

# 北极能源开发的地缘要素驱动机制

王利<sup>1</sup>, 吴良<sup>2</sup>, 李言鹏<sup>1</sup>, 张丹<sup>2</sup>, 杨林生<sup>1,3</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所 中国科学院陆地表层格局与模拟重点实验室, 北京 100101;

2. 中国科学院地理科学与资源研究所世界地理与资源研究中心, 北京 100101;

3. 中国科学院大学, 北京 100049)

**摘要:** 全球气候变暖加速了北极海冰的融化, 使得北极能源开发变成可能, 大大激发了泛北极国家参与北极能源开发的积极性。本文在分析了泛北极国家(北极8国和13个观察员国)能源贸易格局的基础上; 利用相关性分析方法, 明确了影响北极能源的关键地缘要素; 并通过模糊定性分析(fs/QCA), 揭示了关键地缘要素及其组合对不同国家开发或参与开发北极能源的驱动机制。结果表明: ① 北极国家多为能源输出国, 而北极观察员国多为能源进口国; 中国从北极国家能源进口量较少, 潜力较大; ② 能源依赖性、能源重要性、军事力量、对外投资影响力和国家包容性是影响泛北极国家开发北极能源的关键地缘要素, 而气候表现和环保指数与北极能源开发的关系并不显著; ③ 关键地缘要素的作用路径主要包括: 一是以能源依赖性、能源重要性和军事力量为主要驱动, 包括俄罗斯、中国、美国、印度、日本和韩国等国家; 二是受到包容性发展限制的、以大国力量为驱动的西欧国家; 三是以能源重要性为驱动的北欧国家。基于以上研究结果, 本文提出了中国参与北极能源开发的对策建议。

**关键词:** 北极; 能源; 地缘要素; 驱动机制; 模糊定性分析法(fs/QCA)

DOI: 10.11821/dlxb202105003

## 1 引言

北极地区是全球化石能源富集区之一, 域内可用现有技术开发的石油、天然气和液化天然气储量可能分别高达900亿桶、1669万亿 $m^3$ 和440亿桶, 占世界已探明储量的13%、30%和20%<sup>[1]</sup>。据调查, 全球未开发石油资源的近22%位于北极地区, 其中, 84%的油气资源分布在近海区<sup>[1]</sup>。随着全球气候变化, 尤其是北极地区气候变暖加剧, 北极海冰融化和冻土冻融加速<sup>[2]</sup>, 北极地区能源的可达性和可开采性大幅提升。北极域内外国家纷纷出台或者调整自身的北极战略, 制定油气开发战略, 如俄罗斯2020年颁布的《2035年前俄联邦北极基本政策》和《能源战略2035》中再次强调, 将俄罗斯北极地区作为战略资源基地, 推动国家经济的加速发展<sup>[3-4]</sup>。特朗普于2017年宣布将重新评估奥巴马执政期间实施的包括北极部分地区永久性油气钻探禁令在内的外大陆架油气发展计划, 还解除了奥巴马政权设定的94%的外大陆架不能开采的禁令, 提议的2019—2024年间油气租

收稿日期: 2020-05-18; 修订日期: 2021-03-15

基金项目: 中国科学院重点部署项目(ZDRW-ZS-2017-4); 中国科学院先导专项(XDA19070502) [Foundation: Key Project of the Chinese Academy of Sciences, No.ZDRW-ZS-2017-4; The Strategic Priority Research Program of the Chinese Academy of Sciences, No.XDA19070502]

作者简介: 王利(1985-), 女, 陕西绥德人, 博士, 副研究员, 主要从事环境健康与世界地理研究。

E-mail: wangli@igsrr.ac.cn

通讯作者: 杨林生(1966-), 男, 河南唐河县人, 博士, 研究员, 主要从事世界地理与环境健康研究。

E-mail: yangls@igsrr.ac.cn

赁计划的47个潜在油气区中, 19个位于阿拉斯加和北极其他地区<sup>[5]</sup>。挪威近年来也开始有意将油气开采的重心向北极迁移<sup>[6]</sup>。欧盟近期表示将深化其在北极地区的作用, 并确保北欧对其能源的稳定供给<sup>[7]</sup>; 日、韩在其北极战略中也提出了关于能源开发的诸多设想<sup>[8-9]</sup>。

作为全球战略支点和气候敏感区, 北极地区能源开发不仅受到经济驱动, 也受到政治文化和气候环境变化应对等要素的影响<sup>[10-12]</sup>。从驱动机制看, 国家参与北极能源开发的驱动要素可分为共性原因和个性原因, 其中共性原因包括开发技术水平、全球油价、海冰融化导致的通航性等一般性问题, 而个性原因是导致不同国家北极能源开发参与度差异的主要原因<sup>[13-15]</sup>。从影响因素看, 已有研究主要集中在全球油价、市场需求、政府支持、油气开采许可审批制度、环境污染、技术等影响因素的讨论。Laruelle估算当国际油价在80~90美元/桶时, 北极地区大部分海上石油收益率才能达到6%~10%, 海上液化天然气的收益率则更低<sup>[16]</sup>。Harsen认为市场需求、油气价格和政府支持是影响北极地区未来油气资源开采的主要驱动力<sup>[17]</sup>。Shapovalova等通过对北冰洋沿岸五国的北极海上石油许可审批制度和其在海上油气开采活动水平的分析表明, 油气许可审批制度对开采活动的影响微乎其微; 而受到高额税收或就业等经济利益驱动, 五国对其在北冰洋海上油气开采许可的审批制度均较为宽松<sup>[18]</sup>。Kozmenko等研究表明俄罗斯北极地区的资源开发受到区域社会经济发展水平的驱动, 而工业集约化带来的环境污染, 尤其是海洋污染在其中扮演着极大的逆向角色<sup>[19]</sup>。Ilinova等通过纳入国家政治因素、国际宏观经济环境、气候与地质因素、技术因素、设施因素和环境风险因素, 构建了北极海上油气资源开发前景的评估算法<sup>[20]</sup>。此外, 与土著居民合作, 在北极地区油气开发的利益共享方面达成一致, 也是北极地区能源可持续发展的关键因素<sup>[21]</sup>。充分分析各国在北极地区能源开发的共性和个性驱动因素, 可以为北极地区能源开发提供更为全面和深入的视角, 也为参与北极能源开发提供战略性指导。

