

# 塔里木盆地 K<sub>2</sub>-E 旋回层序与海平面变化

薛莲花<sup>1</sup> 陈国俊<sup>1</sup> 王琪<sup>1</sup> 史基安<sup>1</sup> 肖立新<sup>2</sup> 杨军<sup>2</sup> 赵克斌<sup>2</sup>

1(中国科学院兰州地质研究所 兰州 730000) 2(新疆石油管理局地调处研究所 乌鲁木齐 830011)

**提 要** 塔里木盆地西南缘 K<sub>2</sub>-E 海相碳酸盐岩地层中可识别出七种类型的高频旋回层序,主要有潮下缓坡型、台地型、台地边缘型碳酸盐旋回层序及以碎屑岩为主的潮间-潮上型旋回层序。平面上,不同类型高频旋回层序成为特定古地理背景下台地碳酸盐沉积体系、滨岸沉积体系和冲积沉积体系沉积层序的代表。纵向上,各类高频旋回层序的有序叠加,其类型的变化反映了沉积环境、沉积相的演变过程。研究结果表明,研究区各类高频旋回层序下部单元至上部单元微相的转变是受高频率海平面变化的影响,低频率海平面升降控制了高频旋回层序的叠加形式,造成沉积环境由下至上滨岸→碳酸盐台地→滨岸→河流的变化。正是由于不同周期海平面变化旋回的叠加形成了塔里木盆地西南缘 K<sub>2</sub>-E 的复合海平面变化旋回层序。

**关键词** 高频旋回层序 沉积体系 海平面变化 K<sub>2</sub>-E 塔里木盆地

**第一作者简介** 薛莲花 女 34 岁 助研 沉积学

地质历史时期中地层旋回性的序次早就被地质学家所认识,而且被认为是与不同旋回级次相对海平面变化的综合作用有关<sup>[1-3]</sup>,向上变浅的碳酸盐岩高频旋回层序在长周期旋回层序中常呈系统而有序的垂直叠加形式<sup>[3]</sup>。高频旋回层序的有序叠加形式可以用来识别较高级别的旋回层序以及它们所包含的体系域单元,最后确定长周期海平面变化<sup>[4]</sup>。本文意在通过识别不同类型的高频旋回层序及其叠加形式,对塔里木盆地西南缘中-新生界海相碳酸盐岩地层旋回层序类型及旋回序列等时性进行对比,建立其层序地层格架,并分析海侵-海退旋回中旋回层序、沉积体系的演变过程。

塔里木盆地西部是我国晚白垩世至早第三纪海相地层发育的重要地区。从晚白垩世初到渐新世,受特提斯海洋壳扩张影响,海水多次自西向东侵漫到喀什、叶城及和田等地区,形成了西塔里木海湾<sup>[5]</sup>,使西南拗陷区广泛接受了一套滨海、浅海-泻湖相的碳酸盐岩、膏盐岩及碎屑岩沉积,含丰富的海相生物化石,如有孔虫、腹足类、瓣鳃类等。研究区位于塔里木盆地西南缘西昆仑山前,主要剖面位置如图 1 所示。

