

鄂尔多斯盆地三叠系延长组层序地层格架与油气勘探

倪新锋 陈洪德 韦东晓

(“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室,成都理工大学沉积地质研究院,四川 成都 610059)

提要:通过露头剖面、钻井岩心、录井剖面、测井曲线及微量元素等多种资料的综合分析,在识别出 5 种不同成因类型层序界面的基础上,将上三叠统延长组划分为区域上分布稳定的 4 个长期基准面旋回(LSC1、LSC2、LSC3、LSC4)。在此基础上详细讨论了层序与生储盖组合的关系,指出生储盖组合特征与长期基准面旋回最为密切,有利储层发育位置主要出现在基准面旋回上升半旋回的早中期以及下降半旋回的中晚期,基准面升降转换位置发育的湖相泥、页岩为良好的烃源岩及盖层。

关键词:层序地层格架;三叠系;延长组;鄂尔多斯盆地;生储盖组合;油气勘探

中图分类号:P539.2;P534.51 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2007)01-0073-08

目前,鄂尔多斯盆地延长组层序地层的研究尚不系统和深入,对延长组层序级别的划分与层序构成特征的认识均存在较大分歧^[1-7],并且对于层序格架与生储盖组合的关系研究甚少。笔者尝试用 Cross A. T. 倡导的高分辨率层序地层学理论及其技术方法^[8],借鉴已有研究成果的成功经验^[9-14],利用露头剖面、钻井岩心和测井资料等综合分析延长组层序地层,在此基础上,讨论延长组基准面旋回与生储盖组合的关系,以期能加强和拓宽该勘探领域的研究思路和技术方法,提高油气勘探成功率。

1 沉积地质背景

晚三叠世延长期时,鄂尔多斯盆地为极不对称的西陡东缓由北西向南东倾伏的箕状拗陷盆地,盆地周边为高地剥蚀区环绕,水系网发育,延伸入湖盆,形成一系列向盆地中心发育的河湖三角洲裙^[1]。盆地的沉降中心及沉积中心均位于盆地的西南,盆地西部沉积厚度大、相带较窄、变化较快,岩相带从盆地边缘向盆地内部分别为冲积相、河湖三角洲相和深湖相,大致呈环带状分布。根据岩、电性特征及含油性的差异,延长组自下而上可划分为长 10 至长 1 等 10 个油层组^[3-4]。从纵向上由湖进到湖退过程,正旋回到反旋回,反映了该大型沉积盆的形成(长 10 至长 9)→扩大(长 8 至长 7)→萎缩(长 6 至长(4+5))→消亡(长 3 至长 1)过程。

2 高分辨率层序地层特征

2.1 层序界面特征

众所周知,在层序地层学研究中最关键的是有关界面的识别,其中最为重要的是层序底界面的识别,这是层序划分的基础和前提。

形成层序的沉积作用过程包括了侵蚀作用、过路冲刷作用、沉积作用、非补偿性沉积或无沉积间断,不同沉积作用过程反映了基准面在地表的升降变化趋势,从而产生了不同性质和规模的层序界面及层序上下地层构型和规模的差异,为界面的识别划分提供了重要依据。通过对盆地内不同层位的露头剖面和测井剖面的详细研究,总结出盆地内三叠系延长组层序界面的物质表现形式主要有 5 种(表 1,图 1)。

总之,三叠系延长组中发育的层序界面类型多样,但不同类型的界面可在同一层序中不同相带出现,如同一层序从盆地边缘—湖盆内部,在物源区附近表现为暴露剥蚀面或不整合面,在盆地边缘表现为大型冲刷作用面,在盆地内表现为岩性、岩相转换面或上超面;同一种类型的界面又可以在不同相带出现,如冲刷面在靠物源区附近、盆地边缘、盆地内等相带中均可出现,又如岩性、岩相转换面,从靠近物源区到盆地内部的不同相带均可出现。

收稿日期:2006-08-04;改回日期:2006-10-12

基金项目:国家重点基础研究发展计划项目(2003CB214600)资助。

作者简介:倪新锋,男,1978 年生,博士生,主要从事层序地层学及含油气盆地分析研究;E-mail:norriss2166@126.com。

表 1 层序界面物质表现特征

Table 1 Features of sequence boundaries of the Yanchang Formation in the Ordos basin

序号	层序界面表现形式	典型特征	代表性界面	形成条件
1	不整合界面	由于区域构造抬升运动造成的区域性不整合	超长期、长期旋回界面, 如延长组/纸坊组界限	构造抬升、基准面大幅度下降
2	冲刷侵蚀面	不规则冲刷沟谷, 来自盆地边缘和盆地内的粗粒、厚层河道沉积	长期、中期旋回界面	基准面下降速率大于盆地沉降速率
3	岩性、岩相转换面	岩性、岩相突变、沉积环境突变、地球化学突变	中期、短期旋回界面	基准面、物源供给的变化
4	上超面	湖泊上超形成接触界面	长期旋回界面	湖平面快速扩张、基准面上升
5	最大湖泛面	黑色页岩、炭质泥岩	基准面上升半旋回与下降半旋回之间的界面	最大湖泛形成凝缩层或凝缩段

