潜江凹陷东部地区新沟咀组下段浅水三角洲沉积模式

胡忠贵[1,2] 胡明毅[1,2] 胡九珍[3] 刘冬梅[4]

(1.长江大学油气资源与勘探技术教育部重点实验室,湖北 荆州 434023;2.长江大学地球科学学院,湖北 荆州 434023;3.长江大学工程技术学院,湖北 荆州 434020;4.新疆克拉玛依市新科澳测试公司,新疆 克拉玛依 834000)

提要:潜江凹陷东部地区新沟咀组下段为江汉盆地重要的产层之一,也是油田今后寻找岩性油气藏的目标区。本文通过岩心观察、镜下薄片鉴定分析、测井资料的综合分析,并结合岩石学、古气候、沉积构造等沉积相标志研究,以及构造活动弱、地形平缓等区域沉积背景,确定该区新沟咀组下段发育浅水三角洲沉积,并具有发育的水下分流河道、不甚发育的河口坝、广泛分布的席状砂和前三角洲泥与前缘沉积频繁交替等特征,以及各相带平缓相接,无明显的转折,不存在 Gilbert 型三角洲三层式结构的沉积模式。沉积演化过程中,受古气候、河流作用和湖平面波动等众多因素的影响强烈,特别是对水下分流河道的形态和发育程度的控制更明显,形成或强或弱席状化改造的前缘砂体,而良好的生储盖配置关系对该新沟咀组有利于岩性油气藏的形成。

关　键　词:潜江凹陷东部;新沟咀组下段;浅水三角洲;沉积模式

中图分类号:P531　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1000-3657(2011)05-1263-11

浅水三角洲的概念最早由 Fisk(1961)提出,将河控三角洲细分为深水、浅水三角洲;Donaldson(1974)和 Coleman(1982)等进一步总结了浅水三角洲的沉积特征[1,2],如三角洲发育的背景条件、三角洲平原组合特点和三角洲体系的总体展布,将浅水三角洲划分为上三角洲平原、下三角洲平原、三角洲前缘和前三角洲等 4 个亚相。国内最早见诸报道的关于浅水三角洲方面的研究大多与聚煤环境相联系,如龚绍礼(1986)[3]、郭英海等(1995)[4]、李增学等(1995)[5]、薛庆远(1995)[6]等众多学者对浅水三角洲的沉积特征及成煤环境进行了重点讨论。近年来,通过对不同构造和沉积背景的含油气盆地[7-17],尤其对松辽盆地和鄂尔多斯盆地浅水三角洲的大量研究,广大学者分别从古地形、湖平面升降、古气候、河湖水体密度差异、沉积物供给等方面研究了浅水三角洲的动力学特征[11-17],其中邹才能等(2008)[14]根据湖盆三角洲发育的供源体系、三角洲前缘倾斜的坡度等要素将湖盆浅水三角洲划分为 6 种成因-结构类型。随着对陆相湖盆浅水三角洲勘探和开发的日益重视,已有愈来愈多的实例表明浅水三角洲储集砂体与岩性油气藏的勘探具有密切联系[18-19]。

对于潜江凹陷新沟咀组下段这一重要产油层段的沉积模式,前人已有较多研究,如戴世昭等(1991)[20]、郑晓玲等(1997)[21]、王必金(2006)[22]、林畅松和卢林(2005)[23]、胡涛等(2005)[24]和郭辉等(2007)[25]学者大多认为研究区的相带展布主要受东北部汉水物源的影响,发育三角洲-咸化湖泊沉积体系。本文以前人对于陆相湖盆浅水三角洲沉积的研究思想和成果为理论指导,从构造背景、古气候、水动力条件等多方面开展了该区沉积相的重新认识,首次提出该区发育的三角洲属于淡水-半咸水条件下的浅水三角洲沉积,并建立该区的浅水三角洲沉积模式,为下一步

收稿日期:2010-11-30;**改回日期**:2011-04-11

基金项目:国家重大专项子课题"大面积砂岩、台缘礁滩沉积机理与有利储集体展布"(2008ZX05007-002-001)资助。

作者简介:胡忠贵,男,1979 年生,讲师(博士),主要从事储层沉积学方面的研究工作;E-mail:xgz1978127@tom.com。

的岩性圈闭的勘探奠定有利的地质基础。

1 地质概况

潜江凹陷位于江汉盆地中部，为盆地内一个较大的次级构造单元。其北部以潜北大断裂为界，分别与荆门凹陷、乐乡关地垒、汉水凹陷、永隆河隆起相接；东南以通海口断层与通海口凸起分界；东北以龙塞湖低凸起与小板凹陷相隔，西南以丫角—新沟低凸起与江陵凹陷和陈沱凹陷相隔。研究区位于潜江凹陷东部地区的毛场断裂斜坡带和岳口低凸起东段[23]，为一个被众多断层复杂化的大型复合断鼻构造，北部以竹根滩断层与岳口低凸起相连，东北部与小板凹陷以斜坡过渡，东部以通海口低凸起接壤，南部与吊堤口之间为斜坡过渡，西部与蚌湖向斜相接，整个地区大体上由西南向北东向逐渐抬升(图 1)。潜江凹陷自白垩纪—古近纪发育两个完整的断-坳构造-沉积旋回，新沟咀组沉积期处于第一个构造旋回晚期的拗陷阶段，构造活动较弱，区内无明显构造沉降，形成了由北向南略微降低、整体平缓的古地貌格局[26]，也为浅水三角洲的发育提供了有利的构造背景。

新沟咀组下段与上覆地层(新沟咀组上段)和下伏地层(沙市组)均呈整合接触关系，地层厚度分布范围为 180~360 m，平均 250 m。根据岩性组合特征自下而上依次划分为Ⅲ油组、泥隔层、Ⅱ油组、Ⅰ油组和大膏层，具有红→灰→红或棕色沉积岩系的分布规律(图 2)。其中：Ⅲ油组为一套红色为主，红、灰间互的泥岩夹浅灰色、棕色薄层粉砂岩及少量含膏

