

# 地中海油气富集规律与未来勘探方向

康洪全<sup>1</sup>, 贾怀存<sup>1</sup>, 李明刚<sup>1</sup>, 白博<sup>1</sup>, 文全<sup>2</sup>

1. 中海油研究总院, 北京 100028
2. 大庆油田有限责任公司勘探开发研究院, 大庆 163712

**摘要** 2009年后东地中海地区相继获得了多个大的油气发现,显示该地区油气资源潜力巨大。目前已经在地中海海域的19个盆地中找到了约44.7亿t油当量的油气可采储量,待发现油气近122.8亿t油当量,但资源分布很不均匀。整体上以东地中海最为富集,中地中海次之。大部分油气储量分布在水深小于300 m的近岸浅水区,其次为大于500 m的深水区。地中海海域已发现的油气田中,以大型和特大型油气田居多,主要分布在东地中海,且大多数油气田目前并未采取增产措施,具有进一步挖潜的空间。地中海地区具有非常好的油气勘探潜力,但存在“东西分区,上下分层”的特征。其中,西地中海勘探程度相对较低,未来主要以新区新领域勘探为主,中地中海勘探程度相对较高,以新层系的挖潜为主,而东地中海的深层和新区均有很大的勘探潜力。

**关键词** 海外勘探;油气富集规律;勘探潜力;地中海

## 1 地中海近年油气勘探动态

自2009年以来,在东地中海的黎凡特盆地和尼罗河三角洲陆续发现多个大油气田,地中海成为了近几年新兴的世界油气勘探热点地区之一,众多学者纷纷开始研究地中海及周边未来油气资源潜力和应用前景<sup>[1-10]</sup>。地中海海域油气勘探可以追溯到20世纪40年代,1956年在南特拉昂阿特拉斯(Sud-Tellian Atlas)盆地发现的Gela油气田正式拉开了地中海海域油气勘探的序幕。之后,东地中海的以色列和埃及的油气勘探也逐步开始向地中海海域进军。目前,埃及的尼罗河三角洲(Nile Delta)盆地,以色列的黎凡特(Levantine)盆地,突尼斯的佩拉杰(Pelagian)和意大利的环亚平宁盆地(Peri-Apenninic)均在地中海海域找到了规模上亿桶级的油气田。2009—2011年,美国的Noble公司在东地中海以色列海域的黎凡特盆地相继找到了3个世界级的生物大气田,其中,最大的Leviathan气田2P(Proved+Probable)可采储量为4729亿m<sup>3</sup>。在地中海一系列的重大油气发现,表明该地区油气资源丰富,未来具有较大的勘探潜力和机会。同时,世界跨国油气公司也已经逐步开始关注地中海海域油气勘探。那么,该地区的油气储量究竟在哪些盆地更为富集?未来剩余的勘探潜力还有多大?因此,研究地中海海域盆地的油气资源分布规律和勘探潜力对长期跟踪该地区油气勘探的公司来说具有十分重要的指导意义。同时,地中海处于亚洲和欧洲的结合部,也是中国“一带一路”上的重要节点,对中国长效利用中东和北非的油气资源意义重大。

## 2 地中海海域含油气盆地概况

通过对美国IHS公司的油气勘探开发数据库进行地中海海域盆地信息、油气田资料、钻井和地震等信息统计分析,地中海海域共有78个盆地/一级构造带,目前,共在19个盆地中发现466个油气田(图1、表1)。

在地中海海域已发现油气的盆地中,盆地类型主要为被动大陆边缘盆地和前陆盆地,如:尼罗河三角洲盆地、卡塔尔诺—巴利阿里盆地、德弗拉盆地和佩拉杰盆地等均为被动大陆边缘盆地。黎凡特盆地、西北环亚平宁前渊则为前陆盆地。另外,还有克拉通裂谷盆地和由于大陆的碰撞而形成的褶皱带,如:锡巴里斯—克罗托内盆地则为克拉通裂谷盆地,爱奥尼亚和特拉昂阿特拉斯则为碰撞后形成的褶皱带。

中生代盆地现今残余地层厚度较大,古生代和新生代发育的沉积盆地现今残余地层厚度较薄。德弗拉、佩拉杰和锡巴里斯—克罗托内盆地最老地层为寒武系和奥陶系,但盆地现今残余地层厚度仅为5~8 km。新生代发育的西里西亚—阿达纳盆地、北爱琴海盆地区、东南环亚平宁前渊和锡尔特海域等盆地的现今地层残余厚度范围为7~9 km。而中生代的盆地现今残余地层厚度在10~15 km。如黎凡特和爱奥尼亚盆地现今残余地层厚度均为15 km。

地中海含油气盆地多是早古生代或中生代以来开始接受沉积的盆地,最新的盆地(锡尔特盆地)从中新世才开始接受沉积。早古生代开始发育的盆地现今热流值较大,平均为79~95 mW/m<sup>2</sup>。中生代和新生代的盆地热流值偏低,盆地现

收稿日期:2015-06-30;修回日期:2016-02-01

基金项目:国家科技重大专项(2011ZX05030-001)

