

湖相盆地中的层序、体系域与隐蔽油气藏*

薛良清

(中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要: 湖相盆地层序发育的主要控制因素为构造升降、湖平面变化和沉积物供应速率的变化。叠合盆地区域构造体制的转换是划分一级层序的基础, 构造幕的产物构成了二级层序, 三级以上层序主要反映岩相古地理与沉积风格的变化。湖相盆地的体系域在不同条件下等时性存在着明显的差异。在一个沉积物源控制的“沉积场”或多个物源控制的多个“沉积场”的可容空间与沉积速率变化的比值都小于 1 或都大于 1 时, 所定义的体系域是等时的。但在不同的“沉积场”之间的可容空间与沉积速率的变化存在明显的非均一性时, 在同一等时单元内, 可以有不同体系域共生。湖相盆地中隐蔽油气藏的勘探目标主要为断陷型盆地坡折(带)下方的低位砂、砾岩体和坳陷型盆地中两个最大洪泛期泥岩夹持的三角洲前缘相带砂岩体。

关键词: 湖相盆地; 层序; 体系域; 隐蔽油气藏

作者简介: 薛良清, 男, 45 岁, 高级工程师, 沉积地质与石油地质

中图分类号: P539.2

文献标识码: A

层序地层学是于 20 世纪 80 年代后期由 Vail 等人^[1]在研究被动大陆边缘海相沉积中创立并发展起来的。稍后, Galloway 在研究墨西哥湾新生代海相沉积的基础上提出并逐步形成了成因层序地层学的体系^[2]。之后, Cross 的高分辨率层序地层学也得到迅速发展^{**}。虽然层序地层学是在研究海相盆地的过程中发展起来的, 但其基本原理完全可以应用于湖相盆地^[3~5], 而湖盆层序地层学的研究实践又进一步丰富与完善了层序地层学理论体系。本文拟就湖盆层序地层学与隐蔽油气藏研究方面的几个问题谈几点初步意见。

1 关于层序

层序地层学的研究有不同流派, 因而对层序的定义与命名也就存在着不同的认识。对同一地质体, 可以用沉积层序模式、也可用成因地层层序体系, 同样亦可用高分辨率层序地层观点去分析, 可能各自研究结论侧重点有所不同, 但最终都将逼近地质体的真实。随着层序地层学研究的不断深化, 不同的层序流派出现了“趋同”现象, 有一种融

合的趋势, 使层序地层学理论有可能在更高层次上得到统一。

1.1 层序成因

在 1977 年, Exxon 公司的 Vail 研究组提出沉积层序的概念时, 特别强调了全球性海平面变化对层序形成的控制作用^[6]。直至 1988 年, Posamentier 等人仍然很重视全球性海平面升降对碎屑岩沉积作用的控制^[7~8]。显然, 用全球性海平面变化来解释湖盆中的层序成因是困难的。

Galloway^[2,9]认为全球性海平面变化是层序形成的一种因素, 但不是唯一因素, 构造升降与沉积物供应速率的变化是层序形成的另外两种重要因素。显然, 这种层序成因的解释是易于应用到湖盆层序研究中。

另一方面, 在湖盆层序地层学研究中, 考虑多物源供应沉积物的情况, 在沉积物供应的变化速率大于相对湖平面(即构造升降加上湖平面的变化)的变化速率, 而多个沉积物源的变化不同期而是此起彼伏, 就难以在一个给定的盆地内找到一个统一的地层界面, 也就失去了建立全盆地等时地层格架的基础^[10], 这也是层序地层学现阶段面临的挑战之一。

近几年来, 关于层序成因的认识渐趋一致。Exxon 研究组 van Wagoner^[11]指出, 重建岩石记录的全球海平面变化是困难的, 因为其他地质作用可以与全球性海平面变化叠加形成相对海平面变化, 构

* 国家教育委员会留学回国人员科研资助费与中国石油天然气总公司留学回国人员科研基金资助项目

** Cross T A. High-resolution stratigraphic correlation from the perspective of base-level cycles and sediment accommodation. 西北欧层序地层会议材料, 1994

