

济阳拗陷南部古近系洪水—漫湖沉积

袁 静

(中国石油大学(华东)地球资源与信息学院,山东 东营 257061)

摘要:利用钻井取心、薄片鉴定、粒度分析、古生物鉴定及测井解释等资料和手段,对济阳拗陷南部古近系孔一段到沙四段底部沉积特征进行研究。结果表明,济阳拗陷在孔一段至沙四段沉积早期处于湖盆裂陷初期,沉积作用明显受季节性洪水注入影响,在东营、惠民两凹陷形成洪水—漫湖沉积体系。其主要岩性特征为:岩石类型以反映氧化环境的浅色碎屑岩类为主,成熟度较低,粒度分布和沉积构造反映其兼有重力流和牵引流的沉积特点,植物碎屑贫乏而生物扰动构造丰富且具周期性,砂体呈环带状分布。该沉积体系分为洪水水道末端、泥坪、砂坪、砂泥混合坪和漫湖风暴等 5 个微相和侧缘远源、近岸远源两类相层序。

关键词:洪水—漫湖;沉积特征;孔一段;沙四段;济阳拗陷南部

中图分类号:P618.130.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3657(2005)04-0655-08

洪水—漫湖相沉积是湖泊环境中的一种特殊类型,是在湖盆发育早期,古地形平坦的浅水湖泊中,气候干旱、半干旱的条件下形成的,与近源、短源阵发性洪水的注入及随之而来的沉积作用有关。它既不同于一般的河流相、滨浅湖相,也不同于一般的三角洲与扇三角洲相。其中的漫湖沉积在平面展布上类似于海洋环境的潮坪沉积;即在开阔平坦的滨湖环境中,在洪水期高水位面附近低能带沉积泥和粉砂质泥,形成泥坪;在低水位(枯水)面附近高能带形成砂坪或滩砂;在两个水位面之间形成砂泥混合坪。洪水沉积是洪水进入开阔平坦的湖盆,在 高能条件下沉积的一套似鲍玛序列的浅色砂岩、粉砂岩及粗碎屑岩;洪水注入高峰期,洪流切割冲刷山口洪积扇和泥坪、混合坪,形成洪水水道,泥坪、混合坪中形成的片状泥砾与其他高密度、粗组分一起构成洪水水道沉积。洪水事件过后,沉积环境恢复稳定,在枯水面附近高能带形成砂坪或滩砂,潜穴生物大量出现。如此周而复始,多期洪水暴发事件形成洪水水道沉积与漫湖沉积相互叠置的垂向沉积层序,而有别于典型的海洋环境中的潮坪沉积。目前,对于洪水—漫湖相的研究,国内相关报道主要集中于渤海湾盆地部分凹陷裂陷初期的沙河街组地层^[1-4]。笔者通过观察描述钻井取心 400 余米、鉴定岩石薄片 200 余块、绘制粒度概率曲线图 123 幅,并收集大量的古生物鉴定资料和测井解释资料,建立了济阳拗陷南部古近系孔一段到沙四段底部洪水—

漫湖相的识别标志与相层序和相模式,以东营凹陷为例研究了洪水—漫湖相砂体展布特征。

1 沉积背景和形成条件

济阳拗陷是渤海湾盆地中的一个次级拗陷(图 1),在古近纪孔一段至沙四段早期初具雏形,各边界断层落差较小,对沉积无明显控制作用,其南部的东营凹陷和惠民凹陷地形平坦,湖盆水体较浅,滨浅湖开阔。孢粉分析表明两凹陷孔一段至沙四段底部麻黄属、榆粉属、杉粉属及蕨类含量较高,反映当时为干旱—半干旱气候^[5],易暴发季节性洪水,间洪期物源供应不足,导致湖水面受洪水补给作用的影响,形成横向上相距较远的洪水期高水位面和枯水期低水位面。

由于物源供应具有间断性、阵发性、周期性和高密度的特点,碎屑物质从北部陈家庄凸起、埕宁隆起、南部鲁西隆起等邻近高地随季节性洪水沿限制性下切水道进入湖盆,在洪水注入高峰期,细粒悬浮沉积物溢出水道;洪水过后,湖水迅速回落,沉积物主要受潮浪改造,最终在滨浅湖形成沉积厚度稳定,横向变化不大的(紫)红色砂泥岩互层(即所谓红层),而不是常规的(扇)三角洲沉积。通过研究其沉积特征,并结合构造发育背景、古地理、古气候条件等综合分析认为这套浅色碎屑岩地层不仅具有近源阵发性洪水沉积标志,还具有类似海岸潮坪环境的沉积特征,应属于洪水—漫湖沉

