

北部湾涠西南凹陷斜阳斜坡早渐新世 低位三角洲沉积及油气地质意义

彭 松,李珊珊,胡德胜,盖永浩,李 磊,严 恒

(中海石油(中国)有限公司湛江分公司,广东湛江 524057)

摘 要:南海北部湾盆地涠西南凹陷下渐新统涠二段油气勘探程度相对较低,作为一套湖平面上升期形成的富泥地层系统,内幕薄砂体成因和展布规律较复杂。笔者从构造沉积充填演化史入手,开展内幕多期次基准面旋回变化的剖析,识别出上、中、下 3 个四级层序。其中中层序早期为砂岩集中发育层段,进一步分析和追踪落实,该套砂岩呈正韵律牵引流特征,具有多期叠置、水动力较强、自北向南进积的特点,推测为受盆缘一系列断阶强烈活动影响而在洼中—斜坡带稳定分布的大型低位三角洲砂体。由于其沉积背景及储盖组合类型与该区烃源和油气运聚条件配置较好,因此,预测涠二段中层序早期低位—海侵域应是研究区重要的勘探层系,尤其是来自东北方向的长源低位三角洲则更具有广阔的勘探前景。

关键词:涠西南斜阳斜坡;早渐新世;涠二段中层序;低位三角洲;油气勘探前景

中图分类号: P539.2;P618.18

文献标识码: A

DOI:10.16028/j.1009-2722.2017.10004

涠西南凹陷位于北部湾盆地北部凹陷带,是南海北部大陆边缘油气勘探的主战场之一^[1]。而斜阳斜坡作为企西隆起伸向该凹陷的次一级大型正向构造单元,多年的勘探开发实践已经证实为油气富集区^[2](图 1),目前油气勘探层系已逐步由勘探程度高的始新统流沙港组转入相对低勘探程度的渐新统涠洲组。尤其是以往被忽略的潜在含油层系涠二段,随着位于斜阳斜坡伸向 B 凹陷的倾末端处涠洲 H 油田的发现,已逐渐成为该区油气勘探的热点攻关层系之一。

虽然油气勘探潜力可以预见,但因斜坡带上钻井数量有限、断层破碎、主力成藏砂体的对比和纵横向展布复杂,以往的工作深入性并不够,这严

重制约了勘探开发进程。因此,笔者在涠洲 H 油田的成功经验和油气地质规律的系统认识基础上,建立了本区的高精度层序地层格架,同时对内幕沉积体系进行了精细剖析,并对不同期次物源及砂体展布进行了精细落实,不仅填补了本区涠二段储层研究的空白,更有利于提升在本区乃至整个涠西南凹陷的油气勘探成效。

1 早渐新世晚期层序地层格架

以往研究多认为涠二段为持续湖侵的富泥沉积背景^[3],故常常集中于盆地边缘近物源区开展勘探^[4],对斜坡带及洼中沉积关注很少,资料更是相对匮乏。直至油气勘探开发实践证实位于洼中的涠洲 H 油田的涠二段油气资源潜力大,不仅成为其主力油气开发层系之一,而且油田北块、中块、南块砂体展布也均较稳定,进而构成了连片含油的态势。因此,开展下渐新统涠二段内幕多期

收稿日期:2017-05-30

基金项目:国家重大课题专项(2016ZX05024-006);国家重大课题专项(2016ZX05024-002-009)