## 1 高频旋回层序分析

经过对地面露头和钻井剖面的详细观察研究,

在塔里木盆地西南缘晚白垩世-早第三纪地层中,

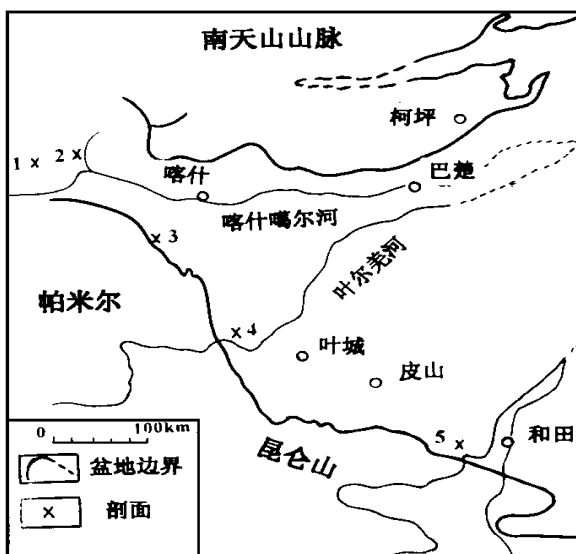


图 1 研究区剖面位置简图

1. 斯木哈纳; 2. 乌鲁木齐特; 3. 乌依塔克; 4. 阿尔塔什; 5. 杜瓦

Fig. 1 Location of the study profiles in southwest of Tarim Basin

共识别出 50 余个高频旋回层序(五级旋回),主要有七种类型,包括潮下缓坡型碳酸盐旋回层序,台地边缘型碳酸盐旋回层序,台地型碳酸盐旋回层序,潮间-潮上型旋回层序和冲积型旋回层序(图 2 3)。

1.1 潮下缓坡型碳酸盐旋回层序 (a)

这种类型的旋回层序的上部单元为泥晶生物灰岩,下部单元为灰绿、深灰色泥岩夹泥质介壳层。泥岩中富含牡蛎、蛤、菊石、海胆等化石,沿层面分布,保存完好,一般层理不明显,见水平纹层和虫迹等,牡蛎多是薄壳的小个体,数量较少,底栖有孔虫和介形虫的属种皆较少,说明它形成于较深水环境,菊石和海胆则是正常浅海生物,多种生物的共生表明当时的环境属正常浅海类型。这些特征都表明这种以生物灰岩为覆盖层的旋回层序是在水体宁静的正常浅潮下低能环境形成的。

1.2 台地边缘型碳酸盐旋回层序 (b)

该类旋回层序以粒屑灰岩、礁灰岩及鲕状灰岩为覆盖层,下部单元为泥晶生物灰岩、灰白色、粉红色淀晶灰岩、泥晶粉晶含泥灰岩,构成了向上变浅的

序列。含固着蛤、牡蛎、龙介虫管、藤壶等海相化石,普遍具鸟眼构造、内碎屑结构,表鲕核心多为陆屑砂粒,固着蛤的口盖均遭破坏。可见大型楔状层理。上述特征均表明其沉积环境是处于台地边缘潮间-潮下高能相带。

1.3 台地型碳酸盐旋回层序 (c)

这种旋回层序的上部单元多为含泥及陆屑的泥晶白云岩、灰质白云岩,含蛤及螺,具鸟眼构造,如果与外海连通性不好,顶部会出现石膏层。下部单元为泥、粉晶含泥灰岩、生物碎屑灰岩、生物灰岩,含牡蛎、介形虫、有孔虫。有较多生物发育和生物碎屑灰岩、生物灰岩的沉积表明,当时塔里木海为正常浅海环境,具鸟眼构造白云岩的形成,说明水深变浅至潮间环境,如果海水补给受限,则呈局限台地环境。

表 1 塔里木盆地西部 K<sub>2</sub>-E 海进-海退旋回与层序划分

Table 1 Division of the K<sub>2</sub>-E transgressive-regressive cycles and sequences in western Tarim Basin

系	地 层		陆	潮上一 潮间带	潮下带 —浅海	海进— 海退旋回	四级旋 回层序	相对体 系 域	三级旋 回层序	体系域	二级旋 回层序	体系域	
	统	组											
下 第 三 系	渐新统	巴 什 布				5	N <sub>5</sub>	RHST	III <sub>2</sub>	HST		HST	
		拉 克 组						RLST					
	始新统	乌 拉 根 组					4	N <sub>4</sub>					RHST
		卡 拉 塔 尔 组											RLST
	古新统	齐 姆 根 组					3	N <sub>3</sub>					RHST
		阿 尔 塔 什 组											RLST
白 垩 系	上 统	吐 依 洛 克 组	2	N <sub>2</sub>	RHST	III <sub>1</sub>	HST		TST				
		依 格 孜 牙 组			RLST								
		乌 依 塔 克 组		1	N <sub>1</sub>					RHST			
		库 克 拜 组								RLST			
	下 统	克 孜 勒 苏 群							TST				

