

文章编号: 1009-3850(2008)03-0084-05

火成岩地表复杂区地震资料的构造解释及应用

石胜群^{1,2}

(1. 中国石油大学 地球资源与信息学院, 山东 东营 257061; 2. 南京工程高等职业学校, 江苏 南京 211135)

摘要: 北部湾盆地的迈陈凹陷东部地区浅层广泛分布第四纪火成岩, 地表条件复杂, 发育多期断裂系统, 构造破碎, 导致地震资料品质较差, 构造解释及圈闭描述难度大。笔者在开展解释处理一体化以提高地震资料品质的同时, 建立区域构造地质模型, 综合运用多种解释技术手段, 进行构造解释研究。解决了速度及多期活动小断层的识别及断层组合的解释等问题, 提高了圈闭的可信度和构造解释方案的准确性。

关键词: 迈陈凹陷; 构造地质模式; 地震; 构造解释

中图分类号: P315.63 **文献标识码:** A

迈陈凹陷位于北部湾盆地西南部, 研究工区位于该凹陷的陆上部分(图 1), 构造破碎, 地表广泛分布第四纪火成岩和火成岩风化的红土层, 地形起伏大, 海岸线附近地区近地表主要以胶泥、流沙和泥沙为主。三维地震资料的信噪比和分辨率低, 构造精细解释难度大。

1 构造解释难点

迈陈凹陷东部地区, 断裂系统复杂, 从 XW2 井钻探反馈分析, 构造破碎, 构造解释方案多样, 局部圈闭识别和落实难度较大。主要难点有以下四点:

(1) 地震资料品质特征较差: ①特殊地质因素造成资料的信噪比低。火成岩的存在造成地震波速度的巨大差异, 激发能量损失严重, 各种干扰相对较强, 导致记录的信噪比低; 另一方面, 在其剖面特征上, 具有极强的反射特征和波形特征, 破坏了对有效信号的识别, 同时火成岩横向厚度发育的不均衡性, 以及形成的多期性造成速度场的复杂性, 使构造成像和圈闭评价的精度受到一定程度的影响。②受地层及岩性的影响, 难以形成有效统一的波阻抗反射

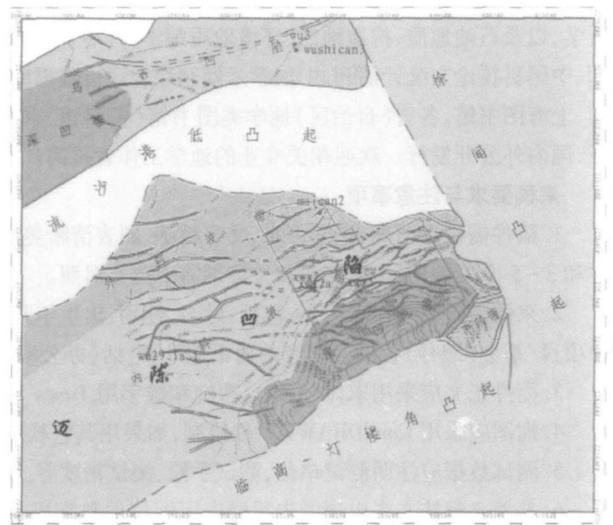


图 1 迈陈凹陷区域构造位置图
Fig 1 Tectonic setting of the Maichen depression

界面, 横向可追踪性差、识别难度大。③多期构造运动造成的断裂系统复杂, 构造破碎, 复杂小断块成像困难。

(2) 勘探程度较低, 区内探井少。

收稿日期: 2008-01-08 改回日期: 2008-05-06

作者简介: 石胜群 (1969-), 女, 高级工程师, 主要从事石油勘探研究。Tel: 13655198298 E-mail: shishq@peco.com.cn

(3)多期断裂系统在纵向上并存,造成地下波场复杂,对区内地质结构、构造演化史、构造特征及构造样式研究较少。解释中难以确定正确的断层组合模式,不能尽快认清构造规律、断裂展布及成藏规律。

(4)构造破碎,地震资料信噪比较低,标志层不清楚,主要目的层波组特征不明显,主要层位的标定及识别困难,难以落实局部构造。

2 提高地震资料品质

工区三维的原始资料信噪比很低,处理难度很大,在研究过程中加强处理与解释的结合,进行了多轮解释和处理,实现处理和解释的一体化。针对解释过程中实际存在问题,抓住重点开展研究性处理。对处理思路以及处理流程、模块参数进行了大量的处理试验,特别是为提高地震资料的信噪比和断层断点清楚,把处理重点放在叠前去噪、速度分析、剩余静校正和DMO处理方面,同时,为客观反映该区地震资料的真实性,强调叠后去噪处理要根据各测线的信噪比情况酌情而定。处理后的地震剖面信噪比和断层断点方面改进比较明显(图2)。

