

# Research on Low Amplitude Structure under Structural Distortion Conditions

Li Li\*, Shenghao Wang, Kai Hou, Chao Xu, Nan Liu, Yaosen Wang, Zheng Dong

The Research Institute of China National Offshore Oil Corporation (China) Ltd. Shenzhen, Shenzhen Guangdong  
Email: lili12@cnooc.com.cn

Received: May 1<sup>st</sup>, 2019; accepted: May 15<sup>th</sup>, 2019; published: May 22<sup>nd</sup>, 2019

---

## Abstract

For the structural distortion problems of Southeast China Sea oilfields, including factors like shallow gas, fault shadow and velocity transverse variation due to calcium heterogeneous distribution etc., it proposes resolutions relevantly as follows. It uses seismic modeling to compute the reflection affection caused by shallow gas and fault; then it utilizes geo-statistical seismic inversion to quantitatively characterize calcium distribution, and reduces calcium effect by making T-D conversion based on the converted velocity model from the inverted pmp volume. All of the above techs solve the low relief structure deformation problem effectively, which are valuable to be extended to other oilfields.

## Keywords

Low Relief Structure, Structural Distortion, Shallow Gas, Geo-Statistical Inversion

---

# 构造畸变条件下低幅构造评价技术研究

李黎\*, 汪生好, 侯凯, 徐超, 刘南, 王要森, 董政

中海石油(中国)有限公司深圳分公司研究院, 广东 深圳  
Email: lili12@cnooc.com.cn

收稿日期: 2019年5月1日; 录用日期: 2019年5月15日; 发布日期: 2019年5月22日

---

## 摘要

针对南海东部油田低幅构造存在的畸变问题, 包括浅层气、断层阴影、局部含钙导致的横向变速问题等等, 提出了相应的解决方法。通过模型正演, 落实浅层气和断层对地震反射的影响; 通过地质统计学反演, 精细合理定量的描述钙质分布, 并用反演的阻抗体转换成速度体进行时深转换以消除地层含钙的影响; 以上技术手段有效的解决了低幅构造畸变的问题, 在其它油气田具有较好的推广价值。

\*第一作者。

文章引用: 李黎, 汪生好, 侯凯, 徐超, 刘南, 王要森, 董政. 构造畸变条件下低幅构造评价技术研究[J]. 地球科学前沿, 2019, 9(5): 368-375. DOI: 10.12677/ag.2019.95041

## 关键词

低幅度构造, 构造畸变, 浅层气, 地质统计

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 概况

南海东部已开发的低幅背斜砂岩油气田, 总结其特点是: 虽然构造比较完整, 形态相对简单, 但是构造幅度较低, 而且地震资料存在一定的构造畸变。根据构造畸变成因将珠江口盆地构造畸变类型划分为断层构造畸变和地质异常体构造畸变两大类, 其中地质体构造畸变主要包括不均匀钙质体、低速异常体和火成岩体等等。笔者以南海东部存在构造畸变的两个低幅构造油气田为例, 初步总结了针对浅层气、不均匀钙质分布和断层阴影带的低幅构造研究技术, 希望为开发好该类油气田提供借鉴。

## 2. 难点与技术对策

### 2.1. 地震模型正演技术在 A 气田的应用

#### 2.1.1. 技术难点

A 气田共有三个主力油藏, S1、S2 和 S3。气田由于受浅层气、上部气层和断层等多种因素影响, 造成气藏时间构造发生畸变, 如图 1 所示, 受浅层气影响, 气藏深度位置的地震反射成像模糊; 由于地震波在含气砂岩中传播速度会降低, 导致地震波到达下伏地层时间比不含气的区域时间增加, 地震反射同相轴表现出明显下拉现象; 构造位于断层阴影内, 断层对速度的影响也是构造不确定的重要原因。

