

文章编号: 1009-3850(2003)03-0087-06

坪北油田上三叠统延长组长 4+5—长 6 油组 地层基准面旋回及储层物性

张尚锋^{1,2}, 张昌民², 陈新民³, 姚凤英³

(1. 成都理工大学, 四川 成都 610059; 2. 江汉石油学院, 湖北 荆州 434023; 3. 中石化江汉油田分公司, 湖北 潜江 433100)

摘要: 针对坪北油田勘探开发特点及其所出现的问题, 笔者运用多层次基准面旋回和可容空间变化原理, 通过分析由基准面变化导致的沉积地层记录和层序界面类型、规模及地层的堆叠样式的差异, 在对长 4+5—长 6 油组基准面旋回层序精细划分和等时对比的基础上, 讨论等时地层格架内砂体时空演化规律, 并探讨了基准面变化与储层物性的关系。

关键词: 上三叠统; 基准面旋回; 储层物性; 坪北油田; 陕西

中图分类号: TE121.3

文献标识码: A

笔者运用高分辨率层序地层理论和方法^[1~5], 以及多层次基准面旋回和可容空间变化原理, 根据坪北油田长 4+5—长 6 油组第五层次基准面旋回内第四层次基准面旋回的叠加样式, 及第四层次基准面旋回中叠加的第三层次基准面旋回依次形成于基准面逐渐上升和下降、可容纳空间从增大到减小、相对应的 A/S 值由逐渐增高至最大值后又重趋缓慢降低的过程, 划分坪北油田长 4+5—长 6 油组中不同层次的地层基准面旋回, 分析不同层次地层基准面旋回内砂体的发育特点及储层物性的分布规律。

1 区域沉积背景

上三叠统延长组沉积时期, 鄂尔多斯盆地演变成一个对称的内陆淡水湖盆, 具沉积面积大、深度浅、地形平坦和分割性较弱的特点。在盆地北部、东部和东南部则以发育强烈向湖盆推积的河流三角洲为主, 围绕湖盆边缘依此发育有盐池、靖边、吴旗、志

丹、安塞和延安等 9 个规模较大的湖泊三角洲沉积体系(图 1)。平面上这些三角洲的轴长均大于 100km, 轴宽 15~30km, 个别可达 40km, 面积为千余到数千平方公里, 呈向湖盆强烈推进的朵状或鸟足状。三角洲朵体间被相对较深的湖湾所分割, 构成相间分布的半环状三角洲群。延长组总体厚度 1000~1300m, 为一个完整的水进水退旋回, 自下而上包括长一段(长 10 油组)、长二段(长 9、长 8 油组)、长三段(长 7、长 6、长 4+5 油组)、长四段(长 3、长 2 油组)和长五段(长 1 油组)等 5 个层段 10 个油组。长一段代表内陆拗陷型湖盆发育的开始, 以河流相和滨浅湖相为主。长二段湖盆扩张, 沉积范围增大, 出现浅水和局部半深水沉积。长三段湖盆继续扩大而后转为收缩。其中的长 7 代表湖盆最大扩张期, 沉积范围最广; 长 6 及长 4+5 为湖退早期, 在湖盆周边广泛分布三角洲复合体, 沿湖盆东北分布一系列河控型浅水湖泊三角洲(陕北三角洲群)。长四段湖盆进一步收缩, 岸线向湖心推进, 原来的三角洲已不断