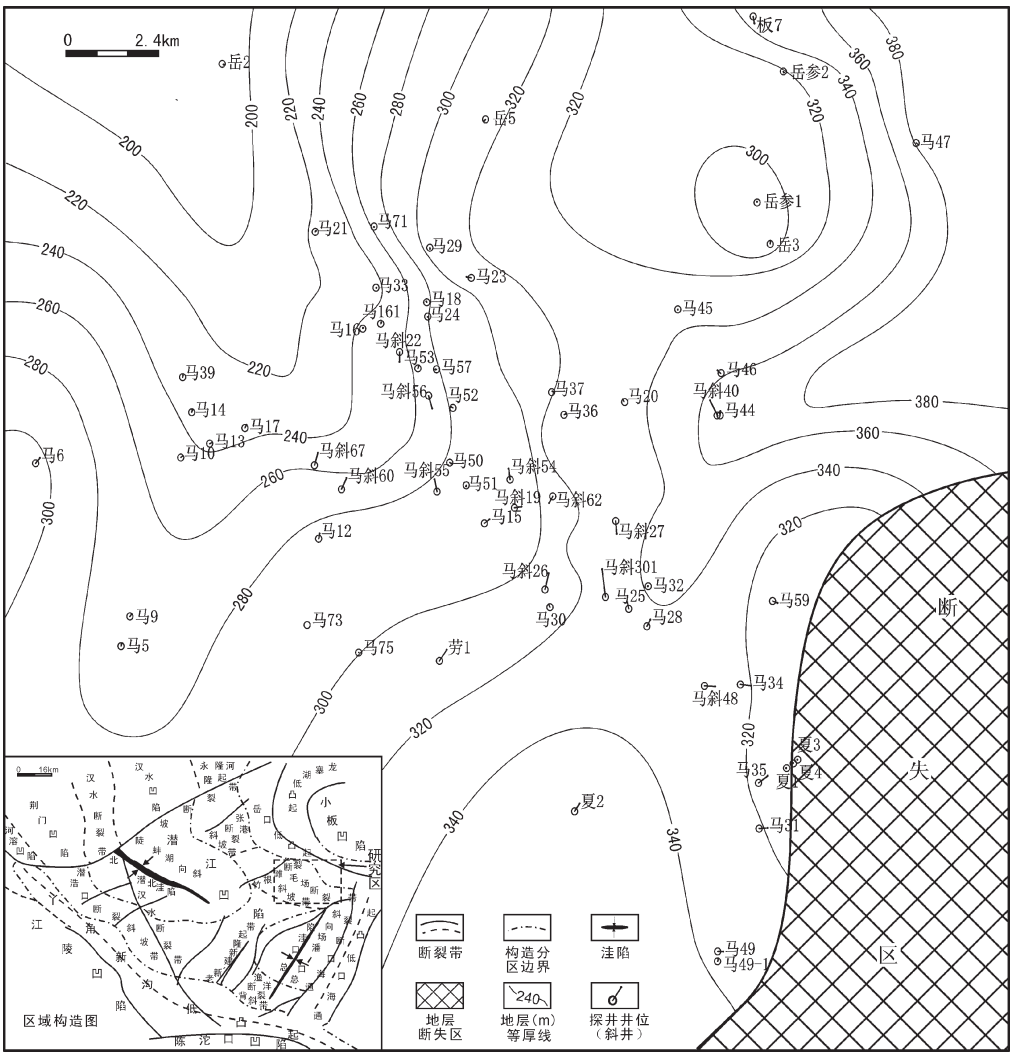

图 1 潜江凹陷构造概略图及研究区井位分布图

Fig.1 Structural sketch map of Qianjiang depression and distribution of wells in the study area

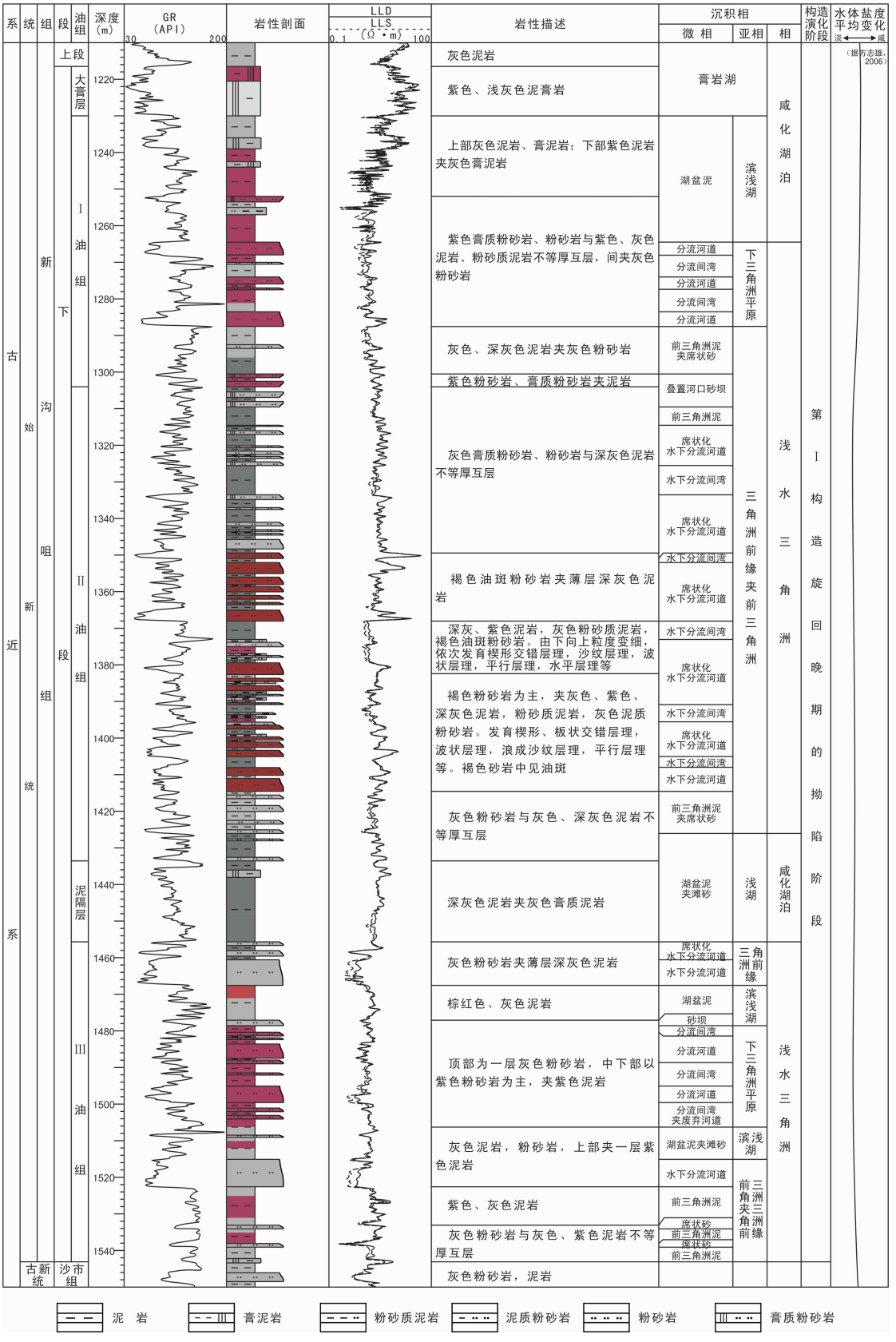

图 2　马 36 井新沟咀组下段沉积相综合柱状图

Fig.2　Comprehensive column of sedimentary facies of the lower segment of Xingouzui Formation in Well Ma-36

泥岩沉积;泥隔层为灰色、深灰色泥岩及含膏泥岩、泥膏岩,局部含云质;Ⅱ油组以浅灰、灰、灰白色粉砂岩夹深灰色泥岩为主,少量棕紫色泥岩和含膏泥岩;Ⅰ油组以棕色泥岩、含膏泥岩为主夹砂质泥岩,深灰、灰色泥岩次之,含浅棕色、灰色粉砂岩,泥质粉砂岩及膏质粉砂岩;大膏层为灰色膏质泥岩和灰白色泥膏岩。Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ油组为主要砂体分布层位,泥隔层和大隔层为区域分布稳定、可对比的标志层。

