

虚拟三维地震技术在绥滨拗陷 油气勘探中的应用

王 鹏*^① 钟建华^{②③} 张宝权^② 张宏伟^②
安 鹏^② 王玉珊^②

(^①东方地球物理公司研究院地质研究中心,河北涿州 072751; ^②中国科学院广州地球化学研究所,广东广州 510640; ^③中国石油大学(华东),山东青岛 266555)

王鹏,钟建华,张宝权,张宏伟,安鹏,王玉珊. 虚拟三维地震技术在绥滨拗陷油气勘探中的应用. 石油地球物理勘探, 2011, 46(增刊 1): 97~101

摘要 虚拟三维地震是基于二维地震数据建立的包含所有二维测线信息的三维地震数据体。本文依据此方法在三江盆地绥滨拗陷建立了虚拟三维数据体,进行地震反演,提取了泥岩厚度图,并与地震相研究结果进行对比分析,明确了烃源岩分布详情,为有利区带划分和综合评价提供了更加可靠的基础资料。因此,虚拟三维地震技术可望推广应用于其他仅有二维地震资料的地区。

关键词 虚拟三维地震 地震反演 储层预测 烃源岩 沉积相 绥滨拗陷

中图分类号:P631 文献标识码:A

1 概述

在大庆探区外围,除松辽盆地和海拉尔盆地外,面积大于 200km² 的沉积盆地共有 28 个,总面积达 18.5×10⁴km²。其中面积大于 5000km² 的盆地 9 个,面积大于 10000km² 的盆地 6 个。目前该区整体处于勘探初期,仅在三江、鸡西和大杨树等 9 个盆地进行了二维地震勘探,在延吉盆地和依兰—舒兰地堑开展了三维地震勘探,其他盆地则只进行了重磁电化等勘探^[1]。现阶段外围盆地综合研究的重点是评价盆地资源潜力和优选有利区带。在研究过程中,至关重要的烃源岩分布情况主要依据钻井资料和人工地震相分析数据推测得知,其精度较低,因此亟待寻找针对二维地震数据体的烃源岩预测方法。

目前仅在有关地震采集和处理的文献^[2~4]中零星提及了基于二维地震资料建立虚拟三维地震数据的方法。本文应用 Jason 软件中地震反演模块,建立了三江盆地绥滨拗陷虚拟三维地震数据,并通过反演方法预测了该区泥岩分布情况,取得了令人满

意效果。该方法可望在其他仅有二维地震资料地区推广应用。

2 虚拟三维地震的概念及应用方法

虚拟三维地震是在二维地震基础上,按三维地震模式建立的伪三维地震数据,即将二维测线转化为三维地震相应的线和道。基于该虚拟三维地震数据,可在二维地震数据体上进行诸如频谱分解、相干体分析、三维可视化以及烃源岩分布预测。

本文应用 Jason 软件中虚拟三维地震数据体建立方法,即在输入地震数据的基础上,以测井资料为约束条件,进行地震反演,预测烃源岩分布。

应用 Jason 软件按如下步骤开展虚拟三维地震反演。

(1)建立虚拟三维地震数据体 在研究 Jason 软件中二维、三维地震数据体建立方法及地震数据输出/输入格式特点的基础上,建立了与原二维地震数据体范围基本一致的虚拟三维地震(图 1)数据体。

(2)地震数据输入 在默认输入格式情况下,加

* 河北省涿州市东方地球物理公司研究院地质研究中心,072751。E-mail:whq_125@163.com

本文于 2011 年 6 月 22 日收到,最终修改稿于同年 10 月 24 日收到。

载到虚拟三维数据中的测线位置若与二维测线位置不一致,则会出现虚拟三维数据中多条测线重叠的现象;因不同年度采集的二维测线 CMP 间距不同,导致输入三维测线长度与二维测线长度不同。

因此,在定义 SEG-Y 格式时进行了一定的选择(图 2)。通过定义地震数据输入格式,可将二维地震测线输入到虚拟三维地震数据中,并能保证测线位置和长度的良好对应。