中国是世界能源生产和消费大国, 对进口能源的依赖度较高。根据国际能源署预测, 到2030年中国对石油的依赖度将达到78.3%, 北极能源开发将为中国能源保障提供更多的选择。本文以石油和天然气为例, 分析影响不同国家参与北极能源开发的个性因素, 揭示不同国家参与北极能源开发的地缘驱动因素, 为中国参与北极能源开发提供科学决策和依据。

## 2 研究方法 with 数据来源

### 2.1 研究范围界定

本文拟在北极地缘系统内对北极地区能源开发进行研究。地缘系统是指在一定的时空范围内, 由因地理、资源等因素而发生政治、经济、文化等联系的多个地缘体相互作用而形成的复杂系统。地缘体是地缘系统内最基本的单元, 是指占据一定空间和人口, 具有独立政治、经济和文化功能的地理实体。地缘要素是能够对地缘系统发展变化产生重要影响的各类因子<sup>[22]</sup>。北极理事会是北极治理中最重要的区域性机制安排, 本文中北极地缘系统由北极理事会框架下的8个北极国家(美国、加拿大、俄罗斯、挪威、瑞典、丹麦、芬兰、冰岛)和13个北极观察员国(中国、日本、印度、新加坡、德国、荷兰、波兰、英国、法国、西班牙、意大利、韩国和瑞士)构成, 统称泛北极国家。

### 2.2 地缘要素与指标选取

本文拟借鉴国际关系领域的归因理论<sup>[23]</sup>, 从5个维度(能力、意图、利益、决心和外部环境)选择了8项影响不同地缘体北极能源开发的地缘要素。

(1) 能力维度下的“大国效应”要素。“大国效应”是关键地缘要素之一。不仅关乎北极能源开采,还关乎北极战略地缘的争夺。本文采用综合军事力量(国家力量)和境外直接投资影响力(本国对外直接投资额(FDI))的指标表征。

(2) 意图维度和利益维度下的“能源”要素。能源开发是为了保障能源安全,促进经济发展。因此本文采用能源安全性、能源依赖度和能源重要性的指标表征。其中,能源安全性为从北极地区进口能源占其总能源进口的比例;能源重要性为能源总生产量占国民生产总值的比例;能源依赖度可用下式进行计算:

$$Y=1-\frac{P}{C}$$

式中:Y为能源依赖度;P为能源生产量;C为能源消耗量。依赖度为正,说明该国该种能源的生产量小于消费量,需要依赖进口;依赖度为负值,表明不依赖进口。依赖度越接近1,说明该种能源的依赖度越高;反之,Y值越小,保障度越高。

(3) 决心维度下的“合作贡献”要素。气候环境问题是制约北极资源开发最重要的问题<sup>[24]</sup>。本要素是指合作情境下各国应对气候变化和环境变化愿意做出的贡献。采用气候表现和环境表现指数表征。

(4) 外部环境维度下的“国家包容性发展”要素。考虑到北极能源开发势必会影响北极土著居民的生存环境和文化传统<sup>[25-26]</sup>。因此,将国家包容性发展指数作为限制要素,表征土著居民在能源开发决策中的作用程度。国家包容性发展指数(Inclusive Development Index)是评估社会包容度和边缘度的指数。这个指数旨在惠及弱势群体和欠发达群体,它综合考量了除直接经济指标以外的多项指标。

### 2.3 研究方法

(1) 相关性分析法。采用相关系数分析北极能源开发的积极性与地缘要素的关联性,提取和北极能源开发积极性具有显著关联性的地缘要素,纳入到驱动机制的研究中。

(2) 定性比较分析法。为了探究地缘要素影响国家参与北极能源开发积极性的驱动机制,本文采用定性比较分析法。定性比较分析(Qualitative Comparative Analysis, QCA)由著名方法论专家Ragin首次提出<sup>[27]</sup>。QCA采用集合论与布尔代数(Boolean Algebra)的思路,把要解释的案例视作复杂条件的组合,在确定结果变量和条件变量后,通过对少量案例进行研究对照,找出两者之间的逻辑关系以及简化和精炼解释结果的原因途径,探索隐藏在案例背后的因果逻辑<sup>[28]</sup>。现有的QCA方法包括清晰集(Crisp-sets QCA, cs/QCA)、模糊集(Fuzzy-sets QCA, fs/QCA)、多值集(Multi-value QCA, mv/QCA)和时序性定性比较(Temporal QCA, T/QCA)<sup>[29]</sup>。

本文运用fs/QCA方法研究北极能源开发的地缘因子驱动机制。原因在于所选案例的变量赋值,诸如能源依赖度、保障性等,不需要通过0或1的二元赋值进行完全界定<sup>[29]</sup>。因此,选择fs/QCA对赋值定级细分,可以使解释途径更具合理性。本文首先确定结果变量和影响因素,选定的结果变量为各国参与北极能源开发的积极性;选定的地缘要素包括:能源依赖性、能源重要性、国家军事力量、对外投资影响力和国家包容性发展指数。其次,进行案例筛选,本文的案例比较明确,即泛北极国家对北极能源资源开发的积极性。

### 2.4 数据来源与处理

北极能源开发的积极性在每个国家北极相关战略文件中有所体现,搜集泛北极21个国家的北极相关战略,通过关键词(Energy、Oil、Gas等)频次识别和相关语句摘取,包括各国北极相关战略中对北极能源的战略位置、能源开采的环境标准、极地能源开采技术创新与投入等方面的阐述,采用专家打分法进行半定量赋值,分值位于0~1之间,

分数越大表示其参与北极能源开发的积极性越强。石油与天然气的生产与消费数据来源于世界能源署2019年统计年鉴(Enerdata Energy Statistical Yearbook), 为2017年数据; 石油与天然气贸易数据来源于联合国贸发会议数据库(UN COMTRADE database)。国家气候表现来源于IPCC对各国应对气候变化表现的评估<sup>[30]</sup>; 环境表现主要来自耶鲁大学构建的环境表现指数<sup>[31]</sup>。大国效应采用军事力量和对外投资额表征, 军事力量依据较为权威的外国军事网站“全球火力”(Global Firepower)发布的“2019年全球军事排名”; 对外投资影响度采用世界银行公布的2018年国家净对外投资额(net outflow, FDI)表征; 国家包容性发展指数源于伯克利大学2018年包容性指数(2018 Inclusiveness Index)。

