

吕鹏, 雷蕾, 孙莉, 等. 东海盆地西湖凹陷 W 气田平湖组煤系潮控砂体储层地震预测[J]. 海洋地质前沿, 2023, 39(10): 66-76.

LYU Peng, LEI Lei, SUN Li, et al. Seismic prediction of tide-controlled sand reservoir in Pinghu Formation coal seam, W Gas Field, Xihu Sag, East China Sea Basin[J]. Marine Geology Frontiers, 2023, 39(10): 66-76.

东海盆地西湖凹陷 W 气田平湖组煤系 潮控砂体储层地震预测

吕鹏¹, 雷蕾¹, 孙莉¹, 王健伟¹, 闫华¹, 林立新¹, 刘世鹏², 葛家旺³, 吴文雯¹

(1 中国石化上海海洋油气分公司勘探开发研究院, 上海 200120; 2 赛吉纪(北京)有限公司, 北京 100020;

3 西南石油大学地球科学与技术学院, 成都 610500)

摘要: 东海西湖凹陷油气资源丰富, 具有较好的勘探开发潜力, 其中平湖组作为重要的含油气层系, 已成为近期勘探开发的焦点。平湖组普遍发育薄煤层, 导致含油气砂体的地震响应存在多解性, 严重制约着开发生产。为了识别薄煤层影响下的含油气砂岩, 开展了储层地震预测研究工作。首先, 通过岩芯、测井和分析化验资料解析了潮控沉积环境特征; 然后, 利用岩石物理分析技术归纳总结了在薄煤层影响下含水砂岩、含气砂层的叠前道集响应规律; 最后, 利用地球物理属性完成了潮控砂体储层预测, 并结合沉积特征实现研究区有利目标优选。研究表明: 平湖组以潮控三角洲-潮汐沉积环境为主, 其中, 水下分流河道、河口坝和潮汐砂坝等沉积微相是优势储集体; 砂体储层受到薄煤层影响呈现近道为波峰、远道为波谷的 II-p 类 AVO 特征; 利用叠前道集响应规律指导叠前纵波速度/横波速度 (V_p/V_s) 反演, 完成潮控储层定量预测; 综合古地貌和沉积微相认识, 实现了研究区潮控环境下潜力精细描述, 明确③号砂体属于一类有利目标, 可作为潜力目标。本研究有效提高了研究区储层预测工作的精确度, 为该区块下一步深层煤系潮控砂体的井位部署提供了技术支撑。

关键词: 西湖凹陷; 煤系地层; 潮控砂体; 沉积微相; 储层预测

中图分类号: P744.4; P618.13

文献标识码: A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2022.182

0 引言

近年来, 西湖凹陷平湖组构造-岩性油气藏勘探开发取得突破, 相继发现了武云亭、宝东、孔南等多个具有工业价值的油气田, 充分显示出平湖组的油气资源潜力, 同时也促进了西湖凹陷平湖组的深入研究^[1-3]。平湖组处于潮控沉积环境, 水动力条件震荡、复杂, 造成储层厚度较薄, 横向变化快^[4]; 并且煤线广泛发育, 纵向层数多; 煤线在地震上以超低阻抗的强振幅响应为主, 干扰储层的正常地震响

应, 且易造成储层响应假象, 导致构造-岩性油气藏钻探效果不理想^[5], 特别是现有基于简单叠后地震属性的储层预测方法越来越难以满足勘探开发的需求。

前人针对东海盆地西湖凹陷平湖组煤系潮控储层进行了一定研究。刘英辉等^[6]探讨了西湖凹陷平湖组海侵体系域潮控三角洲-潮坪沉积特征及模式, 认为海侵时期潮汐作用强烈, 三角洲砂体受潮汐强烈改造切割成潮汐沙坝和潮汐水道, 造成砂体横向非均质性强; 胡云亭等^[7]总结了薄煤层的识别方法, 同时指出, 受古气候、古地形和补偿沉降等因素控制的煤层多形成于潮湿气候条件下的三角洲环境; 张兰等^[8]基于岩石物理精细分析, 利用叠后地质统计学反演预测薄煤层, 然后把薄煤层作为岩相信息指导叠前地质统计学反演, 完成了西湖凹陷平湖组富煤环境中的薄储层预测。在前人研究

收稿日期: 2022-08-12

资助项目: 中石化总部项目“西部斜坡带南部地质综合评价和目标优选”(YTBXD-QTKF-2022-2002-004)

作者简介: 吕鹏(1994—), 男, 硕士, 助理研究员, 主要从事油气田开发和储层评价等方面的研究工作。E-mail: lvpeng.shhy@sinopec.com

成果的基础上, 本文以地质与地震相结合的方式开展煤系潮控环境下的砂体储层预测方法研究, 以实现潮控沉积环境下砂体的精确预测, 指导勘探开发部署。

1 地质概况

西湖凹陷位于东海陆架盆地的东北部, 为一狭长的新生代沉积凹陷(图 1a), 是东海盆地中最具油

气勘探与开发潜力的含油气凹陷^[9]。西湖凹陷新生代经历了断陷、拗陷和区域沉降 3 个构造演化阶段; 地层由老至新发育了古新统宝石组, 始新统平湖组, 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(图 2)。平湖组沉积时期主要处于盆地演化的断陷阶段中晚期, 盆地构造沉降弱, 水体深度逐渐变浅; 至平湖组晚期, 由于龙井运动造成区域抬升剥蚀, 导致海水全面退出西湖凹陷, 上覆不整合沉积了花港组陆相地层^[10]。

