

文章编号: 1000-0550(2005) 03-0483-07

# 基准面旋回与 $A/S$ 比值的函数关系及地质意义

汪彦 彭军 游李伟 陈果

(西南石油学院资源与环境学院 成都 610500)

**摘要** 应用高分辨率层序地层学中的基准面旋回原理,对基准面变化进行了详细地分析。由于基准面的升降变化引起了可容纳空间与沉积物供给量的相对变化,相对应的可容纳空间变化率和沉积物供给率同时也发生变化,因而导致了在不同时期同一地区的地层在相序、保存程度和叠加样式上的差异,以及在同一时期内不同地区在相域上的差别。结合 Cross 提出的地层基准面原理以及沉积物供给量、可容纳空间变化率、沉积物供给率和沉积通量的物理属性,建立了相应的函数模型,推导说明了其函数关系式,阐述了它们之间的相互关系,总结了各自的变化规律和所代表的地质意义。本文的研究成果有助于进一步加深理解高分辨率地层层序的形成和演化,并且对于高分辨率地层层序的划分与对比,也有一定的借鉴意义。

**关键词** 基准面旋回  $A/S$  比值 可容纳空间变化率 沉积物供给速率 沉积通量

**第一作者简介** 汪彦 男 1976 年出生 硕士研究生 层序地层学

**中图分类号** P539.2 **文献标识码** A

由科罗拉多矿业学院 Cross 教授提出的高分辨率层序地层学<sup>[1]</sup>是以岩芯、三维露头、测井和高分辨率地震反射剖面资料为基础,以多级次的基准面旋回为参照面,建立高精度时间地层对比格架的层序地层划分与对比技术<sup>[2]</sup>。其理论核心是:在基准面变化过程中,由于可容纳空间和沉积物供给量比值的变化,在相同的沉积体系域或相域中发生沉积物的体积分配作用,导致沉积物的保存程度、地层堆积样式、相序、相类型以及岩石结构和相组合类型发生变化<sup>[3]</sup>。也就是说,基准面变化控制着层序地层的发育。基准面的升降变化引起了可容纳空间( $A$ )和沉积物供给量( $S$ )的相对变化,从而导致了在不同时期内同一地区相序的差别,不同地区在同一时间域内相域的不同分布;以及由于  $A/S$  比值的变化使得地层的叠加样式和保存程度(沉积或剥蚀)在不同地区有所不同。因此识别出它们之间以及相关量之间的相互关系是进一步认识沉积物保存程度和叠加样式的关键,也是进一步理解不同级次地层旋回之间的叠置关系和相序变化规律的基础。本文根据基准面(或可容纳空间)、沉积物供给速率以及沉积物沉积界面的变化规律,建立了相应的数学函数模型来阐述它们之间的相互关系以及在高分辨率层序地层学格架中的沉积响应。

## 1 对基准面、可容纳空间、沉积物供给量、沉积通量的理解

### 1.1 基准面和可容纳空间

目前地学中的基准面概念大体上有三种<sup>[4]</sup>:(1)侵蚀基准面;(2)沉积基准面;(3)地层基准面。

Cross 发展了 Wheeler 提出的基准面概念,并进一步阐明了地层基准面是一个相对于地球表面波状起伏的、连续的、总体上略向盆地方向下倾的,其位置、运动方向及升降幅度随时间不断变化的抽象曲面(非物理面)<sup>[5]</sup>。本文研究的便是 Cross 提出的地层基准面。由此可见,地层基准面强调的是:1)基准面是一个上下运动,横向左右摆动的抽象势能面;2)基准面的形态是波状起伏的曲面;3)基准面的状态是动态变化的,可能也有相对静止的时期;4)基准面的运动是以地表为参照系的相对升降运动;5)基准面旋回是一个周期性的时间域。

根据郑荣才教授、彭军教授<sup>[6]</sup>对陆相盆地基准面旋回级次的研究后提出的 6 级旋回划分方案,本文研究的基准面旋回主要是指他们提出的高频低级次(中期、短期、超短期)基准面旋回。由于一个基准面升降旋回形成的沉积充填序列便构成一个成因地层单元,因此低级次地层旋回记录了相应低级次的基准

面旋回。而低级次地层旋回的成因主要与天文因素引起的基准面升降和  $A/S$  比值变化有关。

Jervey 提出的可容纳空间, 泛指可供沉积物沉积的潜在空间<sup>[7]</sup>。由于本文研究的是低级次基准面旋回的变化, 所以将可容纳空间 ( $A$ ) 界定为位于基准面与沉积物表面之间的、可供潜在沉积物充填的全部空间, 也就是在同一基准面旋回期内所有空间的变化。可容纳空间与基准面是因果共存的关系, 其变化直接受控于基准面的升降和基底构造沉降。

