

文章编号: 0253-9985(2011)01-0001-10

塔里木盆地寒武系碳酸盐岩层序地层特征

肖朝晖^{1,2}, 王招明², 姜仁旗³, 吴金才³, 张丽娟²[1. 成都理工大学 资源学院, 四川 成都 610059 2 中国石油 塔里木油田分公司 勘探开发研究院, 新疆 库尔勒 841000
3 吉斯克能源技术(北京)有限公司, 北京 100101]

摘要: 运用碳酸盐岩层序地层学理论, 通过野外露头观察、钻井资料分析及地震剖面综合解释技术, 开展塔里木盆地地下古生界碳酸盐岩层序地层研究, 识别层序边界, 建立地层格架。对塔里木盆地寒武系碳酸盐岩识别出的 8 个层序特征进行刻画, 除层序 SQ1 为基准面上升半旋回型层序外, 其他层序均为基准面下降半旋回型层序, 其中层序 SQ5、SQ6、SQ7、SQ8 为重点勘探层序。在轮南地区, 层序 SQ6、SQ7、SQ8 为今后构造-岩性复合圈闭重点勘探层序。建立了塔里木盆地寒武系碳酸盐岩层序发育模式, 指出了有利于碳酸盐岩储层发育的层序样式, 为寻找地层-岩性圈闭发育有利部位提供了依据。

关键词: 层序识别; 碳酸盐岩; 寒武系; 轮南地区; 塔里木盆地

中图分类号: TE121.3 **文献标识码:** A

Sequence stratigraphic features of the Cambrian carbonate rocks in the Tarim Basin

Xiao Zhaohui^{1,2}, Wang Zhaoming², Jiang Renqi³, Wu Jincai³ and Zhang Lijuan²

[1. College of Resources, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China;

2. Institute of Petroleum Exploration and Development of PetroChina Tarim Oilfield Company,

Korla, Xinjiang 841000, China; 3. GCC Energy Technology (Beijing) Co., Ltd., Beijing 100101, China]

Abstract Sequence stratigraphic theories of carbonate are employed in a sequence stratigraphic study on the Lower Paleozoic carbonates in Tarim Basin through outcrop observation, drilling data analysis as well as integrated seismic interpretations. Together with the study, the sequence boundaries are identified and stratigraphic framework is established. As a result, eight sequences identified in the Cambrian carbonates are described. Except for sequence 1 (SQ1) as an ascending base level semi-cycle sequence, the other sequences are all falling base level semi-cycle sequences. Sequences 5, 6, 7 and 8 are considered key hydrocarbon exploration targets. In Lunan area, exploration activities shall be focused on sequences 6, 7 and 8 for complex structural-lithologic traps. A model for the Cambrian carbonate sequences in the Tarim Basin is developed and provides helpful aid to searching for places with favorable conditions for the formation of stratigraphic lithologic traps.

Key words sequence identification; carbonate rock; Cambrian; Lunan area; Tarim Basin

塔里木盆地是一个大型克拉通盆地, 台盆区构造圈闭相对不发育是制约该区油气突破的瓶颈问题。本文运用层序地层学理论, 开展了塔里木盆地台盆区碳酸盐岩地层时空展布规律研究, 分析沉积体系的空间展布, 研究其烃源岩、储集岩发育的有利区带, 预测和发现地层岩性圈闭, 提出了新的勘探领域。

1 碳酸盐岩层序地层学

层序地层学是一门研究地层时空展布规律的科学。它是通过构造沉降、海平面变化、沉积物供应速率及气候等 4 大因素的综合分析, 研究可供沉积物沉积时空间 (即可容纳空间) 的周期性变

化, 并把一个海平面变化周期内的沉积称为层序, 又把同一周期内海平面的不同变化阶段沉积的地层划分为不同的体系域^[1-2]。

碳酸盐岩层序地层学理论虽然是从被动边缘盆地的沉积层序研究中萌芽与发展起来的, 但业界已公认碎屑岩沉积层序地层学研究方法也同样适用于碳酸盐岩沉积层序研究中^[3-6]。在研究中, 多数层序地层专家利用了或修改利用了碎屑岩沉积层序地层的埃克森模式来帮助解释碳酸盐岩沉积层序的演化^[7]。

海相碳酸盐岩与碎屑岩沉积的层序地层样式有共性和异性, 其间的最大区别是碳酸盐岩除了受海平面升降变化、构造沉降以及气候的影响, 还受盆地水体性质、生物种属类型和数量以及盆地外沉积物供给多少的影响, 并且碳酸盐岩成岩后生作用以及暴露地表后溶蚀淋滤造成其储层特征随时间会产生较大变化^[8]; 碎屑岩储层主要发育在低位体系域, 其孔隙类型、储集特征、生储盖组合随时间的变化不大。因此, 碳酸盐岩与碎屑岩体系域中储层的最大不同是它们的物源不同, 碎屑岩为外来沉积物, 而碳酸盐岩主要来自生物。另外碳酸盐岩储集体沉积在一些特殊的部位, 如高位体系域; 而且其孔隙类型、储集特征会随成岩作用的阶段不同产生一系列的变化。不过沉积物形成后, 由于受到水动力的改造作用是相同的, 两者在水动力冲刷搬运作用下再次沉积, 其沉积特征具有相似性。因此, 碎屑岩沉积层序与碳酸盐岩沉积层序在发育机制上既有差别又有共同点。这是我们开展碳酸盐岩层序地层研究所需要重视的问题。

2 塔里木盆地碳酸盐层序研究理论及方法

塔里木盆地下古生界以碳酸盐台地相沉积为主, 层序的边界往往与传统的岩性边界是一致的, 层序的划分也与传统的地层划分单元一致。仅在盆地边缘的一些穿时地层单元, 层序的划分与传统的地层划分单元有所不同^[9]。因此, 以 Vail 为代表的经典层序地层学^[9]、Galloway 的成因层序地层学^[10]以及 Cross 的高分辨率层序地层学^[11]均能适用, 尤其是以此为基础发展起来的碳酸盐岩层序地层学更能用于塔里木盆地下古生界层序地层研究。对于地震资料解释用 Vail 的经典层序地

层学^[9]更有优势, 而对于野外露头 and 钻井层序解释用 Cross 的高分辨率层序地层学则更方便^[11]。在塔里木盆地碳酸盐台盆区开展层序地层研究, 一是要看构造沉降、碳酸盐岩的产率 (海水深度和波浪共同作用的结果)、气候和海平面变化, 从而分析层序发育的规模和层序结构, 更为重要的是要看控制层序发育的主要因素是沉积物供给和可容纳空间之间的关系。即层序发育的沉积背景的总和。下面的两种不同沉积背景下碳酸盐岩层序发育模式, 是开展塔里木盆地下古生界碳酸盐岩层序地层研究的基本模式。

