

文章编号: 1000-0550(2009)01-0064-06

正弦曲线型地层基准面旋回一维定量理论模型的建立^①

朱 锐 张昌民 尹太举 尹艳树 吴星宝

(长江大学地球科学学院 湖北荆州 434023)

摘 要 在综述基准面基本概念的基础上,从泥沙运动力学角度出发建立了正弦曲线型地层基准面旋回的一维定量理论模型。模型通过沉降速率、基准面旋回曲线、沉积物供给速率曲线以及泥砂的平均粒径和密度等基本属性数据,给出了地层表面高度变化的数学表达式,模拟了地层表面的变化,实现了对于地层的沉积、侵蚀和饥饿沉积的模拟,建立和恢复了地层样式。最后通过起始地层面高度高于、低于和等于基准面三种情况下的稳定地层样式对比,得出了由突发、短暂的地层沉降所打破的旋回沉积平衡易于恢复;而因地层抬升偏离的平衡,其恢复时间相对较长。

关键词 正弦型曲线 基准面旋回 定量模型 地层样式 水动力条件

第一作者简介 朱锐 男 1982年出生 博士研究生 沉积学与层序地层学 E-mail zhuruming@163.com

中图分类号 P539.2 **文献标识码** A

层序地层学理论的提出^[1]引起了世界地质学特别是地层学及沉积学的一次革命,该理论进入中国之后得到迅速普及,对陆相含油气盆地地层及沉积研究起到极大的推进作用。而在此之后,由科罗拉多矿业学院的教授提出的高分辨率层序地层学^[2]以其理论、概念、技术方法和显著的应用效果及其更高的研究精度,更是得到了国内外广大地质工作者的高度重视。然而,由于这一学科本身定性分析较多,定量分析不够,从而会造成技术操作的人为性和随意性。如何使层序地层学的理论体系定量化成为了有待解决的重要课题。国内外广大的地质学家^[3~9]均对这一课题展开了研究,取得了丰硕的成果。本文根据基准面的定义,从泥沙运动力学等知识入手,解析基准面的物理意义,并建立正弦曲线型地层基准面旋回一维定量理论模型,以期能更深入地理解基准面旋回,从而完成层序地层的充填过程模拟。

1 基准面的概念

高分辨率层序地层学的核心是基准面旋回变化理论。“基准面”是一个应用了近一个世纪的地层学术语,但是对它的理解仍然存在许多差异^[2,10,11]。目前地学中的基准面概念大体上可分为大地基准面、沉积基准面以及地层基准面三种^[10]。

大地基准面最早由 Powell(1875)提出,用于地貌学研究中,指的是陆上侵蚀作用的下限,海平面是总

的基准面(或最终的基准面),但也有局部或暂时的基准面。沉积基准面是由 Burrell 首次提出,他认为基准面在地表上下波动,是控制可供沉积物堆积空间的最根本因素^[11]。Wheeler 对基准面是控制力量的观点提出异议,在总结了几个广泛应用于地貌学的基准面概念之间的差别之后,引入了一个不同以往、更严格精确、更适用于地层分析的基准面概念——地层基准面。他将基准面定义为抽象的(非物质的)、非水平的、波动的连续面,相对于地表上升和下降,描述的是在物质和能量通过时间域被保存下来的可容纳空间结构里,沉积物供应和被搬运走之间的一个平衡状态^[12]。

高分辨率层序地层学中所使用的基准面定义是沿用并发展了的 Wheeler 地层基准面定义和概念。Cross 明确提出:可将基准面看为一等势能面,它反映了地表与力求其达到平衡的各种地质过程间的不平衡程度^[13]。要达到平衡,地表则需要不断地通过沉积或侵蚀作用改变其形态,并向靠近基准面的方向运动。随着基准面的旋回波动就产生了地层的堆积、沉积物体积的分配、相分异以及岩石结构的变化。

