文章编号：1006－6535(2011)04－0014－05

地震属性分析在三塘湖盆地火山岩储层预测中的应用

刘登明[1,2,3]，郭　翔[3]，朱　峰[3]，朱　哲[3]，林明强[3]

(1. 中国科学院广州地球化学研究所，广东　广州　510640；2. 中国科学院研究生院，北京　100049；
3. 中油东方地球物理公司，新疆　乌鲁木齐　830016)

摘要：针对西部三塘湖盆地马朗三维连片区块石炭系火山岩埋藏深、岩性多样、成层性差、平面分布规律复杂等特点，从火山岩储层特征分析入手，以火山岩储层预测为主线，从单井地震相属性分析出发，并震结合，建立起主要目的层的火山岩有利储层与地震反射特征的对应关系，并充分运用多属性分析技术，通过提取石炭系目的层的三瞬属性、频率衰减梯度及反演等属性，综合利用多技术手段来预测研究区火山岩有利储层的分布规律，最终建立起一套适用于西部深层火山岩的储层预测的属性分析技术系列。

关键词：火山岩；瞬时属性；频率衰减；地震属性分析；三塘湖盆地

中图分类号：TE122　　文献标识码：A

引　言

三塘湖盆地的石炭系火山岩非常发育，特别是马朗凹陷最近几年成为火山岩油气勘探的重点[1]，而火山岩储层预测则成为勘探开发中最为关键的因素之一。在近2 a的研究工作中，逐步形成了一套有效的火山岩有利储层预测技术系列，特别是在多属性提取分析技术应用于马朗凹陷火山岩储层预测中，取得了较好的效果。

1　火山岩地球物理反射特征

1.1　火山岩储层物性分析

马朗凹陷石炭系卡拉岗组火山岩储集空间类型主要分为3类[2]：①原生孔隙，主要是岩浆成岩过程中冷凝形成以及火山爆发相沉积形成粒间孔；②次生溶蚀孔隙，主要是岩石溶解、交代、蚀变等形成的孔隙，一般数量大；③裂缝(包括原生和次生构造裂缝)，主要是由于构造应力和风化收缩形成。3类成因的储集空间是火山成岩及其后生成岩变化相互作用的结果，但在不同区带成岩、改造作用的强弱和孔隙类型主次仍有差异。总体来说，马朗凹陷石炭系火山岩储集空间类型以次生溶蚀孔隙和裂缝为主，其次为原生孔隙。

对马朗凹陷20口探井1 300多个样品统计发现，卡拉岗组储层物性变化很大，孔隙度为6%～12%，最大可达32%，均值大于8%的储层可占总储层数的50%左右。按照火山岩储层评价标准属中—较高孔储层。这主要是由于火山喷发的间断性，其顶部的火山岩体易受到物理、化学风化作用的改造，储层物性得以改善。卡拉岗组储层物性主要由后期储层改造作用的强弱决定；而哈尔加乌组储层孔隙度分布较为集中，主频为4%～8%，最大为16%，属于中孔储层，哈尔加乌组储层物性要差于卡拉岗组，可能与储层的后期改造作用弱有关，火山岩普遍位于沉积岩之下的水下保存，仅遭受了淋滤作用为主的改造。

1.2　火山岩有利相带及地震响应特征

对于卡拉岗组“风化型”储层，火山岩岩相虽然不是影响储层物性的主要因素，但在其他条件相同或相近的情况下，不同的岩相其储层物性又表现

收稿日期：20110121；改回日期：20110718
基金项目：中油吐哈油田分公司项目“马朗连片三维精细解释、目标优选与叠前反演”(KT09030)
作者简介：刘登明(1963－)，男，高级工程师，1998年毕业于中国地质大学煤田、油气地质与勘探专业，获硕士学位，中国科学院在读博士研究生，主要从事地震资料解释及石油地质综合研究。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

出一定的差异性。火山口相中心亚相岩性致密，气孔、裂缝等储集空间较不发育，物性较差，仅靠近断层附近火山岩裂缝相对发育，物性相对较好; 近火山口相带气孔、微裂缝等发育，物性较好，易形成自碎裂角砾火山岩，与气孔、杏仁体配合，是优质储集层发育区; 而边缘亚相带火山岩厚度薄，气孔等较不发育，物性较差[3]。

