

# 地震反演在潜山油藏预测中的应用

——以黄骅坳陷东部为例

杨 飞<sup>1,2</sup>, 彭大钧<sup>3</sup>, 唐实秋<sup>4</sup>, 徐言岗<sup>2,3</sup>

(1. 石油大学 盆地与油藏研究中心, 北京 102249; 2. 中国石化  
石油勘探开发研究院 荆州新区勘探研究所, 湖北 荆州 434100; 3. 成都理工大学  
石油系, 四川 成都 610059; 4. 中国石化 西南石油局 研究院, 四川 成都 610081)

**摘要:** 潜山的石油成藏过程较为复杂, 使得油层的分布常常难以确定。作者在对黄骅坳陷东部潜山的研究过程中, 提出一种新的油层检测方法: 首先, 利用油层在测井上的响应特征合成油层特征曲线; 然后, 进行有井约束的综合地震储层特征反演, 得到油层的地震反演体; 最后, 经地质分析, 直接在所得到的反演体上识别出油层, 圈定油藏的展布范围, 为油田的开发提供地质依据。

**关键词:** 潜山油藏; 预测; 地震反演; 地质分析

中图分类号: P631. 4

文献标识码: A

潜山的石油成藏过程较为复杂, 它涉及生油层、储集层、盖层、圈闭条件、运移条件和保存条件等方面, 其中任何一个环节不相匹配, 都不会形成好的成藏组合, 这就使得石油地质研究变得极为复杂<sup>[1]</sup>。人们在花大力气进行石油地质条件研究的同时, 也在积极探索进行烃类的直接检测, 以期将复杂的问题简单化。

在烃类直接检测方面, 前人已取得了很大的进展, 如亮(暗)点技术、AVO 分析等。这些方法与技术石油的勘探与开发中发挥了重要的作用。本文作者在对黄骅坳陷东部中牛界潜山的研究过程中, 结合该区油层特点, 探索利用有井约束油层反演来进行油层识别, 即依据油层在深- 浅电阻率差值曲线上表现为正异常(地层水表现为负异常)的特性, 通过有井约束地震储层特征反演<sup>[2]</sup>, 获得电阻率差值反演体, 在该反演体上可直接识别出油层。该方法的技术关键在于油层测井响应特征分析与地震综合储层反演, 同时要求钻井用淡水泥浆。

在油层测井响应特征分析方面, 先进行测井曲线的滤波, 再进行全区曲线标准化处理, 最后合成油层的识别曲线, 以确保约束井的可靠性。在地震综合储层反演方面, 则采用较为成熟的荷兰 Jason 地质软件。

## 1 测井分析

研究区内钻至目的层(白垩系)、且测井曲线较全的钻井有 3 口: N8 井、N60 井和 N61 井。将这些井的测井曲线进行标准化处理, 并利用深侧向电阻率曲线和浅侧向电阻率曲线之差值合成深- 浅电阻率差值曲线, 为进行地震综合储层反演作好准备。

### 1.1 测井曲线预处理

由于在测井过程中存在着一定的随机干扰, 使得测井曲线出现与地层无关的起伏变化, 出现毛刺干扰现象。因此, 必须对原始数据进行平滑滤波处理, 从而保留曲线上反映地层特性的有用成分。根据曲线的实际情况采用“五点钟型”滤波方法, 对 3 口约束井进行预处理。

### 1.2 测井曲线标准化处理

测井资料标准化处理的实质是利用同一研究区内同一层段往往具有相似的地质- 地球物理响应的特征, 从而使得测井数据具有自身相似分布规律。测井资料标准化工作是通过利用多井交会图、直方图确定数据点的总趋势, 然后根据蒙特卡洛方法原理, 利用极值、特征值的频率分布确定校正关系来实现的。

