

AVO 检测方法在广安气田须六段气层的应用

包世海¹ 范文芳¹ 党领群² 陈胜¹ 李琛¹

1. 中国石油勘探开发研究院廊坊分院 2. 中国石油渤海钻探工程公司苏里格第五项目部

包世海等. AVO 检测方法在广安气田须六段气层的应用. 天然气工业, 2009, 29(9): 39-41.

摘 要 为了搞清楚储层含流体性质、指导四川盆地广安气田开发井位的部署, 在已钻井储层岩石物理分析和模型正演研究的基础上, 通过对实际地震资料近、远道叠加剖面振幅变化特征的对比和叠前道集分析, 结合 AVO 属性反演剖面, 总结出了广安气田上三叠统须六段储层含气的典型特征: ①低密度和低泊松比; ②在共中心点道集上反射振幅随炮检距的增大而增强; ③远道叠加剖面上的振幅明显比近道振幅强; ④AVO 属性剖面上表现为强振幅。并预测出上述地区的气水分布关系, 指出了该区的天然气富集区带, 经多批开发井钻探结果证实, 该方法对须六段气层及气水层分布的预测符合率在 80% 以上, 为指导下一步开发井 (特别是水平井) 的部署提供了依据。

关键词 广安气田 晚三叠世 储集层 AVO 正演 模型 检测 井位

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2009.09.010

0 引言

广安气田属构造背景下的大面积含气的岩性气藏, 主要目的层上三叠统须家河组广泛发育三角洲—滨浅湖相沉积, 砂体广泛分布且横纵向变化快, 储层厚度介于 10~40 m, 储层纵横向非均质较强, 以孔隙型储层为主。气水关系较复杂, 目前未见到统一的气水界面, 显示出构造—岩性油气藏特征。由于岩性气藏的复杂性, 地震储层预测工作显得尤其重要。笔者应用 AVO 分析技术对须家河组六段进行了气层检测, 经多批开发井钻探结果证实, 该方法对须六段气层及气水层分布的预测符合率在 80% 以上, 为指导下一步开发井 (特别是水平井) 的部署提供了有效的预测方法。

1 岩石物理分析

岩石物理参数分析和正演模型研究是 AVO 方法进行烃类检测的基础。通过研究区内已钻 30 多口井须六段的气层、含气层、气水层、砂岩致密层和泥岩层等不同岩层的测井参数分析 (表 1) 和不同参数之间的交汇统计分析 (图 1)。结果表明, 须六段储层含气后具有明显的低密度和低泊松比特征, 靠传统的纵波速度或波阻抗反演很难区分气层和泥岩层, 可以通过叠前 AVO 方法有效地预测须家河组储层的含气性。

2 AVO 正演模型

正演模型研究是在合成地震记录进行层位准确

表 1 须六段不同岩层地震参数统计表

层段	P 波速度 (m/s)	S 波速度 (m/s)	P 波阻抗 [10 ⁷ mg/(s·cm ³)]	S 波阻抗 [10 ⁶ mg/(s·cm ³)]	泊松比	自然伽马 (API)	密度 (g/cm ³)
气层	4 274~4 650	2 780~3 230	1.0~1.09	6.60~7.20	0.05~0.18	40~80	2.37~2.63
含气层	4 460~4 985	2 800~3 250	1.02~1.12	6.65~7.75	0.07~0.20	40~80	2.42~2.68
气水层	4 355~5 090	2 810~3 255	1.02~1.21	6.65~7.93	0.15~0.25	40~80	2.40~2.69
致密砂岩	4 530~5 290	2 810~3 287	1.12~1.67	7.70~9.30	0.19~0.26	40~90	2.54~2.71
泥岩	4 120~4 620	2 416~2 728	1.01~1.15	5.10~7.85	0.28~0.38	110~180	2.46~2.72

作者简介: 包世海, 1963 年生, 高级工程师, 博士; 主要从事储层预测与烃类检测研究工作。地址: (065007) 河北省廊坊市万庄 44 号信箱。电话: 13833690858。E-mail: baosh69@ petrochina.com

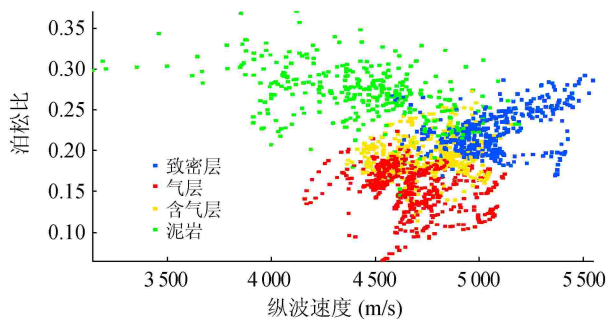


图1 广安地区须六段不同岩层P波速度与泊松比交汇图

标定的基础上^[1],通过选择合适的井,分析不同岩性、物性、流体性质及厚度等因素对地震响应特征的影响情况,总结出典型的反射模式,用于指导储层含气性解释^[2-4]。