1.4 潮间-潮上型旋回层序

潮间-潮上型旋回层序包括三种类型: 第一种是以白云岩为底层单元的旋回层序 (d), 其底部单元为泥、粉晶白云岩, 横向上可相变为灰质云岩和泥晶陆屑灰岩, 上部单元为红色膏泥岩和薄层石膏, 具鸟眼构造, 含牡蛎、蛤类化石及其碎片, 具人字形透镜

状微细层理和水平层理, 这些特征表明了其形成过程的向上变浅至潮上带的周期性过程和海水盐度的周期性变化。

第二种潮间-潮上型旋回层序 (e) 是底部单元为夹介壳层泥岩的层序, 泥岩呈灰绿、灰黄色夹红色斑点, 富含牡蛎化石, 壳薄, 保存尚好, 属潮间-潮下

带沉积。向上随着水深的变浅,泥岩变为棕褐色,含化石碎片,具内碎屑结构,见虫孔及生物洞穴及干裂现象,发育水平纹层,小型波状纹层等,生物扰动构造发育,属潮间泥坪微相沉积。顶部以棕红色膏泥岩,砂质泥岩夹石膏为特征,是潮上带萨勃哈产物。

第三种潮间-潮上型旋回层序(f)是以滨海含砾砂岩为底部单元的旋回层序。上部单元为棕红色含膏泥岩、砂质泥岩;底部单元为灰绿色、黄绿色石英中-细砂岩,含细砾,具平行层理和大型斜层理,含海相化石碎片和植物化石残片,属滨岸环境产物。

1.5 冲-洪积型旋回层序(g)

这类旋回层序以出现大量砂砾岩为特征。下部单元为棕红色、灰褐色砂砾岩,砾石大小混杂,分选差,成层性较差,可显粗大斜层理,层间冲刷明显,岩性突变,为冲-洪积砂砾岩相,上部单元为棕红色厚层块状砂岩、粉砂岩夹褐红色泥岩薄层,岩性单一,颜色单调,粉砂岩分选较好,含泥砾、雨痕、流痕及龟裂等构造,层间冲刷明显,为冲-洪积砂岩相产物,该旋回层序横向上可相变为下部单元极为发育的砂砾岩相,而无上部单元,也可相变为仅存上部单元的河流相或三角洲陆上平原亚相沉积。

2 层序地层格架的建立

上述高频旋回层序的有序叠加,构成了塔里木盆地西南缘上白垩统-下第三系的低频率旋回层序(四级、三级、二级等)。据笔者对塔西南上白垩统-下第三系旋回层序的研究结果(表 1),从库克拜组到巴什布拉克组,依据高频旋回层序的叠加形式,可识别出 5 个四级层序,这 5 个四级旋回层序构成了二个三级旋回层序,其中 IV<sub>1</sub> 和 IV<sub>2</sub> 二个四级旋回层序组成了 III<sub>1</sub> 三级旋回层序,IV<sub>3</sub>、IV<sub>4</sub>、IV<sub>5</sub> 三个四级旋回层序构成了 III<sub>2</sub> 三级旋回层序。

2.1 三级旋回层序 III<sub>1</sub>

组成三级旋回层序 III<sub>1</sub> 的地层是上白垩统库克拜组、乌依塔克组、依格孜牙组和吐依洛克组。分布时限大致相当于晚白垩世塞诺曼期至马斯特里赫特期。该旋回层序的顶、底界面均为 I 型层序界面,据“八五”国家重点科技攻关项目《塔里木盆地油气资源》成果, K<sub>2</sub> 末期的区域性构造运动,使 K<sub>2</sub> 削蚀,因此,将 III<sub>1</sub> 三级旋回层序的顶界面划为 I 型层序界面较为合理。III<sub>1</sub> 三级旋回层序的底界面是白垩系上统库克拜组与下统克孜勒苏群之间的分界面,库克拜组为海相沉积,克孜勒苏群为陆相沉积,二者间

