

The Study of Complex Carbonate Reservoir Feature and Its Impact on Oilfield Development in Asmari Formation in A Oilfield, Iraq

Hongqiang Wang, Mingming Qi, Futing Sun

CNOOC Research Institute Limited Company, Beijing
Email: gene110@126.com.cn

Received: May 6th, 2019; accepted: May 20th, 2019; published: May 27th, 2019

Abstract

Due to the influence of sedimentation, diagenesis and tectonic movement, the reservoir space of carbonate rocks is complex and the reservoir heterogeneity is very strong. Reservoir characteristics become one of the key factors affecting the efficient development of oilfields. Taking A oilfield in Iraq as an example, based on core, thin section, conventional logging and imaging logging data, this paper comprehensively analyses the carbonate reservoirs feature of Member A and B in Tertiary Asmari Formation, the main producing strata, in A oilfield. It is found that during the Asmari Formation sedimentary period, A oilfield was in the continental semi-limited and limited platform sedimentary background. It develops semi-limited platforms in Member B, mainly with tidal flat, lagoon, sand flat and mud flat deposits. Grain limestone develops in the platform and it generally has good pore, mainly primary intergranular pore and intragranular pore, and dissolution pore formed by later diagenesis. Limited platform develops in Member A, with tidal flat and evaporative tidal flat deposits, mainly dolomite lithology. Compared with member A, member B is located in semi-limited platform and has strong hydrodynamic conditions, which is conducive to the development of grainstone. Reservoir scale and physical properties of Member B are better than that of Member A. The reservoir of Member B is medium-porosity and medium-high permeability. In addition, under the influence of Zagros tectonic movement, the faults and fractures, mainly high-angle structural micro-fractures, are developed in Asmari Formation in A Oilfield. Due to the differences of reservoir lithology and physical property, fracture development degree in Member A section is higher than that in Member B, and small-scale fractures are more developed in Member A, and Medium-Large-Scale fractures are developed in B section. The study of carbonate reservoir feature and fracture characteristic in different intervals has certain guiding significance for oil well productivity, water breakthrough and mud loss during drilling operation in A oilfield.

Keywords

Carbonate, Reservoir Feature, Development and Production, Asmari Formation, A Oilfield in Iraq

伊拉克A油田Asmari组复杂碳酸盐岩储层特征及对油田开发的影响研究

汪洪强, 齐明明, 孙福亭

中海油研究总院有限责任公司, 北京

Email: gene110@126.com.cn

收稿日期: 2019年5月6日; 录用日期: 2019年5月20日; 发布日期: 2019年5月27日

摘要

碳酸盐岩由于沉积、成岩及构造等多因素的影响, 储集空间复杂, 储层非均质性强, 储层特征成为影响油田高效开发的关键因素之一。本文以伊拉克A油田为例, 基于岩心、薄片、常规测井和成像测井等资料, 对A油田主力产层第三系Asmari组A段和B段碳酸盐岩储层特征开展综合分析。研究发现, Asmari组沉积时期, A油田处于连陆半局限-局限台地沉积背景。B段发育半局限台地, 主要以潮坪、泻湖、砂坪和泥坪等沉积为主, 台内颗粒灰岩发育, 颗粒灰岩一般孔隙比较发育, 以原生粒间孔、粒内孔为主, 后期成岩作用形成的溶蚀孔也十分发育; A段发育局限台地, 主要发育潮坪和蒸发潮坪沉积为主, 岩性以白云岩为主, 夹杂少量团块状的膏岩。与A段相比, B段由于位于半局限台地, 水动力条件强, 有利于颗粒灰岩的发育, 储层规模和储层物性更好, 以中孔、中高渗储层为主。此外, 受扎格罗斯造山运动影响, A油田Asmari组断层及裂缝发育, 主要以高角度构造微裂缝为主。由于储层岩性及物性差异的影响, A段裂缝发育程度高于B段, 小尺度裂缝在A段较发育, 中-大尺度裂缝在B段发育。通过搞清不同层段碳酸盐岩储层特征以及裂缝发育特征, 对A油田油井产能、见水规律及钻井漏失等开发生产具有一定的指导意义。

