

伊朗 A 油田白垩系 Sarvak 组隔夹层 地质特征及成因

王鼎¹, 王秀姣², 李楠¹, 刘玉梅¹, 林腾飞¹, 王伟俊¹, 董俊昌¹, 杨双¹, 罗贝维¹

1 中国石油勘探开发研究院中东研究所; 2 中国石油勘探开发研究院油气地球物理研究所

摘要 基于岩心、薄片、地震、测井等资料,通过分析伊朗 A 油田白垩系 Sarvak 组生物碎屑灰岩储层内发育的隔夹层类型、地质特征及井震响应特征,系统研究了隔夹层的成因及展布特征。研究表明:A 油田 Sarvak 组储层主要发育泥粒灰岩隔夹层和粒泥灰岩隔夹层,根据隔夹层发育的主控因素,可划分为沉积成因、成岩成因和复合成因。Sarak 组储层内隔夹层的展布特征具有明显的规律:厚度较大、广泛发育的隔夹层主要受沉积作用控制,沉积环境以局限台地相和潟湖相为主;厚度较薄、局部发育的隔夹层主要受压实作用和胶结作用等成岩作用控制。Sar2 和 Sar7 段发育沉积成因隔夹层,平均厚度分别为 15 m 和 5 m;Sar3 和 Sar8 段局部发育成岩成因隔夹层,平均厚度分别为 3.25 m 和 4.5 m 左右;Sar4—Sar6 段发育大量的复合成因隔夹层,厚度变化较大,总平均厚度为 4.8~7.1 m,纵向上广泛发育。

关键词 碳酸盐岩; 储层; 隔夹层; 非均质性; Sarvak 组; 白垩系; 伊朗

中图分类号:TE122.2

文献标识码:A

0 前言

隔夹层研究是评价储层非均质性和储层表征的重要内容^[1-3],包括建立隔夹层识别标准、明确分布规律、判断规模大小等。隔夹层的分布规律和规模不尽相同,对于不同成因类型的隔夹层要结合钻井、地震、岩心、铸体薄片等资料进行综合研究^[4-6]。目前,国内对隔夹层的研究集中于定义分类、储层物性分类、展布规律以及对油气田开发的影响等方面,如:焦养泉等^[7]对河道储层砂体中的 4 类隔夹层进行了成因、特征和分布规律的研究;刘春林等^[8]基于大庆油田多口取心井的岩性、物性和含油性变化规律进行了隔夹层上限的标定;郑浚茂等^[9]对黄骅坳陷新近系—古近系的多种沉积砂体的非均质性成因进行了分析。20 世纪 90 年代,前人主要针对陆相碎屑砂岩定性化表征和不同类型陆相沉积的隔夹层物性特征等方面开展了一些研究。21 世纪初,束青林^[10]和崔建等^[11]对河流相隔夹层的地质特征、成因机制进行了研究,分析其与波及体积、驱油效

率、剩余油分布的关系;印森林等^[12]对冲积扇内隔夹层的形态、规模和叠置样式进行了分析。总体来看,国内外隔夹层的研究仍主要面向陆相沉积砂岩油藏^[13-18],研究方向集中于不同沉积环境下隔夹层的地质特征、成因机制、展布规律及对油气藏开发的影响。随着国内海相碳酸盐岩油气藏勘探开发程度的提高和对其认识的深入,针对强非均质性的海相碳酸盐岩隔夹层研究逐渐被重视,如:岳大力等^[19]分析了珠江口盆地礁灰岩内隔夹层对油藏剩余油分布的控制规律;邓亚等^[20]对中东地区西古尔纳油田的白垩系 Mishrif 组油藏隔夹层地质特征及成因进行了研究。相比于陆相碎屑岩,针对海相碳酸盐岩内隔夹层的研究仍相对较少^[21-22]。

截至 2018 年,中东地区油气探明储量占全球储量超过 40%,而海相碳酸盐岩占其储量的 85% 以上,一直以来是全球石油勘探开发的热点。伊朗 A 油田开发初期,受限于基础资料和地质认识的不足,针对 Sarvak 组油藏的开发以合采为主,导致层间干扰严重,产量递减明显。本文基于研究区内 3 口

收稿日期:2021-09-27; 改回日期:2022-02-28

本文受中国石油天然气集团有限公司科学研究与技术开发项目“伊拉克低渗孔隙型生屑灰岩油藏储层表征及高效开发技术研究”(编号:2019D-4410)与中国石油天然气股份有限公司科学研究与技术开发项目“特低渗碳酸盐岩油藏有效开发关键技术研究”(编号:2021DJ3202)资助

第一作者:王鼎,工程师,主要从事中东地区油田开发地质方面的研究。通信地址:100083 北京市海淀区学院路 20 号;E-mail: wangnai0113@petrochina.com.cn

取心井目的层近200块样品、140块铸体薄片,以及50口井的测井资料和超过2 000 km²的三维地震数据综合分析,对伊朗A油田 Sarvak 组碳酸盐岩隔夹层特征、成因机理和展布特征进行了研究,并希冀进一步明确中东扎格罗斯前陆盆地前渊带内同类油田隔夹层的发育和分布规律,为下一步的分层开发提供技术支持。

1 地质概况

中东地区油气最富集的地区主要集中于扎格罗斯前陆盆地和阿拉伯大陆边缘盆地,两者为古/中生代陆缘盆地和新生代前陆盆地的叠合盆地。受构造运动的影响,中东油气富集区内构造样式表现为基底隆升及断裂控制构造、盐控构造和水平挤压褶皱构造3大类,众油田的构造特征、储层特征具有

