

冰上丝绸之路与北极油气资源

赵 越^{1,2,3}, 刘建民^{1,2,3}, 韩淑琴^{1,4,5}, 韦利杰^{1,2,4}
ZHAO Yue^{1,2,3}, LIU Jianmin^{1,2,3}, HAN Shuqin^{1,4,5}, WEI Lijie^{1,2,4}

1. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081;

2. 中国地质调查局极地地质研究中心, 北京 100081;

3. 自然资源部古地磁与古构造重建重点实验室, 北京 100081;

4. 新构造运动与地质灾害重点实验室, 北京 100081;

5. 中国地质调查局油气地质力学重点实验室, 北京 100081
1. *Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China;*

2. *Research Center of Polar Geosciences, China Geological Survey, Beijing 100081, China;*

3. *Key Laboratory of Paleomagnetism and Tectonic Reconstruction, Ministry of Natural Resources, Beijing 100081, China;*

4. *Key Laboratory of Neotectonic Movement and Geohazard, Beijing 100081, China;*

5. *Key Laboratory of Petroleum Geomechanics, China Geological Survey, Beijing 100081, China*

ZHAO Y, LIU J M, HAN S Q, et al., 2021. Polar Silk Road and Arctic petroleum and gas resources [J]. Journal of Geomechanics, 27 (5): 880-889. DOI: 10.12090/j.issn.1006-6616.2021.27.05.071

Abstract: Petroleum and gas are important strategic resources, among which natural gas as a clean energy resource has always been and still will be the most important energy resource in the foreseeable future, even after cutting global carbon emissions and China peaking carbon emissions. Diversification of energy import channels has been one of the effective measures to alleviate the energy shortage in China. The Arctic region is rich in oil and gas resources and is dominated by natural gas. The vast majority of oil and gas resources found in the Arctic are in Russia, but now more than 80 percent of the Russian natural gas production is already in their oil and gas fields in north Arctic Circle. In 2012, China and Russia officially launched a joint project to develop liquefied natural gas, marking significant progress in China’s participation in the development and utilization of Arctic oil and gas resources, and in fact started the cooperative process to integrate the China-led “Construction of the Silk Road Economic Belt” and the later Russia-led “Construction of Eurasian Economic Union”. The total amount of oil and gas resources discovered in the Arctic region is 328.94 billion barrels of oil equivalent, of which oil equivalent amounts to 60.54 billion barrels (8.41 billion tons), only accounting for 2.5% of the world’s discovered oil resources; Natural gas amounts to 41.4 trillion cubic meters (268.3 billion barrels, 37.26 billion tons of oil equivalent), and accounts for 15.5 percent of the world’s discovered natural gas resources. The vast majority of oil and gas resources discovered in the Arctic region are in Russia, which has a total of 290.5 billion barrels of oil equivalent (40.35 billion tons), accounting for 88.3%, of which natural gas amounts to about 39.47 trillion cubic meters, about 255.79 billion barrels (35.53 billion tons) of oil equivalent, constituting more than 95% of the total discovered natural gas resources in the Arctic. The Arctic also has considerable undiscovered oil and gas resources,

基金项目: 中国地质调查地质调查项目 (DD20190644); 国家重点研发计划课题 (2019YFC1408201); 国家极地专项 (CHINARE2011-05-02)
This research is financially supported by the Geological Investigation Project of China Geological Survey (Grant No. DD20190644), the National Key Research and Development Project (Grant No. 2019YFC1408201), and the Chinese Polar Environment Comprehensive Investigation # Assessment Programs (Grant No. CHINARE2011-05-02)
第一作者简介: 赵越 (1955—), 男, 研究员, 从事极地地质、前寒武纪地质、构造地貌研究。E-mail: yuezhao2307@163.com
收稿日期: 2021-06-15; 修回日期: 2021-09-17; 责任编辑: 范二平
引用格式: 赵越, 刘建民, 韩淑琴, 等, 2021. 冰上丝绸之路与北极油气资源 [J]. 地质力学学报, 27 (5): 880-889. DOI: 10.12090/j.issn.1006-6616.2021.27.05.071

accounting for about 15% of the world's total undiscovered amount; The undiscovered natural gas, which mainly distributes in Russia, accounts for 30% of the world's total undiscovered amount. In the context of global warming and crackdown by the US-led Western world, Russia is bound to increase extraction and development of Arctic oil and gas, especially natural gas, and transport them through the Arctic Shipping Lanes to China and other consumer countries, in order to secure its natural gas export revenue and fiscal revenue. This paper takes as the basis the summary of the distribution characteristics of oil and gas resources in the Arctic, oil and gas resources and the Arctic strategy of Russia, and the traffic capacity of the Northern Sea Route (NSR), and reviews the launch and development of the liquefied natural gas joint project as well as the international power politics environment. Moreover, this paper briefly introduces the process of China's successful intervention in the Arctic oil and gas resources project, and puts forward the strategic measures for China to utilize Arctic oil and gas resources.

Key words: Arctic; conventional natural gas; petroleum; Northeast Passage; Russia; Yamal Peninsula

摘 要: 油气是重要的战略资源。其中天然气作为清洁能源, 它曾经是, 现在是, 在可预期的未来——全球碳减排、中国碳达峰情景下, 仍然是最重要的能源资源。能源进口渠道的多元化一直是中国缓解能源紧张的有效措施之一。北极地区油气资源丰富且以天然气为主, 已发现的油气资源中绝大多数在俄罗斯, 尤其是天然气。但是俄罗斯天然气生产的油气田 80% 以上已经进入北极圈。2012 年, 中俄合作开发北极亚马尔液化天然气项目正式启动, 标志着中国参与北极油气资源开发利用取得重要进展, 也事实上开启了中国主导的“丝绸之路经济带建设”和俄罗斯主导的“欧亚经济联盟建设”对接合作的进程。北极地区已发现的油气资源共计 3289.4 亿桶油当量, 其中石油 605.4 亿桶 (84.1 亿吨) 油当量, 仅为全球已发现石油资源的 2.5%; 天然气 41.4 万亿立方米 (约合 2683 亿桶, 372.6 亿吨油当量), 占全球已发现天然气资源的 15.5%。北极地区已发现的油气总资源中绝大多数在俄罗斯, 俄罗斯已发现的北极油气资源合计 2905 亿桶油当量 (403.5 亿吨), 占 88.3%; 其中天然气约 39.47 万亿立方米, 约合 2557.9 亿桶 (355.3 亿吨) 油当量, 占北极地区已发现天然气总资源的 95% 以上。北极待发现的油气资源量也非常可观, 约占世界待发现常规石油资源的 15%; 天然气占世界待发现常规天然气资源的 30%, 其分布也主要在俄罗斯。随着全球气候变暖和能源战略博弈, 俄罗斯为确保其天然气出口及财政来源, 必然要加大北极油气、特别是天然气的开采和开发, 并通过北极航道运到中国和其他消费国。本文在概括分析北极油气资源分布特点、俄罗斯油气资源与北极战略及北方海航道通行能力的基础上, 回顾了北极亚马尔液化天然气项目诞生、发展演变及其国际博弈的背景; 概括介绍了中国成功介入北极油气资源项目这一标志性事件过程, 并进一步提出了中国对北极油气资源利用战略举措的建议。

