

文章编号: 1000-0550(2003) 04-0663-07

濮城油田沙三中 6-10 砂组高分辨率层序地层研究¹

尹太举^{1,2} 张昌民³ 李中超⁴ 毛立华⁴ 尹艳树³ 邓宏文⁵

1(中原油田分公司博士后工作站 河南濮阳 457001)

2(中国石油勘探开发研究院博士后流动站 北京 100083)

3(长江大学地球科学系 湖北荆州 434023)

4(中原油田分公司勘探开发科学研究院 河南濮阳 457001) 5(中国地质大学 北京 100083)

摘要 研究了依据地层基准面原理进行开发调整阶段储层精细对比的方法,总结了地震、钻/测井基准面界面及地层响应特征和识别方法。以湖泛面为层序界面,在濮城油田沙三中 6-10 油藏内识别出超短期、短期、中期和长期四级界面和基准面旋回,其中长期旋回相当于水下扇复合体,中期旋回相当于水下扇朵体,而短期旋回相当于水下扇叶体,短期旋回是油藏细分开发调整的最小单元。在原来 5 个砂组的基础上,经研究划分了 6 个中期旋回和 27 个短期旋回。在对断陷湖盆及水下扇形成的水动力过程分析的基础上,总结了水下扇形成过程中基准面旋回演化模式。

关键词 层序地层 基准面识别 地层格架 模式 濮城油田

第一作者简介 尹太举 男 1971 年出生 博士 开发地质

中图分类号 P539.2 **文献标识码** A

高分辨率层序地层学以其独特的方法和较高的地层分辨率^[1-5],在引入国内后受到广泛的关注和应用^[6-8]。然而从已有的文献看,对于依据此原理进行地层对比阐述都不够深入,没有提供一个切实可行的方法。笔者依据高分辨率层序地层学原理对濮城油田沙三中 6-10 油藏研究进行了层序地层研究,划分了层序,取得了较好的效果。濮城油田沙三中 6-10 油藏位于东濮凹陷东北缘,储集砂体为深湖相环境下的水下扇粉细砂岩。东濮凹陷为一中新世裂陷盆地,东侧以兰考—聊城基底断裂与鲁西隆起上的菏泽凸起为界,西侧为内黄隆起,南隔兰考凸起与开封凹陷为邻,北以马陵断层与莘县凹陷相连,呈北北东向展布,北窄南宽(图 1)。兰聊、长垣、黄河三条基岩断裂控制了断陷的形成与发展,凹陷早期为箕状凹陷,后发展成为双断式的断陷。凹陷演化从形成到消亡经历了由沉降到抬升两大沉降旋回($E_k - E_{s2}^{\text{下}}$)、($E_{s2} - E_d$)共六个发展阶段,包括初期裂陷($E_k - E_{s4}^{\text{下}}$)、强烈裂陷($E_{s4}^{\text{上}} - E_{s3}$)、萎缩(E_{s2})、稳定下沉(E_{s1})、收缩(E_d)和消亡—坳陷(N)等^④。在东濮凹陷形成的过程中,多期旋回形成了多套生储盖组合,形成了多个多层系油田。濮城油田为其中最大的一个。

1 高分辨率层序地层格架建立方法

建立高分辨率层序地层格架的资料包括钻井、测

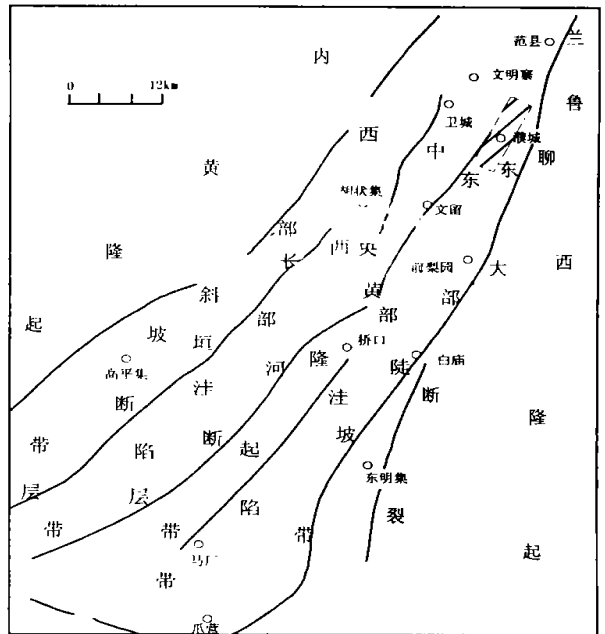


图 1 东濮凹陷构造纲要图

Fig. 1 Schematic map of local structure in Dongpu Depression

井、地震等,基于各种资料的尺度和精度不同,在不同的规模上其应用也有所不同,将适用于开发阶段高分辨率层序地层格架归结为以下几个方面:

(1) 地震资料标定研究层位:地震的分辨率较低,只能解决长期基准面旋回的识别和对比。

¹ 中石化十五重点项目《深层低渗油藏难动用储量开发配套技术》及中国博士基金项目部分研究成果

^④ 万重焱等.濮城油田地质规律与勘探经验(中原石油勘探局内部报告). 1994

(2) 岩心分析: 主要解决沉积相、辨别地层的叠加型式、划分单井基准面旋回。

(3) 标定测井曲线: 包括选择合适的测井曲线系列和岩电关系转换。

(4) 辨认地层叠加型式: 通过相序转换的分析, 推测地层加积方向的变化。

(5) 分析单井剖面 A/S 比变化: 划分出各种规模的 A/S 旋回(即基准面旋回)。

(6) 测井曲线高分辨率地层对比: 在每口井进行高分辨率层序划分的基础上进行对比。

进行高分辨率层序地层研究之前还需解决层序界面选取方法和层序级次划分与命名。

层序界面的选取涉及到基本作图单元的问题, 选取不同的界面, 其制图单元内的内容及特征也不同。一般有两种: ①不整合面及其对应的整合面, ④海(湖)泛面。一般地对于大规模的具有明显侵蚀作用的地层, 前者较合适, 若选后者会忽略或低估沉积过程中所发生的剥蚀作用所造成的地层缺失而产生错误。而对于侵蚀作用不明显、没有明显地层缺失的地层, 选取不整合面或湖泛面均可, 关键是易于识别、追踪和对比。深湖相泥岩展布稳定, 标志明显, 易于追踪对比, 常被选作对比的标志层。砂岩相对泥岩变化较大, 易于产生尖灭而缺失, 而且侵蚀面大多不易识别, 在测井曲线上更难识别, 因而本研究选取湖泛面作为层序界面。

层序层次性是地质事件本身层次性的结果和表现, 级次划分应以沉积成因为依据, 长、中、短三级旋回命名不一定对所有层序都合适^[7]。本文针对沙三中6-10砂组, 选取了长、中、短、超短四级旋回划分和命名方案。

超短期旋回: 相当于单一沉积事件的沉积, 由沉积

事件中所形成的单一岩性或相关岩性组成的地层叠加样式, 一般反映一期水体的变浅和加深的过程, 垂向上由一种地貌要素组成, 在本区相当于朵叶体内一期沟道作用过程内的沉积。

短期旋回: 一组沉积事件的产物, 反映一期明显的水体变化过程, 形成一个小规模的进积—退积样式, 在本区, 相当于水下扇朵体中的一个叶体形成过程, 垂向上由含一种或两种地貌要素所构成的湖进—湖退地层叠加样式所组成。

中期旋回: 一个较明显的水体变化, 为一系列较小幅度水体变化组成, 整体上呈现出一种区域性进积(退积)地层叠加样式, 在本区为一个完整的水下扇朵体的形成及衰亡过程。

长期旋回: 一套较大水深变化幅度的、彼此间具成因联系的地层所组成的代表区域性湖进—湖退沉积序列的沉积过程, 在本区为水下扇复合体所组成的一种进积—退积型地层叠加样式, 反映了整个扇复合体的形成。

2 地震层位标定

东濮凹陷东部凹陷带为箕状, 东陡西缓, 中央部位略上隆为中央隆起带, 隆起带被一组正断层复杂化, 研究区位于中央隆起带上。地震剖面上下第三系顶部与上第三系馆陶组不整合接触, 下部不整合于三叠系地层之上(图2), 地震反射以平行、亚平行为主。

地震剖面上可识别并进行对比的界面有三个: ①沙三中6砂组顶界面(F1), 其向岸方向与下伏地层呈现明显的上超特征, 为一向岸推进的最大湖泛面; ④沙三中8砂组内上部, 有一向湖进积和退积的转换面, 为基准面下降与上升的转换面(S1); ④沙三中段底界面



图2 研究层段地震层序划分与对比(L566测线)

Fig. 2 Seismic correlation profile of the target zone (Line 566)

