

地震解释中构造及其陷阱的识别方法

封从军¹, 鲍志东¹, 孙萌思², 朱遂伟³

1. 中国石油大学(北京)地球科学学院; 油气资源与探测国家重点实验室, 北京 102249
2. 中国石油天然气集团公司东方地球物理勘探有限公司信息技术中心数据技术部, 北京 100007
3. 中国石油天然气集团公司东方地球物理勘探有限公司物探技术研究中心, 河北涿州 072751

摘要 为了准确地解释精细构造、研究地下的构造形态和分布,对构造图的准确度提出了更高的要求,构造图能否正确地体现地下的构造形态是识别地下构造形态的关键。本文提出用绝对值法则、“包”子原则快速判断构造图上是否存在构造陷阱。根据等值线的绝对值,在构造图上识别构造形态,找出构造高点;将得到的理论构造形态与实际的地震解释剖面对比,平、剖面相结合,验证解释结果的正确性,从而有效地识别构造陷阱。以某油田构造为例,利用法则快速区别了真假构造,剔除了构造陷阱,充分验证了法则的实用性,为快速合理地寻找圈闭提供了依据。

关键词 视构造;构造陷阱;构造解释;假构造;圈闭

中图分类号 P631.4

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2010)13-0062-06

An Identification Method for Seismic Interpretation of Structures and Pitfalls

FENG Congjun¹, BAO Zhidong¹, SUN Mengsi², ZHU Suiwei³

1. *National Laboratory for Petroleum Resource and Prospecting, College of Geosciences, China University of Petroleum, Beijing 102249, China*
2. *Data Technology Department, Information Technology Center, Bureau of Geophysical Prospecting Company Limited, China National Petroleum Corporation, Beijing 100007, China*
3. *Geophysical Technique Research Center, Bureau of Geophysical Prospecting Company Limited, China National Petroleum Corporation, Zhuozhou 072751, Hebei Province, China*

Abstract To accurately explain the fine structure and sort out the subsurface tectonic form and its distribution, the accuracy of the structure maps is a very essential factor, therefore, whether the structural map can correctly reflect the true subsurface tectonic form plays an important role in identifying the structure accurately under the ground. This paper proposes an absolute value rule and the "package" principle to identify tectonic form rapidly and accurately for the truth structure and structure pitfalls. First of all, on the basis of the absolute value of the contour line, the tectonic form is identified, and at the same time, the structural high points are found; secondly, the theoretical tectonic form is compared with the seismic cross section, combined with flat and profile, to verify the correctness of interpretation results; at the last, the structure pitfalls can be identified. With an oil field as an example, the principle is used to distinguish true and false structures, excluding the structural pitfalls, fully demonstrating the practicality of the principle. The research provides a reasonable basis for finding trap quickly and reasonably.

Keywords visual structure; construction pitfall; structure interpretation; pseudo-structure; trap

0 引言

近年来,地震勘探技术成为油气勘探领域最受关注的技

术之一。随着计算机技术的发展,各种解释、成图软件不断更新,交互平台及与之相应的数据库功能不断完善^[1]。陈广军等^[2]

收稿日期: 2010-03-29

作者简介: 封从军,博士研究生,研究方向为沉积学与储层地质学,电子信箱: fengcongjun1981@yahoo.com.cn; 鲍志东(通信作者),教授,研究方向为储层地质学、沉积学及岩相古地理,电子信箱: 386148309@qq.com

提出编制高精度的构造图是寻找低幅度构造且被断层复杂化的油气藏的一个核心环节。解释、成图软件在自动成图过程中考虑了数据的整体一致性及局部数据的可控性,且具有收敛快、处理大数据量能力强等特点。但计算机没有理性的思维,无法识别地下复杂的地质构造。对于计算机自动形成的构造图,需要地质专家从地质角度去分析,正确地识别地下复杂构造形态,张军华等^[9]分析了由于色标使用不当引起的地震解释的误区。表明人机交互解释越来越重要,显示了解释专家的主观能动性^[4-5]。

