

# 层序地层学研究进展:国际层序地层学研讨会综述

姜在兴

中国地质大学(北京) 能源学院, 北京 100083

Jiang Zaixing

School of Energy Resources, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China

**Jiang Zaixing. Advances in sequence stratigraphy: A summary from International Workshop on Sequence Stratigraphy. *Earth Science Frontiers*, 2012, 19(1): 001-009**

**Abstract:** This paper combined some related contents of “International Workshop on Sequence Stratigraphy”, and described the progress of the theory and technical methods about sequence stratigraphy. It outlined some significant researches and applications on both conventional and unconventional petroleum exploration of the siliciclastic sequence stratigraphy (including marine, lacustrine, and fluvial facies etc.), carbonate sequence stratigraphy, coal and other sediments sequence stratigraphy and standardization of sequence stratigraphy. In the end, we point out that the future trend of sequence stratigraphy is the standardization of research methods and the specilization in application areas, with emphasis on the research on deep-water sequence, carbonate sequence and sequence modeling.

**Key words:** sequence stratigraphy; petroleum exploration; siliciclastic sequence stratigraphy; carbonate sequence stratigraphy; systems tract

**摘 要:**结合“国际层序地层学研讨会”的相关内容,阐述了层序地层学理论和技术方法研究的进展;内容包括碎屑岩层序地层学(涉及海相、湖相、河流相等)、碳酸盐岩层序地层学、煤和其他沉积物层序地层学、层序地层标准化等领域的重要研究成果及其在常规油气与非常规油气勘探中的应用。最后指出了层序地层学未来的发展趋势,主要为研究方法标准化及应用地区特殊化,尤其要加强深水层序、碳酸盐岩层序、层序模拟等方面的研究。

**关键词:**层序地层学;油气勘探;碎屑岩层序地层学;碳酸盐岩层序地层学;体系域

**中图分类号:**TE121.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2321(2012)01-0001-09

国际层序地层学研讨会于 2011 年 6 月 20 日在中国地质大学(北京)召开,来自 11 个国家的 200 多位专家、学者参加了会议,提交论文 140 篇。此次会议对全球范围内的层序地层学研究热点,以及我国陆相层序地层的最新成果进行了深入交流。大会的主题和专题都是现今层序地层学研究的热点或前沿领域,是相关国家、石油公司或国际合作地质计划(国际海洋钻探计划)的重点研究内容,研究水平较高。本文拟综合本次国际层序地层学研讨会论文的摘要、口头发言及展讲内容,对层序地层学的一些主

要进展作一综述。

## 1 碎屑岩层序地层学

层序地层学发展至今,在理论上形成了 Vail 层序地层学、Galloway 成因层序地层学和 Cross 高分辨率层序地层学三大主流派系<sup>[1-3]</sup>,另外,Jiang 等还提出了可容纳空间转换系统的概念<sup>[4]</sup>。碎屑岩层序地层学是本次大会涉及最多的一个议题,主要涉及海相碎屑岩层序地层学和陆相碎屑岩层序地层学

收稿日期:2011-11-30;修回日期:2011-12-15

基金项目:教育部“长江学者与创新团队发展计划”项目(IRT0864);国家十二五重大专项(2011ZX05009-002)

作者简介:姜在兴(1962—),男,教授,博士生导师,主要从事沉积学、层序地层学的教学和科研工作。E-mail:jiangzx@cugb.edu.cn

(湖相、河流相、冲积扇相等),各层序地层学主流派系均有涉及,主要反映了近年来碎屑岩层序地层学研究取得的成果和进展。

1.1 海相碎屑岩层序地层学

从 Vail 提出层序发育主控因素是海平面升降,强调层序界面是不整合面或与不整合面相应的整合面以来,海相碎屑岩层序地层学研究取得了长足的发展。本次大会应用层序地层学原理开展不同地区实例研究的较多,领域包括被动大陆边缘和深水块体搬运沉积方面,有较多的创新性认识,如 Steel 对 Washakie 等盆地的陆架边缘斜坡层序地层学研究等<sup>[5]</sup>。

陆架边缘 (shelf-margin) 是层序地层学研究的重要地区,Steel 等近年来在陆架边缘斜坡的沉积物中发现了较多的河流洪水产生的沉积记录,认为除了在浅水地区存在三角洲斜坡沉积 (shelf delta cli-

noforms) 外,陆架边缘的深水地区也存在陆架边缘斜坡沉积 (shelf-margin clinoforms) (图 1)。Steel 通过对现代河流-陆架边缘斜坡体系的 24 条河流沉积物输入速率的调查,建立了三角洲推进到陆架边缘所用时间的计算模型 (图 2),认为陆架边缘斜坡沉积物主要受可容空间或沉积速率控制<sup>[5]</sup>。

其中的一种类型是当海平面上升速率达到全新世海平面上升速率,很多三角洲不能推进到陆架边缘斜坡,此时陆架斜坡沉积物主要受可容空间控制,深水扇是低位体系域的产物,这类陆架边缘主要为浪控;另外的一种类型便是受沉积速率的控制,当沉积速率较快时,即使在高位体系域,三角洲也可以推进到陆架边缘斜坡位置,出现高位深水扇沉积,而此时在陆架边缘斜坡的沉积物中便会发现较多的河流洪水产生的沉积记录,此类陆架边缘主要为河控。高位体系域深水扇与低位体系域扇体模式的不同之

