

陕甘宁盆地晚三叠世的三角洲

李克勤

(长庆油田勘探开发研究院)

引言

陕甘宁盆地是一个矩形内陆构造盆地,晚三叠世盆地在左旋剪切力作用下形成后接受的第一套沉积物就是延长组,它是生储盖发育齐全配套的湖相沉积。横向上相带分布变化有序;纵向上湖进、成熟、湖退三大阶段发育明显。

延长组的所有油层,均属低产低渗油层,勘探这套油层需要在沉积相研究的基础上,筛选出有利生、储油配置,即在低渗区中找相对高渗区,在低产区中找相对高产区。三角洲的研究是一个重要的方面。

盆地南部(长城以南),是晚三叠世多期沉积的中心,三角洲主要发育于此。这些三角洲不仅有完整的垂向层序,而且有平面分布及生长变异。利用井下资料,比较完满地解决了盆地三角洲研究中的有关问题。

一、三角洲的特征

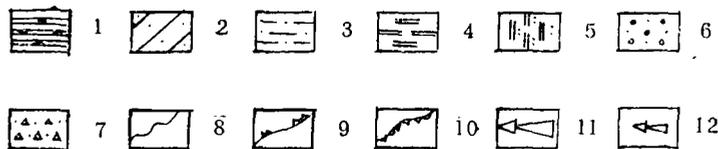
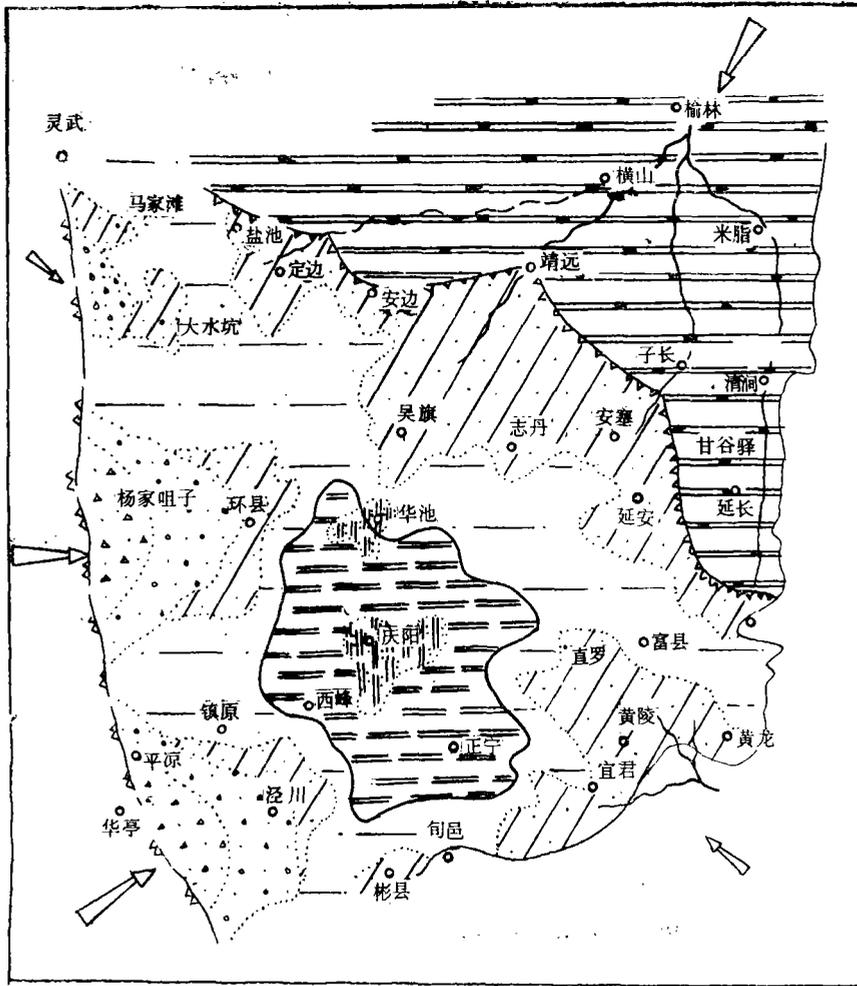
1. 平面发育情况

