

石油生产网络演化特征与战略耦合研究 ——以金陵石化为例

杨足膺¹, 赵 媛², 姜国刚³, 潘家清⁴, 周 昊⁵

(1. 常州大学商学院刘国钧管理学院, 常州 213159; 2. 南京师范大学地理科学学院, 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心, 南京 210023; 3. 常州大学吴敬琏经济学院, 常州 213159; 4. 中国石化审计局南京分局, 南京 210003; 5. 常州大学石油工程学院, 常州 213164)

摘要: 石油空间流动的现有研究, 主要是对国家(地区)层面的贸易网络和供应链时空演化特征的分析, 缺乏对不同行为体之间的石油权力博弈过程及其战略耦合关系的系统分析。因此, 运用全球生产网络理论, 分析1999年和2021年两个时点下的金陵石化原油和成品油生产网络特征及其战略耦合变动。研究发现: (1) 金陵石化原油生产网络由国内原油为主转变为进口中东原油为主, 主要通过长期协议现货原油贸易; (2) 金陵石化成品油生产网络的经销对象呈“多元化”趋势, 且政府对其具有较强的调节作用; (3) 金陵石化原油生产网络的战略耦合, 由内部耦合为主转变为交互耦合为主; (4) 金陵石化成品油生产网络的战略耦合, 一直以内部耦合为主, 但其内部耦合的主导地位弱化。

关键词: 石油生产网络; 演化特征; 战略耦合; 金陵石化

碳达峰、碳减排“双碳”目标提出, 让国内外能源网络研究方兴未艾。相关研究既包括传统化石能源网络的直接或间接流动研究, 也包括对可再生能源在内的新能源网络的分析探讨^[1-6]。其中, 由生产—消费地域差异所形成的石油空间流动过程, 不仅表现为全球尺度下的大规模、跨国跨区域石油贸易网络和供应链的时空演化特征^[4,5,7], 还表现为石化企业、政府、政府间能源组织(如OPEC、IEA等)和准政府机构(如交易所或交易中心)等行为体之间的石油权力博弈过程^[1,5,7]。

目前, 国内外学者主要从国家(地区)层面的贸易网络和供应链网络两方面着手, 开展石油空间流动研究。贸易网络方面, 国内外学者主要基于联合国各经济体商品贸易统计数据库的石油生产、消费、贸易、运输等数据, 借助复杂网络方法, 探讨国家(地区)的石油贸易网络的演化特征^[8-19], 进而通过构建石油供应评价指标体系或情景模拟模型, 评价分析其石油供应安全性和可靠性^[8-11,13,14,20-23]。供应链网络方面, 借助计量经济方法和全球价值链视角, 分析国家(地区)之间石油供应链的优化配置和上下游产业之间的价值转移过程^[24-33], 并通过结构方程模型等方法, 探讨其石油权力博弈过程及石油保障体系^[26-28,31,33]。

收稿日期: 2022-12-25; 修订日期: 2023-08-02

基金项目: 国家自然科学基金项目(41801194, 41971248)

作者简介: 杨足膺(1985-), 男, 江苏盐城人, 博士, 副教授, 研究方向为能源地理与区域可持续发展。

E-mail: yangzuying1985@163.com

通讯作者: 赵媛(1963-), 女, 江苏南京人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为能源地理与旅游地理。

E-mail: zhaoyuan@njnu.edu.cn

在石油空间流动研究中,行为体是石油权力研究的主体^[1,2,7],因而关于“能源行为体”及其“石油权力”的研究开始受到重视:既包括不同国家(地区)之间的石油贸易及其“竞争—合作”权力博弈关系,也包括其上下游供应链的直接和隐含石油流动及其石油权力博弈过程^[31,34,35]。然而,现有研究多聚焦于国家(地区)层面的石油贸易网络与供应链网络的测度分析,缺乏对石化企业、政府、交易中心等行为体之间博弈关系的详细分析^[5]。作为石油空间流动的实际承载者,石化企业的市场经营行为直接作用于石油生产、储运、炼制和经销等整个流动过程。因而,需要分析包括石化企业、政府、政府间组织或准政府机构等行为体在石油空间流动中的权力博弈,才能较为全面地展现石油空间流动过程的供给—需求关系,才能较为清晰地揭示石油空间流动过程中的不同行为体权力博弈^[5,10,36,37]。

融合价值链、供应链、权力、嵌入等经济社会学理论,全球生产网络(Global Production Network, GPN)以行动者(行为体)为分析要素,以价值链和商品链为分析对象,以战略耦合(Strategic Coupling)为核心的分析框架,能够动态地解释不同行为体之间的权力、价值及其相互作用关系^[38-40]。其中,行为体包括所有参与经济行为的企业、政府及其他组织;权力指不同行为体之间相互制衡的关系,来源于价值提升或资源拥有权;嵌入包括行为体与特定区域之间的经济联系,或不同行为体(主要为企业)之间的经济联系;战略耦合指不同行为体的战略需求与区域资产(资源)之间相互嵌入的过程^[40-43]。

目前,已经有学者将全球生产网络用于东南亚^[42]和巴西石油产业^[43]的行为体石油权力博弈及其流动格局特征分析。但其分析对象为国家(地区),缺乏对包括石化企业在内的不同行为体的分析^[5];此外,还需要将石油空间流动中的权力博弈,包括资源、资本、贸易和技术控制权等^[1],细化为具体的评价指标,以期准确地刻画不同类型石油行为体之间的流动格局及其作用关系。本文借鉴Coe等^[38]和Yeung^[41,44]的GPN 2.0及其相关理论,以金陵石化为例,依据准确的调研数据,分别构建包括不同行为体(石化企业、政府、交易中心等)、石油流动和信息资金流动等在内的原油和成品油生产网络。进而,通过不同供应链环节下的供应量—价格矩阵和战略耦合分析框架,分析金陵石化与其他行为体之间的空间流动特征及其石油权力博弈过程,总结不同时点原油和成品油生产网络的战略耦合类型及其成因。引入GPN理论有助于进一步认识中国的石化企业从“引进来”(进口原油)向“走出去”(主动参与海外原油和成品油市场交易)转变过程中对自然资源流动的影响机制,并对煤炭、天然气、铁矿等诸多能源企业的贸易或供应链网络的重构研究,提供一定的参考借鉴^[2,5]。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 研究方法

21世纪初,曼彻斯特学派提出的GPN 1.0框架,以行动者、结构、价值、权力和嵌入等要素为切入点,分析某一企业内外或企业之间的经济网络及其在组织和区域内的配置关系^[38,41,44-46]。2010年左右,GPN 1.0进一步发展为GPN 2.0框架,开始分析不同要素的动态演化过程和运行机制,尝试从动态发展和战略耦合角度,解释区域之间的产业不均

衡问题^[45]。近年来，GPN 2.0开始关注全球财富转移、自然资源及全球气候变化对全球生产网络的影响^[46]。

Coe等^[38]认为，矿产资源或石油天然气等自然资源企业，更倾向于采用纵向一体化的企业内部协调策略，开展经营行为，进而形成相应的全球生产网络。即某一金属矿产或石油天然气企业，与其上下游合作企业一起，采用集团内部协调的方式，构建其生产网络。然而，石油资源的战略物资属性，决定了石化企业的生产网络，除了纵向一体化的企业内部化交易生产网络，还会受到其他行为体的石油权力博弈影响，包括：（1）国家对石油企业的调控，一方面是国家保障石油企业的原油供应，另一方面是国家打破石油企业在成品油供应方面的自然垄断，构建多元化的成品油消费主体^[6]；（2）上下游合作企业对石油权力的争夺和博弈，以此提高各自的经济效益。