2 新沟咀组下段沉积特征

2.1 泥岩颜色

泥岩自生色是恢复古沉积环境氧化还原的重要标志。研究表明,研究区不同时代的地层沉积环境差异很大,因此,主要岩石类型的原生色差别也很大。如Ⅱ油组岩石颜色主要为灰色–深灰色,表明该沉积期水体相对较深,处于浅湖弱还原环境中;Ⅰ油组和Ⅲ油组以棕色、紫色、红色与灰色间互,且大部以前者为主(图 2),反映沉积水体总体较浅、氧化与弱还原交替的滨、浅湖环境。因而,根据泥岩颜色变化分析认为研究区总体属于氧化–弱还原、以氧化为主的滨、浅湖沉积环境,也与前人认识一致[20-24]。

2.2 岩石结构特征

研究区主要岩石类型以粉砂岩、泥质粉砂岩和泥岩为主,其中取心段砂岩粒径分布范围为 0.007~0.767 mm,平均 0.02 mm。粉砂岩类型主要是长石砂岩,石英含量一般为 50.7%~66.1%,成分成熟度中等偏好;碎屑颗粒多呈次圆—次棱角状,分选性中等—好,胶结类型以孔隙式为主,杂基含量低,一般小于 5%,结构成熟度较高,总体反映远离物源区的沉积特点。

通过典型井段沉积微相岩石粒度分析结果表明:水下分流河道粒度概率曲线为两段式,滚动总体不发育,跳跃总体占 65%以上,其粗截点约 2φ,细截点为 4.2φ,分选较好,悬浮总体 30%以上(图 3–a);河口坝粒度概率曲线表现为带过渡段的两段式,跳跃总体小于 50%(图 3–b),悬浮总体含量 30%以上,悬浮总体与跳跃总体之间存在过渡段,含量大于 10%,分选相对较差;席状砂呈现三段式,但滚动总体小于 1%,跳跃总体含量 70%,粗截点 2.9φ,细截点 5φ,分选较好,悬浮总体含量近 30%,反映了沉积物是在水介质能量有所增强有一定的波浪作用下沉积的(图 3–c)。

2.3 古气候和古盐度特征

新沟咀组下段沉积早期继承了沙市组沉积时半干旱半潮湿的气候特点,至中期为潮湿气候,河流作用增强,沉积物供给量增加,末期转变为半干旱气候,蒸发作用增强,水体变浅,湖泊收缩。该时期潜江凹陷古盐度为平均分布范围 9.84‰~12.4‰[27],属于半咸水–咸水性质。从整个区域上看,处于凹陷东部的研究区受河流作用影响,盐度偏低(平均 9.84‰),为淡水–半咸水环境,而凹陷中部或水体更深区域如总口洼陷盐度增高(平均 12.4‰)。因而,尽管该时期整个江汉盆地气候条件偏于半干旱,但整体上仍处于与外界连通的敞流型淡水–半咸水湖盆,靠近盆地边缘带的研究区受到源于汉水的河流作用和湖泊作用的共同控制。

2.4 古生物特征

研究区的生物相带组合表现为:介形类,主要有 *Cypris decaryi*,*Limnocythere hubeiensis*,*Cyprinotus orientalis* 等;轮藻,主要有 *Neochara huananensis*,*Obtusochara elliptica*,*Amblyochara taixianensis*,*Charites strobilocarpa* 等。该组合代表水生生物最为繁盛、浅水的淡水–半咸水型滨浅湖环境[27]。此外,岩心观察中植物根茎化石少见,表明研究区虽处于浅水沉积环境,但并未发育大规模暴露。

2.5 沉积构造特征

通过区内 12 口取心井的岩心观察描述,常见的原生沉积构造有底冲刷构造、交错层理、平行层理、水平层理、同生变形构造及生物扰动构造等典型沉积构造,为环境恢复提供了依据。

2.5.1 底冲刷构造

底冲刷构造通常指示高能量牵引流作用为主的水道沉积环境,位于进积型水道化砂、砾岩体的底部。底冲刷面表现为一个不平整的冲刷面和岩性突变面,冲刷面上部的岩石粒度明显粗于下部,或含有来自下伏层的泥砾(图 4–A),被认为是分流河道沉积的有力证据之一。

2.5.2 楔形、板状交错层理

研究区内发育的交错层理包括楔形交错层理和板状交错层理(图 4–B),广泛发育于浅水三角洲前缘分流河道、河口坝微相和浅湖砂坝沉积中。其中楔形交错层理通常形成于水浅流急和流动方向经常发生变化的条件下,如水道主水流方向和位置经常变化,该层理成为识别河道砂体最有效的标志之一。

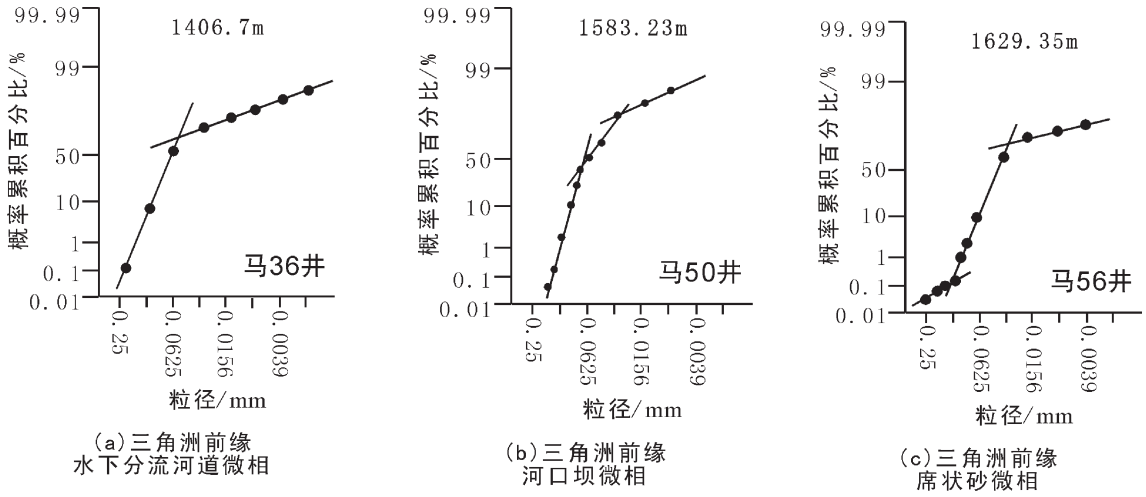

图 3　新沟咀组下段各种沉积微相粒度概率曲线图

Fig.3　Grain size accumulation curve of various sorts of sedimentary microfacies of Xingouzui Formation

