

# 塔里木盆地巴什托地区克孜尔塔格组 断裂特征分析

杨瑞召<sup>1</sup>,王萍<sup>1</sup>,刘微<sup>1</sup>,陈叔阳<sup>2</sup>

1. 中国矿业大学(北京)地球科学与测绘工程学院,北京 100083

2. 中国石油化工股份有限公司西北分公司勘探开发研究院,乌鲁木齐 830011

**摘要** 塔里木盆地是中国西部最具勘探潜力的油气田。该盆地巴什托地区泥盆系克孜尔塔格组作为兼探对象,在部分井区获得了可喜的工业油流。统计结果表明,研究区内目前已发现目的层段油气藏均沿断层分布,且后期构造运动对研究区的构造形态及油气藏进行了大规模的调整改造,故构造运动及断裂活动在成藏过程的作用不可忽视。为了研究研究区的成藏机制,本文对目的层段的断裂系统进行了分析。本文在层位综合标定的基础上,根据研究区的地质特点,采用主体构造解释法(断层三维立体展布法)及相干分析技术对断层进行了系统解释。解释过程中,充分利用地震剖面的压缩、放大、任意线组合、等时切片、相干体切片及自动追踪、种子点追踪、立体显示等多种技术,提高解释的精度和效率。解释结果表明,研究区内发育巴什托1号和2号两条主干断层,其主要活动期为海西早期—加里东晚期。另外,主干断层附近有一系列的派生断裂,研究区东部断裂比较发育,向西逐渐减弱。从构造上说,巴什托构造位于巴什托断裂的上升盘,其泥盆系克孜尔塔格组油藏顶面1号和2号构造为一长轴背斜,构造南翼较陡。本研究为研究区的下一步油气探勘工作提供了新思路。

**关键词** 构造;断裂;克孜尔塔格组;巴什托地区;塔里木盆地

中图分类号 TE121

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2011.30.002

## An Analysis of the Tectonics and Fault of Kezirtag Formation in Bashituo Area, Tarim Basin

YANG Ruizhao<sup>1</sup>, WANG Ping<sup>1</sup>, LIU Wei<sup>1</sup>, CHEN Shuyang<sup>2</sup>

1. College of Geosciences and Surveying Engineering, China University of Mining & Technology, Beijing 100083, China

2. Exploration and Development Research Institute of Northwestern Oilfield Company, China Petroleum & Chemical Corporation, Urumqi 830011, China

**Abstract** Tarim Basin is the largest petroleum potential resource in the west of China. In a co-prospecting project, some wells of the Devonian Kezirtag formation in Bashituo area give encouraging industrial oil flows. The statistical results show that the reservoirs of the target segments in the study area are all located along the faults, and the later tectonic movements produce a large-scale adjustment and reform of the structural form and reservoirs. So the tectonic movement and faulting in the accumulation process play important roles. In order to better understand the accumulation mechanism of the study area, the fault system of the target segments is analyzed. In this paper, the law of the main structural interpretation (the three dimension spread law of fault) and the coherence analysis are applied to the fault interpretation based on the comprehensive calibration of layers and the geological features in the study area. In the interpretation process, the compression, the enlargement, the combination of any lines, the isochronal slices, the coherent slices, the automatic tracking, the seed point tracking and the stereoscopic display of the seismic section are fully used to improve the accuracy and the efficiency of the fault interpretation. The results show that Bashituo's 1 and 2 of the main faults are developed in the study area, and the main active period is from early hercynian to later caledonian. At the same time, a series of grade derived fractures are developed near the main faults. The faults are more developed in the east of the study area, and are gradually weakened towards the west. In view of the tectonics, the Bashituo structure is located in the uplift side of the Bashituo fault, and the reservoir superface structures 1 and 2 with steep south wings are of long axis anticline. This study provides a new way for the future exploration of the study area.

**Keywords** tectonic; fault; Kizirtag Formation; Bashituo area; Tarim Basin

收稿日期:2011-06-28;修回日期:2011-10-10

作者简介:杨瑞召,副教授,研究方向为石油天然气勘探开发地质,电子信箱:yrz2006@126.com

## 0 引言

巴什托油气田位于塔里木盆地西南拗陷麦盖堤斜坡西北部巴什托—先巴扎构造带的巴什托构造上<sup>[1]</sup>(图 1)。1992 年通过二维地震详查,发现了巴什托构造,1996 年完成三维面积 99.93km<sup>2</sup>,进一步落实了巴什托构造,2008 年先巴扎构造带完成三维面积 600.23km<sup>2</sup>。巴什托—先巴扎构造带现在的形态是喜山晚期构造运动的结果<sup>[2]</sup>。综合前人研究成果<sup>[3]</sup>认为,巴什托构造圈闭主要形成于海西晚期,此时该构造带为一中部(群 5 井附近)高、东西部低的背斜带,东端比主高点,低约 300m;喜山晚期东部翘倾,抬升 600m 左右,比群 5 井高出约 200m,背斜带转化为向北北西倾没的鼻状背斜带,主高点东移至麦 3 和麦 4 井一带,相应油气藏溢出点抬高,规模变小,大部分油气向东调整逸散。

巴什托油气藏的油气主要来自中下寒武统的海相源岩。海西晚期,正值该套烃源岩进入生油高峰期,油气沿断裂垂向输导至储层中聚集成藏。巴什托区块泥盆系克孜尔塔格组作为兼探对象目前已获得突破,现有 3 口井(BK2、BK7、BK8)钻遇克孜尔塔格组。其中,BK2 井共钻遇泥盆系克孜尔塔格组油气层 13.5m/3 层、差油层 35m/5 层,累计产油 127.8t,累计

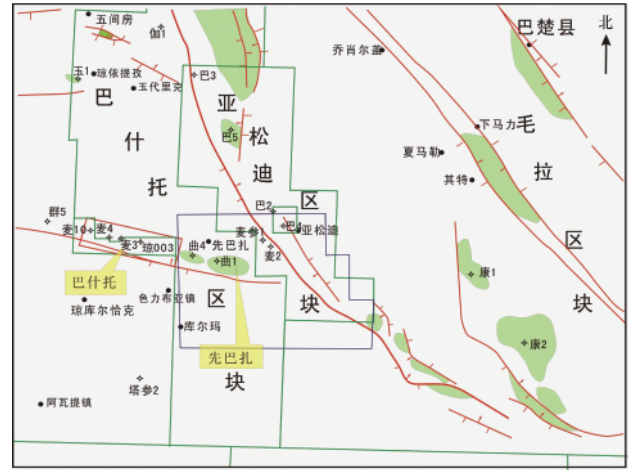


图 1 巴什托区域位置示意图  
Fig. 1 Regional location of Bashituo

产水 311.9m<sup>3</sup>,该并于 2009 年 7 月因低产低效上返巴楚组生产。BK8 井共钻遇泥盆系油气层 4m/1 层、差油层 16m/3 层,截至 2009 年 10 月 24 日累计产油 615m<sup>3</sup>。BK7 井共钻遇泥盆系油气层 4m/2 层、差油气层 37.5m/4 层,该并于 2009 年 10 月

