

刘小龙, 程涛, 苗顺德, 等. 波斯湾盆地碳酸盐岩缓坡储层发育模式与分布规律[J]. 海洋地质前沿, 2024, 40(6): 84-92.

LIU Xiaolong, CHENG Tao, MIAO Shunde, et al. Development and distribution of carbonate ramp reservoir in the Persian Gulf Basin[J]. Marine Geology Frontiers, 2024, 40(6): 84-92.

波斯湾盆地碳酸盐岩缓坡储层发育模式与分布规律

刘小龙, 程涛, 苗顺德, 张鑫, 郭志峰, 柳万春

(中国海洋石油国际有限公司, 北京 100028)

摘要:通过井震资料分析,对波斯湾盆地上白垩统碳酸盐岩缓坡储层发育模式与分布规律进行了研究,确定了研究区碳酸盐岩缓坡的沉积模式、储层发育的优势相带及发育控制因素。研究认为,波斯湾盆地上白垩统发育碳酸盐岩缓坡沉积,划分为内缓坡、中缓坡与外缓坡,内缓坡可进一步划分为萨布哈、潮坪、潟湖、潮缘滩、浅滩、滩间海沉积微相。浅滩相与潮缘滩相为有利储层发育带,其滩体的识别与预测对该区油气勘探至关重要。浅滩岩相主要为生屑灰岩,潮缘滩岩相主要为生屑云岩。地震相方面,碳酸盐岩滩体呈透镜状,地震反射具有一定的前积结构,一般为弱振幅。测井相上,滩体表现“三高两低”特征。波斯湾盆地晚白垩世挤压形成的古地貌高控制了碳酸盐岩储层展布及发育程度,该认识可为波斯湾盆地碳酸盐岩领域油气勘探提供参考。

关键词:波斯湾盆地; 碳酸盐岩缓坡; 浅滩; 沉积模式; 主控因素

中图分类号:P744.4; P736

文献标识码:A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2024.050

0 引言

碳酸盐岩缓坡是指由岸边向广海方向缓慢倾斜,通常坡度 $<1^\circ$ 的大型碳酸盐岩沉积体系^[1-2]。系列油气藏与碳酸盐岩缓坡沉积相关,如伊拉克米桑油田、威尔士布拉班特、四川盆地寒武统龙王庙组等^[3-5]。中东地区已发现总油气当量 2 506.7 亿 m^3 , 占全球已发现储量的 34.2%, 其中, 80% 左右的油气储量集中于碳酸盐岩储层。波斯湾盆地上白垩统主要发育碳酸盐岩缓坡, 储层由生屑灰岩、泥粒灰岩与球粒云岩等组成, 孔隙类型以粒间孔、晶间孔为主, 其次包括铸模孔、溶蚀孔和基质微孔^[6-8]。碳酸盐岩储层是波斯湾盆地油气发现的重要物质基础, 但前人对该区碳酸盐岩储层分布规律及主控因素研究相对较少, 更多的是指出了中东美索不达米亚盆地侏罗纪—白垩纪发育碳酸盐岩缓坡沉

积^[9-12]。另外有学者以伊拉克单个油田为例, 研究了上白垩统 Hartha 组的储层岩石学特征、沉积相和储层发育的主控因素^[13], 而对于波斯湾盆地碳酸盐岩沉积类型及其对应发育的储层类型、发育模式及分布规律等系统性研究相对较少。本文通过明确碳酸盐岩储层识别标志及平面分布, 建立研究区白垩系缓坡型碳酸盐岩沉积模式, 并结合构造运动指出碳酸盐岩储层发育的主控因素, 以期指导该区油气勘探工作。

1 区域地质特征

波斯湾盆地东北部和北部边界为扎格罗斯褶皱带, 西部与阿拉伯地盾相邻, 东南部紧邻亚丁湾和阿拉伯海, 西北边界为死海断裂, 面积约 $350 \times 10^4 \text{ km}^2$ ^[14]。盆地可进一步细分为扎格罗斯褶皱带、鲁卜-哈里次盆、中阿拉伯次盆、维典-美索不达米亚次盆、西阿拉伯次盆与阿曼盆地^[15](图 1)。

波斯湾盆地是古生代—中生代陆缘盆地与新生代大型前陆盆地的叠合盆地^[16]。古特提斯洋与新特提斯洋的开启与闭合控制盆地 5 期构造演化阶段与沉积充填: ①前寒武纪—早寒武世基底增生

收稿日期: 2024-02-28

资助项目: 中国海洋石油集团有限公司“十四五”重大科技项目“海外油气勘探开发关键技术”(KJGG2021-0901)