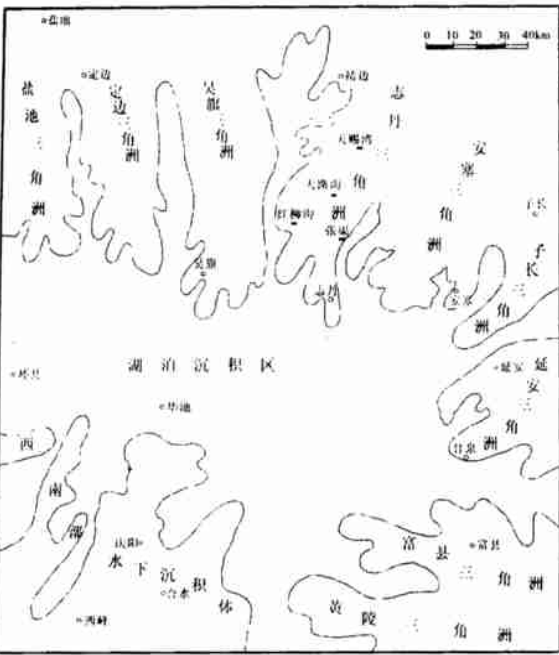


图1 陕甘宁地区延长组古地理背景图

Fig.1 Palaeogeographic settings of the Yanchang Formation in the Shaanxi-Gansu-Ningxia zone



图2 陕甘宁盆地延长组沉积演化示意图(据曾少华, 1992)

Fig.2 Sketch to show the depositional evolution in the Yanchang Formation of the Shaanxi-Gansu-Ningxia zone (after Zeng Shao-hua, 1992)

平原沼泽化。长五段代表湖盆的枯竭期, 大面积沼泽化(图2)。

安塞三角洲沉积演化史经历了初始生长期(长 6_1 期)、高速推进期(长 6_2 —长 6_1 期)和充填补齐期(长4+5期)三个阶段, 大致在长4+5末期三角洲沉积趋于终止, 进入长3—长1期的河流和沼泽化沉积阶段^[6]。在此演化历史中, 作为本次研究目的层位的长6和长4+5油组三角洲沉积, 贯穿了三角洲从形成至消去演化的整个演化阶段。由于拗陷湖盆的构造沉降和区域性的湖侵—湖退, 发育一系列以代表三角洲脉动推进—收缩的生长小旋回。正是由于研究区目的层段沉积时所处地理位置, 以及独特的沉积背景, 在构造沉降和区域性湖平面升降等因素的综合影响下, 造成了基准面变化呈现出特殊的规律性。伴随着基准面的升降变化, 以及由此引起的A/S比值变化, 从而形成研究区目的层段储集砂体发育分布和储集物性的特殊性。

2 基准面旋回格架内砂体的发育特点

根据坪北油田长4+5—长6油组层序界面(包括冲刷侵蚀不整合面及洪泛面)类型、规模及地层的堆叠样式的差异, 如相和相序的垂向变化、单一相内

物理特征的垂向变化、旋回对称性的变化、地层几何形态与接触关系等, 可在长4+5—长6油组划分出3个层次的基准面旋回层序, 即16个第三层次旋回、4个第四层次旋回及2个第五层次旋回(图3)。通过地层精细对比可以看出, 不同层次的地层基准面旋回格架内储集砂体的发育分布规律存在差异(图4)。平面及剖面分析发现, 不同的第四层次地层基准面旋回内储集砂体的发育特点有所不同。

1. MSC4 旋回

MSC4旋回位于长6油组下部, 与长 6_2 小层相对应, 属于第五层次基准面下降期的第四层次基准面旋回。旋回内砂体岩性特征由细砂岩、细砂岩夹粉砂岩、粉细砂岩组成, 砂体厚度占地层厚度的65%~70%。旋回内不同成因砂体发育特点及时空展布规律为:

(1) 旋回内以水下分流河道砂体为该旋回的主要骨架砂体, 砂体最大厚度可达20m以上, 砂体厚度分布占地层厚度大于50%。其次是河口坝砂体和水下决口扇砂体, 水下分流河道砂体厚度与水下决口扇砂体厚度之比约为5:1, 与河口坝砂体厚度之比大于10:1。水下决口扇砂体厚度占地层总厚度的10%, 而河口坝砂体厚度仅占地层厚度的5%。

