

文章编号 1000-0550(2001)02-0249-07

# 陆相盆地基准面旋回的级次划分和研究意义<sup>①</sup>

郑荣才<sup>1</sup> 彭 军<sup>2</sup> 吴朝容<sup>1</sup>

<sup>1</sup>“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室成都理工学院分室 成都 610059)

<sup>2</sup>“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室西南石油学院分室博士后流动站 四川南充 637001)

**摘 要** 高分辨率层序地层学理论及其技术方法在陆相盆地层序分析中的应用,关键技术之一是识别和划分不同成因的界面与不同级次的基准面旋回。文中以数个不同构造性质的湖盆为例,在盆地构造—沉积演化序列中识别出6种受不同因素控制,具不同成因特征、发育规模和识别标志的界面类型;以界面的成因特征及其差异性为依据,提出基准面巨旋回、超长期旋回、长期旋回、中期旋回、短期旋回和超短期旋回6个级次的划分方案,建立了各级次旋回的划分标准和厘定了各级次旋回的时间跨度,并认为前3个低频长周期旋回主要受构造因素控制,后3个高频短周期旋回主要受天文因素控制;文中分别讨论了各级次旋回在油气田勘探开发工程各阶段的研究意义。

**关键词** 高分辨率层序地层 地层基准面 旋回界面 旋回级别 地层格架 陆相盆地

**第一作者简介** 郑荣才 男 1950年出生 教授 沉积学、层序地质学与石油地质学

**中图分类号** P539.2 **文献标识码** A

源于被动大陆边缘的“Vail”经典层序地层学理论<sup>[1]</sup>并不完全适合中国广泛分布的中、新生代陆相含油气盆地层序分析,已被众多层序地层研究者逐渐认识,而由T A Cross倡导的高分辨率层序地层学理论及其技术方法<sup>[2~5]</sup>在陆相层序分析和油气勘探开发中的适用性和有效性则被越来越多的研究者所接受,并已取得一系列研究成果<sup>[6~15]</sup>。有关该理论体系所突出的“高分辨率”含意,不同的学者各有不同的理解,或将其视为高分辨率地震地层学的代名词,或将其等同为高频层序,认为在岩性、测井或地震剖面中将层序尽可能地划分为最小成因地层单元,即可达到“高分辨率”的目的。笔者依据近几年应用该理论体系对多个陆相盆地进行层序分析的体会,结合Cross提出的基准面旋回的概念范畴、级次划分和等时对比原则<sup>[2~4]</sup>,认为所谓“高分辨率”的实质系指对不同级次地层基准面旋回进行划分和等时对比的高精度时间分辨率,也即高分辨率的时间—地层单元既可应用于油气田勘探阶段长时间尺度的层序单元划分和等时对比,也适合开发阶段短时间尺度的砂层组、砂层和单砂体层序单元划分和等时对比。已发表的众多文献资料中<sup>[6~15]</sup>,有关基准面旋回的级次划分和层序的等时对比,虽然都遵循了基准面旋回划分和二分之一时间单元界线为旋回等时对比优选位置的基本原则<sup>[2~4]</sup>,然而在大多数成果中未提出具体的旋回级次划分标准,从而导致旋回级次的划分具有一定的随意性。由此可见,这一理论

体系及其技术方法在陆相层序分析中的应用,如何更为合理地划分旋回级次和进行等时地层对比,建立高时间精度分辨率的层序地层格架,已成为实际工作中急需解决的关键技术难题之一。

## 1 界面的成因类型、识别标志及其在旋回级次划分中的意义

众所周知,层序划分是层序地层分析的基础,界面是划分层序和确定层序成因类型的依据。目前有关层序划分的方案主要有3种,其一以EXXON公司“Vail”学派为代表,以不整合面或相关整合面为层序边界<sup>[1]</sup>;其二以Galloway W E为代表,以最大洪泛面作为层序边界<sup>[16]</sup>;其三则为Johnson J G等所强调的地表不整合或海侵不整合面为界的沉积层序<sup>[17]</sup>。与上述层序划分方案有所不同的是,Cross创导的层序划分取决于海平面变化、构造沉降、沉积负荷、沉积通量和沉积地形等综合因素制约的基准面升降过程,一个基准面升降过程中形成的沉积充填序列即为一个成因层序单元,界面对应于基准面下降达最低点位置,既可位于沉积界面之上(相关整合面),也可位于沉积界面之下(不整合面或冲刷面),由界面限定的旋回级次取决于地层基准面旋回周期的长短<sup>[2~4]</sup>。有关旋回界面在岩性、测井和地震剖面中的识别标志,已有相关的论文给予专门介绍<sup>[3~5]</sup>,然而对于不同成因或成因上有所差异的界面与各级次基准面旋回的关系在已有的文献资料

