

文章编号: 1000-0747(2022)05-1033-12

DOI: 10.11698/PED.20220160

# 2021 年世界油气勘探形势分析与思考

窦立荣<sup>1,2</sup>, 温志新<sup>1</sup>, 王建君<sup>1</sup>, 王兆明<sup>1</sup>, 贺正军<sup>1</sup>, 刘小兵<sup>1</sup>, 张宁宁<sup>1</sup>

(1. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2. 中国石油国际勘探开发有限公司, 北京 100034)

基金项目: 中国石油天然气股份有限公司科学研究与技术开发项目“全球重点领域超前选区选带研究”(2021DJ3101); 中国石油天然气股份有限公司科学研究与技术开发项目“全球海域重点盆地风险勘探领域评价与区块优选技术研究”(2022-FW-041)

**摘要:** 基于埃士信能源咨询公司(IHS)等商业数据库及油公司公开信息,对2021年全球勘探投资、油气新发现、油公司勘探业务调整策略、未来有利勘探领域等方面进行了系统分析。结果表明:2021年世界油气勘探形势依然延续新冠疫情以来的低迷态势,投资及钻井工作量同比小幅下降,但探井成功率特别是深水探井成功率明显提升,油气新发现储量同比略有增加;海域被动陆缘盆地深水仍为常规大中型油气田发现的主战场,陆上富油气盆地深层常规油气精细勘探依然延续良好态势,沙特、俄罗斯等多个国家致密油气及页岩油气勘探有新的发现;国际、国家及独立石油公司均在加大本土资源勘探开发力度的同时,利用自身优势持续聚焦境外深水、天然气等核心领域;全球海域深水、陆上深层和非常规油气3大领域是未来有利油气勘探方向。建议中国油公司跨国勘探业务:①通过投标超前低成本进入全球深水前沿盆地,发现规模油气后采用“双勘探模式”经营;②通过参股等多种方式进入全球新兴热点盆地未钻区块,快速发现规模油气田;③以联合研究形式与资源国国家石油公司合作,积极进入陆上富油气盆地深层;④重点关注沙特、俄罗斯等国家致密油气及页岩油气勘探合作机会,利用国内成熟理论技术优势择机进入。

**关键词:** 油气勘探投资; 勘探形势; 勘探新发现; 有利勘探领域; 跨国油气勘探; 深水; 深层; 非常规油气

中图分类号: TE122.2

文献标识码: A

## Analysis of the world oil and gas exploration situation in 2021

DOU Lirong<sup>1,2</sup>, WEN Zhixin<sup>1</sup>, WANG Jianjun<sup>1</sup>, WANG Zhaoming<sup>1</sup>, HE Zhengjun<sup>1</sup>, LIU Xiaobing<sup>1</sup>, ZHANG Ningning<sup>1</sup>

(1. PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration &amp; Development, Beijing 100083, China;

2. China National Oil and Gas Exploration and Development Co., Ltd, Beijing 100034, China)

**Abstract:** The global exploration investment, new oil and gas discoveries, exploration business adjustment strategies of oil companies in 2021, and future favorable exploration domains are systematically analyzed using commercial databases such as IHS and public information of oil companies. It is found that the world oil and gas exploration situation in 2021 has continued the downturn since the outbreak of COVID-19, the investment and drilling workload decreased slightly, but the success rate of exploration wells, especially deep-water exploration wells, increased significantly, and the newly discovered reserves increased slightly compared with last year. Deep waters of the passive continental margin basins are still the main sites for conventional large and medium-sized oil and gas fields discovered. The conventional oil and gas exploration in deep formations of onshore petroliferous basins has been keeping a good state, with tight/shale oil and gas discoveries made in Saudi Arabia, Russia and other countries. While strengthening the exploration and development of local resources, national, international and independent oil companies have been focusing on exploration of overseas major frontiers by making use of their own advantages, including risk exploration in deep waters and natural gas. Future favorable exploration directions in the three major frontiers, the global deep waters, onshore deep formations and unconventional resources have been clarified. Four suggestions are put forward for the transnational exploration business of Chinese oil companies: first, farm in global deepwater frontier basins in advance through bidding at a low cost, and adopt the “dual exploration model” after making large scale discoveries; second, enter unexplored blocks of emerging hot basins in the world through farm-in and other ways, to quickly find large oil and gas fields; third, cooperate with national oil companies of the resource host countries in the form of joint research and actively participate exploration of onshore deep formations of petroliferous basins; fourth, track tight/shale oil and gas cooperation opportunities in a few countries such as Saudi Arabia and Russia, and take advantage of domestic mature theories and technologies to farm in at an appropriate time.

**Key words:** exploration investment; exploration situation; new discoveries; favorable exploration areas; overseas oil and gas exploration; deep water; deep formation; unconventional resources

引用: 窦立荣, 温志新, 王建君, 等. 2021 年世界油气勘探形势分析与思考[J]. 石油勘探与开发, 2022, 49(5): 1033-1044.  
DOU Lirong, WEN Zhixin, WANG Jianjun, et al. Analysis of the world oil and gas exploration situation in 2021[J]. Petroleum Exploration and Development, 2022, 49(5): 1033-1044.

## 0 引言

自 2019 年底以来,受新冠肺炎疫情和油价低位徘徊的影响,2020 年世界油气勘探投资呈现较为低迷的态势<sup>[1-8]</sup>。2021 年,在世界油气勘探形势依然延续新冠疫情以来的低迷态势下,全球油气勘探新发现有哪些新的特点,未来还有哪些有利勘探领域,中国 3 大石油公司如何调整境内外勘探业务布局?针对这些业内外人士普遍关注的问题,笔者利用埃士信能源咨询公司(IHS)等商业数据库和油公司公开资料,进行重点分析与讨论,并提出中国油公司拓展跨国油气勘探业务的几点建议。

## 1 全球油气勘探概况

受新冠疫情和低油价的持续影响,2021 年油公司勘探投资决策依然保持审慎,勘探钻井工作量整体延续上年态势,钻井数量略有减少,但探井成功率有所提升。常规和非常规油气均有新发现,主要位于美洲和中亚-俄罗斯地区,其中中—新生界常规油气储量增长较为明显,以深水—超深水领域为主。

### 1.1 全球油气勘探投资变化

近 5 年,全球油气勘探投资可以分为两个阶段。2017—2019 年全球油气勘探投资维持在  $(430\sim 440)\times 10^8$  美元的投资水平,逐渐走出 2014 年国际油价暴跌引起全球勘探投资降幅过半的阴影。但随着 2019 年底新冠肺炎疫情的蔓延及国际油价的再次下跌,2020—2021 年全球油气勘探投资均下降约  $125\times 10^8$  美元。2021 年,全球油气勘探投资  $313\times 10^8$  美元<sup>[9]</sup>,与 2020 年相比基本持平,其中美洲和亚太地区勘探投资规模最大,均超过  $100\times 10^8$  美元,远高于其他地区(见表 1)。

### 1.2 全球勘探工作量变化

2021 年全球勘探钻井工作量较上年稳中略有下降,共完钻探井和评价井 1 235 口,同比减少 39 口,其中探井 644 口,同比减少 26 口。2021 年全球探井盆地分布延续 2020 年态势,主要位于阿曼、西西伯利亚、北

海、苏瑞斯特等勘探成熟盆地,数量为 25~60 口(见表 2)。美洲地区的圭亚那盆地自 2015 年以来是全球勘探热点,继续保持每年 10 口探井以上的勘探规模。

表 1 近 5 年全球油气勘探投资统计表

| 大区     | 年度投资/ $10^8$ 美元 |       |       |       |       |
|--------|-----------------|-------|-------|-------|-------|
|        | 2017            | 2018  | 2019  | 2020  | 2021  |
| 非洲     | 25.9            | 20.6  | 20.9  | 16.2  | 12.8  |
| 美洲     | 240.7           | 250.7 | 212.2 | 142.7 | 141.0 |
| 欧洲     | 50.2            | 45.3  | 49.9  | 20.3  | 21.4  |
| 亚太     | 102.2           | 107.1 | 130.9 | 107.0 | 131.1 |
| 中东     | 1.6             | 0.6   | 1.9   | 1.0   | 0.3   |
| 中亚-俄罗斯 | 17.5            | 9.4   | 22.3  | 25.2  | 6.2   |
| 总计     | 438.1           | 433.7 | 438.2 | 312.5 | 312.8 |

表 2 2021 年全球各大区勘探工作量统计表

| 大区     | 二维地震/<br>$10^4$ km | 三维地震/<br>$10^4$ km <sup>2</sup> | 探井/<br>口 | 评价<br>井/口 | 主要盆地    | 主要盆地<br>探井/口 |
|--------|--------------------|---------------------------------|----------|-----------|---------|--------------|
| 非洲     | 1.04               | 3.35                            | 88       | 35        | 阿布加拉迪   | 11           |
|        |                    |                                 |          |           | 东尼日尔    | 11           |
|        |                    |                                 |          |           | 昔兰尼加    | 10           |
|        |                    |                                 |          |           | 北埃及     | 10           |
|        |                    |                                 |          |           | 苏瑞斯特    | 26           |
| 美洲     | 0.98               | 4.63                            | 139      | 58        | 墨西哥湾深水  | 21           |
|        |                    |                                 |          |           | 圭亚那     | 11           |
|        |                    |                                 |          |           | 北海      | 30           |
|        |                    |                                 |          |           | 第聂伯—顿涅茨 | 13           |
| 欧洲     | 0.92               | 3.86                            | 96       | 134       | 潘农      | 9            |
|        |                    |                                 |          |           | 印度河     | 22           |
|        |                    |                                 |          |           | 渤海湾     | 18           |
|        |                    |                                 |          |           | 埃罗曼加    | 17           |
| 亚太     | 1.94               | 3.91                            | 158      | 158       | 阿曼      | 60           |
|        |                    |                                 |          |           | 扎格罗斯    | 12           |
|        |                    |                                 |          |           | 中阿拉伯    | 5            |
|        |                    |                                 |          |           | 鲁布哈利    | 5            |
| 中东     | 0.62               | 0.54                            | 87       | 47        | 西西伯利亚   | 33           |
|        |                    |                                 |          |           | 阿姆河     | 16           |
|        |                    |                                 |          |           | 伏尔加—乌拉尔 | 12           |
|        |                    |                                 |          |           |         |              |
| 中亚-俄罗斯 | 0.13               | 1.24                            | 76       | 159       |         |              |
| 总计     | 5.64               | 17.54                           | 644      | 591       |         | 352          |