表 1 巴什托区块地层系统简表(据 BK2 井实钻资料)

Table 1 Stratigraphic system of Bashituo block (according to the actual drilling data of well BK2)

| 界   |     | 系     |         | 统 |  | 组                 | 段                | 代号  | 厚度/m | 岩性简述  |   |
|-----|-----|-------|---------|---|--|-------------------|------------------|-----|------|---|---|
| 第四系 |     |       |         |   |  |                   |                  | Q   | 61.3 | 黄灰色细、中砂层与浅灰黄棕黄色黏土层互层                                |   |
| 新生界 | 新近系 | 上新统   | 阿图什组    |   |  | N <sub>2a</sub>   | 1576             |     |      | 上部为粉砂岩、细砂岩略等厚-等厚互层;下部粉砂岩、细砂岩、泥岩呈略等厚-等厚互层            |   |
|     |     |       | 帕卡布拉克组  |   |  | N <sub>1p</sub>   | 1636             |     |      | 浅棕色粉砂岩、细砂岩与泥岩呈等厚-略等厚互层                              |   |
|     |     | 中新统   | 安居安组    |   |  | N <sub>1a</sub>   | 695              |     |      | 上部为棕色、灰色泥岩与棕色、浅棕色粉砂岩、泥质粉砂岩略等厚-等厚互层,下部为白色石膏岩夹灰色、棕色泥岩 |   |
| 二叠系 | 下统  |       |         |   |  | P <sub>1</sub>    | 362.5            |     |      | 褐棕色泥岩与灰色粉砂岩呈等厚-略等厚互层                                |   |
|     |     | 上统    | 小海子组    |   |  | C <sub>2x</sub>   | 79.5             |     |      | 浅灰色云质泥晶灰岩、灰色含云泥灰岩、灰色生屑泥晶灰岩。底部为棕色泥岩、灰白色粉砂岩           |   |
|     | 石炭系 | 下统    | 卡拉沙依组   |   |  |                   | C <sub>1kl</sub> | 43  |      |   | 灰色泥晶灰岩,灰色膏质白云岩  |
|     |     |       | 标准灰岩段   |   |  |                   |                  | 17  |      |   | 灰色灰岩、泥晶灰岩   |
|     |     |       | 中泥岩段    |   |  |                   | C <sub>1b</sub>  | 269 |      |   | 灰色云质、灰质膏岩与灰色膏质泥岩互层  |
|     |     | 生屑灰岩段 |         |   |  |                   | 140              |     |      | 上部为泥晶白云岩、灰质白云岩;下部为棕色、灰色泥岩夹灰色粉砂质白云岩、灰黑色白云岩、灰色泥质粉砂岩   |   |
| 古生界 | 泥盆系 | 上统    | 东河塘组    |   |  | D <sub>3d</sub>   | 15               |     |      | 灰白色细粒石英砂岩   |   |
|     |     | 中下统   | 克孜尔塔格组  |   |  | D <sub>1-2k</sub> | 279              |     |      | 浅灰色细粒岩屑石英砂岩、石英砂岩夹灰色、棕色泥岩                            |   |
|     | 志留系 | 中统    | 依木干他乌组  |   |  |                   | S <sub>2y</sub>  | 273 |      |   | 上部棕色、棕褐色粉砂质泥岩、泥岩夹浅棕色细粒长石石英砂岩,下部浅灰色细粒长石石英砂岩夹灰色泥岩           |
|     |     |       | 塔塔埃尔塔格组 |   |  |                   | S <sub>1t</sub>  | 147 |      |   | 浅灰色细粒长石石英砂岩、绿灰色细粒岩屑石英夹棕褐色、灰色泥岩                            |
|     |     |       | 柯坪塔格组   |   |  |                   | S <sub>1k</sub>  | 314 |      |   | 底部绿灰色细粒长石石英砂岩夹灰色泥岩、灰褐色粉砂质泥岩,中下部褐色、棕色泥岩夹褐色粉砂岩、绿灰色、灰褐色泥质粉砂岩 |
| 奥陶系 | 中下统 | 鹰山组   |         |   |  | O <sub>1-2y</sub> | 150              |     |      | 浅灰色泥晶灰岩、含砂屑泥晶灰岩、砂屑泥晶灰岩、云质微晶灰岩。中部夹灰黑色辉绿岩             |   |

18日筛管完井,测试井段4915—5030m,4mm油嘴自喷,油压1.25MPa,日产液23m<sup>3</sup>,日产油0.46m<sup>3</sup>,含水98%。

### 1 地层概况

巴什托区块钻井揭示的地层自上而下有新生界第四系、新近系,古生界二叠系、石炭系、泥盆系、志留系、奥陶系<sup>[4]</sup>(表1)。本研究的目的层段为泥盆系中下统的克孜尔塔格组。

克孜尔塔格组顶部地层分布稳定,电性特征清晰。目前钻井揭示,克孜尔塔格组顶部约150m具油气显示,按其岩性特征将顶部约150m层段自下而上划分为7段(表2):第1段为棕褐色砂泥岩互层;第2段、第3段和第5段为灰色细粒石英砂岩与灰色泥岩不等厚互层;第4段及第6段为灰色细-中粒石英砂岩;第7段为灰色和棕褐色泥岩,在研究区内分布较为稳定。