收稿日期:2004-12-01;改回日期:2005-06-03

基金项目:国家“十五”科技攻关项目(2001BA605A09)与中国石油天然气集团公司“九五”科技工程项目(970206-02-01)资助。

作者简介:袁静,女,1972 年生,博士,副教授,主要从事储层沉积学的科研与教学工作;E-mail:drjyuan@163.com。

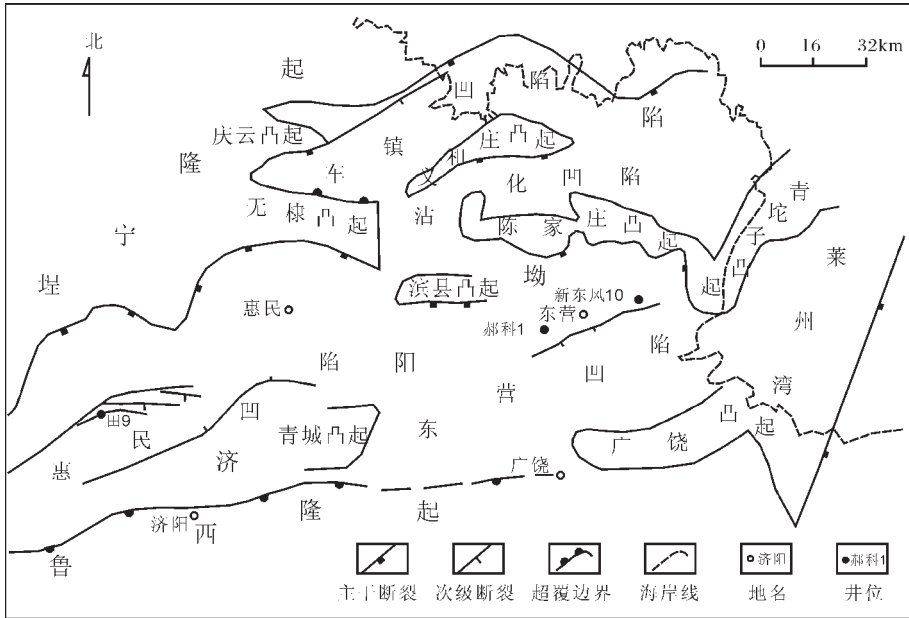


图1 工区区域地质概况

Fig.1 Geology of the study area

积,而非氧化浅湖沉积^[6]。

2 沉积特征

研究区洪水—漫湖沉积体系形成于湖盆发育早期干燥气候、古地形平坦的滨浅湖背景下,且与近源阵发性洪水注入有关,因此其沉积物(岩)具有颜色浅、成分成熟度较高,而结构成熟度较低、粒度概率曲线和沉积构造兼具牵引流和重力流特征、植物屑贫乏而生物扰动构造丰富等岩石学特征,具体分析如下。

2.1 岩石类型

济阳拗陷南部孔一段至沙四段底部主要岩石类型为粉细砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩、盆内成因的砾屑岩及含砾粗砂岩等,颜色为紫红色、紫色夹薄层浅灰色、浅绿灰色,反映沉积环境以氧化环境为主。细碎屑岩类略显正韵律,是漫湖环境的沉积产物;砾屑岩、含砾粗砂岩等粗碎屑岩则成因于事件性洪水水道沉积。洪水—漫湖沉积在岩性剖面上累积厚度近千米,向上过渡为正常浅水湖泊。

2.2 较高的成分成熟度和较低的结构成熟度

根据 200 余块岩石薄片鉴定结果的统计资料,济阳拗陷南部孔一段和沙四段底部粉砂岩、细砂岩的陆源碎屑组分中石英含量一般为 70%~80%,长石和岩屑多为 10%~25%,岩石类型以长石质石英砂岩为主(图 2)。本区 Q/(F+R)比值为 2.4~4.5,反映成分成熟度较高。粘土杂基含量较高,一般在 10%~15%,最高可达 20%~25%,主要呈杂基支撑。颗粒一般为棱角—次棱角状,分选差至中等,呈似斑状结构。泥质粉砂岩

