

张兰, 何贤科, 段冬平, 等. 西湖凹陷平西地区古沟谷内隐蔽油气藏潜力[J]. 海洋地质前沿, 2022, 38(1): 41-50.

ZHANG Lan, HE Xianke, DUAN Dongping, et al. Potential of subtle hydrocarbon reservoirs in paleo-valleys in the Pingxi area of Xihu Sag[J]. Marine Geology Frontiers, 2022, 38(1): 41-50.

西湖凹陷平西地区古沟谷内隐蔽油气藏潜力

张兰, 何贤科, 段冬平, 程俊阳, 陈晨, 汪文基

(中海石油(中国)有限公司上海分公司, 上海 200030)

摘要: 西湖凹陷平湖油气田经多年的勘探开发, 取得了丰硕的成果, 但也面临着后备储量不足的严峻现状。油气田西部的平西地区, 占地面积大、研究程度低, 是发现新增资源量的潜在地区。利用三维地震资料, 从古地貌着手, 在平西地区自南向北识别出多个古沟谷, 其限制型地貌为隐蔽油气藏提供了有利背景。结合古生物、微量元素、测录井、岩芯、地震等资料综合分析认为, 始新统平湖组早期古沟谷内发育多期低位域扇三角洲沉积, 自下而上扇体逐步将基底填平补齐, 可作为有利的储集相带。随着海平面上升, 扇三角洲之上发育海侵潮坪沉积, 以稳定泥岩为主, 形成一套良好的储盖组合。且平西地区地貌相对高, 位于流体运移的有利指向区, 扇三角洲低部位油源断裂发育, 油气供给充足。古岸线之上扇三角洲根部为近源沉积, 分选差、泥质填隙物含量高、压实作用强, 与扇三角洲前缘存在明显物性差异, 可以形成良好的封堵条件。“沟-扇-断”耦合背景下利于扇体型隐蔽油气藏的发育, 对平湖油气田的可持续发展具有重要的现实意义。

关键词: 西湖凹陷; 平西地区; 古沟谷; 扇三角洲; 隐蔽油气藏

中图分类号: P736.4; P618.13

文献标识码: A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2021.052

0 引言

隐蔽油气藏特指以岩性、地层油气藏为主的、一般技术手段难以发现的油气藏。随着隐蔽圈闭勘探不断有发现, 隐蔽油气藏已成为全球油气储量重要增长点^[1-2]。平湖油气田位于东海西湖凹陷平湖斜坡带平中区, 西靠海礁隆起, 东临三潭深凹^[3](图 1)。平湖油气田经过多年勘探开发, 取得了丰硕的成果, 但是随着开发工作的深入推进, 更多问题也亟待解决。平湖斜坡带已发现油气田主要位于平湖主断裂以东, 含油气构造规模小, 地质储量少, 探明储量动用程度高, 平湖油气田面临着严峻的“资源接替”问题^[4]。平湖主断裂上升盘的平西

地区约占平湖斜坡带总面积的三分之一, 研究程度低, 钻井少, 紧邻海礁隆起物源区, 为单斜构造背景, 基底上沟谷纵横, 是隐蔽油气藏发育的有利场所。

本次研究充分利用三维地震资料, 对平西地区古沟谷地貌进行精细刻画, 结合微量元素、古生物、测录井和岩芯等资料, 重点分析了古沟谷内沉积相类型及其展布特征, 探讨了“沟-扇-断”耦合背景下古沟谷内扇三角洲成藏的有利条件, 指出“平湖主断层控(烃)源、古沟谷控扇(三角洲)、相带控圈(闭)”的成藏模式, 认为古沟谷多物源供给通道所形成的扇三角洲前缘是该区油气藏勘探的重要目标, 对平湖油气田“增储上产”具有重要的实践意义。

1 地质概况

西湖凹陷是在晚白垩世末期构造背景上发育起来的新生代沉积凹陷, 地层由下向上为古新统(?), 始新统宝石组、平湖组, 渐新统花港组, 中新统龙井组、玉泉组、柳浪组, 上新统三潭组和第四系东海群^[5-6](图 1)。平湖油气田同西湖凹陷一样, 经历了断陷期(古新世—始新世)、拗陷期(渐新世—中新世)

收稿日期: 2021-05-08

资助项目: 中国海洋石油有限公司科技项目“平湖斜坡带孔宝地区平湖组古地貌恢复及有利砂体表征”(sh-zlky-2021-2); 中海石油(中国)有限公司重大科技专项“西湖凹陷在生产油气田中后期综合调整关键技术研究与实践”(CNOOC-KJ135ZDXM39SH03)

作者简介: 张兰(1989—), 女, 硕士, 工程师, 主要从事盆地地层序地层学、沉积学及储层预测方面的研究工作。E-mail: zhanglan5@cnooc.com.cn

