

DOI: 10.11698/PED.20230415

世界深水油气勘探形势分析与思考

温志新, 王建君, 王兆明, 贺正军, 宋成鹏,
刘小兵, 张宁宁, 季天愚

(中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

基金项目: 中国石油天然气集团有限公司重大科技专项“基于多重地质属性溯源定位的全球六类盆地油气成藏规律研究”(2023ZZ07-01)、“基于大数据的常规油气可采资源智能化评价技术研发”(2023ZZ07-02)、“低碳背景下油气勘探资产技术经济商务一体化评价技术研究”(2023ZZ07-05)

摘要: 利用标普全球、睿咨得等商业数据及各油公司的公开信息, 对全球深水油气勘探趋势、深水油气发现特点、七大国际油公司深水油气勘探业务布局进行系统分析。结果表明: 深水领域是当前全球油气勘探发现最重要的领域, 被动大陆边缘盆地深水大发现油气田个数及储量均最多, 深水油气大发现对海域新发现油气总储量的贡献最大。岩性油气藏发现越来越多, 且油气发现主要分布于中-新生界; 七大国际油公司广泛活跃在深水油气勘探和开发各个环节, 并发挥着全球引领作用。结合多年对全球油气地质与资源评价形成的理论认识, 提出未来有利的深水勘探领域主要集中在大西洋两岸、印度洋周缘、北冰洋周缘等3大领域。提出了开拓海外深水油气勘探业务的6点建议: 拓宽多用户地震资料获取渠道, 提高深水勘探科学选区水平。加大重点领域深水勘探项目获取力度, 灵活进退勘探区块; 以大权益获取区块, 采用“双勘探模式”经营。加强与深水技术领先国际油公司的合作, 提升商务运作能力, 逐步实现“非作业者”向“作业者”转变。

关键词: 世界含油气盆地; 深水; 油气; 勘探形势; 国际油公司; 有利勘探领域

中图分类号: TE122.2

文献标识码: A

Analysis of the world deepwater oil and gas exploration situation

WEN Zhixin, WANG Jianjun, WANG Zhaoming, HE Zhengjun, SONG Chengpeng,
LIU Xiaobing, ZHANG Ningning, JI Tianyu

(PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration & Development, Beijing 100083, China)

Abstract: The global trends in deepwater oil and gas exploration, characteristics of deepwater oil and gas discovery, and layout of deepwater oil and gas exploration business by seven major international oil companies are systematically analyzed using commercial databases (e.g. S&P Global and Rystad) and public information of oil companies. The deepwater area is currently the most important domain for global oil and gas exploration and discovery, with the most discoveries and reserves in passive continental margin basins. The deepwater discoveries have the greatest contribution to the total newly discovered oil and gas reserves in the sea areas, with an increasing number of lithological reservoirs discovered, and oil and gas discoveries mainly distributed in the Mesozoic-Cenozoic. The seven major international oil companies are widely active in various aspects of deepwater oil and gas exploration and development, and play a leading role. Based on years of theoretical understanding of global oil and gas geology and resource evaluation, it is proposed that favorable deepwater exploration areas in the future will mainly focus on three major areas: the Atlantic coast, the Indian Ocean periphery, and the Arctic Ocean periphery. Six suggestions are put forward for expanding overseas deepwater oil and gas exploration business: first, expand the sources for obtaining multi-user seismic data and improve the scientific selection of deepwater exploration areas; second, increase efforts to obtain deepwater exploration projects in key areas; third, adopt various methods to access into/exit from resource licenses flexibly; fourth, acquire licenses with large equity and operate in “dual-exploration” model; fifth, strengthen cooperation with leading international oil companies in deepwater technology; and sixth, improve business operation capabilities and gradually transform from “non-operators” to “operators”.

Key words: world petroliferous basins; deepwater; oil and gas; exploration situation; international oil companies; favorable exploration areas

引用: 温志新, 王建君, 温志新, 等. 世界深水油气勘探形势分析与思考[J]. 石油勘探与开发, 2023, 50(5): 1-13.

WEN Zhixin, WANG Jianjun, WANG Zhaoming, et al. Analysis of the world deepwater oil and gas exploration situation[J]. Petroleum Exploration and Development, 2023, 50(5): 1-13.

0 引言

近 10 年来,海域新发现的油气储量占全球总量的 60%,其中深水—超深水领域发现的油气储量占海域总发现量的 61.99%,因此深水领域在现阶段和未来都将在全局风险勘探中占据主导地位。当前海洋油气勘探程度仍然较低,资源潜力巨大,深水领域更是前景广阔^[1-2]。中国作为油气生产与消费大国,加强海外油气勘探力度是保障中国油气战略安全的重要途径之一。在国际各大油公司加快进军、深耕深水领域的背景下,利用标普全球、睿咨得等商业数据库及各油公司的公

开信息,通过对全球深水油气勘探形势进行分析,结合多年对全球地质与资源评价形成的理论认识,提出海外深水油气勘探业务发展建议,以期对中国油公司海外深水勘探的发展有所裨益。

1 全球海洋油气勘探发展历程

历经一个多世纪的发展,海洋油气勘探已从浅水(水深 0~500 m)走向了深水(水深 500~1 500 m)、超深水(水深大于 1 500 m)领域。通过对新增油气储量增长变化过程分析,将全球海洋油气勘探发展过程划分为以下 3 个阶段(见图 1)。

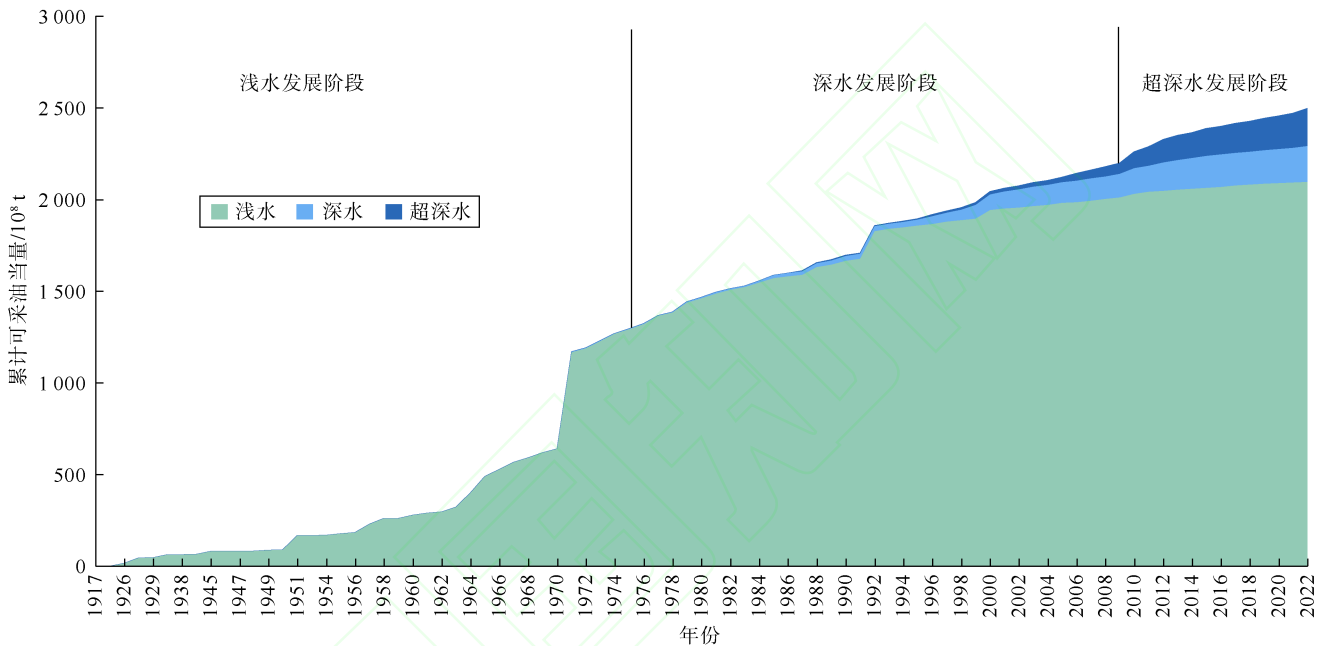


图 1 全球海洋勘探发展历程及阶段划分图

1.1 浅水发展阶段 (1917—1976 年)

1917 年,在委内瑞拉马拉开波湖发现 Cabimas 油田,该油田所处位置湖水深 4.57 m,为开采水下石油建造了木质结构的钻井平台,这也被认为是世界上第 1 座固定式海洋平台。在 20 世纪 40 年代以前,由于受限于仪器的发展,海洋勘探主要以土木工程技术建造木质结构的平台和人工岛为主,因此海洋作业范围仍以近海和内湖为主,作业水深通常在 20 m 以浅。20 世纪 40—60 年代末,随着焊接技术和钢铁工业的发展,美国在墨西哥湾发现并开发了数十个油气田^[3]。后续又相继出现了坐底式平台、自升式平台、钻井船、半潜式钻井平台等钻井装置,这些装置极大地促进了海洋油气勘探的发展。自 20 世纪 60 年代开始,全球在北海、波斯湾、墨西哥湾、非洲近海、阿拉斯加北坡、黑海以及东南亚各国沿海进行了大量油气勘探作业,

发现了许多海上油气田,但此时的作业水深大多局限在 500 m 以浅的海域,主体仍处于浅水发展阶段。

1.2 深水发展阶段 (1977—2009 年)