收稿日期: 2001-10-26

造沉降与沉积物供应就是这种地质作用的两个明显的实例。低位、水进和高位三个体系域的立体图解与全球海平面变化曲线相联系^[8]是错误的^[11]。因此,水(海、湖)平面变化、构造升降与沉积物供应速率的变化是控制层序形成的主要因素,只不过在不同的地质条件下各自的重要性有差别而已。

1.2 层序划分

划分层序并进行层序或相关体系域与层序关键性界面作图,是沉积盆地分析的主要任务,也是油气勘探研究的重要内容。

沉积层序定义为相对整合的,成因有联系的、其顶、底以不整合面或与之相应的整合面为界的一套地层^[12]。但对“成因有联系”的理解存在着很强的主观性。如 Galloway 描述的墨西哥湾新生代地层的沉积体系演化,穿越最大洪泛面,盆外河流体系及其相关的三角洲沉积中心均发生明显的迁移,显然,古地理条件发生了很大的变化^[9]。在 1988 年,Exxon 的研究者提出了最大洪泛面、水进(海侵)面与 3 个体系域的概念。以沉积层序底边界、水进面、最大洪泛面与顶边界细分沉积层序为不同的作图单元,可以较精确地描述层序内沉积体系与岩性的分布与演变^[7,8]。

成因地层层序被定义为沉积幕^[13]的沉积产物,由 3 个重要部分组成,即远超前积部分、上超海进部分、与反映最大海泛作用的顶底界面^[2]。远超前积部分与上超海进部分的沉积风格与形式常发生改变,因此,对这两部分应分开编图。但另一方面,在成因地层层序的远超前积部分中包含不整合面。许多情况下,越过不整合面,沉积相带明显向盆地中心迁移,甚至出现明显的“跳相”现象。因此,不整合面上下虽然都表现为前积,但它们的沉积风格是明显不同的(L. F. Brown Jr. 私人讨论, 1990)。在 1993 年, Xue 和 Galloway^[4]以松辽盆地北部青山口组-姚家组-嫩江组一段三角洲体系为例,明确提出了成因地层层序内部三分,即前积体系域(progradational systems tract)、低位前积复合体(low-stand prograding complex)和退积体系域(retrogradational systems tract)。从以上可以看出,层序地层关键性界面也渐趋一致,主要是存在对不同关键性界面的重要性认识的差异和可适用范围及可操作性的区别。

1.3 层序级别

层序级别的划分一直受到地质学界的关注,主

要有两种层序级别划分系统,即以相对海平面变化的相对频率为基础的划分系统和以基准面变化的相对振幅为基础的划分系统^[14]。

对于中国大多数沉积盆地,往往表现为叠合盆地的特点,因而提出针对叠合盆地的层序级别划分方案是十分必要的。最近,根据渤海湾盆地第三系地层的研究,提出了一个初步的层序级别划分方案,即第三系分为两个一级层序。下第三系为一个一级层序,主要反映同裂谷期的构造体制,而上第三系为另一个一级层序,主要反映后裂谷期的构造体制。下第三系一级层序又根据 3 个裂陷幕细分为 3 个二级层序^[15]。因此,对中国中、新生代叠合盆地,可以根据构造体制(裂谷或前陆盆地等)不同划分一级层序,进而根据构造幕(裂陷幕与前陆冲断幕等)划分二级层序,而三级层序以上主要反映岩相古地理与沉积风格的变化。

2 关于体系域

在湖盆层序地层学研究中,体系域的命名与定义呈现百家争鸣的局面,有引自海相的低水位、水进、高水位体系域^[3],有强调描述性的前积体系域、低位前积复合体和退积体系域^[4],有根据湖盆水体变化特征而命名的湖盆扩展体系域和湖盆萎缩体系域^[16],也有在陆相断陷盆地基础上定义的冲积体系域、水进体系域、水退体系域和河流体系域^[17]。显而易见,湖盆层序地层学分析中体系域的研究还有待于进一步深入,下面谈一些粗浅的想法与意见。