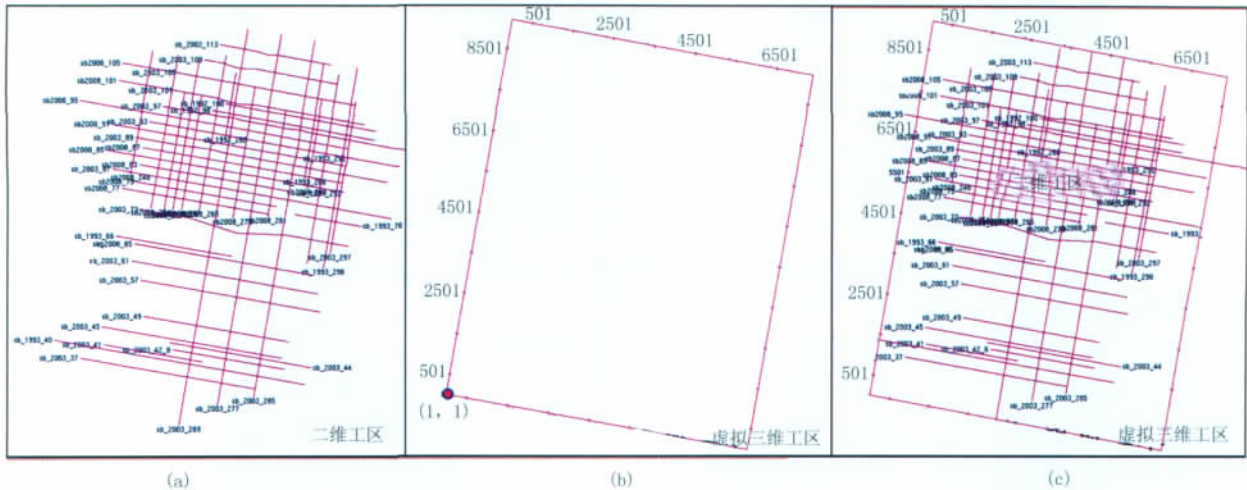


图 1 二维数据体(a)、虚拟三维数据体(b)和二、三维数据体(c)示意图

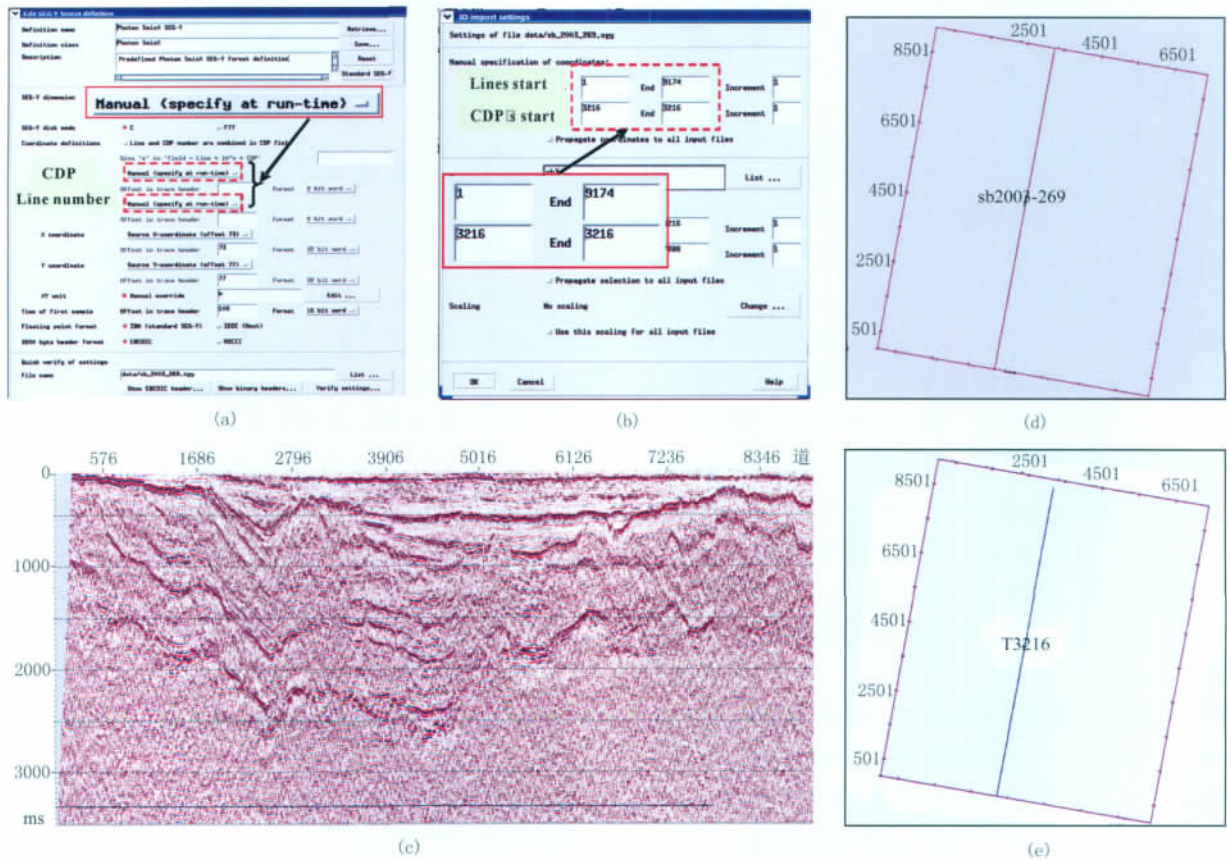


图 2 地震数据输入及拟三维数据过程示意图

(a)SEG-Y 格式编辑;(b)三维输入设置;(c)三维测线地震剖面 T3216;(d)二维测线 sb2003-269 在三维数据体的位置;(e)T3216 测线在三维数据体的位置

(3)地震反演 在该区地震数据反演中,建模和建虚拟井是两个需高度重视的问题。建立初始波阻抗模型的过程实际上就是实现井资料的内插与外推的过程,也即是把地震信息与测井波阻抗正确结合起来的过程^[5]。绥滨拗陷地质条件复杂,除发育正断层和较小断距逆断层外,还发育较大的逆冲推覆断层,且存在多种地层接触关系,给反演建模造成很大困难。