

· 综合研究 ·

井震联合地质建模技术 在扶杨油层油藏描述中的应用

杨懋新* 刘金平 王允清 赵秀红 孟繁举

(大庆钻探工程公司地球物理勘探一公司,黑龙江大庆 163357)

杨懋新,刘金平,王允清,赵秀红,孟繁举. 井震联合地质建模技术在扶杨油层油藏描述中的应用. 石油地球物理勘探, 2010, 45(增刊1): 130~133

摘要 GTZ 区块扶杨油层为网状河化的三角洲平原亚相沉积, 储层砂体薄、相变快、规律性差, 具低孔、低渗特点; 砂岩的测井响应表现为高电阻率值与低自然伽马值, 砂岩总体上为高速砂岩。由于上述地质、地球物理特征, 进行精确油藏描述难度很大。本文通过井震联合地质建模技术, 以地质资料和地震解释层位数据为基础建立了构造模型, 采用相控技术和截断高斯及协序贯高斯模拟方法, 得到了三维储层岩性和物性模型、油藏模型。对扶杨油层 3 个砂层组和 7 个小层的单砂体进行了厚度和含油性预测, 预测结果与后验井验证结果符合率达到 80% 以上, 油藏类型既有砂体上倾尖灭形成的岩性油藏, 也有断层遮挡形成的构造—岩性油藏。

关键词 井震联合 地质建模 构造建模 岩性模型 地震岩性反演 油藏描述

1 引言

GTZ 区块位于大庆长垣 GTZ 背斜构造的西翼, 总体上为一向西倾斜的单斜。GTZ 区块油气勘探面临的主要问题是, 储层砂体较薄、横向变化大、精细预测困难。区块内共有 32 口井钻遇扶杨油层, 钻井揭示, 扶杨油层地层厚度为 90~110m, 为网状河化的三角洲平原亚相薄互层沉积, 具有横向不稳定、非均质性强的特点, 砂体单层厚度一般为 2~5m, 砂体平面展布规律异常复杂。扶杨油层顶部断裂极为发育, 断层性质均为正断层, 走向以北西向为主。测井解释有效孔隙度约为 10%, 渗透率大多在 0.2mD 以下, 具低孔、低渗特点。GTZ 区块内扶杨油层砂岩的测井响应表现为高电阻率值与低自然伽马值的特征; 声波测井与电阻率测井的对比结果表明, 扶杨油层的砂岩总体上为高速砂岩, 砂岩和泥岩相比具有较高的速度。

鉴于地震约束地质建模技术对于了解储层的空间展布特征和砂体的连通性具有一定效果^[1,2], 文中基于测井资料, 以地震岩性反演数据为约束, 在构

造模型控制下, 采用相控技术和截断高斯及协序贯高斯模拟方法, 建立了三维储层岩性和孔渗模型, 并按岩性和油层解释标准, 对岩性模型进行储层转化, 得到油藏模型。其预测结果与井点数据吻合较好, 储层预测精度明显提高, 研究成果对 GTZ 区块的油藏描述和井位部署具有一定的借鉴意义。

2 井震联合地质建模技术

井震联合地质建模技术基于地质统计学等常规数学建模方法, 以地震反演数据作为约束, 实现井间测井数据内插, 从而建立储层地质模型^[3]。该技术将含有丰富岩性和物性信息的地震反演数据和测井数据结合在一起, 既体现了测井数据的垂向分辨率, 又考虑了反演数据体反映的储层横向变化特征。井震联合地质建模技术的实现流程如图 1 所示, 模型建立分为构造模型建立和储层模型建立两个部分, 前者是基础, 后者是关键。具体实现方法是: 以地震精细解释的层位数据和断层数据为约束, 建立反映层位和断层框架的构造模型; 在构造模型的基础上, 针对扶杨油层为网状河化的三角洲平原沉积, 储层

* 黑龙江省大庆市红岗区杏五井物探公司研究所, 163357

本文于 2010 年 5 月 23 日收到, 修改稿于 2010 年 9 月 2 日收到。

横向变化较大的特征,采用相控技术和截断高斯及协序贯高斯模拟方法,在测井数据和地震反演数据控制下进行随机模拟,预测储层的岩性和物性。

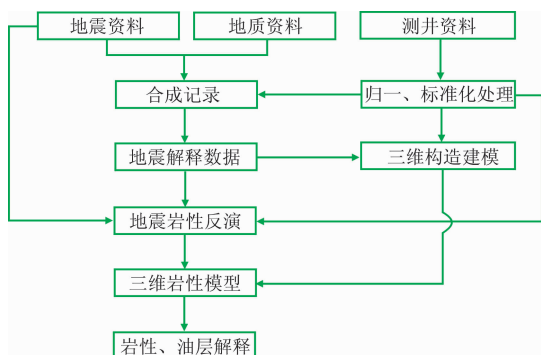


图 1 井震约束地质建模技术的实现流程

2.1 构造模型的建立

建立的构造模型精确与否直接影响储层预测的精度^[4]。构造模型包括断层模型和层面模型两个部分,断层模型控制各断块的边界及配置关系,层面模型控制地质体的空间位置。建立构造模型的依据是钻井地质分层数据、断点数据以及经过精细地震资料解释获得的层位数据和断层数据。其实现过程如下:

(1)利用离散光滑插值算法和三角剖分技术产生各断层面,然后对各断层面的关系进行组合,即定义断层之间的搭接关系,建立断层模型(图 2a);

(2)输入地震层位解释成果和井分层数据,产生各层的初步构造面;

(3)处理断层与构造面的切割关系,包括定义断层与层面的交割线,排除断层附近的不真实构造点;产生垂直断距和水平断距以及对切割关系的某些人工编辑工作;

(4)通过井分层数据与构造面的误差检查,进行误差分析和井校正,实现井分层数据与构造面的“无缝”结合(图 2b)。

构造建模的关键是网格大小的设计。若网格数目太多,则计算时间长,耗费过多的计算资源;若网格数目太少,则不能控制地质体的形态及保证建模精度。研究区的面积为 216km²,具有建模面积大、井距较大以及砂体横向变化快、部分砂体厚度小(小于 1m)等特点,但该区地震资料品质较高,反射同相轴的连续性较好,通过试验,确定三维地质建模采用 70m×70m 的网格,网格平均步长为 0.3ms。

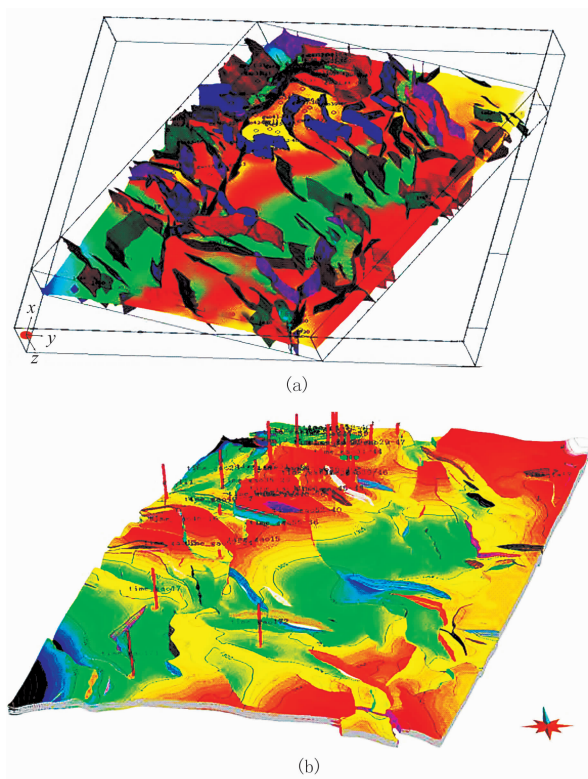


图 2 三维构造模型

(a)断层模型; (b)层面模型

2.2 储层模型的建立

建立三维储层模型是为了在三维空间定量认识储层的展布规律。由于储层的属性分布受控于岩相分布,因此储层属性建模采用相控建模技术,即首先在波阻抗反演的基础上建立岩相模型,然后在岩相的控制下建立孔隙度、渗透率模型。

2.2.1 储层岩相模型

钻井钻遇的砂岩分为干层、与差油层对应的差砂岩、与油层和水层对应的好砂岩三类。但从声波时差曲线与岩性的对应关系来看,只能大致区分砂岩和泥岩(低声波时差对应砂岩),不能区分三类砂岩,因此以声波时差和密度计算的声阻抗也只能大致区分砂岩和泥岩。为此,本文将岩相建模分为两步:①将岩相粗化为砂、泥两类,用波阻抗反演数据体作为软约束,建立“较粗的”岩相模型;②在“较粗的”岩相模型控制下,用井数据内插建立最终的细化岩相模型。岩相建模过程大致为如下。

(1)数据相关性分析 建立三维储层模型的一个关键参数是测井数据和地震数据之间的相关系数,相关系数决定多参数协同建模的可行性^[5]。前人研究结果表明,当主变量与因变量之间的相关系

数大于 0.4 时,可对预测结果起到有效的空间约束和指示作用。通过交会图方法分析了研究区声阻抗与地震反演波阻抗之间的相关性(图 3),得到两者的相关系数约为 0.812,表明两者具有很好的相关性。

