

琼东南盆地崖南凹陷海湾扇 三角洲体系沉积构成及演化模式^①

解习农¹ 李思田¹ 葛立刚¹ 张启明² 王振锋²

(中国地质大学,武汉 430074)

(南海西部石油公司勘探开发研究院,湛江 524000)

提 要 本文以琼东南盆地崖南凹陷陵水组三段扇三角洲体系为例,详细讨论了进积于海湾背景环境下扇三角洲体系的岩性相、成因相及其空间配置关系。研究区海湾扇三角洲体系自下而上潮汐作用越来越强,其垂向演化可划分为三个阶段,早期为以河流作用占优势阶段,中期为河流和潮汐混合作用阶段,晚期为以潮汐作用占优势逐渐过渡为以潮汐作用占优势。

关键词 扇三角洲体系 沉积构成 琼东南盆地

第一作者简介 解习农 男 32岁 副教授 煤、石油及天然气地质

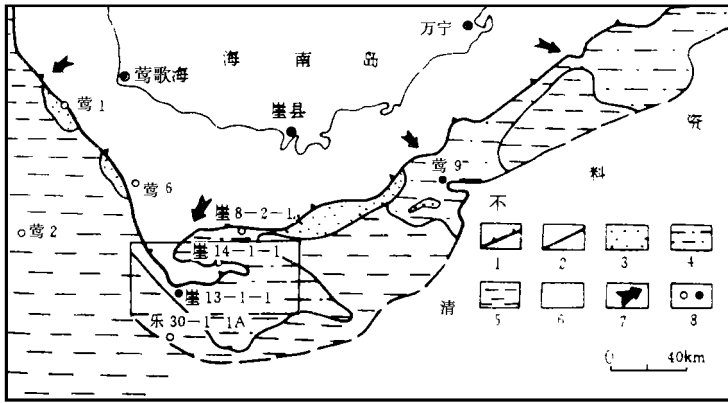
扇三角洲形成的基本条件是具有充足的碎屑物质的补给、较陡的坡度和与之毗邻的稳定的蓄水盆地(湖泊或海洋)。根据扇三角洲进积的蓄水盆地的性质不同,扇三角洲体系可划分为湖泊型和海洋型。目前国内有关湖泊扇三角洲沉积构成及其沉积作用过程的文献较多^[1,2,3,4],但尚未见报道海洋扇三角洲实例。由于稳定水体(湖泊或海洋)对扇三角洲沉积物改造程度差异较大,导致扇三角洲内部沉积构成及沉积作用差异很大,因而形成各具特色的岩性相、成因相及沉积特征。本文以琼东南盆地崖南凹陷陵水组三段扇三角洲体系为例,详细讨论了进积于海湾背景环境下扇三角洲体系的沉积构成及其演化模式。

1 地质概况及古地理背景

琼东南盆地位于海南岛以南海域,是发育在南海北部大陆架上的新生代伸展性盆地。盆地面积约 45000 km²,呈 NE向展布,西侧以①号断裂为界与莺歌海盆地毗邻,东北与珠江口盆地相邻。盆地构造演化经历了早第三纪的断陷和晚第三纪、第四纪的拗陷两个阶段。早第三纪包括始新世和渐新世的崖城组、陵水组。始新统为陆相湖盆沉积,到渐新世崖城末期,随着区域海平面上升,使得该地区由湖盆逐渐发展成为封闭海湾。进入陵水组沉积早期,保持半封闭海湾的沉积格局,但随着海侵范围扩大,逐渐过渡为开阔的滨海、浅海环境^[5](图 1)。盆地拗陷阶段的上第三系和第四系地层主要为广阔陆表海和陆架陆坡体系沉积。

① 本文系国家自然科学基金(基金号 49302030)和南海西部石油公司联合资助项目的成果
收修改稿日期:1995-07-14

琼东南盆地海湾扇三角洲发育于崖南凹陷崖城脊东斜坡带, 分布层位为渐新世陵水组三段, 该区下伏崖城组主要以冲积扇及扇前冲积平原沉积为主, 间夹薄煤层, 到陵水组三段沉积时期, 海水侵入导致扇三角洲的形成, 随着海平面的不断上升, 陵水组一、二段形成较广阔浅海。