作者简介:彭 松(1983—),男,硕士,工程师,主要从事石油地质与油气藏开发评价工作。E-mail: pengsong1@cnooc.com.cn

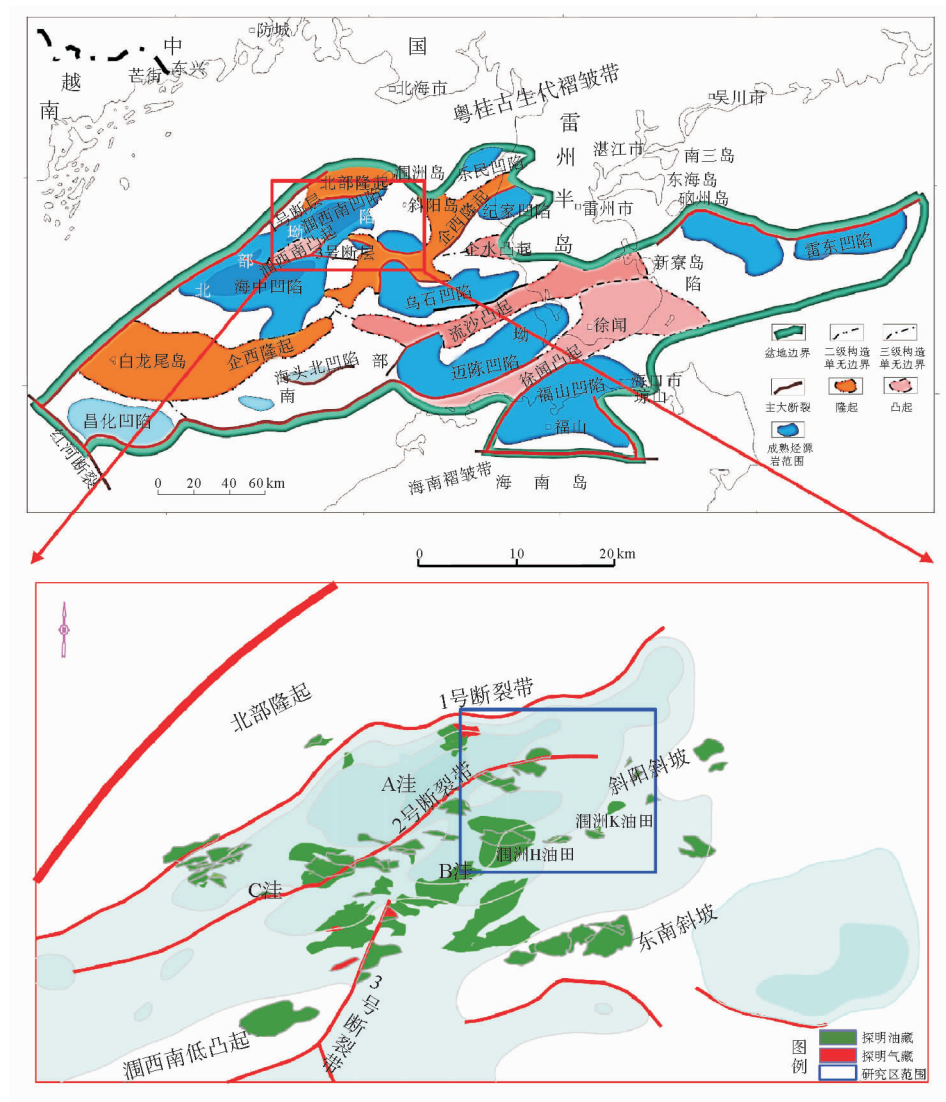


图 1 涠西南凹陷构造区划

Fig. 1 Sketch tectonic map of Weixinan Depression

基准面旋回变化分析,厘清其层序地层格架及其储盖组合类型与展布特点,具有重要的油气地质意义,且对该区油气勘探部署决策亦具有较大的参考价值。

1.1 构造—沉积充填演化特征

作为典型断陷湖盆,构造格局与断裂体系的分析对明晰涠西南凹陷的沉积机制和纵向演化特征十分重要。在经历了涠三段的填平补齐之后^[5,6],涠二段逐步演变为相对宽缓的湖盆,继而逐渐开始了大规模的湖侵。但进一步研究发现,在整体湖扩背景下,凹陷于涠二段中期(T70a—T72)发生了一次较大规模的构造运动,包括盆中

2号断裂带及盆缘一系列断阶的强烈活动(图2),从而引致当时湖盆高差明显增大,同时亦伴随着一次较大规模的湖退。因此,涠二段并非只是以往认识的一套富泥的区域盖层,更是十分有利的勘探层系,而对其构造—沉积格局的进一步认识 and 对其旋回地层的精细对比^[7]是工作开展的基础。

1.2 高精度层序地层格架建立

在对宏观沉积背景分析的基础上,笔者进一步识别出其内幕应运而生的多期基准面旋回的变化(图3)。其中层序界面在地震地层上同相轴较为连续,全区可稳定追踪,同时,界面之上湖泛上

