

北极地区盆地分类与油气资源分布规律

张凯逊^{1,2,3}, 韩淑琴^{1,2,3}, 孟秋含⁴, 胡靖靖⁴, 颜春风⁵
ZHANG Kaixun^{1,2,3}, HAN Shuqin^{1,2,3}, MENG Qiuhan⁴, HU Jingjing⁴, YAN Chunfeng⁵

1. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081;

2. 自然资源部古地磁与古构造重建重点实验室, 北京 100081;

3. 中国地质调查局油气地质力学重点实验室, 北京 100081;

4. 中国石油大学(北京)地球科学学院, 北京 102249;

5. 北京油源恒业科技有限公司, 北京 102299
1. *Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China;*

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

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

4. *College of Geosciences, China University of Petroleum (Beijing), Beijing 102249, China;*

5. *Beijing Usoft Technology Co., Ltd., Beijing 102299, China*

ZHANG K X, HAN S Q, MENG Q H, et al., 2020. Classification of sedimentary basins and distribution patterns of oil and gas resources in the Arctic [J]. Journal of Geomechanics, 26 (6): 901-910. DOI: 10.12090/j.issn.1006-6616.2020.26.06.071

Abstract: The Arctic has great potential for oil and gas resources, and the exploration and development of oil and gas are still in the early stage. It is an important strategic region for the future petroleum exploration. On the basis of up to date data from IHS and USGS as well as investigation results of other studies, this paper aims at documenting the basin types and the distribution patterns of oil and gas resources in the Arctic. Our results show that there are at least 35 sedimentary basins in the Arctic, which consist of five rift, sixteen passive margin, five intra-cratonic, five forland and four oceanic basins. Rift basin is the type with the most abundant oil and gas resources in the Arctic, followed by the forland, passive margin and cratonic basin types. The proved and probable oil and gas reserves in rift basins amount to 44.112 billion tons of oil equivalent and accounts for 74.6% of the total reserves in the Arctic. Most of the oil and gas reserves in the Arctic are reservoired in the clastic reservoirs in the Cretaceous, Jurassic and Permian with a minor proportion in the Carboniferous and Devonian carbonates. The age and lithogogy of main reservoirs are different in different countries and petroliferous basins. Hydrocarbons in the Arctic were mainly derived from Jurassic and Cretaceous mudstones and shales, followed by Triassic and Devonian mudstones and shales. The trap types are dominated by combination trap, followed by structural trap. The investigation results of this study will establish a sound foundation for long-term oil and gas exploration programs of Chinese oil companies in the Arctic.

Key words: Arctic; basin type; distribution of oil and gas resources; petroleum geology

摘 要: 北极地区油气资源潜力大, 且油气勘探开发尚处于初期, 是未来国内外油气工业发展的重要战略领域。文中综合运用全球领先信息服务公司埃信华迈 (IHS) 和美国地质调查局 (USGS) 的最新资料及已有研究成果, 对北极地区的盆地类型和油气资源分布规律展开研究。结果表明: 北极地区至少发育

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目 (DD20190664); 中国地质科学院地质力学研究所基本科研业务费项目 (DZLXJK201707)
第一作者简介: 张凯逊 (1985-), 男, 助理研究员, 从事全球油气资源分布规律和储层地质学研究工作。E-mail: zhangkaixun@126.com
收稿日期: 2020-08-20; 修回日期: 2020-10-20; 责任编辑: 范二平
引用格式: 张凯逊, 韩淑琴, 孟秋含, 等, 2020. 北极地区盆地分类与油气资源分布规律 [J]. 地质力学学报, 26 (6): 901-910. DOI: 10.12090/j.issn.1006-6616.2020.26.06.071

35 个沉积盆地，具体划分为裂谷盆地（5 个）、被动大陆边缘盆地（16 个）、克拉通盆地（5 个）、前陆盆地（5 个）和大洋盆地（4 个）。裂谷盆地是北极地区油气最富集的盆地类型，发现油气探明和控制可采储量（简称 2P 储量） 441.12×10^8 t 油当量，占北极地区油气总储量的 74.6%，其次为前陆盆地、被动大陆边缘盆地和克拉通盆地。北极地区大部分油气储于白垩系、侏罗系和二叠系的碎屑岩储集层，仅有小部分油气储于石炭系和泥盆系碳酸盐岩储集层，且不同国家、不同含油气盆地的主力储集层存在明显差异。北极地区的油气主要源自侏罗系和白垩系的烃源岩，三叠系和泥盆系烃源岩次之。此外，复合圈闭是北极地区油气藏的主要圈闭类型，其次是构造圈闭。北极地区盆地类型和油气宏观分布规律的研究将为中国石油公司在北极地区的长远发展奠定基础。

关键词：北极地区；盆地类型；油气资源分布；石油地质

中图分类号：P624；P548 **文献标识码：**A

随着传统油气产区勘探程度的提高，发现油气储量的难度不断加大，油气勘探面临着严峻挑战。在国内外现有油气区勘探程度逐年提高的形势下，蕴藏着丰富油气的北极地区将成为未来油气勘探与开发的战场（Gautier et al., 2009；卢景美等，2010；奚源，2017；Ross, 2019；孙九林等，2020）。开展北极地区油气地质及资源潜力研究可为未来参与北极油气资源开发提供必备信息储备（Spencer et al., 2011）。目前，北极大部分地区仍然属于油气勘探的前缘地带，研究基础相对薄弱（杨静懿等，2013；Stephen, 2013；曹婧等，2020）。随着研究不断深入，对北极地区的认识也不断的丰富，相关学者对北极地区沉积盆地的地质构造特征、沉积盆地的演化及控制作用进行了研究（Grantz et al., 2011；李学杰等，2012；王哲等，2020），例如王哲等（2020）归纳出北极地区沉积盆地演化主要受控于三类构造因素，分别为后造山伸展垮塌，地体增生前陆收缩，洋盆扩张作用；这些因素同时也控制了沉积盆地类型，进而也拟定了北极 35 个主要沉积盆地的分布和边界。但目前对北极地区沉积盆地类型划分与认识尚显不足，且油气资源时空分布规律数据信息亟需更新。因此，在系统总结已有含油气盆地分类基础上，对 35 个北极地区沉积盆地类型进行详细划分，并进一步依托公开发表的文献和商业数据资料，开展北极地区内油气资源的时空分布规律研究，以期探寻北极地区油气资源潜力，为深入利用、开发北极油气资源提供参考依据。

