

文章编号: 1000-0550(2002)01-0061-09

柴达木盆地跃进地区 下干柴沟组上段藻丘灰岩储层特征

孙岩¹ 沈安江² 徐洋² 林年添²

(¹中国矿业大学 北京 100083) (²中国石油天然气股份有限公司储层重点实验室 杭州 310023)

摘要 柴达木盆地跃进地区下干柴沟组上段(E₃²)为一套碳酸盐岩与泥岩互层或夹层的地层。研究揭示这套碳酸盐岩形成于滨浅湖环境,岩石类型有陆屑泥晶灰岩、藻团块灰岩、藻泥晶灰岩、颗粒灰岩、藻纹层灰岩及藻叠层灰岩。其中,藻纹层灰岩及藻叠层灰岩(藻丘)储集物性极佳并含油,混合水白云化及大气淡水淋溶是该套储层形成的主要原因。特大孔+(微)细喉组合、大孔+(微)细喉组合是主要的孔喉组合类型。自然电位高负值、视电阻率极高值、过井地震剖面强反射特征是追踪这套含油藻丘灰岩时空展布的重要依据。上述研究成果对跃进地区的油气勘探和开发均具有重要意义。

关键词 柴达木盆地 跃进地区 含油藻丘灰岩 混合水白云化 淡水淋溶 孔喉组合

第一作者简介 孙岩 男 1962年出生 博士 沉积地质学

中图分类号 TE122.2 **文献标识码** A

1 前言

跃进地区位于柴达木盆地西南缘,是青海油田的主要产油气区。南以十三号断裂为界与切克里克凹陷相邻,切克里克凹陷以南为昆仑山北缘山区。北以阿拉尔断裂为界与跃进一号构造相邻,跃进一号构造以北为祁连山南缘山区。西与阿尔金山相接壤,地势西

高东低,向东开口进入柴达木盆地腹部。Ⅶ号断裂将跃进地区分割为东西两部分,跃东构造位于同沉积逆断层的下盘,E₃¹底埋深达3 800 m,跃西构造位于同沉积逆断层的上盘,E₃¹底埋深仅1 800 m。跃西构造又可划分为跃进二号西高点、跃进二号东高点、跃进三号、跃进四号次级构造单元(图1)。

跃进地区E₃²为一套湖相碳酸盐岩与泥岩互层或

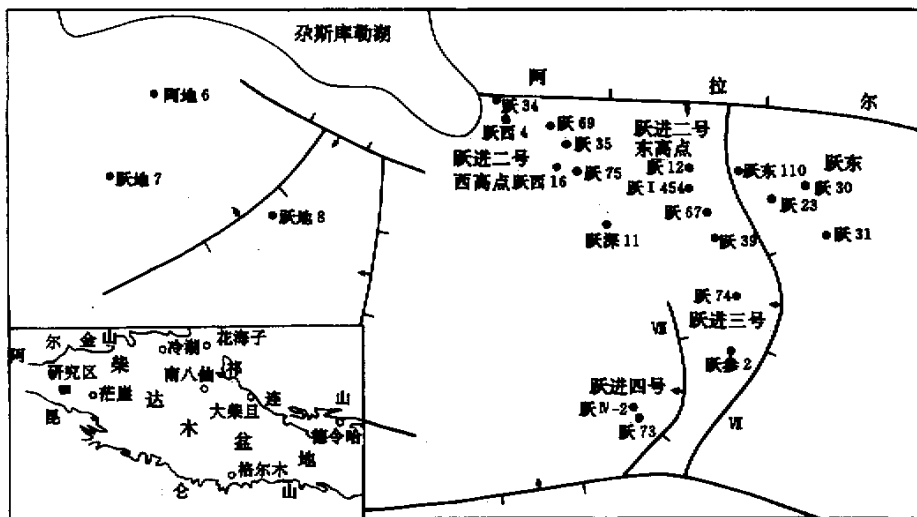


图1 研究区位置及地质背景示意图

Fig. 1 Location map showing the location of Yuejin area and its geological setting

夹层的地层 跃东地区厚近 600 m,跃西地区厚近 300 m,灰/泥为 1/40 至 1/5。钻井及岩芯资料均已证实这套碳酸盐岩地层的局部层段物性极佳并含油,平均孔隙度达 25%,平均渗透率近百个毫达西。该套碳酸盐岩优质储层的成因、物性特征、孔隙结构及储层时空展布研究对跃进地区 E_3^2 碳酸盐岩油气藏的勘探和开发均具有重要的意义。

2 储层岩类学特征

根据跃西 4 井、跃西 16 井及跃 69 井取芯井段岩石薄片及铸体薄片的观察和鉴定,工区 E_3^2 碳酸盐岩主要有以下六种岩石类型:

陆屑泥晶灰岩(图版 I-1,2):陆屑含量 2%~50%不等,5%~10%常见。陆屑可零星散布于灰泥中,也可顺层分布,出现富陆屑层与贫陆屑层的分异;陆屑粒径为细、粉砂级,少量粘土,成分有石英、长石及花岗岩屑,分选磨圆均较好。陆屑含量与孔渗呈负相关,物性差,往往不含油。主要分布于跃西 4 井的 1

365~1 382.5 m、1 384~1 387 m 及 1 391.8~1 398 m 井段及跃西 16 井的 1 700~1 711.85 m、1 714.42~1 718 m 井段。

