

# 叙利亚 Oudeh 油田上白垩统 Shiranish 组 碳酸盐岩储层特征及成因模式

赵中平, 邓宏文

(中国地质大学能源学院)

**摘要** 叙利亚东北 Oudeh 油田上白垩统 Shiranish 油藏储层为一套由孔隙性颗粒灰岩构成的碳酸盐岩缓坡沉积, 其构造背景总体上为北西高、东南低, 并被近东西和近南北走向的两组断层分割成若干断块, 其中近南北走向的几条大断层为同生断层, 是油田内的主控断层。同生断裂作用形成的古地形高差对沉积和成岩作用有一定的控制作用, 从而控制了优质储层的形成及分布。粗粒的颗粒灰岩沉积和有利的成岩作用带主要分布在靠近同生断层高部位一侧的条带内, 导致油藏呈近南北向条带状分布。据此建立了 Shiranish 储层成因模式, 该模式为预测优质储层分布及油田开发的井位调整和部署提供了决策依据。

**关键词** 碳酸盐岩储集层; 储集层特征; 同生断层; 储集层模式; Oudeh 油田; 叙利亚

中图分类号: TE112.23 文献标识码: A

## 1 概况

碳酸盐岩在形成过程中的地形地貌是决定水动力环境的最主要因素之一, 它不同程度地控制了不同沉积作用带或沉积相带, 甚至成岩相带, 导致储层分布具有一定的规律性和可预测性, 这在不同的碳酸盐岩相带模式<sup>[1-2]</sup>和碳酸盐岩储层研究的专著<sup>[3-5]</sup>以及诸多油田碳酸盐岩储层研究实例<sup>[6-9]</sup>中均得到了体现。叙利亚 Oudeh 油田 Shiranish 组储层由生长断层作用形成的古地形高差对沉积和储层的控制, 对类似储层研究具有一定的借鉴和指导意义。

Oudeh 油田位于叙利亚东北部, 构造位置属于现今阿拉伯板块东北缘扎格罗斯(Zagros)褶皱带北缘(图1)。上白垩统 Shiranish 组 B 段储层为浅海碳酸盐岩缓坡沉积, 是目前该油田已发现的主力油层。

虽然 Shiranish B 油藏已开发多年, 但一直未开展系统的综合地质研究工作, 也未编制油田开发方案, 地质研究基础薄弱。对储层控制因素及分布规律的认识不清, 制约了油田的进一步开发。2010 年为了 Oudeh 油田的大规模开发, 开展了系统的综合地

质研究和开发方案编制工作。本文作为 Oudeh 油田基础地质研究中储层预测的一部分, 其研究目的是预测优质储层分布并为开发井位调整和部署提供决策依据。本文在对构造特征、岩性分布、储层物性以及成岩作用等进行认识和综合分析的基础上, 提出同生断层控制了储层的形成及分布特征, 并由此建立了储层成因模式, 指出 Shiranish B 优质储层主要分布在靠近同生断层上升盘高部位一侧的条带内。这一成因模式可为 Oudeh 油田下步井位部署及类似油气藏的勘探和开发提供指导和借鉴。文中所用原始资料由 OPC 公司提供。

## 2 构造特征

根据区域地质资料<sup>[10-11]</sup>, 北阿拉伯地台至少由两个或三个独立的地块在元古宙镶合而成, 这导致一个长期活动的地壳薄弱带控制了晚中生代裂谷并在随后的新生代沿 Palmyrides 山带发生挤压转换和构造反转。叙利亚东北中生代以来主要经历了两期构造运动, 即中生代的裂谷期和第三纪—第四纪由于板块碰撞导致 Zagros 褶皱带形成而经历的构造反转期。裂陷作用导致断裂较发育, 挤压作用下的构

收稿日期: 2011-01-28; 改回日期: 2011-03-08

赵中平: 1975年生, 工程师, 2002 年在中国地质大学获硕士学位, 现为中国地质大学能源学院在读博士研究生。主要从事油藏精细描述方面的研究工作。通讯地址: 100083 北京市海淀区