这 3 种火山岩相(火山口相、近火山口相、远火山口相) ，由于其喷发类型不同，成分、结构、构造和产出形态存在差别，所以各种火山岩在地震剖面上的反射特征也不相同。首先利用连井地震资料，在剖面上划分火山岩相，针对这 3 种火山岩相不同的岩性特征和物性特征，总结了 6 种地震反射特征(图 1) ，为最终确定火山岩岩相的分布奠定基础。

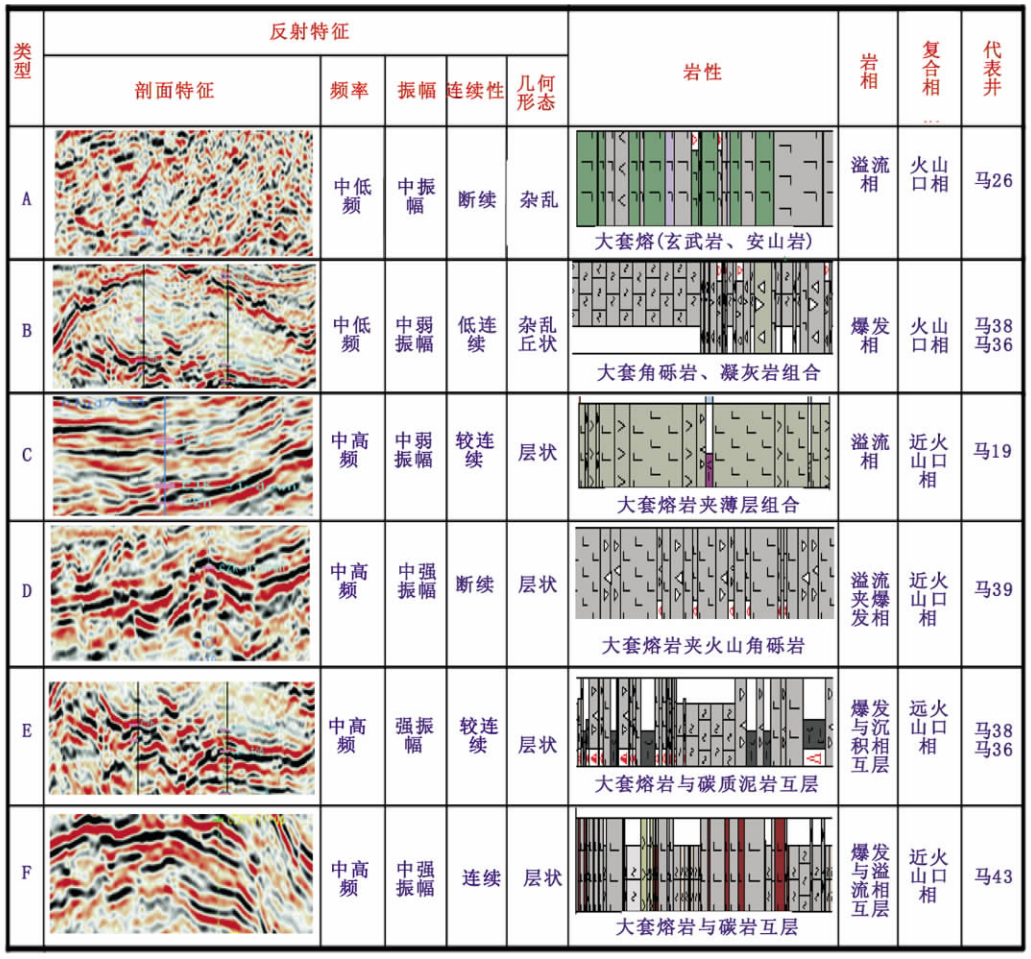

图 1　马朗地区火山岩相地震反射特征

1.3　火山岩有利储层地震反射特征

与东部火山岩勘探不同，三塘湖盆地石炭系基本以中基性火山岩为主，主要发育卡拉岗组岩体顶面的风化淋滤型储层。火山岩储层的地震反射特征是火山岩物理特征最直观的体现，具体来说，就是由火山岩储层的厚度、产状、层速度、密度与围岩及储层物性的差异，最终形成阻抗界面的差异，这种差异主要表现在速度、振幅、频率和相位等地震属性中。

从马朗地区多口井的测井曲线统计结果来看，一般孔隙、裂缝发育的火山岩的层速度低于致密火山岩的层速度，并且振幅会变强，风化后火山岩的频率基本会整体变高，因此这些均可以作为寻找火山岩储层的一个方法。

