

文章编号: 1000-0550(1999)02-0192-06

# 新疆阿克苏—巴楚地区寒武—奥陶纪 海平面变化与旋回层序的形成

陈国俊<sup>1</sup> 薛莲花<sup>1</sup> 王琪<sup>1</sup> 康剑<sup>2</sup> 肖立新<sup>3</sup> 史基安<sup>1</sup>

1(中国科学院兰州地质研究所 兰州 730000) 2(中国石油学会 北京 100724)

3(新疆石油管理局地调处地球物理研究所 乌鲁木齐 830011)

**摘要** 通过研究新疆阿克苏—巴楚地区寒武—奥陶系沉积特征、层序地层序列及其海平面变化规律,首次识别出2个二级旋回层序、4个三级旋回层序和9个四级旋回层序。重点对三级旋回层序的层序界面性质及其体系域特点进行了深入、细致的分析。研究表明,每一旋回层序的形成,理论上均由海平面相对快速上升、缓慢上升、静止、缓慢下降和快速下降所引起,但实际情况较之复杂。海平面上升的最大幅度发生在丘里塔格晚期—吐木休克早期,之后由于构造运动和全球海平面下降,该区海平面亦快速下降,海水迅速退出本区,致使该区普遍缺失上奥陶统。

**关键词** 旋回层序 体系域 海平面变化 寒武—奥陶纪 阿克苏—巴楚

**第一作者简介** 陈国俊 男 1964年出生 助研(硕士) 沉积学

**中图分类号** P543.41 **文献标识码** A

## 1 引言

寒武—奥陶系是塔里木盆地分布最广泛的层系之一,尤其在阿克苏—柯坪—巴楚连线一带,地层发育齐全,出露完整,是研究塔里木盆地海相沉积的重要层位和典型地区(图1)。日益深入、细致的勘探和研究表明,寒武—奥陶系是塔里木盆地重要的烃源岩和储集层系,它沉积厚度大,范围广,是一套浅海—半深海的碳酸盐岩和碎屑岩沉积。沉积时的古地理格局为东深西浅,东为台盆相,西为台地相。寒武纪为局限台地相,其岩石组合特征为灰色、紫色白云岩、灰岩夹碎屑岩,底为含磷层。早中奥陶世大部分地区则为台地—广海陆棚相,岩石组合特征为泥晶灰岩、白云岩和生屑灰岩。柯坪地区水体较深的陆棚相为瘤状灰岩、粉砂岩和灰黑色钙质泥岩;巴楚地区则为是一套开阔台地相的厚层砂屑灰岩。至晚奥陶世,由于受加里东运动的影响,相对海平面下降,整个盆地大部分地区抬升成陆,广遭剥蚀,致使上奥陶统削蚀尖灭。

由于不同级次相对海平面的频繁变化,因而形成了不同旋回级次的碳酸盐层序或序列<sup>[1]</sup>。这些

旋回层序的内部组成结构和层序界面特征均各有差异,它们被客观地记录于岩石和地层中。因此,通过研究岩石和地层的沉积特征、层序的界面性质,反过来又可以推断沉积时相对海平面的变化规律,解剖各种层序及体系域形成时的地理、气候、地质条件,为油气勘探提供科学依据。因此,广泛开展塔里木盆地寒武—奥陶系深入细致的层序地层学研究已迫在眉睫,尤其是对高频旋回层序及其相对应的体系