呈假整合接触,因沉积作用的间断,将此面划为 I 型层序界面。III<sub>1</sub> 三级旋回层序由 IV<sub>1</sub> 和 IV<sub>2</sub> 两个四级旋回层序组成(图 2)。IV<sub>1</sub> 四级旋回层序的相对低水位体系域由潮间-潮上型高频旋回层序叠加而成,随着海侵的加剧,高频旋回层序由 f 型变成 d 型,当海侵范围达到最大、水深达到最深,出现 a 型潮下低能带旋回层序时,表明高水位体系域的形成开始,IV<sub>1</sub> 旋回层序的高水位体系域由 a 型高频旋回层序开始,至以石膏层为覆盖层的 e 型高频旋回层序结束,沉积环境从潮下低能带变浅至潮上蒸发坪。IV<sub>1</sub> 四级旋回层序的相对低水位体系域由 e 和 c 型高频旋回层序有序叠加而成,由 e 型到 c 型的转变,意味着水深的加大。当海侵达到最大时,出现了 b 型高频旋回层序,此时成为高、低水位体系域的转折点。IV<sub>1</sub> 四级旋回层序的高水位体系域,自下而上由 b 型、c 型、f 型高频旋回层序叠加而成为一个沉积序列,其沉积环境也由开阔台地边缘转变为潮上蒸发泥坪。从图 2 中可以看出,IV<sub>1</sub>、IV<sub>2</sub> 四级旋回层序的相对低水位体系域均是呈退积序列的高频回层序构成,相对高水位体系域由呈进积序列的高频旋回层序构成,IV<sub>1</sub> 四级旋回层序的相对高水位体系域与 IV<sub>2</sub> 四级旋回层序的叠加又构成了更大一级的进积序列,成为 III<sub>1</sub> 三级旋回层序的高水位体系域。

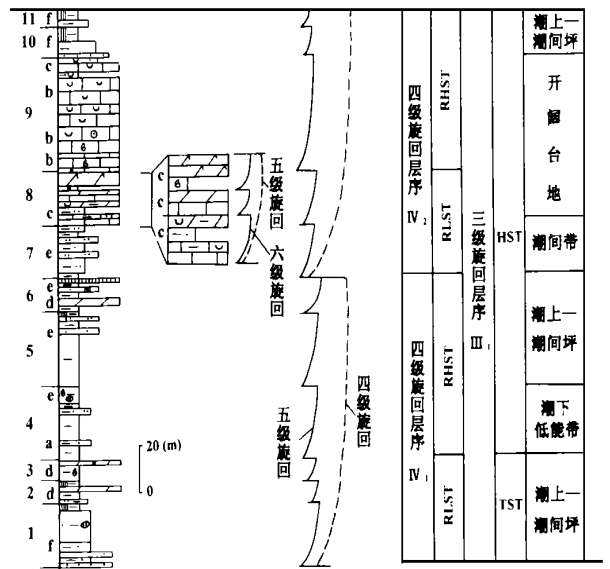


图 2 塔西南地区上白垩统旋回层序划分

Fig. 2 Division of the Upper Cretaceous cyclic sequences in southwest Tarim Basin

