

Reservoir Characteristics of Mixed Sedimentation in Asmari Formation in M Oilfield, Iraq

June Ni, Lina Guo, Long Wang, Hongqiang Wang, Mingming Qi, Futin Sun

CNOOC Research Institute, Beijing
Email: nije@cnooc.com.cn

Received: Feb. 7th, 2017; accepted: Feb. 25th, 2017; published: Feb. 28th, 2017

Abstract

Based on thin section, core, well logging and production data, the characteristics and genesis of B reservoir in Asmari formation in Iraq were studied. The lithology of B reservoir is complex: carbonate and terrigenous clastic rock present interbedding and mixed composition; reservoir heterogeneity is strong. The sedimentary facies alternate among delta, mixed platform facies and restricted platform facies. Tectonic movement and frequent change of sea level control the distribution of clastic rock and carbonate rock, which results in two different lithologic reservoir of mixed phenomenon.

Keywords

Mixed Sedimentation, Heterogeneity, Sedimentary Facies, Asmari Formation, Iraq

伊拉克M油田Asmari组碎屑岩与碳酸盐岩混合沉积特征

倪军娥, 郭丽娜, 王 龙, 汪洪强, 齐明明, 孙福亭

中海油研究总院, 北京
Email: nije@cnooc.com.cn

收稿日期: 2017年2月7日; 录用日期: 2017年2月25日; 发布日期: 2017年2月28日

摘 要

结合薄片、岩心、测井等及相关生产资料, 对伊拉克M油田Asmari组B段储层特征及成因进行了分析。Asmari组B段岩性复杂, 碳酸盐岩与陆源碎屑岩呈现互层和成分的混积, 储层非均质性强, 研究认为沉

文章引用: 倪军娥, 郭丽娜, 王龙, 汪洪强, 齐明明, 孙福亭. 伊拉克 M 油田 Asmari 组碎屑岩与碳酸盐岩混合沉积特征[J]. 地球科学前沿, 2017, 7(1): 90-100. <https://doi.org/10.12677/ag.2017.71010>

积相以三角洲、混积台地和局限台地的交替变化为特点。构造运动和海平面频繁震荡共同控制碎屑岩和碳酸盐岩的分布，形成了两种不同岩性储层的混积现象。

关键词

混积岩，非均质性，沉积相，Asmari组，伊拉克

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

伊拉克 M 油田位于伊拉克的东南部与伊朗交界处，是阿尔卑斯造山带的一部分。受阿尔卑斯构造运动的影响，伊拉克境内的地台区自西向东可以划分为两个大的构造区域：西部的稳定陆架区域和东部的不稳定陆架区域。东部不稳定陆架以发育了厚层的沉积盖层为特征，又分为三个带[1] [2] [3]：①低角度褶皱变形的美索不达米亚盆地；②高角度褶皱变形带；③逆冲带。研究区构造上位于阿拉伯台地东部美索不达米亚低角度褶皱带南部(图 1)。

渐新统 - 中新统的 Asmari 组碎屑岩与碳酸盐岩的混合沉积[4] [5] [6]为该油田的主要产层,同时也是美索不达米亚盆地重要的产油层之一。该油田发现至今有 40 余年,但由于战争原因,资料完整性及准确性等限制,对储层的认识存在一定的局限性。Asmari 组包括 A, B, C, D 四段,其中 B 段为主力的生产层位,发育白云岩、灰岩和砂岩,岩性复杂,储层物性差异大,非均质性强,导致单井产能差异大。亟需搞清储层的成因机制和主控因素。目前,根据新的钻井资料,笔者分析了 Asmari 组的 B 段的储层特征,从成因上分析了混积岩的控制因素,并探讨了影响储层发育的关键因素,对油田后续开发提供参考依据。

碳酸盐与陆源碎屑的混合沉积在现代和古代较常见,从陆地到海洋、从浅水到深水都有广泛的分布

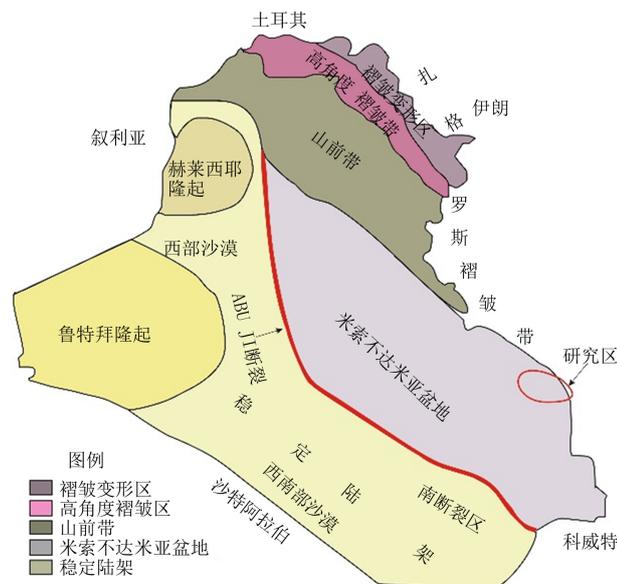


Figure 1. Regional structure distribution map of the Iraq and adjacent blocks in Cenozoic