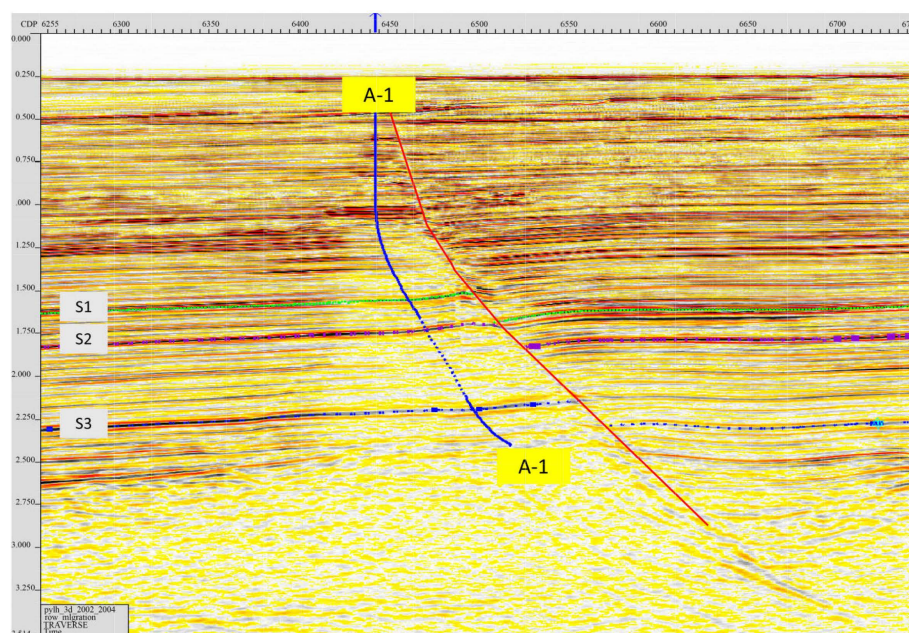


Figure 1. Seismic profile along A-1 well

图 1. 过 A-1 井气田剖面

### 2.1.2. 技术对策

为定量的消除浅层气等低速异常体的影响,地球物理人员常用的技术手段有建立准确的速度模型、正确归位目标层的反射[1] [2] [3];利用静校正技术消除低速异常体带来的反射同相轴下拉现象[4] [5];利用模型正演定性的分析异常体对构造形态的影响[6] [7]等等,从技术方法上由定性转变到定量的消除低速异常体对下伏构造的影响。本文消除浅层气的技术同样是从建立准确的速度模型入手,采用地震模型正演技术,对影响气田构造不确定的两个主要因素:浅层气和断层,定量分析对下伏构造的影响,基本落实了各个影响因素对下伏地层地震反射的影响,从而建立较准确的速度模型,准确落实构造形态。

利用声波、密度、VSP等资料、地质分层和构造研究成果综合确定地质模型的结构和物理参数特征;利用多种地震属性综合研究成果确定浅层气的位置和分布范围,利用测井和录井资料确定浅层气藏的厚度。通过不断调整过井剖面,尽量建立符合真实地下构造的速度模型。根据野外真实采集参数模拟地震采集,确定室内模拟放炮的参数。采用常规处理流程(主要包括速度谱分析、动校正、叠加、偏移等),最终获得偏移剖面,模型正演的研究流程见图2所示。经反复修改地质模型,将模拟结果与实际地震记录进行逐一对比,当模拟结果与实际地震记录相吻合时,则认为地质模型建立的基础参数不断接近于真实情况,如图3所示,正演模拟的结果与实际地震记录是比较吻合。如图4和图5所示,依据地震模型的正演结果,断层下盘构造的校正量可用有断层和无断层模型的正演结果的时间差来近似求得,浅层气影响下伏地层的下拉量在已确定浅层气分布的情况下可以根据含浅层气和不含浅层气的模型正演结果的时差来求取,因此通过模型正演方式能够定量的消除浅层气和断层引起的构造畸变问题,既定量确定了浅层气的造成下伏地层地震反射时间的下拉量,又半定量描述了断层对下伏地层的下拉量。