2 定量模型建立的依据和假设

2.1 建立依据

基准面反映了迫使地表上下移动至平衡位置的所需能量。当基准面与地层面重合时,构造沉降、沉

①国家自然科学基金项目(批准号:40572078)资助。
收稿日期:2008-03-11; 收修改稿日期:2008-04-09

积物供应和可容纳空间是相互平衡, 此时沉积能量与侵蚀搬运能量相等, 沉积量与侵蚀搬运量相同, 表现为既不沉积也不侵蚀, 即地层面变化仅受构造沉降控制; 当基准面高于地层表面时, 沉积具有了可容纳空间, 基准面反映出的能量为沉积能量, 使沉积物负载沉淀; 当基准面低于地层面时, 基准面反映出的能量为侵蚀搬运能量, 地层的潜在的侵蚀速率增加, 已稳定的沉积物开始重新进入搬运。而由此可见, 基准面到地层面的距离就可以看作是沉积能量与侵蚀能量之差的衡量标准。若将沉积能量或侵蚀搬运能量通过实际的 (或理论的) 物理模型转换成最大可沉积的量与最大可剥蚀搬运的量, 则可进一步完成对旋回地层沉积充填过程的模拟。

从实际沉积的物理条件来看, 沉积物的沉积是由于运输载体 (重力、空气或水流等) 因携带了大量的沉积物负载而超过了他们的运输能力。沉积能量的实质是环境、介质等条件对挟砂水流运动的阻力做功。正是由于阻力的存在, 将水流的部分机械能转化为克服当地摩擦所产生的热能、在边界的紊动动能 (以漩涡的形式进入主流区), 从而减少了运输载体的运载能力。相反, 对于一颗静止于河床面的颗粒, 它主要受到水流的作用力和床面的反力, 当二者平衡时, 泥砂颗粒处于临界启动状态, 一旦运输载体的负载能力增强, 强度加大, 将打破颗粒的静止状态, 使其搬运。

可见, 从层序地层学和泥沙运动动力学的理论出发, 在对同一位置不同时间的基准面、地层表面变化的研究过程中, 可以将基准面到地层表面的距离作为能量的值, 并可将该值按照物理规律及原理计算出实

际过程中的沉积量与搬运量。

2.2 模型假设

假设 1:

构造运动、沉积作用和气候变化具有一定的周期性, 据此, 受其控制的基准面变化在时间和空间上也是具有周期性的。一般认为, 基准面是在一个上下振荡的弯曲界面, 其振荡曲线类似于正弦波。当然, 这种正弦波型的基准面变化曲线既可以是标准的又可以是变形复合叠加的。文中的模型是建立在基准面变化曲线是标准正弦曲线的假设基础之上的。

假设 2

重力与水流是常见的沉积物搬运营力。由于本次研究所建立的是一维定量模型, 即研究的是同一点 (地理位置) 在连续时间中的基准面和地层面的变化。该模型对于重力的表征 (连续地层表面的落差) 不能很好反映, 因此在对于沉积物搬运载体上仅考虑了水流。

假设 3

如图 1 考虑物源方向上相邻的两点 A、B。当基准面上升时, 沉积物将大部分在靠近物源区的 A 点沉积, 在 B 点的沉积物供给相对减少; 当基准面下降时, A 点的剥蚀量增大, 大量 A 点的沉积物经流体搬运通过 B 点, 使 B 点的沉积物供给增加。单就对 B 点而言, 当基准面上升时, 沉积物供给量减少; 相反, 当基准面下降时, 沉积物供给相对增加^[14]。即沉积物供给量随时间的变化与基准面的变化是反向的。由此根据假设 1, 基准面变化为一标准正弦曲线, 可假设沉积物供给速率的曲线也是一标准正弦曲线。