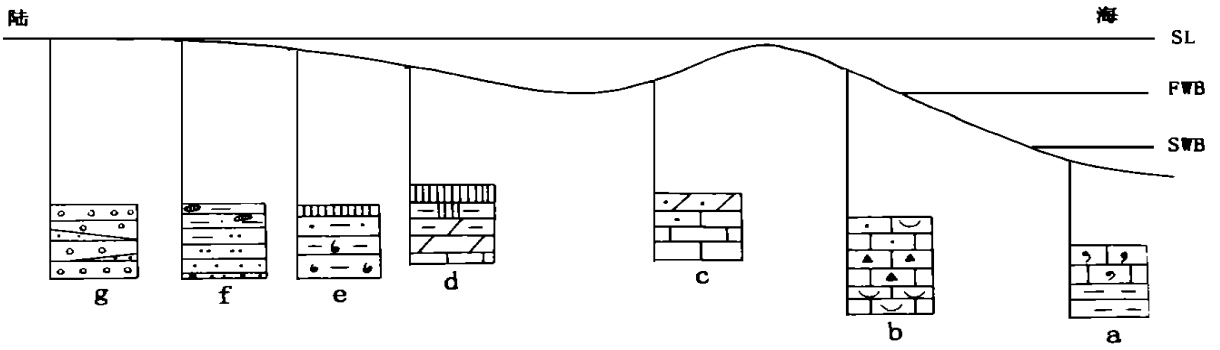


图 3 塔西南地区 K<sub>2</sub>-E 旋回层序类型及其与古地理背景的关系

SL. 海平面; FWB. 正常浪基面; SWB. 风暴浪基面; a. 潮下带型碳酸盐岩旋回层序; b. 台缘型碳酸盐旋回层序; c. 台地型碳酸盐旋回层序; d e f. 潮上-潮间型碳酸盐岩旋回层序; g. 冲积型旋回层序

Fig. 3 Relationship between high-frequency sequences and paleogeographic setting of the K<sub>2</sub>-E in southwest Taim Basin