2.5.3 波状层理

波状层理在研究区常见,通常是浪成沙纹所形成的交错层理。在三角洲前缘的水下分流河道、河口坝、席状砂和浅湖砂坝等微相中均有发育(图 4-C)。

2.5.4 沙纹层理

包括流水沙纹层理(图 4-D)和浪成沙纹层理(图 4-E),此 2 种沙纹层理为研究区发育最多的层理构造,主要见于水下分流河道微相。据此表明区内沉积物受河流和波浪作用共同改造而成,从而有理由推断:①区内沉积水体较浅,水动力较强;②为大量分流河道砂体席状化改造提供了动力。

2.5.5 平行层理和水平层理

平行层理主要见于粉砂岩和泥质粉砂岩中(图 4-F),是在较强水动力条件下,高流态中由平坦的床沙迁移,床面上连续滚动的砂粒产生粗细分离而显示出的水平细层,常与各种交错层理共生。在三角洲前缘和浅湖滩坝沉积体系中均发育,常与板状交错层理共生。水平层理主要产于泥岩和粉砂质泥岩中(图 4-G),细层平直并与层面平行,细层可连续或断续,形成于比较弱的水动力条件下,由悬浮物沉积而成。研究区水平层理广泛发育于滨浅湖盆泥和前三角洲沉积中。

2.5.6 同生变形构造

同生沉积构造常出现在堆积速度较快的粉砂岩与泥岩互层的沉积组合中,为三角洲前缘环境常见的沉积构造,在研究区内主要发育有泄水变形构造和滑塌变形构造(图 4-H),前者多出现在水下分流河道与分流间湾交替部位,后者一般发育在三角洲前缘向前三角洲过渡的坡折带。

2.5.7 生物成因构造

研究区主要发育各种形态的生物遗迹和扰动构造,常见各种生物钻孔,见平行层面的生物钻孔和近垂直层面的生物钻孔(图 4-I),前者沉积环境相对安静,后者一般发育在水流搅动性强的、富氧的环境,可作为判别间歇动荡的水下沉积环境辅助标志之一,区内大多以此类构造为主。

3　浅水三角洲沉积分析

3.1　浅水三角洲识别标志及特征

已有的研究成果和上述分析业已表明,研究区处于淡水-半咸水型浅水(滨浅湖)沉积环境,构造背景为盆地坳陷阶段,构造活动性较弱,湖底坡度平缓,在河流入湖地区极易形成浅水三角洲。

3.1.1 典型的沉积特征

(1)具有低的砂/地比值

新沟咀组下段总体具有比较低的砂/地比值,分布范围为 5.93%~35.3%,平均值 21.2%,此特征是由于研究区距离物源较远、水体较浅、沉积基底平缓和沉积物供给砂体有限等因素影响,河流携带的沉积砂体受河流和湖浪作用改造强烈,呈席状化散布于较大区域内,导致大多砂体呈薄层状分布于泥质沉积中。该特点与前人的研究结论一致[18]。

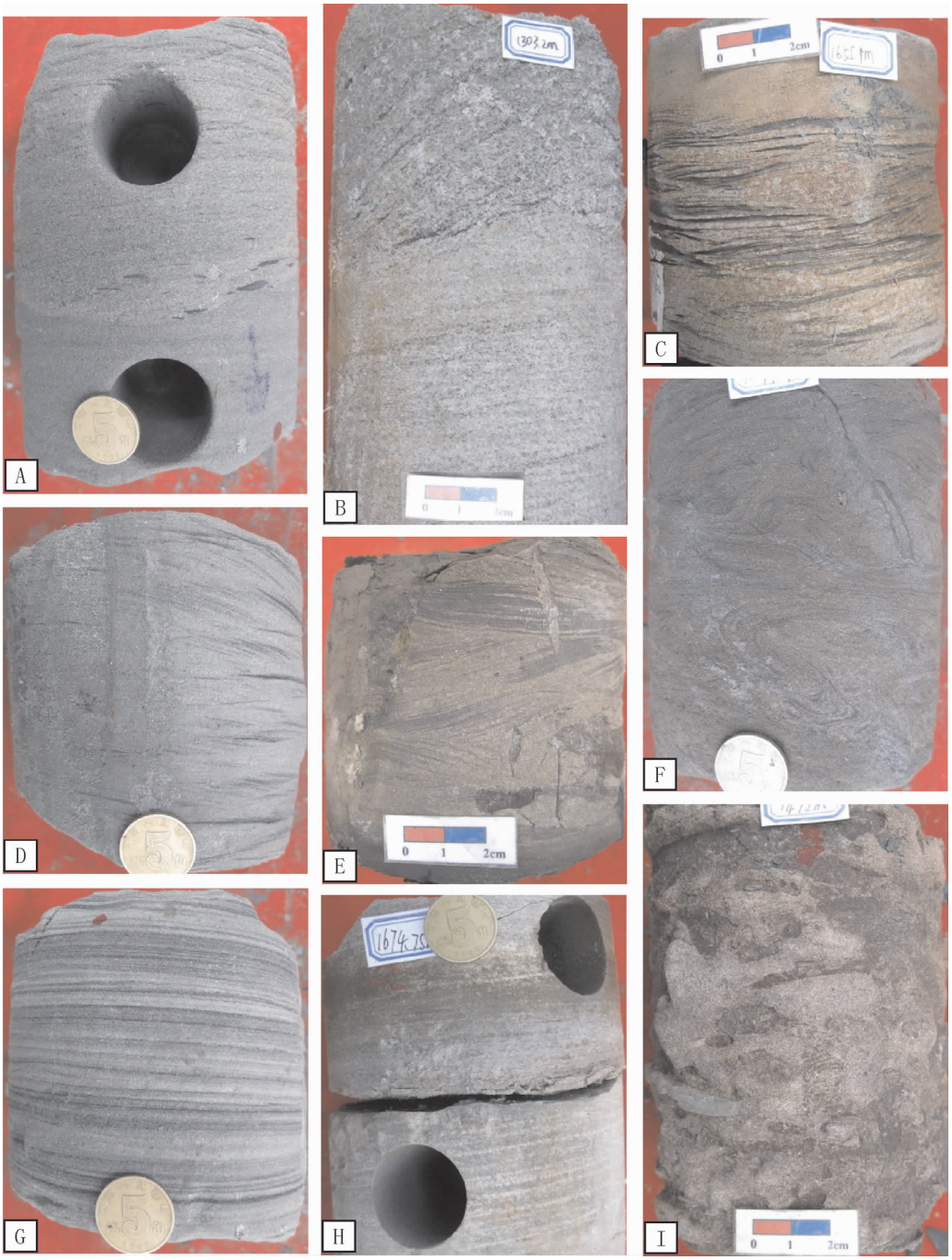

图 4 研究区新沟咀组下段主要沉积构造特征

A—棕色粉砂岩、含砾粉砂岩，发育底冲刷构造和平行层理，马 17 井Ⅲ油组，1793.8 m；B—灰白色粉-细粒砂岩，发育楔形交错层理(上)和平行层理(下)，马 53 井Ⅱ油组，1303.2 m；C—棕色粉砂岩，发育波状层理，马 17 井Ⅰ油组，1655.1 m；D—棕灰色粉砂岩，发育流水沙纹层理，马 17 井Ⅲ油组，1793 m；E—棕色泥质粉砂岩，发育浪成沙纹层理，马 17 井Ⅰ油组，1652.4 m；F-棕褐色粉砂岩，变形层理，马 21 井Ⅲ油组，1097.4 m；G—灰色粉砂岩，发育平行层理，马 17 井Ⅲ油组，1794.2 m；H—棕色砂质泥岩，发育水平层理，马 17 井Ⅰ油组，1674.75 m；I—紫色泥质粉砂岩，发育生物钻孔、泥砾、螺化石，马 37 井Ⅱ油组，1472m

