

文章编号: 1001-6112(2000)01-0046-04

# 博士庄地区下第三系石油成藏条件研究

陈刚<sup>1</sup>, 刘林玉<sup>1</sup>, 雷鸣<sup>2</sup>, 魏国彪<sup>2</sup>, 黄金山<sup>3</sup>, 薛玉玮<sup>3</sup>

(1. 西北大学地质学系, 西安 710069; 2. 华北石油管理局, 河北任丘 062552; 3. 河南石油勘探局, 河南南阳 473132)

**摘要:** 本文运用地质、测井约束条件下的地震综合反演技术, 对博士庄地区下第三系内陆河湖相薄层砂体进行了以构造解释和储层预测为主要内容的石油成藏条件分析与研究。在此基础上, 结合石油成藏系统的研究思路和方法, 综合分析并初步预测了该区下第三系沙二、三段含油目的层系的石油运聚成藏条件、富集规律及其有利的圈闭类型和勘探方向。

**关键词:** 石油成藏系统; 综合约束反演; 下第三系; 博士庄地区

**中图分类号:** TE122.3

**文献标识码:** A

博士庄地区位于冀中坳陷饶阳凹陷西侧蠡县斜坡北段的二维地震工区, 面积约 80km<sup>2</sup>。近年来, 蠡县斜坡外带高断块区和紧邻凹陷轴部生油洼槽的斜坡内带, 已被勘探证实为成带连片分布的下第三系构造油藏。位于其间的玉田- 博士庄构造带, 仅在其北段博士庄地区初步发现受岩性变化影响的下第三系沙二、三段含油层系, 但对其分布和富集规律以及

约束条件下的地震综合反演技术, 对博士庄地区下第三系含油砂岩储层进行了构造解释和横向预测, 技术流程如下。在地质、测井约束条件下对地震资料进行初始解释, 得到波阻抗曲线、层位解释结果和岩性信息, 并确定一个初始波阻抗模型。④将地震道估计结果与实际地震道相比得到剩余误差, 利用这个误差在噪声和模型协方差估计值约束下通过

石油成藏条件进行了综合分析评价。

## 1 技术方法

综合约束反演方法是 90 年代发展起来的明显

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。综合上述成果, 结合油、水层划分对比及其分布规律的研究, 进行石油成藏条件的

带波阻抗模型<sup>[1]</sup>。“八五”期间, 我们运用地质、测井

位置井旁道与反演结果对比, 速度和预测孔隙率等

收稿日期: 1999-05-18; 修订日期: 1999-11-02.

基金项目: 国家自然科学基金(49474227)与华北石油管理局横向协作课题联合资助。

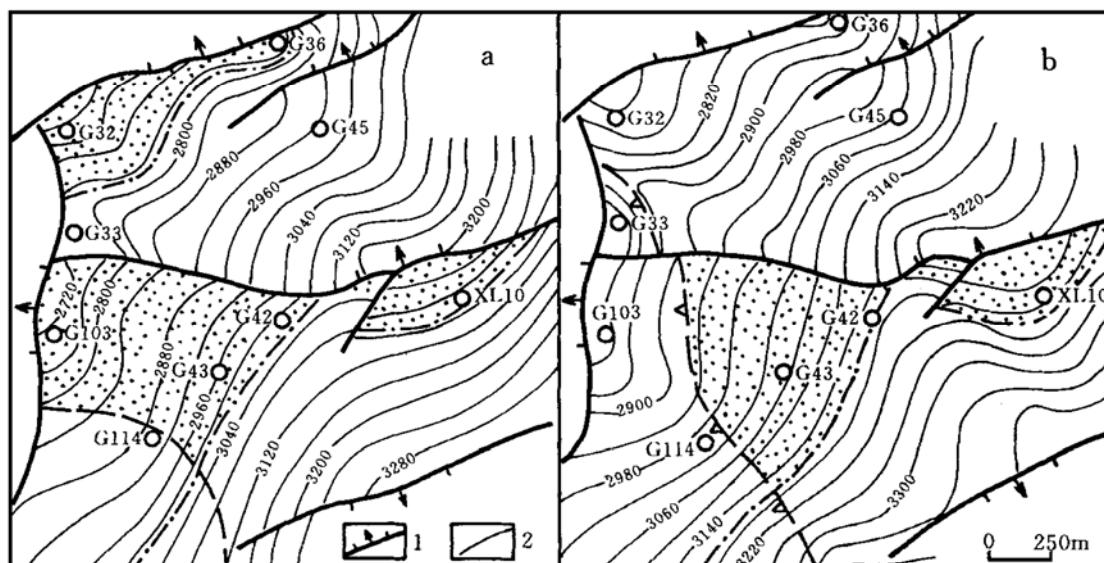
作者简介: 陈刚(1965-), 男, 河南舞钢人, 博士, 副教授, 主要从事盆地构造、油气成藏系统与油气藏描述的教学与科研工作。