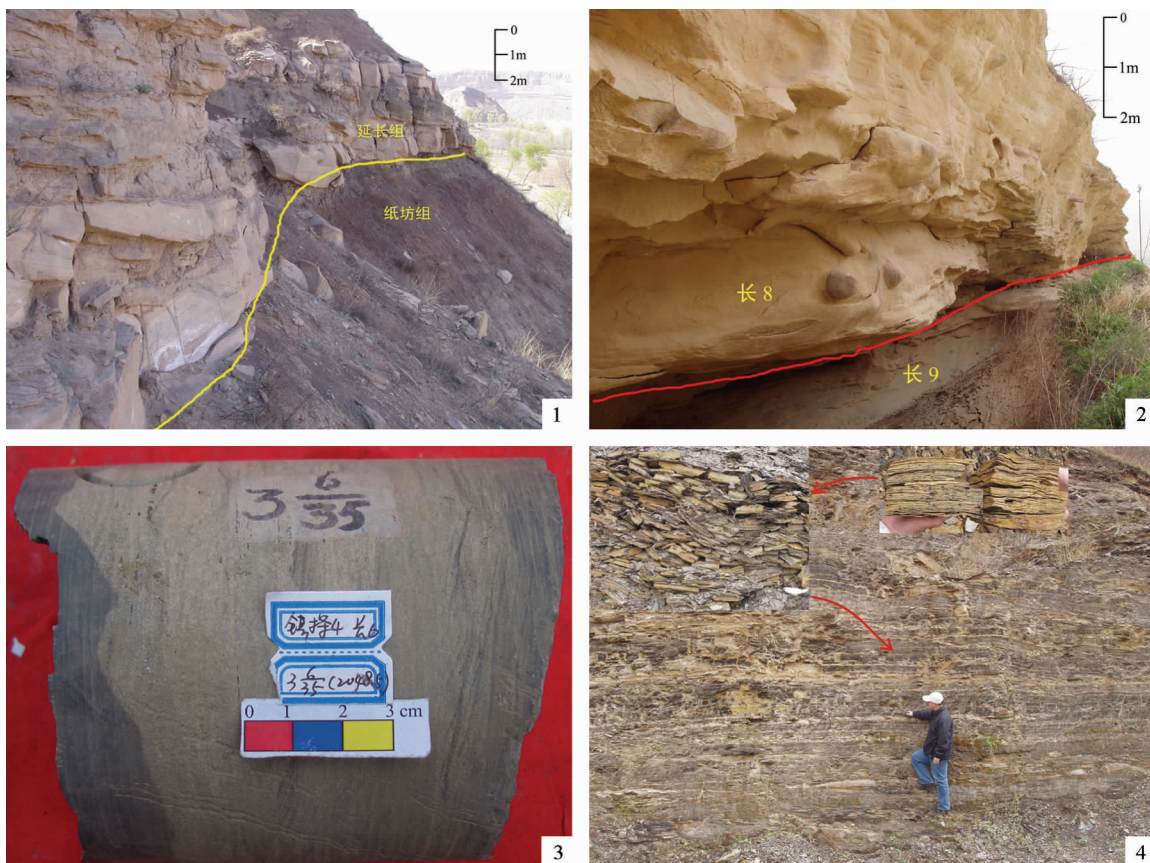


图 1 层序界面的物质表现形式

1—延长组与纸坊组平行不整合, 陕西神木窟野河三叠系剖面(沙茆南);

2— 陕西延长县延河三叠系剖面, 长 8 与长 9 界限(高家河东), 长 8 底部见冲刷砂砾岩;

3— 岩性岩相转换面, 镇探 4 井, 长 6, 2048.5 m; 4—最大湖泛面, 长 7₃ 油页岩, 陕西铜川金锁关三叠系剖面(何家坊废炼油厂)

Fig. 1. Features of sequence boundaries of the Yanchang Formation in the Ordos basin

1—Disconformity between the Yanchang Formation and Zhifang Formation in the Triassic Yehe section at Shenmuyao, Shaanxi (south of Shamao);

2—Triassic Yanhe section in Yanchang County, Shaanxi, showing the boundary between Chang 8 and Chang 9 (east of Gaojiaye), and eroded sandy conglomerate found at the bottom of Chang 8; 3—Surface of lithologic and lithofacies transition, Zhenan 4 well, Chang 6, 2048.5 m deep;

