

李文俊,段冬平,何贤科,等. 西湖凹陷 HY 气田低渗储层分类描述及流体检测[J]. 海洋地质前沿, 2021, 37(12): 17-26.

西湖凹陷 HY 气田低渗储层分类描述及流体检测

李文俊,段冬平,何贤科,陈波,王伟

(中海石油(中国)有限公司上海分公司,上海 200335)

摘要:HY 气田位于西湖凹陷中央反转构造带南部,主要目的层花港组上段为浅水三角洲沉积,储层为中低孔低渗储层,地震响应特征表现为 II 类 AVO (Amplitude Variation with Offset)。受压实作用影响,储层孔隙度由上至下逐渐降低,AVO 类型由 II b 类向 II a 类转变。从岩石物理分析、正演模拟、相位转换及 AVO 投影角度旋转等方面,制定了针对低渗储层不同 AVO 特征的精细描述方法。研究认为,区内中孔低渗储层表现为 II b 类 AVO 响应特征,叠后地震砂顶标定于波谷,储层描述应采用叠后-90°相移波形解释、叠后包络属性流体检测等方法;低孔低渗储层表现为 II a 类 AVO 响应特征,储层描述应采用叠后 0°相移波形解释、叠前扩展弹性阻抗流体检测等方法。基于上述“一层一策”储层精细描述方法,成功指导研究区多口钻井实施,储层预测及流体检测成功率 100%,大幅改善气田开发现状。

关键词:西湖凹陷;低渗储层;AVO 特征;地震波形解释;扩展弹性阻抗

中图分类号:P744.4;P618.13

文献标识码:A

DOI:10.16028/j.1009-2722.2021.125

0 引言

西湖凹陷位于东海陆架盆地中段的浙东坳陷东部,凹陷整体呈 NNE 向展布^[1]。HY 气田位于西湖凹陷中央反转构造带中南部,为 NE-SW 向背斜构造,圈闭面积约 50~60 km²(图 1)^[2-3]。气田属勘探开发早期,目前已有探井 3 口,开发井 5 口,但主要分布在构造轴部高点,构造翼部无井分布,具有较大的开发调整潜力。

HY 气田自下而上发育新生界古近系、新近系及第四系;渐新统花港组是本区主要含气层段,其中主产层为花港组上段 H3-H5 砂层组(图 2)^[4]。H3 层为中孔低渗油藏,H4-H6 层为低孔低渗气藏^[5]。本次研究重点针对 H4-H5 层内开展储层精细描述及“甜点”储层预测。

HY 气田 ODP 实施后地质储量大幅减少,持续

高效开发面临巨大挑战。该气田主力储层沉积相为河流-三角洲沉积环境^[6-7],有利储层为水道类储层,具有水道边部物性差、含气丰度低,水道主体区物性相对较好、含气丰度高的特点。针对储层的精细描述工作是气田开发调整及挖潜的主要方向,主要存在以下攻关难点:

(1)油气储层埋藏深,主要位于 3 000~3 600 m 的深度范围,而相应层位地震资料主频低(25 Hz),垂向分辨率低,储层预测精度低。

(2)水道类储层非均质性强,纵向以砂泥互层为主,横向岩性、物性变化快,水道主体区及砂体边界的准确识别对井位部署影响较大。

(3)随埋深增大,油气储层孔隙度降低导致 AVO 特征发生变化,多种储层描述方法在面对不同类型储层时适用性不一,进一步增加储层精细描述复杂性。

针对上述问题,论文基于岩石物理正演模拟分析,指明了低渗储层 AVO 响应特征变化及成因,探索并制定了“一层一策”的储层精细描述方法,大幅改善了储层形态的刻画精度,并进一步实现了含气性预测的突破。论文中形成的基于 AVO 差异的低渗储层精细描述方法针对性强、适用性广,对同类油气田储层精细描述与开发实施等具有重要的指导意义。

收稿日期:2021-07-26

资助项目:国家自然科学基金“东海深层低渗-致密气储层体系质量差异性成因机制及演化模式”(U19B2006);中海石油(中国)有限公司科技项目“西湖凹陷中深层河流相储层表征及剩余油气挖潜研究”(YXKY-2019-SH-01)

作者简介:李文俊(1989-),男,硕士,工程师,主要从事开发地震与地质综合研究方面的工作。E-mail:liwj41@cnooc.com.cn

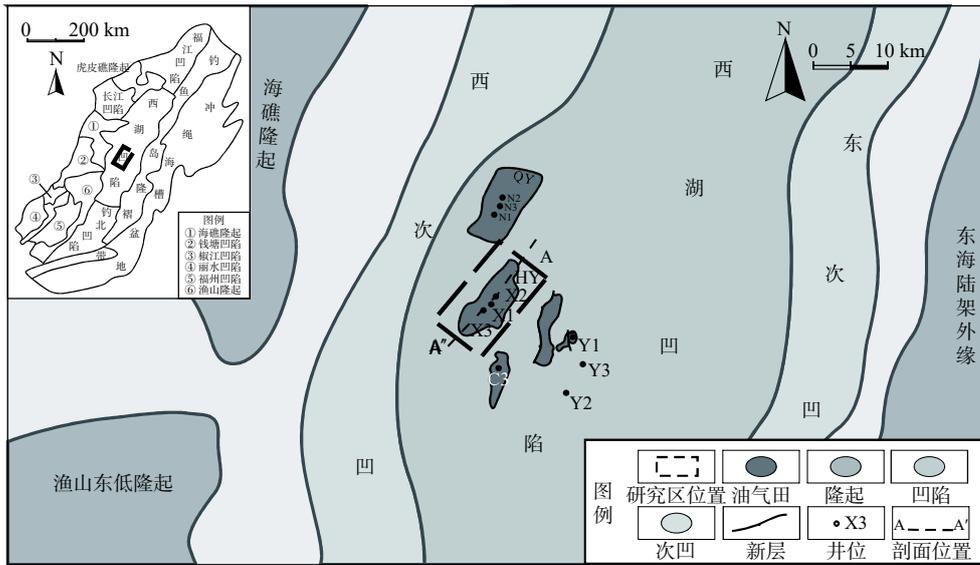


图 1 研究区地理位置、地质剖面、井位分布

Fig.1 Geographic location of the study area and locations of geological sections and wells

