

构造湖盆三角洲与油气分布¹⁾

吴崇筠

(石油部石油勘探开发研究院, 北京)

一、构造湖盆三角洲的特点

中、新生代时期, 中国东部发育了许多构造湖盆, 如松辽盆地白垩纪的拗陷湖盆, 渤海湾盆地早第三纪的断陷湖盆。这些湖盆深水区的暗色泥岩是良好生油层, 邻近深水

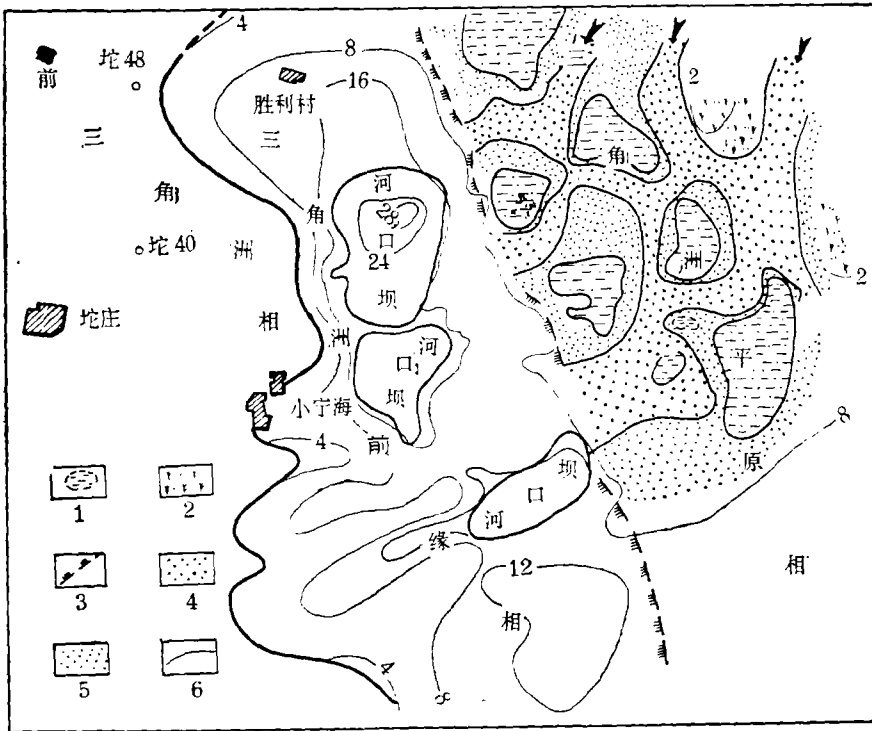


图1 胜坨油田八砂层组8³砂层沉积相

1. 河漫滩 2. 河间洼地 3. 湖岸线 4. 高速河床 5. 低速河床 6. 砂层等厚线
(据李培基、张丽梅, 1979)

Fig. 1 Sedimentary environments and facies map of subzone 8³, Shengtuo oilfield, showing three-zone configuration of Shengtuo delta (after Peiji Li and Limei Zhang, 1979)

1) 本文曾在加拿大第十一届国际沉积学会上宣读

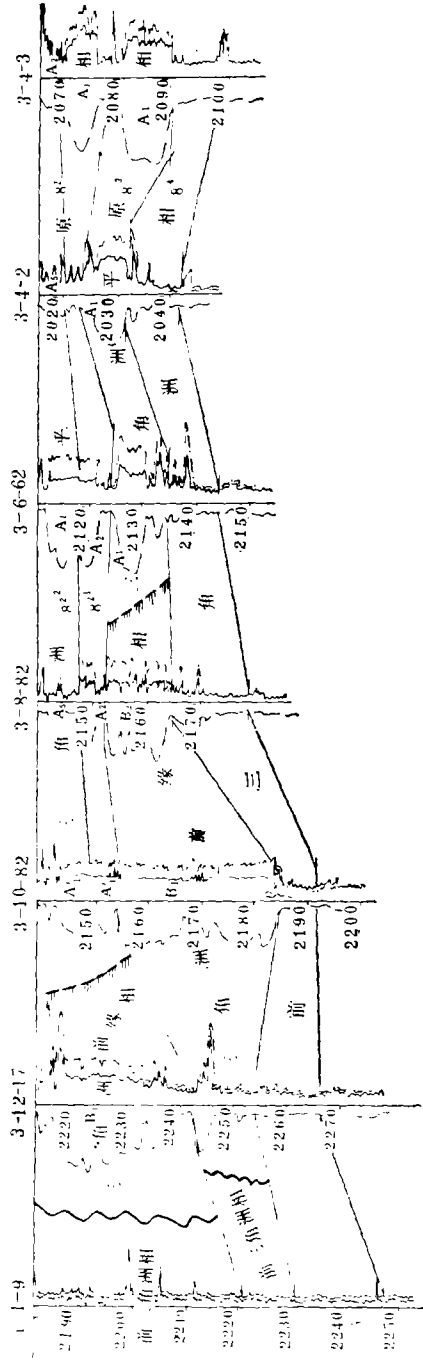


图2 胜坨油田八砂层组东西向沉积相剖面
 (据李培基、张丽梅, 1979)
 Fig. 2 East-west cross section of subzone 8³, Shengtuo oilfield.
 Showing 3 layers of Shengtuo delta (After Peiji Li and
 Limei Zhang, 1979)

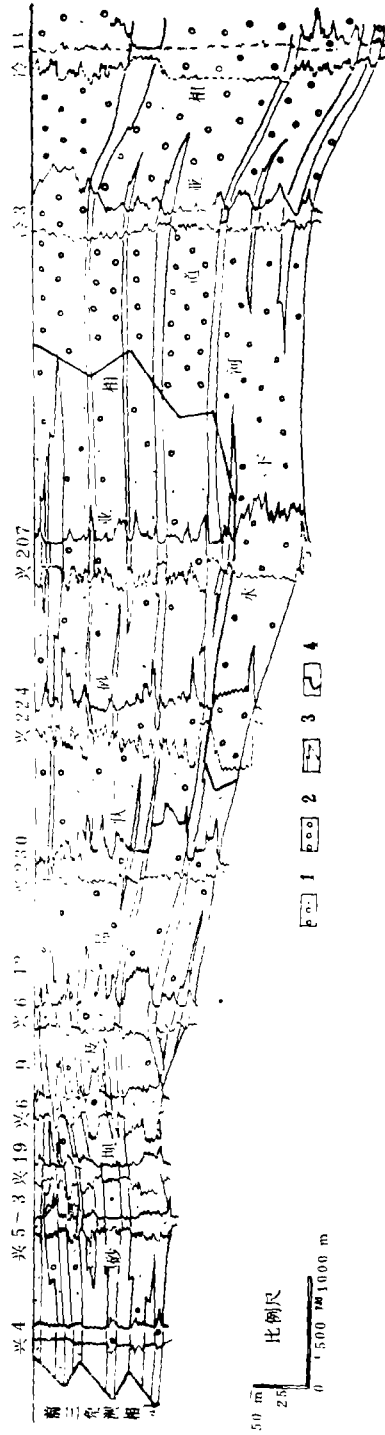


图3 辽河西部凹陷东斜坡沙二段兴4井至冷11井沉积剖面

1. 砂坝及席状砂亚相 2. 水下河道亚相 3. 岩性界线 4. 亚相界线
(据薛述浩、金万莲, 1979)

Fig. 3 Cross section of Sha-2 member on the slope of western Liaohede depression. Showing the location relationship of subaqueous distributary channel, distributary mouth bar and sheet sand (Modified from Shuhao Xue and Wanlin Jin, 1979)

区的砂体是储油层。湖盆中的砂体有三大成因类型,三角洲砂体、浊流砂体和滩坝砂体,其中以三角洲砂体最为发育,油气最富集。

湖盆与海盆相比,面积小,水浅,湖浪和湖流都较弱,无潮汐作用,物源近,地形起伏大,入湖河流急促,携带泥砂量高,所以河流作用影响大。三角洲属于河流作用为主的类型。河流类型中除常年河流外,有许多是中小型的季节性间歇河,三角洲特点有所差别。

