

复杂网络视角下世界石油流动的竞合态势演变 及对中国石油合作的启示

夏四友^{1,2}, 郝丽莎¹, 唐文敏¹, 崔盼盼¹, 吴凤连¹

(1. 南京师范大学地理科学学院, 南京 210023; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 世界石油流动的规模和复杂性日益增加, 从复杂网络分析视角考察石油流动中主要贸易国及其所处地缘区之间的相对地位及变动, 并分析中国在其中的竞合关系, 有利于从与出口地缘区合作和与进口地缘区合作两个方面, 全面审视中国石油合作的总体格局、重点合作国家和可能的模式创新。研究结果表明: (1) 世界石油流动仍由主要出口地缘区主导, 逐步演变为俄罗斯—中亚、美国—加拿大和中东三足鼎立的出口竞争格局, 但出口地缘区的多元化和地位相对变动也为进口国调整合作关系提供了机遇; (2) 亚太地区逐步成为世界石油流动的竞合焦点, 但由于区内大国缺乏互济交流, 降低了地区的整体核心地位和对石油流动的调控力, 中国也深陷进口分散化、出口大国博弈和进口大国制衡三大困境中; (3) 中国应与核心出口地缘区重点合作, 与其他出口地缘区稳定合作并创新合作模式, 与亚太其他进口国基于进口份额协调机制、来源错位竞争机制和国际贸易中心分工协作机制, 开展区内互济交流合作, 以改善中国在世界石油流动格局中的竞合环境, 保障石油供需平衡、降低供给风险。

关键词: 石油流动; 竞合态势; 复杂网络; 石油合作; 世界; 中国

石油依然是支撑当今世界经济发展的战略性资源。由于世界石油的生产空间和消费空间存在显著错位, 从而引发了世界范围内大规模的石油流动^[1], 以国际石油贸易为主要形式。世界石油流动不仅表现为石油供需平衡关系, 还反映了利益相关国之间围绕石油流动的力量对比关系, 是相关国家的资源禀赋、经济技术水平、能源结构与效率、对外油气投资以及地缘政治关系等因素错综复杂的作用结果^[2-6]。随着相关因素的变化, 世界石油流动也在不断的演变之中^[7], 值得资源学界对其持续关注。特别是当前中国的石油进口依存度已超过70%^[8], 把握世界石油流动的总特征及演变态势, 对于中国发展石油合作、保障供需平衡、降低供给风险具有重要意义。

对世界石油流动的研究, 学者们传统上普遍利用数理统计和空间计量方法^[9-11], 分别从供给与需求两个方面量化世界各国石油生产量、消费量和进出口贸易量的等级体系、空间分布及其演化特征, 划分各国在石油流动中的主要职能, 分析潜在的石油流动势能和主导流向, 并分别针对主要进、出口国家来界定其石油流动地域范围^[11,12]。然而, 供、

收稿日期: 2020-01-07; 修订日期: 2020-08-05

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41971248, 41571513)

作者简介: 夏四友 (1991-), 男, 贵州盘州人, 博士研究生, 研究方向为人文地理与区域可持续发展。

E-mail: 2855453308@qq.com

通讯作者: 郝丽莎 (1981-), 女, 江苏徐州人, 博士, 副教授, 研究方向为能源地理与区域可持续发展。

E-mail: lisahull@163.com

需格局相分离的分析思路割裂了世界石油流动的整体联系,特别是越来越多的国家既有石油出口又有石油进口,部分国家间还通过双向石油贸易^[13,14]来提高石油流动的灵活性和动态平衡性,此均使一国的石油流动职能多重化,石油供、需格局逐渐具有重叠性,因而考察世界石油流动的整体联系特征和组织机制成为新的研究需求^[12]。

石油流动职能的多重化也反映了流动关系的复杂化,除了进、出口国之间的贸易合作外,出口国之间、进口国之间以及中转贸易国与进、出口国之间也普遍产生了石油流动关系,表现为进口国之间除了对石油的争夺和竞价外^[15],也会为缓和过度竞争而互济合作^[16],而出口国之间既会因争夺市场份额而产生供给和价格竞争,也会为合力维护市场控制权而形成供给和价格协同,从而形成贸易国之间复杂的竞争与合作关系(以下简称竞合关系)。同时,进、出口国为确保各自的能源安全和贸易稳定亦均寻求贸易对象多元化^[17],特别是以大型石油贸易公司为载体,使世界石油进出口贸易的地域选择更遥远、更灵活^[18],打破了传统的石油地缘格局,使各地缘区^①之间形成复杂交织的流动关系。因此,世界石油流动关系愈发紧密而复杂,并具有关系传导性、诱发性等复杂网络特征^[19,20],局部的石油断供或进口猛增都会直接或间接地对整体流动关系产生影响。对世界石油流动的结构复杂性及其演变的研究需要新视角、新方法,因而复杂网络分析在其中的应用应运而生。

目前利用复杂网络分析方法开展的世界石油流动研究主要集中在三个层次。其一是从整体网络层面,利用网络密度、集聚系数、平均最短路径、度分布、度相关性以及核心度等指标,探讨流动网络的结构复杂性与组织规律,证实了世界石油流动关系日趋紧密,具有小世界性^[18],是由关键国家主导的无标度网络^[14,17]和异配网络^[21],且具有核心—边缘结构^[18]。其二是从节点层面,主要依据出/入度、中介性和接近性等中心性指标,进一步明确了主要石油贸易国在世界石油流动中的职能和地位^[3,17,18,22],揭示了亚太地区在流动网络中的地位显著上升等新变化^[6,15]。但现有研究多分别针对三种中心性指标对贸易国的地位进行排序,而较少探讨三种指标在石油流动内涵上的关联性,因而难以基于三种中心性指标对各贸易国的综合地位进行判断。其三是从集群层面,主要依据国家间的关系紧密性或对外联系的结构对等性,将世界石油流动划分为若干国家集群,并分析各集群内部的成员演变与流动关系^[17,18,23,24],具有显著的地缘政治特征及意义,但对各集群在石油流动中的相对地位以及集群间的流动联系却较少关注^[24]。

无论是基于空间分析传统还是复杂网络分析范式,目前学者们对一国的对外石油合作研究仍主要拘囿于两种思路。其一是依据主要出口国的供给等级或中心性,并结合其外部地缘政治环境及国内政治稳定性等指标,对中国与其开展合作的潜力进行综合评价,并给出相应合作建议^[7,14]。其二是对比主要进口大国的来源地构成或进口贸易的拓扑结构,藉此分析各国的进口策略和优劣势,为中国优化石油进口来源结构提供启示^[25-27]。然而,这两种思路均只着眼于其他国家的石油贸易情况与策略,而未从中国切身所处的竞合环境入手,并且只针对中国与石油出口国的合作,而忽视了世界石油流动关系的复杂性,即现实中一国的对外石油合作应当是与出口国、进口国以及中转贸易国之间的多方面合作,并且要实现多方面合作之间的协同配合。此外,虽然已有研究基于流动网络和图论原理,预测了未来国家间可能的石油合作演变^[19,20],但仍需从各国及其所处地缘区

① 本文所指地缘区是因地理位置的邻近和联系而形成的具有相似或相关地理环境、历史文化和政治经济联系的区域范围。

的实际供需能力和地缘政治关系角度进一步判断和解析。

本文试图突破复杂网络分析方法在世界石油流动分析中的应用局限，通过解读主要网络结构指标的石油流动内涵及之间的关联关系，综合判定各国在世界石油流动中的相对地位，以宏观把握世界石油流动的总体的竞合态势及演变。进而将网络结构指标内涵与各国及其所处地缘区的石油供需能力和地缘政治关系相结合，分析其相对地位和竞合关系的形成原因。在此基础上，基于中国与主要国家及地缘区之间的相对地位和竞合关系变化，揭示其中的机遇与风险，为未来中国发展多方面对外石油合作提供导向，以期通过提高中国在世界石油流动中的核心地位，改善竞合环境，来提高石油供需平衡能力，并降低石油供给风险。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究对象与数据来源

本文以世界原油贸易为对象，数据主要来源于地球资源贸易统计数据库 (<https://resource.trade.earth/data?year=2000&category=1082&units=weight>)，选取其中2000年、2005年、2010年和2017年四个代表年份的原油进出口实物量数据，反映2000—2017年间世界石油流动及其演变。

值得注意的是：(1) 该数据库每年统计的石油贸易国数量不同，且不一定涵盖当年所有参与世界石油贸易的国家，故本文中各年份的世界石油流动网络规模略有不同，但能够在较大程度上反映当年的世界石油流动。(2) 将中国大陆、香港和澳门的石油进出口量合并为中国进出口量，予以统一分析。(3) 参照刘建^[3]的研究，将规模小于10 t的贸易联系从网络中剔除，以避免偶发的微量石油贸易联系对石油流动宏观特征造成影响，并突出流动中的主体流动关系。