陕甘宁盆地晚三叠世各期(从长₁₀到长₁)沿古湖岸线均有三角洲的发育,常常组成扇裙,具有成群分布特点。以长₁期为例,可以看出一般的分布规律(图1)。长₁期盆地是一个四周封闭的内陆湖泊,轴向北西—南东,湖岸线呈三角形由北西向南东展开,西缘由灵武至华亭,北界自盐池到靖边,东到黄龙,南界黄陵—彬县一线。

湖盆中心偏西南,在华池—庆阳—正宁一带。相带东宽西窄,反映湖盆东浅西深状态。沿湖岸线发育大型三角洲,自北而南有定边三角洲、吴旗三角洲、陕北三角洲、黄陵三角洲、铜川三角洲、彬县三角洲等。这些三角洲以吴旗三角洲最大,垂向层序100米,展布面积近一万平方公里,其次是黄陵三角洲及陕北三角洲,垂向层序70—60米,展布面积约5000平方公里,彬县三角洲最小,垂向层序20米,展布面积约500平方公里。

吴旗三角洲共钻井31口,勘探程度较高,控制范围东西长约100公里,南北宽约60公里,其北界尚未超出三角洲的范围。因它是四期三角洲砂体的复合体,故其平面形态总体呈云朵状,但个体呈鸟爪状。周边范围西达安边,东抵安塞,北到靖边,南至吴旗。

三角洲的大小,主要受沉积物源补给程度的控制,盆地东北部为最主要的物质来源



- 1. 三角洲平原相 2. 三角洲前缘相 3. 浅湖相 4. 深湖相
- 5. 浊积相 6. 水下扇中扇相 7. 水下扇上扇相 8. 地层出露线
- 9. 抬升侵蚀线 10. 湖岸线 11. 主要物源 12. 次要物源

图1 陕甘宁盆地南部晚三叠世长6期沉积相图

Fig. 1 Sedimentary facies of Chang-6 Stage of the Late Triassic in the south of Shanxi-Gansu-Ningxia Basin

区，波及面积最大，定边、吴旗、陕北三角洲的沉积物均仰其供给，因吴旗地区首当其冲，故规模最大，向定边、陕北逐渐减小。盆地东南部及南部均系一些短暂的补给地区，仅在沉积高峰即长6期有三角洲出现，其余时期均为湖侵范围。

2. 垂向层序(成因单元)

盆地内晚三叠世三角洲,均有完整的垂向层序,各期比较只有厚度的变化(图2)而无本质的区别。其中以长。期的吴旗三角洲垂向层序最厚,资料配套完整,现以剖2井(全取心井)为例,自下而上为(图3):

