

文章编号: 1000-0550(2010) 05-0868-07

构造活动盆地沉积层序形成过程模拟¹

——以断陷和前陆盆地为例

林畅松 刘景彦 胡 博

(中国地质大学能源学院 北京 100083)

摘 要 应用二维层序地层模拟系统开展了构造活动盆地沉积层序的形成过程的动态模拟分析,揭示了同沉积断裂活动、湖平面变化及沉积物供给量变化相互作用对沉积层序形成的控制作用。模拟表明,快速的构造沉降、相对高的湖平面和大量的沉积物供给是形成相对深水扇三角洲的必要条件;而沉积物的供给量变小或构造沉降量加大时有利于形成近岸湖底扇或水下扇。模拟揭示出断陷湖盆陡坡边缘断裂形成的古地貌坡折控制着低水位域浊积扇或湖底扇的发育部位,同时对水进或高位域的三角洲前缘的沉积中心的分布具控制作用。断裂坡折带的构造沉降是控制可容纳空间变化的关键因素。在陆内前陆逆冲构造边缘,层序发育早期(底部)发育冲积扇和河流沉积,但由于相对快的构造沉降形成水进序列;在快速沉降的晚期沉降速率减小,碎屑体系向盆地方向推进,形成广泛河流三角洲沉积。由隐伏逆冲断裂形成的构造坡折带对低位域的分布具控制作用。在构造坡折带下的低位域砂体与上覆的水进域泥岩组合可形成重要的地层油气藏。

关键词 层序模拟 控制因素 断陷和前陆盆地

第一作者简介 林畅松 男 1958 年出生 教授 沉积地质与盆地分析 E-mail Linc@cugb.edu.cn

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

0 引言

盆地构造沉降对层序发育的控制作用研究,一直是盆地分析和层序地层学等领域的研究热点^[1~6]。沉积盆地的层序地层格架和沉积充填的演化是盆地地球动力学过程的总体响应^[7~10]。盆地的构造作用,如前陆盆地多期次的逆冲挠曲沉降和回弹隆起的构造作用、断陷盆地的多幕裂陷过程、多期构造反转等与重要不整合及区域性沉积旋回或层序的形成密切相关^[11,12]。然而,盆地中多种因素的叠加、相互作用及动态过程的研究往往是困难的。层序地层模拟为此提供了重要的方法。

层序地层模拟是随层序地层学的诞生而发展起来的盆地沉积充填定量分析技术^[13~15]。它对层序地层学理论的形成发展起到了重要的作用。通过模拟可揭示构造、海或湖平面及沉积物供给变化等多种因素相互作用对各级层序界面、沉积体系域构成等的控制作用及动态过程,并预测沉积体系和沉积相的空间组合和分布样式^[16~19]。本项研究应用我们已建立的二维层序地层模拟系统(SMS),对同沉积断裂活动

与湖平面变化相互作用控制湖盆层序结构的过程进行了动态分析,揭示特定构造作用下层序的结构样式与沉积体系的分布特征。

1 系统构成和模拟流程

本项研究应用的模拟系统(SMS)是以分析二维剖面上沉积层序和体系域分布样式与构造沉降、海/湖平面变化、沉积物供给量变化的成因联系为目的。它包括盆地的沉降过程模拟和盆地沉积充填过程模拟两个部分。盆地的沉降过程模拟结合了回剥法和正演模型,应用反演所得的构造沉降量与正演的理论计算沉降量拟合,从而建立定量的盆地沉降动态模式,作为盆地充填过程模拟的基础。

本项研究中的沉积充填过程模拟以分析宏观过程与沉积几何形态关系为目的。碎屑沉积层序和沉积体的形态和分布是沉积物搬运、堆积、再改造直至被埋藏之前各种沉积营力和构造作用的综合结果。我们并不很关心这些作用的具体过程,而着重研究这些作用的综合结果,即它们在一定时期内相互作用所产生的沉积层序及沉积体的外部形态和内部构成特