关键词: 北极; 常规天然气; 石油; 东北航道; 俄罗斯; 亚马尔半岛

中图分类号: P618.13; F416.22 **文献标识码:** A

0 引言

冰上丝绸之路是指穿越北极圈, 连接北美、东亚和西欧三大经济中心的海运航道。2017 年 7 月 3 日习近平主席访问俄罗斯期间, 明确提出了中俄共同开发和利用海上通道, 特别是北极航道, 打造“冰上丝绸之路”的构想。这一倡议得到了普京总统和梅德韦杰夫总理的积极回应 (央视网新闻频道, 2017)。5 个月后, 12 月 8 日普京总统赴北极启动亚马尔液化天然气项目装船键。他在启动仪式上发表讲话: “项目伊始, 就有许多人罗列了一长串‘项目不可能成功’的清单, 是的, 项目曾经有很多风

险, 但你们看到它现在已经成功了。对能源行业、北极开发、乃至北方海航道来说, 这都堪称一个重大时刻。……丝绸之路延伸到了最北方。我们将其与北极航道对接, 这正是所需要的, 我们要把北方海航道也变成一条丝绸之路。” (观察者网, 2017)

为什么俄罗斯北方海航道变身冰上丝绸之路? 即俄罗斯为什么积极将丝绸之路与北极航道对接, 其中很重要的原因之一是如何实现俄罗斯 2035 年的北极战略及俄罗斯北极油气资源的开发利用问题。事实证明, 中俄合作开发北极亚马尔液化天然气项目的正式启动 (2012) 对中国参与北极油气资源开发利用意义重大; 而《俄罗斯 2035 年前能源战略》(2020) 也为中俄双方未来进一步开展

北极油气资源，乃至中俄在能源等领域的全面合作提供了可期的前景和合作空间。

1 北极油气资源概况

北极一般指北极圈（北纬 66°34′）以北地区，总面积大于 $21 \times 10^6 \text{ km}^2$ ，约占地球表面积的 6%，陆地面积约 $8 \times 10^6 \text{ km}^2$ ，大陆架（<500 m）总面积大于 $7 \times 10^6 \text{ km}^2$ （图 1）。进入 21 世纪以来，北极地区蕴藏的巨大的油气资源储量及勘探开发潜力一度成为国际社会最为关注的焦点之一（刘建民等，2017）。美国地质调查局（2008）发布北极油气评估数据，认为北极圈以北 25 个区域待发现的石油（包括凝析液，下同）约 186 亿吨（1340 亿桶油当量），约占世界待发现常规石油资源的 15%；天然气约 47 万亿立方米（即约 423 亿吨油当量），占世界待发现常规天然气资源的 30%。从

油气资源的所属地理位置看，北极地区已发现的油气总资源中俄罗斯占绝大多数（图 2）。Chew and Arbouille（2011）的资料显示（表 1，图 3），北极地区已发现的油气资源共计 3289.4 亿桶油当量，其中石油 605.4 亿桶（约 84.1 亿吨）油当量，仅为全球已发现石油资源的 2.5%；天然气 41.4 万亿立方米（约合 2683 亿桶，372.6 亿吨油当量），占全球已发现天然气资源的 15.5%。其中，俄罗斯已发现的北极油气资源合计 2905 亿桶油当量（403.5 亿吨），占 88.3%，其中天然气约 39.47 万亿立方米，约合 2557.9 亿桶（355.3 亿吨）油当量，占北极地区已发现天然气总资源的 95%以上；美国阿拉斯加占北极已发现油气资源总量的 9%，计 296.5 亿桶油当量；挪威和加拿大发现的油气资源占北极油气资源总量不到 3%，合计 87.8 亿桶（12.2 亿吨）油当量。多方面的评估数据表明，北极的油气资源属于富气型。

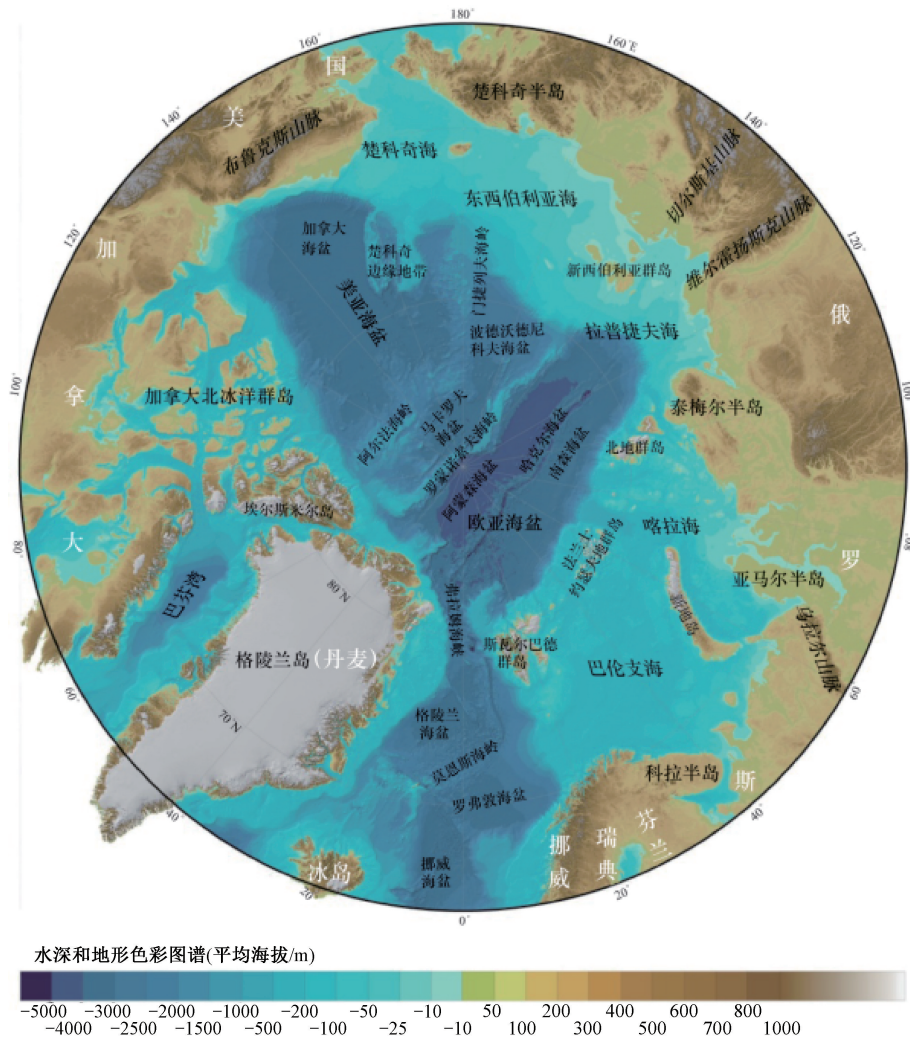


图 1 北极地区洋底和陆域地形地貌图（据 Pease et al.，2014 修改）
Fig. 1 Physiographic domains and seas in the Arctic region（modified after Pease et al.，2014）