Fig.4 Main sedimentary structure characteristics of Xingouzui Formation in the study area

A-Brown siltstone and pebbled siltstone, basal scour structure and parallel bedding, Ⅲ oil-group, Well Ma-17, 1793.8m; B-Grayish white siltstone-fine sandstone, wedge-shaped cross bedding(upper) and parallel bedding (lower), Ⅱ oil-group, Well Ma-53, 1303.2m; C-Brown siltstone, wavy bedding, Ⅰ oil-group, Well Ma-17, 1655.1m; D-Brown - gray siltstone, water current rippled cross bedding, Ⅲ oil-group, Well Ma-17, 1793m; E- Brown argillaceous siltstoue, wave ripple cross bedding, Ⅰ oil-group, Well Ma-17, 1652.4m; F. Brown siltstone, deformational bedding, Ⅲ oil-group, Well Ma-21, 1097.4m; G-Gray siltstone, parallel bedding, Ⅲ oil-group, Well Ma-17, 1794.2 m; H-Brown sandy shale, horizontal bedding, Ⅰ oil-group, Well Ma-17, 1674.75 m; I-Purple argillaceous siltstoue, boring pore, boulder clay and margarya-fossil, Ⅱ oil-group, Well Ma-37, 1472m

(2)特殊的沉积构造组合

新沟咀组下段沉积序列中，在较厚层粉砂岩中大量的底冲刷构造、楔形和板状交错层理、平行层理等构造组合,反映研究区具有发育的分流河道沉积;而在近源和远源区的钻井中均发现大量的流水、浪成沙纹层理、波状层理和生物扰动构造,从而也表明研究区属于河湖过渡的三角洲沉积区，总体沉积水体较浅、坡度变化较小和受流水和波浪共同作用等特点;同时,指示静水条件、在泥质岩中发育的水平层理和上述沉积构造的频繁交替出现，可作为沉积环境水体较浅、较安静,但又普遍受到波浪扰动的一个旁证。

(3)典型的沉积层序和测井响应

研究区钻井中见到大量反旋回的沉积层序或频繁叠置的砂层(图 2),代表浅水三角洲前缘的沉积学响应特征。由于浅水三角洲形成于浅水环境,三角洲的前积速度很快,三角洲不断向前推进,而前缘部位沉积物卸载最快,代表了较高的沉积速率,因此浅水三角洲前缘一般表现为进积或加积沉积层序[17],但由于湖底地形十分平缓,湖水的快速上升和下降,以及河流控制的作用，浅水三角洲的分流河道可直接覆盖在前三角洲或浅湖泥之上，局部缺失河口坝沉积,造成垂向上相序的连续性较差。对应于沉积层序特征，其测井响应往往表现为反旋回的指状–漏斗形–齿化箱形–齿化钟形的测井曲线形态组合,以反映席状砂→河口坝→分流河道的进积序列，其中以指状形态的席状砂和齿化钟形、齿化箱型的水下分流河道沉积为主，漏斗形的河口坝不太发育或沉积厚度非常薄，这也是浅水三角洲的典型测井响应特征。

3.1.2 典型的沉积微相类型及发育机理

通过大量取心井和录井、测井资料综合分析,认为潜东地区新沟咀组下段沉积深度总体位于浪基面以上,区内发育浅水三角洲沉积体系,以及下三角洲平原、三角洲前缘和前三角洲等亚相,上三角洲平原发育于研究区以外的东北方向近物源区。其中下三角洲平原为平均高水位面与平均低水位面之间,泥岩含量高,呈紫色和棕色,由于滨湖区间歇性蒸发暴露作用，常见膏岩夹层，粉砂岩呈透镜状夹于泥岩中,该亚相仅在Ⅰ油组上部发育;处于平均低水位面以下的三角洲前缘和前三角洲分布广泛，在Ⅰ油组下部、Ⅱ油组和Ⅲ油组均有发育,微相类型有水下分流河道、水下分流河道间湾、河口坝、席状砂、前三角洲泥(或浅湖泥)等,主要特征如下。

(1)具有发育的水下分流河道微相

三角洲平原上的分流河道通过填积和湖面的频繁波动向湖泊中心方向长距离推进，在三角洲前缘的浅水区发育很有特色的水下分流河道，且在湖面频繁波动过程中,河流、波浪和沿岸流的冲刷作用对沉积物的分布起到再改造作用，导致了以水下分流河道砂体为主的三角洲前缘砂体不同程度的席状化。其中在Ⅲ油组沉积期和Ⅰ油组沉积期,由于气候干旱,水体较浅且间歇性暴露,波浪作用和岸流作用较小,以河流作用为主,因而水下分流河道砂体受水动力改造较弱形成弱席状化分流河道砂体。Ⅱ油组沉积期虽然水体加深，但因区域性的潮湿气候导致河流作用加强,沉积物供给量增大,三角洲前缘砂体分布更为广泛，而由于波浪作用增强对河道砂体改造强烈,形成强烈席状化水下分流河道砂体。总体沉积特征表现为:岩性以浅灰色、灰白色粉砂岩为主,局部发育细砂岩，频繁夹有泥质粉砂岩、粉砂质泥岩;沉积构造常发育底冲刷构造、楔形交错层理、板状交错层理、平行层理及波状和沙纹层理,尤以流水沙纹层理、浪成沙纹层理和生物钻孔等构造发育,反映了多重水动力作用的特征,纵向剖面上呈透镜状;GR 测井曲线形态上主要以齿化箱型和齿化钟形为主,反映了河道砂体席状化改造的过程。

(2)不太发育的河口坝微相

由于浅水三角洲建设作用较强，使得水下分流河道进积速率快，在进积过程中对早期沉积的河口沉积物具有较强的改造作用，使得原先的河口坝沉积不能很好地保存,或冲蚀殆尽或仅保留下部沉积。其沉积特征表现为:以泥质粉砂岩和粉砂岩为主,具有反韵律结构;发育波状层理、浪成沙纹层理、变形层理和生物扰动构造;垂直水流方向,砂体呈上凸底平透镜状;GR 测井曲线形态以齿化漏斗形为主。