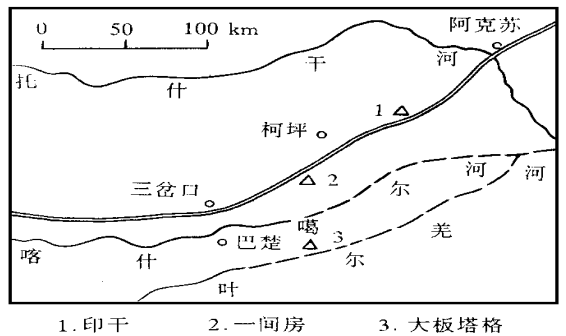


图1 研究区地理位置及剖面位置图

Fig. 1 The section of the study area

① “九五”国家重点攻关项目“中国大中型气田勘探开发研究”成果之一

域特征的分析尤为重要。

## 2 层序地层划分

塔里木盆地寒武—奥陶纪的频繁海进与海退形成了本区以台地碳酸盐岩为主的旋回层序。经研究发现, 寒武—奥陶系可分为两个二级旋回层序, 下—中寒武统和上寒武统一奥陶系各为一个二级旋回层序, 二者间的界面为 II 型层序界面, 震旦系顶界面及奥陶系顶界面均为 I 型层序界面(图 2)。这样划分的依据有二: ①震旦系奇格布拉克组顶部所见的碳酸岩角砾岩和溶蚀构造是基底暴露风化作用的结果, 上覆地层寒武系底部的玉尔吐斯组的含磷硅质岩遍布全区, 可作为标志层进行横向对比, 是深水盆地沉积物, 层序界面上下具有明显不同的沉积序列;

②奥陶系顶界面是艾比湖运动(相当于早加里东运动)所造成的侵蚀面, 奥陶系顶部出现风化壳, 且界面上下地层在地震剖面上呈区域性上超削蚀不整合接触<sup>[2]</sup>。

通过分析研究区二级旋回层序的内部结构特征, 结合沉积相位的空间展布和其反映的海平面变化过程, 在这两个二级旋回层序中又可识别出四个三级旋回层序(图 2)。本文所划分出的三级旋回层序相当于层序地层学之“层序”, 一般由层序界面, 海侵面及最大海泛面(或称下超面)所限定的体系域组成。由于对塔里木盆地层序地层学的研究尚属起步阶段, 因此对三、四级旋回层序的划分不甚精细, 今后尚需更深入、细致的工作。三级旋回层序的特征如下所述。