1. 剥蚀区 2. 相带分界面 3. 三角洲相 4. 扇三角洲、滨海相
5. 浅海相 6. 研究区 7. 物源方向 8. 气井、完钻井、油井

图 1 琼东南盆地陵水组沉积环境图(据中国石油地质志, 卷十六, 1992, 修改)

Fig. 1 Depositional environments of Lingshui Formation in the Qiongdongnan basin

2 受海洋作用影响的扇三角洲成因相及沉积特征

海湾扇三角洲与海洋三角洲相似, 根据海水作用影响范围具有明显的平面分带性, 海湾扇三角洲体系沉积构成可划分为扇三角洲平原相组合、扇三角洲前缘相组合和前扇三角洲相组合, 其中扇三角洲平原还可细分为上、下扇三角洲平原。下扇三角洲平原指平均高潮线和平均低潮线之间的地区, 有些学者称之为过渡带^[6]。上扇三角洲平原沉积几乎不受海洋作用的影响, 其岩性相及沉积构成与湖泊扇三角洲相似, 而下扇三角洲平原和扇三角洲前缘则明显受海洋作用(主要是潮汐和波浪作用)的再改造, 形成独特的岩性相和成因相类型。研究区海湾扇三角洲中受海洋作用影响的岩性相构成的突出特点表现在①富含泥质条带、泥披盖或泥质薄层, 这些泥质沉积物赋存于不同粒级砂岩的纹层或纹层组界面; ②发育生物扰动, 不仅在细粒沉积物中见到, 而且在粗粒砂岩中也常见, 其中生物遗迹 Ophiomorpha(蛇形迹)、Thalassinoides(海生迹)、Teichichnus(墙迹)较为常见; ③独特的层理类型, 如羽状交错层理、潮汐层理等。

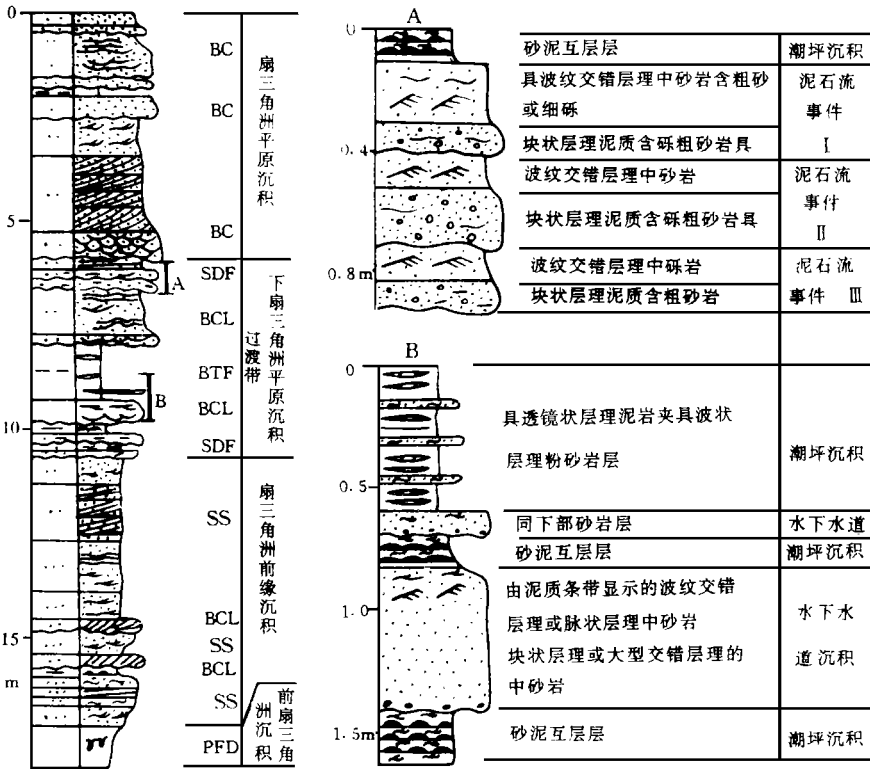
研究表明崖城脊东斜坡带海湾扇三角洲体系主要受潮汐作用影响, 且自下而上潮汐作用明显增强。在海湾扇三角洲中不受海洋作用影响的沉积物(即上扇三角洲平原沉积)特征与湖泊扇三角洲相似, 这里不再赘述。以下重点讨论扇三角洲体系中受海洋作用影响的成因相及其沉积特征。