### 3 研究结果

#### 3.1 泛北极国家能源依赖性

从能源依赖度来看, 挪威、俄罗斯和加拿大在石油和天然气方面完全自给; 美国天然气的对外依赖度接近0, 石油的对外依赖度为13%; 英国的石油依赖度也较小(13%), 但是天然气的依赖度较高, 达49%; 中国对于石油和天然气的对外依赖度分别达到70.9%和45.3%。欧洲国家和日、韩对天然气和石油的依赖度均很高, 在90%以上; 丹麦、冰岛、芬兰、瑞士、新加坡石油和天然气能源生产与消费数额较小(图1)。

从消耗量来看, 虽然瑞典对石油和天然气的依赖度均接近1, 但其消耗量较小, 对国际市场的影响也小; 日本和韩国的能源消耗量较大, 且对石油和天然气的依赖度均在95%以上; 中国和印度分别是泛北极国家中石油和天然气消耗的第一和第三大国, 相较于欧洲国家和日韩, 依赖度较低, 但是因消耗量巨大, 总体依赖量巨大, 能源保障存在较大风险。

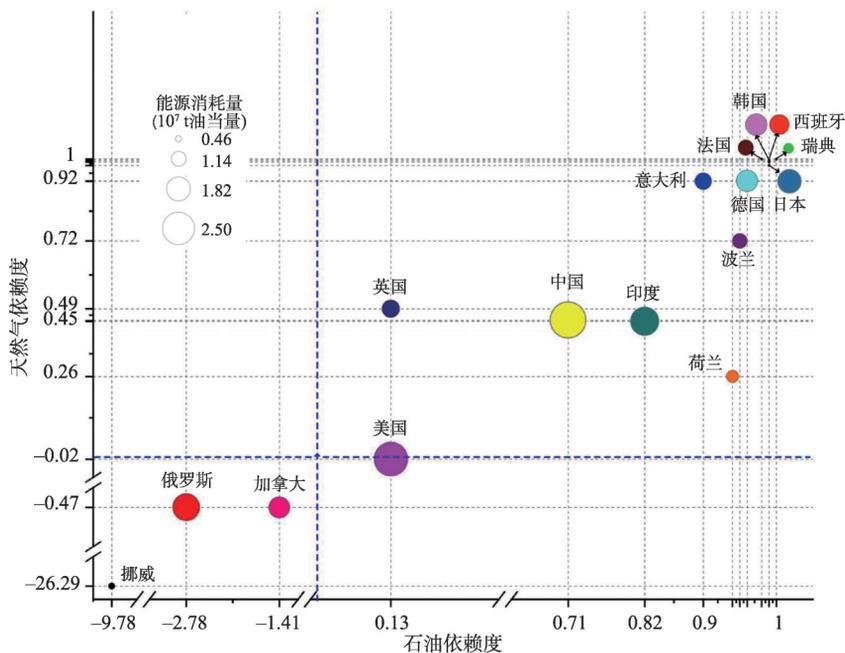


图1 泛北极国家能源消耗量及对外依赖度

Fig. 1 Energy consumption and energy dependence of pan-Arctic countries

### 3.2 泛北极国家能源贸易格局

从现阶段北极相关国家从北极八国进口的能源占据其总能源的比例来看(图2),除了美国、加拿大、俄罗斯和挪威这些天然气净出口国外,冰岛、芬兰、瑞典、丹麦、英国、荷兰和波兰从北极地区进口的天然气比例极高,均在70%以上。因此,相比从中东地区进口,这些国家的天然气供给的安全性较高;意大利和日本从北极地区进口的天然气占据其总天然气进口的35.26%和41.68%,保障相对安全;韩国、德国、新加坡和西班牙从北极进口的天然气占据其总天然气进口额的10%~20%,处于第三梯队;在天然气依赖度较高的这些国家中(图1),只有法国从北极地区的天然气进口额占其总进口额的比例较小。但法国不仅仅是进口大国,也是出口大国,是南欧其他国家天然气的主要供给源,法国的天然气除了来自北欧外,主要来自阿尔及利亚和尼日利亚,均为原英法殖民地,与欧洲地缘关系紧密,相对于中东地区,这些非洲国家的能源供给也相对有保障。中国、印度在北极地区进口的天然气比例极低,而天然气需求量巨大,且中国和印度天然气的来源大多为中亚和西非地区,这些地区不稳定的地缘安全形势导致能源供给存在一定的不确定性。如中国近80%的天然气进口自乌兹别克斯坦和土库曼斯坦,而近年来乌兹别克斯坦同美国的关系不断提升,美国也一直对土库曼斯坦进行拉拢和渗透,因此对中国的天然气供给带来风险。

从进口来看,英国、意大利、韩国、法国、德国、日本的进口份额相对较大,其中英国、法国和德国的天然气主要来源于挪威,意大利的天然气主要来源于俄罗斯,韩国主要来源于美国,日本主要来源于俄罗斯和美国。印度虽然对能源依赖度和消耗量较大,但在北极相关国家中的进口份额较小。中国从北极相关国家进口的天然气份额仅占中国天然气总进口额的5.8%,主要来源于新加坡、俄罗斯和韩国。

从出口来看,美国、加拿大、俄罗斯和挪威均为天然气出口国,而观察员国家多为天然气进口国。在泛北极内部,美国出口的天然气主要供给韩国、日本和新加坡;俄罗斯出口的天然气供给意大利、日本、波兰和韩国;挪威出口的天然气主要面向英国、德国和法国,西班牙、瑞典和荷兰也占据挪威天然气出口的相当份额(图3)。

泛北极国家在石油贸易方面较天然气更为多元。石油的进口格局中,丹麦、英国、荷兰、波兰和瑞典在北极地区进口的石油占其总进口的比例在50%以上,安全性较好。德国、日本、意大利和法国从北极地区进口的石油介于20%~50%之间,中国和西班牙处于第三梯队,而日本、韩国、印度在北极地区进口的石油比例小于10%。印度主要的进口来源为伊拉克、沙特阿拉伯和伊朗,其从北极地区进口的石油额仅占总进口的1.41%。中国是石油消费量最大的国家,石油依赖度也巨大,但进口石油多来自沙特阿拉