2.1 陡坡型层序模式

当海平面迅速下降且下降速率大于碳酸盐岩台地或滩边缘盆地沉降速率, 此时, 海平面低于台地或滩边缘, 碳酸盐岩台地广泛的陆上暴露和合适的气候条件, 形成了陡坡型层序边界 (图 1), 塔里木盆地中、上寒武统一中、下奥陶统发育这类层序, 如轮南三维地震工区中的寒武系层序 SQ3—SQ5 基准面下降半旋回沉积比基准面上升半旋回沉积发育, 并发育陡峭坡折带, 为陡坡型层序 (图 3 中 SQ3—SQ5)。

在陡坡型层序中, 坡折带以上水体相对较浅, 坡折带以下水体相对较深。坡折带以上碳酸盐岩台地, 可容纳空间减少, 沉积厚度减薄, 大部分沉积在坡折带处。古岩溶面不规则, 岩溶面和岩溶带中发育各种岩溶刻痕和溶洞, 同时, 在斜坡前缘常发生侵蚀现象, 导致台地和滩边缘及斜坡上大量的沉积物被侵蚀掉, 造成大量碳酸盐岩砾屑沿斜坡滑下, 形成滑塌沉积和碳酸盐砂屑的密度流沉积作用。斜坡失稳导致沉积物滑塌、滑塌切割, 在盆地斜坡以下再沉积, 其上覆地层主要是斜向和加积沉积。

由于海平面下降, 形成暴露层序边界, 生物建造经过淡水的淋滤, 造成溶蚀, 形成极好的储集空间。寻找这种类型生物建造型油藏, 重要的是分

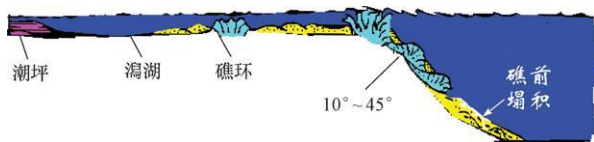


图 1 碳酸盐岩陡坡型层序发育特征示意图^[12]

Fig 1 Sketch map showing the development features of steep-slope carbonate sequences^[12]

析其盖层条件, 若其直接被低位体系域地层覆盖, 其盖层条件显然不好, 不易形成大型的油气圈闭。同时由于溶蚀和风化, 风化壳面会造成凹凸不平, 有可能造成其下部层位反射波空白现象。斜坡上发育的垮塌, 使其上的上超特征不明显。低位体系域在其前积过程中具有相变特征, 会影响其下生物建造反射特征, 造成反射空白或不连续。

2.2 缓坡型层序模式

当海平面下降速率小于盆地沉降速率时, 仅台地潮缘区和台地浅滩短时出露地表遭受剥蚀, 形成缓坡型层序界面(图 2)。该类层序边界不存在台地斜坡的侵蚀作用和沉积相带向盆地方向的迁移, 其上覆的地层一般为平行和加积的。塔里木盆地中下寒武统、中上奥陶统发育这类层序。如轮南三维地震工区中寒武系层序 SQ1—SQ2, 基准面半旋回沉积比基准面下降半旋回沉积发育, 为缓坡型层序(图 3 中 SQ1—SQ2)。

当沉积环境为碳酸盐岩台地缓坡背景, 水体受古地形影响相对较小时, 海平面变化对水体的影响较大。当海平面下降速率小于盆地沉降速率时, 仅台地边缘区和台地浅滩短时出露地表遭受剥蚀, 沉积物主要沉积在台地。由于基准面上升型层序发育时仅台地边缘区和台地浅滩短时出露地表遭受剥蚀, 储层主要为台内滩和台缘滩、礁丘, 台缘滩生物礁相对不发育。



图 2 碳酸盐岩缓坡型层序发育特征示意图^[12]
Fig 2 Sketch map showing the development features of gentle-slope carbonate sequences^[12]

3 寒武系地层格架及层序基本特征

本文的层序地层分析是以露头、测井、地震反射剖面资料为基础的一体化综合层序划分方法和对比技术为基础的^[4]。在步骤上, 先以露头层序地层分析为基础, 依据地层接触关系、颜色和岩性的垂向变化、古土壤、河流侵蚀作用、岩相的垂向变化来确定层序边界和划分层序; 同时以露头层序地层研究的结果为指导, 在研究测井曲线特征及沉积相特征的基础上进行层序和体系域的划分, 建立钻、测井层序划分方案与地震相应之间的关系, 利用地震反射终止关系确定层序边界和划分地震层序, 将露头、测井、地震层序地层的分析结果进行综合分析, 相互验证, 确定研究区层序地层的划分方案。

塔里木盆地在寒武纪—早奥陶世时期构造活动相对稳定, 气候以干热为主^[13]。寒武系在塔里木盆地广泛分布, 在盆地中西部发育局限台地相—开阔台地相—台地边缘相—斜坡相沉积, 在盆地东部为陆棚—盆地相沉积, 其岩性主要为一套灰岩、白云岩沉积组合^[14-15](图 4)。

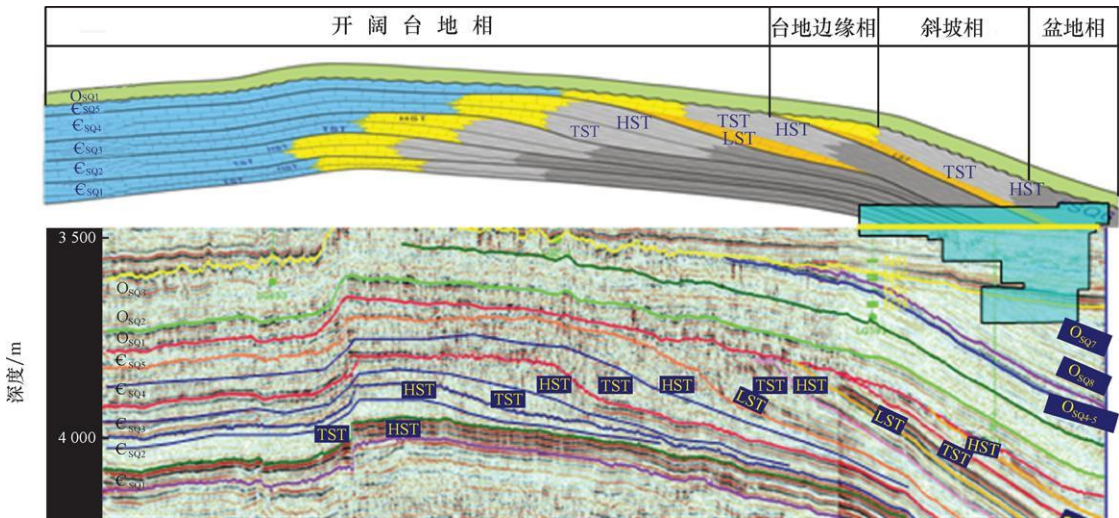


图 3 塔里木盆地轮南三维工区 Line2100 测线寒武系—奥陶系地震层序地层解释模式
Fig. 3 Interpretation model of the Cambrian-Ordovician seismic sequences of the Line 2100 in Lunnan 3-D study area, the Tarim Basin

