

利用 AVO 技术检测 杭州湾地区第四系浅层生物气

郑华平*^{①②} 蒋维三^② 张廷山^①

(^①西南石油学院; ^②中国石油浙江勘探分公司)

摘 要

郑华平, 蒋维三, 张廷山. 利用 AVO 技术检测杭州湾地区第四系浅层生物气. 石油地球物理勘探, 2006, 41(增刊): 21~24

杭州湾地区第四系覆盖区蕴藏着丰富的浅层生物气资源, 气藏最大特点是埋藏浅、分布广、丰度低、规模小。文中对埋深大于 60m 的浅层气藏进行了浅层二维高分辨率地震 AVO 分析, AVO 分析的实质就是分析地震反射系数随入射角的变化。为了提高 AVO 分析的勘探效果, 针对工区的地理、地震地质条件, 在野外采集和资料处理中采用了以下措施: ①采用改变观测系统的办法以减少跳炮现象。②资料处理中采取了初至折射波静校正和地表一致性剩余静校正; 进行了细致的速度分析和真振幅恢复(TAR)处理; 针对地层较平缓的特点, 采用差分偏移。③在常规处理的基础上, 进一步采取真振幅、地表一致性和去噪等处理手段。通过对工区 7 条新测线的角道集剖面进行细致的对比解释, 并结合 AVO 属性剖面进行综合解释, 发现了多处 AVO 异常, 其与非地震物化探资料(如静电 α 法、遥感资料解释、微生物勘探资料)所反映的含气情况一致, 证明文中所提方法是检测第四系浅层生物气的有效手段。

关键词 第四系 浅层生物气 AVO 反射系数

1 引言

生物成因气简称生物气(biogenic gas), 是指在低温未成熟阶段, 有机物在厌氧细菌的生物化学作用下产生的天然气。它与成熟至过成熟阶段形成的热解气(thermal gas)在化学成分特别是碳同位素成分上有较明显的差异。生物气化学成分以甲烷为主, 含量一般大于 95%, 而重烃含量甚微。碳同位素以 $\delta^{13}C_1$ 很轻为特色, 数值一般为 $-60\% \sim -80\%$, 据此可与热解气相区别^[1,2]。据 Rice 等人的统计, 生物气在全世界探明的天然气储量中占 20% 以上^[3], 并预测在待发现的天然气中将占有更大的比重。

在我国东南沿海第四系覆盖区蕴藏着丰富的浅层生物气资源, 气藏埋深仅为数百米, 浅的只有数米

至数十米。气藏最大特点是埋藏浅、分布广、丰度低、规模小。20 世纪 50 年代以来曾进行过多次勘探开发试验, 因第四系未固结成岩, 造成采气井极易被沙、泥、水淹堵, 导致勘探成本高、效益低, 而难以开发利用生物气资源。20 世纪 90 年代浙江勘探分公司(原浙江石油勘探处)对于埋深在 60m 以内的气藏采用以静力触探为主的勘探方法取得了成功, 并总结出一套行之有效的低成本开发技术, 在浙江沿海先后发现了 6 个浅气田, 使生物气资源得以开采利用。但是, 这类气藏埋深太浅, 极易遭受破坏, 且丰度太低, 经济效益不甚理想。为取得更好的经济效益, 近年来浙江勘探分公司对埋深大于 60m 的浅层气进行了勘探方法研究, 勘探开发实践表明, 静力触探技术已不能满足此深度勘探的要求, 而浅层二维高分辨率地震 AVO 技术是识别浅气藏的有效途径之一。

* 浙江省杭州市天目山路 376 号, 310013

本文于 2005 年 12 月 27 日收到。

本项目为四川省重点学科建设项目基金资助项目(SZD0414)。

2 AVO 方法简介

理论分析表明,振幅随入射角的变化与分界面两侧介质的地震弹性参数有关。由于振幅变化包含着地下岩层弹性参数信息^[4],因此利用 AVO 技术可以对岩石的骨架性质和骨架中的流体性质做出判断。AVO 分析的实质就是分析地震反射系数随入射角的变化。近年来,国内外利用 AVO 分析技术在油气勘探中取得了成功,如在我国的鄂尔多斯盆地伊盟地区的气藏预测中取得了显著的成效^[5,6]。但在第四系浅层油气勘探中,尚无利用 AVO 分析技术的先例。