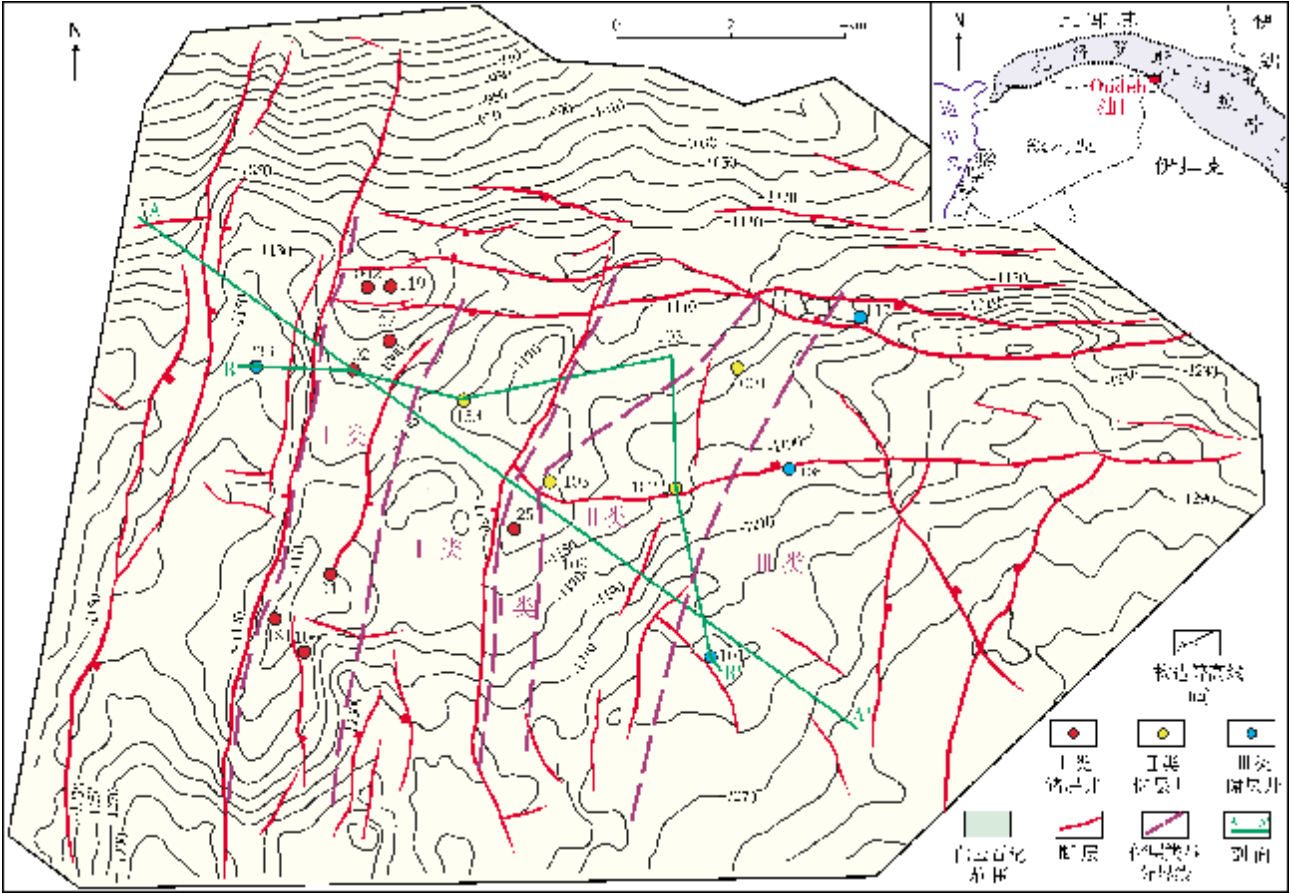


图 1 叙利亚 Oudeh 油田位置及上白垩统 Shiranish B 油层顶面构造图

造反转主要在裂陷期沉积中心部位形成隆起。由于 Oudeh 油田远离中生界裂陷作用沉积中心区,故现今构造主要以正断层发育为特征。

Oudeh 油田的构造趋势表现为西高东低、北高南低,断层发育,并以正断层为主。地层厚度由西北往东南逐渐减薄。油藏被近东西和近南北走向的两组断层分割成若干断块,其中近南北走向的几条大断层是油田内的主控断层,导致 Shiranish 油藏呈近南北条带状高低相间的分布(图 1)。

油田中的断层产状以高角度为主,少数为中—高角度,断距从几米到几百米不等,一般 10~30 m,断距从深部到浅部逐渐变小,大多数断层在 Shiranish 组顶界附近逐渐消失。根据构造解释,油田中西部近南北走向的几条断层为同生断层,其中控制西部地堑的断层在地震剖面上生长断层特征明显,而中部紧邻 125 井西倾的近南北走向断层的生长断层特征不明显(图 2)。根据取心等资料得到的关于储层特征的信息(详见后文所述)表明该断层仍为生长断层。

各种资料和油田生产动态特征表明,生长断层作用形成的古地形高差对沉积作用、成岩改造和储层分布具有一定的控制作用。

### 3 储层特征

Shiranish 组储层顶部不整合面之上为下第三系古新统 Kermav 组致密泥灰岩,与下伏的 Shiranish A 胶结的致密角砾化颗粒灰岩碎屑风化壳一起构成良好的区域盖层。Shiranish 组之下为上白垩统 Massive 组灰岩。古生界发育的多套页岩是区域内良好的烃源岩。

通常认为,在风化壳下一定距离之内可发育良好的储层,但 Shiranish A 段厚度较小,喀斯特作用后形成角砾化颗粒灰岩碎屑,与少量海绿石砂岩及掺入的 Kermav 组泥灰岩胶结形成致密层,从而不能成为储层。