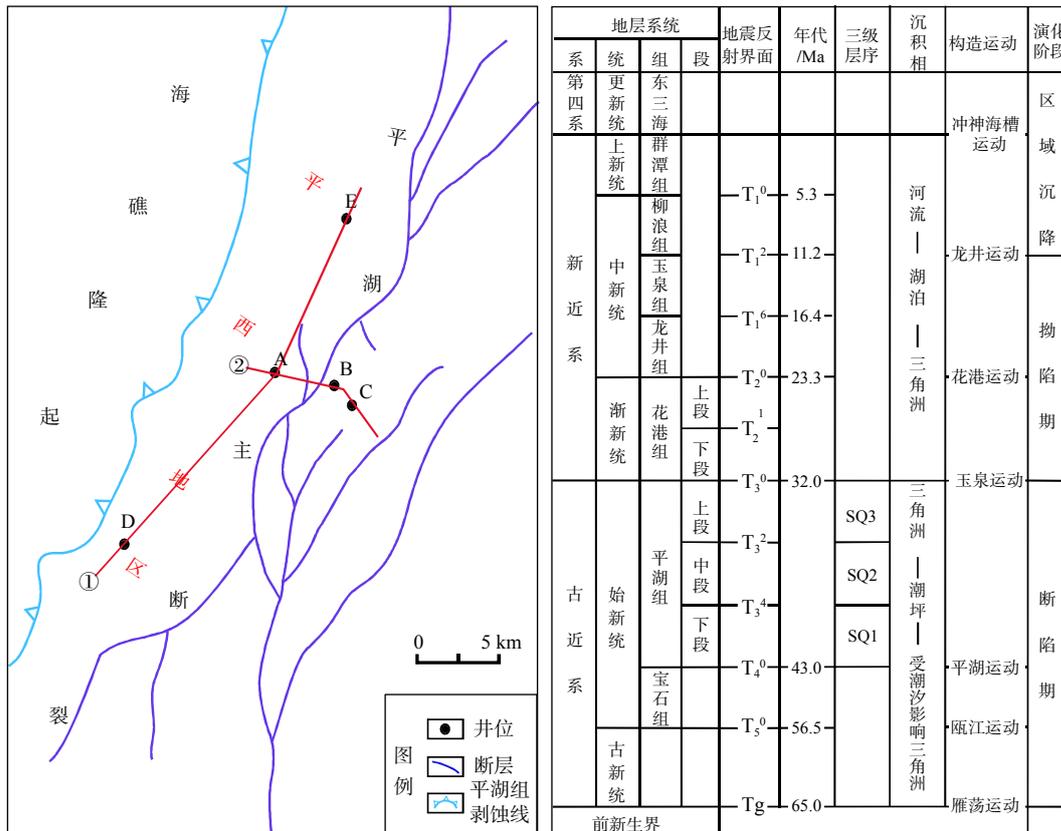


图1 平湖斜坡带综合地质图

Fig.1 Geological map of Pinghu slope zone

和区域沉降期(上新世—第四纪)3个演化阶段^[7-8]。在此背景下,平湖主断裂以东沉积了巨厚的古近系和新近系,发育断块、断背斜和挤压背斜等构造圈闭,局部也有岩性和地层圈闭,这些圈闭构成了平湖油气田的主体部位^[9]。始新统平湖组是平湖油气田的主要含油气层段,为半封闭海湾环境,主要发育辫状河三角洲、受潮汐影响的三角洲和湖坪沉积等^[10-11]。

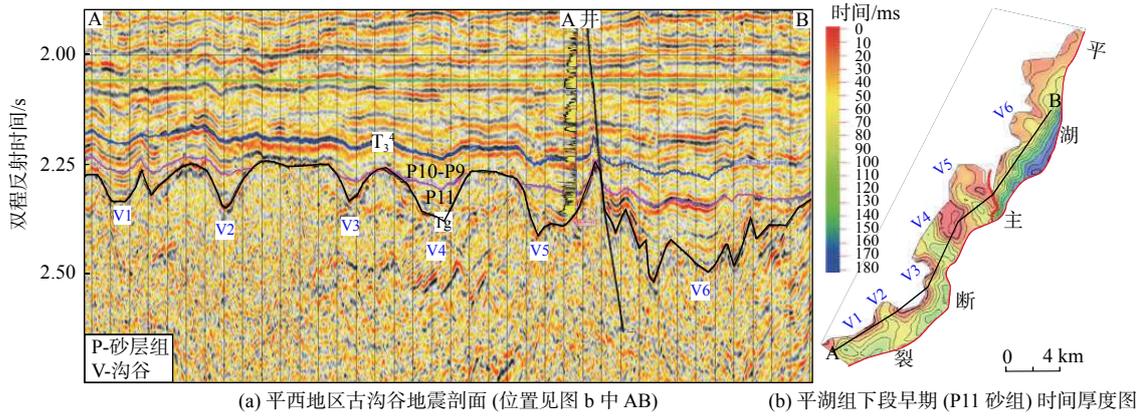
平西地区是指平湖主断裂以西的广大区域,紧邻海礁隆起物源区,长期处于西湖凹陷构造高部位,地层整体为NNE走向、SEE倾向的平缓单斜,构造形态简单,断层欠发育,只在局部发育小型鼻隆,难以形成构造圈闭。该区域三维地震资料齐全,但钻井资料较少,勘探程度低。目前已钻井揭示平西地区中生界基底之上主要沉积了始新统平湖组及其以上地层^[12]。

2 古沟谷的识别

古沟谷是在基准面下降期地表遭受侵蚀形成的残留可容纳空间,是沉积物向盆地内搬运与堆积的古低洼区。始新世早期,西湖凹陷处于断陷阶段,

构造活动剧烈,平西地区位于凹陷西部盆缘隆起之上,地表遭受水流下切侵蚀形成沟谷地貌。而后,随着基准面上升,早期形成的古沟谷逐步为沉积物所填充。通常砂质沉积物优先充填在古沟谷内,泥质沉积物则以片流或漫流的形式在古沟谷以外沉积^[13-14],因此,沟谷识别可较好地判断物源方向及其沉积体系,对有利区带预测和油气勘探具有重要意义。

古沟谷一般沿层序界面发育,西湖凹陷中生界基底顶面T_g是个区域不整合面,也是本区最大的层序界面。本次研究充分利用连片三维地震资料,对平西地区的基底(T_g)形态进行精细刻画,结合平湖组下段早期地层厚度图,识别出多个中等规模的古沟谷,宽度介于1.5~5.2 km,深度介于100~300 m,由南向北依次发育(图2)。沟谷内充填的地层呈楔状体,自西向东逐渐增厚,为物源向东注入提供了稳定通道和可容纳空间。从横切沟谷的剖面上看,古沟谷的发育形态主要有V型、U型和W型(图3)。从西部物源区到盆地,沟谷形态可从V型转化为U型或W型。V型沟谷主要发育在沟谷根部,以侵蚀下切为主,沟谷内同向轴多见杂乱反射。随着侵蚀作用的增强,中期逐渐分叉演变成W型沟谷,沟