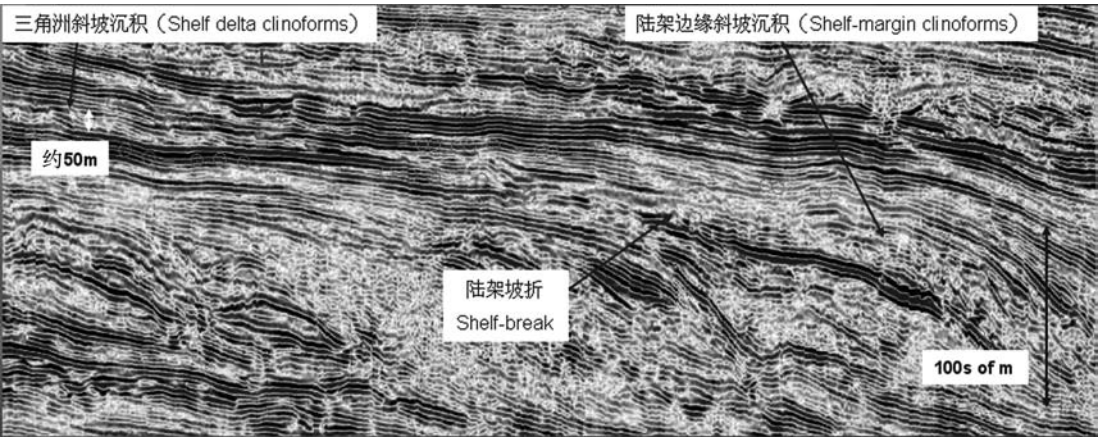


图 1 浅水三角洲斜坡沉积与陆架边缘斜坡沉积  
Fig.1 Shelf delta clinoforms and shelf-margin clinoforms

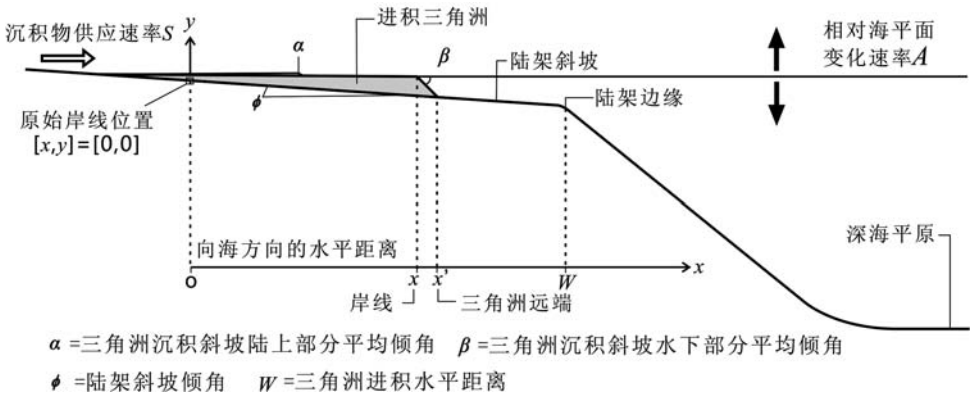


图 2 三角洲推进到陆架边缘所用时间的计算模型  
(据 Steel<sup>[5]</sup>)

Fig. 2 Modeling of traveling time for deltas to reach shelf edge

处在于,陆架、陆坡和扇体在斜坡向下方向上有持续的沉积物堆积。另外,Steel 提出了陆架边缘轨迹(shelf-edge trajectories)的概念,认为陆架边缘上升轨迹的变化控制扇体的规模大小,陆架边缘上升轨迹越陡,扇体规模越小<sup>[5]</sup>。

Fulthorpe 等学者则通过国际大洋钻探计划第 317 航次对新西兰 Canterbury 盆地的调查,对受洋流影响的被动大陆边缘盆地沉积物的沉积相、层序地层及成岩作用进行了研究,对 Canterbury 盆地白垩纪到古近纪地层层序界面的时间、由海平面变化产生的沉积相和岩相在岩心上的记录进行了详细阐述,并指出洋流的存在影响地震反射的几何形态,其中沿地层走向方向的影响尤为显著(图 3),了解洋流在地层走向方向和沿斜坡向下方向的作用,对于层序地层学和斜坡沉积模式具有重要的意义<sup>[6]</sup>。

另外,还有部分学者对海相深水块体搬运沉积(MTD, mass transport deposit)及其层序地层格架进行了研究,块体搬运沉积是由超压引起沉积物再搬运所形成的,一个理想的块体滑塌包含拉伸和滑塌、堆积等几个带(图 4),在粘滞性滑块或

碎屑流中多少都发育。块体搬运沉积在地震反射上常具有丘状外形,地震相变化较大,有平行、逆冲、旋转块、杂乱、丘状反射,连续性差,振幅多变。块体搬运沉积是深水沉积的重要组成部分,既可以成为良好的储集层,也可以作为区域性的盖层,因此块体搬运沉积在当今深水沉积物中具有重要作用,如 Lu 等对 Borneo 西北部深水块体搬运沉积的储集层进行了研究及建模工作<sup>[7-8]</sup>。在层序方面,工作开展主要基于手段方面的进展,如近海底高分辨率地震和水底成像等技术,如 Jiang 等对墨西哥湾西部地区的研究等<sup>[9]</sup>。

## 1.2 陆相碎屑岩层序地层学

陆相碎屑岩层序地层学研究是我国油气层序地层学研究者对国际层序地层学理论、技术和方法贡献最为突出的领域,研究成果较多,本次大会也彰显了这一点,研究领域主要有湖泊相、河流相及冲积扇相等。