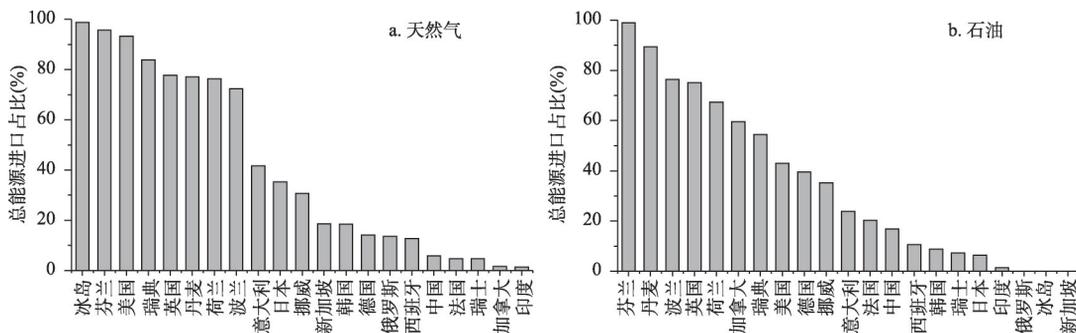
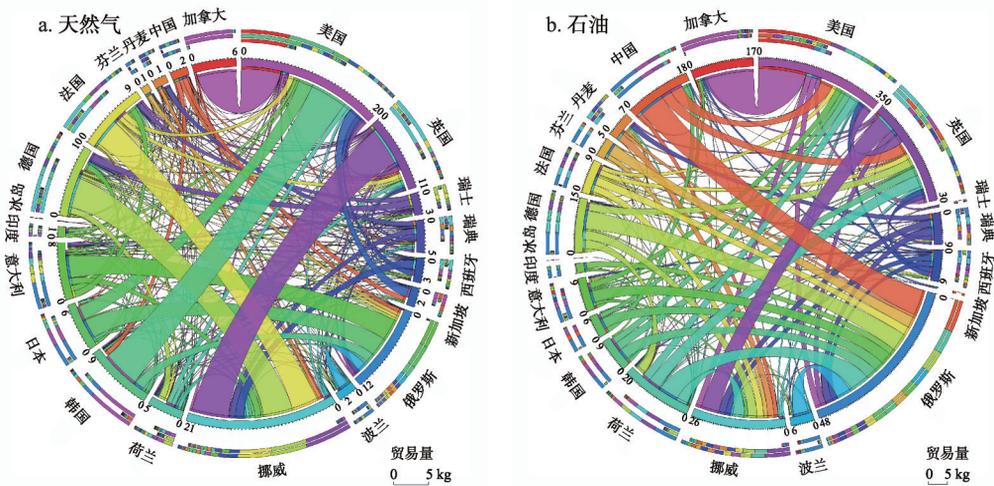


图2 泛北极国家从北极地区进口天然气和石油占其总能源进口的比例

Fig. 2 The ratio of energy imported from Arctic region to the total energy imported for pan-Arctic countries



注: 其中外圈表示进出口总额, 中间圈表示出口, 内圈表示进口; 数据已标准化处理。

图3 泛北极国家天然气和石油贸易格局

Fig. 3 The energy trade structure among pan-Arctic countries

伯、安哥拉、伊朗、伊拉克、也门等国家, 马六甲海峡是其主要的运输通道, 北极地区国家(主要为俄罗斯)仅供给了中国16.89%的石油进口量。日本和韩国石油依赖度极高, 进口主要来自沙特阿拉伯、阿联酋和科威特, 从北极地区进口的比例也较低。从供给国来看, 俄罗斯、挪威、美国的政局相对稳定, 油气管道设施、安全等方面的条件较好, 能够确保能源的供给; 而近年来伊朗、伊拉克国家政局动荡, 且受到外国、尤其是美国的影响甚大, 为这些国家对中国的能源供给带来较大不确定性。欧洲国家, 尤其是北欧、西欧国家的能源大多来源于北极国家, 能源供给和安全性相对有保障。

石油出口方面, 俄罗斯、挪威和加拿大是石油净出口国, 美国虽也为出口国, 但进出口额基本持平。丹麦的石油进出口基本持平, 其余国家均为净进口国。俄罗斯的石油出口国中, 中国占比最大, 德国、荷兰次之, 此外其他欧洲国家和日韩也占据了相当一部分份额; 加拿大的石油主要出口给美国; 挪威的石油出口中, 英国占据最大份额, 荷兰、德国次之, 其他欧洲国家和美国也从挪威进口一定比例的石油。

从泛北极国家内的石油贸易关系来看(图3), 进口量从大到小依次为: 中国、荷兰、德国、英国、法国、韩国、西班牙、瑞典、波兰、日本、芬兰、印度。其中, 中国的石油进口主要来源于俄罗斯、美国、英国和挪威; 荷兰的石油进口主要来源于俄罗斯、英国、挪威和美国; 德国的石油进口主要来源于俄罗斯、挪威、荷兰和英国; 英国的石油进口主要来源于挪威、美国和俄罗斯; 法国和韩国的石油进口主要来源于俄罗斯、美国和英国; 西班牙的石油进口主要来源于俄罗斯、挪威、美国和英国; 瑞典的石油主要来源于挪威、俄罗斯和丹麦; 波兰的主要来源于俄罗斯; 日本的石油主要来源于俄罗斯、美国和加拿大; 芬兰的石油主要来源于俄罗斯和挪威; 印度在北极相关国家的石油进口量较小, 主要来源于俄罗斯; 而瑞士与冰岛在北极地区的石油进口额极小。

### 3.3 泛北极国家北极能源开发驱动要素识别

从相关性系数来看(表1), 纳入的5个维度、8项潜在驱动地缘要素中, 能源的依赖性、能源生产占GDP比重、军事力量、FDI和社会包容性发展均显著影响北极能源开发积极性, 其中直接因素——能源依赖性和能源重要性对国民经济的重要性尤为重要, 而大国效应(军事力量和FDI)对北极能源开发也具有正向的推动作用, 包容度则在 $P =$