<sup>①</sup> 为CNPC油气储层重点实验室资助项目《前陆盆地高分辨率层序地层学及其研究意义》部分研究成果

中描述甚少,无形中阻碍了高分辨率层序地层学理论及其技术在油气田勘探开发工程中的应用和推广。笔者依据近几年来在辽河断陷盆地、鄂尔多斯和川西前陆盆地、百色走滑盆地进行的陆相层序分析,发现上述盆地的构造性质虽然不同,但在湖盆构造—沉积演化序列中均可识别出 6 类具不同成因特征、发育规模和识别标志的界面(表 1),其中同类界面的各项特征及其所限定的层序结构、叠加样式和时间跨度基

本一致,由此认为此 6 类界面可作为划分旋回级次的通用依据。需指出的是,由此 6 类界面所限定的各级次基准面旋回中,均可发育有级次和规模相当的湖泛面,相对各级次旋回的底、顶界面具不同程度的穿时性,以湖泛面具有更好的等时性和区域对比意义,以及更高的时间分辨率,因而在实际工作中通常以界面为层序划分依据,而湖泛面则为最重要的等时对比界面标志。

表 1 基准面旋回界面类型的划分和主要识别标志

Table 1 Classification and discrimination marker of base-level cycle bounds

界面类型	成因	产状及等时性	主要识别标志		
			地表和岩芯剖面	测井剖面	地震剖面
I 类	区域构造运动	穿越盆地边界的区域构造不整合面,具大幅度穿时性	风化壳,底砾岩,角度不整合或下伏地层大套缺失的假整合	各项测井参数的突变面	大型构造削截面、沉积超覆面,角度不整合面
II 类	与盆地构造演化各阶段相关的应力场转换有关	遍及盆地和对应构造演化各阶段的构造不整合面,具较大幅度的穿时性	风化壳,底砾岩,下伏地层部分缺失的假整合,岩性、岩相的突变面	反映不同沉积体系和不同测井相组合特征的转换面、突变面	盆地范围内的大型构造削截削蚀面,沉积超覆面,微角度或假整合面
III 类	与同一构造演化阶段中的次级构造活动强度周期性幕式变化有关	限于盆地范围的次级构造不整合面和相关整合面,具幅度不大的穿时性	古暴露标志,大型冲刷间断面或侵蚀面,岩性、岩相突变面	反映同一或相邻沉积体系的大套进积→退积组合的测井相转换面、突变面	限于盆地边缘的构造削截削蚀面,沉积超覆面,反映地层不协调关系的连续强反射界面和反射终止类型
IV 类	与偏心率周期中气候波动引起的基准面升降和物质供给变化有关	局部发育的沉积间断面和相关整合面,较大范围内具较好的等时性	间歇暴露面,较大规模的冲刷面,岩性、岩相的突变面或均变面	反映同一沉积体系中相似或相邻相序的进积→退积组合的测井相转换面、突变面	未作特殊处理的剖面很难识别,或表现为地震反射结构变化的分界面,地震相类型转换面
V 类	与斜率周期中气候波动引起的基准面升降和 A/S 值变化有关	局部发育的沉积间断面和相关整合面,区块内基本等时	间歇暴露面,小型冲刷面和非沉积作用间断面,相似岩性和岩相组合的分界面	反映韵律性沉积旋回的进积→退积组合的测井相组合转换面	一般不能识别
VI 类	与岁差周期中气候波动引起的基准面升降和 A/S 值变化有关	分布范围有限的小间断面和非沉积作用间断面,主体为整合面,区块内基本等时	小型冲刷面,非沉积作用间断面,相似岩性、岩相组合的地层分界面	反映单一岩性或数个岩性组合的进积、退积、加积或进积→退积的测井相转换面	不能识别