在研究过程中对研究区 3 口井的 6 种测井曲线

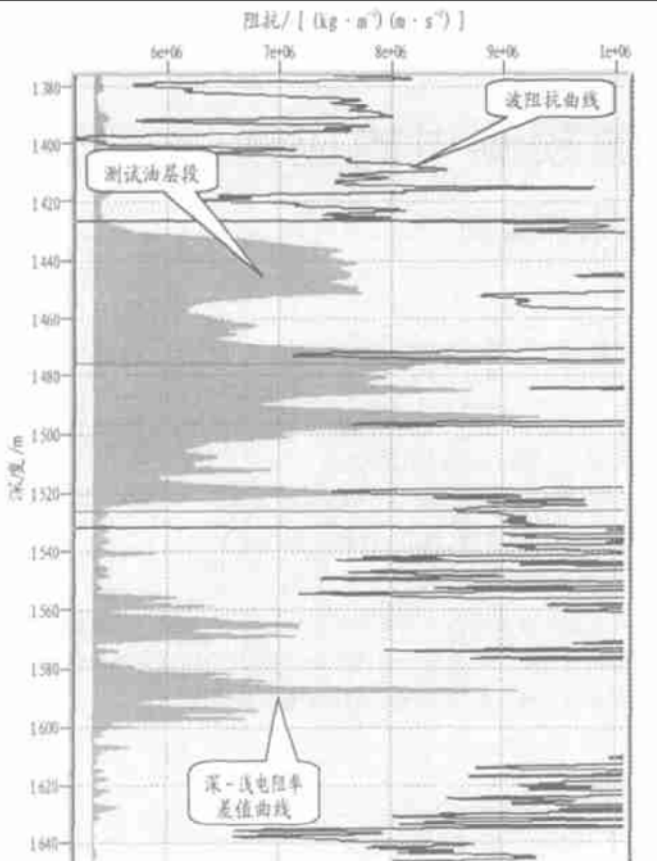


图1 N8井侏罗系油层段测井响应特征图  
Fig. 1 Graph of logging response characteristics for the Jurassic oil play in well N8

(自然伽马 GR、深侧向 RT、浅侧向 RS、声波 AC、密度 DEN 等)进行了标准化处理,即通过直方图确定每种曲线全区(3口井)及单井极值,然后通过线性方程(1)将全部测井资料进行重新刻度。

$$\text{标准曲线}(i) = \frac{\text{曲线}(i) - \text{单井极小值}}{\text{单井极大值} - \text{单井极小值}} \times (\text{全区极大值} - \text{全区极小值}) + \text{全区极小值} \quad (1)$$

### 1.3 合成油层特征曲线

深侧向电阻率反映的是地层视电阻率,而浅侧向电阻率则反映侵入带(冲洗带)的视电阻率。对于淡水泥浆钻井而言,在非储层的致密段,无明显的泥浆侵入,深-浅电阻率差值在零附近;对于水层段,因地层水的电阻率小于泥浆电阻率,深-浅电阻率差值表现为负值;对于油层而言,因油层电阻率大于泥浆电阻率,深-浅电阻率差值表现为正值。在黄骅拗陷东部油藏,油层深侧向电阻率值要远大于浅侧向电阻率值。图1所示为研究区N8井,在1427.0~1457.8m井段经测试日产油4.1m<sup>3</sup>。从图中可清晰地看出,波阻抗曲线在油层段表现为高值,且深-浅电阻率差值曲线在油层段亦呈现很好的正异常(充填区域)。

## 2 地震体反演

在完成测井处理后,以研究区内3口测井为约束,利用Jason地学软件进行地层参数反演。即将测井曲线与地震数据结合,通过加权主因子分析,生成一个精细的、高分辨率的时间域和深度域地层模型。该模型主要表现为各类反演数据体,如伽马体、电阻率体、声波体、深-浅电阻率差值体等。该种反演较好地克服了常规地震反演模式中的缺点,极大地尊重测井资料并利用地震道振幅数据资料由井准确外推,其最终结果是一个受测井、地震和地质解释共同约束的具有横向和纵向非均质性的地质模型<sup>[3]</sup>。

## 3 地质解释

根据相关资料分析,研究区的N8区中生界断块潜山中发育大量的孔隙、溶洞及裂缝<sup>[4]</sup>,具有良好的储集性能<sup>[5]</sup>。而这些储层是否含油或油层是如何展布的,则主要是在地层参数反演获得的深-浅电阻率差值反演体上进行识别与研究的。

在研究区内过N8井的IN250线合成深-浅电阻率差值反演剖面中(图2),白色的代表电阻率差值的负异常,即深侧向电阻率远小于浅侧向电阻率,解释为水层;浅灰色的代表深、浅电阻率的值相近,示意为干层或非储层;而深灰色则指示着深侧向电阻率远大于浅侧向电阻率,解释为油层。N8井侏罗系中1427.0~1457.8m的油层段在反演剖面上