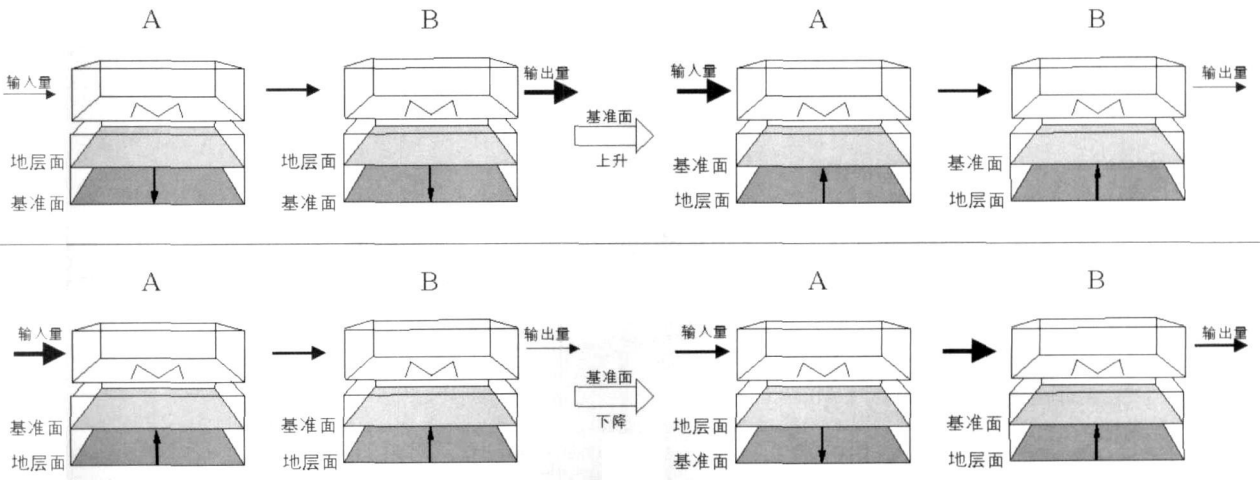


图 1 基准面变化与沉积物供给变化之间的关系模式图

Fig 1 Modeling of relationship between base-level and sediment supply variation

3 定量模型的建立

依据以上假设,可将建立基准面曲线 $B(t)$ 关于时间 t 的表达式: $B(t) = a \times \sin(t)$, a 为基准面曲线的振幅; 沉积物供给速率 $S(t)$ 关于时间 t 的表达式: $S(t) = N - b \times \sin(t)$, b 为沉积物供给曲线的振幅、 N 为基准面位于零时的沉积物供给速率。将地层表面关于时间 t 的函数关系定义为 $f(t)$, 那么讨论正弦曲线型地层基准面旋回的沉积过程就转换成讨论 $f(t)$ 的构成。下面就分基准面高于、等于和低于地层面等三种情况, 定量解析地层面 $f(t)$ 的变化。

3.1 基准面高于地层表面: $f(t) < B(t)$

基准面高于地表面时沉积能量大于侵蚀搬运能量, 将发生沉积。沉积的物理解释即为阻力做功, 使流体部分机械能转化为热能耗散。而这些被转化的机械能有一部分就是沉积颗粒的动能。在此, 考虑泥砂颗粒由运动状态转变为静止状态的临界水流条件。根据冈恰夫^[15] 的实验研究结果:

$$U_c = 0.81 \sqrt{\frac{\rho_s - \rho}{\rho} g d \left(\frac{h}{d} \right)^{1.6}}$$

d 为泥砂平均粒径; h 为水深

对于天然砂有: $\frac{\rho_s - \rho}{\rho} = 1.65$ 代入后, 将起动速度简化为:

$$U_c = 3.27 d^{1/3} h^{1/6}$$

如此一来侵蚀搬运能量与沉积能量之差, 就主要转换为颗粒的动能, 即为:

$$e_b (f(t) - B(t)) = \frac{1}{2} m U_c^2 = 5.35 \rho V d^{2/3} h^{1/3}$$

式中 e_b 为能量的转化率, V 为被搬运的沉积物体积。

然而, 沉积的量还需要沉积物供给量来控制。即:

1. $V > S(t)$ 时

沉积物最多只能将沉积物供给量完全沉积。于是有:

$$f(t+dt) = f(t) - Bdt + S(t)dt$$

其中当 $N - b \times \sin(t) > 0$ 时, $S(t) = N - b \times \sin(t)$;