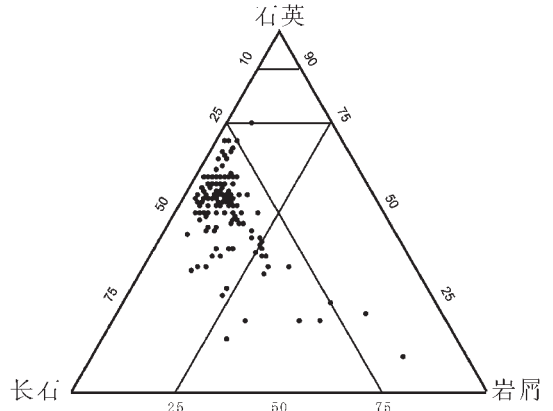


图2 济阳拗陷南部孔一段砂岩类型图

Fig.2 Sandstone types in the 1st Member of the Kongdian Formation in the southern Jiyang depression

中泥质分布具有较强的非均质性。上述特征反映岩石结构成熟度较低,主要是以密度流方式搬运悬移载荷的沉积产物。

2.3 多种类型的粒度分布特征

洪水—漫湖沉积兼具重力流和牵引流的水动力特征,因此粒度分布特征较为复杂,但它们之间也具有一定的成因联系,反映出一定的规律性^[3]。济阳拗陷南部孔一段至沙四段底部概率曲线类型总体来说有以下 4 种(图 3):

(1) I 型——细粒三段式。由跳跃总体和包括两个次总

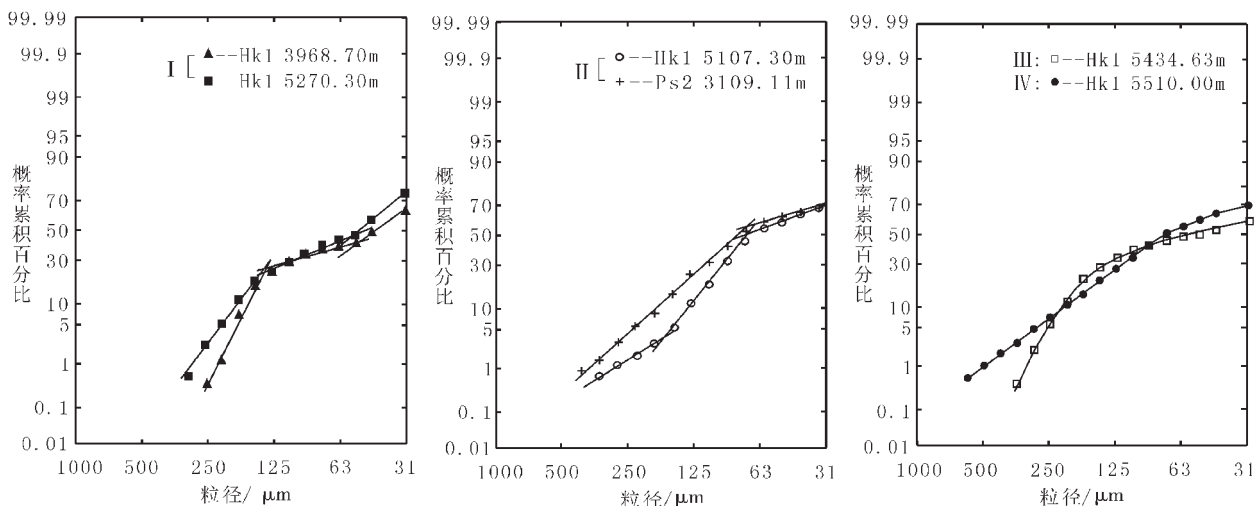


图 3 济阳拗陷南部孔一段—沙四段底部洪水—漫湖沉积粒度概率累积曲线

Fig.3 Grain-size cumulative probability plots of flooded lake sediments from the bottom of the 4th Member of the Shahejie Formation to the 1st Member of the Kongdian Formation in the southern Jiyang depression

体的悬浮总体组成。跳跃总体斜率中等,悬浮总体在 70% 以上,两者交截点在 125~167 μm 。该类曲线主要反映漫湖泥坪沉积环境中具变形层理、透镜状层理及水平层理的粉砂质泥岩的粒度特征。