很强的一致性。伊朗A油田发现于1999年,为巨型长轴背斜油田,位于伊朗西部扎格罗斯前陆盆地的前渊带内(图1a),区块面积约为1 200 km²,储量近270亿桶。研究区处于水平挤压褶皱构造样式发育区,发育的地层从下至上依次为:侏罗系火山岩、石灰岩序列;白垩系泥岩、石灰岩、砂岩序列;古近系古新统一新近系中新统泥岩、石灰岩混合序列;新近系上新统一第四系薄层现代堆积。本文研究的目的层 Sarvak 组发育于晚白垩世早期,地层厚度在590~670 m之间,根据区域地层层序可分为12个段(自上至下为Sar1—Sar12)。其中,Sar3段、Sar5—Sar6段和Sar8段分别为3套油层发育段,被Sar2段、Sar4段和Sar7段内发育的隔夹层分开。研究区内自Sar9段以下均为产水层,因此本次研究目的层段以Sar1—Sar8段为主。

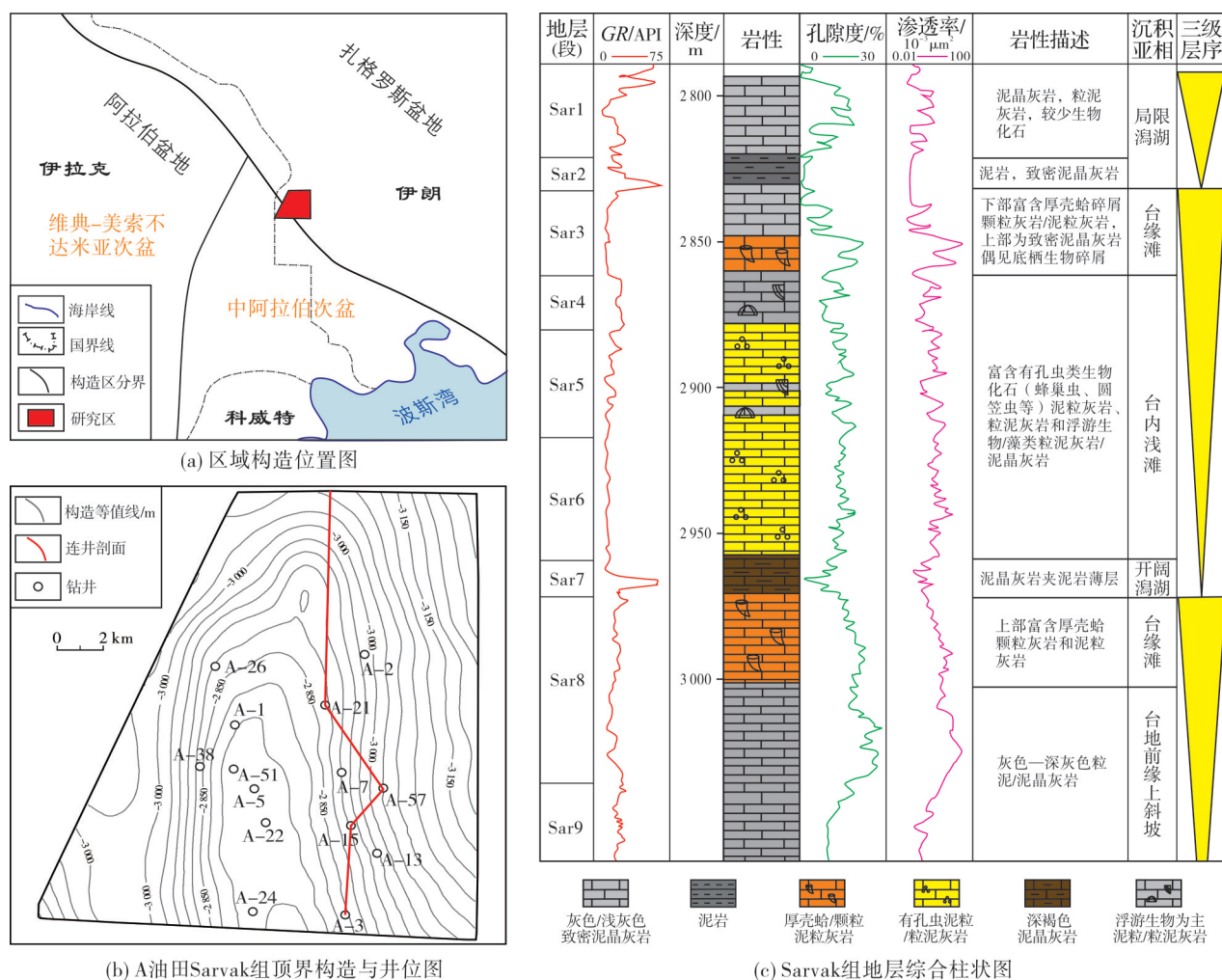


图1 伊朗A油田区域地质背景与Sarvak组柱状图

Fig. 1 Regional geologic background map and comprehensive column of Sarvak Formation in A Oilfield, Iran

Sar3段以台地边缘浅滩相颗粒灰岩为主,颗粒主要包括厚壳蛤、双壳类、棘皮类、腕足类和有孔虫等生物碎屑,分选相对较好,但是由于亮晶方解石胶结物的发育导致物性存在差异,孔隙以粒间孔及生物体腔孔为主,也发育部分溶蚀孔。Sar4—Sar6段以开阔台地相粒泥灰岩或泥粒灰岩为主,局部夹颗粒灰岩,孔隙以粒间孔及溶蚀铸模孔为主。Sar8段以台地边缘浅滩相颗粒灰岩为主,生物碎屑含量丰富,主要为双壳类、棘皮类、厚壳蛤和有孔虫等,局部发生胶结或者溶蚀的现象。