关键词

碳酸盐岩, 储层特征, 开发生产, Asmari组, 伊拉克A油田

Copyright © 2019 by author(s) 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

据统计, 碳酸盐岩油气储量约占全球油气总储量的 40%, 产量约占油气总产量的 60%。碳酸盐岩油气田一直是近几十年来勘探开发的热点领域。中东地区作为世界上油气最富集区, 世界油气产量的 2/3 都产自于该地区, 且中东地区 80%的油气产自于该地区的碳酸盐岩油藏[1] [2]。

碳酸盐岩由于受沉积、成岩及构造运动改造等多种因素影响, 储集空间极为复杂, 孔、洞、缝常常伴生, 形成裂缝、溶洞、溶孔、基质孔隙及其相互连通的复杂的空隙系统。这种复杂的空隙系统往往对油田开发产生至关重要的影响, 能否搞清碳酸盐岩储层特征成为制约油田高效开发的关键因素之一。伊拉克 A 油田第三系 Asmari 组碳酸盐岩储层沉积类型多种、岩性多样, 既有灰岩、白云岩, 还有砂岩和泥

岩，并且储层裂缝发育，导致储层结构复杂，储层非均质性强，给油田高效开发带来一定的挑战。本文以伊拉克 A 油田 Asmari 组复杂的碳酸盐岩油藏为研究对象，通过分析沉积相、储层规模及储层物性、裂缝发育特征等储层关键因素，明确了 A 油田储层结构及内部特征，并基于此分析了复杂的储层特征对油田开发生产的影响。

2. 地质背景

A 油田位于伊拉克东南部，构造上位于扎格罗斯造山带的低角度褶皱带[3] (图 1)。受区域构造控制，A 油田总体表现为北西 - 南东向的背斜构造，并发育受构造运动控制的断层和裂缝。根据岩性组合及沉积特征，将第三系 Asmari 组划分为 A、B、C 和 D 四个段，主力产油层为 A 段和 B 段(图 1)，A 段进一步划分为 A1~A3 三个小层，B 段进一步划分为 B1~B4 四个小层。