(2) II 型——两段式。以跳跃总体为主,一般含量在 60% 以上,斜率中等,与悬浮总体的截点在 83 μm 左右;跳跃总体有时分为具冲刷回流点的两个次总体,反映以牵引流为主的水动力特征以及在枯水位附近的多组水流作用。该类曲线主要出现在具波状层理、斜波状层理、小型交错层理、变形层理、脉状层理的粉、细砂岩中,属漫湖砂坪及砂泥混合坪沉积。

(3) III 型——两段过渡式。该曲线类型粒度较粗,以中、细砂为主,在跳跃总体(含量 5%~10%)和悬浮总体之间具分选较差的递变悬浮段(含量 30%~40%),粒度在 125~250 μm ,反映重力流向牵引流过渡的沉积特点,主要出现在小型交错层理、斜波状层理、块状层理砂岩中,属漫湖砂坪和洪水水道末端沉积。

(4) IV 型——一段式。该类型曲线的特点是粒度概率累积曲线为分段不明显的“一段式”或上拱弧型,粒度区间大,分选差,悬浮总体占粒度分布的大部分或全部,反映典型的重力流沉积特点,主要出现在洪水水道沉积中。

2.4 成因复杂的沉积构造

研究区红色砂岩底面冲刷充填构造十分发育(图版 I—c)。冲刷面起伏程度不同,深者可达 4~6 cm,构成冲坑或冲槽,可被红色泥砾或砂岩砾(盆内碎屑)或沉积块状砂岩充填。砾石直径 0.5~10 cm 不等,常为 2~6 cm,圆状—次圆状(图版 I—a),是洪水冲刷作用使盆内底部岩石或沉积物

破碎形成的砂级或砾级碎屑。与这些盆内碎屑共生的还有多种由洪水从物源区带来并与内碎屑一起沉积下来的陆源碎屑。笔者认为,这种冲刷和沉积现象是由强烈的涡流作用形成的。

在洪水—漫湖沉积物中的沉积构造中既有反映重力流成因的,也有反映牵引流成因的。前述冲刷充填构造(图版 I—b)、截切构造(图版 I—c)、滑塌变形构造(图版 I—d)、包卷层理(图版 I—e)、块状层理、递变层理以及重荷构造等,在垂向组合上类似鲍玛序列,是与浅水重力流有关的沉积构造特征。例如出现在具有冲刷充填构造的红色砂岩层上部或薄砂岩夹层中的小型滑动和滑塌变形构造,反映水道两侧较陡的坡度使快速沉积的软沉积物处于不稳定状态而发生滑动和变形。与牵引流有关的层理在垂向上呈现一定的韵律性,有小型交错层理(图版 I—f—g)、波状层理、压扁层理、透镜状层理等,其中以层厚为 3~4 cm 的青鱼骨状层理(图版 I—h)最为特征,均系较弱的单向水流或往复水流条件下砂质底形迁移的产物,属于漫湖亚相中砂坪、砂泥混合坪和泥坪频繁交互的沉积特征。

2.5 植物碎屑贫乏而生物扰动构造丰富

形成洪水—漫湖沉积的古气候、古地理条件是干旱、半干旱气候条件下的地形平坦的浅水湖泊,不利于植被生长而有利于生物活动。因此在孔一段—沙四段底部红层中少见植物碎屑,而生物成因构造丰富。

这些遗迹化石的大小不等,呈形态各异、倾斜或弯曲状生物潜穴以及斑点状生物扰动构造(图版 I—b, I—i, I—k),主要为分布在粉砂质泥岩、泥质粉砂岩中。发育在粉砂

| 层序 | 岩相 | 环境 |
|----|---------------|-----|
| | 生物扰动波状层理泥质粉砂岩 | 混合坪 |
| | 紫红色泥岩 | 泥坪 |
| | 生物扰动波状层理泥质粉砂岩 | 混合坪 |
| | 紫红色泥岩 | 泥坪 |
| | 块状层理平行层理粉细砂岩 | 砂坪 |
| | 灰色粉砂岩 | 浅湖 |
| | 生物扰动波状层理泥质粉砂岩 | 混合坪 |
| | 紫红色泥岩 | 泥坪 |
| | 块状层理平行层理粉细砂岩 | 砂坪 |