(1)湖泊相。从层序地层学理论引入我国,湖泊相层序地层学的研究取得了极大的进步,湖相层序地层学研究更加灵活和精细<sup>[10]</sup>。大会以陆相层序地层学理论开展不同地区湖泊相研究的实例较多,

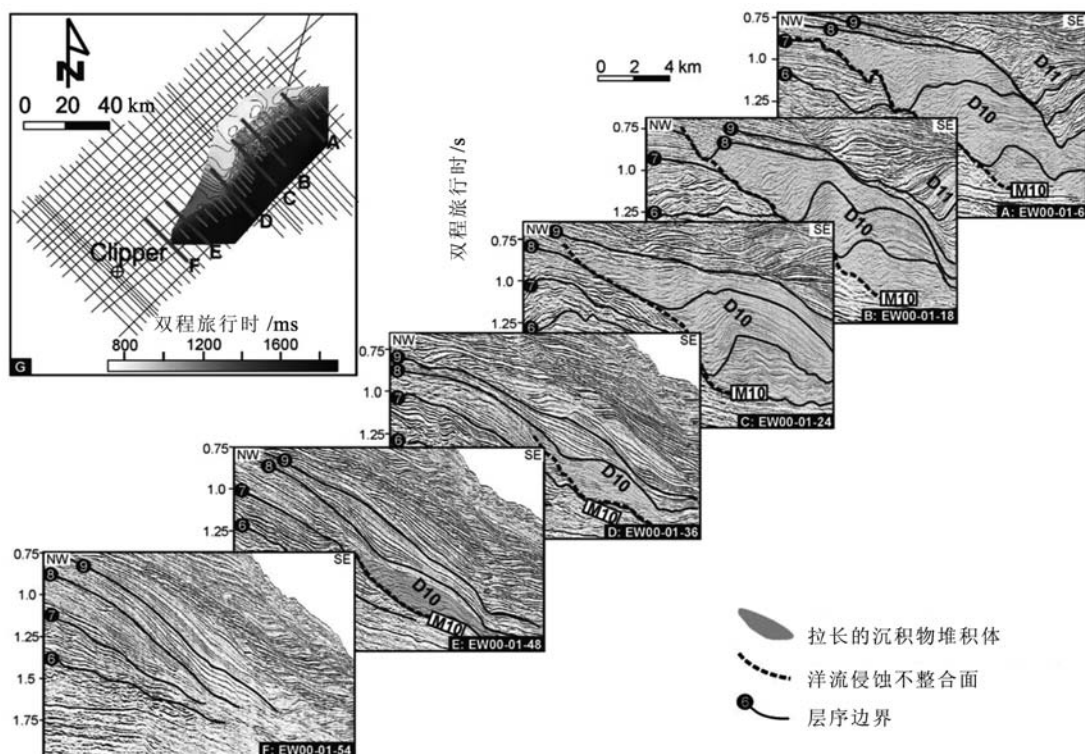


图 3 Canterbury 盆地中沿地层走向层序地震反射形态变化  
(据 Fulthorpe<sup>[6]</sup>)

Fig. 3 Seismic sequence stratigraphic signature varies greatly along strike, Canterbury Basin

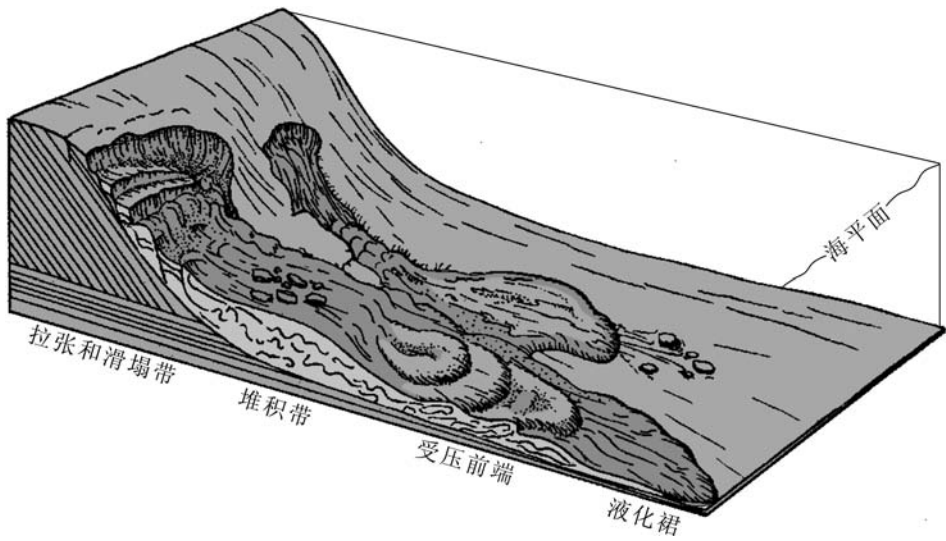


图4 块体搬运沉积模式  
(据 Galloway 等<sup>[7]</sup>)  
Fig. 4 Sedimentary model of mass transport deposit