全球陆上和海域的探井数量分布不均,探井成功率同比出现差异性变化。2021 年陆上共完钻 423 口探井,数量同比略有增加,探井成功率为 44.9%,同比略有下降。海域共钻探井 221 口,同比减少 38 口,探井成功率为 49.3%(见表 3),高于 2020 年的 39.4%,近 3 年

表 3 2021 年完钻探井数量及成功率统计表

| 大区     | 陆上探井 |      |       |        |         | 海域探井 |      |       |        |         |
|--------|------|------|-------|--------|---------|------|------|-------|--------|---------|
|        | 油井/口 | 气井/口 | 其他井/口 | 探井总数/口 | 探井成功率/% | 油井/口 | 气井/口 | 其他井/口 | 探井总数/口 | 探井成功率/% |
| 非洲     | 21   |      | 49    | 70     | 30.0    | 7    | 3    | 8     | 18     | 55.6    |
| 美洲     | 22   | 20   | 37    | 79     | 53.2    | 25   | 3    | 32    | 60     | 46.7    |
| 欧洲     | 4    | 19   | 23    | 46     | 50.0    | 22   | 13   | 15    | 50     | 70.0    |
| 亚太     | 13   | 24   | 37    | 74     | 50.0    | 20   | 13   | 51    | 84     | 39.3    |
| 中东     | 13   | 3    | 65    | 81     | 19.8    |      | 1    | 5     | 6      | 16.7    |
| 中亚-俄罗斯 | 29   | 22   | 22    | 73     | 69.9    | 1    | 1    | 1     | 3      | 66.7    |
| 总计     | 102  | 88   | 233   | 423    | 44.9    | 75   | 34   | 112   | 221    | 49.3    |

注:其他井包括干井、油气显示井、结果未公布井等

来呈现上升趋势。其中深水和超深水领域共完钻探井 66 口，占海域探井的 29.8%，墨西哥湾深水盆地和圭亚那盆地位居前列，分别为 21 口和 11 口，数量远高于其他盆地。虽然深水和超深水领域的探井数量占比低，但新发现油气田可采储量规模普遍高于陆上/浅水地区的勘探成熟盆地，成为 2021 年全球新增储量的主体。

1.3 全球及各大区油气勘探新发现概况

2021 年全球共发现 230 个油气田（不含北美陆上）（见图 1），其中常规油气田 214 个，可采储量为  $20.8 \times 10^8$  t 油当量<sup>[9-10]</sup>，数量和储量同比均有不同程度增长；

非常规油气田 16 个，可采储量为  $2\,590 \times 10^4$  t 油当量，数量同比增加、储量同比下降。全球新发现常规油气田的大区储量分布极不均衡。美洲地区继续引领全球油气勘探储量发现，可采储量为  $11.42 \times 10^8$  t 油当量，占全球常规油气总储量的比例约 55%，远高于其他地区（见表 4）。中亚-俄罗斯地区位居第 2，可采储量为  $4.11 \times 10^8$  t 油当量。亚太、中东和非洲等地区的新发现油气储量处于第 3 梯队，为  $(1 \sim 2) \times 10^8$  t 油当量。欧洲地区资源禀赋相对较差，勘探也最为成熟，新发现的储量规模最小，仅为  $8\,139 \times 10^4$  t 油当量。

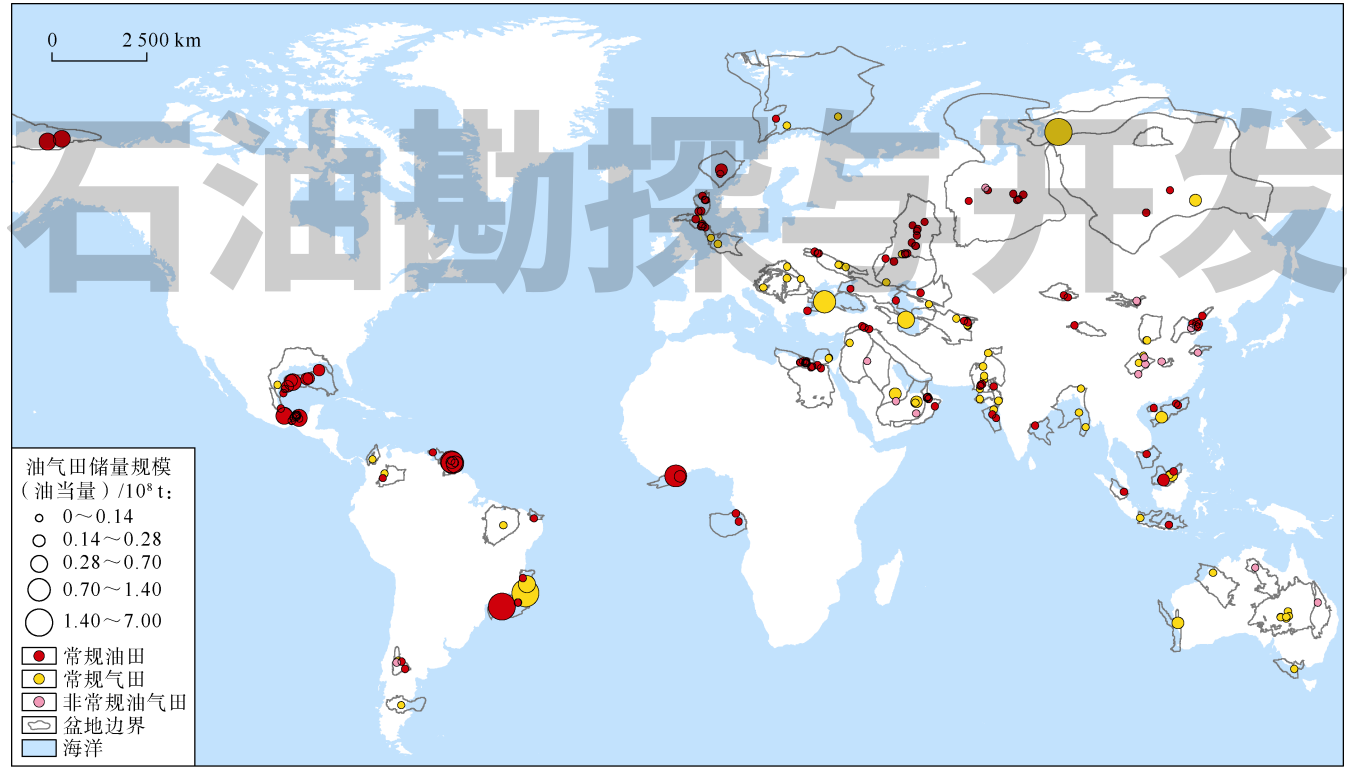


图 1 2021 年全球（不含北美陆上）新发现油气田分布图

表 4 2021 年全球油气勘探新发现概况表

| 大区     | 主要盆地               | 主要层系        | 常规油气                |      |      | 非常规油气               |      |
|--------|--------------------|-------------|---------------------|------|------|---------------------|------|
|        |                    |             | 可采储量（油当量）/ $10^8$ t | 数量/个 | 占比/% | 可采储量（油当量）/ $10^4$ t | 数量/个 |
| 美洲     | 圭亚那、坎波斯、桑托斯、墨西哥湾深水 | 白垩系、古近系、新近系 | 11.42               | 52   | 54.9 | 8                   | 2    |
| 中亚-俄罗斯 | 叶尼赛—哈坦加、南里海、阿姆河    | 白垩系、新近系、侏罗系 | 4.11                | 39   | 19.8 | 14                  | 1    |
| 亚太     | 文莱—沙巴、珀斯、曾母        | 新近系、二叠系、古近系 | 1.68                | 57   | 8.1  | 1 761               | 10   |
| 中东     | 黑海、中阿拉伯、鲁布哈利       | 新近系、侏罗系、二叠系 | 1.65                | 15   | 7.9  | 806                 | 3    |
| 非洲     | 科特迪瓦、下刚果、昔兰尼加      | 白垩系、新近系、侏罗系 | 1.12                | 22   | 5.4  |                     |      |
| 欧洲     | 北海、伏令、巴伦支海         | 侏罗系、古近系、白垩系 | 0.81                | 29   | 3.9  |                     |      |

2 全球油气勘探新发现特点

2021 年油气勘探新发现有以下 4 方面特点。

2.1 常规油气发现储量保持较高水平、大—中型油气田中天然气发现比例增幅明显

近 3 年，新发现常规油气田基本保持在  $20 \times 10^8$  t

油当量的储量水平，远高于 2016—2018 年  $12.7 \times 10^8$  t 油当量的平均水平。

在 2021 年全球新发现的 214 个常规油气田中，共有 33 个大—中型油气田（可采储量油当量大于  $1 \times 10^8$  bbl（1 bbl=0.137 t）），数量占比仅为 15.4%；可采储量为  $17.55 \times 10^8$  t 油当量，储量占比高达 84.4%（见

图 2), 主要分布在大西洋两岸、墨西哥湾、黑海、南里海和北极等地区 (见图 1)。其中, 陆上和浅水领域分别发现 10 个和 3 个大—中型油气田, 可采储量分别为  $6.23\times 10^8$  t 油当量和  $4\,332\times 10^4$  t 油当量; 深水/超深水领域共获 20 个大—中型油气田发现 (见表 5), 可采储量  $10.9\times 10^8$  t 油当量, 储量同比增幅 3.4%。

2021 年, 大—中型油气田储量发现以天然气为主, 天然气可采储量为  $1.25\times 10^{12}$  m<sup>3</sup> (见图 2), 占大—中油气田总储量的 57%, 高于 2020 年的 52%。储量发现主