表2 巴什托区块泥盆系克孜尔塔格组层段划分对比表

Table 2 Segment division of Kezirtag formation in Bashituo block

| 地层    |     | 底深/m   |        |        |         |         |         |         |         |
|-------|-----|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 组     | 段   | BK8    | BK7    | BK2    | BK9     | BK10    | Q001    | Q002    | Q003    |
| 克孜尔塔格 | 第7段 | 4950.5 | 4948   | 4944   | 4950.79 | 5050.8  | 4982.2  | 4962.41 | 5004.66 |
|       | 第6段 | 4973   | 4969.5 | 4962.5 | 4974.3  | 5104.15 | 5004.87 | 4988.34 | 5023    |
|       | 第5段 | 4991   | 4989   | 4982   | 4992.54 | 5142.32 | 5022.87 | 5007.89 | 5042.61 |
|       | 第4段 | 5000   | 4998   | 4991   | 5000.16 | 5160.17 | 5031.36 | 5015.83 | 5050.34 |
|       | 第3段 | 5014   | 5012   | 5004   | 5012.65 |         | 5045.36 | 5031.16 | 5064.94 |
|       | 第2段 | 5067   | 5065   | 5054   |         |         | 5099.83 | 5084.46 |         |
|       | 第1段 | 5098   | 5096   | 5088   |         |         |         |         |         |

### 2 构造精细解释思路

本次地震资料解释采取地震和钻井交互解释的方法,在钻井标定的基础上进行区域地震解释。地震-地质层位标定是构造精细解释的基础<sup>[5-9]</sup>,本次研究为了确保精细标定的准确性,采用单井和多井联合标定技术,建立了高分辨层序划分方案与地震反射层的对比关系,为下一步研究目的层的构造及断裂系统打下了良好的基础。进而在层位综合标定的基础上,根据研究区地质特点,采用立体构造解释方法(断层三维立体展布法)对断层进行精细解释。解释过程中,充分利用地震剖面的压缩、放大、任意线组合、等时切片、相干体切片及自动追踪、种子点追踪、立体显示等多种技术,提高解释的精度和效率。

#### 2.1 层位标定

为确保合成地震记录的质量,使之与井旁地震道匹配最

佳,本次主要从以下3个方面做好工作:

(1) 对声波时差曲线进行综合校正,主要对井径扩大引起的时差增高、起测遇阻和井底引起的时差畸变等影响合成记录的因素进行人工校正,同时对不同井因测井时期不同、采用测井仪器不同而引起的误差进行标准化处理。另外,参考岩心资料对声波时差曲线有问题的部分进行综合判断校正。这样就基本消除了时差曲线中与岩体和地层流体不相关的其他因素影响。

(2) 从地震剖面的实际情况出发,正确选择合成记录的子波频率、波长、相位极性以及采样间隔。

(3) 利用 LandMark 地震解释系统和 Jason 反演软件等多种手段制作合成记录,相互比较,优选合理方案。

本次层位标定采用单井精细标定和多井联合标定技术,对研究区内资料较全的井作合成记录(图2,图3)。在单井标

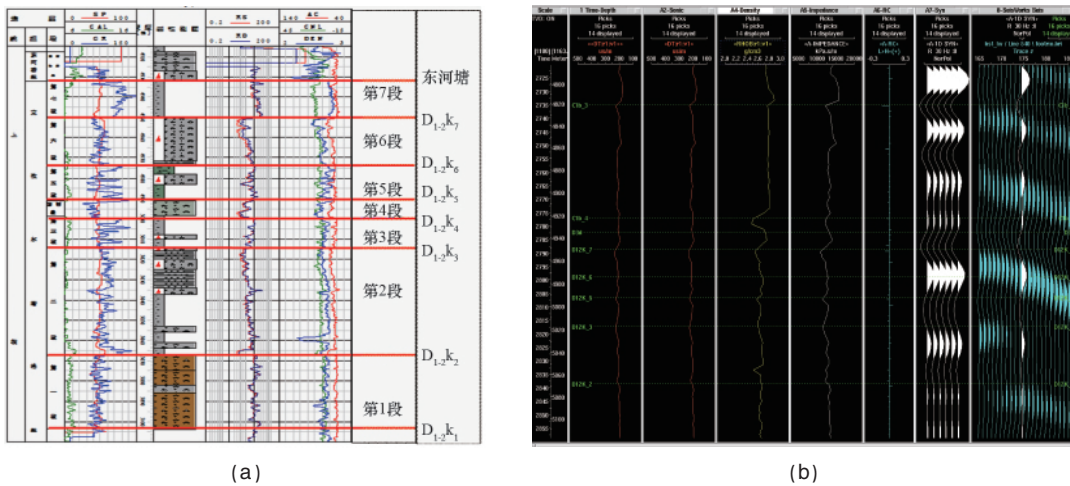


图2 BK8井钻井分层(a)与单井合成记录(b)  
Fig. 2 Drilling layer (a) and synthetic seismogram (b) of single well on well BK8

定的基础上,选取研究区内的连井剖面进行多井标定(图4),多井联合标定的同时相伴产生了对骨干剖面的解释方案,最终确定  $D_3d$ (东河塘组)为克孜尔塔格组顶面,  $D_{1-2k7}$ (克孜尔塔

格组第7段)为克孜尔塔格组第6段( $D_{1-2k6}$ )砂岩顶面,  $D_{1-2k5}$ 为第5段砂岩顶面,  $D_{1-2k1}$ 为第1段砂岩底面,为下一步精细解释奠定了良好的基础。