Sarvak 组自 Sar8 段至 Sar1 段出现 3 次明显的海平面变化,以 2 次海泛面为间隔,Sarvak 组可以划分出 3 个三级旋回(图 1c),它们均为向上变浅的反旋回沉积。自下至上的第 1 个三级旋回自 Sar10 段海泛面开始至 Sar8 段顶结束;第 2 个三级旋回自 Sar7 段海泛面开始,到 Sar3 段顶结束;第 3 个三级旋回自 Sar2 段开始,到 Sar1 段顶的不整合面结束。Sar1 段顶部的不整合发生在塞诺曼阶沉积的末期,它是一次全球性的海退,使得 Sarvak 组顶部遭受了明显的剥蚀。Sarvak 组的大部分含油储层发育在第 2 个三级旋回,部分在第 1 个三级旋回的上部。Sarvak 组内发育的隔夹层大部分发育于各三级旋回的底部,水体相对较深,沉积物主要以低能环境下的含泥质

的泥晶—粒泥灰岩为主,岩石较致密。

2 隔夹层特征

2.1 Sarvak 组隔夹层岩性特征

基于岩心和铸体薄片观察,研究区内 Sarvak 组主要发育 2 类不同岩性的隔夹层,分别是泥粒灰岩隔夹层(I类)和粒泥灰岩隔夹层(II类)。泥粒灰岩隔夹层以 1 m 以内的薄层为主,粒度相对较粗(图 2a—2c),受到后期压实、胶结、钙化和白云石化等成岩作用的影响,孔隙类型以铸模孔、粒内孔为主,孔隙度较低。粒泥灰岩隔夹层以几米至十余米的厚层为主,粒度相对较细(图 2d—2f),灰泥质含量高,总体积大于碎屑颗粒体积,该类隔夹层比较致密且渗透率和孔隙度极低。根据铸体薄片可以看出泥粒灰岩隔夹层存在双壳类、棘皮类生物碎屑,且发育有孔虫,生物碎屑相对颜色较浅;粒泥灰岩隔夹层以有孔虫为主,有少部分钙化和白云石化的现象。Sar1 段、Sar2 段和 Sar7 段的隔夹层以局限台地相粒泥灰岩或泥晶灰岩为主,镜下薄片见颗粒较少,泥晶含量高,生物碎屑主要以海绵骨针和底栖有孔虫为主,岩心照片上普遍可观察到暗色有机质纹层,局部发育角砾灰岩。

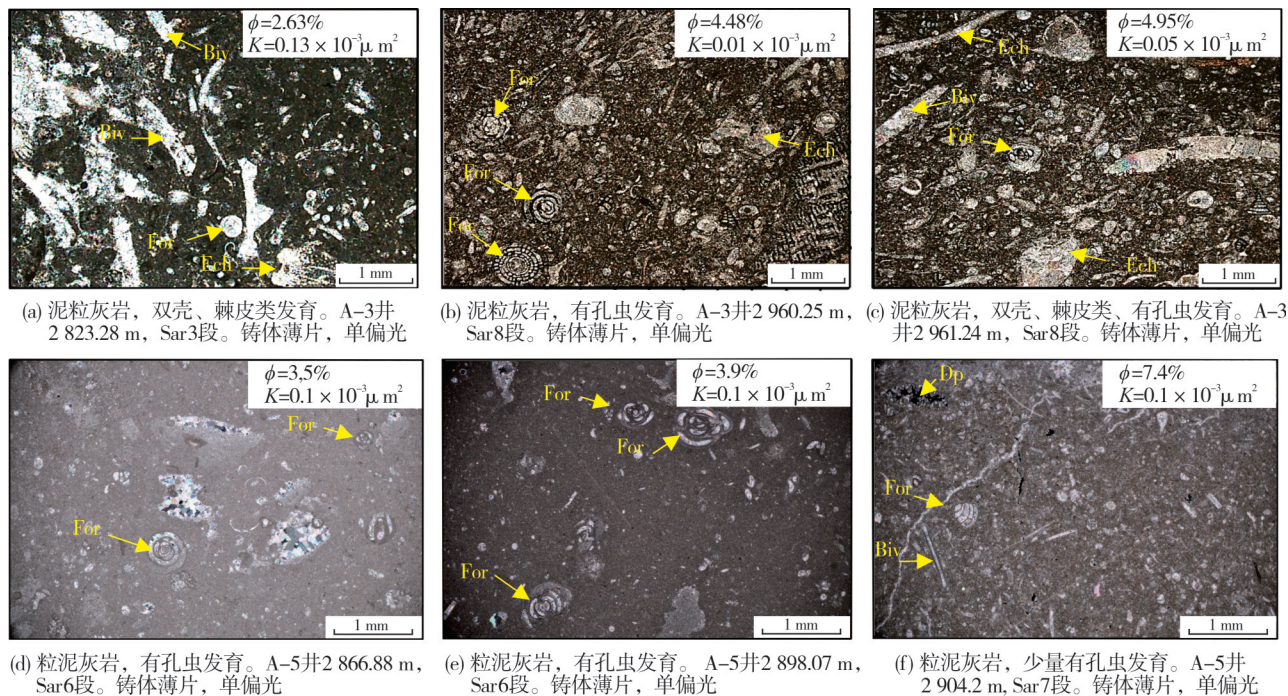


图2 伊朗 A 油田白垩系 Sarvak 组隔夹层岩石微观特征

Fig. 2 Microscopic characteristics of barrier and baffles rocks of the Cretaceous Sarvak Formation in A Oilfield, Iran

2.2 Sarvak组隔夹层物性特征

基于研究区内3口取心井(A-3井、A-5井和A-26井)的岩心实验数据以及试油资料,绘制了储层和隔夹层的孔隙度-渗透率交会图(图3)。通过用岩心和铸体薄片对隔夹层与储层进行标定,从图3可见孔隙度和渗透率具有一定的相关性,总体呈线性趋势。I类隔夹层和II类隔夹层的样品物性数据点均位于交会图的左下角,储层则位于交会图的右上部。隔夹层与储层的物性标准有较明显的界限:孔隙度上限为10%,渗透率上限为 $0.25 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。但I类隔夹层和II类隔夹层的样品物性数据点难以通过物性直接区分,需要进一步的成因机制分析。

