

利用三维可视化技术解释复杂断裂构造

王振升¹, 丁一萍², 王照华¹, 董 萍¹, 赵仕民³

(1. 中国石油大港油田公司, 天津 300280; 2. 中国地质大学(北京), 北京 100083;

3. 大港油田赵东开发项目部, 天津 300280)

摘要:港中地区位于黄骅拗陷北大港二级构造带东部, 是一个在港西凸起东北斜坡古地形背景上被断层复杂化了的大型鼻状构造。利用三维可视化解释技术对港中地区的断裂系统进行了解释。介绍了三维可视化解释技术在构造复杂区的地震层位标定、地层追踪、构造解释、相干体断层解释等方面的应用, 并在对研究区构造精细解释中, 很好地解决了该区常规地震解释中难以解决的复杂构造断裂系统解释和构造描述问题。

关键词:黄骅凹陷; 港中开发区; 断裂; 可视化技术; 地震多属性

中图分类号: TE132.1⁺⁴

文献标识码: A

文章编号: 1672-1926(2008)06-0844-05

1 研究区地质概述

研究区港中地区位于黄骅拗陷北大港二级构造带东部, 为一个在港西凸起东北斜坡古地形背景上, 被断层复杂化了的大型鼻状构造。港中地区由于受海西、印支、燕山、喜马拉雅等多期构造运动的影响, 经历了前第三纪挤压构造环境到第三纪的拉张构造环境的转变, 使本区构造极为复杂。

港中地区主体以滨海断层为界, 南北可划分为 2 个大断块, 即滨南断块和滨北断块。滨北构造简单, 滨南构造复杂。滨北断块区为北东倾的单斜构造, 仅在断层的夹角处形成圈闭, 被断层切割, 又可分为 3 个较大断块。滨南断块区夹持于三大断层之间, 受其影响, 次级断层发育, 构造复杂。

2 构造精细解释

2.1 地震层位标定

准确的地震地质层位标定是进行合理构造解释的基础^[1-3], 尽可能多的选择研究区内现有探井及开发井制作合成地震记录, 为构造精细解释提供可靠的依据。

根据研究区钻井资料情况, 选取资料品质好、测井井段较长、目的层井段全、能控制全区的 38 口代

表井制作合成地震记录, 并结合岩性特征, 区域地震波阻特征及井地质分层, 综合标定了明化镇组底界、馆陶组底界、东二段底界、东三段底界、沙三段上底界 5 个地质层位以及 01 油组顶界、滨 I 油组顶界、滨 III 油组顶界、滨 IV 油组顶界在地震剖面上的相应反射层。

层位标定的具体做法是: 首先在对标定井进行井径校正后, 利用这些井的声波时差曲线, 得到的反射系数与井旁道提取的最佳频率和极性地震子波, 进行褶积(钝化)得到一条与地震波频率相匹配的初始合成地震记录, 对井旁地震道进行初步标定; 然后利用频谱分析技术, 通过井旁地震道确定子波频率, 优选子波, 并通过井旁地震道提取实际地震子波对合成记录进行修正, 调整时深对应关系, 提高相关性, 使合成地震道记录与地震道匹配, 即为最终标定结果。

通过对研究区反射层地震层位的标定, 明确了研究区内各地震解释层位所对应的地震波反射特征。各井合成地震记录的波组特征明显、能量、相位和频率与地震波反射对应关系比较一致, 达到了地震资料精细解释的要求。

2.2 地震层位追踪与解释

首先通过浏览线、道、等时切片等地震资料, 了

解研究区地震反射波的反射特征,主要目的层地层结构,局部构造的时间域剖面、平面形态,确定精细解释的具体思路和方法。根据地震反射波的连续性分别进行解释,对于波阻抗界面清晰,且波形稳定的地震反射层,采用波形自动追踪的方法进行精细层位解释;对于波形相对不稳定的反射层,则采用自动追踪与手工追踪相结合的方法进行精细层位解释^[4]。按照由大到小、由粗到细的原则,根据标定结果所确定的地震反射特征,并结合区域研究成果,建立涵盖整个研究区的地震解释骨架剖面。其次对骨