第一作者: 刘小龙(1983—), 男, 博士, 工程师, 主要从事油气勘探地质方面的研究工作。E-mail: liuxl16@cnooc.com.cn

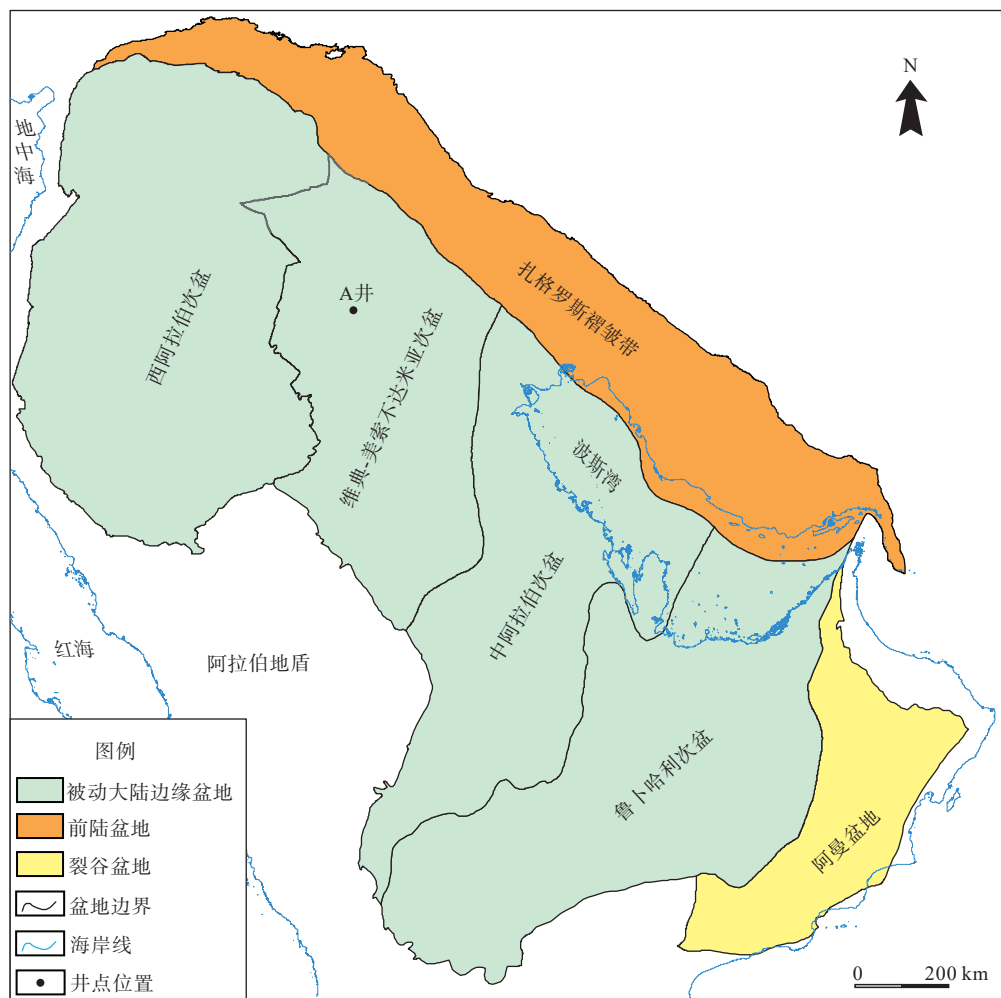


图1 波斯湾盆地构造单元

Fig.1 Tectonic division of the Persian Gulf Basin

拼合与裂谷盐盆阶段,沉积盐岩与碎屑岩;②早寒武世—泥盆纪为古特提斯洋被动陆缘阶段,盆地进入克拉通边缘拗陷阶段,沉积碎屑岩;③晚泥盆世—中二叠世进入海西运动主动陆缘阶段,冈瓦纳大陆北部边缘从被动大陆边缘转换成了活动大陆边缘,大部分地区沉积间断,局部沉积碎屑岩;④晚二叠世—中新世进入新特提斯洋被动大陆边缘阶段,新特提斯洋开启,阿拉伯板块演变为被动大陆边缘,以碳酸盐岩沉积为主;晚白垩世,扎格罗斯褶皱带内开始形成前陆拗陷,标志着新特提斯洋开始闭合;⑤中新世至今为前陆盆地阶段,新特提斯洋闭合,造山运动导致扎格罗斯褶皱带形成,沉积碳酸盐岩和碎屑岩。稳定的被动大陆边缘沉积了巨厚的古生界、中生界与新生界地层^[17]。晚二叠世—中新世新特提斯洋被动大陆边缘阶段,盆地从碎屑岩进入碳酸盐岩沉积旋回,该阶段为波斯湾盆地主要成藏组合的发育时期^[18-19]。其中,晚白垩世阿拉伯板块与欧亚板块发生洋-陆碰撞,扎格罗斯造山运动开始,

在波斯湾盆地东北缘挤压产生了一系列 NW—SE 向古地貌高,为碳酸盐岩储层沉积提供了有利的地形条件。

2 沉积特征与识别标志

晚白垩世,新特提斯洋开始闭合,波斯湾盆地为浅海陆架环境,与广海相连,底栖生物大量繁盛。该时期地形平缓,无大型生物礁建造,水体处于正常浪基面之上,水动力条件较强,阳光、氧气、营养物质供给较为充足,生物碎屑种类较多且被破碎。发育厚壳蛤、底栖有孔虫、棘皮、双壳、腹足、藻类等生物组合。岩芯发育生屑颗粒灰岩、泥粒灰岩、潮坪环境的生屑云岩、含石膏白云岩、混积岩等,具有明显的碳酸盐岩缓坡沉积特征。目前,残留沉积主要为缓坡沉积模式下的内缓坡相带,区域内内缓坡相带划分为潮坪、潟湖、浅滩、滩间、局限海 5 个亚相。优质储层主要分布于浅滩相带,西部以潮坪-

潟湖沉积为主, 储层发育程度低。

2.1 岩相识别标志

波斯湾盆地上白垩统碳酸盐岩缓坡划分为内

缓坡、中缓坡与外缓坡, 内缓坡从陆向海又可分为萨布哈、潮坪、潮缘滩、潟湖、浅滩、滩间海沉积微相, 不同沉积相带具有不同的岩相特征(图2), 储层主要发育于浅滩及潮缘滩相带。

