

文章编号: 1006-6535(2009)03-0031-04

济阳拗陷东营组沉积末期正反转构造研究

鲍倩倩, 吴智平, 李伟, 侯旭波, 陈伟

(中国石油大学, 山东 东营 257061)

摘要:对济阳拗陷大量高分辨率三维地震资料的解释和分析,利用反转构造在地震剖面上的识别标志和不整合的发育特征等方法,确定济阳拗陷东营组沉积末期正反转构造的分布范围以及相应的反转构造样式。对拗陷正反转构造成因机制研究表明,东营组沉积末期济阳拗陷构造应力为NEE-SWW双向强挤压应力和NW-SE双向拉张应力的叠合,且构造反转的选择性造成了正反转构造样式的差异性。对拗陷正反转构造的认识可以为济阳拗陷油气勘探提供地质依据。

关键词:济阳拗陷;东营组沉积末期;正反转构造;构造样式;成因机制

中图分类号:TE121 **文献标识码:**A

引言

反转构造是一种叠加、复合构造,为同一地质体在不同的地质历史时期应力改变,造成伸展或压缩构造的垂向叠加的结果^[1,2],是继伸展构造、走滑构造等概念之后在石油地质领域形成的重要概念,对油气运移、聚集具有重要影响,已成为油气勘探和资源量估算的基础^[3]。济阳拗陷自新生代以来经历了多期构造反转,东营组沉积末期正反转构造发育规模较大,范围较广。通过高分辨率三维地震资料、测井及录井资料,对济阳拗陷东营组沉积末期反转构造进行识别,并进一步认识其构造样式及成因机制,为油气勘探提供参考。

1 正反转构造判别方法

正反转构造在地震剖面上的识别标志主要有:

①下伏基底呈“盆状”;②内部地震反射为“丘状”;

③下伏地层呈透镜状,中间厚,向两侧减薄,直至消失;④反转构造常引起构造抬升,使其顶部地层遭受剥蚀;⑤反转构造一般产生于断层上盘,常为近断层翼陡窄、远断层翼宽缓的不对称背斜^[4]。以上5点特征在济阳拗陷地震剖面上均有明显表现。

反转是盆地沉降—隆升的转换过程,该过程必然在区域或局部产生不整合面:微弱反转往往形成平行不整合或微角度不整合;较强烈的水平挤压所形成的反转往往形成角度不整合;强烈反转形成的褶皱—冲断构造通常为高角度不整合^[6]。因此,可以通过对高分辨率三维地震资料中不整合面的发育特征对反转构造进行识别。

反转构造地震剖面形态与滚动背斜和砂砾岩扇体具有一定的相似性,识别过程易发生混淆,增加了反转构造识别难度,因此,以剖面构造几何形态特征为基础对反转构造、滚动背斜和砂砾岩扇体进行识别(图1)。

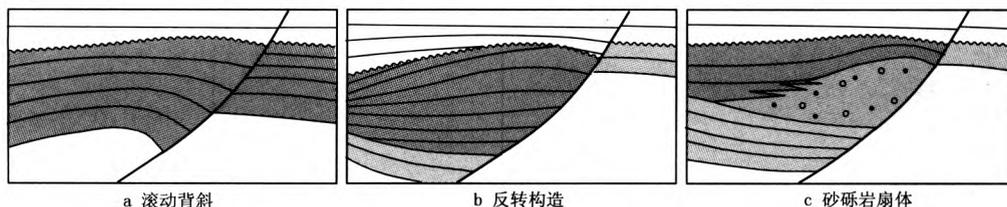


图1 滚动背斜、反转构造和砂砾岩扇体剖面对比

(1) 滚动背斜。滚动背斜由同生断层边断裂、边沉积、边滚动所形成,依附于断裂附近的上盘,背

收稿日期:2008-12-08;改回日期:2008-12-19

基金项目:中石化胜利油田勘探地质综合研究课题“济阳拗陷反转构造特征及其与叠合盆地演化关系”(2007370500201404)部分内容
作者简介:鲍倩倩(1983-),女,2006年毕业于中国石油大学(华东)资源勘查工程专业,现为该校构造地质学专业在读硕士研究生。