针对这种情况,制订了加入逆断层的建模方法;为保证反演的准确性,对工区内 46 条测线分别进行建模(图 3)。由于工区内只有滨 1 井和滨

参 1 井两口探井,过井测线反演只有通过这两口井进行,对于不过井的测线,需要建立虚拟井。

(4)砂泥岩厚度的提取 通过 Jason 软件中的 Volume view 模块提取砂泥岩厚度。该模块只适用于三维地震数据体,这正体现了应用虚拟三维地震技术的必要性。

在该模块中,应用统计出的砂泥岩分界波阻抗值,得到该区穆棱组与城子河组泥岩时间厚度图。对于时间厚度转换为深度厚度,可通过两种方法实现:在有速度谱的工区,应用速度谱资料;在没有速

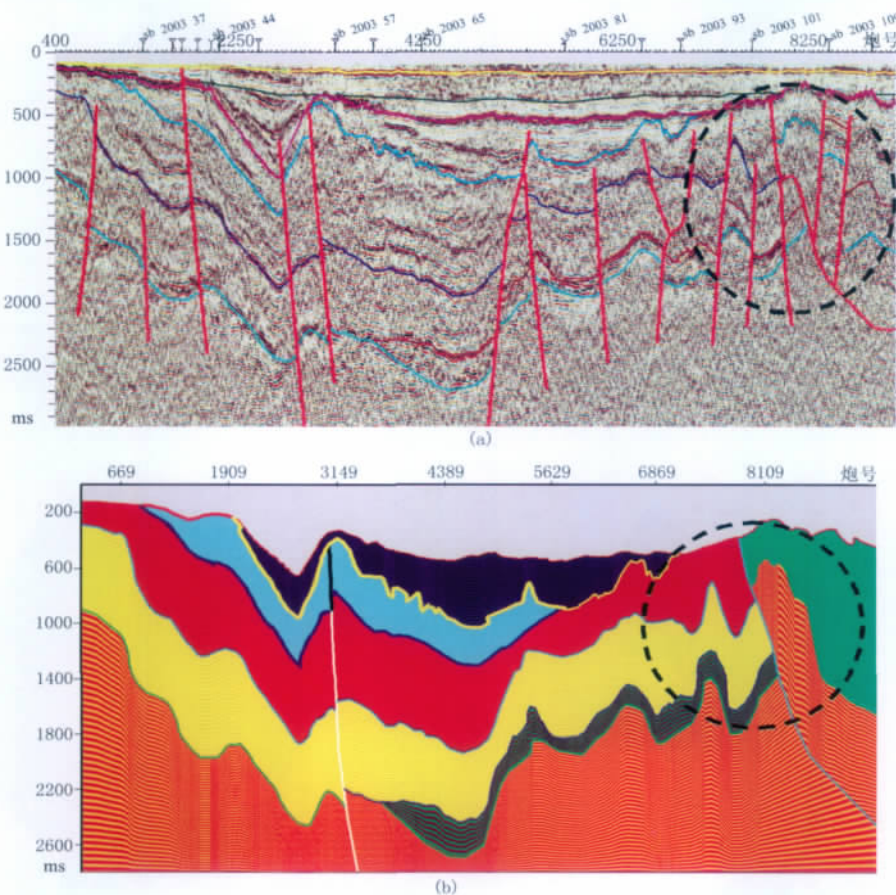


图 3 sb2003-269 测线地震剖面(a)及其反演模型剖面(b)