湖泊三角洲是在河流入湖的湖盆边缘缓坡浅水地带形成的向湖突出的略呈三角形的砂泥沉积体。河流入湖后,流速骤减,携带的碎屑物质迅速堆积下来,其中泥和细粉砂等物质多呈悬浮态向前搬运至较深湖地区沉积,形成前三角洲泥带。较粗的物质在河口堆积,同时经受波浪(包括沿岸流)的簸选改造,形成较纯净的河口砂坝砂体和席状砂体,为三角洲前缘带。河流继续输入碎屑物质,三角洲前缘砂体不断地向湖延伸,覆盖在前三角洲泥之上,同时逐渐长高,堵塞水流,致使河流分叉或切穿河口砂坝而过,形成分流河道,这些水面以上的分流河道及河道间的漫滩沉积,复盖在前缘带之上,形成三角洲平原带。随着河流继续输入碎屑物质,上述三带呈阶梯状迭复式地不断向湖延伸,湖岸线相应地向湖推进。因此,无论从平面上从湖心向岸,还是垂向剖面上从底向顶,都会依次出现前三角洲泥带(层)—三角洲前缘带(层)—三角洲平原带(层)这样的三带或三层结构,相变代表湖泊沉积—河湖共同沉积—河流沉积的反旋回性质,这是湖泊三角洲共同的最基本的特点,与入海的河流作用为主的三角洲类似(图1、2、3)。

湖泊三角洲的前三角洲泥带与周围的半深和深湖中泥岩是逐渐过渡的,无法严格区分。

前缘带是三角洲的重要组成部分,有三类砂体,从湖岸向湖心方向依次是水下分流河道砂体、河口砂坝体和席状砂体,图3示水下水道砂体、河口砂坝和席状砂体的电测曲线特点和分布关系,后部砂体作者认为大部分是水下河道。可以看出,水下分流河道在湖泊三角洲中很发育,它们是水上三角洲平原上分流河道在水下的继续,呈狭窄的条带砂体,垂直岸线分布,周围是灰色、灰绿色富含生物化石的湖相泥岩,正韵律,发育单向水流大型交错层理,岩性与分流河道类似但粒度稍细。

河口砂坝是前缘带最有代表性的砂体,一般由粉细砂组成,但顶部可出现少量粗砂和细砾以及生物碎屑薄层。反韵律向上变粗,层序很清楚,上部可有小至中型交错层理,以低倾角和倾向多变为其特点。

席状砂体为细的粉细砂组成,反韵律特点不如河口砂坝明显。

三角洲平原带的主要沉积是分流河道的条带砂体(多为中、细砂组成)及河漫席状薄砂泥互层和泥炭夹层,剖面上呈明显的向上变细的层序,与曲流河剖面类似但粒度稍细。有些湖泊三角洲的三角洲平原沉积物的粒度比上述粗得多,如辫状河沉积。

当河流基本稳定在同一位置时所形成的三角洲的三带(层)组合,称为三角洲叶体,略呈薄透镜体。在某一段地质时期,由于相邻地区沉积的不均匀或其它原因引起河流改道,造成新三角洲叶体的前后左右迁移甚至向上多个叶体的迭置,形成三角洲复合体,简称三角洲。叶体之间有薄层湖进式的席状砂、泥和泥炭层。

可见,湖泊三角洲的三层结构组成的反旋回性质是最基本的特点,其次是前缘带砂

层的反韵律性质，砂体中具牵引流沉积构造，水下分流河道发育。沉积环境处于正对河流入口的浅水缓坡地带，以区别于陡坡深水地带的浊流砂体和远离河流入口的沿岸滩坝砂体。

三角洲适于在湖盆及四周地形比较平缓的地方发育。湖盆发育过程中可有多期三角洲发育，特点有些差异，其中以湖盆发育早中期两次大湖进之间的湖退阶段所形成的三角洲的生储盖条件最好。如松辽盆地白垩系青山口组至姚家组的大庆三角洲和渤海湾盆地第三系渐新统沙河街组沙三上至沙二段的三角洲。本文以它们为例来说明其沉积特点和分布规律。

二、构造湖盆内三角洲的平面分布特点

湖盆中砂体的发育受区域构造活动、气候、物源和地形等因素的控制十分明显。在同一盆地同一时期气候和物源条件类似的情况下，地形是控制砂体发育的主要因素，而构造活动又是控制地形的基础，这在构造湖盆中表现得尤为清楚。

拗陷及断陷湖盆，地形上多为不对称的伸长状。如渤海湾盆地在早第三纪时被许多断块分割成众多的断陷湖盆（图4），呈簸箕形或V形裂谷，湖盆长轴平行主断裂，深湖区靠近主断裂一侧。湖盆长轴的一端或两端有长而缓的斜坡，入湖河流较长，物源较远。短轴靠主断裂一侧的斜坡较陡，水较深，物源较近，短轴另一侧为较宽缓的斜坡。松辽盆地在白垩纪时虽已由断陷转化为统一的拗陷型大湖盆（图6、7、8、9），地形大为简化，但整个地形仍具有北高南低，西陡东缓，南北伸长的不对称特点。由于湖盆四周地形条件不一样，输入物质和水动力条件不同，形成三角洲的特点也有差别，可分为长轴三角洲、短轴陡坡三角洲和短轴缓坡三角洲三类。

1. 长轴三角洲

分布于湖盆长轴高的一端面对碎屑物源的长缓斜坡上。如大庆三角洲，它位于松辽湖盆北部长缓斜坡上，地层属白垩系青山口组至姚家组，介于青山口组一段和嫩江组两次大的湖进之间的湖退阶段。物源来自北面小兴安岭的花岗岩，从山麓到湖岸，冲积扇、河流泛滥平原到三角洲依次发育齐全。河流较长，与三角洲紧邻。三角洲从黑鱼泡开始，向南延伸到葡萄花，伸入深湖区。三角洲叶体呈伸长的鸟足状或舌状，三带齐全。由200多个叶体组成的三角洲复合体其总面积达2万多平方公里，最厚达500米以上。向南推进最远的姚一段葡I—4砂层组沉积时的延伸距离约200公里，河流区的坡度小于0.5米/公里，三角洲平原区的坡度小于0.1米/公里，前缘带坡度是0.8米/公里。大庆三角洲的沉积特点可归结为体积大，形状长，厚度大，相带齐全，粒度适中，伸入生油区。

大庆三角洲的三角洲平原带发育很好，分流河道砂体特别发育，多呈较稳定的近于平行的条带，三角洲长轴平行湖盆长轴（图10）。剖面上呈底凸顶平的较对称的透镜体，主要成份为中细砂，具向上变细的层序，砂层单层厚度一般4—8米，最厚10米。河道间为灰色或灰绿色夹红色斑块的泥岩。三角洲前缘的河口砂坝主要为粉细砂组成，具有向上变粗的层序。砂层一般厚5—10米，最大厚度20米，岩性均匀，席状砂粒度更细，层薄。水下分流河道砂，呈向上变细的层序，常与河口砂坝砂迭合组成由细到粗再到细的复合韵律。

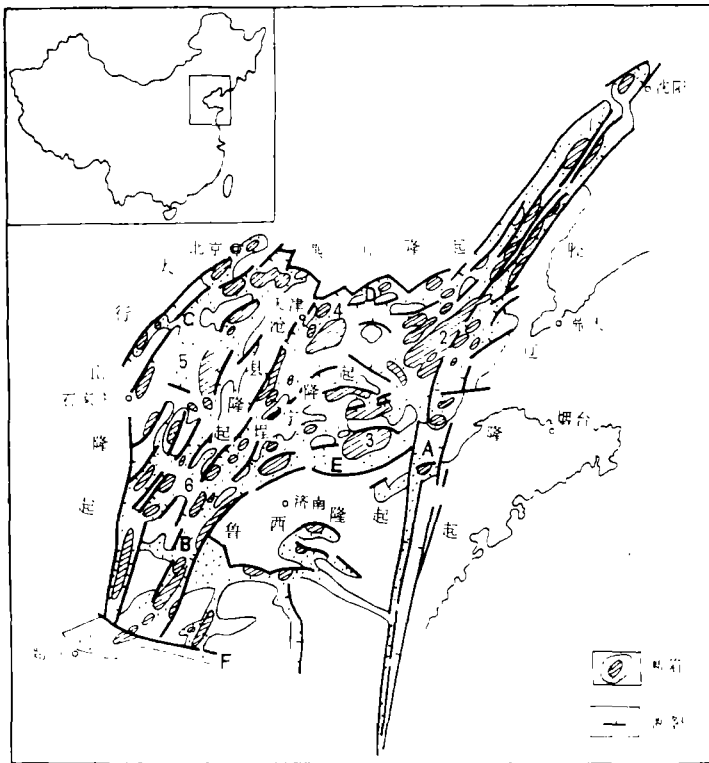


图4 渤海湾盆地地下第三系断陷与隆起分布

(据李德生, 1981)

