

大牛地气田盒 3 段富气储层反射模式及预测 *

张卫华^{1,2}

1. 中国地质大学 2. 中国石化石油勘探开发研究院南京石油物探研究所

张卫华. 大牛地气田盒 3 段富气储层反射模式及预测. 天然气工业, 2009, 29(4): 33-35.

摘 要 大牛地气田二叠系下石盒子组盒 3 段气藏是典型的岩性气藏, 其高效开发的关键是储层预测和储层含气性检测。目前常用的地震解释方法能比较精确地预测砂体分布, 但对砂体的含气性预测则缺少有效的手段。针对该问题, 从主河道发育区是盒 3 段高产区这一地质认识出发, 以“现象—研究—总结”的思路, 利用波动方程正演模拟和完钻井产能统计的方法探讨了利用反射模式识别主河道的可能性和可行性, 总结并提出了河道下切式地质模型, 间接实现了对盒 3 段主河道成因的高产区预测, 实钻显示符合率在 90% 以上。

关键词 大牛地气田 开发 储集层 地震勘探 正演 预测

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2009.04.009

鄂尔多斯盆地大牛地气田二叠系下石盒子组盒 3 段气藏是典型的岩性气藏, 其储层预测的精度关系到气藏的开发进度和效率^[1], 为此应用了地震属性技术和多种反演方法, 并取得了一定的效果, 特别是在预测砂体展布方面取得了重要进展^[2], 但储层的含气性预测仍缺少有效的手段^[3]。地质研究认为盒 3 段高产气藏的有利储层主要发育在主河道沉积区, 预测出主河道发育区则能间接地预测高产气藏的分布。典型主河道在地质上的表现特征就是河道下切, 导致下伏地层减薄, 在地震能识别的情况下反映到地震剖面上就是充填式反射。依据这一认识, 从储层地震反射结构入手^[4], 结合正演模拟研究, 寻找反映主河道下切沉积特征的反射模式^[5], 实现对主河道及主河道叠加区的预测, 从而间接实现对富气储层的预测。

1 问题的提出

图 1 是过 DK13 井的常规地震剖面 and 突出反射结构的属性剖面(局部放大), 该井是大牛地气田的 1 口高产井, 无阻流量为 $59.8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 考察井点处反射特征发现: 在常规剖面上地震同相轴表现出明显的中断合并现象, 上覆同相轴(盒 3 段顶反射)向下凸出, 下伏同相轴(盒 1+2 段反射)变弱甚至消失; 在反射结构属性剖面上表现为盒 3 段强反射、盒 1+2

段弱反射; 该反射现象是否是主河道下切的反映? 那么依据大牛地气田盒 3 段主河道砂体发育区即为高产区的地质规律, 具有该反射特征的区域是否就可以确定为盒 3 段的高产区? 这就要求: ①依据工区已获高产井的盒 3 段地质特征, 建立河道下切地质模型, 利用地震正演模拟回答在工区地质条件下地震能否识别河道下切现象, 即回答盒 3 段富气储层反射模式存在的可能性问题; ②依靠井点统计和外推回答富气储层反射模式对井符合率问题, 如果对井符合率低于一定的比例, 则研究没有意义, 井点统计的目的在于明确反射模式预测盒 3 段富气储层可行性问题。

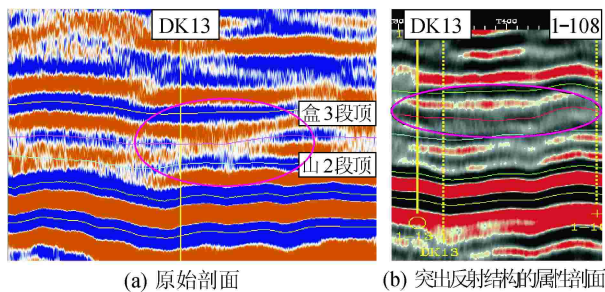


图 1 盒 3 段产气层的地震反射特征图

2 正演模拟研究

2.1 河道下切效应地质模型建立

为了验证河道下切能否形成如图 1-a 剖面所示

* 本文受到“鄂尔多斯盆地大牛地致密低渗气田勘探开发示范工程”(国家专项, 2008zx05000-45)项目的资助。

作者简介: 张卫华, 1972 年生, 高级工程师, 博士研究生; 从事地震资料综合解释工作。地址: (210014) 江苏省南京市卫岗 21 号。电话: (025) 84287739。E-mail: zhangwh@igp.cn