图 1. 伊拉克及邻区新生代构造格局图

[7] [8] [9] [10]。近 20 年来,国内外学者针对混合沉积进行了一定研究[11] [12]。张锦泉[13]描述了不同沉积环境中的混合沉积特点。杜韞华[14]对湖相碳酸盐岩进行了沉积模式的研究。邓运华[15]探讨了辽东湾沙河街组的碳酸盐岩形成环境和特征。曹来圣[13]对辽西凹陷沙四段湖相碳酸盐岩的储层预测方法进行研究。

从狭义的定义,杨朝青等(1990)、郭福生(1990, 1993)将同一岩层内陆源碎屑与碳酸盐两种组分相互混杂的产物叫“混积岩” [16]。

按广义的定义,张锦泉等(1989)认为,混合沉积可以是由碳酸盐岩与陆源碎屑结构混合组成的混积物和“纯”碳酸盐与碎屑沉积物的互层、夹层及横向相变[17]。研究区 Asmari 组 B 段既有岩石组分的混积,同时还有两种类型储层的互层和夹层。储层非均质性强,产能差异大,含水规律复杂。

2. 储层特征

经过对研究区岩心样本进行系列的分析化验测试,包括铸体薄片鉴定、扫描电镜分析、孔渗测试、粒度分析、全岩 X 衍射等(下文中图件均为研究区近年岩心测试结果),对储层的储集岩类型,储集空间及物性特征形成了以下认识。

2.1. 储集岩类型和特征

M 油田 Asmari 组 B 段储层岩性包括砂岩、白云岩、灰岩、白云质砂岩和砂质白云岩多种岩性,不同岩性矿物成份差异较大,测井响应特征不同。

(1)砂岩:粗中粒石英砂岩,石英含量 86%~63%。粗到细砂岩,分选相对差,次棱到次圆,偶见有孔虫(图 2(a), 图 2(c))。矿物成分中含有一定比例的白云石、泥质和钾长石。在测井曲线上,砂岩体现出低密度,高声波时差特点。砂岩为油田最重要的岩石类型。

(2)白云岩:膏质微晶砂屑-生屑云岩,颗粒以有孔虫为主,分选中等,圆状,白云石含量 40%~90%,含方解石,石英及石膏(图 4(a), 图 4(b)),在测井曲线上,白云岩具有高密度、高电阻特征。

(3)灰岩:白云质泥粒灰岩,非骨架颗粒为中等到细粒的球粒,骨架颗粒以底栖有孔虫为主,颗粒分布矿物成分中方解石含量 57.9%,白云石 28.4%,石膏 11.7%,在测井曲线上,较高密度、高电阻、低时差的特点。

2.2. 储集空间及物性特征

2.2.1. 储集空间

根据岩心铸体薄片、扫描电镜分析,Asmari 组孔隙类型丰富多样,以次生孔隙为主;原生孔隙极少,在成岩作用过程中几乎破坏殆尽。实测结果显示,砂岩孔隙类型主要为粒间孔(图 2(a), 图 3(a)),面孔率 16%~30%,部分长石发生粒内溶孔,比例约 2% (图 2(b), 图 3(b)),局部含少量生物颗粒(图 2(c))。白云岩储集空间包括粒间孔、溶蚀缝和溶孔,面孔率为 6.5%~20%,其中白云石之间的方解石灰泥溶蚀而成的晶间溶孔可形成较好的储集空间(图 4(a))。灰岩孔隙类型主要为次生溶孔和分布在杂基中的微孔隙,面孔率 1%~5% (图 5)。此外,根据岩心资料和铸体薄片可见 Asmari 组局部还发育少量微裂缝,但目前成像测井资料识别困难。

2.2.2. 储层的物性特征

储层的非均质性强,氦气法孔隙度和渗透率测试结果显示,白云岩和灰岩为中低孔、中低渗储层,孔隙度范围 8.5%到 31%,平均孔隙度 15.4%,渗透率范围 $0.10 - 1548 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,算术平均渗透率 $14.8 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,砂岩为中高孔、中高渗储层,孔隙度范围 14%到 24.5%,平均孔隙度 19%,渗透率范围 $1.8 - 4407.9 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,