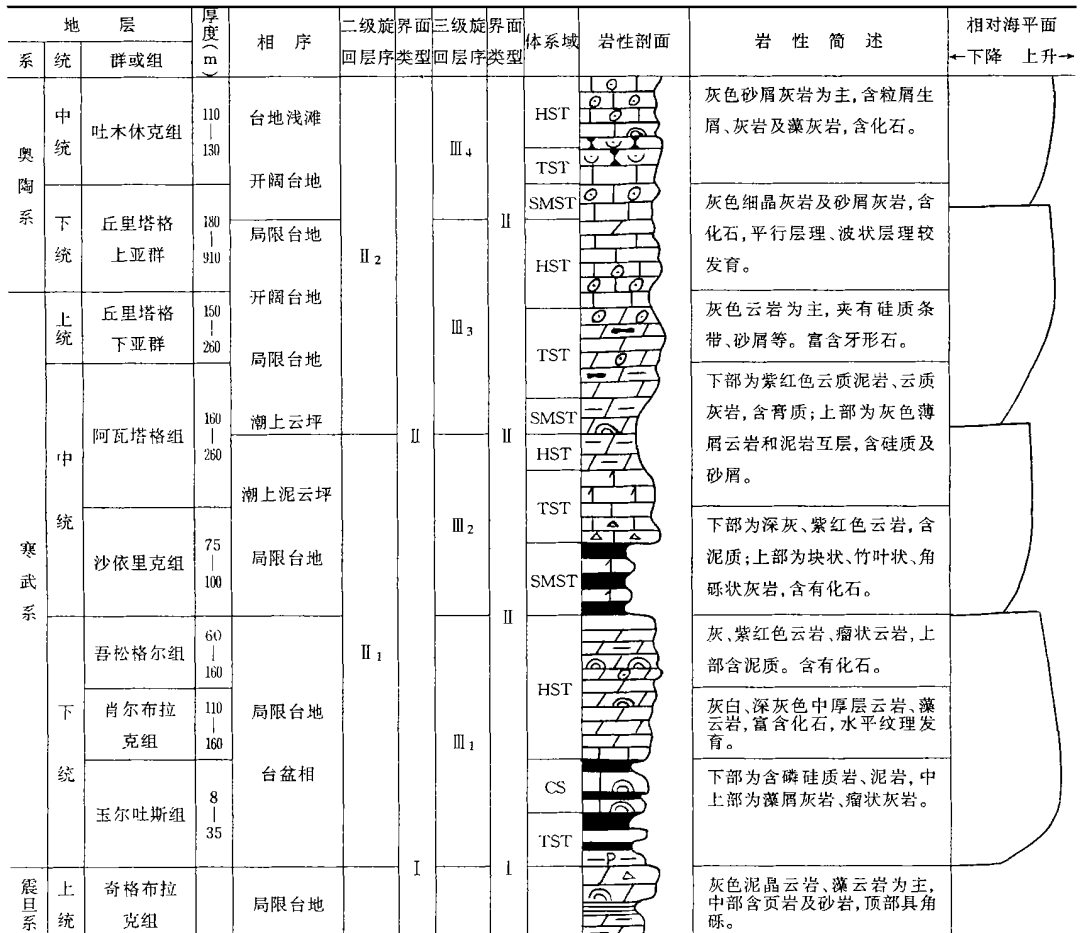


图 2 新疆阿克苏—巴楚地区寒武—奥陶系层序地层划分序列

Fig. 2 The sequence stratigraphy of the Cambrian—Ordovician in Aksu—Bachu area of Xinjiang

### 3 三级旋回层序特征

#### 3.1 III<sub>1</sub> 三级旋回层序特征

组成 III<sub>1</sub> 三级旋回层序的地层为下寒武统玉尔吐斯组、肖尔布拉克组和吾松格尔组。层序底界面为 I 型层序界面, 顶界面为 II 型层序界面。该旋回层序由二个四级旋回层序构成(图 3)。玉尔吐斯组底部由紫红色磷矿层与灰黑色硅质岩组成的退积式沉积序列构成了 IV<sub>1</sub> 四级旋回层序的相对低水位体系域, 代表了早寒武世初海水快速进侵的过程。在相对低水位体系域上部出现的暗色页片状泥晶灰岩、泥岩是海泛达到最大时所形成的凝缩段(CS)。IV<sub>1</sub> 四级旋回层序的相对高水位体系域为肖尔布拉克组局限台地相微晶白云岩, 自下而上颜色由深变浅, 下部为灰黑色砾屑白云岩, 含硅团块, 向上为灰色、灰黑色微晶白云岩, 晶洞、针孔发育, 具鸟眼构造, 上部为灰色、灰白色微晶白云岩, 明显为一个进积序列, 代表了海水缓慢后退的过程。IV<sub>2</sub> 四级旋回层序的相对低水位体系域吾松格尔组下部的浅灰色、灰白色亮晶白云岩, 含有单体古杯化石, 为远离剥蚀区清澈海水环境的产物<sup>[3]</sup>, 其相对高水位体系域下部为紫红色薄层泥晶、微晶白云岩夹土黄色薄层泥岩、灰泥岩, 上部为灰色、灰黑色薄层微晶白云岩夹灰绿色泥岩, 为局限台地距剥蚀区较近的混积环境产物。可以看出, IV<sub>2</sub> 层序明显为一个向上变浅的碳酸盐旋回层序同时也反映了沉积时海平面相