2 旋回级次的划分和控制因素

依据地层基准面旋回周期的长短变化,已有的大多数研究成果将基准面旋回划分为长期、中期、短期 3 个级次。笔者在同时考虑地层基准面旋回与盆地构造演化关系的基础上,曾提出增加超长期旋回的 4 级次划分方案<sup>[12,13]</sup>,在进行小层或单砂体划分和等时对比时使用超短期旋回概念。由于层序分析对象和要求不同,如以勘探阶段层序分析为目标的研究者,对象主要

为长—中时间尺度的统、组、段地层单元,采用 3 级次划分方案划分的各级次旋回时间跨度可能偏大,而以开发阶段层序分析为目标的研究者,对象主要为短时间尺度的段、砂层组、砂层(或小层),乃至单砂体地层单元,采用同样的 3 级次划分方案划分的各级次旋回时间跨度可能偏小,由此很可能将同一地层划分为不同级次的旋回。究其原因无疑与缺乏统一的划分标准有关,也说明仅 3 个级次的旋回划分方案已不能满足勘探开发各阶段的要求。针对上述问题,结合典型陆

表 2 基准面旋回的级次划分和基本特征

Table 2 Classification and basic characteristics of base-level cycles

基准面旋回级次	界面类型 (详见表 1)	时限范围 <sup>*</sup> /Ma	层序定义	主要控制因素		与 Vail 相当的层序 地层单元对比
巨旋回	I 类	30 ~ > 100 (视盆地延时而定)	包括盆地演化各阶段的原形盆地完整的沉积充填序列	构造因素	区域构造运动	相当 II 级层序
超长期	II 类	10 ~ 50	以盆地演化各阶段为单位的构造充填序列(或构造层序、构架层序)		构造演化阶段的应力场转换	相当 III 级层序组
长期	III 类	1.6 ~ 5.25	一套具较大水深变化幅度的、彼此间具成因联系的地层所组成的区域性湖进—湖退沉积序列		构造幕式性强弱变化	相当 III 级层序
中期	IV 类	0.2 ~ ≤1	一套水深变化幅度不大的、彼此间成因联系密切的地层叠加所组成的湖进—湖退沉积序列	天文因素	偏心率长周期	IV 级层序(准层序组或体系域)
短期	V 类	0.04 ~ 0.16	一套具低幅水深变化的、彼此间成因联系极为密切,或由相似岩性、岩相地层叠加组成的湖进—湖退沉积序列		偏心率短周期	V 级层序(准层序)
超短期	VI 类	0.02 ~ 0.04	一套代表最小成因地层单元的单一岩性或相关岩性的叠加样式		岁差周期	VI 级层序(韵律层)

\* :各级次旋回的年龄资料来源详见表 3。

相含油气盆地的层序发育特征,在原来 3 级次划分方案的基础上,笔者进一步提出 6 级次划分方案(表 2)。与前人的划分方案相比较,该方案突出如下几个重点:①充分强调了引起地层记录中不同级次地层基准面旋回周期性变化的不同控制因素,并保存在各类界面中,因而通过界面的成因类型、产状特征、发育规模和识别标志,可对各级次基准面旋回进行更为合理的划分;②基准面旋回的分级命名,同时考虑了各级次旋回的时限变化范围和主控因素,并给于特定的含意,规范了级次划分标准;③相对 3 级次划分方案,6 级次划分方案更能满足油气田勘探开发工程各阶段要求,在统一划分标准的基础上,不仅可降低各级次旋回划分的随意性,同时亦增强了实际应用的可操作性;④6 级次划分方案与经典的“Vail”层序划分方案具有一定的可对比性。

有关陆相层序发育的主控因素,极大多数研究者将其归结为单一构造作用的结果,因而很少对各级次旋回的发育规模和时限分布范围加以约束。本次研究根据来自 3 个湖盆的 ESR 年龄测定资料对各级次旋回时限分布范围的统计结果(表 3),发现在同一或不同盆地中,3 个低频长周期旋回的时限变化虽然都较大,但限于一定的时限范围内,而 3 个高频短周期旋回时限分布范围较一致,尤以中期、短期和超短期旋回的平均时限(表 3)分别与米兰科维奇地球轨道参数中的偏