1.2 研究方法

本文使用的网络结构指标均为复杂网络分析的常见指标^[28]，故下文不再赘述其一般内涵及公式，仅着重阐述其在石油流动研究中的内涵及适用性。

1.2.1 网络结构指标的石油流动内涵

(1) 核心度：流动联系的紧密性

核心—边缘结构是社会经济系统中一种普遍存在却没有统一或明确界定的概念模式，广泛应用于世界体系、国际贸易等研究中^[29,30]。在社会网络分析中，通常将核心—边缘结构界定为一个联系紧密、有凝聚力的核心和一个联系稀疏、互不相连的外围。其中，核心附近的节点不仅彼此相连而且与某些边缘节点相连，而边缘节点则仅与某些核心节点相连，且彼此之间不相连。核心和边缘相互连接构成统一体系，如果网络是由若干内部高度紧密联系却彼此间不相连的集团构成，则不具有典型的核—外围结构。

在世界石油流动中，也存在着紧密联系的核心贸易国以及与之相连、受其控制的边缘贸易国，且边缘贸易国彼此间的联系较少，因而世界石油流动也表现出一定的核—边缘结构特征，越接近核心的贸易国彼此间愈发联系紧密、相互制约，在世界石油流动中越活跃。因此，本文利用UCINET软件提供的核—边缘模型之“连续核心度”指标来考察世界各国在世界石油流动中与核心的接近程度。其中，核心度越高的国家其自身及其合作对象均越接近核心，核心度中等的国家其自身和合作对象有一方接近核心而另

一方远离核心,低核心度国家则合作双方均远离核心。

然而,地缘政治意义上的石油流动核心国不仅应当具有紧密的对外流动联系,还应当对流动具有广泛关联性以及较强的调控作用和影响力。核心的这些特性分别体现在度数中心性、中介中心性和接近中心性这三大网络中心性指标中。

(2) 度数中心性:流动联系的广泛性

在世界石油流动中,度数中心性表示与一国有直接石油流动关系的国家数量,包括进口和出口联系。因此,度数中心性可以反映出一国在世界石油流动中对外联系的广泛性,并综合反映了一国的多种贸易职能和贸易参与程度。

(3) 中介中心性:流动联系的中介调控作用

石油流动的中介中心性表示一国在其他国家间的石油贸易中承担中介作用的程度,通常用一国位于其他国家间的贸易联系最短路径上的比例来衡量,能够反映该国对世界石油流动的调控作用。由于石油贸易是有方向性的流动,因而一国的中介作用反映了该国在其他石油进、出口国之间承担着买进卖出的流动中介职能。促使一国承担石油流动中介的原因较多,以通道控制和互济交流的情况最为多见,大体可以包括以下三个方面。

其一是产油国之间基于运输通道和区位条件等因素开展石油进出口贸易,甚至是双边贸易,以降低运费、突破某种阻碍或提高贸易的灵活性和安全性。例如,加拿大西部的南北向石油管网以向美国出口石油为主,而其东部地区却难享管网之利,故转而进口美国德克萨斯原油,藉由美国国内管网来提高其石油运输的便利性和经济性^[18]。又如印度尼西亚作为东南亚主要产油国和马六甲海峡西侧管辖国,兼具石油与海峡之利,在向亚太地区出口本国原油的同时,还从海外进口原油以平衡供需,或通过石油再出口获利。

其二是坐拥枢纽之利的非产油国在世界石油流动中承担着石油集散职能。例如荷兰依托鹿特丹港和阿姆斯特丹港,新加坡坐拥马六甲海峡,均发展成为国际石油贸易中心,充分发挥便利的航运和中转优势,大量进口多源地石油,并在港口部分调混油后,作为本区国家重要的石油来源补充,提高了区内石油供给的丰富性和灵活性。

其三是同一地缘区的进口大国彼此间实现余缺互济,以在较大的进口压力下应对局部暂时性短缺,调节不同时期的市场价格差,提高现货供应的时效性等,实现互惠双赢^[19]。例如石油进口来源相似的欧洲各国彼此间存在着广泛而频繁的互济贸易,尤以拥有北海油田的英国在其中发挥的互济调控作用最为明显。

以上三种中介作用亦可能同时存在于部分国家的石油流动关系中。总之,中介中心性较高的国家不仅能够通过中介交流提高自身贸易的平衡性、经济性和安全性,还能够在局部甚至更大范围的贸易中起到调控作用。

在具体测量中,通常将一国的绝对中介中心性除以中介中心性的理论最大值^②,获得相对中介中心性,以消除网络规模的影响。本文采用UCINET软件计算各贸易国的“相对中介中心性”。

(4) 接近中心性:流动联系的波及影响力

接近中心性反映了一国在石油流动中与其他国家之间总的接近程度,通常用一国与其他国家间的贸易最短路径距离之和表示,并用接近中心性的理论最小值^③除以该国的接近中心性以获得相对接近中心性。相对接近中心性越高,表明一国越具有核心点的特性,与

② 中介中心性的理论最大值为 $(n^2-3n+2)/2$, 仅星形网络的“核心点”具有该最大值。

③ 接近中心性的理论最小值为 $n-1$, 仅星形网络的“核心点”具有该最小值。

其他国家直接联系或紧密关联的能力越强，其流动变化对更多国家的波及影响力也越大，越能够引导流动格局的变化。本文采用Pajek软件计算各贸易国的“相对接近中心性”。

1.2.2 网络结构指标间的关联关系

正如核心度指标的设计者Borgatti等^[31]曾经指出的，核心度指标与三大网络中心性指标之间具有相关性，但中心性指标可能仅反映出节点在局部或小集团中的中心地位，而核心度更能反映出节点在全局联系中的核心水平。就世界石油流动而言，核心度越高的国家对外流动联系越紧密，因而与其有直接联系或紧密关联的国家也相对较多，其介于其他流动关系之间的可能性也相对较大，从而表现为具有较高的度数中心性、接近中心性和中介中心性。反之，如果一国的网络中心性较低，或者虽然中心性较高却仅与局部国家，特别是仅与边缘国家相联系，则将制约其全局联系紧密性和核心度。

三种中心性指标之间亦具有相关性。如果一国的中介中心性较高，在较多国家的石油流动中承担中介交流作用，则必然增加该国对外直接联系的国家数量，提高其流动联系的度数中心性，并使其易于与更多的国家产生直接或紧密的联系，提高了其流动联系的接近中心性。如果一国的接近中心性越高，表明其与越多的国家有着直接或紧密的联系，从而度数中心性也越高，并且不仅受其他国家的控制较少，反而越有可能在较多国家间承担贸易中介作用，从而拥有高中介中心性。

由此可见，虽然核心度及三种网络中心性指标在石油流动内涵上有所区别，分别体现了石油流动核心的多方面特性，但彼此间也具有一定的关联性和同趋性，因而可以将其结合起来，综合判断一国在石油流动格局中的地位，地位越高表明该国越居于世界石油流动的核心。

1.3 综合地位划分方法

采用K-Mean聚类法，对各石油贸易国基于核心度及三种中心性指标进行综合等级划分。当四类指标能够形成稳定的组合和明确的对应关系时，即表明该种分类能够反映四种指标之间的耦合性和同趋性，从而可据此反映各国在世界石油流动竞合态势中的综合地位及成因。

2 结果分析

2.1 石油流动的总合竞合态势及演变

经过多次实验发现，利用K-Mean聚类法依据四类网络结构指标将各贸易国聚为四类时，各聚类中心最能稳定地体现出各指标之间的耦合性和同趋性，也最能反映出世界石油流动竞合关系中明确的综合等级特征（表1）。据此可将各贸易国划分为核心贸易国、主要贸易国、一般贸易国和边缘贸易国四个等级（图1）。其中，核心贸易国的四类指标值均居于高水平，主要贸易国的各项指标水平次之，一般贸易国的指标水平中等偏低，而边缘贸易国的所有指标均处于最低水平（表1）。

由于核心度能够集中反映一国与流动核心的联系紧密性，因而对同等级上的国家按其核心度排序，各年份的核心贸易国和主要贸易国根据K-mean聚类得出，构成和数量的年际变化反映各年份石油流动竞合关系的差异性和各国相对地位的变动（表2）。可以通过各国与核心的亲疏远近来反映各国的相对地位，位序越高核心地位也越高；同时亦能反映出同一地缘区内的各国距离流动核心的地位集中度或分化度。

