

文章编号:0253-9985(2012)01-0135-06

地震波形分类技术应用条件及其在葡北地区 沉积微相研究中的应用

江青春¹,王 海²,李 丹³,曹 锋¹,李秋芬¹,孙作兴¹,周 慧¹

(1. 中国石油 勘探开发研究院,北京 100083; 2. 中国石油 塔里木油田分公司 勘探开发项目经理部,新疆 库尔勒 841000;
3. 中国石化 河南油田分公司 勘察设计院,河南 南阳 473132)

摘要:在应用地震相分析软件 Stratimagic 对葡北地区七克台(Qkt)组进行地震相分析的过程中,对地震波形分类技术的应用条件进行了对比。分析发现,频率大于40 Hz、信噪比大于25 DB的地震资料可以较好地满足地震波形分类的研究。构造形态平缓、断裂不发育的地区运用波形分析效果较好。此外合适的地震时窗大小的选取和适当的波形分类数的设定也影响波形分类分析的运用效果。一般5~8种分类数是比较合适的,与沉积微相类型的匹配效果较好。在此基础上,运用该技术编制了葡北地区七克台组的沉积微相,对比单井沉积微相分析结果发现,有86%以上的单井相分析结果与预测的沉积微相图吻合,证实了地震波形分类技术预测沉积微相的可靠性。最后,运用该技术预测了该地区的砂体展布,为该地区下步隐蔽油气藏的勘探指明了方向。

关键词:地震相;单井相;沉积微相;波形分类技术;砂体;预测;葡北地区

中图分类号:TE132.1

文献标识码:A

Application conditions of seismic waveform classification technique and its use in the study of sedimentary microfacies of Pubei area

Jiang Qingchun¹, Wang Hai², Li Dan³, Cao Feng¹, Li Qiufen¹, Sun Zuoxing¹ and Zhou Hui¹

(1. PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Beijing 102249, China;

2. Exploration & Development Project Manager Department, PetroChina Tarim Oilfield Company, Korla, Xinjiang 841000, China;

3. Survey and Design Research Institute, SINOPEC Henan Oilfield Company, Nanyang, Henan 473132, China)

Abstract: During analyzing the seismic facies of Qiketai(Qkt) Formation in Pubei(Pb) area with Stratimagic software, we compared the application conditions of waveform classification technique. Seismic data with a frequency greater than 40 Hz and a signal-to-noise ratio greater than 25 DB are suitable for seismic waveform classification. The effect of waveform analysis is good in area with gentle structural attitude and under-developed fractures. Furthermore, the selection of suitable seismic time window and the setting of proper waveform classification number also affect the application effect of waveform classification technique. Generally, a waveform classification number of five to eight is reasonable, which match well with the sedimentary microfacies types. This technique is used to map the sedimentary microfacies of Qkt Group. Comparison with single well sedimentary microfacies identification shows that the coincidence rate is more than 86%, verifying the reliability of sedimentary microfacies prediction by using seismic waveform classification technique. Finally, this paper presents the sandstone distribution predicted by using this technique which can be used to guide future exploration of subtle reservoirs in the area.

Key words: seismic facies, single well facies, sedimentary microfacies, waveform classification technique; sand body prediction; Pb area

收稿日期:2011-08-03;修订日期:2012-01-06。

第一作者简介:江青春(1980—),男,工程师,石油地质。

基金项目:国家科技重大专项(2011ZX05001-002)。

地震波形分类属性分析是进行地震相分析的主要技术,该方法由法国计算机机器人模拟实验室 Naaman Keskes 等人在 1982 年首先提出,他和他的助手在运用一系列属性参数追踪二维测网周围的种子点时运用了波形分类属性^[1]。1984 年法国的 G. Sibille 正式提出了波形分类属性分析的基本原理,并将其运用到地震相研究中^[2]。1999 年法国的帕勒代姆公司将该技术应用到商业软件中,开发出了新一代的属性分析技术软件 Strati-magic。此后该技术在国内外地震相研究中逐渐被广泛应用于河道砂体的识别、火山岩体的识别和礁滩体的识别中^[3-15]。目前国内研究人员主要侧重于该技术的应用,对其适用条件很少进行分析,没有真正体现该技术的价值。本文对波形分类技术的应用条件进行了详细的对比研究,在此基础上将该技术应用于 Pb(葡北)地区 Qkt(七克台)组一段上砂组沉积微相区的研究中,取得了很好的效果。