因此，基于全球石油资源整体仍处于需求大于供给的现实背景，本文借鉴杨宇等^[1,2,7]提出的能源权力概念及其内涵，将资源控制权、贸易控制权和资本控制权等石油权力，纳入石油资源空间流动的global生产网络研究范畴内。考虑到技术进步尚未改变当前国内外石油消费的主导性，本文不考察技术控制权。

借鉴GPN 2.0的结构要素^[38]，本文将金陵石化的石油生产网络，分为原油和成品油两部分，其生产网络要素，主要包括：行为体（企业、政府和石油交易中心或交易所）、流动要素（石油、信息、资金）、边界范围（国家及地区的行政边界、地方企业的销售边界）等（表1）。

表1 石油生产网络要素
Table 1 The production network elements of oil

要素类型		原油阶段	成品油阶段
行为体	企业	中石化总部、金陵石化 中石化原油供应企业 国内其他原油供应企业 中石化国外权益油供应企业	中石化总部、金陵石化 中石化自营或合资成品油零售企业 国内其他成品油零售企业 国内外成品油直销部门 国外成品油客户企业
	政府	中国政府、外国政府	
	准政府机构	原油交易中心	成品油交易中心
流动要素	石油要素	原油流动网络	成品油流动网络
	信息、资金要素	交易资金、交易价格或成交量等信息	
边界范围		国家（地区）边界、石化企业所在的省市区边界、石油储运与销售边界等	

借鉴Coe等^[38]提出的企业成本—能力比，结合石油资源的经济商品和能源物资双重属性，考虑石油权力的内涵^[1,2,7]，本文提出了石油“供应量—价格比”，作为分析金陵石化石油生产网络的重要指标。对金陵石化而言，其原油购入阶段，到厂价格低、供应量比例高的原油品种是购入原油的采购要求（图1）；其成品油销售阶段，出厂价格高、供应量比例高的成品油品种是销售成品油的经营要求。原油或成品油价格的相对“高”“低”，表征不同行为体之间的资源、贸易和资本控制权博弈（图2）。

一般地，GPN 2.0将企业策略分为四类：企业内部协调、企业之间控制、企业之间合作及非企业之间博弈，并将战略耦合分为三类：内向型、功能型和结构型耦合^[38]。本文基于GPN 2.0的战略耦合分析框架，结合石油资源的双重属性及其不同行为体的石油权力博弈特点，提出石油生产网络的战略耦合分析框架。将石油生产网络的战略耦合分为内部、交互和外部三类，以价格为指标，分别建立原油和成品油的战略耦合框架（表2）。

1.2 研究对象

中国石油化工股份有限公司金陵分公司和中国石化集团金陵石油化工有限责任公司，统称金陵石化，位于江苏省南京市东郊，其前身为金陵石化公司（南京炼油厂）^[47]。金陵石化是中国石油化工股份有限公司第三大原油加工企业，具备1800万 t/年的原油加工能力^[47]。近十几年来，金陵石化年均供应江苏省70%左右的成品油（含汽柴油及航空煤油等），是江苏省第一大成品油生产企业。金陵

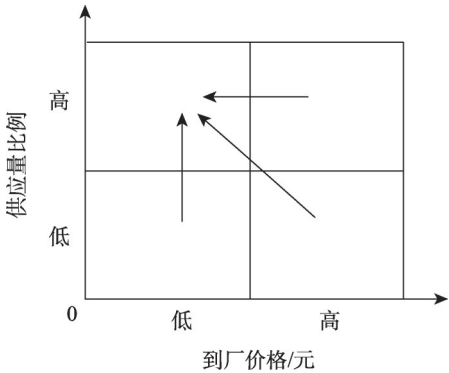


图1 金陵石化原油供应量—价格比矩阵
Fig. 1 Supply-price matrix of Sinopec Jinling Company's crude oil

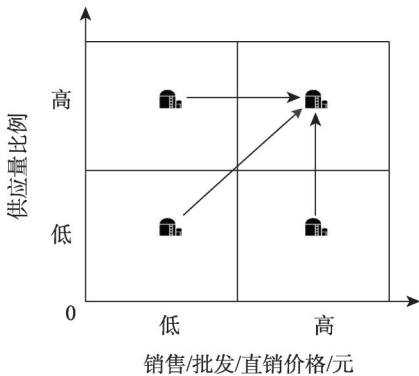


图2 金陵石化成品油供应量—价格比矩阵
Fig. 2 Supply-price matrix of Sinopec Jinling Company's refined oil

表2 金陵石化石油生产网络战略耦合分析框架

Table 2 The strategic coupling of Sinopec Jinling Company's crude oil

类型		内部耦合	交互耦合	外部耦合
原油生产网络战略耦合	耦合方式	企业内部交易	企业内部或企业之间交易	企业之间交易
	企业主要策略	企业内部采购	企业之间长期协议采购	企业之间短期市场采购
	原油到厂价格		低←高	
	金陵石化原油权力		强→弱	
成品油生产网络战略耦合	耦合方式	企业内部交易	企业内部或企业之间交易	企业之间交易
	企业主要策略	企业对外零售成品油	企业之间批发成品油	企业对外直销成品油
	成品油经销价格		高→低	
	金陵石化成品油权力		强→弱	

石化原油供应链与成品油销售网络较为成熟，其完整的石油贸易与供应链网络，为研究提供了较为典型的分析案例。

本文所指的石油，为原油和成品油统称。其中，成品油主要包括汽油、柴油、煤油和燃料油等液态石油燃料。由于未获得石油制品的经销贸易网络数据，不研究金陵石化烷基苯、丙烯等石油化工产品。将金陵石化的石油生产网络，分为原油购入和成品油经销两个阶段（表3）。其中，价格是表征不同行为体石油权力博弈的关键指标。本文考察两个阶段金陵石化在资源、贸易和资本控制权方面的变化^[7]。

表3 研究数据内容及来源
Table 3 Contents and sources of research data

阶段	数据内容	数据来源
原油购入	原油调入量和调入地数据：国内原油调入量及调入地、海外原油进口量及进口国 原油价格数据：国内外原油长期协议现货价格、短期市场现货价格、在途费用	原油调入量和调入地数据，来自《金陵石化生产资料汇编（内部资料）》 原油价格数据，来自《金陵石化物料—成本基本资料（内部资料）》
成品油经销	成品油零售经销直销量数据：成品油省内各分公司零售量、合资企业零售量、向其他企业的成品油批发量、向终端用户和大型用户的直销量 成品油价格数据：中石化独资、合资零售价格、中石化的批发价格、中石化的直销价格	成品油经销量和经销下游企业数据，来自《中石化江苏石油销售分公司销售情况》月报和年报 成品油价格数据，来自《中石化江苏石油销售分公司销售情况》月报和年报