参数的误差均小于 2%。因此,建立在高分辨率波阻抗剖面基础上的构造描述和储层预测,无疑为石油成藏条件研究奠定了基础。

## 2 构造特征与油、水分布关系

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释和解释功能,对博士庄二维工区的地震剖面进行了精细构造解释,编制了不同界面的构造图和油藏剖面图。下第三系沙二、三段含油目的层砂岩储层顶面构造特征揭示(图 1),博士庄地区的主控构造样式是受走向近 SN 的 G103- G33 井反向正断层以及走向 NE 的 G32- G36 井和 XL10 井北两条反向正断层联合控制的翘倾断块构造,并以 XL10 井北断层为界将研究区分为南、北两大断块构造区。其中包括三个断鼻构造圈闭:北部断块区的 G32 井断鼻以及南部断块区的 G103 井断鼻和 XL10 井断鼻。研究区南界为走向近 NE 的 XL3 井同向正断层,并通过它使得该区的目的层砂岩与其东南部的生油洼槽续接。

通过对研究区 10 余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 1 所示的沙二、三段两套含油层系在不同构造圈闭区的油水界面,从中可以看出构造圈闭与油、水分布的相互关系。沙二段含油砂岩层系的钻井油、水产出状况,在 G32 井断鼻和 XL10 井断鼻区表现为受制于构造圈闭的油水分布规律;所不同的是, G103 井断鼻区沙二段油层厚度和产能,虽然以构造高部位的 G103 井为最大,并沿下倾方向过渡为 G43 井低产油层和 G42 井油水同层,表现出构造圈闭对其油、水分布具有一定的控制作用,但在 G43 井东南侧较高部位的 G114 井相应层位试油和测井解释却为水层,预示沙二段含油层系在 G32 井断鼻区可能并非属于简单的构造圈闭油藏。④沙三段含油砂岩层系的工业油井主要集中分布于 XL10 井北断层以南,且仅在 XL10 井断鼻区表现为受控于构造圈闭的油、水分布规律,而 G103 井断鼻区的油、水分布与构造圈闭则甚为不符,尤其反映在 G43 油井上倾高部位的 G103 和 G114 井相应层位均为水层,表明沙三段含油层系在 G103 井断鼻区决非属于构造圈闭油藏。



- 1. 正断层; 2. 储层顶面埋深/m; 3. 有效储层岩性或物性边界;
- 4. 油水界面线; 5. 预测油藏; 6. 油井; 7. 油水井; 8. 水井

Fig. 1 Relationship between top structure and predicted oil boundary for Es<sup>2</sup> and Es<sup>3</sup> sandstone reservoirs in Boshizhuang area

### 3 储层物性条件及其横向预测

钻井岩心测试和测井综合解释结果表明, 博士庄地区沙二、三段目的层砂岩总体上具有中低孔中低渗的储层物性特征, 孔渗主值区间分别为 10%~20% 和  $1\sim 100(\times 10^{-3}\mu\text{m}^2)$ 。同时, 通过岩心刻度下测井参数解释和回归分析, 为地震储层预测提供了如下的电性-岩性-物性转换关系和有效储层物性下限:

孔隙率( $\varphi$ )-声波时差( $\Delta t$ )关系:

$$\Delta t = 179.36 + 453.15\varphi$$

$$(n = 152, r = 0.863857)$$

④ 孔隙率( $\varphi$ )-渗透率( $k$ )关系:

$$\ln k = 0.478472\varphi - 5.13742$$

$$(n = 152, r = 0.823243)$$

(四) 砂泥岩岩性指数量板:

$$\text{砂岩 } \Delta t = 6945.869915 H^{-0.431003}$$

$$\text{泥岩 } \Delta t = 2258.158416 H^{-0.243177}$$

有效储层物性下限:

$$\varphi_{\min} = 11.5\%$$

$$K_{\min} = 0.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$$

依据上述转换关系, 运用岩心和测井刻度地震的综合反演技术<sup>[2],[3]</sup>, 将波阻抗剖面转化为砂岩百分比和孔、渗预测剖面, 结合高分辨率波阻抗剖面, 对研究区沙二、三段两套含油砂岩层系进行了厚度、岩性和物性横向预测。结果表明:

(1) 沙二段目的层砂岩具有斜坡背景下滨岸席状砂的特点, 横向分布较为连续, 砂岩储层厚度和物性变化总体向构造高部位增大变好, 且以 G32 井断鼻和 G103 井断鼻区储层物性条件为最好, 预测孔隙率 15%, 渗透率  $24.68 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。尤其是物性预测在研究区西南部 G114 井北侧近 EW 一线界定一物性边界, 此界线以外沙二段目的层砂岩孔渗参数低于有效储层物性下限, 由此构成了如上文图 1a 所示的 G103 井断鼻区沙二段油藏南侧受岩性变化影响的物性边界。

(2) 沙三段目的层砂岩总体具有斜坡背景下滨岸滩砂的特点, 砂岩储层厚度和物性参数较大区主要位于 XL10 井断鼻近 NE 向区带, 预测孔隙率为 17.9%, 渗透率  $98.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 由此向东、西两侧厚度减薄、物性变差。同时预测工区西南部 G103 井与 G43 井之间以及 G114 井北侧近 NW 向一线, 沙

三段含油砂岩储层厚度趋向尖灭, 由此限定了如上文图 1b 所示的 G43 井沙三段油藏西南侧的岩性边界。

### 4 石油成藏条件分析与评价

依据前述构造研究和储层预测成果, 博士庄地区沙二、三段两套含油砂岩层系分别构成 XL10 井断鼻区沙二段和沙三段断鼻构造油藏、G103- G43 井断鼻区沙二段岩性-构造油藏和沙三段构造-岩性油藏以及 G32 井沙二段断鼻构造油藏, 它们具有不尽相同的石油运聚成藏条件和富集规律, 因而具有不同的勘探远景。

通过重点处理和对比解释过 G32 井和 XL10 井的 89- 388 与 86- 389 测线以及 G103 井和 G43 井的 89- 381 与 89- 382 测线, 并结合“从源岩到圈闭”的石油成藏系统的研究思路<sup>[4]</sup>, 综合分析了博士庄地区下第三系两套含油砂岩层系的成藏条件。如图 2 所示, 研究区断层特征及其两侧油源层与储盖层的组合配置关系, 很大程度地控制着沙二、三段目的层砂岩储层在不同构造区块的石油运聚成藏和富集。

(1) XL10 井断鼻区(图 2a), 下倾方向受 XL3 井同向正断层东段较大断距落差的影响, 沙三段目的层砂岩优先捕集来自生油洼槽方向的油源供给, 油源最为充足; 而沙二段目的层砂岩则主要靠其上覆沙一下油页岩的油源供给, 来自生油洼槽方向的外来油源补给条件相对较差。同时, 由于该断鼻上倾方向被 XL10 井北反向正断层截切, 造成沙三段目的层砂岩与其北侧下降盘沙一下泥岩和油页岩致密层对接, 侧向封堵条件良好; 而沙二段目的层砂岩则与沙一上泥质砂岩段对接, 侧向封堵条件较差。上述组合关系反映 XL10 井断鼻区沙三段砂岩储层的石油运聚成藏条件优于沙二段。

(2) G32 井断鼻区(图 2b), 沙二段目的层砂岩除其上覆沙一下油页岩的油源供应之外, 还可能接受来自 XL10 井断鼻沙三段油层组的油源补给; 而沙三段目的层砂岩则缺乏相应的油源条件。该断鼻上倾方向虽被 G32- G36 井反向正断层截切, 但沙二、三段目的层砂岩分别与下降盘沙一下和沙二下段致密泥质岩对接, 侧向封堵条件较好。因此, G32 井断鼻区沙二段砂岩储层的石油运聚成藏条件较为有利, 而沙三段砂岩储层则有可能因缺乏必备的油

