

酒东盆地营尔凹陷的扇三角洲

李文厚 周立发

(西北大学地质系, 陕西西安 710069)

赵文智 薛良清

(石油勘探开发科学研究院地质所, 北京 100083)

酒东盆地营尔凹陷中生界的扇三角洲相十分发育, 其沉积作用活跃, 流体类型丰富, 主要以片状颗粒流沉积和片状牵引流沉积共存为特点。区内的扇三角洲沉积分布于紧邻盆地的活动的北部和东部边界断裂一侧, 沉积相带发育齐全, 由扇三角洲平原、扇三角洲前缘和前扇三角洲亚相组成, 纵向上为下粗上细的退积型湖进层序, 表明当时湖盆的沉陷速度超过了沉积补偿速度。扇三角洲相砂、砾岩与较深湖亚相暗色泥岩共生, 加之中生界上部湖相泥岩和白云岩沉积连续, 厚度较大, 构成了一套完整的生储盖组合。

关键词 营尔凹陷 中生界 扇三角洲 片状颗粒流 片状牵引流 生储盖组合

第一作者简介 李文厚 男 48 岁 副教授 沉积学

1 概况

酒东盆地位于祁连山褶皱系的走廊过渡带中段, 东西分别为榆木山和文殊山与民乐盆地和酒西盆地相隔, 南北两侧均为深大断裂所限(图 1), 为一基底主要由下古生界志留系浅变质

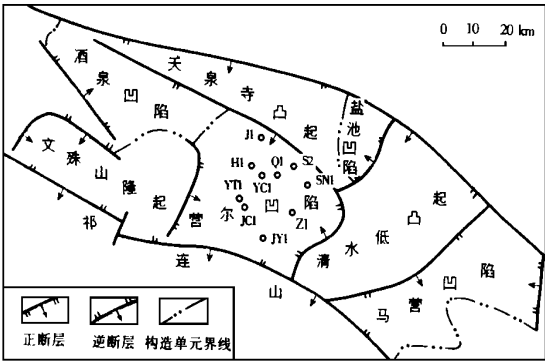


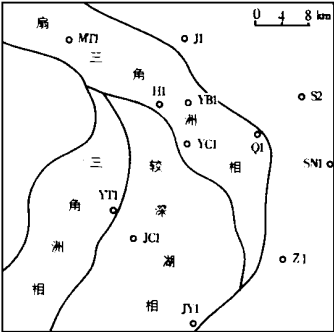
图 1 酒东盆地构造单元划分图

岩系组成的中、新生代陆相沉积盆地。自中生代以来, 印支、燕山和喜山运动对营尔凹陷的形成和发育起到了决定性的作用, 经历了中生代断陷、拗陷期和第三纪大型沉降期三个阶段。其中, 侏罗系和白垩系在营尔凹陷发育了下侏罗统上部大山口组和中侏罗统下部中间沟组以及下白垩统赤金堡组、下沟组、中沟组。侏罗系和白垩系是在营尔凹陷下降, 水域不断扩大, 水体不断加深, 古地形东深西浅, 北高南低, 凹陷的东、西、北三面受边界断层制约, 南部受祁连山控制的古地理环境下沉积的。早中侏罗世时, 凹陷的主体部

位为较深湖相, 西部为三角洲相, 东北部为扇三角洲相。其中的扇三角洲尤为发育, 为研究区最具特色的相类型(图 2)。早白垩世时, 其沉积环境基本上继承了侏罗纪时的沉积格局。

2 沉积特征

本区的扇三角洲都有三角洲平原、三角洲前缘和前三角洲三层结构。扇三角洲层序以加积型为特征, 即下部为扇三角洲平原, 中部为扇三角洲前缘, 上部为前三角洲, 反映了该区处于活动盆地边缘, 湖水由浅变深, 沉降速率大于沉积速率的特点(图 3)。



2.1 扇三角洲平原

扇三角洲的水上部分, 其沉积结构特征和沉积构造特征表现为冲积扇环境, 为灰白色砾岩、砾状砂岩夹少量中-粗砂岩、泥质粉砂岩及泥岩。前者为扇根和扇中沉积, 后者为扇端沼泽沉积。扇根和扇中砾岩以次圆状为主, 分选中等至较差, 呈随机分布, 不具任何定向组构; 基质含量 10%~30%, 主要为中-粗砂, 缺少泥基质, 颗粒支撑或基质支撑, 正粒序明显可见, 且底界较平整。由此可以推测, 砾岩在其形成时, 颗粒间的相互作用产生的分散应力和高密度的砂-水基质的上浮是支撑粗碎屑和保持流体运动的主要因素。一旦摩擦作用解除, 流动迅速停止, 颗粒没有优选方位的机会而杂乱地堆积

