

全球大油气田勘探进展及勘探启示

贾怀存

中海油研究总院, 北京 100027

摘要 250多年的世界油气勘探表明,全球石油和天然气储量主要富集在少数的大型油气田中。2010年发现的Leviathan和Franco等一系列世界级大油气田,更是增强了勘探家对大油气田的勘探信心。研究新增大油气田的分布规律和成藏特征,对未来寻找大油气田更具有实践指导意义。通过搜集2007—2012年间新增的57个大油气田资料,在对新增大油气田分布特征、成藏条件和富集规律的分析基础上,结合典型油气田实例分析,总结了新增大油气田成藏特征和对今后的勘探启示。新增大油气田主要分布在21个盆地,上侏罗—下白垩统页岩是主要烃源岩,下白垩统是大油气田主力富集层位。海底扇和斜坡水道等浊积砂岩是大油气田的有利储集相带。泛特提斯域盆地的中生界和南大西洋两岸盐盆的下白垩统是未来寻找大型油气田的主要场所。

关键词 大油气田;石油地质;油气田勘探;油气田分布

中图分类号 TE122

文献标志码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2014.08.012

Progress and Revelation of Exploration of Large Oil and Gas Fields Around the Globe

JIA Huaicun

CNOOC Research Institute, Beijing 100027, China

Abstract More than 250 years of petroleum exploration indicated that reserves of oil and gas are centralized in a minority of large oil and gas fields. In 2010, some world-class fields have been discovered, such as Leviathan and Franco, enhancing the confidence in discovering large fields. Research of new large fields in terms of distribution and accumulation potential may provide guidance for exploring potential large fields. Databases have been built for the 57 large fields discovered from 2007 to 2012. Based on analysis of the distribution, accumulation conditions and patterns of new large fields, this paper summarizes their accumulation characteristics and revelation to future exploration through instance analysis of typical fields. A majority of new large oil and gas fields are mainly distributed in 21 key basins. The Upper Jurassic-Lower Cretaceous is the major hydrocarbon source rocks, though a majority of reserves are distributed in Lower Cretaceous. Turbidite sandstones of subsea fans and slope channels are the further potential reservoirs for discovering large fields. Mesozoic of pan-Tethyan basins and Lower Cretaceous basins located in both sides of the south Atlantic ocean are the next areas for exploring potential large fields.

Keywords large oil and gas fields; petroleum geology; petroleum exploration; fields distribution

截至2012年底,全球已发现27704个油气田,其中2P(proved+probable)可采储量大于7950万m³的大油气田为965个,占全球油气田总数的3.49%。而大油气田的储量占全球总储量的78.46%,可见绝大多数的油气储量富集在少数的大油气田中。大油气田一直是国内外的油气勘探热点,2010年以来,东地中海Leviathan气田(2P可采储量5040亿m³),巴西

桑托斯盆地的Franco油气田(2P可采储量的油8.59亿m³,气2156亿m³)和扎格罗斯盆地省的Madar 1气田(2P可采储量的气3920亿m³,凝析油1.03亿m³)等一系列世界级大油气田的发现,更是增强了人们对大油气田勘探的信心。

从1753年第1个商业油气田发现到2007年的250年间,全球共发现大油气田908个。2007—2012年,全球又新增57

收稿日期:2013-10-30;修回日期:2013-12-30

基金项目:国家科技重大专项(2011ZX05030-001)

作者简介:贾怀存,工程师,研究方向为海外战略选区与石油地质,电子信箱:jiahc@cnooc.com.cn

引用格式: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.

个,占过去总大油气田发现数量的6.4%。早在20世纪90年代,国内外就开始重视对大油气田分布规律和地质特征的研究^[1-13],但目前国内外还没有针对近5年新增的大油气田开展单独研究。重视新增大油气田的成藏特征研究,对当前寻找新的大油气田具有更为实践的指导意义^[14-23]。本研究采用国际上对大油气田划分的一般标准^[1,4,6,8,13],即:大油田最终2P可采储量为大于7950万m³,大气田为天然气储量大于840亿m³或最终2P可采储量大于7950万m³油当量的大油气田。通过美国IHS公司油气田勘探开发数据库^[24],收集了自2007—2012年新发现的57个大油气田数据,进而分析全球新增大油气田的成藏特征与分布规律,并探讨未来发现大油气田的勘探启示。

1 新增大油气田分布特征

1.1 全球新增油气储量主要分布在大油气田

2007—2012年,全球新发现油气田3533个,其中2P可采

储量大于7950万m³油当量的大油气田57个(表1),浅水区25个,陆地13个,深水区19个。57个大油气田中,油田11个,气田19个,油气田27个。

大油气田是新增油气储量的主要富集区,目前多数处于勘探评价阶段。新增大油气田的油气储量占世界油气储量的42.38%,深水区发现的大油气田2P可采储量约为48.90亿m³,占世界深水油气新发现储量的64%,浅水区新增大油气田的2P可采储量占世界浅水区新增油气储量的47.13%。全球陆地近5年新增加的油气储量中,约有48.45%的储量分布在大油气田中。

全球新增的57个大油气田油气资源类型以天然气为主,天然气储量占58.57%,原油占37.43%。另外,新增大油气田剩余可采储量与总可采储量规模相当,表明这些新增大油气田绝大多数还处在油气藏评价阶段或开发方案论证阶段,并未进行开发。

表1 2007—2012年全球新增油气储量分布特征
Table 1 Composition of new reserves during 2007-2012

油气田规模	油气田数量			储量/亿m ³ 油当量			2P可采储量/亿m ³ 油当量			剩余储量/亿m ³ 油当量		
	陆地	浅水	深水	原油	天然气	凝析油	陆地	浅水	深水	陆地	浅水	深水
中小型	2430	853	193	61.37	64.73	5.47	50.70	61.54	27.57	50.25	61.38	27.55
大型	13	25	19	49.18	76.97	5.26	27.67	54.85	48.90	27.67	54.84	48.87
合计	2443	878	212	110.55	141.70	10.73	78.37	116.39	76.47	77.92	116.22	76.42