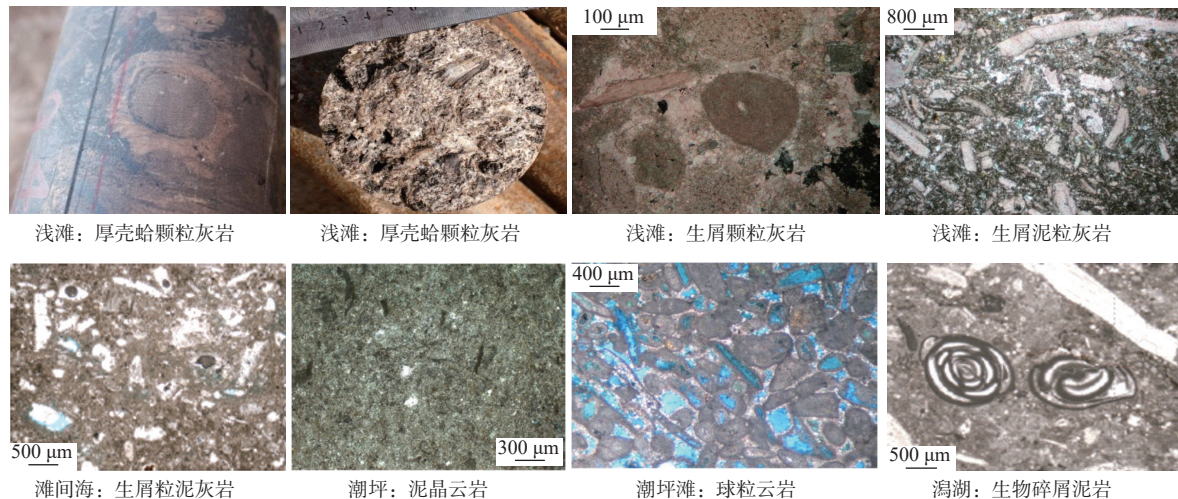


图2 波斯湾盆地上白垩统不同沉积相带岩芯与薄片特征

Fig.2 Images of core and thin sections of different sedimentary facies of the Upper Cretaceous in Persian Gulf Basin

萨布哈相位于高位域末期, 从单井相上来看, 岩性组合主要为膏盐、蒸发云岩沉积, 储层不发育。潮坪相位于高位域晚期, 以泥晶云岩、粒泥灰岩、白云质灰岩为主, 局部夹潮缘滩沉积。潮缘滩储层以生物碎屑云岩、球粒云岩为主。潟湖岩性为泥灰岩、泥岩, 储层不发育, 与潮坪间互沉积(图3)。

浅滩微相在海侵与高位体系域均有发育, 形成于水体动荡的高能环境, 储层岩性以生物碎屑颗粒灰岩、泥粒灰岩为主, 生物碎屑含量高且种类丰富, 包括厚壳蛤、双壳类、棘皮类、底栖有孔虫类等^[20], 高能环境水体动荡造成生物碎屑破碎, 其内部结构复杂, 非均质性强(图2), 孔隙类型包括粒间孔、溶蚀孔等。浅滩相储层与滩间海微相粒泥灰岩、灰泥岩间互发育。滩间海相以粒泥灰岩、泥灰岩为主, 局部发育薄层泥岩(图3)。

2.2 测井相识别标志

根据波斯湾盆地已钻井的测井资料综合分析, 该区浅滩岩性为生物碎屑灰岩、粒泥灰岩, 潮缘滩主要为生屑云岩、球粒云岩, 储层段发育粒间孔隙, 泥质含量低, 具高声波时差、高中子、高孔渗、低伽玛、低密度“三高两低”的特征, 测井曲线主要表现为箱型或者锯齿状。而萨布哈、潮坪、潟湖及滩间海岩性主要为泥质灰岩、泥晶云岩等, 孔隙不发育, 泥质含量高, 具有低声波时差、低中子、低孔渗、

高伽玛、高密度的特征, 测井曲线主要为锯齿状(图3)。

2.3 地震相识别标志

从地震相来看, 不同相带岩性组合差异导致地震反射特征不同。浅滩相为生屑灰岩与灰岩互层在横向上具有迁移特征, 地震相特征有: ①包络面中—强振幅、中—高连续; ②丘状外形、双向下超; ③滩体内为弱振幅、差连续, 且地震相上浅滩可见低幅度隆起特征。滩间海为泥灰岩与泥岩互层, 地震相主要表现为强振幅、连续反射特征(图4)。

波斯湾盆地上白垩统碳酸盐岩缓坡其他几个相带地震相特征也有所不同。萨布哈岩性主要为膏盐、蒸发云岩, 夹泥灰岩及泥岩互层, 地震相表现为平行、连续、强反射特征。潮坪相岩性组合为白云岩、白云质灰岩, 地震相上表现为中振幅、平行、较连续反射特征。潟湖相岩性为灰岩、泥灰岩、泥岩互层, 地震相为中振幅、平行、连续反射特征(图5)。

3 沉积模式

沉积模式可以反映沉积时的古气候条件、构造背景及其演化特点^[21]。该盆地上白垩统从浅水至深水划分为内缓坡、中缓坡、外缓坡3个相带。其中, 内缓坡划分为萨布哈、潮坪、潮缘滩、潟湖、浅