1 参考基准面

构造图(又称等值线、等高线图)实际上是构造在观测平面上的投影,是构造在平面上分布形态的反映。正确识别构造在平面上的分布形态,是正确识别不同构造的前提。

等值线的值是构造图上描述构造形态的一个重要参数,其大小可在平面上显示构造的形态,因此比较等值线值的大小是识别构造高低点的关键。选择不同的参考基准面,构造的实际形态不发生变化,但等值线值的显示方式及大小关系发生变化。为了与实际的地震勘探及构造解释情况相吻合,一般选取大地水平面(海平面)为参考基准面,即零基准面。参考基准面以上的构造,海拔值为正值称为正海拔构造,等值线的绝对值越大,构造位置越高;参考基准面以下的构造,海拔值为负值称为负海拔构造,等值线的绝对值越小,构造位置越高。

2 构造和构造图的对应关系

通过正、负海拔构造及其对应的平面构造图的分析,展示了平面构造图上的构造形态与真实的构造形态之间的关系。

2.1 正海拔构造

如图 1 所示,地面上有一个小山构造,山上 A 点的海拔高度为 1110m,则过 A 点的等值线为 1110,同理 B、C 两点的等值线分别为 1120、1130。过 D 点(海拔高度为 0)有一水平面定义为观测平面 POQ, A、B、C 点的等值线在观测平面 POQ 的投影分别为等值线 A₁、B₁、C₁; 图 1 显示了正海拔构造体在观测平面上的分布形态,由平面图 POQ 上的等值线可以看出,等值线绝对值越大,则海拔越高。

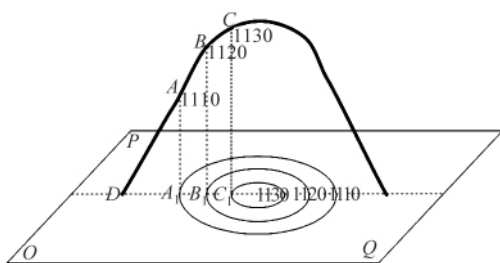


图 1 正海拔构造示意

Fig. 1 Structure above sea level

2.2 负海拔构造

1) 参考面以下观测点海拔值的计算

根据地震勘探原理,图 2 中通过在地面 A 点(海拔值为 0)激发地震波,波向下传播,经波阻抗界面在 B 点产生反射后传回地面,传播总时间为 $T=T_{AB}+T_{BC}$,已知波在地下的传播速度为 V ,激发点 A、接收点 C 之间的偏移距为 X ,可以计算地下反射点 B 的深度值 B_1B ,得到 B 点的海拔值为 $-B_1B$ 。

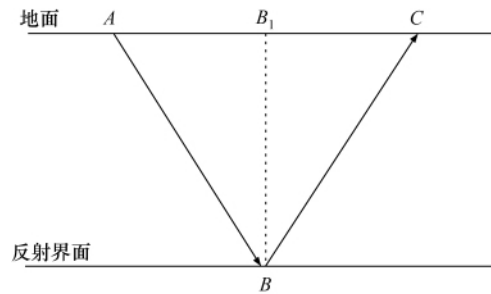


图 2 计算参考面以下观测点 B 的海拔高度

Fig. 2 Elevation of the B under the reference area

2) 负海拔构造及其平面显示

图 3 中,地下有一个背斜构造, A 点的海拔为 -1110m,则过 A 点的等值线为 -1110,同理 B、C 两点的等值线分别为 -1120、-1130。地面上有一水平观测平面 D₁, 则过 A、B、C 的等值线在观测平面 D₁ 上的投影分别为等值线 A₁、B₁、C₁; 图 3 显示了地下构造体在观测平面上的分布形态。有时将地下构造的等值线值默认为正值,即 A₁、B₁、C₁ 的等值线值分别为 1110、1120、1130,但无论等值线值为正为负,由 D₁ 上的等值线可以看出,绝对值越小海拔越高。

