

高阳地区下第三系油藏描述与评价*

陈 刚 曲志浩 赵圣亮
(西北大学地质学系, 陕西西安 710069)

薄层砂体横向预测是油藏描述的关键性技术环节, 运用地质、测井约束条件下的地震综合反演技术, 提高了波阻抗剖面的分辨率和砂岩储层物性参数的预测精度, 对高阳三维地震区下第三系薄层砂岩储集岩系进行了以构造解释和储层预测为主要内容的油藏描述与评价, 综合分析并初步预测了该区下第三系油藏的圈闭类型、富集规律及其有利勘探方向。

关键词 综合约束反演 油藏描述 下第三系 高阳地区

第一作者简介 陈刚 男 33岁 副教授(博士) 石油与天然气地质学

高阳地区位于饶阳凹陷西侧蠡县斜坡高阳构造带南段的三维地震区, 面积约 20 km²。近年来, 高阳构造带北段相继发现了成带连片分布的下第三系构造油藏, 该带南段高阳三维工区已有钻井初步证实下第三系东营组二段(简称东二段)、沙河街组一段上亚段(简称沙一上段)和沙河街组一段下亚段(简称沙一下段)三套含油层系, 但对其分布和富集规律及相应的油藏类型和圈闭范围尚不落实。我们运用综合约束地震反演技术, 对三套含油砂岩目的层系进行了以构造解释和储层预测为主要内容的油藏描述与评价。

1 方法技术

综合约束反演方法, 是 90 年代发展起来且优于常规线性反演的一项非线性地震反演技术, 该方法实现的关键在于将钻井地质和测井垂向分辨率高与地震横向分辨率高的特点相结合, 充分利用测井的低频- 高频成分和地震丰富的中频信息, 求取适合油藏描述的优化宽带波阻抗模型^[1], 运用此项技术进行油藏描述主要包括以下步骤(图 11): (1) 通过地质和测井约束条件下地震资料的初始解释, 得到波阻抗曲线、层位解释结果和岩性信息, 确定一个初始波阻抗模型。(2) 将地震道估计结果与实际地震道相比求得剩余误差, 再利用这个误差在噪声和模型协方差估计值约束下通过随机算法修

改模型。此过程反复进行, 直至获得可用来控制反演过程稳定性与分辨率的剩余误差, 最终得到优化宽带波阻抗改进模型。(3) 利用改进模型将常规地震剖面约束反演为高分辨率波阻抗剖面。(4) 在地质和测井资料约束下, 地震剖面与波阻抗剖面相结合进行目的层位追踪对比和构造解释与编图, 并结合地质和测井分析提供的岩性- 电性- 物性关系, 将波阻抗剖面直接转化为可用于储层预测的岩性和物性剖面。(5) 综合上述成果, 结合油、水层划分对比及其分布规律的研究, 进行油藏综合评价。

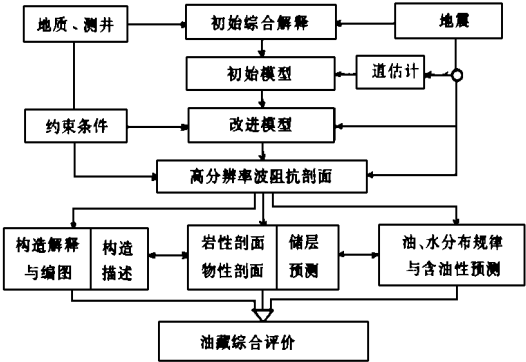


图 1 高阳地区油藏描述技术路线流程图

Fig. 1 Technical flow chart of reservoir description in Gaoyang Region

运用上述方法技术将研究区的主要剖面综合反演为波阻抗剖面, 反演后剖面的主频由原来的 30 Hz 提高到 75 Hz, 频宽约 90 Hz, 分辨率由原来的二十几米提高到十米以内, 尤其是剖面井点位置井旁道与反演结果对比, 速度和预测孔隙度等参数的误差均小于 20%。因此, 建立在高分辨率波阻抗

* 国家自然科学基金与华北石油管理局协作攻关课题联合资助
收稿日期: 1999-02-03

剖面基础上的构造描述和储层预测,为油藏描述与评价提供了良好的条件。

2 构造描述

2.1 构造特征与构造圈闭

运用合成记录标定层位和平均速度制作技术,以及 Landmark 人机联作系统完备的显示和解释功能,将常规地震剖面 and 反演后的波阻抗剖面相结合,对高阳地区进行了层位追踪对比和构造解释与编图(图 2),揭示研究区的主控构造型式是受走向 NNW-NE 的高阳反向正断层控制的断块构造,且呈向右侧饶阳凹陷轴部倾伏之势。其中东二段和沙一上段含油储层顶面构造具有极其相似的构