2.1 受潮汐作用影响的辫状水道相(BCL)

主要由砂砾岩、砂岩组成的复合性水道沉积组合, 单个砂层厚度 2-5 m, 发育完整的辫

状水道序列的岩性相构成为:底冲刷界面上依次出现含泥砾的块状砾岩或砂砾岩,大型槽状、板状或楔状交错层理砂砾岩或粗砂岩,含泥质条带的砂岩和具波纹交错层理的细-极细砂岩。总体构成向上变细的序列(图2)序列顶部常见三种组合类型:①含植物根或植物碎片的块状泥岩或粉砂质泥岩;②砂泥互层,一般含 Ophiorhiza(蛇形迹)或其它生物潜穴;③具低角度交错层理中细砂岩,其分选磨圆较好,反映河口区水道废弃后被潮汐作用改造形成的潮间浅滩沉积。

总体来看,水道砂体中以块状砂砾岩、大型交错层理砂砾岩和含泥质条带的砂砾岩、砂岩最为常见。一般来说,序列下部以水道沉积作用为主,序列上部显示的泥质条带则明显反映了潮汐作用的影响。



BC. 辫状水道相 BTF. 间湾潮坪相 SS. 潮下浅滩相 SDF. 水下泥石流沉积相
SC. 水下水道相 PFD. 前扇三角洲和海湾相

图2 河流和潮汐混合作用的扇三角洲沉积序列

Fig. 2 Depositional sequence of fan delta dominated by fluvial and tidal actions.

2.2 受潮汐作用改造的水下水道 (SC)

主要由含砾砂岩或中粗砂岩组成,序列厚度一般为 0.5-0.8 m,大多小于 1 m 垂向序列构成具有明显二分性,即下部为块状层理的含砾砂岩和交错层理的含砾砂岩或中粗砂岩,上部为富含泥质条带的脉状层理、波纹交错层理中细砂岩(图2B)。有时在水下水道砂体之

下见到 5—10 cm 河口坝砂沉积。与湖泊扇三角洲的水下水道相比,具有①序列上部潮汐作用改造明显,富含泥质条带和波状泥质纹层;②生物扰动更加强烈,这些特征反映了水下水道为突发性牵引流沉积或扇面短命水道沉积,潮汐作用仅在突发事件之后对水下水道沉积物再改造

2.3 受潮汐作用改造的水下泥石流沉积相(SDF)

突发性事件沉积是扇三角洲体系中突出特点,同样在海湾扇三角洲中既发育陆面泥石流,也发育水下泥石流。研究区保存下来的水下泥石流记录是经过一定时间的潮汐作用改造的产物,其沉积构成具有明显二分性,下部由含砾砂岩组成,含斑性明显;上部为脉状层理、波纹交错层理中砂岩,泥质含量低,但具有含斑性。与湖泊扇三角洲中水下泥石流相比,具有①前者泥质含量较低,以颗粒支撑为主,而后者泥质含量高,以泥质支撑为主;②前者有时可见粗碎屑成层展布,后者主要为块状层理;③前者常见生物潜穴和生物扰动,后者偶见生物扰动;④前者显示明显的向上变细序列,而且序列上部为 $\times 10$ cm 受潮汐作用改造的波纹交错层理中细砂岩(图 2A)。

2.4 间湾潮坪相(BTF)

在扇三角洲朵体侧翼或水道间地区形成潮坪沉积,垂向岩性相构成包括:具波纹交错层理或中小型交错层理细极细砂岩,脉状或波状层理砂泥互层和水平纹理粉砂质泥岩,常见生物潜穴和生物扰动构造