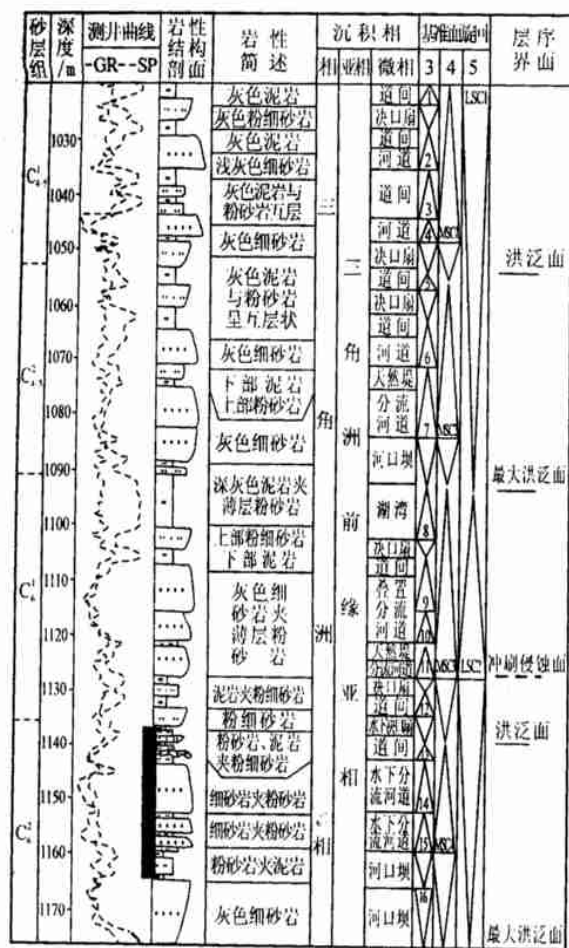


图3 基准面旋回综合柱状图

Fig. 3 Generalized column of the base-level cycles in the study area

(2) 从砂体垂向特征看, 大多数井表现为旋回中下部砂体较发育, 砂体垂向连通性较强, 但砂体宽厚比较小。至旋回中上部砂体宽厚比增大, 但垂向连通性减弱。旋回上部砂体不甚发育, 粒度细, 泥质含量高。

(3) 从平面展布特征看, 北部以水下分流河道砂体发育为主, 其间夹水下决口扇沉积砂体; 南部水下分流河道砂体与河口坝—远河口坝砂体均较为发育。

2. MSC3 旋回

MSC3 旋回位于长 6 油组中上部, 与长 6₁ 小层相对应, 并且主体处于第五层次基准面上升期旋回内砂体岩性特征由细砂岩、粉细砂岩及极少数粉砂岩组成, 砂体厚度占地层厚度的 60%~65%。根据组成第四层次基准面旋回 (MSC3) 的短期基准面旋回叠加样式及基准面变化过程中 A/S 比值的关

系可以看出, 旋回内砂体发育及时空展布具有如下特点: 旋回内以水下分流河道砂体为其主要骨架砂体, 砂体厚度 8~15m, 最大厚度可达 20m, 砂体厚度分布占地层厚度的 40%~50%。其次是河口坝砂体和水下决口扇砂体, 水下决口扇砂体占地层总厚度 10%, 河口坝砂体仅占地层厚度的 5%。

3. MSC2 旋回

MSC2 旋回位于长 4+5 油组下部, 与长 4+5₂ 小层相对应, 属于第五层次基准面下降早期的第四层次基准面旋回。旋回内砂体岩性特征由细砂岩、粉细砂岩夹粉砂岩组成, 砂体厚度占地层厚度不到 50%。旋回内砂体发育及时空展布特点为:

(1) 旋回内以水下分流河道砂体为其主要骨架砂体, 砂体最大厚度可达 18m 以上, 砂体占地层厚度的 40%。其次是河口坝砂体和水下决口扇砂体, 水下决口扇砂体厚度占地层总厚度的 3%~4%, 而河口坝砂体厚度仅占地层厚度的 3% 以下。此外, 水下分流河道砂体与水下决口扇砂体厚度之比在 10:1 以上, 与河口坝砂体厚度之比大于 13:1。