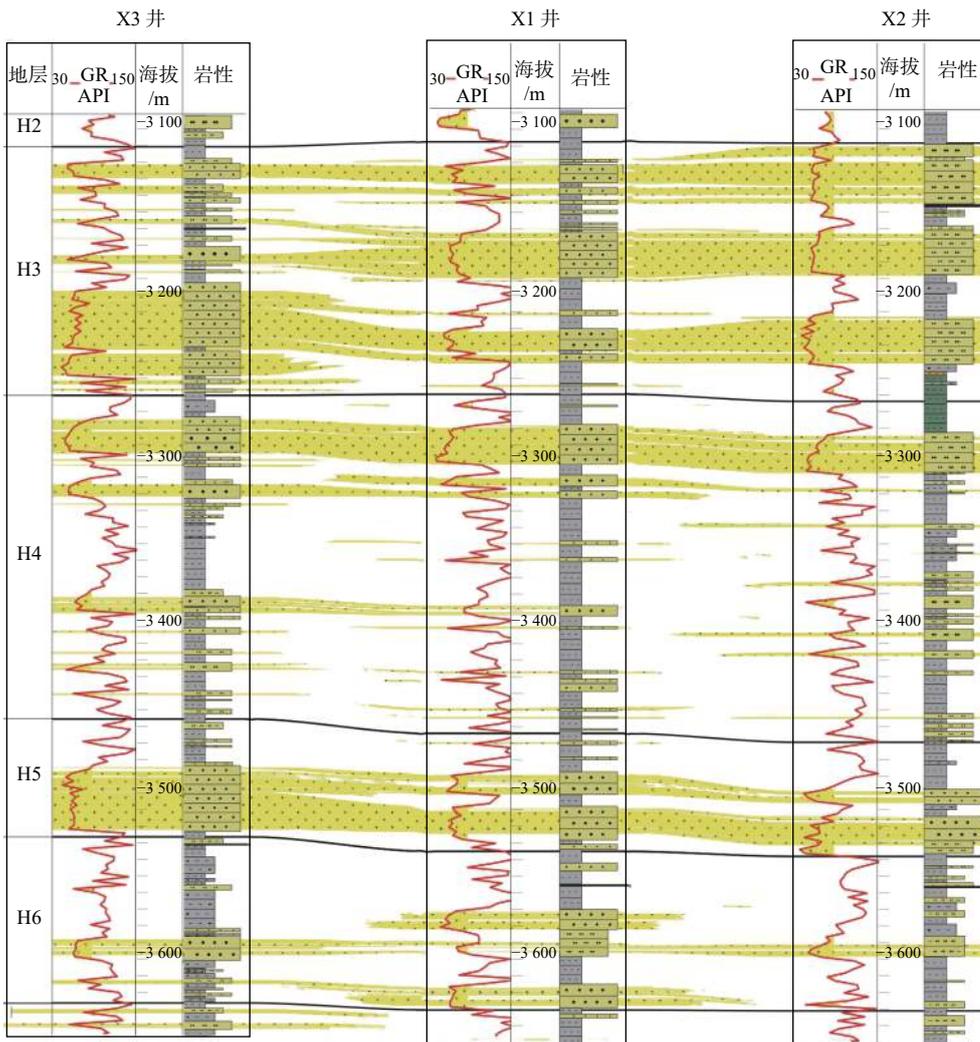


图 2 主要目的层砂体对比

Fig.2 Correlation of sand bodies of the target layer

1 低渗储层 AVO 特征及差异性分析

1.1 压实作用是本区低渗储层孔隙度降低的主因

根据 HY 气田岩心资料, 花港组上段储层平均孔隙度为 9.8%~14.84%, 平均渗透率(2.01~19.22)

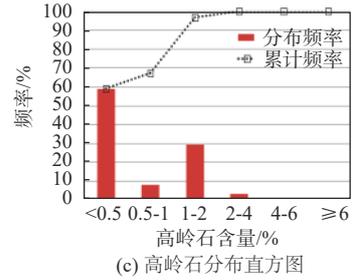
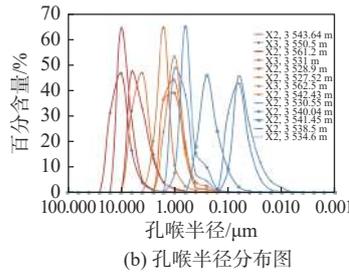
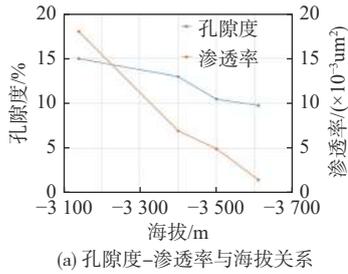


图 3 HY 气田花港组上段低渗储层物性影响因素

Fig.3 Analysis of influencing factors on physical properties of low permeability reservoir in Upper Member of Huagang Formation in HY Gas Field

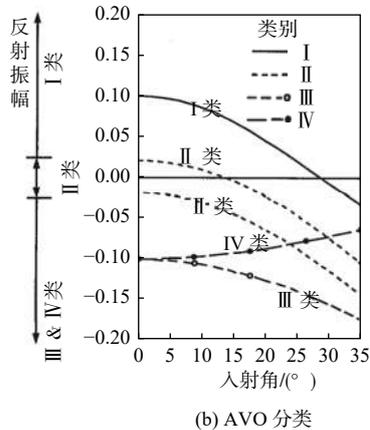
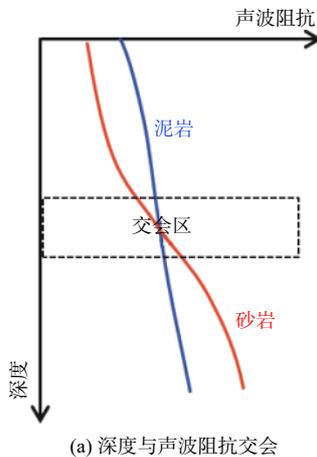
1.2 低渗储层随孔隙度变化的 AVO 响应特征

狭义的 AVO 分析技术, 是指利用地震资料研究实际纵波反射振幅随炮检距的变化。AVO 分析技术作为一种储层表征及流体检测的有力工具, 已被众多工区实践所证明并已纳入到常规的油气勘探的工作流程中^[9]。在以砂泥岩为主的地层中, 孔隙度是影响砂泥岩弹性参数的最主要因素。通常情况下, 浅层泥岩声波阻抗高于砂岩, 而在深层由于进一步压实作用影响, 砂岩声波阻抗高于泥岩。在某一特定的深度上, 砂岩与泥岩的阻抗趋势会相交, 此时它们的阻抗差异很小(图 4a)。因此, 对于浅层区域, 泥岩-砂岩界面是负声波阻抗差、较小的负泊松比差, AVO 响应表现为零偏移距反射系数为