原油购入阶段，主要包括石化企业采购国内外原油和运输原油的过程，即原油到厂价格，主要包括长期协议（短期市场）现货价格等内容。其中，长期协议现货价格，指石化企业与原油供应企业签署5年及以上长期协议，依据原油交易中心的当日交易价格，进行企业间的原油协议交易^[48]。短期市场现货价格，则指石化企业通过国内外原油交易中心采购平台，与原油供应企业进行原油现货交易。一般地，长期协议现货价格，要低于短期市场现货价格。而在长期协议下，国内企业之间的交易价格，要低于国内企业与国外企业之间的交易价格。进一步地，中石化内部原油采购价格，还要低于国内企业之间的交易价格。本文将上述四类原油到厂价格，分为标识为D1和D2、I1和I2。

成品油经销阶段，包括金陵石化在内的绝大部分炼化企业，主要包括四类经销方式：零售（向消费者出售成品油）、批发（向中石油、中海油或其他企业批发成品油）、终端用户直销（对政府、教育和医疗机构等终端用户直接销售成品油）和大型用户直销（对机场直接销售航空煤油，成品油出口至海外企业用户）^[49,50]。本文将终端用户直销和大型用户直销合并为直销一类，即三类经销方式：零售、批发和直销，三者价格由高到低。将上述三类成品油经销价格，分别标识为P1、P2和P3。

1.3 数据来源

本文研究数据主要来源于2020—2022年多次赴金陵石化和中石化江苏石油销售分公司，进行调研与走访所获取的相关数据资料（表3）。研究时点为1999年和2021年。1998年，国务院对国有石化企业进行重组，分别组建中国石油天然气集团有限公司（简称“中石油”）、中国石油化工股份有限公司（简称“中石化”）和中国海洋石油集

团有限公司(简称“中海油”)三家大型国有油气企业。据此,选取1999年用以分析中石化组建初期金陵石化的石油生产网络,2021年为所能获取的最新数据。

2 结果分析

2.1 金陵石化原油生产网络演化特征

1999年金陵石化的原油生产网络以国内原油为主,输油量达420余万t,占到厂原油总量的76%(图3)。其中,超过一半的到厂原油来自同属中石化的山东胜利油田和江苏油田,通过鲁宁原油管道将上述原油输送至金陵石化。同年,金陵石化进口原油130余万t,占到厂原油总量的24%,主要来自中东地区的沙特、阿曼和伊朗,通过海运将上述进口原油输送至金陵石化长江沿岸油港。其中,新加坡既是金陵石化原油进口的重要海运通道,绝大部分进口原油都要通过其所在的马六甲海峡这一战略咽喉^[1,2,4],又是中东和东南亚与中石化的原油交易中心,只有少量安哥拉原油通过伦敦交易所交易。此外,中国台湾海峡和南海海域也是金陵石化进口原油输入的必经通道。

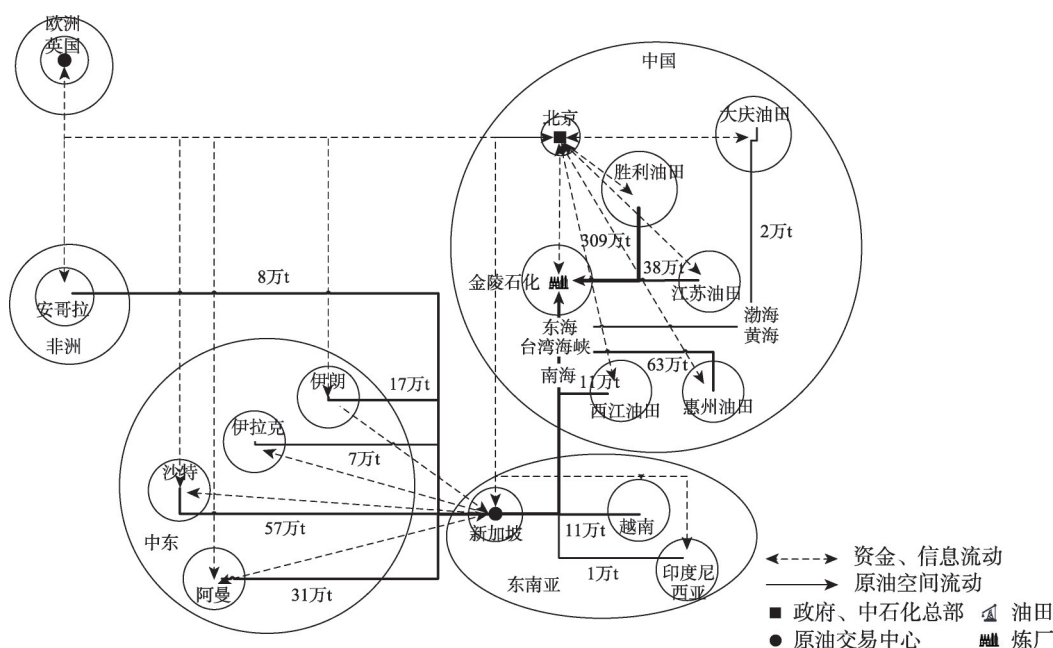


图3 1999年金陵石化原油生产网络

Fig. 3 The production network of Sinopec Jinling Company's crude oil in 1999

2021年金陵石化的原油生产网络以进口原油为主,国内输油量为140余万t(图4),全部来自中石化所属的江苏油田。其交易过程,即便为中石化内部交易,也要通过上海石油天然气交易中心(2016年成立,简称“SHPGX”)进行。同年,金陵石化进口原油1660余万t,以中东地区进口原油量最大,为1380余万t,其余为非洲、欧洲、美洲和东北亚(俄罗斯远东)的原油。从原油的海运网络来看,除俄罗斯远东原油和哥伦比亚太平洋沿岸外,绝大部分进口原油需要通过马六甲海峡—南海—台湾海峡这一通道,靠泊东海的宁波—舟山油港并通过甬沪宁(宁波—上海—南京)原油管道输送至金陵石化。

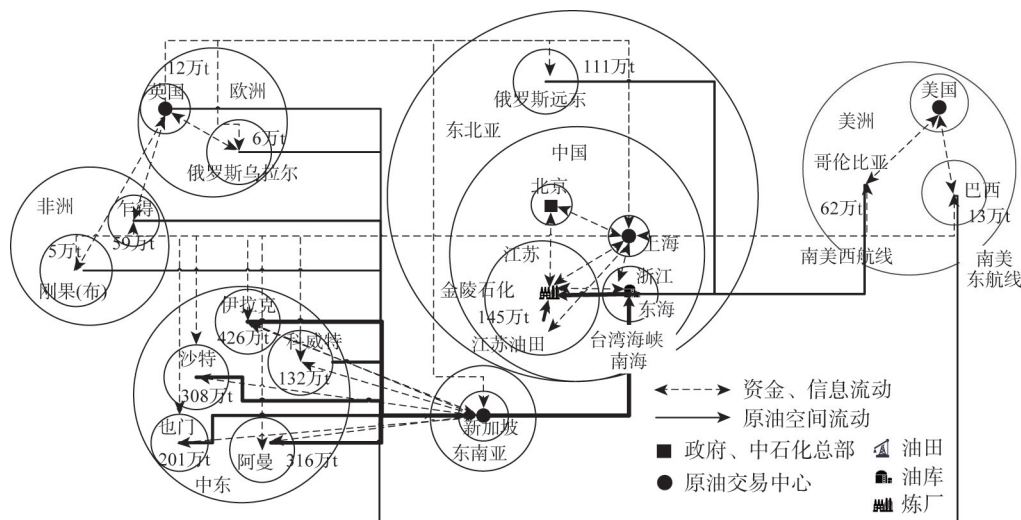


图4 2021年金陵石化原油生产网络

Fig. 4 The production network of Sinopec Jinling Company's crude oil in 2021

2021年金陵石化进口原油生产网络的信息流动,则主要由国家发展和改革委员会、中石化总部、金陵石化与所在国政府及石油企业,依据全球各地的原油交易中心[伦敦国际石油交易所(IPE)、纽约商业交易所(NYMEX)、新加坡国际金融交易所(SI-MEX)和国内的SHPGX],进行长期协议现货原油贸易。