心率长周期(0.4 Ma)、偏心率短周期(0.1 Ma)和岁差周期(0.019~0.043 Ma)相接近为显著特征。据此,不难得出陆相盆地的低频长周期旋回主要受构造作用控制,而高频短周期旋回则受天文因素控制的认识。郭建华教授等<sup>[18]</sup>对东濮断陷湖盆沙三段的 T—R 旋回研究也得出相似的结论,在其划分的 3 个 T—R 旋回中,低频长周期的三级 T—R 旋回(相当长期旋回)时限为 1.03~2.75 Ma,主要受构造幕式性强弱变化活动控制,而高频短周期的四级和五级 T—R 旋回(分别相当中期和短期旋回)的时限分别为 0.26 Ma 和 0.094 Ma,分别受偏心率长周期和黄赤交角(岁差长周期)周期控制。由此可见,各级次旋回的时限、特别是高频短周期基准面旋回的时限,也应是划分和规范陆相盆地基准面旋回级次的重要标准之一。

3 各级次基准面旋回的特征及其研究意义

3.1 巨旋回

此类旋回以区域构造运动不整合面为底、顶界面,由原形盆地的完整沉积充填序列组成(表 1 和表 2)。旋回的时限于不同的盆地差别极大(表 3),视盆地的形成、演化、消亡过程而定。垂向剖面上,不同构造性质盆地的沉积充填序列虽具很大的差异,但大多由多个相类型变化范围很大的沉积体系交替组成湖进—湖

表 3 几个陆相盆地各级次基准面旋回时限分布表

Table 3 Distribution of time limit of various base-level cycles in several terrigenous basins

盆 地 名 称		辽河断陷盆地 <sup>①</sup>	川西前陆盆地 <sup>②③</sup>	百色走滑盆地 <sup>④</sup>	旋回平均 年限/Ma
地 层 时 代		下第三系	上三叠统须家河组—侏罗系	下第三系	
沉 积 体 系		湖泊、湖底扇、(扇)三角洲	湖泊、三角洲	湖泊、(扇)三角洲	
年 限 变 化 范 围 / Ma	基准面巨旋回	30	134	53	平均年限
	超长期基准面旋回	7~10	12~44	9.5~14.8	无意义
	长期基准面旋回	0.8~2.4(平均 1.576)	2~7(平均 5.25)	1.31~2.85(平均 1.79)	2.87
	中期基准面旋回	0.2~0.4(平均 0.247)	0.8~1.13(平均≤1)	0.58~0.95(平均 0.629)	0.63
	短期基准面旋回	0.038 9~0.109(平均 0.05)	0.05~0.18(平均 0.16)	0.08~0.2(平均 0.12)	0.11
	超短期基准面旋回	推算平均值为 0.02	0.02~0.08(平均 0.04)	0.02~0.04(平均 0.027 8)	0.029

注:ESR 年龄资料:①引自王允诚、郑荣才等《辽河盆地西部洼陷齐曙下台阶—双台子构造带油气富集规律及勘探目标评价》,成都理工学院 科研报告,1999;②引自柳梅青、艾国华、郑荣才等《川西及邻区碎屑岩层序地层及储层特征研究》,西南石油局研究院科研报告,1999;③引自 郑荣才、柳梅青等《川西新场气田蓬莱镇组陆相地层高分辨率层序地层学研究》,成都理工学院 科研报告,1998;④引自郑荣才、彭军、吴朝容 《广西百色盆地第三系层序地层学研究》,成都理工学院科研报告,2000

退巨旋回,往往发育有多套不同类型的生储盖组合。在勘探阶段,识别和划分此类旋回是区域地层对比和盆地构造性质描述,预测新区的盆地充填序列、生储盖组合特征和油气勘探远景等基础地质研究任务之一。