$\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 储层物性明显具有随埋深增加而逐渐变差的特点(图 3a), 渗透率与孔隙度表现为较好的正相关^[8]。压汞资料显示, 储层孔隙结构整体表现为单峰型特征(图 3b)。铸体薄片鉴定资料表明, 黏土矿物仅见高岭石, 且含量为 <2%(图 3c)。综合分析表明, 气田低渗储层主要为压实作用下的孔隙度降低导致。

负且较小的负 AVO 梯度(III类 AVO 响应); 对于深层区域, 泥岩-砂岩界面具有正声波阻抗差及相对较明显的负泊松比差, AVO 响应特征为零偏移距反射系数为正且具有较大的负 AVO 梯度(I类 AVO 响应)^[10]。值得注意的是, 在中深层区域, 由于砂泥岩声波阻抗较为接近, AVO 响应特征通常表现为零偏移距反射系数较小(可正可负), 远偏移距为较大的负反射系数, 负 AVO 梯度(II类 AVO 响应)。通常, II类 AVO 响应根据零移距时的反射系数的正负值响应可进一步分为 IIa 类和 IIb 类 AVO 特征(图 4b、c)。

此外, 在岩性组合较为复杂的地层中, 会出现零入射角反射系数为负的较大值且振幅随移距增加而减少的 AVO 响应现象, 即 IV 类 AVO 响应(图 4b)。



类别	梯度	绝对振幅	层段
I	负	远道 <R(0), 可能有相位旋转	深层
II	负	远道 >R(0), 有相位旋转	中深层
II	负	远道 >R(0), 无相位旋转	中深层
III	负	远道 >R(0), 无相位旋转	浅层

(c) 砂泥岩地层随深度变化 AVO 响应特征

图 4 砂泥岩地层压实作用下 AVO 响应特征

Fig.4 AVO response characteristics of sandstone and mudstone under compaction

AVO 技术应用流程为首先在 AVO 正演模型的基础上, 结合 AVO 异常类型分类标准进行油气层 AVO 类型划分, 再在此基础上依据 AVO 异常类型来选择“标准”的 AVO 属性^[11]。基于 HY 气田

储层埋深、岩性组合特征及孔隙度分布范围, 对气田不同深度不同孔隙度的含水砂岩及含气砂岩开展叠前正演, 结果与理论分析中 AVO 特征响应较为一致(图 5)。

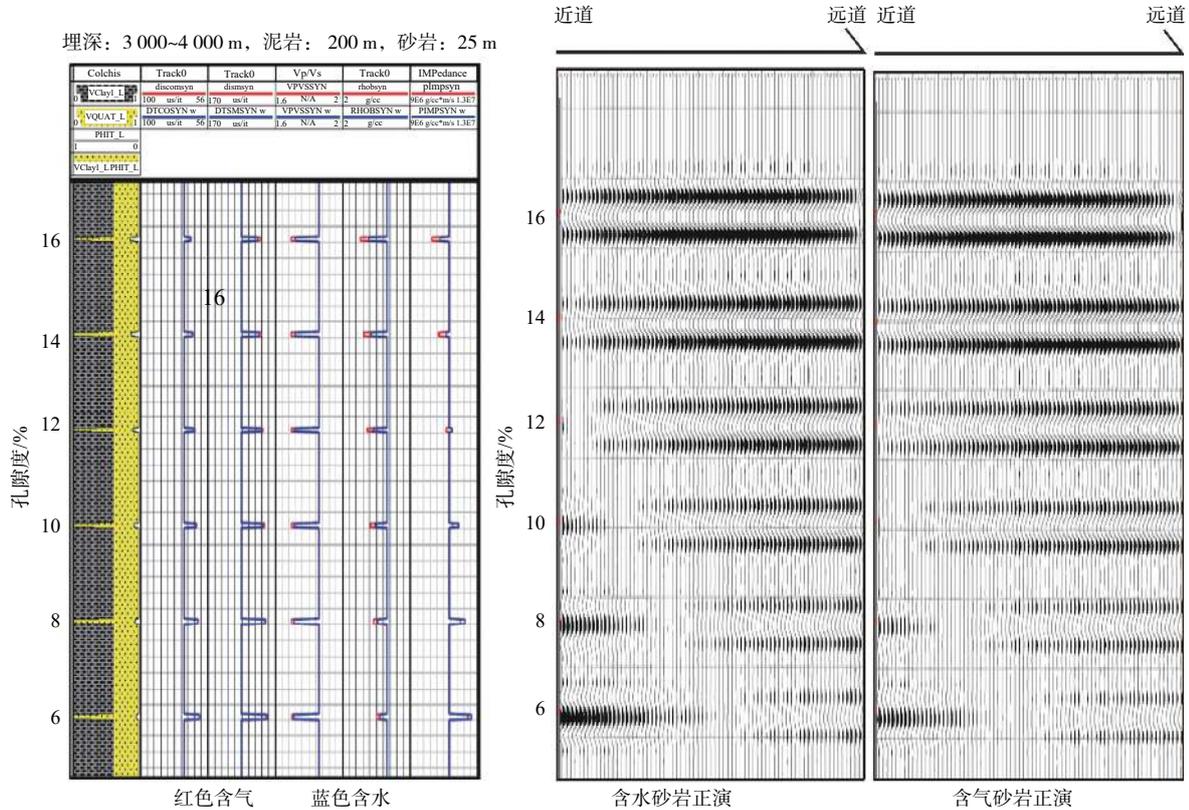


图 5 HY 气田低渗储层不同孔隙度叠前正演

Fig.5 Prestack forward modeling of low permeability reservoir with different porosity in HY Gas Field

基于正演模型可以看出, 在气田中深层孔隙度为 10%~15% 的条件下, 砂岩均表现为 II b 类 AVO 响应特征。而当孔隙度降低至 10%(H5 层) 以后, 近远道振幅响应出现极性反转, 表现为 II a 类 AVO 特征。

