

# 基准面变化与层序地层 ——以塔里木盆地陆相地层为例

王龙樟

刘海兴

(成都地质矿产研究所) (西北石油地质局)

**[内容提要]** 以海平面变化为基础的层序地层学理论在研究陆相盆地中遇到了困难,地层基准面变化在解释地层层序成因和地层层序划分中发挥了重要作用。本文通过基准面变化过程中地层层序的形成和演化的研究,来建立基准面变化曲线和地层成因分析,划分地层层序,从而建立层序地层格架。以基准面变化曲线为基础的层序地层学方法在塔里木盆地东南部露头剖面中成功地解释了三叠系—侏罗系陆相层序,并可与塔里木盆地北部地层层序进行对比。

**关键词** 基准面变化 层序地层 塔里木盆地 三叠系—侏罗系

层序地层学原理已为大多数地质学家所接受,并在油气勘探开发过程中发挥了重要作用。层序地层学创立的基础是被动大陆边缘,并在活动大陆边缘加以推广,但在陆相地层的应用中遇到了困难,原因在于多数陆相地层与海平面变化没有多大关系,甚至毫无关系。以Cross为核心的科罗拉多矿业学院成因地层研究组提出了高分辨率层序地层学概念和研究思路<sup>[1]</sup>,为陆相地层的研究开拓了思路。

高分辨率层序地层学理论的核心是基准面变化,基准面的变化存在于所有沉积环境中,因而摆脱了海平面变化的约束。基准面的周期变化,导致了可容空间与沉积物补给通量比值(A/S)的变化<sup>[2]</sup>。基准面虽然是一个虚拟物理面,但是可容空间和沉积物补给通量可以通过沉积物的体积分配所产生的沉积物的保存程度、地层堆积样式、相序、相类型和岩石结构等参数加以确定,因而基准面的相对变化是可以确定的。

基准面的变化受控于区域的构造运动和气候变化等因素。高频的基准面变化可能来自于局部的构造运动和特定地区、特定地理气候变化与区域构造运动和区域气候变化的叠加,而低频基准面变化可能受控于区域构造运动或全球构造变迁和区域气候变化。因此,高频基准面变化及其相对应的高频层序适合于盆地局部的地层对比和油气预测;低频基准面变化及其相对应的低频层序则适合于全盆地乃至不同沉积盆地在相同构造域内的地层对比,并建立全盆地层序地层格架。

## 1 基准面变化的识别

基准面的变化在野外露头和详细的地质剖面中易于识别。它的变化导致沉积物的堆积和剥蚀,特定的沉积相以及岩相组合与基准面的变化相联系。在横向上,基准面的变化导致可容空间和沉积物补给通量的重新调整,可容空间与沉积物补给通量的比值的变化与基准

面的变化相联系。因此,基准面的变化不仅依赖于沉积相和岩相组合的研究,还要重视可容空间和沉积物补给通量的变化。

当基准面下降时,原沉积物遭受剥蚀或水下沉积物表面水动力加强,保存下来的是不整合界面或整一的不连续面,界面之上可能有滞留沉积或突变的沉积物保存。持续长期的基准面下降导致不整合界面或整一的不连续面特别发育,这种界面的发育程度是识别不同级别层序界面的基础(图1A)。