藻纹层灰岩及藻叠层灰岩(图版 I-3,4):藻呈水平或波状生长则形成藻纹层灰岩,呈叠锥状生长则形成藻叠层灰岩,中国枝管藻常见。填充在藻锥体之间的往往为藻泥晶灰岩、陆屑泥晶灰岩和颗粒灰岩。藻纹层灰岩及藻叠层灰岩往往白云化并强烈溶蚀,次生溶孔十分发育。主要分布于跃西 4 井的 1 382.5~1 384 m、1 387~1 391.8 m 井段。

藻团块灰岩(图版 II-5):藻粘结灰泥形成藻团块,团块粒径 0.2~0.5 mm 不等,1~2 mm 常见。藻团块紧密相接,团块之间发生淡水淋溶形成粒间次生溶孔,溶孔十分发育,但藻团块自身几乎不溶解。主要分布于跃西 4 井的 1 382.5~1 384 m、1 387~1 391.8 m 井段及跃西 16 井的 1 711.85~1 714.42 m 井段,跃 69 井藻团块灰岩也常见。

藻泥晶灰岩(图版 II-6):藻纹层及藻叠层构造不

深度 /m	-自然电位+	岩性	深侧向电阻率 $0.2 \Omega \cdot m/30$	含油性	白云石含量 20%	平均孔隙度 15%	平均渗透率 $\times 10^{-3} \mu m^2$ 200	岩石组合	微相
1365				不含油	18.32% (60)	14.25% (54)	0.48 (54)	陆屑泥晶灰岩为主局部可见藻泥晶灰岩及颗粒灰岩	灰坪
1382.5				含油	39.13% (21)	29.93% (14)	195.88 (12)	藻纹层灰岩 藻叠层灰岩 藻团块灰岩	藻丘
1384				不含油		18.9% (15)	0.39 (15)	陆屑泥晶灰岩为主局部可见藻泥晶灰岩及颗粒灰岩	灰坪
1387				含油	35.82% (35)	27.28% (26)	340.88 (28)	藻纹层灰岩 藻叠层灰岩 藻团块灰岩	藻丘
1391.8				不含油	12.01% (14)	16% (16)	0.28 (16)	陆屑泥晶灰岩为主局部可见藻泥晶灰岩及颗粒灰岩	灰坪
1398									

图 2 跃进地区跃西 4 井取芯井段储层岩类学特征

Fig. 2 Core column of Well Yuexi 4 showing reservoir characteristics

明显,但具藻结构,跃西 4 井整个井段均有分布,但次生溶孔仅见于填充在藻锥体之间的藻泥晶灰岩中。跃西 16 井仅见于 1 711.85~1 714.42 m 井段,次生溶孔十分发育。

颗粒灰岩(图版 II-7):颗粒含量 80%~95%,组份有内碎屑(0.25 mm)、藻屑(粗枝藻)、生屑、表鲕(0.30 mm)等,颗粒支撑,粒间往往充填亮晶方解石,含量 5%~20%,但局部可见颗粒含量明显偏低呈基底式胶结的泥粒岩,这时颗粒呈漂浮状散布于灰泥中。跃西 4 井分布于 1 365~1 382 m、1 384~1 387 m、1 391.8~1 398 m 井段的颗粒灰岩往往含有少量的陆屑,次生溶孔不发育,分布于 1 382.5~1 384 m 及 1 387~1 391.8 m 井段的颗粒灰岩往往充填于藻锥体间,次生溶孔较发育。跃西 16 井分布于 1 700~1 711.85 m、1 714.42~1 718 m 井段的颗粒灰岩往往含有少量陆屑,次生溶孔不发育,分布于 1 711.85~1 714.42 m 井段的颗粒灰岩不含陆屑,次生溶孔较发育。

总之,工区 E_3^2 碳酸盐岩主要有上述六种类型,形成于滨浅湖环境。钻井资料揭示藻纹层灰岩及藻叠层灰岩侧向连续性差,代表藻丘而非藻席微相的产物。它们在纵向上的分布特征见图 2(以跃西 4 井为例)。

3 储层成岩变化及孔隙演化

3.1 主要成岩作用类型

工区 E_3^2 碳酸盐岩主要成岩作用类型有湖水潜流带胶结作用、混合水白云化作用、淡水渗流带溶解作用、淡水潜流带胶结作用、浅埋藏有机溶蚀作用及浅埋藏白云化作用。

湖水潜流带胶结作用:通过图版 II-6、8 比较,说明湖水潜流带亮晶方解石胶结物是存在的。淡水渗流带溶解作用形成的次生溶孔在图版 II-6、8 中普遍可见,图版 II-8 淡水淋溶孔中充填的亮晶方解石有可能形成于淡水淋溶前的湖水潜流带或淡水淋溶后的淡水潜流带,但假如是后者,很难解释图版 II-6 同为淡水淋溶孔却没有淡水潜流带亮晶方解石充填。最为可能的解释是湖水潜流带亮晶方解石充填藻骨架孔,随后发生淡水淋溶作用,亮晶方解石也发生淋溶但不彻底的缘故。

混合水白云化作用(图版 I-4):随相对湖平面的升降变化,藻丘很容易暴露于混合水作用带而发生混合水白云化^[1,2,3],陆屑泥晶灰岩白云石平均含量为 16%~20%,藻纹层或藻叠层灰岩白云石平均含量为 35%~55%。白云石为泥粉晶它形,呈团斑状或零星状分布于各类灰岩中。白云化自身对孔渗的贡献不

