

Research on Identification of Oil and Gas Unit Based on the Seismic Data Structure

Moujie Li^{1,2}, Bingkun Cai³, Shixiong Yuan^{1,2}, Changrong Lin⁴

¹Key Laboratory of Exploration Technologies for Oil and Gas Resources (Yangtze University), Ministry of Education, Wuhan Hubei

²School of Geophysics and Oil Resources, Yangtze University, Wuhan Hubei

³Research Institute of Geophysical Exploration, Jiangnan Oilfield Company, SINOPEC, Wuhan Hubei

⁴Research Institute of Exploration and Development, CNOOC, Beijing

Email: moujieli@yangtzeu.edu.cn

Received: Sep. 26th, 2016; accepted: Oct. 12th, 2016; published: Dec. 15th, 2016

Copyright © 2016 by authors, Yangtze University 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

Abstract

The prospecting of the gas and oil reservoir (field) was one of the major tasks of geophysical exploration. The identification and classification of oil and gas unit was the key to the success or failure of the reservoir (field) exploration, also the major tool and ways for improving the efficiency of oil & gas exploration and reducing the risks in exploration. Through the establishment of horizontally layered model, the geophysical response characteristics of gas, oil and water were analyzed, and a gray system theory was used to extract and analyze the characteristics of seismic data structure. Combined with the actual data, the results show that for the existence of gas and oil, there exists obvious structural abnormality in seismic data, by which the oil and gas units can be identified and classified effectively.

Keywords

Grey System Theory, Seismic Data Structure, Fluid Identification, Oil and Gas Unit

基于地震数据体结构识别与划分含油气单元

李谋杰^{1,2}, 蔡炳坤³, 袁世雄^{1,2}, 林昌荣⁴

¹油气资源与勘探技术教育部重点实验室(长江大学), 湖北 武汉

²长江大学地物物理与石油资源学院, 湖北 武汉

³中石化江汉油田分公司物探研究院, 湖北 武汉

⁴中国海洋石油总公司勘探开发研究院, 北京

作者简介: 李谋杰(1978-), 男, 博士, 讲师, 主要从事地球物理勘探、地震反演、油气储层预测综合研究。

Email: moujieli@yangtzeu.edu.cn

收稿日期: 2016年9月26日; 录用日期: 2016年10月12日; 发布日期: 2016年12月15日

摘要

油气藏(田)勘探是地球物理勘探的重要任务, 油气单元的有效识别与划分是油气藏(田)勘探成败的关键, 是提高油气勘探效率、降低勘探风险的主要手段和途径。通过建立水平层状介质模型, 分析含气、含油、含水3种情况下的地球物理响应特征, 并利用灰色系统理论方法提取和分析地震数据体结构特征。结合实际资料研究表明, 在含气、含油情况下, 地震数据存在明显的结构特征异常, 可以有效识别与划分含油气单元。

关键词

灰色系统理论, 地震数据体结构, 流体识别, 含油气单元

1. 引言

20 世纪 70 年代, 地球物理工作者就开始应用“亮点”技术进行含油气单元的识别, 并取得许多突破性进展。随着油气勘探领域的扩大和油气勘探技术的发展, 人们开始系统研究振幅随炮检距的变化(AVO)规律。然而在地层含油气情况下, 单纯利用振幅强弱的变化并不能很好地识别油、气、水的变化规律, 甚至有效储层的识别也存在诸多风险, 主要原因在于地震响应本身存在多解性。直到 21 世纪初, 我国著名学者林昌荣教授提出了地震数据体结构的思想和概念, 通过大量的研究和探索发现, 利用地震数据体结构特征能够更好识别与划分含油气单元。

所谓地震数据体结构[1], 就是地震波离散振幅数据表现出的排列组合关系, 主要表现为斜率、拐点等特征的变化, 包括 2 个方面的内容: 纵向上的时间顺序排列, 横向上的空间组合关系。有了纵向和横向上时空关系的存在, 就可以研究含油气单元在地层空间的分布规律。

