

文章编号:0253-9985(2011)04-0512-10

塔里木盆地 S76 井与 TZ62 井奥陶系 礁滩相储层发育差异性对比

姜海健,马红强,钱一雄,尤东华

(中国石化石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所,江苏 无锡 214151)

摘要:塔里木盆地奥陶系一间房组和良里塔格组礁滩相带是重要的油气勘探领域。塔河地区 S76 井一间房组礁滩处于台内缓坡之上,属于台内礁滩相;而塔中地区 TZ62 井良里塔格组礁滩处于陡坡型台地边缘,为台缘礁滩相。通过准层序类型分析,认为两口井有六种准层序样式,但是处于不同构造位置。相比 S76 井而言,TZ62 井的准层序对海平面变化的响应更迅速,准层序厚度更小。而通过层序结构分析,认为 S76 井的台内礁滩相主要发育在准层序组的高位体系域内,即基准面下降半旋回;而 TZ62 井台缘礁滩相处于准层序组的海侵体系域,即基准面上升半旋回。正因为如此,S76 井的礁滩相呈进积式增长,礁滩厚度薄、沉积相相变速率快;而 TZ62 井沉积可容纳空间较稳定,礁滩相呈加积式增长,礁滩厚度大、沉积相相变速率变慢。两口井目的层段均处在一个三级层序的基准面上升旋回中,岩石类型分别以颗粒灰岩为主和以泥灰岩为主。因此,通过台内礁滩相和台缘礁滩相的岩性组合、沉积相和层序地层的相互比较可以得出,由于受构造位置和受海平面影响,不同相带的礁滩在层序地层中发育模式不同,从而导致不同礁滩的岩性、厚度以及发育规模存在差异。

关键词:礁滩;层序地层;基准面;奥陶系;碳酸盐岩;塔里木盆地

中图分类号:TE122.1

文献标识码:A

Differences of the Ordovician reef-bank reservoirs in S-76 and TZ-62 well in the Tarim Basin

Jiang Haijian, Ma Hongqiang, Qian Yixiong and You Donghua

(Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC Petroleum Exploration and Production Research Institute,
Wuxi, Jiangsu 214151, China)

Abstract: Reef-bank facies belts in the Ordovician Yijianfang and Lianglitage Formations are important target for hydrocarbon exploration in Tarim Basin. In Well S-76 in Tahe area, the reef-bank reservoirs of the Yijianfang Formation are developed in the intra-platform ramp and belong to intra-platform reef-bank facies. In contrast, in Well TZ-62 in Tazhong area, the reef-bank reservoirs of the Lianglitage Formation are developed on the margin of steep platform and are of platform-margin reef-bank facies. By analyzing subsequence patterns, six types of subsequence can be identified in both wells, but occur at different structural locations. Compared with Well S-76, the subsequences of Well TZ-62 were more sensitive to fluctuation of sea level thus are smaller in thickness. Analysis of sequence structures reveals that the intra-platform reef-bank facies in Well S-76 were mostly developed in highstand system tract, i. e. the falling semi-cycle of the base level. In contrast, the platform margin reef-bank facies in Well TZ-62 were developed in transgressive system tract, i. e. the rising semi-cycle of the base level. Therefore, the reef-bank facies of Well S-76 feature in progradational growth, small thickness and rapid change of sedimentary facies. On the contrary, the reef-bank facies of Well TZ-62 are characterized by aggradational growth, larger thickness and slow change of sedimentary facies due to the relatively stable accommodation space. The targets in both wells are located in the rising cycle of the base level of a third-order se-

收稿日期:2011-05-02。

第一作者简介:姜海健(1983—),男,硕士,碳酸盐岩沉积学。

基金项目:国家科技重大专项(2008ZX05-005-002-001);国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2005CB422100)。

quence and are dominated by grainstone and marl respectively. Comparisons of lithological association, sedimentary facies and sequence stratigraphy of these two kinds of reef-bank facies reveal that the development patterns of reef-bank reservoirs in different facie belts are different due to the impacts of structural locations and sea level fluctuation, resulting in the differences of lithology, thickness and scale of different reef-bank facies.

Key words: reef-bank, sequence stratigraphy, base level, Ordovician, carbonate rock, Tarim Basin

S76 井位于塔北阿克库勒凸起西南部塔里木乡 4 号构造上(图 1)。早奥陶世末期,受加里东运动中期 I 幕影响,塔北形成北东向展布的构造隆起带^[1],隆起区中奥陶统一间房组(O_{2yy})发育大量浅水台地环境沉积的礁滩沉积体^[2-3]。TZ62 井位于塔中卡塔克隆起 I 号构造带上,塔中 I 号断裂带上奥陶统礁滩体成为塔中地区油气勘探的最现实领域,成为油气增储上产的有利方向^[4]。根据区域地质及地震剖面资料,得出早奥陶世塔里木盆地北部为一套台地相碳酸盐岩

沉积,塔河油田则处于台地区内部,早奥陶世一间房组发育台内缓坡坡折带的点礁点滩沉积^[5-7]。塔中 I 号坡折带在良里塔格组台缘坡折带外侧水体能量强,发育礁滩复合体;而内侧水体相对较深,发育低能滩间海沉积^[9]。TZ62 井处于卡塔克隆起北坡塔中 I 号坡折带上,属于镶边型台地边缘。通过研究塔里木盆地塔河油田和塔中卡塔克隆起 I 号构造带,进而比较 S76 井一间房组和 TZ62 井良里塔格组在生物组合、沉积相和层序地层等方面的异同。

