

# 阿尔及利亚东西部盆地油气地质差异性探讨

刘琼,胡孝林,于水,郝立业,张英德,彭佳勇

(中海油研究总院,北京 100027)

**摘要:**勘探实践表明,阿尔及利亚的油气产量主要来自撒哈拉地台东部的含油气盆地地区,而西部含油气盆地地区勘探程度较低,勘探前景广阔。东西部盆地两者从盆地沉积充填、烃源岩、储层、圈闭、油气性质和油气成藏模式等方面均表现出明显的差异性。勘探潜力分析认为,西部盆地油气勘探程度低,应以天然气为主攻方向,瞄准断裂带附近发育的大型背斜构造圈闭;东部盆地油气勘探程度相对较高,油气勘探应以找油为主,寻找中小型的构造圈闭或岩性—构造复合圈闭。

**关键词:**成藏条件;成藏模式;油气勘探方向;含油气盆地地区;撒哈拉地台;阿尔及利亚

中图分类号:TE121.1

文献标识码:A

## Differences of petroleum geological conditions between eastern and western basins in Algeria

Liu Qiong, Hu Xiaolin, Yu Shui, Hao Liye, Zhang Yingde, Peng Jiayong

(CNOOC Beijing Research Institute, Beijing 100027, China)

**Abstract:** Based on several years of petroleum exploration and development in Algeria, the most of petroleum production are from the eastern basins on the Saharan Platform, while the western basins have large prospecting potential but with low exploration degree. The eastern and western basins are evidently different from each other in their sedimentary fillings, source rocks, reservoirs, traps, petroleum properties and accumulation models. Analysis suggests that large anticline traps related to fault belts are advantageous to find natural gas accumulation in the western basins with low exploration degree. By comparison, due to high exploration degree and exploration difficulties, oils in middle and small size structural traps or lithologic-structural traps should be targeted in the eastern basins.

**Key words:** accumulation condition; accumulation model; petroleum exploration orientation; petroliferous basin; Saharan Platform; Algeria

阿尔及利亚位于非洲的北部,油气资源丰富,据BP公司2010年统计<sup>[1]</sup>,阿尔及利亚石油储量 $15.4 \times 10^8$  t,居非洲第4位,天然气储量 $4.5 \times 10^{12}$  m<sup>3</sup>,居非洲第2位,其中石油年产量 $7760 \times 10^4$  t,天然气年产量 $814 \times 10^8$  m<sup>3</sup>,是欧洲的主要天然气供应国和世界第2大液化天然气出口国。从2000年开始,阿尔及利亚进行国际油气勘探招标,至2010年中石化、中石油和中海油等中国石油公司相继获得勘探许可合同并进入该国进行油气勘探活动<sup>[2]</sup>,为中阿两国的石油能源合作打下坚实的基础。

阿尔及利亚区域上由北部阿特拉斯褶皱带、中部撒哈拉地台和南部霍加尔地盾等3大构造单元组成<sup>[3]</sup>。勘探实践表明,已有油气发现主要分布在撒哈拉地台区<sup>[4]</sup>,以阿拉尔高和艾杰兰高为界

可以将撒哈拉地台分为东部和西部含油气盆地地区,其中东部盆地地区包括古德米斯盆地、伊利兹盆地、韦德迈阿盆地、莫伊代尔盆地等,西部盆地地区包括蒂米蒙盆地、阿赫奈特盆地、雷甘盆地、廷杜夫盆地和贝沙尔盆地等(图1)。目前阿尔及利亚的油气产量主要来自东部的含油气盆地地区,相比而言西部含油气盆地地区勘探程度较低,勘探前景广阔。因此,对比分析东西部盆地的油气地质差异,对于深入认识阿尔及利亚含油气盆地油气勘探潜力,明确该国的油气勘探战略方向具有重要意义。

