

doi:10.3799/dqkx.2010.117

# 陆内克拉通盆地层序地层构型及其控制因素

朱红涛<sup>1,2</sup>, 李敏<sup>1</sup>, Liu Keyu<sup>3</sup>, 刘强虎<sup>1</sup>, 黄众<sup>1</sup>, 杜文波<sup>1</sup>

1. 中国地质大学构造与油气资源教育部重点实验室, 湖北武汉 430074

2. 中国地质大学资源学院, 湖北武汉 430074

3. CSIRO Petroleum Resources, P. O. Box 1130, Bentley, W. A. 6102, Australia

**摘要:** 通过总结我国鄂尔多斯盆地和澳大利亚 Surat basin 这两个典型的陆内克拉通盆地的层序充填序列, 认为该类盆地具有典型的层序地层充填模式: (1) 典型的正粒序岩性组合特征; (2) 基准面旋回为上升半旋回为主的不对称旋回, 具有长期持续水进、短期水退旋回特征; (3) 层序主要以 LST 为主, 发育相互切割叠置的复合砂体, 为最有利储层; TST 和 HST 相对不发育, 发育孤立状的单砂体, 为中—差储层。陆内克拉通盆地层序地层及其控制的砂体具有“溯源退积”的时空展布模式, 该模式主要受到盆地边缘构造、沉积物供给、湖平面变化、古地形、“盆地充填”和气候等因素的单独或综合控制。

**关键词:** 层序地层学; 陆内克拉通盆地; 构造; 溯源退积; 控制因素。

中图分类号: P554

文章编号: 1000-2383(2010)06-1035-06

收稿日期: 2009-12-26

## Sequence Stratigraphic Architectures of Intra-Cratonic Basin and Its Controlling Factors

ZHU Hong-tao<sup>1,2</sup>, LI Min<sup>1</sup>, LIU Keyu<sup>3</sup>, LIU Qiang-hu<sup>1</sup>, HUANG Zhong<sup>1</sup>, DU Wen-bo<sup>1</sup>

1. Key Laboratory of Tectonics and Petroleum Resources of Ministry of Education, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

2. Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

3. CSIRO Petroleum Resources, P. O. Box 1130, Bentley, W. A. 6102, Australia

**Abstract:** Our study on two typical intra-cratonic basins, namely, Ordos basin, China and Surat basin, Australia indicates that the sequence stratigraphic infilling succession is correlated. The study results show that intra-cratonic basin has unique stratigraphic infilling characteristics, such as (1) typical fining-upward lithology association successions with a sandstone-rich lower part and a mudstone-rich upper part; (2) asymmetrical base level cycle mainly composed of ascending half cycle, with the characteristic of long term transgression and short term regression; (3) sequence stratigraphy made up primarily of a lowstand system tract with multistorey stacked sandstones forming excellent reservoir quality, and little deposition of transgressive system tract and highstand systems tract with isolated sandstones within mud-dominated deposits forming medium or poor reservoir. The spatial and temporal distributions of sequence stratigraphy and sandstones in the intra-cratonic basin are characterized by the source-ward retrogradation controlled by structure action of basin margin, sediment supply, eustasy, palaeotopography, basin infilling, climate, or integrated influence of above-listed factors.

**Key words:** sequence stratigraphy; intra-cratonic basin; tectonics; source-ward retro-gradational stacking patterns; controlling factor.

陆内克拉通盆地是我国重要的含油气盆地类型之一, 目前已在塔里木、四川和鄂尔多斯等盆地中找到了丰富的天然气资源, 仅大中型气田就已找到 10 余个, 充分展示了我国克拉通盆地天然气勘探的前景。目前, 层序地层学研究主要集中在断陷湖盆、具有地形坡折带的坳陷湖盆、前陆盆地(解习农和李思

田, 1993; 解习农等, 1996; 李思田等, 2002; 冯有良等, 2004; Escalona and Mann, 2006)。对于陆内克拉通盆地的层序地层学研究, 一般都将其归入坳陷盆地的研究范畴。前人克拉通盆地开展了相应的研究(Sloss, 1988; 何登发等, 1996; Burgess *et al.*, 1997; 周雁等, 2004; 梁西文等, 2006; 朱红涛等, 2007; Zhu *et al.*,

