

Reservoir Characteristics of Carbonate Rocks in Well Qi646-2 of Wangxuzhuang Oilfield

Yuanjiang Yang, Junsheng Yang, Yicheng Zang, Dongkun He

China University of Petroleum (East China), Qingdao Shandong
Email: 963942021@qq.com

Received: Aug. 24th, 2019; accepted: Oct. 8th, 2019; published: Oct. 15th, 2019

Abstract

This paper deals with the petrological and reservoir properties of carbonate rocks in the lower Shahejie formation of Wangxuzhuang Oilfield. Carbonate rocks mainly include Ostracoda limestone, spiralite limestone, gravel limestone, oolitic limestone, micrite limestone and micrite dolomite. Pore and fracture are two main types of carbonate reservoir space, which occur in the form of pore-fracture combination. The main pore types are primary intragranular pore, primary intergranular pore, shielding pore, window lattice pore and casting pore, while the main fracture types are structural fracture, diagenetic granular margin fracture and channel corrosion fracture. Most of the throats in the target layer are medium throat and coarse throat, and the sorting degree of sediment granularity is poor. According to the shape of capillary pressure curve, the reservoir can be divided into four types: high quality reservoir, medium reservoir, poor reservoir and poor reservoir. Finally, the relationship between reservoir storage space and lithofacies assemblage is discussed, and it is considered that the fracture of target formation is developed, but mainly in semi-deep lake facies, mudflat microfacies, dolomite beach microfacies, lime mudflat microfacies or muddy dolomite beach microfacies, while the microfacies pore of bioclastic beach is developed and the fracture is relatively undeveloped.

Keywords

Wang Xuzhuang Oilfield, Shayi Formation, Carbonate Rocks, Storage Space, Lithofacies Association

王徐庄油田歧646-2井沙一下碳酸盐岩储层特征研究

杨远江, 杨俊生, 臧苡澄, 何东坤

中国石油大学(华东), 山东 青岛

Email: 963942021@qq.com

收稿日期: 2019年8月24日; 录用日期: 2019年10月8日; 发布日期: 2019年10月15日

摘要

本文讨论了王徐庄油田沙河街组沙一下亚段碳酸盐岩岩石学及储集物性特征。碳酸盐岩主要有介形虫灰岩、螺灰岩、砾屑灰岩、鲕粒灰岩、泥晶灰岩、泥晶白云岩; 孔隙与裂缝是两种主要的碳酸盐岩储集空间类型, 以孔隙-裂缝组合的形式出现。孔隙主要有原生粒内孔、原生粒间孔、遮蔽孔、窗格孔、铸模孔等溶孔; 裂缝主要有构造缝、成岩粒缘缝和河道型溶蚀缝。目的层的喉道多数为中喉和粗喉, 且沉积物粒度的分选程度较差。根据毛管压力曲线形态, 将储层划分为优质储层、中等储层、较差储层和差储层四种储层类型。最后, 讨论了储层的储积空间与岩相组合的关系, 并认为目的层裂缝发育, 但主要发育于半深湖相、泥滩微相、白云岩滩微相、灰质泥滩微相或泥质白云岩滩微相, 而生物碎屑滩微相孔隙发育, 裂缝相对不发育。

关键词

王徐庄油田, 沙一段, 碳酸盐岩, 储积空间, 岩相组合

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

岩石学特征及微相分析是研究碳酸盐岩沉积环境的重要基础, 也是碳酸盐岩组合关系及演化序列的重要组成部分。碎屑岩的结构观点被 Folk (1959, 1962) 系统地引进碳酸盐岩之中, 他和 Dunham (1962) 关于碳酸盐岩的结构-成因分类方案使碳酸盐岩岩石学领域进入新阶段, 并且沿用至今[1]; 岩石学特征及微相分析可分为野外研究阶段和实验室研究阶段(Flügle, 2004)。受此启发, 我国在碳酸盐岩岩石学特征及微相分析近几十年来取得了举足轻重的成果(于兴河等, 2004; 吕钊炜等, 2009; 李美铮等, 2011) [2]。

王徐庄油田沙一下亚段碳酸盐岩深度主要分布于 2020~2900 m, 在研究该区域储层时由于无法进行地表露头的调查, 因此在前人的研究成果的基础上对岩心的岩石学及储集物性特征的研究对后期的油气开发具有重要的意义。

2. 区域地质特征

王徐庄油田位于渤海湾盆地黄骅坳陷中部南大港构造带西端, 其面积相对较小仅有 287 km², 油藏重点发育在油田的 ES1X 亚段生物灰岩、Es2, Es3 砂岩上[3]。在这三套油层中, 沙一下亚段底部深灰色生物灰岩含油层较薄且集中, 埋藏深度在 2000~2400 m, 单层厚度一般在 4~6 m, 油层分布稳定、面积大, 在全区上基本都有分布(王文荣等, 2002) [4]。沙河街组储层主要可分为 3 个小层, 生物灰岩、白云质灰岩为其主要岩性, 沙一下亚段储层较富集, 储集空间类型多样, 储层为中孔-中渗类型。沙二和沙三段油藏分布在 2 个小层, 研究发现这两个油层具有油层厚度变化大, 岩性转移快等特点[5] [6]。歧 646-2 井所在地区碳酸盐岩是主要的储集岩类型, 本文重点讨论井下沙一段碳酸盐岩的岩石学特征、孔隙特征及储

集物性特征，意在系统的评价王徐庄油田井下碳酸盐岩储层，为今后的油气勘探提供储层依据。

3. 碳酸盐岩岩石学特征

研究区目的层岩石类型主要有泥晶白云岩、泥晶灰岩、介形虫灰岩、砾屑灰岩螺灰岩、鲕粒灰岩。

3.1. 泥晶白云岩

岩石以泥晶白云岩为主，为见颗粒白云岩。岩石颜色较灰岩或页岩浅，为浅灰褐色。多数呈纹层状，可因含泥质或灰质条带而显现厘米到亚毫米级纹层(图 1)。

偏光显微镜薄片分析显示，岩石具微晶结构，由 0.0313~0.0039 μm 的微晶白云石和微晶方解石构成基本成分，微晶白云石具轻微重结晶现象(图 1)。岩石见少量有机质不均匀污染状分布；裂隙多为构造缝，最宽 100 μm ，未充填。