#### 3.1 储层划分

根据岩性及储层特征,上白垩统 Shiranish 组纵向上可划分为 A、B、C 三段(表 1)。上部 A 段为 1~

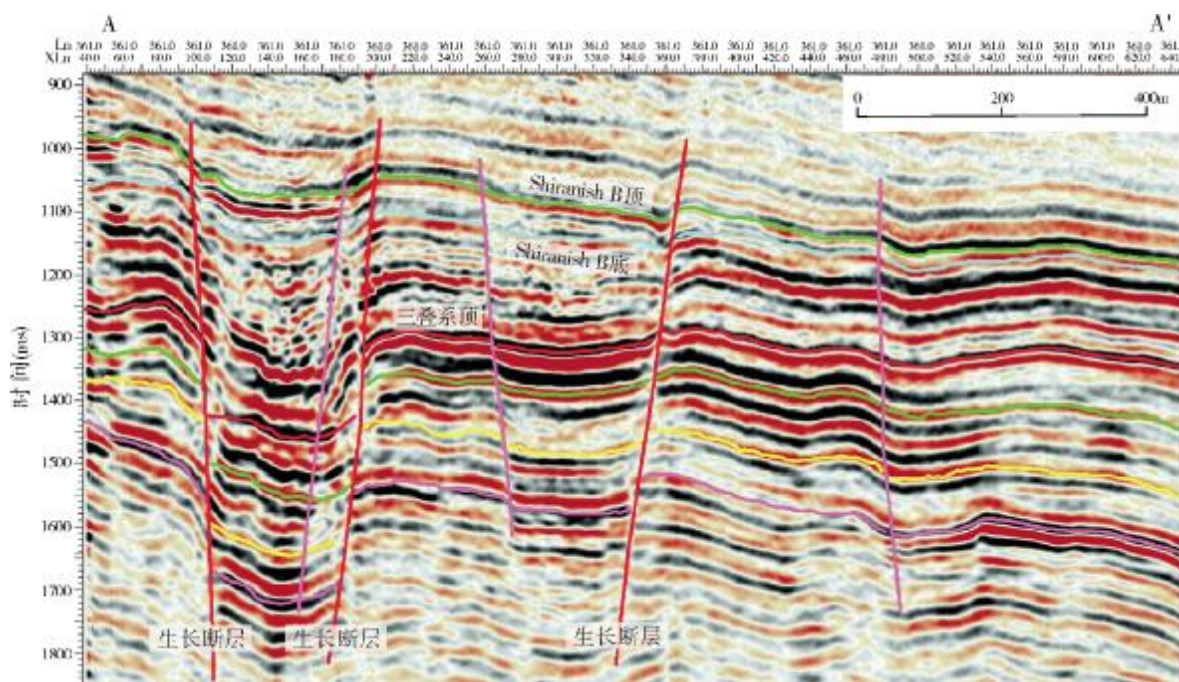


图2 过 Oudeh 油田中部北西—南东向地震剖面及主要断层

A—A'剖面位置见图1

5m厚的残余风化壳,是 Shiransih 组沉积末期相对海平面下降,地层出露地表后风化剥蚀所形成,为非储层。B段沉积厚度变化较大,在西北部厚度可达120m,而在东南部则薄至20m。C段是一套较

深水环境下沉积的泥灰岩,岩性致密,为非储层,在西北部厚度可达40m,东南部薄至10m。油藏主要发育于 Shiranish B段,埋深1500~1650m,属中孔隙度低渗透率块状灰岩稠油油藏。

表1 Oudeh 油田上白垩统 Shiranish 组地层划分与储层物性表

地 层				厚度 (m)	岩 性	储层物性特征	
统	组	段	层				
E <sub>1</sub>	Kermav组			40~95	泥灰岩	非储层	
K <sub>2</sub>	Shiranish组	A		1~5	碳酸盐岩残余风化壳	非储层	
		B	B <sub>1</sub>	6~30	生物碎屑堆积形成的颗粒灰岩、泥粒灰岩为主	发育粒间孔、粒内孔及微孔隙。孔隙度集中在16%~28%,平均22%;渗透率大多数小于50×10 <sup>-3</sup> μm <sup>2</sup>	
			B <sub>2</sub>	8~50			
			B <sub>3</sub>	6~40	泥粒灰岩、粒泥灰岩为主		
		C		10~40	泥灰岩	非储层	
	Massive组			300~380	灰岩	非储层~储层	

### 3.2 岩性分布特征

根据油田取心资料,Shiranish B 储层纵向上总体为一个向上变浅的沉积旋回,它由三个向上变浅的次级沉积旋回所组成。从下往上三个岩性组合分别为:①生物扰动黏土质泥灰岩—粗粒生物颗粒灰岩,②中-细粒生物颗粒灰岩—中-粗粒生

物颗粒灰岩—粗粒生物颗粒灰岩,③中-粗粒生物颗粒灰岩—粗粒生物颗粒灰岩。粗粒的颗粒灰岩中发育交错层理,表明沉积时水体能量较强。电测曲线表现为低伽马、高电阻的特征。中部及上部高时差、低密度的特征明显,反映了储层物性比较好(图3)。Shiranish B段顶部含油性最好,中部次之,底部最差。