本文主要根据世界石油生产、消费和贸易的地理分布与联系，并结合一般的世界地理

表1 四类结构性指标统计结果

Table 1 Statistical summary of four structural indicators

2000年						2005年					
		核心度	度数 中心性	中介 中心性	接近 中心性			核心度	度数 中心性	中介 中心性	接近 中心性
聚类 中心值	核心	0.210	63.500	14.724	0.575	聚类 中心值	核心	0.214	67.000	16.156	0.571
	主要	0.132	33.353	3.029	0.496		主要	0.139	35.318	1.995	0.493
	一般	0.078	15.500	0.615	0.438		一般	0.069	15.048	0.432	0.431
	边缘	0.012	3.178	0.040	0.353		边缘	0.008	3.261	0.056	0.351
描述 统计值	最大值	0.328	72.000	17.852	0.609	描述 统计值	最大值	0.305	67.000	16.156	0.571
	最小值	0	1.000	0	0.206		最小值	0	1.000	0	0.262
	平均值	0.046	10.738	0.733	0.395		平均值	0.044	11.312	0.531	0.394
	标准差	0.068	12.233	2.240	0.067		标准差	0.067	12.510	1.674	0.066
2010年						2017年					
		核心度	度数 中心性	中介 中心性	接近 中心性			核心度	度数 中心性	中介 中心性	接近 中心性
聚类 中心值	核心	0.141	54.000	5.134	0.555	聚类 中心值	核心	0.129	44.357	2.346	0.542
	主要	0.128	34.042	2.068	0.504		主要	0.089	19.810	0.600	0.471
	一般	0.074	15.118	0.343	0.446		一般	0.201	88.000	18.636	0.627
	边缘	0.009	3.372	0.055	0.365		边缘	0.018	4.471	0.127	0.377
描述 统计值	最大值	0.321	64.000	10.787	0.579	描述 统计值	最大值	0.329	91.000	18.893	0.639
	最小值	0	1.000	0	0.257		最小值	0	1.000	0	0.014
	平均值	0.046	12.481	0.616	0.410		平均值	0.052	13.917	0.734	0.424
	标准差	0.065	14.182	1.536	0.068		标准差	0.065	15.892	2.367	0.084

区域划分方案,将世界石油流动划分为中东、俄罗斯—中亚、北美、拉美、非洲(包括北非、西非和中东非)、欧洲(包括西欧和中东欧,俄罗斯除外)、亚太(包括亚洲全部及太平洋沿岸其他国家)等石油地缘区。参考既有研究成果^[1],将中东、俄罗斯—中亚、北美、拉美和非洲五大地缘区界定为出口地缘区,欧洲和亚太两大地缘区界定为进口地缘区。

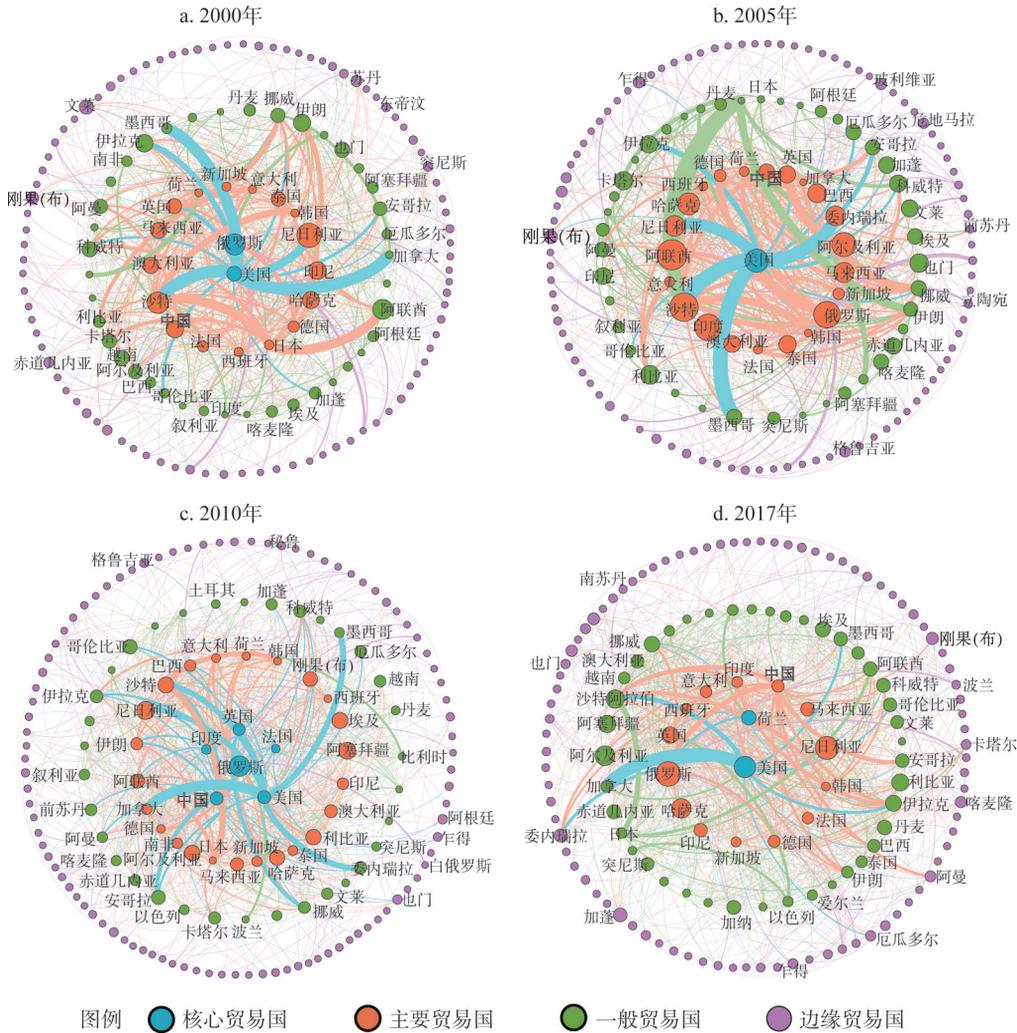
从各年份流动的总合态势来看(图1、表2),虽然有越来越多的国家随着经济发展成为石油进口国,加入了世界石油流动,但世界石油流动的竞合主体依然是少数石油进、出口大国,且总合态势仍是由主要出口地缘区主导的卖方市场。因此,着重考量核心和主要贸易国两个等级上各国及相应地缘区的相对地位及变动。

2.1.1 核心贸易国的相对地位及演变

位于世界石油流动关系核心的是当今世界最活跃的石油进出口贸易国(表2)。其石油贸易总量大,具有遍布世界各地缘区的广泛的直接贸易联系,因而度数中心性高;且均有进有出,其贸易伙伴亦多为主要贸易国,因而普遍具有高中介中心性和高核心度;往往核心贸易国之间也具有双向贸易联系、伙伴重叠和力量交织,使得各核心贸易国之间凝聚成更紧密的极核;相应地,核心贸易国不仅控制着主要竞合关系,并易于与广大贸易国之间产生直接或紧密的流动关联,从而表现为高接近中心性。因此,核心贸易国在世界石油流动中发挥着最高等级的流动调控力和影响力。

(1) 俄罗斯是典型的出口主导型核心

俄罗斯作为当今世界最大的石油生产国,凭借其巨大且稳步增长的出口量,成为世



注：节点大小与核心度成正比，连线粗细与石油流量正相关。

图1 世界石油流动竞合态势

Fig. 1 Competition and cooperation in the world crude oil flows

界石油流动中的重要一极，其贸易联系范围之广，遍及欧洲、亚太和北美等地，且以欧洲国家为主；其贸易对象等级之高，涵盖所有进口主导型核心，且不乏世界主要石油贸易国。此外，俄罗斯一直与相邻产油国之间保持着双向石油贸易，实现了对更为广泛地域的直接或紧密的石油流动联系。因此，俄罗斯在世界石油流动格局中的核心地位始终较高，特别是在2000年和2010年成为首位出口主导型核心，对世界石油流动具有全局性的关联、调控和影响力，也反映出石油出口大国对世界石油流动的主导性。

(2) 美国从进口主导型核心转变为出口主导型核心

美国始终是世界上最大的石油贸易国，以大进大出为重要特征，与美洲、中东、非洲、西欧、亚太等石油进、出口地缘区均有紧密联系，因而成为世界石油进出口的枢纽和石油竞合关系的领导者，广泛而直接地调控和影响着世界石油流动。2010年以前，美国主要作为进口主导型核心，与俄罗斯交替引领世界石油流动竞合关系，但由于美国具

表2 核心及主要贸易国的位序及结构指标值

Table 2 Rank of the core and major trading countries and their structural indicators