(F2), 为两向湖进积单元之间的转换面, 反映一次湖水的加深, 应为一湖泛面。另外还可识别出 FF1、FF2 两个湖泛面, 但其连续性较差, 不易追踪。FF1 位于 S1 之下, 反射连续平直、强反射, 为湖泛泥岩; FF2 位于 F2 之上, FF1 之下, 有时为强振幅平直反射, 有时为上超面;

从 F2 到 S1 湖面积减小, 沉积物向湖心推进, 基准面下降; 由 S1 到 F1 沉积物向岸方向退积, 反映湖面积扩大, 基准面上升, 由 F1 到 F2 基准面完成了一个完整的下降——上升过程, 形成一个完整的旋回, 本研究将其定为长期基准面旋回。

由于中、短期旋回界面特征不明显, 在 seismic 上未对其进行划分和对比。

3 钻井岩心基准面旋回的识别

3.1 旋回界面的识别

岩心上可以直接识别五种沉积面: (16) 岩石相内部的层理面; (17) 不同岩类之间的接触面; (18) 侵蚀面; (19) 沟道底部的岩性突变面; (20) 深湖泥岩所代表的基准面旋回转换面。

层理面是碎屑沉积物在沉积过程中水动力改变或流态变化形成。水动力强度、河床底形及层理构造具有明确的对应关系。随着水流速率的增大, 河床形态从最初的平坦河床到凹凸不平, 然后又到平坦再到凹凸不平河床, 而对应的形成的层理类型从水平层理到砂纹层理和小型交错层理, 再到平行层理, 最后到大型交错层理。在水流态相似情况下, 随着水动力增强, 形成的层理规模增大。而水流能量的强弱与基准面位置紧密相关, 可借助层理的类型、组合关系、层理面的角度及其切割关系等来分析基准面变化。一般可将反映水动力减弱的层序与基准面上升旋回对应起来, 而反映水动力增强的层序与基准面下降旋回相对应。

侵蚀面反映基准面下降到最低位置后上升过程的开始。岩心中侵蚀面常见, 多为低幅, 起伏大多在 2~3 cm, 大多表面凹凸不平, 部分表面较为平坦。从其下伏岩石类型可分为两类: 一种是下伏岩石为深湖泥岩, 这一类上覆砂岩厚度较小, 一般多在 2~5 cm, 砂岩块状或正粒序, 层理不发育; 另一种是下伏为砂岩, 一般侵蚀面规模较大, 起伏可达 5~10 cm, 上覆大套砂岩, 厚度较大。

岩石类型转换面反映了可容空间与沉积物供给相关关系的跃变。岩石类型界面较多, 如泥砂界面、泥岩与盐岩、泥岩与膏盐的界面等。砂泥界面有渐变和突变两种, 泥岩与盐岩、膏岩界面为突变。砂岩向泥岩的转换说明基准面下降, 而泥向砂的转换则相反, 盐、膏

盐的出现说明基准面的下降, 一般预示着一个基准面下降和上升的转换点的出现。

沟道底部的岩性突变面说明一期新的沟道沉积的开始, 表现为两种样式: 一是沟道底部的泥砾层, 二是沟道底部的粒序层。

深湖泥的出现表明基准面上升到较高位置, 预示该处有一基准面上升与下降的转换面。

在以上各种沉积界面中, 深湖泥的出现一般可以确定一期基准面的上升下降转换过程, 而侵蚀面则代表了基准面下降到上升的一个转换点, 其它自然界面则需具体分析。

3.2 基准面旋回的识别

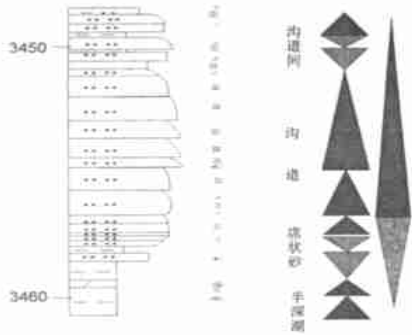
3.2.1 超短期旋回的识别

单个地层增量, 越过其界面有水深增大或减小的证据, 而在其内部的每一半旋回内, 水深的变化都是单向的; 一般表现为一套连续的岩石相组合, 如鲍玛层序、河流的单一的二元结构、席状砂的向上变粗粒序等; 超短期基准面旋回的识别只能在岩心中进行, 井间无法进行对比。依据岩石相组合内部所记录的基准面变化信息来完成, 即通过寻找岩石序列中水深变化或沉积地貌保存程度或沉积物被侵蚀的趋势确定基准面变化方向, 一般是先确定转换点, 进而在层序内部确定基准面变化方向。