¹ 国家自然科学基金项目(批准号:40772075)和国家 973 项目(编号:2006cb202302)资助。

收稿日期:2010-05-20 收修修改稿日期:2010-06-05

征。在达到均衡的条件下, 沉积体几何关系和总的岩相格局一般可用所谓的“沉积均衡面”(equilibrium profile)来描述。沉积均衡面事实上是盆地动能条件与沉积地貌达到均衡的状态。均衡面的上升或降低直接与沉积基准面的变化有关。从陆相环境至海洋环境沉积均衡面具有一定的变化趋势, 与沉积盆地的不同部位的能量有关。在二维剖面上, 一般以沉积表面的斜坡来表示。沉积均衡面的确定, 可依据前人对现代环境观察的结果, 并结合地震剖面显示的沉积形态加以分析确定(要去压实和消除构造的影响)。不同的沉积域或沉积相域可用不同的沉积斜坡或曲线来表示。沉积作用的发生总是从强到弱, 相应的沉积均衡面(斜坡)从陡逐渐变缓。比如, 从冲积扇到河流平原, 从滨岸带或三角洲前缘到远岸带, 从大陆斜坡到深海平原, 都具有沉积动能从强到弱、沉积均衡面从陡逐渐变缓的变化趋势。一般来说, 碎屑沉积体系远端的沉积速度的变小可看作呈指数函数递减的。在陆源碎屑缺少的碳酸盐沉积区, 碳酸盐的沉积速度与光合作用和生物的生长速率有密切关系。在小于 6~8 m 的浅水透光带生物大量繁殖, 碳酸盐岩的沉积速率很高, 随着深度的加大碳酸盐岩生长速率迅速减小。碳酸盐岩沉积速率可表示为水深的函数。从宏观的尺度上, 可应用这一关系模拟碳酸盐岩沉积层序的几何形态与构造沉降和海平面升降的关系。

SSM 模拟系统的计算流程首先设定盆地的原始形态, 随后每一时间间隔的模拟都从“确定沉积物供给量”到“沉积物压实”, 根据需要经过 n 次的重复即

可得出模拟的层序地层结构和沉积相分布样式。比较模拟结果与实际剖面特征, 可达到检验模式的目的。一旦建立了合适于某一地区的定量模型和参数, 就可对层序和沉积体的分布进行预测。

2 裂隙盆地同沉积断裂对沉积层序发育演化控制作用的模拟分析

2.1 陡坡断裂(坡折)带边缘扇形成条件分析

在诸多断陷盆地中, 断裂陡坡带常常控制着巨厚边缘扇带的发育, 包括从冲积扇到扇三角洲或水下扇的多种沉积体系^[20, 21]。模拟分析表明(图 1), 快速的构造沉降、相对高的湖平面和大量的沉积物供给是形成相对深水的扇三角洲的必要条件。当沉积物的供给量变小或构造沉降量加大时, 有利于形成近岸湖底扇或水下扇; 当构造沉降量变小或湖平面下降时, 向浅水的三角洲或冲积扇过渡。

近岸水下扇的形成一般需要具备下列条件: (1)快速的构造沉降背景: 快速的构造沉降导致可容纳空间的不断增大, 形成深水的盆地背景; (2)相对高的湖平面; (3)可容纳空间的增加速率大于或等于沉积物的供给量。若沉积物量大, 很快会堆积形成水上部分而发育成扇三角洲。因此, 近岸水下扇或湖底扇的发育, 一般沿具有深湖背景的断裂陡坡带发育, 多处于盆地快速沉降期。在陡坡带的背景下, 构造沉降量的变化显得十分重要。显然, 在断裂活动导致快速沉降, 同时沉积物供给量变小的裂隙中期, 有利于近岸水下扇或深水三角洲的发育; 而裂隙早期和末期, 则