### 1.2 沉积物供给量和沉积通量

沉积物供给量 ( $S$ ) 是指在物源供给较充分时, 可容纳空间内可能接受沉积的潜在物源量, 但未必能够全部沉积下来, 实际上是由沉积物供给速率来体现的。只有在有效的可容纳空间内沉积并保存下来的沉积物总量 (不包含后来沉积物的抬升剥蚀量) 才是沉积通量 ( $D$ )。沉积物的供给主要是受气候、流域盆地的抬升、下覆岩层岩性、构造、植被等影响<sup>[6]</sup>; 在沉积区还要受到地形、河流流域面积、流经距离、河流落差的影响。后者主要与基准面的升降有密切的关系。

## 2 建立函数模型的假设和依据

### 2.1 假设条件

沉积零界面: 假设某一地理位置处基准面旋回开始时刻的地球表面为本次研究的零沉积界面, 在本文的数学模型中为  $T$  (时间) 轴。

可容纳空间与物源供给条件: 假设在一低级次基准面旋回内, 可容纳空间的变化不受构造作用的影响, 因此未考虑构造沉降引起的可容纳空间, 仅以基准面升降引起的可容纳空间作为本次的研究对象。物源的供给是稳定且充分的, 仅随着基准面的变化或者说随时间的推移而变化。

函数变化量: 本次研究的是同一点 (地理位置) 在同一期基准面旋回内的变化。因此该地区的沉积盆地面积 ( $S_{\text{基}}$ ) 是近似相等的, 便可用地层厚度 (或虚拟地层厚度) 来代替某时期沉积物沉积下来的体积量 ( $V = S_{\text{基}} \times H$ )。其它变量参见下文的说明。

### 2.2 建立依据

基准面的升降变化是随时间而发生周期性的、上下振荡的连续运动轨迹。该变化表明了可容纳空间的变化, 同时也说明了沉积物供给量的变化。当基准面处于上升时期, 同一点 (地理位置) 的可容纳空间增加, 沉积物在此位置沉积的潜在速度增加, 但沉积物的实际沉积速度还要受到沉积物搬运量的限制; 而

此期间的沉积物供给量是逐渐减少的, 因此二者同时控制了沉积物最终沉积通量的多少; 反之亦然。特别是基准面变化的趋势正好与沉积物供给量的变化趋势是反向的, 而与沉积界面的变化具有一定的同向性; 因而基准面、沉积物供给量、沉积界面的变化都是时间的变化函数。

## 3 数学模型的建立及意义

基于以上的假设和依据, 本文结合相关论文的研究成果<sup>[6, 8-10]</sup>, 根据基准面旋回的变化和  $A/S$  比值的 关系, 来讨论沉积物的保存程度和叠加样式, 以及地层中相序的变化。须指出的是: 本文所研究的数学模型是在理想化的条件下, 以经历了各种相序叠加变化的地理位置作为研究对象。

### 3.1 基准面旋回曲线的建立

基准面旋回的实际变化轨迹是根据基准面的运动随时间的变化而假想出来的一条正 (余) 弦曲线  $A(t)$ 。从理论上讲 (不包括事件沉积), 曲线上的任何一点表示: 在一次基准面升降过程中的某一时刻  $t$ , 基准面位置与沉积零界面之间的所有空间的大小 (包括同一基准面旋回内已沉积的沉积物体积), 其值可用厚度来替代 (见图 1)。任何两点之间的高差则表示相应时间域内可容纳空间变化量的大小, 因此相对应的一阶导数则表示在同一基准面旋回内可容纳空间的变化率, 也就是基准面的升降变化率, 这里统一称为可容纳空间的变化率  $A'(t)$  (见图 2 图 3)。

### 3.2 沉积物供给速率曲线的建立

由于沉积物供给量随时间的变化与基准面变化正好是反向的。具体地讲, 就是基准面上升时, 物源因河流流域面积、河流流量和势能 (落差) 的降低而减少; 下降时反而增加<sup>[8]</sup>。因此, 沉积物供给速率的曲线也是一条正 (余) 弦曲线  $S'(t)$ 。曲线上任一点在理论上表示在基准面升降过程中某一时刻  $t$  时, 河流能够提供的最大潜在的沉积速率, 其大小也用厚度与时间的比值来替代 (见图 2 图 3)。特别是  $A'(t)/S'(t)$  的比值决定了可容纳空间内沉积物的堆积速度、保存程度和地层内部的叠加结构特征 (见表 1)。

