

文章编号: 1000-0550(2012)06-1053-08

# 拗陷湖盆浅水三角洲的沉积特征 ——以松辽盆地南部姚一段为例

王立武

(中国石油吉林油田公司 吉林松原 138001)

**摘要** 拗陷湖盆浅水三角洲的形成古地形背景、水动力学特征、平面形态、微相类型及三角洲内部结构等多个方面与正常三角洲有着极大的差异。姚一段沉积时期,松辽盆地古地形平坦并不具备明显的坡折带,水体浅、面积小并且湖泊能量较弱,湖岸线不稳定并常常发生大范围的迁移,为典型的浅水沉积湖盆。浅水湖盆的沉积充填主要以浅水三角洲和滨浅湖沉积为主,深湖、半深湖相对不发育,浅水三角洲砂体是湖泊砂体的主要类型。根据供源水系的不同,松南的浅水三角洲可以分为浅水型扇三角洲、浅水型辫状河三角洲和浅水曲流河三角洲等。浅水型三角洲主要有以下特点:1. 具高建设性河控三角洲的沉积特点,平面上呈鸟足状,前缘相带延伸较远,形成了大规模的湖盆中心砂体;2. 浅水三角洲前缘主要以分流河道为主,河口坝极不发育;3. 前缘分流河道呈网状展布,河道遭受不同程度的席状砂化,依次划分为弱席状化、中等席状化、强席状化等3种类型;4. 不具备典型三角洲的三层式沉积结构及向上变粗的反序列特征。松南姚一段沉积时期,总体表现为基准面升高的湖侵过程,I、II砂组低位和湖侵域的砂体为成藏提供了有利的储集空间,III砂组的湖侵为区域性成藏提供了良好的盖层。

**关键词** 浅水湖盆 浅水三角洲 姚一段 葡萄花油层 松辽盆地南部

**作者简介** 王立武 男 1964年出生 博士后 高级工程师 沉积学及石油地质学

中图分类号 P512.2 文献标识码 A

## 0 引言

浅水三角洲通常形成在水体较浅和构造相对稳定的台地、陆表海、大陆架或地形平缓、整体缓慢沉降的拗陷湖盆<sup>[1-7]</sup>。研究证实,浅水三角洲形成的古地形背景、水动力学特征、三角洲形态、微相类型及三角洲内部结构等多个方面与正常三角洲有着极大的差异<sup>[1-12]</sup>。随着沉积学的发展,国内外学者在现代和古代浅水三角洲的研究方面取得了丰硕的研究成果。目前已发现的现代浅水三角洲包括里海的伏尔加河三角洲<sup>[10]</sup>、澳洲北部的Burdekin河三角洲<sup>[11]</sup>以及中国鄱阳湖的赣江三角洲<sup>[12]</sup>等。Overeem等<sup>[10]</sup>通过对伏尔加河浅水三角洲的研究,认为浅水三角洲地层坡度平缓、湖泊能量较弱,因此河口边缘的湖泊或者浅海顶托作用较弱并以床面摩擦阻力为主,造成三角洲前缘砂体和河口坝砂体具有延伸较远的特征;Cristopher<sup>[11]</sup>认为湖相和海相的浅水三角洲与经典三角洲不同,不具向上变粗的反序列特征。国内学者<sup>[6-9,12-14]</sup>重点在松辽盆地、鄂尔多斯盆地、渤海湾盆地开展了大量浅水三角洲的研究工作,主要成果有浅水三角洲以河控浅水三角洲为主,分流河道砂体为

三角洲的骨架砂体并且河口坝不发育,不存在Gilbert型三角洲模式的顶积层、前积层和底积层等3层结构等。

松辽盆地姚一段是典型的浅水湖盆沉积,沿环坳带分布的各类浅水三角洲砂体是松辽盆地拗陷期获得油气资源最为丰富的层系。前人对松辽盆地北部大庆探区的研究已经相对深入<sup>[7-9]</sup>,但对松辽盆地南部浅水湖盆及其浅水三角洲的沉积研究相对较少,本文结合岩芯、测井、地震、分析化验资料和前人对浅水三角洲认识及成果,对松辽盆地南部浅水湖盆的沉积特征进行了系统研究。研究结果对松辽盆地南部的石油勘探与开发具有重要的指导意义,拓展了该区岩性油气藏的勘探领域,目前姚一段浅水三角洲已经成为松辽盆地南部增储上产的重要领域。

## 1 浅水三角洲的形成条件

浅水三角洲的成因除受盆地沉降速率和沉积速率的均衡制约之外,构造运动、古地形、沉积物供给量、气候及季节性变化、湖平面升降以及沉积基准面变化也是重要的影响因素,但主控因素为古地形和古气候。