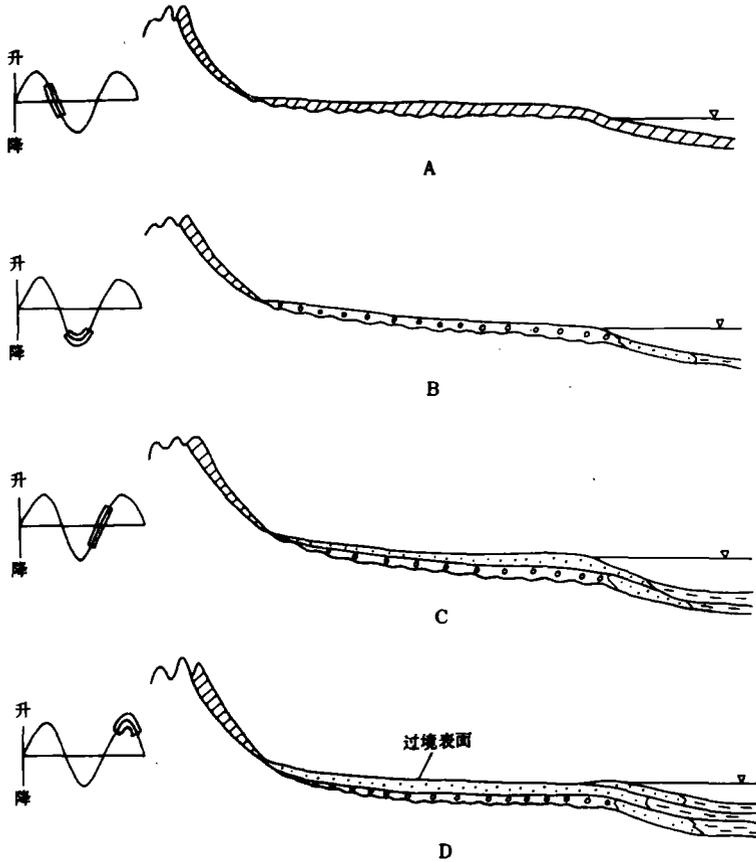


图1 基准面变化与沉积作用

A. 基准面迅速下降;B. 基准面开始回升;C. 基准面快速上升;D. 基准面开始回降

Fig. 1 Base-level changes and deposition

A. The base level drops rapidly;B. The base level begins to rise;

C. The base level rises rapidly;D. The base level begins to drop again

当基准面下降到最低幅,并开始缓慢上升时,基准面下降时剥蚀下来的粗碎屑开始缓慢堆积,此时由于物源供给充分,出现过补偿沉积,沉积速度快,河道和扇体是常见的沉积作用产物(图1B)。

当基准面迅速上升,并逐渐向最高幅逼近时,沉积物源供给渐显不足,形成非补偿和补偿沉积,沉积物质逐渐变细,粗碎屑很难被搬运到远端环境,洪泛平原、沼泽和湖泊相是常见的沉积作用产物(图1C)。

当基准面上升至最高幅,并开始缓慢下降时,可能出现短暂而范围广泛的过境表面(bypassing surface)。基准面缓慢下降促使基准面之上的沉积物开始重新分配,在低洼地段出现沉积现象,如滨岸三角洲等(图1D)。

## 2 基准面变化曲线

基准面变化及其伴随的可容空间变化控制着地层的结构和沉积特征,这是一种过程-响应(process-response)关系。Cross 为此提出沉积物体积划分(volumetric partitioning)的概念,他认为相同体系域或相域所发生的沉积物的体积分配作用起因于可容空间与沉积补给通量比值(A/S)的变化,并最终导致沉积物的保存程度、地层堆积样式、相序、相类型及岩石结构的变化。基准面的变化就是通过可容空间与沉积物补给通量变化表现出来。

但是,由于可容空间是抽象的概念,沉积物补给通量难以直接计算,基准面升降的幅度最终是以沉积物的保存和剥蚀记录下来:不同级别的周期性基准面上升,保存了不同级别的沉积旋回;不同级别的周期性基准面下降,保存了不同级别的侵蚀界面。

基准面上升的幅度可以通过沉积物保存的厚度及旋回的完整性加以估算;基准面下降的幅度来自于上下地层的比较;下伏地层层序保存的完整程度以及有效可容空间的大小和迁移最能体现基准面下降的幅度。野外露头由于记录详实,可以用于有效地计算基准面升降幅度并建立基准面升降曲线(图2)

