

鄂尔多斯盆地南部延7+8油层组滨浅湖 滩坝体系沉积特征

王建民

(西安石油大学 地球科学与工程学院,陕西 西安 710069)

摘要:鄂南中生界侏罗系延安组发育退积型沉积层序及滨浅湖滩坝沉积体系;滨浅湖滩坝沉积体系与环绕延安期湖盆发育的曲流三角洲存在密切的共生组合关系;曲流三角洲的退积和废弃为滨浅湖滩坝体系的发育提供了物质补给。延7+8沉积时,陕北安塞-志丹地区处于延安期滨浅湖亚相区,滩坝沉积广泛发育并构成其沉积主体,可进一步细分为滨浅湖滩砂、浅湖砂坝、浅湖席状砂及浅湖泥岩4个微相类型。滩坝砂体一般位于河口的侧翼及远离河口的平坦开阔的滨浅湖环境,平行于湖岸线生长,中、细砂岩为主,发育块状层理、波状层理、斜波状层理及透镜状层理等。其中,滩砂往往呈席状分布,厚度较薄;砂坝呈条带状平行于岸线分布,厚度较大,剖面呈透镜状,底部具反粒序,中、上部发育水进层序,是滩坝体系中最具代表性的沉积。一系列滩坝砂体以不同相位复合叠加,形成顺岸分布、集中发育、绵延不断的大型富砂区带;而夹于其间的浅湖泥岩则构成了滩坝砂体的侧翼遮挡或者上覆的盖层。滨浅湖滩坝体系的沉积特征对延安组上部的储层发育与油气成藏具有重要的影响和控制作用。

关键词:滩坝体系;沉积特征;延7+8油层组;鄂尔多斯盆地

中图分类号:TE121.3

文献标识码:A

Sedimentary characteristics of the shore-shallow lacustrine beach bar system of Yan 7 + 8 oil reservoirs in southern Ordos Basin

Wang Jianmin

(School of Earth Science and Engineering, Xi'an Shiyou University, Xi'an, Shaanxi 710069, China)

Abstract: Retrograding sedimentary sequence and shore-shallow lacustrine beach bar system are developed in the Mesozoic Jurassic Yan'an Formation in southern Ordos Basin, and the latter has close paragenetic relationship with the meandering river delta around the lake basin of the Yan'an stage. Retrogradation and the destruction of the meandering delta provide clastic input for the development of the low-shallow lake beach bar system. During the deposition of Yan 7 + 8, An'sai and Zhidan areas in the north of Shaanxi province were in shore-shallow lacustrine environment. Beach bar deposits were widely developed as the major part of sedimentation, and can be divided into four microfacies types including beach sand, sand bar, sand sheet and mudstone. Generally, the beach bar sand bodies occur at the side of the river mouth and the flat open shore-shallow lake environment, and are parallel with the lake shoreline. They are dominated by medium and fine sandstone, and have massive bedding, wavy bedding, inclined wavy bedding and lenticular bedding, etc. Beach sand is usually in sheet-like shape and is relatively thin. Bar sand, which is the most representative deposit of the beach bar system, usually has banded shoreline-parallel distribution, large thickness, and lenticular shape on section, reverse grading at the bottom and transgressive sequences in the middle and upper parts. A series of beach bar sandbodies superimposed with each other in different phases, forming large-scale shoreline-parallel clustered reservoirs with high net-to-gross ratio. The mudstones of shore-shallow lake facies between the beach bars act as lateral barriers or overlying seals of the beach bar sandbodies. The sedimentary characteristics of the shore-shallow lacustrine beach bar system have significant influences on reservoir development and oil/gas accumulation of the Yan'an Formation.

Key words: beach bar system, sedimentary characteristics, Yan 7 + 8 oil reservoir, Ordos Basin

鄂尔多斯盆地南部中生界侏罗系延安组上部层段的油气勘探因其分散的透镜状砂体及其快速的相变特

收稿日期:2013-03-31;修订日期:2013-08-10。

作者简介:王建民(1962—),男,博士、教授,油气成藏及开发地质。E-mail: wangjm@xsyu.edu.cn

基金项目:陕西省自然科学基金基础研究计划项目(2010JM5003)。

性,一直面临着很多的困难。以往的研究成果表明,鄂尔多斯盆地南部早、中侏罗世延安期的沉积先后经历了由充填式河流相—河成湖相—河湖三角洲相等3个演化阶段,自下而上形成了一个完整的退积型沉积演化序列^[1];环湖发育了一系列多源性的退积型三角洲,沉积体系具有“大三角洲平原、中三角洲前缘和小前三角洲”^[2-3]的特点。由此引发的一个新的问题是,在一个不断扩张水进的湖盆演化背景下,被退积的多源性三角洲的前缘物质被转移到了何处?沉积特征又该如何?笔者通过对盆地南部中生界延安组延8+7油层组沉积特征的研究,发现在湖盆不断扩张水进的演化背景下,三角洲前缘的废弃与滨浅湖滩坝体系的建设有着密切的联系;深入研究滨浅湖滩坝体系沉积特征及空间展布,弄清河湖三角洲的建造发育与滨浅湖滩坝沉积的相互依存及共生关系,对延安组油气勘探开发工作具有重要的指导意义。