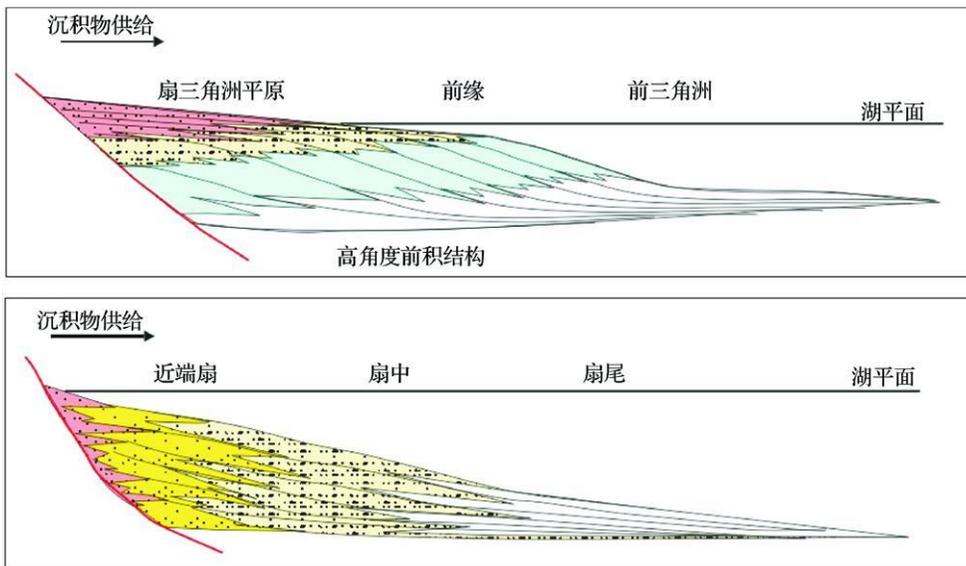


图 1 扇三角洲(上)和近岸水下扇(下)形成条件模拟分析

发育浅水的扇三角洲或冲积扇。

2.2 盆缘断裂坡折带对沉积体系发育的控制作用模拟

断陷湖盆中, 断裂坡折带对层序—沉积体系发育分布具有明显的控制作用, 并在勘探中取得了较好的应用效果^[22, 23]。本次研究以渤海湾盆地东营凹陷胜北陡坡断裂带为例进行的模拟, 揭示了断裂坡折带的沉积层序和体系域形成动力学过程对控制因素的响应。该断裂带事实是由两条主干断裂组成的, 盆内侧的主干断裂构成重要的洼陷边缘断裂坡折带, 已发现的重要的胜坨油田的主要储集体的分布受这一断裂坡折带的控制。图 2 是对这一断裂坡折带沉积层序发育过程的模拟结果。湖平面变化是依据沉积相、古水深、上起点等分析确定的, 构造沉降结合回剥构造沉降速度和正演模拟分析而设定。不难看出, 两条断裂形成的坡折带对可容纳空间和层序结构具有关键的控制作用。

从图 2(1)中可看出, 位于盆内滨南—利津断裂

坡折控制着深湖区的边缘, 由断裂形成的古地貌坡折控制着沙三下低水位体系和沙三中以至沙三上的低位或水进或的三角洲前缘沉积中心和前三洲远端的浊积扇或湖底扇的发育部位; 而这一带的胜北断裂主要控制水进期和高水位期的扇三角洲沉积。层序界面的削截接触在盆内断裂坡折带上显示清晰, 易于观察。图 2(2)代表的只有单一断坡的情况, 在胜北断裂具有最大断距的中段为这种情况。在有充足的物源供给的条件下, 形成具有高角度前积层的扇三角洲复合体, 前三洲的湖底扇是较为发育的, 相带相对窄, 低位期和高位沉积并没有发生很明显的迁移。显然, 这里的断裂造成的沉降绝对控制了可容纳空间的变化, 湖平面的变化则影响相对小。图 2(3)是沿断裂坡折带的中部斜坡的模拟剖面, 断裂对前两种情况的影响小, 具有缓坡带的层序和体系域的结构样式。湖平面波动的影响是明显的, 湖平面下降时形成的低水位沉积和水进或高位期的三角洲沉积的分布与断裂形成的坡折部位密切相关。

