

鄂尔多斯盆地晚二叠世 湖相沉积

杨昌贵 袁志祥

(地质矿产部第三石油普查勘探大队, 咸阳)

内容提要 鄂尔多斯盆地晚二叠世湖相沉积主要由灰棕色砂砾岩和红至灰色泥岩组成, 厚500—600米。从该套沉积中已识别出五个主要相组合, 即水下扇、湖岸冲积平原、湖成三角洲、边缘湖和滨外湖相组合。水下扇相发育于研究区西南缘, 冲积平原相发育于研究区北部, 湖成三角洲相发育于研究区北部和东部, 边缘湖相发育于研究区中部, 滨外湖相发育于研究区南部。

主题词 湖相沉积特征 湖相分类 沉积相展布 海相层 火山碎屑岩层

第一作者简介 杨昌贵 50岁 工程师 岩相古地理及石油地质

一、区域地质背景

本文涉及之研究范围如图1所示, 横跨陕、甘、宁、晋和内蒙古五省区的部分辖区, 主体即现今的鄂尔多斯盆地。

从早古生代到晚古生代石炭纪, 整个鄂尔多斯地区的区域构造轮廓是“北高南低、中隆东西拗”。至晚古生代, 随着“中隆”的逐渐消失及西缘长期继承性拗陷(贺兰拗陷)的抬升, 鄂尔多斯一改其昔日“中隆东西拗”的构造面貌成为东西延伸的沉降盆地, 当时的盆地面积比现今的鄂尔多斯盆地要大。晚二叠世盆地表现出南陡北缓、西陡东缓的基本特征, 特别是研究区西南缘可能更陡。

在上述区域构造背景下, 晚古生代沉积环境演化序列是从海到陆、由河到湖。晚二叠世湖盆是早二叠世晚期河谷下沉后的产物, 为拗陷型湖盆。其充填物是一套陆相杂色沉积, 厚约500—600m, 即上石盒子组(P_2s)和石千峰组(P_2sh), 两者整合接触, 岩性为紫红、棕红、黄绿、灰绿色砂岩及泥质岩, 剖面中、上部夹碳酸盐岩和凝灰岩。盆地南缘于石千峰组顶部见海相泥灰岩、黑色页岩和砂岩夹层。所含化石以植物为主, 并含叶肢介、瓣鳃类、介形虫、脊椎(锯齿龙)和兰藻化石。南部石千峰组海相夹层含瓣鳃类和腕足类化石。这套岩层具典型湖泊沉积特征: 含淡水湖相化石组合; 岩性在平面上具较清晰的环带结构, 即从盆边向盆内沉积物粒度由粗变细, 砂岩成分由长石和岩屑含量较高($>30\%$)变为石英含量较高($>90\%$)、泥质岩颜色由红变暗; 厚度在沉积区边缘变化大。

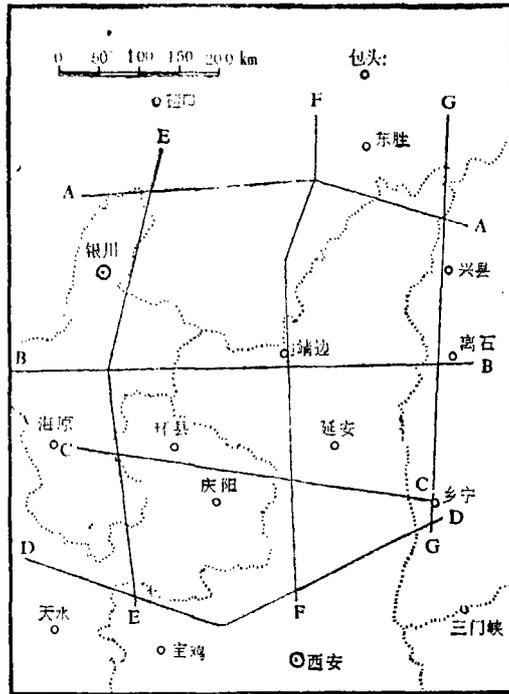


图1 研究区位置与图6中横剖面的分布位置图

Fig. 1 Location map showing studied area and distribution of cross section in Fig. 4.