1 延安期湖盆的沉积演化

鄂尔多斯盆地中生界延安组为一套河湖相碎屑岩系,自上而下分为延1—延11共11个油层组。中、下部的延11—延6油层组为一套由残积—坡洪积相—河流相—湖相构成的完整退积型沉积序列^[1]。延9时盆地东部在古河道基础上坳陷成湖,发育一套以深灰色泥质岩为主的浅湖沉积,成为区域性“B”标志层^[1-4];延6时该湖泊达至鼎盛,沉积一套以灰黑色泥页岩为主的浅湖—半深湖沉积,成为区域性“A”标志层。

延7+8油层组夹于延6“A”标志层和延9“B”标志层之间^[4],为湖盆沉降背景下震荡性回返中发育的一套富砂组合,是延安组油气的主要储产层段之一。此时,一方面环湖四周的河流作用因湖盆的震荡性回返而有所加强,三角洲建造进一步发育;另一方面,在总体的湖盆不断扩张背景下,湖流改造营力也日益增强,三角洲前缘不断遭受退积破坏,为滨浅湖亚相及其滩坝沉积提供了源源不断的物源。

2 滨浅湖亚相滩坝体系沉积特征

2.1 滩坝类型及沉积特征

在湖泊环境中,若湖底地形平缓,砂质供应充分,在宽阔的浅湖地带可形成具席状展布的砂质浅滩或局部砂质堆积加厚的砂坝沉积。这些滩坝常出现于入湖三角洲的两侧,沿湖岸线呈带状分布,或分布于水下隆起或岛屿周围等地带,沉积层序上常呈现为下细上粗的反旋回沉积^[5]。

基于大量录井及测井资料,通过单井相、连井相到平面相的综合分析,表明延7+8沉积时,盆地南部坳陷湖泊广泛发育滨浅湖亚相,且以滩坝沉积体系为主体。根据其地层岩性、厚度、形态、结构、构造、层序组合等特征^[6-13],可进一步细分为滨浅湖滩砂、浅湖砂坝、浅湖席状砂、浅湖泥质岩4个微相类型,其沉积特征可概括如下(图1,图2)。

2.1.1 滨浅湖滩砂

为滩坝体系的重要组成部分,发育于河口之间开阔的滨—浅湖地带、砂坝后近岸一侧,临近湖平面,呈席状展布,厚度0.5~3.0 m不等。岩性一般为浅灰色中—细砂岩,具反粒序,发育微波状层理及浪成砂纹层理,局部可见液化变形层理;与深灰色泥岩互层并构成反韵律层序(图1,图2b)。自然电位曲线呈倒钟状或漏斗状。

2.1.2 浅湖砂坝

为区内滩坝体系中最具特色的沉积,发育于河口之间开阔的浅湖地带和湖中高地周围,由湖流和波浪作用对河流携来的砂质再分配改造而成,呈条带状平行于岸线分布,其形态规模受湖底地形、物源供应及湖泊营力大小等因素决定,通常具有较大的厚度。若物源补给有限,湖泊营力弱小,则砂坝发育较薄,并向席状砂转化;反之若物源充足,湖泊营力强,则可能形成大型的砂坝,甚至形成障壁岛等。

浅湖砂坝厚度一般3.0~11.0 m,局部更厚;断面呈顶凸底平的透镜体或扁长的脉状体,与上覆及下伏岩层均呈快速的渐变接触。岩性以较纯净的浅灰色中、细粒长石石英砂岩为主;分选好,局部偶夹粗砂岩的薄层;近底部具有明显的反粒序,砂坝主体部分一般近似块状,无清晰的层理构造,但顶、底部可见清晰的波状层理、浪成砂纹层理、斜波状交错层理以及搅动变形层理、虫孔等(图1,图2c,e,f)。自然电位或自然伽马曲线呈指状或剑状高负异常,或底部呈漏斗状、中上部呈钟—箱状的高负异常,或整体呈近乎箱状的高负异常。

2.1.3 浅湖席状砂

发育于浪基面附近、靠砂坝向湖一侧,为开阔浅湖环境下湖浪作用沉积的远岸滩,呈席状展布;厚度较薄,一般0.3~1.0 m不等;岩性较滩砂略细,为浅灰色粉、细砂岩及泥质粉细砂岩,分选好,具反粒序;发育微波状层理、水平层理、透镜状层理、虫孔及生物扰动构造等(图1,图2d)。与深灰、灰黑色泥质岩互层,构成反韵律。自然电位曲线呈齿状或小丘状负突。