该技术的主要原理是地下地质体物理性质的任何变化总会反应在地震波形状的变化上。利用波形分类的方式可以把地震波形的细微差异表现出来。在某一目的层段内,根据地震波形曲线特征进行分类,相同类的地震波形用同一种颜色表示,便可得到一张反映沉积现象的层属性,即一张细致刻画地震信号横向变化的地震波形分类图。结合单井微相分析和标定,建立不同地震波形(颜色)与沉积微相的对应关系,将地震相图转换成具有地质意义的沉积微相图。

1 波形分类技术应用条件

1.1 地震资料

衡量地震资料品质好坏的重要因素是信噪比与分辨率。通过对多个区域的研究表明,地震资料品质对波形分类地震相分析技术的影响比较显著,地震资料能量强、信噪比高有利于波形分类技术的应用。一般情况主频大于 40 Hz、信噪比大于 25 dB 可以较好的满足地震波形分类的研究;主频在 40~20 Hz、信噪比在 25~15 dB 的地震资料勉强可以进行波形分类,而主频小于 20 Hz 的地震资料不能用于波形分类研究。

对研究区井附近 2004 年采集的数据体和 2007 年采集的数据体进行了地震资料品质进行了分析,2007 年采集的数据体地震数据主频为 40 Hz,信噪比为 25 dB;2004 年采集的三维地震资料主频在 25 Hz 左右,信噪比为 17 dB。该区 2007 年的地震资料品质整体好于 2004 年采集的三维地震资料。且 2007 年新采集的地震资料较适合波形分类地震相研究(表 1)。

从图 1 中可以看出相同的地区,地震资料品

表 1 地震资料品质对比			
Table 1 Comparison of seismic data quality			
年份	能量	信噪比/dB	主频/Hz
2007 年	高	25	40
2004 年	一般	17	25

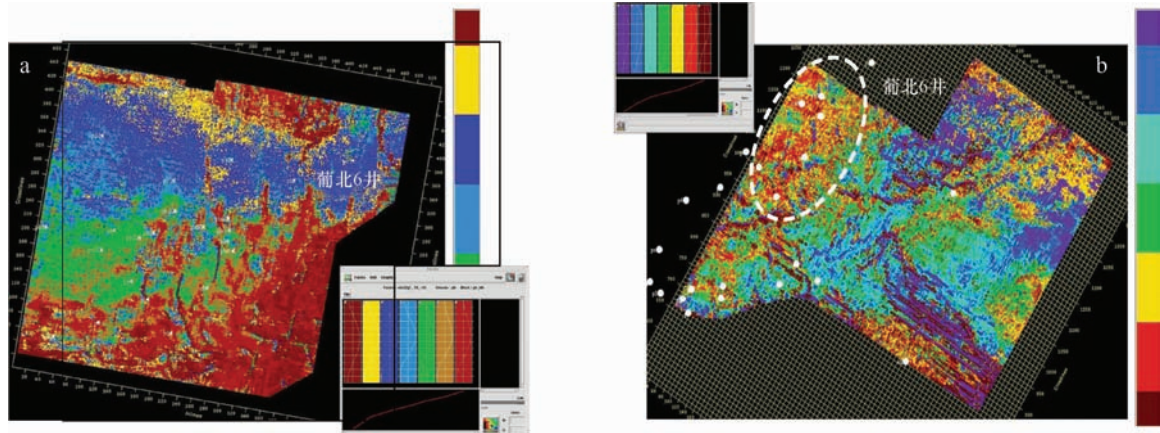


图 1 葡北地区七克台组三维地震相图

Fig. 1 Seismic facies map of Qkt formation from 3D seismic data in Pb area

a. 2007 年三维地震相图(40Hz); b. 2004 年三维地震相图(25Hz)

(每种颜色代表一类波形)

质较好的 2007 年采集的地震数据形成的地震相图可以更清楚地刻画 Pb6 井附近沉积微相的细微变化,而 2004 年采集的地震数据形成的地震相图在 Pb6 井附近只能看出沉积微相的大致轮廓。

1.2 构造发育程度与沉积背景

为了了解构造形态和断层发育情况对波形分类地震相分析技术应用效果的影响,本文分别应用 Pb 地区三维数据体和 Hl(红连)地区三维数据体对 *Qkt* 组进行了波形分类研究(图 2)。由于 Pb 地区 *Qkt* 组构造形态相对平缓,断层不太发育;而 Hl 地区 *Qkt* 组断层发育,构造相对比较陡,从图 2 中可以看出在 Hl 地区 *Qkt* 组的断层发育带部位,波形分类已经失真,不能反映地下沉积体沉积面貌;而在 Pb 地区地震相面貌比较清楚,能够清晰地勾绘出砂体的展布形态和特征。由此可以看出构造平缓、断裂相对不发育的地区比较适合波形分类技术的应用。