(2) 大多数井表现为旋回中下部砂体较发育, 砂体垂向连通性较好, 至旋回中上部砂体宽厚比增大, 但垂向连通性减弱。

(3) 从平面展布特征看, 南部水下分流河道砂体与河口坝—远河口坝砂体均较为发育; 北部以水下分流河道砂体发育为主, 其间夹水下决口扇沉积砂体。

4. 砂体分布规律

研究区层序地层格架内, 不同第四层次基准面旋回内部砂体不但具有其自身的发育特点及时空展布规律, 而且旋回之间砂体发育特点及时空展布亦遵循一定的规律。研究发现, 从 MSC4—MSC3—MSC2 旋回, 其内部不同成因砂体发育特点及时空分布规律发生如下变化: ①水下分流河道砂体厚度依次减小, 同时砂体厚度与地层厚度的比值亦依次减小, 分别为 65%~70% (MSC4)、60%~65% (MSC3)、40% (MSC2)。②水下分流河道砂体厚度与水下决口扇砂体厚度比值分别为 5:1 (MSC4)、4:1—5:1 (MSC3)、10:1 以上 (MSC2), 与河口坝砂体的厚度比为 10:1 (MSC4)、20:1—25:1 (MSC3)、13:1 以上 (MSC2)。③河口坝砂体与水下决口扇砂体厚度比值依次为 1:1.5、1:2.5、1:1.2。从以上②、③可以看出, 总体上 MSC3 内砂体的侧向连通性最好。④砂体平面展布规律为, MSC3 内水下分流河道延伸较远, 砂体分布范围较广, 河口坝砂体分布比

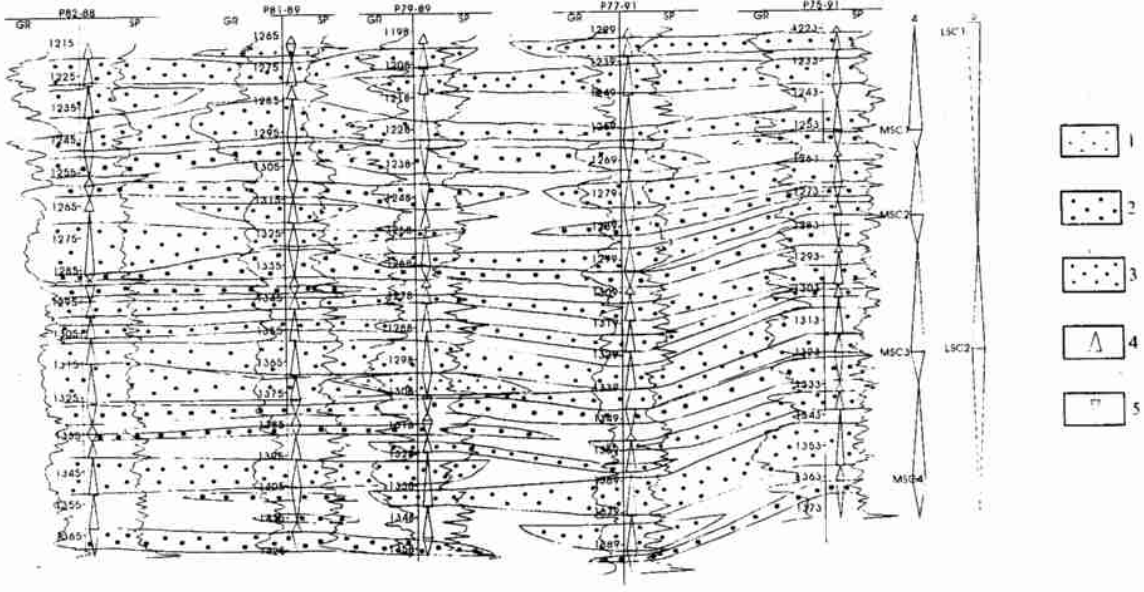


图4 基准面旋回格架内砂体发育规律

1. 水下决口扇; 2. 河口砂坝; 3. 水下分流河道; 4. 上升半旋回; 5. 下降半旋回

Fig. 4 Distribution of the sandstones in varying base-level cycles

1= subaqueous crevasse splay; 2= channel-mouth bar; 3= subaqueous distributary channels; 4= ascending semi cycle; 5= descending semi cycle