3.2. 泥晶灰岩

泥晶灰岩相在本取心井段并不少见，从多数岩心滴酸均有不同程度反应这一点就可看出岩石的灰质含量较高。图 2 中泥晶灰岩含少量内碎碎屑，呈条带状泥质灰岩，浅灰色为主，暗色泥质少，除微晶方解石泥外，该岩相包含有少量介形虫碎片，壳薄、小而不完整，也见少量粉砂级陆源石英碎屑颗粒。

3.3. 介形虫灰岩

介形虫灰岩颜色为灰色，因含油而显灰褐色，在岩心剖开面上可以见到大量介形虫，介形虫壳大者约 3~5 mm。该类岩石溶孔发育，有些完整的介形虫壳被溶蚀形成弧形铸模孔，因其形态特征，被称为“指甲痕”[7]。有些溶孔大小约 1 mm，在岩石表面密集分布，似针孔，故称“针孔灰岩”(图 3)。

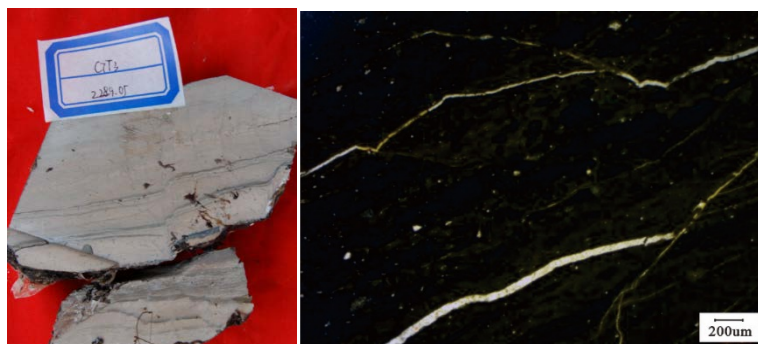


Figure 1. Mudstone dolomite from well Qi646-2

图 1. 歧 646-2 井泥晶白云岩

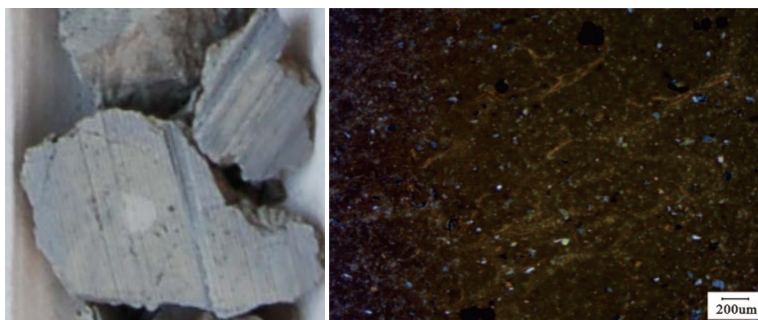


Figure 2. Clastic mudstone limestone map of well Qi646-2

图 2. 歧 646-2 井含内碎屑泥晶灰岩图



Figure 3. Characteristic map of ostracoda limestone in well Qi626-2

图 3. 歧 626-2 井介形虫灰岩特征图

3.4. 砾屑灰岩

砾屑灰岩砾屑大小约 5 mm，颜色较周围灰泥基质深，为深灰色(图 4)。下部一层砾屑灰岩中的砾屑含量低于上部层。孔隙度较低，整体上为不含油。虽然砾屑的形成表明了较强水动力的存在，但沉积过程显然较快，颗粒的分选性较差，粒间被灰泥和粉砂级陆源碎屑充填。这样的特征表明了强水动力过程是短暂的，能量快速降低使各种粒级的物质一起沉积下来[4]。



Figure 4. Gravel limestone core diagram of well Qi626-2

图 4. 歧 626-2 井砾屑灰岩岩心图

3.5. 螺灰岩

从岩心上看，螺呈分散状漂浮于砂屑与灰泥间(图 5)。由于螺个体保存完整，内部未被其质充填，故形成了生物颗粒内孔隙，在螺内或附内因油的富集而呈褐色，螺间的砂屑与灰泥的颜色差异明显。亮晶胶结物充填，灰泥少见；螺个体保存完整并不一定是水体低能安静的结果，而是其外部似核形石包壳的形成起保护作用的结果。

3.6. 鲕粒灰岩

鲕粒灰岩是以介形虫壳为核心形成的薄皮鲕。由图 6 可见，该岩相中的生物碎屑主要是介形虫碎屑，另有少量腹足类碎屑。介形虫壳多为单壳且不完整，说明曾经过水流的改造与搬运。但破碎壳外多包裹一层较薄的暗色膜，等厚状分布于生物颗粒间，此膜应为有机质与灰泥构成。颗粒除表皮鲕外，亦有少量内碎屑和陆源碎屑石英颗粒，颗粒间充填物以亮晶胶结物为主，灰泥较少。支撑类型为颗粒支撑，分选较好。

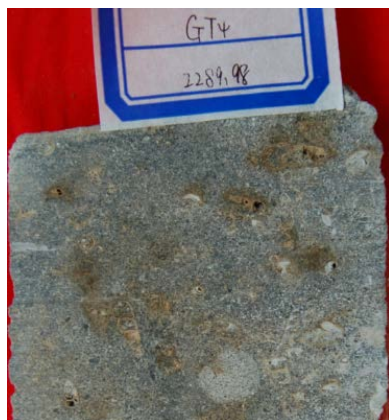


Figure 5. Characteristic map of snail limestone in well Qi626-2

图 5. 歧 626-2 井螺灰岩特征图

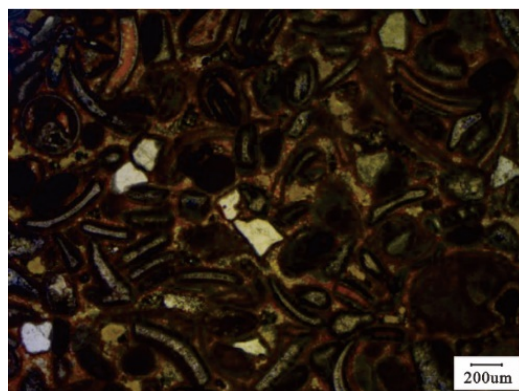


Figure 6. Polarization microscopic photographs of ostracoda oolite limestone facies in well Qi646-2 (2290.46 m)