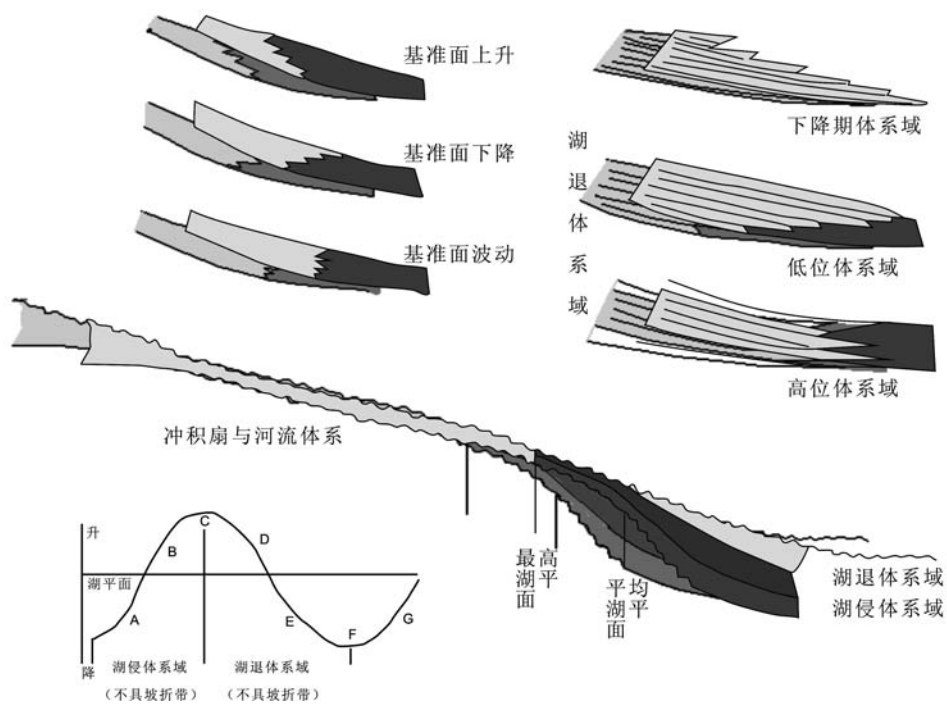


图5 中国非海相盆地体系域二分模式  
(据 Wu 等<sup>[11]</sup>)  
Fig. 5 Two divisions of systems tracts in nonmarine basins in China

主要包括大庆、胜利、冀东等油田油气区的坳陷-断陷湖盆,采用的体系域划分方法大都为低位体系域、湖侵体系域和高位体系域,这类的例子较多,在此不再多述。另外还有部分学者利用了湖侵体系域和湖退体系域二分模型,认为体系域二分模型在我国非海相地层的层序地层学研究中是实用的,如 Wu 等

对柴北缘层序地层研究中应用了体系域二分模型(图5),取得了较好的效果<sup>[11]</sup>。  
(2)河流相。本次大会关于河流相层序地层学的研究主要应用了 Cross 提出的高分辨率层序地层学原理,其基本理论包括基准面原理、体积划分原理、相分异原理与旋回等时对比法则等<sup>[12]</sup>。从

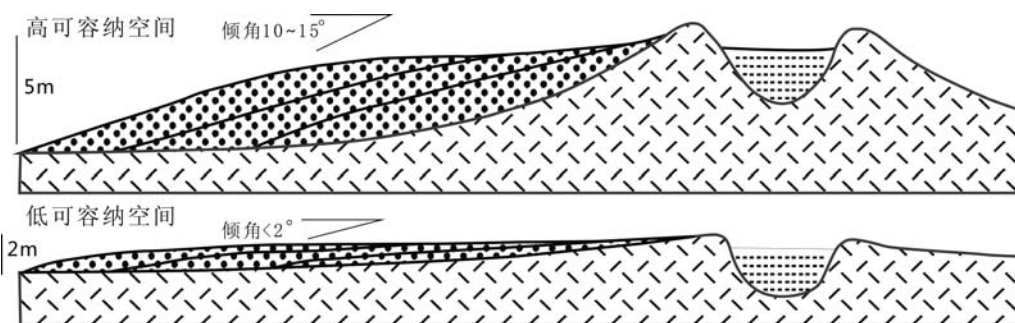


图6 决口扇厚度变化与可容纳空间的关系  
(据 Deng<sup>[13]</sup>)

Fig. 6 Relationship between the thickness of crevasse fan and A/S ratio

高分辨率层序地层学引入我国之后,高分辨率层序地层学研究取得了丰硕的成果,主要表现在:理论上进行了创新、油气勘探开发应用领域进行了拓宽。

如 Deng 等对松辽盆地下白垩统扶余油田河流相层序地层的研究<sup>[13]</sup>,通过总结研究层段不同河道类型的层序地层意义,提出了研究层段基准面下降与上升的转换面标志;并在河流环境体系域中引入低可容空间体系域和高可容空间体系域,通过纵向上叠置的决口扇的厚度反映基准面的变化(图 6),总结出研究层段基准面上升到下降的转换面(最大可容空间位置)的识别标志。

### 1.3 碎屑岩层序地层学在非常规油气勘探中的应用

随着油气勘探程度的不断提高,对于成熟探区,大型砂岩储层等常规油气藏的勘探潜力减小,在世界范围内,泥页岩油气藏逐渐成为今后油气勘探的重要领域和后备阵地<sup>[14]</sup>。而深水泥页岩对海(湖)平面的响应及层序划分历来是高难度的课题。本次大会关于深水泥页岩的研究主要是湖相深水黑色泥页岩层序地层学研究。