2 波形分类技术关键环节

2.1 地震时窗

地震时窗是在以两个层位之间或某个层位加上、下限范围的地震数据的集合。对于等厚时窗的选取最好是大于半个相位,并小于 150 ms,太大的时窗层段会包含太多的模型,给解释带来困难,物理意义也不明确。

对 Pb 三维 *Qkt* 组进行了不同时窗大小的地震相分析试验,通过实验分析可以看出(图 3a)时窗太小,容易导致地震相的颜色出现畸变,影响沉积环境的准确刻画,时窗太大不能反映地下沉积环境的真实面貌,容易导致失真,因此合适的时窗大小(图 3b)也是地震相分析技术精确刻画沉积相的重要制约因素之一。关键是在选取时窗前应该了解地质体所在的大致深度、发育厚度及此深度对应的速度就可以准确确定时窗的大小。

2.2 波形分类数

波形分类数指在整个感兴趣的层段内所遇到的地震道的种类数,实际操作中很难定义一个通用的理想分类数,正确的分类数应取决于所要研究的目标和你对数据的了解程度。分类数大,结果过于详细,分类数小,结果过于粗糙,超过 15 ~ 20 类,通常是很难解释的。一般 5 ~ 8 种分类数是比较合适的,与沉积微相类型的匹配效果较好。一般实用的估计方法有:①把层段厚度除以 6 作为第一次计算的分类数;②把上次计算分类数的 50%作为第二次计算的分类数;③把第一次计算分类数的 150%作为第三次计算的分类数。

在 Pb 地区 *Qkt* 组采用波形分类地震相分析过程中,进行了不同数目的波形分类,研究发现,波形分类数目过多无法与研究区的沉积微相对应,没有明确的地质意义,且导致地震相的颜色出现畸变;而分类数目过少则无法完全反映研究区

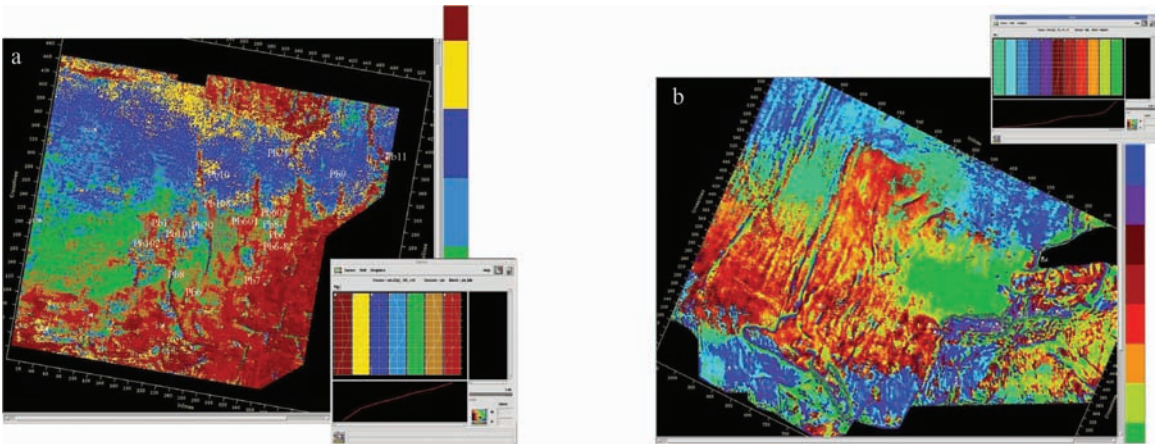


图 2 构造平缓区与构造复杂区地震相对比

Fig. 2 Comparison of seismic facies in area with gentle structures with that in areas with complicated structures

a. Pb 地区 *Qkt* 组三维地震相图; b. Hl 地区 *Qkt* 组三维地震相图

(每种颜色代表一类波形)

部发育微小断裂。2007 年在该区新采集的 Pb 三维数据体信号能量强,信噪比高,地震资料品质整体较高,符合波形分类技术应用的前提条件。因此,应用波形分类技术结合沉积地质理论分析研究区的沉积微相是可行的。