1 北极地区自然地理概况

北极地区是指北极点以南和北极圈（北纬 $66^{\circ}34'$ ）以北至北极点之间的广大区域（张侠等，

2009；卢景美等，2010），包括了北冰洋、北美大陆和欧亚大陆的北部边缘陆地及岛屿。北极地区总面积 21×10^6 km²，占地球表面积的 6.0%。其中，北冰洋水域面积 13×10^6 km²，环绕北冰洋周边分布的陆地及其岛屿由北美大陆（包括格陵兰岛）、欧亚大陆的北部苔原带和部分泰加林带组成，全部陆地和岛屿面积约 7.95×10^6 km²。北冰洋中心海域为一广阔的深海盆地，水深 3000~5000 m，最大深度为 5527 m（位于格陵兰海东北部），平均深度为 1225 m（李学杰等，2010）。北极地区除北极点周边为冰所覆盖的以外的所有陆地及岛屿（包括边缘海在内），在行政区划上分属于俄罗斯、加拿大、美国（阿拉斯加）、丹麦（格陵兰岛）、挪威（包括斯瓦尔巴德群岛）、瑞典、芬兰及冰岛等 8 个北冰洋沿岸国家（图 1；张侠等，2009；曹婧等，2020）。

北冰洋位于地球的最北端，是北极地区的主体部分，其面积占北极地区总面积的 60% 以上。北冰洋为欧亚大陆、北美大陆（包括格陵兰岛）所环绕，几乎是封闭的，仅通过狭窄的白令海峡和太平洋连接，通过格陵兰海与大西洋连接（李学杰等，2010）。按自然地理特点，北冰洋分为北极点周围的中心海域和边缘海域，后者可分为北极海域和北欧海域。这些边缘海按顺时针方向依次为林肯海、加拿大北极群岛众多海峡、波弗特海、楚科奇海、东西伯利亚海、拉普捷夫海、喀拉海（北极海域）、巴伦支海、挪威海、格陵兰海（北欧海域）（图 1）。

2 北极地区沉积盆地分类

目前国际上有关沉积盆地分类的标准和相关概念主要受 Dickinson（1974，1976）与 Bally and Snelson（1980）的影响。Dickinson（1974，1976）最早提供了与板块-构造过程相关的盆地综合现实



图 1 北极地理位置图

Fig. 1 Location map of the Arctic

分类法。这一分类方案后来被 Ingersoll (1988) 所修改、补充和更新。此外, 还有一些颇具影响的盆地分类方案, 例如 Klemme (1971, 1974)、Kingston 等 (1983)、Klein (1987)、Mann 等 (2003) 的盆地分类方案以及贾东等 (2011) 的盆地分类方案等。

为了在北极地区的沉积盆地之间建立一个客

观统一的类比分析方案, 此次研究将沉积盆地类型简化为广泛使用的 8 种类型: 发育于离散拉张构造背景下的克拉通、裂谷和被动大陆边缘盆地以及发育于俯冲挤压构造背景下的前陆、弧后、弧前、走滑和大洋盆地 (图 2; 刘池洋等, 2002, 2015; 刘池洋, 2007), 并应用该方案进一步对北极地区的沉积盆地类型进行划分。