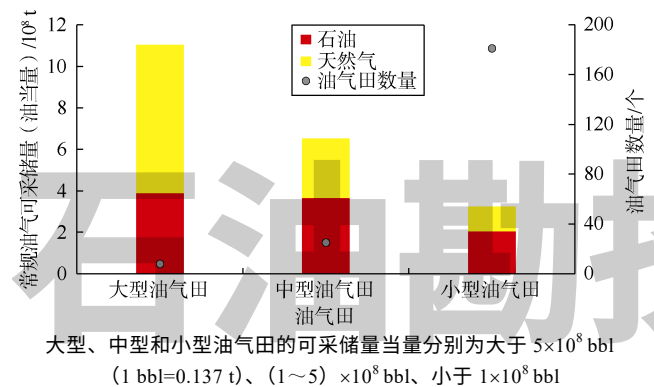


图 2 2021 年不同规模的常规油气田储量/数量柱状图

要来自于美洲、中亚-俄罗斯和中东地区, 分别为  $4\,989\times 10^8$  m<sup>3</sup>、 $4\,555\times 10^8$  m<sup>3</sup> 和  $1\,814\times 10^8$  m<sup>3</sup>。其中, 俄罗斯叶尼赛—哈坦加盆地的 Im. Ye. Zinicheva 气田可采储量位居全球首位, 天然气可采储量  $4\,054\times 10^8$  m<sup>3</sup>; 土耳其在其黑海海域发现的 Sakarya North 气田, 为继 2020 年的 Sakarya 大气田之后的又一个重大发现, 可采储量为  $1\,360\times 10^8$  m<sup>3</sup>; 巴西坎波斯盆地 Mairare 和 Urissane 油气田为美洲地区最大的 2 个天然气发现, 天然气可采储量分别为  $1\,479\times 10^8$  m<sup>3</sup> 和  $811\times 10^8$  m<sup>3</sup>。

## 2.2 大—中型油气田主要发现于被动陆缘盆地深水/超深水和白垩系储集层

大—中型油气田主要分布于大西洋两岸的圭亚那、坎波斯、桑托斯、科特迪瓦和埃斯普利托桑托盆地以及墨西哥湾等被动大陆边缘盆地深水/超深水领域, 可采储量为  $9.3\times 10^8$  t 油当量, 占深水 and 超深水总储量的 85% (见表 5)。其中, 水深超过 1 500 m 的超深水领域共获 12 个油气田发现, 数量占比为 60%, 可采储量达  $8.65\times 10^8$  t 油当量, 占深水 and 超深水总储量的 80%, 展现出良好的勘探前景。

表 5 2021 年全球新发现深水/超深水大—中型油气田统计表

| 大区     | 国家   | 盆地      | 油气田             | 主要储集层位 | 主要储集层岩性 | 领域  | 规模 | 最大水深/m | 可采储量                     |                                        |                           | 占大—中型油气田深水—超深水总储量比例/% |
|--------|------|---------|-----------------|--------|---------|-----|----|--------|--------------------------|----------------------------------------|---------------------------|-----------------------|
|        |      |         |                 |        |         |     |    |        | 石油/<br>10 <sup>4</sup> t | 天然气/<br>10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> | 合计（油当量）/10 <sup>4</sup> t |                       |
| 非洲     | 科特迪瓦 | 科特迪瓦    | Baleine         | 上白垩统   | 碎屑岩     | 深水  | 大型 | 1 200  | 5 822                    | 175                                    | 7 219                     | 6.6                   |
|        | 加纳   |         | Eban            | 上白垩统   | 碎屑岩     | 深水  | 中型 | 545    | 1 370                    | 29                                     | 1 598                     | 1.5                   |
|        | 巴西   | 桑托斯     | Aram            | 下白垩统   | 碳酸盐岩    | 超深水 | 大型 | 1 905  | 14 932                   | 428                                    | 18 356                    | 16.9                  |
|        |      | 坎波斯     | Mairare         | 下白垩统   | 碳酸盐岩    | 超深水 | 大型 | 2 852  | 2 123                    | 1 479                                  | 13 954                    | 12.8                  |
|        |      |         | Urissane        | 下白垩统   | 碳酸盐岩    | 超深水 | 大型 | 2 958  | 671                      | 811                                    | 7 162                     | 6.6                   |
| 美洲     |      | 埃斯普利托桑托 | Monai           | 下白垩统   | 碎屑岩     | 超深水 | 中型 | 2 366  | 562                      | 472                                    | 4 336                     | 4.0                   |
|        | 圭亚那  | 圭亚那     | Whiptail        | 上白垩统   | 碎屑岩     | 超深水 | 大型 | 1 795  | 8 164                    | 278                                    | 10 390                    | 9.5                   |
|        |      |         | Cataback        | 上白垩统   | 碎屑岩     | 超深水 | 大型 | 1 807  | 7 055                    | 315                                    | 9 575                     | 8.8                   |
|        |      |         | Pinktail        | 上白垩统   | 碎屑岩     | 超深水 | 中型 | 1 810  | 2 055                    | 81                                     | 2 703                     | 2.5                   |
|        | 苏里南  | 圭亚那     | Keskesi East    | 上白垩统   | 碎屑岩     | 深水  | 中型 | 838    | 2 397                    | 147                                    | 3 575                     | 3.3                   |
|        | 美国   | 墨西哥湾深水  | Leopard         | 渐新统    | 碎屑岩     | 超深水 | 中型 | 2 074  | 3 425                    | 171                                    | 4 795                     | 4.4                   |
|        |      |         | Blacktip North  | 始新统    | 碎屑岩     | 深水  | 中型 | 1 368  | 1 370                    | 57                                     | 1 826                     | 1.7                   |
|        |      |         | Rose            | 中新统    | 碎屑岩     | 深水  | 中型 | 1 315  | 1 644                    | 20                                     | 1 804                     | 1.7                   |
|        |      |         | Puma West       | 中新统    | 碎屑岩     | 深水  | 中型 | 1 249  | 1 370                    | 23                                     | 1 553                     | 1.4                   |
|        |      |         | Winterfell      | 中新统    | 碎屑岩     | 超深水 | 中型 | 1 638  | 1 370                    | 17                                     | 1 507                     | 1.4                   |
|        |      |         | Ameyali         | 始新统    | 碎屑岩     | 超深水 | 中型 | 1 737  | 1 137                    | 47                                     | 1 511                     | 1.4                   |
|        | 墨西哥  | 墨西哥湾深水  | Xochicalco      | 始新统    | 碎屑岩     | 超深水 | 中型 | 1 858  | 1 233                    | 17                                     | 1 370                     | 1.3                   |
| 亚太     | 中国   | 琼东南     | Baodao 21-1-1   | 渐新统    | 碎屑岩     | 深水  | 中型 | 1 325  | 11                       | 228                                    | 1 837                     | 1.7                   |
| 中东     | 土耳其  | 黑海      | Sakarya North   | 上新统    | 碎屑岩     | 超深水 | 大型 | 1 938  |                          | 1 360                                  | 10 884                    | 10.0                  |
| 中亚-俄罗斯 | 阿塞拜疆 | 南里海     | Shafag & Asiman | 上新统    | 碎屑岩     | 深水  | 中型 | 623    | 411                      | 308                                    | 2 877                     | 2.6                   |

近年来, 大—中型油气田的储量贡献主要来自中—新生界储集层 (见表 6), 其中白垩系油气储量规模最大。2021 年发现的白垩系储量合计  $13.34\times 10^8$  t 油当量, 占

大—中型油气田总储量的 76.0%, 高于 2020 年的 56.8%。白垩系储集层主要分布在巴西的桑托斯、坎波斯和埃斯普利托桑托等盆地、俄罗斯的叶尼赛—哈坦加盆地、

圭亚那盆地、墨西哥的维拉克鲁斯盆地和苏瑞斯特盆地、阿拉斯加北坡盆地以及西非的科特迪瓦盆地，可采储量占大—中型油气田总储量的 74.7%。

表 6 2020 与 2021 年大—中型油气田各层系可采储量统计表

| 界    | 系    | 2020 年                               |          | 2021 年                               |          |
|------|------|--------------------------------------|----------|--------------------------------------|----------|
|      |      | 可采储量<br>(油当量) /<br>10 <sup>8</sup> t | 占比/<br>% | 可采储量<br>(油当量) /<br>10 <sup>8</sup> t | 占比/<br>% |
| 新生界  | 新近系  | 3.97                                 | 24.8     | 2.10                                 | 12.0     |
|      | 古近系  | 0.29                                 | 1.8      | 1.19                                 | 6.8      |
|      | 白垩系  | 9.08                                 | 56.8     | 13.34                                | 76.0     |
| 中生界  | 侏罗系  | 2.30                                 | 14.4     | 0.26                                 | 1.5      |
|      | 三叠系  | 0.04                                 | 0.3      |                                      |          |
| 古生界  | 二叠系  |                                      |          | 0.50                                 | 2.8      |
|      | 寒武系  |                                      |          | 0.17                                 | 1.0      |
| 上元古界 | 前寒武系 | 0.31                                 | 1.9      |                                      |          |
| 总计   |      | 15.98                                | 100.0    | 17.55                                | 100.0    |

2.3 陆上富油气盆地深层常规油气勘探不断取得突破

2021 年共发现 17 个陆上深层常规油气田，占新发现油气田总数的 7.9%；可采储量 1.34×10<sup>8</sup> t 油当量，占总储量的 6.4%，主要分布在墨西哥、沙特阿拉伯、哥伦比亚、俄罗斯、巴基斯坦、乌克兰、中国和阿曼等国家。墨西哥的苏瑞斯特盆地和维拉克鲁斯盆地获得 4 个白垩系油气田发现，圈闭顶部埋深 5 270~6 990 m，

可采储量合计 9 881×10<sup>4</sup> t 油当量，占墨西哥新发现陆上油气田总储量的 53%。近年来，沙特阿拉伯重视二叠系及以下深层油气勘探，2021 年在中阿拉伯盆地发现的 Shadoon 气田的储集层为下二叠统 Unayzah 组砂岩，可采储量为 2 402×10<sup>4</sup> t 油当量，占中东深层可采储量的 99.8%。俄罗斯 Lukoil、Tekhn Komp 和 Yugraneft 等独立石油公司，在西西伯利亚盆地深层发现 4 个侏罗系砂岩油田和 1 个三叠系—二叠系基岩油藏，可采储量合计 311×10<sup>4</sup> t 油当量。

