

· 综合研究 ·

井、震多尺度信息融合预测老油田浅层岩性气藏

张宪国* 林承焰 张涛 王永刚

(中国石油大学(华东)地球资源与信息学院,山东东营 257061)

张宪国,林承焰,张涛,王永刚. 井、震多尺度信息融合预测老油田浅层岩性气藏. 石油地球物理勘探, 2009, 44(5): 609~612

摘要 老油田浅层岩性气藏岩性分布复杂,利用地震属性分析、含气砂岩地震正演模拟及基于概率神经网络(PNN)的声波时差参数预测等方法对气藏分布进行描述,是寻找该类气藏的有效手段,其中建立符合研究区地质特征的地质模型,开展地震正演研究,总结含气砂体的地震反射特征,是利用地震反射资料进行含气目标检验的前提。在属性优选的基础上,利用PNN神经网络算法将多种地震属性与声波时差测井信息相结合,对三维空间的声波时差参数分布特征进行预测,一方面避免了单一地震属性信息的片面性,另一方面实现了气藏敏感测井参数的合理延伸,是一种快速有效的气藏检测方法。将井、震多尺度信息融合预测浅层岩性气藏方法应用于吉林红岗油气田,地震正演结果显示,气藏顶部为较强的波谷反射,底部为强波峰反射特征,地震属性异常区的特征在地震反射剖面上与正演的含气砂岩反射特征相近,从而查明了HI3气藏的主控因素,并获得高产气井。

关键词 老油田 浅层气藏 多属性分析 正演 概率神经网络 多尺度信息融合

1 概况

浅层气藏以其“埋藏浅、钻井安全性高、开采成本低”的特点成为陆上油气勘探的重要发展方向之

一^[1,2],但老油田浅层气藏勘探中面临“有效井资料少、成藏控制因素复杂、岩石疏松、流体特征复杂、测井响应假象多、地震信息多解性强”等难题也不容回避^[3]。研究区位于松辽盆地中央拗陷区红岗构造西翼,图1为研究区地震、地质综合图。区内自下而上