收稿日期: 2012-05-10; 收修稿日期: 2012-08-20

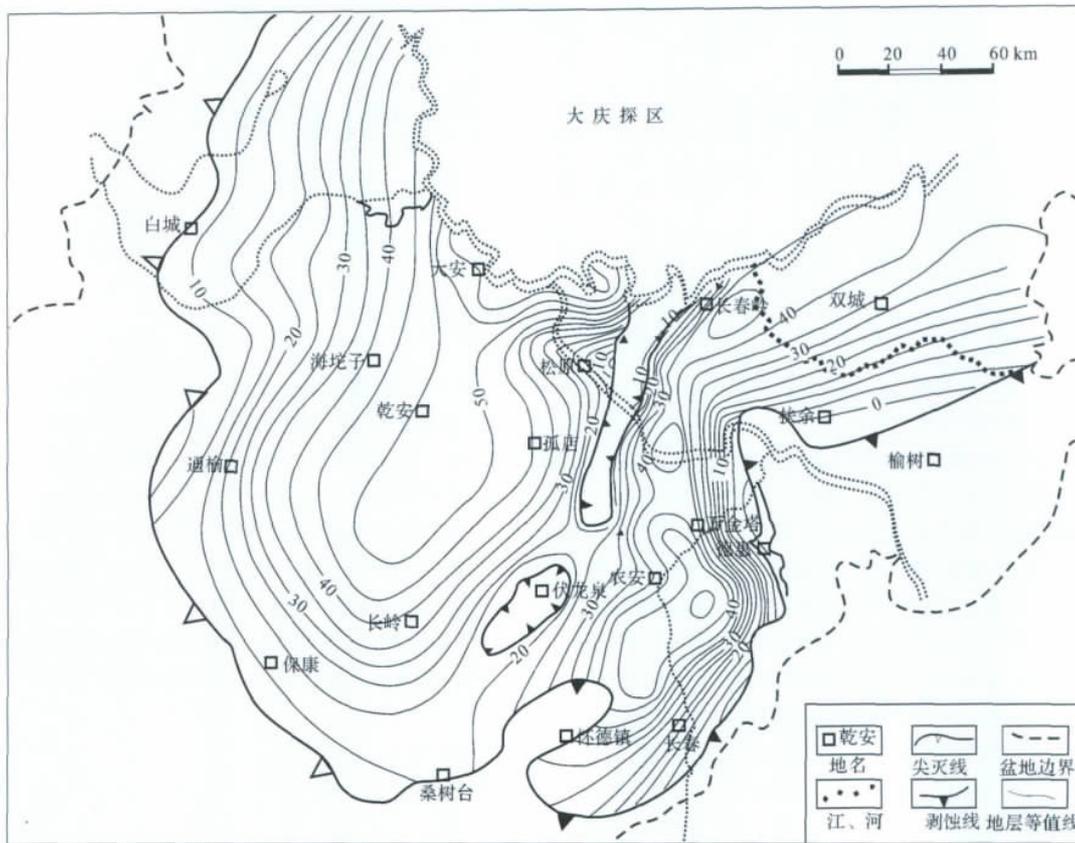


图1 松辽盆地南部姚一段地层等厚图

Fig. 1 Strata thickness plan of  $K_2y_1$  in the south of Songliao basin

### 1.1 古地形条件

平缓的古地形是形成浅水三角洲的重要条件之一。如里海的伏尔加河浅水三角洲的平均坡降只有  $5 \text{ cm/km}^{[15]}$ 。松辽盆地姚一段沉积时期,地形平缓,北部大庆探区的地层倾角只有  $0^{\circ}4' \sim 0^{\circ}57'$ <sup>[16]</sup>。南部与北部相似,松南姚一段地层厚  $0 \sim 55 \text{ m}$  不等(图1),沉积中心分布在长岭凹陷,根据古地形估算,姚一段的地层倾角只有  $0^{\circ}4' \sim 0^{\circ}35'$ 。这种平缓的古地形,为姚一段形成广阔的浅水三角洲提供了必要的条件。

### 1.2 古构造、古气候条件

姚家组沉积初期,太平洋板块运动方向由 NNW 向 NWW 转折,产生的东西向挤压应力传递到盆内;同时该时期正值白垩纪土伦期末的全球大海退事件<sup>[17]</sup>。挤压作用和海退二者叠加,造成盆内湖平面大幅下降,湖区面积迅速萎缩,盆地整体抬升。同时,古气候干旱炎热<sup>[18,19]</sup>,碎屑物供给十分充分,为河流提供了充分的风化产物,而且干热的古气候使得湖泊水体供给量不足、湖泊能量弱,因此河流具有很强的

建设作用并能向前长距离推进,尤其是长轴方向的北部水系和南部通榆—保康水系,最远可达  $150 \text{ km}$  以上,形成大面积分布的建设性的鸟足状浅水三角洲。

## 2 浅水型三角洲的沉积相类型和特征

浅水湖盆的沉积充填主要以浅水三角洲和滨浅湖沉积为主,深湖—半深湖相对不发育,浅水三角洲砂体是湖盆砂体的主要类型。在松辽盆地南部,浅水三角洲根据供源水系的不同,可以分为浅水型扇三角洲、浅水型辫状河三角洲和浅水曲流河三角洲等。浅水型三角洲的形成条件、层序构型、相带分布、沉积相的类型与深水三角洲明显不同。

### 2.1 沉积相类型

松辽盆地南部主要发育英台、白城、通榆、保康、怀德、长春和榆树 7 支水系<sup>[20~24]</sup>。英台水系为浅水型扇三角洲,白城水系为浅水型的辫状河三角洲,通榆、保康、怀德、长春和榆树在中央拗陷带和东南隆起形成了浅水曲流河三角洲。各类浅水三角洲均可以分为浅水三角洲平原、前缘和前三三角洲 3 个亚相。