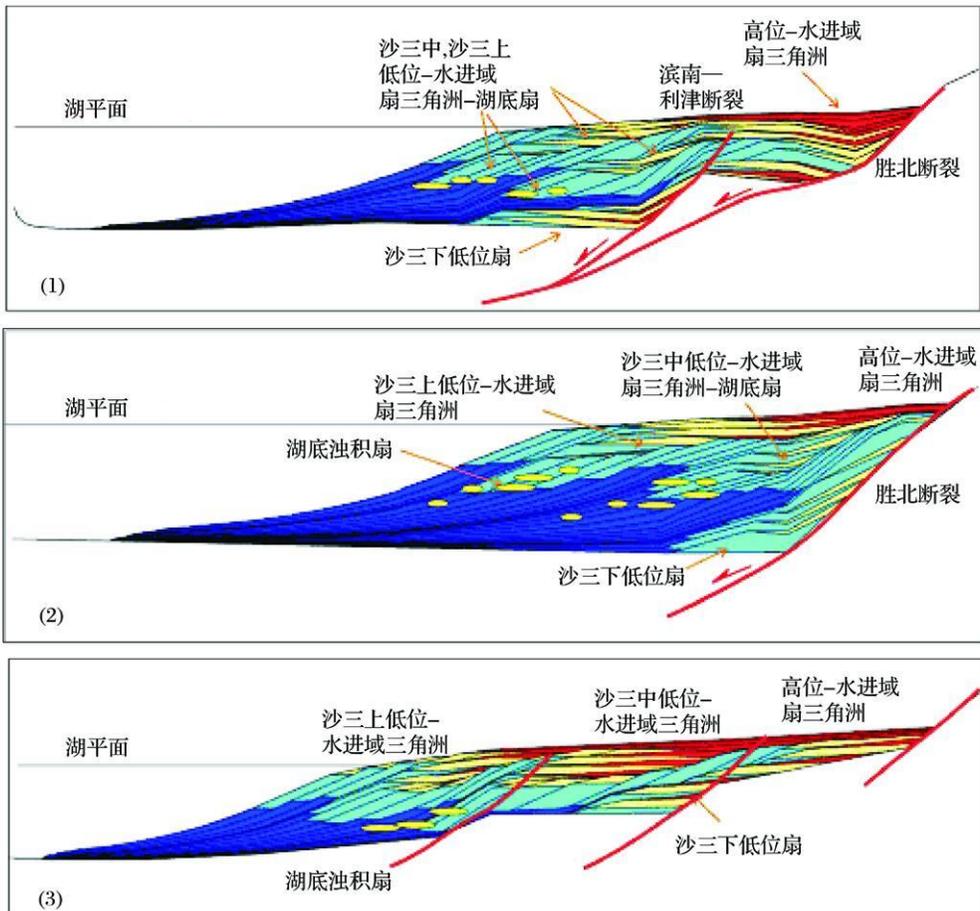


图 2 模拟的几种断裂斜坡背景下层序和体系域形成过程的层序—沉积结构

Fig 2 Modeling results of sequence architectures and system tracts distributions formed in several fault slope settings

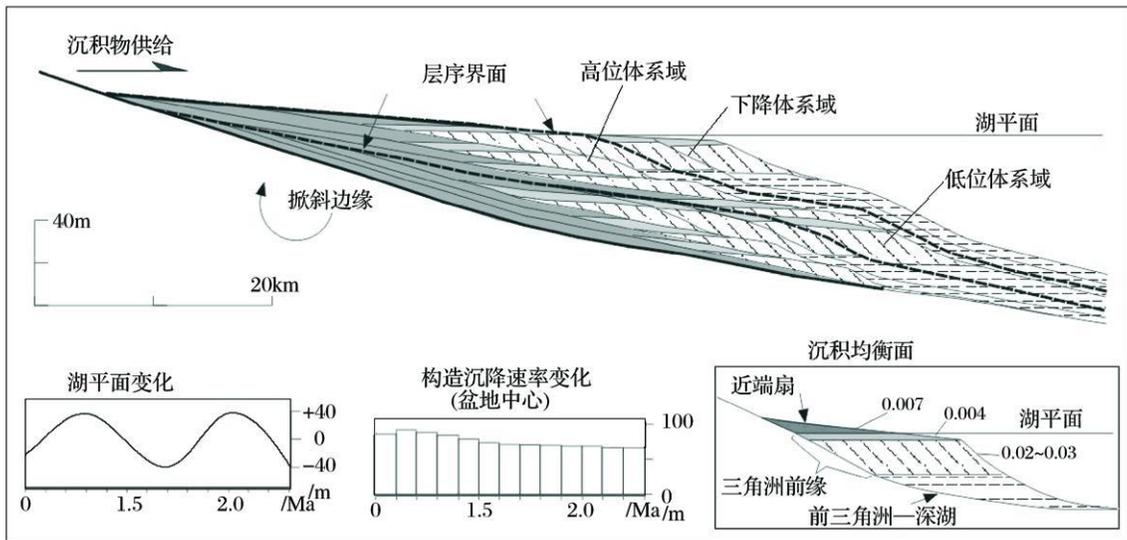


图 3 半地堑断块掀斜旋转产生的盆地不整合层序界面与沉积体系域分布

Fig 3 Simulated unconformity boundaries and sequence architecture formed the hinged half graben margin