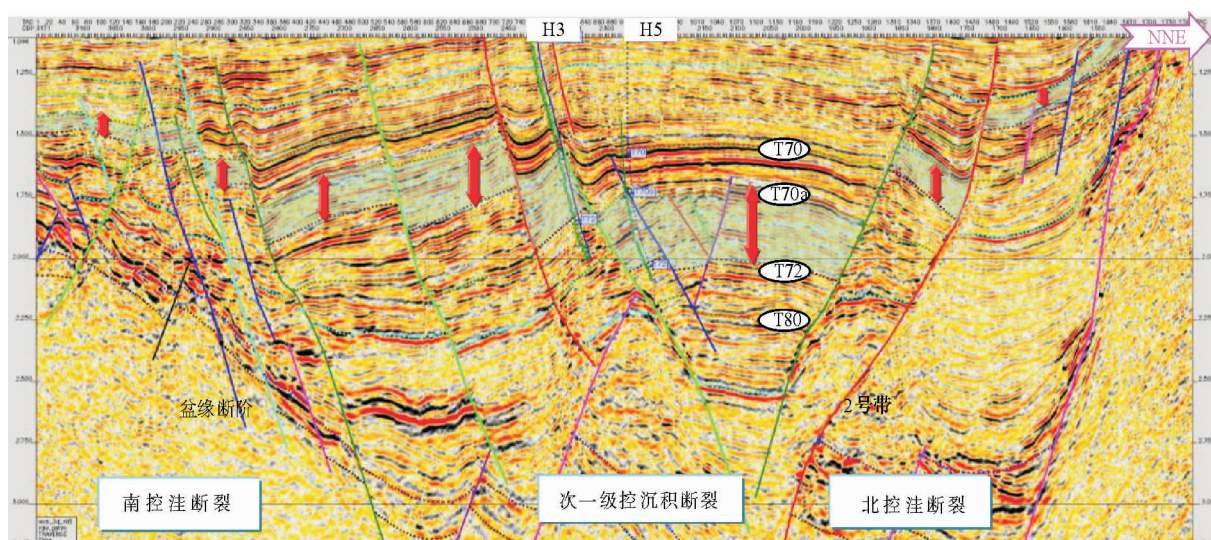


图2 渭西南凹陷渭二段构造—沉积充填演化剖面

Fig. 2 Tectonic-sediment infilling evolution section of W2 Formation in Weixinan Depression.

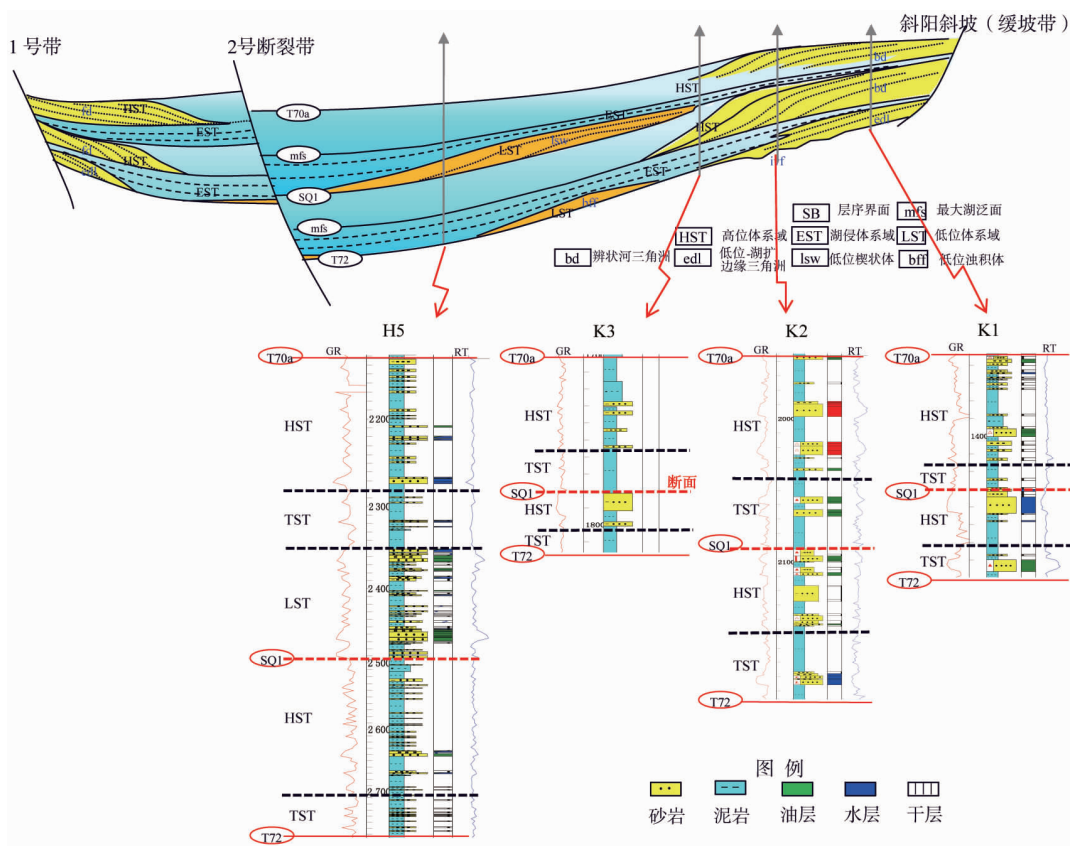


图3 渭二段中下层序地层充填样式与沉积模式

Fig. 3 Diagrams showing the infilling history and depositional models of the lower and the middle sequences of W2