## 2.2. 地震反演技术在B油田时深转换中的应用

### 2.2.1. 技术难点

B构造是一个发育在基底隆起上的低幅度披覆背斜构造,构造倾角小于 $5^{\circ}$ ,构造幅度在10 m~20 m之间,是典型的低幅构造。从时间域地震剖面(见图6)可以看出,B油田存在东西两个构造高点(东高点为1井区和西高点为2井区)。经过钻井证实,1井区高点与井点吻合较好;而2井区高点实钻深度比预测深度深,而且钻遇的所有油藏均为水层,因此西高点基本是不存在的。通过测井资料的时深关系曲线分析B油田横向上存在明显速度变化,经实钻井和测井资料证实,局部地层含钙是导致该区速度横向变化

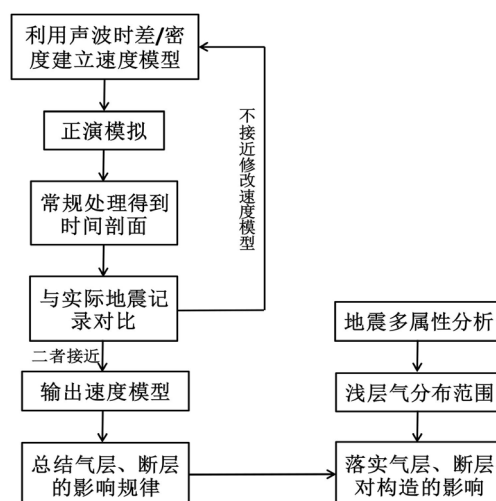
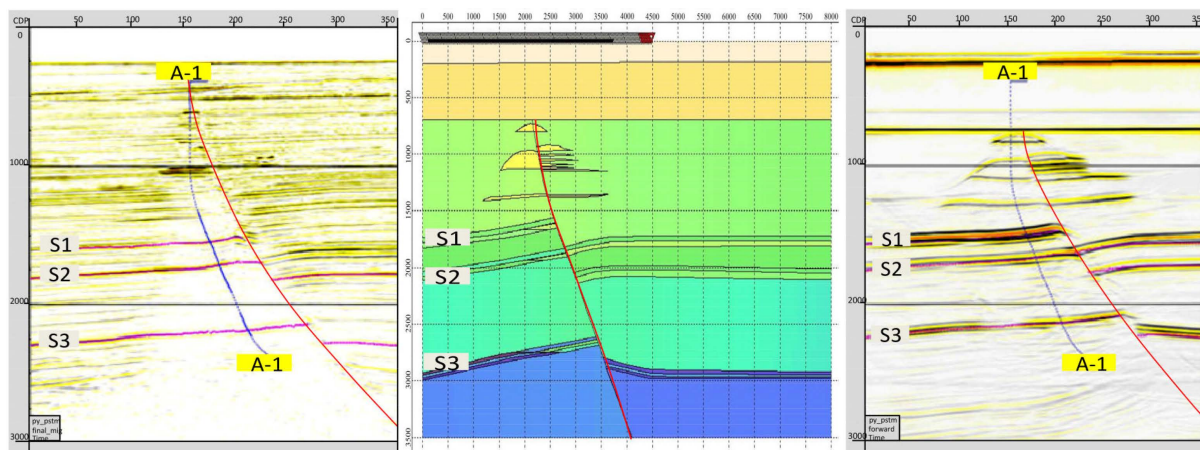


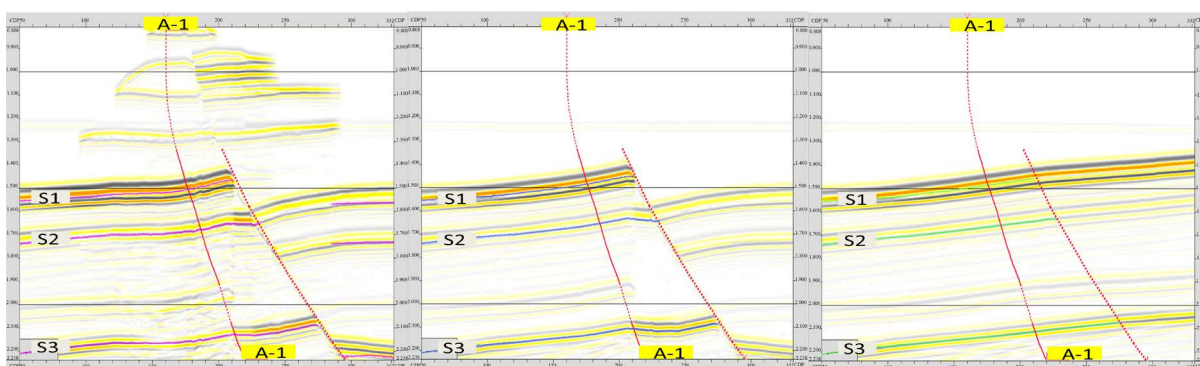
Figure 2. Flow chart for seismic modeling  
图2. 模型正演研究流程图