## 1 东、西部盆地沉积特征的差异性

撒哈拉地台区的各沉积盆地是泛非运动后在前寒武系结晶基底上发育形成的<sup>[5-6]</sup>。古生代时期

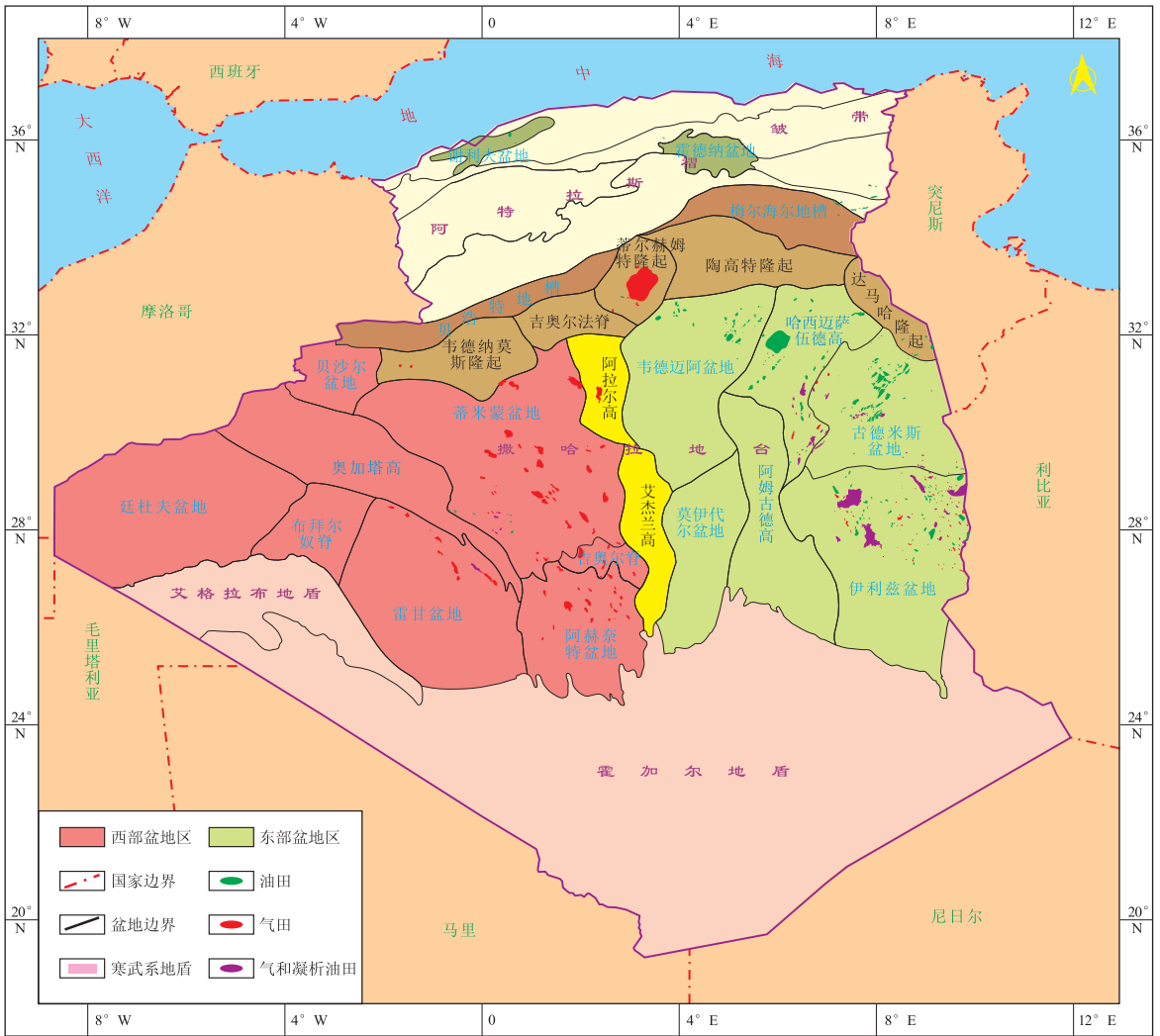


图1 阿尔及利亚构造单元及盆地分布

Fig. 1 Tectonic unit division and basin distribution in Algeria

撒哈拉地台属于大型稳定的克拉通沉积,地处冈瓦纳大陆和古特提斯洋的边缘,由于受到全球海平面升降变化的控制,先后经历了早寒武世—早奥陶世早期、早奥陶世晚期—中奥陶世、中晚奥陶世—早志留世、晚志留世—中泥盆世、晚泥盆世—晚石炭世等5次海进—海退沉积旋回<sup>[7]</sup>,寒武纪发育以河流相沉积为主的砂岩、石英砂岩和砾岩,早奥陶世早期自西向东发生海侵,发育海相泥页岩沉积;早奥陶世晚期海退发育滨浅海相砂岩,中奥陶世再次海侵发育海相泥岩;中—晚奥陶世发生海退,沉积滨海—浅海相石英砂岩,晚奥陶世进入冰川发育,末期冰川融化海平面上升,早志留世海侵范围达到最大,发育北非地区最主要的烃源岩;志留系晚期—早泥盆世受加里东造山运动的影响发生海退,形成碎屑砂岩沉积,中泥盆世的海侵发育北非重要的烃源岩;晚泥盆—早石炭世发育碎屑岩沉积,中—晚石炭世海侵沉积海相泥岩。该时期构造格

局整体表现为东高西低的特征<sup>[8]</sup>,导致东、西部盆地间古生界地层沉积厚度差异较大,其中东部盆地区古生界地层厚度在2 000~3 500 m,而西部盆地区古生界厚度则在5 000 m以上(图2)。

石炭纪末—二叠纪时期,冈瓦纳大陆和劳亚大陆碰撞发生海西造山运动,撒哈拉地台产生区域性挤压抬升<sup>[9]</sup>,形成东西向隆拗相间的构造格局,同时使古生界地层遭受强烈剥蚀,致二叠系地层普遍缺失,局部隆起区出露至基底。三叠纪,冈瓦纳大陆和劳亚大陆开始分离,新特提斯洋开启,撒哈拉地台的东北部发生再次沉降从而进入拗陷沉积阶段<sup>[10]</sup>。