地震数据振幅在时间和空间上的排列组合特征(比如斜率、拐点等)不是通过简单的数学变换得到, 而是利用灰色系统理论, 借助于 GM(1,1)模型提取地震数据体结构异常特征, 然后通过灰色关联度分析方法, 确定油气的地震数据体结构响应特征, 最终达到识别油气的目的[2] [3]。地下油藏本身是一个灰色系统, 不同的岩性、不同的流体性质总会表现为一定的地球物理特征, 地震属性分析就是利用地震属性特征的差异来预测含油气性, 然而影响地震属性特征差异的因素很多, 每一种地震属性只是地震数据特征

的某一外在表现形式而已，只适合于定性和半定量分析，而地震数据体结构属于地震数据内在的一种特征，比地震属性更加稳定，更适合于定量和半定量分析。

2. 地震数据体结构油气预测思路

地震数据体结构油气预测思路如图 1 所示，可以看出，地震数据体结构油气预测方法不属于数理统计范畴，它通过提取地震道振幅数据，建立一维 GM(1,1)预测模型，得到预测地震道振幅信息；再利用预测地震道和原始地震道振幅差异提取数据体结构二维信息；最后通过矢量关联的方法找出含油气的数据体结构异常规律，达到油气识别的最终目的[4] [5] [6]。

3. 含气、油、水砂泥岩薄互层地震物理模拟

为了研究气、油、水是否具有不同的地震数据体结构特征，通过实验室物理模拟，建立如图 2 所示的地震物理模型。模型总厚度为 19.8 mm，分别由 1.22 mm 的有机玻璃和 1.434 mm 的砂层组成，模拟砂泥岩薄互层地层。

1) 含气状态模拟。物理模型含气状态为砂层含有空气。把模型放入真空恒温箱内，用 50℃烘烤 24 h，然后四周密封。

2) 含油状态模拟。物理模型含油状态为砂层全饱和油。先把砂层中的水尽量排出，把模型放入真空恒温箱内，用 50℃烘烤，每隔 2 h 抽一次真空(0.5 h)，24 h 后称一次重量，确定排出水的量；然而再充油。

3) 含水状态模拟。物理模型含水状态为砂层全饱和水。去掉四周密封，把模型放入盛水容器内后一起放在真空罐内，用抽真空法使薄互层全饱和水，反复抽真空和称重至确定全饱和水为止(7 层砂共抽入 186 g 水)。

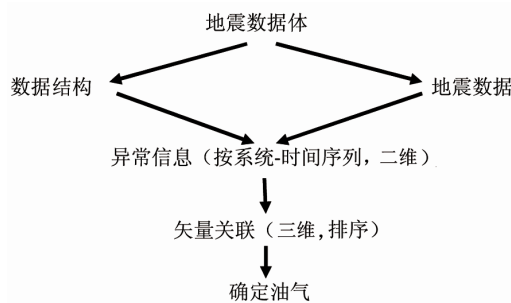


Figure 1. The prediction of oil and gas with the seismic data structure

图 1. 地震数据体结构油气预测思路



Figure 2. The model of the sandstone and mudstone thin interbed

图 2. 砂泥岩薄互层模型示意图

根据实际地层参数和实验室模拟条件，选取合适的物理模型参数(见表 1)。

图 3 为含气、含水、含油 3 种情况下砂泥岩薄互层物理模型地震响应。图 4 为含气、含油、含水 3 种情况下砂、泥岩薄互层物理模型地震数据体结构异常剖面。

提取 CDP(共深度点)为 290 道集的地震响应和地震数据体结构进行波形对比(见图 5)，可以看出，当模型在含气、含油、含水情况下，地震数据体结构都有一定的异常响应，但是当含气时，地震数据体结构异常非常明显，表现为地震数据体结构与地震响应振幅差异大；当含油时，地震数据体结构异常也比较明显，表现为地震数据体结构与地震响应振幅差异较大；当含水时，地震数据体结构异常不明显，表现为地震数据体结构与地震响应振幅差异不大。由此可看出，地震数据体结构对含油、含气地层都有明显的异常响应，可以实现油、气、水的识别与划分。