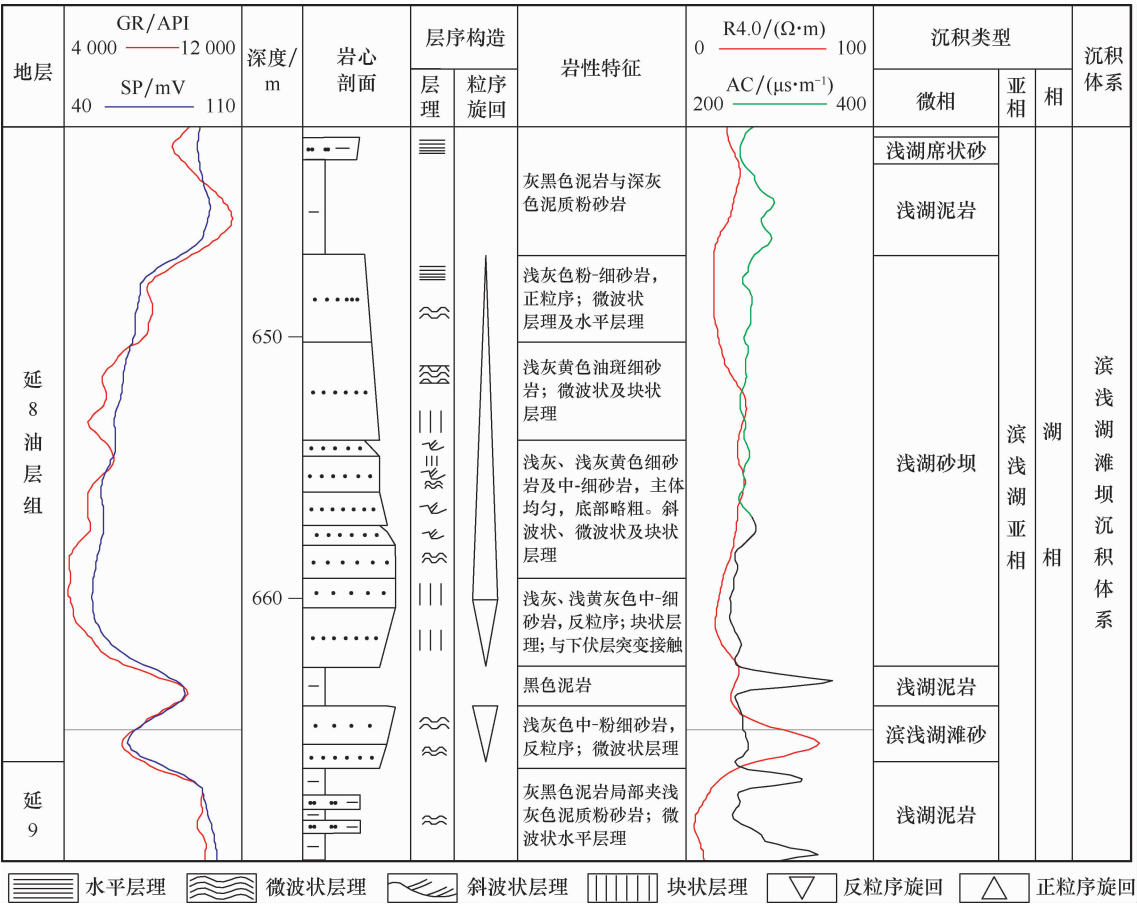


图 1 延安组延 8 滨浅湖亚相滩坝沉积层序特征

Fig. 1 Sedimentary sequence of Yan 8 shore-shallow lacustrine subfacies of the Yan'an Formation

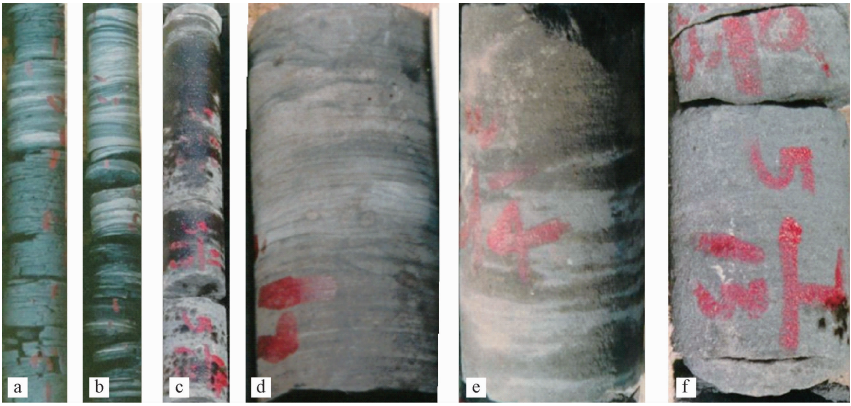


图 2 钻井岩心中延 8 滨浅湖亚相滩坝体系沉积特征

Fig. 2 Core sedimentary characteristics of beach bar system in shore-shallow lacustrine subfacies of the Yan'an Formation