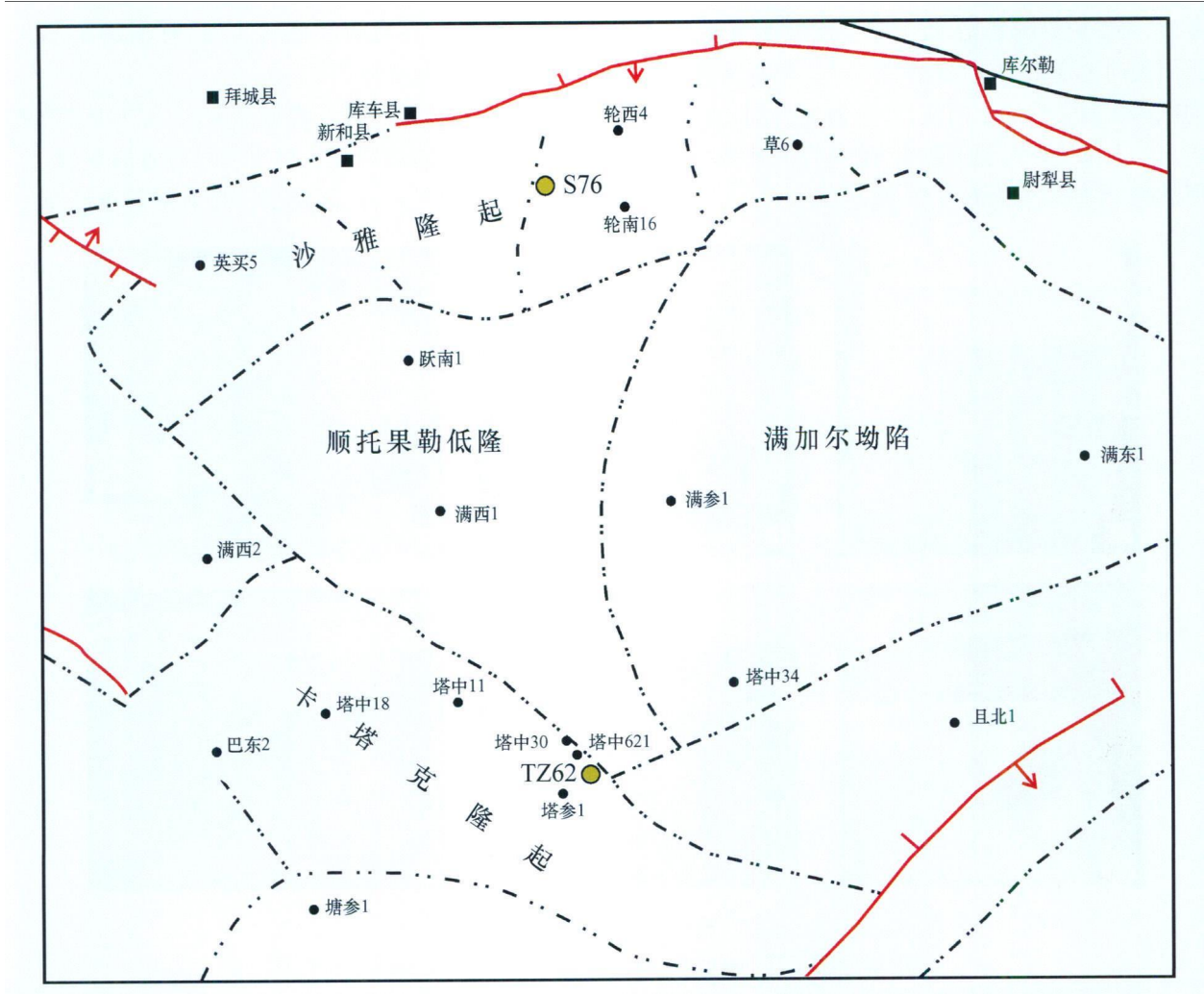


图 1 塔里木盆地 TZ62 井和 S76 井位置示意图
Fig. 1 Locations of TZ-62 and S-76 wells in Tarim Basin

1 岩性组合

1.1 S76 井一间房组岩性组合

通过对巴楚隆起一间房组以及塔河地区一间房组的研究,认为该组主要分为 3 段^[8-10],S76 井的一间房组同样可分为 3 段。

第一段有含砂屑生屑的泥晶灰岩、藻粘结灰岩等。含砂屑生屑的泥晶灰岩发育在该段下部,生屑发育,见有腕足碎片、藻类等。藻粘结灰岩在该段上部可见,含有生物潜穴孔洞。18 回次 32 块岩心为黄灰色含生屑砂屑泥晶灰岩(图 2a)。

第二段含有亮晶砂屑灰岩、亮晶砾屑灰岩、亮晶生屑灰岩、托盘礁灰岩、海绵礁灰岩、藻粘结灰岩等。下部托盘礁灰岩、亮晶砂屑灰岩和藻粘结灰岩发育。18 回次第 8 块岩心为黄灰色亮晶含砾砂屑灰岩,局部可见腕足化石,沿缝合线出现沥青,靠上部出现向上变粗的逆粒序(图 2b)。中部为含生屑的砾屑灰岩夹少量生屑灰岩,生屑为海绵、海百合、腕足。上部发育海绵礁灰岩,礁灰岩上下为亮晶生屑灰岩,生屑主要为海百合、腕足。

第三段主要为含砂屑的泥晶灰岩、藻粘结灰岩和少量砂屑灰岩。12 回次第 9 块岩心可见浅灰色纹层状-瘤状的含绿色泥质条带的生屑泥晶灰岩,缝合线中充填了灰绿色泥(图 2c)。

1.2 TZ62 井良里塔格组岩性组合

根据周进高、孙玉善^[11-14]等研究成果,良里塔格组从下到上分为三段,含泥灰岩段、颗粒灰岩段和泥质条带灰岩段。TZ62 井良里塔格组取心层段发育颗粒灰岩段和泥质条带灰岩段。

其中颗粒灰岩段主要由亮晶生屑灰岩、亮晶砾屑灰岩、泥晶生屑灰岩、藻粘结灰岩等构成。藻粘结灰岩发育在该段上部。颗粒灰岩段下部的灰白色亮晶颗粒灰岩中,发育珊瑚、四射珊瑚、有孔虫、海百合、藻类等,生物体腔孔。15 回次 12 块岩心见灰白色亮晶生屑砾屑灰岩,发育近直立和平行的缝合线,充填灰绿色泥和沥青(图 2d)。13 回次第 12 块岩心为灰红色含生屑、砾屑的结晶灰岩,可见到腕足壳体(图 2e)。