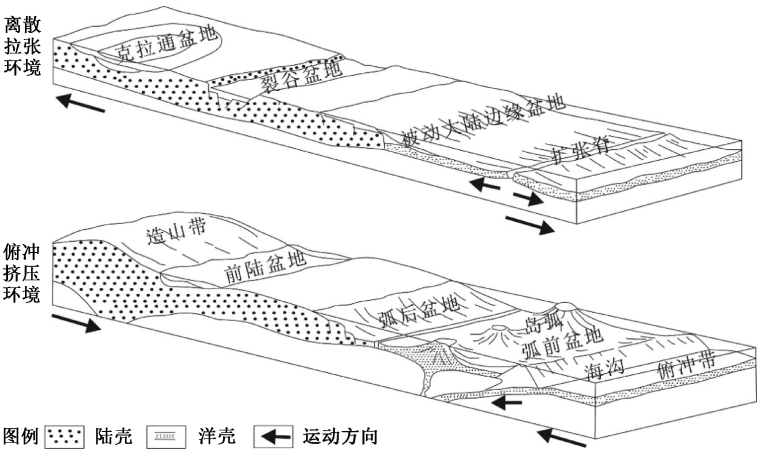
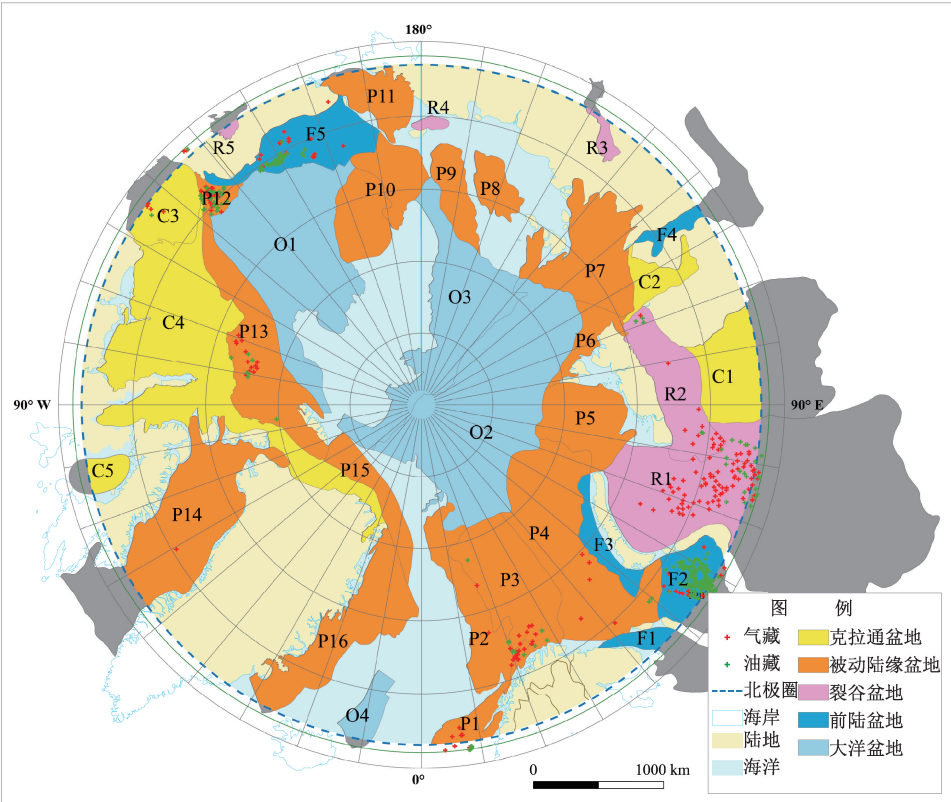


图 2 沉积盆地类型划分示意图 (据刘池洋等, 2015 修改)

Fig. 2 Classification of sedimentary basins (modified after Liu et al. , 2015)

北极地区盆地演化总体上可归纳为以下几个主要阶段：①古生代块体之间的碰撞与拼贴；②泛古陆解体，裂谷作用和洋底旋转拉张；③新生代地壳重新调整；④从泛古陆解体以来持续的裂谷作用一直延续至今。与此同时，不同构造阶段导致北极区发育众多不同类型和特征的沉积盆

地。有关北极地区沉积盆地发育的个数和边界，不同机构的研究成果不尽相同（Grantz et al.，2011；李学杰等，2012；王哲等，2020）。综合IHS和USGS最新的研究成果，北极地区至少发育35个沉积盆地，且依据上述盆地分类方案，北极地区沉积盆地可划分为5种沉积盆地类型（图3）。



P1—沃令盆地；P2—巴伦支陆架边缘盆地；P3—巴伦支台地盆地；P4—东巴伦支海盆地；P5—北喀拉盆地；P6—西北拉普捷夫海陆架盆地；P7—拉普捷夫海陆架盆地；P8—东西伯利亚海盆地；P9—维尔基茨盆地；P10—北楚科奇盆地；P11—南楚科奇-霍普盆地；P12—马更些三角洲盆地；P13—斯维尔德鲁普盆地；P14—西格陵兰-东加拿大（巴芬湾）盆地；P15—北格陵兰剪切边缘盆地；P16—东格陵兰盆地；R1—西西伯利亚盆地；R2—叶尼塞-哈坦加盆地；R3—济良卡盆地；R4—朗加海峡盆地；R5—育空地坪盆地；F1—梅津盆地；F2—季曼-伯朝拉盆地；F3—前新地岛盆地；F4—勒拿-维柳伊盆地；F5—阿拉斯加北坡盆地；C1—通古斯盆地；C2—勒拿-阿纳巴尔盆地；C3—西北加拿大内部台地盆地；C4—富兰克林盆地；C5—福克斯盆地；O1—美亚盆地；O2—欧亚盆地；O3—罗蒙诺索夫-马卡罗夫盆地；O4—扬马延盆地

图3 北极地区沉积盆地分布及类型图
Fig.3 Distribution and types of sedimentary basins in the Arctic

（1）被动大陆边缘盆地（16个）：这类盆地是北极地区最常见的盆地类型，主要分布于北冰洋和大西洋沿岸地区（图3）。分别为沃令盆地（P1）、巴伦支陆架边缘盆地（P2）、巴伦支台地盆地（P3）、东巴伦支海盆地（P4）、北喀拉盆地（P5）、西北拉普捷夫海陆架盆地（P6）、拉普捷夫海陆架盆地（P7）、东西伯利亚海盆地（P8）、维尔基茨盆地（P9）、北楚科奇盆地（P10）、南楚科奇-霍普盆地（P11）、马更些三角洲盆地

（P12）、斯维尔德鲁普盆地（P13）、西格陵兰-东加拿大（巴芬湾）盆地（P14）、北格陵兰剪切边缘盆地（P15）和东格陵兰盆地（P16）。
（2）裂谷盆地（5个）：分别为西西伯利亚盆地（R1）、叶尼塞-哈坦加盆地（R2）、济良卡盆地（R3）、朗加海峡盆地（R4）和育空地坪盆地（R5），这类盆地多位于陆上地区，向大洋一侧的盆地多为被动大陆边缘盆地（图3）。
（3）前陆盆地（5个）：分别为梅津盆地

(F1)、季曼-伯朝拉盆地 (F2)、前新地岛盆地 (F3)、勒拿-维柳伊盆地 (F4) 和阿拉斯加北坡盆地 (F5), 这类盆地位于古陆的碰撞周缘或古陆与地块的碰撞边缘。