1.3 低渗储层随 AVO 类型变化的层位标定差异

低渗储层 AVO 类型随埋深的变化体现在叠后地震层位标定中, 砂顶标定的位置具有明显不同。II b 类 AVO 特征 H4 层砂顶标定为强波谷, II a 类 AVO 特征 H5 层砂顶靠近零相位(图 6)。

综上, 基于低渗储层不同孔隙度特征的 AVO 特征分析可知, 研究区低渗储层主要为 II 类 AVO 特征, 根据孔隙度的差异, 可进一步分为相对高孔的 II b 类 AVO 特征储层与相对低孔的 II a 类 AVO 特征储层。同时, 由于 AVO 类型变化下叠后地震砂顶标定位置差异的存在, 低渗储层在精细描述及综

合分析中应选择针对自身 AVO 类型的方法。

2 针对 II b 类 AVO 特征的储层精细描述技术

II b 类 AVO 特征的低渗储层相对高孔, 近远道反射系数没有相位变换, 更贴近于 III 类 AVO 特征的常规储层。因此, 虽然砂泥岩阻抗差异并不明显, 但由于叠后地震上不存在近道翻转导致的振幅削弱现象, 通过对叠后地震开展精细化解解释可实现储层精细评价的需求。

2.1 叠后-90°相移储层解释技术

地层由不同时期形成的沉积物垂向叠加而成, 受上覆地层压实形成垂向可以区分的不同地层单元^[12], 地层单元之间由于岩性、接触面产状等因素的影响, 对地震波的反射存在差异, 从而能够在地

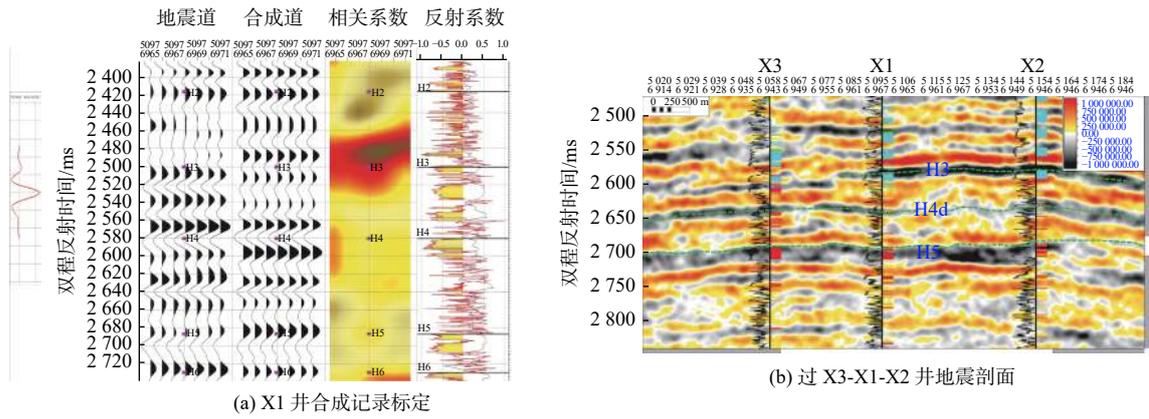


图 6 HY 气田低渗储层层位标定
Fig.6 Calibration of low permeability reservoir in HY Gas Field

震剖面上将其区分开^[13]。研究区地震子波为零相位, II b 类 AVO 特征储层砂岩顶面标定于中强反射波谷相位, -90° 相移后将砂岩顶面标定至零相位,

砂体对应波谷响应, 建立储层与地震同相轴之间的对应关系, 将代表反射界面的地震波形赋予了岩性意义(图 7)。

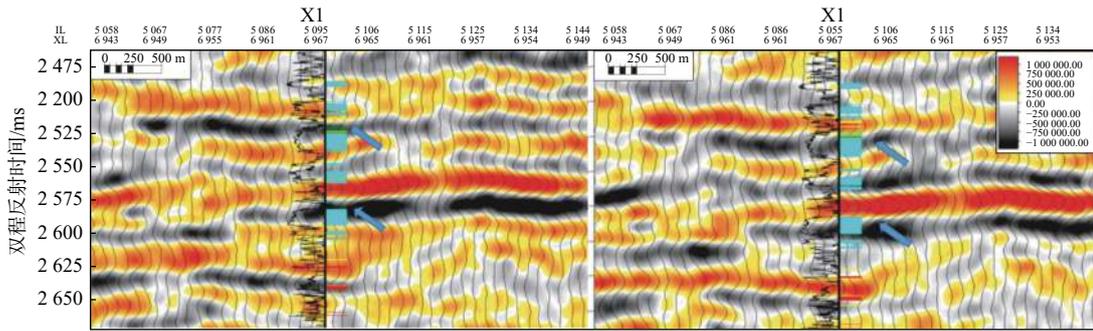


图 7 II b 类储层 -90° 相位转换地震剖面
Fig.7 -90° phase conversion seismic profile of type II b reservoir

对研究区 II b 类 AVO 特征低渗储层 H4 层开展 -90° 相移地震波形解释(图 8), 原始地震剖面层拉平后, 因砂顶标定于强波谷, 受旁瓣效应影响, 两侧的波峰相对对称, 波谷所展现的地质形态并不清晰。而在 -90° 相移地震资料层拉平后, 由于砂顶标定至零相位, 下部波谷具有一定的岩性意义, 结合地震波形可解释出较为明显的下切河谷特征。依据波形解释出的下切河谷范围, 可看出前期井位 X1 井及 X-A5P 井均位于河谷的边部或溢岸区域, 未钻遇有利储层区。后期在该层部署 X-A8 井钻遇 10.7 m 层, X-A10 井钻遇 24.6 m 气层, 实现了地震波形对储层展布的预测。从地震波形上看, 原始地震剖面上 X-A8 井与 X-10 井地震波形无明显区别, 而在 -90° 相移地震资料上 X-A8 井振幅强度明显弱于 X-10 井, 与实钻更为吻合。

的指示意义。

2.2 叠后包络属性流体预测技术

正演模拟显示, II b 类 AVO 特征储层含气后地震响应更贴近于 III 类 AVO 特征, 易在常规地震中出现“亮点”现象; 另一方面, 由于强振幅“亮点”程度不及 III 类 AVO 储层, 在属性提取的时候应强化其属性“亮点”, 弱化振幅间的相对差异。因此, 建议进行含气性分析时仍然以 -90° 相移资料为基础, 同时提取储层段的负振幅之和, 可实现增强高含气区甜点, 突出含气区与含水区差异性的目的。