表1 北极能源开发积极性与地缘要素的相关性

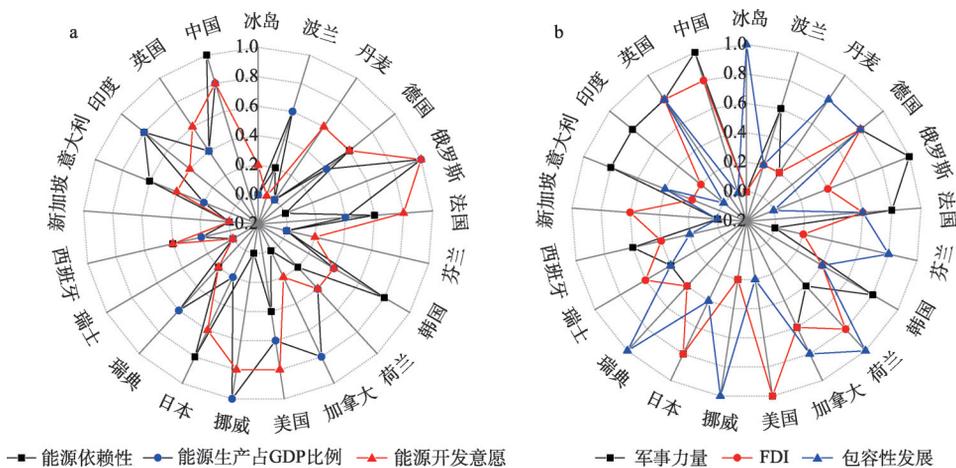
Tab. 1 The correlation between the willingness on Arctic energy exploitation and geopolitical factors

	依赖性	重要性	安全性	军事力量	FDI	气候表现	环保指数	包容度
依赖性	1							
重要性	0.684***	1						
安全性	-0.536***	-0.310*	1					
军事力量	0.564***	0.283	-0.489**	1				
FDI	0.105	-0.108	0.155	0.421**	1			
气候表现	-0.341*	-0.213	0.137	-0.276	-0.504***	1		
环保指数	-0.575***	-0.301	0.340*	0.320*	-0.024	0.254	1	
包容度	-0.697***	-0.458**	-0.431**	-0.574***	-0.026	0.398**	-0.652***	1
开发积极性	0.598***	0.507***	-0.155	0.531**	0.383**	-0.196	-0.075	-0.330*

注：\*\*\*、\*\*和\*分别表示在0.01、0.05和0.1水平上的相关性显著；依赖性为能源依赖度的绝对值；能源重要性指能源生产量占GDP的比例；安全性指从泛北极地区进口的能源占其总进口能源的比例。

0.1水平上对能源开发积极性具有阻碍作用。泛北极能源进口总额占总进口额的比例并不影响北极能源开发积极性；气候环境保护对于北极能源开发积极性也没有显著的逆向驱动作用。可见，能力、利益、意图与外部环境这4个维度均对泛北极国家参与北极能源具有影响，而以应对气候环境变化为表征的决心维度并未表现出明显作用。

纳入具有显著相关性的4个维度的5个地缘要素（能源依赖性、重要性、军事力量、对外投资影响力和社会包容度），归一化后，采用标准差法对纳入的地缘要素进行六分法划值（0、0.2、0.4、0.6、0.8、1），见图4。从泛北极国家北极能源开采的积极性来看，俄罗斯是促进北极能源开采的主要驱动国家，而挪威虽然受环保和海上开采技术的限制，在北极能源开采方面进展缓慢，但是从其发布的北极战略文件中能够看出，挪威也非常重视北极地区的能源开发。美国在特朗普开放海上能源开采的制度驱动下，北极能源开发的积极性大增；法国与中国同时深度参与了俄罗斯北极地区的亚马尔液化天然气开发项目，与挪威、美国一起归为第二档；德国、英国、日本和丹麦（格陵兰）归为第三档；荷兰、西班牙、意大利、韩国和印度归为第四档；冰岛、芬兰、加拿大和瑞典



注：此处的能源依赖性为依赖度的绝对值。

图4 北极能源开发积极性及其驱动因素

Fig. 4 The willingness on Arctic energy exploitation and driving factors

为第五档, 其政策中对北极能源开发有所提及, 但主要涉及技术、环保领域, 未表现出对北极能源开发的强烈兴趣; 波兰、瑞士和新加坡在其北极有关的文件中, 尚未或者极少提及北极能源开发, 归为最低档。

### 3.4 泛北极国家北极能源开发驱动机制解析

基于能源依赖性、重要性、大国效应和包容度, 采用fs/QCA方法, 得到这些地缘要素及其组合对于北极能源开发积极的驱动组合, 其中能源依赖性、重要性、军事力量和FDI为正向驱动因素, 而包容度为阻碍因素。结果见表2。

从fs/QCA的结果来看(表2), 对北极能源开发积极性的驱动主要有5条路径。第一条路径涵盖俄罗斯、波兰、中国、印度和美国, 作为正向驱动因素的大国力量和能源重要性, 是驱动这些国家参与北极能源开发的主要驱动因素, 而这些国家参与北极能源开发的积极性并未受到其国家包容性的影响。第二条路径包含韩国、意大利、中国、印度和日本, 均为北极观察员国, 此条路径以军事力量和能源依赖性为正向驱动, 同样, 包容性也未表现出阻碍作用。第三条路径涵盖了加拿大和英国, 作为正向驱动因素的对外投资的影响力FDI和军事力量表现出了正向的驱动, 包容性对其参与北极能源开采起到一定的限制作用, 而能源的依赖性未表现出明显的驱动作用。第四条路径涵盖了德国、法国和英国, 其中对外投资的影响力FDI和军事力量表现出了正向的驱动, 国家的包容性对其参与北极能源开采起到一定的限制作用, 而能源的重要性未表现出驱动作用。第五条路径包括挪威和瑞典, 均为北极国家, 此条路径涵盖了纳入的所有地缘要素, 其中, 对外投资的影响力、军事力量和能源的依赖性未表现出驱动作用, 而作为逆向指标的包容性对其参与能源开发起到了一定的限制作用, 能源的重要性也是驱动其参与北极能源开发的因素。汇总以上的路径可以看出, 第一条和第二条路径中, 以军事力量和对能源的直接利益索求所驱动, 社会的包容性并未限制其参与北极能源开发。第三条和第四条路径中, 军事力量 and 对外经济影响力均为驱动其参与北极能源开发的正向力量, 能源直接利益索求的影响并不显著, 社会的包容性对其表现出一定的限制作用。第五条路径独立于前四条, 主要受到能源重要性的推动和社会包容性的逆向限制。