对比1999年和2021年金陵石化的原油生产网络,可以发现:

(1) 新加坡的原油枢纽地位愈加重要。一方面,金陵石化绝大部分进口原油,需要通过新加坡所在的马六甲海峡;另一方面,新加坡原油交易中心的迪拜原油指数,直接影响着金陵石化与中东地区的长期协议原油贸易,而中东地区又是金陵石化的主要原油来源地。

(2) 马六甲海峡—南海—台湾海峡的这一通道的地缘战略愈加重要。2021年金陵石化的绝大部分进口原油,需要通过马六甲海峡—南海—台湾海峡这一通道。

(3) 中国于2016年成立了SHPGX,一方面作为国内国际原油市场交易平台,另一方面作为中国原油市场交易价格指数发布平台。对金陵石化而言,在与国外企业的原油长期协议下,可以依托中石化总部与SHPGX交易平台,SHPGX原油价格指数与全球其他原油交易中心互动,可以提高金陵石化的进口原油采购话语权,增强其石油贸易权力,并一定程度上降低采购价格。

(4) 2004年中石化甬沪宁原油管道(2019年底开始隶属国家管网集团)投入使用,其相应的宁波—舟山油港也投入运营。自2010年起,宁波—舟山油港又开始增设原油战略储备油库,进一步提高了包括金陵石化在内的长三角地区炼油企业的原油保障度。

2.2 金陵石化成品油生产网络演化特征

1999年金陵石化的成品油生产网络,主要为江苏苏南各城市及南通的中石化对外零售,部分为批发和直销(图5)。其中,通过中石化各加油站零售成品油260余万t,超过总经销量的75%。此外,通过政府间贸易协议,以较低价格通过水运出口3万余t航空煤

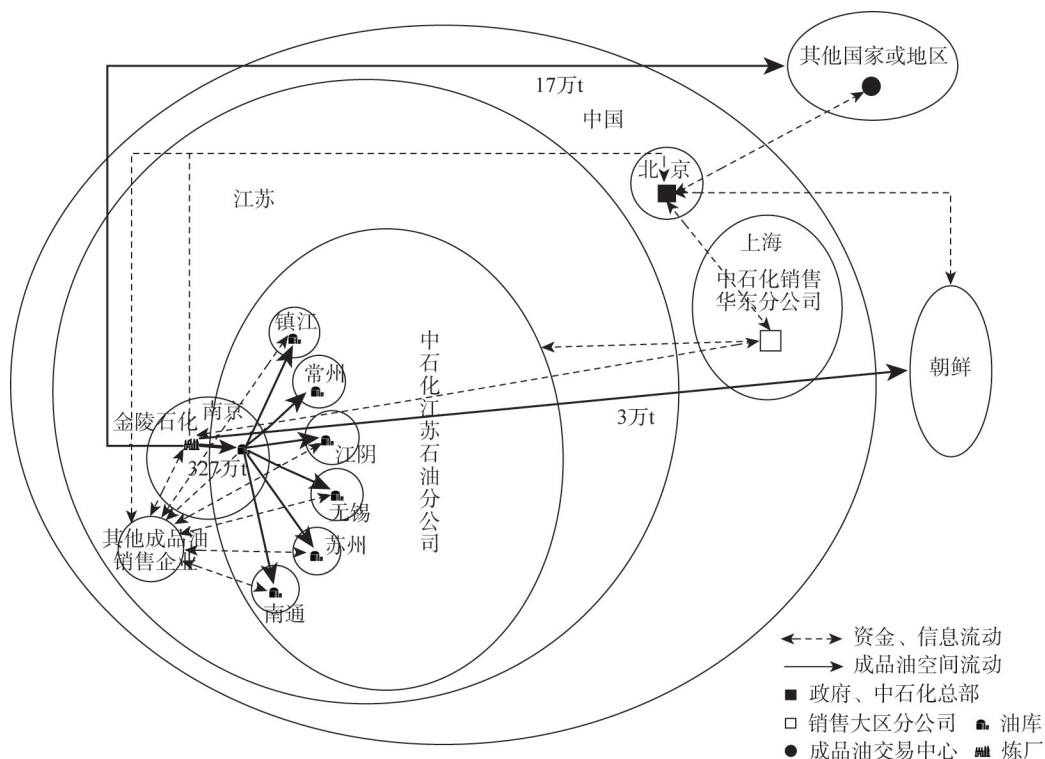


图5 1999年金陵石化成品油生产网络

Fig. 5 The production network of Sinopec Jinling Company's refined oil in 1999

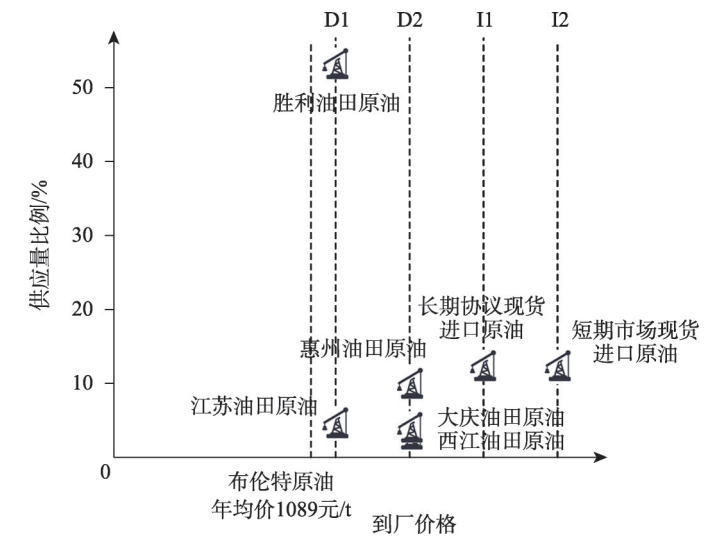
油至朝鲜。

2021年金陵石化的成品油生产网络，仍以江苏苏南各城市及南通的中石化对外零售为主，但零售比例由75%下降至55%，且仅有不到40%为中石化自营成品油零售比例，其余15%分别为中石化与壳牌石油公司两方合资企业及中石化、中石油与江苏高速石油公司三方合资企业的成品油零售比例（图6）。

对比1999年和2021年金陵石化的成品油生产网络，可以发现：

（1）金陵石化成品油经销对象呈现“多元化”趋势，中石化自营的成品油零售比例不到40%，另有15%的合资企业零售，出口比例达到了18%，这是由于：① SHPGX成品油交易平台和成品油价格指数的发布，使中国国内成品油交易市场逐步放开，石化企业与销售企业的捆绑式经营有所松动；② 自加入世贸组织以来，中国政府逐步对内对外开放成品油销售市场，允许外资企业或其他企业以入股方式参与成品油零售；③ SHPGX与国外成品油交易中心的信息共享、平台互动及价格联动等全球成品油交易体系的逐步完善，以及金陵石化的成品油出口战略等因素，促使金陵石化的成品油出口比例达到18%。

