

文章编号: 1009-3850(2006)04-0051-06

塔中志留系层序及其可容纳空间分析

赵文光¹, 彭仕宓¹, 蔡忠贤², 韩 涛¹

(1. 中国石油大学, 北京 102249; 2. 中国地质大学, 湖北 武汉 430074)

摘要: 根据经典层序地层学理论, 综合研究野外露头、测井、地震等资料, 将塔中地区志留系划分为 5 个层序, 每个层序均由海侵和高位体系域两部分组成。除 SQ_1 为 I 型层序外, 其余 4 个层序均为 II 型层序, 而且 SQ_3 为一个三级中间体系域。受加里东运动影响, 隆升后的塔中地区在晚奥陶世遭受剥蚀, 地形变得平缓, 在此基础上形成了以潮坪沉积为主的志留纪滨浅海沉积。在志留纪塔中地区构造稳定, 海平面的升降决定了可容纳空间的大小。潮坪沉积相带的迁移反映了在全球海平面升降形成的异旋回中发育的潮坪自旋回沉积, 可容纳空间动态变化是外在的表现形式。

关键词: 塔中; 志留系; 潮坪; 层序地层学; 可容纳空间; 新疆

中图分类号: P534.43

文献标识码: A

1 区域地质背景

塔里木盆地介于天山与昆仑山和阿尔金山之间, 是一个发育在塔里木板块中部稳定区的大型叠合复合盆地。自震旦纪到第四纪, 塔里木盆地经历了从海相、海陆过渡相到陆相的完整海侵海退沉积旋回^[1]。志留系在塔里木盆地分布很广, 西北缘柯坪—巴楚地区和东北缘库鲁克塔格地区有大面积的出露, 塔北隆起、北部凹陷、中央隆起和西南凹陷 4 个构造单元均已钻遇^[2]。

塔中地区位于盆地中部的沙漠腹地, 构造上属于中央隆起的塔中低隆起(图 1)。由于加里东运动和早海西运动的影响, 受南北强烈挤压, 塔中地区逐渐形成近东西向、东高西低的塔中低凸起。塔中志留系是在地形起伏不大的奥陶系残余地形地貌上超覆沉积的一套具有西薄东厚、南薄北厚分布特征的海相碎屑岩沉积, 主要发育潮坪沉积体系^[3~9]。

2 层序划分

层序地层学理论提供了以不整合面或与之相对

应的整合面为界的成因地层单位的年代地层等时格架。由于研究方法和观点的不同, 对塔里木盆地及其部分地区志留系层序的划分也不尽相同^[8~23]。本文应用 EXXON 学派的经典层序地层学方法, 综合分析露头、岩心、测井和地震等资料, 建立塔中地区志留系层序等时格架。

塔中地区志留系可以划分 3 个地震层序(图 2), 在测井上可以识别出 5 个测井层序(图 3)。通过对塔中 11 井等 45 口井的测井资料分析, 结合野外露头和地震资料, 把该区志留系地层划分成 5 个层序(表 1), 每个层序均由海侵体系域(TST)和高位体系域(HST)组成。除 SQ_1 为 I 型层序外, 其它 4 个层序均为 II 型层序。图 4 为塔中志留系近东西向层序对比图。 SQ_1 、 SQ_2 在塔中地区普遍发育, SQ_3 、 SQ_4 和 SQ_5 在部分地区缺失(如塔参 1 井、塔中 4 井), SQ_5 在塔中 11 井等地方缺失, 可能是受剥蚀所致。每个层序厚度基本上是由北向南递减的, 反映了发生沉积时在海平面变化之下潮汐能量的变化也是从北向南逐渐减弱的。