图 6. 歧 646-2 井介形虫鲕粒灰岩相偏光显微镜照片(2290.46 m)

4. 储层微观孔隙结构研究

应用铸体薄片、扫描电镜、阴极发光、岩心抛光观察，对生物碎屑灰岩孔隙类型作了划分，王徐庄油田沙一段生物碎屑灰岩主要包括孔隙和裂缝两种类型，其中孔隙分为原生孔隙和次生孔隙 2 类，裂缝从成因和形态等方面进行分类，对岩石铸体薄片中的裂缝进行了统计。

4.1. 原生孔隙

原生孔隙形成于前沉积阶段(如介形虫、螺、鲕粒内的粒内孔，长石颗粒风化中形成的溶蚀孔)和沉积阶段(沉积孔隙)，比如粒间孔、格架生长隙等。

4.1.1. 原生粒内孔

这类孔隙在生物灰岩段的和类岩相中发育较多，有时可以在岩心剖开面上就见到螺内原生孔隙的保存。该岩石的铸体薄片显示出并非整个螺内空间都保存为孔隙，而是部分被亮晶方解石胶结物和砂屑充填，未被充填部分是保存下的粒内原生孔。当然也可以看到螺壳的外层被部分选择性溶解形成的铸模孔(图 7)。

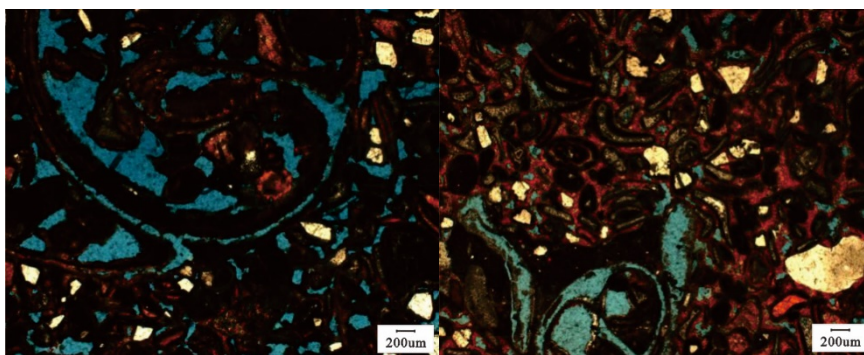


Figure 7. Primary intragranular pore of snail limestone in well Qi646-2 (left 2290.17, right 2290.04 m)

图 7. 歧 646-2 井螺灰岩的原生粒内孔(左 2290.17, 右, 2290.04 m)

介形虫灰岩相也发育有原生粒内孔, 图 8 中的介形虫灰岩相的岩心剖开面上所见的“针孔”很可能有一部分就是介形虫颗粒内原生孔隙[8]。

图 9 介形虫灰岩的铸体薄片显微镜照片上可以找到这些“针孔”, 铸体薄片上确实可以见到介形虫内部仅部分被亮晶胶结物或微晶方解石泥充填, 未被充填的空隙就是颗粒内原生孔。这样的孔隙确实较大, 大者可以达到 5 mm。

虽然生物颗粒内原生孔保存的话孔隙大, 连通性好, 是结构上最为有利的一种储集空间, 但是这样的原生粒内孔隙在总量上并不是很多, 原因是大部分介壳或螺壳都已经遭到不同程度的破块, 壳体本身已破碎, 或者双壳结构分解成单壳, 当然壳内空间就很容易被充填了[9]。



Figure 8. Primary intragranular pore of ostracoda limestone in well Qi646-2

图 8. 歧 646-2 井介形虫灰岩的原生粒内孔

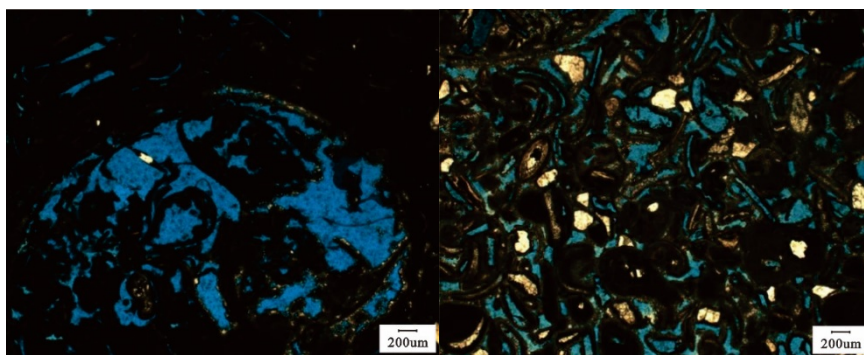


Figure 9. Primary intragranular pore of ostracoda limestone in well Qi646-2 (left 2291.01 m, right 2290.22)

图 9. 歧 646-2 井介形虫灰岩的原生粒内孔(左 2291.01 m, 右 2290.22)

4.1.2. 原生粒间孔

原生粒间孔隙是碳酸盐岩的一种重要的储集空间,对歧 646-2 来说更为重要,这样的孔隙在亮晶-生物碎屑类岩相中最为发育。图 10 为亮晶介形虫灰岩的铸体薄片偏光显微镜照片,照片除了显示部分粒内孔和少量铸模孔外,可见到大量略呈三角形的粒间孔。这些粒间孔得以保存的主要条件是沉积时能量较高,灰泥基质少,介形虫及内碎屑颗粒分选好且呈颗粒支撑,尤其是颗粒支撑使粒间存在空隙,这些空隙后期没有被充填或没有被完全充填是因为胶结作用进行得不彻底,仅在颗粒外缘形成薄的栉壳状亮晶胶结物,未见或少见其它类型的粒间胶结物,所以该样品中的大量孔隙是残余原生粒间孔[10]。