造样式,即沿高阳反向正断层上升盘构造高部位形成 G115 井断鼻构造,且西侧均由高阳断层界定,东侧则分别由东二段 1 880 m 构造等值线和沙一上段 2 200 m 构造等值线所围限,圈闭幅度约 60 m。沙一下段含油储层顶面构造图则与前者有所不同,总体呈一向东倾伏的单斜构造,但由于高阳断层走向由 NNW 至 NE 的变化,因而造成走向转换区段断层上升盘翘凸带被沙一下段 2 360 m 构造等值线所围限,形成典型的断块构造圈闭。由于工区范围所限,该圈闭在图幅内并不完整,2 360 m 构造线走向趋势当在 G102 井以北与高阳断层闭合。

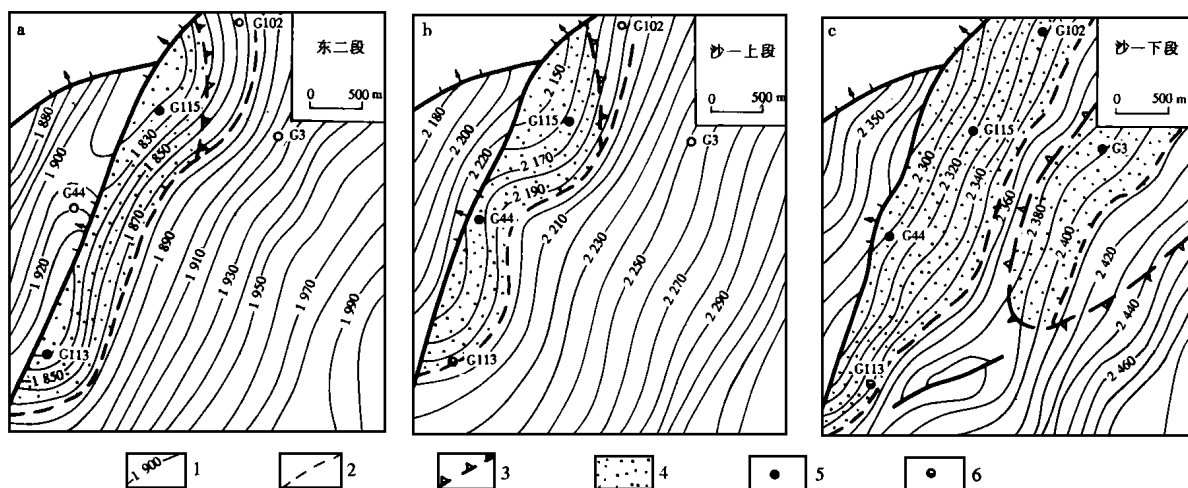


图 2 高阳地区含油储层顶面构造与预测含油边界关系图

Fig. 2 Relation between top structures of oil reservoirs and predicted oil-bearing boundary in Gaoyang Region

1—储层顶面埋深(m); 2—油水界面线; 3—有效储层岩性或物性边界; 4—预测油藏; 5—油井; 6—油水井

2.2 构造圈闭与油、水分布的关系

通过对研究区 5 口钻井试油资料和测井油、水层解释结果的综合研究,分别确定了如图 2 所示的三套含油层系的油水界面,从中可以看出构造圈闭与油、水分布的关系:(1)在 2a 和 2b 两幅图上,高阳断层和油水界面线围限区的 G113 井、G44 井和 G115 井,试油和测井解释证实相应目的层系为工业油层,且油层产出状况受制于断鼻构造圈闭,但位于该圈闭北段的 G102 井相应层位试油和测井解释却为水层,显然东二段和沙一上段含油层系未能向北延至 G102 井,因而决定了这两套含油层系并非属于简单的断鼻构造油藏。(2)图 2c 由高阳断层和 2 355 m 油水界面线所圈定的范围内,位于较高构造部位的 3 口钻井和测井解释证实,沙一下段含油砂岩目的层为工业油层,且以最高位置 G44

井的油层厚度和产能最大;位于该圈闭低部位的 G113 井相应层位则为油水同层,表明该套含油层系为受控于高阳地区构造圈闭的构造油藏。(3)图 2c 位于斜坡中部的 G3 井沙一下段含油灰岩层系,试油和测井解释为工业油层,但其油水界面(2 410 m)远低于其上翘方向构造高位的沙一下段含油砂岩层系的油水界面,显然二者决非属于同一油藏圈闭。