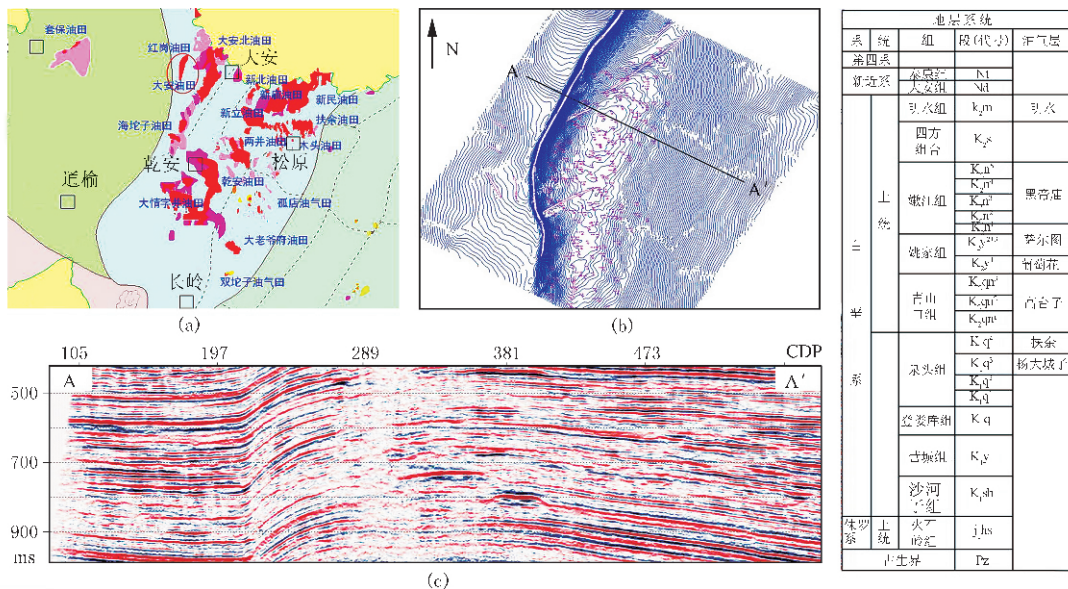


图1 研究区地震、地质综合图

(a)工区位置图;(b)黑帝庙上部HI3气层顶面构造图(等值线数值单位为m);(c)AA'地震剖面;(d)地层柱状图

* 山东省东营市北二路271号中国石油大学(华东)地球资源与信息学院,257061

本文于2008年10月16日收到,修改稿于2009年7月10日收到。

本研究由国家863重点项目(编号2007AA060501)及国家自然科学基金(编号40872094)资助。

发育白垩系泉头组扶余、杨大城子油层,青山口组高台子油层,姚家组萨尔图、葡萄花油层,嫩江组黑帝庙、明水组油层共7套油气层^[4,5]。浅层的黑帝庙上部 HI3 气层顶面构造形态为一轴向北北东向、两翼不对称的完整长轴背斜,西陡东缓,西侧发育红岗断层。受多期构造运动的影响,红岗断层具有“下正上逆”的特点,断层与背斜轴向平行,控制了红岗构造的西侧边界,储层埋深小,物性较好(中孔—中渗储层)。研究区浅层地层水电阻率随深度变化大,为了气层钻井安全,在浅层钻井过程中不断调整泥浆比重和矿化度,致使含气砂岩在自然电位和电阻率曲线上特征不明显,呈现低阻特征,储层识别难度大。本文以吉林红岗浅层气藏预测为例,在有限井资料(声波测井资料)的约束下应用叠后地震资料和地震多属性分析技术预测浅层岩性气藏。

2 井、震多尺度信息融合预测浅层岩性气藏

黑帝庙气藏埋深小,且砂岩疏松,物性好。前人

研究认为,气藏分布受控于构造和岩性双重因素,因此气藏勘探的关键是寻找含气砂体。研究区浅层属于河流—三角洲沉积体系,非均质性强,而过路井在浅层仅有标准测井资料,难以满足浅层低阻气藏研究的需要。因此应利用地震资料横向信息密集覆盖的优势,开展基于叠后地震资料的浅层含气砂体预测研究。

2.1 地震属性分析

地震属性是指从地震数据中导出的关于几何学、运动学、动力学及统计特性的特殊度量参数^[6,7],是从地震资料中分离、提取出的反映不同地质特征的信息。本文采用地震属性分析方法对含气砂体进行平面分布预测。分析结果显示,对含气砂岩反映较好的振幅、能量、频率及吸收衰减等多种单一地震属性^[8]反映的特征具有一致性,在研究区中部和东北部各有一个属性异常区(图2)。利用试气井和测井资料对地震属性信息进行标定后发现,在研究区 HI3 小层仅有的1口试气井(H18井)位于地震属性异常区内,而异常区外的中、深层过路井在该层没有含气特征显示,据此初步判定北部和中部