泥质条带灰岩段发育泥晶灰岩、泥质条带、藻粘结灰岩、粒屑灰岩等。粒屑灰岩有砂屑灰岩、生屑灰岩、砾屑灰岩,泥晶胶结。粒屑灰岩单层厚度



图 2 S76 井和 TZ62 井岩心照片

Fig. 2 The core photograph of S-76 and TZ-62 wells

- a. S76 井,18 回次黄灰色含生屑砂屑泥晶灰岩;b. S76 井,18 回次黄灰色含砾砂屑灰岩;c. S76 井,12 回次 9 块浅灰色泥晶灰岩;
d. TZ62 井,15 回次亮晶生屑砾屑灰岩;e. TZ62 井,13 回次含生屑、砾屑的结晶灰岩;f. TZ62 井,12 回次亮晶生屑砂屑灰岩

薄,中间夹有泥晶灰岩、泥质条带、藻粘结灰岩。苔藓虫、托盘、珊瑚、三叶虫、腕足、海百合等生物碎屑较发育。第 11 回次第 22 块岩心下部深灰色藻粘结灰岩,并发育平行的缝合线,上部为灰黑色含生屑砾屑藻粘结灰岩(图 2f)。

1.3 岩性组成差异

两口井的岩性组成有较大差异性。TZ62 井良里塔格组台缘礁滩相中亮晶粒屑灰岩占 41%,泥晶粒屑灰岩占 37%,粒屑灰岩,约占到礁滩发育岩层的 80%,总体厚度大约为 40.5 m;S76 井一间房组台缘礁滩相中亮晶粒屑灰岩占 37%,泥晶粒屑灰岩占 7%,粒屑灰岩占到 44%,厚度为 11.05 m(表 1)。因此镶边台地台缘礁滩相中粒屑灰岩总体厚度大,所占的比例大;而台内缓坡坡折带礁滩相中粒屑灰岩总体厚度稍小,所占比例小。其原因是镶边台地边缘相礁滩呈加积式增长,纵向相变慢,而台内缓坡坡折带礁滩呈进积或退积式增长,纵向、侧向相变快。

S76 井藻灰岩占 36%,泥晶灰岩占 15%,而 TZ62 井藻灰岩占 8%,泥晶灰岩占 6%,因此 S76 井的台内缓坡坡折带发育滩间静水沉积,镶边型

台地边缘相滩间静水沉积较少,水动力更强。两口井均含有大量生物碎屑。中、晚奥陶世,虽然微生物及藻类在生物礁的建设中仍起重要作用,但从此开始,作为生物礁中重要的造架生物,如层孔虫、珊瑚等开始繁盛,并大量出现^[15-17]。TZ62 井良里塔格组生物碎屑可见棘屑、介屑、苔藓碎片以及三叶虫、腹足及腕足(图 3a,b)。S76 井一间房组可见藻类、腕足、海绵、海百合等生物碎屑,局部见托盘礁灰岩的托盘石切片(图 3c)。

2 沉积相

2.1 礁滩相性质差异

两口井取心段的沉积相包括了礁、滩、滩间海、藻丘等,其中礁滩相厚度大。参照范嘉松等 1985 年提出的生物礁分类方案^[18],按照不同造架生物所建造的骨架礁分类,主要为海绵、托盘类、管孔藻、珊瑚和层孔虫骨架礁等。S76 井一间房组发育二期托盘骨架礁灰岩,礁厚 2~3 m。第一期礁的礁核由托盘、苔藓虫、藻类等组成,呈粘结状;礁基为灰白色亮晶砂屑灰岩,含有海百合、

表 1 S76 井和 TZ62 井岩性统计数据
Table 1 Lithologic statistics of S-76 and TZ-62 wells

井号	单位	亮晶粒屑灰岩	泥晶粒屑灰岩	泥晶灰岩	礁灰岩	藻灰岩	结晶灰岩	取心段
S76	厚度/m	9.30	1.75	3.80	1.15	8.91	0	24.91
	百分比,%	37.33	7.03	15.25	4.62	35.77	0	100.00
TZ62	厚度/m	21.20	19.30	4.30	0	4.20	3.00	52.00
	百分比,%	40.77	37.11	8.27	0	8.08	5.77	100.00

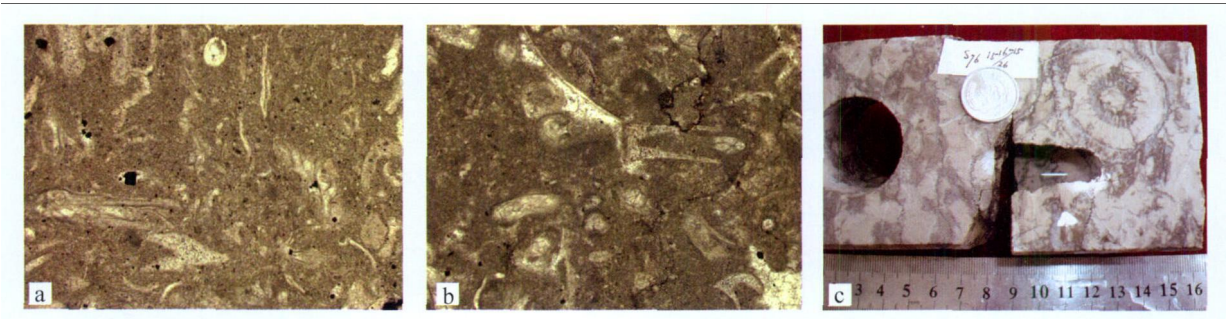


图 3 TZ62 井薄片和 S76 井岩心照片
Fig. 3 Thin section of Well TZ-62 and core photograph of Well S-76
a. TZ62 井,9 回次 39 块岩心,4 713.6 m,含铁质云质生屑泥晶灰岩,单偏光;b. TZ62 井,10 回次 58 块岩心,4 720 m,生屑泥晶含云质灰岩,单偏光;c. S76 井,15 回次 15 块岩心,5 632.6 m,黄灰色斑块状生物砂屑灰岩

腕足等生物碎屑;礁盖为灰白色含生屑的藻粘结灰岩,夹有砂屑灰岩等。第二期礁的礁核由托盘和藻类组成,礁基为第一期礁体,礁盖为深灰色藻粘结灰岩(图 4),而 TZ62 并未见骨架礁。