3 储层预测

钻井取芯测试分析和测井解释综合研究结果表明,东二段目的层砂岩的储层物性条件最为有利,孔隙度主值区间为 25%~30%,渗透率为 $100 \times 10^{-3} \sim 1\,000 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属中高孔渗砂岩储层;沙一下段含油砂岩和灰岩储层的物性条件相对

较差,孔隙度均值分别为 19.0%和 17.0%,渗透率均值分别为 $347 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 和 $103.8 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,均属中低孔渗储层;沙一上段目的层砂岩的储层物性条件居中,总体属中孔中渗砂岩储层。同时,通过岩芯刻度下的测井参数解释和回归分析,为地震储层预测提供如下的岩性-电性-物性转换关系和有效储层物性下限标准:

- (1) 声波时差 (Δt) - 孔隙度 (Φ) 关系: $\Delta t = 180.66 + 463.154 \Phi$ ($n = 208, r = 0.8216$)
- (2) 渗透率 (K) - 孔隙度 (Φ) 关系: $K = 6.685 3 1g \Phi + 3.273 1$ ($n = 208, r = 0.7481$)
- (3) 砂泥岩速度 (V) - 深度 (H) 关系: 砂岩 $V = 1657.59e^{0.000332635H}$; 泥岩 $V = 1886.08e^{0.000218092H}$
- (4) 有效储层物性下限: $\Phi_{\min} = 10.0\%$; $K_{\min} = 2 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$

利用上述转换关系,运用岩芯和测井刻度地震的综合反演技术^[2,3],将波阻抗剖面转化为砂岩百分比、孔隙度和渗透率剖面,结合高分辨率波阻抗剖面,对高阳地区三套含油储层岩系进行了厚度、岩性和物性等的横向预测。高阳地区 444~492 测线多井约束条件下储层预测剖面揭示(图 3),东二

一上段含油砂岩层系比较薄,下倾方向尖灭于 G102 井与 G3 井之间,但由于该尖灭带位于油水界面以下,对油藏圈闭意义不大。重要的是该层系在油水界面以上 G115 井与 G102 井之间存在一物性突变带,表现为速度突增,预测孔渗参数减小且低于有效储层物性下限,造成沙一上段含油砂岩层系在两井之间发生物性中断。沙一下段构造高部位的含油砂岩层系和斜坡中部的含油灰岩层系,在等时地层格架中属同一层序单元,只是由于相变过程中砂岩下倾尖灭与灰岩上翘尖灭之间被高泥质含量层阻隔,因而造成二者分属不同油藏圈闭。同时, G3 井下倾方向含油灰岩层系在油水界面以下尖灭于高泥质含量层中。将 444 和 492 测线闭合的多条剖面进一步追踪对比,确定了上述剖面预测岩性或物性尖灭点的平面展布,并将其标定在图 2 上。由此可以得出三点重要认识: (1) 东二段和沙一上段两套含油砂岩层系主要连片分布于 G115 井断鼻构造圈闭之中南部,二者向北延伸均在 G115 井 G102 井之间趋向岩性或物性尖灭,构成如图 2a 和图 2b 所示的油藏的北部边界; (2) 沙一下段含油砂岩层系在高阳地区构造圈闭区连片分布,且呈继续北延之势; (3) 沙一下段含油灰岩层系主要分布于斜坡中部 G3 井一带,东、西、南侧尖灭,北侧延伸超出工区范围,边界未能界定。

4 油藏评价

综合前述,高阳地区下第三系三套含油层系并非以往认为的简单的构造油藏,而是由 3 种圈闭类型构成相应的 4 个油藏,且具有不同的石油富集规律和勘探远景,并可作如下评价排序。

(1) 主力油藏: 沙一下段 G115 井断块构造油藏由高阳断层和沙一下段 2355 m 油水界面线联合围限,但油藏完整的圈闭范围应北延至工区以外。仅就研究区范围计算,沙一下段含油砂岩层系有效厚度 10 m,含油面积 2.63 km²,储量规模 227.8 × 10⁴ t,储量丰度 86.6 × 10⁴ t/km²。

(2) 有利油藏: 东二段 G115 井岩性构造油藏由高阳断层、东二段 1875 m 油水界面线以及 G115 井与 G102 井之间含油砂岩尖灭线共同圈闭而成,含油面积 1.26 km²,有效厚度 7.8 m,储量规模 80.1 × 10⁴ t,储量丰度 6.6 × 10⁴ t/km²。