2.4 非常规油气勘探发现数量增多

2021 年非常规油气勘探，呈现多点开花之势，在沙特阿拉伯、中国、蒙古、澳大利亚、阿曼、阿根廷和俄罗斯等多个国家，共发现 16 个非常规油气田（见图 1、表 7），数量与 2020 年相比增加 1 倍。以沙特阿拉伯为例，近年来，沙特阿拉伯积极布局非常规油气勘探，由于天然气等清洁能源占比较低，沙特阿美公司计划在 2030 年前提高天然气在其能源结构中的份额，持续加强非常规天然气勘探。继 2020 年在中阿拉伯盆地获得非常规油气发现后，沙特阿美公司扩大勘探范围，2021 年在中阿拉伯盆地持续获得发现的同时，还在美索不达米亚盆地首次发现非常规气田（见表 7）。中阿拉伯盆地 Samna 气田储集层为上奥陶统 Sarah 组

表 7 2020 与 2021 年全球（不含北美）新发现非常规油气田可采储量对比表

| 年份   | 大区     | 国家     | 盆地     | 油气田                  | 主要储集层位                   | 非常规油气类型 | 可采储量                     |                                        |                               |
|------|--------|--------|--------|----------------------|--------------------------|---------|--------------------------|----------------------------------------|-------------------------------|
|      |        |        |        |                      |                          |         | 石油/<br>10 <sup>4</sup> t | 天然气/<br>10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> | 合计（油当量）/<br>10 <sup>4</sup> t |
| 2020 | 中东     | 沙特阿拉伯  | 中阿拉伯   | Al Reesh             | 侏罗系                      | 致密油     | 1 095.9                  | 17.7                                   | 1 237.6                       |
|      |        |        |        | Al Minahhaz          | 奥陶系                      | 致密气     | 27.4                     | 118.1                                  | 972.1                         |
|      |        |        |        | Al Sahbaa            |                          |         | 4.4                      | 94.5                                   | 760.2                         |
|      | 亚太     | 澳大利亚   | 博恩—苏拉特 | Kumbarilla Central   | 侏罗系                      | 煤层气     | 0                        | 141.1                                  | 1 129.0                       |
|      |        |        | 乔治娜    | Carpentaria          | 前寒武系                     | 页岩气     | 5.6                      | 12.1                                   | 102.5                         |
|      |        | 蒙古     | 南戈壁    | Nomgon               | 二叠系                      | 煤层气     | 0                        | 35.4                                   | 283.4                         |
|      |        | 中国     | 四川     | Santai (Si)          | 三叠系                      | 致密气     | 0.3                      | 7.1                                    | 57.0                          |
|      | 中亚-俄罗斯 | 俄罗斯    | 西西伯利亚  | Solkhem              | 白垩系                      | 页岩油     | 68.5                     | 0.4                                    | 71.4                          |
|      | 中东     | 沙特阿拉伯  | 中阿拉伯   | Samna                | 奥陶系                      | 致密气     | 6.8                      | 71.3                                   | 577.6                         |
|      |        |        | 美索不达米亚 | Umm Khansar          |                          |         | 54.8                     | 15.7                                   | 180.4                         |
|      |        | 阿曼     | 鲁布哈利   | Block 36             | 志留系                      |         | 2.7                      | 5.7                                    | 48.4                          |
| 2021 | 亚太     | 中国     | 四川     | Taiye (Si)           | 侏罗系                      | 页岩气     | 68.5                     | 71.3                                   | 639.3                         |
|      |        |        |        | Linye (Si) 3HF       | 志留系                      |         | 0.1                      | 17.1                                   | 137.1                         |
|      |        |        |        | Pingan (Si)          | 侏罗系                      | 页岩油气    | 41.1                     | 4.9                                    | 79.9                          |
|      |        |        | 苏北     | Qinye (Sh) 1HF       | 古近系                      | 页岩油     | 41.1                     | 0.1                                    | 42.2                          |
|      |        |        | 渤海湾    | Boye (Bo) Ping       |                          | 页岩油气    | 123.3                    | 25.7                                   | 328.8                         |
|      |        |        | 江汉     | Yizhi-Ye (Hubei) 2HF | 志留系                      | 页岩气     | 0                        | 2.9                                    | 22.8                          |
|      |        | 澳大利亚   | 乔治娜    | Kyalla 117           | 前寒武系                     |         | 54.8                     | 14.3                                   | 168.9                         |
|      |        |        | 博恩—苏拉特 | Rougemont            |                          |         | 0                        | 14.3                                   | 114.2                         |
|      |        |        |        | Kingston             | 二叠系                      | 煤层气     | 0                        | 14.3                                   | 114.2                         |
|      |        | 蒙古     | 南戈壁    | Richcairn            |                          |         | 0                        | 14.3                                   | 114.2                         |
|      |        | 中亚-俄罗斯 | 俄罗斯    | 西西伯利亚                | Ikusyatinskoye Severnoye | 页岩油     | 13.7                     | 0.1                                    | 14.4                          |
|      | 美洲     | 阿根廷    | 内乌肯    | Pampa de las Liebres | 侏罗系—                     |         | 0.3                      | 0.6                                    | 4.8                           |
|      |        |        |        | Corralera Noreste    | 白垩系                      | 页岩气     | 1.0                      | 0.3                                    | 3.3                           |

砂岩, 储集层厚度 150 m, 顶部埋深 5 500 m, 日产天然气  $16.4\times10^4\text{ m}^3$ ; 美索不达米亚盆地 Umm Khansar 气田储集层为奥陶系 Qasim 组砂岩, 顶部埋深 3 100 m, 日产天然气  $5.65\times10^4\text{ m}^3$ 、凝析油 43.3 t, 两口井证实可采储量合计  $87\times10^8\text{ m}^3$ , 预示中东地区古生界致密油气良好的勘探前景。

3 三类石油公司勘探业务发展态势

3.1 国际油公司

3.1.1 不断调整勘探业务布局, 聚焦核心优势勘探领域

国际石油公司通常是指那些资金实力雄厚、跨国经营广泛、实施油气上下游一体化经营的石油公司, 国际化、一体化是这些公司的基本特征, 是上游勘探活动的重要参与者。近年来世界油气行业形势发生较大变化, 国际 7 大石油公司 (埃克森美孚、bp、壳牌、道达尔能源、雪佛龙、艾奎诺、埃尼) 上游持续收缩

全球勘探业务范围, 更加聚焦核心领域<sup>[2, 4, 11]</sup> (见表 8)。据统计<sup>[12-14]</sup>, 艾奎诺勘探重心由 2017 年 30 个国家降至 2021 年 10 个, 重点资产是美国非常规油气和墨西哥湾、巴西的深水油气。壳牌勘探投资向 8 个主要国家和地区倾斜 (美国、巴西、尼日利亚等), 公司将 80% 的勘探支出用于大西洋两岸深水油气勘探, 且 2025 年以后将不再进入新的前沿盆地。道达尔能源继续聚焦大非洲战略, 近 5 年上游并购总额达  $275\times10^8$  美元, 其中 40% 集中在非洲, 并且通过多次谈判最终于 2021 年获取乌干达资产, 确立区域勘探的主导地位。虽然受低油价影响, 道达尔能源减少了勘探支出, 积极实施参股战略获得勘探区块, 但在撒哈拉以南非洲和亚洲的前沿勘探地区, 仍坚持担任作业者。在勘探支出分配上, 道达尔能源将 50% 的支出用于已有发现的新兴热点盆地、35% 用于成熟盆地、15% 用于高潜力的前沿盆地。

表 8 国际石油公司油气上游业务核心领域及勘探特点

| 名称    | 上游核心领域类型   | 地区                             | 备注                                      |
|-------|------------|--------------------------------|-----------------------------------------|
| 壳牌    | 深水、一体化天然气  | 美国、巴西、尼日利亚、东非等                 | 勘探投资向 8 个核心国家地区倾斜, 80% 的勘探支出用于大西洋两岸深水勘探 |
| 埃克森美孚 | 深水、天然气、致密油 | 圭亚那、巴西、莫桑比克、巴新、二叠盆地            | 专注于深水风险勘探                               |
| bp    | 深水、天然气、非常规 | 俄罗斯、美国墨西哥湾、安哥拉、澳大利亚、英国、挪威、阿根廷等 | 勘探重点聚焦已有生产区域的滚动勘探                       |
| 雪佛龙   | 非常规、天然气    | 美国墨西哥湾、巴西、东地中海、西非、澳大利亚等        | 专注于北美非常规油气勘探                            |
| 道达尔能源 | 常规、天然气     | 阿联酋、西非、巴西、挪威、美国、莫桑比克           | 围绕非洲积极布局勘探业务                            |
| 埃尼    | 常规、天然气     | 尼日利亚、尼日尔、安哥拉、刚果 (布) 及美国墨西哥湾等   | 自主勘探、“双勘探模式”、聚焦低风险和高潜力区域                |
| 艾奎诺   | 深水、非常规     | 美国、墨西哥湾、巴西、加拿大及安哥拉等            | 勘探重心由 2017 年 30 个国家降至 2021 年 10 个国家     |

3.1.2 积极开展深水、非常规油气勘探, 更加重视天然气勘探

从资产类型来看, 国际油公司积极开展深水、天然气与非常规油气勘探, 新增的上游资产也逐步回归各油公司的本土优势地区和境外优势领域。不同公司核心资源有所差异, 在归核化的过程中新增储产量类型明显分化。与国家石油公司新增储产量以常规陆上、浅水等类型不同, 多数国际大型石油公司储产量增长主要来自于深水与非常规油气领域<sup>[7, 15-16]</sup>。以埃克森美孚为例, 作为油气行业中最活跃的勘探参与者之一, 近年来勘探成果显著, 2021 年公司继续聚焦深水勘探, 在圭亚那获得 3 个油气发现。自 2015 年 Liza-1 发现以来, 公司在圭亚那油气发现持续突破, 核心区块 Stabroek 区块累计达到 18 个油气发现, 可采资源量超过  $12.6\times10^8\text{ t}$  油当量, 该地区探井成功率接近 80%<sup>[17]</sup>。同时 2021 年继续加大本土二叠盆地非常规油气勘探开