斜面积和高度完全受断裂活动控制,背斜轴面与断裂面基本平行。依附断层出现的小型背斜上凸形态与正断层下降盘牵引作用形成的曲面下凹形态相反,故又称之为“逆牵引”。滚动背斜常与沉积作用同时发生,故其顶部地层削蚀减薄现象不明显,地层横向厚度变化小。

(2) 反转构造。与滚动背斜相比,构造反转导致的挤压背斜属于典型的沉积后挤压构造,背斜面积和高度较大,背斜轴面常无严格倾向,断陷地层与上覆地层间发育明显剥蚀不整合面;反转构造形成的挤压背斜向近断层处可能存在地层减薄现象,且越靠近不整合面,背斜幅度越小。

(3) 砂砾岩扇体。陆相断陷盆地陡坡带常发育多种成因砂砾岩扇体,其地震剖面形态和反射特征常与正反转构造相似:冲积扇轴向地震剖面形态常为楔形,内部反射杂乱或无反射,常具有较高地震波传播速度,与基底地层间波阻抗差较小,当多个冲积扇垂向叠置时将产生下伏早期冲积扇顶部同相轴遭受剥蚀的假象;近岸水下扇在重力滑动作用下,扇体常常形成明显的滚动背斜。因此,在地震剖面上识别砂砾岩扇体和反转构造的难度极大。

2 济阳拗陷反转构造

济阳拗陷东营组沉积末期正反转构造分布及构造样式研究表明,济阳拗陷东营组沉积末期正反转构造在拗陷内分布较为局限,仅东营凹陷的陈南断层东段和高青地区高青—平南断层发生构造反转。

2.1 陈南断层东段正反转

陈南断层东段自中生代开始活动,消亡于新近纪,控制了民丰洼陷和利津洼陷的形成与发展,发育单一断展型和取直断展型正反转构造(图2)。

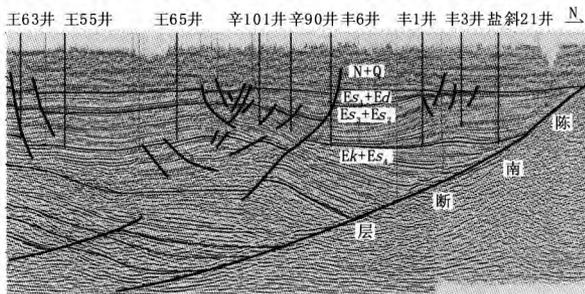


图2 民丰洼陷王63井—盐16井地震剖面

由图2可以看出,陈南断层断面形态为轻微铲

式,断层面倾角较小,向上延伸至新近纪地层。断层上盘,民丰洼陷孔店组至沙二段地层均表现为由近断层向远端逐渐减薄、超覆,反映陈南断层对沉积充填的控制作用;沙一段—东营组地层厚度由远离断层处向近断层处减薄,近断层处同相轴削蚀现象明显,甚至接近消失;古近纪地层剖面形态表现为下凹、上凸,上部背斜轴面近于直立。由此推断,陈南断层东段反转时期应为古近纪东营组沉积末期,构造样式为下凹、上凸的单一断展型正反转。

民丰洼陷营46井—永96井地震剖面还反映陈南断层发生取直断展型正反转(图3)。图3陈南断层上盘古近系发育特征与图2类似,同样呈现上凸、下凹的喇叭口状,顶部向近断层处剥蚀强烈。但该剖面陈南断层上部由3条分支断层组成,向深部合并为1条主干断层,主干断层倾角约为 55° ,上部3条分支断层倾角(距洼陷由远至近)分别为 60° 、 50° 和 40° 。上部3条分支断层所夹断块内剥蚀作用强烈,仅残留沙三段地层,洼陷部位则残留沙二段地层。综合分析认为,陈南断层上部3条断层可能同时发生正反转,且产状较缓的断层逆冲作用更为强烈,因此,构造样式上应属于取直断展型正反转。