(4) 克拉通盆地 (5 个): 分别为通古斯盆地 (C1)、勒拿-阿纳巴尔盆地 (C2)、西北加拿大内部台地盆地 (C3)、富兰克林盆地 (C4) 和福克斯盆地 (C5), 这类盆地发育于西伯利亚古陆和劳亚古陆内。

(5) 大洋盆地 (4 个): 分别为美亚盆地 (O1)、欧亚盆地 (O2)、罗蒙诺索夫-马卡罗夫盆地 (O3) 和扬马延盆地 (O4), 这类盆地主要发育于北冰洋和大西洋洋底之上。

北极地区沉积盆地的形成、演化与类型受区域大地构造背景和板块演化控制。自晚二叠世起, 主要经历了拉伸构造作用, 因此, 主要发育以裂谷盆地和被动大陆边缘盆地为主的张性盆地。中-新生代前陆盆地仅在局部挤压构造区发育, 如阿拉斯加北坡前陆盆地的形成主要与落基山造山运动有关。其他的前陆盆地主要为古生代前陆盆地, 其形成演化与潘基亚泛大陆形成时的陆陆碰撞挤压作用有关。克拉通盆地主要发育于古陆地, 而大洋盆地则主要发育于大洋海底之上。

3 盆地类型与油气分布

有关盆地类型对油气分布的控制作用有着两种截然不同的观点, 一种观点认为盆地的含油气性和油气富集程度与盆地类型无关, 而另一种观点则认为盆地类型与油气的富集程度有着一定的相关关系。有关该问题的探讨, Demaison and Huizinga (1994) 及其引证的参考文献有比较深入的阐述, 在此不再赘述。

尽管同一类型盆地的含油气性差异很大, 但是同类型的含油气盆地具有一系列的共性油气地质特征 (康玉柱等, 2019; 吕古贤, 2019), 北极地区油气资源的统计分析表明盆地类型与油气的富集程度有关, 且在一定程度上控制着盆内的成烃、成藏过程以及油气的分布与富集状态。依据此次研究提出的盆地分类方案, 北极地区发育 5 类含油气盆地: 裂谷盆地、被动大陆边缘盆地、克拉通盆地、前陆盆地和大洋盆地。

油气最为富集的西西伯利亚盆地归入了裂谷盆地, 因此尽管仅 5 个含油气盆地归入了裂谷盆

地, 该类盆地依然是北极地区油气最富集的盆地类型。裂谷盆地内已发现 236 个油气田, 发现石油 (含凝析油) 和天然气储量分别为 $60.88 \times 10^8 \text{ t}$ 和 $47.35 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 合计 $441.12 \times 10^8 \text{ t}$ 油当量, 占北极地区油气总储量的 74.6%, 其他富集油气的盆地类型依次为前陆盆地和被动大陆边缘盆地, 油气储量分别为 $93.42 \times 10^8 \text{ t}$ 油当量和 $56.39 \times 10^8 \text{ t}$ 油当量 (表 1), 占北极总量的 15.8% 和 9.5%、克拉通盆地内发现的油气仅为 $0.71 \times 10^8 \text{ t}$ 油当量, 占北极总量的 0.1% (图 4), 大洋盆地内尚未有油气发现。

表 1 北极地区各盆地类型探明和控制油气储量分布一览表

Table 1 Proved and probable oil and gas reserves for different types of basins in the Arctic

盆地类型	发现油气田数	石油 / $\times 10^8 \text{ t}$	天然气/ $\times 10^{12} \text{ m}^3$	凝析油/ $\times 10^8 \text{ t}$	合计/ $\times 10^8 \text{ t}$ 油当量
被动大陆边缘盆地	223	9.73	5.54	2.15	56.39
克拉通盆地	17	0.52	0.02	0.01	0.71
前陆盆地	316	62.39	3.53	2.70	93.42
裂谷盆地	236	43.40	47.35	17.48	441.12
合计	792	116.04	56.45	22.34	591.64

注: 油气储量数据来自 IHS, 2020; 资料截至 2020 年 8 月

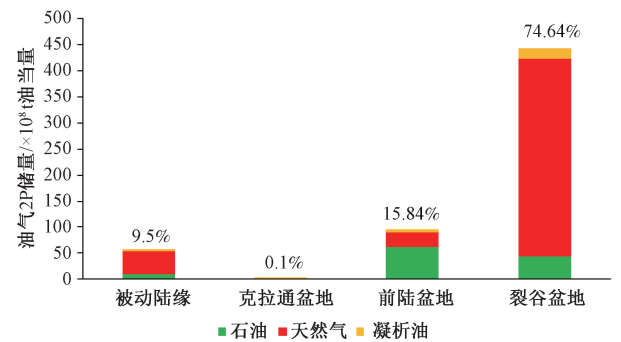


图 4 北极地区不同盆地类型 2P 储量分布直方图 (数据来源: IHS, 2020)

Fig. 4 Histogram of 2P reserves distribution of different-type basins in the Arctic (data from IHS, 2020)

4 油气储量层系分布

北极地区油气储集层分布于前寒武系-新生界的多套层系, 但绝大部分油气储量储于中生界储层中, 中生界的石油 (含凝析油) 和天然气 2P 储量分别为 $91.83 \times 10^8 \text{ t}$ 和 $54.07 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 合计为 $525.96 \times 10^8 \text{ t}$ 油当量, 占北极油气总 2P 储量的 88.9%。古生界和新生界储层中储集的油气很少,

其油气 2P 储量分别占北极总储量的 10.2% 和 0.9%。按系为统计单元，北极地区最重要的储集层系依次为白垩系（占总量的 76.4%）、侏罗系（11.0%）、二叠系（4.9%）、石炭系（2.8%）和泥盆系（2.3%），其他层系的油气储量占总量的 2.4%（图 5）。