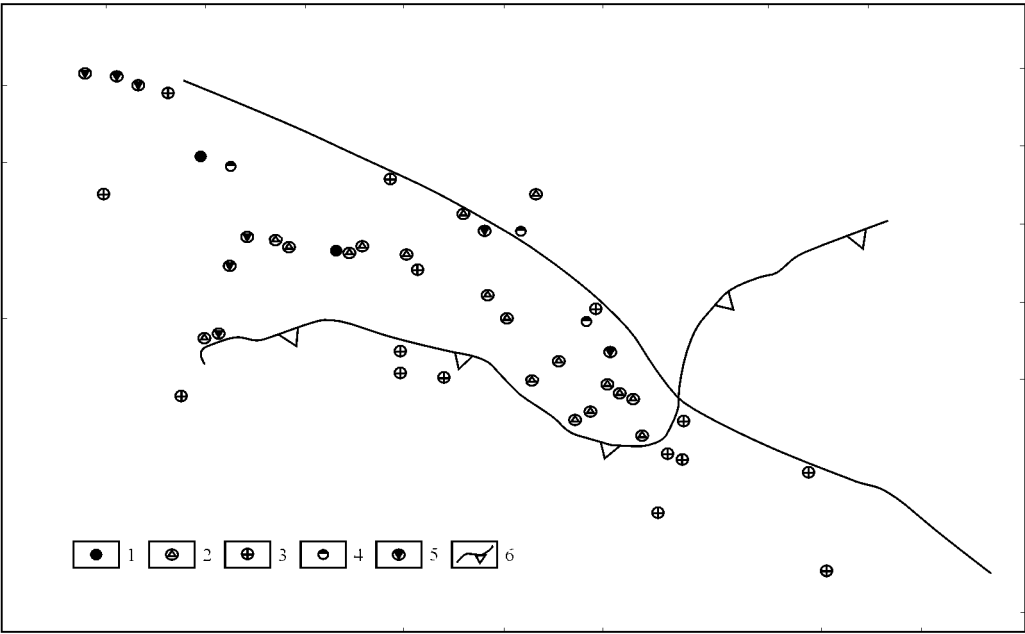


图 1 塔中井位图

1. 工业油气流井; 2. 油气显示井; 3. 干井; 4. 低产油气流井; 5. 沥青显示井; 6. 志留系尖灭线

Fig. 1 Distribution of the well sites in central Tarim Basin

1= industrial oil and gas flow well; 2= oil and gas show well; 3= dry well; 4= stripper well; 5= asphalt show well; 6= Silurian wedge-out line

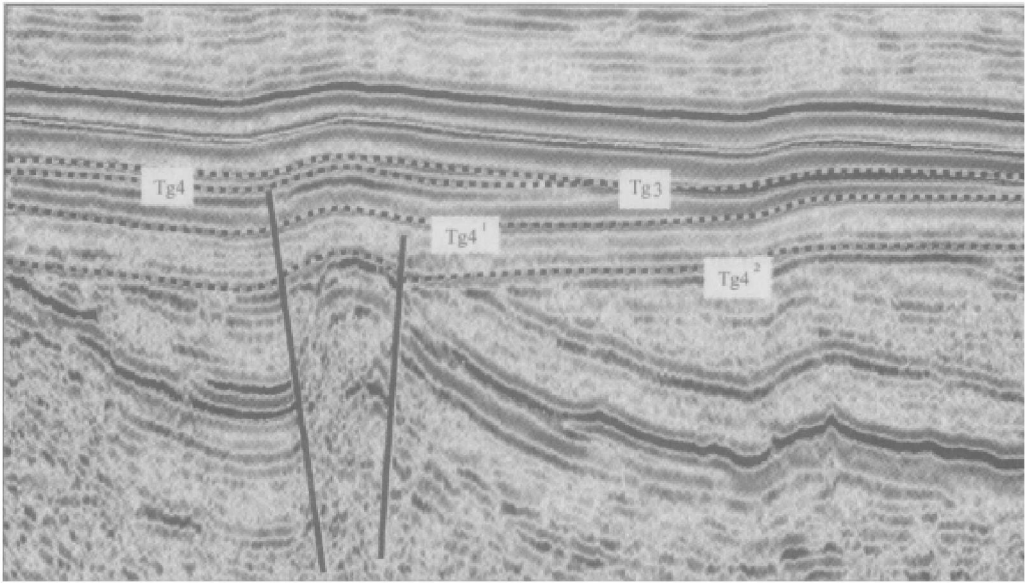


图 2 塔里木盆地塔中志留系地震层序(据文献^[8])