3 AVO 方法在杭州湾地区第四系浅层天然气勘探中的应用条件

根据 AVO 特征,可将含气砂岩按其顶面的反射系数 R_0 随入射角(炮检距)的增大而变化的规律分成三种类型:

(1)高阻抗含气砂岩(出现在坚硬岩石探区,为中等到高度压实的成熟砂岩) 此类砂岩的波阻抗值较上覆泥(页)岩高(泥(页)岩—砂岩分界面具有相对较大的正 R_0 值),反射振幅随炮检距的变化率(梯度)往往较后两类大,反射系数随入射角(炮检距)的增大而减小,在足够大的入射角(炮检距)的情况下会产生振幅的极性变化。

(2)阻抗差近于零的含气砂岩(通常为经过中等压实和固结的砂岩) 此类砂岩零炮检距的反射系数趋于零,从而出现反射系数由近炮检距到远炮检距的较大变化,增大了这类含气砂岩的可检测性。这类砂岩的梯度值通常很大,但一般小于第一类砂岩,在普通叠加剖面上是否形成振幅异常无规律性。

(3)低阻抗含气砂岩(通常属于压实不足和未固结的砂岩) AVO 技术早期多应用于此类砂岩,其在叠加剖面上有振幅异常,并且在全炮检距都有很大的反射系数,其梯度值低于前两类砂岩。因为零炮检距反射系数为负,故其振幅随炮检距的增大而增大,并且没有极性反转现象。此类砂岩的 AVO 特征(梯度值)往往不如前两类明显,但由于信噪比较高,所以更有利于 AVO 分析,如墨西哥湾高岛地区上新统一更新统的含气砂^[4]。

东南沿海的第四系由于厚度不大,沉积时间不长,岩性松散,故其含气砂岩属于第三类(低阻抗含气砂岩)。从近年来在浙江嘉善地区采集的浅层地震勘探资料来看,其基本具备 AVO 分析的应用条件。其有利条件为:①地层平缓,没有断层,与 AVO 分析的理论模型趋于一致;②岩石松软、压实固结程度不高。根据理论分析和夹灶浅气田的实际情况,可知气层应为亮点型(浅层亮点型的气层最有利于进行 AVO 分析);③排列长度为 177m,对于埋深为 77~166m(相当于 100~200ms 时间深度)的目的层较合适;④原始资料的信噪比高、分辨率高(约 4m);⑤道距小(6m),识别横向变化较为灵敏;⑥利用单井激发、单个检波器接收,可避免组合效应的影响。其不利条件为:①原始资料覆盖次数低(6 次);②属水网地区,村庄等人文干扰多,造成跳炮现象较严重,剖面不连续,以致较多的道覆盖次数达不到 6 次;③该区尚无已知气田,没有相应的测井资料,无法标定层位,且对于极浅层资料的 AVO 处理尚属首次,无成功的经验可供借鉴。

4 提高 AVO 分析效果采取的措施

尽管 AVO 分析在天然气勘探中已取得了较好的效果,但也存在一些问题和陷阱。为了提高 AVO 分析的勘探效果,针对本区的地理、地震地质条件,在野外采集和资料处理中采取了以下措施:①采用改变观测系统的办法尽可能地减少跳炮现象。②资料处理中采取了初至折射波静校正和地表一致性剩余静校正;进行了细致的速度分析和真振幅恢复(TAR)处理;针对地层较平缓的特点,采用差分偏移,获得了连续性好、信噪比和分辨率较高的叠加、偏移成果剖面。③在常规处理的基础上,进一步采取真振幅、地表一致性和去噪等处理手段,取得了较好的效果,剖面所反映的 AVO 异常现象清楚,AVO 异常规律性较强。

5 AVO 分析在浙江嘉善工区第四系浅层生物气勘探中的应用

嘉善工区位于浙江北部,毗邻江苏。工区第四系是一套未固结的松散沉积物,厚度一般为 50~250m,最厚可达 350m;基底为新近系陆相碎屑岩。

第四纪经历了三次不同程度的海侵,形成了三个明显的沉积旋回,末次海侵所形成的 10~40m 厚的黑色泥层,既是全区的区域盖层,也是重要的气源层。另一套气源层是第二次海侵形成的灰黑色泥层,分布不稳定,厚度变化较大。储气层主要为一套富含贝壳的砂层,埋深大多为 20~200m,属低阻抗含气砂岩(第三类含气砂岩)。理论分析表明:此类含气砂岩在叠加剖面上是“亮点”型,在角道集上显示振幅随入射角增大而增加,包络差剖面、梯度剖面、P 波叠加剖面上均显示为正异常。通过对 7 条新测线的角道集剖面进行细致的对比解释,并结合 AVO 属性剖面(角道集、梯度 G 剖面、拟碳氢检测剖面、