4.1.3. 遮蔽孔

通过铸体薄片观察发现,还有一种原生孔隙空间与生物壳密切相关,那就是遮蔽孔。遮蔽孔隙也称为障蔽孔隙,是一种原生的孔隙类型,是由相对较大的颗粒的遮蔽和庇护作用形成的。那些大颗粒可以阻止沉积物对位于下面的孔隙空间的充填,相对较大的片状化石的存在有利于遮蔽孔隙的发育。

歧 646-2 井取心段能起到遮蔽作用的片状化石有介形虫的壳,腹足类的壳,或其它大的藻类碎片(图 11)。

4.1.4. 窗格孔

窗格孔是一种网格状或窗格状的孔洞群构造。窗格孔形状不规则,一般以单个(0.5~2 mm)形式出现,但孔隙度比较高时常伴有一定的排列方位的孔洞群。其中典型的代表鸟眼孔隙和鸟眼构造(孔隙一般被方解石填充)(图 12)。随着白云石化程度的增加,其渗透率也随之增加,因为白云石化常伴随着晶间孔的产生。当白云石化减弱时,孔隙度与渗透率不成正相关关系。

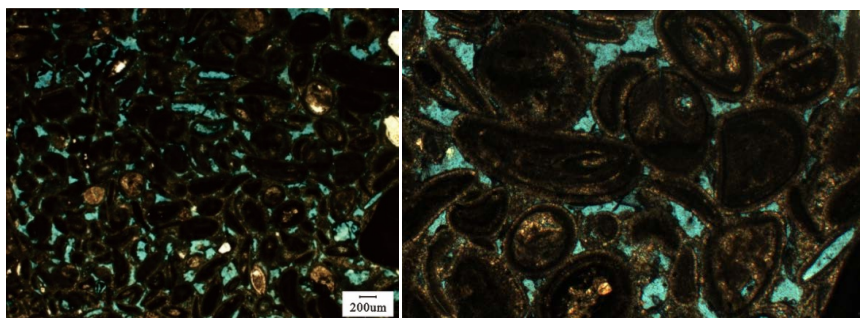


Figure 10. Primary intergranular pore develops in the sparkling ostracoda limestone (2284.19 m, local enlargement on the left)

图 10. 亮晶介形虫灰岩中发育原生粒间孔(2284.19 m, 右图为左图的局部放大)

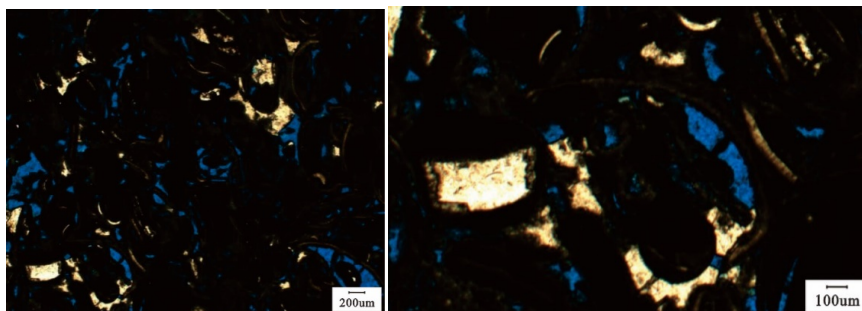


Figure 11. Shielding Holes in Ostracoda Limestone of Well Qi646-2 (2291.16 m)

图 11. 歧 646-2 井介形虫灰岩中的遮蔽孔(2291.16 m)

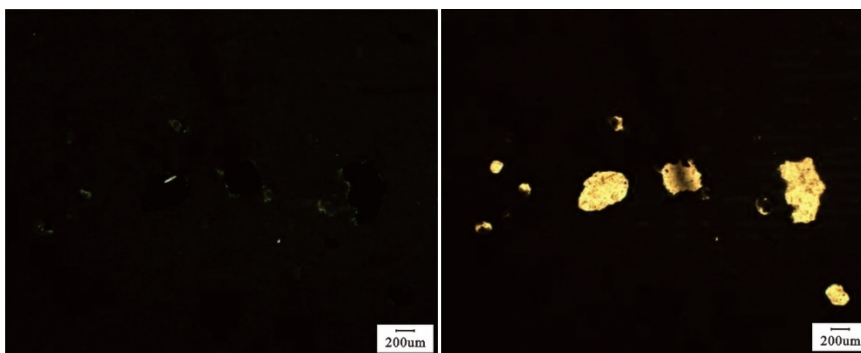


Figure 12. Window hole in mudstone limestone of well Qi646-2 (2289.33 m)

图 12. 歧 646-2 井泥晶灰岩中的窗格孔(2289.33 m)

4.2. 次生孔隙

次生孔隙形成于沉积之后的任何阶段。有关次生孔隙的形成时间可能很长，可以将其细分为三个阶段，被称为早期生成的，中期成岩形成的和晚期成岩阶段形成的。形成次生孔隙的作用主要是溶蚀作用、白云化作用/白云化作用、破碎和角砾岩作用。

次生孔隙类型多样，有些次生孔隙是组构选择性的，如铸模孔和粒内溶孔；有些是组构非选择性的，如裂缝，溶缝，孔洞等。

铸模孔

铸模孔通常是由颗粒有选择性溶解造成的，例如化石或鲕粒。这就需要颗粒和基质或胶结物的溶解能力之间存在大明显差异，这种差异可能是矿物成分上的差异也可能是微观结构方面的差异。铸模孔优先形成于大气潜流带中多种矿物相混合的岩石中，在埋藏环境也可以。