Fig. 2 Seismic sequences in the Silurian strata in central Tarim Basin (after Hu Shaohua *et al.* , 2005)

3 体系域特征

塔中志留系层序形成于缓坡边缘, 低位体系域和陆架边缘体系域不发育或难以识别, 所以把最大

海泛面以下划分为海侵体系域, 最大海泛面之上划分为高位体系域。在最大海泛面位置, 潮汐的作用也发挥到最大, 沉积物粒度最粗, 自然伽马曲线的值是最底的。层序界面都是岩相突变面, 也是沉积相发生跳相的界, 存在明显的沉积间断(图3, 图4)。

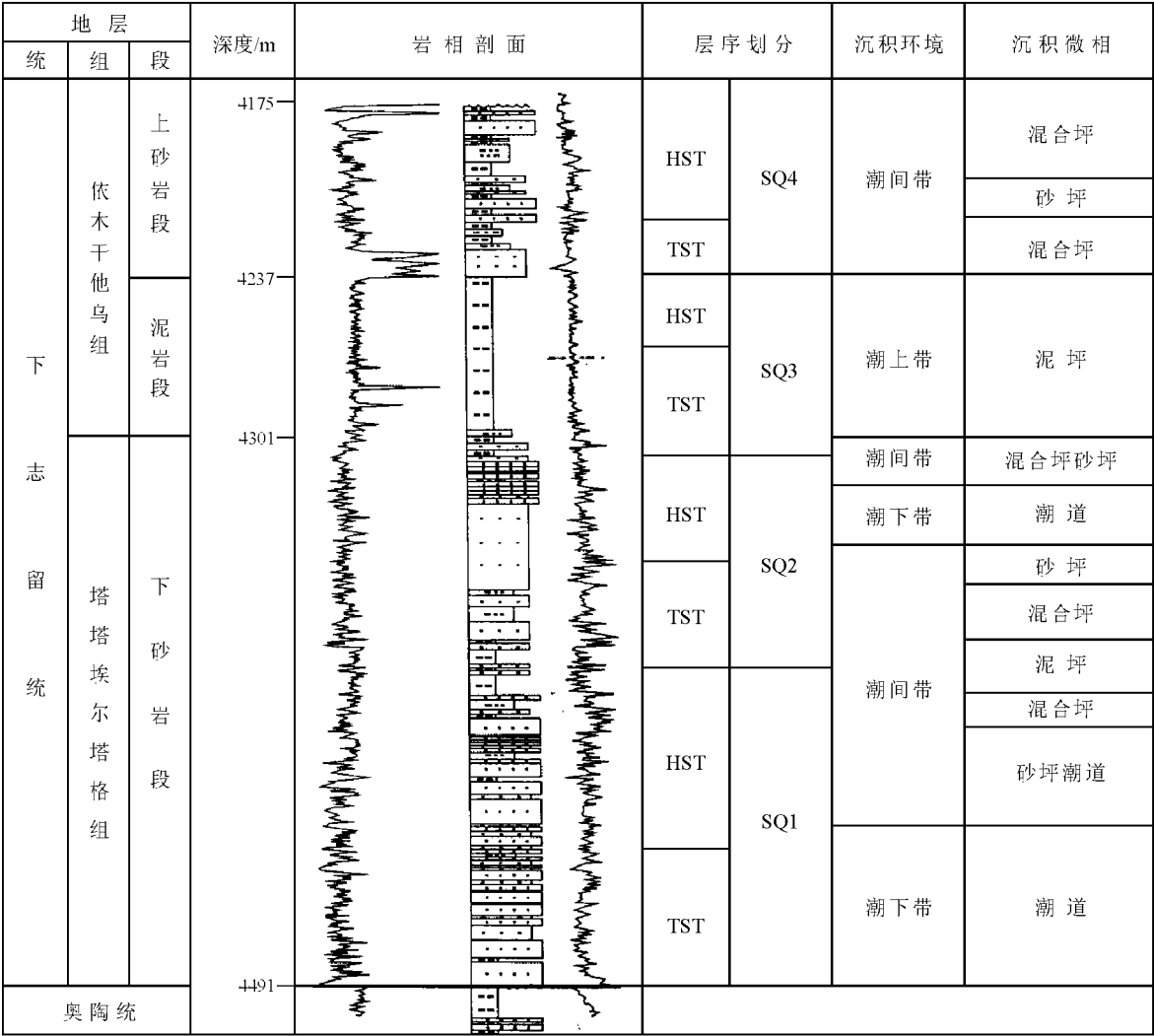


图 3 塔中 11 井志留系测井层序

Fig. 3 Well logging sequences in the Silurian strata through the Tazhong-11 well

表 1 塔中地区下志留统层序划分方案

Table 1 Classification of the Lower Silurian sequences in central Tarim Basin

地 层			层序	体系域
统	组	段		
下 志 留 统	依木干他乌组	上砂岩段	SQ ₅	HST
				TST
		红泥岩段	SQ ₄	HST
				TST
	塔塔埃尔特塔格组	下砂岩段	SQ ₃	HST
				TST
		下砂岩段	SQ ₂	HST
				TST
		下砂岩段	SQ ₁	HST