Fig. 4 The distribution of down faulted basin and uplifts, early Tertiary, Bohai Bay basin (After Desen Li, 1981)

大庆三角洲由于伸入深湖区, 顶底又有良好的生油层和盖层, 生、储、盖、保条件都很好。由于砂泥差异压缩, 三角洲所在地区呈低角度背斜锥形突出于周围泥岩区之上, 使后者所生的油气从早期就开始向这里运移, 加之后期继续隆起形成大型背斜构造, 造成油气聚集的最理想条件。大庆三角洲中分流河道(包括水下分流河道)砂体很发育, 油气储量最多、物性也好, 故油井高产。由于非均质性较大, 并具有向上变细的正韵律层序, 注水时水下沉, 底部出水快, 水洗厚度小。河口砂坝的岩性物性较均匀, 具反韵律性质, 注水开发的效果最好, 油井高产稳产时间长。

2. 短轴陡坡三角洲

目前发现较多的是在渤海湾断陷盆地的一些箕状湖盆短轴陡坡一侧或V型裂谷湖盆短轴两侧(图11、12)。如辽河西部凹陷是一近北北东向延伸的狭长裂谷, 北高南低, 北窄南宽, 东西两侧斜坡都较陡窄, 西斜坡稍宽缓, 长轴北端因无碎屑物源, 不发育三

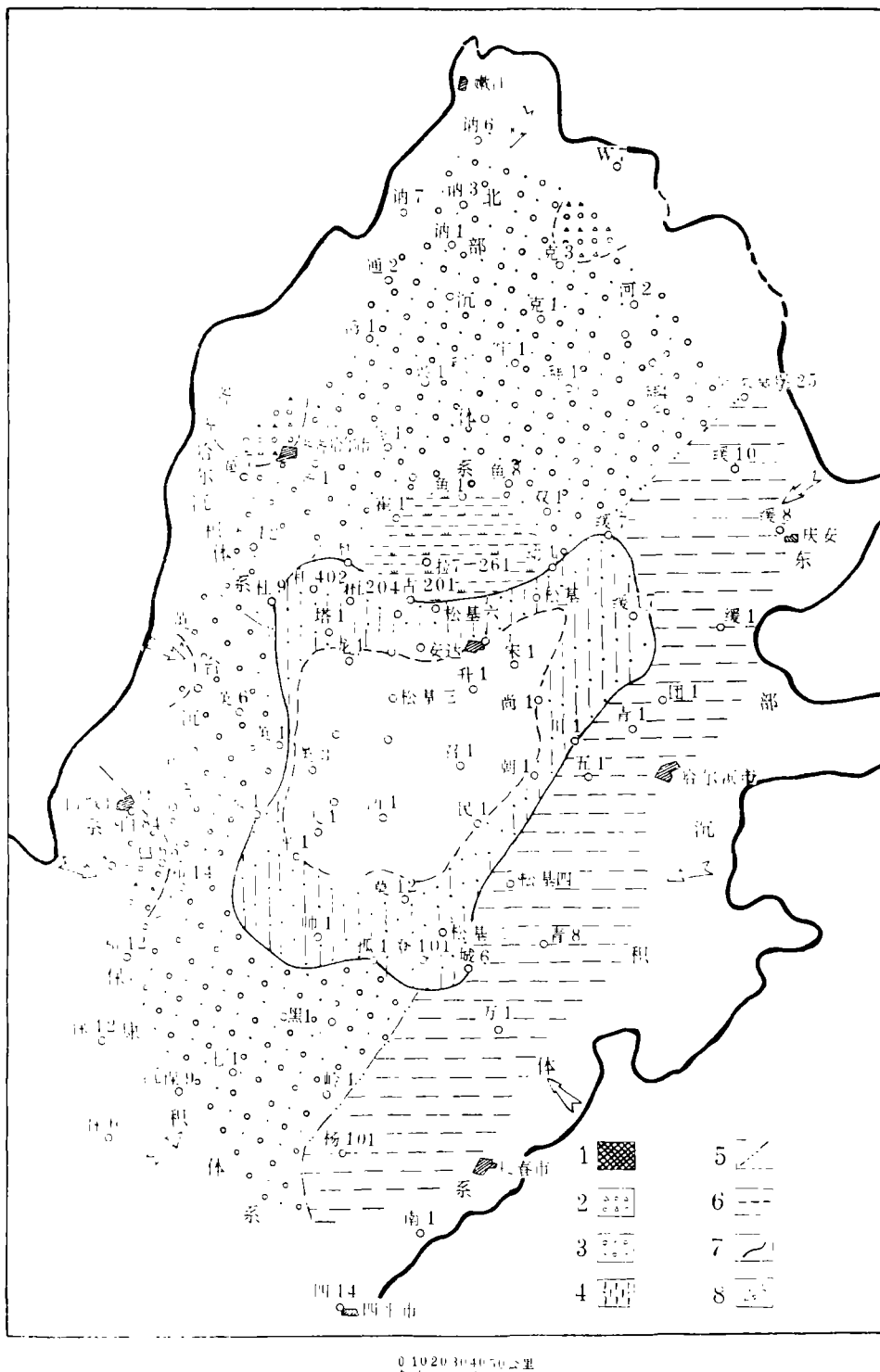


图6 松辽盆地青山口组二、三段沉积体系

1. 剥蚀区 2. 洪积相 3. 河流相 4. 三角洲前缘相及滨浅湖相 5. 体系界线 6. 相界线 7. 湖岸线 8. 物源方向
 (据大庆研究院、南京地理所, 1977)

Fig.6 Depositional systems of member 2-3, Qingshankou formation, Songliao basin.