4—Oil shale of Chang 7₃, at the lake-flooding surface in the Triassic Jinsuoguan, Tongchuan, Shaanxi (abandoned oil refinery plant at Hejiayang)

2.2 层序划分与特征

利用露头剖面、钻井岩心、录井剖面、测井曲线及微量元

素等多种资料, 通过对层序各类界面的识别、内部多个次级层序单元的分析, 可将上三叠统延长组划分为区域上分布稳

表 2 鄂尔多斯盆地上三叠统延长组基准面旋回层序划分与生储盖组合配置关系

Table 2 Base-level cyclic sequences of the Upper Triassic Yanchang Formation in the Ordos basin and their relation to the source-reservoir-cap rock combination

油层组	对应的盆地构造史发育阶段	基准面旋回层序			生储盖组合配置			
		中期	长期	超长期	烃源岩	储集层	成藏组合	
长1	湖盆萎缩进积充填	MSC22	LSC4	SLSC1	主力源岩	次要源岩	主力储层	次要储层
长2		MSC21						
长3		MSC20						
		MSC19						
		MSC18						
长4+5	回返抬升进积、加积充填	MSC17	LSC3					
		MSC16						
长6		MSC15						
长7		MSC14						
		MSC13						
	MSC12							
长8	强烈坳陷退积充填	MSC11	LSC2					
		MSC10						
		MSC9						
长9		MSC8						
		MSC7						
长10	初始坳陷湖盆形成退积充填	MSC6	LSC1					
		MSC5						
		MSC4						
长10		MSC3						
		MSC2						
长10	MSC1							



定的 4 个长期基准面旋回, 自下而上分别为 LSC1、LSC2、LSC3、LSC4, 每个长期旋回的平均时限约为 6.5Ma(延长期对应于晚三叠世的地质时间约为 27 Ma, 卡尼期—瑞替期^[4]), 它们对应于油层组分别为长 10 至长 9、长 8 至长 7、长 6 至长 (4+5) 和长 3 至长 1(由于古河道的影响, 部分区块缺失长 1, 甚至长 2), 内部还可进一步细分为不同级别的中期、短期, 甚至超短期旋回(表 2)。

不同级别的基准面旋回沉积物的叠加样式及空间配置反映了可容纳空间及沉积物供给(A/S)的变化, 指示着湖盆水体升降演化及气候动力、充填动力特征。LSC1(长 10 至长 9)和 LSC2(长 8 至长 7)是两个典型的湖进—湖退旋回(图 2), 长 10 的基底是代表基准面大幅度下降的区域性暴露侵蚀间断面。长 7 油层组沉积为湖盆发展的全盛时期, 张家滩页岩代表这个时期最大的一次湖泛作用。LSC3(长 6 至长 4+5)也是一个湖泊作用影响明显的长期旋回。LSC4(长 3 至长 1)湖盆萎缩进积充填, 在层序级别上类似于一个长期旋回。

2.3 层序地层格架

根据高分辨率地层对比原则和方法, 在每一个不同级次的基准面旋回中的相转换面位置(不同级次的旋回层序界面和湖泛面)均记录了不同时间周期基准面旋回变化过程中可容纳空间增加到最大值或减少到最小值单向移动的极限位置, 即基准面旋回的二分时间单元界线。因此, 基准面旋回从上升到下降, 或从下降到上升的转换点位置可作为时间—地层对比的优选位置, 其中尤以中、长期旋回的二分时间单位分界线最具等时对比意义。笔者在单井各级次基准面旋回划分的基础上, 以长期基准面旋回作为格架, 中期基准面旋回为等时地层对比单元, 运用前述的等时对比理论和技术方法, 优选中期具二分时间单元分界线的层序界面和湖泛面为等时地层对比位置, 选择较有代表性的 LSC2 (长 7 至长 8)水进—水退旋回对鄂尔多斯盆地西南部进行等时地层对比和建立高分辨率时间—地层格架(图 3)。

从对比剖面(图 3)上可以看出: 第一, 当基准面呈初始上升状态时, 以三角洲平原及三角洲前缘分流河道砂质沉积最为活跃, 出现向盆地低部位下超、向高部位上超的进积序列, 并且, 伴随湖平面上升幅度逐渐加大、有效可容纳空间向物源方向迁移和地下水分流河道沉积区向物源方向退缩, 沉积强度减弱, 形成向上变细的退积序列; 第二, 当基准面进入下降状态时, 伴随湖平面下降幅度加大和有效可容纳空间向盆地方向迁移, 三角洲前缘水下分流河道上游沉积区很快进入侵蚀冲刷状态而下降半旋回沉积逐渐减薄, 来自物源区的和侵蚀再搬运的沉积物共同向盆地方向搬运, 自分流河道下游向盆地方向的顺源沉积作用加强, 形成向上加粗的加积→弱进积序列; 第三, 横向对比特征明显, 尽管每个中期旋回内短期旋回的类型和数量不同, 但组成的中期旋回特征类似或具有地质上的可对比性, 因而分辨率更高并具有年代意义的对比。