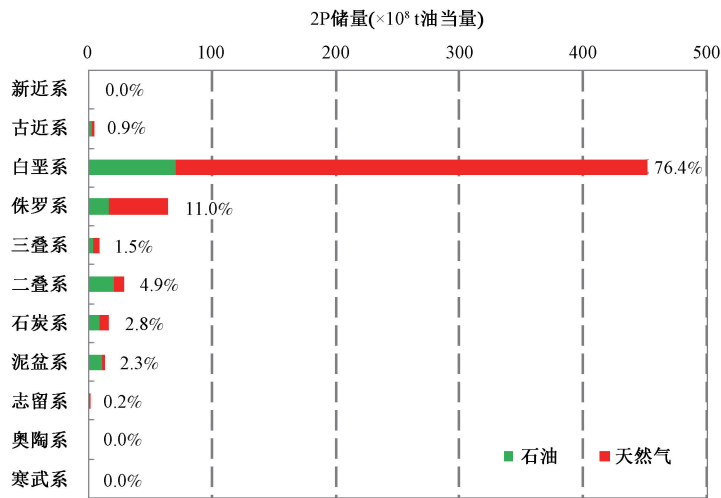


图 5 北极地区不同层系油气 2P 储量分布图（数据来源：IHS，2020）

Fig. 5 2P reserves of different strata in the Arctic (data from IHS, 2020)

考虑到西西伯利亚盆地的油气主要富集于白垩系储集层，若在统计分析中不包括西西伯利亚盆地，那么油气的分布要相对均衡的多，新生界和上古生界储层为盆地主要含油气层系，其中侏罗系、白垩系和二叠系储量分别占比为 30.9%、21.2%和 18.5%（图 6）。

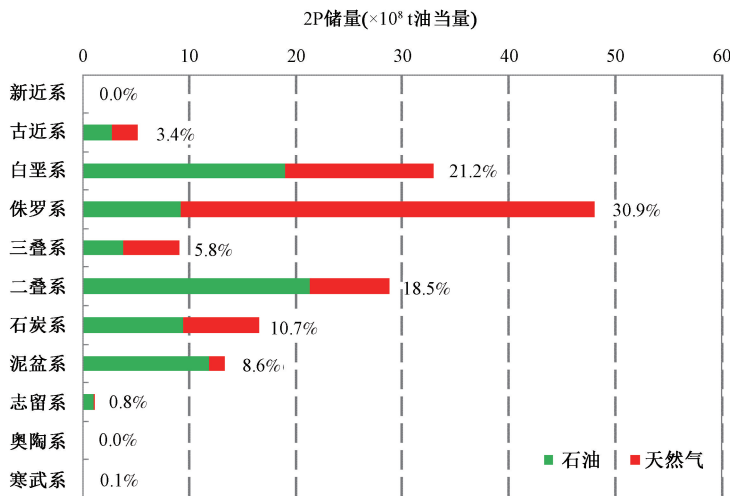


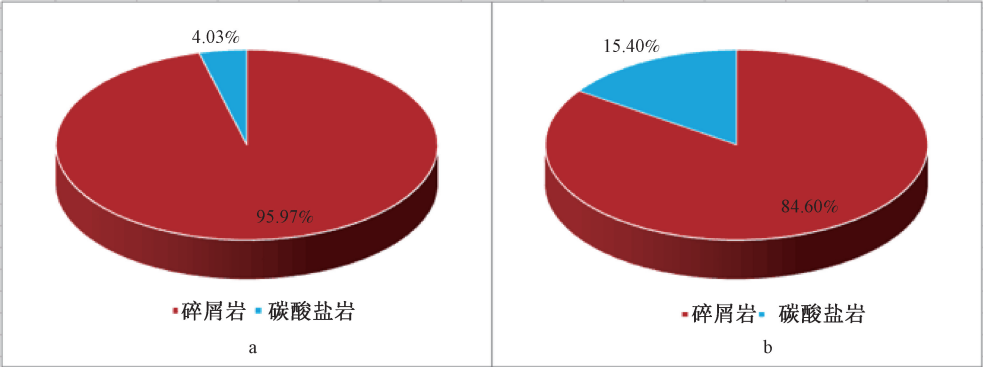
图 6 北极地区（不含西西伯利亚盆地）不同层系油气 2P 储量分布图（数据来源：IHS，2020）

Fig. 6 2P reserves of different strata in the Arctic (exclude the West Siberia Basin) (data from IHS, 2020)

按储集层岩性统计，北极地区油气储量的 96.0% 储集于碎屑岩储集层，其余的 4.0% 储集于海相碳酸盐岩储集层（图 7a）。北极地区（不含西西伯利亚盆地）油气储量的 84.6% 储集于碎屑岩储集层，其余的 15.4% 储集于海相碳酸盐岩储集层（图 7b）。不同层系储集层的岩性不同，古生界储集层以碳酸盐岩为主，而中—新生界的油气储

层几乎全部是碎屑岩（图 8）。

据统计，北极地区已发现油气储量主要源自侏罗系、白垩系、三叠系和泥盆系烃源岩，源自这 4 套烃源岩的油气储量分布占油气总储量的 49.5%、36.4%、7.1% 和 4.4%（图 9）。烃源岩岩性以泥页岩为主，北极地区已发现油气储量的 99.5% 源自泥页岩烃源岩。



a—北极地区碎屑岩和碳酸盐岩中已发现油气 2P 储量占比; b—北极地区 (不含西西伯利亚盆地) 碎屑岩和碳酸盐岩中已发现油气 2P 储量占比

图 7 北极地区不同岩性储层中油气 2P 储量分布图 (数据来源: IHS, 2020)