1.2 全球新增大油气田分布在21个盆地

从新增大油气田所在盆地看,2007—2012年新增的大油气田分布在21个含油气盆地(图1,图2)。其中,巴西桑托斯盆地新发现的油气田储量规模最大,该盆地新增的10个大油气田总2P可采储量37.41亿m³油当量(原油29.91亿m³,天然

气7686亿m³,凝析油0.23亿m³),占新增大油气田总储量的28.47%,单个油气田平均储量为3.74亿m³油当量。21个盆地中,马来西亚的中央卢科尼亚盆地省(Central Luconia Province)新增大油气田储量规模最小,2P可采储量为7998万m³油当量。其中,天然气840亿m³,凝析油48万m³。

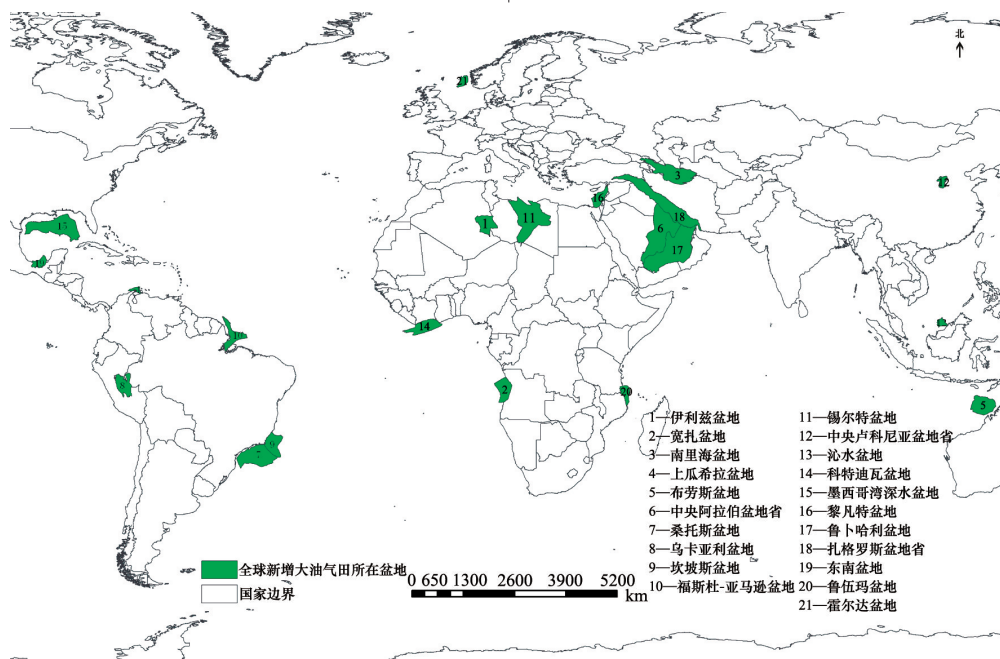


图1 2007—2012年全球新增大油气田所在盆地分布
Fig. 1 Distribution of the new large fields (2007—2012)

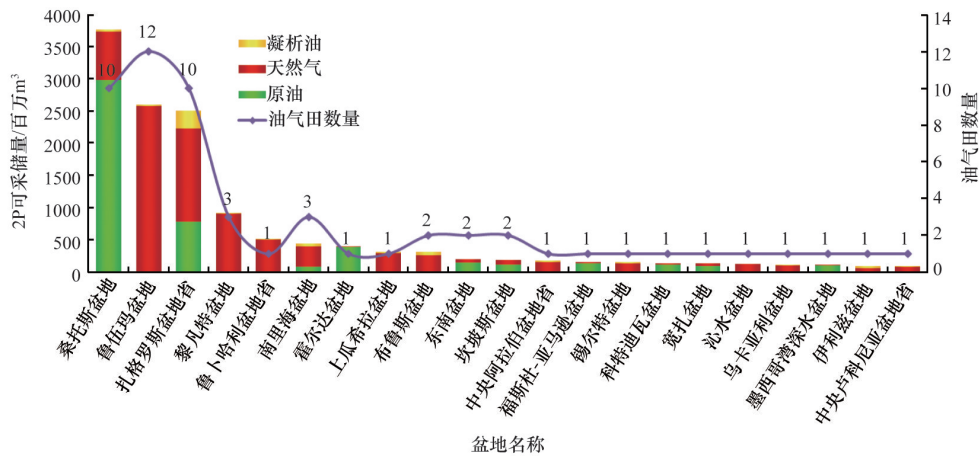


图2 新增大油气田储量及所在盆地

Fig. 2 Reserves of new large fields and their basins

东非莫桑比克的鲁伍玛盆地是新增大油气田数量最多的盆地,为12个,其次为桑托斯盆地和扎格罗斯盆地省,均为10个。南美的上瓜希拉盆地、福斯杜-亚马逊盆地和乌卡亚利盆地,非洲的锡尔特盆地、伊利兹盆地、宽扎盆地和科特迪瓦盆地,中国的沁水盆地均只有1个大油气田发现。

按照盆地内新增大油气田2P可采储量规模划分,可以将21个盆地划分为3类:I类盆地3个(2P可采储量大于15.9亿m³油当量),分别为桑托斯盆地,扎格罗斯盆地省和东非海岸的鲁伍玛盆地;II类盆地9个(1.56亿m³油当量<2P可采储量<15.9亿m³油当量),以中东地区最多,分别为中央阿拉伯盆地省,黎凡特盆地和鲁卜哈利盆地省;III类盆地9个(2P可采储量<1.59亿m³油当量),非洲有4个盆地,分别为锡尔特盆地、宽扎盆地、科特迪瓦盆地和伊利兹盆地。