3 基准面旋回层序格架与生储盖组合

高分辨率层序地层学在油气藏预测和评价中的应用, 是基于基准面升降运动引起沉积盆地可容纳空间或 A/S 值(A 为可容纳空间, S 为沉积物供给)的增加或减少; 又因为可容纳空间在基准面旋回过程中随地理位置的迁移使沉积物按不同的比例聚集在不同的环境中, 由此导致沉积相类型、几何形态、内部结构和时空展布的变化^[4], 从而直接控制生储盖组合特征和配置关系。

在延长组的岩心测井和地震剖面中, 最易识别和追踪对比的层序为中期、长期和超长期旋回层序, 其中超长期旋回层序因级别过大已不能满足描述生储盖组合特征的精度要求。短期旋回层序级别过小, 同样不适合勘探阶段的生储盖组合特征分析。因此, 以长期、中期旋回层序为等时地层对比单元建立的高分辨率层序地层格架, 已成为描述地层格架中生储盖组合特征并对其进行预测的主要研究手段和技术方法。这里着重讨论长期基准面旋回层序格架与生储盖组合的配置关系。

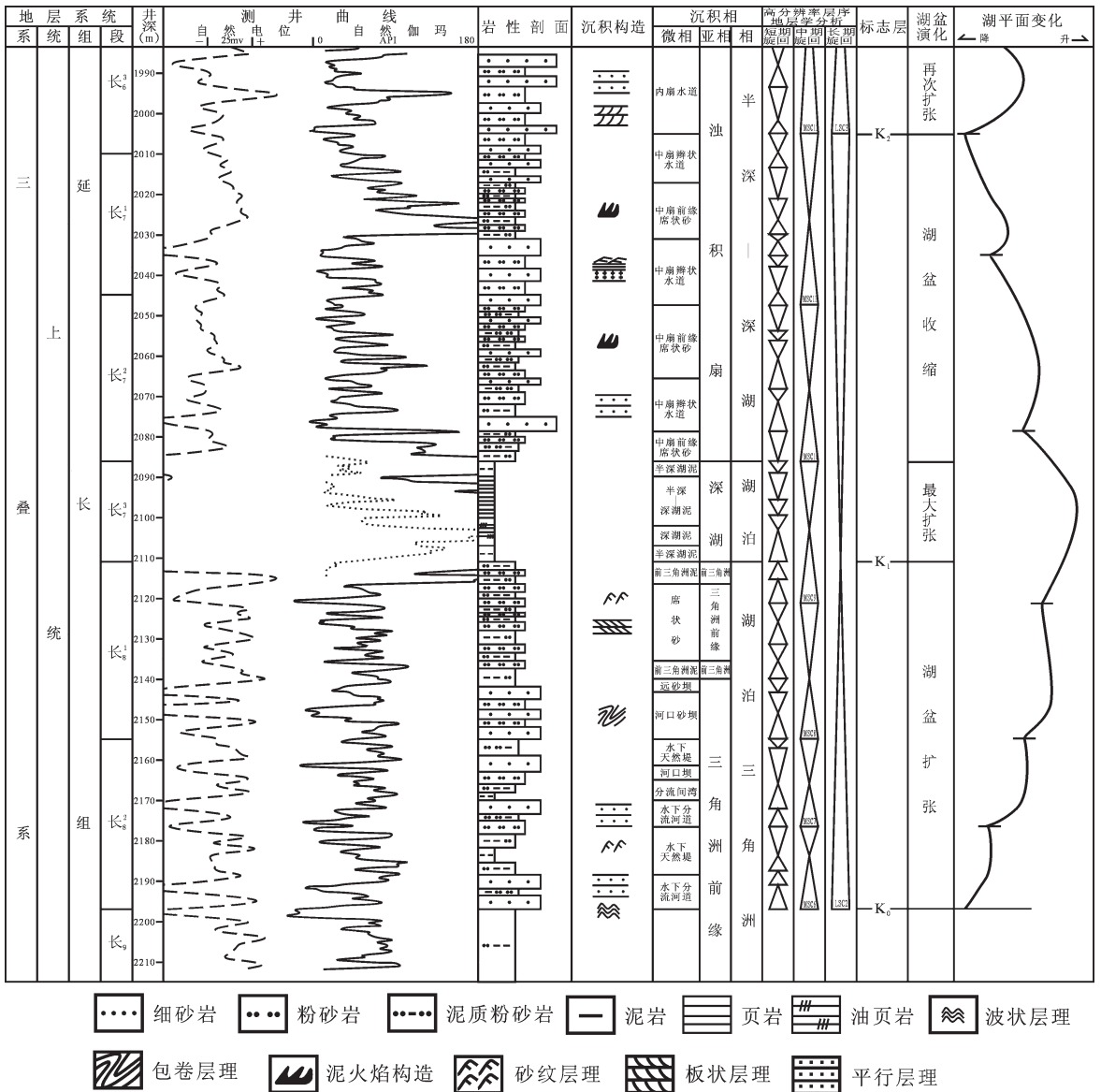


图2 鄂尔多斯盆地城88井LSC2旋回沉积相-充填层序综合柱状图

Fig.2 Integrated columnar sections of LSC2 sedimentary facies-filling sequence of well Cheng 88 in the Ordos basin