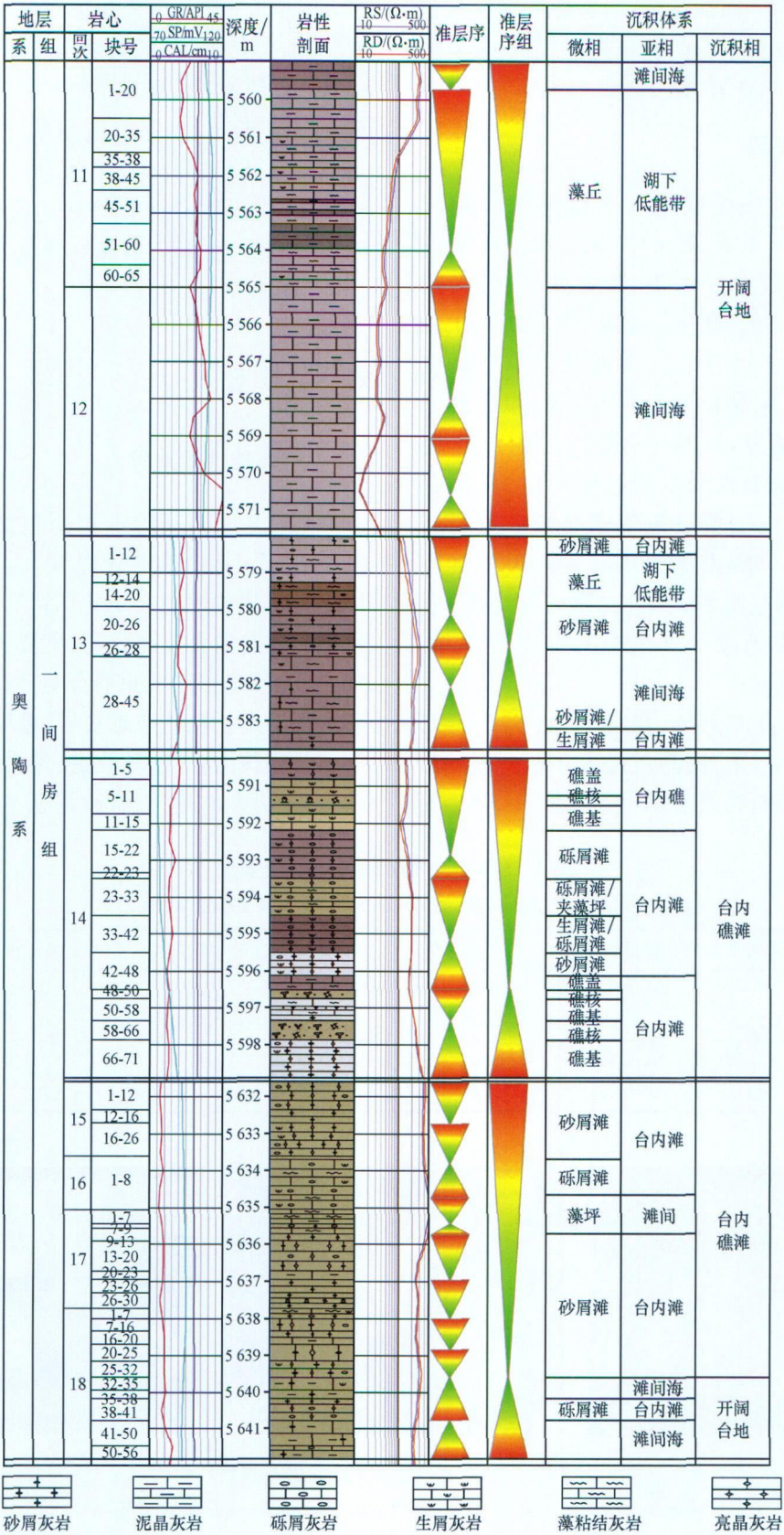


图 4 S76 井岩心综合柱状图
Fig. 4 Histogram of cores of Well S-76

按粒屑滩灰岩的结构成因特征,主要是填隙物中亮晶方解石与泥晶方解石的比值,可区分出中高能和中低能两类粒屑滩^[19]。S76 井一间房组台内缓坡坡折带发育中- 高能台缘粒屑滩沉积相,TZ62 井良里塔格组镶边型台地边缘相带发育中- 高能台缘粒屑滩和中- 低能台缘粒屑滩沉积相。

S76 井一间房组台内缓坡坡折带发育由亮晶

粒屑灰岩构成的高能粒屑滩,以及少量泥晶粒屑灰岩构成的低能粒屑滩,粒屑滩夹有藻坪、滩间深水带等低能环境的沉积相(图 4)。粒屑滩一般厚度为 1~2 m,由多层粒屑滩构成一个大的粒屑滩,代表缓坡型台地对海平面变化的响应比较敏感,相变比较迅速。TZ62 井良里塔格组台缘礁滩相带主要有生屑滩、砾屑滩、砂屑滩、藻坪等沉积相构成(图 5)。滩的厚度大,下部棘屑生屑滩的厚度