2.1 可容空间、古水深、水进与水退

许多因素可以对沉积盆地充填中的沉积相分布模式与地层结构产生影响,其中一个重要因素就是可容空间^[18]。可容空间被描述为可供沉积物充填的潜在空间,受构造沉降和抬升与陆架上全球性海平面上升和下降的控制,也就是受相对海平面变化的控制。沉积物的压实作用被认为是次一级的影响,尽管它为沉积物的堆积创造了附加的空间,但不包括在 Jervey^[18]所定义的可容空间概念之内。

古水深是易于与可容空间相混淆的一个概念。清晰地理解这两个概念之间的区别是十分重要的。古水深反映了沉积物供给能够充填可容空间的程度。如果沉积物供给与堆积速率与所新增加可容空间速率相当,在任一点上的水体深度没有变化,尽

管相对海平面是在上升与可容空间是在增加。如果可容空间增加的速率小于沉积物供应和堆积的速率, 水体深度(古水深)是在变小, 即使相对海平面仍然继续在上升。与此相反的是, 如果新增加的可容空间的速度超过沉积物供给和堆积的速率, 则水体深度在增加。因此, 水体深度(古水深)的增加或减少取决于沉积物堆积速率与新增加可容空间速率的比值。如果比值大于1, 水体深度变小; 比值约等于1, 水体深度不变; 比值小于1, 则水体深度增加。指出古水深与可容空间的差别对于利用古生物资料进行古环境解释是十分重要的。因为古生物化石组合仅仅是水体深度变化的记录, 而不是相对海平面变化的记录^{*}。

水进与水退主要表现为滨线向陆方向与向盆地中心方向的迁移。在假定沉积物供给速率不变的情况下, 相对水平面(海平面或湖平面)的变化控制着水进或水退的形成。

在相对水平面缓慢上升期间, 在陆架处几乎没有增加新空间, 因而可容纳的新沉积物相对极少, 沉积物只有不断向前堆积, 这样快速海退与其伴随的快速前积过程就出现了。

与之相反的是, 在相对水平面在快速上升时, 可容空间也迅速增加, 在沉积物注入量小于新增可容空间的速率时, 就导致滨线向陆地方向迁移, 也就发生了海进过程。与此同时, 凝缩段就开始在盆地中心部位形成并逐渐向陆地方向扩大, 最终导致了最大洪泛面的形成。

另一方面, 在讨论水进、水退时, 除了考虑相对水平面变化即可容空间的变化外, 还要充分考虑沉积物注入量的影响。在给定的相对水平面上升速率的条件下, 沉积物注入速率的高低对地层结构有着明显的影响。在沉积物注入量的速率高于相对水平面上升的速率, 水退或前积作用(progradation)就发生了; 与此相反的是, 沉积物注入量的速率低于相对水平面上升的速率, 水进或退积作用(retrogradation)就发生了; 在沉积物注入量与相对海平面上升的速率相同的条件下, 就出现沉积物的加积作用(aggradation)。因此, 水退并不一定代表相对水平面下降; 而水进则表示一定存在着相对水平面上升作用。

2.2 体系域的等时性与非等时性

Posamentier 等人^[7,8]将低水位、水进、高水位体系域与全球性海平面变化曲线的阶段联系起来, 也就意味着体系域是某个地质时期的全球性等时地层单元, 这显然与自然界的观察不相符。如现代的美国密西西比河三角洲地区展现出高水位体系的远超型(offlap)地层特征, 而路易斯安娜州西部和得克萨斯州东部地区表现为水进体系的上超型(onlap)地层特征^[19], 这就说明在同一地质时间内, 可以有不同的体系域在侧向上共生, 因此体系域不具有区域性等时地层单元的属性, 把体系域与海、湖平面变化曲线相联系也是不合适的。但考虑到高水位、水进、低水位的术语继续使用, 而剔除它们与海湖平面变化挂钩的内涵, 这样更有利于进行国内外学术交流。或者在条件成熟时, 从区域性三维地质体的角度, 对体系域重新定义或重新命名。