2000年	等级	核心度	度数	中介	接近	2010年	等级	核心度	度数	中介	接近
			中心性	中心性	中心性				中心性	中心性	中心性
俄罗斯	核心	0.268	55	11.596	0.540	俄罗斯	核心	0.321	56	0.379	0.559
美国	主要贸易国	0.152	72	17.852	0.609	美国	主要贸易国	0.147	64	10.787	0.579
尼日利亚		0.328	35	4.572	0.512	中国		0.145	59	3.774	0.569
沙特阿拉伯		0.274	29	0	0.482	英国		0.124	48	4.752	0.543
印度尼西亚		0.204	29	2.331	0.487	印度		0.064	49	5.350	0.547
中国		0.198	44	13.697	0.529	法国		0.042	48	5.764	0.530
哈萨克斯坦		0.194	30	1.319	0.485	尼日利亚		0.264	37	4.720	0.511
澳大利亚		0.176	34	3.498	0.485	阿塞拜疆		0.242	30	0	0.491
马来西亚		0.171	25	1.378	0.442	埃及		0.219	30	6.316	0.495
英国		0.155	40	3.162	0.523	沙特阿拉伯		0.214	30	0.715	0.497
泰国		0.145	32	1.646	0.465	利比亚		0.207	30	0.932	0.498
德国	0.087	42	6.750	0.519	阿尔及利亚	0.204	29	0.129	0.505		
法国	0.08	43	3.635	0.527	哈萨克斯坦	0.194	34	0.063	0.491		
日本	0.055	27	1.061	0.464	刚果(布)	0.187	29	2.365	0.489		
新加坡	0.048	27	1.245	0.497	阿拉伯联合酋长国	0.173	32	2.466	0.492		
西班牙	0.046	30	1.902	0.495	马来西亚	0.146	42	1.732	0.527		
意大利	0.029	36	2.667	0.516	澳大利亚	0.145	35	1.417	0.515		
荷兰	0.027	32	0.918	0.509	伊朗	0.128	26	0.738	0.486		
韩国	0.027	32	1.717	0.498	印度尼西亚	0.114	26	0.390	0.482		
2005年	等级	核心度	度数	中介	接近	巴西		0.110	37	3.637	0.518
美国	核心	0.214	67	16.156	0.571	加拿大		0.093	32	1.057	0.508
阿拉伯联合酋长国	主要贸易国	0.305	37	6.073	0.503	南非		0.085	35	7.535	0.489
沙特阿拉伯	易国	0.284	34	0.193	0.489	新加坡		0.080	41	2.170	0.520
俄罗斯		0.258	49	0.057	0.510	泰国		0.074	30	0.557	0.492
印度		0.258	37	6.400	0.508	意大利		0.051	43	4.671	0.516
阿尔及利亚		0.230	26	0	0.471	德国		0.039	44	1.914	0.506
哈萨克斯坦		0.200	34	0.022	0.486	荷兰		0.036	43	1.280	0.522
尼日利亚		0.181	30	0	0.484	韩国		0.023	34	1.410	0.508
马来西亚		0.173	30	2.118	0.450	西班牙		0.022	37	1.782	0.525
委内瑞拉		0.170	33	0	0.476	日本		0.010	31	1.640	0.506
巴西		0.158	28	2.397	0.488	2017年	等级	核心度	度数	中介	接近
泰国		0.143	31	1.675	0.489	美国	核心	0.265	91	18.379	0.639
英国		0.136	46	6.330	0.529	荷兰		0.136	85	18.893	0.614
澳大利亚		0.133	30	2.235	0.470	俄罗斯	主要贸易国	0.329	57	5.765	0.591
中国		0.117	47	3.013	0.534	尼日利亚	易国	0.299	36	0	0.528
德国		0.071	43	2.966	0.513	哈萨克斯坦		0.232	41	1.048	0.532
新加坡		0.065	28	1.473	0.457	英国		0.171	50	2.542	0.547
意大利		0.046	33	0.780	0.483	马来西亚		0.121	43	2.421	0.535
荷兰		0.042	42	1.340	0.494	印度尼西亚		0.114	35	1.654	0.519
法国		0.034	43	2.124	0.508	中国		0.094	55	2.192	0.569
西班牙		0.028	33	4.008	0.502	德国		0.088	43	2.074	0.532
韩国		0.014	35	0.457	0.513	意大利		0.080	51	3.606	0.541
加拿大		0.005	28	0.234	0.497	法国		0.080	40	0.590	0.524
						印度		0.068	48	3.844	0.565
						西班牙		0.056	46	3.061	0.524
						新加坡		0.048	42	3.130	0.554
						韩国		0.028	34	0.914	0.530

图例

北美 非洲 亚太
 俄罗斯—中亚 拉美 西欧
 中东

注：各年份的核心贸易国和主要贸易国根据K-mean聚类得出，同等级贸易国按核心度排序，底色代表地缘区。

有大进大出的流动特征,因而出口主导型核心对世界石油流动的主导作用更强。近年来随着美国由净进口大国转变为净出口大国,其亦转变为出口主导型核心,成为俄罗斯最强劲的石油出口竞争者。

(3) 亚太和西欧内部形成进口主导型核心

亚太(含南亚,下同)的中国和印度以及西欧的英国和法国也在2010年一度成为核心国家,反映出美国以外的进口主导型大国在世界石油流动中的地位和竞合能力有所上升。从亚太和西欧的核心地位相互交错的态势来看,二者始终是当今世界石油流动中两大相互角逐、势均力敌的进口地缘区。

其中,中国和印度两国作为最大的新兴经济体,也是世界新增石油进口需求的主要拉动国,均在全球范围内与几乎所有的石油出口地缘区形成了较广泛的石油进口联系,且交集较多;并各自依托自有石油生产开展了一定范围的出口贸易,但出口地域各有侧重,中国以向亚太出口为主,印度以向区外出口为主,而中印之间仅部分年份存在小规模的双向贸易。因此,中国和印度两国形成了以竞争为主的进口主导型石油流动核心^[15],但其对石油流动的调控和影响力主要作用于区外,而在亚太区内的核心作用却不明显。

英、法两国均具有大进大出的贸易特征,联系地域均较广泛且有重叠,彼此间的直接和中介交流密切,形成以合作为主的互补型石油流动核心,也是西欧各国石油流动紧密联系的缩影。其中,英国立足于欧洲,充分发挥中介作用:一方面依托本国北海油田,以供给欧洲市场为主;另一方面则从欧洲其他产油国以及非洲、中东和美洲的出口国进口石油以平衡供需,活跃和稳定了欧洲市场的石油流动,并加强了欧洲与区外主要出口国的紧密联系,成为西欧内部最重要的石油流动调控和影响核心。法国是西欧进口主导型贸易国的典型代表,其一方面保持着与区内区外出口国的广泛联系,另一方面则与欧洲进口国广泛开展双向互济贸易,提高了对区内区外石油流动的调控力和影响力。

(4) 荷兰成长为中转型核心

荷兰于2017年跃迁为核心贸易国,属于中转型核心。荷兰依托鹿特丹和阿姆斯特丹两大港口发展成为欧洲石油贸易中心,并主要依托大型石油贸易公司,与世界主要石油进出口大国开展贸易,特别是与大多数欧洲国家之间保持着双向贸易,2017年贸易总量仅次于英国,而赶超其他西欧进出口大国。由此进一步反映出大进大出的石油交流特别是与主要贸易国之间的双向贸易能够提高一国对外石油联系的广泛性和紧密度,增强其对全局或局部石油流动的中介调控力与波及影响力;也反映出交流贸易在当今世界石油流动中的凝聚性和地位增强,促进了国家间贸易联系的紧密化。

2.1.2 主要贸易国的相对地位及演变

主要贸易国等级亦集中了若干当今世界的石油进出口大国(表2),但与核心贸易国相比,其石油贸易总量和对外联系广度总体上或在若干年份上相对较小,且往往具有特定的联系地域偏向,表现为度数中心性中等及以上。同时,主要贸易国的中介交流关系略少,在一定程度上限制了主要贸易国的中介中心性和流动调控力,或其交流贸易对象在世界石油流动中的地位等级较低、对外联系较少,从而影响了其对外直接和间接联系的紧密性与影响力,表现为中等及以上的核心度和接近中心性。

在主要贸易国中,主要出口国的核心地位总体上高于主要进口国,反映出围绕主要石油出口国的竞合关系更加密集,其对世界石油流动的主导作用更强。从地缘区构成上来看,主要出口地缘区呈现多元化态势,各地缘区的核心地位也处在相对变动之中,

OPEC成员国的总体核心地位在下降；而西欧和亚太则始终是当今世界最重要的两大主要进口地缘区。

(1) 主要出口国呈现地缘多元化和地位变动^④

俄罗斯—中亚出口地缘区的核心地位上升幅度最为明显。中亚石油出口国因在对欧美出口通道上与俄罗斯具有共同利益，因而促成了俄罗斯—中亚之间的石油流动联系，特别是近年来俄罗斯与哈萨克斯坦之间形成了较大规模的石油双向贸易，促使其对外石油流动相互交织、关系愈发紧密，核心地位差距缩小，提高了该出口地缘区的整体地位。在对外联系上，该地缘区联系地域广泛，特别是与欧洲的联系紧密性较高，与亚太的联系亦在逐步增强，从而提高了该区对世界石油流动的全局性调控和影响力。

中东出口地缘区的核心地位总体呈下降趋势。其中，沙特阿拉伯和阿拉伯联合酋长国的核心地位较为突出，但两国间的地位分化却日益拉大，反映出中东区内并未形成相对紧密的流动联系。其他中东出口国则极少进入主要贸易国等级，特别是伊朗等国内局势动荡、外受制裁，对外贸易联系及规模的年际变化大，因而在世界石油流动中的核心地位波动明显。此外，由于中东地缘区的对外石油流动高度集中在部分主要进口大国中，尤以亚太地区为主，且与区内、区外出口国几乎没有交流关系，从而制约了其对外流动联系的广度和中介调控力，限制了其对更广大贸易国的接近性和影响力，亦影响了其世界石油流动中的联系紧密度与核心度。