成藏组合一(长10至长9油层组——LSC1):湖盆开始发育,面积小,水体浅,盆缘造山带抬升活动强烈,可容空间增长速度较快,但仍属于低可容纳空间,同时物源区由于盆地间的高差变大,河水流速快,携沙量大,沉积物供给充分,沉积速率也大,而遭受剥蚀也厉害,所以形成了进积层序序列,层序主要由滨浅湖、河流及三角洲相沉积组成。长10的河流相砂体等为良好的储层,位于长9烃源岩之下,供油条件良好,可形成上生下储式油藏。然而该组合钻探程度较低,尚未取得重大突破。

成藏组合二(长8至长7油层组——LSC2):长8期仍

处于湖盆发育期,湖盆进一步扩大,以破坏性三角洲砂体和浊积砂体发育为特征。在西南地区辫状河三角洲砂体规模大,砂体受湖水的淘洗分选较充分,储集性能好。其上覆盖湖泊发育鼎盛时期(长7₃期)形成的富含有机质页岩、泥岩,既是良好的生油岩又是良好的盖层。长8至长7生、储、盖组合,具有油源充足,区域性盖层良好的特征。该套储盖组合中形成的油藏主要分布于盆地西缘及相邻的姬塬地区、西峰地区、白豹地区等。

成藏组合三(长6至长4+5油层组——LSC3):具有油源近,储集层发育,储集性能良好等特征,生储盖组合的配置

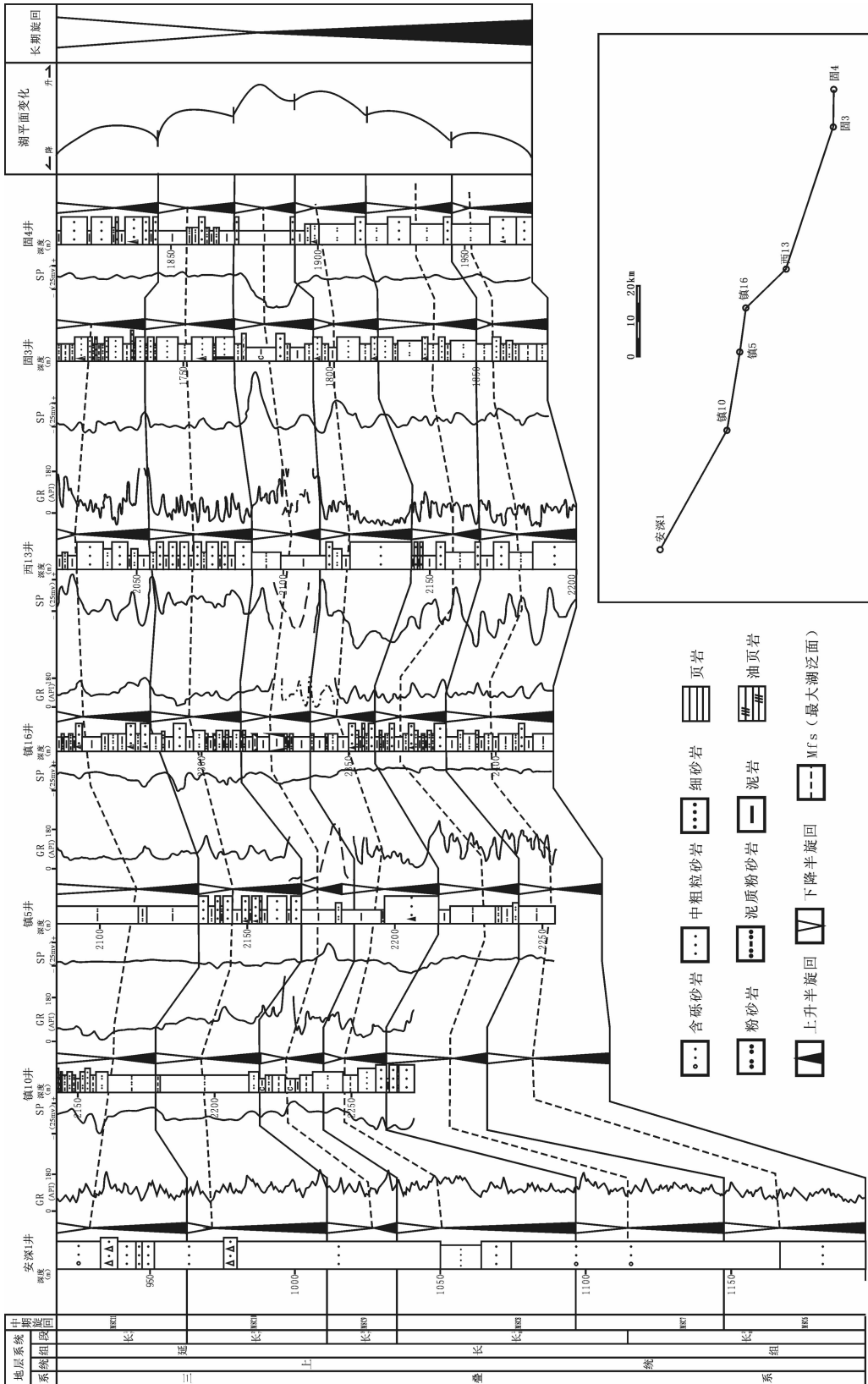


图 3 鄂尔多斯盆地陇东地区安深 1 井至固 4 井延长组 LSC2 中期基准面旋回对比

Fig.3 Correlation of LSC2 medium-term base-level cycles from well Anshen 1 to well Gu 4 of the Yanchang Formation in the Longdong area, Ordos basin

最为理想,下伏湖泊发育鼎盛时期(长₇期)形成的盆地中生界最好的生油岩系;长₆期是鄂尔多斯盆地中生界湖泊衰退早期,发育大规模的三角洲砂岩储集体;长₄₊₅期,三角洲平原、三角洲前缘洼地及分流间湾泥岩发育,形成了良好的区域盖层以及次一级的烃源岩。目前,该套储盖组合形成的油藏主要分布于盆地西缘、陕北地区及白豹—姬塬等地区。