（2）政府因素对金陵石化成品油生产网络具有相当的影响。一方面，政府通过股权安排、政策调控等措施，削弱中石化在江苏成品油销售的绝对垄断地位，推动江苏成品油经销市场“多元化”；另一方面，政府通过中石化及金陵石化，以低于市场平均零售价格，向教育、医疗和政府机关等终端用户直销成品油，确保这些终端用户的成品油



注：关于进口原油长期协议与短期市场现货，仅调研获得各占进口总量50%左右的比例，未能获得详细数据。

图7 1999年金陵石化原油供应量—价格矩阵

Fig. 7 Supply-price matrix of Sinopec Jinling Company's crude oil in 1999

表4 金陵石化原油生产网络战略耦合演化

Table 4 The changes of strategic coupling of Sinopec Jinling Company's crude oil

	内部耦合	交互耦合	外部耦合
原油来源变化	中石化内部采购→长期协议下的进口原油		
原油权力变化	资源控制权弱化→贸易控制权和资本控制权强化		
政府因素	保障金陵石化原油供应，加强金陵石化的原油贸易和资本控制权，趋向于内部或交互耦合		
耦合演化原因	中石化内部原油资源不足，需要外部采购，趋向于交互或外部耦合	原油到厂价格过高，导致全球范围内不同行为体之间的石油权力博弈，趋向于交互或内部耦合	

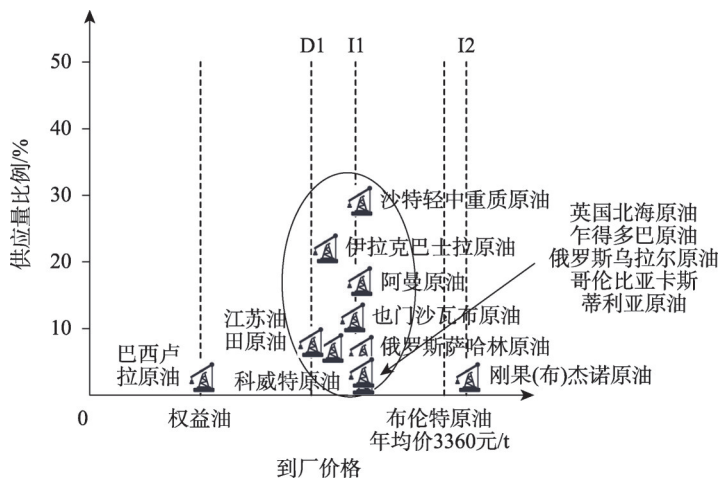


图8 2021年金陵石化原油供应量—价格矩阵

Fig. 8 Supply-price matrix of Sinopec Jinling Company's crude oil in 2021

从原油权力变化来看，金陵石化的原油资源控制权弱化，即由1999年中石化内部采购为主，转变为2021年长期协议下的进口原油为主。与此同时，金陵石化的贸易控制权和资本控制权强化，即中国政府通过成立 SHPGX、建设原油战略储备、建设国内陆上原油管网等措施，加强金陵石化的原油贸易控制权；中石化入股巴西卢拉原油，金陵石化获得低价进口权益油，其资本控制权得到一定强化。

综上所述，金陵石化原油生产网络的战略耦合演化，总体表现为进口原油背景下的原油资源控制权弱化，政府保障金陵石化的原油供应，以长期协议下的进口原油甚至权益油等方式，趋向于交互耦合甚至内部耦合（表4）。

2.3.2 成品油生产网络战略耦合演化

1999年金陵石化成品油供应量—价格矩阵以中石化独资零售P1价格的成品油为主，约占75%的交易份额；此外，还有少量金陵石化向苏南地区机场直销航空煤油、向朝鲜以P3价格出口航空煤油（图9）。因此，1999年金陵石化成品油生产网络的战略耦合，形成了以内部耦合为绝对主导，交互与外部耦合较低比例存在的格局（表5）。

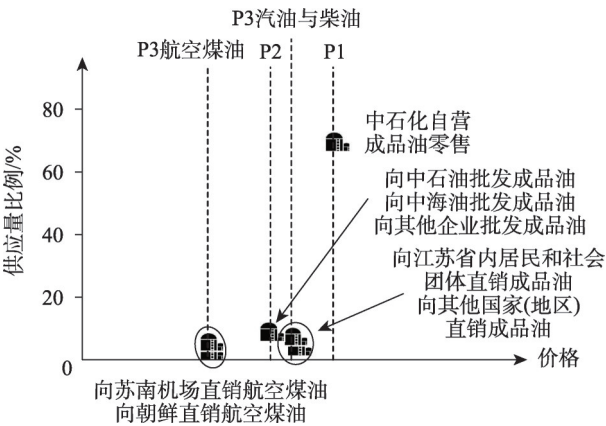


图9 1999年金陵石化成品油供应量—价格矩阵
Fig. 9 Supply-price matrix of Sinopec Jinling Company's refined oil in 1999

表5 金陵石化成品油生产网络战略耦合演化

Table 5 The changes of strategic coupling of Sinopec Jinling Company's refined oil

	内部耦合	交互耦合	外部耦合
成品油经销方式	由中石化零售为绝对主导，转变为中石化零售相对主导，批发和直销等多元化经销方式并存		
成品油权力变化	成品油的资源控制权不动、贸易控制权和资本控制权弱化		
政府因素	保障全社会成品油供应，约束成品油销售价格，趋向于交互或外部耦合		
耦合演化原因	政府推动成品油多元化销售行为体的政策，以及对全社会成品油供应的保障，趋向于交互或外部耦合		中石化成品油独资零售策略，以及政府与企业在成品油销售领域多元化的石油权力博弈，趋向于交互或内部耦合

2021年金陵石化成品油供应量—价格矩阵，以中石化独资零售P1价格的成品油交易份额为主，但其比例降至40%左右；另有15%与壳牌、江苏高速等外部企业合资零售P1价格的成品油；此外，金陵石化批发P2价格成品油给中石油等其他企业，直销P3价格成品油至教育、医疗等终端用户（图10）。因此，2021年金陵石化成品油生产网络的战略耦合，形成了以内部耦合为相对主导，交互和外部耦合共存的格局（表5）。

从成品油权力变化来看，金陵石化一直拥有较强的资源控制权，但贸易和资本控

制权逐渐弱化。金陵石化作为江苏省原油加工量最大的石化企业,可以就近经销成品油至南京、镇江、常州、江阴、无锡和苏州等地。与此同时,中国政府通过成立 SHPGX,推动中国国内外成品油市场的多元化经销,鼓励其他企业入股中石化零售企业,弱化了金陵石化的成品油贸易和资本控制权。此外,2019年原中石化所属的苏南成品油管道和金嘉杭管道,转为当年成立的国家管网公司所有,进一步弱化了金陵石化的成品油通道控制权。