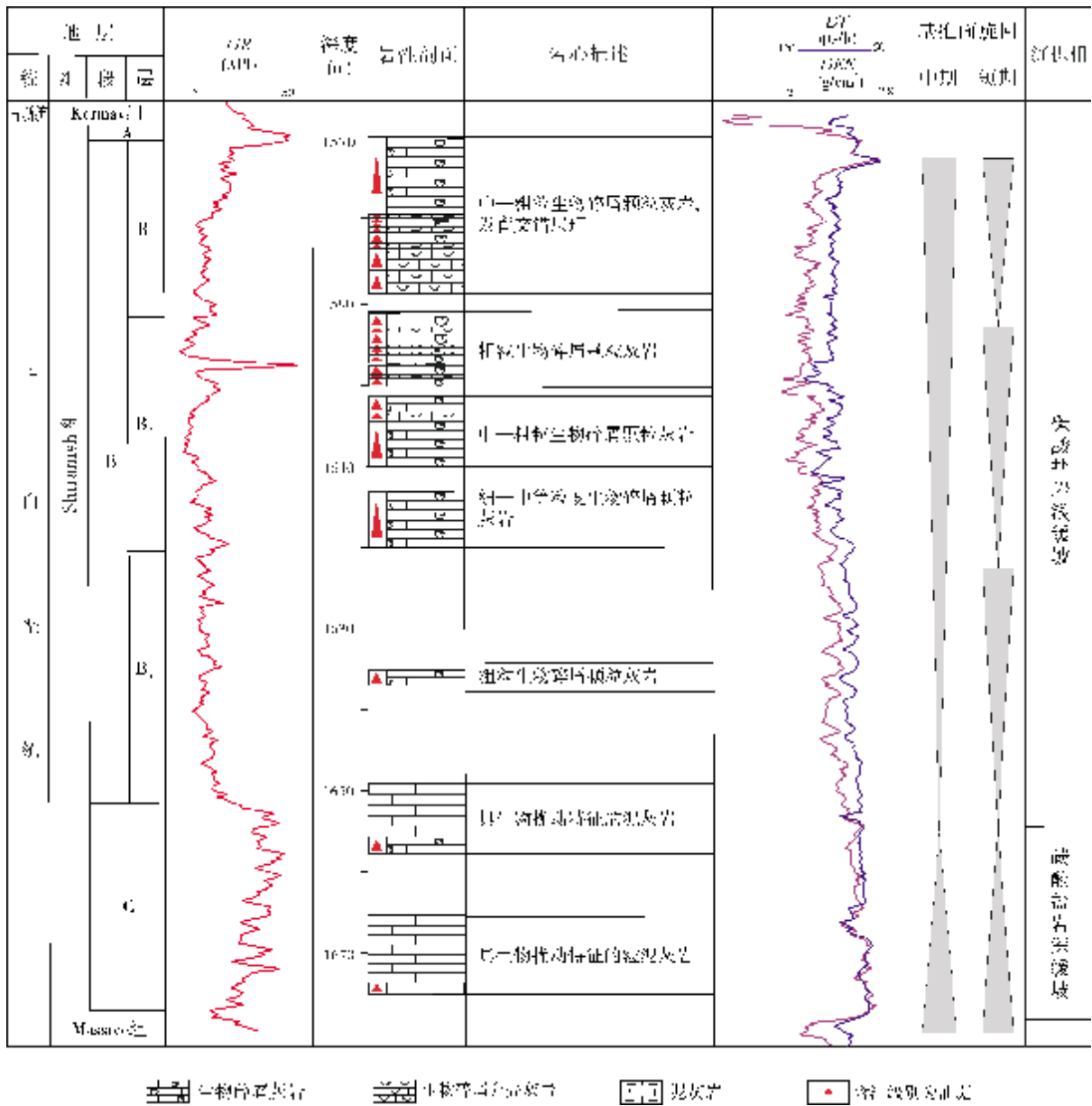


图 3 Oudeh 油田 105 井 Shiranish B 储层综合柱状图

平面上的岩性分布与构造位置的高低关系密切,构造高部位岩性颗粒较粗,反映了浅水高能沉积特点,而低部位岩性颗粒相对较细。图 4 为近东西向穿过不同构造单元的取心井剖面图。可以看出,根据 Shiranish B 段顶部取心段揭示的岩性,由西部地堑经中部断块至东南低部位,岩性表现出细—粗—细特征,即西部低部位地堑和东南部低部位岩性主要为泥灰岩和粒泥灰岩为主,中部高部位主要以颗粒灰岩为主。而在中部断块间的低部位岩性则以泥粒灰岩和颗粒灰岩为主。

从图 4 也可看出,位于东南低部位井的 Shiran-

ish B 段储层与下伏 Shiranish C 段致密层,其电测曲线特征相对于中部的钻井较难以区分与对比,这也反映了 Shiranish B 段往东南低部位沉积环境逐渐演变为深水低能的沉积特征。