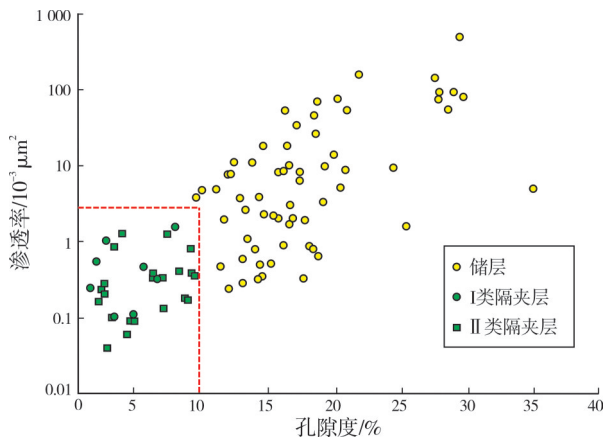


图3 伊朗A油田白垩系Sarvak组碳酸盐岩孔隙度和渗透率交会图

Fig. 3 Porosity-permeability crossplot of carbonate rock of the Cretaceous Sarvak Formation in A Oilfield, Iran

2.3 Sarvak组隔夹层测井特征

如图4所示,由A-3井取心段对应的测井段特征可以看出,泥粒灰岩隔夹层(I类)以薄层为主,在Sar3段内局部发育,测井响应特征表现为:自然伽马相对变化小、声波时差较低、补偿中子孔隙度较低、补偿密度较低、电阻率较低。粒泥灰岩隔夹层(II类)在Sar2段内广泛发育,测井响应特征表现为:高自然伽马、高声波时差、低补偿中子孔隙度、补偿密度较高、电阻率平均值相对较高。

2.4 Sarvak组隔夹层地震波阻抗特征

从图5可以看出,实际波阻抗与孔隙度的相关性高,可以作为分析储层和隔夹层的依据。根据岩性、储层物性上限值和实际波阻抗值可以将Sarvak

组储层分为4类:I类储层、II类储层、III类储层和隔夹层。通过交会图可看出,隔夹层的孔隙度上限值10%对应的波阻抗下限值为 $12\,600 (\text{g}/\text{cm}^3 \cdot \text{m}/\text{s})$ 。

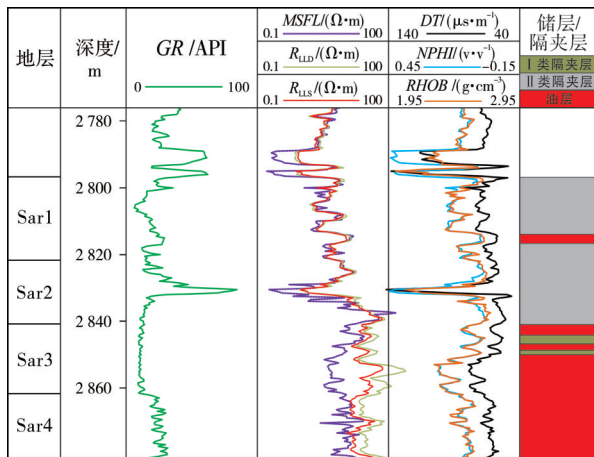


图4 伊朗A油田A-3井测井解释柱状图

Fig. 4 Log interpretation column of Well A-3 in A Oilfield, Iran

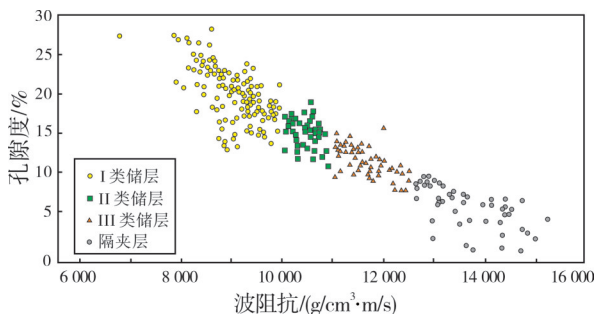


图5 伊朗A油田Sarvak组波阻抗与孔隙度交会图

Fig. 5 Crossplot of impedance and porosity of Sarvak Formation in A Oilfield, Iran

3 隔夹层成因机制

通过隔夹层的薄片和岩心等地质资料,综合分析岩性、沉积和成岩特征,伊朗A油田Sarvak组I类和II类隔夹层可划分为沉积成因、成岩成因和沉积-成岩复合成因。沉积成因隔夹层指主要受沉积因素控制,因沉积环境水体能量弱,而发育致密层段阻挡或控制流体运移。成岩成因隔夹层指主要受后期成岩因素(充填、压实或胶结等作用)控制,孔隙减少而形成的可以阻挡或控制流体运移的非渗透层。沉积-成岩复合成因隔夹层指早期受沉积环境影响,后期受到成岩作用进一步降低了孔隙度和渗透率的隔夹层。

3.1 沉积成因

通过岩心和薄片分析,观察岩性、结构、沉积构

造等特征,对隔夹层发育的沉积环境、沉积微相及其发育层段进行了分析。如图6所示,Sarvak 组沉积期以碳酸盐镶边台地沉积环境为主,高能环境以颗粒灰岩沉积为主,发育礁滩相;低能环境以粒泥灰岩和泥晶灰岩沉积为主,沉积环境为潟湖相。依据伴生的生物群可确定开阔台地相和局限台地相,其中开阔台地相以双壳类或棘皮类生物等发育为主,局限台地相则以富含浮游生物的粒泥灰岩为主。其中,水体能量最强的是台地边缘礁和潮道微相,开阔台地次之,局限台地、潟湖最弱。在 Sarvak 组沉积末期,海平面逐步上升,上部的 Sar2 段和 Sar1 段发育水体能量较弱的局限台地相。因此,Sarvak 组沉积成因的隔夹层主要发育在研究区的局限台地和潟湖沉积环境中,主要为厚十几厘米至半米左右的 II 类隔夹层,页岩或富有机质的纹层发育。