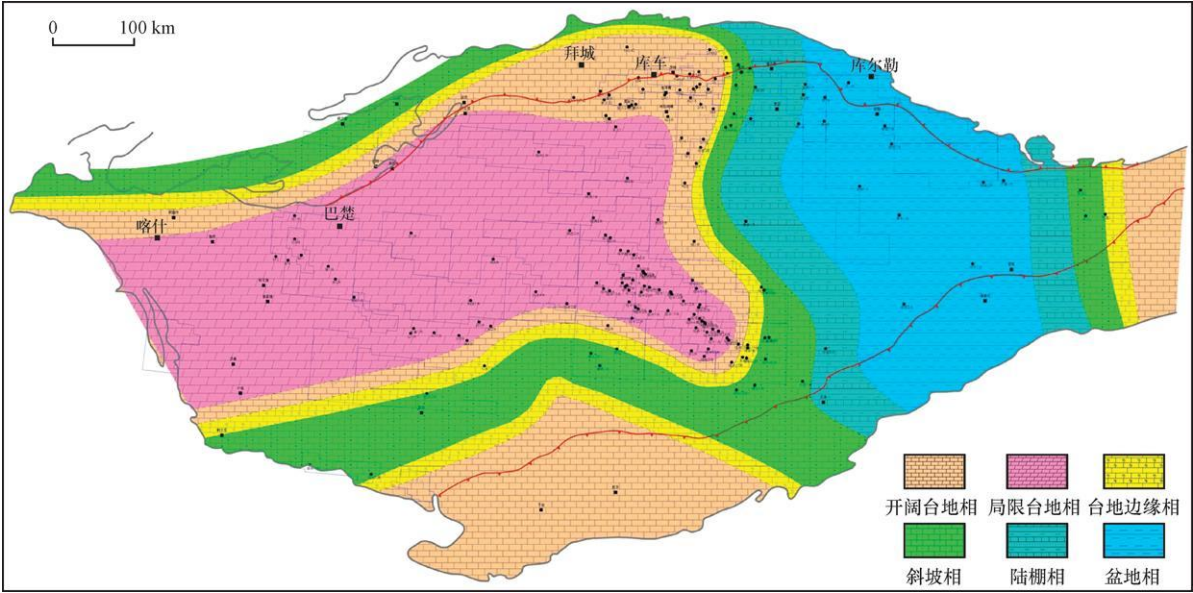


图 4 塔里木盆地早寒武世沉积相

Fig 4 Map showing the Early Cambrian sedimentary facies in the Tarim Basin

3.1 寒武系层序界面识别

本文野外露头考察的肖尔布拉克剖面, 寒武系出露连续较全, 主要发育一套潮坪相细至粉晶白云岩、砂屑白云岩, 出露的地层包括玉尔吐斯组、肖尔布拉克组、吾松格尔组、沙依里克组和阿瓦塔格组^[14]。根据野外露头剖面考察、钻井岩心观察、测井资料分析及地震剖面解释共识别出 8 个层序界面(表 1)。

3.1.1 层序界面 SB1

层序界面 SB1 相当于玉尔吐斯组底界面, 该

界面在露头剖面表现为寒武系玉尔吐斯组与震旦系奇格布拉克之间的不整合(图 5a)。该界面在电测曲线上表现为电性突变特征(图 5b), 在地震剖面上表现为 T_g^7 的反射。该反射与下伏地震反射层呈平行整合接触, 可见削截、顶超现象(图 5c)。

3.1.2 层序界面 SB2 和 SB3

层序界面 SB2 相当于肖尔布拉克组底界面, 在野外露头区界面之下为玉尔吐斯组的含小壳化石及叠层石的瘤状云岩, 界面之上为肖尔布拉克组的深灰色中厚层含硅质结核云岩, 两者之间表现为整合接触关系(图 6)。层序界面 SB3 相当于吾松格尔组底界面, 在野外露头区界面之下为肖尔布拉克组的灰色、浅灰色厚层云岩, 界面之上为吾松格尔组的灰黄色、紫红色、灰色、浅灰色薄层—块状灰岩、泥质灰岩及粉—微晶白云岩、竹叶状亮晶砾屑白云岩及白云质泥岩, 界面上、下为整合接触关系。根据和 4 井电测曲线解释, 层序界面 SB2、层序界面 SB3 在电测曲线上均呈突变形态, 而在地震剖面上反射波终止特征不明显, 无法识别。

3.1.3 层序界面 SB4 和 SB5

层序界面 SB4 相当于沙依里克组底, 在塔东为莫合尔山组底。在野外露头区界面之下为吾松

表 1 塔里木盆地寒武系层序边界划分

Table 1 Sequence boundaries in the Cambrian of the Tarim Basin

地层			层序边界特征	
系	统	组	地震反射界面	层序边界
寒武系	上统	下丘里塔格组	T_g^6	SB8
			T_g^{66}	
			T_g^{68}	SB7
	中统	阿瓦塔格组	$T_g^{6'}$	SB6
			$T_g^{6''}$	SB5
		沙依里克组		SB4
	下统	吾松格尔	T_g^7	SB3
		肖尔布拉克		SB2
		玉尔吐斯组		SB1