当 $N - b \times \sin(t) < 0$ 时, $S(t) = 0$ 。

2. $V < S(t)$ 时

地层面的增加量, 由沉积能量与侵蚀能量的差 ($B(t) - f(t)$) 来控制:

$$f(t+dt) = f(t) - Bdt +$$

$$\left[\frac{e_b d^{3/2} h^3}{5.35 \rho} (\alpha \sin(t) - f(t)) \right] \frac{1}{3}$$

3.2 基准面等于地层表面: $f(t) = B(t)$

基准面与地层表面相交时, 侵蚀搬运能量与沉积能量相等, 泥砂的搬运量与沉积量相等, 地层表面的高程变化仅受构造沉降的控制。于是有: $f(t+dt) = f(t) - Bdt$ 本模型认为基准面穿越地层时是瞬时发生的, 随着构造沉降产生了新的可容纳空间, 平衡就会被打破。基准面在地层面附近, 两者同时缓慢上升或下降是因为可容纳空间增加速率与沉积物供给速率相互平衡的结果。这一平衡状态是在基准面高于地表面, 且地层表面增加受基准面限制的情况下发生。此时基准面的变化不仅受构造沉降的控制, 还受到基准面变化的影响。

3.3 基准面低于地层表面: $f(t) > B(t)$

基准面低于地层表面时侵蚀搬运能量大于沉积能量, 将发生侵蚀搬运。泥砂的起动条件是泥砂的基本水力特征之一。实际的泥砂起动是一个非常复杂的问题, 不仅决定于水流对泥砂的作用力, 也与泥砂颗粒本身的性质和床面组成的均匀程度密切相关。本文在模型建立的过程中为便于计算, 只考虑侵蚀搬运能量造成散粒体均匀泥砂的起动。

砂莫夫^[15] 根据实验室资料, 建立的散粒体均匀泥砂的起动临界条件下的垂线平均流速 U_c 为:

$$U_c = 1.14 \sqrt{\frac{\rho_s - \rho}{\rho} g d \left(\frac{h}{d} \right)^{1.6}}$$

d 为泥砂平均粒径; h 为水深

对于天然砂有: $\frac{\rho_s - \rho}{\rho} = 1.65$ 代入后, 将起动速度简化为:

$$U_c = 4.6 d^{1/3} h^{1/6}$$

如此一来侵蚀搬运能量与沉积能量之差, 就主要转换为颗粒的动能, 即为:

$$e_b (f(t) - B(t)) = \frac{1}{2} m U_c^2 = 10.58 \rho V d^{2/3} h^{1/3}$$

式中 e_b 为能量的转化率, V 为被搬运的沉积物体积。从上式中可以得出, $f(t) - B(t)$ 与沉积的体积是呈线性关系。于是有:

$$f(t+dt) = f(t) - Bdt +$$

$$\left[\frac{e_b}{10.58 \rho d^{2/3} h^{1/3}} (f(t) - \alpha \sin(t)) \right] \frac{1}{3}$$

4 模型分析

通过以上模型的建立, 可以定量的表示出地层面

沉积过程中的变化,从而确定了其旋回地层的形成过程。模型中的参数设定包括构造沉降(B)、基准面形态(a)、沉积物供给(b N)以及泥砂特征(ϵ_s 、 ρ 、d h)。其中构造沉降量(B)可以通过研究区的构造分析获取,在较短的时间段内可以认为该参数是一个稳定的常数或者一个拟合的方程。其它的参数选择主要来自于研究区的基本资料或者相类似区域的经验数据。

4.1 单周期内的旋回地层模拟

对于单周期的模拟,为便于模型的分析我们根据实际的数据对参数进行了设定, $B=15\text{ m/Ma}$ $a=20\text{ m}$ $b=10\text{ m}$ $N=9\text{ m}$ $\epsilon_s=75\%$; $\rho=1.6\text{ kg/cm}^3$; $d=2.0\text{ mm}$ $h=6\text{ m}$ 而基准面旋回波长选 2 Ma 模拟的结果见图 2 观察 0.5 Ma 至 2.5 Ma 这一周期,沉积的过程可以分为以下几个部分。