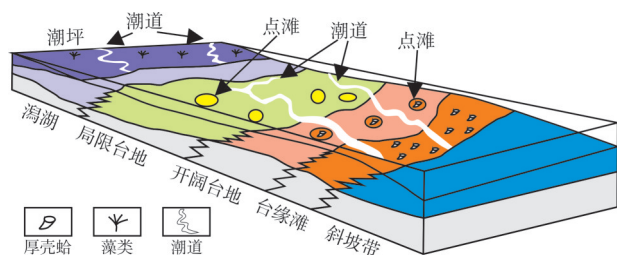


图6 伊朗 A 油田碳酸盐镶边台地相沉积模式图

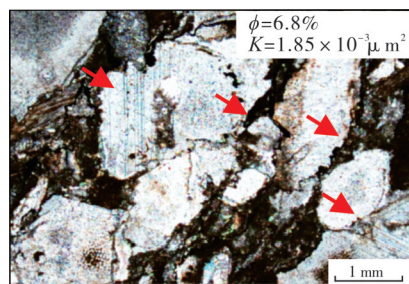
Fig. 6 Sedimentary model of carbonate rimmed platform of A Oilfield, Iran

3.2 成岩成因

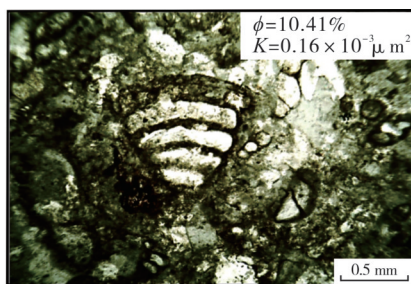
成岩作用对 Sarvak 组岩石物性的改变起到了关键作用,它使物性相对好的储层在后期受化学和物理等方面的因素影响,转变为致密的隔夹层。研究区 Sarvak 组经历的成岩作用主要包括压实压溶作用、胶结作用、交代作用、白云石化作用、去白云石化作用和溶蚀作用等。其中对隔夹层的形成起到促进作用的包括压实作用、胶结作用、交代作用等(图7)。储层中孔隙和运移通道受压实、胶结和交代作用等影响发生剧烈变化,往往减小了孔隙度和渗透率而形成 I 类隔夹层。

由图7a可观察到,以颗粒支撑为主的颗粒灰岩受压实作用影响,颗粒遭受破坏、变形、错位和重新排序,导致储层孔隙类型发生变化,原本发育的粒间孔转变为微孔,储层物性变差。

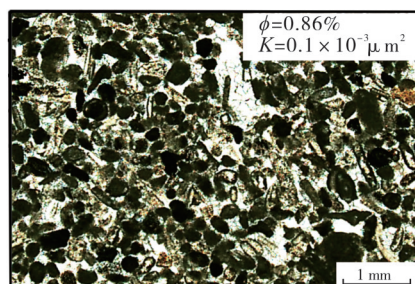
白云石化对于储层的改造是一把双刃剑,既可能会对储层的发育起到促进作用,也可能导致隔夹层的形成。一般情况下,石灰岩白云石化初期的晶格变化可增加孔隙,对储层起到了改善作用,后期的白云石化则会使孔隙被充填而降低孔隙度。在图7b中可以看到,原本有孔虫体腔内的钙质胶结物被白云质交代,造成孔隙度很低。



(a) 泥粒灰岩。压实作用,颗粒被压力挤碎,颗粒重新定向和变形,粒间孔消失。A-3井2 904.58 m, Sar6段。铸体薄片(-)



(b) 泥粒灰岩。交代作用,底栖有孔虫的体腔孔被钙质胶结物充填后逐渐白云石化。A-3井2 871.17 m, Sar5段。铸体薄片(-)



(c) 颗粒灰岩。胶结作用,颗粒之间的孔隙被胶结作用产生的胶结物充填而堵塞。A-3井2 827.04 m, Sar3段。铸体薄片(-)

图7 伊朗 A 油田 Sarvak 组隔夹层成岩作用微观特征

Fig. 7 Photos of rock slices showing diagenetic characteristics of barriers and baffles of Sarvak Formation in A Oilfield, Iran

Sarvak 组中的胶结物主要为钙质碳酸盐类矿物,如方解石、白云石等,胶结方式主要包括孔隙充填、孔隙衬边、孔隙桥阻塞等。图7c中,有孔虫和球粒颗粒以泥晶化为主,颗粒间的孔隙被钙质胶结物充填堵塞,无法观察到明显的孔隙。

3.3 沉积-成岩复合成因

研究区内发育沉积-成岩复合成因的隔夹层。

受沉积环境和后期成岩作用共同影响,局限或开阔台地内同生期或准同生期接受薄层的泥质沉积后,在局限环境受钙质胶结作用影响,Sar4—Sar6段易形成复合成因的隔夹层。

4 隔夹层分布规律

在隔夹层成因分析的基础上,基于岩性、沉积、成岩、物性和地震反演波阻抗特征,对隔夹层的分

布规律进行了分析和预测,并结合测井特征对隔夹层进行了精细刻画(图8)。在Sar7段局部发育一套总厚度为5 m的粒泥灰岩隔夹层;在Sar4—Sar6段局部发育大量的泥粒灰岩隔夹层,单层厚0.1 m至3 m不等,总厚度为6 m左右;在Sar2段和Sar1段顶部均发育一套稳定连续的沉积成因的粒泥灰岩隔夹层(Ⅱ类),总厚度平均值约为15 m。

以岩心、薄片和测井特征分析为基础,以地震

反演资料为约束条件,对Sarvak组隔夹层厚度、平面展布特征和分布规律进行了统计和研究(表1)。Sarvak组隔夹层中,以Sar7段、Sar4段和Sar2段内发育的隔夹层最为典型。

