

塔河油田泥盆系东河塘组地震相研究

冯兴强¹, 杨珍², 张忠民¹

(1. 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2 新疆油田公司石西油田, 新疆克拉玛依 834000)

摘要: 用波形建立地震相就是利用神经网络技术把地震信号的总体变化定量地刻画出来, 即对波形进行分类。利用该技术对研究区的地震道波形变化特征及其反映的地质特征进行识别和分类, 并作出了地震相的平面展布图。综合利用研究区目的层的各种资料, 识别出滨海沉积体系, 并详细研究了每种沉积亚相的岩性特征、沉积构造和垂向序列。在此基础上, 结合研究区的实际情况, 建立了该区地震相向沉积相的转换关系, 作出了沉积相平面展布图。

关键词: 塔河油田; 泥盆系; 地震相; 神经网络技术; 波形分类

中图分类号: P631.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2009)05-0552-05

塔河油田泥盆系仅发育东河塘组地层, 主要分布在托普台工区, 该工区构造位置处于塔里木盆地东北拗陷区沙雅隆起阿克库勒凸起西南倾没端, 北东方向紧邻塔河油田主体区, 北西方向与哈拉哈塘凹陷相接, 南部为顺托果勒低隆。

近年随着勘探领域不断扩展, 一批钻遇泥盆系的探井先后获得良好的油气显示或工业油气流, 显示出了东河塘组具有较大的油气勘探潜力。虽然前人对泥盆系进行了沉积储层方面的研究, 但总的来说该区泥盆系沉积相展布和有利储集体分布状况仍不十分清楚, 制约了勘探工作的进一步开展。为了对该区的沉积相及沉积体系特征有一个整体的了解, 笔者借助地震相的方法来研究沉积相。

1 地震相分析

地震相分析是20世纪70年代末发展起来的一种利用地震资料进行地质解释的地质方法。发展至今, 地震相分析已由肉眼判断地震相单元的各种参数、手工制作地震相图件到自组织神经网络判断不同单元的地震相参数, 并直接对参数进行分类(侧重于地震波形分类)。沉积相和岩相等地质信息的变化总是对应着地震波形的某些变化。研究和分析地震资料中代表各种属性总体特征的地震波形变化, 进行有效分类, 可以找出地震波形变化的总体规律, 认识地震相的变化规律, 从而认识沉积相和岩相的变化规律。基于上述优点, 笔者采用了波形分类

技术对研究区目的层进行了地震相研究。

1.1 波形分类技术的原理及实现过程

利用波形建立地震相就是建立地震信号的总体变化以及这种变化的分布规律与油藏特征参数的对应关系。地震信号的任何物理参数的变化总是对应着地震道形状的变化, 波形分析技术就是基于地震道的形状变化情况, 将地震数据样点值的变化转换成地震道形状的变化, 这里单一地震属性如振幅、相位、频率等实际的值相对于整体形状来说并不是十分重要。地震信号的总体变化主要是使用人工神经网络技术, 根据每道的数值对地震道形状进行分类, 也就是划分地震相。

波形分类使用神经网络技术对地震波形进行分类处理, 即根据地震道的波形特征, 逐道进行某一时窗范围内地震数据道的对比, 细致刻画地震波形的横向变化, 从而得到地震异常体的平面分布规律。神经网络技术通过对实际地震道进行训练, 模拟人脑思维方式识别不同目标的波形特征, 并与其他相似的波形进行对比和判别。首先经过神经网络算法多次迭代合成地震道; 然后将合成地震道与实际地震数据对比, 通过自适应试验和误差处理, 改变合成地震道, 使合成地震道与实际地震道的相关性更好。根据波形分类结果形成离散的“地震相”, 对其进行平面归类处理, 得到平面地震相图。通过已知钻井地质信息标定, 最终更详细地解释地震资料的地质内容。这种方法可以克服常规“相面”法所带来的

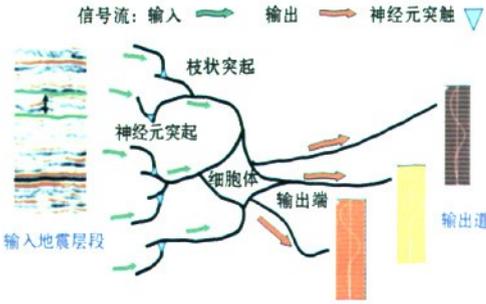


图1 波形分类技术的基本原理

主观随意性,实现地震相研究的半定量。其原理如图1所示。

波形分类技术采用的技术基础是神经网络,它有着严密的实现过程:

(1)明确需要进行属性分析的目的层段,解释出控制目的层段的层位;

(2)神经网络在地震目的层段内对实际地震道进行训练,通过几次迭代之后,首先得到模型道,这些模型道的模版代表了在地震层段中整个区域内的地震信号形状的多样性;

(3)将实际地震数据与训练形成的模型道进行对比,通过自适应试验和误差处理,合成道在每次迭代后被改变,在模型道和实际地震道之间寻找更好的相关。最后形成目的层段的地震相图以及用于质量控制的模型道与实际地震道之间的相关图;

(4)根据井中的物性参数及测井曲线对地震相图进行校正,得出最终的结果。

1.2 地震相划分

根据上述的基本原理和实现过程,对研究区东河塘组进行了地震相划分。利用自组织神经网络方法获得地震模型道,用它们制作的模板反映研究区目的层地震信号的各种形态,用不同的颜色描述各种波形。在进行地震相划分时,各种参数(时窗的大小、控制层位、波形种类等)的选取应以能反映研究区沉积环境的变化、平面分布有一定规律为原则。取泥盆系东河塘组的顶底为控制层位,选取了7个模型道(图2),这7个模型道代表了研究区地震资料的波形类型,反映了研究区目的层地震资料的波形变化特征。将7个模型道与实际地震道进行相关对比,最终形成了地震相图(图3)。

从波形特征上可以将地震相图分为3个区域:①在TP8井—TP6井—TP301井区的西部和南部发育第1、2、6、7类型的波形;②在TP8井—TP6井—TP301井区到东河塘组尖灭线之间区域以第3、4类波形为主;③在前滨的北部、西部和南部以第5种波

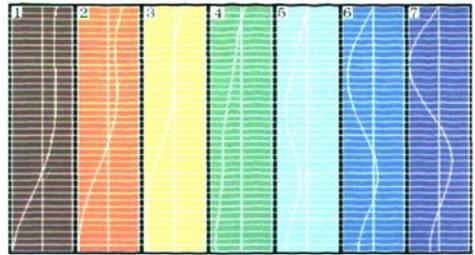


图2 塔河油田泥盆系地震模型道

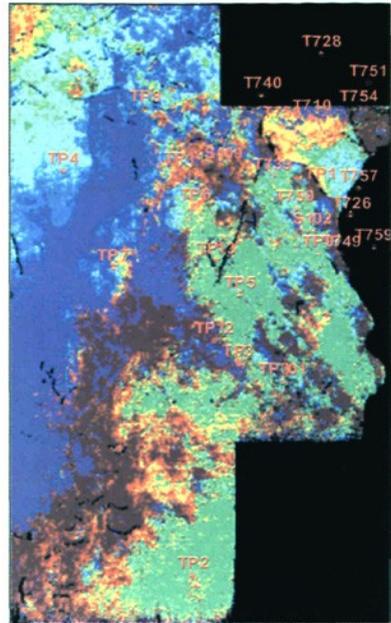


图3 塔河油田泥盆系地震相图

形分布为主,如TP4井区。

2 沉积相类型分析

根据岩芯观察、粒度结构特征、岩石特征、沉积构造特征、测井曲线特征和垂向层序,在精细的沉积相、测井相分析基础上,对研究区泥盆系进行了沉积相的分析与识别,在塔河地区泥盆系识别出滨海(无障壁)沉积体系。

碎屑岩无障壁滨海海底地形起伏不大,向海方向缓倾,形成平直的岸线,海水从开阔海不受阻隔地直达海滩。受波浪作用影响,海滩沉积时的能量较高。塔河地区的无障壁滨海—海滩发育在上泥盆统东河塘组,主要识别出了前滨、近(临)滨及滩间。东河塘组下段主要发育近滨,上段主要发育前滨。