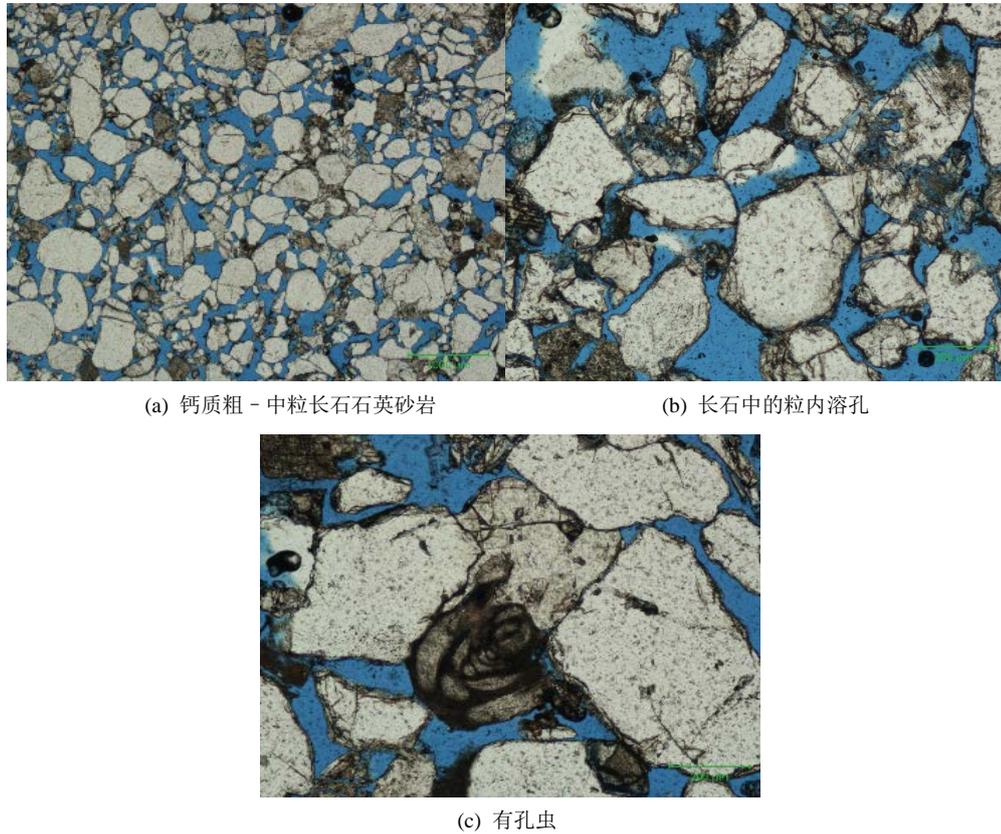


Figure 2. Pore characteristics of casting thin sections of reservoir of sandstone (Well F-37, 3072.5 m)
图 2. 伊拉克 M 油田 B 段 B1 油组石英砂岩岩石结构薄片(F-37 井 3072.5 m)

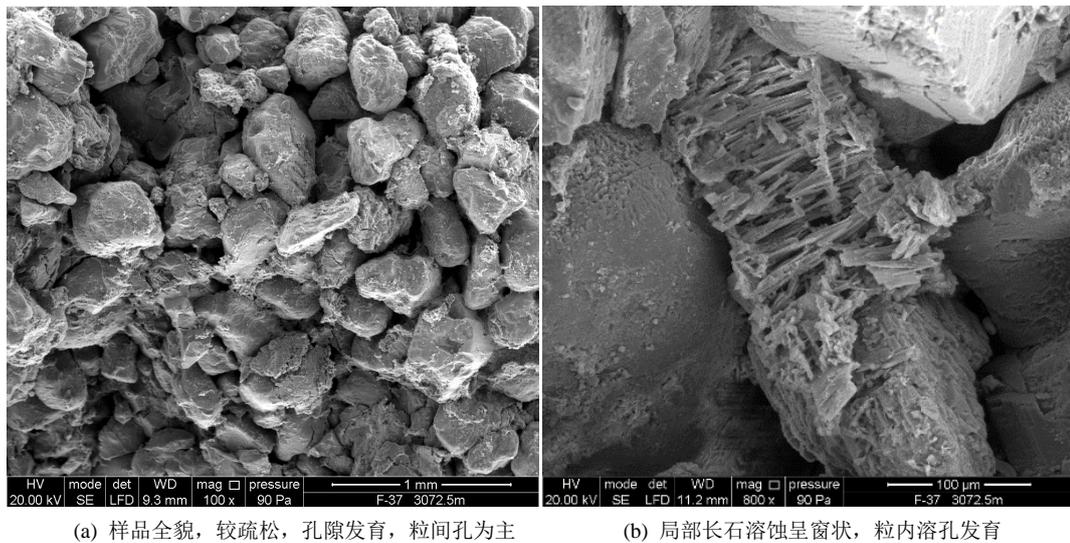
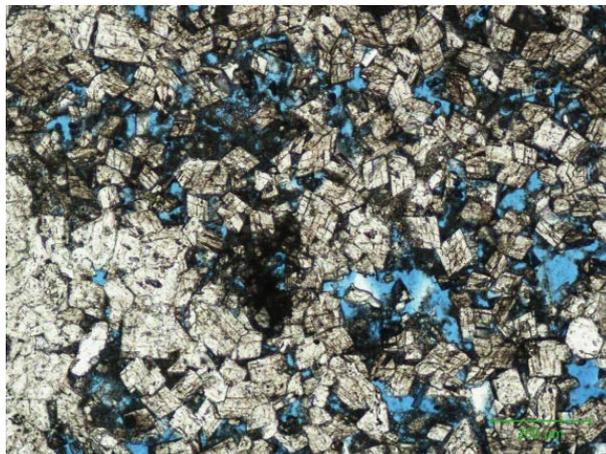
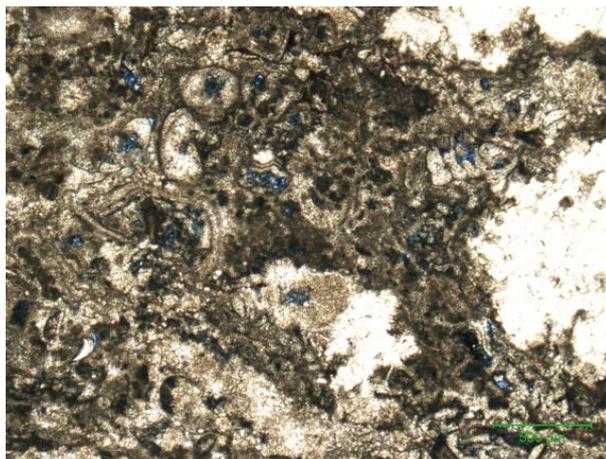