作者简介:康洪全,高级工程师,研究方向为石油地质及海外油气勘探,电子信箱:kanghq@cnooc.com.cn;贾怀存(共同第一作者),工程师,研究方向为石油地质与海外战略选区,电子信箱:jiahc2012@sina.com

引用格式:康洪全,贾怀存,李明刚,等.地中海油气富集规律与未来勘探方向[J].科技导报,2016,34(23):120-126;doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2016.23.013

今热流平均值在 24~42 mW/m<sup>2</sup>。值得注意的是,目前已经在 | 这与盆地的较低地温环境密不可分。  
地中海海域的中新生代盆地中找到了规模巨大的生物气田,

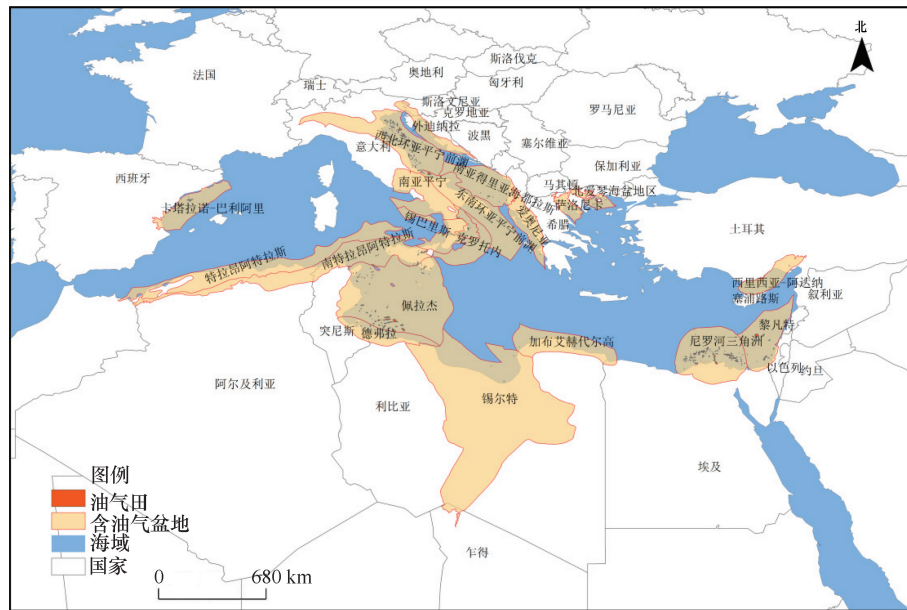


图1 地中海海域中—新生代含油气盆地分布

Fig. 1 Distribution of petroliferous basin in Mediterranean

表1 地中海海域中—新生代主要含油气盆地概况

Table 1 Exploration status of petroliferous basin in Mediterranean

盆地名称	海域面积/km <sup>2</sup>	盆地类型	探井数/口	主要勘探层系
卡塔拉诺—巴利阿里	38895	被动陆缘	140	新近系碳酸盐岩、砂岩
西里西亚—阿达纳	20595	弧后盆地	2	新近系砂岩
德弗拉	21213.7	被动陆缘	25	上白垩—古近系碳酸盐岩
爱奥尼亚	12828.4	碰撞褶皱带	11	上白垩—古近系碳酸盐岩
加布艾赫代尔高	39540.9	前陆盆地	6	上白垩统碳酸盐岩
黎凡特盆地	64915	前陆盆地	61	渐新—中新统砂岩
尼罗河三角洲	80512	被动陆缘	275	新近系砂岩
北爱琴海盆地地区	7284	裂谷盆地	4	中新统砂岩
西北环亚平宁前渊	49704	前陆盆地	635	新近系砂岩
外迪纳拉	9515.6	前陆盆地		侏罗系灰岩
佩拉杰盆地	202196	被动陆缘	348	上白垩统碳酸盐岩,古近系砂岩
萨洛尼卡	5929.2	弧后盆地	4	侏罗—白垩系灰岩,始新统灰岩
东南环亚平宁	55342	前陆盆地	32	上白垩统灰岩,上新统砂岩
锡巴里斯—克罗托内	9641	克拉通裂谷	52	上新统砂岩
锡尔特	68283	裂谷盆地	26	上白垩—古新统砂岩,灰岩
南亚得里亚海—都拉斯	49151	前陆盆地	40	新近系砂岩
南亚平宁	48745	前陆盆地	7	上新统砂岩
南特拉昂—阿特拉斯	46296	前陆盆地	81	渐新统—中新统砂岩
特拉昂阿特拉斯	81829	碰撞褶皱带	8	

### 3 油气资源规模与分布特点

近两年在东地中海的一系列大型整装的世界级生物气田的发现,证明该地区是一个富油气盆地,且油气类型以天然气为主。

截至2012年2月,地中海2P可采油气储量为44.75亿t油当量,以天然气为主。其中,石油和天然气可采储量分别为6.06亿t和43192.8亿m<sup>3</sup>,分别占世界比例0.45%和2.33%,占世界海域油气可采储量的比例分别为0.9%和4.21%<sup>[12-13]</sup>。地中海海域已发现的原油,天然气和凝析油储量比例分别为14%、81%和5%。