a. 浅湖泥; b. 浅湖泥及滩砂; c. 含油的块状坝砂; d. 含虫孔的席状砂; e. 具斜波状层理的坝砂; f. 块状层理的坝砂

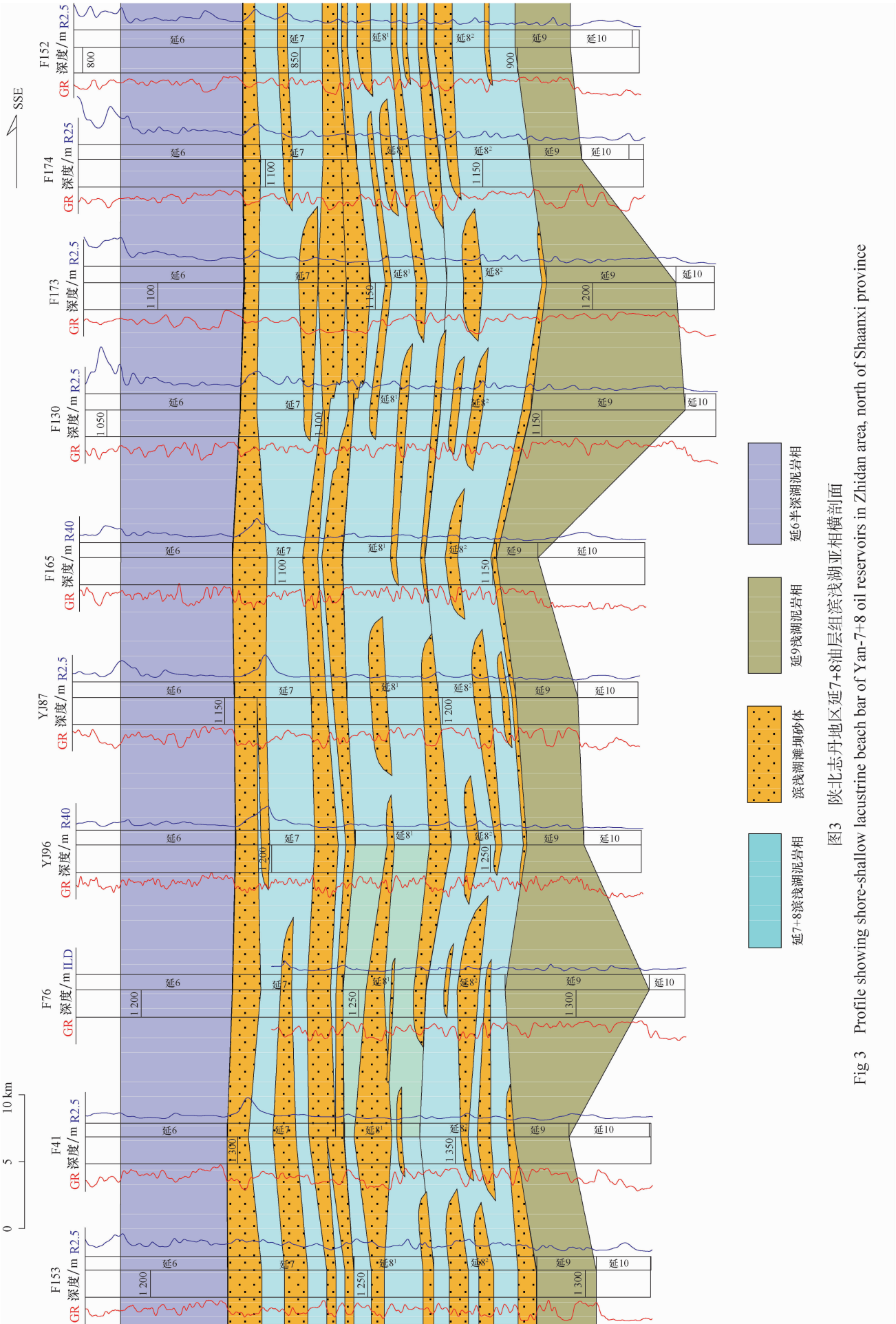
2.1.4 浅湖泥质岩

位于砂坝之后的湖湾区或者砂坝之间的较深水区,沉积特征与分流间湾相似。岩石组合为深灰、灰黑色泥岩及粉砂质泥岩,常与浅灰色的席状粉、细砂岩层等厚互层,微波状层理、水平层理及互层型层理发育,层理面富含云母、炭屑、植物化石碎片及方鳞鱼、瓣鳃类等动物化石;虫孔、虫迹发育(图 1,图 2a)。自然电