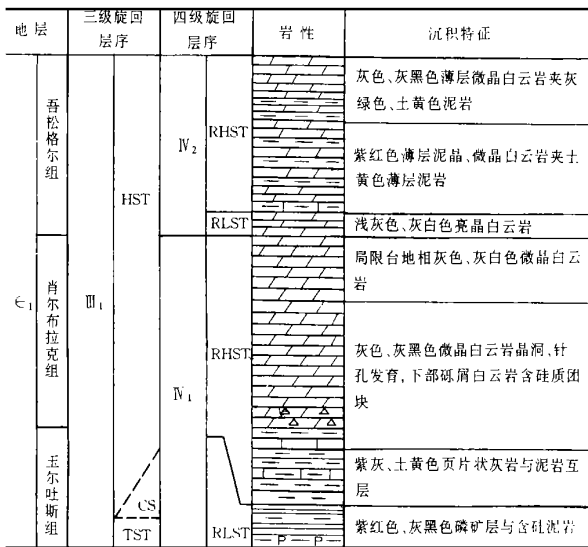


图 3 III<sub>1</sub> 旋回层序内部组成特征

Fig. 3 Features of cyclic sequence III<sub>1</sub>

对下降的过程。

由上可知, III<sub>1</sub> 旋回层序是一个由 IV<sub>1</sub> IV<sub>2</sub> 四级旋回层序组成的进积序列, 厚度达数百米, 它与 Chow 和 James (1987) 对北美寒武纪地层中发育的大级别碳酸盐旋回描述十分相似<sup>[4]</sup>。沉积相由台盆相转变为局限台地相, 海侵体系为玉尔吐斯组的含磷硅质岩沉积序列, 海侵体系域顶部发育了以含海绵骨针页片状泥晶灰岩、泥岩为特征的凝缩段, 局限台地相微晶白云岩构成了高水位体系域。

#### 3.2 III<sub>2</sub> 三级旋回层序特征

组成该旋回层序的地层是沙依里克组和阿瓦塔格组下部的白云岩、云质泥岩沉积。其顶、底界面均为 II 型层序界面(图 4)。该旋回层序自下而上可分为三段: 第一段为灰黑色钙质泥岩、页岩夹深灰色粉晶白云岩、云质灰岩, 常见水平层理和波状层理, 属局限台地泻湖相沉积; 第二段为开阔台地及台缘相灰色、灰黑色块状角砾灰岩和云质灰岩, 云质灰岩中含硅质团块, 见三叶虫和腹足类化石, 代表了水体逐渐加深过程; 第三段为紫红色云质泥岩、泥质云岩和粉晶云岩, 含石膏层, 具水平层理、波痕和鸟眼构造, 为潮上干旱泥坪环境的产物, 表明海平面从上升期转至下降期而最后暴露水面, 造成了与上覆地层之间的间断面。

从上述沉积特征可以看出, III<sub>2</sub> 三级旋回层序是以局限台地泻湖—开阔台地—潮上泥云坪为特征的加积—退积—进积序列。由于海平面变化和升降幅度较小, 未达到欠补偿状态, 故而不发育凝缩层。按照层序地学的划分方法, 第一段沉积序列构成陆架边缘域, 第二段为海侵体系域, 第三段则为高水

