

墨西哥湾盆地北部深水前第三系成藏组合分析

赵青芳, 龚建明, 李双林, 陈国威

(国土资源部海洋油气资源与环境地质重点实验室, 青岛 266071; 青岛海洋地质研究所, 青岛 266071)

摘要:墨西哥湾盆地是一个中—新生代的裂谷盆地, 在盆地北部深水区(美国一侧)可能存在着油气成藏下组合, 具有古生新储的成藏特征。侏罗系发育了主力烃源岩, 烃源岩厚度大, 深水区中一半的烃源岩尚处在生油期; 白垩系发育主力成藏组合, 储层物性良好。整个盆地广泛发育的盐岩地层使盆地的地温梯度较低(约 $1.8 \sim 2.3$ °C/100 m), 致使成藏期偏晚。据此推断, 盆地北部深水区前第三系存在大量油气富集区, 勘探潜力巨大, 为油气勘探提供了有利的方向。

关键词:墨西哥湾盆地; 油气成藏组合; 成藏模式; 主控因素

中图分类号: TE122.3 文献标识码: A

墨西哥湾盆地地层发育齐全, 从侏罗系到三叠系都有烃源岩, 其北部主要为油气产区, 南部为产油区, 目前已在坎佩切湾的侏罗系和白垩系裂隙灰岩中发现了油气。墨西哥湾北部深水区(美国一侧)目前油气钻探研究的主要目的层为第三系, 由于前第三系埋藏深、厚度大, 未有勘探井钻遇该地层。

1 区域地质背景

墨西哥湾盆地是一个中—新生代的裂谷盆地^[1], 经历了5期构造演化^[2,3]:

(1)裂谷期 由晚三叠世到早侏罗世在脆性地壳范围内沿着狭长地带形成裂谷, 并伴随着同裂谷期的非海相沉积和半地堑内的火山活动, 广泛发育盐岩沉积。

(2)衰减期 中侏罗世以裂谷和地壳衰减为特征, 形成了过渡壳和高低起伏的伴生基底。

(3)洋壳形成期 晚侏罗世最大的海侵期内, 洋壳开始冷却、收缩、下沉, 盆地深部呈非补偿沉积形态, 在缺氧环境中形成厚的、富含有机质的页岩堆积, 洋壳形成。

(4)下降期 早白垩世期间, 墨西哥湾整个盆地都在下沉, 盆地处于非常稳定的构造背景下。

(5)陆源物质沉积及盐构造变形期 始于晚白垩世的中赛诺曼期, 伴随着海平面的迅速升降, 定期地淹没碳酸盐岩台地的外边缘, 引起边缘向陆地迁移。之后, 在晚白垩世至新生代沉积了大量陆源碎屑物质, 硅质碎屑沉积物的进积棱柱体差异负载于下伏盐类之上, 通过盐类的流动和生长断层下降盘沿陆架斜坡崩塌而产生变形^[4,5]。

2 成藏组合分析

根据墨西哥湾盆地构造演化特征、生储盖分布、圈闭特征与油气富集特点以及童晓光院士的油气藏特征分类, 可将盆地的油气成藏组合划分

收稿日期: 2011-01-24

基金项目: 国家专项“墨西哥湾盆地油气地质综合研究与区域优选”(JT-YQ-QQ-2008-6-20)

作者简介: 赵青芳(1980—), 女, 助理研究员, 硕士, 主要从事海洋油气地球化学工作。E-mail: qingfangzhao@163.com

为上组合和下组合(图 1)。上侏罗统烃源岩和白垩系储集岩构成下组合;上侏罗统、上白垩统和第三系烃源岩与第三系(特别是中新统)储集岩构成上组合。下组合为古生新储,储层岩性通常为台地边缘相的碳酸盐岩,成藏模式见图 2 所示。目前发现的下组合主要分布在墨西哥湾的西部和南部,通过对大量成果资料的研究,推断下组合在墨西哥湾盆地北部深水区也可能存在,在白垩系地层中可能存在着大量的油气富集区带。主要原因如下:

地层	地质年代 /Ma	岩性	沉积相	生	储	盖	成藏组合
新近系			陆相				上组合
古近系	24		陆相为主				
白垩系	65		海相				下组合
	97						
侏罗系	144		海相				下组合
	163						
	183		陆相				
	205						

图 1 墨西哥湾盆地油气成藏组合划分

Fig. 1 Subdivision of hydrocarbon plays in Gulf of Mexico Basin

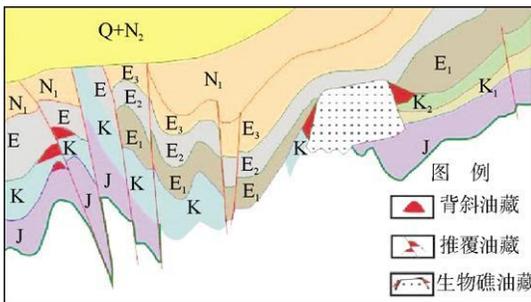
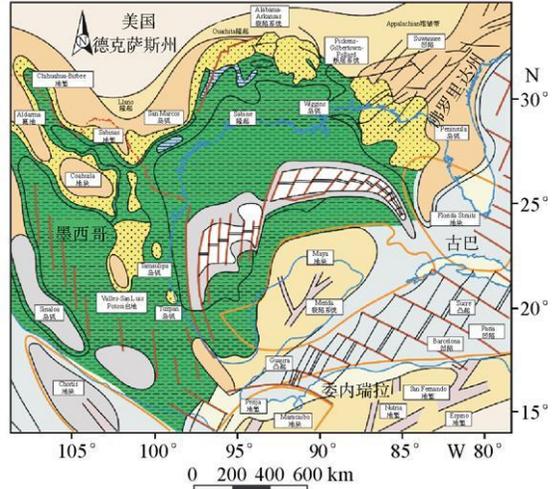


图 2 成藏模式

Fig. 2 Model of oil and gas pool-formation

(1)面积广

墨西哥湾主力烃源岩是上侏罗统提塘阶,分布范围广(图 3),几乎遍及整个墨西哥湾。



图例 断层 泥岩 砂岩 国界 海岸线 转换断层

图 3 中提塘阶(~150 Ma)古构造和沉积分布 (据 Jacques 和 Clegg 修改, 2002)

Fig. 3 Mid-Tithonian (~150 Ma) paleotectonic and depositional map (Modified after Jacques & Clegg, 2002)

(2)厚度大

从 Salvador^[6] 总结和绘制的上侏罗统烃源岩等厚图来看,墨西哥湾南部的牛津阶、基末利阶和提塘阶烃源岩厚度很大,总厚度超过 1 000 m。

(3)生烃潜力良好

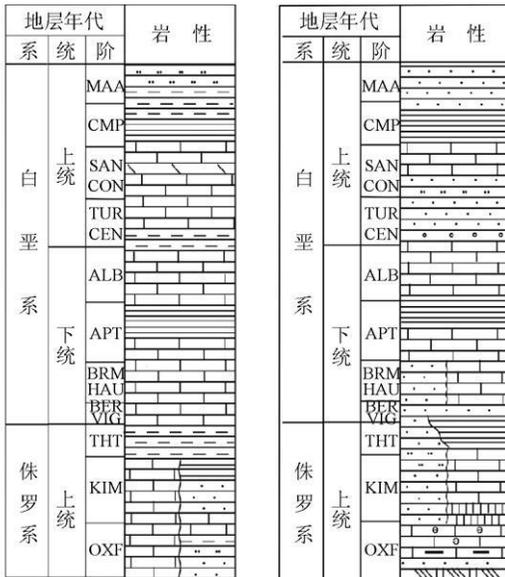
从盆地边缘到盆地中心烃源岩生烃潜力逐渐变好,其中,提塘阶具有更高的生烃潜力。据 Medrano 等^[7] 的研究,墨西哥湾南部上侏罗统烃源岩 3 个层段(牛津阶、基末利阶和提塘阶)的有机质类型为 I 型和 II 干酪根,其有机质丰度较高。牛津阶烃源岩具好到很好的潜力,TOC 在 0.5%~5% 之间(平均 1.7%),S₂ 为 2~19 mgHC/g rock(平均 8 mgHC/g rock);基末利阶烃源岩具较好到好的潜力,TOC 在 0.5%~2% 之间(平均 0.8%),S₂ 值为 2~6 mgHC/g rock(平均 3 mgHC/g rock);提塘阶烃源岩具有很好的潜力,TOC 在 0.5%~16% 之间(平均 3%),S₂ 值为 2~85 mgHC/g rock(平均 14 mgHC/g rock)。