				TST

塔中志留系为典型的潮坪沉积,发育潮道、砂坪、混合坪和泥坪微相(图 5)。潮坪沉积反映在体系域也呈现其自身的特殊性:海侵体系域由向上砂岩增加、泥岩减少、砂泥比值变大的退积准层序组成。随着海平面的升高,基准面 上升,可容纳空间增加,沉积物供给速率也增加,向海一侧的潮道和砂坪沉积微相向陆迁移。海侵体系域反映了在海平面上升过程中潮汐能量由弱变强的过程;高位体系域是由砂岩厚度稳定的加积准层序和向上砂岩厚度减薄、泥岩厚度增加、砂泥比值变小的进积准层序组成。随着海平面的下降,基准面下降,可容纳空间减小,沉积物供给速率降低,沉积环境从潮下带过渡到潮间带,沉积微相依次为潮道、砂坪、混合坪和泥坪。高位体系域反映了海平面下降过程中潮汐能量由强到弱的一个过程。SQ₃ 的沉积粒度太细,基本上都

是紫红色泥岩,其体系域不存在上述规律。

4 可容纳空间分析

在志留纪,塔里木盆地稳定的克拉通内坳陷盆地^[19],塔中地区的整体构造沉降幅度不大,导致决定可容纳空间变化的主控因素是海平面的变化。随着海平面的变化沉积相发生相应的变化。在奥陶纪末期,受晚加里东运动影响,塔中地区隆起抬升,遭受风化剥蚀,形成准平原化的低缓地形。

构造沉降、海平面上升、沉积物供给和气候是控制着可容纳空间的大小,可容纳空间的变化是各种控制因素的外在表现。塔中地区由于受加里东中期艾比湖运动影响产生了隆升运动^[20],同时晚奥陶世末的全球性海退也对塔中地区产生了影响,致使该区海平面下降、海水退出。在奥陶世末—志留世早期,塔中基底隆起,致使塔中地区普遍遭受剥蚀,柯