在平面上,油气主要富集在东地中海的尼罗河三角洲盆地,2P可采储量为16.35亿t油当量,占地中海海域总油气可

采储量的36.54%。其次为佩拉杰盆地、黎凡特盆地和西北环亚平宁前渊。上述4个盆地油气储量之和占该地区的91%。

地中海油气可采储量大部分分布在水深小于300m的近海水域油气田中,其比例占到地中海海域总可采储量的一半以上(表2)。水深位于300~500m之间油气田的2P可采储量2.2亿t油当量,占5.05%的比例,剩余可采储量1.7亿t油当量。水深大于500m的油气田的可采储量13.28亿t油当量,占地中海海域可采储量的29.67%,剩余可采储量12.45亿t油当量。可见地中海海域油气可采储量主要分布在近岸浅水区和大于500m水深的海域,且后者开采程度还很低。而水深大于500m的油气田主要分布在黎凡特盆地、尼罗河三角洲盆地和南亚得里亚海—都拉斯盆地,其比例占深水区储量的87.67%。

表2 地中海海域油气可采储量与剩余储量分布

Table 2 Recoverable and remaining reserves in Mediterranean (单位:百万吨油当量)

水深/m	2P(Proved+Probable)可采储量				剩余可采储量
	原油	天然气	凝析油	总烃可采储量	
<300	571.8	2159.8	189.8	2921.6	2002.6
300~500	21.8	192.1	12.0	226.0	175.2
>500	12.7	1275.8	39.6	1328.1	1245.0
合计	606.4	3627.8	241.4	4475.6	3422.9

地中海海域油气可采储量规模大,但资源分布很不均匀。按油气2P可采储量规模大小可以划分:1)大于13.26亿t油当量(100亿桶)的盆地只有1个,为尼罗河三角洲盆地;2)大于6.63亿t油当量的盆地2个(不含上述盆地),为佩拉杰盆地和黎凡特盆地;3)大于1.33亿t的盆地只有西北环亚平宁前渊;4)大于0.133亿t的盆地有9个(不含上述盆地),为锡尔特盆地,南特拉昂—阿特拉斯、锡巴里斯—克罗托内盆地、卡塔拉诺—巴利阿里盆地、北爱琴海盆地区,南亚得里亚海都拉斯、加布艾赫代尔高、德弗拉盆地和东南环亚平宁前渊;5)小于0.133亿t的盆地有6个(不含上述盆地),分布在西地中海及直布罗陀海峡一带。可见,地中海海域油气2P可采储量主要分布在东地中海和中地中海,西地中海可采储量相对较少。

从历年新增储量来看,20世纪80年代前后和1996—2004年是地中海海域新增储量平稳期,每年新增储量在1.06亿t油当量。此期间储量的增长主要是靠应用大量的二维地震资料和钻探资料。在2004年之后,伴随着三维地震的大面积采集和处理成果的应用,最近几年是油气储量快速增长期,尤其是2009年和2010年的东地中海黎凡特盆地Tamar气田和Leviathan气田的发现,更使得地中海海域新增储量迅猛。

地中海海域油气剩余可采储量规模大,集中分布在东地中海和中地中海。据IHS(2012年)资料,地中海海域剩余可

采储量34.23亿t油当量,东地中海的尼罗河三角洲盆地剩余储量规模最大,为14.06亿t油当量,占总剩余储量的42.2%。其次为中地中海的佩拉杰盆地和东地中海的黎凡特盆地,所占地中海海域总剩余储量的比例分别为25.13%和20.31%。

地中海海域待发现油气资源规模巨大,主要分布在中地中海和东地中海。东地中海待发现油气资源以天然气为主。根据美国地质调查局最新资料<sup>[14-16]</sup>,东地中海的尼罗河三角洲盆地和黎凡特盆地拥有待发现油气资源分别为61.31亿t油当量和34.3亿t油当量。其中,天然气待发现资源量分别为62507.2亿m<sup>3</sup>和34266.4亿m<sup>3</sup>,占各自盆地的待发现总资源的83.26%和81.58%。中地中海待发现油气资源类型略偏向油。佩拉杰盆地和锡尔特盆地海域待发现油气资源为2.21亿t油当量和3.69亿t油当量,其中石油的比例分别为53%和48%。另外,对于勘探程度较高的中地中海西北环亚平宁前渊,通过油藏规模序列法进行预测<sup>[17-19]</sup>,认为该盆地待发现油气资源为1.34亿t油当量。

### 4 地中海油气勘探与开发状况

截至2012年底,地中海海域共有探井1840口。其中,油井153口,气井512口,油气井138口,干井711口,探井成功率为43.64%。地中海海域大多数盆地属于中低勘探程度盆地。其中,西北环亚平宁前渊和卡塔拉诺—巴利阿里盆地近海海域勘探程度最高,探井密度分别为0.012口/km<sup>2</sup>和0.0036口/km<sup>2</sup>,地

震测网密度分别为 1.88 km/km<sup>2</sup>和 2.12km/km<sup>2</sup>。尼罗河三角洲和佩拉杰盆地近海海域探井密度为 0.0034 口/km<sup>2</sup>和 0.0017 口/km<sup>2</sup>,地震测网密度分别为 0.97 km/km<sup>2</sup>和 1.26 km/km<sup>2</sup>。