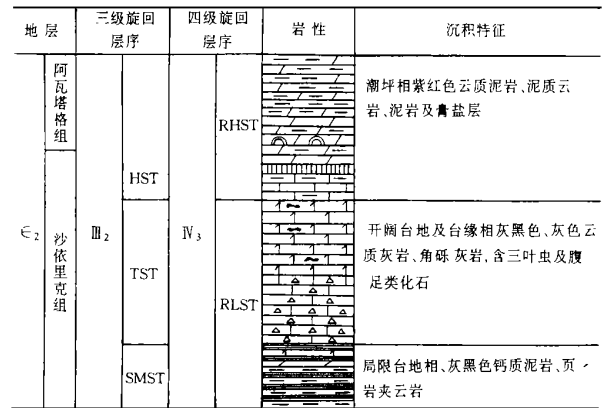


图 4 III<sub>2</sub> 旋回层序内部组成特征

Fig. 4 Features of cyclic sequence III<sub>2</sub>

位体系域(图 4)。

### 3.3 III<sub>3</sub> 三级旋回层序特征

阿瓦塔格组的上部和丘里塔格下亚群及丘里塔格上亚群中下部的碳酸盐构成了 III<sub>3</sub> 三级旋回层序。其顶、底界面均为 II 型层序界面(图 5)。陆架边缘体系域由阿瓦塔格组中上部的紫红色云质泥岩、泥质云岩及灰色细粉晶藻屑云岩组成, 呈加积-进积式叠加序列, 主要为局限台地环境的产物。海侵体系域由一系列颜色深浅间互的细—粉晶云岩组成的层序叠加而成, 上部见硅质条带, 颜色加深, 砂屑云岩增多, 整体表现为退积式叠加方式, 说明此时海平面逐渐上升, 代表海侵时期的沉积。

丘里塔格上亚群下部一系列呈进积式叠加的砂屑灰岩—细晶云岩高频旋回层序构成了高水位体系域(图 5)。该高频旋回层序的下部单元为浅灰色亮晶—粉晶砂屑灰岩, 发育平行层理和波状层理, 灰色、浅灰色细—中晶薄层状白云岩构成上部单元。整个高水位体系域从下至上所叠加的高频旋回层序

的下部单元——砂屑灰岩向上逐渐变薄, 而上部其它单元逐渐变厚, 这表明从最大海泛期后, 三级旋回层序高水位期由开阔台地向局限台地转变的过程。根据高频旋回层序叠加方式, III<sub>3</sub> 三级旋回层又可划分出四个四级旋回层序。IV<sub>4</sub> 为一个总体向上加深的退积式层序, IV<sub>5</sub> IV<sub>6</sub> IV<sub>7</sub> 分别为向上变浅的层序。因此, III<sub>3</sub> 三级旋回层序的整个形成过程反映了从潮坪沉积向开阔台地、半局限台地沉积转变的海侵过程。其转折点就是最大海泛面形成时期。

### 3.4 III<sub>4</sub> 三级旋回层序特征

III<sub>4</sub> 三级旋回层序由丘里塔格上亚群上部和吐木休克组组成(图 6), 层序界面为 II 型层序类型。在巴楚县大板塔格剖面上, 丘里塔格上亚群中部的局限台地相砂屑灰岩夹细晶云岩构成了陆架边缘体系域, 其本身为一完整的四级旋回层序(IV<sub>8</sub>), 是陆架边缘体系域形成过程中一次规模不大的海平面振荡的产物。相对低水位体系域由浅灰色、深灰色厚层状细粉晶砂屑灰岩与浅灰白色细晶白云岩互层构成, 云岩中水平纹层较发育。相对高水位体系域下部为开阔台地相灰色中—厚层状粉晶砂屑灰岩、泥晶灰岩, 是水体相对较深时期的沉积。向上由于相对海平面的缓慢下降, 砂屑灰岩逐渐减少减薄, 出现以局限台地相细晶云岩、纹层状泥晶云质灰岩为主的沉积。

海侵体系域由丘塔格上亚群上部的开阔台地相沉积构成, 岩性主要为灰色、浅灰色泥晶粉晶灰岩、粒屑灰岩与粉晶砂屑灰岩, 表明随海侵的开始, 沉积环境开始由局限台地向开阔台地转变。海侵体系域的顶部为灰色厚层状泥晶粒屑灰岩、海绵灰岩, 含深灰色硅质条带, 化石丰富, 且保存完整, 顺层分布, 为海侵达到最大时形成的“凝缩段”。

高水位体系域主要由开阔台地相生屑、粒屑灰岩及台地浅滩相砂屑灰岩、鲕粒砂岩组成, 自下而上呈现出缓慢变浅的特征。III<sub>4</sub> 旋回层序的海侵体系域和高位体系域可划分为该旋回层序内的第二个四级旋回层序(IV<sub>9</sub>), 其相对低水位体系域由 III<sub>4</sub> 旋回层序的海侵体系域构成, 相对高水位体系域由 III<sub>4</sub> 旋回层序的高水位体系域构成, 是继 IV<sub>8</sub> 海平面振荡旋回之后一次更大规模海平面升降旋回过程所形成的沉积层序。