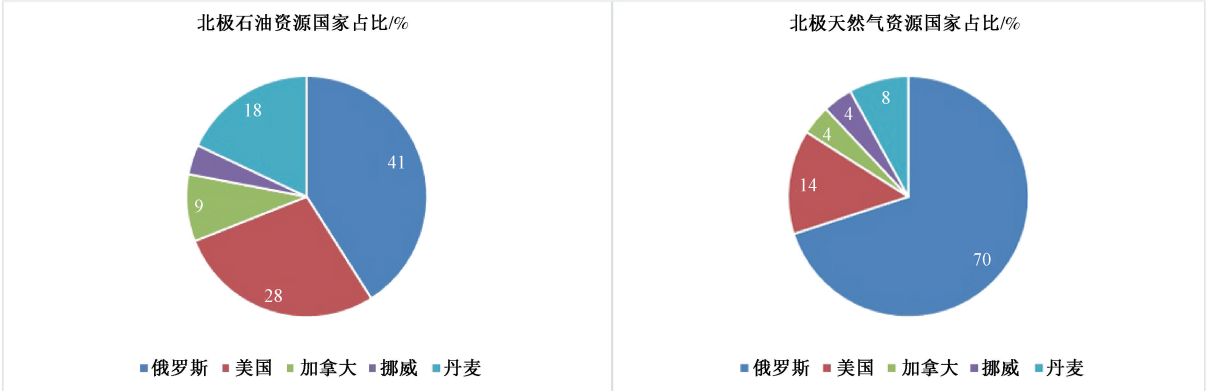


图 2 北极地区国家待发现石油及天然气资源分布图 (美国地质调查局, 2008)

Fig. 2 Distribution of undiscovered oil and gas resources in Arctic countries (data from USGS, 2008)

表 1 北极各油气盆地已发现的天然气资源 (×10 亿桶油当量)

Table 1 Discovered liquids and natural gas, by reservoir age (Chew and Arbouille, 2011)

	液/气	美国	加拿大	挪威	俄罗斯	总计
新生界	液体	0.66	1.03	0	0	1.69
	天然气	0.02	0.8	0.01	0	0.83
白垩系	液体	6	0.09	0.07	20.96	27.12
	天然气	4.61	0.51	0.56	227.06	232.74
侏罗系	液体	0.76	0.46	1.04	1.36	3.62
	天然气	0.11	2.07	1.23	24.61	28.02
三叠系	液体	14.62	0.04	0.11	0.74	15.51
	天然气	1.8	0.21	0.4	0.5	2.91
上古生界	液体	0.89	0.03	0.01	10.84	11.76
	天然气	0.17	0.02	0	3.54	3.72
下古生界	液体	0	0.03	0	0.81	0.84
	天然气	0	0.08	0	0.09	0.17
总计	液体	22.93	1.67	1.22	34.71	60.54
	天然气	6.72	3.69	2.2	255.79	268.4

林等, 2013), 其中富集天然气资源的盆地集中在俄罗斯巴伦支海盆地和西西伯利亚盆地, 即东巴伦支海斯托克曼油气区和西西伯利亚北极亚马尔半岛油气区 (图 5)。

2 俄罗斯油气资源与北极航道利用

2.1 俄罗斯油气资源与北极战略

俄罗斯是能源资源大国, 也是世界上少数仅靠自身解决资源需求的国家之一。特别是油气资源, 其常规天然气储量排名世界第一。自第二次世界大战以来, 包括俄罗斯在内的苏联先后开发了巴库油田、伏尔加-乌拉尔油田和西西伯利亚油田, 这些均为世界级超级油气田。油气工业一直是俄罗斯支柱工业, 2012 年前后石油和天然气收入占联邦预算的 50% 以上 (图 6)。受美国页岩气革命和 2014—2016 年期间国际市场原油价格影响, 这一数据急剧下降, 达到近年来的低值 36% 左右。而 2019 年新型冠状病毒疫情的全球大流行, 进一步降低了俄罗斯油气在财政收入的占比。2020 年, 俄罗斯财政收入油气占比为历史低值 28%, 低于 1/3。2021 年一季度俄罗斯财政收入同比增长 12%, 但油气收入同比下降 10%, 占比 30%。但是, 俄罗斯财政依靠油气出口的单一经济结构尚未从根本上改变, 取而代之的只是经济情况的进一步恶化。传统上, 俄罗斯天然气出口以欧洲占比为主。为积极应对国际地缘政治、经济形势剧烈变化的影响, 俄罗斯正在逐渐改变其油气出口的方向, 从传统上以欧洲为主, 转变为加强亚太市场, 实行欧亚并重的策略。特别是, 加强了北极地区油气资源开发利用的力度。

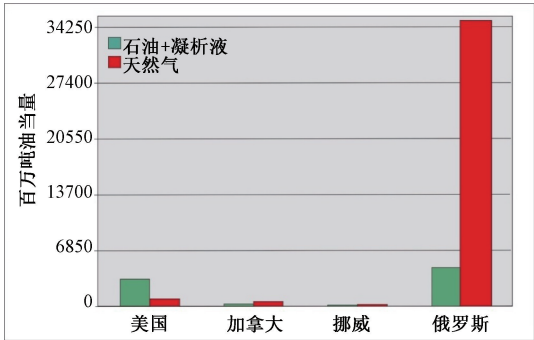


图 3 北极地区国家已发现和待发现的油气资源分布 (Chew and Arbouille, 2011)

Fig. 3 Proven plus probable oil and gas reserves, by country (Chew and Arbouille, 2011)