坪塔格组不发育。在早志留世中期,海水自东北方向(西北可能也有一支)迅速向盆地的广大地区进侵^[21],海水迅速覆盖塔中地区。迅速海侵使塔中地区的可容纳空间达到最大,潮汐能量居于主导地位,波浪的能量随着海水深度的增加有所增加,沉积环境为潮下带,主要发育潮道相沉积。海平面上升到最大海泛面时,潮汐能量达到最大,可容纳空间也最大,沉积环境为潮下带,发育潮道沉积。由于沉积物供应量充足,沉积物的粒度也是最大的,不会形成凝缩段。在高位体系域中晚期海水迅速减少,可容纳空间减小,由于地形缓水深小,波浪的能量消耗殆尽,潮汐能量也在相应的减小,沉积物供给速率减少,沉积环境为潮间带,发育砂坪、潮间带潮道、混合坪沉积。

在SQ₂海平面上升,可容纳空间增大,但要比SQ₁小得多。随着海平面的上升,可容纳空间增大,

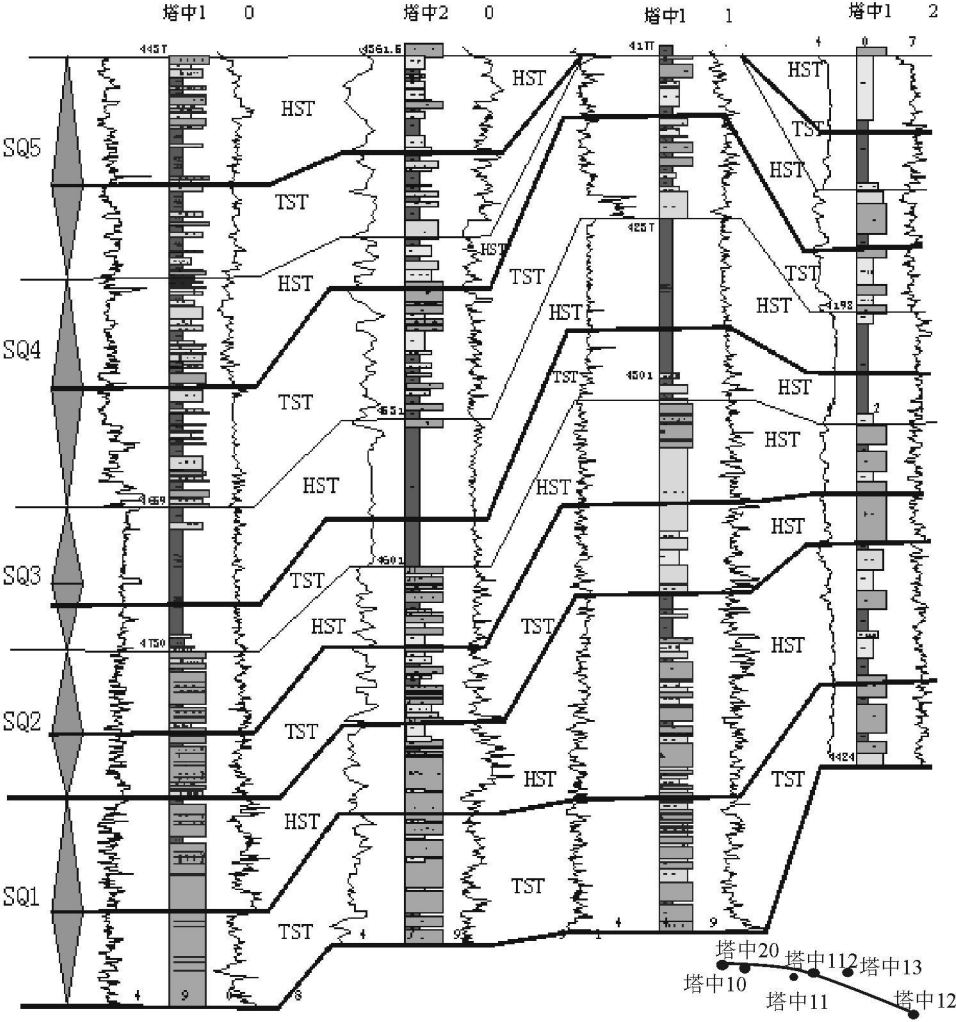


图4 塔中地区志留系近东西向层序对比剖面图
Fig. 4 Correlation of the nearly EW-trending Silurian sequences in central Tarim Basin