法线入射 P 波叠加剖面、S 波叠加剖面、包络差剖面等)进行综合解释,共发现了 6 处 AVO 异常显示。综合分析钻井、地质、放射性静电 α 等资料,认为 1 号、3 号 AVO 异常显示更为可靠。

(1) 1 号 AVO 异常 该异常在水平和偏移叠加剖面上显示为强振幅、连续反射。在角道集棒状图的纵向 100~120ms、250~270ms 和横向 CDP1098~1163 所限范围内,反射振幅明显随入射角增大而增大(图 1)。包络差剖面上在 CDP 1020~1226 区间显示很强的正异常(图 2)。在梯度剖面上为较连续的高值正异常,而且异常显示的范围较广。在拟碳氢检测剖面(P * G)上显示明显的正异

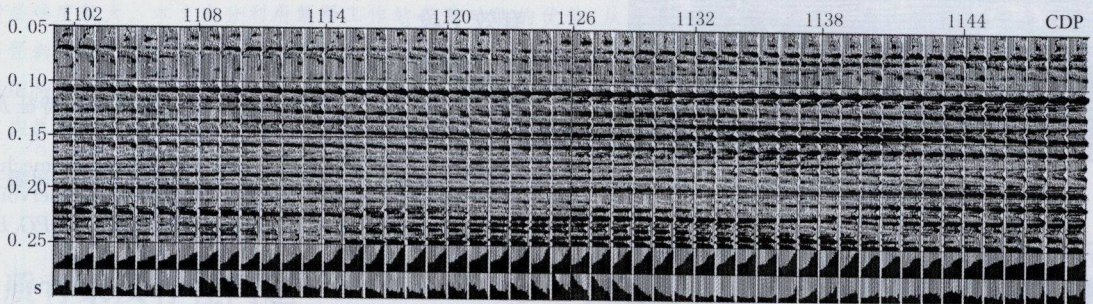


图 1 H120.9 线 7 段(CDP 1101~1151)角道集剖面

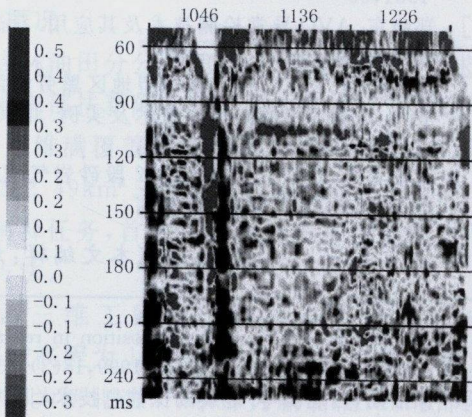


图 2 H120.9 线 7 段包络差剖面

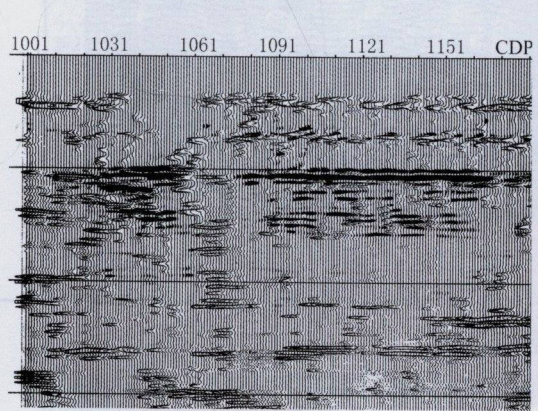


图 3 H120.9 线 7 段碳氢检测剖面

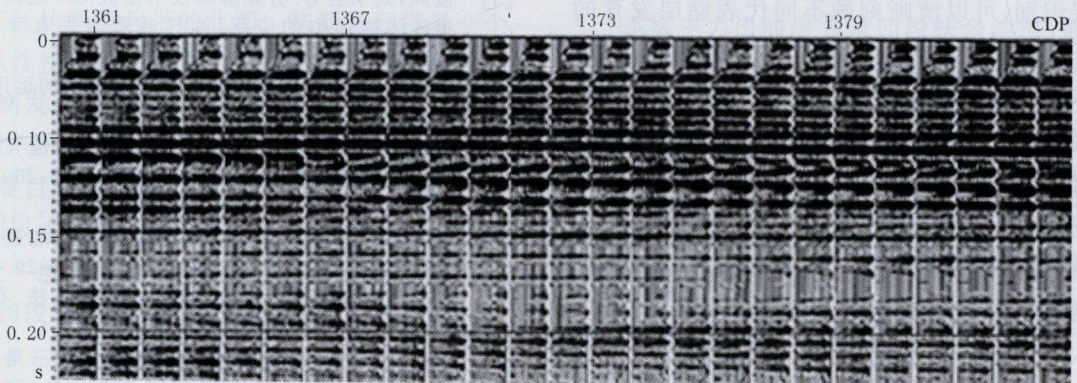


图 4 H23.6 线 2 段(CDP 1360~1385)角道集剖面

常(图3)。在横波(S)剖面上为低值或负值,与纵波(P)剖面形成鲜明对照,说明骨架中的流体性质发生变化。

(2) 3号 AVO 异常 该异常在水平叠加剖面和偏移剖面上显示为连续、强振幅反射,在角道集剖面上有较好的显示,而且在 110ms 附近局部地段有多层次的异常显示(图4)。梯度剖面、包络差剖面、