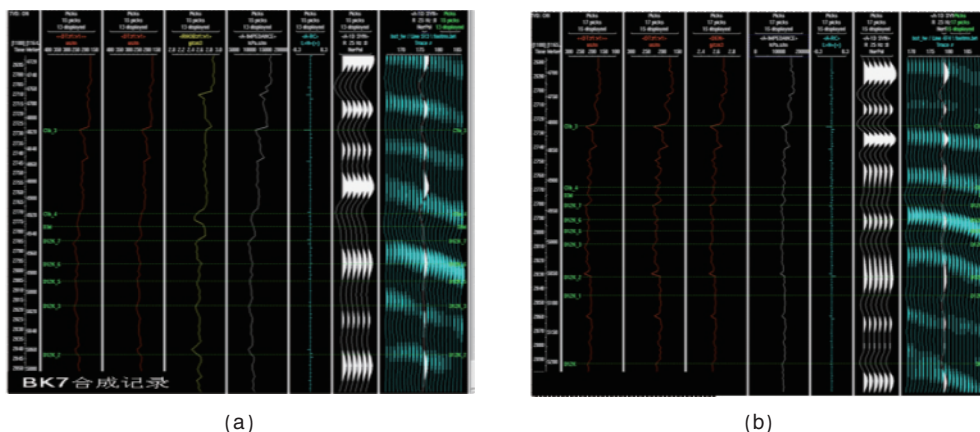
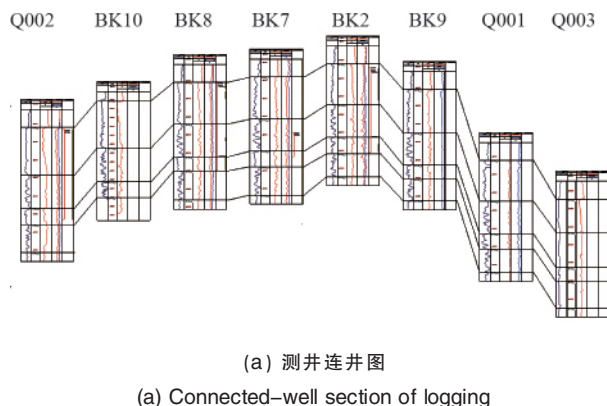
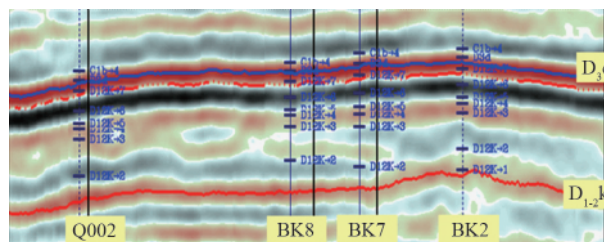


图3 BK7井(a)和BK2井(b)合成地震记录  
Fig. 3 Synthetic seismogram of well BK7 (a) and well BK2 (b)



(a) 测井连井图  
(a) Connected-well section of logging



(b) 井震结合图  
(b) Well-to-seismic integration

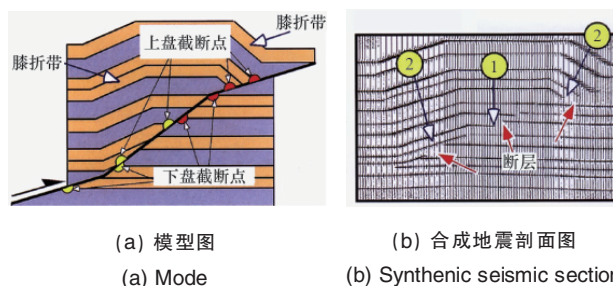
图4 多井联合标定图  
Fig. 4 Multi-well calibration

## 2.2 断层解释

### 2.2.1 大断层解释方案

前人研究认为<sup>[7]</sup>,研究区内巴什托断层为近东西走向、由北向南推覆的北北东倾逆断层,断面上陡下缓、南浅北深<sup>[7]</sup>。在进行断层的剖面解释时,逆冲断层及相应的断点往往难于成像和识别,因此要通过判断褶皱翼或膝折带的终止确定断点位置。受地震资料品质的限制,解释人员在识别断点位置时就要识别主要反射的突然中断(截断)或重复出现。膝折带向下突然终止也可确定逆断层及与地层平行的滑脱断层的位置(图5)。通常以在水平层或缓倾角的反射之上的区域倾斜反射的中断为标志,也可能含有断层的断点。膝折带内的倾斜反射是逆冲(逆)断层或滑脱断层上盘中的褶皱地层;同时,水平或缓倾角反射是断面或滑脱面之下的下盘地层。因此,应将断层或滑脱面解释在这两种倾角域之间的过渡区。

通过相干体切片和地震剖面对比,本次构造解释认为研究区西部断裂较发育,构造样式为主干断裂与派生断层组合模式。地震剖面显示,主干断层处有4条派生断层,走向及倾



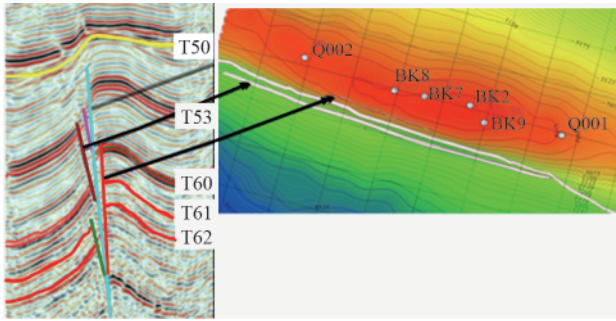
(a) 模型图  
(a) Mode  
(b) 合成地震剖面图  
(b) Synthetic seismic section

图5 逆冲断层模型(①断层断点,②向下终止的膝折带)  
Fig. 5 Model of thrust fault (① fault breakpoint, ② down terminational kink band)

向与大断层大致相同,其中两条没有断穿目的层(T60),故在构造图上只显示出两条断层(图6)。

### 2.2.2 小断层解释方案

小断层解释的精度受地震资料品质的限制,巴什托三维地震资料主频在25Hz左右,垂向分辨率较低,影响了小断层的解释精度,经过普兰化处理之后仍难达到识别断距在10m



(a) 断层的地震剖面图 (b) 断层的相干切片图  
(a) Fault on the seismic section (b) Coherent slice of fault

图 6 剖面大断层解释结果

Fig. 6 Interpretation results of large fault on section

以下断层的要求。

(1) 模型正演指导小断层解释。

为了证实小断层解释的可行性,采用二维正演模型实验加以说明。图 7 是代表不同断距的地质模型(储层厚度为 25m,断层断距分别为 30, 20, 15, 10, 5m)及其地震响应(地震子波频率分别为 25, 30, 35Hz)特征。该模型说明:当子波频率一定时,断距越大,越易识别;当断层断距一定时,子波频率越大,断层分辨率越高。从图 7 可以看出,层断距大于 15m 时,出现明显的同相轴错断;断层断距小于 15m 时,出现同相轴扭动现象;断层断距为 10m 时,在 25Hz 子波正演模型上,地震响应同相轴只有轻微扭曲,这一点可以指导小断层的识