另一方面, 许多情况下体系域又具有区域性等时地层单元的特征。如松辽盆地下白垩统青山口组的沉积, 表现为典型的高水位体系的特征, 在整个盆地范围内又可以作为等时地层单元。而松辽盆地北部三角洲体系姚家组一段沉积时具有“低水位”的属性, 但松辽盆地西南部保康三角洲体系在姚家组一段沉积时相对青山口组沉积显示为“退积或水进”的特色^[4], 这显然是由于可容空间沉积速率变化的非均一性造成的, 也为划分它们的体系域带来了困难。但姚家组二、三段沉积又表现为全盆地范围的水进体系域的特点, 亦可认为是盆地范围内的等时地层单元。由此可以推论, 在一个沉积物源控制的“沉积场”(如松辽盆地北部三角洲体系)(暂译为“sedimentary field”)内划分的高水位(青山口组)、低水位(姚家组一段)和水进(姚家组二、三段)体系域具有在该“沉积场”内等时地层单元的属性。在全盆地范围内, 只有某个地质时期的多个沉积物源控制的多个“沉积场”的可容空间变化与沉积速率变化的比值(A/S)都小于1或都大于1时, 所定义的高水位体系域或水进体系域才具有全盆地的等时地层单元的特点。同时亦可以看出, 在某一给定的“沉积场”内, 基于A/S比值定义的基准面旋回有着很强的适用性, 易于进行高分辨率层序划分与对比^[20]。但在盆地存在多个“沉积场”的情况下, 开展基准面旋回的研究要注意用地震资料加以约束和校核^[21]。

* Posamentier H W, Allen G P. Siliciclastic sequence stratigraphy: concepts and applications. Short course notes, 1995

2.3 构造坡折与低位体系域

在1990年, Mitchum 等人^{*}在研究美国墨西哥湾北部新生代晚期地层的层序地层特征时, 归纳并总结了生长断层带附近的低水位体系域的特点: (1) 断层下降盘有沉积于古水体较深的厚度大的低水位沉积物, 而其上升盘存在很少或几乎没有同期的沉积物; (2) 随着生长断层带的继续发展, 其上升与下降盘有沉积厚度的差异, 但没有沉积相的变化; (3) 断层活动逐渐减弱, 其上、下盘的沉积厚度几乎没有变化。Xue 和 Galloway^[22]在研究美国得克萨斯滨岸平原的古新世 Wilcox 中群的沉积框架时发现在 McMullen 和 Duval 县地区, 靠陆方向断层的下降盘表现沉积厚度的增大, 而没有相变, 而在盆地方向断层的下降盘不但有厚度的差异, 而且有明显的相变, 有的层段甚至多出了一套沉积物, 这分别类似于 Mitchum 等人以上描述的第二种和第一种情况。

在中国渤海湾盆地的层序地层学研究中, 也提出了类似于墨西哥湾生长断层带坡折的概念, 在有关文献中被称之为构造坡折(带)^[23~26]。构造坡折(带)下方发育的低位砂体类型主要受湖盆底部几何形态与湖平面变化所控制。在断陷湖盆陡坡构造坡折带下方主要发育下切水道充填与低位扇三角洲砂体^[26], 砂、砾质沉积物主要沿坡折带走向分布, 类似于墨西哥湾新生代的陆棚边缘三角洲^[22]。在湖平面明显下降的情况下, 有可能形成顺平行于坡折带的断槽流动的重力流水道砂体或长条状充填性沉积。在缓坡构造坡折带下方, 当坡折带坡降较小时, 往往形成低位三角洲。当坡降较大又有明显的湖平面下降, 河流下切并携带沉积物直接在深湖区沉积下来, 可以形成盆底扇的沉积。这种砂质沉积物往往是有利储层, 且可与深湖相泥岩构成良好的生储盖组合, 因而也是深湖区的重要勘探目标。

3 关于隐蔽油气藏

隐蔽油气藏主要指非构造的地层、岩性圈闭被油气充注后形成的油气藏。地层、岩性圈闭的形成取决于岩性尖灭线、地层超覆线、构造等高线、地层

不整合面、储集岩体的顶底板面和断层面等6个基本要素的有机配置^[27]。层序地层学分析在隐蔽油气藏勘探中可以发挥重要作用, 特别是储层预测与地层、岩性圈闭识别方面可以提供一种新的分析方法。近年来, 深海勘探的成功实例充分显示了层序地层学在寻找油气中的广阔应用前景。层序地层学应用于中国湖相盆地研究沉积体系、有利储集相带和隐蔽圈闭分布与总结油气富集特点方面, 已做了大量的工作^[28~30]。随着研究的不断深入, 湖盆隐蔽油气藏勘探必将出现一个新局面。