2　火山岩有利储层预测方法

火山岩储层预测主要基于内部裂缝比较发育的高速、高密度的火山岩。当受到风化淋滤作用或者含流体时，速度、密度降低，从而引起地震属性的变化。利用对火山岩储层物理特征变化比较敏感的地震属性来研究火山岩储层的分布规律。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2.1 瞬时信息技术

瞬时振幅、瞬时频率是对火山岩内部的速度和密度微变化较为敏感的特征参数，可以用来识别马朗地区火山岩有利储层发育带。对于在火山岩喷发间断期受到风化淋滤作用较强的储层，孔缝较为发育，而这些孔缝在火山岩内部分布并不是均匀的，正是这些不均匀引起了火山岩内部速度、密度变化的不均匀[4]，相当于在火山岩内部产生了很多不规则的波阻抗界面，使其频率升高[5]，因此瞬时频率的分布特征可用来对比地层内速度、密度的变化带，从而定性的找出火山岩有利储层的发育区带。

瞬时振幅反映的则是地下反射界面反射系数的大小，致密火山岩的波阻抗高于遭受风化淋滤作用后的火山岩，这是因为风化淋滤后的火山岩储集物性变好，其速度和密度降低[6]，从而使得波阻抗减小，因而孔缝发育的火山岩的瞬时振幅也减小。利用风化淋滤后的火山岩的瞬时振幅信息，可以用来预测火山岩有利储层发育区带，并通过正演模型验证了以上的结论(图2)。

如图2所示，火山岩有利储层瞬时振幅、瞬时频率信息与未风化的储层是有所差别的，经过风化后储层瞬时振幅变强，瞬时频率变强，可以用来综合预测火山岩有利储层发育带的分布规律。

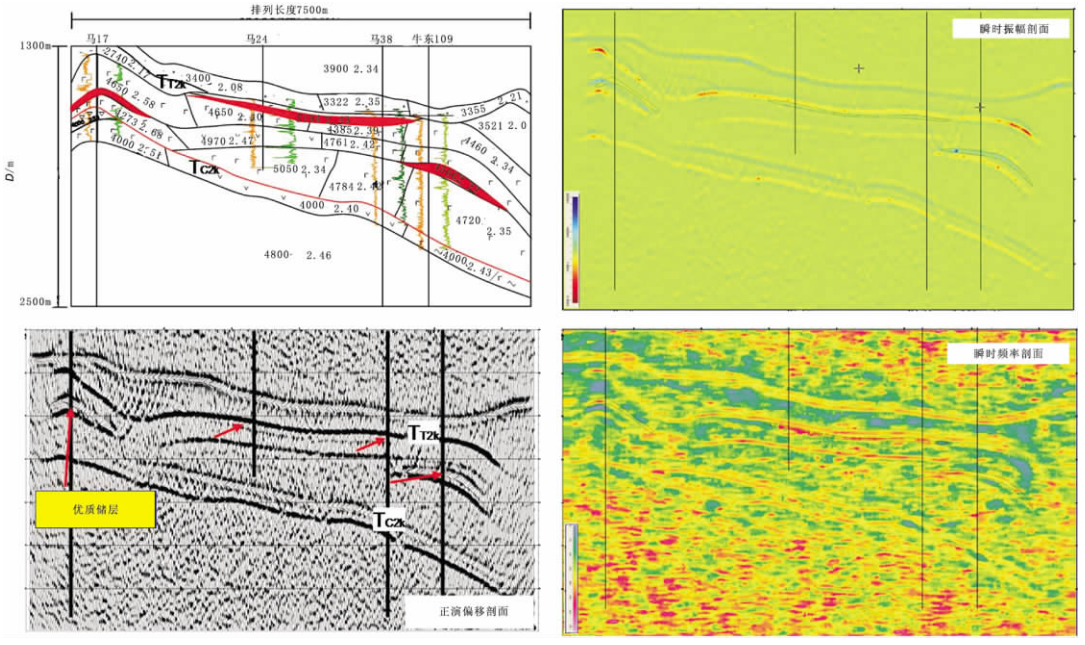

图2 马朗地区南北向正演剖面

2.2 曲率分析技术

曲率分析技术适用于岩层曲率变化大的火山岩分析上，尤其适用于处于构造背景上裂缝型火山岩的构造缝的预测。受应力作用岩层发生弯曲变形，弯曲程度大的部位是应力集中处，而对于火山岩这种易破裂的脆性岩层，该部位微裂缝发育，因此曲率的大小能够反映岩层构造微裂缝相对发育程度和分布特征，曲率越大，裂缝越发育。另外调谐体振幅切片也能够较好地反映断层等地质边界的平面展布特征，许多类似小断层的特征均可以得到反映。