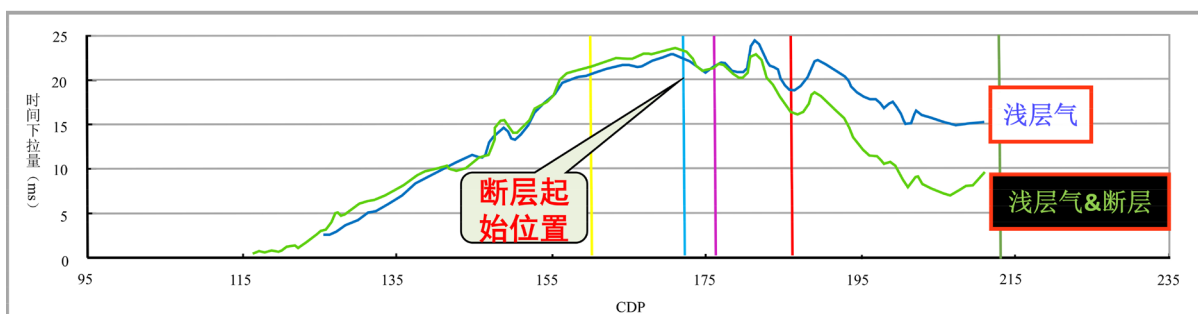
**Figure 3.** Results of seismic modeling along A-1 (from left to right is seismic profile, model and results of seismic modeling)

**图 3.** 过 A-1 井正演模拟结果(由左到右依次为地震剖面、模型和正演模拟结果)



**Figure 4.** Comparison between seismic modeling results along A-1 well (from left to right is final result, result without shallow gas layer and result without shallow gas layer and faults)

**图 4.** 过 A-1 井正演模拟结果对比(由左到右依次为最终结果、无浅层气结果和无断层及浅层气结果)



**Figure 5.** The “pull-down” time caused by shallow gas, shallow gas and fault along A-1 well

**图 5.** 过 A-1 井浅层气、浅层气和断层造成的时间“下拉”量

的主要原因。因此，通过落实含钙地层平面分布特征就可以揭示速度横向变化的规律。由于局部地层含钙造成下覆地层构造形态畸变，使得时间高点位置与深度高点位置不符，是 B 油田主要的构造畸变因素。

B 油田构造研究的主要技术难点有以下两点：构造幅度低，对速度模型是非常敏感的；B 油田速度场复杂，用常规的时深转换方法得到的深度构造图西高点都是存在的，见图 7 所示，左图是 B1 油藏的等 T0 图，右图是利用常规 VSP 时深转换得到的深度构造图，西高点是明显存在的。