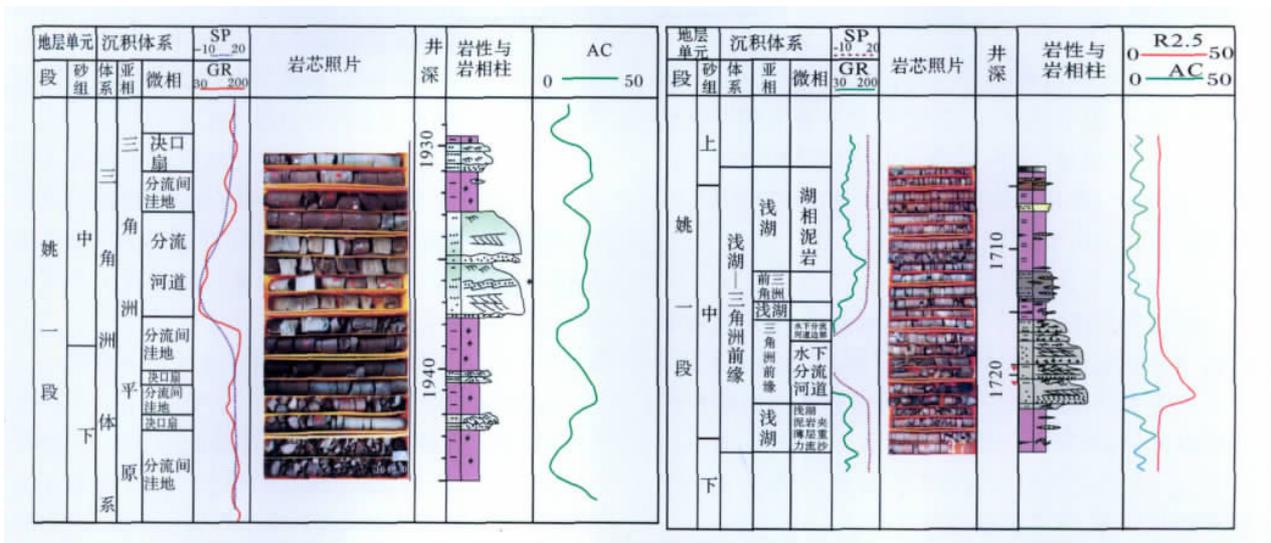


图 2 浅水三角洲沉积序列

Fig. 2 Shallow-water delta sedimentary sequence

2.1.1 三角洲平原

该亚相主要包括分流河道和河道间 2 个微相。分流河道砂体构成三角洲平原的骨架砂体,以中、细砂岩为主,中、上部夹有粉砂岩,由大型槽状交错层理砂岩相、大型板状交错层理砂岩相、平行层理砂岩相和沙纹交错层理砂岩相组成,单砂体厚度为 2.5 ~ 5 m。砂体内可见多段向上变细的层序,其间由冲刷面分开,测井曲线以钟形和齿化箱形居多(图 2a)。

河道间由杂色、紫红色块状泥岩夹灰绿色、灰色泥岩组成,局部层位含有水平纹层或季节性纹层。

2.1.2 三角洲前缘

该亚相可细分为水下分流河道、河道间、河口坝和席状砂 4 种微相。

水下分流河道由细粉砂岩、泥质粉砂岩组成,垂向上一般由多期河道叠加而成(图 2b)。沿水流方向砂体呈条带状,连续性好。垂直水流方向砂体呈透镜状,连续性差。单砂层厚 2 ~ 7 m,主要发育平行层理、槽状、楔状、板状交错层理及波状层理,底部见冲刷构造及泥砾。水下分流河道在平面上呈网状展布(图 3),在地震剖面上同相轴呈低幅、不连续和透镜状展布。