度谱的工区,用反演得到的速度模型进行时深转换。

3 应用效果

通过以上步骤,得到绥滨拗陷城子河组和穆棱组地层的泥岩厚度预测图(图4)。可以看出穆棱组泥岩预测厚度在南部次凹和北部次凹较大,在东部

斜坡区相对较薄;城子河组泥岩厚度以南部次凹最大,在东北部呈现减薄趋势。这种定量计算结果比以往通过地震相定性预测结果要可靠、精确得多。

根据暗色泥岩的分布状况,结合有机地化分析、生油门限预测,并参考地层厚度、埋藏深度和沉积相研究结果,对研究区穆棱组和城子河组有效烃源岩分布进行了初步预测(图 5)。

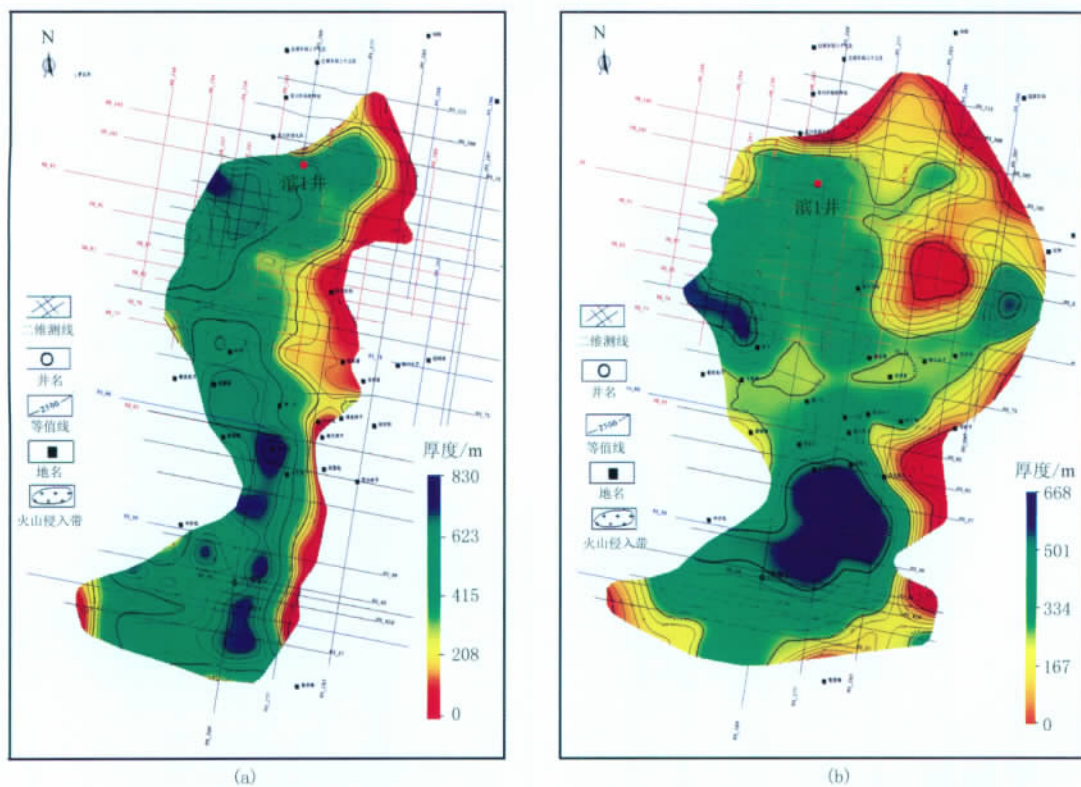


图4 绥滨拗陷穆棱组(a)和城子河组(b)泥岩厚度预测图

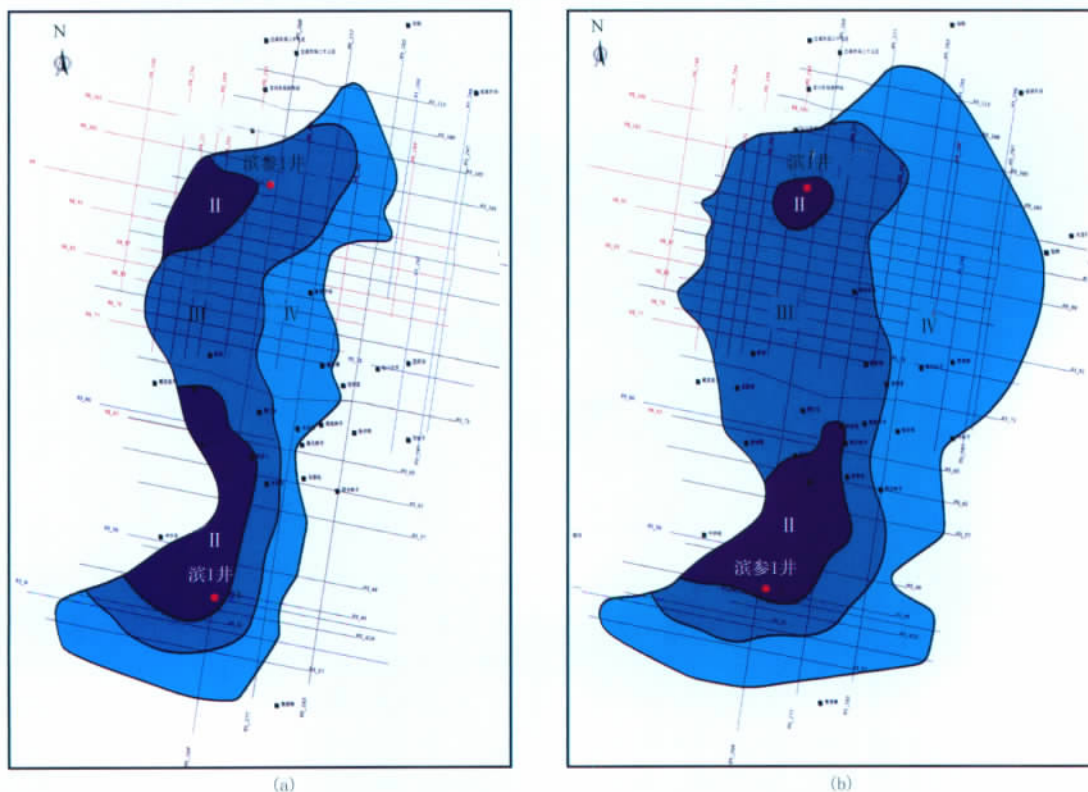


图5 绥滨拗陷穆棱组(a)和城子河组(b)烃源岩分布预测图

从图5可见,穆棱组有三类生油岩,即Ⅱ类好生油岩、Ⅲ类较好生油岩和Ⅳ类差生油岩。其中,Ⅱ类和Ⅲ类生油岩主要分布于工区西部滨参1井—滨1井以西的呈S形的狭长地带,埋深1300m以下,Ⅱ类好生油岩面积约191.5km²,Ⅲ类较好生油岩面积约824.0km²,其余为Ⅳ类差生油岩。