2.5 潮下浅滩相(SS)

主要由中极细粒砂岩组成,其分选磨圆较好。从下而上岩性相构成为:生物扰动或生物潜穴的粉砂岩,具不同比例互层的砂泥互层层,脉状、波状层理的细中砂岩和由泥质条带或纹层组成水平纹理或低角度交错层理的中细砂岩,通常显示总体向上变粗的序列。潮下浅滩沉积构成与物源区远近密切相关,毗邻于河口区,序列岩性粗,生物扰动微弱,而远离河口区,序列岩性细,且生物扰动强烈(图 3B、C)。

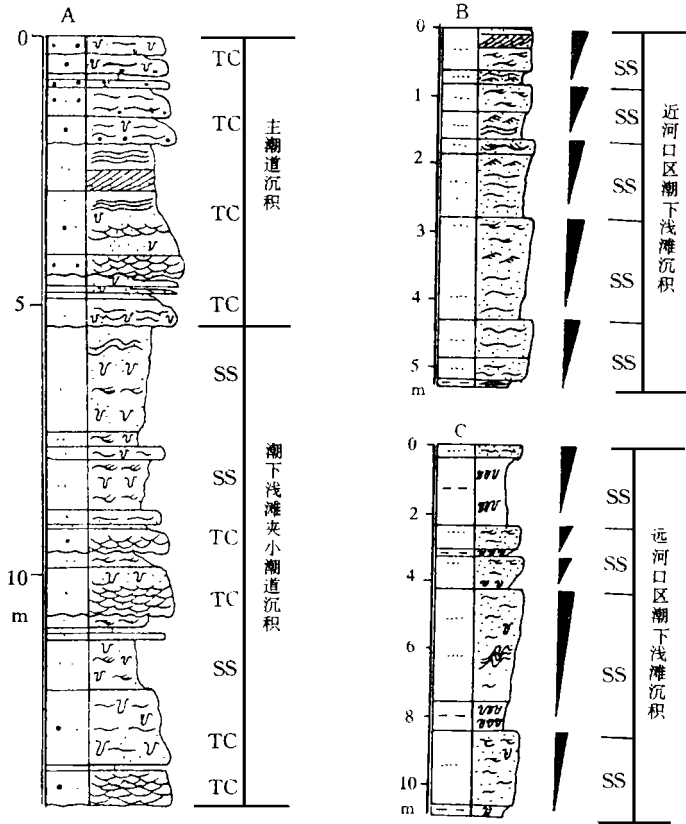
2.6 潮道沉积相(TC)

主要由砂砾岩、含砾砂岩和中粗砂岩组成的复合砂体。潮道复合体厚度 2—4 m。根据沉积物特征及序列构成特征可划分为废弃潮道和活动潮道。

废弃潮道的岩性相构成主要为生物扰动的块状层理含砾砂岩和水平纹理含砾砂岩和中粗砂岩。其突出特点在于废弃潮道沉积物中极少见大型交错层理,而以泥质条带显示的水平纹理为主,生物扰动十分强烈。活动潮道的岩性相构成从下而上分别为:块状层理含砾砂岩或粗砂岩,具大型交错层理含砾砂岩或中粗砂岩和泥质条带显示低角度交错层理中粗砂岩。序列顶部有时为以砂泥互层为主的潮坪沉积(图 3A),有时过渡为冲洗交错层理或低角度交错层的潮间浅滩沉积。总体来看,潮道沉积的岩性构成与水下水道相似,但前者泥质条带或泥披盖更丰富,生物活动更明显,且有时可见羽状交错层理

2.7 潮间浅滩相(BC H)

潮间浅滩相仅见于陵水组三段顶部,主要由分选中等好的粗中砂岩组成,富含海绿石。岩性相构成为块状层理的粗中砂岩或低角度交错层理的粗中砂岩,指示了在海侵背景下废弃扇三角洲朵体被强烈改造成高能潮间浅滩沉积。这类成因相在许多现代和古代海洋扇三角洲中见到^[6,7],且常常在扇三角洲朵体废弃之后形成海侵席状砂。由于其较好的分选,缺少泥质条带或泥披盖,因而具有极有利的储集条件。