发力度, 使其成为本土油气产量最重要的增长点。

低碳化趋势则是驱动天然气长期增长的主要因素。近年来, 天然气已经成为能源转型的发力点, 油公司积极推进组织架构调整<sup>[16]</sup>, 重视天然气领域勘探, 持续巩固上游气源。道达尔能源 2021 年加大了莫桑比克海域 1 区块和俄罗斯北极 2 等天然气项目的勘探开发进程, 显著提升了天然气储量和资源规模。埃尼通过联合勘探等多途径, 提升天然气储产量规模, 并重点布局印尼、尼日利亚、安哥拉、莫桑比克和埃及等国上游勘探开发项目。

3.1.3 低油价环境下重视精细/滚动勘探, 增加前沿领域风险勘探储备

在低油价与能源转型压力下, 本土资源禀赋不足的欧洲国际公司不断调整勘探业务布局。以埃尼为例, 该公司非常重视自主勘探活动, 聚焦低风险和高潜力区域, 多数投资用于能够快速开发和获取现金流的靠



近現有設施的精細或滾動勘探，少量投資用於未經過鑽井但有重大發現潛力的風險勘探<sup>[18]</sup>。在 2020—2023 年規劃中，勘探投資中將有 40% 用於滾動勘探，40% 用於精細勘探，20% 用於前沿風險勘探。近年來埃尼相繼取得多個重大發現。過去 10 年間，年均新發現油氣可採儲量為  $0.38 \times 10^8$  t 油當量，發現成本約 7.1 美元/t（1 美元/bbl）油當量。同時公司利用“雙勘探模式”加快勘探資產向現金收益的轉化，使得勘探成為公司增長和創造現金的核心業務，有效支持了公司進一步的勘探活動。埃尼連續 4 年被提名為全球石油行業最佳勘探公司。

### 3.2 國家石油公司加大本土資源勘探力度，加強跨國合作

國家石油公司是指那些由國家投資組建、以實施國家戰略目標為使命的石油公司，具有代表國家、維護國家權益、為國家總體利益服務的基本特徵。近年來，基於全球能源低碳轉型及能源安全考量，國家石油公司大力加強國內資源勘探開發尤其是天然氣業務，持續擴大天然氣的產量占比。積極推動本土資源對外招標與開發進程，包括非常規資源，堅守油氣龍頭地位，帶動整體能源轉型。如巴西國油、阿聯酋國油、中國三大國家石油公司持續加大國內勘探力度，積極通過增加國內資源供給確保能源供應安全，並尋求長期可持續發展。阿聯酋國家石油公司近年來加大了本土資源的對外招標力度，如 2022 年首次推出了 1 批非常規區塊招標。

卡塔爾國家石油公司近兩年持續與國際大油公司合作進入境外勘探區塊，堅持非作業者跟隨策略，積極提升海外油氣資產配置。主要國際合作夥伴包括埃克森美孚、殼牌、埃尼和道達爾能源等，國際資產分布在摩洛哥、巴西、阿曼、墨西哥、南非和阿根廷等國家，2017 年 4 月與埃克森美孚一起獲得塞浦路斯 20 區塊許可；2017 年 11 月與埃尼一起獲得阿曼 52 區塊，持股 30%；12 月與道達爾能源一起獲得南非海域 11B/12B 區塊 25% 權益。

### 3.3 獨立石油公司聚焦核心領域，發揮區域協同優勢

獨立石油公司是指營業收入主要來自油氣勘探開發業務公司，在石油天然氣行業中僅從事勘探和開發業務，運營中不包含營銷和煉油，少數公司具有國際業務，更多公司則聚焦本國油氣業務。對比國際和國家石油公司，市場環境變動對獨立石油公司發展狀況的影響更大。近年來，獨立石油公司上游逐漸由舉債規模擴張轉向減債謹慎發展轉變，規模發展轉向生存發展，兼並整合發揮協同效益。從北美非常規油氣企

業為代表的獨立油公司專注於創造利潤、支付股息和減少債務，上游勘探業務趨向保守。2019 年前，隨著國際市場環境的改善和油價的穩步回升，獨立石油公司紛紛通過聚焦優勢領域、做大做強核心資產等方式來獲得快速發展。但是 2020 年新冠肺炎疫情和油價暴跌再次改變了獨立石油公司的發展基調，從追求核心資產規模發展轉向大幅降本求生存。如康菲的勘探活動主要集中於非常規油氣，在美國本土堅決退出路易斯安那州中部的奧斯汀白堊系勘探活動，繼續聚焦於特拉華、鷹灘等陸上非常規油氣主產區，同時大手筆併購殼牌在二疊盆地的非常規資源，擴大區域規模優勢。

## 4 全球未來有利勘探領域

綜合 2021 年全球新發現、新資料和新認識，對全球未來有利勘探領域及資源潛力進行了重新評價，進一步明確了海域深水常規、陸上深層常規和非常規油氣 3 大領域未來有利勘探方向。

### 4.1 深水常規油氣勘探方向

海域勘探程度低、資源潛力大，是未來最重要的勘探領域，主要涉及被動陸緣和弧後兩大類盆地。包括 8 大盆地群（見表 9）：①南大西洋南段被動陸緣盆地群，目標為科羅拉多盆地侏羅系—白堊系構造、薩拉多等盆地上白堊統海底扇等成藏組合，待發現油氣可採資源量為  $23.7 \times 10^8$  t 油當量。②南大西洋中段被動陸緣盆地群，目標主要為桑托斯、坎波斯、寬扎盆地的鹽上深水重力流、鹽下碳酸鹽岩等，待發現油氣可採資源量為  $327.6 \times 10^8$  t 油當量。③南大西洋北段被動陸緣盆地群，包括福斯杜亞馬遜、蘇里南、圭亞那等盆地的白堊系—中新統斜坡扇、盆底扇，待發現油氣可採資源量為  $26.1 \times 10^8$  t 油當量。④中大西洋被動陸緣盆地群，目標為美國墨西哥灣、蘇瑞斯特盆地古近系—新近系岩性等成藏組合和塞內加爾、美國東海岸盆地白堊系海底扇等成藏組合，待發現油氣可採資源量為  $281.3 \times 10^8$  t 油當量。⑤北大西洋被動陸緣盆地群，目標主要包括格陵蘭東海岸盆地侏羅系—白堊系斷塊構造及構造-地層成藏組合，待發現油氣可採資源量為  $38.3 \times 10^8$  t 油當量。⑥東非海域被動陸緣盆地群，目標索馬里、贊比西三角洲、坦桑尼亞濱海等盆地白堊系—古近系斜坡扇/盆底扇等多種類型成藏組合，待發現油氣可採資源量為  $99.5 \times 10^8$  t 油當量。⑦北極被動陸緣盆地群，包括喀拉海和巴倫支海盆地的侏羅系—白堊系斷塊構造，待發現油氣可採資源量為  $364 \times 10^8$  t 油當量。

表 9 海域常规油气勘探领域与待发现油气可采资源量统计表

| 序号 | 领域/盆地群            | 主要盆地                   | 沉积盆地<br>面积/10 <sup>4</sup> km <sup>2</sup> | 有利成藏组合                      | 待发现油气可采资源量               |                                         |                                |
|----|-------------------|------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------|
|    |                   |                        |                                            |                             | 石油/<br>10 <sup>8</sup> t | 天然气/<br>10 <sup>12</sup> m <sup>3</sup> | 合计(油当量) /<br>10 <sup>8</sup> t |
| 1  | 南大西洋南段<br>被动陆缘盆地群 | 科罗拉多                   | 21.5                                       | 侏罗系—白垩系构造                   | 10.5                     | 0.1                                     | 11.1                           |
|    |                   | 萨拉多等                   | 15.4                                       | 上白垩统海底扇                     | 12.6                     | 0                                       | 12.6                           |
| 2  | 南大西洋中段<br>被动陆缘盆地群 | 桑托斯、坎波斯、宽扎             | 61.9                                       | 盐上深水重力流、盐下碳酸盐岩              | 264.7                    | 7.4                                     | 327.6                          |
| 3  | 南大西洋北段<br>被动陆缘盆地群 | 福斯杜亚马逊、苏里南、<br>圭亚那等    | 76.3                                       | 白垩系—中新统斜坡扇、盆底扇              | 23.2                     | 0.3                                     | 26.1                           |
| 4  | 中大西洋<br>被动陆缘盆地群   | 美国墨西哥湾、苏瑞斯特            | 80.3                                       | 古近系—新近系岩性圈闭等成藏组合            | 100.2                    | 11.1                                    | 195.3                          |
|    |                   | 塞内加尔、美国东海岸             | 89.0                                       | 白垩系海底扇等                     | 26.3                     | 7.0                                     | 86.0                           |
| 5  | 北大西洋<br>被动陆缘盆地群   | 格陵兰东海岸                 | 82.4                                       | 侏罗系—白垩系断块构造<br>及构造-地层圈闭     | 18.6                     | 2.3                                     | 38.3                           |
| 6  | 东非海域<br>被动陆缘盆地群   | 索马里、赞比西三角洲、<br>坦桑尼亚滨海等 | 189.7                                      | 白垩系—古近系斜坡扇/<br>盆底扇等多种类型     | 17.2                     | 9.6                                     | 99.5                           |
| 7  | 北极被动陆缘盆地群         | 喀拉海和巴伦支海               | 151.0                                      | 侏罗系—白垩系断块构造                 | 114.0                    | 29.3                                    | 364.0                          |
| 8  | 东南亚弧后盆地群          | 苏门答腊等                  | 55.5                                       | 古近系—中新统构造/礁滩体/<br>海底扇及基岩潜山等 | 12.0                     | 2.9                                     | 36.8                           |

⑧东南亚弧后盆地群，包括古近系—中新统构造/礁滩体/海底扇及基岩潜山等成藏组合，待发现油气可采资源量为 36.8×10<sup>8</sup> t 油当量<sup>[2, 19-21]</sup>。