大,但藻纹层及藻叠层灰岩优质储层的形成与白云化关系密切。

淡水渗流带溶解作用(图版 II-6、8):藻纹层或藻叠层灰岩发生强烈的非构造选择性淡水淋溶作用,可以溶解藻骨架,也可以溶解充填于藻骨架中的亮晶方解石,与藻纹层或藻叠层灰岩共生的藻泥晶灰岩淡水淋溶作用也较强烈,藻灰泥被溶解,淡水淋溶的结果是形成形态不规则、大小不一、孔隙与喉道无明显分异和联通性极好的储集空间,平均孔隙度达 25%;平均渗透率近百个毫达西。藻团块灰岩往往沿藻团块边缘发生淡水淋溶作用,藻团块自身几乎不溶解(图版 II-5)。颗粒灰岩局部可见粒间亮晶方解石或灰泥被溶蚀形成粒间次生溶孔的现象(图版 II-9)。淡水潜流带亮晶方解石可充填淡水淋溶孔(图版 II-10)。

浅埋藏有机溶蚀作用(图版 II-11):成烃和排烃过程中源岩所释放的有机酸可对碳酸盐岩发生有机溶蚀形成非构造选择性次生溶孔,并与油浸和油斑相伴生。有机溶蚀作用对孔隙贡献的大小仍是是个有争议的问题,但跃西地区 E_3^2 碳酸盐岩有机溶蚀孔甚微。

浅埋藏白云化作用(图版 II-12):往往表现为生物选择性或构造选择性白云化^[3],与早期混合水白云化相比,白云石的晶粒变大(0.05~0.1 mm),晶形变好(半自形晶),对孔隙的贡献甚微。

3.2 成岩序列及孔隙演化

成岩作用序列依次为:湖水潜流带胶结作用→混合水白云化作用→淡水渗流带溶解作用→淡水潜流带胶结作用→浅埋藏有机溶蚀作用及浅埋藏白云化作用。其成岩阶段划分、成岩环境、孔隙类型及成岩—孔隙演化史见图 3。由图 3 可知,湖水潜流带胶结作用使大部分显孔消失,仅残留 10%± 的微孔隙。混合水白云化自身对孔隙的贡献并不大,但为随后的淡水淋溶提供了通道。由于藻丘灰岩与藻坪灰岩的白云化程度不同,导致两者的孔隙演化史大相径庭,前者发育成优质储层,后者却为差或极差的储层。大气淡水淋溶所形成的次生溶孔对孔隙的贡献是最大的,90% 以上的孔隙均属此类孔隙,浅埋藏有机溶蚀作用和浅埋藏白云化作用对孔隙的贡献并不大。

3.3 储层成因机理分析

沉积相、成岩相和同沉积逆断层共同控制了这套藻丘灰岩优质储层的形成。这套藻丘微相的藻纹层或藻叠层灰岩主要分布于滨湖及浅湖相带的水下隆起区,水浅清澈,温度适宜,为藻的生长及碳酸盐岩的形成提供了极好的条件。同沉积逆断层的活动导致相对湖平面的频繁升降为藻丘灰岩不时地暴露于混合水及大气淡水成岩环境提供了契机。早期混合水白云化所

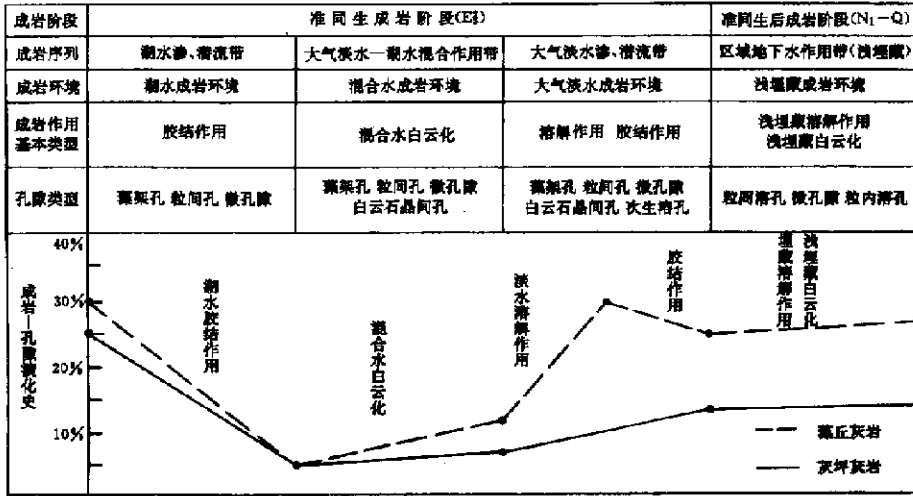


图3 跃进地区 E₃ 碳酸盐岩成岩—孔隙演化史

Fig.3 Diagram showing porosity evolution controlled by diagenetic sequence for E₃ carbonate rock in Yuejin area

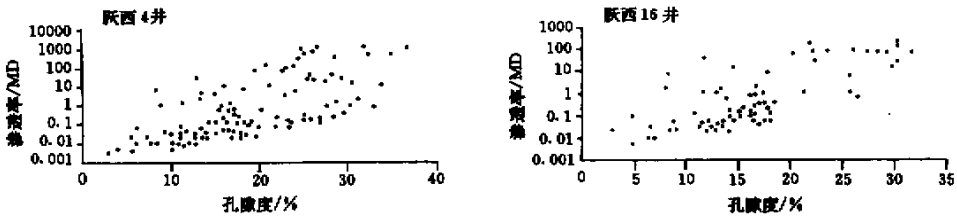


图4 跃进地区跃西4井、跃西16井孔渗关系图

Fig.4 Diagram showing relation between porosity and permeability for Well Yuexi 4 and 6 in Yuejin area