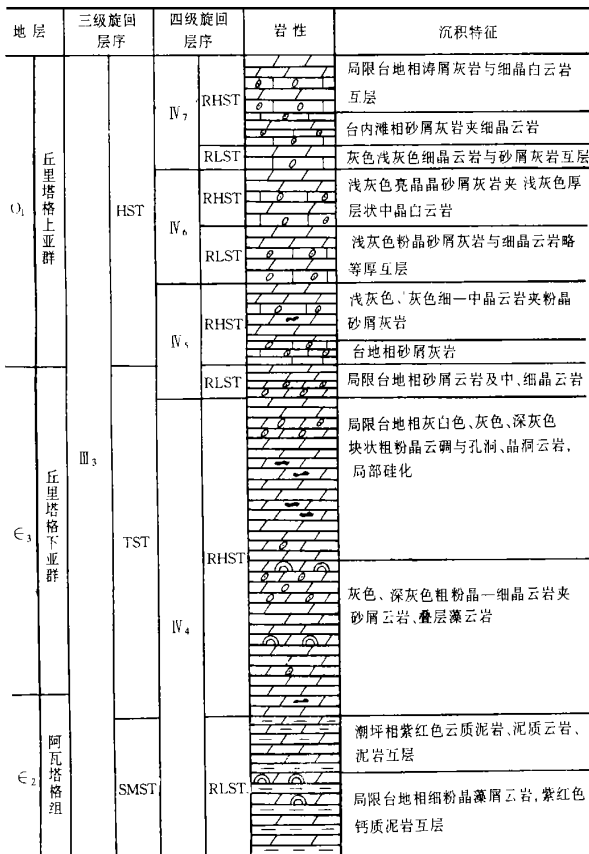


图 5 III<sub>3</sub> 旋回层序内部组成特征

Fig. 5 Features of cyclic sequence III<sub>3</sub>

## 4 海平面变化与旋回层序的形成

通过对阿克苏—巴楚地区寒武—奥陶系不同旋

地层	三级旋回层序	四级旋回层序	岩性	沉积特征
O <sub>2</sub> 吐木休克组	HST	RHST	台地浅滩相砂屑灰岩及鲕粒灰岩	
			开阔台地相藻屑、粒屑灰岩, 见化石碎片	
	CS	IV <sub>9</sub>	灰色紫色疣瘤状泥、粉晶生屑灰岩	
			灰色厚层状泥晶粒屑灰岩、海绵灰岩, 含硅质条带, 化石完整	
O <sub>1</sub> 丘里塔格上亚群	TST	RLST	开阔台地相泥晶粉晶灰岩、粒屑灰岩与粉晶砂屑灰岩	
			灰色层纹状泥晶云质灰岩、细晶云岩夹砂屑灰岩	
	SMST	IV <sub>8</sub>	开阔台地浅滩相砂屑灰岩	
			局限台地相砂屑灰岩与细晶云岩互层	