(1) 沟道层序中超短期基准面旋回的识别: 先确定沟道底界面(侵蚀面、沟道底部粒序、泥砾层等, 表明基准面已达较低位置处, 预示新的一期沟道开始形成); 然后确定相序终止位置, 其终止方式有两种: 一是沟道废弃, 粗粒物质供给减少到停止, 向上变为泥岩; 二是另一期沟道作用将本期沟道顶部层序剥蚀, 以上覆侵蚀面为特征; 最后确定层序内部的基准面变化方向。在岩心中可辨识出两种类型沟道旋回(图 3): 不对称上升半旋回, 不对称下降半旋回。上升旋回最为常见, 而基准面下降半旋回则较少见。

(2) 沟道间层序中沉积基准面旋回识别: 沟道间沉积有两种, 湖中悬浮质在水体安静时沉积下来的较细粒沉积, 以及沟道携带的碎屑物越出沟道, 在沟道间沉积而成的较粗粒沉积。沟道间没有水流直接冲刷, 冲刷面不发育。沟道活动的周期性, 使得沟道间沉积也具有多期性的特点。随沟道活动能力的加强, 沟道间形成单个向上变粗的粒序; 随着沟道活动能力的减小, 沟道间沉积则显示出一种向上变细的粒序。表现为基准面上升不对称半旋回和基准面下降不对称半旋回两种旋回样式。而在基准面周期中也有可能形成一种对称的旋回样式。

(3) 席状砂层序超短期基准面旋回识别: 席状砂



A. 濮 6-33 井, 底部沟道储依据沉积构造, 中部两个沟道依据单层厚度和沉积构造, 上部依据沉积构造的垂向变化; B. 濮 63 井, 下半深湖由向上变粗的粒序显示基准面下降, 席状砂以其沉积构造序列和粒序显示基准面变化, 深湖中以盐类的出现及砂质纹层的出现反映基准面的下降。

图 3 超短期基准面旋回识别

Fig. 3 Super-short-term base-level cycle determination

位于沟道前端深湖区, 由沟道携带的碎屑物扩散后, 在其前缘及侧缘沉积而成。水下扇席状砂与三角洲、扇三角洲最大的不同在于其基本未受湖浪改造, 几乎完全受控于沟道活动及湖水扩散作用。席状砂有两种相序: 基准面上升期, 沟道作用减弱, 形成向上变细粒序的上升半旋回, 层序自下而上为砂纹层理粉砂岩—水平层理粉砂岩与泥岩互层(或泥质粉砂岩)—泥岩; 基准面下降期, 沟道作用加强, 形成向上变粗的基准面下降不对称半旋回, 层序一般自下而上为泥岩—水平纹理砂岩质泥(泥质粉砂岩)—砂纹层理粉砂岩。而对称旋回也有发育(图 3B)。

(4) 深湖层序超短期基准面旋回识别: 深湖相基准面旋回的确定主要依据深湖泥岩中其它岩性段及深湖泥岩纹理发育程度。基准面下降期, 湖水浓缩, 湖水中盐类发生沉淀, 泥岩中云质、灰质成分增加, 湖水浓缩到一定程度还会沉积盐岩、膏盐等, 若此时碎屑物供给较为充分, 则会沉积粉砂质纹层和夹层。前缘大量碎屑物的堆积, 使前缘坡度变陡, 易于滑塌形成滑塌体。这些特殊沉积预示了基准面下降。沉积速度和化学沉积对泥岩纹理的发育程度的影响是一致的: 快速沉积、化学沉积多时纹理不发育, 慢速沉积、化学沉积少时纹理发育, 纹理多表明基准面处于较高位置, 纹理不发育表明处于基准面较低位置(图 3B)。

3.2.2 短期基准面旋回的识别

依据超短期旋回所组成的地层叠加样式来确认, 由向湖推进、稳定沉积和向陆后退三个阶段组成。旋回顶底是基准面上升到下降的转换面, 相当于湖泛面, 岩

心上以较厚的泥岩为标志, 易于识别, 旋回内基准面变化方向依据超短期旋回的叠加样式来判别(图 4)。研究区发育 3 种短期旋回: 对称型、上升不对称型和下降不对称型。

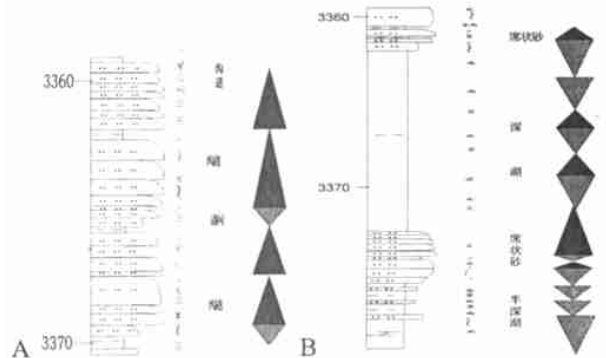


图 4 短期基准面旋回的识别(63 井)