a

| 层序 | 岩相 | 环境 |
|----|---------------|------|
| | 紫红色泥岩 | 泥坪 |
| | 重力流成因砂岩 | 水道末端 |
| | 生物扰动波状层理泥质粉砂岩 | 混合坪 |
| | 紫红色泥岩 | 泥坪 |
| | 重力流成因砂岩 | 水道 |
| | 紫红色泥岩 | 泥坪 |
| | 生物扰动波状层理泥质粉砂岩 | 混合坪 |
| | 紫红色泥岩 | 泥坪 |
| | 重力流成因砂岩 | 水道 |

b

图4 济阳拗陷南部孔一段—沙四段底部洪水—漫湖侧沉积层序组合

a—侧缘远源沉积层序组合;b—近岸远源沉积层序组合

Fig.4 Sequences of flooded lakes from the bottom of the Shahejie Formation to the 1st Member of the Kongdian Formation in the southern Jiyang depression

a—Side-edge distal sedimentary sequence of flooded lakes ;b—Near-shore distal sequences

岩、泥质粉砂岩中的潜穴多具有穴壁及弯曲的蹼状构造,单个分布或相互重叠。冲刷面以上的平行层理及块状层理砂岩中生物扰动弱,甚至缺乏,反映沉积物被突发洪水冲刷携带而快速搬运,形成洪水水道沉积,使生物无法生存,导致沉积物内部生物遗迹或生物扰动贫乏或完全缺失。在较细的泥质粉砂岩中各种潜穴和生物扰动最为强烈,常使先成层理遭到破坏和变形,甚至产生泥砂搅混现象,说明远离水道的漫湖亚相更利于生物活动。冲刷面以下的粉砂质泥岩中常出现生物逃逸迹,逃逸构造边缘的层理向下弯曲发生变形,是动物为逃避突发性的掩埋、侵蚀而造成的沉积构造^[7]。生物成因构造的另一个重要特点是具有较为明显的旋回性(图4-a),每次洪水过后,便进入生物的繁盛时期,洪水事件的周期性伴随着生物的扰动旋回。

3 沉积单元组合

根据岩心观察,济阳拗陷南部孔店组—沙四下亚段底部主要发育侧缘远源(图4-a)和近岸远源(图4-b)两种洪水—漫湖相沉积单元组合,在垂向序列上与典型的海退型潮坪层序有明显的不同。

3.1 侧缘远源相层序

岩性为具块状层理的粉、细砂岩与具波状层理、生物扰动的泥质粉砂岩、粉砂质泥岩与紫红色泥岩叠覆出现,可与

Tunbridge^[1]洪水沉积层序的B类比,反映离物源较远湖岸地区的无水道沉积,从下向上包括周期性洪水涨落形成的砂坪、泥坪、砂泥混合坪的叠覆和正常浅湖沉积夹层(图4-a),单层厚度一般为2~4m。

3.2 近岸远源相层序

主要由重力流成因的含砾砂岩、中细砂岩和紫红色泥岩叠置而成,偶夹波状层理、透镜状层理泥质粉砂岩或粉砂质泥岩,砂岩底面可见冲刷充填构造,向上发育递变层理和块状层理。该层序有别于赵澄林等^[2]的近源近岸层序,也不同于Tunbridge^[1]的近源远岸层序,反映距离物源较远处,形成能量降低的洪水水道(特别是水道末端)沉积,洪水过后被近岸低能环境的泥坪或砂泥混合坪覆盖。多次洪水的涨落,形成由下向上水道沉积与泥坪、砂泥混合坪叠置的复合旋回相层序(图4-b),单层厚度一般为3~4m。