2.3 缓坡带断块掀斜旋转对层序界面和层序结构的控制过程模拟

在断陷型盆地中,可模拟出一种常见的由断块的掀斜旋转形成的不整合层序界面(图3)。断块掀斜旋转时,下盘相对上升,上盘下降。下盘的隆升与上盘的沉降是同步的,隆升的下盘不断遭受剥蚀将导致进一步的上升。上盘的沉降具有掀斜旋转的特点,也与挠曲作用和深部的热隆有关。旋转斜坡上存在一不发生升降的枢纽点。枢纽点以上向外沉降速率越来越小,直至隆起上升;枢纽点以下沉降速率增大。旋转掀斜引起盆地边缘的隆升可造成明显的边部冲刷下切作用,形成明显下切水道充填。这种过程与湖平面的下降叠加时,可形成明显的不整合面^[24,25],向盆地方向斜坡坡折以下形成低位域三角洲沉积。

3 前陆盆地逆冲断层对层序发育演化的控制模拟分析

在前陆盆地中,各种逆冲断层非常发育,它们造成的差异沉降对前陆盆地的沉积充填往往起到关键性的控制作用。一种常见的情况是逆冲断层上盘形成的背斜凸起及其间坳陷地貌对盆地的充填造成分隔,并影响着沉积基准面的变化。在库车第三纪前陆盆地研究中,通过前陆逆冲活动的幕式变化和坳陷内沉积层序特征分析,建立了库车第三纪前陆盆地构造作用及其对沉积充填的控制模型^[26]。初始逆冲期,构造沉降相对缓慢,盆地可容纳空间较小,逆冲带近

端和远端都有沉积物源供给,发育粗碎屑的冲积扇、辫状河、下切谷等低位沉积;逆冲中期,逆冲速率快速增加,构造沉降速率明显加大,出现了区域性的可容纳空间增大,盆地处于饥饿—欠补偿状态,形成干旱盐湖—滨浅湖的膏泥岩等水进沉积。由于逆冲负载的强烈活动,物源主要来自于逆冲带近端,而远端物源逐渐减少直至消失。逆冲晚期,构造沉降速率减慢,可容纳空间减小,但还处于挠曲负载,盆地总体加深过程。逆冲带近端提供了大量物源,沉积物的持续注入和快速充填导致显著的进积,大量的沉积物以进积的三角洲复合体形式供应到盆地中,形成高位水退的三角洲沉积,逆冲静止期,逆冲停止,逆冲带遭受剥蚀,随着基底隆起和活动逆冲带的继续剥蚀,地壳应力松弛发生回弹上隆,形成微角度不整合—侵蚀不整合,标志着一次逆冲事件结束和构造层序界面的形成。

在库车中生代前陆盆地中也存在相似的构造沉积环境。前陆盆地被逆冲断层分隔为多个次级坳陷,呈现隆、坳相间的构造格局。针对这种情况建立了由逆冲断层分隔的具有多个沉降中心的沉积充填过程模型进行模拟分析。整个模拟剖面长 150 km,模拟沉积充填次数为 60 次。盆地构造沉降在整个时间速率保持均一,最大值 50 m/Ma 背驮式坳陷中心(逆冲断层左侧坳陷,位于逆冲岩席上)的沉降速率约为前渊中心(逆冲断层右侧坳陷)沉降速率的 70%;湖平面为周期数为 2,振幅 100m 的正弦曲线

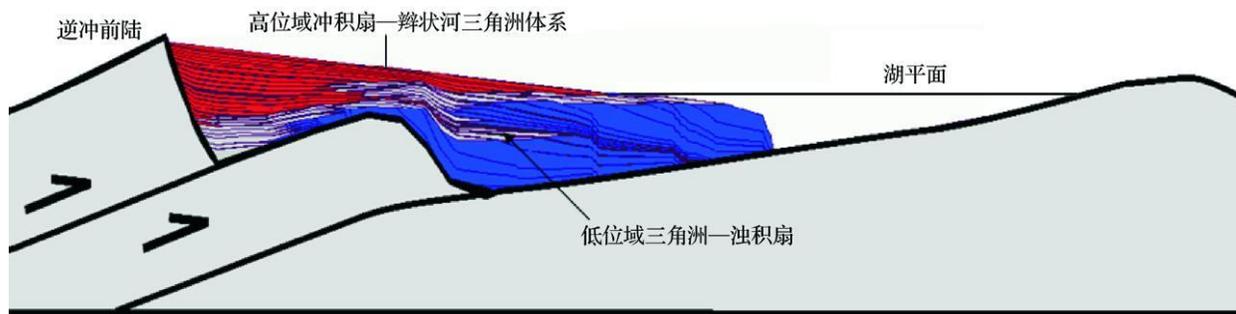


图 4 逆冲构造前缘的构造坡折带对沉积体系域的控制作用模拟结果

Fig. 4 Simulated result of the sequence architecture formed in structural slope along a thrust margin