Fig. 4 Short-term base-level cycle determination

对称型短期旋回沉积时可容空间与沉积物供给比稳定, 上升期与下降期均有沉积, 包括三种样式: ①湖泥—席状砂—沟道(沟道间)—(席状砂)—湖相泥型, 主要发育在沟道发育区, 厚度较大, 以上升半旋回为主; ④湖泥—席状砂—湖相泥型, 发育于前缘前端及深湖区, 对称性较好; ④湖相泥—盐岩—湖相型, 主要发育于深湖区。

上升不对称旋回有两种: 席状砂—湖泥与沟道—湖泥。前者形成于朵叶体边部与深湖相邻区域, 后者形成于沟道发育区。

下降不对称旋回包括湖泥—席状砂和湖泥—沟道间两类。前者形成于朵叶体边缘, 而后者则形成于朵叶体中部沟道之间的位置。

3.2.3 中期旋回的识别

由短期旋回的叠加样式所决定和识别, 识别出六个, 自下而上依次为 A、B、C、D、E、F。A 中期基准面旋回由四个短期旋回组成, 为一不对称的上升半旋回; A1、A2 组成一个向陆阶进的叠加样式, A3、A4 组成另一个向陆阶进的叠加样式, 上部样式较下部粒度细、砂岩含量低, 反映水体变深, 组成一个向陆阶进的叠加样式(图 5)。B 中期基准面旋回包含四个短期旋回, B1 到 B2 向湖阶进, B2、B3、B4 向陆阶进叠加样式。C 中期旋回由八个短期旋回组成, C1、C2、C3 向湖阶进, C3、C4 向陆阶进, C5、C6、C7 向湖阶进, C7、C8 组成一个向陆阶进叠加样式。D 中期基准面旋回 5 个短期旋回中 D1、D2、D3、D4 向陆阶进, D4、D5 向湖阶进, 组成中期基准面下降半旋回。E 中期基准面旋回 3 个短期旋回中下部旋回与中部旋回为进积, 而上部旋回与中部旋回为向陆阶进。F 中期旋回 3 个短期旋回构成向

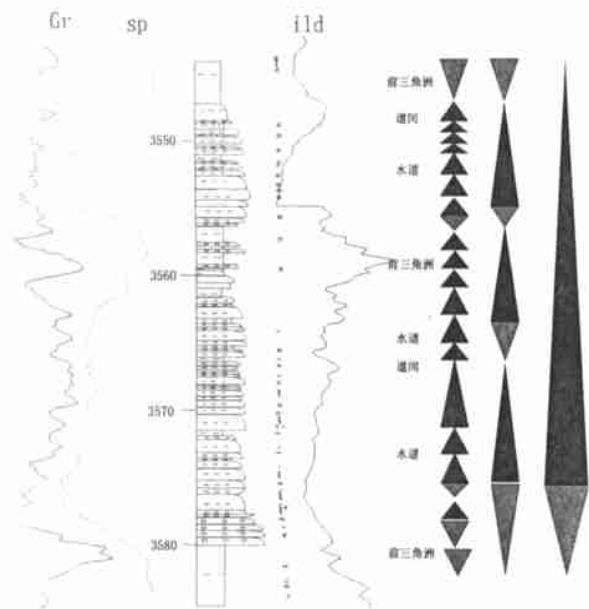


图5 A 中期旋回钻井岩心识别(濮6-33)

Fig. 5 A medium-term base-level cycle determination

湖阶进的叠加样式。

3.2.4 长期基准面旋回的识别

长期基准面旋回由中期基准面旋回构成的地层叠加样式来识别。由 A1 至 C6 基本上为一种地层向湖推进的地层叠加样式, 而由 C7 至 F3 则反映出向岸退积的地层样式特征, 从而形成了一个完整的湖退——湖进的长期地层基准面旋回。该旋回在地震剖面上特征明显, 易于识别和对比。