(a) 平西地区古沟谷地震剖面 (位置见图 b 中 AB) (b) 平湖组下段早期 (P11 砂层组) 时间厚度图

图 2 平西地区古沟谷发育特征

Fig.2 Characteristics of paleo-valleys in Pingxi area

沟谷类型	充填样式	地震剖面
V 型	杂乱发射	
W 型	侧向叠加	
U 型	垂向叠加	

图 3 平西地区古沟谷类型

Fig.3 Types of paleo-valleys in Pingxi area

谷内部可见同相轴侧向加积,反映了古沟谷不断发生侧向迁移,规模变大。U型沟谷最为常见,主要发育于沟谷末端,形态宽且深,输砂能力强,利于沉积物的卸载,沟谷内部多见同相轴垂向叠加充填,代表了水动力进一步稳定之后的沟谷形态特征。

3 古沟谷内沉积特征

3.1 层序地层特征

在西湖凹陷整体抬升,海平面下降的背景下,平湖组发生多次较大规模的海侵,可分为 3 个三级层序^[15]。平西沟谷内沉积了平湖组下段地层,属于断陷早期沉积,对应三级层序 SQ1,该时期古沟谷地貌对地层发育起着重要的控制作用,是本次的主要研究层段。结合区域性标志层、沉积旋回、岩电等特征分析认为,SQ1 主要发育基准面上升旋回,砂岩厚度向上逐渐减薄,泥岩厚度逐渐增加,GR 曲线包络线呈

典型正韵律,下降旋回则表现不明显,由此将 SQ1 进一步细分为低位体系域和海侵体系域,高位域缺失(图 4)。其中,低位域对应 P11 砂层组,以灰色细砂岩、含砾细砂岩为主,受隆凹相间沟谷地貌的限制,地层分布相对局限,发育多个沉积中心,沟谷内最大地层厚度约 300 m,向两侧快速减薄或尖灭(图 2)。海侵域对应 P9—P10 砂层组,以泥岩为主,该时期沟谷基本填平补齐,地层横向厚度渐变,地震同相轴为平行-亚平行反射和波状反射(图 2)。

3.2 沉积特征

古沟谷地貌不仅对层序地层起着重要的控制作用也影响了沉积体系类型及其演化特征。对研究区现有资料的综合分析认为,平西地区平湖组下段为近岸环境的陆源沉积体系,始新统平湖组发育初期,构造活动剧烈、基准面低、平西凸起上剥蚀作用强、河谷被水系冲刷切割。沟梁相间的古地貌为物源提供了通道,沟谷内部及末端也是沉积物卸载的有利地区,在低位域发育一系列的山前扇三角洲沉积,扇三角洲前缘可作为优质储层。

3.2.1 沉积相背景

前人已经针对平西地区进行了多轮的研究工作,在平湖组获取了珍贵的古生物、微量元素等资料。平湖组下段 P11 层孢粉组合以蕨类植物孢子为主,裸子植物花粉和被子植物花粉较少,以喜湿型为主,反映沉积时期整体处于热带-亚热带,环境潮湿湿润(表 1)。古盐度也是指示地质历史时期中沉积环境变化的一个重要标志。目前,常用的恢复古盐度的方法有铯钡法、硼元素法和铯钙法等^[16-17]。对 X 井始新统平湖组下段进行微量元素分析发现,铯/钡比值基本 < 1,硼的质量分数多 < 60 × 10⁻⁶(表 2),表明平西地区平湖组下段为近岸环境的陆源沉积体系。