位曲线呈微波状间夹齿状低负异常组合。

2.2 相带展布及沉积演化

延 8 沉积时安塞—志丹一带广泛处于滨—浅湖环境,滩坝体系发育并成为区内最具代表性的沉积之一。砂体透镜状特征明显,相变及尖灭迅速;岩电组合呈阶梯状的退积型序列,自上而下可划分为延 8¹、延 8² 两个次级旋回,反映了一种持续性的河退湖进的演化历程(图 3)。



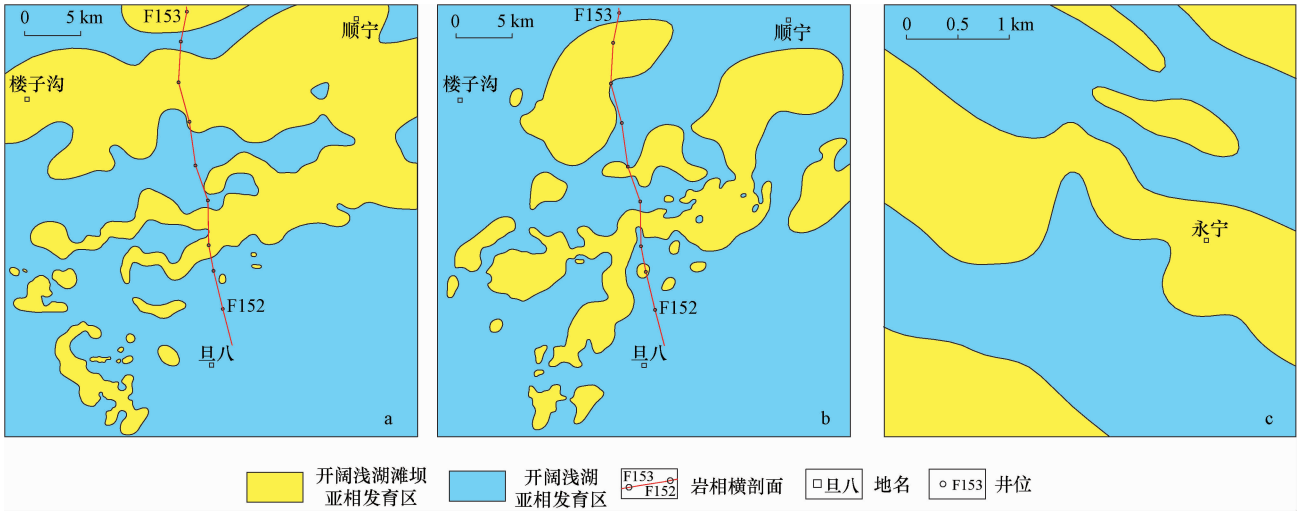


图 4 陕北志丹地区延 7+8 油层组滩坝体系沉积相带展布特征

Fig. 4 Sedimentary facies distribution of shore-shallow lacustrine beach bar of Yan 7+8 oil reservoirs in Zhidan area, north of Shaanxi province

a. 志丹西部延 8² 油层; b. 志丹西部延 8¹ 油层; c. 志丹永宁地区延 7 油层

延 8² 沉积时,一系列顺岸分布的滩坝砂体以不同相位复合叠加,在志丹西部形成两个向北西及东南方向弧形凸出、顺岸分布、断续绵延几千米到几十千米不等的大型富砂区带(图 4a);带宽一般 2~3 km,北部因靠近三角洲前缘根部,物源充足,因而宽达 5~8 km。带内砂体累积厚度 8~20 m,砂地比 0.4~1.0。滩坝区带之间为互相连通的富暗色泥质岩的浅湖亚相区,砂岩厚度小于 8 m,砂地比 0.0~0.4,构成了滩坝砂体的侧翼遮挡或者上覆盖层。

延 8¹ 沉积时,志丹西部继续发育两个滩坝集中的富砂区带,但其规模变小、连续性变差、分散性增强;区带走向大致呈北东-南西方向(图 4b),中南部带宽 1~3 km,北部则宽达 3~6 km,带内砂岩累积厚度 5~16 m,砂地比 0.4~1.0。滩坝区带之间为广泛连通的富泥质岩的开阔浅湖亚相区,砂岩厚度小于 5 m,砂地比 0~0.4。

延 7 沉积时,滨浅湖滩坝进一步发育,分布更加广泛,岩性为中细粒及细粒长石石英砂岩。虽然单砂体厚度有所减薄,但连续性及连通性进一步变好,且成排成带分布,顺岸定向延伸性更强(图 3,图 4c)。

2.3 三角洲-滩坝砂体的区分与判识

粒序性及旋回组合是分流河道与滩坝砂体的重要标志之一。延 9—延 6 沉积时,由于延安期湖盆的持续性扩张,湖泊水体加深,岸线后退,碎屑补给减少,因而延 8+7 时滩坝主体(中、上部)的发育往往具有与分流河道砂体相近似的层序特征,即显示向上变细的正粒序,这给二者的区分和判识增添了难度。尽管如此,仍有一些特征和差异在二者的判识

