

文章编号:1000-7393(2007)06-0059-02

深度域地层模型在储层预测中的应用

王大卫 周家雄 隋波

(中海石油(中国)有限公司湛江分公司,广东湛江 524057)

摘要:随着勘探、开发难度的加深,钻井作业对钻前储层预测精度的要求也不断增加,其中储层深度、储层厚度和空间展布的预测精度对钻井效率、成功率,特别是对水平生产井的产能起着决定性的意义。W油田的构造是一个非常低幅度的隐蔽圈闭,加之浅层气的影响,目的层资料品质较差,造成深层水平生产井的钻前预测难度很大。通过浅层气校正、建立精确的速度模型、时间域地震数据体转换为深度域和地震反演属性体等一系列技术,得到了油田储层空间分布预测结果,用来进行钻前优化和随钻研究,使水平段钻井顺利实施,提高了钻井效率,水平生产井的产能也有明显提高。

关键词:水平段钻井;浅层气;叠前层速度相干反演;深度域地层模型;储层预测

中图分类号:TE321 **文献标识码:**A

W油田是一个在基底隆起上发育的非常低幅度的隐蔽圈闭构造。该油田在钻探W1井过程中发现,后来又钻探了2口评价井W2、W3。研究认为W油田为构造控制的块状油气藏,在主力油层之上发育A、B、C3套浅层天然气藏。由于浅层气的存在,严重影响地震速度,造成深部主力油层地震反射同相轴明显下拉,时间图上构造圈闭范围和幅度都很小。另外,3层浅层气纵向叠合不齐,导致该油田深部地层平均速度横向变化较大,钻井过程中,利用单一井的时深关系难以准确预测目的层的深度,特别是水平井的速度更难以确定。通过浅层气校正、建立精确的速度模型、深度域地震数据体和属性体来进行钻前优化和随钻研究(流程见图1),效果较好,使钻井效率和水平段的产能都有明显的提高。

1 深度域模型的建立

1.1 油层顶面时间校正

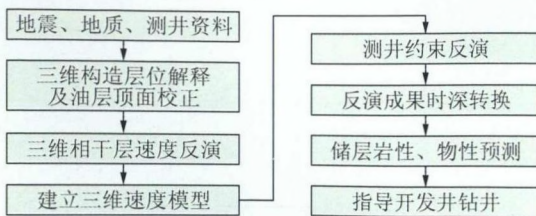


图1 研究流程

根据经典几何地震学可知,地层埋深的基本计算公式为

$$h = t_0 v / 2 \quad (1)$$

式中, h 为水平界面埋藏深度,m; v 为地震波传播到该层的平均速度,m/s; t_0 为双程旅行时间,s。

其中平均速度是在地震反射界面上覆地层的总厚度除以地震波旅行的单程旅行时间,根据此定义推论浅层气层对深层地层界面地震旅行时间的影响为

$$\Delta t = 2H(1/v_a - 1/v_g) \quad (2)$$

式中, H 为浅层气层总厚度,m; v_g 为气层层速度,m/s; v_a 为含气地层不含气状态层速度,m/s。

基于上述理论,首先求取气层厚度。目前钻遇气层井测井解释的气层厚度都小于地震分辨率,研究中利用测井解释厚度与气层地震振幅的关系来求取气层厚度。先解释出每一个层位的顶面,然后分别提取每一个气层的振幅,并求取对应的储层厚度,在此基础上描述3个气层总厚度,最后利用公式(2)对油层顶面时间面进行浅层气影响校正。