4 测井基准面旋回的识别

4.1 测井基准面旋回界面识别

测井曲线上侵蚀面一般从砂岩与下伏地层的突变接触关系来判断, 而湖泛面以湖相泥岩的出现为标志。侵蚀面是基准面下降与上升的转换界面, 是层序内部的界面; 而湖泛面是基准面上升与下降的转位置, 为层序的界面。由于侵蚀面测井响应不明显, 对侵蚀面的认定相对较难, 而且肯定会漏判部分侵蚀面。相对而言, 湖泛面的判定较容易, 而且不大会漏判。由于受测井分辨率所限, 对于厘米级的超短期旋回的界面一般难于识别, 而中短期旋回的界面相对较为容易。但仅从测井曲线的形态特征上却难于区分中期旋回与短期旋回的界面, 对两级界面的区分需依据地层的叠加样式来确定。

地层叠加样式的判定主要依据: ①自然伽玛值的变化, ④垂向相组合和相替代。自然伽玛值向上增大, 表明水体的总体加深, 预示退积地层样式; 相反则意味着水体的向上变浅, 为进积地层样式。没有自然伽玛

曲线时, 可参照自然电位曲线判定。相替代反映了地貌要素的迁移, 与基准面的升降密切相关。从湖相泥、席状砂到沟道反映了地貌要素的向湖迁移, 形成进积型地层样式, 反映了基准面的下降; 相反从沟道到席状砂、湖相泥反映了地貌要素的向岸迁移, 为退积型地层样式, 反映了基准面的上升。

中长期基准面内部的转换面位于中(短)期旋回所组成的地层叠加样式转换位置处, 一般由进积型地层叠加样式到退积型叠加样式的位置就是中长期基准面内部的转换面。而短期基准面旋回内部的转换面则由自然伽玛或自然电位值的变化直接判定。该判定基于自然伽玛值, 与泥质含量和粒度中值成正相关, 当伽玛值减小时, 反映泥质含量减小, 粒度中值增大, 反映基准面的下降, 相反则反映了基准面的上升。

一般地短期旋回之间的湖泛面都是组成一种地层叠加样式内部或几个相似地层叠加样式之间的界面, 而中长期旋回的界面则多为一种或一组地层叠加样式的顶界面。一般地该面之下地层的叠加样式为退积式, 而其上则为进积式或加积式地层样式, 越过该界面湖水由总体上的向上变深转换为总体上的向上变浅, 而且该处为一阶段性的水体最深的位置。

4.2 测井基准面旋回识别

超短期旋回难于在测井曲线上识别, 主要是因为短期旋回的厚度所限, 难于确定其起始位置、结束位置及内部地层样式。

短期旋回的识别较为容易, 一般地将湖进泥岩确定为中期旋回的顶界面及底界面, 限定了旋回后, 在旋回内部分析其相组成及相转换, 确定基准面的变化方向, 进而确定其内部的基准面转换面, 完成短期基准面旋回的划分。

中期旋回的识别是在短期旋回识别的基础上及地震标定位置的基础上完成的。在短期基准面旋回划分的基础上, 对短期基准面旋回进行组合, 形成不同的地层叠加样式, 确定不同叠加样式的顶底界面, 作为中期旋回基准面转换面的备选位置; 对过井剖面进行井震对比, 确定不同界面地震响应位置, 用地震反射特征来帮助确定中期旋回。

5 层序对比及地层格架的建立

5.1 层序对比方法

研究区位于水下扇的扇中前部及前缘部位, 基本上在沉积时都位于基准面之下, 一直接受沉积, 沟道虽有一定的侵蚀作用, 但不强, 因而基本上是面与面的对比和岩石与岩石的对比, 很少出现岩石与界面的对比, 岩石与界面的对比仅出现在短期旋回内部, 大多是缺

失基准面下降期的沉积。

对比遵循以下原则：(16)利用地震对长期基准面旋回识别进行约束,结合过井地震剖面,确认长期旋回; (17)依据地层叠加样式对比中长期旋回,对于中期旋回及其内部地层的对比,依据中期旋回所组成的地层叠加样式来完成,对比的是地层叠加样式; (20)在叠加样式对比框架内,结合短期旋回所处位置,确定短期旋回对应关系,完成短期旋回对比。

选取垂直沉积走向和平行沉积走向建立对比剖面可较好反映砂体各个方向的形态特征。研究区中央隆起带走向基本与沉积走向一致,选择中央隆起带方向和垂直隆起带方向建立对比剖面,形成对比格架,在骨架剖面对比基础上,完成全区对比。

5.2 对比剖面特征

含油区位于扇中前部——扇前缘部位,扇前缘部位处于被断层高度复杂化的中央隆起带附近,地层缺失严重,加之在隆起带西部及东部扇中近根部——扇根水区基本无钻井资料,本研究仅对隆起带东部扇中——前缘的含油区域进行测井层序划分和对比。