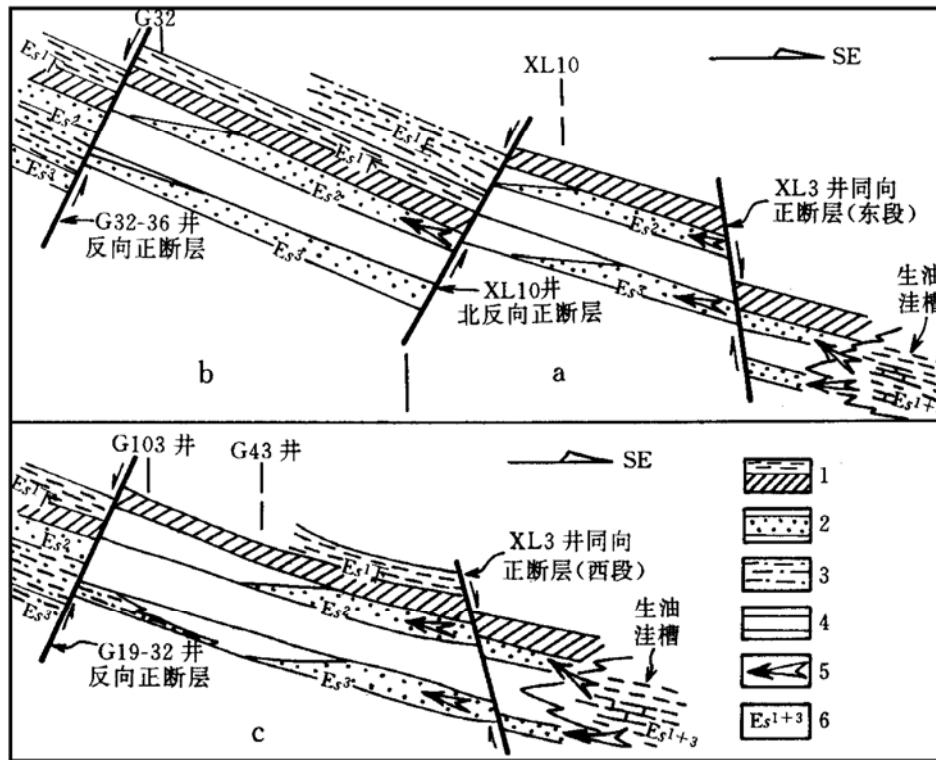


图 2 博士庄地区断层及其与油源层、储盖层组合配置关系图

a. XL10 井断鼻构造区; b. G32 井断鼻构造区; c. G103 井断鼻构造区

1. 泥岩/油页岩; 2. 目的层砂岩; 3. 泥质砂岩; 4. 预测油藏; 5. 油驱方向; 6. 下第三系沙河街组一~三段

Fig. 2 Relationship between faults and source-reservoir-caprock assemblages in Boshizhuang area

源条件而难以构成具工业价值的石油聚集。

(3) G103- G43 井断鼻区(图 2c), 下倾方向被

造油藏、G103 井沙二段岩性构造油藏和 G43 井沙三段构造岩性油藏以及 G32 井和 XL10 井沙二段断

泥岩层对接, 沙三段含油层系在 G43 井上倾方向已尖灭于高泥质含量层中, 显然两套砂岩层系均具有良好的侧向封存条件。因此, G103 井断鼻区两套目的层砂岩储层均具备形成工业油藏的基本石油地质条件。

综上所述, 博士庄地区沙二、三段两套含油砂岩层系在不同构造区分属于 3 种圈闭类型及相应的 5 个油藏, 对比分析 5 个油藏的石油运聚成藏条件, 可将其勘探远景作如下排序: XL10 井沙三段断鼻构

[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[M]. 北京: 石油工业出版社, 1994.

[2] 欧阳健. 石油测井解释与储层描述[M]. 北京: 石油工业出版社, 1994. 182~187.

[3] 刘泽荣, 信荃麟, 等. 油藏描述原理与方法技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993. 122~125.

[4] L B. Magoon, W G Dow. The petroleum system[J]. AAPG Memoir 60, 1994: 1~16.

(下转第 54 页)