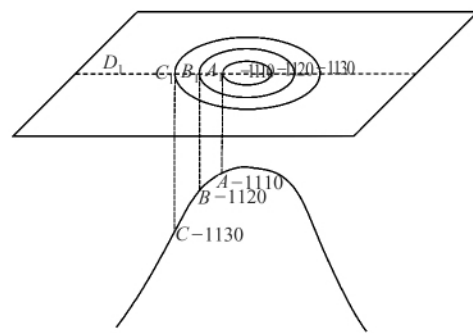


图 3 负海拔构造示意

Fig. 3 Structure of a negative elevation

2.3 不同构造的相同平面构造形态

图 4 中,地下有一个向斜构造, A 点海拔 -1110m,则过 A 点的等值线为 -1110,同理 B、C 两点的等值线分别为 -1120、-1130。地面上有一水平观测平面 D₂(海拔高度为 0),则过 A、B、C 的等值线在观测平面 D₂ 上的投影分别为等值线 A₁、B₁、C₁; 图 4 显示了地下构造体在观测平面上的分布形态,由平面

图 D_2 上的等值线可以看出,绝对值越大海拔越低。

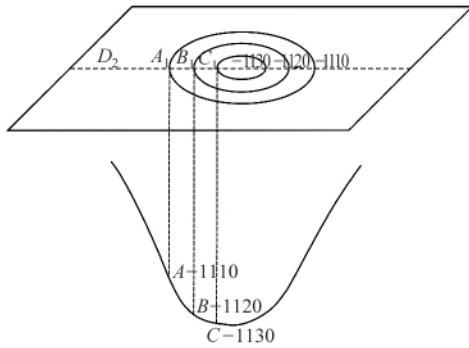


图 4 向斜构造示意

Fig. 4 Syncline Structure

对比背斜(图 3)、向斜(图 4)在观测平面 D_1 、 D_2 上的分布形态可得,在平面上其展布形态相同,等值线形态如图 5 所示。实际上,这 2 个构造在地下的形态完全不同。

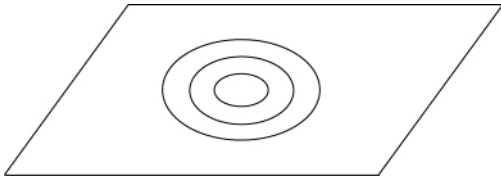


图 5 地下背斜和向斜的平面构造图等值线形态

Fig. 5 The anticline and syncline in the structure map

2.4 地下构造与构造图的感性和理性认识

图 6 为某地区的平面构造图,仅从等值线的形态上看,无法判断构造为背斜还是向斜,采用绝对值法则和“包”子原则,识别其为向斜构造。沿观测方向 A 与实际的地震解释剖面对比后发现实际即为向斜构造(图 7)。

图 8 所示平面构造图,仅从等值线的形态来看,无法判断构造为背斜还是向斜,采用绝对值法则和“包”子原则,识

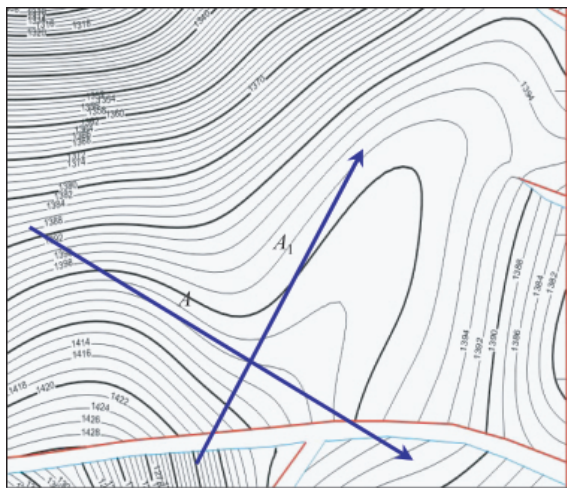


图 6 某地区向斜构造平面深度构造图

Fig. 6 Structure map of syncline in an area

别其为背斜构造。沿观测方向 A 与实际的地震解释剖面对比后发现实际即为背斜构造(图 9)。

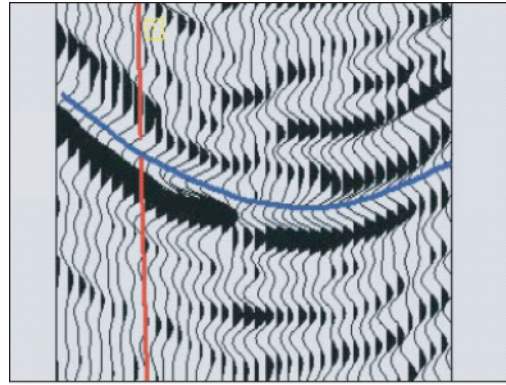


图 7 图 6 中沿 A 方向观测在地震剖面上显示的视构造形态

Fig. 7 Visa structure display in the seismic section along the direction of A in Figure 6