2.1 前滨

前滨位于平均高潮线和平均低潮线之间的潮间带,是海滩的主要组成部分。由于地处冲洗带,受到

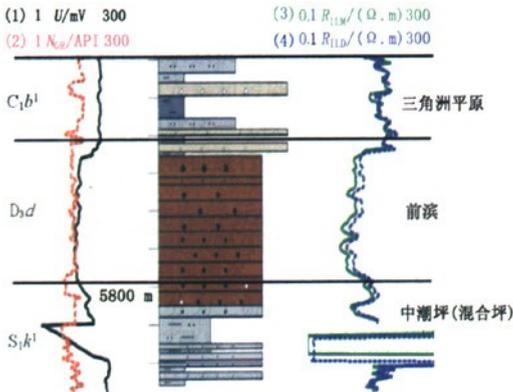
波浪、潮流和沿岸流的反复冲流,所以砂粒分选好。

塔河地区东河塘组上段前滨岩性主要为灰、褐色(油染)中粒—细粒岩屑石英砂岩(石英砂岩、岩屑砂岩次之),偶夹少量泥岩或细砾岩;颗粒圆状—次圆状、分选较好、钙泥质胶结,成分成熟度和结构成熟度均较高。发育双向斜层理、斜层理、平行层理(图4),见同生变形构造、底冲刷。

自然伽马中低值,自然电位曲线负异常,多为齿化箱形,电阻率曲线低值,微齿状(图5)。粒度概率曲线以跳跃总体为主体,斜率中等偏高;悬浮总体占有比例小,斜率低;两者结合点为突变(图6)。



图4 东河塘组前滨中的双向斜层理、平行层理及斜层理



1—SP曲线;2—GR曲线;3—R_{1LM}曲线;4—R_{1LD}曲线

图5 T728井泥盆系东河塘组前滨测井曲线特征

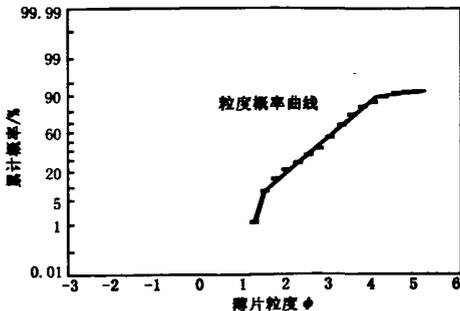


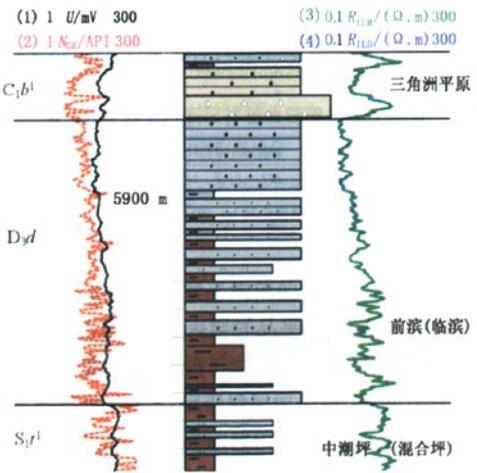
图6 泥盆系东河塘组前滨粒度分析特征

2.2 近滨

近(临)滨位于平均低潮线至浪基面附近,属潮下带。由于长期处于水下,含有较多的生物。

塔河地区东河塘组下段近滨上部以波浪和离岸流作用为主,不时遭受风暴浪作用的影响,岩性主要为灰、灰绿色细砂岩、中粗砂岩夹有薄层粉砂岩和泥岩。见沙纹交错层理、水平层理。与前滨沉积相比,临滨砂砾岩成分成熟度和结构成熟度相对较差,以细砂—粉砂为主。大型板状和楔状交错层理发育。

近滨下部波浪和潮流作用较弱,岩性以灰色细砂岩、粉砂岩为主,中间夹有绿灰色、灰色泥质、粉砂质泥岩,较厚层细砂岩中泥岩撕裂屑。砂岩可见块状层理、平行层理及泥质条带。自然伽马中低值,自然电位曲线负异常,多为齿化箱形;电阻率曲线低值,微齿状(图7)。粒度概率曲线以跳跃总体为主体,斜率高;悬浮总体占有比例小,斜率中等;两者结合点为突变(图8)。