在平面上,地中海海域探井主要分布在西北环亚平宁前渊、佩拉杰盆地、尼罗河三角洲盆地,分别占地中海海域探井比例的 34.51%、18.91%和 14.95%。探井成功率达 50% 以上的盆地有 4 个,以尼罗河三角洲盆地最高,为 63.27%,其次为色雷斯—加里波利盆地,北爱琴海区和西北环亚平宁前渊,探井成功率分别为 57.14%、53.33%和 51.65%。从钻井深度和揭示层位来看,地中海海域探井钻井深度主要分布在 1800~3700 m;探井揭示的层位主要为新近系和白垩系地层,占到探井总数的 33.48%和 17.23%。从国家看,地中海海域探井主要分布在意大利,其次为埃及和突尼斯,除塞浦路斯(只有 1 口探井)外,突尼斯的探井成功率最高,为 38.39%(图 2)。

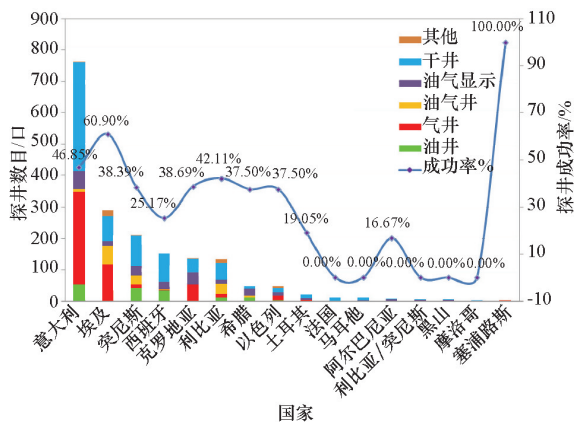


图2 地中海海域探井分布

Fig. 2 Distribution of exploration wells in different countries, in Mediterranean

从历年探井变化分析,地中海海域探井钻探活动可以概括为 3 个阶段:快速上升期(1960—1974 年),钻探高峰平稳期(1975—1985 年)和下降期(1986 年至今)。在钻探最活跃的十年间,该海域每年新增探井约 60 口,1981 年最多达到 96 口。进入 20 世纪 80 年代后期,每年新增探井量快速减少,2010 和 2011 年新增探井分别为 17 口和 13 口,主要分布在东地中海黎凡特盆地和尼罗河三角洲。

地中海海域地震勘探主要集中在东地中海和中地中海,西地中海的西班牙和法国邻接处近海也进行了地震勘探。目前,地中海海域共有二维测线 115.6 万 km,三维地震约 20 万 km<sup>2</sup>。目前地中海海域 51 个盆地有二维地震资料,主要分布在佩拉杰、锡尔特、西北环亚平宁前渊、卡塔尔诺—巴利阿里盆地、尼罗河三角洲盆地、南亚得里亚海—都拉斯、黎凡特盆地、南特拉昂—阿特拉斯、东南环亚平宁前渊和特拉昂—阿特拉斯。上述盆地二维地震资料之和占地中海海域的 75%,其中又以佩拉杰盆地比例最大,为 22.7%。目前,地中海海域有 19 个盆地有三维地震资料,但主要分布在佩拉杰、锡尔特、尼罗河三角洲和黎凡特盆地,4 个盆地占地中海海域三维地震资料的 77%。

地震资料采集高峰期在 1971—1986 年,年采集地震测线 3 万~4 万 km,三维地震测线从 20 世纪 90 年代开始逐步采集。自 1996 年,每年新增地震采集数量又开始逐步增长,但以三维地震资料的采集为主。其中,2010 年,地中海海域采集三维地震近 2 万 km<sup>2</sup>。

在地中海海域已发现的 466 个油气田中,累计产出油气 9.05 亿 t 油当量,其中原油、天然气和凝析油的比例分别为 28.61%、69.69%和 1.7%。近 10 年是该地区油气产量最高期,平均每年油气产量维持在 0.27~0.33 亿 t 油当量(图 3)。