进入主要贸易国等级的非洲出口国数量和核心地位亦大起大落，在国家构成上以西非和北非出口国为主。其中，西非的尼日利亚核心地位相对坚挺，其作为非洲最大的石油生产国和出口国，直接贸易伙伴较多、地域分布较广，其中不乏主要贸易国，特别是与核心地位较高的西欧保持着广泛而紧密的贸易关系，在部分年份还与中东和美洲的主要石油出口国开展一定的交流联系，从而使其与世界石油流动核心较为紧密地相联；但其贸易对象年际变化较大，因而仅在部分年份具有较高的中介调控力和波及影响力。相比之下，北非各国的核心地位起伏不定，主要是由于其国内政局频繁动荡导致出口量和贸易伙伴波动多变，且总体上联系地域较窄，过度依赖欧洲市场，使其与世界石油流动核心的关系时紧时疏，中介联系时断时连，特别是本区出口国之间也少有互济交流贸易，从而限制了其对内、对外石油流动联系的紧密性，在多数年份仅具有中等以下的中介调控力和波及影响力。

亚太和西欧的主要石油出口国也具有一定的核心地位。其中，亚太以印度尼西亚、马来西亚和澳大利亚为主要出口国，而西欧出口国中则以英国的核心地位最为突出。虽然亚太和西欧主要出口国均出现减产或产量波动，需通过扩大进口来平衡供需，印度尼西亚、澳大利亚和英国等甚至已经在个别年份转变为净进口国，但由于其能够依托区内广阔市场稳定出口，并能够充分发挥中转交流职能，并与区外主要出口国形成较为广泛的贸易联系，从而实现了对本区市场的中介调控作用，始终保持着较高的对内、对外联系紧密性及核心度，尤其是英国作为西欧内部最重要的石油流动调控与影响中心，核心地位不断提升，超越了亚太主要出口国。

拉美的主要出口国委内瑞拉和巴西在部分年份也跻身于主要贸易国之列，但核心地位较低。主要是因为两国的直接贸易对象数量中等偏少，影响了其流动联系的广泛性；虽然两国在大多数年份均承担着一定的中介作用，但能够直接或紧密影响的国家总量相

^④ 下文对主要出口国及其所处地缘区的分析以其核心地位的高低为序。

对有限,从而制约了两国在世界石油流动中的联系紧密性和核心度。但由于两国的贸易对象多为北美、亚太和西欧的主要贸易国,从而提高了两国与流动核心之间的联系紧密性,使其能够保持一定的核心度;特别是巴西亦与中东和非洲的主要出口大国保持一定的贸易联系,有利于提升其中介调控力和波及影响力。其他拉美出口国则主要以区内供给为主,仅形成小规模的内区联系网络,与流动核心之间相对游离。

加拿大在主要贸易国等级中的核心地位极大地取决于其与美国之间的双向贸易关系。虽然加拿大的直接贸易对象广度有限,但其与美国在贸易对象上既有重叠又部分互补,特别是加拿大和美国之间存在显著的双向贸易,从而提高了加拿大与流动核心之间的联系紧密性和对流动关系的波及影响力,使其与美国耦合成为北美石油流动双核。

(2) 主要进口国的核心地位相对稳定

作为两大主要进口地缘区,西欧和亚太各国的核心地位始终相互交错并保持相对稳定,但亚太主要进口国的核心地位相对分化,而西欧主要进口国的核心地位则较为集中。

究其原因,西欧主要进口国在与区内、区外主要出口国及中转国保持广泛而紧密联系的同时,彼此间还大多保持着双向联系,通过内部的余缺互济化解因来源地相互重叠而可能引发的进口竞争^{[4][6]},并促使西欧内部形成紧密的联系核心,提高了西欧对内、对外石油流动的整体调控力和影响力,有利于合力与进口地缘区开展博弈。

而亚太主要进口国之间的交流联系较少、中介作用较弱,除中国对其他主要进口国长期保持小规模出口贸易外,日本—韩国、韩国—印度及新加坡—泰国之间仅在部分年份存在少量贸易联系,或仅与亚太其他中小型进口国之间偶发石油流动关系。因此,虽然亚太主要进口国的石油进口量巨大且稳步增长,对外保持着一定广度的直接贸易联系,但因彼此间缺乏余缺互济交流,使得各国与世界石油流动核心的联系紧密性不一,彼此间的竞争大于合作,尚未凝聚成紧密的内区联系核心;特别是日本、韩国的核心地位及对流动的调控力与影响力较低,日本甚至在若干年份跌出主要贸易国等级。

2.1.3 总体竞合态势演变解读

(1) 出口地缘区的多元化和地位变动为进口合作优化带来机遇

综上所述,美国—加拿大、俄罗斯—中亚和中东逐步演变成为当今世界三足鼎立的石油出口地缘区。其中,美加双核驱动的北美出口地缘区最显著的特征是在世界广大的贸易国特别是主要贸易国之间承担着大进大出的中介调控作用;随着美国转变为净出口国,其页岩油出口亟待更广阔市场的支撑,因而美国拓展亚太市场的意愿明显。俄罗斯—中亚出口地缘区的主要优势是供给地域和国家极尽广泛,几乎囊括了所有一般等级以上的贸易国,特别是通过与欧洲众国的紧密联系,强化了在欧洲石油流动中的竞合能力;但是随着西欧诸国大力推进清洁能源、降低石油依赖,俄罗斯—中亚地缘区东进亚太的需求也日益增强。与前两者不同的是,高度依赖亚太市场且产油国间缺少交流联系的中东出口地缘区,在世界石油流动中的核心地位及中介调控力相对下降,但由于其出口规模 and 市场份额巨大,因而仍然能对世界石油市场供需平衡和国际油价波动产生极大影响;然而,随着近年来美国页岩油供给能力的大幅攀升和成本下降,以及俄罗斯等非OPEC产油国的产能稳步增长,也使得中东及OPEC组织对世界油价的影响正在弱化。

非洲和拉美对石油流动的调控和影响作用则更具区域性特征,突出地表现为非洲出口地缘区高度依赖于欧洲市场,而拉美出口地缘区主要依赖于北美和本区市场。二者的核心地位虽然有明显波动,但仍是当今世界石油流动格局中重要的竞合力量。随着西欧

的“去油化”和美国贸易角色的转变,非洲和拉美出口地缘区亦在积极寻求未来接替市场和出口多元化。

正是这种多样化且地位相对变动的出口地缘格局,为进口地缘区调整流动关系和提升核心地位带来了机遇。

(2) 亚太地区成为世界石油流动竞合的焦点

亚太和西欧两大石油进口地缘区均不仅与区内出口国充分联系,亦对各出口地缘区的石油资源展开竞争,在世界石油流动中的核心地位相互胶着。但两地区的进口来源结构存在一定错位,竞争冲突可控。其中,西欧青睐于近域的俄罗斯—中亚和西非—北非两大出口地缘区,且多与其中的主要出口国开展贸易;而亚太更偏重中东出口地缘区,但近年来亚太主要进口国彼此间为避竞争锋芒而在全球范围内寻求与广大的一般,甚至边缘贸易国开展贸易。

随着西欧石油需求的逐步减缓,西欧与亚太的进口竞争将更趋缓和。相应地,亚太地区作为当今世界石油需求增长最大的进口地缘区,就成为了亟待拓展新市场的俄罗斯—中亚、美国—加拿大、非洲和南美等出口地缘区的逐鹿之地,为亚太提升在世界石油流动中的核心地位和影响力创造了空间。然而,亚太各进口国在与各出口地缘区的合作中长期分兵作战,彼此间缺乏互济交流,从而引发了当今世界石油流动中最激烈的进口国竞争。

由此可见,亚太地区已成为世界石油流动的竞合焦点,其能否充分利用各出口地缘区的地位变动和出口竞争机遇,将极大地取决于区内各主要石油进口国之间是否能够充分合作、化解竞争矛盾。