世界第 1 个深水油气田是美国于 1968 年在墨西哥湾发现的 Mississippi Canyon Block 0311 气田,作业水深达 701.04 m。但直到 1976 年才有连续的深水油气田被发现。随后的 20 年里,深水油气田发现得越来越多。在该阶段,除墨西哥湾依然保持活跃的勘探活动外,巴西油气勘探也进入深水领域,并在坎波斯盆地深水获得重大发现。墨西哥湾、北海伏令盆地、巴西坎波斯盆地、澳大利亚西北部、非洲下刚果盆地等在该阶段成为深水勘探的重点区域。20 世纪 70 年代发展起来的层序地层学、含油气系统,90 年代的深水沉积等的发展^[4],都为深水油气勘探的发展奠定了坚实的理论基础。同时,三维地震采集技术、旋转导向钻井、浮式

生产储卸油装置、顺应塔、第四代半潜式钻井平台以及张力腿平台的发展，为深水油气勘探的快速发展奠定了技术和装备基础。

1.3 超深水发展阶段（2010年以来）

2010年以来，随着海洋深水油气地质理论等的成熟，深吃水立柱生产平台、第五代半潜式钻井平台、远洋钻井船、智能深水钻井平台等装备的发展，使超深水领域的发展得到极大推动。此阶段超深水新增油气田的个数或储量规模远大于浅水和深水领域，且呈逐年扩大趋势，这与在巴西盐下领域、东非、东地中海等发现的巨型海上油气田密不可分。该阶段全球超深水领域的勘探多集中在墨西哥湾、西非（尼日尔三角洲盆地、下刚果盆地、宽扎盆地盐下、科特迪瓦盆地、塞内加尔盆地等）、巴西（坎波斯盆地等）、东非鲁伍马和坦桑尼亚盆地、圭亚那一苏里南盆地、挪威伏令

盆地、东南亚深水区、中国南海（珠江口盆地、琼东南盆地）、东地中海黎凡特盆地、尼罗河三角洲盆地、巴伦支海、澳大利亚西北陆架等。经过十几年的发展，超深水领域的储量规模仍然处于上升趋势，该领域也成为全球油气勘探和油气增储上产的重要领域之一。

2 全球深水—超深水油气勘探发现特点

截至2023年，全球共发现1372个深水—超深水（以下简称深水）油气田，可采储量合计 408.01×10^8 t油当量，主要位于墨西哥湾、大西洋两岸、东非和北非、黑海和南里海、孟加拉湾、澳大利亚西北大陆架以及南海等地区^[5]（见图2）。近年来，深水勘探持续获得突破，尤其是环非洲、南美洲大西洋、黑海和南里海，成为全球油气增储的重点领域^[2, 6-18]。总体而言，全球深水油气勘探有以下4方面特点。

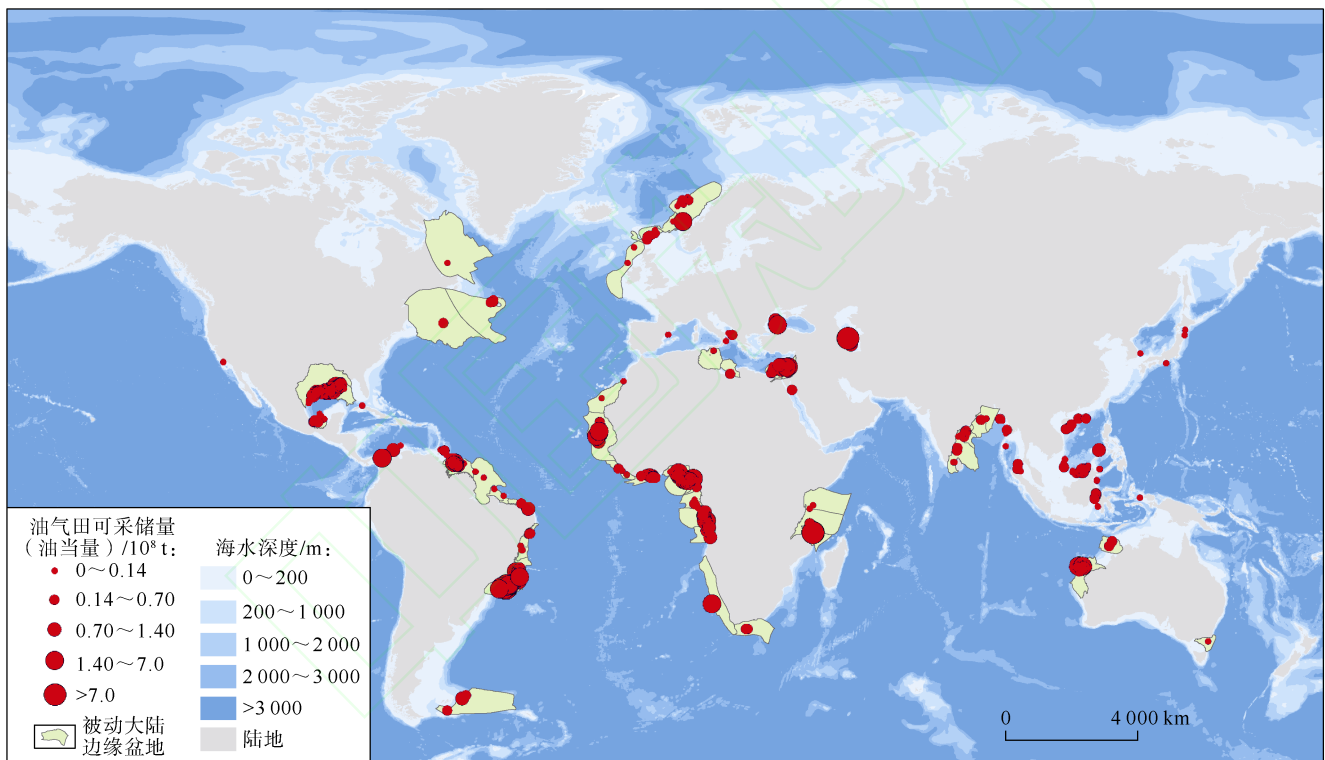


图2 全球深水油气田分布图

2.1 被动大陆边缘盆地深水发现储量最多

全球被动大陆边缘盆地分布范围很广，共发育130个盆地，总沉积面积为 3350×10^4 km²，其中海上面积为 3016×10^4 km²，且近75%位于深水领域，对其勘探开发活动晚于陆上^[14]。截至2023年，在被动陆缘盆地深水共发现油气田1215个，可采储量 369.55×10^8 t油当量（见表1），占深水总储量的90.57%，远高于其他盆地类型。从各大区的被动大陆边缘盆地储量规模来

看，分布极不均衡，环非洲和拉美东部海域处于第1梯队，均为 140×10^8 t油当量左右。

2.2 油气大发现储量贡献最大

截至2023年，油公司在全球深水领域共发现大型油气田121个，占总数的8.89%，油气可采储量合计 252.92×10^8 t油当量，占海上总发现储量的61.99%。1979年，埃克森美孚石油公司在卡纳尔文盆地发现了可采储量达 3370.08×10^8 m³的Scarborough气田，该

表1 全球深水油气田盆地类型和大区分布统计表^[5]

盆地类型	可采储量(油当量)/10 ⁸ t							总计
	非洲	拉美	北美	亚太	中东	欧洲	中亚—俄罗斯	
被动大陆边缘盆地	145.04	137.07	46.07	20.94	10.31	10.12		369.55
弧后盆地		1.21		14.14				15.35
弧前盆地			0.03	0.06				0.09
裂谷盆地	0.52			0	0.27			0.79
前陆盆地		2.68		1.13	6.65	1.64	10.13	22.23
总计	145.56	140.96	46.1	36.27	17.23	11.76	10.13	408.01

发现成为全球首个深水重大突破。1984年,巴西国家石油公司在坎波斯盆地发现了第1个大油田 Albacora, 随后又陆续在该盆地内发现7个大油气田, 可采储量达到 15.59×10^8 t 油当量。1995—2005年期间, 全球深水共计发现大油气田31个, 其中非洲大区17个, 主要分布在西非—中非地区的尼日尔三角洲盆地和中非地区的下刚果盆地; 在此之后, 全球深水勘探重大突破多集中于拉美大区和环非洲地区, 如巴西国家石油公司2006年在桑托斯盆地发现的首个盐下领域大油田 Tupi、科斯莫斯公司于2007年在科特迪瓦盆地发现白垩系砂岩大油田 Jubilee、诺贝尔能源公司于2009年在黎凡特盆地发现中新统砂岩大气田 Tamar、挪威国家石油公司2012年在坦桑尼亚盆地发现白垩系—古近系砂岩大气田 Lavani、意大利埃尼石油公司2015年在埃色托尼盆地发现白垩系生物礁大气田 Zohr, 以及道达尔能源公司于2022年在非洲西南海岸盆地发现白垩系砂岩大油田 Venus。

2.3 岩性油气藏发现越来越多

全球第1个深水油气田为构造油气藏, 在随后的几年陆续发现构造-岩性复合油气藏。近十几年来, 随着超深水沉积理论及地震、钻井等勘探技术的不断进步, 深水—超深水发现以斜坡扇/海底扇气藏为主的岩性圈闭, 其储量规模也在不断增加(见图3)。