来自墨西哥坦皮科和图斯潘地区的上侏罗统烃源岩测试数据也显示出较好的潜力。墨西哥湾上侏罗统烃源岩可与北海上侏罗统烃源岩相媲美。

(4) 沉积环境有利

晚侏罗世在低能、封闭的环境下沉积了一套海相的深灰—黑色富含有机质的页岩和钙质页岩、泥质灰岩层段, 有机质在还原环境下得以有利保存。

白垩系发育了若干套有利的储集层, 主要为砂岩和碳酸盐岩 2 种储层类型, 碳酸盐岩储层中裂隙发育, 为油气运移提供了良好通道; 在低能浅水环境下发育了次生孔隙, 为油气存储提供了充足空间。在墨西哥湾盆地南部主要为碳酸盐岩储层, 北部同时发育了砂岩储层(图 4), 储集物性良好。



墨西哥湾盆地西部、南部地区 墨西哥湾盆地北部地区

图 4 地层柱状图

Fig. 4 Stratigraphic column

(5) 成熟度适中

墨西哥湾深水区储层温度低(海底之下 7 620 m 处的地温仅为 93.4~148.9 °C), 地温梯度约在 1.8~2.3 °C/100 m, 深水一半的烃源岩尚处在生油期(图 5)。

(6) 生储盖组合匹配很好

中生界上侏罗统海相黑色钙质页岩、泥灰岩和上白垩统暗色页岩为主要烃源岩; 白垩系下部的碳酸盐岩、礁灰岩以及上部的三角洲砂岩为主要储层; 上侏罗统致密钙质页岩、白垩系泥岩、页岩、硬石膏为主要盖层(图 1)。此为礁相油气成藏模式, 在时间上匹配很好, 具有老生(上侏罗统)新储(白垩系碳酸盐岩、砂岩)的特点。从上侏罗统提塘阶的分布范围(图 3)和成熟度(图 5)来看,

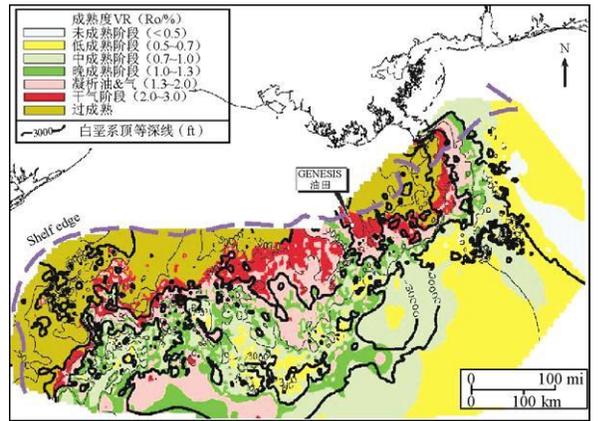


图 5 现今上侏罗统烃源岩成熟度分布(据文献 [8] 修改)

Fig. 5 Present day maturity of the Upper Jurassic source rock (modified from [8])

墨西哥湾北部很可能存在以上侏罗统为烃源岩, 以白垩系为储集层的油气藏组合。

由上所述, 推测在墨西哥湾北部深水存在油气下组合。

3 成藏主控因素

3.1 盐岩活动为烃类运移提供了通道

盐岩的构造活动致使上覆沉积岩形成易碎区, 促使断层、断层系统或裂隙发育, 这些断层都可以成为油气垂直运移的通道, 盐岩运动为烃类提供的运移通道在墨西哥湾盆地随处可见, 因此, 盐岩的形态和分布对墨西哥湾油气藏具有重要的控制作用。