二、沉积相特征和沉积相展布

笔者认为,在油气勘探领域中,最好同时以砂体和泥质岩体的沉积环境或沉积相划分湖相沉积,更有利于准确地寻找岩性油气藏,在鄂尔多斯盆地这种局部构造不甚发育的地区尤为如此。故此,本文使用了滨外湖、边缘湖、湖湾、滨线、近滨和沙坝组合相等术语^[3]。其中,滨外湖相相当于较深湖相;边缘湖相包括湖湾、滨线、近滨和沙坝组合相,相当于滨湖和浅湖相。在全面掌握全盆地近二百个资料点的基础上,笔者重点对近六十个露头及钻井剖面进行了详细的沉积相分析,并绘制了七条基于沉积横剖面,以控制全区沉积相的空间展布。研究表明:晚二叠世湖相沉积基本是一套浅水产物,其中存在着如表1所示的相和亚相。各成因单位的特征如下:

1. 水下扇相

即入湖冲积扇,岩性为紫灰、黄绿色砂砾岩夹紫红、棕红色泥质岩,垂向层序由内扇、中扇和外扇沉积组成;粒度向上变细。特点是韵律层发育,牵引流形成的构造很少。据薄片粒度分析,其C—M图具冲积扇特征,粒度概率累积曲线为斜率较低的轻微上凸弧形线,表明主要为重力流搬运沉积的产物^[1]。从少量牵引流构造和局部的含铁质豆粒泥岩看,扇体已伸至滨线以下。

内扇亚相 为块状砂砾岩(砾岩为主)与泥质岩互层。砂砾岩中砾石成分以石英

表1. 本文所采用的相和亚相的划分原则

Table 1 Dividing rule of facies and subfacies in this paper

相	亚相
水下扇	内扇、中扇、外扇
湖岸冲积平原	河道、泛滥平原
湖成三角洲	三角洲平原, 三角洲前缘、前三角洲
边缘湖	湖湾、滨线, 近滨、沙坝组合
滨外湖	

岩为主, 并含灰岩砾石; 分选磨圆极差, 排列无序, 平均粒径10—20cm, 最大可达50cm以上, 粒径向上和向两侧变细, 底部冲刷明显, 见变形层理和槽模构造。泥质岩以含沙量高为特征, 未见层理。这些砂砾岩主要是扇中的水道沉积。

中扇亚相 以中及粗粒砂岩为主, 夹粉砂岩和泥质岩透镜体。砂岩多为岩屑砂岩, 分选及磨圆较差, 韵律层理发育, 时见平行层理和槽状交错层理; 冲刷充填构造多见。其中平行层理可能是冲积扇进入湖水后密度流逐渐稀释的产物, 槽状交错层理是湖浪或沿岸流改造所形成。

外扇亚相 由细砂岩、粉砂岩及泥岩组成。泥岩质较纯, 黄绿色为主, 可能系近滨至滨外沉积。细砂岩及粉砂岩常具块状构造, 由于湖浪的改造时而出现波状层理。

2. 湖岸冲积平原相

由灰紫、紫红色砂岩和泥岩组成, 并夹凝灰岩薄层或透镜体。在研究区西北缘, 常与湖湾泥质岩共生, 如沙巴合剖面。此相可进一步划分为河道亚相与泛滥平原亚相。河道亚相是一些横向多变的底凸顶平的透镜状砂体, 据斜层理方向和相变方向分析, 砂体走向由盆地边缘指向盆内。砂体自下而上粒度变细, 底部常具冲刷面和泥质及石英质滞留砾石, 其内一般发育板状斜层理、槽状交错层理和平行层理, 见韵律层理和树干化石。斜层理细层常由粒度韵律显示, 厚1—2cm, 倾角25°左右, 厚20—30cm。砂岩薄片粒度分析, 其C—M图呈S形^[1], 唯M值偏粗, 表明晚二叠世的水流具有较强的平均搬运能力。部分剖面韵律层的出现进一步反映出该时期河流以水浅流急为特征。洪泛平原泥质岩含沙量高, 且以中至粗粒砂为主。此外, 泥质岩中还富含同生钙质结核, 有时构成结核层。自然电位曲线正负异常相间排列, 负异常具明显的底部突变、顶部渐变的钟状外形。视电阻率曲线一般为高低阻相间, 高阻段指示着砂岩层, 低阻段指示泥岩层。

3. 湖成三角洲

由于湖水的水动力能量远比海水小, 因此, 湖成三角洲以河流作用为主, 是吉尔伯特型三角洲, “三层结构”十分清楚(如图2A), 各层特征如下:

三角洲平原亚相 为紫红、棕红, 紫灰色砂泥岩互层。砂岩为长石石英质, 底部常具冲刷构造和细砾石, 向上粒度变细, 分选中等至差, 局部含植物碎片化石; 有板状斜层理和槽状交错层理, 板状斜层理的细层一般向下收敛, 倾角10°以上。泥质岩常与粉

