. 中国政府创新补贴的效应测度与分析[J]. *数量经济技术经济研究*, 2018, 35(1): 77-93.
- [15] 解维敏, 唐清泉, 陆姗姗. 政府 R&D 资助, 企业 R&D 支出与自主创新——来自中国上市公司的经验证据[J]. *金融研究*, 2009(6): 86-99.
- [16] 戴小勇, 成力为. 财政补贴政策对企业研发投入的门槛效应[J]. *科研管理*, 2014, 35(6): 68-76.
- [17] LERNER J. The government as venture capitalist: The long-run impact of the SBIR program[J]. *Journal of Business*, 1999, 72(3): 285-318.
- [18] MEULEMAN M, MAESENEIRE W D. Do R&D subsidies affect SMEs' access to external financing[J]. *Research Policy*, 2012, 41(3): 580-591.
- [19] 郭玥. 政府科技创新补贴的信号传递机制与企业创新[J]. *中国工业经济*, 2018(9): 98-116.
- [20] 童锦治, 刘诗源, 林志帆. 财政补贴、生命周期和企业研发创新[J]. *财政研究*, 2018(4): 33-47.
- [21] 吴福象, 段巍. 质量竞争、技术溢出与最优补贴战略[J]. *科研管理*, 2015, 36(5): 38-46.
- [22] 罗宏, 温晓, 刘宝华. 政绩诉求与地方政府财政补贴行为研究[J]. *中国经济问题*, 2016(2): 16-28.
- [23] 吴超鹏, 唐药. 知识产权保护执法力度、技术创新与企业绩效——来自中国上市公司的证据[J]. *经济研究*, 2016, 51(11): 125-139.
- [24] 胡海青, 王钰, 魏薇. 网络联结、知识产权保护与创新绩效[J]. *科技进步与对策*, 2018, 35(23): 1-8.
- [25] ELHORST J P. Matlab software for spatial panels[J]. *International Regional Science Review*, 2014, 37(3): 389-405.

Impact of Government Science and Technology Innovation Subsidy on Enterprise Independent Innovation Investment; Based on Spatial Measurement Model

Jiang Fuxin, Shi Jinhuan

(Business School, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)

Abstract: This paper examines the effect of government innovation subsidies from the perspective of spatial correlation, and uses the spatial panel model to analyze the impact of government innovation subsidies on China's industrial R&D expenditures based on provincial panel data from 2001 to 2016. The results show that the government's innovation subsidies have significantly stimulated the province's own industrial R&D expenditures, and at the same time, it has positively affected the industrial R&D expenditures of neighboring provinces and cities. After controlling the endogenous problems, the conclusion is still valid. In addition, under different ownership and innovation levels, there are differences in the spatial impact of government innovation subsidies on industrial R&D expenditures. According to the research conclusions, this paper proposes four policy recommendations to increase government innovation subsidies and fully consider spillover effects, integrate government incentives and market drivers, and create an environment that supports successful innovation.

Keywords: government innovation subsidies; industrial self-owned research and development expenditures; spatial Dubin model; space spillovers

(上接第 81 页)

Diversification of Crude Oil Imports while Considering the Price

Qi Ming¹, Guo Haitao¹, Zhao Jing²

(1. School of Economics and Management, China University of Petroleum (Beijing), Beijing 102249, China;

2. China Tower Co., Ltd., Inner Mongolia Branch, Hohhot 010010, China)

Abstract: The volatility of price is one of the major risks of crude oil imports. This paper presents an expended price-risk model, in which price is involved to determine the optimal crude oil import structure. We use the dataset of crude imports in 2018 for the simulation. The results imply that the Middle East is still the most significant area of crude oil imports to ensure the oil supply security in China. Imports from stable countries can effectively diversify the oil supply risks. In the long run, it is beneficial to import oil from diversified countries, such as UAE, USA, Australia, Canada, Kazakhstan, Egypt, and Qatar.

Keywords: oil imports; supply security; price-risk model; optimal strategy