4 相类型和相模式

根据沉积特征,将济阳拗陷南部孔店组—沙四段底部洪水—漫湖沉积相划分为水道、泥坪、砂泥混合坪、砂坪和漫湖风暴共5个微相。

(1)水道微相是季节性洪水进入浅湖后形成的限制性水流沉积,主要为具盆内碎屑的递变层理、块状层理、平行层理中粗砂岩和含砾砂岩组成,粒度曲线多为一段式,偶见细

图版 | 说明 (Explanation of Plate I)



a—T9 砂岩底部砾石 1969.4 m ; b—HK1 冲刷面和生物扰动构造 3967 m ; c—PS2 冲刷和截切构造 3067.5 m ;
 d—T9 滑塌构造 2868.74 m ; e—HK1 包卷层理 3968.20 m ; f—X6 1 小型板状交错层理 1997.4 m ; g—HK1 小型槽状交错层理 3974.2 m ;
 h—T9 青鱼骨状层理 3187.0 m ; i—HK1 生物扰动破坏原生层理 3974.3 m ; j—T9 2880 m 丘状交错层理 ; k—T9 生物扰动构造 2852.5 m ;
 a—T9, gravels on the bottom of sandstone, 969.4 m ; b—HK1, surface of scour and bioturbation structure, 3967 m ;
 c—PS2, scour and truncated structures, 067.5 m ; d—T9, slump structure, 2868.74 m ; e—HK1, convolute bedding, 3968.2 m ;
 f—X6, minor tabular cross bedding, 1997.4 m ; g—HK1, minor trough cross bedding, 3974.2 m ; h—T9, herringbone bedding, 3187 m ;
 i—HK1, primal bedding destroyed by bioturbation, 3974.3 m ; j—T9, hummocky cross bedding, 2880 m ; k—T9, bioturbation structure, 2852.5 m

砾岩,底部具冲刷充填构造,具有典型的重力流沉积特点,与海相潮坪中的潮沟有本质区别。岩心中所见水道单层厚度一般在0.1~1m,平面上向物源方向与老山或洪积扇毗邻,向湖盆方向冲刷切割泥坪甚至是混合坪(图5)。

(2)泥坪微相形成于高水位面附近低能环境,以紫红色泥岩为主,夹泥质粉砂岩和粉砂质泥岩的细粒悬浮物质,具透镜状层理和弱生物扰动构造,粒度曲线主要表现为细粒三段式。沉积特征类似于潮坪环境中的泥坪,但生物扰动较弱。因受到较强烈的冲刷切割,单层厚度一般不超过0.4m。

(3)砂泥混合坪微相是在高水位面和低水位面之间形成的砂泥混合沉积,为紫红色泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩与粉细砂岩的互层,波状层理及透镜状层理发育,具有较强的生物扰动构造。沉积特征与潮坪环境中的混合坪类似。单层厚度多在0.3~0.8m。

(4)砂坪微相是在低水位面附近高能环境中形成的紫红色、暗紫色粉细砂岩夹紫红色泥岩沉积,具有小型交错层理,青鱼骨状层理等,粒度概率曲线以两段式和两段过渡式为主,单层厚度1~3m。沉积特征与潮坪环境中的混合坪类似。

(5)漫湖风暴由漫湖砂坪和砂泥混合坪经风暴改造而成。滨岸带洪水沉积物经风暴浪冲刷回流搬运至正常浪底之下沉积形成风暴岩^[8]。沉积物主要为砂岩、粉砂岩。砂岩底部

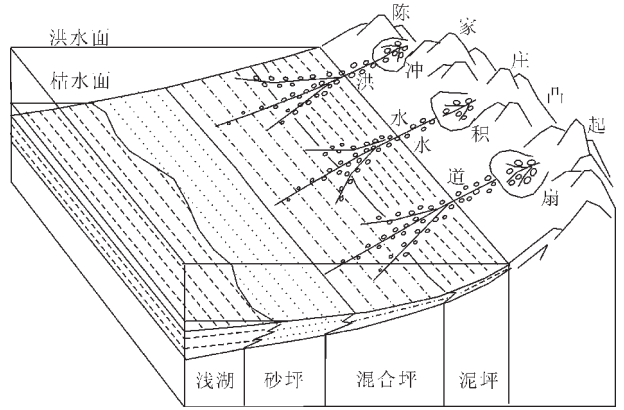


图5 济阳拗陷南部孔一段—沙四段底部洪水—漫湖沉积相模式

Fig.5 Sedimentary facies model of the flooded lakes from the 1st Member of the Kongdian Formation to the bottom of the 4th Member of the Shahejie Formation in the southern Jiyang depression