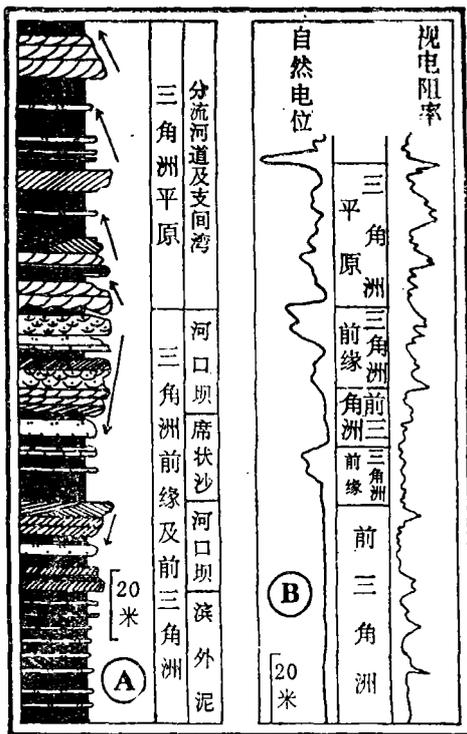


图2. 湖成三角洲相的主要特征:(A)垂直向层序(据盆地东缘听水河剖面)和(B)电测曲线(据伊17井)

Fig.2 Main characters of lacustrine delta facies, (A) Vertical sequence (from Xishuihe section in eastern studied area) and (B) E-logs (from Yi-17 well).

细砂岩逐渐过渡,呈块状或具水平层理,含植物化石。该亚相的自然电位曲线正负异常相间,视电阻率曲线为高低阻相间(如图2B)。综上所述,它们的基本特征与河流相相似,砂岩为三角洲平原上的分流河道沉积,泥质岩为支间湾沉积。

三角洲前缘亚相 由黄绿、暗紫色泥岩和砂岩组成。一个完整序列的下部为砂泥岩互层,砂岩为粉—细砂岩,一般厚度较小,但有向上变厚之趋势,属前缘席状砂。与之互层的泥岩显系滨外泥。二者呈指状交叉接触;上部为反粒序细—中粒石英砂岩,发育缓斜板状斜层理,并有槽状和楔形交错层理,属前缘河口坝沉积。自然电位曲线表现为漏斗状负异常,视电阻率值以下低上高为特征(如图2B)。该亚相因河流持续向湖推进而厚度不很大。

前三角洲亚相 为黄绿色泥岩夹薄层粉砂岩,水平或块状层理。水平层理多由颜色差异显示。自然电位曲线极其平滑,视电阻率曲线只是在平直的低阻线上出现零星的中阻值(图2B),基本属近滨至滨外相沉积。

4. 边缘湖相

边缘湖相包括湖湾、滨线、近滨和沙坝组合沉积,特征如下:

湖湾亚相 为紫红、灰绿色泥质岩夹薄层细至粉砂岩和凝灰岩。泥质岩中常含钙质结核,并有菱铁矿结核出现,切片中见生物碎屑和藻屑。灰绿色层和菱铁矿结核反映存在半封闭还原环境。生物碎屑指示它们与湖泊的关系较为密切。该亚相的另一特征是与湖岸冲积平原相共生,表明湖湾呈港湾状伸入冲积平原内部。