3.2 盐岩层影响烃源岩的成熟过程

墨西哥湾盆地盐岩分布广, 厚度大, 对该区烃源岩的成熟过程有着明显的影响作用。由于盐岩的热导率是一般沉积岩的 2~3 倍, 因此, 盐岩以下的沉积地层温度会发生异常。据 D'Brien 和 Lerche(1987)预测, 厚度 1 000 m 的盐席下面温度将下降 10.5 °C, 1 500 m 的盐席下面温度将下降 15.8 °C。由此可见, 盐岩层的存在将延缓盐岩层下烃源岩的成熟过程, 影响程度取决于盐岩层的厚度。另外, 盐的高热导率又起着“散热器”的作用, 它可以提高盐岩层以上的地层温度, 加速盐岩层上烃源岩的成熟过程(图 6)。

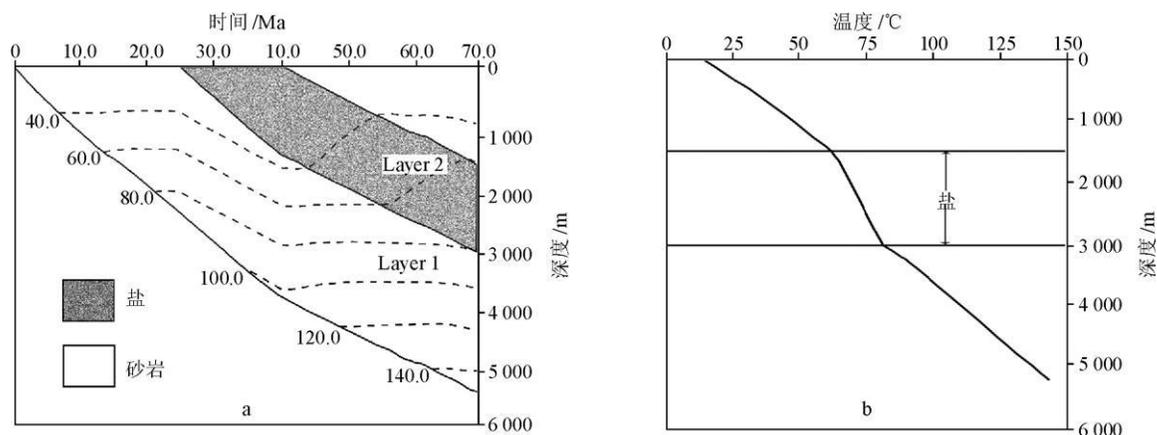


图6 盐层埋藏史与温度的关系(据文献[6])

Fig. 6 Plot of burial evolution history of salt bed and temperature (from reference [6])

3.3 沉积相控制油气富集

中生代浅海陆架高能环境下的碳酸盐岩储层及盆地相生油岩控制了油气的富集。台地边缘(主要指古陆外侧、古岛屿周围、古水下隆起边缘)水动力条件较强,是生物骨架灰岩和颗粒灰岩发育的有利地区,而且油源丰富,海水稍有进退即能形成盖层,因此,生储盖组合十分有利于大油田的形成。

4 结论

(1)墨西哥湾盆地北部深水区石油地质条件优越,侏罗系有效烃源岩生烃潜力好,成熟度适中,白垩系碳酸盐岩和砂岩储层物性好,上覆泥岩盖层,形成了有利的生储盖组合,因此,在白垩系地层中可能存在大量的油气富集层,具有古生新储的成藏模式。

(2)侏罗系广泛发育的盐岩地层在墨西哥湾盆地油气成藏过程中起了重要作用,延缓了下伏烃源岩的成熟过程,同时盐岩的构造运动致使上覆沉积岩形成的断层系统为油气垂直运移提供了有效通道,因此,在墨西哥湾北部深水区可能存在埋深较大的前第三系油气藏下组合。

参考文献:

[1] Buffler R T. Early evolution of the Gulf of Mexico basin

[C] //Goldthwaite D. An introduction to central gulf coast geology. New Orleans: New Orleans Geological Society, 1991: 1-16.