图 2 营尔凹陷中下侏罗统沉积相图

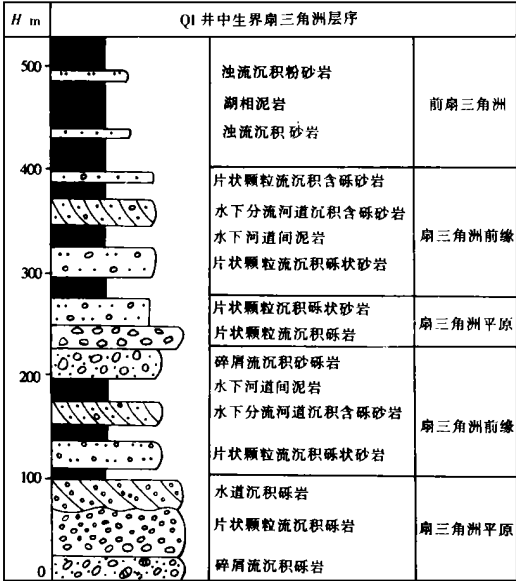


图 3 扇三角洲沉积的纵向层序

下来。砾岩单层厚度较大, 常由多个粗-细的粒序韵律组成, 上下粒序间为突变关系, 表明单个粒序层代表了一次片状颗粒流的沉积事件^[1]。

2.2 扇三角洲前缘

冲积扇入湖之后的水下部分, 也是扇三角洲发育最好的部分。岩性主要为灰色及灰白色厚层状含砾砂岩、砾状砂岩和砂砾岩夹灰黑色、深灰色泥岩, 前者既有重力流沉积, 也有从扇三角洲平原进入到扇三角洲前缘的片状牵引流沉积, 以及水下分流河道沉积, 后者为水下河道间沉积。值得注意的是, 河口砂坝沉积不发育且形状不明显, 这是由于重力流沉积物快速堆积, 从而打断水下分流河道稳定的扩展周期的缘故^[2]。席状砂大都沉积在较深湖区的暗色泥岩或白云岩中, 常与薄层浊积砂岩共生。

2.2.1 重力流沉积

水下沉积物重力流沉积主要为碎屑流沉积物和片状颗粒流沉积物, 这是因为, 扇三角洲前缘部分往往继承了陆上平原部分的沉积特点, 即以灾变性事件形成的碎屑流和颗粒流进入湖盆后继续向下运动形成水下重力流沉积^[2]。本区的碎屑流沉积物由块状砂砾岩组成, 砾石多

呈悬浮状杂乱分布,基质中泥质含量很少,主要是不等粒砂级颗粒。片状颗粒流沉积物由中-厚层状砾状砂岩组成,剖面上呈透镜状,正粒序清楚,底界不具明显的底侵蚀现象,岩层上下与暗色泥岩呈突变接触,周围也为灰黑色浅湖相泥岩。

2.2.2 片状牵引流沉积

沉积物由含砾砂岩组成。岩层成层性好,厚度大多在1 m左右,发育大型板状交错层理,并与浅湖相暗色泥岩互层。顶、底与泥岩为突变接触,顶界平坦,底部可见小规模浅的冲刷槽,但无明显下切泥岩的水道形态。本区的片状牵引流含砾砂岩的形成机理是,阵发性洪峰时期,在扇三角洲平原、前缘等环境堆积了片状颗粒流沉积物,当洪峰开始降落时,由于粗粒物质的停积、湖水的掺入,流体的密度减小,结果片状颗粒流逐渐过渡为密度降低的牵引流,但仍保持了片状流体的特点^[1]。

2.2.3 水下分流河道沉积

由厚层状砂砾岩、砾状砂岩和含砾砂岩组成。岩石的碎屑成分复杂,不稳定的各种岩屑和基质含量较高,分选性较差,磨圆度较低,岩层底部大都具有冲刷面,向上依次为具大型板状交错层理和平行层理的砂砾岩、砾状砂岩及含砾砂岩。反映了水流速度开始时较高,形成冲刷面,首先沉积粒度较粗的沉积物,随着水流速度降低,依次沉积粒度相对较细的沉积物,砂、砾岩层间常夹细粒的水下河道间沉积物。