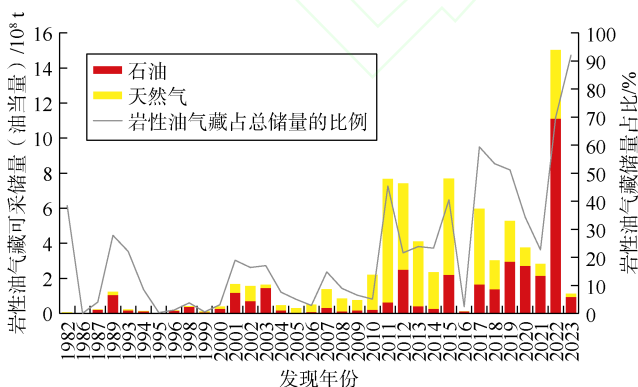


图3 全球深水岩性油气藏储量及占比图

早期的岩性油气藏发现主要位于拉美的坎波斯盆地、桑托斯盆地、舍吉佩—阿拉戈斯盆地以及北美的

墨西哥湾深水盆地。1989年,巴西国家石油公司在坎波斯盆地发现首个岩性圈闭大油气田 Barracuda。随后10年,各油公司又陆续在西非尼日尔三角洲盆地、中非下刚果盆地以及东地中海的爱奥尼亚盆地取得深水岩性油气藏勘探发现。2000年后,巴西海域又有4个盆地获得岩性油气藏发现,包括在坎波斯盆地发现的 Jubarte 大型油气田。2010年以来,油公司在新的盆地相继取得深水岩性油气藏勘探突破,岩性油气藏的储量规模较之前迈上一个台阶(见图3)。在东非海域的鲁伍马盆地,2010—2014年间共发现7个岩性气田,可采储量合计 1.85×10^{12} m³;中大西洋两岸的圭亚那盆地和塞内加尔盆地在2015—2023年间发现的岩性油气藏可采储量高达 17.96×10^8 t 油当量^[5];在南大西洋的奥兰治盆地,道达尔能源公司于2022年在纳米比亚海域下白垩统盆底扇获得巨大成功,此外壳牌公司2022—2023年也在该国海域发现3个岩性油气藏,可采储量合计 8.79×10^8 t 油当量^[5]。

2.4 产层地质时代以中生代为主

深水油气藏的储集层时代统计数据表明(见表2),中—新生界储集层储量占比高达99.98%,其中绝大部分储量来自白垩系、古近系和新近系储集层,可采储量分别为 180.78×10^8 , 74.19×10^8 和 143.87×10^8 t 油当量,占深水总储量的97.76%。通过对已发现油气藏的空间分布(见图2)及年代分布(见表2)特征分析,可以发现其与潘基亚大陆裂解以来的板块构造演化有密切联系。根据 Scotese 等^[19]的板块构造演化历史研判,环大西洋和印度洋周缘中生代一直处于裂谷和被动陆缘等伸展阶段,有利于油气富集。

3 七大国际石油公司深水油气勘探业务特点

以埃克森美孚石油公司、bp、壳牌石油公司、道达尔能源公司、雪佛龙石油公司、挪威国家石油公司、埃尼石油公司为代表的7大国际石油巨头是最早参与深水油气勘探的石油公司^[20-21]。这些公司借助在浅水

表2 全球深水油气田储集层时代和大区分布统计表^[5]

界	系	非洲	拉美	北美	亚太	中东	欧洲	中亚-俄罗斯	总计
新生界	第四系	0.03		0.47	0.23		0.10		0.83
	新近系	51.72	13.58	30.84	18.03	17.23	2.34	10.13	143.87
	古近系	42.95	14.86	10.37	0.66	0	5.35		74.19
中生界	白垩系	50.86	112.52	4.38	9.24		3.78		180.78
	侏罗系			0.02	0.87		0.10		0.99
	三叠系				7.24				7.24
古生界	石炭系						0.07		0.07
	志留系			0.02					0.02
	寒武系						0.02		0.02
总计		145.56	140.96	46.10	36.27	17.23	11.76	10.13	408.01

领域的开发经验，不断向更深的水深进军。经过连续多年经营，7大公司广泛活跃在深水油气勘探开发的各个环节，并发挥引领作用。

3.1 引领深水油气业务发展，积极布局深水勘探区块，重视参与重点地区招投标活动

据统计，在深水勘探领域，1990—2022年全球水深400 m以深的风险探井中，七大国际石油公司直接参与了其中50%的风险探井，并在38%的风险探井中担任作业者，合计74%的勘探发现可采储量与七大国际油公司直接相关，同时有35%的深水油气发现直接归属七大国际油公司。

国际油公司普遍重视深水勘探业务布局，相关收购交易活跃。统计发现，七大油公司均重视参与主要深水资源国的招投标活动。2018—2022年针对美国墨西哥湾、巴西、西非等国家地区组织的深水招标活动中，七大国际油公司均有参与。其中bp在美国获得155个区块、权益面积3 440 km²；埃克森美孚在巴西获得25个区块、权益面积9 346 km²；壳牌公司在巴西获得23个区块、权益面积10 439 km²。

通过深水勘探招投标活动，国际油公司持续在深水风险勘探领域保持领先。埃尼石油公司是国际油公

司中擅长深水油气勘探的重要油公司之一。近年来，该公司注重深水勘探资源的获取，大量获取美国墨西哥湾深水勘探资产，同时注重埃及、安哥拉、加纳等国家的勘探资产获取。1999年，埃尼石油公司进入埃及深水海域后发现了3个深水气田，后续持续参与了埃及海域勘探招标；在获取区块后埃尼石油公司积极开展地质研究，重新采集地震数据，通过精细地震解释建模与探井部署，最终获得了包括Zohr气田在内的多个大发现。整体来看，埃尼石油公司的成功是其长期持续跟踪研究，重视掌握一手数据资料，并对所在盆地区带深耕细作，长期坚持的结果。

3.2 以勘探发现之前招投标早进入为主，发现之后收并购高价进入为辅

统计发现，国际油公司参与深水油气区块多以招投标方式早期进入为主，少数在发现之后通过并购高价进入。早期进入深水油气勘探区块往往可以掌握主导优势，后期引入合作伙伴分担勘探风险。在国际油公司主导的10个深水大项目中，担任作业者的国际油公司普遍在取得发现之前进入区块（见表3），如埃克森美孚石油公司在圭亚那的Stabroek区块，壳牌石油公司于2009年加入，后在2015年退出，随后新的合

表3 国际石油公司主导的10个深水大项目

国际石油公司主导的深水大项目	发现井公司	不同进入时机作业者（公司）			主要合作者进入时机（公司）	
		发现前	发现后	最终投资决定后	发现前	发现后
Starbroke block	埃克森美孚、中国海油、赫斯、	埃克森美孚			中国海油、赫斯	
Gorgon Project	埃克森美孚	雪佛龙			埃克森美孚、壳牌	
Block 58 (Suriname)	阿帕奇公司	道达尔能源			阿帕奇公司	
Leviathan	诺贝尔能源	雪佛龙			Ratio Energies、以色列新地中海能源公司	
Abadi	国际石油开发帝石控股公司	国际石油开发帝石控股公司			壳牌	
Browse	伍德赛德、bp、雪佛龙、壳牌	伍德赛德			壳牌、bp、中国石油	
Yakaar	bp、科斯莫斯	bp			科斯莫斯	
OML 118 (Bonga Fields)	壳牌、埃克森美孚、埃尼、道达尔能源	壳牌			埃克森美孚、埃尼、道达尔能源	
OML 133 (Erha and Bosi)	埃克森美孚、壳牌、bp	埃克森美孚			壳牌	
Ormen Lange	壳牌、艾奎诺、埃克森美孚、bp	壳牌			Norway State DFI、艾奎诺、波兰天然气集团、埃尼	

作伙伴赫斯能源和中海油尼克森石油公司加入, 同年获得大型油气发现。以色列 Leviathan 项目是作业者并购进入的案例, 诺贝尔能源早期进入取得发现后, 受限于后期高额的持续勘探评价投入以及未来的开发投入, 积极出售该项目权益, 随后雪佛龙石油公司通过收购诺贝尔能源公司进入该项目。

3.3 注重深水勘探油气技术积累, 强化深水业务技术供应链合作

技术进步是推动深水业务快速发展的重要推动力。七大油公司普遍在深水油气勘探领域积淀了数十年, 也是在相当长时期浅水勘探开发经验基础上逐渐发展壮大^[14]。回顾全球海域勘探历程, 多数国际油公司在 20 世纪 70 年代浅水勘探开发领域就已初具规模, 到了 20 世纪 90 年代, 国际油公司开始参与深水油气勘探开发, 在本世纪前十年开始超深水油气生产。

国际石油公司不断创造深水油气勘探记录的经验显示, 最大化地利用好各个领域的优质供应商, 并积极构建自己的优选服务合作伙伴, 是这些公司在深水领域做大做强的重要经验。例如, 雪佛龙 Tahiti Spar 项目, 平台上部组块设计由 Mustang Engineering 公司承担, 上部组块与船体整合由 J. Ray McDermott 公司承担, 浮式系统总承包合同由 Technip 承担。与此同时, 一批技术服务和装备公司不断响应国际石油公司的需求, 在深水钻井船、铺管船、水下生产系统等方面不断攻关, 取得了系列技术突破。