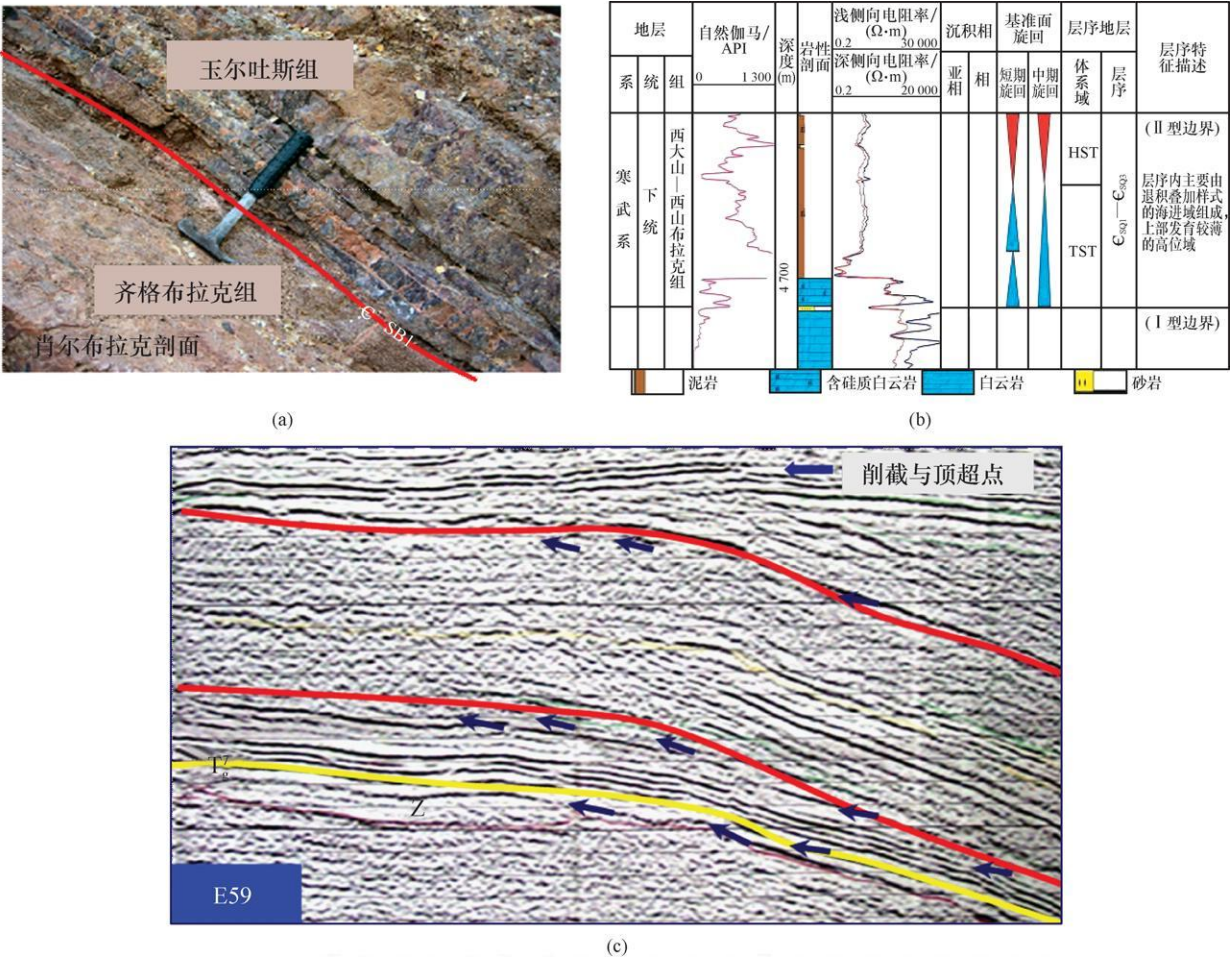


图 5 塔里木盆地寒武统玉尔吐斯组层序界面特征

Fig 5 Sequence boundary features of the Lower Cambrian Yuertusi Formation in the Tarim Basin

(a) 玉尔吐斯组底界面; (b) TD1 – 玉尔吐斯组底界面; (c) 地震 E59 线, T_g 削截、顶超反射特征



图 6 塔里木盆地寒武系层序界面 SB2 露头特征^①

Fig 6 Outcrop characteristics of the sequence boundary SB2 in the Cambrian of the Tarim Basin

① 张丽娟, 姜仁旗, 王招明, 等. 塔里木盆地寒武—石炭系层序地层学研究和勘探目标优选. 塔里木油田分公司, 2009

格尔组的泥质灰岩、云质泥岩、云岩互层, 界面之上为沙依里克组灰色、深灰色中厚层粉晶云岩, 为一岩性突变面 (图 7)。根据塔东 1 井测井资料解释, 在电测曲线上也表现为电性突变特征。在地震剖面上表现为 T_g^{66} 的反射, 该反射与下伏地震反射层呈平行整合接触。层序界面 SB5 相当于阿瓦塔格组底, 界面之下为沙依里克组的灰色、深灰色厚层-块状角砾岩、含泥白云岩及细晶灰岩, 界面之上为阿瓦塔格组的灰色白云岩、块状灰岩, 夹淡黄色、橙红色泥质灰岩。层序界面 SB5 在野外露头区为一暴露层序

边界。在电测曲线上也表现为明显的电性突变特点, 在地震剖面上反射波终止特征不明显, 无法识别。

3. 1. 4 层序界面 SB6 SB7 和 SB8

层序界面 SB6 相当于下丘里塔格组底, 野外露头为一不整合面 (图 8a)。电测曲线所示的层序界面 SB6 表现出明显的电性突变特点 (图 8b)。层序 SQ7 和 SQ8 在野外露头区遭到剥蚀, 因此层序界面 SB7 层序界面 SB8 在野外没有观察到, 在地震剖面上表现为 T_g^{66} 和 T_g^{68} 的反射 (图 9)。



图 7 塔里木盆地寒武系层序界面 SB4 在野外露头区为一平行不整合面

Fig. 7 Sequence boundary SB4 occurring as a parallel unconformity in the outcropping area of the Cambrian in the Tarim Basin

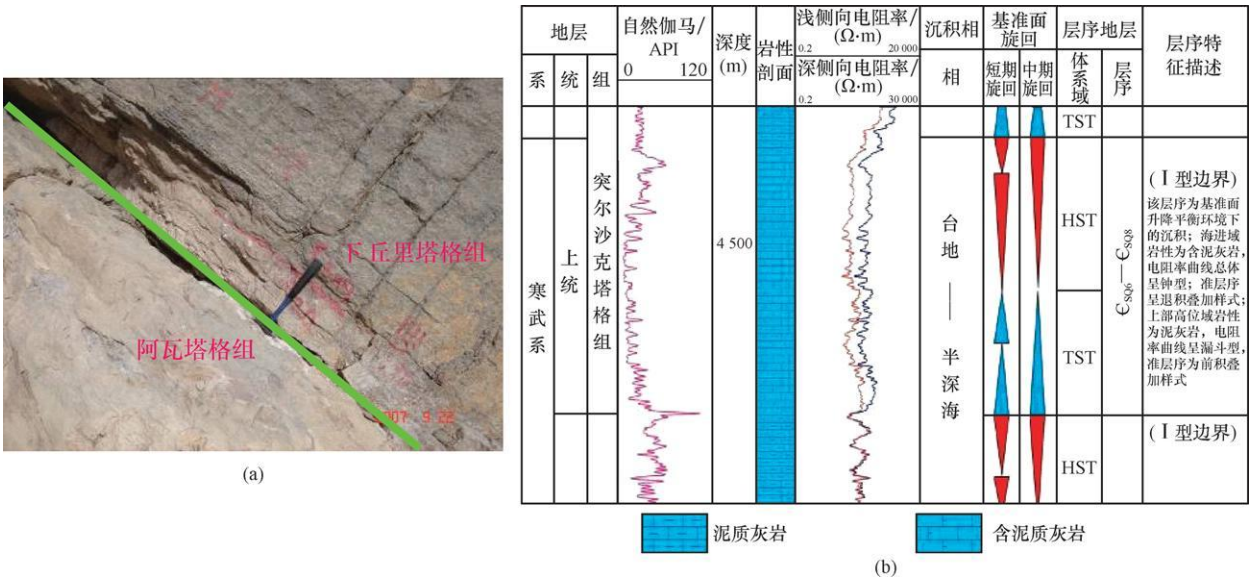


Fig. 8 Sequence features of the Lower Cambrian Lower Qilitage Formation in the Tarim Basin
(a) 层序界面 SB6 在野外露头为一不整合面; (b) TD1 井层序柱状图, SB6 表现出明显的突变特征