Figure 3. Pore types of sandstone reservoirs in the Asmari Formation (Well F-37, 3072.5 m)
图 3. 伊拉克 M 油田 B 段 B1 油组石英砂岩储集空间特征(F-37 井 3072.5 m)

算术平均渗透率 $710.4 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ (图 6(a))。砂岩物性远好于碳酸盐岩, 由于两种不同类型的储层的混积作用, 碳酸盐岩物性有较大改善, 孔隙度和渗透率有较好的相关性(图 6(b))。但在生产过程中, 两种岩性同时射开, PLT 测试结果显示主要由砂岩储层产生贡献。



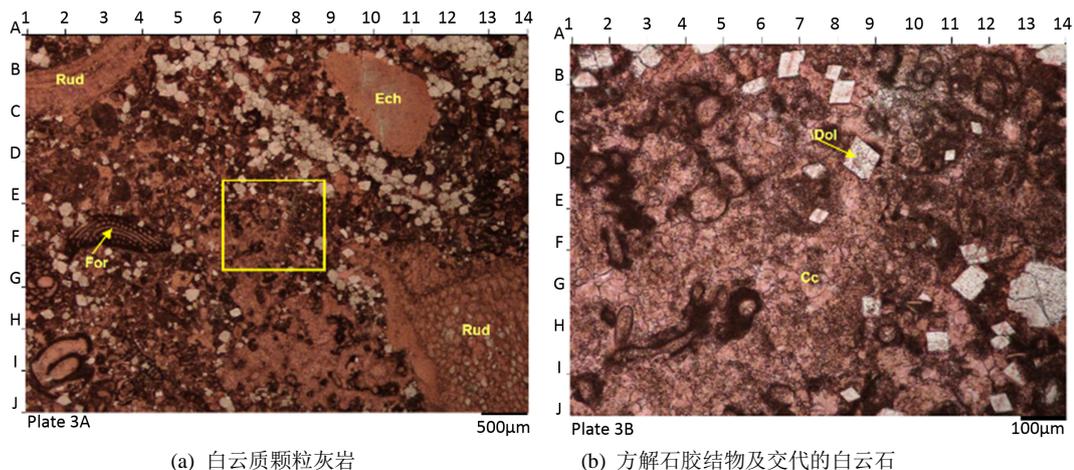
(a) 粉 - 细晶白云石含量较高, 见方解石灰泥和生物屑, 含有石英碎屑, 粒间孔为主(A-44 井, 3012 m)



(b) 膏质微晶砂屑 - 生屑云岩(A-44 井, 3082 m)

Figure 4. Pore characteristics of casting thin sections of reservoir of dolomite (Well A-44)