超点也较为清晰,且斜坡带至洼中可见低位异常体于界面之上发育。而古生物分析亦同样印证了

多期基准面变化的存在,具有每个旋回上升期常表现为孢粉、藻类含量逐渐升高,而下降期常变现

为孢粉、藻类含量迅速降低的现象。通过对比分析,最终将涠二段三分为下层序(SQ1—T72)、中层序(T70a—SQ1)和上层序(T70—T70a),其中最大一次湖退,也是引致湖盆高差较大的坡折带发育的时间,应是中层序的低位域时期,也是涠中如涠洲 H 油田区最主要的富砂和成藏层系。

因此,综合其层序发育特点和沉积格局分析认为,中层序早期湖盆浅且范围小,岸线较下层序更向盆地中推进,斜坡带坡度也相应变得陡倾,故而物源可推进的距离较远,甚至达到湖盆中心,形成在近洼地带大范围发育的一套富砂层系^[8](图 3)。由此可见,沉积内幕的精细识别使新层系的勘探前景得以充分体现^[9]。

2 低位三角洲沉积特征及其成因

在层序地层格架建立的基础上,深入探究早渐新世涠二段中层序这套低位砂体的沉积特征及

成因亦是十分必要的。笔者结合了钻井的岩石序列叠置关系、沉积构造发育情况、水动力学表征以及物源判别和地震相差异等,识别出中层序早期斜坡带及洼中发育大型低位三角洲砂体,具有良好的储集条件和勘探价值。

2.1 沉积特征识别标志

通过已钻井资料对其沉积特征进行分析可知,该套砂岩段在岩石序列上表现为正韵律,自然伽玛曲线上显示为箱形和钟形曲线形态,岩心上整体以细砂岩为主,局部为粉砂岩与粉砂质泥岩互层,呈现出多期正旋回的叠加特征,其中每期旋回底部可见冲刷面,向上发育槽状交错层理、高角度板状交错层理,顶部则发育小型波状交错层理和水动力条件逐渐变弱的平行炭屑纹层(图 4)。与之相符的是,C—M 图上也表现出牵引流的特点(图 4),因此,综合分析定义其主体为三角洲前缘水下分流河道微相。