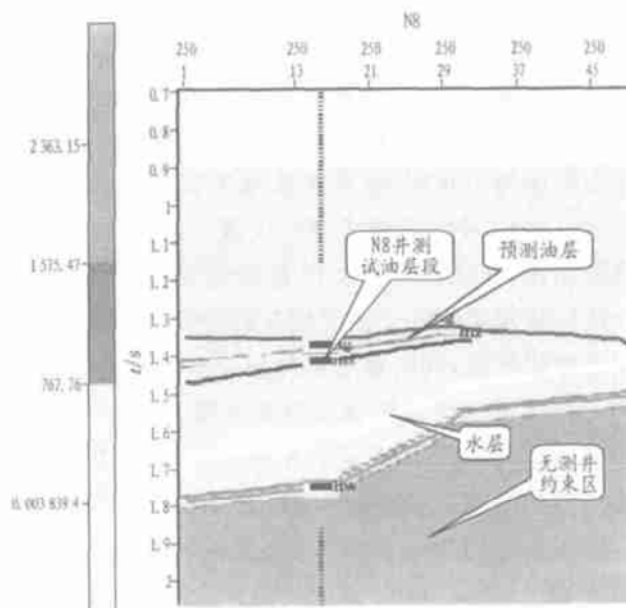


图2 过N8井的IN250线合成深-浅电阻率差值反演剖面  
Fig. 2 Synthetic deep-shallow resistivity difference inversion section along line IN250 and across well N8

得以很好地显示出来,与测井分析的结果符合程度较高,并且在剖面上的展布形态清晰,如在 CR60 线上该油层呈一明显的向上尖灭的楔状体(图 3),说明以井为约束的油层横向展布预测是成功的。

综合图 2 和图 3 可得出如下认识:在 N8 区断块潜山中,存在着—中生界断块潜山油藏,相当于 N8 井 1 427.0~ 1 457.8 m 油层段。通过在深-浅电阻率差值反演体上对油层的顶、底面进行追踪对比,即可作出该油层顶面构造图(图 4)及油层厚度图(图 5)。

从油层顶面构造图(图 4)可看出,该油层分布于 N8 断块区的南部,南高北低,油层的高点埋深为

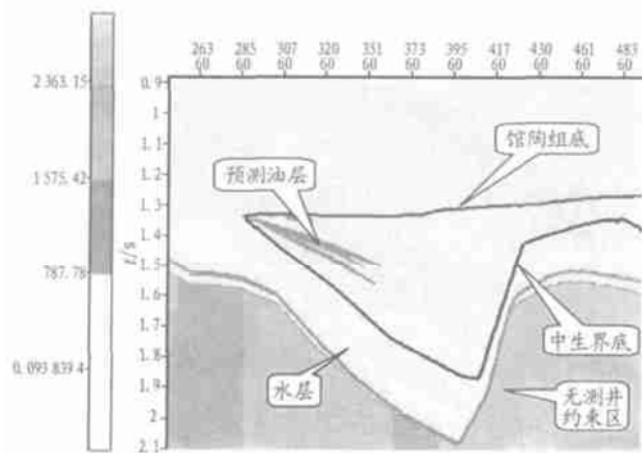


图 3 CR60 线合成深-浅电阻率差值反演剖面  
Fig. 3 Synthetic deep-shallow resistivity difference inversion section along line CR60

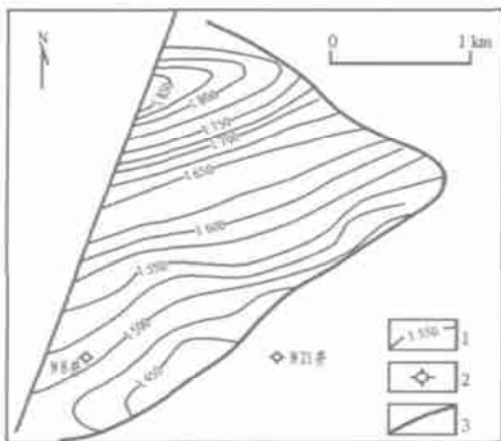


图 4 研究区中生界潜山油层顶面构造图  
1. 侏罗系顶面等深线(m); 2. 钻井与编号; 3. 油藏范围  
Fig. 4 Top structural map of the Mesozoic buried-hill oil play in the study area

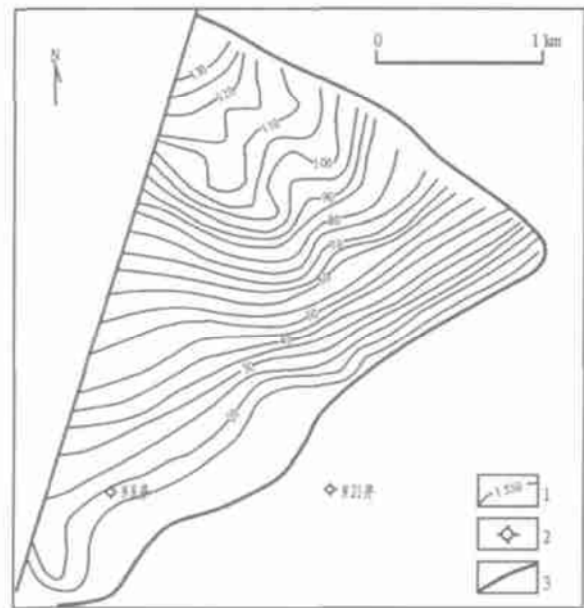


图 5 研究区中生界油层厚度图  
1. 油层等厚线(m); 2. 油藏范围; 3. 钻井与编号  
Fig. 5 Map of the Mesozoic oil play thickness for the study area