从图8、图9可以看出: Sar7段内由沉积主控的粒泥/泥晶灰岩隔夹层仅在西北部地区发育(图9a),面积小、厚度薄,厚度在2~10 m; Sar4段沉积-成岩复合成因的泥粒灰岩隔夹层厚度在2~10 m,主要

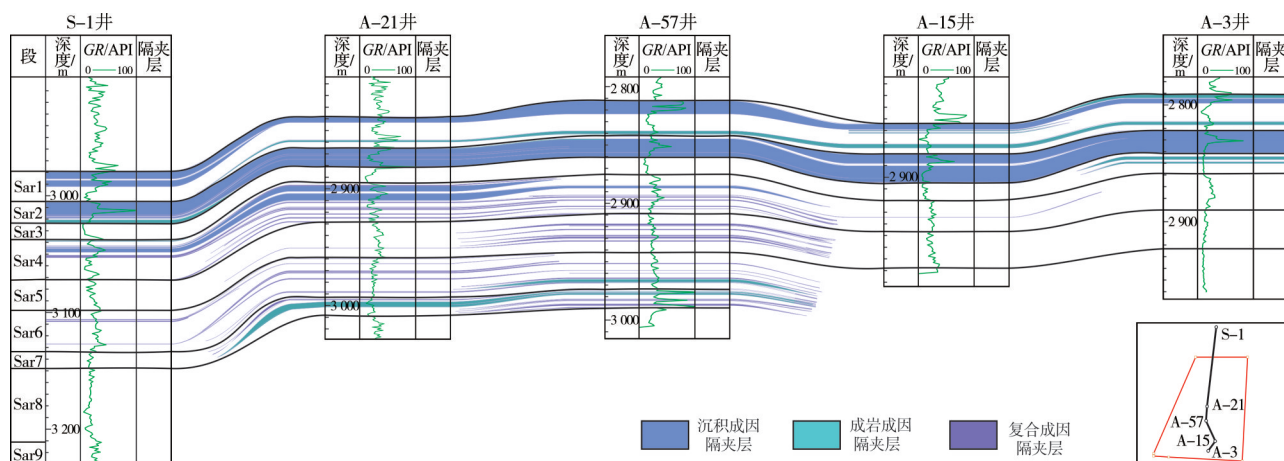


图8 伊朗A油田Sarvak组隔夹层连井对比剖面

Fig. 8 Inter-well correlation profile of barrier and baffles of Sarvak Formation in A Oilfield, Iran

表1 伊朗A油田Sarvak组隔夹层发育特征

Table 1 characteristics of barriers and baffles of Sarvak reservoir in A Oilfield, Iran

成因	发育段	平均厚度/m	地震相	测井相	岩性	成因机理	隔夹层类型
沉积成因	Sar2	15	波峰强反射, 反演 波阻抗值大于 12 600 (g/cm ³ ·m/s)	高自然伽马	粒泥/泥晶灰岩	局限台地、潟湖	Ⅱ类
	Sar7	5		中—高声波时差	颗粒/泥粒灰岩	压实作用、胶结作用、白云石化	Ⅰ类
成岩成因	Sar3	3.25		中—高密度	泥粒/粒泥灰岩	沉积+成岩作用 双重因素	Ⅰ类和Ⅱ类
	Sar8	4.5		中—低中子			
	Sar4	4.8		中—高电阻率			
	Sar5	7.1					
复合成因	Sar6	6.7					

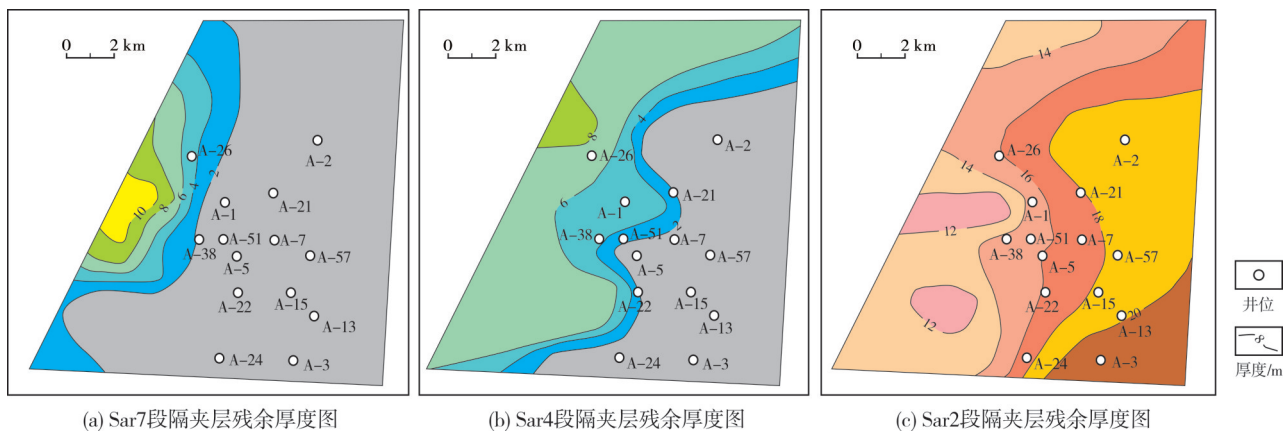


图9 伊朗A油田Sarvak组隔夹层特征

Fig. 9 Characteristics of barriers and baffles of Sarvak Formation in A Oilfield, Iran

发育在研究区的西侧(图9b), 东侧发育很少或者不发育; Sar2段发育的沉积主控的Ⅱ类粒泥灰岩隔夹层分布最为稳定, 在整个研究区均有发育(图9c), 平均厚度为15 m左右, 自西向东厚度逐渐增大。