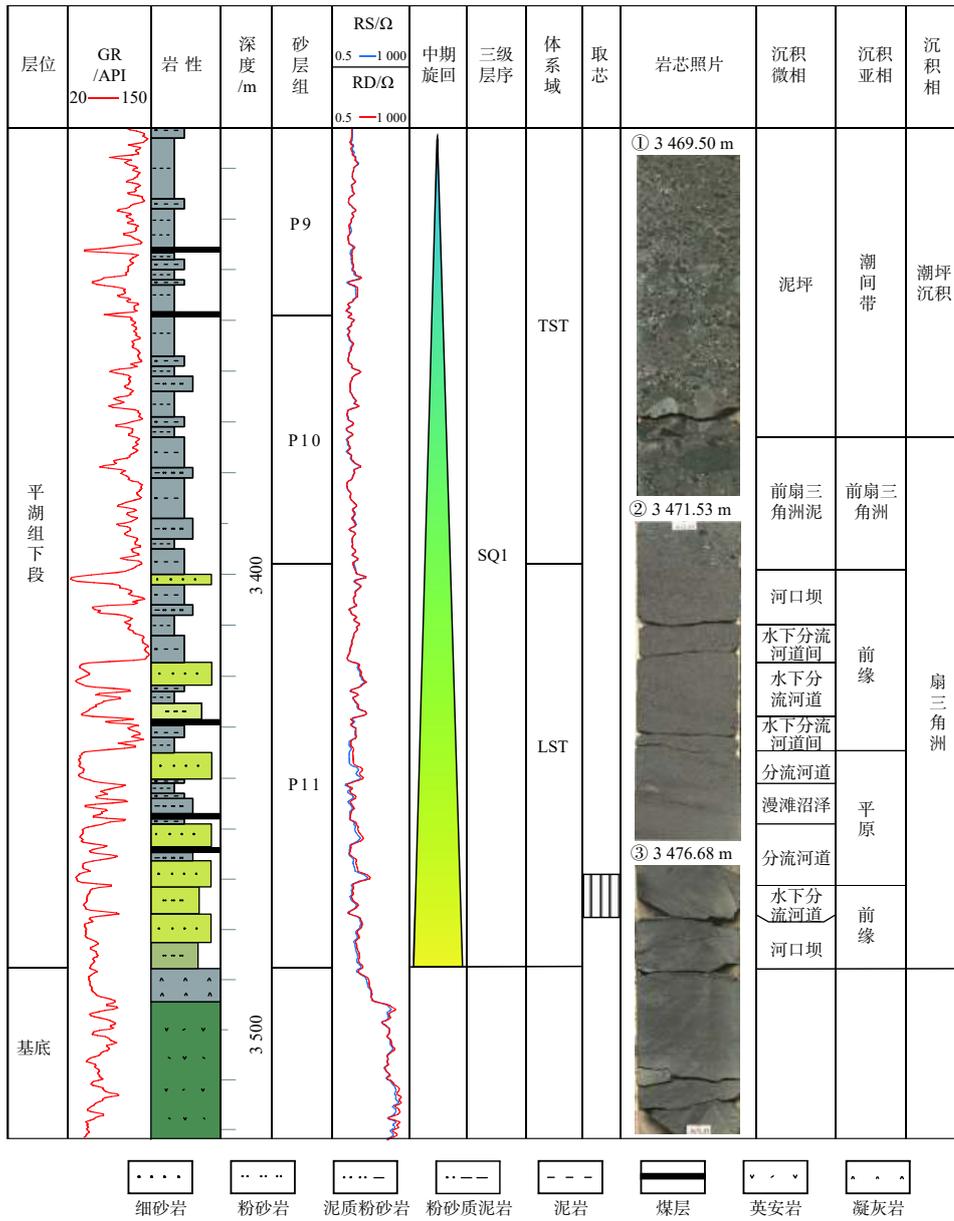


图4 A井平湖组下段综合柱状图

Fig.4 Integrated stratigraphic column of Lower Pinghu Formation from Well A

表1 平湖油气田A井孢粉统计

Table 1 Pollen statistics from Well A of Pinghu Oil-Gas Field

样品 井深/m	蕨类 孢子	光面海 金沙孢	粗网孢	具环水 龙骨孢	卷柏	光面水龙 骨单缝孢	裸子植 物花粉	松柏粉	油杉粉	被子植 物花粉	苗榆粉	黄杞粉	栎粉	紫树粉	大戟粉	椴粉	木犀粉	鉴定统计用 盖玻片数
3 439.03		45	36			7	7	1		4	6							3
3 471.72		1					3			1								3
3 472.48		57	44		1	34							1					3
3 472.78		6	3		1	30							1					3
3 474.08		12	63	1		48												3
3 474.73		6	2			9												3
3 476.73		2	36			12		1										3
3 476.93						18		9				1			1	1	1	3
3 477.52		2						4	3						1			3
3 477.57		1						3			1							3

表 2 平湖油气田 A 井微量元素分析

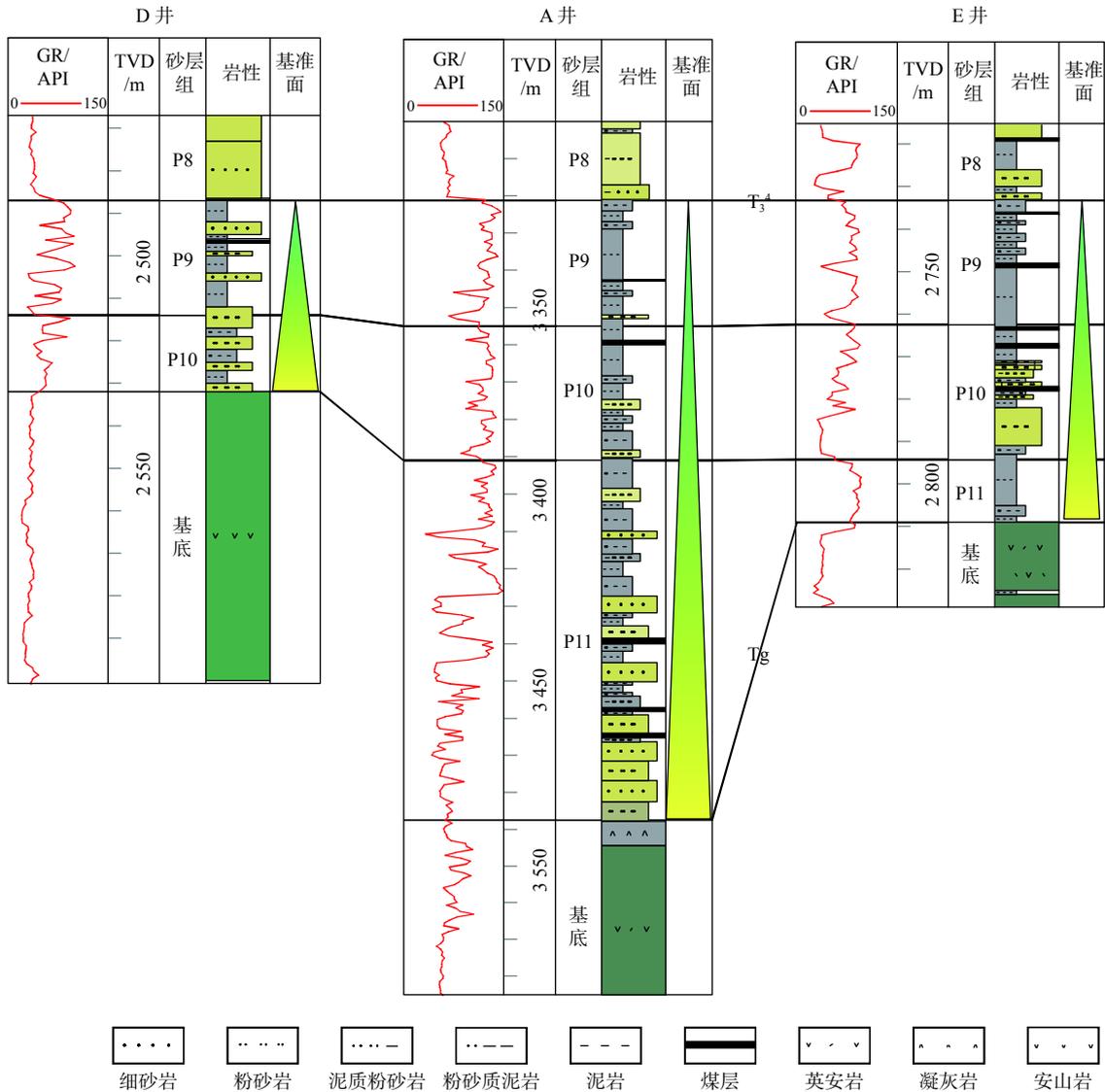
Table 2 Trace element analysis of Well A of Pinghu Oil-Gas Field