从盆地类型看,被动大陆边缘盆地新增大油气田最为富集。按照油气富集层系时期划分盆地类型,可将21个盆地归为以下5类:第1类为被动大陆边缘盆地,有10个盆地属于此种类型,油气储量占新增大油气田总储量比例为57.41%;第2类为前陆盆地,共7个盆地,储量比例占35.47%;第3类为裂谷盆地,共2个盆地,储量比例占4.15%,其他两类盆地为走滑拉分盆地和克拉通盆地,储量比例分别为2.33%和0.64%。可见,被动大陆边缘盆地是大油气田最为富集的盆地类型,其次为前陆盆地。

1.3 泛特提斯域和南大西洋两岸是新增大油气田主要发现区

从新增大油气田所在盆地分布看,泛特提斯域和南大西洋两岸是大油气田主要发现区(图1)。从构造意义上讲,特提斯域通常指欧亚大陆南部一条呈近东西向展布的构造域^[25]。泛特提斯域是指在古特提斯和新特提斯洋发生、发展和消亡过程中,产生的一系列相伴生的沉积盆地,是世界重要的油气富集区域之一。在泛特提斯域,古生界的志留系和中生界的白垩系优质烃源岩生成了大量的油气,因此使得该地区不仅在20世纪发现了很多世界级的大油气田,2007年以来,仍

然新找到了许多大油气田。如在扎格罗斯盆地省找到了10个大油气田,最大油气田为2011年5月发现的位于伊朗陆上的Madar 1,天然气储量3920亿m³,凝析油1.04亿m³,目前处于评价阶段。该气田含气面积108.8 km²,烃源岩为下志留统Gahkum组页岩,储层为上二叠—下三叠统浅海相的鲕粒灰岩和白云质灰岩。东地中海的黎凡特盆地在2009—2012年间发现了3个世界级大型生物气田,其中最大的气田为美国Noble公司2010年底在以色列海域发现的Leviathan,气田水深1667 m,含气面积324 km²,2P可采储量5040亿m³。烃源岩为渐新统一中新统的海相页岩,储层为中中新统海底扇和水道砂岩。

位于南大西洋两岸的巴西和西非也是大油气田主要发现地区。在2007—2012年间,两岸的5个盆地中共发现了15个大油气田,2P可采储量之和为43.42亿m³油当量,占全球新增大油气田储量的33.04%。其中大于7.95亿m³油当量的油气田有2个。最大油气田为2010年发现的位于桑托斯盆地的Franco,油气田面积417.2 km²,水深1890 m,2P可采储量10.69亿m³油当量,其中原油8.65亿m³,天然气2156亿m³。Franco油气田的烃源岩为下白垩统阿普特(Aptian)阶页岩,储层为阿普特阶的湖相碳酸盐岩,平均孔隙度11%,储层净厚度最大314 m。

1.4 巴西是新增大油气田最多的国家,海域是未来勘探的主战场

全球新增大油气田分布在22个国家,其中前11个重点国家共发现油气田46个,2P可采储量占89.23%。巴西是新增大油气田最多的国家,共有12个(图3),发现2P可采储量之和为39.25亿m³油当量(以原油为主),占全球新增大油气田储量的29.87%。其次为东非海岸的莫桑比克,在2007—2012年新增大油气田10个,共发现2P可采储量23.09亿m³油当量(天然气2417亿m³,凝析油2226亿m³),占全球新增大油气田储量比例为17.58%。另外,伊朗也是全球凝析油新增储量最多的国家,新增的凝析油2P可采储量约为2.76亿m³,占

全球新增大油气田凝析油储量的52.53%。

回顾全球新增大油气田勘探历程,2009年和2010年是新增大油气田发现的主要时期,也是储量主要增长时期。同时2010年也是深水获得大发现的时期,该年全球新增深水大油气田共发现2P可采储量27.31亿 m^3 油当量,占新增大油气田

深水油气储量的55.51%。从地理分布看,新增的大油气田绝大多数为海域,海域新增大油气田数目为44个,占新增大油气田数量的75.86%,储量占78.95%,尤其是2012年,新增的大油气田都位于海域,可见海域将是未来勘探的主战场,深水区更是获得大发现的有利接替区。

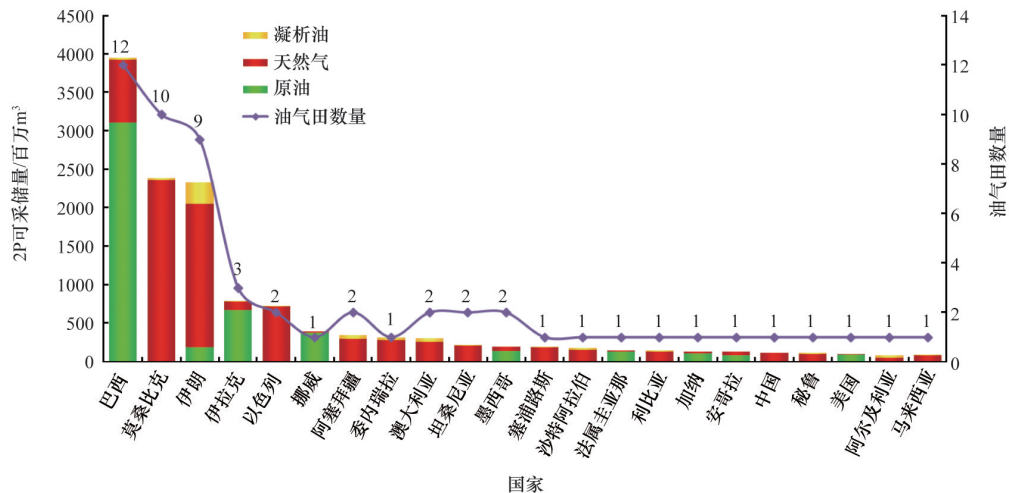


图3 新增大油气田所在国家分布

Fig. 3 Country distribution of the new large fields

2 新增大油气田石油地质特征

通过以上新增大油田分布特征分析表明,大油气田在空间分布上不仅具有一定规律性,同时具有不均一性。在对全球57个新增大油气田的烃源岩、储层特征及圈闭类型等石油地质条件研究分析后,认为新增的大油气田在油气成藏条件和富集层位也表现出较为显著的规律性。