2.2 对中国石油合作的启示

2.2.1 中国在流动格局中的相对地位与竞合困境

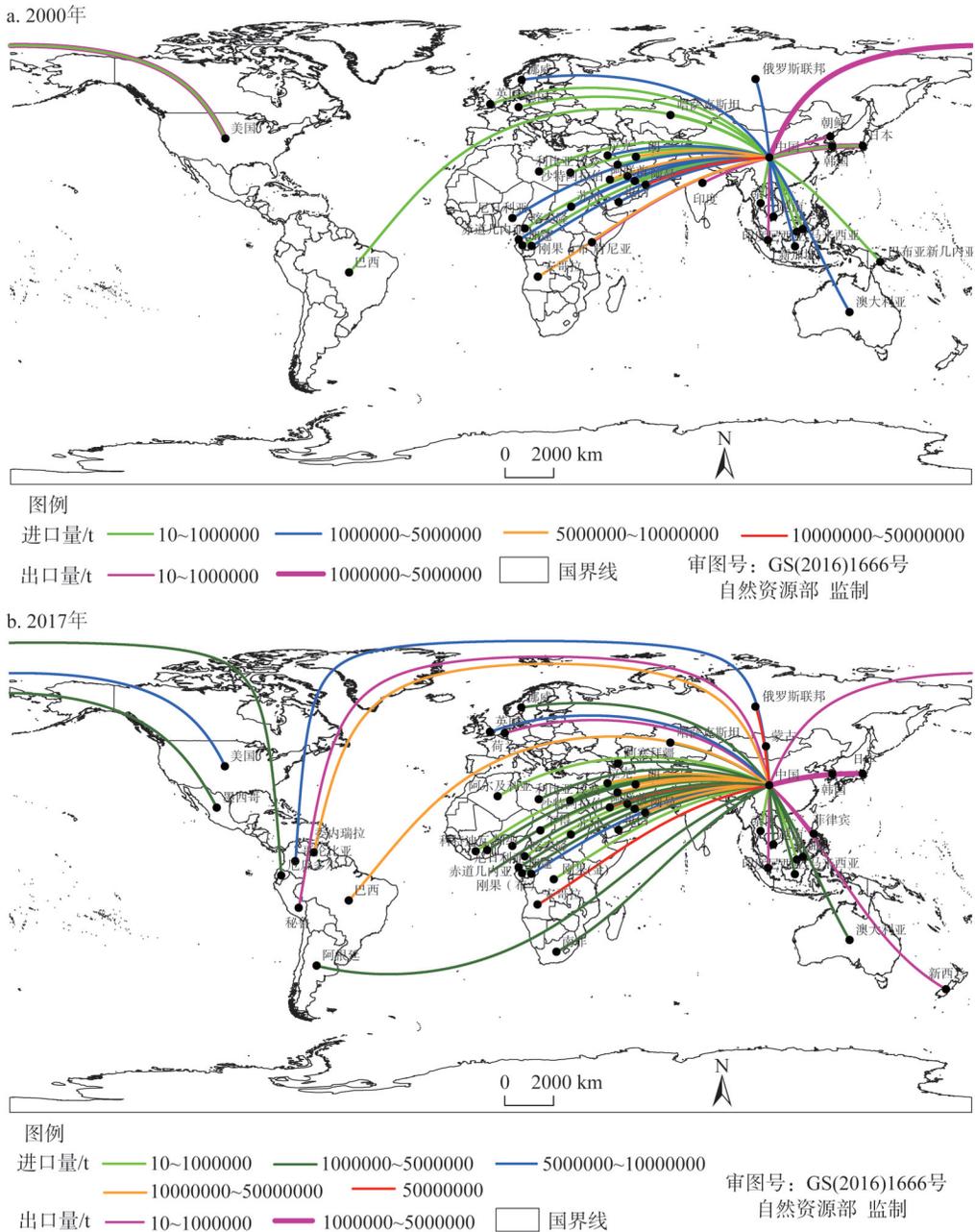
中国在世界石油流动格局,特别是在石油进口国中的核心地位相对较高,与中国的对外联系地域广泛、中介作用突出以及波及影响范围较大有关(图2),使中国对世界石油流动具有一定的调控力和影响力。但从早期与欧美进口大国角逐到当今与亚太进口大国竞争,中国一直身处进口竞争的风口浪尖,承受着来自主要出口地缘区的借机制衡,因而为分散来源风险、规避进口竞争,中国逐渐转而开拓与一般及边缘贸易国的合作关系,从而与世界石油流动核心的联系紧密性有所下降。在此过程中,虽然出口地缘区的多元化和地位相对变动给中国调整石油合作关系带来了机遇,但其中也蕴藏着三大困境。

(1) 进口分散化困境

中国的进口来源国分布较广,其中部分来源国运距较远、运输经济性低^[7],以美洲诸国为代表;亦有部分来源国的地缘风险和国际争议较大,如中东的伊朗、北非的利比亚和东非的南苏丹等,影响了中国石油进口的安全性。不仅如此,进口分散化与增强对流动核心的调控力和影响力之间也存在着矛盾。

(2) 出口大国博弈困境

在美国、俄罗斯—中亚、非洲和拉美竞逐亚太市场的过程中,中国作为当今世界最大的石油进口国而成为必争之地,而美国作为世界石油流动的调控枢纽,是其中最重要的博弈力量。在中国—拉美贸易关系中,虽然美国对拉美石油的需求正趋减少,但拉美素为美国实施石油大进大出战略、维持中介调控枢纽地位的重要支点之一,因而美国不会轻易放弃在拉美的既得份额;并且,美国作为新晋石油出口大国,其扩大对中国出口的意图也与中国—拉美贸易产生一定冲突;此外,美国素来视拉美为“后院”,因而中国



注：本图基于自然资源部标准地图服务系统下载的标准地图制作，底图无修改。

图2 中国对外石油流动格局

Fig. 2 Spatial pattern of crude oil flows between China and other countries

扩大与拉美石油合作被看作是对美国地缘政治利益的侵犯，必然受到美国的阻挠；加之拉美资源民族主义深厚，亦增加了中国与拉美合作的政治风险。在中国—非洲贸易关系中，虽然美国与非洲的石油贸易关系已趋减少，但这也触发了美国对在非势力减弱的焦虑，并忌惮中非贸易会扩大中国在中非影响力，因而美国已开启重返非洲的战略部署，成为中非扩大石油合作的重要影响因素。在中国与俄罗斯—中亚的贸易关系中，美国对俄

罗斯的遏制始终不变,特别是当前美国在石油出口和定价上与俄罗斯的竞争进一步升级,美国会通过制裁等手段影响中俄贸易。

(3) 进口大国制衡困境

由于亚太主要进口国间缺乏互济交流机制,各国的石油利益得失完全倚仗各自的对外贸易关系,因而出现了在石油进口中的相互争抢竞价现象,反使出口地缘区借机从贸易份额、贸易通道和石油价格等方面对亚太主要进口国进行相互制衡,使中国深陷诸如远东输油管道之争以及亚洲溢价等困境。此外,虽然西欧主要进口国对非洲石油的需求量亦趋减少,但非洲邻近欧洲的地缘优势以及作为欧洲传统势力范围的角色,也使得西欧诸国在对非洲贸易中依然会与中国形成一定程度的竞争与制衡。

2.2.2 中国石油合作对策建议

中国应根据自身在世界石油流动中与各主要地缘区之间的相对地位变化,针对三大竞合困境,分别从与出口地缘区合作和与进口地缘区合作两个方面,优化对外石油合作;在这两方面的合作中,与相关中转国之间的合作也是重要的环节。

(1) 与出口地缘区的合作对策

从提升对世界石油流动的全局调控力与影响力的角度而言,中国与各主要出口地缘区保持和扩大石油贸易联系均具有战略意义;但从降低经济和安全成本,提高与流动核心联系的紧密性角度而言,对各出口地缘区的合作则应根据其相对地位变化而有所侧重。

① 与核心出口地缘区的合作对策

其中,俄罗斯—中亚地缘区的核心地位不断提升,且邻近中国,有陆运管道之利可避马六甲海峡之困,因而是中国扩大石油进口的重点合作对象^[22]。但需警惕俄罗斯能源政策的多变及强烈的石油政治攻势,为此可通过加强与哈萨克斯坦和阿塞拜疆等中亚国家的多边合作,以对冲来自俄罗斯的合作风险^[32]。此外,还应针对美俄博弈可能带来的暂时性供给波动做好防备预案。

中东作为世界三大石油供给中心之一,又是亚太地区的传统来源地,仍应是中国稳定进口及流动核心地位的重要地缘区,特别是要巩固与中东首位供给国沙特阿拉伯的贸易关系。此外,中国传统上亦与中东的伊朗、阿曼、伊拉克、科威特和阿拉伯联合酋长国等国均有较大份额的贸易联系,未来在与其贸易关系中仍应继续保持相对均衡性和机动调整性,以应对伊朗、伊拉克等国频繁的局势动荡、恐怖活动和国际制裁等危机。

中美传统上已有小规模的双向石油贸易,但美国已成为新晋石油出口巨头,因而中国应当稳步提高来自美国的石油进口份额,约与来自伊朗、阿曼等一般中东国家的份额相当为宜,这一份额有利于对冲来自中东的供给波动。并且,通过新增对美进口份额可以在一定程度上相应减少中国分散在若干一般及边缘出口国中的进口份额,特别是出于经济性和政治安全性考量而做的调整,这有利于使中国在世界石油流动关系中更接近核心。此外,中国市场对美国新增页岩油产能的市场消化具有重要意义,因而稳定扩大对美进口份额也能够成为中美贸易谈判中的重要议题和调解筹码^⑤。

② 与其他出口地缘区的合作对策

在与非洲的石油贸易合作中,应当继续稳定来自安哥拉、南苏丹、刚果(布)等传统合作伙伴的现有进口份额。虽然当前主要进口大国对于这些国家的进口竞争相对较小,但与南苏丹和刚果(布)等局势动荡国家的合作却始终承受着出口波动和地缘政治

⑤ https://www.guancha.cn/global-news/2018_05_23_457733.shtml.