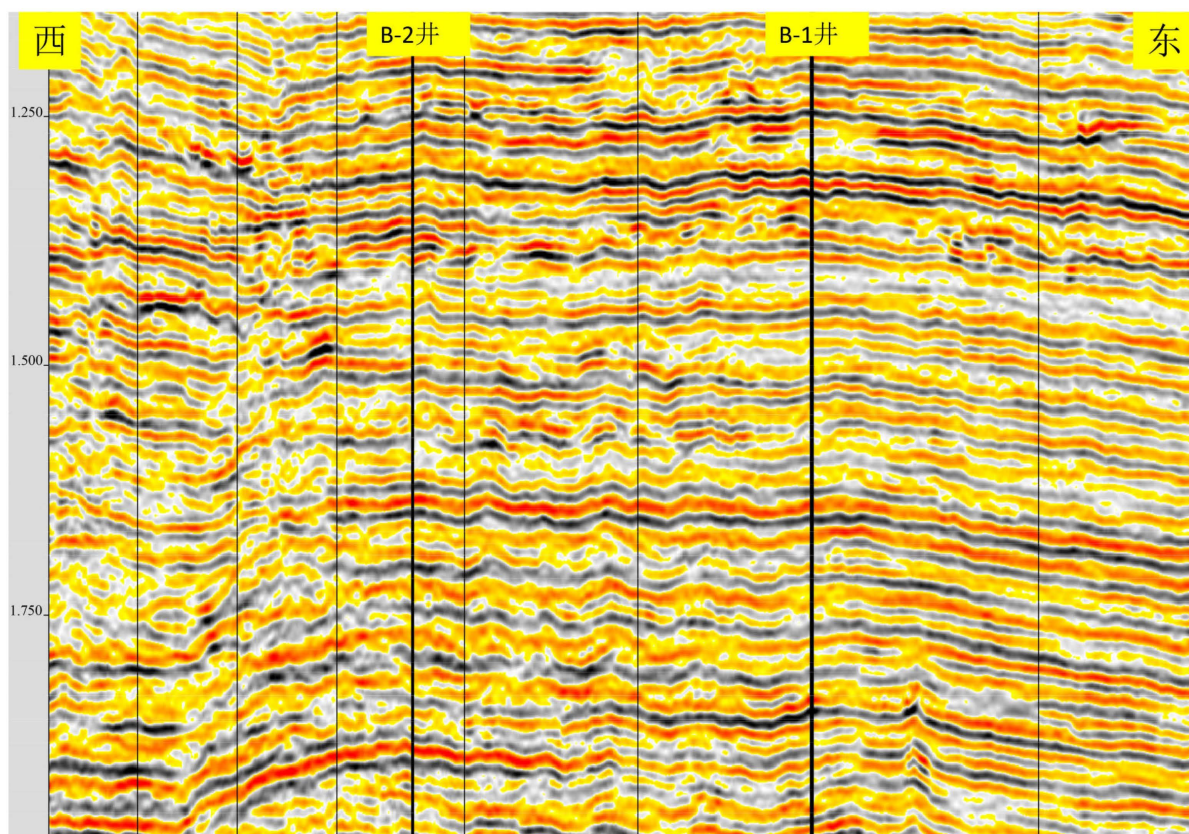


Figure 6. Seismic profile of B oilfield  
图 6. B 油田地震剖面

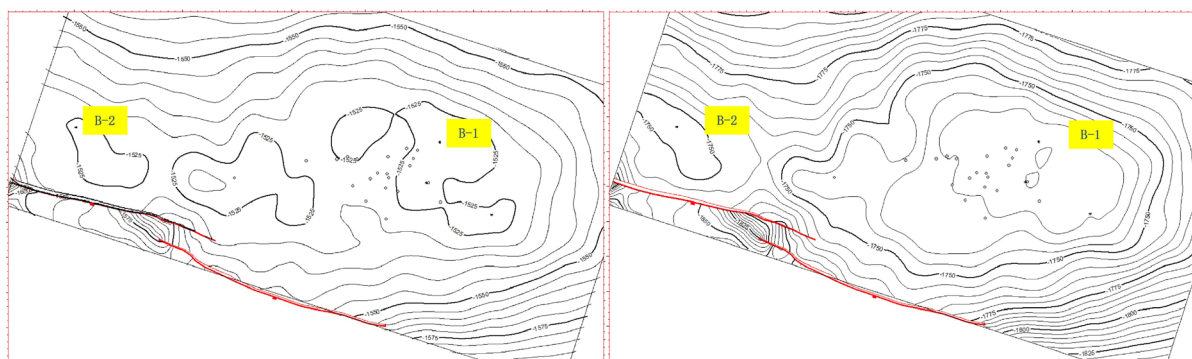


Figure 7. B1 reservoir structure maps comparison between time and depth domain (left: time, right: depth)  
图 7. B1 油藏时间与深度构造对比(左图为时间, 右图为深度)