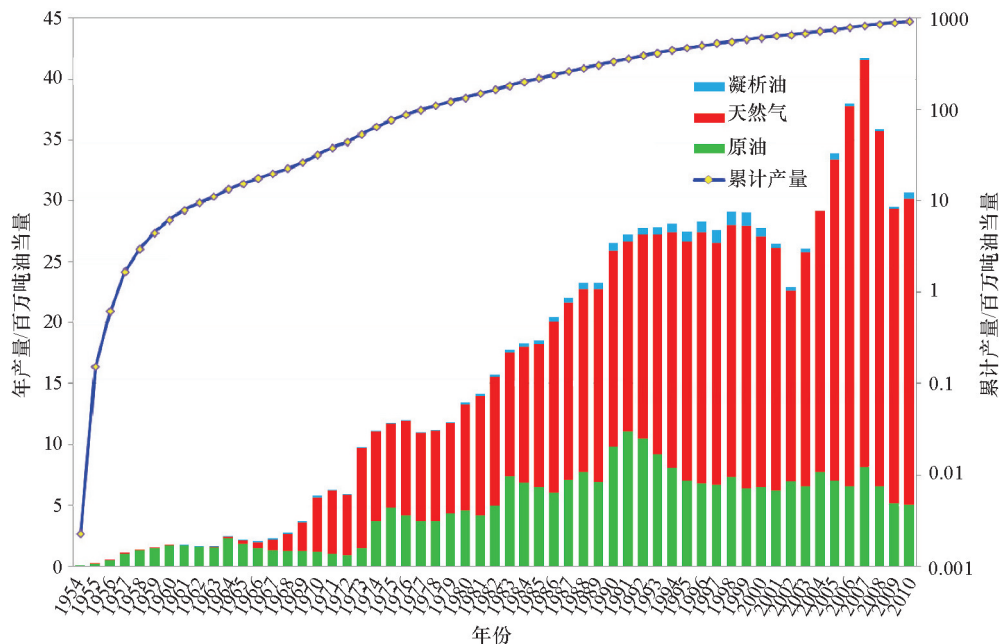


图3 地中海海域历年油气产量变化

Fig. 3 Annual production in Mediterranean

地中海海域已发现的大型和特大型油气田较多,主要分布在尼罗河三角洲盆地,佩拉杰盆地和黎凡特盆地。2P可采储量为0.13~0.66亿t油当量的油气田61个,以尼罗河三角洲盆地最多,为32个,其次为佩拉杰盆地12个,0.66~1.33亿t的油气田9个,1.33~3.32亿t的油气田3个(佩拉杰盆地占2个,东地中海的黎凡特盆地1个),大于3.32亿t的油气田1个,为东地中海黎凡特盆地的Leviathan气田。

地中海海域大部分油气田分布在水深小于300m的近海水域。水深位于300~500m的油气田共有13个,以尼罗河三角洲盆地最多,为6个。水深大于500m的油气田46个,主要分布在黎凡特盆地和尼罗河三角洲盆地,分别为9个和26

个。

从油气田的生产现状来看,目前大部分油气田为在评价阶段,约232个,占海域总油气田的49.79%,表明该地区油气产量在未来还具有很大的上升空间。而已投产的油气田149个,占海域总油气田的31.97%。已经废弃的油气田24个,佩拉杰盆地占6个,卡塔拉诺—巴利阿里盆地和西北环亚平宁盆地各5个。采取过增产措施的油气田只有23个,主要分布在西北环亚平宁盆地和佩拉杰盆地(表3)。

另外,地中海海域2P可采储量和剩余储量主要分布在已投产油气田和在评价的油气田中,占各自比例分别为77%和79%。

表3 地中海海域油气储量与油气田生产现状关系

Table 3 Fields' reserves in different stages

(单位:百万吨油当量)

油气田现状	油气田数	2P(Proved + Probable)可采储量				总剩余储量
		原油	天然气	凝析油	总烃	
已投产	149	230.4	1693.5	156.8	2080.8	1269.8
在评价	232	133.3	1291.7	67.6	1492.6	1449.6
拟投产	38	87.1	575.5	15.4	678.0	658.8
增产措施	23	128.9	63.1	1.6	193.5	37.2
废弃	24	26.8	4.0	0.0	30.7	7.5
总计	466	606.4	3627.8	241.4	4475.6	3422.9

## 5 地中海油气富集规律

地中海处于欧亚、阿拉伯和非洲板块的结合部,多期的构造活动和沉积演化,导致了地中海油气资源分布存在明显的“东西分区、上下分层”特征。

在平面上,东地中海油气勘探程度相对较高,是地中海海域油气富集的地区,且油气资源分布较为集中,中地中海勘探程度最高,但油气资源规模次于东地中海,而西地中海目前勘探程度较低,油气发现规模相对较小。东地中海的油气资源集中分布在埃及的尼罗河三角洲盆地和以色列海域的黎凡特盆地。这两个盆地的油气可采储量之和占整个地中海海域的54%。而同位于东地中海的塞浦路斯海域也在2011年12月份发现了Aphrodite气田,Noble公司初步预计约1960亿m<sup>3</sup>的天然气资源量。中地中海油气储量主要分布在佩拉杰、西北环亚平宁前渊和锡尔特盆地,3个盆地储量之和为17.36亿t油当量,占地中海海域的39.88%。而西地中海仅在卡塔拉诺—巴利阿里盆地找到油气,其2P可采储量为0.42亿t油当量,仅占到地中海海域总可采储量的0.97%。

地中海海域油气富集层位由西地中海向东地中海逐步变新,主力储层埋藏深度逐步变深(图4)。西地中海油气富集层位较老,主要为古新统和下中新统,埋深在1828~2742m。中地中海油气主要富集层位为始新统,其次为上新统。主力储层埋藏深度大部分在1828~2742m。东地中海油气储量主要富集在中新统和上新统砂岩,其中,中新统储层埋深在4570~