综上, 针对 II b 类 AVO 特征低渗储层, 采用相移后的地震波形开展地质解释, 不仅储层分布范围更加清晰, 内部储层的强弱变化对岩性也具有一定

通过 -90° 相移地震资料将 II b 类 AVO 特征储层 H4 层砂顶标定至零相位, 并提取负振幅之和属性用于含气性异常区析(图 9a)。与原始地震资料提取的最小振幅属性图(图 9b)对比, 可以发现, 负振幅之和属性含气异常区(图中红色部分)与构造线叠和程度高, 主要位于背斜构造高部位, 含气异常区域呈连片发育特征。进一步的分析表明, 图 9b

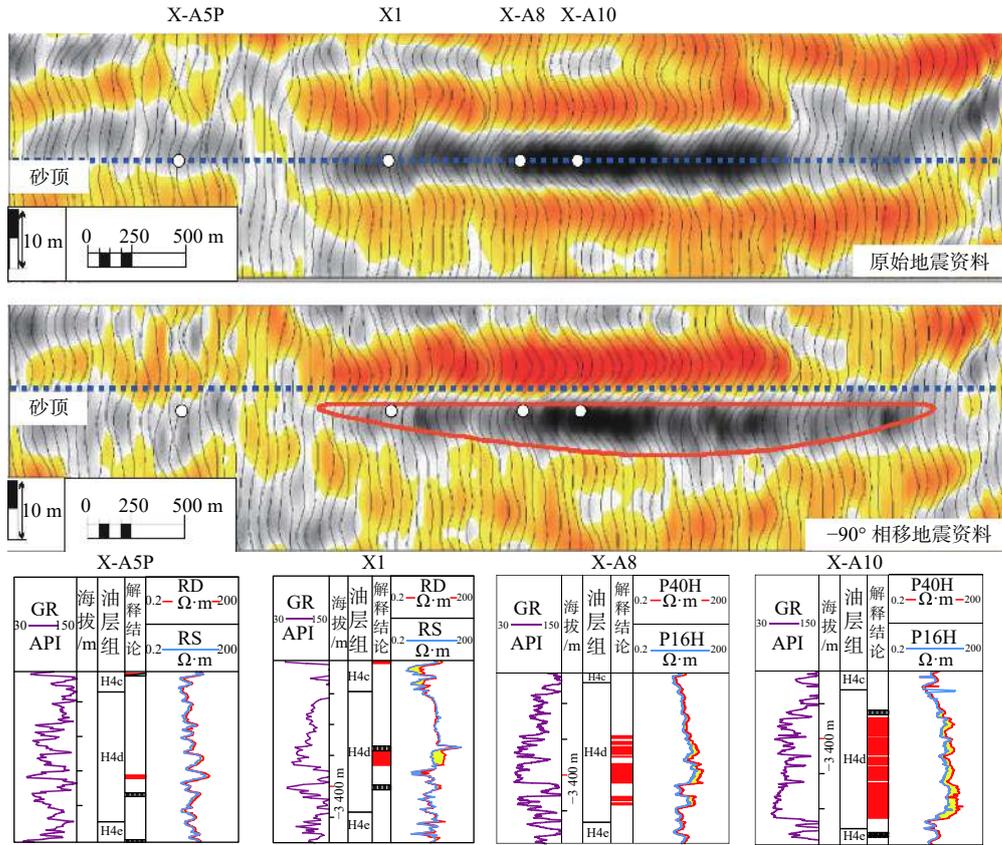


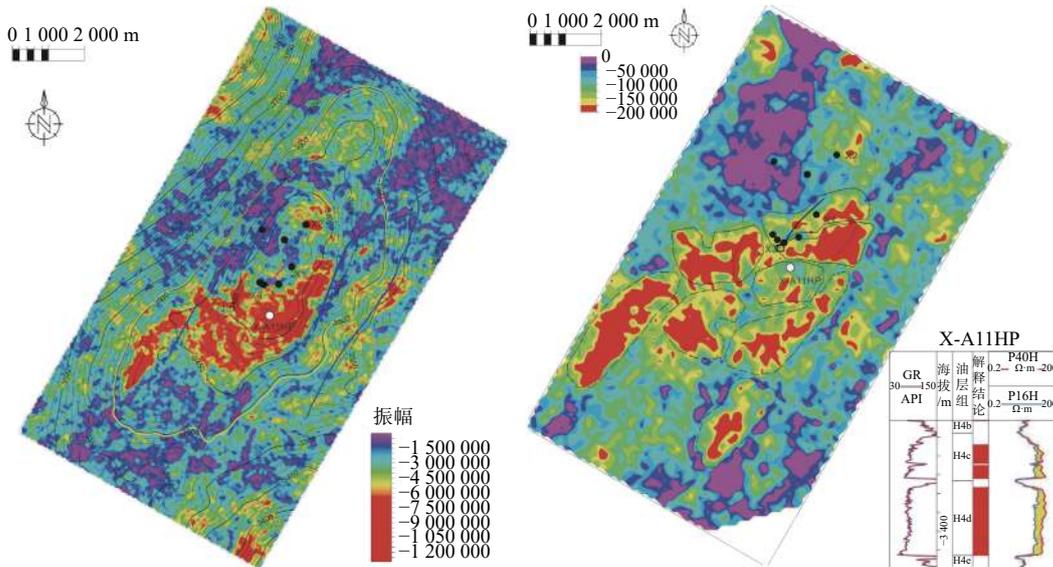
图 8 II b 类储层-90°相移波形解释与钻井对比

Fig.8 -90° phase waveform interpretation and correlation with drilling results of class II a reservoir

与构造的匹配、断层的搭接等可形成较好的厚层状边水气藏，具有较高的成藏可信度。2020 年，在 X3 井南部及 X1 井东部合计钻探 4 口调整井，均发育厚气藏。特别是 X-A11HP 井，在原始地震最小振幅属性上为弱振幅，在-90°相移与负振幅之和属

性上为强振幅区，实现了非亮点向强亮点的转化，在该位置部署的 X-A11HP 井钻遇垂厚 53 m 的厚气层，取了极佳的钻探效果。

图 9a 中红色区域已基本证实为厚层高含气区，该层亦成为 HY 气田的主力产气层，成功通过-90°



(a) HY 气田 H4-90° 相移地震资料负振幅之和属性

(b) HY 气田 H4 原始地震资料最小振幅属性

图 9 HY 气田 H4 层最小振幅属性与负振幅之和属性对比

Fig.9 Comparison of minimum amplitude attribute and negative amplitude attribute of H4 in HY Gas Field