3.3 储层物性特征与成岩作用

3.3.1 储层物性平面分布特征

根据 Shiranish 组岩心分析的孔隙度和渗透率交汇图,对储层进行大致分类,即高孔隙度、高渗透率为 I 类储层,中等孔隙度和中等渗透率为 II 类储

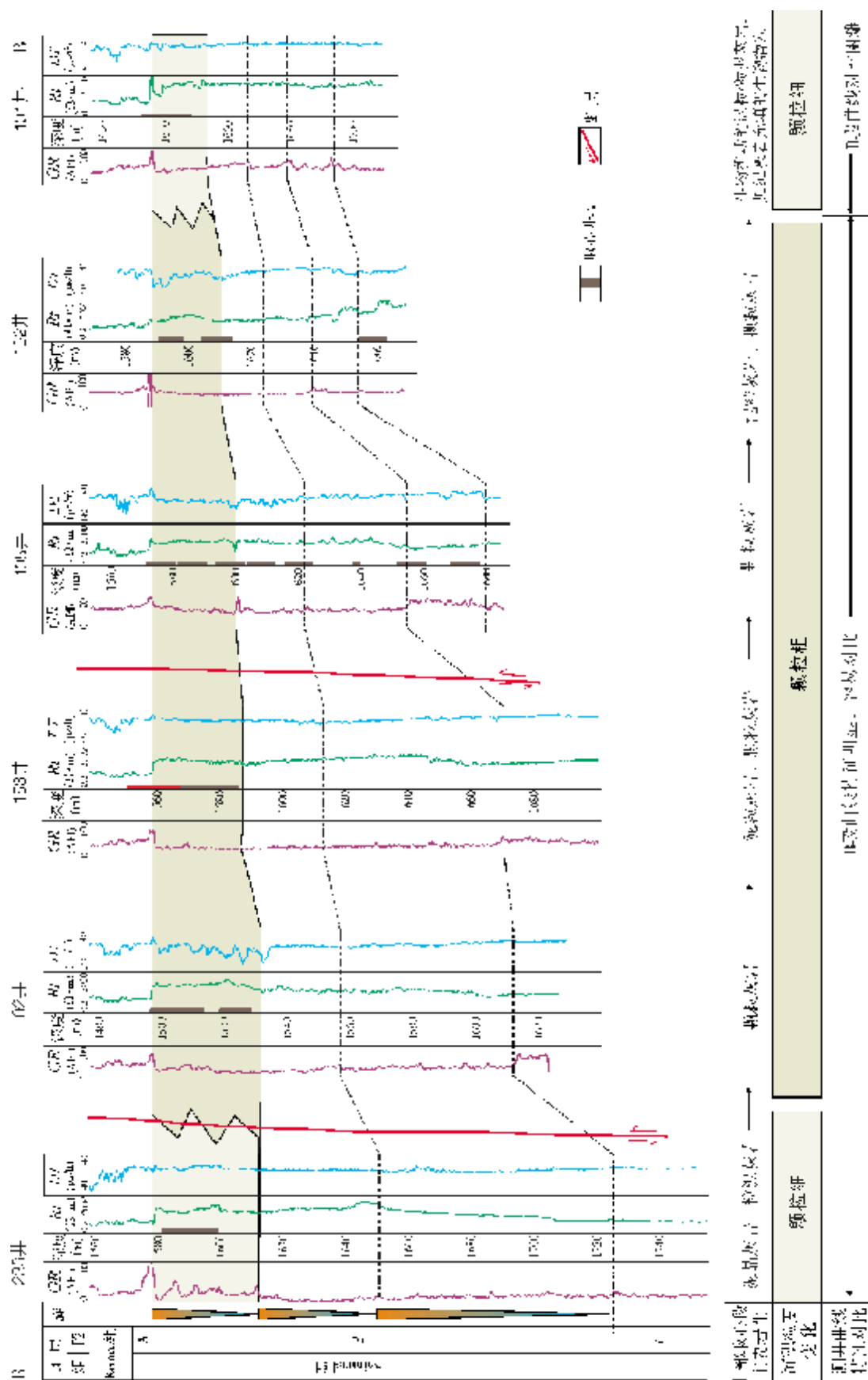


图4 Oudeh油田233井—105井—101井Shiranish B储层取心段岩性对比剖面

B—B'剖面位置见图1

层,低孔隙度和低渗透率为Ⅲ类储层,孔隙度小于8%为非储层(图5)。根据这一划分标准,将对应的取心井所代表的储层类型标注到构造图上(图1),由此可以看出,I类储层分布在靠近生长断层一侧