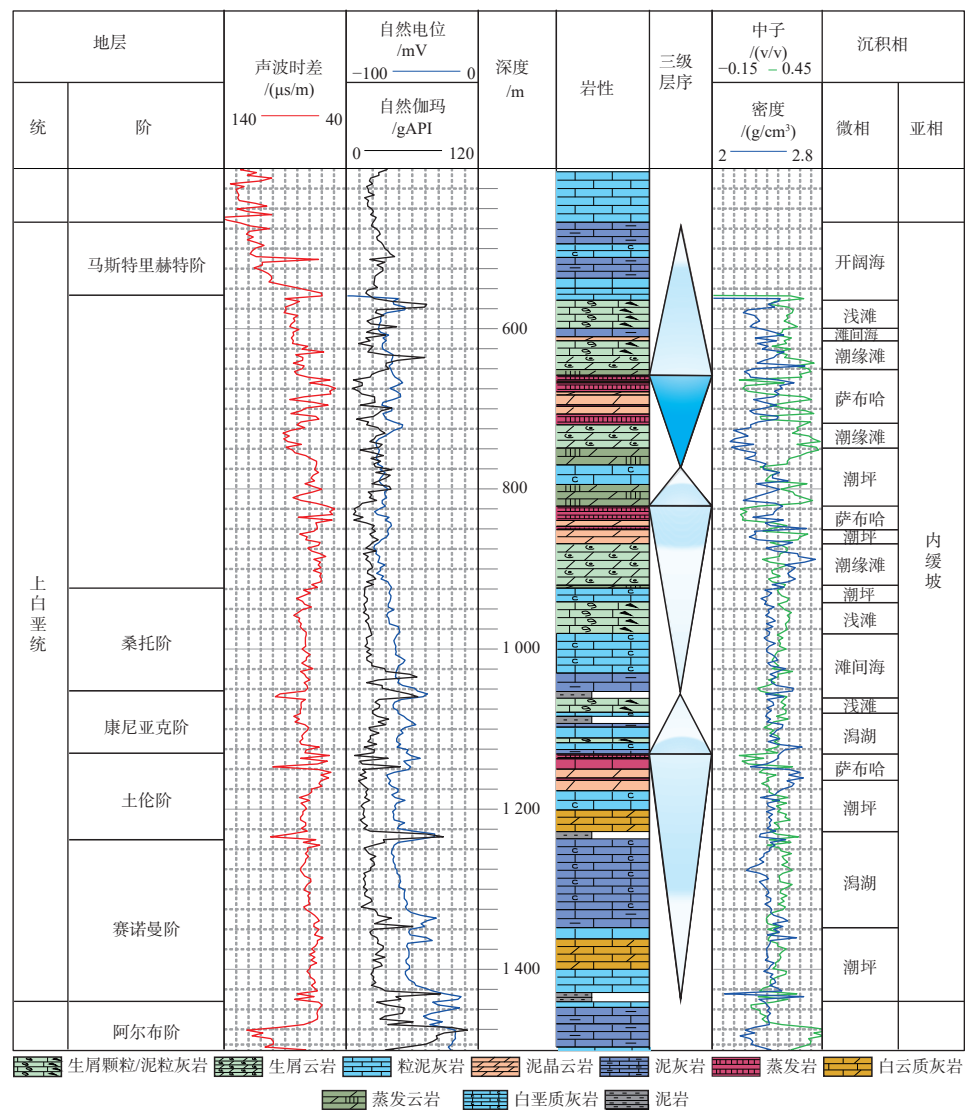


图 3 波斯湾盆地 A 井上白垩统碳酸盐岩缓坡单井沉积特征

Fig.3 Sedimentary, stratigraphic and logging characteristics of the Upper Cretaceous carbonate ramp revealed in Well A in the Persian Gulf Basin

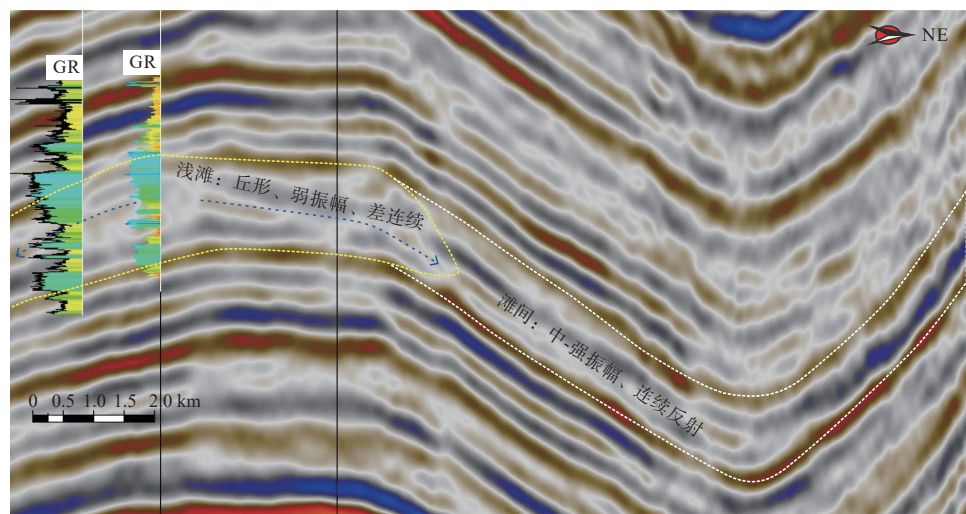


图 4 波斯湾盆地上白垩统浅滩、滩间海地震相特征

Fig.4 Characteristics of seismic facies of shoal and intershoal sea of Upper Cretaceous in Persian Gulf Basin