基金项目: 国家自然科学基金项目(No. 40702024); 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(No. CUGL100412); 教育部留学回国人员科研启动基金资助项目(No. 2009022014)。

作者简介: 朱红涛(1976—), 男, 副教授, 博士后, 主要从事层序地层学研究。E-mail: zhuoscar@sohu.com

2008),其中,周雁等(2004)和梁西文等(2006)对中扬子区的层序样式研究认为,克拉通盆地具有 T 型、H 型和 TH 型 3 种层序样式,通常以 H 型层序样式为主;朱红涛等(2007)和 Zhu *et al.* (2008)通过对鄂尔多斯盆地山西组层序地层学研究,提出陆内克拉通盆地层序“溯源退积”模式。但是,相对于其他类型的陆相盆地而言,专门对克拉通盆地开展的层序地层学研究明显投入不足,有待于进一步加强,这也将成为陆相层序地层学理论和实践的前沿课题。

### 1 陆内克拉通盆地独特的充填特征

陆内克拉通盆地具有长期继承性升降运动控制沉积盆地构造古地理面貌、继承性的沉积体系和单一的沉积中心和地形平缓、沉积相带宽、沉积物厚度较薄、厚度梯度和沉积速率较小以及封闭的沉积环境等典型地质特征(薛叔浩等,2002)。与海相内克拉通盆地不同,陆相内克拉通盆地具有封闭、有限的可容纳空间、极平缓的斜坡带等特征,造就其独特的“盆地充填”特征:(1)对于其封闭、有限的可容纳空间特征,随着盆地的充填、演化,其潜在、有限的可容纳空间逐渐减小,直至盆地消亡(其潜在的可容纳空

间可以由水下可容纳空间+水上可容纳空间两部分组成,其中水下可容纳空间又由沉积物已充填的可容纳空间+未充填的可容纳空间组成);(2)由于其地形平缓,小规模湖平面上升就可以形成宽广的水陆过渡带;(3)陆相内克拉通盆地水体独立于海洋之外,不同的陆相内克拉通盆地之间没有完全统一的湖平面变化,相互之间不存在必然的联系,全球海平面变化规律与湖盆水平面变化规律不存在可对比性,同样,水体不连通的湖盆之间都不能进行湖平面升降曲线对比。陆内克拉通盆地与其他陆相盆地(断陷盆地、前陆盆地、拗陷盆地)的可容纳空间变化特征、层序不同体系域的沉积相特征见图 1。

### 2 陆内克拉通盆地层序控制因素

不同类型的陆相盆地,其层序控制因素不同(胡宗全和朱筱敏,2002)。图 1 列举了不同类型的陆相盆地层序控制因素,其中气候因素并未单独列出,这是由于在进行层序研究时,气候因素是一个不可确定的变量,一般将其体现在沉积物供应的变化上。例如,在进行层序地层学模拟时,沉积物供应参数在一定程度上受到气候因素的影响,在温暖、潮湿时期,

盆地类型		层序控制因素				可容纳空间特征		沉积相特征			
		构造沉降	湖平面变化	沉积物供应	古地形(貌)			低位体系域	水进体系域	高位体系域	
断陷盆地	缓坡带	次控因素	主控因素	主控因素	次控因素	盆地两非对称性古地形	基准面控制可容纳空间变化	盆地两容纳非对称性	缓坡楔状体	三角洲沉积体系	三角洲沉积体系
	陡坡带	主控因素	次控因素	次控因素	次控因素		活动边界断层控制可容纳空间		冲积扇斜坡	近岸水下扇	扇三角洲
前陆盆地	前渊带	次控因素	主控因素	次控因素	次控因素	盆地两非对称性古地形	基准面控制可容纳空间变化	盆地两容纳非对称性	浊积扇	三角洲沉积体系	三角洲沉积体系
	前隆带	构造宁静期	次控因素	主控因素	次控因素		陆挤压挠曲作用前造用及控制可容纳空间		缺失	三角洲沉积体系	三角洲沉积体系
		构造强烈期	主控因素	次控因素	次控因素						
拗陷盆地		次控因素构造活动弱	主控因素	主控因素	次控因素		基准面控制可容纳空间变化,具有封闭、有限的可容纳空间,整体呈逐渐减小趋势		冲积体系	三角洲沉积体系	三角洲沉积体系
陆内克拉通盆地		次控因素构造活动弱	主控因素	主控因素	次控因素地形平缓		基准面控制可容纳空间变化,具有封闭、有限的可容纳空间,整体呈逐渐减小趋势		河流冲积体系	滨浅湖	河流及三角洲沉积体系