从油气资源产出的构造环境看, 北极油气资源大致分布于 37 个沉积盆地中 (图 4, 表 2; 朱伟

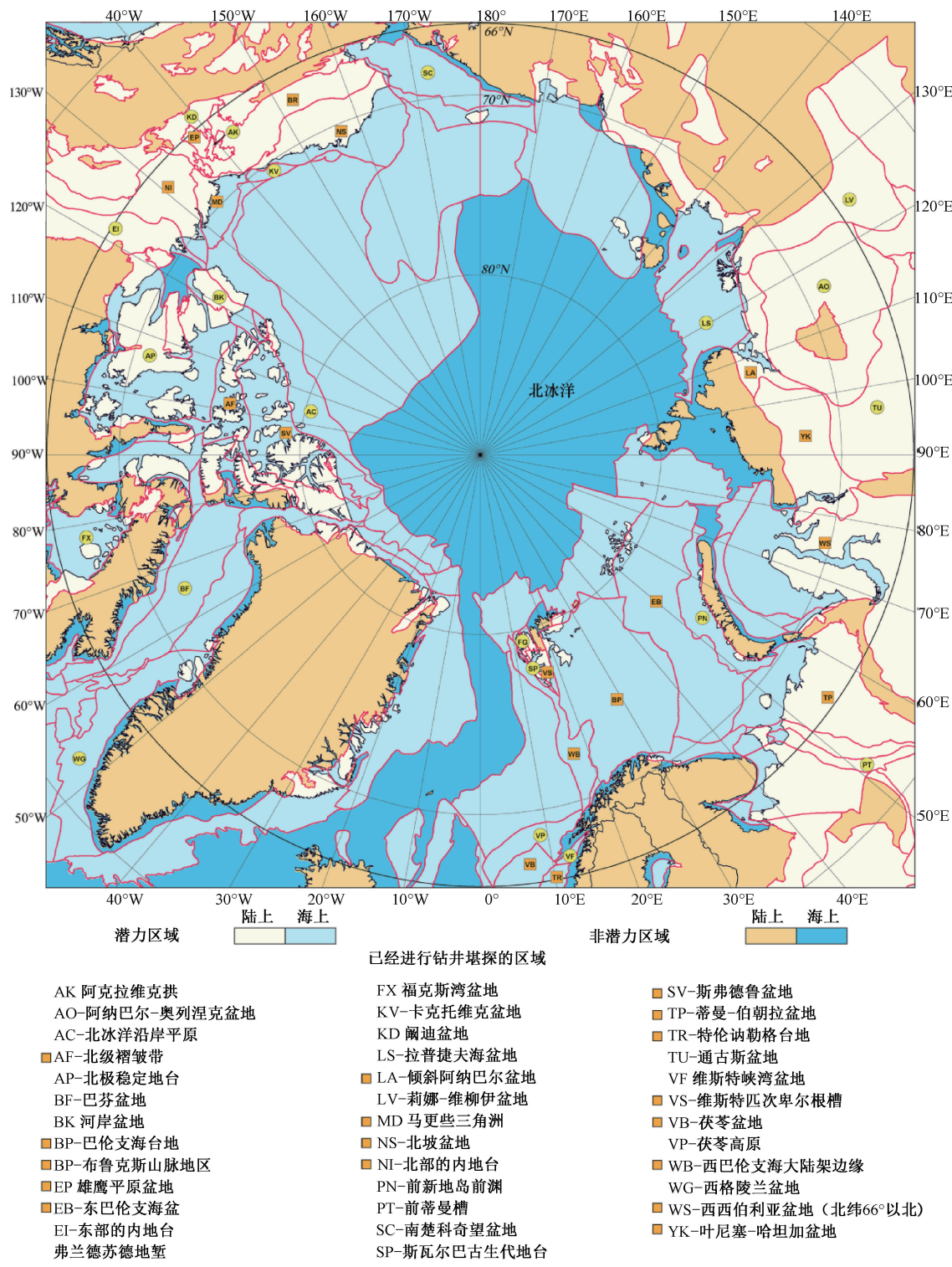


图 4 北极地区油气盆地分布图 (Chew and Arbouille, 2011)

Fig. 4 Location of giant hydrocarbon discoveries north of 66°N (Chew and Arbouill, 2011)

俄罗斯有 1/3 的领土在北极圈内，其北极地区面积约占环北极 8 个主权国家所占北极地区面积总和的近 1/2 左右。北极地区对于俄罗斯而言，具有非常重要的战略地位和实际意义。俄罗斯相继发布了不同时期的北极战略报告，如 2008 年出台的

《2020 年前俄罗斯联邦北极地区国家政策原则及远景规划》，确定了俄罗斯联邦北极政策的国家利益、主要目标、战略优先方向、基本任务和执行机制。其中首要一条是“开发俄属北极区域，将其作为保障国家社会-经济发展的战略资源基地”。

表 2 北极及周边地区沉积盆地基本特征统计表

Table 2 Basic characteristics of the sedimentary basins in the Arctic and its surrounding areas