5485m,上新统储层埋深在914~2742m。

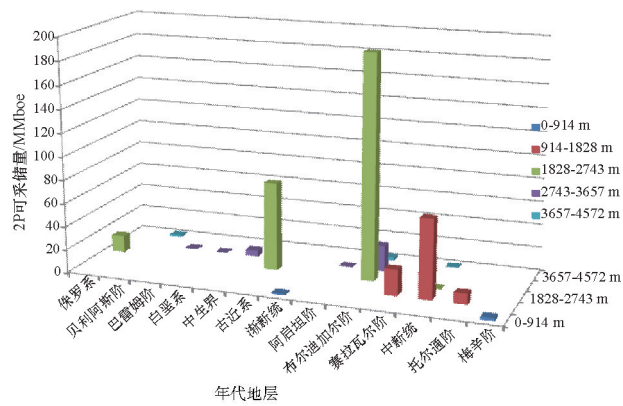
从盆地类型看,地中海海域油气主要分布在被动大陆边缘盆地和前陆盆地。如尼罗河三角洲盆地和佩拉杰盆地的类型均为被动大陆边缘盆地,西北环亚平宁前渊和黎凡特均为前陆盆地。这些盆地油气储量占据了地中海海域油气总储量的绝大多数。

## 6 地中海未来勘探方向

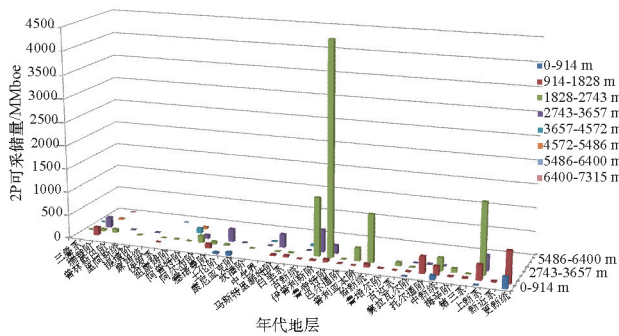
地中海油气资源分布存在明显的不均衡特征,其勘探潜力也存在着东西差异。

中地中海含油气盆地勘探程度最高,目前已发现的油气主要富集在古近系,而新近系将是未来主要的勘探潜力接替区。佩拉杰盆地已经在中新统砂岩和灰岩储层中找到了油气,且储层物性好。其中,砂岩储层孔隙度20%~30%,平均渗透率最大可达1μm<sup>2</sup>。灰岩储层平均孔隙度在13%左右,证明该区域具有较好的勘探潜力,是未来新的勘探突破方向。

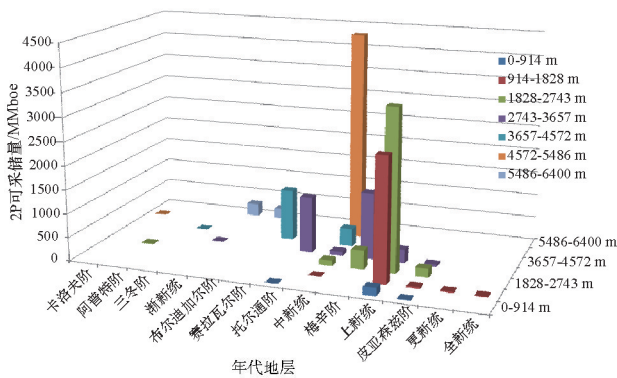
东地中海盆地整体勘探程度不高,其未来油气勘探方向在平面上主要为塞浦路斯海域的新区盆地,纵向上为古近系和上白垩统等深部层系。大洋钻探资料显示塞浦路斯周边海域盆地第四系具有很好的生烃潜力<sup>[20]</sup>。第四系地层以半远洋沉积的黑色泥页岩为主,有机碳含量(TOC)>2%,最大可达27%。全新世沟鞭藻、颗石藻等藻类和细菌类的繁盛,形成了生烃潜力很大的腐泥层。因此,塞浦路斯海域的新区盆地中



(a) 西地中海



(b) 地中海



(c) 东地中海

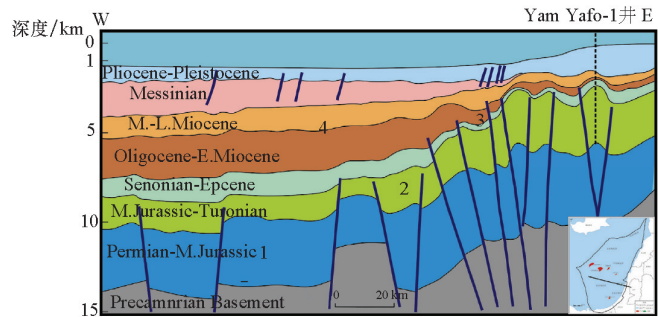
图4 地中海不同油气富集层位的储层埋深

Fig. 4 Buried depth of reservoirs in differential oil and gas enriched layers

新统和上新统将是该地区未来潜力接替区之一。另外,在以色列浅水和陆地证实的中生界烃源岩在黎凡特盆地深水地区埋深大于4 km,表明中生界烃源岩现今也已经成熟(图5)<sup>[21]</sup>,而上覆的上白垩统灰岩和古近系的碎屑岩体系将是未来非常有利的潜力勘探层系。