A 饥饿沉积期: 此时基准面高于地层面,可容纳空间达到顶峰,沉积能量达到最大,但此时沉积物供给为零。在这一阶段无沉积,地层面的变化取决于构造沉降。

B 沉积物供给限定沉积期: 基准面开始下降,沉积物供给开始增加。由于基准面远高于地层面,此时沉积能量巨大,但可供沉积的物质相对较少。于是沉积受沉积物供给量的控制。沉积物的速率由小变大。

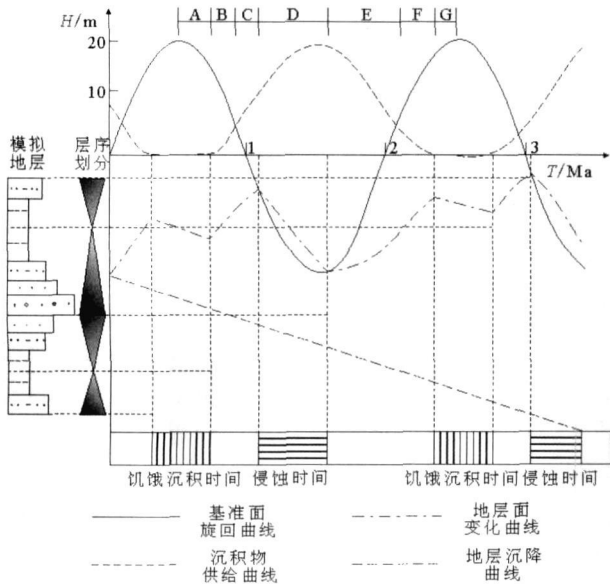


图 2 一维地层沉积样式模拟成果图

Fig 2 Modeling of 1D stratigraphic sedimentary style

C 基准面限定沉积期: 随着基准面持续下降,沉积物供给开始增加。同时,因基准面高于地层面,发生稳定沉积。由于地层面持续上升,基准面与地层面

的距离减小,可容纳空间减小,沉积物供给持续增加。沉积的控制因素不再是沉积物供给,而是沉积能量的大小,即受控于基准面的变化。此时的沉积量由大变小。

D 剥蚀期: 该阶段基准面低于地层表面。侵蚀搬运能量大于沉积能量,沉积物发生剥蚀搬运。其侵蚀速率由基准面到地层面的距离控制。由于基准面是先下降后上升,所以侵蚀速率也在前期由小变大,后期由大变小。到该期末,可容空间已不再减小,剥蚀作用则渐趋于停止。在该阶段内地层累积厚度逐渐减小。

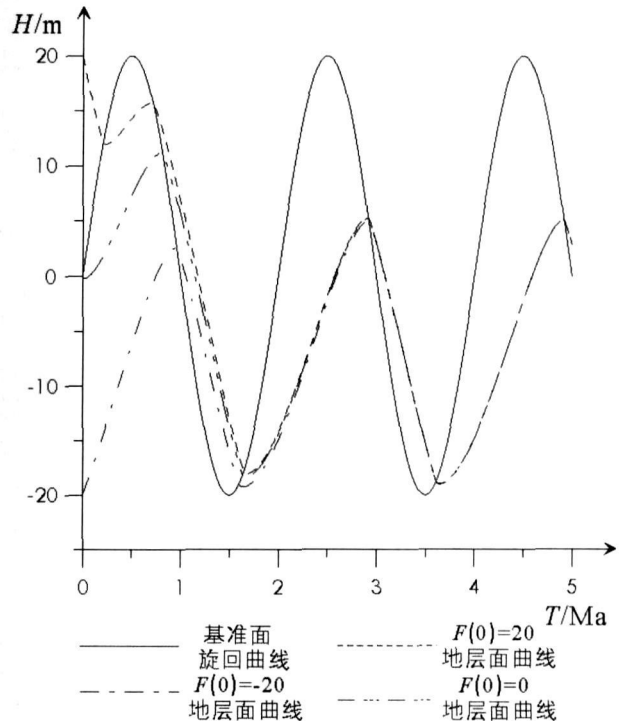


图 3 不同地层面起点的地层模拟成果

Fig 3 Modeling of different stratigraphic starting point

E 基准面限定沉积期: 基准面开始上升,此时沉积物供给由最大开始减小。这一阶段的沉积可容纳空间不足,沉积主要受基准面的控制。随着基准面的上升,可容纳空间逐渐加大,沉积能量增加。沉积速率同时加大,地层厚度稳定增加。