(3)广泛分布的席状砂微相

新沟咀组下段的前缘席状砂以粉砂岩为主,粒序变化多不明显,主要为波浪、湖流的强烈改造作用的结果，垂向上呈薄层夹于前三角洲泥或浅湖泥之间,在 GR 测井曲线上表现为尖指状。该微相的席状砂体与强烈席状化改造的水下分流河道砂体主要区别表现为：前者砂层薄，常夹于相对较厚的泥岩中,而后者砂层相对较厚常夹有薄层的泥质隔层,总

体具有正旋回序列。

(4)前三角洲泥与前缘沉积频繁交替

由于研究区沉积地形平坦,三角洲前缘主要以水下分流河道砂体为骨架向前三角洲或浅湖区平缓过渡,在垂直剖面上表现为前三角洲或浅湖泥直接与水下分流河道砂体交替沉积,也有利于岩性油气藏的发育。其泥质沉积在Ⅰ、Ⅲ油组多为紫、红色,Ⅱ油组和泥隔层为灰、深灰色,生物扰动构造均频繁发育。

3.2 浅水三角洲沉积模式及演化

综合上述新沟咀组下段的沉积背景和特征,建立了浅水三角洲沉积模式(图 5),具有如下特点:①在平面上,浅水三角洲平原与宽展的三角洲前缘、前三角洲平缓相接,无明显的转折,向浅湖区延伸较远呈朵状或鸟足状展布,具有大的宽/厚比,不存在 Gilbert 型三角洲模式的三层式结构,相当于邹才能等(2008)提出的毯式浅水三角洲[14];②受河流、波浪和沿岸流的冲刷作用,以水下分流河道为主的三角洲前缘砂体不同程度的席状化,有利于砂体的平面延展性和连通性。

此外,在沉积演化过程中,沉积物受古气候、湖盆地形、沉积物的供给、河流与湖浪作用强度等因素影响,浅水三角洲在不同沉积阶段具有不同的沉积

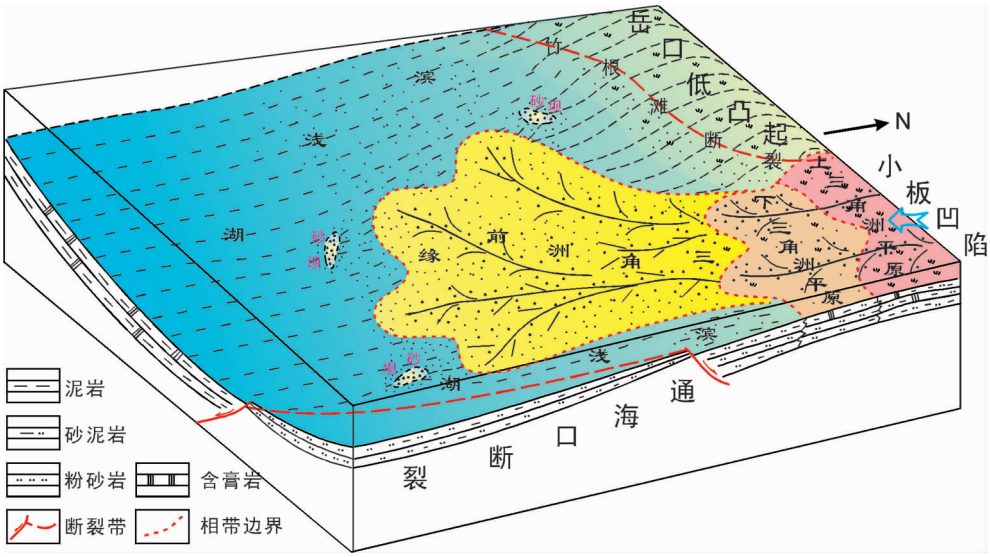

图 5 潜东地区新沟咀组下段浅水三角洲沉积模式

Fig.5 Depositional model of shallow water delta of Xingouzui Formation in eastern Qianjiang depression

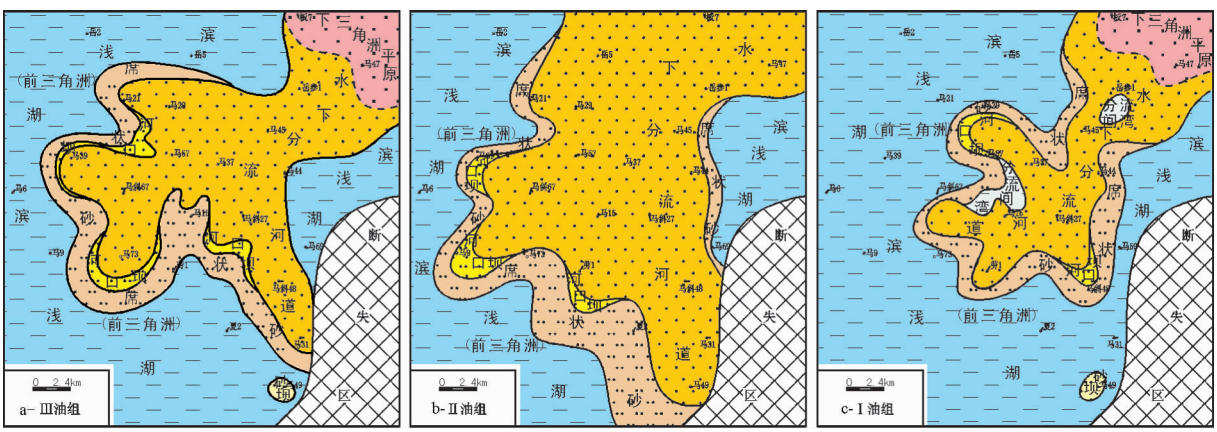

图 6 潜东地区新沟咀组下段浅水三角洲沉积相带演化图

Fig.6 Sedimentary facies evolution maps of shallow water delta of Xingouzui Formation in eastern Qianjiang depression

响应和分布规律,如:①Ⅲ油组沉积时,古气候为半干旱-干旱、氧化环境,沉积物供给有限,湖盆沉积水体较浅,浅水三角洲相带呈鸟足状展布,延伸范围和分布规模有限,由于河流强于湖浪的改造作用,砂体呈弱席状化、单层沉积厚度较厚分布(图 6-a);②Ⅱ油组沉积时,古气候转变为潮湿、弱氧化-弱还原环境,河流作用加强,沉积物供给充分,湖盆沉积水体变深,浅水三角洲相带呈朵状展布,延伸范围和分布规模较广,波浪作用改造相对增强,砂体呈强席状化、单层沉积厚度较薄分布(图 6-b);③Ⅰ油组沉积时,古气候变为炎热、干旱蒸发的氧化环境,河流携带的沉积物供给最少,湖盆沉积水体相对最浅,盐度相对较高(常伴有大量膏泥岩沉积)、河流/湖盆水体盐度差别最大, 从而导致浅水三角洲相带延伸范围和分布规模最小,呈鸟足状展布,由于湖浪的改造作用相对较弱,砂体呈弱席状化、单层沉积厚度较厚分布,但砂层数量分布较少(图 6-c)。