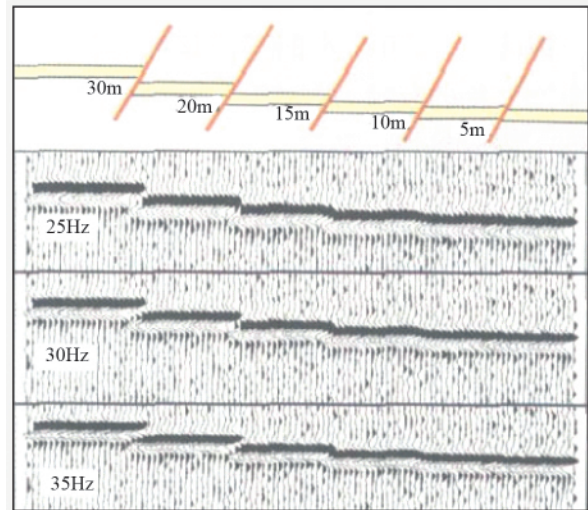


图 7 断层模型正演

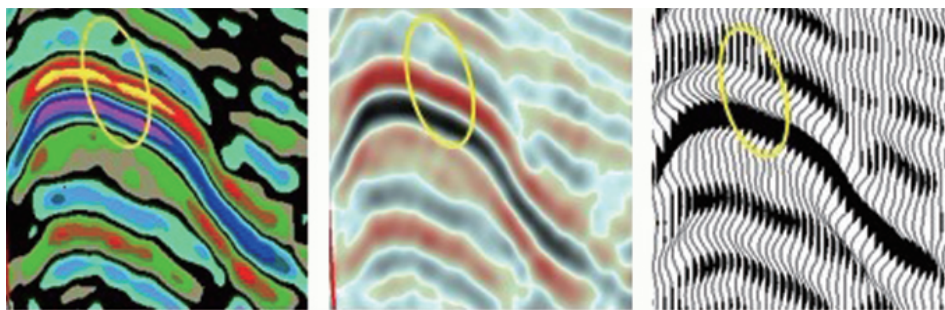
Fig. 7 Forward mode of fault

别,验证解释结果的合理性。

(2) 优选地震剖面显示方式。

基于上述分析认为,在进行小断层解释的过程中,若单纯依靠原始地震数据是很难达到理想效果的。因此,解释时需改变常规的显示方式,同时采取多种小断层预测技术(基于倾角控制的相干体技术、蚂蚁体技术)等进行参考。

地震剖面的不同显示方式对断层的反应效果差别很大,通过如图 8 所示 3 种显示方式的对比,明显看出 Block 色标显示地震剖面上的小断层效果最好。



(a) Block 显示 (b) 变密度显示 (c) 波形显示  
(a) Block display (b) Variable density display (c) Waveform display

图 8 不同显示方式的地震剖面

Fig. 8 Seismic section with various display modes

(3) 属性分析。

常规三维地震解释是在垂直地震剖面上进行的,它能有效地进行层位解释、断层解释和地层特征分析。但要确定断层和地层特征的平面展布,则需对研究区内各测线进行逐条解释,而后在平面上进行人工分析、判断和组合<sup>[8-10]</sup>,这种方法不仅浪费人力和时间,而且会较大地融入解释人员的主观因素。另一方面,对于地震剖面上特征不太明显的小断层,使用上述常规解释方法难度就更大。因此,解释过程中常需借助

多种属性研究断层的产状(图 9)。

在上述属性切片上,主干断裂及部分中型断层的展布情况可清晰反应,但受地震资料分辨率的限制,小断层并没有显示出来,这就为解释人员的工作带来一定难度。为解决这一难题,本次引用了断裂系统自动追踪技术——蚂蚁追踪技术。该技术可减少人为和其他因素对断层识别的影响,有效地提高断层解释的细节和精度,尤其是对于小断层的描述和识别非常有利。



图 9 多种属性切片

Fig. 9 Slice of multiple attributes

图 10 展示了克孜尔塔格组顶面蚂蚁体数据切片。可看出,本区发育东西向和南北向的小断层。切片上显示的痕迹非常多,但并不完全是断层或裂缝的响应,因此在解释时需去伪存真,结合剖面,力求解释精度达到最大。

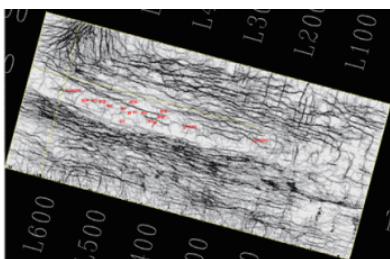
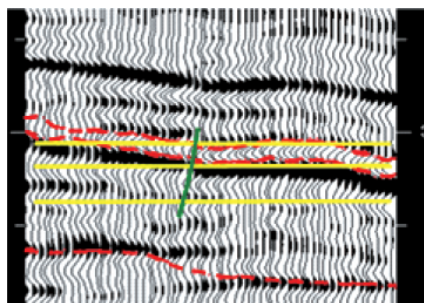


图 10 克孜尔塔格组顶面蚂蚁体切片

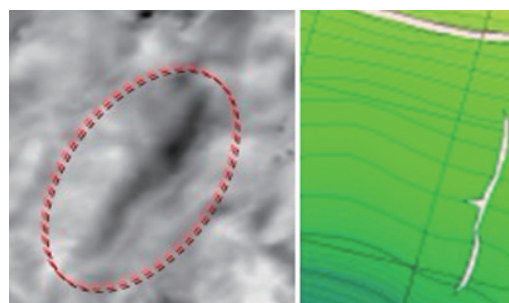
Fig. 10 Ant-body slice of Kezirtag formation top

通过切片和剖面的结合分析,可确定小断层产状。为了精细刻画小断层的发育情况,本区小断层解释主要采用了切片定走向、剖面定倾向,即断层三维立体展布解释法(图 11)。



(a) 小断层的剖面响应

(a) Profile response of small faults



(b) 小断层的最大曲率特征

(b) Maximum curvature characteristics of small faults

图 11 小断层在剖面和属性上的响应

Fig. 11 Response of small faults on section and attribution

① 数据体上的断层解释。

数据体上的断层解释主要包括两部分,一是在常规数据体上识别断层,二是在相干数据体上识别断层<sup>[11-12]</sup>。断层解释的一般原则是:切片定走向、剖面定倾向、共同定产状。

在地震数据体(三维可视化图)上,断层的空间展布特征明显,解释人员很容易建立起断层的空间概念(如断层的规模,断层的位置及走向等信息)。通过等间隔地切割数据体,可较准确地识别出断层在整个研究区的展布情况。在数据体上解释断层的优点是:有利于掌握规模较大断层的空间展布,同时能够很容易地判断两组或多组断层交切后各自的走向。但该方法也有不可避免的缺点,即原始地震数据对微小断层的分辨率有限,各类相干数据体又受制于其本身算法,对微小断层的识别能力也存在明显的差别。本次在断层解释过程中,选取断层自动追踪技术,有效地识别出了小断层。