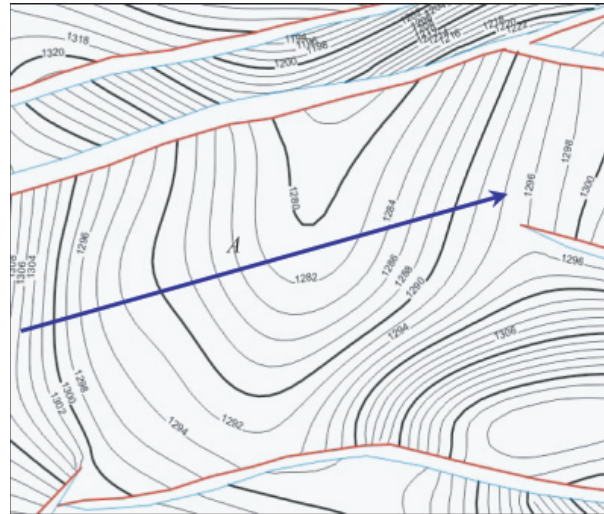


图 8 某地区背斜构造平面深度构造图

Fig. 8 Structure map of anticline in an area

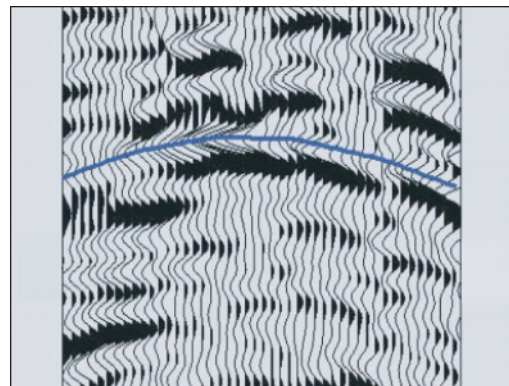


图 9 图 8 中沿 A 方向观测在地震剖面上显示的视构造形态

Fig. 9 Visa structure display in the seismic section along the direction of A in Figure 8



3 平面图上构造识别准则

地下的构造是多样的,平面构造图的显示形态也呈多样化。不同的构造在平面构造图上的显示形态基本不同,也有相同的可能。从构造图上得到的认识与实际分析得到的结果可能不一致。如何在平面构造图上识别构造并与剖面上的视构造形态对应,其分析准则定义如下。

1) 在构造图上,利用绝对值法则判断等值线的高低,即绝对值大的为低,绝对值小的为高(仅适合于负构造)。

2) 选择合适的观测方向,对于地下同一构造,沿不同的方向观测,剖面上显示为不同的构造形态,即视构造。因此,不同观测方向上地震剖面上的视构造形态与构造图上的理论构造形态之间的对应关系是检验地震解释是否合理的关键。

3) “包”子原则。根据绝对值的大小,绝对值逐渐减小则为包高,产生高点;绝对值逐渐增大则为包低,产生低点。构造图上沿着观测方向,根据等值线绝对值的包高包低变化,得到理论上的视构造形态如下:① 如果等值线绝对值变化为包低—包高,即高—低—高趋势,为向斜构造;② 如果等值线绝对值变化为包高—包低,即低—高—低趋势,为背斜构造;③ 如果等值线绝对值变化为包高—包低,即低—高—低趋势,为单斜构造。

4) 理论上的视构造形态与实际解释的地震剖面上显示的视构造形态作对比,结合实际地震剖面分析验证构造图的正确性和地震剖面解释的合理性。

采用上面的识别准则对图6和图8进行分析。图6中,沿观测方向A有一条地震剖面,构造图上沿该观测方向,等值线绝对值变化为包低—包高,即高—低—高的趋势,地震剖面上显示为向斜形态(图7)。