### 3.3 沉积通量曲线的建立

沉积物最终沉积在某一个基准面旋回期间的量度, 完全是由  $A/S$  比值来控制的, 因此, 沉积通量 ( $D$ ) 的变化是沉积物供给速率或可容纳空间变化率对时间的积分函数  $D(t)$  (见图 2)。其变化的地质响应是以最终沉积界面的形式表现出来, 同时也表征了沉积

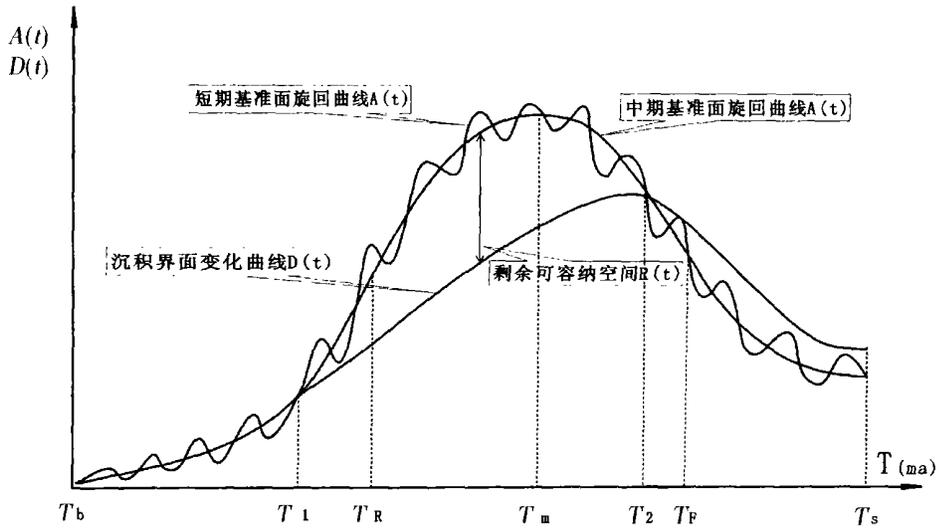


图 1 基准面变化曲线与沉积界面曲线的关系模式

Fig 1 The relationship between the curve of the base-level cycle change and the depositional interface

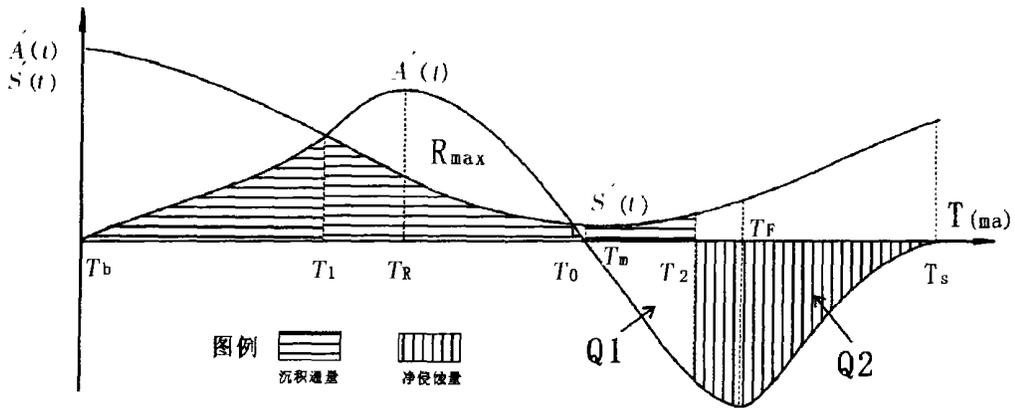


图 2 可容纳空间变化率与沉积物供给速率的关系图

Fig 2 The relationship between the rate of the accommodation space variation and the sedimentary alimentation

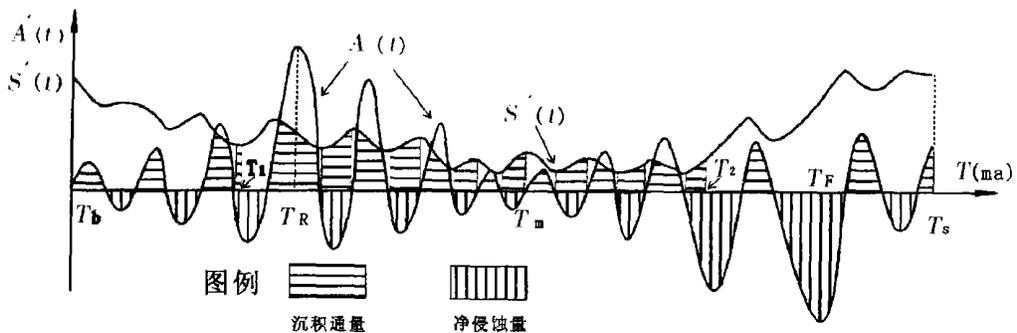


图 3 同一中期基准面旋回内 A'(t) 或 S'(t) 与沉积通量图解

Fig 3 The illustration of sedimentary flux delimited by A'(t) or S'(t) in the same middle term base-level cycle