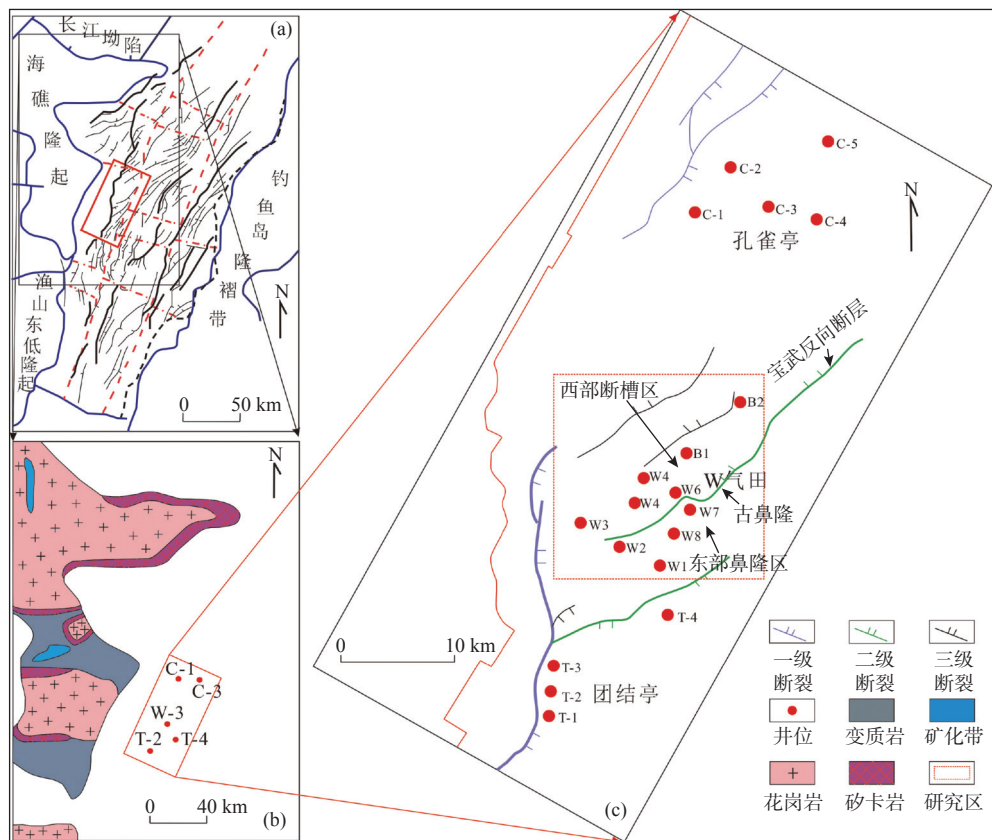


图 1 西湖凹陷区域构造特征 (a)、基岩分布 (b) 及研究区断裂与气田位置 (c)^[10]

Fig.1 Regional tectonic characteristics (a), bedrock distribution (b), and faults and gas fields in the study area (c) in Xihu Sag^[10]

W 气田位于西湖凹陷西斜坡中段, 西临海礁凸起、南抵团结亭油气田、北接孔雀亭、东靠三潭深凹(图 1b、c)。受古鼻隆和宝武反向断层的控制, W 气田分为西部断槽区和东部鼻隆区, 地层整体为 NNE 走向、SEE 倾向的平缓单斜, 构造形态简单, 断层发育, 只在局部发育小型鼻隆, 难以形成构造圈闭。已有的钻井揭示, W 气田主要发育构造-岩性油气藏, 含油层系主要集中于平湖组下段(平下段)P10—P11 砂层组(图 2)。平下段沉积期受区域最大海泛面的影响^[10], 其沉积环境为海陆过渡相的潮控三角洲-潮汐沉积体系^[11], 潮控储层与海泛泥

岩层形成高效的储盖组合, 是西斜坡构造带最主要的勘探开发层系^[1-3,10-11]。目前, W 气田处于开发调整的关键期, 部署的多口开发调整井均钻遇平下段 P10 层优质气层, 调整后气田的日产气量上升至近 $100 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

本文的重点研究层位集中于 W 气田平湖组平下段潮控沉积环境下形成的“泥包砂”地层, 结合 W1—W8 井的钻井、地震与分析化验资料, 开展煤系潮控砂体储层地震预测研究, 综合古地貌和沉积微相认识, 落实研究区潜力目标, 为 W 气田及邻区潜力挖掘提供理论和技术支撑。

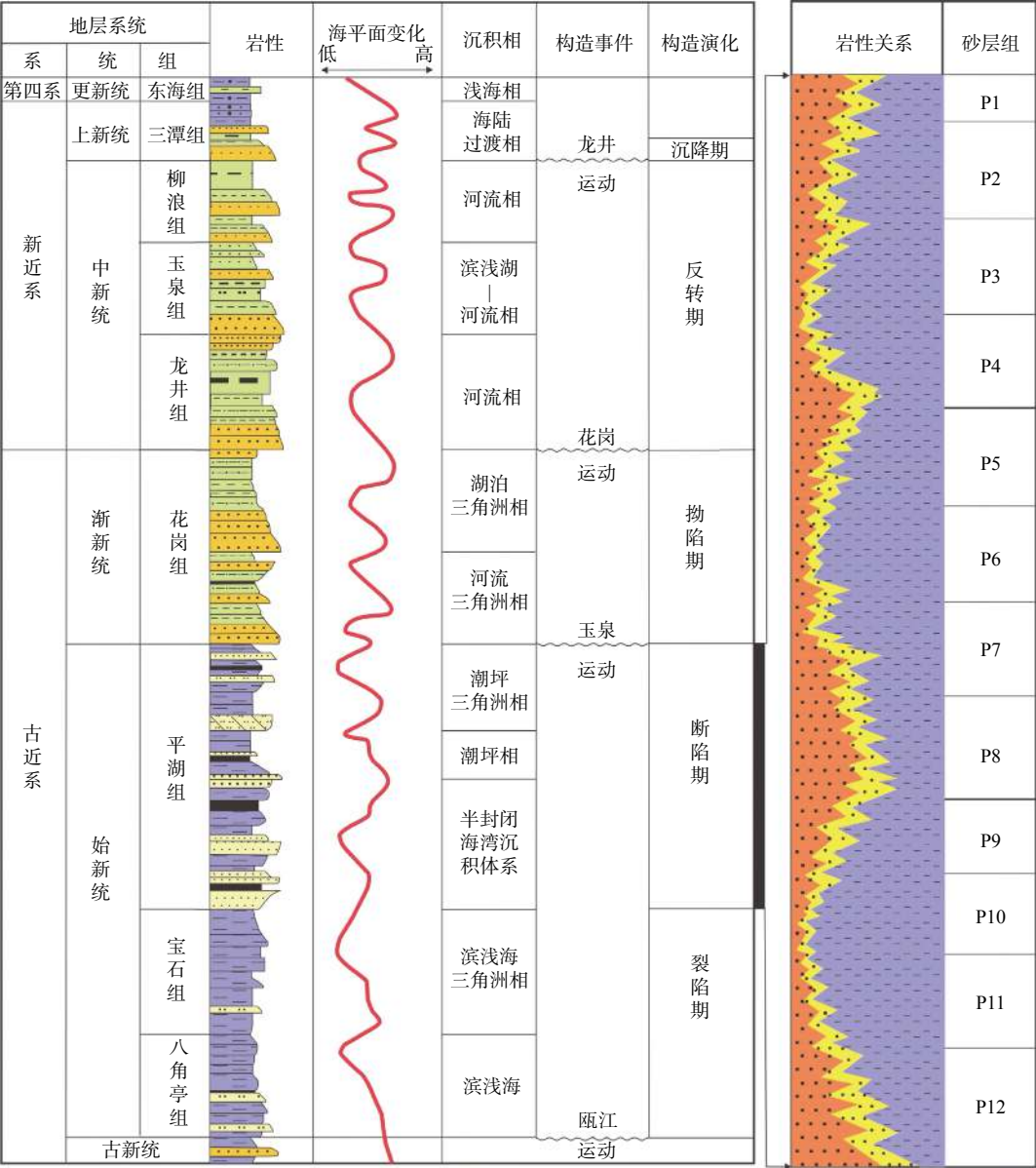


图 2 西湖凹陷新生代地层综合柱状图及平湖组三级层序、砂层组地层单元^[10]