城子河组也有三类生油岩。其中,Ⅱ类和Ⅲ类生油岩也主要分布于工区西部滨参1井—滨1井以西的地带,埋深基本在1300m以下;Ⅱ类好生油岩分布于南北两个沉积中心位置,总面积约268.6km²,Ⅲ类较好生油岩面积约1226.3km²,其余为Ⅳ类差生油岩。

4 认识与结论

(1)基于虚拟三维地震数据体可进行沉积相划分、烃源岩预测及生储盖组合评价等,实现了二维地震资料的最大化利用。这种由二维数据体转换得到的伪三维数据体能发挥与真三维数据体相近的作用,为盆地综合评价和有利区带划分提供了更加可靠的依据。

(2)在建立虚拟三维数据体过程中应特别关注几个关键环节:①确定虚拟三维数据体三点坐标;②定义二维测线加载至虚拟三维数据体时的输入格式;③反演建模;④建虚拟井;⑤求取泥岩厚度。

(3)本次在绥滨拗陷进行的虚拟三维数据体地震反演取得了较好效果,对大庆探区外围其他盆地的二维地震数据的充分利用提供了很好的借鉴。

东方地球物理公司张延庆教授对本项研究给予了技术指导和支持,在本文撰写过程中又提出了宝贵意见,在此表示衷心感谢!