如 Jiang 等对渤海湾盆地沾化凹陷黑色深水泥页岩进行了研究<sup>[15]</sup>,通过对全区岩性的详细研究,将区内泥页岩类型细分为 7 大类,分别为纹层状粘结岩、纹层状泥灰岩、油页岩、块状泥岩、普通页岩、块状泥灰岩、块状钙质泥岩;并结合岩心观察、相关测井曲线、X 衍射、元素分析、同位素分析等资料,对研究层段进行了沉积环境变化过程的还原,认为沙三下沉积时期气候由相对干旱转变为暖湿,陆源物质输入由弱变强,湖水盐度变小。同时这一环境变化过程包含了两个相似的次一级变化旋回。提出了“成因控层”原理,以气候-陆源输入-相对湖平面变

化三因素法为指导(图 7),对沾化凹陷沙三下亚段地层进行了层序地层的划分,将目的层段沙三下亚段分别划分为 2 个层序 6 个体域(图 8)。

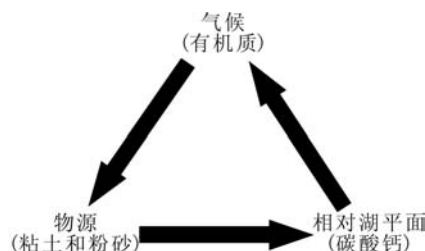


图7 控制黑色泥页岩层序地层发育的三要素  
Fig. 7 Three factors controlling sequence stratigraphy of black shales

另外,此次大会碎屑岩层序地层方面,还有部分学者研究了潮汐、冲积扇等层序地层学研究,大都是通过高分辨率层序地层学原理对各自研究区进行层序地层格架的建立。

## 2 碳酸盐岩层序地层学

虽然碳酸盐岩沉积作用机理明显不同于碎屑岩,但起源于被动大陆边缘碎屑岩沉积的层序地层学原理仍适用于碳酸盐岩的层序地层学分析<sup>[16-17]</sup>。大会关于碳酸盐岩层序地层学的研究领域包括研究印度洋 Maldives 盆地、中国华南地区、塔里木盆地和北京西山等,涉及了层序单元划分与基本特征、主要层序界面识别及层序的控制因素等内容。

Christian 等通过对印度洋 Maldives 盆地的研究,阐述了季节性的洋流带来的营养物质含量对碳酸盐台地几何形态的影响。认为碳酸盐台地的几何

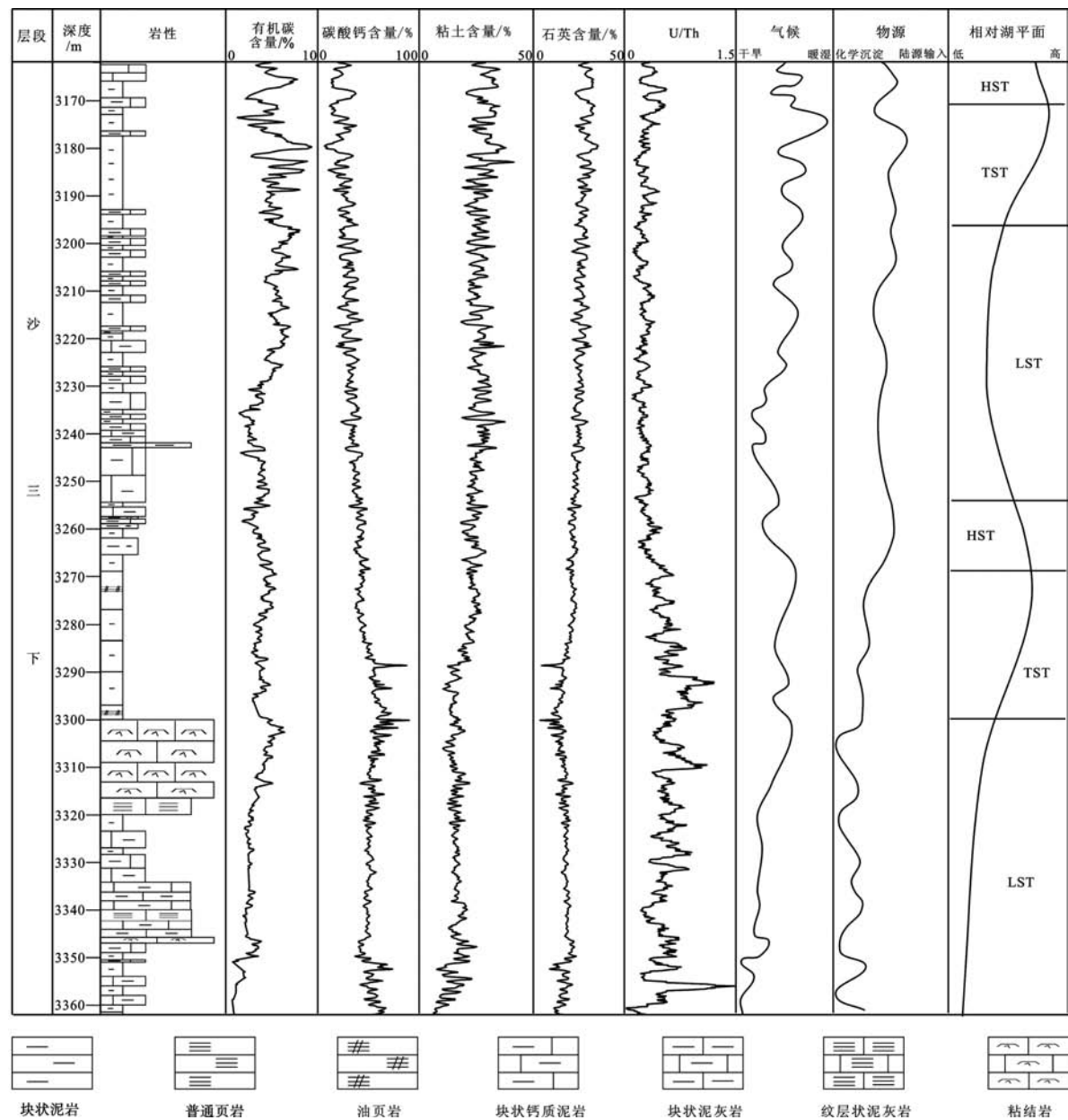


图8 沾化凹陷罗X井沙三下段黑色泥页岩层序地层划分

Fig.8 Sequence stratigraph division of lower Es<sub>3</sub> black shales in Zhanhua depression, Well Luo X