的构造高部位,Ⅱ类储层分布在相邻的较低部位,Ⅲ类储层分布在东南部的构造低部位。因此储层物性的分布与构造位置关系密切,且与岩性的分布具有相同的特征。

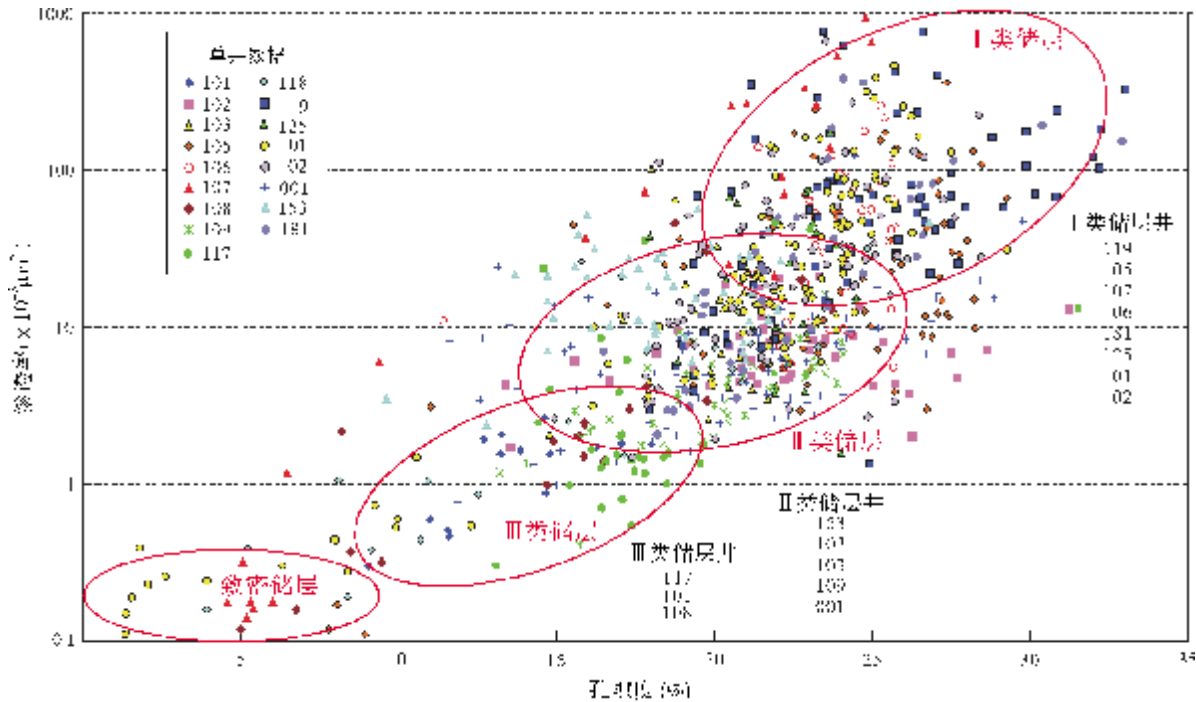


图5 Oudeh 油田 Shiranish 油藏取心井岩心物性分析及储层分类

3.3.2 主要成岩作用

根据铸体薄片资料,Shiranish B 储层储集空间主要为粒间(溶)孔、粒内孔及晶间微孔。除压实、胶结等成岩作用外,还发生有与暴露有关的溶蚀及白云石化作用。

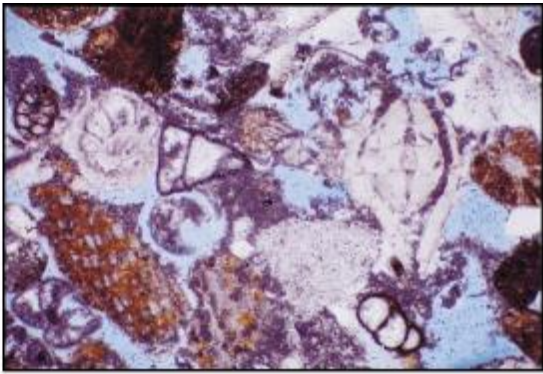
紧邻西部地堑构造高部位的 119 井,其 Shiran-

ish B 储层顶部岩心见未被白垩充填的溶蚀孔洞,铸体薄片也见粒间(溶)孔发育(图6),而其中下部则普遍见白垩充填。

部分井在 Shiranish B 储层中下部存在一段厚约 5m 左右的电阻率曲线突然降低段,呈水层特征,而对应的密度曲线则相应降低,声波时差和中子曲线也相应增大,表明储层物性明显优于其他井段(图7)。岩心



(a) 119井1448.3m。岩心



(b) 119井1455.9m。铸体薄片

图6 Oudeh 油田 119 井 Shiranish B 储层顶部的溶蚀孔隙特征

分析结果表明,该段地层具有较高的孔隙度和渗透率,且比上覆和下伏的储层均高。光电吸收截面曲线(PEF)值约为3,是白云岩的典型特征,取心资料揭示该段为溶孔溶洞发育的灰质白云岩,其溶孔溶洞部分被白垩质充填(图7岩心照片中的白色斑点),含油性差或不含油。

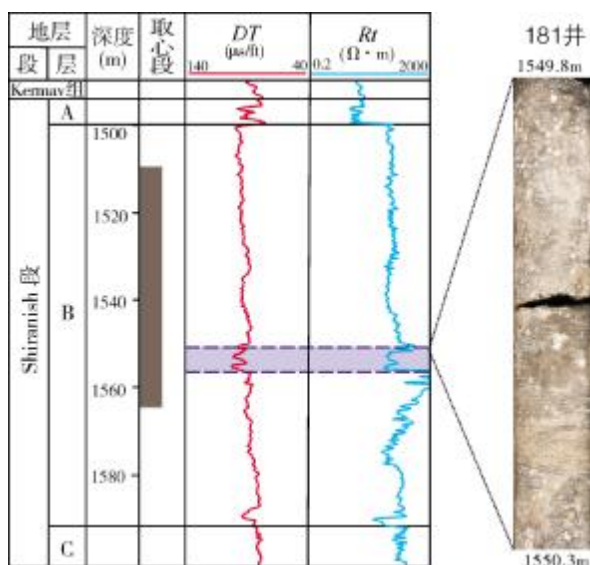


图7 181井 Shiranish B 储层中下部低阻段测井曲线及含油性特征

右侧灰质白云岩岩心段中的白色斑点为白垩质充填的溶孔溶洞

该段白云岩之所以呈低阻特征、含油性差或不含油,是由于局部存在的裂缝沟通了 Shiranish C 段下伏的低矿化度水层而导致高孔高渗的白云岩段中原存储的稠油被驱替,从而发育成“次生水体”。

这一白云岩低阻特征段可作井间对比,而且其集中分布在靠近油田中部两条近南北走向断层的局部构造高部位(图1)。在其他区域,这种特征则不明显。

分析认为,溶蚀孔洞发育的白云岩是由于灰岩沉积后局部暴露期间由大气淡水淋滤溶蚀并发生混合白云石化作用而成<sup>[1,12-14]</sup>。这一白云石化作用在研究区不是普遍发育,但其存在反映了在此沉积期该局部区域是一构造古高地。

#### 4 储层模式

综上所述,Oudeh 油田 Shiranish B 储层物性受

地层演化、沉积环境和大气淡水淋滤改造等作用的综合控制。Shiranish B 段纵向上总体为一个向上变浅的沉积旋回,它由三个向上变浅的次级沉积旋回组成,优质储层发育在旋回的顶部。南北走向的生长断层控制了 Shiranish B 沉积期的古地形,导致沉积物岩性、溶蚀孔隙和白云石化作用的分布在平面上具有一定的规律性。据此建立了 Shiranish B 储层模式(图8)。