风险的影响,因而随着西欧对非石油需求的降低,中国可转而从尼日利亚、阿尔及利亚等非洲主要出口国增加进口份额,不仅能降低供给风险,还能相应提高中国在非洲石油流动关系中的核心地位。此外,中国在安哥拉、南苏丹、尼日利亚等国石油投资的新增产出可以更多地通过国际市场供给其他进口大国和中转国,进而通过中国与这些国家进行交流贸易来实现供需平衡,此举可以借助世界市场和石油流动网络来逐渐改变中国对非油气投资的“从矿井到港口”模式,缓和中国在对非投资和对非贸易所面临的地缘政治及国际舆论压力。

在与拉美的贸易合作中,可以继续保持现有进口来源结构和份额,并适当扩大与委内瑞拉和巴西等南美主要出口国的贸易份额,但增幅不宜过大,以不超过中美贸易份额为宜,以降低美国从中博弈的风险。并且,中国可在稳定大型国有企业与拉美的既有石油合作之外,利用我国进口原油使用权和进口权放开的机遇,更多地发挥中国地炼石油采购联盟的市场作用^⑥,通过地炼与国际大型石油贸易公司合作,灵活、多元地开展与拉美的石油贸易,合理控制运费成本,充分满足其原油需求。

(2) 与亚太进口地缘区的合作对策

目前,中国和印度的进口竞争地域与规模最大,与日韩的竞争主要集中在中东和俄罗斯—中亚地区;此外,中国与亚太主要石油出口国和中转国亦均有利益相关性。因此,中国应积极开展与亚太区内各国的合作^[12,16,24],以期改善中国石油进口竞争环境,降低区内竞争自损,提升区内余缺互济和供需平衡能力,并增强地区的整体对外议价能力。

① 对核心出口国的进口份额协调机制

可尝试建立中、印、日、韩四国在对中东、俄罗斯—中亚和美国三大核心出口地缘区的进口份额上的协调机制,化对外竞争为内部协同,增强对出口地缘区的整体博弈实力;并将彼此间的余缺互济机制化,同时加强与区内主要出口国和中转国的交流贸易,以提高份额协调机制的灵活机动性,动态平衡各国石油供需。

② 对其他出口国的错位竞争机制

对于非洲和拉美出口地缘区,亚太各国可以更多地依靠市场机制,发挥各自优势,错位开拓不同的合作伙伴,并在亚太内部通过互济交流机制,提高地区整体供需平衡能力。此亦能与对中国对非洲和拉美贸易合作的模式创新构想相协同。

③ 基于国际贸易中心的分工协作机制

国际贸易中心具有重要的集散和市场活跃作用。长期以来,亚太地区仅有新加坡一个国际石油贸易中心,而目前韩国已积极利用位于中日之间的地理区位和具有竞争力的储运成本,打造蔚山—丽水东北亚石油储运中心^⑦,同时中国山东也在依托山东港口集团和山东地炼产业集群,探索发展国际原油集散贸易和自贸区保税原油混兑调和的新模式^⑧。协调好三大贸易中心的油源定位,促进三者分工合作,将有利于吸引世界各大石油贸易公司调配世界各地石油资源汇聚于三大中心,与亚太各国开展现货贸易,使亚太从走出去寻找贸易伙伴转变为在家门口挑选贸易伙伴,这不仅能够进一步丰富亚太市场石油供给、活跃区域贸易,而且能够促进亚太地区成长为全球原油贸易中心,进一步提升亚太在世界石油流动中的地位。

⑥ <http://finance.sina.com.cn/roll/2016-03-12/doc-ifxqhmve9107502.shtml>.

⑦ <http://gold.jrj.com.cn/2017/07/21140422781161.shtml>.

⑧ <https://tech.sina.com.cn/roll/2019-12-07/doc-iihnzhfz4229308.shtml>.

3 结论

本文通过对石油流动关系的复杂网络分析,考察了世界石油流动中核心贸易国与主要贸易国之间的相对地位及演化,揭示了其中的竞合关系及蕴含的机遇和风险。在此基础上,主要依据中国在世界石油流动中与各主要地缘区之间的相对地位及变化,从与出口地缘区合作以及与进口地缘区合作两个方面,全面审视中国的对外石油合作关系,并试图从中洞悉有意义的合作对象和合作模式创新。主要结论如下:

(1) 综合依据核心度、度数中心性、中介中心性和接近中心性四项网络结构指标,将世界石油贸易国划分为核心贸易国、主要贸易国、一般贸易国和边缘贸易国四个等级,以综合反映各国在石油流动联系的紧密性、广泛度、中介控制力和波及影响力等方面的地位分异。

(2) 石油出口地缘区的核心地位普遍高于进口地缘区,反映出当今世界石油流动格局依然是出口主导的卖方市场,围绕主要出口地缘区的进口竞争依然激烈。但是,主要出口地缘区的多元化及地位相对变动,也给进口地缘区改善石油合作关系带来了机遇。

(3) 出口地缘区的相对地位变动突出地表现为以美国—加拿大、俄罗斯—中亚和中东三足鼎立格局的形成,而非洲和拉美在流动关系中的核心地位较低且波动明显,仅个别国家在部分年份与流动核心保持紧密联系。

(4) 亚太和西欧是地位胶着的两大进口地缘区。其中,亚太各国的核心地位相对分化、彼此间交流联系疏远,进口竞争大于合作,以中印两国的竞争关系最为突出,易被出口地缘区借机制衡;而西欧则形成了以出口国英国和中转国荷兰为中心,各进口国之间互济交流的紧密贸易联系,进口合作大于竞争,整体提升了地区在石油流动中的核心地位。随着西欧石油需求整体趋于减小,亚太地区逐步成为世界石油流动的竞合焦点。

(5) 中国对世界石油流动具有一定的调控和影响力,但与亚太其他进口国的流动联系相对稀疏,且为避进口竞争转而开拓与一般及边缘贸易国的合作关系,从而与世界石油流动核心的联系紧密性有所下降,陷于进口分散化、出口大国博弈和进口大国制衡三大困境中。

(6) 在与出口地缘区合作方面,中国应当重点加强与俄罗斯—中亚地缘区的多边合作,适度加强与美国—加拿大地缘区的双向合作,并巩固和均衡化与中东地缘区的多元化合作;对于非洲和拉美地缘区应稳定现有合作并创新合作模式,如将中国在非洲的石油投资产出更多地投放国际市场,并鼓励中国地炼联盟与大型石油贸易公司合作进军拉美石油市场等。在与进口地缘区合作方面,通过与主要进口国协商建立对核心出口国的进口份额协调机制和对其他出口国的错位竞争机制,以避免争抢竞价,并在此基础上实现区内互济交流机制化,提高地区整体供需平衡能力;同时推进国际石油贸易中心建设与合作,利用大型石油贸易公司进一步活跃亚太石油流动,提高亚太在世界石油流动中的地位。

本文的不足之处在于仅从流动关系视角,基于中国与主要石油地缘区的相对地位变化,浅析了中国对外石油合作的总体格局、重点合作国家和可能的模式创新,但尚不能系统确定合作对象的位序和具体方案,亦未涉及对石油运输安全、石油储备建设、海外油气投资布局和石油定价权争夺等问题的探讨,特别是在与亚太主要进口国的合作机制方面仅提出了战略构想,而现实中的地缘政治博弈更为复杂,其合作意义、具体方案和可行性有待进一步探讨。

参考文献(References):