图6 III<sub>4</sub>旋回层序内部组成特征Fig. 6 Features of cyclic-sequence III<sub>4</sub>

回层序的分析可以看出, 研究区在寒武—奥陶纪时大体上经历了两次大规模的海侵—海退的沉积历史, 相应地形成了特征各异的旋回层序。

#### 4.1 早—中寒武世

晚震旦世末期的柯坪运动, 使本区普遍隆起上升, 成为剥蚀区<sup>[5]</sup>, 但隆起幅度不大。早寒武世早期, 区内地壳再度下沉, 相对海平面快速上升, 形成新的海侵。由于快速海进, 玉尔吐斯早期本区接受了一套台盆相灰黑色含磷硅质岩及浅紫红色薄层泥岩沉积。水平纹层发育, 含骨针、小壳等生物化石。随后, 海平面开始下降, 发生海退, 沉积环境逐渐向开阔台地过渡。肖尔布拉克—吾松格尔期持续的海平面下降使沉积环境转变为局限台地, 岩石类型为粉晶白云岩, 水平纹层发育, 并见波状藻叠层石, 表明沉积作用发生在潮间带, 沙依里克早期保持了局限台地泻湖沉积环境, 白云岩中发育水平层理和波状层理, 表明水体平静, 偶尔受波浪影响; 晚期短暂的海进, 沉积环境变为开阔台地, 岩石类型为深灰色云质灰岩及角砾状灰岩, 见三叶虫、腕足等生物化石。阿瓦塔格中期海退达到高潮, 沉积相为台地蒸发岩亚相。沉积界面位于平均高潮线以上, 气候炎热、干燥、水体咸化, 形成了数个由浅灰色白云岩→紫红色泥质白云岩→紫红色白云质泥岩所组成的向

上变浅序列。在早寒武世的大规模海平面升降过程中, 包含了两次次一级相对海平面变化, 因而在玉尔吐斯—阿瓦塔格期总体向上变浅的沉积序列中可分出III<sub>1</sub>和III<sub>2</sub>二个三级旋回层序。

#### 4.2 晚寒武世—奥陶纪

晚寒武世区内地壳又开始缓慢沉降, 海水逐渐加深, 沉积环境开始向局限台地转化, 从而拉开了早加里东期第二次大规模海侵的序幕。

阿瓦塔格晚期初水体略有加深, 但水体动荡, 沉积界面处于潮间带上部, 沉积了藻屑灰岩、紫红色云质泥岩、泥质云岩。丘里塔格早期, 随缓慢的海进, 水体逐渐加深, 沉积相进入局限台地亚相, 沉积环境相对稳定, 岩石类型以浅色粉晶—细晶白云岩为主。丘里塔格中期继续海进, 沉积环境由局限台地逐渐向开阔台地过渡, 中晚期短暂的海平面下降曾使该区出现局限台地环境, 形成砂屑灰岩与细晶云岩互层沉积, 但短暂海退之后, 又恢复海进, 沉积环境由局限台地浅滩逐渐向开阔台地→台地边缘过渡。丘里塔格晚期未至吐木休克早期, 快速的海平面上升很快使巴楚及其南部地区进入开阔台地环境, 沉积了灰色泥晶粒屑灰岩、海绵灰岩、生屑灰岩; 而柯坪以北地区转变为盆地亚相, 岩石类型为黑色钙质泥岩夹灰色薄层粉晶灰岩。吐木休克晚期, 海平面开始缓慢下降, 沉积环境基本保持了开阔台地状态, 只是分异出台地浅滩相, 说明水体变浅。奥陶世末期的早加里东运动波及本区乃至整个盆地, 结束了本区自晚寒武世开始的海侵过程。此次大规模的海侵形成了阿瓦塔格组上部→吐木休克组总体向上变深的沉积序列。在这次以海平面上升为总趋势的过程中, 曾发生次级海平面升降变化, 据此可将晚寒武世—奥陶纪的海进—海退旋回分成两个阶段, 在这两个阶段分别形成了III<sub>3</sub>、III<sub>4</sub>二个三级旋回层序。

纵观寒武—奥陶纪沉积发展历史, 晚寒武世—奥陶纪的海侵过程是本区经历的最大规模的海侵事件, 中奥陶世是寒武、奥陶纪以来的最大海侵时期, 在长周期(三级)海平面变化过程中包含了多次短暂的海平面高频振荡运动, 即复合海平面变化过程<sup>[6]</sup>, 海平面的变化在理想状态下呈快速上升→缓慢上升→静止→缓慢下降→快速下降, 但实际上较之复杂, 有“快进慢退的”, 也有“慢进快退的”等多种情况, 正因为如此才形成了研究区寒武—奥陶系特有的沉积序列和层序地层格架。