形态与可容空间的变化速率和沉积物供给速率有关(图9),碳酸盐台地的发展主要受控于可容空间的变化、营养物质的含量、水温和盐度。碳酸盐台地的几何形态是碳酸盐岩层序地层学研究的重要依据<sup>[18]</sup>。

Chen 等人从旋回和层序地层学的角度对华南泥盆系碳酸盐台地的动态演化进行了阐述<sup>[19]</sup>。Roman 等人通过对北京西山奥陶系碳酸盐岩岩石学的研究,提出了伽马曲线在碳酸盐层序地层划分方面存在的一些问题<sup>[20]</sup>。

3 煤层和其他沉积物层序地层学及其在油气勘探开发中的应用

通过近 20 年的研究,层序地层学理论为人们理解聚煤模式提供了新的思路,提出了海相层滞后阶段聚煤等基于层序地层学的聚煤作用理论,极大地促进了含煤岩系沉积学的发展。此次大会 Shao 等通过对柴达木盆地早、中侏罗世含煤岩系的层序地层学研究,认为在不同古地理背景下和不同的体系域

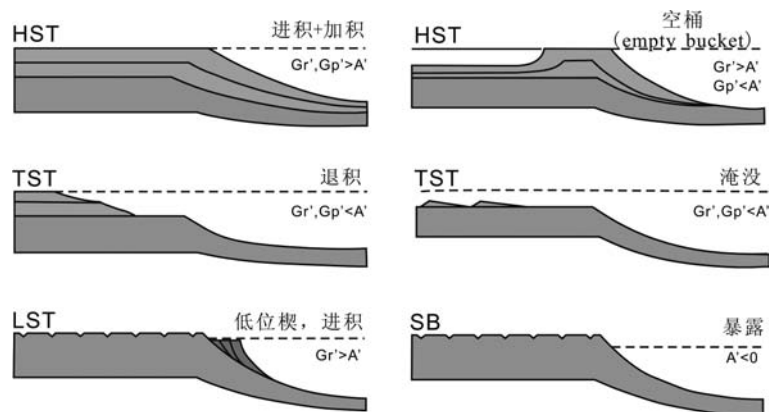


图9 碳酸盐台地的几何形态与可容空间变化速率和沉积物供给速率关系  
(据 Christian<sup>[18]</sup>)

Fig. 9 Geometries of carbonate platforms; Response to rate of change in accommodation and rate of sediment supply

$A'$  = 可容纳空间改变速率;  $Gp'$  = 台地内部增长速率;  $Gr'$  = 台地边缘增长速率; LST = 低位体系域; TST = 海侵体系域; HST = 高位体系域; SB = 层序边界。

中,可容空间的增加速率与泥炭聚集速率的平衡关系是不同的,因此所形成的煤层不只是在厚度上不同,而且煤岩煤质特征也会有所不同。并指出今后的研究将会进一步对不同构造背景下的含煤岩系层序地层格架样式、层序地层格架下的优质煤炭资源聚集模式、煤层在地球演化的长周期过程中的地质意义进行探索<sup>[21]</sup>。

#### 4 层序地层标准化及层序地层建模

2009年, Catuneanu 等 25 位沉积学家在 *Earth-Science Reviews* 杂志上发表了《走向层序地层的标准化(Towards the standardization of sequence stratigraphy)》的文章,指出了未来层序地层研究的一个重要领域——层序地层标准化<sup>[22]</sup>。层序地层标准化也是本次大会的一个议题,各专家学者对此进行了讨论和交流,如 Li 对基准面非周期性进行了研究并对层序地层学标准化给出了部分建议<sup>[23]</sup>。沉积模拟与层序地层建模是沉积学和层序地层学发展的重要手段,近几年结合盆地演化和充填的模拟更是达到了新的层次,如 Liu 等对新西兰 Wanganui 盆地的层序地层建模<sup>[24]</sup>,还有针对澳大利亚和鄂尔多斯盆地的相关层序地层建模成果<sup>[25]</sup>。