中新生的差异沉降导致东、西盆地间沉积特征具有明显的区别。东部盆地区的东北部在海西不整合面之上发育完整的中新生代沉积序列,沉积厚度可达3 000~4 000 m。其中在早三叠世以河流—三角洲相沉积为主;后期古地中海由北向南侵入,在晚三叠世—早侏罗世沉积厚层蒸发岩;早白

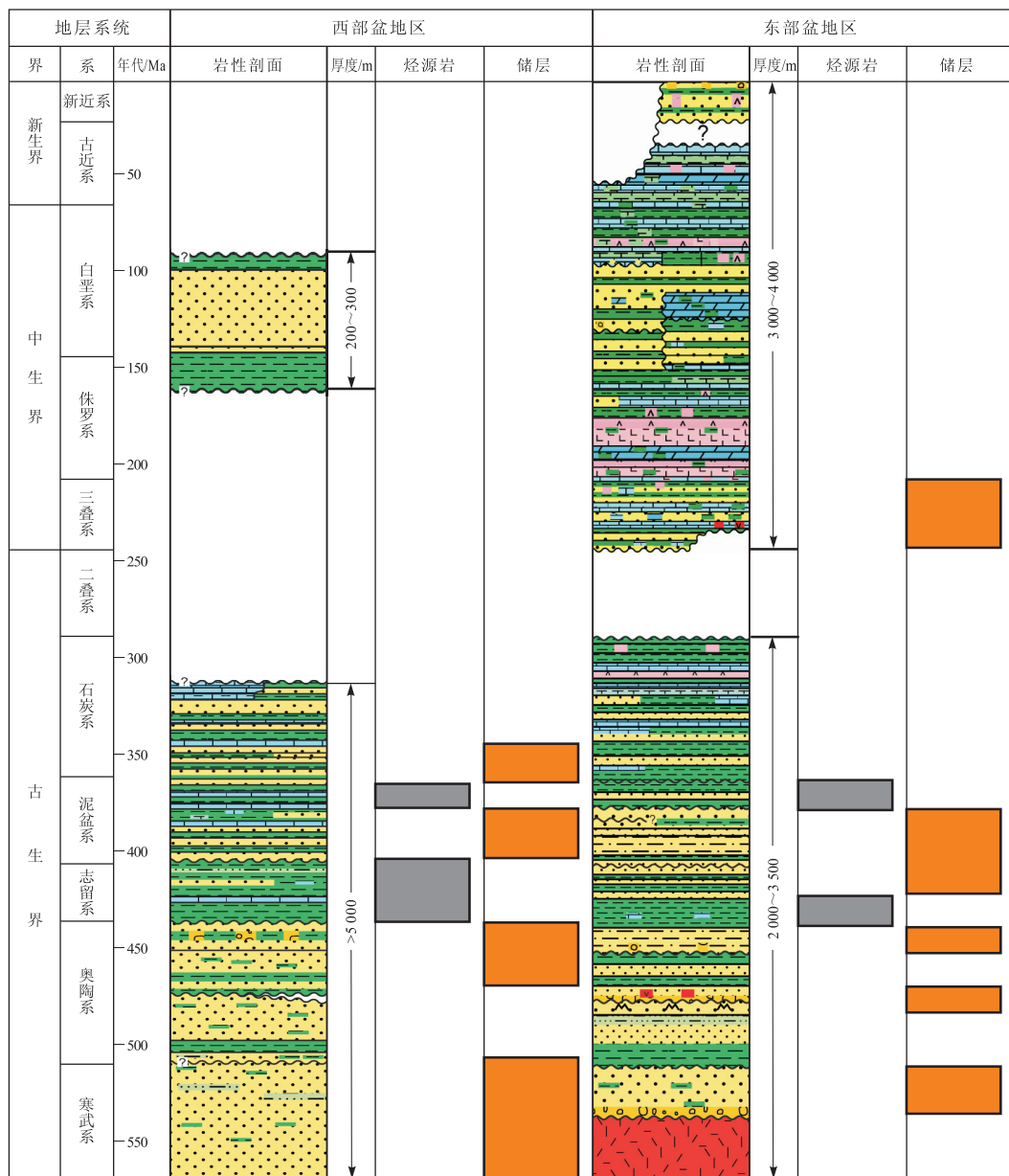


图2 阿尔及利亚撒哈拉地台区东西部盆地地层对比

Fig. 2 Comprehensive stratigraphic column of eastern and western basins on Saharan Platform, Algeria

世发生海侵形成广泛的碳酸盐岩沉积;之后发生海退,晚白垩世末期为局限海的蒸发岩沉积;新生代受阿尔卑斯造山运动的影响以陆相碎屑沉积为主。而西部盆地区在中新生代长期暴露地表成为较稳定的物源供给区,仅接受少量的侏罗纪—新近纪陆相沉积,沉积厚度小于200~300 m。