图 1 不同陆相盆地层序、沉积特征对比

Fig. 1 Correlation of sequence stratigraphic and sedimentary characteristic in different continental basins

沉积物供给量大,在干旱时期,沉积物供给量小。

针对陆相内克拉通盆地不同于海盆及其他陆相盆地的特殊性质,专门对其控制因素的研究很少,而是简单地套用层序地层学的湖平面变化、构造沉降、沉积物供应和气候四大主控因素。正如图 1 中所示,陆内克拉通盆地层序主控因素是湖平面变化、沉积物供应;次要控制因素为构造沉降和古地貌。

除了图 1 中所列举的层序控制因素外,作者将“盆地充填”作为陆内克拉通盆地层序发育的一个控制因素来进行详细的研究。对于具有封闭、有限的可容纳空间的陆内克拉通盆地而言,其充填过程可分为 3 个阶段:未充满、平衡充满和过充满阶段。当陆内克拉通湖盆处于未充满阶段(闭流湖盆),根据物质平衡(mass balance)原理,当沉积物填充时,湖盆就会增大等体积水体,湖平面相应地上升。因此,在湖盆未充满阶段,无论相对湖平面处于上升或下降阶段,只要有沉积物注入,湖平面总会相应地上升,其潜在的可容纳空间不断减小,直至盆地消亡,或湖盆进入过充满阶段。在过充满阶段(敞流湖盆),相对湖平面不变,通过沉积物淤积或下切,直至盆地消亡。

地形平缓的陆内克拉通盆地,湖平面的小规模升降波动,就可以形成区域性的水进或水退。“盆地充填”注入沉积物,湖平面变化会产生灵敏的响应特征。在湖平面上升阶段,“盆地充填”可以加大湖平面上升的程度,层序叠置模式为退积;在湖平面下降阶段,“盆地充填”可以抑止在湖平面下降程度,甚至可以使得湖平面静止或相对上升,形成加积或退积的层序叠置模式,这一点在鄂尔多斯盆地和澳大利亚的 Surat basin 得到初步证实。可以看出,随着陆内克拉通盆地的充填,注入的沉积物使得湖平面变化复杂化,湖平面变化又影响注入沉积物的分布,二者相互作用、相互影响。

### 3 陆内克拉通盆地“溯源退积”模式

陆相内克拉通盆地封闭、有限的可容纳空间、极平缓的斜坡带等特征,造就了其独特的“盆地充填”特征,形成与其他不同类型盆地的沉积序列、层序构型模式和砂体时空展布特征。通过澳大利亚 Surat basin 和我国鄂尔多斯盆地两个典型的克拉通盆地层序地层充填综合剖面的对比总结,具体分析该类盆地的层序充填特征及其模式(图 2),可以看出二者具有类似的沉积充填序列。