上可供借鉴。首先,滩坝砂体的自然电位(或自然伽马)曲线多呈指状、剑状、或箱状的高负异常,正粒序层段一般发育在该砂体的中上部,其下底部一般具有一定厚度的反粒序层,与下伏地层呈快速的渐变接触;而分流河道砂体的自然电位(或自然伽马)曲线一般呈钟-箱状负异常,正粒序通常始于砂体底部,与下伏层呈明显的突变(图 1,图 5)。其次,岩心观察结果表明,滩坝砂体底界面一般比较规则平坦,无明显的冲刷侵蚀现象;分流河道砂体底部则凹凸不平,具明显的底冲刷,并伴生较多的同生泥砾。第三,滩坝砂体主体岩性较均一,分选好,发育波状、

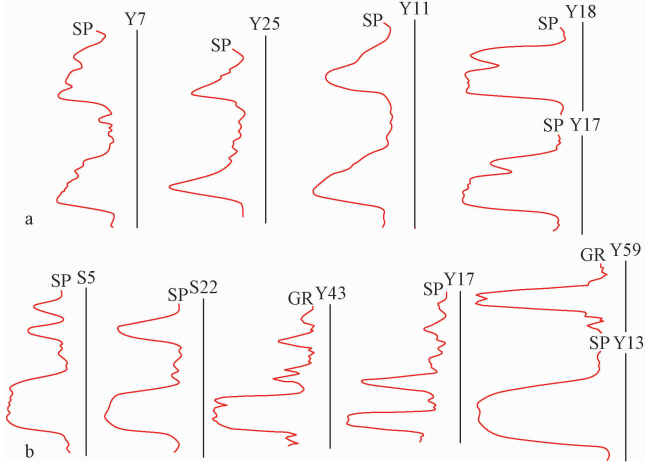


图 5 延 8 滨浅湖滩坝砂体与三角洲分流河道砂体测井曲线形态特征比较

Fig. 5 Comparison of well log shapes between shore-shallow lacustrine beach bar sand and delta distributary channel sand of Yan 8

a. 三角洲分流河道与分流间(湾)沉积;
b. 滨浅湖滩坝沉积

块状、平行或水平层理,无大型槽状交错层理发育;分流河道砂体则不同,一般发育大型交错层理,且层理规模向上依次变小。第四,滩坝砂体一般平行于湖岸线生长,其中浅湖砂坝顺岸线呈长条状分布,厚度较大,剖面呈底平顶凸状;分流河道砂体则垂直于湖岸线生长,剖面形态顶平底凸。

2.4 三角洲-滩坝体系共生组合关系

根据区域地质背景,结合单井相、剖面相以及平面沉积相分析,可将盆地南部中生界延安期湖盆沉积自外而内大致划分为三角洲平原亚相、三角洲前缘亚相、前三角洲亚相、滨浅湖亚相和浅-半深湖亚相5个相区^[3]。

安塞-志丹地区位于延安期湖泊西部开阔的滨浅湖亚相区,其以西以北及西南部为大型曲流三角洲平原亚相发育区,局部有局限的三角洲伸入;向东南部则逐渐推进到浅湖-半深湖亚相区。

研究表明,盆地南部延安组滨浅湖亚相滩坝沉积体系的发育与环湖四周曲流三角洲的发育存在密切的共生组合关系。一方面河流入湖为三角洲前缘的发育建造带来了源源不断的碎屑物质;另一方面,随着湖盆不断地扩张水进,湖泊改造营力不断增强,致使三角洲前缘沉积不断遭受退积破坏,并将大量退积物裹携到远离河口的滨浅湖区,成为滩坝体系发育的物质基础(图6)。

滨浅湖滩坝沉积体系对延安组中部储层发育和油气成藏具有重要的控制和影响作用^[14-16]。

3 结论

滨浅湖滩坝沉积体系与曲流三角洲的建造发育具有密切的共生组合关系。湖盆沉降背景下的震荡性回返使得周边河流作用活跃增强,三角洲建造推进发育;但随后更持久的扩张水进则使该三角洲沉积遭受退积破坏;三角洲的退积和废弃为滨浅湖及其滩坝体系的发育提供了不间断的物源。

延8+7沉积时,鄂尔多斯盆地南部延安期湖泊广泛发育了滨浅湖滩坝沉积体系。安塞-志丹地区处于该湖盆西侧开阔的滨浅湖环境,形成了区内顺岸分布、断续绵延的滩坝砂复合区带。