成藏组合四(长₃至长₁油层组——LSC4):储层较为发育,属三角洲平原分流河道砂体,具有粒度相对较粗,储层物性好,油藏小而肥的特征。不足之处是油源相对较远,垂向运移距离达 350~400 m,而且还要穿过厚逾 100 m 的渗透性能极差的区域性盖层(长₄₊₅)。可见,运移至长₂的油气应该很有限,能够聚集在圈闭中形成工业油气藏的油气很少。而且由于延长组顶部不整合面的影响,油气极易通过界面运移而逃逸,这就是长₂油藏规模比较小的根本原因。长₂至长₁油层组储盖组合,目前探明储量主要位于陕北地区和姬塬地区。

4 有利区带分析

4.1 基准面升降转换位置发育的湖相泥、页岩为良好的烃源岩

在延长组 4 个长期旋回层序中,每个旋回的基准面升降转换位置均不同程度地发育有湖相泥岩、页岩,这些为延长组各油层组提供了油源条件。尤以发育 LSC2 中的黑色“张家滩”油页岩最为重要,具有层位稳定,全盆范围均可追踪对比的特点,因而成为鄂尔多斯盆地延长组油气藏最重要的烃源岩系。

4.2 基准面旋回上升半旋回的早中期以及下降半旋回的中晚期砂体储集性能较好

由于伴随基准面的升降变化,可容纳空间(A)和沉积物补给通量(S)及 A/S 比值发生相应变化,产生与此过程相对应的地层响应,即产生沉积相类型、相分布、沉积物粒度、分选、结构构造和泥质含量等的规律变化,从而导致直接反映储层物性的规律变化。在上升半旋回的早中期及下降半旋回的中晚期形成的砂体具有较好的储集性能。例如 LSC2、LSC3 中有利储集砂体(长₈及长₆)主要发育于基准面旋回的中下部。砂体的厚度、粒度、分选性、泥质含量及储层物性等明显受基准面升降的控制。显著的特点是伴随基准面上升,砂体的发育程度及物性由好变差,下降期则相反。并且低可容纳空间条件更有利于储层的发育。

4.3 层序界面为油气运移提供了良好的通道

层序界面,尤其是不整合面、冲刷侵蚀等界面为油气运移提供了良好的通道,其作为油气运移输导层的好坏主要取决于不整合面处砂岩的渗透性,其又受到下切河道的侵蚀程度以及地表水淋滤冲刷作用的制约,使油气进行侧向运移,同时在储盖因素的制约下,可以在有利部位形成岩性圈闭油气藏。甘肃陕西等古河道形成的地层不整合面是由于地壳抬升,河道下切侵蚀作用形成的,在鄂尔多斯盆地西南部较为发育,受其影响储层于 LSC4 内的油气极易逃逸,虽然长₃、长₂等储集砂体较为发育,但能够聚集在圈闭中形成工业油