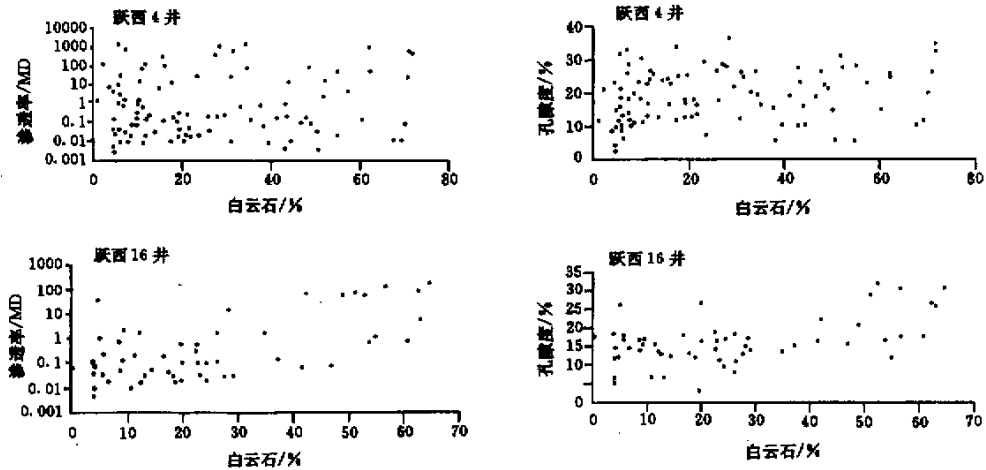


图5 跃进地区跃西4井、跃西16井白云石与孔、渗关系

Fig.5 Diagram showing relation between dolomitization and porosity and permeability for Wells Yuexi 4 and 6 in Yuejin area

形成的部分孔隙为大气淡水在藻丘灰岩中的通畅提供了通道,并最终导致大量淡水淋溶孔的形成。

孔渗之间的相关性较好(图4),并可明显分两类。一类渗透率小于 $5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的陆屑泥晶灰岩,孔隙度变化区间为 0~35% 相关性偏差;另一类渗透率大于 $5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的藻丘灰岩,孔隙度变化区间为 20%

~40% 相关性较好。白云化与孔渗之间的相关性虽不明显(图5),这正说明了白云化本身对孔渗的贡献并不大,而是为随后的淡水淋溶提供了通道。

4 储层孔隙结构及评价

根据跃西4井、跃西16井近200个铸体薄片的鉴

定资料及相应的压汞资料,工区跃西 4 井、跃西 16 井 E_3^2 碳酸盐岩孔隙按孔隙半径大小可划分为五种类型,分别为特小孔 ($< 3 \mu\text{m}$)、小孔 ($3 \sim 5 \mu\text{m}$)、中孔 ($5 \sim 15 \mu\text{m}$)、大孔 ($15 \sim 25 \mu\text{m}$) 及特大孔 ($> 25 \mu\text{m}$)。跃西 4 井小孔和特小孔在陆屑泥晶灰岩段(不含油)占绝对优势(近 100%),中孔、大孔、特大孔仅见于含油藻丘灰岩段,并占绝对优势(近 100%);跃西 16 井小孔和特小孔在陆屑泥晶灰岩段(不含油)占绝对优势(近 100%),大孔、特大孔仅见于含油藻丘灰岩段,并占绝对优势(近 100%)。工区跃西 4 井、跃西 16 井 E_3^2 碳酸盐岩喉道按喉道半径大小可划分为五种类型,分别为微细喉 ($< 1 \mu\text{m}$)、细喉 ($1 \sim 5 \mu\text{m}$)、较细喉 ($5 \sim 10 \mu\text{m}$)、中喉 ($10 \sim 50 \mu\text{m}$) 和粗喉 ($> 50 \mu\text{m}$)。跃西 4 井微细喉和细喉在陆屑泥晶灰岩段(不含油)占绝对优势(近 85%),另有少量的较细喉和中喉(近 15%);跃西 16 井以微细喉占绝对优势(96.92%)。

各类碳酸盐岩储层孔隙结构组合特征见表 1。跃西 4 井陆屑泥晶灰岩段(不含油)以小孔+特小孔+微细喉组合为主(56.39%)、小孔+特小孔+细喉组合次之(28.15%),小孔+特小孔+较细喉、小孔+特小孔+中喉也有一定的比例(15%)。跃西 16 井陆屑泥晶灰岩段(不含油)小孔+特小孔+微细喉组合占绝对优势(96.92%)。二者均具微孔微细喉组合特征,这是导致该套储层物性差不含油的根本原因。跃西 4 井含油藻丘灰岩段特大孔+微细喉组合、特大孔+细喉组合、大孔+微细喉组合、大孔+细喉组合、中孔+微细喉组合、中孔+细喉组合均占一定比例,孔喉组合类型复杂多样,跃西 16 井含油藻丘灰岩段则以大孔+微细喉组合、特大孔+微细喉组合占绝对优势(90%以上),孔隙组合类型简单。前者具特大孔、大孔细喉的组合特征,后者具大孔微细喉的组合特征。

含油藻丘灰岩段的平均孔隙度 25%,平均渗透率

表 1 跃进地区跃西 4 井、跃西 16 井孔喉组合类型统计表

Table 1 Assemblage types of pore and pore-throats in Well Yuexi 4 and Yuexi 16 in Yuejin area