### 2.2.2. 技术对策

针对时间剖面上构造假象的普遍性及其在时间域数据处理中的不可避免性,近年来发展了一些技术手段用来解决时间剖面上的假象问题,例如通过横波勘探解决假构造问题[8];或者通过叠前深度偏移技术解决时间剖面上构造假象问题[9]。在不具备叠前深度偏移地震资料的情况下,也可在建立正确速度场的基础上通过时深转换准确落实构造形态。郝守玲[10]等通过物理模拟试验以及偏移处理分析研究认为受上覆变速层的影响,时间剖面上构造形态发生改变,构造高点发生漂移,常规时间偏移方法和常用的几种时深转换方法均不能得到正确的深度构造成像结果,只有建立与实际情况非常吻合的层速度模型才能



消除由速度横向变化带来的影响，从而恢复构造的真实形态。因此建立准确的速度模型一直是解决低幅构造问题的关键。B 油田构造幅度低，局部地层含钙导致明显的速度横向变化，时间上存在假构造西高点，而且目前该油田区不具备叠前深度偏移数据，只有通过建立准确的速度模型才能恢复构造的真实形态。

B 油田自开发以来大量的井资料有助于建立准确的速度模型。由于地质统计学反演能提供大量叠后反演无法看到的地质细节，在展示储层内部岩性和物性变化的规律方面有很大的优势。因此针对 B 油田做高精度地质统计学反演，在地质统计学反演出的钙质体分布的基础上精细描述目的层段的钙质分布，每套油藏的钙质分布为下一步时深转换提供了精确的数据来源，最后利用反演得到的阻抗体转换成速度体再做时深转换。图 8 是 1200 ms 到 1800 ms 层段内钙质的概率分布图，可以看出地震工区范围内整体西构造钙质比东构造发育，西构造方向沿断层方向沉积较多的钙质，结合本区钙质成因分析，钙质的分布可能与地层水的活动有关。基于以上分析，西构造高点可能是由其地层含钙导致的地震反射同相轴上拉形成的假高点。基于地质统计学反演建立准确的速度场做时深转换，得到的构造形态(见图 9 所示)与实际吻合较好，不同时深转换方法深度误差对比表见图 10 所示，地质统计学反演时深转换深度误差均在 5 米以内。