层位	井深/m	岩性	锶/钡	硼/(μg/g)
	3 279.00	粉砂质泥岩	0.404 94	88.69
	3 291.00	粉砂质泥岩	0.386 97	86.43
	3 337.00	深灰色泥岩	0.228 94	57.63
	3 393.50	深灰色泥岩	0.379 49	62.13
平湖组下段	3 469.03	深灰色泥岩	0.212 45	50.64
	3 471.72	深灰色泥岩	0.562 00	62.35
	3 472.48	褐灰色泥岩	0.957 55	42.50
	3 474.73	深灰色泥岩	0.697 46	38.39
	3 476.93	褐灰色泥岩	0.661 65	33.69

3.2.2 沉积相分析

低位域一直是隐蔽油气藏发育的主要部位^[18-19],

特别是与沟谷相关的低位扇三角洲体系。平湖组下段低位域早期以扇三角洲平原和前缘河道沉积为主, 储层相对发育, 局部见煤层, 测井相呈钟形、箱型, 岩芯观察上可见绿灰色荧光含中砾细砾岩、绿灰色砾状砂岩, 显示正粒序递变层理, 砾石成分以火成岩为主, 分选、磨圆中等—差, 成分成熟度低, 部分砾石呈直立状态, 说明近源快速堆积, 为扇体沉积的有力证据(图 4①号)。低位域晚期, 扇三角洲退积, 测井曲线多见漏斗型、指状, 以前缘水下分流河道和河口坝沉积为主。图 4②号岩芯主要发育灰色油斑粗砂岩、粉细砂岩, 岩性分选较好, 顶部含砾, 呈逆粒序递变层理, 为扇三角洲前缘水道末端河口坝沉积。岩芯底部发育色深质纯的泥岩沉积, 性脆, 裂缝发育, 进一步指示水下沉积环境(图 4③号)。



连井位置见图 1 中①号线

图 5 平西地区平湖组下段连井对比

Fig.5 Well correlation for Lower Pinghu Formation in Pingxi area

海侵域 P9—P10 层,测井曲线多为平直段,偶见指状薄砂岩,以前三角洲泥岩和泥坪沉积为主。

3.2.3 沉积相展布

受隆凹相间的沟谷地貌的限制,低位域扇三角洲分布相对局限,主要发育在沟谷内部(图5)。其中,A井位于3号沟谷边缘,构造位置低,可容纳空间大,钻遇扇三角洲边缘部位,其主体部位砂体厚度可能更大,物性可能更好;D井位于隆起高部位,以过路沉积为主,低位域缺失;E井位于沟谷之间的脊梁上,不发育扇三角洲沉积,以海侵泥岩为主,充分反映了沟谷地貌对沉积体系的控制作用(图5)。从顺物源方向的连井图上看,平西地区紧邻物源区,低位域发育扇三角洲储层,A井测井曲线齿化严重,向东平湖主断裂下降盘方向地层增厚,B井和C井砂岩厚度增大,测井相以光滑的箱型为主,发育扇三角洲前缘,符合沉积规律(图6、7)。