3.1 断陷型湖盆

对于中国东部广泛发育的中、新生代断陷湖盆, 其陡坡一侧断阶带的下降盘发育的扇三角洲或水下扇砂砾岩体是找油的重要领域^[31]。近年来, 根据层序地层学研究, 认为陡坡断阶带为构造坡折带, 反映了坡折带上、下存在明显的地形变化与水体深度的变化^[25~26], 在相对湖平面的低水位期, 构造坡折带下方是形成低位砂砾岩复合体的有利场所, 低位扇三角洲大都沿构造坡折带走向分布, 在扇三角洲的远端部分与深湖区, 有可能发育小型浊积扇^[26]。

这类低位砂砾岩体被随后发育的湖进体系域深湖相泥岩所覆盖, 构成了良好的隐蔽油气藏组合, 一直是断陷盆地勘探的主要目标。最近二连盆地马尼特坳陷巴音都兰凹陷发现的千万吨级宝力格油田, 就是这种陡坡带低位砂岩体油藏。

在断陷湖盆的缓坡部分, 存在两种坡折类型。一种为断层面较缓的断裂构造坡折带, 发育下切水道与低位前积楔状体, 但由于坡度较缓, 因而水体较浅, 常为浅湖相泥岩所覆盖, 亦是隐蔽油气藏主要勘探目标之一, 如渤海湾盆地冀中坳陷饶阳凹陷的大王庄东营组下切水道充填砂体油藏, 就属于这种类型。缓坡带的另一种坡折类型为地形坡度变化形成的地貌坡折(或相对于构造坡折可称之为沉积坡折), 同样发育下切水道与低位三角洲, 在三角洲远端部分与深湖区可以形成小型浊积扇, 这些砂砾岩体也是寻找隐蔽油气藏的有利目标。

3.2 坳陷型湖盆

在松辽盆地、鄂尔多斯盆地和准噶尔盆地, 广泛发育坳陷型湖相沉积(如松辽盆地白垩系、鄂尔多斯盆地中生界和准噶尔盆地的中生界), 形成了主要的含油组合。它们一直是找油的重要领域, 特别是随着勘探程度的提高, 已成为寻找隐蔽油气藏

* Mitchum R M, Jr., Sangree J B, Vail P R, et al. Sequence stratigraphy in Late Cenozoic expanded sections, Gulf of Mexico, in Gulf Coast Section, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Foundation, Eleventh Annual Research Conference Program and Abstract. 1990: 237~256

的主要目标。

中国中、新生界拗陷型湖盆隐蔽油气藏的发育具有以下特点。

(1) 两个最大洪泛期沉积的湖相泥岩所夹持的砂岩体是寻找隐蔽油气藏的最主要目标。松辽盆地白垩纪有两次主要的最大洪泛期, 分别沉积了青山口组一段和嫩江组一段湖相泥岩, 它们富含有机质, 是松辽盆地的主要生油岩也是重要的区域盖层(特别是嫩江组一段泥岩)。因此, 两个最大洪泛期沉积的泥岩与夹持的砂岩体就构成了重要的区域性含油组合, 也为形成地层与岩性油气藏创造了优越的条件。

(2) 在两个最大洪泛期之间, 还存在着湖平面升降变化的许多次一级旋回, 这种频繁的湖平面变化与沉积物供应速率的变化, 导致岸线的迁移与三角洲朵叶体的摆动, 使得大型三角洲前缘相带成为岩性油气藏发育的有利地区, 主要有砂岩上翘尖灭油气藏、斜坡扇砂体油气藏与砂岩透镜体油气藏。松辽盆地西斜坡英台-四方坨子发育的一些油气藏就属于这些类型。