架剖面进行解释,构建研究区的构造样式和构造模型框架,使构造框架在全区范围内闭合。最后在骨架剖面所建立的构造框架内,对地震数据体进行内插解释,并对骨架解释剖面进行局部修改,进一步完善构造模型。

整个过程利用人工合成记录标定的 38 口井,制作 14 条骨干网联井解释剖面,进行初步闭合解释,建立起全区的总体解释框架后,先进行 16(线)×16(道)网格初步解释,然后逐渐加密解释测网,最终形成 4(线)×4(道)解释网格。

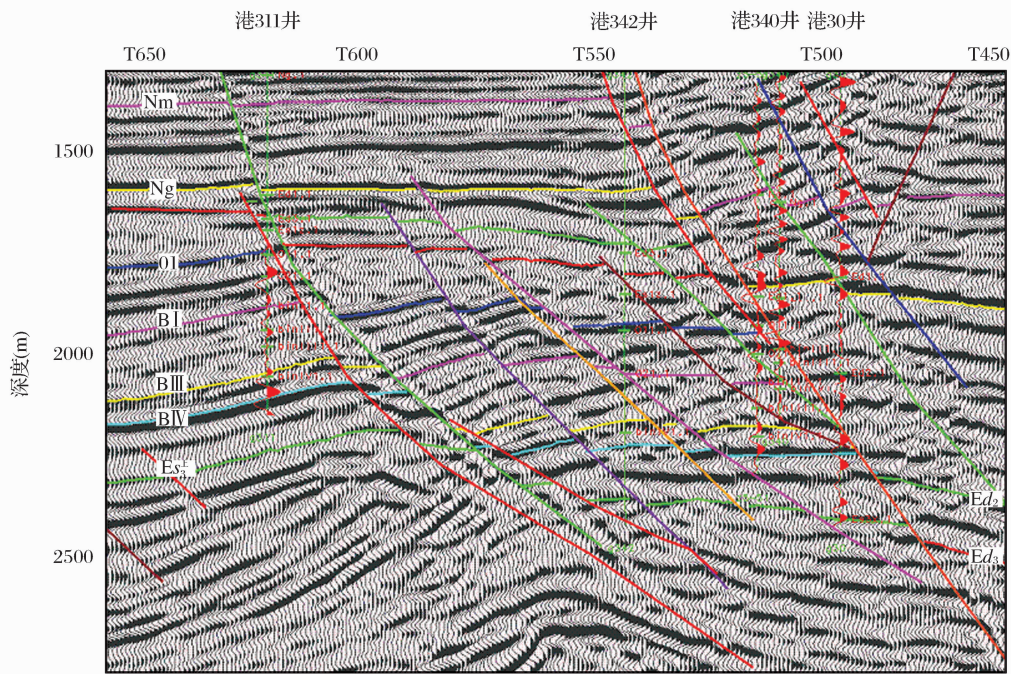


图 1 研究区连井骨干剖面的标定

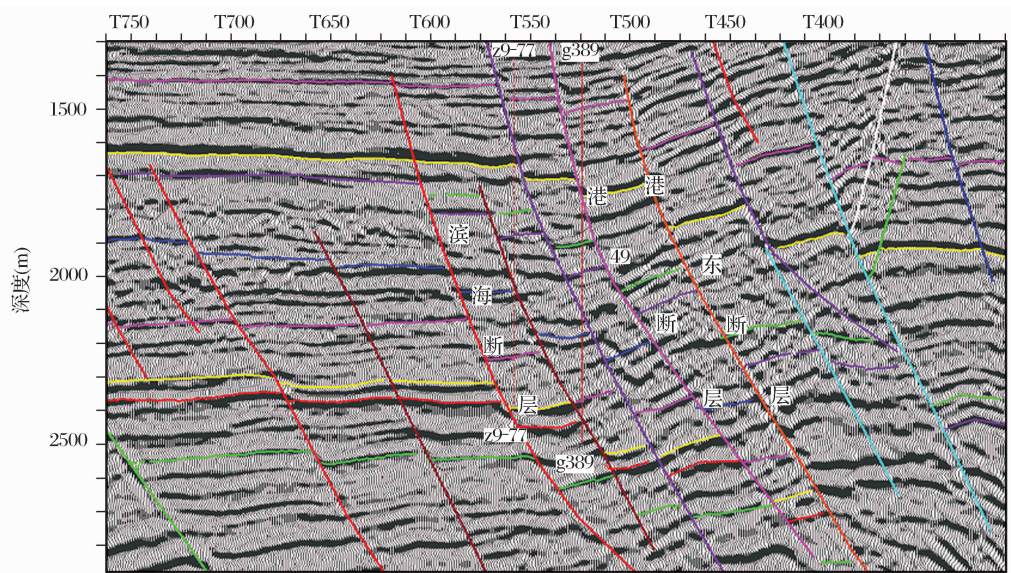


图 2 研究区东部 L1636 构造解释方案

2.3 断层解释

断层解释是构造解释的重要组成部分,断点位置是否准确、断层组合是否合理将直接影响最终构造图的精度。在断层的剖面解释中,笔者采用了三维可视化断裂的立体解释与全三维多属性体断裂解释相结合的方法,对目的层的断裂系统进行了系统解释^[5-6]。

2.3.1 水平切片技术

在解释过程中,断层的组合主观因素较大,存在

多解性,没有一个客观的依据。通过时间切片可以验证断层的组合及识别低幅度构造圈闭。在断层解释中,一些比较隐蔽、延伸不长、断距较小的断层,容易被忽视,但通过时间切片发现这些断层波形的相似性会发生变化,连续性会变差。根据断层的这一地震反射特点,结合波形分类,在相关值分布图上就可以把细小断层反映出来(图3)。