西地中海待发现油气资源丰富,未来仍然具有一定勘探潜力。尽管西地中海的油气勘探目前主要在西西班牙近海卡塔拉诺—巴利阿里盆地,但根据美国地质调查局(USGS)2000年的资料<sup>[22]</sup>,西地中海 Provence 盆地的盐下层系拥有巨大规模的待发现油气资源。其中,原油51.5百万t油当量,天然气14339亿m<sup>3</sup>和凝析油3亿t,共15.23亿t油当量。可见,西地

中海拥有进一步勘探的潜力,也将是该地区未来油气勘探接力区之一。



1—特提斯裂谷期(晚二叠—中侏罗世);2—被动陆缘期(晚侏罗—早白垩世);3—汇聚挤压期(晚白垩—中新世);4—死海转换断裂活动期(上新世—现今)

图5 黎凡特盆地地质剖面

Fig. 5 Regional geology profile in Levantine Basin (from Michael A. Gardosh, 2009)

## 7 结论

地中海是近几年新兴的世界油气勘探热点地区之一,同时也是未来世界油气勘探的重点接替地区之一。钻井和地震等勘探工作量主要分布在中地中海和东地中海,但盆地整体勘探程度较低。

地中海海域油气资源丰富,探明程度不高,待发现油气资源潜力较大,可达120亿t油当量左右。油气资源富集规律呈现由东地中海最富,西地中海最贫的特点。富集层位由东地中海向西地中海逐步变老,储层埋深变浅。

地中海海域未来油气勘探潜力较为乐观,整体表现为西地中海以新区勘探为主,中地中海以新层系挖潜为主,而东地中海则新区和深部层系均有较大的勘探潜力。

## 参考文献(References)

[1] 赵焜,张光亚,梁涛,等. 2012年世界油气勘探新发现及发展趋势[J]. 天然气地球科学, 2014, 25(1): 39-44.  
Zhao Zhe, Zhang Guangya, Liang Tao, et al. New exploration discovery and development trend of oil/gas exploration around the world in 2012[J]. Natural Gas Geoscience, 2014, 25(1): 39-44

[2] 陈忠民, 万仑坤, 毛凤军, 等. 北非石油地质特征与勘探方向[J]. 地学前缘, 2014, 21(3): 63-71.  
Chen Zhongmin, Wan Lunkun, Mao Fengjun, et al. Petroleum geologic characteristics and exploration orientations in North Africa[J]. Earth Science Frontiers, 2014, 21(3): 63-71.

[3] 汪焰. 北非锡尔特与佩拉杰盆地油气资源潜力分析[J]. 石油实验地质, 2014, 36(4): 459-464.  
Wang Yan. Future exploration directions of Sirte Basin and Pelagian Basin in North Africa[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2014, 36(4): 459-464.

[4] 金春爽, 乔德武, 姜春艳. 国内外深水油气勘探新进展[J]. 海洋地质动态, 2003, 19(10): 20-23.  
Jin Chunshuang, Qiao Dewu, Jiang Chunyan. Advances of oil and gas exploration in worldwide deepwater[J]. Marine Geology Letters, 2003, 19