3 构造精细解释研究

3.1 解释地质模式建立

从勘探现状来看,迈陈凹陷东部地区圈闭类型以构造类为主,落实该类圈闭的一个关键是断层的解释与组合,就本研究区而言,需要解决的关键点包含三个方面:①目的反射层的标定追踪;②断裂认识与组合——不同时期构造运动产生的断裂对关键目的层造成的构造复杂化;③断层识别——断层断点

的确定及特定区域内小型断层的落实。

根据本区域构造运动特征和构造演化分析,结合典型地震剖面、钻井及重磁资料,建立本区的构造地质模型。本次构造解释主要依据以下构造地质模式完成最终解释方案的确定:

1. 盆地构造样式(模式一)

根据板块构造理论和地球动力学研究成果,中国沉积盆地基本上分为裂陷型、压陷型和走滑型三种类型^[1]。其构造样式分别对应于伸展构造体系、压缩构造体系和走滑构造体系。我国东部地区中新生代盆地为裂陷型盆地,此类型盆地发育于伸展构造体系中,其最基本、最普遍的特征是盆内发育了众多的正断层系统及其伴生构造,且断裂构造控制了盆地的发育,并产生三种断裂系统,即单断式、地堑式和补偿式三种断裂系统。

迈陈凹陷整体为断盆内负向构造呈半地堑形式,其一侧受正断层控制,另一侧呈单斜,盖层呈超覆状态。

2 区域不整合面(模式二)

不整合面在三维地震资料上表现为波组明显、能量较强的,便于追踪识别。在几大区域不整合面解释模式确定的基础上,能清晰地划分上下构造层,在此基础上,再进行其它各反射层的追踪。

3 地层沉积模式(模式三)

由在始新世晚期由于基底差异运动,迈陈凹陷东部抬升剥蚀,致使缺失地层 E₂ 和 E₁ 上部地层,使得流沙港组分布变化较大。渐新世初期,北部湾盆地进入伸展裂陷期,地层主要为补偿充填沉积。涇三沉积早期,在地形高差的基础上,工区凹陷内发育充填超覆式沉积。

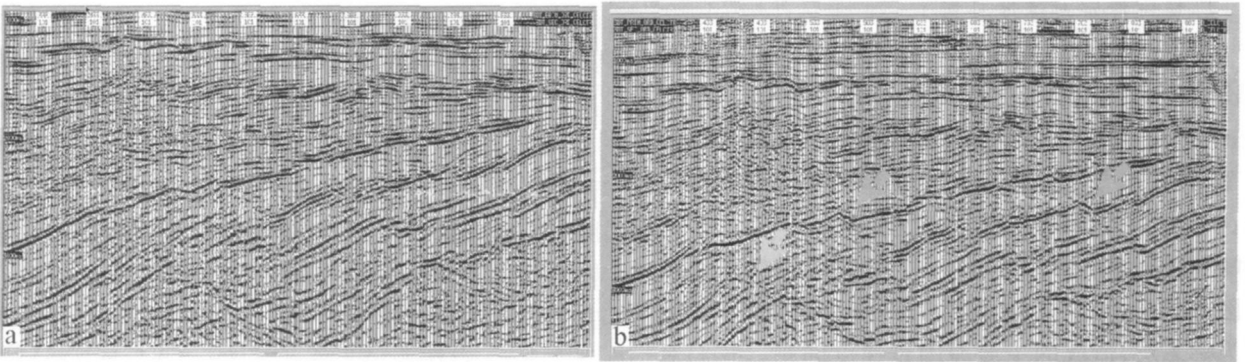


图2 过xwxj井主测线剖面

a老处理剖面; b新处理剖面

Fig 2 Seismic profiles through main traverses in the xwxj well

a Old Profile b New Profile

4 区域性大断层(模式四)

北部湾盆地的断裂较发育,主要受北西-南东向的拉张作用下形成,主要为北东向或北东东向,其次为北西向。断层性质以正断层为主,大断层多在古近纪已开始活动,至新近纪早期,各断裂的活动基本趋于停止。断裂的长度一般都有几十公里,主要断裂的基底落差多在3000m左右,最大的可能有8000m左右。