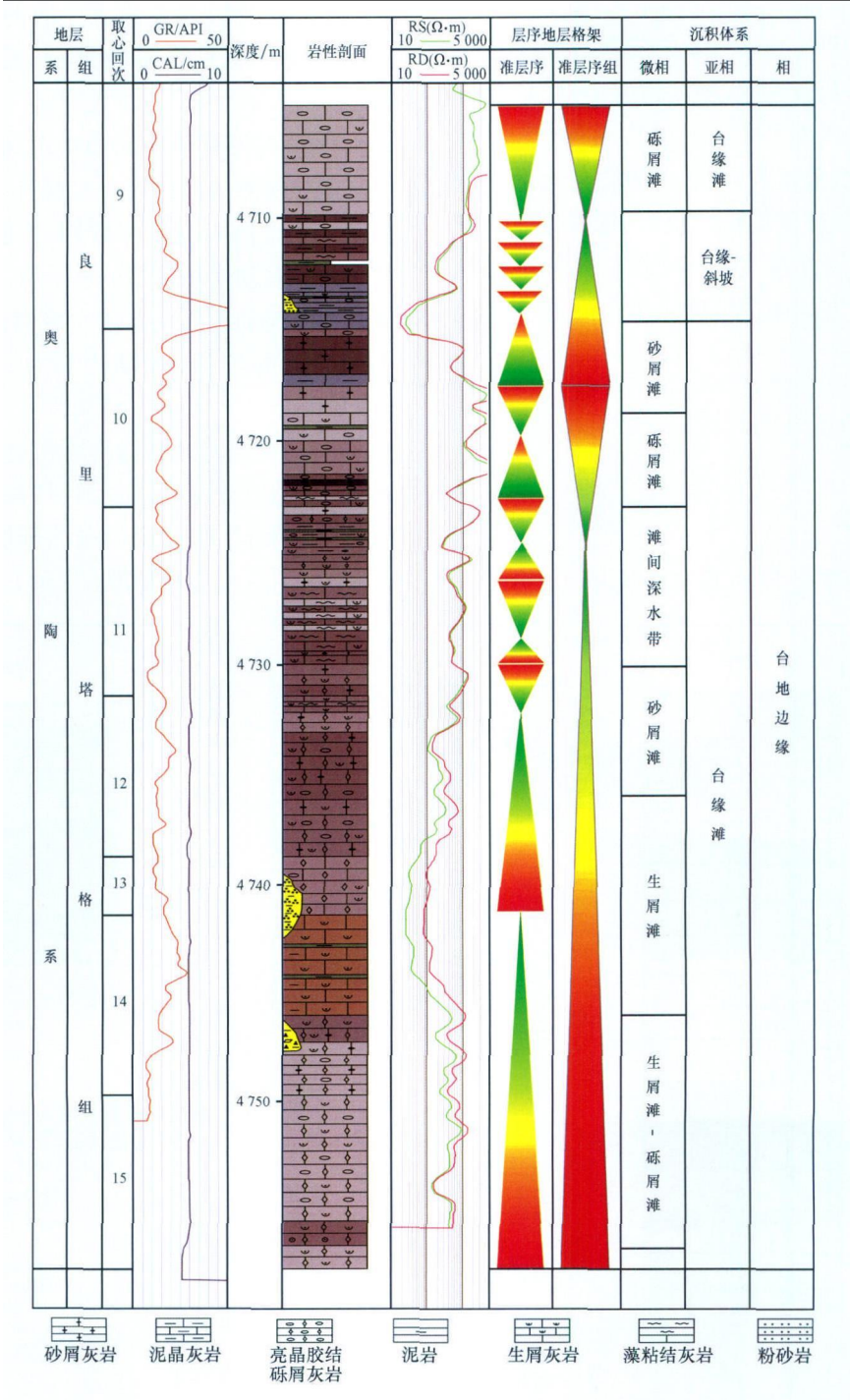


图 5 TZ62 井岩心综合柱状图

Fig. 5 Histogram of cores of Well TZ-62

达到 30 m,由代表中- 高能的台缘粒屑滩的灰白色- 深灰色亮晶生屑灰岩和代表中- 低能的灰褐色泥晶生屑灰岩构成,单层生屑灰岩厚度 5 m 以上。总体镶边型台地呈加积式生长,对海平面变化的响应不强,沉积相变化慢,沉积厚度大。因此,台内缓坡带相比镶边台地边缘相对海平面变化响应迅速,相变快,沉积厚度小。

2.2 礁滩相上覆地层差异

S76 井一间房组上部为厚层的灰白色藻粘结灰岩和灰色泥晶灰岩构成,厚度超过了 20 m,发育藻块、生物潜穴,代表了开阔台地的滩间海和藻丘等沉积亚相,为低能沉积环境。TZ62 井上部层段灰黑色泥晶灰岩、灰色藻粘结灰岩、深灰色砂屑灰岩、灰色砾屑灰岩互层发育,均含有大量生屑碎片、泥质条带等,灰岩单层厚度小于 5 m,属于台地边缘- 斜坡相。

3 层序地层

3.1 准层序类型

准层序是层序地层的基本组成单元,它是以

海泛面或与之相当的面为界、相对整合、彼此有成因联系的层或层组,代表一次小规模海平面旋回,其特征为一套向上变浅的沉积组合^[20-21]。这两口井总共包括了 6 种准层序样式。

TZ62 井发育低能滩到高能滩的准层序,下部为泥晶生屑灰岩夹有泥质条带,代表浅水高能沉积,位于台缘礁滩后部,是一种中- 低能滩,其中泥质条带可能为成岩作用产物;上部为含生屑砾屑的结晶灰岩以及亮晶含生屑的砾屑灰岩,是位于礁滩前部能量最高的部位,是一种中低能滩(图 6a)。

TZ62 井发育从滩间静水带到低能台缘滩、再到高能台缘滩的准层序。滩间静水带为含生屑的藻粘结灰岩构成的藻坪微相,低能台缘滩为含泥晶砂屑灰岩和生屑灰岩的砂屑滩- 生屑滩,高能台缘滩为含亮晶生屑灰岩的台缘滩。代表了海平面不断下降的过程,水动力增加,能量不断增强(图 6b)。

TZ62 井发育从台缘礁滩相到斜坡的准层序旋回。斜坡相沉积特征为泥岩和泥晶灰岩为主,夹杂有粒屑灰岩,向上变为泥晶砾屑灰岩和泥晶生屑灰岩的中- 低能粒屑滩(图 6c)。