2.3 频率衰减梯度

衰减梯度由于裂缝发育带和流体的存在会导致地层的吸收、衰减作用而增强，因此，可以通过地层的吸收、衰减作用来揭示裂缝发育带和流体的综合效应。当存在含油气的开启裂缝时，地层吸收作用强，频率衰减梯度大，因此，衰减梯度大小可以揭示火山岩裂缝和流体的存在。衰减梯度一般为负值，绝对值较大区表示地层吸收作用强。

3 效果分析

将以上的火山岩有利储层预测方法用于三塘湖盆地马朗凹陷的火山岩有利储层的预测中取得了很好的效果。马朗凹陷牛东2号构造马17井是三塘湖盆地第1口在石炭系卡拉岗组火山岩获得突破的井，通过精细的火山岩喷发旋回的划分，将卡拉岗组划分为2个旋回，进一步自上而下划分为

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

K1—K5 五个期次,油层主要分布在 K2、K3、K4、K5 小层中,其中 K3 是该油藏的主力生油层。依次对这些小层按照以上的有利储层的预测方法先后进行了包括火山岩相带、裂缝、储层等方面的研究工作。首先在单井划分及连井对比的基础上对 K3 小层进行了火山岩有利相带的研究工作,认为 K3 小层在牛东地区主要以近火山口相(溢流相)为主,岩相受到马 17 井北界断裂影响,局部呈东西向分布,结合产量及井漏情况,优质储层则主要发育在近火山口相中(图 3)。同时,利用瞬时信息技术研究了该套小层火山岩瞬时信息的平面分布规律,从图 4 可见 K3 小层在工区东北角靠近中部的地区基本以高瞬时振幅分布区,这也从侧面说明了该区是有利储层较为发育的区带。