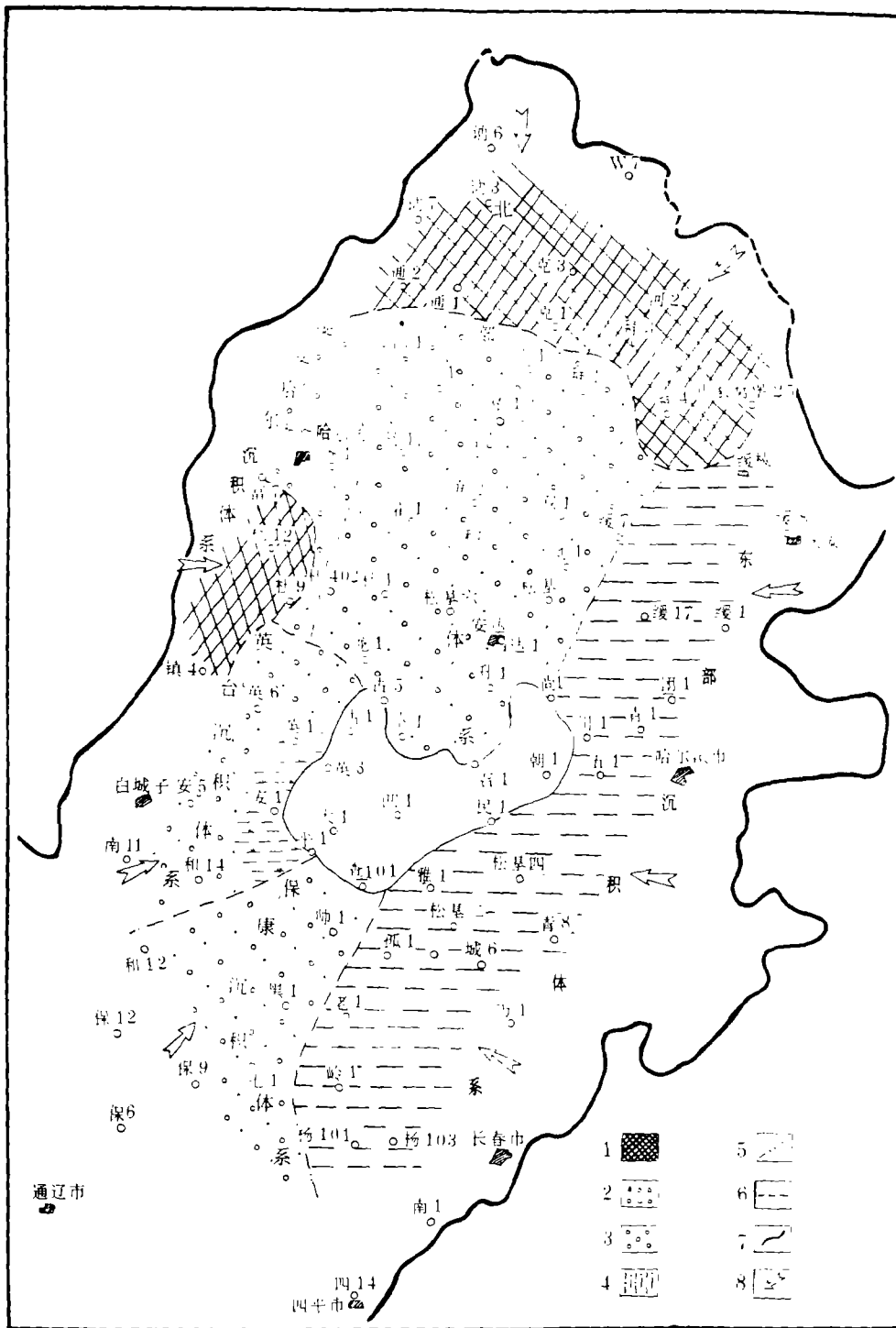


图7 松辽盆地姚家组一段沉积体系

1.剥蚀区 2.洪积相 3.河流相 4.三角洲前缘相及滨浅湖相 5.体系界线 6.相带界线 7.湖岸线 8.物源方向
 (据大庆研究院、南京地理所, 1977)

Fig.7 Depositional systems of member 1 Yaojia formation, Songliao basin.

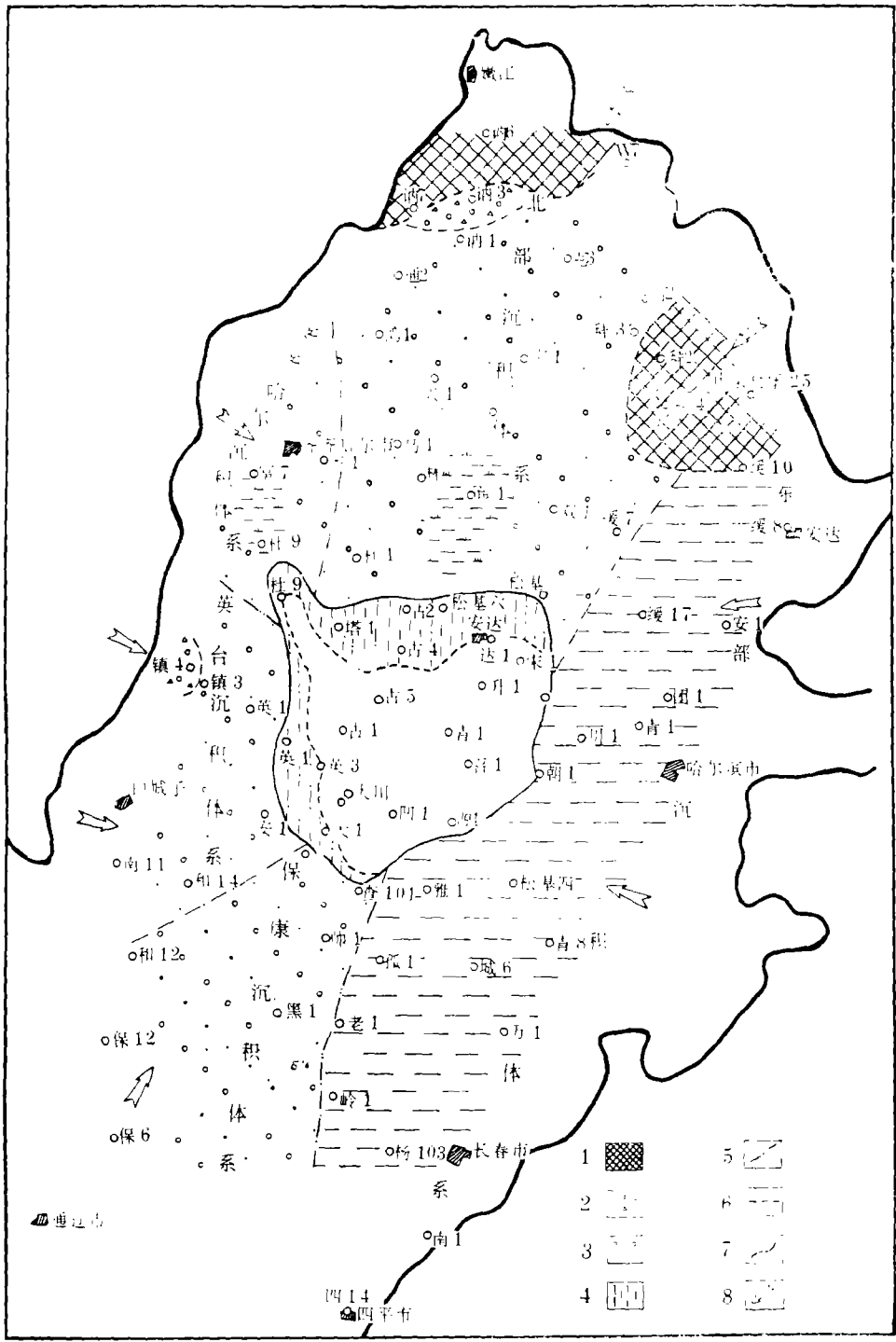


图 8 松辽盆地姚家组二、三段沉积体系

1. 剥蚀区 2. 洪积相 3. 河流相 4. 三角洲前缘及滨浅湖相 5. 体系界线 6. 相带界线 7. 高岸线 8. 物源方向

(据大庆研究院、南京地理所, 1977)

Fig. 8 Depositional systems of member 2-3, Yaojia formation, Songliao basin.

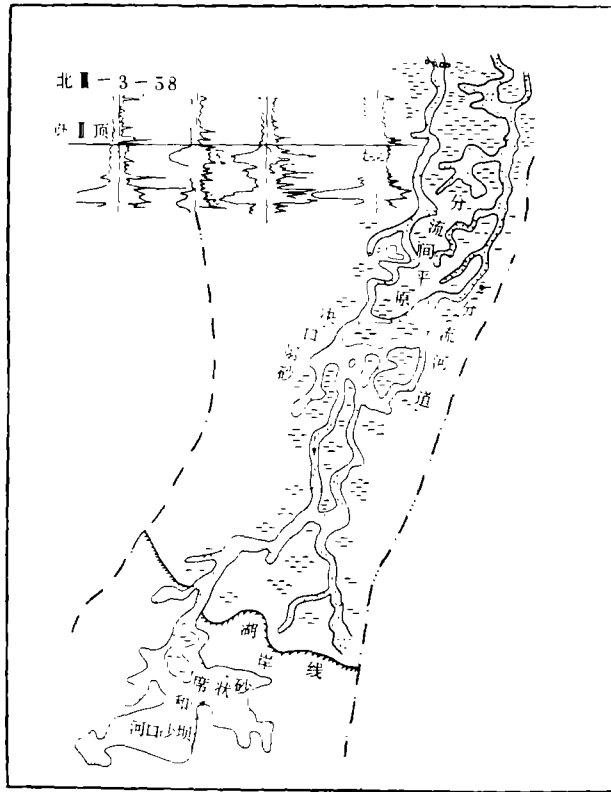


图9 松辽盆地大庆油田北部姚二、三段顶河床砂体几何形态

(据大庆研究院、南京地理所, 1977)

Fig. 9 Geometric feature of deltaic sandbodies on top of Sa-11, member 2-3, Yaojia formation, northern part of Daqing oilfield, Songliao basin.