3.4 深水勘探业务主导与跟随战略并用, 公司间广泛合作共担风险

国际油公司均有各自的优势深水勘探区域, 如美国墨西哥湾地区壳牌、bp 等石油公司具有较大的优势; 在澳大利亚海域雪佛龙石油公司具有主导优势; 而在非洲地区, 埃尼、道达尔石油公司具有较大优势。在非优势深耕地区, 国际油公司又通常采取跟随战略, 与当地的石油公司、具有优势的国际油公司积极合作。例如, 近年来国际石油公司在巴西地区频繁获取勘探区块, 其中多数区块均与巴西国家石油公司合作。

国际石油巨头之间深水勘探业务的相互合作也是一大显著特点。七大油公司平均 52% 的权益储量是与其他同类公司合作, 其中艾奎诺石油公司最高, 占比达 83%, 雪佛龙、埃尼石油公司均超过 60%, 而埃克森美孚石油公司则接近 50%。

4 全球深水油气地质特征

全球深水油气储集层主要位于被动陆缘盆地, 油

气地质特征基本代表了全球深水的油气地质条件。

4.1 烃源岩

被动陆缘盆地历经 3 个原型盆地的垂向叠加, 每套沉积层系都可能成为优质烃源岩 (见表 4), 加上裂谷前层系, 目前勘探已证实最多可能发育 5 套烃源岩层系: 裂谷期湖相/海相烃源岩、过渡期海相/潟湖相烃源岩、漂移早期海相烃源岩、漂移晚期三角洲相烃源岩和前裂谷期烃源岩。其中裂谷期湖相/海相烃源岩、漂移早期海相烃源岩、漂移晚期三角洲相烃源岩是储量贡献最多的烃源岩^[22]。

裂谷期湖相/海相烃源岩主要分布在断陷型和断拗型两类盆地中, 在无盐 (转换) 拗陷型盆地下部窄裂谷层系中同样发育, 但分布范围有限, 三角洲改造型和反转改造型两类盆地改造前如果属于断陷型或断拗型, 也发育裂谷期烃源岩。

裂谷期湖相烃源岩主要分布于南大西洋两岸被动陆缘盆地, 当时裂谷发生于大陆内部, 类似于现今的东非大裂谷, 近赤道温暖的气候条件、周缘丰富的物源供给以及断陷湖盆封闭的缺氧环境, 使富含藻类的有机质得以保存。这套湖相烃源岩, 是世界级优质的烃源岩之一, 当时分布于南北向陆内断陷湖盆之中, 干酪根以 I、II 型为主。西非加蓬海岸盆地下白垩统 Melania 组烃源岩属于该套湖相烃源岩, 总有机碳含量平均为 6.1%, 最大值为 20.0%, 氯仿沥青 “A” 平均为 0.072%~0.365%, 烃源岩生烃潜力指数平均为 46 t/m²。巴西东海岸各盆地目前发现的原油中有 95% 来自于这套湖相烃源岩, 总有机碳含量主要集中在 5.0%~12.0%, 最大值为 24.5%。

裂谷期海相烃源岩, 主要分布于印度洋周缘、北大西洋及东地中海盆地群, 由于当时裂谷发生于陆地周缘, 易沟通海水形成海相沉积。如西北大陆架早侏罗世到中侏罗世陆内的裂谷阶段, 一直处于古特提斯洋南缘, 在博纳帕特、北卡纳尔文等断陷海盆中形成了富含有机质的泥页岩, 干酪根为 II、III 型, 以生气为主, TOC 值为 2.2%~13.9%, 为大气田的主要烃源岩之一。

漂移早期海相烃源岩, 断陷型被动陆缘盆地之外, 这套烃源岩广泛发育于其他 6 个亚类之中, 主要形成于漂移早期窄大洋海平面上升阶段, 与裂谷期烃源岩不同, 具有在陆坡甚至陆隆环境广泛分布的特点。如墨西哥湾及其周缘系列盆地早侏罗世提塘阶烃源岩为该类型烃源岩, 在洋壳范围之外均有分布, 干酪根为 II 型, TOC 值一般为 0.5%~5.0%, 最高达 16.0%, 氢指

数一般位 200~800 mg/g, 生油为主, 为该领域坳陷型、三角洲改造型、正反转改造型 3 类盆地最重要的烃源岩。

漂移晚期三角洲相烃源岩, 只有在三角洲改造型被动陆缘盆地中才能成熟而有效供烃。如已证实的尼日尔、尼罗河、鲁伍马、下刚果及麦肯锡等 5 个三角洲型盆地中, 已发现油气主要来源于前三角洲泥页岩。以尼日尔三角洲为例, 尼日尔三角洲生油岩总有机碳含量值一般为 0.2%~6.5%, 平均为 2.6%, 页岩生烃潜力 (S_1+S_2) 为 7.5 kg/t, 属好—极好生油岩。

4.2 储盖组合

被动大陆边缘盆地历经 3 个原型盆地垂向叠加, 不但岩相变化快, 导致大油气田储、盖层岩石类型多, 而且纵向多层系发育多套储集层和盖层, 同时储盖组合类型丰富^[22]。

目前已证实大油气田储集层岩石类型多样, 主要包括 3 大类: 河流—三角洲砂岩; 浅水碳酸盐台地高能带上的(微)生物灰岩、生物碎屑鲕粒灰岩; 重力流砂砾岩(碳酸盐岩)。盖层主要包括盐岩、石膏、泥页岩。目前已发现油气可采储量中河流—三角洲砂体、重力流砂砾岩和浅水碳酸盐岩占比分别为 37%, 35%, 28%。

不同类型被动陆缘盆地大油气田储盖组合特点各异(见表 4)。断陷型盆地, 以澳大利亚西北缘为例, 主要发育河流—三角洲砂岩与海侵页岩储盖组合, 既有储盖层均为陆内—陆间裂谷层系本身的自储自盖型组合, 如卡那封盆地—中侏罗统储集层, 其孔隙度为 11%~35%, 渗透率为 $(20\sim 5\ 000)\times 10^{-3}\ \mu\text{m}^2$ 不等; 也有裂谷层系顶部储集层与漂移坳陷期盖层形成的下储上盖型组合, 后者油气富集程度更高, 如布劳斯盆地白垩系储集层, 其孔隙度为 7%~27%, 渗透率为 $(8\sim 1\ 000)\times 10^{-3}\ \mu\text{m}^2$ 不等。无盐断陷型盆地, 以坦桑尼亚滨海盆地为例, 主要发育重力流砂岩与海相页岩储盖组合, 全部位于漂移期坳陷层系之内, 推测下部同样发育断陷型盆地的储盖组合类型。但由于埋藏深勘探难度大, 尚未证实。

含盐断陷型盆地, 以桑托斯盆地为例, 发育两类组合: 陆内—陆间裂谷层系顶部碳酸盐岩和蒸发盐岩储盖组合, 其储集层孔隙度为 5%~25%, 单井油层最大厚度超过 400 m, 上覆盐岩横向展布稳定, 南北向长 650 km, 东西向宽达 380 km, 厚度大, 封盖能力强; 以及漂移坳陷层系内部重力流砂体与海相页岩组合, 浊积砂岩孔隙度为 20%~33%, 渗透率为 $(1\ 000\sim 4\ 000)\times 10^{-3}\ \mu\text{m}^2$, 盖层为白垩系阿普特阶盐岩和古近

系海相泥页岩。无盐(转换)坳陷型盆地, 以科特迪瓦盆地盆地为例, 主要发育坳陷浊积砂体和海相页岩组合, 也有少量碳酸盐岩与海相页岩组合。含盐坳陷型盆地, 以塞内加尔滨海盆地为例, 储盖组合全部位于坳陷层系, 但由于盐岩及碳酸盐岩发育, 储盖组合类型多样, 既有重力流砂体与海相页岩组合, 也有重力流砂体与盐岩组合, 随着勘探程度的提高, 肯定还会发现礁滩体与海相页岩或致密灰岩组合。以主要的中新统浊积砂岩和上白垩统马斯特里赫特阶砂岩为例, 其上白垩统碎屑岩储集层泥岩夹层少, 孔隙度可达 35%, 渗透率可达数百毫达西; 作为潜在储集层的侏罗系—下白垩统碳酸盐岩台地, 其孔隙度较好, 为 10%~23%。三角洲改造型盆地最复杂, 以尼日尔三角洲盆地为例, 储盖组合全部位于漂移晚期三角洲层系, 内环生长断裂带上发育三角洲砂岩与海侵页岩组合, 其他内环塑形底辟带、外环逆冲褶皱带和前渊缓坡带上全部为重力流砂体与海相页岩组合, 其孔隙度为 22%~32%, 渗透率为 $(500\sim 1\ 000)\times 10^{-3}\ \mu\text{m}^2$ 。反转改造型盆地储盖组合与改造前盆地类型完全一致。

4.3 圈闭类型

不同类型被动陆缘盆地的圈闭类型差异很大(见表 4), 特别是在北墨西哥湾这种既有盐岩又发育高建设性三角洲盆地之中, 重力滑脱和塑性底辟作用可以形成有利于油气富集的各种圈闭, 涵盖构造圈闭、岩性圈闭、及构造-岩性复合等 3 大类圈闭。目前勘探结果表明, 构造、岩性及构造-岩性复合等 3 大类圈闭赋存储量占比分别为 39%, 35%, 26%。构造圈闭主要包括背斜、断背斜、断鼻、断块、盐岩穿刺背斜、盐上披覆背斜、盐枕、龟背斜等; 岩性圈闭主要有岩性上倾尖灭、透镜体等; 构造-岩性复合圈闭指构造和岩性共同影响形成的圈闭^[22]。