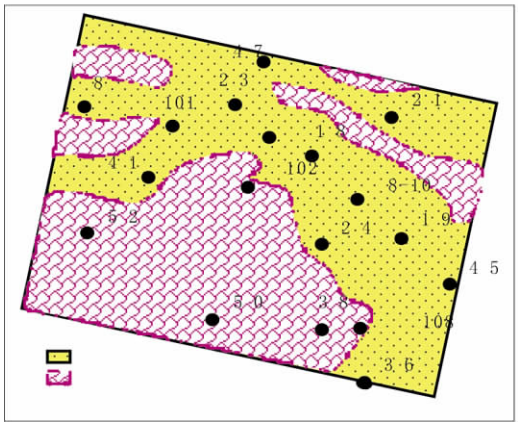

图 3　牛东地区 K3 火山岩相平面

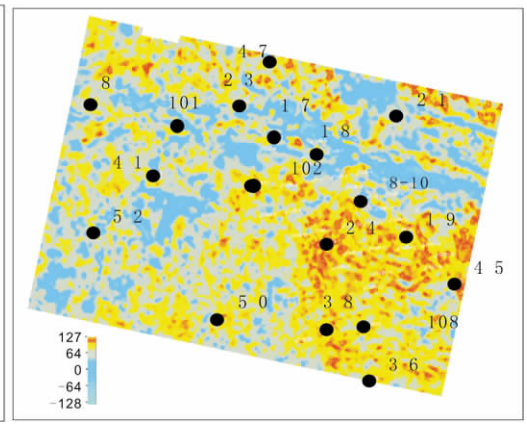

图 4　牛东地区 K3 振幅平面

由于卡拉岗组火山岩为溶蚀孔薄储层,虽然可以利用测井曲线识别厚度较薄的储层,但由于地震资料上分辨率不够,往往要结合前面的地震属性综合分析结果来综合预测,最终预测牛东地区卡拉岗组 K3 小层有利储层面积为 28.5 km^2(图 5),和研究区内 28 口井的符合率达到了 82%,并且在研究区的北部新发现未钻探有利储层面积为 3.5 km^2,为该区下步钻探井位部署提供了依据。另外,还对石炭系卡拉岗顶进行了相干性分析、曲率分析、调谐体振幅切片及衰减梯度等属性分析来预测裂缝发育程度。预测结果表明,衰减梯度对微裂缝预测有一定的效果,而相干性分析、曲率分析及调谐体振幅切片只对于断裂反映较好,对于微裂缝的预测还存在一定的局限性。从衰减梯度平面图(图 6)可以看出,蓝色和黄色为梯度衰减低值区,裂缝不发育,紫色为梯度衰减高值区,储层裂缝发育。牛东地区火成岩储层裂缝在马 17 井区相对较为发育,向构造边部马 19、马 24 井区裂缝发育强度逐渐减小,并且在构造高部位和断层附近裂缝发育,裂缝发育程度与火山旋回间构造运动存在一定的关系,并且裂缝发育程度的预测结果与井的吻合程度较高,对该地区下一步的勘探开发具有一定的指导意义。

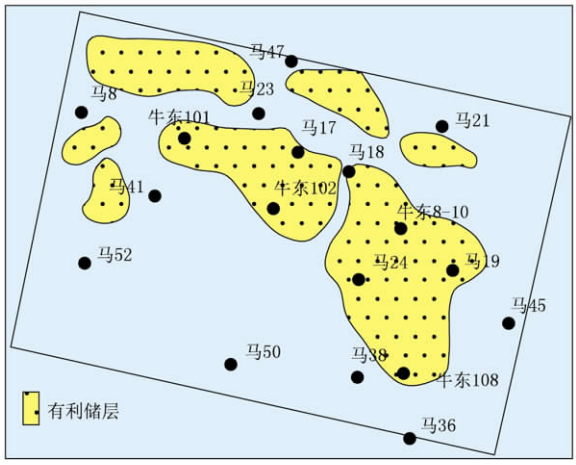

图 5　卡拉岗组 C_2k-3 有利储层分布

4　结　论

(1) 三塘湖盆地马朗地区石炭系卡拉岗组近火山口相气孔、微裂缝等发育,物性较好,易形成自碎裂角砾火山岩,与气孔、杏仁体配合,是风化壳型优质储集层发育区。

(2) 三塘湖盆地马朗地区受到风化淋滤作用的火山岩有利储层的定性预测可以应用三瞬信息、地震属性参数分析、频率衰减梯度等技术来进行,也初步见到了一定的效果,但成熟的火山岩储层预测技术系列的沉淀仍然需要长期持续的攻关。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