常具槽模、钵模,内部发育块状层理、平行层理、丘状交错层理(图版I-j)和浪成交错层理等。该微相仅在惠民凹陷西部发现,单层厚度一般不超过1m。

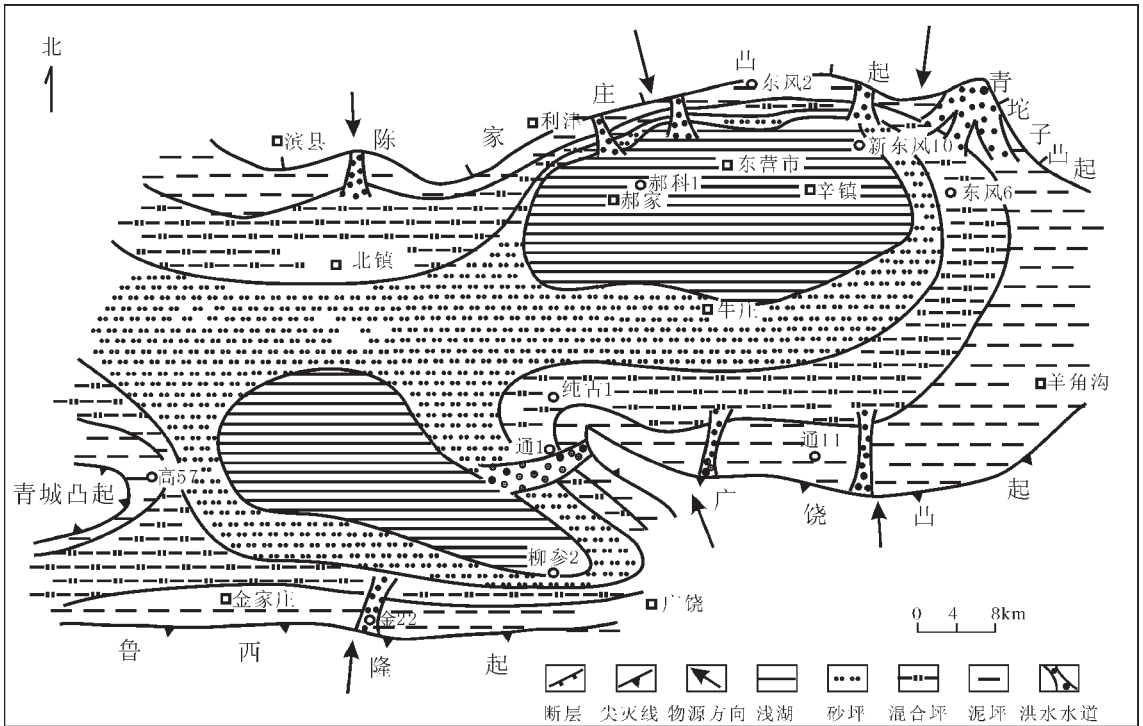


图6 东营凹陷孔一段沉积体系分布示意图

Fig.6 Distribution of the sedimentary system of the 1st Member of the Kongdian Formation in the Dongying subbasin

在进行相标志、相层序和相类型研究的基础上,结合研究区地质背景,以东营凹陷为例总结出济阳坳陷南部孔一段—沙四段底部洪水—漫湖沉积相模式(图 5)。

5 砂体展布

以东营凹陷为例,济阳坳陷南部洪水—漫湖相洪水水道砂砾岩体围绕凹陷边缘分布,走向大致与湖盆边缘垂直;近岸低能带发育泥坪微相,远岸高能带发育砂坪微相,且以浅湖沉积为中心呈席状或带状分布(图 6)。垂向上构成频繁的砂泥互层,在漫湖砂泥混合坪和砂坪间夹少量漫湖风暴沉积^[4]。

6 结论

(1) 济阳坳陷南部孔一段至沙四段早期处于湖盆裂陷初期,湖水面受季节性洪水注入的影响明显,构成洪水—漫湖沉积相。

(2) 洪水—漫湖沉积的岩石类型以反映氧化环境的浅色碎屑岩类为主,成分成熟度较高而结构成熟度较低,粒度分布和沉积构造反映兼具重力流和牵引流的沉积特点,植物碎屑贫乏,生物扰动构造丰富且具周期性。

(3) 该沉积体系包括洪水水道、泥坪、砂泥混合坪、砂坪、漫湖风暴共 5 个微(亚)相,在垂向上表现为侧缘远源和近岸远源两类相层序。

致谢: 本文部分岩心照片由杨剑萍副教授提供,在此谨表谢意。

参考文献(Preferences):

- [1] Tunbridge I P. Sandy high-energy flood sedimentation - some criteria for recognition, with an example from the Devonian of S. W. England[J]. *Sedimentary Geology*, 1981, 28(1):79~95.
- [2] 赵澄林,刘孟慧,纪友亮.东濮凹陷下第三系沉积体系与成岩作用[M].北京:石油工业出版社,1992.12.