陆内克拉通盆地 Surat basin 位于澳大利亚的

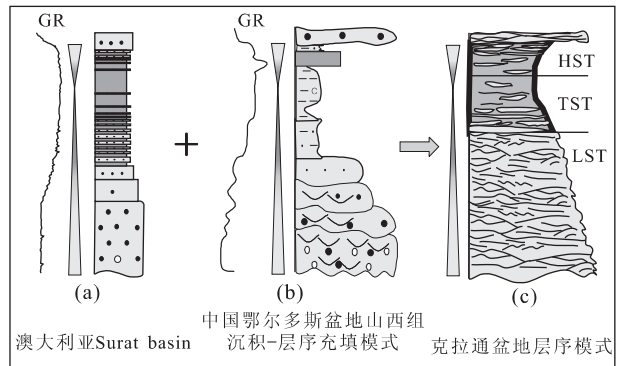


图 2 中—澳陆内克拉通盆地沉积—层序充填模式

Fig. 2 Generalised stratigraphic and sedimentary model of the typical intra-cratonic basins of Ordos basin, China and Surat basin, Australia, showing lithology associations, sequence stratigraphic framework and base level cycle

东南部,横跨 Queensland 的东南部和 New South Wales 的北部,面积约  $2.7 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,侏罗—白垩地层最大厚度可达 2 500 m(Exon and Burger, 1981; Hoffmann *et al.*, 2009)。图 2a 为该盆地的侏罗纪地层沉积—层序充填模式图,可见层序底界面为一套底砾岩形成的强侵蚀突变接触面,向上整体具有典型的正粒序特征,自然伽马曲线呈典型的箱形—钟形,岩性序列自底部的细砾向上变为含砾粗砂—粗砂—中砂—砂泥互层—含砂泥岩—泥岩,单层砂体的厚度也逐渐变小。此外,沉积相自下而上为辫状河—曲流河—洪泛平原—湖相。层序主要以 LST 为主,TST 和 LST 相对不发育,基准面旋回为以上升半旋回为主的不对称旋回。

鄂尔多斯盆地是我国典型的克拉通盆地之一,图 2b 为该盆地的上古生界山西组地层沉积—层序充填模式图,类似于澳大利亚陆的 Surat basin,层序底界面为一套底砾岩形成的强侵蚀突变接触面,岩性组合具有典型的正粒序特征,自然电位曲线从箱形向上随粒度减小变成钟状。岩性序列底部具有较大交错层理的中粗粒、粗粒石英砂岩、岩屑石英砂岩(局部含砾),向上变为小型槽状、板状交错层理的中厚层中砂岩—细砂岩,顶部则为泥质粉细砂岩、深灰色泥岩、煤层和碳质泥岩等细粒沉积物。同样,自下而上,单层砂体的厚度也逐渐变小。沉积相为强侵蚀限制性河道下切谷充填相与河道间湾。层序同样主要以 LST 为主,TST 和 LST 相对不发育,基准面旋回为上升半旋回为主的不对称旋回。根据该盆地沉积充填序列,朱红涛等(2007)结合山西组测井、岩

心、露头等资料,研究指出,河流冲积作用是控制鄂尔多斯盆东部高效储层形成与分布的基本因素,进而提出湿地—强侵蚀限制性河道下切谷充填沉积体系的观点,沉积相分为河道下切谷充填—切割相、河漫滩沉积、河道间湾相以及沼泽相,砂体成因类型为河道下切谷充填砂体。

图 2c 是在鄂尔多斯盆地及澳大利亚陆的 Surat basin 层序地层、沉积充填特征的基础上,建立的陆内克拉通层序地层模式。该模式具有以下特征:(1)层序底界面为一套底砾岩形成的强侵蚀突变接触面,具有典型的正粒序岩性组合特征;(2)层序主要以 LST 为主,TST 和 HST 相对不发育;(3)基准面旋回为上升半旋回为主的不对称旋回,具有长期持续水进、短期水退旋回特征;(4)在低可容空间条件下(对应三级层序的 LST)砂体发育,砂体的叠置现象明显,主要以河道充填沉积为主;随着可容纳空间增大(对应三级层序的 TST),在泥质沉积背景中发育的砂体多为孤立状、连续性较差的单砂体,单砂体个数减少,单层厚度减小,粒度变细;三级层序的 HST 末期,随着可容纳空间的减小,在泥质沉积背景中发育的砂体个数增多,砂岩相互叠置、切割性增强;(5)LST 时期形成的相互叠置切割的河道砂岩,增加了砂岩的连通性,侧向上更连续,潜在孔渗条件比较好,能够形成最有利的储层;HST 时期形成的储层次之,TST 时期形成的储层最差。