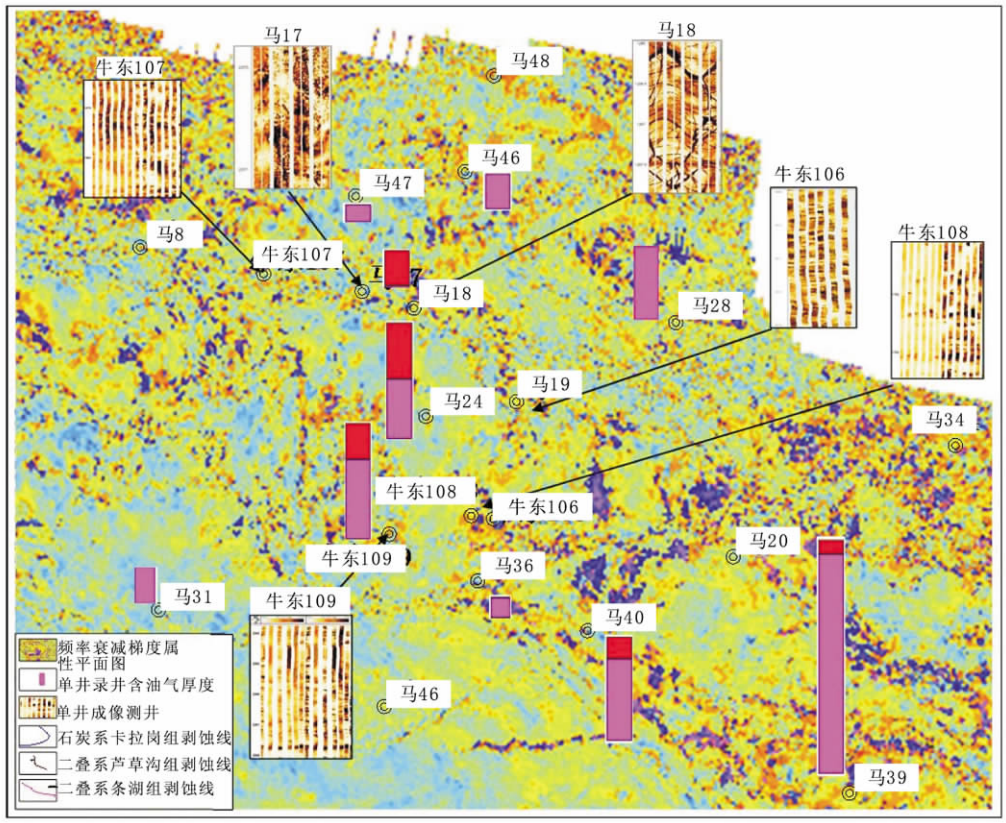

图6 卡拉岗组油气显示与裂缝预测叠合图

参考文献:

[1] 杨瑞麟. 准噶尔盆地火山岩储层特征及评价[J]. 成都理工学院学报,1996,30(5):27-40.

[2] 刘为付,王永生,杜刚. 松辽盆地徐家围子断陷营成组火山岩储集层特征[J]. 特种油气藏,2008,15(3):6-10.

[3] 周超,董庆勇,许长斌. 龙湾筒凹陷九佛堂组火山岩储层特征研究[J]. 特种油气藏,1999,6(3):13-18.

[4] 刘俊田,张代生,黄卫东,等. 三塘湖火山岩地震和测井识别技术及应用[J]. 岩性油气藏,2009,21(4):87-91.

[5] 夏步余,谌廷姗. 地震技术在火成岩发育区开发中的应用[J]. 石油物探,2002,41(4):462-463.

[6] 吕希学. 根据地震勘察信息预测火山岩储集体[J]. 浙江大学学报,2003,37(2):251-253.

[7] 刘春成,戴福贵,吴红华,等. 中国东部含油气盆地逆断层地震解释[J]. 特种油气藏,2010,17(4):55-58.

[8] 李国永,朱福金,任利斌,等. 微地震注水前缘监测技术在高尚堡中深层油藏的应用[J]. 特种油气藏,2010,17(4):104-107.

[9] 熊冉,刘玲利,刘爱华,等. 地震属性分析在轮南地区储层预测中的应用[J]. 特种油气藏,2008,15(2):32-34,43.

[10] 陈波,凌云,刘钦甫,等. 利用地震属性技术分析储层含油气信息——以塔里木盆地HD4油田为例[J]. 特种油气藏,2005,12(3):13-14.

[11] 龚文平. 新疆三塘湖盆地晚古生代基底结构和变形特征[J]. 石油天然气学报,2011,33(2):21.

[12] 柳成志,孙玉凯,于海山,等. 三塘湖盆地石炭系火山岩油气储层特征及碱性成岩作用[J]. 吉林大学学报:地球科学版,2010,40(6):1-11.

编辑 林树龙

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Distribution of shale gas resources in CNPC exploration area

XU Bo[1], LI Jing – han[2], XIE Dong[1], WANG Xue – feng[1], DUAN Jian[1]
(1. *Jidong Oilfield Company*, *PetroChina*, *Tangshan*, *Hebei* 063200, *China*;
2. *Liaohe Oilfield Company*, *PetroChina*, *Panjin*, *Liaoning* 124010, *China*)

Abstract: Shale gas is an important type of unconventional gas resources. China has widespread shale development and expectable shale gas exploration prospect. On the basis of the last national petroleum resources assessment, shale gas characteristics and resources are preliminarily evaluated for the main basins in CNPC exploration area. Generally, Meso – Cenozoic shale had developed widely in CNPC exploration area, mainly in continental deposit. The shale in the east had generated more oil and in the west generated more gas. Palaeozoic shale had developed mainly in the central and western basins and in south China, mostly in marine deposit, showing high degree of thermal evolution. The resource extent and distribution of shale gas in the main basins of CNPC exploration area are determined through means of genetic method, statistical method and Delphi method. Horizontally, shale gas distributes in the western and central basins and south China, with favorable exploration zones such as Tarim Basin, Qaidam Basin, Sichuan Basin and Ordos Basin, as well as south China; vertically, shale gas mainly exists in the Palaeozoic of these basins, and the Meso – Cenozoic in the Sichuan Basin is also noteworthy for shale gas exploration.