一致性阈值的设定, 将冰岛、丹麦、芬兰、瑞士、荷兰、新加坡、西班牙排除在外, 其中, 冰岛、丹麦、芬兰归为一类, 其能源依赖量、重要性和大国效应(军事力量和FDI)方面均较弱, 但是社会包容性较高, 冰岛和芬兰的能源开采的积极性也较低, 而丹麦(格陵兰)对北极能矿资源的开采较为积极。新加坡和瑞士归为一类, 其能源依赖性、重要性、社会包容性和大国力量均较低, 而对外投资的影响度较高, 二者对北极能源开采的积极性最低; 荷兰在能源的依赖性、重要性和大国效应方面均较低, 而对外投资和包容性均较高, 其对北极能源开采的积极性也较低。

表2 基于fs/QCA分析的泛北极国家能源开发驱动机制

Tab. 2 Driving mechanism for Energy exploration of Pan arctic countries based on fs/QCA analysis

路径	解	覆盖度	一致性	国家
1	~包容性*军事力量*重要性	0.511	0.828	俄罗斯、波兰、中国、印度、美国
2	~包容性*军事力量*依赖性	0.447	0.778	韩国、意大利、中国、印度、日本
3	包容性*FDI*军事力量*~依赖性	0.404	0.760	加拿大、英国
4	包容性*FDI*军事力量*~重要性	0.468	0.846	德国、法国、英国
5	包容性*~FDI*重要性*~军事力量*~依赖性	0.276	0.765	挪威、瑞典

注: “~”表示非; “\*”表示和; 算法为Quine-McCluskey, 模型一致性阈值为0.770; 覆盖度表示每个(或整个)解决方案(解)在多大程度上覆盖(或解释)结果; 一致性即充分性, 衡量每个(或整个)解决方案(解)是结果集合的子集的程度。

## 4 结论与讨论

本文探索了泛北极国家能源贸易格局,并利用相关性分析和fs/QCA方法,探究了泛北极国家参与北极能源开采的潜在地缘驱动因素,解析了影响泛北极国家参与北极能源开发积极性的驱动机制。研究结果表明北极国家,尤其是北冰洋沿岸国家在能源方面的依赖性较小,为泛北极地区主要的能源出口国;而北极观察员国家均为能源进口国,其中欧洲国家和日韩的能源依赖度较大,但能源依赖总量较小;大多数欧洲的北极理事会观察员国的能源来源于挪威,如英国、荷兰、波兰、意大利、德国等,因此欧盟在其北极战略中,也侧重确保挪威对欧盟能源的供给<sup>[7]</sup>。中国和印度的能源依赖度虽较欧洲国家和日韩低,但能源消耗量大,因此,对进口能源的依赖量较大。虽然中国近年来增加了从俄罗斯能源进口量,但比例很低,仍有大幅提升空间。

从影响北极能源开发积极性的地缘要素来看,能源的(进出口)依赖度、能源产业在国民经济的重要性、大国效应(军事力量和对外投资影响度)和社会包容性发展都与北极能源开发积极性有着显著的关联,但驱动和限制作用并存,从而影响各国在北极地区的能源政策方向。具体来说,影响泛北极国家能源开发的途径可以归为3条:①以能源依赖性、能源重要性和军事力量为主要驱动的俄罗斯、中国、美国、印度、日本、韩国等国家;②受到包容性发展限制的、以大国力量为驱动的欧洲国家;③以能源重要性为驱动的北欧国家。

总体来看,能源经济在国家经济发展中的地位、能源需求和供给是促进北极能源开发的核心推动力<sup>[6,32]</sup>。能源依赖性和重要性对泛北极国家尤其是中国、印度、日本和韩国参与北极能源开发具有极大的推动作用;而能源重要性对能源出口大国俄罗斯、美国和挪威参与北极能源积极性也具有正向的推动作用。未来全球能源需求的增加将进一步提升相关国家对北极能源开发的兴趣<sup>[17]</sup>。气候环境问题一贯是制约北极能源大规模开发的重要因素,McGlade等认为在2050前开发北极任何一处的能源将违背实现全球2℃以内的增温目标,这势必会制约挪威、加拿大这些侧重气候环保的国家开采北极能源<sup>[33]</sup>。然而,在本文的相关性分析中,尚未发现在国家层面气候变化应对和环境保护与北极能源开发积极性的显著关联。大国效应的2个表征——军事力量和对外投资影响力,对主要欧洲国家和加拿大参与北极能源开发具有推动作用;而对于俄罗斯、美国、中国、印度等国来说,军事力量和能源需求,足以促使其积极参与北极能源开发,这一方面可以从大国能源(进出口)需求的角度揭示,另一方面,参与北极能源开采对这些能源大国具有重要的战略意义,诸如参与北极事务、打通北极航道、形成新的能源贸易格局等<sup>[34]</sup>。此外,已有研究表明,北极能源开发面临着与当地社区在利益分配和影响其社会文化等方面的冲突<sup>[21,35]</sup>,而作为北极地区的主人,尊重和保护其脆弱的生态环境和文化,包容性发展北极经济,势必是北极能源开发过程中需要着重考虑的要素。本文中亦发现,对于挪威、瑞典、加拿大、德国、法国、英国来说,社会包容性发展对其北极能源开发积极性具有一定限制作用;而对于美国、俄罗斯、中国、印度和日韩等来说,社会包容性对其参与北极能源开发的限制作用非常有限。

本文结果在很大程度上受到共性和个性因素的共同限制。例如,全球油价作为共性问题,很容易受到技术革命以及政治因素所影响,特别是2014年以来中东、美国与俄罗斯等能源垄断国家间的能源博弈,导致北极油气开采活动低迷<sup>[36]</sup>;2020年全球“新冠肺炎”大流行导致能源需求持续缩水,进一步减缓了北极油气投资和开采;而中国、法国、俄罗斯等在亚马尔形成的稳定的液化天然气合作开采模式,却保障了亚马尔液化天