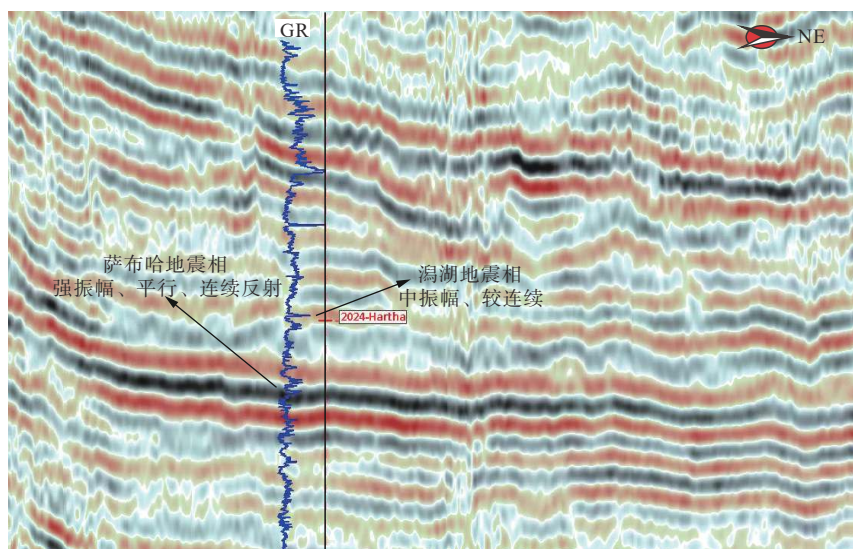
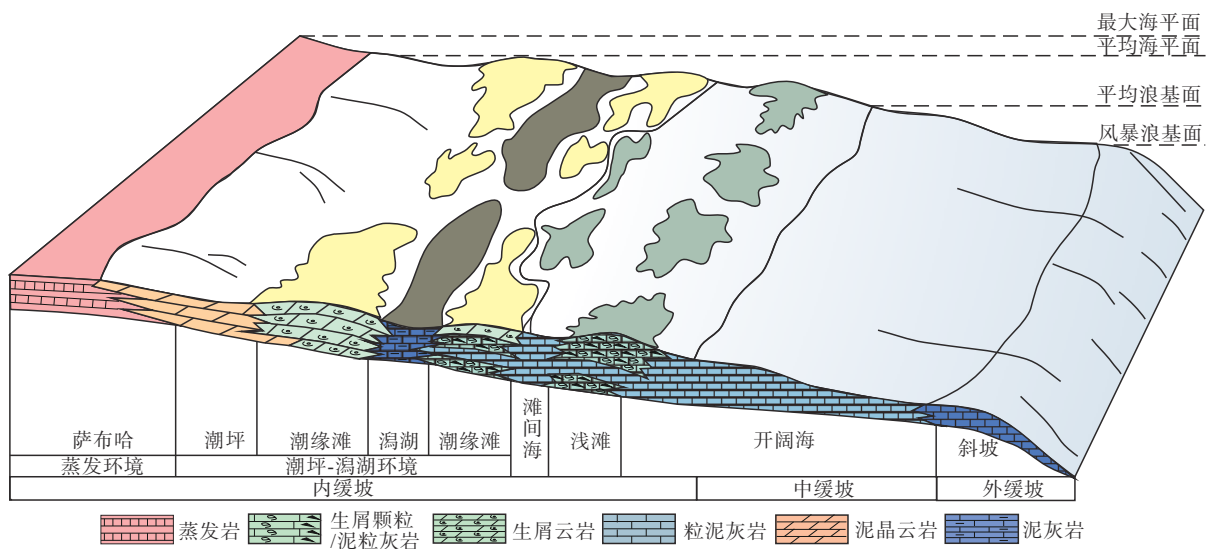


图5 波斯湾盆地上白垩统萨布哈、潮坪与潟湖地震相特征

Fig.5 Characteristics of seismic facies of Sabkha, tidal flat and lagoon of Upper Cretaceous in Persian Gulf Basin

滩、滩间海沉积微相。潮缘滩与浅滩为有利储层发育带，潮缘滩位于潮坪-潟湖沉积环境，发育生屑云岩，浅滩发育生屑灰岩。萨布哈主要发育蒸发岩，

潮坪主要发育泥晶云岩，潟湖与滩间海主要发育粒泥灰岩与泥灰岩，储层不发育。中缓坡主要发育开阔海相粒泥灰岩，外缓坡主要为斜坡相泥灰岩(图6)。



据文献 [22] 修改

图6 波斯湾盆地碳酸盐岩缓坡沉积模式

Fig.6 Depositional model of carbonate ramp in the Persian Gulf Basin

4 优质储集相带主控因素

4.1 碳酸盐岩内缓坡潮缘滩、浅滩为优质储层发育相带

根据岩相、测井相、地震相分析及油气田分布情况，对该盆地潮缘滩、浅滩相的分布规律进行研究。浅滩储层分布范围广、厚度大，上白垩统浅滩

净储层厚度 ≥ 600 m，以大型油气田为主。浅滩储层孔隙类型以粒(晶)间孔、溶蚀孔、铸膜孔为主，海平面快速下降时期，溶蚀强烈，溶蚀孔洞发育，物性变好。孔隙度为 9%~23%，平均 17%；渗透率为 $(0.5 \sim 500) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，平均 $140 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。潮缘滩储层分布范围相对较小，储层厚度变小，上白垩统潮缘滩净储层厚度最大约 200 m，以小—中型油气田为主。潮缘滩孔隙类型以粒间溶孔、裂缝为主，孔隙度为 5%~20%，平均 12.5%。渗透性以构造缝

为主的裂缝提升了孔隙间的连通性, 渗透率为 $(0.1 \sim 1000) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 平均 $52 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。总之, 沉积微相控制碳酸盐岩浅滩及潮缘滩储层的宏观分布规律。

4.2 晚白垩世挤压形成的古地貌高控制优质储层发育程度

前人研究认为, 碳酸盐岩储层的发育受古构造、古地貌等多因素控制^[23]。同样, 波斯湾盆地浅滩相储层的发育也主要受古地貌高的控制。晚白垩世阿拉伯板块与比斯顿微地块发生洋-陆碰撞, 挤压作用使阿拉伯板块东缘(伊拉克东部)抬升并微弱变