编号	盆地名称	国家 (地区)	面积/ km ²	厚度/m		沉积盖层年代	基底年代	主要岩性
				平均	最大			
1	库克湾	阿拉斯加	44800	4600	7600	J、K ₂ 、T	Pre-J	碎屑岩
2	布里斯托-圣乔治	阿拉斯加	166800	2900	5000	T-Q	Pre-K	碎屑岩
3	纳瓦林	阿拉斯加	109800	3400	5300	T-Q	Pre-K	碎屑岩
4	阿纳德尔	俄罗斯	75100	3000	6700	K ₂ 、T	Pre-K	碎屑岩
5	诺顿	阿拉斯加	98400	1500	6500	T	Pre-K	碎屑岩
6	霍普-南楚科奇	阿拉斯加	218900	2000	3000	K ₂ 、T	Pre-K	碎屑岩
7	维尔基茨-北楚科奇	阿拉斯加、俄罗斯	385500	2300	6000	J-K、T	Pre-M	碎屑岩
8	考尔维尔	阿拉斯加	291200	4900	9100	Pz ₂ -T	Pre-Є	碎屑岩和碳酸盐岩
9	阿拉斯加-波弗特陆架	阿拉斯加	134600	3000	9100	K ₂ 、T	Pz ₁	碎屑岩
10	马更些三角洲-波弗特海	加拿大	388500	2300	6000	J-K、T	Pre-M	碎屑岩、碳酸盐岩
11	加拿大北极大陆	加拿大	489500	1500	4900	Є-Kz ₂ 、K ₂	Pre-Є	碳酸盐岩、碎屑岩和蒸发岩
12	伊戈尔平原	加拿大	26200	5800	7000	Pz、J-K	Pre-Є	碳酸盐岩、碎屑岩
13	坎迪克	加拿大、阿拉斯加	20800	3000	5500	Pz、J-K	Pre-Є	碎屑岩和碳酸盐岩
14	北极群岛陆架	加拿大	388500	3000	6100	K、T、Q	Pre-K	碎屑岩
15	斯维尔德鲁普	加拿大	313100	4700	10700	Pz ₁ 、Mz、T	Pz ₁	碳酸盐岩、碎屑岩和少量蒸发岩
16	富兰克林-格陵兰	加拿大、格陵兰	349600	4600	9100	Pz ₁	Pre-Є	碳酸盐岩、碎屑岩和少量蒸发岩
17	北极群岛古陆块	加拿大	782400	1600	4600	Pz ₁	Pre-Є	碳酸盐岩、碎屑岩和少量蒸发岩
18	哈得逊湾	加拿大	971200	700	2400	Pz ₁ 、K	Pre-Є	碳酸盐岩、少量碎屑岩
19	福克斯	加拿大	168300	300	600	Pz ₁	Pre-Є	碳酸盐岩、少量碎屑岩
20	拉布拉多陆架	加拿大	396300	4900	9100	Pz ₂ 、Mz、T	Pre-Є、Pz ₁	碎屑岩、少量碳酸盐岩
21	西南格陵兰	格陵兰	230500	2600	7000	Pz ₂ 、Mz、T	Pre-Є、Pz ₁	碎屑岩
22	巴芬湾	加拿大、格陵兰	569800	2700	6100	Pz ₂ 、Mz、T	Pre-Є、Pz ₁	碎屑岩
23	东格陵兰	格陵兰	297900	2700	9000	Pz ₂ 、Mz、T	Pre-Є、Pz ₁	碎屑岩、碳酸盐岩
24	林肯海	格陵兰	85500	3000	7000	Pz ₂ 、Mz、T	Pz ₁	碎屑岩、碳酸盐岩
25	汪达尔海	格陵兰	41400	2000	4600	Pz ₂ 、Mz、T	Pz ₁	碎屑岩、碳酸盐岩
26	中挪威	格陵兰	157800	3300	8200	Tr、J、K	Pre-T	碎屑岩、碳酸盐岩
27	西巴伦支海	挪威	466800	2700	4600	Pz ₂ 、Mz、T	Pz ₁	碎屑岩、碳酸盐岩
28	东巴伦支海	俄罗斯	384500	10000	11000	Pz ₂ 、Mz、T	Pz ₁	碎屑岩、碳酸盐岩
29	蒂曼-伯朝拉	俄罗斯	443700	7000	10000	Pz、Mz	Pre-Є	碎屑岩、碳酸盐岩
30	西西伯利亚	俄罗斯	1932100	9000	16000	Mz、T	Pre-Є	碎屑岩、少量碳酸盐岩
31	北喀拉海	俄罗斯	349900	6700	7000	Pz ₂ -T	Pre-Є、Pz ₁	碎屑岩、少量碳酸盐岩
32	通古斯	俄罗斯	699500	3700	7500	PR ₂ 、Pz、T-J	Pre-Є	碎屑岩、碳酸盐岩
33	阿纳巴尔-哈坦加	俄罗斯	390600	4600	9000	Pz、Mz、T	Pre-Є、Pz ₁	碎屑岩、碳酸盐岩
34	维柳伊	俄罗斯	313000	3000	11000	Pz ₂ 、T、J	Pre-Є	碎屑岩、碳酸盐岩
35	拉普捷夫海	俄罗斯	326500	3700	7000	Pz、J-K	Pz ₁	碎屑岩
36	济良卡	俄罗斯	115000	2100	4000	Pz、Mz、T	Pre-Є	碎屑岩
37	东西伯利亚海	俄罗斯	136800	3000	5800	Pz、P-Tr、J-K、T	Pre-Є、Pz ₁	碎屑岩

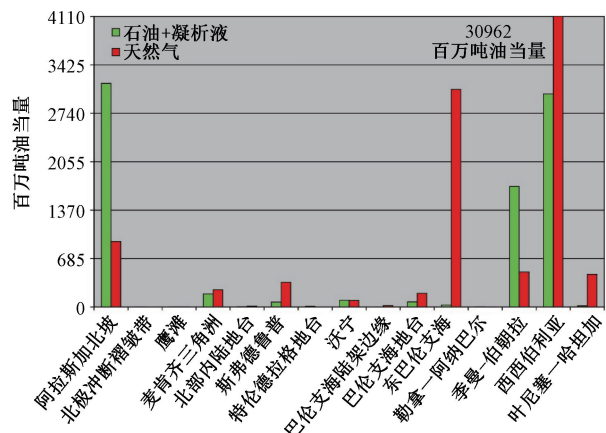


图 5 北极地区盆地已发现和很可能发现的油气资源分布 (Chew and Arbouille, 2011)

Fig. 5 Proven plus probable oil and gas reserves in the Arctic, by basin (Chew and Arbouille, 2011)

2009 年俄罗斯推出《2020 年之前俄罗斯国家安全战略》，强调未来国际政治将聚焦于能源争夺，北极是争夺的焦点地区之一。“2009 年海军战略”、“2030 年前交通开发战略”和“2030 年前俄罗斯大陆架调查与开发计划”等文件也高度重视北极，并表示将建立北极舰队。

就油气资源开发利用而言，从苏联到俄罗斯，油气田越开发越向北，近些年来俄罗斯天然气生产的主力油气田 80% 以上已经位于北极圈以北 (EIA, 2008, 2011, 2012, 2013, 2015, 2016, 2017)。而特殊的地理位置也决定了俄罗斯油气资源的短板是运输，特别是天然气运输始终是俄罗斯必须面对的巨大挑战，成本越来越高，并且自然条件越来越恶劣。随着全球气候变暖导致北极冰雪融化速度远超预期，北极航道商业通行能力

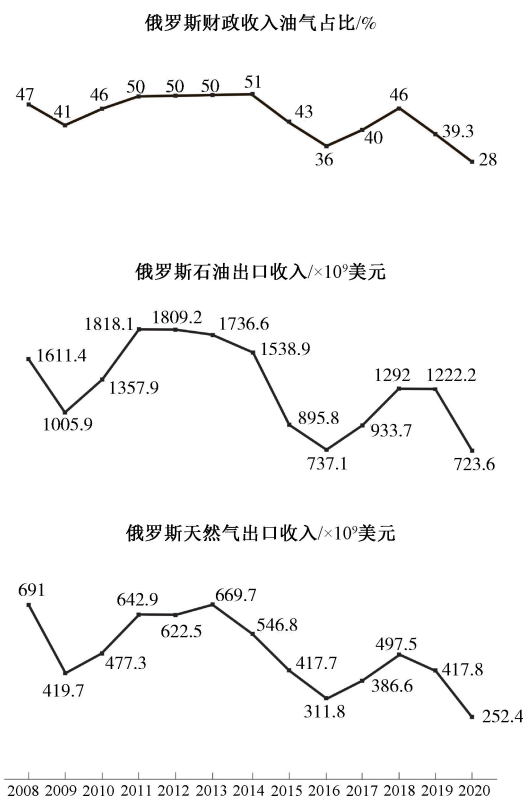


图6 俄罗斯2008—2020年石油-天然气出口收入和财政收入油气占比（数据来自：俄罗斯联邦统计局 <https://rosstat.gov.ru>）

Fig. 6 Oil and gas share of Russia's oil and gas export revenue and fiscal revenue from 2008 to 2020 (data from Russian Federal Bureau of Statistics: <https://rosstat.gov.ru>)