4.2 深层常规油气勘探方向

由于陆上盆地常规油气勘探程度相对较高，未来有利勘探领域主要位于克拉通、裂谷和前陆盆地的深层，重点包括 6 大盆地（见表 10）：①阿拉伯/扎格罗斯前陆盆地，其中阿拉伯盆地主要包括古生界深层构造成藏组合以及侏罗系—白垩系的地层岩性圈闭，预测待发现可采资源量为 415.4×10<sup>8</sup> t 油当量，扎格罗斯盆地，主要目标是逆冲构造带侏罗系以下深层构造圈闭，预测待发现可采资源量为 236.7×10<sup>8</sup> t 油当量。②西西伯利亚裂谷盆地，目标为盆地北部南喀拉海白

垩系众多的大型构造圈闭和盆地中南部侏罗系深层构造及地层圈闭，预测待发现可采资源为 261.1×10<sup>8</sup> t 油当量。③阿姆河前陆盆地，目标为盐下上侏罗统礁滩体和下侏罗统深层地层圈闭，预测待发现可采资源量为 151.9×10<sup>8</sup> t 油当量，以天然气为主。④东西伯利亚克拉通盆地，目标为里菲系碳酸盐岩、文德系碎屑岩，预测待发现可采资源量为 113.7×10<sup>8</sup> t 油当量。⑤滨里海前陆盆地，目标主要包括盐下二叠系碎屑岩、泥盆系—石炭系深层成藏组合等，预测待发现可采资源量为 48.4×10<sup>8</sup> t 油当量。⑥北非古达米斯前陆盆地，目标主要包括古生界低幅背斜构造圈闭和地层-岩性复合圈闭，预测待发现可采资源量为 12.2×10<sup>8</sup> t 油当量<sup>[2, 19-21]</sup>。

表 10 陆上（含深层）常规油气勘探领域与待发现油气可采资源量统计表

| 序号 | 领域/盆地群         | 沉积盆地面积/<br>10 <sup>4</sup> km <sup>2</sup> | 有利成藏组合                                     | 待发现油气可采资源量           |                                     |                            |
|----|----------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|----------------------------|
|    |                |                                            |                                            | 石油/10 <sup>8</sup> t | 天然气/10 <sup>12</sup> m <sup>3</sup> | 合计(油当量) /10 <sup>8</sup> t |
| 1  | 阿拉伯<br>前陆盆地    | 233.7                                      | 古生界深层构造成藏组合以及侏罗系—<br>白垩系地层岩性圈闭             | 234.6                | 21.2                                | 415.4                      |
|    | 扎格罗斯<br>前陆盆地   | 47.6                                       | 逆冲构造带侏罗系以下深层构造圈闭                           | 97.1                 | 16.3                                | 236.7                      |
| 2  | 西西伯利亚<br>裂谷盆地  | 231.7                                      | 盆地北部南喀拉海白垩系众多的大型构造圈闭和<br>盆地中南部侏罗系深层构造及地层圈闭 | 111.1                | 17.6                                | 261.1                      |
| 3  | 阿姆河前陆盆地        | 43.7                                       | 盐下上侏罗统礁滩体和中下侏罗统深层地层圈闭                      | 4.9                  | 17.2                                | 151.9                      |
| 4  | 东西伯利亚<br>克拉通盆地 | 333.4                                      | 里菲系碳酸盐岩、文德系碎屑岩                             | 18.2                 | 11.2                                | 113.7                      |
| 5  | 滨里海<br>前陆盆地    | 54.2                                       | 盐下二叠系碎屑岩、泥盆系—石炭系深层                         | 28.5                 | 2.3                                 | 48.4                       |
| 6  | 古达米斯前陆盆地       | 36.8                                       | 古生界低幅背斜构造圈闭和地层-岩性复合圈闭                      | 10.7                 | 0.2                                 | 12.2                       |

4.3 非常规油气有利勘探方向

近年来，由于受技术和开采成本的影响，非常规油气呈现差异化发展趋势，其中致密油气和页岩油气

的勘探开发进展迅速，未来仍是重要的发展方向。

页岩油（含致密油）未来有利勘探领域主要分布于 7 大盆地（群）（见表 11）：①北美前陆盆地群，其



表 11 页岩油和含致密油重点领域及技术可采资源量统计表

| 序号 | 领域/盆地群       | 主要沉积盆地                      | 沉积盆地面积/<br>10 <sup>4</sup> km <sup>2</sup> | 有利成藏组合                | 页岩油和致密油<br>技术可采资源量/10 <sup>8</sup> t |
|----|--------------|-----------------------------|--------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|
| 1  | 北美前陆盆地群      | 二叠、阿巴拉契亚、威利斯顿等<br>海湾、丹佛、粉河等 | 109.9<br>25.5                              | 泥盆系—石炭系<br>白垩系        | 206<br>107                           |
| 2  | 安第斯前陆盆地群     | 亚诺斯、普图马约、马拉农、内乌肯等           | 50.4                                       | 侏罗系—白垩系               | 89                                   |
| 3  | 北非克拉通盆地群     | 阿特拉斯褶皱带、三叠—古达米斯等            | 65.1                                       | 志留系、泥盆系               | 43                                   |
| 4  | 中西非裂谷系盆地群    | 邦戈尔、南乍得、穆格莱德、迈卢特等           | 65.3                                       | 白垩系湖相页岩油              | 20                                   |
| 5  | 俄罗斯前陆/裂谷盆地群  | 西西伯利亚<br>蒂曼—伯朝拉、伏尔加—乌拉尔     | 231.7<br>115.0                             | 上侏罗统巴热诺夫组<br>泥盆系多玛尼克组 | 93<br>37                             |
| 6  | 阿拉伯/扎格罗斯前陆盆地 | 扎格罗斯、阿拉伯                    | 281.3                                      | 侏罗系、白垩系海相页岩油          | 52                                   |
| 7  | 东南亚弧后盆地群     | 北苏门答腊、中苏门答腊、南苏门答腊           |                                            | 新生界湖相页岩油              | 13                                   |

中二叠、阿巴拉契亚和威利斯顿等盆地以泥盆系—石炭系成藏组合为主，海湾、丹佛和粉河等盆地以白垩系成藏组合为主，页岩油技术可采资源量为  $313 \times 10^8$  t。②安第斯前陆盆地群，主要包括亚诺斯、普图马约、马拉农和内乌肯等盆地，有利成藏组合为侏罗系—白垩系，页岩油技术可采资源量为  $89 \times 10^8$  t。③北非前陆盆地群，主要包括阿特拉斯褶皱带、三叠—古达米斯等盆地，有利成藏组合为志留系、泥盆系，页岩油技术可采资源量为  $43 \times 10^8$  t。④中西非裂谷系盆地群，主要包括邦戈尔盆地、南乍得盆地、穆格莱德、迈卢特等盆地，有利成藏组合为白垩系湖相页岩油，页岩油技术可采资源量为  $20 \times 10^8$  t。⑤俄罗斯前陆/裂谷盆地群，西西伯利亚盆地有利成藏组合为上侏罗统巴热诺夫组，蒂曼—伯朝拉和伏尔加—乌拉尔盆地为泥盆系多玛尼克组，页岩油技术可采资源量为  $130 \times 10^8$  t。⑥阿拉伯/扎格罗斯前陆盆地，主要为扎格罗斯盆地和阿拉伯盆地，有利成藏组合为侏罗系、白垩系海相页岩油，页岩油技术可采资源量为  $52 \times 10^8$  t。⑦东南亚弧后盆地群，主要包括北苏门答腊、中苏门答腊和南苏门答腊等盆地，有利成藏组合为新生界湖相页岩油，页岩油技术可采资源量为  $13 \times 10^8$  t<sup>[21-24]</sup>。

致密气和页岩气未来重点勘探领域主要分布于 7 大盆地（群）（见表 12）：①北美前陆盆地群，其中二叠、阿巴拉契亚和威利斯顿等盆地有利成藏组合为泥

盆系—石炭系，海湾盆地、粉河盆地以白垩系为主，页岩气技术可采资源量为  $79 \times 10^{12}$  m<sup>3</sup>。②南美中部克拉通盆地群，主要包括亚马逊、查考—巴拉那等盆地，有利成藏组合为泥盆系—石炭系，页岩气技术可采资源量为  $19 \times 10^{12}$  m<sup>3</sup>。③安第斯前陆盆地群，主要包括内乌肯、麦哲伦等盆地，有利成藏组合为侏罗系—白垩系，页岩气技术可采资源量为  $21 \times 10^{12}$  m<sup>3</sup>。④北非前陆盆地群，主要包括阿特拉斯褶皱带、三叠—古达米斯等盆地，有利成藏组合为志留系和泥盆系，页岩气技术可采资源量为  $26 \times 10^{12}$  m<sup>3</sup>。⑤俄罗斯前陆/裂谷盆地群，西西伯利亚盆地有利成藏组合为上侏罗统巴热诺夫组；蒂曼—伯朝拉和伏尔加—乌拉尔盆地为泥盆系多玛尼克组，页岩气技术可采资源量为  $14 \times 10^{12}$  m<sup>3</sup>。⑥阿拉伯/扎格罗斯前陆盆地，主要包括扎格罗斯、阿拉伯等盆地，有利成藏组合为侏罗系、白垩系和志留系，页岩气技术可采资源量为  $16 \times 10^{12}$  m<sup>3</sup>。⑦澳大利亚中部克拉通盆地群，主要包括坎宁、麦克阿瑟和埃罗曼加等盆地，有利成藏组合为泥盆系—石炭系，页岩气技术可采资源量为  $12 \times 10^{12}$  m<sup>3</sup><sup>[21-24]</sup>。