### 3. 结论与认识

通过本文的实例分析和研究，得到下列两点结论和认识：

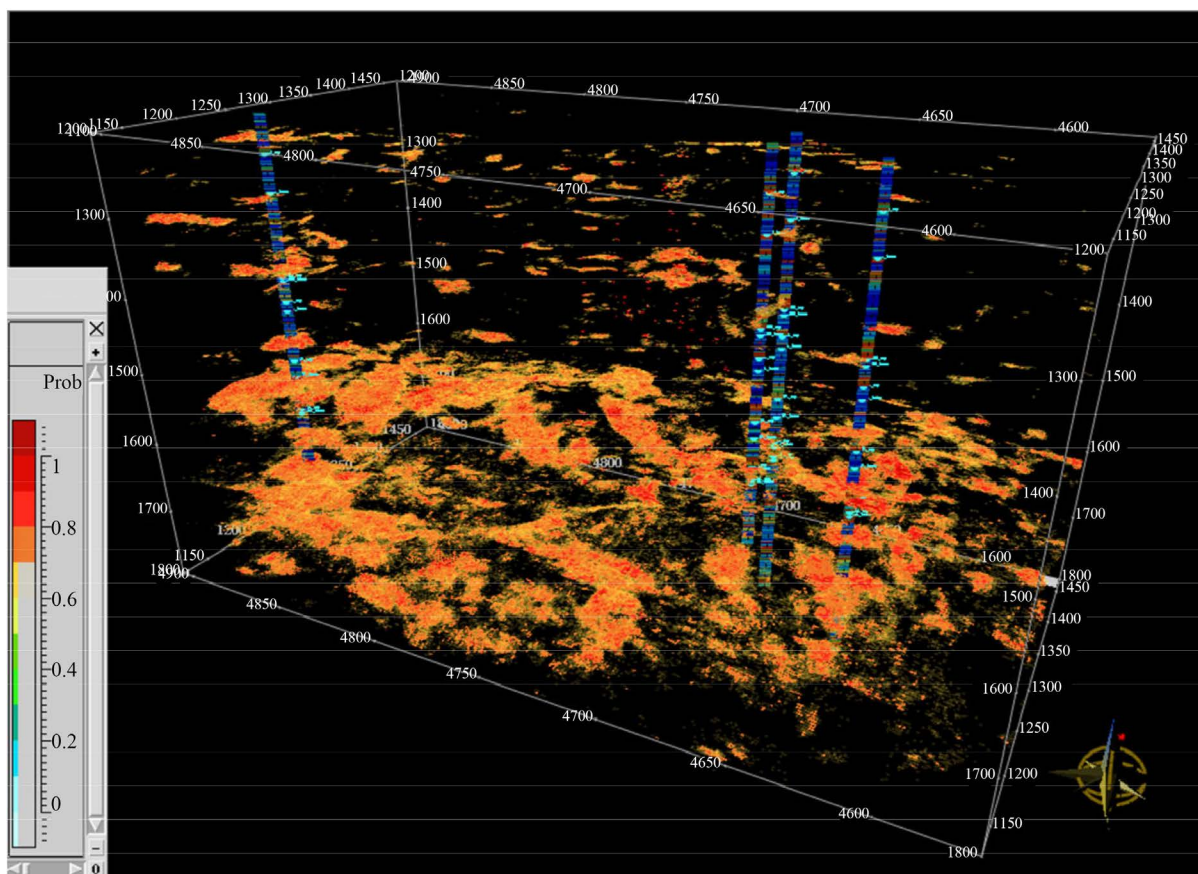


Figure 8. Caliche distribution Probability from 1200 ms to 1800 ms  
图 8. 1200 ms 到 1800 ms 层段内钙质的分布概率平面图

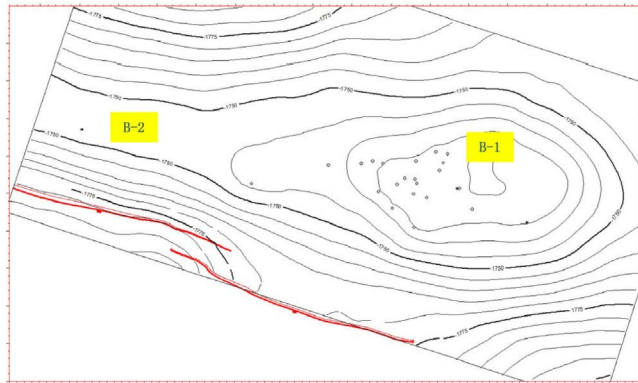


Figure 9. B1 reservoir structure depth map

图 9. B1 油藏深度构造图

井名	实钻垂深 (m)	VSP时深 转换法的 深度 (m)	反演时深转 化法的深度 (m)	VSP时深转 化法误差 (m)	反演时深转 换法误差 (m)
B-1	1732.4	1731.4	1732.3	1.0	0.1
B-2	1746.5	1734.1	1747.0	12.4	-0.5
B-3	1734.5	1734.5	1732.6	0.0	1.9
B-4	1730.4	1732.7	1730.4	-2.3	0.1
B-10	1735.7	1736.2	1735.3	-0.5	0.3
B-11	1731.2	1731.2	1731.9	0.0	-0.7
B-12	1731.6	1734.2	1730.9	-2.7	0.7
B-13	1730.2	1730.8	1730.2	-0.6	-0.1
B-14	1735.6	1735.0	1732.8	0.6	2.7
B-15	1732.9	1732.0	1732.8	0.0	0.1
B-16	1733.4	1736.0	1732.9	-2.6	0.5
B-A2	1738.2	1735.2	1738.2	3.0	0.0
B-A2-1	1744.2	1739.7	1741.8	4.5	2.4
B-A3	1732.1	1737.2	1733.1	-5.1	-1.0
B-A7	1733.3	1733.3	1733.9	0.0	-0.5
B-A8	1732.8	1736.4	1734.8	-3.6	-2.0
B-B1	1737.0	1738.0	1735.8	-1.0	1.2
B-B2	1740.0	1741.0	1738.1	-1.0	1.9
B-B3	1734.0	1736.0	1733.8	-2.0	0.2
B-B4	1736.0	1735.0	1736.9	1.0	-0.9
B-B5	1733.0	1737.0	1733.2	-4.0	-0.2
B-B6	1743.0	1730.0	1745.5	13.0	-2.5