气藏的油气很少,这就是 LSC4 基准面旋回内油藏规模比较小的根本原因。

4.4 岩性油气藏勘探的有利区带

鄂尔多斯盆地三叠系延长组油气主要储集层为:LSC2 基准面上升半旋回中长₈油层组、LSC3 基准面旋回中长₆油层组及长₍₄₊₅₎油层段,而 LSC1 基准面上升半旋回长₁₀、LSC4 基准面上升半旋回长₃油层组及基准面下降半旋回长₂油层组等为次要储集层(表 1)。鄂尔多斯盆地三叠系延长组的储集层受到沉积相的控制。晚三叠世鄂尔多斯盆地的主要特征是北高南低、东高西低,长₇沉积期,鄂尔多斯盆地达到最大湖侵演化阶段,此时形成了志丹—甘泉一线以南的深水盆地及北部浅水台地的古地埋格局。随着河流向湖泊的不断推进,到长₆期进入了三角洲建设的高峰期,在北部台地区开始形成一系列南北向或北东向南或南西伸展的以带状河道砂体为骨架的三角洲体系,该期发育的三角洲前缘水下分流河道砂体与河口砂坝砂体的多次叠覆,为该区提供了重要的储集层;长₂油层组则以河道及三角洲平原相分流河道为主要的储集层;在盆地西部及盆地近中心地区长₈期发育扇三角洲前缘及湖底扇砂体为良好储层。

值得一提的是,由于盆地西陡东缓,长₆、长₇期由三角洲前缘重力滑塌作用形成浊积扇砂体主要出现于盆地的西南部城壕—华池—马岭一带,亦为鄂尔多斯盆地极为重要的含油气储集体之一。

总的来说,鄂尔多斯盆地延长组油气纵向分布具有以下特征:从下向上,油藏规模减小、石油储量减少。这主要是由于受油气运移通道的限制;另一方面石油在向上运移的过程中首先被紧靠生油层的下部层位岩性圈闭的捕获,愈向上油气运聚量愈少。

参考文献(References):

- [1] 陈洪德,倪新锋.陇东地区三叠纪延长组沉积层序及充填响应特征[J].石油与天然气地质,2006,27(2):143-151.
Chen Hongde, Ni Xinfeng. Sequence stratigraphic features and filling response model of Triassic Yanchang Formation in Longdong area [J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(2):143-151(in Chinese with English abstract).
- [2] 吴志宇,赵虹,李文厚,等.安塞地区延长组层序地层特征[J].天然气地球科学,2005,16(2):189-193.
Wu Zhiyu, Zhao Hong, Li Wenhong, et al. Sequence stratigraphy of Yanchang Formation in Ansai District [J]. Natural Gas Geoscience, 2005, 16(2):189-193(in Chinese with English abstract).
- [3] 李凤杰,王多云.鄂尔多斯盆地西峰油田延长组高分辨率层序地层学研究[J].天然气地球科学,2006,17(3):339-344.
Li Fengjie, Wang Duoyun. The high-resolution sequence stratigraphic feature of Yanchang Formation in Xifeng oil field, Ordos Basin [J]. Natural Gas Geoscience, 2006, 17 (3):339-344(in Chinese with English abstract).