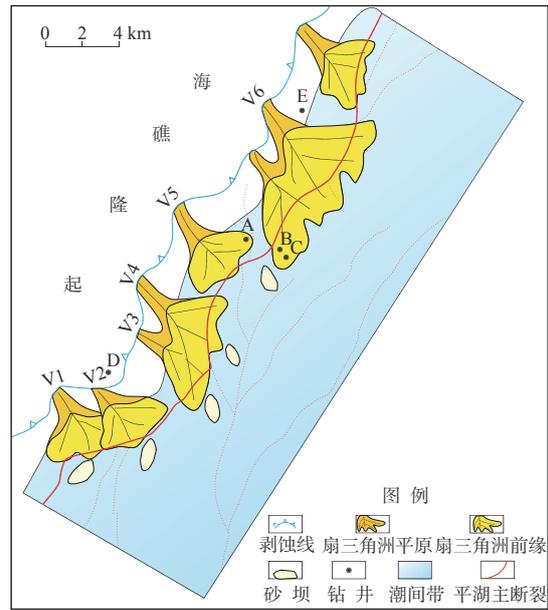


图6 平西地区沉积相图

Fig.6 Sedimentary facies map of Pingxi area

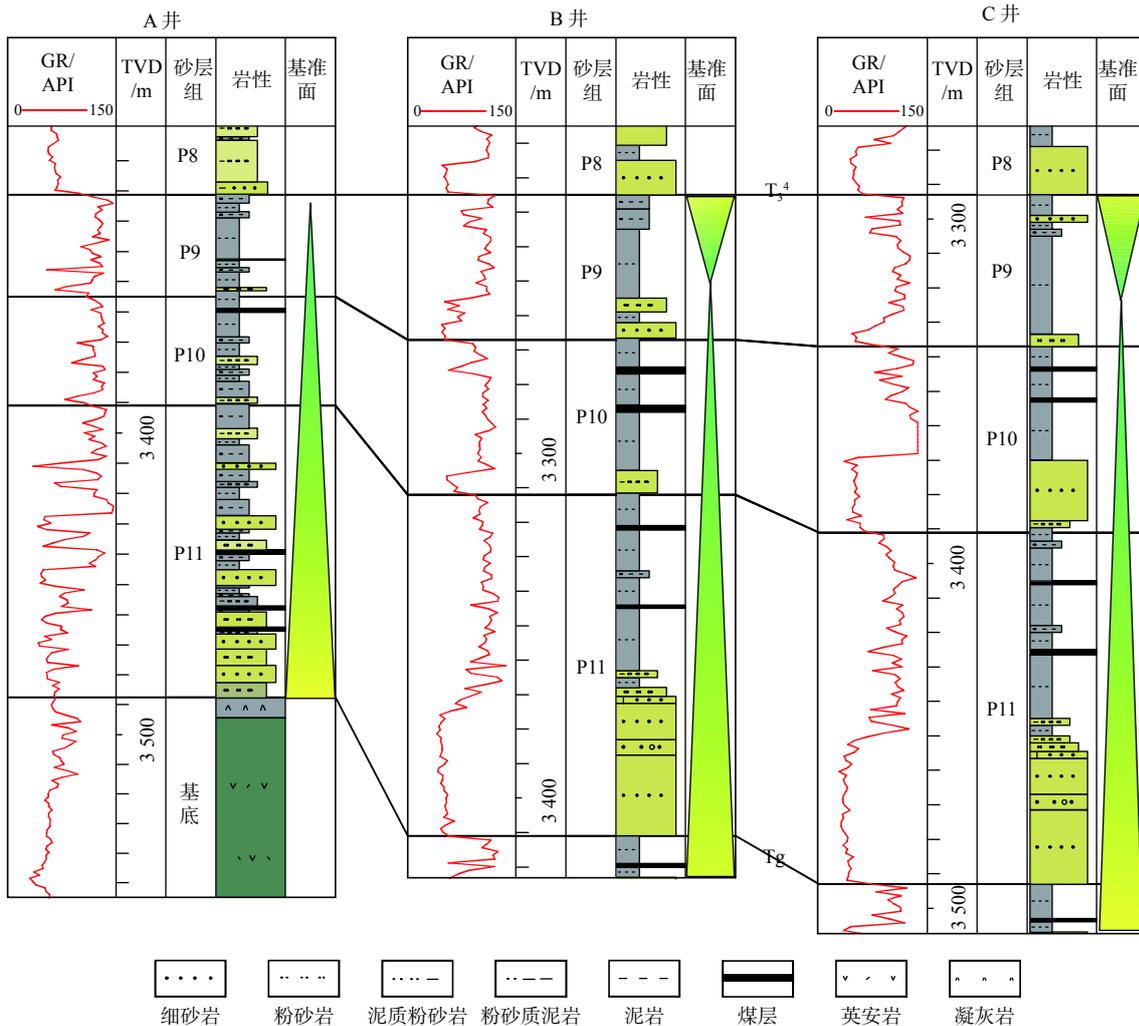


图7 平西-平湖地区平湖组下段连井对比

Fig.7 Well connection comparison of lower Pinghu Formation in Pingxi-Pinghu area

3.2.4 沉积相演化

纵向演化上, 沟谷内部低位域自下而上发育 4 期朵叶状扇三角洲(图 8)。1 期和 2 期扇体属于低位域早期沉积产物, 地层快速沉降, 地震同向轴杂乱反射, 分布局限, 主要见于深谷内部, 储层物性相对差, 成熟度相对较低。随着基准面上升, 可容纳空间慢慢变大, 3 期和 4 期扇体发育初具规模, 可见明显的根部供源通道, 展现出典型的朵叶状形态,

地震同向轴相对稳定, 以波状、平行-亚平行反射为主。并且, 经过一定的搬运距离和海水的淘洗, 晚期扇三角洲前缘储层横向连续性、均一性大大增强, 储层物性与下伏地层相比有所改善, 是本区的优质储层, 已获油气发现。随着相对海平面的不断上升, 扇三角洲之上覆盖一套海侵期泥岩, 地震同向轴以弱反射为主, 在平西地区广泛发育。

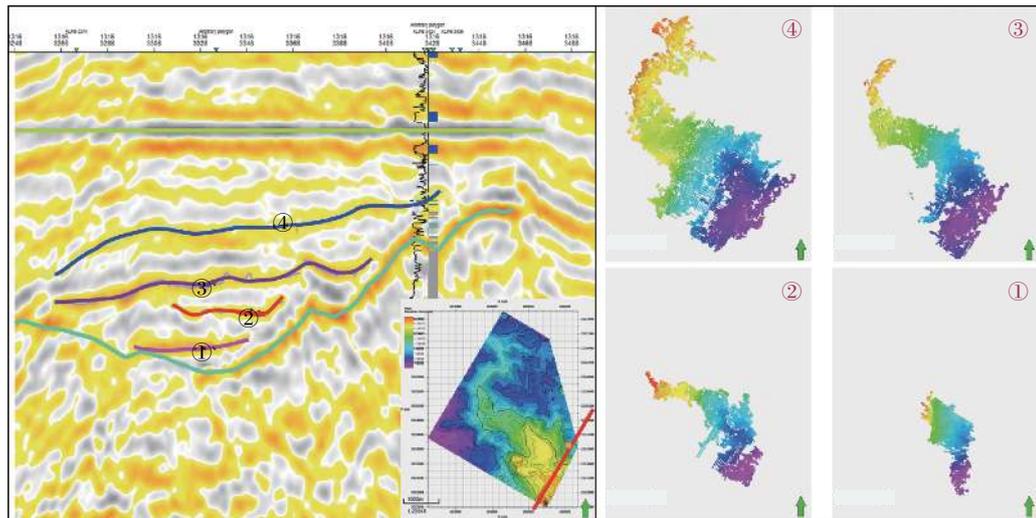


图 8 V5 沟谷内扇三角洲演化特征

Fig.8 Evolution characteristics of fan delta in Valley V5

4 古沟谷内成藏主控因素

在沉积相研究的基础上, 对沟谷内扇三角洲的成藏条件进行分析, 主要从油气运移、储盖组合、侧向封堵等方面展开。

4.1 断层控源

西湖凹陷西次凹煤系地层发育, 黑色泥岩厚度大, 同时, 由于水体较深、有机质不易遭氧化, 保存条件好, 烃源岩品质较好^[20]。饱和烃色谱、饱和烃质谱、同位素等多项地化指标已经证实, 平西油气主要来自于平湖主断裂下降盘的西次凹, 具有较好的资源基础^[21-23]。平西地区在中新世末前始终处在地貌相对高、流体势相对低的地区, 作为流体运移的指向区具有充足的运移动力。平湖主断裂在中新世中期(源岩排烃期)之后依旧处于活动状态, 因此主断裂东部的油源可以沿着主断裂向上运移, 再经过“T”形输导运移到西部, 上升盘储集体在上倾尖灭时被周缘的泥岩或致密层包围形成地层岩性油气藏(图 9)。