歧 646-2 井的铸模孔多主要发育于生物灰岩段，被选择性溶蚀的成份以腹足类或介形虫壳的碎屑为主(图 13, 图 14)。这些铸模孔容易形成于含生物碎屑，陆源碎屑、砂屑的泥晶灰岩中，因为各矿物成分的性质差异较大，文石质生物壳容易被选择性溶解，形成铸模孔。当然在亮晶生物灰岩中也有铸模孔发育，但相对于粒间孔与粒内孔略少(图 14)。

4.3. 裂缝

裂缝在碳酸盐岩储集层中既可以作为油气运移的通道，又可以作为储集空间，裂缝的存在能大大改

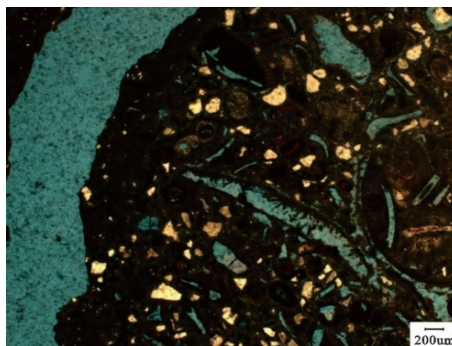


Figure 13. Channel and casting holes in bioclastic micrite limestone (2290.31 m)

图 13. 生物碎屑泥晶灰岩中的河道型孔与铸模孔(2290.31 m)

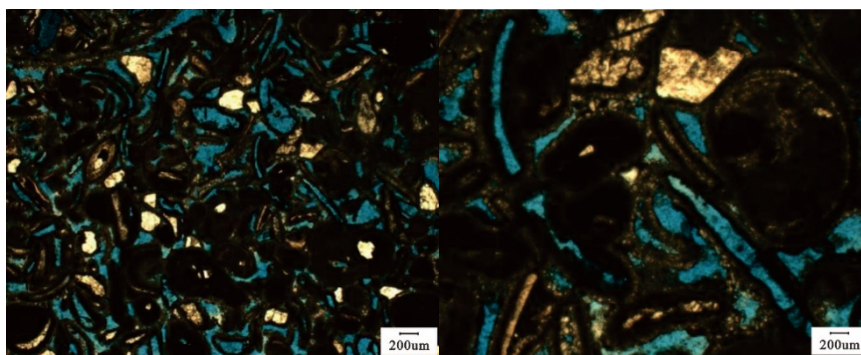


Figure 14. Mold hole in sparkling bioclastic micrite limestone of well qi646-2 (2290.22 m)

图 14. 歧 646-2 井亮晶生物碎屑泥晶灰岩中的铸模孔(2290.22 m)

善储集层的物性特征。碳酸盐岩中裂缝的类型主要分为构造裂缝和非构造裂缝。通过岩心观察、普通薄片观察和铸体薄片的观察，研究区主要发育构造缝、成岩缝、河道型溶蚀缝[11]。

4.3.1. 构造裂缝

构造缝是指在构造应力作用下，岩石发生破裂而形成的裂缝。它的特点是边缘平直，不弯曲，缝宽和延伸长度一般较大，方向性很强，有垂直缝，水平缝和斜交缝。在中的构造缝边缘平直，缝宽和延伸长度较大，出现在亮晶砂屑灰岩中，粒间孔隙发育，构造缝与粒间孔隙一起，进一步改善了储集层孔渗性(图 15)。

4.3.2. 成岩粒缘缝

主要分布在颗粒之间，常被称为贴粒缝或粒间缝，开度通常以小于 10 μm 的居多，少数可达 20 μm 。属非构造缝之一，因为其岩石在成岩阶段由于上覆层的压力和本身失水收缩、干裂或重结晶等作用所产生的裂缝(图 16)。

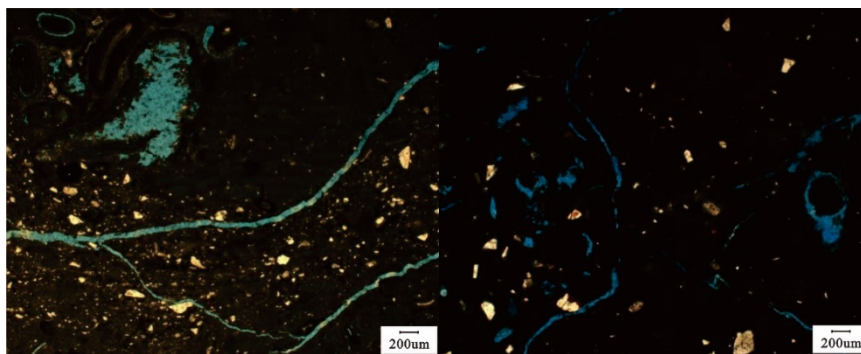


Figure 15. Qi 646-2 structural joints and mold holes in mudstone limestone (2290.81 m)

图 15. 歧 646-2 井泥晶灰岩中的构造缝与铸模孔(2290.81 m)

4.3.3. 河道型溶蚀缝

本区溶蚀缝多发育在地层流体活动较强烈的灰岩滩区域。溶孔和溶缝常伴生发育(图 17)。裂缝的发育提供了成岩流体的活动空间。同时裂缝被溶蚀，使裂缝扩大。

5. 微观孔喉结构特征

储层岩石中孔隙和喉道的几何形状、大小、分布和连通关系等这些数据可通过岩石薄片、孔隙铸体及压汞资料分析研究取得，常用孔喉均值、孔喉比、孔喉分选系数、孔喉分布峰值、孔喉分布峰位等参