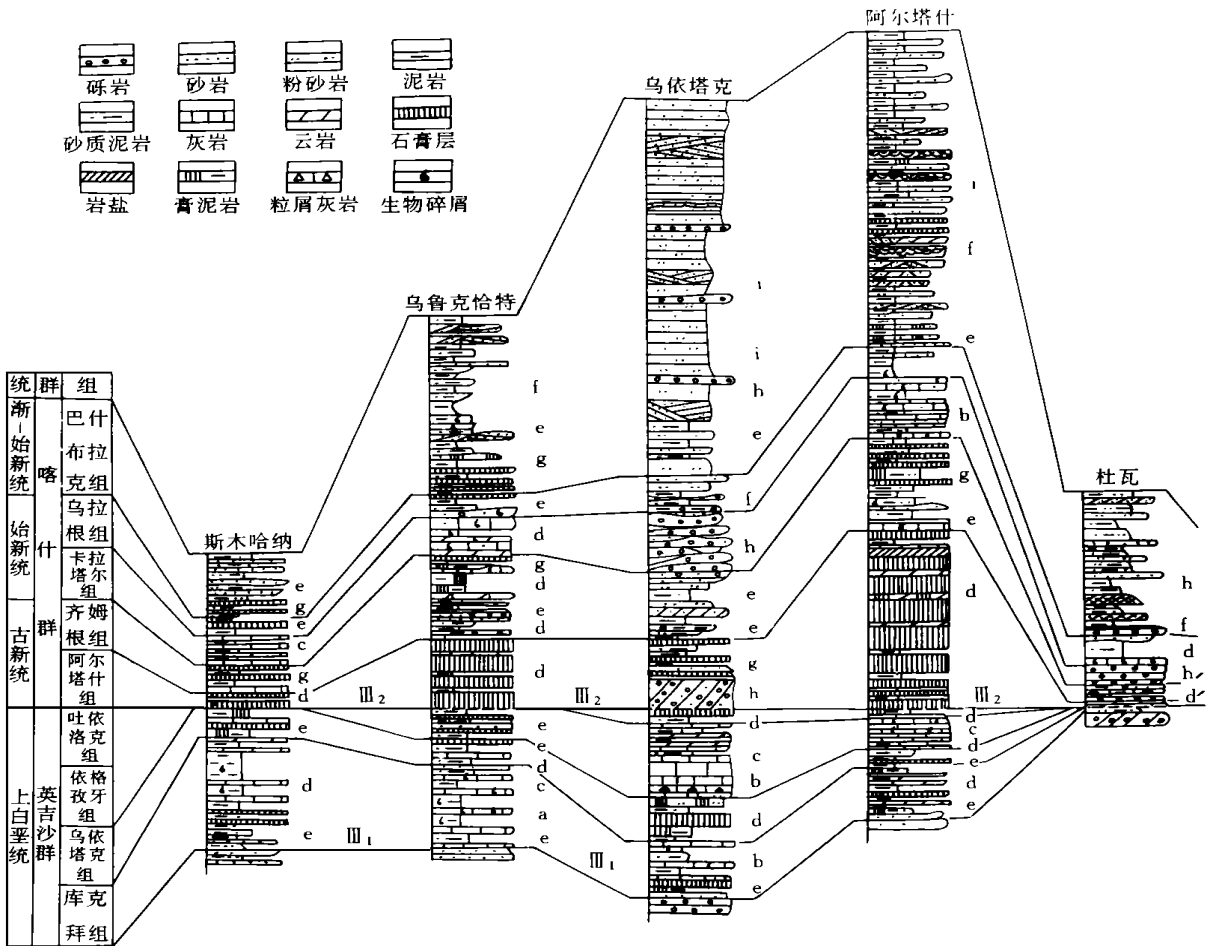


图 4 塔西南地区 K<sub>2</sub>-E 沉积体系与旋回层序划分对比

a. 潮下低能相; b. 台地边缘相; c. 开阔台地相; d. 局限台地、半局限台地; e. 潮坪; f. 滨岸; g. 萨勃哈、泻湖; h. 冲洪积相; i. 三角洲平原相

Fig. 4 Division and correlation of sedimentary systems and cyclic sequences of the K<sub>2</sub>-E in southwest Taim Basin

2.2 三级旋回层序 III<sub>2</sub>

塔什组、齐姆根组、卡拉塔尔组、乌拉根组和巴什布

组成 III<sub>2</sub> 三级旋回层序的地层是下第三系阿尔拉克组。分布时限大致从古新世丹尼期至渐新世夏

特期 该三级旋回层序的底界面是  $K_2$  和  $E$  的分界面,顶界面是由喜山运动第二幕造成的上、下第三系之间的区域不整合面,其地震反射特征呈连续性较好的强反射波组 ( $T_7$ ),其上、下相应的超削关系是全盆性的。因此,  $III_2$  三级旋回层序的顶、底界面均为 I 型层序界面。按照  $III_1$  旋回层序的分析方法,  $III_2$  旋回层序由三个四级旋回层序组成 (表 1) 四级旋回层序的相对低水位体系域多为  $f e d$  三种类型的高频旋回层序有序叠加而成,代表了海侵时期退积的沉积组合。四级旋回层序的相对高水位体系域多由  $b e$  型高频旋回层序变至  $d e f g$  型,代表海侵达到最大范围后,海水由深变浅的进积组合。  $IV_3$ 、 $IV_4$ 、 $IV_5$  各自代表了一个完整的退积 - 进积过程,这三个四级旋回层序的有序叠加,又构成了更大一级的完整的退积 - 进积序列——  $III_2$  三级旋回层序。

通过上述分析,我们基本上对塔里木盆地西南缘上白垩统 - 下第三系的层序的层序格架有了明确的认识 (表 1) 在这套海相沉积为主的地层中,上白垩统为一个三级旋回层序,下第三系为一个三级旋回层序,二者均为 I 型层序,共同构成了一个 II 级旋回层序。其中,  $III_1$  三级旋回层序为海侵体系域,下第三系为高水位体系域。