2.1 上侏罗统和下白垩统的页岩是主力烃源岩

在新增57个大油气田中,本次研究获得了56个大油气田基本石油地质资料,进行分析后表明,新增大油气田与2007年前发现的大油气田烃源岩特征较为相似^[4]。页岩仍然是烃源岩的主要岩性,56个大油气田中有44个油气田的烃源岩为页岩,占78.57%。其次为藻灰岩,有3个油气田,占比5.36%。以灰岩、沥青质页岩,泥岩和钙质泥岩为烃源岩的油气田各有3个。

在垂向分布层位上,侏罗系和下白垩统是烃源岩的主力发育层位,其次为下志留统。在56个大油气田中,下白垩统烃源岩占明显的优势,有19个油气田的烃源岩为下白垩统,占33.93%。下志留统的页岩也是重要的烃源岩,有7个大油气田的烃源岩来自该层位。新生界烃源岩主要分布在渐新统,在所统计的56个大油气田样本中,有6个大油气田的油气来自渐新统烃源岩。另外,以中新统和上新统为烃源岩的大油气田各有1个,分别为印尼中央卢科尼亚盆地省的Kasawari 1和伊朗南里海盆地的Sardar E Jangal 1。

2.2 下白垩统是油气主要富集层位,浊积砂岩是主要储层类型

下白垩统是新增大油气田油气最富集的层位,目前在该层系中找到大油气田14个,占所统计样品的25%。在下白垩统新增的14个大油气田中,有9个油气田为灰岩储层,可见灰岩是下白垩统储层的主要岩性类型(图4)。下白垩统灰岩储层埋深变化较大,但物性变化不大,较为致密。在1600~5600 m均发现有灰岩储层,但孔隙度均在10%左右,说明机械压实作用对灰岩储层物性影响不大,成岩作用控制了灰岩储层的物性变化。在下白垩统找到的砂岩储层大油气田有1个,沉积相为湖相和斜坡浊积水道,孔隙度相对较大,为20%左右。

从储集层类型看,砂岩是大油气田富集的最有利储层岩性(图5)。已分析的56个新增大油气田中,有29个油气田储层类型为砂岩,占有新增大油气田的51.79%。其中17个油气田的砂岩储层沉积相是深海扇浊积砂岩和深海斜坡浊积水道砂岩,而以三角洲相砂岩为储层的大油气田只有3个。浊积砂岩储层一般单层厚度较大,单层砂岩净厚度平均74 m,最大可达228 m。储层物性相对较好,孔隙度普遍在16%~25%,平均渗透率 $832 \times 10^{-3} \mu m^2$,最大可达 $3947 \times 10^{-3} \mu m^2$ 。如英国Tullow公司在2011年9月发现的位于福斯杜—亚马逊盆地北部深水区的GM-ES-1X(Zaedyus)油气田,该油气田水深2048 m,储层为上白垩统赛诺曼—土伦阶的深海扇

浊积砂岩,共发现油层厚度72 m,可采储量1.52亿m³油当量,其中油1.34亿m³,天然气196亿m³。2010年5月,英国Rockhopper公司在北福克兰盆地发现的海狮(Sea Lion)油

气田,储层为下白垩统斜坡浊积扇砂岩(图6)^[26],储层埋深2374 m,平均孔隙度21.6%,渗透率69×10⁻³ μm²,砂岩平均净厚度90 m。

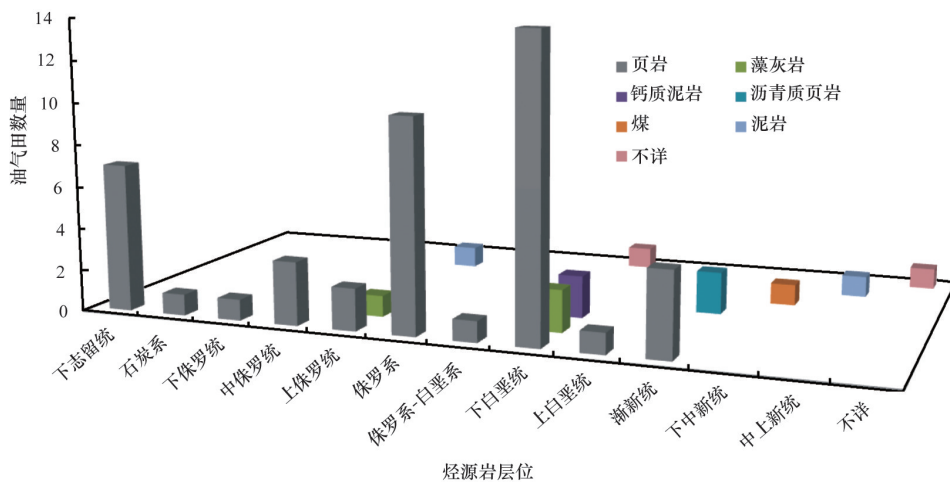


图4 近5年新增大油气田烃源岩分布

Fig. 4 Distribution of hydrocarbon source rocks in the new fields(2007-2012)