Figure 10. Time-depth conversion errors by VSP and geostatistical inversion

图 10. VSP 速度法与地质统计学反演时深转换法的深度误差表

1) 当速度横向变化剧烈时, 单单采用一般的处理方法(叠后、叠前时间偏移和常规时深转换方法)不能恢复地下构造的实际形态, 只有通过基于精确层速度模型的深度偏移处理才能消除由速度横向变化带来的影响, 恢复构造的实际形态。

2) 从当前的技术手段看, 叠前深度偏移技术是解决时间剖面上构造假象的最有效途径; 如果在不具备叠前深度偏移条件的情况下, 也可通过建立正确速度场做时深转换进而得到准确的深度域构造。文中提到的模型正演、地质统计学反演技术方法均是求取准确的速度模型的有效方法; 利用模型正演技术定量的消除浅层气对下伏地层地层下拉的影响; 利用地质统计学反演的波阻抗体转换成速度体, 消除局部

含钙地层在时间剖面上的假高点，对校正时间域局部假高点的校正效果是比较好的；以上这些方法技术在其它油气田具有进一步推广的价值。

## 参考文献

- [1] Simoncelli, M. and Huang, Z.-X. (2003) To Remove Gas Cloud Effects by Using PSDM in Qaidam Basin, Northwest China. *Petroleum Exploration and Development*, **20**, 115-118.
- [2] 方光建, 曾永军, 孔令洪. 南美前陆盆地斜坡带低幅度构造的识别方法[J]. 石油地球物理勘探, 2010, 45(增刊 1): 134-136.
- [3] 刘建辉, 夏同星, 郭军, 等. 浅层气对下伏地层深度预测影响定量研究及在渤海 B 油田中的应用[J]. 物探与化探, 2016, 40(4): 763-770.
- [4] 吴琳, 帕提幔, 薛慧. 静校正对低幅度构造资料处理的影响[J]. 石油地球物理勘探, 2008, 43(增刊 1): 24-28.
- [5] 王西文, 徐凤银, 冯云发, 等. 三湖地区地震资料处理中的静校正方法研究[J]. 石油地球物理勘探, 2007, 42(5): 572-579.
- [6] 季玉新, 韩文功, 沈财余, 等. 胜利油田典型地质模型的地震正演[J]. 石油地球物理勘探, 2006, 41(5): 561-572.
- [7] 李学义, 李天明, 王兵, 等. 准格尔盆地低幅度背斜圈闭识别方法——以盆 5 井区圈闭为例[J]. 新疆石油地质, 2005, 26(2): 199-201.
- [8] 陈海清, 戴晓云, 潘良云, 等. 时间剖面上的假构造及其解决方法[J]. 石油地球物理勘探, 2009, 44(5): 590-602.
- [9] 管文胜, 段文胜, 查明, 等. 利用基于模型的层析速度反演进行低幅度构造成像[J]. 石油地球物理勘探, 2017, 52(1): 87-93.
- [10] 郝守玲, 赵群. 横向速度变化对构造成像影响的物理模拟研究[J]. 石油物探, 2008, 47(1): 49-57.

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2163-3967, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [ag@hanspub.org](mailto:ag@hanspub.org)