#### 5 层序地层学研究技术手段

层序地层学研究所采用的技术手段不断创新,主要表现在:(1)重视露头与现代沉积考察,露头和

现代沉积是地质现象观察的最直观场所,如 Steel 对现代河流-陆架边缘的考察等<sup>[5]</sup>。(2)实验技术和沉积地球化学方面的进展,包括在一些关键层位、层序的划分等方面,如通过元素、同位素分析等资料对湖相黑色页岩的研究等<sup>[15]</sup>。(3)三维地震精度的提高为层序地层学的研究提供了更精确的资料,如 Jiang 等应用近海底高分辨率地震资料,对深水 and 滑塌块体进行层序地层学研究<sup>[8]</sup>。(4)测井资料的多方位应用,如 Qiu 应用小波处理与分析进行层序地层学研究<sup>[26]</sup>,Nummedal 通过伽马曲线的综合处理进行的湖相高频层序地层研究等<sup>[27]</sup>。(5)古生物资料在层序地层研究中的应用,由于地层界面上下气候的变化以及由此导致的湖水深浅等沉积参数的变化,古生物组合会相应的存在明显变化,不同的地层,具有不同的代表性化石组合,反映生物演化的阶段性、环境突变和地层的演化特征<sup>[28]</sup>。大量应用露头与井下结合的岩石地层和生物地层方法,综合测井、地震资料和地球化学资料,展现了地层研究中多学科、多方法综合应用的前景<sup>[29]</sup>,如 Ahmad 对巴基斯坦 Potwar 盆地应用古生物方法,结合露头剖面,对其进行了层序地层学研究<sup>[30]</sup>。(6)实验模拟和数值模拟,传统的物理模拟辅以数学模拟会更加精确,尤其结合盆地演化方面的模拟,如 Liu 等对新西兰 Wanganui 盆地的层序地层建模<sup>[24]</sup>,Zhu 等对澳大利亚 Surat 盆地侏罗系沉积充填模拟等<sup>[25]</sup>。

#### 6 未来发展趋势

针对层序地层学目前存在的问题及现今油气勘



探需要,层序地层学的未来发展趋势可能为:在理论上要寻求突破,在方法上要寻求完善,在技术上要寻求创新,在应用上要寻求效益。研究重点集中在以下几个方面:

(1)深水层序地层学研究。充分利用新技术,如高精度地震资料反演、近海底高精度地震资料等地球物理方法,综合伽马能谱分析与地球化学元素含量的旋回分析,对不整合面相应的整合面进行准确识别,对深水泥页岩、滑塌块体沉积等科学地建立等时地层格架,包括在海相泥页岩及湖相黑色泥页岩等非常规油气勘探领域的应用。

(2)碳酸盐岩层序地层学研究。包括海相和湖相碳酸盐岩,特别是湖相,因其在地质历史中的分布比较少等原因,对其研究程度远远不如海相碳酸盐岩。对湖相碳酸盐岩的成因机理和分布演化规律等方面的研究相对比较薄弱,亟需一些新理论和方法<sup>[31]</sup>。

(3)层序地层标准化。层序地层标准化将是未来层序地层学研究的一个重要方向,对我国陆相沉积盆地来说,断层活动大都比较复杂、相带变化频繁,在进行层序学研究时,同一研究区不同学者建立的层序格架会不相同。虽然目前已经建立了一些陆相盆地层序地层学模式,但仍然无法在各盆地推广,原因就是缺乏统一的划分标准和规范,层序分级比较乱,很难采用统一的时间区间对层序进行分级,亟需进行层序地层标准化方面的研究。

(4)层序地层模拟研究。将会使层序的研究由定性向半定量、定量发展,揭示层序发育的主要控制因素,增强对有效储层的预测。

(5)层序地层学研究技术手段创新。除了传统的露头、岩心、测井和高精度地震资料以外,地震资料的三维可视化、古生物方法、地球化学方法、数值分析和计算机模拟等将会在层序地层学未来的研究中发挥很大的作用。

(6)岸线轨迹与体系域的识别方法研究。岸线轨迹的迁移可以暗示海平面的升降,有效指示层序界面和内部的体系域界面,结合层序地层学模拟,岸线轨迹研究可以对层序及体系域进行定量划分和识别。

感谢在国际层序地层学研讨会上进行交流的各位专家、学者,他们的学术思想为本文奠定了基础。感谢教育部“长江学者与创新团队发展计划”、国家自然科学基金委员会、王宽诚教育基金会、有关石油公司和高校、研究院所及中国地质大学(北京)对本次会议的支持。

## 参考文献

- [1] Vail P R, Mitchum R M, Thompson S. Seismic stratigraphy and global changes of sea level (part 3): Relative changes of sea level from coastal onlap [M]//Seismic Stratigraphy: Applications to Hydrocarbon Exploration, Payton. AAPG Memoir, 1977, 26: 63-81.
- [2] Cross T A, Baler M R, Chapin M A, et al. Application of high resolution sequence stratigraphy to reservoir analysis [C]//Subsurface Reservoir Characterization from Outcrop Observations. Paris: Technip, 1992, 51: 11-33.
- [3] Galloway W E. Genetic stratigraphic sequences in basin analysis(I): Architecture and genesis of flooding-surface bounded depositional units [J]. AAPG Bulletin, 1989, 73: 125-142.
- [4] Jiang Z X, Lu H B, Yu W Q, et al. Transformation of accommodation space of the Cretaceous Qingshankou Formation, the Songliao Basin, NE China [J]. Basin Research, 2005, 17(4): 569-580.
- [5] Steel R J. Sequence stratigraphy at the shelf edge [C]//International Workshop on Sequence Stratigraphy. Beijing: China University of Geosciences, 2011: 145.
- [6] Fulthorpe C S. Sequence stratigraphy on a passive margin swept by ocean currents: Canterbury Basin, New Zealand [C]//International Workshop on Sequence Stratigraphy. Beijing: China University of Geosciences, 2011: 38-39.
- [7] Galloway W E, Hobday D K. Terrigenous Clastic Depositional System [M]. 2nd ed. New York: Springer-Verlag, 1996.
- [8] Lu H B, Craig F S. Offshore northwest Borneo Mass transport deposits and Implications on sequence stratigraphic model [C]//International Workshop on Sequence Stratigraphy. Beijing: China University of Geosciences, 2011: 64-66.
- [9] Jiang S. Deepwater sequence stratigraphic architecture revealed by Innovative seismic interpretation [C]//International Workshop on Sequence Stratigraphy. Beijing: China University of Geosciences, 2011: 74-75.
- [10] 姜在兴. 沉积体系及层序地层学研究现状及发展趋势[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(5): 535-541.
- [11] Wu Y Y, Sun L D, Gu J Y, et al. The systems tract and depositional model of Donghe sandstone equivalent in Tarim Basin [C]//International Workshop on Sequence Stratigraphy. Beijing: China University of Geosciences, 2011: 174-175.
- [12] 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]. 石油与天然气地质, 1995, 16(2): 89-97.
- [13] Deng H W. Sequence stratigraphic division and correlation in fluvial systems [C]//International Workshop on Sequence Stratigraphy. Beijing: China University of Geosciences, 2011: 27.