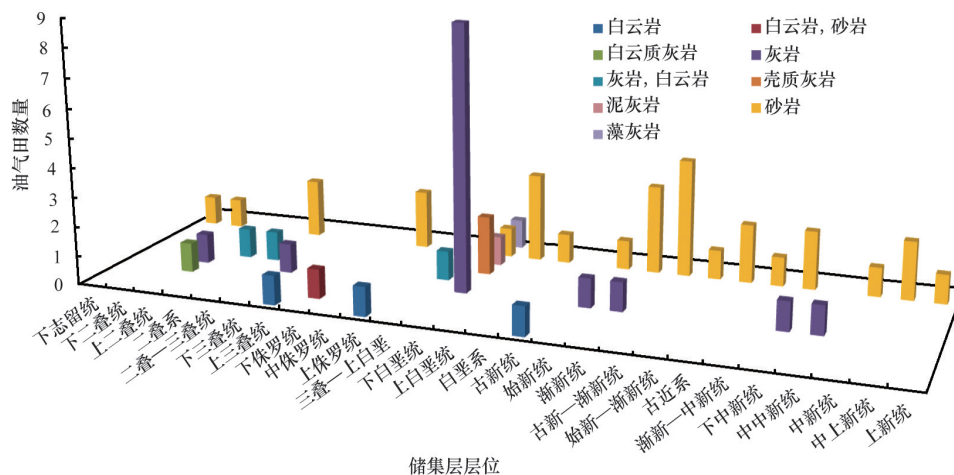


图5 近5年新增大油气田的储层分布

Fig. 5 Reservoir stratum of the new fields(2007-2012)

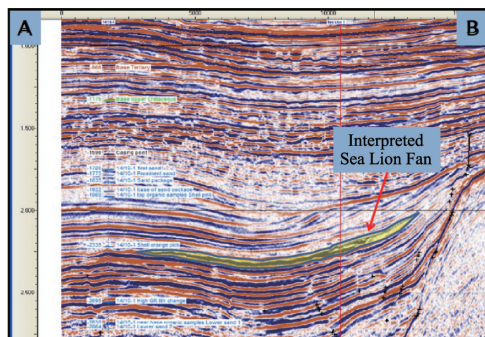


图6 北福克兰盆地海狮(Sea Lion)油气藏地震剖面
Fig. 6 Section of Sea Lion in North Falkland basin

从大油气田的储层埋深和物性看,中等埋深和中低孔隙度是主要特征(图7)。56个大油气田样本中,13个油气田的储层埋深在3500~4000 m,占所分析大油气田数量的23.21%。埋深过浅和过深的油气田均较少,如埋深在2000~2500 m和5000~5500 m的新增大油气田有5个。新增的最大的两个油气田Franco和Libra,灰岩储层埋深分别为5200 m和5400 m,水深分别为1890 m和1964 m,平均孔隙度为11%。本研究获得了28个新增大油气田的孔隙度数据。其中,孔隙度在15%~20%的新增大油气田有10个,占35.71%;孔隙度在0~10%的新增大油气田有8个,占28.57%;孔隙度在10%~15%的新增大油气田有6个,占21.43%。

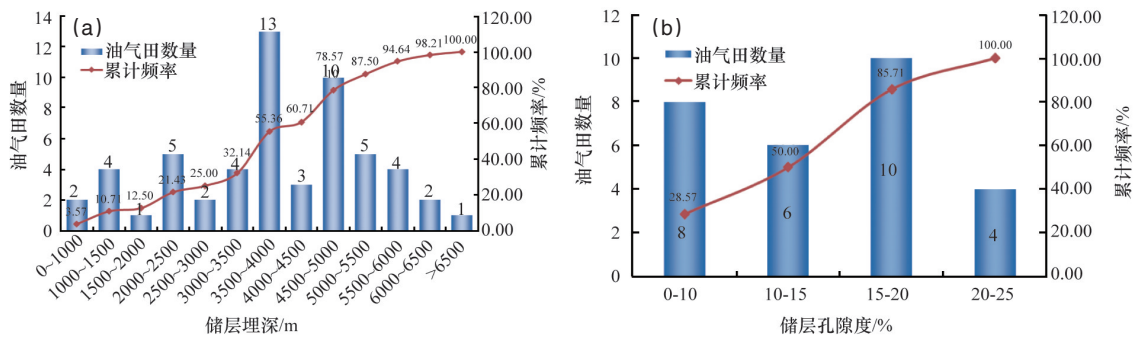


图7 新增大油气田储层埋深(a)及物性分布(b)直方图

Fig. 7 Histogram of the burial depth (a) and distribution (b) of the reservoir stratum of new large fields

注:边界值归为左范围

2.3 大型构造圈闭是新增大油气田主要圈闭特征

通过对新增大油气田圈闭类型分析(图8),其圈闭特征基本继承了2007年之前发现的大油气田圈闭特点^[4],即以构造圈闭为主,其次为地层-构造复合圈闭。56个大油气田样本中,26个大油气田圈闭类型为断背斜、背斜等构造圈闭,占46.43%;31个大油气田的圈闭类型为地层-构造复合圈闭,占34.1%。新增大油气田中圈闭类型为单一的地层圈闭较少,仅有6个。地层油气藏中的最大发现为东非莫桑比克鲁伍玛盆地 Mamba South1 气藏。该气藏水深1585 m,含气面积91 km²,2P可采储量4396亿 m³。岩性圈闭和构造-不整合圈闭

类型并不是新增大油气田的主要圈闭类型。

从圈闭规模看,新增大油气田一般是大型的构造圈闭。在有资料的39个大油气田样本中,含油气面积大于200 km²的油气田数量有15个,占39个大油气田的比例为38.4%(图8);含油气面积在50~100 km²的中等圈闭规模的油气田10个,占25.64%;含油气面积为0~50 km²的中小规模油气田6个,占15.38%。在统计的39个新增大油气田中,含油气面积大于200 km²的大圈闭有15个,占38.46%,说明大型构造圈闭是发现大油气田的基本保证。