角洲。东西两侧均有前震旦系花岗片麻岩和其它碎屑物源, 有多期三角洲发育, 以沙二时期的三角洲规模最大。其特点是单个三角洲叶体较短小, 侧向有多个三角洲并列联结, 形成顺斜坡走向伸展的相当大的砂质条带, 紧邻中央深湖区。三角洲前缘带很发育, 三种砂体都有(图4、11)。三角洲平原带目前钻井尚未钻到, 或是因遭受剥蚀而不存在。前缘带砂体如河口砂坝和席状砂向上变粗的反韵律特点很清楚。在西斜坡, 河口砂坝主要为中细砂岩和粉砂, 水下分流河道砂体粒度较粗, 以砂岩和砂砾岩为主, 少量粉砂岩, 泥质含量少。正韵律, 平行层理、大型单向斜层理清楚, 砂层为厚层块状, 多层迭置。东斜坡三角洲的特点与上述类似, 但粒度较粗, 如河口砂坝的组成是砂岩和砾状砂岩, 甚至有细砾岩、粉砂岩很少。辽河凹陷的东西两侧沙二段的三角洲砂体由于紧邻中央深湖区, 下伏沙三段的深湖泥岩, 上盖沙一段的湖进层, 故生、储、盖条件很好, 尤其是西斜坡三角洲面积较大, 砂层粒度较适中, 目前是主要油田分布区。

从辽河三角洲, 尤其是东斜坡三角洲的特点来看, 说明当时物源近, 入湖河流可能是季节性的较短河流或冲积扇上的辫状河。

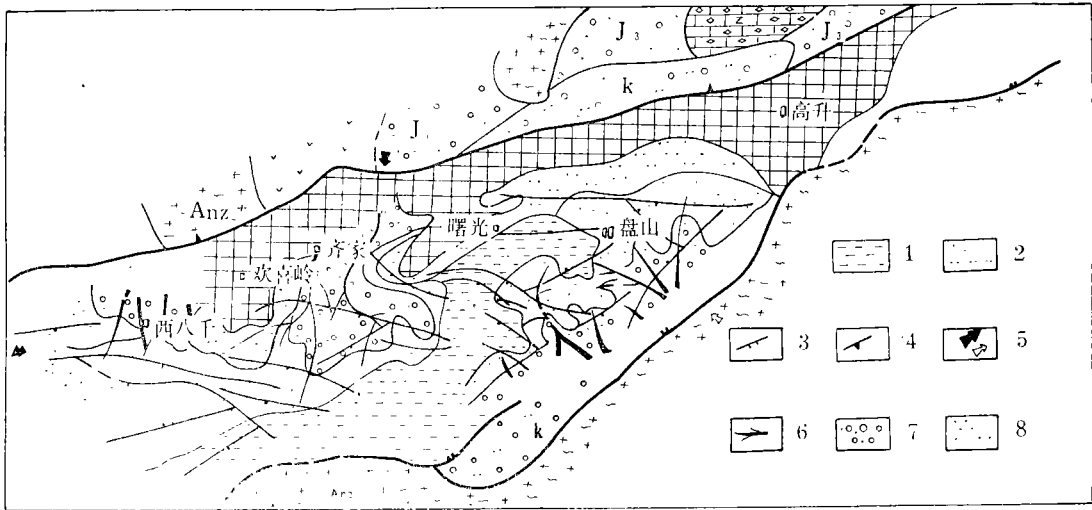


图10 辽河西部凹陷沙河街组第二段下部沉积条件

1.前三角洲亚相湖相 2.浅滩 3.断层 4.剥蚀线及剥蚀区 5.物源方向 6.水下河道 7.水下河道亚相 8.河口砂坝和席状砂亚相

(据薛述浩、金万连, 1979, 略有修改)

Fig.10 Depositional environment for lower member 2, Shahejieformation, Western Liaohede depression (modified from Shuhao Xue and Wanlian Jin, 1979. The distributary channels in original Paper are considered to be subaqueous distributary channels by this author. Same for fig. 3.)

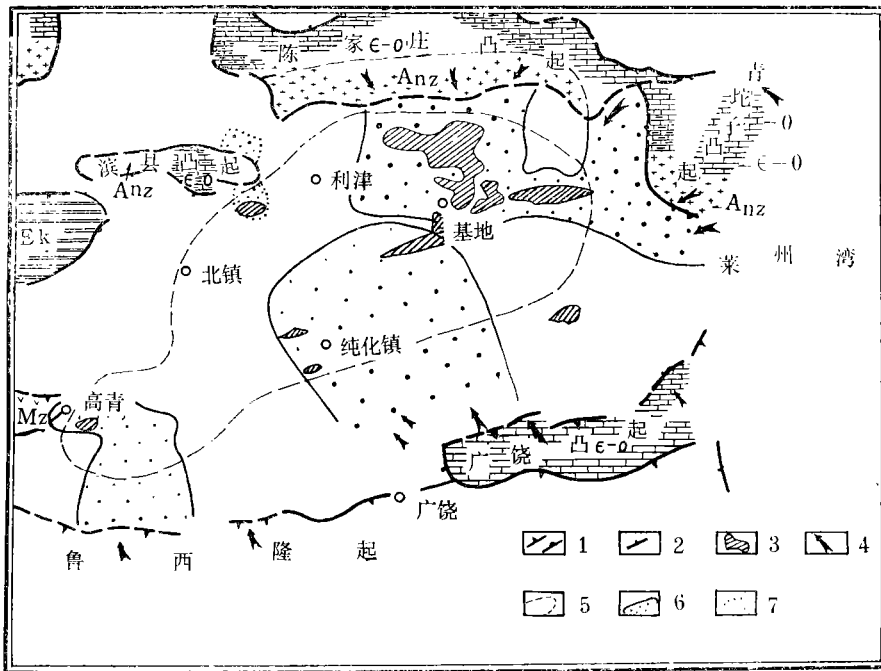


图11 东营凹陷沙二段沉积相

1.超覆线尖灭线 2.断层线 3.含油面积 4.主要水系物源方向 5.湖岸线 6.三角洲边界 7.其它砂体边界

Fig.11 Depositional environment of Sha-2, Dongying depression (From Shengli oilfield, 1978)

3. 湖盆短轴缓坡三角洲

常出现于箕状断陷湖盆短轴缓坡，如东营凹陷的南斜坡。这种三角洲的特点是面积大，砂层薄，粒度细（粉细砂），三带齐全。边缘河流沼泽沉积发育，岩性与长轴三角洲类似，也为较长河流输入的沉积。由于斜坡宽缓，砂粒分散，不如沿长轴流入的河流那样能集中堆积。这种三角洲由于离深湖区较远，本身砂层薄、物性差，对油气的聚集不如上述两种三角洲有利。

在一个湖盆中，长、短轴方向都可同时发育三角洲。如东营凹陷（箕状凹陷），除了南面缓坡三角洲外，北面陈家庄大断层下发育短轴陡坡的胜坨三角洲，长轴东端有东辛三角洲，长轴西南端有高青三角洲。其中东辛三角洲和胜坨三角洲相邻，初期（沙三上）是相连的，物源主要来自东北方向青坨子凸起的前震旦系斜长片麻岩和北面陈家庄凸起的前震旦系花岗岩片麻岩。后期（沙二）逐渐分开，东辛三角洲地区抬升消失较早，胜坨三角洲继续向西、向南扩展。这两个三角洲的岩性有些近似，三带齐全。三角洲平原带上炭质页岩和泥岩很发育。东辛三角洲的河口砂坝为粉细砂，顶部可出现中粗砂。胜坨三角洲的粒度稍粗，河口砂坝为粉砂至粗砂，顶部可出现砂砾岩。三角洲顶部均逐渐过渡为河流相。东辛三角洲的发育受胜坨三角洲的阻挡，向深湖区延伸不远，生储盖条件不及胜坨三角洲。高青三角洲的前缘带很发育，为巨厚的粉细砂层，也是长河流输入物的沉积，由于离深湖区远，油源不足，油气较少。

由此可见，构造湖盆三角洲的分布具有如下特点：

- 1) 长轴三角洲在大拗陷湖盆中发育最好；
- 2) 短轴三角洲在狭长断陷湖盆中发育最好；
- 3) 靠近深湖区的三角洲油气聚集条件较为有利；
- 4) 三角洲的发育和分布除受湖盆本身地形控制外，还和全区构造活动的差异有关，受到沉积盆地的总地势和物源条件的制约。

三、构造湖盆三角洲的旋回特征

根据三角洲在垂向剖面上叶体出现的多少分为多旋回和少旋回两类。每个旋回包括一个三角洲叶体的三层结构，用A、B、C分别代表前三角洲泥层、三角洲前缘砂层和三角洲平原层。

1. 多旋回三角洲

三角洲复合体由多个叶体迭合组成，如大庆三角洲。（图13）所示的综合柱状图上三角洲复合体总厚500米，共38个叶体，每个叶体厚10—30米，最厚50米，其中A层在剖面下部较厚，5—10米，少数20—30米，向上变薄为1—3米。B层在剖面下部和上部厚，中间薄，一般5—10米，少数20—30米。C层在下部常缺失，上部出现，厚度一般不超过10米，中部姚一段时最厚，达40米。青山口组一段和嫩江组一段两次大的湖进之间为大的湖退阶段，三角洲形成过程中次一级的湖进和湖退交互频繁，湖退开始时湖水犹深，中期强烈湖退，后期湖进水逐渐加深。