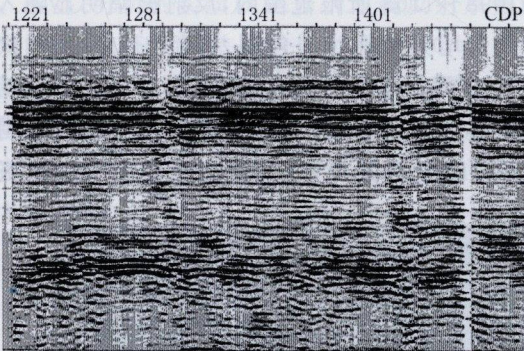


图5 H23.6线2段P波剖面图

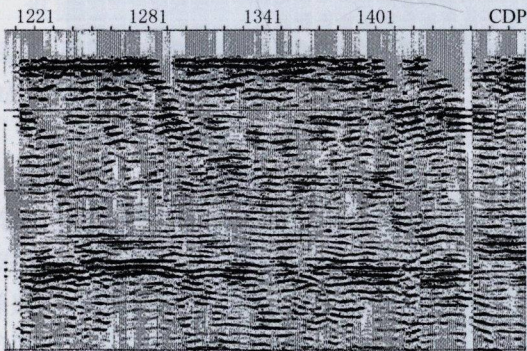


图6 H23.6线2段S波剖面图

P波剖面显示为明显的正异常(图5)。S波剖面显示为弱异常(图6)。

6 结束语

文中通过实例对埋深大于 60m 的浅层气藏进行了浅层二维高分辨率地震 AVO 分析,通过对工区 7 条新测线的角道集剖面进行细致的对比解释,并结合 AVO 属性剖面进行综合解释,发现了多处 AVO 异常,其与非地震物化探资料(如静电 α 法、遥感资料解释、微生物勘探资料)所反映的含气情况一致,表明文中所提方法是检测第四系浅层生物气的有效手段。

参考文献

- [1] 蒋维三等. 杭州湾地区浅层天然气田的特征及勘探方法. 天然气工业, 1997, 17(3)
- [2] Lin C M 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)
- [3] Rice D D et al. Generation, accumulation, and resource potential of biogenic Gas. *AAPG Bulletin* 1981, 65
- [4] 郑晓东. AVO 异常检测技术及其应用. 石油地球物理勘探, 1991, 26(5): 643~649
- [5] 沈秀英等. AVO 技术在伊盟地区黑劳潮西构造上的应用. 地震地层横向预测技术及实例. 北京: 石油工业出版社, 1992
- [6] 傅锁堂等. 长庆气田榆林山 2 段砂岩气藏的 AVO 分析. 天然气工业, 2000, 20(6)

(本文编辑:刘勇)