## 2 东、西部盆地烃源岩特征的差异性

撒哈拉地台东西部盆地主要发育有2套烃源岩,分别为下志留统热页岩和中上泥盆统页岩。下志留统热页岩是撒哈拉地台区的主力烃源岩<sup>[11]</sup>,所生成的油气占到北非古生界已发现油气储量的80%以上。该套烃源岩为志留系底部发育的灰

色—黑色笔石页岩,与下伏奥陶系地层呈突变接触,页岩富含放射性铀在测井曲线上表现为高伽马特征,是晚奥陶世冰期以后最大规模海侵所形成滞流环境的沉积产物,有机质来自于海相母源,包括藻类、几丁虫类、笔石类、无定型腐泥质等,主要为I/II型干酪根。中上泥盆统页岩是撒哈拉地台区的重要烃源岩<sup>[12]</sup>,为中泥盆世海侵所形成的海相黑色泥岩,所生成的油气占到北非古生界已发现油气储量的10%以上。

受古生代沉积格局、烃源岩后期埋藏及古地温场的控制,东、西部盆地区古生代烃源岩整体表现出“烃源岩厚度西厚东薄、烃源岩成熟度西高东低”的明显差异性(图3)。西部盆地区志留系泥岩

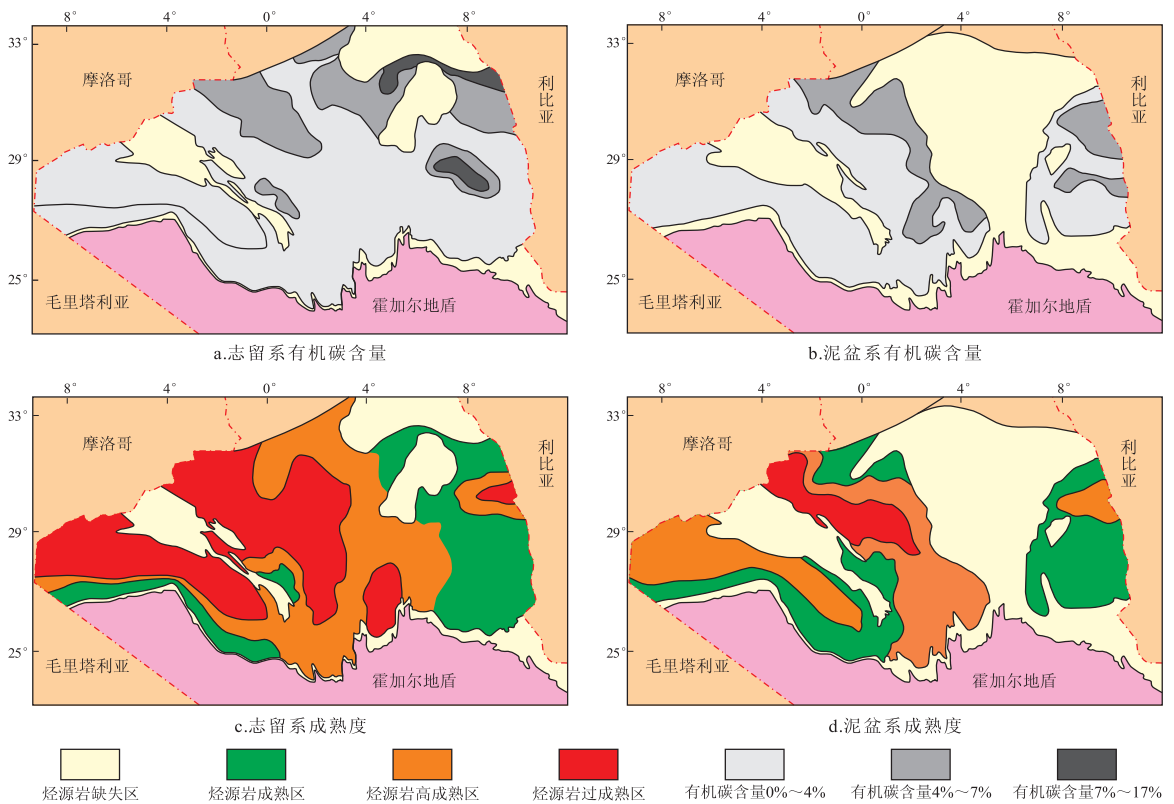


图3 阿尔及利亚撒哈拉地台区志留系和泥盆系烃源岩特征

Fig. 3 Characteristics of source rock in Silurian and Devonian, Saharan Platform, Algeria