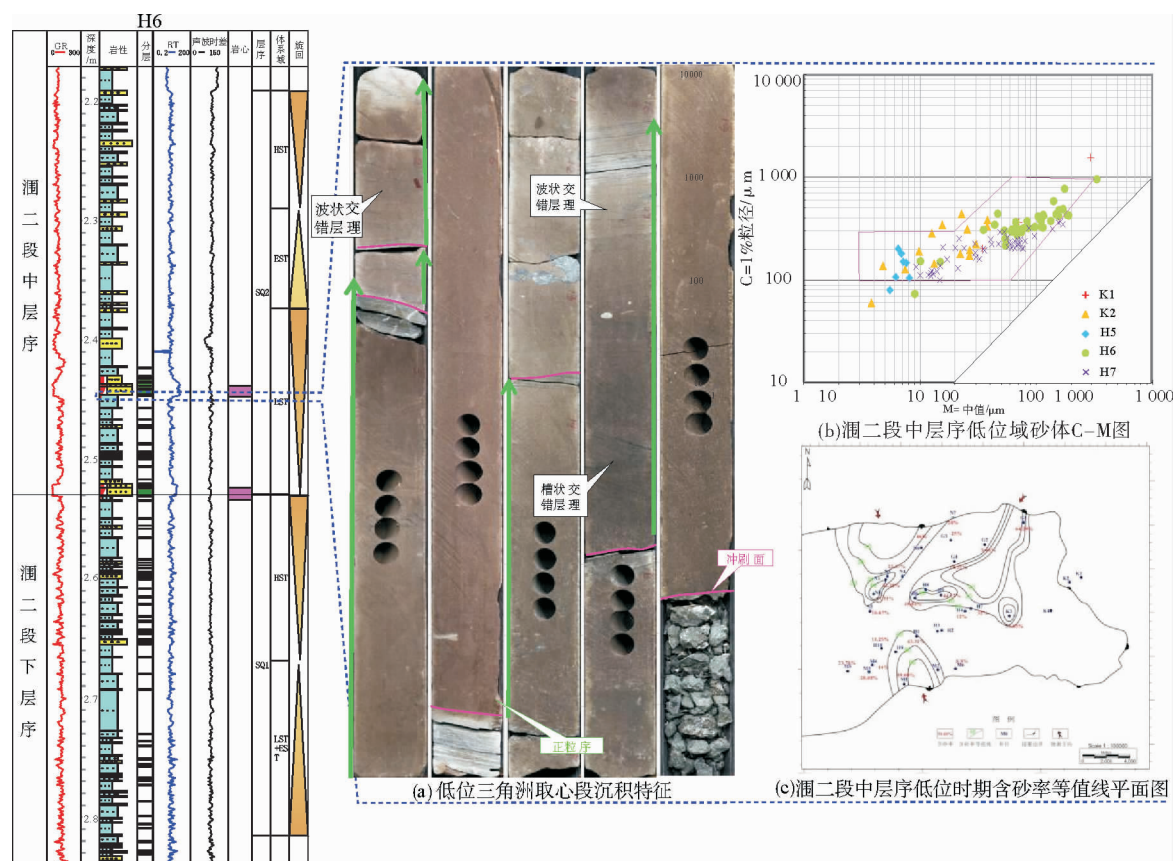


图 4 低位三角洲沉积特征识别标志

Fig. 4 The depositional features of the lowstand delta

2.2 物源分析

在中层序时期,盆地中东段整体存在南斜坡、斜阳斜坡、北部隆起以及东北轴向 4 大物源体系,其中洼中涠洲 H 油田已钻井和 K4 井区显示赤褐铁矿含量很高,白钛矿其次,ZTR 值相对较低,与东北物源有较大的相似性。而北部隆起以石榴石、赤褐铁矿和白钛矿为主^[10],斜阳斜坡以白钛矿和石榴石为主,表现为沉积岩和变质岩的母岩

类型,均与其之可比性差。地震沉积学上也可见自东北向西南发育一套中强振幅—低频的异常体,且展布范围有逐渐散开扩大的趋势,直至洼中涠洲 H 油田区,局部可见有顶平下凸的侵蚀和下超特征(图 5),指示了三角洲的进积过程,推测水下分流河道砂体发育。再结合粒级变化以及属性图的表征,综合推测斜阳斜坡带及洼中应为来自东北方向的三角洲砂体,在微古地貌和水流线的变化下呈现出多期叠置、摆动的特点。