Fig. 7 Percentage of 2P reserves of different lithology reservoirs in the Arctic (data from IHS, 2020)

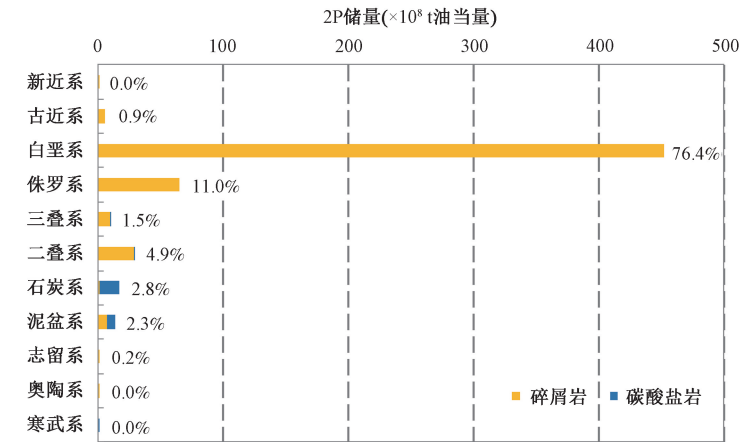


图 8 北极地区不同层系中不同岩性储层油气 2P 储量分布图 (数据来源: IHS, 2020)

Fig. 8 2P reserves of different lithology reservoirs in different strata in the Arctic (data from IHS, 2020)

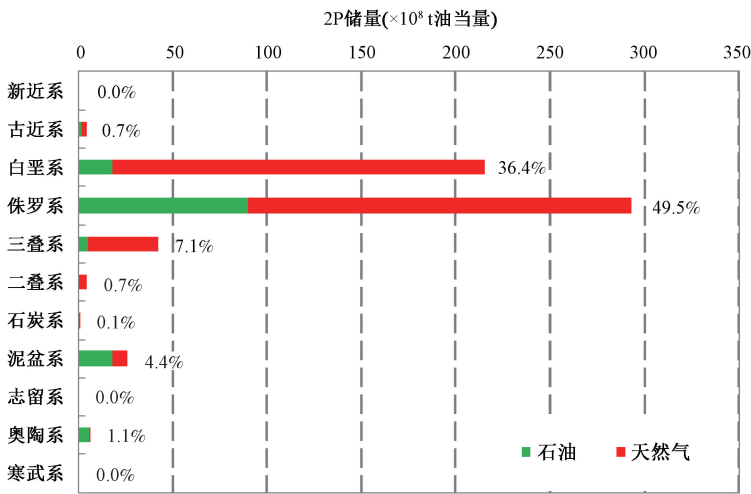


图 9 北极地区不同烃源岩层系生成的油气 2P 储量分布图 (数据来源: IHS, 2020)

Fig. 9 2P reserves of oil and gas that generated from different stratum source rocks in the Arctic (data from IHS, 2020)

按圈闭统计,复合圈闭是北极地区最重要的圈闭类型,该类圈闭富集了北极地区 69.2% 的油

气储量；其次是构造圈闭，该类圈闭富集的油气储量占北极总量的 29.2%；地层型圈闭中油气储量占北极总油气储量的 1.6%（图 10）。

不同国家的主力油气储集层不同，俄罗斯北极盆地油气储量的 80%以上发现于白垩系，挪威 60% 以上的油气储量发现于侏罗系。侏罗系和新生界是加拿大最重要的两套储集层，其储集的油气储量占加拿大北极油气总储量的 80% 以上。三叠系和白垩系是美国北极地区最重要的储集层系，其储集了美国北极地区 90% 以上的油气储量（图 11）。

不同含油气盆地的主力储集层不同，寒武系油气藏仅局限分布在通古斯盆地（克拉通型盆地 C1），在其他盆地尚未发现寒武系油气藏。与寒武

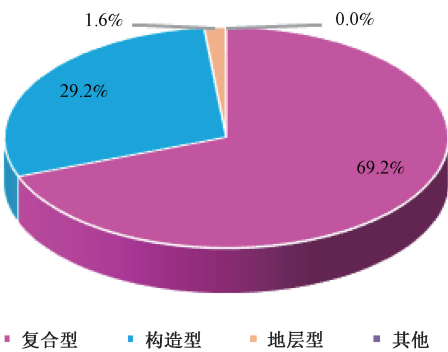


图 10 北极地区不同类型圈闭油气 2P 储量的分布图（数据来源：IHS，2020）

Fig. 10 Percentage of 2P reserves of different types of traps in the Arctic (data from IHS, 2020)

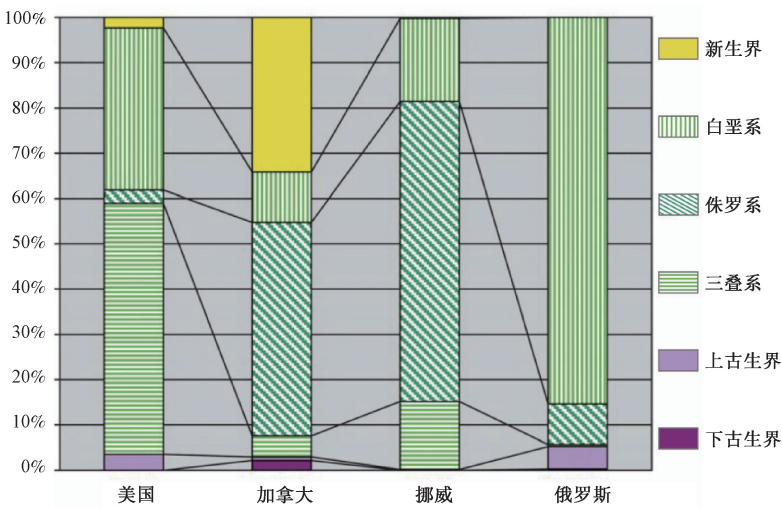


图 11 北极地区不同国家的不同层系油气储量分布图（据 Chew and Arbouille, 2011 修改）

Fig. 11 Oil and gas reserves of different strata in different countries in the Arctic (modified after Chew and Arbouille, 2011)