然气在全球能源市场低迷阶段的持续运转<sup>[37]</sup>。极端的环境与脆弱的生态系统使得北极地区能源开采技术与成本远高于中东地区, Leroux 等认为从只有将挪威纳入到北极能源开发技术研发阵营, 降低开采成本, 才能促进北极能源的大规模开发<sup>[38]</sup>。能源结构与转型也是影响国家参与北极能源开发的重要因素, 诸如大力提倡无碳能源的欧盟和仍以油气作为未来 10 年经济支柱的俄罗斯, 其对待北极能源开发有着显著的差别。同时, 考虑到石化燃料在北极地区的气候放大效应, 有学者提出, 可再生能源是未来北极能源供给的必要路径<sup>[39]</sup>, 而此路径的选择势必会影响北极地区能源开采动力。

本文结果能够从能源合作、包容性发展、大国效应和气候环境保护方面, 对中国参与北极能源开发带来一定启示。首先, 北极能源是中日韩未来能源保障的重要渠道, 无论从需求量还是依赖度, 都对中日韩参与北极能源的积极性有正向驱动作用, 因此, 建议中国联合日韩共同参与北极能源开发及相关技术研发, 形成稳定的能源开采合作模式, 从而一方面保障中国能源安全, 另一方面推动中国参与北极事务。其次, 社会包容性发展, 即在政策制定与执行中纳入边缘人群(这里为土著居民), 是欧洲北极国家和加拿大能源开发考量的重要因素, 这也适用于主要的欧洲国家, 这提醒我们在参与北极能源开发中, 势必要考虑土著居民的利益, 尊重其文化与传统。再次, 虽然美国、俄罗斯、中国和印度的大国效应在北极能源开发积极性中都有体现, 但是考虑到北极地区地缘政治敏感性和以美国为首的西方国家对中国参与北极事务的阻拦, 中国应当通过增强经济影响力而非政治影响力参与北极能源开发。最后, 虽然本文中气候环境保护与能源开发的积极性未表现出显著关联性, 但是北极地区气候与生态环境一贯是北欧和加拿大关注的焦点, 而这些国家也是反对中国参与北极事务的强硬派, 因此, 建议同这些国家合作开展北极油气资源开发的气候环境影响评估与应对技术研发工作, 从而彰显对北极气候与环保的重视, 缓减对中国参与北极能源开发的猜疑。

## 参考文献(References)

- [1] Moore T E, Gautier D L. The 2008 Circum-Arctic Resource Appraisal. US Geological Survey, 2017. DOI: 10.3133/pp1824.
- [2] IPCC. IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. 2019. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/07\\_SROCC\\_Ch03\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/07_SROCC_Ch03_FINAL.pdf).
- [3] Liu Huirong. Report on Arctic Region Development (2017). Beijing: Social Sciences Academic Press, 2018. [刘惠荣. 北极蓝皮书: 北极地区发展报告(2017). 北京: 社会科学文献出版社, 2018.]
- [4] Decree of the President of the Russia Federation (2020 N 164). On the Foundations of the Russian Federation State Policy in the Arctic for the Period up to 2035. March 5, 2020. [2020-06-07]. <http://en.kremlin.ru/acts/news/62947>.
- [5] National OCS Program. The National OCS Oil and Gas Leasing Program [2019-09-27]. <https://www.boem.gov/regions/gulf-mexico-ocs-region/leasing-and-plans/national-ocs-oil-and-gas-leasing-program>.
- [6] Henderson J, Loe J. The prospects and challenges for Arctic oil development. [2019-08-19]. <http://www.oxfordenergy.org/2014/11/prospects-challenges-arctic-oil-development/>.
- [7] European Commission. Walking on thin ice: A balanced arctic strategy for the EU. 2019. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/6feff832-0cdb-11ea-8c1f-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-120148930>.
- [8] Zou Xin. An analysis of the new situation of Japan's Arctic strategy. International Data Information, 2019(4): 15-20. [邹鑫. 试析日本北极战略新态势. 国际研究参考, 2019(4): 15-20.]
- [9] Guo Rui, Sun Tianyu. The Arctic Strategy under ROK's "New Northern Policy": Process and constraints. Journal of International Relations, 2020(3): 136-153, 159. [郭锐, 孙天宇. 韩国“新北方政策”下的北极战略: 进程与限度. 国际关系研究, 2020(3): 136-153, 159.]
- [10] Kuemmerle T, Baskin L, Leitão P J, et al. Potential impacts of oil and gas development and climate change on migratory reindeer calving grounds across the Russian Arctic. Diversity and Distributions, 2014, 20(4): 416-429.
- [11] Helle I, Mäkinen J, Nevalainen M, et al. Impacts of oil spills on arctic marine ecosystems: A quantitative and probabilistic risk assessment perspective. Environmental Science & Technology, 2020, 54(4): 2112-2121.