TC. 潮道沉积相 SS. 潮下浅滩相 A. 主潮道沉积 B. 近河口区潮下浅滩沉积 C. 远河口区潮下浅滩沉积

图 3 以潮汐作用占优势的扇三角洲(河口湾型)沉积序列

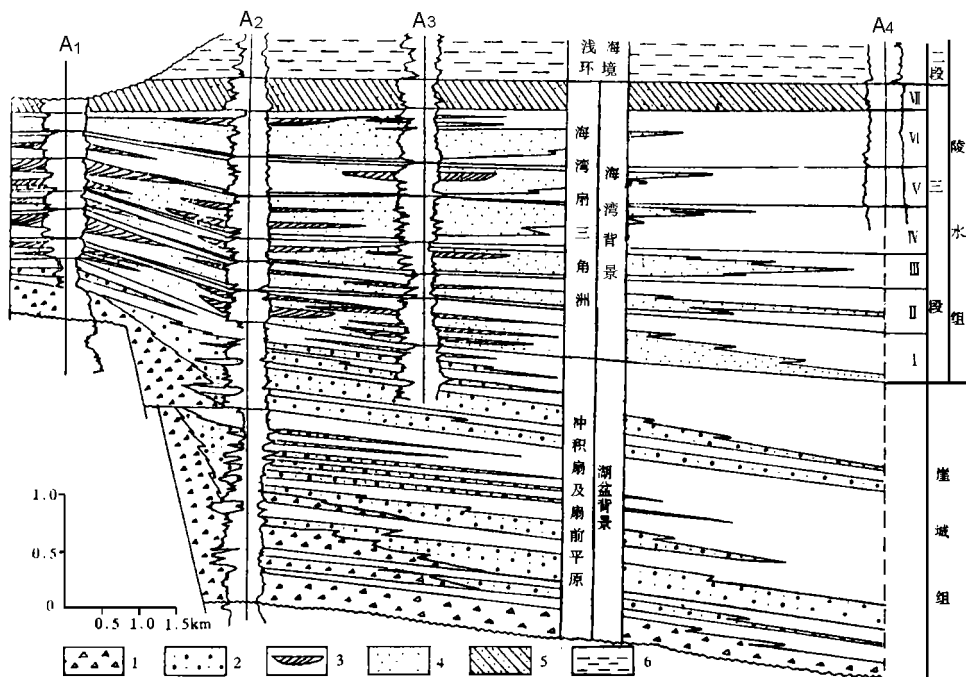
Fig. 3 Depositional sequence of fan delta dominated by tidal action

3 海湾扇三角洲体系的空间配置

崖南凹陷陵水组三段海湾扇三角洲演化可划分出七个小层序, 从下而上编号分别为 I—VII (图 4) 每个小层序厚度 15—40 m, 个别小层序厚度可达 50 m 扇三角洲体系空间配置具有以下特点:

- ① 扇三角洲体系中每个小层序自西向南或南东方向明显增厚。这主要是由于沿着崖城脊斜坡带方向沉降差异所致。
- ② 每个扇三角洲小层序由扇三角洲平原相组合(包括上扇三角洲平原和过渡带)、扇三角洲前缘相组合和前扇三角洲相组合组成。从下而上上扇三角洲平原所占比例减少, 过渡带和扇三角洲前缘相组合所占有比例增加, 其中仅在第 I、II 小层序见到上扇三角洲平原的煤层沉积。第 VII 小层序由于由于海平面逐渐上升, 海洋作用增强, 受潮汐作用影响的扇三角洲逐渐过渡为以潮汐作用占优势的河口湾环境。
- ③ 陵水组三段扇三角洲砂体具有粒度粗、成分杂、成熟度低的特点。从下而上矿物成熟度增加, 即石英含量逐渐增加, 岩屑含量逐渐减少, 同样, 愈远离物源方向石英含量增大, 岩屑含量减少。这些特征指示快速近源堆积特点。
- ④ 扇三角洲砂体中自生矿物主要为海绿石和黄铁矿。海绿石大多为颗粒状, 少