形, 形成大量 NW—SE 向古地貌高, 为潮缘滩及浅滩相储层的发育提供了有利的地形条件(图 7)。从波斯湾盆地潮缘滩及浅滩的分布特征来看, 上白垩统浅滩沉积主要分布在扎格罗斯褶皱带地区, 呈 NW—SE 向条带状展布, 浅滩的发育明显受古地貌高的控制, 同时挤压强度控制滩体的发育规模。阿拉伯板块东部挤压程度强, 导致古地貌高发育程度强, 而往西部由于远离造山挤压区, 挤压程度变弱, 古地貌高发育程度相应减弱。挤压强度“东强西弱”的构造特征, 导致潮缘滩的发育规模相对浅滩相变小, 储层厚度变薄。

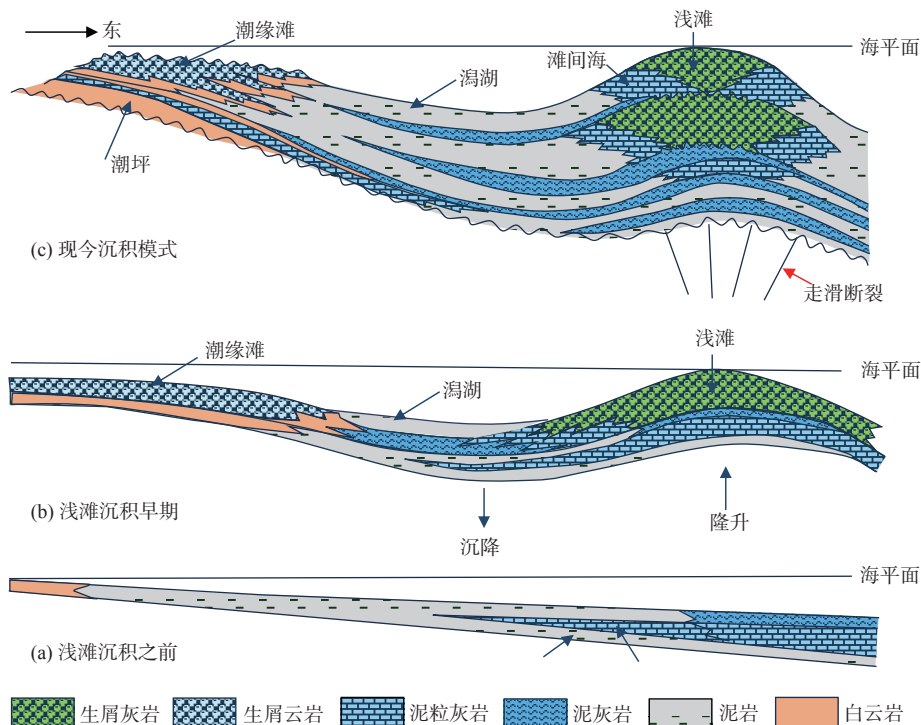


图 7 波斯湾盆地碳酸盐岩缓坡晚白垩世沉积演化模式

Fig.7 Sedimentary evolution model of carbonate ramp of the Late Cretaceous in the Persian Gulf Basin

5 浅滩、潮缘滩与油气分布的关系

综上所述, 波斯湾盆地潮缘滩、浅滩主要发育于碳酸盐岩内缓坡沉积相带, 潮缘滩岩性以生屑云岩为主, 浅滩相以生屑颗粒灰岩、泥粒灰岩为主。内缓坡潮缘滩、浅滩控制储层分布, 以孔隙型灰岩储层为主, 物性好、分布广, 为油气聚集提供了良好的储集空间。

根据钻井资料、地震相特征, 结合油气田分布及储层发育主控因素, 可对潮缘滩、浅滩分布规律进行预测, 明确不同沉积相带分布特征。波斯湾盆

地上白垩统自西向东发育萨布哈、潮坪-潟湖、潮缘滩、浅滩、滩间海沉积相带, 浅滩与潮缘滩的分布主要受古构造走向控制, 在扎格罗斯褶皱带与维典-美索不达米亚次盆主要呈 NW—SE 向展布, 中阿拉伯次盆主要呈 SN 向展布特征(图 8)。波斯湾盆地上白垩统已发现油气藏主要分布于内缓坡浅滩、潮缘滩沉积相带。其中, 东北部地区油气田分布于浅滩内, 油气田数量多、范围广。西北部地区, 已发现油气田主要分布于潮缘滩内, 数量相对较少, 分布比较局限。明确波斯湾盆地上白垩统浅滩、潮缘滩分布规律及储层发育主控因素, 对该区油气勘探工作具有重要的指导意义。