叠加振幅 20 m 的不规则锯齿线。沉积物供给位于左侧, 供给量保持不变 (图 4)。

通过模拟可以看出, 在层序发育的早期, 由于快速的沉降导致可容纳空间的迅速增加, 尽管有较大的沉积物供给, 底部发育冲积扇和河流沉积, 但也还是形成了一个水进序列, 盆地边缘上超; 在快速沉降的晚期, 水进达到最大, 之后由于沉降速率的逐渐减小, 碎屑体系开始向盆地方向推进, 形成了总体的水退序列, 盆地由广泛发育的河流三角洲所充填; 所设定的湖平面的变化导致了总体水进—水退序列中的三级旋回, 它们的叠置形式又受到了构造沉降的总体控制; 四级层序的发育主要受湖平面波动的控制, 湖平面较低时, 准层序以进积形式叠置, 湖平面较高时, 准层序以退积或加积形成叠置, 同时沉积物供给也对准层序叠置样式产生重要的影响。

模拟过程分析表明, 在山前近端拗陷被沉积充填以前, 冲积—河流体系主要分布于凸起的左侧, 形成楔形的粗碎屑砂体; 而逆冲断层低凸起右侧主要发育细粒的半深湖—深湖相沉积 (图 4)。在靠近山前的近端拗陷被充填之后, 当基准面的相对下降, 凸起右侧的构造坡折带可发育低位域粗碎屑体系。在构造坡折带下的低位域砂体可形成重要的储盖组合, 并有利于形成岩性地层圈闭。

4 结论

(1) 应用二维层序地层模拟系统 (SSMS) 可动态模拟分析构造活动盆地中同沉积断裂活动、湖平面变化及沉积物供给量变化相互作用对湖盆层序结构与沉积体系的制约作用。

(2) 模拟分析表明, 快速的构造沉降、相对高的湖平面和大量的沉积物供给是形成相对深水扇三角洲的必要条件, 而沉积物的供给量变小或构造沉降量

加大时有利于形成近岸湖底扇或水下扇。模拟揭示出断陷湖盆陡坡边缘断裂形成的古地貌坡折控制着低水位域浊积扇或湖底扇的发育部位, 同时对水进或高位域的三角洲前缘的沉积中心的分布具控制作用。断裂坡折带的断裂沉降是控制可容纳空间变化的关键因素。

(3) 在陆内前陆逆冲构造边缘, 层序发育早期 (底部) 发育冲积扇和河流沉积, 但由于相对快的构造沉降形成水进序列; 在快速沉降的晚期沉降速率减小, 碎屑体系向盆地方向推进, 形成广泛河流三角洲沉积。由隐伏逆冲断裂形成的构造坡折带对低位域分布具控制作用。在构造坡折带下的低位域砂体与上覆的水进域泥岩组合可形成重要的地层油气藏。

本文欣逢《沉积学报》为庆祝刘宝珺院士从事地质工作 60 周年暨 80 华诞出版专辑, 甚感荣幸。多年来作者一直得到刘宝珺先生的教诲和勉励, 受益匪浅。在此谨以本文表达我们对刘宝珺先生的由衷敬意, 并祝贺刘宝珺先生身体健康。

参考文献 (References)

- 1 刘宝珺, 王剑, 谢渊, 等. 当代沉积学研究的新进展与发展趋势—来自第三十一届国际地质大会的信息 [J]. 沉积与特提斯地质, 2002, 22(1): 46-55 [Liu Baojun, Wang Jian, et al. The development and trend in the research of modern sedimentology [J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2002, 22(1): 1-6]
- 2 孙枢. 中国沉积学的今后发展若干思考与建议 [J]. 地质前缘, 2005, 12(2): 3-10 [Sun Shu. Sedimentology in China: Perspectives and suggestions [J]. Earth Science Frontiers, 2005, 12(2): 3-10]
- 3 Goodbred S L, Kuehls A, Steckler M S, et al. Controls on facies distribution and stratigraphic preservation in the Ganges-Brahmaputra delta sequence [J]. Sedimentary Geology, 2003, 155(3-4): 301-316
- 4 Schwans P. Depositional sequence evolution as a result of tectonism, basin subsidence, and sea-level change: Turonian to Santonian, west-central Utah [J]. AAPG Bulletin, 1986, 70(8): 1055-1055.