井号	孔隙类型	喉道类型	孔喉结构	结构	岩石类型
跃西 4 井 (E_3^2)	微孔 (100%)	微细喉 (56.39%)	微孔+微细喉	56.39	陆屑泥晶灰岩(不含油)为主,局部含颗粒灰岩及藻灰岩。
		细喉 (28.15%)	微孔+细喉	28.15	
		较细喉 (7.26%)	微孔+较细喉	7.26	
		中喉 (8.20%)	微孔+中喉	8.20	
	中孔 (25%)	微细喉 (56.39%)	中孔+微细喉	14.10	藻纹层灰岩、藻叠层灰岩及少量藻团块灰岩。
		细喉 (28.15%)	中孔+细喉	7.04	
		较细喉 (7.26%)	中孔+较细喉	1.82	
	中喉 (8.20%)	中孔+中喉	2.05		
	大孔 (25%)	微细喉 (56.39%)	大孔+微细喉	14.10	
		细喉 (28.15%)	大孔+细喉	7.04	
		较细喉 (7.26%)	大孔+较细喉	1.82	
		中喉 (8.20%)	大孔+中喉	2.05	
特大孔 (50%)	微细喉 (56.39%)	特大孔+微细喉	28.20		
	细喉 (28.15%)	特大孔+细喉	14.08		
	较细喉 (7.26%)	特大孔+较细喉	3.64		
	中喉 (8.20%)	特大孔+中喉	4.10		
跃西 16 井 (E_3^2)	微孔 (100%)	微细喉 (%)	微孔+微细喉	96.92	陆屑泥晶灰岩(不含油)为主,局部含颗粒灰岩及藻灰岩。
		细喉 (0.36%)	微孔+细喉	0.36	
		较细喉 (0.51%)	微孔+较细喉	0.51	
		中喉 (2.21%)	微孔+中喉	2.21	
	大孔 (33%)	微细喉 (96.92%)	大孔+微细喉	31.98	藻纹层灰岩、藻叠层灰岩及少量藻团块灰岩。
		细喉 (0.36%)	大孔+细喉	0.12	
		较细喉 (0.51%)	大孔+较细喉	0.17	
		中喉 (2.21%)	大孔+中喉	0.73	
	特大孔 (67%)	微细喉 (96.92%)	特大孔+微细喉	64.97	
		细喉 (0.36%)	特大孔+细喉	0.24	
		较细喉 (0.51%)	特大孔+较细喉	0.34	
		中喉 (2.21%)	特大孔+中喉	1.48	

注:微孔=小孔+特小孔

$100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,具高孔高渗特征,属 I 类储层;陆屑泥晶灰岩段的平均孔隙度 15.5%,平均渗透率 $0.56 \times$

$10^{-3} \mu\text{m}^2$,具中孔低渗特征,其中绝大部分孔隙为微孔隙(小孔+特小孔),属 II-III 类储层。

5 储层预测

跃进地区 E_3^2 主体为大套的碳酸盐岩与泥岩互层或夹层, 优质藻丘灰岩储层呈单层或多层被夹于大套碳酸盐岩地层中, 横向展布不稳定, 这给储层预测带来了困难, 主要通过以下方法和手段进行预测。

5.1 藻丘灰岩“四性”关系的建立

这套物性极佳的含油藻丘灰岩在电性上表现为自然电位高负值和视电阻率极高值, 而非藻丘灰岩在电性上形成截然的差异(图2), 这为我们从大套 E_3^2 (图6)。

碳酸盐岩地层中标定含油藻丘灰岩提供了依据。通过20余口井 E_3^2 碳酸盐岩电性解释, 共有8口井含有单层或多层含油藻丘灰岩(表2), 单层厚度1~10 m不等, 层位由东向西逐渐升高, 单层厚度逐渐变厚。

5.2 含油藻丘灰岩的地震响应特征

碳酸盐岩在地震剖面上表现为一套同相轴连续性较好、低频、低幅、低能的弱反射, 而一遇到含油藻丘灰岩则反射能量增强, 甚至达到强反射, 过井地震剖面含油藻丘灰岩井段的强反射特征已经验证了这一认识。

表2 跃进地区部分井含油藻灰岩层统计数据表

Table 2 Statistics of oil-bearing algal limestone beds distributed in some Wells in Yuejin area

井号	岩性	井段/m	井号	岩性	井段/m
跃参2	含油藻灰岩	3601.5~3602.5	跃地1	荧光、沥青	1398.5~1399.5
		3605.0~3606.5			1391.5~1392.5
		3538.5~3539.5			1381.5~1386.5
		3328.5~3329.5			1376.0~1379.3
		3320.5~3321.5			1366.5~1368.0
		3294.5~3296.0			1331.0~1332.5
		3271.5~3273.0			1317.0~1322.0
跃东118	含油藻灰岩	3313.5~3314.5	跃深11	沥青、含油岩屑	2408.0~2409.5
		3288.0~3290.0			2305.0~2307.5
		3276.5~3280.5			2294.0~2296.0
		3105.5~3108.5			2270.0~2271.0
		2653.5~2655.5			2242.0~2245.0
		2585.0~2590.0			2224.0~2226.0
跃东110	含油藻灰岩	3161.0~3165.0			2213.5~2216.0
		3098.5~3100.0			2172.5~2174.5
		3078.0~3078.8			2127.0~2130.0
跃12	含油藻灰岩	1576.5~578.0	跃30	含油藻灰岩	3516.0~3517.8
		1574.0~1575.5	跃75		1765.0~1767.0
		1263.0~1266.5			
		1211.0~1212.5			