相移与包络属性提取实现了该层有利相带及油气富集区的精准预测。

综上,针对 II b 类 AVO 特征的低渗储层,通过采用叠后地震-90°相移波形解释及叠后包络属性提取等技术,成功完成对储层形态精细刻画及储层含气性分析的综合评价。原开发井钻探于构造高部位,整体为平均厚度仅 3.2 m 的薄、散、差储层;该方法成功预测河谷中部厚储层富气区,调整井钻遇气层为平均厚度 26 m 的优质储层,大幅改善了该层开发现状。

3 针对 II a 类 AVO 特征的储层精细描述技术

II a 类 AVO 特征的低渗储层相对低孔,由于储层顶部在叠后地震上标定于偏零相位,可直接选用叠后地震 0°相移波形解释开展储层形态描述。同时,由于近远道反射系数存在相位变换,叠后地震上砂体反射具有近偏移距与中偏移距的正负抵消后的削弱现象,在储层精细描述中应重点考虑叠前地震信息开展厚度预测及含气性分析。

3.1 叠后地震 0°相移储层解释技术

研究区 II a 类 AVO 特征的储层 H5 层砂岩垂厚一般为 20~35 m,部分井点内部被隔夹层分隔为 2 期砂体,基于井震标定成果(图 6a)可以发现,

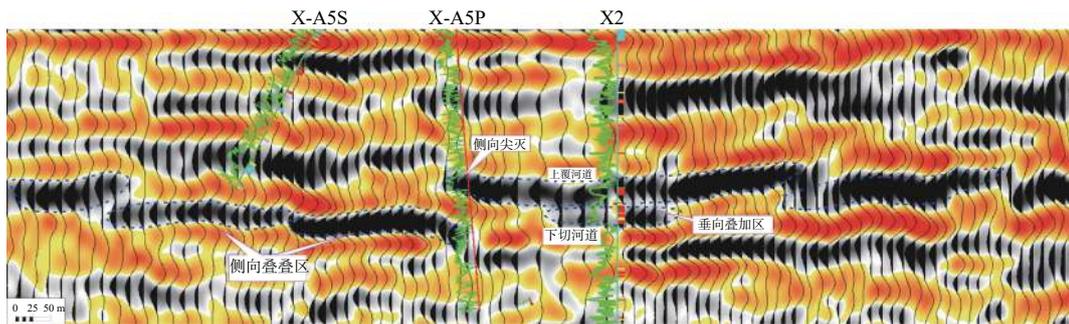


图 10 II a 类储层零相位波形解释与钻井对比

Fig.10 Zero phase waveform interpretation and correlation with drilling results of class IIa reservoir

3.2 叠前扩展弹性阻抗流体检测技术

叠前地震正演道集显示,低渗储层同等孔隙度条件下,含气与含水砂岩 AVO 规律较为接近,仅在不同偏移距的反射强弱存在差异(图 5)。因此,常用的 AVO 属性(截距+梯度、截距-梯度、截距×梯度)等无法实现低渗储层有效的烃类检测能力^[15]。

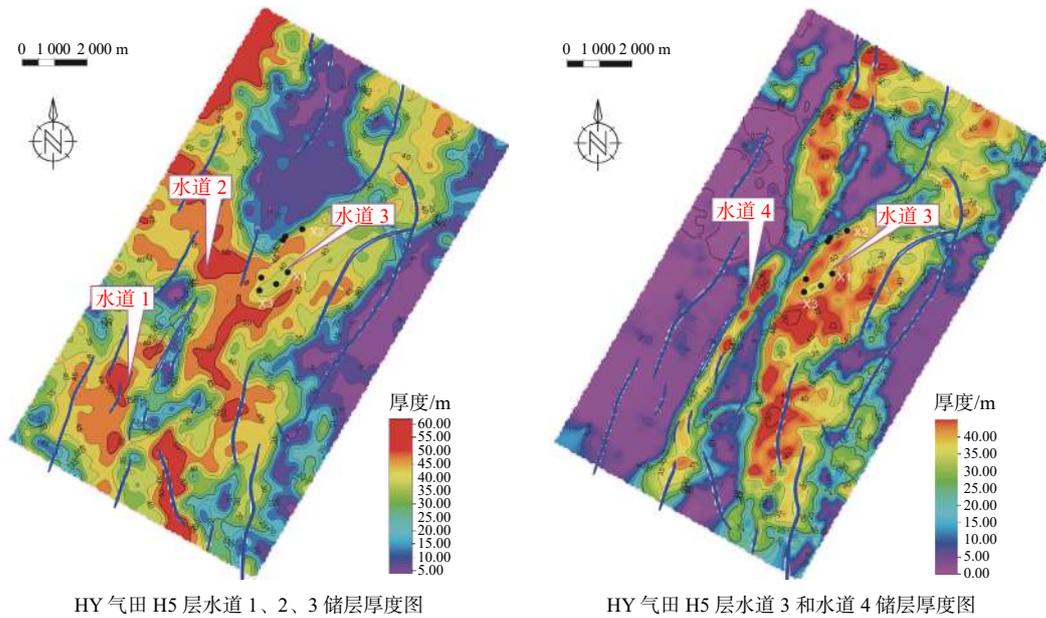
厚层砂岩的顶底面标定于波谷的零相位,而井点表现为 2 期砂体的位置,地震剖面上表现为 2 个波谷夹一个弱波峰的特征(图 6b),整体波谷响应与井点储层匹配关系良好。因此,研究区 H5 层地震波形解释采用原始地震,相位旋转角度为 0°。等时地层切片的平面效果分析,地震反射强度与河道的不同位置具有较好的相关性,河道主体位置,地震反射强度较大,同相轴连续,河道边部,地震同相轴反射强度逐渐减弱,同相轴厚度逐渐减薄,与沉积认识基本一致。