1.2 地震速度模型的建立

地震速度场计算有多种方法,常规采用的叠加速度、均方根速度等方法均存在以下弊端。

(1)速度精度低。常规方法的速度来源是常规

速度谱解释,横向分辨率低;另外 DIX 公式只适用于各向同性介质、水平地层条件,当地下地层呈倾斜状或介质复杂时,用其求取层速度或平均速度会产生较大的误差。

(2)不能准确归位。时深转换只在垂向上进行,对复杂构造不能正确偏移归位。

笔者采用叠前三维相干层速度反演方法来获得地层的层速度。该技术打破了传统方法对应用条件的限制,采用地质模型正反演相结合的相干反演方法估算层速度,最终可以得到横向分辨率高、使构造正确偏移归位的准确原始地层速度。过程如下。

(1)在偏移域即偏移剖面上从海底开始拾取时间层位(包括目的层段);(2)根据拾取的时间层位生成时间偏移图;(3)用均方根速度把时间偏移图反偏移到叠加域;(4)用时间域图反偏移到叠加域的资料生成时间叠加图;(5)沿层相干反演层速度(平均速度);(6)生成平均速度体;(7)把叠加图偏移到深度域;(8)计算各层的层速度;(9)计算各层平均速度。

采用这种方法最终得到主力油层及其上下地层的地震层速度。

首先采用反演的数据建立原始速度场,然后利用测井资料(声波和 VSP)对速度场进行三维空间的校正得到最后的地震速度模型,见图 2。

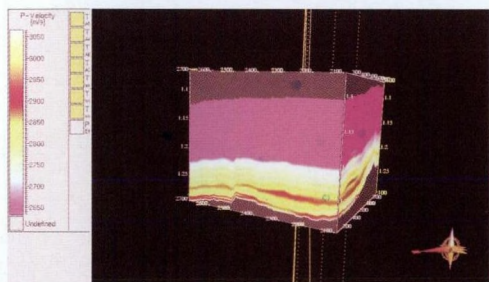


图2 地震层速度模型

1.3 地震反演

W 油田共钻探井 3 口,测井资料显示主力油组为低速度、低密度,储层与上下围岩在阻抗上能够区分。由于研究之初钻井数目相对较少,本次研究采用的研究方法是迭代反演,即在随钻过程中随着新钻井资料的增加,不断地进行测井约束的地震反演来进行储层预测;测井约束的地震反演本身是一种比较完善的波阻抗反演方法,它以声波资料丰富的高频信息和完整的低频信息来补充地震资料有限频宽的不足,并利用已知地质信息和测井资料作为约束条件,推算出地层波阻抗岩性资料,为储层深度、

厚度、分布范围等精细描述提供可靠依据。随着资料的不断丰富,储层预测精度自然就越来越高。

2 地震数据体时深转换及应用

要利用深度域的地震资料及其研究成果(波阻抗、属性数据体等)来进行钻前和随钻研究,首先需要将这些数据体从时间域转换到深度域。目前地震数据时深转换的工作很多商业软件都可以完成,即利用经过校正后的三维速度场将时间域数据体转换成深度域,然后建立起深度域的研究工区来进行钻前和随钻的研究。

建立起深度域地震工区后就可以直接将现场钻井的资料,如井轨迹、随钻测井、录井等资料加到深度域的地震工区中,而不需要考虑速度横向变化的问题,这样可以大大提高随钻研究的工作效率和研究成果的精度,为现场决策和钻井作业节省大量的时间,从而达到节省油田开发成本的目的。随钻研究中的迭代反演和利用新井资料不断更新三维速度场和储层预测成果也是随钻研究中不可缺少的重要一步。

表 1 是 W 油田各水平开发井的第一靶点深度误差分析表。从表中可以看出,利用深度域地层模型预测的结果与实钻比较,不管是钻前预测还是随钻预测结果都与实际钻井结果较为接近,特别是随钻预测的靶点深度精度非常高,对钻井作业具有很好的指导意义。

表 1 靶点深度误差分析

井号	钻前预测误差/m	随钻预测误差/m
A6hp	7.3	-0.2
A1hp	9.4	0.1
A3hp	2.9	-2.8
A4hp	-4.7	0.3
A2h	7.0	2.4
A5h	-2.0	-0.8
A7h	7.0	-0.7