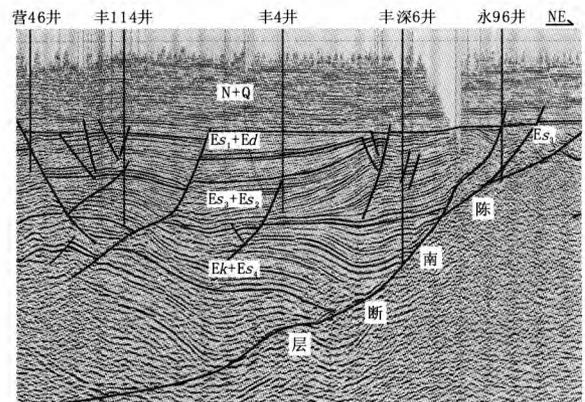


图3 民丰洼陷营46井—永96井地震剖面

2.2 高青—平南断层正反转

高青—平南断层为分隔高青凸起和博兴洼陷的边界断层(图4)。由图4可以看出,高青—平南断层断面形态为平面式—轻微铲式,倾角较陡,为 $50^\circ \sim 60^\circ$;断层上盘古近纪地震剖面形态为下凹、上凸,上部背斜轴面近于直立,近断层东营组—沙一段顶部同相轴存在削蚀现象。分析认为,高青—平南断层在东营组沉积末期发生正反转,构造样式为

单一断展型正反转。

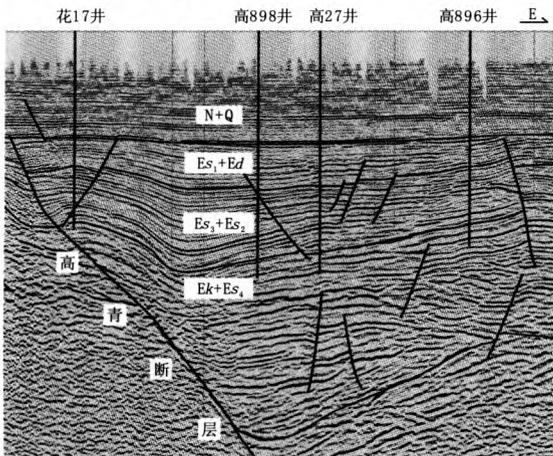


图 4 高青地区花 17 井—高 898 井—高 896 井地震剖面

3 济阳拗陷反转构造成因机制

3.1 构造反转动力学成因机制

古近纪末期,印度板块与欧亚板块再次强烈碰撞挤压造成华北板块向东逃逸^[5],而西太平洋板块侧向俯冲造成日本海盆地弧后扩张,产生向西侧向推挤力,两者共同作用使济阳拗陷所处的华北东部地区处于近东西向挤压应力场内,郯庐断裂带活动方式也逐渐转变为逆冲兼右旋走滑模式。强烈的拉张断陷作用造成华北东部地区热地幔柱上升,上地幔温度升高导致壳幔边界之上的地壳厚度增大,从而引起盆地整体抬升。在盆地抬升与浅部板块活动造成的挤压应力场的联合控制下,济阳拗陷在古近纪东营组沉积末期发生盆地正反转,受郯庐断裂带逆冲兼右旋走滑模式影响形成 NEE 向挤压应力场^[6],发生正反转的断层主要为边界大断层,展布方向以 NNW 向为主。因此,济阳拗陷东营组沉积末期正反转表现为 NEE—SSW 向双向强挤压应力场叠加于 NW—SE 向双向拉张应力场之上。

3.2 构造反转选择性成因机制

济阳拗陷东营组沉积末期正反转构造在不同地区其反转构造样式不同,即使同一断层不同层位的构造样式也存在一定的差异。经过大量研究认为,造成济阳拗陷正反转构造差异的主要原因是构造反转具有选择性。

3.2.1 反转过程对边界大断层的选择

济阳拗陷目前已识别出的东营组沉积末期正

反转构造主要集中于控盆边界大断层,如陈南断层、高青—平南断层等,而次级断层较少见反转构造。研究认为,边界大断层形成早(古近纪初甚至中生代)、演化时间长,断面形态具有平面式—铲式—坡坪式发育特征,倾角较缓,为反转构造的发育提供了有利条件。另外,断层上盘距沉积、沉降中心较近,泥、页岩较断层下盘发育,不均衡压实作用和生烃作用易在断层带附近形成异常高压,也使控盆边界大断层易发生反转。