3.2 超长期旋回

此类旋回由盆地构造演化阶段的沉积充填序列组成,又可称之为超层序<sup>[8]</sup>。底、顶界面对应构造演化各阶段之间的应力场转换面,通常表现为强烈构造隆升形成的构造不整合面,于盆地范围内可对比性极好,但具较大幅度的穿时性。旋回的时限取决于盆地构造演化阶段的应力场转换频度和速度,或较为一致,或变化较大(表 3),一般以盆地发展演化阶段发育的旋回时限跨度较大,沉积厚度最大,往往对应烃源岩的主要发育期。垂向剖面上,通常由多个具相邻发育和互呈相变关系的沉积体系按一定的顺序叠加组成湖进—湖退超旋回,旋回内可发育有多套同类型的生储盖组合。旋回之间的不整合面两侧,常可出现强烈跳相现象,所发育的生储盖组合类型亦有所差别。勘探阶段识别此类旋回非常重要,它不仅是对相邻盆地或同一盆地中的次级盆地进行地层对比的基础,可用以优化地层系、统、组的划分方案,建立更为合理的地层层序,同时也可用以描述盆地构造演化各阶段的沉积充填特征<sup>[8,13]</sup>和盆—山耦合或山—盆转换的关系。更重要的是,以超长期旋回界面的可对比性和最大湖泛面的等时性为地层等时对比标志和框架<sup>[8,12]</sup>,可提供建立长时间尺度的层序地层格架基础。

3.3 长期旋回

此类旋回由盆地构造演化阶段中各次级构造活动过程形成的沉积充填序列组成,时限有较大的变化范围(表 3)。底、顶界面对应构造幕式性活动的强弱变动面,在盆地边缘通常表现为局部构造隆升形成的构

造不整合面或大型冲刷面,向盆内方向逐渐过渡为相关整合面,于盆地范围内的各次级盆地或相邻沉积体系中有很好的可对比性,穿时幅度在盆缘有时较大,向盆内方向减小,深水区为等时面。垂向剖面上,一般由一个或互呈过渡关系的 2 个沉积体系叠加组成完整的湖进—湖退沉积旋回,具备相对独立的生储盖组合。需指出的是,在盆地同一构造演化阶段中因各长期旋回具有相同的构造应力场背景和物源供给条件,因而相邻的长期旋回通常具有类似的沉积演化序列和生储盖组合类型。在勘探和开发阶段识别此类旋回具有不同的意义,如勘探阶段,利用岩性剖面与测井曲线和地震反射特征、几何形态的可对比性,在地震剖面上识别、标定和追踪长期基准面旋回,建立以超长期旋回界面和最大湖泛面为等时对比框架的、以长期旋回为等时地层对比单元的层序地层格架,可用以编制以长期旋回为地层单位的具较高精度的中比例尺等时沉积相图,描述地层格架中长期基准面旋回与生储盖组合的关系,可提高油气藏预测和评价精度<sup>[7,9,12]</sup>。开发阶段,以长期旋回界面的可对比性和最大湖泛面的等时性为地层等时对比的标志和框架<sup>[6~9]</sup>,可建立地层识别精度更高的中等时间尺度的层序地层格架。

3.4 中期旋回

此类旋回由偏心率长周期导致的气候冷、暖变化过程中形成的沉积充填序列组成,时限较为一致(表 3)。底、顶界面可能对应于夏半年日照量最低的冰期,于盆缘的水道发育区通常表现为间歇暴露面或较大规模的冲刷面,盆内以相关整合面为主,各次级盆地之间的可对比性可能较差,但在同一次级盆地或沉积体系中具极好的可对比性和等时性。垂向剖面上,此类旋回通常限于同一沉积体系中,由某个或两个相邻相带组成长期旋回中的次级湖进—湖退沉积旋回。如同长