滨线亚相 为棕红、紫灰色中及细粒石英砂岩与泥质岩互层(图3B)。砂岩分

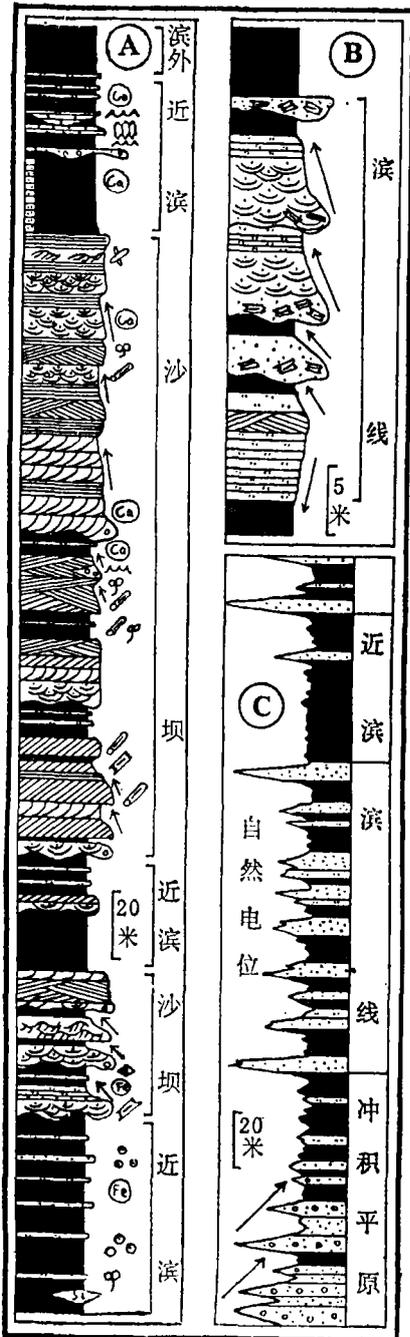


图3. 边缘湖相沉积特征：(A) 近滨和沙坝组合垂向层序（据石川河剖面）；(B) 滨线垂向层序（据平凉二道沟剖面）；(C) 近滨和滨线相自然电位曲线（据伊9井）
 Fig. 3 Depositional characters of marginal-lacustrine facies; (A) Vertical sequence of nearshore and bar association (from Shichuanhe section (B) Vertical sequence of shoreline (from Erdaogou, Pinliang), and (C) E-log (sp.) of nearshore and shoreline facies (from Yi-9 well).

选较差或好，时含砾石，粒径向上变细或变粗；具平行层理、槽状交错层理、低角度楔形交错层理和板状斜层理，见鱼鳞状波痕和波状层理。含大量泥质撕裂碎片，指示着湖浪对泥滩的强烈改造，是滨线沉积的良好标志^[4]。自然电位曲线为正负异常相间的锯齿状曲线（如图3C），反映砂泥岩互层特点。此外，该亚相还见脊椎动物（锯齿龙）化石碎片。

近滨湖亚相 以黄绿色粉砂质泥岩为主, 夹薄层粉及细砂岩和白云质灰岩, 偶见硅质条带(如图3A)。泥质岩发育块状层理、水平层理或透镜状层理; 见铁质鲕粒和干裂, 含铁质结核、植物、瓣鳃类、叶肢介和介形虫化石。粉细砂岩中波状层理发育, 顶面常具圆顶对称波痕, 并见水平纤细虫迹和动物爬痕。上述特征表明, 该亚相以波浪作用明显、生物繁盛、间或暴露出水面为特点。其自然电位曲线以正异常为主, 并夹孤峰状负异常(图3C)。

沙坝组合亚相 是近滨环境中以砂为主的沉积(图3A)。砂岩常为分选好的中、细粒石英砂岩, 其内楔形交错层理和低角度板状斜层理发育, 并有槽状交错层理、平行层理和爬升波纹层理; 含植物碎片和树干化石; 见泥质撕裂碎片和虫孔。斜层理特点是: 细层厚1—2 cm, 倾角小于 10° , 层系厚度20—30cm。砂体常呈长条形透镜体, 具侵蚀或渐变的底面及上凸的顶面, 这些特征是区别于其它砂体的主要标志之一。

5. 滨外湖相

系指波基面以下的湖相沉积。以黄绿、紫红、紫灰及深灰色泥岩为主, 夹薄层粉砂岩, 在石千峰组顶部该相尚夹海相层(见图2A、3A)。泥岩质纯, 无暴露标志和水流扰动标志, 含叶肢介、瓣鳃类和介形类化石。

上述相及亚相的空间展布(见图4)具有较好的规律性。平面上, 水下扇发育于湖盆的陡岸(即研究区南缘和西缘南段), 冲积平原位于缓坡(即研究区北缘和西北缘)水下扇内扇和冲积平原的最大延伸位置指示着湖盆的边界, 冲积平原相中湖湾亚相的存在暗示着湖盆边界不很规则; 由岸向湖心顺序分布着滨线、近滨湖和沙坝组合亚相, 再向内是滨外湖相; 在常年性河流发育的湖盆缓坡地带(研究区北部和东缘)还发育湖成三角洲。纵向上, 各相和亚相基本随湖水进退按序叠置, 并自下而上表现为两个水进旋回。具体分布状况是:

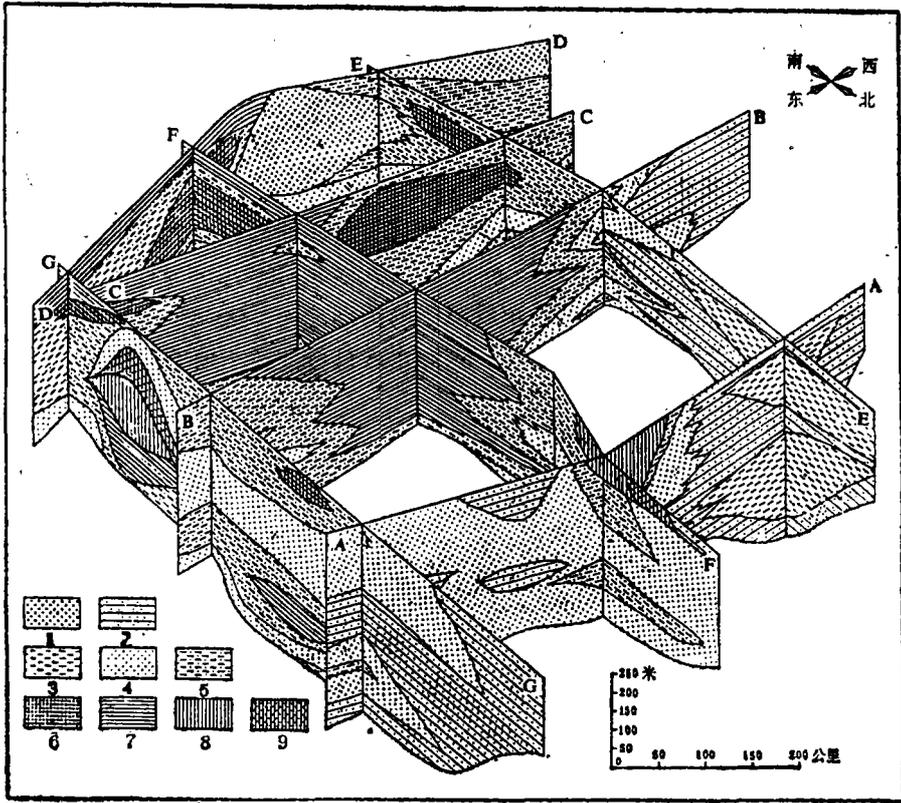
水下扇相分布于研究区南缘和西缘南段, 共有三个较大的扇复合体, 即岐山—麟游水下扇、川口—陇县水下扇和银洞子沟—石板沟水下扇。它们为湖盆提供了粗碎屑物质。扇复合体辐射距离100km左右, 最厚300—500m。

湖岸冲积平原相分布于研究区西北缘和北缘, 共有三个砂岩发育的带状地区, 即准格尔旗—东胜带(北东—南西向)、桌子山—贺兰山带(北西—南东向)和中卫—中宁带(东—西向), 它们为湖盆提供了丰富的物源。

两个较大的湖成三角洲见于研究区北部和东南缘。一个的前缘位于北部伊金霍洛旗西北, 走向近于南北。另一个的前缘位于东南缘蒲县附近, 走向北西—南东。前缘亚相横截面宽均15—20km, 砂体累积厚度20—30m。

滨外湖相基本分布于盆地北纬 38° 以南、离石—乡宁以东、乡宁—庆阳以北、庆阳—韦州以西的区域内, 呈近东西向展布, 面积约4万 km^2 。

边缘湖相发育于滨外湖相外围、冲积平原相内侧。四个亚相中, 除沙坝组合亚相主要分布于岐山—麟游水下扇周围, 湖湾亚相主要发育于贺兰山—桌子山地区之外, 滨线和近滨湖亚相遍布于整个湖缘地区。



1.水下扇；2.湖岸冲积平原；3.湖湾；4.滨线；5.近滨湖；6.近滨砂坝组合；7.滨外湖，
8.三角洲前缘；9.三角洲平原

图4 研究区晚二叠世沉积相分布立体图

Fig. 4 Cubic depositional facies diagram of Late Permian in the studied area. Key: 1.subaqueous fan; 2.alluvial plain on lake bank; 3.lake bay; 4.shoreline; 5.nearshore lacustrine; 6.nearshore bar association; 7.offshore lacustrine; 8.deltaic front; 9.deltaic plain.