滨浅湖滩坝沉积体系可划分为滨浅湖滩砂、浅湖坝砂、浅湖席状砂以及浅湖泥质岩4个微相。滩砂及席状砂均具反粒序,前者以中-细砂岩为主,层略厚,后者以粉-细砂岩为主,层略薄;一般与深灰、灰黑色泥质岩互层,发育微波状层理、浪成砂纹层理及透镜状层理。砂坝为滩坝体系中最具代表性的沉积,呈条带状顺岸分布,厚度大;岩性以中、细砂岩为主,局部具粗砂岩,底部具反粒序,中上部多见水进型序列;发育块状层理、斜波状层理、波状层理等。

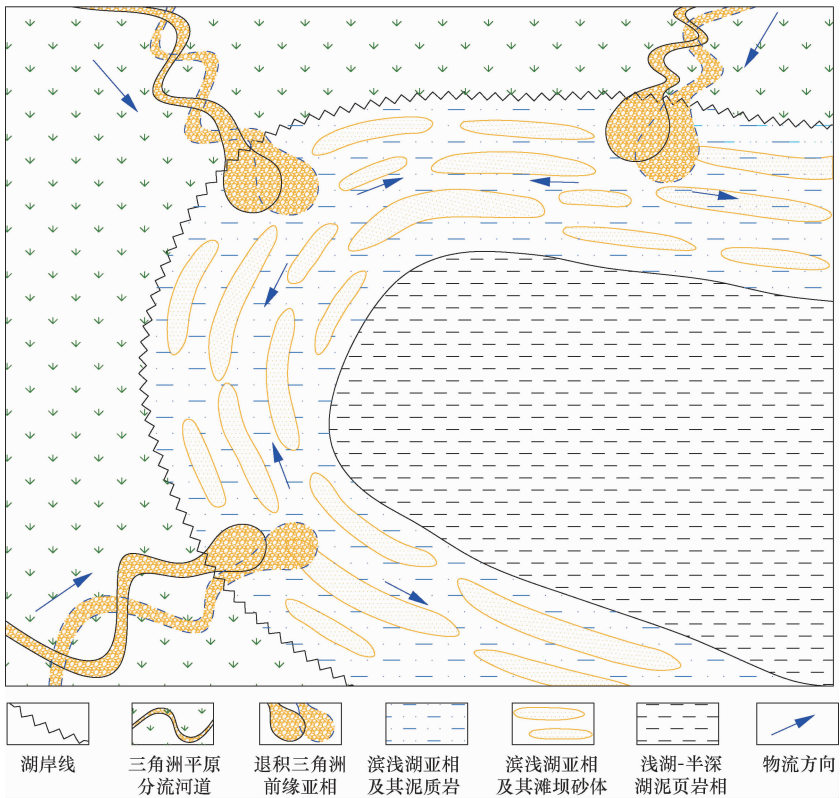


图6 延安期滨浅湖滩坝沉积体系发育模式

Fig. 6 Development pattern of beach bar system of shore-shallow lacustrine subfacies at Yan'an stage

由于延安期湖盆持续性的扩张水进,导致滩坝砂体粒度总体向上变细,其岩电特征易与三角洲分流河道砂体相混淆。通过对砂体形态、产状、粒序性、层理构造、接触关系、曲线形态等特征的仔细比较和分析,可以有效地将二者识别和区分开来。