## 5 海外油气勘探业务发展建议

■ 伴随今年油价上升、后疫情时代逐步回归正常，地缘冲突加剧，世界油气勘探形势有望重新触底反弹。基于 2021 年全球油气勘探形势及未来有利勘探领域分析，

表 12 页岩气和致密气重点领域及技术可采资源量统计表

| 序号 | 领域/盆地群        | 主要沉积盆地                      | 沉积盆地面积/<br>10 <sup>4</sup> km <sup>2</sup> | 有利成藏组合                | 页岩气和致密气<br>技术可采资源量/10 <sup>12</sup> m <sup>3</sup> |
|----|---------------|-----------------------------|--------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------|
| 1  | 北美前陆盆地群       | 二叠、阿巴拉契亚、威利斯顿等<br>海湾、丹佛、粉河等 | 109.9<br>25.5                              | 泥盆系—石炭系<br>白垩系        | 48<br>31                                           |
| 2  | 南美中部克拉通盆地群    | 查考、库约、亚马逊等                  | 126.6                                      | 泥盆系—石炭系               | 19                                                 |
| 3  | 安第斯前陆盆地群      | 内乌肯、麦哲伦等                    | 33.2                                       | 侏罗系—白垩系               | 21                                                 |
| 4  | 北非克拉通盆地群      | 阿特拉斯褶皱带、三叠—古达米斯等            | 65.1                                       | 志留系、泥盆系               | 26                                                 |
| 5  | 俄罗斯前陆/裂谷盆地群   | 西西伯利亚<br>蒂曼—伯朝拉、伏尔加—乌拉尔     | 231.7<br>115                               | 上侏罗统巴热诺夫组<br>泥盆系多玛尼克组 | 8<br>6                                             |
| 6  | 阿拉伯/扎格罗斯前陆盆地群 | 扎格罗斯、阿拉伯等                   | 281.3                                      | 侏罗系、白垩系               | 16                                                 |
| 7  | 澳大利亚中部克拉通盆地群  | 坎宁、麦克阿瑟、埃罗曼加等               | 195.4                                      | 泥盆系—石炭系               | 12                                                 |

针对中国油公司跨国油气勘探业务发展提出4点建议。

### 5.1 通过投标超前进入深水前沿盆地, 获得发现后采用“双勘探模式”经营

2021年, 全球深水、超深水领域大中型油气发现延续多年态势, 在全球油气发现中继续占据主导地位, 进一步揭示被动大陆边缘深水前沿领域良好的勘探前景。因此, 不断拓展深水油气勘探业务是国际油公司勘探战略的必然选择<sup>[25]</sup>。基于资源国前沿盆地主要通过招标形式对外合作, 近几年可以通过积极投标获得的合作机会包括: ①东非莫桑比克海域第6轮勘探区块招标, 主要涉及安戈谢和赞比西三角洲两个有利含油气盆地, 前者主要发育上白垩统、古近系海底扇两套有利成藏组合, 后者发育白垩系三角洲砂岩成藏组合。②东非索马里第1轮海域区块招标, 主要涉及索马里滨海盆地, 包括侏罗系生物礁滩体和白垩系/古近系斜坡扇3套有利成藏组合。③阿根廷第2轮海域区块招标, 重点是阿根廷滨海盆地深水上白垩统海底扇。④格陵兰海域第1轮招标区块, 重点是东部沿海盆地侏罗系构造圈闭。

进入发现后采用埃尼“双勘探模式”进行经营管理。2006年以来, 埃尼在环非洲地区主要通过招标斩获深水区块74个, 面积 $38 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 2011年以来陆续获得5个大气田发现, 在首气前, 仅Zohr和Mamba两个大发现就为埃尼挣得超过 $100 \times 10^8$ 美元转让收入。通过这种方式, 不但能够快速回收成本, 而且能够使勘探项目在开发建产前就能实现良好经济效益。

### 5.2 通过参股等多种方式进入新兴热点盆地未钻区块, 快速实现增储上产

2015年以来, 圭亚那盆地上白垩统深水扇、桑托斯盆地白垩系盐下礁滩体、西西伯利亚盆地南喀拉海侏罗系—白垩系构造等领域勘探不断有大油气田发现, 进一步证实一旦某个前沿盆地勘探获得突破后, 通常会迅速成为勘探热点并引领未来5~10年甚至更长时间的储量增长<sup>[7]</sup>。针对这一特点, 国际/独立石油公司通常会迅速抢占其周边具有相似地质背景或相同成藏组合的勘探区块。目前建议积极进入的热点盆地重点领域包括巴西海域桑托斯—坎波斯盆地盐下礁滩体、墨西哥湾深水新近系海底扇、西西伯利亚南喀拉海侏罗系—白垩系构造圈闭、西南非沿海盆地深水海底扇和黑海盆地中新统海底扇等。

由于同一盆地相同成藏组合已经被证实, 周边未钻区块地质风险低、资源潜力大, 进入成本一般较高。如果政府通过招标开放周边区块, 竞标公司一般以极高

的政府利润油分成比和高昂的签字费方能胜出。如2006—2012年巴西国油主导勘探的巴西桑托斯—坎波斯盆地盐下核心区连续突破后, 2013年开始对外招标, 中标区块政府利润油分成比一般都在65%~75%, 签字费最高达 $13 \times 10^8$ 美元。如果油公司钻前引入合作伙伴, 进入者往往也要以比较高的代价通过条件支付方式才能进入。以道达尔能源2019年进入圭亚那盆地苏里南境内58区块为例。2015年阿帕奇招标进入圭亚那盆地苏里南境内的58区块, 2015—2019年圭亚那境内不断有大发现, 道达尔能源以作业者50%权益进入后按比例支付勘探成本, 外加条件支付: 商业成功后再付 $1 \times 10^8$ 美金现金, 开发支付75%投资。

### 5.3 以联合研究形式与资源国国家石油公司合作, 积极介入陆上富油气盆地深层天然气精细勘探

2021年, 陆上阿拉伯、西西伯利亚、苏拉斯特等盆地深层精细勘探持续有新的油气特别是天然气发现, 进一步表明陆上富油气盆地深层油气特别是天然气精细勘探潜力依然很大<sup>[9-10]</sup>。国内陆上盆地勘探历经60多年探索与实践, 在东部裂谷盆地、中西部克拉通及前陆盆地, 都已形成了较成熟的精细勘探理论技术体系。积极发挥中国油公司自身技术优势, 通过超前联合研究形式, 加大与资源国油公司陆上深层油气勘探合作, 能够把技术优势转化为海外勘探的发展优势, 提升海外勘探效益。陆上深层油气田主要分布在前陆冲断带、克拉通盆地中下组合和裂谷盆地深层, 层位上以古生界和中新生界为主。值得重点关注的领域包括: 俄罗斯陆上伏尔加—乌拉尔、蒂曼—伯朝拉、西西伯利亚及东西伯利亚4大富油气盆地古生界碳酸盐岩和侏罗系碎屑岩, 中东阿拉伯—扎格罗斯前陆盆地, 西北非前陆盆地古生界, 安第斯弧后前陆盆地群斜坡带中生界等。

### 5.4 重点关注沙特、俄罗斯等国家非常规油气合作机会, 利用国内成熟理论技术优势择机进入

虽然碳中和推动能源转型加速, 但据国内外多家机构预测, 即使是最激进情景下, 2050年油气仍将占世界一次能源消费的20%以上, 油气行业不会快速退出历史舞台, 非常规油气资源依然是常规油气资源有效的接替资源<sup>[21, 26]</sup>。当前随着非常规油气理论的完善和开采技术的进步, 使全球非常规油气工业化生产具备了一定的基础。已形成了以富有机质页岩为核心的细粒沉积学和连续油气聚集理论, 逐渐发展了地球物理“甜点”预测、水平井体积压裂、微地震监测和平台式“工厂化”开采等先进技术。非常规油气理论和

技术的不断发展完善,使得国内致密油气的勘探开发日益成熟<sup>[27-30]</sup>。相比常规油气资源利用,全球很多地区的非常规油气资源利用刚刚开始,中国油公司可以利用国内成熟配套的致密油气技术为突破口,通过带动国内钻井压裂等工程技术走出去,发挥一体化优势,选择地质条件优越的俄罗斯西西伯利亚裂谷盆地侏罗系、北非三叠—古达米斯前陆盆地志留系、中东阿拉伯前陆盆地侏罗系/白垩系/志留系等重要领域,通过和资源国国家石油公司合作,稳步推进非常规油气跨国勘探开发,获取相对优质资源。

## 6 结论

受 2020 年新冠肺炎疫情和油价低位徘徊的持续影响,2021 年,世界油气勘探投资额度、完钻探井和评价井工作量与上年相比小幅下降,但探井成功率特别是深水探井成功率明显提升。

油气新发现储量同比略有增加,深水领域仍为常规大中型油气田发现的主战场,陆上富油气盆地深层常规油气勘探依然延续良好态势。沙特、俄罗斯及中国等国非常规油气勘探不乏亮点。

国家石油公司、国际油公司及独立石油公司持续深度调整境内外勘探业务布局。国家石油公司在加大本土资源勘探开发力度的同时,不断加强境外勘探类项目合作。国际公司低油价环境下,利用资产特点及技术优势,持续聚焦核心领域,高度重视前沿深水领域勘探、陆上富油气盆地深层以天然气为主的精细勘探和以致密油气/页岩油气为主的非常规油气勘探。

通过研究,进一步明确了全球海域深水、陆上深层和非常规 3 大领域未来有利勘探方向。海域深水常规油气有利勘探方向为大西洋两岸、东非海域、北冰洋周缘和东南亚海域的 8 大盆地群。陆上深层有利勘探方向为阿拉伯/扎格罗斯、西西伯利亚和阿姆河等 6 大盆地。页岩油气(含致密油气)勘探方向为北美前陆盆地、安第斯前陆盆地和北非前陆盆地等 9 大盆地群。

针对中国油公司跨国油气勘探业务发展提出 4 点建议:①通过投标超前低成本进入全球深水前沿盆地,获得油气发现后采用“双勘探模式”经营;②通过参股等多种方式进入全球新兴热点盆地未钻区块,快速实现规模发现;③以联合研究形式与资源国国家石油公司合作,积极进入陆上富油气盆地深层;④重点关注沙特、俄罗斯等国家非常规油气合作机会,利用国内成熟理论技术优势择机进入。