不同类型被动陆缘盆地的圈闭类型具体可表现为, 断陷型被动陆缘盆地中, 圈闭类型除了与裂谷盆地相似发育滚动背斜、断块等构造圈闭之外, 陆间裂谷期强烈岩浆活动导致热隆升, 形成区域性不整合, 与不整合相关的构造-地层圈闭明显增多。

无盐断陷型盆地中, 由于坳陷层系沉积厚度大, 目前钻井一般只揭示了坳陷层系的成藏组合, 因此除了关注与深水重力流砂体相关的岩性及断层-岩性复合圈闭之外, 还应当关注下部未钻遇的裂谷层系中与断陷型盆地类似的构造及构造-地层圈闭。

含盐断陷型盆地中, 大油气田主要富集在盐下披覆背斜碳酸盐岩内, 盐上主要富集在与重力流砂体相

表4 全球不同类型被动大陆边缘盆地深水油气地质特征^[22]

被动大陆边缘盆地类型	典型盆地	主力烃源岩特征	主力储集层特征	盖层特征	圈闭类型
正反转改造型	黎凡特盆地	渐新统一中新统海相泥岩, II型, TOC为0.5%~1.5%, HI为300 mg/g, S ₂ 为2 mg/g	渐新统一中新统 Tamar 组盆底扇沉积砂岩, 储集层净厚度可达140 m, 平均孔隙度为25%, 渗透率为 $1\ 000\times 10^{-3}\ \mu\text{m}^2$	墨西哥盐岩	构造圈闭, 构造-岩性复合圈闭
三角洲改造型	尼日尔三角洲	中/上新统(三角洲层系)前三角洲相页岩, II/III型, TOC为0.2%~4.0%, HI为55~350 mg/g, S ₂ 为5~20 mg/g, 厚超3 000 m	古近系一新近系砂岩, 孔隙度一般为22%~32%, 最大可达40%, 平均25%, 渗透率为 $(500\sim 1\ 000)\times 10^{-3}\ \mu\text{m}^2$	阿格巴达组页岩, 厚度为17~270 m	构造圈闭
含盐拗陷型	塞内加尔盆地	上白垩统(拗陷层系)深海相泥岩, II型, TOC为1.3%~8.7%, HI为300~700 mg/g, S ₂ 为3~75 mg/g, 厚300~700 m	上白垩统碎屑岩储集层孔隙度可达35%, 渗透率可达数百毫达西; 侏罗系一下白垩统碳酸盐岩台地储集层孔隙度为10%~23%	上白垩统土伦阶和中新统海相页岩	滚动背斜、断块和盐构造, 以及岩性圈闭
	斯科舍盆地	上侏罗(拗陷层系)深海相泥岩, II/III型, TOC为0.5%~4.0%, R ₀ 为0.8%, HI为150~400 mg/g, S ₂ 为3~5 mg/g, 厚150~1 000 m	主力储集层为上侏罗统至下白垩统的米克美克组和密西所加组砂岩, 孔隙度为4.8%~20.0%, 渗透率 $(0.01\sim 200)\times 10^{-3}\ \mu\text{m}^2$	米克美克组、密西所加组和罗根峡谷组的隔层横向连续的海相和前三三角洲相页岩	断层-岩性复合圈闭
无盐拗陷型	科特迪瓦盆地	下白垩统(拗陷层系)深海相页岩, II/III型, TOC为0.5%~3.7%, R ₀ 为2.1%, HI为21~331 mg/g, S ₂ 为2~50 mg/g, 厚700 m	下白垩统阿普特阶—阿尔布阶砂岩, 孔隙度17%~22%, 渗透率达 $2\ 000\times 10^{-3}\ \mu\text{m}^2$; 上白垩统土伦阶—塞诺曼阶下部油积砂岩, 孔隙度19%~21%, 渗透率 $(200\sim 500)\times 10^{-3}\ \mu\text{m}^2$	上白垩统、下白垩统页岩	上白垩统以构造-岩性圈闭为主; 下白垩统以断块、背斜和构造-岩性圈闭为主
	刚果盆地	盐上(拗陷层系上白垩统)浅海相页岩, II型, TOC为4.6%, R ₀ 为1.4%, HI为571 mg/g, 厚400 m 盐下(裂谷层系下白垩统)湖相泥岩, I/II型, TOC为7%, R ₀ 为1%~2.4%, HI为110~890 mg/g, S ₂ 为13 mg/g, 厚70~1 800 m	下白垩统阿普特阶顶部—阿尔布阶白云岩、石灰岩、砂岩, 渐新统一上新统砂岩 下白垩统 Lucula 组砂岩, 孔隙度30%, 渗透率 $700\times 10^{-3}\ \mu\text{m}^2$; 巴雷姆阶 Toca 组灰岩, 孔隙度16%~20%, 渗透率 $600\times 10^{-3}\ \mu\text{m}^2$	阿尔布阶页岩、土伦阶厚层海相页岩 下白垩统泥岩、盐岩	构造圈闭和岩性圈闭
含盐断拗型	桑托斯盆地	盐上(拗陷层系上白垩统)深海相泥岩, II/III型, TOC为0.2%~2.5%, R ₀ 为0.5%~0.8%, HI为30~295 mg/g, S ₂ 为3.0~12.9 mg/g, 厚200~1 000 m 盐下(裂谷层系下白垩统)湖相泥岩, I/II型, TOC为2%~6%, HI为900 mg/g, 厚度小于1 500 m	上白垩统油积砂岩, 孔隙度一般为20%~33%, 渗透率为 $(1\ 000\sim 4\ 000)\times 10^{-3}\ \mu\text{m}^2$ 下白垩统碳酸盐岩储集层, 孔隙度为5%~25%, 平均为16%, 渗透率为 $(1\sim 2\ 000)\times 10^{-3}\ \mu\text{m}^2$	上白垩统深海相泥页岩 上白垩统蒸发盐岩	岩性圈闭 构造-地层复合圈闭
无盐断拗型	坦桑尼亚盆地	拗陷层系下白垩统海相页岩, III型, TOC为1.78%~12.2%, R ₀ 为1.2%, HI为129 mg/g 裂谷层系侏罗系浅海相页岩, II/III型, TOC为0.3%~10%, 未成熟—过成熟, HI为40~1 000 mg/g	古新统一中新统砂岩、白垩系砂岩, 平均渗透率为 $40\times 10^{-3}\ \mu\text{m}^2$, 孔隙度为10%~30%, 平均为23%	古近系一新近系海相泥页岩与上白垩统 Ruaruke 组页岩	构造圈闭和地层圈闭
断陷型	卡那封盆地	侏罗系(裂谷层系)海相泥岩, II/III型, TOC为2.2%~13.9%, R ₀ 为0.6%~1.6%, HI为100~600 mg/g, S ₂ 为9~11 mg/g, 厚800 m	中一下侏罗统储集层, 孔隙度在11%~35%, 渗透率为 $(20\sim 5\ 000)\times 10^{-3}\ \mu\text{m}^2$	侏罗系海侵厚层泥岩和下白垩统浅海相页岩	地层-岩性圈闭

关的岩性及断层-岩性复合圈闭中。

无盐(转换)拗陷型盆地中, 油气主要富集在拗陷层系重力流砂体所控制的岩性油气藏中, 而陆内裂谷层系相关构造圈闭和过渡层系相关古隆起上的碳酸盐岩圈闭油气同样有利。

含盐(拉张)拗陷型盆地中, 受盐岩及碳酸盐岩发育影响, 圈闭类型比较复杂。与盐构造和重力流砂体相关的复合油气藏和碳酸盐岩台地陡坡下重力流砂体形成的岩性圈闭已被证实两类最重要圈闭类型, 未来还应探索碳酸盐岩台地上礁滩相所形成的地层圈闭。

三角洲改造型盆地圈闭类型最复杂, 不同构造带油气藏类型各异。以尼日尔三角洲盆地为例, 内环生长断裂带上大油气田主要富集在滚动背斜、断背斜、断鼻、断块等构造圈闭中; 中环塑型底辟构造带上, 主要为重力流砂体形成的岩性圈闭; 外环逆冲褶皱带上主要为挤压背斜圈闭; 前渊缓坡带上主要发育重力流水道-扇体系所形成的岩性圈闭。如果盐岩发育, 中环油气藏类型要复杂得多, 除了盐活动形成的次级凹陷中发育重力流砂体相关岩性油气藏外, 还发育与盐构造相关的穿刺背斜、披覆背斜、盐枕、龟背斜等油

气藏类型。

正反转改造型盆地圈闭类型除了与改造前盆地类型有关，还与改造程度相关外。如墨西哥湾西南缘的坦皮特—米萨特拉盆地、维拉克鲁斯盆地及歇斯特盆地靠陆一侧，受挤压构造发生中度反转，以挤压背斜油气藏为主；而向东深水延伸，逐渐转变为处于伸展构造环境，与周边未改造盆地具有相同的圈闭条件。

5 未来有利勘探领域

全球深水油气勘探整体上仍处于勘探程度很低的风险勘探阶段，且具有不平衡的特点^[22-23]，各海域有利勘探领域在盆地地理位置、有利成藏组合、资源规模等方面存在差异。本文基于对全球 1 300 多个深水