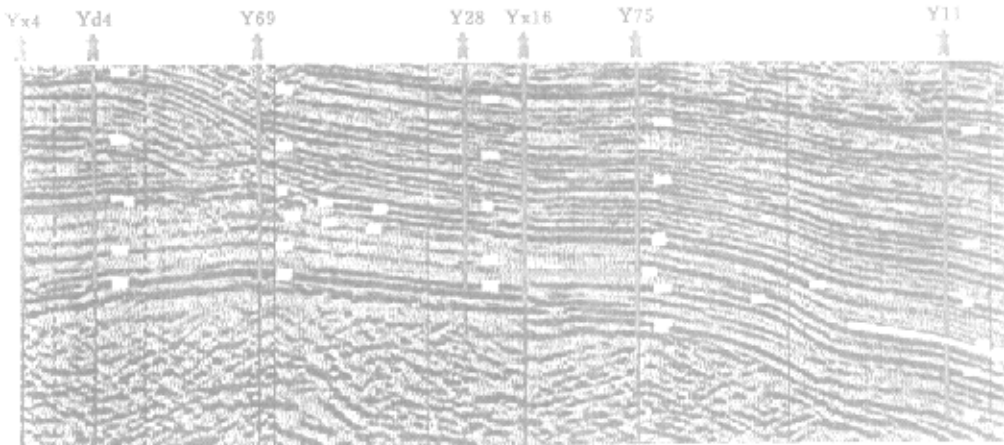
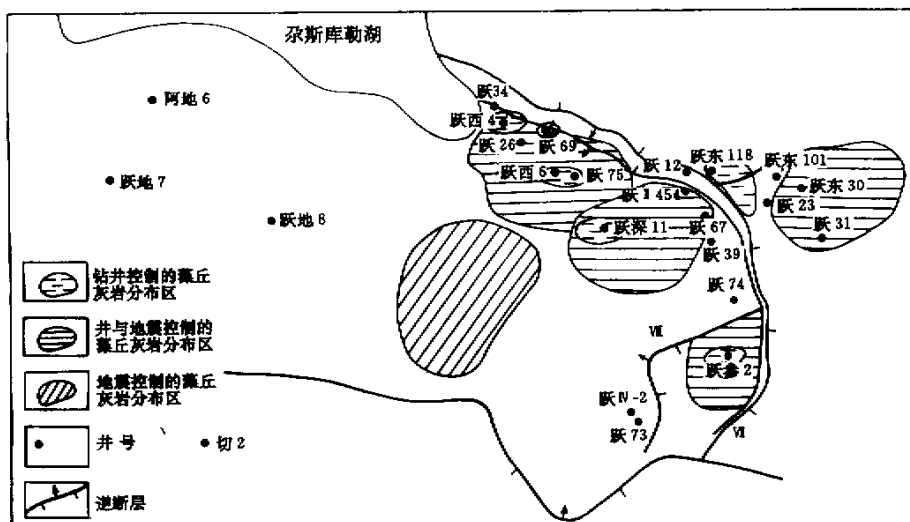


图6 跃进地区过井地震剖面含油藻丘灰岩层位标定图

Fig. 6 Seismic section showing lateral distribution of algal-reef micrite reservoir

图 7 跃进地区 E_3^2 含油藻丘灰岩平面展布图Fig. 7 Map showing the distribution of E_3^2 algal-reef micrite reservoir in Yuejin area

藻丘灰岩的平面展布进行预测。首先,利用钻井资料标定含油藻丘灰岩的层位,然后进行平面闭合,只要是同一个藻丘体,平面上应该是闭合的。

跃进地区含油藻丘灰岩的时空展布见图 7,藻丘灰岩沿断层带展布,层位由东向西偏高。

6 结论

(1) 跃进地区 E_3^2 碳酸盐岩地层与泥岩地层往往呈互层或夹层,形成于滨浅湖环境。不同井位的灰/泥不同,这与古沉积基底的水深有关。碳酸盐岩的主要岩石类型有六类,其中代表灰坪微相的岩石组合(陆屑泥晶灰岩、颗粒灰岩、藻泥晶灰岩、藻团块灰岩)往往不含油,而代表藻丘微相的岩石组合(藻叠层灰岩及藻纹层灰岩)往往含油。藻丘灰岩呈单层或多层被夹于大套碳酸盐岩地层中,单层厚数米不等,层位由东向西逐渐偏高。

(2) 藻丘灰岩是工区最为优质的碳酸盐岩储层,这套优质储层首先经历混合水白云化,再经过大气淡水淋溶才得以形成。混合水白云化所形成的少量孔隙为大气淡水在藻丘灰岩中流畅提供通道,淡水淋溶才是大量次生淋溶孔形成的直接原因。

(3) 灰坪微相陆屑泥晶灰岩、颗粒灰岩、藻泥晶灰岩组合以微孔隙(小孔+特小孔)为主,平均孔隙度

15.5%,平均渗透率 $0.56 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属中孔低渗的 II-III 类储层,以微孔+微细喉组合为主,微孔+细喉组合次之,藻丘微相藻团块灰岩、藻叠层灰岩及藻纹层灰岩组合以次生淋溶成因的特大孔、大孔为主,平均孔隙度 25%,平均渗透率 $100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属高孔高渗的 I 类储层,大孔细喉组合占绝对优势。

(4) 大套碳酸盐岩的自然电位及视电阻率曲线变化幅度平缓,但一遇到含油藻丘灰岩段自然电位突变为高负值,视电阻率突变为极大值。大套碳酸盐岩在 seismic 剖面上表现为弱反射,但一遇到含油藻丘灰岩段则表现为弱反射背景下的强反射。根据这一认识,综合地质、测井及地震资料对工区含油藻丘灰岩的时空展布进行预测,指明了勘探目标。