2.2.4 水下河道间沉积

沉积物主要由暗色泥岩组成,偶尔夹粉、细砂岩及含砾砂岩,水平层理发育。由于水下分流河道冲刷力强,改道频繁,一旦发生改道,沉积物往往被冲刷减薄,甚至完全被冲刷掉,因此常以夹层的形式出现。

2.2.5 席状砂沉积

通常由分选相对较好的薄层状细砂岩组成,与暗色泥岩或白云岩呈互层,这种互层特点可能是陆上水系间隙性发生所造成的,岩层中水平层理及小型沙纹层理发育。

2.3 前扇三角洲

前扇三角洲主要由深灰色、灰黑色泥岩、泥灰岩和白云岩夹灰色薄层状粉砂岩及细砂岩组成。水平层理、砂泥互层水平层理发育,薄层细砂岩具不完整的鲍马序列,可见粒序层理、沙纹层理及水平层理,底部具槽模,粉砂岩具沙纹层理。其中,粉砂岩及细砂岩是浊流沉积的产物,显然,浊积岩的形成,应是陆上平原沉积物重力流经过扇三角洲前缘相带,最终进入前三角洲相带沉积的。

3 相组合及沉积模式

营尔凹陷中生界扇三角洲沉积是一个较典型的退积型扇三角洲层序。其形成过程是,由于山洪暴发,含有大量推移载荷的冲积扇由北部的天泉寺凸起向营尔凹陷泄载,当沉积物的堆积速度小于盆地沉降速度时,扇三角洲砂体则向源区方向退积,或者向侧向转移,其结果便形成下粗上细的退积型的正旋回沉积层序(图3)。该层序三层结构明显,下部为扇三角洲平原沉积,发育片状颗粒流砾岩、水道沉积砾岩和碎屑流沉积砾岩;中部为扇三角洲前缘沉积,发育片状牵引流含砾砂岩、片状颗粒流砾状砂岩、碎屑流砂砾岩、水下分流河道砂砾岩、席状细砂岩及浅湖相泥岩,河口砂坝极不发育;上部为前扇三角洲沉积,以较深湖相暗色泥岩和白云岩为主,夹浊流成因的薄层状细砂岩。

扇三角洲位于凹陷的东北部, 物源区是北部的天泉寺凸起和东部的清水低凸起, 古流方向为SW。值得注意的是, 本区扇三角洲前缘的砂砾岩与暗色泥岩互层或两者呈指状交错, 反映了当时湖泊规模比较小, 湖浪作用不明显, 每当一次洪泛事件发生时, 大量的粗碎屑物质向湖区推进, 紧接着由于蓄水增加, 湖面迅速抬高, 湖区随之扩大, 致使三角洲前缘处于较安静的湖区, 从而接受泥质沉积^[1]。扇三角洲沉积模式如图4所示。

研究区内扇三角洲的沉积学特征向我们揭示: (1) 扇三角洲沉积分布于紧邻盆地活动的北部和东部边界断裂一侧, 为粗粒的加积层序; (2) 扇三角洲沉积总体上为湖进型层序, 表明当时湖盆的沉降速度超过了沉积补偿速度; (3) 扇三角洲沉积物的成分熟度和结构成熟度都很低, 而且片状颗粒流沉积特别发育, 说明与近源冲积扇堆积的阵发性再活动有关, 加之沉积物的搬运距离短, 堆积速度快, 依次反映了构造活动带的沉积盆地的特点。

4 扇三角洲与生储盖组合的关系

扇三角洲与海相或湖相生油层指状接触或上倾尖灭, 可作为有利的潜在油气藏。尽管许多扇三角洲层序中产油与构造作用有关, 但与扇三角洲有关的岩性多变性使地层圈闭具有重要意义^[3]。营尔凹陷前扇三角洲和扇三角洲前缘分别处于较深湖亚相和浅湖亚相环境中, 暗色泥岩、页岩、白云质泥岩及泥灰岩可作为良好的生油层。如 JC1 井及以东地区, 中下侏罗统生油岩面积达 150 km^2 ^[1], 厚度在 500~1 000 m 之间; H1 井、YC1 井至 JC1 井的中西部地区, 下白垩统中沟组生油岩面积 500 km^2 ^[1], 厚度可达 1 000 m。特别是 YC1 井在中、下侏罗统近百米厚的地层中连续见到多层油迹和黑色软沥青, 经分析其组分为沥青质占 43.19%, 烷烃和芳烃占 36.80%, 非烃占 20%, 初步认为是油气运移后残留下来的重质组分。JC1 井中、下侏罗统有机碳平均为 0.65%, 氯仿沥青 A 平均为 0.077 2%, 总烃平均为 527×10^{-6} , 经过恢复之后有机质丰度较高, 有机质类型也好于吐哈盆地煤系中的泥岩。