- (10): 20-23.
- [5] 李江海, 程海艳, 赵星, 等. 残余洋盆的大地构造演化及其油气意义[J]. 地学前缘, 2009, 16(4): 40-51.  
Li Jianghai, Cheng Haiyan, Zhao Xing, et al. Tectonic evolution of remnant oceanic basin and its implication for hydrocarbon[J]. Earth Science Frontiers, 2009, 16(4): 40-51.
- [6] 范玉海, 屈红军, 张功成, 等. 世界主要深水含油气盆地储层特征[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2011, 31(5): 135-145.  
Fan Yuhai, Qu Hongjun, Zhang Gongcheng, et al. Reservoirs in the major oil-gas-bearing deepwater basins of the world and their characteristics[J]. Marine Geology and Quaternary Geology, 2011, 31(5): 135-145.
- [7] 刘增洁. 利比亚油气资源现状及政策回顾[J]. 国土资源情报, 2007(9): 35-38.  
Liu Zengjie. Resources and policy review in Libya[J]. Land and Resources Information, 2007(9): 35-38.
- [8] 田纳新, 陈文学, 霍红, 等. 利比亚锡尔特盆地油气地质特征及有利区带预测[J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(4): 485-490.  
Tian Naxin, Chen Wenxue, Huo Hong, et al. Petroleum geologic characteristics and play prediction in the Sirte Basin, Libya[J]. Oil and Gas Geology, 2008, 29(4): 485-490.
- [9] 万志峰, 夏斌, 蔡周荣, 等. 特提斯构造演化对西北非地区油气成藏的控制作用[J]. 沉积与特提斯地质, 2008, 28(4): 24-27.  
Wan Zhifeng, Xia Bin, Cai Zhourong, et al. Controls of the Tethyan tectonic evolution on the hydrocarbon accumulation in Northwest Africa[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2008, 28(4): 24-27.
- [10] 郭长武, 熊利平, 吴洁. 锡尔特盆地油气成藏条件[J]. 西安石油大学学报: 自然科学版, 2012, 7(2): 17-21.  
Wu Changwu, Xiong Liping, Wu Jie. Research of hydrocarbon accumulation conditions in Sirte Basin[J]. Journal of Xi'an Shiyou University: Natural Science Edition, 2012, 27(2): 17-21.
- [11] 贾怀存. 全球大油气田勘探进展及勘探启示[J]. 科技导报, 2014, 32(8): 76-83.  
Jia Huaicun. Progress and revelation of exploration of large oil and gas fields around the globe[J]. Science & Technology Review, 2014, 32(8): 76-83.
- [12] BP公司. BP世界能源统计年鉴 2011[EB/OL]. 2011-06. www.bp.com/statisticalreview.  
BP company. BP Energy Stats Review 2011[EB/OL]. 2011-06. www.bp.com/statisticalreview.
- [13] 江文荣, 周雯雯, 贾怀存. 世界海洋油气资源勘探潜力及利用前景[J]. 天然气地球科学, 2010, 21(6): 889-995.  
Jiang Wenrong, Zhou Wenwen, Jia Huaicun. Potential of global offshore petroleum resource exploration and utilization prospect[J]. Natural gas geosciences, 2010, 21(6): 889-995.
- [14] Whidden K J, Lewan M, Schenk C J, et al. Assessment of undiscovered oil and gas resources of Libya and Tunisia, 2010[R]. Middleton: U S Geological Survey Fact Sheet, 2011.
- [15] Schenk C J, Kirschbaum M A, Charpentier R R, et al. Assessment of undiscovered oil and gas resources of the Levant Basin Province, Eastern Mediterranean[R]. Middleton: U S Geological Survey Fact Sheet, 2010.
- [16] Mark A Kirschbaum, Christopher J. Schenk, et al. Assessment of Undiscovered Oil and Gas Resources of the Nile Delta Basin Province, Eastern Mediterranean[R]. Middleton: U S Geological Survey Fact Sheet, 2010.
- [17] 解国军, 金之钧, 肖焕钦, 等. 成熟探区未发现油藏规模预测[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(3): 16-18.  
Xie Guojun, Jin Zhijun, Xiao Huanqin, et al. Undiscovered pool sizes prediction of higher exploration degree area[J]. Petroleum Exploration and Development, 2003, 30(3): 16-18.
- [18] 李浩武, 王彦君, 汪斌. 对油田规模序列法应用的一些讨论[J]. 石油天然气学报, 2009, 31(3): 210-216.  
Li Haowu, Wang Yanjun, Wang Bin. A discussion on the application of field size sequence method[J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2009, 31(3): 210-216.
- [19] 姜振学, 庞雄奇, 周心怀, 等. 油气资源评价的多参数约束改进油气田(藏)规模序列法及其应用[J]. 海相油气地质, 2009, 14(3): 53-59.  
Jiang Zhenxue, Pang Xiongqi, Zhou Xinhuai, et al. Multiparameter constrained reservoir size sequential method for petroleum resource estimation and the application[J]. Marine Origin Petroleum Geology, 2009, 14(3): 53-59.
- [20] Ivar A Nijenhuis, Gert J. de Lange. Geochemical constraints on Pliocene sapropel formation in eastern Mediterranean[J]. Marine Geology, 2000, 163(1): 41-63.
- [21] Michael A. Gardosh, Yehezkel Druckman, Binyamin Buchbinder. The late tertiary deep-water siliciclastic system of the levant margin—an emerging play offshore israel[R]. Denver: AAPG Annual Meeting, 2009.
- [22] Mark Pawlewicz. The pre-messinian total petroleum system of the provence basin, Western Mediterranean Sea[R]. Middleton: U S Geological Survey, 2004.

## The accumulation of hydrocarbon resources and the future explorative direction in Mediterranean

KANG Hongquan<sup>1</sup>, JIA Huaicun<sup>1</sup>, LI Minggang<sup>1</sup>, BAI Bo<sup>1</sup>, WEN Quan<sup>2</sup>

1. CNOOC Research Institute, Beijing 100028, China

2. Exploration and Development Research Institute, Daqing Oilfield Co.,Ltd., Daqing 163712, China

**Abstract** The Mediterranean is one of the newly emerging places of petroleum exploration. After 2009, there were a series of discoveries in the Eastern Mediterranean, indicating it is an enriched hydrocarbon area. Up to now, 19 basins were found with about total 4.47 billion tons of oil equivalent. And about 12.8 billions tons of oil equivalent resources remain to be discovered. The petroleum and gas resources are primarily distributed in the Eastern Mediterranean, followed by the Central Mediterranean. Most reserves are located in offshore, with water depth less than 300 m, followed by those in deeper water, with water depth more than 500 m. There are many big fields and gigantic fields in this area, mostly located in the Eastern Mediterranean and are not in enhanced production. There is enormous potential for exploration in the Mediterranean with an obvious difference between the Eastern and Western Mediterranean. The main potential is in the Western Mediterranean. And the Central Mediterranean potential area is primarily in new layers. The Eastern Mediterranean potential areas are both in new layers and in deep layers.

**Keywords** oversea exploration; petroleum accumulation; exploration potential; Mediterranean

(责任编辑 傅雪)