3.2 波形分类技术在 Pb 地区的应用

在波形分类定义的基础上,通过观察分类图颜色的分布,了解和评估地震道形状在目标区域的分布情况,结合区域沉积背景,根据测井曲线形态、岩性组合、沉积结构、岩石颜色等信息,划分出各验证井典型的沉积微相。将各验证井(图 5 中红色井)的沉积微相类型和地震波形分类图进行标定,通过反复的实验标定将研究区地震波形划分的 7 类,并为每一类波形赋予了明确的沉积微相类型。在此基础上,结合研究区砂地比图和地震相图分布特点完成了 Pb 地区 Q_{ht} 组的沉积微相图。

3.3 应用效果检验

1) 为了检验地震波形分类分析基础上得到的沉积微相准确性,对研究区未参与验证标定的 13 口井进行了单井沉积微相对比分析。结果表明,地震波形分类分析得到的沉积微相具有相当高的可靠性,二者匹配程度相当高(表 2),符合率达 86%。

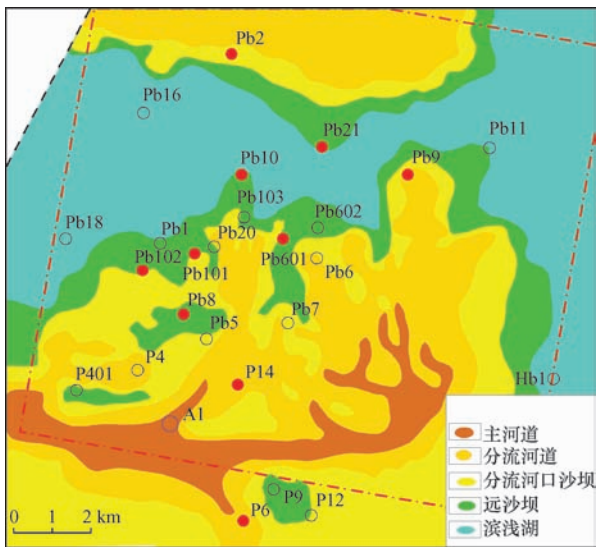


图 5 Pb 地区 Q_{ht} 组沉积微相

Fig.5 Sedimentary microfacies of Q_{ht} formation in Pb area

表 2 单井沉积微相与地震相对比

Table 2 Correlation of single well microfacies and seismic facies

井名	优势单井相	地震相	是否相符
P4	水下分流河道	水下分流河道	是
Pb1	远砂坝	远砂坝	是
Pb5	水下分流河道间	水下分流河道	否
Pb7	水下分流河道	水下分流河道	是
Pb11	远砂坝	远砂坝	是
Pb18	水下分流河道	水下分流河道	是
P12	水下分流河道	水下分流河道	是
P401	远砂坝	远砂坝	是
Pb6	水下分流河道	水下分流河道	是
Pb16	滨浅湖	滨浅湖	是
Pb20	水下分流河道	水下分流河道	是
Pb103	滨浅湖	远砂坝	否
Pb602	远砂坝	远砂坝	是
井震符合率:86%			

2) 从地震波形分类分析基础上得到的沉积微相图上可以看出,工区的西北部发育有较大面积的河道砂体。已证实 P4 井北部存在大面积的岩性油藏,但该井南部的砂岩发育区却没有得到钻井证实。根据预测结果,在 P4 井南部砂岩发育区提出建议井位 A1 井,评价井位置如图 5 所示,该井目前已经通过油田的论证。

4 结论

1) 一般情况频率大于 40 Hz、信噪比大于 25 dB,可以较好的满足地震波形分类的研究,频率在 40~20 Hz、信噪比在 25~15 dB 的地震资料勉强可以进行波形分类,而频率小于 20 Hz 的地震资料不能用于波形分类研究。

2) 波形分类技术受构造形态的影响比较明显,构造平缓地区应用效果比较好,构造高陡且断层发育地区应用效果较差,因此构造复杂区建议不要使用波形分类研究。

3) 波形分类技术受时窗大小影响比较明显,时窗太小容易导致地震相颜色出现畸变,时窗太大不能精细确定地震相类型,时窗大小应设置在合理范围内,最好是大于半个相位,并小于 150 ms。

4) 波形分类地震相分析技术受波形分类数量的影响也比较明显,分类数量不易过多过细,一

般5~8种分类数是比较合适的,与沉积微相类型的匹配效果较好。

5) 应用波形分类地震相分析技术研究了Pb地区Qkt组的沉积微相,地震相与单井相符合率达到86%,证明波形分类地震相分析技术是比较可靠的。在此基础上预测了研究区有利砂体的分布区,指出了下步有利勘探方向。