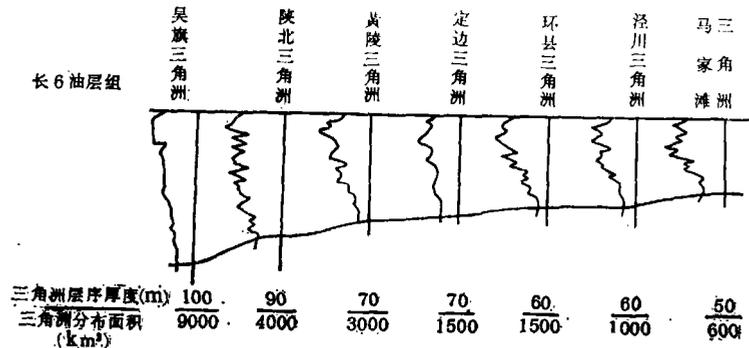


图2 三角洲层序厚度与面积关系图

Fig. 2 Relationship between the delta sequence thickness and its area

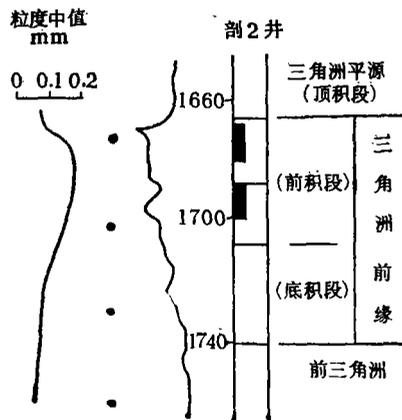


图3 吴旗三角洲垂向层序

Fig. 3 Vertical sequence of Wuqi Delta

底积段(相当于砂坝外带及砂坝远端):厚约30米,以深灰或黑灰色泥岩为主,夹薄层粉砂岩及泥质粉砂岩。自然电位幅度显示泥质岩类特点。油层物性不好,粉砂岩的孔隙度一般6%,渗透率一般0.06毫达西,轻微含油。粉砂岩中常见交错层,泥岩中砂质条带呈搅动及揉皱状。常含植物化石碎片,偶见介形虫。

前积段(相当于砂坝内带):厚约38米,以灰或灰白色硬砂质长石砂岩为主,下细上粗,构成反旋回。下为粉细砂岩,中为细砂岩,上为中细砂岩。自然电位曲线呈倒三角洲,下部偏负幅度小,往上偏负越明显,与粒度下细上粗的变化一致。下部细砂岩物性较差,孔隙度8%,渗透率0.1毫达西;中部细砂岩物性稍好,孔隙度10%,渗透率0.2毫达西;上部中细砂岩物性变好,孔隙度13%,渗透率1—3毫达西。砂岩均含油,

但以上部含油最好，是主要含油部位，厚30米左右。中上部沉积构造，以低角度斜层理为主，底部粉细砂岩中见搅动构造。

顶积段（相当于三角洲平原相）：厚约35米，以深灰色或黑灰色泥岩为主夹薄层含泥质粉砂岩。泥岩含碳质，以三角洲平原相泛滥沼泽的沉积为主。自然电位呈低平状，电阻高低变化大呈锯齿状。物性较差，孔隙度一般为5%，渗透率 <0.1 毫达西。泥岩具水平层理或与层面大致平行的砂质及碳质条带，偶有搅动构造，粉砂岩中具微细交错层。在粉砂岩及泥岩中普遍见植物化石碎片及虫孔，并有斧足类化石。

上述底、前、顶三段组成一个完整的反旋回垂向层序，是高能沉积作用取代低能量沉积作用的结果，是三角洲沉积的主要特征。

3. 主体砂层发育程度

三角洲的垂向序列厚度的大小与三角洲的平面展布面积成正相关，垂向序列越厚，分布面积越大（图2）。垂向层序越厚，主体砂岩就越厚（油气储集层），物性和含油情况变好。

4. 分期与生长

一个包括底、前、顶三层序发育完整的垂向序列即为一期三角洲。将同期三角洲按照反旋回序列的相似性进行归类，依据三角洲岩性向湖心方向变薄变细的原则，在横向上加以联结，就恢复了三角洲的横剖面，可以看出三角洲的叠复、生长情况。以吴旗三角洲为例，它是四期三角洲的复合体（图4）：第一期仅在剖1井井下钻遇其底积段，前积段及顶积段已延伸到探井以外；第二期在剖1井钻遇其顶、前积段，底积段延伸至剖2、3井及白1井；第三期在剖2、3井钻遇其顶、前积段，底积段延伸至白1井及华49井；第四期在白1井钻遇其顶、前积段，底积段延伸至华49井及剖7、8井。四期三角洲逐层叠复，向湖心方向生长。这是湖退期沉积建造的一种特征，表明其沉积速度大于沉积基底下沉速度。