[2] Hall D J, Bowen B E, Rosen R N, et al. Mesozoic and early Cenozoic development of the Texas margin; a new integrated cross-section from the Cretaceous shelf edge to the Perdido fold belt [C] //SEPM 13th Annual Research Conference. Gulf Coast section. 1993: 21-31.

[3] Armentrout J M. 沉积盆地分析[M] //Edward A B Norman H F. 油气圈闭勘探. 刘得来,译. 北京:石油工业出版社, 2001: 71-157.

[4] Bruce C H. Pressured shale and related sediment deformation: mechanism for development of regional contemporaneous faults [J]. AAPG Bulletin, 1973, 57: 878-886.

[5] Winker C D, Edwards M B. Unstable progradational clastic shelf margins [J]. SEPM Special Publication, 1983, 33: 139-157.

[6] Salvador A. Triassic-Jurassic: The Gulf of Mexico Basin [M] //Salvador A. The geology of North America. The Geological Society of America, 1991b: 131-180.

[7] Mario A. Guzman V, Lilia C O J R, et al. Classification and origin of petroleum in the Mexican Gulf Coast Basin: an overview [J]. AAPG Memoir, 2001, 75: 127-145.

[8] Colling E L, Alexander R J, Phair R L. Regional maturity modeling for the northern deep water Gulf of Mexico [C] //GCSSEPM Foundation 21st Annual Research Conference. Petroleum Systems of Deep-water Basins. 2001: 87-110.

(下转第 26 页)

DISTRIBUTION AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF PERMIAN SOURCE ROCKS IN THE SOUTHERN NORTH-CHINA

LIN Xiaoyun, CHEN Qianlan, LI Jing

(Key Laboratory of Exploration Technologies for Oil and Gas Resources (Yangtze University),
Ministry of Education; College of Geosciences, Yangtze University, Jingzhou 434023, Hubei, China)

Abstract: The coal prone source rocks are well developed in Southern North China in the Permian deposits of Taiyuan Formation, Shanxi Formation, and Lower and Upper Shihezi Formations. The abundance, type and maturity of source rocks indicate that coal measure bearing mudstone is the main effective source rock. The Taiyuan Formation, Shanxi Formation, and Lower Shihezi Formation are all high in the abundance of organic matters, of which the matrix belongs to the type III (humic type) with little of type II₂ (sapropelic-humic type). The Lower Permian organic matters are matured or even over matured, but Upper Permian ones non-matured or just matured. Therefore, the Upper Permian in this region is high in hydrocarbon generation potential.

Key words: Southern North-China; Permian; effective source rock; geochemistry characteristics

(上接第 14 页)

PRE-TERTIARY DEEPWATER OIL PLAYS IN THE NORTHERN GULF OF MEXICO BASIN

ZHAO Qingfang, GONG Jianming, LI Shuanglin, CHEN Guowei

(Key Laboratory of Marine Hydrocarbon Resources and Environmental Geology,
Qingdao 266071, China; Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao 266071, China)

Abstract: The Gulf of Mexico Basin is a rift basin during the Mesozoic-Cenozoic. Lower plays may exist in the deepwater area of the Northern Gulf of Mexico on the US side. Hydrocarbon is generated from the source rocks lower and accumulated in the reservoirs upper. The Jurassic is thick and rich in source rocks. The area up to the half depth of the basin still remains in the mature stage. The Cretaceous is the main reservoir with good physical properties. The whole basin is covered by a salt formation which keeps the basin remained in a low geothermal gradient (about 1.8~2.3 °C/100 m), resulting in the delay of the critical moment of petroleum system. It is inferred that the pre-Tertiary formation contains a large amount of oil and gas in the deepwater area of the Northern Basin, and the Cretaceous of Northern Gulf of Mexico Basin is a promising exploration target with great oil and gas potential.

Key words: Northern Gulf of Mexico; hydrocarbon play; model of oil-gas pool-formation; major controlling factors