1 450 m;从油层厚度图(图 5)上看,该油层表现为由北向南上倾尖灭的楔状体,油层最大厚度约为 130 m,展布面积约为 6.1 km<sup>2</sup>。

### 4 结束语

本文介绍的这种研究方法的实质是:在井上确定油层响应特征,再通过有井约束反演得到相应的油层特征反演体,最后在反演体上进行油层的识别与研究。该方法的成功与否直接受控如下因素:1)测井曲线的标准化处理;2)油层在测井曲线上响应特征的建立;3)反演软件的选取。

#### 参考文献:

- 1 张义纲. 天然气地质的若干认识[J]. 地球科学进展, 1990, 5(2): 42~ 45
- 2 徐怀大. 地震地层学解释基础[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1990. 80~ 103
- 3 王端平. 胜利油区埕北 30 潜山油藏储层研究[J]. 石油实验地质, 2000, 22(3): 250
- 4 田克勤. 渤海湾盆地第三系深层油气地质与勘探[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000. 4~ 9
- 5 李江涛, 李 玲. 黄骅坳陷前第三系砂岩矿物成分泥岩化学成分与地层划分[J]. 石油实验地质, 1995, 17(1): 63~ 67

(下转第 408 页)

## HYDROCARBON HISTORICAL ORIGIN HYPOTHESIS

LI Hua-dong

(Wuxi Research Institute of Experimental Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China)

**Abstract:** In this paper, by combining elements, galaxies, the earth and the original and evolutionary history of organism with the original and evolutionary history of hydrocarbon, it was considered that hydrocarbon began to generate after the occurrence of carbon and hydrogen elements in the cosmos, and evolved till present, that is, the formation of hydrocarbon can be traced back to the astronomical period and can continue to the geologic period even the humane period. In no matter which oil-generating hypothesis, hydrocarbon cannot be formed without hydrocarbon antecedent matter or hydrocarbon-generating original matter. Hydrocarbon antecedent matter is organic matter of various sources, including lipin, protein, carbohydrate, lignin, hydrocarbon and the material needed by the synthesis of carbon and hydrogen elements. It was suggested that hydrocarbon antecedent matter was formed before the formation of life, accompanying the evolution from elements to inorganic matter to galaxies, the evolution from inorganic matter to simple organic matter and the evolution from simple organic matter to life origin. The hydrocarbon resource evaluation system should be based on the hydrocarbon historical origin hypothesis.

**Key words:** hydrocarbon antecedent matter; inorganic matter; organic matter; the origin of organism; evolution; hydrocarbon origin

(continued from page 403)

## APPLICATION OF SEISMIC INVERSION TO THE PREDICTION OF BURIED-HILL OIL RESERVOIRS —AN EXAMPLE FROM THE EAST HUANGHUA DEPRESSION

YANG Fei<sup>1,2</sup>, PENG Da-jun<sup>3</sup>, TANG Shi-qiu<sup>4</sup>, XU Yan-gang<sup>2,3</sup>

(1. Basin and Reservoir Research Center, Petroleum University, Beijing 102249, China;

2. Jinzhou Institute of New Area Exploration, SINOPEC, Jingzhou, Hubei 434100, China;

3. Department of Petroleum, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China;

4. Research Institute of Southwest Petroleum Bureau, SINOPEC, Chengdu, Sichuan 610081, China)

**Abstract:** The formation of oil reservoirs in buried hills is very complex. This makes it difficult to confirm oil play distribution. While studying buried hills in the East Huanghua Depression, the authors suggested a new way to find out oil plays. First, the logging response characteristics of an oil play were used to synthesize the characteristic curves. Then, the comprehensive seismic reservoir characteristic inversion restrained by wells was done to obtain the seismic inversion body of the oil play. At last, by geological analysis, the oil play was recognized directly from the inversion body, and the distribution range of oil pools was determined. This will provide geological bases for the development of oilfields.

**Key words:** buried-hill oil pool; prediction; seismic inversion; geological analysis