基于地震波形变化,结合井点实际钻遇情况,在研究区主力层识别出多期河道,表现为垂向叠加型和侧向叠加型^[14]。垂向叠加型为 2 个波谷组成的复波,内部夹一个弱波峰,对应井上发育较厚泥质隔夹层,河道内部反射强度较强,向两侧逐渐减弱或相变为波峰,分析认为早期水动力较强,以河道下切为主,晚期水动力相对较弱,以侧向迁移叠加为主。侧向叠加型为多个透镜状强波谷边部相互切叠,切叠位置反射强度减弱,表现为河道侧向迁移或改道后切割或上覆于早期河道之上的沉积特征(图 10)。

通过常规地震波形解释,H5 层表现为多期厚储层水道砂体的相互叠置。依据该方法对 H5 层砂体进行平面连片追踪解释,实现 H5 层 4 期主要水道砂体形态的刻画(图 11)。4 期分流河道储层边界清晰,具有较高的可靠性。

本次研究中通过应用扩展弹性阻抗技术,实现了 AVO 属性的进一步延伸与应用。

基于线性 AVO 理论及 AVO 投影思想,利用 Shuey 近似: $R=R(0)+G\sin^2\theta$ 可以构建任意角度的地震数据。通过将 II 类 AVO 响应特征投影到 $R(0)$ - G 空间,可以将 X 轴看作反射系数的投影坐标轴, Y 轴看作截距的投影坐标轴(图 11)。因此,AVO 交



HY 气田 H5 层水道 1、2、3 储层厚度图

HY 气田 H5 层水道 3 和水道 4 储层厚度图

图 11 HY 气田 H5 层 Vp/Vs 反演储层厚度

Fig.11 Inversed of reservoir thickness map by V_p/V_s in H5 reservoir HY Gas Field

会图中, 0° 角的角度投影 ($R=R(0)+G\sin^2 0^\circ$) 是沿着 Y 轴方向 AVO 交会图中的截距轴。增加投影角度表示沿逆时针方向旋转坐标轴 (图 12)。

扩展弹性阻抗 (EEI) 技术就是基于 AVO 投影思想, 通过增加角度旋转变量 θ , 建立随投影角变化的弹性阻抗曲线, 定义为:

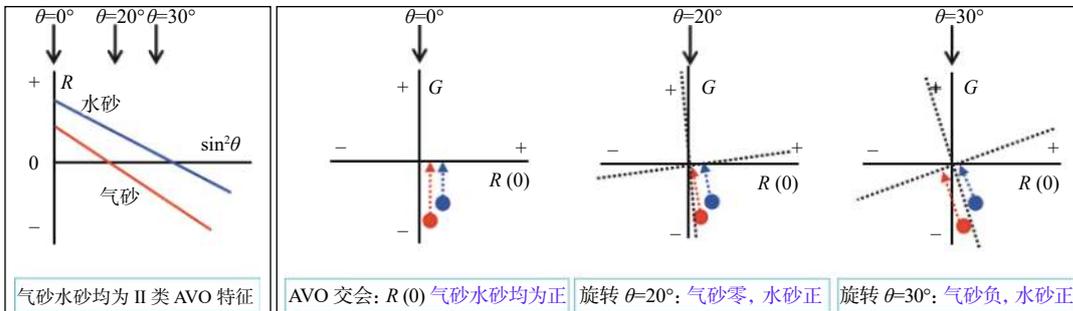


图 12 扩展弹性阻抗流体检测原理

Fig.12 Principle of extended elastic impedance fluid detection

$$EEI = A\cos\theta + G\sin\theta \quad (1)$$

式中: AI 为声波阻抗, $(m/s) \cdot (g/cm^3)$;

θ 为 AVO 投影中的旋转角度投影角, $(^\circ)$;

GI 为梯度阻抗, $(m/s) \cdot (g/cm^3)$ 。

与公式(1)中的投影角对应的反射系数为

$$R(\theta) = A\cos\theta + B\sin\theta \quad (2)$$

式中, A 为截距;

B 为梯度。

通过对研究区储层具体 AVO 特征进行分析, 当 θ 取某个特定值时, 由公式 (2) 计算得到的反射系数投影可以最大区分含烃异常与含水背景。根据阻抗与反射系数关系, 将 θ 代入公式 (1), 得到的 EEI 属性即是能够最大区分含烃异常与含水背景

的 AVO 属性。理论上, 当 θ 取值变化时, 公式 1 可计算得到众多流体区分能力不同的弹性阻抗 (EI) 属性, 因此公式 (1) 中等号右边的代数式为扩展弹性阻抗 (EEI) 属性。

基于扩展弹性阻抗针对 II a 类 AVO 特征低渗储层 H5 层开展流体检测, 实现 EW 向剖面 (剖面 1) 已钻井气层与水层的明显分异。同时, NS 向剖面 (剖面 2) 含气性强弱趋势预测亦与已钻井高度吻合。基于流体检测成果, 预测 H5 气藏各期水道具有相互独立气水系统, 并预测 H5 层构造翼部西南水道 2 低部烃检明显异常, 有发育气层潜力 (图 13)。该成果指导 A7 井实施, 并于 2020 年实钻证实, 成功钻遇垂厚 25.2 m 高阻气层, 实现该层进一步增储上产。

综上,针对 II a 类 AVO 特征的低渗储层,通过采用叠后地震 0° 相移波形解释及叠前抗展弹性阻抗流体检测等技术,成功完成储层形态精细刻画及含气性分析的综合评价。不仅在气田内部精细刻