通量的累积效应。

## 4 相应函数的辩证关系和地质意义

### 4.1 $A(t)$ 与 $D(t)$ 、 $A'(t)$ 与 $S'(t)$ 之间的关系和地质意义

本次建立的函数模式是以中期基准面旋回为例而建立的,其规律同样也适合其它级次的基准面旋回。下文研究的中期基准面变化规律已在前面数学函数的建立中提到了。图 1 和图 2 研究的是在同一中期基准面旋回内的变化规律。值得注意的是: $A(t)$  是指积分函数,而  $A_{b1}$  是  $T_b - T_1$  上的定积分,二者有严格的数学意义(其它参数类似)。

如图 1 和图 2 所示,在  $T_b - T_1$  期间,基准面从最低点缓慢上升,同时沉积物供量给因基准面的上升而逐渐减少,此时  $A'(t)$  远小于(到小于)  $S'(t)$ 。在  $T_b - T_1$  时间内,曲线  $S'(t)$  和时间轴所包围的面积 ( $S_{b1} = \int_{T_b}^T S'(t) dt$ ) 远大于或大于曲线  $A'(t)$  和时间轴所包围的面积 ( $A_{b1} = \int_{T_b}^T A'(t) dt$ ) (图 2)。也就是说很小或较小的可容纳空间无法保留大量沉积物的供给,大量沉积物将被搬运到较下游的地方沉积。此时的沉积界面和基准面是吻合的,任一时刻的剩余可容纳空间  $R_{b1}(t) = Q$ , 沉积通量  $D_{b1}(t) = \int_{T_b}^T A'(t) dt$  ( $T$  为  $T_b - T_1$  间任意一时刻,下面的  $T$  取值范围类似);因此就形成数个由底部为冲刷面 + 向上“变深”的单一岩性组成的、且由非对称型短期旋回构成加积到进积层序的叠加样式。

随着基准面的继续上升和沉积物供给量的逐渐减少,总有一时刻,沉积物供给速率与可容纳空间的增长率在量上相等,此时在变化曲线上即表现为一个时间点(理论上是一个点,实际研究中可认为在一段时间内二者都近似相等即  $A'(t) = S'(t)$ )。该点正是两条曲线的第一次交会点,即在图 2 中,与  $T_1$  时刻相对应的点。也就是说,在  $\Delta T$  内,基准面上升时新增的可容纳空间正好被供给的沉积物所充填,即  $\Delta A = \Delta S$ ,便形成数个以整合面(或弱冲刷面) + 向上“变深”为主的单一岩性组成的、且具有对称型旋回的加积层序的叠加样式。此时,沉积通量  $D_{T1}(t) = \int_{T_b}^T A'(t) dt = \int_{T_b}^T S'(t) dt$  ( $T$  为从  $T_1$  到  $T_1 + \Delta T$  之间的任一时刻),剩余可容纳空间  $R_{T1}(t) = Q$  而期末的累计沉