### 3 旋回层序的横向追索与对比

通过对西昆仑山前上白垩统 - 下第三系露头剖面的实测勘查,并与英科 1 井等钻井剖面对比,我们发现,纵向上有序叠加的  $a$  型 -  $f$  型高频旋回层序横向上可以追索。这些高频旋回层序与沉积古地理背景之间存在着密切的成因联系,随着古地理环境的空间分布构成了一个特定的谱系 (图 3),各类高频旋回层序成为特定位置上沉积体系的代表。对各个剖面沉积微相、沉积体系和旋回层序认真对比后 (图 4),笔者认为,在塔西南上白垩统 - 下第三系中主要发育三种沉积体系,冲积沉积体系、滨岸沉积体系和碳酸盐台地沉积体系。冲积沉积体系包括河流和冲积扇沉积;滨岸沉积体系包括滨岸海滩、潮坪、萨勃哈、滨湖等近海岸微相的沉积;碳酸盐台地沉积体系包括台地边缘、开阔台地、局限台地、蒸发台地等碳酸盐沉积组合。  $III_1$  三级旋回层序的海侵体系域主要为滨岸沉积体系,其高水位体系域的下部主要为碳酸盐台地沉积体系,上部为滨岸沉积体系。  $III_2$  三级旋回层序的海侵体系域多由碳酸盐台地沉积体系构成,局部地区如乌依塔克,海侵体系域底部

出现冲洪积物。其高水位体系域从下至上由碳酸盐台地沉积体系转变为滨岸沉积体系直至冲积沉积体系。

### 4 海平面升降与旋回层序演化

纵观构成塔西南上白垩统 - 下第三系这些不同级别的旋回层序,无论其级别大小,或旋回层序类型如何变化,都是沉积作用随着海平面相对变化的产物。三级旋回层序是长时限相对海平面变化控制下沉积作用的产物,高频旋回层序是叠加在长时限海平面变化上的高频海平面振荡的产物。四级旋回层序基本与该区晚白垩 - 渐新世的海进海退旋回相对应 (表 1)。第一次海进 - 海退旋回自晚白垩世赛诺曼早期,海水侵入了南天山古陆和昆仑古陆西部山前平原的大部分地区,形成了宽广而平坦的浅水陆架,沉积一套以  $f e d$  型高频旋回层序为主的地层。中期随海侵的进一步扩大,海平面上升,广泛发育了以  $a b$  型高频层序为主的沉积,南天山前的海水深度稍大于昆仑山前,库克拜晚期,海平面开始下降,至乌依塔克期,塔里木盆地西缘成为较闭塞的干旱潮坪环境,沉积序列多由  $d e$  型高频旋回层序叠加而成。康佩尼期至马斯特里赫特早期 (依格孜牙期) 是本区第二次海侵时期,相应的层序为  $IV_2$  四级旋回层序。海侵范围大致与库克拜期相当,但在南天山山前带的沉积环境和沉积特征与库克拜期相比,发生了根本性的变化,依格孜牙期的海侵未对此区产生影响,而在昆仑山前海侵范围有所扩展,在阿尔塔什以西地区形成了宽广的碳酸盐台地,沉积了一套以  $b c d$  型高频旋回层序为主的地层。马斯特里赫特期晚期 (吐依洛克期) 开始海退,原来的碳酸盐台地逐渐变为潮坪、潮上环境。

古新世 - 早始新世海侵是早第三纪最大的一次海侵,其影响范围比晚白垩世的二次海侵大的多,因而  $IV_3$  四级旋回层序的分布范围也最广。早古新世在西塔里木形成十分广阔、水体极浅的蒸发台地 - 局限台地环境,蒸发十分强烈,蒸发后海水易于补给,因此  $IV_3$  四级旋回层序的相对低水位体系域为巨厚的蒸发岩地层。至古新世晚期齐姆根早期海侵继续,水深增加,该区逐渐变为开阔台地、半局限台地环境,但在昆仑山前多为潮坪沉积环境,齐姆根晚期,海水退缩,在本区大部地区形成了以潮坪、潮上萨勃哈为主的沉积,构成了塔里木盆地第三纪第一次海退序列。卡拉塔尔 - 乌拉根期是第四次海侵 -