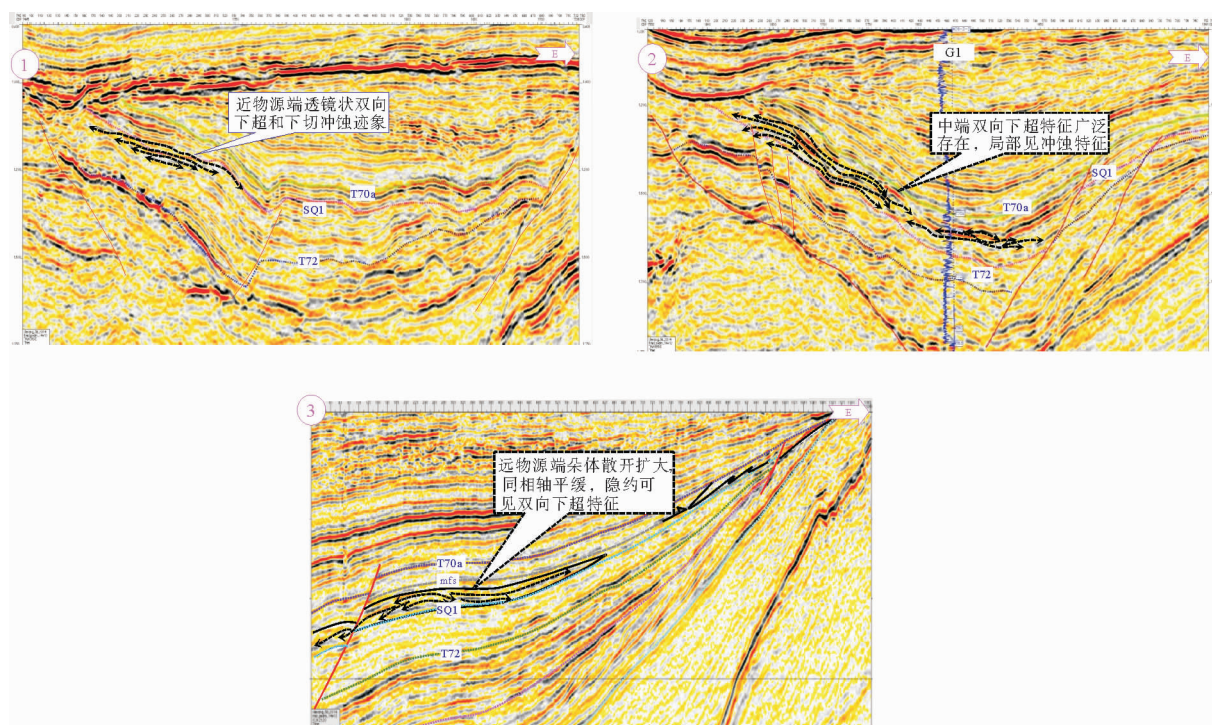


图 5 低位三角洲地震相特征

Fig. 5 The characteristics of seismic facies for the lowstand delta

2.3 沉积成因与模式建立

从这套特殊的层系沉积过程入手来深入剖析其沉积成因亦可知,低位砂体的发育和分布主要受控于盆地幕式构造运动及其产生的断阶构造坡折带的样式和位置。本区构造格局揭示,在涠二段整体富泥的背景下,中层序早期发生了一次规模性的构造运动,一系列涠二段活动的断层控制了当时的构造格局和沉积充填样式(图 1),并伴随较大范围湖退,使之低位域时期湖盆缩小,此时斜坡带和北部断阶状排列的一系列生长断层发育

可为该区提供了良好的物源输送通道(图 6)。进一步结合古地貌图(图 6),可以得出各个区带的涠二段断层样式、物源的成因机制与砂体展布情况共同决定了本区的沉积模式。

3 油气地质意义

涠西南凹陷主力烃源岩层段是流二段和流一段下部地层,可以进一步分为上中下 3 套源岩^[11,12],通过生物标志化合物对比分析结果发现,斜阳斜坡带已钻井涠洲组原油均显示与洼中

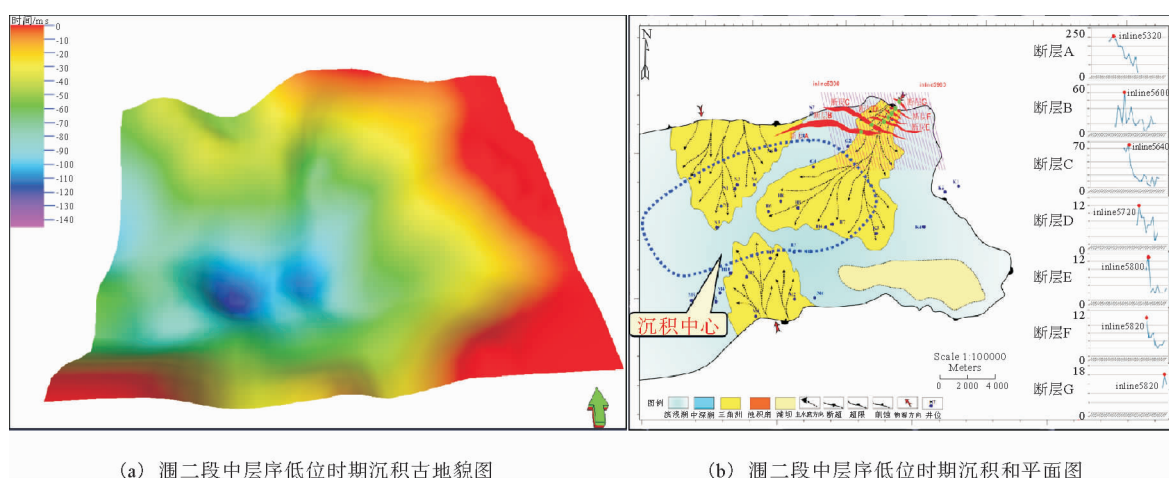


图 6 涠二段中层序低位时期古地貌与沉积体系平面展布

Fig. 6 The paleotopographic map showing the spatial distribution of depositional systems during the lowstand period of W2 Formation

H4 井饱和烃甾、萜烷特征相似,应是来自 B 洼中源岩的产物。而通过对断层活动性分析和脊线形成时间来看^[13,14],主要沟源断层在涠二段开始活动,并一直可持续活动至角尾组,与 B 洼大规模生排烃可以很好地匹配^[15,16]。因此,分析认为,该区涠二段发育的低位域三角洲规模大、覆盖范

围广,可构成自沟源断裂、自洼陷分别向斜坡带上倾区的油路(图 7),故而洼中及斜坡带不但具有近油源、近沟源断裂的特点,还具有优势的侧向疏导体系,油气成藏条件十分优越。