储层成为目前的面貌,一般来说经历了三种地质作用——沉积作用、成岩作用和构造作用,其中沉积作用是决定性的因素。胶结作用、白云石化作用和溶蚀作用等均与孔隙水的性质及其流动性密切相关<sup>[1]</sup>,因此成岩作用在一定程度上受沉积作用制约。

Oudeh 油田生长断层作用控制了古构造高地的形成,间接控制了粗粒碳酸盐岩沉积物的分布。在表生成岩作用阶段,浅水高能构造高部位沉积物颗粒粗,粒间孔发育,海水、大气淡水或混合水在其内部易于流动并能及时带走溶解物质,因而胶结作用、溶蚀作用和局部白云石化作用较强;在其他低能环境下沉积物粒度细,水体不易流动,胶结作用、溶蚀作用和局部白云石化均较弱。在埋藏期早期发育的胶结作用和白云石化作用又能极大地妨碍压实作用的进行。因此,沉积时的浅水高能带最终能保留较多的粒间孔隙和溶蚀孔隙,从而储层物性好,优质储层发育。需要指出的是,如果后期成岩作用异常强烈并彻底改变了沉积后的储层面貌,则上述模式不再适用。

根据这一模式,南北走向生长断层东侧的古高地岩性颗粒粗,溶蚀和白云石化等有利成岩改造作用也主要发育在构造高部位,导致储集性能好和渗透性强的优质储层主要分布在两条西倾生长断层的东侧高部位。该储层模式与目前油藏实际开发情况吻合,主要分布在两个高构造带上的钻井开发效果较好,次高构造带上的钻井生产效果不理想。

按照这一模式,Oudeh 油田 Shiranish B 油藏下步大规模开发应集中在两条西倾生长断层的东侧上升盘高部位,在一定的范围内进行井位部署和调整。另外,这一模式对于 Oudeh 油田 Shiranish 组之下的其他中生代地层、油田外围以及类似区块的油气勘探也具有一定的借鉴和指导意义。