对比剖面(图6)表明,在六个中期旋回中,A-B旋回以上升期沉积为主,下降期沉积不太发育,而C、D旋回则以下降期沉积为主,上升期沉积发育较差,E、F两个旋回对称性较好,但由于所处基准面位置为较高位置,整体上地层不发育,地层厚度较小。在单个中期旋回及短期旋回内部可以识别出沟道推进和退缩,如在F旋回内沟道先向湖推进,至F3中期时,沟道推进最远,然后开始后退,至F3结束时,沟道前缘退至濮5-4与濮110井之间。整个F旋回内沟道先进后退,形成一个完整的旋回,反映了基准面先降后升的变化

过程。

6 断陷湖盆内水下扇层序形成模式

陆相断陷湖盆最主要特征是快速的构造活动及随之而来的湖平面周期波动。断层活动是控制断陷湖盆层序发育的最主要因素。盆地边界断裂的脉动性活动,控制着陆相层序的发生和发展。一期脉动性运动形成一期沉积的发展和衰亡,而一组脉动性活动则形成一个沉积层序。伴随断层脉动性活动,周围隆起区的剥蚀状况、湖面积的相对大小等也发生相应变化,最终决定了断陷湖盆基准面变化,形成了不同地层样式和储层特征。

形成水下扇的入湖水体具有“flow follow low”的特征,入湖后将沿着湖底低地向湖心流动,同时在流动过程中,随能量的减小及携砂能力的减小,使一部分碎屑沉积下来,而这种分异,又使得其密度减小,稳定性增大,为其流入更深的湖区创造了条件。水下扇的入湖流体虽具有重力流性质,但它同湖底扇在触发机制、流动特征、沉积特征等方面都都有差异。扇朵叶体发育过程中,基准面的升降导致了朵叶体形成、壮大及衰亡,在这一基准面旋回内,形成的地层应为一复合层序,自下而上依次由湖相泥—席状砂—向前推进的沟道—向后退积的沟道或席状砂—半深湖(深湖)泥。考察断陷湖盆水下扇朵叶体的形成过程中基准面的变化,具有以下特征:

- (1) 初始基准面处于最高位时,湖盆广盆浅水,可容空间较大,同时构造活动较弱,沉积物供给不足,A/S比较大,主要沉积一些细粒沉积物,扇体不发育;
- (2) 构造活动增强,湖盆下陷时期,湖盆边缘地

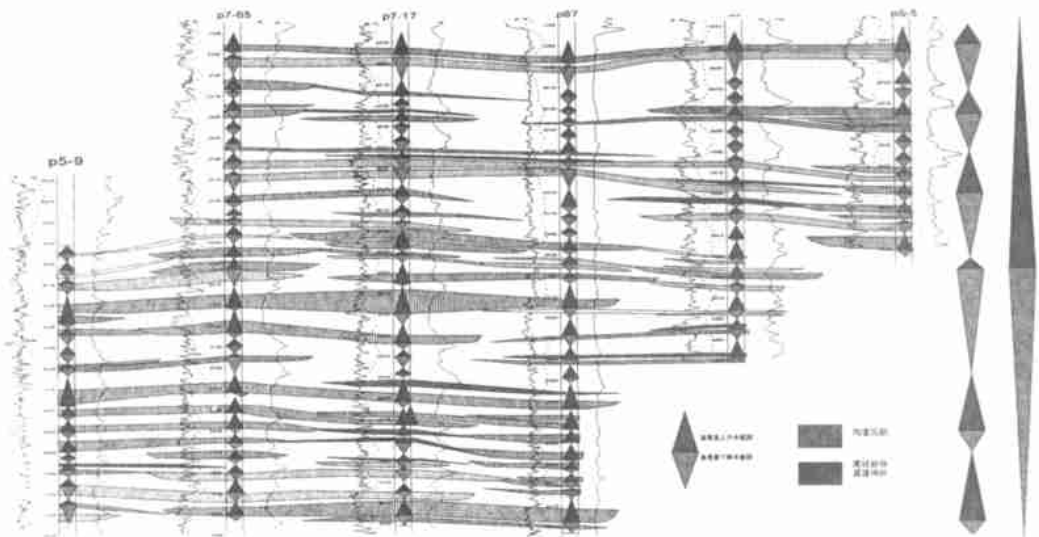


图6 对比剖面 ④ ⑦

Fig. 6 High resolution correlation profile

形坡度增大,可容空间减小,基准面下降,同时剥蚀作用增强,沉积物供给增大, A/S 比减小,沉积朵体开始向湖心推进,在原先湖缘部位主要形成扇朵体的扇根碎屑沉积;