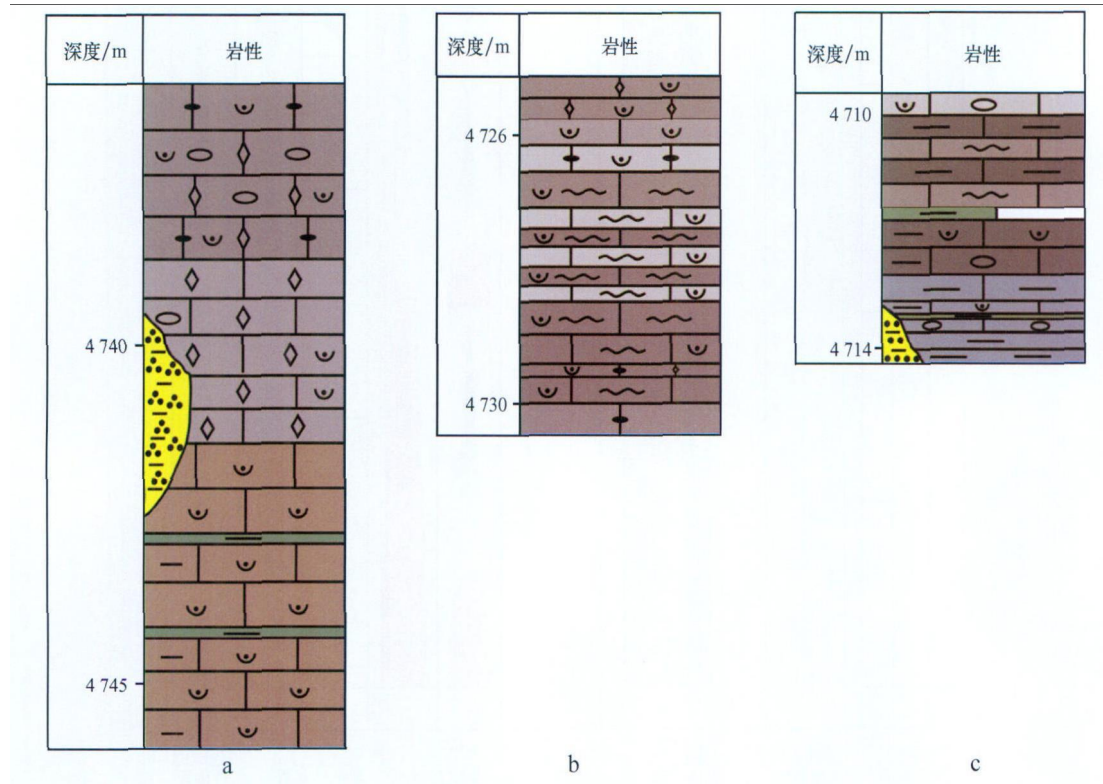


图 6 TZ62 井准层序样式
Fig. 6 The subsequence types of Well TZ-62
a. 准层序 I ; b. 准层序 II ; c. a. 准层序 III

从开阔台地滩间海的泥晶灰岩到潮坪相藻坪微相的藻粘结灰岩准层序,代表海平面下降(图 7a)。该准层序主要位于 S76 井一间房组的上部。

其中图 7b 为包含了两个从滩间静水带到礁滩相的准层序,发育了两期托盘礁。第一个准层序下部为亮晶粒屑灰岩,上部为托盘礁灰岩;第二个准层序下部为礁间静水的藻坪,向上为托盘礁灰岩。

S76 井发育台内斜坡到礁滩的准层序,台内斜坡沉积了含砂屑的藻粘结灰岩和泥晶灰岩,礁滩相位于开阔台地台内缓坡折带,为中—低能礁,沉积了泥晶砂屑灰岩—砾屑灰岩(图 7c)。

3.2 准层序组及层序的差异

TZ62 井的准层序类型在 S76 井同样存在,反之亦然,因此两口井的准层序类型共有 6 类。而准层序组一般由若干个准层序单元构成^[22-23]。S76 井台缘礁滩沉积,是由 4 个准层序构成的一个准层序组旋回,准层序最大厚度 4 m,最小厚度小于 1 m,由上到下由准层序 V,Ⅱ和 I 构成。准层序组是一个海平面上升到下降的旋回。上升的旋回小于下降旋回(图 4)。生物礁主要位于准层序组的海侵体系域内,粒屑滩主要是在准层序组的高位体系域内形成。TZ62 井台缘滩,是由两个准层序构成的一个准层序的上升半旋回,准层序厚度分别为 12 m 和 14 m,由两个 I 型准层序构成(图 5)。该台缘滩在准层序组的海侵体系域内,海平

面的上升速度与台缘滩的堆积速度相近,可容纳空间比较稳定。

S76 井一间房组取心段由 4 个准层序组构成,早期以下降半旋回为主,后期以上升半旋回为主,总体是一个海平面上升过程,可容纳空间增大。TZ62 井良里塔格组从颗粒灰岩段到含泥质条带灰岩段,是一个三级层序基准面上升旋回,海平面总体不断上升,早期沉积速率与海平面上升速率大体相当,沉积了较厚的颗粒灰岩。之后海平面的上升速率大于沉积速率,形成较薄的层,并发育较深水的沉积,如藻坪、滩间海,后期到层序最大海泛面附近为台缘斜坡相沉积,之后沉积速率增加,可容空间减小,总体沉积相变浅。

4 结论

- 1) 两口井的地层均可分为 3 段。镶边台地台缘礁滩相中粒屑灰岩总体厚度大,所占的比例重;而台内缓坡折带礁滩相中粒屑灰岩总体厚度稍小,所占比例少。台内缓坡折带发育滩间静水沉积,镶边型台地边缘相滩间静水沉积较少。
- 2) 台内缓坡折带对海平面变化的响应比较敏感,相变比较迅速;镶边型台地总体呈加积式生长,对海平面变化的响应不强,沉积相变化慢,沉积厚度大。
- 3) 两口井共有 6 种准层序发育模式。台缘