Key words: shale gas; geological characteristics; Delphi method; resource extent calculation; distribution

Progress of edge detection technology in seismic exploration

XU Hui – qun[1,2], GUI Zhi – xian[1]
(1. *MOE Key Laboratory of Oil & Gas Resources and Exploration Technology*,
Yangtze University, *Jingzhou*, *Hubei* 434023, *China*;
2. *China University of Petroleum*, *Beijing* 102249, *China*)

Abstract: Identification of small faults, fractures and sand boundary is a problem in seismic data interpretation. The level of reservoir fractures decides hydrocarbon migration path and reservoir productivity. Fractures and sand boundaries are of important significance in hydrocarbon exploration and development. The seismic responses of sand boundaries and various faults and fractures present in multi – scale and are difficult to identify and image with conventional methods, therefore the technology of edge detection has been applied. This method provides multi – scale reservoir observations and images, applies mature method of information science to seismic data processing, and provides a new means of seismic data interpretation and reservoir description. Based on literature investigation, this paper systematically generalizes the application and realization process of edge detection technology in petroleum exploration, and presents case application in seismic reservoir prediction. Case analysis indicates that appropriate methods of edge detection, filtering and edge – preserving processing shall be selected for individual block, and the information of drilling and logging data as well as geophysical prospecting data shall be integrated to conduct comprehensive reservoir analysis.

Key words: fracture; sand body; multi – scale; edge detection; filtering; model; seismic exploration

Reservoir distribution in the mid – deep formation of the Ganchaigou – Xianshuiquan region, Qaidam Basin

OU Cheng – hua[1], JIANG Shu – hong[2], LIANG Cheng – gang[3], JIANG Jian – li[3]
(1. *Southwest Petroleum University*, *Chengdu*, *Sichuan* 610500, *China*;
2. *Southwest Oil & Gas Branch*, *SINOPEC*, *Deyang*, *Sichuan* 618000, *China*;
3. *Xinjiang Oilfield Company*, *PetroChina*, *Fukang*, *Xinjiang* 831511, *China*)

Abstract: The mid – deep reservoirs in the Ganchaigou – Xianshuiquan region of Qaidam Basin is characterized by low degree of exploration, complex lithology, sparse pattern, and big vertical thickness difference. Petroleum exploration has been expecting for a breakthrough in this region for many years. The reservoirs are identified and evaluated by using data of lithology, electrical property and physical property and employing methods of qualitative identification, composite rating, hierarchical analysis, fuzzy comprehensive evaluation, etc. The results show that the reservoirs are dominated by Class III ~ IV reservoirs of low porosity and ultra – low permeability, mainly distributed along C3, X7 and X8 wells, reservoir thickness gradually decreases from northwest to southeast and pinches out to southeast along X8 and C6 wells.

Key words: Qaidam Basin; Ganchaigou – Xianshuiquan region; mid – deep reservoir; distribution pattern

Application of seismic attributes analysis in volcanic reservoir prediction for Santanghu Basin

LIU Deng – ming[1,2,3], GUO Xiang[3], ZHU Feng[3], ZHU Zhe[3], LIN Ming – qiang[3]
(1. *Guangzhou Institute of Geochemistry*, *Chinese Academy of Sciences*, *Guangzhou*, *Guangdong* 510640, *China*;
2. *Graduate School of Chinese Academy of Sciences*, *Beijing* 100049, *China*;
3. *BGP INC.*, *CNPC*, *Urumqi*, *Xinjiang*; 830016, *China*)

Abstract: The Carboniferous volcanic rocks in the Malang 3D merged block in Santanghu Basin are characterized by deep burial depth, diversified lithology, poor layered property and complicated distribution pattern. This paper analyzes the characteristics of volcanic reservoirs and single well seismic facies based on logging and seismic data. The corresponding relationship between favorable volcanic rock reservoir and seismic reflection has been established. Distribution of favorable volcanic rock reservoirs is predicted by comprehensively using multiple techniques such as picking up instantaneous seismic attributes, frequency attenuation gradient and seismic inversion of the Carboniferous objective interval. A series of attribute analysis techniques has been established for prediction of deep volcanic rock reservoirs in western China.

Key words: volcanic rock; instantaneous attribute; frequency attenuation; seismic attribute analysis; Santanghu Basin

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net