图 3 为鄂尔多斯盆地的上古生界山西组层序地层及其砂体时空分布图,总体具有溯源退积特征。在顺物源方向,自南向北 Sq1、Sq2 和 Sq3 三个层序依次向北部物源区退积,Sq1 层序在 S205 井处尖灭,Sq2 层序继续向北退积,在 S1 井处尖灭;等时层序地层格架内的砂体同样具有依次向北部物源区退积的特征,不仅层序之间的砂岩组具有此种趋势,而且层序内部的单个砂岩层也同样具有向北迁移的特征。

鄂尔多斯盆地山西组沉积时期,沉积湖盆地势平坦,沉积物源主要来自研究区北部。图 3 中所示 3 个层序为太原组大规模海退之后的较大规模的三期湖进背景下形成的三套层序及其控制的有利砂体。同时由于气候潮湿多雨,形成广域的河间湿地沼泽沉积。因此,在湿地背景下多条河流体系发育,河流穿插在湿地之中,河道充填砂岩与煤层、高碳质泥岩、黑色泥岩互补沉积。

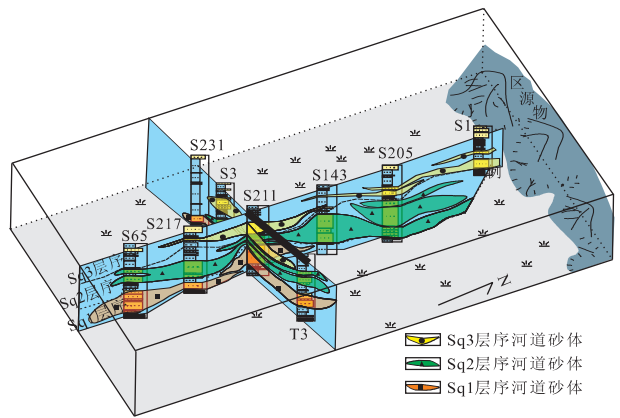


图 3 陆内克拉通盆地层序溯源退积模式(鄂尔多斯盆地资料)  
Fig. 3 Retrogradation model of stratigraphic stacking pattern for intra-cratonic basin

#### 4 陆内克拉通盆地“溯源退积”模式的控制因素探讨

陆内克拉通盆地层序“溯源退积”模式除与该类型盆地自身独特的地质特征密切相关之外,还受到下面几个因素单独或综合控制。

(1)盆地边缘构造:陆内克拉通盆地边缘构造活动的减弱,是形成陆内克拉通盆地层序“溯源退积”模式的因素之一。陆内克拉通盆地内部构造活动弱,多为整体升降运动,但是其盆地边缘周边存在一定的构造活动,如鄂尔多斯盆地周边构造体系对其具有一定的影响,西缘存在冲断、推覆构造带的掩冲、扭动作用,南缘秦岭造山带的俯冲翘升作用,东缘山西地块的块断扭动作用,北缘阴山断褶带的翘升、伸展作用。陆内克拉通盆地边缘构造活动的逐步减弱,造成物源区古地形落差的减小,进而会造成物源供应量的减少、沉积物搬运距离逐渐减小,形成区域性的“溯源退积”。

(2)沉积物供给:沉积物供应量的减少,也会造成陆内克拉通盆地层序及其砂体“溯源退积”。图 4 是在沉积物供应量不断减小的条件下,模拟出层序、沉积相带的分布特征。图中可以看出,不断减小沉积物供应参数变量,层序、沉积相带会依次向物源区退积、迁移,总体呈现为“溯源退积”特征。其中,0~0.5 m 及其对应的颜色表示沉积物古水深的范围。