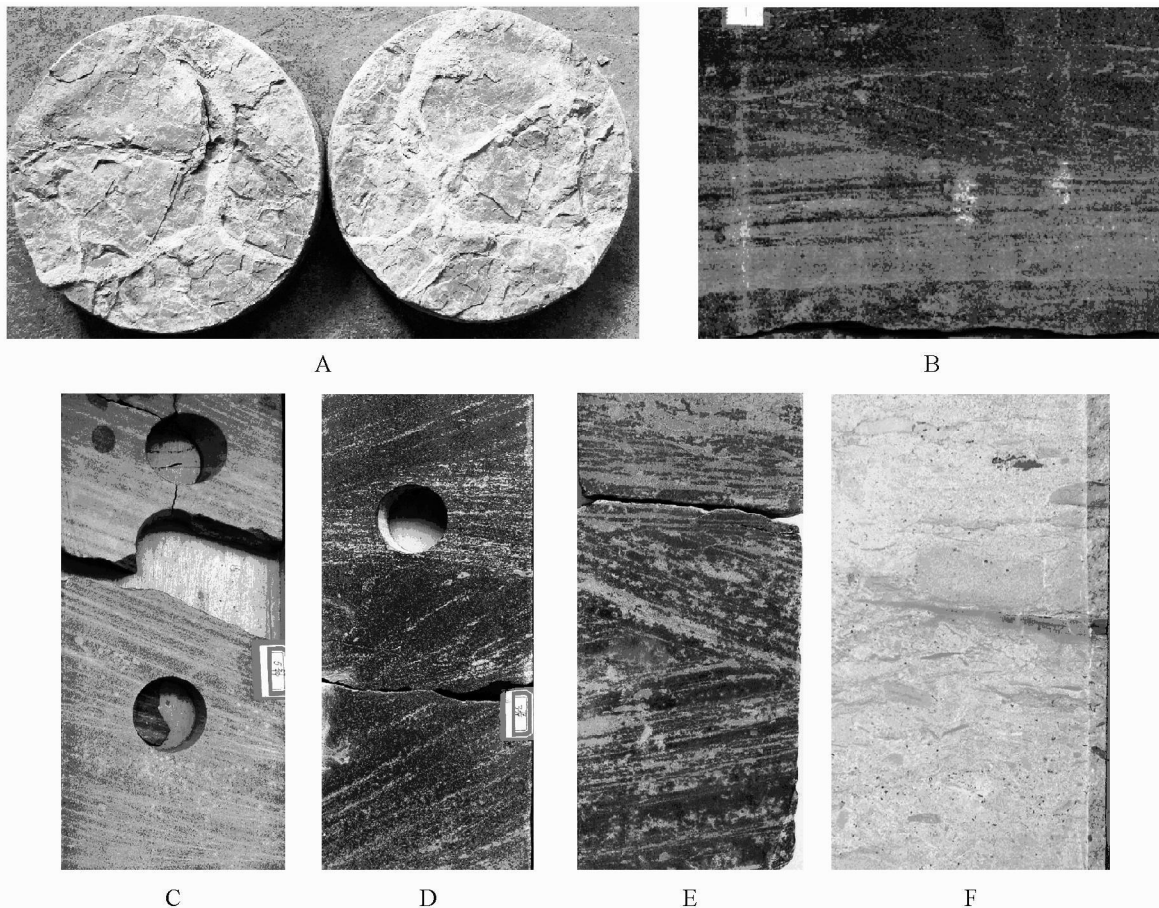


图 5 塔中地区志留系潮坪沉积典型沉积构造

A. 泥坪泥裂(塔中 117 井); B. 砂坪平行层理(塔中 111 井); C. 砂坪单向斜层理(塔中 11 井); D. 潮道双向交错层理(塔中 11 井); E. 潮道羽状交错层理(塔中 31 井); F. 潮道底部砾岩(塔中 31 井)