地层厚度在 500 ~ 1 000 m, 据测井曲线高伽马特征 (GR 值大于 200 API) 识别高丰度热页岩厚度在 10 ~ 30 m, 有机碳含量一般为 1% ~ 4%, 烃源岩热演化处于高成熟—过成熟阶段, 盆地沉积中心镜煤反射率  $R_o$  可达 3% 以上, 整体以生气为主; 而东部盆地区志留系泥岩地层厚度在 200 ~ 500 m<sup>[13]</sup>, 热页岩 (GR 值大于 200 API) 厚度在 10 ~ 30 m, 有机碳含量一般为 4% ~ 16%, 烃源岩处于成熟—高成熟阶段,  $R_o$  一般低于 1.3%, 仅在盆地中心局部高于 1.3%, 处于液态生烃窗内, 整体以生油为主。对于泥盆系烃源岩而言, 西部盆地区泥盆系泥岩地层厚度在 400 ~ 800 m, 据测井曲线高伽马特征 (GR 值大于 150 API) 识别高丰度热页岩厚度在 50 ~ 300 m, 有机碳含量一般为 1% ~ 3%, 烃源岩热演化程度相对较高,  $R_o$  多在 1.0% 以上, 盆地沉积中心可达 3% 以上, 整体也以生气为主; 而东部盆地区泥盆系泥岩地层厚度在 200 ~ 800 m, 热页岩 (GR 值大于 150 API) 厚度在 20 ~ 200 m, 有机碳含量一般为 2% ~ 14%, 烃源岩热演化程度相对较低,  $R_o$  一般在 0.5% ~ 1.0%, 仅在盆地中心局部大于 1.0%, 整体以生油为主。

### 3 东、西部盆地储层特征的差异性

撒哈拉地台经历古生代克拉通盆地和中新生

代拗陷盆地 2 大构造旋回<sup>[14]</sup>。由于受到中生代沉积范围的影响, 东部盆地区在早期古生代沉积之上叠加中生代地层构成多构造旋回叠合盆地, 发育古生界和中生界 2 大套含油气储层; 而西部盆地区属于单构造旋回原生盆地, 以古生界含油气储层为主 (表 1)。

古生代多次海进—海退旋回形成东西部盆地纵向多套层系多种沉积环境的含油气储层<sup>[15]</sup>。西部盆地区主要发育寒武系河流相、奥陶系滨浅海—冰川相、泥盆系浅海—三角洲相和石炭系浅海相等多套碎屑岩储层。其中寒武系—奥陶系埋深大, 成岩作用强, 储层致密, 平均孔隙度一般小于 5%, 平均渗透率一般小于  $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 但局部因断层裂缝的改造, 储层物性将得以改善; 泥盆系是西部含油气盆地区的主力储层, 平均孔隙度一般在 5% ~ 15%, 平均渗透率一般在  $(1 \sim 100) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 绿泥石包壳阻止石英次生加大有利于原生孔隙的保存; 石炭系浅海相砂岩储层埋藏浅, 物性好, 平均孔隙度在 10% ~ 25%, 平均渗透率一般在  $(10 \sim 500) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。对比而言, 东部盆地区古生界储层沉积环境相似, 但沉积薄、埋藏浅, 经历后期成岩改造作用较弱, 物性条件整体要优于西部盆地区, 尤其是在志留系发育三角洲相—浅海相储层。寒武系河



表1 阿尔及利亚撒哈拉地台区东西部盆地储层特征

Table 1 Characteristics of reservoirs of eastern and western basins on Saharan Platform, Algeria

地区	储层层系	沉积相	平均孔隙度/%	平均渗透率/ $10^{-3} \mu\text{m}^2$	控制因素
东部盆地地区	三叠系	河流相	10 ~ 20	10 ~ 500	
	石炭系	浅海相	20 ~ 25	100 ~ 500	
	泥盆系	浅海—三角洲相	15 ~ 20	100 ~ 500	
	志留系	三角洲相—浅海相	10 ~ 20	10 ~ 200	
	奥陶系	滨浅海—冰川相	5 ~ 15	<1	裂缝
	寒武系	河流相	10	5 ~ 15	剥蚀淋滤
西部盆地地区	石炭系	浅海相	10 ~ 25	10 ~ 500	
	泥盆系	浅海—三角洲相	5 ~ 15	1 ~ 100	绿泥石包壳
	奥陶系	滨浅海—冰川相	<5	<1	裂缝
	寒武系	河流相	<5	<1	裂缝

流相储层普遍较为致密,但盆地隆起区因抬升剥蚀出露地表受到淋滤改造,储层孔隙度可达10%左右,渗透率一般在 $(5 \sim 15) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ;奥陶系储层平均孔隙度一般在5%~15%,平均渗透率一般小于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,裂缝作用成为改善储层质量的关键因素;志留系砂岩储层发育在层序的顶部,平均孔隙度一般在10%~20%,平均渗透率一般在 $(10 \sim 200) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ;泥盆系储层分布在层序的中下部,平均孔隙度一般在15%~20%,平均渗透率一般在 $(100 \sim 500) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ;石炭系储层平均孔隙度一般在20%~25%,平均渗透率一般在 $(100 \sim 500) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

中生界三叠系储层为海西侵蚀面上沉积发育的河流—三角洲相石英砂岩,主要分布在撒哈拉地台的东部沉积盆地区,目前已发现油气储量占到阿尔及利亚全国储量的44%。三叠系储层平均孔隙度一般在10%~20%,平均渗透率一般在 $(10 \sim 500) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,胶结物主要为石英次生加大,孔隙以残余粒间孔为主,沉积微相及压实胶结作用控制着储层物性的优劣。