(3)湖平面变化:在湖平面持续上升时期,可容纳空间不断增加,新增的可容纳空间大于沉积物供应参数,沉积物向物源方向不断退积、迁移,形成“溯源退积”模式。

(4)地貌变化:地貌变化具有两方面的含义,一



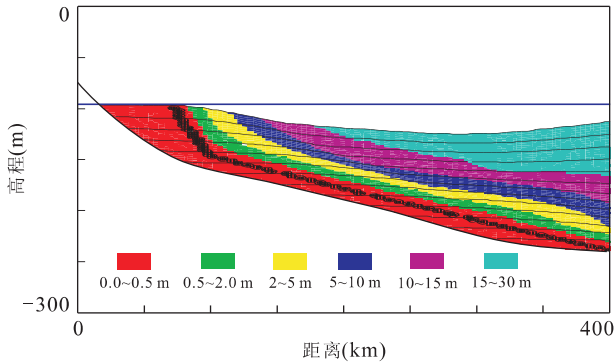


图 4 陆内克拉通盆地层序“溯源退积”模式模拟(调整沉积物供给变量)

Fig. 4 Computer simulation of stratigraphic regradation model of intra-cratonic basin

方面指的是盆地边缘构造活动减弱,物源区地形落差减小;另一方面指的是随着盆地的充填,克拉通盆地地层越来越平缓,河流水动力减弱,搬运能力下降,沉积物分布范围不断收缩。

(5)“盆地充填”:具有封闭、有限可容纳空间的陆内克拉通盆地,根据物质平衡原理,当沉积物填充时,湖盆就会增大等体积水体,湖平面相应地就会上升。沉积物的不断注入,一定程度上会加剧湖平面上升规模,可容纳空间大于沉积物供应,从而形成“溯源退积”模式。

(6)气候:对层序控制因素而言,气候是一个不可确定的变量,它间接体现在沉积物供应参数上,如从温暖、潮湿气候转变为干旱气候,沉积物供给量会不断减小,形成“溯源退积”模式。

(7)综合控制:是指上述控制因素的综合作用,如湖平面上升期间,沉积物供应量减少也会造成“溯源退积”。此外,上述这些因素之间也存在着一定的关联性,如盆地边缘构造活动的逐渐减弱,会体现在古地形的变化,会直接影响沉积物的供应量。

## References

- Burgess, P. M., Gurnis, M., Moresi, L., 1997. Formation of sequences in the cratonic interior of North America by interaction between mantle, eustatic, and stratigraphic processes. *Geological Society of America Bulletin*, 109 (12): 1515—1535. doi:10.1130/0016-7606(1997)109<1515
- Escalona, A., Mann, P., 2006. Sequence-stratigraphic analysis of Eocene clastic foreland basin deposits in Central Lake Maracaibo using high-resolution well correlation and 3-D seismic data. *AAPG Bulletin*, 90 (4): 581—623. doi:10.1306/10130505037
- Exon, N. F., Burger, D., 1981. Sedimentary cycles in the Surat basin and global changes of sea level. *BMR Journal of Australian Geology & Geophysics*, 6: 153—159.
- Feng, Y. L., Zhou, H. M., Li, S. T., et al., 2004. Sequence types and subtle trap exploration in continental rift basin: a case study of Lower Tertiary of the Nanpu depression. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 29(5): 603—608 (in Chinese with English abstract).
- He, D. F., Dong, D. Z., Lü, X. X., et al., 1996. Cratonic basin analysis. Petroleum Industry Press, Beijing, 1—100 (in Chinese).
- Hoffmann, K. L., Totterdell, J. M., Dixon, O., et al., 2009. Sequence stratigraphy of Jurassic strata in the lower Surat basin succession, Queensland. *Australian Journal of Earth Sciences*, 56 (3): 461—476. doi: 10.1080/08120090802698737
- Hu, Z. Q., Zhu, X. M., 2002. Sequence stratigraphic simulation of depression lake basin with topographic ramp. *Acta Sedimentologica Sinica*, 20 (2): 217—221 (in Chinese with English abstract).
- Li, S. T., Pan, Y. L., Lu, Y. C., et al., 2002. Key technology of prospecting and exploration of subtle traps in Lacustrine fault basins: sequence stratigraphic researches on the basis of high resolution seismic survey. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 27(5): 592—598 (in Chinese with English abstract).
- Liang, X. W., Zheng, R. C., Zhou, Y., et al., 2006. Sequence patterns and evaluation of source rocks in cratonic basins—by taking Sinian and Cambrian systems in Mid-Yangze area for example. *Journal of Oil and Gas Technology*, 28 (2): 17—19 (in Chinese with English abstract).
- Sloss, T. A., 1988. Controls on coal distribution in transgressive-regressive cycles, Upper Cretaceous, western Interior, USA. *SEPM Special Publication*, 42: 371—380.
- Xie, X. N., Cheng, S. T., Lu, Y. C., 1996. Episodic tectonic cycles and internal architectures of sequences in continental basin. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 21 (1): 27—33 (in Chinese with English abstract).
- Xie, X. N., Li, S. T., 1993. Characteristics of sequence stratigraphic analysis in terrestrial basin. *Geological Science and Technology Information*, 12 (1): 22—26 (in Chinese with English abstract).
- Xue, S. H., Liu, W. L., Xue, L. Q., et al., 2002. Lake basin deposit geology and petroleum exploration. Petroleum Industry Press, Beijing, 12—15 (in Chinese).