积通量  $D_L = D_{b1} + D_{T1}$ , 累计剩余可容纳空间  $R_L = Q$

在  $T_1 - T_m$  期间,即在基准面快速上升到接近最高点位置的过程中,当跨过  $T_1$  点的任何一时刻,总有  $A'(t) > S'(t)$ ,因此在相同的时间域内总有  $\Delta A > \Delta S$ ,此时所供给的沉积物在任一短期基准面的上升和下降期间均会完全沉积,可形成数个整合的、以向上“变深”为主(随基准面逐渐接近最高点,其对称性渐强)的、并由对称型旋回构成退积层序的叠加样式。沉积通量  $D_{1m}(t) = \int_{T_1}^T S'(t) dt$  在图 2 中是指  $T_1 - T_m$  间,曲线  $S'(t)$  与时间 ( $T$ ) 轴所围的一个面积域;在  $T_1 - T_m$  期间,任何一时刻的剩余可容纳空间  $R_{1m}(t) = \int_{T_1}^T A'(t) dt - \int_{T_1}^T S'(t) dt$  相当于图 1 中可容纳空间与沉积通量之间的差值  $R(t)$  的大小,也就是累计剩余可容纳空间  $R_L(t)$ 。而期末的累计沉积通量  $D_L = D_{b1} + D_{T1} + D_{1m}$ 。特别是在最高点  $T_m$  处(可能是一个持续时间很长的时期即从  $T_0 - T_m$  的一段时间域,此时,  $A'(t) \cong S'(t) = 0$ ),在同一中期基准面旋回过程中,此时物源供给量最小,且具有最大剩余可容空间  $R_{max}$ 。理论上会形成数个整合的、具有对称型旋回的加积层序(细粒泥质沉积)或表现为饥饿沉积,形成无沉积间断。而实际上在岩芯中是无法识别此时短期基准面旋回的转换面,该时期通常是沉积过程中的最大洪泛期。

在  $T_m - T_2$  期间,基准面从最高点快速下降,同时沉积物供给却因基准面的下降而逐渐增加,此时  $A'(t) < Q$ ,  $S'(t) > Q$ ,因此,“新增”可容纳空间是负值,会减少原来的剩余可容纳空间。在累计的负可容纳空间 ( $Q_1$ ) 和此时间段内的沉积通量共同将所有的  $R_{max}$  减少到零之前(即  $T_2$  时刻,会形成由数个整合面 + 以向上变粗的岩性为主的、且由对称型短期旋回构成加积 - 进积层序的叠加样式。在此期间的任一时刻的沉积通量  $D_{m2}(t) = \int_{T_m}^T S'(t) dt$ , 剩余可容纳空间  $R_{m2}(t) = R_{max} + \int_{T_m}^T A'(t) dt - \int_{T_m}^T S'(t) dt$  而期末的累计沉积通量  $D_L = D_{b1} + D_{T1} + D_{1m} + D_{Tm} + D_{m2}$ 。

在  $T_2$  点,如果基准面与沉积界面重合的时间较长的话,那么在此期间的可容纳空间  $A = R_L = Q$ 。在时间域内,所有供给的沉积物正好充填完了基准面下降期所剩的最后一部分可容纳空间之后,由于基准面和沉积界面相互重合,沉积物无法停留下来而发生过路 (By pass),此刻的累计沉积通量也达到最大,即

$$D_{\max} = D_{b1} + D_{T1} + D_{1m} + D_{1m} + D_{m2} + D_{T2}$$

在  $T_2 - T$  期间, 基准面缓慢下降到接近最低点即第二次最小可容纳空间  $A_{m \min}$  处。当越过  $T_2$  点后, 此时  $D_{2s}(t) = \int_{T_2}^T S'(t) dt < Q R_L = Q$  也就是说, 基准面越过沉积界面继续下降, 将会对原有沉积物进行不断地下切侵蚀。而沉积通量 (实际上是净剥蚀量)  $D_{2s} = Q_2$ , 而最终的累计沉积通量  $D_L = D_{b1} + D_{T1} + D_{1m} + D_{1m} + D_{m2} + D_{T2} + D_{2s}$ 。

但如果中期基准面下降幅度较小, 那么在整个基准面下降期间, 剩余可容纳空间  $R_{\max}$  就不会减少到零。这样就在  $T_m - T_s$  期间形成由数个以向上变粗为主的岩性组成的、且以从对称型向非对称型短期旋回渐变的加积 - 进积层序构成的叠加样式。此期间沉积通量  $D_{ms}(t) = \int_{T_m}^T S'(t) dt$  剩余可容纳空间  $R_{ms}(t) = R_{\max} + \int_{T_m}^T A'(t) dt - \int_{T_m}^T S'(t) dt > 0$  (结合图 2 和图 4)。

在最低点  $T_s$  处 (可能也是一个较长的时间域,  $A'(t) \cong 0$ ), 此时由于物源供给相对最大, 具有相对最小的可容纳空间, 形成数个具有冲刷面的非对称型旋回的加积层序的叠加样式。其相应的  $D_s$  和  $R_s$  与  $T_b$  时刻的情况相似。

图 3 则表示在同一中期基准面旋回内, 所叠加的各短期基准面旋回的可容纳空间变化率曲线与沉积物供给速率曲线之间的相对关系。曲线  $A'(t)$  与时间轴之间面积的代数和表示在一个中期基准面变化期间可容纳空间的大小  $\Delta A = \int_{T_b}^T S'(t) dt$  而曲线  $S'(t)$  与时间轴之间的面积表示在此旋回内最大的沉积通量  $\Delta D = \int_{T_b}^T S'(t) dt$  而实际沉积通量要分情况考虑:

如果  $A \geq 0$  的情况下, 对  $D(t)$  的度量参见 4.1 的推导解释。

如果  $A < 0$  就不会有沉积物在此位置发生沉积, 而是对原有的沉积物进行侵蚀。

因此, 结合图 1 图 2 和图 3 的诠释, 可以将  $A'(t)/S'(t)$  比值的大小与地层叠加样式、基准面位置的关系<sup>[11]</sup>如表 1 所示:

#### 4.2 $A(t)$ 、 $S(t)$ 之间的相互关系

尽管物源供给量在同一地区的变化与基准面的变化正好反向, 但在同一时期内, 不同地区二者相对

表 1  $A'(t)/S'(t)$  值的大小与地层叠加样式的关系

Table 1 The relationship between the  $A'(t)/S'(t)$  ratio and the stacking pattern

| A 值     | $A'(t)/S'(t)$ | 地层叠加样式 | 基准面的位置     |
|---------|---------------|--------|------------|
| $A > 0$ | $> 1$         | 退积     | 上升中晚期和下降早期 |
|         | $= 1$         | 加积     | 转换期        |
|         | $< 1$         | 进积     | 上升早期和下降中晚期 |
| $A = 0$ | 路过 (沉积间断)     |        | 下降中晚期      |
| $A < 0$ | 发生净侵蚀         |        | 下降晚期       |

量的变化却不尽相同<sup>[8,9]</sup>。如图 4 A 图说明了在中期基准面上升期间, 不同地理位置的基准面与沉积物供给量的变化曲线。 $A_1(t)$ 、 $S_1(t)$  是指在近物源区, 物源供给很丰富, 基准面的升降幅度较大, 下降期会发生长时间的陆上暴露或侵蚀, 可能发育大型的下切谷, 沉积地层主要以向上“变深”的非对称型旋回保存下来, 如冲积平原、三角洲平原等。 $A_2(t)$ 、 $S_2(t)$  是指在较近物源区, 物源供给相对较丰富, 基准面的升降幅度不是很大, 陆上暴露的时间较短或者没有, 因此可以发育对称型的地层旋回, 如三角洲前缘、滨浅湖相等。有时也因基准面下降幅度太大, 造成大量的剥蚀而发育非对称型地层旋回。 $A_3(t)$ 、 $S_3(t)$  是指在离物源区较远, 物源供给贫乏, 基准面的升降幅度对物源供给影响不大, 在可容空间内总是发育欠补偿的饥饿沉积或无沉积, 多发生在半深海 (湖) - 深海 (湖) 区。而 B 图是在中期基准面下降期不同地区  $A(t)$  和  $S(t)$  的对比曲线图, 值得说明的是: 在基准面下降期会发生侵蚀, 图中没有图示出。

## 5 研究意义

本文根据基准面变化过程中  $A/S$  比值的变化规律, 建立了一组具有地质意义的数学模型。这些数学模型的建立对深刻理解高分辨率层序地层学理论及其应用有重要的指导作用。

在利用地表露头、钻井岩芯、测井资料和地震剖面进行高分辨率层序地层学研究时, 该数学模型量化了基准面旋回中可容纳空间和沉积物供给之间的数学关系及其在地层格架中的沉积响应。如基准面的上升导致了河流平衡剖面的抬升, 这使河流的搬运能力减弱、沉积作用增强, 并形成大量的陆上可容纳空间, 所以河流上游充填最为发育, 三角洲平原废弃、海 (湖) 盆区的陆源供给缺乏; 反之, 在下降期, 由于陆上仍有剩余可容纳空间, 而河流未能及时返回, 因

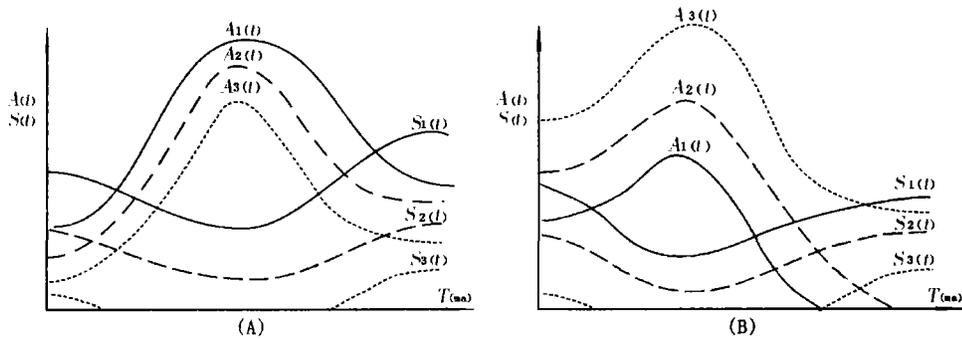


图 4 不同地带基准面变化与沉积物供给的对比曲线图

Fig 4 The correlation of base-level cycle variation and sedimentary alimention in different areas