- 5 Lin C S, Eriksson K, Li S T, *et al.* Sequence architecture, depositional systems and controls on development of lacustrine basin fills in part of the Erlan basin, northeast China [J]. *AAPG Bulletin*, 2001, 85(11): 2017-2043
- 6 Martins-Neto M A, Catuneanu O. Rift sequence stratigraphy [J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2010, 27(1): 247-253
- 7 Gerber T P, Pratson L F, Kuehl S, *et al.* The influence of sea level and tectonics on Late Pleistocene through Holocene sediment storage along the high-sediment supply Waipaoa continental shelf [J]. *Marine Geology*, 2010, 270(1-4): 139-159
- 8 Reynolds D J, Steckler M S, Coakley B J. The role of the sediment load in sequence stratigraphy—the influence of flexural isostasy and compaction [J]. *Journal of Geophysical Research—solid Earth and Planets*, 1991, 96(b4): 6931-6949
- 9 Carcel D, Colombe C, Giraud F, *et al.* Tectonic and eustatic control on a mixed siliciclastic-carbonate platform during the Late Oxfordian-Kimmeridgian (La Rochelle platform, western France) [J]. *Sedimentary Geology*, 2010, 223(3-4): 334-359
- 10 Sakher B C, Faber R, W agreich M. Climate as main factor controlling the sequence development of two Pleistocene alluvial fans in the Vienna Basin (eastern Austria): A numerical modelling approach [J]. *Geomorphology*, 2010, 115(3-4): 215-227
- 11 Jacome M J, Kusznir N, Audemard F, *et al.* Formation of the Maruri Foreland Basin, eastern Venezuela: Thrust sheet loading or subduction dynamic topography [J]. *Tectonics*, 2003, 22(5): 1046
- 12 Van Heijst M W M, Postma G, Van Kesteren W P, *et al.* Control of syndepositional faulting on system tract evolution across growth faulted shelf margins: An analog experimental model of the Miocene Ino River field, Nigeria [J]. *AAPG Bulletin*, 2002, 86(8): 1335-1366
- 13 Jervey M T. Quantitative geological modeling of siliciclastic rock sequences and their seismic expression in Sea-level Changes: an integrated approach [C] // Wilgus C K, *et al.*, *Soc Econ Paleontol Mineral Spec. Publ.* 42, 1989, 47-69
- 14 David T, Lawrence M ark, Doyle Thomas A igner. Stratigraphic simulation of sedimentary basins: concepts and calibration [J]. *AAPG Bulletin*, 1990, 74(3): 273-295
- 15 Lambias J J. A Model of Tectonic Control of Lacustrine Stratigraphic Sequences in Continental Rift Basins [M] // Barry J K, ed. *Lacustrine Basin Exploration: Case Studies and Modern Analysis*. AAPG Memoir 50, 1991: 137-149
- 16 Ritchie B D, Gawthorpe R L, Hardy S. Three-dimensional numerical modeling of deltaic depositional sequences 2: Influence of local controls [J]. *Journal of Sedimentary Research*, 2004, 74(2): 221-238
- 17 Paterson R J, Whitaker F F, Jones G D, *et al.* Accommodation and sedimentary architecture of isolated icehouse carbonate platforms: Insights from forward modeling with CARB3D(+) [J]. *Journal of Sedimentary Research*, 2006, 76(9-10): 1162-1182
- 18 Houston W S, Hunton J E, Kamola D L. Modeling of Cretaceous foreland-basin parasequences, Utah, with implications for timing of Sevier thrusting [J]. *Geology*, 2000, 28(3): 267-270
- 19 Spengler A E, Read J F. Sequence development on a sediment-starved, low accommodation epeiric carbonate ramp, Silurian Wabash Platform, USA mid-continent during icehouse to greenhouse transition [J]. *Sedimentary Geology*, 2010, 224(1-4): 84-115
- 20 朱光有, 金强, 周建林. 渤海湾盆地东营断陷湖盆充填模式研究 [J]. *石油实验地质*, 2003, 25(2): 143-152 [Zhu Guangyou, Jin Qiang, Zhou Jianlin. Study on the infilling patterns of lacustrine basins in the Dongying Depression [J]. *Petroleum Geology and Experiment*, 2003, 25(2): 143-152]
- 21 叶兴树, 王伟锋, 陈世悦, 等. 东营凹陷断裂活动特征及其对沉积的控制作用 [J]. *西安石油大学学报: 自然科学版*, 2006, 21(5): 29-33 [Ye Xingshu, Wang Weifeng, Chen Shiyue, *et al.* Characteristics of the fault activities in Dongying Depression and their controlling effects on sediment [J]. *Journal of Xi'an Shiyou University: Natural Science Edition*, 2006, 21(5): 29-33]
- 22 林畅松, 潘元林, 肖建新, 等. “构造坡折带”——断陷盆地层序分析和油气预测的重要概念 [J]. *地球科学—中国地质大学学报*, 2000, 25(32): 260-266 [Lin Changsong, Pan Yuanlin, Xiao Jianxin, *et al.* Structural slope-break zone: key concept of stratigraphic sequence analysis and petroleum forecasting in fault subsidence basins [J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 2000, 25(32): 260-266]
- 23 张善文, 王英民, 李群. 应用坡折带理论寻找隐蔽油气藏 [J]. *石油勘探与开发*, 2003, 30(3): 5-7 [Zhang Shanwen, Wang Yingmin, Li Qun. Searching subtle traps using the theory of slope break [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2003, 30(3): 5-7]
- 24 林畅松, 李思田, 任建业. 断陷湖盆层序地层研究和计算机模拟——以二连盆地乌里雅斯太断陷为例 [J]. *地学前缘*, 1995, 2(3): 124-77 [Lin Changsong, Li Sitian, Ren Jianye. Sequence architecture and depositional systems of Erlan lacustrine fault basins, North China [J]. *Earth Science Frontiers*, 1995, 2(3): 124-77]
- 25 Lin Changsong, Zheng Herong, Ren Jianye, *et al.* The control of syndepositional faulting on the Eocene sedimentary basin fills of the Dongying and Zhanhua sags, Bohai Bay Basin [J]. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 2004, 47(9): 769-782
- 26 Lin Changsong, Liu Jingyan, *et al.* Depositional architecture of the Tertiary tectonic sequences and their response to foreland tectonism in the Kuqa depression, the Tarim Basin [J]. *Science in China Series D*, 2002, 45(3): 250-258