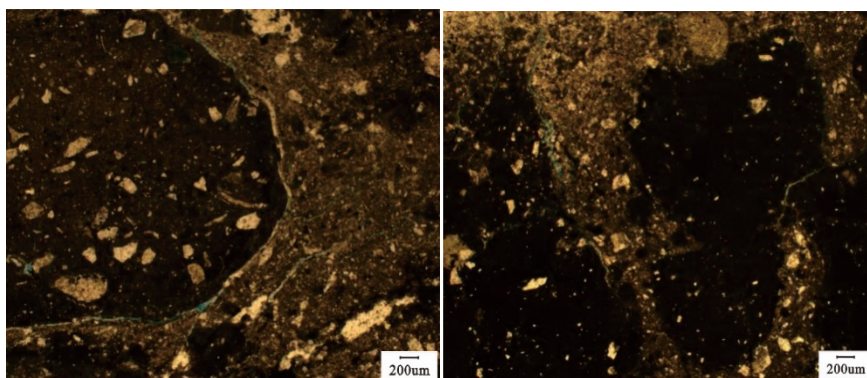


Figure 16. Diagenetic granular margin fracture in well Qi646-2 (2289.74 m)

图 16. 歧 646-2 井成岩粒缘缝(2289.74 m)

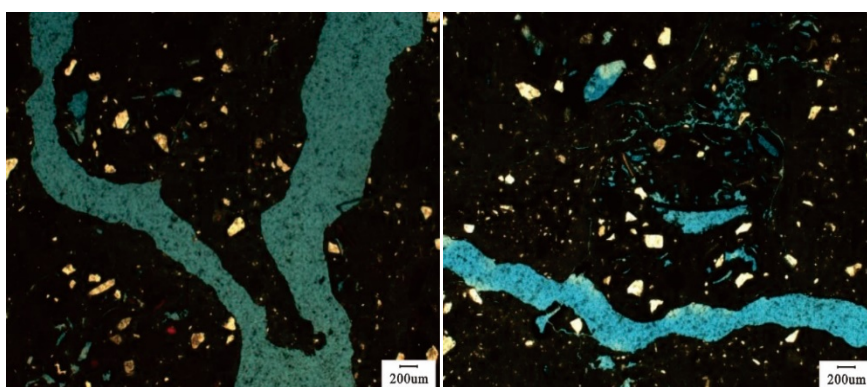


Figure 17. Corrosion fracture in bioclastic micrite limestone of well Qi646-2 (2290.31 m)

图 17. 歧 646-2 井生物碎屑泥晶灰岩中的溶蚀缝(2290.31 m)

数表示孔喉结构特征。它们决定了储层物性和非均质性的特征。碳酸盐岩储层孔隙结构的研究，目前多以压汞法所测的毛管压力曲线为基础。

5.1. 孔喉大小及分布特征

孔隙和喉道有大小和粗细之分，可实测孔隙大小，并分为大孔、中孔、小孔、微孔四种孔隙类型。喉道的粗细是利用扫描电镜和压汞资料测算，可分为粗、中、细、微四种喉道类型(表 1)。沙河街组沙一亚段 11 块碳酸盐岩储层样品的压汞数据显示(表 2)，孔喉半径的分布范围介于 0~54.81 μm，按照喉道大小分类标准，沙河街组储层的喉道多数为中喉和粗喉，且沉积物粒度的分选程度较差。

Table 1. Qi646-2 well throat classification criteria (Zhang Shaohai, 1993)

表 1. 歧 646-2 井孔喉分类标准(张绍槐, 1993)

喉道分级界限(半径 μm)		孔隙中值界限(直径 μm)	
粗喉道	>7.5	大孔	>60
中喉道	0.62~7.50	中孔	30~60
细喉道	0.063~0.61	小孔	10~30
微喉道	<0.063	微孔	<10

Table 2. Qi646-2 Statistical table of results of well throat coefficient (casting sheet)

表 2. 歧 646-2 井孔喉系数结果统计表(铸体薄片)

样品号	深度	孔隙总数	喉道总数	孔隙半径(um)		喉道半径(um)		平均孔喉比	平均配位数	面孔率	分选系数	均值系数
				平均值	最大值	最小值	平均值					
1	2284.19	491	0	79.1	0	0	0	0	0	2.33	50.51	0.48
2	2290.04	241	0	216.95	0	0	0	0	0	5.61	111.37	0.59
3	2290.13	401	114	175.8	47.79	5.01	22.42	2.33	0.37	7	124.34	0.41
4	2290.17	642	171	170.97	51.33	2.5	23.5	3.15	0.35	6.08	112.03	0.4
5	2290.22	1146	289	155.86	51.33	2.5	23.56	4.97	0.35	6.92	99.89	0.36
6	2290.38	1772	382	153.51	54.87	1.77	22.73	10.93	0.3	6.5	101.86	0.36
7	2290.46	2926	553	138.48	54.87	1.77	21.47	32.34	0.27	6.72	97.69	0.32
8	2290.65	3610	668	160.15	54.87	1.77	21.36	153.91	0.26	7.1	128.64	0.3
9	2290.73	4310	765	161.18	58.41	1.77	21.64	831.3	0.25	7.03	130.8	0.3
10	2290.94	4486	807	207.24	58.41	1.77	21.87	5341.82	0.25	7.2	187.35	0.31
11	2291.16	4700	841	203.49	58.41	1.77	22.06	34,845.13	0.25	6.7	184.76	0.3

5.2. 毛管压力曲线特征

压汞曲线能很好地反映储层孔隙结构特点，其形态主要受孔隙喉道的分选性和喉道大小的控制。储层的渗透性能可依据毛管压力曲线形态做定性评估[12]。为了能够利用曲线特征对储层物性进行分析，现将沙河街组歧 646-2 井不同孔隙级别下的 35 条毛管压力曲线(图 18)进行了对比分析，可以区分出四类不同的储层类型。