Fig.2 Comprehensive column of the Cenozoic strata and third-order sequence stratigraphic unit of Pinghu Formation, Xihu Sag^[10]

2 储层沉积特征

2.1 储层岩石学特征

研究区平下段岩石类型以长石岩屑质石英砂岩、岩屑质石英砂岩为主。石英(Q)含量为 50%~90%，平均为 71%(图 3)；长石(F)含量为 1%~21%，平均为 11%，主要为正长石，含少量斜长石；岩屑(R)含量为 9%~31%，平均为 17%，其中主要为岩浆岩、变质岩岩屑，含少量沉积岩岩屑，杂基含量<2%。成分成熟度指数 Q/(F+R)为 1.5~9.0，平均为 2.8，表明平下段砂岩具有较高的成分成熟度。

根据薄片鉴定分析，西湖凹陷平下段砂岩具有较高的结构成熟度：分选以中—好为主，其中分选中等以上的接近 90%(图 4)；磨圆度则以次棱—次圆和次圆—次棱为主(图 5)。可见，研究区平下段砂岩沉积物搬运距离相对较长，而且受到相对充分的淘洗，并沉积在水动力条件较强的环境中。

2.2 沉积相类型

以西湖凹陷区域构造-沉积演化背景为基础，依据钻井岩芯观察，分析钻井沉积相及测井相，结合研究区岩石学、沉积构造特征，明确研究区平下段主要为潮控三角洲-潮汐沉积相环境^[12]。

研究区主要发育潮控三角洲前缘-潮下带亚相，

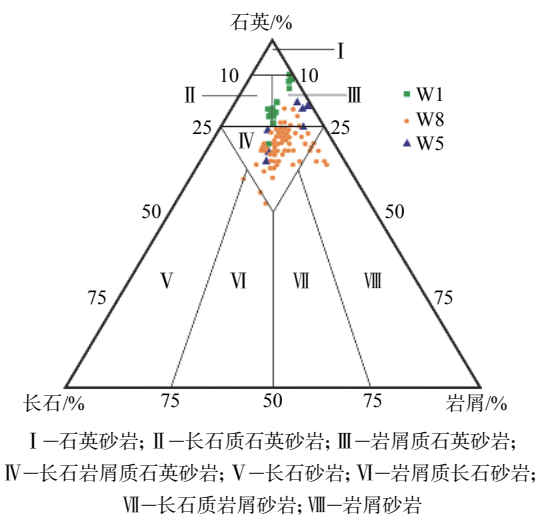


图 3 平下段砂岩三角分类图

Fig.3 Sandstone triangular classification diagram in the Lower Member of Pinghu Formation

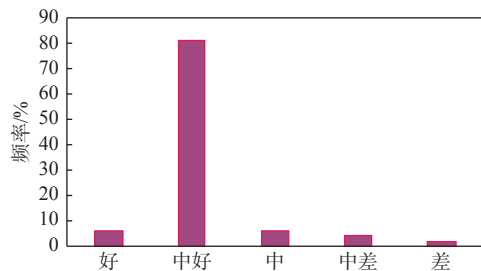


图 4 平下段砂岩分选直方图

Fig.4 Sandstone sorting histogram

可进一步划分出水下分流河道、支流间湾、河口坝、席状砂、潮汐砂坝、泥坪和潮道等微相, 详细信息见表 1。

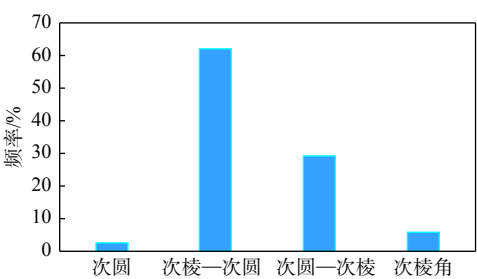


图 5 平下段砂岩磨圆度直方图

Fig.5 Histogram of sandstone roundness

(1) 水下分流 为陆上分流河道的水下延伸部分。岩性以中砂岩为主, 局部地区出现含砾石中砂岩, 泥岩含量很少。垂向上具有明显下粗上细的正韵律特征。整体以交错、板状和槽状层理为主, 为高能水动力沉积环境。

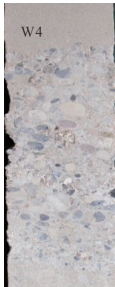
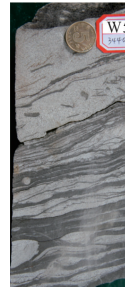
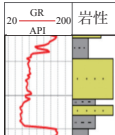
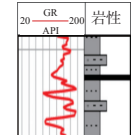
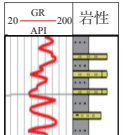
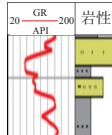
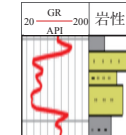
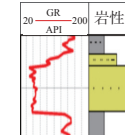
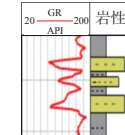
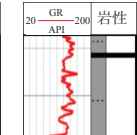
(2) 河口坝 主要位于水下分流河道的河口处, 由分选好、磨圆好、纯净的细砂岩组成, 整体上为反韵律。可见沙纹层理和交错层理, 为较强水动力沉积环境。

(3) 席状砂 在潮汐、波浪作用的影响下, 呈平行于岸线的砂脊状, 岩性主要为粉砂岩和细砂岩, 向岸方向增厚, 向海方向减薄, 垂向上以一定的韵律与脉状层理为主, 为中等水动力沉积环境。