数为胶结物状,这些颗粒状海绿石主要分布第II—VII小层序,其中以第VII小层序含量最为丰富。⑤陵水组三段形成于总体海侵背景,因此从下而上扇三角洲朵体不断向崖城脊方向退积(图4),潮汐作用增强,导致每个小层序破坏期沉积物所占比例逐渐增大,其中第I、II小层序以河流作用占优势,海洋作用改造形成的破坏相极薄或者没有,第III—VII小层序破坏相对较发育,第VII小层序则以潮汐作用占优势,形成了典型的河口湾沉积环境



1.冲积扇沉积 2.辫状水道沉积 3.扇三角洲平原水道沉积 4.扇三角洲前缘砂质沉积
5.潮汐作用占优势的扇三角洲沉积 6.浅海沉积

图4 崖城脊东斜坡带崖城组和陵水组三段沉积断面图

Fig. 4 Depositional section of Yacheng Formation and the third member of Lingshui Formation in the eastern slope belt of Yacheng Slope

4 海湾扇三角洲体系的沉积模式

如前所述,崖南凹陷从崖城期陆相湖盆沉积背景过渡为陵水组早期的半封闭海湾,最后过渡为陵水组中期的开阔浅海。陵水组三段为总体海侵背景,随着海平面逐渐上升,河口区不断淹溺,导致潮汐作用对扇三角洲沉积的影响越来越明显。因此琼东南盆地崖南凹陷扇三角洲体系是由于冲积扇区不断被半封闭海湾的海水淹溺而形成的。根据海洋作用强度将研究区海湾扇三角洲体系的垂向演化划分为三个阶段,从下到上分别为以河流作用占优势阶段,河流和潮汐混合作用阶段和以潮汐作用占优势阶段

4.1 早期以河流作用占优势阶段

即陵水组三段第I、II小层序沉积时期,主要特点是扇三角洲以水道进积作用为主,潮汐作用对扇三角洲改造微弱,仅在朵体间或亚朵体间形成潮坪沉积,崖城脊东斜坡带大部

分地区为扇三角洲平原相组合带,大多数钻孔发育煤层,扇三角洲前缘相组合仅分布于第II小层序的下部,其中河口坝不发育且厚度较薄

4.2 中期-河流和潮汐混合作用阶段

即陵水组三段第III到VI小层序沉积时期,该阶段穴出特点是河口坝砂体厚度明显增大,对下扇三角洲平原带的水道、泥石物流沉积物的改造越来越明显,形成特征的潮汐沉积物—潮下浅滩和潮间浅滩,同时生物活动增强。此外,每个扇三角洲废弃期出现 $n-1 \times 10 \text{ cm}$ 潮间浅滩砂层

4.3 晚期-以潮汐作用占优势阶段

即陵水组三段第VII小层序沉积时期,该时期与下伏扇三角洲小层序具有明显差异,下伏扇三角洲以水道作用为主,同时受潮汐作用改造,而第VII小层序则以潮汐作用占优势,形成典型河口湾型的古地理面貌。由潮道、潮间浅滩、潮下浅滩和潮坪成因相所组成,其中生物扰动明显增强,海绿石含量增多。