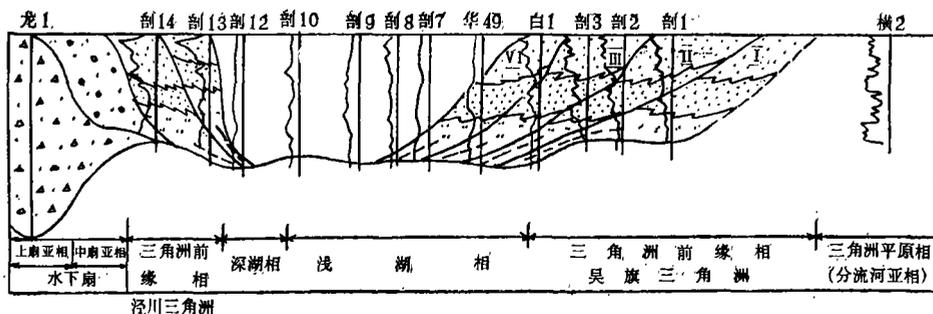


图4 吴旗三角洲横剖面图

Fig. 4 Cross Section of Wuqi Delta

从储层角度出发，研究砂层油层发育时，可将不同期三角洲的前积段及底积段连接起来，这样有相近的岩性、物性、含油性，便于评价油层发育情况。

5. 三角洲的变迁

三角洲的变迁是指各期三角洲的结合方式，陕甘宁盆地基本有三种情况；

一种是湖进型，在湖盆形成发展阶段内形成，其沉积速度小于湖盆下沉速度，湖盆范围逐渐扩大，各期三角洲逆湖心方向逐层外迁，造成三角洲与三角洲横向上大面积展开（图5-I）。

一种是湖退型，形成于湖盆退缩阶段，其沉积速度大于湖盆的下沉速度，三角洲逐层向湖心方向内移，湖盆收缩，同样造成三角洲与三角洲的横向上的大面积展开（图5-II）。

另一种是稳定型、即沉积速度与湖盆下沉速度相适应，三角洲就地建设，逐层叠复，造成三角洲与三角洲在一个地区的重复发育（图5-III）。

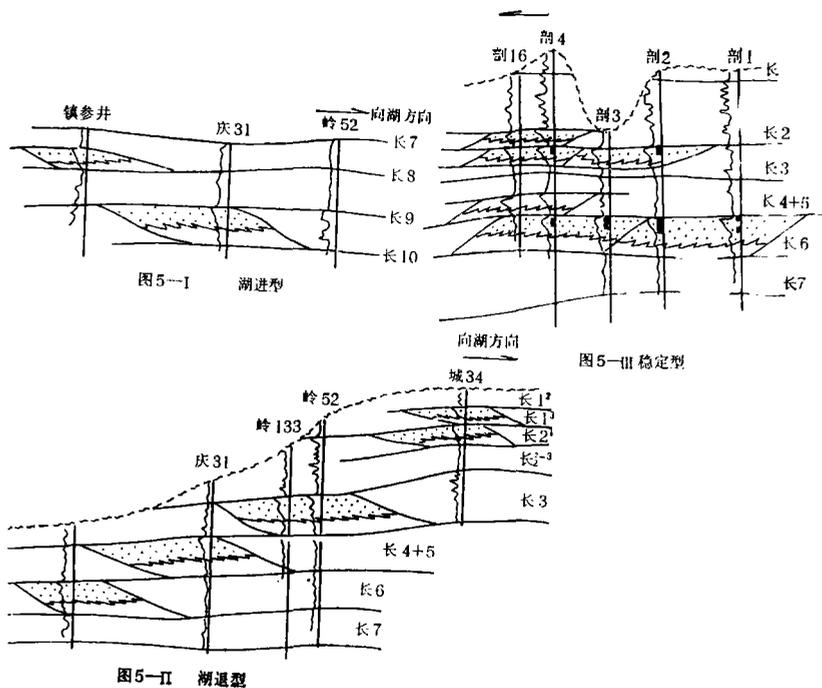


图5 三角洲变迁图

Fig. 5 Evolution of the delta

从勘探角度出发，以上三种变迁特征，造成两类三角洲的展布方式，即叠复式及展开式。在叠复式三角洲发育区，一口井打下去可穿过两个以上的三角洲砂体，获得成功的可能性就大一些，例如吴旗三角洲，在长₆、长₃两套油层中均钻遇三角洲含油砂体；在展开式三角洲发育区，一口井打下去，只能穿过一个三角洲砂体，成功的可能性就小一些。但如果产油良好，就可获得较大的复合连片面积。从地区分布上来看，盆地东北部是展开与叠复的复合体，横向上同层位属于展开式，如图5-III中的长₆及长₃油层组，纵向上异层位属于叠复式，如同图中长₄₊₅、长₃油层组；盆地西部纯属展开式（图5-II）。因此，若寻找三角洲油藏，以盆地东北部较为有利。