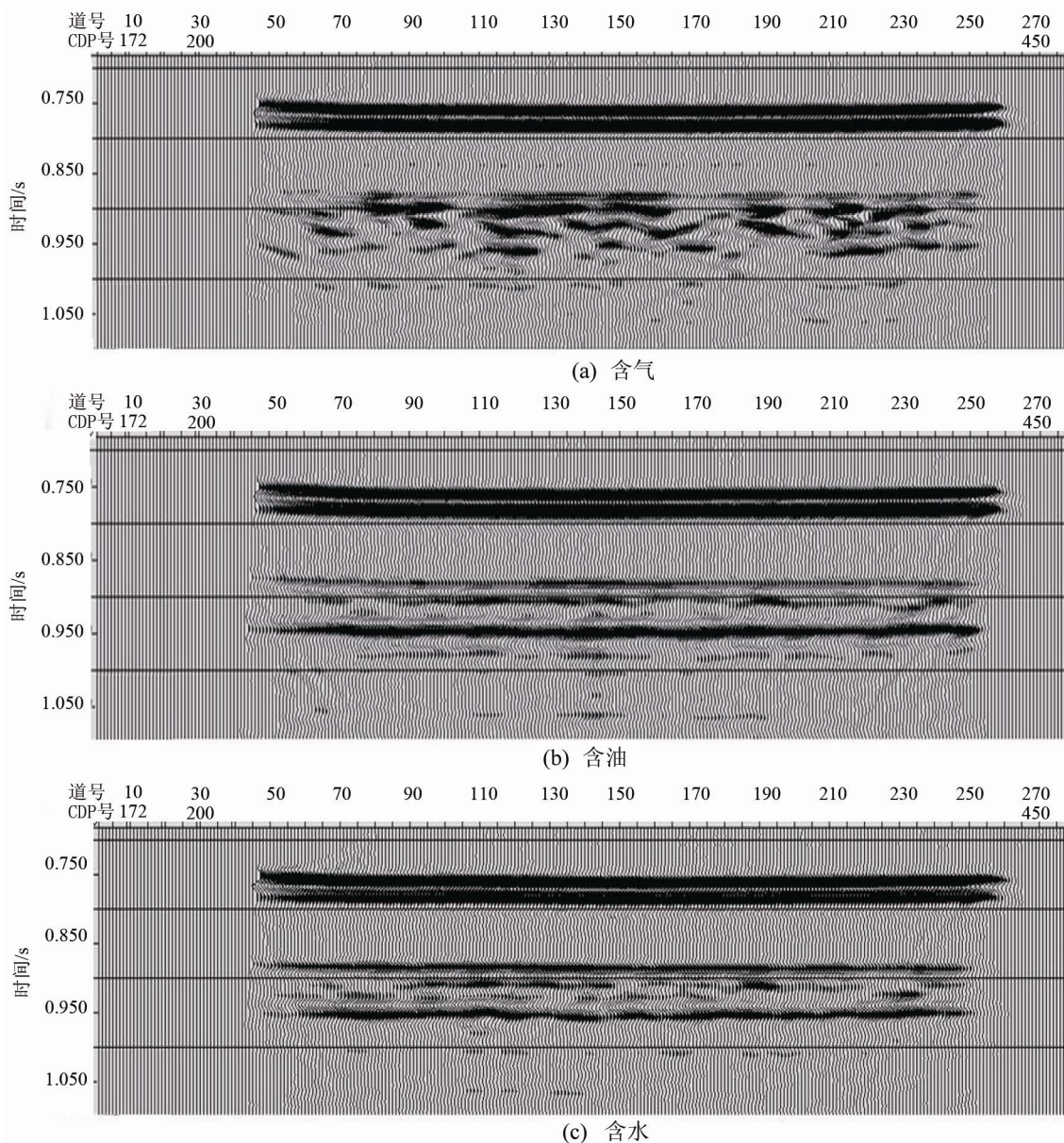


Figure 3. The seismic response under the condition of oil, gas and water
图 3. 含气、含油和含水情况下的地震响应