较局限, 砂体分布范围小。而MSC4、MSC2内河口坝砂体分布范围有所扩大。

3 基准面旋回内储层物性特点

由于第四层次基准面旋回在第五层次基准面旋回中所处位置的不同, 伴随第五层次基准面的升降, 及由此所造成 A/S 比值的变化, 使得第四层次旋回内所形成砂体的粒度、泥质含量等的不同, 从而影响了储层物性的发育分布。不同的第四层次基准面旋回储集物性的分布为: ①MSC2旋回内孔隙度8.3%~17.5%, 平均11.4%; MSC3旋回内孔隙度8.5%~15.3%, 平均11.7%; MSC4旋回内孔隙度8.0%~12.3%, 平均值9.6%。②MSC2旋回内渗透率为 $(0.2 \sim 38.2) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 平均 $1.4 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$; MSC3旋回内渗透率为 $(0.2 \sim 28.2) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 平均 $2.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$; MSC4旋回内渗透率为 $(0.5 \sim 2.5) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 平均 $1.2 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。在同一层次基准面变化过程中, 随着 A/S 比值的变化, 影响次级层次储集砂的孔隙度、渗透率发育分布特点, 第四层次基准面上升初期, 以形成水下分流河道储集砂体为主, 其孔隙度和渗透率均最大, 孔隙度为10%~13.5%, 渗透率为 $(0.9 \sim 6.9) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 且呈块状

分布; 第四层次基准面上升中期, 随着基准面的上升, 形成储集砂岩的厚度变小、粒度变细、泥质含量增高, 其孔隙度和渗透率减小, 孔隙度小于10%, 渗透率小于 $0.7 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$; 第四层次基准面上升中晚期, 形成砂体的泥岩、粉砂岩增多, 储集砂体的孔隙度和渗透率快速减小, 孔隙度平均为8%, 渗透率平均为 $0.03 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$; 在第四层次基准面上升末期已不利于砂体的形成。而在第四层次基准面下降过程中, 储集砂体孔隙度和渗透率的变化情况与上述情况相反。特别值得一提的是, 坪北油田长4+5—长6油组储集砂体的物性变化除了受不同层次基准面变化的影响, 还受后期成岩作用的影响, 因而, 要进一步分析基准面变化过程中储层物性发育分布特点的分析, 还必须结合储集砂岩的成岩作用分析。

4 结 论

- (1) 坪北油田长4+5—长6油组不同的第四层次基准面旋回内储集砂体的发育分布差异明显, 水下分流河道、水下决口扇及河口坝砂体的厚度与地层厚度的比值、不同微相储集砂体厚度所占比例均有所不同。
- (2) 在不同层次基准面变化过程中储集物性的

分布规律大体一致,如随着第四层次基准面上升,储集砂体的孔隙度和渗透率均呈现出降低趋势,孔隙度平均值由13%减小到8%左右,渗透率由几个毫达西降至平均小于 $0.03\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$;而基准面下降过程中,储集砂体的孔隙度和渗透率变化有增高的趋势。

(3)基于高分辨率层序地层序理论体系的基准面旋回方法,对坪北油田地层基准面旋回内储集砂体的发育分布特点及储集物性的分布一般规律的分析,对于寻找开发有利油气层段,从而指导坪北油田油气勘探开发具有重要意义。

参考文献:

[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]. 石油与天然气地质, 1995, 16(2): 89— 97.

[2] 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.

[3] 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.

[4] 张尚锋, 洪秀娥, 郑荣才, 等. 应用高分辨率层序地层学对储层流动单元层次性进行分析——以泌阳凹陷双河油田为例[J]. 成都理工大学学报, 2002, 29(2): 147— 151.

[5] 张尚锋, 张昌民, 等. 双河油田核三段Ⅱ油组内夹层分布规律[J]. 沉积与特提斯地质, 2000, 20(4): 71— 78.