- [4] 杨友运. 鄂尔多斯盆地南部延长组沉积体系和层序特征[J]. 地质通报, 2005, 24(4): 369-372.
Yang Youyun. Characteristics of the depositional systems and sequence evolution of the Yanchang Formation in the southern Ordos Basin[J]. Geological Bulletin of China, 2005, 24(4): 369-372 (in Chinese with English abstract).
- [5] 屈红军, 李文厚, 梅志超, 等. 论层序地层学与含油气系统在油气勘探中的联系——以鄂尔多斯中生代盆地为例[J]. 地质论评, 2003, 49(5): 495-500.
Qu Hongjun, Li Wenhou, Mei Zhichao, et al. Relationship between sequence stratigraphy and petroleum system in oil and gas exploration: An example in the Mesozoic Ordos basin[J]. Geological Review, 2003, 49(5): 495-500 (in Chinese with English abstract).
- [6] 赵宏刚, 陈全红, 王文武, 等. 鄂尔多斯盆地南部上三叠统层序地层学研究[J]. 西北地质, 2003, 36(4): 35-38.
Zhao Honggang, Chen Quanhong, Wang Wenwu, et al. Researches on sequence stratigraphy of the Upper Triassic in the south Odors basin[J]. Northwestern Geology, 2003, 36(4): 35-38 (in Chinese with English abstract).
- [7] 杨雷, 梅志超, 熊伟. 陕北地区延长组层序地层划分与含油气性[J]. 古地理学报, 2001, 3(3): 83-88.
Yang Lei, Mei Zhichao, Xiong Wei. Sequence stratigraphy and petroliferous characters of Yangchang Group in north Shanxi Province [J]. Journal of Palaeogeography, 2001, 3 (3): 83-88 (in Chinese with English abstract).
- [8] Cross T A, Lessenger M A. Sediment Volume Partitioning: Rationale for Stratigraphic Model Evaluation and High-Resolution Stratigraphic Correlation [R]. Accepted for Publication in Norwegian Petroleum- Forening Conference Volume, July. 1996: 1-24.
- [9] 罗静兰, Marcelo Ketzer J., 李文厚, 等. 延长油区侏罗系上三叠统层序地层与生储盖组合[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(4): 345-351.
Luo Jinglan, Marcelo Ketzer J., Li Wenhou, et al. Sequence stratigraphy and source-reservoir-cap assemblages of Jurassic-Upper Triassic in Yanchang oil probice [J]. Oil & Gas Geology, 2001, 22(4): 345-351 (in Chinese with English abstract).
- [10] 古俊林, 郑荣才, 罗平, 等. 川西坳陷中—南段须家河组层序地层格架与生储盖组合 [J]. 成都理工大学学报 (自然科学版), 2004, 31(3): 282-290.
Gu Junlin, Zheng Rongcai, Luo Ping, et al. Sequence stratigraphic framework and source-reservoir-cap rock of Xujiahe Formation in West Sichuan depression [J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 2004, 31(3): 282-290 (in Chinese with English abstract).
- [11] 倪超, 纪友亮. 饶阳凹陷古近系沙河街组层序地层分析及沉积体系研究[J]. 中国地质, 2006, 33(1): 193-200.
Ni Chao, Ji Youliang. Sequence stratigraphy and sedimentary system of the Paleogene Shahejie Formation in the Raoyang subbasin [J]. Geology in China, 2006, 33(1): 193-200 (in Chinese with English abstract).
- [12] 赵永刚, 陈景山, 雷卞军, 等. 川西邛崃县白马庙气田上侏罗统蓬莱镇组高分辨率层序地层分析[J]. 中国地质, 2005, 32(4): 674-681.
Zhao Yonggang, Chen Jingshan, Lei Bianjun, et al. Analysis of high-resolution sequence stratigraphy of the Upper Jurassic Penglaizhen Formation in the Baimamiao gas field, Qionglai County, Western Sichuan [J]. Geology in China, 2005, 32(4): 674-681 (in Chinese with English abstract).
- [13] 董国臣, 孙景民, 张守鹏, 等. 廊固凹陷古近系层序地层特征及油气储集规律探讨[J]. 中国地质, 2002, 29(4): 397-400.
Dong Guochen, Sun Jingmin, Zhang Shoupeng, et al. Paleogene sequence stratigraphy and oil-gas accumulation in the Langgu subdepression [J]. Geology in China, 2002, 29 (4): 397-400 (in Chinese with English abstract).
- [14] 谢渊. 鄂尔多斯盆地富县探区上三叠统延长组层序地层与储层研究[D]. 成都: 成都理工大学博士论文, 2002.
Xie Yuan. Sequence Stratigraphy and Hydrocarbon Reservoirs of the Upper Triassic Yanchang Formation in the Fuxian Prospect Area of the Ordos Basin [D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2002 (in Chinese with English abstract).

Sequence stratigraphic framework of the Triassic Yancang Formation in the Ordos basin and petroleum exploration

NI Xin-feng, CHEN Hong-de, WEI Dong-xiao

(*State Key Laboratory of Oil/ Gas Reservoir Geology and Exploitation, Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China*)

Abstract: Through a comprehensive analysis of the outcrops, rock cores, well logging and trace element data, five sequence boundaries of different origins are identified, and on that basis, the Upper Triassic Yanchang Formation in the Ordos basin is divided into four long-term base-level cycles (LSC1, LSC2, LSC3 and LSC4) that are persistent on a regional scale. Then the relationship between the source-reservoir-cap associations and the base-level cyclic sequences of the formation is discussed in detail and it is pointed out that the long-term base-level cycles bear close relation to the source-reservoir-cap rock association. The main reservoir sand bodies occur in the early and middle stages of the ascending half cycle and the middle and late stages of the descending half cycle of the long-term base-level cycle, and lacustrine mudstone and shale developed at positions of ascending and descending transition of the long-term base-level cycle are good hydrocarbon source rocks and cap rocks.

Key words: sequence stratigraphic framework; source-reservoir-cap rock combinations; Triassic; Yanchang Formation; Ordos basin; petroleum exploration

About the first Author: NI Xin-feng, male, born in 1978, doctor candidate, engages in the research on sequence stratigraphy and oil basin analysis; E-mail: norriss2166@126.com.