(4) 水下天然堤 发育于水下分流河道两侧的微相类型。岩芯上可见典型的爬升层理, 主要由粉砂岩组成。

(5) 支流间湾 一般指位于 2 个水下分流河道之间的海湾, 岩性主要由泥岩、粉砂岩和砂质泥

表 1 研究区不同沉积微相岩芯和测井相特征

Table 1 Characteristics of different sedimentary microfacies in the study area on cores and logging curves								
特征类型	沉积微相							
	水下分流河道	支流间湾	水下天然堤	河口坝	席状砂	潮汐砂坝	潮道	泥坪
颜色	灰白	深灰白	灰白灰色	灰白	灰白灰色	灰白	灰白灰色	深灰白
岩性	含砾石中砂岩	泥岩	粉砂岩	细砂岩	细砂岩	细砂岩、中砂岩	粉砂岩、细砂岩	泥岩
沉积构造	槽状层理 交错层理	平行层理 植物碎屑	爬升层理	沙纹层理 交错层理	脉状层理	块状层理	波状层理	生物扰动层理
岩芯								
岩电特征								

岩组成。植物化石碎片和根迹化石分布广泛,炭化作用明显,整体以弱水动力沉积环境为主。

(6) 泥坪沉积 岩性多为灰黑色泥岩、泥质粉砂岩或粉砂质泥岩,有机质含量高,常含炭质,可见煤层。可以见到丰富的生物扰动构造以及植物根痕和生物潜穴,为弱水动力环境。

(7) 潮汐砂坝 由潮流对海岸强烈的冲刷侵蚀,加之潮汐水道侧向迁移摆动形成。潮汐砂坝位于平均低潮线附近,水体能量高。岩性多以细砂岩、中砂岩为主,块状层理发育,为较强水动力环境。

(8) 潮汐水道 位于潮间、潮下带,受到涨潮、落潮的控制,表现为砂泥岩互层,发育细砂岩、粉细砂岩。单层砂岩厚度多<5 m,砂岩中潮汐波状层理很常见,表明其水动力条件变化较为频繁。

3 储层叠前地震响应特征

3.1 正演模型建立

根据研究区多口井统计,平湖组平下段砂体可划分为含气砂岩、含水砂岩,其平均厚度均为 20 m,且在泥岩背景内广泛发育薄煤线,统计煤线平均厚度为 1 m,平均发育 2~5 层煤线。基于以上认识,设计不同岩相组合的地质模型(图 6)。

模型一:泥岩背景内 20 m 的含气砂岩、含水砂岩;

模型二:砂岩上 10 m 附近,发育 2 m 煤线;

模型三:砂岩上 10 m 附近,发育 5 m 煤线。

3.2 叠前正演响应特征分析

根据研究区多口井不同岩相弹性参数进行统计,获得不同岩相的纵波速度(V_p)、横波速度(V_s)、密度等弹性参数(表 2),将统计弹性参数赋值于图 6 中的正演地质模型。

利用 Aki-Richard 公式计算不同入射角度反射系数,其入射角度为 $0^{\circ}\sim 40^{\circ}$,选择 100 ms 雷克子波进行褶积计算,获得不同模型的正演地震道

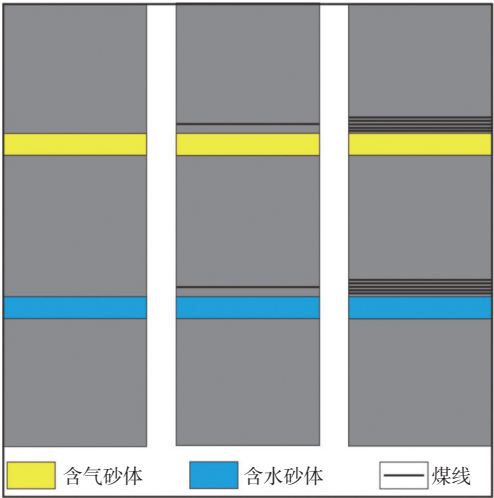


图 6 地质模型模型一、二、三

Fig.6 Geological model models 1, 2, and 3

集。之前建立的不同岩相模型的地震响应特征(图 7)为:

(1)模型一 含气砂岩顶部为 II 类 AVO 特征,近偏为弱波谷,随着偏移距的增加,波谷能量逐渐增强;含水砂岩顶部为 II-p 类 AVO 特征,近偏为弱波峰,随着偏移距的增加,波峰逐渐减弱,相位出现反转,由波峰转为波谷,然后随着入射角增加波谷能量逐渐增强。

(2)模型二 气砂顶部表现为明显的 II-p 类 AVO 特征,近偏为弱波峰反射,随着入射角增加,波峰能量逐渐减弱,在 20° 左右发生相位反转,由波峰转换为波谷,然后随着入射角增加,波谷的能量逐渐增强。含水砂岩的顶部仍为 II-p 类 AVO 特征,近偏波峰能量比气砂强,且逐渐减弱为 0 值附近的波谷。

(3)模型三 气砂顶部仍然表现为 II-p 类 AVO 特征,近偏能量较强,随入射角增加,波峰能量减弱,远偏发生相位反转,由波峰转为波谷,含水砂岩顶部仍为 I 类 AVO 特征,近偏能量更强,随入射角增加,波峰能量减弱,在最远角度逐渐减弱至 0 值附近。

从叠前正演来看,研究区受到煤层影响含气砂体或者含水砂岩主要以 II-p 类 AVO 特征为主,近偏能量较强,以波峰响应为主;随入射角增加,波峰

表 2 不同岩相弹性参数

Table 2 Elastic parameters of different lithofacies

岩性	纵波时差/($\mu\text{s}/\text{ft}$)	横波时差/($\mu\text{s}/\text{ft}$)	密度/(g/cm^3)	纵波阻抗/($\text{g}/\text{cm}^3\cdot\text{m}/\text{s}$)	V_p /(m/s)	V_s /(m/s)	V_p/V_s
泥岩	85	150	2.56	9 182	3 586.8	2 032.5	1.76
水砂	78	132	2.36	9 224	3 908.7	2 309.7	1.69
气砂	80	132	2.36	8 993	3 810.9	2 309.7	1.65
煤层	98	169	2.25	6 999	3 111.0	1 804.1	1.72