大幅提高，也为俄罗斯利用北极航道开发北极油气资源提供了运输保障。俄罗斯也已经充分认识到亚太市场的重要性，并将破局的方略建立在开发其北方海航道基础之上。

2020年6月，俄罗斯政府批准了新版《俄罗斯2035年前能源战略》。该《战略》是根据近年来国际能源格局变化而对2014年版能源战略进行的完善及调整，特别提出“要特别重视扩大东西伯利亚和远东天然气运输基础设施，加强液化天然气生产，保证能源系统的稳定性和可持续发展，同时降低能源对自然环境的损害”（欧亚系统科学研究会，2020）。其中，非常重要的两个目标及措施是：一是以亚太带动能源出口多元化；二是大力发展液化天然气。液化天然气是俄罗斯优先发展的战略项目。根据《战略》规划，俄罗斯计划在2024年前将液化气的产量提高至4600~6500万吨，2035年达到7200~8200万吨。“亚马尔LNG”项目的成功及“北极2号”项目

的情况可以充分说明，俄罗斯依托LNG液化天然气项目开发北极资源及运筹北极战略正在逐步实施。

2.2 北极东北航道的利用

通过北极海区的航道统称北极航道，又分东北航道和西北航道。东北航道是指西起挪威北角附近的欧洲西北部，经欧亚大陆和西伯利亚的北部沿岸，穿过白令海峡到达太平洋的航线集合。其主体从喀拉海到白令海与俄罗斯管辖的北方海航道重叠，所以，东北航道也称为“北方海航道”。而西北航道则是指以白令海峡为起点，向东沿美国阿拉斯加北部离岸海域，穿过加拿大北极群岛，直到戴维斯海峡的航道，其大部分航段位于加拿大北极群岛水域。全球气候变暖，正在导致北极航道的开通逐渐从梦想变成现实。业内人士认为，北极航道一旦开通，将改变长期以来巴拿马运河和苏伊士运河作为连接太平洋和大西洋要道的局面，使航程大大缩短，不仅能减少运输成本，而且可以避免索马里海盗和印度洋海盗的威胁。受自然条件及地理环境的影响，与西北航道相比，东北航道的建设和通行能力要成熟得多。特别是近年来，东北航道的商业航行能力大幅提升，这一点可通过过去十几年东北航道的船只数量的变化加以说明。在2007—2009年国际极地年之前，过境通行北极航道的船只极少（Arctic Knowledge Hub，2014）。2009年后，过境通行东北航道的船只迅速增加，呈几何级数增长。2013年到2019年始终保持一个稳定的增长态势，从2013年的635艘增加到2019年799艘（表3）。尽管2019年全球新型冠状病毒疫情影响重创全球经济，但是，2020年比较2013年北极东北航道通过船舶艘数却增长了58%，达到1002艘，实现了亚洲与欧洲、美洲与亚洲的连通，也使北方海航道的商业价值和经济意义日渐凸显。东北航道和俄罗斯北方海航道的繁荣源于东亚对能源和资源的需求。随着亚马尔天然气项目的建设和投产，航次和货运量也将再次上升。在2020年出台的《俄罗斯2035年前能源战略》中，俄罗斯把北极航道建设作为国家重大战略推进。普京在2018年5月总统令中要求至2024年货运量增长至8000万吨（高天明，2019）。据新华社援引俄罗斯塔斯社（2018年7月29日）报道，俄罗斯联合造船集团副总裁伊戈尔沙卡罗说，俄罗斯有关部门正大力

开发北方海航道, 政府计划 2025 年前投入 1600 亿卢布 (约合 27.5 亿美元) 资金, 用于开发北极大陆架区域以及发展周边地区经济。在极地破冰船的帮助下, 北方海航道的东侧航道已具备全年通

航的条件。他预计, 北方海航道货运量未来将迅速增长, 2025 年前北方航道的货运量将达到 6670 万吨, 2030 年前将达到 1.15 亿吨, 2035 年前将达到 1.55 亿吨。

表 3 2013 年以来北极东北航道通过船舶情况/艘 (俄罗斯北方海航道管理局 www.NSRA.ru)

	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	合计
船舶总数	635	631	715	718	662	792	799	1002	5954
俄罗斯	509	520	590	574	555	701	699	846	4994
外国籍 (不包括中国)	126	111	125	144	107	91	100	156	960
中国 (中远海特运公司)	1	0	2	6	5	8	9	11	42

根据近些年船只通行实践表明, 随着全球气候变暖, 北极航道可通航的窗口期将不断延长, 从目前的 2~3 个月到 2030 年, 东北航道可通航的窗口期预测将在 6 个月以上; 可能到 2040 年, 可实现全年通航。2013 年以来, 中国远洋货轮曾多次参与北极东北航道的商业性通行, 实践表明, 通行东北航道可以大大缩短中国沿海港口到达欧洲港口的航线里程和时间。

3 亚马尔油气合作历程、现状及展望

3.1 起点

2012 年是中俄合作开发北极亚马尔天然气项目的起点。这一年俄罗斯大选, 普京再次就任俄罗斯总统。普京在大选时提出了新的任期系列战略目标, 要实现这些目标则需要资金保障。而俄罗斯的收入主要依赖油气生产和出口。据美国能源信息署的分析 (EIA, 2008, 2011, 2012, 2013, 2015, 2016, 2017): 俄罗斯是石油和天然气的主要生产国和出口国, 其经济主要依赖能源出口; 俄罗斯的石油和天然气的年产量在波动中上行, 不断站上新高, 当前这些商品的高价格会继续推动俄罗斯经济增长。然而, 喜中有忧, 俄罗斯油气开发最重要的目标, 北极巴伦支海斯托克曼项目被迫停止, 并且在可预期的未来没有恢复的希望。而该项目在俄罗斯刚刚修订的《俄罗斯国家能源战略 2030》中 (俄罗斯《国际文传电讯社》, 2009) 有重要位置。