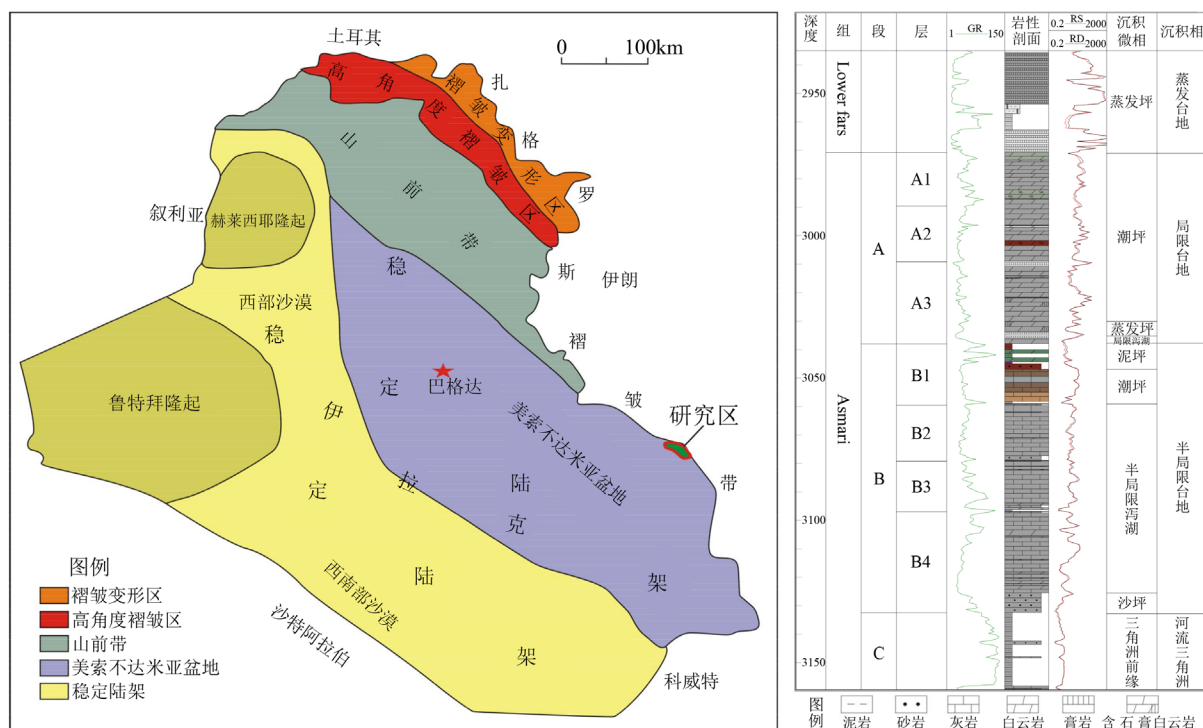


Figure 1. Tectonic location and comprehensive stratigraphic column chart for A oilfield

图 1. A 油田构造位置及地层综合柱状图

Asmari 沉积时期，A 油田主要处于连陆半局限 - 局限台地的沉积背景，海平面属于整体逐渐变浅的过程[4]。B 段沉积期，A 油田西部大面积处于海陆过渡环境，西部陆源向东注入海盆。而由于构造活动的影响，海域逐渐封隔浓缩，致使海水达到化学沉积的碳酸盐岩沉积阶段，从而形成了陆源碎屑与碳酸盐岩混合沉积的特征。在海平面相对上升期，陆源后退，沉积物以碳酸盐岩为主；而在海退期陆源进积，则以陆源碎屑沉积为主。A 段沉积期，受扎格罗斯造山运动的影响，基底下沉，导致海平面相对上升，陆源碎屑向西退却，碳酸盐岩沉积范围扩大。但是构造挤压使区内与外海进一步封隔，海水盐度升高，从而使碳酸盐岩普遍发生同生 - 准同生期白云岩化。

3. 沉积特征

通过对岩心、测井、薄片等资料分析发现，A 油田 Asmari 组沉积有如下的特征：频繁发育的暴露面

(图 2), 表明其处于近岸的浅水环境; 陆源碎屑与碳酸盐岩沉积物的共存(图 2), 表明了近岸沉积的特征; 碎屑岩具有底冲刷、滞留沉积、正粒序和交错层理, 说明其为潮坪、潮道沉积(图 2); 厚壳蛤等生物碎屑发育, 特征表现为个体小、壳薄(图 3), 说明其为环境受限的海相沉积[5] [6]。结合区域沉积背景, A 油田 Asmari 组 A 段和 B 段主要发育局限 - 半局限台地相。

B 段发育半局限台地, 主要以潮坪、泻湖、砂坪和泥坪等沉积为主(图 1)。岩性以灰岩为主, 局部发育白云岩、砂岩和泥岩。台地内地势较高处沉积水体能量高, 受潮汐和波浪作用的影响, 发育多种颗粒灰岩, 颗粒类型多种多样, 如砂屑、砾屑、鲕粒、生屑等。颗粒灰岩一般孔隙比较发育, 以原生粒间孔、粒内孔为主, 后期成岩作用形成的溶蚀孔也十分发育。

A 段发育局限台地, 主要发育潮坪和蒸发潮坪沉积为主(图 1), 岩性以白云岩为主, 夹杂少量团块状的膏岩。在局限台地内地势相对较高处, 也发育少量颗粒云岩(图 3)。



Figure 2. Exposure surface and scour surface on the core for A oilfield
图 2. A 油田岩心上暴露面及冲刷面标志