#### 4 东、西部盆地圈闭特征的差异性

受到撒哈拉地台基底性质的不均一性和区域构造应力强度差异的影响,导致东西部盆地圈闭类型和发育演化具有明显的差异。

西部盆地区圈闭类型较为单一,以背斜和断背斜圈闭为主,圈闭幅度普遍较大,石炭纪末—二叠纪的海西运动期是西部盆地区圈闭形成的主要时期,该时期冈瓦纳大陆和劳亚大陆相互碰撞在撒哈拉地台西部构造变形强烈,沿早期基底薄弱部位发生构造挤压反转,从而形成平行于基底断裂呈带状分布的构造圈闭。

东部盆地区圈闭类型具有多样性<sup>[16]</sup>,包括构造圈闭、岩性—构造复合圈闭、岩性圈闭、地层圈闭及水动力圈闭等,圈闭的形成具有多期性,不同类型的圈闭具有不同的形成时间和分布范围。其中构造圈闭以低幅度背斜圈闭和断块圈闭为主且主要分布在盆地中心,三叠纪—侏罗纪拉张作用期和晚白垩世奥地利挤压构造运动期是该类圈闭的主要形成期;古隆起区及周缘是海西造山运动所形成潜山型圈闭发育的有利部位;地层超覆圈闭、岩性圈闭和水动力圈闭主要发育在盆地周缘的斜坡带,古斜坡是古—中生代不同层系河流相—三角洲相砂体发育的地区,有利于形成地层超覆圈闭和岩性圈闭,同时因盆地边缘地层出露,地表大气淡水沿斜坡向盆地内部流动注入,形成油水界面倾斜的水动力圈闭。

#### 5 东、西部盆地油气成藏模式的差异性

撒哈拉地台区东西部盆地均属于志留系—泥盆系含油气系统,烃源岩成熟度的不同导致东西部盆地所发现油气性质具有明显的差异,其中西部盆地区以天然气发现为主,而东部盆地区则为油气兼有。结合烃源岩的生烃演化和油气运移方式,撒哈拉地台区东西部盆地分别属于以下2种不同的成藏模式:西部盆地区主要为早期成藏后期破坏—断层垂向运移成藏模式;东部盆地区则为二次生烃晚期成藏为主—不整合断层复合运移成藏模式(图4)。

西部盆地区志留系—泥盆系在石炭纪—二叠纪迅速进入高成熟—过成熟阶段,烃源岩生成的天然气沿断层发生垂向运移进入同期形成的挤压背斜构造中,石炭纪末的海西运动抬升造成生烃作用终止和已形成气藏的调整破坏,后期中新生代沉积厚度薄,已形成气藏持续散失,故保存条件是该地