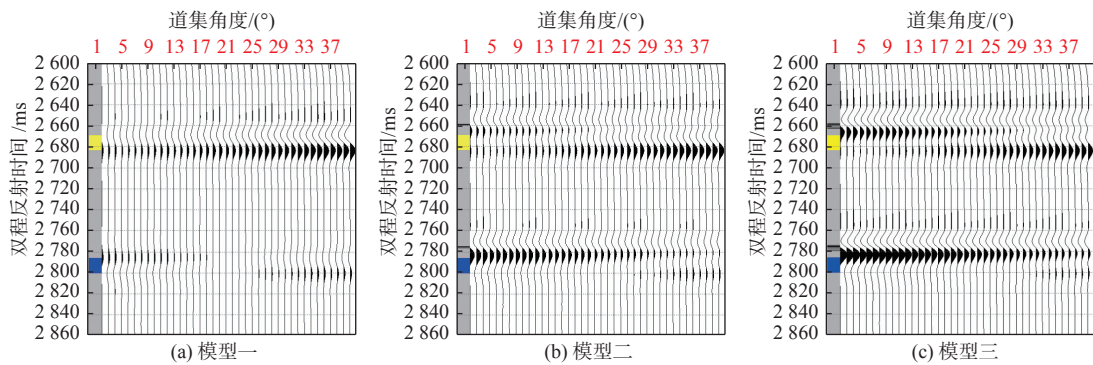


图 7 不同地质模型的地震响应特征

Fig.7 Seismic response characteristics of different geological models

能量减弱,远偏发生相位反转,由波峰转为波谷。

3.3 实际道集地震特征分析

基于上述正演模型提供的地震响应特征,对实际地震数据进行分析,以 W5 井为例,2 850 和 2 878 ms 处砂体顶部发育 2~3 套约 1 m 的煤层,从实际地震道集特征来看,表现为明显的 II-p 类 AVO 特征,近偏为波峰,随偏移距增加振幅能量减弱,远偏发生相位反转,转换为波谷(图 8)。

从全叠加和部分叠加地震数据上看,W6 井钻遇多套砂体,在全叠加剖面上砂顶以波峰响应为主,在近偏部分叠加体上砂岩顶部仍为波峰反射,但在远偏部分叠加体砂岩顶部转变为波谷;这与正演的地震特征一致,为典型的 II-p 类 AVO 特征(图 9)。因此,通过实际地震剖面分析进一步发现研究区具备利用叠前道集体开展储层预测的地震

条件,可以利用部分叠加道集体的平面属性研究从近道波峰到远道波谷的规律性变化,定性预测砂体展布。

4 储层预测结果

4.1 叠前属性分析

正演模拟结果及过井地震剖面的反射特征表明,平下段潮控储层叠前地震反射特征表现为近道弱波峰、远道强波谷的 II-p 类 AVO 特征。针对研究区平下段 P10 目的层选取合适的时窗进行提取瞬时振幅属性,根据叠前近、远角道集体的瞬时振幅属性规律变化的特征,预测储层展布规律,可见潮控储层主要分布于 W 气田宝武反向断层与正向断层带所夹持的西部断槽区(图 10)。从西南往东

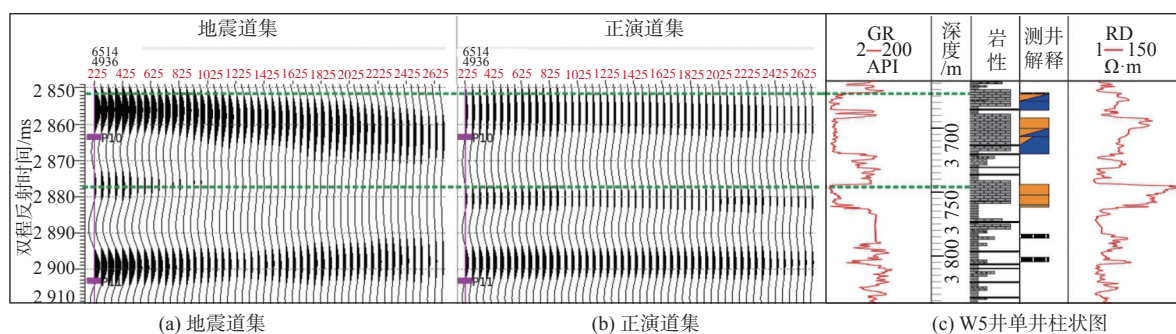


图 8 W5 井平下段地震道集与单井 AVO 正演

Fig.8 Seismic gathers and AVO forward modeling of the Lower Member of Pinghu Formation in Well W5

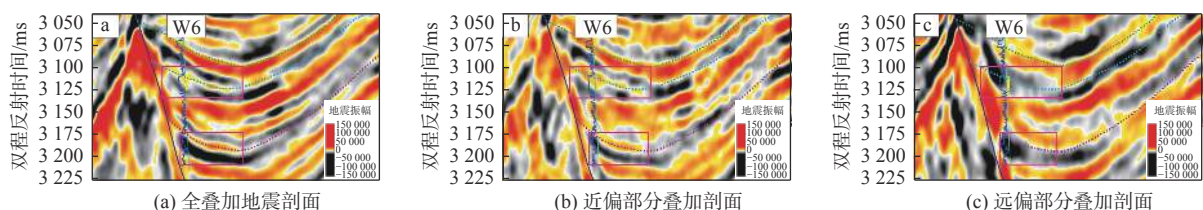


图 9 过 W6 井平下段的地震剖面

Fig.9 Seismic section of the Lower Member of Pinghu Formation passing through Well W6