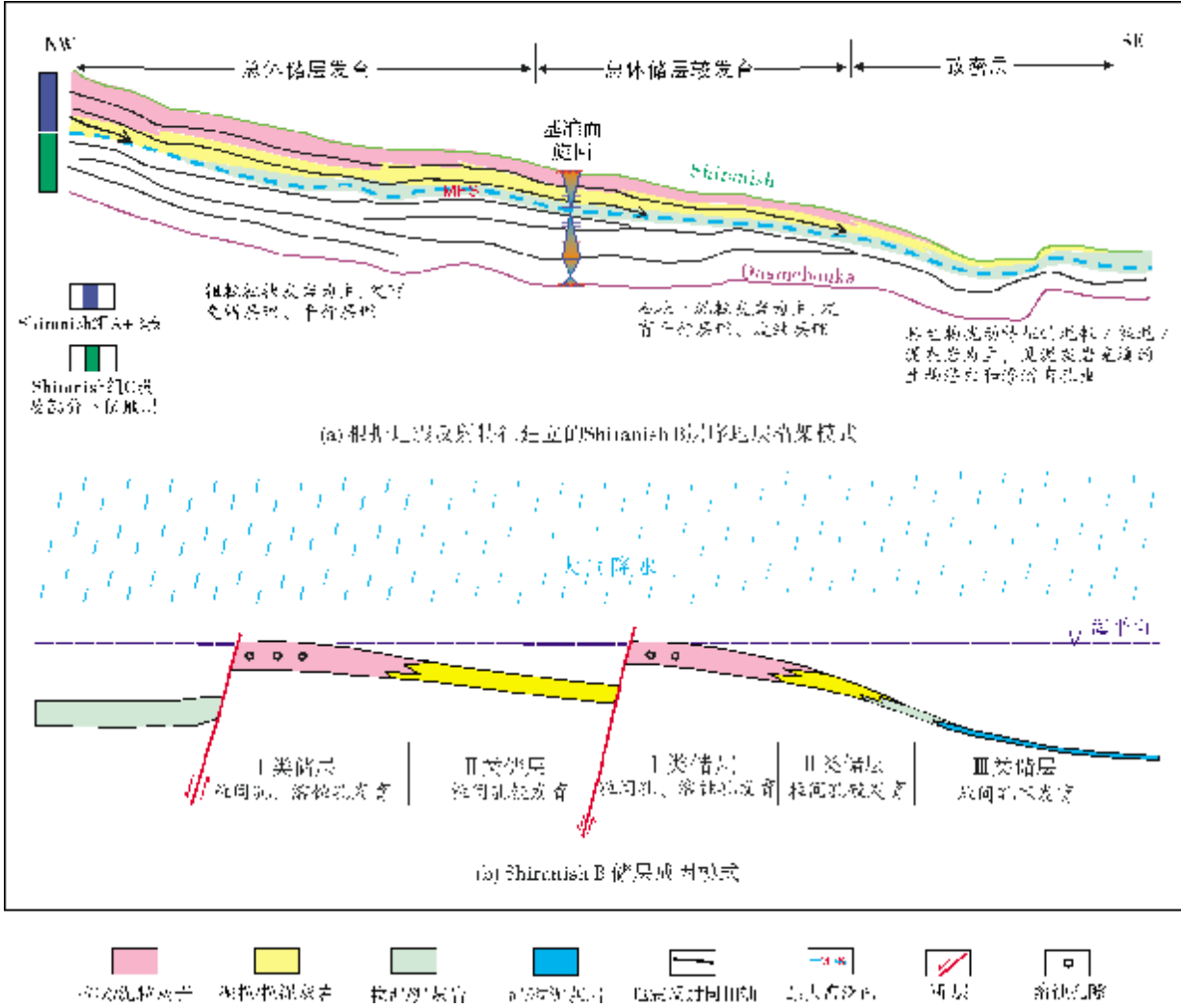


图8 Oudeh 油田上白垩统 Shiranish B 储层模式图

5 结 论

叙利亚 Oudeh 油田古地形直接控制了碳酸盐岩沉积物的分布,而成岩作用在一定程度上又受沉积作用的制约,若经历的成岩作用未彻底改变原始的沉积面貌且构造裂缝不发育,则目前 Shiranish B 优质储层的分布与古地形关系密切。

Oudeh 油田南北走向的两条西倾生长断层控制了油田范围内 Shiranish B 储层沉积期的局部古地形,导致沉积物岩性、溶蚀孔隙和白云石化作用的分布在平面上具有一定的规律性,优质储层主要分布在两条西倾生长断层的东侧高部位。据此建立的储层模式可为 Oudeh 油田储层预测、生产井位部署和调整以及类似储层和油藏的研究提供指导和借鉴。

参考文献

[1] 冯增昭. 沉积岩石学[M]. 北京:石油工业出版社,1993.

[2] 冯增昭. 碳酸盐岩岩相古地理学[M]. 北京:石油工业出版社,1989.

[3] 强子同. 碳酸盐岩储层地质学[M]. 东营:中国石油大学出版社,1998.

[4] 莫尔 C H. 碳酸盐岩储层-层序地层格架中的成岩作用和孔隙演化[M]. 姚根顺,沈安江,潘文庆,等,译. 北京:石油工业出版社,2008.

[5] 福里格. 碳酸盐岩微相——分析、解释及应用[M]. 马永生,等,译. 北京:地质出版社,2006.

[6] 樊太亮,于炳松,高志前. 塔里木盆地碳酸盐岩层序地层特征及其控油作用[J]. 现代地质,2007,21(1):57-65.

[7] 林小兵,李国忠,田景春,等. 黔南石炭系层序地层格架中碳酸盐岩成岩作用研究[J]. 成都理工大学学报:自然科学版,2007,34(3):58-61.



- [8] 沈安江,王招明,杨海军,等. 塔里木盆地塔中地区奥陶系碳酸盐岩储层成因类型、特征及油气勘探潜力[J]. 海相油气地质,2006,11(4):1-11.
- [9] 杨海军,刘胜,李宇平,等. 塔中地区中—上奥陶统碳酸盐岩储集层特征分析[J]. 海相油气地质,2000,5(1-2):73-83.
- [10] Kent W N, Hickman R G. Structural development of Jebel Abd Al Aziz, Northeast Syria[J]. GeoArabia, 1997, 2(3): 307-329.
- [11] Brew G, Barazangi M. Tectonic and geologic evolution of Syria[J]. GeoArabia, 2001, 6(4):573-611.
- [12] 于炳松,董海良,蒋宏忱,等. 青海湖底沉积物中球状白云石集合体的发现及其地质意义[J]. 现代地质,2007,21(1):66-69.
- [13] 孙健,董兆雄,郑琴. 白云岩成因的研究现状及相关发展趋势[J]. 海相油气地质,2005,10(3):25-29.
- [14] 顾家裕. 塔里木盆地奥陶统白云岩特征及成因[J]. 新疆石油地质,2000,21(2):120-122.

编辑:赵国宪

## Characteristics and Genesis Model of Upper Cretaceous Shiranish Carbonate Reservoir in Oudeh Oilfield, Syria

Zhao Zhongping, Deng Hongwen

**Abstract:** The Oudeh Oilfield is located at the northeast of Syria. The upper Cretaceous Shiranish reservoir in this oilfield is mainly comprised of porous grainstone/packstone in a carbonate ramp. Under a tectonic setting of being high northwestwards and low southeastwards, the oilfield is cut into several fault blocks by approximately N-S trending and E-W trending faults, among which several major N-S trending ones are growth faults, which are also the dominant faults in this oilfield. Height difference of paleotopography caused by contemporaneous faulting has control over sedimentation and diagenesis in some extent therefore it controls the formation and distribution of excellent reservoir. Coarse-grained grainstone/packstone and favorable zone of diagenesis, such as meteoric water leaching and dolomitization, mainly distribute in a banded zone that is close to one side of growth faults, which results in nearly S-N directional zonal distribution of the reservoir. Based on the above-mentioned study, a genesis model of Shiranish reservoir is established and illustrated. This model provides good reference and guidance for prediction of excellent reservoirs and exploration of similar reservoirs.

**Key words:** Later Cretaceous; Carbonate reservoir; Reservoir characteristics; Reservoir model; Oudeh Oilfield; Syria

**Zhao Zhongping:** male, Engineer, Doctor student. Add: Faculty of Energy Resources, China University of Geosciences (Beijing), 29 Xueyuan Rd., Beijing, 100083, China.