## 参考文献:

- [1] 中国石油勘探开发研究院. 全球油气勘探开发形势及油公司动态(2020 年)[M]. 北京:石油工业出版社,2020:1-332.  
Research Institute of Petroleum Exploration and Development. Global oil and gas exploration and development situation and company trends (2020)[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2020: 1-332.
- [2] 中国石油勘探开发研究院. 全球油气勘探开发形势及油公司动态(2021 年)[M]. 北京:石油工业出版社,2021.  
Research Institute of Petroleum Exploration and Development. Global oil and gas exploration and development situation and company trends (2021)[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2021.
- [3] 窦立荣,肖伟,刘贵洲. 抓住低油价机遇积极获取优质油气资产[J]. 世界石油工业,2020,27(5):52-60.  
DOU Lirong, XIAO Wei, LIU Guizhou. Seize the opportunity of low oil price to acquire high-quality oil & gas assets actively[J]. World Petroleum Industry, 2020, 27(5): 52-60.
- [4] 窦立荣,袁圣强,刘小兵. 中国油公司海外油气勘探进展和发展对策[J]. 中国石油勘探,2022,27(2):1-10.  
DOU Lirong, YUAN Shengqiang, LIU Xiaobing. Progress and development countermeasures of overseas oil and gas exploration of Chinese oil corporations[J]. China Petroleum Exploration, 2022, 27(2): 1-10.
- [5] 温志新,王兆明,刘小兵. 国际大石油公司十年来海外勘探业务发展的启示[N]. 中国石油报,2021-11-09(6).  
WEN Zhixin, WANG Zhaoming, LIU Xiaobing. Enlightenment from the development of overseas exploration business of major international oil companies in the past decade[N]. China Petroleum News, 2021-11-09(6).
- [6] 窦立荣,汪望泉,肖伟,等. 中国石油跨国油气勘探开发进展及建议[J]. 石油科技论坛,2020,39(2):21-30.  
DOU Lirong, WANG Wangquan, XIAO Wei, et al. Progress and suggestions on CNPC's multinational oil and gas exploration and development[J]. Petroleum Science and Technology Forum, 2020, 39(2): 21-30.
- [7] 王兆明,温志新,贺正军,等. 全球近 10 年油气勘探新进展特点与启示[J]. 中国石油勘探,2022,27(2):27-37.  
WANG Zhaoming, WEN Zhixin, HE Zhengjun, et al. Characteristics and enlightenment of new progress in global oil and gas exploration in recent ten years[J]. China Petroleum Exploration, 2022, 27(2): 27-37.
- [8] 史卜庆,王兆明,万仑坤,等. 2020 年全球油气勘探形势及 2021 年展望[J]. 国际石油经济,2021,29(3):39-44.  
SHI Buqing, WANG Zhaoming, WAN Lunkun, et al. The global oil and gas exploration situation in 2020 and the outlook for 2021[J]. International Petroleum Economics, 2021, 29(3): 39-44.
- [9] IHS Markit. IHS energy: EDIN[EB/OL]. (2022-01-01)[2022-06-30]. <https://ihsmarkit.com/index.html>.
- [10] WoodMackenzie. UDT (upstream data tools)[EB/OL]. (2022-01-01)[2022-06-30]. <https://udt.woodmac.com/dv/>.
- [11] 张宁宁,王青,王建君,等. 全球主要石油公司发展策略及启示[J]. 石油科技论坛,2019,38(6):48-55.  
ZHANG Ningning, WANG Qing, WANG Jianjun, et al. Development trends and strategies of global oil majors[J]. Petroleum Science and

- Technology Forum, 2019, 38(6): 48-55.
- [12] Equinor. Annual reports[EB/OL]. (2022-03-18)[2022-07-22]. <https://www.equinor.com/investors/annual-reports>.
- [13] Shell. Annual reports and publications[EB/OL]. [2022-07-22]. <https://www.shell.com/media/annual-reports-and-publications.html#frame=L3JlcG9ydC1ob21lLzlwMjEv>.
- [14] TotalEnergies. Results[EB/OL]. [2022-07-22]. <https://www.total.com/en/investors/results-investor-presentations/results>.
- [15] 张宁宁, 王青, 王建君, 等. 近 20 年世界油气新发现特征与勘探趋势展望[J]. 中国石油勘探, 2018, 23(1): 44-53.  
ZHANG Ningning, WANG Qing, WANG Jianjun, et al. Characteristics of oil and gas discoveries in recent 20 years and future exploration in the world[J]. China Petroleum Exploration, 2018, 23(1): 44-53.
- [16] 张宁宁, 王建良, 刘明明, 等. 碳中和目标下欧美国际石油公司低碳转型差异性原因探讨及启示[J]. 中国矿业, 2021, 30(9): 8-15.  
ZHANG Ningning, WANG Jianliang, LIU Mingming, et al. Discussion and enlightenments on the causes of differences in low carbon transformation of European and American international oil companies under the goal of carbon neutrality[J]. China Mining Magazine, 2021, 30(9): 8-15.
- [17] Exxonmobil. SEC filings[EB/OL]. (2022-02-23)[2022-07-22]. <http://ir.exxonmobil.com/phoenix.zhtml?c=115024&p=irol-sec>.
- [18] Eni. Results and reports[EB/OL]. (2022-04-09)[2022-07-22]. [https://www.eni.com/en\\_IT/investors/results-and-reports.page](https://www.eni.com/en_IT/investors/results-and-reports.page).
- [19] 童晓光, 张光亚, 王兆明, 等. 全球油气资源潜力与分布[J]. 地学前缘, 2014, 21(3): 1-9.  
TONG Xiaoguang, ZHANG Guangya, WANG Zhaoming, et al. Global oil and gas potential and distribution[J]. Earth Science Frontiers, 2014, 21(3): 1-9.
- [20] 童晓光, 张光亚, 王兆明, 等. 全球油气资源潜力与分布[J]. 石油勘探与开发, 2018, 45(4): 727-736.  
TONG Xiaoguang, ZHANG Guangya, WANG Zhaoming, et al. Distribution and potential of global oil and gas resources[J]. Petroleum Exploration and Development, 2018, 45(4): 727-736.
- [21] 中国石油勘探开发研究院. 全球油气资源潜力与分布 (2021 年)[M]. 北京: 石油工业出版社, 2021: 1-156.  
Research Institute of Petroleum Exploration and Development. Global petroleum E&D trends and company dynamics (2021)[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2021: 1-156.
- [22] IEA. World energy model[EB/OL]. (2021-10-31)[2022-07-01]. <https://www.iea.org/reports/world-energy-model>.
- [23] 王红军, 马锋, 童晓光, 等. 全球非常规油气资源评价[J]. 石油勘探与开发, 2016, 43(6): 850-862.  
WANG Hongjun, MA Feng, TONG Xiaoguang, et al. Assessment of global unconventional oil and gas resources[J]. Petroleum Exploration and Development, 2016, 43(6): 850-862.
- [24] EIA. Technically recoverable shale oil and shale gas resources: An assessment of 137 shale formations in 41 countries outside the United States[EB/OL]. (2013-06-17)[2022-07-15]. <https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/pdf/overview.pdf>.
- [25] 刘小兵, 窦立荣, 万仑坤, 等. 全球深水油气勘探开发业务发展及启示[J/OL]. 天然气与石油: 1-12[2022-07-15]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/51.1183.TE.20220606.1500.002.html>.  
LIU Xiaobing, DOU Lirong, WAN Lunkun, et al. Development of global deepwater oil and gas exploration and development and enlightenment[J/OL]. Natural Gas and Oil: 1-12[2022-07-15]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/51.1183.TE.20220606.1500.002.html>.
- [26] 刘嘉, 张焕芝, 杨金华, 等. 全球油气勘探开发形势及技术发展趋势[J]. 世界石油工业, 2019, 26(6): 6-11.  
LIU Jia, ZHANG Huanzhi, YANG Jinhua, et al. Global petroleum E&P and technology development outlook[J]. World Petroleum Industry, 2019, 26(6): 6-11.
- [27] 杨智, 邹才能. 论常规—非常规油气有序“共生富集”: 兼论常规—非常规油气地质学理论技术[J]. 地质学报, 2022, 96(5): 1635-1653.  
YANG Zhi, ZOU Caineng. Orderly “symbiotic enrichment” of conventional & unconventional oil and gas: Discussion on theory and technology of conventional & unconventional petroleum geology[J]. Acta Geologica Sinica, 2022, 96(5): 1635-1653.
- [28] 邹才能, 赵群, 王红岩, 等. 非常规油气勘探开发理论技术助力我国油气增储上产[J]. 石油科技论坛, 2021, 40(3): 72-79.  
ZOU Caineng, ZHAO Qun, WANG Hongyan, et al. Theory and technology of unconventional oil and gas exploration and development helps China increase oil and gas reserves and production[J]. Petroleum Science and Technology Forum, 2021, 40(3): 72-79.
- [29] 贾承造. 论非常规油气对经典石油天然气地质学理论的突破及意义[J]. 石油勘探与开发, 2017, 44(1): 1-11.  
JIA Chengzao. Breakthrough and significance of unconventional oil and gas to classical petroleum geological theory[J]. Petroleum Exploration and Development, 2017, 44(1): 1-11.
- [30] 邹才能, 陶士振, 白斌, 等. 论非常规油气与常规油气的区别和联系[J]. 中国石油勘探, 2015, 20(1): 1-16.  
ZOU Caineng, TAO Shizhen, BAI Bin, et al. Differences and relations between unconventional and conventional oil and gas[J]. China Petroleum Exploration, 2015, 20(1): 1-16.
- 第一作者简介: 窦立荣 (1965-), 男, 江苏扬州人, 博士, 中国石油勘探开发研究院教授级高级工程师, 主要从事全球油气资源评价与海外重点领域油气勘探关键技术研究。地址: 北京市海淀区学院路 20 号, 中国石油勘探开发研究院, 邮政编码: 100083。E-mail: dlirong@petrochina.com.cn
- 联系作者简介: 温志新 (1968-), 男, 河北承德人, 博士, 中国石油勘探开发研究院高级工程师, 主要从事全球含油气盆地分析与战略选区研究工作。地址: 北京市海淀区学院路 20 号, 中国石油勘探开发研究院油气资源勘探研究所, 邮政编码: 100083。E-mail: wenzhixin@petrochina.com.cn
- 收稿日期: 2022-07-25 修回日期: 2022-08-18
- (编辑 张朝军 谷江锐)