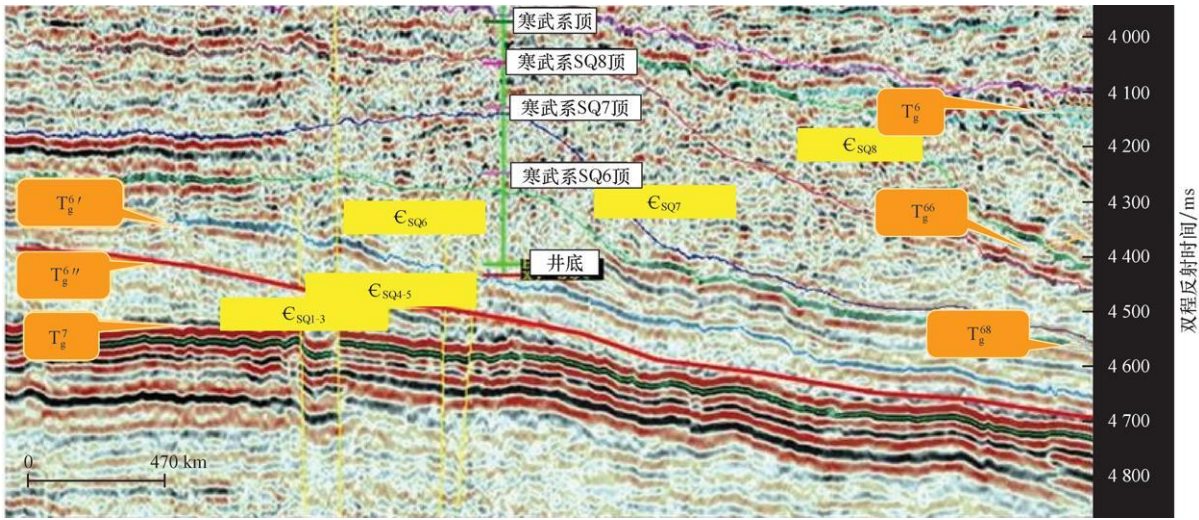


图 9 塔里木盆地过 TS1 井东西向地震偏移剖面

Fig. 9 E-W migrated section across the Well TS-1 in the Tarim Basin

3.2 寒武系层序野外、钻井、地震反射基本特征

对肖尔布拉克剖面寒武系层序特征研究, 划分了 6 个层序 (表 1), 盆地台盆区寒武系保存全, 厚度比露头区大得多。对和 4 井、塔参 1 井及塔东 1 井钻 / 测井层序解释识别了 8 个层序 (图 10)。

3.2.1 寒武系层序 SQ1、SQ2 和 SQ3

寒武系层序 SQ1 相当于玉尔吐斯组, 玉尔吐斯组的沉积构成了一个完整的基准面上升降旋回。在露头剖面层序下部为一套钙质、磷质矿物沉积, 记录着一次主要的海侵事件, 为震旦系奇格布拉克组浅水台地淹没, 为层序的海进体系域。层序上部岩性为具潜穴、虫孔构造的粒泥灰岩 (图 11a), 为开阔陆棚相沉积环境, 是层序的高位体系域沉积。

寒武系层序 SQ2–SQ3 包括肖尔布拉克组和吾松格尔组。在露头区肖尔布拉克组下部为海侵体系域纹层状地层 (图 11b), 上部是肖尔布拉克陆棚边进积形成的, 为薄层状云质灰岩, 表现为高位体系域整体向上变浅的特征, 肖尔布拉克组构成了一个完整的基准面上升降旋回。吾松格尔组下部为浅水环境沉积, 向上水体变深, 为一套下厚上薄的沉积组合, 海进特征明显 (图 11c)。

电测曲线上层序 SQ1–SQ3 伽马曲线成为较

平直小齿状, 电阻率呈高值尖峰, 旋回变化特征明显。地震剖面上层序 SQ1、SQ2、SQ3 之间的界线难以识别, 为 $T_g^{6'}$ – $T_g^{6''}$ 之间的一套平行、强连续、强振幅反射, 只能划分成一个地震层序 SQ1–SQ3 (图 8)。在地震剖面上, 可在全区追踪对比。

3.2.2 寒武系层序 SQ4–SQ5

寒武系层序 SQ4–SQ5 主要包括沙依里克组和阿瓦塔格组。在露头区层序 SQ4 下部以灰色、深灰色中厚层粉晶云岩为主, 上部为灰色、深灰色厚层–块状角砾岩。层序 SQ5 下部主要为灰色白云岩、块状灰岩, 上部为绛红色石膏化泥岩、白云质灰岩、泥质灰岩及粉砂岩组成的杂色岩层。层序 SQ4–SQ5 浅水沉积为主, 见虫孔和纹层构造和红层 (图 11d), 为基准面下降型层序。通过对准层序组叠置方式和海平面微弱的升降变化, 沙依里克组和阿瓦塔格组也各自构成了一个完整的海平面上升降旋回, 可分别划分为层序 SQ4 和 SQ5。