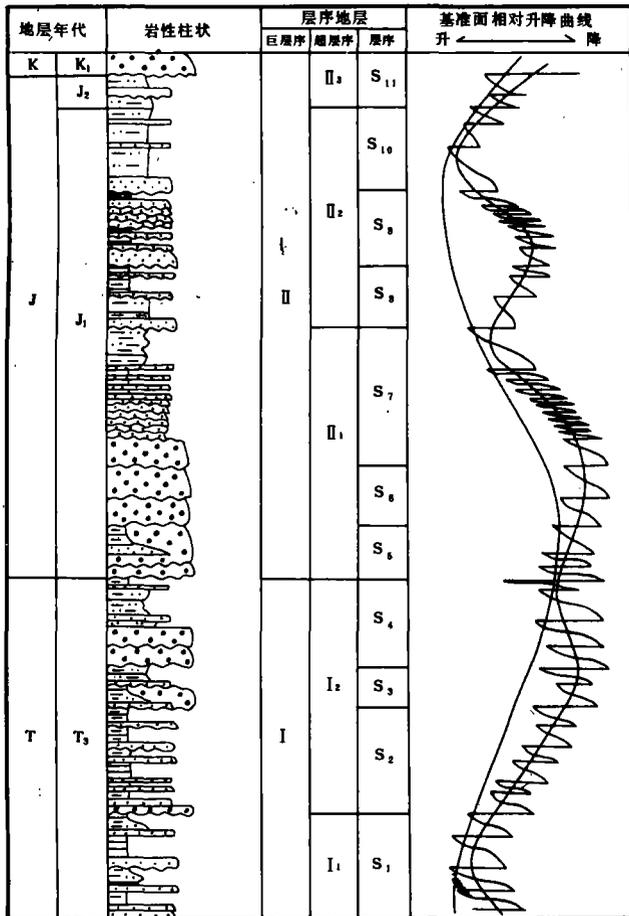


图2 塔里木盆地东南部基准面变化曲线的建立与层序划分  
 Fig. 2 The construction of the base-level curves and division of the sequences in the southeastern part of the Tarim Basin

### 3 根据基准面升降曲线划分层序

不同级别的层序对应于不同级别的基准面升降曲线,其对应关系大致如表1。层序级别是依据地质旋回的不同尺度加以确定,各级层序大致周期如表1。该周期表列可与P. R. Vail等(1991)的海平面变化旋回级次周期表<sup>[3]</sup>取得一致。

表1 低频层序与基准面变化曲线的对应关系

Table 1 The relationship between the low-frequency sequences and base-level curves

层序级别	基准面变化曲线	周期 (Ma)
巨层序	一级	>50
超层序	二级	5~50
层序	三级	0.5~5
高频层序	四级以上	<0.5

相对于高频层序,巨层序、超层序和层序合称为低频层序。低频层序划分的原则大致相同,低频层序的界面为对应级别基准面的迅速下降所致,在相应级别的基准面变化曲线上表现为基准面缓慢下降到快速下降的转换(图3)。

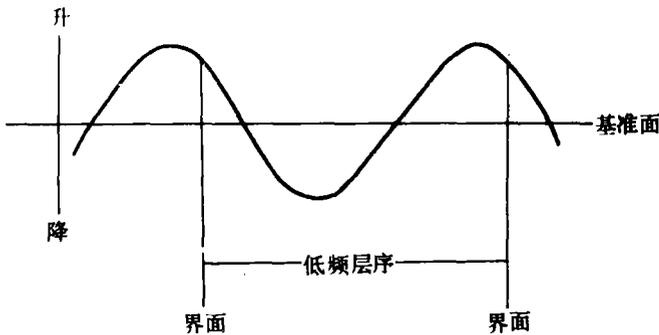


图3 根据基准面变化曲线划分低频层序的原则

Fig. 3 The principles of the low-frequency sequence division based on the base-level curves

### 4 应用

根据本文提出的原则对塔里木盆地东南——中昆仑山前某剖面进行了层序划分,在其出露的上三叠统一中侏罗统( $T_3-J_2$ )共划出2个巨层序、5个超层序以及11个层序,其划分结果可以与塔里木盆地北部库车河剖面进行大致对比(图4)。后者是根据EXXON公司倡议的划分原则进行划分的,即以地表不整合或与该不整合可以对比的整合界面为层序的边界。图中可见,在超层序级别上,两剖面有较好的对应关系,而巨层序和层序的微小差异可能来自于划分原则的差异及地质背景的差异。