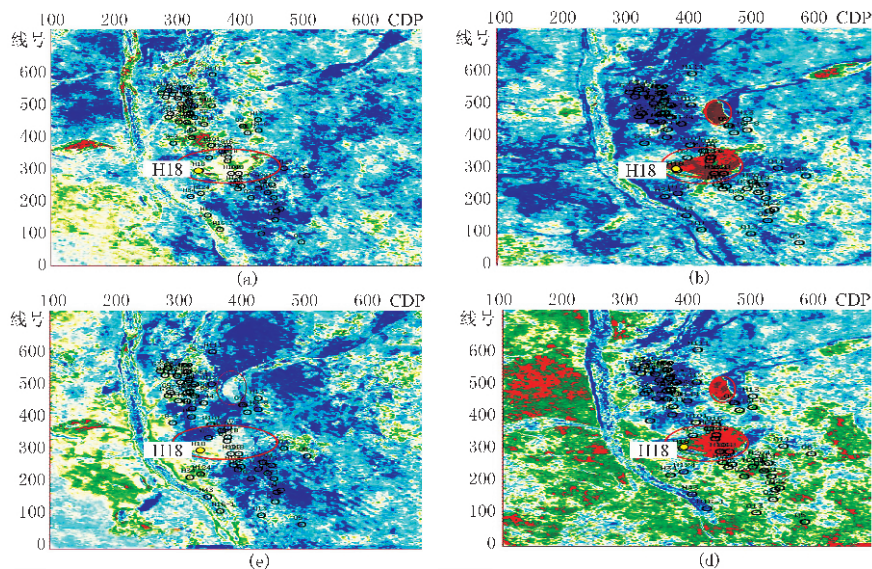


图2 HI3 气层地震属性图

(a) 低频能量; (b) 波形正半周面积; (c) 对数衰减率; (d) 最大振幅值

地震属性异常区为有利含气区。

2.2 含气砂岩地震反射特征分析

基于浅层含气砂岩地震反射特征,对 HI3 气藏地质模型开展了地震正演模拟^[9]。根据该气藏地质特征建立了与实际尺度相近的含气背斜模型(模型中的砂、泥岩速度采用试气井 HI3 小层泥岩和含气

砂岩速度)(图3a)。正演结果显示,HI3 气藏顶面对应较强的波谷反射,底部为强波峰反射。这是由于浅层含气砂岩速度低于上覆泥岩,在气藏顶面形成负反射系数界面,而在气藏底部形成正反射系数界面所致(图3b)。图4为 HI3 顶面地震属性平面图及过目标区地震剖面,由图4可见,地震属性异常

区的特征在地震反射剖面上与正演的含气砂岩反射特征相近。

2.3 声波时差参数预测研究

前人研究认为,HI3 气藏为构造—岩性气藏,构造是气藏分布的重要控制因素,北部有利目标区在地震属性和剖面反射特征上具备气藏特征,但该区位于红岗背斜东翼的单斜位置,构造位置偏低,不具备构造圈闭条件。为了查明造成地震响应特征异常的成因,落实该目标区是否发育岩性气藏,文中开展了基于声波测井和地震多属性的声波时差参数空间分布预测研究。

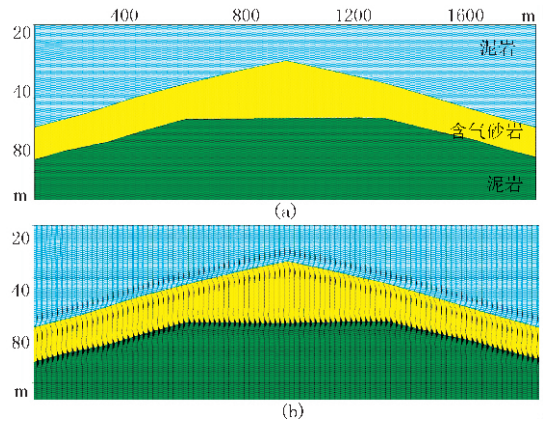


图 3 HI3 气藏地质模型(a)及地震正演结果(b)

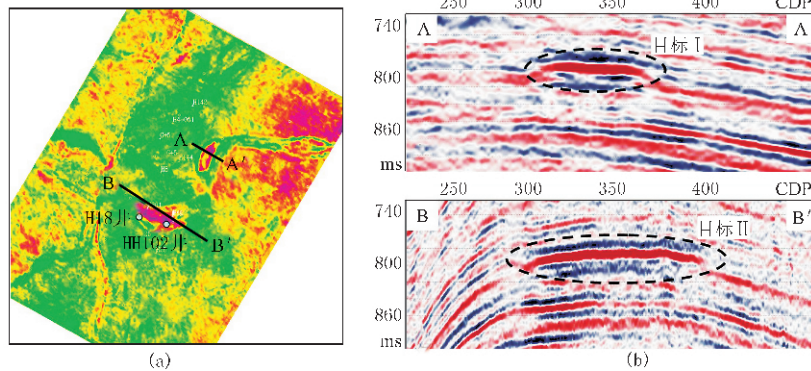


图 4 HI3 顶面地震属性平面图(a)及过目标区地震剖面(b)