参考文献

- [1] 冯志强,任延广,张晓东等.海拉尔盆地油气分布规律及下部工作方向.中国石油勘探,2004,9(4):19~22
Feng Zhi-qiang, Ren Yan-guang, Zhang Xiao-dong et al. Oil-Gas distribution and future direction of research in Hailaer basin. *Petroleum Exploration of China*, 2004, 9(4): 19~22
- [2] 苏贵仕,黄莉莉,赵明秋.伪三维层析反演静校正技术及其应用.石油地球物理勘探,2007,42(增刊):11~114
Su Gui-shi, Huang Li-li, Zhao Ming-qiu. Pseudo 3-D tomographic inversion static corrections and application. *OGP*, 2007, 42(Sup): 11~114
- [3] 李金花,李建国.伪三维地震勘探法在煤田勘探中的应用.中国煤田地质,2007,19(1):63~65
Li Jin-hua, Li Jian-guo. Application of simulated 3D seismic prospecting in coalfield exploration. *Coal Geology of China*, 2007, 19(1): 63~65
- [4] 孙夕平,徐右平,王玲.伪三维折射静校正技术研究.天然气工业,2007,27(增刊):173~175
Sun Xi-ping, Xu You-ping, Wang Ling. Study of pseudo 3D refraction static corrections. *Natural Gas Industry*, 2007, 27(Sup): 173~175
- [5] 张秀丽.井约束地震反演技术在储层预测中的应用——以大庆油田杏56区块为例.石油地球物理勘探,2009,44(增刊1):145~149
Zhang Xi-ri. Application of well constrained seismic inversion technique in reservoir prediction: A case study for Xing 56 Block in Daqing Oilfield. *OGP*, 2009, 44(Sup 1): 145~149

(本文编辑:朱汉东)