5 结 论

(1) 伊朗 A 油田白垩系 Sarvak 组发育的隔夹层可分为成岩作用主导的泥粒灰岩隔夹层和沉积作用主导的粒泥灰岩隔夹层。沉积成因隔夹层厚度大, 通常发育在局限台地、潟湖等局限环境, 如 Sar7 段和 Sar2 段内发育的隔夹层, 此类隔夹层颗粒含量少, 以灰泥基质为主; 成岩作用形成的隔夹层厚度较薄, 如 Sar3 段内少量发育的薄隔夹层, 后期受到的压实作用、胶结作用和交代作用是此类隔夹层形成的主要原因。Sar4—Sar6 段内的部分隔夹层则同时受沉积因素和成岩因素控制。

(2) 基于岩石物性、测井特征和地震反演波阻抗, 对研究区内的隔夹层进行了定量标定及刻画, 分析了研究区内隔夹层的展布规律。Sar7 段局部发育隔夹层, 总厚度在 2~10 m; Sar6—Sar4 段发育多层薄隔夹层, 厚度变化较大, 纵向广泛发育; Sar2 段发育全区稳定分布的隔夹层, 平均厚度为 15 m。

参 考 文 献

- [1] 裴亦楠. 石油开发地质方法论(一) [J]. 石油勘探与开发, 1996, 23(2): 43-47.
QIU Yanan. The methodology of petroleum development geology (1) [J]. Petroleum exploration and development, 1996, 23(2): 43-47.
- [2] 裴亦楠, 许仕策, 肖敬修. 沉积方式与碎屑岩储层的层内非均质性[J]. 石油学报, 1985, 6(1): 41-49.
QIU Yanan, XU Shice, XIAO Jingxiu. Deposition pattern and in-layer heterogeneity of clastic reservoirs [J]. Acta petrolei sinica, 1985, 6(1): 41-49.
- [3] 吕晓光, 马福士, 田东辉. 隔层岩性、物性及分布特征研究 [J]. 石油勘探与开发, 1994, 21(5): 80-87.
LÜ Xiaoguang, MA Fushi, TIAN Donghui. A study of lithology, petrophysical of barrier beds and their distribution properties [J]. Petroleum exploration and development, 1994, 21(5): 80-87.
- [4] 郭峰. 碳酸盐岩沉积学 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2011.
GUO Feng. Carbonate sedimentology [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2011.
- [5] 朱筱敏. 沉积岩石学 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2008.
ZHU Xiaomin. Sedimentary petrology [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2008.
- [6] MOOR C H. Carbonate reservoirs: porosity evolution and diagenesis in a sequence stratigraphic framework [M]. Amsterdam: Elsevier, 2001.
- [7] 焦养泉, 李祯. 河道储层砂岩中隔挡层的成因与分布规律 [J]. 石油勘探与开发, 1995, 22(4): 78-80.
- [8] JIAO Yangquan, LI Zhen. Genesis and distribution regularity of isolate barrier beds in channel reservoir sandbody [J]. Petroleum exploration and development, 1995, 22(4): 78-80.
- [8] 刘春林, 王红星, 尚育秋. 大庆油田高含水后期隔夹层物性界限: 以喇嘛甸子、萨尔图、杏树岗油田为例 [J]. 新疆石油地质, 1995, 16(2): 149-152.
LIU Chunlin, WANG Hongxing, SHANG Yuqiu. Limit of barrier-layer petrophysical property in late of high water cut stage in Daqing Oilfield: the example from Lamadianzi, Saertu and Xingshugang Oilfields [J]. Xinjiang petroleum geology, 1995, 16(2): 149-152.
- [9] 郑浚茂, 于兴河, 谢承强, 等. 不同沉积环境储层的层内非均质性: 以黄骅坳陷为例 [J]. 现代地质, 1995, 9(4): 501-508.
ZHENG Junmao, YU Xinghe, XIE Chengqiang, et al. Mesoscopic heterogeneity of reservoir in different sedimentary environments [J]. Geoscience, 1995, 9(4): 501-508.
- [10] 束青林. 孤岛油田馆陶组河流相储集层隔、夹层成因研究 [J]. 石油学报, 2006, 27(3): 100-103.
SHU Qinglin. Interlayer characterization of fluvial reservoir in Guantao Formation of Gudao Oilfield [J]. Acta petrolei sinica, 2006, 27(3): 100-103.
- [11] 崔建, 李海东, 冯建松, 等. 辫状河储层隔夹层特征及其对剩余油分布的影响 [J]. 特种油气藏, 2013, 20(4): 26-30.
CUI Jian, LI Haidong, FENG Jiansong, et al. Barrier beds and inter beds characteristics and their effects on remaining oil distribution in braided river reservoirs: a case study of the Ng IV oil unit in shallow north Gaoshangpu Oilfield [J]. Special oil and gas reservoir, 2013, 20(4): 26-30.
- [12] 印森林, 吴胜和, 冯文杰, 等. 冲积扇储集层内部隔夹层样式: 以克拉玛依油田一中区克下组为例 [J]. 石油勘探与开发, 2013, 40(6): 757-763.
YIN Senlin, WU Shenghe, FENG Wenjie, et al. Patterns of inter-layers in the alluvial fan reservoirs: a case study on Triassic Lower Karamay Formation, Yizhong Area, Karamay Oilfield, NW China [J]. Petroleum exploration and development, 2013, 40(6): 757-763.
- [13] 王延章, 林承焰, 董春梅, 等. 夹层及物性遮挡带的成因及其对油藏的控制作用: 以准噶尔盆地莫西庄地区三工河组为例 [J]. 石油勘探与开发, 2006, 33(3): 319-321, 325.
WANG Yanzhang, LIN Chengyan, DONG Chunmei, et al. Origins of interlayer and permeability barrier and their controlling function on reservoir: with Sangonghe Formation of Moxizhuang in Junggar Basin as an example [J]. Petroleum exploration and development, 2006, 33(3): 319-321, 325.
- [14] 秦国省, 胡文瑞, 宋新民, 等. 砾质辫状河构型及隔夹层分布特征: 以准噶尔盆地西北缘八道湾组露头为例 [J]. 中国矿业大学学报, 2018, 47(5): 1124-1136.
QIN Guosheng, HU Wenrui, SONG Xinmin, et al. Gravel braided river architecture and inter-layers distribution: a case study of Jurassic Badaowan Formation outcrop in the northwest of Junggar Basin [J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2018, 47(5): 1124-1136.
- [15] DAVYDYCHEVA S, DRUSKIN V, HABASHY T. An efficient finite-difference scheme for electromagnetic logging in 3D anisotropic inhomogeneous media [J]. Geophysics, 2003, 68(5): 1525-1535.
- [16] 朱东亚, 胡文瑄, 曹学伟, 等. 临南油田隔层类型划分及其分