此滞后沉积现象非常明显,多发育小型分流河道沉积,而其它沉积相也较发育。因此,本文模型对深刻认识在断(坳)陷盆地中陆相地层发育的沉积机理及储集砂体的时空展布规律有重要的理论指导意义。前人在这方面已有初步研究,并有部分成果问世,如王家豪等人<sup>[12]</sup>就是利用基准面变化与 $V_a/V_s$ 比值的大小定性研究了坳陷盆地内浅水辫状河三角洲发育区的河流作用和砂体分布,所得出的结论与本文数学模型的解释基本吻合。

该数学模型的研究有助于深刻认识并理解中期、短期、超短期基准面旋回的形成机理和发育规律,进而正确地划分高频级次的基准面旋回。特别是在油气田勘探开发过程中,利用高分辨率层序地层学原理划分不同级次的基准面旋回并建立相应的层序地层格架,不仅可以满足高时间精度的小层砂体和单砂体的等时追踪对比以及等时大比例尺沉积微相图的编制,更重要的是可以进行储集砂体时空展布规律的三维预测和定量评价,这为进一步深层次的油田地质开发提供了可靠的地质模型。在这方面,郑荣才教授、彭军教授等人已经进行过深入的研究<sup>[13]</sup>,并提出了一套在油气田勘探开发中利用基准面旋回和 $A/S$ 比值的变化对储层进行划分评价的理论依据,以及对储层物性、非均质性和剩余油分布研究的科学方法。

该数学模型的建立有助于解决油气田开发工作中面临的许多地质问题。如利用高频级次基准面旋回的沉积机理和地层对比,并结合储层的沉积成岩作用和现场生产动态数据来划分流动单元。由于基准面变化的旋回性,造成油气储层及储层流动单元的层次性。二者之间有着很好的对应关系,并在不同级次基准面旋回地层内,储层流动单元的发育及其优劣

与基准面升降过程中 $A/S$ 比值变化有着密切的关系,本文关于基准面变化和 $A/S$ 比值的数学模型为储层流动单元的研究提供了理论基础,前人已有这方面定性的研究成果<sup>[14]</sup>。

该数学模型的提出也有助于认识地层中高频级次基准面旋回形成的控制因素。尤其是与米兰柯维奇天文周期相结合,从沉积动力学的角度定量地来解释高频级次基准面旋回的沉积成因。

#### 参考文献 (References)

- 1 Cross T A. Controls on coal distribution in transgressive-regressive cycles Upper Cretaceous Western Interior USA. In Wilgus C K, *et al.* eds. Sea-level changes: an integrated approach. SEPM Special Publication 1988 42: 371~ 380
- 2 邓宏文,王红亮,宁宁. 沉积物体积分配原理—高分辨率层序地层学的理论基础. 地质前缘, 2000, 7(4): 305~ 313 [Deng Hongwen, Wang Hongliang, Ning Ning. Sediment volume partition principle: Theory basis for high resolution sequence stratigraphy. Earth Science Frontiers, 2000, 7(4): 305~ 313]
- 3 邓宏文,王洪亮,李熙喆. 层序地层基准面的识别、对比技术及应用. 石油与天然气地质, 1996, 17(3): 177~ 184 [Deng Hongwen, Wang Hongliang, Li Xizhe. Identification and correlation techniques of sequence stratigraphic base-levels and their application. Oil & Gas Geology, 1996 17(3): 177~ 184]
- 4 刘招君,董清水,王嗣敏,等. 陆相层序地层学导论与应用. 北京:石油工业出版社, 2002. 64~ 66 [Liu Zhaojun, Dong Qingshui, Wang Simin, *et al.* Introduction to Continental Sequence Stratigraphy & Application. Beijing: Petroleum Industry Press, 2002. 64~ 66]
- 5 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 [Deng Hongwen. A new school of thought in sequence stratigraphic studies in U. S. A: high-resolution sequence stratigraphy. Oil & Gas Geology, 1995 16(2): 89~ 97]
- 6 郑荣才,彭军,吴朝容. 陆相盆地基准面旋回的级次划分和研究意