4　主要认识

(1)新沟咀组下段发育一套淡水-半咸水背景下的浅水三角洲沉积体系,以发育下三角洲平原、三角洲前缘、前三角洲亚相为主,具有发育的水下分流河道、不甚发育的河口坝、广泛分布的席状砂和前三角洲泥(浅湖泥)与前缘沉积频繁交替等沉积特征,以及各相带平缓相接,无明显的转折,向浅湖区延伸较远呈朵状或鸟足状展布,不存在 Gilbert 型三角洲三层式结构的沉积模式。

(2)沉积演化过程中,新沟咀组下段浅水三角洲沉积受古气候、河流作用和湖平面波动等众多因素影响强烈, 特别是对三角洲前缘水下分流河道的形态和发育程度的控制更明显, 形成或强或弱席状化改造的前缘砂体, 从而直接和间接地影响和控制岩性油气藏的成藏规律,主要表现为Ⅱ油组沉积期,气候潮湿,河流作用最强,沉积物供给充分,河道侧向迁移频繁,河道砂体受波浪席状化改造强烈,发育大面积的砂岩储层, 同时纵向上频繁受前三角洲泥封堵, 良好的生储盖配置关系对该油组形成岩性油气藏最为有利。

参考文献(References):

[1] Donaldon A C. Pennsylvanian sedimentation of central Appalalachians [J]. Special Paper of Geology Society of America, 1974,(148):47-78.

[2] Coleman J M, Prior D B. Deltaic environments of deposition[M]// Scholle P A,Sprarlng D. Sandstone Depositional Environments. AAPG Memoir. Tulsa, Okla:American Association of Petroleum Geologists,1982,31:139-178.

[3] 龚绍礼. 河南禹县早二叠世晚期浅水三角洲沉积和聚煤环境[J]. 煤田地质与勘探, 1986, (6):2-9.
Gong Shaoli. Shallow water delta deposition and coal-forming environment in the late period of Early Permain in Yuxian of Henan Province[J]. Coal Geology and Exploration, 1986, (6):2-9 (in Chinese with English abstract).

[4] 郭英海, 刘焕杰, 李壮福, 等. 晋中北山西组浅水三角洲沉积特征及聚煤作用[J]. 中国矿业大学学报, 1995, 24(1):64-70.
Guo Yinghai, Liu Huanjie, Li Zhuangfu, et al. Sedimentary charaeteristies and coal-aeeumulating proeess of shallow-water delta of Shanxi Formation in the Middle-north Distriet of Shanxi Provinee [J].Journal of University of Mining & Technology, 1995, 24(1):64-70(in Chinese with English abstract).

[5] 李增学, 魏久传, 李守春. 鲁西河控浅水三角洲沉积体系及煤聚集规律[J]. 煤田地质与勘探, 1995, 23(2):7-12.
Li Zengxue, Wei Jiuchuan, Li Shouchun. The depositional system of fluvial-controlled shallow water delta and coal-accumulation analysis in western Shandong [J]. Coal Geology and Exploration, 1995, 23(2):7-12(in Chinese with English abstract).

[6] 薛庆远. 山东滕南矿区山西组浅水三角洲的沉积构成和聚煤特征[J]. 中国矿业大学学报, 1995, 24(2):43-51.
Xue Qingyuan. Depositional architectures and coal-forming features of shallow water delta system in the Tengnan coal mining district, Shandong Province [J]. Journal of University of Mining & Technology, 1995, 24 (2):43-51 (in Chinese with English abstract).

[7] 靳松, 朱筱敏, 钟大康. 扇三角洲高分辨率层序地层对比及砂体分布规律[J]. 中国地质, 2006, 33(1):212-220.
Jin Song, Zhu Xiaomin, Zhong Dahang. High-resolution sequence stratigraphic correlation of fan deltas and distribution characteristics of sandbodies [J]. Geology in China, 2006, 33 (1):212-220 (in Chinese with English abstract).

[8] 郭建林, 贾爱林, 何东博, 等. 滦平上侏罗统—下白垩统扇三角洲露头层序地层学研究 [J]. 中国地质, 2007, 34(4):628-635.
Guo Jianlin, Jia Ailin, He Dongbo, et al. Sequence stratigraphy of Upper Jurassic-Lower Cretaceous fan-delta outcrops in Luanping [J]. Geology in China, 2007, 34 (4):628-635 (in Chinese with English abstract).

[9] 高志勇, 郭宏莉, 张水昌, 等. 满加尔凹陷南缘志留系柯坪塔格组上段不同体系域内辫状三角洲砂体与储集性研究 [J]. 中国地质, 2008, 35(5):951-962.
Gao Zhiyong, Guo Hongli, Zhang Shuichang, et al. Braided-delta sandstone and its petroleum storage capacities in different systems tracts in the Upper Member of the Silurian Kalpintag Formation on the southern margin of the Manjia´er subbasin[J]. Geology in China,

2008, 35(5):951-962 (in Chinese with English abstract).

[10] 张大智, 纪友亮, 韩春元, 等. 饶阳凹陷沙河街组辫状河三角洲沉积特征及储集性[J]. 中国地质, 2009, 36(2):344-354.
Zhang Dazhi, Ji Youliang, Han Chunyuan, et al. Sedimentary characteristics and reservoir properties of the Shahejie Formation braided river delta in Raoyang Sag[J]. Geology in China, 2009, 36(2):344-354(in Chinese with English abstract).

[11] 楼章华, 兰翔, 卢庆梅, 等. 地形、气候与湖面波动对浅水三角洲沉积环境的控制作用[J]. 地质学报, 1999, 73(1):83-92.
Lou Zhanghua, Lan Xiang, Lu Qingmei, et al. Controls of the topography, climate and lake level fluctuation on the depositional environment of a shallow-water delta——A case study of the Cretaceous Putaohua reservoir [J]. Acta Geologica Sinica, 1999, 73(1):83-92(in Chinese with English abstract).

[12] 楼章华, 袁迪, 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 Aimin. 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(in Chinese with English abstract).

[13] 朱伟林, 李建平, 周心怀, 等. 渤海新近系浅水三角洲沉积体系与大型油气田勘探[J]. 沉积学报, 2008, 26(4):575-582.
Zhu Weilin, Li Jianping, Zhou Xinhuai, et al. Neogene shallow water deltaic system and large hydrocarbon accumulations in Bohai bay, China[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2008, 26(4):575-582 (in Chinese with English abstract).

[14] 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):813-825.
Zhou 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(in Chinese with English abstract).

[15] 胡明毅, 马艳荣, 刘仙晴, 等. 大型坳陷型湖盆浅水三角洲沉积特征及沉积相模式—以松辽盆地茂兴—敖南地区泉四段为例[J]. 石油天然气学报, 2009, 31(3):13-17.
Hu Mingyi, Ma Yanrong, Liu Xianqing, et al. Sedimentary characteristics and mode of shallow delta in large scale downwrap lacustrine basin——By taking Quan-4 Formation in Maoxing and Aonan region in Songliao basin for example[J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2009, 31(3):13-17(in Chinese with English abstract).