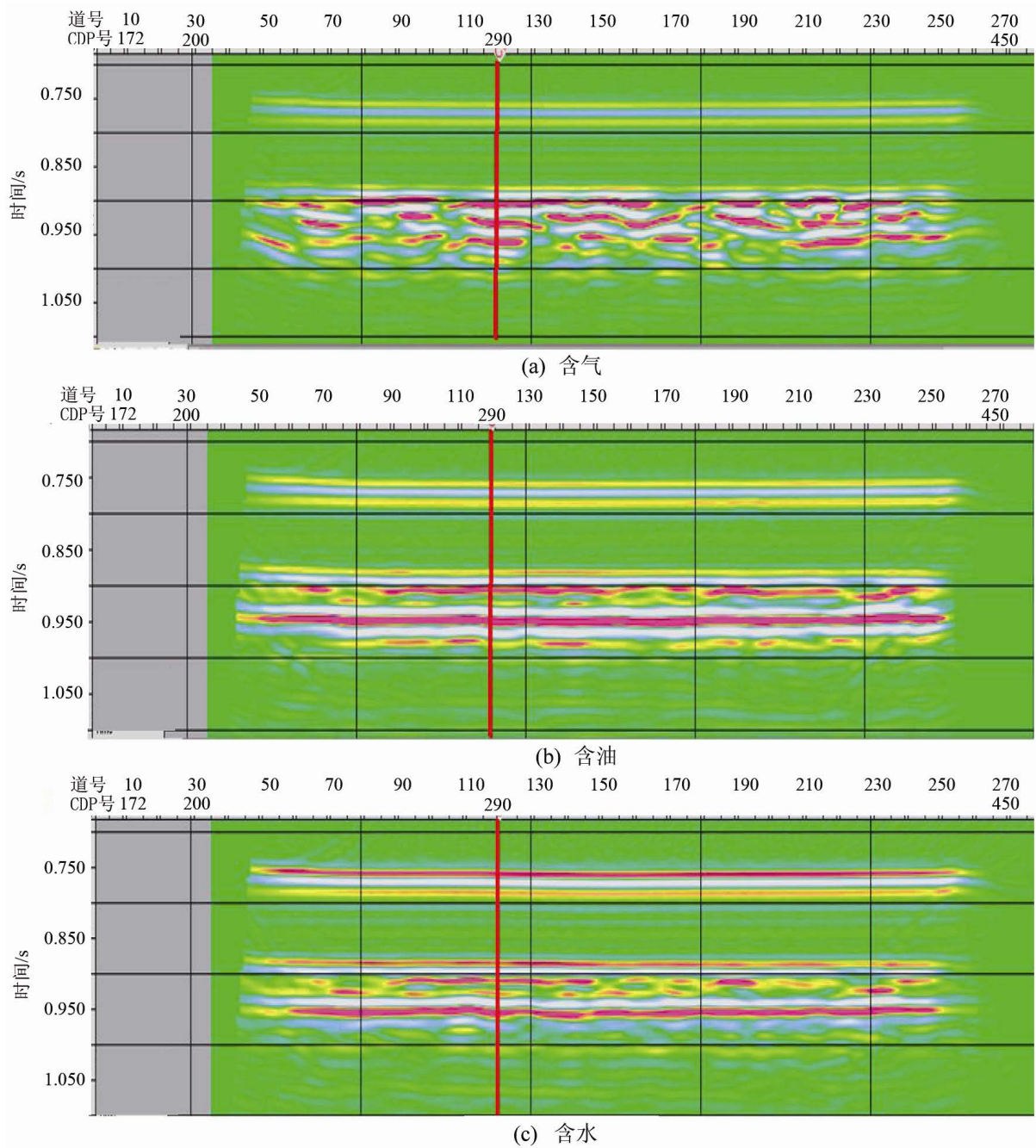


Figure 4. The profile of structural abnormality under the condition of oil, gas and water

图 4. 含气、含油和含水情况下地震数据体结构异常剖面

Table 1. The parameters of the actual layer and the physical model

表 1. 实际地层和物理模型参数表

类别	纵波速度/(m·s ⁻¹)	频率/Hz	波长/mm	薄层厚度/m	波长/薄层层厚
实际地层	2500	35	50.0	<5	>10
物理模型	2500	105	1.7	1~1.7	>10