的反射特征,根据目前工区高产的 DK13、DK18 等井点处的地震剖面反射和地质认识,设计了如图 2 所示的“河道下切”地质模型,模型参数见表 1。

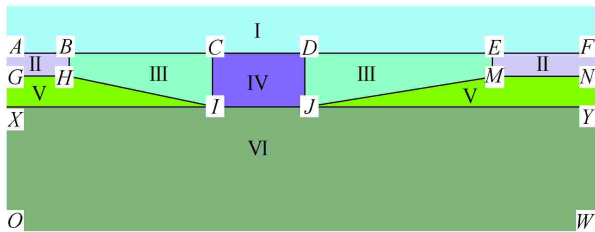


图 2 河道下切地质模型图

表 1 模型的参数表

模型分区	岩性	地层厚度 (m)	地层速度 (m/s)	地层密度 (g/cm^3)
I	泥岩	30	3 400	2.44
II	泥岩	18	3 480	2.48
III	砂泥岩	18~40	3 550	2.55
IV	砂岩	40	3 950	2.61
V	泥岩	0~22	3 600	2.54
VI	泥岩	80	3 700	2.58

该模型反映了河流对下伏地层“切蚀”后的形态。其中 $HIJM$ 是河道流水对下伏地层“切蚀”之后留下的痕迹,称为“切蚀痕迹”。从“切蚀痕迹”的形态看,河道流水对下伏地层的“切蚀”作用从模型的两边向中间由弱到强,使得被“切蚀”的下伏地层的厚度由厚变薄。

模型的第 I 部分模拟的是位于河道“切蚀”作用之上的泥岩地层。第 II 部分用以模拟地层未受到河道流水“切蚀”作用的泥岩地层,表现为水平层,地层的厚度相对稳定。当河道流水“切蚀”作用由轻微渐变到中等强度的时候,得到了第 III 部分所示的地质形态,由于“切蚀”作用的渐变,使得被“切蚀”的下伏地层由厚向薄渐变,岩性也由泥岩向砂岩过渡。当河道流水的“切蚀”作用进一步加强的时候,下伏地层将完全被河道流水“切蚀”掉,如图 2 中的 IV 部分。在该模型中,河道流水的“切蚀”作用最强,表现为下伏地层的缺失,该层段地层的厚度变到最厚,岩性也由泥岩变成了速度和密度都较高的砂岩。第 V 部分模拟的是被河道流水“切蚀”的地层,由于河道流水的“切蚀”,该地层从两边向中间厚度逐渐变薄,最后完全消失。第 VI 部分模拟的是河道流水“切蚀”地层的下伏地层,如果设想河道流水的“切蚀”作用足够强,那么该地层也将被河道流水“切蚀”,在该模型中,该地层未受到“切蚀”。

2.2 波动方程模拟结果

采用适应于纵横向变异的波动方程^[6]对上述地质模型做数值模拟,得到了图 3 所示的地震响应。

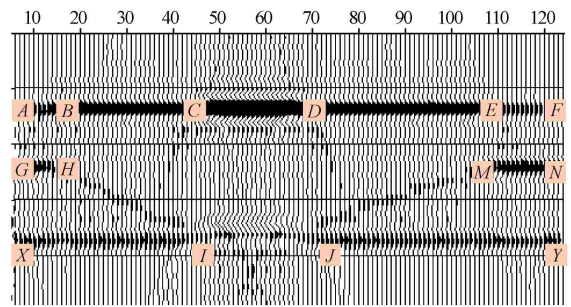


图 3 河道下切地质模型的波动方程正演图

从正演记录可以看到:模型的第一个界面(AF)为对应第一个水平的反射同相轴,由于界面的波阻抗差有差异导致该射界面能量有所差异,尤其在 CD 段,由于下伏地层为高速度、高密度的砂岩,其界面上下波阻抗差异较大,故在 CD 段对应的正演记录上形成强振幅的反射。对于模型 GN 界面中的两边的两个水平界面,其正演记录也保持为水平状态的同相轴。第二个倾斜界面,除了形成沿界面的倾斜的同相轴之外,还在其同相轴上下形成了反相位的同相轴。对应于界面 IJ 段,由于其上地层为高速度、高密度的砂岩,使得地震波在其间旅行的时间要减少,故其同相轴为向上提升,可以看到其正演记录中 IJ 界面对应的同相轴不在 XY 界面上,而且由于 IJ 界面的下伏地层的速度和密度都低于砂岩的泥岩组成,其界面形成了一个负极性的反射界面。并且在第 IV 部分的中间形成了较明显的假的负极性的同相轴。随着河道流水对下伏地层“切蚀”作用的加强,从地震响应剖面可看到界面的反射能量由强变弱,而且连续性也差,在切蚀作用最强的地方,反射界面的极性也发生了反转,在第 IV 部分的正演记录中还可以看到,在切蚀作用最强的地方,地层并没有变成最厚,这是由于当地层被河流切蚀之后,其充填物的性质决定的。但有一点可以肯定,那就是当河流切蚀下伏地层的以后,其充填物的性质将决定界面的反射情况。若充填物为砂岩,在正演记录上可以看到同相轴的不连续,能量变化较大,极性反转等反射特征。还有一点就是当下伏地层被“切蚀”后薄到一定程度时,其同相轴将以复合波形显示。如图倾斜界面的 I 点的左边和 J 点右边,其同相轴和下边的 XY 界面以复合波的形式呈现。