2012 年的 3 月 7 日, 皇家荷兰壳牌石油公司首席执行官 PeterVoser 先生的报告“天然气革命”很有代表性。他阐述: 我们当下正目睹世界天然气市场真正惊人的发展 (Voser, 2012)。这场革命由两个重要因素导致, 液化天然气技术和页岩气

开采技术。美国页岩气技术的突破导致了美国天然气产量爆发式增长。2009 年底美国已经取代俄罗斯成为世界第一大天然气生产国 (BP, 2010)。那时就有人预见到, 美国不但将不需要进口天然气, 而且将很快出口天然气。2008 年启动的俄罗斯北极巴伦支海斯托克曼一期项目由于看不到原计划的美国天然气市场的前景, 合作方之一——挪威国家石油公司退出了计划中的第二期项目。北极的油气项目投资巨大、周期长、成本高、风险大。没有市场, 项目就不可能生存。北极海域的油气项目的投资还有技术和政治诸多考量。

当时俄罗斯的天然气市场在欧洲 (BP, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013)。但是欧洲从政治、经济 and 环境保护多方面考虑, 正在减少从俄罗斯购买天然气 (BP, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013; European Commission, 2011)。在 2012 年的中俄的北极学术会议中, 赵越曾明确指出: 俄罗斯正逐渐失去其欧洲天然气市场, 下一个重要市场在中国。赵越等 (2013) 提出中俄合作开发北极亚马尔天然气的合作开发的构想和建议, 即中国油气企业与俄罗斯油气企业在亚马尔半岛开展天然气合作开采、液化, 并通过东北航道运回国内, 利益共享, 风险共担。在中俄双方共同努力下, 俄罗斯北极亚马尔液化天然气项目正式启动。

3.2 北极亚马尔液化天然气合作项目

北极亚马尔液化天然气合作项目一路走来, 充满了艰辛和重重困难。亚马尔半岛经东北航道到中国北仑港的航线距离与波斯湾到中国北仑港的航线距离大致相当。俄罗斯在 2014 年开始受到西方制裁。但是项目在中俄两国政府支持下, 2013 年 9 月, 中石油与诺瓦泰克公司签署收购亚马尔 LNG 公司 20% 股份协议。2014 年 1 月 14 日完成交割。2014 年

5月20日,双方签署300万吨/年LNG购销协议。中海油也签署了100万吨/年的LNG购销协议。2016年4月,中国丝路基金完成从诺瓦泰克公司亚马尔液化天然气项目9.9%的股份收购,成为该项目第四大股东(观察者网,2017)。

该项目三条生产线分别于2017—2018年期间投产。2017年12月8日,亚马尔LNG项目第一条生产线投产。第二条、第三条生产线陆续在2018年8月、12月投产,比计划提前一年。此外,在原计划之外,亚马尔LNG将建造第四条生产线,预计将在2021年年底投产,产量约100万吨/年。

俄罗斯亚马尔液化天然气项目地处北极极寒地带,气田开发和液化天然气工厂建设施工难度大。为了减少建设成本和节省时间,项目的多数地面工程采用模块化生产工艺,建造完的模块绝大多数由振华重工物流和中国远洋的模块运输船运到亚马尔现场。在设备制造方面,中国有7家公司承担了亚马尔项目85%模块的建造工作;中国的造船厂参与了多艘运输船(LNG和凝析油)的建造。广船国际建造了2条ARC7冰级模块运输船和1条ARC7冰级凝析油运输船,沪东中华也即将拿下4条常规LNG运输船的订单。还有9家中国企业向亚马尔项目供应了空冷换热器、燃烧器、压缩机、泵、钢管等设备材料。中国的钻机设备制造公司生产的极地钻机在亚马尔进行工作。可以说,中国资本、中国制造为亚马尔液化天然气项目的顺利按期建成提供了有力保障。

国产第一台“极光”号极地钻机,2016年2月11日在亚马尔油田安装完成。该钻机由宏华钻机设备制造公司制造,能够在零下55℃低温和12级以上强风的环境下工作。“极光”号极地钻机钻深7000米。24名中国专家在严寒的北极,经过3个月的艰苦努力,终于胜利实现了中国钻机北极开钻的先河。这是中国首台可以在零下55℃环境作业的极地钻机,打破了国际技术垄断。

俄罗斯为实现LNG向国际市场销售,积极引入中国LNG运输服务商参加海运服务,已分别与中远、招商局、中国海运、中外运等中企签署了14条抗冰级液化气运输船的长期租船服务合同。俄罗斯还引入设计、工程监理和保险等行业的中企参与亚马尔项目。截至目前,已有超过30家中方企业参与亚马尔项目上述制造和服务各环节。

2018年7月19日,来自北极亚马尔的第一船

LNG通过北极航道到达中国江苏如东LNG接收站,历时23天。2018年亚马尔项目向中国销售LNG92万吨,2019年销售216万吨。未来,来自亚马尔的LNG将逐渐达到400万吨/年。

在双方的良好合作基础上,2019年6月中国石油和中国海油又分别和俄罗斯诺瓦泰克公司签署了各收购北极LNG-2项目10%股权的协议。北极LNG-2项目位于亚马尔-涅涅茨地区,与亚马尔LNG项目相邻,该项目将建设3条660万吨/年的液化天然气生产设施,年产量1980万吨/年(王海燕,2020)。

亚马尔液化天然气项目的成功实施及拓展合作表明,中俄在北极的能源合作具有广阔的前景,亚马尔LNG项目、北极-2LNG项目等一个个项目将成为冰上丝绸之路上的明珠,并为北极的繁荣带来希望,对中俄两国企业也是双赢之举。

3.3 北极亚马尔液化天然气合作项目的启示

北极亚马尔天然气合作项目的成功是中俄能源合作的具体体现之一,也是中国参与北极油气资源利用的成功范例,该项目使俄罗斯和中国油气企业从各自的发展战略出发找到了契合点,并得到双方国家的大力支持,这也是国际大背景和大气候环境的使然。石油作为重要的能源资源在过去30年基本上每开采和消费一桶石油,就以探明两桶可采石油储量替代,结果是全球的剩余可采石油储量不断增加(BP,2008—2020)。目前全球的石油探明可采储量可供消费已经从70年前的10年稍余(BP,1951)上升到百年以上(金之均等,2019)。但是石油的长期市场前景并不被看好。国际开启的碳达峰和碳中和历程意味着今天的石油资源不是明天的财富。虽然天然气作为清洁能源发展的路更长,但是国际的政治与自然气候变幻,挑战与机遇并存。俄罗斯走开发北极资源是其必然之路。虽然目前来看,中国参与北极亚马尔液化天然气项目的产量和数量在油气资源进口中占比很小,但是站在全球性的能源市场格局及各国对经济社会发展的环境等方面的要求看,仍然具有非常重要的战略意义。