② 利用蚂蚁体切片识别断层。

蚂蚁数据体切片上的许多线性排列都是断层的反映。由

于沿层切片是在层位解释完成以后才生成的,因此更多地是被应用于判断剖面解释中断层位置是否准确(图 12)。

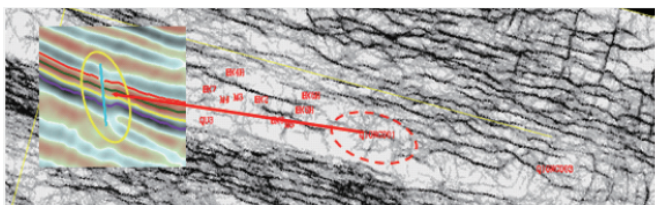


图 12 蚂蚁体切片与地震剖面结合

Fig. 12 Combination of ant-body slice and seismic section

③ 断层的剖面解释。

断层的剖面解释是地震资料解释的基础,断层解释的绝

大部分工作量主要体现在剖面解释中。在断层解释过程中,采用剖面与平面相互对照的原则,结合断层体解释的空间结构准确识别断层。

2.2.3 新老断层解释方案对比

将本次解释断层方案与前人的解释方案<sup>[7]</sup>进行对比后发现,本次解释结果与前人解释结果存在以下不同:(1) 本次解释结果显示,巴什托断层在研究区西部断裂较发育,而中部不发育;原解释方案则认为巴什托断层在整个研究区都发育。(2) 本次解释在主干断裂附近及研究区东部落实一系列小断层;原解释方案认为研究区内只发育巴什托断层。(3) 新老构造图对比分析发现,圈闭面积和圈闭形态均有改变,总圈闭面积增大了 5.64km<sup>2</sup>。新增圈闭位于 Q003 井东侧,面积约为 5.4km<sup>2</sup>(图 13)。

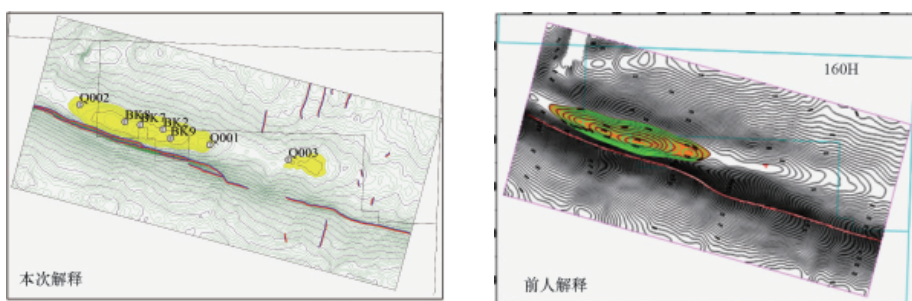


图 13 新老断层解释方案对比

Fig. 13 Comparison of fault interpretation program between the old and the new layers

2.3 变速成图

2.3.1 时深转换

本区目的层较深,钻井数量少,且主要分布在中部隆起

带上,单独依赖合成地震记录的速度分析效果不能满足埋藏深、速度变化快的要求,故需采用变速成图的手段进行时深转换(图 14)。

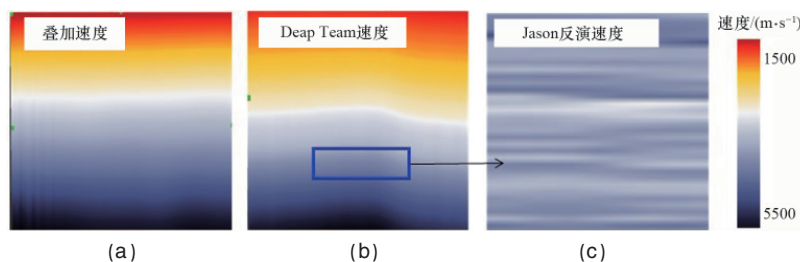


图 14 叠加速度(a), DeapTeam 速度(b), Jason 反演速度(c)对比

Fig. 14 Comparison among stack velocity (a), DeapTeam velocity (b) and Jason inversion velocity (c)

(1) 以道为单位,提取 DepthTeam 低频分量和 Jason 反演速度体的高频分量,用地质统计学方法,构建一个新的速度模型  $V_1$ 。

(2) 用速度模型  $V_1$ ,以采样点的时间层面为单位对叠加速度  $v$  进行趋势面校正,最后得到标准速度模型  $V_{std}$ 。

(3) 针对速度在水平和垂直方向上的非线性关系,采用微元法进行叠加,在时间域上,把每一道基准面到目的层这一  $T$  时间段按采样率  $s$  分解成  $N=T/n$  个极小区域,在这些极小区域内,认为速度  $v_i$  不变,即

$$D = \sum_{i=1}^N v_i \cdot s$$

2.3.2 误差分析

在已有的叠加速度体的基础上,用克孜尔塔格组已有 7 口测井资料中的 6 口声波时差对其校正,用 1 口井(BK9 井)进行检验(表 3)。在研究区内,叠加速度相对实际速度偏小,而测井速度偏大,又引入合成地震记录和反演数据体综合分析,求取一个综合速度体  $V$ ,最后得到层位深度。

3 构造特征分析

3.1 断裂特征

在第 2 节断层解释方案的指导下,本次研究认为研究区内控制构造形态的巴什托 1 号和 2 号断层,为近东西走向、

表 3 塔里木盆地巴什托地区克孜尔塔格组误差精度分析  
Table 3 Error analysis of Kezirtag formation in Bashituo area, Tarim Basin