5 断层组合模式(模式五)

在不同区域构造位置以及不同构造层断裂系统存在较大差异。断层均为正断层,表现为两期发育特征,早期断层以北掉为主,断层相对较少,后期断层异常发育,且北掉、南掉断层均有,局部地区呈“Y”分布,大多数早期断层在在晚期构造运动期间继续活动,部分晚期南掉断层对早期断层存在切割现象(图3)。

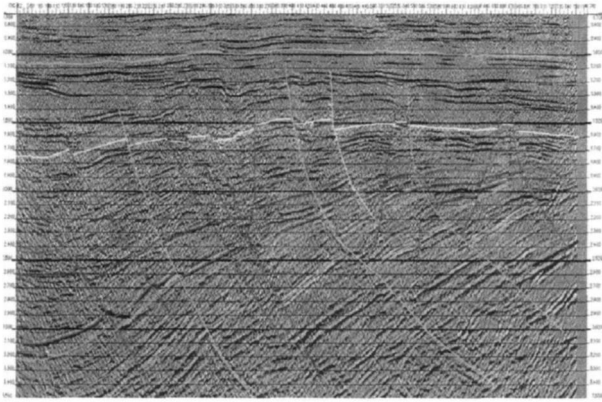


图3 xwx1井附近主测线地震解释剖面图

Fig 3 Seismic profile through main traverses near the xwx1 well

3.2 模式指导下的构造解释方法

1. 层位标定及速度分析

鉴于小范围的三维工区内井资料的 v_{SP} 速度相对比较准确,本区的首轮构造解释与成图均利用xwx1井 v_{SP} 速度。但根据该速度设计的xwx2井目的层T4钻探误差达200m,产生误差的原因可能有两个:一是地质界面的地震资料波组存在差异;二是构造解释成图速度存在偏差。T4为区域不整合面在工区内分布稳定。因此认为三维所标定的T4目的层为标志层,造成的主要原因是速度问题。我们对三维工区的速度重新进行了分析研究,利用xwx2井和徐闻X1井的声波测井资料制作合成记录,对钻井xwx2井声波测井资料制作合成记录,提取平均速度,并与xwx1井的声波和 v_{SP} 速度进行对比发

现,两口井的合成记录提取的平均速度接近,xwx1井 v_{SP} 速度在中间一段存在较大的差异。通过与相邻凹陷井的 v_{SP} 速度资料的对比,分析认为xwx1井 v_{SP} 速度不可靠。对徐闻三维进行了第二轮精细解释研究工作,解释的速度使用的是xwx2井声波时差提取的速度,在成图过程中根据井误差分析,进行校正,从而得到相对精度较高的构造图。

因此,在解释过程中应用质量较高的 v_{SP} 平均速度,同时进行精细合成记录^[2],以及二者的综合等制作合理的时深尺。对复杂断裂带进行构造解释时,使用较合理的同一时深尺对钻井分层进行时深转换,作为层位追踪时的参考,避免出现追踪层位的不合理跳跃以及不合理的串轴现象。

2 复杂断裂系统组合

迈陈凹陷东部构造断裂发育受区域构造演化的控制。北部湾盆地演化划分为两大阶段,即早期张裂阶段及后期裂后阶段,在张裂阶段突出的特点是幕式张裂,目前已认识三个张裂幕^[3]。受珠琼运动影响,盆地第二次张裂,发生北西-南东向的拉张作用,在流沙港组形成一系列反向正断层,以南掉为主,走向为北东向和北东东向。张裂第三幕在南海运动的区域构造应力场作用下,在涠洲组发育两组断裂系统,一组为南掉反向正断层,一组为北掉反向正断层,走向为北东和北东东,局部少量发育北西西向断层。

结合地震资料和地质分析认为,该区T6构造层主要发育北掉反向正断层,可以形成南倾北掉的断块断鼻圈闭。这些断层发育时期主要为张裂二期;在南部T3构造层北掉断层在后期(南海运动期)继续活动,同时发育北掉断层。