正演模拟结果显示,河道下切可形成图 1 所示

的反射模式;尽管正演模拟存在一定的多解性,但其结果在整体上仍可以反映地下地质特征,同时鉴于富气反射模式研究只要求获得地下地质体的反射结构特征,因此细节上的差异可不予考虑。此正演模拟结果表明利用特殊反射模式识别主河道砂体是可行的。

3 完钻井产能统计分析及其富气储层反射模式

统计盒3段产能大于 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的井约90口,尽管在所有统计的井中仅4-11井产能大于 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 而不具备该反射模式,但具有该反射结构而高产只是盒3段是否高产的一个充分条件,要应用该反射结构预测盒3段高产气层还必须回答是否有不具该反射结构而高产的井,如果有,则这些井所占的比例必须在一个合理的范围内,否则研究就失去了意义。

进一步对全区600来口井统计发现,具有该反射模式而不高产的井有4-31、1-27、D53、D11、D39井和DK20井(图4),所占比例小于10%;不具该反射结构而高产的井只有4-11井。统计分析表明所建立的盒3段富气储层反射具有很高的对井符合率,具有较高的推广价值,但在实际工作中仍应结合其他方法排除由于其他原因而形成的该反射结构。

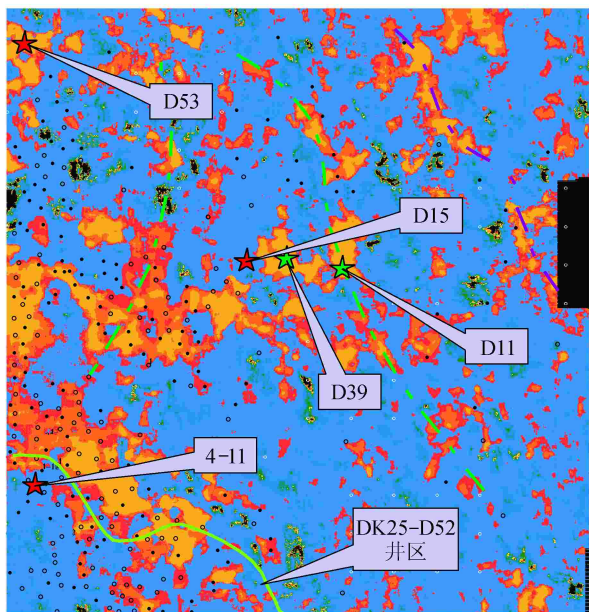


图4 盒3段有利反射模式分布图

需要指出的是,目前获得的盒3段富气储层反射模式只反映了主河道下切形成的气藏,对其他类型的气藏仍需进一步研究。

4 富气储层平面分布预测

图4是追踪的盒3段的有利反射模式,黄色表示有利反射模式分布区,预测有利区的主体均是位于工区的西南部,展布方向由南北向转为南西向展布,另外还存在2条南西向和1条近南北向有利条带,但范围相对小。在该图上,盒3段的高产井仅4-11井没有表现出来,盒3段低产井仅D11、D39、D53井位于有利区内,说明该反射模式的确反映一类富气储层的反射特征。

5 实钻验证

利用上述有利反射模式,在最初评价盒3段较差的DK25—D52井区针对盒3段部署了50口井,其中48口井获得了高产气流,成功率高达96%,进一步证实了通过特殊地震反射模式预测盒3段富气储层的可能性和可行性。

6 结论

地震剖面上的同相轴组合模式实际上是地层组合关系的反映,当具有相同的沉积组合时应具有相同或相似的地震反射模式,反过来具有相同的地震反射模式可能就意味着相同或相似的沉积环境,这是研究反射模式的依据所在。地震反射模式反映出来的地质现象是最明确最直接的,其多解性较弱,是地震地质解释中最值得关注的现象。当然在实际工作中也应注意区分等效效应造成的相同反射模式,同时注意多方法的联合应用以排除多解性。

参考文献

- [1] 曾忠, 阎世信, 魏修成, 等. 地震属性解释技术的研究及确定性分析[J]. 天然气工业, 2006, 26(3): 41-43.
- [2] 张洪波, 王纬, 顾汉明. 高精度地震属性储层预测技术研究[J]. 天然气工业, 2005, 25(7): 35-37.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 刘兴刚, 金燕, 谢冰, 等. 广安地区须家河组储层测井识别方法[J]. 天然气工业, 2008, 28(增刊A): 65-68.
- [6] 王延光, 李振春. 一种适于强横向变速的高阶差分正演模拟方法[J]. 石油大学学报: 自然科学版, 2002, 26(5): 37-39.

(修改回稿日期 2009-01-23 编辑 韩晓渝)