河道间岩性由灰绿色、灰色、紫红色泥岩和粉砂质泥岩夹薄层砂岩组成。主要发育波状层理、水平层理和虫孔构造,常见植物炭屑、植物根茎和植物叶片化石等。

河口坝岩性为细砂岩、粉砂岩及泥质粉砂岩,垂向上岩性自下而上由细变粗,具反韵律。单层厚 2 m

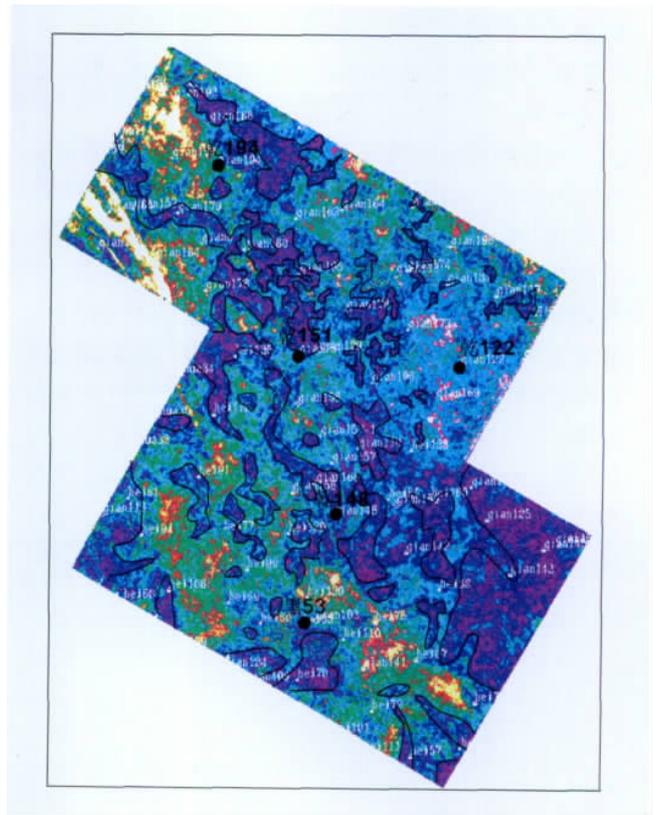


图 3 三角前缘均方根地震属性

Fig. 3 RMS of the front in shallow-water delta

左右。发育平行层理、砂纹交错层理、波状层理和变形层理等。介形虫、叶肢介、黄铁矿及植物炭屑常见。概率曲线为两段过渡式,跳跃总体含量为 60% ~ 80%。砂岩较纯,分选好于河道砂岩,测井曲线一般

为中低幅漏斗型。

席状砂岩性以粉砂岩为主,平面上连片分布,但厚度较薄,一般小于2 m。砂岩中常发育浪成交错层理、波状交错层理、平行层理及生物扰动构造等。介形虫、叶肢介、植物叶片比较丰富。分选磨圆性好,测井曲线一般为指型。

### 2.1.2 前浅水三角洲

前三角洲亚相位于三角洲前缘的末端,岩性由紫红色、灰色、深灰色、灰黑色粉砂质泥岩、泥岩组成,仅含有少量由三角洲体系带来的薄层砂体。有时与湖相难以区分,常发育介形虫层、叶肢介、黄铁矿等。前三角洲沉积物中的沉积构造不太发育,主要为水平纹层和块状层理,可见少量透镜状层理。

## 2.2 浅水三角洲的沉积特征

浅水三角洲的内部结构、平面形态和微相类型等多个方面与正常三角洲有着极大的差异,主要表现在以下几个方面。

### 2.2.1 具高建设性河控三角洲的沉积特点,平面上呈鸟足状

三角洲的沉积特征是供源水系和湖泊能量相互作用的结果。由于古地形平坦,湖岸线季节性的大范围变化,姚一段浅水型三角洲沉积体频繁暴露水面,这种频繁的暴露和平缓的古地形使得最大湖岸线、平均湖岸线与最小湖岸线之间相距甚远,河流的水动力成为主力。因此形成的三角洲平原相和前缘相延伸距离远,平面上呈鸟足状,形成了大规模的湖盆中心砂体。

### 2.2.2 浅水三角洲前缘主要以分流河道为主,河口砂坝欠发育

浅水三角洲在靠近湖岸线的范围内,分流河道是三角洲前缘的骨架砂体,砂体展布明显受控于河道的分流作用,表现出明显的分带性。

浅水三角洲河口砂坝不发育的原因主要有2个方面,一是浅水湖盆水动力条件较弱,不具备形成河口砂坝发育的地质条件;二是湖岸线频繁的季节性变化使得先期沉积的河口坝容易被后期迁移的分流河道改造而不易保存。

### 2.2.3 前缘分流河道遭受不同程度的席状砂化

三角洲前缘分流河道砂体由于受到湖浪、沿岸流等湖泊水动力和湖岸线季节性迁移的频繁改造,使得分流河道具有一定的席状砂的特点<sup>[8]</sup>,向湖泊方向席状砂化加剧。根据河道被改造程度的不同,可划分为弱席状砂化、中等席状砂化和强席状砂化分流河道等3种类型。

弱席状砂化的分流河道主要分布于三角洲平原与前缘的转换部位的情南地区,砂体相对较厚,单层厚度可达3~7 m,由细、中砂岩组成,底部常发育大型板状交错层理、块状层理等,并具单向水流的特征,GR和电阻等测井曲线表现为典型的钟型,具有明显的正韵律特征(图4a);中等席状砂化的水下分流河道是前缘相带主要的微相类型,主要分布在乾安地区,岩性以粉、细砂岩为主,局部为中砂岩,砂体厚3~5.5 m,发育交错层理、平行层理、块状层理、浪成沙纹层理、夹脉状层理和透镜状层理等,具单向水流特征,砂体在空间以透镜体为主,局部表现为毯状,总体以泥包砂结构为主,GR和电阻等测井曲线表现为钟型—漏斗型的过渡型(图4b);强席状砂化的水下分流河道主要分布在乾安北和查干花等地区,岩性以