6. 在盆地演化中变异

陕甘宁盆地晚三叠世的三角洲，从长₆到长₁均有发育，其发育规律，经历一个由小

到大又由大到小的过程，即由长₆到长₁。三角洲的垂向层序厚度由30米逐渐增大到100米，分布面积由600平方公里增大到9000平方公里；由长₆至长₁又由大逐渐变小，垂向层序厚度由100米渐降至50米，分布面积由9000平方公里下降为150平方公里（图6）。这一变化与湖盆的形成、建设、消亡紧密相关：由长₆到长₇是湖盆的形成阶段，三角洲的建设规模逐层扩大，长₆达到顶峰，出现了大规模的三角洲建设。过了长₆直到长₁，是湖盆的填实收敛走向消亡的时期，三角洲的建设规模亦随之减小，而沼泽相的沉积大面积出现。

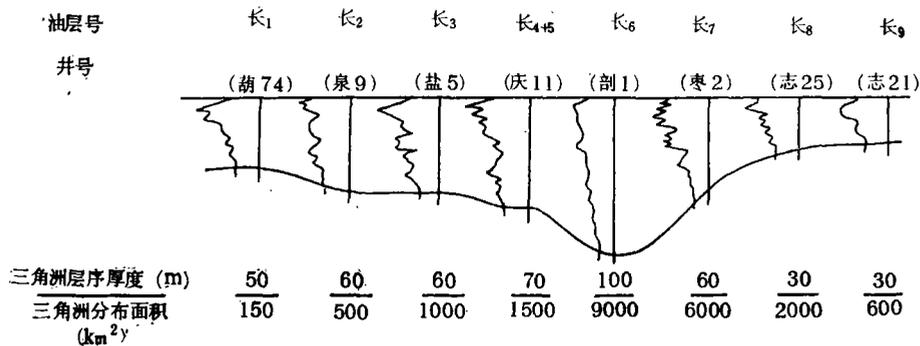


图6 三角洲发育规模与空间演化规律图

Fig. 6 Law of the development scale and evolution of the delta

7. 主要建设期及发育区

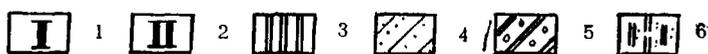
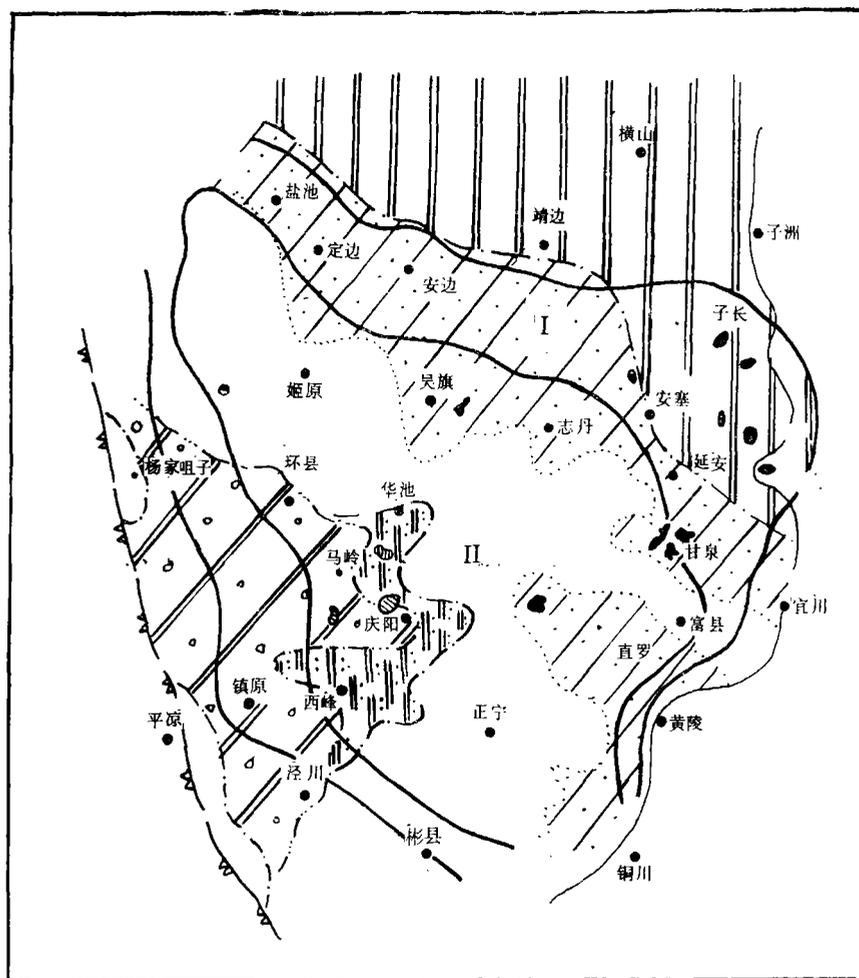
在陕甘宁盆地晚三叠世沉积发展过程中，三角洲的建设有主要的时期及主要的地区（图6），长₆期及长₃期是两个主要的建设期。长₆期三角洲建设规模及发育地区如前所述。到了长₃期，由于沉积作用再次加强，开始了又一次全区的三角洲建设，各个三角洲在与长₆期相近的位置上发育，并向湖心方向有明显的推进。如定边三角洲已达盐26井区，向南延伸了约20公里。吴旗三角洲两侧向铁边城及永宁方向也有所扩展。陕北三角洲已生长到甘泉、下寺湾及葫43井区。黄陵、铜川三角洲规模小且向湖岸方向退缩。