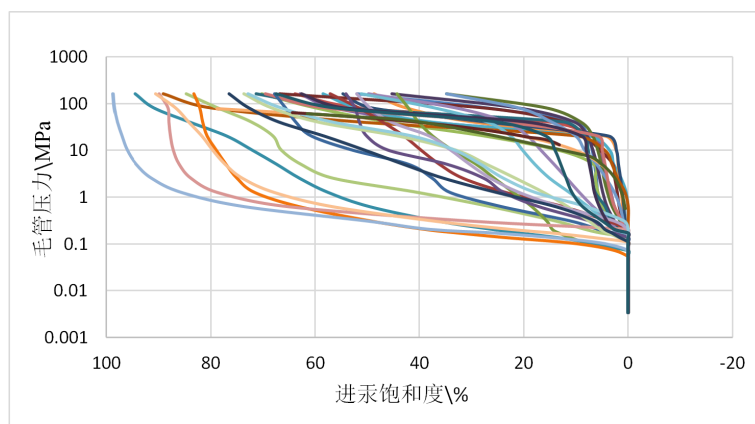


Figure 18. The relationship between capillary pressure and mercury saturation

图 18. 毛管压力与进汞饱和度的关系图

1) I 类孔隙结构

毛管曲线排驱压力较低，小于 0.1 MPa，最大进汞饱和度一般大于 90%，孔隙度大于 23%，中值毛管压力小于 1.0 MPa，中值半径大于 1.0 um，平均值为 1.678 um，喉道较粗，分选好，是优质储集层。

2) II 类孔隙结构

毛管曲线排驱压力介于 0.1~1.0 MPa，最大进汞饱和度一般介于 80%~90%，孔隙度介于 10%~30%，中值毛管压力介于 0.3~100 MPa，中值半径 0.036~2.364 um，平均值为 0.679 um，属于中喉，分选较好，是中等储集层。

3) III 类孔隙结构

毛管曲线排驱压力介于 1.0~10 MPa，最大进汞饱和度一般介于 70%~80%，孔隙度介于 0.5%~20%，中值毛管压力介于 2-55 MPa，中值半径介于 0.014~0.360 um，平均值为 0.101 um，细喉，分选中等，是较差储集层。

4) IV 类孔隙结构

毛管曲线排驱压力大于 10 MPa，最大进汞饱和度一般不大于 50%，孔隙度小于 4%~19%，中值毛管压力大于 40 MPa，中值半径小于 0.018 um，平均值为 0.0092 um，微喉，分选较差，是差储集层。

6. 储集空间与岩相的关系

研究表明，研究区目的层水体深度较大，绝大部分是泥岩，根据沉积特性的不同可将其划分为半深湖相、泥滩微相、白云岩滩微相、灰质泥滩微相或泥质白云岩滩微相以及生物碎屑滩(图 19)。通过分析储积空间与沉积相的关系有利于更好的认识研究区优质储层[13] [14] [15]。

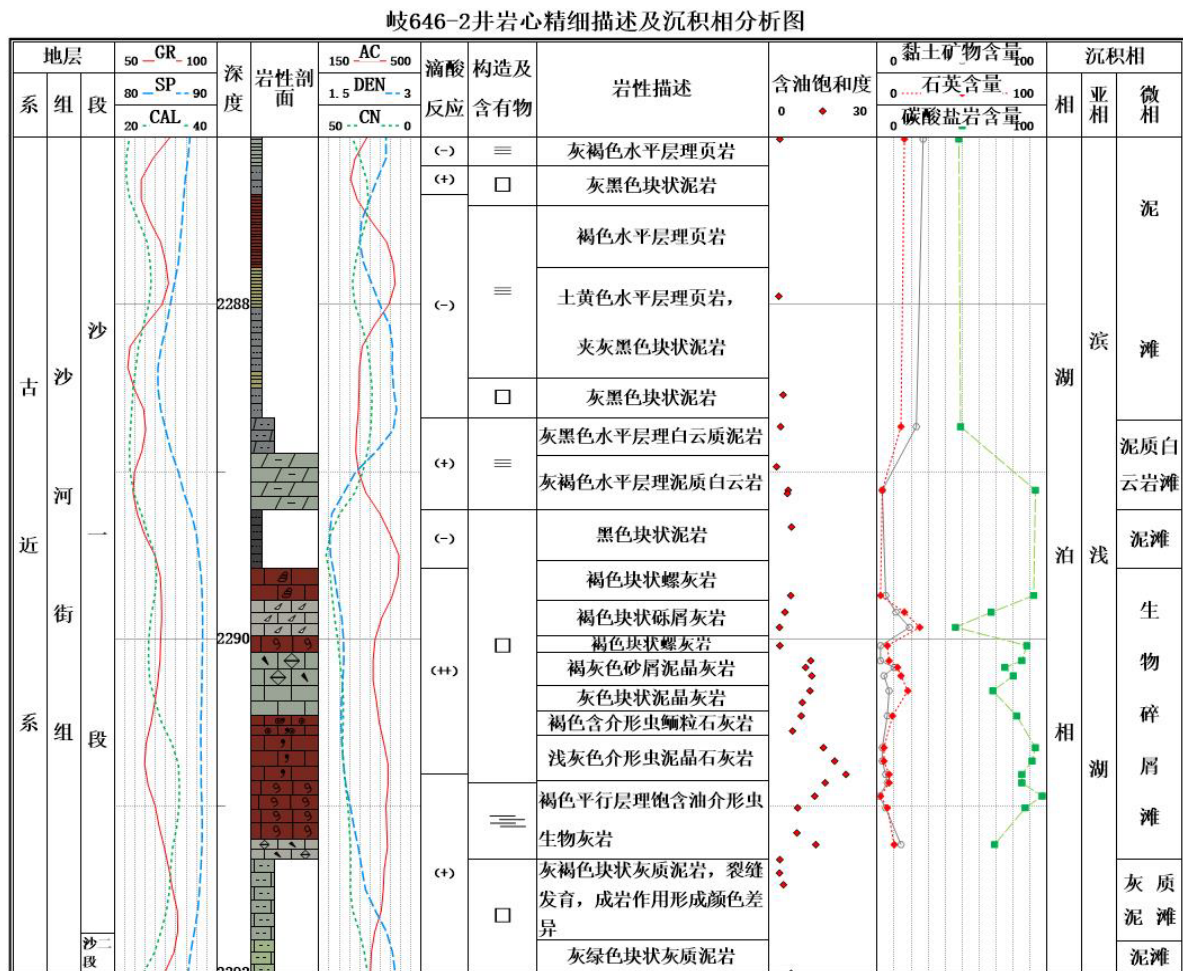


Figure 19. Fine core description and sedimentary facies analysis diagram of well Qi646-2