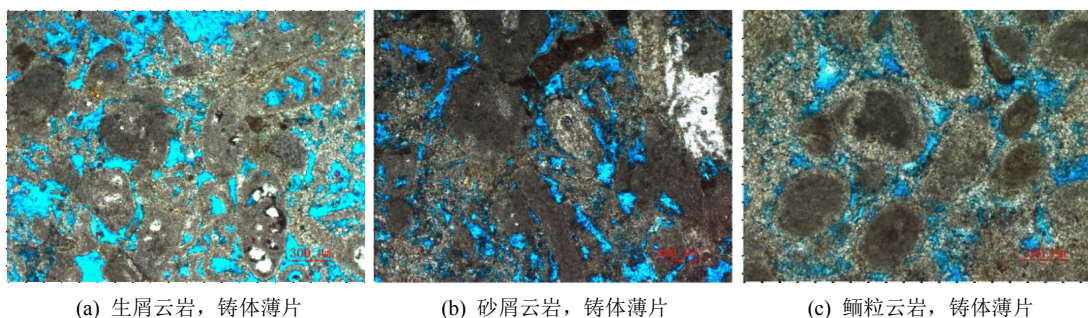


Figure 3. Grain carbonate stone in the semi-restricted and restricted platform
图 3. 半局限 - 局限台地内的颗粒碳酸盐岩

4. 储层特征

4.1. 储层规模及物性

受原始沉积和后期成岩作用的影响, A 油田 Asmari 组储层非均质性较强, 不同层的储层规模和物性存在一定的差异。

1) 储层规模

从储层厚度、储地比的统计分析可以看出, B 段储层规模整体好于 A 段。B 段储层平均厚度为 57.85 m, 储地比为 56.98%; A 段储层平均厚度为 28 m, 储地比为 42% (图 4)。

其中, B 段中 B4 层储层规模最好, 储层平均厚度为 32 m, 储地比为 76.46% (图 4)。且 B 段的单层

厚度比较大, 统计显示 15% 的储层厚度超过 6 m, 一半以上储层厚度超过 2 m。

2) 储层物性

岩心物性测试数据统计发现, B 段储层物性明显好于 A 段。A 段平均孔隙度为 8.72%, 平均渗透率为 $10.61 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 属于低孔、中 - 低渗储层; B 段平均孔隙度为 16.78%, 平均渗透率为 $268.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 属于中孔、中 - 高渗储层(表 1)。

通过对比储层规模及物性特征可以发现, A 油田储层主要受原始沉积作用控制, B 段发育半局限台地, 相比 A 段局限台地, 水动力条件强, 有利于颗粒灰岩的发育, 储层规模和储层物性更好。并且局部发育的砂坪沉积, 岩性以高渗砂岩为主, 渗透率可以达到几百毫达西。

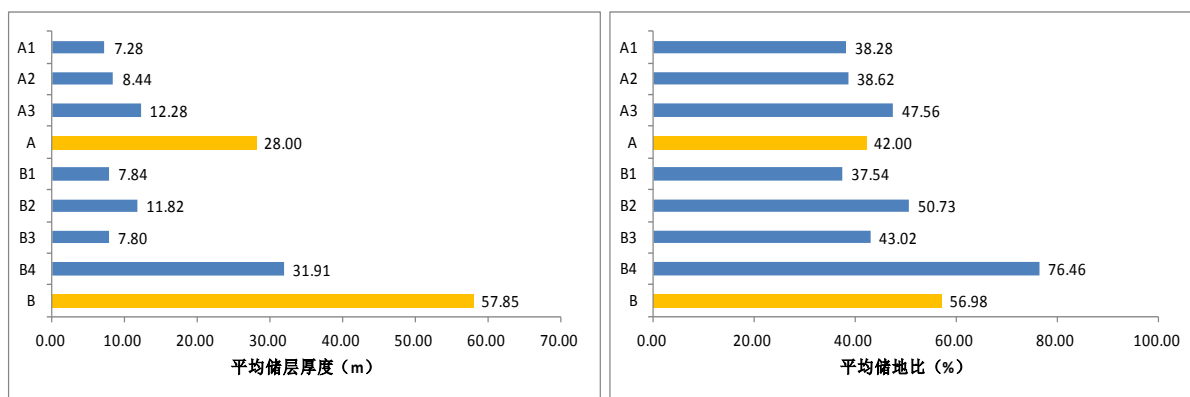


Figure 4. Tectonic location and comprehensive stratigraphic column chart for A oilfield