油气田发现的统计分析，综合各海域深水油气地质特征与资源潜力，系统梳理了各海域深水未来有利勘探方向。

5.1 大西洋两岸

大西洋两岸是全球深水油气发现数量和储量均最多的海域^[22]，截至 2022 年底，共发现深水油气田 998 个、油气储量 283×10^8 t 油当量，数量和储量占比全球深水发现油气田分别为 73%和 70%（见表 5）^[24]。已发现油气储量前十大盆地包括桑托斯盆地、墨西哥湾深水盆地、坎波斯盆地和尼日尔三角洲盆地等（见图 4）^[24]。多数盆地仍然处于中低勘探程度阶段，资源潜力大。其中，南大西洋两岸相比中大西洋两岸和北大西洋两岸，研究认识和勘探程度更高。

表 5 各海域深水油气田发现基本情况统计

地区	油气田/个	可采储量（油当量）/ 10^8 t	储量占比 ^① /%	大型油气田/个	发现时间	可采储量（油当量）/ 10^8 t	储量占比 ^② /%
大西洋两岸	998	283.00	70	93	1984—2022	171	60
印度洋周缘	东非海域	30	41.00	10	2010—2013	37	90
	印度洋东缘	154	25.00	6	1971—2006	10	41
北冰洋周缘	1	0.02	0				
西太平洋海岸	112	14.00	3	2	1989、2003	2	12
特提斯域残留洋盆地区	79	43.00	11	11	1999—2021	33	76

注：①各海域已发现深水油气田储量与总深水油气田储量之比；②各海域大型深水油气田储量与各海域已发现深水油气田储量之比

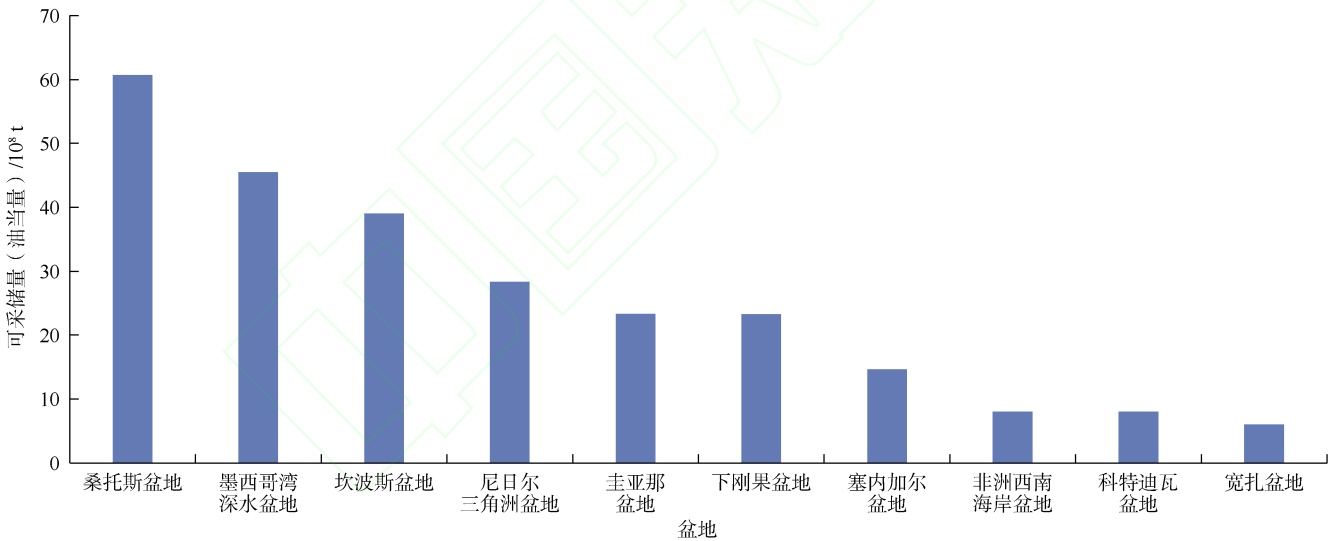


图 4 大西洋两岸深水油田发现储量前十盆地储量统计柱状图

南大西洋两岸盆地类型多样，可细分为南段、中段和北段，油气富集程度差异大。中段主要发育含盐断拗型盆地，油气最为富集，资源潜力最大，桑托斯、坎波斯、宽扎等盆地未来仍然是深水勘探的重点，盐上深水重力流和盐下碳酸盐岩成藏组合具有持续获得大发现的巨大前景^[10, 22]。南段主要发育断陷型盆地，当前深水勘探活动仅限于西南非海域及福克兰岛周缘，已证实下白垩统裂谷层系顶部构造相关圈闭油气

相对富集，未来勘探前景好。此外，2022 年西南非沿海盆地深水首次在下白垩统盆底扇砂岩储集层获得 Venus 和 Graff 两个大型发现^[25]，揭示出新的勘探领域巨大勘探前景。北段主要发育无盐拗陷型盆地，相比中段和南段勘探程度最低。由于该类盆地裂谷层系分布范围相对窄，漂移期上白垩统水道-扇体沉积体系应是首选有利勘探目标，未来有利勘探方向包括科特迪瓦、贝宁、圭亚那滨海、苏里南及法属圭亚那滨海等

盆地。中大西洋两岸主要发育含盐拗陷型被动大陆边缘盆地,两岸盆地具有比较相似的油气成藏条件,该区域除了墨西哥湾外,勘探程度整体较低,深水区钻井数量少且绝大部分位于陆架区域。类比研究表明,中大西洋两岸盆地拗陷早期侏罗纪—早白垩世碳酸盐台地发育,晚期晚白垩世以来沿碳酸盐台地陡坡带前缘海底扇十分发育,推测勘探潜力最好的是白垩系海底扇、古近系—新近系岩性等成藏组合;另外,侏罗系—白垩系碳酸盐岩有利相带也是未来有利勘探目标。北大西洋两岸主要发育断陷型被动大陆边缘盆地,东海岸的伏令盆地、摩尔盆地、法罗—西设得兰盆地、西西岛盆地已发现 43 个深水油气田,发现油气可采储量 6.5×10^8 t 油当量,而西海岸深水区漂移拗陷期海相泥页岩盖层普遍发育,尤其是格林兰东海岸的侏罗系—白垩系断块构造及构造-岩性成藏组合勘探前景好。

5.2 印度洋周缘

印度洋周缘的深水油气勘探在 1971 年至 2010 年以前主要分布在东缘的印度海域和澳大利亚西北大陆架,期间共获得 6 个大型深水油气田发现,再之后勘探新发现以小型油气田为主,而西缘的东非海域在此期间勘探活动很少。2010 年,东非鲁伍马盆地深水发现了 Prosperidade 巨型气田,此后在东非海域的肯尼亚、坦桑尼亚、莫桑比克 3 国深水海域共发现天然气田 30 个,发现天然气可采储量 41×10^8 t 油当量,其中发现大型天然气田 11 个,可采储量 37×10^8 t 油当量^[24],东非海域成为一个新兴的深水天然气发现富集区和未来引领天然气储量增长的重要新兴领域。

东非海域位于印度洋西缘,发育断陷型、无盐断拗型和三角洲改造型 3 类被动大陆边缘盆地,海域深水仍处于极低勘探阶段^[22],目前深水油气发现主要集中在鲁伍马盆地和坦桑尼亚盆地^[23],深水重力流水道-斜坡扇体系油气富集程度最高。索马里盆地、穆伦达瓦盆地和马任加盆地 3 个盆地属于断陷型被动大陆边缘盆地类型,目前尚未获得勘探突破,其裂谷层序构造圈闭是主要的有利勘探目标^[22];同时,马任加盆地由于侏罗系盐岩发育,海域深水方向除了盐下裂谷系的构造成藏组合外,碳酸盐岩礁滩体也值得关注。坦桑尼亚盆地属于无盐断拗型被动大陆边缘盆地,其裂谷层序构造圈闭及拗陷层系与重力流砂体相关圈闭均为有利勘探目标。海上位于南北向扭动构造带上的构造-岩性复合圈闭已被钻井证实油气富集,下一步勘探目标是上斜坡及下斜坡上的岩性圈闭,兼顾过渡期碳

酸盐岩礁体^[22]。三角洲改造型被动大陆边缘盆地包括鲁伍马盆地、拉穆盆地和莫桑比克滨海盆地,其 4 大环状带均为有利勘探目标。鲁伍马盆地深水、超深水油气勘探程度相对较高,发现了前渊重力流砂体富气带,未来勘探风险小,是获得增储上产的可靠领域;同时,外环逆冲褶皱带也有大气田发现,未来尚有勘探潜力。拉穆盆地海上古新统一中新统拉穆三角洲,研究推测在其北部能够形成深水 4 大环状油气富集带^[22]。莫桑比克滨海盆地尤其是其北部海上最大沉积厚度达 12 000 m,与西非尼日尔三角洲盆地相当,未来深水三角洲及前渊重力流砂体是最有利勘探方向。