与辫状河三角洲相比, 扇三角洲的储层质量较差。这是因为扇三角洲储集砂体分选差, 高含量的泥基质限制了单层的连通范围, 并常为粘土和碳酸盐胶结高度固结化^[3]。然而, 在前陆盆地和板内裂谷沉降盆地中, 人们发现扇三角洲的油气勘探的重要性并不亚于辫状河三角洲, 它们常常形成混合构造-地层圈闭。在中国东部的第三纪裂谷盆地中, 扇三角洲油田为常见的油气聚集类型^[4]。营尔凹陷的扇三角洲砂体尽管孔隙度、渗透率较低, 但由于它夹于生油岩之间, 有利于下部生油岩的烃类向上运移, 上部生油岩的烃类侧向或向下运移, 因此仍不失为本区较为有利的储集体。尽管中、下侏罗统扇三角洲前缘砂体的孔隙度一般在 1%~10% 之间, 渗透率平均 $1.87 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 但下白垩统扇三角洲前缘砂体的孔隙度平均 11%, 渗透率平均 $156 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 显然具备了良好的储集条件。

营尔凹陷前扇三角洲发育良好, 可作为区域及局部盖层。如下白垩统中沟组泥岩和白云岩沉积厚度大, 分布范围广, 既是主力生油层, 同时也可作为范围较广的盖层。下白垩统下沟

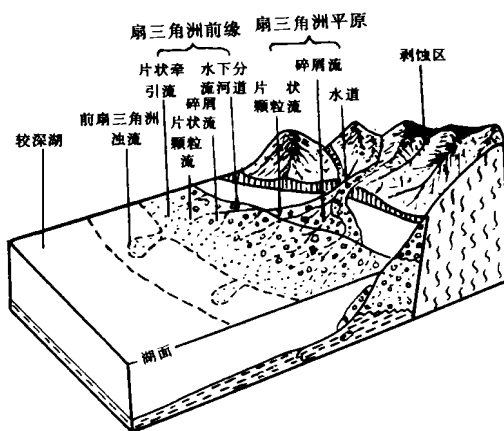


图4 扇三角洲沉积模式图

组有一层厚 60~ 120 m 的棕红色泥岩, 分布较稳定, 也可以做盖层。上述地层沉积连续, 厚度较大, 且少有断层穿过, 是十分理想的区域盖层。

参 考 文 献

- 1 刘宝珪, 余光明, 陈成生. 西藏日喀则地区第三系大竹卡组砾质扇三角洲——片状颗粒流沉积. 岩相古地理, 1990, 10 (1): 1~ 11
- 2 李维峰, 高振中, 彭德堂等. 库车坳陷早三叠世三角洲相及伴生沉积. 石油与天然气地质, 1995, 16(3): 216~ 221
- 3 McPherson J G, Shanmugan G, Moiola R J. Fan-deltas and braid deltas: varieties of coarse-grained deltas. Geol Amer Bull, 1987, 99(5): 331~ 340
- 4 薛良清, Galloway W E. 扇三角洲、辫状河三角洲与三角洲体系的分类. 地质学报, 1991, 65(2): 141~ 153

FAN-DELTA IN YING' ER DEPRESSION, JIUDONG BASIN

Li Wenhou Zhou Lifa

(*Department of Geology, Northwest University, Xi'an, Shaanxi*)

Zhao Wenzhi Xue Liangqing

(*Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Beijing*)

Abstract

Mesozoic fan-delta facies in Ying'er Depression, Jiudong Basin developed well. It's sedimentation is brisk and fluid types are abundant. Sediments are mainly sheet grain flow deposit associated with sheet tractional deposit. The fan-delta deposits in the region are distributed close to active boundary faults to the north and east of the basin. It's sedimentary facies belt, including fan-delta plain, fan-delta front and pre-fan delta subfacies, developed completely. In vertical direction, the fan-delta is a set of retrograding ingression lacustrine sequence with coarse sediments in the lower part and fine ones in the upper part, suggesting that subsiding velocity of lake basin surpassed sedimentary compensation velocity. The sandstones and conglomerates of fan-delta facies and dark mudstone of deeper lake subfacies are paragenous in the region. In addition, sedimentary sequence of mudstone and dolostone of lake facies is continuous in Upper Mesozoic and its thickness is big. They constitute a set of complete source-reservoir-cap rock assemblages.