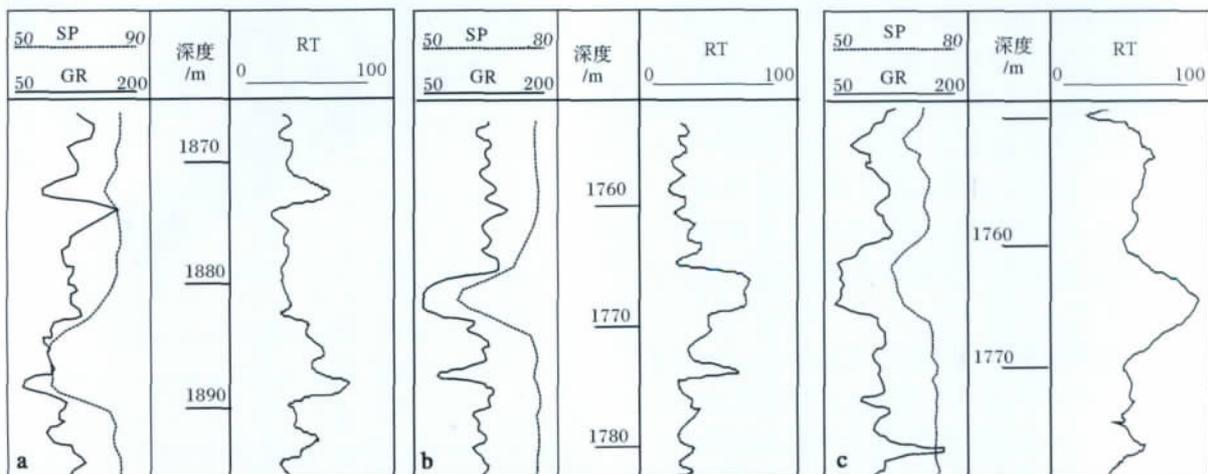


图4 浅水三角洲分流河道的席状砂化

Fig. 4 Logging characteristics of sheetsand-shaped distributary channels of the shallow deltas

粉、细砂岩和泥质粉砂岩为主,砂体厚 2.5 ~ 5 m,发育水平层理、块状层理、浪成沙纹层理,以及波状复合层理和脉状层理等,平面上以毯状、条带状为主,GR 和电阻等测井曲线以漏斗型为主(图 4c)。

#### 2.2.4 不具备典型三角洲的三层结构及向上变粗的反序列特征

由于地形平坦,平面上浅水三角洲平原与三角洲前缘、前三角洲过渡相接,无明显的变换,因此浅水三角洲沉积不具备 Gilbert 典型三角洲顶积层、前积层和底积层三元结构<sup>[8]</sup>。在地震剖面上也很难发现正常三角洲所特有的前积反射特征。浅水型三角洲同正常三角洲一样,由三角洲平原、前缘和前三角洲构成,但沉积主体以三角洲平原和前缘相带为主,尤其前缘相,延伸较远,甚至可达数百千米,形成大面积分布的湖泊中心砂体。

姚一段( $K_2y^1$ ) 在纵向上划分为 3 个短期旋回,自下而上分别代表 III、II 和 I 砂组,这 3 个砂组大致对应于姚一段的低位体系域、水侵体系域和高位体系域。III 砂组沉积是松辽盆地中部组合可容纳空间最小的时期,该时期气候干旱,河流规模小、数量少,湖平面快速下降,湖泊大规模收缩。II 砂组沉积时期,气候渐趋湿润,河流能量和供应能力都明显加强,湖泊面积虽有所扩大,但河流能量占主体,河流向湖盆中心长距离推进,形成典型的浅水三角洲沉积。I 砂组沉积时期,湖平面大规模上升,水域面积进一步扩大,河道规模快速缩小。因此,姚一段在纵向上表现为退积式沉积特征。

### 3 高频层序格架下姚一段沉积演化特征

#### 3.1 III 砂组沉积特征

III 砂组沉积时期是松辽盆地中部组合可容纳空间最小的时期,沉积范围最小,盆缘及扶新隆起带等大部分地区都以沉积路过作用为主(图 5)。在红岗北和大安地区姚一段底部存在红层沉积,说明在 III 砂组沉积时期这些地区也可能处于暴露环境。由于湖平面较低,加之登娄库背斜带和扶新隆起带的分割,长岭凹陷和东南隆起带的水体成为相互独立的汇水单元。另外由于受晚期构造的运动的影响,长春岭背斜带和青山口背斜带受到严重的剥蚀。

在平面上相带以滨浅湖相为中心呈环带状展布。除英台和白城水系规模较大外,保康、长春和榆树水系规模都较小。

#### 3.2 II 砂组沉积特征

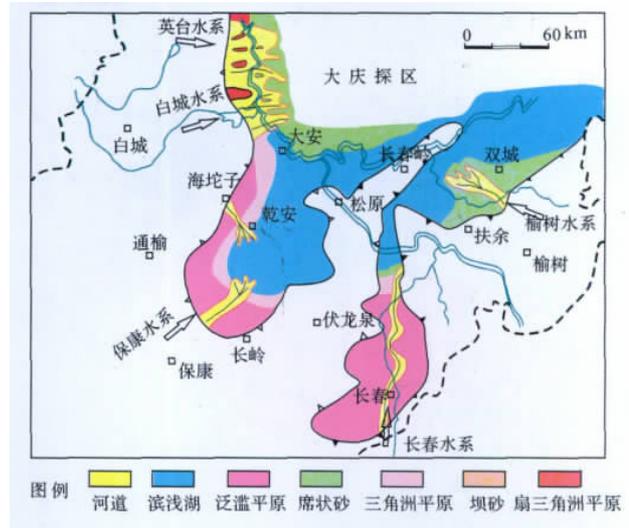


图 5 松辽盆地南部姚一段 III 砂组沉积相平面图

Fig. 5 Sedimentary facies of sandstone group III in  $K_1y_1$  in the south of Songliao basin