- 义. 沉积学报, 2001, 19(2): 249~255 [Zheng Rongcai, Peng Jun, Wu Chaorong. Grade division of base-level cycles terrigenous basin and its implications. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2001, 19(2): 249~255]
- 7 Jervey M T. Siliciclastic sequence development in foreland basin with examples from the Western Canada Foreland and Basin. In: MacQueen R W and Leckie D A, eds. *Foreland Basin and Fold Belts*. AAPG Memoir 1993, 55: 47~80
- 8 彭军, 郑荣才, 陈景山, 等. 百色盆地那读组短期基准面旋回层序分析. 沉积学报, 2002, 20(2): 203~209 [Peng Jun, Zheng Rongcai, Chen Jingshan, *et al*. Short-term base-level cycle sequence analysis of Nadu formation in Baise basin. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2002, 20(2): 203~209]
- 9 彭军, 陈景山, 郑荣才, 等. 百色盆地百岗组高分辨率层序分析及研究意义. 地球学报, 2002, 23(2): 153~158 [Peng Jun, Chen Jingshan, Zheng Rongcai, *et al*. The analysis of high-resolution sequence stratigraphy of Baigang formation in Baise basin and its significance. *Acta Geoscientia Sinica*, 2002, 23(2): 153~158]
- 10 郑荣才, 尹世民, 彭军. 基准面旋回结构与叠加样式的沉积动力学分析. 沉积学报, 2000, 18(3): 369~375 [Zheng Rongcai, Yin Shimin, Peng Jun. Sedimentary dynamic analysis of sequence structure and stacking pattern of base-level cycle. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2000, 18(3): 369~375]
- 11 王嗣敏, 刘招君. 高分辨率层序地层学在陆相地层研究中若干问题的讨论. 地层学杂志, 2004, 28(2): 179~184 [Wang Simin, Liu Zhaojun. Discussion on some problems of high-resolution sequence stratigraphy in the study of continental stratigraphy. *Journal of Stratigraphy*, 2004, 28(2): 179~184]
- 12 王家豪, 姚光庆, 赵彦超. 浅水辫状河三角洲发育区短期基准面旋回划分及储层宏观特征分析. 沉积学报, 2004, 22(1): 87~94 [Wang Jiahao, Yao Guangqing, Zhao Yanchao. Study on identification of short-term base-level cycle and macroscopic distribution of reservoirs in shallow-water braided delta. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2004, 22(1): 87~94]
- 13 郑荣才, 彭军, 彭光明, 等. 高分辨率层序分析在油藏开发工程中的应用. 沉积学报, 2003, 21(4): 654~662 [Zheng Rongcai, Peng Jun, Peng Guangming, *et al*. Analysis of high-resolution sequence stratigraphy of the second member of Nadu formation in Lun 35 of Baise Basin and its application in development of oil reservoir. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2003, 21(4): 645~622]
- 14 张尚锋, 洪秀娥, 郑荣才, 等. 应用高分辨率层序地层学对储层流动单元层次性进行分析. 成都理工学院学报, 2002, 29(2): 147~151 [Zhang Shangfeng, Hong Xiue, Zheng Rongcai, *et al*. Application of high-resolution stratigraphic sequence to the analysis of level of reservoir flow units. *Journal of Chengdu University of Technology*, 2002, 29(2): 147~151]

## The Functional Relation between Base-level Cycle and $A/S$ Ratio and Their Geologic Implications

WANG Yan PENG Jun YOU Liwei CHEN Guo

(Department of Resource and Environment, Southwest Petroleum Institute, Chengdu 610500)

**Abstract** By applying the base-level cycle theory of high-resolution sequence stratigraphy, we have delicately analyzed the fluctuation of base-level cycle. The oscillation of the base level results in their relative variation of accommodation space and sedimentary alimention. The variation rates of them have also changed, then lead to the difference of facies sequence, the degree of stratigraphic preservation and stacking pattern at the same territory in different ages or the difference of phase area at different territories at the same age. Using stratigraphic base level defined by Cross and their physical attributions of related parameters: sedimentary alimention, the variation rate of accommodation space, the rate of sedimentary alimention and sedimentary fluxes, this paper has established the corresponding function models, deduced their functional equations, illustrated their relations, and generalized their variability and geologic implications. All those contribute to understand the process of sedimentary change and the high-resolution correlation and partition in high resolution stratigraphic sequence.

**Key words** base-level cycle, the  $A/S$  ratio, the variation rate of accommodation space, the rate of sedimentary alimention, sedimentary fluxes