2.3.2 椅状显示技术

利用Landmark软件的解释功能,将沿某一选

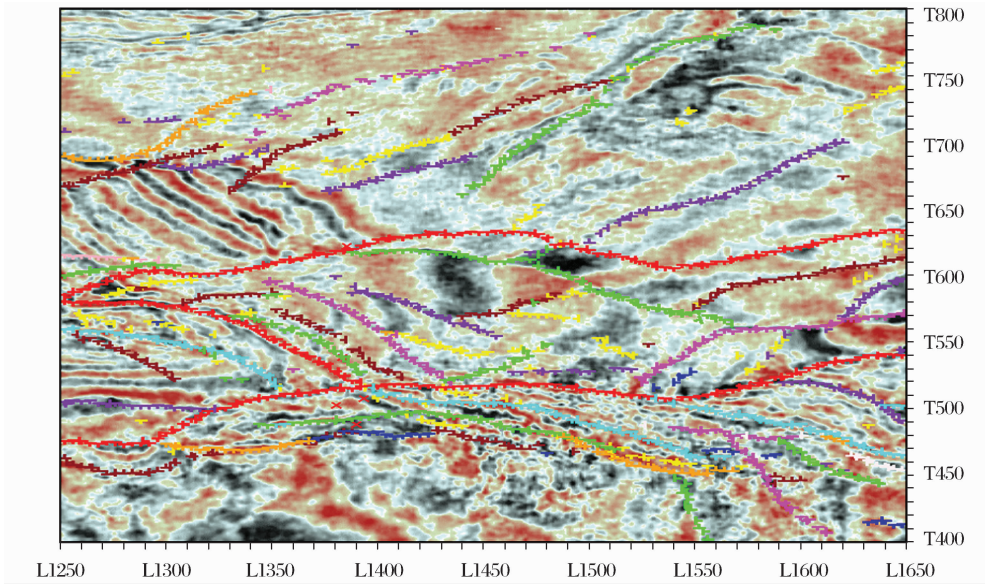


图3 研究区2 140ms 三维地震时间切片

定的方向抽取地震剖面,在上、下2段地震剖面之间附以水平时间切片,通过地震剖面 and 水平切片的椅状显示,可以清晰、准确地解释断层在平面、剖面上的变化。

2.3.3 三维相干体技术

相干体技术是通过地震反射特征波形相似性的变差来反映断层或地层不连续程度的变化。在对地震资料进行常规处理基础上,对地震数据体进行必要的属性反演处理,以便进一步深化对原有数据体的解释。对三维数据体的各种逻辑关系和物理属性的分析研究认为,地震三维数据体的不相关性主要反映断层及岩性变化,而连续性主要反映岩性的均一性和地层的连续性^[7-8]。在地层发生断裂或岩性边界附近,波形差异明显,相干性变差,不连续性增强,突出了断层或岩性边界。利用不同层位或时间的相干切片进行叠合,可以通过不相干区域的立体分布,方便地解释出断层的空间产状,这对于断裂解释和断点组合极为有利。

此外,在断层解释过程中还采取了以下措施:

(1) 利用 Landmark 软件解释系统灵活、多样、方便、快捷的显示方式,采用纵向放大剖面识别小断层。

(2) 利用变密度等多种显示方式,提高断层视觉的分辨能力。

(3) 根据反射波振幅变化、反射波波形变化解释小断层。

(4) 利用相邻测线的断层特征及上、下地层的断层特征综合分析确定小断层是否存在。

研究区内识别的断点众多,在断点组合过程中遵循以下断点组合原则:

(1) 相邻线断层断开的层位一致或有规律变化。

(2) 断层倾向相同。

(3) 断距变化要有一定的规律性。

(4) 参考断层的区域走向。

(5) 采用严格的断面闭合方法,从而使断层组合趋于更合理。

在实际解释过程中,根据总结出的断点识别标志及断点组合原则,首先选择解释主干剖面,进行重

点解释与断点组合;在此基础上,进行隔线解释,对重点区域逐线解释,精细落实小断层。最后利用折线剖面、通过断面闭合来检验断层的剖面解释及平

面组合的合理性。并通过断层面的立体显示,了解断层的空间展布规律,最终完成全研究区的三维地震精细构造解释。

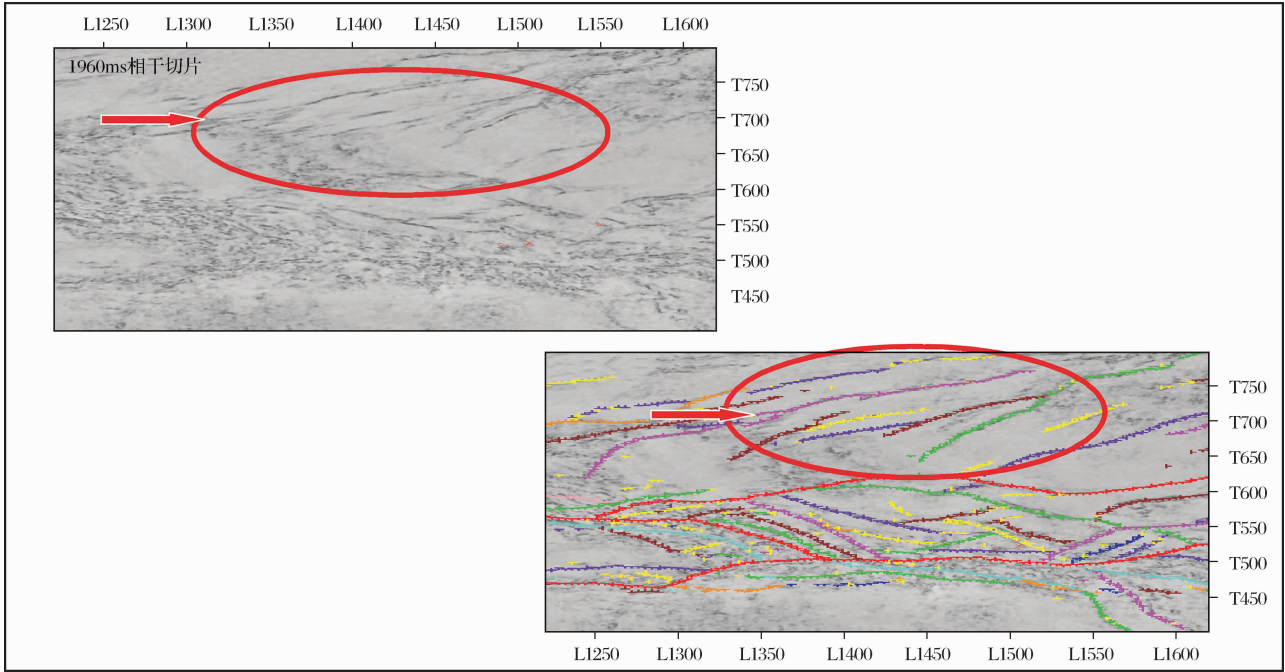


图 4 研究区 1 960 ms 相干切片

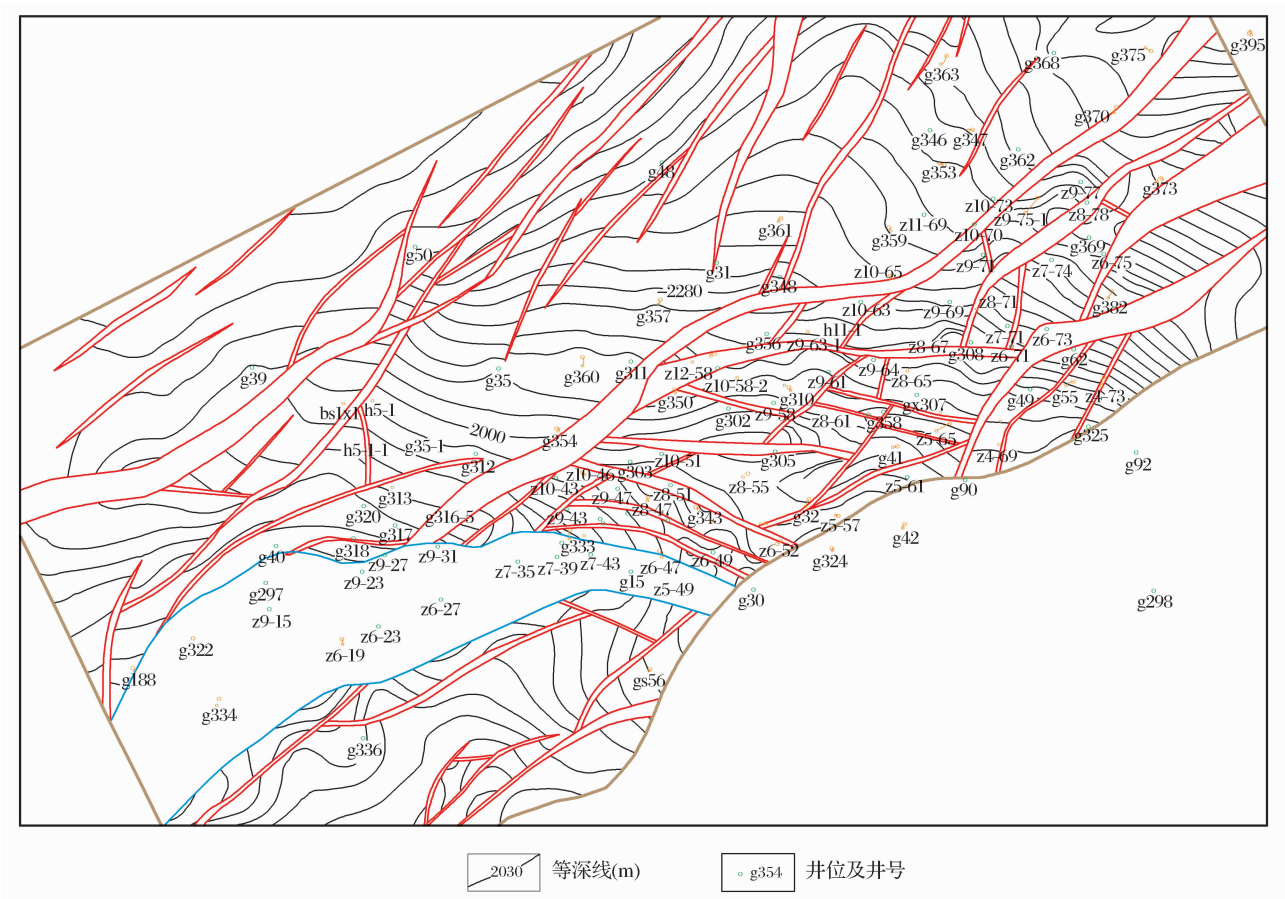


图 5 研究区滨 1 油组顶界构造

3 构造及分布特征

利用三维可视化解释技术的地震多属性分析方法,是通过精细的层位对比和断层刻画来实现的。研究区从老到新共发育了多期断裂系统。根据断层的发育规模、将研究区断裂划分为控凹二级正断层,如港东断层、港 15 井断层和滨海断层等,这些断层对构造沉积起控制作用,断层形成时间早、规模大、断距大;以及三、四级断层,这些断层规模较小,无明显的控制沉积作用,仅使构造复杂化。

综上所述,整个港中油田开发区主体以滨海断层为界,南北可划分 2 个大断块,即滨南断块和滨北断块。滨北构造简单,滨南构造复杂。研究区断层基本为近东西向和北东东向 2 组。沙三段上底界平面组合出大小不同约 55 条断层、滨Ⅳ油组约 62 条断层、滨Ⅲ油组顶界约 64 条断层、滨Ⅰ油组顶界约 67 条断层、01 油组顶界约 64 条断层、东三段底界约 62 条断层、东二段底界约 48 条断层、馆陶组底界约 46 条断层、明化镇组底界约 43 条断层。

4 结语