图8中,沿观测方向A的一条地震剖面,构造图上沿该观测方向,等值线绝对值变化为包高—包低,即低—高—低的趋势,地震剖面上显示为背斜形态(图9)。图6的构造图中,等值线绝对值保持不变,改变观测方向,假设沿A₁观测方向有一条

地震剖面,那么在构造图上沿该观测方向,等值线的变化为包高,即低—高的趋势,地震剖面上显示为单斜形态(图10)。

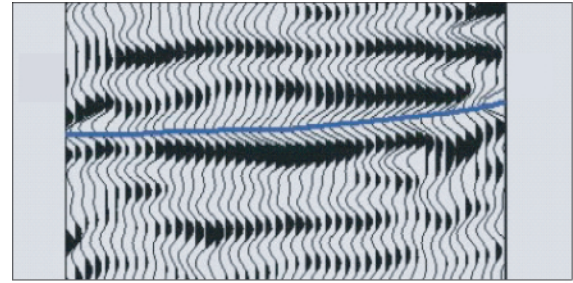


图10 图6中沿A₁方向观测在地震剖面上显示的视构造形态
Fig. 10 Visa structure display in the seismic section along the direction of A₁ in Figure 6

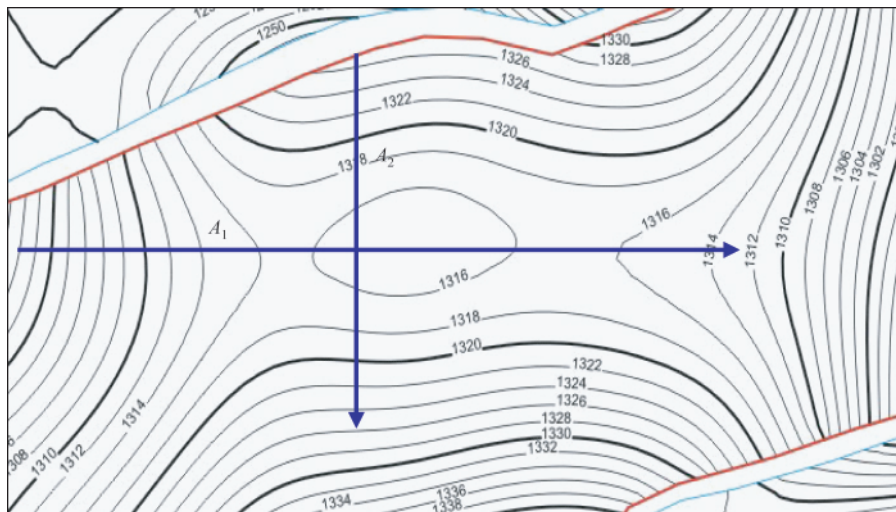
根据以上分析发现,影响构造图上的视构造形态的因素主要有2个:① 构造图上等值线的绝对值的大小,主要由解释剖面上的时间值或深度值决定;② 沿构造图上不同观测方向(地震测线方向)的观测方向,视构造形态可能不同。

为了验证构造图上的视构造形态与解释剖面上的形态是否一致,可以采用上面的识别准则,根据构造图上的等值线的绝对值和观测方向得到理论上的视构造形态,与真实地震剖面上的视构造进行对比。如果不一致,说明产生了假构造,分析是何原因引起的^[6-10]。

4 实例分析

前面分析了构造图上背斜、向斜、单斜的识别方法及其在地震剖面上的对应形态。现在通过某油田一块三维地震资料的构造解释实例分析构造图上的视构造形态与实际地震剖面上的视构造形态之间的对应关系。

1) 鞍型构造。图11(a)为某油田某层的三维地震解释构



(a) 某油田地下某层的深度构造
(a) Depth structure map of a layer in an oil field

图11 鞍型构造示意

Fig. 11 Saddle-type structure





(b) 沿 A_1 方向的实际地震剖面

(b) Truth seismic section along the direction of A_1



(c) 沿 A_2 方向的实际地震剖面

(c) Truth seismic section along the direction of A_2

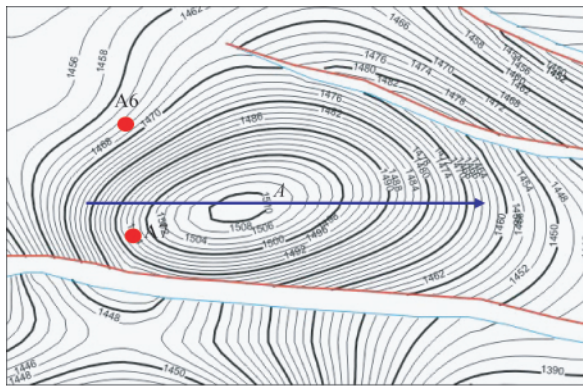
图 11 鞍型构造示意 (续)