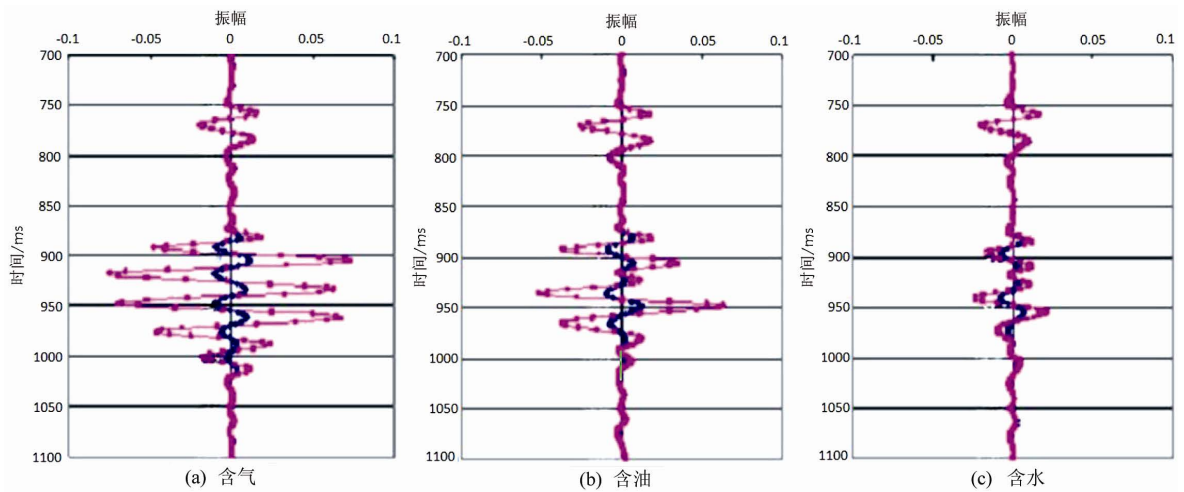


Figure 5. The waveform contrast between the seismic response (blue) and the data structure (red) in different fluids
 图 5. 不同流体地震响应(蓝色)和数据体结构(红色)波形对比图

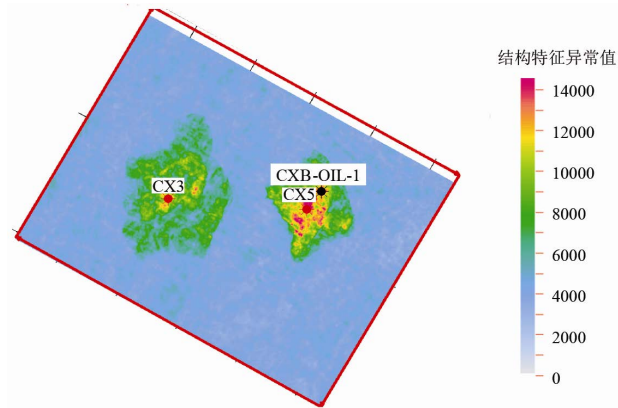


Figure 6. The distribution of the abnormality characteristics of seismic data structure in the target area
 图 6. 研究区目的层地震数据体结构特征异常分布平面图