4.2 古沟谷控扇

古地貌的沟壑相间控制着古水流及扇三角洲的发育方向。受沟谷地貌控制, 低位域早期, 被地貌所限制的山区河流携带碎屑物质快速卸载沉积, 扇体规模相对较小, 分布局限; 低位域晚期, 沟谷逐步填平补齐, 地势高差减小, 流速降低, 多个物源供给通道形成的扇体往往构成扇裙, 扇体的主体部位厚度大、物性好, 是隐蔽油气藏勘探的重点目标(图 7)。P9—P10 时期发育一次较大规模的海侵, 以泥质沉积为主, 厚度为 90~150 m, 由西向东逐步增厚, 形成一套区域性的有效盖层。

4.3 相带控圈

特定的构造沉积背景决定了平西地区相带变化快, 扇三角洲多在构造背景下沿斜坡上倾方向尖灭, 储层物性多变。不同相带油气富集程度存在很大差异, 以扇三角洲前缘水下分流河道和河口坝微相储集性能最好。扇三角洲根部为近源沉积, 分选差、泥质填隙物含量高, 以杂基支撑为主, 抗压实能力弱, 原生孔隙不易保存, 与扇三角洲前缘沉积物

存在物性差异,可以形成良好的封堵条件。以A井为例(图9、10),P11层顶部发育扇三角洲前缘河口坝沉积,岩性为棕色油斑粗砂岩、细砂岩,前缘储层经过较长距离搬运淘洗,分选较好,物性好,储层孔隙度为11%~19%,渗透率为(4~1 930)×10⁻³ μm²,是本区的优质储层。相比之下,挠曲坡折之上扇三角洲平原为近源沉积,以灰绿色含砾细砂岩为主,

但是分选差,泥质填隙物含量高,压实作用强,孔隙度<10%,渗透率<0.5×10⁻³ μm²,难以作为有效储层,可以作为侧向封堵条件。隋长贵等^[24]、张涛等^[25]也通过多种手段分析指出,在东营凹陷北部、苏北盆地的高邮凹陷和洪泽凹陷均发育这种扇三角洲平原封堵的岩性油气藏,并且指出埋深越大差异压实作用越明显,扇三角洲平原封堵效果越好。

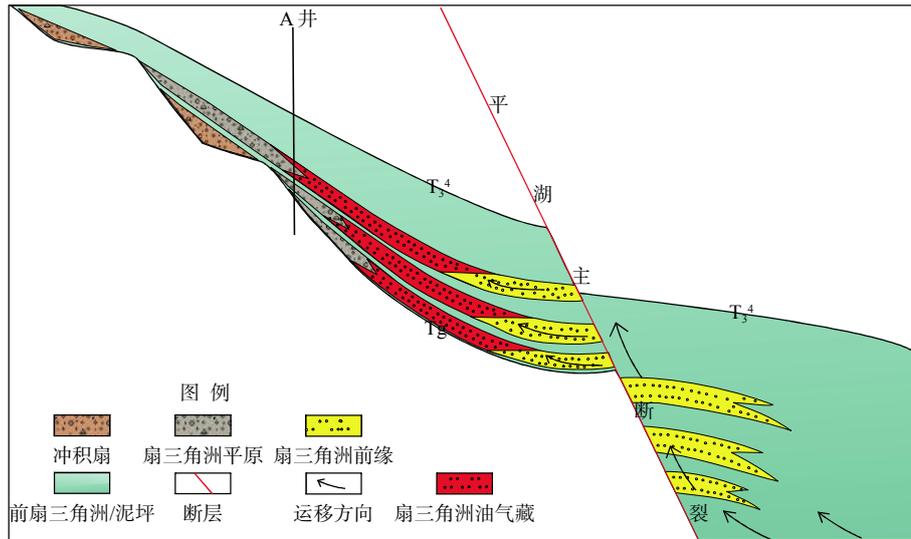


图9 平西地区古沟谷内成藏模式

Fig.9 Reservoir forming model for paleovalley in Pingxi area

亚相/微相	岩性	深度/m	孔隙度/%				渗透率/×10 ⁻³ μm ²					
			5	10	15	20	0.01	0.1	1	10	100	1 000
平原/分流河道	绿灰色荧光含砾细砂岩	3 469.87	9.7				0.543					
		3 469.97	9.4				0.316					
		3 470.07	8.7				0.572					
		3 470.17	9.6				0.183					
	绿灰色砾状砂岩	3 470.27	8.4				0.05					
		3 470.37	8.2				0.056					
		3 470.47	9.5				0.061					
		3 470.57	9.3				0.147					
前缘/河口坝	棕色油斑粗砂岩	3 470.87	11.4				14.6					
		3 471.07	17.6				15.6					
		3 471.16	17.2				22.6					
		3 471.25	18.8				1 930					
	棕色油斑粉细砂岩	3 471.52	14.8				3.62					

图10 A井取芯段孔渗特征柱状图

Fig.10 Porosity and permeability columns of Well A

5 结论

(1)利用连片三维地震资料,在平西地区的基底上识别出多个中等规模的古沟谷,“沟梁相间”的古地貌为物源提供了通道,在平湖组下段发育低位

域扇三角洲-海侵域潮坪沉积体系。低位域早期,被沟谷所限制的山区河流携带碎屑物质快速卸载沉积,扇体规模相对较小,分布局限;低位域晚期,沟谷逐步填平补齐,地势高差减小,流速降低,多个物源供给通道形成的扇三角洲构成扇裙,是隐蔽油气藏勘探的重点目标。

(2)平西地区位于西湖凹陷构造高部位,油气供给充足,扇三角洲西侧低部位与平湖主断裂耦合关系好。低位域晚期扇三角洲叠合连片发育,扇体的主体部位厚度大、物性好,是有利的储集相带。海侵域以潮坪泥岩沉积为主,为一套区域性的有效盖层。而扇三角洲平原为近源沉积,分选差,泥质填隙物含量高,压实作用强,前缘与平原差异压实可形成良好的物性封堵条件,有利于油气的保存。“沟-扇-断”耦合背景下利于扇体型隐蔽油气藏发育,对平湖油气田的可持续发展具有重要的现实意义。

参考文献:

- [1] 周心怀,王德英,张新涛.渤海海域石臼坨凸起两个亿吨级隐蔽油气藏勘探实践与启示[J].*中国石油勘探*,2016,105(4):30-37.
- [2] 彭松,李珊珊,张道军,等.珠江口盆地西部早中新世大型浅水三角洲展布特征及有利油气勘探方向[J].*海洋地质前沿*,2019,35(6):46-56.
- [3] 贾健谊,顾惠荣.东海西湖凹陷含油气系统与油气资源评价[M].北京:地质出版社,2002.
- [4] 姜亮.东海陆架盆地油气资源勘探现状及含油气远景[J].*中国海上油气(地质)*,2003(1):3-7.
- [5] 梁若冰,李玉珍,李纯洁,等.平湖油气田地质特征与勘探方向[J].*海洋石油*,2008,137(2):7-13,57.
- [6] 张威,蒙轸,许淑梅,等.从陆内到陆缘:中国东部古近纪断陷盆地的深部背景及沉积特征[J].*海洋地质前沿*,2013,29(7):1-10.
- [7] 胡惠娟.东海平湖构造带地质构造特征及含油气条件[J].*海洋石油*,2003,23(1):127.
- [8] 张兰,李文俊,常吟善,等.东海某凹陷断陷期重要不整合面特征及其对沉积演化的控制[J].*海洋地质与第四纪地质*,2020,186(4):30-39.
- [9] 唐贤君,蒋一鸣,张建培,等.东海盆地西湖凹陷平北区断陷层断裂特征及其对圈闭的控制[J].*海洋地质前沿*,2019,35(8):34-43.
- [10] 吴嘉鹏,万丽芬,张兰,等.西湖凹陷平湖组岩相类型及沉积相分析[J].*岩性油气藏*,2017,29(1):27-34.
- [11] 侯国伟,李帅,秦兰芝,等.西湖凹陷西部斜坡带平湖组源-汇体系特征[J].*中国海上油气*,2019,31(3):29-39.
- [12] 唐贤君,蒋一鸣,张绍亮.平湖斜坡带火山岩层发育构造环境及油气地质意义[J].*地质科技情报*,2018,178(1):27-36.
- [13] 陈延芳,杜晓峰,王清斌,等.渤海黄河口东洼古地貌对沉积相的控制作用[J].*石油地质与工程*,2020,34(3):20-23.
- [14] 郭帅,杨海长,曾清波,等.白云凹陷恩平组南部物源研究及其油气地质意义[J].*海洋地质前沿*,2020,36(6):56-63.
- [15] 蒋一鸣,邵龙义,李帅,等.西湖凹陷平湖构造带平湖组沉积体系及层序地层研究[J].*现代地质*,2020,34(1):141-153.
- [16] 刘新宇,邵磊,史德锋,等.西沙西科1井元素地球化学特征与海平面升降的关系[J].*海洋地质前沿*,2021,37(6):8-17.
- [17] 刘俊田,梁浩,侯全正,等.三塘湖盆地晚石炭世沉积环境中的古盐度恢复[J].*新疆石油天然气*,2011,7(1):1-5,108.
- [18] 王英民,刘豪,王媛,等.准噶尔大型拗陷湖盆坡折带的类型和分布特征[J].*地球科学*,2002,27(5):683-688.
- [19] 宛良伟,官大勇,李晓辉,等.辽东湾地区沙二段差异富砂类型及地震响应特征[J].*海洋地质前沿*,2020,36(6):36-45.
- [20] 刘金水,李树霞,秦兰芝,等.东海盆地西湖凹陷古近系煤的生烃动力学[J].*石油学报*,2020,41(10):1174-1187,1218.
- [21] 陈原珍.平湖油气田主断裂西部烃源评价及油源对比[J].*海洋石油*,2014,34(3):1-6.
- [22] 连小翠.东海西湖凹陷深层低渗一致密砂岩气成藏的地质条件与模式[J].*海洋地质前沿*,2018,34(2):23-30.
- [23] 徐发,张建培,张田,等.西湖凹陷输导体系特征及其对油气成藏的控制作用[J].*海洋地质前沿*,2012,28(7):24-29,43.
- [24] 隋长贵,操应长,刘惠民,等.东营凹陷北带东部古近系近岸水下扇储集物性演化及其油气成藏模式[J].*地质学报*,2010,84(2):246-256.
- [25] 张涛,张拭颖.洪泽凹陷近岸水下扇油气成藏特征[J].*岩性油气藏*,2011,23(5):56-59.

Potential of subtle hydrocarbon reservoirs in paleo-valleys in the Pingxi area of Xihu Sag

ZHANG Lan, HE Xianke, DUAN Dongping, CHENG Junyang, CHEN Chen, WANG Wenji
(Shanghai Branch of CNOOC Ltd., Shanghai 200030, China)

Abstract: The Pinghu Oil and Gas Field in the Xihu Sag, after many years of development, has made great contributions to the oil industry in offshore China. However, it now faces severe challenges of insufficient reserves. Pingxi area, the west part of the oil and gas field, as a new territory with large area and low exploration degree, is expected to be a potential area for discovery of new resources. Based on 3D seismic data and paleogeomorphological studies, several paleo-valleys have been found from south to north in the area, which have favorable background for the formation of subtle oil and gas reservoirs. Comprehensive analysis of paleontology, trace elements, logging and cores in addition to seismic survey data suggest that there developed multi-stage lowstand fan deltaic systems in the early Eocene Pinghu Formation, which may gradually fill up the basement from bottom to top to become favorable reservoir facies belts for oil and gas accumulation. With the rise of sea level, transgressive tidal flat mainly composed of stable mudstone deposits settled down on the fan delta to form good reservoir-seal assemblages. The Pingxi area is fortunately located on the path of fluid migration due to its relatively high landform. The lower part of the fan delta is characterized by well-developed oil source faults and sufficient oil and gas supply, while the root of the fan delta above the ancient shoreline is close to source rocks which is high in argillaceous materials, poor in sorting, and strong in compaction. It is obviously different from that of the fan delta front, and may provide excellent sealing conditions. The valley-fan-fault coupling is favorable for the formation of fan type of subtle reservoirs, which are of significance to the sustainable development of Pinghu Oil and Gas Field in the future.

Key words: Xihu Sag; Pingxi area; ancient gully; fan delta; subtle reservoir