| 层位                              | 井        | x        | y       | 测量深度/m   | 深度/m     | 补心海拔/m  | 绝对误差/m | 相对误差/% |
|---------------------------------|----------|----------|---------|----------|----------|---------|--------|--------|
| D <sub>1-2</sub> k <sub>7</sub> | BK2      | 14215368 | 4368135 | 4942.07  | -3777.57 | 1165.15 | -0.65  | 0.02   |
|                                 | BK7      | 14214391 | 4368333 | 4948.18  | -3783.61 | 1164.17 | 0.40   | 0.01   |
|                                 | BK8      | 14213743 | 4368463 | 4950.82  | -3787.18 | 1163.66 | -0.02  | 0      |
|                                 | BK9      | 14215674 | 4367756 | 4950.79  | -3790.28 | 1160.06 | 0.45   | 0.01   |
|                                 | BK10     | 14212859 | 4368657 | 5050.80  | -3792.42 | 1153.87 | 4.7    | 0.12   |
|                                 | Q001     | 14217336 | 4367479 | 4982.20  | -3829.46 | 1152.00 | 0.74   | 0.02   |
|                                 | Q002     | 14211818 | 4369186 | 4962.41  | -3812.32 | 1150.00 | 0.09   | 0      |
| Q003                            | 14220674 | 4366842  | 5004.66 | -3851.40 | 1153.00  | 0.26    | 0.01   |        |
| D <sub>1-2</sub> k <sub>6</sub> | BK2      | 14215368 | 4368135 | 4964.69  | -3800.40 | 1165.15 | -0.86  | 0.02   |
|                                 | BK7      | 14214391 | 4368333 | 4971.50  | -3806.76 | 1164.17 | 0.57   | 0.02   |
|                                 | BK8      | 14213743 | 4368463 | 4974.00  | -3811.16 | 1163.66 | -0.82  | 0.02   |
|                                 | BK9      | 14215674 | 4367756 | 4974.30  | -3814.49 | 1160.06 | -0.25  | 0.01   |
|                                 | BK10     | 14212859 | 4368657 | 5104.15  | -3802.00 | 1153.87 | 3.22   | 0.08   |
|                                 | Q001     | 14217336 | 4367479 | 5004.87  | -3852.61 | 1152.00 | 0.26   | 0.01   |
|                                 | Q002     | 14211818 | 4369186 | 4988.34  | -3838.59 | 1150.00 | -0.25  | 0.01   |
| Q003                            | 14220674 | 4366842  | 5023.00 | -3869.78 | 1153.00  | 0.22    | 0.01   |        |
| D <sub>1-2</sub> k <sub>5</sub> | BK2      | 14215368 | 4368135 | 4982.62  | -3817.95 | 1165.15 | -0.48  | 0.01   |
|                                 | BK7      | 14214391 | 4368333 | 4989.20  | -3824.21 | 1164.17 | 0.82   | 0.02   |
|                                 | BK8      | 14213743 | 4368463 | 4992.20  | -3828.80 | 1163.66 | -0.26  | 0.01   |
|                                 | BK9      | 14215674 | 4367756 | 4992.54  | -3832.41 | 1160.06 | 0.07   | 0      |
|                                 | BK10     | 14212859 | 4368657 | 5142.32  | -3809.24 | 1153.87 | 2.04   | 0.05   |
|                                 | Q001     | 14217336 | 4367479 | 5022.87  | -3871.14 | 1152.00 | -0.27  | 0.01   |
|                                 | Q002     | 14211818 | 4369186 | 5007.89  | -3858.39 | 1150.00 | -0.50  | 0.01   |
| Q003                            | 14220674 | 4366842  | 5042.61 | -3889.42 | 1153.00  | 0.19    | 0      |        |

由北向南推覆的北北东倾逆断层,断面上陡下缓、南浅北深,纵向上切割寒武系至二叠系下部,延伸长度分别为 9.9km 和 5.11km 左右,主要活动期为海西早期—加里东晚期。此外,在主干断层附近有一系列派生断裂,总体上,研究区东部断裂比较发育,向西逐渐减弱(图 15)。

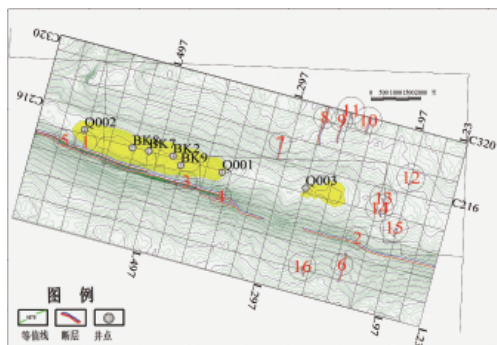


图 15 塔里木盆地巴什托地区克孜尔塔格组顶面构造示意  
Fig. 15 Top structure of Kezirtag Formation in Bashituo area, Tarim Basin

3.2 构造特征

巴什托构造位于巴什托断裂的上升盘,巴什托泥盆系克孜尔塔格组油藏顶面 1 号构造为一长轴背斜,长轴方向为近

东西向,与巴什托断层走向一致;构造南翼较陡,倾角约 9.9°,北翼较缓,倾角约 5°;构造高点位于 BK2、BK8 井南西向约 400m 附近。克孜尔塔格组油藏顶面 2 号构造为一长轴背斜,长轴方向为近东西向,与巴什托断层走向一致;构造南翼较陡;构造高点位于 Q003 井东部(图 15、表 4)。

4 结论

(1) 本次地震资料解释采取了地震和钻井交互解释方法,在钻井标定的基础上进行区域地震解释。区域构造解释选取立体构造解释方法(断层三维立体展布法)。解释过程中,充分利用地震剖面的压缩、放大、任意线组合、等时切片、相干体切片及自动追踪、种子点追踪及立体显示等多种技术,提高解释的精度和效率。

(2) 本次断层解释结果与前人解释结果不同。本次认为巴什托断层在研究区西部断裂较发育,中部不发育;前人认为巴什托断层在整个研究区都发育。本次在主干断裂附近及研究区东部落实一系列小断层;原解释方案认为研究区内只发育巴什托断层。

(3) 研究区内发育近东西走向、由北向南推覆的北北东倾的 1 号和 2 号逆断层,断面上陡下缓、南浅北深,纵向上切割寒武系至二叠系下部,主要活动期为海西早期—加里东晚