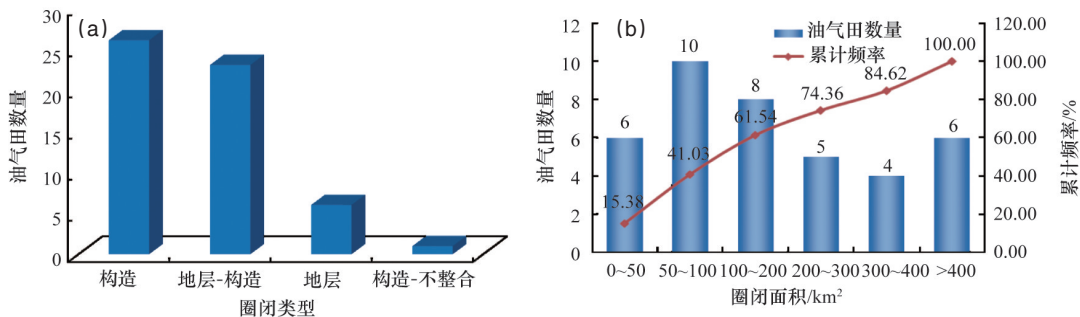


图8 新增大油气田圈闭类型(a)及分布规模(b)

Fig. 8 Trap types and their distribution in new large fields

2.4 泥岩和页岩是新增大油气田主要的盖层类型

在统计分析的56个新增大油气田中,有36个油气田的盖层为泥岩和页岩,占64.29%;盐岩和石膏为盖层的油气田6个,占10.71%;其他的盖层岩性为灰岩、白云岩及钙质页岩等。

3 对未来寻找大油气田的勘探启示

海底扇和斜坡水道的浊积砂岩是未来大油气田的主要勘探领域。近十年随着油气勘探逐步由陆地转向海域,深水油气勘探逐步被重视^[27]。新增大油气田更证实了深水沉积的浊积砂岩是形成大油气田的最有利储层相带。一方面海底扇和斜坡水道浊积砂岩不仅距盆地烃源灶较近,具有较优越的供烃条件,同时海底扇和斜坡水道往往发育于正向构造背景上,构造位置有利,是油气的有利运移方向。另一方面海

底扇和斜坡水道砂岩自身储层条件优越。扇体和水道的规模一般比较大,浊积砂岩发育。如孟加拉扇,亚马逊扇和刚果扇等面积分布都在几万到几十万平方千米,浊积砂体等粗碎屑沉积较发育。这些粗碎屑沉积物往往原始孔隙度也较大,即使在埋深4000 m左右的中等程度的成岩作用中,仍然可以保留15%左右的孔隙度,且渗透性较好(如埋深在4200 m的亚马逊扇上新统浊积砂岩平均孔隙度为27%)。

中等孔隙度的储层是大油气田富集的有利类型。从已发现的新增大油气田分布特征看,中生界的侏罗系和下白垩统是油气主力富集层位。该层段的地层埋深一般在3500~4000 m之间,压实作用和胶结等成岩作用中等,对地层原始孔隙度的改变程度中等。可以说中等程度的埋深控制了大油气田储层的中等物性。

泛特提斯域盆地的中生界和南大西洋两岸盐盆的下白

统是未来寻找大油气田的主要勘探层系。尽管在特提斯域盆地已经发现了许多世界级大油气田^[28,29],但未来仍将是大型油气田的主要发现区。泛特提斯域盆地发育世界上非常优越的烃源岩,即志留系笔石热页岩和上侏罗一下白垩统的中生界海相页岩。其中,伊拉克 Akass 油气田揭示的笔石热页岩有机质丰度(Toc)最高可达16%。而上侏罗一下白垩统海相页岩的Toc普遍在3%~12.5%,以II₁型干酪根为主,最大厚度可达150 m,另外,该地区储层条件优越。伴随着特提斯洋的多次开与关,形成了中生界白垩系灰岩和新生界砂岩等多套优质储层。而海西造山运动形成的区域不整合和第三纪扎格罗斯的碰撞造山,形成了一批成藏条件非常有利的地层-构造复合圈闭和背斜构造圈闭。如阿尔及利亚的蒂尔赫姆特穹隆等盆地正是在海西区域不整合的沟通下,使得下部志留系热页岩生成的油气得以向上运移至三叠系地层中,并形成如 Hassi R' Mel 油气田等一系列的地层-构造复合圈闭。

南大西洋两岸的盐盆主要是指位于喀麦隆脊和威尔斯脊(Walvis Ridge)之间,在早白垩阿普特(Aptian)-阿尔比期(Albian)发育了区域性盐岩沉积的一系列盆地。其中非洲一侧包括从杜阿拉盆地至安哥拉海域的纳米比盆地,南美一侧为巴西桑托斯到塞尔西培-阿拉戈斯之间的一系列盆地^[30-35]。这些盐盆伴随着大西洋的发育经历了克拉通边缘裂谷盆地到被动大陆边缘盆地的演化,沉积环境经历了河流相-湖相-海相的转变。这些盆地的裂谷期和被动大陆边缘期(漂移期)均是油气最为富集的层系。目前该地区的裂谷期地层和漂移期地层中均找到了大量的油气,而下白垩统是该地区最重要的油气系统。该油气系统发育的区域优质烃源岩为盐下裂谷期巴雷姆(Barremian)一下阿普特阶的湖相页岩, I-II₁型干酪根,有机质丰度普遍可达5%~7%。阿普特晚期-晚阿尔布期沉积的盐岩为裂谷期碎屑岩和礁滩相灰岩地层中的油气成藏提供了非常优越的区域盖层,使得盐下层系是该地区近几年逐步获得重大突破的勘探领域。2007年以来,在桑托斯盆地和坎坡斯盆地盐下发现大于7950万m³油当量的大油气田13个,总2P可采储量达40.07亿m³油当量,这些油气田的盖层正是上覆的阿普特-阿尔布阶盐岩,而储层为巴雷姆-阿普特阶灰岩,烃源岩为巴雷姆-阿普特阶湖相页岩。未来该地区盐下层系仍将是寻找大油气田的有利勘探场所。