3 结论

W 油田的随钻研究通过利用浅层气层厚度描述对主力油层时间域地震层面进行校正,结合三维相干层速度反演结果及随钻资料建立速度模型,

(下转第 64 页)

性,引入开发设计中,这些做法为油田产能设计、采收率的确定和开发指标预测等提供了较可靠的依据。如文昌油田群和以涠洲组为主力油层的涠洲油田群,通过已开发油田的证实,类似油藏具有较充足的天然能量,无需进行注水开发,这就解决了以往这些油田开发是否注水的困惑;文昌19-1油田主力层珠江组油藏属宽过渡带的边水油藏,大部分开发井都布在过渡带范围内,而且多以水平井生产为主,一旦边底水锥进,将大大影响油田生产预测指标和采收率,通过仔细研究,发现在该区油层底部普遍存在一套钙质层,结合已开发油田经验,这种钙质层分布如相对稳定,将大大提高油田开发效果,目前通过开发方案设计中的开发领眼井的证实,油田范围内该钙质层确实存在,大大增加了该油田开发指标预测的地质依据。

在上述思路的指导下,涠洲油田群和文昌油田群都已进入开发实施阶段,目前部分油田已投入生产,总体开发效果较好。

4 结论

(1) 由于地理环境、地质条件、储量规模和评价程度等因素制约,较多的边际油田难以开发。

(2) 当前有利于海上边际油田开发的条件是:

石油价格的攀升、海上石油开发技术应用、本海域已开发油田的成功开发模式和开发经验。

(3) 结合各边际油田实际,制定合理的开发模式,应用新技术降低开发成本,实施勘探开发一体化挖掘油田潜力,回避地质油藏风险,以少井高产的方式提高初始产能,降低开发投资,充分借鉴已开发油田经验制定合理的开发方案。

参考文献:

- [1] GIANNESIN JeanF, VIRONDAU C. 边际油田开发战略的重要性的技术的挑战性[J]. 国外油田工程, 2000, 16(11): 42-46.
- [2] 方华灿. 我国海上边际油田采油平台选型浅谈[J]. 石油矿场机械, 2005, 34(1): 24-26.
- [3] 杨致政, 张瀛, 胡启国. 近海边际油田勘探开发中若干关键问题探讨[J]. 特种油气藏, 2005, 12(5): 5-9.
- [4] 俞学礼. 渤海边际油田开发综合研究[J]. 中国海上油气(工程), 1998, 10(2): 4-12.
- [5] 赵声振. 对我国海上边际油田开放价值预期的反思[J]. 国际石油经济, 2004, 12(8): 50-60.

(收稿日期 2007-08-03)

[编辑 朱伟]

(上接第60页)

减少了浅层气对地震速度的影响,提高地震速度场的精度。将地震反演结果转换为深度域地层模型,在W油田的随钻研究取得了很好的效果,该研究能以最快的速度给钻井现场提供出储层分布及深度的预测结果,在油田水平开发井钻井作业中发挥了很好的作用。该工作方法对于速度横向变化较大油气田的随钻研究具有借鉴和推广价值。

参考文献:

- [1] 何樵登. 地震波理论[M]. 北京:地质出版社, 1988: 91-97.

- [2] 李庆忠. 论地震约束反演的策略[J]. 石油地球物理勘探, 1998, 33(4): 423-438.
- [3] 杨凤丽. 埕岛油田河流相储层地震描述方法[J]. 石油学报, 1999, 20(4): 24-28.
- [4] 杜世通. 地震技术识别与描述超薄储层力与局限[J]. 石油地球物理勘探, 2005, 40(6): 652-662.
- [5] 李文斌. 随钻测量系统在波浪水平井中的应用[J]. 石油钻采工艺, 2005, 27(5): 26-29.

(收稿日期 2007-08-03)

[编辑 朱伟]