3.2.2 正反转构造样式的选择

部分断层型正反转以取直断展形式出现,对济阳拗陷已发现新生代反转断层倾角和反转褶皱毗邻断层倾角进行统计:未发生取直的单一断展型反转的先存断层倾角较小,平均为 38.3°;发生取直断展型反转的先存断层倾角较大,平均为 59.8°。因此,随着反转构造样式由单一断展型到取直断展型反转,其先存张性断层倾角具有由小变大的趋势。

断层发生反转的力学机制可用图 5 表示。假设 2 条张性断层(F_1 和 F_2) 上盘地层厚度和岩性一

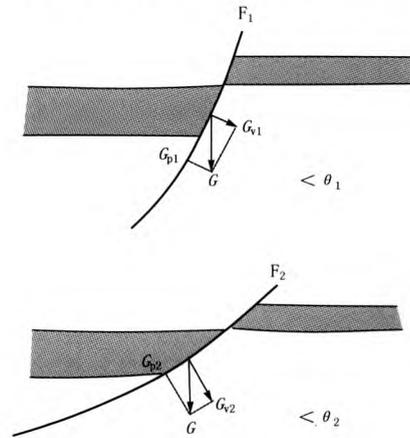


图 5 不同倾角的张性断层上盘重力分解示意图

致(即重力 G 相同),沿断层面重力 G 可以分解为平行于断层的分量 G_p 和垂直于断层的分量 G_v ,断层发生反转时需要克服 G_p ,由于 $\theta_1 > \theta_2$,显然 $G_{p1} > G_{p2}$,因此,断层 F_2 更易发生反转,而断层 F_1 发生反转所需侧向挤压力更大。因此,当其他地质条件相同时,先存张性断层倾角越小,断层所产生的水平拉张越大,越易发生反转;先存断层倾角越大,构造反转越易扩展到下盘毗邻倾角较小的断层。

4 结 论

(1) 根据反转构造地震剖面特征和反转构造

不整合面发育特征,并将反转构造与滚动背斜和砂砾岩扇体区分,对济阳坳陷东营组沉积末期正反转构造进行了识别,确定该时期正反转构造在坳陷内主要发育于东营凹陷陈南断层东段和高青—平南断层等位置。

(2) 济阳坳陷东营组沉积末期正反转构造构造样式研究表明,陈南断层东段同时发育单一断展型和取直断展型正反转构造,而高青—平南断层则仅发育单一断展型正反转构造。

(3) 构造反转动力学成因机制研究表明,在地球深部动力学背景、郯庐断裂带走滑拉分作用及浅部板块运动三大动力的联合控制下,东营组沉积末期正反转构造应力为 NEE—SSW 双向强挤压与 NW—SE 双向拉张的叠合。

(4) 构造反转选择性成因机制研究表明,济阳坳陷断层型正反转构造上盘泥岩含量高、异常高压发育,断层倾角越小的边界大断层,在相同侧向挤

压力作用下更易发生反转。

参考文献:

- [1] 陈昭年,陈发景. 反转构造与油气圈闭[J]. 地学前缘,1995,2(3):96~99.
- [2] 李斌,陈兰. 略论拉张盆地内的正反转构造[J]. 华南地质与矿产,2001,17(3):57~61.
- [3] 王同和,王根海,赵宗举. 中国含油气盆地的反转构造样式及其油气聚集[J]. 海相油气地质,1997,6(3):27~37.
- [4] 郝雪峰,宗国洪,李传华,等. 济阳坳陷正反转构造初步分析[J]. 油气地质与采收率,2001,8(3):8~10.
- [5] 蔡东升,罗毓晖,武文来,等. 渤海浅层构造变形特征、成因机理与渤中坳陷及其周围油气富集的关系[J]. 中国海上油气(地质),2001,15(1):35~43.
- [6] 朱光,王勇生,牛漫兰,等. 郯庐断裂带的同造山运动[J]. 地学前缘,2004,11(3):169~179.

编辑 董志刚