综上所述,金陵石化成品油生产网络的战略耦合演化,总体表现为政府削弱金陵石化的成品油销售垄断,保障全社会成品油供应,趋向于交互甚至外部耦合。

3 结论与讨论

3.1 结论

金陵石化原油生产网络,由1999年国内原油为主,转变为2021年以进口中东地区原油为主,原油交易的主要方式为长期协议现货原油贸易。其中,新加坡的原油枢纽地位,与马六甲海峡—南海—台湾海峡通道的地缘战略一样,变得愈加重要。为了应对上述挑战,中国政府通过成立 SHPGX、建设原油战略储备和管网等措施,加强金陵石化的原油贸易控制权;中石化入股巴西卢拉原油,金陵石化获得低价进口权益油,其资本控制权得到强化。

金陵石化成品油生产网络,其经销对象呈现“多元化”趋势,中石化自营的成品油零售比例,自1999年的75%下降至2021年的不足40%。政府对金陵石化成品油生产网络具有较强的调节作用:一方面,政府通过股权安排、政策调控等措施,削弱中石化在江苏成品油销售的垄断地位,推动成品油经销市场“多元化”;另一方面,政府通过中石化及金陵石化,以低于市场平均零售价格,向教育、医疗和政府机关等终端用户直销成品油,确保这些终端用户的成品油消费。

金陵石化原油生产网络的战略耦合,由1999年以内部耦合为主、交互耦合与外部耦合并存,转变为2021年以交互耦合为主、内部耦合为辅。金陵石化成品油生产网络的战略耦合,由1999年以内部耦合为绝对主导、交互与外部耦合较低比例存在,转变为2021年以内部耦合为相对主导、拥有一定的交互和外部耦合。

从原油权力变化来看,金陵石化的原油资源控制权弱化,但贸易控制权得到加强,由中石化内部采购,转变为长期协议下的进口原油,甚至出现海外权益原油。从成品油权力变化来看,金陵石化一直拥有较强的成品油资源控制权,但贸易和资本控制权弱化。

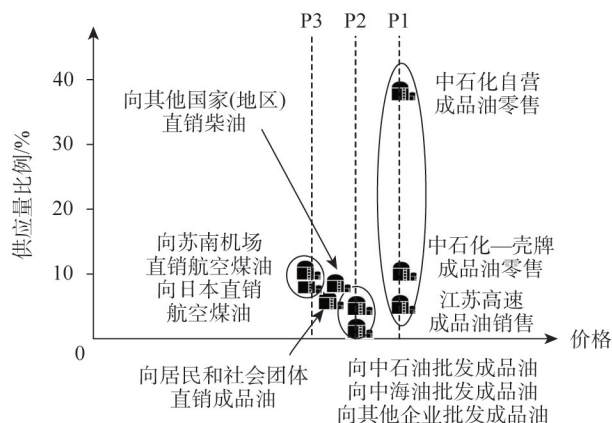


图10 2021年金陵石化成品油供应量—价格矩阵

Fig. 10 Supply-price matrix of Sinopec Jinling Company's refined oil in 2021

3.2 讨论

在保障原油供应方面，除了中国政府的上述一系列保障战略及政策外，金陵石化还拥有较完整的原油保障体系，能够满足金陵石化70~100天的原油需求量（按大约5万t/天炼油量计算，满足350万~500万t原油），有效缓解进口原油的供应风险。

在限制成品油垄断方面，除了上述一系列措施和政策外，中国中央及地方政府主要实施两项举措：（1）整合不同石化企业的成品油储运部门，组建第三方成品油储运企业，打破中石化对江苏省内成品油一次配送的垄断。例如，2022年国家发展改革委员会整合华东地区原中石油、中石化与中海油等企业的油气储运部门，组建国家管网集团东部储运有限公司；（2）组建地方炼厂，打破中石化所属金陵石化、扬子石化等石化企业的垄断，例如，江苏发展改革委员会牵头筹建地方炼厂——盛虹炼化（连云港）有限公司，已于2022年全面投产炼化一体化项目（表6）。

表6 2022年初金陵石化原油保障体系
Table 6 The crude oil guarantee system of Jinling Company in early 2022

类别	2022年初存量	使用权限
商业库存原油	30多万t	金陵石化
在途（管道和海运）原油	50多万t	金陵石化
中石化总部罐底油	产自苏丹的达混合（Dar Blend）原油10万t左右	中石化总部
国家战略储备原油	浙江镇海—舟山国家石油储备基地， 2000多万t原油储备，其中约有300万~400万t 配属给金陵石化	国家发展改革委员会

注：资料来源于金陵石化调研。

目前，国内外石化企业都面临碳减排的持续压力和挑战。因而，各石化企业纷纷提出其碳减排战略，包括削减传统炼油业务、开拓新能源业务、着眼绿色金融业务等^[50,51]。其中，碳中和石油是近几年兴起的石化企业碳减排方式之一。碳中和石油，即石化企业及其他石油行为体，通过节能减排措施或购买国家核证自愿减排量等方式，抵消在原油开采、储运、加工至成品油分销、终端消费全过程产生的碳排放^[52]。2021年开始，国内的中石化、国外的伦丁能源公司和西方石油公司等企业，分别实施了各自的碳中和石油项目。因此，碳中和石油，通过赋予石化企业自主实行减排技术或购买碳排放量的方式，推动石油企业、政府和其他石油行为体的决策变动，将对石油权力变化及石油生产网络演化产生重要影响^[50]。

除本文讨论的资源、贸易和资本控制权外，石油权力还包括了技术控制权。技术进步可以直接导致主导能源的变化，从而改变能源地缘政治所依赖的主体及其地理空间；即使在油气资源时代，先进的技术可以提升可开采的储量和供应水平，降低开采成本；此外，发达国家率先实现了低碳技术的进步和能源结构的调整，在全球气候变化中具有更大的话语权^[1]。因此，讨论技术控制权在不同行为体之间的博弈过程，以及对石油生产网络的作用机理，是能源地理学、能源经济学等学科需要进一步研究的重难点。

参考文献(References):