系油气藏的分布类似，奥陶系、志留系和泥盆系油气藏的分布亦非常局限，这些油气藏均仅分布于季曼-伯朝拉前陆盆地（F2）。

石炭系油气藏则集中分布在季曼-伯朝拉前陆盆地（F2）和阿拉斯加北坡前陆盆地（F5）内，在西西伯利亚裂谷盆地（R1）和马更些三角洲被动大陆边缘盆地（P12）中也有少量分布。其中季曼-伯朝拉盆地（F2）富集了 87.9% 的石炭系油气储量，阿拉斯加北坡盆地（F5）富集了 9.4% 的石炭系油气储量。

二叠系油气藏分布于四个盆地：阿拉斯加北坡前陆盆地（F5）、季曼-伯朝拉前陆盆地（F2）、西巴伦支海台地被动大陆边缘盆地（P3）及勒拿-维柳伊前陆盆地（F4）。大部分二叠系油气藏分布于阿拉斯加北坡前陆盆地（F5），该盆地富集了

89.8% 的二叠系油气储量。

5 结论

（1）北极地区盆地发育主要经历了古生代陆块碰撞、泛古陆解体、新生代地壳重整以及泛古陆解体以来持续裂谷作用，至少发育 35 个沉积盆地，划分为五类：裂谷盆地（5 个）、被动大陆边缘盆地（16 个）、克拉通盆地（5 个）、前陆盆地（5 个）和大洋盆地（4 个）。

（2）北极地区已发现油气田 792 个，已探明和控制石油储量为 116.04×10^8 t、天然气为 56.45×10^{12} m³、凝析油为 22.34×10^8 t，合计为 591.64×10^8 t 油当量。

（3）裂谷盆地是北极地区油气最富集的盆地

类型，其油气探明和控制储量占北极地区油气总储量的 74.6%，其次为前陆盆地（15.8%）、被动大陆边缘盆地（9.5%）和克拉通盆地（0.1%）。

（4）北极地区油气主要储于白垩系、侏罗系和二叠系碎屑岩储集层，这些层系储集的油气储量占总储量的 92.3%；已发现的油气藏以复合圈闭为主，其次是构造圈闭，前者富集了北极地区 69.2% 的油气储量，后者聚集了 29.2% 的油气储量。

References

BALLY A W, SNELSON S, 1980. Realms of subsidence [M] // Memoir-Canadian society of petroleum geologists. Canadian Society of Petroleum Geologists, 9-94.

CAO J, YU L Y, LI H R, et al. 2020. Challenges and Paths of China’s Participation in Arctic Natural Gas Development [J]. Science and Economic Guide, 28 (26): 86-87. (in Chinese)

CHEW K J, ARBOUILLE D, 2011. Chapter 7 Hydrocarbon finds in the Arctic basins; discovery history, discovered resources and petroleum systems [J]. Geological Society, London, Memoirs, 35 (1): 131-144.

DEMAISON G J, HUIZINGA B J, 1994. Genetic classification of petroleum systems using three factors: Charge, migration, and entrapment; Chapter 4: Part I. introduction [J]. AAPG Memoir, 60: 73-89.

DICKINSON W R, 1974. Plate tectonics and sedimentation [M] //Tectonics and sedimentation. Tulsa: The Society of Economic Paleontologists and Mineralogists (SEPM), 1-27.

DICKINSON W R, 1976. Sedimentary basins developed during evolution of Mesozoic-Cenozoic arc-trench system in western North America [J]. Canadian Journal of Earth Sciences, 13 (9): 1268-1287.

GAUTIER D L, BIRD K J, CHARPENTIER R R, et al. , 2009. Assessment of undiscovered oil and gas in the arctic [J]. Science, 324 (5931): 1175-1179.

GRANTZ A, SCOTT R A, DRACHEV S S, et al. , 2011. Sedimentary successions of the Arctic Region (58°-64° to 90° N) that may be prospective for hydrocarbons [J]. Geological Society London Memoirs, 35 (1): 17-37.

IHS Energy, 2020. Arctic Region Basin [DB/OL]. Basin Monitor, 2020. Database available from IHS Energy Group, 15 Inverness Way East, Englewood, Colorado, 80112, USA

INGERSOLL R V, 1988. Tectonics of sedimentary basins [J]. GSA Bulletin, 100 (11): 1704-1719.

JIA D, WU L, YAN B, et al. , 2011. Basin types and distribution of the global giant oil and gas fields [J]. Geological Journal of China Universities, 17 (2): 170-184. (in Chinese with English abstract)

KANG Y Z, XING S W, LI H J, et al. , 2019. Features of structural systems in Northern China and its control on basin and hydrocarbon distribution [J]. Journal of Geomechanics, 25 (6): 1013-1024.

(in Chinese with English abstract)

KEIL K, 2013. The Arctic: A new region of conflict? The case of oil and gas [J]. Cooperation and Conflict, 49 (2): 162-190.

KINGSTON D R, DISHROON C P, WILLIAMS P A, 1983. Global basin classification system [J]. AAPG Bulletin, 67 (12): 2175-2193.

KLEIN G, 1987. Geodynamic basin classification [J]. AAPG Bulletin, 71.