综上所述,琼东南盆地崖南凹陷海湾扇三角洲的形成的演化具有以下特点:① 扇三角洲朵体进积于崖城脊斜坡带,近源的碎屑物供给为多个扇三角洲朵体的发育提供充分的条件;② 研究区扇三角洲体系主要受潮汐作用的影响,突出的特征是在粗粒砂岩中富含泥质条带、泥披盖或泥质薄层,且生物潜穴及生物扰动构造发育。突发性事件沉积物(如:水下泥石流和短命辫状水道)的二分性表明潮汐作用对其上部沉积物进行了较强烈的再改造;③ 陵水组三段扇三角洲体系经历了三个演化阶段,早期以河流作用占优势,中期为河流和潮汐混合作用,晚期以潮汐作用占优势。每一阶段反映了不同的扇三角洲沉积作用方式和独特的沉积特征,总体来看从下而上潮汐作用明显增强;④ 区域资料综合分析表明琼东南盆地经历了从断陷到坳陷两个阶段,相应地岩相古地理也从陆相湖盆地渡为开阔陆表海和陆缘陆坡环境。从构造角度来看,陵水组为盆地断坳转化期产物,其沉积环境也属于海陆过渡型环境,不难看出,扇三角洲体系垂向演化主要受区域海平面不断上升的制约,因而自下而上形成了三种不同的扇三角洲沉积作用模式

参 考 文 献

- [1] 吴崇筠,薛淑浩等. 中国含油气盆地沉积学. 北京:石油工业出版社, 1992, 48- 90
- [2] 李思田. 断陷盆地分析与煤聚积. 北京:地质出版社, 1988, 60- 84
- [3] 孙永传,李惠生等. 泌阳断陷盐湖盆地的沉积体系演化. 地球科学, 1992, 16(4): 419- 428
- [4] 解习农,孙永传等. 扇三角洲序列样式及其控制因素——以伊通地堑为例. 地球科学, 1993, 18(6): 749- 756
- [5] 沿海大陆架及毗邻海域油气区石油地质志编写组. 中国石油地质志,卷十六,沿海大陆架及毗邻海域油气区. 北京:石油工业出版社, 1992, 502- 508
- [6] Galloway W E. Sediments and stratigraphic framework of the Copper River Fan Delta. Jour Sediment Petrology, 1976, 46, 726- 737.
- [7] Haywood H B. Coastal alluvial fans (fan deltas) of the Gulf of Aqaba (Gulf of Eilat). Red Sea Sediment Geol, 1985, 43, 241- 260.
- [8] Nemeo W N and Steel R J. Fan Delta Sedimentology and Tectonic Settings. Blaskie and Son, 1988, 3- 13.

Internal Architectures and Evolving Model of Bay Fan Delta System in Yanan Sag of Qiongdongnan Basin

*Xie Xinong*¹ *Li Sitian*¹ *Ge Ligang*¹ *Zhang Qiming*²
and *Wang Zhenfeng*²

¹ (China University of Geosciences, Wuhan 430074)

² (West Oil Company of South China Sea, Zhangjiang 524000)

Abstract

Fan delta system was developed in the Yacheng slope in the south margin of Yanan Sag. With uplifting, sea water inundated in this area, and alluvial fan prograded into bay environment and formed fan delta deposits. There formed characteristic lithofacies and genetic facies in fan delta system because of the effect of marine action. Research results from the core showed that there was increasing effect by marine action in the evolution of fan delta, in other words, there was a great change in dominant action from the alluvial to tidal in the formation of fan delta. The evolutionary process of fan delta in the third member of Lingshui Formation can be divided into three periods

(1) Early period- dominated by fluvial action. Sea water flooded only in the centre of the sag, so fan delta system consisted of braided channel and alluvial plain deposits, and thin coalbeds occurred in the local area. Tidal flat deposits were formed in the front or margin of lobes of fan delta.

(2) Middle period- affected by fluvial and tidal actions. The most area of Yacheng slope was located in lower fan delta plain (intermediate belt) and fan delta front belt. Upper fan delta plain belt occurred in the margin of Yacheng slope. Many event deposits, for example, debris flow or transient subaqueous channel deposits, were reworked by tidal action. There were formed subtidal and intertidal shoal deposits with animal burrows and strong distortion. In general, there were $n - n^*$ 10 cm intertidal shoal deposits in the abandoned stage of each fan delta.

(3) Late period- dominated by tidal action. Fan delta system was formed dominantly by tidal action, and consisted of tidal channel, intertidal shoal, subtidal shoal and tidal flat deposits. These characters indicated a typical estuary environment.

Key words fan delta system sedimentary constitution Qiongdongnan basin