由此可知盐池一定边、靖边—吴旗、子长—安塞、延安—甘泉是四个主要的发育区，两期三角洲在这些地区叠加并向湖心方向推移。在每期三角洲建设后均伴随一期全区性的沼泽化，如长₆期建设后有长₄₊₅期的沼泽化，（沼泽相，尚具有一定的生油能力）长₃期建设后长₂特别是长₁期的大面积的沼泽化。这样就形成了纵向生、储、盖配套完备的含油组合，为油气藏的形成，提供了基本的地质条件。

二、三角洲体系的找油前景

陕甘宁盆地晚三叠世的沉积相总特征，可以概括为盆地东北部的三角洲体系及西缘的水下扇体系。

三角洲体系，包括三角洲前缘相及三角洲平原相两大沉积相带（图7），分布地区

北到靖边，南达吴旗，西抵盐池，东迄安塞、宜川，面积约两万平方公里。据资源评价结果其资源量占延长统总资源量的47%，所以盆地东北部是寻找三角洲体系油气资源的主要领域。



1. 最有利生油区 2. 有利生油区 3. 辫状河及分流砂体复合发育区
4. 三角洲及分流河砂体复合发育区 5. 水下扇中扇复合发育区 6. 水下扇下扇相浊积发育区
7. 油田 8. 含油区块 9. 地层出露线 10. 地层抬升侵蚀线

图7 陕甘宁盆地南部上三叠系勘探成果及两大沉积体系展布图

Fig. 7 Exploration results and distribution of the two depositional systems of the Late Triassic in the south of Shanxi-Gansu-Ningxia Basin

长₇主要生油期时，该区处于有利生油区内，以后长₆、长₃、长₂各期发育有利储油相带，叠置于生油层之上，长₄₊₅及长₁期又发育区域性沼泽相泥岩，构成两套最优生储盖配置，导致长₆、长₂等区域性油层的形成。