[16] 李元昊, 刘池洋, 独育国, 等. 鄂尔多斯盆地西北部上三叠统延长组长 8 油层组浅水三角洲沉积特征及湖岸线控砂 [J]. 古地理学报,2009, 11(3):265-274.
Li Yuanhao, Liu Chiyang, Du Yuguo, et al. Sedimentary characteristics of shallow water delta and lake shoreline control on sandbodies of Chang 8 oil-bearing interval of the Upper Triassic Yanchang Formation in northwestern Ordos Basin [J]. Journal of Palaeogeography, 2009, 11(3):265-274(in Chinese with English abstract).

[17] 韩永林, 王成玉, 王海红, 等. 姬塬地区长 8 油层组浅水三角洲沉积特征[J]. 沉积学报, 2009, 27(6):1057-1064.
Han Yonglin, Wang Chengyu, Wang Haihong, et al. Sedimentary characteristics of shallow-water deltas in Chang-8 Subsection of Yanchang Formation, Jiyuan area [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2009, 27(6):1057-1064(in Chinese with English abstract).

[18] 姚光庆, 马正, 赵彦超, 等. 浅水三角洲分流河道砂体储层特征[J]. 石油学报, 1995, 16(1):24-31.
Yao Guangqing, Ma Zheng, Zhao Yanchao, et al. Reservoir characteristics of distributary channel sand bodies of shallow water delta[J]. Acta Petrolei Sinica, 1995, 16(1):24-31(in Chinese with English abstract).

[19] 吴小红, 吕修祥, 周心怀, 等. BZ34 油区明下段浅水三角洲沉积特征及其油气勘探意义 [J]. 大庆石油学院学报, 2009, 33(5):32-40.
Wu Xiaohong, Lv Xiuxiang, Zhou Xinhuai, et al. Discovery of the shallow delta sediment in Minghuazhen formation in BZ34 oil fields and its significance in oil and gas exploitation [J]. Journal of Daqing Petroleum Institute, 2009, 33(5):32-40(in Chinese with English abstract).

[20] 戴世昭. 中国石油地质志—江汉油田[M]. 北京:石油工业出版社, 1991:170-171.
Dai Shizhao. China Oil Geology Journal——Jianghan Oil-Field [M].Beijing:Petroleum Industry Press, 1991:170-171(in Chinese).

[21] 郑晓玲, 陈长江, 王必金. 马王庙地区油藏描述及油气富集规律[J]. 江汉石油科技, 1997, 7(1):3-9.
Zheng Xiaoling, Chen Changjiang, Wang Bijin. Study on reservoir description and oil-gas enrichment rule of Mawangmiao area[J]. Jianghan Petroleum Science and Technology, 1997, 7 (1):3-9(in Chinese with English abstract).

[22] 王必金. 江汉盆地构造演化与勘探方向[D]. 北京:中国地质大学博士学位论文, 2006.
Wang Bijin. The structural evolution and favorable exploration areas in Jianghan basin [D]. Beijing:Paper of Doctor Degree of China University of Geosciences, 2006(in Chinese).

[23] 卢林. 潜江凹陷古近纪同沉积构造发育演化及其对潜江期沉积体系的控制[D]. 北京:中国地质大学硕士学位论文, 2005.
Lu Lin. Sysdeposit structural development, evolution and control to sedimentary system of Qianjiang stage of Paleogene in Qianjiang Depression[D]. Beijing:Paper of Masters Degree of Engineering of China University of Geosciences, 2005(in Chinese).

[24] 胡涛, 陈素. 江汉盆地东部新下段层序地层格架与油气成藏[J]. 新疆石油地质, 2005, 26(2):158-161.
Hu Tao, Chen Su. Relationship between the sequence stratigraphy framework and petroleum accumulation in lower member of Xingouzui Formation, eastern Jianghan basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2005, 26(2):158-161(in Chinese with English abstract).

[25] 郭辉, 吴世强, 曹卫生, 等. 江汉盆地潜江凹陷东南部储层特征研究[J]. 东华理工学院学报, 2007, 30(3):231-235.

Guo Hui, Wu Shiqiang, Cao Weisheng, et al. Study on oil reservoir layer features in southeast of Qianjiang Sag in Jianghan basin [J]. Journal of East China Institute of Technology, 2007, 30 (3):231-235(in Chinese with English abstract).

[26] 方志雄. 江汉盆地盐湖沉积充填模式[M]. 北京:石油工业出版社, 2006:6.

Fang Zhixiong. Salt Lake Depositional Loading Model of Jianghan Basin[M]. Beijing:Petroleum Industry Press, 2006:6(in Chinese).

[27] 戴世昭. 江汉盐湖盆地石油地质 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1997:60-69.

Dai Shizhao. Oil Geology of Jianghan Salt Lake Basin[M].Beijing: Petroleum Industry Press,1997:60-69(in Chinese).

Shallow water delta depositional model of the lower segment of the Xingouzui Formation in eastern Qianjiang depression

HU Zhong-gui[1,2], HU Ming-yi[1,2], HU Jiu-zhen[3], Liu Dong-mei[4]

(1. *Key Laboratory of Exploration Technologies for Oil and Gas Resources, Ministry of Education, Yangtze University*, *Jingzhou* 434023, *Hubei*; 2. *College of Geoscience*, *Yangtze University*, *Jingzhou* 434023, *Hubei*; 3. *Yangtze University College of Technology & Engineering*, *Jingzhou* 434020, *Hubei*; *4. Xinkeao Test Corporation of Qaramay*, *Qaramay* 834000, *Xinjiang*)

Abstract: The lower segment of the Xingouzui Formation in eastern Qianjiang depression is an important horizon for finding lithologic hydrocarbon reservoir in the future. Based on a synthetic analysis of core description as well as thin section and logging data in combination with sedimentary marks of lithology, paleoclimate, sedimentary structure, and the depositional background of weak tectonic movement and flattened palaeotopography, the authors hold that the lower segment of the Xingouzui Formation is of a shallow water delta depositional system. The shallow water delta has the following characteristics: ① there exist well-developed underwater distributary channel microfacies, underdeveloped mouth bar, extensive sand sheet, and frequently alternate pre-delta and front deposition; ② various facies belts are smoothly connected with each other without apparent slope gradient; ③ depositional model has no three-layer structures like "Gilber delta". During the depositional evolution, the shallow water delta deposition was affected by such factors as palaeoclimate, density contrast of stream and salt lake, fluviatile action and lake surface fluctuation., and the shape and the development extent of the underwater distributary channel were especially apparently controlled by these factors, forming strong or weak reformed front sand. Favorable allocation for generating reservoirs and cap rocks in the lower segment of the Xingouzui Formation was favorable for forming lithologic hydrocarbon reservoirs.

Key words: eastern Qianjiang depression; lower segment of Xingouzui Formation; shallow water delta; depositional model

---

About the first author: HU Zhong-gui, male, born in 1979, doctor and lecturer; mainly engages in the study of reservoir sedimentology; E-mail: xgz1978127@tom.com.