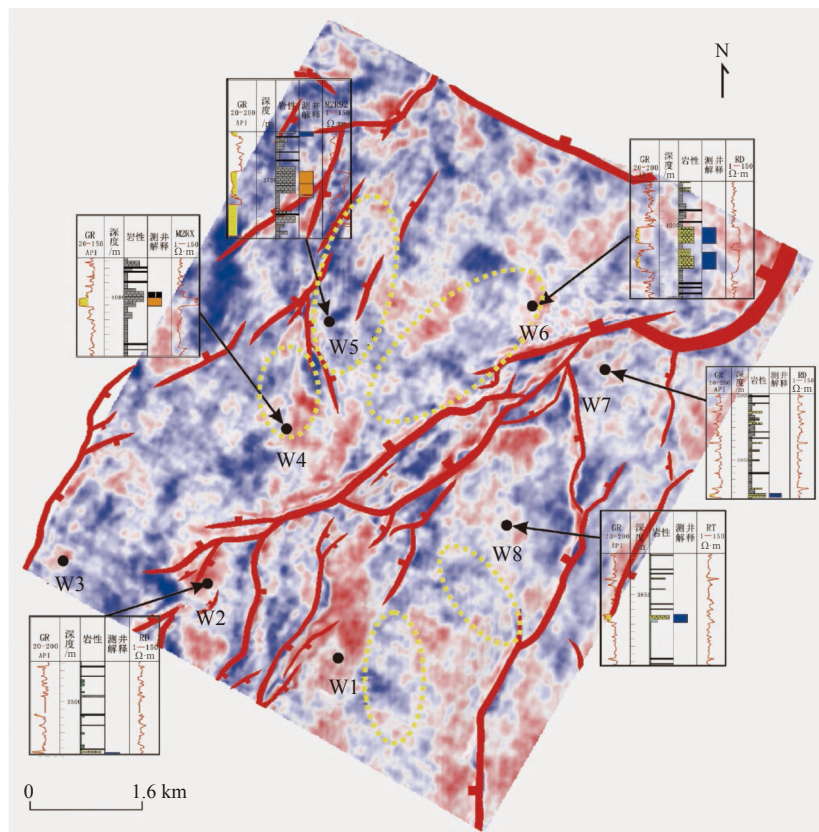
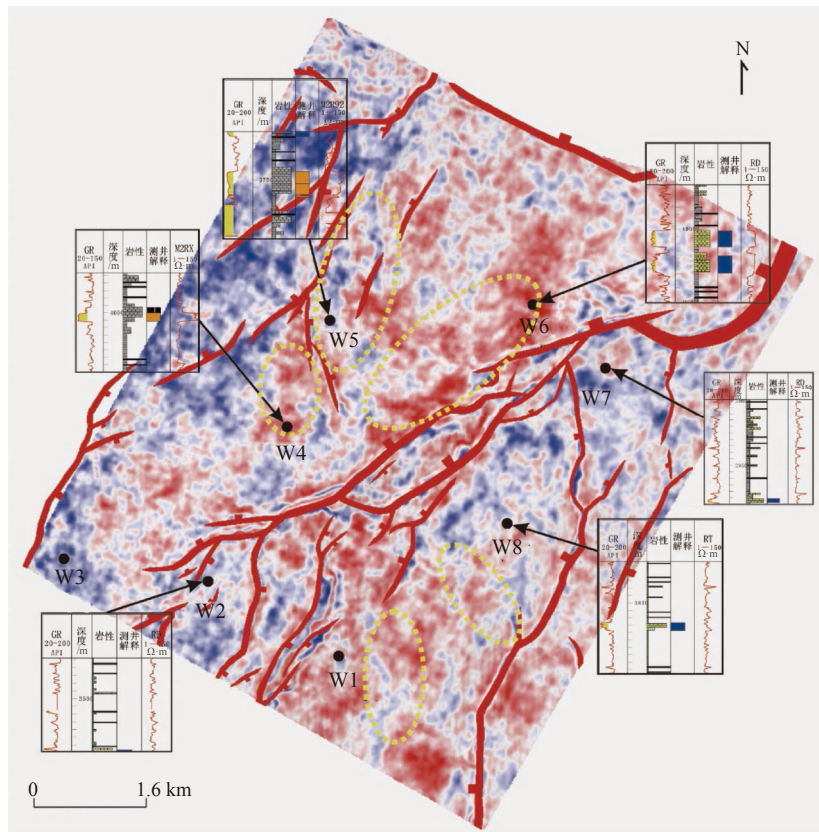


图 10 平下段 P10 层沿层瞬时地震属性

Fig.10 Transient seismic attributes along the target layer in the Lower Member of Pinghu Formation

北方向具有明显的分带性,西南高部位响应较为局限,往东北方向逐渐扩大,并且与已钻井吻合行较好。西南高部位钻井揭示薄储层,往东北方向砂体厚度和套数都存在明显的增多,叠前属性与钻井特征相对一致。东部隆起区也出现部分极性反转响应区,主要位于 W1 井和 W8 井之间,发育范围相比断槽区明显减小,呈现孤立的团块状。

4.2 反演属性分析

在叠前地震属性分析基础上,针对储层开展叠前反演进行定量预测。叠前反演主要基于 Knott-Zoeppritz 方程或者 Aki-Richards 方程,并且利用多个角度叠加数据体来描述 AVO 效应;应用研究区 II-p 类 AVO 效应进行约束反演可以实现储层定量

预测和降低多解性^[13]。通过提取平湖组 P10 目的层的反演属性平面图发现,整体上反演属性与井上砂体吻合度较好,反演预测储层展布特征与叠前属性规律较为一致,可作为定量储层预测结果(图 11)。根据反演属性可见,研究区河道主要分布于西部断槽区,呈现自西南向东北方向的展布特征,在 W4 井区分成 2 支水下分流河道沉积,分别分布于北部 W5 井区和 W6 井区,沿断层分布,反映了以潮控三角洲前缘沉积为主;在水下分流河道的前缘分布多套孤立砂体,规模相对较小,主要以河口坝、席状砂为主。东部隆起区主要以窄条型、孤立砂体响应为主,反映了潮汐沉积环境。利用反演数据完成 7 套潮控砂体的刻画,整体上断槽区潮控三角洲沉积砂体发育规模相对较广泛、连续,隆起区潮汐沉积砂体相对规模较小、零星(图 12)。

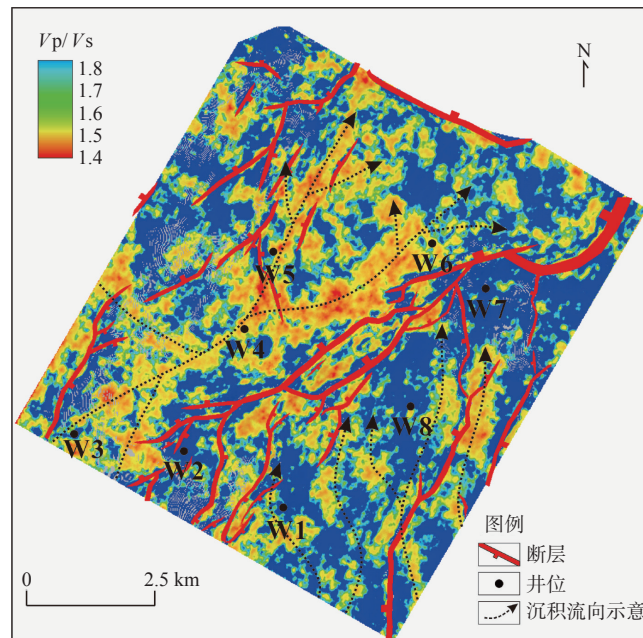


图 11 平下段 P10 层 V_p/V_s 反演属性

Fig.11 V_p/V_s inversion attribute of P10 layer

4.3 砂体类型与分布

根据古地貌恢复技术重现研究区平湖组平下段沉积时期地貌,结果表明,研究区受同沉积断层和古隆起的控制,具有“洼隆相间”的堑、垒地貌特点^[14-16]。研究区西北部呈现带状隆起区;中部主要为断槽带,呈 NE-SW 向分布,断槽中间出现局部低凸起,将断槽内部复杂化;东南部主要为水下古鼻隆,正南部与正东部为深洼带(图 13)。由于平下段沉积期具有“西高东低”的三级分带地貌特征,西北部带状隆起区一直位于海平面之上,受到剥蚀并持续为研究区提供物源,整体为潮上带沉积环境;