综合以上可知,层序构成模式指导着该区的进一步认识,突然的大范围湖退使砂体移至盆中

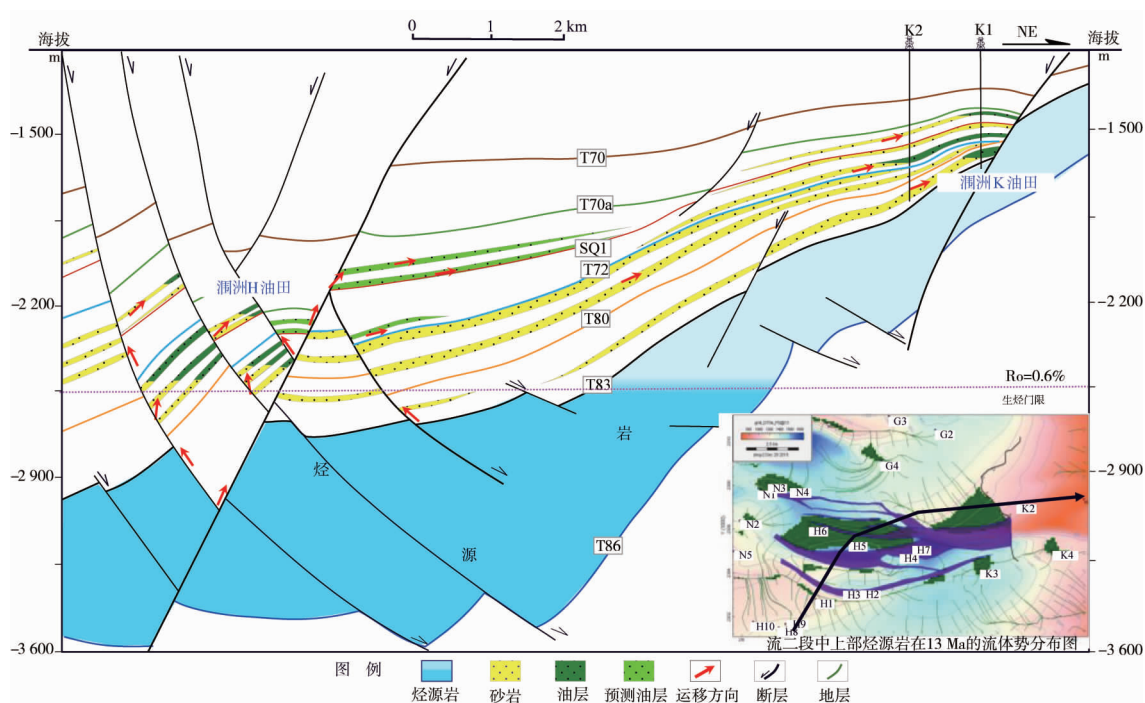


图 7 斜阳斜坡带涠二段成藏模式剖面

Fig. 7 Oil accumulation model for W2 Formation on Xieyang Slope

发育,而这套位于低水位时期的砂体后期又受到湖水快速侵进,湖盆范围扩大,进而又沉积了较厚的湖侵—高位域的盖层,因此构成了该区不可多得的良好勘探层系。目前,位于脊线最末端受一系列断裂夹持的涠洲 H 油田涠二段成藏已证实,开发效果很好,高部位涠洲 K 油田也已成藏,而新识别的低位域砂体向东翘倾段正位于主构造脊油气运移的路径之上,与以上两者成藏条件十分相似,由此可见,该区三角洲多期朵体的确还具有极大的可挖掘性(图 7),无疑是该区拓展勘探的有利研究方向。

4 结论与认识

通过对早渐新世涠二段层序地层格架的建立及低位砂体的成因探讨,恢复了涠西南凹陷斜坡至洼中的构造—沉积充填演化历史,明确了低位三角洲的沉积特征及其油气地质意义,获得的主要认识如下:

(1)涠二段在整体湖扩富泥的沉积背景下,于中层序早期经历了一系列控盆、控带断裂的强烈活动期,导致洼中与盆缘地势高差在该时期陡然增大,进而笔者认为在其层序内幕低水位进积的砂体应为该区崭新的勘探层系。

(2)通过岩相、测井相、地震相以及物源、古地貌等的综合判定,推测该低位砂体为自东北向洼中逐步推进的轴向长源三角洲,多期叠置且展布较为稳定,尤其是洼中—斜坡区发育的水下分流河道砂体,储层物性好,为本区十分有利的沉积微相。

(3)低位三角洲与其下伏烃源灶纵向叠置,幕式活动的沟源断裂及大型构造脊线的优势油气运聚背景也都与之匹配良好,因此,油气地质意义重大,无论是洼中的一系列断块、断鼻圈闭还是三角洲侧翼的岩性上倾尖灭圈闭均可成为该区良好的勘探方向。

参考文献:

[1] 龚再升,李思田,谢泰俊,等. 南海北部大陆边缘盆地分析

与油气聚集[M]. 北京:科学出版社,1997.