表 4 克孜尔塔格组圈闭要素统计  
Table 4 Statistic of Kezirtag formation trap factors

| 圈闭名称 | 圈闭类型 | 主要形成时期 | 构造要素                            |        |        |            |                      |     |       |       |
|------|------|--------|---------------------------------|--------|--------|------------|----------------------|-----|-------|-------|
|      |      |        | 反射层位                            | 高点埋深/m | 闭合幅度/m | 外圈闭合等值线值/m | 闭合面积/km <sup>2</sup> | 轴向  | 长轴/km | 短轴/km |
| 1号   | 背斜   | 海西—    | C <sub>1</sub> b                | -3750  | 45     | -3785      | 6.9                  | 南东东 | 6.0   | 1.2   |
| 2号   |      | 喜山期    |                                 | -3805  | 15     | -3820      | 1.88                 |     | 2.8   | 0.8   |
| 1号   | 背斜   | 海西—    | D <sub>3</sub> d                | -3765  | 40     | -3795      | 6.77                 | 南东东 | 6.43  | 1.21  |
| 2号   |      | 喜山期    |                                 | -3825  | 5      | -3830      | 1.3                  |     | 2.4   | 0.94  |
| 1号   | 背斜   | 海西—    | D <sub>1-2</sub> k <sub>7</sub> | -3790  | 35     | -3815      | 5.96                 | 南东东 | 6.2   | 1.2   |
| 2号   |      | 喜山期    |                                 | -3855  | 5      | -3860      | 1.44                 |     | 2.7   | 0.8   |
| 1号   | 背斜   | 海西—    | D <sub>1-2</sub> k <sub>6</sub> | -3800  | 35     | -3825      | 6.00                 | 南东东 | 6.3   | 1.2   |
| 2号   |      | 喜山期    |                                 | -3865  | 10     | -3875      | 1.11                 |     | 1.9   | 0.7   |
| 1号   | 背斜   | 海西—    | D <sub>1-2</sub> k <sub>5</sub> | -3805  | 40     | -3835      | 5.08                 | 南东东 | 5.45  | 0.95  |
| 2号   |      | 喜山期    |                                 | -3870  | 15     | -3885      | 2.03                 |     | 2.8   | 0.7   |
| 1号   | 背斜   | 海西—    | D <sub>1-2</sub> k <sub>3</sub> | -3850  | 40     | -3880      | 5.71                 | 南东东 | 5.9   | 1.1   |
| 2号   |      | 喜山期    |                                 | -3915  | 10     | -3925      | 1.32                 |     | 2.6   | 0.8   |
| 1号   | 背斜   | 海西—    | D <sub>1-2</sub> k <sub>2</sub> | -3900  | 55     | -3925      | 5.84                 | 南东东 | 6.2   | 1.1   |
| 2号   |      | 喜山期    |                                 | -3960  | 10     | -3970      | 1.14                 |     | 2.6   | 0.7   |
| 1号   | 背斜   | 海西—    | D <sub>1-2</sub> k <sub>1</sub> | -3920  | 40     | -3950      | 6.9                  | 南东东 | 7.1   | 1.2   |
| 2号   |      | 喜山期    |                                 | -3980  | 10     | -3990      | 0.98                 |     | 2.5   | 0.5   |

期。此外,在主干断层附近有一系列派生断裂,研究区东部断裂比较发育,向西逐渐减弱。

(4) 巴什托构造位于巴什托断裂的上升盘,其泥盆系克孜尔塔格组油藏顶部 1 号和 2 号构造为一长轴背斜(长轴方向为近东西向,与巴什托断层走向一致),构造南翼较陡。1 号构造高点位于 BK2、BK8 井南西向约 400m 附近;2 号构造高点位于 Q003 井东部。

参考文献 (References)

[1] 贾承造. 中国塔里木盆地构造特征与油气[M].北京:石油工业出版社, 1997.  
Jia Chengzao. Structural characteristics and petroleum of Tarim Basin, China[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997.

[2] 贾承造, 魏国齐, 姚慧君, 等. 塔里木盆地构造演化与区域构造地质 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1995.  
Jia Chengzao, Wei Guoqi, Yao Huijun, et al. Tectonic evolution and regional tectonic geology of Tarim Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1995.

[3] 李曰俊, 吴根耀, 孟庆龙, 等. 塔里木盆地中央地区的断裂系统: 几何学、运动学和动力学背景[J]. 地质科学, 2008, 43(1): 82-118.  
Li Yuejun, Wu Genyao, Meng Qinglong, et al. Chinese Journal of Geology, 2008, 43(1): 82-118.

[4] 赵治信, 雍天寿, 贾承造, 等. 塔里木盆地地层 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1997.  
Zhao Zhixin, Yong Tianshou, Jia Chengzao, et al. Tarim Basin strata [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997.

[5] 孙家振, 李兰斌. 地震地质综合解释教程 [M]. 北京: 中国地质大学出版社, 2002.  
Sun Jiashan, Li Lanbin. Seismogeology comprehensive interpretation

course [M]. Beijing: China University of Geosciences Press, 2002.

[6] 陆基孟. 地震勘探原理[M]. 东营: 中国石油大学出版社, 1993.  
Lu Mengji. Seismic exploration theory[M]. Dongying: China University of Petroleum Press, 1993.

[7] 孟庆龙, 李曰俊, 敬兵, 等. 塔里木盆地西部巴什托普断裂的主要特征及其油气勘探意义[J]. 地质科学, 2008, 43(3): 569-575.  
Meng Qinglong, Li Yuejun, Jing Bing, et al. Chinese Journal of Geology, 2008, 43(3): 569-575.

[8] 李勤英, 阎育英, 赵爱武. 地震资料全三维精细构造解释技术研究[J]. 断块油气田, 2001, 8(1): 16-19.  
Li Qinying, Yan Yuying, Zhao Aiwu. Fault-Block Oil and Gas Field, 2001, 8(1): 16-19.

[9] 黄中玉. 多分量地震勘探的机遇和挑战 [J]. 石油物探, 2001, 40(2): 131-137.  
Huang Zhongyu. Geophysical Prospecting for Petroleum, 2001, 40 (2): 131-137.

[10] 曲寿利, 王鑫. 国内外物探技术现状与展望[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003.  
Qu Shouli, Wangxin. Present situation and prospect of geophysical at home and abroad [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2003.

[11] Bahorich M S, Lopez J, Haskell N I, 等. 利用三维相干性进行地层和构造解释 [C]//美国勘探地球物理学家学会第 65 届年会论文集. 北京: 石油工业出版社, 1995.  
Bahorich M S, Lopez J, Haskell N I, et al. Carry on Stratigraphic and structural interpretation by three-dimensional coherence [C]// American Society of Exploration Geophysicists 65th Annual Meeting Proceedings. Beijing: Petroleum Industry Press, 1995.

[12] 穆星. 利用地震几何属性和自组织神经网络进行地震相的自动识别 [J]. 地质科技情报, 2005, 24(3): 109-112.  
Mu Xing. Geological Science and Technology Information, 2005, 24(3): 109-112.

(责任编辑 刘志远)