从上述对比中我们获得启示:以基准面变化为基础的层序地层学概念拓展了层序地层学在非海相地层中的研究领域,具广阔的应用前景。

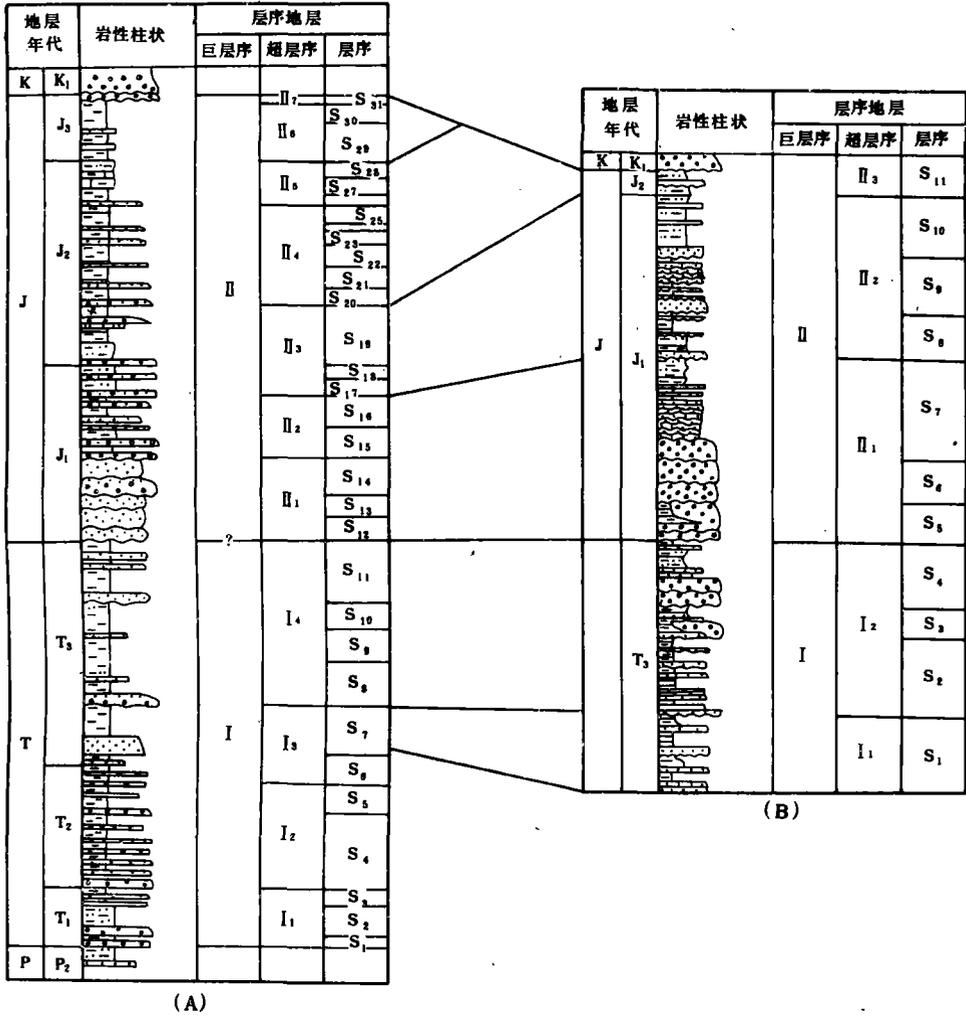


图4 层序地层对比图

(A)塔里木盆地北部,根据乐昌颖等(1996)修改;(B)塔里木盆地东南部

Fig. 4 The correlation of the sequence stratigraphy; (A) the northern part of the Tarim Basin (modified from Le Changshuo *et al.* 1996), and (B) the southeastern part of the Tarim Basin

## 参 考 文 献

- 1 邓宏文. 美国层序地层研究中的新学派——高分辨率层序地层学. 石油与天然气地质, 1995, 16(2), 89~97
- 2 邓宏文、王洪亮、李熙喆. 层序地层地层基准面的识别、对比技术及应用. 石油与天然气地质, 1996, 17(3), 177~184
- 3 Vail P R, Andemard F, Bowman S A, Eisner P N and Perez-Cruz C. The stratigraphic signatures of tectonics, eustasy and sedimentology—an overview. In: G. Einsele, W. Ricken and A. Seilacher (eds), *Cycles and Events in Stratigraphy*. Springer-Verlag, 1991, 617—660
- 4 乐昌颖、丁炳松、田成、王荣前. 新疆塔里木盆地北部层序地层及其沉积学研究. 地质出版社, 1996

## Base-level changes and nonmarine sequence stratigraphy: an example from the Tarim Basin, Xinjiang

Wang Longzhang

*Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, CAGS*

Liu Haixing

*Northwest China Bureau of Petroleum*

### ABSTRACT

Base-level changes are successfully employed in the genetic explanation and division of stratigraphic sequences, while the theories of sequence stratigraphy are difficult to be applied to nonmarine basins based on sea-level changes. This paper discusses the formation and development of the stratigraphic sequences during the base-level evolution. The stratigraphic sequences have been classified and the sequence stratigraphic frameworks erected with the aid of the construction of the base-level curves and the analysis of the genetic stratigraphy. The theories of sequence stratigraphy based on the base-level changes are successfully used for the explanation of the Triassic—Jurassic nonmarine sequences within the outcrop section in the southeastern part of the Tarim Basin, Xinjiang which can be correlated with the stratigraphic sequences in the northern part of the basin.

**Key words:** base-level change, sequence stratigraphy, Tarim Basin, Triassic—Jurassic