图 19. 岐 646-2 井岩心精细描述及沉积相分析图

6.1. 裂缝发育与岩相关系

歧 646-2 井裂缝发育, 但主要发育于半深湖相、泥滩微相、白云岩滩微相、灰质泥滩微相或泥质白云岩滩微相, 而生物碎屑滩微相孔隙发育, 裂缝相对不发育。

半深湖相主要发育层间裂缝和构造裂缝, 具水平层理构造, 有机质顺层局部发育, 层间缝发育, 最宽达 500 μm , 未充填。构造微裂隙, 斜切纹层, 宽度约 20 μm , 未充填。

泥滩微相发育层间缝、构造缝和溶蚀缝。其中溶蚀缝, 最宽 100 μm , 部分被微晶方解石充填或未充填, 局部有机质不完全充填。构造缝, 最宽达 50 μm , 未充填。层间缝, 最宽达 20 μm , 一般小于 10 μm , 宽裂隙连续性强, 均未充填。

灰质泥滩微相发育构造缝, 岩石见少量有机质不均匀裂隙较发育, 部分被微晶方解石充填, 多数裂缝未充填。

泥质白云岩滩微相发育构造缝和溶蚀缝。其中溶蚀缝, 不规则状, 宽窄不一, 方向杂乱, 最宽 300 μm , 部分见有机质。构造缝裂, 宽度一般小于 10 μm , 未充填。

白云岩滩微相裂隙多为构造缝, 宽度一般小于 10 μm , 未充填。

生物碎屑滩微相岩石中见构造微裂隙, 多数裂缝未充填, 部分被微晶方解石充填。

6.2. 孔隙特征与岩相关系

歧 646-2 井生物碎屑滩孔隙较发育, 且孔隙类型较多。泥滩、灰质泥滩和泥质白云岩滩多为溶蚀孔。泥滩发育不规则状溶蚀孔, 多数孔洞未充填, 少数被方解石充填, 最大达 1000 μm 以上。

灰质泥滩发育不规则溶蚀孔多数孔洞未充填, 少数被方解石充填部分存在有机质, 且溶蚀孔较小。

泥质白云岩滩发育粒内孔、粒间孔和溶蚀孔。碎屑间孔隙不规则状, 未充填, 碎屑内孔隙部分被有机质充填。

生物碎屑滩发育粒间孔、粒内孔、溶蚀孔、铸模孔和生物遮蔽孔。孔隙为粒间溶蚀孔和介形虫溶蚀孔, 部分被亮晶方解石充填, 残余孔隙见有机质。

7. 结论

沙一下亚段碳酸盐岩主要有介形虫灰岩、螺灰岩、砾屑灰岩、鲕粒灰岩、泥晶灰岩、泥晶白云岩。

孔隙与裂缝是两种主要的碳酸盐岩储集空间类型, 以孔隙 - 裂缝组合的形式出现。孔隙主要有原生粒内孔、原生粒间孔、遮蔽孔、窗格孔、铸模孔等溶孔; 裂缝主要有构造缝、成岩粒缘缝和河道型溶蚀缝。

喉道多数为中喉和粗喉, 且沉积物粒度的分选程度较差。根据毛管压力曲线形态, 将储层划分为优质储层、中等储层、较差储层和差储层四种储层类型。

目的层裂缝发育, 但主要发育于半深湖相、泥滩微相、白云岩滩微相、灰质泥滩微相或泥质白云岩滩微相, 而生物碎屑滩微相孔隙发育, 裂缝相对不发育。

参考文献

- [1] 周桦. 重庆涪陵峡下三叠统嘉陵江组碳酸盐岩的岩石学特征及成岩作用研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2012.
- [2] 牛君, 黄文辉, 王鑫. 塔里木盆地巴楚地区上奥陶统碳酸盐岩岩石学特征及沉积环境[J]. 古地理学报, 2016, 29(2): 57-68.
- [3] 张志鹏. 黄骅拗陷王徐庄油田沙河街组构造特征研究与建模[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国地质大学, 2018.
- [4] 于兴河. 油气储层地质学基础[M]. 北京: 石油工业出版社, 2009.

-
- [5] 大港油田石油地质编辑委员会. 中国石油地质志(卷四)大港油田[M]. 北京: 石油工业出版社, 1991: 60-70.
- [6] 吴杰. 黄骅坳陷王徐庄油田沙二三段沉积相研究及有利区预测[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国地质大学, 2018.
- [7] 王文荣, 高印军, 冷继川. 王徐庄油田生物灰岩储集层综合研究[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(5): 47-49.
- [8] Choquette, P.W. and Paty, L.C. (1970) Geologic Nomenclature and Classification of Porosity in Sedimentary Carbonates. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, **54**, 207-250.
<https://doi.org/10.1306/5D25C98B-16C1-11D7-8645000102C1865D>
- [9] 张建贵, 肖景华, 甘怡绚, 等. 黄骅坳陷千米桥潜山碳酸盐岩储集层的孔隙特征研究[J]. 大地构造与成矿学, 2001, 25(1): 102-107.
- [10] 罗蛰潭, 王允诚. 油气储集层的孔隙结构[M]. 北京: 科学出版社, 1986.
- [11] 刘平, 王志芳, 冯海燕, 等. 王徐庄油田沙一下亚段碳酸盐岩裂缝性储集层研究[J]. 录井工程, 2007, 18(2): 69-73.
- [12] 黄鹏. 歧口凹陷沙一下亚段湖相碳酸盐岩储层特征研究[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国石油大学, 2011.
- [13] 董艳蕾, 朱筱敏, 李洋, 等. 黄骅坳陷沙一段沉积体系研究[J]. 石油天然气学, 2011, 33(4): 1-6.
- [14] Erik Fluge. 碳酸盐岩微相: 分析、解释及应用[M]. 马永生, 主译. 北京: 地质出版社, 2006: 1-378.
- [15] 唐超. 沙河街组沉积微相及储层研究[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 东华理工大学, 2016.