海退旋回期, 卡拉塔尔期海侵开始, 其海侵范围较齐姆根早期略小, 在南天山山前和叶城拗陷区形成了广泛的碳酸盐台地, 由于不均衡的上升, 在昆仑山前出现洪积相和潮坪相, 乌拉根期海退开始, 在塔里木盆地西缘形成了广阔的潮坪, 从而结束了第四次海侵过程。巴什布拉克中期海侵是塔里木盆地发展史上最后一次海侵, 由于印度板块向北碰撞挤压, 昆仑古陆不断上升并北移, 使塔里木海湾进一步收缩, 海侵影响范围仅限于南天山巴什布拉克等地, 往东的广大地区及麦盖提斜坡均未受到影响, 因而 IV<sub>5</sub> 四级旋回层序的分布仅限于乌鲁克恰特一带。总之, 塔里木盆地西南缘晚白垩世 - 早第三纪, 在总构造格局未发生巨大变化的情况下, 高频率海平面变化造成沉积环境的改变, 而形成高频旋回层序的沉积过程, 较大规模的海平面升降控制了高频旋回层序的叠加形式, 不同周期海平面变化旋回的相互叠加, 就

形成一个有序的复合海平面变化旋回层序。

### 参 考 文 献

- 1 Fischer A G. The Lofer cyclothem of the Alpine Triassic. In Merriam D F, ed. Symposium of cyclic sedimentation. State Geological Survey of Kansas, Bulletin, 1964, 169: 107-150
- 2 Goldhammer R K, Hardie L A, Dunn P A, et al. Depositional cycles, composite sea-level changes, cycle stacking patterns, and the hierarchy of stratigraphic forcing: Examples from Alpine Triassic platform carbonates. *Geo. Soc. Am. Bull.*, 1990, 102: 535-562
- 3 Koerschner W F, Read J F. Field and modelling studies of Cambrian carbonate cycles: Virginia Appalachians. *J. Sed. Petrol.*, 1989, 59: 654-687
- 4 梅冥相. 碳酸盐旋回与层序. 贵阳: 贵州科技出版社, 1995. 191~192
- 5 雍天寿, 单金榜, 魏景明等. 古特提斯海北支塔里木古海湾岩相古地理. 北京: 科学出版社, 1989. 15

## Cyclic Sequences and Depositional Systems in the Upper Cretaceous-Eogene of Southwest Tarim Basin

Xue Lianhua<sup>1</sup> Chen Guojun<sup>1</sup> Wang Qi<sup>1</sup> Shi Ji'an<sup>1</sup>  
Xiao Lixin<sup>2</sup> Yang Jun<sup>2</sup> Zhao Kebin<sup>2</sup>

1(Lanzhou Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000)

2(Institute of Xinjiang Petroleum Administration Bureau Geological Survey, Urumqi 830011)

### Abstract

Seven types high frequency cyclic sequences which have been distinguished in the Upper Cretaceous - Eogene marine carbonate of the southwest Tarim Basin are mainly as follows: undertidal carbonate ramp, platform, platform margin carbonate cyclic sequences and tidal flat cyclic sequences which are clastic rock mainly. In the region, different kinds of high frequency cyclic sequences represented sedimentary sequences of platform, shore bank and alluvial depositional system which deposited in specific paleogeographic setting. In the vertical sections, high frequency cyclic sequences stacked upward, in which changing of the kinds of cyclic sequence reflects the evolution of sedimentary environment and facies. As a result, in the study area, high frequency sea level change affected on the sedimentary facies changes from the lower unit to the upper unit of high frequency cyclic sequence, and controlled the deposit procession of cyclic sequence. The long periodic sea level changes controlled the stacking patterns of high frequency cyclic sequences, and made the sedimentary environment change from shore bank → carbonate platform → shorebank → river. In a word, stacking of different hierarchy of sea level changes resulted in cyclic sequences of composite sea level change in the Upper Cretaceous-Eogene of the southwest border, Tarim Basin.

**Key words** high frequency cyclic sequences deposition system sea level change Upper Cretaceous Eogene Tarim Basin