Computer Simulation on the Formation of Depositional Sequences in Tectonic Active Basin: Case study on rift and foreland basins

LIN Chang-song LIU Jing-yan HU Bo

(China University of Geosciences Beijing 100083)

Abstract Using two-dimensional sequence stratigraphy modeling system (SSMS), we carried out a research on simulation of the formation of depositional sequences in tectonic active basins and has revealed the control of the interplay of syn-depositional fault activity, lake level change and sediment supply on the formation of the depositional sequences. The simulation shows that fast tectonic subsidence rate, relatively high lake level and abundant sediment are the necessary condition for the formation of relatively deep water fan delta and when the sediment supply decreases or the tectonic subsidence rate increases will generate favorably the near sub-lacustrine fans in a rift lacustrine basin. The paleo-geomorphic slope-break zone resulting from the syndepositional faulting along the steep basin margin of a rift basin controls obviously the distribution of the low stand turbidite fans and the depocenter of the delta front in TST and HST. The structural slope-break is the key control factor on variation of accommodation space. In the edge of intra-continental foreland thrusting, the alluvial fan and fluvial deposits develop in the early stage and stack back as the result of rapid tectonic subsidence rate. Later the clastic systems move into the basin and form the widely distributed river delta deposits as subsidence rate decrease in the late period of a regional depositional cycle. The simulation shows that in this sequence the distribution of the low stand systems tracts are mainly controlled by the structural slope-break zones resulting from the hidden thrust faults. These LST sand bodies capped with TST mudstones many form significant litho-stratigraphic traps.

Key words sequence simulation; controlling factors; rift and foreland basins