Fig. 11 Saddle-type structure (continued)

造图, 从平面构造图上难以直接得到该区域的地下构造形态。采用前面提出的分析原则: 确定观测方向; 沿 A_1 方向观测, 等值线绝对值的变化是高—低—高, 因此根据平面构造图可知沿 A_1 方向理论构造形状为向斜, 与实际地震剖面对比后基本一致 (图 11(b)); 沿 A_2 方向观测, 等值线绝对值的变化是低—高一低, 沿 A_2 方向构造形状为背斜, 与实际地震剖面对比后基本一致 (图 11(c))。

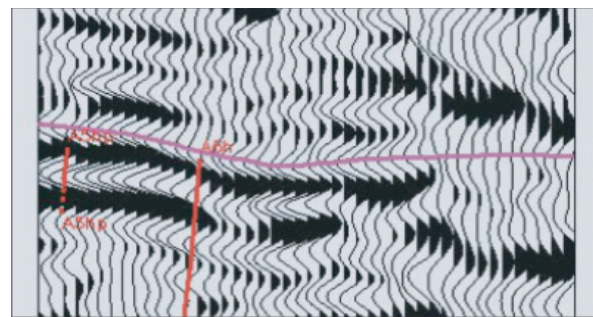
2) 假构造。图 12(a) 是该油田的另一层的平面构造图, 沿观测方向 A , 等值线绝对值的变化为高—低—高, 理论上为向斜构造形态, 但实际地震剖面显示为图 12(b) 的构造形态, 由单斜逐渐变平缓的一种形态, 不是向斜形态。理论构造形态与实际显示的地震解释剖面上的形态不吻合, 可能是在成图过程中出现的误差造成了假构造。

图 12(a) 为等深度构造图, 是由等时间图采用研究区域



(a) 某油田地下某层的深度构造

(a) Depth structure map of a layer in an oil field



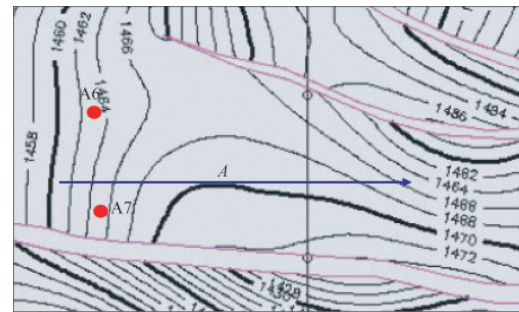
(b) 某油田地下某层的沿 A 方向观测的地震剖面

(b) Seismic section along the direction A of a layer in an oil field



(c) 某油田地下某层的等时间图

(c) Such time map of a layer in an oil field



(d) 某油田地下某层的深度构造图 (仅用 A6 井校正)

(d) Depth structure map of a layer in an oil field (only calibrate with the well of A6)

图 12 假构造示意

Fig. 12 False structure

的井进行时深转换并进行深度校正得到的,原始的等时间图形态如图 12(c)所示。分析等时间图上沿 A 方向分析等值线的绝对值的变化可知,构造形态应该为由单斜逐渐变平缓的一种形态,与实际显示的地震解释剖面吻合。应该是在由等时间图转换为深度构造图时出现了错差。

在该区域有两口井分别是 A6、A7 井,在该目的层对应的分层深度分别为 1465、1495m。由图 12(c)可以看出,这两口井的时间差为 2ms,两井在该层的速度差别较小,约为 2000m/s,可求得两井在该层的深度差为 2m,但是分层数据显示两井差 30m。仅采用 A6 井进行深度校正后等深度构造图如图 12(d)所示,与图 12(c)和地震剖面图 12(b)基本吻合。经分析认为,A7 井的地质分层可能存在误差,同时用该两口井进行深度校正时产生了假构造。该区选用 A6 井进行时深转换,并进行深度校正后比较合理。