(3) 在大型拗陷盆地深凹区, 也是岩性油气藏的有利发育区。深凹区往往是烃源岩发育区, 同时, 也是湖底扇与透镜状砂体发育区。但这类油气藏由于埋深大、砂层薄, 往往勘探难度较大。

(4) 拗陷型湖盆中发育的隐蔽油气藏, 大都具有大面积、薄互层、低渗透、低丰度特点, 但有构造背景配合, 就可以形成富集高产区块。大庆长垣以西广泛发育三角洲前缘砂体, 与鼻状构造背景相配合, 形成了葡西、英台等12个有利勘探地区, 是近几年来松辽盆地拿储量的主要地区。

致谢: 成文过程中, 曾就有关问题与邓宏文、袁选俊进行过深入讨论, 谨致诚挚谢意。

参 考 文 献

- 1 Vail P R. Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy. Part 1: Seismic stratigraphy interpretation procedure [A]. In: Bally A W, ed. Atlas of seismic stratigraphy (I) [C]. AAPG Studies in Geology, 1987, 27: 1~ 10
- 2 Galloway W E. Genetic stratigraphic sequences in basin analysis I: architecture and genesis of flooding-surface bounded depositional units [J]. AAPG Bull, 1989, 73(2): 125~ 142
- 3 薛良清. 层序地层学在湖相盆地中的应用探讨 [J]. 石油勘探与开发, 1990, 17(6): 29~ 34
- 4 Xue Liangqing, Galloway W E. Genetic sequence stratigraphic framework, depositional style, and hydrocarbon occurrence of the Upper Cretaceous QYN formations in the Songliao lacustrine basin, northeastern China [J]. AAPG Bull, 1993, 77(10): 1 792~ 1 808
- 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 [J]. 石油与天然气地质, 1995, 16(2): 90~ 97
- 6 Vail P R, Mitchum R M Jr, Todd R G, et al. Seismic stratigraphy and global changes of sea level [A]. In: Payton C E, ed. Seismic stratigraphy—application of hydrocarbon exploration [C]. AAPG Memoir, 1977, 26: 49~ 212
- 7 Posamentier H W, Jervey M T, Vail P R. Eustatic controls on clastic deposition I—conceptual framework [A]. In: Wilgus C K, Hastings B S, Kendall C G St C, et al. Sea level changes: an integrated approach [C]. SEPM Special Publication, 1988, 42: 109~ 124
- 8 Posamentier H W, Vail P R. Eustatic controls on clastic deposition II—sequence and systems tract models [A]. In: Wilgus C K, Hastings B S, Kendall C G St C, et al. Sea level changes: an integrated approach [C]. SEPM Special Publication, 1988, 42: 125~ 154
- 9 Galloway W E. Genetic stratigraphic sequences in basin analysis II: application to northwest Gulf of Mexico Cenozoic basin [J]. AAPG Bull, 1989, 73(2): 143~ 154
- 10 薛良清. 成因层序地层学的回顾与展望 [J]. 沉积学报, 2000, 18(3): 484~ 488
- 11 van Wagoner J C. Overview of sequence stratigraphy of foreland basin deposits: terminology, summary of papers, and glossary of sequence stratigraphy [A]. In: van Wagoner J C, Bertram G T, eds. Sequence stratigraphy of foreland basin deposits [C]. AAPG Memoir, 1995, 64: ix~ xxi
- 12 Mitchum R M Jr, Vail P R, Thompson S III. The depositional sequence as a basic unit for stratigraphic analysis [A]. In: Payton C E, ed. Seismic stratigraphy [C]. AAPG Memoir, 1977, 26: 53~ 62
- 13 Frazier D E. Depositional episodes: their relationship to the Quaternary stratigraphic framework in the northwestern portion of the Gulf basin [M]. The University of Texas at Austin, Bureau of Economic Geology Geological Circular 74—1, 1974. 1~ 28
- 14 薛良清. 论沉积层序级别的划分 [J]. 石油勘探与开发, 1998, 25(3): 10~ 14
- 15 Xue Liangqing, Chi Yingliu, Cao Yinghui. Sequence stratigraphic framework and hydrocarbon distribution of the Tertiary nonmarine strata in the Bohai Bay rift basin [J]. Scientia Geologica Sinica, 2001, 10(2): 73~ 86
- 16 李思田, 林畅松, 解习农, 等. 大型陆相盆地层序地层学研究——以鄂尔多斯中生代盆地为例 [J]. 地学前缘, 1995, 2(4): 133~ 136
- 17 池英柳, 张万选, 张厚福, 等. 陆相断陷盆地层序成因初探 [J]. 石油学报, 1996, 17(3): 19~ 25
- 18 Jervey M T. Quantitative geological modeling of siliciclastic rock sequences and their seismic expression [A]. In: Wilgus C K, Hastings B S, Kendall C G St C, et al. Sea level changes: an integrated approach [C]. SEPM Special Publication, 1988, 42: 47~ 69
- 19 Morton R A, Galloway W E. Depositional, tectonic and eustatic controls on hydrocarbon distribution in divergent margin basins: Cenozoic Gulf of Mexico case history [J]. Marine Geology, 1991, 102(3~ 4): 239~