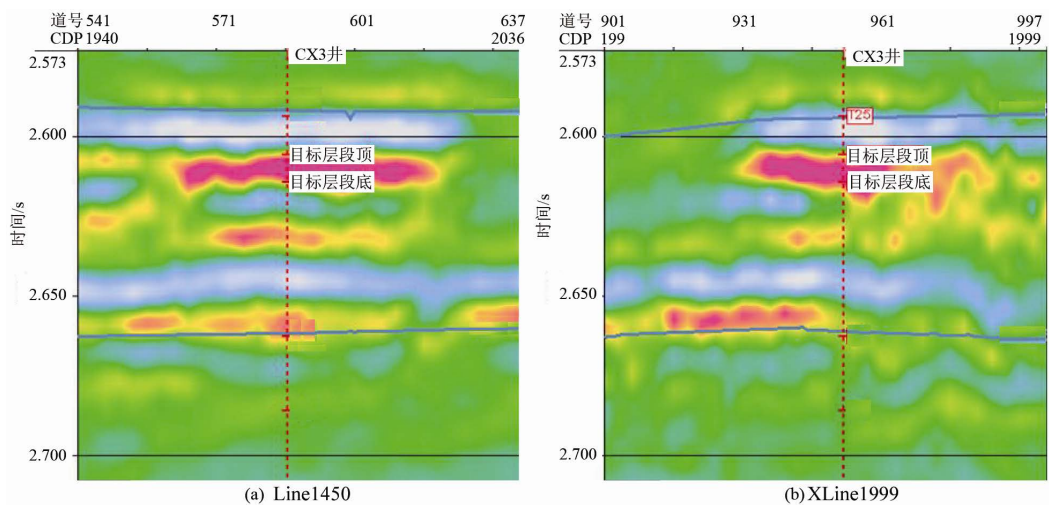


Figure 7. The profile of cross seismic data structural abnormality in Well CX3
 图 7. 过 CX3 井十字交叉地震数据体结构异常剖面

4. 实例分析

XX 油田三维地震工区覆盖面积 128 km²，现有完钻井 2 口(CX3 井和 CX5 井)。研究区储层横向和纵向非均质性明显，主要表现在：平面上相变较大，相带关系复杂，油气分布的主要储层受沉积相和构造控制；纵向上埋藏深度变化大(2500~3000 m)，常规油气检测方法受地震资料纵向分辨率制约。鉴于常规油气识别方法很难实现横向上对含油气范围的精确划分和纵向上对含油气层的准确识别，笔者利用地震数据体结构分析方法，对研究区地震资料进行结构异常分析和处理，对目的层段含油气性进行识别和油气边界的有效划分。

从研究区目的层地震数据体结构特征异常分布平面图(图 6)上可以看出，数据体结构异常主要分布在 CX3 井区和 CX5 井区。过 CX3 井交叉地震数据体结构异常剖面(图 7)上可以看出，CX3 井在目标层段 3309.8~3326.0 m (对应地震双程反射时间 2.6065~2.6145 s)有明显的数据体结构异常。通过对目标层段井段进行钻井测试，日产油 6.34 m³，日产气 27.6 × 10⁴ m³，说明基于地震数据体结构异常预测油气的方法有效、可靠。

5. 结语

地震数据体结构能够研究含油气单元在地层空间的分布规律。通过灰色关联度分析方法，可以确定油气的地震数据体结构响应特征，达到识别油气的目的。利用地震数据体结构对研究区开展含油气性预测，预测结果与钻井测试结果一致，说明基于地震数据体结构能够有效识别与划分含油气单元。

基金项目

油气资源与勘探技术教育部重点实验室(长江大学)开发基金项目(K2016-13, K2016-14)。

参考文献 (References)

- [1] 邓聚龙. 灰理论基础[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2003.
- [2] 李谋杰, 郭海敏, 林昌荣, 等. 利用地震数据体结构识别和划分有利含油单元——以玉北油田 YB1 井区为例[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报), 2013, 35(12): 67-71.
- [3] 林耀庭, 桂志先, 许辉群. 应用地震数据体结构属性技术预测玉北 1 井区油气分布规律[J]. 石油地球物理勘探, 2014, 49(6): 1184-1190.
- [4] Wang, S.X. and Lin, C.R. (2004) The Analysis of Seismic Data Structure and Oil and Gas Prediction. *Applied Geophysics*, 1, 75-82. https://doi.org/10.1142/9789812702609_0040
- [5] 林昌荣, 王尚旭, 马在田, 等. 地震数据体结构特征时空关系与油气预测[J]. 石油勘探与开发, 2009, 36(2): 208-215.
- [6] Ding, Y., Guo, H.M., Li, M.J., et al. (2015) Research on Identification of Petroliferous Unit Based on Seismic Data Structure Characteristics. *The Open Civil Engineering Journal*, 9, 783-788. <https://doi.org/10.2174/1874149501509010783>

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

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

期刊邮箱：jogt@hanspub.org