(3) 较有利的油藏: 一是沙一上段 G115 井岩性构造油藏,由高阳断层、沙一上段 2195 m 油水界面线以及 G115 井与 G102 井之间有效储层物性尖灭线联合圈闭,含油面积 1.01 km²,有效厚度 3 m,

(下转第 151 页)

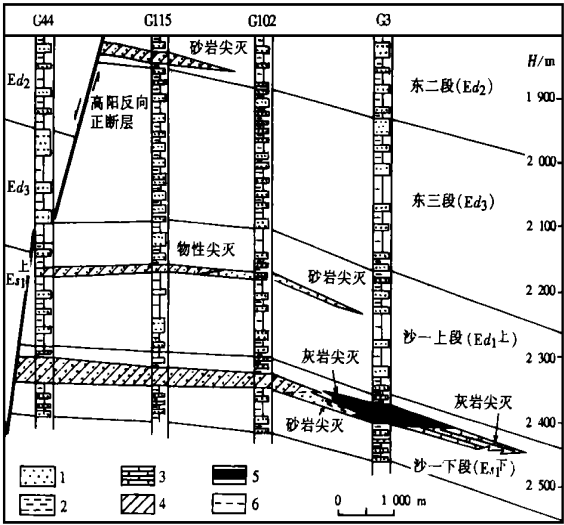


图 3 高阳地区 444~492 测线储层预测剖面图
Fig. 3 Profile of reservoir prediction by 444-492 seismic lines in Gnyang Region
1—砂岩组; 2—泥质岩; 3—灰岩; 4—砂岩油层组;
5—灰岩油层组; 6—油水界面

段含油砂岩层系向 G115 井方向增厚,向 G102 井方向减薄尖灭,砂岩百分比、速度、孔隙度和渗透率各项预测参数明显降低,相变为高泥质含量层。沙

RESERVOIRING AND SEALING CONDITIONS OF
NON-STURCTURE POOLS

Wu Jincai Liu Lanlan Zhou Zhuoming
Qing Chongwen Yang Changqing
(*Institute of Petroleum Exploration, CNSPC, Jingzhou, Hubei*)

Abstract

Reservoir rocks of non-structure traps in southern part of Songliao Basin consist of different types of sandbodies in LST, EST and HST such as basin floor fans and progressive wedges in Lower Stand System Tracts (LST), transgressive sands and river channel sandbodies in Expanding System Tracts(EST), delta front, fan delta and fan-toe turbidite in High Stand System Tracts(HST). Most of the sands are not large in size and their distribution is limited. These sandbodies can form oil and gas traps without the matching of structural condition, but require high sealing condition. According to the relationship between sealing positions and sequence boundaries, sealing conditions of non-structure formed reservoirs can be classified into 7 types: E-S-H, H, E-E-S-H, E-L-S-H, E-S-B, E-L-L, E-E-E and H-H-H. Among them, E-E-E, H-H-H and E-L-S-H are the most favourite sealling conditions.

Key words: non-structure ormed reservoir system tract sequence boundary sealing condition

(上接第 139 页)

储量规模 32.6×10^4 t, 丰度 33.6×10^4 t/km²; 二是沙河街组一段下部 G3 井岩性油藏, 由含油灰岩层系上翘尖灭线和下倾方向 2 410 m 油水界面线共同界定, 仅就研究区范围计算, 有效厚度 2.6 m, 含油面积 1.23 km², 储量规模 26.4×10^4 t, 丰度 21.5×10^4 t/km²。

参 考 文 献

1 李庆忠. 走向精确勘探的道路——高分辨率地震勘探系统工程分析. 北京:石油工业出版社, 1994
2 欧阳建. 石油测井解释与储层描述. 北京:石油工业出版社, 1994. 182~ 187
3 刘泽荣, 信荃麟. 油藏描述原理与方法技术. 北京:石油工业出版社, 1993. 122~ 125

RESERVOIR DESCRIPTION AND EVALUATION OF
EOGENE SYSTEM IN GAOYANG REGION

Chen Gang Qu Zhihao Zhao ShengLiang
(*Department of Geology, Northwest University, Xi'an*)

Abstract

Thin-layer sandstone prediction is the key problem in reservoir description. In this paper, the structure, physical parameters, lateral variation of a reservoir could be accurately predicted by the technology of comprehensive constrained seismic inversion. This method improved the resolution of the impedance profile and the reservoir prediction. This method was used in the reservoir description and assessment of Eogene thin-layer sandstone reservoirs in Gaoyang Region and was proved to be effective. The reservoir trap types, accumulation regularities as well as exploration targets in the area were predicted.

Key words: comprehensive constrained inversion reservoir description Eogene System Gaoyang Region