图 4. 伊拉克 M 油田 B 段白云岩岩石结构薄片

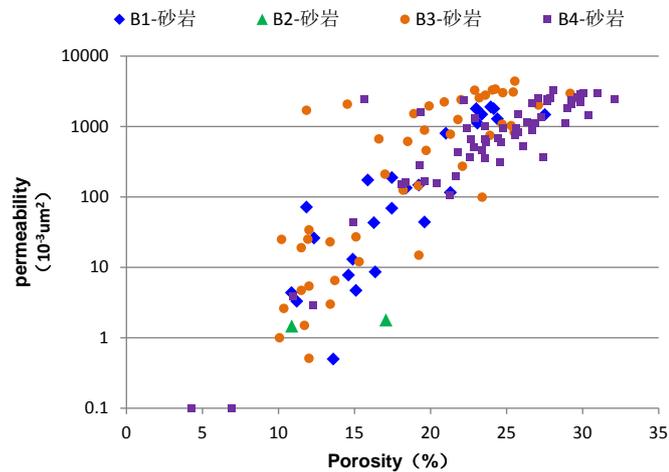


(a) 白云质颗粒灰岩

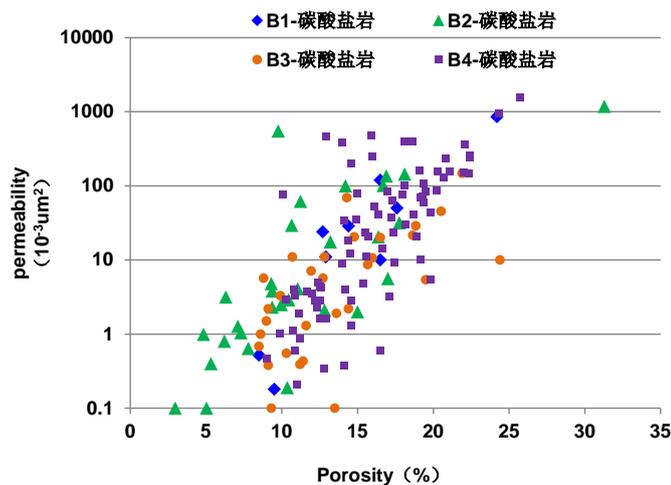
(b) 方解石胶结构及交代的白云石

Figure 5. Pore characteristics of casting thin sections of reservoir of limestone (Well F-25, 3084 m)

图 5. 伊拉克 M 油田 B 段 B2 油组白云质泥粒灰岩岩石结构薄片(F-25 井, 3084 m)



(a) 砂岩储层孔隙度和渗透率关系图



(b) 碳酸盐岩储层孔隙度和渗透率关系图

Figure 6. Relationship between porosity and permeability of different lithology of Asmari Formation in M oilfield, Iraq

图 6. 伊拉克 M 油田 Asmari 组不同岩性储层岩心孔隙度和渗透率关系图

3. 沉积相

Asmari 组底部的 C 段和 D 段为典型的三角洲碎屑岩沉积，以砂岩和泥岩为主，在伊朗地区，该套储层被称为 Ahwaz 三角洲沉积。关于上覆 B 段的沉积相存在较大的争议，曹亮，欧成华[18]等认为 B 段为潮坪相和局限台地相为主，其中主力层砂岩段为砂坪。而笔者研究认为 B 段砂岩主要继承底部沉积相，发育三角洲、混积台地和局限台地三种沉积相，由于海平面高频旋回的变化形成三种沉积相交替为特点(图 7，图 8)。

3.1. 三角洲相

本文认为 B 段主要继承了底部的 C，D 段的三角洲沉积相，由于海平面上升，物源整体减少，三角洲规模比下部 C，D 段减小。在海平面相对低，物源供给丰富的阶段，Asmari 组发育三角洲前缘和三角