层序 SQ4–SQ5 在地震剖面上为 $T_g^{6''}$ – $T_g^{6'}$ 之间的中频、连续、中振幅反射, 可在全区追踪对比。

3.2.3 寒武系层序 SQ6–SQ8

寒武系层序 SQ6–SQ8 大致相当上寒武统, 在露头区下丘里塔格组发育不全, 所观察到下部

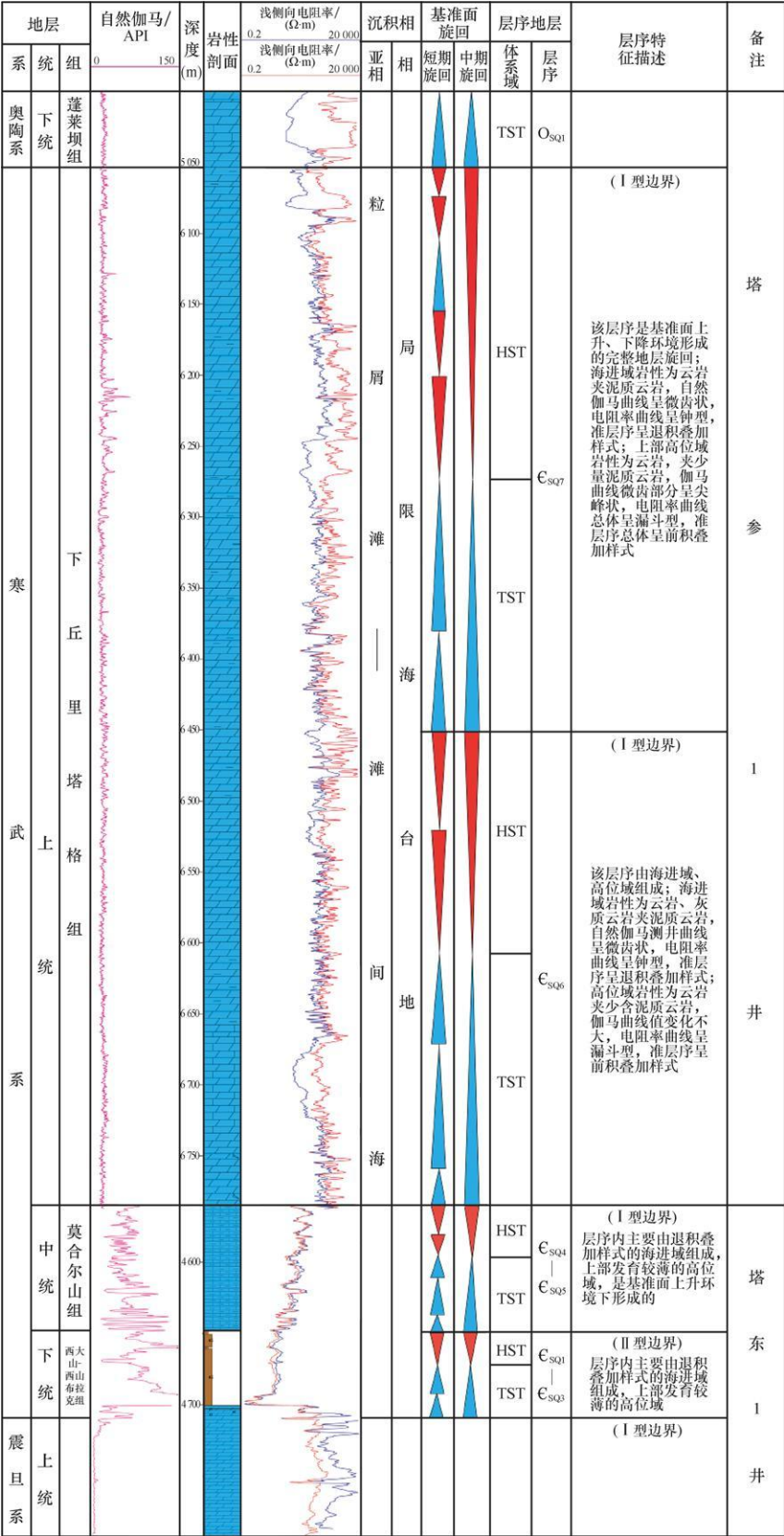


图 10 塔里木盆地寒武系层序解释与划分综合柱状图

Fig. 10 Integrated histogram of the Cambrian sequences in the Tarim Basin

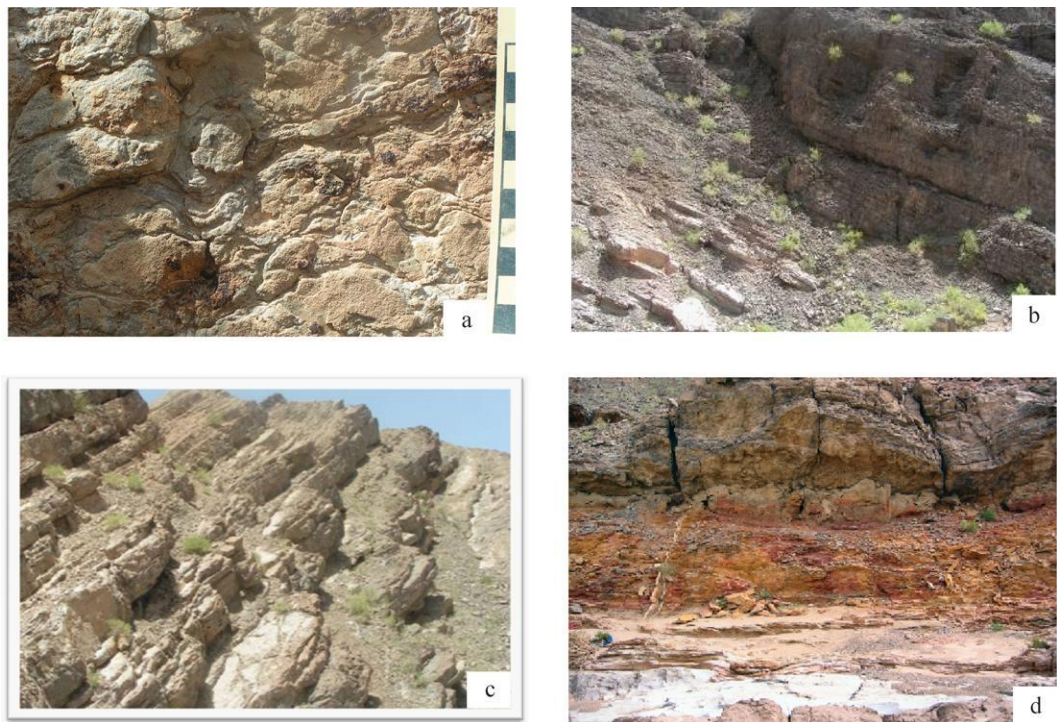


图 11 塔里木盆地阿克苏地区肖尔布拉克剖面层序地层特征

Fig. 11 Sequence stratigraphic features of Xuerbulake profile in Aksu area of the Tarim Basin

a. SQ1高位体系域具虫孔构造的白云岩; b. SQ2海进体系域纹层构造; c. SQ3海进体系域, 准层序厚度向上减薄; d. SQ5高位体系域, 见红层沉积

地层表现为向上水体变深, 上部地层表现为向上变浅, 构成了一个完整的地层旋回, 层序 SQ6 SQ7 序和 SQ8 主要是在测井和地震剖面上进行识别和划分(图 9 图 11)。这 3 个层序在轮南、古城坡折带表现为前积反射特点, 均为基准面下降型层序。钻井上库南 1 井、塔深 1 井都能识别出这 3 个层序, 电测曲线表现为明显旋回特征。