胜坨三角洲沉积也是多旋回，坨3-5-11井三角洲复合体总厚500米（图13），11个旋回，每个旋回厚20—30米，少数50—60米，B层10—20米，少数30米。可分为两个阶段

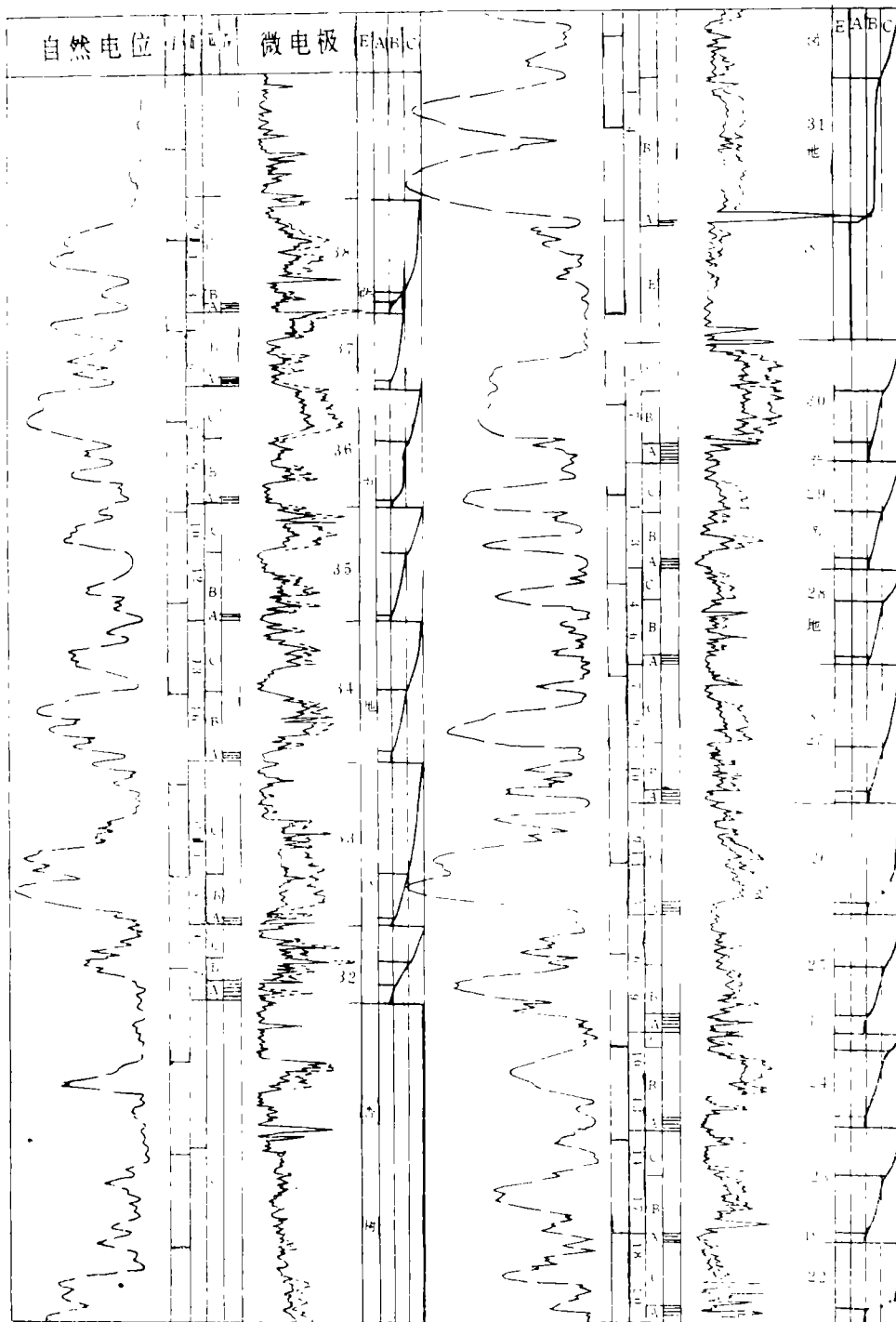


图12-1 大庆长垣三角洲复合体旋回综合图

A.前三角洲泥 B.三角洲前缘 C.三角洲平原 E.滨浅湖相 I.井深(米) II.砂岩组 III.岩相 IV.标志层
(据钟其权、袁亦楠等, 1980, 略有修改)

Fig.12-1 Summarized sedimentary cycle diagram of Daqing delta complex (After Quiquan Zhong, Yinan Qiu et, al. 1980)

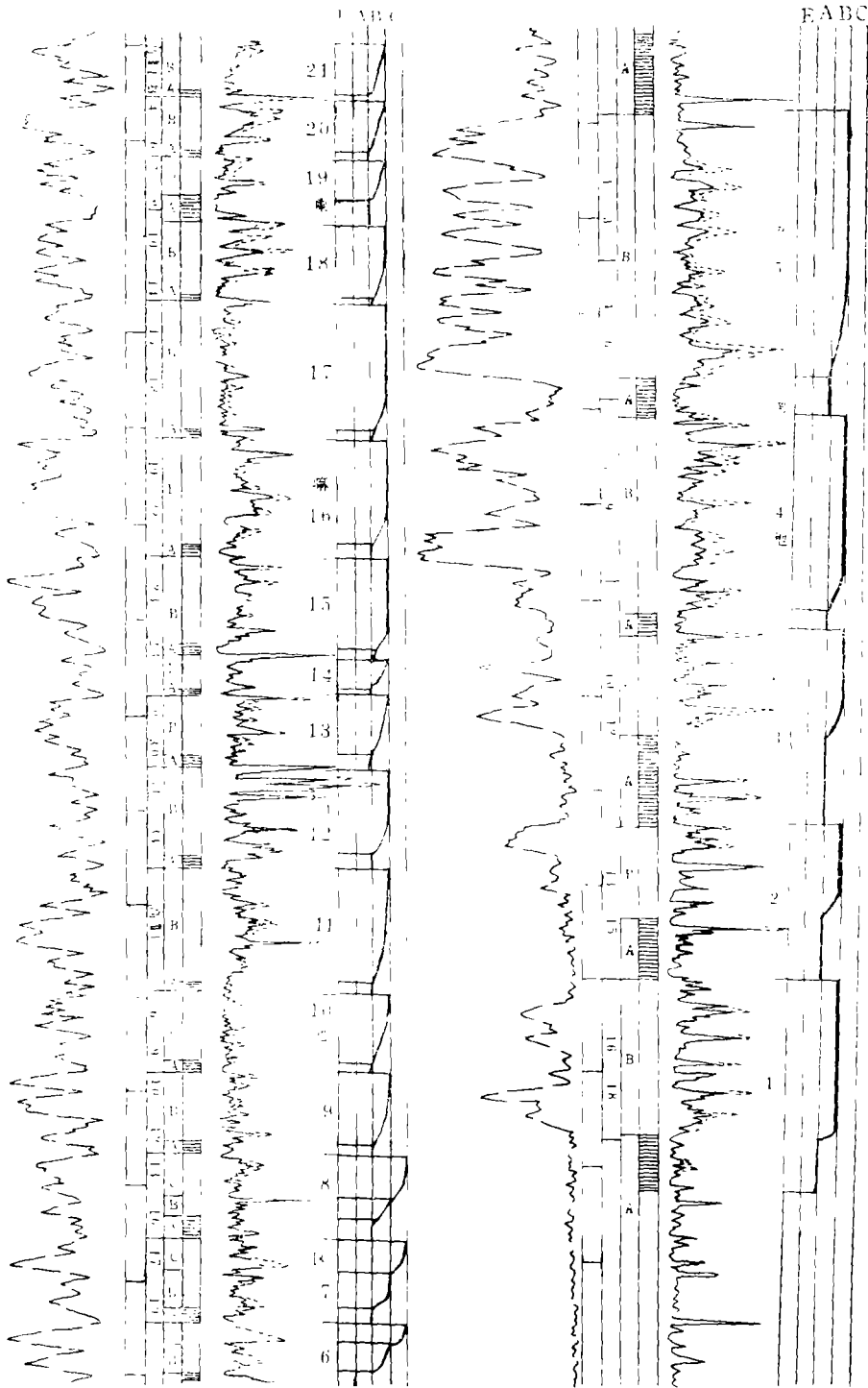


图12-2 大庆长垣三角洲复合体旋回综合团

A.前三角洲泥 B.三角洲前缘 C.三角洲平原
(据钟其权、裘亦楠等, 1980, 略有修改)

Fig.12-2 Continue.