中部断槽带为水体较浅的潮间带,主要发育潮控三角洲沉积,结合反演属性可以清晰看到,平下段 P10 沉积时期河流自西南隆起区顺断槽输入的砂体,由于卸载作用而逐渐沉积。河流沉积受到断槽内部低凸起地貌坡折的控制,河道主体在 W4 与 W5 井区分成 2 支河道,一支河道顺宝武反向断层推进到 W6 井区,另一支沿断槽北部向前,形成大规模的潮控三角洲沉积朵叶体;在朵叶体的前端水体较深,主要发育零星的河口坝、席状砂等沉积微相。研究区东南部,由于水深加大,距离西北部物源区较远,且受到古鼻隆的遮挡,物源直接供应相对较少,以潮下带的潮坪沉积为主,在反演属性图上的

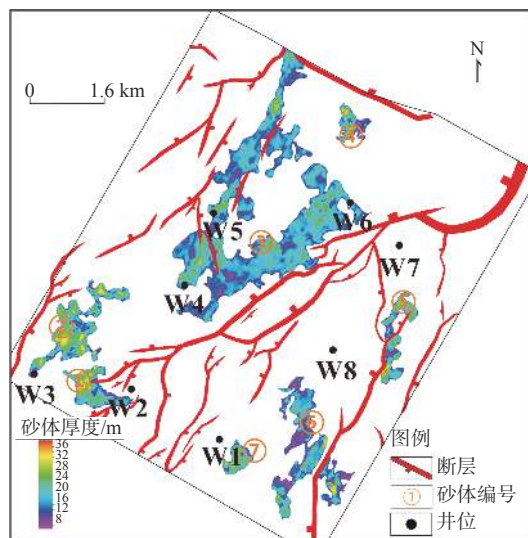


图 12 平下段 P10 层砂体厚度分布
Fig.12 Distribution of sand body thickness of P10 layer

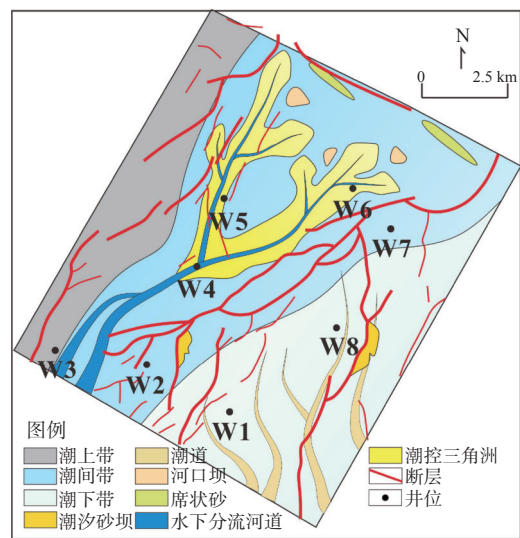


图 14 平下段 P10 层沉积微相
Fig.14 Sedimentary microfacies of the target layer

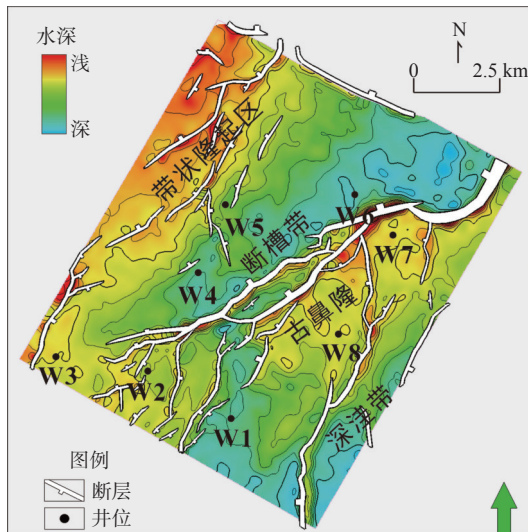


图 13 平下段古地貌
Fig.13 Paleomorphology of the Lower Member of Pinghu Formation

响应比较“碎片化”，主要发育潮汐砂坝和潮道沉积微相，分布于鼻隆区的负向区，砂体发育规模相对较小(图 14)。研究区平下段 P10 目的层的规模砂体主要发育在断槽带，受潮控三角洲沉积控制，砂体广泛发育，以水下分流河道和河口坝沉积为主；古鼻隆区由于地貌凸起，造成可容空间相对较小，且离物源较远，受地貌遮挡，主要为潮下带沉积环境，发育小规模潮道、潮汐砂坝沉积，向地貌上倾方向尖灭^[17-19]。

5 有利目标优选及井位建议

根据正演结果、古地貌分析、沉积相展布及储

层预测研究结果，对研究区平湖组平下段 P10 层 7 套潮控砂体进行综合评价(表 3)。按照优势古地貌区、有利相带分布区、断砂匹配关系、构造高低等原则进行划分，共分为 3 类有利目标，其中，③号砂体属于一类有利目标，满足所有划分标准；①、⑤号砂体属于二类有利目标，满足 3 类标准；②、④、⑥号砂体属于三类有利目标，满足 1~2 类标准；⑦号砂体不满足所有标准。综合研究认为，③号砂体为下一步开发井位部署的有利目标，目前，针对③号砂体已经部署 5 口开发井，均钻遇油气层，且获日产天然气百万立方米。

表 3 平下段有利目标评价表
Table 3 Favorable target evaluation

砂体	评价指标			
	优势古地貌区	有利相带分布区	断砂匹配	构造高低
①		水下分流河道	较好	高部位
②		水下分流河道		高部位
③	断槽带	水下分流河道	较好	高部位
④	断槽带			
⑤		潮汐砂坝	较好	高部位
⑥		潮汐砂坝	较好	
⑦				

6 结论

(1) 研究区平下段主要发育潮控三角洲沉积与潮汐沉积环境。潮控三角洲沉积主要发育潮控三角洲前缘亚相，包括水下分流河道、水下天然堤、河口坝、席状砂、支流间湾等微相；潮汐沉积主要发育

潮下带亚相,主要包括潮道、潮汐砂坝、泥坪等微相。

(2) 利用正演模拟、道集分析和叠前部分叠加地震剖面分析,研究区平下段储层表现出近偏为波峰,随偏移距增加振幅能量减弱,远偏发生相位反转为波谷的Ⅱ-p类 AVO 特征。利用叠前近、远道集属性定性预测储层展布规律,实现约束反演进行储层定量预测,降低预测的多解性。