期旋回,中期旋回亦以发育对称型旋回为主,但旋回的结构变化比长期旋回要复杂的多,特点为对应构造沉降活跃的长期基准面上升期,中期旋回一般以发育湖进期厚度逐渐加大,而湖退期厚度逐渐减小的退积作用为主,相对稳定的下降期以发育湖进期厚度逐渐减薄而湖退期厚度快速加大的加积→进积作用为主,而介于长期基准面由上升折向下降转换过程的中期旋回,以发育湖进期和湖退期沉积相均衡的加积作用为主。因而同一长期基准面升、降过程中发育的各个中期旋回往往具有不同的生储盖组合意义,其中有利于储集相带发育的中期旋回主要出现在长期基准面上升的早中期或下降晚期,而位于上升晚期至下降早中期的中期旋回,一般以发育烃源岩、盖层抑或隔层为主,尤其是同时对应超长期和长期旋回最大湖泛面的中期旋回,往往是含油气陆相盆地中最为重要的烃源岩发育层位。由此可见,除天文因素之外,次级构造活动强度的脉动性变化亦是控制此类旋回发育和结构特征的重要因素之一。在陆相地层的层序分析中,以中期旋回最具等时对比意义,因而在地层记录中识别此类旋回极其重要。如勘探阶段,以长期旋回界面和最大湖泛面为框架,以中期旋回为等时地层对比单元所建立的中等时间尺度的层序地层格架,可用以编制以中期旋回为地层单元的、精度更高的中—大比例尺等时沉积相图,可更为准确地描述有利生储盖相带的平面分布和地层格架中的时空展布和演化规律<sup>[7-9]</sup>,提高油气藏预测成功率。开发阶段,则可以中期旋回界面和最大湖泛面为等时对比标志和框架,为建立地层识别精度更高的短时间尺度的层序地层格架提供依据。

### 3.5 短期旋回

此类旋回由偏心率短周期导致的气候旱、湿变化过程中形成的沉积充填序列组成,时限基本一致(表3)。底、顶界面对应相对干旱期,于盆缘水道发育区表现为小规模冲刷面或间歇暴露面,而淹没区则以整合界面为主。此类旋回在次级盆地之间已难以对比,在同一次级盆地中的两个相邻沉积体系之间对比难度亦较大,而在同一沉积体系或油气藏范围内大多数具有较好的可对比性和等时性。垂向剖面上,此类旋回通常限于沉积体系内的某个亚相或2个相邻亚相中,为多个单一岩性或彼此间具成因联系的岩层按一定的样式叠加而成,属中期旋回中的不完整或较完整湖进—湖退韵律旋回。旋回的结构类型远比中期旋回复杂的多,尤其是在盆缘的(扇)三角洲相区或盆内的湖底扇相区最为复杂,但具有很强的分布规律性,特点为对应中期基准面上升和下降过程,依次出现仅保存上升半旋回沉积的向上“变深”的非对称性、以发育上升半

旋回沉积为主的不完全对称型、近完全对称型、以发育下降半旋回为主的不完全对称型、仅保存下降半旋回沉积的向上变浅的非对称型结构变化序列<sup>[5,13]</sup>,这一分布规律同样出现在(扇)三角洲或湖底扇自盆缘向盆内方向延伸的平面展布模式中<sup>[13,14]</sup>。其中有利储层发育的短期旋回,在(扇)三角洲前缘和湖底扇中扇亚相主要出现在中期基准面上升早期或下降晚期,通常由多个具向上“变深”非对称型旋回结构的水道化砂体,或具向上变浅非对称型结构的河口坝、无水道前缘席状砂体叠加组成,而发育于中期基准面上升中晚期至下降早中期的对称型旋回,一般不利于形成好的储层<sup>[5-7,14]</sup>。在浅湖相区,亦通常出现在中期基准面上升早期和下降晚期的两类非对称型短期旋回中,以浅湖砂坝或介屑滩为有利储集体<sup>[10]</sup>。鉴于短期旋回在大区域范围可对比性较差、对比难度大,旋回的结构类型和叠加样式变化复杂,一般在大比例尺的岩性和测井剖面中才能识别,且工作量大,因此勘探阶段短期旋回的层序分析主要限于基干剖面,用于了解有利储集相带在层序地层格架中的分布规律。而开发阶段,由于层序分析一般限于某个区块的沉积体系或油气藏,以含油气层段为层序分析对象,不仅其范围小和可对比性较好,而且旋回的结构类型和叠加样式的变化,可直接显示有利储集相带的展布规律,因而有着广泛的应用前景。如以中期旋回界面和湖泛面为等时地层对比框架,以短期旋回为等时地层对比单元所建立的短时间尺度的层序地层格架,可进一步提高地层分析的精度和储层预测的准确性,特别是在小层砂体对比中的应用,不仅可提高砂体的追踪对比可信度<sup>[14]</sup>,同时还可对砂体几何形态、时空展布规律、连通性、储层非均质性进行高精度的描述<sup>[11]</sup>,特别是以短期旋回为地层单元编制的高精度大比例尺等时沉积微相图,可为油气藏(或含油气系统)的精细描述、储层三维预测、储量计算或剩余油分布、流体流动数值模拟、注采工艺等众多开发地质问题的研究提供更可靠的地质模型。