## 参 考 文 献

- 1 梅冥相. 碳酸盐旋回与层序[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1995. 90~91
- 2 顾家裕等著. 沉积相与油气[M]. 北京: 石油工业出版社, 1994. 75~76
- 3 周志毅, 陈丕基主编. 塔里木生物地层和地层演化[M]. 北京: 科学出版社, 1990. 47~49
- 4 Chow N, James N P. Cambrian Grand Cycles a northern Appalachian Perspective[J]. *J. Geol. Soc. Am. Bull.*, 1987, 98: 418~429
- 5 马宝林, 温常庆主编. 塔里木沉积岩形成演化与油气[M]. 北京: 科学出版社, 1991. 87~93
- 6 梅冥相, 梅仕龙. 华北中寒武世张夏组复合海平面变化旋回层序[J]. *沉积学报*, 1997, 15(4): 5~9

## Sea-Level Changes and Formation of Cyclic Sequence of Cambrian—Ordovician in Akesu—Bachu Area, Xinjiang

CHEN Guo-jun<sup>1</sup> XUE Lian-hua<sup>1</sup> WANG Qi<sup>1</sup>  
KANG Jian<sup>2</sup> XIAO Li-xin<sup>3</sup> SHI Ji-an<sup>1</sup>

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

2(Chinese Petroleum Society, Beijing 100724)

3(Geophysics Institute, Geology Survey of Xinjiang Petroleum Administration Bureau, Urumqi 830011)

### Abstract

The Cambrian-Ordovician sequences are the most widespread ones in Tarim basin. More and more results of explorations and exploitations indicate that they are most important source and reservoir rocks in the basin. It is a set of shallow-bathyal deposits of carbonate and clastic rocks. The sedimentary facies of the study area were a kind of local platform in Cambrian, and platform-open sea shelf in Early-Middle Ordovician, at the same period, it was shelf facies in Keping area and open platform facies in Bachu area. In late Ordovician, the bulk areas were rapidly uplifted and changed into land by the influences of Caledonian orogeny. So the Upper Ordovician was hiatus or truncation in most areas of the basin.

The variations of sea level had varying scales or orders during the long geological history and it led to formation of various sedimentary characteristics in which it were objectively recorded in sedimentary rocks and sequences. For this reason, by means of studying the sedimentary features, sequences and boundary characters in the rocks and strata, it is able to estimate the laws of sea level changes during the period of sedimentation, analyse the conditions of paleogeography and paleoclimatology, and provide some scientific basis for exploration of oil and gas. Through study on the deposition characteristics, sequence stratigraphic framework and sea level changes, two second-order cyclic sequences, four third-order cyclic sequences and nine fourth-order cyclic sequences have been recognized. Detailed analysis has focussed on the third-order cyclic sequences. The study shows that the formation of every cyclic sequence is caused by the relatively rapid rise, slowly rise, stagnant, slowly fall and rapid fall of the sea-level, in which the maximum sea-level rise occurred during late Qiuolitage period-early Tumuxiuke Period and, thereafter, for the sake of tectonic activity and global sea-level fall, the sea water withdrawn rapidly from the study area, resulting in the loss of the Upper Ordovician deposition.

In brief, according to the evolutionary history of sea level changes and cyclic-sequence, there were two times large scale transgression-regression during the period, and it was the Early-Middle Cambrian and Late Cambrian-Ordovician, in which the period of maximum transgression was the Middle Ordovician in the Tarim basin. In the long period(III-order) of sea level changes, it contained many high-frequency short-period variations of sea level that it was named composite sea level change.

**Key words** cyclic-sequence system tract sea-level changes Cambrian—Ordovician Akesu-Bachu