- [12] Dell J J, Pasteris P. Adaptation in the oil and gas industry to projected impacts of climate change. Rio de Janeiro: Proceedings of the SPE International Conference on Health, Safety and Environment in Oil and Gas Exploration and Production, 2010.
- [13] Sidortsov R. Benefits over risks: A case study of government support of energy development in the Russian North. *Energy Policy*, 2019, 129: 132-138.
- [14] Global Business Policy Council. The council perspective: The future of the Arctic. 2015. <https://www.jp. Kearney.com/web/global-business-policy-council/article/?a/the-future-of-the-arctic>.
- [15] McCauley D, Heffron R, Pavlenko M, et al. Energy justice in the Arctic: Implications for energy infrastructural development in the Arctic. *Energy Research & Social Science*, 2016, 16: 141-146.
- [16] Laruelle M. Russia's Arctic strategies and future of the far north. Armonk, New York: M E Sharpe Inc., 2014.
- [17] Harsem Ø, Eide A, Heen K. Factors influencing future oil and gas prospects in the Arctic. *Energy Policy*, 2011, 39(12): 8037-8045.
- [18] Shapovalova D, Stephen K. No race for the Arctic? Examination of interconnections between legal regimes for offshore petroleum licensing and level of industry activity. *Energy Policy*, 2019, 129: 907-917.
- [19] Kozmenko S, Saveliev A, Teslya A. Impact of global and regional factors on dynamics of industrial development of hydrocarbons in the Arctic continental shelf and on investment attractiveness of energy projects. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019(302): 012124. DOI: 10.1088/1755-1315/302/1/012124.
- [20] Ilinova A, Chanysheva A. Algorithm for assessing the prospects of offshore oil and gas projects in the Arctic. *Energy Reports*, 2020, 6: 504-509.
- [21] Tysiachniouk M S, Petrov A N. Benefit sharing in the Arctic energy sector: Perspectives on corporate policies and practices in Northern Russia and Alaska. *Energy Research & Social Science*, 2018(39): 29-34.
- [22] Qin Qi, Wu Liang, Li Fei, et al. A social-network-based study on geo-relations in Southeast Asia. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(10): 2014-2030. [秦奇, 吴良, 李飞, 等. 基于社会网络分析的东南亚地缘关系研究. *地理学报*, 2018, 73(10): 2014-2030.]
- [23] Tang Shiping, Zhang Min. A new attribution theory of IR: Dimensions of uncertainty and their cognitive challenges. *Journal of International Security Studies*, 2014, 32(2): 3-41, 156. [唐世平, 张旻. 一个新的国际关系归因理论: 不确定性的维度及其认知挑战. *国际安全研究*, 2014, 32(2): 3-41, 156.]
- [24] Barros V, Field D J, Dokken M D, et al. Climate change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects//Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2014: 1567-1612.
- [25] Cochran P A L. Impacts on indigenous peoples from ecosystem changes in the Arctic Ocean//Berkman P A, Vylegzhanin A N. *Environmental Security in the Arctic Ocean*. Dordrecht: Springer, 2013: 75-79.
- [26] MacInnes A, Colchester M, Whitmore A. Free, prior and informed consent: How to rectify the devastating consequences of harmful mining for indigenous peoples. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 2017, 15(3): 152-160.
- [27] Ragin C C, Sedziaka A A. *QCA and Fuzzy Set Applications to Social Movement Research*. Chicago: University of Chicago Press, 2013.
- [28] Liu Feng. Qualitative comparative analysis and international relations research. *World Economics and Politics*, 2015(1): 90-110, 158-159. [刘丰. 定性比较分析与国际关系研究. *世界经济与政治*, 2015(1): 90-110, 158-159.]
- [29] Wan Yun, Wang Dianli. Research on the affecting factors of NIMBY conflict outcomes in China: Based on 40 NIMBY conflicts cases through fsQCA. *Journal of Public Management*, 2019, 16(1): 66-76, 172. [万筠, 王佃利. 中国邻避冲突结果的影响因素研究: 基于40个案例的模糊集定性比较分析. *公共管理学报*, 2019, 16(1): 66-76, 172.]
- [30] IPCC. The Climate Change Performance Index 2019. [2019-08-27]. <https://www.germanwatch.org/en/16073>.
- [31] Wendling Z, Emerson J, Esty D, et al. 2018 Environmental Performance Index. New Haven, CT: Yale Center for Environmental Law & Policy [2019-08-27]. <https://epi.yale.edu/>.
- [32] Lindholt L, Glomsrod S. Phasing out coal and phasing in renewables: Good or bad news for arctic gas producers? *Energy Economics*, 2018, 70: 1-11.
- [33] McGlade C, Ekins P. The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2 °C. *Nature*, 2015, 517(7533): 187-190.
- [34] Schach M, Madlener R. Impacts of an ice-free Northeast Passage on LNG markets and geopolitics. *Energy Policy*, 2018, 122: 438-448.
- [35] Sulyandziga L. Indigenous peoples and extractive industry encounters: Benefit-sharing agreements in Russian Arctic. *Polar Science*, 2019, 21: 68-74.
- [36] Gulas S, Downton M, D'Souza K, et al. Declining Arctic ocean oil and gas developments: Opportunities to improve

- governance and environmental pollution control. *Marine Policy*, 2017(75): 53-61.
- [37] Larchenko L V, Kolesnikov R A, Mukhametova L. Russian oil and gas industry as a sphere of international interests and economic cooperation. *E3S Web of Conferences*, 2020, 161: 01006. DOI: 10.1051/e3sconf/202016101006.
- [38] Leroux J, Spiro D. Leading the unwilling: Unilateral strategies to prevent arctic oil exploration. *Resource and Energy Economics*, 2018, 54: 125-149.
- [39] Magnus W, Hlynur S, Ágúst V. Energy security in the Arctic: Policies and technologies for integration of renewable energy. *Akureyri: Arctic Yearbook*, 2019.

## The geopolitical driving forces and mechanism on Arctic energy exploitation

WANG Li<sup>1</sup>, WU Liang<sup>2</sup>, LI Yanpeng<sup>1</sup>, ZHANG Dan<sup>2</sup>, YANG Linsheng<sup>1,3</sup>

(1. Key Laboratory of Land Surface Pattern and Simulation, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 2. Research Center for World Geography & Resources, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** The accelerating global warming enhanced the Arctic sea ice melting, which made it possible to explore energy resources in the Arctic region. This study firstly analyzed the energy trade structure in the pan-Arctic countries, covering Arctic countries and the observer countries. Secondly, it uses correlation analysis to extract the direct geopolitical factors including energy dependence, energy importance, energy security, and indirect geopolitical factors including national power (military power and foreign investment influence), climate and environmental protection and social inclusive development, which might influence the willingness of the pan-Arctic countries to exploit the Arctic energy. Finally, we apply fuzzy-set qualitative analysis (fs/QCA) to examine the driving mechanisms of these geopolitical factors on the willingness to exploit the Arctic energy. The results showed that: (1) Arctic countries mainly serve as energy exporter while observer countries mainly serve as energy importer. The amount of China's energy imported from Arctic countries is small at current stage, but with a huge potential. (2) Energy dependence, energy importance, national power and social inclusive development are significantly correlated with the willingness on Arctic energy exploitation, acting as key geopolitical factors. (3) Key geopolitical factors drive or impede the willingness on Arctic energy exploitation through three major pathways, among which, national power together with energy dependence or energy importance behave as the major driving forces for most of the pan-Arctic countries, large countries in particular, such as Russia, USA, China and India. The second pathway is driven by national power but restricted by social inclusive development, including most European countries and Canada. The third pathway is mainly driven by energy importance while restricted by social inclusive development, mainly including Norway. Finally, this study provided coping strategies and suggestions on China's participating Arctic energy exploitation based on the energy trade structure and the driving mechanisms.

**Keywords:** Arctic; energy; geopolitical factor; driving mechanism; fs/QCA