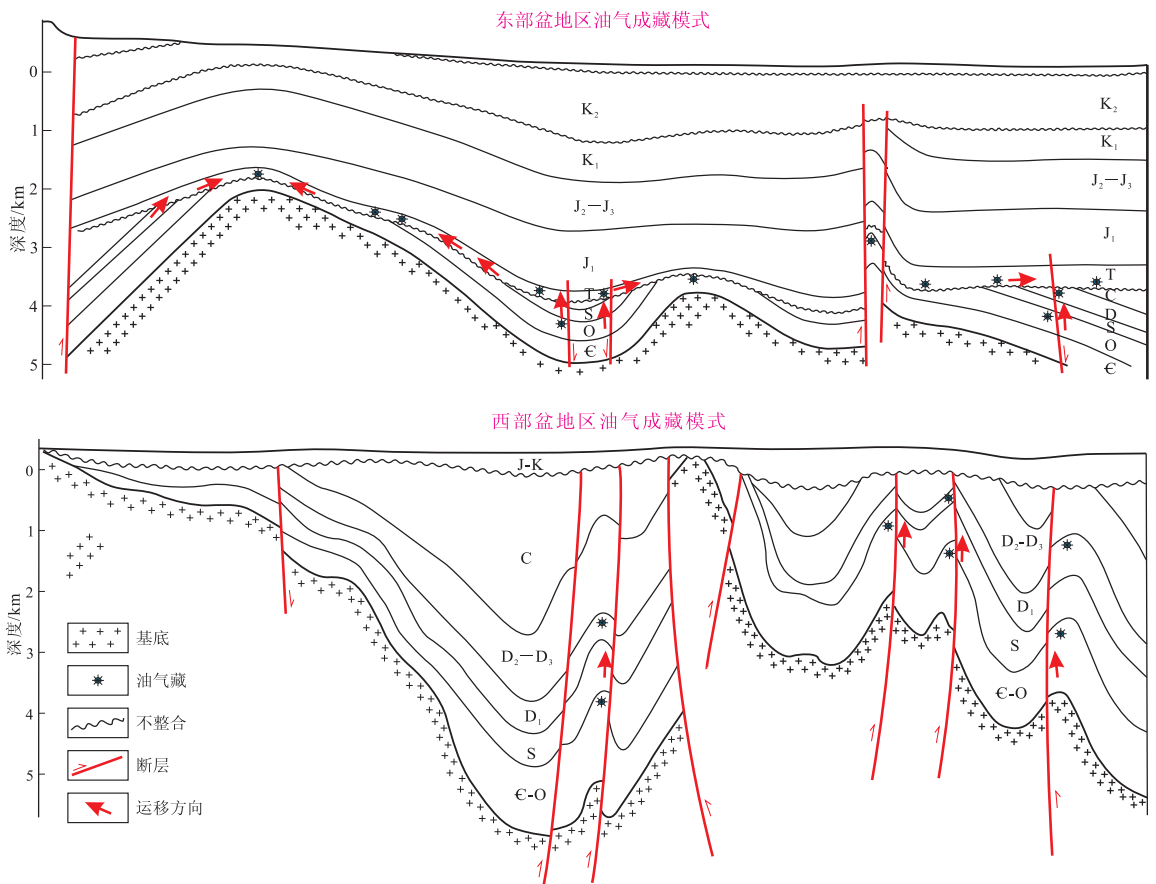


图4 阿尔及利亚撒哈拉地台区东西部盆地油气成藏模式

Fig. 4 Hydrocarbon accumulation pattern of eastern and western basins on Saharan Platform, Algeria

区获得商业发现的关键地质因素。总体来看,西部盆地地区油气勘探程度低,应以天然气为主攻方向,瞄准断裂带附近发育的早期运聚好且后期保存佳的大型背斜构造圈闭。

东部盆地地区部分志留系—泥盆系在石炭纪—二叠纪进入成熟—高成熟阶段,从而形成古生代早期油气藏,海西运动抬升造成生烃停滞和油气藏的调整破坏,中生代再次深埋发生二次生烃并在白垩纪—第三纪相继进入生烃高峰,烃源岩生成的油气主要沿海西不整合面发生长距离侧向运移,并在不整合面附近的有利圈闭部位聚集成藏<sup>[17]</sup>,古隆起和斜坡区是油气运移的有利指向区,同时三叠纪—侏罗纪拉张期形成的断层作为油气垂向运移通道,有利于在断层两侧的新老多套层系形成复式油气聚集区。从勘探潜力讲,东部盆地地区油气勘探程度相对较高,油气勘探应以找油为主,寻找中小型构造圈闭或岩性—构造圈闭。

## 6 结论

1) 阿尔及利亚已有油气发现主要分布在撒哈拉地台区,可以将其分为东部和西部2个含油气盆

地区。无论是沉积充填、烃源岩、储层和圈闭特征等油气地质条件,还是油气性质和油气成藏模式,东、西部盆地地区均表现出较明显的差异性。

2) 古生代时期撒哈拉地台属于大型稳定的克拉通沉积,沉积环境相似,构造格局整体表现为东高西低的特征,导致古生界沉积东部盆地薄而西部盆地厚;中生代的差异沉降,导致东部盆地的东北部发育完整的中新生代沉积,西部盆地地区仅接受少量的侏罗纪—新近纪陆相沉积。

3) 撒哈拉地台主要发育2套古生界烃源岩:下志留统热页岩和中上泥盆统页岩,其中下志留统热页岩为主力烃源岩。受古生代沉积格局、烃源岩后期埋藏及古地温场的控制,东、西部盆地地区古生界烃源岩整体表现出“厚度西厚东薄、成熟度西高东低”的差异性。

4) 东部盆地地区在早期古生代沉积之上叠加中生代地层构成多构造旋回叠合盆地,发育古生界和中生界2大套含油气储层;而西部盆地地区属于单构造旋回原生盆地,以古生界含油气储层为主。

5) 西部盆地地区圈闭类型较为单一,圈闭幅度普遍较大,圈闭的主要形成时期为海西运动期;东

部盆地区圈闭类型具有多样性且圈闭的形成具有多期性。

6) 撒哈拉地台区东、西部盆地成藏模式不同,西部盆地区主要为早期成藏后期破坏—断层垂向运移成藏模式;东部盆地区则为二次生烃晚期成藏为主—不整合断层复合运移成藏模式。

7) 从勘探潜力看,西部盆地区油气勘探程度低,应以天然气为主攻方向,瞄准断裂带附近发育的大型背斜构造圈闭。东部盆地区油气勘探程度相对较高,油气勘探应以找油为主,寻找中小型的构造圈闭或岩性—构造圈闭。

参考文献:

[1] BP Statistical Review of World Energy June 2010[OL]. <http://www.bp.com/statisticalreview>.

[2] 王有勇. 中国与阿尔及利亚的能源合作[J]. 阿拉伯世界, 2007(2):35-42.

[3] 童晓光,关增森. 世界石油勘探开发图集(非洲地区分册)[M]. 北京:石油工业出版社,2002.

[4] MacGregor D S,Moody R T J,Clark-Lowes D D. Petroleum geology of North Africa: Geological Society Special Publications 132 [M]. London: The Geological Society, 1998.