声波测井资料与地震属性一方面存在信息尺度差异,另一方面所反映的地质和地球物理信息不同,因此两者之间的关系是一种复杂的非线性映射关系。本文采用概率神经网络(PNN)算法对油藏声波时差参数进行预测,该算法是描述变量间复杂映射关系的一种有效方法^[10],它将测井信息与多种地震属性相结合,避免了单一地震属性反映信息的片面性,实现了气层测井敏感参数在平面上的合理延伸。对地震属性的合理选择是进行油藏参数预测的关键,只有选择与声波时差曲线相关性好、对储层含气性敏感的属性参数才能使预测结果可靠。利用该方法预测纵波速度的思路是:首先计算 7 种地震属性(均方根振幅、低频能量值比、瞬时频率、波形正半周面积、复赛谱算法频率对数衰减率、平均中心频率、视极性);然后利用判别分析的方法对地震属性进行优选组合;最后利用优选的地震属性组合作为 PNN 神经网络的输入,预测三维空间的纵波速度特征。在判别分析时,分别用 7 种地震属性进行井点的声波时差预测,对检验误差进行比较(图 5),发现前 6 种属性(均方根振幅、低频能量值比、瞬时频率、

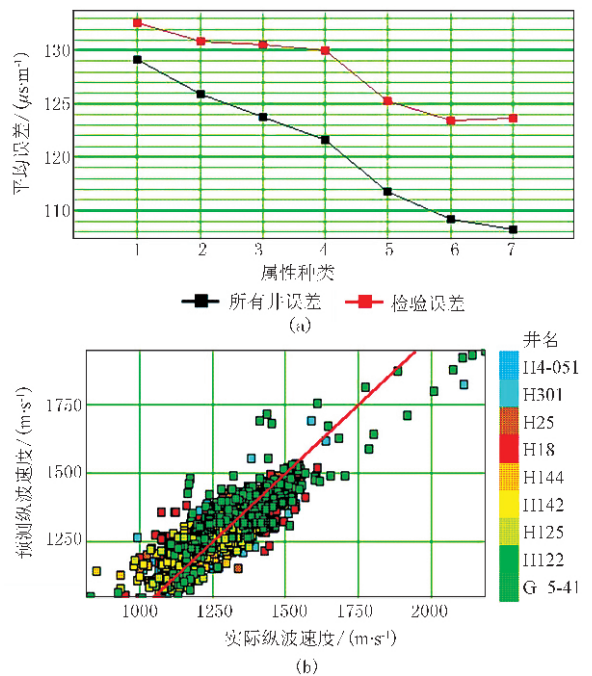


图 5 多属性判别分析平均误差图(a)、实际纵波速度与预测纵波速度交会图(b)

图 a 中的数字 1~7 依次为均方根振幅、低频能量值比、瞬时频率、波形正半周面积、复赛谱算法频率对数衰减率、平均中心频率、视极性

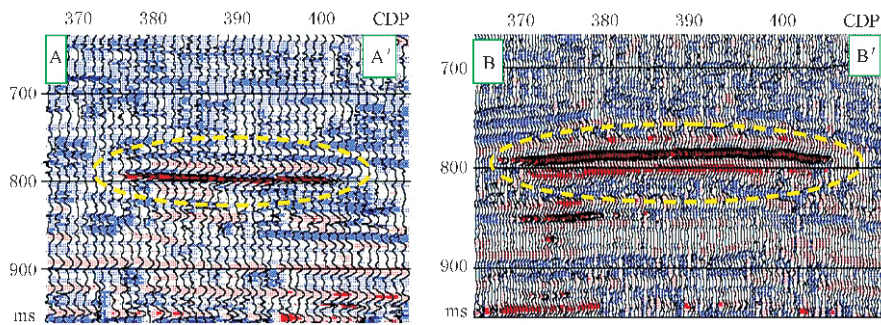


图6 目标区在声波时差空间分布预测剖面上的特征(剖面线的平面位置同图4)