### 3.6 超短期旋回

此类旋回由岁差周期伴生的气候短周期冷、暖变化过程中形成的沉积充填序列组成,时限最均一(表3),底、顶界面对应相对寒冷期。如同短期旋回,界面于盆缘的水道发育区主要表现为小型冲刷面或间歇暴露面,具较好的可对比性,淹没区则为非沉积作用间断面或整合面。在地层记录中识别此类旋回的工作亦主要限于储集砂体最发育的盆缘水道发育区,而在泥质沉积区则难以识别,且识别此类旋回无实际意义。垂向剖面上,通常表现为单一的微相类型,由单一岩性或彼此间具成因联系的多个岩性组成级次较短短期旋回更

低的湖进—湖退韵律层,因而又可将其视为最小成因地层单元。旋回的结构类型、叠加样式和分布规律亦与短期旋回一致,但向上“变深”或向上“变浅”的 2 类非对称型旋回分别由向上变细或向上变粗的单砂体(或介屑滩体)组成,对称型旋回由砂岩(介屑灰岩)夹泥岩(泥灰岩)或泥、粉砂岩薄互层组成,总体以发育单向移动的退积、加积和进积作用为主,次为具退积→进积、退积→加积、加积→进积等双向移动的沉积韵律。如以中期旋回界面和湖泛面为框架,以短期旋回为骨架,以超短期旋回为等时地层对比单元,所建立的超短时间尺度的层序地层格架,可大大提高单砂体的追踪对比和几何形态及非均质性的描述精度,以及编制以单砂体为单位的、具更高精度的大比例尺等时沉积微相图<sup>①</sup>。但在实际工作中由于编制超短时间尺度的层序地层格架和单砂体沉积微相分布图的工作量极大,因而主要应用于区块的后期开发工程,为储层流动单元划分,建立砂体储层结构和渗流屏障模型,剩余油分布调查,加密井和扩边井布署,以及注采工艺的调整提供依据。

## 4 结论

高分辨率层序地层学理论及其技术方法在陆相盆地层序分析中虽然有广宽的应用前景,然而目前广泛引用的 3 级次划分方案已不能满足油气田勘探开发各阶段的要求,且存在旋回级次划分缺乏统一标准和随意性较大等技术问题。针对这些问题,笔者认为有必要扩充旋回级次的划分内容,并对各级次旋回的成因和识别标志加以厘定,明确各级次旋回的含意和相关层序的定义,制定和规范在实际工作中易于操作的划分标准,以满足油气田勘探开发工程的各阶段要求。在本文提出的 6 级次划分方案中,虽然已对各级次基准面旋回的划分标准、研究意义和适用范围进行了厘定,但这仅仅是笔者根据近几年部分科研成果提出的初步认识,有待进一步完善,不当之处敬请同行批评指正。

## 参 考 文 献

- 1 Vail P R. Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy.