(2)变差函数分析 变差函数分析用于描述数据场中各数据之间的相互关系,其目的是获得反映储层参数的空间变化特征。钻井岩性分类数据的变差函数统计结果表明,纵向上变程约为 2m,反映了砂层为薄互层的特点。平面上,主方向 90°的变程为 2000m,次方向 0°的变程为 1500m,反映了沉积方向为南北向的特点,与区域地质认识基本相符。

(3)建立“较粗的”岩相模型 以钻井岩性曲线为硬数据,波阻抗模型为软数据,同时在变差函数和沉积微相的控制下,用截断高斯方法模拟出砂、泥岩模型。

(4)细化岩相模型 首先把岩相曲线赋到井轨迹,通过网格化,再进行变差函数分析,最后用截断高斯方法模拟出细分为四类岩性(泥岩、干层、差砂岩、砂岩)的岩相模型。

连井剖面的质量检查结果表明(图 4),井穿过的网格与井数据完全吻合,且砂岩的分布与波阻抗的高值有较好的对应关系,说明井数据和波阻抗数据对模型同时起到了控制作用。

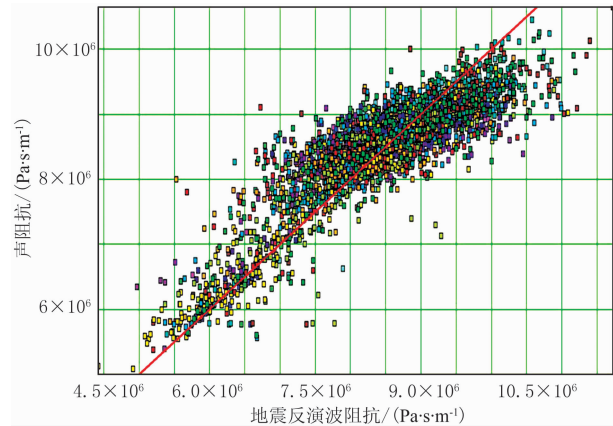


图 3 声阻抗—地震反演波阻抗交会图

2.2.2 孔隙度、渗透率模型

孔隙度、渗透率建模采用相控技术。以钻井岩性曲线为硬数据,波阻抗模型为软数据,在变差函数的控制下,用协序贯高斯方法模拟出孔隙度模型。建立渗透率模型的步骤为:首先对钻井渗透率曲线取对数,然后以钻井渗透率对数曲线为硬数据,孔隙度模型为软数据,同时在变差函数的控制下,用云变换方法模拟出渗透率的对数值模型,再用指数函数进行反对数变换,得到最终的渗透率模型。连井剖面的质量检查结果表明(图 5),不同砂岩类型具有不同的孔隙度、渗透率分布规律,且渗透率的分布与