从断层的平面组合关系看,T6构造断层基本以北掉为主,平面上为平行式组合类型,北部斜坡带断层较南部深凹部位发育。T3构造平面上北掉与南掉两组断层以斜交式断层组合存在,一条断层与另一条断层斜相交,并终止于另一条断层之上,大多相交断层具有共生组合关系。从剖面上观察,T6构造断层走向大致平行、倾向相同性质相同的断层构成阶梯状。T3同一时期在同一应力作用下形成具有共生关系的两组断层,北掉、南掉断层具有,从地震剖面上看,存在着“Y”型、“X”型、“人”字型断层组合类型(图4),这些均为生长断层的组合类型,在凹陷盆地中发育较多。根据相交组合关系及倾向特征,我们可以判断低级别断层与主干断层的关系,另外部分晚期南掉断层对早期断层存在切割现象。

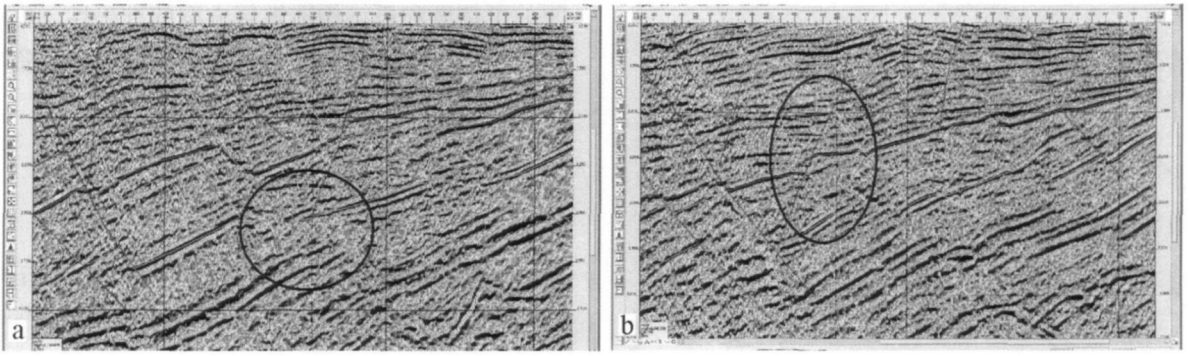


图4 a “Y”形断层组合剖面; b “X”型、“人”型断层组剖面

Fig 4 “Y” type (a), and “X” type and herringbone type (b) of the fault associations in seismic profiles

3.3 断层的识别

断层的解释过程是一个对断裂系统的认识过程,解释上采用由大到小、由粗到细的方法。对一个三级构造进行解释,首先要把这个构造放到区域构造框架内去认识^[4,9]。通过对区域构造发育及断裂系统的分析,研究工区内局部构造的发育情况以及各构造层的断裂系统,建立地质模式,进而指导小断层的解释。

在合理认识断裂组合及构造模式的基础上,如何完成断层断点的确定及特定区域内小型断层的落实就成为一项重要任务,笔者在三维工区应用相干体属性技术进行断层识别,同时采用方差体倾斜层切片的方法,针对断裂平面展布方向的不同和需要,通过相关不同参数调节,形成不同的方差数据体以提高对研究断裂在方差体切片上的分辨能力(图5),同时结合实际地震资料辨伪存真,以此来搜索与确认断层,取得明显效果。

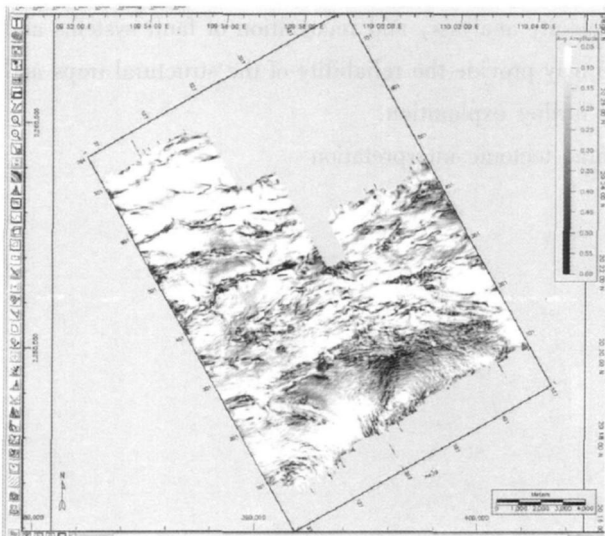


图5 三维方差体沿层切片

Fig 5 Three dimensional variance section

4 成果应用

在第一轮解释后,发现落实了一批圈闭,提交了两口井位,但设计井层位和构造与实钻差别都较大。在对 XW23 井反馈分析基础上,重新进行了层位标定和速度分析研究,并对徐闻三维进行了新一轮精细地震资料解释。通过以上方法对该区的构造进行精细解释,新发现了多条小断层,使断面和层位分布变得较为合理,有效地解决了以前存在的矛盾,而且新落实的构造特征更加符合区域地质规律,其构造特征为:

迈陈凹陷地层区域性北抬,主体部位近南北向剖面特征表现为南断北起;工区内溇洲组、流沙港组产状均为 SSE 倾向,而主干断层走向均为 NEE 和 NE,因而匹配形成一系列 NNE 走向断鼻。除南部控凹外,通过徐闻三维地震资料解释发现,徐闻三维工区内长期活动的控制构造的主要大断层有四条。

多层三维地震资料解释构造图可以发现,迈陈凹陷东部地区海域存在一个构造高带,陆上部分徐闻三维工区内存在着两个构造高带,一个是陆上西部构造高带(图6),另一个是陆上中部构造高带,三个构造高带两者均为 NNW 走向,西部构造高带上流沙港组和溇州组构造层均表现明显,中部构造高带上溇州组构造层相对明显,本次解释所发现的圈闭大部分都处于这两个构造高带上。

5 结论

地震构造精细解释是技术性和实践性要求较高,特别是复杂断裂构造破碎带的精细解释更需扎实的理论和丰富的经验。通过对火成岩地表复杂区构造精细解释方法的研究,提出了以提高地震资料品质为基础,以区域构造研究建立合理的地质解释模式为指导,应用速度分析和层位标定、追踪等手

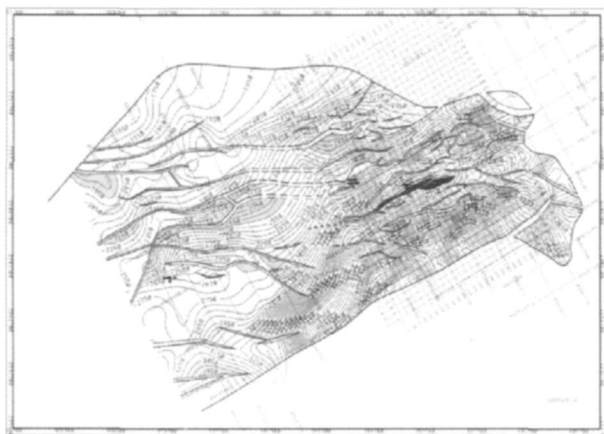


图 6 工区 T₆ 反射层构造图

Fig 6 Structural map of T₆ reflection beds in the study area

段,进行多期断裂系统的断层组合在地震剖面上断点的准确识别和确定,弥补地震资料的不足,提高圈

Tectonic interpretation of the seismic data from the volcanic terraces in the Maichen depression

SHI Sheng qun^{1,2}

(1. College of Geosciences and Information, China University of Petroleum, Dongying 257061, Shandong, China;
2. Nanjing School of Engineering, Nanjing 211135, Jiangsu, China)

Abstract: The Quaternary volcanic rocks occur on a wide range of scales in the eastern part of the Maichen depression, Beibu Gulf Basin, where the subaerial features are composed of marine, continental and beach environments. The detailed studies are made in the present paper, including the tectonic interpretation based on several tectonic models, delineation of the target strata and velocity analysis, and recognition of fault systems and fault associations in seismic profiles. These results of research may provide the reliability of the structural traps and accuracy of tectonic interpretation and lay good foundation for further exploration.

Key words: Maichen depression, tectonic model, seismic data, tectonic interpretation

闭的可信度和最终构造解释方案的准确性。本研究对该区下一步勘探和其它地表复杂区的地震资料的应用,具有一定的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 石油地质志编写组, 沿海大陆架及比邻海域油气区石油地质 [A]. 中国石油地质志 (16) [C]. 北京: 石油工业出版社, 1992: 341-478
- [2] 许胜利, 吴艳梅, 等. 复杂断裂破碎带的构造精细解释方法研究 [J]. 地质勘探, 2007, 30: 19-21
- [3] 陈景达. 中国大陆东南缘构造带沉积盆地类型及其成因机制讨论 [J]. 石油学报, 1990, 11(2): 13-19
- [4] 毛书礼, 等. 基于地质认识的圈闭识别方法及应用效果 [J]. 小型油气藏, 2004 (1): 15-18
- [5] 李玉新. 地震相干技术在断层与沉积相解释中的应用 [J]. 沉积与特提斯地质, 2006, 26(3): 67-71.