1—SP曲线;2—GR曲线;3—R_{1LM}曲线;4—R_{1LD}曲线

图7 TP8井泥盆系东河塘组近滨沉积测井曲线特征

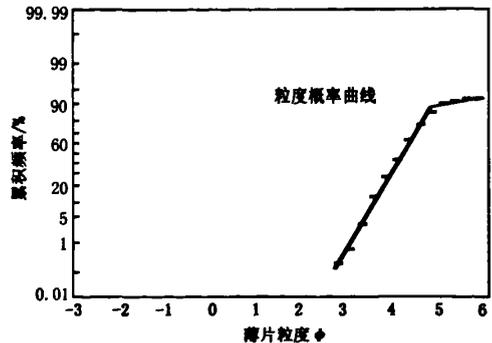


图8 泥盆系东河塘组近滨粒度分析特征

2.3 滩间

滩间多为灰、褐色泥岩,含灰质团块或条带,沉积能量相对较低。

3 地震相向沉积相的转换及沉积相展布

在研究区各探井单井沉积相分析的基础上,通过过井和井旁地震相分析,建立地震相与关键井沉积相之间的有机联系,结合关键井沉积旋回和测井响应特点的研究,可建立研究区目的层单井沉积相、岩相与井旁地震相特征的对应关系(图9)。

通过井的沉积相和地震相分析发现,虽然大部分井都比较吻合,但 TP8、S109、TP12、TP11 井上地震相与沉积相之间的对应关系不好,分析原因主要有两个方面,一方面由于地震相本身具有多解性;另一方面这四口井均位于地震相类型的分界处,进一步造成了地震相和沉积相之间的对应关系不明确。

为了消除这方面的误差,更好地进行沉积相的平面展布,我们在把平面的地震相图转换沉积相图,

恢复沉积环境时,充分考虑了以下几个原则:

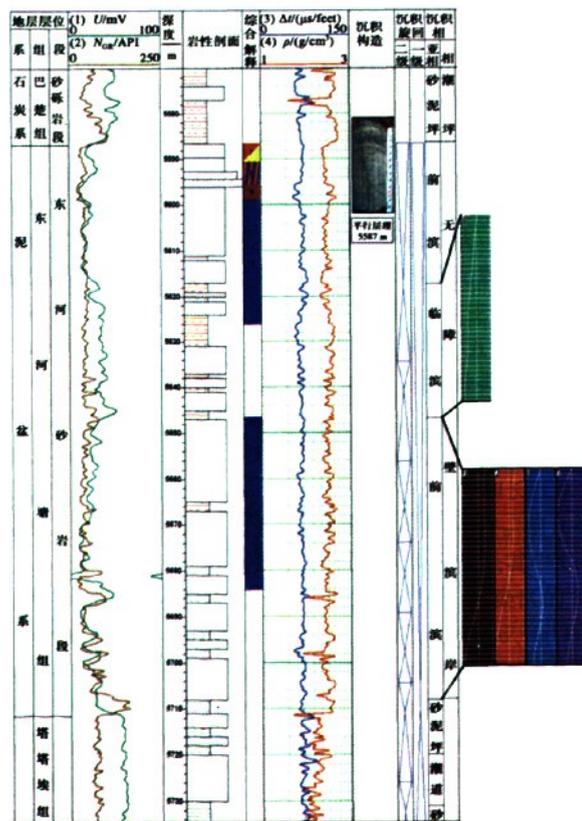
(1) 根据位于地震测线上或测线附近的钻井所揭示的地层的颜色、厚度及岩性,结合前人单井划相资料,对地震相进行沉积相解释或标定;

(2) 根据地震相的波形类型与沉积相之间的关系进行地震相转换;

(3) 在单井相分析的基础上,要进行井间沉积相的对比,以了解沉积相在横向上的展布规律和纵向上的演化规律,建立全区的沉积模式,初步确定沉积相的展布特点;

(4) 利用地震相的边界来划分沉积相的边界,要充分考虑地层厚度的变化,砂泥岩百分比值的变化,使转化的沉积相的平面展布基本符合沃尔索相律。

根据以上原则,结合研究区的实际情况,将地震相转换为沉积相(图10)。由图可见,T755—TP11—TP301 一带及 TP2 井区为后滨砂岩,S99、T738 井区为前滨沉积环境,TP4 井区则主要为临滨沉积。