通过气层厚度变化对反射特征影响的模型研究表明,气层厚度大时振幅强,其反射能与上下层分开,气层变薄后振幅变弱或无反射、有时其反射与须六段底部泥岩出现复合波现象;而水层表现为中强振幅、高频、连续较强反射。

在进行AVO道集正演模拟时,采用的是Zoeppritz方程。模拟范围:偏移距0~4 000 m,道数20,子波为30 Hz、零相位、长度100 ms的Ricker理论子波。

针对广安地区须六段储层流体的不同性质,分别选择广安115(工业气层)、广安105(水层)、广安5(干层)3种不同储层类型的井进行AVO正演模拟,研究它们的AVO响应特征。

图2为广安115井原始曲线AVO正演模型,目的层为须六段1828~1840 m、1843~1953.5 m为工业气层,左图分别是测井实测的密度、横波速度、泊松比和声波4条曲线和采用Zoeppritz方程计算出的中心点道集,右图中虚线是合成道集上拾取的反射振幅随炮检距的变化关系,从图中可以看出,须六段气层的AVO响应特征非常明显,在其中心点道集上气层的反射振幅随炮检距的增大明显增强。

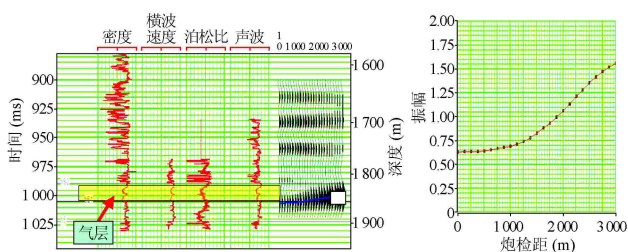


图2 广安115原始曲线AVO正演模型图(气层)

另外,当须六段储层为水层时,其振幅随炮距的增大略有增强(水层普遍含少量气),但不明显,而且高频、连续;当须六段储层为干层时,其地震反射振幅较弱,没有AVO响应特征。

3 实际资料分析

3.1 在全叠加剖面上特征

在全叠加剖面上须六段气层反射特征主要表现为中—中强振幅,但横向上强弱变化明显,不连续、不光滑、低频、复波,同相轴常出现分叉合并和迭互状等反射特征。须六段水层或含气水层在全叠加剖面上反射振幅较强,横向上反射轴较连续、光滑、振幅变化比较小。须六段干层的反射在全叠加剖面上主要表现为弱—空白反射。

3.2 在近远道叠加剖面上特征

图3是过广51(工业气井)和广安002-H7(水井)的一条近道和远道叠加剖面对比图,从图中看出,须六段气层底的反射在远道叠加剖面上的振幅明显比近道叠加剖面振幅强,近道叠加剖面主要表现为中—中弱振幅、较连续,而远道振幅较强,但横向上振幅强弱变化明显,有时呈低频、复波特征;反射轴时常出现上下起伏、零乱等反射特征。水层在近道叠加剖面 and 远道叠加剖面上反射振幅都较强,同相轴较光滑,呈高频、连续特征,远道叠加剖面的反射振幅比近道略有增强,但与气层相比,不明显。

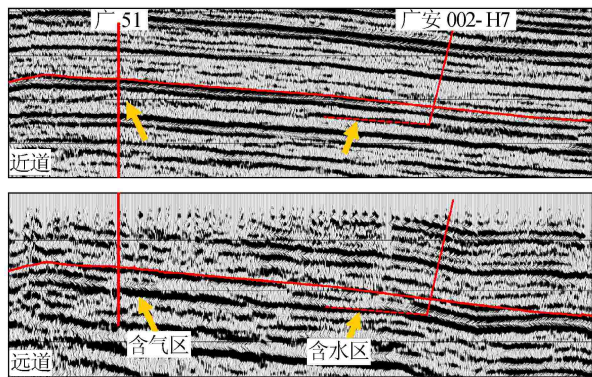


图3 水层近道叠加和远道叠加剖面特征对比图

3.3 在道集剖面上特征

须六段气层底的反射在叠前道集上的特征主要表现为:在小偏移距内,反射振幅较弱,但随着炮检(入射角)的增大振幅明显增强,但由于受致密砂岩储层非均质性强等因素影响,在道集上常出现同相轴对不齐、上下错开、伴有复波和低频等现象(见图4)。主要水层或含气水层井的井点及其井旁道叠前

其中心点道集,经过分析表明,须六段水层或含气水层在叠前道集上的特征主要表现为:在小偏移距内,水层的反射振幅与气层反射相比明显强,其反射振幅随着炮检距(入射角)的增大也增强,但没有气层增强那么明显,另外,从小偏移距到大偏移距,水层反射在道集上比较光滑、视频率较高(见图 5)。