5.3 北冰洋周缘

北冰洋周缘以发育断陷型被动大陆边缘盆地为主,受极地自然条件恶劣、归属等原因,盆地勘探程度和研究程度都非常低。已发现油气主要分布在东巴伦支海盆地、巴伦支海台地盆地和斯沃德鲁普盆地,目前仅在斯沃德鲁普盆地发现 1 个小型深水油气田^[24]。北冰洋周缘深水盆地油气资源丰富,预测待发现油气资源量超过 300×10^8 t 油当量^[26]。区域地质研究表明^[22, 27-31],该地区从晚古生代到晚白垩世发育弧后伸展—弧后前陆系列盆地,晚白垩世开始进入属于被动大陆边缘盆地发育的裂谷-过渡-漂移拗陷演化阶段,纵向上多套有利烃源岩被裂谷期断裂沟通,与裂谷期大型构造圈闭形成良好配置,易形成大型油气藏,勘探潜力大。未来东巴伦支海盆地、巴伦支海台地盆地以及喀拉海的侏罗系—新近系成藏组合勘探前景值得重点关注。

6 海外油气勘探业务发展建议

全球海域勘探程度低,待发现资源约占全球总量的 43%。本文基于近年跟踪研究,提出了如下几点加强深水勘探类新项目开发的建议。

6.1 拓宽多用户地震资料获取渠道,提高深水勘探科学选区水平

目前海外新项目深水评价研究主要基于公开文献、商业数据库等二手资料的分析与类比,缺乏一手资料,尤其是地震数据支撑。而国际七大石油公司,则是通过研读多用户地震数据对招标区块进行初选,然后购买地震数据开展详评,每年仅海上多用户地震数据研读费为 300~500 万美元,购买地震数据的费用则多达 5 000 万美元。中国油公司在与国际石油公司的新项目合作中如欲摆脱跟随评价的被动局面,需积极拓宽多用户地震资料获取渠道,开设每年用于订购多用户地震的风险勘探基金,同时加强与多用户地震采

集公司如 TGS、ION 等的合作，建立按需研读资料的合作机制，提高深水超前选区的针对性和时效性，为科学优选与评价提供一手资料。

6.2 加大南大西洋两岸、东非和北极等重点领域深水勘探开发项目获取力度，加快全球深水油气业务布局
全球深海大油气田形成条件优越，勘探程度低、潜力大，已经成为全球油气大发现的主战场，因此不断拓展深水油气勘探业务是必然选择。中国油公司应超前布局深水领域，以南大西洋两岸、东非海域和极地西岸 3 大深水领域为重点，加大勘探开发区块获取力度。

南大西洋两岸巴西、圭亚那、苏里南以及南非等地近年来持续获得勘探发现，目前已证实盐下碳酸盐岩和盐上深水斜坡扇两套成藏组合，尤其是前者单体储量规模大，单井产量高。巴西国家石油管理局(ANP) 2023 年公布了新的区块合同和招标管理办法，宣布对海上 10 个盆地 561 个区块进行永久性招标，对于上述区块不限制投标时间。另外阿根廷、苏里南等国也将进行新的海域区块招标，阿根廷具备与其国家石油公司 YPF 合作提前进入的议标机会。东非海域发育鲁伍马、莫桑比克和索马里 3 个被动大陆边缘盆地，鲁伍马盆地勘探程度最高，已发现可采储量高达 $4.28 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 的海底扇群，其他两个盆地油气地质条件与鲁伍马盆地基本相似，尚无钻井，但勘探潜力大。建议加大上述区域深水区块获取力度，通过勘探项目的进入，以最低成本快速进入全球为数不多的前沿大盆地，为深水油气业务发展夯实资源基础。

6.3 采取多种方式进入深水勘探区域，灵活进退勘探区块

国际石油公司早在 40 年前就开始涉足境外海洋油气业务，其业务布局范围十分广泛，在前沿勘探领域、热点地区均有布局，从进入方式及策略来看主要通过议标、竞标、参股等多种方式批量获取勘探区块，其中以投标方式进入的区块占比达 60.3%，是区块进入的主要方式。获取勘探区块后，勘探成效不及预期便会适时退出勘探区块，进退灵活是国际石油公司开展跨国勘探的普遍做法。尤其是在大西洋两岸、东非、北非海域，国际石油公司自 20 世纪 70 年代以来大量获取区块，在大部分地区未能取得勘探突破后退出。其退出原因除油气地质条件差外，还包括受到地震资料品质、砂体识别技术、地质认识等条件限制的原因，待地质认识和勘探、开发技术获得突破后在满足公司发展战略的情况下亦可重新进入之前退出的区块，如

埃克森美孚公司重返圭亚那盆地、埃尼公司重返科特迪瓦盆地便是很好的例证。

6.4 以大权益获取区块，采用“双勘探模式”经营

从经营策略上看，国际油公司大多采用大权益(35%~100%)进入，发现后采用“双勘探模式”进行经营管理，出售部分股份，快速回收成本，首油/气前就可取得良好的经济效益。如埃尼公司在环非洲地区主要通过招标获取深水区块 74 个，面积 $38 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，在埃及深水发现 Zohr 大气田后，转让 50%权益并保留 50%权益进行开发，不仅快速收回了勘探期约 3 亿美元的投入，还实现净利润 27 亿美元，成为“双勘探”模式的典范。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实现良好经济效益。

6.5 加强与深水技术领先国际油公司的资产交易合作，提高技术水平和区块储备

目前，全球深水勘探处于领先地位的油公司中，既有埃尼、壳牌和挪威国家石油等石油巨头，也有塔洛石油公司、诺贝尔能源、欧菲尔能源公司等中小型独立石油公司，还有以巴西国家石油公司、马来西亚国家石油公司等为代表的国家石油公司。可以通过资产互换的方式，进入其勘探潜力大的已发现区块，也可以支付历史勘探成本的方式进入其未钻探的潜力区块，另外还可效仿壳牌石油公司并购 bp 的案例，收购欧菲尔能源公司、科博尔特能源公司等资金紧张且股价低位震荡的小型独立石油公司。通过上述运作，可以快速提高深水勘探开发区块的技术水平和储备，推动海上业务提速发展。

6.6 提升商务运作能力，逐步实现“非作业者”向“作业者”转变

区块作业者拥有勘探话语权和灵活的商务运作空间，有利于实现勘探创效。中国 3 大油公司 2005 年开始涉足深水油气业务，先后在澳大利亚、缅甸及巴西等 14 个国家获取 32 个勘探开发项目，在一些深水项目的运作中初见成效，如安哥拉和圭亚那项目实现快速增储上产，巴西 Libra 项目评价勘探效果显著、阿拉姆项目大型风险勘探亮点突出，但这些项目均以非作业者、小权益为主，不利于提高深水作业水平和勘探创效。建议提升商务运作能力，借鉴国际油公司雇用专业化工程技术服务公司实施海洋勘探开发工程作业的模式，与 CGG、TGS、PGS 等多用户地球物理公司和 Transocean、Stena Drilling 和 Noble Drilling 3 大油服公司合作，在深水勘探作业的组织管理、商务运作、工程技术、人才队伍建设方面不断进步，逐步实现“非

作业者”向“作业者”转变。

7 结论

基于油气新增储量变化过程,全球海洋油气勘探可以明显划分为3个阶段:浅水发展阶段(1917—1976年)、深水发展阶段(1977—2009年)以及超深水发展阶段(2010年以来);深水领域是当前全球油气勘探与油气增储上产最重要的领域,主要分布在墨西哥湾、大西洋两岸、东非和北非、黑海和南里海、孟加拉湾、澳大利亚西北陆架以及南海等地区;同时被动大陆边缘盆地是深水领域大发现储量和新增储量的最重要来源,油气多发现于中—新生界岩性油气藏中。

七大国际石油公司广泛活跃在深水油气勘探、开发的各个环节,引领全球深水领域油气业务的发展。其深水战略包括:①引领深水油气业务发展,积极布局深水勘探区块,重视参与重点地区招投标;②以勘探发现之前招投标早进入为主,发现之后收并购高价进入为辅;③注重深水油气勘探技术积累,强化深水业务技术供应链合作;④深水勘探业务主导与跟随战略并用,公司间广泛合作共担风险。

未来世界有利的深水勘探领域主要集中在大西洋两岸、印度洋周缘以及北冰洋周缘。深水领域作为全球战略布局的重点,提出以下海外油气勘探业务发展建议:①拓宽多用户地震资料获取渠道,提高深水勘探科学选区水平;②加大南大西洋两岸、东非和北极等重点领域深水勘探开发项目获取力度,加快全球深水油气业务布局;③采取多种方式进入,灵活进退区块;④以大权益获取区块,采用“双勘探模式”经营;⑤加强与深水技术领先国际油公司的资产交易合作,提高技术水平和区块储备;⑥提升商务运作能力,逐步实现“非作业者”向“作业者”转变。

参考文献:

- [1] 周守为,李清平,朱海山,等.海洋能源勘探开发技术现状与展望[J].中国工程科学,2016,18(2):19-31.
ZHOU Shouwei, LI Qingping, ZHU Haishan, et al. The current state and future of offshore energy exploration and development technology[J]. Strategic Study of CAE, 2016, 18(2): 19-31.
- [2] 张功成,屈红军,赵冲,等.全球深水油气勘探40年大发现及未来勘探前景[J].天然气地球科学,2017,28(10):1447-1477.
ZHANG Gongcheng, QU Hongjun, ZHAO Chong, et al. Giant discoveries of oil and gas exploration in global deepwaters in 40 years and the prospect of exploration[J]. Natural Gas Geoscience, 2017, 28(10): 1447-1477.
- [3] 万广峰.巴西深水油气勘探开发实践[M].北京:石油工业出版社,2020.
- WAN Guangfeng. Oil and gas exploration and development practice in deepwater Brazil[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2020.
- [4] 杨智,邹才能,陈建军,等.“进(近)源找油”:油气地质理论创新与重点领域勘探思考[J].石油学报,2021,42(10):1310-1324.
YANG Zhi, ZOU Caineng, CHEN Jianjun, et al. “Exploring petroleum inside or near the source kitchen”: Innovations in petroleum geology theory and reflections on hydrocarbon exploration in key fields[J]. Acta Petrolei Sinica, 2021, 42(10): 1310-1324.
- [5] IHS Markit. HIS energy: EDIN[EB/OL]. (2023-1-1)[2023-7-30].
<https://ihsmarkit.com/index.html>.
- [6] 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.
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.
- [7] 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.
- [8] 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-2022年[M].北京:石油工业出版社,2022.
Research Institute of Petroleum Exploration and Development. Global oil and gas exploration and development situation and company trends (2022)[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2022.
- [9] 窦立荣.埃克森美孚公司大举进入巴西深水领域[J].世界石油工业,2019,26(3):71-73.
DOU Lirong. ExxonMobil enters deep water in Brazil[J]. World Petroleum Industry, 2019, 26(3): 71-73.
- [10] 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.
- [11] 温志新,童晓光,张光亚,等.东非裂谷系盆地群石油地质特征及勘探潜力[J].中国石油勘探,2012,17(4):60-65.
WEN Zhixin, TONG Xiaoguang, ZHANG Guangya, et al. Petroleum geology features and exploration potential of basin group in east African rift system[J]. China Petroleum Exploration, 2012, 17(4): 60-65.
- [12] 温志新,童晓光,张光亚,等.巴西被动大陆边缘盆地群大油气田形成条件[J].西南石油大学学报(自然科学版),2012,34(5):1-9.
WEN Zhixin, TONG Xiaoguang, ZHANG Guangya, et al. Build up conditions of basin group large oil gas field of passive continental margin of Brazil offshore[J]. Journal of Southwest Petroleum University (Science & Technology Edition), 2012, 34(5): 1-9.
- [13] 温志新,万仑坤,吴亚东,等.西非被动大陆边缘盆地大油气田形成条件分段对比[J].新疆石油地质,2013,34(5):607-613.
WEN Zhixin, WAN Lunkun, WU Yadong, et al. Formation conditions and segment correlation of the giant oil-gas fields in passive continental margin basins in west Africa[J]. Xinjiang

- Petroleum Geology, 2013, 34(5): 607-613.
- [14] 温志新, 徐洪, 王兆明, 等. 被动大陆边缘盆地分类及其油气分布规律[J]. 石油勘探与开发, 2016, 43(5): 678-688.
WEN Zhixin, XU Hong, WANG Zhaoming, et al. Classification and hydrocarbon distribution of passive continental margin basins[J]. Petroleum Exploration and Development, 2016, 43(5): 678-688.
- [15] 王作乾, 范子菲, 张兴阳, 等. 2021年全球油气开发现状、形势及启示[J]. 石油勘探与开发, 2022, 49(5): 1045-1060.
WANG Zuoqian, FAN Zifei, ZHANG Xingyang, et al. Status, trends and enlightenment of global oil and gas development in 2021[J]. Petroleum Exploration and Development, 2022, 49(5): 1045-1060.
- [16] 刘小兵, 张光亚, 温志新, 等. 东地中海黎凡特盆地构造特征与油气勘探[J]. 石油勘探与开发, 2017, 44(4): 540-548.
LIU Xiaobing, ZHANG Guangya, WEN Zhixin, et al. Structural characteristics and petroleum exploration of Levant Basin in East Mediterranean[J]. Petroleum Exploration and Development, 2017, 44(4): 540-548.
- [17] 刘小兵, 温志新, 宋成鹏, 等. 跨国油气勘探形势与启示[J]. 中国石油勘探, 2022, 27(6): 1-12.
LIU Xiaobing, WEN Zhixin, SONG Chengpeng, et al. The situation and enlightenment of transnational oil and gas exploration[J]. China Petroleum Exploration, 2022, 27(6): 1-12.
- [18] 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]. 天然气与石油, 2022, 40(4): 75-83.
LIU Xiaobing, DOU Lirong, WAN Lunkun, et al. Business development and inspiration of global deep water exploration and development[J]. Natural Gas and Oil, 2022, 40(4): 75-83.
- [19] SCOTESI C R, MCKERROW W S. Palaeozoic palaeogeography and biogeography[M]. London: Oxford University Press, 1990.
- [20] 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.
- [21] 王建君, 张宁宁, 窦立荣, 等. 国际大石油公司油气上游资产并购的主要特点及启示[J]. 国际石油经济, 2022, 30(11): 100-106.
WANG Jianjun, ZHANG Ningning, DOU Lirong, et al. Analysis of upstream merger and acquisition by international oil companies[J]. International Petroleum Economics, 2022, 30(11): 100-106.
- [22] 温志新, 董晓光, 王兆明, 等. 被动大陆边缘盆地油气地质特征[M]. 北京: 科学出版社, 2019.
WEN Zhixin, TONG Xiaoguang, WANG Zhaoming, et al. Geological characteristics of oil and gas in passive continental margin basins[M]. Beijing: Science Press, 2019.
- [23] 张功成, 冯杨伟, 屈红军. 全球5个深水盆地油气地质特征[J]. 中国石油勘探, 2022, 27(2): 11-26.
ZHANG Gongcheng, FENG Yangwei, QU Hongjun. Characteristics of petroleum geology of global five deep-water basin belts[J]. China Petroleum Exploration, 2022, 27(2): 11-26.
- [24] IHS Markit. IHS energy: EDIN[EB/OL]. (2023-01-01)[2023-6-30].
<https://ihsmarkit.com/index.html>.
- [25] 王大鹏, 孔祥宇, 田琨, 等. 2022全球重大油气发现及2023勘探展望[J]. 世界石油工业, 2023, 30(3): 16-23.
WANG Dapeng, KONG Xiangyu, TIAN Kun, et al. Global major oil and gas discoveries in 2022 and exploration outlook in 2023[J]. World Petroleum Industry, 2023, 30(3): 16-23.
- [26] 李敏, 屈红军, 张功成, 等. 环北极深水盆地群油气地质特征及勘探潜力[J]. 海洋地质前沿, 2011, 27(8): 32-40.
LI Min, QU Hongjun, ZHANG Gongcheng, et al. Hydrocarbon geology in the circum-Arctic deep basins and their exploration potential[J]. Marine Geology Letters, 2011, 27(8): 32-40.
- [27] 贺正军, 张光亚, 王兆明, 等. 俄罗斯远东东北萨哈林盆地油气分布及成藏主控因素[J]. 地学前缘, 2015, 22(1): 291-300.
HE Zhengjun, ZHANG Guangya, WANG Zhaoming, et al. Oil and gas distribution features and main controlling factors of the North Sakhalin Basin, Russian Far East[J]. Earth Science Frontiers, 2015, 22(1): 291-300.
- [28] 王建强, 赵青芳, 梁杰, 等. 海上丝绸之路沿线深水油气资源勘探方向[J]. 地质通报, 2021, 40(2): 219-232.
WANG Jianqiang, ZHAO Qingfang, LIANG Jie, et al. Exploration guide of deepwater oil and gas resources along the Maritime Silk Road[J]. Geological Bulletin of China, 2021, 40(2): 219-232.
- [29] 张功成, 屈红军, 张凤廉, 等. 全球深水油气重大新发现及启示[J]. 石油学报, 2019, 40(1): 1-34.
ZHANG Gongcheng, QU Hongjun, ZHANG Fenglian, et al. Major new discoveries of oil and gas in global deepwaters and enlightenment[J]. Acta Petrolei Sinica, 2019, 40(1): 1-34.
- [30] 张功成, 米立军, 屈红军, 等. 全球深水盆地群分布格局与油气特征[J]. 石油学报, 2011, 32(3): 369-378.
ZHANG Gongcheng, MI Lijun, QU Hongjun, et al. A basic distributional framework of global deepwater basins and hydrocarbon characteristics[J]. Acta Petrolei Sinica, 2011, 32(3): 369-378.
- [31] 温志新, 董晓光, 高华华, 等. 东地中海孤立碳酸盐台地沉积建造与油气成藏[J]. 石油勘探与开发, 2021, 48(2): 279-289.
WEN Zhixin, TONG Xiaoguang, GAO Huahua, et al. Build-ups and hydrocarbon accumulation of the isolated carbonate platforms in the eastern Mediterranean[J]. Petroleum Exploration and Development, 2021, 48(2): 279-289.

第一作者简介: 温志新(1968-), 男, 河北承德人, 博士, 中国石油勘探开发研究院教授级高级工程师, 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

联系作者简介: 王建君(1969-), 男, 浙江慈溪人, 博士, 中国石油勘探开发研究院教授级高级工程师, 主要从事海外油气资产评价研究工作。地址: 北京市海淀区学院路20号, 中国石油勘探开发研究院项目评价研究所, 邮政编码: 100083。E-mail: wangjianjun@petrochina.com.cn

收稿日期: 2023-08-05 修回日期: 2023-08-14

(编辑 黄昌武)