图 4. A 油田 Asmari 组储层厚度、储地比统计柱状图

Table 1. Tectonic location and comprehensive stratigraphic column chart for A oilfield

表 1. A 油田 Asmari 组储层物性统计表

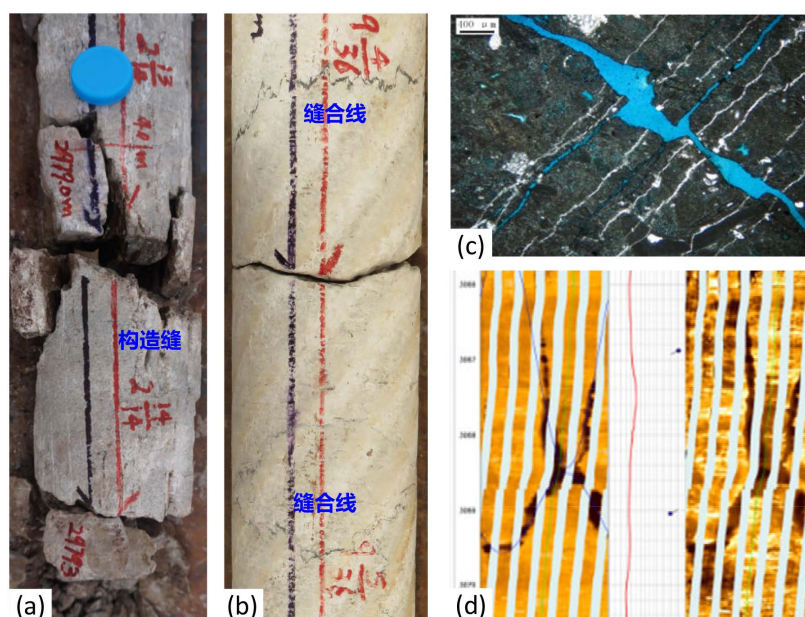
层位	平均孔隙度(%)	平均渗透率(mD)	储层类型
A1	8.93	15.34	低孔、中渗
A2	6.81	16.97	低孔、中渗
A3	9.67	4.48	低孔、低渗
A	8.72	10.61	低孔、中 - 低渗
B1	13.6	30.49	中孔、中渗
B2	18.5	122.14	中孔、高渗
B3	14.76	14.88	中孔、中渗
B4	17.96	494.49	中孔、高渗
B	16.78	268.5	中孔、中 - 高渗

4.2. 裂缝发育特征

受扎格斯造山运动影响, A 油田 Asmari 组断层及裂缝发育, 进一步增加了储层结构复杂性和储层非均质性[7] [8] [9]。

基于岩心、薄片、常规测井、成像测井和阵列声波等资料综合研究裂缝特征发现, 研究区主要发育构造缝和缝合线为主的宏观裂缝, 裂缝倾角以中 - 高角度居多(图 5), 裂缝走向与周边断层展布方向基本

一致，主要为北西 - 南东方向，平面上裂缝主要发育在断层附近和构造轴部，这也说明了裂缝主要受构造运动控制。



(a) 高角度构造缝; (b) 缝合线; (c) 2组裂缝, 铸体薄片; (d) 共轭剪切裂缝, 成像测井。

Figure 5. The fracture feature of Asmari Formation on A oilfield

图 5. A 油田 Asmari 组裂缝发育特征

岩心上, 裂缝长度分布范围为 1~20 cm 为主, A 段裂缝平均长度为 11.9 cm, B 段裂缝平均长度为 21.6 cm。裂缝密度分布范围为 0.7~9.6 条/米, A 段平均 5.02 条/米, B 段平均 3.76 条/米。裂缝有效开度范围为 0.03~0.08 mm, 平均为 0.05 mm (图 5)。这些裂缝参数表明, A 油田裂缝整体属于微裂缝, 储集空间能力有效, 主要以改善储层渗流能力为主。