[5] 李大荣,黎发文,唐红. 阿尔及利亚三叠盆地、韦德迈阿次盆地石油地质特征及油气勘探中应注意的问题[J]. 海相油气地质, 2006,13(1):19-26.

[6] 潘杨辉,郑荣才,胡诚,等. 阿尔及利亚韦德迈阿次盆地 438B 区块泥盆纪层序—岩相古地理特征[J]. 地球科学与环境学报, 2011,33(3):268-274.

[7] 汪孝芝. 阿尔及利亚三叠盆地成藏主控因素和勘探潜力[J]. 国外油田工程, 2007,23(10):1-3.

[8] Guiraud R, Bosworth W, Thierry J, et al. Phanerozoic geological evolution of Northern and Central Africa: An overview [J]. Journal of African Earth Sciences, 2005,43(1/3):83-143.

[9] 万志峰,夏斌,蔡周荣,等. 西北非构造演化与油气成藏组合特征[J]. 大地构造与成矿学, 2009,33(2):224-229.

[10] 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.

[11] Luning S, Craig J, Loydell D K, et al. Lower Silurian 'hot shales' in North Africa and Arabia: regional distribution and depositional model [J]. Earth - Science Reviews, 2000,49:121-200.

[12] 关增森,李剑. 非洲油气资源与勘探[M]. 北京:石油工业出版社,2007.

[13] Galeazzi S, Point O, Haddadi N, et al. Regional geology and petroleum systems of the Illizi-Berkine area of the Algerian Saharan Platform: An overview [J]. Marine and Petroleum Geology, 2010,27:143-178.

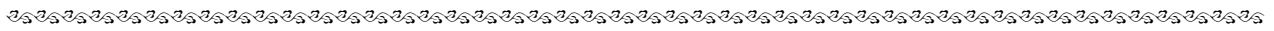
[14] Adalini G B, Edfern J R, Carr I D. A Synthesis of current understanding of the structural evolution of North Africa [J]. Journal of Petroleum Geology, 2002,7:249-258.

[15] Carr I D. Second-order sequence stratigraphy of the palaeozoic of North Africa [J]. Journal of Petroleum Geology, 2002,25(3):259-280.

[16] 李莉,宋明雁,李争. 阿尔及利亚三叠盆地隐蔽油气藏勘探前景[J]. 中国石油勘探, 2008(4):56-26.

[17] 李争,段奕. 阿尔及利亚三叠盆地成藏主控因素分析[J]. 天然气技术, 2009,3(5):10-13.

(编辑 徐文明)



(上接第 166 页)

[7] 孙致学,鲁洪江,冯文光,等. 低渗透砂岩储集层油藏评价一体化研究方法及应用[J]. 石油勘探与开发, 2006,33(6):743-748.

[8] 胡望水,张宇规,牛世忠,等. 相控储层地质建模研究[J]. 特种油气藏, 2010,17(5):37-39.

[9] 陈全红,李文厚,高永祥,等. 鄂尔多斯盆地上三叠统延长组深湖沉积与油气聚集意义[J]. 中国科学: D 辑:地球科学, 2007,37(增刊 I):39-48.

[10] 张伟,刘建朝,高志亮,等. 鄂尔多斯盆地吴堡地区长 6 段油积特征及其石油地质意义[J]. 地球科学与环境学报, 2012,34(2):64-71.

[11] 郭正权,齐亚林,楚美娟,等. 鄂尔多斯盆地上三叠统延长组储层致密史恢复[J]. 石油实验地质, 2012,34(6):594-603.

[12] 王志辉,黄伟. 鄂尔多斯盆地南部直罗油田长 8 油层油气沸腾包裹体群研究[J]. 地球科学与环境学报, 2011,33(2):146-151.

[13] 杨希濮,孙卫. 鄂尔多斯盆地低渗透油藏孔隙结构特征及影响因素分析[J]. 特种油气藏, 2011,18(6):44-47.

[14] 方少仙,候方浩. 石油天然气地质储层沉积学[M]. 北京:中国石油大学出版社,2002:124-143.

[15] 李道品. 低渗透油田开发概论[J]. 大庆石油地质与开发, 1997,16(3):33-37.

[16] 杨懿,姜在兴,张小莉,等. 大牛地气田盒 3 段致密储层控制因素及测井岩相研究[J]. 西北大学学报:自然科学版, 2010,40(4):699-707.

[17] 刘昊伟,郑兴远,陈全红,等. 华庆地区长 6 深水沉积低渗透砂岩储层特征[J]. 西南石油大学学报, 2010,32(1):21-26.

[18] 唐海发,彭仕宓,赵彦超,等. 致密砂岩储层物性的主控因素分析[J]. 西安石油大学学报, 2007,22(1):59-63.

[19] 付文耀,刘春武,刘丽丽,等. 鄂尔多斯盆地胡尖山油田延长组长 6<sub>1</sub> 储层特征及控制因素分析[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报), 2011,33(7):45-49.

(编辑 韩 或)