(3) 构造活动进一步增强,湖盆下陷到最低点,基准面进一步下降达到最低点附近时,湖缘部位可容空间进一步减小,沉积物供给达最大,推进最远,形成大量的沉积物堆积;

(4) 构造活动减弱,湖盆水位开始回升,基准面从最低处开始回升,湖盆边缘可容空间再次增大,发生退积,形成一种退积式地层叠加样式;

(5) 构造活动停止,湖平面回升到最高,基准面也回升达到最高点附近时,恢复浅盆广湖的古地理格局,主要沉积悬浮质的深湖相泥岩,同时可容空间与沉积物供给相持平,沉积物不再退积,转而加积。

参考文献(References)

- 1 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]. 石油天然气地质, 1995, 16(2): 90~97 [Deng Hongwen. A new school of thought in sequence stratigraphic studies in U. S.: high resolution sequence stratigraphy[J]. Oil & Gas Geology, 1995, 16(2): 89~97]
- 2 邓宏文, 王洪亮, 李熙. 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 [Deng Hongwen, Wang Hongliang, Li Xizhe. Identification and correlation technique of sequence stratigraphic base-levels and their application[J]. Oil & Gas Geology, 1996, 17(3): 177~184]
- 3 邓宏文, 王洪亮. 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 [Deng Hongwen, Wang Hongliang, Li Xizhe. Application of high-resolution sequence stratigraphic correlation to alluvial facies[J]. Oil & Gas Geology, 1997, 18(2): 90~95]
- 4 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 [Wang Hongliang, Deng Hongwen. Application of baselevel theory in the prediction of lacustrine reservoir[J]. Oil & Gas Geology, 1997, 18(2): 96~102]
- 5 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 [Zheng Rongcai, Wu Chaorong, Ye Maocai. Research thinking of high-resolution sequence stratigraphy about a terrigenous basin[J]. Journal of Chengdu University of Technology, 2000, 27(3): 241~244]
- 6 尹太举, 赵红静, 张昌民. 依据高分辨率层序地层学进行剩余油分布预测[J]. 石油勘探与开发, 2001, 28(4): 79~82 [Yin Taiju, Zhao Hongjing, Zhang Changmin. Residual oil distribution prediction based on high resolution sequence stratigraphical analysis[J]. Petroleum Exploration and Development, 2001, 28(4): 79~82]
- 7 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 [Zheng Rongcai, Yin Shimin, Peng Jun. Sedimentary dynamic analysis of sequence structure and stacking pattern of base-level cycle[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2000, 18(3): 369~375]
- 8 郑荣才, 彭军, 吴朝容. 陆相盆地基准面旋回的级次划分和研究意义[J]. 沉积学报, 2001, 19(2): 249~255 [Zheng Rongcai, Peng Jun, Wu Chaorong. Grade division of base cycles of terrigenous basin and its implications[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2001, 19(2): 249~255]

High Resolution Sequence Stratigraphy Analysis of Es₃² in Pucheng Oil Field, Dongpu Depress

YIN Tai-ju^{1,2} ZHANG Chang-min³ LI Zhong-chao⁴ MAO Li-hua⁴
YIN Yan-shu³ DENG Hong-wen⁵

1(Working Station for Postdoctoral Scientific Research of Zhongyuan Oil Field Company Ltd, Puyang Henan 457001)

2(Research Institute of Petroleum Exploration and Development, CNPC, Beijing, 100083)

3(Geosciences Department, Changjiang University, Jingzhou Hubei 434023)

4(Research Institute of Petroleum E&P, Zhongyuan Oil Field Company Ltd, Puyang Henan 457001)

5(China University of Geology, Beijing, 100083)

Abstract Pucheng oil field is located in the Dongpu depress, Henan province. In this study, a method based on baselevel analysis for stratigraphy correlation in the development stage is provided. The characteristics of stratigraphic surface and stratigraphy sequence in the seismic, well log and cores are summarized. Four scales of sequence cycles are distinguished in the study area, including very short term cycle, short term one, middle term one and long term cycle. Long term cycle is corresponding to sub-fan complex, and middle cycles to fan slope, and short one to fan lobe, which is the smallest units for adjusting in the production. In the study zone, 6 medium term and 27 short term cycles are distinguished and correlated.

Key words sequence stratigraphy, base-level recognition, architecture framework, stratigraphic pattern, Pucheng