- [2] 何家雄,夏斌,王志欣,等. 南海北部边缘盆地西区油气运聚成藏规律与勘探领域剖析[J]. 石油学报,2006,27(4):8-14.
- [3] 郑军,陈平,杜学斌,等. 北部湾盆地西部地区涠洲组层序及沉积体系分析[J]. 海洋石油,2013,33(2):1-7.
- [4] 朱伟林,江文荣. 北部湾盆地涠西南凹陷断裂与油气藏[J]. 石油学报,1998,19(3):6-10.
- [5] 杜振川,魏魁生. 北部湾盆地涠洲组复合扇体特征及油气勘探意义[J]. 石油与天然气地质,2002,23(3):274-278.
- [6] 张志强,詹文欢,汤民强,等. 北部湾盆地晚中新世以来沉降过程[J]. 海洋地质与第四纪地质,2013,33(3):9-13.
- [7] 李思田,潘元林,陆永潮,等. 断陷盆地隐蔽油藏预测及勘探的关键技术——高精度地震探测基础上的层序地层学研究[J]. 地球科学:中国地质大学学报,2002,27(5):592-597.
- [8] Nummedal D, Riley G W, Cole R D, et al. The falling sea level systems tract in ramp settings (Abstract). Mesozoic of the Western Interior [C]// Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Theme Meeting, Fort Collins, 1992:50.
- [9] 李茂,朱绍鹏,邹明生,等. 涠西南凹陷复杂断块和隐蔽油气藏滚动勘探开发实践[J]. 中国海上油气,2015,27(4):73-79.
- [10] 赵军,洪庆玉,董伟良. 北部湾涠西南凹陷物源方向及古地理景观分析[J]. 石油勘探与开发,2001,28(5):25-28.
- [11] 范蕊,李水福,何生,等. 涠西南凹陷烃源岩地球化学特征及油源对比[J]. 石油实验地质,2014,36(2):238-244.
- [12] 谢瑞永,黄保家,李旭红,等. 北部湾盆地涠西南凹陷流沙港组烃源岩生烃潜力评价[J]. 地质学刊,2014,38(4):670-675.
- [13] 李绪深,甘军,张迎朝,等. 南海西部海域断陷湖盆油气聚集规律及勘探前景[J]. 中国海上油气,2015,27(4):22-29.
- [14] 吕宝凤,殷征欣,蔡周荣,等. 南海北部新生代构造演化序列及其油气成藏意义[J]. 地质学报,2012,86(8):1249-1261.
- [15] 何家雄,张伟,颜文,等. 中国近海盆地幕式构造演化及成盆类型与油气富集规律[J]. 海洋地质与第四纪地质,2014,34(2):121-134.
- [16] 胡望水,吴婵,梁建设,等. 北部湾盆地构造迁移特征及对油气成藏的影响[J]. 石油与天然气地质,2011,32(54):920-927.

DEPOSITIONAL CHARACTERISTICS OF THE EARLY OLIGOCENE LOWSTAND DELTA IN XIEYANG SLOPE ZONE OF WEIXINAN DEPRESSION, BEIBUWAN BASIN AND THEIR PETROLEUM GEOLOGICAL SIGNIFICANCE

PENG Song, LI Shanshan, HU Desheng, GAI Yonghao, LI Lei, YAN Heng

(Zhanjiang Branch of CNOOC Ltd., Zhanjiang 524057, Guangdong, China)

Abstract: The W2 Formation of Lower Oligocene in the Weixinan Depression of the Beibuwan Basin, South China Sea, is dominated by a set of muddy deposits formed during the period of lake level rising, in which the distribution of thin sand bodies is rather complicated. Petroleum exploration has so far remained in a relatively low stage due to lack of understanding of the origin and distribution of these sand bodies. This time, started from the study of tectonics and infilling history, we reconstructed the cyclic changes of base levels. And three 4th-level sequences, including the upper, the middle, and the lower sequences, are established. Sandstones are mainly concentrated in a positive rhythmic manner in the early stage of the middle sequence. They are the superimposed deposits of traction load formed under stronger water dynamic, and prograded from north to south. Based on the analysis of the tectonic and landform framework, we can find out that it was a very stable large-scale lowstand deltaic system no matter in the sag or on the slope. The deltaic bodies were affected severely by faulted terraces along the edge of the basin. It is believed that the specific depositional background and the types and characteristics of the reservoir and cover match well with the formation of source rock and the migration and accumulation of oil and gas in this area. A lowstand and transgressive system tract is then put forward for the first time for the deposits formed in the early period of the middle sequence of the W2 Formation. It should be a very important exploration target in the future.

Key words: Xieyang Slope of Weixinan Depression; Early Oligocene; middle sequence of W2 Formation; lowstand delta; oil and gas exploration prospect