F 沉积物供给限定沉积期: 基准面持续的上升,沉积物供给出现不足。沉积的控制因素由基准面转为沉积物供给。沉积速率由大变小,沉积厚度仍缓慢增加。

G 饥饿沉积期: 由于基准面继续升高,沉积物供给减少而趋于零,从而出现沉积间断。地层面由于构造沉降的原因开始下降。到该期为止,已完成整个周

期的变化,进入下一次旋回。

4.2 不同地层起点的模拟

为便于不同地层起点模型的对比,我们将参数 N 修改为 9 其余参数不变。对于地层面不同的起始高度 ($f(0)=20$ 、 $f(0)=0$ 和 $f(0)=-20$)进行了模拟,模拟结果如图 3。从图中不难发现仅在一个周期之后三者的曲线形态就趋于一致,达到平稳。这说明对于稳定周期性变化的基准面、构造沉降和沉积物供给,其地层面无论起始位置如何,最终的稳定后的地层面形态必然保持一致。这一点在现实地层的研究中得不到印证,究其原因是因为在实际地层的模拟中,沉降速率 B 、基准面曲线特征以及沉积物供给特征都不是稳定变化量。因此,旋回地层沉积时会打破平衡,甚至不达到平衡,从一个不平衡状态到另一个不平衡状态。这一点,该模型在假设条件 1 和 3 的限定下,无法给出实际地层的模拟。但该模型可以通过对比不平衡状态与平衡状态来说明实际地层的部分特征。

如图 3 选取 0.5 Ma 和 4.5 Ma 两个时间点进行分析。这两个时间点均是基准面上升到最大时的点,是旋回周期的同一位置,所不同的是 0.5 Ma 未达到平衡而 4.5 Ma 时已达到平衡。将 0.5 Ma 时三条地层面曲线的值与 4.5 Ma 时曲线值进行对比,可见地层面起始点为 -20 的曲线与稳定曲线的相差最小,而这是由于构造沉降的存在。这说明在实际地层中,由突发、短暂的地层沉降所打破的平衡易于恢复平衡。相反,由于构造作用产生的地层抬升相对离平衡位置较远,回复到平衡状态的时间也相对较长。

5 讨论

本文根据基准面的定义,从泥沙运动力学等知识入手,建立了正弦曲线型地层基准面旋回一维定量理论模型。这一定量理论模型不同与以往对于沉积量及侵蚀量的估计,而是明确的给出了正弦型基准面旋回定量的侵蚀和沉积量变化。但是对于模型的适用性和模型参数选择方面还有些需要进一步探讨和改进的地方。

(1)关于参数 N 选取的讨论: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,不同位置的两点其沉积物供给量却不相同。模型中参数 N 就是表示了这一不同的程度和特征。如图 4 说明了在不同位置其沉积物供给曲线的不同。 $B_1(t)$ 、 $S_1(t)$ 是在近物源区的基准面与沉积

物供给曲线变化,由于其沉积物供给一直充足,基准面升降相对地层表面幅度较大,下降期会发生长时间的暴露剥蚀,沉积物供给增量加大; $B_2(t)$ 、 $S_2(t)$ 是在远离物源区的基准面与沉积物供给曲线变化,由于沉积物供给匮乏,基准面的升降幅度对物源供给的影响不大,常为欠补偿的饥饿沉积。如此可见 N 是物源区距离的函数,同时还受物源区母岩性质、侵蚀强度等的影响。在模拟过程中 N 的选择至关重要,它反映了模拟位置上沉积物供给的大致情况。