5 结论

经过上面的实例分析,对构造图上快速、准确地分析识别构造(构造高低点)的思路总结如下。

- 1) 采用绝对值法则判断等值线绝对值的大小。
- 2) 在构造图上可能存在构造的区域选定合适的过构造的观测线。
- 3) 沿观测方向,利用“包”子原则分析等值线绝对值的变化趋势,识别地下构造的高低点,得到理论上的视构造形态。
- 4) 对比理论视构造形态与实际的地震解释剖面上显示的构造形态,验证解释结果的正确性,从而有效地识别假构造。

参考文献 (References)

[1] 陆红梅. 物探及地质资料在地震解释中的综合应用[J]. 石油大学学报,

2002, 26(4): 24-28.

Lu Hongmei. *Journal of University of Petroleum*, 2002, 26(4): 24-28.

[2] 陈广军, 宋国奇. 低幅度构造地震解释探讨[J]. 石油物探, 2003, 42(3): 395-398.

Chen Guangjun, Song Guoqi. *Geophysical Prospecting for Petroleum*, 2003, 42(3): 395-398.

[3] 张军华, 王伟, 谭明友, 等. 地震解释的误区与对策 [J]. 天然气工业, 2007, 27(S1): 100-103.

Zhang Junhua, Wang Wei, Tan Mingyou, et al. *Natural Gas Industry*, 2007, 27(S1): 100-103.

[4] 夏义平, 徐礼贵. 地震解释及综合研究中几个问题的探讨 [J]. 石油地球物理勘探, 2005, 40(S1): 1-5.

Xia Yiping, Xu Ligui. *Oil Geophysical Prospecting*, 2005, 40(S1): 1-5.

[5] 任红民, 陈军, 刘万辉, 等. 精细地震解释技术在花庄北地区的应用[J]. 石油地球物理勘探, 2009, 44(2): 179-184.

Ren Hongmin, Chen Jun, Liu Wanhui, et al. *Geophysical Prospecting*, 2009, 44(2): 179-184.

[6] 朱志澄, 曾佐勋. 构造地质学[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 2008.

Zhu Zhicheng, Zeng Zuoxun. *Structural geology* [M]. Beijing: China University of Geosciences Press, 2008.

[7] 张亚敏, 张书法, 王辉. 复杂地形地震剖面上的陷阱及物探解释方法 [J]. 地球科学与环境学报, 2009, 31(3): 299-301.

Zhang Yamin, Zhang Shufa, Wang Hui. *Journal of Earth Sciences and Environment*, 2009, 31(3): 299-301.

[8] 周峰岩, 何黄生, 陈国忠, 等. 三维地震解释的陷阱及原因分析 [J]. 煤田地质与勘探, 2002, 30(2): 57-59.

Zhou Fengyan, He Huangsheng, Chen Guozhong, et al. *Coal Geology & Exploration*, 2002, 30(2): 57-59.

[9] Lee R F. Pitfalls in seismic data flattening [J]. *The Leading Edge*, 2001, 20(2): 160-164.

[10] Steeples D W, Miller R D. Avoiding pitfalls in shallow seismic reflection surveys[J]. *Geophysics*, 1998, 63(4): 1213-1224.

(责任编辑 刘志远)

·学术动态·



“第 16 届全国炼钢学术会议”征文

中国金属学会将于 2011 年 11 月在北京召开“第 16 届全国炼钢学术会议”。本次大会的主题:淘汰落后,优化工艺流程,节能降耗,增强竞争力。

征文内容包括:铁水预处理,废钢资源及其处理,转炉和电弧炉炼钢,炉外精炼,连铸,炼钢设备与自动控制,节能与环保,辅助材料,流程优化。

征文截止时间:2010 年 7 月 31 日。

会议网站:http://www.csm.org.cn/news/show_news.aspx?newsId=4359。

联系方式:北京市海淀区学院路 30 号北京科技大学冶金与生态工程学院(100083)徐安军,电话:010-62334145,传真:010-62334145,电子信箱:anjunxu@126.com。