参 考 文 献

- 1 Deffeyes K S, Lucia F J, Weyl P K. Dolomitization of recent and Plio-Pleistocene sediments by marine evaporite waters in Bonaire, Netherlands Antillies [A]. In: Pray L C, Murry R C, eds. Dolomitization and Limestone Diagenesis [C]. SEPM Spec. Publ. 1965, 13: 71~88
- 2 Badiozamani K. The dorag dolomitization model-application to Middle Ordovician of Wisconsin [J]. J. Sed. Petrology, 1973, 43: 965~984
- 3 Mattes B W, Mountjoy E W. Burial dolomitization of the Upper Devonian Miette Buildup, Jasper National Park, Alberta [A]. In: Zenger D H, Dunham J B, Ethington R L, eds. Concepts and Models of Dolomitization [C]. SEPM Spec. Publ. 1980, 28: 259~297

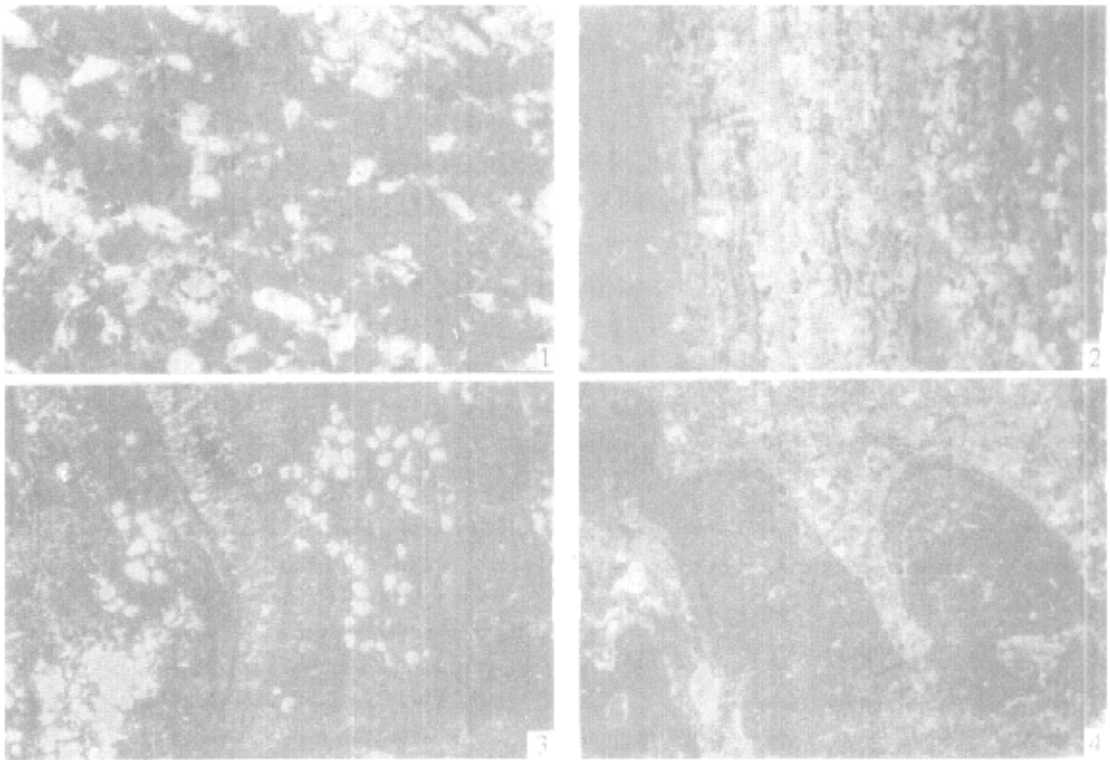
A Research on E_3^2 Algal-Reef Reservoir in Yuejin Area , Qaidam Basin , Northwestern China