俄罗斯丰富的油气资源、单一的经济结构、特殊的地理位置和自然条件、国际上政治和经济形势等一系列因素,促成了俄罗斯制定了新时期油气资源的开发利用战略。2020年俄罗斯政府批准的新版《俄罗斯2035年前能源战略》是其重要的指导性文件。中俄双方资源禀赋和经济结构上

的巨大互补性以及独特的地缘政治决定了中俄双方在能源等领域成功开始了广泛深入的合作。

中国企业和机构只有认清国际政治和自然变化风云, 掌握俄罗斯北极油气资源及其环境状态, 才能实现互利双赢, 服务国家和民族, 成就自己。

4 结语

(1) 中俄北极亚马尔液化天然气合作项目的成功启动是中国参与北极油气资源利用的成功范例, 它使两国油气企业从各自的发展战略出发找到了契合点, 并得到双方国家的大力支持, 这也是国际大背景和大气候环境的使然。

(2) 虽然目前来看, 中国参与北极亚马尔液化天然气项目的产量和数量在油气资源进口中占比很小, 但其对中俄能源合作具有重要的战略意义。《俄罗斯 2035 年前能源战略》(2020) 为中俄双方未来进一步开展北极油气资源, 乃至中俄在能源等领域的全面合作提供了可期的前景和合作空间。

References

Arctis Knowledge Hub, 2014. History of arctic marine transport [EB/OL]. [2021-05-11]. <http://www.arctis-search.com/History+of+Arctic+Maritime+Transport&structure=Transportation+Research>.
BP, 1951, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020. Statistical review of world energy [EB/OL]. [2021-05-11]. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>.
CCTV News Channel, 2017. [EB/OL]. [2021-04-20]. <https://tv.cctv.com/live/cctv13>. (in Chinese)
CHEW K J, ARBOUILLE D, 2011. Hydrocarbon finds in the Arctic basins: discovery history, discovered resources and petroleum systems [J]. Geological Society, London, Memoirs, 35 (1): 131-144.
EIA (Energy Information Administration), 2008, 2011, 2012, 2013, 2015, 2016, 2017. EIA estimates based on International trade data, Eurostat and Russian export statistics and partner country import statistics, Global Trade Tracker (subscription) [Z].
European Commission, 2011. Communication from the commission to the European Parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions [R]. Energy Roadmap 2050, COM (2011) 885/2: 1-20.
Gao T M, 2019. How does Russia view the "Silk Road on Ice"? : Zhihu. [2021-05-11]. <https://zhuanlan.zhihu.com/p/60569122>. (in Chinese)
JIN Z J, 2019. "Scientific and technological innovation determines the trend of energy industry in the future". "2019 influence summit-foreseeing the future" co sponsored by China Daily and NeteaseNews

[EB/OL]. [2021-05-11]. http://cn.chinadaily.com.cn/a/201901/05/WS5c3081b9a3100a343d6f2228.html?ivk_sa=1023197a. (in Chinese)
LINDHOLT L, GLOMSRØDS, 2012. The Arctic; no big bonanza for the global petroleum industry [J]. Energy Economics, 34 (5): 1465-1474.
LIU J M, ZHAO Y, YIN J Y, et al., 2017. Arctic geology and oil and gas resources [M]. Beijing: Geological Publishing House: 1-336. (in Chinese)
Northern Sea Route Information Office, Transits, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 [EB/OL]. [2021-03-15]. https://arctic-luo.com/category/data_reports.
Observer Network, 2017. Super project: China-Russia Arctic natural gas project put into operation, Putin ship in person [EB/OL]. [2021-03-15]. https://www.guancha.cn/global-news/2017_12_09_438476_s.shtml. (in Chinese)
PEASE V, DRACHEVS, STEPHENSON R, et al., 2014. Arctic lithosphere: a review [J]. Tectonophysics, 628: 1-25.
Russia《Interfax》, 2009. Russia's energy development strategy 2030 [EB/OL]. [2021-05-11]. <http://www.interfax.ru>. (in Chinese)
USGS, 2008. Circum-arctic resource appraisal: estimates of undiscovered oil and gas north of the Arctic circle [R]. USGS Fact Sheet 2008-3049.
VOSER P, 2012. The natural gas revolution: a secure, abundant force for good [C] //Proceedings of the 31st annual CERAWEEK executive conference. Houston, Texas, USA: 3-4.
WANG H Y, 2020. Sino-Russian cooperation in arctic oil and gas (internal report) [R]. Beijing: Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences. (in Chinese)
ZHAO Y, 2013. Russia's Arctic oil and gas development in the new situation [R]. Internal report of Research Institute of Petroleum Exploration and Development. Beijing: Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences. (in Chinese)
ZHU W L, WANG Z X, WU P K, et al., 2013. Petroliferous basins around the Arctic [M]. Beijing: Science Press: 1-312. (in Chinese)
附中文参考文献
高天明, 2019. 俄罗斯如何看待“冰上丝绸之路”? : 一带一路大家谈, 知乎 [EB/OL]. [2021-05-11]. <https://zhuanlan.zhihu.com/p/60569122>.
俄罗斯《国际文传电讯社》, 2009. 俄罗斯能源发展战略 2030 [EB/OL]. [2021-05-11]. <http://www.interfax.ru>.
观察者网, 2017. 超级工程: 中俄北极天然气项目投产普京亲自乘船 [EB/OL]. [2021-03-15]. https://www.guancha.cn/global-news/2017_12_09_438476.shtml.
金之钧, 2019. 能源行业发展, 技术进步是关键 [EB/OL]. [2021-05-11]. <http://cn.chinadaily.com.cn/a/2019-01-05>.
刘建民, 赵越, 殷进银, 等, 2017. 北极地质与油气资源 [M]. 北京: 地质出版社: 1-336.
王海燕, 2020. 中俄北极油气领域合作 [R]. 北京: 中国地质科学院地质力学研究所.
央视网新闻频道, 2017. 习近平同俄罗斯总统普京举行会谈 [Z/OL]. [2021-04-20]. <https://tv.cctv.com/live/cctv13>.
赵越, 2013. 新形势下俄罗斯北极油气的开发 [R]. 北京: 中国石油勘探开发研究院.
朱伟林, 王志欣, 吴培康, 等, 2013. 环北极地区含油气盆地 [M]. 北京: 科学出版社: 1-312.

开放科学 (资源服务) 标识码 (OSID):

可扫码直接下载文章电子版, 也有可能听到作者的语音介绍及更多文章相关资讯