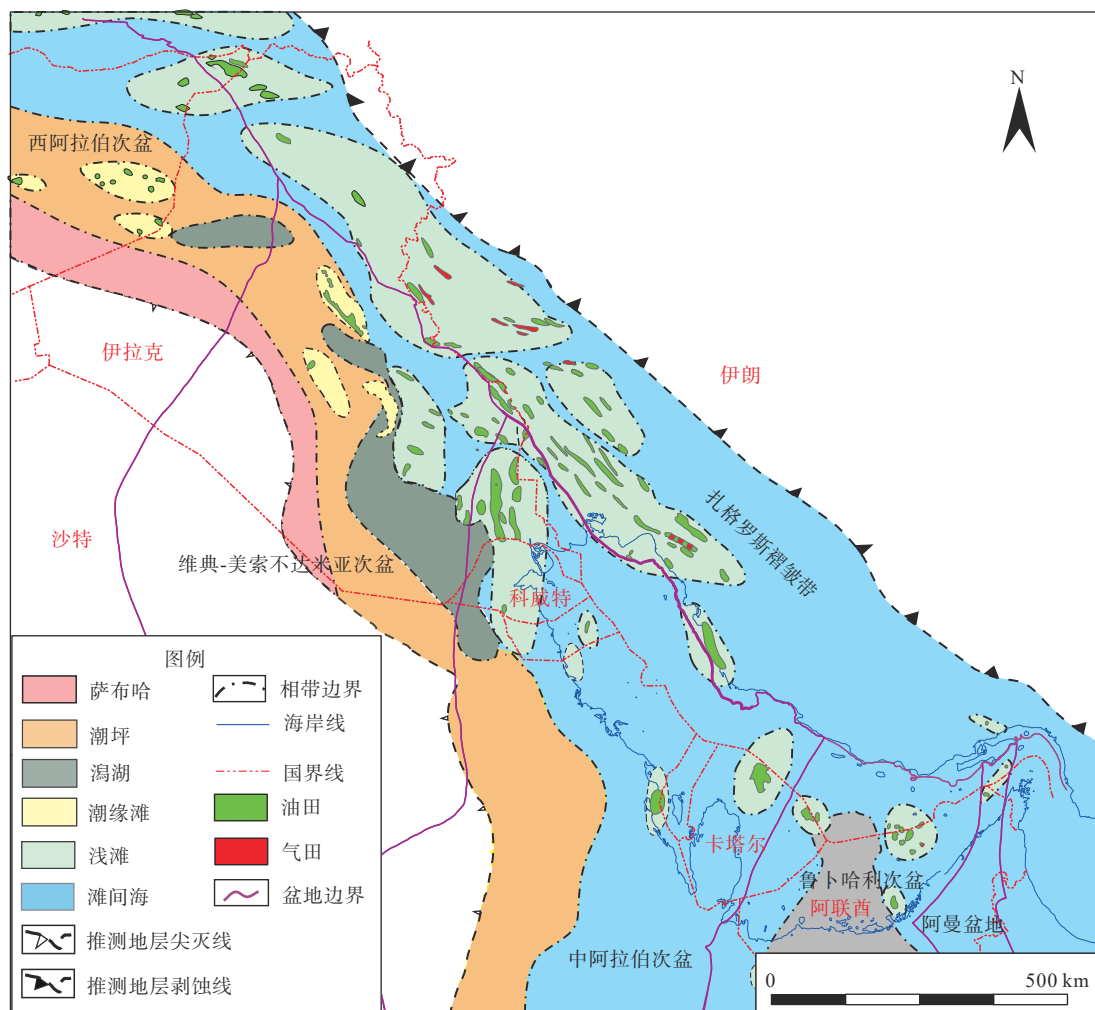


图 8 波斯湾盆地上白垩统沉积相与油气分布

Fig.8 Sedimentary facies and oil and gas distribution of the Upper Cretaceous in the Persian Gulf Basin

6 结论

(1)波斯湾盆地上白垩统发育碳酸盐岩缓坡沉积模式,可进一步划分为萨布哈、潮坪、潟湖、潮缘滩、浅滩、滩间海等沉积微相。内缓坡浅滩相与潮缘滩相为有利储层发育带,其滩体的识别与预测对该区油气勘探至关重要。

(2)浅滩岩相主要为生屑灰岩,潮缘滩岩相主要为生屑云岩。地震相上,滩体具有丘状、透镜状外形,表现为前积或侧积反射结构,一般为弱振幅。测井相上,滩体表现为高声波时差、高中子、高孔渗、低伽玛、低密度“三高两低”的特征。

(3)波斯湾盆地晚白垩世挤压形成的古地貌高控制浅滩及潮缘滩的分布及展布特征,挤压强度控制储层发育程度,上白垩统潮缘滩、浅滩沉积相带对油气藏分布具有明显的控制作用。

参考文献:

- [1] AHR W M. Sedimentary and tectonic controls on the development of an Early Mississippian carbonate ramp, Sacramento Mountains area, New Mexico[M]//CREVELLO P, WILSON J, SARG F, et al. Controls on Carbonate Platforms and Basin Development. Tulsa: SEPM Society for Sedimentary Geology, 1989.
- [2] 曾允孚,王成善. 海洋碳酸盐沉积相模式 [J]. 矿物岩石, 1991, 11(3): 107-117.
- [3] BÁBEK O, KALVODA J, COSSEY P, et al. Facies and petrophysical signature of the Tournaisian/Viséan (Lower Carboniferous) sea-level cycle in carbonate ramp to basinal settings of the Wales-Brabant massif, British Isles[J]. Sedimentary Geology, 2013, 284/285: 197-213.
- [4] 杜金虎,张宝民,汪泽成,等. 四川盆地寒武统龙王庙组碳酸盐缓坡双颗粒滩沉积模式及储层成因 [J]. 天然气工业, 2016, 36(6): 1-10.
- [5] KAKEMEM U, JAFARIAN A, HUSINEC A, et al. Facies, sequence framework, and reservoir quality along a Triassic car-