II 砂组沉积时期,随着沉积基准面的升高,湖盆的可容纳空间开始增大,沉积范围也随之扩大,沉积了姚一段最为发育的浅水三角洲体系,该砂组为松南姚一段成藏提供了最有利的储集层。由于湖侵,在扶新古隆起及西斜坡形成一系列地层超覆。在平面上相带仍以滨浅湖相为中心呈环带状展布,南部物源明显增强,通榆、保康和怀德 3 条水系在长岭凹陷中北部汇集并形成了建设性的河控浅水三角洲(图 6),其前缘相带互相叠加连片,三角洲分流河道主要呈网状展布。三角洲总面积达到  $0.52 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,为长岭凹陷葡萄花油层勘探的主力层位。英台、白城、榆树和长春水系的规模也明显增强;北部水系一直向南延伸到南山湾和新民一带(图 6)。

#### 3.3 I 砂组沉积特征

姚一段 I 砂组沉积时期,松辽盆地发生较大规模的湖侵,形成大范围稳定分布的湖相泥岩,北到大庆的喇嘛甸、南到吉林黑帝庙以及西到红岗阶地均为湖相沉积(图 7)。由于湖泊能量的加强,河流—三角洲沉积范围大幅萎缩,尤其是北部物源已经无法到达松辽盆地南部。I 砂组稳定分布的湖相泥岩为松辽盆地葡萄花油层的成藏提供了良好的盖层,成为松辽盆地葡萄花油层大面积成藏的关键因素之一。

在平面上相带仍以滨浅湖相为中心呈环带状展布,但滨浅湖相分布面积极为广泛,盆地南部也形成了统一的汇水中心。从盆地边缘向盆地中心,依次形成了冲积扇、河流相、三角洲和滨浅湖相(图 7)。

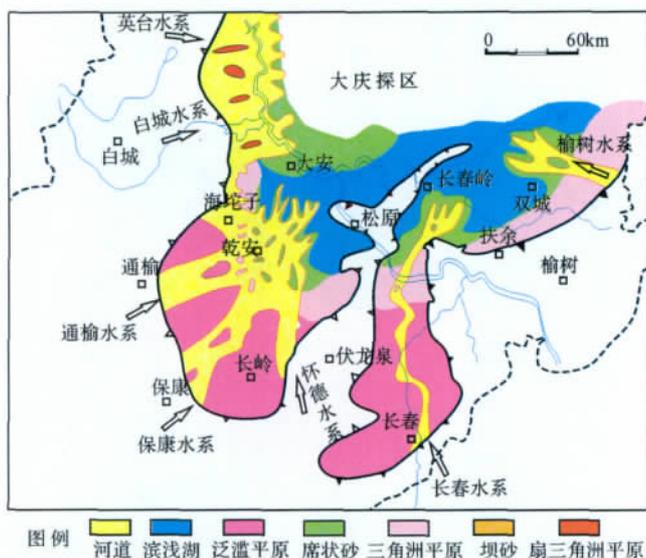


图6 松辽盆地南部姚一段Ⅱ砂组沉积相平面图

Fig.6 Sedimentary facies of sandstone group II in  $K_1y_1$  in the south of Songliao basin

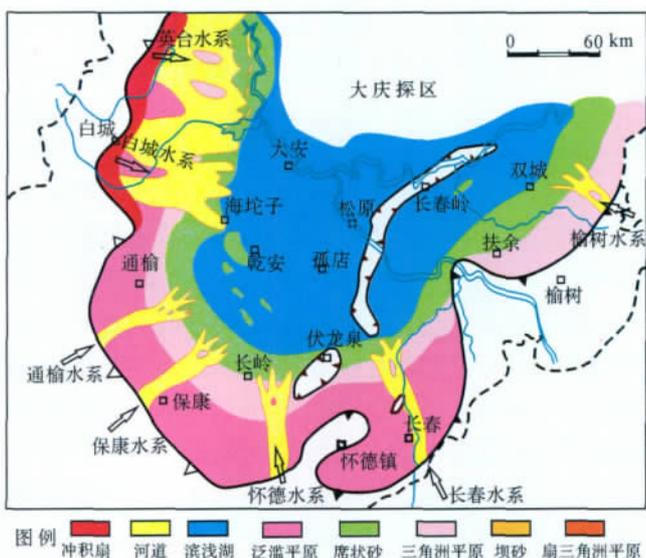


图7 松辽盆地南部姚一段Ⅰ砂组沉积相平面图

Fig.7 Sedimentary facies plan of sandstone group I in  $K_2y_1$  in the south of Songliao basin

## 4 结论

(1) 姚一段沉积时期,松辽盆地古地形平缓并不具备明显的坡折带,气候干旱,湖泊水体浅、面积小、能量较弱,基准面的频繁变化造成湖岸线常发生大范围的迁移,是典型的浅水湖泊沉积。

(2) 浅水湖盆的沉积充填主要以浅水三角洲和滨浅湖沉积为主,深湖、半深湖相对不发育,浅水三角

洲砂体是湖盆砂体的主要类型。根据供源水系的不同,松辽盆地南部的浅水三角洲可以分为浅水型扇三角洲、浅水型辫状河三角洲和浅水曲流河三角洲等3种类型。

(3) 姚一段浅水三角洲主要有以下特点:①具高建设性河控三角洲的沉积特点,平面上呈鸟足状,前缘相带延伸较远,形成了大规模的湖盆中心砂体;②浅水三角洲前缘主要以分流河道为主,河口坝极不发育;③前缘分流河道呈网状展布,河道遭受不同程度的席状砂化,依次划分为弱席状化、中等席状化、强席状化等3种类型;④不具备典型三角洲的三层式沉积结构及向上变粗的反序列特征。