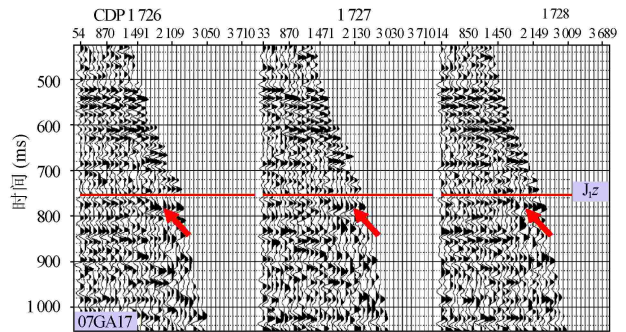


图 4 广 51 及其井旁道 AVO 道集图

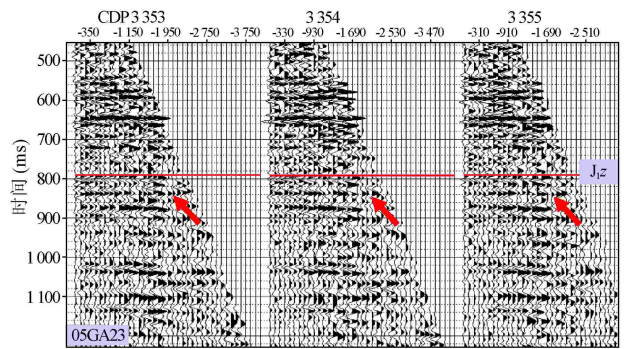


图 5 广安 002-H7 及其井旁道 AVO 道集图

4 AVO 属性反演

根据 Shuey 的二阶 Zoeppritz 近似方程,在校正后的共中心点道集上,对每个时间采样点反射振幅随入射角的变化进行直线拟合,可以得到 AVO 的属性参数: P 、 G 、 P 与 G 的和、差以及 P 与 G 的积等。

通过实际资料的 AVO 属性剖面反演与钻井结果的综合分析对比,认识到在上述 5 种 AVO 属性剖面中,拟泊松比剖面($P+G$)和梯度剖面(G)能很好地指示须六段储层的含气性,含气处都表现为强振幅,且反演结果与实际钻井结果非常吻合(见图 6、7),该方法是 AVO 叠前道集分析和近远道叠加剖面对比气层预测方法的有效补充,可以进一步提高须六段气层的预测精度。

5 结束语

1) 储层岩石物性分析和正演模型研究在 AVO 技术中占有十分重要的位置。在此分析基础上,通过对实际资料近远道叠加剖面振幅变化特征对比分析和叠前道集分析,总结出须六段气层和水层的 AVO 响应特征和检测方法。

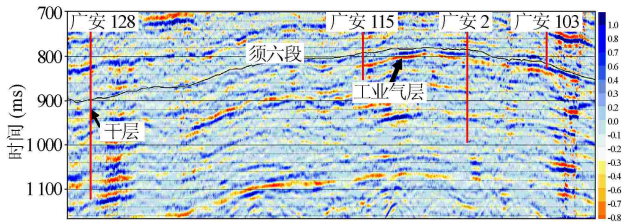


图 6 05GA047 拟泊松比 ($P+G$) 剖面图

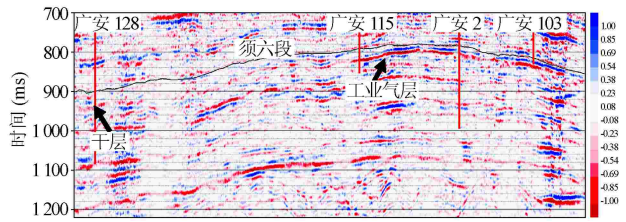


图 7 05GA047 梯度 (G) 剖面图

2) 利用叠前道集资料进行拟泊松比反演和 AVO 梯度反演,反演结果能很好地指示储层的含气性,该方法是 AVO 道集分析和近远道叠对比气层预测方法的有效补充。可进一步提高须六段气层的预测精度。

参 考 文 献

[1] 宋维琪,徐文会.含气储层预测方法及应用[J].天然气工业,2008,28(2):61-63.
[2] 王权锋,周仲礼,张艳芳.天然气储层综合预测技术在锦州 27 区的应用[J].天然气工业,2008,28(8):46-48.
[3] 殷八斤,曾灏,杨在若.AVO 技术的理论与实践[M].北京:石油工业出版社,1995.
[4] 赵伟,陈小宏,李景叶.薄互层调谐效应对 AVO 的影响[J].石油物探,2006,45(6):570-573.

(收稿日期 2009-06-15 编辑 韩晓渝)