参 考 文 献

- [1] 王建民. 陕北志丹地区中生界延11-延6油层组沉积特征及演化[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2006, 36(6): 100-106.
Wang Jianmin. Sedimentary characteristics and evolvement of Yan11-Yan6 oil layer mbr of Mesozoic, in Zhidan region, in the north of Shanxi province[J]. Journal of Northwest University(Natural Science Edition), 2006, 36(6): 100-106
- [2] 时志强, 韩永林, 赵俊兴, 等. 鄂尔多斯盆地中南部中侏罗世延安期沉积体系及岩相古地理演化[J]. 地球学报, 2003, 24(1): 49-54.
Shi Zhiqiang, Han Yonglin, Zhao Junxing, et al. Depositional system and paleogeographic evolution of the Middle Jurassic Yan'an Stage in the Central and Southern Ordos Basin[J]. Acta Geoscientia Sinica, 2003, 24(1): 49-54.
- [3] 赵俊兴, 陈洪德. 鄂尔多斯盆地侏罗纪早中期甘陕古河的演化变迁[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(2): 159-166.
Zhao Junxing, Chen Hongde. Evolution of Gan-Shaan paleochannel during Early and Middle Jurassic in Ordos basin[J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(2): 159-166.
- [4] 长庆石油地质志编写组. 中国石油地质志(卷十二长庆油田)[M]. 北京: 石油工业出版社, 1992: 51-55.
Petroleum Geological Annals Compile Group of Changqing Oil Field. Petroleum geological annals (Changqing Oil Field V12) [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1992: 51-55.
- [5] 赵澄林, 朱筱敏. 沉积岩石学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1992: 256-262.
Zhao Chenglin, Zhu Xiaomin. sedimentary petrology[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1992: 256-262.
- [6] 王升兰, 姜在兴, 刘晖. 博兴洼陷风暴-滩坝沉积特征及模式[J]. 断块油气田, 2009, 16(4): 37-39.
Wang Shenglan, Jiang Zaixing, Liu Hui. Sedimentary characteristics and model of tempestites-beach bar of upper section of the fourth member of Shahejie Formation in Boxing Sag[J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2009, 16(4): 37-39.
- [7] 陈亚青, 侯伟, 樊太亮, 等. 长岭凹陷腰英台地区青山口组沉积微相及其对有利储层的控制作用[J]. 大庆石油学院学报, 2010, 34(2): 16-25.
Chen Yaqing, Hou Wei, Fan Tai Liang, et al. Sedimentary microfacies of Qingshankou Formation and its control over favorable reservoir in Yaoyingtai area of Changling sag[J]. Journal of Daqing Petroleum Institute, 2010, 34(2): 16-25.
- [8] 袁红军. 东营凹陷博兴洼陷滨浅湖相滩坝砂岩储层预测[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(4): 498-503.
Yuan Hongjun. Prediction of beach bar sand reservoirs of shore-shallow lake facies in Boxing subsag of Dongying sag[J]. Oil & Gas Geology, 2007, 28(4): 498-503.
- [9] 李茹, 韦华彬. 东营凹陷博兴油田沙四段滩坝砂岩储层特征研究[J]. 沉积与特提斯地质, 2009, 29(1): 32-36.
Li Ru, Wei Huabin. Beach bar sandstone reservoirs from the fourth member of the Shahejie Formation in the Boxing oil field, Dongying depression, Shandong[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2009, 29(1): 32-36
- [10] 刘伟, 吕优良, 徐徽, 等. 东营凹陷南斜坡东段沙四上亚段沉积相与砂体展布研究[J]. 江汉石油学院学报, 2004, 26(2): 23-25.
Liu Wei, Lu Youliang, Xu Hei. Sedimentary microfacies and sandbody distribution in the Upper Members of Es⁴ in the South Slope of Dongpu Depression[J]. Journal of Jiangnan Petroleum Institute, 2004, 26(2): 23-25.
- [11] 杨西燕, 沈昭国, 方少仙, 等. 鄂尔多斯盆地乌审旗气田中二叠统下石盒子组盒8段下亚段滩坝砂体沉积特征[J]. 古地理学报, 2007, 9(2): 175-183.
Yang Xiyan, Shen Zhaoguo, Fang Shaoxian, et al. Sedimentary characteristics of beach and bar sandbodies in the lower submember of Member 8 of Xiashihezi Formation of Middle Permian in Wushenqi Gasfield, Ordos Basin[J]. Journal of Palaeogeography, 2007, 9(2): 175-183.
- [12] 李安夏, 王冠民, 庞小军, 等. 间歇性波浪条件下湖相滩坝砂的结构特征——以东营凹陷南斜坡王73井区沙四段为例[J]. 油气地质与采收率, 2010, 17(3): 12-14.
Li Anxia, Wang Guanmin, Pang Xiaojun, et al. Structural features of lacustrine shoal-bar sandstone under case of Sha 4 member of Shahejie Formation of well Wang 73, southern slope zone, Dongying depression[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2010, 17(3): 12-14.
- [13] 徐丽萍. 塔河油田AT9井区三叠系阿四段滩坝砂储层预测[J]. 石油物探, 2010, 49(3): 275-279.
Xu Liping. Beach-bar sand reservoir prediction for the 4th member of Triassic Akeule in Tahe Oilfield[J]. Geophysical Prospecting for Petroleum, 2010, 49(3): 275-279.
- [14] 苏复义, 周文, 金文辉, 等. 鄂尔多斯盆地中生界成藏组合划分与分布评价[J]. 石油与天然气地质, 2012, 33(4): 582-590.
Su Fuyi, Zhou Wen, Jin Wenhui, et al. Identification and distribution of the Mesozoic plays in Ordos Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2012, 33(4): 582-590.
- [15] 尹伟, 郑和荣, 胡宗全, 等. 鄂南地区中生界油气成藏体系划分与富集区预测[J]. 石油与天然气地质, 2012, 33(4): 591-598.
Yin Wei, Zheng Herong, Hu Zongquan, et al. Mesozoic petroleum accumulation systems and play fairways in southern Ordos Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2012, 33(4): 591-598.
- [16] 张海涛, 时卓, 石玉江, 等. 低渗透致密砂岩储层成岩相类型及测井识别方法——以鄂尔多斯盆地苏里格气田下石盒子组8段为例[J]. 石油与天然气地质, 2012, 33(2): 256-264.
Zhang Haitao, Shi Zhuo, Shi Yujiang, et al. Diagenetic facies types and logging identification methods for low-permeability tight sandstone reservoirs: a case study on the 8th member of Xiashihezi Formation in Sulige gasfield, Ordos Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2012, 33(2): 256-264.