参 考 文 献

- [1] Satinder I, Kurt J, Marfurt. A historical perspective[J]. 75th Anniversary Seismic Attributes, 2005, 70(5).
- [2] Sibille G, Keskes N, Fontaine L, et al. Enhancement of the perception of seismic facies and sequences by image analysis techniques[Z]. SEG Annual International Meeting, 54th, 1984(7).
- [3] 杨占龙,陈启林,沙雪梅,等. 关于地震波形分类的再分类研究[J]. 天然气地球科学, 2008, 19(3): 378-380.
Yang Zhanlong, Chen Qilin, Sha Xuemei, et al. Reclassification research of seismic waveform Classification[J]. Natural Gas Geoscience, 2008, 19(3): 378-380.
- [4] 李强,戴鸿鸣. 地震波形分类技术在红浅一井区的应用[J]. 断块油气田, 2007, 14(1): 12-17.
Li Qiang, Dai Hongming. Application of seismic waveform classification technology in HQ area[J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2007, 14(1): 12-17.
- [5] 于红岚,王英民,李雪. Stratmagic 波形地震相分析在层序地层岩性分析中的应用[J]. 煤田地质与勘探, 2006, 34(1): 64-66.
Yu Fenglan, Wang Yingmin, Li Xue. Application of Stratmagic waveform seismic facies in the sequence stratigraphic lithologic analyzing[J]. Coal Geology and Exploration, 2006, 34(1): 64-66.
- [6] 殷积峰,李军,谢芬,等. 波形分类技术在川东生物礁气藏预测中的应用[J]. 石油物探, 2007, 46(1): 53-57.
Yin Jifeng, Li Jun, Xie Fen, et al. Application of waveform classification technique in predicting Reef Gas Pool in East Sichuan[J]. Geophysical Prospecting For Petroleum, 2007, 46(1): 53-57.
- [7] 王玉学,丛玉梅,黄见,等. 地震波形分类技术在河道预测中的应用[J]. 资源与产业, 2006, 8(2): 71-74.
Wang Yuxue, Cong Yumei, Huang Jian, et al. Application of seismic waveform classification technique in the prediction of channel[J]. Resources & Industries, 2006, 8(2): 71-74.
- [8] 唐华风,王璞珺,姜传金,等. 波形分类方法在松辽盆地火

山岩相识别中的应用[J]. 石油地球物理勘探, 2007, 42(4): 440-444.

Tang Huafeng, Wang Pujun, Jiang Chuanjin, et al. Application of waveform classification method to recognize volcano lithofacies in Songliao[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2007, 42(4): 440-444.

- [9] 邓传伟. 利用波形建立地震相[J]. 石油地球物理勘探, 2004, 39(5): 539-543.
Deng Chuanwei. Using waveform to create seismic facies[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2004, 39(5): 539-543.
- [10] 谯述蓉,张虹,赵爽. 川西DY地区须家河组致密砂岩储层预测技术及应用效果分析[J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(6): 774-781.
Jiao Shurong, Zhang Hong, Zhao Shuang. Compaction sandstone reservoir prediction technology and application effect analysis of Xujiahe group at DY district in West Sichuan[J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(6): 774-781.
- [11] 程耀清,蔡冬梅. 地震相技术应用实例[J]. 石油地球物理勘探, 2007, 42(增刊): 79-82.
Cheng Yaoqing, Cai Dongmei. Application case of seismic phase technique[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2007, 42(S0): 79-82.
- [12] 于建国,姜秀青. 地震属性优化在储层预测中的应用[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(3): 291-294.
Yu Jianguo, Jiang Xiuqing. Application of seismic attribute optimization in reservoir prediction[J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24(3): 291-294.
- [13] 邓传伟,李莉华,金银姬,等. 波形分类技术在储层沉积微相预测中的应用[J]. 石油物探, 2008, 47(3): 262-265.
Deng Chuanwei, Li Lihua, Jin Yinji, et al. Application of waveform classification technique in reservoir sedimentary micro facies prediction[J]. Geophysical Prospecting for Petroleum, 2008, 47(3): 262-265.
- [14] 王鑫. 地震属性技术在王73地区储层预测中的应用[J]. 石油物探, 2007, 46(3): 272-277.
Wang Xin. Application of seismic attribute technology to predict reservoir of Wang 73 area[J]. Geophysical Prospecting for Petroleum, 2008, 47(3): 262-265.
- [15] 李东安,宁俊瑞,刘振峰. 用神经网络和地质统计学综合多元信息进行储层预测[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(4): 493-503.
Li Dongan, Ning Junrui, Liu Zhenfeng. Reservoir prediction with integrated information based on artificial neural network technology and geostatistics[J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(4): 493-503.

(编辑 高 岩)