- Zhao Chenglin, Liu Menghui, Ji Youliang. The Sedimentary Systems and Diagenesis of Paleogene of Dongpu Sag [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1992.12(in Chinese with English abstract).
- [3] 赵澄林.沉积学原理[M].北京:石油工业出版社,2001.35~42.
- Zhao Chenglin. Principles of Sedimentology [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001.35~42(in Chinese with English abstract).
- [4] 杨剑萍,操应长.惠民凹陷西部下第三系沙四段下部洪水—漫湖沉积特征[J].石油大学学报(自然科学版),2002,26(6):17~20.
- Yang Jianping, Cao Yingchang. Flood overlake deposits in the Lower fourth member of the Oligocens Shahejie Formation in Western Huimin depression [J]. *Journal of the University of Petroleum, China*, 2002, 26(6):17~20(in Chinese with English abstract).
- [5] 袁静,赵澄林,张善文.东营凹陷沙四段盐湖的深水成因模式[J].沉积学报,2000,18(1):114~118.
- Yuan Jing, Zhao Chengling, Zhang Shanwen. Genetic model of the deep water salt lake of the Paleogene Sha-4 Member in Dongying Sag [J]. *Acta Sedimentologica Sinica* 2000, 18(1):114~118(in Chinese with English abstract).
- [6] 王秉海.胜利油区地质研究与勘探实践[M].北京:石油工业出版社,1992.176.
- Wang Binghai. *Geology Research and Exploration Practice of Shengli Oilfield* [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1992.176 (in Chinese).
- [7] 杨式溥.古遗迹学[M].北京:地质出版社,1990.49~77.
- Yang Shifu. *Ichonology* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1990. 49~77.
- [8] 赵澄林,刘孟慧,冯正行,等.东濮凹陷下第三系沉积相与成岩作用研究[M].北京:石油工业出版社,1992.104~112.
- Zhao Chenglin, Liu Menghui, Feng Zhengxing, et al. The Sedimentary Facies and Diagenesis Study of Paleogene of Dongpu Sag [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1992. 104~112(in Chinese with English abstract).

Paleogene flooded lake sediments in the southern part of the Jiyang depression

YUAN Jing

(College of Earth Resources and Information, University of Petroleum (East China), Dongying 257061, Shandong, China)

Abstract: The Paleogene sedimentary characteristics from the 1st Member of the Kongdian Formation to the 4th Member of the Shahejie Formation in the southern Jiyang depression have been studied by core observation, thin section identification, grain size analysis, fossil identification and log interpretation. Results indicate the following: the Jiyang depression was in the initial stage of lake downfaulting from the 1st Member of the Kongdian Formation to the early stage of the 4th Member of the Shahejie Formation and the sedimentation was significantly controlled by inflow of ephemeral flood; a flooded lacustrine sedimentary system formed in the Dongying and Huimin subbasins. The main lithologic characteristic is that the rock types are dominated by light-colored clastic rocks reflecting the oxidation environment with a low maturity. The grain size distribution and sedimentary structure show that the rocks have the sedimentary characters of both gravity currents and tractional currents. Plant fragments are lacking and bioturbation structures are abundant and cyclic. Sandbodies are distributed in a ring shape. The sedimentary system may be divided into the side-edge distal and near-shore distal facies sequences and five microfacies, namely, flood channel terminus, mud flat, sand flat, mixed mud/sand flat and flooded lake tempestite.

Key words: flooded lake; sedimentary characteristics; 1st Member of the Kongdian Formation; 4th Member of the Shahejie Formation; southern Jiyang depression

About the Author: YUAN Jing, female, born in 1972, Ph.D and associate professor at Petroleum Resource Science Department of University of Petroleum, engages in the teaching and study of sedimentology and petroleum reservoir geology; E-mail: drjyuan@163.com.