KLEMME H D, 1971. What giant and their basins have in common [J]. Oil and Gas Journal, 69 (9): 96-100.

KLEMME H D, 1974. Basin classification in geological principals of world oil occurrence [D]. University of Alberta, 21-35.

LI X J, WAN L, WAN R S, et al. , 2010. The structure and tectonic revolution of Arctic ocean [J]. Chinese Journal of Polar Research, 22 (3): 271-285. (in Chinese with English abstract)

LI X J, YAO J Y, HAN B, et al. , 2012. Regional geology of the arctic pole area and the evolution of the Amerasian basin [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 42 (S2): 224-33. (in Chinese with English abstract)

LIU C Y, 2007. Geologic characteristics and petroleum accumulation conditions of superimposed basins [J]. Acta Petrolei Sinica, 28 (1): 1-7. (in Chinese with English abstract)

LIU C Y, WANG J Q, ZHAO H G, et al. , 2015. The classification of sedimentary basins and discussion on relevant issues [J]. Earth Science Frontiers, 22 (3): 1-26. (in Chinese with English abstract)

LIU C Y, ZHAO H G, YANG X K, et al. , 2002. Foreland basin and its definition and research [J]. Oil & Gas Geology, 23 (4): 307-313. (in Chinese with English abstract)

LU J M, SHAO Z J, FANG D Y, et al. , 2010. Analysis of oil-gas resources potential in the Arctic circle [J]. Resources & Industries, 12 (4): 29-33. (in Chinese with English abstract)

LV G X, 2019. Research on tectonic dynamo-petrogenesis and metallogenesis and tectonophysicochemistry [J]. Journal of Geomechanics, 25 (5): 962-980. (in Chinese with English abstract)

MANN P, GAHAGAN L, GORDON M B, 2003. Tectonic setting of the world’s giant oil and gas fields [M] //HALBOUTY M T. Giant oil and gas fields of the decade 1990-1999. AAPG Memoir, 15-105.

ROSS C, 2019. Heritage and change in the Arctic: resources for the present, and the future [J]. Polar Record, 54 (4): 293-294.

SPENCER A M, EMBRY A F, GAUTIER D L, et al. , 2011. Arctic petroleum geology [M]. London: Geological Society.

SUN J L, DONG S C, LI Z H, et al. , 2020. Challenges and prospects of natural resources integrated surveys and researches in the New Era of China [J]. Journal of Natual Resources, 35 (8): 1789-1801.

WANG Z, LI X J, WANG J, et al. , 2020. Tectonic control on the evolution of Arctic sedimentary basins [J]. Chinese Journal of Polar Research, 32 (2): 140-150. (in Chinese with English abstract)

XI Y, 2017. Strategic Research on China’s Participation in the Development of Arctic Resources: Based on the Perspective of Progressive Decision Theory [J]. Theory Monthly, 0 (7): 171-176. (in Chinese)

YANG J Y, LI J H, MAO X, 2013. Petroleum geology characteristics

and prospect of basin groups in Arctic region [J]. Chinese Journal of Polar Research, 25 (3): 304-314. (in Chinese with English abstract).

ZHANG X, GUO P Q, LING X L, et al., 2009. Study on the economic status of the Arctic states and its characteristics [J]. World Regional Studies, 18 (1): 34-41. (in Chinese with English abstract)

附中文参考文献

曹婧, 于璐源, 李赫然, 等, 2020. 中国参与北极天然气开发的挑战和路径 [J]. 科技经济导刊, 28 (26): 86-87.

贾东, 武龙, 闫兵, 等, 2011. 全球大型油气田的盆地类型与分布规律 [J]. 高校地质学报, 17 (2): 170-184.

康玉柱, 邢树文, 李会军, 等, 2019. 中国北方地区构造体系控盆作用与控油分布规律 [J]. 地质力学学报, 25 (6): 1013-1024.

李学杰, 万玲, 万荣胜, 等, 2010. 北冰洋地质构造及其演化 [J]. 极地研究, 22 (3): 271-285.

李学杰, 姚永坚, 韩冰, 等, 2012. 北极地区区域地质及美亚海盆的演化 [J]. 吉林大学学报 (地球科学版), 42 (S2): 224-33.

刘池洋, 赵红格, 杨兴科, 等, 2002. 前陆盆地及其确定和研究 [J]. 石油与天然气地质, 23 (4): 307-313.

刘池洋, 2007. 叠合盆地特征及油气赋存条件 [J]. 石油学报, 28 (1): 1-7.

刘池洋, 王建强, 赵红格, 等, 2015. 沉积盆地类型划分及其相关问题讨论 [J]. 地学前缘, 22 (3): 1-26.

卢景美, 邵滋军, 房殿勇, 等, 2010. 北极圈油气资源潜力分析 [J]. 资源与产业, 12 (4): 29-33.

吕古贤, 2019. 构造动力成岩成矿和构造物理化学研究 [J]. 地质力学学报, 25 (5): 962-980.

孙九林, 董锁成, 李泽红, 等, 2020. 新时代我国自然资源综合科学考察研究的挑战与展望 [J]. 自然资源学报, 35 (8): 1789-1801.

王哲, 李学杰, 汪俊, 等, 2020. 北极区域构造对沉积盆地演化的控制作用 [J]. 极地研究, 32 (2): 140-150.

奚源, 2017. 中国参与北极资源开发战略研究: 基于渐进决策理论的视角 [J]. 理论月刊, (7): 171-176.

杨静懿, 李江海, 毛翔, 2013. 北极地区盆地群油气地质特征及其资源潜力 [J]. 极地研究, 25 (3): 304-314.

张侠, 郭培清, 凌晓良, 等, 2009. 北极地区区域经济特征研究 [J]. 世界地理研究, 18 (1): 34-41.

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