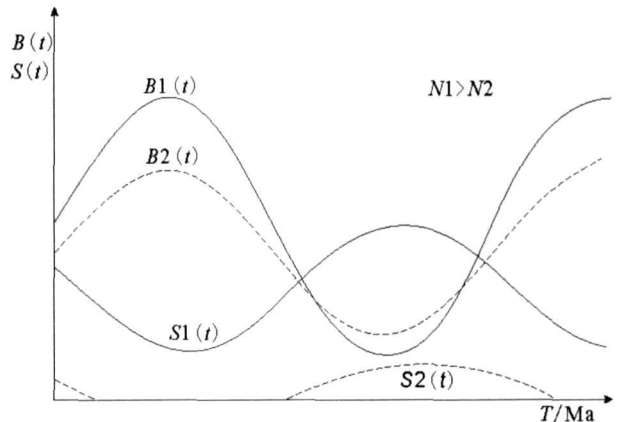


图 4 不同位置基准面变化与沉积物供给变化曲线对比图

(据汪彦 2005 有修改)

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

(after Wang Yan 2005)

(2)关于基准面波动类型的讨论:本次研究假设其基准面波动为标准正弦波动,然而不同地区其波动特征不同。在模型的使用中,还应根据实际情况,通过不同级次的基准面旋回波动方程叠加或多种正弦曲线与线性曲线的叠加来准确模拟不同位置的多级次基准面波动旋回内的沉积过程。

(3)关于沉积物粒度分布的讨论:实际上沉积颗粒的粒度对于整个模拟过程起着重要作用。不同的粒度分布会导致沉积物具有不同的推移、跳跃、悬浮和静止条件。在本次模拟的过程中,取的是平均粒度的启动流速和静止流速公式。但在实际地层模拟中,这一公式的使用具有局限性。为此,该模型还须从按不同粒度分开考虑。

(4)关于向二维、三维拓展的讨论:由于该模型是建立在流体负载能力变化的基础之上。在向二维和三维拓展的时候可将水动力条件作为主线。由于水动力条件在流线上是连续变化的,其负载物的量、粒度也是连续的,在模拟过程中可考虑水动力条件的

连续增加或减少, 从而产生沉积物的搬运与沉积。同时, 在考虑二维、三维模型的过程中, 仅考虑水动力还不够。因为, 对于深湖区或邻近深湖的沉积区, 由于水体较深, 地层面一直处于基准面之下, 只要有沉积物, 就会沉积。若按此模型, 则这些区域虽有基准面的波动, 但却没有沉积。随着构造的持续沉降, 该类区域的容纳空间因没有沉积物补充会持续的增大, 经过多期基准面旋回之后, 便会与临近区域形成地形的陡坎, 使得模拟工作无法进行^[16]。因此, 在二维、三维模型的建立时, 还因考虑地形因素。在地形落差较大的时候, 应加入重力运载部分。

总之, 此次建立的正弦曲线型地层基准面旋回一维定量模型, 打破了传统沉积量与剥蚀量的计算方法, 有助于认识地层中高频级次的基准面旋回形成。这是进行基准面旋回定量解释的一次尝试, 同时也为进行二维、三维地层模拟提供了一些思路。

参考文献 (References)