4 结论

2007—2012年新增57个大油气田的勘探表明,大油气田为全球新增油气储量提供了主要贡献,而这些大油气田又集中分布在巴西桑托斯盆地等21个重点盆地。从新增大油气田分布国家和地理位置看,巴西是新增大油气田最多的国家,占到12个。海域将是未来发现大油气田的主要场所。从新增大油气田石油地质条件看,下生上储和自生自储型成藏组合是主要的油气成藏组合类型。烃源岩主要为上侏罗统和下白垩统的页岩,而油气富集层位为下白垩统的灰岩和砂

岩。深水海底扇和斜坡水道等浊积砂岩将是未来发现大油气田的有利储集相带,中等孔隙度是有利的储集物性条件。大型的断背斜、背斜等构造圈闭是形成大油气田的有利圈闭条件。泛特提斯域盆地的中生界和南大西洋两岸盐盆的裂谷期层系将是大型油气田未来勘探的两个主要场所。

参考文献(References)

- [1] 宋芊, 金之钧. 大油气田统计特征[J]. 石油大学学报: 自然科学版, 2000, 24(4): 11-14.
Song Qian, Jin Zhijun. The statistic feature of large field[J]. Journal of China University of Petroleum: Natural Science Edition, 2000, 24(4): 11-14.
- [2] Корчагин В И, 史斗. 全球油气田的时空分布规律[J]. 天然气地球科学, 1996, 7(4): 20-28.
Корчагин В И, Shi Dou. The regularity of temporal and spatial distribution of global fields[J]. Natural Gas Geoscience, 1996, 7(4): 20-28.
- [3] 张家青. 全球主要天然气田分布及其地质特征[J]. 内蒙古石油化工, 2011(10): 52-57.
Zhang Jiaqing. Distribution and geological feature of global main gas fields[J]. Inner Mongolia Petrochemical Industry, 2011(10): 52-57.
- [4] 贾小乐, 何登发, 童晓光, 等. 全球大油气田分布特征[J]. 中国石油勘探, 2011(3): 1-7.
Jia Xiaole, He Dengfa, Tong Xiaoguang, et al. Distribution of global giant oil and gas fields[J]. China Petroleum Exploration, 2011(3): 1-7.
- [5] 甘克文. 概论全球油气分布[J]. 石油科技论坛, 2007(3): 27-32.
Gan Kewen. Conspectus of global oil and gas[J]. Oil Forum, 2007(3): 27-32.
- [6] Mann P, Gahagan L, Gordon M B. Tectonic setting of the world giant oil and gas fields[J]. AAPG, 2003, 78(2): 15-105.
- [7] 邹才能, 陶士振, 方向. 大油气区形成与分布[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 15-191.
Zou Caineng, Tao Shizhen, Fang Xiang. Formation and distribution of giant oil and gas province[M]. Beijing: Science Press, 2009: 15-191.
- [8] 白国平. 世界碳酸盐岩大油气田分布特征[J]. 古地理学报, 2006, 8(2): 241-250.
Bai Guoping. Distribution patterns of giant carbonate fields in the world [J]. Journal of Palaeogeography, 2006, 8(2): 241-250.
- [9] 刘政, 何登发, 童晓光, 等. 北海盆地大油气田形成条件及分布特征[J]. 中国石油勘探, 2011, 3(4): 31-43.
Liu Zheng, He Dengfa, Tong Xiaoguang, et al. Formation and distribution of giant oil and gas fields in North Sea Basin[J]. China Petroleum Exploration, 2011, 3(4): 31-43.
- [10] 高金尉, 何登发, 王兆明. 北美含油气域大油气田形成条件和分布规律[J]. 中国石油勘探, 2011, 3(4): 44-56.
Gao Jinwei, He Dengfa, Wang Zhaoming. Formation and distribution of giant oil and gas fields in North America petroliferous domain[J]. China Petroleum Exploration, 2011, 3(4): 44-56.
- [11] 高敏, 何登发. 南里海盆地大油气田的形成条件与分布特征[J]. 新疆石油地质, 2011, 32(5): 569-574.
Gao Min, He Dengfa. Formation and distribution of giant oil and gas fields in the South Caspian Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2011, 32(5): 569-574.
- [12] 李丕龙. 山前油气富集与大油气田勘探方向[J]. 石油实验地质, 2005, 27(2): 101-103.
Li Pilong. Hydrocarbon enrichment in forelands and exploration direction for large oil and gas fields [J]. Petroleum Geology &