Fig. 5 Representative sedimentary structures in the Silurian tidal-flat deposits in central Tarim Basin

A= mud-flat mud cracks (Tazhong-117 well); B= sand-flat parallel bedding (Tazhong-111 well); C= sand-flat unidirectional oblique bedding (Tazhong-11 well); D= tidal-channel bidirectional cross-bedding (Tazhong-11 well); E= tidal-channel feather cross-bedding (Tazhong-31 well); F= tidal-channel basal conglomerate (Tazhong-31 well)

沉积环境依次为潮间带、潮下带;当海平面下降时,可容纳空间减小,沉积环境从潮间带过渡到潮上带。

由于前两个层序发育过程中沉积物不断的“填平补齐”, SQ_3 发生的时候塔中的地形变得近乎水平。这时海平面变化不大,潮汐在到达潮上带之前,大部分能量在与平缓海底的摩擦中消耗掉了,致使潮汐能量最小。在塔中的大部分地区,沉积物的供给和水体的变化不大,可容纳空间很小且变化不显著,形成了广泛分布的泥坪沉积。从沉积物的供给和海平面的变化可以确认 SQ_3 为三级中间体系域。在这个三级中间体系域中,凝缩段是难以识别的。即是存在凝缩段,只在塔中及其附近具有可比性,与盆地内诸如塔北、满加尔地区等地区不具可比性。

塔中志留系 5 个层序中, SQ_1 的可容纳空间最大,其次为 SQ_2 、 SQ_4 和 SQ_5 , SQ_3 的最小,海平面的变

化控制着沉积背景的变化,进而控制沉积物供给速率的变化,最终决定着可容纳空间的大小。海平面上升,海水深度增加,可容纳空间增大,沉积物供给速率加大,发育潮道、砂坪沉积;海平面下降,潮汐能量减弱,可容纳空间减小,沉积物供给速率变小,发育混和坪、泥坪沉积。塔中地区志留系潮坪沉积是在可容纳空间动态变化过程中,由自旋回和异旋回共同作用的产物。

5 结 论

(1) 将塔中地区志留系划分为 5 个层序,每个层序均由海侵体系域和高位体系域两部分组成。 SQ_1 为 I 型层序, SQ_2 、 SQ_3 、 SQ_4 和 SQ_5 均为 II 型层序, SQ_3 为三级中间体系域。

(2) 潮坪沉积相带的推移是可容纳空间变化的

具体体现,可容纳空间变大,相带向海方向推移,发育潮下带;可容纳空间减少,相带向岸向推移,发育潮间带,甚至潮上带。

(3) 潮坪沉积相带的推移不但是潮汐能量差异的具体表现,而且是宏观上海平面变化的产物,是自旋回和异旋回共同作用的产物。可容纳空间是各种影响因素的外在表现形式。

参考文献:

[1] 顾家裕. 塔里木盆地沉积层序特征及其演化[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996.

[2] 周志毅. 等. 塔里木盆地各纪地层[M]. 北京: 科学出版社, 2001.

[3] 童晓光, 梁狄刚. 等. 塔里木盆地油气勘探论文集[M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1992.

[4] 赵靖舟. 塔里木盆地石油地质基本特征[J]. 西安石油学院学报, 1997, (3): 8—20.

[5] 谢晓安, 吴奇之, 卢华复. 塔里木盆地古生代构造格架与沉积特征[J]. 沉积学报, 1997, (6): 152—155.