- bonate ramp: Kangan Formation, South Pars Field, Persian Gulf Superbasin[J]. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 2021, 198: 108166.
- [6] 李扬, 刘波, 田昌炳, 等. 伊拉克 Y 油田上白垩统 Mishrif 组碳酸盐岩储层及其测井响应特征 [J]. *油气地质与采收率*, 2016, 23(6): 8-15.
- [7] HUSEINI M I. Tectonic and deposition model of late Precambrian-Cambrian Arabian and adjoining plates[J]. *AAPG Bulletin*, 1989, 73(9): 1117-1131.
- [8] ALSHARHAN A S, NAIRN A E M. Sedimentary basin and petroleum geology of the Middle East[M]. Amsterdam: The Netherlands, Elsevier Science B V, 2003: 559-574.
- [9] GHABEISHAVI A, VAZIRI-MOGHADDAM H, TAHERI A, et al. Microfacies and depositional environment of the Cenomanian of the Bangestan anticline, SW Iran[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2010, 37(3): 275-285.
- [10] SADOONI F N. The nature and origin of Upper Cretaceous basin-margin rudist buildups of the Mesopotamian Basin, southern Iraq, with consideration of possible hydrocarbon stratigraphic entrapment[J]. *Cretaceous Research*, 2005, 26(2): 213-224.
- [11] AL-QAYIM B. Sequence stratigraphy and reservoir characteristics of the Turonian-Coniacian Khasib Formation in central Iraq[J]. *Journal of Petroleum Geology*, 2010, 33(4): 387-403.
- [12] 高计县, 田昌炳, 张为民, 等. 波斯湾盆地中白垩统 Mishrif 组碳酸盐岩储层特征及其发育模式 [J]. *地质科学*, 2013, 48(1): 304-316.
- [13] 黄茜, 伏美燕, 赵丽敏, 等. 伊拉克 HF 油田上白垩统碳酸盐缓坡相储层发育特征 [J]. *沉积学报*, 2019, 37(2): 371-378.
- [14] 杨永才, 孙玉梅, 李友川, 等. 波斯湾盆地烃源岩地球化学特征与油气分布规律 [J]. *海洋地质前沿*, 2013, 29(5): 36-46, 70.
- [15] 信石印, 谢楠, 张鑫, 等. 波斯湾盆地烃源岩特征及对油气成藏的控制 [J]. *海洋地质前沿*, 2017, 33(5): 45-51.
- [16] 张鑫, 苗顺德, 刘小龙, 等. 阿联酋地区碳酸盐礁滩体沉积特征与主控因素 [J]. *中国海上油气*, 2022, 34(5): 87-93.
- [17] SOK R, KNACKSTEDT M, GHOU S A, et al. Integrating Petrographic, Petrophysical and 3-D Pore Scale Measurements of Core Material from the Shuaiba Reservoir in Al Shaheen, Qatar[R]. Denver, Colorado: AAPG Annual Convention, 2009: 1-3.
- [18] ALSHARHAN A S, AL-AASM I S, SALAH M G. Stratigraphy, stable isotopes, and hydrocarbon potential of the Aptian Shuaiba Formation, U. A. E. [M]// ALSHARHAN A S, SCOTT R W. Middle East Models of Jurassic/Cretaceous Carbonate Systems. Tulsa, United States: SEPM Society for Sedimentary Geology, 2000: 299-314.
- [19] SHARLAND P R, ARCHER R, CASEY D M, et al. Arabian plate sequence stratigraphy[M]. Bahrain: Gulf PetroLink, 2001: 83-95.
- [20] 郑磊, 金之钧, 张哨楠. 中东鲁卜哈利盆地古生界致密砂岩储层特征及评价 [J]. *石油与天然气地质*, 2013, 34(4): 475-482.
- [21] 赵学钦, 杨海军, 马青, 等. 塔北奥陶系碳酸盐岩沉积演化特征及台地发育模式 [J]. *沉积与特提斯地质*, 2014, 34(2): 36-42.
- [22] 刘艺妮, 胡明毅, 张三, 等. 碳酸盐缓坡沉积微相特征及其对储集层发育的制约: 以塔里木盆地古城地区中一下奥陶统为例 [J]. *石油勘探与开发*, 2022, 49(1): 93-105.
- [23] 王建坡, 李越, 程龙, 等. 华南板块古生代生物礁及其古地理控制因素 [J]. *古生物学报*, 2014, 53(1): 121-131.

Development and distribution of carbonate ramp reservoir in the Persian Gulf Basin

LIU Xiaolong, CHENG Tao, MIAO Shunde, ZHANG Xin, GUO Zhifeng, LIU Wanchun

(CNOOC International Ltd., Beijing 100028, China)

Abstract: On the basis of regional study, combined with drilling, logging, and seismic profiling, the development and distribution of the Upper Cretaceous carbonate ramp reservoir in the Persian Gulf Basin were studied, and the depositional pattern, favorable reservoir development facies, and distribution control factors were clarified. The Upper Cretaceous carbonate ramp sediments could be divided into inner ramp, middle ramp, and outer ramp; and the inner ramp could be sub-divided into the sedimentary microfacies of Sabha, tidal flat, lagoon, tidal shoal, shoal, and intershoal. The shoal facies and tidal shoal facies are favorable for reservoir development. The identification and prediction of shoal bodies are very important for oil and gas exploration in the area. The shoal lithofacies are mainly bioclastic limestone and the tidal shoal lithofacies are mainly bioclastic dolomite. In seismic profiles, the shoal body is lenticular in shape, and the seismic reflections have a certain clinoform structure and generally have weak amplitudes. The logging pattern of the shoal body is characterized by “three high and two low”, namely, high acoustic time difference, high neutron, and high porosity or permeability; and low gamma and low density. In the Persian Gulf Basin, the palaeogeomorphic high formed by extrusion in the Late Cretaceous controlled the distribution characteristics and development degree of reservoir. This study provided a good reference for the exploration onto carbonate oil and gas to clarify the development and distribution of the reservoir in shoal and tidal shoal facies.

Key words: Persian Gulf Basin; carbonate ramp; shoal; depositional model; main controlling factors