- 263
- 20 邓宏文, 王洪亮, 李熙哲. 层序地层地层基准面的识别、对比技术及应用[J]. 石油与天然气地质, 1996, 17(3): 177~ 183
- 21 徐怀大. 陆相层序地层学研究中的某些问题[J]. 石油与天然气地质, 1997, 18(2): 83~ 89
- 22 Xue Liangqing, Galloway W E. High- resolution depositional framework of the Paleocene middle Wilcox strata, Texas coastal plain[J]. AAPG Bull, 1995, 79(2): 205~ 230
- 23 魏魁生, 徐怀大. 华北典型箕状断陷盆地层序地层学模式及其与油气赋存关系[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1993, 18(2): 139~ 149
- 24 操应长. 断陷湖盆层序地层下降体系域的划分[J]. 石油大学学报(自然科学版), 2000, 24(1): 22~ 25
- 25 林畅松, 潘元林, 肖建新, 等. 构造坡折带——断陷湖盆层序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(3): 260~ 267
- 26 冯有良, 李思田. 东营凹陷沙河街组三段层序低位域砂体特征[J]. 地质论评, 2001, 47(3): 279~ 286
- 27 胡见义, 徐树宝, 刘淑萱, 等. 非构造油气藏[M]. 北京: 石油工业出版社, 1986. 69~ 145
- 28 顾家裕. 陆相盆地层序地层学格架概念及模式[J]. 石油勘探与开发, 1995, 22(4): 6~ 10
- 29 朱筱敏. 含油气断陷湖盆地分析[M]. 北京: 石油工业出版社, 1995. 148~ 169
- 30 徐怀大. 寻找非构造油气藏的新思路[J]. 勘探家, 1996, 1(1): 43~ 47
- 31 孙永传. 水下冲积扇——一个找油的新领域[J]. 石油实验地质, 1980, 2(3): 32~ 41

SEQUENCES, SYSTEM TRACTS, AND SUBTLE HYDROCARBON POOLS IN LACUSTRINE BASINS

Xue Liangqing

(Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Petro China, Beijing)

Abstract: Main controlling factors of sequence development in lacustrine basins are tectonic uplift and subsidence, lake – level changes, and changes of sediment supply rates. Transformation of regional tectonic regimes in stacked basins is the basis for defining the first– order sequence. Sedimentary products of tectonic episodes consist of the second– order sequence, the third– and higher– order sequences chiefly reflect changes of paleogeography and depositional styles. Isochroneity of system tracts of lacustrine basin under various conditions is obviously different. System tracts defined above are isochronic when change ratios between compatible space of one “sedimentary field” controlled by one extrabasinal sediment supply or multi “sediment fields” controlled by several extrabasinal sediment supplies and sedimentation : rates are all more than 1 or less than 1. Lowstand sandstone and conglomerate bodies controlled by structural break(zone) in fault – depressed type lacustrine basin and delta– front sandstone bodies underlain and overlain by two largest flooding lacustrine mudstones in depressed– type lacustrine basin are main targets for exploring subtle pools.

Key words: lacustrine basin; sequence; system tract; subtle hydrocarbon pool