- Part 1 seismic stratigraphy interpretation procedur[ A ]. In :Bally A W , ed. Atlas of seismic stratigraphy[ C ]. AAPG , Studies in Geology , 1987 , 27 :11 ~ 10
- 2 Cross T A. Controls on coal distribution in transgressive-regressive cycles , Upper Cretaceous , Western Interior , U.S.A.[ A ]. In :Wilgaus C K , et al . Sea - level changes : An intergrated approach[ C ]. SEPM Sepcial Publication 42 , 1988 . 371 ~ 380
- 3 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 ) 9 ~ 97
- 4 邓宏文,王洪亮,李熙茜. 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 ~ 184
- 5 郑荣才,尹世民,彭军. 基准面旋回结构与叠加样式的沉积动力学分析[ J ]. 沉积学报 , 2000 , 18( 3 ) 369 ~ 375
- 6 邓宏文,王洪亮,李小明. 高分辨率层序地层对比在河流相中的应用[ J ]. 石油与天然气地质 , 1997 , 18( 2 ) 90 ~ 95
- 7 王洪亮,邓宏文. 地层基准面原理在湖相储层预测中的应用[ J ]. 石油与天然气地质 , 1997 , 18( 2 ) 96 ~ 102
- 8 魏魁生,徐怀大,叶淑蓉等. 松辽盆地白垩系高分辨率层序地层格架[ J ]. 石油与天然气地质 , 1997 , 18( 1 ) 4 ~ 7
- 9 邓宏文,徐长费,王洪亮. 陆东凹陷上侏罗统层序地层与生储盖组合[ J ]. 石油与天然气地质 , 1998 , 19( 4 ) 275 ~ 279
- 10 郑荣才. 四川盆地地下侏罗统大安寨段高分辨率层序地层学特征[ J ]. 沉积学报 , 1998 , 16( 2 ) 42 ~ 49
- 11 杜春艳,郑荣才. 陕北长 6 油层组短期基准面旋回与储层非均质性的关系[ J ]. 成都理工学院学报 , 1999 , 26( 1 ) :17 ~ 22
- 12 郑荣才,吴朝容. 西部凹陷深层沙河街组生储盖组合的层序分析[ J ]. 成都理工学院学报 , 1999 , 26( 4 ) 348 ~ 356
- 13 吴朝容,郑荣才. 辽河油田西部洼陷沙河街组高分辨率层序地层学特征[ J ]. 成都理工学院学报 , 1999 , 26( 4 ) 375 ~ 381
- 14 柳梅青,陈亦军,郑荣才. 川西新场气田蓬莱镇组陆相地层高分辨率层序地层学研究[ J ]. 沉积学报 , 2000 , 18( 1 ) 50 ~ 56
- 15 郑荣才,吴朝容,叶茂才. 浅谈陆相盆地高分辨率层序地层研究思路[ J ]. 成都理工学院学报 , 2000 , 27( 3 ) 241 ~ 244
- 16 Galloway W E. Genetic stratigraphic sequences in basin analysis I : architecture and genesis of flooding-surface bounded depositional units[ J ]. AAPG . 1989 , 73 : 125 ~ 142
- 17 Johnson J G , Klapper G , Sandberg C A. Devonian eustatic fluctuation in Eurameria[ J ]. Geological Society of America Bulletin , 1985 , 96 : 567 ~ 87
- 18 郭建华,宫少波,吴东胜. 陆相断陷湖盆 T—R 旋回沉积层序与研究实例[ J ]. 沉积学报 , 1999 , 16( 1 ) 8 ~ 14

① 彭军,郑荣才,盘昌林,百色仑 16 块和百 49 块储层沉积微相,成都理工学院,滇黔桂石油勘探局勘探开发研究院南宁分院科研报告,2000

# Grade Division of Base-Level Cycles of Terrigenous Basin and Its Implications

ZHENG Rong-cai<sup>1</sup>      PENG Jun<sup>2</sup>      WU Chao-rong<sup>1</sup>

1( Sedimentary Institute of Chengdu University of Technology , Chengdu 610059 )

2( Postdoctoral Researchers Flow Station of SW China Petroleum Institute , Nanchong Sichuan 637001 )

## Abstract

By applying the theory and technology of the high-resolution sequence stratigraphy to the sequence analysis of terrigenous basin , one of the key techniques is to distinguish and divide the different genesis interfaces and the different grades of the base-level cycle. In this paper , taking a few basins which have different tectonic characteristics as cases , the authors have recognized six types of interfaces which are controlled by different factors , and have different genetic features , development scales and identification marks. According to the genetic features and the differences among the interfaces , six-grade division schemes of base-level cycle are proposed , which are huge base level cycle and super-long-time , long time , middle time , short time , super-short-time base-level cycle , and division criterions of different base-level cycles are established. The authors have also discussed the time interval of different base level cycle and considered that the preceding three low frequency and long period cycles are mainly controlled by tectonic factors , and the following three high frequency and short period cycles are mainly controlled by the astronomic factor. At the same time , the implications of different grade base-level cycles dealtwith the exploration and development of oil and gas field are discussed respectively.

**Key words** high-resolution sequence stratigraphy   base-level of strata   interface of cycle   grade of cycle   stratigraphic framework   terrigenous basin