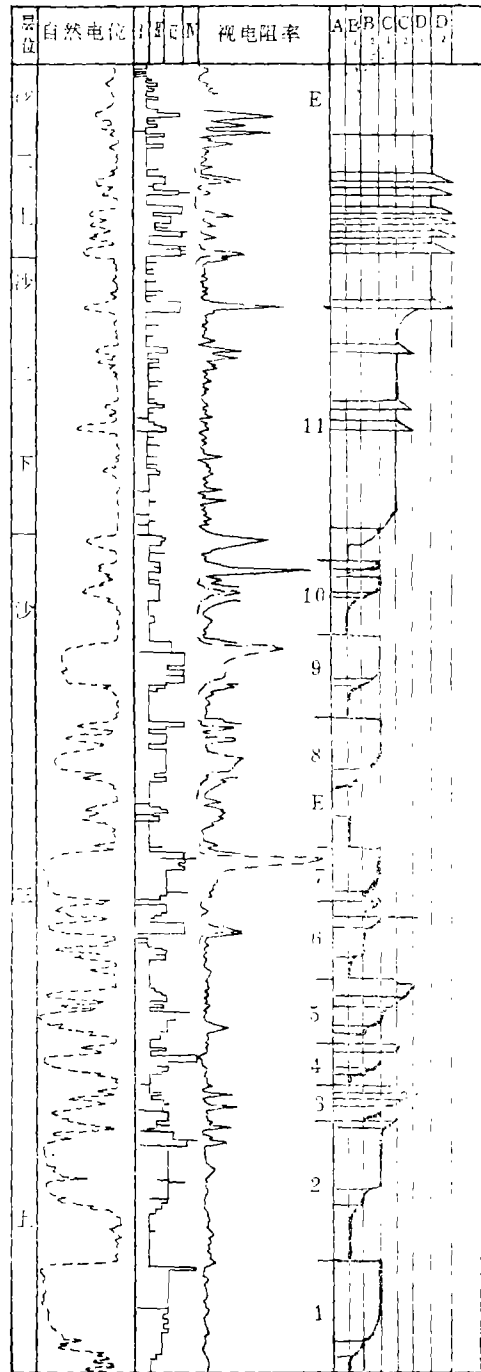


图13 胜坨油田3-5-11井沙三上至沙二段沉积特征柱状图

I 泥岩 II 粉砂岩 III 砂岩 IV 砂砾岩 A. 前三角洲泥 B. 三角洲前缘 (1. 河口砂坝远端 2. 河口砂坝主体) C. 三角洲平原 (1. 河漫沼泽 2. 分流河道) D. 河流相 (1. 河漫 2. 河道) E. 滨浅湖相

(据何立琨, 1980, 略有修改)

Fig.13 Cyclic column of well 3-5-11 on Shengtuo oilfield. Showing the sedimentary cycle feature of upper Sha-3 to Sha-2 (After Li Kun He, 1980. Slightly modified)

(旋回 1—5 和 6—11)，每阶段的下部旋回都只有 A 层和 B 层，上部才有 C 层出现。顶部逐渐过渡为河流相，其上为湖进泥岩层所覆盖。说明三角洲形成过程中湖盆曾有两次升降波动，晚期继续抬升，以后又湖进。

2. 少旋回三角洲

三角洲复合体在剖面上只有少数甚至单个叶体。例如东营凹陷长轴西南端的高青三角洲，厚 700 多米，大部分是粉细砂组成的前缘砂层，砂层连续厚度可达几十米，甚至 300 米（青 5 井），暗色泥岩夹层少，三角洲平原层只在顶部出现，东辛三角洲也类似。

对油气运移的研究表明，生油层中的油气向上运移进入储层的距离不过 15 米左右，向下不过 5 米左右。因此，储层单层很大，不一定都被油气充满。生油层或储层太薄又会造成生油量不足或油气分散，比较理想的是适当厚度的生油层与储油层的多次频繁交互。大庆三角洲和胜坨三角洲均具有这种条件，故油气富集。高青三角洲的砂层虽厚，但暗色泥岩较少，生油量少，油气贫乏。

三角洲的旋回特点反映了湖盆的升降，物源区的抬升剥蚀，河口区的沉积与沉降比率，以及区域气候等因素的变化。湖盆内同期三角洲比较，旋回特点与平面分布位置有一定关系，那些伸入湖内较远的长轴三角洲或邻近深湖区的陡坡三角洲，发展持续时间长，厚度大，旋回数较多，生油层插入砂体内较深，二者频繁交互，接触面积大，最有利于油气聚集。反之，离深湖生油区较远的短轴缓坡三角洲或长轴的短小三角洲，或因单层过薄，或因旋回数少，油气聚集条件较差。

四、构造湖盆中与三角洲共生的砂体

1. 平面上相邻共生的砂体

湖盆内部和四周砂体有多种类型，它们之间有一定共生规律（图 14、表 1）。

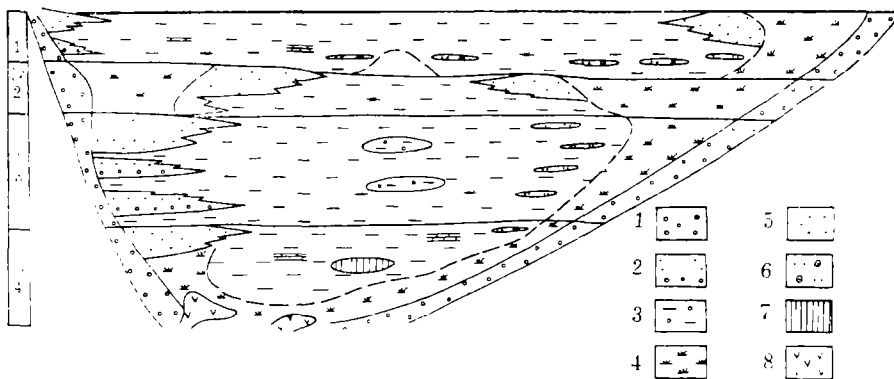


图 14 渤海湾地区沙河街组沉积相演化剖面示意图

1. 冲积扇 2. 近岸洪水沉积扇 3. 油积透镜体 4. 河流泛滥平原 5. 三角洲 6. 滩坝 7. 盐丘 8. 喷出岩

(据常承永, 1982)

Fig. 14 Facies evolution in vertical section of Shahejie formation in Bohai bay basin.

1) 三角洲向陆侧的相邻砂体

有两种砂体，一是河流泛滥平原砂体，一是冲积扇砂体，前者多见于长轴及短轴缓

坡三角洲,后者见于短轴陡坡三角洲。分别称为河流—三角洲体系或冲积扇—三角洲体系,当冲积扇直接盖在三角洲前缘砂层之上时,称扇三角洲,或简称前一种为长河流(或远源)三角洲,后两者为短河流(近源)三角洲。

2)三角洲向湖侧的相邻砂体

三角洲向湖侧可产生滑塌型浊积砂体,在长轴三角洲或短轴缓坡三角洲前面,由于地形坡度较小,滑塌作用较弱,产生的浊积砂体为体积较小的串珠状透镜体,或为较薄的席状砂,粒度均为较细的粉细砂,甚至无浊积砂体发育。短轴陡坡三角洲前面,由于坡度较陡,滑塌作用较强,有可能形成较大的浊积扇或其它形态的粒度较粗的浊积砂体。

3)三角洲侧向相邻的砂体

在三角洲之间,不正对河流入口的沿岸,可有沿岸滩坝砂体。如辽河西斜坡三角洲之间常有滩坝砂体(图11)。

2.垂向上相邻共生的砂体

湖盆从开始发育到衰亡的过程中,由于构造活动、地形、物源和气候条件的变化,会产生不同的沉积物及相应的砂体(表1、图15)。渤海湾盆地第三纪早期的扩张深陷

表1 渤海湾盆地第三系的演化简表

Table 1 Simplified evolution history of the Bohai bay basin in Tertiary (Based on onshore data)