- 布规律研究[J]. 地球科学(中国地质大学学报), 2004, 29(2): 211–218.
- ZHU Dongya, HU Wenxuan, CAO Xuewei, et al. Classification and distribution of insulating layers in Linnan Oilfield [J]. Earth science(Journal of China University of Geoscience), 2004, 29(2): 211–218.
- [17] 孙致学,孙治雷,鲁洪江,等. 砂岩储集层中碳酸盐胶结物特征:以鄂尔多斯盆地中南部延长组为例[J]. 石油勘探与开发, 2010, 37(5): 543–551.
- SUN Zhixue, SUN Zhilei, LU Hongjiang, et al. Characteristics of carbonate cements in sandstone reservoirs: a case from Yanchang Formation, middle and southern Ordos Basin, China[J]. Petroleum exploration and development, 2010, 37(5): 543–551.
- [18] 韩如冰,刘强,江同文,等. 钙质隔夹层特征、成因及分布:以塔里木盆地哈得油田东河砂岩为例[J]. 石油勘探与开发, 2014, 41(4): 428–437.
- HAN Rubing, LIU Qiang, JIANG Tongwen, et al. Feature, origin and distribution of calcareous interlayers: a case of carboniferous Donghe sandstone in Hade Oilfield, Tarim Basin, NW China[J]. Petroleum exploration and development, 2014, 41(4): 428–437.
- [19] 岳大力,吴胜和,林承焰,等. 礁灰岩油藏隔夹层控制的剩余油分布规律研究[J]. 石油勘探与开发, 2005, 32(5): 113–118.
- YUE Dali, WU Shenghe, LIN Chengyan, et al. Remaining oil distribution controlled by intercalation in reef limestone reservoir[J]. Petroleum exploration and development, 2005, 32(5): 113–118.
- [20] 邓亚,郭睿,田中元,等. 碳酸盐岩储集层隔夹层地质特征及成因:以伊拉克西古尔纳油田白垩系 Mishrif组为例[J]. 石油勘探与开发, 2016, 43(1): 136–144.
- DENG Ya, GUO Rui, TIAN Zhongyuan, et al. Geological features and genesis of the barriers and intercalations in carbonates: a case study of the Cretaceous Mishrif Formation, West Qurna Oilfield, Iraq[J]. Petroleum exploration and development, 2016, 43(1): 136–144.
- [21] HOLLAND K T, ELMORE P A. A review of heterogeneous sediments in coastal environments [J]. Earth-science reviews, 2008, 89(3/4): 116–134.
- [22] SIMMONS M D, SHARLAND P R, CASEY D M, et al. Arabian Plate sequence stratigraphy: potential implications for global chronostratigraphy[J]. Geoscientific, 2007, 12(4): 101–130.

编辑:黄革萍

Geological characteristics and genesis of barriers and baffles of the Cretaceous Sarvak Formation in A Oilfield, Iran

WANG Nai, WANG Xiujiao, LI Nan, LIU Yumei, LIN Tengfei, WANG Weijun,

DONG Junchang, YANG Shuang, LUO Beiwei

Abstract: The Iran A Oilfield of the Upper Cretaceous Sarvak Formation is a massive bottom-water bioclastic limestone reservoir with strong heterogeneity. Production preformation of oilfield indicated that barriers and baffles(BB) in the reservoir severely restricted the development of the oilfield. The type, porosity-permeability relationship, log response characteristics and identification criteria of BB in the carbonate rocks of the Cretaceous Sarvak Formation in the A Oilfield were analyzed through comprehensive study of cores, thin section and well logs, and the genesis and distribution characteristics of BB were systematically studied to evaluate the scale of BB developed in the oilfield. It is shown that two different types of BB mainly developed in Sarvak Formation, including wackestone BB and packstone BB, and according to the main controlling factors of BB development, they can be divided into sedimentary genesis, diagenetic genesis and sedimentary-diagenetic composite genesis which means that BB are affected by sedimentary environment in the early period and then porosity space further reduced by diagenesis later. The wackestone BB, with average thickness of 15 m developed in Member 2 and with average thickness of 5 m developed in Member 7 of Sarvak Formation, were controlled by the sedimentary facies including lagoon and restrict platform. The packstone BB, controlled by diagenetic genesis, is developed locally in Member 3 and Member 8 of Sarvak Formation with thickness about 3.25 m to 4.5 m. Penecontemporaneous cementation, burial compaction, burial cementation and dolomitization are the main diagenesis which caused the decrease of the porosity. In addition, a large number of thin BB is developed with variable thickness(about 4.8 m to 7.1 m) in Member 6–Member 4 of Sarvak Formation, which were controlled by both of sedimentary and diagenesis including compaction, cementation and dolomitization. It is concluded that the distribution of BB in Sarvak Formation have obvious rules in A Oilfield. The thick and stable BB developed in Member 2 of Sarvak Formation distribute in the whole research area, and the thin and local BB of Member 7 and Member 4 of Sarvak Formation is mainly developed in the west of research area.

Key words: carbonate rock; reservoir; barrier and baffles; genesis; Sarvak Formation; Cretaceous; Iran

WANG Nai, First author: MSc, Engineer, mainly engaged in the geological research of oilfield development in the Middle East. Add: No. 20 Xueyuan Rd., Haidian District, Beijing 100083, China