- [14] 吴因业, 朱如凯, 罗平, 等. 沉积学与层序地层学研究新进展: 第18届国际沉积学大会综述[J]. 沉积学报, 2011, 29(1): 199-206.
- [15] Jiang Z X, Chen Q, Jia S. Sequence stratigraphy of lacustrine black shales: An example from the Eocene Zhanhua Sag [C] // International Workshop on Sequence Stratigraphy. Beijing: China University of Geosciences, 2011: 75-76.
- [16] 吴因业, 顾家裕, 施和生, 等. 从层序地层学到地震沉积学: 全国第5届油气层序地层学大会综述[J]. 石油实验地质, 2008, 30(3): 217-226.
- [17] 赵俊青, 夏斌, 纪友亮, 等. 湖相碳酸盐岩高精度层序地层学探析[J]. 沉积学报, 2005, 23(4): 646-656.
- [18] Christian B, Jörn F, Tomas L, et al. Hybrid sea-level and paleoceanographical control on carbonate sequence stratigraphy (Maldives, Indian Ocean) [C] // International Workshop on Sequence Stratigraphy. Beijing: China University of Geosciences, 2011: 8-9.
- [19] Chen D Z, Tucker M E, Qing H R, et al. Dynamics of carbonate platform development during the Devonian, South China: Insights from cycle and sequence Stratigraphy [C] // International Workshop on Sequence Stratigraphy. Beijing: China University of Geosciences, 2011: 11-13.
- [20] Roman K, Wang A J. The gamma ray logs don't tell the truth: The influence of facies variations and compaction in carbonate sequences: Examples from the Upper Jurassic of S-Germany and the Middle Cambrian Zhangxia Formation (Western Hills, China) [C] // International Workshop on Sequence Stratigraphy. Beijing: China University of Geosciences, 2011: 82-83.
- [21] Shao L Y, Lu J, Wang H, et al. Developments of coal measures sequences stratigraphy in China [C] // International Workshop on Sequence Stratigraphy. Beijing: China University of Geosciences, 2011: 137-138.
- [22] Catuneanu O, Abreu V, Bhattacharya J P, et al. Towards the standardization of sequence stratigraphy [J]. Earth-Science Reviews, 2009, 92: 1-33.
- [23] Li S H. Non-periodicity of base-level curve and a partial suggestion of standardization of sequence stratigraphy [C] // International Workshop on Sequence Stratigraphy. Beijing: China University of Geosciences, 2011: 94-96.
- [24] Liu K Y, Tim N, Bob C. Quantitative determination of stratigraphic hiatuses, sedimentation rates and preservation potential in response to eustatic sea level fluctuations using forward stratigraphic modeling, an example from a Plio-Pleistocene outcrop sequence in New Zealand [C] // International Workshop on Sequence Stratigraphy. Beijing: China University of Geosciences, 2011: 116-117.
- [25] Zhu H T, Liu Q H, Liu K Y, et al. Numerical and physical modeling of sediment infilling controls on sequence stratigraphic architecture in the intra-cratonic basin: Examples from Jurassic Surat Basin, Australia and Lower Permian Shanxi Formation, Ordos Basin, northern China [C] // International Workshop on Sequence Stratigraphy. Beijing: China University of Geosciences, 2011: 218-219.
- [26] Qiu L W. The division of sequence stratigraphy base on wavelet energy spectrum and wavelet curve [C] // International Workshop on Sequence Stratigraphy. Beijing: China University of Geosciences, 2011: 135-136.
- [27] Nummedal D. High-frequency lake-level cycles in lacustrine hydrocarbon reservoir strata, South Caspian basin, Azerbaijan [C] // International Workshop on Sequence Stratigraphy. Beijing: China University of Geosciences, 2011: 130-131.
- [28] 邱隆伟, 符晶, 杨勇强, 等. 渤海湾盆地东营凹陷博东潜山周缘地区沙河街组等时地层对比[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(5): 552-560.
- [29] 杨平, 邓奎, 刘学会, 等. 层序生物地层学在柴达木盆地中的应用及展望[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(5): 561-566.
- [30] Ahmad S. Integrated sequence stratigraphy: Implications for tectonostratigraphic evolution of Kohat-Potwar Basins, north-west Pakistan [C] // International Workshop on Sequence Stratigraphy. Beijing: China University of Geosciences, 2011: 1-2.
- [31] 杨勇强, 邱隆伟, 陈世悦. 半咸水湖盆碳酸盐岩层序地层分析: 以东营凹陷南坡中段沙四上亚段为例[J]. 地层学杂志, 2011, 35(3): 288-294.