- Zhou, Y., Chen, H. D., Wang, C. S., et al., 2004. A study on the distribution model of the sequence style on craton basin in the Mid-Yangze area. *Geoscience*, 18(2): 171—179 (in Chinese with English abstract).
- Zhu, H. T., Chen, K. Y., Liu, K. Y., et al., 2007. Fluvial facies evidences of Shanxi Formation in the northeastern Ordos basin and its signification for gas exploration. *Natural Gas Industry*, 27(12): 67—69 (in Chinese with English abstract).
- Zhu, H. T., Chen, K. Y., Liu, K. Y., et al., 2008. A sequence stratigraphic model for reservoir sand-body distribution in the Lower Permian Shanxi Formation in the Ordos basin, northern China. *Marine and Petroleum Geology*, 25: 731—743. doi:10.1016/j.marpetgeo.2008.03.007

### 附中文参考文献

- 冯有良, 周海民, 李思田, 等, 2004. 陆相断陷盆地层序类型与隐蔽油气藏勘探——以南堡凹陷古近系为例. *地球科学——中国地质大学学报*, 29(5): 603—608.
- 何登发, 董大忠, 吕修祥, 等, 1996. 克拉通盆地分析. 北京: 石油工业出版社, 1—100.
- 胡宗全, 朱筱敏, 2002. 具有地形坡折带的坳陷湖盆层序地层模拟. *沉积学报*, 20(2): 217—221.
- 李思田, 潘元林, 陆永潮, 等, 2002. 断陷湖盆隐蔽油藏预测及勘探的关键技术——高精度地震探测基础上的层序地层学研究. *地球科学——中国地质大学学报*, 27(5): 592—598.
- 梁西文, 郑荣才, 周雁, 等, 2006. 克拉通盆地层序样式与烃源岩评价——以中扬子区震旦系、寒武系为例. *石油天然气学报*, 28(2): 17—19.
- 解习农, 程守田, 陆永潮, 1996. 陆相盆地幕式构造旋回与层序构成. *地球科学——中国地质大学学报*, 21(1): 27—33.
- 解习农, 李思田, 1993. 陆相盆地层序地层研究特点. *地质科技情报*, 12(1): 22—26.
- 薛叔浩, 刘雯林, 薛良清, 等, 2002. 湖盆沉积地质与油气勘探. 北京: 石油工业出版社, 12—15.
- 周雁, 陈洪德, 王成善, 等, 2004. 克拉通盆地层序样式分布模式研究——以中扬子区为例. *现代地质*, 18(2): 171—179.
- 朱红涛, 陈开远, Liu Keyu, 等, 2007. 鄂尔多斯盆地东北部山西组的河流相沉积证据及其天然气勘探意义. *天然气工业*, 27(12): 67—69.