- [1] 杨宇. 论地缘能权. 自然资源学报, 2020, 35(11): 2572-2584. [YANG Y. On geo-power of energy. Journal of Natural Resources, 2020, 35(11): 2572-2584.]
- [2] 杨宇. 中国与全球能源网络的互动逻辑与格局转变. 地理学报, 2022, 77(2): 295-314. [YANG Y. Energy globalization of China: Interaction logic and spatial transition. Acta Geographica Sinica, 2022, 77(2): 295-314.]
- [3] 宋马林, 崔连标, 周远翔. 中国自然资源管理体制与制度: 现状、问题及展望. 自然资源学报, 2022, 37(1): 1-16. [SONG M L, CUI L B, ZHOU Y X. Management system and institution of natural resources in China: Status, problems and prospects. Journal of Natural Resources, 2022, 37(1): 1-16.]
- [4] 杨宇, 夏四友, 钱肖颖. 能源转型的地缘政治研究. 地理学报, 2022, 77(8): 2050-2066. [YANG Y, XIA S Y, QIAN X Y. Geopolitics of the energy transition. Acta Geographica Sinica, 2022, 77(8): 2050-2066.]
- [5] 毛熙彦, 漆信贤, 刘艺, 等. 全球化变革下的中国对外自然资源流动及其关键研究问题. 自然资源学报, 2021, 36(12): 3054-3068. [MAO X Y, QI X X, LIU Y, et al. A review of China's natural resource flows in response to the evolution of globalization. Journal of Natural Resources, 2021, 36(12): 3054-3068.]
- [6] 赵荣钦, 黄贤金, 鄢文聚, 等. 碳达峰碳中和目标下自然资源管理领域的关键问题. 自然资源学报, 2022, 37(5): 1123-1136. [ZHAO R Q, HUANG X J, YUN W J, et al. Key issues in natural resource management under carbon emission peak and carbon neutrality targets. Journal of Natural Resources, 2022, 37(5): 1123-1136.]
- [7] 杨宇, 何则. 能源地缘政治与能源权力研究. 地理科学进展, 2021, 40(3): 524-540. [YANG Y, HE Z. Energy geopolitics and power. Progress in Geography, 2021, 40(3): 524-540.]
- [8] 成升魁, 沈镭, 徐增让. 2010 中国资源报告: 资源流动: 格局、效应与对策. 北京: 科学出版社, 2011. [CHENG S K, SHEN L, XU Z R. China Resource Report 2010: Resource Flow: Pattern, Effect and Countermeasures. Beijing: Science Press, 2011.]
- [9] 邱欣. “一带一路”国家石油贸易网络结构及中国石油进口稳定性分析. 兰州: 兰州大学, 2020. [QIU X. Oil trade network structure of countries along the Belt and Road Initiative and the oil import stability analysis of China. Lanzhou: Lanzhou University, 2020.]
- [10] 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.]
- [11] 孙琪. “一带一路”国家石油资源流动特征时空演变及形成机制研究. 南京: 南京师范大学, 2019. [SUN Q. Research on spatial-temporal development and formation mechanism of "belt and road" national petroleum resource flow characteristics. Nanjing: Nanjing Normal University, 2019.]
- [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. 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.]
- [13] 杨宇, 于宏源, 鲁刚, 等. 世界能源百年变局与国家能源安全. 自然资源学报, 2020, 35(11): 2803-2820. [YANG Y, YU H Y, LU G, et al. Interview on the unprecedented changes of energy geopolitics and national energy security. Journal of Natural Resources, 2020, 35(11): 2803-2820.]
- [14] 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, 31(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, 31(11): 31-41.]
- [15] 彭澎, 程诗奋, 陈闪闪, 等. 全球液化石油气运输网络贸易社区特征及其演化分析. 自然资源学报, 2020, 35(11): 2687-2695. [PENG P, CHENG S F, CHEN S S, et al. Global liquefied petroleum gas trading communities: An analysis from the perspective of maritime transportation network. Journal of Natural Resources, 2020, 35(11): 2687-2695.]
- [16] AN H Z, ZHONG W Q, CHEN Y R, et al. Features and evolution of international crude oil trade relationships: A trading-based network analysis. Energy, 2014, 74(5): 254-259.
- [17] GAO C X, SUN M, SHEN B. Features and evolution of international fossil energy trade relationships: A weighted multi-

- layer network analysis. *Applied Energy*, 2015, 156: 542-554.
- [18] ZHONG W Q, AN H Z, FANG W, et al. Features and evolution of international fossil fuel trade network based on value of emery. *Applied Energy*, 2016, 165: 868-877.
- [19] CHEN B, LI J S, WU X F, et al. Global energy flows embodied in international trade: A combination of environmentally extended input-output analysis and complex network analysis. *Applied Energy*, 2018, 210: 98-107.
- [20] JIA H Y. Crude oil trade and green shipping choices. *Transportation Research*, 2018, 65(12): 618-634.
- [21] 夏四友, 郝丽莎, 唐文敏, 等. 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. *自然资源学报*, 2020, 35(11): 2655-2673. [XIA S Y, HAO L S, TANG W M, et al. 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. *Journal of Natural Resources*, 2020, 35(11): 2655-2673.]
- [22] ZHANG H, LIANG Y, QI L, et al. Mixed-time mixed-integer linear programming for optimal detailed scheduling of a crude oil port depot. *Chemical Engineering Research and Design*, 2018, 137(9): 434-451.
- [23] NICOLETTI J, YOU F Q. Multiobjective economic and environmental optimization of global crude oil purchase and sale planning with noncooperative stakeholders. *Applied Energy*, 2020, 259(2): 1-12.
- [24] 祝孔超, 牛叔文, 赵媛, 等. 中国原油进口来源国供应安全的定量评估. *自然资源学报*, 2020, 35(11): 2629-2644. [ZHU K K, NIU S W, ZHAO Y, et al. Quantitative evaluation on supply security of the sources of crude oil imports for China. *Journal of Natural Resources*, 2020, 35(11): 2629-2644.]
- [25] LIMA C, RELVAS S, BARBOSA-POVOA A P F D. Downstream oil supply chain management: A critical review and future directions. *Computers & Chemical Engineering*, 2016, 92(9): 78-92.
- [26] ZHU T Y, BALAKRISHNAN J, SILVEIRA G. Bullwhip effect in the oil and gas supply chain: A multiple-case study. *International Journal of Production Economics*, 2020, 224(6): 1-14.
- [27] YUAN M, ZHANG H, WANG B, et al. Downstream oil supply security in China: Policy implications from quantifying the impact of oil import disruption. *Energy Policy*, 2020, 136(1): 1-17.
- [28] ROSE A, WEI D, PAUL D. Economic consequences of and resilience to a disruption of petroleum trade: The role of seaports in U.S. energy security. *Energy Policy*, 2018, 115(4): 584-615.
- [29] TAQVI S, ALKATHERI M, ELKAMEL A, et al. Generic modeling framework of Multi-Energy Systems (MES) within the Upstream Oil Supply Chain (USOSC) network. *Computers & Chemical Engineering*, 2019, 130(11): 1-16.
- [30] SUN X, CHANG L, CHEN X, et al. Modeling systemic risk of crude oil imports: Case of China's global oil supply chain. *Energy*, 2017, 121(2): 449-465.
- [31] EBRAHIMI S M, KOH S C L, GENOVESE A, et al. Structure-integration relationships in oil and gas supply chains. *International Journal of Operations & Production Management*, 2017, 38(6): 424-445.
- [32] LI Y L, CHEN B, CHEN G Q, et al. The global oil supply chain: The essential role of non-oil product as revealed by a comparison between physical and virtual oil trade patterns. *Resources, Conservation and Recycling*, 2021, 175(12): 1-16.
- [33] AHMAD W, REZAEI J, BRITO M D, et al. The influence of external factors on supply chain sustainability goals of the oil and gas industry. *Resources Policy*, 2016, 49: 302-314.
- [34] GHORBANPOUR A, POOYA A, AZIMI Z N. Application of green supply chain management in the oil industries: Modeling and performance analysis. *Materials Today: Proceedings*, 2021, 47(19): 1-12.
- [35] 韩梦瑶, 熊焦, 刘卫东. 中国跨境能源贸易及隐含能源流动对比: 以“一带一路”能源合作为例. *自然资源学报*, 2020, 35(11): 2674-2686. [HAN M Y, XIONG J, LIU W D. China's cross-border energy relations between direct trade and embodied transfers: Based on "the Belt and Road" energy cooperation. *Journal of Natural Resources*, 2020, 35(11): 2674-2686.]
- [36] 孔含笑, 沈镭, 钟帅. “一带一路”产油国经济增长与石油生产和贸易的动态关系研究. *资源科学*, 2017, 39(6): 1071-1083. [KONG H X, SHEN L, ZHONG S. Dynamic relations among oil production and trade and economic growth in oil producing countries in the Belt and Road. *Resources Science*, 2017, 39(6): 1071-1083.]