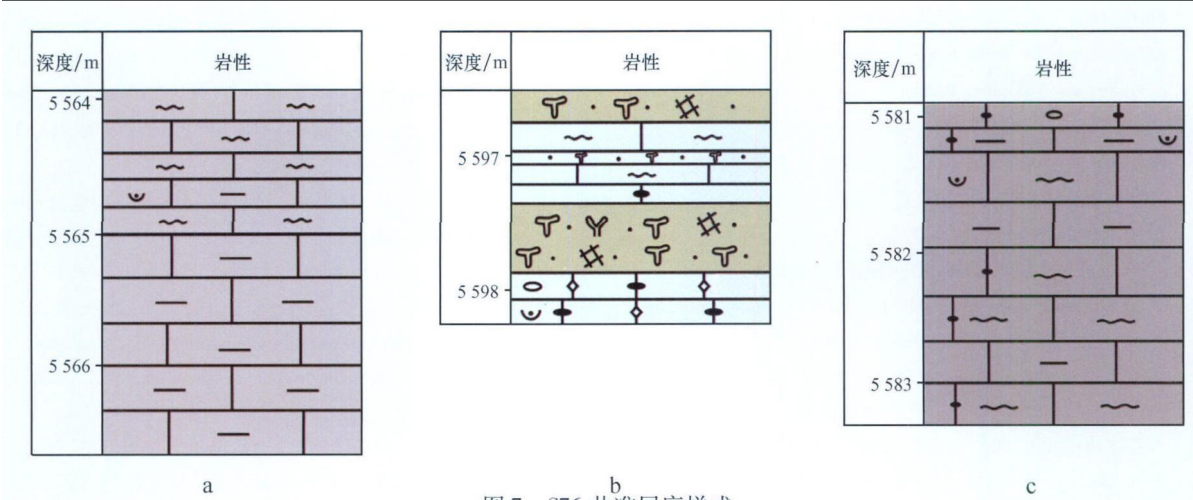


图 7 S76 井准层序样式

Fig. 7 The subsequence types of Well S-76

a. 准层序Ⅳ; b. 准层序Ⅴ; c. a. 准层序Ⅵ

礁滩相发育在准层序组上升半旋回,台内缓坡坡折带礁滩相发育在准层序组下降半旋回。

参 考 文 献

- [1] 徐国强,刘树根,李国蓉,等.塔北塔中古隆起形成演化及油气地质条件对比[J].石油与天然气地质,2005,26(1):114-119.
Xu Guoqiang, Liu Shugen, Li Guorong, et al. Differences between Tazhong and Tabei Paleo-uplift in tectonic evolution, Tarim basin, and its significance in petroleum geology[J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(1): 114-119.
- [2] 肖传桃,蒋维东,潘云唐.塔里木盆地轮南地区奥陶纪生物礁[J].中国区域地质,1996,20(4):330-333.
Xiao Chuantao, Jiang Weidong, Pan Yuntang. The Ordovician reef in the Lunnan area of tarim basin[J]. Chinese Ares Geology, 20(4): 330-333.
- [3] 顾家裕,方辉,蒋凌志.塔里木盆地奥陶系生物礁的发现及其意义[J].石油勘探与开发,2001,28(4):1-3.
Gu Jiayu, Fang Hui, Jiang Linzhi. The significance of Ordovician reef discovery in Tarim basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2001, 28(4): 1-3.
- [4] 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集层成因类型、特征及油气勘探潜力[J].海相油气地质,2006,11(4):1-12.
Shen Anjiang, Wang Zhaoming, Yang Haijun, et al. Genesis Classification and Characteristics of Ordovician Carbonate Reservoirs and Petroleum Exploration Potential in Tazhong Region, Tarim Basin [J]. Marine Origin Petroleum Geology, 2006, 11(4): 1-12.
- [5] 张涛,闫相宾,王恕一,等.塔河油田奥陶系一间房组礁滩相溶蚀孔隙型储层特征与成因[J].石油与天然气地质,2006,25(4):462-471.
Zhang Tao, Yan Xiangbin, Wang Shuyi, et al. Characteristics and genesis of reef-bank facies reservoirs with dissolution pores in Ordovician Yijianfang Formation in Tahe oilfield[J]. Oil & Gas Geology, 2006, 25(4): 462-471.
- [6] 翟晓先,俞仁连,何发岐,等.塔河地区奥陶系一间房组微裂隙颗粒灰岩储集体的发现与勘探意义[J].石油实验地质,2006,24(5):387-392.
Zhai Xiaoxian, Yu Renlian, He Faqi, et al. Discovery and exploration significance of microfissure grain limestone reservoirs in the Ordovician Yijianfang Formation of Tahe area[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2006, 24(5): 387-392.
- [7] 徐国强,邵大力,刘树根,等.塔北隆起区一间房组礁滩沉积体特征[J].天然气工业,2007,26(8):16-20.
Xu Guoqiang, Shao Dali, Liu Shuge, et al. Character of reef flat deposits in Yijianfang Formation at Tabei uplifted zone[J]. Natural Gas Industry, 2007, 26(8): 16-20.
- [8] 沈安江,郑剑锋,顾乔元.塔里木盆地巴楚地区中奥陶统一间房组露头礁滩复合体储层地质建模及其对塔中地区油气勘探的启示[J].地质通报,2008,27(1):137-148.
Shen Anjiang, Zheng Jianfeng, Gu Qiaoyuan. Reservoir geological models of reef complexes in the Middle Ordovician Yijianfang Formation in the Bachu area, Tarim basin, and its implications for hydrocarbon exploration in the Tazhong area, Xinjiang, China[J]. Geological Bulletin of China, 2008, 27(1): 137-148.
- [9] 李越,王建坡,沈安江,等.新疆巴楚中奥陶统上部一间房组瓶筐石礁丘的演化意义[J].古生物学报,2007,46(3):347-354.
Li Yue, Wang Jianpo, Shen Anjiang. Evolutionary significance of the calathiumreef mound from the Yijianfang Formation, Bachu, Xinjiang [J]. Acta Palaeontologica Sinica, 46(3): 347-354.
- [10] 邓小江,李国蓉,徐国盛,等.塔河油田南部奥陶系一间房组层序地层、储层预测及质量评价研究[J].沉积学报,2007,25(3):392-400.
Deng Xiaojiang, Li Guorong, Xu Guoshen, et al. Sequence stratigraphic study, prediction and quality evaluation of reservoir for the Ordovician Yijianfang Formation of the southern part of the Tahe Oil-field [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2007, 25(3): 392-400.
- [11] 刘洛夫,李燕,王萍,等.塔里木盆地塔中地区I号断裂带上奥陶统良里塔格组储集层类型及有利区带预测[J].古地理学报,2008,10(3):221-230.
Liu Luofu, Li Yan, Wang Ping, et al. Reservoir types and favorable oil-gas exploration zone prediction of the Upper Ordovician Lianglitage Formation in Tazhong No. 1 fault belt of Tarim Basin [J]. Journal Of Palaeogeography, 2008, 10(3): 221-230.
- [12] 周进高,邓红婴,范国章,等.塔中I号断裂带奥陶系良里塔格组礁滩储集体模式与预测[J].海相油气地质,2008,13(3):17-23.
Zhou Jinggao, Deng Hongying, Fan Guozhang, et al. Geological-geophysical model and prediction application of Upper Ordovician Lianglitage reef-shoal reservoir in Tazhong area, Tarim Basin[J]. Marine Origin Petroleum Geology, 2008, 13(3): 17-23.
- [13] 钱一雄,蔡习尧,刘忠宝,等.塔里木盆地卡塔克南缘中2井良里塔格组碳酸盐岩沉积地球化学特征[J].现代地质,2009,23(3):631-637.
Qian Yixiong, Cai Xirao, Liu Zhongba, et al. Characteristic of sedimentary geochemistry of carbonate rock in Lianglitage Formation of the Upper Ordovician, southern margin of Katake uplift, Tarim basin[J], 2009, 23(3): 631-637.
- [14] 李慧莉,钱一雄,沙旭光,等.塔里木盆地卡塔克隆起西北倾没端良里塔格组碳酸盐岩储层发育特征与影响因素[J].石油与天然气地质,2010,31(1):69-75.
Li Huili, Qian Yixiong, Sha Xuguang, et al. Development characteristics and influencing factors of carbonate reservoirs in the Ordovician Lianglitage Formation at the northwest pitching