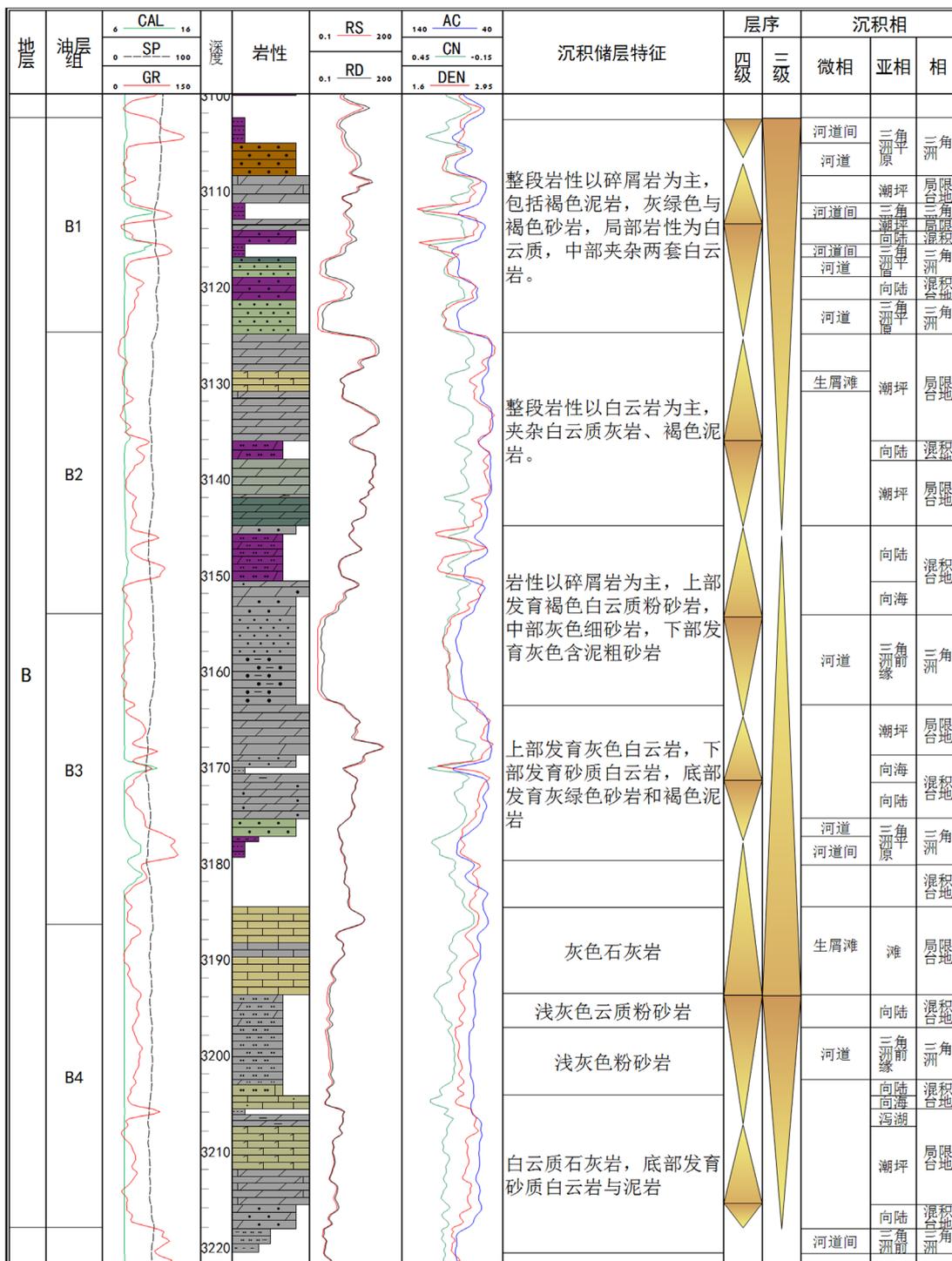


Figure 7. Sedimentary characteristics and stratigraphic sequence of the Asmari Formation in the M oilfields
 图 7. 伊拉克 M 油田 Asmari 组沉积与层序特征

洲平原亚相，B 段 B1 油组和 B3 油组上部以石英砂岩沉积为主，大量发育小型的冲刷面，正粒序层理和交错层理(图 9)，局部可见河道底部的滞留泥砾沉积，体现出较强的水动力作用，认为是河道沉积的典型标志。河道砂岩厚度约 4~15 m，平均厚度约 10 m，多期河道砂体叠置，横向展布范围广泛。

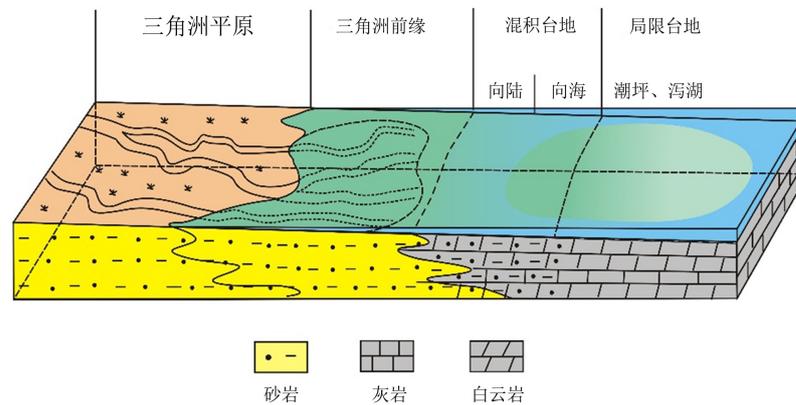


Figure 8. Depositional model of member b in Asmari formation in Iraq
图 8. 伊拉克 M 油田 Asmari 组 B 段沉积模式图



(a) 冲刷面 3126-3126.2 m (b) 平行层理 3103.6~3104.1 m (c) 交错层理 3048.5~3049.0 m

Figure 9. Stratification of sandstone in Member B of Asmari Formation in M oilfield, Iraq
图 9. 伊拉克 M 油田 Asmari 组 B 段砂岩段层理构造

3.2. 混积台地相

随着海平面上升，物源供给的逐渐减少，研究区以过渡性环境下的混积台地相沉积为主，岩性以成分混积为特点，主要沉积白云质砂岩、砂质白云岩或薄砂岩及白云岩的互层，局部可见厚壳蛤白云岩。参考阿姆斯特朗模式(Armstrong, 1974)，可细分为向海和向陆两种微相，向海以砂质白云岩为主，向陆以白云质砂岩为主(图 10)。

3.3. 局限台地相

在海平面较高，物源供给缺乏的阶段，研究区发育白云岩或灰岩为主的局限台地相，沉积亚相包括潮坪和泻湖，白云岩平均厚度约 5 m。

4. 储层主控因素

4.1. 构造作用

研究区是第三纪时期阿拉伯地台与欧亚大陆发生碰撞强烈的挤压作用在美索不达米亚地区产生的

一系列以西北-东南走向的背斜和断层构造之一。第三系开始，随着新特提斯洋的关闭，海水自北西向南东退去，形成西浅东深沉积格局，前陆盆地雏形。在渐新世-早中新世，红海和亚丁湾地区发生热穹隆和裂谷作用(Burke 和 Whiteman, 1973)，阿拉伯地台抬升。晚中新世时期，强烈的挤压作用导致扎格罗斯背斜大范围形成和伊拉克西北部白垩纪半地堑反转，美索不达米亚盆地快速沉降和沉积。