SQ6 在地震剖面上为 $T_g^{6'}-T_g^{68}$ 之间的中频、连续、中振幅反射, 在坡折带处反射较弱, 在斜坡部位反射波能量及连续性都变好。

SQ7 在地震剖面上为 $T_g^{68}-T_g^{66}$ 之间的一套反射, 其反射特征与 $T_g^{6'}$ 相似。

SQ8 在地震剖面上为 $T_g^{66}-T_g^6$ 之间的中频、强连续、中强振幅反射, 在斜坡部位为平行反射, 在构造高部位为一剥蚀面。

总之, 通过野外露头观察、钻井资料分析及地震剖面解释结果, 寒武系的 8 个层序特征是: 层序 SQ1 为完整基准面旋回型层序, SQ2 为基准面上升半旋回型层序, SQ3—SQ8 这 6 个层序均为陡坡型层序模式, 为低可容纳空间环境沉积, 为基准面下降半旋回型层序; SQ6—SQ8 各层序的高位体系域

在地震剖面上呈前积反射特征。

4 层序与有利储层

寒武系沉积发育于台地背景, 主要为基准面下降半旋回型层序。在轮南地区发育了台缘坡折带及斜坡塌积, 地震剖面上表现为楔形体特征。该类层序为碳酸盐岩台地陡坡背景, 其层序发育模式为陡坡型。陡坡型上发育的坡折带及以上区域常常露出水面, 形成暴露型不整合边界, 并形成比较陡峭的坡折带和斜坡, 坡折带生物建造发育, 斜坡上发育斜坡塌积, 是重要的储层发育区。暴露层序边界之下的古岩溶带是重要的储层。台缘坡折带沉积发育, 主要为生物礁沉积建造, 是重要的储层。因此, 基准面下降半旋回型层序中储层十分发育, 包括暴露层序边界下的岩溶型储层、坡折带上生物礁滩型储层和斜坡塌积储层, 是重要的地层岩性圈闭发育部位, 也是重要的地层岩性勘探目标。如 TS1 井, 在 7 135~7 401 m 井段钻遇 SQ4 岩性为中晶白云岩, 在底部和中部裂缝和溶孔发育, 是较好的储层。在 7 401~7 792 m 井段钻遇

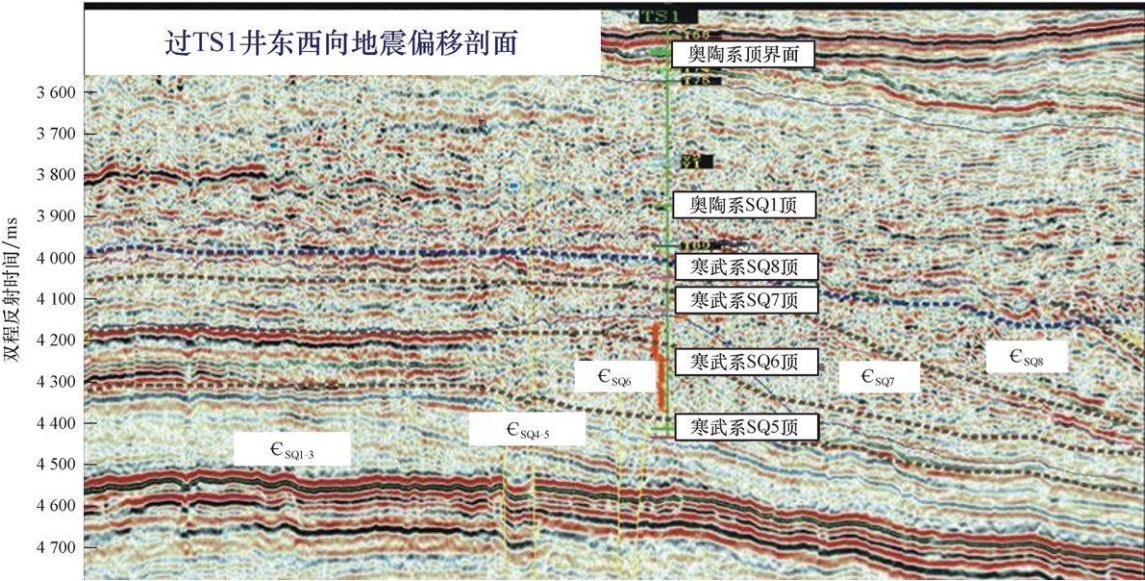


图 12 塔里木盆地过 TS1 井层序地震解释剖面

Fig. 12 Seismic profile tied to the Well TS-1 showing sequences in the Tarim Basin

SQ3 岩性为微晶白云岩,除了顶部外,整段的裂缝和溶孔十分发育,是极好的储层。例如层序 SQ7, SQ8 发现两个斜坡塌积楔形体 (图 12),斜坡塌积紧邻坡折带,多为礁前塌积。其沉积物主要来自前期层序的台地边缘沉积,物性较好,是良好储层。TS1 井钻探显示^[17],坡折带沉积具有较好的孔渗性,孔隙度达 9.1%,渗透率达 $4.16 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。奥陶系下部的区域泥灰岩构成了区域盖层,寒武系内部发育的局部致密白云岩构成了局部盖层,形成了多个的储盖组合^[18]。TS1 井于寒武系溶洞中见到黄褐色轻质油及沥青,说明该构造曾有过油气运聚的历史。

寒武系坡折带是一个多期发育的坡折带,在轮南地区,寒武系主要层序都有发育。利用层序地层、沉积相以及储层属性综合研究结果,分析了轮南地区坡折带储层发育部位,并且与其顶面构造图形成很好的叠置关系,极易形成构造-岩性复合圈闭,是本区新的勘探领域。由于轮南地区的 SQ3—SQ5 发育的层段深度大多超过 7 000 m,不容易得到清晰的地震资料,层位拾取困难,地震解释结果可靠性降低。即使确定了井位,由于深度过大,钻探难度加大,因此,层序 SQ6 SQ7, SQ8 为今后轮南地区构造-岩性复合圈闭重点勘探层序。

参 考 文 献

[1] 威尔格斯 C K 层序地层学原理 (海平面变化综合分析)

[M]. 徐怀大,魏魁生,洪卫东,等译.北京:石油工业出版社,1993 83- 105.

Wilgus C K. Principles of sequence stratigraphy(comprehensive analysis of sea-level change) [M]. Translated by Xu Huaida, Wei kuisheng Hong weidong, et al Beijing Petroleum Industry Press 1993: 83- 105

[2] 纪友亮.层序地层学[M].上海:同济大学出版社,2005 54- 89

Ji Youliang Sequence stratigraphy[M]. Shanghai Tongji University Press 2005 54- 89.

[3] 许效松.层序地层学研究进展[J].岩相古地理,1994, 14 (1): 34- 39.