(4) 姚一段沉积时期,总体表现为基准面上升的湖侵过程,Ⅱ砂组是松辽盆地南部葡萄花勘探的主力层位。

## 参考文献 (References)

- 1 Lemons D R, Chan M A. Facies architecture and sequence stratigraphy of fine-grained lacustrine deltas along the eastern margin of late Pleistocene Lake Bonneville, northern Utah and southern Idaho [J]. AAGP Bulletin, 1999, 83: 635-665
- 2 Plint A G. Sequence stratigraphy and paleogeography of Cenomanian deltaic complex: the Dunvegan and lower Kaskapau Formations in subsurface and outcrop, Alberta and British Columbia, Canada [J]. Bulletin of Canadian Petroleum Geology, 2000, 48(1): 43-79
- 3 Hoy R G, Ridgway K D. Sedimentology and sequence stratigraphy of fan-delta and river-delta deposystems, Pennsylvanian Minturn Formation, Colorado [J]. AAGP Bulletin, 2003, 87: 1169-1191
- 4 Ganil M R, Bhattacharya J P. Basic building blocks and process variability of a Cretaceous delta: internal facies architecture reveals a more dynamic interaction of river, wave, and tidal processes than is indicated by external shape [J]. Journal of Sedimentary Research, 2007, 77(4): 284-302
- 5 Keumsuk L I, McMechan G A, Gani M Ro, et al. 3-D architecture and sequence stratigraphic evolution of a forced regressive top-truncated mixed-influenced delta, Cretaceous Wall Creek sandstone, Wyoming, U. S. A [J]. Journal of Sedimentary Research, 2007, 77(4): 284-302
- 6 邹才能, 赵文智, 张兴阳, 等. 大型敞流坳陷湖盆浅水三角洲与湖盆中心砂体的形成与分布 [J]. 地质学报, 2008, 82(6): 813-824 [Zou Caineng, Zhao Wenzhi, Zhang Xingyang, et al. Formation and distribution of shallow-water deltas and central-basin sandbodies in large open depression lake basins [J]. Acta Geologica Sinica, 2008, 82(6): 813-825]
- 7 韩晓东, 楼章华, 姚炎明, 等. 松辽盆地浅水湖泊三角洲沉积动力学研究 [J]. 矿物学报, 2000, 20(3): 305-312 [Han Xiaodong, Lou Zhanghua, Yao Yanming, et al. Analysis of the sedimentary dynamic process of the shallow-water lake delta in the Songliao basin, northeast China [J]. Acta Mineralogica Sinica, 2000, 20(3): 305-312]