[6] 朱爱国, 孟繁友, 杨品. 塔里木盆地塔中 32 井沉积相及层序地层分析[J]. 新疆石油学院学报, 1998, 10(2): 1—9.

[7] 赵澄林. 等. 油区岩相古地理[M]. 东营: 石油大学出版社, 2001.

[8] 胡少华, 李秀珍, 王庆国. 塔里木盆地志留纪地层分布及其地震层序特征[J]. 石油地球物理勘探, 2005, 40(增刊): 11—18.

[9] 侯会军, 王伟华, 朱筱敏. 塔里木盆地塔中地区志留系沉积模式探讨[J]. 沉积学报, 2002, 15(3): 41—47.

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

[11] 谢晓安, 吴奇之. 等. 塔里木盆地中生代构造格架与沉积特征[J]. 沉积学报, 1997, (6): 152—155.

[12] 徐怀大, 樊太亮. 等. 新疆塔里木盆地层序地层特征[M]. 北京: 地质出版社, 1997.

[13] 张振生, 刘社平. 等. 塔里木盆地海相地层层序地层学与非构造圈闭研究[J]. 石油地球物理勘探, 1997, (4): 538—555.

[14] 陈方鸿, 王贵文. 塔里木盆地塔中地区志留系测井层序地层学研究[J]. 沉积学报, 1999, (1): 56—62.

[15] 王毅. 塔里木盆地震旦系一中泥盆统层序地层分析[J]. 沉积学报, 1999, (3): 414—424.

[16] 朱筱敏, 王贵文, 谢庆宾. 塔里木盆地志留系沉积体系及分布特征[J]. 石油大学学报(自然科学版), 2002, 26(3): 5—11.

[17] 顾家裕, 朱筱敏. 等. 塔里木盆地层序地层特征与非构造圈闭勘探[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003.

[18] 朱筱敏, 王贵文, 谢庆宾. 塔里木盆地志留系层序地层特征[J]. 古地理学报, 2001(5): 67—71.

[19] 顾家裕. 等. 沉积相与油气[M]. 北京: 石油工业出版社, 1994.

[20] 朱筱敏. 层序地层学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003.

[21] 高岩, 赵秀歧. 等著. 塔里木盆地层序地层特征与非构造圈闭勘探[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003.

[22] 牟书令. 等. 中石化西部新区勘探论文集[M]. 北京: 石油工业出版社, 2004.

Sequence stratigraphy of the Silurian strata and accommodation spaces in central Tarim Basin, Xinjiang

ZHAO Wen-guang¹, PENG Shi-mi¹, CAI Zhong-xian², HAN Tao¹

(1. China University of Petroleum, Beijing 102249, China; 2. China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China)

Abstract: The Silurian strata in central Tarim Basin, Xinjiang may be grouped, on the basis of classical sequence stratigraphic theory, and outcrops, well logs and seismic sections, into five sequences, of which four are assigned to the type 2 sequence except SQ₁ as the type 1 sequence. Each of them consists of transgressive and highstand systems tracts. SQ₃ is interpreted as a third-order intermediate system tract. Influenced by the Caledonian orogeny, the uplifted central Tarim Basin area was subjected to the erosion during the Late Ordovician, followed by the deposition of the tidal flat-dominated Silurian littoral and shallow marine deposits. The Silurian time was tectonically quiet in this area. The eustatic fluctuations may exercise a major control on the sizes of the accommodation spaces. The migration of the tidal-flat facies has mirrored the variations in accommodation space and tidal energy, and represents the products originated from the combination of autocyclic and allocyclic deposition in response to the global eustatic fluctuations. The dynamic patterns of the accommodation spaces may be the external expressions of tidal cyclicity.

Key words: central Tarim Basin; Silurian; tidal flat; sequence stratigraphy; accommodation space; Xinjiang