- Vail P R. Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy [C] // Bally A W. ed Atlas of seismic stratigraphy AAPG Studies in Geology 1987 27: 11-10
- Cross T A. Applications of high-resolution sequence stratigraphy to reservoir analysis [C] // The Interstate Oil and Gas Compact Commission 1993. Annual Bulletin 1994 24-39
- 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 [J]. 石油天然气地质, 1995 16 (2): 90-97 [Deng Hongwen A new school of thought in sequence stratigraphic studies in USA high-resolution sequence stratigraphy [J]. Oil & Gas Geology 1995 16 (2): 90-97]
- 邓宏文, 王红亮, 阎伟鹏, 等. 河流相层序地层构成模式探讨 [J]. 沉积学报, 2004 22 (3): 373-379 [Deng Hongwen Wang Hongliang Yan Weipeng et al. Architecture model of sequence stratigraphy in fluvial facies [J]. Acta Sedimentologica Sinica 2004 22 (3): 373-379]
- Tipper J C. Patterns of stratigraphic cyclicity [J]. Journal of Sedimentary Research 2000 70 (6): 1262-1279
- Tipper J C. The stochastic river: the use of budget capacity modelling as a basis for predicting long-term properties of stratigraphic successions [J]. Sedimentary Geology 2007 202: 269-280
- 尹太举, 张昌民, 李中超, 等. 濮城油田沙三中层序格架内储层非均质性研究 [J]. 石油学报, 2003 24 (5): 74-78 [Yin Taiju Zhang Changmin Li Zhongchao et al. Reservoir heterogeneity analysis in the base level frame of Pucheng Oilfield [J]. Acta Petrolei Sinica 2003 24 (5): 74-78]
- 尹太举, 张昌民. 层序地层格架内的油气勘探 [J]. 天然气地球科学, 2005 16 (1): 25-30 [Yin Taiju Zhang Changmin Hydrocarbon exploration in the sequence stratigraphy frame work [J]. Natural Gas Geoscience 2005 16 (1): 25-30]
- 张昌民, 尹太举, 李少华, 等. 基准面旋回对河道砂体几何形态的控制作用 [J]. 岩性油气藏, 2007 19 (4): 9-12 [Zhang Changmin Yin Taiju Li Shaohua et al. Control of base level cycles on channel sand geometry [J]. Lithologic Reservoirs 2007 19 (4): 9-12]
- 刘招君, 董清水, 王嗣敏, 等. 陆相层序地层学导论与应用 [M]. 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 and Application [M]. Beijing Petroleum Industry Press 2002 64-66]
- Bancroft J. Rhythms and the measurement of geologic time [J]. Geological Society of American Bulletin 1917 28: 745-904
- Wheeler H E. Base level lithostratigraphic surface and time stratigraphy [J]. Geological of American Bulletin 1964 78: 599-610
- Cross T A. Controls on coal distribution in transgressive-regressive cycles Upper Cretaceous Western Interior USA [C]. SEPM Special Publication 1988 42: 371-380
- 汪彦, 彭军, 游李伟, 等. 基准面旋回与 A/S 比值的函数关系及地质意义 [J]. 沉积学报, 2005 23 (3): 483-489 [Wang Yan Peng Jun You Liwei et al. The functional relation between base level cycle and A/S ratio and their geologic implications [J]. Acta Sedimentologica Sinica 2005 23 (3): 483-489]
- 王昌杰. 河流动力学 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2001: 29-31 [Wang Changjie Kinetics of River [M]. Beijing Communication Press of China 2001: 29-31]
- 张昌民, 尹艳树, 尹太举, 等. 基准面旋回定量表征的工作框架 [J]. 石油天然气学报 (江汉石油学院学报) 2007 29 (4): 8-14 [Zhang Changmin Yin Yanshu Yin Taiju et al. The framework of quantitative characterization of base level cycle [J]. Journal of Oil and Gas Technology (Journal of Jianghan Petroleum Institute), 2007 29 (4): 8-14]

Establishment of 1D Quantitative Theoretical Model of Base-level Cycle of Sinusoidal Curve Stratigraphy

ZHU Rui ZHANG Changmin YIN Taiju YIN Yan-shu WU Xing-bao

(College of Geosciences Yangtze University Jingzhou Hubei 434023)

Abstract This article established the 1D quantitative theoretical model of base level cycle of sinusoidal curve stratigraphy from the view of fluvial hydrodynamics on the basic of summarizing the notion of base level. The modeling simulated the change of strata surface and sediment of strata erosion and hungry deposition. the stratigraphic is established and recovered. All the simulation made by modeling the basic data such as sediment velocity curve shape of base level cycle curve of sediment supply velocity average radius and density of silt etc. Analysis the modeling according the given parameter discussed the different stratigraphic pattern which generate when base-level intersect with strata surface. At last according the contrast the three types of steady strata when the strata surface higher lower equal the base level, we can conclude that the balance broken because of the strata surface declined mutation.

Key words sine-type curve base-level cycle quantitative model stratigraphic pattern hydrodynamic condition