地 层		发 育 阶 段	主 要 沉 积 类 型	旋 回
上 第 三 系	明化镇组	湖盆收缩衰亡期	河流泛滥平原、三角洲砂体、河流砂体	
	馆陶组			
下 第 三 系	东营组	第二次湖盆收缩期	浅湖相、河流相、三角洲砂体	第二旋回
	沙一段	第二次扩张与微陷期	浅湖相、沼泽砂体	
	沙二、三段上	第一次回返与收缩期	深至浅湖相,三角洲砂体、河流砂体	第一旋回
	沙三段中下	第一次扩张与深陷期	深湖相、浊流砂体	
	沙四段	开始扩张裂谷	坡积、洪积、宽河床、浅湖相、火山喷发	
孔店组	初始充填期	沙四末期有小型三角洲	旋回	

期(沙三段)坡度陡湖水深,是浊积砂体的最好发育期。随之而来的回返收缩期(沙三上至沙二段)地形变缓水变浅,是三角洲最佳发育期。其后为湖盆再次微陷扩张期(沙一段),地形更平缓,湖泊面积大,而水不深,是滩坝最好发育期。后期湖泊抬升收缩,发育河流泛滥平原和三角洲,直到湖盆消亡。从表1还可看出,三角洲的发育有多次,但其中生储盖条件最好的是两次大湖进(沙三和沙一)之间的湖退阶段(沙三上至沙二)形成的三角洲,它处于湖盆发育的早、中期,三角洲砂体的下面,是深水或半深水的湖

相泥岩。在短轴陡坡三角洲之下常有近岸洪水浊积扇或其它形态浊积砂体垫底的现象, 由于这些浊积砂体的发育, 使湖底坡度变缓, 水变浅, 造成有利于三角洲形成的条件。如辽河西部凹陷沙二段三角洲之下都有沙三段的浊积岩, 胜坨三角洲之下也有一些小的浊积砂体。这种三角洲的顶部, 或直接被湖进泥岩覆盖如大庆三角洲, 或先覆盖河流相沉积, 再度湖进泥岩覆盖如东营凹陷的三角洲, 这主要取决于三角洲形成末期的构造背景。

掌握湖盆中三角洲的平面和垂向上的分布规律以及和其它沉积相和砂体的共生关系, 不仅有助于从一类砂体的发现, 去追索相邻的砂体, 扩大勘探的领域, 还有助于老区挖潜和新区预测。

参 考 文 献

1. Gilbert, G.K., Lake bonnerille: U.S. Geol. Surv. Monogr., 1 (1890).
2. Galloway, W.E., 1975, process framework for describing the morphologic and stratigraphic evolution of deltaic depositional system: «Deltas» Model For Exploration, P. 87-98.
3. Sneh, Anihai, 1979, Lake pleistocene Fan-Delta along the Dead Sea rift, Journal of Sedimentary Petrology, 49(2), P.541-552.
4. Wescott, W.A. & Ethridge, F.G., 1980, Fan delta sedimentology and tectonic setting, Yallahs Fan Delta, Southeast Jamaica, A.A.P.G. Bull., 64(3), P.374-399.

STRUCTURAL LAKE DELTAS AND OIL-GAS DISTRIBUTION

Wu Chungyu

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

Abstract

I. Characteristics

A number of structural lake basins were developed in eastern China during Mesozoic and Cenozoic times, such as the Bohai Bay Basin and the Songliao Basin. The Bohai Bay Basin located in eastern China was a down-faulted basin, it was cut by faults into many uplifts and depressions in lower Tertiary, such as the Liaohe Depression, Dongying Depression, etc. Songliao Basin located in northeastern China was a large unique subsided basin in Cretaceous.

The dark shales rich in organic material deposited in deep water areas of these lake basins are good oil source rocks while sandbodies, especially deltaic sandbodies, are main reservoirs.

In late basins, the wave and current are rather weak, without tidal process, but fluvial action is more prominent. So, lake deltas are similar to fluvial-dominated marine deltas and have following characteristics: (1) Three layer structure, which involves prodelta, delta front and delta plain, with coarsening-upward sequence; (2) Reverse rhythmic property of mouth bars; (3) Tractive current sedimentary structures in sandstone; (4) Subaqueous distributary channels developed very well.

II. Distribution

The development of deltas is controlled by regional tectonic movement, material source, topography and climate. During a certain period in the same basin, when the climate and material source are nearly the same, the topography serves as the direct factor controlling the development of sandbodies, and the tectonic movement is in turn the fundamental factor controlling the topography. Most structural lake basins are unsymmetrical and elongate in shape with different slope on various sides. Deltas can be classified, according to their locations into long-axis deltas and short-axis deltas, and the latter can be subdivided into short-axis steep slope deltas and short-axis gentle slope deltas. Duping delta in Songliao Basin, a typical long-axis delta, is located on the large and gentle slope of the northern part of the long-axis facing the elastic material source. From piedmont to lake the alluvial fan, fluvial flood plain and delta developed completely. The delta complex is 500-600 meters thick, has more than 200 lobes of elongate tongue-like

or bird-foot shapes, covers a total area more than 20000 square kilometers. The distributary channel is composed of mainly fine-medium grained sand. Mouth bar is mainly composed of fine sand and silt. Daqing delta extended far into the deep water area, has transgressional dark shale under and over, and most sandstones of high porosity and permeability, so it has good source, reservoir and seal rocks, which are very favorable for oil-gas accumulation.

Short-axis steep slope deltas are mainly found in Bohai Bay Basin such as the long narrow V-type rift-valley West Liaohe Depression. Deltas located on both east and west short-axis steep slopes are small for single lobes, but many lobes appear in parallel and inter-connect laterally to form extensive sandy belts near central deep water area, are also richly oil-gas accumulated. Another short-axis steep-slope delta is the Shengtuo delta in the dust-pan shaped lake basin of Dongying Depression. Short-axis steep slope deltas consist of materials much coarser than those of long-axis deltas.

Short-axis gentle-slope deltas also appear on the dustpan shaped down-faulted lake basin, such as the south gentle slope of short-axis of Dongying Depression. These deltas are characterized by large area, thin layer, fine grain, low porosity and permeability and rather far away from deep water area, so they are less advantageous for oil-gas accumulation.

In Dongying Depression, there are also long-axis deltas such as the Dongxin delta and Gaoqing delta, but they are also less advantageous than the Shengtuo delta.

The distributional properties of deltas in structural lake basins can be summarized as follows: (1) Long-axis deltas are most prominently developed in subsided lake basins; (2) Short-axis deltas are more prominently developed in narrow elongated down-faulted lake basins; (3) Oil-gas accumulation is more prominent in deltas close to deep water areas.

III. Cyclicity

Deltas can be classified, according to the number of overlapping lobes in vertical sections, into polycyclic deltas and monocyclic or few-cyclic deltas.

A polycyclic delta is a delta complex composed of many overlapping delta lobes and so consists of a number of cycles. For example, the Shengtuo delta complex has a total thickness of 500 meters and 11 cycles, Daqing delta 500-600 meters, 38 cycles.

Recent investigations on oil-gas migration show that the thickness of oil source rock for effective upward migration is about 15 meters and downward migration about 5 meters. Besides, too thick a sandlayer may not be fully filled. So, neither the source rocks nor reservoir rocks are necessary to be very thick, but frequent alternations of moderate thick layers are of most importance. So the Daqing delta and Shengtuo delta are very advantageous for oil-gas migration and accumulation. On the other hand, monocyclic delta such as Gaoqing delta is less advantageous. However, excess number of cycles and extra small thickness of single layer will cause the oil-gas to disperse widely and is disadvantageous.

IV. Sandbodies associated with structural lake deltas

Shoreward, deltas may associate with meander river channel sandbodies as for long-axis deltas and short-axis gentle slope deltas; or associated with alluvial fans as for short-axis steep slope deltas. Lakeward, deltas may associate with small turbidite sandbodies. Between deltas, there may be some shoreline sandbodies. Vertically, nearshore flooding turbidite fans often appear under the short-axis steep slope deltas; Deltas can be overlain by fluvial sandbodies or shoreline sandbodies.

The evolution history of the structural lake basin usually shows that there were several stages favorable for the formation of deltas, however, the deltas best for oil-gas accumulation were formed during the regressional stage between two main transgressional stages in the early middle stage of the lake evolution history.

Knowing the distribution and cyclicity of deltas and their associated sandbodies would be very useful to find out more potential reservoirs in the exploited fields and to predicate new areas.