SUN Yan¹ SHEN An-jiang² XU Yang² LIN Nian-tian²

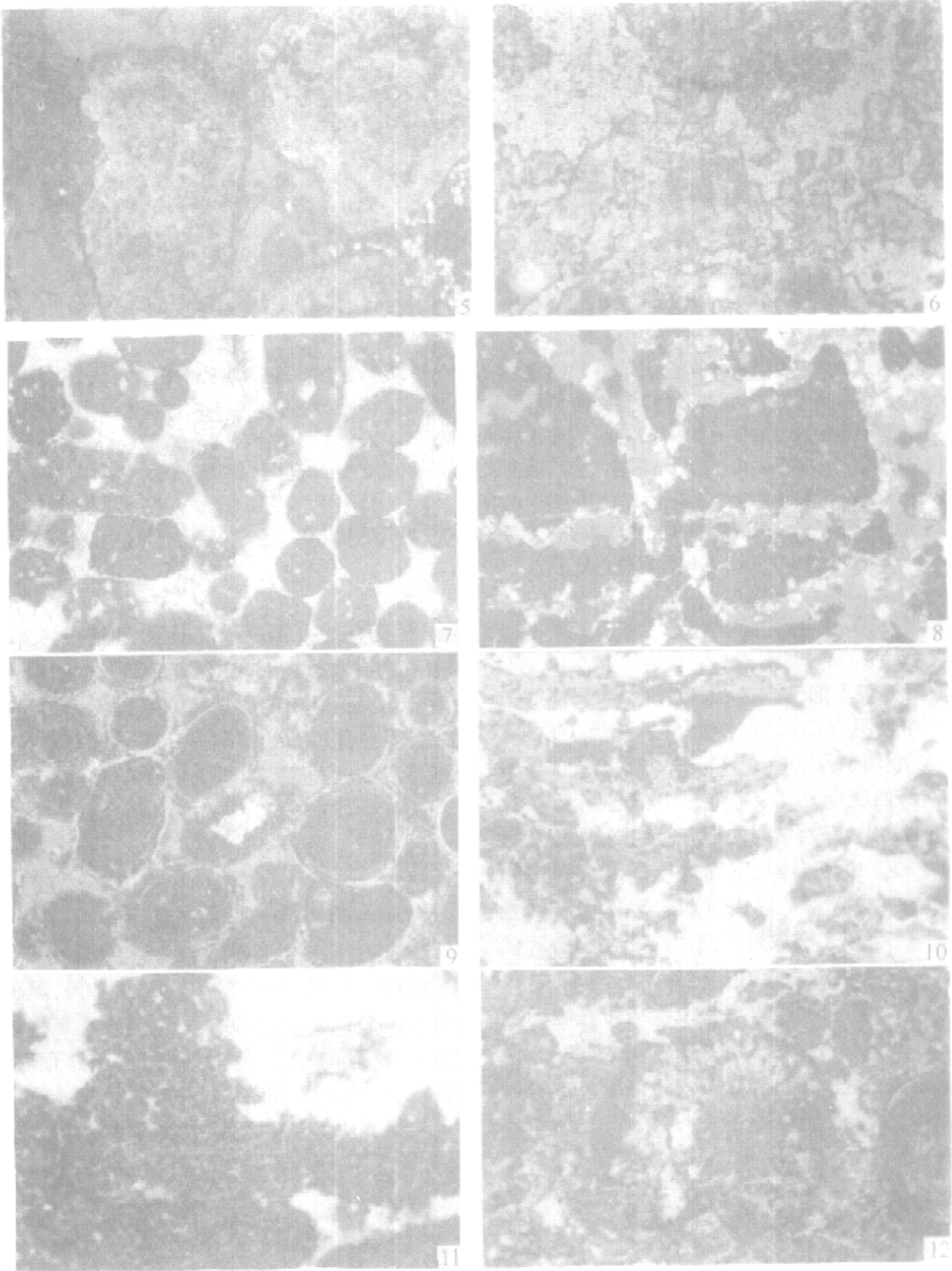
(China Mineral University , Beijing 100083) 2 (Hangzhou Institute of Petroleum Geology , CNPC , Hangzhou 310023)

Abstract E_3^2 lacustrine stratum , located in Yuejin area , Qaidam Basin , northwestern China , is mainly composed of interbedded /intercalated carbonate rock & mudstone. Terrigenous debris-bearing micrite , alga-originated laminated micrite , alga-originated stromatolitic micrite , alga-originated micrite and grainstone could be recognized in the carbonate rock , of which alga-originated laminated micrite and alga-originated stromatolitic micrite developed into good reservoir (oil-bearing) with a mean porosity of 25% and mean permeability of proximate $100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$. Meteoric water-seawater mixing dolomitization and dissolution in meteoric vadose zone were the main courses for reservoir development. Based on the research of diagenetic sequence , porosity evolution of the alga-originated laminated micrite and alga-originated stromatolitic micrite have been reconstructed. Furthermore , pore and throat diameters and their combinations have been discussed , which play an important role in petroleum development. The determination of spatial distribution for E_3^2 algal-reef micrite reservoir is very important in petroleum exploration in Yuejin area. Log and seismic data also play important roles in prediction of algal-reef micrite reservoir. High SP and SN values imply the exist of petroleum-bearing algal-reef micrite reservoir , while strong seismic reflection shows the lateral distribution of them. Based on the above discussion , spatial distribution of E_3^2 algal-reef micrite reservoir in Yuejin area have been mapped.

Key words Qaidam Basin , Yuejin area , algal-reef micrite , meteoric water-seawater , mixing dolomitization , dissolution in meteoric vadose zone , pore and pore-throat assemblages



图版 I 说明 1. 陆屑泥晶灰岩 , 陆屑呈零星状散布于灰泥中 , 跃西 4 井 , 1367.81m , 单偏光 $\times 25$ 2. 陆屑泥晶灰岩 , 陆屑顺层分布形成富陆屑层与贫陆屑层分异 , 跃西 4 井 , 1395.25m , 单偏光 $\times 25$ 3. 藻纹层灰岩 , 跃西 4 井 , 1387.47m , 单偏光 $\times 25$ 4. 藻叠层灰岩 , 混合水白去化 , 跃西 4 井 , 1387.40m , 单偏光 $\times 25$;



图版 II 说明 5. 藻团块灰岩 跃西 16 井, 1712.74m, 单偏光 $\times 100$; 6. 藻泥晶灰岩, 藻架孔不发育, 缺水潜流带亮晶方解石, 淡水淋溶藻灰泥形成次生溶孔 跃西 4 井, 1382.95m, 单偏光 $\times 100$; 7. 颗粒灰岩 跃西 4 井, 1379.86m, 单偏光 $\times 100$; 8. 藻纹层灰岩, 湖水潜流带亮晶方解石充填藻架孔、淡水淋溶藻架孔的同时也溶解其中的亮晶方解石 跃西 4 井, 1382.95m, 单偏光 $\times 100$; 9. 颗粒灰岩 粒间灰泥或亮晶方解石被淋溶 跃西 4 井, 1387.82m, 单偏光 $\times 100$; 10. 藻泥晶灰岩, 淡水潜流带亮晶方解石充填次生溶孔 跃西 4 井, 1383.49m, 单偏光 $\times 100$; 11. 藻泥晶灰岩, 有机酸溶蚀亮晶方解石或灰泥形成与油浸或油斑伴生的有机溶蚀孔 跃西 16 井, 1713.47m, 单偏光 $\times 100$; 12. 颗粒灰岩 粗枝藻被选择性白云化 跃西 4 井, 1387.20m, 单偏光 $\times 100$ 。