Xu Xiaosong Advances in sequence stratigraphy[J]. Sedimentary Facies and Paleogeography, 1994, 14(1): 34- 39

[4] 吴因业,顾家裕.油气层序地层学[M].北京:石油工业出版社,2002 20- 53.

Wu YinYe, Gu JiayU. Petroleum sequence stratigraphy [M]. Beijing Petroleum Industry Press 2002 20- 53.

[5] Hunt D, Tucker M E. Stranded parasequences and the forced regressive wedge systems tract deposition during base-level fall [J]. Sedimentary Geology 1992, 81: 1- 9

[6] Sarg J F. Carbonate sequence stratigraphy[C]// Wilgus C K, et al eds Sea level changes an integrated approach SEPM Special Publication, 1988 42: 155- 181

[7] Sloss L L. Forty years of sequence stratigraphy[J]. Geological Society of America Bulletin 1988 100(11): 1661- 1665

[8] Mitchum R M, Jr Van W J C. High-frequency sequence and their stacking pattern: sequence-stratigraphic evidence of high-frequency eustatic cycles [J]. Sedimentary Geology, 1991, 70 131- 160

[9] Vail P R, Mitchum R M, Thompson S. Seismic stratigraphy and

- [10] 黄永建, 王成善, 汪云亮. 古海洋生产力指标研究进展 [J]. 地质前缘, 2005, 12(2): 163–170
Huang Yongjian, Wang Chengshan, Wang Yunliang. Progress in the study of proxies of paleocean productivity [J]. Earth Science Frontiers, 2005, 12(2): 163–170
- [11] 陈建芳. 古海洋研究中的地球化学新指标 [J]. 地球科学进展, 2002, 17(3): 402–410
Chen Jianfang. New geochemical proxies in paleoceanography studies [J]. Advances in Earth Sciences, 2002, 17(3): 402–410
- [12] Franco R S, Honjo S J, Manganini G E, et al. Biogenic barium fluxes to the deep sea: implications for paleoproductivity reconstruction [J]. Global Biogeochemical Cycles, 1995, 9: 289–303
- [13] Taylor M. The continental crust: its composition and evolution [M]. United States: Blackwell Scientific, 1985: 25–30.
- [14] Pederson T T, Calvert S E. Anoxia vs. productivity: what controls the formation of organic-carbon-rich sediments and sedimentary rocks [J]. AAPG Bulletin, 1990, 74: 454–466
- [15] 腾格尔, 刘文汇, 徐永昌, 等. 缺氧环境及地球化学判别标志的探讨——以鄂尔多斯盆地为例 [J]. 沉积学报, 2004, 22(2): 305–372
Tenger, Liu Wenhui, Xu Yongchang. The discussion on anoxic environments and its geochemical identifying indices [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2004, 22(2): 305–372
- [16] Jones B J, Manning A C. Comparison of geochemical indices used for the interpretation of palaeoredox conditions in ancient mudstones [J]. Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology, 1994, 111(1–4): 111–129
- [17] 腾格尔, 刘文汇, 徐永昌, 等. 无机地球化学参数与有效烃源岩发育环境的相关研究 [J]. 地球科学进展, 2005, 20(2): 193–200.
Tenger, Liu Wenhui, Xu Yongchang, et al. Correlative study on parameters of inorganic geochemistry and hydrocarbon source rocks formative environment [J]. Advances in Earth Science, 2005, 20(2): 193–200.
- [18] 胡明毅. 塔北柯坪奥陶系碳酸盐岩地球化学特征及环境意义 [J]. 石油与天然气地质, 1994, 15(2): 158–163
Hu Mingyi. Geochemical characters and environmental significance of Ordovician carbonate rocks in Keping area, Tarim Basin [J]. Oil & Gas Geology, 1994, 15(2): 158–163.
- [19] Meyers S R, Sageman B B, Lyons T W. Organic carbon burial rate and the molybdenum proxy: theoretical framework and application to Cenomanian-Turonian oceanic anoxic event 2 [J]. Paleoceanography, 2005, 20: 2002–2020.
- [20] Zhou Lian, Zhang Haiqiang, Wang Jin, et al. Assessment on redox conditions and organic burial of siliciferous sediments at the latest Permian Dalong formation in Shangsi, Sichuan, South China [J]. Journal of China University of Geosciences, 2008, 19(5): 496–506.

(编辑 高 岩)

(上接第 10 页)

- global changes of sea level [J]. AAPG Memoir, 1997, 26: 63–97.
- [10] Galloway W. Genetic stratigraphic sequences in basin analysis (1): architecture and genesis of flooding surface bounded depositional units [J]. AAPG Bulletin, 1989, 73(2): 125–142
- [11] Cross T A. Stratigraphic controls on reservoir attributes in continental strata [J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7(4): 322–350
- [12] Wilson J L. Carbonate facies in geologic history [M]. New York: Springer, 1975: 471.
- [13] 冯增昭, 彭勇民, 金振奎, 等. 中国寒武纪和奥陶纪岩相古地理 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2004: 123–124
Feng Zhenzhao, Peng Yongmin, Jin Zhenkui, et al. Lithofacies paleogeography of the Cambrian and Ordovician in China [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2004: 123–124.
- [14] 张师本, 倪寓南, 龚福华, 等. 塔里木盆地周缘地层考察指南 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2003: 9–16.
Zhang Shibei, Ni Yunan, Gong Fuhua, et al. A guide to the stratigraphic investigation on the periphery of the Tarim Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2003: 9–16.
- [15] 徐怀大, 樊太亮, 韩革华, 等. 新疆塔里木盆地层序地层特征 [M]. 北京: 地质出版社, 1997: 166–191
Xu Huaida, Fan Tailiang, Han Gehua, et al. Sequence pattern of the Tarim basin, Xinjiang [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1997: 166–191.
- [16] 漆立新, 云露. 塔河油田奥陶系碳酸盐岩岩溶发育特征与主控因素 [J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(1): 1–12
Qi Lixin, Yun Lu. Development characteristics and main controlling factors of the Ordovician carbonate karst in Tahe oilfield [J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(1): 1–12.
- [17] 云露, 翟晓先. 塔里木盆地塔深 1 井寒武系储层与成藏特征探讨 [J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(6): 726–732
Yun Lu, Zhai Xiaoxian. Discussion on characteristics of the Cambrian reservoirs and hydrocarbon accumulation in well Tashen-1, Tarim Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(6): 726–732.
- [18] 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): 69–77
Li Huili, Qian Yixiong, Sha Xuguang, et al. Development characteristics and influencing factors of carbonate reservoirs in the Ordovician Liangliage Formation at the northwest pitching end of the Katakong Uplift, the Tarim Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(1): 69–77.

(编辑 高 岩)