- Experiment, 2005, 27(2): 101-103.
- [13] 李春荣, 潘继平, 刘占红. 世界大油气田形成的构造背景及其对勘探的启示[J]. 海洋石油, 2007, 3: 34-40.
Li Chunrong, Pan Jiping, Liu Zhanhong. Tectonic setting of the world's giant oil and gas fields and its revelation for hydrocarbon exploration [J]. Offshore Oil, 2007, 3: 34-40.
- [14] 赵文智, 汪泽成, 王红军, 等. 中国中、低丰度大油气田基本特征及形成条件[J]. 石油勘探与开发, 2008, 35(6): 641-650.
Zhao Wenzhi, Wang Zecheng, Wang Hongjun, et al. Principal characteristics and forming conditions for medium- low abundance large scale oil/ gas fields in China[J]. Petroleum Exploration and Development, 2008, 35(6): 641-650.
- [15] 卫平生, 刘全新, 张景廉, 等. 再论生物礁与大油气田的关系[J]. 石油学报, 2006, 27(2): 38-42.
Wei Pingsheng, Liu Quanxin, Zhang Jinglian, et al. Re-discussion of relationship between reef and giant oil-gas fields[J]. Acta Petroleum Sinica, 2006, 27(2): 38-42.
- [16] 汪泽成, 赵文智, 胡素云, 等. 我国海相碳酸盐岩大油气田油气藏类型及分布特征[J]. 石油与天然气地质, 2013, 34(2): 153-160.
Wang Zecheng, Zhao Wenzhi, Hu Suyun, et al. Reservoir types and distribution characteristics of large marine carbonate oil and gas fields in China[J]. Oil and Gas Geology, 2013, 34(2): 153-160.
- [17] 邹才能, 陶士振. 大油气区的内涵、分类、形成和分布[J]. 石油勘探与开发, 2007, 34(1): 5-12.
Zou Caineng, Tao Shizhen. Connotation, classification, formation and distribution of giant oil and gas province[J]. Petroleum Exploration and Development, 2007, 34(1): 5-12.
- [18] 赵政璋, 杜金虎, 邹才能, 等. 大油气区地质勘探理论及意义[J]. 石油勘探与开发, 2011, 38(5): 513-522.
Zhao Zhengzhang, Du Jinhu, Zou Caineng, et al. Geological exploration theory for large oil and gas provinces and its significance [J]. Petroleum Exploration and Development, 2011, 38(5): 513-522.
- [19] 康玉柱. 塔里木盆地大油气田勘探方向[J]. 新疆石油地质, 2004, 25(6): 581-583.
Kang Yuzhu. Targets for exploration of giant oil- gas fields in TarimBasin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2004, 25(6): 581-583.
- [20] 周新源, 杨海军, 邹光辉, 等. 塔中大油气田的勘探实践与勘探方向[J]. 新疆石油地质, 2009, 30(2): 149-152.
Zhou Xinyuan, Yang Haijun, Wu Guanghui, et al. The experiences and targets for exploration of large oil- gas field in Tazhong Area, Tarim Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2009, 30(2): 149-152.
- [21] 朱伟林, 米立军, 高阳东, 等. 大油气田的发现推动中国海域油气勘探迈向新高峰[J]. 中国海上油气, 2013, 25(1): 6-12.
Zhu Weilin, Mi Lijun, Gao Yangdong, et al. The discovery of giant and major fields has given impetus to reaching a new peak in hydrocarbon exploration offshore China: A review of 2012 offshore exploration in China[J]. China Offshore Oil and Gas, 2013, 25(1): 6-12.
- [22] 刘政, 何登发, 温志新, 等. 北海盆地形成演化对大油气田的控制作用[J]. 新疆石油地质, 2012, 33(3): 382-386.
Liu Zheng, He Dengfa, Wen Zhixin, et al. Control effect of evolution of north sea basin on formation of giant oil - gasfields[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2012, 33(3): 382-386.
- [23] 张明辉, 白国平, 潘龙, 等. 全球三大富油气前陆盆地油气分布特征对比[J]. 现代地质, 2013, 27(5): 1233-1243.
Zhang Minghui, Bai Guoping, Pan Long, et al. Comparison among petroleum distribution patterns of three richest foreland basins in petroleum resources in the world[J]. Geoscience, 2013, 27(5): 1233-1243.
- [24] IHS. Enerdeq Database[DB]. 2013-10-30.
- [25] 贾承造, 杨树锋, 陈汉林, 等. 特提斯北缘盆地群构造地质与天然气[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001.
Jia Chengzao, Yang Shufeng, Chen Hanlin, et al. Tectonic geology and gas at North Margin of Tethys[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001.
- [26] Diamond B, Carter I, David G. Competent person report on the falkland assets of rockhopper exploration plc[R]. Surrey: RPS Energy, 2009, 3: 21-24.
- [27] 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): 989-995.
Jiang Wenrong, Zhou Wenwen, Jia Huaicun. Potential of global offshore petroleum resource exploration and utilization prospect[J]. Natural Gas Geoscience, 2010, 21(6): 989-995.
- [28] 叶和飞, 罗建宁, 李永铁, 等. 特提斯构造域与油气勘探[J]. 沉积与特提斯地质, 1999, 20(1): 1-27.
Ye Hefei, Luo Jianing, Li Yongtie, et al. Tethyan tectonic domain and petroleum exploration[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 1999, 20(1): 1-27.
- [29] 周长征, 张庆春, 段海岗, 等. 伊拉克侏罗系油气成藏组合特征及有利区预测[J]. 新疆石油地质, 2013, 34(1): 116-120.
Zhou Changqian, Zhang Qingchun, Duan Haigang, et al. Characteristic and favorable area prediction of Jurassic Plays in Iraq[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2013, 34(1): 116-120.
- [30] 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.
- [31] 何娟, 何登发, 李顺利. 巴西坎普斯盆地大油气田成藏特征与分布规律[J]. 石油实验地质, 2011, 33(5): 517-525.
He Juan, He Dengfa, Li Shunli. Accumulation and distribution of giant oil and gas fields in Campos Basin, Brazil[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2011, 33(5): 517-525.
- [32] 何娟, 何登发, 李顺利, 等. 南大西洋被动大陆边缘盆地大油气田形成条件与分布规律——以巴西桑托斯盆地为例[J]. 中国石油勘探, 2011, 3(6): 57-67.
He Juan, He Dengfa, Li Shunli, et al. Formation and distribution of giant oil and gas fields in Passive continentalmargin of South Atlantic Ocean: A case study of Santos Basin in Brazil[J]. China Petroleum Exploration, 2011, 3(6): 57-67.
- [33] 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 oilgas fields in passive continental margin basins in West Africa[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2013, 34(5): 607-613.
- [34] 熊利平, 邬长武, 郭永强, 等. 巴西海上坎波斯与桑托斯盆地油气成藏特征对比研究[J]. 石油实验地质, 2013, 35(4): 419-425.
Xiong Liping, Wu Changwu, Guo Yongqiang, et al. Petroleum accumulation characteristics in Campos and Santos Basins, offshore Brazil[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2013, 35(4): 419-425.
- [35] 汪新伟, 邬长武, 郭永强, 等. 巴西桑托斯盆地卢拉油田成藏特征及对盐下勘探的启迪[J]. 中国石油勘探, 2013, 18(3): 62-69.
Wang Xinwei, Wu Changwu, Guo Yongqiang, et al. Accumulation feature of Lula Oilfield and its exploratory implication for pre- salt reservoirs in Santos Basin, Brazil[J]. China Petroleum Exploration, 2013, 18(3): 62-69.

(责任编辑 王媛媛)