(3) 综合地球物理属性、古地貌特征和沉积相,研究区平下段 P10 层规模砂体主要发育在断槽带,受到潮控三角洲沉积控制,以水下分流河道和河口坝沉积为主;古鼻隆区由于地貌凸起,造成可容空间相对较小,且离物源较远、受地貌遮挡,主要为潮下带沉积环境,发育小规模潮道、潮汐砂坝沉积,向地貌上倾方向尖灭。

(4) 利用 V_p/V_s 反演主要针对 P10 目的层刻画 7 套砂体,其中,③号砂体属于一类有利目标,①、⑤号砂体属于二类有利目标,②、④、⑥号砂体属于三类有利目标。综合研究认为,一类有利目标可作为下一步开发井位部署目标。

参考文献:

- [1] 江东辉,蒲仁海,苏思羽,等. 断陷盆地斜坡带大型油气田成藏条件: 西湖凹陷平北缓坡断裂与岩性控藏有利区[J]. *天然气工业*, 2021, 41(11): 33-42.
- [2] 周荔青,江东辉,张尚虎,等. 东海西湖凹陷大中型油气田形成条件及勘探方向[J]. *石油实验地质*, 2020, 42(5): 803-812.
- [3] 周心怀. 西湖凹陷地质认识创新与油气勘探领域突破[J]. *中国海上油气*, 2020, 32(1): 1-12.
- [4] 王泽宇,徐清海,侯国伟,等. 东海陆架盆地西湖凹陷W井区平湖组潮汐沉积模式[J]. *海相油气地质*, 2021, 26(2): 159-169.
- [5] 王红岩,周祥林,胡伟,等. 西湖凹陷平北斜坡带含煤系地层储层预测[J]. *石油物探*, 2021, 60(4): 595-603.
- [6] 刘英辉,蔡华,段冬平,等. 西湖凹陷平湖地区平湖组海侵体系域潮控三角洲-潮坪沉积特征及模式[J]. *海洋地质前沿*, 2022, 38(1): 33-40.
- [7] 胡云亭,刘灵童,王文升,等. 基于沉积相控的优质储层预测: 以鄂尔多斯盆地X区块下石盒子组致密砂岩气为例[J]. *断块油气田*, 2020, 27(6): 705-709.
- [8] 张兰,汪文基,何贤科,等. 东海西湖凹陷平湖组富煤环境相控储层预测技术[J]. *现代地质*, 2019, 33(2): 337-344.
- [9] 李上卿,李纯洁. 东海西湖凹陷油气资源分布及勘探潜力分析[J]. *石油实验地质*, 2003, 25(6): 721-728.
- [10] 蔡华,秦兰芝,刘英辉. 西湖凹陷平北斜坡带海陆过渡相源-汇系统差异性及其耦合模式[J]. *地球科学*, 2019, 44(3): 880-897.
- [11] 常吟善,段冬平,张兰,等. 西湖凹陷平湖斜坡带A气田沉积体系定量表征及海平面变化周期性探讨[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2021, 41(3): 12-21.
- [12] 吴峰,任培罡,谈明轩,等. 东海西湖凹陷孔雀亭地区平湖组沉积相演变及其主控因素分析[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2022, 42(2): 119-130.
- [13] 徐长贵,赖维成. 渤海古近系中深层储层预测技术及其应用[J]. *中国海上油气*, 2005, 17(4): 231-236.
- [14] 王华,白云凤,黄传炎,等. 歧口凹陷古近纪东营期古物源体系重建与应用[J]. *地球科学: 中国地质大学学报*, 2009, 34(3): 448-456.
- [15] 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.
- [16] 刘金水,陆永潮,秦兰芝. 源-汇系统分析方法在大型储集体研究中的应用: 以西湖凹陷中央反转带花港组为例[J]. *石油实验地质*, 2019, 41(3): 303-310.
- [17] 漆家福. 裂陷盆地中的构造变换带及其石油地质意义[J]. *海相油气地质*, 2007, 12(4): 43-50.
- [18] 王启明,黄晓波,宛良伟,等. 石臼坨凸起东倾末端沙一、二段汇聚体系特征及砂体展布规律[J]. *中国海上油气*, 2017, 29(4): 60-67.
- [19] 张建新,林畅松,郑和荣. 断陷湖盆断裂、古地貌及物源对沉积体系的控制作用: 以孤北洼陷沙三段为例[J]. *油气地质与采收率*, 2002, 9(4): 24-27.

Seismic prediction of tide-controlled sand reservoir in Pinghu Formation coal seam, W Gas Field, Xihu Sag, East China Sea Basin

LYU Peng¹, LEI Lei¹, SUN Li¹, WANG Jianwei¹, YAN Hua¹, LIN Lixin¹, LIU Shipeng²,
GE Jiawang³, WU Wenwen¹

(1 Research Institute of Exploration and Development, Shanghai Offshore Oil and Gas Company, SINOPEC, Shanghai 200120, China; 2 GeoSoftware (Beijing), Beijing 100020, China; 3 School of Earth Science and Technology, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China)

Abstract: The Xihu Sag in the East China Sea is rich in oil and gas resources and has good exploration and development potential. Pinghu Formation, as an important oil-bearing horizon, has become the focus of exploration and development in the near future. Thin coal seams are widely developed in Pinghu Formation, which leads to multiple solutions of seismic amplitude, phase, and frequency of oil-bearing sand bodies, which seriously restricts the development and production. To identify oil-bearing sandstone under the influence of thin coal seams, reservoir earthquake prediction was carried out. First, the characteristics of tide-controlled sedimentary environment were analyzed in detail through core, well logging, and analytical laboratory data. Then, using rock physical analysis technology, the characteristics of pre-stack collection response of water-bearing sandstone and gas-bearing sand under the influence of thin coal seams were summarized. Finally, the geophysical properties were used to predict the reservoir of tide-controlled sand body, and the favorable target selection in the study area was realized in combination with the sedimentary characteristics. Results show that the Pinghu Formation mainly developed tide-controlled delta-tidal sedimentary environment, in which underwater distributary channel, estuary bar, and tidal sand bar were the dominant sedimentary microfacies. Under the influence of thin coal seam, the sand-body reservoir shows AVO type- II response characteristics with wave crest in the short path and trough in the far path. Using prestack gathers response law to guide the P/S velocity ratio inversion, control reservoir quantitative prediction was completed. Based on the understanding of paleo-geomorphology and sedimentary microfacies, the potential of the tidal control environment in the study area could be accurately described, and No.3 sand body is a favorable and potential target. This method improved effectively the accuracy of reservoir prediction in the study area, and provided a technical support for the well location deployment of the deep coal measure tidal control sand body in the block.

Key words: Xihu Sag; coal measure strata; tide-controlled sand body; sedimentary microfacies; reservoir prediction