画出该层 4 期水道,实现各期水道含气与含水的预测。在此基础上,推动南部低部位的烃检异常水道 2 成功评价,实现该层地质储量大幅增长,极大改善其开发现状。

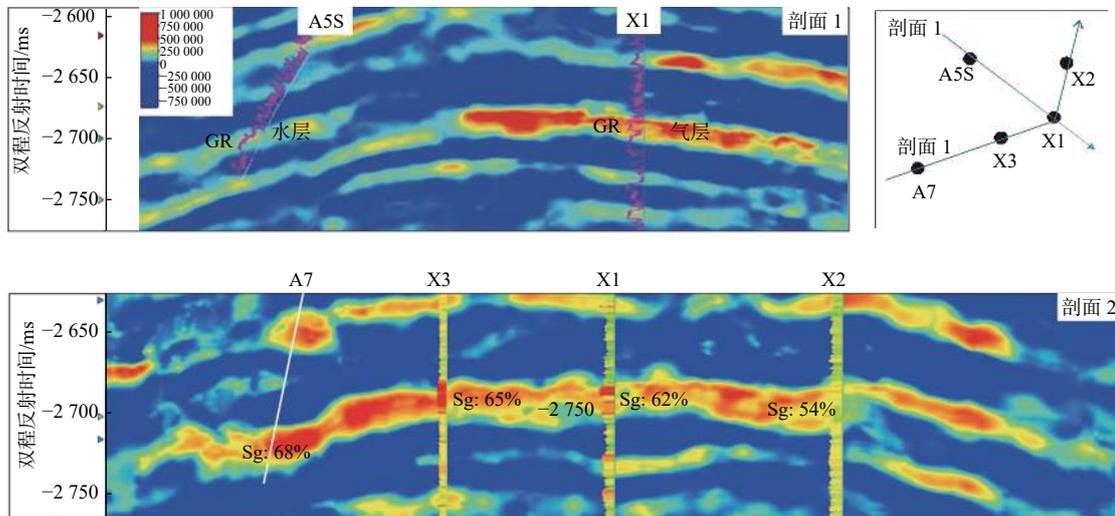


图 13 扩展弹性阻抗流体检测剖面

Fig.13 Profile of extended elastic impedance fluid detection

4 结论

(1) 研究区低渗储层主要为 II 类 AVO 特征,根据孔隙度的差异,可进一步分为相对高孔的 II b 类 AVO 特征储层与相对低孔的 II a 类 AVO 特征储层。II 类 AVO 储层中,由于 AVO 响应的进一步变化,导致叠后地震砂顶标定位置存在差异,储层精细描述及综合分析应充分考虑针对该层 AVO 特征的方法。

(2) 针对 II b 类 AVO 特征低渗储层,叠后地震 -90° 相移波形解释可较好实现储层形态刻画,叠后 -90° 相移与包络属性提取技术相结合可对储层含油气性有较好指示作用。

(3) 针对 II a 类 AVO 特征低渗储层,叠后地震 0° 相移波形解释可用于储层形态刻画,叠前抗展弹性阻抗技术开展流体检测具有较高的可信度。

参考文献:

- [1] 赵洪,蒋一鸣,沈文超,等. 西湖凹陷花港组物源特征及对储层的影响研究[J]. 煤炭科学技术, 2018, 46(2): 65-72.
- [2] 张建培,徐发,钟韬,等. 东海陆架盆地西湖凹陷平湖组-花港组层序地层模式及沉积演化[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2012, 32(1): 35-41.
- [3] 刘亚茹,高顺莉,周平,等. 西湖凹陷转换断裂发育特征及其油

气地质意义[J]. 海洋地质前沿, 2020, 36(10): 42-49.

- [4] 曾洪流,朱筱敏,朱如凯,等. 陆相拗陷型盆地地震沉积学研究规范[J]. 石油勘探与开发, 2012, 39(3): 275-284.
- [5] 姚云霞,刘江,张雷. 叠前纵横波联合反演技术在 PH 油气田薄储层预测中的应用[J]. 中国海上油气, 2011, 23(6): 377-379.
- [6] 何昕锴,李晓龙,赵洪,等. 东海西湖凹陷碎屑岩物源聚类分析[J]. 海洋地质前沿, 2020, 36(6): 11-19.
- [7] 冉令. 一种基于地震波形指示的反演方法研究[J]. 中国石油大学胜利学院学报, 2016, 30(3): 3-5.
- [8] 杜伟维,金兆军,邸永香. 地震波形指示反演及特征参数模拟在薄储层预测中的应用[J]. 工程地球物理学报, 2017, 14(1): 56-61.
- [9] 明君,王辉,林桂康. 扩展 AVO 技术在渤海油田的应用[J]. 地球物理学进展, 2015, 23(6): 2736-2740.
- [10] 才巨宏. 综合应用波形分析及地震特征反演技术预测滩坝砂岩: 以博兴洼陷梁 108 地区为例[J]. 油气地质与采收率, 2005, 12(3): 42-44.
- [11] 史会峰. 基于贝叶斯理论 MCMC 优化参数的负荷预测模型[D]. 北京: 华北电力大学, 2013.
- [12] 刘化清,倪长宽,陈启林,等. 地层切片的合理性及影响因素[J]. 天然气地球科学, 2014, 25(11): 1822-1829.
- [13] 钱玉贵,叶泰然,张世华,等. 叠前地质统计学反演技术在复杂储层量化预测中的应用[J]. 石油天然气学报, 2013, 34(6): 834-840.
- [14] 孙月成,周家雄,马光克,等. 叠前随机反演方法及其在薄层预测中的应用[J]. 地质勘探, 2010, 30(12): 29-32.
- [15] 程冰洁,徐天吉,李曙光. 频变 AVO 含气性识别技术研究与应用[J]. 地球物理学报, 2012, 55(2): 608-613.

CATEGORY DESCRIPTION AND FLUID DETECTION FOR LOW PERMEABILITY RESERVOIRS IN HY GAS FIELD OF XIHU SAG

LI Wenjun, DUAN Dongping, HE Xianke, CHEN Bo, WANG Wei

(Shanghai Branch of CNOOC Ltd., Shanghai 200335, China)

Abstract: The HY Gas Field is located in the south of the central inverted structural belt of the Xihu Sag. The upper part of Huagang Formation is dominated by shallow water deltaic deposits, and the reservoir is characterized by medium-low porosity and low permeability, of which the seismic response characteristics are of class II AVO. Affected by compaction, the reservoir porosity gradually decreases from top to bottom, as AVO type changes from Class IIb to Class IIa. In this paper, a detailed description method for the low permeability reservoir with different AVO characteristics is proposed from petrophysical analysis, forward simulation, phase conversion and AVO projection angle rotation. It is considered that the medium-porosity and low-permeability reservoirs in the area are characterized by class IIb AVO response characteristics, and the post-stack seismic sand top is calibrated in the trough. Reservoir description should adopt post-stack 90 degree phase shift waveform interpretation, post-stack envelope attribute fluid detection, etc. Low porosity and low permeability reservoirs are characterized by class IIa AVO response characteristics. Reservoir description should use post-stack 0 degree phase shift waveform interpretation, pre-stack extended elastic impedance fluid detection and other methods. Based on the fine reservoir description method of "one method for one layer", multiple wells were successfully drilled in the study area, and the success rate of reservoir prediction and fluid detection was 100%, which has greatly improved the development of the gas field.

Key words: Xihu Sag; low permeability reservoir; AVO characteristics; seismic waveform interpretation; extended elastic impedance