[6] 曾少华. 陕北三叠系延长统湖盆三角洲沉积模式的建立[J]. 石油与天然气地质, 1992, 13(2): 230— 235.

°资料简介°

朝天驿幅(I48E021016)、广元幅(I48E022016) (1 ∶ 5 万) 区调联测报告

行政区域: 四川省广元市

完成单位: 成都地质矿产研究所

内容简介: 测区位于甘孜-松潘造山带和扬子陆块的结合部, 发育推覆构造和变形变质作用, 大面积分布的沉积地层中记录由海→海陆交互→陆的演化过程。结合测区特点, 开展了以推覆-滑覆构造、海相地层层序研究、陆相地层层序地层探索及盆地耦合为主要工作内容的剖面测制、地质填图和专题研究工作。共建立了 25 个正式岩石地层单位, 建立了测区岩石地层、生物地层、层序地层和年代地层格架。在海相地层中划分了 6 个Ⅱ级、13 个Ⅲ级层序; 在陆相地层中划分了 4 个Ⅱ级、22 个Ⅲ级层序。划分了 5 个构造旋回和 7 个构造世代, 同时新发现了菜子坝推覆岩片中的韧性剪切带、清凤峡构造窗。划分了变质相, 发现了与峨眉山玄武岩喷发的同源产物。注意对工程地质、旅游地质的观察, 提高了图幅报告的服务领域和应用的价值。

(由中国地质调查局西南资料分馆提供)

Stratigraphic base-level cycles and physical properties of the reservoir sandstones in the Chang 4+5 and Chang-6 oil formations of the Upper Triassic Yanchang Formation in the Pingbei Oil Field, Shaanxi

ZHANG Shang-feng^{1, 2}, ZHANG Chang-min², CHEN Xin-min³, YAO Feng-ying³
(1. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 2. Jiangnan College of Petroleum, Jingzhou 434023, Hubei, China; 3. Jiangnan Oil Field Branch, SINOPEC, Qianjiang 433100, Hubei, China)

Abstract: The development and distribution of the reservoir sandstones are noticeably different in the fourth bed of the Chang 4+5 and Chang-6 oil formations of the Upper Triassic Yanchang Formation in the Pingbei Oil Field. And other differences are also manifested in the ratios of the sandstone thickness in subaqueous distributary channels, subaqueous crevasse splays and channel-mouth bars to the stratial thickness, and the proportions of the reservoir sandstone thickness in various sedimentary microfacies. The physical properties of the reservoir sandstones are almost identical in varying base levels. The base-level cycle analysis is here believed to be significant in the examination of the development and distribution of the reservoir sandstones, physical properties of the reservoir sandstones, and the exploration and development of the Pingbei Oil Field.

Key words: Upper Triassic; base-level cycle; physical properties of reservoir sandstones; Pingbei Oil Field; Shaanxi

·资料简介·

云南省兰坪县科登润及外围铜矿评价

完成单位: 完成单位: 西南有色地质勘查院

内容简介: 该区位于“三江”成矿区, 所处大地构造位置为兰坪-思茅中生代拗陷带北段, 兰坪盆地西部之澜沧江深大断裂与大山箐至白莽山断裂所夹持的南北向紧密褶皱断裂带小格拉-恩棋复背斜两翼。出露地层主要为三叠系、侏罗系和白垩系, 其次为二叠系, 其中上三叠统崔依比组下段灰绿色致密状杏仁状安山-玄武岩夹紫红色中酸性熔岩、凝灰岩为区内主要赋矿层位。经综合整理和研究工作区地质、物探、化探、遥感资料并开展野外地质工作后, 初步查明了科登润铜矿区的成矿背景、矿化特征、控矿因素及规模, 提交铜资源量(333+334) 13.2 万吨, 新发现矿产地 2 处。矿区深部矿体具有变富变厚的趋势。此外, 在F1韧性剪切带的南北延伸地段, 见有沿片理化玄武岩发育的黄铁矿、硅化、孔雀石矿化蚀变特征, 是下一步的找矿方向。

(由中国地质调查局西南资料分馆提供)