波形正半周面积、复赛谱算法频率对数衰减率、平均中心频率)组合预测的检验误差最小,最终选取前6种地震属性参与预测(图5a)。利用现有井点处的测井和地震属性为样本,对建立的神经网络进行训练(图5b),训练结果显示测井与地震多属性的相关性良好,相关系数达到0.87。将训练好的神经网络应用于整个研究区,对三维空间内的声波时差参数分布特征进行预测,实现了大尺度地震资料与小尺度测井资料的信息融合^[11]。从预测结果上看,目标区表现出声波时差高值,符合含气砂岩特征(图6),从而落实了气藏分布。

3 结束语

将井、震多尺度信息融合预测浅层岩性气藏方法应用于吉林红岗油气田,取得了浅层气藏勘探的新突破,查明了HI3气藏的主控因素,突破了只在构造高部位找气的误区,获得了高产气井,解决了制约老油田浅层气藏快速勘探和高效开发的技术难题。老油田浅层岩性气藏岩性分布复杂,利用地震属性分析、含气砂岩地震正演模拟及基于PNN神经网络的声波时差参数预测等方法对气藏分布进行描述,是该类气藏勘探的有效手段,其中建立符合研究区地质特征的地质模型开展地震正演研究,总结含气砂体的地震反射特征,是利用地震反射资料进行含气目标检验的前提。在属性优选的基础上,利用PNN神经网络算法将多种地震属性与声波时差测井信息相结合,对三维空间的声波时差参数分布特征进行预测,一方面避免了单一地震属性的信息片面性,另一方面实现了气藏敏感测井参数的合理延伸,是一种快速有效的气藏检测方法。

参考文献

- [1] Lin C M, Gu L X and Li G Y et al. Geology and formation mechanism of late Quaternary shallow biogenic gas reservoirs in the Hangzhou Bay area, Eastern China. *AAPG Bulletin*, 2004, 88(5):613~625
- [2] Law B E and Curtis J B. Introduction to unconventional petroleum systems. *AAPG Bulletin*, 2002, 86(11):1851~1852
- [3] 王兴谋,韩文功,李红梅等.浅层岩性气藏地震检测的陷阱分析.石油大学学报(自然科学版),2003,27(1):19~22
- [4] 邹才能,陶士振,谷志东,陆相拗陷盆地层序地层格架下岩性地层圈闭/油藏类型与分布规律——以松辽盆地白垩系泉头组—嫩江组为例.地质科学,2006,41(4):711~719
- [5] 赵波,张顺,林春明等.松辽盆地拗陷期湖盆层序地层研究.地层学杂志,2008,32(2):161
- [6] 王永刚.地震资料综合解释方法.山东东营:中国石油大学出版社,2007
- [7] Hidalgo R, Haryono S and Schneider M et al. 3-D seismic interpretation of thin gas sandstone reservoirs using multiattribute analysis on poststack and AVO data, offshore SE Sumatra. *The Leading Edge*, 2001,20(4):364~370
- [8] 印兴耀,周静毅.地震属性优化方法综述.石油地球物理勘探,2005,40(4):482~489
- [9] 宋维琪,刘江华,王小马等.预测油气的地震属性优化组合、灰关联分析技术.石油勘探与开发,2002,29(5):34~36
- [10] 徐旺林,庞雄奇,吕淑英等.动态概率神经网络及油气概率分布预测.石油地球物理勘探,2005,40(1):65~70
- [11] Berge T B and Aminzadeh F. Seismic inversion successfully predicts reservoir, porosity, and gas content in Ibhuesi Field, Orange Basin, South Africa. *The Leading Edge*,2002,21(4):338~348

(本文编辑:刘勇)