作者介绍

- 白海军 硕士,1986年生。2008年本科毕业于吉林大学应用地球物理专业;2011年获中国石油大学(北京)物探专业硕士学位,期间主要从事各向异性介质波场模拟、多波多分量VSP及其井地联合处理解释方面的研究。现在中海油深圳分公司研究院工作。
- 白英哲 硕士研究生,1987年生。2009年毕业于中国石油大学(华东)勘查技术与工程专业并获学士学位;现于中国石油大学(北京)地质地球物理综合研究中心攻读地球探测与信息技术专业硕士学位。主要从事地震偏移成像,高分辨率处理以及绕射波场分离等方面的研究。
- 孙赞东 博士生导师,1961年生。1984年毕业于江汉石油学院获地质学学士学位,1989年留学加拿大卡尔加里大学,1993年获地球物理学硕士学位,1999年获地球物理学博士学位。1999~2006年在埃克森美孚石油公司从事石油勘探、开发与生产以及技术研发工作,2007年回国创建地质地球物理综合研究中心。现为中国石油大学(北京)特聘教授,从事储层预测和油藏描述方面的研究。
- 张大伟 助理工程师,1985年出生。2007年本科毕业于大庆石油学院数学系,2010年获中国石油大学(北京)地球探测与信息技术专业硕士学位。现在东方地球物理公司研究院油藏评价所工作,从事地震资料解释方面的工作。
- 蔡露露 博士,1983年出生。2006年毕业于长江大学资源勘查工程专业,获工学学士学位;2008年直攻博,2011年毕业于中国石油大学(北京)地质资源与地质工程专业,获工学博士学位。现在中海油研究总院勘探院从事石油地质勘探方面的研究。
- 谢春辉 硕士,1987年生。2008年本科毕业于中国石油大学(北京)数学与应用数学专业;2011年获得中国石油大学(北京)地球探测与信息技术专业硕士学位,研究方向为VSP速度分析。现在中国石油勘探开发研究院西北分院地球物理研究所从事储层预测方面的工作。
- 左国平 工程师,1980年生。2003年本科毕业于中国地质大学(北京)勘查技术与工程专业,2006年获得该校地球探测与信息技术专业硕士学位。现在中国石油杭州地质研究院从事地震解释及储层预测方面的研究。
- 牛聪 工程师,1980年生。2003年本科毕业于成都理工大学信息工程专业,2006年获该校信息与信号处理专业硕士学位,研究方向为数字信号处理。现在中海油研究总院主要从事储层预测和油气检测方法研究与应用等工作。
- 孙学栋 工程师,1980年生。2002年毕业于吉林大学应用地球物理专业,获学士学位。现在东方地球物理公司研究院从事石油地震地质综合研究,同时在职攻读中国石油大学物探专业硕士学位。
- 程杰 硕士,1980年生。2008年毕业于长江大学地球物理与石油资源学院,获硕士学位。现在东方地球物理公司研究院海拉尔中心从事地震资料解释和地质综合研究。
- 吴勇 工程师,1973年生。1993年7月毕业于大港石油学校地质专业。长期从事油田开发地质研究工作,现在大港油田公司第二采油厂地质研究所从事科研工作。
- 张军勇 工程师,1976年出生。2004年毕业于河北大学计算机信息管理专业。现在东方地球物理公司研究院地质研究中心从事地震资料解释与石油地质综合研究。
- 喻林 工程师,1982年生。2004年本科毕业于中国地质大学(武汉)资源勘查工程专业,2007年获西北大学构造地质学专业硕士学位。目前在东方地球物理公司研究院地质研究中心辽河分中心从事地震地质综合解释工作。
- 曹哲 助理工程师,1986年生。2009年6月毕业于长江大学资源勘查工程专业,取得学士学位。现在东方地球物理公司研究院地质研究中心从事地震资料解释工作。
- 王鹏 工程师,1979年生。2001年本科毕业于石油大学(华东)石油地质专业,2004年获石油大学(华东)构造地质学专业硕士学位,2011年获中国科学院广州地球化学研究所构造地质学专业博士学位;一直从事地震资料解释、储层预测和地质综合研究工作。目前就职于东方地球物理公司研究院地质研究中心。
- 韩天宝 工程师,1972年生。1997年毕业于江汉石油学院勘查地球物理专业,获学士学位;一直从事地震资料解释及其方法研究。现在东方地球物理公司研究院地质研究中心华北分中心从事地震资料解释及综合研究工作。
- 李鹏 工程师,1981年生。2007年获西南石油大学油气田开发工程专业硕士学位。现在东方地球物理公司研究院地质研究中心从事地震资料解释及综合研究工作。
- 杨雨 硕士,1981年生。2004年毕业于大庆石油学院勘查技术与工程专业,获学士学位;2007年获中国石油大学(北京)矿物学、岩石学、矿床学硕士学位。现在东方地球物理公司研究院地质研究中心从事地震资料解释研究。
- 纪学武 高级工程师,1969年生。1993年毕业于成都理工大学石油地质专业;2010年获中国地质大学(北京)矿产普查和勘探专业硕士学位;2011年获中国地质大学(北京)地质学博士学位,在东方地球物理公司从事区域地质综合研究、地震资料解释工作多年,现在中国石油大学(北京)博士后流动站工作。
- 代双和 博士,1966年生。1988年毕业于西南石油学院地球物理勘探专业,获工学学士学位;2008年毕业于中国地质大学(北京)能源学院矿产普查与勘探专业,获博士学位。长期从事地震资料解释及其方法研究工作,目前在北京大学地球与空间科学学院地质学博士后流动站从事科研工作。
- 赵明章 工程师,1978年生。2001年毕业于大庆石油学院石油工程系,获得工学学士学位;2005年3月毕业于北京科技大学矿产普查与勘探专业,获得硕士学位;目前是北京科技大学在职博士研究生。现在中国石油天然气勘探开发公司科技管理部主要从事海外油气田开发地质研究以及海外科技管理工作。
- 孙星 工程师,1978年生。2002年本科毕业于石油大学(华东)石油地质专业,获工学学士学位;现在石油大学(华东)攻读硕士学位。目前在东方地球物理公司研究院从事地震资料解释和地质综合研究工作。
- 王志君 高级工程师,1955年生。1982年毕业于华东石油学院物探专业,获学士学位;2000年获天津大学MBA硕士学位。长期从事海洋油气资源勘探研究,发表论文数篇。现在中海油研究总院从事油气勘探综合研究工作。
- 张菊梅 高级工程师,1963年生。1987年本科毕业于西安地质学院物探系,获工学学士学位。长期从事地震资料解释和综合研究工作,现在中国石油勘探开发研究院西北分院从事构造地质及综合研究工作。
- 郭淑文 博士后,1974年生。1996年毕业于大庆石油学院,获学士学位;2001年毕业于中石油勘探开发研究院,获硕士学位;2009年毕业于中国地质大学(北京),获博士学位;2011年从大港油田博士后工作站出站后进入大港油田勘探开发研究院从事石油地球物理储层预测方法研究工作。
- 岳永霞 工程师,1962年生。1981年毕业于石油物探学校。曾参加过东方地球物理公司ERP项目、中国石油集团工程技术生产运行管理系统等项目,并在《石油地球物理勘探》等期刊发表过文章。