4.2. 海平面变化

在海退背景下的，海平面频繁震荡也控制了碎屑岩和碳酸盐岩的分布，形成了两种不同岩性储层的混积现象。

结合伊拉克区域资料，Asmari 组内部存在四个三级层序，共记载了 4 次海泛面，Ng20, Ng10, Pg50, Pg40。从绝对海平面变化图上可看出，在 Asmari 组沉积时期，海平面整体下降(图 11)，与阿尔卑斯造山运

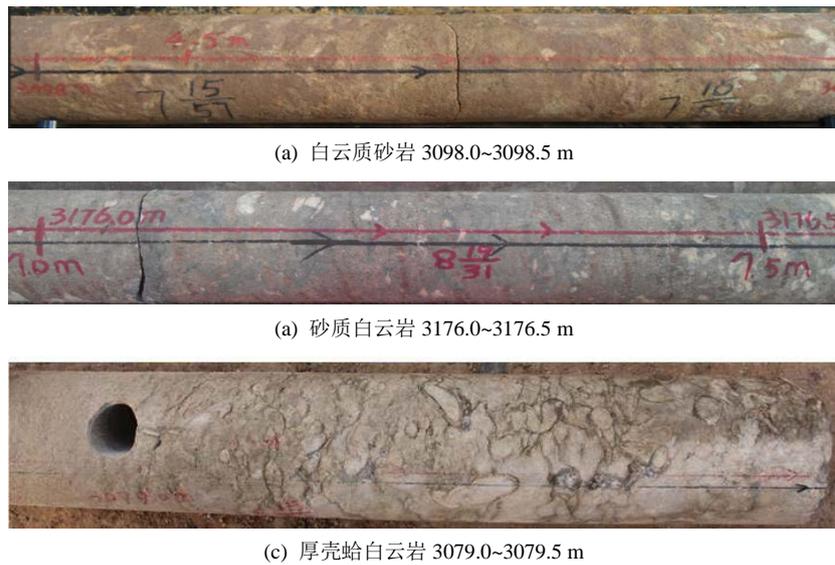


Figure 10. Mixed deposits of terrigenous clastic and carbonate in Member B of Asmari Formation in M oilfield, Iraq

图 10. 伊拉克 M 油田 Asmari 组 B 段混积台地相岩心特征

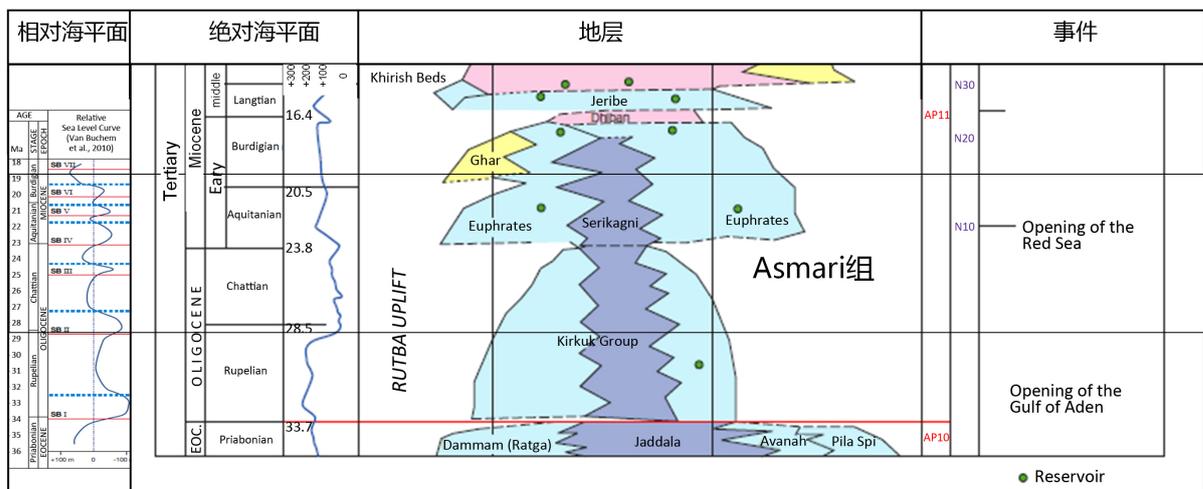


Figure 11. Stratigraphy development of the Eocene to Oligocene and sea level change of Iraq

图 11. 伊拉克始新统到渐新统地层发育和海平面变化

动吻合, 随着新特提斯海闭合形成海退期的缓坡浅海沉积, 同时阿拉伯地台隆升剥蚀为研究区带来了大量碎屑岩物源。因此, 构造与海平面综合作用共同控制了混积岩的展布。

4.3. 沉积作用

进入早第三纪, 随着特提斯海的逐渐闭合, 海水开始退却, 美索不达米亚地区虽然依然保持浅海环境, 但地层由第三纪早期的陆棚相碳酸盐岩沉积向上渐变为后期的蒸发岩和碎屑岩沉积。