港中断裂构造解释实践表明,利用三维可视化

精细构造解释技术进行地震多属性分析可以满足构造精细解释的要求,不但可增强人们对常规地震属性分析的认识,还可提高地震解释的精确性和构造认识的准确性,更好地发挥精细构造解释技术在老区挖潜中的作用。

参考文献:

- [1] 李勤英,阎育英.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):16-18.
- [2] 王慎中.物探资料综合解释[M].北京:石油工业出版社,1994.
- [3] 陆基孟.地震勘探原理[M].东营:石油大学出版社,1993.
- [4] 苗青,潘懋,高洪亮,等.用三维可视化技术解释潜山复杂断裂构造[J].新疆石油地质,2008,29(3):364-366.
- [5] 杨占龙,郭精义,陈启林,等.地震信息多参数综合分析 with 岩性油气藏勘探——以 JH 盆地 XN 地区为例[J].天然气地球科学,2004,15(6):628-632.
- [6] 苏明军,王西文,韩乾凤,等.储层精细挖潜技术在老区挖潜中的应用——以黄骅凹陷板南油区为例[J].天然气地球科学,2007,18(6):864-868.
- [7] Bahorich M S.利用三维相干性进行地层和构造解释[C]//美国地球物理学会第 65 届会议论文集.宋焰译.北京:石油工业出版社,1996:143-152.
- [8] 崔凤林,王允清,陈树民,等.松辽盆地北部薄互层地震资料解释方法及效果[J].石油物探,2001,40(2):63-76.

Using 3D Visualization Technology to Interpret Complicated Fault Structures in Dagang Area

WANG Zheng-sheng¹, DING Yi-ping², WANG Zhao-hua¹, DONG Ping¹, ZHAO Shi-min³

(1. Dagang Oilfield Company, PetroChina, Tianjin 300280, China;

2. China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

3. Zhaodong Development Project Department of Dagang Oilfield, Tianjin 300280, China)

Abstract: This paper presents the application of 3D visualization technology to the Gangzhong area in Huanghua depression, including seismic horizon calibration, trace strata, structural interpretation, fault interpretation etc. The preliminary approach to the fault structures allows the problems about such a systematic interpretation and description of fault structures in studied area to be well solved, which are difficult to be done by the conventional seismic interpretation methods.

Key words: Huanghua dpression; Gangzhong area; Fault; Visualization technology; Seismic multiattribute.