aohe Basin is a narrow and long sedimentary sub-sag. It was considered that the 4th member of Shahejie Formation was not well developed in the region. Based on the comparison of seismic strata of Xingxi sub-sag, we see the 4th member of Shahejie Formation as the most favorable reservoir in the area. By comprehensive analysis of regional tectonic background and sedimentary characteristics, we conclude that there are coastal sedimentary fan bodies controlled by east fault zone. We predict and delineate a series of near-shore submarine fan reservoirs with various geophysical techniques. Well XX2 in this area, with commercial oil discovery, reveals the existence of sedimentary fan bodies in the 4th member of Shahejie Formation.

Key words: near-shore subaqueous fan, reservoir prediction, the 4th member of Shahejie Formation, Xingxi sub-sag

1. BGP Geological Research Center, CNPC, Zhuozhou, Hebei, 072751, China

Identification of channels by multi-attributes in Nanbaxian. Cao Zhe¹, Chen Hai-qing¹, Shen Ya¹, Qi Cheng-ye¹, Ji Yuan¹ and Qu Yan-wei¹. *OGP*, 2011, 46(Supplement 1): 92~96

This paper focuses on identification of channels by multi-attributes in the north slope of Nanbaxian, north part of Qaidam Basin. After studying geological and geophysical features of the area, we use seismic attributes, spectral decomposition, Sobel filter similarity, energy ratio similarity, coherence and 3-D visualization to identify the distribution of channel sand bodies in N₂. Meanwhile we analyze features and results by different approaches. The results show that channel sand bodies in the north slope of Nanbaxian were developed, and that they distribute from southeast to northwest. The area may be prospective with lithologic traps.

Key words: reservoir prediction, seismic attributes, underwater split-flow channel, spectral decomposition, Sobel filter similarity, energy ratio similarity, 3-D visualization

1. BGP Geological Research Center, Zhuozhou, Hebei, 072751, China

Hypothesized 3D seismic application in oil exploration of Suibin Depression. Wang Peng¹, Zhong Jian-hua^{2,3}, Zhang Bao-quan¹, Zhang Hong-wei¹, An Peng and Wang Yu-shan¹. *OGP*, 2011, 46(Supplement 1): 97~101

Hypothesized 3D seismic volume is established based on all the 2D survey lines of the work area. By hypothesized 3D seismic volume in Suibin Depression, Sanjiang Basin, we carry out seismic inversion, and draw a mudstone thickness chart. Based on a contrastive analysis with seismic facies, a clearer hydrocarbon source rock distribution is obtained, which can provide more reliable information for the future exploration. Results show that hypothesized 3D seismic technology may play an important role of the exploration in the area which only has 2D seismic data.

Key words: hypothesized 3D seismic, seismic inversion, reservoir prediction, hydrocarbon source rock, sedimentary face, Suibin Depression

1. BGP Geological Research Center, CNPC, Zhuozhou, Hebei, 072750, China

2. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, Guangdong, 510640, China

3. The China University of Petroleum (China East), Qingdao, Shandong, 266555, China

Prediction of heterogeneity in carbonate reservoirs: an Hexiwu example in North China. Han Tian-bao¹, Cheng Peng¹, Wang Yong-li¹, Zhang Jing-dong¹ and Fang Hai-fei¹. *OGP*, 2011, 46(Supplement 1): 102~105

Buried hill reservoirs of Hexiwu structure belt of Langgu sag in Jizhong Depression, which had been discovered and proved, are Paleozoic Ordovician carbonate reservoirs with many caves and fissures. They have the following characteristics: strong heterogeneity, lateral variation in properties. The fissures are the most important predominant. So fracture prediction plays a vital role on accumulation conditions analysis and prediction of hill reservoirs in this area. Based on multi-attributes, such as coherent data, body curvature data, amplitude and frequency from new 3D seismic data,