长₆的大型三角洲前缘砂体，从定边到延安广泛分布。吴旗地区已钻遇油流，安塞地区已获具有工业开采价值的含油区块。三角洲平原相带中的分流河道砂体，遍及盆地东北边缘，已多处获得工业性油流，延长、甘谷驿、子长油田均属此类。长₃期再度发育三角洲及分流河道砂体，安塞已发现高产出油井点，其勘探前景应给予重视。长₂期三角洲的规模缩小，分流河道砂体的分布范围扩大，吴旗地区已发现重要含油区块、安塞地区获高产无水油流。

该体系长₆后，长期处于湖盆边缘，成为油气侧向运移的有利场所。在现今区域构造位置上处于陕北斜坡的北段，属区域性上倾部位，成为晚白垩世至早第三纪油气成熟后运聚的有利指向，且这一部位上三角洲前缘远端，分流河道间沼泽中的粉砂岩及泥岩，可形成岩性遮挡，为油气富集创造条件。同时分流河道砂岩，厚度大（50—100米），压实后可成为鼻状圈闭，形成富集区。

（收稿日期 1984年2月16日）

参 考 文 献

- 〔1〕吴崇筠，1981，湖泊沉积相的划分，《石油勘探与开发》，第2期。
- 〔2〕C.E.B. Conybeare, 1976, *Geomorphology of Oil and Gas Fields in Sandstone Bodies*. P 93—138
- 〔3〕R.J. Weimer, 1978, *Environments of Deposition*, AAPG, Continuing Education Course Note Series. 2. P. 59—68.
- 〔4〕R.J. Weimer, 1978, *Deltaic Environments*, AAPG, Continuing Education Course Note Series 2. P 69—96

LATER TRIASSIC DELTAS IN SHANXI-GANSU-NINGXIA BASIN

Li Keqin

(Scientific Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Changqing Petroleum Exploration Administration)

Abstract

Yanchang series of the Triassic in Shanxi-Gansu-Ningxia Basin is lacustrine facies consisting of developed source rocks, reservoirs and cap rocks. Its depositing center is in the south of the basin where multiple-stage deltas

were formed. They are the target stratum in oil exploration of low permeability sandstones.

Wuqi Delta is a typical one in these deltas. It has a perfect vertical sequence made up by the bottom, front and top of the delta. If the distribution of the delta is mapped with drilling data within 6000 km², it looks just like a lobate. It is one of the construction-type deltas, which were formed under the condition of parity energy from two directions of lake and river. Through delineating the deltas of different periods and connecting well by well, it may be seen that it was formed by overlapping four deltas of different periods and extended toward the lake center. The drilling results are described in details, and sand bodies both in the distributary streams of the delta plain and in the delta front are regarded as predominant reservoir belts, thus providing the basis for estimating this delta.

Having described Wuqi Delta, the author analysed and summarized the development characteristics of the Later Triassic deltas in Shanxi-Gansu-Ningxia Basin and found out the following preliminary rules:

(1) The deltas existing in a basin are always in groups, not in individuals;

(2) The developing scale of deltas is mainly controlled by the supply degree of deposits;

(3) There is a direct proportion between the vertical sequence thickness of the delta and its plane distribution area. The thicker the vertical sequence, the thicker the main sandbody and the better the permeability and porosity as well as the prospecting result;

(4) Along with the formation, development and disappearance of the basin, the deltaic area has undergone a developing process from small to large and then to small. The period of deposit peak was slightly later than the heyday of basin formation;

(5) There were major construction periods and certain development areas for a delta in the basin. After each construction period, regional planation or swampezation occurred, thus a favourable prospecting area matched with source rocks, reservoirs and cap rocks was formed;

(6) There are two kinds of combination types of deltas in various periods, overlap type and spread type. The former is characterized by overlapping of multiple-stage deltas and distributed in the northeast of the basin, which is the most favourable area to exploration. The later transversally spreads in wide area and is distributed in the western margin of the basin, where there would be a large oil area once oil is found there;

(7) Oil prospects of deltaic system throughout the northeast part of this basin, the match relationship of source rocks and reservoir rocks, trap conditions and exploration difficulties are also discussed and evaluated. Finally, the author makes some suggestions concerning further drilling work.