- 8 楼章华,袁笛,金爱民. 松辽盆地北部浅水三角洲前缘砂体类型、特征与沉积动力学过程分析[J]. 浙江大学学报:理学版,2004,31(2):211-215 [Lou Zhanghua, Yuan Di, Jin Ai'min. Types, characteristics of sandbodies in shallow-water deltafront and sedimentary models in Northern Songliao Basin, China [J]. Journal of Zhejiang University: Science Edition, 2004, 31(2): 211-215]
- 9 柳成志,辛仁臣,王刚. 松辽盆地北部头台地区扶余层浅水湖泊三角洲沉积特点[J]. 大庆石油学院学报,1998,22(1):68-70 [Liu Chenzhi, Xin Renchen, Wang Gang. Sedimentary features of shallow water lake delta of Fuyu Formation in Toutai area of northern Songliao Basin [J]. Journal of Daqing Petroleum Institute, 1998, 22(1): 68-70]
- 10 Overeem I, Kroonenberg S B, Veldkamp A, et al. Small-scale stratigraphy in a large ramp delta: recent and Holocene sedimentation in the Volga Delta, Caspian Sea [J]. Sedimentary Geology, 2003, 159: 133-157
- 11 Christopher R Fielding, Jonathon D Trueman, Jan Alexander. Holocene depositional history of the Burdekin river delta of northeastern Australia: a model for a low-accommodation, highstand delta [J]. Journal of Sedimentary Research, 2006, 76: 411-428
- 12 李思田,林畅松,解习农,等. 大型陆相盆地层序地层学研究——以鄂尔多斯中生代盆地为例[J]. 地学前缘,1995,2(04):133-136 [Li Sitian, Ling Changsong, Xie Xinong, et al. Approaches of nonmarine sequence stratigraphy: a case study on the Mesozoic Ordos basin [J]. Earth Sciences Frontiers, 1995, 2(04): 133-136]
- 13 操应长,韩敏,王艳忠,等. 济阳坳陷车镇凹陷沙二段浅水三角洲沉积特征及模式[J]. 石油与天然气地质,2010,31(5):576-601 [Cao Yinchang, Han Ming, Wang Yanzhong, et al. Sedimentary characteristics and models of shallow-water delta deposits in the second member of the Shahejie Formation in the Chezhen Sag, the Jiyang Depression [J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(5): 576-601]
- 14 王建功,王天琦,梁苏娟,等. 松辽盆地北部葡萄花油层浅水三角洲沉积特征及对油气分布的控制[J]. 中国石油勘探,2008,13(1):11-16 [Wang Jianguo, Wang Tianqi, Liang Sujuan, et al. Sedimentary features of shallow lacustrine delta and their control on distribution of oil and gas pools in Putaohua reservoir of northern Songliao Basin [J]. China Petroleum Exploration, 2008, 13(1): 11-16]
- 15 Kroonenberg S B, Rusakov G V, Svitoch A A. The wandering of the Volga delta: a response to rapid Caspian Sea level change [J]. Sedimentary Geology, 1997, 107: 189-209
- 16 赵翰卿. 松辽盆地大型叶状三角洲沉积模式[J]. 大庆石油地质与开发,1987,6(4):1-9 [Zhao Hanqing. Sedimentary model of lobe delta in Songliao Basin [J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 1987, 6(4): 1-9]
- 17 宋鹰,任建业,欧阳怀忠,等. 松辽盆地北部姚家组底界面特征及其动力学背景[J]. 石油学报,2010,31(2):187-195 [Song Ying, Ren Jianye, Ouyang Huaizhong, et al. Characteristics and dynamic background of bottom boundary in Yaojia Formation of the northern Songliao Basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 2010, 31(2): 187-195]
- 18 张立平,王东坡. 松辽盆地白垩纪古气候特征及其变化机制[J]. 岩相古地理,1994,14(1):11-16 [Zhang Liping, Wang Dongpo. Palaeoclimatic characteristics and the mechanism for climatic changes in the Songliao basin during the Cretaceous [J]. Journal of Palaeogeography, 1994, 14(1): 11-16]
- 19 黄清华,郑玉龙,杨明杰,等. 松辽盆地白垩纪古气候研究[J]. 微体古生物学报,1999,16(1):95-103 [Huang Qinghua, Zheng Yulong, Yang Mingjie, et al. On Cretaceous paleoclimate in the Songliao Basin [J]. Acta Micropalaeontologica Sinica, 1993, 16(1): 95-103]
- 20 王东坡,刘招君,刘立,等. 松辽盆地演化与海平面升降[M]. 北京:地质出版社,1994:114-127 [Wang Dongpo, Liu Zhaojun, et al. Evolution of Songliao Basin and Global Changes of Sea Level [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994: 114-127]
- 21 王长春. 松辽盆地南部岩性油气藏的形成和分布[M]. 北京:石油工业出版社,2001:120-124 [Wang Yongchun. Formation and distribution of lithologic oil pools in Southern Songliao Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001: 120-124]
- 22 潘树新,郭维华,马凤良,等. 松辽盆地榆树水系泉头组—嫩江组沉积相特征及勘探潜力[J]. 新疆石油地质,2010,31(1):47-50 [Pan Shuxin, Guo Weihua, Ma Fengliang, et al. Sedimentary facies and exploratory potential of Quantou-Nenjiang Formations of Yushu river system in Songliao Basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2010, 31(1): 47-50]
- 23 潘树新,卫平生,王天奇,等. 大型坳陷湖盆“洪水—河漫湖”沉积——以干旱背景下的松南泉四段为例[J]. 地质论评,2012,58(01):41-52 [Pan Shuxin, Wei Pingsheng, Wang Tianqi, et al. Sedimentary characteristics of flood: Overlake in large depression basin: Taking the 4th Member, Quantou Formation, Lower Cretaceous, in southern Songliao Basin as an Example [J]. Geological Review, 2012, 58(01): 41-52]
- 24 王立武,李建忠,王兆云,等. 松辽盆地保乾三角洲前缘带演变及其勘探意义[J]. 沉积学报,2003,21(3):404-408 [Wang Liwu, Li Jianzhong, Wang Zhaoyun, et al. Evolution of front facies belt of Baoqian delta in Songliao Basin and its role on hydrocarbon exploration [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2003, 21(3): 404-408]

## Forming Conditions and Depositional Characteristics of Shallow-water Deltas in Depression Basins: A case study of $K_2y^1$ in the south of Songliao Basin

WANG Li-wu

( Jilin Oil Field , CNPC , Songyuan , Jilin 138001)

**Abstract:** Shallow-water delta in large lacustrine depression basins is different from conventional delta in aspects of framework , microfacies , sandbody , scale and shape. In this article , forming conditions and deposition characteristics of  $K_2y^1$  shallow-water deltas in the southern Songliao basin has been analyzed. Songliao basin are characterized by stable structure , slow subsidence , flat palaeotopography , dry climate and sufficient material source during Putaohua Formation , thus formed a distinctive shallow-water delta deposition. Unlike conventional terrigenous basins , its shoreline often migrated in large scale and few deep lacustrine and semi-deep lacustrine facies developed .

The shallow-water delta can be distinguished by following characteristics: ( 1) The channel of shallow-water delta extended far away , up to 160 km from delta plain to lake center; Divaricating and confluence were often happen in delta . Sand bodies show obvious direction and birds foot-like distribution on the isopach map. ( 2) Mouth bar in the front of delta was not developed as restricted by accommodation and washing action. The sandstone reservoirs were obviously controlled by fluvial system. ( 3) Channel on the delta front were reformed to sheetlike sandstone by lake water and can be divided into three styles which include poorly sheetlike , moderately sheetlike and intensely sheetlike styles; ( 4) The sedimentary models of shallow-water delta differ from Gilbert delta style which have topset bed , bottomset bed and foreset bed. During  $K_2y^1$  deposition period , the base level increased gradually , I and II sand group provided a favorable reservoir storage space , III sand group transgress provided a good seal for Putaohua reservoir.

**Key words:** shallow-water basin; shallow-water delta;  $K_2y^1$ ; Songliao Basin