由于受储层岩性及物性差异影响, A 段微裂缝发育程度高于 B 段, 小尺度裂缝在 A 段较发育, 中 - 大尺度裂缝在 B 段比 A 段发育。

5. 对油田开发的影响

1) 对油井产能的影响

A 油田 Asmari 组 B 段储层规模和储层物性比 A 段好, 这种储层结构特征导致了不同层段产能差异较大, B 段产能比 A 段产能高。A、B 段合采时, 存在一定的层间干扰, PLT 测试资料显示主要以 B 段贡献为主, 产量贡献占 65%~85%。

2) 对油田生产见水的影响

由于 B 段储层厚度大、连续性好, 且 A 油田早期开发以生产 B 段为主, 导致 A 油田见水规律整体以边水沿 B 段层状缓慢推进为主。随着采出程度的增加, 在断层及高角度裂缝发育的区域, 沿 B 段推进的边水形成了次生底水顺着断层和高角度裂缝纵向锥进, 导致上部 A 段见水。

3) 对钻井泥浆漏失的影响

由于小尺度裂缝在 A 段较发育, 中 - 大尺度裂缝在 B 段发育, 这就导致了 AG 油田钻井过程中泥浆漏失更容易在 B 段发生。因此, 在后期钻井过程中, 可以根据裂缝发育特征和分布范围来规避和降低泥浆漏失风险。

6. 结论

1) Asmari 组沉积时期, A 油田处于连陆半局限-局限台地沉积背景。B 段发育半局限台地沉积, 主要以潮坪、泻湖、砂坪和泥坪等沉积为主, 台内颗粒灰岩发育; A 段发育局限台地沉积, 主要发育潮坪和蒸发潮坪沉积为主。

2) 与 A 段相比, B 段由于位于半局限台地, 水动力条件强, 有利于颗粒灰岩的发育, 储层规模和储层物性更好, 以中孔、中高渗储层为主。

3) 受扎格斯造山运动影响, A 油田 Asmari 组断层及裂缝发育, 主要以高角度构造微裂缝为主。由于储层岩性及物性差异的影响, A 段裂缝发育程度高于 B 段, 小尺度裂缝在 A 段较发育, 中-大尺度裂缝在 B 段发育。

4) 不同层段碳酸盐岩储层特征以及裂缝发育特征, 对 A 油田油井产能、见水规律及钻井漏失等开发生产产生重要影响。

基金项目

国家重大科技专项“海外重点油气田开发钻采关键技术”(2016ZX05032-004)资助。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 郭思佳, 方伟, 曾金芳, 等. 中东地区油气资源投资环境评价及评选[J]. 资源与产业, 2012, 14(6): 93-100.
- [3] 汪洪强, 齐明明, 孙福亭, 等. 伊拉克 A 油田 Asmari 组膏岩特征及成因分析[J]. 地球科学前沿, 2018, 8(4): 748-755.
- [4] 曹亮. 伊拉克 A 油田 Asmari 组沉积特征研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南石油大学, 2015.
- [5] 伏美燕. 混积背景下碳酸盐岩储层形成机理[D]: [博士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2013.
- [6] 董桂玉, 陈洪德, 何幼斌, 等. 陆源碎屑与碳酸盐混合沉积研究中的几点思考[J]. 地球科学进展, 2007, 22(9): 931-939.
- [7] 韩耀祖, 陈伟, 欧成华, 等. 伊拉克米桑地区阿布古拉卜背斜的几何解析和运动学模拟[J]. 新疆石油地质, 2014, 35(1): 124-129.
- [8] 贾小乐, 何登发, 童晓光. 扎格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): 54-67.
- [9] 党花. 伊拉克 X 油藏 Asmari 组储层孔缝特征研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南石油大学, 2015.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2163-3967, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

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

期刊邮箱: ag@hanspub.org