三、问题讨论

1.火山碎屑岩夹层

研究区内，火山碎屑岩主要发育于上石盒子组顶部。区域地质资料表明，这些火山碎屑物来源于阿拉善地块上的火山喷发，依据是：（1）火山碎屑岩的层数、厚度、成层性均自阿拉善左旗地区向盆地东缘减少、变薄、变差；（2）岩性和微观结构也随上述方向发生相应的变化。阿拉善左旗水妥剖面晚二叠世火山岩厚882m（占剖面总厚度的90%以上），为厚层至块状岩浆岩、酸性凝灰质角砾岩和凝灰岩^{〔2〕}；向东至贺兰山一桌子山地区属薄至厚层状熔结凝灰岩和塑性玻屑凝灰岩，具似流纹构造，厚几米至几十米；再向东至盆地东缘是火山泥球玻屑凝灰岩、含少量晶屑的玻屑凝灰岩和凝灰质泥

岩,常呈透镜状,厚几厘米至数十厘米,见瓣鳃类、介形虫和生物碎屑。上述三个地区的火山碎屑岩分别代表了离火山口很近的陆地沉积、离火山口较远的冲积平原沉积和离火山口很远的湖相沉积。冲积平原沉积以砖红和紫灰色凝灰岩为特征,湖相沉积以灰绿色凝灰岩和沉凝灰岩并含火山泥球及生物碎屑为特征。

2. 石千峰组顶海相夹层

见于研究区南缘,为深灰色泥灰岩、黑色页岩夹粉、细砂岩,含腕足类(*Lingula* sp.)、瓣鳃类(*Abiella* sp., *Microdontella* sp.)化石,并见少量海绿石。分布于砂坝组合亚相以南,故很可能沉积于砂坝所隔绝的泻湖之内。区域地质资料表明,这些海相夹层是古特提斯海短期东进的“遗迹”。海水入口可能位于研究区西南甘肃静宁一带。

收稿日期1986年8月29日

参 考 文 献

- [1] 成都地质学院陕北队, 1976, 沉积岩(物)粒度分析及其应用, 地质出版社。
- [2] 内蒙古自治区地层表编写组, 1978, 华北地区区域地层表, 内蒙古分册, 地质出版社。
- [3] A. 马特, M. E. 塔克, 1978, 贾振远等译, 现代和古代湖泊沉积物, 地质出版社。

LACUSTRINE DEPOSITS IN LATE PERMIAN OF EERDUOSI BASIN

Yang Changgui Yuan Zhixiang

(The 3rd Petroleum Prospecting and Exploration Brigade,
Ministry of Geology and Mineral Resources)

Abstract

Late Permian lacustrine deposits consists predominantly of interbedded grayish--brown sandstones and conglomerates and red to gray mudstones in the Eerduosi Basin. This series mentioned above is 500-600 m thick and five main facies associations are recognized; subaqueous fan, alluvial plain on lake bank, lacustrine delta, marginal lacustrine, and offshore lacustrine facies association. Of these the characteristics and distributions are derived from this study.

Subaqueous fan deposits are of three subfacies types differ from each other in fabric, commonly formed at southwest margin of the studied area. The inner-fan deposits are characterized by developing of channel. Only a few structure of tractive current are in the mid-fan and outer-fan. Common character is that, sorting

and stratification are generally not well developed.

Alluvial plain deposits consist of interbedded grayish-brown sandstones, pebbly sandstones and red mudstones, commonly formed at north of studied area. The sandstones and pebbly sandstones are characterized by moderate to poor sorting, developing of platy cross-bedding and trough cross-bedding, fining-upward in the bedding set thickness and grain size. Fossils are not abundant in this facies but calc-nodules are abundant.

Lacustrine delta deposits, formed at north and east, have developing character of Gilbert-type, contain abundant trough cross-bedding and gently inclined cross-bedding laminations analogous to foresets in the Gilbert deltas.

Marginal-lacustrine deposits are divided into four subfacies: (1) lake bay subfacies that be dominated by red to green mudstones, containing algae and faunal fragment; (2) shoreline subfacies which be dominated by poorly sorted pebbly sandstones or well sorted sandstones, containing horizontal and cross-bedding, muddy ripping and vertebrates fragment; (3) nearshore lacustrine subfacies that be dominated by red to grey mudstones, containing plants, ostracodes, bivalve, conchostracas and trace fossils; and (4) nearshore bar association subfacies which composed of elongate lenticular sandstones bodies having convex-downward bases or flat bases and convex-upward tops, and may containing crossbeds that dip to one or more sides of the lens.

Offshore lacustrine deposits formed at south of the studied area. They consist mainly of gray to brown-gray horizontal or lumpy bedding mudstones, and contain conchostraca and bivalve.