- end of the Katak Uplift, the Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(1): 69-75.
- [15] 范嘉松. 中国生物礁与油气[M]. 北京: 海洋出版社, 1996, 39-75.
- Fan Jiasong. China reef and petroleum[M]. Beijing: Ocean Pubsher, 1996, 39-75.
- [16] Wilson J L. Carbonate facies ingeological history[M]. Berlin: Sping-Verlag, 1975: 1-471.
- [17] Flugel E. Microfacies of carbonate rocks[M]. Berlin: Spring-Verlag, 2004: 1-450.
- [18] 范嘉松, 张维. 生物礁的基本概念、分类及识别特征[J]. 岩石学报, 1985, 1(3): 45-59.
- Fan Jiasong, Zhang Wei. The concept, type and recognition feature of the reef[J]. Journal of The Rock, 1985, 1(3): 45-59.
- [19] 陈景山, 王振宇, 代宗仰, 等. 塔中地区中上奥陶统台地镶边体系分析[J]. 古地学报, 1999, 1(2): 8-17.
- Chen Jingshan, Wang Zhenyu, Dai Zongyang, et al. The analysis of platform edge system in the Upper-middle Ordovician in Tazhong area[J]. Journal Of Palaeogeography, 1999, 1(2): 8-17.
- [20] 朱筱敏. 层序地层学[M]. 中国石油大学出版社, 2000, 29-36.
- Zhu Xiaomin. Sequence stratigraphy[M]. China University of Petroleum press, 2000, 29-36.
- [21] 王起琮. 旋回层序地层的控制因素[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(5): 648-656.
- Wang Qicong. Controlling factors of cyclic sequence stratigraphy[J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(5): 648-656.
- [22] 林畅松. 沉积盆地的层序和沉积充填结构及过程响应[J]. 沉积学报, 27(5): 849-862.
- Lin Changsong. Sequence and depositional architecture of sedimentary basin and process responses[J]. Acat Sedimentologica Sinica, 27(5): 849-862.
- [23] 姜在兴. 沉积体系及层序地层学研究现状及发展趋势[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(5): 535-541.
- Jiang Zaixing. Studies of depositional systems and sequence stratigraphy: the present and the future[J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(5): 535-541.

(编辑 董立)

(上接第511页)

- [10] Connolly C A, Walte L M, Baadsgaard H, et al. Origin and evolution of formation waters, Alberta Basin, Western Canada sedimentary Basin[J]. I. Chemistry. Applied Geochemistry, 1990, 5(4): 375-395.
- [11] Irwin H, Curtis C, Coleman M. Isotopic evidence for source of diagenetic carbonates formed during burial of organic rich sediments[J]. Nature, 1977, 269: 209-213.
- [12] Cai C F, Worden R H, Wang Q H, et al. Chemical and isotopic evidence for secondary alteration of nature gas in the Hetianhe Field, Bachu uplift of the Tarim Basin [J]. Organic Geochemistry, 2002, 33: 1 415-1 427.
- [13] 郭光辉, 陈利新, 徐志明, 等. 塔中奥陶系碳酸盐岩油气成藏机理[J]. 天然气工业, 2008, 28(6): 19-22.
- Wu Guanghui, Chen Lixin, Xu Zhiming, et al. Oil and gas reservoiring mechanism in Ordovician carbonate in central Tarim basin [J]. Natural Gas Industry, 2008, 28(6): 19-22.
- [14] 张水昌, 王飞宇, 张保民, 等. 塔里木盆地中上奥陶统油源层地球化学研究[J]. 石油学报, 2000, 21(6): 23-28.
- Zhang Shuichang, Zhang Baomin, Wang Feiyu, et al. Studies on the geochemistry of the middle-upper Ordovician hydrocarbon source rocks in the Tarim basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 2000, 21(6): 23-28.
- [15] 张水昌, 张宝民, 王飞宇, 等. 中-上奥陶统:塔里木盆地主要油源层[J]. 海相油气地质, 2000, 5(1-2): 16-22.
- Zhang Shuichang, Zhang Baomin, Wang Feiyu, et al. Middle-upper Ordovician stratum: the main hydrocarbon source rocks [J]. Marine Origin Petroleum Geology, 2000, 5(1-2): 16-22.
- [16] 刘洛夫, 赵建章, 张水昌, 等. 塔里木盆地志留系沥青砂岩的成因类型及特征[J]. 石油学报, 2000, 21(6): 12-17.
- Liu Luofu, Zhao Jianzhang, Zhang Shuichang. Genesis and Characteristics of the Silurian bitumen sandstone in the Tarim basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2000, 21(6): 12-17.
- [17] 蔡希源. 塔里木盆地台盆区油气成藏条件与勘探方向[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(5): 590-597.
- Cai Xiyuan. Reservoiring conditions and exploration targets in Tarim basin[J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(5): 590-597.

(编辑 董立)