随着扎格罗斯山的抬升和海水的后退, 由早期的碎屑岩沉积渐变为后期的以碳酸盐岩台地为主的沉积环境。Alshahran 和 Nairn [19]认为 Asmari 组砂岩与伊拉克南部及科威特的加拉的 Ghar 硅质碎屑岩为同期沉积, 物源来自阿拉伯板块西部和西南部的隆起, 也可能是红海东部前裂谷期的地垒。形成了向上变细的沉积旋回。

5. 结论

(1) 伊拉克 M 油田 Asmari 组 B 段储层岩性复杂, 储层非均质性强。砂岩以粒间孔为主, 灰岩以次生溶孔为主。储层的非均质性强, 白云岩和灰岩为中低孔、中低渗储层, 砂岩为中高孔、中高渗储层, 物性远好于碳酸盐岩。由于两种不同类型的储层的混积作用, 碳酸盐岩储层物性有较大改善。

(2) Asmari 组 B 段沉积相则以三角洲、混积台地和局限台地的交替变化为特点。

(3) 构造运动与海平面变化的综合作用共同控制了混积岩的沉积和展布。

参考文献 (References)

- [1] 薛峰. 中东地区的构造发育史和构造格局[J]. 科技论坛, 2006, 17(1): 56.
- [2] 黎孝奎. 伊拉克 X 油田碳酸盐岩储层特征研究[D]: [硕士学位论文]. 南充: 西南石油大学, 2013: 9-11.
- [3] 贾小乐, 何登发, 童晓光. 扎格罗斯前陆盆地大油气田的形成条件与分布规律[J]. 中国石油勘探, 2013, 18(5): 55-56.
- [4] 白国平. 中东油气区油气地质特征[M]. 北京: 中国石化出版社, 2007: 72-98.
- [5] Ala, M.A., Kinghorn, R.R.F. and Rahman, M. (1980) Organic Geochemistry and Source Rock Characteristics of the Zagros Petroleum Province, Southwest Iran. *Journal of Petroleum Geology*, No. 2, 61-890.
- [6] M.s. Ameen, 著. 伊拉克北部基底构造对油气生成、运移和聚集的影响[J]. 王桂宏, 译. 国外油气勘探, 1993, 5(4): 383-395.
- [7] 张金亮, 司学强. 断陷湖盆碳酸盐与陆源碎屑混合沉积——以东营凹陷金家地区古近系沙河街组第四段上亚段为例[J]. 地质评论, 2007, 53(4): 448-453.
- [8] 蔡进功, 李从先. 内蒙西南部石炭系碎屑岩 - 碳酸盐岩混合沉积特征[J]. 石油与天然气地质, 1994, 15(1): 80-86.
- [9] 王宝清, 胡明毅, 胡爱梅, 等. 湖北南漳中三叠统巴东组碳酸盐与陆源碎屑混合沉积[J]. 石油与天然气地质, 1993, 14(4): 285-291.
- [10] 董桂玉, 何幼斌, 陈洪德, 等. 惠民凹陷沙一中湖相碳酸盐与陆源碎屑混合沉积 - 以山东商河地区为例[J]. 沉积学报, 2007, 25(3): 343-350.
- [11] Mount, J.F. (1985) Mixed Siliciclastic and Carbonate Sediments a Proposed First-Order Textural and Compositional Classification. *Sedimentology*, **32**, 435-442.
- [12] Mount, J.F. (1984) Mixing of Siliciclastic and Carbonate Sediments in Shallow Shelf Environments. *Geology*, **12**, 432-435.
- [13] 张锦泉, 叶红专. 论碳酸盐与陆源碎屑的混合沉积[J]. 成都地质学院学报, 1989, 16(2): 87-92.
- [14] 杜韞华. 渤海湾地区下第三系湖相碳酸盐岩及沉积模式[J]. 石油与天然气地质, 1990, 11(4): 34-41.
- [15] 邓运华. 试论辽东湾坳陷沙河街组碳酸盐岩形成环境及其特征[J]. 石油勘探与开发, 1991, 18(6): 32-38.
- [16] 曹来圣, 喻林, 英紫娟, 等. 辽西凹陷沙四段湖相碳酸盐岩沉积模式及储层预测效果[J]. 石油地球物理勘探, 2009, 44(6): 733-734.
- [17] 郭福生, 严兆彬, 杜杨松. 混合沉积、混积岩和混积层系的讨论[J]. 地学前缘, 2003, 10 (3): 68.

- [18] 曹亮, 伊拉克 A 油田 Asmari 组沉积特征研究[D]: [硕士学位论文]. 南充: 西南石油大学, 2015.
- [19] Alsharhan, A.S. and Nairn, A.E.M. (1997) Sedimentary Basins and Petroleum Geology of the Middle East. Elsevier B V, Amsterdam Netherlands, 843.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ag@hanspub.org