1—自然电位测井曲线;2—自然伽马测井曲线;3—声波时差测井曲线;4—补偿密度测井曲线

图9 TP7 井沉积相与地震相标定

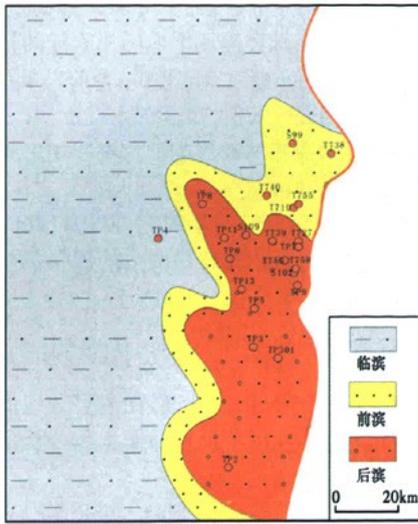


图 10 塔河油田东河塘组沉积相展布

4 结论

(1) 运用神经网络技术对地震道形状进行分类,可获得利用波形进行地震相解释与地质相相对应的地震相图,与测井曲线对比,还能更详细地对地震资料进行地质解释。利用该技术对研究区泥盆系进行了地震相的划分和展布。

(2) 根据岩芯观察、粒度结构特征、岩石特征、沉积构造特征、测井曲线特征和垂向层序,在精细的沉积相、测井相分析基础上,对研究区泥盆系进行了沉积相的分析与识别,在塔河地区泥盆系识别出滨

海(无障壁)沉积体系。

(3) 通过对过井和井旁地震相分析,建立地震相与关键井沉积相之间的有机联系和转换关系,在此基础上对研究区泥盆系的沉积相进行了展布。

参考文献:

- [1] 高胜利,任战利,周义军,等.河套地区呼和坳陷第四系更新统地震相与沉积相[J].古地理学报,2007,9(2):87.
- [2] 曲希玉,陈建文,徐淑艳,等.南黄海盆地北部坳陷白垩系地震相分析[J].世界地质,2005,24(2):129.
- [3] 王世瑞,彭苏萍,凌云,等.利用地震属性研究准噶尔盆地西北缘拐19井区下侏罗统三工河组沉积相[J].古地理学报,2005,7(2):169.
- [4] 付金华,郭正权,邓秀芹.鄂尔多斯盆地西南地区上三叠统延长组沉积相及石油地质意义[J].古地理学报,2005,7(1):34.
- [5] 朱水桥,肖春林,饶政,等.新疆克拉玛依油田八区上二叠统下乌尔禾组河控型扇三角洲沉积[J].古地理学报,2005,7(4):471.
- [6] 尹兵祥,王尚旭,杨国权,等.渤海湾盆地东营-惠民凹陷古近系孔店组孔二段地震相与沉积相[J].古地理学报,2004,6(1):49.
- [7] 周小进,刘毅.地震相分析在塔河地区三叠系储层预测中的应用[J].石油实验地质,2001,23(4):465.
- [8] 刘洪林,胡建,王金山,等.CA+BP神经网络在薄互层储层预测中的应用[J].物探与化探,2004,(5):460.
- [9] 刘震.陆相储层地震地质学[M].北京:地质出版社,1997.
- [10] 顾家裕等著.沉积相与油气[M].北京:石油工业出版社,1994.
- [11] 冯增昭.沉积岩石学(上、下册)[M].北京:石油工业出版社,1993.
- [12] 陆基孟.地震勘探原理及资料解释[M].北京:石油工业出版社,1991.

A STUDY OF THE SEISMIC FACIES OF DEVONIAN DONGHETANG FORMATION IN THE TAHE OILFIELD

FENG Xing-qiang¹, YANG Zhen², ZHANG Zhong-min¹

(1. Exploration and Production Research Institute, SINOPEC, Beijing 100083, China; 2. Shixi Field Operational District Xinjiang Oilfield Company, Karamay 834000, China)

Abstract: The utilization of waveform to create seismic facies is to use the neural network technique to quantitatively describe the general variation of seismic signal or, more simply, to arrange the waveform into categories. The authors used the technique to carry out recognition and classification of various waveform features of seismic traces so as to reflect geological features of the study area. The map illustrating the seismic facies of the area was also drawn. According to available data from the area, the littoral deposition system was identified, in which each lithologic feature, sedimentary structure and vertical sequence were analyzed in detail. Furthermore, the seismic facies was transferred into the sedimentary facies according to the real conditions of the area. The planar distribution of the sedimentary facies of Devonian is described based on a comprehensive interpretation of Tahe area.

Key words: Tahe Oilfield; devonian; seismic facies; neural network technique; waveform classification

作者简介: 冯兴强(1975-),男,河南南阳人,博士,从事地质及地球物理研究,公开发表学术论文数篇。