- [37] YUAN M, ZHANG H, WANG B, et al. Future scenario of China's downstream oil reform: Improving the energy-environmental efficiency of the pipeline networks through interconnectivity. *Energy Policy*, 2020, 140(5): 1-19.
- [38] COE N M, YEUNG H W-C. *Global Production Networks: Theorizing Economic Development in an Interconnected World*. Oxford: Oxford University Press, 2015.
- [39] 王艳华, 苗长虹, 赵建吉, 等. 从 GPN 1.0 到 2.0: 全球生产网络理论研究进展与评述. *地理与地理信息科学*, 2017, 33(6): 87-93. [WANG Y H, MIAO C H, ZHAO J J, et al. From GPN 1.0 to 2.0: Review and progress in the study of the global production networks. *Geography and Geo-Information Science*, 2017, 33(6): 87-93.]
- [40] 刘逸. 战略耦合的研究脉络与问题. *地理研究*, 2018, 37(7): 1421-1434. [LIU Y. Theoretical thread and problems of strategic coupling. *Geographical Research*, 2018, 37(7): 1421-1434.]
- [41] YEUNG H W-C. The trouble with global production networks. *Environment and Planning A: Economy and Space*. 2021, 53(2): 428-438.
- [42] BREUL M. An intermediate step to resource peripheries: The strategic coupling of gateway cities in the upstream oil and gas GPN. In: *Gateway Cities in Global Production Networks*. *Economic Geography*. Springer, Cham, 2020, https://doi.org/10.1007/978-3-030-16957-2_5.
- [43] FRANOSO M S, TROJBICZ B, MELLO P A S, et al. Incorporating aspects of institutionalist theory into GPN analysis: The case of Brazilian oil. *Journal of Development Studies*, 2020, 57(6): 1001-1015.
- [44] YEUNG H W-C. Regional worlds: From related variety in regional diversification to strategic coupling in global production networks. *Regional Studies*, 2021, 55(6): 989-1010.
- [45] 贺灿飞. *高级经济地理学*. 北京: 商务印书馆, 2021. [HE C F. *Advanced Economic Geography*. Beijing: The Commercial Press, 2021.]
- [46] COE N M, YEUNG H W-C. Global production networks: Mapping recent conceptual developments. *Journal of Economic Geography*, 2019, 4: 775-801.
- [47] 《中国石油化工集团公司年鉴》编委会. *中国石油化工集团公司年鉴 2020*. 北京: 中国石化出版社, 2019. [The Editorial Department of China Petrochemical Corporation Yearbook. *China Petrochemical Corporation Yearbook 2020*. Beijing: China Petrochemical Press, 2019.]
- [48] 林伯强. *现代能源经济学*. 北京: 中国财政经济出版社, 2007. [LIN B Q. *Modern Energy Economics*. Beijing: China Financial & Economic Publishing House, 2007.]
- [49] 杨足膺, 赵媛, 周昊, 等. 中石化江苏成品油一次配送空间格局与优化. *自然资源学报*, 2020, 35(11): 2770-2782. [YANG Z Y, ZHAO Y, ZHOU H, et al. Spatial flow pattern and optimization of Sinopec's first distribution of refined oil of Jiangsu province. *Journal of Natural Resources*, 2020, 35(11): 2770-2782.]
- [50] 司进, 张运东, 刘朝辉, 等. 国外大石油公司碳中和战略路径与行动方案. *国际石油经济*, 2021, 29(7): 28-35. [SI J, ZHANG Y D, LIU Z H, et al. Strategic path to carbon neutrality and action plan of large foreign oil companies. *International Petroleum Economics*, 2021, 29(7): 28-35.]
- [51] 乞孟迪, 柯晓明, 程一步, 等. 中国石油峰值与石化行业低碳转型发展. *石油石化绿色低碳*, 2021, 6(5): 1-6, 43. [QI M D, KE X M, CHENG Y B, et al. China's oil consumption peak and petrochemical low-carbon transformation. *Green Petroleum & Petrochemicals*, 2021, 6(5): 1-6, 43.]
- [52] 中国经济周刊. 我国首船全生命周期碳中和石油获认证, https://mbd.baidu.com/newspage/data/landingsuper?context=%7B%22nid%22%3A%22news_9725105207199616653%22%7D&n_type=-1&p_from=-1, 2021-09-23. [China Economic Weekly. China's first full life cycle carbon neutral oil has been certified, https://mbd.baidu.com/newspage/data/landingsuper?context=%7B%22nid%22%3A%22news_9725105207199616653%22%7D&n_type=-1&p_from=-1, 2021-09-23.]

Research on evolutionary characteristics and strategic coupling of oil production network: A case study of Sinopec Jinling Company

YANG Zu-ying¹, ZHAO Yuan², JIANG Guo-gang³, PAN Jia-qing⁴, ZHOU Hao⁵

(1. School of Business, Liu Guojun School of Management, Changzhou University, Changzhou 213159, Jiangsu, China; 2. School of Geographic Science, Nanjing Normal University, Jiangsu Center for Collaborative innovation in Geographical Information Resource Development and Application, Nanjing 210023, China;

3. Wu Jinglian School of Economics, Changzhou University, Changzhou 213159, Jiangsu, China;

4. Nanjing Branch of Sinopec Audit Bureau, Nanjing 210003, China;

5. School of Petroleum Engineering, Changzhou University, Changzhou 213164, Jiangsu, China)

Abstract: The spatial dynamics of oil flow, shaped by regional disparities in production and consumption, are manifested not only in the spatiotemporal evolution of large-scale, cross-border, and cross-regional oil trade networks and supply chains on a global scale but also in the power struggles involving various actors such as enterprises, governments, and trading centers. Current research predominantly analyzes the spatiotemporal evolution of trade networks and supply chains at the national (regional) level, lacking a comprehensive examination of the power dynamics and strategic coupling among different actors. To address this gap, this paper leverages the global production network theory to study the evolutionary characteristics and strategic coupling changes of Sinopec Jinling Company's crude oil and product oil production network between 1999 and 2021. The findings are as follows: (1) Crude Oil Production Network: In 1999, Sinopec Jinling Company's production network heavily relied on domestic crude oil. However, by 2021, a significant shift occurred, with most of the crude oil being imported from the Middle East, facilitated primarily through long-term agreements and spot crude oil trades. Singapore emerged as a crucial crude oil hub, gaining strategic importance within the Malacca Strait-South China Sea-Taiwan Strait corridor. (2) Refined Oil Production Network: The distribution focus of Sinopec Jinling Company's refined oil production network initially centered around central and southern Jiangsu in 1999. However, a "diversified" trend is now observed, with the government playing a substantial regulatory role in shaping the network's geography. (3) Strategic Coupling of Crude Oil Production Network: The strategic coupling of Sinopec Jinling Company's crude oil production network evolved from internal coupling in 1999 to interactive coupling in 2021. (4) Strategic Coupling of Refined Oil Production Network: In 1999, the refined oil production network was characterized by absolute dominance of internal coupling, but over time, it shifted towards relative dominance. This research sheds light on the dynamic transformations in the oil production network and strategic coupling mechanisms, emphasizing the role of global production network theory in understanding these complex interactions.

Keywords: oil production network; evolutionary characteristics; strategic coupling; Sinopec Jinling Company