- [1] 赵冰, 王诺. 21世纪初期世界石油流动的空间格局与流场特征研究. 经济地理, 2010, 30(6): 886-892. [ZHAO B, WANG N. The spatial structure of the world's oil flow and its flow field characteristics in the beginning of 21st century. *Economic Geography*, 2010, 30(6): 886-892.]
- [2] 马远, 徐俐俐. 丝绸之路经济带沿线国家石油贸易网络结构特征及影响因素. 国际贸易问题, 2016, 42(11): 31-41. [MA Y, XU L L. The structure and influencing factors of oil trade network about the countries along the Silk Road Economic Belt. *Journal of International Trade*, 2016, 42(11): 31-41.]
- [3] 刘建. 基于社会网络的国际原油贸易格局演化研究. 国际贸易问题, 2013, 39(12): 48-57. [LIU J. Research on international crude oil trade pattern based on social network theory. *Journal of International Trade*, 2013, 39(12): 48-57.]
- [4] ZHANG H Y, JI Q, FAN Y. What drives the formation of global oil trade patterns?. *Energy Economics*, 2015, 49(5): 639-648.
- [5] YANG Y, DONG W. Global energy networks: Insights from headquarter subsidiary data of transnational petroleum corporations. *Applied Geography*, 2016, 72(7): 36-46.
- [6] JI Q, ZHANG H Y, FAN Y. Identification of global oil trade patterns: An empirical research based on complex network theory. *Energy Conversion and Management*, 2014, 85(9): 856-865.
- [7] 程淑佳. 世界原油贸易空间格局演进与中国原油进口空间格局优化策略. 长春: 东北师范大学, 2011. [CHENG S J. Evolution of spatial pattern of the world's crude oil trade and strategy to optimize spatial pattern of China's crude oil trade. Changchun: Northeast Normal University, 2011.]
- [8] 田春荣. 2017年中国石油进出口状况分析. 国际石油经济, 2018, 26(3): 10-20. [TIAN C R. China's oil imports and exports in 2017. *International Petroleum Economics*, 2018, 26(3): 10-20.]
- [9] 张新林, 赵媛. 基于空间视角的资源流动内涵与构成要素的再思考. 自然资源学报, 2016, 31(10): 1611-1623. [ZHANG X L, ZHAO Y. Rethinking of connotation and constituent elements of resources flow based on spatial perspective. *Journal of Natural Resources*, 2016, 31(10): 1611-1623.]
- [10] 王诺, 张进, 吴迪, 等. 世界煤炭资源流动的时空格局及成因分析. 自然资源学报, 2019, 34(3): 487-500. [WANG N, ZHANG J, WU D, et al. The temporal and spatial patterns and causes of coal resource flow in the world. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(3): 487-500.]
- [11] 李兰兰, 徐婷婷, 李方一, 等. 中国居民天然气消费重心迁移路径及增长动因分解. 自然资源学报, 2017, 32(4): 606-619. [LI L L, XU T T, LI F Y, et al. Gravity center evolution paths and growth factor decomposition of residential natural gas consumption in China. *Journal of Natural Resources*, 2017, 32(4): 606-619.]
- [12] 郝丽莎. 世界石油地理格局之变. 南京: 南京师范大学出版社, 2012. [HAO L S. Changes of World Oil Geographical Pattern. Nanjing: Nanjing Normal University Press, 2012.]
- [13] DU R, DONG G, TIAN L, et al. A complex network perspective on features and evolution of world crude oil trade. *Energy Procedia*, 2016, 104(12): 221-226.
- [14] 孙晓蕾, 杨玉英, 吴登生. 全球原油贸易网络拓扑结构与演化特征识别. 世界经济研究, 2012, 31(9): 11-17, 87. [SUN X L, YANG Y Y, WU D S. Identification of topological structure and evolution properties of global crude oil trade network. *World Economy Study*, 2012, 31(9): 11-17, 87.]
- [15] ZHANG H Y, JI Q, FAN Y. Competition, transmission and pattern evolution: A network analysis of global oil trade. *Energy Policy*, 2014, 73(10): 312-322.
- [16] 郎一环, 王礼茂, 李红强. 中国能源地缘政治的战略定位与对策. 中国能源, 2012, 34(8): 24-30. [LANG Y H, WANG L M, LI H Q. Orientation and countermeasures of China's energy geopolitics strategy. *Energy of China*, 2012, 34(8): 24-30.]
- [17] 何则, 杨宇, 刘毅, 等. 世界能源贸易网络的演化特征与能源竞合关系. 地理科学进展, 2019, 38(10): 1621-1632. [HE Z, YANG Y, LIU Y, et al. Characteristics of evolution of global energy trading network and relationships between major countries. *Progress in Geography*, 2019, 38(10): 1621-1632.]
- [18] YANG Y, POON J P H, LIU Y, et al. Small and flat worlds: A complex network analysis of international trade in crude oil. *Energy*, 2015, 93(12): 534-543.
- [19] GUAN Q, AN H, GAO X, et al. Estimating potential trade links in the international crude oil trade: A link prediction approach. *Energy*, 2016, 102(5): 406-415.

- [20] FENG S, LI H, QI Y, et al. Who will build new trade relations? Finding potential relations in international liquefied natural gas trade. *Energy*, 2017, 141(12): 1226-1238.
- [21] 安海忠, 陈玉蓉, 方伟, 等. 国际石油贸易网络的演化规律研究: 基于复杂网络理论. *数学的实践与认识*, 2013, 43(22): 57-64. [AN H Z, CHEN Y L, FANG W, et al. Research on the evolution of the international oil trade network. *Mathematics in Practice and Theory*, 2013, 43(22): 57-64.]
- [22] 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. *资源科学*, 2017, 39(8): 1431-1443. [LIU L T, SHEN L, LIU X J, et al. Spatial-temporal features of China's oil trade network and supply security simulation. *Resources Science*, 2017, 39(8): 1431-1443.]
- [23] ZHONG W, AN H, GAO X, et al. The evolution of communities in the international oil trade network. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 2014, 413(11): 42-52.
- [24] KITAMURA T, MANAGI S. Driving force and resistance: Network feature in oil trade. *Applied Energy*, 2017, 208(12): 361-375.
- [25] GAO C, SUN M, SHEN B. Features and evolution of international fossil energy trade relationships: A weighted multi-layer network analysis. *Applied Energy*, 2015, 156(10): 542-554.
- [26] 程淑佳, 赵映慧, 李秀敏. 基于复杂网络理论的原油贸易空间格局差异分析. *中国人口·资源与环境*, 2013, 23(8): 20-25. [CHENG S J, ZHAO Y H, LI X M. Difference in spatial pattern of main nations' crude oil trade on complicated network theory. *China Population, Resources and Environment*, 2013, 23(8): 20-25.]
- [27] 王肇钧, 程淑佳, 于国政. 基于复杂网络理论的中美原油进口空间格局演进比较. *地理科学*, 2010, 30(5): 667-672. [WANG Z J, CHENG S J, YU G Z. Comparison between China's and USA's spatial structure of crude oil importing trade based on complex network theory. *Scientia Geographica Sinica*, 2010, 30(5): 667-672.]
- [28] 刘军. 整体网分析: UCINET软件实用指南(第二版). 上海: 格致出版社, 2014. [LIU J. *Lectures on Whole Network Approach: A Practical Guide to UCINET (The 2nd Edition)*. Shanghai: Truth & Wisdom Press, 2014.]
- [29] SMITH D, WHITE D. Structure and dynamics of the global economy: Network analysis of international trade 1965-1980. *Social Forces*, 1992, 70(4): 857-893.
- [30] KRUGMAN P. *The Self-Organizing Economy*. Oxford: Blackwell, 1996.
- [31] BORGATTI S P, EVERETT M G. Models of core/periphery structures. *Social Networks*, 2000, 21(4): 375-395.
- [32] 赵媛, 沈绿筠, 郝丽莎. “丝绸之路经济带”在世界石油供给格局中的地位及演变. *自然资源学报*, 2016, 31(5): 732-742. [ZHAO Y, SHEN L Y, HAO L S. The status of Silk Road Economic Belt in the world oil supply pattern and its evolution. *Journal of Natural Resources*, 2016, 31(5): 732-742.]

The evolution of competition and cooperation in world crude oil flows from the perspective of complex networks and its enlightenment to China's oil cooperation

XIA Si-you^{1,2}, HAO Li-sha¹, TANG Wen-min¹, CUI Pan-pan¹, WU Feng-lian¹

(1. School of Geographical Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China;

2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: The scale and complexity of world crude oil flows are increasing. From the perspective of complex network analysis, we examine the relative status and their changes of the major trading countries and their corresponding geopolitical regions, and analyze the competition and cooperation between China and these geopolitical regions, which are conducive to a comprehensive review of the overall pattern, key cooperation countries, and

possible model innovation of China's oil cooperation in terms of cooperation with exporting and importing geopolitical regions. The results show that: (1) World crude oil flows are still dominated by the main export geopolitical regions, and gradually evolved into the three dimensional competition patterns of Russia - Central Asia, the United States - Canada and the Middle East. However, the diversification and relative status changes of the exporting geopolitical regions also provide opportunities for the importing countries to adjust their cooperative relations. (2) The Asia-Pacific region has gradually become the focus of the competition and cooperation in the world crude oil flows. However, due to the lack of mutual exchange among the major importing countries in the Asia-Pacific region, the overall status of the region and its control over the world crude oil flows have been lowered. Correspondingly, China is deeply trapped in the three major dilemmas of import decentralization, the game of major exporting countries and the check and balance of major importing countries. (3) In terms of cooperation with exporting geopolitical regions, China should focus on strengthening multilateral cooperation with Russia - Central Asia geopolitical region, appropriately strengthen bilateral cooperation with United States - Canada geopolitical region, and consolidate and balance diversified cooperation with the Middle East geopolitical region; as for Africa and Latin America, China should stabilize the existing cooperation and innovate the cooperation mode, such as bringing the output of China's oil investment in Africa to the international market, and encouraging China Petroleum Purchase Federation of Independent Refinery to cooperate with large oil trading companies to enter the Latin American oil market. In terms of cooperation with importing geopolitical regions, China should conduct internal mutual exchanges with importing countries in the Asia-Pacific region based on the import share coordination mechanism, diverse-source competition mechanism and the division and cooperation mechanism of the international trade center. The above oil cooperation is conducive to improving China's competition and cooperation environment in the world crude oil flows, ensuring the balance of oil supply and demand, and reducing supply risks.

Keywords: crude oil flows; competition and cooperation; complex network; oil cooperation; the world; China