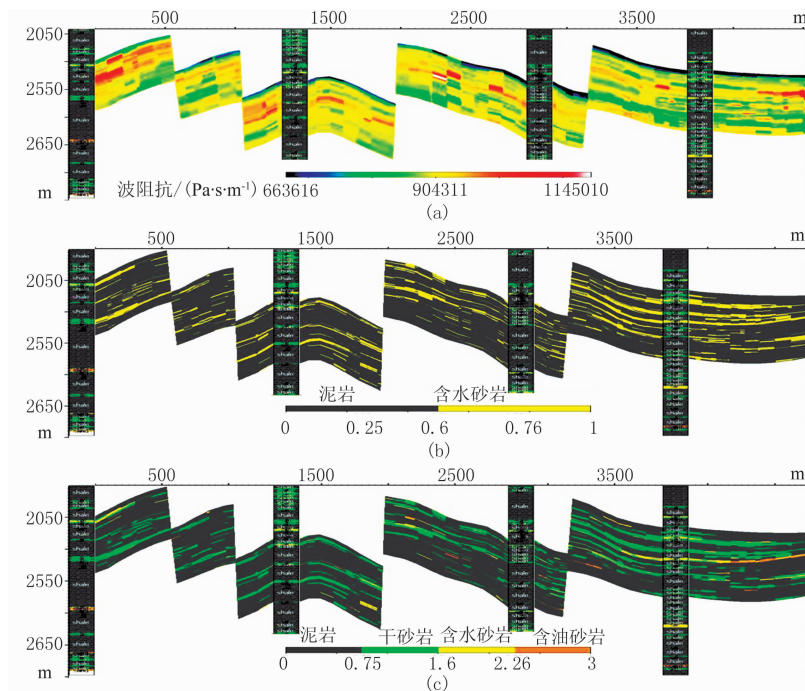


图 4 岩相模型连井剖面

(a)波阻抗模型;(b)“较粗的”岩相模型;(c)细化岩相模型

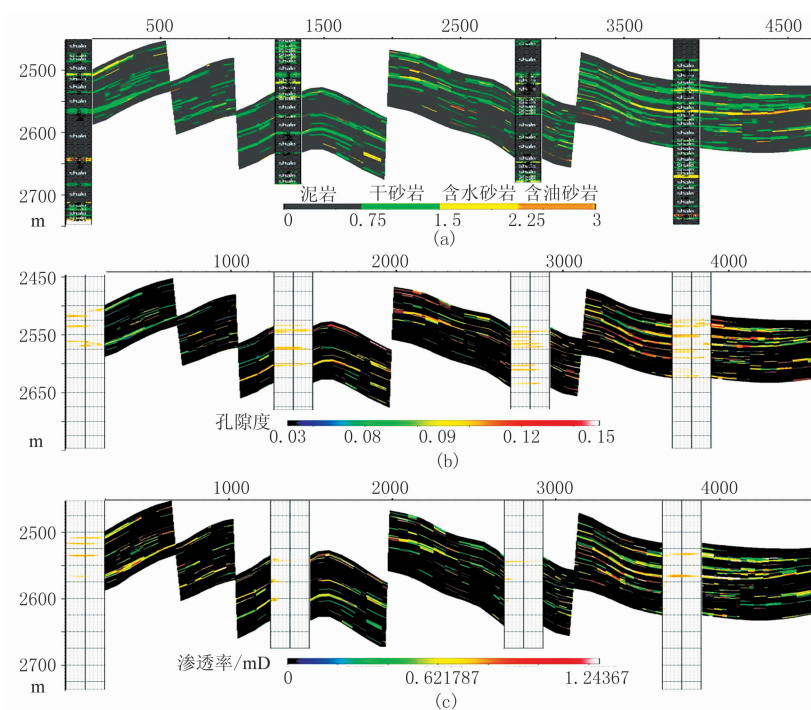


图 5 储层物性模型连井剖面

(a)岩相模型;(b)孔隙度模型;(c)渗透率模型

孔隙度有较好的对应关系,说明井数据、岩相模型对孔隙度、渗透率模型同时起到了控制作用。

3 砂体和油层解释

GTZ 区块砂层薄,厚度一般为 2~5m,很难从地震剖面上直接追踪砂层和油层的顶、底界面。为此,对储层地质建模结果进行了油藏解释,解释结果表明(图 6),储层建模的解释结果与井点的油水特征吻合程度很高,油藏类型既有砂体上倾尖灭形成的岩性油藏,也有断层遮挡形成的构造—岩性油藏。在油藏预测的基础上,对扶杨油层 3 个砂层组和 7 个小层的单砂体进行了厚度和含油性预测,预测结果与后验井验证结果符合率达到 80%以上。

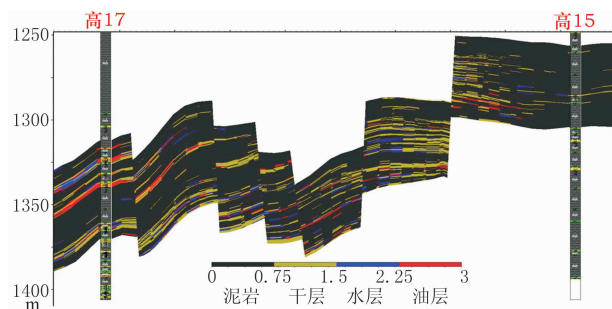


图 6 油藏模型连井剖面

4 结束语

井震联合地质建模技术在构造模型的框架控制下,从井点出发,以地震岩性反演数据为约束,对储层的岩性和物性进行预测,其预测结果对储层的刻画较反演数据更加精细。相控地质建模技术能有效降低模型预测的不确定性,使预测结果更加精确可信。井震联合地质建模技术适用于复杂薄互层储层的预测,可以为油田的进一步勘探和开发提供依据。

参考文献

- [1] 裘亦楠. 储层地质建模十年. 石油学报, 2000, 21(4): 45~48
- [2] 刘文岭. 地震约束储层地质建模技术. 石油学报, 2008, 29(1): 64~68
- [3] 魏嘉, 唐杰, 岳承祺等. 三维地质建模构造技术研究. 石油物探, 2008, 47(4): 319~327
- [4] 汤军. 对储层建模的研究. 石油天然气学报, 2006, 28(3): 50~52
- [5] 周丽清, 赵丽敏, 赵国梁等. 高分辨率地震约束相建模. 石油学报, 2000, 21(4): 45~48

(本文编辑:刘勇)